

平成19年度經濟産業省  
委託調查報告書

平成19年度  
海外技術動向調査  
調査報告書

— 米國編 —

平成20年3月

經濟産業省  
(委託先：獨立行政法人日本貿易振興機構)

## 目 次

1.	米国 I	(ニューヨークセンター報告) ……………	1
2.	米国 II	(サンフランシスコセンター報告) ……………	235
3.	米国 III	(ロサンゼルスセンター報告) ……………	379
4.	米国 IV	(シカゴセンター報告) ……………	409
5.	米国 V	(ヒューストンセンター報告) ……………	539

# 米 国 I

## (ニューヨークセンター報告)

第 I 部	米国の産業技術政策の動向 .....	3
第 II 部	米国医療機器産業の現状 .....	25
第 III 部	米国における医療ビジネスの最新動向 .....	73
第 IV 部	米国におけるハイテク分野の最新動向 .....	117
第 V 部	米国における遺伝子組み換え微生物の規制等に係る 動向 .....	167
第 VI 部	米国における情報技術 (IT) 分野における産業・技術 動向 .....	199



# 第 I 部 米国の産業技術政策の動向

## 目 次

1. 2008 年度研究開発予算の概要.....	4
1.1 審議状況.....	4
1.2 2008 年度におけるR&D予算.....	4
2. 2009 年度大統領予算案.....	7
2.1 研究開発予算全体における特徴.....	7
2.2 研究開発の重点分野における特徴.....	9
2.3 省庁別研究開発予算.....	15
① 国防総省 (DOD) .....	16
② 厚生省・NIH.....	17
③ NASA .....	19
④ エネルギー省.....	20
⑤ 国立科学財団 (NSF) .....	20
⑥ 国土安全保障省.....	21
⑦ 商務省.....	22
2.4 2009 年度大統領予算案に対する評価.....	23
① 連邦政府の評価.....	23
② 議会における評価.....	24

## 1. 2008 年度研究開発予算の概要

2008 年度の予算は、2007 年 11 月から 12 月にかけて包括的予算法（HR. 2764 等）により可決された。以下、2008 年度予算の審議状況と研究開発費の概要についてまとめた。

### 1.1 審議状況

2008 年度予算案審議では、米国連邦予算を構成する歳出法 12 本のうち、予算年度開始の 2007 年 10 月 1 日までに成立したものでなく、国防総省（DOD）の歳出法が 11 月 13 日に成立し、その他の歳出法は包括的予算法（HR. 2764）にまとめられ、12 月 26 日に成立した（表 1-1 参照）<sup>1</sup>。

表 1-1 2008 年度各予算法案の内容と成立

	法案名	主要 R&D 省庁	予算法
1	Defense	国防総省	2007/11/13 (P. L. 110-116)
2	Labor, HHS, Education	NIH、教育省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
3	Science, State, Justice, Commerce	NASA、NSF、商務省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
4	Energy & Water	エネルギー省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
5	Agriculture	農務省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
6	Interior and Environment	内務省、環境保護庁	2007/12/26 (P. L. 110-161)
7	Homeland Security	国土安全保障省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
8	Military Construction & Veterans	復員軍人省、一部国防総省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
9	Transportation/ Treasury	運輸省	2007/12/26 (P. L. 110-161)
10	Foreign Operations	米国国際援助局 (USAID)	2007/12/26 (P. L. 110-161)
11	Financial Services	-	2007/12/26 (P. L. 110-161)
12	Legislative Branch	-	2007/12/26 (P. L. 110-161)

出所：AAAS. R&D Budget and Policy Program: Current Status of FY 2008 Appropriations (<http://www.aaas.org/spp/rd/approp08.htm>)

### 1.2 2008 年度における R&D 予算

2008 年度の R&D 予算は、前年比 1.2% 増の 1,427 億ドルと過去最高となったが、インフレ率を考慮に入れると実質的には減少となる<sup>2</sup>。

<sup>1</sup> AAAS. R&D Budget and Policy Program: FINAL Status of FY 2008 Appropriations. 1/4/08

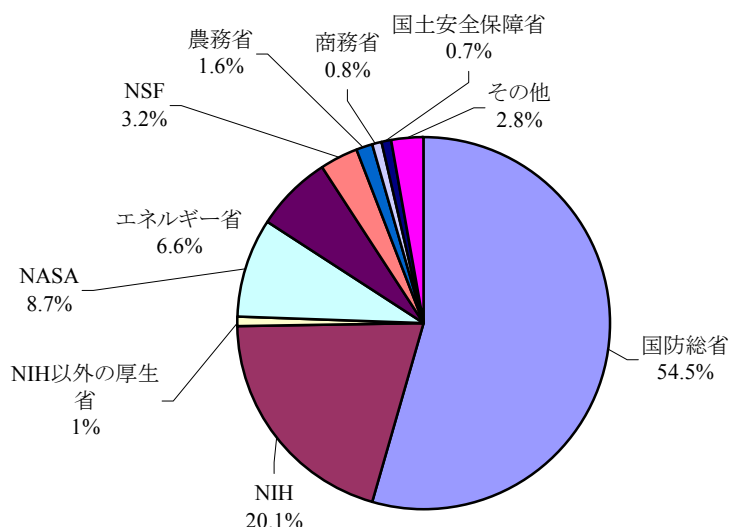
<sup>2</sup> AAAS. Congress Wraps Up Another Disappointing Year for Federal R&D Funding.

<http://www.aaas.org/spp/rd/upd1207.pdf>

2008年度 R&D 予算のうち、研究（基礎研究および応用研究）予算は、前年比 1.1%増の 575 億ドル、開発予算は前年比 0.5%増の 806 億ドルで、どちらもインフレを考慮に入れると減少となる。R&D 施設等の予算については前年比 15.7%増の 46 億ドルとなる。

R&D 予算全体をみると DOD が半分以上（54.5%）を占めており、次に国立衛生研究所（NIH）（20.1%）、航空宇宙局（NASA）（8.7%）、エネルギー省（DOE）（6.6%）、国立科学財団（NSF）（3.2%）、農務省（USDA）（1.6%）、商務省（DOC）（0.8%）、国土安全保障（DHS）（0.7%）となっている（図 1-1 参照）。

図 1-1 2008 年度における R&D 予算



出所：AAAS “Congressional Action on R&D in the FY2008 Budget” Table 1.

AAAS (American Association for the Advancement of Science) の報告書「Congress Wraps Up Another Disappointing Year for Federal R&D Funding」<sup>3</sup>において、2008年度のR&D予算に見られる特徴と傾向が以下のようにまとめられている。

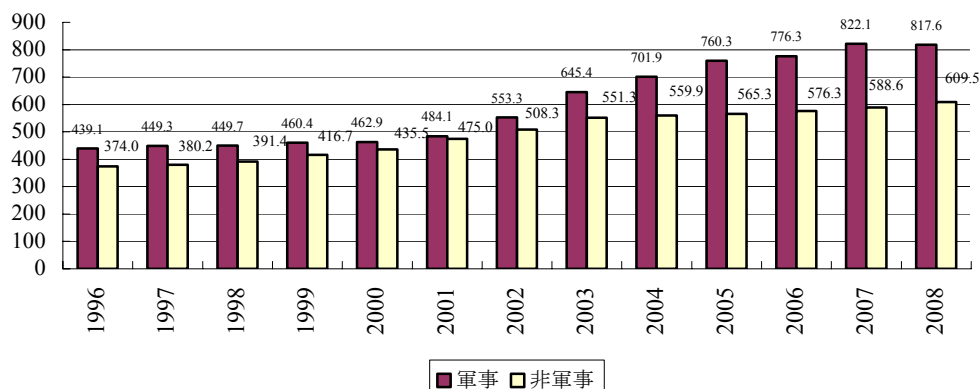
- ・ 「米国競争力イニシアチブ (American Competitiveness Initiative)」に含まれている国立科学財団 (NSF)、エネルギー省 (DOE)、標準技術院 (NIST) の R&D 予算は、同イニシアチブの 10 年間で予算を倍増する計画により 2008 年度は大幅に増加する見込みであったが、それぞれ 1.1%増、7.4%増、4.7%増に留まっている。
- ・ NIH の R&D 予算は前年比 0.9%増の 286 億 5,300 万ドルで微増となっている。NIH 以外の厚生省 R&D 予算は前年比 10%増の 14 億ドルと大幅に増加するが、増加分の多くがバイオディフェンス用に厚生長官官房 (Office of the Secretary) の生物医学先端研究開発庁 (Biomedical Advanced Research and Development Authority (BARDA)) に充てられている。

<sup>3</sup> <http://www.aaas.org/spp/rd/upd108.pdf>

- NSF の R&D 予算は、米国競争力イニシアチブにより大幅に増加する予定であったが、包括的予算案で予算増加案が削除され、前年比 1.1%増の 45 億 3,000 万ドルと微増である。
- NASA の R&D 予算は、次世代宇宙船開発（前年比 6.2%増）および国際宇宙ステーション建設（前年比 26%増）などの影響により、前年比 5.7%増の 124 億 7,600 万ドルとなる。
- エネルギー省の R&D 予算は前年比 7.4%増の 93 億 7,600 万ドルで、このうち科学局が前年比 5.3%増の 36 億 9,700 万ドル、エネルギー R&D が 23%増の 18 億 7,300 万ドル、原子力防衛関連 R&D が 2.9%増の 38 億 600 万ドルとなっている。特に再生可能エネルギー R&D が重視されている。
- 国土安全保障省の R&D 予算は 2 年間続けて減少していたが、核物質対抗 R&D の重視により前年比 9%増の 10 億 4,000 万ドルと大幅に増加する。
- 商務省の R&D 予算は、米国競争力イニシアチブ等の影響により、前年比 6.5%増の 11 億 1,500 万ドルであり、このうち国立標準技術局（NIST）が前年比 4.7%増の 5 億 1,400 万ドルで国立海洋大気庁（NOAA）が前年比 7.6%増の 5 億 7,300 万ドルである。
- 国防総省の R&D 予算は、前年比 0.5%減の 778 億ドルと 11 月の予算案では減少となっているが、2008 年初期に予備予算として約 39 億ドルが上乘せされる見込みであり、国防総省の R&D 予算は前年に比べ増加する予定である。
- 軍事 R&D 予算は前年比 0.5%減の 817 億 6,200 万ドルと微減であるが、R&D 予算の 57.3%を占めている。2008 年には新たに 39 億ドル程度の予備予算が軍事 R&D 予算に上乘せされる予定であるため、成立すれば軍事 R&D 予算は前年に比べ増加する。
- 非軍事 R&D 予算は、前年比 3.6%増の 609 億 5,400 万ドルであるが、米国競争力イニシアチブや次世代宇宙船開発などに関係しているエネルギー R&D（21.7%増）、商務 R&D（5.3%増）、宇宙 R&D（6.7%増）などは平均以上に増加する。
- 以上のように、2008 年度 R&D 予算は、緊縮財政により全体的に横ばいである。

注）上記の 2008 年度予算の数字は議会に提出された法案の中に記載されているものであり、後述する「2. 2009 年度大統領予算案」に記載されている AAAS が算出した 2008 年度予算の推定値とは必ずしも一致しない。

図 1-2 軍事・非軍事 R&D 費歳出推移（1996～2008 年）



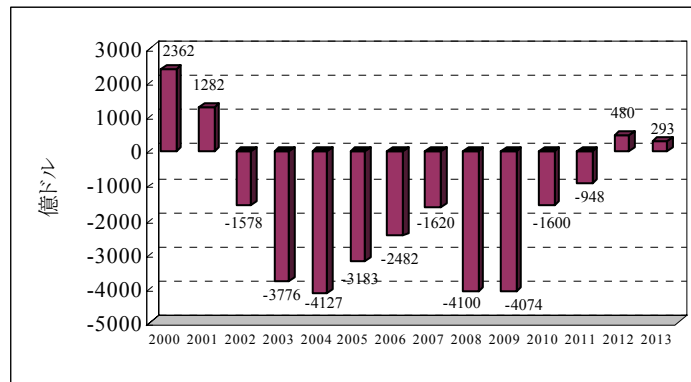
出所：AAAS “Congressional Action on R&D in the FY 2008 Budget.” Table 1.



## 2. 2009 年度大統領予算案

ブッシュ大統領は、2008 年 2 月 4 日に歳出合計額およそ 3 兆 1,074 億ドル（前年比 6%増）の 2009 年度予算案を議会に提出した。2008 年度は、エネルギー価格の高騰、軍事コストの増加、景気刺激策などの影響により、財政赤字が前年比 153%増の 4,100 億ドルに膨れ上がり、2009 年度の財政赤字は 4,074 億ドルになると行政管理予算局（OMB）は予測している。OMBのデータによると、2012 年度までに財政は黒字に戻るとしており、ブッシュ大統領の 2012 年度までに黒字にする計画はいまだ達成可能であるとしている<sup>4</sup>（図 2-1 参照）。

図 2-1 米国連邦政府財政状況の推移（2000～2013 年度）



出所：Office of Management and Budget,  
“The Budget for Fiscal Year 2009, Historical Tables”

### 2.1 研究開発予算全体における特徴

2009 年度大統領予算案における研究開発予算は前年比 3.3%増の 1,454 億ドルで、財政難でありながら、比較的研究開発を重視していると言える。しかしながら、予算増額は主に「国土安全保障」や「米国競争力イニシアチブ」などの重点分野に深く関わっている国土安全保障省（5%増）、NSF（16%増）、エネルギー省（8%増）等の一部の省庁に集中しており、他省庁のR&D予算は前年度並みか減少となっている<sup>5</sup>（表 2-1 参照）。

<sup>4</sup> <http://www.whitehouse.gov/omb/budget/fy2009/>

<sup>5</sup> AAAS Preliminary Analysis of R&D in the FY 2009 Budget. <http://www.aaas.org/spp/rd/prel09p.pdf>

表 2-1 主要省庁別 R&amp;D 予算 (2007~2009 年度)

単位：億ドル

省庁	2007 年度 実績	2008 年度 実行額 (推 定)	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
<b>国防総省 (合計)</b>	<b>789.36</b>	<b>777.82</b>	<b>806.88</b>	<b>3.7%</b>
科学技術研究	135.18	132.15	116.69	-11.7%
その他	654.17	645.67	690.19	6.9%
<b>厚生省 (合計)</b>	<b>295.66</b>	<b>297.63</b>	<b>299.26</b>	<b>0.5%</b>
NIH	283.22	286.50	286.46	0.0%
その他	12.44	11.13	12.80	15.0%
<b>NASA</b>	<b>99.52</b>	<b>104.36</b>	<b>107.37</b>	<b>2.9%</b>
<b>エネルギー省 (合計)</b>	<b>85.22</b>	<b>97.39</b>	<b>105.58</b>	<b>8.4%</b>
原子力・軍事 R&D	36.49	37.18	38.25	2.9%
科学局	35.60	36.98	43.14	16.7%
エネルギーR&D	13.13	23.23	24.19	4.1%
<b>NSF</b>	<b>44.40</b>	<b>44.79</b>	<b>51.75</b>	<b>15.5%</b>
<b>農務省</b>	<b>22.75</b>	<b>23.09</b>	<b>19.52</b>	<b>-15.5%</b>
<b>商務省 (合計)</b>	<b>10.80</b>	<b>11.35</b>	<b>11.57</b>	<b>2.0%</b>
NOAA	5.64	5.85	5.82	-0.5%
NIST	4.87	5.14	5.45	6.1%
<b>内務省 (合計)</b>	<b>6.07</b>	<b>6.76</b>	<b>6.17</b>	<b>-8.7%</b>
米地質調査	5.34	5.86	5.45	-7.0%
<b>運輸省</b>	<b>7.68</b>	<b>8.23</b>	<b>9.01</b>	<b>9.5%</b>
<b>環境保護庁</b>	<b>6.06</b>	<b>5.57</b>	<b>5.50</b>	<b>-1.3%</b>
<b>退役軍人省</b>	<b>8.19</b>	<b>8.91</b>	<b>8.84</b>	<b>-0.8%</b>
<b>教育省</b>	<b>3.27</b>	<b>3.21</b>	<b>3.24</b>	<b>0.9%</b>
<b>国土安全保障省</b>	<b>10.03</b>	<b>10.42</b>	<b>10.89</b>	<b>4.5%</b>
<b>その他</b>	<b>7.86</b>	<b>8.19</b>	<b>8.21</b>	<b>0.2%</b>
<b>R&amp;D 合計</b>	<b>1,396.87</b>	<b>1,407.72</b>	<b>1,453.78</b>	<b>3.3%</b>

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&amp;D in the FY 2009 Budget, Table 1.

FY 2009 Budget by Agency

2009 年度研究開発予算案のうち、軍事関連は前年比 3.7%増の 845 億ドルで、全体の 58%となっている。兵器システム開発予算（前年比 6.9%増）等は大幅に増加するが、軍事科学技術予算（前年比 11.7%減）等は大幅に減少している。

非軍事研究開発予算は前年比 2.7%増の 609 億ドルとなっている。米国競争力イニシアチブや次世代宇宙船開発等を重視していることを反映して、宇宙関連（前年比 3.7%増）、エネルギー関連（前年比 4.1%増）、一般科学関連（前年比 15.3%増）等の予算が増加している（表 2-2 参照）。

表 2-2 軍事・非軍事 R&amp;D 費歳出推移

単位：億ドル

軍事・非軍事別：	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
<b>軍事 R&amp;D</b>	<b>825.85</b>	<b>815.00</b>	<b>845.13</b>	<b>3.7%</b>
<b>非軍事 R&amp;D</b>	<b>571.02</b>	<b>592.72</b>	<b>608.65</b>	<b>2.7%</b>
宇宙	93.58	99.24	102.91	3.7%
ヘルス	303.41	306.10	307.66	0.5%
エネルギー	14.09	24.14	25.13	4.1%
一般科学	87.12	88.68	102.25	15.3%
環境	21.13	21.66	20.75	-4.2%
農業	19.50	19.72	16.37	-17.0%
運輸	13.81	13.62	13.66	0.3%
商業	5.16	5.50	5.75	4.6%
国際	2.46	2.55	2.55	0.0%
司法	3.77	4.05	4.11	1.7%
その他	7.00	7.46	7.52	0.8%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&amp;D in the FY 2009 Budget, Table 1

2009 年度研究開発予算を研究分野、開発分野、施設建設分野に分類すると、研究分野は前年比 0.5%減の 571 億ドルとなっている。これは米国競争力イニシアチブの影響により物理学研究の予算は増加しているが、その他の予算は減少しているためである。開発分野は、兵器開発および次世代宇宙船開発が引き続き重視されているため、前年比 5.7%増の 840 億ドルとなっている。施設建設分野は、国際宇宙ステーションや国際熱核融合実験炉への予算増加により、前年比 9.3%増の 43 億ドルとなっている（表 2-3 参照）。

表 2-3 研究・開発・R&amp;D 施設建設別 R&amp;D 予算

単位：億ドル

研究・開発・施設建設別	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
研究	557.29	573.63	570.81	-0.5%
開発	804.68	794.90	840.13	5.7%
R&D 施設建設	34.90	39.19	42.84	9.3%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&amp;D in the FY 2009 Budget, Table 1.

## 2.2 研究開発の重点分野における特徴

2009 年度大統領予算案において、研究開発関連の重点分野として以下の分野が挙げられている<sup>6</sup>。

<sup>6</sup> <http://www.whitehouse.gov/omb/budget/fy2009/pdf/apers/crosscutting.pdf>

- 米国競争力イニシアチブ
- 国土安全保障
- ネットワーキング・IT
- ナノテクノロジー
- 気候変動
- 海洋科学
- バイオマス R&D
- 民間投資促進

これに加え、科学技術政策室（OSTP）は、エネルギー省が主に進めている「先進エネルギーイニシアチブ」を重点分野と指定している。以下で、「先進エネルギーイニシアチブ」を含めた、各重点分野の R&D について簡単に説明する。

### 米国競争力イニシアチブ

2006 年の大統領一般教書演説で初めて発表された「米国競争力イニシアチブ（ACI: American Competitiveness Initiative）」は、連邦政府の研究開発投資の促進を考慮し、NSF、DOEの科学局、商務省のNISTの研究開発予算を 10 年間で倍増、研究開発費税額控除の恒久化、さらに数学・科学教育の質の向上等が盛り込まれている。2007 年 8 月に可決された「America COMPETES 法(P.L : 110-69) (America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act)」<sup>7</sup>により実施されている。

ACI の発表から 3 年目になる 2009 年度には、ACI に含まれている NSF、エネルギー省科学局、NIST コアプログラムの予算は総額 122 億ドルであり、2008 年度概算要求を 15% 上回っている（表 2-4）。

表 2-4 米国競争力イニシアチブ予算

単位：億ドル

省庁	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
NSF	59.17	60.32	68.54	13.6%
エネルギー省科学局	37.97	39.73	47.22	18.9%
NIST コアプログラム	4.93	6.05	6.34	3.9%
<b>総額</b>	<b>102.07</b>	<b>106.10</b>	<b>122.10</b>	<b>15%</b>

出所：OSTP <http://www.ostp.gov/galleries/Budget09/ACIchart.pdf>

<sup>7</sup> [http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110\\_cong\\_public\\_laws&docid=f:publ069.110.pdf](http://frwebgate.access.gpo.gov/cgi-bin/getdoc.cgi?dbname=110_cong_public_laws&docid=f:publ069.110.pdf)

## 国土安全保障

国土安全保障については、国土安全保障省以外に、国防総省、厚生省、NSF など複数の省庁が協力して行っており、2009年度の国土安全保障の研究開発予算は、前年比10.2%増の55億ドルとなっている（表2-5参照）。

国土安全保障の研究開発予算の大半が国土安全保障省以外の省庁によるもので、最も多いのが厚生省（前年比8.6%増の21億600万ドル）であり、主に国立アレルギー感染症研究所

（NIAID）により行われている。厚生省に次いで予算が多いのは国防総省であり、2009年度は前年比16.3%増の15億ドルとなっている。主に化学・生物兵器防衛プログラムや国防脅威低減局（Defense Threat Reduction Agency）に充てられる。

表2-5 主要省庁別国土安全保障 R&D 予算

単位：億ドル

省庁	2007年度 実績	2008年度 推定値	2009年度 大統領案	2009年度 前年比
国防総省	11.75	12.94	15.05	16.3%
厚生省	19.32	19.40	21.06	8.6%
NASA	0.97	1.02	1.09	6.8%
エネルギー省	0.70	0.70	0.81	14.8%
NSF	3.70	3.56	3.58	0.4%
農務省	0.47	0.51	0.97	89.3%
商務省	0.62	0.65	0.76	16.1%
運輸省	0.01	0.02	0.01	-60.0%
環境保護庁	0.74	0.54	0.74	36.5%
国土安全保障省	10.03	10.42	10.89	4.5%
その他	0.41	0.42	0.36	-13.9%
<b>合計</b>	<b>48.74</b>	<b>50.19</b>	<b>55.31</b>	<b>10.2%</b>

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY 2009 Budget, Table 4. Federal Homeland Security R&D by Agency

## ネットワーク・IT

「ネットワークとITにおけるR&D（Networking and Information Technology R&D（NITRD）」関連の予算案は、前年比6%増の35億4,800万ドルとなっている。この増加は主にNSFおよびDOE科学局の予算増加によるものである。NITRDは、高性能コンピュータシステム、ネットワーク技術、ソフトウェア開発、情報管理技術、サイバー・セキュリティなどの開発を重要視しており、米国競争力イニシアチブにも深く関与している。このため、米国競争力イニシアチブ、およびスーパーコンピュータ研究開発に深く関わっているエネルギー省およびNSFの予算は、それぞれ前年比13%増、17%増と他の省庁に比べ大幅に増加している（表2-6参照）。

表 2-6 主要省庁別ネットワーキング・IT R&amp;D

単位：億ドル

省庁	2007年度 実績	2008年度 推定値	2009年度 大統領案	2009年度 前年比
国防総省	11.94	12.50	12.37	-1.0%
NSF	9.09	9.31	10.90	17.1%
厚生省	5.66	5.56	5.55	-0.2%
エネルギー省	3.49	4.36	4.94	13.3%
商務省	0.76	0.85	0.90	5.9%
NASA	0.79	0.72	0.71	-1.4%
環境保護庁	0.06	0.06	0.06	0.0%
その他	0.04	0.05	0.05	0.0%
<b>合計</b>	<b>31.83</b>	<b>33.41</b>	<b>35.48</b>	<b>6.2%</b>

出所：AAAS Preliminary Analysis of R&D in the FY 2009. Table 6. Interagency Science and Technology Initiatives.

### ナノテクノロジー

ナノテクノロジーは、「全米ナノテクノロジー・イニシアチブ (NNI: National Nanotechnology Initiative)」に基づいて支援されており、2009年度に前年比2%増の15億2,700万ドルがNNIに充当されている。増加の主な理由はACIの影響によるNSF、DOE科学局、NISTの予算増加である。NNIは2001年度から開始され、2009年度は2001年度予算(4億6,400万ドル)の3倍以上となり、NNI総額は100億ドル弱にのぼっている。NNIに関わっている省庁の中でも、時にNSF、国防総省、エネルギー省、厚生省の割合が大きく、理工分野の基礎研究、国土安全保障、中核的研究拠点 (Center of Excellence) の支援、や生物科学分野などが重視されている (表 2-7 参照)。

表 2-7 主要省庁別ナノテクノロジーR&amp;D (National Nanotech Initiative) 予算

単位：億ドル

省庁	2007年度 実績	2008年度 推定値	2009年度 大統領案	2009年度 前年比
国防総省	4.50	4.87	4.31	-11.5%
NSF	3.89	3.89	3.97	2.1%
エネルギー省	2.36	2.51	3.11	23.9%
厚生省	2.22	2.32	2.32	0.0%
商務省 (NIST)	0.88	0.89	1.10	23.6%
NASA	0.20	0.18	0.19	5.6%
農務省	0.07	0.11	0.08	-27.3%
その他	0.13	0.14	0.19	35.7%
<b>合計</b>	<b>14.25</b>	<b>14.91</b>	<b>15.27</b>	<b>2.4%</b>

出所：AAAS Preliminary Analysis of R&D in the FY 2009. Table 6. Interagency Science and Technology Initiatives.

## 気候変動

気候変動 R&D は「気候変動科学プログラム (CCSP: Climate Change Science Program)」に基づき、主に 13 の省庁が実施している。2009 年度予算は、ACI による NSF と DOE の予算増加や、NASA が再び地球科学に関心を向ける等により、前年比 10% 増の 20 億 1,500 万ドルと大幅に増加する。CCSP の予算は、2003 年 7 月に発表された「CCSP 戦略計画」に基づいて割り当てられおり、2009 年度には、気候予測、地球観測、水循環観測、気候モデリング分析、炭素循環研究、気候変動による生態系および生物多様性への影響の調査、干ばつ対策、海洋研究などが重視される。NASA、NSF、海洋・大気局 (NOAA)、エネルギー省の 4 省庁に CCSP 予算の約 91% が充当されている (表 2-8 参照)。

表 2-8 主要省庁別気候変動 (Climate Change Science Program) R&D 予算

単位：億ドル

省庁	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
NASA	10.84	10.78	12.04	11.7%
商務省 (NOAA)	1.84	2.40	2.60	8.3%
NSF	2.07	2.05	2.21	7.8%
エネルギー省	1.26	1.28	1.46	14.1%
農務省	0.61	0.65	0.62	-4.6%
NIH	0.47	0.47	0.47	0%
内務省	0.27	0.34	0.31	-8.8%
その他	0.37	0.41	0.44	7%
<b>合計</b>	<b>17.73</b>	<b>18.38</b>	<b>20.15</b>	<b>10%</b>

出所：AAAS Preliminary Analysis of R&D in the FY 2009, Table 6. Interagency Science and Technology Initiatives.

## 海洋研究

海洋・沿岸研究は国家科学技術委員会が 2007 年 1 月に作成した「Charting the Course for Ocean Science in the United States for the Next Decade: An Ocean Research Priorities Plan and Implementation Strategy」<sup>8</sup>をもとに進められている。同計画は海洋環境観察など 20 の重点分野が挙げられており、実施することにより米国の海洋関連の競争力が増すと見られている。

## バイオマス R&D

2000 年に可決したバイオマス研究開発法に基づき、バイオマス研究開発委員会が設立され、省庁間のバイオマス研究開発活動が同委員会により一括管理されるようになった。同委員会は、

<sup>8</sup> <http://ocean.ceq.gov/about/docs/orppfinal.pdf>

省庁間のバイオマス R&D の活動計画を検討し、策定された計画は全米科学アカデミーに送られることになる。

### **民間投資促進**

連邦政府は、民間機関の R&D を促進させるため、助成金以外に、優遇税制措置を考慮している。R&D を対象にした税額控除は 2007 年 12 月に終了したが、連邦政府は 2008 年度に同税額控除を恒久的に続けることを提案している。この提案が実現すれば、2008 年から 2013 年の間だけで 550 億ドルの減税が実現すると見込まれている。

### **先進エネルギーイニシアチブ**

「先進エネルギーイニシアチブ (Advanced Energy Initiative)」が 2006 年大統領の一般教書演説で提唱されて以降、先進エネルギー分野の研究開発予算が急増している。同イニシアチブの 2009 年度予算は前年比 25% 増の 31 億 6,800 万ドルとなり、特にバイオマス R&D (前年比 14% 増)、次世代石炭火力発電所 (FutureGen) 開発を含む石炭研究イニシアチブ (27% 増)、原子力エネルギー R&D (40%) などが大幅に増加している。しかし、太陽エネルギー、風力、水素の R&D 予算は、バイオマス、石炭、原子力に比べ、微増か減少しており、代替エネルギー R&D のなかでも、限られた分野だけが重視されていると言える (表 2-9 参照)。



表 2-9 先進エネルギーイニシアチブ予算

単位：億ドル

分野	2006年度 実績	2008年度 推定値	2009年度 大統領案	2009年度 前年比
<b>エネルギー効率 再生可能エネルギーR&amp;D</b>	<b>6.31</b>	<b>9.22</b>	<b>9.36</b>	<b>2%</b>
水素・燃料電池技術	1.55	2.11	1.46	-31%
自動車技術	1.82	2.13	2.21	4%
バイオマス	0.91	1.98	2.25	14%
太陽	0.83	1.68	1.56	-7%
風力	0.39	0.50	0.53	6%
地熱	0.23	0.20	0.30	51%
プログラム管理	0.58	0.61	1.06	72%
<b>化石エネルギーR&amp;D</b>	<b>4.62</b>	<b>6.18</b>	<b>7.47</b>	<b>21%</b>
石炭研究イニシアチブ	3.14	4.64	5.88	27%
-FutureGen	0.18	0.74	1.56	110%
発電・固定燃料電池	0.62	0.55	0.60	8%
プログラム管理	0.86	0.98	1.00	1%
<b>原子力 R&amp;D</b>	<b>2.51</b>	<b>4.97</b>	<b>6.97</b>	<b>40%</b>
国際原子力パートナーシップ	0.79	1.79	3.02	69%
次世代型原子力システム	0.54	1.15	0.70	-39%
原子力 2010	0.65	1.34	2.42	81%
原子力水素イニシアチブ	0.25	0.10	0.17	70%
プログラム管理	0.28	0.59	0.66	12%
<b>科学・基礎研究</b>	<b>4.21</b>	<b>5.08</b>	<b>7.88</b>	<b>55%</b>
国際熱核融合実験炉 (ITER) 核融合プロジェクト	0.25	0.11	2.15	1855%
核融合エネルギー (非 ITER)	2.63	2.76	2.78	1%
太陽	0.28	0.37	0.69	97%
バイオマス	0.28	1.13	1.18	4%
水素	0.58	0.52	0.75	47%
プログラム管理	0.19	0.22	0.32	50%
<b>総額</b>	<b>17.65</b>	<b>25.45</b>	<b>31.68</b>	<b>25%</b>

出所：OSTP

<http://www.ostp.gov/galleries/Budget09/AdvancedEnergyInitiativelpager.pdf>

### 2.3 省庁別研究開発予算

国防総省、厚生省 (NIH)、NASA、エネルギー省、国立科学財団 (NSF)、国土安全保障省、商務省の研究開発予算の概要は以下のとおり。

① 国防総省 (DOD)

DOD の 2009 年度 R&D 予算は、前年比 3.7%増の 806 億 8,800 万ドルが計上されている。機関別に見ると、国防高等研究事業局 (DARPA) (前年比 11%の 33 億ドル)、海軍 (前年比 8.8%の 193 億ドル)、空軍 (前年比 8.4%の 281 億ドル) が比較的大きく増加している。

表 2-10 国防総省 R&D 予算

単位：億ドル

分野	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
基礎研究 (6.1)	15.25	16.34	16.99	4.0%
応用研究 (6.2)	51.03	50.58	42.45	-16.1%
<b>研究合計</b>	<b>66.28</b>	<b>66.92</b>	<b>59.44</b>	<b>-11.2%</b>
先端技術開発 (6.3)	62.11	59.87	55.32	-7.6%
<b>科学技術合計 (6.1、6.2、6.3)</b>	<b>128.39</b>	<b>126.79</b>	<b>114.75</b>	<b>-9.5%</b>
先端コンポーネント開発 (6.4)	159.25	155.57	157.74	1.4%
システム開発・デモンストレーション (6.5)	191.19	181.84	195.37	7.4%
RDT&E 管理支援 (6.6)	54.66	44.91	43.69	-2.7%
運転システム開発 (6.7)	242.40	258.23	284.61	10.2%
予算調整	-0.40	-3.47	0	-100%
<b>RDT&amp;E 合計* (6.1~6.7)</b>	<b>775.49</b>	<b>763.87</b>	<b>796.16</b>	<b>4.2%</b>
医療研究 (注1)	6.80	5.36	1.94	-63.8%
その他の予算 (注2)	7.80	8.59	8.78	2.2%
<b>国防総省 R&amp;D 合計</b>	<b>790.09</b>	<b>777.82</b>	<b>806.88</b>	<b>3.7%</b>
<b>国防総省 S&amp;T (6.1、6.2、6.3 と医療研究)</b>	<b>135.18</b>	<b>132.15</b>	<b>116.69</b>	<b>-11.7%</b>

\*RDT&E：研究分野 (R)、開発分野 (D)、試験評価分野 (T&E) の略

注1：国防ヘルスプログラムに分類される医療は RDT&E に含まない

注2：軍事支援、軍関連工事、RDT&E 外の化学兵器や軍需品の破棄を含む

出所：AAAS. DOD R&D by Program in the FY2009. Table II-2. R&D in the Department of Defense by Program <http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii2.pdf>

表 2-11 国防総省機関別 R&D 予算内訳

単位：億ドル

機関	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
陸軍	113.03	120.32	105.24	-12.5%
海軍	196.38	177.76	193.37	8.8%
空軍	245.66	259.02	280.67	8.4%
ミサイル防衛局 (MDA)	93.81	85.52	88.91	4.0%
国防高等研究事業局 (DARPA)	29.08	29.59	32.86	11.0%
国防長官オフィス	21.63	24.41	23.48	-3.8%
化学・生物兵器防衛 (CBDP)	9.83	10.17	10.56	3.8%
防衛脅威軽減局 (DTRA)	4.56	4.55	4.56	0.2%
その他	59.70	50.74	54.62	7.6%
実用試験評価本部長 (DOT&E)	1.80	1.78	1.89	6.2%
<b>RDT&amp;E*合計</b>	<b>775.49</b>	<b>763.87</b>	<b>796.16</b>	<b>4.2%</b>
医療研究 (注1)	6.80	5.36	1.94	-63.8%
その他予算割当 (注2)	7.80	8.59	8.78	2.2%
<b>国防総省 R&amp;D 合計</b>	<b>790.09</b>	<b>777.82</b>	<b>806.88</b>	<b>3.7%</b>

\*RDT&E：研究分野 (R)、開発分野 (D)、試験評価分野 (T&E) の略

注1：国防ヘルスプログラムに分類される医療は RDT&E に含まない

注2：軍事支援、軍関連工事、RDT&E 外の化学兵器や軍需品の破棄を含む

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-3. DOD R&D by Department and Agencies <http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii3.pdf>

## ② 厚生省・NIH

NIH は厚生省の研究開発予算の 96% を占めており、2009 年度の大統領予算案では、前年度と同レベルの 286 億 6,600 万ドルが計上されており、NIH の研究開発予算は 5 年連続横ばいとなる。

NIH 以外の厚生省機関の 2009 年度 R&D 予算も前年度並みか減少しており、厚生省全体では前年比 0.5% 増の 299 億 4,600 万ドルとなっている。

表 2-12 NIH 研究所別 R&amp;D 予算内訳

単位：億ドル

機関	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
国立がん研究所 (NCI)	47.95	48.05	48.10	0.1%
国立アレルギー感染症研究所 (NIAID)	43.66	45.61	45.69	0.2%
国立心臓・肺・血液研究所 (NHLBI)	29.19	29.22	29.25	0.1%
国立一般医学研究所 (NIGMS)	19.36	19.36	19.38	0.1%
国立糖尿病・消化器・腎研究所 (NIDDK)	18.56	18.57	18.58	0.1%
国立神経異常・発作研究所 (NINDS)	15.35	15.44	15.45	0.1%
国立精神健康研究所 (NIMH)	14.04	14.05	14.07	0.1%
国立小児・人間発達研究所 (NICHD)	12.54	12.55	12.56	0.1%
国立資源開発センター (NCRR)	11.44	11.49	11.60	1.0%
所長事務局 (OD)	10.47	11.09	10.57	-4.7%
国立老化研究所 (NIA)	10.47	10.47	10.48	0.1%
国立薬物乱用研究所 (NIDA)	10.00	10.01	10.02	0.1%
国立環境健康科学研究所 (NIEHS)	7.21	7.20	7.20	0.1%
国立眼研究所 (NEI)	6.67	6.67	6.68	0.1%
国立関節炎・筋肉・皮膚研究所 (NIAMS)	5.08	5.09	5.09	0.1%
国立ヒトゲノム研究センター (NHGRI)	4.86	4.87	4.88	0.2%
国立アルコール乱用・アル中研究所 (NIAAA)	4.36	4.36	4.37	0.1%
国立聴覚・伝達障害研究所 (NIDCD)	3.94	3.94	3.95	0.2%
国立歯研究所 (NIDCR)	3.90	3.90	3.91	0.1%
国立医学図書館 (NLM)	3.20	3.21	3.23	0.8%
国立生体画像・医工学研究所 (NIBIB)	2.98	2.99	3.00	0.5%
国立少数健康および健康不均衡センター(NCMHD)	1.99	2.00	2.00	0.1%
国立看護研究所 (NINR)	1.37	1.37	1.38	0.1%
構造設備プログラム (B&F)	0.81	1.19	1.26	5.6%
国立代用医薬品研究所 (NCCAM)	1.21	1.22	1.22	0.1%
フォガティ国際協力センター (FIC)	0.66	0.67	0.67	0.1%
<b>NIH 予算</b>	<b>291.28</b>	<b>294.57</b>	<b>294.57</b>	0.0%
減算：(非 R&D)	<b>-778</b>	<b>-781</b>	<b>-791</b>	1.3%
<b>NIH R&amp;D 予算合計</b>	<b>283.50</b>	<b>286.76</b>	<b>286.66</b>	0.0%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-9. NIH R&D by Institute <http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii9.pdf>

表 2-13 厚生省附属組織別 R&amp;D 予算内訳

単位：億ドル

機関	2007年度 実績	2008年度 推定値	2009年度 大統領案	2009年度 前年比
国立衛生研究所 (NIH)	283.50	286.76	286.66	0.0%
疾病対策予防センター (CDC)	5.59	4.41	4.41	0.0%
食品医薬品局 (FDA)	1.38	1.28	1.31	2.3%
メディケア・メディケイド サービスセンター (CMS)	0.48	0.31	0.31	0.0%
保健資源事業局	0.11	0.12	0.12	0.0%
厚生省運営管理	1.25	1.22	2.95	141.8%
医療研究・品質調査機構	3.19	3.35	3.26	-2.7%
Administration for Children & Families	0.44	0.44	0.44	0.0%
<b>厚生省 R&amp;D 合計</b>	<b>295.94</b>	<b>297.89</b>	<b>299.46</b>	<b>0.5%</b>

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-8. R&D in the HHS <http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii8.pdf>

### ③ NASA

NASA の 2009 年度 R&D 予算は、前年比 4.4%増の 129 億 4,100 万ドルが計上されているが、次世代宇宙船開発（前年比 23.3%増の 30 億ドル）、および国際宇宙ステーション建設（13.6%増の 21 億ドル）、宇宙・飛行支援（同 64.2%増の 7.3 億ドル）以外は、前年度並みか減少となっている。

表 2-14 NASA 活動分野別予算内訳

単位：億ドル

活動分野	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
<b>宇宙探査部門 (Exploration Capabilities (EC))</b>	<b>51.14</b>	<b>55.26</b>	<b>57.75</b>	<b>4.5%</b>
国際宇宙ステーション	14.69	18.13	20.60	13.6%
スペースシャトル	33.15	32.67	29.82	-8.7%
宇宙・飛行支援	3.29	4.49	7.33	64.2%
<b>科学、航空学、宇宙探査 (Science, Aeronautics, and Exploration (SAE))</b>				
科学:	46.10	47.06	44.41	-5.6%
探査システム (Exploration Systems) :	28.70	31.43	35.00	11.4%
次世代宇宙船 (Constellation Systems)	21.15	24.72	30.48	23.3%
先進能力 (Advanced Capabilities)	7.55	6.71	4.52	-32.6%
航空学研究:	5.94	5.12	4.47	-12.7%
教育:	1.16	1.47	1.16	-21.3%
Cross-Agency Support:	29.50	32.43	33.00	1.8%
監査官	0.32	0.33	0.36	8.9%
<b>NASA 予算合計</b>	<b>162.85</b>	<b>171.17</b>	<b>176.14</b>	<b>2.9%</b>
<b>非 R&amp;D 活動:</b>				
スペースシャトル	-33.15	-32.67	-29.82	-8.7%
その他	-12.74	-14.50	-16.92	16.7%
<b>NASA R&amp;D 合計</b>	<b>116.95</b>	<b>124.00</b>	<b>129.41</b>	<b>4.4%</b>

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-12. R&D in the NASA  
<http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii12.pdf>

#### ④ エネルギー省

エネルギー省の 2009 年度 R&D 予算は、米国競争力イニシアチブの影響により、前年比 8.4% 増の 106 億ドルが計上されている。米国競争力イニシアチブは物理科学分野を重視しており、物理科学 R&D を主に行っている科学局の R&D 予算は前年比 16.7% 増の 43 億ドルと大幅に増加している。

#### ⑤ 国立科学財団 (NSF)

NSF の R&D 予算は、米国競争力イニシアチブの影響により、前年比 15.5% 増の 51 億 7,500 万ドルが計上されており、ほとんどの研究局 (Research Directorate) の R&D 予算が 10% 以上増加する。このなかでも、米国競争力イニシアチブに深く関与している、数学・物理局、工学局、コンピュータ・情報科学局の R&D 予算はそれぞれ 20% 程度増加する。

表 2-15 NSF R&amp;D 予算内訳

単位：億ドル

分野	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
研究・研究関連事業：				
数学・物理	11.51	11.67	14.03	20.2%
工学	6.30	6.37	7.59	19.2%
生物学	6.09	6.12	6.75	10.3%
地球科学	7.46	7.53	8.49	12.8%
コンピュータ・情報科学	5.27	5.35	6.39	19.5%
Office of Cyberinfrastructure	1.82	1.85	2.20	18.8%
社会学・経済学	2.15	2.15	2.33	8.5%
国際理工局	0.40	0.41	0.47	14.8%
極地プログラム	4.38	4.43	4.91	10.9%
総合プログラム	2.19	2.32	2.76	18.8%
極圏研究委員会	0.01	0.01	0.02	4.1%
調整	0.10	-0.17	0.00	-
<b>研究・研究関連事業合計</b>	<b>47.68</b>	<b>48.04</b>	<b>55.94</b>	16.4%
主要研究装置	1.91	2.05	1.48	-28.2%
教育・人材開発 R&D	6.95	7.26	7.90	8.9%
人件費・科学委員会・監察総監室	2.63	2.97	3.22	8.3%
<b>NSF 予算合計</b>	59.17	60.32	68.54	13.6%
<b>NSF 非 R&amp;D 予算合計</b>	14.77	15.53	16.79	8.1%
<b>NSF R&amp;D 予算合計</b>	44.40	44.79	51.75	15.5%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-7. NSF R&D  
<http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii7.pdf>

## ⑥ 国土安全保障省

国土安全保障省は、前年比 4.1%増の 10 億ドルが計上される。このうち、核物質への対抗措置が引き続き重視されているため、国内核物質探査局全体の 2009 年度予算は、前年比 16.4%増の 5 億 6,400 万ドルと大幅に増加するが、研究開発予算に限ると、前年比 1.8%増の 2 億 7,900 万ドルとなっている。

表 2-16 国土安全保障省 R&amp;D 予算内訳

単位：億ドル

事業	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度前 年比
国内核物質探査局	2.65	2.74	2.79	1.8%
科学技術* (合計)	7.12	6.92	7.37	6.5%
生物・化学兵器対抗技術	3.14	2.08	2.00	-3.7%
国境・近海	0.33	0.25	0.35	38.5%
指揮・管理・相互運用	0.58	0.57	0.62	9.5%
爆発物対抗技術	1.05	0.78	0.96	23.8%
人的要因	0.07	0.14	0.12	-12.3%
インフラ・地球物理学	0.75	0.65	0.38	-41.4%
イノベーション	0.38	0.33	0.45	36.4%
研究施設	1.06	1.04	1.47	41.5%
検証・審査・標準化	0.25	0.29	0.25	-13.5%
遷移	0.24	0.30	0.32	5.2%
大学プログラム	0.49	0.49	0.44	-11.2%
追加	0.05	0.00	0.00	-
廃止	-1.26	0.00	0.00	-100.0%
沿岸警備隊*	0.19	0.27	0.18	-33.3%
国土安全保障省 R&D 合計	9.96	9.92	10.33	4.1%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-6 DHS R&D  
<http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbii6.pdf>

## ⑦ 商務省

商務省の 2009 年度 R&D 予算は、前年比 2%増の 11 億 5,700 万ドルと微増であるが、NIST については、米国競争力イニシアチブの影響により、前年比 6.1%増の 5 億 4,500 万ドルと増加する。しかし、海洋・大気局 (NOAA) は、海洋研究や気候変動などが重要分野と指定されているにもかかわらず、前年比 0.5%減の 5 億 8,200 万ドルと減少する。



表 2-17 商務省 R&amp;D 予算内訳

単位：億ドル

事業	2007 年度 実績	2008 年度 推定値	2009 年度 大統領案	2009 年度 前年比
海洋・大気局 (NOAA) R&D	5.64	5.85	5.82	-0.5%
標準・技術院 (NIST) R&D (合計)	4.87	5.14	5.45	6.1%
科学技術研究 (STRS)	3.69	3.70	4.46	20.7%
技術革新プログラム (旧 ATP)	0.60	0.35	0.00	-100.0%
研究施設開発	0.59	1.09	0.99	-9.3%
通信情報管理局 (NTIA)	0.07	0.07	0.02	-71.4%
国勢調査局	0.22	0.29	0.28	-3.4%
商務省 R&D 予算	10.80	11.35	11.57	2.0%

出所：AAAS-Preliminary Analysis of R&D in the FY2009 Budget. Table II-14. DOC R&D  
<http://www.aaas.org/spp/rd/09ptbi14.pdf>

## 2.4 2009 年度大統領予算案に対する評価

### ① 連邦政府の評価

科学技術政策室 (OSTP) は予算が厳しく制約されている中であって、2009 年度大統領予算案は研究開発を重視したものであること、特に研究開発予算が過去最大であることを強調している。具体的には OSTP は 2009 年度 R&D 予算案を以下のとおりにまとめている<sup>9</sup>。

- ・ 2009 年度大統領予算案の R&D 予算は前年比 3% の 1,470 億ドルであり、2001 年度から 61% 増加している。
- ・ 非軍事 R&D 歳出は前年比 6% 増となっている。
- ・ 非軍事 R&D 歳出の実質成長率は 31% であり、過去 8 年の平均 11% 増を上回る。
- ・ 基礎研究の 2009 年度予算は、293 億ドルで、2001 年度から 37% 増加している。
- ・ ブッシュ政権は、米国競争力イニシアチブへの公約を継続し、物理科学および工学の基礎研究を支援している NSF、DOE 科学局、NIST コアプログラムの予算を大幅に増加している。
- ・ 国防総省の基礎研究予算は 17 億ドルであり、2001 年度から 34% 増加している。
- ・ ネットワーキングと IT における R&D 予算は、2009 年度に 35 億ドルが充当される。同予算は、2001 年から倍増しており、総額は 195 億ドルになる。
- ・ 2001 年度以来、ナノテク R&D 予算は 3 倍以上になっており、2009 年度には 15 億ドルが支出される。ブッシュ政権は全米ナノテクノロジー・イニシアチブが 2001 年に開始されてから、総額 100 億ドルにも及ぶ資金を拠出している。

<sup>9</sup> Office of Science and Technology Policy. "FY 2009 Federal R&D budget Fact"

- ・ 2009年度大統領予算案には、先進エネルギーイニシアチブに32億ドルが充当されており、2008年度に比べ25%増加している。
- ・ NIHの2009年度の予算は約290億ドルであり、2001年度から43%増加している。
- ・ NASAの2009年度予算は前年度に比べ2.9%増加する。
- ・ 気象変動科学プログラムの2009年度予算は、20億ドル以上であり、8年間の総額は146億ドル以上である。

## ② 議会における評価

下院科学委員会委員のバート・ゴードン (Bart Gordon) 下院議員 (民-テネシー州) は2009年度大統領予算案の発行後、「ブッシュ政権の研究開発予算は、競争力を保つには、先見の明がなく不十分である」と指摘した。また、「America COMPETES 法 (P.L:110-69) (America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act)」の可決により、米国の生徒、教員、企業、労働者らは、研究および技術分野で世界をリードできるはずだが、ブッシュ大統領の予算案は、教育・労働育成に重点を置かず、雇用を生み出す製造業者や最先端の研究を十分に支援していないこと、さらにブッシュ大統領は、企業や教育者の意見をより取り込んで、America COMPETES法を全面的に支援するべきであると述べている<sup>10</sup>。

---

<sup>10</sup> Committee on Science and Technology. Gordon on President's FY09 Budget: Plan Shortchanges US competitiveness Efforts. <http://science.house.gov/press/PRArticle.aspx?NewsID=2072>

## 第Ⅱ部 米国医療機器産業の現状

### 目次

概要	26
I. はじめに	27
II. 米国医療機器産業の実態	27
1. 米国医療機器産業の範囲・区分	27
2. 日米医療機器産業の規模比較	28
3. 日米間の輸出入の状況	29
4. 日米の医療機器産業の比較	31
5. 日米の医療機器ビジネスの構図・スタンダード	39
6. 米国医療機器産業の主要プレーヤー	46
7. 米国の主要な医療機器クラスター	52
8. 米国医療機器産業の今後の見通し	56
III. 日本の医療機器産業における国際展開の必要性	58
1. 日本市場	58
2. 米国市場	61
IV. 具体的なビジネス事例	63
1. 米国医療機器ベンチャー企業の成功事例	63
2. 日本企業による米国展開の事例	68
V. 米国における医療機器関連の展示会・商談会・学会	70

## 概要

- 米国医療機器産業は世界市場の約 50%のシェアを誇っている。単一国としては世界第 2 位に位置する日本のシェアは約 10%であり、米国が他国を圧倒している。
- 医療機器における日米間の輸出入は活発であり、両国にとって相互が重要な貿易国である。輸出入の均衡を見ると、米国による日本への輸出が大きく、日本市場は輸入超過となっている。
- 日米医療機器産業の競争力を比較すると、米国は連邦政府および VC から豊富な R&D 資金を獲得できることが強みとなっている。また、米国医療機器産業では戦略的な M&A の活用も活発である。一方、日本の医療機器産業は、日本経済全体の停滞や VC 資金の不足、そして治験制度の複雑さなどのために伸び悩んでいるのが現状である。
- 日米医療機器市場の流通システムを見ると、米国の流通システムは GPO (Group Purchasing Organizations) が医療機器販売業者と主要顧客である病院の契約を取り扱っている。日本でも卸業者や販売代理店などのディーラーを介した売買が主流であるが、米国の流通システムと比べると中間流通が多層化していることが特徴である。
- 米国医療機器産業ではアウトソーシングの導入が他産業と比べると遅れていたが、最近ではアウトソーシングの利点を認識する医療機器企業が出現している。今後は、特に機器の設計から組み立てまでを一手に引き受けるフルサービスのアウトソーシングの台頭が注目される。
- 日本の医療機器市場には、市場規模の伸び悩み、政府による診療報酬の低下、煩雑な治験制度など数々の制限があり、日本企業が国内市場で成長し続けることは困難である。一方、米国は、資金調達が容易なことや日本と比較すると迅速な治験制度を確立していることから、日本医療機器企業にとって魅力が大きい市場である。
- 米国では、多数の医療機器ベンチャー企業が成功を収めているが、これらの企業は被買収を含めて積極的に M&A に関与していることが特徴的である。

## I. はじめに

日本の医療機器産業の米国進出の可能性を念頭において、米国における医療機器産業の現状を整理した。II章では、市場規模や医療機器クラスターなどの観点から米国の医療機器産業の実態、日本医療機器産業との比較を整理した。III章では、日本と米国の医療機器市場のメリットおよびデメリットを分析し、日本医療機器産業における国際展開の必要性を検討した。IV章では、具体的な医療機器ビジネスの事例として、米国ベンチャー企業の成功事例と米国展開している日本企業の事例を紹介し、V章にて米国における医療機器関連の展示会や学会をまとめた。

## II. 米国医療機器産業の実態

本章では、産業規模、ビジネススタンダード、主要プレーヤーを含む多様な側面から米国医療機器産業の実態を日本との比較を取り入れながら整理する。

### 1. 米国医療機器産業の範囲・区分

「医療機器産業」の定義および範囲は国ごとに異なるが<sup>1</sup>、商務省（Department of Commerce）にて貿易促進や貿易協定の遵守を監督している国際通商局（ITA: International Trade Association）による定義では、米国医療機器産業は以下の機器が含まれている<sup>2</sup>。

- 手術・医療器具 (surgical and medical instruments)
- 整形外科・人工装具・外科用の機器および用品 (orthopedic, prosthetic and surgical appliances and supplies)
- 歯科用機材および用品 (dental equipment and supplies)
- X線装置・チューブ・放射線治療装置 (x-ray apparatus, tubes and related irradiation apparatus)
- 電気医療・療法装置 (electromedical and electrotherapy apparatus)
- 眼科用機材 (ophthalmic equipment)

広義の定義では上記に体外診断薬 (in-vitro diagnostic substances) が加わることになる。

これらの機器は、除細動器や超音波装置などを含む「機材 (equipment)」と注射針や医療用白衣といった「用品 (supply)」に大別することができる。「機材」は高度な技術を兼ね備えた少数の製品を高い利幅で販売することが特徴である一方で、「用品」は消耗品を取り扱うことが多く、

---

<sup>1</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. <http://hotdocs.usitc.gov/docs/pubs/332/pub3909.pdf>

<sup>2</sup> ITA. “Medical Device Sector, 2007: U.S. Market Overview”. [http://trade.gov/investamerica/medical\\_device.asp](http://trade.gov/investamerica/medical_device.asp)

薄利多売で利益をあげることが特徴となっている<sup>3</sup>。

国際通商局による定義には医療機器の部品・部材は含まれていない。しかし、医療機器産業のサブセクターとして医療機器の製造セクターが挙げられていることから<sup>4</sup>、少なくとも部品は同産業の一部と見なされている可能性は高い。

## 2. 日米医療機器産業の規模比較

米国貿易における多様な課題に関する調査を行っている独立連邦政府機関の国際貿易委員会 (International Trade Committee: ITC) <sup>5</sup>によるデータに基づき、日米医療機器産業の規模を表 1 にまとめる。

表 1 日米医療機器産業の規模

	米国	日本
生産金額	920 億ドル (2005 年)	142 億ドル (2004 年)
輸入金額	902 億ドル (2005 年)	190 億ドル (2004 年)
企業の数・規模	6,000～7,000 社 中小・大企業	750 社 小規模および大企業
雇用数 (2005 年)	38 万 8,449 人	6 万 8,000 人
世界市場における生産金額シェア	51%	10%
貿易収支	黒字 (2005 年度は 18 億ドルの黒字)	赤字 (2004 年度は 49 億ドルの赤字)

出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U. S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

表 1 にあるとおり、生産金額、企業数、雇用数において米国は日本を圧倒している。しかし、企業 1 社当たりの生産金額を試算すると、米国は 1 社当たり約 1,300～1,500 万ドルの生産金額を上げているのに対して日本は 1 社当たり約 2,500 万ドルと、1 社当たりの生産金額は日本の方が高いことがわかる。この背景には、米国医療機器企業の 8 割以上が雇用数 50 人以下の中小・ベンチャー企業である<sup>6</sup>ことが考えられる (図 1 参照)。また米国医療機器産業では、3,000 社以上の下請け製造企業が、2005 年の時点でわずか 44 億ドルの市場をシェアしており<sup>7</sup>、これも 1 社当たりの生産金額を下げる要因となっている可能性がある。

<sup>3</sup> Centium. “Medial Equipment Industry Report” in *US Business Reporter*. August 25, 2003.

[http://www.modplas.com/inc/mparticle.php?section=Modern%20Executive&thefilename=modernexec08012004\\_01](http://www.modplas.com/inc/mparticle.php?section=Modern%20Executive&thefilename=modernexec08012004_01)

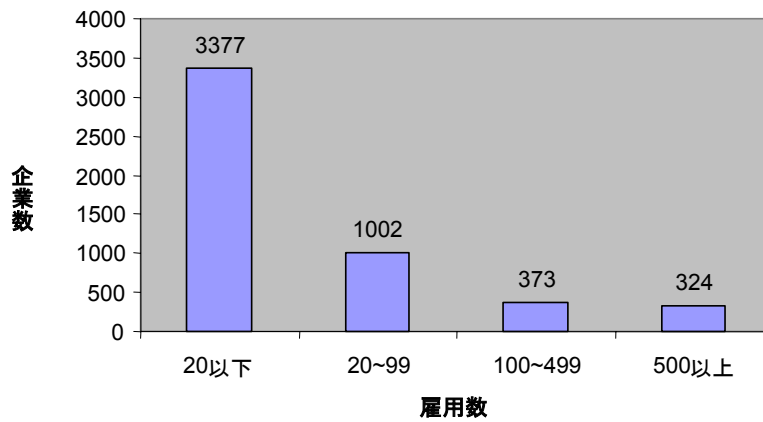
<sup>4</sup> ITA. “Medical Device Sector, 2007: U. S. Market Overview” .

<sup>5</sup> 国際貿易委員会の詳細は以下を参照。 [http://www.usitc.gov/ext\\_relations/about\\_itc/index.htm](http://www.usitc.gov/ext_relations/about_itc/index.htm)

<sup>6</sup> ITA. “Medical Device Outlook.” [http://www.ita.doc.gov/td/health/outlook\\_05\\_medical.pdf](http://www.ita.doc.gov/td/health/outlook_05_medical.pdf)

<sup>7</sup> Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices” . 2007.

図 1 雇用数別に見た米国医療技術企業数 (2001 年)



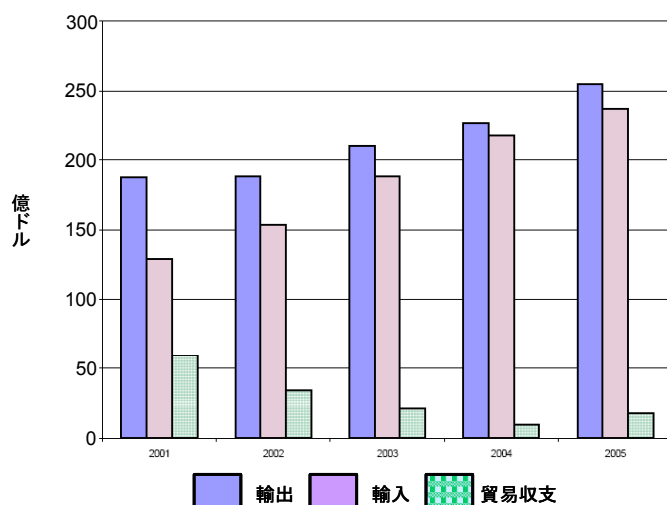
出所：ITA. “Medical Device Outlook.” を基に作成

### 3. 日米間の輸出入の状況

米国医療機器産業による 2005 年の貿易取引総額は、世界医療機器取引総額の 29%を占めている。2001 年から 2005 年にかけて米国による輸出額は 36%増加しているが、同期間の輸入額は 85%も増加したため、貿易黒字は 2001 年の 59 億ドルから 2004 年には 9 億 5,700 万ドルと急減している。その後 2005 年には 18 億ドルまで増加したものの、2001 年の水準を大きく下回っている現状は変わらない (図 2 参照)。この背景には、米国医療機器企業が欧州系列会社を中心に海外へのアウトソーシングを増やしていることが挙げられる<sup>8</sup>。

<sup>8</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

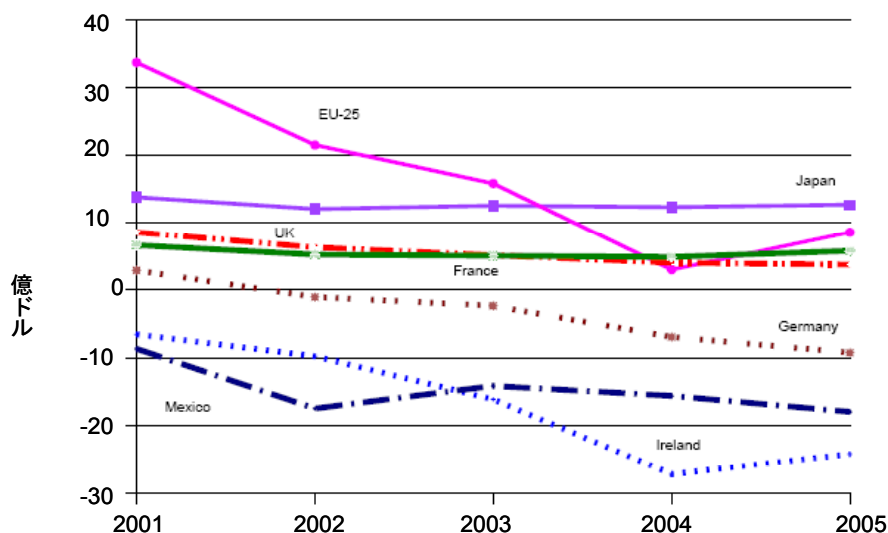
図 1 米国医療機器産業による対外貿易の推移 (2001～2005 年)



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”

米国医療機器産業にとって日本は最も重要な貿易国である。2001 年から 2005 年の間、日本は米国医療機器における最大の輸出国である。また、EU に対する貿易黒字が減少傾向にある一方で対日黒字は安定しており、2004 年以降は主要取引国の中でも対日黒字額が最も多い(図 3 参照)<sup>9</sup>。

図 2 米国医療機器における各国との貿易収支 (2001～2005 年)



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”

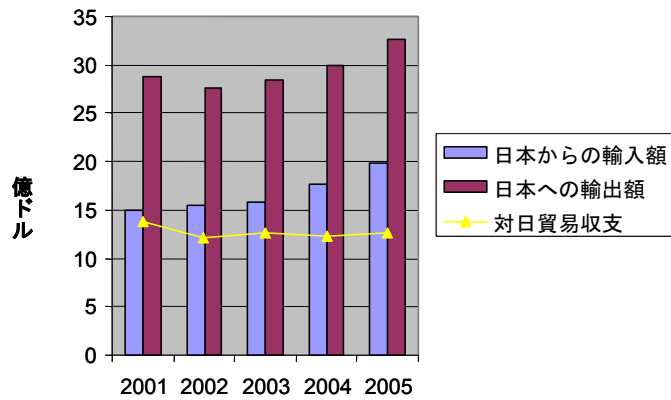
一方、2001 年から 2005 年にかけての対日輸出額の伸び率は 13% であり、同時期の米国による医療機器輸出総額の伸び率である 36% を大きく下回っている。しかし、2005 年の輸出額は前年と

<sup>9</sup> 同上



比べて9%増加しており<sup>10</sup>、今後の対日輸出額が急増する可能性も考えられる（図4参照）。

図3 米国医療機器産業による対日貿易の推移（2001～2005年）



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets” によるデータを基に作成

また日本の医療機器市場にとって、米国は輸出入ともに最大の取引国である。2004年のデータを見ると、日本からの輸出総額のうち26%が米国向けのものであり、日本への輸入総額のうち58%が米国からの輸入によるものとなっている。日本から米国へ輸出される医療機器は、東芝、オリンパス、テルモなどが製造する診断機器・内視鏡・医療用品が大半を占める一方で、米国からはペースメーカー・整形外科用インプラント・薬剤溶出ステントなどが輸入されている<sup>11</sup>。

#### 4. 日米の医療機器産業の比較

##### (1) 日米医療機器産業の概観

米国では、循環器系機器（冠状動脈ステント・ペースメーカー・除細動器）・診断用画像機器・移植用整形外科機器・患者モニター機器・外科手術関連機器・体外診断薬など、医療用品からハイテク医療機器まで多種多様な機器を製造している。一方、日本の医療機器業界は、医療用品の他に、診断用画像機器や内視鏡などに特化した医療機器の製造を手がけている<sup>12</sup>。

北米産業分類（NAICS: North American Industry Classification System）で見ると、米国の医療機器は5つの分野に分かれているが、そのうち電気医療機材、手術・医療器具、および整形外科用機器・医療用品の製造が活発である（表2参照）。

<sup>10</sup> 同上

<sup>11</sup> 同上

<sup>12</sup> 同上

表2 医療機器分野別に見た製品例と出荷額（2005年）

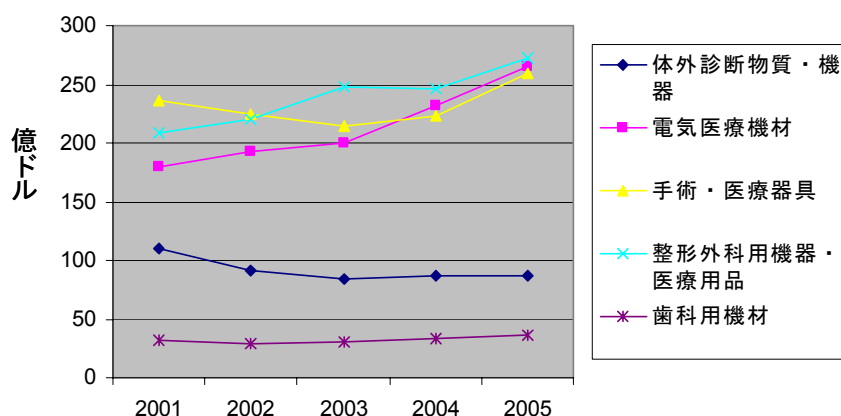
医療機器分野	製品例	出荷額（億ドル）
体外診断物質・機器	診断目的で、血液・尿・細胞など人体からの標本を収集・分析するための試薬・物質・機器・システム	87.41
電気医療機材	細動除去器・ペースメーカー、心電計、電気外科装置、補聴器、医療画像装置（CT、MRI、超音波、X線装置など）、医療レーザー、患者モニターシステム	265.26
手術・医療器具	麻酔装置、関節鏡視下器具、心臓・泌尿器カテーテル、薬剤溶出ステント、鉗子、皮下注射針、心臓バルブ、点滴装置、外科用メス、注射器	258.72
整形外科用機器・医療用品	松葉杖、整形外科用埋め込み装置（ひざ・尾てい骨・脊柱）、人口装具、医療用衣類、縫合糸	272.96
歯科用機材	歯科用いす、歯科用ドリル	35.66

出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. を基に作成

注：NAICS ではこれ以上の分類を行っていない。

以上の5分野における出荷額の推移は以下のとおりである（図5参照）。

図5 医療機器分野別の出荷額推移（2001～2005年）



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. を基に作成

また、食品医薬品局（FDA: Food and Drug Administration）は、登録が必要な医療機器を以下の16種類に分類しているが<sup>13</sup>、これらの分類に基づいた出荷額は記録していないと見られる。

- 臨床化学・臨床毒性学機器（Clinical chemistry and clinical toxicology devices）

<sup>13</sup> 同上

- 血液学・病理学機器 (Hematology and pathology devices)
- 免疫学・細菌学機器 (Immunology and microbiology devices)
- 麻酔学機器 (Anesthesiology devices)
- 心臓関連機器 (Cardiovascular devices)
- 歯科用機器 (Dental devices)
- 耳鼻咽喉機器 (Ear, nose, and throat devices)
- 消化器病学・泌尿器学機器 (Gastroenterology-urology devices)
- 一般・形成外科用機器 (General and plastic surgery devices)
- 病院・個人使用機器 (General hospital and personal use devices)
- 神経学機器 (Neurological devices)
- 産婦人科用機器 (Obstetrical and gynecological devices)
- 眼科用機器 (Ophthalmic devices)
- 整形外科用機器 (Orthopedic devices)
- 物理療法機器 (Physical medicine devices)

日本厚生労働省の統計では医療機器分野を 14 種類に分類しているが、うち、2004 年の出荷額では診断画像システムが突出しており、医療用品と人工内臓が続いている (表 3 参照)。

表 3 医療機器分野別に見た出荷額の推移 (2001~2004 年)

Segment	2001	2002	2003	2004	Absolute change, 2001-4	Percent change, 2001-4
Diagnostic imaging systems	309,552	264,178	324,875	305,045	-4,507	-1.5
Related diagnostic X-ray equipment	115,267	118,700	100,080	110,475	-4,782	-4.2
Measuring and monitoring systems for biophenomena	156,709	147,976	154,704	167,458	10,749	6.9
In vitro clinical test equipment	78,484	92,564	81,089	89,067	10,583	13.5
Operating equipment and supplies	226,684	235,724	227,121	233,323	6,639	2.9
Clinical equipment and supplies	28,731	26,569	29,234	28,736	5	(*)
Artificial internal organ and assisting devices	184,656	182,572	177,569	189,979	5,323	2.9
Therapeutic and surgical equipment	51,319	60,301	49,422	40,335	-10,984	-21.4
Dental equipment	34,476	34,667	33,949	37,843	3,367	9.8
Dental material	98,585	96,117	86,026	87,900	-10,685	-10.8
Steel products for medical use	8,469	8,728	8,003	8,979	510	6.0
Ophthalmic and related products	79,188	76,937	74,885	78,411	-777	-1.0
Surgical dressing/hygienic products	4,328	4,722	4,152	4,740	412	9.5
Medical devices for home use	140,541	153,752	147,809	152,047	11,506	8.2
<b>Total</b>	<b>1,516,989</b>	<b>1,503,507</b>	<b>1,498,918</b>	<b>1,534,338</b>	<b>17,349</b>	<b>1.1</b>
			million dollars			percent
Diagnostic imaging systems	2,547	2,107	2,802	2,820	272	10.7
Related diagnostic X-ray equipment	948	947	863	1,021	73	7.7
Measuring and monitoring systems for biophenomena	1,289	1,180	1,334	1,548	258	20.0
In vitro clinical test equipment	646	738	699	823	177	27.5
Operating equipment and supplies	1,865	1,880	1,959	2,157	291	15.6
Clinical equipment and supplies	236	212	252	266	29	12.3
Artificial internal organ and assisting devices	1,519	1,456	1,532	1,756	237	15.6
Therapeutic and surgical equipment	422	481	426	373	-49	-11.7
Dental equipment	284	276	293	350	66	23.3
Dental material	811	767	742	812	1	0.2
Steel products for medical use	70	70	69	83	13	19.1
Ophthalmic and related products	652	614	646	725	73	11.2
Surgical dressing/hygienic products	36	38	36	44	8	23.0
Medical devices for home use	1,156	1,226	1,275	1,405	249	21.5
<b>Total</b>	<b>12,482</b>	<b>11,991</b>	<b>12,930</b>	<b>14,182</b>	<b>1,699</b>	<b>13.6</b>

Source: Japan's Ministry of Health, Labour and Welfare and IMF exchange rates.

\* Less than 0.05 percent.

出所: ITC. "Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U. S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets". March 2007. Table 3-15

表の各医療機器分野における製品例は以下のとおりである（表 4 参照）。

表 4 医療機器分野ごとの製品例

Official category	Medical device product examples
Artificial internal organ and assisting devices	Dialyzers, cardiac pacemakers, artificial blood vessels, artificial joints, intraocular implants, artificial lungs, artificial respirators, anesthesia devices, etc.
Clinical equipment and supplies	Drug sprayers, medical suction units, inhalers, medical irrigators, etc.
Dental equipment	Dental surgery, units, and related equipment, orthodontic material and related equipment, etc.
Dental material	Dental metals, tooth crown materials, denture baseplate materials, dental model materials, etc.
Diagnostic imaging systems	X-ray diagnostic devices, CT, MRI, diagnostic ultrasound imaging devices, etc.
In vitro clinical test equipment	Clinical laboratory test equipment, blood testing devices, serum testing devices, etc.
Measuring & monitoring systems for biophenomena	Thermometers, blood pressure gauges, stethoscopes, cardiac output monitors, tonometers, electrocardiographs, electroencephalographs, monitoring equipment, endoscopes, etc.
Medical devices for home use	Massage and bath devices, electric/light-ray therapy devices, inhalers, hearing aids, etc.
Operating equipment and supplies	Syringes, tubes, catheters, blood collection/transfusion/infusion devices, suture machines, etc.
Ophthalmic and related products	Sight-correcting spectacles, cataract spectacles, contact lenses, optometric instruments, etc.
Related diagnostic X-ray equipment	X-ray imaging equipment, protective devices, etc.
Steel products for medical use	Amputators, snares/excisers, sharp/blunt curettes, retractors, aperture-opening devices, etc.
Surgical dressing/hygienic products	Sterile products, sterile materials, etc.
Therapeutic and surgical equipment	Radiation and laser therapy equipment, lithotripters, infrared ray therapy devices, low frequency electric therapy devices, ultrasound and short wave therapy devices, etc.

Source: Compiled by Commission staff from MHLW and JETRO information.

出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. Table 3-16

国際貿易委員会によると、医療機器産業の競争力は、R&D資金・流通ネットワーク・労働力などを含む供給に関連する要因および、医療福祉に対する支出や人口動向などの需要に関連する要因に深く関係している<sup>14</sup>。これらの要因に基づく日米医療機器産業の現状比較を表 5 にまとめる。

<sup>14</sup> 同上

表 5 日米医療機器産業における競争力の比較

競争力要因		米国	日本
<b>供給関連</b>			
R&D 資金・イノベーション	医療機器企業による総売上げの 10～13%という比較的多額の R&D 投資を行っており、イノベーションにも成功している	R&D 投資は売上げの 6%程度であり、イノベーションの成果は米国ほど顕著ではない	
資金へのアクセス	連邦政府からの支援と潤沢なベンチャーキャピタルが存在する	資金源は限定的である	
業界構造と統合の度合い	M&A により、業界の統合が進みつつある	業界の統合レベルは低い	
マーケティング・流通ネットワーク	企業と医療機関との直接交渉が可能な流通システム	複雑な流通システム	
労働力の熟練度	高度で熟練した、生産性の高い労働力 (2005 年度労働者 1 人当たりの生産金額は 29 万 7,938 ドル)	優れた技術力を持ち、中程度の生産性を持つ労働力 (2005 年度労働者 1 人当たりの生産金額 17 万 3,460 ドル)	
法規制	透明性のある規則システム	複雑な政府規則	
<b>需要関連</b>			
医療福祉に関する支出	多額かつ増加傾向にある (GDP の 15%)	政府は緊縮財政方針を取っており、医療福祉に関する支出も制限している (GDP の 8%)	
医療福祉コスト削減に関する政策	政府と民間保険会社の双方がコスト削減に努めている	政府と民間保険会社の双方がコスト削減に努めている	
人口	総数	約 2 億 9,840 万人	約 1 億 2,750 万人
	年齢が 65 歳以上の高齢人口が人口総数に占める割合	12% (2005 年)	20% (2004 年)
	2025 年までに高齢人口が人口総数に占める割合 (予測値)	18%	30%

出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U. S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. を基に作成

## (2) 米国医療機器産業の優位性・課題

米国医療機器産業の優位性として、①イノベーションを支える豊富なR&D資金および、②戦略的なM&Aの活用が挙げられる。一方、同産業の流通システムにおいて多大な影響力を持つ共同購買会社（GPO: Group Purchasing Organizations）が、既取引のある企業の利益を優先し、新規企業の市場参入を阻害していると指摘する声もあり<sup>15</sup>、GPOのあり方を見直すことが米国医療機器産業の課題と考えられる。以下では米国医療機器産業におけるR&D資金の実態について説明する<sup>16</sup>。

米国医療機器開発の特徴は継続的な改良が行われることであり、製品ライフサイクルは2年間以下と非常に短い。従って、医療機器企業は常に新しいイノベーションを創出しなければならず、日本と比べて多額の資金をR&Dへ投入している。米国医療機器産業によるR&D資金が売上げに占める割合は、米国製造産業全体における平均の2倍以上となっており、製造産業においても医療機器産業がR&Dを重視していることがわかる<sup>17</sup>。

また、米国医療機器産業におけるR&D資金は、連邦政府による支援およびVC（ベンチャーキャピタル）に支えられていることが特徴である。連邦政府による医療技術R&Dへの支援は主に国立衛生研究所（NIH: National Institutes of Health）と航空宇宙局（NASA: National Aeronautics and Space Administration）を通して行われているが、この中でもNIHでは、2000年に国立生物医学画像・生物工学研究所（National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering: NIBIB）が設立されており、医療機器産業に対する新たな資金源となっている<sup>18</sup>。NIBIBも含めたNIH全体による生物工学関連グラントの総額およびNIH予算に対する割合を見ると、2006年と2007年は横ばいではあるものの、2001年以来増加傾向にあることがわかる（図6参照）。

---

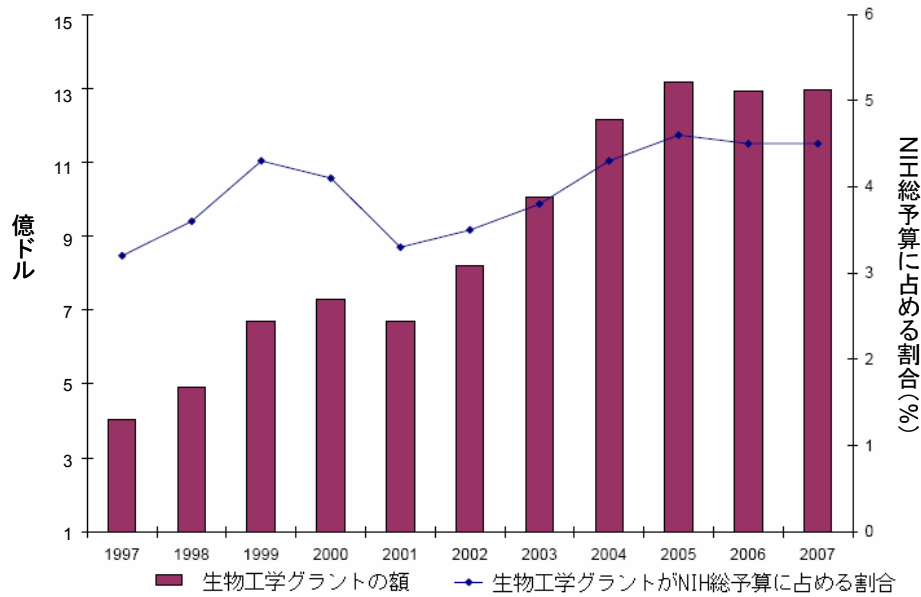
<sup>15</sup> 同上

<sup>16</sup> M&AおよびGPOについては次節を参照。

<sup>17</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

<sup>18</sup> 同上

図 6 NIH による生物工学グラントの総額および NIH 予算に対する割合 (1997～2007 年)



Source: National Institutes for Health (NIH), "[Actual] and Estimated Funding for Various Diseases, Conditions, and Research Areas," March 10, 2006, <http://grants1.nih.gov/grants/award/award.htm>.

出所: ITC. "Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets". March 2007. Figure 3-2.

注 1: ここでの「生物工学」とは NIH の定義による Bioengineering を指す。

注 2: 2006 年と 2007 年の額は推定額である。NIH によるグラント最新情報は以下を参照。

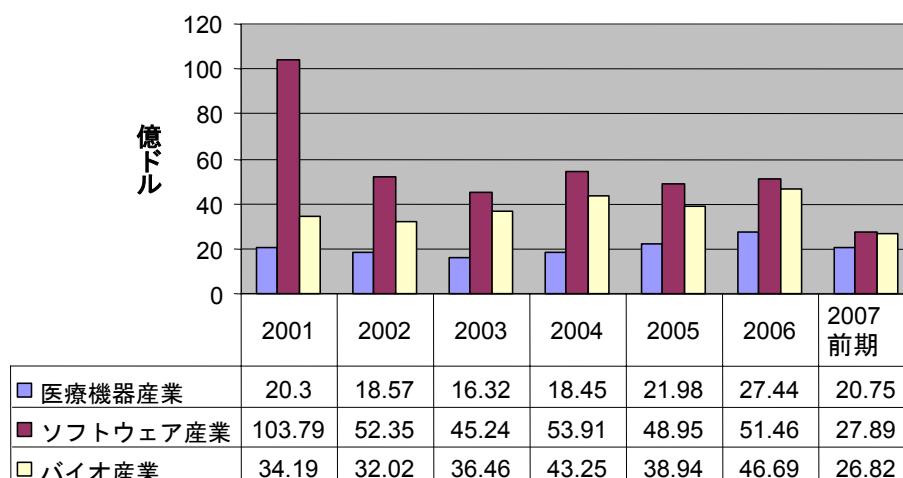
<http://www.nih.gov/news/fundingresearchareas.htm>

一方、VCからの投資も米国医療機器産業におけるR&Dの促進には不可欠の存在である。VCからの投資を受けて資金繰りが容易となったアリーステージの医療機器企業は、R&D活動に専念することができるようになる<sup>19</sup>。米国医療機器産業へのVC投資は2003年より増加を続けており、特に2007年前期では投資総額20億7,500万ドルと、半期で2004年の投資額を上回っている。2007年第2四半期における同産業へのVC投資額は9億9,500万ドルであり、産業別に見ると、ソフトウェア産業、バイオ産業に続いて第3位の投資額である(図7参照)<sup>20</sup>。

<sup>19</sup> 同上

<sup>20</sup> PricewaterhouseCoopers. "Money Tree Report, Investments by Industry / Q2 2007". <https://www.pwcmoneytree.com/MTPublic/ns/nav.jsp?page=industry>

図 7 医療機器・ソフトウェア・バイオ産業に対する VC 投資の推移 (2001～2007 年前期)



出所：PricewaterhouseCoopers. “Money Tree Report, Historical Trend Data, Medical Device and Equipment” <https://www.pwcmoneytree.com/MTPublic/ns/nav.jsp?page=historical> (2007年9月5日現在) のデータを基に作成

VC投資額が増加している背景には以下の要因が挙げられている<sup>21</sup>。

- 人口の高齢化および平均寿命の延長から、医療機器に対する需要増加が見込まれている
- 医療機器業界における M&A が盛であるため、ベンチャー企業への投資を早期に回収できる可能性が高い
- 株式市場におけるコンピュータ技術の人気は下がっており、株式公開で利益回収を目指す VC は、医療機器を新たな投資先と見なしている
- 医薬品と比較すると、医療機器開発にかかる年月は短く、専門知識のない VC にとっても製品開発の過程を理解しやすい

### (3) 日本医療機器産業の優位性・課題

米国を始めとする諸外国よりも高齢化が進んでいる日本では医療機器市場の成長が予測されている。しかし国際貿易委員会によると、以下の要因によって日本医療機器産業は伸び悩んでいるという<sup>22</sup>。

- 日本経済全般が停滞している
- 破産法による倒産者への保護が少ない

<sup>21</sup> Peter Loftus. “Medical device venture-capital funding on the rise” in *Associated Press*. March 1, 2006. <http://sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?file=/n/a/2006/03/01/financial/f200513S58.DTL> :Matt Richtel.

“What’s the Flavor of the Month? Medical Devices” in *New York Times*. June 11, 2007. <http://www.nytimes.com/2007/06/11/business/businessspecial3/11venture.html>

<sup>22</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

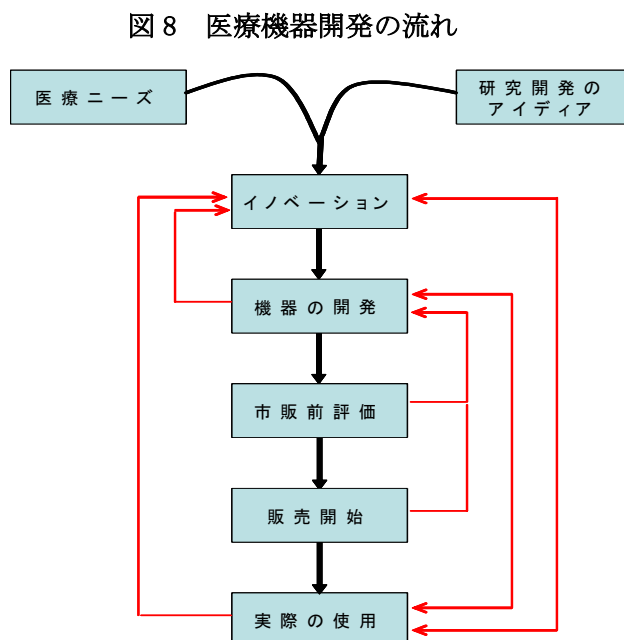


- VC 投資および R&D 資金が限られている
- 流通システムが複雑である
- 治験制度が複雑・不透明であり、時間がかかる
- 日本全体における医療費支出が低い

## 5. 日米の医療機器ビジネスの構図・スタンダード

### (1) 医療機器開発の流れ

医療機器産業における製品開発の流れをまとめると図 8 のようになる。



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. を基に作成

上図のとおり、医療機器開発におけるイノベーションは、企業内R&Dだけでなく、製品の市販前評価や販売・使用を通して行われており、研究者だけでなく医師などのユーザーも段階的な改良・改善に関与することが医療機器におけるイノベーションの特徴といえる<sup>23</sup>。一方、医療機器産業は、機器の安全性を確保するために製造ラインを自社で管理することを好む傾向があり、アウトソーシングの導入は他の産業と比べると遅れている<sup>24</sup>。

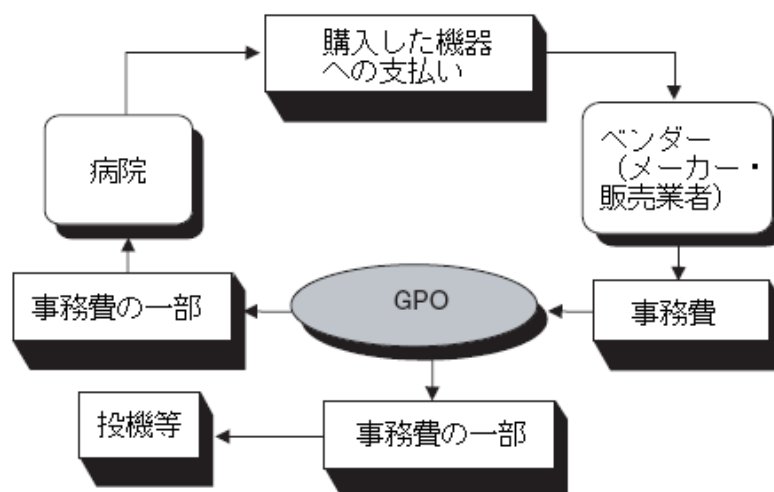
<sup>23</sup> 同上

<sup>24</sup> Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices”. 2007. : Christopher Delporte. “Taking the Pulse of Full-Service Outsourcing” in *Medical Product Outsourcing*. May 2007.

## (2) 流通システム

米国における医療機器の主要な購買者は病院であるが、病院は単独ではなく共同購買会社（Group Purchasing Organizations: GPO）を通して医療機器を購入することが多い。GPOとは、病院などの医療機器を購入する施設が、医療機器企業との交渉を有利に進め、医療機器・用品を安価で購入することを目的に設立された組織である。非営利団体である病院が運営することもあるが、GPOの大半は営利団体であり、医療機器企業から事務費（administrative fee）<sup>25</sup>を徴収し、その一部を投機などに運用することで利益を上げている（図9参照）。また、大手GPOによっては購買以外のサービスを病院に提供している場合もある<sup>26</sup>。

図9 GPOを介した医療機器流通システム



出所：GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002. を基に作成

米国の病院は平均で2～4のGPOに所属しており<sup>27</sup>、68～98%の病院が少なくとも1つのGPOに加入していることから<sup>28</sup>、米国医療機器市場におけるGPOの影響力の強さが伺える。実際、非医療品も含めて病院が購入する機器・用品のうち、約70%がGPOを介した購入である。会計検査院（GAO: General Accounting Office: 当時）<sup>29</sup>によると、現在は600以上の組織が医療関係の共同購買に

<sup>25</sup> ベンダーからの費用徴収は本来であれば贈賄と見做されるが、1986年の社会保障法（Social Security Act）改正により、GPOによる事務費徴収が認められるようになった。

<sup>26</sup> GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002. <http://www.gao.gov/new.items/d02690t.pdf>

<sup>27</sup> Robert Betz. “Federal Trade Commission’s Health Care Workshop: Hospital Group Purchasing Organizations”. September 10, 2002. <http://www.ftc.gov/ogc/healthcare/betz.pdf>

<sup>28</sup> GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002.

<sup>29</sup> GAOは連邦議会付属の独立諮問機関で、2004年7月より政府説明責任局（Government Accountability Office）に改称している。

関与しているが<sup>30</sup>、大規模の購買契約を取り扱っているのは約 30 団体であり、中でもノベーション社 (Novation) とプレミア社 (Premier) が最大手であるという。両社を介した年間購買額はそれぞれ 176 億ドル、140 億ドルであり<sup>31</sup>、薬品や食材も含めた医療用品の調達において両社を介した購買額は、GPOを介した購買額全体の約 3 分の 2 を占めている<sup>32</sup>。以下に両社の概要をまとめる (表 6 参照)。

表 6 ノベーション社とプレミア社の概要

企業名	本拠地	年間購買契約額 (ドル)	年間売上げ (ドル)	社員数 (2007 年)	概要
Novation	テキサス州 アービング市	176 億	7,680 万 (推定)	1,400 人	医療機関や医師を対象にサプライチェーン管理を含む様々なサービスを提供している VHA 社の子会社。医療機器だけでなく、医薬品や食材の調達も行っている。同社は、Cardinal Health 社の最大取引相手の 1 つである。
Premier	カリフォルニア州 サンディエゴ市	140 億	4 億 3,350 万	1,000 人	200 社以上の医療機器企業における購買契約を取り扱っている。この他、医療機関を対象に保険やリスク管理サービスも提供している。

出所：GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002. および Hoovers による企業情報を基に作成。

注：売上げおよび社員数は医療機器以外の事業も含めた数値である。

医療機器の購入価格を下げることを目的に設立されたGPOであるが、その効果を疑問視する声もある。図 9 にある「事務費」は医療機器企業からGPOに対して支払われるものであるが、これはGPOを介して交わされた医療機器企業と病院の間の購買契約額の 3%以下でなければならないと、厚生省 (Department of Health and Human Services) が規定している。従って、事務費を収入源とするGPOにとっては購買契約額が高いほうが自身の利益を上げることができることになる。このような懸念を受け、会計検査院 (当時) は 2002 年にGPOを介した購入と介さない購入を比較している。調査の結果、価格は病院およびGPOの規模によって変わることが判明したが、同時に、GPOを介した購入が必ずしも低価ではないことも指摘されている。また、GPOが本来の目的に沿って病院

<sup>30</sup> KnowledgeSource. “Group Purchasing Organizations Market Overview - 2007: Description”. [http://knowsource.ecnext.com/coms2/summary\\_0233-3641\\_ITM](http://knowsource.ecnext.com/coms2/summary_0233-3641_ITM)

<sup>31</sup> GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002.

<sup>32</sup> GAO. “Group Purchasing Organizations: Use of Contracting Processes and Strategies to Award Contracts for Medical-Surgical Products”. July 16, 2003. <http://www.gao.gov/new.items/d03998t.pdf>

のために価格交渉を行った場合、全米の病院は年間で合計 50 億ドルを節約できるとの試算もある<sup>33</sup>。この他、医療機器企業から事務費を徴収していることでGPOが企業の利益を優先するようになり、新規企業の市場介入を妨害しているとの指摘も存在する<sup>34</sup>。このような現状を反映し、米国医療機器産業を代表して政策提言を行っている医療機器工業会（MDMA： Medical Device Manufacturers Association）は、医療機器企業からの事務費徴収を禁止することを主要政策課題の1つに挙げている<sup>35</sup>。

一方、医療機器企業は、「消費者に直接（DTC: Direct-to-consumer）」と呼ばれる患者を対象としたマーケティング戦略も取り入れ始めている。新しいマーケティング戦略が台頭した背景には以下の要素が挙げられる<sup>36</sup>。

- 慢性病の増加に伴い、患者は疾患を長期間にわたって管理する必要が生じ、信頼できる医療機器を求めている。
- 健康に関する情報が普及し、患者が医療機器の選択などにおける意思決定を行うことが多くなっている。
- 患者による医療費の自己負担額が増えており、（保険会社が関与せずに）患者が自身で医療サービスを選択するようになっている。
- 単なる疾患の治癒・管理だけでなく、心理的効果を医療に求める患者が増えており、付加価値を提供する医療機器の市場が広がっている。
- 手術を伴わない美容整形が普及している。
- 在宅治療が増加しており、患者が自身の疾患を管理することが増えている。
- 製薬業界はDTCを取り入れることで売上げを伸ばした実績がある。

### (3) M&A

上述のように、M&Aは米国医療機器産業の強みの1つと言える。1990年代半ばから後半にかけて同産業における主要なM&Aが行われたが、現在もM&Aの傾向は続いている<sup>37</sup>。米国医療機器産業がM&Aを進める背景には以下の要因がある<sup>38</sup>。

---

<sup>33</sup> Hal J. Singer. “The Budgetary Impact of Eliminating the GPOs’ Safe Harbor Exemption from the Anti-Kickback Statute of the Social Security Act”. June. 2006.  
<http://www.medicaldevices.org/public/issues/documents/1Singer.pdf>

<sup>34</sup> GAO. “Group Purchasing Organizations: Pilot Study Suggests Large Buying Groups Do Not Always Offer Hospitals Lower Prices”. April 30, 2002.

<sup>35</sup> MDMA. “Group Purchasing Organizations”. <http://www.medicaldevices.org/public/issues/gpo.asp>

<sup>36</sup> Frost & Sullivan. “Medical Device Direct-To-Customer Marketing: Learning From Pharma While Acknowledging Industry Differences”. November 2005.  
[http://www.fischerhealth.com/images/news\\_DTCMktWhPaper05.pdf](http://www.fischerhealth.com/images/news_DTCMktWhPaper05.pdf)

<sup>37</sup> ITA. “Medical Device Outlook.”

<sup>38</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. : ITA. “Medical Device Outlook.”

<中小企業にとっての利点>

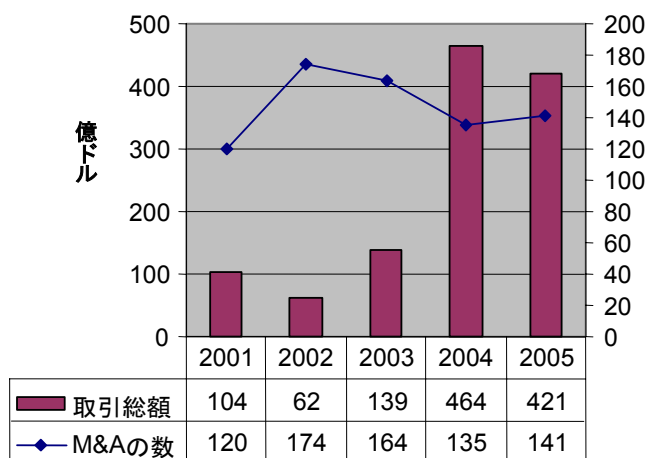
- 大企業には新製品の臨床データを提供するための豊富なリソースがある。
- 大企業はGPOとの交渉を有利に進めることができるなど、流通・販売におけるリソースも十分に備えている。

<大企業にとっての利点>

- 中小企業を吸収合併することで製品のラインアップを増やしながらも、自社のリソースを既存製品の改良に従事させることができる。
- 中小企業が開発済みの技術を活用することで、開発におけるリスクを減らすことができる。

2001年以降の推移を見ると、M&Aの数は年間120～175件であることがわかる。一方、M&Aでの取引総額は2004年を境に急増しているが、この背景には2005年のボストン・サイエンティフィック社 (Boston Scientific) によるガイダント社 (Guidant) 買収 (272億ドル) を含めた大掛かりな買収が増加したことがあり、M&A当たりの平均取引額も2004年を境に大きく増加している (図10、図11参照)。2007年の第2四半期においても、シーメンス社 (Siemens AG) による70億ドルでの買収を含めた合計11件のM&Aでは、取引総額は154億ドル、平均取引額は14億ドルに上っており<sup>39</sup>、大型M&Aの傾向は現在も続いていることがわかる。

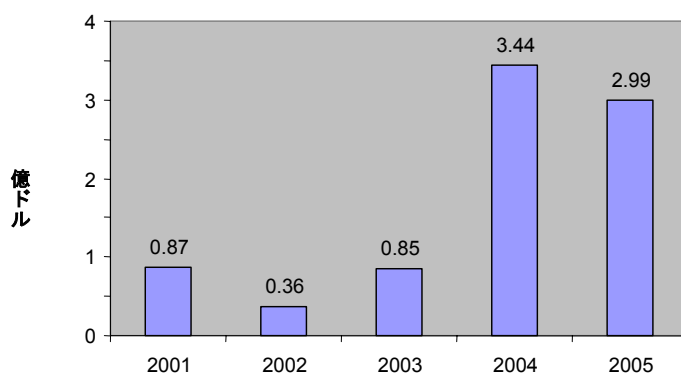
図10 米国医療機器産業におけるM&Aの推移 (2001～2005年)



出所：Irvin Levin Associates, Inc. “The Health Care M&A Year in Review” (2002～2005) および The Health Care Corporate Finance Year in Review (2006) のデータを基に作成

<sup>39</sup> Irvin Levin Associates, Inc. “Medical Devices Attract Big Bucks--Strategic Buyers Move To Consolidate Diagnostics Industry” in *The Health Care M&A Monthly*, August 2007.  
<http://www.levinassociates.com/publications/mam/mamheadlines/07mamhead/708mamhead.htm>

図 11 M&A における平均取引額の推移 (2001～2005 年)



出所：Irvin Levin Associates, Inc. “The Health Care M&A Year in Review” (2002～2005) および The Health Care Corporate Finance Year in Review (2006) のデータを基に作成

2003 年から 2005 年の間に発表された M&A のうち、取引額上位 5 位のケースを以下に挙げる (表 7 参照)。

表 7 M&A 取引額上位 5 位 (2003～2005 年)

順位	買収企業	被買収企業	被買収企業の事業内容	M&A が発表された年	取引額 (億ドル)
1	Boston Scientific	Guidant	ペースメーカーや埋め込み型除細動器を中心とした心臓関連の医療機器 (同分野では業界をリードしていた)	2005	272
2	Fisher Scientific	Apogent Technologies	顕微鏡スライドなどの臨床診断関連器具やピーカーなどの実験器具	2004	37
3	Zimmer Holdings	Centerpulse AG	人工関節などの整形外科用および心臓関連の埋め込み型器具	2003	32
3	Allergan	Inamed	シリコン乳房など乳房に関する美容外科器材	2005	32
5	Cardinal Health	Alaris Medical Systems	静脈内投薬システムに関する機器	2004	20

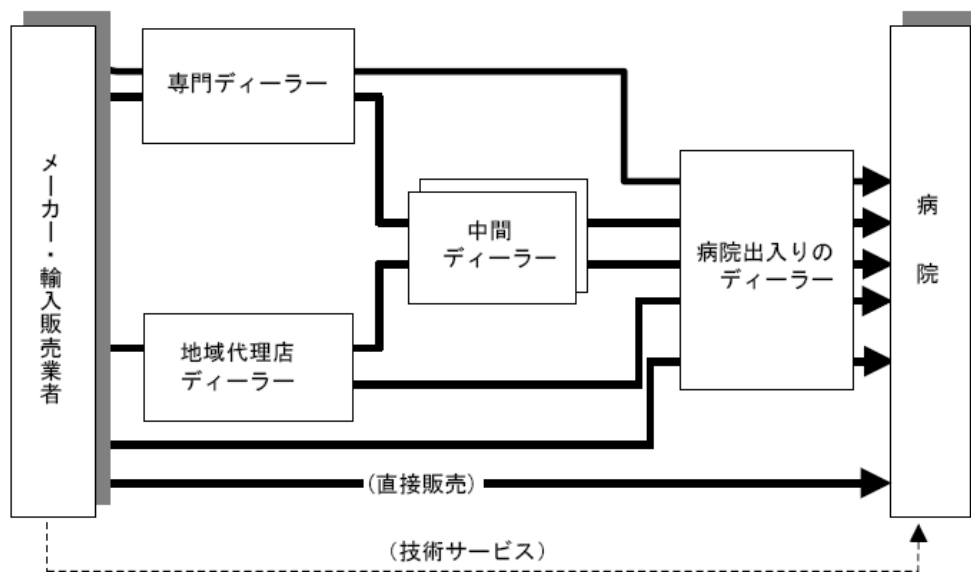
出所：Irvin Levin Associates, Inc. “The Health Care M&A Year in Review” (2002～2005) および The Health Care Corporate Finance Year in Review (2006)、Hooversによる企業情報、およびCardinal Healthウェブサイト (<http://www.cardinalhealth.com/alaris/>) からの情報を基に作成

#### (4) 日本における医療機器ビジネスの構図

米国と同様に、日本における医療機器産業の主要顧客は病院であるが、医療機器の販売活動は通常診療科ごとに行われている。実際の販売は卸業者や販売代理店などのディーラーが担当しており、医療機器の販売の他に、医療機関および医療機器企業の情報収集・提供や製品の在庫管理・保管・配送、そして販売後のフォローアップなどを行っている<sup>40</sup>。しかし米国のGPOのように、病院に低価で医療機器を販売することを目的としたり<sup>41</sup>、医療機器企業から料金を徴収したりするようなことはしていないと見られる。また、日本でディーラーを介した医療機器・用品の販売は全体の8割を占めており、流通における影響力は米国のGPO以上に強いことが伺える。一方、直接販売は大型の高額機器において頻繁に行われ、また国や地方公共団体に対しても直接販売が多い<sup>42</sup>。

米国の流通システムと比べると、日本医療企業産業における中間流通はより多層化しているのが特徴である（図12参照）<sup>43</sup>。

図12 日本医療機器産業における流通システム



出所：ジェトロ「ジャパニーズ・マーケット・レポート No. 69 医療機器」2004年8月

<sup>40</sup> 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号  
<http://www.nri.co.jp/opinion/chitekishisan/2006/pdf/cs20060708.pdf>：公正取引委員会「医療機器の流通実態に関する調査報告書」2005年12月

<http://www.jftc.go.jp/pressrelease/05.december/05122703-2.pdf>

<sup>41</sup> 日本では、複数の医療機関が共同で1つの卸業者から医療用品を購入することで物品を安価で調達する「物品共同購入システム」が取り入れられている（ジェトロ「ジャパニーズ・マーケット・レポート No. 69 医療機器」2004年8月より）。

<sup>42</sup> ジェトロ「ジャパニーズ・マーケット・レポート No. 69 医療機器」2004年8月

<sup>43</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

医療機器ディーラーの数は正確には把握しきれていないものの、医療機器販売業として届出が出されている企業数は30万社以上あり、そのうち数千社が実動している<sup>44</sup>。日本の医療機器企業数は僅か750社であり、米国医療機器企業の数が約7,000社、そして主要GPOの数は約30団体であることを考慮すると、日本における中間流通の複雑さが伺える。この背景には、地域に特化した「地域代理店ディーラー」の存在もあると考えられる。

ディーラーには多様な医療機器を取り扱う「一般ディーラー」の他に、ペースメーカーなどの心臓関連機器や透析関連機器を取り扱う「専門ディーラー」が存在する。また、特にメーカーによる販売活動やフォローアップが行き届きにくい地方においては、上述の「地域代理店ディーラー」を介した機器の販売が主流となっている。しかし、病院は特定のディーラーを介して購入を行っているため、「専門ディーラー」や「地域代理店ディーラー」を通した場合でも、最終的には「病院出入りのディーラー」を経由することになる。病院が特定のディーラーから購入を行うのは事務手続きを簡略化するためであると考えられている<sup>45</sup>。

日本医療機器ビジネスにおける流通以外の側面を見ると、機器開発においては、企業規模が小さい、もしくは医療機器が大企業の一事業部門に位置づけられているために、資金・人材など十分なリソースがないことが現状である。また、米国医療機器企業ほどの財務規模を持たない日本企業は、米国のように積極的なM&Aは展開されていない<sup>46</sup>。

## 6. 米国医療機器産業の主要プレーヤー

以下に、(1) 大手医療機器企業、(2) 下請け製造業者、(3) 業界団体における主要プレーヤーをまとめる。

### (1) 大手医療機器企業

2005年の売上げで上位10位にある米国医療機器企業の基本情報を表8にまとめる。

---

<sup>44</sup> 同上

<sup>45</sup> 同上

<sup>46</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. : 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号



表 8 主要な大手医療機器企業

順位	企業名	本拠地	2005年の売上 げ(億ドル)	社員数 (2006年)	専門分野など
1	Johnson and Johnson	ニュージャージー州 ブランズウィック市	177	12万2,200人 (医療機器以外の事業部門も併せた総数)	手術用機材・モニター機器・整形外科用製品・使い捨てコンタクトレンズなどの医療機器の他に、医薬品を含めた多様な消費財を取り扱っている。
2	GE Healthcare	英国バッキンガムシャー州 (GEグループの本社は米国)	121	1,737人 (2005年：医療機器以外の事業部門も併せた総数)	診断画像機器(MRIなど)・超音波機器・CTスキャナーの主要メーカーである。また、分子診断を含めた診断技術や医療機関用の財務管理ソフトウェアなど、医療に関連する幅広いサービスを行っている。
3	Medtronic	ミネソタ州 ミネアポリス市	101	3万8,000人 (2007年)	除細動器やペースメーカーなどの埋め込み型生物医学機器では業界をリードしている。心臓関連機器が専門だが、M&Aを通して糖尿病や整形外科用の機器にまで事業を拡大している。
4	Boston Scientific	マサチューセッツ州 ナティック市	99(注)	2万8,600人	心臓・癌・産婦人科・泌尿器・放射線・血管などの多様な医療分野を対象に、侵襲性の少ない手術用機器を専門としている。2006年にはガイダント社を272億ドルで買収している。
5	Baxter Internatio nal	イリノイ州 ディアフィールド市	98	4万8,000人 (医療機器以外の事業部門も併せた総数)	透析装置および静脈注射用品では業界をリードしている。医療機器の他にワクチンなどの開発も行っている。
6	Cardinal Health	オハイオ州 ダブリン市	98	5万5,000人 (医療機器以外の事業部門も併せた総数)	ドラッグデリバリーシステムにおいてはマッケソン社(McKesson)に続いて米国大2位のシェアを誇る。医療機器では、手術用機器を取り扱っている。

順位	企業名	本拠地	2005年の売上げ(億ドル)	社員数(2006年)	専門分野など
7	Covidien (元 Tyco Healthcare)	マサチューセッツ州 マンスフィールド市	95	4万3,000人 (医療機器以外の事業部門も併せた総数)	7,000のブランドの下、注射器・注射針や人工呼吸器を含めて5万種類以上の医療用品・機器を取り扱っている。医療機器の他に、薬剤の開発も行っている。
8	Stryker	ミシガン州 カラマズー市	49	1万8,806人 (医療機器以外の事業部門も併せた総数)	ドリルやのこぎりなどの手術機材や、人工関節などの整形外科用埋め込み機器、そして内視鏡装置を取り扱っている。また、リハビリサービスを提供している他、最近では健康IT分野に事業を拡大している。
9	3M Healthcare	ミネソタ州 セントポール市	35	600人(医療機器以外の事業部門も併せた総数)	医療用テープや白衣・手術用衣服では業界をリードしており、この他にも歯科・整形外科用の器具やモニター機器を取り扱っている。また、健康情報や薬剤を専門とした事業部門がある。
10	Zimmer Holdings	インディアナ州 ワルシャワ市	33	6,900人	埋め込み型人口装具の売上げが同社による売上げ全体の4分の3を占めている。また、止血帯などの手術用品も取り扱っている。

出所： ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. および Hoovers による企業情報を基にワシントンコア作成。

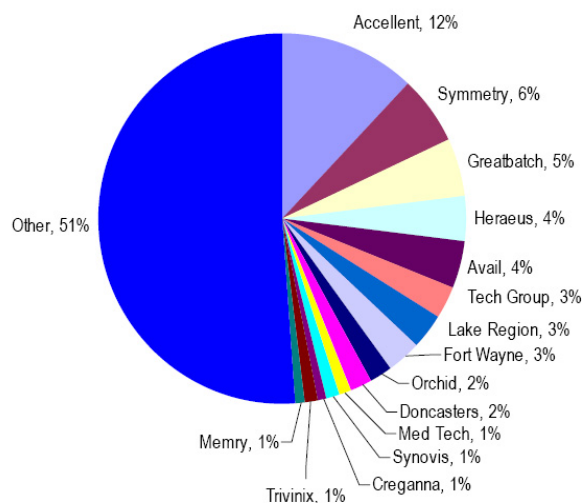
注：ボストン・サイエンティフィック社の売上げは、2006年に合併したガイダント社の売上げを足したものである。

## (2) 下請け製造業者

2005年の時点では、医療機器における下請け製造の市場規模は約44億ドルである。下請け製造業者は、個人運営の機械工場から多様なサービスを提供する大企業まで約3,000社あると推定されており、医療機器の部品製造・組み立て・殺菌・梱包など多様な業務を担っている。2005年の市場シェアを見ると、僅か12社が市場の約半分を占めている(図13参照)<sup>47</sup>。

<sup>47</sup> Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices”. 2007.

図 13 医療機器下請け製造業者による市場シェア（2005 年）



出所：Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices”. 2007.

以下に、市場シェア上位 5 企業の概要をまとめる（表 9 参照）。

表 9 主要な医療機器下請け製造業者

順位	企業名	本拠地	2005 年の 売上げ(億 ドル)	社員数 (2006 年)	専門分野など
1	Accellent	マサチューセツ ツ州 ウィルミントン 市	5.3	3,289 人	止めネジやボルトを含む部品の製 造から機器の設計から組み立てま でを一貫して行うフルサービスを 提供している。メドトロニック社 (Medtronic)、ボストン・サイエン ティフィック社、ジョンソン・エン ド・ジョンソン社 (Johnson & Johnson) が主要顧客。
2	Symmetry Medical	インディアナ州 ワルシャワ市	2.6	1,862 人 (2005 年： 医療機器以 外の事業部 門も併せた 総数)	整形外科用機器を専門とし、埋め込 み型人口装置や手術機器を製造し ている。また、航空機エンジン用の 部品製造も僅かながら行っている。

順位	企業名	本拠地	2005年の 売上げ(億 ドル)	社員数 (2006年)	専門分野など
3	Greatbatch	ニューヨーク州 クラレンス市	2.2	1,338人 (2005年： 医療機器以 外の事業部 門も併せた 総数)	ペースメーカーなどの埋め込み装置に使用される電池の製造において業界をリードしている。また、スペースシャトルを含む他産業での機器を対象とした電池・電力設備も提供している。主要顧客はポストン・サイエンティフィック社、メドトロニック社、およびセント・ジュード・メディカル社 (St. Jude Medical) であり、3社への売上げは同社全売上げの3分の2を占める。
4	Heraeus	ニューヨーク州 ニューヨーク市 (本社はドイツ)	1.8	世界全体で 1万1,275人 (2006年)	貴金属の取り扱いを専門としている。医療機器に関しては、ペースメーカーや除細動器に使われるプラチナ合金を製造している <sup>48</sup> 。
5	Avail <sup>49</sup>	テキサス州フォ ートワース市	1.8	3,500人以上 (年代不明)	大企業を中心に、無菌使い捨て医療用品を提供している。

出所：Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices”. 2007. および Hoovers による企業情報を基に作成。

### (3) 業界団体

米国医療機器産業には、全米レベルで医療機器全般を対象としている団体の他に、超音波などの分野を特定した団体や、地域に限定された団体が存在する。以下に、分野を限定せずに全米レベルで活動を行っている業界団体の概要をまとめる (表 10 参照)。

<sup>48</sup> Medical Device Network. “Heraeus - Platinum Alloys for Pacemakers and Defibrillators”. <http://www.medicaldevice-network.com/contractors/material-solutions/heraeus/>

<sup>49</sup> Avail. “About Avail”. [http://www.availmed.com/about\\_home.htm](http://www.availmed.com/about_home.htm)

表 10 主要な医療機器業界団体

団体名	所在地	設立年	規模 (会員数)	概要
Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI) <sup>50</sup>	バージニア州 アーリントン 市	1967	約 6,000	医療機器使用に関する理解を向上させることを目的に、情報提供や会議開催を行っている。
Advanced Medical Technology Association (AdvaMed: 元the Health Industry Manufacturers Association) <sup>51</sup>	ワシントン DC	1974	約 800	患者の最先端医療技術へのアクセス確保を通じたグローバルヘルスケアの促進を目的とし、法規制や経済環境の整備に向けた働きかけを行っている。日本では、在日米商工会議所 (U. S. Chamber of Commerce in Japan) と提携して薬事法改正や医療保険償還価格および制度の改訂に関する交渉を行っている。
Medical Device Manufacturers Association (MDMA) <sup>52</sup>	ワシントン DC	1992	約 130	革新的な医療機器技術を促進することで公衆衛生および患者へのケアを向上させることを目的とし、医療機器産業を代表してロビー活動を行っている。
American Institute for Medical and Biological Engineering (AIMBE) <sup>53</sup>	ワシントン DC	1991	個人会員は 約 1,000 人	医療機器に限らず、医療・生物工学における基礎研究の促進を目的としている。
Emergency Care Research Institute (ECRI) <sup>54</sup>	ペンシルバ ニア州プリ マスミーテ ィング市	1968	約 5,000	医療機器・治療法・薬品などに対する評価・コンサルティングサービスを提供している非営利団体。
Independent Medical Distributors Association (IMDA) <sup>55</sup>	イリノイ州 ダウナーズ グローブ市	1978	65	最新医療技術の普及を目的に、製造業者や販売者に情報提供を行っている。

出所：各団体のウェブサイトからの情報を基に作成

<sup>50</sup> AAMIのウェブサイトは<http://www.aami.org/>

<sup>51</sup> AdvaMedのウェブサイトは<http://www.advamed.org/>

<sup>52</sup> MDMAのウェブサイトは<http://www.medicaldevices.org/>

<sup>53</sup> AIMBEのウェブサイトは<http://www.aimbe.org/>

<sup>54</sup> ECRIのウェブサイトは<http://www.ecri.org/>

<sup>55</sup> IMDAのウェブサイトは<http://www.imda.org/>

## 7. 米国の主要な医療機器クラスター

バイオ業界の促進を目的としたバイオテクノロジー産業協会（BIO: Biotechnology Industry Organization）<sup>56</sup>は、全米各州におけるバイオサイエンスの実態をまとめた報告書を2006年に発表しており、医療機器産業において雇用数と雇用の集中度の両方で突出している州としてカリフォルニア州、マサチューセッツ州、ミネソタ州の3州を挙げている<sup>57</sup>。また、州民1人当たりの雇用数および年間給与を見てもこれら3州が上位を占めている（表11参照）。

表11 雇用数・年間給与における上位5州

順位	雇用数	年間給与	雇用数 (州民1人当たり)	年間給与 (州民1人当たり)
1	カリフォルニア	カリフォルニア	ミネソタ	ミネソタ
2	ミネソタ	ミネソタ	マサチューセッツ	マサチューセッツ
3	マサチューセッツ	マサチューセッツ	カリフォルニア	カリフォルニア
4	フロリダ	ニューヨーク	ニュージャージー	ニュージャージー
5	ニューヨーク	フロリダ	ペンシルバニア	ペンシルバニア

出所：Massachusetts Medical Device Industry Council. “The Medical Device Industry in Massachusetts: An Updated Profile”. May 1, 2007. <http://www.massmedic.com/docs/goodman07.pdf>（ランキングのみで数値データはなし）を基に作成

医療機器産業における2004年の雇用数の州別分布は以下のとおりである（図14参照）。

<sup>56</sup> BIOのウェブサイトは<http://bio.org/>

<sup>57</sup> BIO. “Growing The Nation’s Biotech Sector: State Bioscience Initiatives 2006”. April 2006. <http://www.bio.org/local/battelle2006/battelle2006.pdf>

図 14 医療機器産業における雇用数トップ 10 州 (2004 年)



出所：Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006.

<http://www.devicelink.com/mx/archive/06/11/kinross.html>

注 1：州名の下にある数値は、上から雇用数と全米医療機器産業の雇用数に対する割合を示している。

注 2：表 11 とは資料が作成された時期が異なるため、ランキングは一致していない。

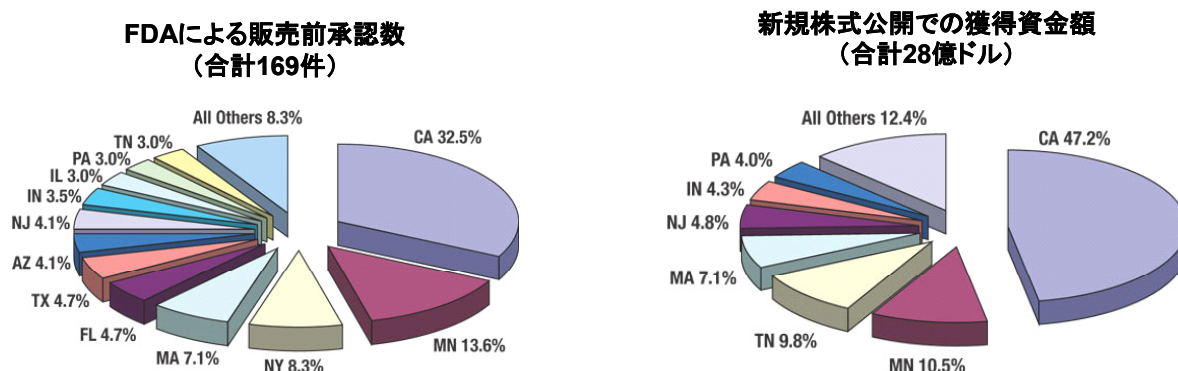
以下に、これら 3 州における医療機器クラスターの概要をまとめる。

#### (1) カリフォルニア州

2005 年のカリフォルニア州医療機器産業における雇用数は 5 万 2,000 人であり、全米の 6 分の 1 を占めている。また、FDA による販売前承認数および新規株式公開に伴って獲得した資金額でも他州を圧倒している (図 15 参照)<sup>58</sup>。

<sup>58</sup> Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006. <http://www.devicelink.com/mx/archive/06/11/kinross.html>

図 15 FDA 承認数および新規株式公開での獲得資金額の州別分布 (2001~2005 年累計)



出所：Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006.  
<http://www.devicelink.com/mx/archive/06/11/kinross.html>

カリフォルニア州内の主要クラスター地域としてベイエリア、ロサンゼルス、およびサンディエゴがある。この中でも、ベイエリアにおけるクラスターの発展は目覚ましく、シリコンバレーでは医療機器産業に対するVC投資が同地域でのVC投資総額の10%を占める<sup>59</sup>ことから、医療機器産業がITバブル後における経済復興の機会になると注目されている。ベイエリアはVCが世界でも最も集中している地域であり、優れた医学部を持つスタンフォード大学 (Stanford University) およびカリフォルニア大学サンフランシスコ校 (University of California, San Francisco) が同地域に所在する。また、シリコンバレーには半導体や無線を含むネットワーク技術において業界をリードする企業が集まっており、これらの技術を医療機器へ応用することで、医療機器ベンチャー企業の創出を容易にする環境が整っている。実際に、2001年から2005年においてベイエリアでは11社の医療機器企業が新規株式公開を行っており、全米医療機器企業が新規株式公開で獲得した資金の29%にも相当する7億7,500万ドルの資金を確保している<sup>60</sup>。

## (2) ミネソタ州

ミネソタ州医療機器産業の雇用数、2001年から2005年におけるFDA販売前承認数および新規株式公開での獲得資金額はカリフォルニア州に次いで全米2位であるが、州民1人当たりの数値で見ると雇用数・承認数・獲得資金額のすべてにおいてトップとなる。同州医療機器クラスターを牽引しているのはメドトロニック社 (Medtronic) であり、州内にある14施設に合計7,000人の社員を擁している。同社は2001年から2005年の間に2,000人の雇用を創出しており、2012年までには更に年間285人の新雇用が創出される見込みである<sup>61</sup>。

メドトロニック社の存在に加えて、ミネソタ州の医療機器クラスターの成功には以下の要因が

<sup>59</sup> Silicon Valley Economic Development Alliance. “Biomedical Cluster”.  
<http://www.siliconvalleyonline.org/cluster-biomedical.html>

<sup>60</sup> Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006.

<sup>61</sup> 同上



寄与している<sup>62</sup>。

- ミネソタ大学 (University of Minnesota) による積極的な医療技術のライセンス供与
- 州政府によって1991年に設立されたミネソタテクノロジー社(MTI: Minnesota Technology, Inc.)<sup>63</sup>による事業支援およびトレーニングサービス
- ミネソタ州におけるライフサイエンス事業の促進を目的としたライフサイエンスアレー (LifeScience Alley)<sup>64</sup>によるVC投資など、業界団体による事業支援

### (3) マサチューセッツ州

マサチューセッツ州の医療機器企業の大半はボストン市周辺地域に集中しており (図 16 参照)、ベンチャー企業・中小企業だけでなく、以下のような大企業もマサチューセッツ州を拠点としている<sup>65</sup>。

- ボストン・サイエンティフィック社
- コビディエン社 (Covidien)
- ヘネモティクス社 (Haemonetics)
- フィリップスメディカルシステムズ社 (Philips Medical Systems)
- スミス・アンド・ネフュー社 (Smith & Nephew Endoscopy)
- デピュー・スパイン社 (DePuy Spine)<sup>66</sup>

これらの企業による雇用はマサチューセッツ州医療機器産業における全雇用数の 3 分の 2 を占めており、大企業の勢力が強いことが伺える。また、フィリップスメディカルシステムズ社やスミス・アンド・ネフュー社など、欧州に本拠地を持つ企業が多いことも同州医療機器クラスターの特徴である<sup>67</sup>。

カリフォルニア州ベイエリアと同様に、マサチューセッツ州にもVCが密集しており、マサチューセッツ大学 (University of Massachusetts) など医療研究に優れた大学が所在することも医療機器クラスター形成の原動力となっている<sup>68</sup>。同大学は年間約 2 億ドルのR&D資金を確保し、その約半分を医療研究に投入している。また、同大学によるライセンス収入の約 10%が医療機器関連技術からのものである<sup>69</sup>。

---

<sup>62</sup> Michael E. Porter. “From Economic Development Theory to Action: The Process of Cluster Upgrading”. November 1, 2001. [http://www.cit.ms/archive/gov\\_conf\\_2001/Porter/workshop.pdf](http://www.cit.ms/archive/gov_conf_2001/Porter/workshop.pdf)

<sup>63</sup> MTIのウェブサイトは<http://www.minnesotatechnology.org/>

<sup>64</sup> ライフサイエンスアレーのウェブサイトは<http://www.medicalalley.org/>

<sup>65</sup> Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006.

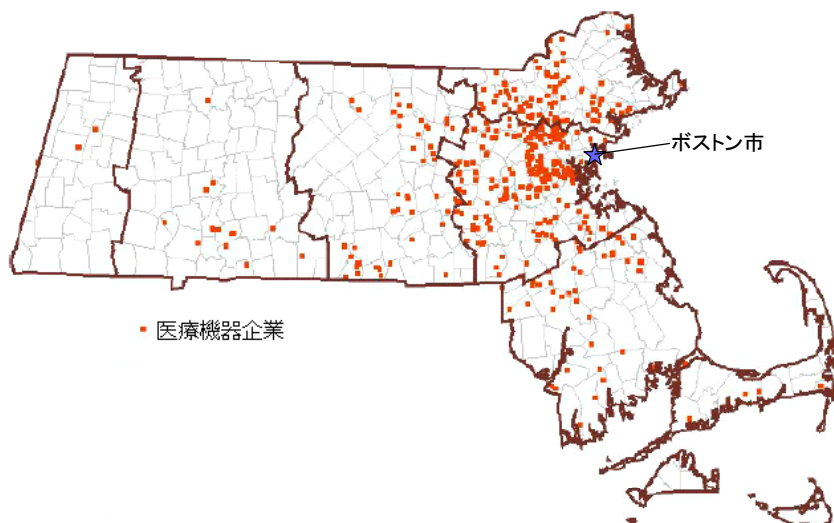
<sup>66</sup> ジョンソン・エンド・ジョンソン社の子会社

<sup>67</sup> Andrew Kinross. “Top Medical Device Clusters” in *Medical Device Link*. November/December 2006.

<sup>68</sup> 同上

<sup>69</sup> Massachusetts Medical Device Industry Council. “The Medical Device Industry in Massachusetts”. <http://www.massmedic.com/docs/profile01.pdf>

図 16 マサチューセッツ州における医療機器企業分布



出所：Massachusetts Medical Device Industry Council. “The Medical Device Industry in Massachusetts: An Updated Profile”. May 1, 2007.

## 8. 米国医療機器産業の今後の見通し

医療機器製造セクターを専門とする投資銀行であるコビントン・アソシエイツ社（Covington Associates）によると、米国医療機器市場の規模は1995年の480億ドルから2005年の740億ドルへと、過去10年間に大きく成長しているという<sup>70</sup>。過去数年間における同産業の年間成長率は約6%であり、成長傾向が持続している。

また、医療機器産業におけるR&Dへの投資額も1990年代における投資額の2倍以上に膨れ上がっている<sup>71</sup>。上述のように医療機器産業に対するNIHによる支援やVC投資は上昇傾向にあり、米国医療機器産業の強みである活発なイノベーション<sup>72</sup>は今後も豊富な資金に支えていくと考えられる。この他、ナノテクやマイクロマシン技術といった最先端の物質や製造技術の台頭は医療機器産業にも恩恵を与えており、同産業の先行きは明るいと国際通商局は予測している<sup>73</sup>。

今後の米国医療機器産業の行方において注目されるポイントの1つとして、アウトソーシングが挙げられる。上述のように、医療機器産業におけるアウトソーシングの導入は他の産業と比べると遅れている。例えば、2005年に米国内では222億ドル相当の医療機器が販売されたが、そのうち外部の受注事業者が関与した医療機器の販売額は44億ドルと、わずか20%である。しかし、

<sup>70</sup> Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices”. 2007.

<sup>71</sup> ITA. “Medical Device Sector, 2007: U.S. Market Overview”.

<sup>72</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

<sup>73</sup> ITA. “Medical Device Sector, 2007: U.S. Market Overview”.

最近では新製品の迅速な開発が求められており、製造を外部に委託することで社内リソースをR&Dおよびマーケティングに専念させようとする企業が現れている。コビントン・アソシエイツ社は、受注事業者を通じた医療機器の販売額は2010年には全体の40%になると予測しており、今後は医療機器産業におけるアウトソーシング、特に機器の組み立てまでを完成させるフルサービスのアウトソーシングの行方が注目される<sup>74</sup>。

---

<sup>74</sup> Benjamin Dunn & John Finn. “A Strategic Review of Outsourced Manufacturing for Medical Devices” . 2007. : Christopher Delporte. “Taking the Pulse of Full-Service Outsourcing” in *Medical Product Outsourcing*. May 2007.

### Ⅲ. 日本の医療機器産業における国際展開の必要性

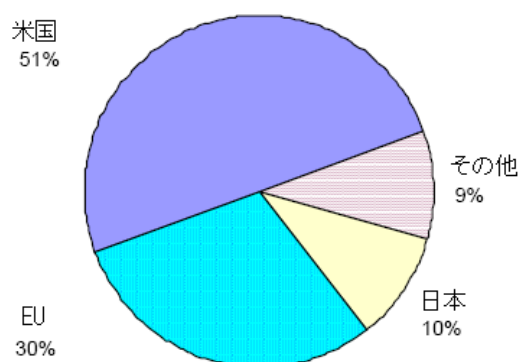
本章では、日米医療機器市場の分析を通して日本医療機器産業における国際展開の必要性を検討する。

#### 1. 日本市場

##### (1) 市場規模

世界における医療機器市場の90%を米国・日本・欧州が占めているが、米国の市場規模は日欧を合わせた規模を超えており、他国を圧倒している（図17参照）。日本の市場規模は単一国としては世界第2位であるが<sup>75</sup>、第1位である米国との差は大きい。また、日本の市場成長率が年間約3.4%であるのに対して米国の年間成長率は約6%であり、日米における市場規模の差は拡大していくことが予測される<sup>76</sup>。

図17 グローバル医療機器市場のシェア（2005年）



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

さらに、日米間における医療機器輸出入の実態を見ると（前章図4参照）、日本の医療機器市場は輸入超過であることがわかる。輸入超過の現象は、各種医療機器の販売において海外企業、もしくは海外資本100%の販売子会社が上位を占めていることにも裏付けられている。下図にあるとおり、ステントなど売上げが高い埋め込み型医療機器においては、海外企業が日本企業を圧倒している（図18参照）<sup>77</sup>。

<sup>75</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

<sup>76</sup> 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号

<sup>77</sup> 同上

図 18 医療機器の売上高とシェア上位企業 (2004 年)



出所：吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」知的資産創造 2006年7月号

注：赤字で囲んだ企業は海外企業もしくは海外企業の販売子会社。うち、ジャパンゴアテックスは日米企業による共同出資で設立された企業である。

このほか、日本医療機器産業は診断機器において優位性を維持していると言われていたが、X線CTやMRIの日本国内市場は成熟化しており、同分野における市場成長の見込みは低いとされている<sup>78</sup>。以上より、日本医療機器企業が日本市場において飛躍的な成長を遂げることは困難であることが推測される。

## (2) 診療報酬

日本国民による医療費は2006年の時点では年間約31兆円といわれているが、2025年には70兆円に拡大すると試算されており<sup>79</sup>、人口の高齢化に伴う医療費増加が懸念事項となっている。日本政府は国民皆保険制度を維持するために、医療機器の使用にあたって支払われる診療報酬額を含め、数々の医療コスト削減に努めているが<sup>80</sup>、医療機器に対する保険償還価格の推移を見ると、

<sup>78</sup> 医療機器産業懇談会「医療機器産業懇談会報告書」2003年5月

<http://www.meti.go.jp/kohosys/press/0004034/1/030515iryo-honbun.pdf>

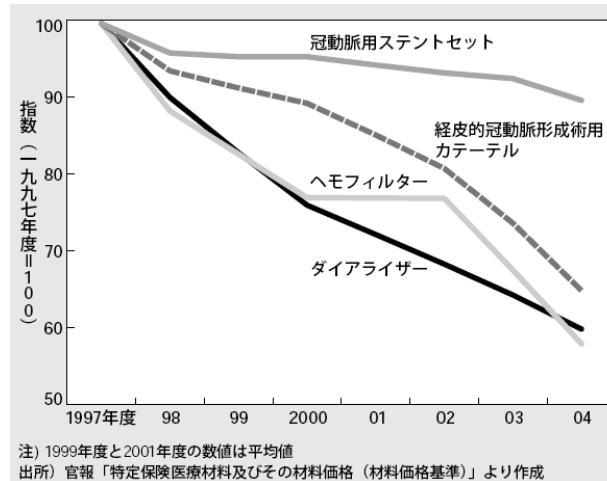
<sup>79</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. : NTTデータ「ジェネリック医薬品に切り替えた場合の薬品名・価格(削減効果)が一目で分かる『ジェネリック医薬品促進通知書』提供サービスを開始」2006年4月5日

<http://www.nttdata.co.jp/release/2006/040500.html>

<sup>80</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. : 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」知的資産

機器によっては2004年度の保険償還価格は1997年度の価格の6割以下にまで落ち込んでいる(図19参照)。

図19 医療機器における保険償還価格の推移(1997～2004年度)



出所：吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号

また、日本政府による医療費抑制政策は医療機関におけるコスト意識を高める結果となり、設備投資のあり方を見直したり、新しい医療機器を購入するまでのサイクルを長期化させたりする医療機関が出現している。このように、日本国内の市場環境は厳しい状態が続いている<sup>81</sup>。

### (3) 治験制度

日本の医療機器に対する治験制度は、承認までにかかる期間が長いことが批判の対象となっている。米国における平均承認期間は3～10カ月間、欧州での承認期間は平均6カ月間であるのに対して日本での承認にかかる期間は平均1～3年間となっており、欧米に比べて非常に長い<sup>82</sup>。

承認に遅れが生じる背景には、以下のような要因があると考えられている<sup>83</sup>。

- 治験制度に対する理解が低い日本国民には治験に参加することをためらう傾向がある。
- 治験を実施する医師に対するインセンティブが低い。
- 治験を実施する際には厚生労働省による「臨床試験の実施基準」<sup>84</sup>を遵守することが義務付けられているが、基準が具体的でないために、臨床試験終了後に不備を指摘されたり追

*産創造* 2006年7月号

<sup>81</sup> 国立国会図書館「医療機器産業について調べるには」2007年1月27日

[http://www.ndl.go.jp/jp/data/theme/theme\\_honbun\\_102170.html](http://www.ndl.go.jp/jp/data/theme/theme_honbun_102170.html)

<sup>82</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

<sup>83</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007. : 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号

<sup>84</sup> 1998年より施行されている基準であり、治験対象者から文書によるインフォームド・コンセントを取得することなどが規定されている。

加データの提出を求められることがある。

- 承認を実施する審査官が不足している。

また治験制度に関しては、医療機器は医薬品とは異なる特徴を持つにも関わらず、医療機器の特性に合わせた制度が確立されていないという問題も指摘されている。医薬品と医療機器が同様の治験制度を持つことの弊害として、以下の点が挙げられる<sup>85</sup>。

- 医薬品の臨床試験で使用されるプラセボ実験<sup>86</sup>は医療機器に適用しづらい。
- 医療機器産業には医薬品産業と比較すると小規模な企業が多く、医薬品と同様の大規模な治験に対する負担が大きい。

以上をまとめると、日本の医療機器市場には市場規模や法規制など数々の制限がある。治験制度に関しては 2005 年に施行が開始された改正薬事法によって改善が試みられているものの<sup>87</sup>、市場成長の見込みが低いことや診療報酬の減額など、日本企業が国内市場で成長を持続することが困難であることには変わらないと見られる。

## 2. 米国市場

### (1) 市場規模

上述のように、米国の医療機器市場規模は世界で群を抜いている。米国は市場成長率でも日本や欧州などの主要医療機器市場を大きく上回っており<sup>88</sup>、医療福祉に対する出費も増加傾向にあることから<sup>89</sup>、日本企業を含む新しい企業が参入する余地は大きいと考えられる。

### (2) 資金調達

前章で述べたように、米国では連邦政府による医療機器 R&D への支援や VC 投資が盛んであり、日本と比べると医療機器企業による資金確保が容易であることが伺える。近年では、連邦政府および VC による医療機器への資金投資は増加しており（前章図 6、図 7 参照）、日本企業が米国市場へ進出する利点も増大しているといえる。

### (3) 治験制度

上述のように、米国において医療機器の承認にかかる期間は日本よりも短い（図 20 参照）。

<sup>85</sup> 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る 5 つの鍵」*知的資産創造* 2006 年 7 月号

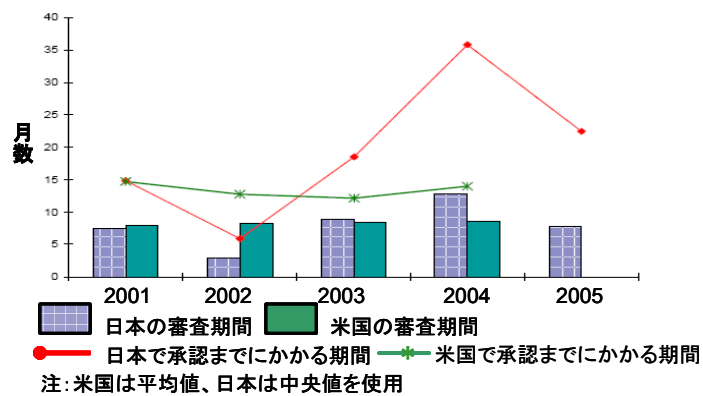
<sup>86</sup> 治験対象者の一部に治験薬を与え、残りには薬剤効果のない偽薬を与えることで、治験薬の効果を測定する実験法。

<sup>87</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

<sup>88</sup> 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る 5 つの鍵」*知的資産創造* 2006 年 7 月号

<sup>89</sup> ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

図 20 医療機器における審査期間と承認までにかかる期間の日米比較



出所：ITC. “Medical Devices and Equipment: Competitive Conditions Affecting U.S. Trade in Japan and Other Principal Foreign Markets”. March 2007.

この背景には、米国では医療機器のライフサイクルが2年以下と非常に短いことから<sup>90</sup>、効率的な治験制度を重視していることが考えられる。また、米国の治験制度に掛かるコストは1件当たり約219万円であり、日本におけるコストである約314万円よりも安価となっている<sup>91</sup>。

<sup>90</sup> 同上

<sup>91</sup> 吉野完、藤村武史「医療機器ビジネスで勝ち残る5つの鍵」*知的資産創造* 2006年7月号



#### IV. 具体的なビジネス事例

本章では、米国医療機器市場における具体的なビジネス事例として、米国ベンチャー企業の成功事例と日本企業による米国展開の事例を紹介する。

##### 1. 米国医療機器ベンチャー企業の成功事例

25年間以上にわたり医療機器産業の情報を提供してきた医療機器・診断産業マガジン (Medical Device & Diagnostic Industry) は、米国医療機器ベンチャー企業の成功事例として以下の5社の名前を挙げている<sup>92</sup>。

- ネルコア社 (Nellcor) : パルス酸素濃度計の製造を行っており、1997年にマリנקロット社 (Mallinckrodt) に買収された後、マリנקロット社を買収したタイコインターナショナル社 (Tyco International : 現コビディエン社) の傘下に入っている。
- アクyson社 (Acuson) : 超音波診断装置の製造を専門に行っており、2000年にシーメンス社 (Siemens) に買収されている<sup>93</sup>。
- ベントリックス社 (Ventritex) : 埋め込み型除細動器などを製造しており、1996年にセント・ジュード・メディカル社 (St. Jude Medical) に買収されている<sup>94</sup>。
- アースロケア社 (ArthroCare) : スポーツ医療・神経・耳鼻咽喉・美容外科・泌尿器の5分野を対象とした医療機器の製造・販売を行っている。
- AVE社 : 新設計の金属ステントを開発した企業であり、1999年にメドトロニック社に買収されている<sup>95</sup>。

また、マサチューセッツ州における医療機器産業の促進を目的としたマサチューセッツ医療機器産業協議会 (Massachusetts Medical Device Industry Council) が2005年に発表した医療機器イノベーション賞 (Medical Device Innovation Award) では、年間売上げが490万ドル以下の企業を対象としたベンチャー企業部門において以下の3社が表彰されている<sup>96</sup>。

---

<sup>92</sup> Medical Device & Diagnostic Industry. “Funding a Medical Device Start-Up”. January 2000.  
<http://www.devicelink.com/mddi/archive/00/01/004.html>

<sup>93</sup> “Siemens Medical To Purchase American Acuson Group” in *European Report*. October 11, 2000.  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0WXI/is\\_2000\\_Oct\\_11/ai\\_69526269](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0WXI/is_2000_Oct_11/ai_69526269)

<sup>94</sup> “St. Jude Medical to acquire Ventritex, Teletronics - St. Jude Medical Inc.; Ventritex Inc.; Teletronics Pacing Systems Inc” in *BBI Newsletter*. November 1996.  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m3570/is\\_n11\\_v19/ai\\_18913202](http://findarticles.com/p/articles/mi_m3570/is_n11_v19/ai_18913202)

<sup>95</sup> “Acquisition of AVE completes Medtronic buying” in *Health Industry Today*. January 1999.  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m3498/is\\_1999\\_Jan/ai\\_54028811](http://findarticles.com/p/articles/mi_m3498/is_1999_Jan/ai_54028811)

<sup>96</sup> Nixon Peabody. “Six Local Companies Honored with First-Ever Medical Device Innovation Award”. November

- コンフルエント・サージカル社 (Confluent Surgical) : 外科用封止剤を製造しており、2006年にタイコインターナショナル社に買収されている<sup>97</sup>。
- エヌエックスステージ・メディカル社 (NxStage Medical:以下Nxステージ社) : 携帯式透析装置を製造している。
- ソルクス社 (SOLX) : 緑内障治療システムを開発しており、2006年にオキュロジックス社 (OccuLogix) に買収されている<sup>98</sup>。

このように、8社のうち6社は既に他社に買収されており、前章で述べた米国医療機器産業における活発なM&A活動を裏付ける結果となっている。

以下では、1980年代の成功事例であるネルコア社、1990年代の成功事例としてアースロケア社、および、今後の成長が注目されるベンチャー企業としてNxステージ社を取り上げる。

#### (1) ネルコア社<sup>99</sup>

ネルコア社は1981年に創立された後に、パルス酸素濃度計においては世界のトップ企業に挙げられるまで成長した企業であり、米国ベンチャーキャピタル協会 (National Venture Capital Association) は、同社を1980年代において最も成功した医療機器企業の1つに挙げている。同社の沿革は以下のとおりである<sup>100</sup>。

- 1981年：ネルコア社創立
- 1982年：ネルコアパルス酸素濃度計 (Nellcor Pulse Oximeter) を開発
- 1983年：ネルコアパルス酸素濃度計の販売開始
- 1987年：新規株式公開
- 1995年：ピューリタン・ベネット社 (Puritan-Bennett) を買収
- 1997年：マリクロット社がネルコア社を買収
- 2000年：タイコインターナショナル社がマリクロット社を買収
- 2007年：タイコインターナショナル社の傘下で医療機器事業を担当していたタイコヘルスケア社 (Tyco Healthcare) がタイコインターナショナル社から独立し、コビディエン社に社名を変更<sup>101</sup>

1, 2005. [http://www.nixonpeabody.com/publications\\_detail3.asp?ID=1156](http://www.nixonpeabody.com/publications_detail3.asp?ID=1156)

<sup>97</sup> Hooversの企業情報より

<sup>98</sup> 同上

<sup>99</sup> ネルコア社のウェブサイトは<http://www.nellcor.com/>

<sup>100</sup> Nellcor. "About Us". <http://www.nellcor.com/about/index.aspx>; National Venture Capital Association. "PATIENT CAPITAL: Improving the Lives of Millions- The Vital Role of Venture Capital in Life Science Innovation". November 2004. <http://www.nvca.org/pdf/PatientCapitalFinal.pdf>

<sup>101</sup> Covidien. "About Covidien".

コビディエン社は、2005年の売上げでは米国医療機器企業の中で7位に位置する大手医療機器企業の1つである（表8参照）。同社は医薬品事業も含めて約4万人の社員を擁し、年間96億ドルの売上げを上げているが、ネルコア社はコビディエン社の主要8ブランドの1つとして活動している<sup>102</sup>。

ネルコア社の成功の背景にはVCによる支援がある。同社は、1987年の株式公開前に先立って以下の3ラウンドにおける資金確保に成功している。また、VCは資金投資だけでなく、ネルコア社幹部を採用する際の面接に同席したり、長期的戦略の策定を補佐したりするなど、経営面における助言・支援も行っていた<sup>103</sup>。

- シリーズA（初回）：100万ドル
- シリーズB（1982年）：400万ドル
- シリーズC（1983年）：1,200万ドル

このような支援を受けることでネルコア社は製品の開発・販売に成功し、最終的には大企業であるコビディエン社における主要ブランドの一角を成すまでの成長を遂げることとなった。

## (2) アースロケア社<sup>104</sup>

アースロケア社は1993年に創立され、①スポーツ医療、②脊柱・神経、③耳鼻咽喉、④美容外科、⑤泌尿器・婦人科系の5分野を対象とした医療機器の製造・販売を行っている<sup>105</sup>。2006年の同社の年間売上げは2億6,300万ドルであり、社員数は881人となっている<sup>106</sup>。

アースロケア社はコブレーション（Coblation）と呼ばれるプラットフォーム技術を中心とした医療機器の開発を行っており、この技術が全世界での治療で活用された回数は400万回以上となる<sup>107</sup>。また、同社はコブレーション技術に対して米国では107件、海外では45件の特許を所有しているのみならず、同技術を応用して革新的な医療機器を開発するべく、ローレンスバークレー国立研究所（Lawrence Berkeley National Laboratory）などと共同研究を行っている<sup>108</sup>。

---

<http://www.covidien.com/covidien/pageBuilder.aspx?webPageID=161202>

<sup>102</sup> Covidien. “Covidien at a glance” .

<http://www.covidien.com/covidien/pageBuilder.aspx?topicID=161272&xsl=xsl/3columnTemplate.xsl&webPageID=161202>: Covidien. “Our Brands” .

<http://www.covidien.com/covidien/pageBuilder.aspx?webPageID=161203>

<sup>103</sup> National Venture Capital Association. “PATIENT CAPITAL: Improving the Lives of Millions- The Vital Role of Venture Capital in Life Science Innovation” . November 2004.

<sup>104</sup> アースロケア社のウェブサイトは<http://www.arthrocare.com/>

<sup>105</sup> ArthroCare. “Corporate Overview” .

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=100786&p=irol-IRHome>

<sup>106</sup> Hooversの企業情報より。

<sup>107</sup> Arthrocare. “About Us” . [http://www.arthrocare.com/about\\_us/au\\_about\\_us.htm](http://www.arthrocare.com/about_us/au_about_us.htm)

<sup>108</sup> ArthroCare. “Corporate Highlights” .

同社の沿革は以下のとおりである<sup>109</sup>。

- 1993年：創立
- 1996年：新規株式公開
- 1997年：コブレーション技術における最初の特許取得
- 1998年：耳鼻咽喉および美容外科市場へ進出
- 1999年：脊柱外科市場へ進出
- 2001年：戦略的連携を通し、泌尿器・産婦人科市場へ進出
- 2002年：スポーツ医療市場へ進出するためにアトランテックメディカルデバイス社 (Atlantech Medical Devices) を買収
- 2004年1月：脊柱関連の製品開発を拡大するためにパララックスメディカル社 (Parallax Medical) を買収
- 2004年11月：オプスメディカル社 (Opus Medical) を買収
- 2005年8月：アプライドセラピューティクス社 (Applied Therapeutics) が所有する資産・事業の大半を購入

このように、アースロケア社は積極的なM&Aを展開しており、今後もM&Aを通じた事業拡大を企業戦略の1つに位置づけている<sup>110</sup>。

### (3) Nxステージ社<sup>111</sup>

Nxステージ社は1998年に創立された、携帯式透析装置を製造している企業である。2006年の正規従業員数は208人で、同年の売上は2,080万ドルであったが<sup>112</sup>、同社の売上は2005年より急増しており、四半期ごとの成長率は30%にも上っている（図21参照）。この背景には、2005年6月に同社の主要製品である携帯式透析装置、システムワン (System One) を家庭で使用することをFDAが認めたこと<sup>113</sup>があると考えられる。

---

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=100786&p=iro1-corpHighlights>

<sup>109</sup> ArthroCare. “History”. [http://www.arthrocare.com/about\\_us/au\\_history.htm](http://www.arthrocare.com/about_us/au_history.htm)

<sup>110</sup> Arthrocare. “Annual Report 2006”. February 2007.

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=100786&p=iro1-SECText&TEXT=aHR0cDovL2NjYm4uMTBrd216YXJkLmNvbS94bWwvZmlsaW5nLnhtbD9yZXBvPXR1bmsmaXBhZ2U9NDcwNTU3MCZhdHRhY2g9T04%3d>

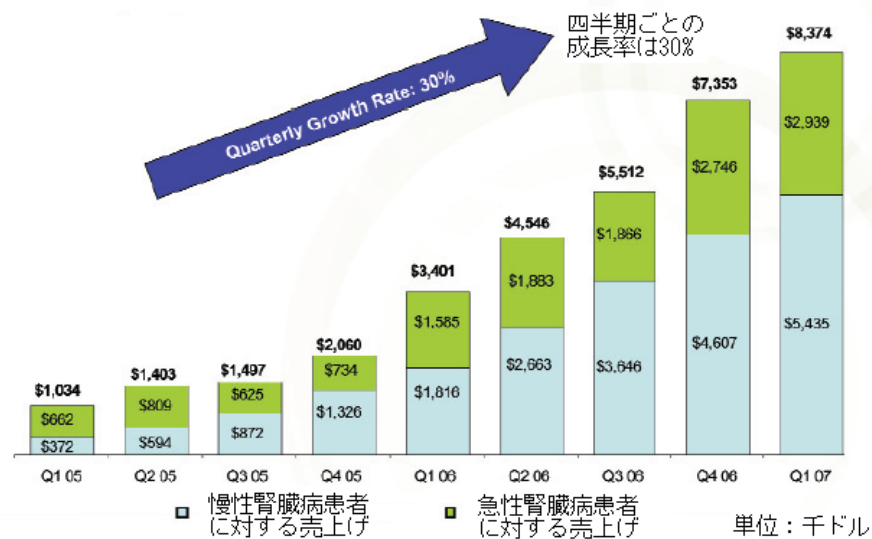
<sup>111</sup> Nxステージ社のウェブサイトは<http://www.nxstage.com/>

<sup>112</sup> NxStage Medical. “Annual Report 2006”. March 16, 2007.

<http://ir.nxstage.com/phoenix.zhtml?c=142059&p=iro1-SECText&TEXT=aHR0cDovL2NjYm4uMTBrd216YXJkLmNvbS94bWwvZmlsaW5nLnhtbD9yZXBvPXR1bmsmaXBhZ2U9NDc0NzgZNiZhdHRhY2g9T04%3d>

<sup>113</sup> Nixon Peabody. “Six Local Companies Honored with First-Ever Medical Device Innovation Award”. November 1, 2005. [http://www.nixonpeabody.com/publications\\_detail3.asp?ID=1156](http://www.nixonpeabody.com/publications_detail3.asp?ID=1156)

図 21 Nx ステージ社の売上げ推移 (2005～2007 年第 1 四半期)



出所：NxStage Medical. “Investor Fact Sheet” .

[http://media.corporate-ir.net/media\\_files/irol/14/142059/nxtm\\_factsheet\\_050807.pdf](http://media.corporate-ir.net/media_files/irol/14/142059/nxtm_factsheet_050807.pdf)

上述のようにNxステージ社の主要製品はシステムワンであり、同製品によって慢性および急性の腎臓病患者が家庭で透析治療を行うことができるのが特徴である。同社は、この製品でマサチューセッツ医療機器産業協議会から医療機器イノベーション賞を受賞しており<sup>114</sup>、2006年の時点では174カ所の透析クリニックで合計1,022人の末期腎不全患者がシステムワンを利用している<sup>115</sup>。

Nxステージ社はシステムワンを通常月極めで賃貸しているが、最近は購買という形が取られることもあり、例えば、同社の最大顧客であるダビタ社 (DaVita)<sup>116</sup>は、システムワンを購入するための契約を2007年2月に交わしている。契約内容は以下のとおりである<sup>117</sup>。

- Nx ステージ社は、ダビタ社に米国内複数の指定地域におけるシステムワンの独占販売権を供与する（指定地域での末期腎不全患者数の合計は全米における患者数の10%以下とする）。
- ダビタ社は、独占販売権を取得する代わりに、販売数などの要件を満たさなければならない。
- ダビタ社は、現在 Nx ステージ社から賃借しているシステムワンすべてを約500万ドルで購入する。
- ダビタ社は、今後新しく使用するシステムワンの一部を購入する。

<sup>114</sup> Nixon Peabody. “Six Local Companies Honored with First-Ever Medical Device Innovation Award” . November 1, 2005. [http://www.nixonpeabody.com/publications\\_detail3.asp?ID=1156](http://www.nixonpeabody.com/publications_detail3.asp?ID=1156)

<sup>115</sup> NxStage Medical. “Annual Report 2006” . March 16, 2007.

<sup>116</sup> ダビタ社は透析クリニックの運営を行っている。同社のウェブサイトは<http://www.davita.com/>

<sup>117</sup> NxStage Medical. “Annual Report 2006” . March 16, 2007.

- 契約期間は2009年末までの3年間であるが、ダビタ社が販売数の要件を満たした場合は、6カ月ごとの更新が最大4回まで可能となる。

上述のように2005年にマサチューセッツ医療機器産業協議会から医療機器イノベーション賞を受賞したベンチャー企業3社の中で、唯一Nxステージ社のみが他社から買収されていないが、この背景には、同社の条例および同社が法人格を取得したデラウェア州の州法により、同社を買収することが容易ではないことがある<sup>118</sup>。一方、同社は2007年6月に、同社に対して透析装置用のチューブなどを供給していたメディスシステムズ社 (Medisystems) を7,870万ドルで買収することを発表しており<sup>119</sup>、今後はアースロケア社のように積極的にM&Aを進める可能性も考えられる。

## 2. 日本企業による米国展開の事例

米国医療機器市場にて事業展開を行っている日本企業の一部を以下にまとめる（表12参照）。

表12 日本医療企業による米国展開事例

企業名	本拠地	創立年	年間売上げ (億ドル)	事業分野	親会社
Terumo Medical	ニュージャージー州 サマセット市	1972	3.72 (2007年)	注射器、カテーテル	テルモ
Nipro Medical <sup>120</sup>	フロリダ州 マイアミ市	不明	7.74 (2006年：全世界の医療機器部門による総額)	注射器、注射針、カテーテルなどの医療用品および透析用チューブなど	ニプロ
Hitachi Medical Systems America	オハイオ州ツインバーグ市	1989	0.65 (2007年：推定)	MRIなどの診断画像機器	日立メディカル
HOYA Holdings <sup>121</sup>	カリフォルニア州 サンノゼ市	不明	33.84 (2006年：全世界における全事業部門の総額)	歯科用、皮膚科／形成外科用レーザー装置を扱う HOYA Photonics社やビジョンケア用品を担当する HOYA Lens of America社など米国子会社を総括	ホヤ

<sup>118</sup> NxStage Medical. “Annual Report 2006”. March 16, 2007.

<sup>119</sup> NxStage Medical. “NxStage (R) Medical Announces Agreement to Acquire Medisystems Corporation and Certain Affiliated Entities”. June 4, 2007.

<http://ir.nxstage.com/phoenix.zhtml?c=142059&p=irol-newsArticle&ID=1011037&highlight>

<sup>120</sup> 同社ウェブサイト (<http://www.nipro.com/>) および” Nipro Annual Report 2006”

(<http://www.nipro.co.jp/ir/pdf/annual1803.pdf>) より

<sup>121</sup> 同社ウェブサイト (<http://www.hoya.co.jp/english/index.cfm>) より

企業名	本拠地	創立年	年間売上げ (億ドル)	事業分野	親会社
Kuraray America <sup>122</sup>	ニューヨーク 州ニューヨーク市	1996	20.10 (2006 年：他の事業 部門も含む総 額)	接合剤などの歯科用機材	クラレ
Fukuda Denshi USA <sup>123</sup>	ワシントン州 レッドモンド 市	1996	0.47 (2006 年：日本国外 での売上総 額)	患者モニター機器、超音診 断波装置	フクダ電子
Omron Healthcare <sup>124</sup>	イリノイ州 バノックバー ン市	不明	1.19 (2006 年)	体温計、血圧計	オムロン
Toshiba America Medical Systems	カリフォルニ ア州 タスティン市	1989	1.31 (2007 年：推定)	診断画像システム (この分野において米国市 場をリード)	東芝

出所：Hoovers による企業情報および各社ウェブサイトの情報を基に作成

<sup>122</sup> <http://www.kuraray-am.com/> : <http://www.kuraray.co.jp/>より

<sup>123</sup> 同社ウェブサイト ([http://www.fukuda.com/index\\_usa.html](http://www.fukuda.com/index_usa.html)) および「アニュアルレポート 2006 年」  
([http://www.fukuda.co.jp/ir/pdf\\_ir10/ar2006.pdf](http://www.fukuda.co.jp/ir/pdf_ir10/ar2006.pdf)) より

<sup>124</sup> 同社ウェブサイト (<http://www.omronhealthcare.com/>) および「アニュアルレポート 2007 年」  
(<http://www.omron.co.jp/ir/irlib/pdfs/ar07j/ar2007.pdf>) より

## V. 米国における医療機器関連の展示会・商談会・学会

米国においては医療機器の展示館、商談会等が活発に開催されている。医療機器を対象とした世界最大規模の展示会・商談会を開催しているキャノンコミュニケーション社（Canon Communication）は、米国5カ所、日本、英国、アイルランド、ドイツ、および中国で展示会を開催あるいは開催を予定している（表13参照）。

表 13 キヤノンコミュニケーション社による医療機器展示会（2007～2008年）

展示会	開催日	開催地	ウェブサイト
BIOMEDevice	2007年10月3～4日	カリフォルニア州 サンノゼ市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/biom-ed07/">http://www.devicelink.com/expo/biom-ed07/</a>
MD&M Minneapolis	2007年10月16～ 18日	ミネソタ州 ミネアポリス市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/minn07/">http://www.devicelink.com/expo/minn07/</a>
MD&M (Medical Design & Manufacturing) West	2008年1月28～ 31日	カリフォルニア州 アナハイム市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/west08/">http://www.devicelink.com/expo/west08/</a>
MD&M East	2008年6月3～5日	ニューヨーク州 ニューヨーク市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/east07/">http://www.devicelink.com/expo/east07/</a>
MD&M Midwest	2008年9月23～ 25日	イリノイ州 ローズモント市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/mdmmw08/">http://www.devicelink.com/expo/mdmmw08/</a>
MEDTEC Japan	2009年4月7～ 8日	横浜市	<a href="http://www.devicelink.com/expo/japan09/">http://www.devicelink.com/expo/japan09/</a>

出所：Medical Device & Diagnostic Industry. <http://www.devicelink.com/expo/mdmshows/> を基に作成

また、II章に挙げた医療機器関連団体では、毎年、定例の会議が開催されている。以下にその概要をまとめる（表14参照）。

表 14 医療機器団体が開催する主要な会議

団体名	開催日	開催地	概要	ウェブサイト
Association for the Advancement of Medical Instrumentation (AAMI)	2008年5月 31日～6月 2日	カリフォル ニア州 サンノゼ市	医療機器の購入・維持・ 管理に関する情報提供 および医療機器の展示 会が行われる。	<a href="http://www.aami.org/ac/index.html">http://www.aami.org/ac/index.html</a>



団体名	開催日	開催地	概要	ウェブサイト
Advanced Medical Technology Association	2007年10月1～3日	ワシントンDC	企業・政策立案者・患者・メディア・投資家・サービス提供者を対象に、医療技術に関するワークショップや展示会が行われる。	<a href="http://www.advamed2007.com/">http://www.advamed2007.com/</a>
Medical Device Manufacturers Association (MDMA)	毎年5月	ワシントンDC	医療機器の法規制に関する発表が行われる。	<a href="http://www.medicaldevices.org/public/programs/default.asp#annualmeeting">http://www.medicaldevices.org/public/programs/default.asp#annualmeeting</a>
	毎年11月 (2007年は11月12～13日)	ワシントンDC	保険償還制度などの医療政策に関するカンファレンス。	<a href="http://www.medicaldevices.org/public/CoverageReimbursementConf2007.asp">http://www.medicaldevices.org/public/CoverageReimbursementConf2007.asp</a>
American Institute for Medical and Biological Engineering (AIMBE)	2008年2月20～22日	ワシントンDC	グローバル経済が、米国企業および医療・生物工学研究機関に及ぼす影響について発表が行われる。	<a href="http://www.aimbe.org/content/index.php?pid=180">http://www.aimbe.org/content/index.php?pid=180</a>
Emergency Care Research Institute (ECRI)	2007年10月17～18日	ワシントンDC	政策立案者および医療関係者を対象に、医療政策における相対的有効性に関する発表が行われる。	<a href="http://www.ecri.org/2007conference">http://www.ecri.org/2007conference</a>
Independent Medical Distributors Association (IMDA)	2008年6月8～10日	イリノイ州オークブルック市	製造業者や販売業者によるネットワーク構築を目的とし、医療機器流通に関する情報提供も行っている。	<a href="http://www.imda.org/manufacturers/annual_conference.htm">http://www.imda.org/manufacturers/annual_conference.htm</a>

出所：各団体のウェブサイトを基に作成



## 第Ⅲ部 米国における医療ビジネスの最新動向

### 目 次

概要 .....	75
1. 病院や医師との連携で成長した医療ビジネスの事例（医師らの技術の商業化） .....	76
1.1 クリーブランド・クリニックのCCFI (Cleveland Clinic Foundation Innovations) ..	76
1.1.1 クリーブランド・クリニックの概要.....	76
1.1.2 医療ビジネスを支援する部門の概要.....	76
1.1.3 クリーブランド・クリニックから生まれたベンチャー企業.....	77
1.1.4 これまでの実績.....	79
1.2 メイヨ・クリニックのMCHS.....	80
1.2.1 メイヨ・クリニックの概要.....	80
1.2.2 医療ビジネスを支援する部門の概要.....	80
1.2.3 メイヨ・クリニックから生まれたベンチャー企業.....	82
1.2.4 これまでの実績.....	82
1.3 BWHとMGHのパートナーズ・ヘルスケア社.....	83
1.3.1 2病院の概要.....	83
1.3.2 医療ビジネスを支援する部門の概要.....	83
1.3.3 パートナーズ・ヘルスケア社から生まれたベンチャー企業.....	84
1.3.4 これまでの実績.....	85
1.4 大学付属病院と工業学校の非営利コンソーシアム.....	85
1.4.1 CIMITの概要.....	85
1.4.2 CIMITから生まれたベンチャー企業.....	86
1.4.3 これまでの実績.....	87
2. 医師が起業して成長した医療ビジネスの事例.....	88
2.1 カーディオメムス社.....	88
2.1.1 概要.....	88
2.1.2 設立者について.....	88
2.1.3 技術.....	89
2.1.4 最近の動向.....	89
2.2 トランスメディクス社.....	90
2.2.1 概要.....	90
2.2.2 設立者について.....	90
2.2.3 技術.....	90
2.2.4 最近の動向.....	91
2.3 アクキュレイ社.....	91

2.3.1	企業概要	91
2.3.2	設立者について	92
2.3.3	技術	92
2.3.4	最近の動向	93
2.4	コラーゲン社 等	94
2.4.1	設立者 (Rodney Perkins M.D.) について	94
2.4.2	Rodney Perkins博士が設立したベンチャー企業	94
2.4.3	最近の動向	97
3.	IT等の技術を活用して成長した医療ビジネスの事例	99
3.1	植込み型機器を利用した患者ケアネットワーク	99
3.1.1	セント・ジュード・メディカル社のメルリン・ネット	99
3.1.2	メドトロニック社のケアリンク・ネットワーク	100
3.1.3	バイオトロニック社のバイオトロニック・ホーム・モニタリング	100
3.1.4	ガイダント (現: ポストン・サイエンティフィック) 社のラティチュード	101
3.2	慢性疾患患者の遠隔モニタリング	103
3.2.1	ウェブVMC社のリモートナース	103
3.2.2	カーディオコム社のカーディオコム・システム	104
3.2.3	カール財団病院カール・ホーム・ケアの在宅テレケアサービス	105
3.2.4	ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社のヘルス・バディ・システム	106
3.2.5	その他、遠隔モニタリングにつながりうる技術の開発	107
3.3	在宅ケア用アラームシステム	108
3.3.1	リビング・インディペンデントリー・グループのクワイエットケア	108
3.3.2	ADTセキュリティ・サービスズのコンパニオン・サービス	109
3.3.3	SMRSのシニアセーフ・アット・ホーム (開発中)	109
3.3.4	エリート・ケア・テクノロジーズ社	110
3.3.5	その他の在宅ケア向けネックレス型アラーム販売企業	111
4.	考察—米国の状況	112
4.1	病院や医師との連携で成長した医療ビジネスの事例についての考察	112
4.2	医師が起業して成長した医療ビジネスの事例についての考察	113
4.3	IT等の技術を活用して成長した医療ビジネスの事例についての考察	113

## 概要

米国における医療機器市場の強さの背景として、医師が医療ビジネスに大きく関与していることが指摘されている。米国には、医師のニーズが具体的なビジネスへとつながりやすいシステムがあり、またその中で医師自らが起業することもある。さらに米国の医療機器ビジネスの強さとして、最新の IT 技術と医療ビジネスの融合が進んでいることが挙げられる。

この報告書は、米国における医療ビジネスの最新動向として、米国の医療機器ビジネスの強さの背景であると考えられるこれらの特徴について、該当するいくつかの事例を紹介し、これらの実態がどのようになっているかを明らかにすることを目的とした。

第 2 章では、病院や医師との連携で成長した医療ビジネスの事例として、米国の大手クリニックが、クリニックで働く医師や研究者が発明をした際の商業化を助ける組織を有している事例を挙げた。クリニックが、医師とビジネスをつなぐ架け橋として機能することを目指しているのを見て取れる。また、ボストンにある病院が他の病院との共同で立ち上げた非営利企業の事例、さらにボストンエリアの医療機器開発の初期段階にある研究者を支援するための、複数の病院と大学付属病院、工業学校の非営利コンソーシアム、CIMIT の概要について述べた。

第 3 章では、医師が起業した医療ビジネスの事例として、心臓専門医、外科医、神経外科医、耳科医が起業した事例を挙げた。クリニックの技術移転システムを利用する場合は、さまざまなサポートを受けられるが、独自に起業を目指す場合には、技術の発明が並外れて優れたものであることに加え、適切なパテント取得、資金調達を行う経営面における能力も有する必要がある。しかしながら、米国では、NIH の助成金やベンチャーキャピタリスト、パテント専門の弁護士など、ベンチャー企業が資金調達を行うためのシステムが非常にダイナミックに機能しており、医師にとってもベンチャー企業を設立しやすい環境にある。

第 4 章では、IT 等の技術を活用して成長した医療ビジネスの事例として、植込み型機器を利用した患者ケアネットワーク、慢性疾患患者の遠隔モニタリング、在宅ケア用アラームシステムの各分野において、複数の製品を取り上げ、解説した。高い専門性を要する植込み型機器などは、医療機器メーカーが主導しているが、それ以外の分野においては医療ビジネスの将来性を見込んで、IT 企業なども医療ビジネスに参入していることが分かる。

## 1. 病院や医師との連携で成長した医療ビジネスの事例（医師らの技術の商業化）

### 1.1 クリーブランド・クリニックの CCFI (Cleveland Clinic Foundation Innovations)

#### 1.1.1 クリーブランド・クリニックの概要

オハイオ州クリーブランドを拠点とするクリーブランド・クリニック (Cleveland Clinic) は、1921年に設立され、臨床・病院ケアと研究・教育を統合させた非営利の学術的医学センターである。クリーブランドのみで約1,800名の医師、研究者を抱え、その他にもフロリダなどにクリニックやセンターを持つ、米国内で最大級の病院である。USニュース・アンド・ワールド・レポート (US news and world report) 社が実施している全米病院ランキング (America's Best Hospital) の2007年総合評価では、4位を獲得している<sup>1</sup>。

#### 1.1.2 医療ビジネスを支援する部門の概要

クリーブランド・クリニックの技術移転部門である CCFI (Cleveland Clinic Foundation Innovations) は、クリーブランド・クリニックを通して生み出されたあらゆる発明や関連する技術の商業化を目指し、2000年に創設された。CCFIは、クリニックが企業や大学とは異なる基礎科学の現場であり、実際に医療を利用するエンドユーザーとしての役割を強みとして、基礎科学者や医師と常に連携を取っている。

CCFIは、プロトタイプ作成、シードや技術検証のための資金提供、臨床試験、技術移転研究の中心的活動、動物研究設備、ベンチャーに必要な人員の選定と採用によるベンチャー企業の支援、ライセンスインをする研究所の選定といった包括的アプローチを誇り、これは「米国で最も包括的な商業化プログラムの1つ」であるという<sup>2</sup>。

また CCFI は2004年春に、CCFIの内部にクリーブランド・クリニック・イノベーション・センター (CCIC) を開設した。単なるインキュベーションもしくはアクセラレーターのプログラムとは異なり、地域の経済成長と雇用創出を促進しながら、最新の施設の提供、規制面でのサポートなどの起業支援を行っている。

2001年には、ベンチャー・キャピタル・ファンドのファウンデーション・メディカル・パートナーズ (Foundation Medical Partners) の設立に参加し、クリーブランド・クリニックから生まれた企業を中心に単独もしくは共同で出資した。しかし2003年には、スタートアップの医療機器メーカー、アーティキュア (ArtiCure) 社に関し、クリーブランド・クリニックの医師らが同社に出資する一方で、その事実を隠したまま臨床試験を主導し、アーティキュア社の機器について好ましい結果を専門誌に発表していたことなどが発覚し問題となった<sup>3</sup>。

<sup>1</sup> 全米病院ランキング <http://health.usnews.com/usnews/health/best-hospitals/honorroll.htm>

<sup>2</sup> CCFIホームページ <http://www.clevelandclinic.org/innovations/about/default.htm>

<sup>3</sup> "How a famed hospital invests in device it uses" Wall Street Journal, 2005年12月12日 <http://www.post-gazette.com/pg/05346/621193.stm>

### 1.1.3 クリーブランド・クリニックから生まれたベンチャー企業

CCFI がこれまでに立ち上げた企業は、医療機器や診断機器分野から癌や透析を適応とした医薬品などで、最新のCSFセラピューティクスまでで18社に上る。以下に主な企業の概要を記述する。

#### オーソメムス社

オーソメムス (OrthoMEMS) 社は2005年に設立され、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (MEMS) センサーとワイヤレス技術を用いて、背骨への利用や整形外科応用が可能な小さな植込み型システムを開発、販売する。現在、筋骨格組織への負荷を測定する、椎間板変性疾患による背中の痛みを適応とした製品を開発中である。クリーブランド・クリニックは同社の共同創設者、過半数株式所有者であり、技術のライセンス元である。

MEMS 技術とは、半導体の製造技術を応用した超微細な加工技術で、同技術を使用することにより、ナノメートル、マイクロメートルレベルの加工を容易に実現できる。

#### メルロット・オーソペディックス社

メルロット・オーソペディックス (Merlot OrthopediX) 社は、クリーブランド・クリニックとフランツ・メディカル・グループ (Frantz Medical Group) のジョイントベンチャー企業として2004年に設立され、二重らせん構造で骨を固定する技術に基づくシステムの開発・商業化を行っている。クリーブランド・クリニックは同社の過半数株式所有者であり、技術のライセンス元である。

フランツ・メディカル・グループは1979年に設立され、医療機器や診断機器などの開発、商業化を行う企業など、メルロット・オーソペディックス社を入れて5社からなる複合体である。傘下にある企業はグループ内のベンチャー・キャピタル・ファンドより投資・サポートを受けることができる。

#### CSF セラピューティクス社

2005年設立のCSFセラピューティクス (CSF Therapeutics) 社は、外傷もしくは脳梗塞、アルツハイマー病、血管不全、水頭症などにより神経変性疾患を発症した患者の認知機能を修復する植込み型機器を開発している。2006年にスピノフシ、クリーブランド・クリニックのメインキャンパス内にあるCCFI インキュベーター施設、CCICにオフィスを構えた。

同社の機器のpatentはクリーブランド・クリニックではなく、企業が保持する。クリーブランド・クリニックはCSFセラピューティクス社の株式を所有する。

## カーディオメムス社

CCFI からのスピンオフにより 2000 年に設立したカーディオメムス (CardioMEMS) 社は、MEMS 技術を応用した心疾患の診断および管理のための医療機器の開発・販売を行う。カーディオメムス社については、第 3 章で詳述する。

## ジン・メディカル社

2006 年に設立されたジン・メディカル (ZIN Medical) 社は、クリーブランド・クリニックとジン・テクノロジーズ (ZIN Technologies) 社が共同で所有している。

ジン・メディカル社は、ジン・テクノロジーズ社が有する NASA からの支援により開発された技術に基づき、遠隔ワイヤレス患者モニタリング・システムである V メトリックス (vMetrics) システムの開発を行っている。ラジオ周波数による即時交信で、心疾患、神経疾患、睡眠障害、産科や整形外科に関する生物医学的反応を、医療従事者に送ることができる。

ジン・テクノロジーズ社は、オハイオ州クリーブランドを拠点として 1957 年に設立された、電気・電子システムの構築や機械操作に特化した企業である。同社は 1989 年より、NASA 宇宙空間実験のためのハードウェアのデザイン、構築、テストを行っている。その他、IT、ソフトウェア工学なども行う。

## プログノスティックス社

2004 年に設立されたプログノスティックス (PrognostiX) 社は、クリーブランド・クリニックで発見されたバイオマーカー技術に基づき、心血管疾患、喘息、冠動脈疾患といった炎症性疾患のリスクの診断テスト機器の開発と商業化を目指してスピンオフした企業である。

同社の主要な製品として 2005 年 6 月に FDA の承認を受けたカーディオ MPO (CardioMPO) テストは、血液検査で血中のミエロペルオキシダーゼ (MPO: myeloperoxidase) レベルを測定することにより、心発作のリスク、もしくは心疾患の副作用のリスクを予測するようデザインされている。MPO は、疾病にかかっている白血球細胞の中に現れる酵素である。

同社のオフィスはクリニックのキャンパス内にある。フランツ・メディカル・グループや、同じくクリニック・キャンパス内にあり、癌の診断機器の開発を行っている LPL テクノロジーズ (LPL Technologies) 社と提携している。

プログノスティックス社は設立時に、エキソクセミス (ExOxEmis) 社より 600 万ドルの投資を受けた<sup>4</sup>。エキソクセミス社は、アーカンソー州リトルネックを拠点として 1987 年に設立されたバイオ製薬企業である。生物システムにおける酸素の役割についての研究に基づき、感染症の予防と治療、微生物薬剤耐性の解決のためのハロペルオキシダーゼ製品を開発している。ハロペルオキシダーゼ (haloperoxidase) は、ハロゲン化酵素の一種である。

同社は、医療以外にも、消毒剤や農業、生物テロ防衛など、多様な製品を生み出しているブラッ

---

<sup>4</sup> クリーブランド・クリニック 心臓ニュースアーカイブ “\$6 MILLION INVESTED IN CLEVELAND CLINIC SPIN-OFF New Start-Up to Develop Diagnostic Tests for Inflammatory Disorders” 2004 年 1 月 19 日  
[http://www.clevelandclinic.org/heartcenter/pub/news/archive/2004/diagnostictests1\\_19.asp](http://www.clevelandclinic.org/heartcenter/pub/news/archive/2004/diagnostictests1_19.asp)



トフォームとして MP0 技術を有している。

#### 1.1.4 これまでの実績

CCFIの2005年のライセンス収入は、1回限りの大きな取引が関連して、それまでの300万ドルから大きく伸びて990万ドルとなった<sup>5</sup>。2005年のパテントファイル数は、2000年の38件、2004年の73件に比べ116件と増加しており、収入の基盤であるパテントのファイル数が成長を続けていることから、CCFIのイノベーション・ディレクター、クリス・コバーン氏は、「今回の1回限りの取引の有無に関わらず、来年以降は引き続き300万ドルを上回る収入が得られる」と予測している。

2007年5月には、CCFIがケース・ウェスタン・リザーブ大学並びに同大医学部 (Case Western Reserve University and University Hospitals) と共同で行うケース・ウェスタン・リザーブ大学の技術移転プログラムの統計が発表された<sup>6</sup>。それによれば、2007年の最初の4カ月で、医師の病院システムに関する発明数は前年同期の71件から48%増の105件となっている。

ケース・ウェスタン・リザーブ大学は、CCFIとの共同による技術移転プログラムを2002年度(2002年6月30日を期末とする)の終盤に導入した。2003年度にケース・ウェスタン・リザーブ大学の技術移転オフィスが得たライセンス収入は、それまでの300万ドルから、同大学の技術移転オフィスの年間支出の5倍以上の収入にあたる1,000万ドルに増加し、ケース・ウェスタン・リザーブ大学は2005年、大学基盤のスタートアップ企業数、ライセンス収入、発明数、ライセンス総数で全米10位になった<sup>7</sup>。

ケース・ウェスタン・リザーブ大学は、1826年創設のワシントン・リザーブ大学(Western Reserve University)とケース工科大学(Case Institute of Technology)の連合により1967年に現在の名称になった。ケース・ウェスタン・リザーブ大学の2006年度の発明発表数は174件、ライセンス収入は1,080万ドル<sup>8</sup>だった。ケース・ウェスタン・リザーブ大学の技術移転オフィスには、ケース・テクノロジー・ベンチャー(Case Technology Venture)というベンチャー部門もある。

前述した2001年設立のCCFIのベンチャー・キャピタル・ファンド、ファウンデーション・メディカル・パートナーズのポートフォリオには現在、アーティキュア社、カーディオメムス社など、医薬品、医療機器に関する企業18社が含まれる。

---

<sup>5</sup> “Clinic’s CCF Innovations licensing revenues triple to reach \$9.9M” 2007年4月2日  
<http://www.clevelandclinic.org/innovations/press/Crains040207.pdf>

<sup>6</sup> “Cleveland case study: Going from a tech transfer laggard to the top 10” Crain’s Cleveland Business, 2007年5月25日  
<http://www.clevelandclinic.org/innovations/press/Crains052507.pdf>

<sup>7</sup> “Cleveland case study: Going from a tech transfer laggard to the top 10” Crain’s Cleveland Business, 2007年5月25日  
<http://www.clevelandclinic.org/innovations/press/Crains052507.pdf>

<sup>8</sup> ケース・ウェスタン・リザーブ大学 技術移転オフィス 2006年度レポート  
<http://ora.ra.cwru.edu/techtransfer/news/FY06report.pdf>

## 1.2 メイヨ・クリニックの MCHS

### 1.2.1 メイヨ・クリニックの概要

ミネソタ州ロチェスターに本拠地を持つメイヨ・クリニック (Mayo Clinic) の歴史は、1889年に設立された 27 床の医院に端を発する。現在では、ロチェスターの他、フロリダ州ジャクソンビル、アリゾナ州フェニックスなどにも医院を構え、3,300 名以上の医師、研究者、科学者が勤務する非営利の複合病院として世界最大規模を持つ。全米病院ランキングでは、複数の科で第 1 位を獲得し、総合でもジョンズ・ホプキンス・ホスピタル (Johns Hopkins Hospital) に次いで第 2 位と評判の高い病院である。

### 1.2.2 医療ビジネスを支援する部門の概要

メイヨ・クリニックの IP オフィスは、1986 年に設立されたメイヨ・メディカル・ベンチャーズ (MMV : Mayo Medical Ventures) 内にあり、それがさらに拡大して、2006 年に、メイヨ・クリニック・ヘルス・ソリューションズ (MCHS : Mayo Clinic Health Solutions) の下に統合された。またメイヨ・クリニックは 1998 年ごろにベンチャー・キャピタル・グループを持っていたこともあったが、同グループは MMV 内に吸収合併された。

MCHS は、メイヨ・クリニックの持つ知識を人々の生活に活かすことを目的とした組織である。メイヨ・クリニックの技術に基づいて構築された、健康管理に関連するさまざまなサービス・プログラムを提供している。

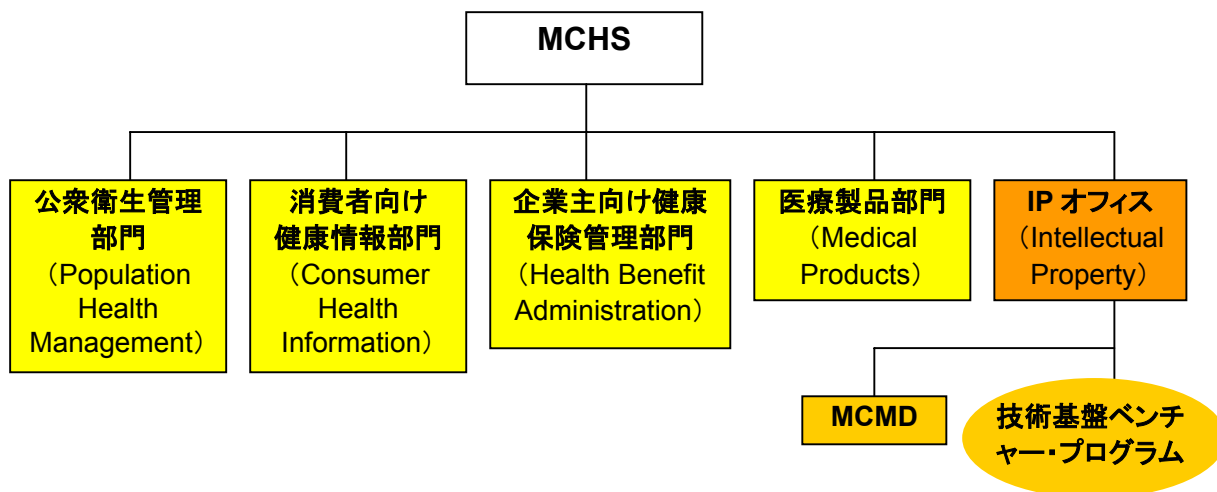
MCHS の職員は現在 750 名で、2006 年の総収入は 2 億 5,000 万ドル<sup>9</sup>だった。これらのサービスの提供による利益のうち、経費を超過した分については、メイヨ・クリニックの医学研究・教育の支援に利用される。

MCHS は IP オフィスの他、公衆衛生管理部門、消費者向け健康情報部門、企業主向け健康保険管理部門、医療製品部門の合計 5 部門に分かれている。

---

<sup>9</sup> MCHS ホームページ <http://www.mayoclinichealthsolutions.com/company/Facts-and-Figures.cfm>

図1 MCHS の組織図



出所：MCHS の情報を基に作成

MCHS は以下の 5 部門に分かれている。

- 公衆衛生管理部門：雇用主に向けて従業員の健康維持のためのツールの提供
- 消費者向け健康情報部門：消費者が健康を維持するため、もしくは身体の状態についての疑問や不安、問題を解決するための情報やツールの提供
- 企業主向け健康保険管理部門：従業員向け健康保険や団体保健のコスト削減のための情報やツールの提供
- 医療製品部門：薬局サービスや医療サプライを提供これらのサービスの具体的な手段としては、ニューズレターや書籍の販売、電話やインターネット、携帯電話を通じた生活指導プログラムや医療情報提供などがある。
- IP オフィス：メイヨ・クリニックで生み出された発明を商業化するための実務を担当する。

IP オフィス内にあるメイヨ・クリニック・メディカル・デバイス (MCMD) は、広く商業化できるものではないが、クリニック内での研究・臨床を改善する各種医療製品の開発とライセンスを行う。MCMD の製品には現在、磁気共鳴映像法 (MRI) コイルの BC-10 送受信 MRI コイルと、生検サンプル取得精度を上げるためのシステムである双方向プレスホールド・コントロール・システムがある。これら 2 製品はいずれもニッチ分野であるが、「それ自体の利幅が狭くても、ニッチに参入することにより、その患者群への追加的なツールの販売など、さらなる収入源の確保につながる」<sup>10</sup> との主張に基づき、MCMD はシステムのライセンス先を探している。

MCHS 内の技術基盤ベンチャー (Technology Based Ventures) プログラムは、メイヨ・クリニックで生まれた技術を新規企業立ち上げの基盤とするために 1990 年代後半から始められたプログラムである。一定の条件に合致すれば、メイヨ・クリニックが自らのファンドからそれらの企業に投資を行うこともある。

<sup>10</sup> The Wall Street Journal, “Mayo Will Release Device to Ease Biopsies of Hard-to-Reach Tissue” 2006 年 11 月 28 日

### 1.2.3 メイヨ・クリニックから生まれたベンチャー企業

メイヨ・クリニックがこれまでに立ち上げ、もしくは立ち上げに参加した企業は 35 社に上る。以下に主な企業の概要を記述する。

#### テラメディカ社

テラメディカ (Teramedica) 社は、ウィスコンシン州ウォーワトサを拠点とする、デジタル画像伝達用ソフトウェアの開発企業である。

メイヨ・クリニックの研究者が考案した医療用のデジタル画像を共有・保存する、インテリジェント・イメージ・マネージャー技術 (TI2m) を基に、MMV は外部ベンチャー・キャピタルのメイソン・ウェルズ (Mason Wells) 社との共同でこの技術の商業化を進め、2001 年にメイソン・ウェルズによりテラメディカ社が設立され、TI2m ソフトウェアの開発を進めた。2003 年 10 月にはメイヨ・クリニックと TI2m の利用に関する提携を結んだ。

現在では、TI2m に関し IBM 社と、テラメディカ社の持つ他の技術であるエバーコア (Evercore) に関し、サン・マイクロシステムズ (Sun Microsystems) 社とも提携を結んでいる。

#### カーディア・ヘルス・システムズ社

カーディア・ヘルス・システムズ (Kardia Health Systems) 社は、メイヨ・クリニックで開発された EIMS 技術を基に、2006 年に設立された。EIMS とは、心エコー (心臓超音波診断装置) 検査ラボのためのウェブ基盤の管理ソフトウェアで、患者の心エコーのスケジューリングからデータ管理、結果の通達や請求、さらにワークフローの管理などを行うことができる。

同社は、2008 年初期までの EIMS 製品販売開始を見込み、2007 年 6 月には 300 万ドルの資金調達を得た。

メイヨ・クリニックは同技術のライセンスを有しており、カーディア・ヘルス・システムズ社の資本を所有する他、EIMS の売上げ・ライセンス契約に応じてロイヤルティを獲得する。

### 1.2.4 これまでの実績

設立以来、MCHS の IP オフィスは 660 件以上のライセンス合意を結び、2,000 件以上のパテントを申請し、590 件以上をメイヨ・クリニックの IP として保持している<sup>11</sup>。

また前述の通りライセンス先を探すことが難しい MCMD の技術も、大手医療機器メーカーを中心にライセンス先を獲得している。

MCMD の 2 つの製品のうち双方向ブレスホールド・コントロール・システムは、患者の呼吸運動のために正確に生検サンプルを取ることが困難な場合があるため、コンピュータ断層撮影 (CT スキャン) 画像の利用と光電子システムを組み合わせ、肺や上腹部の生検を正確に取ることができるようにしたものである。医療機器メーカーの中ではライセンス先が見つからず、医療画像機

<sup>11</sup> MCHS ホームページ <http://www.mayoclinichealthsolutions.com/company/Facts-and-Figures.cfm>

器メーカーに、CT スキャンの機械のオプションとしての販売を持ちかけた結果、シーメンス AG (Siemens AG) 社で 2007 年初期より販売が開始された。

BC-10 送受信 MRI コイルは、高解像度の筋骨格映像の撮像用に最適化された低トランスミットラジオ波出力の直角位相設計である。2004 年よりゼネラル・エレクトリック (General Electric) 社などがライセンスを受けて販売している。

### 1.3 BWH と MGH のパートナーズ・ヘルスケア社

#### 1.3.1 2 病院の概要

##### BWH

ブライハム・アンド・ウィメンズ・ホスピタル (BWH: Brigham and Women's Hospital) は、マサチューセッツ州ボストンにある。1980 年にボストン・ホスピタル・フォー・ウィメン (BHW: Boston Hospital for Women)、ピーター・ベント・ブライハム・ホスピタル (PBBH: Peter Bent Brigham Hospital)、ロバート・ブレック・ブライハム・ホスピタル (RBBH: Robert Breck Brigham Hospital) の 3 病院が統合する形で現在の名称がついた。747 床を有し、従業員数は 1 万 2,000 名以上<sup>12</sup>である。ハーバード大学医学部 (Harvard Medical School) の教育機関の 1 つである。

##### MGH

マサチューセッツ・ジェネラル・ホスピタル (MGH: Massachusetts General Hospital) は、マサチューセッツ州ボストンにあり、1811 年設立と全米で 3 番目に古い総合病院である。現在は、900 床の医療センターを持つニューイングランド地方最大規模の総合病院で、全米病院ランキングの 2007 年総合評価では、5 位を獲得している。ハーバード大学医学部の教育機関の 1 つである。

#### 1.3.2 医療ビジネスを支援する部門の概要

1994 年、BWH と MGH は共同でパートナーズ・ヘルスケア (Partners Healthcare) 社という非営利企業を立ち上げた。ボストンを拠点とするパートナーズ・ヘルスケア社は、かかりつけ医 (プライマリーケア医師) から専門医師、長期ケア、研究施設などさまざまな面で 2 病院のヘルスシステムを統合させ、患者に質の高いケアを提供することを目指したもの。現在では、ニュートン・ウェルズリー・ホスピタル (Newton-Wellesley Hospital) やマクレーン・ホスピタル (McLean Hospital) など、他の病院や医療センターもこのシステムに含まれる。

パートナーズ・ヘルスケア社の一部として、ベンチャー&ライセンス研究 (RVL: Research Ventures & Licensing) グループがある。RVL グループは、パートナーズ・ヘルスケア社で生まれた科学的発見を患者に届けることを目的としている。パートナーズ・ヘルスケア社の持つ施設やネットワークとの提携、パートナーズ・ヘルスケア社の研究拠点への投資の他、企業スポンサ

<sup>12</sup> BWHホームページ [http://www.brighamandwomens.org/general/about\\_us.aspx](http://www.brighamandwomens.org/general/about_us.aspx)

ーによる研究活動のサポートやガイダンスの提供などを含む業界との連携も行う。  
パートナーズ・ヘルスケア社の RVL グループは、以下の 4 部門に分かれている。

- CSRL (Corporate Sponsored Research and Licensing) 部門：技術移転、研究サポート、ライセンスを担当
- CSCR (Corporate Sponsored Clinical Research) 部門：パートナーズ・ヘルスケア社・システムを通じた企業出資の臨床研究における予算や合意に向けた交渉を担当
- BD (Business Development) 部門：ライフサイエンス業界における IP の商業化や戦略的提携により、パートナーズ・ヘルスケア社・システムの科学的基盤を有効利用する方法を模索し、提案
- CIV (Center for Innovative Ventures) 部門：パートナーズ・ヘルスケア社・システムの研究室から生まれたスタートアップベンチャーの創設や資金調達をサポートし、起業家の育成を担当

### 1.3.3 パートナーズ・ヘルスケア社から生まれたベンチャー企業

RVL グループがこれまでに立ち上げ、もしくは立ち上げに参加した企業は 12 社に上る。以下に主な企業の概要を記述する。

#### バイオビヘイビオラル・ダイアグノスティクス社

ADHD の病状測定および薬剤効果の予測を行う診断機器、MMAT/ADHD システムの独占的ライセンスを持つバイオビヘイビオラル・ダイアグノスティクス (Biobehavioral Diagnostics) 社は、パートナーズ・ヘルスケア社のシステムに参加しているマクレーン・ホスピタルから MMAT/ADHD システム技術の開発を進めるために 2004 年に設立された企業で、設立後すぐに同技術の独占的ライセンスを得た。

MMAT/ADHD システムは、ADHD 診断機器として初めて FDA より試験開始の承認を得た。同社は、子供、青年、成人を対象とした同システムの商業化開始を 2008 年に見込んでいる。RVL グループの CIV 部門は、商業化に向けた短期間での戦略的計画を達成できる適切な起業家の選定を行い、発明者と起業家の双方と直接連絡を取り、また CIV 部門が自らのファンドより投資を行った。

同社は、2007 年 2 月に 850 万ドルのシリーズ A 投資を受けた。

#### バイオエンジニアド・ネットワークス社

バイオエンジニアド・ネットワークス (BioEngineered Networks) 社は 2005 年、チャールズ・スターク・ドレイパー研究所 (The Charles Stark Draper Laboratory) からの分離独立の形で設立された人工臓器開発・作製企業である。チャールズ・スターク・ドレイパー研究所は、マサチューセッツ工科大学 (Massachusetts Institute of Technology) 研究所より 1973 年に独立し、戦術システムや宇宙システムの研究を行っている一方で、後述する CIMIT (CIMIT については 1.4.1 を参照) との提携などにより医用生体工学の分野の研究も積極的に行っている研究所である。

バイオエンジニアド・ネットワークス社は、マサチューセッツ州ケンブリッジを拠点とする。CIV 部門はバイオエンジニアド・ネットワークス社に、市場調査、適正評価、競合分析などの情報を提供した。

バイオエンジニアド・ネットワークス社のプラットフォーム技術となっているのは、MEMS である。CIMIT の資金提供に基づき、MGH の Dr. Joseph P. Vacanti、チャールズ・スターク・ドレイパー研究所の生物医学工学部門部長、Dr. Jeff Borenstein らが共同で開発した技術により、栄養と酸素を臓器に行き渡らせることのできる MEMS 機器を利用して、組織工学に基づく臓器補助もしくは代替機器を開発する。

同社はまず、慢性肝疾患患者が体内に設置する肝機能補助機器の開発を行い、将来的には移植により取り付ける完全な代替肝臓の開発を目指す。

同社の初期段階の資金調達は CIMIT、及びエンジェル投資家により行われた。

### 1.3.4 これまでの実績

RVLグループの2006年度のライセンス収入は、アムジェン (Amgen) 社の販売する関節リウマチ治療薬エンブレル (Enbrel) の北米における販売権に関する和解金ならびにロイヤルティ収入、2億4,800万ドルの影響により、前年同期の1億170万ドルから大幅増の3億2,780万ドル、発明件数は449件だった<sup>13</sup>。またCIV部門は、2005年1月の開始以来、6社の設立を直接的に支援した。CSRL部門とCSCR部門によって2006年度に、臨床もしくは前臨床試験の研究サポート、技術移転などに関する3,300件以上の合意が締結された。

また2006年度末の時点で、ライセンス先による前臨床、臨床試験が進行している件数は、診断分野で4件、医療機器分野で6件、治療分野で11件、ワクチンで3件に上る。

BWHとMGHは2007年7月、3,500万ドル規模のベンチャー・キャピタル・ファンド設立の計画を発表した<sup>14</sup>。パートナーズ・ヘルスケア社を通じてパートナーズ・イノベーション・ファンド (Partners Innovation Fund) を開設し、初期投資として300万ドルを投入、その後10年間で目標とする3,500万ドル規模に到達すると見込んでいる。最初は20万~50万ドルと小規模な投資で、投資先も除去可能なタトゥーのインクなど医学的重要性がそこまで高くないものが挙げられているが、その後は治療を目的とした薬剤・機器への投資を行う。

## 1.4 大学付属病院と工業学校の非営利コンソーシアム

### 1.4.1 CIMIT の概要

CIMIT (Center for Integration of Medicine and Innovative Technology) は、医療機器開発の初期段階にある研究者を支援する、ボストンエリアの大学付属病院、工業学校の非営利コンソ

---

<sup>13</sup> パートナーズRVLグループ 2006年度アニュアル・レポート  
<http://www.partners.org/rvl/content/PHSRVLFY06AnnualReport.pdf>

<sup>14</sup> “Hospitals create fund to boost inventions – Ties to business draw criticism,” The Boston Globe, 2007年7月27日  
[http://www.boston.com/news/local/massachusetts/articles/2007/07/27/hospitals\\_create\\_fund\\_to\\_boost\\_inventions/](http://www.boston.com/news/local/massachusetts/articles/2007/07/27/hospitals_create_fund_to_boost_inventions/)

ーシウムである。臨床医と科学者が協業する場を作るという、CIMIT の基となるアイデアは 1994 年に生まれ、その後 1998 年に正式に創設された。

CIMIT の研究の大きな部分を占めるのは、プログラムの実施である。現在、生体材料・組織工学プログラムや低侵襲手術プログラムなど、10 のプログラムに基づき、臨床の場での課題の解決に取り組んでいる。これらのプログラムは、中心となる研究者が研究所外のメンバーから構成されるチームを結成して、CIMIT の目的に沿ったプログラム案を提出し、CIMIT がそれを承認することにより開始される。

CIMIT は各部門の専門家から構成される教育、規制関連、技術の実現、技術移転の 4 チームを持ち、IP、パテント、臨床試験、小企業向けグラントなどさまざまな面から研究者を支援する能力を備えている。また、業界とのリエゾンプログラムや、政府機関との協力なども行う。

BWH と MGH は、CIMIT の設立メンバー4 団体の 1 つである。他の設立メンバーは、マサチューセッツ工科大学、チャールズ・スターク・ドレイパー研究所である。また、コンソーシアムに参加しているメンバーには現在、ハーバード大学医学部、ボストン小児病院 (Children's Hospital of Boston)、ベス・イスラエル・ディーコネス医療センター (Beth Israel Deaconess Medical Center)、ニュートン・ウェルズリー・ホスピタル、ボストン医療センター (Boston Medical Center)、ボストン大学 (Boston University)、パートナーズ・ヘルスケア社がある。

CIMIT では、各施設にサイトマイナー (Site Miner、施設内採掘者の意味) と呼ばれる人物が選定され、各施設より時間制で報酬を支払われている。サイトマイナーの役割は、何らかの困難を抱えた臨床医と、それを解決しうる技術を持っている科学者、工学者との橋渡しを行うことである。サイトマイナーは、施設内の有望な技術を迅速に実践の場に活用させるまでのあらゆる役割を担っている。

CIMIT は毎年およそ 1,000 万ドルを米国防総省 (DoD : Department of Defense) より受けており、米国陸軍との関係性が近い。そのため、CIMIT のプログラムの中には戦地での利用や戦傷者の治療など、軍事関連の医療が多く含まれる。

#### 1.4.2 CIMIT から生まれたベンチャー企業

CIMIT がこれまでに立ち上げた企業は 11 社に上る。以下に主な企業の概要を記述する。

##### レナルワークス・メディカル社

レナルワークス・メディカル (Renalworks Medical) 社は、腎臓透析のより効果的な治療法を目指し人工腎臓を開発する 2005 年設立の企業である。マサチューセッツ州ケンブリッジを拠点とする。

最高経営責任者 (CEO) 兼共同設立者の Greg Erman 氏は、レナルワークス・メディカル社設立以前に、IT 関連の企業を 2 社立ち上げており、次の企業立ち上げ分野を医療機器分野に定め、50 件近くの案件を検討した。2004 年 3 月にパートナーズ・ヘルスケア社が主催した研究促進プログラムのミーティングにおいて、MGH の小児外科部長を務める外科医であり研究者の Dr. Joseph P. Vacanti の研究成果を知り、チャールズ・スターク・ドレイパー研究所の生物医学工学部門部長を務めていた Dr. Jeff Borenstein と 3 名で、レナルワークス・メディカル社を設立するに至っ



た。

レナルワークス・メディカル社の技術は、前述のバイオエンジニアド・ネットワークス社同様、CIMITの資金提供に基づき開発された、MEMSを利用した技術である。レナルワークス・メディカル社は、機器の大きさを最小限に抑えるため、MEMS技術により透析の機能をマイクロチップに搭載する方法を試みている。同社の当初の目標は、着脱可能な継続的透析機器の開発であるが、その後、組織工学技術を用いて植込み型の機器を完成させ、最終的には人工臓器の作製を目指すという。

MGH、チャールズ・スターク・ドレイパー研究所、マサチューセッツ工科大学、CIMITが同社に関連したIPを保持している。

### **シーコースト・テクノロジーズ社**

2000年に設立したシーコースト・テクノロジーズ (SeaCoast Technologies) 社は、CIMITの支援を受けたプロジェクトから生まれた。プロジェクトの成果として神経外科手術の際に脳を冷却する方法を考案したMGHが同技術のpatentを取得し、後にベンチャー・キャピタル企業のスプレー・ベンチャー・パートナーズ (Spray Venture Partners) 社が同技術のライセンスを受けてシーコースト・テクノロジーズ社を設立した。

#### **1.4.3 これまでの実績**

これまでCIMITは400名以上の研究者を支援し、200件の発明を達成、80件のpatentを取得、30件のライセンス取引を行った<sup>15</sup>。

またCIMITは、さまざまな種類のアワードの提供を通じて、医療機器分野への貢献を目指している。2007年5月には、2008年の科学アワードプログラムの一部として、500万ドル規模のプログラムを実施した。初期開発段階の医療機器の開発研究者の支援として、100件の応募の中から37件が承認され、そのうちBWHからは13の研究チームが選出された。

---

<sup>15</sup> CIMIT ホームページ [http://www.cimit.org/about\\_ov.html](http://www.cimit.org/about_ov.html)

## 2. 医師が起業して成長した医療ビジネスの事例

### 2.1 カーディオメムス社

#### 2.1.1 概要

カーディオメムス社は、CCFI からの分離独立により、ジョージア州アトランタに 2000 年に設立された。同社は、MEMS 技術を応用した心疾患の診断および管理のための医療機器の開発・販売を行う。

同社の最初の製品であるエンドシュア (EndoSure) AAA 圧力測定システムは、2005 年 11 月に FDA より市販前届出 (510 (k)) の承認を得て、電源が不要で永久利用が可能な米国初のワイヤレス植込み型圧力センサーとして商業利用が可能な製品となった。

大手医療機器メーカーのメドトロニック (Medtronic) 社は、自社でも心不全患者用ワイヤ付きセンサーシステムを開発しているが、2005 年にカーディオメムス社からワイヤレスセンサーのライセンスを受けており、またカーディオメムス社が 2006 年 11 月に行った 2,260 万ドルの資金調達第 4 ラウンドでは、ベンチャー・キャピタルやジョンソン・エンド・ジョンソン (Johnson & Johnson) 社などと共に資金を提供した。

#### 2.1.2 設立者について

##### **Jay S. Yadav, M.D.**

カーディオメムス社の共同創立者の Jay S. Yadav, M.D. は、前述のクリーブランド・クリニックの CCFI のインターベンショナル心臓専門医であり、2006 年 8 月まで血管インターベンション部門部長と CCFI 会長 (2005 年より) を兼任していた。カーディオメムス社では、2006 年 10 月までは同社の相談役を務めていたが、2006 年 5 月に CEO 代理に任命され、その後同年 10 月に CEO となった。現在は、取締役会長を務める。

1997 年には、術中などの塞栓を予防するフィルタを開発するアンギオガード (AngioGuard) 社を創設し、同社の取締役会長となった。アンギオガード社は 1998 年にジョンソン・エンド・ジョンソン社に約 4,000 万ドルで買収された。同博士はその他にも、複数の株式非公開の医療機器企業、医療技術企業の取締役を務めていた。

イエール大学卒業後、ウェスト・バージニア大学医学部で MD 取得。アテローム性動脈硬化症、特に脳血管疾患の低侵襲的処置の分野でも先駆者的存在である。

##### **Mark G. Allen, Ph.D.**

カーディオメムス社のもう 1 人の共同創設者で、最高技術責任者 (CTO) の Mark G. Allen, Ph.D. は、1989 年よりジョージア工科大学教授を務め、また同大学の MEMS 研究プログラムを主導、さ

らに同大学のリサーチ・アンド・イノベーション部門副学長、指導教授を務める。専門はマイクロ電子機器、マイクロシステムで、複数の研究センターに参加しMEMSの研究を行った。

同博士は、マイクロ注射針技術を開発したレデオン (Redeon) 社の共同設立者を務めた。同社は2001年にバイオバルブ・テクノロジーズ (Biovalve Technologies) 社に買収された。

ジョージア工科大学での勤務ならびに複数の株式非公開企業での相談役を務めているため、カーディオメムス社の職は常勤ではない。

1983年に、ペンシルバニア大学で化学、化学工学、電気工学の3つの学位を取得。その後マサチューセッツ工科大学でマイクロ電子材料分野の修士・博士号を1986年と1989年に取得。

### 2.1.3 技術

エンドシュア・センサーAAA圧力測定システムは、腹部大動脈瘤 (AAA) の修復のためにステント移植を行う際に、患者にエンドシュア・センサーを植え込むものである。センサーはクリップほどの大きさで、石英ガラスとシリコンで密閉された上、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) コーティングというフッ素によるコーティングがなされたニッケルチタンのワイヤに包まれている。センサーの植込みは低侵襲的処置で行うことが可能である。

カテーテルを通し、動脈瘤嚢に植え込まれたセンサーが圧力を測定し、外部のモジュールへと情報を伝送する。この情報伝達は即時的に行われ、圧力波形として示される。平均圧、収縮期圧、拡張期圧、心拍数および心拍出量といった医学的に必要な要素をすべて測定できるように設計されている。

エンドシュア・センサーは、半導体の製造技術を応用した超微細な加工技術であるMEMS技術を利用している。同技術を使用することにより、ナノメートル、マイクロメートルレベルの加工を容易に実現できるため、安定かつエネルギー効率のよい測定センサーを作ることが可能となる。

これまでに2,000人以上の患者が、同システムによる治療を受けている<sup>16</sup>。

### 2.1.4 最近の動向

2007年1月、カーディオメムス社はSENSの記号銘柄でナスダック・グローバル・マーケットに新規株式公開 (IPO) を行うと発表した。

また2007年3月には、エンドシュアAAAの適応が拡大された。新しい適応は、胸部大動脈瘤 (TAA) の術中に挿入して嚢内の圧力を測定するというもの。

2007年9月には、肺動脈圧を測定して心不全の危険をモニタリングするワイヤレス圧力測定センサーに関し、CHAMPIONと呼ばれる大規模臨床試験を開始した。同製品もエンドシュア同様、カテーテルと共に肺動脈内に植え込まれる小型医療機器である。

---

<sup>16</sup> カーディオメムス社 ホームページ

<http://www.cardiomems.com/content.asp?display=medical+mb&expand=ess>

## 2.2 トランスメディクス社

### 2.2.1 概要

1988 年設立で、マサチューセッツ州アンドーバーを拠点とするトランスメディクス (TransMedics) 社は、透明な無菌の空間の中に心臓を入れ、温かく、酸素を含んだ血液の中で維持することにより、移植用臓器を生きたまま運搬することが可能となる温血かん流システム、臓器ケア・システム (OCS: Organ Care System) 技術を用いた製品の開発を行う医療機器企業である。

トランスメディクス社は、同技術の特許を取得している。

現在、OCS 技術の心臓移植への利用を目的として欧州では臨床試験を終了、米国では現在臨床試験を実施中である。さらに心臓以外にも、同技術を用いて肺、肝臓、腎臓の各移植用臓器を運搬する製品の開発に向け、現在前臨床試験が実施されている。

### 2.2.2 設立者について

#### Waleed Hassanein, M.D.

外科医であり、トランスメディクス社創立者の Waleed Hassanein, M.D. は、現在、同社 CEO、プレジデント、ディレクターを務める。同博士は、共同で発明した OCS 技術に基づき起業し、同技術の開発と商業化を行うため、プライベート・エクイティ・キャピタルから 9,000 万ドル以上の資金を調達し、科学諮問委員会のメンバーには、移植医学分野において世界的に有名な人物を複数起用した。

ジョージタウン大学で医学博士過程ならびに 2 年間の一般外科研修を修了し、米国胸部外科学会より表彰を受けている。

### 2.2.3 技術

通常、移植用心臓の運搬時には、心臓の機能を停止させた状態で冷却する方法が取られるが、この方法では時間的な制約が非常に厳しい上、臓器に与えるダメージも大きい。トランスメディクス社が初めて開発した OCS 技術では、透明な無菌の空間の中に心臓を入れ、温かく、酸素を含んだ血液の中で維持することにより、臓器の機能が生きている状態のまま心臓を運搬することが可能となる。

脈動するポンプ、弁、回路を使用することにより、赤血球のせん断応力と容血反応を最小限に抑え、免疫反応を引き起こす可能性を抑え、安定した代謝機能を維持するために必要な基質を供給、維持するなど、あらゆる面で心臓に与えるダメージを抑える技術が用いられている。

また、箱型の機器の上面に取り付けられたワイヤレスのモニターには、大動脈圧、冠血流、血液の温度、心拍などのパラメーターが表示され、臓器の管理が可能である。医師が臓器を評価する際に必要となる情報も、超音波を使ってこのモニターに提供される。さらにポータビリティを高めるため、複合材料を用いて機器の軽量化に努め、電源とガス源の療法を状況に応じて選択す

ることができるようになっている。

心臓をよい健康状態のまま運搬でき、また運搬にかけられる時間が従来より多くなることにより、外科医が臓器のマッチングに十分な時間をかけることが可能となり、手術成功率や移植者生存率の上昇が期待でき、さらに適切な移植が増えることで、移植の順番を待つリストの維持コストなども大幅に削減されるとトランスメディクス社は述べている。

#### 2.2.4 最近の動向

OCS技術は2006年10月、欧州連合加盟国内で販売するための安全基準に達していることを示すCEマークを取得した。2007年2月には欧州において、心臓移植時の利用を適応としたPROTECT-Iと呼ばれるOCS技術についての臨床試験を終え、その結果は同年4月の国際心・肺移植学会議年次総会で発表された。それによれば、平均3.7時間OCSで維持された心臓が20名の患者に移植された結果、主要評価項目とした30日後における生存率100%を達成した他、集中治療室（ICU）の滞在時間も通常の患者の平均値24.3時間に比べ、10.7時間と顕著に短縮された<sup>17</sup>。

心臓移植を適応とした米国での承認に向けては、2007年4月にFDA承認を得た治験届に基づき現在臨床試験が行われている。

また同社は2007年4月に、ヘッジファンドの大手、チューダー・インベストメント（Tudor Investment）社の提携するファンドよりシリーズD投資で2,550万ドルを調達した。この資金は、欧州でのOCS販売開始に伴う費用、米国での臨床試験の完遂のための費用、さらに心臓以外の臓器への適応拡大に充てられる。

### 2.3 アクキュレイ社

#### 2.3.1 企業概要

1987年に開発されたサイバーナイフ（CyberKnife）システムに基づき、カリフォルニア州サニーベイルを拠点として1990年に設立したアクキュレイ（Accuray）社は、世界初の定位放射線照射による治療装置であるサイバーナイフや、ロボット工学・画像認識技術を駆使した製品の開発・販売を行っている。

サイバーナイフ・システムは1999年、頭頸部・上部脊椎の腫瘍の治療を適応としてFDAの承認を受け、画像誘導システムとコンピュータ管理のロボットの統合された放射線外科システムとして初めて商業化が認められた。その後2001年には、サイバーナイフ・システムの適応を拡大し、いずれの部位においても腫瘍の治療が認められた。

サイバーナイフ・システムは、日本では米国より早い1996年に承認されている。同システムはその後、韓国や台湾などのアジア、欧州と承認の領域を拡大していった。

サイバーナイフ・システム以外にも、同システムと合わせて利用することができるトラッキング・システムや治療最適化・治療計画システムを構築している。2004年にはシンクロニー

---

<sup>17</sup> トランスメディクス社 プレスリリース 2007年4月26日  
[http://www.transmedics.com/wt/page/pr\\_1177595817](http://www.transmedics.com/wt/page/pr_1177595817)

(Synchrony) 呼吸器トラッキング・システムが、2005 年にはエックスサイト (XSight) 肺トラッキングシステムと 4D 治療最適化・プランシステムが FDA 承認を受けるなど、現在は 9 製品を持ち、対象部位も脊髄、前立腺、肝臓、すい臓など多岐に及ぶ。

### 2.3.2 設立者について

#### John Adler, M.D.

設立者の 1 人である John Adler, M.D. は、神経外科医であり、1998 年よりスタンフォード大学医学部で神経外科・放射線腫瘍学の教授を務めている。脳腫瘍および脊髄腫瘍の治療を専門としている。

2002 年までアキュレイ社の CEO、その後最高医療責任者 (CMO) を経て、現在は取締役のみを務める。1995 年から 1999 年までは、取締役副会長、その後 2004 年まで取締役会長を務めた。

同博士は 1987 年にサイバーナイフ・システムを開発し、放射線照射治療分野において 7 件のパテントを保持した。その後、サイバーナイフ製造・販売に向け、スタンフォード大学のグループ、そしてライナック (Linac) 技術メーカーと共にアキュレイ社を設立した。ライナック技術とは、体外から体内の疾患部位を狙い高エネルギー放射線照射治療を行う技術のことである。

Adler 博士は 2002 年に、サイバーナイフについての情報を共有し、サイバーナイフの有効性を最大限に高めるための活動を行う組織としてサイバーナイフ・ソサエティ (CyberKnife Society) を設立、プレジデントを務めている。

ハーバード・カレッジ生科学専攻で 1976 年に AB を取得、ハーバード大学医学部で 1980 年に MD を取得。

### 2.3.3 技術

サイバーナイフ・システムは、画像ガイダンス技術とコンピュータ管理されたロボット工学を利用した、知能ロボット工学放射線外科システムである。

治療の前に患者の体型と腫瘍の位置を高画質 CT スキャンなどにより画像データ化し、そのデータに基づいて治療計画が決定される。あらかじめ取得した位置データに基づいているため、治療中に患者が動いても継続的に腫瘍をトラッキング、検知して、治療を行うことができ、患者は従来の放射線外科機器のように固定器具を装着する必要がなく、寝台に横たわるだけでよい。固定器具は、患者のストレスになりうるという問題のみならず、ダイナミックな治療を行う際には固定器具自体がその妨げになることがあった。

寝台に取り付けられたアーム部分は、6 方向への運動が可能 (6 自由度) で、その先端にある線形加速装置をほぼあらゆる方向から腫瘍に近づけることが可能である。治療は無痛、非侵襲的であり、外来で処置を受けることが可能である。

また、高容量の放射線を投射するが、ミリ単位以下と極めて正確であるため、周囲の健康な組織に与えるダメージは最小限で済む。

頭頸部の治療しかできなかった従来の放射線外科治療とは異なり、サイバーナイフは頭蓋内、頭蓋外、その他の手術不可能な箇所も含む身体のあらゆる部位の治療が可能である。実際、米国

におけるサイバーナイフの利用の50%以上は頭蓋外腫瘍を目的としている<sup>18</sup>。

これまで、世界中で3万名以上の患者がサイバーナイフ・システムによる治療を受けているという<sup>19</sup>。

アキュレイ社の持つその他のシステムは、いずれもサイバーナイフ・システムの特定期部位治療における性能を高めるためのものである。例えば、シンクロニー呼吸器トラッキング・システムは、肺、肝臓、すい臓など患者の呼吸に伴って動く臓器の腫瘍に対し、腫瘍の動きに同調することで継続的な腫瘍への放射線照射を可能とする。また、エックスサイト脊髄トラッキング・システムは、脊髄の骨解剖学を利用することにより、従来の放射線外科治療のように基準点となる金属マーカを体内に留置することなく、自動的に腫瘍の位置をトラッキングする。4D 治療最適化・プランシステムは、標的となる腫瘍の動きだけでなく、その周囲にある組織の動きと変形も考慮することで、呼吸運動と共に動く腫瘍の治療をより最適化するものである。

#### 2.3.4 最近の動向

アキュレイ社は2007年2月、ARAYの記号銘柄でナスダック・グローバル・マーケットに上場、取引が開始された。また、2007年5月には、サイバーナイフ・システムの施設への導入が100システムに達したと発表された。

同年4月、アキュレイ社はシーメンス・メディカル・ソリューションズUSA（シーメンスUSA：Siemens Medical Solutions USA）社と共同販売合意を結んだ。これにより、アキュレイ社のサイバーナイフ・システム、ならびにロボット工学を利用した同社の患者位置調整システム製品であるロボコーチ（RoboCouch）に、シーメンスUSA社の高性能CTスキャン機器であるソマトム（Somatom）を統合し、治療時の身体内部構造の視界をさらに向上させることが可能となる。

2007年10月には、マサチューセッツ州リトルトンを拠点とし、陽子線照射による治療の開発を手がけるスティル・リバー・システムズ（Still River Systems）社と提携することを発表した。同提携により、アキュレイ社はロボコーチの新型を供給し、スティル・リバー・システムズ社は、ロボコーチを同社のモナーク250（Monarch 250）システムに利用することができるようになる。モナーク250システムは、癌の治療に使われる単室陽子線照射治療システムである。

2007年9月には、モンテカルロ線量計算アルゴリズムがFDAより510(k)の承認を受けた。放射線治療や放射線外科の際には、1つの線形加速装置から複数のX線が標的に向けて照射されることが要求される。従来の線量計算はすべての光子を単一と見なして計算していたが、モンテカルロ線量計算アルゴリズムは、確率統計学の標準となっているモンテカルロ法を用いることにより、各々の光子の線量計算が可能である。固体の組織塊が空気を包む形になっている肺は組織密度が変化するため、モンテカルロ線量計算アルゴリズムは、肺の腫瘍を治療するのに最も適している。

---

<sup>18</sup> Business News “CyberKnife：The Non-Invasive and Virtually Painless Cure for Cancer,” 2007年8月15日 <http://www.business-information-blog.com/2007/08/15/cyberknife/>

<sup>19</sup> アキュレイ社 サイバーナイフ・システム製品ファクトシート  
[http://www accuray.com/uploadedFiles/Product\\_Fact\\_Sheet.pdf](http://www accuray.com/uploadedFiles/Product_Fact_Sheet.pdf)

## 2.4 コラーゲン社 等

### 2.4.1 設立者 (Rodney Perkins M.D.) について

Rodney Perkins 博士は、自ら創設したカリフォルニア耳科研究所の世界的に有名な耳科医、またスタンフォード大学医学部の外科部門教授であるが、一方で、コラーゲン社をはじめ数多くの医療機器企業を立ち上げてきた。

博士の最初の発明は、医科大学の学生の時に、手術中に酸素を含んだ血液を供給する機器だった。この機器は商業化されることはなかったが、全米医師会 (American Medical Association) の学生研究デザイン賞を受賞した。

コラーゲン社設立時には、Perkins博士は経営の知識を一切持っていなかったが、周囲の協力を得て設立に至ったという<sup>20</sup>。

インディアナ大学で医学学士を修めた後、スタンフォード大学医学部で外科研修医、耳科分野で名高いハウス耳科研究所 (House Ear Institute) でフェローを勤めた。Perkins 博士は、現在 18 件のパテントを保持している。

### 2.4.2 Rodney Perkins 博士が設立したベンチャー企業

Perkins 博士が設立した企業は 8 社に上る。それ以外にも、企業のスピンオフもしくは分離を繰り返す中で生まれた企業もある。ここでは、企業として機能しているものと、最近作られた企業を取り上げた。以下に主な企業の概要を記述する。

## コラーゲン社

Perkins 博士が最初に設立した企業であるコラーゲン (Collagen) 社は、コラーゲンを使用した人工鼓膜の開発を目的として 1975 年に作られた。皮膚を切り刻んでシワを伸ばす場所に注入するなどの新しい形成外科手術法についてパテントを有する医師である Terry Knapp, M.D.、John Daniels, M.D. と協力し、研究を行っていた。

しかし、人工鼓膜は十分な市場を形成できないとの判断から、形成外科手術時の注入物質などの開発へと方向を転換した。注入物質は同社の主要な製品になり、ザイダーム (Zyderm)、ザイプラスト (Zyplast) がコラーゲン製品分野で確固たる地位を築いたのを初めとして、数多くのコラーゲン注入物質製品を揃えた。

Perkins 博士は、1975 年 9 月から 11 月まで、プレジデントを務めた。コラーゲン社は 1998 年に、2 つの企業に分かれた。1 社は、審美・整形外科分野を適応とし、コラーゲン社の製品ラインを継承するコラーゲン・エステティック (Collagen Aesthetics) 社、もう 1 社は、その他のコラーゲンベースの製品の開発と、人工鼓膜の開発の継続を目的とするコヒージョン (Cohesion) 社である。(コヒージョン社については後述する。)

コラーゲン・エステティック社は 1999 年、コラーゲン市場への参入を狙うイナメッド (Inamed)

---

<sup>20</sup> “Biodesign series features innovations from Perkins” Stanford Report, 2003 年 4 月 23 日  
<http://news-service.stanford.edu/news/2003/april23/perkins.html>



社に1億4,200万ドルで買収された。さらにイナメッド社は、アラガン (Allergan) 社に約32億ドルで買収され、完全子会社のアラガン・メディカル (Allergan Medical) 社となった。

また、カテーテルを通して腫瘍に直接デリバリーされるコラーゲンベースの癌治療薬を開発するターゲット・セラピューティクス (Target Therapeutics) 社は、1985年に設立され、1990年にコラーゲン社からスピンオフした企業である。Perkins 博士と共に共同研究を行い、コラーゲン社の共同設立者であった John Daniels 博士が、ターゲット・セラピューティクス社の設立者となった。同社は、使い捨てが可能なマイクロカテーテルや、バルーンなどの血管形成製品に特化しており、手術ではない低侵襲性の処置でそれらの機器を挿入し、体内の循環システムを利用して疾患部位に到達することができる技術を有していた。

ターゲット・セラピューティクス社は1997年、その優れたカテーテル・デリバリー技術により、ボストン・サイエンティフィック (Boston Scientific) 社に19億ドルで買収された。

John Daniels 博士は、1992年にはバランス・ファーマシューティカルズ (Balance Pharmaceuticals) を設立し、取締役会長兼最高財務責任者 (CFO) を務めた。現在は、取締役会長のみを務める。バランス・ファーマシューティカルズは、月経前の女性のホルモンバランスを調整する薬剤の開発と商業化を目指して設立された。

## レーザー스코ープ社

レーザー스코ープ (Laserscope) 社は、手術用レーザーの開発企業として1984年に設立された。泌尿器科等の機器を中心に数多くの製品を販売しており、同社の製品は世界中の医師オフィス、外来外科的処置センター、病院で使用されている。2006年には、良性前立腺過形成 (BPH) と呼ばれる泌尿器科系機能不全の画期的な治療法、グリーンライト・テクノロジー (Greenlight Technology) を提供している。

同社は2006年7月、アメリカン・メディカル・システムズ (American Medical Systems) 社に買収された。レーザー스코ープ社株式およびオプションを含む買収総額は7億1,500万ドル相当だった。アメリカン・メディカル・システムズ社は、ミネソタ州を拠点として1972年に設立され、BPH や勃起不全、尿失禁、月経過多症、脱腸、その他の骨盤疾患を治療するための医療機器や治療法を提供する企業である。1985年にファイザー (Pfizer) 社に買収されたが、投資家グループが同事業をファイザー社から購入し、2000年に株式公開会社となり、現在では世界60カ国以上に拠点を持つ。

さらに2007年1月、イリデックス (Iridex) 社が、レーザー스코ープ社の審美外科事業をアメリカン・メディカル・システムズ社から買収した。イリデックス社は、同事業に関連する資産とレーザー스코ープ社の複数のパテント、また9件のパテントへのライセンスなどを現金2,600万ドルとイリデックス社の株式約21万4,000株で買収した。イリデックス社は、レーザーシステムに基づく眼科・皮膚科関連の治療用医療機器を提供する1989年設立の企業である。

Perkins 博士はレーザー스코ープ社において、CEO 兼取締役会長を務めていた。

## リサウンド社

リサウンド (Resound) 社は、植込み型補聴器の開発企業として1984年に設立された。1987年

には、世界最大のテレコミュニケーション研究開発センターである AT&T 社ベル研究所 (Bell Laboratories) と提携して聴力増幅システムを開発、業界の標準システムとなった。

リサウンド社は 1999 年に、デンマークのハイテクコミュニケーション複合企業である GN ストーン・ノード (GN Stone Nord) 社に買収され、完全子会社の GN リサウンド (GN Resound) 社となった。さらに 2000 年に GN ストーン・ノード社が、ベルトーン (Beltone) 社を買収したことにより、GN リサウンド社は聴力分野で世界第 2 位の規模を持つヘルスケア企業となった。1940 年設立のベルトーン社は、世界 7 位聴力補助機器メーカーで、米国、日本、スペインに強力な市場シェアを持っていた。

Perkins 博士はリサウンド社において、1998 年まで CEO 兼取締役会長、その後は取締役会長を務めていた。

また Perkins 博士は、AT&T 社ベル研究所の工学者との協力により、イヤールンズ・システム (Earlens System) の開発を進めていた。イヤールンズは、変換器がコンタクトレンズの直径の約半分と小型で、鼓膜に取り付けて使用する。必要に応じて取り外しも容易である。耳に入れるレンズ部分と、衣服に装着する小型マイク、電源コイルの 3 部分から成る。

## コヒージョン社

コヒージョン社は、1993 年に Perkins 博士とコラーゲン社により設立されたオトジェン (Otogen) 社を前身とし、吸収性生体材料、接着技術、組織修復・再生分野におけるデリバリーシステムの開発と商業化を行っていた。

その後 1996 年には、コラーゲン社がコヒージョン社の株式持分をそれまでの 40% から 80% に増やし、関連会社化した。しかし 1998 年に、コヒージョン・テクノロジーズ (Cohesion Technologies) 社として再編成され、コラーゲン社からスピンオフした。

同社の最初の製品である手術時止血鉗子の補助として使うスプレー可能な液状止血剤、コースタシス (CoStasis) は、欧州で 1999 年、米国で 2000 年に販売が開始された。

コヒージョン社は 2002 年、カナダの製薬企業、アンギオテック・ファーマスーティカルズ (Angiotech Pharmaceuticals) 社に約 4,200 万ドルで買収されることを発表した。

Perkins 博士はコヒージョン社において、取締役会長を務めた。

## ノバセプト社

月経時の子宮内膜からの出血過多を治療する子宮内膜切除機器、ノバシユア (Novasure) を販売しているノバセプト (Novacept) 社は、1995 年に設立された。

同社は 2004 年、子宮頸癌検査を行うサイティック (Cytic) 社に 3 億 2,500 万ドルで買収された。サイティック社は 2007 年、現金および株式交換によりホロジック (Hologic) 社と合併し、ホロジック社の完全子会社となった。ホロジック社はこの合併により、世界最大規模の女性用ヘルスケア企業となった。

Perkins 博士はノバセプト社において、取締役会長を務めていた。

## プルモンクス社

インターベンショナル（介入）呼吸器学の発展を目指し、慢性閉塞性肺疾患（COPD）の一種である重度の肺気腫の治療用機器を扱うプルモンクス（Pulmonx）社は、1995年に設立された。プルモンクス社と前項のノバセプト社は、1993年に手術時の拡大鏡を作る企業として設立されたエンビジョン・サージカル・システムズ（Envision Surgical Systems）社が、商業化を実現しても市場が小さいとの判断から、事業を2社に分離したものである<sup>21</sup>。

プルモンクス社は、挿管用の気管内チューブに最先端のファイバースコープ可視化技術を組み合わせた製品の開発を目指し、視覚補助による気道管理システム、ラングポート・システム（LungPort System）が1998年にFDAより501(k)承認を受けた。

最近では2007年5月に、シリーズB投資により2,000万ドルを調達している。

Perkins博士はプルモンクス社において、取締役会長を務めている。

## サウンドID社

サウンドID（Sound ID）社は、ヒトの聴力と心理音響学に基づいた技術により、聴く能力を高める製品（医療用ではない）の開発と商業化のため、2000年に設立された。同社のマネジメントメンバーには、GNリサウンド社を前職とする者が複数いる。

同社の製品は医療機器ではないが、携帯電話の多用や移動中に音楽を聴くなどの行為が以前に比べ急増し、耳を酷使し難聴になる、もしくはその予備軍が増えていることから、これらの音声の質を高めることで、将来、耳に障害を持つ患者を減らすことを目的としている。

Perkins博士はサウンドID社において、取締役会長兼CMOを務めていた。現在は、取締役会長のみを務める。

## イヤールレンズ社

イヤールレンズ（EarLens）社は、新しい音声伝達方法を開発するための企業である。正式な設立年については明らかでないが、イヤールレンズ社は、2006年2月と11月に、高性能の補聴器についてPerkins博士、他の発明による2件の特許を取得しており、同特許取得のために新しく設立されたベンチャー企業である。また2006年に、国立衛生研究所（NIH）より12万3,714ドルのグラントを取得している。

現在、Perkins博士はイヤールレンズ社において、取締役会長兼CEOを務めている。

### 2.4.3 最近の動向

現在Perkins博士は、耳科の医師、教授職と、サウンドID社、プルモンクス社での取締役会長、イヤールレンズ社での取締役会長兼CEOを兼任する。さらに同博士は、自ら創立した企業以外にも、下記に挙げる医療機器企業の取締役会長を務めている。

---

<sup>21</sup> “Breathing New Life Into Pulmonology” In Vivo, 2000年1月  
[http://www.windhover.com/contents/monthly/exex/e\\_2000800011.htm](http://www.windhover.com/contents/monthly/exex/e_2000800011.htm)

## サーグリクス社

ナノテクノロジー基盤の血管接合機器を開発するサーグリクス (Surgrx) 社は、2001年に設立され、現在では北米とヨーロッパに展開する医療機器メーカーである。プレジデント兼チーフ・エグゼクティブの David Clapper 氏は、以前はノバセプト社 CEO を務めていた。

同社のエンシール・システム (EnSeal System) は、適切な量の熱流・電流を用いてヒトの血管や組織を切断・接合することのできる技術である。婦人科、泌尿器科、一般外科などへの適応が期待されている。

サーグリクス社は2007年4月に、第5ラウンド投資で2,000万ドルを調達した。それまでの合計は、4,300万ドルである。

Perkins 博士はサーグリクス社において、取締役会長を務めている。

## D ファイン社

D ファイン (DFine) 社は、電気外科的手術システムを開発しているベンチャー企業である。

2005年12月に、シリーズB投資として700万ドルのうち650万ドルを調達した。2006年8月には、脊椎の病理学的骨折を治療するスペース CpsXL 骨セメント (Space CpsXL Bone Cement) が、FDA より 510 (k) の承認を受けた。

Perkins 博士はD ファイン社において、取締役会長を務めている。

### 3. IT等の技術を活用して成長した医療ビジネスの事例

#### 3.1 植込み型機器を利用した患者ケアネットワーク

##### 3.1.1 セント・ジュード・メディカル社のメルリン・ネット

###### 企業概要

セント・ジュード・メディカル (St. Jude Medical) 社は、1976年にミネソタ州セントポールを拠点として設立された医療機器メーカーである。同社の製品ポートフォリオには、植込み型除細動器 (ICD)、心臓再同期療法 (CRT) 機器、ペースメーカー、電気生理学カテーテル、マッピング・可視化システム、血管閉鎖危機、心臓弁置換および修復のための製品、神経回路刺激機器などがある。

現在、世界 100 カ国以上で製品を販売し、20 カ所以上に営業・製造施設を持つ。従業員数 1 万 2,000 名。日本では 2007 年 7 月、1987 年設立のゲッツブラザーズ社が社名をセント・ジュード・メディカル社へと変更し、子会社となった。

###### サービス概要

セント・ジュード・メディカル社の患者ケアネットワーク、メルリン・ネット (Merlin.net) は、2007 年 4 月に FDA の承認を受けた。心臓に植え込まれた機器からデータを取得し、管理するデザインで、インターネット基盤の中央保管所に患者の機器から得られたデータを集め、医師や臨床医はインターネットを通じていつでも直接情報を取得できる。

患者は自宅よりポータブルの遠隔データ送信機、ハウスコール・プラス (Housecall Plus) を利用して、メルリン・ネットのネットワークに情報を送る。これらの情報は、即時的に医療従事者に送信され、医療従事者は考察を行い、ハウスコール・プラスを通じて患者とコミュニケーションすることができる。医療従事者はメルリン・ネットのシステムを医療施設内に所有する方法、もしくは特定のサービスプロバイダを利用する方法から選択できる。

メルリン・ネットのネットワークは、米国でセント・ジュード・メディカル社が販売している CRT-D 機器群および ICD のアトラス (Atlas)、エピック (Epic) のすべてに対応している。CRT-D とは、ICD と CRT の両方の機能を併せ持った機器を指す。

さらにメルリン・ネットのネットワークは、医療施設の電子カルテに直接データを送ることが可能である。患者の包括的な病歴が記録されている電子カルテにデータを転送できることにより、複合的な視点から医療従事者がより適切に判断を下せるようになるという。

### 3.1.2 メドトロニック社のケアリンク・ネットワーク

#### 企業概要

メドトロニック社は、ミネソタ州ミネアポリスを拠点として1949年に設立した。主要事業は、心調律に関わる疾患の管理、神経回路の調整、外傷によるものを含む脊髄の障害、糖尿病、心血管疾患、耳鼻咽喉科疾患などである。

ミネアポリスの他、日本、スイスなどに地域拠点をもち、120カ国以上で事業を展開している。従業員数は3万7,000名超。日本メドトロニック社は1975年設立で、ペースメーカーの販売などを行っている。

#### サービス概要

ケアリンク・ネットワーク (Carelink Network) は2002年、インターネットを通じて医療従事者がICDを植え込まれた患者の心機能および機器の状態を遠隔からチェックできるシステムとして、初めてFDAより商業化の承認を受けた。

患者はケアリンク・モニターの小さなアンテナ部分を植込み型機器に近づけ、データを収集する。データは自動的にダウンロードされ、電話線を通じてサーバに送られる仕組みである。

2003年8月には、ケアリンク・モニターの利用可能機器をマーキースVR (Marquis VR) 型のICDにも広げ、それ以降も随時、新型のICDにネットワーク・システムを適応させてきた。

2005年11月には、ケアリンク・ネットワークの利用者数が、5億人に達したと発表した。この時までには、メドトロニック社のすべてのICD、CRT-Dモデルと一部のペースメーカーで、ケアリンク・ネットワークが利用可能になっている。

### 3.1.3 バイオトロニック社のバイオトロニック・ホーム・モニタリング

#### 企業概要

バイオトロニック (Biotronik) 社は、ドイツで初めての植込み型ペースメーカーの開発に成功した後、1963年にベルリンに設立された。スティミュレーション・テクノロジー (Stimulation Technology) 社の買収を通じてオレゴン州オスウィーゴに製造施設を持つ。1990年代より、植込み型除細動器、さらにはバルーンカテーテル、ステントなどの血管インターベンション機器事業にも事業を拡大し、現在では心臓の電気療法に対応する幅広い製品ポートフォリオを揃えている。

現在、欧州を代表する医療テクノロジーの製造業者の1社として、電気治療学に基づく心調律マネジメントおよび循環器インターベンションの2つの分野に事業を集中し、世界100ヶ国以上でビジネスを展開している。

#### サービス概要

バイオトロニック・ホーム・モニタリングは、ペースメーカー、ICD、CRT から得られた情報を

カーディオメッセンジャー (CardioMessenger) と呼ばれる携帯電話型の機器を通して、携帯電話ネットワークを利用してサービスセンターに遠隔転送する。

米国では、2002年5月に最初の患者にホーム・モニタリング機能付のペースメーカーが植え込まれ、2003年12月、FDAにより商業化が承認された。

同製品は、電源を入れれば自動的に植込み型機器からデータを取得、転送するシステムになっているため、患者は何もする必要がない。データはサービスセンターに転送され、サービスセンターは自動的にデータを解析し、カーディオレポートを作成する。カーディオレポートには、毎日の状態の報告や心血管イベントの発症通知が含まれる。

医療従事者は、ウェブサイトを通じて、心拍の重篤な変化など患者の心臓や機器、そしてデバイス不良の可能性などといったデータを常に確認できる。また、FAX や E メールなどで特定のイベントが起こった際に通知を受けられるよう、必要に応じて設定を変更することができる。

バイオトロニック社のICDの一部は、同社のIEGMオンライン (IEGM Online) を用いて心電図をとることができる。これは、心イベントの発生通知と同時に、心電図を即座に、また自動的にとることができる世界で唯一の機器であるという<sup>22</sup>。

全世界における携帯電話ネットワークを使ったデータ転送を確実にするため、バイオトロニック社は、携帯電話などの移動体通信キャリアであるTモバイル (T-mobile) 社と協力体制をとっている。またIBM社との提携により、コンピュータ・センターを設立した。

2007年8月には、ICDを植え込まれた患者がバイオトロニック・ホーム・モニタリングを利用したフォローアップを受けた場合と、標準的な対面フォローアップを受けた場合の効果を比較するTRUST (Lumos-T Safely RedUceS RouTine Office Device Follow-up) と呼ばれる臨床試験において、当初の目標登録患者数である1,000人目の患者登録を予定より3カ月早く完了したことを発表した。

TRUST 臨床試験の目的は、これらの機器の実用化についての評価を重ねることにより、将来のICDフォローアップ水準の効率化を確実にするためのものである。

### 3.1.4 ガイダント (現: ボストン・サイエンティフィック) 社のラティチュード

#### 企業概要

ラティチュード (Latitude) を開発したガイダント (Guidant) 社は、1994年に大手製薬会社イーライリリー (Eli Lilly) 社の医療機器部門の分離独立により設立された、心血管疾患治療用の大手医療機器メーカーで、インディアナ州インディアナポリスを拠点とし、心血管疾患などの先端治療事業に特化していた。

ボストン・サイエンティフィック社は2006年4月、ジョンソン・エンド・ジョンソン社とのガイダント社買収合戦の末に、ガイダント社を約270億ドルで買収し、その結果として心疾患部門を獲得した。しかし、その後ガイダント社の除細動器とペースメーカーの一部に欠陥が見つかり、ボストン・サイエンティフィック社は、ガイダント社製品の市場からの大規模な回収の対応に追われた。

<sup>22</sup> バイオトロニック社 プレスリリース 2007年8月9日 [http://www.biotronik.jp/press\\_hm\\_001.html](http://www.biotronik.jp/press_hm_001.html)

心臓疾患分野の医療機器の最大手に浮上したにもかかわらず、負債を抱え込んだボストン・サイエンティフィック社は2007年11月、スウェーデン・ゲティング市に本拠を持つヘルスケア、在宅ケア、および製薬業界・研究所対象の医療機器および医療システム企業であるゲティング・グループ (Getinge Group) に、心臓外科部門および血管外科部門を7億5,000万ドルで売却したが、ラティチュードを初めとする心調律管理部門は引き続きボストン・サイエンティフィック社が保持している。

ボストン・サイエンティフィック社は、マサチューセッツ州ナティックを拠点として、1979年設立された。従業員数2万9,000名で、世界45カ国以上で事業を展開する。主要事業分野は、心血管グループ、内科・外科グループ、神経調整グループ、心調律管理グループの4つに分かれる。日本法人のボストン・サイエンティフィック・ジャパン社は1987年設立で、インターベンション関連の製品と医療情報の提供を行う。また米国での合併に伴い、日本ガイダント社もボストン・サイエンティフィック社のグループ企業となった。日本ガイダント社は、不整脈治療における植込み型治療機器製品群を日本国内で販売している。

## サービス概要

ラティチュードは、2005年9月に一部のCRT-D（心再同期治療機能付き植込み型除細動器）の利用による患者ケアモニタリング機器としてFDAのクリアランスを受けた。その後、適応範囲を広げ、現在ではボストン・サイエンティフィック社が有する植込み型ICD、CRT-D機器のすべてがラティチュードに対応している。

ラティチュード・コミュニケーターは、電話線に接続して使う。医師の定める頻度で（最高で1日1回）自動的に患者と機器の状態に関するデータを収集するタイプと、患者が自ら機器をチェックするための棒状の小型装置がついたタイプの2種類がある。これまでに7万人以上がラティチュード・システムを利用している<sup>23</sup>。

患者はラティチュード・システムに加え、ラティチュード心不全管理システムというツールを処方される場合もあり、これには、体重と血圧をモニタリングするツールが含まれる。これは、「心不全の予防には体重と血圧のモニタリングが推奨される」という米国心臓病学会 (ACC) および米国心臓学会 (AHA) のガイドラインに基づき加えられた機能で、業界初にして唯一の機能である。

2007年9月には、ラティチュードの利用患者1万5,000名のデータを米国心不全学会で発表した。これは、植込み型心調律機器用のワイヤレス遠隔モニタリングのデータとしては最大規模であるという。

2007年11月には、GEヘルスケア (GE Healthcare) 社の電子カルテシステム、GEセントリシティ (GE Centricity) にラティチュードで得られた患者データを統合できるよう、データをリンクさせることで合意したと発表した。

---

<sup>23</sup> ボストン・サイエンティフィック社 プレスリリース 2007年11月6日  
<http://bostonscientific.mediaroom.com/index.php?s=43&item=692>



## 3.2 慢性疾患患者の遠隔モニタリング

### 3.2.1 ウェブVMC社のリモートナース

#### 企業概要

ウェブVMC (WebVMC) 社は、テレヘルス業界、つまりIT技術の向上が可能にしたものの1つである遠隔からの医療サービス提供技術に関連した業界の新しい枠組みを作るべく、ジョージア州コニャーズを拠点として 2003 年に設立された。2004 年 6 月に、FDAよりリモートナース (RemoteNurse) の 510 (k) クリアランスを受けた。その後、リモートナースの市場が大きく広がり、また新しい機能を次々と加えていったことで、2006 年の売上げは前年比で 400%近くも増加したという<sup>24</sup>。

#### サービス概要

リモートナースは、最大 6 つ (ハードウェアを追加すれば最大 12 まで) の測定機器を接続することで、うっ血性心不全から肥満まで患者の状態を遠隔でモニタリングできる在宅モニタリング機器である。重さは 3 ポンド弱で、8 インチのカラーディスプレイはタッチスクリーンになっており、画面に触れて機器を動かす。

利用者は、特定のユーザー名とパスワードを使ってリモートアクセス (RemoteAccess) 患者データシステムというウェブサイトログインする。利用者は自分の以前のデータを見ることが出来る。医療従事者は、ウェブサイトを通して利用者を教育的マテリアルに誘導することもできる。また、利用者が使いやすいように、健康状態の質問や測定機器の使用方法を音声化して内蔵スピーカーから流すこともできる。

例えば、うっ血性心不全 (CHF) の兆候がある患者であれば、血圧測定器、体重計、パルス酸素濃度計、体液状態モニター、心電図が基本的なケアとして推奨されている。慢性閉塞性肺疾患 (COPD) 患者であれば、血圧測定器、体重計、パルス酸素濃度計、最大呼気流量、心電図、喘息患者であれば、最大呼気流量、血圧測定器、パルス酸素濃度計、糖尿病患者であれば、血糖測定器と心電図、高血圧患者であれば、体重計、血圧測定器、心電図が基本的なケアとして推奨され、各患者の症状に合わせてこれらの中から装置を選択する。他に、肥満や喘息などにも同機器の利用が適当であるとされている。接続可能な装置は、各項目ごとに 1 種類ずつ定められている。

医療従事者は、それぞれの測定値があらかじめ設定していた数値を上回った場合や、異常値が測定された場合、利用者がケアを怠った場合などに Eメールが届くように設定できる。また医療従事者から利用者へ体調についての質問をしたり、測定を忘れないよう通知を送ったりすることもできる。

ウェブVMC社は 2007 年 4 月、心不全で入院した患者を対象として、退院後にリモートナース・プログラムに参加する群としない群に分け、リモートナースの有効性を確かめた試験結果を発表

---

<sup>24</sup> BusinessWire, "Telehealth Technology Provider WebVMC Increases Growth By 400 Percent in 2006" 2007 年 3 月 14 日 <http://www.builderonline.com/industry-news.asp?sectionID=13&articleID=457813>

した<sup>25</sup>。それによれば、退院後 30 日の間に再入院した割合がプログラム不参加群の 5.85% に比べプログラム参加群では 1.45% と、75% 低かった。90 日後の値でも、プログラム不参加群の 11% に比べプログラム参加群では 3.6% とプログラム参加群で有意に低かった。

2007 年 5 月に行われた全米テレメディシン協会 (American Telemedicine Association) の学会において、ケーススタディとして、高齢者施設でのリモートナースの利用により入院や緊急治療室の利用率が減少した事例を発表した。

ウェブ VMC 社は、リモートナース・システムを携帯電話やラップトップ型コンピュータ、PDA を通じての利用にも拡大していく計画である。リモートナースは、他の多くの遠隔モニタリング機器とは異なる特徴として、機器ベースではなくソフトウェアベースのシステムであり、そのためこのような拡大も容易に行うことが可能であるという。

### 3.2.2 カーディオコム社のカーディオコム・システム

#### 企業概要

ミネソタ州ミネアポリスを拠点として 1997 年に設立されたカーディオコム (Cardiocom) 社は、慢性疾患患者ケアのためのテレモニタリング・システムおよびそれに接続して利用する測定機器を開発、販売する。

#### サービス概要

カーディオコム・システムの基盤は、遠隔モニタリング用ソフトウェア・ハードウェアシステムのオムニビザー (Omnivisor) と遠隔モニタリング機器のコマンダー (Commander) であり、利用者はコマンダーに測定機器を接続し、オムニビザーのプログラムを利用する。コマンダーには、Yes と No のボタンがついており、質問に答えることができる。

カーディオコム社は、コマンダーに接続して利用する機器として、テレスケール (Telescale)、ケアスター (Carestar)、シン・リンク (Thin-Link)、グルココム (Glucocom) を自社で揃えている。また、包括的プログラムアウトソース型テレモニタリングのサービス・プログラムとして、心疾患プラン (Cardio-Plan)、呼吸器系疾患プラン (Respiratory-Plan) を選ぶこともできる。

テレスケールは、うっ血性心不全患者向けの機器で、患者が毎朝体重を量ると同時に簡単な質問に答え、その結果が医療従事者に送られる。医療従事者は、各患者の状況に合わせて質問する内容をカスタマイズすることができる。ケアスターは、COPD、喘息、高血圧、糖尿病、冠動脈疾患 (CAD) などの慢性疾患患者への質問を日常的に行う機器で、体温、最大呼気流量、酸素飽和度、血圧、血糖値などの遠隔モニタリングも可能で、数値の変化や患者の返答に応じて質問内容が変わる。シン・リンクは、肥満の患者用、グルココムは、糖尿病患者ケアマネジメントで、血糖測定器と試験紙のセットとなっている。カーディオコム社は、グルココムの利用者向けの疾患管理プログラムに基づくナースコールセンター・サービスと契約しており、グルココムの利用者は同サービスも利用できる。

<sup>25</sup> WebVMC社プレスリリース 2007年4月4日 [http://www.webvmc.com/spr\\_2007\\_piedmont.htm](http://www.webvmc.com/spr_2007_piedmont.htm)

カーディオコム・システムの主な対象となる慢性疾患には、上記の疾患の他、末期腎不全 (ESRD) などがある。

### 3.2.3 カール財団病院カール・ホーム・ケアの在宅テレケアサービス

#### 病院概要

カール財団病院 (Carle Foundation Hospital) は、イリノイ州アーバナにある 305 床の非営利病院である。レベル 1 外傷センターであり、また心臓センターや癌センターなども組織している。また、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校医学部 (The University of Illinois College of Medicine at Urbana Champaign) の教育機関でもある。

カール財団病院は、イリノイ州中東部を対象に提供する数多くのヘルス関連ビジネスの 1 つとして、在宅事業を行うカール・ホーム・サービス (Carle Home Service) を持っている。カール・ホーム・サービスには、ホスピス部門、在宅点滴部門、在宅ケア部門の 3 部門があり、そのうち在宅ケアを扱う部門は、カール・ホーム・ケア (Carle Home Care) と呼ばれている。

#### サービス概要

カール・ホーム・ケアは 1999 年 12 月より、イリノイ州内において在宅テレケアの提供を開始した。開始当初は、プログラムの主な対象は、うっ血性心不全患者と複雑な創傷を持つ患者だったが、現在では、在宅ケアの必要性があり遠隔モニタリングを必要とする人であれば、カール・ホーム・ケアでの診療を受けた上で、誰でも利用可能である。

カール・ホーム・ケアの在宅テレケアは、2 種類の映像ユニットを利用してビデオ訪問を行うものである。いずれも通常の電話線を利用して、イリノイ州の中心部から離れた地域に居住する者が、所定の医療従事者と即時にビデオで会話できる。ビデオ訪問の担当者としてこのシステムに参加しているのは、カール・クリニック連合 (Carle Clinic Association) の加盟医院の中から 5 医院、そしてイリノイ州内の 6 病院である。

ビデオ訪問は、通常の訪問看護と併用することも、訪問看護を止めてビデオ訪問のみの形に切り替えることも可能である。参加医院・病院にはコンピュータとカメラがインストールされており、利用者は必要に応じて医療従事者に現在の状況を説明したり、質問したりすることができる。

医療従事者がビデオ訪問を行う間、会話以外にも、体温、血圧、血糖値、パルス酸素濃度などの測定、服薬などの遵守のモニタリング、外傷の治癒の度合いを確認したり、心音・肺音を聞いたりすることができる機能をつけることが可能である。心疾患の診断が必要な場合は、アメリカン・テレケア (American Telecare) 社のアビバ 1010 (Aviva 1010) 患者用ユニットを利用する。アビバ 1010 には、アナログ聴診器と血圧計バンドが備え付けられている。また、外傷の治癒の度合いは、小型のポータブル・ビデオフォンを利用し、接写撮影したデジタル画像を医療従事者に送る方法がとられる。

### 3.2.4 ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社のヘルス・バディ・システム

#### 企業概要

カリフォルニア州レッドウッド・シティを拠点とするヘルス・ヒーロー・ネットワーク (Health Hero Network) 社は、遠隔からのモニタリングや患者教育、患者情報のデータベース化、インターネット基盤の医療従事者意思決定ツール、健康管理プログラムなどを含むシステム、ヘルス・バディ・システム (Health Buddy System) を開発、販売している。同社は、米国でこのシステムに関連した 57 件の特許を有する。

ヘルス・バディ・システムは、1999 年 12 月に、血糖値測定機器を接続してインターネット経由で送信するシステムとして FDA より 510 (k) クリアランスを受け、以来、適応を広げてきた。

ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社は 2006 年 6 月、アイケア・ヘルス・モニタリング (iCare Health Monitoring) 社とライセンス・提携合意を結んだ。アイケア・ヘルス・モニタリング社は、マイクロライフ USA (Microlife USA) 社の子会社で、コロラド州ゴールデンを拠点とし、在宅ケアモニタリング用の機器を開発する。同社の製品、アイケア・ホーム・ヘルス・モニタリング (iCare Home Health Monitoring) はそれまで医療従事者のみが利用可能だったが、この提携によりヘルス・バディ・システムに接続できるようになり、利用者本人および家族にも直接モニタリングの結果を通知できるようになった。

アイケア・ホーム・ヘルス・モニタリングは、毎日チェック項目に答える形で利用者が個別のマネジメントなどを受けるものである。家族やケア提供者、薬剤師などは、ウェブサイトを通して利用者の状態を確認することができる。また、アイケア・ヘルス・モニタリング社は、共同ブランドのアイケア・ヘルス・バディ・アプライアンス (iCare Health Buddy Appliance) の製造、商業化も行う。

また、ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社は 2007 年 2 月、ウェブ VMC 社と特許の相互ライセンス契約を締結した。ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社はウェブ VMC 社に対し、開発・製造・販売に関する一定の特許群のライセンス権を与え、売上げに応じたロイヤルティを設定、ウェブ VMC 社も一定の特許群の世界的ライセンスをヘルス・ヒーロー・ネットワーク社に与えた。合意の詳細については公開されていない。

日本では、ビルディングや工場、生活環境のオートメーション事業を行っている山武社が 2004 年 6 月、ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社と慢性疾患患者の重症化予防サービスについての技術提携を行っている。

#### サービス概要

ヘルス・バディ・システムは、高血圧・COPD、糖尿病、心不全、精神疾患など、幅広い慢性疾患患者を主な対象とし、血圧測定器、体重計、パルス酸素濃度計、最大呼気流量、血糖測定器をヘルス・バディ・アプライアンス (Health Buddy Appliance) に接続して医療従事者にインターネット経由で情報を伝達する。

ヘルス・バディ・システムは、接続可能な測定機器が複数あり、その中から選択可能である。例えば、血糖測定器では、アボット・ラボラトリーズ (Abbott Laboratories) 社の 2 種、ロシュ・

ダイアグノスティックス (Roche Diagnostics) 社の 4 種、ライフスキャン (LifeScan) 社の 1 種、計 7 種の中から選べる。2007 年 7 月には、ヘルス・バディ・システムへのワイヤレス測定機器の使用についても、510 (k) のクリアランスを受け、さらに接続可能な機器の種類を広げている。

体調に関する質問に対し、利用者は最大 4 つの選択肢の中から 1 つを選択する形で回答する。

2005 年 9 月にヘルス・ヒーロー・ネットワーク社が発表した、ヘルス・バディ・システムの利用者 9,732 名を対象として、ヘルス・バディ・アプライアンスを通じて質問した調査によると、回答者の 86% が、自身の状態の理解と慢性疾患の維持管理に同製品が貢献したと回答した<sup>26</sup>。

また、2005 年 12 月には、タフツ・ニューイングランド医療センター (Tufts-New England Medical Center) が、ヘルス・バディ・システムを利用して遠隔疾患管理プログラムの有効性を検証した試験の結果が発表された<sup>27</sup>。この試験は、心不全関連の疾患で入院した 188 名を対象として、退院から 90 日間行われた。その結果、週 1 回の電話での疾患管理プログラムに加えて体重計、血圧計を接続したヘルス・バディ・システムを利用した群は、週 1 回の電話での疾患管理プログラムのみを受けた群に比べ、心不全による再入院のリスクが 72%、すべての心疾患による入院が 63% 低かった。

2005 年 7 月には、メディケア・メディケイド・サービスセンター (CMS) が行う 6 件の慢性疾患ケア・デモンストレーションのうちの 1 つにヘルス・バディ・システムが選定され、遠隔モニタリング機器の利用が慢性疾患患者のコスト削減に有効かどうかを検証するプログラムが 2006 年 2 月より開始されている。また、米退役軍人健康庁 (Veterans Health Administration) とも効果を検証するプロジェクトで協業し、その良好な結果により、米退役軍人健康庁にもシステムが採用されている。

### 3.2.5 その他、遠隔モニタリングにつながりうる技術の開発

アップル (Apple) 社のオシリックス (OsiriX) は、医療用画像診断データを見ることができる Mac OS X 専用の高性能フリーソフトウェアである。Mac に iPod を接続すれば、iPod でも画像を見ることができる<sup>28</sup>。また携帯電話キャリア大手の AT&T 社は、医療用ではないが、携帯電話に自宅の様子を映し出しチェックできるアラームシステムを発表した<sup>29</sup>。こうした技術は、患者の自宅と医療従事者をつなぐテレヘルスへと応用される可能性を秘めている。

カリフォルニア州サンディエゴを拠点として 1985 年に設立した、携帯電話向けワイヤレス・チップの製造企業大手、クアルコム (Qualcomm) 社は 2007 年 5 月、テレモニタリング市場に参入し、ワイヤレス形態ネットワーク技術に注力する新企業、ライフコム (Lifecomm) 社としてスピンオフする計画を発表した。ライフコムが開発に取り組むのは、携帯電話にバイオセンサーと医療機

<sup>26</sup> ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社 プレスリリース 2005 年 9 月 12 日

[https://www.healthhero.com/press/press\\_releases/pr\\_09\\_12\\_05\\_PF.html](https://www.healthhero.com/press/press_releases/pr_09_12_05_PF.html)

<sup>27</sup> ヘルス・ヒーロー・ネットワーク社 プレスリリース 2005 年 12 月 12 日

[https://www.healthhero.com/press/press\\_releases/pr\\_12\\_12\\_02\\_05\\_PF.html](https://www.healthhero.com/press/press_releases/pr_12_12_02_05_PF.html)

<sup>28</sup> オシリックスは、日本でも利用されている。アップル社日本語ホームページ

<http://www.apple.com/jp/medical/osirix/>

<sup>29</sup> AT&T 社 ホームページ 2006 年 10 月 26 日

<http://www.att.com/gen/press-room?pid=4800&cdvn=news&newsarticleid=23003>

器を組み合わせたもので、さらに患者向けの医療目的での使用以外にも、有酸素活動などその他の健康指標もトラッキングできる機能など、消費者が個人の健康を維持するためのアプリケーションやサービスを付加する予定だという。

クアルコム社は2008年の実現に向け、現在サンディエゴの医療機器メーカー、カーディオネット (CardioNet) 社と連携している。カーディオネット社は、心臓遠隔モニタリング機器のデータ送信にクアルコム社の技術を利用している。

高齢化社会を技術面で支援するための活動 (CAST : Center for Aging Services Technologies) の主導により、インテル (Intel) 社は2004年3月、家庭向け健康管理、介護システムのための無線センサーネットワークの開発について政府機関関係者などを対象に実演し、現在インテル社のデジタルヘルス事業本部 (Digital Health Group) が、プロセッサ・テクノロジーを活用したテレヘルスなどヘルスケア部門の製品を開発中である。

CASTは、高齢者が自宅で快適に老後を過ごせるように支援するテクノロジーに対する認知度を高め、その発展を促す業界全体の研究開発コンソーシアムで、現在400もの企業、大学、医療プロバイダーが参加している。

### 3.3 在宅ケア用アラームシステム

#### 3.3.1 リビング・インディペンデントリー・グループのクワイエットケア

##### 企業概要

リビング・インディペンデントリー・グループ (Living Independently Group) は、ニューヨーク州ニューヨーク市を拠点として2003年に設立された高齢者向けヘルスケア企業である。

同社は、12年の研究・デザイン考案・検証の末に、在宅ケア用アラームシステム、クワイエットケア (QuietCare) を完成させた。同社は、クワイエットケアの製造に関する特許を取得している。

##### サービス概要

クワイエットケアは、高齢者やアルツハイマー病、認知障害、バランス障害などの患者用の在宅ケア用アラームシステムである。

部屋にあらかじめ、動きを感知する5つの小さなワイヤレスのセンサーを取り付け、それらにより、冷蔵庫の開閉回数や起床時刻、バスルームの滞在時間などを24時間トラッキングする。システムは、平常時のパターンを学習し、毎日レポートをウェブサイト配信する。

室温が異常である場合や、正午まで寝室を出た気配がない場合、洗面所での転倒の可能性がある場合など平常時と異なるパターンが確認されると、介護者に電話、テキストメッセージ、Eメールなどによりアラームが届く。また、ウェブサイトを通して介護者が毎日のレポートを受けることができる。

### 3.3.2 ADT セキュリティ・サービスのコンパニオン・サービス

#### 企業概要

ADT セキュリティ・サービスズ (ADT Security Services) 社は、1874 年設立の電子セキュリティシステム、電子セキュリティサービスの提供企業大手である。一般家庭向け、小企業向け、中企業向け、そして行政向けのセキュリティ製品・サービスを幅広く扱う。

1996 年に現在の社名になり、拠点をそれまでのニュージャージー州パーシッパニーからフロリダ州ボーカラトーンに移した。1998 年には、タイコ・インターナショナル (Tyco International) 社に買収され、タイコ・インターナショナル社の火事・防犯部門ユニットの 1 つとなった。

ADT セキュリティ・サービスズ社は、クワイエットケアの販売業者のうちの 1 社である。

#### サービス概要

ADT コンパニオン・サービス (Companion Service) は、緊急用の応答サービス用機器セットである。緊急用アラーム機器本体の他に、同サービスに対応したブレスレットとネックレスがついており、機器本体まで行かなくても、ブレスレットやネックレスのボタンが緊急アラームになっており、これを通して双方向会話を行うことができる。

ADT セキュリティ・サービスズ社は、クワイエットケアとコンパニオン・サービスをセットにした、クワイエットケア・プラス (Quietcare Plus) も販売している。

また ADT セキュリティ・サービスズ社は、その他の在宅ヘルスケア・モニタリング機器として、2007 年 2 月より ADT ウェルヘルス (WellHealth) の販売を開始した。服薬など医師のアドバイスの遵守率をモニタリングする ADT メディヘルス (MediHealth)、血圧や心拍数などといったバイタルサインの記録や、診断が必要な兆候について報告を行う ADT バイタルヘルス (VitalHealth)、患者の習慣を記録して、健康な生活スタイルを促進する ADT マネージヘルス (ManageHealth) の 3 製品から成る。これらの製品は、健康改善とヘルスケアコストの削減を目的として作られている。

### 3.3.3 SMRS のシニアセーフ・アット・ホーム (開発中)

#### 企業概要

シアーズ・メソヂスト・リタイアメント・システム (SMRS: Sears Methodist Retirement System) 社は、テキサス州アビリーンに拠点を持つ。「高齢者を在宅で補助するための製品開発」を最終的な目的として、現在までに、認知症・アルツハイマー病施設、老人ホーム、在宅ヘルスケア企業、ホスピス、リハビリ施設など、合計 12 の高齢者向け施設を立ち上げている。

#### サービス概要

同社が今年を目処に開発を進めているシニアセーフ・アット・ホーム (SeniorSafe@Home) は、

患者の身体各所と室内にワイヤレスセンサーをつけ、心機能、血糖値、血中酸素濃度、外傷の治癒の度合いなどといった最大 25 の身体機能を受動的にモニタリングし、室内での患者の動きをトラッキングするものである。患者ごとに基準値を定め、異常値が検出されるとナーシング・センターにいるスタッフに通知され、自宅に電話をかける、担当医師に連絡する、もしくは訪問するなど適切な処置が取られる。また家族は、ウェブサイトを通じて、現在の状況を常に知ることができる。

SMRS 社は現在、スクリーニング・プログラムを実施して、高齢者がこれらのシステムを適切に使用できるかどうかを検証している。これまでの問題として、部屋に設置されるカメラを嫌う人や、旧式の電話を新式に替えるのを嫌がる人も多いという。

月々の費用は 25 ドルから 1,200 ドルと、必要な設備により大きく異なる。SMRS 社は、この技術をまずは地域の非営利施設向けに販売し、2008 年には米国全土で販売する計画を立てている。

2004 年 3 月、SMRS 社、高齢化社会を技術面で支援するための活動を行うコンソーシアムである CAST、米国高齢者ホーム・サービス協会 (American Association of Homes and Services for the Aging) の 3 団体は、アメリカン・テレケア社を招き、同社のテレヘルス製品、テレヘルス・プログラムについての実演を行わせた。1993 年設立のアメリカン・テレケア社は、カール・ホーム・ケアにも利用されており、テレヘルス分野での実績がある。

### 3.3.4 エリート・ケア・テクノロジーズ社

#### 企業概要

2000 年 9 月、老人ホームに代わる介護施設として、オレゴン州ポートランドにオートフィールド・エステーツ (Oatfield Estates) がオープンした。同施設を開発、デザイン、建設し、経営する Bill Reed、Lydia Lundberg 夫妻が、最新ハイテク技術の利用による高齢者のクオリティ・オブ・ライフの向上を目的として設立したのが、エリート・ケア・テクノロジーズ (Elite Care Technologies) 社である。オートフィールド・エステーツは、エリート・ケア・テクノロジーズ社の研究室としての機能も果たしている。

エリート・ケア・テクノロジーズ社は、高齢者が介護施設もしくは自宅において快適に生活するためのモニタリング、アラートなどの製品を幅広く扱っている。

また 2008 年には、オレゴン州ティガードに新たな介護施設として、ファノ・クリーク (Fanno Creek) も完成する予定である。

#### サービス概要

エリート・ケア・テクノロジーズ社が扱う製品は、寝室や洗面所、キッチンなどに設置して動きを感知する目立たないワイヤレスセンサー、ベッドに設置して体重や起床時刻、眠りの深さなどの傾向を測定する機器、緊急時に介護者に連絡するためのネックレス型のアラーム、ネックレス型アラームに設置して患者の現在地をトラッキングするシステム、家族や友人とのコミュニケーションや、テレメディシンに利用できるビデオカメラ、体温や心拍数などのバイタルサインや転倒の可能性を探知するための加速度計を測定し、結果を即時送信する時計型機器、介護に關す



る意思決定を知識ベースで助けるソフトウェアなど多岐に渡る。

これらの技術を最大限に活かしたオートフィールド・エステーツは、高齢者が自由に生活することができる施設である一方で、高齢者の家族は、高齢者の現在地や同じ部屋にいるスタッフや他の入居者、緊急用アラームを使った回数とその処置の経過、体重、眠りの深さ、交際の傾向、施設内で計画されているアクティビティへの参加の度合いなど、あらゆる情報をインターネットを通じて常に見ることができる。

### **3.3.5 その他の在宅ケア向けネックレス型アラーム販売企業**

在宅ケア向けのネックレス型のアラームを販売している企業は数多い。例えば、フィリップス (Philips) 社はライフライン (Lifeline) を販売する。ライフフォン (Lifefone) 社、ライフステーション (LifeStation) 社、レスポンスリンク (ResponseLink) 社などが、それぞれ社名を冠した緊急用応答サービス用機器およびネックレス型アラームを有している。

## 4. 考察—米国の状況

### 4.1 病院や医師との連携で成長した医療ビジネスの事例についての考察

産学官の技術移転を促進するために1980年に制定されたバイドール法（Bayh-Dole Act）の修正条項により、NIHなど米国政府の資金により大学や特定の非営利団体、小企業が研究開発の成果を、政府のみではなく大学や研究者などの側に帰属することを認めた。これにより、企業などへのライセンス供与の実施も可能になった。これは、1980年以降、大学で技術移転部門の設立が増加し、ベンチャー企業のスピナウトが進む一因となった。

第2章の事例にあったメイヨ・クリニック、クリーブランド・クリニック、BWHとMGHの動きは、医師のニーズや医師の発明をビジネスに推し進めるため、その資金力や知名度、コネクションを生かして支援するものである。クリーブランド・クリニックのCCFIは2000年、メイヨ・クリニックのIPオフィスは1986年、BWHとMGHのパートナーズ・ヘルスケア社は1994年と、いずれもバイドール法成立以後の大学等の動きとのその成果を睨みながら設立されたものと考えられる。

起業を目指す医師や研究者は、ビジネスのノウハウや資金面の問題について病院の専門機関からサポートを受けることで、商業化に向けた開発に専心できる。米国において医師が医療ビジネスに大きく関与するようになったのは、こうした病院による技術移転システムが整備されたことや、病院がビジネスに興味を持ち医療現場の声に敏感に反応するようになったことが理由として挙げられる。

クリーブランド・クリニックやパートナーズ・ヘルスケア社のように、非営利病院がベンチャーファンドを設立する例も近年増加している。これらは、大手製薬企業や医療機器企業、ベンチャー・キャピタル企業からの投資が以前に比べ見込みの高い発見に偏り、その他の研究者が開発を継続する資金が細る中で、必要に駆られて病院が自らの資金を提供することにした結果との見方もある。一方で、アカデミア（学術界）とビジネスの境界線があいまいになり、利害衝突を引き起こすとの批判もある。クリーブランド・クリニックが設立したベンチャー・キャピタル・ファンドを通じて、同クリニックの医師らが、同クリニックから生まれたスタートアップの医療機器メーカーであるアーティキュア社に出資したが、その一方で、関連性を開示しないまま臨床試験を主導し、同社の機器について好ましい結果を専門誌に発表していたことなどが発覚し、アーティキュア社と、ベンチャー・キャピタル・ファンド間での利害衝突の問題が浮上したことは、その一例である。

CIMITの事例は、1つの病院とそこにいる研究者や医師の連携による新しいビジネスの創出のみにとどまらず、ボストンエリアの複数の大学付属病院と工業学校が非営利コンソーシアムを作り、現場のニーズを吸い上げて新しい技術とのマッチングを担うことで、新しいビジネスの可能性を進めるといふ、さらに規模の大きなものである。

第2章の事例のように、資金力を誇る病院やクリニックを中心として多数のベンチャー企業の誕生に貢献し、医療ビジネスが生み出される例は、今後も増えていきそうである。ただ、これらのベンチャー企業がクリニックの手を離れた後で成功するかどうかを見極めるには、もうしばら

く時間がかかる。

## 4.2 医師が起業して成長した医療ビジネスの事例についての考察

第3章の事例のうち、CCFIの協力により設立されたカーディオメムス社のように、技術移転の能力が優れた病院と連携を図るのは、医師による新規ビジネス立ち上げの1つの方法である。カーディオメムス社の共同設立者の医師は、CCFI職員でもあった。ビジネス立ち上げのアイデアが優れたものであれば、特許取得や資金調達といった商業化までに必要なその他の要素については支援を受けられる。

その他の事例であるトランスメディクス社、アキュレイ社などのように、起業にあたり病院等の協力を受けない場合には、技術の発明が並外れて優れたものであることに加え、適切な特許取得、資金調達を行う経営面における能力も有する必要がある。

トランスメディクス社の技術は、未だ資金調達を受けながら順調に臨床試験を進めている段階であるが、米国ではベンチャー企業が資金調達を行うためのシステムが非常にダイナミックに機能している。グラントに申請して採択されれば巨額の資金が投下されるNIHの助成金を筆頭に、収益性が見込めるビジネスには多額の投資を行うベンチャーキャピタリスト、知的財産権の確保を専門とする特許専門の弁護士集団など、ベンチャー企業を支えるいくつもの要素がそれぞれに非常に重要な役割を果たし、実に膨大な資金および人材が移動し、世界最大規模のシステムを支えている。

既に商業化された製品を多く有するアキュレイ社の設立者、John Adler博士は、医師が独自に起業した医療ビジネスの成功例の中でも、1つの企業の成長にこだわった例である。同博士は、1987年のサイバーナイフ・システム開発から、大学研究所や技術メーカーの協力を得てアキュレイ社を設立し、2002年までCEOを務めた。さらに2002年以降は、サイバーナイフについての情報を共有し、サイバーナイフの有効性を最大限に高めるための活動を行う組織としてサイバーナイフ・ソサエティを設立し、同組織のプレジデントとなった。

コラーゲン社他多数の企業を立ち上げたRodney Perkins博士は、発明に基づいて特許を申請し、特許を基に資金調達を行い、商業化に向け開発を進め、その開発過程でまた新たな発明が生まれれば、それに基づく新たな会社をスピンオフにより設立するという形で、これまで8社の医療機器企業を立ち上げた。うち3社がIPOを果たしており、また大企業に高額で買収された企業もあり、同博士が優れた製品を開発してきたと言える。

医師がなんらかの発明をした際に、起業という選択肢を考慮しやすい米国の環境が、医師による起業を促進していると考えられる。さらに、第2章で取り上げたクリニックなどによる包括的な起業サポートの体制が整うにつれ、その環境はさらに新しい要素が加えられ、医師による起業はより容易になるだろう。

## 4.3 IT等の技術を活用して成長した医療ビジネスの事例についての考察

米国の医療費支出のGDPに占める割合は世界で最も高く、また年々増加しているが、一方で政府の財政は破綻の危機にさらされている。

IT技術の向上により、遠隔からの医療サービスの提供、つまりテレヘルス分野のビジネスが活

発になった。第4章で挙げた事例の中では、植込み型機器を利用した患者ケアネットワーク、慢性疾患患者の遠隔モニタリングがテレヘルスに当たる。

データモニター (Datamonitor) 社は、2012年までの5年間における、テレヘルス市場の複合年間成長率は56%で、臨床関連の市場の9.9%と比べてかなり高く、またテレヘルス市場の世界規模は2012年までに80億ドルを超えると予測している<sup>30</sup>。テレヘルスは、クオリティ・オブ・ライフの向上と同時に、米国の医療コストを削減できる策として各所より注目されている。

その例として、パートナーズ・ヘルスケア社は2007年初期、従来からある自社のテレヘルス分野への投資を倍増させ、糖尿病、肺気腫、うつ病、喘息、COPDなどさまざまな慢性疾患に関連したテレヘルス・プログラムを雇用主向けに提供する計画を発表した。2007年3月にはその一環として、情報管理会社EMCに勤務する高血圧の高い従業員400名を対象として、週2回以上血圧を測定しモニタリングすることでコストが削減できるかどうかを検証する試験を開始した。現在実施中の同試験は、測定された血圧はワイヤレス技術によりボストンにある研究施設に伝送され、コンピュータ・プログラムにより結果が自動解析され、各個人のウェブサイトに掲載される。

医療機器メーカーは、ITのノウハウを自社に取り込むだけではなく、必要に応じてIT企業との提携も行われている。バイオトロニック社は、全世界における携帯電話ネットワークを使ったデータ転送を確実にするため、携帯電話などの移動体通信キャリアであるTモバイル (T-mobile) 社と協力体制をとっている他、IBM社とも共同のセンター設立で提携した。

さらには、医療ビジネスの将来性を見込んで、IT関連の他業界がそれぞれの企業の持つ強みを活かし、医療ビジネスに参入している。第4章に挙げた中でも、アップル社のMac OS X専用の医療画像診断データ閲覧用の高性能フリーソフトウェア、オシックスや、携帯電話向けワイヤレス・チップの製造企業大手クアルコム社のスピンオフ企業による、携帯電話にバイオセンサーと医療機器を組み合わせたアプリケーションやサービス、また電子セキュリティサービスの提供企業であるADTセキュリティ・サービス社の医療用アラームシステムなど、医療機器メーカーほどの専門性が不要ない代わりにITの知識を要する分野に積極的に進出している。

テレヘルスの利用者は高齢者の割合が高いと考えられることもあり、タッチパネルや音声認識、多言語対応など、ユーザーフレンドリーな機能を競っている。また、携帯電話などの利用も含め、今後もさらに小型化や機能性の向上が進むと考えられる。これらの競争に勝ち残るため、医療機器メーカー、IT企業といった枠にとらわれない連携や参入は、今後も進む可能性が高い。

一方でITを活用する医療ビジネスに従事する企業が抱える問題点としては、インターネット等を利用して遠隔へデータを伝送する際に、利用者の個人情報漏洩するのではというセキュリティ上の懸念がある。

また、米国には高齢者を主な対象とした公的保険メディケア (Medicare) があるが、入院後のリハビリの場合のみ償還し、長期的介護については償還しない。長期的な介護やリハビリにテレヘルス製品を使うことによるコスト削減への効果が期待されているが、これらの製品についてはメディケアで償還されることが、高齢者の利用増に重要であると考えられる。CASTは、テレヘルス製品がメディケアで償還されるよう、保険会社が償還の有無を決定する際に必要なデータを揃

---

<sup>30</sup> データモニター プレスリリース “Homecare telehealth expected to grow despite current barriers to adoption,” 2007年8月30日  
<http://www.datamonitor.com/home/press/article/?pid=8F666A97-3FC1-4395-8990-DB4B983A7159&type=PressRelease>

えるための支援を行っている。

また、常に監視されているという患者側の嫌悪感をどう払拭するかという問題がある。モニタリング機器の小型化・高性能化を進めて患者に意識させないようにしたり、ブロードバンド環境の改善につれて映像や声などによるコミュニケーションを可能に、あるいはよりスムーズにしたりすることにより、参加への障壁をより低くするための努力がなされている。



## 第IV部 米国におけるハイテク分野の最新動向

### 目 次

概要 .....	119
第1章 米国における主要クリーンエネルギークラスターの概要 .....	120
I. はじめに .....	120
II. クリーンエネルギークラスターの形成に向けた主な州の動向 .....	120
1. コロラド州.....	120
(1) クリーンエネルギークラスター主導団体 .....	120
(2) 政策・施策.....	121
(3) 州内企業.....	124
2. カリフォルニア州.....	125
(1) クリーンエネルギークラスター主導団体 .....	125
(2) 政策・施策.....	127
(3) 州内企業.....	128
3. マサチューセッツ州.....	128
(1) クリーンエネルギークラスター主導団体 .....	128
(2) 政策・施策.....	130
(3) 州内企業.....	131
4. ニューメキシコ州.....	131
(1) クリーンエネルギークラスター主導団体 .....	132
(2) 政策・施策.....	133
(3) 州内企業.....	134
III. 今後の動向.....	134
第2章 米国における産学連携の最新動向 .....	135
I. はじめに .....	135
II. 米国における産学連携の実態.....	135
1. 産学連携の実態における最新動向.....	135
(1) 企業から大学への研究資金.....	135
(2) 大学による特許取得件数.....	136
(3) 大学におけるライセンス収入.....	139
(4) 大学発ベンチャー.....	140
2. 産学連携に見られる活動事例.....	141
(1) カリフォルニア大学技術移転オフィス.....	142
(2) ペンシルバニア州立大学産業研究オフィス.....	143
(3) スタンフォード大学統合システム研究所.....	143

(4) パデュー大学技術商用化オフィス	144
Ⅲ. 企業から見た産学連携の利点・問題	145
1. 産学連携の利点・問題	145
2. 新しい産学連携形態の模索	147
(1) オープンコラボレーション原則	148
(2) 産学デモンストレーションパートナーシップ (UIDP)	148
Ⅳ. 産学連携の最新事例	149
1. IBM社によるオープンコラボラティブ研究	149
2. カリフォルニア大学バークリー校とBP社による共同研究	150
3. MITとノバルティス社による連携研究	152
第3章 大手企業とのM&A後における米国バイオベンチャーの動向	153
I. はじめに	153
II. 米国バイオベンチャーと大手企業とのM&A概況	153
III. M&A後におけるベンチャー経営者・研究者の動向 (ケーススタディー)	159
(1) Adnexus TherapeuticsとBristol-Myers Squibb	159
(2) Brookwood PharmaceuticalsとSurModics	160
(3) JDS PharmaceuticalsとNoven Pharmaceuticals	161
(4) 454 Life SciencesとRoche	162
(5) Alliant PharmaceuticalsとSciele Pharma	164
IV. おわりに	165



## 概要

本調査では、米国のハイテク分野における研究開発や企業戦略、産学連携の動き等の最新動向を整理した。

第1章の「米国における主要クリーンエネルギークラスターの概要」では、クリーンエネルギークラスター形成に積極的に取り組んでいる4つの州（コロラド州・カリフォルニア州・マサチューセッツ州・ニューメキシコ州）について調査し、クラスター主導団体や州政府による政策・施策、そして主要な州内企業をまとめた。連邦政府レベルにおいてもクリーンエネルギーを推進するための法整備が進んでおり、クリーンエネルギー分野での産官学共同での取り組みも今後ますます盛んになると予想される。

第2章の「米国における産学連携の最新動向」では、30年近い歴史を持つ米国の産学連携における最新の状況を調査し、産学連携の課題及び新たな形態の可能性を分析した。近年、産学連携において知的財産権の取り扱いを巡る企業と大学の対立が問題となっている。一方、産学連携の重要性を認識し、企業と大学の相違を乗り越えるための新しい連携形態を模索する動きも見られる。

第3章の「大手企業とのM&A後における米国バイオベンチャーの動向」では、米国バイオベンチャーと大手企業によるM&Aの概況及び、M&A後のベンチャー経営者・研究者の動向を調査した。米国では、バイオベンチャーの出口戦略として新規株式公開よりもM&Aが好まれる傾向がある。M&A後のベンチャー企業における経営・人事体制の変化については、今後、グローバルに展開する日本のハイテク系ベンチャー企業にとっても重要な情報となる。

## 第1章 米国における主要クリーンエネルギークラスターの概要

### I. はじめに

米国では、クリーンエネルギー推進のための政策的取り組みが活発になっている。例えば、ブッシュ大統領がエネルギー保障強化のために、従来の石油依存から再生可能・代替エネルギーへの移行を目標として掲げたり、連邦省庁や州政府でも各種の取り組みが行われたりしている。また、独自のクリーンエネルギー政策を行っている州の中には、産官学共同によるクリーンエネルギークラスター形成を積極的に行っている動きも見られる。

クリーンエネルギークラスターを形成している地域の中でも、特に積極的に取り組んでいるコロラド州、カリフォルニア州、マサチューセッツ州、ニューメキシコ州の4州について、クリーンエネルギークラスターの主導団体、政策・施策、主要な州内企業等を調査した。

### II. クリーンエネルギークラスターの形成に向けた主な州の動向

クリーンエネルギークラスターとしての活動が活発なコロラド州、カリフォルニア州、マサチューセッツ州、ニューメキシコ州の4州における各州のクリーンエネルギークラスター主導団体、政策・施策、代表的な州内企業について概要をまとめた。

#### 1. コロラド州

コロラド州では、州北部にクリーンエネルギークラスターが形成されており、同クラスターでは産学官の連携等の取り組みが行われている。

##### (1) クリーンエネルギークラスター主導団体

同州北部では、2006年5月に「コロラド北部クリーンエネルギークラスター (NCCEC: Northern Colorado Clean Energy Cluster)」<sup>1</sup>と呼ばれる組織が、同地域におけるエネルギー産業分野でのイノベーション及び雇用・投資を促進することを目的とし、産学官連携のもとで立ち上げられた。

NCCEC内には組織委員会 (Organizing Committee) が設置され、この委員としてフォートコリンズ市 (City of Fort Collins)<sup>2</sup>、コロラド北部経済発展社 (NCEDE: Northern Colorado Economic Development Corporation)<sup>3</sup>、フォートコリンズ商工会議所 (Fort Collins Area Chamber of Commerce)<sup>4</sup>、コロラド州立大学 (Colorado State University)<sup>5</sup>を含む、地方公共団体や企業など計10団体の代表が参加している。

<sup>1</sup> Northern Colorado Clean Energy Cluster. <http://www.nccleanenergy.com/>

<sup>2</sup> City of Fort Collins, Co. <http://www.ci.fort-collins.co.us/>

<sup>3</sup> Northern Colorado Economic Development Corporation. <http://www.ncedc.com/>

<sup>4</sup> Fort Collins Area Chamber of Commerce. <http://www.fcchamber.org/>

<sup>5</sup> Colorado State University. <http://welcome.colostate.edu/index.asp>

- フォートコリンズ市：クリーンエネルギー産業活動が盛んな自治体。同市内にはクリーンエネルギー関連企業 60 社が存在し、480 人が雇用されている。同市は、化石燃料依存からの脱却にも積極的に挑んでおり、近年、環境団体のシエラクラブ（Sierra Club）<sup>6</sup>よりクリーンエネルギー技術を推進する先駆者団体のひとつとして認められた<sup>7</sup>。また、ビジネスコミュニティを対象とした情報セミナーも行っており、その議題として環境保全やコスト削減に向け同市が行う取り組みや、クリーンエネルギークラスターの現状報告などが取り上げられている<sup>8</sup>。
- コロラド州立大学：同大学は、バイオエネルギー・風工学・光起電装置の研究開発において国際的にも認知度が高く、2005 年には連邦労働省より 630 万ドルが技術開発研究費として供与されている。同大学では、コロラド北部地域のクリーンエネルギー浸透を目的とした研究開発のみならず、開発途上国における二酸化炭素排出量削減や大気汚染の改善にも取り組んでおり、既にフィリピンにおいては同大学が開発した低排気量車の実地試験も行われている。さらに、クリーンエネルギーの学内での使用にも積極的な同大学では、学内の建物 20 棟分の電力を外部から購入した風力エネルギーによって賄うという 1 年プランを決定しており、年間 54 万 2,000 ポンド（約 245.8 トン）の二酸化炭素排出量削減になると予測されている<sup>9</sup>。また、同大学・連邦エネルギー省・国立再生可能エネルギー研究所（NREL: National Renewable Energy Laboratory）の 3 団体が中心となって、コロラド州再生エネルギー連携（Colorado Renewable Energy Collaboratory）を設立し、二酸化炭素排出量削減の為に代替エネルギー技術革新と研究プログラムを実施している<sup>10</sup>。
- コロラド北部経済発展社：同社は半官半民の非営利団体であり、コロラド州北部の経済発展を目指し、企業の招致、雇用の創生、同地域参入を検討する企業へのフィジビリティ調査などを行っている<sup>11</sup>。

## (2) 政策・施策

同州議会では、2007 年度だけで上院に 9、下院に 14 のエネルギー・保全関連法案が提出され、すべての法案が可決されている（表 1 参照）。これらの内容は、600 万ドルを保有するクリーンエネルギー基金の設立や、州内エネルギーに占める再生可能エネルギー使用量の割合を上げることを定めたもの、風力発電に取り組む公立学校や大学に対して資金的援助を行うものなど、多方面からクリーンエネルギーの開発を支援するものとなっている<sup>12</sup>。

<sup>6</sup> 1892 年に創立された米国環境保護団体で、全米に 130 万人を超える会員を有する。<http://www.sierraclub.org/>

<sup>7</sup> Clean Energy. <http://fcgov.com/business/clean-energy.php?section=fc>

<sup>8</sup> Utilities. <http://fcgov.com/utilities/business-eps.php>

<sup>9</sup> Working Toward Clean Energy. [http://welcome.colostate.edu/index.asp?url=programs\\_cleanenergy](http://welcome.colostate.edu/index.asp?url=programs_cleanenergy)

<sup>10</sup> Colorado State University. A Clean Energy Future.  
<http://www.ncedc.com/noco/media/docs/CSU%20Clean%20Energy%20overview.pdf>

<sup>11</sup> State of Colorado Business Assistance/Incentive Programs.  
[www.ncedc.com/noco/media/docs/Learn%20About%20NCEDC/NCEDC%20Business%20Services.pdf](http://www.ncedc.com/noco/media/docs/Learn%20About%20NCEDC/NCEDC%20Business%20Services.pdf)

<sup>12</sup> State Energy Program. [http://www.eere.energy.gov/state\\_energy\\_program/news\\_detail.cfm/news\\_id=10988](http://www.eere.energy.gov/state_energy_program/news_detail.cfm/news_id=10988)

表 1 2007 年コロラド州議会エネルギー保全関連法案

法案番号	タイトル	内容	可決状況 (2007 年)
HB1281	Renewable Portfolio Standard	2020 年までに再生可能エネルギー消費量を全エネルギー消費量の 20% 達成	3 月 27 日成立
HB1279	Tax Credits for Renewable Energy	再生可能エネルギーの発電機器購入にかかる税控除	5 月 23 日成立
SB246	Clean Energy Fund	技術創出とエネルギー経済活性の為に、州知事エネルギーオフィス (GEO) が利用できる基金設立	5 月 29 日成立
HB1087	Wind for Schools	学校に風力タービンを設置する為の補助金支出	4 月 16 日成立
HB1228	Concerning Renewable Energy	州所有車両におけるバイオ燃料使用の割合向上	6 月 1 日成立
HB1220	Preference Environmentally Preferred Products	州政府関連機関及び高等教育機関における、環境にやさしい製品の購入の推奨	4 月 25 日成立
SB008	Expand Water Efficiency Grant Program	水資源効率 Grant プログラム基金の設置	6 月 1 日成立
SB182	Innovative Higher Education Research Fund	州立の大学でのリサイクル技術開発研究に対する金銭的支援	5 月 31 日成立
SB91	Renewable Resource Generation Development Areas	再生利用エネルギー生産開発エリアマップの作成	5 月 29 日成立
SB100	Energy Resource Zones Transmission Development	エネルギー資源地区の設立と、送電施設の建設	3 月 27 日成立
HB1150	Clean Energy Authority	再生可能エネルギー関連施設設立の為の基金設立	5 月 23 日成立
HB1037	Concerning Energy Efficiency	州内電力・ガス会社に対し、エネルギー効率向上の為のプログラム設立を推奨	5 月 22 日成立
HB1146	Concerning Energy Efficiency	州内建造物のエネルギー効率向上計画	5 月 3 日成立
SB51	High Performance State Building	州政府施設及び州拠出資金で建築された建築物がエネルギー・環境デザイン基準を満たすよう奨励	4 月 16 日成立
HB1309	School Energy Efficiency	州内公立校の施設の省エネ化に向けた基金設立	5 月 30 日成立

法案番号	タイトル	内容	可決状況 (2007年)
HB1379	County Spending Authority for Environmental Spending Measure	郡レベルでの環境改善取り組みに対する資金設定	5月30日成立
SB145	Local Incentives for Renewable Energy	再生可能エネルギー製造機器（例：ソーラーパネル）購入者に対する、郡・市からの減税措置	4月16日成立
SB126	Funding for the Collaboratory	NERLと州内3大学の提携事業に対する州予算確保	4月16日成立
HB1145	Renewable Resource Development on Public Lands	州所有地を再生利用エネルギー開発目的に貸出	4月26日成立
HB1169	Net Metering for Cooperative Electric Associations	州内配線の統一新基準設立	5月23日成立
HB1060	Bioscience Grants	バイオ燃料関連事業を生物科学グラント対象組入れ	5月23日成立
HB1203	Energy Management & Conservation Studies	エネルギー管理・保全研究の奨励	5月23日成立
SB22	PUC Low Income Regulatory Consideration	PUC（コロラド公共電力・ガス委員会）が低所得者に対する公共料金を独自設定することを認可 <sup>13</sup>	4月2日成立

出所：GEO 資料を元に作成

同州におけるエネルギー関連政策の中心的役割を果たすのは、コロラド州知事エネルギーオフィス（GEO: Governor's Energy Office）である。このオフィスの前身は、1977年に設立された州のエネルギー保全を推進するコロラド州知事エネルギー管理・保全オフィス（Governor's Office of Energy Management and Conservation）であったが、2007年4月に州知事ビル・リッター（Governor Bill Ritter）が発行した州知事令により、新たに州知事エネルギーオフィスとして再編された<sup>14</sup>。同オフィスは、エネルギー効率の向上とクリーンエネルギー技術の革新によって、同州に新しいエネルギー経済基盤を導入することを目指している<sup>15</sup>。

現在州知事エネルギーオフィスが取り組む政策には、下記のものがある。

<sup>13</sup> これまでは、州裁判所の判断によって低所得者向けの料金が定められた。

<sup>14</sup> Governor's Energy Office. <http://www.colorado.gov/energy/>

<sup>15</sup> Who is GEO? <http://www.colorado.gov/energy/about/index.asp>

- コロラド州における再生可能エネルギー資源のマッピング (Mapping Renewable Energy Resources in Colorado) 専門委員会<sup>16</sup>: 2007年州上院法案91の可決を受け、州内再生可能エネルギー生産開発エリアマップ (Renewable Energy Generation Development Areas Map) を作成するための専門調査会が設置された。このエリアマップは、州内におけるクリーンエネルギー供給力と増加する州内のクリーンエネルギー需要の均衡を図る計画における有効なツールとなることが期待されている。
- エネルギー資源地区送電施設開発 (Energy Resource Zones Transmission Development)<sup>17</sup>: エネルギー資源地区を設立し、エネルギーの有効利用のために地区近隣に送電施設を建設する計画。送電施設の建設に際し、投資家をその施設の所有者とすることで、施設建設のスピードアップも目指す。2007年州上院法案100「エネルギー資源地区送電施設開発」の法制化を受けた動きである。

### (3) 州内企業

同州内には、クリーンエネルギー産業に従事する民間企業が多く見られるが、その中でも代表例がスパイラエ社 (Spirae)<sup>18</sup>とウッドワードガバナー社 (Woodward Governor)<sup>19</sup>の2社である。また、コロラド州立大学における研究成果をもとに起業した会社もあり、エーヴィーイー・ソーラー社 (AVA Solar Inc.)<sup>20</sup>はその一例である。

- スパイラエ社: フォートコリンズ市に本社を置く同社は、クリーンエネルギー関連産業における総合サプライヤーであり、同社では、エネルギー生産・供給、制御装置の管理、パワーグリッド<sup>21</sup>のモデル構築とシミュレーション、そして実際のパワーグリッドの管理までを一括で行う能力を備えている<sup>22</sup>。同社では、コロラド州立大学工学科エンジン・エネルギー保全研究所と数多くの共同開発を行っている。その一例として、グリッド・シミュレーション研究所における、「スマートグリッド (smart grids)」の試験的取り組みがあるが、これは、発電機と利用者を直接結ぶことでパワーグリッドの効率と信頼性の向上を可能にする新しい技術である<sup>23</sup>。
- ウッドワードガバナー社: NCCECの組織委員会にも名を連ねる同社は、航空機用・産業用・プロセスオートメーション用のエンジンに採用されるエネルギー制御方法を開発する、世界最大の製造・サービス提供企業である。また、2005年10月には、同社とキャタピラ社 (Caterpillar Inc.) が合同で、コロラド州立大学エンジン研究所に対し巨額の援助を行ったが、これは、電力供給網の性能を向上させる低排気量で効率の高いエンジンの開発支

<sup>16</sup> Senate Bill 91 Task Force. <http://www.colorado.gov/energy/utilities/SB91-taskforce.asp>

<sup>17</sup> Energy Policy and Legislation. <http://www.colorado.gov/energy/policy/index.asp>

<sup>18</sup> <http://www.spirae.com/>

<sup>19</sup> <http://www.woodward.com/>

<sup>20</sup> <http://www.avasolar.com/>

<sup>21</sup> 電力供給システム全体を意味する。

<sup>22</sup> Spirae. Meet Spirae. <http://www.spirae.com/meet-spirae.php>

<sup>23</sup> Colorado State University. News and Information. [http://newsinfo.colostate.edu/index.asp?url=news\\_item\\_display&news\\_item\\_id=1054763163](http://newsinfo.colostate.edu/index.asp?url=news_item_display&news_item_id=1054763163)

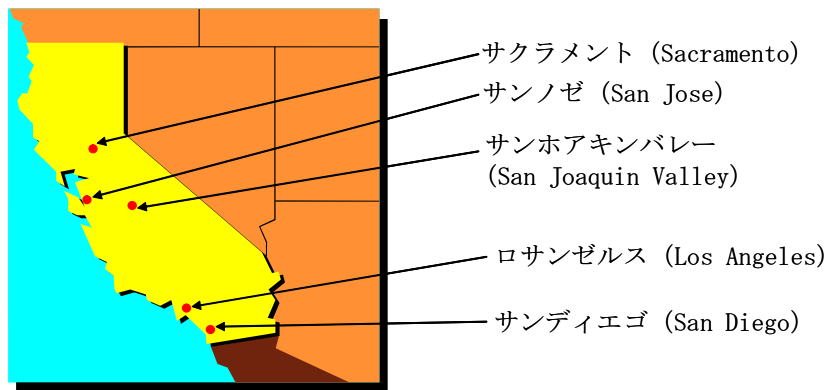
援を目的としたものである<sup>24</sup>。

- エーヴィーイー・ソーラー社：薄膜太陽電池（thin film photovoltaic）を製造する同社は、2007年1月に設立された。同社の技術は、コロラド州立大学機械工学教授ダブリュー・エス・サンパス（W. S. Sampath）が開発したもので、設立に際しては同大学及び再生可能エネルギー研究所からの支援を受けている。同社は2001年に、高処理能力真空プロセス（High Throughput Vacuum Processing）と呼ばれるガラスの斬新的利用を認められて、連邦エネルギー省発明・イノベーション賞（DOE Inventions and Innovation）を受賞している<sup>25</sup>。

## 2. カリフォルニア州

米国におけるクリーンエネルギー技術へのVC投資総額において、カリフォルニア州は全米合計金額の約29%（約3億3,900万ドル）を占めており、米国内で最もVC投資の多い地域となっている。また、同州はクリーンエネルギーへの取り組みに関しては米国で最も進んだ地域のひとつと言え、サクラメントを中心としたキャピタルコリドー地域（Capital Corridor）<sup>26</sup>の他、サンディエゴ地域やサンホアキンバレー地域（San Joaquin Valley）など、複数にわたるクリーンエネルギークラスター確立への取り組みが見られる<sup>27</sup>（図1参照）。その中でも、既に30以上のクリーンエネルギー関連企業を有するキャピタルコリドー地域の取り組みが規模も大きく最も活発であるため、下記では同地域のクリーンエネルギークラスターの取り組みについて説明する。

図1 カリフォルニア州内クリーンエネルギークラスター



出所：MTI、「Clean Energy in the Capital Corridor」の資料をもとに作成

### (1) クリーンエネルギークラスター主導団体

キャピタルコリドー地域のクリーンエネルギークラスター開発は、サクラメント地域技術同盟

<sup>24</sup> 同上。

<sup>25</sup> Company Overview. <http://www.avasolar.com/about/overview.php>

<sup>26</sup> キャピタルコリドーと呼ばれる列車が、サクラメント・サンノゼ（San Jose）・バークリー（Berkeley）を含む地域を走っており、その名称から地域名を取ったものと思われる。

<sup>27</sup> Clean Energy in the Capital Corridor. October 2005.

<http://www.mtisac.com/mti/linkserv/?contentid=A387280F-A9FD-459D-8EC657DE33947F4>

(SARTA: Sacramento Area Regional Technology Alliance) とマックレラン技術インキュベータ (MTI: McClellan Technology Incubator) が共同で主導しているもので、「クリーンスタート (CleanStart) イニシアチブ」と呼ばれている。SARTAのミッションは、起業家の育成と同地域に対する外部資金の獲得であり、一方MTIは、同地域のさらなる発展の為に、企業・雇用の創出の専門家であるインキュベータとしてクラスター形成に関与している<sup>28</sup>。

また、研究機関としては、カリフォルニア大学デービス校 (University of California Davis) の存在が、同地域に大きく貢献している。下記において、これらの主導団体となる組織について説明する。

- サクラメント地域技術同盟 (SARTA) : 2001年設立の非営利団体で、ネットワーキングやメンター制度など起業家向けプログラムの実施や、起業家の事業内容に合わせた金銭的支援手段の紹介、起業家が同地域のカリフォルニア州立大学デービス校や企業の施設や情報を起業家が利用できるような環境の整備を進めている。
- マックレラン技術インキュベータ (MTI) : 本団体は、サクラメント地域での技術系企業設立の支援を行っており、その内容は、ビジネスプランの作成支援、オフィススペースや機器貸出等の支援、製品販売機会の拡大支援活動など、多岐に渡っている。これらの支援を通じ、同地域での経済発展を促す事が同団体の目標である。
- カリフォルニア大学デービス校: 同大学は、サクラメント地域のクリーンエネルギー関連産業企業にとって重要な情報・人材源であり、同大学の世界的に有名な工学部が企業に対し優秀な労働者を供給している。さらに工学面での技術支援からマーケティングのノウハウまで、企業が直面する問題をあらゆる角度からサポートしている。また、カリフォルニア大学デービス校エネルギー効率センター (EEC: The UC Davis Energy Efficiency Center) は、学内のクリーンエネルギー関連施設を統括するアンブレラ団体で、クリーンエネルギー関連新事業の機会の発掘と起業家の育成支援を行っているが、大学を基盤としたこの種の組織として他にあまり例を見ないものとなっている<sup>29</sup>。同センターが統括するのは、運輸研究所 (Institute for Transportation Studies)<sup>30</sup>、西部冷却効率センター (Western Cooling Efficiency Center)<sup>31</sup>、カリフォルニア照明技術センター (California Lighting Technology Center)<sup>32</sup>となっている。

キャピタルコリドー地域では、前述のクリーンスタートイニシアチブの一部として、同地域におけるクリーンエネルギー開発ベンチャーの促進を目標としているが、その中には下記のような活動が含まれている。

---

<sup>28</sup> CleanStart. <http://www.cleanstart.org/about.html>

<sup>29</sup> UC Davis Energy Efficiency Center. <http://eec.ucdavis.edu/index.html>

<sup>30</sup> <http://www.its.ucdavis.edu/index.php>

<sup>31</sup> [http://wcec.ucdavis.edu/component/option,com\\_frontpage/Itemid,1/](http://wcec.ucdavis.edu/component/option,com_frontpage/Itemid,1/)

<sup>32</sup> <http://cltc.ucdavis.edu/content/blogsection/13/157/>



- パワーアップ・ビジネスプランコンペ (PowerUp! Business Plan Competition)<sup>33</sup>: 起業家からのビジネスプランを募り、SARTA及びMTIにより上位2社が選ばれる他、参加者の投票によって選ばれる1社の計3社に賞金が与えるコンペが毎年行われている。賞金合計は5万ドルと定まっており、それを3社に分配する形となっている。コンペにはキャピタルコリドー外部からの参加者も応募できるが、コンペ勝者は近い将来に同地域へ移動することが求められており、このコンペによって有望な起業家を同地域に取り込み、クラスターの拡大につなげようとする取り組みが見られる。
- ショーケースプログラム<sup>34</sup>: クリーンエネルギー関連事業に関わる起業家・科学者及び投資家が一同に会する機会を提供するための会合を定期的実施。

## (2) 政策・施策

カリフォルニア州の法律で、クリーンエネルギークラスターの活動に影響があるのは、下記のものである。

- ソーラーーフ100万件法 (SB1: Million Solar Roof Bill): 2006年8月に法制化されたもので、同法の定めに基づきカリフォルニア州公共料金委員会 (PUC: California Public Utility Commission) による大型太陽エネルギー利用施設に対するインセンティブプログラムが2007年1月より施行されている。この法律では、2017年までに3,000メガワットの太陽エネルギーが州内で発電されることを目標としており、州内でのクリーンエネルギー関連産業の追い風になると期待されている<sup>35</sup>。
- 地球温暖化解決法 (AB32: Global Warming Solution Act): 2020年までに二酸化炭素排出量を1990年レベルまで下げることが目的とした本法は、2006年8月に州知事の署名をもって成立した。本法は、米国内では初の、州レベルにおいて法的強制力を有するものであり、大型産業施設に対する例外は設けられておらず、違反に対しては例外なく罰則が与えられるものである<sup>36</sup>。

また、キャピタルコリドー地域を構成する6郡22市の代表によって構成されるサクラメント地方行政委員会 (SACOG: Sacramento Area Council of Governments) が、本地域におけるクリーンエネルギー関連事業成長に有効な政策・施策の作成に取り組むとともに、地方自治体におけるクリーンエネルギー適用に向けた計画作成や技術援助も行っている。同委員会は、地域の交通計画も担当し、クリーンエネルギー産業の発展に貢献することで二酸化炭素排出量削減といった相乗効果につながるとし、同委員会が管理する380億ドルに及ぶ交通基金をクリーンエネルギー産業発展のために投資していくことを計画している<sup>37</sup>。

<sup>33</sup> PowerUp!. <http://cleanstart.org/powerup/powerup.htm>

<sup>34</sup> CleanStart is hosting a one-day conference October 11. [http://cleanstart.org/CES/ces\\_main.html](http://cleanstart.org/CES/ces_main.html)

<sup>35</sup> California Formally Adopts Performance-Based Solar Incentives. <http://www.renewableenergyaccess.com/rea/news/story?id=45831>

<sup>36</sup> Learning from State Action on Climate Change.

[http://www.pewclimate.org/docUploads/States%20Brief%20Template%20March%202007\\_jgph.pdf](http://www.pewclimate.org/docUploads/States%20Brief%20Template%20March%202007_jgph.pdf)

<sup>37</sup> About SACOG. [http://www.green-technology.org/green\\_technology\\_magazine/pfp.htm](http://www.green-technology.org/green_technology_magazine/pfp.htm)

### (3) 州内企業

同州においても、多くのクリーンエネルギー企業が存在するが、代表的な企業 2 社の概要について記述する。

- ジャドーパワー (Jadoo Power)<sup>38</sup>: 前述SARTA・MTI共催のスタートアップビジネスプランコンペの勝者であり、2001年創立の同社は、持ち運び可能な燃料電池の製造業者としては世界でも最大級であり、商業化に成功している唯一の企業でもある<sup>39</sup>。同社は、全米の連邦関連団体や企業を顧客に持ち、その例として中央情報局 (CIA)、シークレットサービス (U.S. Secret Service)、連邦アルコール・タバコ・火器局 (Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms)、軍の特別部隊、民間テレビ局やビデオ作成会社がある<sup>40</sup>。
- ブルーポイント (Blue Point)<sup>41</sup>: NASDAQへの上場を果たしている同社は、分散型エネルギー供給システムを製造するだけでなく、割引エネルギー購入モデル (discount energy purchase model: DEP Model) と呼ばれる独特のパッケージを顧客に対して提供している<sup>42</sup>。このモデルは、同社が顧客の所在地にエネルギー生産システムを無料で設置する代わりに顧客が製造したエネルギーに対して一律の料金を課し、長期的な契約関係を維持するというものである<sup>43</sup>。

## 3. マサチューセッツ州

マサチューセッツ州におけるクリーンエネルギークラスター活動は、2001年ごろから本格的に始動したと推測される<sup>44</sup>。2001年以降に同州で起業したクリーンエネルギー関連ベンチャーは116社に上り、現在は556の企業・大学・団体が同州のクリーンエネルギークラスターに参加している。また、州内での関連産業において、合計で1万人以上の労働者が雇用されている<sup>45</sup>。

### (1) クリーンエネルギークラスター主導団体

同州準公共機関である、マサチューセッツ技術連合 (MTC: Massachusetts Technology Collaborative)<sup>46</sup>は、クリーンエネルギークラスターの主要な支援機関で、同州の経済発展とより良い環境を目指し、産学官リーダーの団結を図る役目を担っている。また、同団体は再生可能エネルギー信託 (RET: Renewable Energy Trust)<sup>47</sup>及びジョン・アダムス・イノベーション協会

<sup>38</sup> Jadoo Power. <http://www.jadoopower.com/index.html>

<sup>39</sup> Company History. <http://www.jadoopower.com/about.html>

<sup>40</sup> Childs, Marti and March, Jeff, Baby Blue Chips: Jadoo Power Systems, Inc., Prosper, August 2007. [http://legacy.prospermag.com/go/prosper/The\\_Magazine/baby\\_blue\\_chips/baby\\_blue\\_chips\\_jadoo\\_power\\_systems\\_inc/index.cfm](http://legacy.prospermag.com/go/prosper/The_Magazine/baby_blue_chips/baby_blue_chips_jadoo_power_systems_inc/index.cfm)

<sup>41</sup> <http://www.bluepointenergy.com/>

<sup>42</sup> Discount Energy Purchase (DEP) Agreement. <http://www.bluepointenergy.com/desa.php>

<sup>43</sup> Lamb, Celia, BluePoint finances energy projects with \$6M in promissory notes; Heat-and-power generator firm posted a \$17.6M loss this year, Sacramento Business Journal, October 8, 2007.

<sup>44</sup> Massachusetts Clean Energy Industry Census. <http://masstech.org/clean-energy-census-report-2007.pdf>

<sup>45</sup> Massachusetts Technology Collaborative, "Massachusetts Clean Energy Industry Census," <http://www.masstech.org/renewableenergy/reports/Clean-Energy-Census-Report-2007.pdf>, (August 2007).

<sup>46</sup> Massachusetts Technology Collaborative. <http://www.masstech.org/>

<sup>47</sup> Renewable Energy Trust. <http://www.mtpc.org/renewableenergy/index.html>

(John Adams Innovation Institute) <sup>48</sup>を運営している。

- マサチューセッツ技術連合 (MTC) : 同州政府開発局である MTC は、州内クリーンエネルギー関連産業による経済発展によって、地球温暖化の原因となる化石燃料への依存減少と地域経済発展・新しい職の創出を目指している。技術主導のイノベーションが州経済を活性化させるとして、州政府や利害関係者と共同で地域経済開発案策定にも積極的に係っている。
- 再生可能エネルギー信託 (RET) : RETは同州政府とも協力し、州内でのクリーンエネルギー企業を立ち上げようとする起業家や、事業規模拡大を目指すハイテク製造業者に対する投資を、長期にわたり行うことを目標としている<sup>49</sup>。例えば、クリーンエネルギー産業に参入しようとする企業に対し、その企業の投資金額や新たな雇用創出数に応じ、通常よりも低金利で1年に付き300万ドルまでのローン貸付といったプログラムが実施されている。また、公共施設や一般家庭における太陽エネルギーパネルや風力タービン設置における支援も、同信託によって行われている。
- ジョン・アダムス・イノベーション協会: MTCの経済開発部門で、新企業及び雇用創出の支援や産学官間連携の機会の提供を行っている。同協会が有する基金の運用対象は、クリーンエネルギー産業を中心に、州内におけるイノベーションや研究開発全般となっている<sup>50</sup>。

また、RETでは、クリーンエネルギー事業に関わる企業・起業家に対し、以下のような各種の支援事業を展開している。

### **産業投資開発プログラム (Industry Investment and Development (II&D) Program) <sup>51</sup>**

クリーンエネルギークラスターの経済発展と、その長期的成長の基礎となる技術の開発に対する支援を主要な課題とし、企業に対する直接投資の他、企業間のネットワークの構築支援、情報の提供、企業家に対する障壁を低く保つため、以下のようなサービスを行っている。

- 資金的援助: 個人・企業・団体から、クリーンエネルギー開発研究事業のアイデアを公募し、採択された企画に対して資金的援助を行う。
- 持続可能エネルギー経済開発イニシアチブ (SEED: Sustainable Energy Economic Development Initiative): クリーンエネルギー開発に取り組む、発展初期のベンチャー企業に対して金銭的支援を行う。
- マサチューセッツ・グリーンエネルギー基金 (MGEF: Massachusetts Green Energy Fund): ファンド規模150万ドルのVCファンド。次世代に向けた再生可能エネルギー技術の新た

<sup>48</sup> John Adams Innovation Institute. <http://www.masstech.org/institute/index.htm>

<sup>49</sup> Renewable Energy Access, "Massachusetts Accelerates Renewable Energy Industries," <http://www.renewableenergyaccess.com/rea/news/story?id=49613&src=rss>, (August 10, 2007).

<sup>50</sup> Background Information. <http://www.masstech.org/institute/background.html>

<sup>51</sup> Industry Investment and Development (II&D) Program. [http://www.mtpc.org/renewableenergy/industry\\_support.htm](http://www.mtpc.org/renewableenergy/industry_support.htm)

な創出を目指す企業が投資対象となる。

## **州内企業・非営利団体向けプログラム<sup>52</sup>**

下記のようなプログラムが、企業や非営利団体を対象に提供されている。

- 大型現地再生可能エネルギーイニシアチブ (LORI: Large Onsite Renewable Initiative)<sup>53</sup>: 10 キロワット以上の電力生産許容量を持つクリーンエネルギー利用発電設備の新築に対する支援で、予備調査支援と設計・建築支援の2つに分かれる。新しい発電設備は、①企業や商用施設、公共施設用に利用される、②新発電設備を保有する施設への電力が州内投資家所有の電力会社によって配電されている<sup>54</sup>、の2点が要件となっており、対象となる発電技術は、風力、水力、バイオマスである<sup>55</sup>。グラントとして与えられる支援金額は、予備調査支援が1プロジェクトにつき最大4万ドル(受給者は支援金の15%を一部負担する)、設計・建設支援は1プロジェクトにつき最大40万ドルまたは実費の75%まで、という上限が設定されている。
- 小型再生可能エネルギーイニシアチブ (SRI: Small Renewables Initiative): 10 キロワット未満の小型のクリーンエネルギー設備(太陽光発電、風力または小型水素再生エネルギー)を導入した施設に対する奨励金制度。

## **(2) 政策・施策**

2007年6月、デバル・パトリック州知事(Governor Deval Patrick、民主党)は30名近いクリーンエネルギー起業家を招きクリーンエネルギー討論会を行い、この場でクリーンエネルギーに特化した新たな産業団体の設立を呼びかけた。この「クリーンエネルギー協議会(Clean Energy Council)」は、現在設立に向けて準備が進められている。同州の住居経済開発長官(Housing and Economic Development Secretary)ダン・オコーネル(Dan O'Connell)の発言にもあるように、マサチューセッツ州政府ではクリーンエネルギー産業は州の経済成長における鍵とみており、州の経済成長はクリーンエネルギー産業の発展にかかっていると考えられている<sup>56</sup>。

資金的援助に関しては、前述のRETがパトリック政権と協力してクリーンエネルギー関連産業への資金提供を積極的に行っている。州政府としての政策・支援体制にはまだ課題が残るとの指摘もされているものの、既に下記のような取り組みを行うなど、支援体制強化が目指されている<sup>57</sup>。

- 地域二酸化炭素イニシアチブ (Regional Greenhouse Gas Initiative) への参加: 大型電

<sup>52</sup> Programs for Businesses and Nonprofits. <http://www.mtpc.org/renewableenergy/business.html>

<sup>53</sup> [http://www.masstech.org/renewableenergy/large\\_renewables.htm](http://www.masstech.org/renewableenergy/large_renewables.htm)

<sup>54</sup> [http://www.masstech.org/renewableenergy/green\\_buildings/ElectricUtilityMap.pdf](http://www.masstech.org/renewableenergy/green_buildings/ElectricUtilityMap.pdf) にて該当地域を確認することができる。

<sup>55</sup> MTC. Large Onsite Renewables Initiative. [http://www.masstech.org/renewableenergy/large\\_renewables.htm#](http://www.masstech.org/renewableenergy/large_renewables.htm#)

<sup>56</sup> Clean Energy Industry Poised to Become 10<sup>th</sup> Largest in MASS. [http://www.mass.gov/envir/press/pressreleases/080807\\_cluster\\_census.pdf](http://www.mass.gov/envir/press/pressreleases/080807_cluster_census.pdf)

<sup>57</sup> 同上

力発電所からの二酸化炭素排出量を売却し、その売上げをエネルギー効率向上及びクリーンエネルギー利用奨励に充てることを目指すもの。

- 「実例指導知事令 (Leading by Example - Clean Energy and Efficient Buildings Executive Order)」の発行：州施設におけるエネルギー効率の向上と、クリーンエネルギーの利用促進を目的として、2007年4月に発令された。この州知事令で設定された目標は、①2012年までに州施設における消費エネルギーを2002年当時レベルの20%削減、2050年までに35%削減、②今後5年間で二酸化炭素排出量を25%削減、2020年までに40%削減、2050年までには80%削減。

### (3) 州内企業

マサチューセッツ州内には、クリーンエネルギー分野で躍進するベンチャー企業が多く見られる<sup>58</sup>。下記はその一例である。

- コナルカテクノロジー社 (Konarka Technologies, Inc.)<sup>59</sup>：同社は、マサチューセッツ大学 (UMASS: University of Massachusetts) での研究成果を元に、2001年に創設された、太陽エネルギー技術の開発を手がけるベンチャー企業である。同社は、パワープラスチック (Power Plastic®) と呼ばれる、光をエネルギーに代える製品を製造しており、さらなる軽量化と用途の多様化を目指した開発も進めている。2002年にRETのII&Dプログラムから150万ドルの融資を受けている同社は、本社をマサチューセッツ州ローエル (Lowell) に置き、ヨーロッパ本社をドイツに、ヨーロッパR&D支社をオーストリアとスイスに持つなど、世界展開にも乗り出している。
- プレミアムパワー社 (Premium Power Corporation)<sup>60</sup>：同州アンドーバー (Andover) に本社を置く同社は、「ジンクフロー (Zinc-Flow)」エネルギー貯蔵システムと呼ばれる独自の技術を元にした、燃料電池の製造・販売を行っている。2002年に創業した同社は、2006年にRETより50万ドルの資金援助を受けている。

## 4. ニューメキシコ州

ニューメキシコ州のクリーンエネルギークラスターでは、クラスターに参加する企業の募集が行われている段階であり、前出のコロラド州が既に産官学の共同で多くの取り組みを行っているのに比べると、まだ発展途上にあると言える。

同州のクリーンエネルギー活動は州政府が主導しており、その活動の中心となるクリーンエネルギークラスターは、アルバカーキ (Albuquerque) 及びその近郊の新興開発地域「メサデルソル地区 (Mesa Del Sol)」に位置することになる<sup>61</sup>。このメサデルソルは、住居・企業・ショッピング

<sup>58</sup> Massachusetts Technology Collaborative, "Industry Investment and Development (II&D) Program. [http://www.masstech.org/renewableenergy/industry\\_support.htm](http://www.masstech.org/renewableenergy/industry_support.htm)

<sup>59</sup> Konarka. <http://www.konarkatech.com/>

<sup>60</sup> Premium Power. <http://www.premiumpower.com/company.php>

<sup>61</sup> Governor Bill Richardson Announces Advent Solar Plant Will Up To 1000 New Jobs to Bernalillo County.

グセンター・学校・公園など多くの施設を備える地域として設計されており、2009年夏に第1次入居者募集を目指している<sup>62</sup>。同地域の開発は複数組織により共同で行われており、参加団体は、開発会社のフォレスト・シティ・コビングトン社 (Forest City Covington) に加え、ニューメキシコ州公有地管理局 (New Mexico State Land Office)、ニューメキシコ大学 (University of New Mexico)、バーナリロ郡 (Bernalillo County) 及びニューメキシコ州となっている<sup>63</sup>。

メサデルソル地域には、研究活動の中心であるエネルギー省附属サンディア国立研究所 (SNL: Sandia National Laboratory)<sup>64</sup>や、メサデルソル地区を新たな工場建設地に選んだアドベント・ソーラー社 (Advent Solar、(3) セクションにて後述) が既に存在するが、今後、さらに多くの企業が本地域に根付くことが期待されている。

### (1) クリーンエネルギークラスター主導団体

ニューメキシコ州におけるクリーンエネルギー活動の推進・主導組織はニューメキシコ州政府であり、ニューメキシコエネルギー・鉱物・天然資源課 (EMNRD: New Mexico Energy, Minerals and Natural Resources Department) 内のエネルギー保全・管理部門 (ECMD: Energy Conservation and Management Division) は、州内企業・市民・大学・研究施設と共同で、クリーンエネルギーインフラ整備や、太陽熱発電設備やハイブリッド車の購入に対して税控除を行うといったクリーンエネルギー関連プログラムを実施している<sup>65</sup>。

クリーンエネルギー研究開発活動においては、SNLが中心的存在となっている。同研究所の6つのミッションのひとつにエネルギー及びインフラの安定 (Energy and Infrastructure Assurance) があり、その達成のために再生可能エネルギー技術部門 (Renewable Energy Technology) と分散型エネルギー貯蔵部門 (Distributed Energy Storage) において技術開発が行われている。また、州内大学との連携にも積極的な同研究所は、ニューメキシコ大学 (University of New Mexico) ・ニューメキシコ州立大学 (New Mexico State University) ・ニューメキシコ工科大学 (New Mexico Institute of Mining and Technology) との共同研究機会の増加を目指している。さらに、各校における科学技術研究開発支援のために、同研究所の管理を国から委託されているロッキードマーティン社 (Lockheed Martin) より1校につき5万ドルの資金提供を行うなど、資金面での援助にも積極的である<sup>66</sup>。

---

[http://www.governor.state.nm.us/press/2005/nov/111005\\_1.pdf](http://www.governor.state.nm.us/press/2005/nov/111005_1.pdf)

<sup>62</sup> FAQ about Mesa Del Sol. <http://www.mesadelsolnm.com/The-Big-Picture.aspx>

<sup>63</sup> Governor Bill Richardson Announces Advent Solar Plant Will Up To 1000 New Jobs to Bernalillo County. [http://www.governor.state.nm.us/press/2005/nov/111005\\_1.pdf](http://www.governor.state.nm.us/press/2005/nov/111005_1.pdf)

<sup>64</sup> <http://www.sandia.gov/>

<sup>65</sup> Energy Conservation and Management Division. <http://www.emnrd.state.nm.us/ecmd/index.htm>

<sup>66</sup> Sandia Lab News. <http://www.sandia.gov/LabNews/ln03-03-06/labnews03-03-06.pdf>

## (2) 政策・施策

同州の知事であるビル・リチャードソン (Bill Richardson) は、クリントン政権において1998年から2001年までエネルギー長官を務めた人物であり、現在もエネルギー政策には積極的である<sup>67</sup>。2004年から2006年の間にクリーンエネルギー活動関連の州知事令を4つ発行している。

表2 ニューメキシコ州知事令

発行日	タイトル	内容
2004年 4月14日	ニューメキシコ「クリーンエネルギー州」宣言	- クリーンエネルギー開発委員会の設置 - 州内省庁に対しクリーンエネルギー活動に対する支援を指示
2005年 6月9日	気候変動と二酸化炭素排出量削減	- 気候変動行動委員会の設立 - 気候変動諮問グループによる二酸化炭素排出量削減に対する具体的目標作成
2005年 9月23日	州政府における再生可能エネルギー利用奨励	州内省庁及び学校が保有する車両における再生可能燃料使用量を、2010年までに総ガソリン使用量の15%とする目標設定
2006年 1月16日	州内建築物のエネルギー効率基準設定	州内建造物のエネルギー効率を高めるという目標達成のための基準設定

出所: ECMD 資料をもとに作成

また、クリーンエネルギークラスター発展を支える企業や研究施設に対する政策としては、以下のような税控除措置やプログラムの設立などがある。

- 再生可能エネルギー標準 (RPS: Renewable Portfolio Standard) の設定: 同州における再生利用可能エネルギー利用の割合を2011年までにエネルギー消費量全体の10%にするという法律が、2004年3月に州知事の署名により成立した<sup>68</sup>。
- 先進エネルギー製品製造企業税金免除 (Advanced Energy Product Manufacturers Tax Credit): 先進エネルギー車両・燃料電池システム・再生可能エネルギーシステムの製造業者に対し、最大5%の税金控除が適用される法律が、2007年7月1日より施行されている。
- エネルギーイノベーション基金 (Energy Innovation Fund): 2007年に設置された本基金は、州内クリーンエネルギー技術の商業化促進を目的とした研究・プロジェクトを行う企業や大学に対して給付されるもので、資本金は200万ドルである。同年7月には、最初のグラント受給者5団体が選出された<sup>69</sup>。

<sup>67</sup> Governor Bill Richardson. <http://www.governor.state.nm.us/governor.php>

<sup>68</sup> Creating the California Cleantech Cluster. <http://www.calcef.org/archive/documents/cleantechcluster.pdf>

<sup>69</sup> Governor Bill Richardson Announces First Grantees for the Energy Innovation Fund. <http://www.mesadelsolnm.com/The-Big-Picture-FAQs.aspx>

### (3) 州内企業

アルバカーキ・メサデルソル地域におけるクリーンエネルギー関連の代表的な企業としては、アドベント・ソーラー社 (Advent Solar)<sup>70</sup>、スカイフューエル社 (Skyfuel)<sup>71</sup>がある。

- アドベント・ソーラー社：太陽電池モジュールの製造を行っている同社は、本社をアルバカーキに持ち、2002年に創立、翌年に操業開始という、メサデルソル地区クリーンエネルギー関連企業としては最初に設立された企業である。同社の技術は、現CTO（最高技術責任者）であるジェームス・ジー氏（James Gee）がSNLの科学者であった時代に開発したものである<sup>72</sup>。2005年以降ニューメキシコ大学製造技術・トレーニングセンター（Manufacturing Technology and Training Center）に試験的製造ラインを設置し、将来的な完全操業の工場建設を目指してきた<sup>73</sup>。2007年2月に工場が完成・操業開始に至り、2010年までに従業員1,000人というさらなる拡大を目指してきたが、9月に入り従業員の一時解雇が小規模ながらも行われており、当初の計画が停滞している模様である<sup>74</sup>。
- スカイフューエル社：同社は集光型太陽熱発電（CSP: Concentrating Solar Power）技術を使った発電及びその技術の産業への適用に取り組んでいる。2007年には、ニューメキシコ大学と共同で取り組む低価格で実用規模の集光型太陽熱発電開発事業（Utility Scale Concentrating Solar Project）に対して、ニューメキシコ州エネルギーイノベーション基金から22万6,000ドルを受け取っている<sup>75</sup>。また同社は、ニューヨーク州本社に続き、アルバカーキに新しく支社及び工場を建築する予定であることを既に発表している<sup>76</sup>。

### Ⅲ. 今後の動向

米国内では、州によってクラスターとしての発展レベルに違いはあるものの、クリーンエネルギークラスター形成の動きは各地で活発化しており、本調査で言及した州以外にも、ミネソタ州、テキサス州、コネチカット州などで、クリーンエネルギークラスター形成の動きが見られた。連邦政府レベルでも米国クリーンエネルギー化に向けての法整備が行われており、またクリーンエネルギー分野での産官学共同での取り組みも今後活発化すると考えられる。

---

<sup>70</sup> Advent Solar. <http://www.adventsolar.com/>

<sup>71</sup> SkyFuel. <http://www.skyfuel.com/>

<sup>72</sup> Advent Solar. Technology Info. [http://www.adventsolar.com/tech/technology\\_info.html](http://www.adventsolar.com/tech/technology_info.html)

<sup>73</sup> Solar Firm Cuts Ribbon. <http://www.abqjournal.com/AED/347334business05-04-05.htm>

<sup>74</sup> Advent Solar announces layoffs. <http://kob.com/article/stories/S185572.shtml?cat=516>

<sup>75</sup> Governor Bill Richardson Announces First Grantees for the Energy Innovation Fund. <http://www.mesadelsonm.com/The-Big-Picture-FAQs.aspx>

<sup>76</sup> Three companies plan solar startup facilities in southwest. [http://ecmweb.com/news/three\\_companies/](http://ecmweb.com/news/three_companies/)



## 第2章 米国における産学連携の最新動向

### I. はじめに

1980年代より米国における産学連携は活発であったが、近年では知的財産権の取り扱いを巡って大学と企業が対立するなど、産学連携における問題点も指摘されている。本調査においては、最新の統計データや事例に基づき、米国における産学連携の最新動向及び課題を整理する。

### II. 米国における産学連携の実態

#### 1. 産学連携の実態における最新動向

##### (1) 企業から大学への研究資金

全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) の監督機関である全米科学委員会 (NSB: National Science Board) によると、2006年度における米大学の科学・工学R&D拠出額は477億6,000万ドルであり、前年度より4.3%増加している。民間企業からの資金提供額は2002年度から2004年度まで3年連続で減少していたが、2005年と2006年は増加傾向にあり、2006年度は前年度よりも5.8%増加の24億2,300万ドルが提供されている<sup>77</sup>。しかし、過去4年間に於いて、大学が獲得するR&D資金の内訳に大きな変化は見られず、5%前後を維持している(表3参照)。ここで、民間企業による資金提供はR&D活動を目的としたグラントもしくは契約金に限定されていることから<sup>78</sup>、共同研究や契約研究という形式に見られる産学連携に著しい変化はないと推測できる。

表3 提供源別に見る米大学の科学・工学 R&D 拠出額 (2003年度～2006年度)

単位：億ドル

	2003年		2004年		2005年		2006年	
	額	割合	額	割合	額	割合(%)	額	割合
連邦政府	247.59	61.8	276.31	63.9	291.91	63.8	300.33	62.9
州・地方政	26.46	6.6	28.79	6.7	29.42	6.4	30.16	6.3
<b>民間企業</b>	<b>21.62</b>	<b>5.4</b>	<b>21.29</b>	<b>4.9</b>	<b>22.94</b>	<b>5.0</b>	<b>24.28</b>	<b>5.1</b>
大学本体	76.63	19.1	77.52	17.9	82.58	18.0	90.62	19.0
その他	28.57	7.1	28.52	6.6	30.93	6.8	32.21	6.7
合計	400.87	100	432.42	100	457.77	100	477.60	100

出所：National Science Board. “Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2006”. November 2007. <http://www.nsf.gov/statistics/nsf08300/pdf/nsf08300.pdf> Table 1  
を基に作成

注：数値は四捨五入しているため合計は必ずしも一致しない。

<sup>77</sup> National Science Board. “Universities Report Stalled Growth in Federal R&D Funding in FY 2006”. September 2007. <http://www.nsf.gov/statistics/infbrief/nsf07336/>

<sup>78</sup> National Science Board. “Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2004”. <http://www.nsf.gov/statistics/nsf06323/appa.htm#survey>

2006年度の民間企業からの獲得資金額における上位10大学は以下のとおりである(表4参照)。獲得資金が最も多いデューク大学(Duke University)は少なくとも2003年度より1位の座を確保しており、獲得金額でも2位に大きく差をつけている。この背景には、デューク大学が所在するノースカロライナ州ではデューク大学・ノースカロライナ大学(University of North Carolina)・ノースカロライナ州立大学(North Carolina State University)の周辺地域を中心に、産学連携研究と民間R&D機能の誘致を促進することで地域経済の進展を目指したりサーチトライアングル(Research Triangle)が設置されており<sup>79</sup>、産学連携を実施するための環境が整備されていることもあると考えられる。

表4 民間企業からのR&D資金獲得額上位大学(2006年)

順位	大学名	私立/州立	民間からのR&D資金額(ドル)
1	Duke University	私立	1億3,300万
2	Ohio State University, All Campuses	州立	1億625万
3	Pennsylvania State University, All Campuses	州立	8,917万
4	Massachusetts Institute of Technology	私立	7,579万
5	University of Washington	州立	5,677万
6	Purdue University, All Campuses	州立	4,555万
7	North Carolina State University	州立	4,196万
8	University of California-San Diego	州立	3,983万
9	University of Pennsylvania	私立	3,835万
10	Georgia Institute of Technology, All Campuses	州立	3,728万

出所: National Science Board. “Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2006”. November 2007. Table 30

注: 1,000ドル以下の値は四捨五入してある。

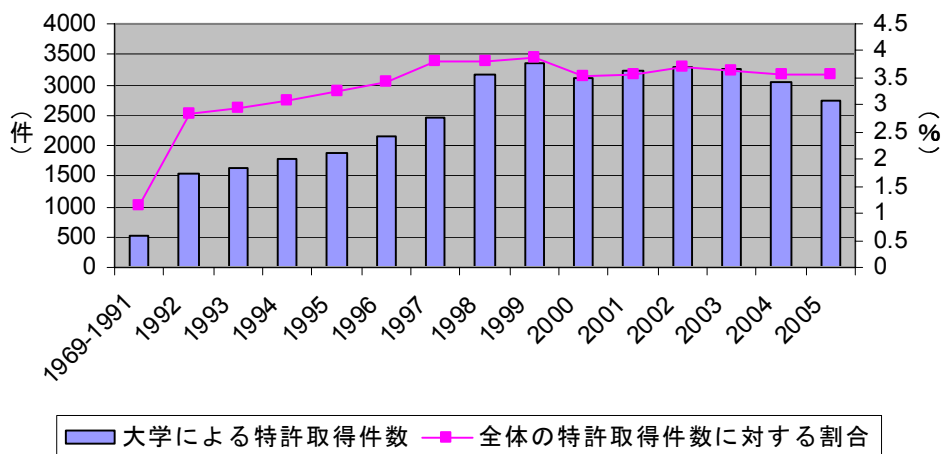
## (2) 大学による特許取得件数

米国特許商標局(USPTO: US Patent and Trademark Office)が公表している特許取得件数のデータを見ると、1969年から1991年の間に米国で取得された特許総数のうち大学が取得した特許件数が占める割合は1.14%であるのに対し、2005年にはこの割合は3.57%にまで拡大している(図

<sup>79</sup> Harvey Goldstein. “The role of knowledge infrastructure in regional economic development: the case of the Research Triangle; Company overview” in *Canadian Journal of Regional Science*.

2 参照)<sup>80</sup>。このことから、1980 年に成立したバイドール法 (Bayh-Dole Act)<sup>81</sup> 制定の影響もあり、1990 年以降、大学が積極的に特許を取得していることがわかる。

図 2 大学による特許取得件数の推移



出所：USPTO. “U. S. Colleges and Universities- Utility Patent Grants 1969-2005” .  
 注：1969 年から 1991 年における大学による特許取得件数は同期間の取得総数から 1 年当たりの平均取得数を算出した

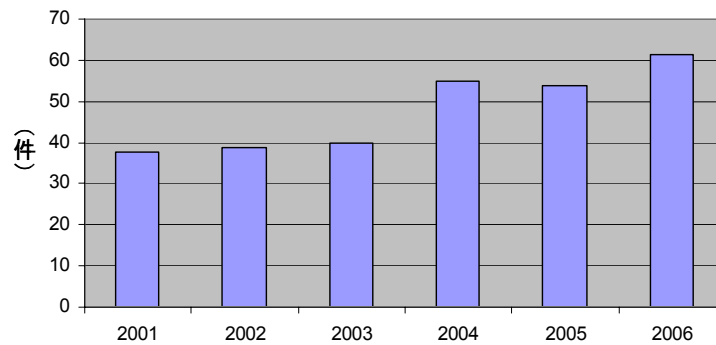
2005 年における大学の特許取得件数は 2,725 件であり、1998 年以降初めて 3,000 件を下回っているが、この背景には、USPTO における特許審査の滞貨問題が挙げられている<sup>82</sup>。しかし、大学技術マネージャー協会 (AUTM: Association of University Technology Manager) のデータによると、1 大学当たりの特許申請件数は増加傾向にあることから、大学の特許活動は活発であることがわかる (図 3 参照)。

<sup>80</sup> USPTO. “U. S. Colleges and Universities- Utility Patent Grants 1969-2005” .  
[http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/univ/asgn/table\\_1\\_2005.htm](http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/univ/asgn/table_1_2005.htm)

<sup>81</sup> 連邦政府の資金援助を受けて行われた大学での研究成果に対して、知的財産権を大学が保有することを定めている。

<sup>82</sup> Association of University Technology Managers. “AUTM U. S. License Survey FY2005” .  
[http://autm.net/events/File/US\\_LS\\_05Final\(1\).pdf](http://autm.net/events/File/US_LS_05Final(1).pdf)

図 3 1 大学当たりの特許申請件数の推移



出所：AUTM. “AUTM U.S. License Survey FY2006” を基に作成

USPTOのデータによると、2005年に取得した特許件数では、全キャンパスを総合した数<sup>83</sup>ではあるもののカリフォルニア大学（University of California）が390件で1位となっている。2位のマサチューセッツ工科大学（MIT: Massachusetts Institute of Technology）の取得件数である136件と比べると、3倍近い特許を取得しており、特許取得においてはカリフォルニア大学が他大学を圧倒していることが伺える（表5参照）。

表 5 特許取得件数上位大学（2005年）

順位	大学名	取得特許件数	2004年の順位
1	University of California	390	1
2	Massachusetts Institute of Technology	136	3
3	California Institute of Technology	101	2
4	Stanford University	90	6
	University of Texas	90	4
6	University of Wisconsin	77	8
7	Johns Hopkins University	71	5
	University of Michigan	71	7
9	University of Florida	64	13
10	Columbia University	57	10

出所：USPTO. “Calendar Year 2005 Preliminary List of Top Patenting U.S. Universities” .

March 13, 2006. 2007. <http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/top05univ.htm>

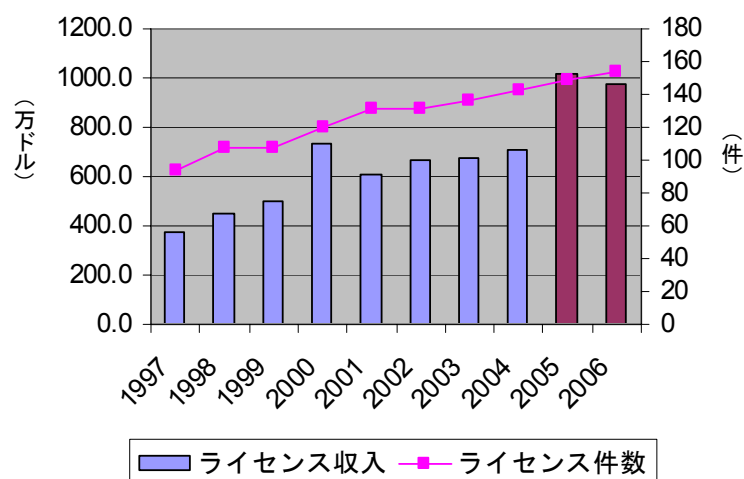
注：USPTOは、2006年以降の特許取得件数上位大学の発表を行わないとしている。この背景には、米国全体における近年の特許出願件数の増加が、USPTOの滞貨や特許審査の質の低下などの深刻な問題を引き起こしていることがある。この問題を受けて、現在議会では特許制度の改革が審議されおり、産業界でも特許の数を重視する姿勢を見直す動きが出ている。USPTOは、これまでに企業を含めた特許取得数のランキングを毎年発表していたが、特許件数の偏重を助長するとして、2008年からはこのランキング発表も取りやめることになっている。

<sup>83</sup> カリフォルニア大学には、Berkeley、Davis、Irvine、Los Angeles、Merced、Riverside、San Diego、San Francisco、Santa Barbara、Santa Cruzの10キャンパスが存在する。

### (3) 大学におけるライセンス収入

AUTMのデータによると、2006年度の大学・病院・研究機関による1機関当たりのライセンス件数<sup>84</sup>は約154件で、ライセンス収入の平均は約978万ドルである<sup>85</sup>。2005年度の1機関当たりのライセンス件数は約149件、ライセンス収入の平均額は1,013万ドルであったことから、ライセンス件数は増えているもののライセンス収入は減額しており、ライセンス1件当たりの収入が減少したことがわかる。また、1997年度以降の推移を見るとライセンス件数は2001年度以降増加傾向にあることから（図4参照）、ライセンス契約という形式での産学連携は安定していると見ることができる。なお、大学や研究機関からライセンス供与を受けた結果として、2006年度に市場に流通した新製品の数は697あり、2005年度の527よりも多くなっている<sup>86</sup>。

図4 1機関当たりのライセンス件数及びライセンス収入の推移



出所：AUTM. “AUTM U. S. License Survey FY2004”： “AUTM U. S. License Survey FY2005”： “AUTM U. S. License Survey FY2006” を基に作成

注：2004年度までのライセンス収入は複数の大学・病院・研究機関が重複した申告した収入を除いた額を用いている。しかし、AUTMは2005年以降、このような数値を公表していないため、2005年・2006年のライセンス収入には重複分も含まれている可能性がある。

2006年度の大学別ライセンス収入を見ると、カリフォルニア大学の1億9,350万ドルが最も多い（表6参照）。これは、2006年にモンサント社（Monsant）との特許侵害訴訟で和解が成立し、同社が約1億ドルのライセンス使用料を支払ったことが背景にある。ニューヨーク大学（New York University）は前年度に引き続いて2位につけているが、同大学は関節炎やその他の炎症に対する特効薬であるレミケード（Remicade）に対する特許を所有しており、この特許からのライセンス収

<sup>84</sup> 新規・既存の契約を含める。

<sup>85</sup> Association of University Technology Managers. “AUTM U. S. License Survey FY2006”. [http://www.autm.net/events/file/AUTM\\_06\\_US%20LSS\\_FNL.pdf](http://www.autm.net/events/file/AUTM_06_US%20LSS_FNL.pdf)のデータを基にワシントンコア算出。

<sup>86</sup> “The State of Tech Transfer” in *Inside Higher Ed*. December 4, 2007. <http://insidehighered.com/news/2007/12/04/autm>

入が主要なライセンス収入源となっている<sup>87</sup>。また表6にあるように、ライセンス収入とライセンス件数の相関性は低く、1件当たりのライセンス契約における収入には格差があることが伺える。

表6 ライセンス収入上位大学（2006年度）

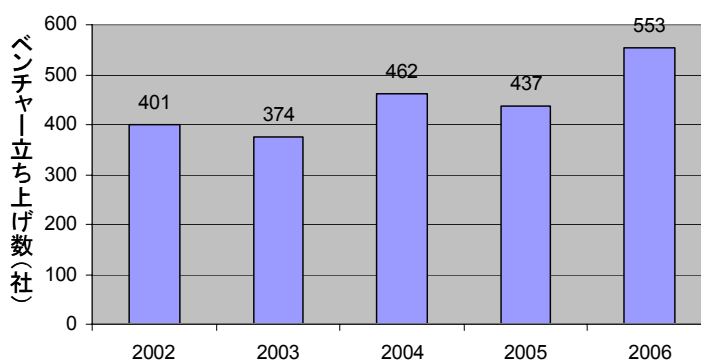
順位	大学・機関名	ライセンス収入 (ドル)	ライセンス件数
1	University of California	1億9,350万	1,750
2	New York University	1億5,740万	195
3	Stanford University	6,130万	1,293
4	Wake Forest University	6,060万	64
5	University of Minnesota	5,620万	720
6	Massachusetts Institute of Technology	4,250万	740
7	University of Florida	4,290万	361
8	University of Wisconsin-Madison	4,240万	907
9	University of Rochester	3,800万	98
10	University of Washington	3,620万	875

出所：AUTM. “AUTM U.S. License Survey FY2006”

#### (4) 大学発ベンチャー

AUTMによると、2006年度に大学からスピンアウトしたベンチャーは553社である。過去5年間の推移を見ると、各年のベンチャー立ち上げ数に多少の増減はあるものの全体としては増加傾向にあり（図5参照）、大学からのベンチャー創出活動は活発であるといえる。

図5 大学発ベンチャー数の推移



出所：AUTM. “AUTM U.S. License Survey FY2003”： “AUTM U.S. License Survey FY2004”： “AUTM U.S. License Survey FY2005”： “AUTM U.S. License Survey FY2006” を基に作成

なお、1980年度以降に立ち上げられた大学発ベンチャーの数は5,724社に上り、2日間に1社

<sup>87</sup> Goldie Blumenstyk. “3 More Universities Join \$10-Million Club in Annual Revenue From Licensing Inventions” in *Chronicle of Higher Education*. December 14, 2007.

のベンチャーが誕生している計算となる<sup>88</sup>。近年に創出された代表的な大学発ベンチャーの例を以下にまとめる（表7参照）。

表7 大学発ベンチャーの例

分野	ベンチャー	創設年	所在地(州)	大学	概要
バイオ	Phthisis Diagnostics	2005	Virginia	University of Virginia	感染症に対する分子診断テストを開発。2006年、2007年にNIHからグラントを獲得している。
医療機器	MedShape Solutions	2006	Georgia	University of Colorado	体内への侵入を最低限に抑えるための外科用機器を開発。
ソフトウェア	Intelligent Search Technologies	2005	Virginia	University of Virginia	医療関係の論文を対象としたサーチエンジンを提供。
産業・エネルギー	HyPhase Energy	2004	California	University of California-Davis	クリーンエネルギー技術を用い、耐久性・性能に優れた燃料電池を開発。
通信	Broadband Antenna Tracking Solutions	2006	Indiana	Purdue University	無線ブロードバンドの適切な信号特性を維持するための自動指向性アンテナのシステムを開発。
電子・器具	2K Corporation	2007	Indiana	Purdue University	梱包物内の爆発物探知機を開発。

出所：National Council of Entrepreneurial Tech Transfer. “The University Startups List”. June 2007.

注：ベンチャーの分野は出所の分類によるもの。

本節で挙げた産学連携の実態における各種のデータに基づいて産学連携の最近の動向を総括すると、以下のような傾向があると考えられる。

- 共同研究・契約研究という形式での産学連携には大きな変化は無い（表3参照）
- 大学による企業へのライセンス供与という形式での産学連携も安定している（図4参照）
- 大学発ベンチャーに見られる産学連携は活発である（図5参照）

## 2. 産学連携に見られる活動事例

本節では産学連携に見られる活動事例として、以下の大学オフィスの活動を紹介する。

<sup>88</sup> AUTM. “AUTM U. S. License Survey FY2006”.

活動の内容	活動を行うオフィスの一般的な名称	取り上げる事例
大学で開発された技術のライセンス供与	技術ライセンスングオフィス・技術移転オフィス	カリフォルニア大学技術移転オフィス (Office of Technology Transfer) <sup>89</sup>
産学の共同研究や委託研究	産業リエゾンオフィス	ペンシルバニア州立大学産業研究オフィス (Pennsylvania State University, Industrial Research Office) <sup>90</sup>
産学連携のための研究所の設置	—	スタンフォード大学統合システム研究所 (Stanford University, Center for Integrated System: CIS) <sup>91</sup>
大学発ベンチャーの支援	—	パデュー大学技術商用化オフィス (Purdue University, Office of Technology Commercialization) <sup>92</sup>

### (1) カリフォルニア大学技術移転オフィス

カリフォルニア大学には 10 のキャンパスが存在するが、全キャンパスを統括する技術移転オフィスと各キャンパスに所属する技術移転オフィスが連携して同大学における研究成果の活用を管理していることが特徴的であると言える<sup>93</sup>。統括的な技術移転オフィスは、カリフォルニア大学の技術移転における戦略的な方向付けを行う役割を担っており、以下の活動を行っている<sup>94</sup>。

- 知的財産政策を策定・実施する
- 特許を取得する
- ライセンス供与を行う
- ライセンスやその他の知的財産契約の実施状況を監視する
- ライセンス収入などを分配する
- 各キャンパスに対して著作権・商標・研究資金合意に関する支援を行う
- カリフォルニア大学と連携する手段に関するフォーラムを開催する
- ウェブサイトなどを通して移転が可能な技術を公共に紹介する

これらの活動もあり、カリフォルニア大学は 2006 年度に 473 件のライセンス契約を新たに締結している。既存の契約も含めると、同大学によるライセンス契約の総数は 1,750 件に上る<sup>95</sup>。

<sup>89</sup> ウェブサイトは<http://www.ucop.edu/ott/>

<sup>90</sup> ウェブサイトは<http://www.research.psu.edu/iro/index.html>

<sup>91</sup> ウェブサイトは<http://cis.stanford.edu/>

<sup>92</sup> ウェブサイトは<http://www.prf.org/otc/index.asp>

<sup>93</sup> University of California Office of Technology Transfer. <http://www.ucop.edu/ott/>

<sup>94</sup> University of California Office of Technology Transfer. “The Office of Technology Transfer”. <http://www.ucop.edu/ott/about.html>

<sup>95</sup> University of California Office of Technology Transfer. “UC Tech Transfer Annual Report FY06”.



## (2) ペンシルバニア州立大学産業研究オフィス

ペンシルバニア州立大学の産業研究オフィスは、ライセンス契約を担当する知的財産オフィス (Intellectual Property Office) や大学発ベンチャー支援を行う研究商用化オフィス (Research Commercialization Office) などと共に、ペンシルバニア大学の技術移転組織 (Technology Transfer Organization) に属しており<sup>96</sup>、包括的な技術移転アプローチの一貫として機能していることが特徴である。このような取り組みの結果、同大学は 2006 年度に 800 社以上の企業と 1,500 以上の共同・契約研究を行っており、総額 8,900 万ドル以上の研究資金を企業から獲得している。産業研究オフィスは研究所や教授といった同大学の研究リソースと外部との連携を確立するための窓口として機能しており、工学及び事業に関する専門知識を持った職員を配置することで、企業のニーズを適切に汲み取る努力を行っている。産業研究オフィスでは、以下の支援活動を通して産学連携を促進している<sup>97</sup>。

- 企業が必要とする研究分野を特定する
- 大学研究者との最初の会合を設定・実施する
- 知的財産や契約に関する企業の質問・懸念に対応する
- 産業界に関係するワークショップの開催をサポートする

## (3) スタンフォード大学統合システム研究所

産学連携の形態としては、大学と企業が個々に共同・契約研究を実施する他に複数の企業が大学研究施設を支援することがあるが、スタンフォード大学の統合システム研究所はこの代表的な成功例である<sup>98</sup>。総合システム研究所は、世界最高レベルの研究及び教育プログラムを確立することを目的に 1983 年に設立されており、ハードウェアとソフトウェアの相互作用や半導体、電子技術、コンピューターシステムを含む総合システムの研究を行っている<sup>99</sup>。現在は、インテル社 (Intel)、IBM社、テキサス・インスツルメンツ社 (Texas Instruments) といった米国企業の他に、東芝や日立などの日系大手企業も同研究所の後援企業である<sup>100</sup>。

総合システム研究所では、産学連携を促進するために以下の活動目標を掲げている<sup>101</sup>。

- 研究を通じて院生、教授と産業の連携を促進する

---

<http://www.ucop.edu/ott/genresources/documents/OTTRptFY06.pdf>

<sup>96</sup> Penn State Senior Vice President for Research. “Technology Transfer” .

<http://www.research.psu.edu/tt/index.html>

<sup>97</sup> Penn State Industrial Research Office. “For Industry Partners” .

<http://www.research.psu.edu/iro/services/industry.html>

<sup>98</sup> Bronwyn H. Hall, “University-Industry Research Partnerships in the United States” , *University of California, Berkeley, Kansai Conference Paper* February 2004.

<sup>99</sup> T. J. Babbitt. “Research group to end exclusion-The Center for Integrated Systems may admit two Japanese companies” in *University Wire*. December 4, 1997. : CIS. “Vision & Mission” .

<http://cis.stanford.edu/structure/>

<sup>100</sup> CIS. “Management Structure” . <http://cis.stanford.edu/structure/manage.html>

<sup>101</sup> CIS. “Vision & Mission” . : Stanford University. “Electrical Engineering Graduate Program Handbook 2007-2008” . September 8, 2007. <http://ee.stanford.edu/gradhandbook/gradhandbook.pdf>

- 産業への技術移転を加速化する
- パートナー企業とスタンフォード大学間において、技術及び運営手法におけるベストプラクティスの情報を交換する機会を提供する
- 高品質の製品を低価で提供するという後援企業の目的を達成するための長期的なビジョンとイノベーションを提供する

総合システム研究所は後援企業が最先端技術開発において優位に立つための研究に専念しており、研究分野を特定する際にも後援企業からのインプットを重視している<sup>102</sup>。なお、同研究所はスタンフォード大学によって運営されているが、後援企業は研究資金だけでなく、企業内研究者などのリソースも提供している<sup>103</sup>。

#### (4) パデュー大学技術商用化オフィス

パデュー大学は、同大学からライセンス供与を受けた企業と投資家とのマッチングや周辺地域のベンチャーに対する支援など、多様なプログラムを通じた産学連携を提供している。また、これらのプログラムを活用することで同大学発ベンチャーを促進していることも特徴的であるといえる。

パデュー大学における大学発ベンチャーへの支援は技術商用化オフィスが担当している。同オフィスはパデュー大学に集められた寄付金や同大学の知的財産を管理するパデュー研究財団(Perdue Research Foundation)に属しており<sup>104</sup>、以下の活動を行っている<sup>105</sup>。

- パデュー大学の研究成果を管理し、適切な知的財産権を取得する
- 知的財産のライセンス供与を行う
- 大学発ベンチャーを支援する

技術商用化オフィスはまず研究成果の開発状況や内容を吟味し、ライセンス供与とベンチャー起業のどちらが商用化に適切であるかを検討する。起業が適切であると判断した場合、技術商用化オフィスは、パデュー研究財団や地域の起業家、パデュー大学卒業生、及び投資家などと綿密に協力し、①技術の商用化、②ベンチャーの設立、③資金確保における支援を行っている<sup>106</sup>。このような支援体制を活用し、これまでに40名のパデュー大学教授が同オフィスを通して起業しているという<sup>107</sup>。

また、パデュー研究財団は以下の2つのプログラムを通じた産学連携の促進も行っている。こ

<sup>102</sup> Stanford University. “Electrical Engineering Graduate Program Handbook 2007-2008”. September 8, 2007. <http://ee.stanford.edu/gradhandbook/gradhandbook.pdf>

<sup>103</sup> CIS. “Vision & Mission” .

<sup>104</sup> Purdue OTC. “About OTC” . [http://www.prf.org/otc/about\\_otc.asp](http://www.prf.org/otc/about_otc.asp)

<sup>105</sup> Purdue OTC. “Processes” . <http://www.prf.org/otc/processes.asp>

<sup>106</sup> 同上

<sup>107</sup> Purdue OTC. “About OTC” .

これらのプログラムは、パデュー大学発ベンチャーの支援においても活用されている<sup>108</sup>。

- パデューゲートウェイズプログラム (Purdue Gateways Program) : 企業発展の支援を目的としており、資金確保戦略の策定や経営チームの確立支援などを行っている<sup>109</sup>。パデュー大学が開発した技術のライセンス供与を受けていなくても、このプログラムに参加することができる。
- ビジネスメーカープロセス (Businessmaker Process<sup>TM</sup>) : パデュー大学がライセンス供与した技術の商用化を成功させることを目的に、投資家などとのマッチングを行っている。

### Ⅲ. 企業から見た産学連携の利点・問題

本章では産学連携が企業にもたらす利点及び課題を取り上げると共に、産学連携における課題を乗り越えるために実施されている取り組みを紹介する。

#### 1. 産学連携の利点・問題

米国における産学連携の歴史は古く、1980年代から近年まで産学連携は活発に実施されていた(図6参照)。産学連携は、公的研究資金を公共での活用につなげ、経済競争力の促進にも役立つなど、米国全体にも利益をもたらしているが<sup>110</sup>、企業が産学連携を行う背景には以下の利点がある<sup>111</sup>。

- 世界でも最先端に行く米大学の研究施設や人材を活用できる
- 大学は、個々の企業では保有することが困難な高価な研究設備を保有していることが多い
- 大学院生を研究に参加させることで研究コストを下げることができる
- 大学は、企業では行うことのできない長期的な研究を行っている<sup>112</sup>

---

<sup>108</sup> Purdue OTC. “Entrepreneurs”. <http://www.prf.org/otc/entrepreneurs.asp>

<sup>109</sup> Purdue Research Park. “Purdue Gateways Program” .

[http://www.purdueresearchpark.com/services/gateway\\_program.asp](http://www.purdueresearchpark.com/services/gateway_program.asp)

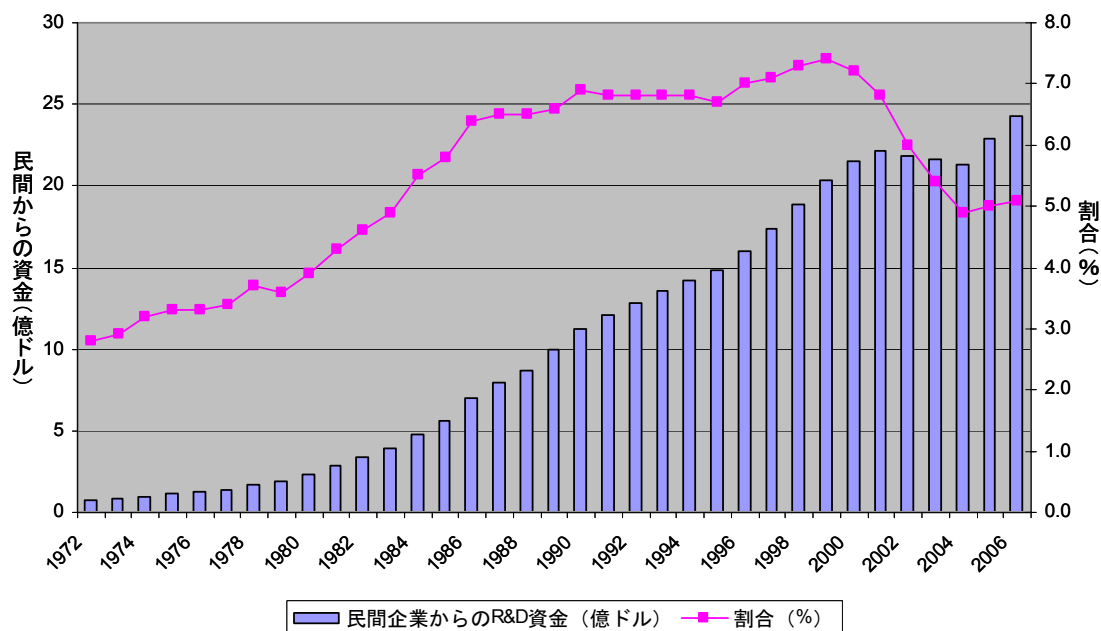
<sup>110</sup> Merrilea J. Mayo. “University-Industry Demonstration Partnership” . [http://uidp.org/UIDP\\_Intro.pdf](http://uidp.org/UIDP_Intro.pdf)

<sup>111</sup> Bill Destler. “A New Relationship Between Business and Academia” . November 19, 2007.

[http://www.rit.edu/president/Business\\_Academia.pdf](http://www.rit.edu/president/Business_Academia.pdf)

<sup>112</sup> Lizette Wilson. “Corporate links to academia are getting stronger” in *San Francisco Business Journal*. November 30, 2007.

図 6 民間による米大学への R&D 資金提供額と大学 R&D 資金に占める割合の推移



出所：National Science Board. ” Science and Engineering Indicators2006”： “Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2006” . November 2007. を基に作成

一方、上図にもあるように、企業による後援が大学R&D資金総額に占める割合は1999年度の7.4%を境に減少傾向にあり、2004年度以降は若干の回復が見られるものの1983年度と同等のレベルである5%前後に留まっている。この背景には以下の要因が挙げられている<sup>113</sup>。

- ライセンス収入を重視し、知的財産権に固執する大学が増加している
  - 共同研究などの契約を締結するまでの交渉に時間がかかる
  - 契約締結などの手続きにかかるコストが増加する
  - 企業による後援研究であっても、連邦政府による資金提供が一部でも関与した場合は知的財産の所有権を主張するなど、大学によるパイドール法の拡大適用が見られる
- 大学の研究者は、企業が求める結果を出すとは限らない
- 大学での研究は時間がかかることが多く、企業が求める成果がすぐに出るとは限らない

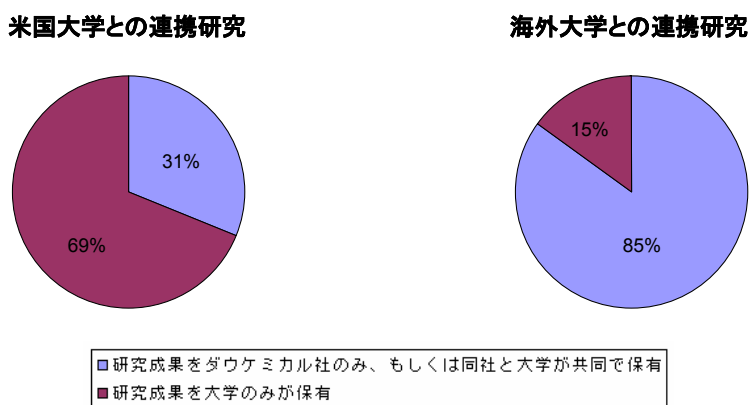
これらの問題点のうち、企業は米大学による知的財産権への固執が最も深刻な問題であると見做している。ダウ・ケミカル社 (Dow Chemical) によると、同社が米大学との連携研究において

<sup>113</sup> Merrilea J. Mayo. “University-Industry Demonstration Partnership” .: Merrilea J. Mayo. “Re-Engineering the University-Industry Partnership” . : Bill Destler. “A New Relationship Between Business and Academia” . November 19, 2007. : Susan Butts. “Testimony of Susan B. Butts Before the Subcommittee on Technology and Innovation Committee on Science and Technology” . July 17, 2007. <http://gop.science.house.gov/hearings/ets07/July%2017/Butts.pdf>: Susan Butts. “Federal Investment in Research: Implications for US Competitiveness: An Industry Perspective” in *PCAST Meeting*. April 24, 2007. [http://www.ostp.gov/PCAST/agendas/Apr-07/Butts\\_PCAST\\_Apr07.pdf](http://www.ostp.gov/PCAST/agendas/Apr-07/Butts_PCAST_Apr07.pdf)

研究成果の所有権を一部でも得た割合は全体の31%であるのに対し、海外大学との連携研究においては85%の割合で同社が研究成果の所有権を獲得しているという(図7参照)。また、ダウ・ケミカル社が米大学との連携研究の契約を締結するには平均で5カ月間以上かかる一方で、海外大学との契約は数週間で締結されており、海外大学との交渉は容易かつ迅速であることも、同社にとって海外大学との連携研究が魅力的になっている要因となっている。このように、海外大学は知的財産権への固執が少なく、さらに研究の質も向上していることから、米大学よりも海外大学との連携研究を好む企業が増えているのが現状である<sup>114</sup>。

また、次章で取り上げるBP社とカリフォルニア大学バークレー校(University of California at Berkeley)の連携では学内外から学術研究の自由を守るべきであるとの声が上がったように<sup>115</sup>、企業が連携研究の方向性を管理し難いことも、企業から見た産学連携の問題点であると考えられる。

図7 産学連携における研究成果の保有状況(ダウ・ケミカル社のケース)



出所: Susan Butts. “Testimony of Susan B. Butts Before the Subcommittee on Technology and Innovation Committee on Science and Technology”. July 17, 2007.

## 2. 新しい産学連携形態の模索

前節で述べた産学連携における知的財産権の問題を解決するための取り組みとして、ここでは、①IBM社の主導の下に策定されたオープンコラボレーション原則(Open Collaboration Principles)と、②全米アカデミー(National Academies)の「産学官連携のための協議会(GUIRR: Government-University-Industry Research Roundtable)<sup>116</sup>」によって設立されたプロジェクトである産学デモンストレーションパートナーシップ(UIIDP: University-Industry Demonstration Partnership)を紹介する。

<sup>114</sup> Susan Butts. “Testimony of Susan B. Butts Before the Subcommittee on Technology and Innovation Committee on Science and Technology”. July 17, 2007.

<sup>115</sup> 詳細はIV章を参照。

<sup>116</sup> GUIRRは産学官の代表者によって構成されており、産学官連携や研究者の育成など科学技術研究に関する課題についての協議を行っている。ウェブサイトは<http://www7.nationalacademies.org/guirr/>

## (1) オープンコラボレーション原則

2005年8月、IBM社とユーイング・マリオン・カウフマン財団(Ewing Marion Kauffman Foundation)は、大学・産業イノベーションサミット(University and Industry Innovation Summit)を開催し、IT産業及び学界からの関係者<sup>117</sup>を一同に集めて知的財産権の取り扱いを含む産学連携の課題についての議論を行った。この結果、IT分野における産学連携の障害を取り除くことを目的に、以下の2項目から成るオープンコラボレーション原則が策定されている<sup>118</sup>。

- 産学連携研究による成果は公共に無料で公開する
- 無料で公開された利用権を乱用してはならない

これらの原則は知的財産権の放棄を推奨するものではないが、公共への無料アクセスを前提とすることで、発明を独占的に活用することやライセンス収入への固執が減少することを狙いとされていることが伺える。IBM社は、この原則をIT産業に広めることで連携研究の促進及び迅速な商用化を推進することを目標としており<sup>119</sup>、自身も同原則に基づいた連携研究プログラムであるオープンコラボラティブ研究(OCR: Open Collaborative Research)を立ち上げている<sup>120</sup>。しかし、ソフトウェア産業における知的財産権の取扱いは製薬産業などとは異なることから<sup>121</sup>、このような産学連携モデルを他産業に適用することは容易ではないと考えられる。

## (2) 産学デモンストレーションパートナーシップ (UIDP) <sup>122</sup>

上述のとおり、UIDPはGUIRRによって2006年8月に設立されたプロジェクトであり、米国における産学連携の促進と拡充を目的としている。自主的に参加している企業及び大学の協力の下で、共同研究やライセンス契約だけでなく、長期的視野に基づく産学連携関係に対する新しいアプローチを試験的に実施しているが、数々の取り組みの中でも産学連携の最大の障壁となっている知的財産に関する交渉を合理化することを重視している。

UIDPはこれまでに、産学連携の基本原則の策定や産学連携におけるベストプラクティスの収集・普及などを実施しており、現在は産学連携における契約交渉を一元化・合理化するためのソ

---

<sup>117</sup> 同サミットの参加者は以下の通り。Kauffman Foundation, Carnegie Mellon University, Georgia Institute of Technology, Rensselaer Polytechnic Institute, Stanford University, University of California at Berkeley, University of Illinois -Urbana-Champaign, The University of Texas at Austin, Cisco, HP, IBM, Intel

<sup>118</sup> IBM. “Understand the emerging innovation landscape: Enabling university and industry research”. December 19, 2005.

[http://www-304.ibm.com/jct09002c/university/scholars/downloads/Open\\_Collaboration\\_Principles\\_overview.pdf](http://www-304.ibm.com/jct09002c/university/scholars/downloads/Open_Collaboration_Principles_overview.pdf)

<sup>119</sup> IBM. “Understand the emerging innovation landscape: Enabling university and industry research”. December 19, 2005.

[http://www-304.ibm.com/jct09002c/university/scholars/downloads/Open\\_Collaboration\\_Principles\\_overview.pdf](http://www-304.ibm.com/jct09002c/university/scholars/downloads/Open_Collaboration_Principles_overview.pdf)

<sup>120</sup> IBM社によるオープンコラボラティブ研究の事例については次章を参照。

<sup>121</sup> Ron Schachter. “The big business of research: research universities are finding new ways to leverage their intellectual capital” in *University Business*. May 1, 2007.

<sup>122</sup> UIDPのウェブサイトは<http://www.uidp.org/>

フトウェアであるターボネゴシエーター (TurboNegotiator) を開発中である<sup>123</sup>。ターボネゴシエーターは、統一した契約書式をすべての産学連携に適用することは不可能であるとの認識に基づき、大学・企業の規模や必要とする研究資金などの情報から契約の草案を出力するように設計されている。大学教授、企業研究者、交渉担当者などあらゆる関係者からのインプットを必要とし、契約草案の各条項にはその条項に対する賛成・反対の見解が説明されるなど、ターボネゴシエーターは厳密な回答を導き出すのではなく、関係者による対話を促進することが主要な狙いとなっている。UIDPは、ターボネゴシエーターの利用によって個々の産学連携に適した合意が迅速に見出せるとしている<sup>124</sup>。

#### IV. 産学連携の最新事例

本章では、最近の産学連携の事例として以下のケースを紹介する。

- IBM 社のオープンコラボラティブ研究
- カリフォルニア大学バークレー校と BP 社の共同研究
- MIT とノバルティス社 (Novartis) による共同研究

##### 1. IBM 社によるオープンコラボラティブ研究

オープンコラボラティブ研究はIBM社が2006年12月に発表した産学連携研究プログラムであり、多様な分野におけるオープンソフトウェアの開発とイノベーションを促進することで、関連分野における標準の策定や相互互換性の確立を容易にすることを目的としている。このプログラムにおける産学連携研究はオープンコラボレーション原則に基づいており、研究成果ではオープンソースソフトウェア<sup>125</sup>として公開され、成果に伴う知的財産権も第三者が無償で使用することができることになる。現在は9大学が5つのプロジェクトに参加している (表8参照)<sup>126</sup>。

---

<sup>123</sup> UIDP. “The University-Industry Demonstration Partnership”. <http://www.uidp.org/>: “About UIDP”. [http://www.uidp.org/ABOUT\\_UIDP.html#TopOfPage](http://www.uidp.org/ABOUT_UIDP.html#TopOfPage)

<sup>124</sup> UIDP. “Frequently Asked Questions”. [http://www.uidp.org/UIDP\\_FAQ.html#P45\\_5291](http://www.uidp.org/UIDP_FAQ.html#P45_5291): Merrilea J. Mayo. “University-Industry Demonstration Partnership”. : James J. Carsey. “The UDIP”. July 12, 2007. [www.e-research.law.qut.edu.au/files/conference/James%20Casey.pps](http://www.e-research.law.qut.edu.au/files/conference/James%20Casey.pps)

<sup>125</sup> ソフトウェアと共にその設計図であるコードも公開されること。第三者はソフトウェアを無料で利用できるだけでなく、改良することも可能となる。

<sup>126</sup> IBM. “IBM, Top Universities Continue Software Intellectual Property Reform”. December 14, 2006. <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/20772.wss> : “IBM, Universities Team on Open Source Technologies for the Aging Workforce” in *Wireless News*. November 26, 2007.

表 8 オープンコラボラティブ研究のプロジェクト及び参加大学

プロジェクト	概要	参加大学
Software Quality	ソフトウェア品質管理システムを開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rutgers University</li> <li>• University of California at Berkeley</li> </ul>
Privacy and Security Policy Management	個人情報保護ソリューションを開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carnegie Mellon University</li> <li>• Purdue University</li> </ul>
Mathematical Optimization Software	産業問題を解決するための数値最適ソフトウェアを開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carnegie Mellon University</li> <li>• University of California at Davis</li> </ul>
Clinical Decision Support	医師などによる臨床決定を容易にするためのソフトウェアを開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Columbia University</li> <li>• Georgia Institute of Technology</li> </ul>
Technologies for the Aging Workforce	高齢化する労働人口に適した技術を開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>• University of Dundee (英国)</li> <li>• University of Miami</li> </ul>

出所：IBM. “IBM, Top Universities Continue Software Intellectual Property Reform”. December 14, 2006. : “IBM, Universities Team on Open Source Technologies for the Aging Workforce” in *Wireless News*. November 26, 2007. の情報を基に作成

IBM社のコンピューターサイエンス研究部長(Vice President, Computer Science, IBM Research)であるスチュアート・フェルドマン氏(Stuart Feldman)は、「このプログラムによって教授や学生が知的財産権の心配をすることなく研究に専念でき、ソフトウェア研究開発の発展を促進することになる」と、オープンコラボラティブ研究を発表するプレスリリースにてコメントしている<sup>127</sup>。オープンコラボラティブ研究によってIBM社が直接的な利益を得る可能性は低いが、同社は2005年1月に500件のソフトウェア特許をオープンソースに無償提供するなど<sup>128</sup>、オープンソースの促進に熱心である。この背景には、同社が開発した技術を広く普及させることで標準策定を有利に進める狙いがあると考えられる。

7大学が参加する4つの研究プロジェクトから始まったオープンコラボラティブ研究であるが、2007年11月には高齢化する労働人口に適した技術を開発するための新たなプロジェクトが加わっており<sup>129</sup>、今後も参加大学・研究分野が拡大されることが予測される。

## 2. カリフォルニア大学バークリー校とBP社による共同研究

英国に本拠地を持つ石油大手企業のBP社は、2007年2月1日に、カリフォルニア大学バークレー校(以下バークレー校)にエネルギーバイオサイエンス研究所(Energy Biosciences Institute)を設立し、5億ドルという前例のない高額の資金を今後10年間に渡って支払うことを発表した。

<sup>127</sup> IBM. “IBM, Top Universities Continue Software Intellectual Property Reform”. December 14, 2006. <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/20772.wss>

<sup>128</sup> Sam Mamudi. “IBM redraws the patent map” in *Managing Intellectual Property*. June 1, 2005.

<sup>129</sup> “IBM, Universities Team on Open Source Technologies for the Aging Workforce” in *Wireless News*. November 26, 2007.



民間からのR&D資金獲得ではトップであるデューク大学による2006年度の獲得金額が1億3,300万ドルであることからわかるように<sup>130</sup>、BP社による資金提供額はかつてない高額である。またカリフォルニア州政府は、2006年12月の時点でBP社とバークレー校との連携が実施された暁には4,000万ドルの資金提供をすることを発表しており、連携が合意に達した背景には州政府の強い支援もあったことが伺える。エネルギーバイオサイエンス研究所は、バイオマス原料の開発やエタノールの精製などの研究を行い、主に運輸用のクリーン燃料の開発を目指すことになるが、この連携にはローレンスバークレー国立研究所 (Lawrence Berkeley National Laboratory) とイリノイ大学アバナ・シャンペーン校 (University of Illinois at Urbana-Champaign) も参加している<sup>131</sup>。

一方、民間からの投資額では最高額を記録することになるバークレー校とBP社の連携は、企業が多額の資金提供と引き換えに学術研究の主導権を握ることに対する懸念をバークレー校教授・学生、そして消費者団体にまで呼び起こすこととなった。連携が発表された10日後である2月11日にはバークレー校教授の一部が連携に慎重な姿勢を見せていることが報道され<sup>132</sup>、3月12日には消費者団体の「納税者と消費者の権利財団 (FTCR: Foundation for Taxpayer and Consumer Rights)」が連携への懸念を表明し<sup>133</sup>、さらに4月24日にはバークレー校の一部学生が連携への抗議運動を実施している<sup>134</sup>。このように、バークレー校の関係者が連携の見直し、もしくは同校に有利な契約交渉を行うことを強く求めたこともあり、バークレー校とBP社の契約締結は当初見込まれていた「数週間以内」<sup>135</sup>から大幅に遅れ、2007年11月ようやく契約が完了した。契約の概要は以下のとおりである<sup>136</sup>。

- BP社は、エネルギーバイオサイエンス研究所を設立し、同研究所での研究を支援するために10年間にわたって5億ドルの資金提供を行う。
- エネルギーバイオサイエンス研究所では、①大学研究者によって実施され、成果が公開される研究と、②BP社の研究者によって実施され、成果は企業秘密となる研究の2種類の研究が行われる。BP社は、年間5,000万ドルの資金のうち、少なくとも3,500万ドルを成果が公開される研究に投入する。
- 8名のメンバーによって構成されるガバナンス理事会 (Governance Board) がエネルギーバイオサイエンス研究所の運営を監督し、予算の承認などを行う。理事会のメンバーのうち4名はBP社の代表者が就任する。

<sup>130</sup> I章の表2を参照。

<sup>131</sup> UC Berkeley. “BP selects UC Berkeley to lead \$500 million energy research consortium with partners Lawrence Berkeley National Lab, University of Illinois”. February 1, 2007.

[http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/02/01\\_ebi.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/02/01_ebi.shtml)

<sup>132</sup> Rick DelVecchio. “UC Berkeley; Cal’ s deal with BP moving forward; Faculty leaders eager to avoid a repeat of 1998 Novartis Pact” in *San Francisco Chronicle*. February 11, 2007.

<sup>133</sup> FTCR. “letter to UC Berkeley & UC Board of Regents”. March 12, 2007.

<http://www.consumerwatchdog.org/energy/rp/7512.pdf>

<sup>134</sup> Rick DelVecchio. “BERKELEY; Protesting UC policies, students take to tree; Coalition seeks to call attention to school’s involvement with ‘unethical’ entities” in *San Francisco Chronicle*. April 24, 2007.

<sup>135</sup> Rick DelVecchio. “UC Berkeley; Cal’ s deal with BP moving forward; Faculty leaders eager to avoid a repeat of 1998 Novartis Pact” in *San Francisco Chronicle*. February 11, 2007.

<sup>136</sup> Charles Burrell. “BP research partnership contact is finally signed; UC Berkeley; Critics assail board for giving oil firm equal membership” in *San Francisco Chronicle*. November 15, 2007.

- 研究成果に対する知的財産権は研究者に寄与されるが、BP社は独占的ライセンスに関する交渉を最初に行う権利を持つ。BP社は、公開される予定の研究成果を事前に見ることができ、必要であれば最大60日間まで公開の延期を要請することができる。

しかし、BP社の企業秘密となる研究が行われることや、ガバナンス理事会の半数をBP社の代表者が占めることについては、上述のFTCRが、「公共教育に対する大学の役割を損なうことになる」と批判している<sup>137</sup>。2007年12月の時点ではエネルギーバイオサイエンス研究所での研究はまだ開始されていないが、高額の産学連携研究における今後の動きにも大きな関心が集まることが予想される。

### 3. MITとノバルティス社による連携研究

マサチューセッツ州ケンブリッジ市に製薬研究の本拠地を持つスイス製薬企業のノバルティス社とMITは、2007年9月28日に、新しい製薬技術を開発するための連携研究を10年間にわたって実施することを発表した。この連携契約によって、ノバルティス・MIT連続生産センター（Novartis-MIT Center for Continuous Manufacturing）が設立され、従来の製薬手段であるバッチ生産を連続生産へ切り替えるための研究開発が行われることになる。ノバルティス社は、今後10年間で合計6,500万ドルの資金投入を行う他、同社の製造や研究に関するリソース及び同社が開発した薬剤を実験用に提供する。ノバルティス・MIT連続生産センターでは、7名のMIT教授と20～30名の大学院生・ポスドクが研究を行う予定となっている<sup>138</sup>。

製薬企業と大学の連携は頻繁に見られるが、ボストングローブ紙（Boston Globe）によると、MITとノバルティス社の連携における規模はおそらく世界でも最大であり、MITが携わった産学連携でも最大規模のものであるという。ノバルティス社がMITを連携相手に選んだ理由として、①科学技術分野におけるMITの経歴、②MITによる製薬分野におけるイノベーションの実績、および、③産学における専門家の充実したネットワークなどが挙げられている<sup>139</sup>。

BP社とバークレー校の連携ほどではないものの、MITとノバルティス社の連携は規模が大きく、10年間という長期の契約が交わされている点が特徴的である。また、連携研究の目的である薬剤の連続生産を可能とする技術が開発された場合は、製薬業界の生産に関する考え方が大きく変換されることから<sup>140</sup>、研究開発の成功も注目されると考えられる。

---

<sup>137</sup> Charles Burrell. “BP research partnership contact is finally signed; UC Berkeley; Critics assail board for giving oil firm equal membership” in *San Francisco Chronicle*. November 15, 2007.

<sup>138</sup> Todd Wallack. “Novartis to give MIT \$65 to find new way to produce drugs” in *Boston Globe*. September 28, 2007. : Ji Qi. “Novartis, MIT unite to find new techniques for drug manufacturing” in *University Wire*. November 20, 2007.

<sup>139</sup> Todd Wallack. “Novartis to give MIT \$65 to find new way to produce drugs” in *Boston Globe*. September 28, 2007. : Ji Qi. “Novartis, MIT unite to find new techniques for drug manufacturing” in *University Wire*. November 20, 2007.

<sup>140</sup> Todd Wallack. “Novartis to give MIT \$65 to find new way to produce drugs” in *Boston Globe*. September 28, 2007.

### 第3章 大手企業との M&A 後における米国バイオベンチャーの動向

#### I. はじめに

近年、米国バイオベンチャーを対象とした M&A が活発となっている一方で、M&A 後のベンチャー企業における経営・人事体制の変化に注目が集まっている。本稿では、大手企業によるバイオベンチャーの M&A の実態を分析した後、M&A 後におけるベンチャー経営者や研究者の動向を事例を中心にまとめる。

#### II. 米国バイオベンチャーと大手企業との M&A 概況

バイオ・医薬・医療機器企業間におけるライフサイエンス分野では、2006 年で 1,009 件の M&A が見られ、総額 1,359 億ドルに上る契約が交わされた。同分野での 2006 年の取引件数は 2004 年（740 件）及び 2005 年（923 件）の取引件数を上回っており、取引件数の伸び率も全産業の増加率より高くなっていることから（表 9 参照）<sup>141</sup>、ライフサイエンス分野における M&A は米国産業界の中でも活発であると言える。

表 9 M&A 取引件数と増加率（2004～2006 年）

年	ライフサイエンス分野 における M&A 取引件数	前年度比増加率	全産業における 増加率
2004	740	25%	13%
2005	923	25%	18%
2006	1,009	9%	6%

出所：Weintraub, Arlene. “More Merger Mania Ahead for Pharma.” Business Week. 29 Jan. 2007.

バイオ企業間もしくはバイオ企業と製薬企業間における M&A も、2005 年以降活発である<sup>142</sup>。特に、2006 年は多数の高額 M&A 取引が締結された結果、同年の年間 M&A 取引総額は、2001 年に続く過去第 2 位を記録した<sup>143</sup>。

<sup>141</sup> Weintraub, Arlene. “More Merger Mania Ahead for Pharma.” Business Week. 29 Jan. 2007.

<sup>142</sup> “US Biotech deals continue to flow”. May 23, 2007.

<http://www.altassets.com/casefor/sectors/2007/nz10946.php>

<sup>143</sup> Ernst & Young. “Approaching Profitability: The Americas Perspective” .

[http://www.ey.com/Global/assets.nsf/International/Industry\\_Biotechnology\\_Beyond\\_Borders\\_2007\\_Approaching\\_Profitability/\\$file/BeyondBorders2007AmericasApproachingProfitability.pdf](http://www.ey.com/Global/assets.nsf/International/Industry_Biotechnology_Beyond_Borders_2007_Approaching_Profitability/$file/BeyondBorders2007AmericasApproachingProfitability.pdf): “Biotech M&A hit record \$27bn in 2001, supporting rest of pharma sector” in *AltAssets*. January 3, 2002.  
<http://www.almeida-capital.com/news/arc/2002/nz663.php>

このようにバイオ企業の買収が活発である背景には、以下の要因が挙げられている。

- 大手製薬企業は、新製品開発のためのパイプラインを強化する必要に迫られている<sup>144</sup>
- 共同開発の契約が複雑化し、ベンチャー企業が多額の知的財産使用料を求めるようになったことから、大手製薬企業はベンチャー企業との連携よりもM&Aを好むようになった<sup>145</sup>
- ベンチャー企業にとって、製品開発を進めるための経験とインフラを持ち合わせた大手企業とのM&Aは魅力的である<sup>146</sup>
- 臨床試験が失敗に終わる危険性を認識した投資家は、ベンチャー企業への投資をためらうようになったため、新規株式公開による資金調達の魅力がベンチャー企業にとって薄れている<sup>147</sup>。例えば、2005年1月から2006年9月までに行われたバイオベンチャーM&Aでの買収額の平均は、新規株式公開での調達額よりも86%高い2億9,200万ドルとなっており<sup>148</sup>、現在は株式公開よりもM&Aが出口戦略として有利になっている<sup>149</sup>

図8は、バイオ企業を買収対象としたM&A件数の推移を示したものである。以上に挙げたように、大手製薬企業がパイプラインを強化することを目的にバイオ企業を買収するケースが、特に2005年・2006年において顕著となっていることが分かる。2007年の大手製薬企業によるM&Aは前年と比べてペースは落ちているものの、2007年10月に大手製薬企業であるブリistol・マイヤーズスクイブ社（Bristol-Myers Squibb: 以下BMS社）による4億3,000万ドルの大型M&Aが実施されている<sup>150</sup>。

一方のバイオ企業間で行われたM&Aは、2006年には前年レベルを大きく下回る36件であったが、2007年は8カ月間で45件と急増している。このため、市場分析及びコンサルティングを行っているフロスト&サリバン社（Frost & Sullivan）<sup>151</sup>は、製薬企業によるバイオ企業買収に代わって、今後はバイオ企業間のM&Aが主流になると予測している<sup>152</sup>。

<sup>144</sup> Thomas Gryta. “Big drug companies buy their way to growth; Pharmaceutical giants snap up smaller firms to keep pipeline stocked” in *Times Union*. October 29, 2007.

<sup>145</sup> Thomas Gryta. “Large Pharmaceutical companies find buying risky early-stage firms getting pricier” in *Associated Press*. October 17, 2007.

<sup>146</sup> 同上

<sup>147</sup> 同上

<sup>148</sup> Alex Halperin. “Biotech IPOs’ Iffy Prognosis” in *Business Week*. February 23, 2007.

[http://www.businessweek.com/investor/content/feb2007/pi20070223\\_225107.htm](http://www.businessweek.com/investor/content/feb2007/pi20070223_225107.htm)

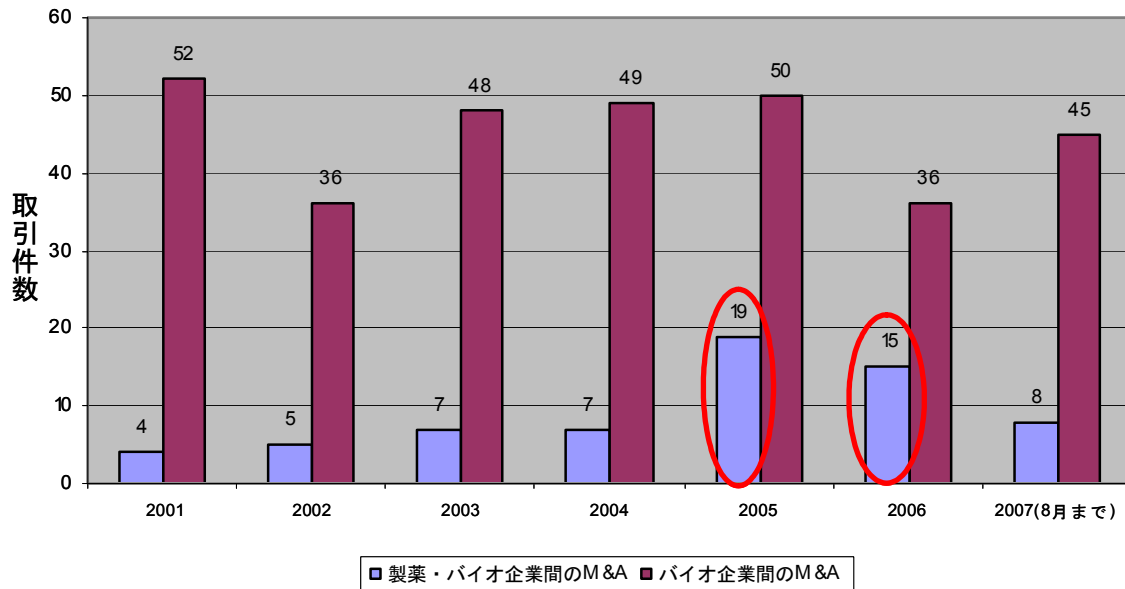
<sup>149</sup> Alex Lash. “Pharma flipping” in *Daily Deal*. June 11, 2007.

<sup>150</sup> Thomas Gryta. “Large Pharmaceutical companies find buying risky early-stage firms getting pricier” in *Associated Press*. October 17, 2007.

<sup>151</sup> フロスト&サリバン社のウェブサイトは以下を参照。 <http://www.frost.com/prod/servlet/frost-home.pag>

<sup>152</sup> Javier Iribarne. “New opportunities arise in the Pharmaceutical M&A for the Andean Region” in *Frost & Sullivan Market Insight*. September 25, 2007.  
<http://www.frost.com/prod/servlet/market-insight-top.pag?Src=RSS&docid=107519675>

図 8 製薬・バイオ企業又はバイオ企業間における M&A 取引件数の推移 (2001～2007 年 8 月)



出所：Michael G. McCully. “Licensing vs. M&A: Evaluating the Trends and Seeking the Greatest Return”. August 6, 2007.

[http://www.recap.com/consulting.nsf/0/373942C1F40414E088257330006F97AE/\\$FILE/McCully\\_DT%202007%20Final.pdf](http://www.recap.com/consulting.nsf/0/373942C1F40414E088257330006F97AE/$FILE/McCully_DT%202007%20Final.pdf) を基にワシントンコア作成

注：表 9 とは出所が異なるため、取引件数は必ずしも一致しない。

以上はバイオ企業が関与したM&Aのデータであるためバイオベンチャーより大きな規模の企業を買収されたケースも含まれているが、バイオベンチャーがバイオ・製薬企業に買収されたケースを見ると、2006年には合計29社のバイオベンチャーが株式公開前に総額229億ドルで買収されている。2007年1月から9月にかけて買収されたバイオベンチャーの数は18社しかないものの、取引総額は441億ドルと2006年の総額を既に上回っており<sup>153</sup>、高額なM&Aが行われたことが伺える。これら高額M&Aの例としては、イーライリリー社 (Eli Lilly & Company) やアムジェン社 (Amgen) などの大手製薬企業による高額でのバイオベンチャー買収が挙げられる (図8参照)。

<sup>153</sup> Thomas Gryta. “Large Pharmaceutical companies find buying risky early-stage firms getting pricier” in *Associated Press*. October 17, 2007.

表 10 米国バイオベンチャーと大手企業との代表的 M&A 例（2007 年 1 月～10 月現在）

バイオベンチャー 企業名	拠点地	中心とする分野	買収した大手 企業名	大手企 業の 拠点国	買収 完了 月	買収総額 (ドル)
Abrika Pharmaceuticals <sup>154</sup>	フロリダ州	ジェネリック薬 品の開発・商用 化	Actavis Group	アイス ランド	4 月	2 億 3,500 万
Alantos Pharmaceuticals <sup>155</sup>	マサチュー セッツ州	糖尿病、炎症の 治療薬	Amgen	米国	7 月	3 億
Alliant Pharmaceuticals <sup>156</sup>	ジョージア 州	小児科用専売商 品の開発・商用 化	Sciele Pharma	米国	6 月	1 億 975 万
AmeriPath <sup>157</sup>	フロリダ州	解剖病理・皮膚 病理・分子診断 サービスの提供	Quest Diagnostics	米国	5 月	20 億
Adnexus Therapeutics <sup>158</sup>	マサチュー セッツ州	生物製剤	Bristol-Myers Squibb	米国	10 月	4 億 3,000 万
BioCatalytics <sup>159</sup>	カリフォル ニア州	製薬過程に利用 される酵素	Codexis	米国	7 月 (発表)	公開されて いない
Brookwood Pharmaceuticals <sup>160</sup>	アラバマ州	薬物送達技術	SurModics	米国	8 月	4,000 万
Cerexa <sup>161</sup>	カリフォル ニア州	抗感染薬の開 発・商用化	Forest Laboratories	米国	1 月	4 億 8,000 万

<sup>154</sup> Abrika. “Abrika Profile”. <http://www.abrika.com/profile.html>: Actavis. “Actavis completes acquisition of Abrika Pharmaceuticals in the US”. April 23, 2007.

<http://www.actavis.com/en/media+center/newsroom/articles/ftc+approval+for+abrika.htm>

<sup>155</sup> Amgen. “Amgen to Acquire Alantos Pharmaceuticals, a Private Biotechnology Company in Cambridge, Massachusetts”. June 6, 2007. [http://www.amgen.com/media/media\\_pr\\_detail.jsp?year=2007&releaseID=1012256](http://www.amgen.com/media/media_pr_detail.jsp?year=2007&releaseID=1012256)

<sup>156</sup> Sciele Pharma. “Sciele Pharma Completes Acquisition of Alliant Pharmaceuticals.” 12 June 2007. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=120763&p=irol-newsArticle&ID=1014610&highlight=:> “Sciele Pharma to Acquire Alliant Pharmaceuticals, a Pediatric Specialty Pharmaceutical company.” 24 April 2007. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=120763&p=irol-newsArticle&ID=989620&highlight=>

<sup>157</sup> Quest Diagnostics. “Quest Diagnostics to Acquire AmeriPath in a Transaction Valued at \$2 Billion”. April 16, 2007. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=82068&p=irol-newsArticle&ID=985011&highlight=>

<sup>158</sup> Adnexus Therapeutics. “Bristol-Myers Squibb to acquire Adnexus Therapeutics”. September 24, 2007. [http://www.adnexustx.com/pdf/news/20070924\\_Adnexus-BMS\\_acquisition.pdf](http://www.adnexustx.com/pdf/news/20070924_Adnexus-BMS_acquisition.pdf)

<sup>159</sup> Codexis. “Merger Creates Global Leadership in Biocatalyst Design, Synthesis and Use”. July 19, 2007. [http://www.codexis.com/wt/page/pr\\_1184791426](http://www.codexis.com/wt/page/pr_1184791426)

<sup>160</sup> Brookwood Pharmaceuticals. “SurModics Acquires Brookwood Pharmaceuticals: Strengthens Portfolio of Drug Delivery Technologies for the Pharmaceutical Industry”. August 1, 2007. <http://www.brookwoodpharma.com/news/surmodics.html>

<sup>161</sup> Cerexa. “Company Profile”. <http://www.cerexa.com/about.html>: Cerexa. “Forest Laboratories Completes Acquisition of Cerexa”. January 11, 2007. <http://www.cerexa.com/11107pr.html>

バイオベンチャー 企業名	拠点地	中心とする分野	買収した大手 企業名	大手企 業の 拠点国	買収 完了 月	買収総額 (ドル)
First Check Diagnostics <sup>162</sup>	カリフォル ニア州	診断試験・機器	Inverness Medical Innovations	米国	2月	2,500万
454 Life Sciences <sup>163</sup>	コネチカッ ト州	高性能 DNA 配列 解読装置用の器 具の開発と商用 化	Roche	スイス	5月	1億5,490万
Hypnion <sup>164</sup>	マサチュー セッツ州	睡眠障害に関す る神経科学薬品	Eli Lilly and Company	米国	4月	3億1,500万
Ilypsa <sup>165</sup>	カリフォル ニア州	腎臓病治療薬品	Amgen	米国	7月	4億2,000万
JDS Pharmaceuticals <sup>166</sup>	ニューヨー ク州	精神科及び女性 の健康に関する 医薬品	Noven Pharmaceutica ls	米国	8月	1億3,500万
Medpointe Pharmaceuticals <sup>167</sup>	ニュージャ ージー州	アレルギー・呼 吸器官、鎮痛に 関する医薬品	Meda AB	スウェ ーデン	7月	8億
Morphotek <sup>168</sup>	ペンシルバ ニア州	医療用モノクロ ーナル抗体の開 発	エーザイ北米	日本	4月	3億2,500万
NimbleGen Systems <sup>169</sup>	ウィスコン シン州	DNA マイクロア レイの製造と販 売	Roche	スイス	8月	2億7,250万

<sup>162</sup> Inverness Medical Innovations. “Inverness Medical Innovations Acquires the Assets of First Check Diagnostics LLC.” 5 Feb. 2007. <http://www.invernessmedical.com/news.cfm>よりダウンロード可能。

<sup>163</sup> 454 Life Sciences. “454 Life Sciences Announce the Completion of its Acquisition by Roche.” May 29, 2007. <http://www.454.com/news-events/press-releases.asp?display=detail&id=67>

<sup>164</sup> Hypnion. “Lilly Announces Completion of Hypnion Acquisition”. <http://www.hypnion.com/about/news.htm>

<sup>165</sup> Amgen. “Amgen to Acquire Ilypsa, a Private San Francisco Bay Area Biotechnology Company Focused on Kidney Disease Care”. June 4, 2007. [http://www.amgen.com/media/media\\_pr\\_detail.jsp?year=2007&releaseID=1011002](http://www.amgen.com/media/media_pr_detail.jsp?year=2007&releaseID=1011002)

<sup>166</sup> Noven. “Noven Completes Acquisition of JDS Pharmaceuticals.” August 15, 2007. <http://www.noven.com/PR081507.htm>: “Noven to Acquire JDS Pharmaceuticals, Expanding Business Model & Broadening Product Pipeline.” July 10, 2007. <http://www.noven.com/PR071007.htm>

<sup>167</sup> Meda. “Strategic acquisition of MedPointe Inc completed”. August 22, 2007. <http://www.medpointepharma.com/mediacenter/pdf/StrategiAcquisitionMedPointeCompleted.pdf>

<sup>168</sup> Morphotek. “Eisai to acquire Morphotek”. March 21, 2007. <http://www.morphotek.com/Default.aspx?p=2503&d=312>

<sup>169</sup> NimbleGen Systems. “Corporate Fact Sheet”. <http://www.nimblegen.com/corporate/facts.html>: Roche. “Roche acquires NimbleGen to gain entry into high-growth research microarray market”. June 19, 2007. <http://www.roche.com/med-cor-2007-06-19>

バイオベンチャー 企業名	拠点地	中心とする分野	買収した大手 企業名	大手企 業の 拠点国	買収 完了 月	買収総額 (ドル)
NovaCardia <sup>170</sup>	カリフォル ニア州	心疾患治療薬	Merck & Co.	米国	9月	3億6,640万
PharmaForm, LLC <sup>171</sup>	テキサス州	医薬品開発・製 造・分析試験の 下請け	Akela Pharma(旧 Lab International )	カナダ	1月	1,190万 <sup>172</sup>
Syntonix Pharmaceuticals <sup>173</sup>	マサチュー セッツ州	慢性疾患治療薬 品の開発	Biogen IDEC	米国	2月	1億2,000万
Systems Medicine <sup>174</sup>	アリゾナ州	腫瘍治療品	Cell Therapeutics	米国	7月	3,500万
Therapeutic Human Polyclonals <sup>175</sup>	カリフォル ニア州・ド イツ	抗体研究	Roche	スイス	4月	5,650万

出所：各種資料を基に作成

注：ハイライトした事例は買収総額が3億ドル以上のものである。

<sup>170</sup> Merck & Co. “MERCK & CO., INC. ANNOUNCES COMPLETION OF NOVACARDIA, INC. ACQUISITION”. September 11, 2007. [http://www.merck.com/newsroom/press\\_releases/corporate/2007\\_0911.html](http://www.merck.com/newsroom/press_releases/corporate/2007_0911.html)

<sup>171</sup> Akela Pharma. “Lab International Announces the Closing of the PharmaForm, LLC Acquisition”. January 25, 2007. <http://www.akelapharma.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=22>

<sup>172</sup> 正確には1,185万5,000ドル。

<sup>173</sup> Biogen Idec. “Biogen Idec to Acquire Syntonix”. January 4, 2007. <http://www.syntnx.com/images/library/70.pdf>

<sup>174</sup> Systems Medicine. <http://www.systems-medicine.com/>: Cell Therapeutics. “Cell Therapeutics, Inc. (CTI) Announces Agreement to Acquire SMi; Gains Global Rights to Brostallicin, in a New Class of Cancer Killing Agents.” July 25, 2007.

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=92775&p=irol-newsArticle&ID=1030369&highlight=>

<sup>175</sup> Roche. “Roche acquires THP to expand its therapeutic antibody research”. April 2, 2007. <http://www.roche.com/med-cor-2007-04-02>



### Ⅲ. M&A 後におけるベンチャー経営者・研究者の動向（ケーススタディー）

M&A 後、買収されたバイオベンチャーのベンチャー経営者・研究者の動向については公開されている情報が限られており詳細な状況は明らかではないが、2007 年に起こった 5 つの事例を中心に整理した。

#### (1) Adnexus Therapeutics と Bristol-Myers Squibb

	バイオベンチャー	ベンチャーを買収した企業
企業名	<b>Adnexus Therapeutics</b>	<b>Bristol-Myers Squibb</b>
本拠地	マサチューセッツ州ウォルサム市	ニューヨーク州ニューヨーク市
従業員数	62 名	約 4 万 3,000 名
創設年	2002 年	1887 年
売上げ	30 万ドル <sup>176</sup>	179 億ドル（2006 年：全世界での総売上げ） <sup>177</sup>
専門分野	生物製剤	癌・心臓血管・感染症及び精神病治療薬 <sup>178</sup>

BMS社によるアドネキサスセラピューティクス社(Adnexus Therapeutics: 以下アドネキサス社)のM&Aは、2007年におけるバイオベンチャーを買収対象とするM&Aの中でも買収額の規模が大きい。このM&Aは2007年9月に発表され、10月に完了した。買収額は4億3,000万ドル(現金)であるが、アドネキサス社による新薬品開発や承認などの目標達成に応じて2,500万ドルの追加支払いが3回にわたって行われる予定となっている<sup>179</sup>。なお、アドネキサス社は、2007年8月に新規株式公開を行う予定であったが、BMS社とのM&Aが合意に至ったために株式公開を中止している。株式上場による資金調達予定額は8,600万ドル程度であったことから<sup>180</sup>、アドネキサス社は、株式公開を実施した場合に得られたであろう調達額を大きく上回る額をM&Aを通じて得たことになる。

M&Aの背景には、BMS社のヒット商品であった癌治療薬のタキソール(Taxol)の特許が2000年に失効しており、腫瘍分野において新たなシーズが必要であったことが挙げられる。BMS社は、アドネキサス社と2007年2月に腫瘍治療に関する開発・商用化のための提携を開始しており<sup>181</sup>、今回のM&Aでは癌治療薬におけるパイプラインをさらに強化することを図ったと見ることができる。

<sup>176</sup> Hoover'sの企業情報より。

<sup>177</sup> Bristol-Myers Squibb. "At a Glance." <http://www.bms.com/aboutbms/data/index.html>: Bristol-Myers Squibb. "A Brief History of Bristol-Myers Squibb". <http://newsroom.bms.com/index.php?s=ideas>

<sup>178</sup> Bristol-Myers Squibb. "Welcome to Bristol-Myers Squibb." [http://www.bms.com/aboutbms/ceo\\_message/data/](http://www.bms.com/aboutbms/ceo_message/data/)

<sup>179</sup> Adnexus Therapeutics. "Bristol-Myers Squibb to acquire Adnexus Therapeutics". September 24, 2007.

[http://www.adnexustx.com/pdf/news/20070924\\_Adnexus-BMS\\_acquisition.pdf](http://www.adnexustx.com/pdf/news/20070924_Adnexus-BMS_acquisition.pdf)

<sup>180</sup> "Adnexus Cancels IPO, Agree to Merger" in *Boston Business Journal*. September 24, 2007.

<sup>181</sup> Bristol-Myers Squibb. "Bristol-Myers Squibb Company and Adnexus Therapeutics Announce Collaboration to Develop and Commercialize Innovative Oncology Compounds". February 26, 2007.

[http://newsroom.bms.com/index.php?s=press\\_releases&item=237](http://newsroom.bms.com/index.php?s=press_releases&item=237): Jennifer Sterling. "Bristol-Myers Squibb to buy Adnexus Therapeutics in \$430M deal, widens cancer pipeline" in *Associated Press*. September 24, 2007.

また、BMS社はバイオ技術を取り入れた製薬事業の確立を目指しており、同社の最高経営責任者であるジム・コーネリウス氏（Jim Cornelius）は、アドネキサス社とのM&Aは、「(BMS社による) 製薬事業からバイオ製薬事業への戦略的移行を加速化するための重要なステップ」であるとコメントしている<sup>182</sup>。

M&A完了後、アドネキサス社はBMS社の子会社となり、社名を保持したまま元来の本拠地であるマサチューセッツ州ウォルサム市にて事業を続けている<sup>183</sup>。BMS社によると、アドネキサス社の従業員 62 名はM&A後も雇用されているという<sup>184</sup>。また、アドネキサス社の経営幹部 8 名の経歴を見ると 8 名中 7 名はM&A以前から現在の役職に就いていることから<sup>185</sup>、幹部レベルでの人事異動もほとんどなかったことが伺える。

## (2) Brookwood Pharmaceuticals と SurModics

	バイオベンチャー	ベンチャーを買収した企業
企業名	Brookwood Pharmaceuticals	SurModics
本拠地	アラバマ州バーミングラム市	ミネソタ州イーデンプレーリー市
従業員数	70 名	140 名 (2001 年) <sup>186</sup>
創設年	2005 年	1979 年 <sup>187</sup>
売上げ	1,270 万ドル (2006 年) <sup>188</sup>	6,990 万ドル (2006 年) <sup>189</sup>
専門分野	薬物送達技術	表面改質・薬物送達・眼科

サーモディクス社（SurModics）によるブルックウッドファーマスティカルズ社（Brookwood Pharmaceuticals: 以下ブルックウッド社）のM&Aは、BMS社によるM&Aと比較すると小規模ではあるが、M&A後もベンチャーが買収企業と独立して事業を継続しているという点では類似している。このM&Aは2007年8月1日に発表されたもので、買収額は4,000万ドル（現金）となっている。さらに、ブルックウッド社が画期的な成功を収めた場合には追加金2,200万ドルを現金にて支払うことが確約されている。サーモディクス社によると、M&Aのメリットとして、①薬品送達システムの拡大、②ポリマー技術の拡充、③顧客の多様化、④製造能力の強化などがあるという<sup>190</sup>。

M&A完了後、ブルックウッド社はサーモディクス社に属する独立した部署として、元々本拠地と

<sup>182</sup> Jennifer Sterling. “Bristol-Myers Squibb to buy Adnexus Therapeutics in \$430M deal, widens cancer pipeline” in *Associated Press*. September 24, 2007.

<sup>183</sup> アドネキサス社ウェブサイトより。 <http://www.adnexustx.com/>

<sup>184</sup> “Adnexus Cancels IPO, Agree to Merger.” *Boston Business Journal*. 24 Sep. 2007.

<sup>185</sup> Adnexus. “About Adnexus: Leadership” . [http://www.adnexustx.com/about\\_leadership.html](http://www.adnexustx.com/about_leadership.html) の情報に基づく。

<sup>186</sup> SurModics. “2001 Annual Report: The Right Chemistry Defining the properties that make SurModics.” [http://media.corporate-ir.net/media\\_files/NSD/SRD/2001ar010302.pdf](http://media.corporate-ir.net/media_files/NSD/SRD/2001ar010302.pdf)

<sup>187</sup> SurModics. “Our History.” <http://www.surmodics.com/pageDetail.aspx?pageId=36&menuId=37>

<sup>188</sup> “Southern Research Institute Spinout, Brookwood Pharmaceuticals, Acquired by SurModics for \$62 Million” in *Healthcare Finance, Tax & Law Weekly*. August 15, 2007.

<sup>189</sup> SurModics. “2006 Annual Report and Shareholder Letter” . <http://library.corporate-ir.net/library/80/803/80353/items/225445/2006AnnualReportSHLetter.pdf>

<sup>190</sup> SurModics, “SurModics Acquires Brookwood Pharmaceuticals” . August 1, 2007. [http://www.corporate-ir.net/ireye/ir\\_site.zhtml?ticker=SRDX&script=410&layout=-6&item\\_id=1034723](http://www.corporate-ir.net/ireye/ir_site.zhtml?ticker=SRDX&script=410&layout=-6&item_id=1034723)

していたアラバマ州バーミングラム市で運営を続けている<sup>191</sup>。従業員もM&A前と同じ研究所にて勤務を継続しており、ブルックウッド社の最高経営責任者兼代表であったアーサー・ティプトン氏 (Arthur J. Tipton) も、ブルックウッド代表という役職を維持している。M&Aによる主要な変化としては、ティプトン氏がブルックウッド代表であると同時にサーモディクス社の部長 (Vice President) を務めるようになったことが挙げられる<sup>192</sup>。これらの事実より、BMS社に買収されたアドネキサス社と同様に、アドネキサス社の運営体制はM&Aによって大きな影響を受けていないと思われる。

### (3) JDS Pharmaceuticals と Noven Pharmaceuticals

	バイオベンチャー	ベンチャーを買収した企業
企業名	JDS Pharmaceuticals	Noven Pharmaceuticals
本拠地	ニューヨーク州ニューヨーク市	フロリダ州マイアミ市
従業員数	N/A	580 名
創設年	2004 年	1988 年 <sup>193</sup>
売上げ	N/A	6,100 万ドル (2006 年) <sup>194</sup>
専門分野	精神科及び女性の健康に関する医薬品	薬品送達技術および経皮薬品

ノベンファーマスーティカルズ社 (Noven Pharmaceuticals: 以下ノベン社) によるJDSファーマスーティカルズ社 (JDS Pharmaceuticals: 以下JDS社) のM&Aでは、サーモディクス社によるM&Aと同様に、バイオベンチャーの最高経営責任者が買収元企業における上級職に新しく就任していることが特徴である。このM&Aは2007年7月10日に発表され、8月14日に完了した。買収額は1億2,500万ドル(現金)で、この他に約1,000万ドルのJDS社による債務もノベン社が肩代わりしている<sup>195</sup>。ノベン社はこれまで既存の薬品を経皮薬にすることを専門としており、薬剤開発も他社の委託を受けて行うのみであったが、JDS社のM&Aによって、新薬品を自社内で開発・販売できることになる<sup>196</sup>。

M&A完了後、JDS社はノベン社の子会社として事業を継続している<sup>197</sup>。JDS社の最高経営責任者であったフィリップ・サトウ氏 (Phillip M. Satow) はノベン社の理事会役員となったが、この背景には、同氏が大手製薬企業のファイザー社 (Pfizer) やフォレストラボラトリーズ社 (Forest

<sup>191</sup> 同上

<sup>192</sup> 同上

<sup>193</sup> Noven. “Noven At a Glance”. August 14, 2007. <http://www.noven.com/profile.htm>

<sup>194</sup> Noven. “2006 Annual Report: Technology, Products, Growth”. <http://www.noven.com/relations.htm>

<sup>195</sup> Noven. “Noven Completes Acquisition of JDS Pharmaceuticals.” August 15, 2007.

<http://www.noven.com/PR081507.htm>: “Noven to Acquire JDS Pharmaceuticals, Expanding Business Model & Broadening Product Pipeline.” July 10, 2007. <http://www.noven.com/PR071007.htm>

<sup>196</sup> Yeleny Suarez. “More than skin deep: Robert Strauss makes a \$125 million investment outside Noven Pharmaceuticals’ comfort zone of skin patches - on oral and psychiatric meds” in *South Florida*. October 1, 2007.

<sup>197</sup> Noven. “Form 10-Q”. October 31, 2007.

<http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/815838/000095014407010248/g10422e10vq.htm>

Laboratories)などで30年以上の経験を積んでおり、新薬品の販売を成功させた実績も持っている<sup>198</sup>ことが考えられる。

#### (4) 454 Life Sciences と Roche

	バイオベンチャー	ベンチャーを買収した企業
企業名	<b>454 Life Sciences</b>	<b>Roche</b>
本拠地	コネチカット州ブランフォード市	スイス
従業員数	167名	7万4,372名(2006年)
創設年	2000年	1896年
売上げ	1,570万ドル(2007年:推定) <sup>199</sup>	364億2,000万ドル(2006年) <sup>200</sup>
専門分野	高性能 DNA 配列解読装置用の器具の開発と商用化	製薬・診断

ロシュ社 (Roche) による 454 ライフサイエンス社 (454 Life Sciences) のM&Aでは、これまで紹介した事例と同様に、バイオベンチャーはM&A後も買収企業とは独立した運営が継続されている。しかし、454 ライフサイエンス社の創設者であり、同社の会長であったジョナサン・ロスバーク氏 (Jonathan Rothberg) は 454 ライフサイエンス社を去った模様である<sup>201</sup>。

ロシュ社は、2007年3月、454 ライフサイエンス社とのM&Aを発表し、5月にM&Aを完了させた。買収額は1億4,000万ドル(現金)と発表されている。ロシュ社と454 ライフサイエンス社は2005年5月に研究・販売における提携合意を交わしており、ロシュ社はこれまでに454 ライフサイエンス社が開発した超高速454配列解析技術 (ultrafast 454 Sequencing technology) に基づいたゲノムシーケンサーシステム (Genome Sequencer system) の独占販売を行ってきた。さらにこのM&Aにより、ロシュ社は454 ライフサイエンス社の次世代シーケンサーへのアクセスも確保している<sup>202</sup>。

M&Aにより、454 ライフサイエンス社はロシュ社の子会社となったが、454 ライフサイエンス社の研究所は引き続きコネチカット州ブランフォード市に残り、同社が雇用していた167名の従業員もこの研究所での勤務を継続している<sup>203</sup>。また、454 ライフサイエンス社の代表兼最高経営責任者であるクリストファー・マックロード氏 (Christopher K. McLeod) はM&A後も同じ役職を維持している<sup>204</sup>。

<sup>198</sup> Noven. “Noven Directors & Officers”. <http://www.noven.com/profile.htm>

<sup>199</sup> Hoover’ sの企業情報より。

<sup>200</sup> Roche. “Roche Annual Report 2006: Part 1 Business Report.” pp.2-3. <http://www.roche.com/gb06e.pdf> 売上げは、2007年12月14日時点の為替レートに基づいてスイスフランより算出。

<sup>201</sup> 非公式情報による (後掲)。

<sup>202</sup> Roche. “Roche acquires 454 Life Sciences to strengthen presence in ultra-fast gene sequencing.” March 29, 2007. <http://www.roche.com/med-cor-2007-03-29>

<sup>203</sup> 同上

<sup>204</sup> 454 Life Sciences. “About 454: Management”. <http://www.454.com/about-454/management.asp>

一方、454 ライフサイエンス社の創設者兼会長であったロスバーグ氏の去就は公にはされていない模様である。同氏が参加していた 454 ライフサイエンス社の理事会はM&Aに伴い解散されているが<sup>205</sup>、理事会解散によって同社とロスバーグ氏の関係がどのように変化するかは明確ではない。また、ロシュ社とのM&Aの説明会ではロスバーグ氏の去就に関する質問が出ているが、「454 ライフサイエンス社の理事会が解散するとはしか言えない」との回答が返されたのみである<sup>206</sup>。このように、公式情報ではロスバーグ氏の去就は定かではないが、あるソーシャルネットワークサービスサイトに掲載されていた同氏の経歴によると、ロスバーグ氏は 2007 年 5 月に 454 ライフサイエンス社を去っているという<sup>207</sup>。しかし、ロスバーグ氏が 454 ライフサイエンス社を去った理由については明らかにされていない。

なお、ロスバーグ氏は生物学者であり、これまでに以下の企業・非営利団体を創設に携わってきた実績を持つ（表 11 参照）<sup>208</sup>。

表 11 ロスバーグ氏が創設した企業・団体

設立年	企業・団体名	概要
1993 年	CuraGen Corporation <sup>209</sup>	癌・炎症の治療薬を開発している。
1999 年	Clarifi Corporation <sup>210</sup>	研究データを管理するためのソフトウェアなどを提供している。
2000 年	454 Life Sciences	高性能 DNA 配列解読装置用の器具の開発と商用化を行っている。
2002 年	Rothberg Institute for Childhood Diseases <sup>211</sup>	結節硬化症の治療薬を開発するための支援を行っている非営利団体。ロスバーグ氏は現在もこの団体の理事会役員を務めている。
2004 年	RainDance Technologies <sup>212</sup>	ナノテクを用いたライフサイエンス研究システムを提供している。ロスバーグ氏は、現在も同社の会長を務めている。

出所：各種資料を基に作成

上表にあるように、ロスバーグ氏はこれまでに数々の企業・団体を立ち上げているが、454 ライフサイエンス社を含め、すべての企業・団体と利害関係を維持しているわけではない。しかし、これまでの実績を見る限りでは、同氏が今後も新たなバイオベンチャーの創設に関わる可能性は高いと考えられる。

<sup>205</sup> Catherine Varmazis. “CuraGen to Sell 454 Life Sciences to Roche” in *Digital HealthCare & Productivity*. March 29, 2007. <http://www.health-itworld.com/newsitems/2007/march/03-29-07-roche-buys-454>

<sup>206</sup> “CuraGen Announces Definitive Agreement to Sell 454 Life Sciences to Roche - Final” in *Fair Disclosure Wire*. March 29, 2007.

<sup>207</sup> “Jonathan Rothberg”. <http://www.linkedin.com/in/jonathanrothberg>

<sup>208</sup> “Selected as a World Economic Forum Technology Pioneer Business Editors/Health/Medical Writers” in *Associated Press Financial Wire*. November 29, 2007.

<sup>209</sup> 同社のウェブサイトは<http://www.curagen.com/>

<sup>210</sup> 同社のウェブサイトは<http://www.clarifi.com/>

<sup>211</sup> 同団体のウェブサイトは<http://www.childhooddiseases.org/>

<sup>212</sup> 同社のウェブサイトは<http://www.raindancetechnologies.com/>

## (5) Alliant Pharmaceuticals と Sciele Pharma

	バイオベンチャー	ベンチャーを買収した企業
企業名	Alliant Pharmaceuticals	Sciele Pharma
本拠地	ジョージア州アルファレッタ市	ジョージア州アトランタ市
従業員数	N/A	約 900 名
創設年	2004 年	1992 年
売上げ	4,000 万ドル以上 (2006 年)	2 億 9,318 万 1,000 ドル (2006 年) <sup>213</sup>
専門分野	小児科用専売商品の開発・商用化	心臓血管・糖尿病及び女性の健康

シエレファーマ社 (Sciele Pharma) によるアライアントファーマスティカルズ社 (Alliant Pharmaceuticals: 以下アライアント社) のM&Aでは、これまでの事例とは異なり、アライアント社が子会社として独立した運営を継続していないことが特徴である。このM&Aは2007年4月24日に発表され、同年6月に完了している。買収額は1億975ドル(現金)で、買収額にはアライアント社における約1,400万ドルの債務、及び同社が利益目標や新商品開発目標を達成したときのための最大6,250万ドルの追加支払い金が含まれている。シエレファーマ社は、M&Aによって小児用医薬品のパイプラインを確保し、小児分野におけるプレゼンスを拡大させることができている<sup>214</sup>。

シエレファーマ社がM&Aを発表したプレスリリースによると、アライアント社の外務員約85名は、シエレファーマ社が新設する小児科専門のセールス部門に配属されるという<sup>215</sup>。一方、シエレファーマ社による四半期決算の報告書では、アライアント社従業員の解雇に伴う手当てとして90万ドルが計上されていることから<sup>216</sup>、アライアント社の全従業員がシエレファーマ社で雇用されたわけではないことが伺える。2007年12月の時点ではアライアント社の経営者や研究者の動向に関する公開情報はないものの、シエレファーマ社が2007年4月に行った決算説明会では、同社代表兼最高経営責任者のパトリック・フォートゥ氏 (Patrick Fourteau) が、当時アライアント社代表兼最高経営責任者であるマーク・ピュー氏 (Mark Pugh) の手腕をシエレファーマ社の事業発展に活用する予定であると発言していることから<sup>217</sup>、アライアント社の経営者がシエレファーマ社にて雇用されている可能性は高いと考えられる。

<sup>213</sup> Sciele Pharma. “Annual Report 2006” .

[http://library.corporate-ir.net/library/12/120/120763/items/237702/2006\\_AR.pdf](http://library.corporate-ir.net/library/12/120/120763/items/237702/2006_AR.pdf)

<sup>214</sup> Sciele Pharma. “Sciele Pharma to Acquire Alliant Pharmaceuticals, a Pediatric Specialty Pharmaceutical company.” April 24 2007. : Sciele Pharma. “Sciele Pharma Completes Acquisition of Alliant Pharmaceuticals.” June 12, 2007.

<sup>215</sup> Sciele Pharma. “Sciele Pharma to Acquire Alliant Pharmaceuticals, a Pediatric Specialty Pharmaceutical company.” April 24 2007.

<sup>216</sup> Sciele Pharma. “Form 10-Q” . July 31, 2007.

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=120763&p=irol-SECText&TEXT=aHR0cDovL2NjYm4uMTBrd2l6YXJkLmNvbS94bWVwZmlsaW5nLnhtbD9yZXBvPXRlbmsmaXBhZ2U9NTA3NTYxNCZhHRhY2g9T04%3d>

<sup>217</sup> “Q1 2007 Sciele Pharma, Inc. Earnings Conference Call- Final” in *FD Wire*. April 26, 2007.

#### IV. おわりに

本稿で取り上げた事例より、バイオベンチャーが子会社もしくは独立した部署として運営を継続する場合は、ベンチャー経営者の役職に変化が起こることは少ないという傾向を見ることができた。一方、M&Aによってベンチャーの経営者や従業員が退職した・解雇されたといった情報を買収企業が公開する可能性は低いことから、ベンチャーを去っている経営者・研究者がいることも考えられる。また、ベンチャー創設者が必ずしもベンチャーの最高責任者となっているとは限らないこともあり、M&A後におけるベンチャー創設者の動向はケースバイケースである可能性が高い。





# 第V部 米国における遺伝子組み換え微生物の規制等 に係る動向

## 目次

概要 .....	168
I. 米国における遺伝子組み換え微生物の規制動向 .....	170
1. 有害物質規制法（TSCA）における遺伝子組み換え体の取り扱い .....	170
(1) 米国政府による遺伝子組み換え体規制への考え方（カルタヘナ議定書を巡る動きまで） .....	170
(2) TSCAにおける微生物の安全審査 .....	172
(3) TSCAにおける情報公開（インベントリ） .....	175
2. 米国におけるGILSP概念の捉え方 .....	178
(1) OECDによる遺伝子組み換え微生物のGILSP .....	178
(2) GILSPに相当する米国独自の方式 .....	178
(3) Tier IおよびTier IIによる例外措置の申請方法 .....	180
3. 遺伝子組み換え体の工業利用における企業秘密取り扱いの問題 .....	181
(1) TSCAにおける企業秘密情報（CBI）の取り扱い .....	181
(2) CBI申告に記載すべき情報 .....	182
(3) TSCAインベントリに関する照会 .....	184
(4) CBIをめぐる議論 .....	184
II. 生物多様性条約カルタヘナ議定書「責任と救済」に対する米国の議論 .....	187
1. 業界団体と民間企業における議論 .....	187
(1) バイオテクノロジー産業協会（BIO） .....	188
(2) 米国穀物飼料協会（NGFA） .....	191
(3) 北米輸出穀物協会（NAEGA） .....	192
(4) 米国穀物理事会 .....	193
(5) ダウ・アグロサイエンス社 .....	194
(6) モンサント社 .....	195
2. 環境団体における議論 .....	196
(1) 農業通商政策研究所（ATPI） .....	196
(2) 食品安全性研究所（CFS） .....	197

## 概 要

米国における遺伝子組み替え体の規制動向は、遺伝子組み替え体の国際的な枠組みや、我が国の遺伝子組み替え体の工業利用やそれに関連する技術開発にも影響を及ぼすものである。

遺伝子組み換え体の工業利用に関して、米国政府は、遺伝子組み換えという技術そのものを対象とした規制は行わず、最終製品を対象とした従来からの規制によって対応するという方針を取っている。新しい遺伝子組み換え体は一部を除いて EPA (米国環境保護庁) の有害物質規制法 (TSCA, 1976 年施行) によって規制されている。ここでは、TSCA による新規微生物の規制、米国における GILSP 概念 (大規模な工業用としての遺伝子組み換え生物の利用) の捉え方、TSCA における企業秘密情報 (CBI) の取り扱いについて調査した。

また生物多様性条約カルタヘナ議定書 (Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity) の「責任と救済」の実態についてまとめた。2000 年 1 月 29 日に採択 (2003 年 9 月 11 日発行) された生物多様性条約カルタヘナ議定書は、遺伝子組み換え生物 (LMOs: living modified organisms) が生物多様性の保全及び持続可能な利用に悪影響を及ぼさないよう、その国境を越える移動に関し予防的な取り組み方法を定めている<sup>1</sup>。同議定書第 27 条は「責任と救済 (Liability and Redress)」と呼ばれており、議定書採択時に議定書採択国間にて合意に至らなかったため<sup>2</sup>、議定書採択より 4 年以内 (2008 年まで) に完了させることが同議定書に盛り込まれている<sup>3</sup>。

第 27 条は、遺伝子組換え生物の越境移動によって損害が起こった場合の法的責任の所在や救済方法に関し、国際的なルールや救済方法を定めるもので<sup>4</sup>、条項策定のための法律技術専門家アドホック作業部会 (Open-Ended Ad Hoc Working Group of Legal and Technical Experts on Liability and Redress、以下「作業部会」とする) を設置することが第 1 回締約国会議 (COP/MOP1: First Meeting of the Conference of the Convention serving as the meeting of the Parties to the Protocol) において決定されて以来、同作業部会が中心となり、締約国とオブザーバー国、機関、企業の代表による議論が継続されている。これまでに作業部会は 2005 年 5 月、2006 年 2 月、2007 年 2 月と 3 度、カナダのモントリオールにて会議を開いており<sup>5</sup>、条文交渉のための会議を 2007 年 10 月に開催した。今後は 2008 年 3 月に開催予定となっている<sup>6</sup>。

---

<sup>1</sup> “Background.” Convention on Biological Diversity. <<http://www.cbd.int/biosafety/background.shtml>>  
“The Treaty Database: U.S. Compliance with Global Treaties February 2005 Edition.” The Institute for Agriculture and Trade Policy. <<http://www.tradeobservatory.org/library.cfm?RefID=60426>>

<sup>2</sup> “Liability and Redress.” Convention on Biological Diversity.  
<<http://www.cbd.int/biosafety/issues/liability.shtml>>

<sup>3</sup> “Article 27. Liability and Redress.” Convention on Biological Diversity.  
<<http://www.cbd.int/biosafety/articles.shtml?lg=0&a=cpb-27>>

<sup>4</sup> 同上

<sup>5</sup> “Liability and Redress.” Convention on Biological Diversity.  
<<http://www.cbd.int/biosafety/issues/liability.shtml>>

<sup>6</sup> “Upcoming Meetings.” Convention on Biological Diversity.

米国は議定書締約国ではないものの、世界のバイオ農作物栽培の80%を南北アメリカが占めていることなどを理由に、「責任と救済」条項の策定に影響を与えている。本報告書では、「責任と救済」条項策定に関し大きな影響力を持っている米国の業界団体や民間企業における議論、さらには、米国の環境団体・国際団体や世界的に活躍する環境団体に見られる議論をまとめた。

## I. 米国における遺伝子組み換え微生物の規制動向

### 1. 有害物質規制法（TSCA）における遺伝子組み換え体の取り扱い

#### (1) 米国政府による遺伝子組み換え体規制への考え方（カルタヘナ議定書を巡る動きまで）

1980年代前半から遺伝子組み換え技術の工業利用が進められるのに伴い、米国内ではこれらの新技術によって生まれた製品は、従来型の簡易な遺伝子操作（遺伝子の修正など）によって生まれた製品に比べ、人体や環境により大きなリスクを呈しているのではないかと懸念が生まれた。特に、遺伝子組み換え微生物が研究室の外部に存在した場合、そのサイズが極微であることや、一部は再生および拡散の可能性があることなどから、環境への影響が大きく心配された。そこで、「新技術である遺伝子組み換えによって誕生した製品を、従来型の技術によって誕生した製品を対象とする規制で対処することは適切か？」という政策上の問題が注目されるようになった。

こうしたことを受け、米国政府は1984年春、上記のような問題に対処することを目的とし、「天然資源および環境問題に関する大統領府閣議室評議会（White House Cabinet Council on Natural Resources and the Environment）」の傘下に省庁横断型の作業部会<sup>7</sup>を設立した。作業部会の目標の一つは、人々の健康と環境の安全性を守る適切な規制を策定することと、新興産業の成長を抑制しない形で規制に十分な柔軟性を与えることのバランスを取ることであった。作業部会は既存の法律を各種検討した上で、「ほとんどの場合において、既存の法律で十分に対応できる」とした一方、「ただし、一部の微生物については既存の規制権限の中で追加的規制を行うことが必要である」との結論に達した。そして、科学技術の急速な進歩に対応するべく、省庁間でバイオテクノロジーに関する科学情報を共有できるメカニズムを構築するよう提案した。これを受けて1985年10月31日に「バイオテクノロジー科学調整委員会（BSCC: Biotechnology Science Coordinating Committee）」が発足した<sup>8</sup>。

バイオテクノロジーに関する国内政策評議会作業部会（先述の作業部会の後継組織）は1986年6月26日、バイオテクノロジーの研究および製品の審査に関する連邦政府機関ごとの政策方針をまとめた「バイオテクノロジー規制の調和的枠組み（Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology）」を発表した。この中で米国政府は、既存の規制枠組みの中でバイオテクノロジーの研究および製品の規制を行っていく姿勢を改めて表明した。遺伝子組み換え生物を規制するために新たな法律は作らず、既存の法律で対処するという判断は、遺伝子組み換えという「プロセス・技術」を特化しない（最終的な「製品」を規制の対象とする）という米国の姿勢を反映し

---

<sup>7</sup> この時設立された作業部会の名称は不明だが、同部会は後に、科学技術政策局（Office of Science and Technology Policy）内の「バイオテクノロジーに関する国内政策評議会作業部会（Domestic Policy Council Working Group on Biotechnology）」となっている。

<sup>8</sup> Office of Science and Technology Policy. “Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology” Executive Office of the President, Office of Science and Technology Policy. 51 FR 23302. June 26, 1986. <http://usbiootechreg.nbio.gov/CoordinatedFrameworkForRegulationOfBiotechnology1986.pdf> p. 3-4.

ている<sup>9</sup>。米国のこうした姿勢を反映する一例として、遺伝子組み換え生物などの使用に関する国際的な規制枠組みである「生物の多様性に関する条約のバイオセーフティに関するカルタヘナ議定書（通称：カルタヘナ議定書）（Cartagena Protocol on Biosafety to the convention on biological diversity）」を巡る議論においても、米国は、「バイオテクノロジー固有の危険性を示す科学的裏付けはなく、生物多様性条約内で遺伝子組み換え生物に関する規制的措置を導入するのは反対である」<sup>10</sup>とし、同議定書に参加していない。

以来、米国は遺伝子組み換えというプロセス・技術を対象とした規制を作っておらず、遺伝子組み換え技術を利用した製品は、同技術を利用していない製品と同じ規制が適用されている。現在、近代的なバイオテクノロジー（遺伝子組み換えを含む）製品の規制に利用されている法律には、以下の4種類がある（表1参照）。

表 1 遺伝子組み換え生物に関わる規制

法律名	所管	おもな対象
連邦食品医薬品および化粧品法（FFDCA: Federal Food, Drug, and Cosmetic Act）	食品医薬品局（FDA: Food and Drug Administration）	食品、食品添加物、医薬品、医療機器、生物製剤
植物保護法（PPA: Plant Protection Act）	農務省（USDA: Department of Agriculture）	植物病害虫（および植物病害虫と疑われるもの）を含む生物、製品
連邦殺虫剤殺菌剤殺鼠剤法（FIFRA: Federal Insecticide, Fungicide, Rodenticide Act）	環境保護庁（EPA: Environmental Protection Agency）	農薬
有害物質規制法（TSCA: Toxic Substances Control Act）	EPA	基本的に、他の法律の対象とならない化学物質（微生物を含む）

出所：United States Regulatory Agencies Unified Biotechnology Website<sup>11</sup>およびバイオセーフティ・データベース<sup>12</sup>を基に作成

また、バイオテクノロジー規制の調和的枠組みの中で、分類上二つ以上の異なる属の生物の遺伝物質を意図的に組み合わせることによって作成された属間微生物（intergeneric microorganism）は新規微生物（new microorganism）であると解釈し、これは「新規化学物質」を規制するTSCA（1976年施行）の規制対象となることが規定された<sup>13</sup>。

<sup>9</sup> バイオセーフティ・データベース「米国における規制の解説」[http://www.biosafety.jp/www/kisei\\_us.php](http://www.biosafety.jp/www/kisei_us.php)

<sup>10</sup> バイオセーフティ・クリアリングハウス「バイオセーフティに関するカルタヘナ議定書について」「議定書の概要」[http://www.bch.biodic.go.jp/bch\\_1.html](http://www.bch.biodic.go.jp/bch_1.html)

<sup>11</sup> <http://usbiotechreg.nbii.gov/FAQRecord.asp?qryGUID=2>

<sup>12</sup> [http://www.biosafety.jp/www/kisei\\_us.php?page=2](http://www.biosafety.jp/www/kisei_us.php?page=2)

<sup>13</sup> EPA. “Microbial Products of Biotechnology: Final Rule (62 FR 17910)”  
[http://www.epa.gov/biotech\\_rule/pubs/biorule.htm](http://www.epa.gov/biotech_rule/pubs/biorule.htm)

## (2) TSCAにおける微生物の安全審査

EPAは、1986年の調和的枠組みの中で、TSCAによる微生物の規制についてある程度整理することはできたものの、これをより完全なものにするためにはさらなる規則制定 (rulemaking) が必要であった。このため、1994年にTSCAにおける微生物の規制についてさらなる規則提案を発表し、パブリック・コメントを募集した。そして1997年4月11日に、「バイオテクノロジーによる微生物製品：TSCAにおける最終規制 (Microbial Products of Biotechnology; Final Regulation Under the Toxic Substances Control Act)」<sup>14</sup>を発表した。これによって、連邦行政規則集 (CFR: Code of Federal Regulations) タイトル40「環境の保護 (Protection of Environment)」でTSCAが盛り込まれているサブチャプターR「有害物質規制法 (TSCA)」の中に、微生物に関する条項として新たにパート725<sup>15</sup>が加えられた。以下では、これらの経緯を基に、TSCAにおける新規微生物の安全審査手順について記述していく。

まず、1994年の提案では、以下のような点が提案された (いずれも1997年の最終規則で採用されている)<sup>16</sup>。

- 属間微生物を「新規微生物」と解釈し、これをTSCAの規制の対象である「新規化学物質」の一種であるとした1986年の調和的枠組みにおける考え方を維持する。
- 新規化学物質を米国内で製造または輸入する意図のある者は、製造または輸入予定日の少なくとも90日前までにEPAに通知 (notice) するという規則 (TSCA セクション5) について、次の2点を変更する。
  - 従来型の新規化学物質に関する通知 (「製造前通知 (PMN: Premanufacture Notification)」) に対し、新規微生物に関する通知は「微生物の商業活動に関する通知 (MCAN: Microbial Commercial Activity Notice)」と、区別する。
  - EPAが定める基準に基づいて製造される一部の微生物についてはMCANを免除する (後述を参照)。
- 純粋な研究開発段階の微生物については、研究室や温室などの閉鎖的施設で一定の条件が満たされている場合は、TSCA セクション5による通知の義務を免除する。
- 商業目的の研究開発における微生物については、環境での放出試験が意図されている場合、試験の少なくとも60日前に「TSCA 試験的放出申請書 (TERA: TSCA Experimental Release Application)」を提出することを義務付ける。

---

<sup>14</sup> 最終規制の全文 (官報) は以下で閲覧できる。

<http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-TOX/1997/April/Day-11/t8669.pdf>

<sup>15</sup>

[http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=401d1fa5a85e820674e669b8a3edf23b&c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfrv30\\_02.tpl](http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?sid=401d1fa5a85e820674e669b8a3edf23b&c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title40/40cfrv30_02.tpl)

<sup>16</sup> EPA. “Microbial Products of Biotechnology. Final Regulation under the Toxic Substances Control Act. A Summary of the Public’s Comments and the Agency’s Response”

[http://www.epa.gov/biotech\\_rule/pubs/pdf/c006.pdf](http://www.epa.gov/biotech_rule/pubs/pdf/c006.pdf) p. 4-5

以下では、新規微生物の利用に関わる通知・申請のうち、「微生物の商業活動に関する通知 (MCAN)」、「TSCA 試験的放出申請書 (TERA)」、「試験的マーケティングによる免除 (TME: Test Marketing Exemption)」について取り上げる。

## ア 微生物の商業活動に関する通知 (MCAN)

MCANの内容は、従来型の新規化学物質を製造または輸入しようとする際に義務付けられている「製造前通知 (PMN)」に基づいたものであり、基本的にPMNと同じ内容となっている。1997年の最終規則で微生物の審査に関して新たに加えられたCFRタイトル40「環境の保護」パート725<sup>17</sup>によれば、MCANについて以下のように規定されている。

- TSCA セクション5で通知が義務付けられている、(新規微生物または著しく新しい方法で利用される微生物を製造または輸入しようとする) 製造者、輸入者、加工者は、製造または輸入の少なくとも90日前までにMCANをEPAに提出しなくてはならない(一部の免除措置が適用される者は除く)。(セクション725.1および725.150)
- MCANに盛り込まれるべき情報は下記の通りである (セクション725.155および725.160)。通知の書類は現在のところ、PMNと同じ形式を使用する<sup>18</sup>。また、いずれも申請者が認識・所有している範囲、申請者が合理的に確認できる範囲での情報でよい。
  - ① MCAN提出者の名称と住所
  - ② 微生物の正確なアイデンティティを得るために十分な情報 (受容生物 (recipient microorganism: 遺伝子組み換えにおいて、遺伝子の導入を受ける生物のこと) および新規微生物の概要や新規微生物の遺伝子構造など)
  - ③ 新規微生物の製造や加工、利用、廃棄によって生じる副産物
  - ④ 製造の総量
  - ⑤ 新規微生物の利用方法に関する情報
  - ⑥ 労働者への曝露や環境への放出に関する情報
  - ⑦ 新規微生物に関する試験データ
  - ⑧ その他、健康や環境への影響に関するデータ
- 通知費用の体系はPMNと同じ (1申請につき2,500ドル。ただし一定の条件を満たす小規模企業は100ドル。媒介物として通知する場合は1,000ドル。事前にEPAの承認を得た上で、類似する複数の新規化学物質の製造または輸入についてMCANを提出する場合は、一括通知 (費用は同じく2,500ドル) できる)。

現在のところ、MCAN専用の通知形式ではなく (PMNの形式に則って行われている)、内容もPMNを基本としたものとなっているが、EPAは、「今後はMCANの安全審査の経験が増えていくのに伴い、MCAN専用の通知形式の確立や、『属間微生物は新規化学物質としてTSCAセクション5の審査の対象

<sup>17</sup> Title 40 of CFR Part 725. [http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx\\_07/40cfr725\\_07.html](http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_07/40cfr725_07.html)

<sup>18</sup> PMNに関する書類や情報は以下で入手できる。 <http://www.epa.gov/opptintr/newchems/pubs/pmnforms.htm>

となる』という解釈の見直しを検討していく計画である」としている<sup>19</sup>。

EPAはMCANを受領した後、その対象となっている微生物について、官報（Federal Register）に掲載する（一部、企業秘密情報として申告された部分は除く。これについては後述を参照）。それと同時に、対象となっている微生物に人体や環境への悪影響があるかどうかを審査する。その結果、悪影響があると考えられる場合は必要な規制措置を講じ、それ以外の場合（申請者が製造または輸入できることを意味する）には、①申請者に審査期間が終了したことを通知する、②申請者に審査が完了したことを通知する、③審査期間内に何も通知しないの3種類が取られる<sup>20</sup>。なお、MCAN提出者は、審査期間内にEPAによる規制措置が講じられなかった後、実際に新規微生物を製造または輸入してから30日以内に、「製造または輸入開始の通知（NOC: Notice of Commencement of Manufacture or Import）」を提出しなくてはならない<sup>21</sup>。

## イ TERA

商業目的の研究開発で、新規微生物または著しく新しい利用による微生物の環境への放出を予定している者（純粋な研究開発、連邦資金によって行われる研究開発、閉鎖的施設の中での研究開発などは免除される）は、EPAにTSCA試験的放出申請書（TERA）を提出しなくてはならない。TERAの概要は以下の通りである。TERAは、研究開発段階でMCANを提出する場合の煩雑さを低減することを目的としたもので、新しい措置である。

- 試験予定日の少なくとも60日前までにTERAを提出しなくてはならない。（セクション725.250）
- TERAに盛り込まれるべき情報は下記の通りである（セクション725.250および725.260）。いずれも申請者が認識・所有している範囲、申請者が合理的に確認できる範囲での情報でよいが、下記の情報に限らず、EPAが申請の是非を判断するのに十分な情報を提供すること。
  - ① 申請者の身元および新規微生物のアイデンティティに関する情報（MCANで求められているのと同じ内容）。
  - ② 予定されている研究開発活動の状況に直接関連する表現形質および生態的形質の情報。
  - ③ 予定されている研究開発の詳細な内容。
  - ④ 新規微生物による健康または環境への影響（潜在的影響も含む）。

---

<sup>19</sup> “Microbial Products of Biotechnology. Final Regulation under the Toxic Substances Control Act. A Summary of the Public’s Comments and the Agency’s Response”（既出）p.31

<sup>20</sup> Title 40 of CFR, Section 725.170.

[http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.170.pdf](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.170.pdf)

<sup>21</sup> Title 40 of CFR, Section 725.190.

[http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.190.pdf](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.190.pdf)



## ウ TME

試験的マーケティングによる免除（TME）は、MCANを提出する前に試験的なマーケティングを実施したいという企業を対象としたものである。新規微生物の本格的な商業化の前に、顧客の受け入れ度や潜在的需要を探りたい企業が利用する。新規微生物に関するTMEの主な内容は以下の通りで、これは従来型の新規化学物質に関するTMEとほぼ同じ内容となっている。

- ▶ 試験的マーケティング活動の開始予定日の少なくとも45日前までにTMEを提出しなくてはならない。なお、TMEを提出する前にEPAに相談することが推奨されている。（セクション725.350）
- ▶ TMEに盛り込まれるべき情報は下記の通りである（セクション725.350および725.355）。いずれも申請者が認識・所有している範囲、申請者が合理的に確認できる範囲での情報でよいが、下記の情報に限らず、EPAが申請の是非を判断するのに十分な情報を提供すること。
  - ① 申請者の身元および新規微生物のアイデンティティに関する情報（MCANで求められているのと同じ内容）。
  - ② 予定されている試験的マーケティングの状況に直接関連する表現形質および生態的形質の情報。
  - ③ 予定されている試験的マーケティングの詳細な内容。
  - ④ 新規微生物による健康または環境への影響。

TMEが許可された新規微生物を実際に商業化（製造または輸入）したい場合は、改めてMCANを提出し、審査期間を終了する必要がある。TMEの有効期間（EPAが決定する）を過ぎてからMCANの審査期間（90日間）が過ぎるまでの間は、一定の条件を満たせば、試験的マーケティングとしての新規微生物の利用を継続することができる<sup>22</sup>。

### (3) TSCAにおける情報公開（インベントリ）

#### ア TSCA インベントリにおける微生物の取り扱い

MCANの調査期間が終了し、NOCが提出された新規微生物は、TSCAに基づきEPAが管理している「TSCA インベントリ（TSCA Inventory）」に記載される。この時点で、「新規化学物質（新規微生物を含む）」は「既存化学物質（既存微生物）」となる。当然のことながら、既存化学物質としてTSCA インベントリに記載された微生物を製造または輸入しようとする場合については、その後、MCANを提出する必要はない。

TSCAインベントリの入手先としては、多くの図書館にコピーが置いてある他、政府印刷局（GPO: Government Printing Office）や全米技術情報サービス（NTIS: National Technical Information Service）で有料にて購入できる。現在、約7万5,000件の化学物質が記載されている（このうち

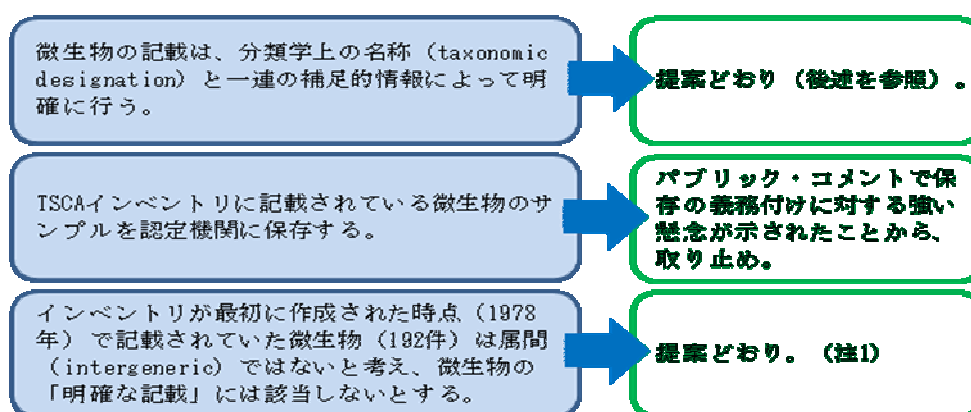
---

<sup>22</sup> EPA. “Test Marketing Exemptions” <http://www.epa.gov/opptintr/newchems/pubs/tmexempt.htm> 本報告書では、ウェブサイト上のPMNと表記されている部分をMCANに置き換えた。

微生物が何件あるかは不明)<sup>23</sup>。

EPA は 1994 年に発表した「TSCA における微生物の規制についてさらなる規則提案」(前出) の中で、微生物の取り扱いについて提案をし、パブリック・コメントを受けた後、1997 年の最終規則でこれらの取り扱いについて以下図 1 のように発表している。

図 1 TSCA インベントリにおける微生物の取り扱い



注1：EPAが1986年に発表した政策声明以降に提出されたPMNでは、分類学上の名称と一連の補足的情報による明確な記載が行われていたため、問題にはならなかった。また、初期のインベントリが作成されてから1986年の政策声明の間は、微生物に関するPMNは提出されていない。

出所：EPA. “Final Regulation under the Toxic Substances Control Act” (p.103-107)を基に作成

### TSCA インベントリにおける微生物記載の概要

1997 年の最終規則により、TSCA インベントリにおける微生物の記載条項として、分類学上の名称とその他の補足的情報が利用されることになった。それぞれの内容は以下のとおりである<sup>24</sup>。

- 分類学上の名称：供与生物 (donor organism: 遺伝子組み換えに用いられる遺伝子をもともと持っていた生物のこと) と受容生物 (recipient microorganism: 遺伝子組み換えにおいて、遺伝子の導入を受ける生物のこと) について、菌株 (strain) のレベルまで分類学上の名称を提供すること。
- その他の補足的情報：微生物を正確に認識するのに十分な表現形質や遺伝子情報を提供すること。

表 2 は、最終規則が発表された翌 1998 年から現在までに提出された MCAN およびその後の経過の一覧である。

<sup>23</sup> EPA. “What is the TSCA Chemical Substance Inventory?” <http://www.epa.gov/opptintr/newchems/pubs/inventory.htm>

<sup>24</sup> Title 40 of CFR, Section 725.12. [http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.12.pdf](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.12.pdf)

表 2 提出された MCAN およびその後の経過 (1998 年～現在)

ケース No.	MCAN 受領日	微生物	決定	決定日	NOC 受領日
J98-0001	1998/3/16	Bacillus amyloliquefaciens strain MOL1350	DFR	1998/6/14	
J98-0002	1998/3/16	Bacillus lentus strain PL2958	DFR	1998/6/14	
J98-0003	1998/7/9	Pseudomonas fluorescens strain CBI	DFR	1998/10/6	1999/2/16
J99-0001	1999/2/16	Pseudomonas fluorescens strain CBI	DFR	1999/4/18	2002/11/14
J01-0001	2000/11/14	E. Coli strain CBI	DFR	2001/3/28	2002/1/9
J01-0002	2000/11/14	E. Coli strain CBI	DFR	2001/3/28	2002/6/10
J02-0001	2001/11/19	Escherichia coli strain BL21	DFR	2002/3/6	
J03-0001	2003/6/25	Trichoderma reesei strain CBI	DFR	2003/9/10	
J03-0002	2003/6/25	Trichoderma reesei strain CBI	DFR	2003/9/10	2004/3/24
J04-0001	2004/1/2	Trichoderma reesei strain 34-6	DFR	2004/3/24	
J04-0002	2004/4/7	Withdrawn by submitter			
J04-0003	2004/8/2	DVSA-LAC-001	DFR	2004/10/27	2005/5/25
J04-0004	2004/8/5	Recombinant microorganism	DFR	2004/10/27	2005/12/14
J04-0005	2004/9/28	Trichoderma reesei strain 23-1	DFR	2004/12/6	
J05-0001	2005/1/24	Trichoderma reesei strain 3236	DFR	2005/3/31	
J05-0002	2005/9/12	Trichoderma reesei strain 3243	DFR	2005/12/8	
J06-0001	2006/3/24	Trichoderma reesei strain 3260	DFR	2006/6/2	
J07-0001	2006/12/1	Trichoderma reesei strain CBI	DFR	2007/2/21	

注 1：微生物の項目内の「CBI」は、Confidential Business Information の略（詳細は後述）。

注 2：決定の項目内の「DFR」は、Dropped from Review の略で、EPA による調査期間が完了したことを示す。

出所：EPA. “Notifications, FY 98 to Present”<sup>25</sup>

表 2 によれば、1998 年から現在までに提出された MCAN は 18 件で、提出者が通知を取り下げた 1 件（ケース番号：J04-0003）を除き、すべての審査が満了している。このうち、7 件について NOC が提出されていることから、98 年以降、TSCA インベントリに新たに記載された微生物は 7 件であることが分かる。

<sup>25</sup> <http://www.epa.gov/opptintr/biotech/pubs/submiss.htm>

## 2. 米国における GILSP 概念の捉え方

### (1) OECD による遺伝子組み換え微生物の GILSP

経済協力開発機構（OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development）は、1986年に発表した報告書「組み換えDNAの安全性に関する見解（Recombinant DNA Safety Considerations）」の中で、「大規模な工業用としての遺伝子組み換え生物の利用（GILSP: Good Industrial Large Scale Practice）」というコンセプトを提案している。このコンセプトは、「基本的に、これまで長期にわたり、安全に工業利用されてきた病原性のない宿主微生物（受容微生物と同じ）に、有害性の知られていない遺伝子配列を導入して作った、遺伝子の転移や環境中での生残が起こらないような微生物は、宿主微生物の通常の工業利用と同様の取り扱いでよい」というものである<sup>26</sup>。具体的な内容は、下表3のとおりである。

表 3 OECD が提案する遺伝子組み換え微生物の GILSP

宿主微生物（受容微生物）	遺伝子組み換えされた微生物	挿入される遺伝子配列
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 病原性がないこと。</li> <li>▶ 偶発的な生物でないこと。</li> <li>▶ 安全に工業利用された長い歴史があること。あるいは、環境への放出が制限された状況であること。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 病原性がないこと。</li> <li>▶ 宿主微生物と同程度に安全だが、生残は限定的で環境への悪影響がないこと。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 特性が十分に解明されており、有害な影響が認められていないこと。</li> <li>▶ 遺伝子配列のサイズは可能な限り制限すること。</li> <li>▶ 可動性が低いこと。</li> <li>▶ 耐性を獲得することが知られていない微生物に耐性マーカーを伝達しないこと。</li> </ul>

出所：OECD. ”Recombinant DNA Safety Consideration” (p. 56)<sup>27</sup>

### (2) GILSP に相当する米国独自の方式

EPAは1994年、人体および環境に悪影響をもたらさないと考えられる微生物の工業利用に関して、3つのクライテリア（受容微生物、導入される遺伝物質、物理的封じ込めおよび管理技術）を定め、これを基にEPAの安全審査を免除できる段階式の例外措置（Tier IおよびTier II）を設定することを提案し、1997年の最終規則で決定している。この例外措置がOECDのGILSPに相当すると考えられ、EPAは、「EPAによる段階式の例外措置は、OECDによるGILSPと整合するものである。EPAが定める3つのクライテリアは広い意味でOECDによるGILSPの基準を基にしたものである」<sup>28</sup>と

<sup>26</sup> バイオセイフティデータベース。「OECDにおける産業利用のためのガイドライン（GILSPを中心として）」

<http://www.biosafety.jp/www/source.php?id=78&pindex=3>

<sup>27</sup> OECD. “Recombinant DNA Safety Consideration” 1986.

[http://dbtbiosafety.nic.in/guideline/OACD/Recombinant\\_DNA\\_safety\\_considerations.pdf](http://dbtbiosafety.nic.in/guideline/OACD/Recombinant_DNA_safety_considerations.pdf)

<sup>28</sup> “Microbial Products of Biotechnology. Final Regulation under the Toxic Substances Control Act. A Summary

の見解を示している。

EPAによる3つのクライテリアは下記の通りである。このうち、アからウまですべてを満たす場合には、Tier Iの例外措置（EPAによる安全審査の免除）が、アおよびイを満たすが、ウについては軽減を求める場合はTier IIの例外措置（MCANによる通知義務の内容が軽減される）を申請できる。

## ア 受容微生物

EPAは、例外措置の対象となる受容微生物を選定するにあたり、以下の条件を設定した<sup>29</sup>。

- ▶ 利用可能な遺伝子情報および表現形質情報を使い、明確に特定でき、また分類が可能な微生物であること。
- ▶ （例外措置の対象となる微生物には、）人体や環境への悪影響の可能性があり、密接な関連性を有している微生物との関係性を評価できる情報があること。
- ▶ 安全に工業利用されてきた歴史があること。
- ▶ 工業利用は、（例外措置の対象となる微生物）製品がTSCAの規制対象であることを示すものであること。
- ▶ EPAが、微生物が悪影響をもたらす可能性について判断するための論文や研究があること。
- ▶ EPAが、環境における微生物の生存特性について判断するための論文や研究があること。

上記の6つの条件に基づき、TSCAは「Tier IおよびIIの例外措置の対象となる受容微生物」として以下表4にまとめた10件を指定している<sup>30</sup>。

表4 TSCAでTier IおよびTier IIの例外措置の対象となる受容微生物

Acetobacter aceti.	Clostridium acetobutylicum.
Aspergillus niger.	Escherichia coli K-12.
Aspergillus oryzae.	Penicillium roqueforti.
Bacillus licheniformis.	Saccharomyces cerevisiae.
Bacillus subtilis.	Saccharomyces uvarum.

出所：Title 40 of CFR, Section 725.420.

of the Public's Comments and the Agency's Response”（既出）p.45

<sup>29</sup> 同上。p.46

<sup>30</sup> Title 40 of CFR, Section 725.420.

[http://a257.g.akamai.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.420.pdf](http://a257.g.akamai.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.420.pdf)

## イ 導入される遺伝物質

TSCAでは、Tier IおよびIIの例外措置の対象となる導入遺伝物質について、以下の条件を定めている<sup>31</sup>。

- ▶ サイズが限定されていること。
- ▶ 特性が十分解明されていること。
- ▶ 可動性が低いこと。
- ▶ EPA が特定する遺伝子配列を含まないこと。

## ウ 物理的封じ込めおよび管理技術

Tier Iの例外措置を受けるためには、新規微生物が使用される施設で、以下の条件が満たされなくてはならない。また、Tier IIの例外措置を申請する場合、これらの条件はガイダンスとして利用される<sup>32</sup>。

- ▶ 新規微生物を封じ込める形で設計および運営される建造物 (structure) を利用すること。
- ▶ 建造物へのアクセスを管理すること。
- ▶ 人体の安全と衛生の管理の実践に関する文書を提出すること。
- ▶ 廃液および廃棄物の中に封じ込められた新規微生物を処分する前に、効果が実証されている不活性化策を講じること。
- ▶ 施設からの放出によって大気や排気に含まれる生存可能な微生物を最小限化するため、効果が実証されている策を講じること。
- ▶ その他の経路によって拡散される新規微生物を管理するシステムを導入すること。
- ▶ 緊急時の清浄方法を常に有していること。

### (3) Tier I および Tier II による例外措置の申請方法<sup>33</sup>

前述したように、上記のアからウまでの条件をすべて満たす場合、EPA による安全審査の免除を受けることができる (Tier I)。Tier I の例外措置の適用を申請する製造者または輸入者は、受容微生物 (セクション 725.420 で認められているもの) に由来する新規微生物の製造または輸入を開始する日の少なくとも 10 日前までに、証明書 (certification) を提出しなくてはならない。証明書には、①製造者または輸入者の氏名および住所、②製造または輸入の開始予定日、③

---

<sup>31</sup> Title 40 of CFR, Section 725.421.

[http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.421.pdf](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.421.pdf)

<sup>32</sup> Title 40 of CFR, Section 725.422.

[http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr\\_2007/julqtr/pdf/40cfr725.422.pdf](http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/03jul20071500/edocket.access.gpo.gov/cfr_2007/julqtr/pdf/40cfr725.422.pdf)

<sup>33</sup> Title 40 of CFR, Section 725.424~725.450

受容微生物（セクション 725.420 に記載されていること）、④導入遺伝物質、物理的封じ込めおよび管理技術の遵守を示す証明、⑤廃棄処分の拠点および処分方法に関する情報、⑥提出された情報が可能な限り正確で誠意のあるものであることを示す声明、が盛り込まれなくてはならない（MCAN で義務付けられている試験データに関する情報などは不要）。

一方、上記のクライテリアのうち、アとイは満たすが、ウについては満たさない（ただしウをガイダンスとして十分な物理的封じ込めと管理技術を導入していること）という場合は、MCAN による通知の内容が軽減された Tier II の例外措置を申請することができる。Tier II の例外措置を申請する製造者または輸入者は、製造または輸入の開始予定日の 45 日前までに、例外措置適用の申請書を提出しなくてはならない（Tier II の例外措置適用を申請する場合、事前に EPA に相談することが望ましいとされている）。申請書には、①申請者（企業）の名称および本社住所と技術担当者の氏名および連絡先、②微生物に関する情報（受容微生物の情報、遺伝子修正の方法や導入遺伝物質の機能など）、③製造量、④処理方法および封じ込めに関する情報、⑤の拠点および処分方法に関する詳細な情報、⑥提出された情報が可能な限り正確で誠意のあるものであることを示す声明、が盛り込まれなくてはならない（試験データに関する情報は不要）。

### 3. 遺伝子組み換え体の工業利用における企業秘密取り扱いの問題

#### (1) TSCA における企業秘密情報（CBI）の取り扱い

TSCA では、新規化学物質の製造や輸入を計画している企業が PMN の申請を行う場合、申請書に記載されている情報の一部を企業秘密情報（CBI: Confidential Business Information）として申告し、非公開（審査のための官報記載で該当箇所は非公開とされ、TSCA インベントリにも記載されない）とすることを認めている。これに基づき、1997 年に発表された微生物の取り扱いを目的とした最終規則でも、微生物の製造や輸入の申請を行う企業には CBI の申告を認めている。

EPA は、TSCA における CBI の方針について、「一般市民に向けて合理的な期間内に企業秘密以外の情報を提供するというニーズや、情報公開法（FOIA: Freedom of Information Act）に基づく要請に返答するために必要な情報を得るというニーズ、その一方で人々（企業）が最小限の負担で CBI を主張することを容認するというニーズの中で、バランスを図っている」としている。また、一部の例外を除いていかなる情報も CBI として申告することができるが、一般市民ができるだけ審査に参加できるよう、CBI の申告は最小限に留めるよう要請している<sup>34</sup>。

CBI は、微生物の商業活動に関する通知（MCAN）、試験的マーケティングによる免除（TME）、Tier I の例外措置、Tier II の例外措置を申請する際に一緒に申告しなくてはならない。また、それらの CBI は、必要な情報（後述を参照）を提供することで「実証（substantiate）」されなくてはならない。一方、TSCA 試験的放出申請書（TERA）の場合は、申請と同時に CBI を申告する点は同じだ

---

<sup>34</sup> EPA. “Points to consider in the preparation of TSCA biotechnology submissions for microorganisms” June 2, 1997. <http://www.epa.gov/oppt/biotech/pubs/pdf/ptcbio.pdf> p.8

が、上記のようにそれらを実証する必要はないが、EPAの要請があった場合は実証できるようにしておかなくてはならない。また、MCAN申請時にCBIを申告した企業が、その後のTSCAインベントリにおいても微生物のアイデンティティをCBI扱いとしたい(インベントリに該当箇所が記載されないようにしたい) 場合、規定の審査期間を経た後で「(製造または輸入) 開始の通知 (NOC)」を提出する際、改めてCBIを申告しなくてはならない。NOCで改めてCBIが申告されない場合、これらの情報はすべてTSCAインベントリに記載される<sup>35</sup>。

なお、EPAがTSCAにおける微生物の取り扱いに関して1994年に行った提案では、TERAにおいても申請時に実証するよう義務付けることが提案されたが、研究開発段階における専有情報保護の観点から、1997年の最終規則発表では、「申請時に実証を義務付ける (CBIを裏付ける情報を提供すること)」という規則は取り下げられた。ただし、今後のTERA申請状況によっては再検討する可能性を示唆している<sup>36</sup>。

## (2) CBI 申告に記載すべき情報

新規微生物に関する申請でCBIを申告する場合、以下の情報を盛り込むことでこれらのCBIを実証しなくてはならない<sup>37</sup>。

- ▶ もしEPAが微生物のアイデンティティをインベントリに記載した場合、企業（機関）の競争力にどのように有害な影響が及ぶのか？微生物のアイデンティティと企業（機関）の間に関連性が見えない形でインベントリに記載された場合、競合企業はその情報をどのように利用することができるのか？情報開示による有害な影響はどの程度の規模か？情報開示と有害な影響の関連性は簡単に言ってどのようなものか？
- ▶ 微生物のアイデンティティの秘匿性は、そのような微生物が商業目的で製造または輸入されつつあることを競合企業が知らないという程度のものであるか？
- ▶ 一般的な質問：以下の質問に詳細に回答すること。
  - 秘匿性を申告するのはどのぐらいの期間か？あるできごとまたはある時点までの秘匿性を申告する場合は、そのできごとや時点、およびそれまで秘匿されるべき理由を説明すること。
  - CBIとして申告している情報の利用や保管に関して、企業（機関）内で取られている物理的および手続き上の制限策を簡単に説明すること。
  - CBIとして申告している情報が、企業（機関）外の人物に開示されたことはあるか？将来、こうした人物に開示される可能性はあるか？その場合、情報のさらなる開示や利用についてどのような制限が適用されるのか？

---

<sup>35</sup> Title 40 of CFR, Section 725.94.

<sup>36</sup> Products of Biotechnology. Final Regulation under the Toxic Substances Control Act. A Summary of the Public's Comments and the Agency's Response” (既出) p.108

<sup>37</sup> Title 40 of CFR, Section 725.94.



- CBI として申告している情報が、微生物（およびその最終製品）の広告や宣伝材料、原材料安全データ、専門誌または業界誌、一般や競合会社が入手可能なその他の媒体、特許、公的政府によるパブリック・ファイルの中に登場したことはあるか？
  - EPA やその他の連邦機関、連邦裁判所、または州政府が、今回 CBI として申告している情報について秘匿性を決定したことがあるか？
  - CBI として申告している各情報について、それらが開示された場合、企業（機関）の競争的立場にどのような害を及ぼすか解説すること。なぜその害が甚大なのか？競合会社はその情報をどのように利用できるのか？
  - EPA がそれらの情報を開示した場合、競合会社がその微生物の最終製品で市場に参入するのはどれくらい難しいものか？
- ▶ 微生物のアイデンティティおよび製法について：微生物のアイデンティティや製法が CBI として主張されている場合は、以下の質問に回答すること。
- その微生物または製法は、米国またはその他の国で特許を取得しているか？取得している場合、なぜ秘匿性が必要なのか？
  - その微生物が、一般市民や競合会社がアクセス可能な形で製造拠点や試験拠点から離れたことがあるか？競合会社がその微生物にとって適切な利用条件を確立するのに必要な時間や資金はどれくらいか？製法分析を促進または妨害する要素は何か？
  - それ以外に CBI として申告されている追加点について、情報が秘匿されている間に開示されてしまった場合、いかなる害が発生するか？
- ▶ 微生物の健康および安全性に関する研究について：健康や安全性に関する研究の中で CBI が申告されている場合、以下の質問に回答すること。
- CBI として申告されている情報が開示された場合、一般に明らかになるのは、加工情報か？それとも人体や環境における微生物の影響とは関係のない情報か？
  - 企業（機関）は、微生物のアイデンティティに関する情報の開示は、提出された健康や安全性に関する研究報告の内容を解釈するのに必要のないものであると主張しているのか？そうである場合、少ない情報でどのように研究報告を解釈できるのか説明すること。

また、CBI申請の形式などについては、以下のように指示されている<sup>38</sup>。

- ▶ カバーページ（表紙）において、申請書内で CBI として申告している情報を示すこと。
- ▶ CBI として申告されている情報部分を丸囲みし、その情報が記載されているページには、「企業秘密」「TSCA CBI」といったマークを記すこと。

<sup>38</sup> EPA. “Points to consider in the preparation of TSCA biotechnology submissions for microorganisms” June 2, 1997. (前出) p.9

- CBI を申告する場合、本来の申請書の他に、CBI として申告している部分を削除した上でマーク付けを行い、削除版 (sanitized version) として提出する。この削除版がパブリック・ファイルに利用される。
- 微生物そのものに関する情報 (アイデンティティ) やその利用方法を CBI として申告する場合、一般公開用に一般的情報 (ジェネリック・インフォメーション) を提供しなくてはならない。一般的情報の提出を義務付けることで、EPA は、新規微生物の潜在的リスクに関する情報を (CBI を明らかにすることなく) 国民に提供するという義務を果たすことが可能になると考えられている。

提出されたすべての情報は、CBIとして申告されている部分を除き、パブリック・ファイルとなり、一般市民による検査が可能である<sup>39</sup>。

### (3) TSCA インベントリに関する照会

ある化学物質 (微生物を含む。以下同) を米国内で製造または輸入しようとする場合、まず、それらの化学物質が TSCA インベントリに記載されているかどうかを照会する必要がある。TSCA インベントリに記載されていれば、「既存化学物質」となり、製造または輸入のための申請は不要となる。一方、TSCA インベントリに記載されていない場合は、化学物質に関する情報が CBI として申告されていると、TSCA インベントリには記載されないため、TSCA インベントリのうち秘匿扱いとなっている部分について EPA に照会する必要がある。

その場合、製造または輸入を計画している者は、「製造しようとする誠意の通知 (Notice of Bona Fide Intent to Manufacture)」を EPA に提出する必要がある。製造 (輸入) 計画者は、以下の情報を提出しなくてはならない。これらの情報および通知に基づいて、EPA はインベントリの秘匿部分と照合をする<sup>40</sup>。

- TSCA インベントリ内で見つからなかった化学物質に関する十分な情報。製造 (輸入) 計画者のサプライヤーが一部の情報の提供を差し控えている場合は、サプライヤーから EPA に直接「支援書 (Letter of Support)」を提出してもらうことで補える (サプライヤーが EPA に提出した情報は、製造 (輸入) 計画者には開示されない)。
- 製造または輸入しようとしている意図の証明。
- 「誠意」を裏付けるために必要なその他の情報。

### (4) CBI をめぐる議論

一方、TSCA における CBI の取り扱いに関しては、国民の健康や環境を保護するという点と企業

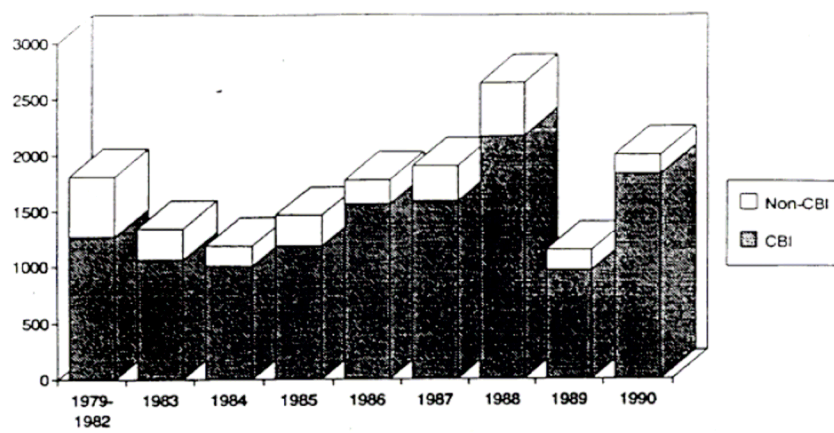
<sup>39</sup> Title 40 of CFR, Section 725.95.

<sup>40</sup> EPA. "How can I find out if a substance is on the Inventory if it is not publicly listed?" <http://www.epa.gov/oppt/newchems/pubs/ltrsuppr.htm>

秘密を保護するという点の間で適切なバランスが取られているか？という点が、微生物に限らず、化学物質全般の問題として、政府や大学、企業の間で大きな議論となっている。

現在の規則の元では、企業は、一定の条件を満たせば、基本的にどのような情報でもCBIとして申告できる。以下図2は、1990年までに提出されたPMNのうち、何らかのCBIが含まれている案件を示したものであるが、CBIが含まれているPMNは圧倒的に多い。2005年に政府アカウンタビリティ局（GAO: Government Accountability Office）が発表した報告書<sup>41</sup>でもEPA担当官が、「提出されるPMNのうち95%が何らかのCBIを申告している」と述べている。

図2 PMNのCBI・非CBI内訳



出所：Wendy Wagnerによるプレゼン資料<sup>42</sup>

上記の図を作成したテキサス大学ロースクール（University of Texas School of Law）のウェンディ・ワグナー（Wendy Wagner）氏は、健康に関する情報開示と企業の企業秘密保護の問題について、①健康問題に関する企業の報告義務の基準は企業に非常に寛大である（たとえば、化学物質が癌や突然変異、出生障害などをもたらすという結論を合意的に裏付けられる影響が観測された場合のみ報告義務が課されている）、②CBIへの国民のアクセスは限られている、③問題が発覚した場合、関係者間で非公開の和解や研究者との非公開契約が実施されるなど、口封じ的な措置が多い、といった点を挙げ、「健康に関する情報が公から隔離されている」と現在の化学物質規制を批判している<sup>43</sup>。

EPAは、これらのCBIを一般に開示することはもちろん、州政府や外国当局など化学管理を担当するその他の機関に提供することも認められていない。EPAには、CBIの申告が適切であるかどうかを評価する権限があるものの、こうした評価作業は時間と人を多く必要とし、EPAのリソースは

<sup>41</sup> GAO. “Chemical regulation. Options Exist to Improve EPA’s Ability to Assess Health Risks and Manage Its Chemical Review Program” GAO-05-459. June 2005. <http://www.gao.gov/new.items/d05458.pdf>

<sup>42</sup> Wendy Wagner. “How public health information can be sequestered without violating the law” <http://www.aaas.org/spp/rd/forumwagner.pdf> p.12

<sup>43</sup> 同上。

限られている。こうしたことからGAOは議会に対し、TSCAを改正してEPAが化学物質による健康と環境へのリスクに対処できるようさらなる権限を認めることや、EPAがCBIを州政府や外国企業と共有することを認めることなどを勧告している<sup>44</sup>。また、EPA自体も「CBIとして申告されている情報の中には、その化学物質が市場で一般に取引されるようになれば、CBIの必要性は消失する場合が多い」として、CBIの取り扱いを見直すパイロット・プログラムを検討しているという<sup>45</sup>。

---

<sup>44</sup> GAO. “Chemical regulation. Options Exist to Improve EPA’s Ability to Assess Health Risks and Manage Its Chemical Review Program” GAO-05-459. June 2005. (前出) p.36-37

<sup>45</sup> “EPA eyes TSCA review to challenge companies’ confidentiality claims” Inside OSHA. May 1, 2006.

## II. 生物多様性条約カルタヘナ議定書「責任と救済」に対する米国の議論

### 1. 業界団体と民間企業における議論

米国では、バイオ・農業関連業界団体が中心となり、米国政府に対し、生物多様性条約カルタヘナ議定書に署名しないこと、また、依然と条項策定の議論が進められている第 27 条「責任と救済」の詳細内容に関し、働きかけを行っている。米国の業界団体と民間企業のうち、作業部会にオブザーバーとして単独で参加している機関は見られないものの、生物多様性条約カルタヘナ議定書を批准していない米国、カナダ、アルゼンチンを中心とした約 80 カ国の 21 業界団体<sup>46</sup>が 2001 年に結成した国際穀物取引連合 (IGTC: International Grain Trade Coalition)<sup>47</sup>を通じて業界団体や民間の声が策定プロセスに反映されていると見られる<sup>48</sup>。

同章では、生物多様性条約カルタヘナ議定書や第 27 条「責任と救済」に関する議論を展開している業界団体と民間企業の例として、以下の 4 業界団体と 2 企業を挙げる。

#### <業界団体>

- ▶ バイオテクノロジー産業協会 (BIO: Biotechnology Industry Organization)
- ▶ 米国穀物飼料協会 (NGFA: National Grain and Feed Association)
- ▶ 北米輸出穀物協会 (NAEGA: North American Export Grain Association)
- ▶ 米国穀物理事会 (U. S. Grains Council)

#### <民間企業>

- ▶ ダウ・アグロサイエンス社 (Dow AgroSciences)
- ▶ モンサント社 (Monsanto)

---

<sup>46</sup> GMWatchによると 17 産業団体となっているが、IGTCの文書によると 21 産業団体あるので、ここでは 21 産業団体としておく。メンバーの 21 産業団体は以下の通り (アルファベット順、米国に拠点を置く産業団体を太字で示している): ABIOVE, ANIAME, APPAMEX, AWB Limited, Canada Grain Council, Centro de Exportadores de Cereals, China National Association of Grain Sector, COCERAL, Grain and Feed Trade Association, Hungarian Grain and Feed Association, National Agricultural Commodities Marketing Association, National Association of Grain Exporters, **National Corn Growers Association, National Grain and Feed Association, North American Export Grain Association**, Russian Grain Union, Solvent Extractors' Association of India, Soybean Processors Association of India, **U. S. Grain Council, U. S. Wheat Associates, Wheat Export Trade Education Committee**

“International Grain Trade Coalition Notice to Trade #6.” International Grain Trade Coalition.  
<[http://www.naega.org/images/IGTC\\_Notice\\_Trade\\_6.pdf](http://www.naega.org/images/IGTC_Notice_Trade_6.pdf)>

<sup>47</sup> ウェブサイトは存在しない。

<sup>48</sup> “Profiles: International Grain Trade Coalition (IGTC).” GMWatch.  
<<http://www.gmwatch.org/profile1.asp?PrId=333&page=I>>

## (1) バイオテクノロジー産業協会 (BIO)

<b>拠点</b>	ワシントンD.C.
<b>ウェブサイト</b>	<a href="http://www.bio.org/">http://www.bio.org/</a>

出所：“About BIO.” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/aboutbio/>>

バイオテクノロジー産業協会（以下BIO）は、米国と世界 33 カ国における 1,000 以上の企業会員<sup>49</sup>を抱える業界団体で<sup>50</sup>、米国の各種業界団体の中でも最も活発に米国政府に対し、生物多様性条約カルタヘナ議定書に関する働きかけをしているものの1つと言える。BIOの農業バイオ技術（agricultural biotechnology）に対する姿勢は、表5に見られるように10項目にまとめられるが<sup>51</sup>、これらからも分かるように、BIOは、生物多様性条約カルタヘナ議定書や欧州連合（EU: European Union）がGMOsの越境を制限するために採用している「予防原則（Precautionary Principle）」ではなく、米国政府が支持する世界貿易機関（WTO: World Trade Organization）の衛生植物検疫措置の適用に関する協定（Sanitary and Phytosanitary Agreement）にも見られるような、科学的根拠を基にした安全性規制を敷くべきであるという姿勢<sup>52</sup>を支持し、生物多様性条約カルタヘナ議定書に対し否定的な態度を示している。

表 5 BIO の農業バイオ技術に対する姿勢

① 遺伝子組み換え穀物を含み、どのような穀物を育てるのかという農家の選択権利を尊重する
② 科学に基づいた連邦法規を支持する
③ バイオ技術の躍進を促す研究開発（R&D: research and development）を支持する
④ 現在の食品表示に関する連邦規則を支持する
⑤ 農産物の認証に関し、科学的根拠を求める WTO の規則を支持する
⑥ 栽培・飼育者と消費者を保護する現在の連邦律法を支持する
⑦ 「意図せざる混在（AP: adventitious presence）」に関する一貫性のある国際標準を支持する
⑧ 農業バイオ技術を利用した食品に対し、保険を掛けることを支持する
⑨ 農務省オーガニック基準（National Organic Standards）を支持する
⑩ 飼料の健康状態を向上させたり、生産性を向上させたり、新たな治療方法を提供したりするためのバイオ技術の適用を支持する

出所：“State Policy Priorities for Agriculture Biotechnology.” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/foodag/positions/agribio.asp>>

さらに、BIOは、農業バイオ技術が、土壌侵食の防止や農薬使用量の削減につながり、その他、

<sup>49</sup> BIOの総会会員数は1,100を超え、米国内外の企業、学術研究所、州立バイオ技術研究センター、その他関連性のある機関などが会員となっている。ここでは民間企業のみを数字を示している。“Milestones 2006-2007.” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/speeches/pubs/milestone07/Milestones2007.pdf>>

<sup>50</sup> “State Policy Priorities for Agriculture Biotechnology.” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/foodag/positions/agribio.asp>>

<sup>51</sup> 同上

<sup>52</sup> Kogan, Lawrence A. “WTO Ruling on Biotech Foods Addresses “Precautionary Principle.” Legal Backgrounder. 8 Dec. 2006.

厳しい自然環境の中でも作物の栽培を可能にして、持続可能性や有害生物管理を向上させることから、農業バイオ技術は環境安全性に優れているという姿勢を表明している<sup>53</sup>。このようなことからBIOは、生物多様性条約カルタヘナ議定書に関して肯定的な立場は取っていない。

特にBIOが生物多様性条約カルタヘナ議定書の内容に関し懸念を示している点として、農業バイオ技術によって開発された食品に関する表示が挙げられる。ここでまず、なぜ食品表示が懸念材料となっているのかを理解するために、まず、米国における食品表示の仕組みや規定について、また、カルタヘナ議定書における食品や製品に関する規定についてまとめることとする。米国では、食品医薬品局（FDA: Food and Drug Administration）が農業バイオ技術によって開発された食品の表示規定を定めているが、特に農業バイオ食品・製品であることを表示する義務はなく、生産者の任意によるとなっている<sup>54</sup>。しかし、生物多様性条約カルタヘナ議定書第18条では、米国のように生産者や企業に対して寛容な規定が取られる見込みはなく、遺伝子組み換え生物を含むことを必ず明記しなければいけないという方向性をとっている<sup>55</sup>。そのため、これまでの同議定書批准国会議で論点となったのは、表示をするか、または、米国のように表示をまったくしないのか、ということではなく、表示をすることを前提に、どれくらい詳細な情報をどこからどこまでの輸送プロセスにて表示するべきであるかといった点となっていた<sup>56</sup>。

生物多様性条約カルタヘナ議定書第18条第2項の討議のため、議定書締約国は専門家作業部会を設置しており、これまでに2004年2月にマレーシアのクアラルンプール、2005年5月末から6月初頭にかけてカナダのモントリオール、そして、2006年3月にブラジルのクリティバにおいて会議を開いている。これまでの会合では同条項の最終合意には至っておらず<sup>57</sup>、第4回目の作業部会による会議が2008年5月に開催される見通しとなっている<sup>58</sup>。現在の時点では、遺伝子組み

---

<sup>53</sup> “Environmental Safety and Benefits of agricultural Biotechnology.” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/foodag/background/EnvironmentalBenefits.pdf>>

<sup>54</sup> “Frequently Asked Questions on Agricultural Biotechnology: Do foods produced using biotechnology require special labeling?” Biotechnology Industry Organization. <<http://bio.org/foodag/faq.asp#6>>

<sup>55</sup> 第18条第2項(a): 食料又は飼料用として直接利用されるか、若しくは加工用と利用することを意図した改変された生物の場合、改変された生物を「含む可能性がある」旨、及び環境への意図的な導入は意図していない旨、同時に追加的情報のための連絡窓口ポイントを、明確に特定する。本議定書の締約国の会合として機能する締約国会議は、本議定書の効力が生じた後2年以内に、当該改変された生物の独自性、及び、独自の特質の特定を含む、本目的のための詳細な要件に関する決定を行う。(経済産業省「バイオセーフティに関するカルタヘナ議定書(仮訳)」<[http://www.meti.go.jp/policy/bio/Cartagena\(Japanese\).htm](http://www.meti.go.jp/policy/bio/Cartagena(Japanese).htm)>を参照。)

本文: Living modified organisms that are intended for direct use as food or feed, or for processing, clearly identifies that they “may contain” living modified organisms and are not intended for intentional introduction into the environment, as well as a contact point for further information. The Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to this Protocol shall take a decision on the detailed requirements for this purpose, including specification of their identity and any unique identification, no later than two years after the date of entry into force of this Protocol. “Article 18. Handling, Transport, Packaging and Identification.” Convention on Biological Diversity. <<http://www.cbd.int/biosafety/articles.shtml?a=cpb-18>>

<sup>56</sup> Handling, Transport, Packing and Identification.” Convention on Biological Diversity. <<http://www.cbd.int/biosafety/issues/handling.shtml>>

<sup>57</sup> 同上

<sup>58</sup> “Upcoming Meetings.” Convention on Biological Diversity. <<http://www.cbd.int/biosafety/meetings-link.shtml>>

換え生物に関する連絡窓口を提出書類に含むこと、また、現在議定書第 18 条規定を遵守するために必要とされる措置を各国政府取ることなどが決定されている<sup>59</sup>。

現在の議定書規定案では、米国のような非締約国であっても、遺伝子組み換え生物を含む食品を、同議定書締約国へと輸出する場合、農業バイオ技術により開発された食品であることが分かるような表示を行わなくてはならず、これに対し、BIOをはじめとする米国産業団体や企業が懸念を示している<sup>60</sup>。このため、生物多様性条約カルタヘナ議定書第 18 条が規定する食品表示に対して、BIO等の米国産業団体や企業は、表示プロセスなどが輸出の障害とならないよう、できる限り簡略化されたものにするために働きかけを行ってきている。2004 年にマレーシアのクアラルンプールにおける会議において、議定書第 18 条における表示の国際基準が、米国やBIOの働きかけに反した方向性で決定される方針が決められた際には、BIO広報担当であるリサ・ドライ氏 (Lisa Dry) は、大きな落胆の意を示している<sup>61</sup>。

BIOは、2007 年に中心的に働きかけをしていく項目として生物多様性条約カルタヘナ議定書を挙げており、同協会の食品・農業、科学・規制部門 (Food & Agriculture Science & Regulatory) 副会長 (Vice President) のマイケル・フィリップス氏 (Michael Phillips) は、同議定書第 27 条「責任と救済」の策定が迫ってきていることに関連し、「我々はいかなる厳格な責任体制が敷かれることを回避したい」<sup>62</sup>と述べている<sup>63</sup>。また、同協会食品・農業部門 (Food and Agriculture Department) の上級副会長 (Executive Vice President) であるシャロン・ボマー氏 (Sharon Bomer) も、生物多様性条約カルタヘナ議定書に盛り込まれている様々な規定に関し、「ルールの実質的な施行方法、また、それが国際貿易に与える影響を懸念している」<sup>64</sup>と述べている<sup>65</sup>。

---

<sup>59</sup> Handling, Transport, Packing and Identification.” Convention on Biological Diversity.  
<<http://www.cbd.int/biosafety/issues/handling.shtml>>

<sup>60</sup> Clapp, Stephen. “Biotech corp exporters upset over Cartagena Protocol rules; Biotechnology.” Food Chemical News. 8 March 2004.

Sabaratnam, Sarah. “An eye on GM infiltration.” News Straits Times-Management Times. 2 March 2004.

<sup>61</sup> Kirkland, Joel. “Global biotech label standards rattle BIO, US officials.” Chemical News & Intelligence. 27 Feb. 2004.

<sup>62</sup> 本文: “We want to prevent the establishment of any strict liability regime...”

<sup>63</sup> Clapp, Stephen. “Will 2007 be a watershed year for biotech?: biotech regulation.” Food Chemical News. 8 Jan. 2007.

<sup>64</sup> 本文: “[BIO has] concerns about how the rules will be implemented operationally and their impact on international trade.”

<sup>65</sup> Clapp, Stephen. “Compromise reached on Cartagena Protocol requirements.” Food Chemical News. 27 March 2006.



## (2) 米国穀物飼料協会 (NGFA)

拠点	ワシントンD.C.
ウェブサイト	<a href="http://www.ngfa.org/">http://www.ngfa.org/</a>
その他	国際穀物取引連合のメンバー

出所：“The National Grain and Feed Association…What it Is, Who it Represents and What it Does.”  
The National Grain and Feed Association. <<http://www.ngfa.org/ngfaprofile.asp>>

米国穀物飼料協会は、穀物や飼料提供や輸送、製造など様々な産業に属する1,000以上の企業会員を抱える業界団体で、農業関連産業全体における成長を促すことを目的に活動している<sup>66</sup>。

米国穀物飼料協会も、遺伝子組み換え生物を含む食品やその他の製品の表示に関する点に懸念を表明している。例えば、2004年に発表された声明の中で米国穀物飼料協会は、「積荷に含まれる特定の遺伝子組み換え生物を確認することに関する決定は大変厄介なもので、貿易活動を妨害する重大なリスクをはらんでいる。米国やその他数カ国の主要穀物輸出国が生物多様性条約を批准していないとしても、議定書が定めた規定が条約批准国を相手とする米国の輸出者（企業）に影響を与えることとなる」<sup>67</sup>と、議定書による表示規定に不満・懸念を表している<sup>68</sup>。

また、米国穀物飼料協会政府関連部門（Government Relations）副会長（Vice President）のランディー・ゴードン氏（Randy Gordon）と、後述する北米輸出穀物協会（(3)参照）会長（President）のギャリー・マーティン氏（Gary Martin）は、遺伝子組み換え生物を含む積荷の表示に関する共同声明を2006年初頭に発表しており、その中で「積荷に混入している可能性がある遺伝子組み換え生物を特定したり、その量を明記したりなどといった詳細な表示をすることを義務化するために働きかけている者がいることを、穀物産業界は懸念している。このような詳細な表示は、カルタヘナ議定書の規定を遵守する上で不必要であり、また、不必要なコストをもかける結果となる」<sup>69</sup>と述べている<sup>70</sup>。

---

<sup>66</sup> “The National Grain and Feed Association…What it Is, Who it Represents and What it Does.” The National Grain and Feed Association. <<http://www.ngfa.org/ngfaprofile.asp>>

<sup>67</sup> 本文：“The decision concerning the identification of specific LMOs in cargoes is very troubling and poses a significant risk to disrupting trade…Even though the United States and several other major grain exporting countries are not signatories to the Biosafety Protocol, the accord’s provisions affect U.S. exporters doing business with countries that have.”

<sup>68</sup> Clapp, Stephen. “Biotech crop exporters upset over Cartagena Protocol rules; Biotechnology.” Food Chemical News. 8 March 2004.

<sup>69</sup> 本文：“The grain industry is concerned about efforts by some who are attempting to impose more detailed labeling obligations on shippers—including requirements to identify and quantify the specific biotech-enhanced event(s) that may be present. Such detail in [sic.] unnecessary to meet the requirements of the BSP and risks unnecessary costs.”

<sup>70</sup> Clapp, Stephen. “Biotech debate 2006: Ringing in the old; Biotechnology.” Food Chemical News. 2 Jan. 2006.

さらに、ブラジルで議定書に関する会議が2006年3月に開催され、遺伝子組み換え生物の輸出入の際の情報書類提出に関する取り決めが行われたことを受け、米国穀物飼料協会と北米輸出穀物協会は再度共同で、食品、飼料、または、それ以上の加工をすることを目的とした製品に対し、遺伝子組み換え生物と同様の規制を課すべきではないという声明を発表した<sup>71</sup>。

米国穀物飼料協会では、2007年の中心取り組みの1つとして、生物多様性条約カルタヘナ議定書第27条を挙げており、StarLink、Bt10、LL601といった遺伝子組み換え生物の混入防止に向けた企業責任に関する議論を継続することを同協会は示唆している<sup>72</sup>。

### (3) 北米輸出穀物協会 (NAEGA)

拠点	ワシントンD.C.
ウェブサイト	<a href="http://www.naega.org/">http://www.naega.org/</a>
その他	国際穀物取引連合のメンバー

出所：“Contact information.” North American Export Grain Association.

<<http://www.naega.org/contact.shtml>>

北米輸出穀物協会は、穀物と種油輸出に関する企業やその他の関連機関によって構成されている協会で、米国穀物・種油の輸出市場の拡大と維持を目標としている<sup>73</sup>。

北米輸出穀物協会は、前述の米国穀物飼料協会と共同で声名を発表することが多く((2)参照)、遺伝子組み換え食物を含む製品・食品に関する表示に対し懸念を表明している。2004年2月には、同協会会長のギャリー・マーティン氏が「責任」条項に関しコメントをしており、「議定書に盛り込まれる予定の責任は、貿易を停止させる危険性をはらんでいる。また、責任に関する枠組みが責任に基づくものであるならばOKであるが、『厳格な責任 (Strict Liability)』に基づく枠組みは輸送に関わるすべての関係者に影響を与えるため、重大な国際貿易問題となる可能性がある」<sup>74</sup>と述べている。さらにマーティン氏は、責任は、輸出者または輸入者が遺伝子組み換え生物を管理できる範囲の過程に限られるべきであると、また、責任の追及が行われるのは、輸出者または輸入者の過失によって損害が認められた場合にのみに限るべきであるという意見を表明している<sup>75</sup>。

<sup>71</sup> Clapp, Stephen. “Compromise reached on Cartagena Protocol requirements; Biotechnology.” Food Chemical News. 27 March 2006.

<sup>72</sup> Clapp, Stephen. “Will 2007 be a watershed year for biotech?; biotech regulation.” Food Chemical News. 8 Jan. 2007.

<sup>73</sup> “NAEGA Statement on Corp Biotechnology.” North American Export Grain Association.  
<<http://www.naega.org/images/biotech.pdf>>

<sup>74</sup> 本文：“(a proposed liability regime under the protocol is) a potential trade stopper. If it’s a liability regime based on fault, okay, but a ‘strict liability’ regime affecting all parties involved in a shipment could be a major problem for global trade.”

<sup>75</sup> Clapp, Stephen. “U.S. seeks to minimize trade impact of Cartagena Protocol; Biotechnology; Cartagena Protocol.” Food Chemical News. 23 Feb. 2004.

北米輸出穀物協会の2007年の取り組みのひとつとして、生物多様性条約カルタヘナ議定書第27条にも関係する責任、特に企業の責任が挙げられている。同協会の発表によると、企業責任を向上させることによってバイオ技術製品に関する他国政府の承認を得やすくする枠組みを推進したり、所謂「継承的事象 (heritage events)」<sup>76</sup>に対する責任への取り組みを積極的に行う予定であるという。また、同協会は、食品や穀物などが輸出される際の貨物の中に、混入されるべきではない遺伝子組み換え生物が発見されるといったような事件が起こった場合の企業責任についても議論を進めたいとしている。加え、2007年にはEUに対し、そのバイオ技術承認プロセスをWTOの規定に沿うものにするよう、建設的な施行を求めていくことを予定している<sup>77</sup>。

#### (4) 米国穀物理事会

拠点	ワシントン D. C.
ウェブサイト	<a href="http://www.grains.org/index.ww">http://www.grains.org/index.ww</a>
その他	国際穀物取引連合のメンバー

出所：“Worldwide Offices.” U.S. Grains Council.

<<http://www.grains.org/page.ww?section=Worldwide+Offices&name=Worldwide+Offices>>

米国穀物理事会は、米国政府と海外の提携機関からの資金援助で運営されており、米国議会に対するロビイングは展開していないものの、米国の穀物や農業関連品の輸出市場を拡大することを目的に、米国ワシントンD.C.を中心に、世界9カ国に国際事務所を構え、50カ国以上にて様々なプログラムを実施している機関である<sup>78</sup>。同理事会の会員に、モンサント社 (Monsanto)、バイエル・クロップサイエンス社 (Bayer CropScience)、ダウ・アグロサイエンス社 (Dow AgroSciences)、レネッセン社 (Renessen)、シンゲンタ社 (Syngenta) など、米内外に拠点を置く多国籍巨大農業・バイオ企業が多く見られることから<sup>79</sup>、多数存在する同種産業協会の中でも強い影響力を持つ団体の1つとして挙げられる。また、生物多様性条約カルタヘナ議定書第27条策定のための作業部会にオブザーバーとして参加している国際穀物取引連合の1メンバーであり、同組織の中で重要な役割を果たしていると思われる<sup>80</sup>。

<sup>76</sup> 1つ以上の国にて安全であると認められているバイオテクノロジーを利用した製品で、バイオテクノロジー提供側の企業により活発な商用化からは遠ざけられているものの、いまだ食品や穀物に断続的で低いレベルではあるが混在していることが認められる可能性のあるもの。Clapp, Stephen. “Will 2007 be a watershed year for biotech?; biotech regulation.” Food Chemical News. 8 Jan. 2007.

<sup>77</sup> 同上

<sup>78</sup> “Council FAQ.” U.S. Grains Council.

<<http://www.grains.org/page.ww?section=About+the+Council&name=Council+FAQ>>

“What We Do.” U.S. Grains Council.

<<http://www.grains.org/page.ww?section=About+the+Council&name=What+We+Do>>

<sup>79</sup> “Our Members.” U.S. Grains Council.

<<http://www.grains.org/page.ww?section=About+the+Council&name=Our+Members>>

<sup>80</sup> “Profiles: International Grain Trade Coalition (IGTC).” GMWatch.

<<http://www.gmwatch.org/profile1.asp?PrId=333&page=I>>

米国穀物理事会は、穀物の生産量と質の向上において、農業バイオ技術が重要な役割を担っていると捉えている。そのため同理事会は、科学的根拠に基づくWTOのウルグアイ・ラウンドにおいて協議された衛生・植物検疫条項と、食品産業による任意の遺伝子組み換え生物利用に関する食品表示（義務的食品表示には反対）を支持する一方で、米国政府が認可する農業バイオ技術によって開発された製品に対する不条理な検査、表示義務、非関税障壁に対し政府が積極的に反対の意を唱えることを求めている<sup>81</sup>。

同理事会の生物多様性カルタヘナ議定書やその第27条「責任と救済」策定に関する意見・議論は見つからなかったものの、大手農業バイオ企業を抱える機関として国際穀物取引連合を通じ、働きかけをしていることは明確である。

### (5) ダウ・アグロサイエンス社

<b>拠点</b>	インディアナ州インディアナポリス
<b>ウェブサイト</b>	<a href="http://www.dowagro.com/homepage/index.htm">http://www.dowagro.com/homepage/index.htm</a>
<b>その他</b>	国際穀物取引連合のメンバー

出所：“Contact Us.” Dow AgroSciences. <<http://www.dowagro.com/contact/index.htm>>

ダウ・アグロサイエンス社は、1989年にダウ・ケミカル社（Dow Chemical Co.）の農業製品部門（Agricultural Products）とイーライリリー社（Eli Lilly and Co.）のエランコ・プラント・サイエンス（Elanco Plant Sciences）によるジョイントベンチャー（JV: joint venture）として創設された企業で、1997年以降、ダウ社が100%の資本を所有している。同社による農業バイオ技術分野は、①種子と特性（Seeds & Traits）、②健康的な油（Healthy Oil）、③飼料栄養（Animal Nutrition）、④飼料健康と食品の安全性（Animal Health & Food Safety）の4つに分けることができ、それぞれの分野において、R&D・商用化を実施している。

ダウ・アグロサイエンス社による生物多様性条約カルタヘナ条約に対する意見は見つからなかったが、バイオ技術は、世界人口の増加とともに高まる食品需要にこたえるために重要な技術であるとの立場を示している<sup>82</sup>。バイオ技術の安全性に関する発言は特に見られないが、同社が生産するバイオ技術を利用した製品の表示を各国の規定に合わせ作成しており、それらをウェブサイト<sup>83</sup>で閲覧できるようにしている。

なお、同社ウェブサイトによると、「レスポンシブルケア（Responsible Care）」をダウ・アグロサイエンス社の環境、健康、安全性に関するポリシーとして採用しているようである<sup>84</sup>。「レス

<sup>81</sup> “Public Policy Positions.” U.S. Grains council.  
<<http://www.grains.org/page.wv?section=About+the+Council&name=Public+Policy+Positions>>

<sup>82</sup> “Biological Solutions.” Dow AgroSciences. <<http://www.dowagro.com/about/business/>>

<sup>83</sup> <<http://www.dowagro.com/label/>>

<sup>84</sup> “Environment, Health and Safety.” Dow AgroSciences. <<http://www.dowagro.com/rc/>>

ポンシブルケア」は、多数の化学産業企業が、研究・製造・流通のプロセスにおける製品取扱安全性に関し任意に採用している国際的なイニシアチブである<sup>85</sup>。

## (6) モンサント社

<b>本社地</b>	ミズーリ州セントルイス
<b>ウェブサイト</b>	<a href="http://www.monsanto.com/">http://www.monsanto.com/</a>
<b>その他</b>	国際穀物取引連合のメンバー

出所：“Our locations.” Monsanto company.

<[http://www.monsanto.com/who\\_we\\_are/locations.asp](http://www.monsanto.com/who_we_are/locations.asp)>

モンサント社は、農業バイオ技術の研究開発・商用化を行う多国籍大企業で、BIOの調査によると、米国市場で認証を受けた農業バイオ技術製品 33 種のうち、13 種がモンサント社によって開発されたものであるという<sup>86</sup>。同社の農業バイオ技術分野は大きく分けて、①種子と特性 (Seeds and Traits)、②農業生産性 (Agricultural Productivity) の 2 分野となっており<sup>87</sup>、前者は、バイオ技術、繁殖、ゲノミクスを利用したトウモロコシ、綿、大豆やカノーラといった脂肪種子、その他の果物や野菜を開発、生産販売する部門となっている<sup>88</sup>。また後者は、作物保護製品で、田畑や飼育環境だけでなく、ゴルフコースの環境整備にも利用される製品に取り組む事業である<sup>89</sup>。

生物多様性条約カルタヘナ議定書に関する同社の意見は、2002 年の同社事業報告書内にて、「カルタヘナ議定書の批准プロセスがバイオ技術を利用した製品の取り扱いに影響を与えるかもしれない」<sup>90</sup>と述べていること以外見つからなかつたものの、下記に示すような同社のバイオ技術に対する姿勢を考慮すると、同議定書に対し肯定的な態度をとっていないことが予測できる。

モンサント社は、様々な環境団体や消費者団体からの批判にもかかわらず、バイオ技術は安全であるという姿勢を崩しておらず、過去 10 年で 10 億エーカーを超える世界中の田畑において同社の遺伝子組み換え技術を利用した製品が栽培され、経済的・環境的利益が得られたという考えを固持している<sup>91</sup>。同社はバイオ技術に対する同社の姿勢を示すためのウェブサイト<sup>92</sup>を公開しているが、そこには農家や専門家などを中心とした人々のインタビューなどが掲載されている<sup>93</sup>。

<sup>85</sup> “Our Commitments.” Dow Chemical. <<http://www.dow.com/commitments/care/>>

<sup>86</sup> “Agricultural Biotech Products on the Market.” Biotechnology Industry Organization. <[http://bio.org/speeches/pubs/er/agri\\_products.asp](http://bio.org/speeches/pubs/er/agri_products.asp)>

<sup>87</sup> “Corporate Profile.” Monsanto. <[http://www.monsanto.com/investors/corporate\\_profile.asp](http://www.monsanto.com/investors/corporate_profile.asp)>

<sup>88</sup> “Seeds & Traits.” Monsanto. <[http://www.monsanto.com/products/seeds\\_traits.asp](http://www.monsanto.com/products/seeds_traits.asp)>

<sup>89</sup> “Agricultural Productivity.” Monsanto. <[http://www.monsanto.com/products/ag\\_productivity.asp](http://www.monsanto.com/products/ag_productivity.asp)>

<sup>90</sup> “Monsanto Company 2002 Annual Report: Financial Review.” Monsanto. Page 36. <[http://www.monsanto.com/pdf/pubs/2002/2002\\_annual\\_report\\_review.pdf](http://www.monsanto.com/pdf/pubs/2002/2002_annual_report_review.pdf)>

<sup>91</sup> “Benefits of Our Product: Overview.” Monsanto. <<http://www.monsanto.com/products/benefits.asp>>

<sup>92</sup> <<http://www.monsanto.com/biotech-gmo/asp/default.asp>>

<sup>93</sup> “Biotechnology Videos.” Monsanto. <<http://www.monsanto.com/biotech-gmo/asp/videogallery.asp>>

この専門家によるインタビューに関しても、バイオ技術に対し肯定的な意見を持つ人物のみを選択しているようで、コーネル大学 (Cornell University) 応用経済学教授であるパー・ピンストラップ・アンダーソン博士 (Per Pinstrup-Anderson, Ph.D.) は、世界中で食糧危機に直面している人口が多く、栄養失調を克服するためにもバイオ技術により開発された食品が重要な役割を果たすと述べており<sup>94</sup>、バイオ技術は、農業生産性を向上させたり、食品に含まれる栄養価を向上させたりすることから、農家、生産加工業者、そして、消費者にとって経済的にも文化的にも有益であるとしている<sup>95</sup>。

しかし、バイオ技術によって開発された製品・食品は、飢饉や貧困から世界を救う有意義な手段であるとモンサント社が大々的に宣伝していることから、環境団体などからは、科学的な根拠よりも博愛主義的なメッセージを流すことにより、バイオ技術の利用を正当化させているという批判が行われている<sup>96</sup>。

環境団体などによる批判を横目に、モンサント社は遺伝子組み換え生物を利用することで、農薬使用量を減少させたり、土壌侵食を防いだりといったことが可能になることから、環境保護や野生動物生息地保護にとって有益であるとしている<sup>97</sup>。なお、遺伝子組み換え生物の人体に対する影響に関するモンサント社の意見は見つからなかった。

## 2. 環境団体における議論

生物多様性条約カルタヘナ議定書の中の、遺伝子組み換え生物の国境を越える動きに関する規定は、多くの国際的環境団体や米国環境団体から賛同を受けている。このような団体は、同議定書第 27 条「責任と救済」の策定を担当している作業部会にオブザーバーとして参加しており、先の章にて紹介した業界団体とは異なる切り口から議論を展開している。ここでは、米国を本拠点とする 2 つの環境団体について紹介する。

### (1) 農業通商政策研究所 (ATPI)

拠点	ミネソタ州ミネアポリス
ウェブサイト	<a href="http://www.iatp.org/">http://www.iatp.org/</a>

出所：“Contact us.” Institute for Agriculture and Trade Policy.

<<http://www.iatp.org/iatp/contact.cfm>>

<sup>94</sup> “Per Pinstrup-Anderson.” Monsanto.

<<http://www.monsanto.com/biotech-gmo/asp/experts.asp?id=PinstrupAndersen>>

<sup>95</sup> “Benefits of Our Product: Overview.” Monsanto. <<http://www.monsanto.com/products/benefits.asp>>

<sup>96</sup> Watson, Julia. “Eat To Live: FDA sued over biotech food.” U.P.I. 9 June 2006.

<sup>97</sup> “Global Outlook.” Monsanto. <<http://www.monsanto.com/biotech-gmo/asp/globalOutlook.asp>>

農業通商政策研究所は、1986年に設立された団体で、研究と教育、科学技術、そして、アドボカシーを通じ、世界の小農家や農業コミュニティー、生態系の活性化を図ることを目的としている<sup>98</sup>。多数の米国内外の環境団体<sup>99</sup>が参加する「遺伝子組み換え警告 (GMFA: Genetically Modified Food Alert)」<sup>100</sup>というグループが、同研究所を中心に形成されており、遺伝子組み換え生物に関する米国・海外の法律や規制、判決結果などについて様々な情報を提供するなど、活発な活動を展開している<sup>101</sup>。

2004年にマレーシアのクアラルンプールにて開催された議定書批准国会議において、遺伝子組み換え生物を含む貨物に対する表示の決定が行われたことを受け、農業政策研究所のデニス・オルソン氏 (Dennis Olson) は、米国など非批准国のプレッシャーに耐え、国民の健康や農家の権利、生態系に対する誠実さを保護するために協議にあたった代表団はより多くの称賛に値するとコメントした上で、米国ブッシュ政権がバイオ業界のロビイストの意見に偏った交渉を行い、米国にて遺伝子組み換え生物の拡大に反対をしている農家の意見に反していることを批判している<sup>102</sup>。

## (2) 食品安全性研究所 (CFS)

<b>拠点</b>	ワシントンD.C. (サンフランシスコに支部あり)
<b>ウェブサイト</b>	<a href="http://www.centerforfoodsafety.org/">http://www.centerforfoodsafety.org/</a>

出所：“About Us.” Center for Food Safety.

<[http://www.centerforfoodsafety.org/about\\_us.cfm](http://www.centerforfoodsafety.org/about_us.cfm)>

食品安全性研究所は、姉妹団体である国際技術評価センター (CTA: International Center for Technology Assessment)<sup>103</sup>によって1997年に設立された環境アドボカシー団体で、悪影響を及ぼす食品の生産技術に異議を申し立てることと、持続可能な代替手段の普及を促進させることを目的としている<sup>104</sup>。遺伝子組み換え生物に関し、同研究所は、徹底的な検査を経、人体や環境に対し安全であることが認められるまで、新たな遺伝子組み換え生物を承認・商用化・発売するこ

<sup>98</sup> Institute for Agriculture and Trade Policy. <<http://www.iatp.org/>>

<sup>99</sup> 参加している米国の環境団体の例として、National Environmental Trust<<http://www.net.org/>>、Center for Food Safety<0を参照>、Organic Consumer Association<<http://www.organicconsumers.org/>>が挙げられる。Gordon, Amanda. “Dispute Uncertainly, EPA Considers Approval of StarLink for Human Consumption.” 17 July 2001. <<http://www.commondreams.org/news2001/0717-07.htm>>

<sup>100</sup> ウェブサイト<<http://www.gefoodalert.org/>>

<sup>101</sup> Genetically Modified Food Alert. <<http://www.gefoodalert.org/>>

<sup>102</sup> Clapp, Stephen. “Biotech crop exporters upset over Cartagena Protocol rules; Biotechnology.” Food Chemical News. 8 March 2004.

<sup>103</sup> 国際技術評価センター (CTA) は、ワシントンD.C.に拠点を置く非営利団体で、技術が社会にもたらす影響を調査・評価を行っている。

“About Us.” International Center for Technology Assessment. <<http://www.icta.org/about/index.cfm>>

“Contact Us.” International Center for Technology Assessment. <<http://www.icta.org/contact/index.cfm>>

<sup>104</sup> “About Us.” Center for Food Safety. <[http://www.centerforfoodsafety.org/about\\_us.cfm](http://www.centerforfoodsafety.org/about_us.cfm)>

とを阻止するという姿勢を取っており<sup>105</sup>、遺伝子組み換え生物を含む食品等の表示に関する法案などに関し、米国議会に働きかけを行ったり、米国の他の環境団体に対し法案等に関する情報を提供したりしている<sup>106</sup>。

米国では、生物多様性条約カルタヘナ議定書を批准しない代わりに、遺伝子組み換え生物の国内規定を設けることへの期待感が、業界団体や環境団体の間で高まっている<sup>107</sup>。このため、同研究所は、カルタヘナ議定書に関する働きかけよりも国内規定設置に向けた積極的な活動を展開しており、2006年にはFDAに対し、遺伝子組み換え生物を含む食品の検査義務を策定することと、消費が認可された遺伝子組み換え生物を含む食品に対する表示を義務づけることを求め、訴訟を起こしている<sup>108</sup>。また、同研究所の上級科学者（senior scientist）であるダグ・グリアン・シャーマン氏（Dog Gurian-Sherman）は、FDAのバイオ技術諮問委員会（Biotechnology Advisory Committee）がバイオ技術を利用した食品の規定に関する会合を過去2年間（2004年から2006年）1度も開催していないことを「真冬の厳しさの中、すべての命が死んでしまったような状況（dead in the winter）」と呼び、FDAが遺伝子組み換え食品の規定に無関心であると批判している<sup>109</sup>。

---

<sup>105</sup> “Genetically Engineered Food.” Center for Food Safety.

<<http://www.centerforfoodsafety.org/geneticall7.cfm>>

<sup>106</sup> “What We Do.” Center for Food Safety. <[http://www.centerforfoodsafety.org/what\\_we\\_do.cfm](http://www.centerforfoodsafety.org/what_we_do.cfm)>

<sup>107</sup> Clapp, Stephen. “Biotech debate in 2006: ringing in the old; Biotechnology.” Food Chemical News. 2 Jan. 2006.

<sup>108</sup> Watson, Julia. “Eat To Live: FDA sued over biotech food.” U.P.I. 9 June 2006.

<sup>109</sup> Clapp, Stephen. “Biotech debate in 2006: ringing in the old; Biotechnology.” Food Chemical News. 2 Jan. 2006.



## 第VI部 米国における情報技術（IT）分野における

### 産業・技術動向

#### 目次

概要 .....	200
1. 米国のイノベーションにおける情報技術（IT）産業の位置付け .....	201
1. 1. 米国におけるITを中心としたイノベーションの構造 .....	201
1. 2. 研究開発構造から見た米国のイノベーションメカニズム .....	204
1. 3. iPhoneの事例 .....	207
2. 米国の情報技術（IT）分野におけるオープン・イノベーション戦略 .....	208
2. 1. 1. 知的財産活動におけるIT産業の位置付け .....	208
2. 1. 2. 米国IT企業の知的財産戦略を巡る変化 .....	210
2. 1. 3. 米国主要IT企業の知的財産戦略を巡る動向 .....	211
2. 2. 米国企業におけるIT利用形態を巡る動向（SaaSを巡る動向） .....	214
2. 2. 1. 企業におけるIT利用形態の変化 .....	214
2. 2. 2. SaaSの市場規模予測とその背景 .....	214
2. 2. 3. 競争激化を見込まれるSaaS市場 .....	217
3. 米国連邦政府の情報技術（IT）にかかわる研究開発戦略 .....	218
3. 1. 連邦政府の研究開発投資におけるITの位置付け .....	219
3. 1. 1. 連邦政府の研究開発投資におけるITの位置付けの概観 .....	219
3. 1. 2. 連邦政府の研究開発投資の最近の動向 .....	220
3. 2. NITRD（ネットワーキングと情報技術研究開発） .....	221
3. 2. 1. NITRDの位置付けと体制 .....	221
3. 2. 2. NITRDにおける投資分野とその推移 .....	223
3. 2. 3. NITRDのプログラムにかかわる予算の推移 .....	226
3. 3. 主要省庁におけるIT関連研究開発予算の概要 .....	228
3. 3. 1. NSF（全米科学財団） .....	228
3. 3. 2. DOE/OS（エネルギー省科学局） .....	230
3. 3. 3. DARPA（国防高等研究計画機関） .....	232

## 概要

1. 近年の米国におけるイノベーションによる経済成長は、IT分野（特にソフト、システム分野）の競争力・成長により牽引されている。具体的には、IT分野は、ハード、ソフト、システム、通信からなるが、このうち、ハード（製造業）については、国内で設計しつつも、主として海外を製造拠点として効率的に調達する一方、それらを国内で競争力を有するソフトと組み合わせて、システムとして構築することにより、サービス分野全体のイノベーションを進展させている。
2. このような米国のイノベーションのメカニズムは、日本のメカニズムと異なる。日本の場合、競争力を有するのは、ITのハードを含む製造業であり、製造業を中心にするイノベーションメカニズムが機能しているが、韓国、中国等との競争に直面している。また、これらを必ずしもサービス業のイノベーションに十分に転嫁できていない。
3. このような中、米国のIT企業においては、インタラクティブなITの特質を踏まえつつ、オープンなイノベーション戦略を進めつつある。具体的には、自らのコアの技術は囲い込む一方で、イノベーションの促進により自らのビジネス機会が拡大するような技術については、積極的にオープンに進める戦略をとっている。
4. 企業におけるITの利用に関しても、インターネットの進展に伴い、個々の企業が、独立してソフトウェアを購入して自らその機能を活用する時代から、SaaS (Software as a Service) に代表されるように、インターネットを通じてIT企業から提供されるソフトウェア機能を、常時サービスとして利用する時代に移りつつあり、IT企業とIT利用企業の連携が密になりつつある。このような中、SaaSを巡ってIT企業間の競争が激化しつつある。
5. 一方、連邦政府の研究開発戦略においては、必ずしもITに重点的に投資を行っている訳ではない。しかしながら、中長期的にはソフトウェア関連、特に最近ではヒューマンインタラクション／情報マネジメント関連に予算の重点をシフトするとともに、それらの予算の執行にあたっては、省庁間の連携プログラムを長期にわたって継続し、その中で、ソフト、ハードと言った分類によるのではなく、目的にしたがって両方を含むようなプログラムを実施してきていることが特徴である。

# 1. 米国のイノベーションにおける情報技術 (IT) 産業の位置付け

## 1. 1. 米国における IT を中心としたイノベーションの構造

<米国における技術としての IT の認識>

米国では、情報技術 (IT) 分野はイノベーションの観点から見て、他の技術分野とは異なった特別な位置付けを有する。

一般的に、米国でも、イノベーションにおいて「技術」は重要な役割を果たすと考えられており、技術分野は成長分野であるとの認識がある。その際、米国においてビジネス面で「技術」といえば、製造技術ではなく主として情報技術 (IT)<sup>1</sup>であるとの認識がある。例えば、米国の主要な新聞 (一般紙、経済紙) の多くにおいては「Technology」の項目があるが、この項目における記事のほとんどは、何らかの意味でのIT関連の記事である。また、米国の株式市場で、Technology Sectorといえ一般的にIT企業を指す<sup>2</sup>。

図 1 : 米国主要紙における典型的な「Technology」欄



(出所) ニューヨーク・タイムズ (2008年1月9日付)

<sup>1</sup> 本稿で、ITとは、ハードウェア、ソフトウェア、通信技術、そしてそれらを組み合わせたシステム技術を指す。

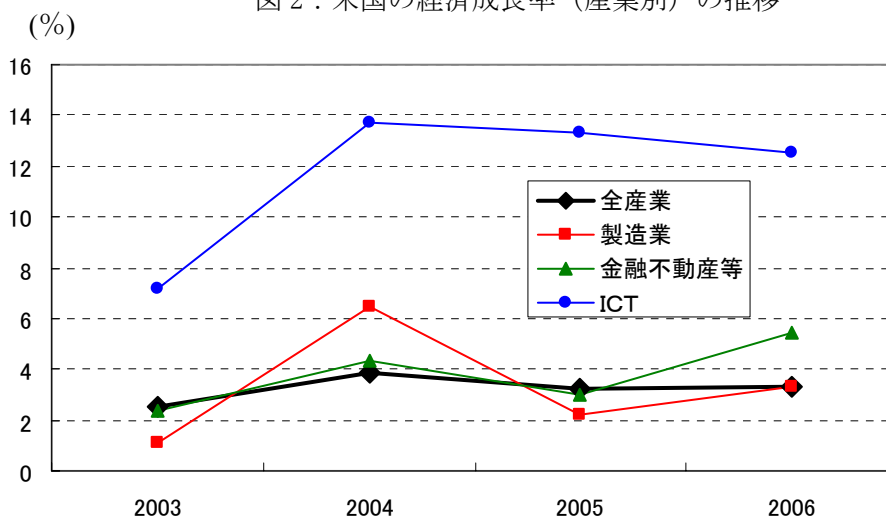
<sup>2</sup> Technology Sectorは、一般的に、ケーブル/衛星、半導体、コンピュータ周辺機器、受託製造、インターネット、ネットワーク、ソフトウェア、情報通信、国際通信、ワイヤレス、からなる。

もちろん、科学技術全体に関してはそれ以外にも、多くの新聞に「Science」や「Health」の項目があり、これらの項目において、健康・医療・バイオ技術や、ナノテク技術、環境関連技術の記事は存在する。しかしながら、それでも、米国においてはやはりビジネスに近く、イノベーションを通じて世の中に影響を与える技術としては、ITが主流の「Technology」として一般的に理解されていることは特徴的であると言える。

#### <ITを牽引力として経済成長を遂げる米国>

実際に、米国の経済はITを中心に成長が続いている。1990年代後半、ITによるニューエコノミーに沸いた米国であるが、いわゆる2000年のITバブルを経た後、近年においても、IT分野は米国経済の成長のエンジンとして機能している。具体的には、近年米国経済の経済成長は3～4%と順調に推移しているが<sup>3</sup>、このような中、ICT分野<sup>4</sup>のGDPに占める割合は3.9%と、量的には少ないものの、ここ数年、毎年10%以上の伸びを確保しており、米国の経済を牽引する分野となっている。

図2：米国の経済成長率（産業別）の推移



(出所) 米国商務省 Bureau of Economic Analysis (BEA) (2007年5月)

この結果 ICT 分野は、2006 年では、直接効果としても経済成長に寄与（14.2%）していることに加え、これらの ICT の技術は、金融業界を始めとしたメディア業界、医療業界、物流業界、製造業界その他の各種業界に導入されることによって、間接的にこれらの業界における産業の効率化、高度化を促進している。

<sup>3</sup> 最近のサブプライム問題による今後の影響については、本稿においては評価しない。

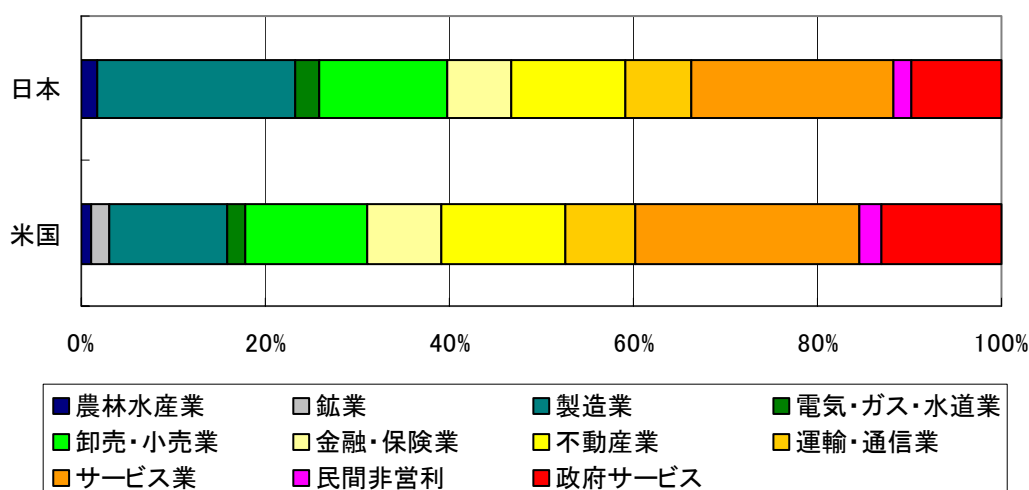
<sup>4</sup> ここで、ICT産業とは、いわゆるハード、ソフト、サービスであり、通信は含まない。具体的には①コンピュータと電子機器、②出版業（ソフトウェアを含む）、③情報・データ処理サービス、④コンピュータシステムデザインと関連サービスを指す。

<サービス化が進む米国の産業構造とサービスイノベーション>

このような IT の進展が、他の産業の効率化、高度化に与える間接的効果は、サービス分野が大きな役割を担う社会において重要な意味を持つ。日米とも、長期的な流れとして、産業構造がサービス産業に移行しつつあることに違いはない。しかしながら米国においては、産業構造として、日本よりも製造業（いわゆる「ものづくり」）からサービス業への移行が進展しており、その程度は大きく異なる。

日本では、製造業は、まだ GDP におけるシェアが 20%程度あり、これらの「ものづくり」に関しては、一般的には競争力も強いと言われるが、一方、米国では GDP のシェアは既に 12%まで低下している。実際に、米国では IT のハードウェア分野の多くは、海外で生産を行うなど、国内での製造拠点を設けて、海外に競争力を有するような分野は限定的であり、そのような意味で、米国の製造業は、経済レベルで比較して、既に日本の 6 割程度まで縮小していると評価される。

図 3：GDP における各産業の構成割合（日米比較）



(出所) 日本：内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部（平成 18 年 3 月 3 日）<sup>5</sup>、  
 米国：米国商務省 Bureau of Economic Analysis (BEA)（May 2007）<sup>6</sup>より作成

一方、非製造業に関しては、一般的に米国は、IT関連のサービス分野はもちろん、金融、メディアなど多くのサービス分野において強い競争力を有しており、いわゆるサービスイノベーションが急速に進展していると言われる。これらのサービス分野でのイノベーションは、その大半がIT

(Finnish Funding Agency for Technology and Innovation) が米国のサービスイノベーション

<sup>5</sup> 平成 16 年度国民経済計算確報及び平成 12 年基準改定結果（資本調達勘定等）【ポイント】  
<http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/h16-kaku/shi-kanjo.pdf>

<sup>6</sup> ” Annual Industry Accounts; Advance Estimates for 2006” By Thomas F. Howells III and Kevin B. Barefoot, Survey of Current Business (Online),  
<http://www.bea.gov/scb/toc/0507cont.htm>

の実態調査<sup>7</sup>を行っているが、それによると、「ITがサービスの『工場』として機能」しており、「インターネットが、サービスの『配送チャネル』の鍵」となっているとしている。すなわち、米国では、製造業については製造拠点としては競争力を失っているものの、サービス分野に関して、ITの強い競争力をテコにイノベーションを引き起こすことに成功していると言える。

## 1. 2. 研究開発構造から見た米国のイノベーションメカニズム

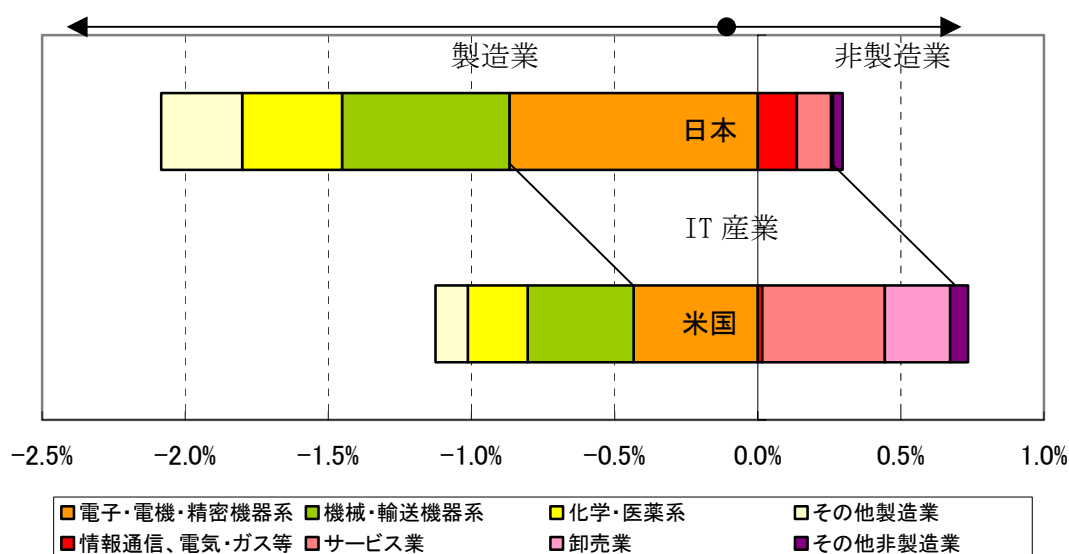
<IT（特にソフトウェア）を中心とした民間研究開発投資>

このように、ITが米国のイノベーションの中心となっていることは、民間企業の研究開発の構造からも見て取れる。

民間企業の研究開発投資を日米で比較した場合、一般的に、日本の民間企業における研究開発投資レベルは世界の中でも最高水準とされ、その内容も世界の中で最先端を誇ると言われている。具体的に対GDP比の民間企業の研究開発投資額を比較すると、日本は2.4%であるのに対し、米国は1.9%であり、日本の8割程度のレベルにとどまっている（もちろん、絶対値としては、米国の方が圧倒的に研究開発投資の量が多い）。

しかしながら、この民間企業における研究開発に関して、産業別、特に製造業と非製造業に分けて見てみると、異なった側面が見えてくる。

図4：民間企業における産業別研究開発投資（対GDP比；日米比較）



(出所) 日本：平成 17 年科学技術研究調査（総務省統計局）

米国：Science and Engineering Indicators 2006 Vol.2 (NSF)、より作成<sup>8</sup>

<sup>7</sup> [http://www.tekes.fi/eng/publications/innovative\\_service.pdf](http://www.tekes.fi/eng/publications/innovative_service.pdf)

<sup>8</sup> 両方とも、民間企業による実施額（政府からの資金も含む）。

なお、米国側のサービス業としては、情報業、専門科学技術サービスを対象にした。

### 〔製造業〕

製造業については、既に米国の研究開発投資レベルは全般的に低く、対 GDP 比で見た場合、日本が 2.1%であるのに対し、米国は 1.1%と、おおよそ日本の半分強のレベルである。ただし、前述のとおり、GDP における米国の製造業の位置付けは日本の約 6 割のレベルであることを考慮すると、製造業における研究開発投資のレベルは日本よりも若干低い程度ということになる。もちろん、製造業の中でも、医薬品産業、航空機産業など、業種によっては米国が比較的強い分野はある。

### 〔非製造業〕

一方、日米を比較して、圧倒的に米国が強いのは非製造業分野である<sup>9</sup>。具体的には、まずは、サービス業の分野であり、この分野の研究開発投資の大半はソフトウェア業あるいはシステムサービス業の分野である<sup>10</sup>。また、それに加えて米国が強い分野としては、卸売業があげられる。多くは、コンピュータなどのハードウェアの卸売業であり<sup>11</sup>、基本的には国内で研究開発を行うものの、製品の製造は海外で行い、それを国内外で販売するというビジネス・モデルの業態であると考えられる。

なお、いわゆる公益企業である情報通信、電気・ガス分野の研究開発投資の大半は、通信企業が占めるが、この分野に関しては、日米を比較すると、量的には大きくないものの、日本の方が研究開発投資のレベルが高い。これは、米国ではベル研究所などを有した旧 AT&T などの従来の独占的企業が、早い段階で解体されたことで厳しい競争に晒され、自らサービスに必要な製品の研究開発を行うスタイルから、サプライヤーから製品を購入するスタイルに変更してきたためであると考えられる。

このうち、IT産業は、製造業であるハードウェア、非製造業であるソフトウェア、システム、通信からなる。これらを比較した場合<sup>12</sup>、以下の 2 点のことが言える。

- ・ 製造業、非製造業（卸売業も含む）を併せ、IT 分野全体で見て日米両国を比較した場合、対 GDP 比で概ね 1%強（日本は 1.1%、米国も 1.1%）の研究開発投資を行っており、レベル的にはほぼ同等であると評価される。その際、特に米国では、IT 分野の研究開発投資が民間企業の研究開発投資全体の約 6 割を占めており、これは米国において IT が「Technology」の代表格としてみなされるゆえんであると考えられる。
- ・ ただし、その内容は両国では大きく異なる。具体的には、日本では、その大半がハードウェア系であり、また、通信業の研究開発も比較的多いのに対して、米国の場合は、ハードウェア関係は比較的弱いものの、サービス業（大半はソフトウェア、システムサービス産

<sup>9</sup> 特に非製造業に関しては、日米の統計において、カバレッジ、定義が若干異なることに留意することが必要である。

<sup>10</sup> そのほかに、科学技術研究開発サービス業も少なくない。

<sup>11</sup> そのほかに、医薬品関連もかなりある。

<sup>12</sup> IT産業としては、便宜的に、製造業のうち、電子・電気・精密関連、また、非製造業のうち、情報通信・電気ガス、サービス、卸売業、で比較。なお、これらには、IT関連ではない産業も含むことに留意する必要があるが、量的にはそれほど多くない。

業)が圧倒的に強く、また、卸売業(大半は、コンピュータ等の卸売業)も圧倒的に多いのが特徴である。

以上を踏まえると、日米間では研究開発を通じたイノベーションにかかわるビジネス・モデルにかなりの違いがあると考えられる。すなわち、日本では製造業を中心に研究開発を行い、それで得られた技術を基にして、国内の製造拠点で「もの」を作り、国内外に販売することによって付加価値を得るというビジネス・モデルを追及している。これに対し、米国の場合は、製造業(ハードウェア)に関しては、国内で研究開発をするにせよ、可能であれば国内で生産するものの、基本的には世界の中で最適なものを調達して供給するというビジネス・モデル<sup>13</sup>であり、またサービス業に関しては、IT(ソフトウェア、システム)を使って効率的・効果的サービスを提供するというビジネス志向が強く、この両者があいまって米国のIT業界の強みが発揮されているということができよう。

言い換えれば、日本は製造業中心のイノベーションメカニズムであり、これは、韓国、中国などの国々と競争的な状況にあるのに対して、米国は、ハードウェアだけでなくソフトウェア、システムも含めたIT産業全体でのイノベーションメカニズムが機能している。具体的には、ハードウェアにかかわる国内生産基盤としての競争力は日本や韓国、中国などと比較して劣るものの、それらを国内で設計開発した上で海外から調達し、それをソフトウェア、システムと組み合わせるといった意味では強みを有し、これはサービス産業でのイノベーションにも直結しているものと評価することができよう。

表1：日米のイノベーション・モデルの違い

	産業構造	民間研究開発投資	イノベーション・モデル
米国	製造業弱い (対GDP比12%)	全体1.86% -製造業1.13% -非製造業0.73% IT産業1.10% -ハード・通信0.45% -ソフト・卸売0.66%	IT・ソフトウェア中心 →ハードウェアは、国内で設計、最適な国から輸入。 →ソフトウェアを活用してサービスイノベーション。  
日本	製造業強い (対GDP比20%)	全体2.38% -製造業2.09% -非製造業0.30% IT産業1.13% -ハード・通信1.01% -ソフト・卸売0.13%	製造業中心 →製造業(IT・ハードウェアを含む)の競争力強化。 →製品の輸出の拡大(ただし、韓国、中国等と競合)。  

<sup>13</sup> 製造業だけでなく、卸売業による研究開発が多い。



### 1. 3. iPhone の事例

#### < iPhone の人気 >

2007 年度の IT 分野における大きな話題になったものの一つとして、アップル社による iPhone の事例があげられる。

iPhone は、アップル社が開発したいわゆるスマートフォンの一種である。2007 年 1 月に開催された Mac World で公表され、その後、満を持して 2007 年 6 月 29 日に発売開始された。当初からの世間の関心は非常に高く、ニューヨーク 5 番街の旗艦店等にはその 5 日前ほどから行列ができるほどであった。

iPhone は、他の携帯機器と比べて単価も高く（当初 8GB バージョンで 599 ドル。ただし、9 月に 399 ドルに値下げ）、また、月契約料も 60~80 ドルとかなり高いにも関わらず、売上げは着実に増加しており、スマートフォン市場で確固たる地位を確保するとともに、アップル社の主要な製品のひとつとして位置付けられるようになってきている。具体的な売上げとしては、発売後わずか 30 時間（6 月末まで）で、27 万台を売り上げ、2007 年 7 月のスマートフォン市場で一位を獲得、9 月末時点で 139 万台、2008 年 1 月には 400 万台に達成している。なお、iPhone は、11 月 7 日に英国、ドイツで、また、11 月 28 日にフランスで販売開始され、日本での販売も噂されている。

iPhone は、機能だけを見ると、携帯電話に無線 LAN やインターネット、音楽・ビデオ再生、写真などの機能を付け加えたものである。携帯電話が進化している日本製と比較すると、やや高機能という程度のものであり、特に製造技術という観点からは、特別な技術を必要とするようなものではなく、日本企業の技術力で作れないものでは全くない<sup>14</sup>。しかしながら、iPhone の特徴は、これらの機能をコンパクトなボディにまとめた製造設計技術に加えて、タッチパネルを使ったヒューマンインターフェースにかかわるソフトウエア技術であり、それに加えて、iPod-iTunes の延長線での音楽・ビデオ配信のかかわる IT によるサービス分野でのプラットフォームと、アップルというブランド戦略をベースに、付加価値を生み出されているものと考えられる。

#### < iPhone による企業業績及び米国経済への影響 >

iPhone 発売後の初めての業績発表となった、アップル社の 2007 年 7-9 月期の決算では、前年同期比 29%、67% 増（売上げ、利益）と大幅増となった。この結果は株式市場からも驚きを持って迎えられ、株価は発表当日 6.9% 上昇している。この増加要因としては、iPhone によるところが大半であるが、それ以外にも、iPhone によるブランド効果が拡大し iPod、Mac（パソコン）の売上げが増加したことも、大幅増の要因として挙げられる（それぞれ 17% 増、34% 増。Mac は、パソコン売上げ第三位に浮上）。

アップル社と独占契約を結んだ AT&T も、7-9 月期の決算は、堅調に増加する結果となったが、これも、iPhone による契約増の影響が大きいとされている。AT&T は、iPhone 1 台あたり、アップルに月 18 ドル支払っているとの試算もあり（アップルは 1 台ごとに 830 ドルの収入、565 ドル

<sup>14</sup> ある日系企業は、これらの技術は全て自社内にあるのに何故作れなかったのかと、社内にはっぱをかけているとのこと。

の利益になる計算。) <sup>15</sup>、これがアップルの大幅な収入・利益増の要因になっていると推測されている。

このようなiPhoneの効果は、アップル社やAT&Tだけではなく米国経済にも好影響を与えているとされる。iPhoneは、前述の通りiPodと同様、その部品のほとんどが（日本を含む）海外で生産されたものを調達し、中国で組み立てられている（なお、製品には、単に製造場所だけでなく、「Designed in California, Made in China」と、設計場所についても書かれている）。しかしながら、例えばiPod（8GB）の場合、価格199ドルのうち83ドルはアップル社の収入との試算<sup>16</sup>がなされており、iPhoneについても、売上げの半額以上が米国（アップル社本社）に落ちると試算されている。

本事例は、米国企業は製品の設計は国内で行うものの、部品の調達は日本を含む最適などから汎用品を中心に競争的な調達を行い、それを中国で組み立て、ソフトウェアで付加価値を高め、音楽配信などのサービス分野での新たなイノベーションと組み合わせて世界中に販売することによって、その付加価値の大半を米国内に残すという典型的な成功モデルであると言えよう。

## 2. 米国の情報技術（IT）分野におけるオープン・イノベーション戦略

本章においては、イノベーションにおいて情報技術（IT）がますます重要になる中、IT関連企業がイノベーションを進め、それを利用する企業がよりイノベーティブな手法を導入するため、どのように進めてきているかについて、その知的財産戦略及びソフトウェア・サービスの提供方法（特にSaaS）を事例に挙げて最近の動向を報告する。

### 2. 1. 米国 IT 企業の知的財産戦略を巡る動向

#### 2. 1. 1. 知的財産活動における IT 産業の位置付け

特許に代表される知的財産権の扱いは、イノベーションの促進にとって非常に重要な役割を果たすものであり、特に技術によるイノベーションを標榜するIT関連企業にとっては、この知的財産にかかわる戦略及び政府の戦略は、重要なものである。

近年、特にこの10年間において、IT関連技術の進化は目覚しく、インターネットの普及を始め実体経済におけるITの役割が非常に大きくなるに伴い、IT関連企業においてもそのビジネス・モデルに大きな変化が生じてきている。

米国の特許活動においてもIT産業の位置付けが高まっている。米国における上位特許取得企業に関して1996年と2006年を比較してみると、いずれもトップ10はIT関連企業でほぼすべて占められることには変わらないが、1996年には20位以下のランクでは他の製造業が約半数を占めていたのに対し、2006年にランクを占めるようになったのは、何らかのIT関連企業であることがわかる（相対的には、日本企業の衰退も目につく）。

<sup>15</sup> <http://japan.cnet.com/mobile/story/0,3800078151,20359667,00.htm>

<sup>16</sup> [http://www.businessweek.com/technology/content/sep2007/tc20070917\\_491032.htm?campaign\\_id=rss\\_tech](http://www.businessweek.com/technology/content/sep2007/tc20070917_491032.htm?campaign_id=rss_tech)

表 2：米国における特許取得企業トップ 50<sup>17</sup>

順位	2006 年	1996 年
1-10	IBM (3621), Samsung (2541), キヤノン (2366), 松下電器 (2229), Hewlett Packard (2099), Intel (1959), ソニー (1771), 日立 (1732), 東芝 (1672), Micron Technology (1610)	IBM (1867), キヤノン (1541), Motorola (1064), NEC (1043), 日立 (963), 三菱電機 (934), 東芝 (914), 富士通 (869), ソニー (855), 松下電器 (841)
11-20	富士通 (1487), Microsoft (1463), セイコーエプソン (1200), General Electric (1051), 富士写真フイルム (906), Philips (896), Infineon Technologies (890), TI (890), Siemens (854), ホンダ (778)	General Electric (819), Eastman Kodak (768), Xerox (703), TI (600), Minnesota Mining (537), AT&T (510), 富士写真フイルム (510), Hewlett Packard (501), Samsung (482), Philips (477)
21-30	Sun Microsystems (776), デンソー (732), NEC (728), LG (694), リコー (693), Eastman Kodak (688), シャープ (665), Broadcom (660), Cisco (649), Robert Boshe (646)	Intel (423), ニコン (423), Siemens (418), Du Pont (395), Ford (381), シャープ (352), Hoechst (351), Protector + Gamble (346), Bayer (323), BASF (317)
31-40	三菱電機 (610), Nokia (597), ルネサステクノロジ (583), Motorola (576), Honeywell (559), Lucent Technologies (552), サンヨー (516), Silverbrook Research (510), Xerox (501), GM (490)	日本電装 (311), Robert Boshe (306), GM (297), リコー (295), ホンダ (293), Lucent Technologies (289), US Navy (285), Hughs Aircraft (272), Ciba-Geigy (271), U of California (266)
41-50	Boeing (478), 3M (471), Taiwan Semiconductor (471), Agilent Technologies (468), AMD (439), Hynix Semiconductor (438), Hon Hai Precision (432), U of California (410), Semiconductor Energy Laboratory (405), Qualcomm (399)	Eli Lilly (245), オリンパス (223), Whitaker (211), 住友電工 (209), Caterpillar (206), National Semiconductor (201), Dow Chemical (196), Allied Signal (189), Abbott Laboratories (182), Eaton (182)

また、技術の進展に伴い、IT関連の技術の中でも特にソフトウェア関連の特許が、近年急速に増大してきていることも大きな要因として考えられる。特許取得数全体における、ソフトウェアというキーワードを利用している特許の割合は、1986年には3.6%、1996年には9.9%であったのが、2006年には、23.4%まで高まっているという試算結果もある<sup>18</sup>。

もちろん、特許取得件数の観点ではIT関連企業が大半を占めるとは言うものの、特許制度からのメリットを受けている大半の企業がIT関連企業であるということではない。一般的に、IT産業から見た特許と、バイオ産業を中心とする他の産業から見た特許とでは、その位置付けは異なる。

医薬に代表されるようなバイオ分野では、一つの技術・特許は個別の製品と密接に関係しており、このため、成功した一つの技術の特許価値は非常に高いものとなる。これに対し、IT産業においては、一つの製品・システムを組むために、数多くの技術・特許を組み合わせ、結集することが必要となる。このため、平均すれば、一つ一つの技術の価値は低く、また、製品を作るのに必要な個々の技術の権利調整をするために必要な取引コストは相対的に高く、したがって、多くの技術の中で一つの技術の権利のみを主張しては、結局その実用化の妨げになりかねないという事情を有することが特徴である。

<sup>17</sup> [http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports\\_topo.htm#TOPO](http://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports_topo.htm#TOPO) より。なお、色付き部分は、広義でITに関連する企業と思われるものを筆者が判断したもの。

<sup>18</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Image:US\\_granted\\_software\\_patents.png](http://en.wikipedia.org/wiki/Image:US_granted_software_patents.png)

## 2. 1. 2. 米国 IT 企業の知的財産戦略を巡る変化

このような中で、近年の米国 IT 産業の知的財産戦略を巡る状況の変化としては、以下の 2 つがあげられる。

### ① IT 企業のビジネス・モデルの変化（オープン化の進展）

近年、IT 技術の進展に伴い、IT 企業におけるビジネス・モデルは多様化しつつあり、また、よりオープンな知的財産戦略を指向しつつある。

民間企業（製造業）の単純なビジネス・モデルは、研究開発によって得られた技術を用いて、製品（ソフトウェア製品を含む）を作り、それを販売することによって利益を得るというモデルである。また、それに加えて、得られた技術（特許）を販売（ライセンス）することによって、更に利益を確保するというオープン・ビジネス・モデルにも関心が高まっている。

IT 関連企業では、これらに加えて、インターネット等の技術の進展を背景に近年戦略上さらに重要なビジネス・モデルとなってきたのが、プラットフォーム戦略あるいはオープンソース／イノベーション・モデルと言われるものである。すなわち、得られた技術を、単に製品やソフトウェアあるいは特許として販売するのではなく、むしろ、オープンに一定の条件のもと無償で公開することにより、その技術をデファクト・スタンダードとなるプラットフォームとして確立するという戦略である。これにより、外部の開発コミュニティの能力を活用し、多様な技術を結集した更なる開発と製品・サービスの普及（イノベーション）が可能となる一方、企業としては、そのプラットフォームに付帯した製品あるいはサービスにより収益を確保することになる<sup>19</sup>（ただし、そのビジネスのコアとなる技術については、内部で維持・確保することが必要になる）。

具体的には、ブロードバンドや各種共同開発を行うためのツールなど IT 技術の進展に伴い、オープンソースをベースとして開発や製品利用の普及や、SaaS（Software as a Service）に代表される、利用しただけ課金するオンデマンド・サービス形態、あるいは、Web2.0 のような広告収入等をベースとしたビジネス・モデルなどが挙げられる。このようなビジネス・モデルは、知的財産権を徹底して囲い込み、ライセンス収入によって利益を出すというソフトウェア業界の従来のビジネス・モデルとは大きく異なるものとなる。

### ② 知的財産権を巡る紛争の多発／訴訟費用の高騰化

IT 企業においては、上述のような戦略を進める一方で、それでもなお、IT のビジネスには多様な技術を必要とすることから、商業化・製品化されるにあたって必要な技術は、必ずしも自社あるいは共同開発者の技術のみとは限らない。

このような中、現行特許制度下において、特に IT 分野を中心に特許訴訟が相次いでいる。単なるライバル企業同士の特許紛争だけではなく、技術を有していても、その技術を自らは商業化・製品化をせず、他者の事業の実施を見て侵害訴訟や差し止め請求を振りかざし、高額の和解

<sup>19</sup> 例えば、オープンソースとして有名な Linux を開発したレッドハット社は、ソフトウェア自体は無償で提供しているが、その販売やサポートをビジネスにすることにより急成長を遂げている。

を求める、いわゆる「パテント・トロール」と言われるような特許権者が多数出てきていることが特徴であり、かつ、問題視されている。

この特許関連訴訟は増加傾向にあり、その損害賠償額や和解額も増加してきており、その結果、それらにかかわる費用は、特許取得から得られる企業利益をも上回っているとの試算結果もある（また、これら利益のうち3分の2はIT業界のものではなく、化学業界および医薬品業界のものであるとされる）<sup>20</sup>。

また、IT企業においては防衛的な観点（訴訟をされないような観点）から、必要以上に特許の出願を行う傾向があるためか、「特許一件あたりの価値はわずか1万ドル未満」という分析<sup>21</sup>もなされている。

このため、現行制度下においては、高額な訴訟費用を支払う可能性（訴訟リスク）を考慮した場合、新薬の特許取得（Patent）が企業利益を大きく左右する医薬業界や、数少ない特許をもとに大企業を訴訟することによって利益を得る可能性のある中小企業を除き、大手企業（特に上場IT企業）にとっては、新技術の特許が必ずしも企業にとって利益をもたらすものではなく、むしろ、企業における研究開発のインセンティブを阻害しているのではないかという見方も出てきている<sup>22</sup>。

### 2. 1. 3. 米国主要 IT 企業の知的財産戦略を巡る動向

このような中、米国 IT 企業においては、上述のとおり、特許そのものの価値を踏まえた上でのビジネス・モデルの見直しを進めている。

このような米国 IT 産業にかかわる知的財産戦略をめぐる変化に関し、それぞれ個別主要企業にかかわる具体的事例を以下に紹介する。具体的には、米国主要 IT 企業として、ハードウェア企業を代表しインテル社、ハードとソフトの両方を事業とし IT サービスを提供する IBM 社、サンマイクロシステムズ社、ソフトウェア業界からマイクロソフト社、そしてインターネット・サービス業界からグーグル社を事例として取り上げる。いずれも、売上が100億ドルを超える大企業である。これらの米国の主要 IT 企業における特許・オープンソース化戦略を、表にまとめると、次のとおり。

---

<sup>20</sup> Michael Fitzgerald. “A Patent Is Worth Having, Right? Well, Maybe Not” July 15, 2007. *The New York Times*.

<sup>21</sup> ペンシルバニア大学 (University of Pennsylvania) R・ポーク・ワグナー法学部教授 (R. Polk Wagner, Law Professor) コメント。出所: Michael Fitzgerald. “A Patent Is Worth Having, Right? Well, Maybe Not” July 15, 2007. *The New York Times*.

<sup>22</sup> Michael Fitzgerald. “A Patent Is Worth Having, Right? Well, Maybe Not” July 15, 2007. *The New York Times*.

表 3：主要米国 IT 企業の概要と知的財産戦略

(単位：100 万ドル)

	売上高	研究開発費	特許件数	主要ビジネス
インテル	35,382	5,873 (16.8%)	1,959 件 (0.33)	半導体の製造販売 ・デジタルエンタープライズ (マイクロプロセッサ等) 19,876 ・モビリティ (マイクロプロセッサ等) 12,309 ・フラッシュメモリー 2,163
IBM	91,424	6,107 (6.7%)	3,621 件 (0.59)	ハード、ソフトを含む IT サービス ・グローバルサービス 48,247 ・ハードウェア 22,499 ・ソフトウェア 18,204
サンマイクロシステムズ	13,064	2,046 (15.7%)	776 件 (0.37)	システム製品の販売とそのサービス ・コンピュータシステム製品 5,997 ・データマネジメント製品 2,374 ・サービス (サポート、ソリューション等) 4,697
マイクロソフト	44,282	6,584 (14.9%)	1,463 件 (0.22)	ソフトウェア製品の販売等 ・顧客 (Windows 等) 13,001 ・サーバ・ツール (サーバ用 OS 等) 10,542 ・情報労働者 (Office 等) 12,380 ・ホームエンターテインメント (Xbox 等) 4,292 ・MSN 2,488
グーグル	10,604	1,229 (11.6%)	— (—)	広告ビジネス ・グーグルウェブサイトでの広告 6,333 ・グーグルネットワークサイトでの広告 4,160

	特許戦略	オープン戦略
インテル	・自社の半導体技術を中心に、特許を取得。	・半導体にかかわるインターフェース開発等を中心としたプロジェクトを展開。
IBM	・訴訟リスクの軽減の観点も含め、特許を取得。ライセンスを推進。 ・アマゾン社に対してビジネス・プロセス特許の不法侵害で提訴。	・Linux 推進を目的としたライセンス管理会社 OIN を設立。 ・SOAP、SAML、XML 関連技術 150 件をオープン化。
サンマイクロシステムズ	・訴訟リスク軽減の観点から、特許を取得。ライセンス志向せず。 ・無料ソフトウェアの開発者に対して特許侵害を主張しない。	・自社特許技術を積極的にオープン化 (29 団体に参画)
マイクロソフト	・自社のソフトにかかわる特許を取得。 ・侵害していると思われるものは提訴。	・ノベル社、デル社と Linux の相互互換性を強化する共同開発契約を締結。 ・コア以外の分野でオープンシェア化の動き
グーグル	・ページランク技術の独占権を保有。 ・一部検索アルゴリズム等は秘匿化。	・検索システムはオープン。 ・OIN にエンド・ユーザとして参画。

(出所) 企業公表のアンニュアルレポート (2006 年 6 月または 12 月決算) より作成<sup>23</sup>。

<sup>23</sup>研究開発費におけるかっこ内の数字は研究開発費の対売上高比を計算したものの、特許件数の数字は特許の取得件数 (2006 年の米国特許商標庁データより)。なお、グーグルは同資料に記載するトップ 200 社の中に入っていない。(かっこ内の数字は、研究開発費で特許取得件数を割った数字 (2006 年)。単位は、件数/100 万ドル)。かっこ内の数字に関しては、一般的には、研究開発を実施し成果を得た時期と、特許が取得される時期には、数年以上のタイムラグがあることに留意する必要がある。特に、マイクロソフトは近年急速に特許出願件数を増やしているが、その多くがまだ審査中である、実際に取得に至っているのはまだその一部であることに留意することが必要である。また、グーグルは、IPO したのが 2002 年 (当時の売上額は、4 億 3,400 万円) であり、研究開発活動に関してもその後急増しているものであることをふまえると、特許に関しても現在まだその多くが審査中であるものと考えられる。

これらのまとめを踏まえると、企業の業態（ハードウェア、ソフトウェア及びインターネット・サービス）で異なっているものの、概ね、以下の2点に整理することができる。

- ① 各社とも、それぞれのビジネス・モデルの中で収益の源となるコアの技術にかかわる特許については、それらを守る戦略を有している。

ハードウェア業界では、一般的には競合他社が開発した特許技術を利用して新たな技術を開発する、といった業界構造となっているものの、コアとなる技術に関しては、現在の特許制度を最大限に利用して、自社の権利・利益を守ろうという姿勢が強い。インテル社の場合は、研究開発の対象はコアとなる半導体技術であり、これらの技術に関してはライセンス料からの利益ではなく、むしろ自社技術を守るために特許を取得している。

また、ソフトウェア業界では、自社の主力製品関連技術や中枢技術の特許で守り、自社で独占的に使用しているのがマイクロソフト社とグーグル社である。マイクロソフト社の中心となる特許戦略はあくまでも2社・3社間との技術契約といったクローズドなものとなっている。グーグル社においても、中枢技術「ページランク」の特許は創業者が所有し、その特許利用権はグーグル社が独占的に所有して門外不出となっている。

ただし、これらの業界でも、そのビジネス・モデルにおいて、必ずしも個々の技術が収益源となるようなコアではない場合には、むしろ特許技術からの利益（ライセンス料、あるいはロイヤルティ・フィー）を得るような特許戦略を組み合わせることになる。例えば、IBM社は、研究開発に年間60億ドルを投じて年間約3,500件の特許技術を生み出し、自ら重要な技術については守る一方で、これら特許技術のライセンス料で大きな利益を得ている。IBMは、個々のハードウェア技術やソフトウェア技術で収益源としているのではなく、それらを統合し、全体をサービスとして提供することにより収益を挙げているため、このような戦略が可能であるものと考えられる。

- ② 一方、各社とも、そのビジネス・モデルによって程度の差は大きく異なるものの、戦略的観点から、自らのコアビジネスが拡大するよう周辺技術に関してはオープンソース戦略を採用している。

インテル社は、ワイヤレスやグラフィックスなどのインターフェースにかかわるオープンソースに積極的に取り組んでいる。これらの技術が進展することによって、コアビジネスである半導体の開発・普及にプラスになると判断したためではないかと考えられる。

IBM社やサンマイクロシステムズ社は、Linux推進を目的としたオープンソース化プロジェクトに積極的に参加している。自ら提供するITサービスやITシステムの提供というビジネスにおいて、オープンソース戦略を採用することにより、よりイノベーションを進め、また、製品幅を拡充することができるためであると解釈される。

一方のマイクロソフト社については、そのビジネス・モデルの構造上、オープンソースの代表格であるLinuxの関連ベンダとは対立関係にあるものの、オープンソース的な戦略を活用するという観点では、その取り組みを開始した。同社にとっては、引き続きOSやOfficeなどのソフト

ウェアはコアとなる技術ではあるものの、周辺となるインターフェース技術や文書フォーマット等に関しては、オープン化し、国際標準化することによって顧客を拡大し開発を促進しようとしているものと考えられる。

また、グーグル社についても、同社のビジネス・モデルのコアとなる検索アルゴリズムなどについては秘匿化により保護しつつも、検索システムも含め、同社のビジネス・モデルにおける顧客拡充となるような技術については、オープンソース戦略を活用する方向を示している。

各企業の戦略は、「特許・秘匿化による保護」対「完全オープンソース化」で明確に白黒が分けることはできない。各企業とも、それぞれのビジネス・モデルに基づいて何らかの形でオープンソースモデルによるプラットフォーム確立競争に取り組んでおり、その結果、自社の持つコア技術、ビジネス・モデル、研究開発などを総合的に判断した上で、各社それぞれに、特許戦略のバランス感覚を作り出しているといえるだろう。

## **2. 2. 米国企業における IT 利用形態を巡る動向 (SaaS を巡る動向)**

### **2. 2. 1. 企業における IT 利用形態の変化**

企業における IT の利用に関しては、インターネットの進展に伴い、その利用形態が変化しつつあり、特に、ソフトウェア市場において、SaaS (Software as a Service) への関心が急速に高まっている。ソフトウェアの機能は、従来ユーザ内のシステムに設置されることによりその機能を発揮してきたのに対し、SaaS では、ベンダやソリューション・プロバイダなどの第三者がソフトウェアをホスティングし、ユーザがインターネットを通じてリモートアクセスすることによってその機能を提供するという、オンデマンド型ソフトウェアであることが特徴である。

このように、ソフトウェアの機能をインターネットを通して供給するという流れは、すでに数多くの消費者向けソフトウェアが Web2.0 関連技術の波に乗り、インターネットを通じて利用できることにも見られる。グーグル等の提供する検索機能もそのような流れだとも言える。検索機能のみに限らず、最近では、文書作成やスプレッドシートの作成機能などについても、インターネットを通じて提供されるようになってきており、従来のソフトウェアの提供形態に大きな波紋を投げかけている。

SaaS への関心の高まりは、こうした波が企業向けアプリケーション分野にも広まっていることを示すものであり、これまで導入されてきたクライアント・サーバ・モデルによる社内大規模システムやデスクトップ・システムから、インターネットをはじめとするネットワーク経由で利用可能なソフトウェア提供モデルへのパラダイムシフトの予兆が生まれている。

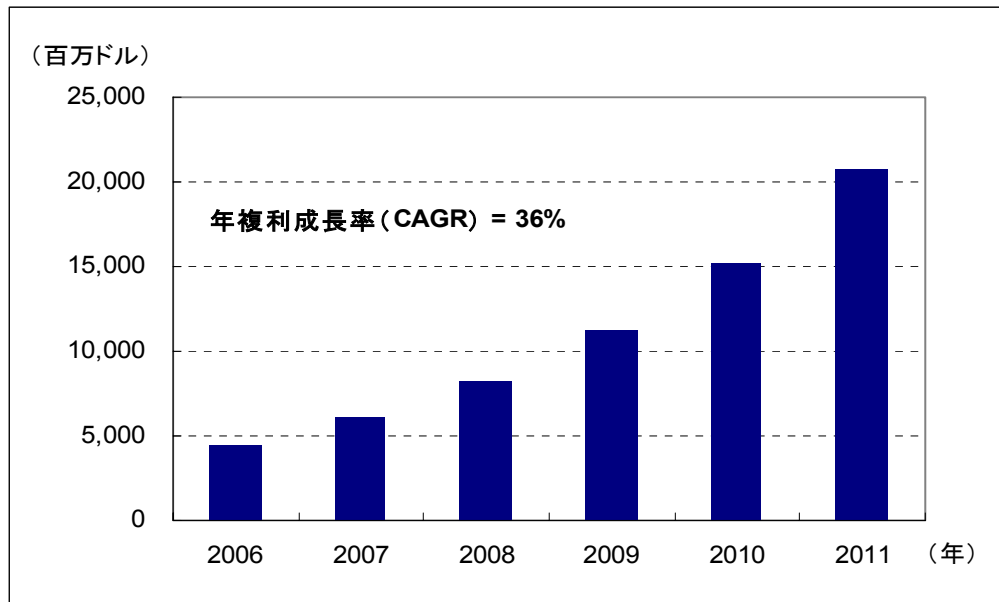
### **2. 2. 2. SaaS の市場規模予測とその背景**

SaaS の市場規模に関しては、各種調査で、今後急速に伸びると予測されている。例えば、大手金融サービス企業 Credit Suisse 社のソフトウェア・アナリストである Jason Maynard 氏は、米国のソフトウェアおよび情報サービスの業界団体 Software and Information Industry



Association (SIIA) <sup>24</sup>が2007年4月に開催したソフトウェア戦略会議「SIIA Software Strategy Summit」において、SaaS市場規模は年複利成長率36%で、2006年の44億5,500万ドルから2011年には207億ドルを超えると予測している<sup>25</sup>。

図5：SaaS市場規模予測<sup>26</sup>



(出所) Credit Suisse 社

また、調査会社Gartner社によると、業務アプリケーション利用を目的としたSaaS市場が着実に成長しており、2011年までには新規に購入されるビジネス・ソフトウェアの約25%はSaaSモデルによって、提供されるという予測を発表した<sup>27</sup>。同社の他の調査結果では、SaaS市場規模は2011年には115億ドルに達するという見込みも出ている<sup>28</sup>。

これらの数字は、それぞれどのような定義でSaaSを含めているのかにもよるが、世界のソフトウェア部門の市場規模とされる約2,900億ドル<sup>29</sup>と比べると、全体の中で大きな割合を占めるとまではいかないものの、その伸び率からみると、かなりの影響を及ぼすことが想定される。

Gartner社によると、SaaSは現在、CRM、人材管理システム、物流管理システムなどの機能を提供するアプリケーション分野で最も使用されている。特にCRM市場は、2005年に70%近い成長を

<sup>24</sup> <http://www.siiia.net/>

<sup>25</sup> Credit Suisse社のソフトウェア・アナリストJason Maynard氏のプレゼンテーションを参照。同資料では、米国または世界の市場規模かは明記されていない。<http://www.siiia.net/s4/2007/ppt/Maynard.pdf>

<sup>26</sup> Credit Suisse社のソフトウェア・アナリストJason Maynard氏のプレゼンテーションを参照。<http://www.siiia.net/s4/2007/ppt/Maynard.pdf>

<sup>27</sup> Gartner, “Predicts 2007: Software as a Service Provides a Viable Delivery Model” November 2006 cited in IBM “Software as a Service: Providing the support you need to enable, manage and market your Software as a Service solution,”

[http://www-304.ibm.com/jct09002c/isv/marketing/saas/saas\\_brochure.pdf](http://www-304.ibm.com/jct09002c/isv/marketing/saas/saas_brochure.pdf)

<sup>28</sup> Gartner社のプレスリリース (2007年8月9日) を参照。<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=511899>

<sup>29</sup> WITSA発表の数字 (2005年)。ITサービス等は含まない。

見せ、5億ドル規模となったが、2006年も高い需要が続き、40%から50%の伸びが期待できるとしている<sup>30</sup>。このほか、Eラーニングやウェブ会議アプリケーション分野では、60~70%がSaaSで提供されている<sup>31</sup>。その一方、企業コンテンツ管理システム(Enterprise Contents Management)にSaaSを利用しているのは1~2%のみに留まっており、アプリケーション分野別に使用の程度が異なっている。

こうした数字に見られるSaaS成長の背景として、Gartner社の調査部長であるSharon Mertz女史は、以下の2つの要因を挙げている。

- 1) ソフトウェアの導入・管理が簡単のため、中小企業も利用しやすくなったこと<sup>32</sup>。
- 2) 大手ソフトウェアベンダがSaaSを提供し始めたことで、顧客による従来のソフトウェアからSaaSへの乗換えが発生していること(具体的な状況については3.を参照)。

このうち、1)については、従来のソフトウェアモデルは、ユーザがソフトウェア製品に対してライセンス料金を支払い、ソフトウェアのインストールや管理、インフラストラクチャの準備・維持管理までを自ら行わなくてはならなかったのに対して、SaaSモデルでは、ユーザにソフトウェアをインターネット経由で使用契約サービスとして提供しているため、ユーザ側の先行投資が劇的に減少するほか、ソフトウェアのインストールや管理などといったユーザの手間が省ける。

また、2007年4月30日付「Computerworld Magazine」の『Software as a Service: Time for the IT Industry to Take Notice』と題する記事<sup>33</sup>では、オンライン・アプリケーションをビジネス向けに利用する際に問題ないネットワーク接続スピードを保証するブロードバンド・アクセス費用が、継続的に低下していることに加え、SaaSモデルでは、ユーザはアップグレードモデルが出るたびに多額のライセンス料を支払う必要がなく、毎月定額の使用料金を支払うか、使用量によって異なる重量課金モデル(On-demandまたはPay-as-you-go)で同サービスを利用できるという手ごろさが重要な要素になっていると指摘されている。

さらに、多額の初期投資を必要としないため、利用中のベンダによるサービスが気に入らなければ、これまでよりも容易に他のサービスに移行しやすく、ベンダとのリレーションシップで、ユーザが主導権を握りやすいこともユーザの支持を受ける理由と見られる。

ITビジネス専門誌「InformationWeek」が企業におけるIT担当者250名を対象に行った調査<sup>34</sup>によると、約3割の企業が現在SaaSを利用しており、4割弱の企業がSaaSの導入を考えている<sup>35</sup>。

<sup>30</sup> Pimentel, Benjamin. "On-demand is a growing tech force Salesforce.com has lead in big off-site software industry." July 23, 2006. <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=/c/a/2006/07/23/BUGJ1K36NG1.DTL&hw=on+demand+tech&sn=003&sc=837>

<sup>31</sup> Gartner社のプレスリリース(2007年8月9日)を参照。<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=511899>

<sup>32</sup> Gartner社のプレスリリース(2007年8月9日)を参照。<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=511899>

<sup>33</sup> <http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9017780>

<sup>34</sup> Mary Hayes Weiser and Lisa Smith "Businesses Get Serious About Software As A Service"

InformationWeek (2007年4月14日)を参照。

<http://www.informationweek.com/story/showArticle.jhtml?articleID=199000824>

<sup>35</sup> また、2007年4月30日付け「Computerworld Magazine」記事に掲載された調査結果では、今後12カ月でSaaSを利用することを計画している企業のChief Information Officer (CIO)は、2005年の調査では38%であったが、2006

中でも、SaaSを利用している企業の約7割が、アプリケーションの導入や管理が簡単という理由でSaaSを採用したと回答しており、SaaS利用のメリットがユーザ企業に理解され、普及の後押しとなっていることが伺える。

### 2. 2. 3. 競争激化を見込まれる SaaS 市場

このような SaaS 市場の高い成長の潜在性に眼を付け、多くの企業が同市場への参入を進めている。具体的には、以下のような企業が参入し始めており、競争が益々激化する様相を示している。

- 1) SaaSベンダの旗手として認識されているSalesforce.com社に加え、これらに追随して、RightNow Technologies社<sup>36</sup>、Concur Technologies社<sup>37</sup>、Workstream社<sup>38</sup>などの新興のSaaS 専業ベンダが、積極的に取り組んでいる。なお、こうした動きに連動するように、ベンチャー・キャピタルによるSaaSベンダ向け投資が2002年から2005年で18%成長を遂げている<sup>39</sup>。
- 2) Oracle社、SAP社、Microsoft社などの大手ソフトウェア企業も相次ぎオンデマンド型ソフトウェア・サービスのSaaSを提供し始めている。
- 3) 従来型のソフトウェア企業のみならず、いわゆる消費者向けのウェブサービスを行ってきた企業や、ネットワーク機器メーカーのCisco社といったこれまで企業向けソフトウェア・サービスに直接関係していなかった企業も、合併買収などを通じてSaaS市場に参入し始めている。

この中で、Oracle社、SAP社、Microsoft社の3大ソフトウェア企業が、立て続けにSaaS型のCRMソリューションを提供し始めたことが注目される。特にOracle社、SAP社は、CRM分野において、高い市場占有率を誇ってきたが、Siebel社やSalesforce社といったSaaSベンダによる市場シェアが高まってきたこと、さらには大手企業がITバブル時代と異なり、潤沢にIT投資を行わなくなっている状況などを受け、新たな収入源確保として、成長が期待される中小企業市場での顧客ベース拡大を目指し、SaaS市場に参入してきているものと見られる。

Gartner社が2006年6月に発表した調査結果によると、世界におけるCRMソフトウェア市場の売上高については、2004年の約50億ドルから13.7%増で約57億ドルを達成した<sup>40</sup>。その中で、特に、Oracle社に買収される以前のSiebel社は、2005年に売上高を順調に伸ばし、市場シェア

---

年調査では61%まで増加しているという結果も紹介されている。

<http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9017780>

<sup>36</sup> <http://www.rightnow.com/> 同社は連邦政府におけるSaaS導入で実績を挙げており、SIIA主催による「New Business Models for Software in the Government (2007年1月18日)」で発表されたプレゼンテーション「SaaS and the Government: The Success Formula」では、同社の利用例として、米農務省(USDA)、運輸保安局(Transportation Security Administration)などが紹介されている。

<sup>37</sup> <http://www.concur.com/>

<sup>38</sup> <http://www.workstreaminc.com/>

<sup>39</sup> <http://www.computerworld.com/action/article.do?command=viewArticleBasic&articleId=9017780>

<sup>40</sup> Gartner, "Gartner Syas Worldwide CRM Total Software Revenue Increased 14 Percent in 2005," June 12, 2006. available from [http://www.gartner.com/press\\_releases/asset\\_153532\\_11.html](http://www.gartner.com/press_releases/asset_153532_11.html)

17.0%で2位と健闘、SalesForce.com社は、2004年の3.2%から4.9%へと徐々に市場シェアを拡大し、4位であった。一方、従来型CRMシステム・ベンダでは、SAP社が25.9%の市場シェアで依然としてトップに立ったが、Oracle社は市場シェアを2004年の8.3%から2005年には6.4%（3位）まで落としている<sup>41</sup>。

表4：CRM市場におけるソフトウェア企業のシェアと企業全体の売上高

	CRM市場におけるシェア	企業全体の売上高 (100万ドル)
Microsoft	—	44,282
Oracle(+Siebel)	23.4%	17,996
SAP	25.9%	12,408
SalesForce	4.9%	497

出所：各企業のアニュアルレポート等より作成（2006年度、CRMのデータは2005年）

こうした中、Oracle社は買収したSiebel社のオンデマンド型ソリューションによってSaaS事業を開始し、また、SAP社は独自にSaaS開発を進めている。両社は、それぞれ参入方法は異なるがいずれも自社の従来型システムとの連携可能なソリューションを提供し、SaaSを足がかりにCRM利用を開始したユーザが、将来的には従来型システムにも移行できるような点を強調している。特に、SAP社のSaaSは、IBM社によるホスティング・サービスを使って提供されており、膨大な量のデータを所有する大企業でも安心して利用できるようなセキュリティ対策やシステム監視・管理サービスを導入、中小企業だけではなく、既存大手企業ユーザの乗換えなども視野に入れていることが伺える。

また、Oracle社およびSAP社が大企業を中心としたサービスを展開している中、Microsoft社は、これまでも同社が強みとしてきた中小企業を対象とし、手頃な価格で、基本的なCRM機能を備えたSaaSに焦点を充てたサービス提供となっている。

### 3. 米国連邦政府の情報技術（IT）にかかわる研究開発戦略

本章では、米国経済においてITがイノベーションの牽引力となる中、連邦政府がIT分野に関し、どのような研究開発投資を行っているかについて報告する。

<sup>41</sup>同調査結果に関するプレスリリースでは、上位5位のAmdocs社までが触れられており、Microsoft社については6位以下のその他に含まれるものと見られる。

### 3. 1. 連邦政府の研究開発投資における IT の位置付け

#### 3. 1. 1. 連邦政府の研究開発投資における IT の位置付けの概観

米国経済においては、IT がイノベーションの牽引力となっているものの、連邦政府の研究開発予算において IT 分野が最重要事項となっている訳ではない。

連邦政府の研究開発予算は、全体で約 1,065 億ドル（約 12.8 兆円）あり、それらのおよそ半分が国防総省（DOD）、また、およそ 4 分の 1 が厚生省（DHHS）から拠出されている。

これらのうち、研究（基礎研究・応用研究）には、およそ半分の約 547 億ドル（約 6.6 兆円）が配分されているが、その大半が厚生省によるものである。また、このうち、数学・情報科学（Mathematics and Computer Science）に配分されているのは、約 5.2%にあたる 28 億 4,100 万ドルで、省庁別内訳をみると、エネルギー省（DOE）、国防総省（DOD）、全米科学基金（NSF）の 3 省庁で全体の 9 割を占めている。工学（電子工学も含む）には、16.6%に相当する 91 億 4,700 万ドルが、国防総省、NASA、エネルギー省（DOE）を中心に配分されている。

一方、開発については、研究（基礎研究・応用研究）とほぼ同額の約 517 億ドルが配分されている。大半は、国防総省（DOD）、次いで、NASA、エネルギー省であり、大半は民間企業（主に、航空関連業界（75 億 2,800 万ドル）や精密機器（航行、測定、医療、管理機器）業界（61 億 2,800 万ドル）など<sup>42</sup>に配分されている。

表 5：連邦政府の研究開発予算（省庁別、分野別）（2005 年）

単位：100 万ドル

	研究開発	研究（基礎・応用）			開発	
			数学・ 情報科学	工学		民間向け
DOD	51,402	5,724	834	3,029	45,678	34,064
DHHS	28,866	28,770	72	284	96	0
NASA	8,114	5,216	94	2,364	2,897	934
DOE	7,958	5,794	941	2,000	2,164	1,109
NSF	3,844	3,844	793	657	0	0
DOA	1,969	1,800	19	74	169	0
DOC	979	917	56	170	62	4
その他	3,356	2,634	32	569	722	140
合計	106,488	54,699	2,841	9,147	51,788	36,251

（出所）NSF；Science and Engineering Indicator 2006；Appendix table 4-30, 4-31

したがって、連邦政府の研究開発予算のうち、IT関係のものは、開発分野では、IT関係である精密機器業界に多く配分されているものの、研究分野では上述の通り 5%程度であり、全体としては、せいぜい 10%程度であろう<sup>43</sup>。

<sup>42</sup> NSF；Science and Engineering Indicator 2006；Appendix table 4-21 ただし、データは 2003 年。

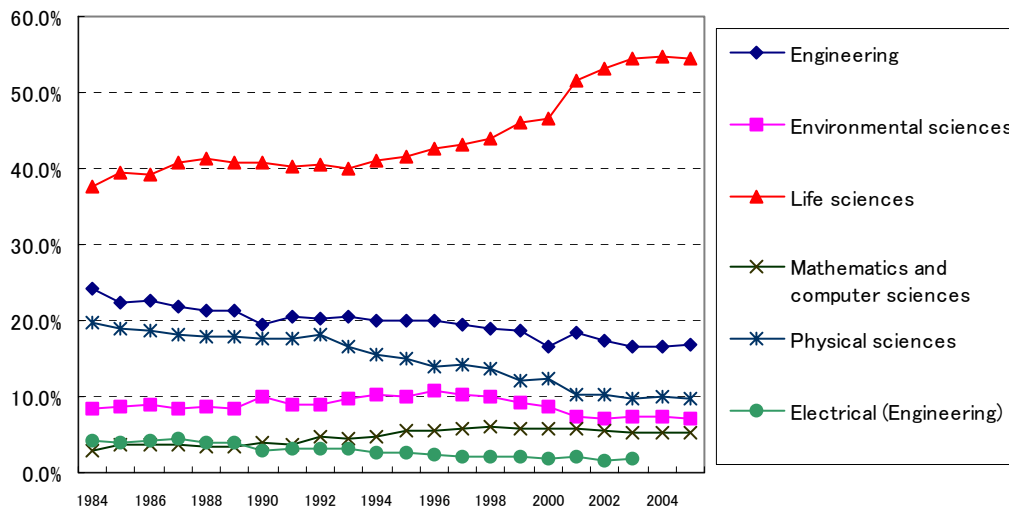
<sup>43</sup> もちろん、これは見方にもより、例えば国防総省関係の予算を何らかの意味で IT 関係であるとみなせば、大きく増えることになる。

このように経済における役割と比較して、IT 関係の研究開発予算は必ずしも多くない。民間主導でイノベーションが進んでいる分野において、政府が研究開発投資を行う必要は必ずしもないことに加え、米国の場合は、イノベーション促進の観点からの研究開発の配分というよりも、国防や健康維持などミッション中心の、目的別の縦割りの研究開発体制になっていることがその理由として挙げられる。すなわち、米国の場合、NSF などの一部の横割省庁を除き、IT の推進自体は予算の目的にはなりえず、むしろ、省庁自らのミッションを遂行するために、IT にかかわる研究開発が必要か否かという観点から、予算の配分がなされる。このため、厚生省 (DHHS) のように、そのミッションと分野 (ライフサイエンス、バイオ分野) が一致しているような分野とは、異なった扱いを受けることになる。

### 3. 1. 2. 連邦政府の研究開発投資の最近の動向

連邦政府の研究開発予算のうち、研究 (基礎研究・応用研究) の推移をみると、ライフサイエンスが増加し、エンジニアリング、物理科学が減少する方向にある。1980 年代以降の分野別予算配分の推移を見ると、全体では、工学 (Engineering) と物理科学は予算の割合が減少する傾向にあるのに対し、生命科学 (Life Science) については、特に 1990 年代後半以降急速に拡大している。

図 6：連邦政府の研究予算 (基礎研究・応用研究) の分野別推移 (割合)



(出所) NSF ; Science and Engineering Indicator 2006; Appendix table 4-32

生命科学関係の予算の増大は、NIH 予算倍増計画 (1999-2003) などを踏まえて、行われてきたものであるが、この結果、生命科学系と物理・化学系の予算のアンバランスが生じたために、2004 年以降は NIH の予算の拡大をストップする一方、物理・化学系の予算を担う省庁である NSF や DOE (OS)、NIST などの予算を拡大しようという動きになっている。ただし、これらの省庁・機関の予算の拡大は、2007 年 9 月に成立した American COMPETES Act によっても謳われている

の、実際に2007年12月に可決された2008年度の予算法案では、必ずしも十分な予算が増えているとは言えず<sup>44</sup>、今後どのようになるかは不明である。

IT関係で見ると、長期的には、ハードから、ソフトにシフトする傾向が見られる。具体的には、主にソフト関係であるMathematics and Computer Scienceの予算については、1984年においては2.9%であったのが、2005年には5.2%までに増大しているのに対し（ただし、2000年代になってからは、若干減少傾向にある）、ハード関係であるEngineeringのうちのElectricalについては、1984年においては2.9%ではあったのが1990年には、ソフト関係予算に逆転され、2003年時点では、1.9%までに減少している。これは、米国の経済社会の中でのIT技術におけるハードとソフトの位置付けの変化が反映されたものではないかと推測される。

### 3. 2. NITRD（ネットワーキングと情報技術研究開発）

#### 3. 2. 1. NITRDの位置付けと体制

<NITRDの経緯と体制>

3-1-1で述べた通り、米国連邦政府においてはITを推進する中心的な省庁は存在せず、原則、各省庁が自らのミッションに従いそれぞれ予算の配分を行っているが、このような中、1990年代始めに、ITの推進を目的とした省庁間の連携プログラムであるネットワーキングと情報技術研究開発（NITRD：Networking and Information Technology Research and Development）が設置されている。このような連携プログラムは、他の技術分野にはあまり見られない形態であった。これは現在も機能している。

NITRDは1991年に制定された「High Performance Computing（HPC）Act of 1991（Public Law 102-194）<sup>45</sup>」に基づいて設立されたものである<sup>46</sup>。本法律は、インターネットの前身であるARPAのARPANETの登場という時代背景の下で、1988年に作成され、議会に提出されたレポート

「Toward Research Network」を踏まえて、当時上院議員であったアル・ゴア氏によって推進されたものである。同法は、①HPCの研究開発とその応用・活用に対する連邦政府の支援を拡大すること、②HPCの研究開発にかかわる省庁横断型の計画とコーディネートの改善と連邦政府のHPCの研究・開発努力が最大限の効果をあげるようにすること、を通して米国のHPCとその関連分野における優位性を維持する事を目的としている。すなわち、同法は連邦政府全体でのプログラム作成、省庁間連携を進めるための調整機関の設置など、各省庁間の連携を通じて、IT分野の競争力強化、特に高速の国家研究教育ネットワーク（NREN：High-speed National Research and Education Network）の確立に加え、当時関心のあったHPC（スーパーコンピュータ）の推進を狙ったものと言える。

<sup>44</sup> [http://www.nedodcweb.org/dailyreport/2008\\_files/2008-1-7.html](http://www.nedodcweb.org/dailyreport/2008_files/2008-1-7.html)

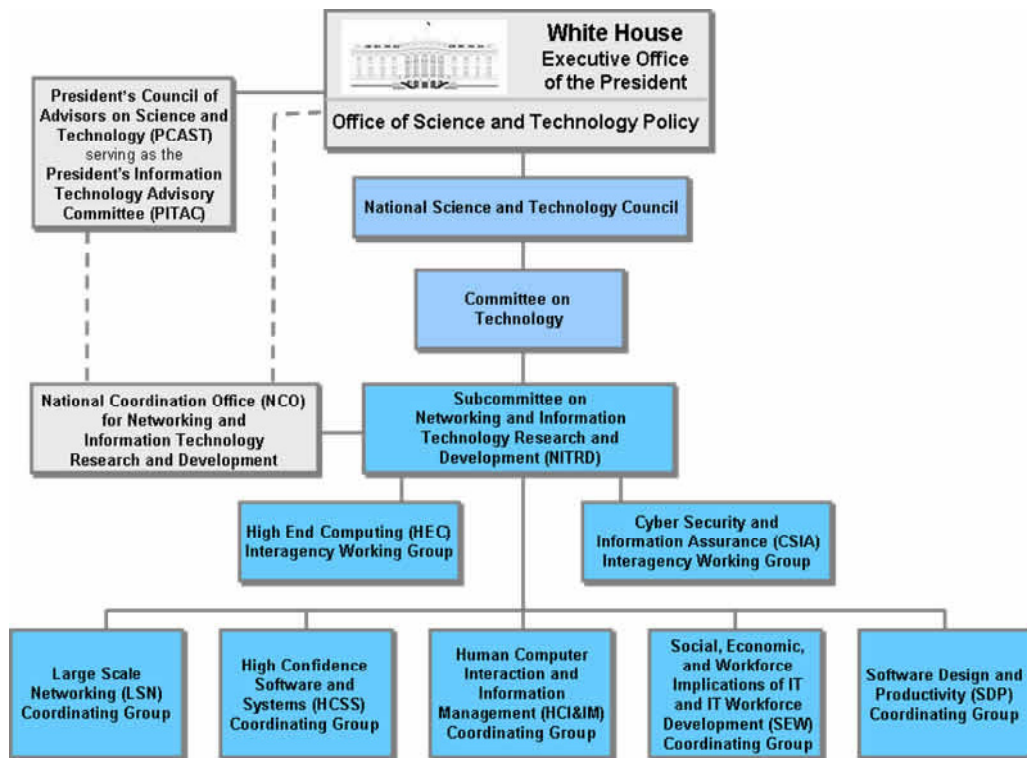
<sup>45</sup> <http://www.nitrd.gov/congressional/laws/index.html> なお、同法は、1998年に修正され「Next Generation Internet Research Act of 1998（Public Law 105-305）」となっている。  
<http://www.cra.org/Policy/Documents/Bills/hr3332.html>

<sup>46</sup> [http://www.nitrd.gov/about/presentations\\_nco/2006/20060517\\_sszkyman/index.php?slide=02.JPG](http://www.nitrd.gov/about/presentations_nco/2006/20060517_sszkyman/index.php?slide=02.JPG)

同法案は、ブッシュ政権のときに成立したものであるが、その後のクリントン政権において、ゴア氏は副大統領として、本法を踏まえつつ、情報スーパーハイウェイ構想と呼ばれる National Information Infrastructure (NII) 計画を推進することになる。また、1990年代半ば以降のインターネットの発達に伴い、同法は、Next Generation Internet Research Act of 1998 (Public Law 105-305)によって、NREN からインターネット等など対象範囲を拡大する方向に改正された。また、2007年度の America COMPETES Act of 2007 (Public Law 110-69) Section 7024 によっても改正されている。

本法に基づいて設立されたプログラムである NITRD は、諮問機関としての大統領 IT 諮問委員会 (PITAC: President's Information Technology Advisory Committee) に加え、調整機関としての国家調整室 (NCO: National Coordination Office) がおかれており、プログラムの方向を定め、連邦政府全体での予算をまとめ、議会に報告することが、法律上義務付けられている。

図 7 : NITRD 体制図



(出所) NITRDホームページ<sup>47</sup>

実際のプログラム実施にあたっては、それぞれの省庁横断の小委員会 (Subcommittee、この場合 NITRD) が置かれ、これが、実質上連邦政府機関の IT 関係の R&D 政策の中心機関として機能している。また、個々の分野ごとに、活動、関連機関からの投資、R&D の方向性などについて検討し、小委員会に報告を行っているグループがあり、それらを Interagency Working Group (IWG) また

<sup>47</sup> <http://www.nitrd.gov/subcommittee/orgchart.html>



は Coordinating Group (CG) と呼ぶ。特に、IWG となる分野は、CG 以上に関連省庁間の横の連携をとることが重要視されており、省庁間連携のための戦略策定が求められるものとされている。

現在、参加省庁機関は以下の 13 連邦政府組織となっている（参加省庁はときどき変更される場合がある）。

表 6：NITRD 参加機関

省庁名	機関名
National Science Foundation (NSF)	
Department of Energy (DOE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Office of Science (DOE/SC)</li> <li>▪ National Nuclear Security Administration (NNSA)</li> </ul>
Department of Defense (DOD)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)</li> <li>▪ Secretary of Defense • High Performance Computing Modernization Program Office (OSD/HPCMP0)</li> <li>▪ National Security Agency (NSA)</li> </ul>
National Aeronautics and Space Administration (NASA)	
Department of Commerce (DOC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ National Institute of Standards and Technology (NIST)</li> <li>▪ National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)</li> </ul>
Department of Health and Human Services (DHHS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ National Institute of Health (NIH)</li> <li>▪ Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ)</li> </ul>
Environmental Protection Agency (EPA)	
National Archives and Record Administration (NARA)	

(出所) NITRD ホームページ

### 3. 2. 2. NITRD における投資分野とその推移

NITRDは、現在、ITに関連する8つの分野でR&D活動を行っており、NITRDのシニア・マネジャーからなる小委員会が、それぞれの活動を管轄している<sup>48</sup>。それぞれの活動状況は、NITRDのプログラムを管轄するNSTCにも報告されることになっている。

<sup>48</sup> <http://www.nitrd.gov/pubs/brochures/nitrd.pdf> 7つの分野については、図1を参照。また、LSNやHCSSを始めとする5つのコーディネーション・グループが、NITRDの直接傘下グループである一方で、CSIA IWGとHEC IWCの両ワーキング・グループは、NITRD以外のNCOといったような政府関連組織にも属している。

表 7 : NITRD の研究対象領域

研究対象領域	概要
ハイエンドコンピューティング・インフラと応用 High End Computing Infrastructure and Applications (HEC-I&A)	ハイエンドのコンピューティング・システム、応用、インフラの最先端を延長するための研究開発。
ハイエンドコンピューティング研究開発 High End Computing Research and Development (HEC-R&D)	ハイエンドシステムのパフォーマンスを最適化し、次世代のハイエンドシステムを開発するための研究開発。
大規模ネットワークング Large Scale Networking (LSN)	最先端のネットワーク技術、サービスを開発しパフォーマンス強化を図るための研究開発。新ネットワークアーキテクチャ、光ネットワークテストベッド、インフラ、ミドルウェア、エンドトウエンドパフォーマンス測定、先端部品；グリッド及び共同ネットワークツールとサービス；科学的・応用的研究開発のための大規模ネットワークの工学、マネジメント、利用；研究開発ネットワーク、応用、インフラに適用されるネットワークセキュリティ。
サイバーセキュリティと情報保護 Cyber Security and Information Assurance (CSIA)	コンピュータに基づくシステムやそれらに含まれる情報の正当性、利用可能性、統合性あるいは秘匿性を危うくするもしくはそのおそれのある行為から、それらのシステムを保護するための研究開発。
人間・コンピュータ連携と情報マネジメント Human Computer Interactions and Information Management (HCI&IM)	情報の交換、統合、マネジメントに焦点を当て、発見から意思決定までのデータの階層の精緻化と、人間とコンピュータが共にまた別々に作業をすることによる行為を支援する新たな技術、エージェント、認知システム、情報システムのパフォーマンスを開発し、測定するための研究開発。
高信頼性ソフトウェア及びシステム High Confidence Software and Systems (HCSS)	ロバストな科学的基礎と、革新的なシステムデザイン、システム・組み込み応用ソフトウェア、信頼と認証により、信頼可能で、安全で、認証される信頼できるシステムの継続的な生産を可能とするための研究開発。
ソフトウェアの設計及び生産性 Software Design and Productivity (SDP)	より使いやすく、信頼でき、コスト効率的なソフトウェアシステムを開発するための、ソフトウェアのデザイン、開発、維持を改良する概念、手法、技法、ツールを進歩させるための研究開発。
IT が及ぼす社会、経済、雇用への影響及び IT 人材育成 Social, Economic, and Workforce Implications of IT and IT Workforce Development (SEW)	IT と社会経済システムの共進化の研究、IT 労働者の開発、教育訓練における革新的な IT の活用の開発のための研究開発。

(出所) NITRD ホームページより作成

これらの分野は、設立以来、当初のハイエンド計算（スーパーコンピュータ）と通信（NREN）を中心としたプログラムから、ソフトウェア／システム関連のプログラムを追加するような形で、変遷を遂げてきている。

本プログラムの設立当初は、当初の目的を踏まえ、コンピューティング関係の HPCS (High Performance Computing System) と ASTA (Advanced Software Technology and Algorithms) とネットワーク関係である NREN (National Research and Education Network) を二本柱にし、それに加えて、BRHR (Basic Research and Human Resources) の 4 つのプログラムからなっていた。

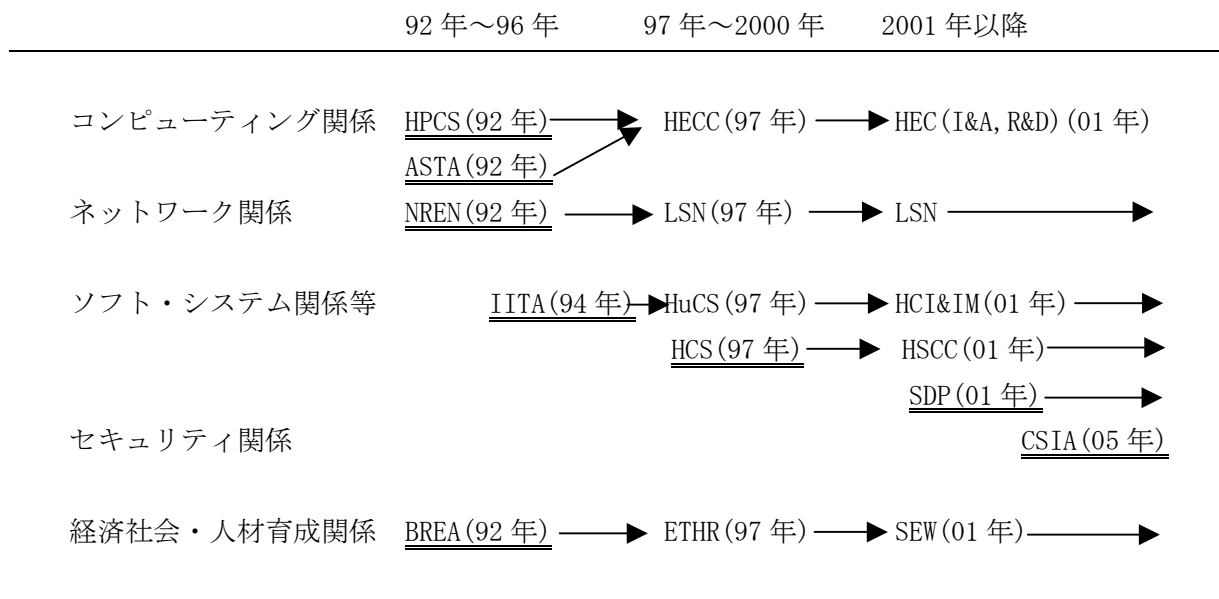
このうち、コンピューティング関係は、1997 年に、HECC (High End Computing and Computation) として統合され、また 2001 年にはそれらが現在の二つのプログラムに分けられる

ことになった。また、ネットワーク関係については、当初教育研究用のみを対象にしていたのが、1997年にそれを広げて、現在のLSN (Large Scale Networking) に拡充されることになった。

その後、ソフトウェア、システムなどに関わる分野がそれぞれ追加された。具体的には、1994年にアプリケーション関連として、IITA (Information Infrastructure Technology and Application) が追加され1997年には、特にヒューマンインターフェースに絞って、HuCS (Human Centered Systems) となり、その後、2001年から、現在のHCI&IMとなった。また、1997年には、システムの信頼性向上の観点から、HCS (High Confidence Systems) が追加され、2001年に現在のHSCCに移行することとなった。同様に、ソフトウェアデザインの効率性向上の観点から、01年には、SDPが追加されている。更に、ソフトウェアのセキュリティ向上の観点から、2005年にCSIAが追加されている。

人材関係等については、当初のBRHR (Basic Research and Human Resources) は、1997年に、ETHR (Education, Training and Human Resources) に変更され、また、2001年に現在のSEWに移行している。

図8：NITRDのプログラム・コンポーネント（研究対象領域）の推移



(出所) NITRDホームページより作成<sup>49</sup>

いずれの研究領域でも、プログラムの構成として、ソフトウェアやシステムに重点を置いており、また、その目標達成のために必要であれば、その研究テーマの一つとしてハードの開発も含まれる。しかし、「ハードウェアのみの競争力強化」のプログラムは存在しないのも特徴的である。

<sup>49</sup> <http://www.nitrd.gov/about/history/new-pca-names.pdf>

HPCS; High Performance Computing System、ASTA; Advanced Software Technology and Algorithms、HECC; High End Computing and Computation、NREN; National Research and Education Network、IITA; Information Infrastructure Technology and Application、HuCS; Human Centered Systems、HCS; High Confidence Systems、BRHR; Basic Research and Human Resources、ETHR; Education, Training and Human Resources

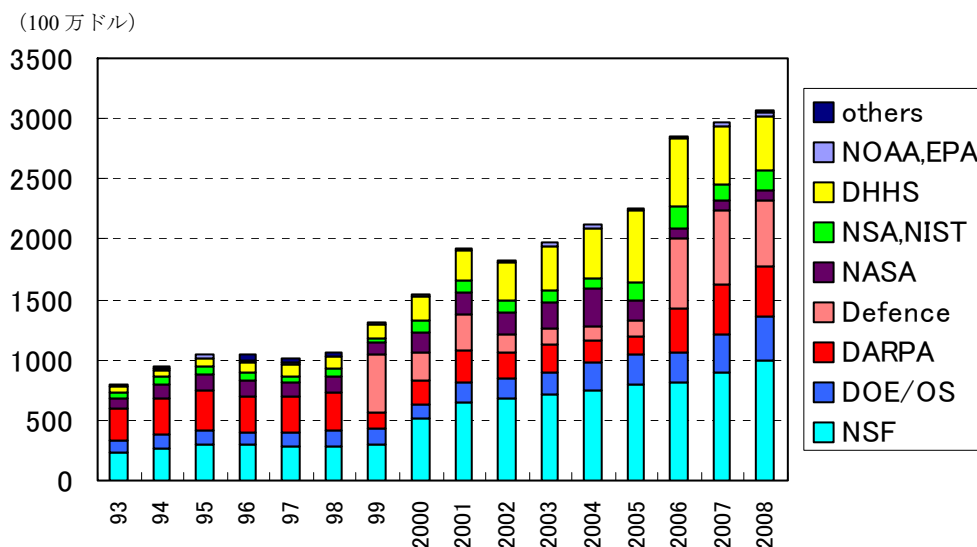
### 3. 2. 3. NITRD のプログラムにかかわる予算の推移

NITRD の省庁別の予算では、NSF、DOD、DOE の 3 省庁で約 8 割弱を占め、これは前述した連邦政府の研究部門の予算傾向と一致する。また、プロジェクトもの（特に国防関連）ではなく、継続的に予算を配分している機関で見た場合、NSF、DOE/OS、DARPA の 3 機関で NITRD 予算の 6 割弱を占めている（NSF が約 33%、DOE/OS が約 10%、DARPA が約 14%）。なお、それ以外には、DHHS の予算がバイオ IT 関係の予算が、2000 年代前半に増えてきたが、最近では減少傾向にある。

この NITRD の予算全体の推移を見ると、プログラム開始以来、予算額全体で見ると、1990 年代半ばには 10 億ドル程度であった予算が、最近では 30 億ドルになっている。しかしながら、これらの予算は、必ずしも、この数字の額面どおり増えているわけではなく、プログラムの見直し等により、それまで NITRD の対象外であった IT 関連の研究開発プロジェクトが、途中から NITRD のプログラムに算入されることによって、予算が表面上増加している面があることに留意することが必要である。

例えば、1999 年度の予算から、DOE の ASCI (Accelerated Strategic Computing Initiative) が NITRD に追加されている（1999 年度の予算額は 4 億 8,400 万ドル。ただし、その後予算額は減少）。このプログラムは、1996 年、クリントン大統領による包括的核実験禁止条約の提案を受け、核実験主体の方法論から、計算科学（コンピュータシミュレーション）に代替しようとするものであるが、PITAC の示唆により、科学技術計算の世界的リーダーシップを目指すものとの位置付けのものが、1999 年から追加されている<sup>50</sup>。また、2006 年に、それまで対象に加えられていなかった OSD の HPCMP の予算が加えられている（2006 年度の予算額は 5 億 4,400 万ドル）。

図 9：NITRD の予算の推移（省庁別）



(出所) NITRDホームページより作成（ただし 2008 年度は予算要求額）<sup>51</sup>

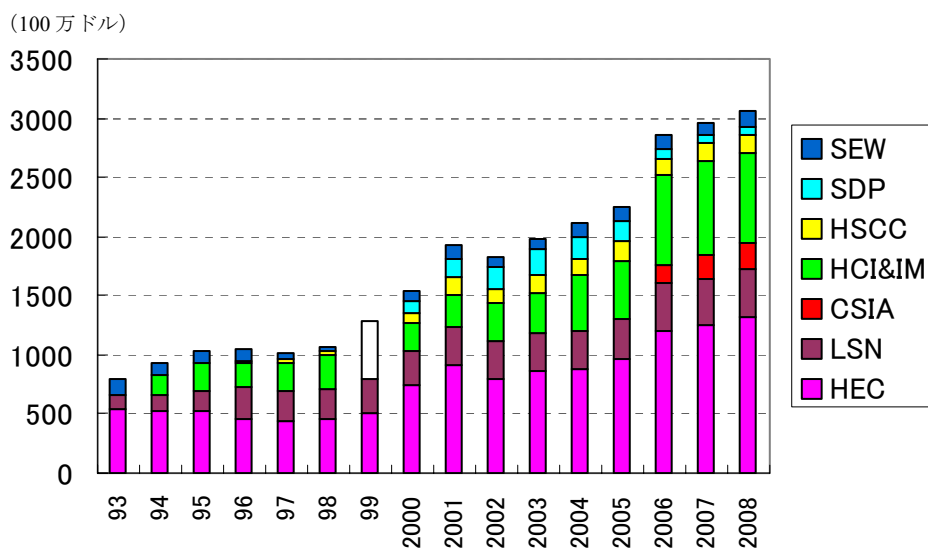
<sup>50</sup> ASCIプログラムの概要については、<http://www.icot.or.jp/FTS/REPORTS/H11-reports/h11-3.pdf>等を参照。

<sup>51</sup> なお、Defenseには、DARPA、NSA以外のDODの予算とDOEのうちNNSAの予算が対象。また、それぞれの名称等は、現時点の組織の名称で記載（例えば、ARPA→DARPAなど）

これらの予算の推移に関し、プログラムごとの予算の配分からは、以下のようなことが読み取れる。

- ・ HEC（ハイエンドコンピューティング）の分野、すなわち、スーパーコンピュータの分野は、継続的かつ確実に増加しており、割合としても多く、米国の重点分野であるといえる。ただし、縦割省庁の下で、先端的な IT の利用という場合、核実験シミュレーション、弾道計算や科学技術計算などのためのスーパーコンピュータにかかる技術が候補にならざるを得ないという面もある。なお、ネットワーク・通信関係である LSN の分野も着実に増加している。
- ・ ソフトウェア関連で、大きく増えてきているのは、ヒューマンインターフェース／情報マネジメントの分野（HCI&IM）であり、これは IT において扱われる情報量が拡大する中、IT の利用面も含めて、本分野が重要な課題になってきているものと考えられる。なお、高信頼性ソフトウェア等にかかわる HSCC や、ソフトウェアの効率性にかかわる SDP は、必ずしも増加していない。これは、縦割省庁の中で、取り組もうとする省庁が限定的であることも一因であると考えられる。

図 10：NITRD のプログラム別予算の推移



(出所) NITRDホームページより作成（ただし、2008年度は予算要求額）<sup>52</sup>

<sup>52</sup> それぞれ、現時点での研究対象領域名に基づく（それぞれ対応する過去のプログラムは、図8参照）。なお、99年については、HEC、LSN以外の分類データなし。

表 8 : NITRD の省庁別・プログラム別予算 (2007 年度/2008 年度)

単位 : 100 万ドル

Agency		High End Computing Infrastructure & Applications (HEC I&A)	High End Computing Research & Development (HEC R&D)	Cyber Security & Information Assurance (CSIA)	Human-Computer Interaction & Information Management (HCI &IM)	Large Scale Networking (LSN)	High Confidence Software & Systems (HCSS)	Social, Economic, & Workforce Implications of IT (SEW)	Software Design & Productivity (SDP)	Total*
NSF	2007 Estimate	272.4	64.1	67.6	220.9	84.0	51.3	92.9	50.7	903.7
	2008 Request	303.1	67.1	69.2	225.6	106.7	57.4	109.3	55.3	993.7
OSD and DoD Service research orgs.		260.4	6.2	23.9	95.2	133.0	43.0		6.7	568.2
		234.1	2.0	23.3	78.7	137.4	31.5		4.3	511.4
NIH		132.5	1.8	1.2	199.6	67.0	8.4	12.2	2.9	425.6
		131.7	1.8	1.2	194.5	65.4	8.2	11.9	2.9	417.6
DARPA			89.6	93.4	198.6	38.2				419.9
			68.9	96.9	204.3	42.4				412.5
DOE/SC		210.0	51.9			43.4		3.5		308.8
		250.5	67.0			47.3		5.0		369.8
NSA			36.4	15.8		1.1	22.1			75.4
			60.3	15.8		1.4	25.2			102.6
NASA		63.4		0.3	9.5	3.1	5.0		2.0	83.3
		71.4		0.3	8.0	1.5	3.5		2.0	86.7
NIST		2.4	1.8	10.5	8.4	5.3	19.7		5.1	53.2
		2.4	1.8	11.1	8.4	5.3	19.7		5.1	53.8
AHRQ					44.9	5.0				49.9
					39.8	5.0				44.8
DOE/NNSA		10.4	25.9			1.6		5.0	2.9	45.8
		9.9	17.9			1.2		4.8		33.8
NOAA		16.4	1.9		0.5	2.9			1.6	23.3
		16.4	1.9		0.5	2.9			1.6	23.3
EPA		3.3			3.0					6.3
		3.3			3.0					6.3
NARA					3.5					3.5
					4.5					4.5
TOTAL (2007 Estimate)*		971.2	279.7	212.6	784.0	384.6	149.4	113.6	71.9	2,967
TOTAL (2008 Request)*		1,022.8	288.6	217.7	767.3	416.5	145.6	131.0	71.3	3,061

(出所) NITRD ホームページ (ただし、2008 年度は予算要求額)

### 3. 3. 主要省庁における IT 関連研究開発予算の概要

以下、IT 関連の主要 3 省庁である、NSF、DOE/OS、DARPA における主な IT 関連の研究開発の概要について報告する。

#### 3. 3. 1. NSF (全米科学財団)

<NSF の概要>

NSF は、1950 年に設立された科学研究の資金援助を行う米国の政府機関である。年間予算は、約 56 億ドル(2006 年)であり、自ら研究開発を行うのではなく、基本的には、大学等の研究者(個人・小グループ等)に対して、研究資金の配分を行っている。

他の多くの縦割省庁とは異なり、科学の振興一般を目的とすることが特徴であり<sup>53</sup>、したがって、資金配分分野も、幅広い分野にわたっている。具体的には、次のとおり<sup>54</sup>。

- ・ 数学・物理 (Math, Physical Sciences)
- ・ 工学 (Engineering)
- ・ 生物学 (Biology)
- ・ 地球科学 (Geosciences)
- ・ コンピュータ・情報科学・工学 (Computer and Information Science and Engineering)
- ・ サイバーインフラ (Cyberinfrastructure)
- ・ その他 (環境、社会経済、教育、極地、国際、横断的課題など)

#### <NSF における IT 関係の予算と体制>

これらのうち、主として IT にかかわる分野は、コンピュータ・情報科学・工学とサイバーインフラであり、それぞれ、コンピュータ・情報科学・工学部門 (CISE) 及び、サイバーインフラ室 (OCI) が運営している。各々の予算は、4 億 9,600 万ドル、1 億 2,700 万ドル (2006 年)。なお、それ以外にも、工学分野においては、電子工学などが含まれる。

このうち、CISEは、①本分野での米国のリーダーシップの維持、②先端技術システムの原則と利用にかかわる理解の増進、③情報社会への貢献、を目的に、コンピュータ・情報科学・工学のすべての分野を支援。個々の担当部門は、以下のとおり<sup>55</sup>。

- ・ 計算・コミュニケーション基盤部門 (CCF: Division of Computing & Communication Foundations)
- ・ コンピュータ・ネットワークシステム部門 (CNS: Division of Computer and Network Systems)
- ・ 情報・知能部門 (IIS: Division of Information and Intelligent System)

また、OCIでは、最先端のサーバーインフラにかかわる資源、手法、サービス等の調達、開発、供給の調整、支援を行っている<sup>56</sup>。

#### <NSF の参加する NITRD の内容>

NSF の、NITRD に登録している予算は 9 億 400 万ドル (2007 年) と各省庁の中では一番多く、また、参加するプログラムも、8 つのプログラムすべてに確実に参加するなど、その幅広さが特徴であり、その結果、SDP や SEW など他の縦割省庁では行われにくいようなプログラムでは、主導的な立場に位置付けられる。

研究開発の内容は、主に大学等での基礎研究あるいは次世代の研究と産学官連携の推進が中心である。

<sup>53</sup> 法律上は、科学振興、国民の健康・繁栄・福祉の増進、国防の安全等、幅広い目的が記載されている。

<sup>54</sup> <http://www.nsf.gov/funding/>

<sup>55</sup> <http://www.nsf.gov/cise/about.jsp>

<sup>56</sup> <http://www.nsf.gov/od/oci/about.jsp>

表 9 : NSF の参加する NITRD の概要

単位 : 100 万ドル

領域	予算額	概要
HEC-I&A	272.4	サイバーインフラソフトウェアの開発、テラグリッド供給者の運営マネジメント支援、多量データの科学（バイオインフォマティクス、地球科学、認識神経科学など）
HEC-R&D	64.1	HEC 環境のための複雑なソフトウェアとツールにかかわる革新的な研究の支援、形式及び数学的基礎（アルゴリズムと計算科学）、計算過程と人工構造の基礎（ソフトウェア、アーキテクチャー、デザイン）、技術と計算にかかわる新たなモデル（生物学的、量子論、ナノテクなど）、分散システム、次世代システム、ソフトウェアの創出、テスト
LSN	84.0	大学ベースでの基礎的ネットワーク研究（将来のインターネットデザイン、ワイヤレスネットワーク、センサーネットワーク、インフラ研究）、ミドルウェアの開発と普及
HCI&IM	220.9	情報プライバシーにかかわる学術研究；インテリジェント・ロボット；ユニバーサル・アクセス；植物ゲノム・サイバーインフラセンターでの情報管理；科学工学情報；デジタル政府
HCSS	51.3	正式な方法（内容、証明）、強固な計算モデル、合成、ソフトウェア手法
SDP	50.7	スケーラブルソフトウェア構造にかかわる大学ベースでの研究；要件の複雑な組み合わせの管理；ソフトウェアシステムの相互運用可能性、ロバストネス、信頼性；ソフトウェア開発の生産性；ソフトウェア開発の柔軟性、アジリティ；オープンソースソフトウェア開発；エンドユーザーソフトウェア開発。
CSIA	67.6	情報保護、セキュリティが重要となる応用分野、実験的研究における産学連携センター；暗号、正式な方法、大規模攻撃に対する防御、データマイニングにかかわるプライバシーの保護、正式モデルへの支援；侵入探知と反応、ハードウェア強化（仮想化、メモリーでの暗号化、高性能データ侵入探知システム）；将来の脅威；次世代のサイバーセキュリティ専門家育成プログラム
SEW	92.9	中核的研究への継続投資と人間中心の計算における教育プログラム；革新的な教育への機会の拡大とカリキュラム開発プロジェクト；マイノリティに対する参加の拡大；人間と社会のダイナミクスにかかわる先進プログラム

（出所）NITRD ホームページより作成。予算は 2007 年度。

### 3. 3. 2. DOE/OS (エネルギー省科学局)

#### <DOE/OS の概要>

エネルギー省科学局 (DOE/OS) は、エネルギー省の中で、物理学等を中心としたエネルギーに関連する基礎研究の支援を行う部門である。年間予算額は、約 36 億ドルであり、大学（個人研究者を含む）や DOE 等の国立研究所に対して資金配分を行っている。

同局における資金配分分野（プログラム）は、以下のとおり<sup>57</sup>。

- ・ 先端科学計算研究 (Advanced Scientific Computing Research)
- ・ 基礎エネルギー科学 (Basic Energy Sciences)

<sup>57</sup> [http://www.science.doe.gov/Program\\_Offices/index.htm](http://www.science.doe.gov/Program_Offices/index.htm)



- ・ 生物・環境研究 (Biological and Environment Research)
- ・ 核融合エネルギー科学 (Fusion Energy Sciences)
- ・ 高エネルギー物理 (High Energy Physics)
- ・ 核物理 (Nuclear Physics)

<DOE/OS での IT 関係の予算と体制>

この中で、ITに直接関係するプログラムとしては、先端科学計算研究ASCRが挙げられる。ASCRの年間予算は、2億2,800万ドル(2006年)<sup>58</sup>であり、以下の研究に資金配分されている(65の学術研究機関、10のDOE研究所<sup>59</sup>)。

- ・ コンピュータ科学とソフトウェア研究
- ・ 計算と協調による科学の拡大
- ・ 科学のためのスーパーコンピューティング技術
- ・ 計算及びネットワークインフラと手法

またこれ以外にも、他のプログラムにも IT に関連する予算が含まれているものと考えられる。

<DOE/OS が参加する NITRD の内容>

DOE/OS が、NITRD に登録している予算は3億900万ドル(2007年)である。その内容は、エネルギー関連などの科学技術計算に必要なスーパーコンピュータ関係が中心であり、したがって、参加しているプログラムも HEC と LSN に限定されている。

表 10 : DOE/OS が参加する NITRD の概要

単位 : 100 万ドル

領域	予算額	概要
HEC-I&A	210.0	ORNL の XT3 を 250TF にアップグレード ; ANL において 100TF Blue Gene/P を設置 ; DOE/SC 全体での SciDAC の応用とインフラの拡張と、DOE/NNSA・NSF への拡張 ; 計算、多量データ応用への支援。
HEC-R&D	51.9	プログラム・モデル、パフォーマンスモデルと最適化、ソフトウェア部品の構造にかかわる調査 ; 開発期間と実施期間の生産性 ; データ分析と管理、相互運用可能性、ソフトウェア開発環境。
LSN	43.4	ミドルウェアとネットワーク研究 (セキュリティ、データ管理、標準に基づくプロトコル、先進的な指定とスケジューリング) ; オープン・サイエンス・グリッド (大規模応用への運用インフラ)、ウルトラ・サイエンス・ネット (研究・工学プロトタイプ)、接続可能性 (ESnet、MANs、共同サービス、本人確認サービス)

(出所) NITRD ホームページより作成。予算は 2007 年度。

<sup>58</sup> <http://www.energy.gov/about/budget.htm>

<sup>59</sup> [http://www.science.doe.gov/Program\\_Offices/posters/ASCRflier.pdf](http://www.science.doe.gov/Program_Offices/posters/ASCRflier.pdf)

### 3. 3. 3. DARPA (国防高等研究計画機関)

#### <DARPA の概要>

DARPA は、国防総省 (DOD) の機関の一つであり、米国の軍事的技術的優位を保つこと等を目的として、国防に必要な基礎的先端的研究を実施している。年間予算額は、約 29 億ドル(2006 年)であり、民間企業や大学 (個人研究者を含む)、DOD の研究所等に資金配分を行っている。プログラムマネージャーに権限を委任し、国防に必要な研究を、目標を定めた上で、トップダウンで研究開発を行っていることが特徴である。

具体的な、対象分野 (オフィス名) としては、以下のとおりであり<sup>60</sup>、国防のための先端的な IT、センサー、ロボット、機器等を活用したシステムとそのための要素技術の開発が中心になっている。

- ・ 防衛科学 (DSO: Defense Sciences Office)
- ・ 情報加工技術 (IPTO: Information Processing Technology Office)
- ・ 情報開発技術 (IXO: Information Exploitation Office)
- ・ マイクロシステム技術 (MTO: Microsystems Technology Office)
- ・ 戦略技術 (STO: Strategic Technology Office)
- ・ 戦術技術 (TTO: Tactical Technology Office)

#### <DARPA での IT 関係の予算の体制>

これらの中で、直接ITに関連するオフィスは、情報加工技術オフィスと情報開発技術オフィスが中心であると思われるが、それ以外のオフィスでもITに関わる予算は含まれると考えられる。情報加工技術 (IPTO) 関係では、防衛力強化に必要なネットワーク、計算、ソフトウェア技術に焦点<sup>61</sup>をあてており、また、情報開発技術 (IXO) 関係では、各種戦闘場面で必要なセンサー・情報システム技術とその応用開発を実施している。

個々のオフィスごとの予算は不明であるが、情報関連分野に関連すると思われる主な予算額は以下の通り (2006 年)<sup>62</sup>。

- ・ 情報・通信技術 (Information & Communications Technology) : 1 億 9,600 万ドル
- ・ 認識計算システム (Cognitive Computing System) ; 1 億 6,300 万ドル
- ・ 命令・管理・通信システム (Command, Control and Communications Systems) ; 2 億 1,300 万ドル
- ・ ネットワーク中心型戦闘技術 (Network-Centric Warfare Technology) ; 1 億 3,500 万ドル

<sup>60</sup> <http://www.darpa.mil/body/darpaoff.html>

<sup>61</sup> 具体的には、各プログラムマネージャーを担当として、20 を超えるプログラムが現在実施されている (<http://www.darpa.mil/ipto/programs/programs.asp> 参照)。

<sup>62</sup> <http://www.darpa.mil/body/budg.html>

<DARPA が参加する NITRD の内容>

DARPA が、NITRD に登録している予算は 4 億 2,000 万ドル (2007 年) である。対象分野は、DOE/OS とは異なり、ヒューマンインターフェース関連である HCI&IM やセキュリティ関連である CSIA が中心になっており、具体的には、軍事場面で機能するような全く新たなインターフェース・システムや、これまでの概念とは異なったセキュリティシステムの開発に取り組むとともに、それらの開発にあたっては、単にソフトウェア、システムの開発だけではなく、ロボット、センサーなど、そのシステムに必要な各種ハードウェアの開発にも併せて取り組んでいることがうかがえる。

もちろん、これらの研究開発は、軍事用途を目的としたものではあるが、いずれ民間経済にもスピノフされるような技術も多く輩出されるものと位置付けられる。

表 11 : DARPA が参加する NITRD の概要

単位 : 100 万ドル

領域	予算額	概要
HEC-R&D	89.6	認識情報加工を効率的に実施することの出来る新たな加工方法、アルゴリズム、構造の開発 (マイクロ構造概念、枠組み、多層プログラミングモデルと、目標ベースで資源制約での認識応用のための実施)
LSN	38.2	極限状況で働き、適用するようなネットワーク技術; ロバストなネットワークアクセス管理に基づく分散型ネットワーク; 状況認識に基づく行動が可能な複雑なモバイル RF ネットワーク; 人間とソフトウェアエージェントとロボットによるダイナミックなチームによる協働技術。
HCI&IM	198.6	複雑な軍事状況の中で、個々の認識エージェントがチームとして働き、共同の意思決定、再認識の支援を可能とするような技術の開発
CSIA	93.4	DOD での生存可能で信頼できるネットワーク中心型システムと費用効果的な情報保護ソリューションを提供するための、ミッション重要な、命令管理、インテリジェンス、センサー、ワイヤレス、モバイルシステムにかかわる現在及び将来の能力にかかわる、侵入に寛容的な情報保護技術。

(出所) NITRD ホームページより作成。予算は 2007 年度。



## 米 国 II

### (サンフランシスコセンター報告)

第 I 部	シリコンバレーにおけるベンチャービジネスの動向	237
第 II 部	産業分野別 IT ビジネス動向	289



# 第 I 部 シリコンバレーにおけるベンチャービジネスの動向

## 目 次

概要 .....	239
第 1 章 大手企業と新興企業間のパートナーシップ構造.....	241
1. 企業連携の背景と分析 .....	241
2. シリコンバレーに対する影響 .....	243
3. 企業連携についての最近の傾向と例 .....	245
4. 企業連携の強みと弱点 .....	245
5. 将来の展望と課題 .....	245
第 2 章 新興企業への資金集積インフラ、メカニズム.....	247
2. シリコンバレーに対する影響 .....	251
3. 投資についての最近の傾向と例 .....	252
4. 強みと課題 .....	253
5. 将来の展望と課題 .....	253
第 3 章 エンジェルやVCの役割 .....	254
1. 背景と分析 .....	255
2. シリコンバレーに対する影響 .....	257
3. 最近の傾向と例 .....	258
4. シリコンバレーVC、エンジェルの強みと弱み .....	260
5. 将来の展望と課題 .....	260
第 4 章 M&A活況の背景とその影響 .....	261
1. 背景と分析 .....	262
2. シリコンバレーに対する影響 .....	263
3. 投資についての最近の傾向と例 .....	264
4. M&A活況の良い面と悪い面 .....	266
5. 将来の展望と課題 .....	267
第 5 章 シリコンバレーのグローバル化.....	268
1. 背景と分析 .....	268
2. シリコンバレーに対する影響 .....	270
3. 最近の傾向と例 .....	272
4. 「グローバル化」に対するシリコンバレーの強み、弱点 .....	272
5. 将来の展望と課題 .....	273

第6章 MOTプロセスにおける「線形モデル」とその進化.....	275
1. 背景と分析.....	275
「線形モデル」 Linear Model.....	275
「循環モデル」 Cyclical Model.....	276
2. シリコンバレーにおける意味、影響.....	276
3. 最近の傾向と例.....	278
4. 強み、課題.....	279
5. 将来の展望と課題.....	280
第7章 カリフォルニア州の取り組み.....	280
1. 背景と分析.....	281
2. シリコンバレーに対する影響.....	283
3. カリフォルニア州の取り組みの強み、弱み.....	284
4. 将来の展望と課題.....	286



## 概要

米国のシリコンバレーにおけるベンチャービジネスは、技術だけによるものではなく、エンジェルグループ、投資金融企業、弁護士、会計士、経営顧問などの優れた「柔軟性のある技量」に支えられている。ここでは、シリコンバレーのベンチャービジネスの動向について、以下のような観点から解析を試みた。

- ・ 大手企業、新興企業<sup>1</sup>が渾然一体となった発展モデルの状況
- ・ 資金面でのインフラ、ベンチャーキャピタル(以下「VC」という)の動向
- ・ 合併買収(以下「M&A」という)の動向
- ・ 海外リソースとの戦略的連携など、クラスター自体のグローバル化動向
- ・ これらの一連の動きを貫く「線形(リニア)モデル」の状況
- ・ カリフォルニア州の「官のリーダーシップ」の状況

それぞれの観点から見た最新動向／最新状況は以下のとおりである。

- 大手企業と新興企業とのパートナーシップ：大手企業側が、その中核技術・事業に特化して集中的に取り組むために、当地では買収も含めて新興企業との連携が加速している。大手企業にとって、新興企業は先端的な研究開発部門と言え、コストやリスクを軽減させる効果もある。
- 資金源泉構造と調達方法：VCの資金調達ソースの中で、機関投資家からの資金は近年減少している。また、最近の大手企業による投資は、丸ごと相手企業を買収する形が主流になっている。この企業買収は、次の起業に向けた最大の資金調達方法でもある。
- エンジェルやVCの役割：増大する投資待機資金に対する優良投資対象の偏りや枯渇によって、VCの淘汰が進みつつある。VCの出口戦略と相まって増加してきたM&Aは、大手企業の新興企業への投資、付き合い方に大きな変化をもたらしている。
- M&A活況の背景とその影響：シリコンバレーでもM&Aに対する考え方は一様ではない。VCは、M&Aを株式公開に代わる一戦略と考え、弁護士、会計士やその他サービス提供企業は手数料目的にM&Aを促進している。VCから資金を得ていない新興企業は、相変わらず、大手企業への企業売却ではなく特許の売却またはライセンスを目指している。
- シリコンバレーのグローバル化：シリコンバレーは、世界のあらゆる地域に向けて、迅速かつ効率的にグローバル展開を図れる場所である。グローバル化は、企業の事業ポジションを製品企画・デザイン段階に強くさせると同時に、世界的事業展開力をもたらしている。

---

<sup>1</sup> 大手・中堅企業(いわゆるEstablished companies)を指す場合は「大手企業」、新興ハイテクベンチャー企業は「新興企業」、そしてこれら双方を一般的に概念している場合は単に「企業」と記載する。

- MOT プロセスでの「線形モデル」と最近の動向：工業時代の初期から採用されている「線形モデル」に対して、最近の「循環モデル」は、より需要主導型かつ対話、反復的であるが、近年、両者が融合しつつある。
- 官のリーダーシップ：最近の ES 細胞研究やソーラーエネルギーへの取り組みなど、カリフォルニア州は米国において常にイノベーションを先導している。

## 第1章 大手企業と新興企業間のパートナーシップ構造

シリコンバレーでは、大手企業と新興企業とのパートナーシップが最近増加している。これは、世界規模での競争が激しくなり、企業が差別化や戦略的な優勢を保つためには「特定事業のフォーカス化」が必要だからである。なお、英語で「パートナーシップ」と言う場合、関係がもっと強い「提携（アライアンス）」を指す場合もある。ここでは、それも含めて企業連携ないしは連携という言葉を使用する。

大手企業にとってこの連携には以下のように様々な長所がある。

- 速さ： 新興企業は身軽で迅速に対応できるため、大手企業は半導体、ソフトウェアやサービスにおける新たな動向に遅れることなく対応することができる。
- 新しい国際市場、技術や人材の獲得： 新興企業は新しい動向への窓口となり、大手企業は製造、国際規模でのマーケティング、流通機構を提供する。
- リスクの軽減： 新興企業はリスクの高い新事業計画や技術を試すための研究開発部門として機能する。
- 戦略上の位置付け： 企業連携することにより、特定の市場、技術や人材に対する競合を阻止する。

シリコンバレーの企業は入れ替わりが速く、社員が100人以下という企業が全体の80%を占める。そのため、企業連携は国際市場に参入するための簡単で合理的な方法となっている。連携は一般的に目的を達成するための方策であり、期間は短く活動は激しい。時代遅れになった連携は解消され、企業は趣旨に合った新興企業を探して新たに関係を結ぶ。真の連携には両者の人的融合が不可欠であり、何より、大手企業からみて、新興企業側に魅力的な技術・事業シーズの存在がまず欠かせない。

### 1. 企業連携の背景と分析

シリコンバレーにおいて、大手企業と新興企業間の連携は以下のように様々な段階を経て進化してきた<sup>2</sup>。

- 1960年代後期： 新興企業は意欲的で不満を抱え、独自の発案を実行するために大手企業を退社した起業家の「逃がし弁（escape valves）」であった。例えば、Fairchild Semiconductor 社からは National Semiconductor、Intel、AMD など多くのチップ企業が新興企業として分離独立している。また、新興企業はアポロ計画の終了に伴う大量解雇

---

<sup>2</sup> <http://gocalifornia.about.com/od/casivalley/tp/comphist.htm>

(4万5,000人のエンジニアのうち、3分の1が解雇された)の後で雇用を創出した。企業連携は非常に稀であった。

- 1970年代： 1973年の石油ショックとその後の景気後退により、新興企業の活動は激減し、1970年代後期にPC（パーソナル・コンピュータ）が到来するまで回復しなかった。企業では保守的な占有意識が根強く、企業連携はわずかであった。ただ、経済全体として見れば、この後期のPC登場で、名実ともに東海岸の既存大手企業に対抗する新興企業勢力としての位置が確立されていった。
- 1980年代： PCの急成長により、PC、半導体チップやソフトウェアの新興企業が急増した。また、Genentech社は新薬開発におけるBiotech Iの急成長をみた。IBM社やその他の大手PC製造企業は、新市場に参入するために小規模のソフトウェア企業と連携し、目覚ましい成功(IBM、Microsoft)や失敗(Xerox)に繋がった。また、日本市場に参入するために、シリコンバレーにある半導体の新興企業は大手の日本企業と連携した(Stanford大学報告書参照<sup>3</sup>)。海外企業も巻き込んだ、現在見られるような大手企業と新興企業の連携モデルはこのころ完全に定着し、それ以降強まっていった。スタンフォード大学にMOT講座が出来たのも80年代半ばであった。今日流のベンチャー起業方法論が浸透していった。
- 1990年代： 1990年代初期のマルチメディアと1990年代後期のインターネットの急発達により、数千もの新興企業が起り、そのほとんどは失敗に終わった。これは、シリコンバレーにおける成功率が過去50年間で約10%であることからすれば、特異なことではない。Intel Capital、Nokia Venturesや他の企業によって資金投資が提供され、大手企業の戦略に適した新興企業に資金が注ぎ込まれた。Intel Capitalは10億ドルの投資で40億ドルの利益を獲得したため、他企業も資金投資を始めるようになった。
- 2000年代： ドットコム企業のバブル崩壊を経て、新興企業投資の目的がキャピタルゲイン狙いから、共同開発などの研究開発目的に移行した。四半期ごとの利益報告義務を受けて、企業は戦略的に重要でない機能をアウトソーシングすると共に、高度な研究開発に向けて新興企業と連携した。それを通して、企業は「知的財産(IP)」を厳選して安価に入手し、IP資産を開拓した。知的財産に関する政策が不明瞭で法律が施行されていない中国、インド、ロシアや他の発展途上国の発達に伴い、知的財産の保護と管理は大きな課題となっていた。
- 現在： 投資を介した「企業連携」モデルも急速に変質している。つまり米国企業は、以前のようなCVC（企業投資）モデルよりは、投資するなら基本的に買収を優先する傾向

---

<sup>3</sup>[http://aparc.stanford.edu/publications/us\\_japan\\_strategic\\_alliances\\_in\\_the\\_semiconductor\\_industry\\_technology\\_transfer\\_competition\\_and\\_public\\_policy/](http://aparc.stanford.edu/publications/us_japan_strategic_alliances_in_the_semiconductor_industry_technology_transfer_competition_and_public_policy/)

を強めている。途中で中途半端な投資をしても、動きの速い（いつ他社からより大きな投資、買収されるか分からない）相手を自社有利に誘導する、ないし意味ある関係を維持すること自体が難しくなっている。そんな中、大手米国企業は、従来型のベンチャー企業投資には消極的になってきたと言われる。日本企業の当地ベンチャー企業への対応も変わってこざるを得ないだろう。

## 2. シリコンバレーに対する影響

企業連携は、産業クラスターやそこにある企業活動に以下のような影響を与えている。

- 専門化： 大手企業は、製品やサービスのすべてを企業内で開発するのではなく、より大きな戦略的課題に専念し、戦略上重要でないものをアウトソースし、より先進的な研究開発を連携先企業に委託している。図表 1 はシリコンバレーにある主要な企業について、過去と現在の事業モデルを示している。現在、大手のハードウェア製造企業のほとんどは新興企業と連携して研究開発を強化している。製造や流通はアウトソーシングし、マーケティングそして本格的な量販は自社内または他の主要なマーケティング企業と共同で行っている。

図表 1 ハードウェア企業による連携モデル

	研究	開発	製造	マーケティング	量販
閉鎖・独自型	自社内	自社内	自社内	自社内	自社内
連携型	自社内または新興企業と連携	自社内または新興企業と連携	自社内またはアウトソーシング	自社内または大手企業と連携	自社内またはアウトソーシング

出所：SBF Inc.

- 人材： 新興企業は大手企業から分離独立したものや、大手企業からの人材を雇用することが多く、そのような人材にはビジョン、技術、事業モデル・手法、業界での人脈が備わっている。新興企業にとっては有益だが、以下のような問題もある。
  - 大手企業は、有能な人材や技術を喪失し、企業秘密について新興企業を相手取った裁判になることが多い。企業が自社内で保持すべき技術や知識とは何なのか。知的財産に関する訴訟の増加に対処するために、シリコンバレーの法律事務所は知的財産を専門とする弁護士の雇用を増やしている。ソフトウェア、サービスやブランド名など、無形資産の重要性が増すにつれて、知的財産の保護と管理は企業が生き残るための重大な課題となってきた。
  - 大手企業は、研究開発への投資を削減して新興企業に依存することにより、研究開発に関する知識や能力を喪失し、企業の弱体化、革新性の喪失や市場独占率の

低下を招くリスクを負う。「人材がシリコンバレーのDNA コードを運び、企業体は年老いて死滅する」とよく言われている。

- 産業インフラおよびエコシステム<sup>4</sup>： Apple社、Google社やIntel社などの成功企業は、新興企業や他の既存大手企業との連携を通して広域な産業インフラやエコシステムを作り出し、大きな影響を与えている。そこから分離独立した新興企業は付加価値をもたらす企業群となり、大手企業は「完成品」をより効率的に製作できるようになる。以下はその例である。
  - 幾多の新興企業や供給業者が iPhone の付属製品を提供している。
  - 幾多の開発企業が Facebook や MySpace ソーシャルネットワーク用のアプリケーションを開発している。
  
- 連携プログラム： シリコンバレーの大手企業は、連携企業、共同開発企業やユーザプログラムを通して、自社のハードウェア、ソフトウェアやサービスを業界において標準化しようとしている。例えば、HP 社は新興企業や小規模企業向けに、以下のような多種のプログラムを提供している。
  - HP Partners & Developersはアプリケーションやソリューションの提供企業、ソフトウェアの独立企業、開発企業、再販企業、インテグレータや供給企業のために包括的な連携プログラムを提供している。HP authorized resellers、Consultant and integration partners、Business application and solution partnersが含まれる。
  - Supplier Inquiry and Informationサイトでは、HP社との取引を希望している企業が製品・サービスなどの企業情報を提出している。
  - HP Technology Evaluation Process (TEP)はHP社との連携、OEM (Original Equipment Manufacturing、相手先商標製品の製造)、技術供与、投資や買収など、新たに事業関係を結びたいと考えている企業向けである。
  - HP Software Partnersは多様な連携企業と事業を運営しており、新興企業はHP社と連携している企業のごく一部である。
  - HP 社の Strategy and Corporate Development Department では VC 企業 10~20 社と定期的に個別で会合するプログラムを提供しており、技術動向を特定したり、共同事業の可能性を図ったりすることができる。
  - HP LabsはHP社の研究開発にかける支出総額の約5%を投資しており、2005年10月31日に終了するHP社の事業年度では35億ドルに相当する。2002年以来、HP LabsはFoundation Capitalと協力して新興技術や事業を評価している。

---

<sup>4</sup> 産業インフラとは、有形や無形に関わらず、工業的かつ機構的なもの（「ハード」）であり、ここでのエコシステムとは、経済発展の有機的形態（「ソフト」）、生態系を示す。シリコンバレーの成功には、有能なエンジニア、プログラマー、起業家や資金家の「ソフト」な繋がりが大きく寄与している。

シリコンバレーにある Google 社、SalesForce.com 社や AMD 社などの大手企業は、重要な戦略市場において優勢を保つために新興企業と協力している。ベンチャー企業は、「複雑で運びの速いチェスゲームの駒」と考えられている。

### 3. 企業連携についての最近の傾向と例

大手企業と新興企業間の連携はこれまで、サプライチェーンにおける作業委託を指していた。現在では以下のような新しい傾向が見られる。

- 業界標準としてプラットフォームを確立する
  - Facebook 社は、自社のプラットフォームを他の開発企業に開放しており、その多くは独立した小企業である。連携はより自発的で形式張っていない。  
[http://wiki.developers.facebook.com/index.php/Main\\_Page](http://wiki.developers.facebook.com/index.php/Main_Page)
  - Google社は、携帯機器用のオープン・プラットフォーム「Android」を新たに提供して、他の携帯電話用ソフトウェア・プラットフォームに対抗している。これは、これらのモジュール提供ベンチャーチームから、ソフトウェア・アプリケーションの次世代新興企業の誕生に繋がるかもしれない。  
<http://code.google.com/android/>

### 4. 企業連携の強みと弱点

連携には以下のように明らかな強みと弱点がある。

#### 強み

- 国際戦略上の位置付け
- 市場への迅速な参入
- 中核技術に集中して取り組み、他の作業を連携企業に委託する
- 新しい市場、技術、マーケティングや流通機構を獲得する

#### 弱点

- 事業の最終目標、方針や途中目標設定 (milestones) の相違
- 企業文化の不適合
- 友好的な関係を保つのに、共同管理の時間や人材を要する
- 収益、利潤や市場独占率が減少する(予め慎重に計画していない場合)

### 5. 将来の展望と課題

大手企業と新興企業間の連携は、シリコンバレーでは日常的な現象である。高成長中の市場において競争が激化しているため、大手企業や新興企業では新しい製品やサービスを迅速に提供す

るのに時間、資金、人材や技術が不足してきている。中国などにおいて、多くの業界では企業連携が法律で規定されている。連携についての新たな動向や課題には以下が挙げられる。

- 中国やインドからの競合企業の増加： 米国企業と他国の新興企業との連携が増加するため、国際法や経理に関する助言、政策や方針の調整、知的財産の保護、紛争解決の仕組みを強化する必要がある。これはWTOの規約だけでなく、NAFTAのような二国間協定や地域貿易協定によるものでなくてはならない。
- 知的財産の保護、管理および紛争の解決： 無形財産(ブランド、商標、知識、プロセスなど)が投資資産としてさらに重要となり、著作権の侵害が増加するにつれて深刻な課題となる。例えば、上海のIP First Societyでは、中国における知的財産問題について教育を行っている<sup>5</sup>。
- 企業と新興企業間の連携マネジメント： 専門職協会や経営学大学院において重要なテーマとなっており、新しい研究分野にとりて確立されつつある。企業連携に関するデータのほとんどは事例であるため、より体系的かつ定量的な分析が必要である。

---

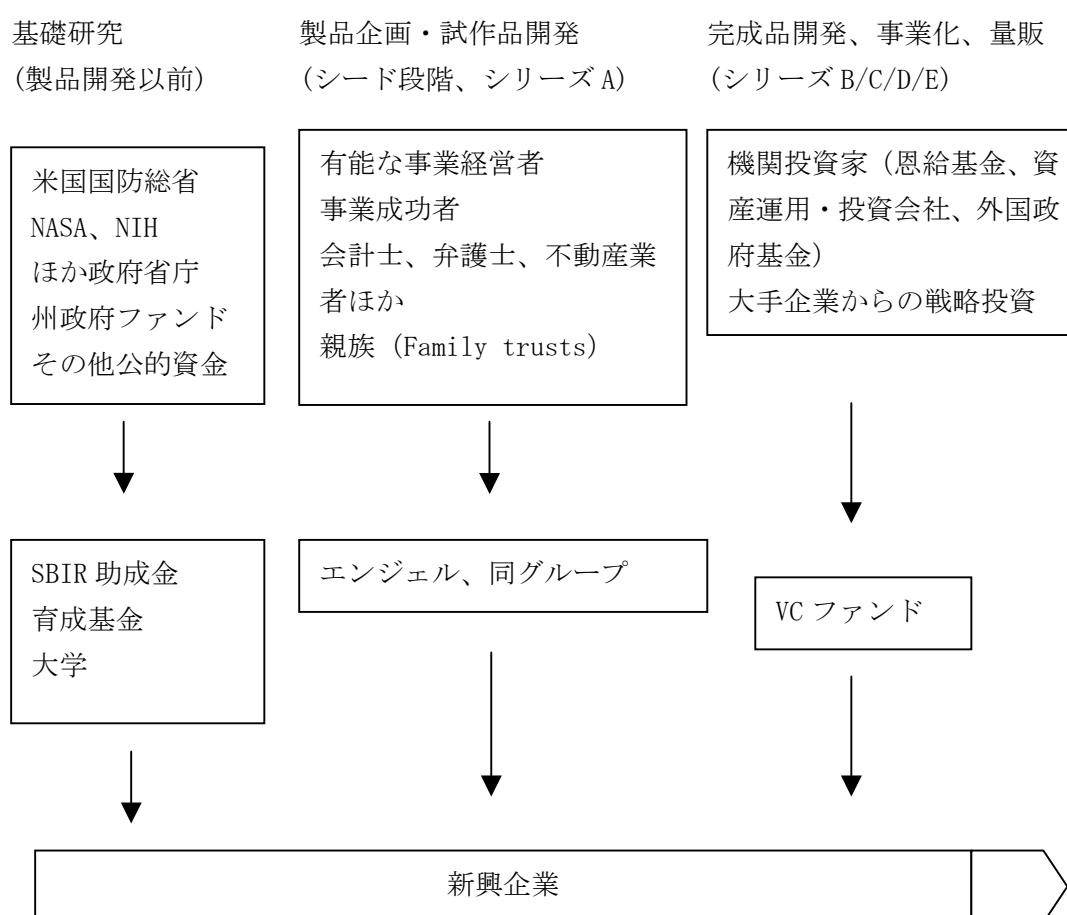
<sup>5</sup> [http://www.ipfirst.org/En\\_index.asp](http://www.ipfirst.org/En_index.asp)



## 第2章 新興企業への資金集積インフラ、メカニズム

シリコンバレーは、新興企業に投資する政府資金、エンジェル（富裕な個人投資家）、そしてVCのグローバルなネットワークに支えられている。図表2が示すように、シリコンバレーにおける資金調達は、政府の交付金（米国国防総省、NASA、カリフォルニア州政府）や企業投資（エンジェル、VC、企業の投資資金）が融合したものである。第二次世界大戦以来、基礎研究についての資金はほとんどが米国政府、一部がIBM社、Microsoft社、Google社などの大手企業から援助を受けていた。商品化・事業化段階は、マーケットから資金を得ていた。

図表2 シリコンバレーにおける資金集積構造



出所：SBF Inc.

### 第一期：基礎技術の研究開発段階（製品開発以前）

シリコンバレーにある新興企業の多くは米国国防総省から資金援助を受けており、米国国防総省は1958年以来DARPAを通して新技術に何十億ドルもの投資を行っている<sup>6</sup>。これら新技術開発の

<sup>6</sup> [http://www.darpa.gov/body/off\\_programs.html](http://www.darpa.gov/body/off_programs.html)

多くは非公開の「ブラックボックス」プロジェクトであり、米国国防総省はシリコンバレーにおける隠れたエンジェルとして機能している。2002年から、国土安全保障省はハイテクに対する資金援助を拡大している<sup>7</sup>。

1960年代以降、NASAはシリコンバレーにおいて、NASA認定の技術<sup>8</sup>の他にも、数千に上る研究者、起業家や新興企業に資金を援助してきた<sup>9</sup>。

国立衛生研究所（NIH: National Institute of Health）<sup>10</sup> は米国の生化学研究に対して最高額を投資しており、研究助成金としての投資額は毎年数十億ドルにも上る。VCから投資を受けている生命工学企業の多くは、商品化までNIHから助成金を得ている。

中小企業技術革新制度（SBIR: Small Business Innovation Research）<sup>11</sup> はハイテク企業に研究開発資金を援助している。多くはエンジェルと一っしょに投資し、VCから資金を得るまでつなぎとなる。カリフォルニア州政府も幹細胞<sup>12</sup>や海洋漁業<sup>13</sup>などの分野について、高度研究に助成金を提供している。商品化以前の研究はほとんどが、カリフォルニア大学の10校<sup>14</sup>で行われている。

連邦政府や州政府は財政難のため、高度研究に対する助成金を制限または削減する傾向にあり、政府資金の全体的なフローを低下させている。その結果、サンディエゴ市のOCTANeプログラム<sup>15</sup>のように、州や市ではエンジェルやVCからの投資を促進する投資ネットワークを作っている。

## 第二期：製品企画・試作品開発（シード、シリーズA）

新興企業の設立初期で、製品企画・試作品開発段階において、エンジェルや同グループの役割は非常に大きい。エンジェルは通常、家族、友人や同僚という人脈を通して非公式に資金を集める。ニューハンプシャー大学によると、2007年度前半では米国における2万4,000の新興企業がエンジェルから資金援助を受けており、前年同時期比で2%減少している。一方、2007年度前半で実際に投資活動を行っている投資家数は14万人で、2006年度前半に比べると8%増加している<sup>16</sup>。

---

<sup>7</sup> [www.dhs.gov/index.shtm](http://www.dhs.gov/index.shtm)

<sup>8</sup> [www.nasa.gov/audience/forindustry/home/index.html](http://www.nasa.gov/audience/forindustry/home/index.html)

<sup>9</sup> [www.nasa.gov/audience/forresearchers/features/index.html/](http://www.nasa.gov/audience/forresearchers/features/index.html/)

<sup>10</sup> <http://www.nih.gov/>

<sup>11</sup> <http://www.sbir.gov/>

<sup>12</sup> [www.cirm.ca.gov](http://www.cirm.ca.gov)

<sup>13</sup> [www.csgc.ucsd.edu](http://www.csgc.ucsd.edu)

<sup>14</sup> [www.universityofcalifornia.edu/](http://www.universityofcalifornia.edu/)

<sup>15</sup> <http://www.octaneoc.org/>

<sup>16</sup> <http://wsbe2.unh.edu/cvr-news>

Silicon Valley Band of Angels<sup>17</sup>は裕福な個人投資家の団体であり、ハイテク企業の創始者や経営者が集まって、各自の時間や資金を新興企業に再投資している。同団体および他のエンジェルグループは、他のSEC条件を満たす「認定エンジェルqualified investors」を募っている。サンフランシスコ湾岸地域における潜在的な共同投資資金は膨大であるが、実際に投資を行っているエンジェルの数は少ない。これは、投資するに当たって、その分野の専門知識が必要となるためである。

### 第三期：完成品開発、事業化、量販（シリーズB/C/D/E）

実際に試作品が完成し、さらなる完成品開発段階に入るところから、新興企業はVC等の組織的投資家（Institutional Investors）から投資を受けられるようになる。VCは世界中の多様な機関投資家、さらに新興企業に間接的に投資したい事業会社からの資金を調達する。Thomson Financial社およびNVCAによると、2007年度第2四半期にVC68社は72億ドルを調達している。VCの資金源は国によって異なる。ドイツでは銀行、イスラエルでは一般企業、英国では恩給ファンドが特に重要な資金源となる。米国における主な資金源は恩給ファンドと資産運用・投資会社であるが、最近の金融引き締めにより、VCは国外のエンジェルや政府から資金を調達せざるを得なくなっている<sup>18</sup>。

シリコンバレーを「社外のもう一つの研究ラボ」と位置付けている大手系企業は、自社との製品開発フェーズ格差、つまり大手企業側が欲しい先進技術・事業モデルの新興企業に、CVC（企業VC）の形で直接、またはVCファンドにカネを預ける形で間接的に、投資を図ってきた。このCVC（企業VC）は90年代後半からバブル期にかけて特に盛んだったが、米国企業大手の場合、最近はそのような資金の大層は企業買収として、直接、丸ごと相手企業を取り込む形が完全に主流になっている。

---

<sup>17</sup> <http://bandangels.com/>

<sup>18</sup> <http://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/9645.html>

図表3 VCによる資金調達状況 (VC自身が集めた資金の推移)

**Fundraising by Venture Funds, 2002-2Q 2007**

Year/Quarter	Venture Capital	
	Number of Funds	Venture Capital (\$M)
2002	175	3,824.0
2003	149	10,621.2
2004	205	19,004.8
2005	219	28,117.3
2006	222	30,883.1
2007 YTD	125	12,775.1
2Q'05	61	8,011.0
3Q'05	62	5,559.0
4Q'05	82	9,264.4
1Q'06	74	6,654.7
2Q'06	74	14,109.6
3Q'06	65	5,417.1
4Q'06	61	4,701.7
1Q'07	71	5,590.4
2Q'07	68	7,184.7

Source: Thomson Financial and National Venture Capital Association

<http://www.nvca.org/pdf/Q207VCFundraisingfinal.pdf>

## 1. 背景と分析

国際金融市場の急激な変化により、シリコンバレーのエンジェルやVCは資金源を拡大している。

- 1960～1970年： エンジェルやVCによる投資は非常に少ない。米国国防総省やNASAがプロジェクト契約を通じて新興企業に資金を援助した。  
参照：[http://en.wikipedia.org/wiki/Venture\\_capital](http://en.wikipedia.org/wiki/Venture_capital)
- 1970年代： エンジェルは成功している技術系企業にのみ投資を行った。石油ショックと景気後退により、VC自身の資金調達は減少した。1978年に労働省はERISA法を解釈し直して、恩給ファンドからVC等にも投資できるようにした<sup>19</sup>。その結果、VCからの投資が増加し、1978年にはエンジェルや家族が調達資金総額の3分の1を占める最大の資金源となった<sup>20</sup>。

<sup>19</sup> <http://www.vcinstitute.org/materials/galante.html>

<sup>20</sup> <http://www.vcinstitute.org/materials/galante.html>

- 1980年代： PCの発達でVCからの投資を活性化させたが、激しい競争のために投資収益率は低かった。VCからの投資は1980年の6億ドルから1987年には40億ドルまでに増加し、資金源の半分は政府や民間の恩給ファンドであった。エンジェルの急増は長期的な利益率平均を8%までに下げる結果となり、エンジェルは1990年までに急減した。
- 1990年代： 1990年代初期にマルチメディアが発達したが、1990年の景気後退後、VCの資金調達額は急減した。1991年と1992年には、倒産ファンド（Bankruptcy fund： Leveraged Buyouts（LBO）のような倒産しかけた会社の買収専門ファンド）のみ資金調達額が増大した。1991年から1994年にかけての景気回復と新規株式公開の急増により、VCの投資収益率は年間12%となった。1990年代後期におけるインターネットの発達が引き金となり、エンジェルグループやVCの投資は急増した。
- 2000年代： ドットコムバブルの崩壊により、エンジェルやVCの資金調達、企業投資は2000年度の1兆ドルから2007年度には200億ドルまでに激減し、この約40%弱がシリコンバレーにおける投資であった。2003年時点で、VC資金が45億ドルであったのに比べ、プライベート・エクイティ・ファンドは210億ドルまで激増した。

シリコンバレーのエンジェルやVCは技術市場を追って過去50年間、激増と激減を繰り返してきた。新しい産業が生まれる度に投資は急増し、最盛期を迎えて崩壊し、次の産業が生まれるまで低迷する。シリコンバレーにおいては現在、Web 2.0、携帯機器用のアプリケーション、環境保全・クリーンエネルギー技術、ナノ技術や生命科学事業が新たに発展するにつれて、投資が活発化している。

## 2. シリコンバレーに対する影響

国外の資金源や新興企業に対する三段階の投資構造（エンジェルやVC）は、シリコンバレーに以下のような影響をもたらす。

- これまでの米国国防総省、NIHやSBIRに加えて、国土安全保障省は初期段階の技術研究に対する重要な資金源となる。NASAからの助成金は近年増減していないが、これはNASA Amesでの大型な削減による。NASA AmesにはGoogle社などの企業による新事業プログラムが含まれている (<http://technology.arc.nasa.gov/index.cfm>)。
- エンジェルからの投資は通常、VCの5~10倍となる（エンジェルからの小規模投資はデータに含まれていないため、報告されている数値は実際よりも低くなっている）。また、資産運用企業、事業主や他の裕福な個人の資産が増加しているため、金額も増加する傾向にある。[Silicon Valley Band of Angels](http://www.inc.com/articles/2001/09/23461.html)<sup>21</sup>は米国において他のエンジェルグループ (<http://www.inc.com/articles/2001/09/23461.html>)の模範となる。VCはエンジェルグ

<sup>21</sup> <http://bandangels.com/>

ループの動きを追って、投資対象の新興企業をまず評価する。多くの専門職団体では常に新興事業に対する投資情報を扱っているため、会員による非公式なエンジェルグループが設けられている。

- VCは資金状況を報告したり、引き続き資金を調達したりするために、機関投資家と関係を保ち、互いに協力する必要がある(「エンジェル向けの広報活動」)。これらの活動は非公開のものであり、表面化することはない。
- VCにおいて、大学の役割がさらに重要となってきた。これは、VCがスタンフォード大学やカリフォルニア大学の教授や卒業生と連携して作業する関係にあるからである。
- 恩給ファンドが増え続ける一方で、投資の配分を変更していないため、VCの投資可能な金額が増加し続けている。しかし、VCでは新しい投資資金を管理するのに十分な経験あるキャピタリスト(パートナー)が不足している。VCは一般的に、1人のパートナーで多くて7社の新興企業、だから「7×3,000万ドル=2億1,000万ドル」程度をカバーでき、従って5人のパートナーなら10億ドル程度を管理することができるが、さらに10億ドルの資金が入れば同人数のパートナーとアシスタントが必要となる。VCの多くは、機関投資家などからの新たなまとまった資金(institutional investments)を受け付けない状態である。これは、Kleiner Perkins社によると、適当な投資機会(それに見合った投資資金規模)よりも手持ちの資金が3~3.5倍にもなっているからである。シリコンバレーには大小含めて500のVCがあり、有望な新興企業の獲得を争っている。そのため、より有利な投資機会を中国、インド、ロシア、ブラジルやベトナムなど急成長中の地域に求めている。
- シリコンバレーにおける企業投資は、国内のVCから他国のエンジェルやファンドへと変化してきており、最近の国際的な投資傾向と米国での金融引き締めがこの傾向に拍車をかけている。中国や産油国は、シリコンバレーのVCやエンジェルにとって、新たなまとまった資金源となっている。

### 3. 投資についての最近の傾向と例

- 全米VC協会(NVCA)では、投資対象先が狭まって、VCが今のポートフォリオ企業に集中投資していく現状が続けば、VCの数はやがて落ち着き、もう2008年には減少に転じると予想している。NVCAの取締役であるマーク・ヒーセン氏は「アーリー期や安定期(balanced stage)に対する投資資金の比率から見て、VCは今後も成長中の新興企業を起業初期から援助し続ける」と述べている。創設初期の新興企業では必要な資金額が比較的少ない(通常、25万ドル)ため、VCは大きな資金を振り向けられない。

- 一部の機関投資家は大学や研究所に投資している  
(<http://www.techconfidential.com/news/news/vcs-bypass-newborn-startups-fo.php>)。
- 一部の機関投資家は大学や研究所に投資している。米国金融業界においてヘッジファンドやプライベート・エクイティ・ファンドへの資金が減っている中、VCも新しい資金源を見つける必要がある。中国、中東、ノルウェー、シンガポールなど、資金力のある地域をあてにするファンドもある。

#### 4. 強みと課題

##### 強み

- VCの投資は安定しており、増加し続けている。
- インド、中国やブラジルなど、特に急成長中の地域で資金源や投資を拡大している。
- インド、中国など、米国外のVCが増加している。
- 米国内の大学、国外の機関投資家や政府ファンドからの投資が増加している。

##### 課題

- 良い投資対象先の3.0~3.5倍のVC資金があふれている。VCは投資するか、または機関投資家に返金しなければならない。
- 新設ファンドは、ファンド規模が大きすぎて創設初期の新興企業に投資できない(1件当たりの投資規模が知れていて、有り余る資金を裁ききれなくなる)ため、より後期段階の投資(シリーズC/D/E)に向かいがちである。しかし、エンジェル、同グループや小規模なVCは初期、中期の新興企業にも資金を提供してはいる。
- Sarbanes-Oxley (SOX)の順守で新規株式公開による出口機会は減少した。このため、エンジェルやVCは資金回収しにくくなった。
- 米国外のエンジェルや政府ファンドは、その資産を米国債券から海外株式市場、米国のVC資金や他の高利回りの投資に切り替えている。

#### 5. 将来の展望と課題

シリコンバレーの投資インフラは比較的安定しており、以下のような動向が見られる。

- 拡大するM&Aの影響： M&Aは、新興企業への直接投資の完全な主流になっている。それは、新興企業が企業基盤の脆弱な段階での一部出資ではなく、製品開発も軌道に乗り、ある程度企業も出来上がってからの、全体ないし大部分の株式シェア投資である(後述)。やはり、大手企業からみた技術・製品開発フェーズの補完的投資ではあるが、その投資企

業段階は以前より遅めの、設立から6～8年（レイター・ステージ）になっている。しかもそれは、起業家にとって、次の起業への最大の資金調達源になってきた。

- 資金調達の多様化： 資産運用企業や米国内の機関投資家の資金源が枯渇するに従って、VCは大学の寄付金や中国、ノルウェー、シンガポールや中東など、多様な資金源から資金を調達するようになる。
- VCファンドの整理統合： 投資収益率の下落により、VCの投資は、大手VCにおける数億ドルの大型ファンドに統合されつつある。主要なVCでは、高額投資できるレイター・ステージの投資に切り替えている。
- 新しいVCファンド： 中国、インド、ロシア、ブラジルなどの国はシリコンバレーにおいて、小規模のVC資金を提供して動向を伺い、最先端技術を開発、VC資金の管理方法を習得して、新しい新興企業を獲得する。これらの資金は外国政府ファンドによる二国または多国籍資金となる。これらの新しいVCにより特に環境保全技術、ナノ技術、生命科学や代替エネルギーなどの新分野において競争が激化する。

### 第3章 エンジェルやVCの役割

例えば、全米VC協会(NVCA)によると、VCから投資を受けている企業は国民総生産の17%を占めており、1,000万の職を創出し、民間企業における労働人口全体の9%、米国における国民総生産の16.6%を占めている。ベンチャー投資は米国における国民総生産の0.2%のみである。

資金調達以外にも、一般的に、VCやエンジェルは、投資先企業に対して、以下のような機能を提供していると言われている。

- 経営管理に関する助言
- 顧客、連携企業、サービス提供企業の紹介
- 雇用、作業チームの育成
- 取締役の提供
- 経営再建や転換時に最高経営責任者や最高執行責任者に臨時就任する

VCは、新興企業が資金提供を受けて適切に経営され、M&Aや新規株式公開を通して成功できるようサポートする。VCの運営形態は様々であるが、一般的に機関投資家に対する受託者責任を打ち出している。VCからの資金援助や機関投資が増加して、2000年以降に投資収益率が低下したため、VCは運営に行き詰まってきている。統計資料は無いものの、主要なVC企業であるKleiner Perkins社の経営者によると、数千に上るVCファンドのうち、上位10ファンド程度のみが利益を得ているという。したがって、常に膨大な数のVCファームが出来ては消えて行っている。これはベンチャー企業の出入りと同じであり、VC自身がベンチャー企業モデルの一形態化している。



図表4 VC投資のセクター推移

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
ソフトウェア	24.5	25.3	23.9	25.1	23.0	21.7
通信・ネットワーク	23.7	20.9	15.3	12.4	12.9	10.6
ITサービス	7.0	5.0	5.0	4.7	7.9	9.3
半導体	7.2	7.0	9.3	9.1	7.9	6.8
その他	4.0	4.8	4.6	5.5	4.8	5.0
<b>IT分野合計 (%)</b>	<b>66.4</b>	<b>63.0</b>	<b>58.1</b>	<b>56.8</b>	<b>56.5</b>	<b>53.4</b>
バイオ・製薬	10.4	15.2	19.0	21.1	17.6	18.3
医療機器	5.2	7.9	9.5	7.7	9.2	10.2
その他	3.1	3.8	3.3	3.6	4.0	3.5
<b>ヘルスケア合計 (%)</b>	<b>18.7</b>	<b>26.9</b>	<b>31.8</b>	<b>32.4</b>	<b>30.8</b>	<b>32.0</b>
ビジネスサービス他	14.9	10.1	10.1	10.8	12.7	14.6
比率合計 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
<b>VC投資合計 (億ドル)</b>	<b>364</b>	<b>222</b>	<b>197</b>	<b>224</b>	<b>238</b>	<b>257</b>

出所:ベンチャーワン資料より集計

ところで、これまでVC等の投資家の機能という場合、上記のような投資先企業に対する役割の説明が多かった。それに加えて、歴史的にも、そして今でも存在感を持っているのが「新興企業と大手企業間の触媒機能」である。

ところが、「VC自身がベンチャー企業の一形態である」ことから来る、その資金回収ニーズとの絡みで、この触媒機能の性格を変えつつある。つまり、VCの投資先企業の85%レベルが企業売却で資金回収されている結果、従来ならばCVC(企業VC)投資モデルで、戦略的企業投資(つまり一部出資)で新興企業側と良い関係を築き、かつその関係を継続し得たが、最近ではそれが難しくなってきたという。言うまでもなく、良いベンチャー企業であればあるほど、一挙に他社から買われるリスクが高まっている(つまりVC主導での売却)からである。大手企業からすれば、それがより研究開発予算の範囲での動きであればなおさらである。所詮「ベンチャー企業は動きの激しいチェスの駒」と化してきた。そこでの大手企業側の対策は一つ。買収で対抗するしかない。つまり、大手企業側のベンチャー企業をみる視点は、最終的に丸ごとの買収か、ないしその経営権を握れるくらいまで大きな投資に値するか否かの見極めのみとなる。

## 1. 背景と分析

シリコンバレーにおいて、VCやエンジェル投資家の役割は以下のように進化してきた。

- 1960年代: エンジェルは、初期的には、友人や同僚に対して、かつそういう立場で、小規模のシード的な投資、経営に関する知識、実践的な助言を提供した。VCは半導体や

PC 企業の元経営者であり、半導体に関する次世代の新興企業を援助した。VC と新興企業の関係は、インフォーマルで個人的なものであった。

- 1970 年代： その初頭に、現在の老舗と言われる VC 群が続々とスタートしているが、折からのオイルショックなどもあり、エンジェルや VC は、資金の不足や投資の低減を理由に、景気が後退している間は活動を抑えていた。
- 1980 年代： エンジェルや VC は PC の勢いに乗って、300 社以上の新しい PC 企業や 150 社以上の半導体企業に大々的に投資を行った。1987 年に株式市場が暴落するまで、新しい VC ファンドが創生され続けた。VC はより正式な投資「業界」となり、VC 経営者は運営費を抑えるために若手の共同出資者を「パートナー」として募った。
- 1990 年代： 1990 年代初期におけるマルチメディアの発達にもかかわらず、エンジェルや VC の投資は低迷を続けた。やがて 1996 年に Netscape 社が株式を公開したのを契機に VC からの投資が活性化し、2000 年には 950 億ドルに上った。シリコンバレーにおける投資は、米国全体の 3 分の 1 を占めた。
- 2000 年代： 米国金融業界においてハイテク市場が暴落したのを受けて、VC の投資は 80% 減り、2003 年に 200 億ドル弱となって以来、金額レベル的には順調に回復基調にある（図表 5 2007 年についてはその前半期実績を 2 倍して年間値を近似した）。さらに、投資の中身的には新しい動きが進行しており、かつ M&A による出口手法も成熟して、意味の大きい時期である。

図表 5 米国の VC 投資金額推移

US Venture Capital Investment By Year - MoneyTree				
Company Disbursement Year	Number of Deals	Avg. per Deal (USD Mil)	Sum Investment (USD Mil)	Growth rate
2003	2911	6.78	19,731.35	-
2004	3072	7.32	22,485.69	14.0
2005	3128	7.37	23,048.64	2.5
2006	3560	7.39	26,295.62	14.1
1H07	1825	7.97	14,539.76	
E2007			29,000.00	E10.2

Source: PricewaterhouseCoopers/National Venture Capital Association  
MoneyTree™ Report, Data: Thomson Financial -- Updated 8/07

シリコンバレーにおいて、VC の投資は本質的に変化していない。対象が情報技術から生命科学、ナノ技術、環境保全技術やクリーンエネルギー技術に移行しただけである。

## 2. シリコンバレーに対する影響

シリコンバレーにはハイテク産業が集中しており、VC やエンジェルは有能な人材を確保して保持している。シリコンバレーにある主要な VC は長年にわたる経験を活用して、以下のような機能を提供している。

- 優れた技術、事業モデル企業を選別： 企業の多くは世界中からシリコンバレーに拠点を構え、VC の国際ネットワークを開拓している。
- 国際的投資な投資展開： シリコンバレーの VC は、長年の経験に基づいた豊富な知識と、他国よりも豊かな資産を保持しているため、最近では世界中の機関投資家に支持されている。それに従って、シリコンバレーの VC は、従来の地元地域密着型のみから、最近ではアジアや他の世界の新興成長地域の躍進で、世界に投資を拡張しており、過去数十年で大きく変容を遂げている。シリコンバレーの VC によるグローバル化は今後、国際的な機関投資や企業投資を変貌させることになる。
- 新興企業統治： エンロンのような企業不祥事により、シリコンバレーの VC も投資先企業の統治方針にも神経を尖らざるを得ない。これは、世界中の VC 投資や MOT (Management Of Technology) に影響を与えている。
- 新規技術、事業モデルへの水先案内人： シリコンバレーの事業モデルは半導体、ソフトウェアやサービスなど、特定の技術だけでなく、新しい新興企業を創生している。シリコンバレーの VC は常に「新しいもの」を探し、飽和を迎えた技術や事業からは即座に撤退している。例えば、Kleiner Perkins 社は Web 2.0 が最盛期を迎えたと判断し、2007 年 12 月、Web 2.0 の新興企業には投資しないことを発表した<sup>22</sup>。
- ファンド規模の拡大： シリコンバレーの VC が運用する資金額は、100 億ドル強とみられる (2006 年末時点。309 億ドル×シリコンバレーの全米投資金額比率 36% で計算して 111 億ドル)。一つの VC のファンド規模も拡大している。その結果、投資資金を裁くために、発展段階が後ろの時点での新興企業投資が増えてきた。
- 海外からのファンド： シリコンバレーの VC は、シリコンバレーにおける競争の激化や海外での投資拡大を受けて、インドや中国など、高度成長中の地域に支社を設けている。これは、他国の VC に模倣されている。

---

<sup>22</sup> [http://www.siliconvalleywatcher.com/mt/archives/2007/11/web\\_20\\_is\\_on\\_th.php](http://www.siliconvalleywatcher.com/mt/archives/2007/11/web_20_is_on_th.php)

要するに、VC やエンジェルは、相変わらず、次世代産業を発展させる機動力（エンジン）になっている。彼らが存在しなければ、シリコンバレーの経済は急速に沈滞するであろうし、地域のハイテク職を大きく支えている、そんな構図は変わっていない。

### 3. 最近の傾向と例

- 有望な新興企業についてVCの競争が激化しているため、Deloitte社は2007年に世界のVCについて調査を行った。  
([http://www.nvca.org/pdf/US\\_Rpt\\_Global\\_VC\\_Survey\\_7-25-07.pdf](http://www.nvca.org/pdf/US_Rpt_Global_VC_Survey_7-25-07.pdf))
  - 他国のVCは自国企業に投資しているが、それらの企業は自国外でも事業展開しており、他国の有望な企業やエンジェルと連携している。
  - 海外投資を行うVCの48%は企業に近付くために他国の企業と戦略的な連携を結んでおり、51%はその地域のエンジェルを通して投資している。
  - 米国のVCは、海外では主に中国、インド、イスラエルやカナダで投資を行っている。
- 最直近のデータとして、Fenwick & West Venture Capital Barometer™ 社が2007年の第2四半期ベース報告として、以下を発表している。  
(<http://www.fenwick.com/publications/6.12.1.asp?vid=2>)
  - 14 四半期連続で、アップラウンドがダウンラウンドを超えている（アップ：81%、ダウン：11%、変化なし：8%）。「アップラウンド」とは、新興企業の投資評価額が上昇した場合を示す。
  - この時期にVCから資金調達した企業の新株発行株価は、各前回時株価と比べて平均で74%上がっていた。
  - 同四半期の、米国VCによる投資は717件の取引で総額74億ドルとなり、2001年度の第4四半期以来の最高額である。
  - 医療はこれまで同様に強く、総額24億ドルの投資を受けている。そのうちの10億ドルが医療機器企業に投資されている（2007年第1～第2四半期合計では20億ドル弱）。
  - 情報技術に対する投資も根強く、41億ドルが投資されている。情報サービス企業（Web 2.0企業を含む）は10億ドル近い投資を受けており、同業界では大幅に増加している。

- 新規株式公開は 22 企業、資金調達額は 27 億ドルに上る。これまでは、2003 年第 2 四半期 (24 社 13 億ドル)、第 3 四半期 (14 社 17 億ドル) のころが、件数、金額ともに、2000 年度の第 3 四半期以来の最高レベルであった。

<http://www.ventureone.com/ii/2Q07USLiquidityRelease.xls>

- 他方で M&A はこの時期減少した。81 件、総額 76 億ドルである。1 件当たり買収金額平均は 558 万ドルであった。もっとも、この反動もあってか、次の第 3 四半期は、90 件の M&A で 105 億ドルの取引額となり、2000 年以来の四半期ベース最高になっている。M&A 活況の基調は健在である。
- 株式不祥事 (stock backdating scandal) により、企業統治の重要性が増してきており、VC の多くは新興企業の株式公開に慎重な傾向にあった。その一方で、未公開株式投資やヘッジファンドの不調は M&A に悪影響を与えている。
- Deloitte 社は 2007 年に、限られた数の有望な新興企業への VC の投資競争が激化していることを報告している。
- 2007 年度前半に Web 2.0 企業への VC 投資は 6% 増加したが、これはヨーロッパやイスラエルでの投資が増加したためである<sup>23</sup>。2002~2006 年度では Web 2.0 に関する投資の 40% がサンフランシスコ湾岸地域 (ベイエリア) に対してであったが、2007 年度前半にはこれが 20% に減少している。

図表 6 VC の投資先地域

		2006				2007		
		1Q	2Q	3Q	4Q	Total	1Q	2Q
US		\$172.55	\$190.60	\$209.10	\$136.89	\$709.14	\$182.33	\$174.56
Europe		\$4.81	\$19.83	\$28.56	\$49.65	\$102.86	\$19.74	\$31.79
Israel		\$0.50		\$5.10		\$5.60	\$14.00	\$0.60
China		\$17.00	\$26.25	\$8.00	\$26.00	\$77.25	\$14.23	\$26.99
Grand Total		\$194.85	\$236.68	\$250.76	\$212.55	\$894.85	\$230.30	\$233.94

		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
US	Median Pre-Money Valuation (\$M)	\$53.80	NS	NS	\$5.25	\$6.63	\$6.50	\$14.80
Europe		NS	NS	NS	NS	NS	\$4.21	NS
Israel		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
China		NS	NS	NS	NS	\$7.85	\$5.50	NS
Grand Media		\$5.38	NS	NS	\$5.25	\$7.00	\$6.00	\$12.50

出所 : Venture Beat

<sup>23</sup> <http://venturebeat.com/2007/09/17/has-smart-money-abandoned-us-web-20-companies/>

#### 4. シリコンバレーVC、エンジェルの強みと弱み

##### 強み

- 経験豊かなVC、エンジェルやエンジェルグループが、強く安定したベンチャーインフラ（と生態系）を支えている
- 海外支所を介した国際的な資金調達と投資が盛んになってきた
- 柔軟性ある投資（環境保全技術やクリーンエネルギー技術など、新興市場や技術に即座に対応）
- 強固なインフラ、穏やかな気候、開放的な社会と多様な文化環境に支えられて、新しいエンジェルやVCファンドが常に流入する
- インドや中国などがVCファンドやエンジェルグループに加わり、グローバル化が拡大する

##### 弱み

- 群れる習性が原因となり、人気のある分野が急速に飽和して利益率が低下する
- シリコンバレーのVCやエンジェルのほとんどは、いまだに時差、言語、文化や事業形態の相違を理由に、海外投資に対して無関心である
- 激しい競争が、過剰追随投資（“me-too” markets 投資）や企業統治の甘さを招く
- VCやエンジェルに女性が少なく、急増する女性の起業家は資金調達が難しく起業し難い

#### 5. 将来の展望と課題

シリコンバレーのVCやエンジェルは強力かつ経験豊かで、数や種類が増加し続けている。当地にはさらに新しい起業家や人材が続々と集中してくるため、長期的な見通しは明るい。環境保全技術、クリーンエネルギー技術、高齢化社会向けの生命工学、ナノ技術や他の新分野での発展を受けて、VCによる資金調達や投資は2008年度に増加する見込みである。しかし、シリコンバレーのVCには、一部上記と重なるが以下のような数々のテーマがある。

- シリコンバレーでの競争激化に伴う利益率に対応する
- 海外支社や連携企業を介して、中国、インド、ベトナム、スカンジナビア等地域での急拡大する投資機会をつかむ
- 女性のVCやエンジェルを育成して、急増する女性の起業家を援助する
- 企業統治を強化して、機関投資家の信頼を得る
- 中国や中東において、新しい資金源を獲得する
- 他国のVCや発展中の投資企業連合と連携する

これらの課題には、すべて適切な育成(Training)、計画(Planning)や経営(Management)が求められる。スタンフォード大学の経営学大学院やVC組合では講座を開いて、VCやエンジェルが技能を向上したり、資産を拡大できるように援助したりしている。

## 第4章 M&A 活況の背景とその影響

シリコンバレーにおいて合併買収（以下、M&A）は日常的な現象であり、流動する国際市場において競争力を得るための合理的な方法である。M&A について、大手企業は新しい技術、市場や顧客の獲得方法であると考え、新興企業や VC は株式公開に代わる出口戦略だと考えている。

新興企業の経営者は、経営状態が良好な場合でも買収に応じることが多い。これは競争が激化して企業の価値が下落する前に自社を高く売却しようとするためである。シリコンバレーの企業経営者や投資家は、企業を取引可能な資産（tradable assets）だと考えている。米国金融業界の投資家は、事業の展望と愛着心を切り離すように心がけている。新興企業の経営者は、多くの場合、新たに起業するために、今の事業を惜しみなく売り渡す。つまり、次の起業展望がみえた段階で、そのための最大の資金調達手段として今の事業を前向きに売却する、というのが典型的である。多くの投資家も、時期を待ち過ぎて企業の価値が下落するよりも、売却が早急過ぎる方が「まだましだ」と考えている。

M&A についての考え方は、シリコンバレーでも個人や団体、利害関係者によって大きく異なる。一般的に、M&A は以下のように受け止められている。

- 新興企業の出口戦略
- 取引手数料を得るための業務
- 積極策、防衛策交々の攻防戦略（positioning strategy）
- 新しい技術、顧客や流通機構を獲得する方法
- 知的財産（IP）に関する攻防戦略
- 財務戦略（資金調達）
- マーケティング、流通戦略
- 成功のアピール、実績作り「Bragging rights 自慢する権利」：投資家そして新興企業にとっての典型的な成功の形。仲介業者にとっても実績作りになる

図表 7 は M&A に対する考え方や理由を利害関係者別にまとめたものである。投資家、新興企業や投資金融業者は、新興事業にとって望ましい M&A や株式公開などの出口戦略に関心があるため、全般的に同様な考え方を示している。大手企業は資産の獲得や自社を守ることに、弁護士や会計士は取引手数料により強い関心を示している。図表には含まれていないが、政府機関は国家の安全と防衛問題を優先している。関係者の考えは各自の利権に基づいたものであるが、資産の再配という点では意見が一致している。M&A は資本、労働力や技術を最も速く合理的に再配分する手段であり、上手く処理すればその効果は絶大なものとなる。

図表 7 M&A への取り組み姿勢 (利害関係者別)

	投資家	新興企業	大手企業	弁護士	会計士	投資金融業者
出口戦略	○	○		○		○
取引手数料				○	○	○
攻防戦略	○	○	○			
資産の獲得	○	○	○			○
IP 戦略	○	○	○	○		○
財務戦略	○	○	○		○	○
マーケティング、 流通戦略	○	○	○			○
実績作り	○	○		○	○	

出所：SBF Inc.

## 1. 背景と分析

シリコンバレーにおいて、M&Aは大きく変動し続けている。株式公開が重視された1990年代とは打って変わり、2000年以降はM&Aに対する人気が高まっている。1995年以前に起業してVCから投資を受けている新興企業のうち、2001年度には約30%が買収され、30%が株式を公開している。最近はこの買収は85%レベルで安定している。M&Aは通常、伝統的産業界よりもハイテク業界において盛んである。例えば、2002年度のM&Aでは、全49産業界における7,518件のうち、1,347件(18%)がソフトウェア業界におけるものである。ハイテク業界でのM&Aは全体の3分の1に上り、ハイテク分野内で流動が激しいことを示している<sup>24</sup>。図表8は、VCから資金を得ていた新興企業に関するM&A取引金額の最近の推移である。

図表 8 M&A 取引金額推移

U.S. Venture-Backed M&A Activity, 2001-2006

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
	Total	Total	Total	Total	Total	Total
# of Deals	405	383	346	422	407	404
Amount Paid (\$M)	\$22,012.60	\$10,943.09	\$13,270.29	\$23,966.40	\$30,108.45	\$31,178.90
Median Amount (\$M)*	\$14.90	\$16.50	\$19.00	\$20.20	\$20.60	\$22.60

\*The median amount of venture capital investment companies received prior to acquisition.

出所：Venture One

<sup>24</sup> [High-Tech Start-Ups and Industry Dynamics in Silicon Valley - Google Books Result](#), P. 42-43



過去 5 年間に渡りシリコンバレーが M&A に再注目している理由には以下が挙げられる。

- Enron 社の経営破綻後、企業に対する規制が厳しくなったため、株式公開に要するコストが上昇した。Annual Sarbanes-Oxley (SOX) を順守するには年間で 200~500 万ドルのコストがかかり、新興企業の収益には負担となっている。
- Cisco Systems、Hewlett-Packard、Oracle、Microsoft、Google など大手技術企業が膨大な資本を活用して、革新的な技術を持つベンチャー企業の買収に力を入れている。
- SOX 規制では会計報告の誤りについて経営責任者や財務責任者が刑事処分されるため、M&A は株式を公開するよりも安全である。
- VC やエンジェルは、企業側に対して出口 (M&A や株式公開) を促す。
- 取引交渉の関係者が多過ぎる (VC、投資金融業者、弁護士、会計士など)
- 大手の非公開投資会社や資産運用会社が増加している。

1990 年代には業績の良い技術系新興企業の約 50% が M&A を選択していたが、現在では 90% が M&A に応じているという。M&A は非公開投資会社や資産運用会社の誕生と共に増加しており、彼らは連邦から低金利で融資を受けて、M&A への投資に充てている。M&A は 2006 年度に最盛期を迎えたが、現在はサブプライム住宅ローン市場が崩壊して、この低金利融資を活用できないために減少気味と言われる。

## 2. シリコンバレーに対する影響

投資家、新興企業の創設者、大手企業の経営者やサービスの提供者は M&A によって大きな利益を得るため、M&A を前向きに評価している。一方、労働者や政府機関はより批判的な見方をしていいる。確かに、M&A は以下のように問題をはらんでいる。

- 敵対的な買収： M&A 後に企業の業績は悪化しないか。投資家は取引による短期的な利益のために、企業の長期的な価値を下落させるかもしれない。買収対象企業を救う価値はあるのか。買収は企業や顧客にとって有益なのか。他の地域と同様に、シリコンバレーの企業も敵対的な買収は好まないが、供給過多の市場における企業合併は避けることができない。売却を余儀なくされた場合、経営者、投資家や株主は友好的な競合企業に対して出来るだけ高い値段で売却しようとする。乗っ取り防止策である「ポイズンピル (毒薬条項)」や防衛戦略は常套手段である。
- 一時解雇： M&A では通常、二社が合併して経営陣、マーケティングや営業などの人員が余剰するため、一時解雇を伴う。もっとも、シリコンバレーの労働市場は流動的で、一時解雇されても、特に 50 歳未満の社員は次の職を見つけ易い。年配の労働者は顧問になったり、新興企業を起業する。これはシリコンバレーでは珍しいことではなく、熟練の労働者には VC が好む豊かな経験や知識が備わっており、常に革新の源となっている。

- 競合国に対抗する戦略技術の喪失： 国防総省や国土安全保障省は、中国やイランなどの競合国に対抗するための戦略技術が失われることを懸念しており、深刻な問題となりつつある。
- 独占： 業界分野が合併するに従って、Microsoft 社や Oracle 社による買収などで見られたように、米国司法省は独占禁止法違反の可能性をより厳密に調査している。しかし、米国の独占禁止法は、米国が優勢であった時代に制定されたものである。他国企業による市場の占有が進むにつれて、司法省は独占禁止法の下に M&A を規制できなくなってきた。国家の安全保障をもとに規制せざるを得ないが、規制の適用はさらに限られてしまう。

M&A には様々な形があり、企業と国家の双方に有益となる M&A を特定するためには、各事例を個別に分析する必要があるため、上記の問題は安易に解決できるものではない。しかし、M&A に対して、市場競争や国家の安全保障を脅かすことなく、新興企業の活動を奨励するような政策を打ち出すことは可能である。

### 3. 投資についての最近の傾向と例

近年、シリコンバレーの企業は迅速に動き、新興企業の文化を導入することにより、M&A の様相を変化させている。以下は Business Week 誌からの抜粋である<sup>25</sup>。

「大手企業はこれまで、新しい技術や製品の獲得を目的に、勢いのある新興企業を買収してきた。最近よく見られる方法には、Google 社と YouTube、News Corp. 社と MySpace、あるいはゲーム専用 PC の市場で Voodoo 社に対抗している Dell 社と Alienware のように、企業を買収後に独立運営させて独創力を維持させるというものがある。ところが現在、HP、Yahoo、Cisco などの企業が行っている買収は違う。「吸収合併による革新」という新しい戦略は非常に実施し難い。買収した企業の文化を、買収された企業の文化に浸透させるのは困難である。」

これには、買収した企業の文化を変える必要があり困難を窮める。革新的で知られ、自社技術に誇りを持っているシリコンバレーの企業ですら困難である。「自社開発主義(Not Invented Here, NIH)」症候群は企業内部の研究開発に固執し、革新に歯止めをかける。最近の例としては、Facebook 社がアプリケーションの開発をオープンソースの開発企業に委託していることが挙げられる。これに驚いた MySpace 社は最近になって、第三者の開発企業にプラットフォームを公開せざるを得なくなった<sup>26</sup>。

近年における M&A の傾向

<sup>25</sup> [http://www.businessweek.com/innovate/content/nov2007/id20071114\\_289027\\_page\\_3.htm](http://www.businessweek.com/innovate/content/nov2007/id20071114_289027_page_3.htm)

<sup>26</sup> <http://www.techcrunch.com/2007/10/09/myspace-platform-to-launch-next-week/>

- Dow Jones VentureOne社のU. S. Liquidity Reportによると、米国におけるM&Aは前述のとおり、2007年度の第3四半期に105億ドルにまで達し、2006年度の第3四半期から31%増加している。これは2000年以來の四半期最高額となっている。最近の目立った案件としては、Yahoo Inc. がニューヨークを拠点とする双方向広告起業であるRight Media Inc. を8億1,200万ドルで買収した<sup>27</sup>。Google Inc. がカリフォルニア州サンカルロス市を拠点とするPostini Inc. を6億2,500万ドルで買収した<sup>28</sup>。
- オンライン広告企業のM&Aが激増している。Microsoft社はオンライン広告企業であるaQuantive社を60億ドルで買収することを発表した。広告企業であるWPP社は24/7 Media社を6億4,900万ドルで現金買収<sup>29</sup>する予定である。Google社はDoubleClick社を31億ドルで買収しており、Yahoo社はRight Media社を6億8,000万ドルで買収している<sup>30</sup>。
- Microsoft社はこれまで買収を通して技術開発を進めてきており、過去5年間に総額100億ドル以上を投資して60企業を買収している。同社は今後もシリコンバレーの企業を買収して、Web 2.0 データベースやオンライン広告などの新興市場に積極的に参入する見込みである。最近では、2億4,000万ドルを投資してFacebook社株の1.6%を入手しており、Facebook社の評価額を150億ドルにまで伸ばしている。
- シリコンバレーの法律事務所であるFenwick & West社は2007年度に45件、総額111億ドル以上のM&A契約をまとめており、シリコンバレーにおいてM&Aを扱う最大の法律事務所となっている。M&Aは最近の主力な出口戦略であるため、この他にも多数の大手弁護士事務所がM&Aサービスを提供している。
- 資産運用企業や非公開投資企業が急成長している中で、シリコンバレーでは新興企業のほとんどがM&Aされているが、M&Aの取引額が比較的低い場合でも株式公開を選択することは少ない。2007年度の第2四半期には67件のM&Aが成立している。取引額が公開されている28件のM&Aのうち、13件の取引額は投資額よりも低く、8件は投資額と同額または投資額の4倍、5件は投資総額の4~10倍、1件は投資総額の10倍であった<sup>31</sup>。

<sup>27</sup> [http://sanjose.bizjournals.com/sanjose/related\\_content.html?topic=Yahoo%20Inc](http://sanjose.bizjournals.com/sanjose/related_content.html?topic=Yahoo%20Inc)

<sup>28</sup>

<http://sanjose.bizjournals.com/sanjose/gen/company.html?gcode=85B3AC6C7B214DE899D8F99DF5F32B6E>

<sup>29</sup>

[http://publications.mediapost.com/index.cfm?fuseaction=Articles.showArticleHomePage&art\\_aid=60578](http://publications.mediapost.com/index.cfm?fuseaction=Articles.showArticleHomePage&art_aid=60578)

<sup>30</sup> <http://blog.socaltech.com/2007/05/>

<sup>31</sup> <http://www.redherring.com/Home/22365>

- ソフトウェア業界での合併が進んでいる。Oracle社は、競争企業であるBEA Systems社に対して67億ドル、または1株17ドルでの買収を改めて打診している。Oracle社はBEA社を買収することにより、BEA社からミドルウェアの顧客を奪っていくよりも速く、企業規模を拡大することができる<sup>32</sup>。
- PriceWaterhouseCooper社は国際的なM&Aについての調査を公開している。国際的なM&Aはグローバル化により、増加している<sup>33</sup>。

#### 4. M&A 活況の良い面と悪い面

シリコンバレーにとって、M&Aの活況には良い面と悪い面がある。M&Aは市場の活性化や資産の流動を促進させる。その一方で、株式公開の最盛期でも見られたように、急激な成長や破綻を助長するため、新興企業や投資家が長期計画を立て難くなっている。

##### 良い面

- 新興企業や投資家が出口戦略を柔軟に選択できるようになる。言うまでもなく、M&Aは株式公開市場の低迷時に代替の出口戦略となる。株式公開とM&Aの市場は互いに影響し合っている。
- 大手企業は新しい製品、サービス、技術、顧客や流通機構を獲得することができる。
- 企業が合併することにより、市場部門での過当競争が緩和される。
- シリコンバレーの市場を活性化させる。古参の新興企業から合併され、新しい新興企業に市場が開放される。
- 新興企業の創設者は現金や株式を受け取って退出し、新興企業を新たに起業することができる。新興企業のうち、起業経験者によるものは非常に多く、起業家は過去の成功や失敗から豊かな経験を持っている。起業家のほとんどは通常、数々の失敗を繰り返した末に、新興企業を成功させている。このため、シリコンバレーは「失敗の谷(valley of failure)」とも呼ばれている。M&Aは新興企業の創設者に新たな機会を提供する。

##### 悪い面

「M&Aに対する異常な熱意 (M&A mania)」には過去数年間でも見られたように、以下の悪い面がある。

- 敵対的な買収： 経営が良好な新興企業を混乱させて、株式変動の原因となり、顧客や連携企業を遠ざける。

<sup>32</sup>[http://www.news.com/Oracle-Even-6.7-billion-for-BEA-is-too-high/2100-1014\\_3-6218701.html?tag=item](http://www.news.com/Oracle-Even-6.7-billion-for-BEA-is-too-high/2100-1014_3-6218701.html?tag=item)

<sup>33</sup>[http://www.pwc.com/extweb/pwcpublications.nsf/docid/16F751FEC35F2022852572FF004C5F44?WT.mc\\_id=PCSO70816WSG](http://www.pwc.com/extweb/pwcpublications.nsf/docid/16F751FEC35F2022852572FF004C5F44?WT.mc_id=PCSO70816WSG)

- 「回転売買(Churn)」： シリコンバレーには取引交渉者が多過ぎて、対象となる新興企業が好調で潜在成長力が強い場合でも M&A を勧めるなど、取引手数料を得るために売り買いに走る（売買高を招く）傾向にある。
- M&A 「バブル」： M&A が活性化すると、VC や起業家は新興企業を速く「回転(flip、育てて売ること)」させようとする。このため、Web 2.0 などでも見られるように、同一市場内に同じような新興企業が増え過ぎてしまう。多数の新興企業による過当競争は、シリコンバレーにおいて常に問題となっている。M&A の大型取引があると、市場に勢いがあるうちに新興企業を築いて売ろうという動きが高まる。新興企業の買収が大きな得策とならない場合でも、他社に取られることを恐れて買収してしまう。
- 金融エンジニア： M&A の動きが激しくなると、新興企業や投資家は「財政上の架空企業(financial shell company)」を作ろうとする。この架空企業は、特許をライセンスまたは獲得して成長し、M&A を通して売却する。このような一時的な新興企業は、得てして新しい製品、サービスや技術などの面ではほとんど価値はない。また、Enron 社のように不正会計や粉飾決算など、財務会計を操作する傾向にある。

## 5. 将来の展望と課題

シリコンバレーにおける M&A は、国際金融市場の状態によっても変動する。株式公開市場の低迷時に、確かに株式公開に代わる出口戦略となり、シリコンバレーの繁栄と活性化には欠かせない。M&A がなければ、VC や他の投資家は資金回収できなくなり、2000 年度初期のドットコム崩壊後のように、投資家や VC からの投資が激減してしまう。

### 展望

- Sarbanes-Oxley (SOX) の可決によって株式公開市場が低迷し、シリコンバレーの新興企業は私企業のまま留まるか、買収されることを選択するようになる<sup>34</sup>。
- サブプライム住宅投資や営利貸し付けの崩壊により、非公開投資会社や資産運用会社企業が減少したため、今後数年は金融業者主体の M&A は減少する可能性がある。
- Cisco、Intel、Oracle や HP など、シリコンバレーの大手企業は今後も新興企業を買収して製品やサービスを拡大していく。Cisco 社では次の M&A にコンシューマー（個人市場）向け技術を狙っており、同社の M&A におけるポートフォリオ戦略にも影響をもたらす<sup>35</sup>。
- 中国、シンガポールや中東政府による投資ファンドが発達し、シリコンバレーの新興企業は近い将来、技術や市場の獲得を目的とした大型の買い占めにあう。しかし、米国防総省や連邦議会は、このような買収が国家安全保障にとって潜在的に有害かを厳しく審査する見込みである。

<sup>34</sup> [http://www.news.com/Is-Sillion-Valley-strangled-by-SOX/2100-1014\\_3-6151059.html?tag=item](http://www.news.com/Is-Sillion-Valley-strangled-by-SOX/2100-1014_3-6151059.html?tag=item)

<sup>35</sup> [http://www.news.com/Ciscos-new-acquisition-talisman/2008-1033\\_3-6190572.html?tag=item](http://www.news.com/Ciscos-new-acquisition-talisman/2008-1033_3-6190572.html?tag=item)

シリコンバレーの新興企業を論ずる場合、統計データの関係もあり、ついVCから資金を得ているケースのみを注目してしまうが、VCの投資検討プロセスを見ても、そうでないケースが圧倒的に多いのも事実である。将来の企業売却やその他VC主導の事業運営を好まない起業家もいる。そんな大多数の新興企業は、大手企業への企業売却ではなく特許の売却またはライセンスを目指している。ここに、引き続き当地新興企業との地道な共同開発やその他事業連携の余地が大きくあるわけで、日本企業を含む大手企業側との、資金投入ありきではない連携モデルも健在である。もっとも、そこでは、そもそもの企業発掘力と、技術・事業内容の独自デューデリジェンス能力を問われるのは言うまでもない。その上で、知的財産の管理は事業戦略上、重要な要素となる。

## 第5章 シリコンバレーのグローバル化

シリコンバレーは今やグローバル化しており、世界中のハイテクが盛んな地域と綿密に統合されている。今日、シリコンバレーの企業は他国の市場、人材や企業と密接に連携する必要があり、H-1 就労ビザを保持した社員や国際チームなしでは運営が成り立たない。特定の新興分野では能力のある技術者が不足しており、有能な新しい人材を常に必要とするシリコンバレーの企業にとって大きな問題となっている。

「シリコンバレー完結 (Silicon Valley only)」企業というものは存在しなくなって久しい。シリコンバレーの企業はもとより、新興企業や個人契約労働者でさえ、生き残るためにグローバル化を強いられている。トーマス・フリードマン氏が言うように「世界は均一(The world is flat)」である。シリコンバレーはインフラや運営において均一化され、グローバル化が進み、国際ネットワーク化が加速している。

### 1. 背景と分析

シリコンバレーは多数の移民労働者、国外からの投資、シリコンバレー企業の海外発展などを通じて、海外インフラ(またはエコシステム)といろいろな形で繋がっている。図表9で一覧にした。特に新しい情報はないが、この中で製品開発、製造工程の海外アウトソーシングは、シリコンバレー企業をして、高付加価値の事業モデルそして製品企画段階へのさらなるフォーカスを促す。

図表 9 シリコンバレーの海外インフラとの繋がり

	シリコンバレーの繋がり
政策、法律	シリコンバレーの企業は外国人投資法、取引法や銀行法に影響を与えると同時に、影響を受けている。例えば、多くの地域振興事業団では、シリコンバレーの企業を呼び込むために奨励策を設けている。
研究開発	Intel、Cisco や HP など、シリコンバレーの大手企業は、インドや中国などに研究開発センターを開設している。
製造	シリコンバレーの企業の多くは、IBM などの動向も睨みながら、中国、台湾、メキシコ、東ヨーロッパなどにハードウェアの製造を、インド、ロシアやベトナムなどのコストが低い地域にソフトウェアの開発を外部委託している。
海外成長 地域投資	BRICs (Brazil, Russia, India, China) や他の成長地域（中東、東ヨーロッパ、一部のアフリカ）はシリコンバレー企業や VC からの投資を引き付けている。
マーケティング、 営業	シリコンバレーの大手企業はすべて、国外にマーケティングや営業支社を開設している。
金融	主要な VC、会計事務所や投資金融会社は国外に支社を持つか、または他国企業と連携している。
弁護士	シリコンバレーの法律事務所のほとんどは、国際取引を専門とする事務所を国外に開設している。

出所：SBF Inc.

米国政府、その他公的機関も、一般企業における人材の国際化には、具体的に以下のような形で関わっている。

- H-1 ビザ： シリコンバレーの企業は H-1 就労ビザを大いに活用している。H-1 ビザは現在、司法省の一部である入国管理局から発行される。米国のハイテク分野における労働者は、米国企業が H-1 ビザによって米国人の代わりに移民を低賃金で雇用していると批判しており、これを受けて米国議会では過去十年間 H-1 ビザについての討論を続けてきた。H-1 ビザの年間発行数は一定ではなく、業界の低迷時には減少し、繁栄期には増加する。
- 人事ハンドブック： CalBiz Centralでは便利なカリフォルニア州における労働者用の人事ハンドブックを提供して、連邦、州や地域の法律規制に合った人事方針説明。
- 輸出： 米国商務省はサンノゼ市に「U. S. Export Assistance Center of Silicon Valley (<http://www.buyusa.gov/siliconvalley/>)」という輸出振興事務所を設けて、シリコンバレーの企業による輸出の活性化を後押ししている。米国商務省はカリフォルニア州商工会議所と協力しており、カリフォルニア州商工会議所は新国際貿易委員会 (New Council

for International Trade)を新たに発足させている<sup>36</sup>。企業のマーケティング部を対象にしたこれらのプログラムは、人事部の雇用決定に多大な影響を与えている。

- 貿易振興： Monterey Bay International Trade Association ([www.mbita.org](http://www.mbita.org)) は貿易新興サービス用の「クリックして始めよう (click & mortar)」ソリューションを提供する TradePort.org<sup>37</sup>のWeb サイトや、官民両セクターの貿易振興団体である California Trade Partners (CTP)のオンライン コミュニティー (TradePort Collaborator) ウェブサイト<sup>38</sup>を管理している。CTPはカリフォルニア州の中小企業 6 万社の代理を務めている。
- 対外投資： 海外民間投資公社(OPIC: Overseas Private Investment Corporation)<sup>39</sup> は米国企業による国外投資を援助したり、新興市場における経済発展を促進したりする。また、対外直接投資に伴うリスクの管理について民間企業を補完したり、米国の外交政策を後押ししたりする。
- 国家の安全保障： 米国連邦捜査局や国土安全保障省は、他国の連携企業や顧客に対する戦略技術の技術供与や開示に関して、企業の人事部管理者に方針や指針を提示している。
- 海外工場の安全性： 米国労働安全衛生局 (OSHA: Occupational Safety & Health Administration) は米国企業の海外工場に対して指針を提示している。また、中国<sup>40</sup>やメキシコ<sup>41</sup>とは協定に調印している。

## 2. シリコンバレーに対する影響

企業運営におけるグローバル化の流れは、シリコンバレーのインフラ(またはエコシステム)を以下のように再編成させている。

- 仮想国際チーム： シリコンバレーのハイテク企業は国際的に運営されており、数十にも上る連携企業や海外チームが連日 24 時間週 7 日体制で作業を行っている。これらのチームは協力して、国際的な資金調達、製品やサービスの開発、製造、マーケティング、営業や流通販売を行い、管理者は分散した支社間で頻繁に移動している。事業経営を各地域事情に合わせると同時に標準化させることは、非常に困難な課題である。BPO (business

---

<sup>36</sup> <http://www.calchamber.com/CC/BusinessResources/InternationalResources/Default.htm>

<sup>37</sup> <http://www.tradeport.org/>

<sup>38</sup> <http://grovesite.com/page.asp?o=tradeport&s=collaborator&p=welcome>

<sup>39</sup> <http://www.opic.gov/about/index.asp>

<sup>40</sup> [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=SPEECHES&p\\_id=778](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=SPEECHES&p_id=778)

<sup>41</sup> [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=SPEECHES&p\\_id=625](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=SPEECHES&p_id=625)



process outsourcing：主要業務以外を専門業者に委託する）や仮想協調モデルは大規模な事業となりつつある。

- 国際的な企業連携：多くの企業では、他国地域の市場調査や研究開発、製品開発、製造、マーケティングや営業、流通販売をその国の企業と連携して行っている。連携企業は新事業案や収益の源となってきた。連携の対象には一般企業、政府機関、非営利機関や消費者団体が含まれる。
- 国際プロジェクトの運営：シリコンバレーの企業は国際的な活動の中心として、運営のすべてを分散して外部に委託している。プロジェクト管理者は、分散している国際チームのリアルタイムな活動を運営して、高額な給与を受け取っている。
- 他国政府との連携：シリコンバレーの企業育成機関 ([www.ibi.org](http://www.ibi.org)) や専門職団体は、他国地域の政府機関と積極的に連携しており、他国の政府機関はシリコンバレーにも拠点を構えている（韓国、[www.iparksv.com](http://www.iparksv.com))<sup>42</sup>。
- シリコンバレーにある各国の専門職団体：これらの団体は国際的な繋がりを持っており、数も増加している。

例えば、インド：[www.tie.org](http://www.tie.org)、[www.iit.org](http://www.iit.org)

アジア・中国：[www.cina.org](http://www.cina.org)、[www.montejade.org](http://www.montejade.org)、[www.aamasv.com](http://www.aamasv.com)

スカンジナビア：[www.siliconvikings.com](http://www.siliconvikings.com)

ドイツ：[www.gaba-network.org](http://www.gaba-network.org)）、Chinese Software Professionals Association ([www.cspa.com](http://www.cspa.com))、Silicon Valley Indian Professional Association ([www.sipa.org](http://www.sipa.org))、Hispanic-Net ([www.hispanic-net.org](http://www.hispanic-net.org))、Silicon French ([www.siliconfrench.com](http://www.siliconfrench.com))

- 大学：国際事業に対する高い関心を受けて、国際学部を拡張している。例としては、スタンフォード大学、カリフォルニア大学バークレー校、サンフランシスコ州立大学、サンノゼ州立大学、サンタクララ大学、サンフランシスコ大学などがある。

米国企業チームのすべてがシリコンバレー内にのみいて事足りる時代は終わった。シリコンバレーの企業運営は、小規模のプロジェクト運営チームが各国のネットワークと連携する形に変わってきている。そして、この国際ネットワークには、技術やマーケティング部員、事業アドバイザー、パートナー企業や流通販売業者が含まれる。このような国際企業がこれからのトレンドであり、今後脚光を浴びることになる。こんな運営体系こそが「均一的であり素早くさらに斬新」である(第6章の「循環モデル」を参照)。

---

<sup>42</sup> <http://www.goto-silicon-valley.com/articles/diana-yoshikawa/new-breed.shtml>

### 3. 最近の傾向と例

「シリコンバレー」は、こんな形で、より国際的な仮想ネットワークの様相を呈してきた。現に、シリコンバレー企業が汎用性ある製品・事業企画力を強め、さらにシリコンバレー企業らしくなっていき、これからもなっていくとしたら、それは実際の開発工程、製造工程をインド（ソフトウェアの場合）、中国ほかのアジア（半導体ほかのハードウェア）との国際的連携活動があったことである。かくして、当地ハイテク新興企業は、その事業の重心を、「事業・製品企画」「ブランディング・プロモーション」「資金調達」にフォーカスし、その後の工程は、開発、製造、販売等は、海外にアウトソーシング、ないし外部の大手企業との連携の中で実現を図る。こんな、典型的シリコンバレー企業ベンチャーモデルが見えてくる。

専門職団体はシリコンバレーにおいて積極的に活動しており、以下のように、母国との繋がりを拡大している。

- German American Business Association ([www.gaba-network.org](http://www.gaba-network.org)) は行事企画を拡大して、他の専門職団体との連携を進めている。
- North England Inward Investment Agencyは米国での代表部を拡大している。  
(<http://www.northengland.com/page/index.cfm>)
- Chinese Information & Networking Association ([www.cina.org](http://www.cina.org)) はシリコンバレーや中国において、数々の中国行事を主催している。CINAには、民族や背景の異なる 6,000 人以上の会員が加盟している。その他の中国人団体としては、AAMA ([www.aamasv.com](http://www.aamasv.com))、Monte Jade ([www.montejade.org](http://www.montejade.org)) やSVC Wireless ([www.svcwireless.org/cms/](http://www.svcwireless.org/cms/)) などが挙げられる。
- インド人団体には定評があり、国際ネットワークをさらに拡大している。( [www.tie.org](http://www.tie.org)、[www.sipa.org](http://www.sipa.org)、[www.iit.org](http://www.iit.org) )
- Silicon French ([www.siliconfrench.com](http://www.siliconfrench.com)) やInvest-in-France ([www.investinfrance.org](http://www.investinfrance.org)) はシリコンバレーにおいて、積極的に活動展開を拡大している。

### 4. 「グローバル化」に対するシリコンバレーの強み、弱点

#### 良い面、強み

- 労働力が柔軟かつ流動的で、社会が開放的である。
- 膨大な数のエンジニア、科学者、プログラマー、起業家、大学教授や資本家が他国籍を持っており、母国との強い繋がりを維持している。
- 国際的な大手企業、新興企業、政府機関、事業者団体、サービス提供企業、大学教授や友人が国際的な事業展開を奨励する。
- 他国の子会社、顧客や連携企業との業務連絡や移動が多い。
- 派遣団、外国領事館や振興事業団、国際貿易協会、他国籍の在住者が多い。

- 高校、短期大学や大学において外国語（特に中国語、アラビア語、スペイン語）、国際学や経営学への関心が高い。
- シリコンバレーの企業は世界経済で生き残るために、グローバル化が必要であると強く実感している。
- カリフォルニア州や地方政府からの強い援助。

## 弱点

- 移民に対して国土安全保障省の規制が厳しいため、トップクラスの外国人学生が米国に留まり就労することが難しくなってきた。
- 外国人の居住者やシリコンバレーの労働者向けの外国語学校が少ない。
- 数多くの分散している社員や連携企業を管理できるような、国際プロジェクトの管理者が不足している（シリコンバレーにある大学や短期大学はプログラムを拡張して、国際プロジェクトの管理者を養成しようとしている。また、シリコンバレーの企業も各国から人材を雇用して、プロジェクト管理者の数を増やそうとしている）。
- カリフォルニア州の義務教育課程の、科学や数学についての能力が低い。
- 住宅費が高額なため、若い独身者や既婚者がシリコンバレーで生活するのは難しい。
- 交通手段が車中心で渋滞するため、時間と費用がかかり、シリコンバレー全体の生産性を低下させている。

Joint Venture Silicon Valley ([www.jointventure.org](http://www.jointventure.org)) や地方政府が、幼稚園から高校まで12回生教育、住宅や交通渋滞の問題を解決するべく努力しているが、状況は予断を許さない。シリコンバレーでは、以下のような対応をしている。

- 特に数学、科学や、外国から来た生徒向けの英語について、幼稚園から高校までの教育を強化する。
- 在宅勤務プログラムを増やす。
- 公共輸送施設の近くに集合住宅(高層アパートやマンション)を増やす。シリコンバレーはヨーロッパや日本など、人口密度の高い地域における都市計画や建築設計を研究中。
- 交通監視システムを改善して、渋滞を解消する。
- 公共輸送を拡張する(予算が限られているため難しい)。
- 国際的な委託、企業連携や拡張。

## 5. 将来の展望と課題

シリコンバレーは、海外インフラやエコシステムと繋がりのある多くの人材、企業、政府や大学と共に、グローバル化へと突き進んでいる。

## 展望

- 大学と企業との連携や新興技術(ナノ技術、環境保全技術、生命科学、生命情報工学、サービス型ソフトウェア)における取引が増加する。
- BRICs (ブラジル、ロシア、インド、中国)、東ヨーロッパ、南米やメキシコ、中東での取引が急増する。
- 新しいコラボレーション技術、サプライチェーン技術やサービス (自動翻訳など) によって、国際取引が促される。
- 新しい国際事業モデルによって、研究開発、製造、マーケティングや営業、流通販売が急成長する (第6節「循環モデル」参照)。
- シリコンバレーにある短期大学や大学において、「多様性」への対応や外国語に関する教育が強化される。

## 課題

- 主要な市場、経済力、政治力や軍事力として中国が台頭してきている現在、シリコンバレーの企業は中国を見直す必要がある。中国を低コストで製造できる国ではなく、革新的な研究開発国として活用し、競争すべきである。
- インドもまた、ソフトウェア開発において急速な伸びを見せている。シリコンバレーの企業は研究開発をインドに拡張して、企業連携を進める必要がある。
- 他国との連携は、現在でも大手企業に限られている。小企業や伝統的な企業の多くは、小規模小売業者やサービス提供者など、他国グループとの繋がりを持っていない。新たな事業機会を得るためには、他国との取引を拡張する必要がある。
- シリコンバレーの住宅費は高額なため、若手の労働者が流入し難い。そのため、義務教育機関や大学は、特に急増中のラテン系米国人口について、科学や数学の専攻学生を増やすように迫られている。
- 恩給ファンドや機関投資家からの資金が増加しているため、VCでは、優良投資先への適正投資金額レベル比で3~3.5倍の資金が余っているとされる。つまり、シリコンバレーでは数百にも上るVCが激しく競争しているため、有利な投資機会が少ない。その結果、投資収益率(ROI: Return on Investment)が下落しており、VCは中国やインドなどの成長市場にも投資を広げつつある。将来、シリコンバレーにあるVCの多くは、世界中の支社を通して世界ファンドを運用することになり、現地の市場を理解する有能なVCパートナーが必要となる。

## 第6章 MOT プロセスにおける「線形モデル」とその進化

シリコンバレーにおいて、商品化や事業化にはこれまで「線形モデル」が採用されてきた。この方法は工業時代の当初から世界中の企業で用いられているが、インターネットの発達を受けてさらに動的で対話型の「循環モデル」が導入され始めており、「線形モデル」と「循環モデル」の融合、さらに「循環モデル」への完全な移行をめざす企業も出てきている。

### 1. 背景と分析

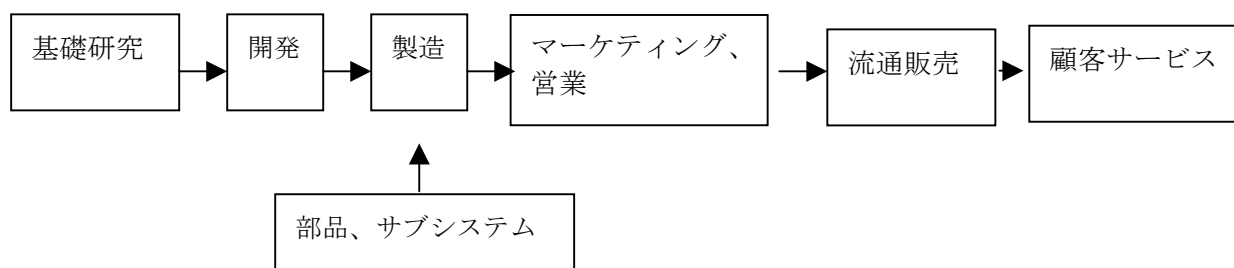
#### 「線形モデル」 Linear Model

「線形モデル」は、現状行われている R&D から MOT プロセスの一連工程モデルそのものであり、シリコンバレーに限らず、特にエレクトロニクスやバイオ・ライフサイエンス系では、実際行われている実務工程である。基本的に「供給重視」モデルであり、需要が供給を上回っていた工業時代に開発された。「線形モデル」には基礎研究、製品開発、製造、マーケティング、営業、流通販売、そして顧客サービスが含まれる。市場ニーズのある特定の製品を開発するための工程として、このモデルは非常に有効であったし、今でも基本的にそれは変わらない。かつ、技術開発のトレンド（ウェーブ）自身が、製品開発のレベル、流れを形成していく面も大きい。

ところで、実際の作業工程をみると、図表 10 が示すように、「線形モデル」は多くの場合、部品やサブシステムの下請け企業（米国ではパートナー企業という）に依存している。それは、市場ニーズの変化に対応した急な製品仕様の変更を難しくする面がある。例えば、HP 社は毎年数十億ドルもの部品を注文しているが、それらの部品は製品の時期に合わせて予め設計する必要がある。土壇場の設計変更には高いコストがかかり、新製品の出荷が遅れる可能性がある。互換部品を取り入れることもできるが、Apple iPhone などの新製品は設計が革新的であり、部品を他で調達することは困難である。そして何より時間がかかる。

その解決策として、最近特に動きを早めているのが企業買収（後述）である。新製品で新市場に乗り込むという積極策も含めて、「線形モデル」に機動性を持たせている。

図表 10 商品化・事業化の「線形モデル」



出所：SBF Inc.

ところで、ここにきて、新しいモデルも提唱されている。1980年代に日本やアジア各国で大手製造企業が増加したことにより、突如として供給力が需要を上回ったために、生産能力や在庫が余剰し、価格競争や企業整理が発生した。在庫を減らすために、トヨタ社は「無駄のない製造 (lean manufacturing)」、Dell Computer 社は「出来合いか注文 (built-or-order)」方式を導入したが、これら「線形モデル」の補強策は、製造企業の過剰生産能力という問題を根本的に解決するものではない。中国、東ヨーロッパやインドにおける新工場は生産能力をさらに拡大し、余剰を悪化させている。解決には新しい事業モデルが必要である、と。

## 「循環モデル」 Cyclical Model

オープンソースのソフトウェアでは「循環モデル」を早くから採用している。需要けん引型と対話的な循環を強調するこのモデルでは、提供企業は先ず顧客に意見を求め、製品に対する反応を試してから生産に取り掛かる。新しい製品やサービスは、顧客との対話を繰り返しながら、共同開発される。「循環モデル」は、供給圧力型 Supply-push モデルと需要けん引型 Demand-pull モデルの均衡をより効果的に保つことを目指している。

数百万行のコードを開発する代わりに、開発者は一部のコードを公開して多くの開発者から意見を求め、開発者はパッチや修正を追加する。時間が経つにつれて、ソフトウェア製品の完成度が増していくのである。サーバ市場において、Linux は低コストと素早い更新で Microsoft 社に対抗している。Linux コミュニティでは、数百万人ものプログラマーが常に新しいパッチ、プログラムやアプリケーションをリアルタイムに共有している。そのため、Linux ソフトウェアは毎年、何千回も「循環」される。

「循環モデル」はこのようにソフトウェア、IT サービスやソリューションに有効である。企業は「循環モデル」を導入することにより、製品やサービスを需要に合わせて素早く変更し、更新・発展させ続けることができる。新しい機能や用途について、ユーザからの要望を取り入れることもできる。例えば、Microsoft 社や Adobe Systems 社はオンラインでソフトウェアの更新を提供し、市場での新たな需要、ウィルスや新機能に対応している。このように、ソフトウェアや IT サービスの開発は長期に渡って反復循環する、1バージョンの更新過程となりつつある(例：バージョン 1.0、1.1、1.2... )。

Web 製品やサービスの開発ツールは、シリコンバレーのハードウェアやソフトウェア企業の事業拡張を目覚しく変革している。シリコンバレーの企業は工場を持たない代わりに、一部企業では、世界中の企業や連携企業に製造を委託する過程で、インターネットを用いて「線形モデル」に「循環モデル」的発想と手法を取り込みつつある。

## 2. シリコンバレーにおける意味、影響

図表 11 が示すように、「線形モデル」は今もって強く、世界中で利用されている。シリコンバレーにある多くの企業では、アウトソーシングや企業連携によってコストを削減し、製品化まで

の時間を短縮している。重要な業務（財務、世界事業戦略、営業戦略等）は企業内で行い、他の作業についてはアウトソーシングしたり、連携企業に委任したりしている。その結果、「線形モデル」は無駄が少なく、より合理的になっている。

しかし、供給圧力型の「線形モデル」は、確かに製造やサプライチェーンの管理（SCM: Supply Chain Management）で無駄をなくしたとしても、そもそもの長い開発時間と相まって、世界需要の急激な変化への素早い対応という面で難がある。需要のない製品やサービスに多額の資金を投資する結果にも陥りやすい。

この問題を解決するために、シリコンバレーにある多くの企業では「循環モデル」を導入して、製品やサービスを顧客と共同で開発している。リアルタイム、対話循環型の「循環モデル」を導入すると、需要に応じた製品を素早く合理的に開発することができる。新しいインターネット技術や連携ソフトウェアは、新しいリアルタイムの事業モデルを作り出す。

図表 11 グローバル化された「線形モデル」

	自社	外部委託	パートナー企業
資金調達	CFO		
経営 (法律、会計)	法律顧問	法律事務所	
	監査部門	大手会計事務所	
基礎研究	コアテクノロジー	大学	新興海外市場
開発	シリコンバレー	新興企業	新興海外市場
製造			低コスト地域
マーケティング	世界展開		米国市場
	米国市場		新興海外市場
営業	世界展開		米国市場
	米国市場		新興海外市場
流通販売	世界展開		米国市場
	米国市場		新興海外市場
顧客サービス	世界展開	米国市場	新興海外市場
			低コスト地域

出所：SBF Inc.

それでは、「サンク コスト（sunk cost、既に支出が済んでおり、回収の可能性がないコスト）」や部品・サブシステムの製造準備期間が深く関わるハードウェア業界に、「循環モデル」は適用できるのか。シリコンバレーにある多くのハードウェア企業では、以下のように「循環モデル」の長所を取り入れて「線形モデル」を改良している。

- たくさんの新しい Web コラボレーション・ツール、システム（オープンソース・コミュニティ、wiki、コラボレーションソフトウェア、フォーラム、インスタントメッセージなど）や電話を使用して、研究開発と製品・サービスの開発をリアルタイムに連携させる。Webex を使用すると、ビデオ会議を行うことができる。Skype などの VoIP 企業は電話、インスタントメッセージ、電子メールやテレビ会議を提供している。
- BPO（Business Process Outsourcing、企業が主要事業以外の業務を専門業者に委託すること）やリエンジニアリングは「線形モデル」の流れを改善し、SAAS（software as a service、サービス型ソフトウェア）や SOA（service-oriented architecture、サービス指向型アーキテクチャ）などの新しい Web 技術やサービスを用いて「循環モデル」の対話性・双方向性を取り入れている。
- オンラインの 3D CAD 委託サービスを利用して、ハードウェア製品を素早く試作する。  
([www.cadground.com](http://www.cadground.com)や[www.onlinecad.net](http://www.onlinecad.net)などが増加している)
- インターネット上でサプライチェーンを管理することにより、少量生産のアウトソーシングが進んでいる。製品開発企業は[www.globalsources.com](http://www.globalsources.com)などのサイトを使用して、委託先の企業を簡単に探すことができる。これらの Web サービスを使用することにより、小規模の製品開発企業はコストをかけることなく、大企業のように事業を運営できるようになる。
- Facebook や Second Life アプリケーションの開発企業の協力を得て、サービスを素早く試作する。

シリコンバレーにおいて、重点事業領域が、ハードウェアのデザイン・設計から 3S（ソフトウェア、サービス、ソリューション）へ移行するに従って、開発者とユーザ間のリアルタイムな「循環モデル」がより適したものになっているという面はある。シリコンバレーの企業は競って「次の新しいもの」を探しており、これは、より迅速で向上された事業モデルの探求に拍車をかけている。ハードウェア向け主体の「線形モデル」は今後も引き続き利用されるが、「循環モデル」の影響も受けながら変貌を遂げつつある。

### 3. 最近の傾向と例

シリコンバレーにある多くの企業グループに見る「循環モデル」的な動きは下記のとおり。

- Linux： 拡大中のオープンソース・コミュニティでは、企業の協力を発展させる新しい「循環モデル」を開発している。( [www.sourceforge.net](http://www.sourceforge.net)、ZD net、Zimbra など)
- クラスタ化： IBM、HP、Sun、Dell の各社では「クラウドコンピューティング (cloud computing)」の使用を進めている。これは、コンピュータの性能や記憶装置を強化して、



研究開発や新しい製品・サービスの開発をリアルタイムにオンラインで連携できるようにする<sup>43</sup>。

- Google Enterprise Professional Program: 企業の統合、ソリューションのカスタム化、補完的な製品、訓練に加えて、連携企業（統合企業、顧問、ソフトウェア企業）との共同作業を提供する。<http://www.google.com/enterprise/gep/index.html>
- Facebook アプリケーションの開発企業: Facebookプラットフォームを利用したオンライン連携用のアプリケーションを作成している。<http://developers.facebook.com/>
- Web 連携ツール: Capterra 社ではWeb連携ソフトウェアを紹介している。<http://www.capterra.com/web-collaboration-software>
- 新製品の開発: Centric Software社ではオンライン ツールを提供している。[http://www.centricsoftware.com/default.asp?url=products&section=new\\_product\\_development](http://www.centricsoftware.com/default.asp?url=products&section=new_product_development)

#### 4. 強み、課題

- 迅速で資本効率の高い「循環モデル」は、シリコンバレーの企業がインターネット・サービスやツールを用いて、研究開発や製品・サービスの開発を迅速に行えるようにする。小規模のハードウェア設計企業は、大手企業と競争できるようになる。
- 「循環モデル」や改善された「線形モデル」は、必要な資本投資を軽減できる。シリコンバレーの企業は主要な技術や製品・サービスの革新（Innovation）に専念し、他の作業を世界中の企業に委託することができる。
- 「循環モデル」は、顧客や連携企業と緊密に協力することを企業に余儀なくさせる。企業が一方的に製造して出荷する代わりに、すべての事業は世界的な連携構造になりつつある。
- シリコンバレーは人材、技術、資本や企業連携を利用して、従来よりも速く新分野に参入し、収益を得ることができる。シリコンバレーの企業は中国やインドを脅威ではなく、膨大な市場や国際的な連携先だと考えている。
- 「線形モデル」はシリコンバレーにある古参の製造企業で普及しており、新興ハイテクベンチャー企業の MOT プロセスも、基本的にはそのような大手企業の製品開発モデルと連動した「線形モデル」が基本になっている。先述したように、M&A などによって、より柔軟

---

<sup>43</sup>[http://www.news.com/IBM-to-push-cloud-computing%2C-using-data-from-afar/2100-1007\\_3-6218642.html?tag=item](http://www.news.com/IBM-to-push-cloud-computing%2C-using-data-from-afar/2100-1007_3-6218642.html?tag=item)

かつ大胆な「R&D」手法も普及し、上記の企業間リアルタイム開発連携も、今の「線形モデル」的な開発工程を否定するものでもない。

## 5. 将来の展望と課題

- 新しい「循環モデル」手法の導入が、シリコンバレーの企業すべてにとって、現実感があるとは思えない。特に、要素技術開発から積み上げていく、すでに確立されたハードウェア製品開発工程とは次元を異にする面もある。
- シリコンバレーには社員が100人以下の小企業、ベンチャー企業が多く、先述したように、これら企業の潜在顧客でありパートナー先である地元、そして海外の大手・中堅企業は、依然として「線形モデル」を中核に製品開発を行っている。「循環モデル」手法のみが、「線形モデル」の対立概念として今後市場を席卷するというのは考えにくい。
- その意味で、基礎研究、要素技術開発を経て製品開発に落とし込んでいくハイテク・エレクトロニクス分野、さらに、ナノ、バイオテクノロジー分野などは「線形モデル」中心、技術・製品開発にそれほど時間を要しない、またはオンライン上での同時開発連携になじむソフトウェア、ソリューション・サービス領域は「循環モデル」中心、という棲み分けが進む可能性も大きい。今後、これらの融合概念検討と実際の現場での工夫が進んでいく。

そもそも、技術・事業シーズ発志向の強いシリコンバレー新興企業も、最近、特にバブル崩壊以降、VC投資スタンスも反映して、経営スタイルは実際の製品・売り上げ重視になってきた。それは、シリコンバレーの新興企業も従来以上に、発展段階の上での「産業化」志向を強め、より市場寄りの、マーケティング感覚重視になっていることでもある。その意味で「循環モデル」がもつ市場重視発想は、Web. 2.0 的な潮流との関わりにとどまらず、確かにオリジナル・シリコンバレーの進化という面を感じる。それは、実は当地の先輩新興企業の代表であり、大手企業側にいるHP、そして最近インテルまでもがマーケティング系の人物をはじめてCEOに据えたことに象徴的に現れている。

## 第7章 カリフォルニア州の取り組み

カリフォルニア州はアーノルド・シュワルツネッガー州知事の下で、科学、技術と事業における競争力を促進してきた。シュワルツネッガー州知事の任期中に可決した最も先見的な法案は、カリフォルニア州を幹細胞研究の世界的な主導地にした「住民投票事項 71 : Proposition 71<sup>44</sup>」である。ウィスコンシン大学や京都大学による皮膚細胞についての発見で、研究方針の見直しを迫られているとは言え、特定テーマ領域に対する戦略的な意思決定プロセス、それに伴う実際の資金供給体制は、産業クラスター政策に係る政府の取り組みを考える上で大いに注目に値する。

---

<sup>44</sup> <http://www.smartvoter.org/2004/11/02/ca/state/prop/71/>

## 1. 背景と分析

カリフォルニア州は長年に亘って、その科学・技術や産業振興を率先しており、この体制は2000年以降、大幅に強化されてきた。1960年代におけるパット・ブラウン州知事の任期当初から、州政府は教育、公共基盤や環境保護に対して積極的に投資し、人口の急増に対処してきた。

シュワルツネッガー州知事は、これまでも技術振興を推進してきたが、現在では科学や技術を重視すると共に、環境保全活動も強く推し進めている。2006年12月に、シュワルツネッガー州知事は以下の4構想に対して9,500万ドル<sup>45</sup>の投資を提案している。

- ヘリオス プロジェクト (Helios Project)<sup>46</sup>： 州は、カリフォルニア大学 Lawrence Berkeley National Laboratoryにおける環境に優しいカーボン・ニュートラルなエネルギーの開発に対して、3,000万ドルの歳入担保債を発行した（植物由来の原料の場合、燃焼が炭酸ガスを放出しても、炭酸ガス中の炭素は元来植物が光合成によって大気中の炭酸ガスから取り込んだものであり、大気中の炭酸ガス濃度は常に一定に保たれる。このような炭素循環の考え方をカーボン・ニュートラルという）。
- Energy Biosciences Institute： British Petroleum (BP) 社は、カリフォルニア大学バークレー校<sup>47</sup>がリードし、Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)とイリノイ大学アーバナ/シャンペーン校とも組んでやっている低炭素エネルギーの開発に5億ドルを資金援助。企業が大学での研究に対して資金供与を行う事例の先駆けとなっている。これについて、すべての団体が満足しているわけではない。この契約について、サンタモニカ市にあるFoundation for Taxpayer and Consumer Rightでは、企業の極秘研究を学内に持ち込むことにより「大学の公教育に対する責務を脅かす<sup>48</sup>」と批判している。企業から資金援助を受けている他のプロジェクトについても、大学の独立運営が疑問視されているため、大きな問題となってきている。スタンフォード大学の教授会では最近、たばこ会社から資金を受け取ることについて議論している。
- California Institutes for Science and Innovation (CISI)<sup>49</sup>： 州の一般基金 (General Fund) から1,980万ドルの資金援助を受けている。CISI研究所は当初から、民間や連邦政府から10億ドル以上の資金を調達しており、これは州政府からの初期投資4億ドルを大きく上回る。このように、カリフォルニア州では、州として科学技術への財政支援を増やしたり助成金を上乗せたりすることは、最終的に企業や連邦政府の資金援助を奨励するのに有効だと考えている。呼び水効果である。

---

<sup>45</sup> <http://gov.ca.gov/press-release/5004/>

<sup>46</sup> [http://www.lbl.gov/msd/helios\\_site/index\\_helios.html](http://www.lbl.gov/msd/helios_site/index_helios.html)

<sup>47</sup> [http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/02/01\\_ebi.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2007/02/01_ebi.shtml)

<sup>48</sup> <http://www.sfgate.com/cgi-bin/article.cgi?f=c/a/2007/11/15/BAABTCDKK.DTL>

<sup>49</sup> <http://www.citris-uc.org/partners/cisi>

- ペタスケールコンピュータ： 州政府は助成金の上乗せを 500 万ドル増加して、カリフォルニア大学が 2 億ドルをかけてペタスケールのコンピュータを構築できるようにする。戦略的に見て、これはカリフォルニア州の事業や大学の競争力を大幅に強化することになる。

2007～2008 年度の予算において、シュワルツネッガー州知事はカリフォルニア州にあるすべての公立大学や短期大学の教育費予算を 197 億ドルに増加<sup>50</sup>することを提案している。また、カリフォルニア大学では、2008 年から 2010 年までに優秀な科学や数学の教員を 1,000 人以上養成する<sup>51</sup>ことを目標としている。これは現在の教員数に比べて 4 倍以上の増加となる。

[http://www.cirm.ca.gov/meetings/pdf/2006/12/120706\\_item\\_7.pdf](http://www.cirm.ca.gov/meetings/pdf/2006/12/120706_item_7.pdf)

大きな科学プログラムの一つとしては California Institute for Regenerative Medicine (CIRM)<sup>52</sup> があり、州政府は、債券を基に 30 億ドルの助成金を交付して、今後 10 年間の胚幹細胞や他の生化学研究を援助する<sup>53</sup> (他の幹細胞プログラムはコネチカット州で行われている)。CIRM は、裕福な事業家が州の政策決定に影響する典型的な例であるとも言える。パロアルト市の不動産開発業者であるロバート・クライン氏<sup>54</sup>、ジョン・ドアー氏 (ベンチャー・キャピタリスト)、ビル・ゲイツ氏など、CIRM は産業界における主要な指導者の働きかけにより可決された。

これは、州政府方針の立案時に主要な政策案について直接住民投票が行われ、この時期に強力な運動が行われたためである。反対派は CIRM の合憲性を問題としたが、2007 年の初めに敗訴している。現在までに、169 の幹細胞研究者に対して 1 億ドル以上の助成金が拠出されている。

ところで、ウィスコンシン大学と京都大学による皮膚細胞クローニングの発見は、生命工学専門家の間で科学が政治を左右することの是非について疑問を投げ掛けている。皮膚細胞の研究が倫理問題に抵触しなかったことなどから、CIRM は新しい発見を踏まえて科学目標を見直す必要がある。しかし、皮膚細胞遺伝子の任意の場所に挿入されたウィルスは、時として癌に繋がる突然変異を引き起こす<sup>55</sup>ため、幹細胞の代わりに皮膚細胞を内科的治療に用いるには、より多くの研究が必要であろう、との見方がなお一般的である。また、CIRM が皮膚細胞を前提に研究の優先順位を変更しない場合には、法的な異議申し立てが行われる可能性がある。

---

<sup>50</sup> <http://gov.ca.gov/issue/specifics/2007-08-budget-higher-education>

<sup>51</sup> <http://www.ucop.edu/planning/apcfiles/apc70.html>

<sup>52</sup> <http://www.cirm.ca.gov/>

<sup>53</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/California\\_Institute\\_for\\_Regenerative\\_Medicine](http://en.wikipedia.org/wiki/California_Institute_for_Regenerative_Medicine)

<sup>54</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Robert\\_N.\\_Klein\\_II](http://en.wikipedia.org/wiki/Robert_N._Klein_II)

<sup>55</sup> <http://www.sciencenews.org/articles/20071124/fobl.asp>

## 2. シリコンバレーに対する影響

シリコンバレーは教育、科学、技術や環境問題について、連邦や州政府の方針に常に大きく影響されている。世間一般の考えとは裏腹に、1960年代や1970年代にシリコンバレーを形作ったのは民間の投資家ではなく、政府機関であった。ほとんどは公表されていないが、米国防総省は委託研究に対して毎年数十億ドルを費やしている。また、国土安全保障省は財政的な支援を拡大している。NASAによる支援は、1960年代のアポロ計画と1990年代のスペースシャトル計画以降に増減しており、現在は減少している。9月11日のテロ後の景気後退、グローバル化や移民の急増を背景に、2000年以降の科学、技術や環境方針・プログラムにおいて、カリフォルニア州の影響力が拡大している。その結果、シリコンバレーは連邦や州政府から、より多くの資金援助を受けている。

カリフォルニア州政府の方針はシリコンバレーに対して、以下のような影響を与えてきた。

- **教育方針**： 1960年代以降、公立学校向けの資金に関して、州政府の決定権がさらに拡大している。資金援助制度は巨大で非効率的な官僚制度となり、地域政府の教育委員会の決定力が奪われている。その結果、1965年以降に移民が激増していることも手伝って、カリフォルニア州の義務教育では、学生1人当たりの支出とテストの成績が米国全体でほぼ最下位となっている。一方、カリフォルニア大学の各校は世界中の大学<sup>56</sup>でも上位を占めている。カリフォルニア州にある大学、短期大学、幼稚園から高校までに対して、カリフォルニア大学（UC Regents）や州の教育委員会は非常に大きな影響力を持っている。
- **科学基金**： 2000年以降、カリフォルニア州は科学基金を拡大し、California Institutes for Science & Innovation<sup>57</sup>を利用して、BPプログラムなど、企業からの資金援助を集めている。財政赤字を背景に、州政府は、一般企業や連邦政府、世界中の連携企業を通して他国政府基金からさえ積極的に資金援助を集めることに重点を絞っている。カリフォルニア州は、革新地域として経済を先導しており（国内総生産に関して）、大型の対外投資を集めることが出来る。特にアジアや中東などの世界資本市場において流動資金が過剰になっており、研究開発に対する民間の資金援助も世界規模で増加している。カリフォルニア州のVCその他投資家はパートナーシップを通して、世界中の資金源を利用することが出来る。

---

<sup>56</sup> <http://www.arwu.org/rank/2007/ranking2007.htm>

<sup>57</sup> <http://www.ucop.edu/california-institutes/about/about.htm>

**QB3** (UCSF, UCB, UCSC)  
California Institute for Quantitative  
Biomedical Research

**Calit2** (UCSD, UCI)  
California Institute for  
Telecommunications  
and Information Technology

**CNSI** (UCLA, UCSB)  
California Nanosystems Institute

**CITRIS** (UCB, UCD, UCM, UCSC)  
Center for Information Technology  
Research in the  
Interest of Society

- 生命科学に対する倫理： 幹細胞の研究や遺伝子組み換え食品は、保守派や環境保護主義者から強い反対を受けている。生命科学の研究が増すに従って、生命工学やナノ技術に関する方針やプログラムについて、カリフォルニア州は世間から厳しく監視され、他の世界地域を先導していくことになる。
- 地球温暖化と環境： 大気質や水質について、カリフォルニア州は米国でも厳しい規制を行っている。自動車の燃料効率、無炭素放出、ナノ排出規制、代替エネルギーやライフスタイル、その他の技術や構想に関して、カリフォルニア州は今後も新しい法律や規制を提案する見込みである。

### 3. カリフォルニア州の取り組みの強み、弱み

#### 強み

- シュワルツネッガー州知事やシリコンバレーの指導者は、新しい科学や技術を促進するべく積極的に活動している。共和党员であるシュワルツネッガー州知事は開発推進派だが、カリフォルニア州の企業を大きく成長させる可能性を踏まえて、最近ではさらに環境保全技術の普及を促進している(例:太陽光発電 <http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/>)。州政府が率先して、科学技術や社会的ニーズ、トレンドを先取りして、戦略的に動いている。
- カリフォルニア大学各校、スタンフォード大学や南カリフォルニア大学は、世界でも優れた研究・教育機関であり、新しい研究開発プログラムには理想的な場所である。的確なプロジェクトを提供することにより、大学は世界中から優れた研究者を集めることができる。そして毎年、何万人もの優秀な学生が卒業している。カリフォルニア州は科学、工学や経営の人材を育成する主要な地域の一つである。特に、州はUCシステム(カリフォルニア大学)としては州内の科学技術研究、そして産業振興シーズを積極的に推進している<sup>58</sup>。

---

<sup>58</sup> <http://ucdiscoverygrant.org/>

- 州政府の政策立案者や政治家、特にシリコンバレーにおけるJoint Venture Silicon Valley<sup>59</sup> や Silicon Valley Leadership Group<sup>60</sup>などは、カリフォルニア州の競争力の強化に繋がる法律を積極的に立案して後押ししている。
- シリコンバレー、ロサンゼルス、アーバイン、サンディエゴや他の世界各地など、地域同士の競争関係が刺激となり、地域産業振興について革新的な発想を生み出す。先述したCIRMにおいて、シリコンバレー（サウス・サンフランシスコ）とサンディエゴ地域が競争したのは有名である。
- カリフォルニア州の人口は民族文化的に多様であり、大きな長所となっている。中国、タイ、ロシアやフランスなどの民族的背景を持つ事業家は母国との繋がりを維持しており、多くの国では法律ではなく、個人的な繋がりを基に取引が行われるため、事業を円滑に展開することができる（「第5章 シリコンバレーのグローバル化」参照）。

## 弱み

- 米国全体の国土安全保障省や移民政策は、優秀な学生や研究者が米国に来ることを抑制している。一方、ヨーロッパやオーストラリアなどの国ではこれを奨励している。人材や投資対象が世界各国へと移動していくため、シリコンバレーはH-1ビザの発行が緩和されない限り、競争力を失う可能性がある。
- カリフォルニア州では、義務教育段階で英語力に乏しく両親が初等教育しか受けていないような移民や二世の増加が問題となっている。州政府や地域の学区では、教育レベルを向上するために、資金と教師の育成を必要としている。STAR (Standardized Testing and Reporting)<sup>61</sup> システムでは、州全体においてテストの成績が向上しているが、他の州に追い付くには成すべきことがいまだ多い。
- 住宅費が高額であるため、シリコンバレーの企業は他の地域から人材を雇用し難い。都市の空き地に住宅を建設することで多少の住宅は供給できるが、住宅を購入できるのはシリコンバレーの住民の18%以下である。
- サブプライム住宅融資の崩壊と2008年度の景気後退見込みにより、州予算が縮小され、州政府は教育への投資が難しくなる。これは、カリフォルニア州にとって長期的な妨げとなる。

<sup>59</sup> <http://www.jointventure.org/>

<sup>60</sup> <http://www.svlg.net/>

<sup>61</sup> <http://star.cde.ca.gov/>

#### 4. 将来の展望と課題

カリフォルニア州は、住宅融資の問題、州の緊縮財政、厳しい移民政策や国際競争など、長期的な課題はあるが、世界でも優れた大学、公立教育機関におけるテスト成績の向上、VCやエンジェル投資家の膨大な資金、民族文化の多様性・開放性から、長期的に繁栄すると見込まれる。ある意味で、カリフォルニア州は究極の「開放体系（open system）」であり、世界中から集まった優秀な人材の恩恵に与っている。

それでもなお、カリフォルニア州は産業、政府、教育、科学や環境に関して深刻な課題を抱えている。

- 産業
  - 特にインドや中国など、国際競争が激化している。
  - 企業や業界のライフサイクル（半導体、PCなど）が成長しきっている。
  - 膨張を続ける投資資金に対し、優良投資対象が枯渇気味で、特定の人気キーワード分野や有名起業家のベンチャー企業に投資が殺到する傾向がある。
  - 生命工学、ナノ技術や環境保全技術プログラムにおいて、国際競争が激化している。
- 政府
  - 景気後退により州予算が縮小し、教育予算が緊縮される。
  - 今後10年間に団塊の世代が退職するにつれて、公的年金制度が拡大され、地域や州政府にとって予算上の負担となる。
- 教育
  - 公立学校の教育成果が、他の州や国に遅れをとっている。
  - 団塊の世代にある数学や科学の教官が今後5～10年間に退職する。
- 科学
  - 企業出資によるカリフォルニア大学の委託研究は合法性に問題がある。
  - 生命工学、ナノ技術や環境保全技術について、実験に潜む危険性が反発を招いている。
- 環境
  - エネルギー価格の上昇により、産業や地域を改革する必要性が生じる。
  - 地球温暖化が干ばつや給水制限を招く。
  - 都市部の人口密度がさらに増加し、カリフォルニア州では炭素放出を減少させるための抜本的な対策が必要となる。



上記の課題には構造的な側面が多く、条件がかなり恵まれているカリフォルニア州にとっても、これらを解決することは非常に困難であるが、経済面では、内外の多くの大手企業が、「社外にあるもう一つの研究開発施設(outdoor R&D lab)」として、シリコンバレーを新技術開発、製品企画、その事業化推進の拠点と位置付けている。その結果、シリコンバレーはじめ、LA 地域、そしてサンディエゴ地域合計で、カリフォルニア州全体では、全米の VC 投資資金のほぼ半分が集積する、米国内でも突出した存在となっている。その成功を支えている同州の取り組みは今後とも注目したい。



## 第Ⅱ部 産業分野別 IT ビジネス動向

### 目次

概要 .....	293
第1章 半導体産業 .....	295
1. 市況概観 .....	295
2. シリコンバレーの主要半導体企業動向 .....	296
(1) Intel Corporation.....	297
(2) AMD.....	299
(3) その他シリコンバレー半導体ベンチャー企業動向 .....	300
参考資料.....	302
第2章 半導体装置産業 .....	303
1. 市場概観 .....	303
2. 主要企業動向 .....	304
(1) Applied Materials.....	306
(2) KLA-Tencor.....	307
(3) LAM Research.....	308
3. 次世代動向 .....	308
参考資料.....	309
第3章 EDA産業 .....	311
1. 市場概観 .....	311
2. シリコンバレー主要企業動向 .....	313
(1) Cadence Design Systems.....	313
(2) Synopsys.....	314
(3) Magma.....	315
3. 次世代動向 .....	316
参考資料.....	317
第4章 組み込み産業 .....	318
1. 市場概観 .....	318
2. シリコンバレー主要企業動向 .....	319
(1) Achronix Semiconductor Corp.....	319
(2) Cambrios Technologies Corp.....	320
(3) Emotiv Systems Inc.....	320
(4) InvenSense Inc.....	321

(5) P. A. Semi Inc. ....	321
(6) Tiler Corp. ....	322
参考資料.....	323
<b>第5章 データベースシステム産業 .....</b>	<b>324</b>
1. 市場概観 .....	324
2. 主要企業動向 .....	325
(1) オラクル.....	325
(2) IBM.....	327
(3) マイクロソフト.....	327
3. オープンソース製品 .....	328
(1) MySQL.....	328
(2) Firebird.....	329
(3) PostgreSQL.....	329
(4) Xindice.....	330
4. その他の製品 .....	331
(1) XMLデータベース.....	331
(2) Cache.....	331
5. 次世代動向 .....	332
参考資料.....	333
<b>第6章 ネットワーク産業 .....</b>	<b>334</b>
1. 市場概観 .....	334
(1) ネットワーク機器.....	334
(2) ネットワークサービス.....	335
(3) セキュリティ.....	338
2. 主要企業動向 .....	340
(1) シスコ・システムズ.....	340
(2) ジュニパーネットワークス.....	341
(3) NetGear.....	342
(4) トロポス・ネットワーク.....	342
(5) ベルエア・ネットワーク.....	342
(6) iPass.....	342
(7) ノーテル.....	342
(8) シマンテック.....	343
(9) マカフィー.....	343
3. 次世代動向 .....	343
(1) ネットワーク機器.....	343
(2) ネットワークサービス.....	344
(3) セキュリティ.....	344
参考資料.....	345

第7章 近距離無線通信技術産業	346
1. 市場概観	346
(1) UWB (Ultra Wide Band)	347
(2) IEEE802.11n	347
(3) Bluetooth	348
(4) ZigBee	348
(5) Wibree	348
(6) NFC	349
2. 主要企業動向	349
(1) フリースケール・セミコンダクタ	349
(2) テキサス・インスツルメンツ	350
(3) モトローラ	350
(4) 新興企業	350
3. 次世代動向	353
参考資料	355
第8章 オープンソース産業	356
1. 市場概観と主要機能プログラム	356
(1) オペレーティングシステム	356
(2) デスクトップ環境	358
(3) ウェブブラウザ	358
(4) オフィスソフト	359
(5) プログラミング言語	359
(6) アプリケーションサーバ	361
(7) Webサーバ	362
2. シリコンバレー主要企業と団体動向	364
3. 次世代動向	367
参考資料	367
第9章 Web2.0産業	368
1. 市場概観	368
(1) ブラウザの発達	369
(2) Webサービス	370
(3) Webページ作成技術	370
(4) 画像関連技術	370
(5) インタフェース	371
2. 主要企業動向	371
(1) AMAZON	371
(2) REARDEN Commerce	372
(3) MySpace	372
(4) Facebook	373

(5) OpenSocial .....	373
(6) YouTube .....	373
(7) Linden Lab .....	374
(8) STUBHUB .....	375
(9) Meebo .....	375
3. 次世代動向 .....	375
<b>參考資料</b> .....	<b>377</b>

## 概要

ここでは、半導体、半導体装置、EDA(Electronic Design Automation)、組み込み、データベースシステム、ネットワーク、近距離無線通信、オープンソース、Web2.0といった産業分野について、シリコンバレーを中心に、米国の最新動向を調査し、次世代の動向についても分析することとした。

半導体産業については、携帯電話、PC、デジタルテレビ、MP3などの個人端末の増加によって、2004年以降、市場は安定した伸びを示しており、2007年の成長率は鈍化するものの、2008年以降も世界全体では成長が継続すると見込まれている。ただし、地域別市場占有率を見る場合、2006年から2009年までアジア市場の割合が拡大する一方、北米、欧州、日本市場ともそれぞれ1%程度市場が減少すると予測されている。半導体装置産業については、2008年の成長率はマイナスに転じるものの、2009年以降回復すると見込まれている。

EDA産業については、2002年以降、市場は安定的に成長してきている。ただし、製品分野別に見た場合、2007年第2四半期の売り上げは、CAE(computer-aided engineering)分野とICのレイアウト設計/検証分野が、前年同期比で大幅に増加する一方、サービス分野とプリント配線板/マルチチップモジュール分野は減少傾向にある。また、同期の売り上げを地域別に見た場合、北米及び欧州での売り上げが前年同期より大幅に増加する一方、日本での売り上げは減少している。

組み込み産業については、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)システムの世界全体の市場が、当面高い成長率を維持し続けると予想されており、これに伴って、MEMS用部材やMEMS製造装置の市場も拡大する見込みである。MEMS市場を支える電子機器市場も、携帯電話機、家電製品、ノート型パソコン、無線通信機器、車載電子機器向けの需要に支えられ、MEMS市場ほどではないが、堅調な伸びが期待されている。

データベースシステム産業については、データベース製品の普及時期を終えており、質的な変化の時代を迎えている。多くの企業にとってデータベースシステムを有することは当然となっており、精度、リアルタイム性、利活用の方法に重点が移っている。また、オープンソース製品の台頭によって、ユーザのコスト意識も高まっている。安定しているかに見えるデータベース市場は、近い将来の激しい動きを控えた暫定期にあるようにも見受けられる。

ネットワーク産業については、到達距離及び通信速度に優れたWiMaxの急速な普及が見込まれている中、インターネット利用者は着実に増加してきており、特にアフリカ、中東などの、これまで通信インフラの整備が遅れていた地域で急速に伸びてきている。このようなインターネットの普及に伴って、セキュリティ市場も拡大していくと考えられる。

近距離無線通信産業については、近距離無線通信インタフェースが、有線に比べ速度面で劣り、大容量データ転送には適していないこと等から、この分野の話題は最近比較的沈静化している。

オープンソース産業の分野も話題が沈静化しているように見えるが、こちらは話題先行の時期を終え、実用的なソリューションの一つとして成長してきていると言える。

WEB2.0とは、WEBの中でも比較的新しい技術を用いた新しいビジネスの在り方、考え方などを漠然と表す言葉であるが、SNS、仮想世界シミュレータなど様々なサービスが登場する中、ユーザがサービスベンダーと対等以上になるなど、Web2.0の流れの中で、ユーザは従来とは異なった役割を担いつつある。

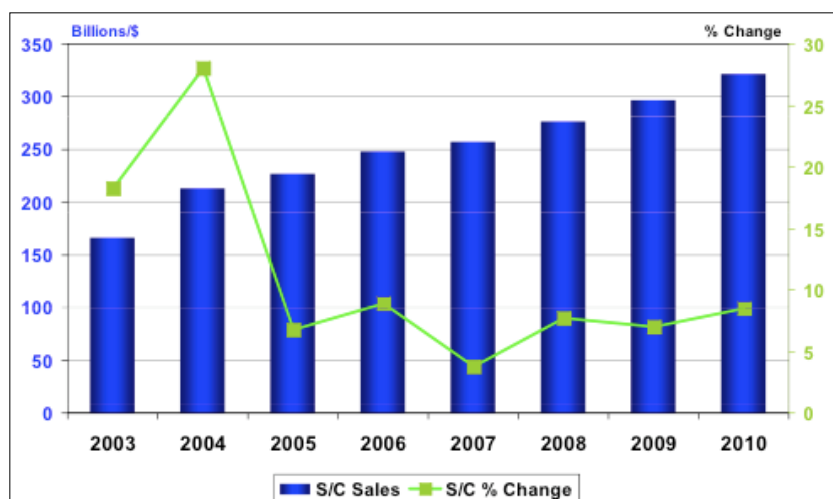


## 第1章 半導体産業

### 1. 市況概観

2007年11月14日、米国半導体工業会<sup>1</sup>(SIA)は、2007年世界半導体市場見込みと2010年までの長期予測を発表した。2007年世界半導体売上高は、2006年時の2,477億ドルから2,571億ドルへ拡大すると見込んでいる。年初予測成長率10%から下方修正する結果となるものの、2004年以降安定した伸びを示している。2008年以降、継続し堅調な市場拡大を見込む根拠に携帯電話、個人端末音楽機器などの伸びを挙げている。携帯電話出荷量が前年比8%増、PCが11%、デジタルテレビが18%、MP3などの個人端末が15%といずれもプラス成長率を見込んでいる。下記、図表1にSIA世界半導体市場規模推移と予測を示す。

図表1 SIA世界半導体市場規模推移と予測



出所： SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION

一方、世界の主要半導体企業から構成される非営利団体の”世界半導体市場統計<sup>2</sup>”が、同じく2007年11月13日、2006年から2009年までの実績と予測を発表している。この発表では、前年成長率が3.8%と鈍化した2007年に比べ、2008年は前年比9.1%増と大きく増大する予測が示されている。市場予測を地域別で捉える場合、2007年は前年比4.7%減と厳しい状況におかれた北米市場は、2008年には前年比7.2%と回復すると予測されている。日本市場は、前年比4%から5%増と安定した拡大が見込まれる一方、アジア市場は、2006年の12%代と同レベルの成長が2008年にも見込まれている。地域別市場占有率を見る場合、2006年から2009年までアジア市場は世界の47.02%から50.52%へ拡大する一方、北米、欧州、日本市場ともそれぞれ1%程度市場が減少すると予測されている。下記、図表2にWSTS地域別、製品別半導体市場規模推移と予測を示す。

<sup>1</sup> SEMICONDUCTOR INDUSTRY ASSOCIATION

<sup>2</sup> World Semiconductor Trade Statistics

図表 2 WSTS 地域別、製品別半導体市場規模推移と予測

地域別市場規模	金額 (単位 : 100 万ドル)				前年比 (%)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
北米	44,912	42,818	45,903	48,704	10.3	-4.7	7.2	6.1
欧州	39,904	41,184	43,752	46,129	1.6	3.2	6.2	5.4
日本	46,418	48,613	50,662	52,576	5.3	4.7	4.2	3.8
アジア	116,482	124,620	140,247	150,503	12.7	7.0	12.5	7.3
合計	247,716	257,235	280,564	297,913	8.9	3.8	9.1	6.2
<b>製品別市場規模</b>								
ディスクリット	16,587	16,801	18,214	18,674	8.8	1.3	8.4	2.5
オプトエレクトロニクス	16,280	15,866	17,518	18,548	9.3	-2.5	10.4	5.9
センサー	5,339	5,155	5,538	5,874	17.6	-3.5	7.4	6.1
集積回路	209,510	219,414	239,294	254,817	8.7	4.7	9.1	6.5
アナログ	36,939	36,612	40,991	42,792	15.7	-0.9	12.0	4.4
ミクロ	53,939	56,254	62,223	66,317	-1.4	4.3	10.6	6.6
ロジック	60,158	66,706	73,481	76,426	4.3	10.9	10.2	4.0
メモリ	58,473	59,841	62,598	69,282	20.5	2.3	4.6	10.7
合計	247,716	257,235	280,564	297,913	8.9	3.8	9.1	6.2

出所 : World Semiconductor Trade Statistics

2007年以降の3年間、世界半導体市場規模推移についてSIAは、2008年は前年比7.7%増の2,769億ドル、2009年は同7%増の2,962億ドルと予測し、2010年には堅調な成長を取り戻し同8.5%増の3,215億ドルへ成長するものと見込んでいる。世界半導体市場統計と比較する場合、2008年の前年比9.1%はほぼ同一傾向を示している。

## 2. シリコンバレーの主要半導体企業動向

米インテル社を筆頭に世界上位20社の半導体企業による市場占有率は、63.9%を占めている。市場全体に占める割合は、前年比5.1%増と拡大傾向を示している。2006年から20%を超える大幅な拡大を遂げている企業には、東芝、ハニクス、ソニー、クアルコムが名を連ねる。いずれもゲーム機器、携帯電話、個人端末機器向けの大きな伸びが要因とされている。2006年上位25社に含まれていたシリコンバレー企業のSpansion(2006年23位)、NVIDIA(2006年25位)は後退し、インテルとAMDの2社のみとなった。

また、国別で見ると、全体の46.2%を占める米国は、2006年比1%増とほぼ横ばい傾向を示し、世界市場の23.9%を占める日本企業が最も高い成長率を示している。図表3に世界半導体企

業別、国別売上順位を示す<sup>3</sup>。

米国の調査会社<sup>4</sup>は、シリコンバレーが世界のエレクトロニクス業界の中心地であることには変わりはないとしている。同調査会社によると、「シリコンバレーに本社を置く半導体メーカー56社の2006年の売上高は計682億ドルで、2005年の645億ドルから5.8%増加したが、世界全体の伸び率の9.6%増からは遅れをとった」とある。しかし、米Intel社を除くと、シリコンバレーの半導体メーカーの売上高は367億ドルで、2005年の290億ドルから26.4%増加しており、世界全体の伸び率を大幅に上回っている。シリコンバレーに本社を置く半導体企業の2006年の売上高は、世界全体の売上高の26.1%を占める。同社の概算では、世界の半導体企業の25%がシリコンバレーに本社を置き、そのうちの39%の売り上げは年間1億ドル以上である。

### (1) Intel Corporation

開発コード名「Penryn」で知られる次世代45ナノメートルプロセッサが、2007年11月にハイエンドパソコン向けの「Core 2 Extreme」、サーバ向けの「Xeon」として市場投入された。このプロセッサでは、トランジスター・ゲート絶縁膜にハフニウム系のHigh-k（高誘電率）材料を採用し、トランジスター・ゲート電極に複合金属材料を使用することによりリーク電流を抑え、熱といった従来からの課題が大きく改善されるとともに、電力効率も約30%改善されている。2007年10月には、工費30億ドルをかけた初の45量産施設としてアリゾナ州チャンドラーのファブ32で製造を開始されている。45ナノメートルプロセス技術対応製造施設としてはオレゴン州の開発量産施設に次ぐものとなる。同社は、2008年内に引き続き45ナノメートル量産施設をイスラエル・キリヤットガットの製造施設（ファブ28）、米国ニューメキシコ州リオ・ランチョの製造施設（ファブ11X）へと拡大していく予定である。

Xeonプロセッサを搭載した4-wayサーバ1台に複数の仮想マシン（VM）を構築し、最大32のサーバ・ワークロードを集約した実証テスト結果が発表されている。このテストは、既存のデータセンターではサーバの数が増え続ける一方で十分な使用率が確立されておらず、コストと効率が大きな問題となっていることを背景としている。拡張性に優れた性能を発揮するように設計されたXeonプロセッサを採用することにより、資本、サポート、メンテナンス、電力および冷却のコストといった点にメリットを有するとしている。同実証テストでは、VMの数がコアの数を超えると、ハイパーバイザーが利用可能なコアでVMを管理する時間を要するようになり、以後、VMの増加に伴い、処理時間は予測可能な範囲で、ほぼ直線的に増大する傾向を把握することができた。拡張性に優れたXeonでは、大量のVM実行に際し高い電力効が可能となり、24VMの時点ではジョブ当たり消費電力がほかのサーバより若干少なくなる。サポート、ストレージ・エリア・ネットワーク（SAN）、電力や冷却に関するコスト削減効果を予測する場合、データセンターで24対1の

---

<sup>3</sup> iSuppliは、2007年実績見込みを2,709億ドルと予測しており、SIAの2,571億ドルとは異なる予測を発表している。

<sup>4</sup> [http://www.edn.japan.com/content/1\\_news/2007/09/u3eqp300000172ho.html](http://www.edn.japan.com/content/1_news/2007/09/u3eqp300000172ho.html)

統合を実現することにより、直接的な運用コストを年間2万3,381ドル削減できると想定している。

2007年秋に開催された Intel Developer Forum では、45 ナノメートル製造工程を改良し製造される 32 ナノメートル回路線幅を採用した次世代プロセッサを 2009 年に出荷する計画が発表された。32 ナノメートルプロセスでは、第 2 世代の High-k メタルゲートトランジスタが採用される予定で、CPU とグラフィック機能が同じタイミングで改良されることにより 130 ナノメートル世代のチップセットと比べ 10 倍のパフォーマンスが可能になると見込まれている。

図表3 世界半導体企業別、国別売上順位 (出所：iSuppli)

企業別市場規模 (順位と占有率)	金額 (単位：米百万ドル)				成長率、市場占有率 (%)	
	2006年 順位	2007年 順位	2006年 売上額	2007年 売上額	2006年比	占有率 (全体)
インテル	1	1	31,542	33,973	7.7%	12.5%
サムスン	2	2	19,842	20,137	1.5%	7.4%
東芝	4	3	10,141	12,590	24.1%	4.6%
TI	3	4	12,600	12,172	-3.4%	4.5%
ST マイクロ	5	5	9,854	9,991	1.4%	3.7%
ハイニクス	7	6	7,865	9,614	22.2%	3.5%
ルネサス	6	7	7,900	8,137	3.0%	3.0%
ソニー	14	8	5,129	8,040	56.8%	3.0%
NXP <sup>5</sup>	10	9	5,874	6,038	2.8%	2.2%
インフィニオン	15	10	5,119	5,864	14.6%	2.2%
AMD	8	11	7,506	5,792	-22.8%	2.1%
クアルコム	16	12	4,529	5,603	23.7%	2.1%
NEC	11	13	5,601	5,555	-0.8%	2.1%
フリースケール <sup>6</sup>	9	14	5,988	5,349	-10.7%	2.0%
マイクロン	13	15	5,247	4,943	-5.8%	1.8%
Qimonda	12	16	5,413	4,186	-22.7%	1.5%
松下	17	17	4,022	3,946	-1.9%	1.5%
エルピーダ	19	18	3,527	3,836	8.8%	1.4%
ブロードコム	18	19	3,668	3,731	1.7%	1.4%
シャープ	20	20	3,341	3,584	7.3%	1.3%
上位20社計			164,708	173,081	5.1%	63.9%
他、半導体企業			95,513	97,849	2.4%	36.1%
世界合計			260,221	270,930	4.1%	100%
<b>国別市場規模</b>						
米国			123,822	125,097	1.0%	46.2%
EMEA <sup>7</sup>			31,198	31,467	0.9%	11.6%
日本			58,356	64,847	11.1%	23.9%
アジアパシフィック			46,845	49,519	5.7%	18.3%
韓国			28,117	30,176	7.3%	11.1%
台湾			12,206	12,184	-0.2%	4.5%
中国、台湾			1,118	1,117	-0.1%	0.4%

## (2) AMD

市場投入予定時期から約1年後、AMDは4コアプロセッサであるOpteronプロセッサ(コードネームBarcelona)の致命的な欠陥を認め量産出荷の時期の遅延を余儀なくされる状況においこまれている。インテルが販売を開始しているXeonやCore2 Extreme QX9650は、2つのデュアルコアチ

<sup>5</sup> NXP (旧Philips)

<sup>6</sup> 旧モトローラ半導体部門

<sup>7</sup> EMEA Europe, Middle East, Africa

ップを1つのパッケージに封入したクワッドコア・プロセッサであるのに対し、AMDは4つのプロセッサとメモリー・コントローラをひとつのダイ<sup>8</sup>に集積する方式をとっている。よって、アーキテクチャといった視点では一歩先じるAMDであるが、Barcelonaの出荷遅延は同社の出荷能力の信頼性に大きな疑問を投じることは避けられない。また、電力消費削減が迫られているデータセンター向けに同プロセッサをOEMやシステムビルダーを通じ需要を見込んでいただけに、インテルに一歩先じられる形となっている。

ちなみに、AMDのプレス発表によると、Barcelonaでは、シングルダイのシリコンに4つのx86プロセッサ・コアを搭載し、消費電力を削減しながらの整数および浮動小数点演算性能の50%向上や仮想化パフォーマンスの強化、従来と同じ消費電力と熱設計枠を保ちながらデュアルコアからクワッドコアへスムーズな移行が可能であるとされていた。なお、データセンターの省エネ化に向けた技術として、同社は、プロセッサ内部の使用されていない部分の電源を切断することによりエネルギー消費を削減するCoolCore技術、アプリケーションが必要とするパフォーマンスごとに各コアの周波数を切り替えるIndependent Dynamic Core技術、コアとメモリー・コントローラにそれぞれ独立した電力を供給し、使用状況に応じて異なる電圧で動作させるDual Dynamic Power Management技術を発表している。

2007年7月に開催された「AMD 2007 Technology Analyst Day」では、2008年にはデスクトップPC向けの次世代プロセッサ、2009年にはコードネームをFalconと名付けたノートPC向けクワッドコア・プロセッサを投入する計画を発表し、新しいサーバ向けには45ナノメートルプロセスを採用したShanghai（コードネーム）の2008年半ばの市場投入を予定している。

### (3) その他シリコンバレー半導体ベンチャー企業動向

マルチコア/マルチスレッドのMIPS64をベースとするプロセッサ企業にRAZA Microelectronics Inc.（カリフォルニア州クパティノー市）がある。デジタルコンシューマー、ワイヤレス、ネットワークおよびセキュリティ市場を対象に、低消費電力SOCや高性能プロセッサを主軸とし300MHzから1.2GHzの周波数帯域を支援するMIPS32/64ビットアーキテクチャーベースのファブレス半導体メーカーである。2002年設立後、2006年6月にはAMD（カリフォルニア州サニーベール市）と広範な戦略的提携、これを機会にRMIはAMDからMIPSベースのAlchemyプロセッサ製品ラインと関連事業を取得し、同社の製品ポートフォリオの大幅な強化を図った。従来培ってきたネットワーク市場とセキュリティ市場における実績に加え、低消費電力アプリケーションに最適化された高性能製品を擁することで、家電市場への進出を大幅に拡大することが可能となった。また、並行してAMDから出資を受けることとなる。2007年9月には、ミックスド・シグナル半導体ソリューション企業のIDT（Integrated Device Technology, Inc. 本社：米国カリフォルニア州サンノゼ市）と次世代ネットワーク・ソリューション提供に向けた提携し、次世代システムの構築に必要なツールをベンダーへ提供していく。IPネットワーク、VoIP、ワイヤレスLAN（WLAN）、3Gワイヤレス、ブロードバンド、ストレージ、ルーター、スイッチ、セキュリテ

---

<sup>8</sup>集積回路がプリントされたシリコンの小片。

イならびにテレコムアプリケーション向けの製品は、ユーザの開発費用と期間を大幅に削減できる点で注目されている。

低消費電力デュアルコアプロセッサメーカーとしては、P. A. Semi Inc. (カリフォルニア州サンタクララ)がPowerPC互換の64ビット・デュアルコア・マイクロプロセッサを販売しており、標準の消費電力が5~13Wと低く、従来品の3~4倍の電力効率を実現している。2008年には8個のCPUコアを内蔵する品種の出荷を計画している。

2008年CEA(米国家電協会)の「2008イノベーションアワード」を受賞したSiBeam Inc. (カリフォルニア州サニーベール)は、60GHz帯を使うミリ波通信用チップセットの開発している。HDMIなどが担うHDTVの非圧縮伝送を無線通信で行うことを目指している。チップセットは、CMOSプロセスを用い、130ナノメートルプロセスと見込まれている。同社は2004年に設立されたファブレスの半導体メーカーで、University of California Berkeleyの研究成果を基に発足した会社である。

プロセス技術の分野においては、ILT技術(Inverse Lithography Technology)としてOPCと比ベロールシャッターテストのような丸く分離した形状のデザインを作成してSi上に当初設計したパターンを形成する技術として注目を集めている。標準のRETソフトウェアーでは、広範なスクライプライティングと検証同様、複数の反復が必要である。が、ILT技術では、始めに目的のウェハーパターンを求め、次に目的とするSi結果を得るために、数理的にマスクパターンを決定することができる。その結果、設計全体像を分析することで、シングルパスでマスク設計を最適化することが可能となっている。Luminescent Technologies Inc. (カリフォルニア州パロアルト市)は、米Cypress Semiconductor社のSVTC(Silicon Valley Technology Center)との間で65ナノメートルノード以降のソリューションに焦点を当てた開発を行っている。65ナノメートルのFPGAにILT技術を採用し、露光特性の改善の事例などが報告されており、実用化に近づいている。

## 参考資料

July 26, 2007

AMD 2007 Technology Analyst Day

[http://www.amd.com/us-en/Corporate/InvestorRelations/0,,51\\_306\\_15086,00.html](http://www.amd.com/us-en/Corporate/InvestorRelations/0,,51_306_15086,00.html)

October 25, 2007

Intel News Release

Intel Opens First High-Volume 45nm Microprocessor Manufacturing Factory

<http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/20071025corp.htm>

November 13, 2007

WSTS News Release

<http://www.wsts.org/plain/content/download/5860/28243/file/nr11-07.v2.pdf>

November 14, 2007

SIA Forecast: Global Chip Sales Will Surpass \$321 Billion in 2010

[http://www.sia-online.org/pre\\_release.cfm?ID=455](http://www.sia-online.org/pre_release.cfm?ID=455)

November 14, 2007

SIASIA World SemiconductorForecast 2007-2010

[http://www.sia-online.org/downloads/webcast\\_0711.pdf](http://www.sia-online.org/downloads/webcast_0711.pdf)

2007年8月

仮想環境でのサーバ統合に向けた拡張性のある性能

インテル（日本）プレスリリース

<http://download.intel.com/jp/business/japan/pdf/318271-001JA.pdf>

EE Times updates list of emerging startups

September 4, 2007

<http://www.eetimes.com/news/semi/showArticle.jhtml;jsessionId=252K24ANUHZ10QSNLSCCKHA?articleID=201803916>



## 第2章 半導体装置産業

### 1. 市場概観

2007年世界半導体製造装置の販売実績見込みは、404.7億ドルと発表された。2006年の前年比23%増と比べ成長率は3%へ大きく縮小する結果となる。成長率は2008年にマイナスへ転じ、2009年以降8%代へ回復するものと予測されている。国別占有率で最も高い台湾（97.2億ドル）は、2007年時に28.9%と大きく拡大する一方、米国、日本、欧州はいずれもマイナス成長に甘んじる結果となった。

2010年に向けた市場規模は、全世界で479億9,000万ドルと見込まれ、国別市場占有率においては日本が21%から22%へ微増し、欧州が8%から7%へ後退する。また、注目度の高い中国市場は、2006年から2007年に23.8%拡大するものの、市場規模は2010年時でも30億ドルを下回るものと見込まれ、前年比成長率はマイナスに転じることとなる。

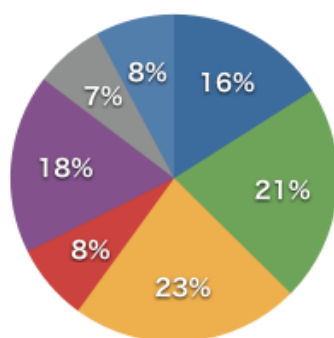
世界半導体製造装置市場をプロセス装置別で見る場合、ウエハープロセス処理装置が70%以上と最も大きく、2007年10.6%と最も高い成長率を遂げる組み立て、パッケージ装置は2010年にはマイナス成長となるものと見込まれている。その他、テスト装置、その他の装置を含めた全体的な分布バランスに大きな違いはないものと予測されている（図表4、5）。

図表4 世界半導体装置販売実績予測と長期予測（国別）

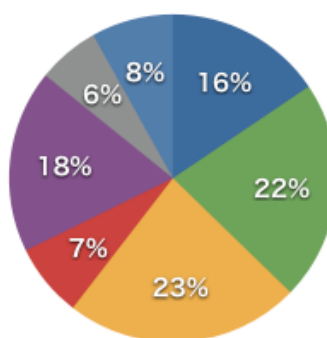
	2006年実績	2007年	成長率	2008年	成長率	2009年	成長率	2010年	成長率
北米	7.32	6.67	-8.9%	6.5	-2.6%	6.98	7.4%	7.46	6.9%
日本	9.21	8.92	-3.1%	8.9	-0.3%	9.53	7.2%	10.42	9.3%
台湾	7.31	9.42	28.9%	8.77	-6.9%	9.93	13.2%	11.13	12.1%
欧州	3.59	3.18	-11.7%	3.24	2.0%	3.38	4.5%	3.49	3.1%
韓国	7.01	7.38	5.2%	7.29	-1.2%	8.04	10.4%	8.67	7.9%
中国	2.31	2.87	23.8%	2.73	-4.6%	2.99	9.4%	2.93	-1.9%
その他	3.71	3.25	-12.40%	3.62	11.4%	3.79	4.8%	3.88	2.4%
合計	40.47	41.68	3.00%	41.05	-1.5%	44.65	8.8%	47.99	7.5%

単位：10億ドル

2007年国別販売実績見込み分布



2010年国別販売予測分布



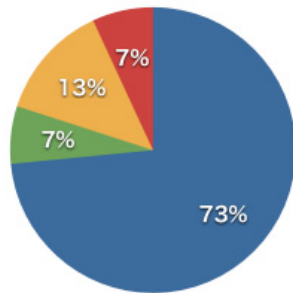
● 北米 ● 日本 ● 台湾 ● 欧州 ● 韓国 ● 中国  
● その他

図表 5 世界半導体装置販売実績予測と長期予測（装置別）

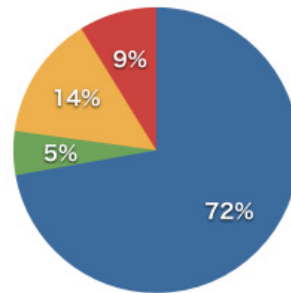
	2006年実績	2007年	成長率	2008年	成長率	2009年	成長率	2010年	成長率
ウェーハプロセス処理装置	28.74	30.61	6.5%	29.12	-4.9%	32.22	10.6%	34.64	7.5%
組み立て、パッケージ装置	2.46	2.72	10.6%	2.88	5.6%	2.64	-8.2%	2.39	-9.4%
テスト装置	6.42	5.47	-14.7%	5.91	8.0%	6.2	4.9%	6.74	8.6%
その他	2.85	2.87	0.6%	3.13	9.1%	3.59	14.6%	4.22	17.7%
合計	40.47	41.68	3.0%	41.05	-1.5%	44.65	8.8%	47.99	7.5%

単位：10億ドル

2007年プロセス別販売実績見込み分布



2010年プロセス別販売予測分布



● ウェーハプロセス処理装置 ● 組み立て、パッケージ装置  
● テスト装置 ● その他

出所：図表 4、5 とも SEMI から作成

## 2. 主要企業動向

2006年の世界半導体装置の売り上げ上位15企業は、ランキング順位の変動はあるものの、上位15社に選ばれた企業は前年と同じ企業である<sup>9</sup>。また、売り上げ上位4社は、2005年と同じ企業順位となる。最上位にあるアプライドマテリアルズは、2006年の売り上げを33.7%増と大きく伸ばし、伸び率では前年比59.3%と最も高い実績をあげたラムリサーチに次いで2位につけている。2005年7位であったラムリサーチは、2006年には5位になる。その他、2006年の成長率の高い企業は、ASML 43.6%、テラダイン 33.4%、大日本スクリーン製造 32%と、伸び率の高い上位5社のうち1社は日本企業である。上記15社の売り上げを国別占有率（日本、米国、その他）で見ると、最も高いのが米国の51.96%、次いで日本の32.48%、その他が15.56%といった内訳になる。米国は、2005年の50.44%から微増するものの、日本は35.37%から後退する結果となる。図表6に半導体装置販売上位15社、図表7に半導体装置販売上位15社 国別占有率推移を示す。

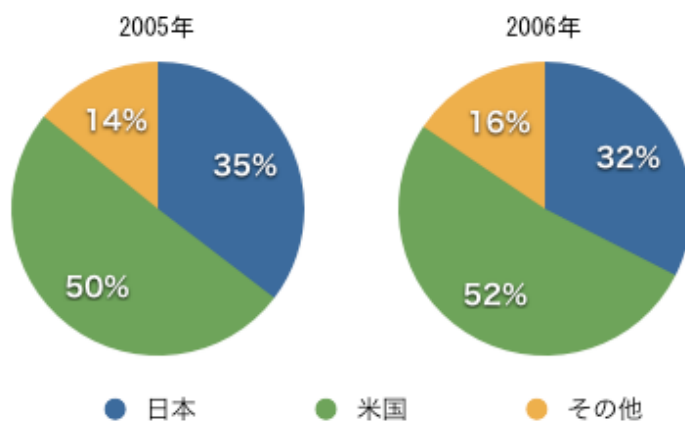
<sup>9</sup> 売り上げは装置の販売にサービス、サポートを含む。VLSI Researchの発表。毎年発表される統計であるが、2007年5月に発表された2006年度統計が最も新しい。

図表 6 半導体装置販売上位 15 社

企業名	2005年 ランキン グ	2006年 ランキン グ	2005年売上	2006年売上	伸張率 (%)	2005年占有 率	2006年占有 率	2006年 日本	2006年 米国	2006年 その他
アプライドマテリアルズ	1	1	6286	8404	33.7%	14.7%	15.5%		8404	
東京エレクトロン	2	2	4455	5072	13.8%	10.4%	9.3%	5072		
ASML	3	3	3160	4538	0.4%	7.4%	8.3%			4538
KLAテンコール	4	4	2005	2357	17.6%	4.7%	4.3%		2357	
ラムリサーチ	7	5	1382	2201	59.3%	3.2%	4.0%		2201	
アドバンテスト	5	6	1747	1906	9.1%	4.1%	3.5%		1906	
ニコン	6	7	1566	1895	21.0%	3.7%	3.5%	1895		
ノベラス	8	8	1302	1637	25.7%	3.1%	3.0%		1637	
大日本スクリーン	11	9	1002	1323	32.0%	2.3%	2.4%	1323		
キャノン	10	10	1088	1287	18.3%	2.6%	2.4%	1287		
日立	9	11	1215	1272	4.7%	2.8%	2.3%	1272		
テレダイン	13	12	814	1086	33.4%	1.9%	2.0%		1086	
ASM	12	13	819	967	18.1%	1.9%	1.8%			967
バリアン	14	14	606	786	29.7%	1.4%	1.4%		786	
東京精密	15	15	593	637	7.4%	1.4%	1.2%	637		
その他			14620	19013	30.0%	34.3%	35.0%			
合計						上位15社国別計 >>		11486	18377	5505
						上位15社国別占有率 >>		32.48%	51.96%	15.56%

出所：VLSI Research から作成

図表 7 半導体装置販売上位 15 社 国別占有率推移



出所：VLSI Research から作成

## (1) Applied Materials

2006年第3四半期(2006年5月から7月の3カ月間)決算は、NAND型フラッシュとDRAMを含むメモリの需要を受け、前年同期比で売上高が56%増加し、純利益が39%増となるほか、新規受注高も82%増と大きく伸ばしている。2007年通年の純売上高は、97億3,000万ドルで過去最高となり、2006年(以下前年)の91億7,000万ドルを6%上回る結果となった。純利益は17億1,000万ドルで、前年の15億2,000万ドルを上回るものの、新規受注高は96億8,000万ドルで、前年の98億9,000万ドルを2%下回る。当期新規受注高の地域別比率は、台湾27%、日本18%、東南アジアと中国18%、韓国14%、北米13%、ヨーロッパ10%の構成で、アジア市場の受注依存度が継続して高い数値を示している。

2007年はフラッシュメモリ分野でポジションを強化し、薄膜太陽電池事業に参入しSunFabラインへの需要を獲得、HCT社を買収し精密ソーラーウエハー製造技術を取得するなど積極的な事業展開を図っている。

45ナノメートルノード以降のCMPプロセス制御に対応したエンドポイント検出装置を発表、特許のwindow-in-pad技術を多波長分光法と組み合わせることにより、酸化膜、STI(浅溝型素子分離)、ポリシリコンなどのCMPプロセスにおいて、in situで高い終点検出性能が得られるとし、FullVisionは単波長エンドポイント技術と比べて測定精度が高く、絶縁膜プロセスでの信頼性は50%向上する。膜厚が薄くなるにつれ、CMPプロセスはより困難になり、ウエハーごとのプロセス制御精度を高めなければ適正な歩留まりを得る事ができない。FullVisionは、広帯域のスペクトル分析を通じてウエハー全面を研磨ゾーン別にモニターすることにより他の装置の2倍の精度と再現性を実現する。また、45ナノメートルノードのフロントエンド工程および液浸リソグラフィに求められる高い欠陥検出感度を備えたDUV明視野ウエハー検査装置Applied UVisionR3では、ウエハー上を走査するレーザービームの数を3倍に増やす事によりスループットを40%高速化することに成功している。

太陽電池製造ラインへ集約した著しい動きがある。2007年3月、カリフォルニア州サニーベールの同社研究施設が出力約1.9MWの太陽電池システムの設置を発表した。米国内の企業の施設に設置する太陽電池システムとしては、Google社の出力1.6MWを抜き最大級となる。今後、3段階に分けて太陽電池システムを設置し、2008年に設置が完了すると、年間で2,330MWh以上の電力発電を行うことになる。また、CVD, PVD, レーザー・スクライビングなどの各種製造装置のほかに、工場管理ソフトウェアやオート・メーション設備、太陽電池製造に必要な技術支援を含むフル生産ラインを提供している。インド Moser Baer India Ltd.に納入される製造ラインは、既存面積の4倍のガラス基板に対応し、大型化による製造効率が製造コストを削減できるとしている。

同社は単結晶シリコン(c-Si)太陽電池の製造に用いられる自動配線装置および試験装置の大手サプライヤーのバッチーニ社(Baccini S.p.A.、イタリア)の買収を11月に発表した。バッチーニ社の製品や技術を同社の半導体配線プロセスのノウハウや製造能力、研究開発リソースと組み合わせることで、先進的なc-Si太陽電池を製造する自動生産技術を提供することが可能となる。バ

ツチーニは、業界で通常用いられているウエハーよりも大幅に薄い120 $\mu$ m厚未満のウエハーを処理できる最先端のハンドリング技術を有し、この技術を利用して極薄ウエハー処理の信頼性を高めれば、現在c-Si太陽電池の製造コストの60%以上を占めているシリコン材料の使用量を最小限に抑えることができる。

同社は太陽エネルギーを完全に利用するために技術的障壁を打破したとして、有力エネルギー情報サービスのプラッツ社より2007年グリーン・エネルギー・イノベーター賞を受賞している。

## (2) KLA-Tencor

2007年(2006年7月～2007年6月)の売上高は、前年比32%増加し、地域別では米国(24%)に次ぎ日本への売り上げが22%を占める。2008年には、本格量産が見込まれる45ナノメートルラインへの歩留まり向上に向けたソリューションを提供していく。2007年の3大成果をプロセス制御の取り組みの強化、製品ラインアップの拡充、売り上げの拡大から2008年の3大目標のひとつにLSIメーカーとのさらなる協業の強化を図っていく。

リソグラフィ最適化ツールとして、Linuxで動作する「LithoWare」を8月に発表した。これは超解像技術およびプロセス条件を同時に最適化し、キャリブレーションデータ収集を最小限に抑える「PROLITH」をベースに、GDSIIファイルをロードし、複数のシミュレーション領域を選択することが可能で、OPC調整が施されたマスククリップをGDSIIファイルとして出力できる。これによりRETおよびOPCプロセスの開発期間およびコストを大幅に低減する事が可能となる。さらに、測定感度を向上させ、微細な横方向および縦方向の表面トポグラフィをモニターすることができる表面トポグラフィ・プロファイリング装置を発表した。同装置は原子間力顕微鏡に匹敵する分解能を有し、モデリング条件に依存せず開発および量産環境で信頼性のあるデータを取得することができる。システムスループットは最大40%増を実現しながら、最先端の65ナノメートルおよび45ナノメートルプロセスの微細構造のプロファイリングが可能である。

45ナノメートル世代のフォトマスク量産に対応した検査装置としては、業界初の「TeraScanHRシステム」を発表した。45ナノメートル以降のノードの微細欠陥とOPCに必要な解像度を大幅に改善し、次世代チップの検査コスト低減に繋がるとしている。新世代のウエハー欠陥レビュー及び分類装置の「eDR-500」は、解像度及び欠陥再検出感度の向上を図り、レビュー性能、歩留まり、生産性といった点で大きく改善が可能となる。既存の検査ツールと「eDR-500」を統合させることにより、45ナノメートル世代移行のファブで使用することができる。45ナノメートル世代以降、レビューツールにより生成される欠陥パレートチャートの品質は重要となる。最新世代検査ツールである281xとウエハー欠陥検査システムPuma9150の欠陥検出(50ナノメートル)と欠陥パレートチャートを組み合わせることにより、歩留まりとプロセスモニター両方で欠陥決定を行うことができる。

### (3) LAM Research

同社は2005年ランキングの7位から2006年には5位に浮上した。9月末四半期売り上げは、6億8,460万ドルに達し、前期比6月末の6億7,850万ドルをわずかに上回る結果となっている。出荷別売り上げは、アジアパシフィックが最も高く全体の38%を占め、次いで韓国の20%、北米、日本はそれぞれ18%、17%に留まっている。好調の要因として、「2300ベベル・クリーニング・システム」、「2300 Motifパターンニング・システム」、MEMS<sup>10</sup>向けディープ・シリコン・エッチング装置など新製品の順調な立ち上がり、洗浄システムのシェア拡大を挙げている。Motifは、独自のプラズマ・アシスト・プロセスを使用し、制御されたフォトレジストのホールとスペースのCD値を最大100ナノメートルシュリンクさせる事ができる。Motifプロセスはリソグラフィの後、エッチングの前に行われ、フォトレジストを転写したホールとスペースの上に薄膜を塗布する。エッチング後、Motifで形成された薄膜はフォトレジスト剥離工程で除去される。複数の半導体メーカーは、歪みSi向けにスペーサを成膜するための技術を応用しており、同社のプロセスは、よりシンプルで、基本的には室温で行え、ダブルパターンニングと統合すべくユーザと共に取り組んでいる。10ナノメートルという極めて微細なパターンを作製出来る点から22ナノメートル以降への拡張性を示している。

同社は葉式ウエハー洗浄装置を手掛けるオーストリア SEZ グループを買収することで合意が成立し、2008年3月に買収手続きを完了する予定である。今回の買収を一例に、エッチング周辺のプロセス装置の強化を図り、SEZの枚葉式ウエハー技術とLamのクリーニング技術やプラズマ技術を統合することにより、より高い競争力とニーズに応える計画にある。

### 3. 次世代動向

インテルは、ITRSの計画アウトラインにある2012年までに450ミリメートルウエハーに移行するように半導体業界に対して働きかけを行うのと並行し、International Sematechでは、450ナノメートルウエハーへの移行を円滑に進める計画を立案されている。しかし、その開発費と本来の移行の目的に対し決して業界全体の見解は一致していない。インテルは、2007年11月に45ナノメートルプロセッサ「Penryn」を発表した。その際に、移行の理由を「半導体チップ製造のコスト・カーブを維持するため」とするものの、450ミリメートルウエハーへの移行時期は未定としている。業界の牽引役となるインテルが、ウエハーへの移行時期を確定すれば、各装置メーカーは開発に必要となる対応装置の開発を余儀なくされることとなり、その際に発生する開発費の負担が問題として浮上する。この金額は各メーカーには投資回収の見込みがたっておらず、インテルも負担しないこと示唆している（同社は300ミリメートルウエハー開発の際は大きな投資支援を実施している）。このように、450ミリメートルウエハーへの移行は、チップ業界にコスト効果をもたらすものではあるが、開発費の負担が大きな壁となっている。インテルは45ナノメートルプロセッサの量産化に遅れを取っているAdvanced Micro Devicesとの差別化をより明確にす

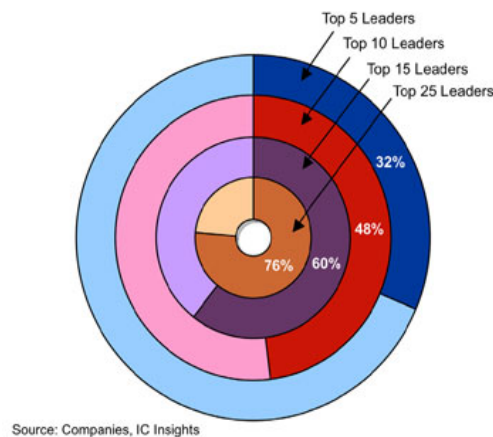
---

<sup>10</sup> Micro Electro Mechanical Systems

べく、現在4つの300ミリメートルファブを2008年にはイスラエル、ニューメキシコへと拡大していくとしている。10月には、アリゾナ州チャンドラーファブでハフニウム系のHigh-kメタルゲートを採用した45ナノメートルプロセッサの量産を発表している。

現在、200ミリメートルウェハーラインを有している企業は71社、300ミリメートルラインは27社に留まっている。うち、450ミリメートルへの移行は必然的なものと認められる場合には、15社が移行する考えで、この場合新たに開発される450ミリメートル向け顧客は15社に縮小することとなる。Intel、Samsung Electronics、Toshiba、TSMC Hynix Semiconductorの4社が最初に移行する企業と予測されている。下記、図表8に半導体ファブライン分布を示す。

図表8 半導体ファブライン分布



出所：IC Insights

### 参考資料

Applied Materials Announces Results for Third Fiscal Quarter 2006

[http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERAL&newsId=20060815005936&ndmHsc=v2\\*A113612040000\\*B1155697428000\\*C4102491599000\\*DgroupByDate\\*J2\\*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news\\_view](http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERAL&newsId=20060815005936&ndmHsc=v2*A113612040000*B1155697428000*C4102491599000*DgroupByDate*J2*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news_view)

Applied Materials Named Green Energy Innovator of the Year

[http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERAL&newsId=20071204005988&ndmHsc=v2\\*A1167656400000\\*B1198816563000\\*C4102491599000\\*DgroupByDate\\*J2\\*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news\\_view](http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERAL&newsId=20071204005988&ndmHsc=v2*A1167656400000*B1198816563000*C4102491599000*DgroupByDate*J2*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news_view)

Applied Materials Takes CMP Process Control to 45nm and Beyond With FullVision Endpoint System

[http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERIC&newsId=20071129005258&ndmHsc=v2\\*A1167656400000\\*B1198816563000\\*C410249159900\\*DgroupByDate\\*J2\\*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news\\_view](http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERIC&newsId=20071129005258&ndmHsc=v2*A1167656400000*B1198816563000*C410249159900*DgroupByDate*J2*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news_view)

Applied Materials to Accelerate Its Solar Roadmap with Acquisition of Baccini

[http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERIC&newsId=20071119005398&ndmHsc=v2\\*A1167656400000\\*B1198816563000\\*C410249159900\\*DgroupByDate\\*J2\\*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news\\_view](http://www.businesswire.com/portal/site/appliedmaterials/index.jsp?epi-content=GENERIC&newsId=20071119005398&ndmHsc=v2*A1167656400000*B1198816563000*C410249159900*DgroupByDate*J2*N1002992&newsLang=en&beanID=547561197&viewID=news_view)

KLA-Tencor Extends Metrology Portfolio with SensArray Etch Measurement Suite

<http://www.kla-tencor.com/j/servlet/NewsItem?newsItemID=262>

「セミコン・ジャパン 2007」特別インタビュー 2

[http://techon.nikkeibp.co.jp/NEWS/semiconjapan2007/interview\\_kla.html](http://techon.nikkeibp.co.jp/NEWS/semiconjapan2007/interview_kla.html)

リソグラフィ最適化ツール

[http://www.sijapan.com/content/0708vol4/newpro/np\\_mi\\_0708.html](http://www.sijapan.com/content/0708vol4/newpro/np_mi_0708.html)

KLA-Tencor

<http://www.edresearch.co.jp/mtb/0712/189.html>

ラム

<http://investor.lamrc.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=268417>

<http://investor.lamrc.com/ReleaseDetail.cfm?ReleaseID=237758>

<http://www.sijapan.com/issue/2007/10/u3eqp30000016.jcx.html>

次世代動向

[http://www.eetimes.jp/contents/200711/28325\\_1\\_20071122200604.cfm](http://www.eetimes.jp/contents/200711/28325_1_20071122200604.cfm)

<http://www.intel.co.jp/jp/intel/pr/press2007/071026.htm>

<http://www.semiconductor.net/article/CA6492773.html>

<http://www.fabtech.org/content/view/1524/>

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20071222/144664/?ST=silicon>



## 第3章 EDA産業

### 1. 市場概観

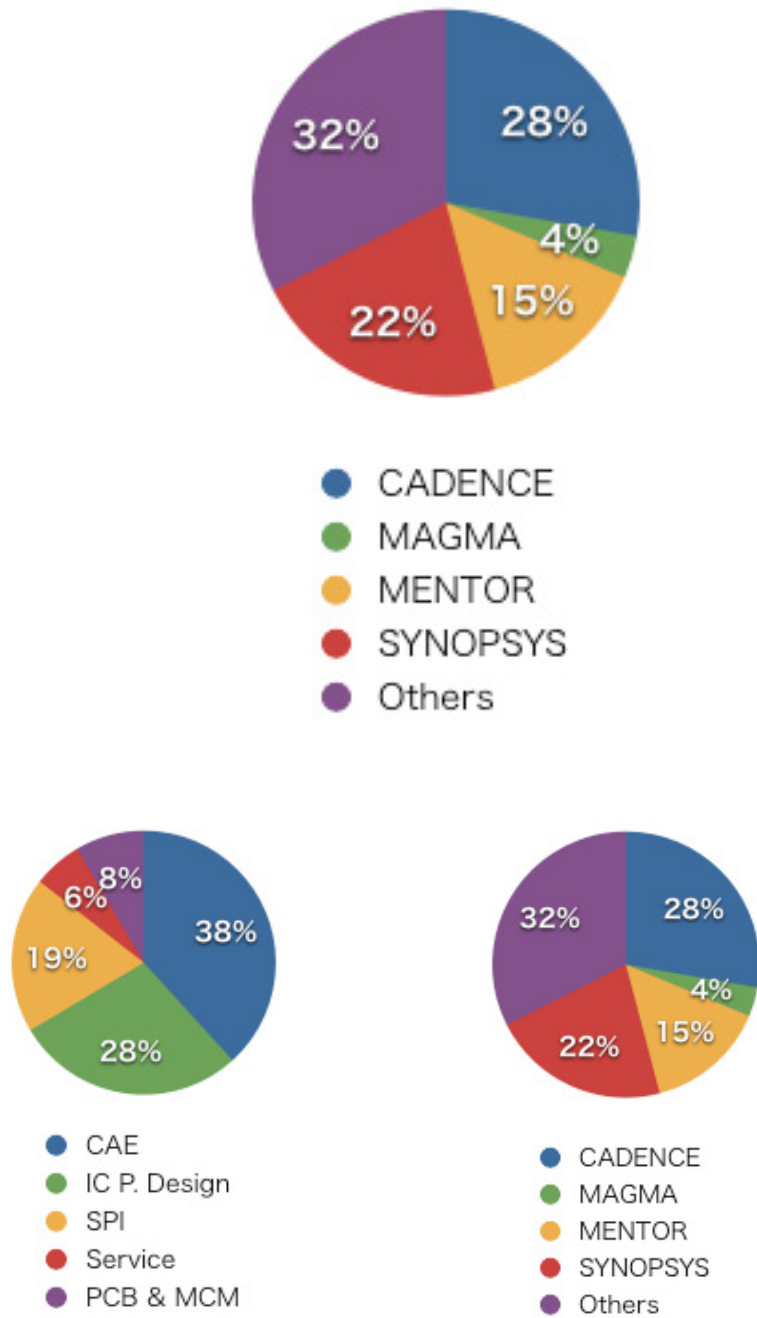
EDA コンソーシアムは、2007年第2四半期のEDA売上高が前年同期の12億6,480万ドルから11.4%増の14億880万ドルに成長し、第4四半期平均成長率が前年同期比14.6%増であると発表した。同コンソーシアムは、「EDA業界が2006年以降堅調な勢いを維持し、安定した成長を続けている」と見解を示している。市場を製品分野別で見る場合、CAE (computer-aided engineering) 分野は、2007年第2四半期の売上高が5億3,890万ドルで前年同期比12.8%増、四半期平均成長率が11.8%と堅調な伸びを示し、ICのレイアウト設計/検証分野が前年同期比15.8%増の3億9,720万ドルと大幅に増加した。一方、サービス分野とプリント配線板/マルチチップモジュール分野は減少傾向を示している。半導体IP分野は、2億6,920万ドルで四半期平均成長率は18.1%増加した。2007年第2四半期のサービス分野の売上高は8,480万ドルで、前年同期比では11.1%増だったが、前四半期の8,900万ドルからは減少している。プリント配線板/マルチチップモジュール分野の売上高も1億1,870万ドルで前年同期比1.9%増だったが、前四半期の1億3,300万ドルからは減少した。

地域別の売上高は、北米が前年同期より13.2%増加し6億7,920万ドル、欧州が前年同期より13.2%増加し2億4,570万ドルと拡大する一方、日本は8.5%減少し2億4,480万ドルとなる。

その他の地域の売上高は前年から拡大を続け、2007年第2四半期には前年同期比41.2%増の2億3,900万ドルと躍進、前四半期の1億8,100万ドルからも大きく増大した。

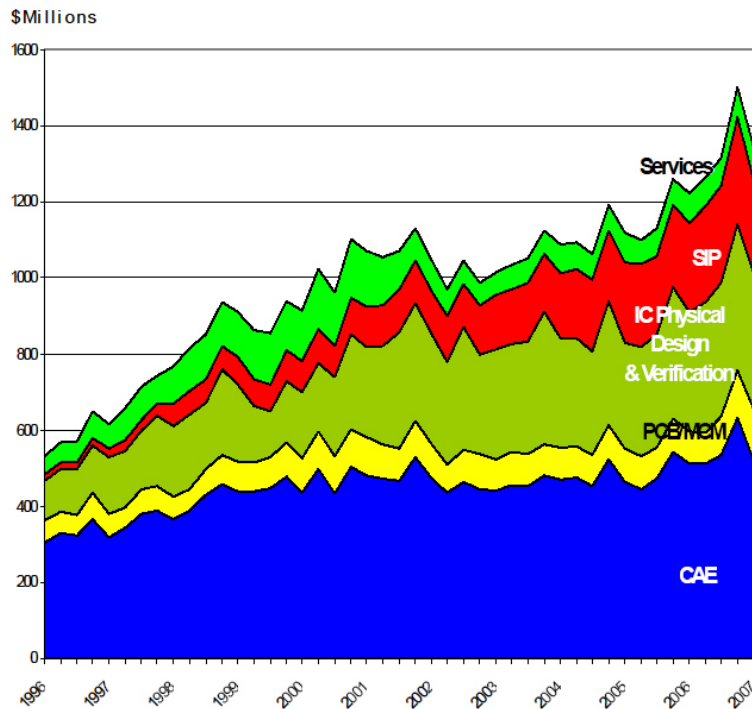
市場概観を大手4社 (Cadence Design Systems、Magma Design Automation、Mentor Graphics、Synopsys) の2007年第2四半期売上高を見る場合、いずれもプラス傾向を示している。なかでもMagmaは、前年同期比22%増の5,020万ドルの売り上げを記録し同社においては過去最高を更新した。次いで、前年同期比15%増の2億570万ドルを達成したMentor、前年同期比10%増の3億410万ドルを達成したSynopsys、Cadenceは前年同期比9%増の3億9,100万ドルとなる。図表9に2007年第2四半期売上分布 分野別、大手4社別、図表10にEDA市場分野別売上推移を示す。

図表9 2007年第2四半期売上げ分布 分野別、大手4社別



出所：EDA コンソーシアム、Electronics News より作成

図表 10 EDA 市場分野別売上推移



出所：EDA コンソーシアム

## 2. シリコンバレー主要企業動向

2007年第2四半期売上分布によると、市場占有率28%を占めるケイデンス、次いで22%を占めるシノプシス、前年同期比22%増を達成したマグマのシリコンバレー企業3社で市場全体の54%を占めている。

### (1) Cadence Design Systems

電子設計技術およびエンジニアリング・サービスの最大ベンダーである同社は、その製品群に半導体デバイス、コンピュータ・システム、ネットワークの設備、通信機器、家電および他のエレクトロニクス製品の設計作業を加速する包括的なツールを提供している。

低消費電力チップのロジック設計、検証、およびインプリメンテーション向けに、先端的な設計、検証、そしてインプリメンテーション・テクノロジーと、設計プロセスの早期の段階で消費電力を削減する手法を定義するための業界初の標準フォーマットであるLow-Power Solutionを発表した。Si2のCommon Power Format (CPF)を統合したもので、IC設計者に、設計フロー全体をカバーした低消費電力設計のために設計の初期段階から予測可能な低消費電力設計の実現を可能にする。このソリューションは、低消費電力デバイスへの需要の高まりとともに必要となる長時間のバッテリー寿命や90ナノメートル以下のシリコンへの移行にともなう発熱管理やチップ全

体における消費電力の最適化、サーバ・ファームのような全体的な消費エネルギーの節約に向けた統合的な消費電力の最適化に使用される。パワー・シャットオフ(power shut-off)や、多電源設計(MSV)、そして状態を保持する電源遮断(state-retention power gating)等の先端的な低消費電力設計手法の採用に応じ、CPFの仕様にに基づき、低消費電力設計の意図を単一の手法で把握することにより、これらの困難な課題に対処し、IPの再利用とRTLの移植性をも実現可能にする。

Allegro(R) PCB design向けのGlobal Route Environmentテクノロジーでは、グラフィカルなインターコネクト・フロー・プランニング・アーキテクチャと階層を考慮したグローバル・配線エンジンとを組み合わせ、PCB設計者に自動化されたインテリジェントなプランニング機能と配線環境を提供する。従来、PCB設計は相互接続された様々なバスやピン数の多い複数のデバイスを含む複雑かつ高速な設計の配線を、数週間から数カ月もかけて手作業で行っており、設計期間は長期化し、プロジェクトの予測も不能であったが、設計の意図を反映した自動化ソリューションとして業界初のツールとして注目されている。

カスタムIC向けシミュレーションおよび検証ソリューションに、設計フロー全体をカバーするCadence(R) Virtuoso(R) Multi-Mode Simulation (MMSIMバージョン6.2)がある。同シミュレーションは、アナログ、RF、メモリ、ミックスシグナル設計および設計ブロックをシミュレーションするためのネットリストやモデルを共通化し、完全に統合したデータベースを採用した業界初の統合ツールとなる。設計者は、あるシミュレーション・エンジンから別のシミュレーション・エンジンへと互換性や変換の影響を懸念する必要がなく、設計期間やリスクを削減しつつ、設計の一貫性、精度、および設計のカバレッジが改善され、その結果、導入コスト、サポート負荷を削減し、製品の市場に投入するまでの期間を短縮することができる。

シミュレータ、検証IP、および検証言語間のインターオペラビリティの実現に向け、IEEE Std 1800™2005 SystemVerilog標準に基づいた検証メソッドロジを標準化することを発表した。このOpen Verification Methodology (OVM)は、設計者や検証エンジニア向けに、ツールに依存しないソリューションを提供し、データの移植性とインターオペラビリティを促進する。OVMは、検証IP (VIP)、トランザクション・レベルとRTLモデル、そして開発フローにおいて一般的に使用されるその他の言語との完全な統合向けに確立されたインターオペラビリティのメカニズムを提供する。同社とメンター・グラフィックスは、このメソッドロジの基礎とライブラリを開発するために、両社のテクノロジーとリソースの双方を提供し、標準のオープンソース・ライセンスであるApacheライセンス、Version 2.0の元で提供していく。

## (2) Synopsys

同社は、IC設計向け電子設計自動化ソフトウェアベンダーとして、複雑なシステムオンチップ開発を実現し、最先端技術を用いたIC設計プラットフォームと検証プラットフォーム、および製造ソフトウェアを通じ、顧客の設計プロセスを簡素化し、その製品開発期間を短縮するための設計資産(IP)やデザイン・コンサルティング・サービスを提供している。

同社は、従来から提供している VMM (Verification Methodology Manual) 機能に基づく VMM Planner、VMM Application、VMM Automation という新しい3つのソリューションを拡張し、機能検証の生産性をさらに向上することを可能とした。VMM Planner は、検証プロジェクトを策定し進捗状況を管理することにより検証プロセスの見通しと検証結果の予測性を高め、VMM Application はより高率的な検証環境を迅速に構築することにより、テストベンチの開発にかかる期間を短縮できる。VMM Automation は、検証技術者の生産性を向上させるための多彩な自動化ツールや自動化機能を提供し、VMM コンプライアンス・チェッカは、多岐にわたる検証コンポーネントが相互運用性と再利用性の高いものになっているかどうか確認するための簡易な手法を提供する。ユーザの検証環境が Verification Methodology Manual for SystemVerilog で定義されているルールやガイドラインに準拠しているかどうかを分析することができる。

また、2007 年第 1 四半期には、Accellera 標準として世界各国で支持されている Unified Power Format (UPF) 1.0 に準拠した設計フローを確立するため、ローパワー・デザイン向けの包括的なインプリメンテーション・ソリューションならびにベリフィケーション・ソリューションをエンハンスしていく計画であることを発表した。システムレベルでの HW/SW パワー・トレードオフから、ローパワー設計意図のシミュレーションならびにスタティック・ベリフィケーション、RTL to GDS の完全なローパワー向けインプリメンテーション&サインオフ・フロー、多岐にわたるローパワー IP 群などである。UPF に対応した新しいソリューションのリリースも予定されている。UPF 1.0 は、エンドユーザ側で一貫性が高く相互運用可能なローパワー設計フローならびにメソドロジーを確立するために必須となる標準パワー・フォーマットとして策定され、EDA 業界ならびに低消費電力チップを提供している半導体業界の主要企業が Accellera に提供した実証済みのテクノロジーをベースに策定されており、これによりユーザ待望の生産性向上とローパワー設計フロー簡素化が実現できるようになった。

半導体設計および検証用ソフトウェアのリーディング・サプライヤーである Synplicity, Inc. と両社の顧客向けの検証フロー改善を目的とする共同マーケティング契約を締結し、ASIC 設計者向けの次世代高性能検証ソリューションの提供に向けて協業していく。この共同マーケティング契約により、両社は相互にツールのライセンスの使用が可能となり、それにより各ツールのシームレスな相互動作を詳細にテストしていく。この契約に基づき、シノプシスとシンプリシティは、各社それぞれのツールへの機能追加の可能性を追及し、それらを統合した次世代の検証ソリューションの開発を進めていく。

### (3) Magma

同社の C 設計用ソフトウェアは、携帯電話、電子ゲーム、WiFi、MP3 プレーヤー、DVD/デジタルビデオ、通信、車載電子機器、その他電子機器に必要な複雑かつ高性能なチップを市場とし、IC インプリメンテーション、解析、フィジカル・ベリフィケーション、回路シミュレーション、キャラクターライゼーション用 EDA ソフトウェアを提供している。

携帯電話や、アプリケーション用プロセッサ等で使用されるナノメータ IC で最大 25%消費電力を削減する新しい 2 つの低消費電力 IC 実装 (Talus Power) と解析製品 (Quartz Rail) を市場投入し、消費電力を大幅に削減することを実証した。Talus インプリメンテーション・プラットフォームの独自のアーキテクチャ、拡張性、そして比類ない自動化に統合されており、設計者は、低消費電力なマルチミリオン・ゲート・ナノメータ設計の開発にかかる膨大な時間を削減することを可能になる。Talus Power は、完全な自動化された、仮想フラット multi-Vdd フロー、クロックツリー・シンセシスにおける積極的な消費電力の最適化、MTCMOS スイッチのセル挿入、自動パワーグリッド合成メソッドロジによる電力配分の最適化など、最先端のパワー最適化、パワー・マネジメント技術に対応している。

また、複数の電圧領域を持った IC 自動設計が記載されているマグマ社の特許出願書類のコンセプトと申し立て内容を基に、EDA ソフトウェア開発者がパワーを考慮した EDA ツールを実装することができる特許ライセンスを提供することを発表、このロイヤルティ・フリーかつ代償不要のライセンスは、EDA 開発者、また同開発者のエンドユーザに対し、基本的な低消費電力技術へのオープンアクセスを提供することとなる。1 年以上前に米国特許商標局に対し、最先端かつ複雑な IC で消費電力を管理、削減するために一般的に使用されており、複数電圧領域を持ったチップの自動設計手法とシステムに関する特許番号 60/783, 425 の暫定特許申請を行っていた。この電圧領域は、信号電位、スリープモード、その他の要因に関連した特性によって検出される。電圧領域の検出は、分離したブロック、レベルシフタ、リテンション・フリップフロップ、その他パワーの最適化に関連した要素を自動挿入する際に使用し、消費電力を削減するために複数の電圧領域を使用するというコンセプトは広く知られており、この技術を実装する方法は多数に及ぶ。このライセンスによって、EDA ツール開発者は、この技術を使用する低消費電力設計フォーマットや標準規格を実装することが可能となる。

### 3. 次世代動向

半導体業界は今後 2017 年までは緩やかではあるが、毎年、年率 8%レベルで増加し、半導体チップの設計総数は今後も減少し、Si ウエハの処理数は増加すると見込まれている。しかし、EDA ツールの開発はより複雑化し、複雑化するツール開発環境に応じるためにも技術プラットフォームの数は次第に少なくなっていく。

微細加工寸法の世代があらかじめ決められたステップで進展しなくなりつつ状況からノードレス時代に向かいつつある。大量生産機器の市場投入までの期間、消費電力と性能の不確かさ、数百個ものヘテロジニアス・マルチコアの設計などがリスク要因として指摘されている。EDA ツールは、世界規模でのリアルタイムの協調作業と超高速プロトタイプングへの対応が求められ、フォールト・トレラント設計や適応設計、冗長設計に対するサポートやスーパーコンピューティングやハードウェア・アクセラレータに対するアクセスを可能にする必要がある。

EDAツール業界の市場規模は、現在の 50 億ドルから、2017 年には 80 億から 120 億ドルに拡

大すると見込まれている。2017年までの市場拡大とともに、現在の大手3社独占からEDAツール・ベンダーではない企業や投資会社の役割が大きくなる点が指摘されており、ファブレス企業や設計サービス企業、垂直統合型の大手半導体メーカー（IDM）、半導体ファウンドリ企業との関わりが深まると予測されている<sup>11</sup>。

## 参考資料

EDA CONSORTIUM REPORTS

[http://www.edac.org/downloads/pressreleases/07\\_10\\_31\\_MSS\\_Q2\\_2007\\_Release\\_FINAL.pdf](http://www.edac.org/downloads/pressreleases/07_10_31_MSS_Q2_2007_Release_FINAL.pdf)

EDA leaders post solid year-over-year growth

<http://www.edn.com/article/CA6471663.html>

ケイデンス プレスリリース

<http://www.cadence.co.jp/news/h19-1-30.html>

<http://www.cadence.co.jp/news/h19-03-27.html>

<http://www.cadence.co.jp/news/h19-05-16.html>

<http://www.cadence.co.jp/news/h19-8-17.html>

シノプシス

<http://www.synopsys.co.jp/pressrelease/2007/20070305.html>

<http://www.synopsys.co.jp/pressrelease/2007/20070329.html>

<http://www.synopsys.co.jp/pressrelease/2007/20070524.html>

マグマ

<http://www.magma-da.co.jp/newsandevent/press/2007121901.htm>

<http://www.magma-da.co.jp/newsandevent/press/2007022801.htm>

<http://www.magma-da.co.jp/newsandevent/press/2007051501.htm>

その他

Megatrends and EDA 2017

[http://www2.dac.com/data2/44th/44acceptedpapers.nsf/0c4c09c6ffa905c487256b7b007afb72/27098ba10cfbf559872572a000471ed3/\\$FILE/02\\_1.PDF](http://www2.dac.com/data2/44th/44acceptedpapers.nsf/0c4c09c6ffa905c487256b7b007afb72/27098ba10cfbf559872572a000471ed3/$FILE/02_1.PDF)

---

<sup>11</sup> Megatrends and EDA 2017

[http://www2.dac.com/data2/44th/44acceptedpapers.nsf/0c4c09c6ffa905c487256b7b007afb72/27098ba10cfbf559872572a000471ed3/\\$FILE/02\\_1.PDF](http://www2.dac.com/data2/44th/44acceptedpapers.nsf/0c4c09c6ffa905c487256b7b007afb72/27098ba10cfbf559872572a000471ed3/$FILE/02_1.PDF)

## 第4章 組み込み産業

### 1. 市場概観

MEMS システム(Micro electro Mechanical Systems:微小電気機械システム)世界市場は、2006年の400億ドルから年平均成長率12%で成長し、2011年には720億ドルになると予想されている。MEMS システムの中核となる MEMS デバイス市場は、コンシューマ向けエレクトロニクス製品の使用が増加し、2006年の59億ドルから年平均成長率13%で推移し、2011年には108億ドルに達すると見込まれている。

上位30社のデバイスメーカーが市場全体の88%を占め、これらの企業平均売り上げは1億7,100万ドルとなる。また、MEMS 用部材市場は2006年の4億3,300万ドルから年平均成長率13%で推移し2011年に8億600万ドルへ、MEMS 製造装置は2006年の6億4,600万ドルから年平均成長率9%で推移し2011年に9億9,900万ドルへ拡大すると予想されている。材料市場では、基板材料が全体の70%超を占め需要を大きく牽引する存在となっており、製造装置では、現在は古い装置を使用しているものの200ミリメートルウエハーラインや、エッチングおよびボンディングなどで新しい装置への移行が進んでいるとされている(図表11)。

図表11 MEMS 世界市場分野別売上実績見込みと予測推移(単位:100万ドル)

	2005	2006	2011	2006前年比	年平均成長率
材料	385	433	806	12%	13%
装置	631	646	999	2%	9%
デバイス	5300	5900	10800	11%	13%
システム	48000	40000	72000	-17%	12%
合計	54316	46979	84605		

	2005	2006	2011
材料	0.71%	0.92%	0.95%
装置	1.16%	1.38%	1.18%
デバイス	9.76%	12.56%	12.77%
システム	88.37%	85.14%	85.10%

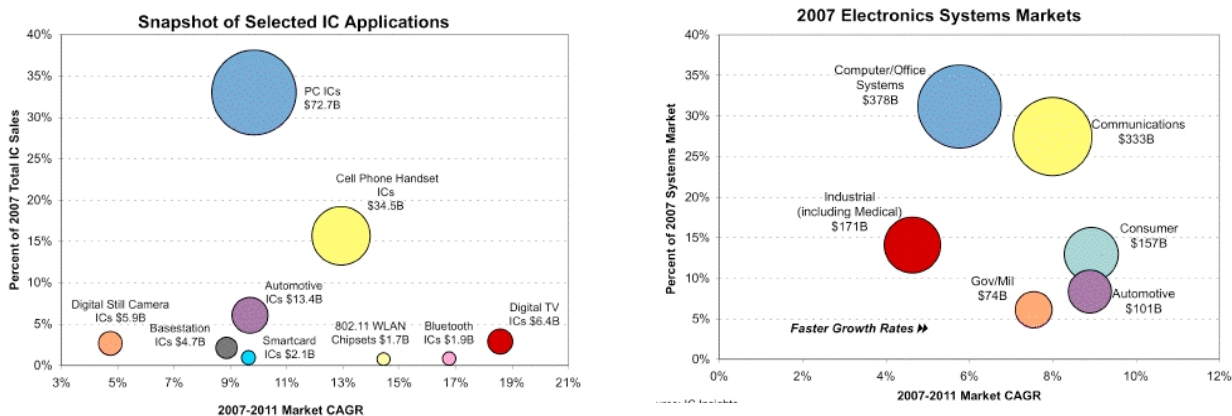
出所: SEMI

MEMS 市場を支える市場に電子機器市場がある。2007年の電子機器の出荷額は、前年の1兆1,500億ドルから5%増加し1兆2,100億ドルに達すると見込まれている。また、2006年から2011年まで年平均成長率7%で推移し、2011年には出荷額が1兆6,000億ドルに達すると予測されている。MEMS の年平均成長率12%と比べ増加率は下回るものの堅調な伸びが期待されている。2007年電子機器市場は、携帯電話機と家電製品、ノート型パソコン、無線通信機器、車載電子機器向け需



要に支えられたが、2001年、2002年の低迷期から回復して以来、出荷額の伸びは最小に留まっている。用途分野別では、ゲーム機器端末（前年比58%増）、携帯電話機（同9%増）、携帯型デジタルオーディオ機器（同13%増）、RFID機器（同35%増）、スマートカード（同11%増）、無線PAN/LAN機器（同26%増）、HD DVDプレーヤー（同96%増）、デジタルビデオ監視システム（同20%）である。2007年のアプリケーション別の売上高は、パソコン向けICが最大で約730億ドル、ICの総売上高の33%を占めた。売上高の第2位は、携帯電話機向けICで約350億ドル、総売上高の16%を占める。他には、デジタルテレビ向けICの売上高が64億ドルで年平均成長率が19%、IEEE 802.11対応の無線LANチップセットの売上高が17億ドルで年平均成長率が14%、Bluetooth対応ICの売上高が19億ドルで年平均成長率が17%と予測されている（図表12）。

図表12 アプリケーション別IC市場、電子機器市場予測



出所：Electronics News

## 2. シリコンバレー主要企業動向

シリコンバレーとその周辺地域には、インテル、AMD、ザイリンクス、アルテラ、クイックロジック、Actelなどを始め様々な組み込みデバイス大手企業がある。ここでは、2007年6月、エレクトロニクス情報誌のEE Timesが発表した「世界で最も注目すべき新興企業上位60社」の中からシリコンバレーに在る振興企業6社を取り上げる。

### (1) Achronix Semiconductor Corp.

米国カリフォルニア州サンノゼにある株式非公開のファブレス半導体製造企業である。同社は、2GHzのシステム性能を実現する世界最高速のFPGAを製造している。FPGAは再構築可能なプログラマブル・デバイスであり、多数のアプリケーションにおいて市場投入時間の短縮およびフィールドにおけるアップグレードを実現し、通信、ネットワーキング、高性能コンピュータ、デジタ

ル信号処理、航空宇宙および防衛システム、医学用画像処理をはじめ、広範囲のアプリケーションに使用されている。同社は、Synplicity Inc. と複数年の開発及び OEM 契約を締結し、Multi-GHz FPGA に対する EDA テクノロジーの供給を受けている。2006 年、90 ナノメートルプロセスで製造した FPGA の試作品が、初期テストで 1.93GHz のクロック周波数を達成したと発表した。ゲート数は約 200 万、電源電圧は 1.2V である。同社は、チップを完成させ、設計ツールを用意するまでには、あと 1 年かかるとみている。FPGA コアにクロック非同期技術を適用し、入出力インタフェース回路にはほかのチップとの接続を容易にするためにクロック同期技術を用いた FPGA 「Achronix-ULTRA」は、市場投入されている。

## (2) Cambrios Technologies Corp.

マサチューセッツ工科大学 (MIT) のアンジェラ・ベルチャー博士とカリフォルニア大学サンタバーバラ校のエベリン・フー博士により 2002 年に設立され、生体分子による加工・形成されたナノ構造無機物を使用し、様々な分野で活用できる新材料とプロセスを生み出すことをミッションとしている。

たんぱく質を利用したエレクトロニクスの製造技術を開発と実用化を手がけている。特定の材料だけに結合する性格を備えたたんぱく質を使用することにより、プリント配線基板の Cu 配線や液晶パネルの透明電極を液体材料と印刷技術を使って室温で形成することができる。同社は、特定の無機化合物と親和力を有するタンパク質（ペプチド）とその DNA 塩基配列に関するライブラリを保有している。Fe や Au、GaAs、Caなどを基にした無機化合物と選択的に結合するペプチドを特定の条件下で反応させ、ペプチドの自己組織化によって無機化合物を整然と並ばせることができる既存の製造技術に比べ、製造設備を大幅に簡略化できる可能性がある。薄型テレビ用の新規材料や太陽電池向け新材料などの開発を狙う。

## (3) Emotiv Systems Inc.

脳波でコントロールできるゲームを開発するための開発キット「Emotiv Development Kit」(EDK)を発表した。脳波の動きでゲームキャラクターの表情を変えたり、ものを動かしたりできるゲームの開発が可能になる。従来の脳波を利用したコンピュータインタフェースでは、ユーザが画面に集中するなど、一定の感情の動きしか探知することができない。同社の技術では、多種多様な表情、ジェスチャー、感情を反映させることができるという。開発キットを用いることで、ゲーム開発者はユーザの思考や感情をゲーム内の動きと結びつけることができる。今回発表された開発キットは、脳波の動きを感知するための複数のセンサーを装備したヘッドセットと、一連のアプリケーション開発スイートで構成されている。「The Expressiv」スイートは、リアルタイムで表情の動きを認識し、プレイヤーの笑顔やウインクなどの表情に、ゲーム上のキャラクターを同期させることができる。「The Affectiv」スイートは、プレイヤーの無意識の感情レベル、つまり興奮や落ち着きなどを反映させることができる。「The Cognitiv」スイートは、プレイヤーの意識的な思考、つまり押す、引っ張る、持ち上げる、回すなど、行動を思い浮かべることで物質を動かすなどの操作が可能になる。

#### (4) InvenSense Inc.

EMS ジャイロセンサーの開発、設計を行う半導体メーカーとして 2004 年に設立し、ゲーム機や携帯機器、PC 周辺機器のモーションセンシング、ナビゲーションデバイスや産業機器等、幅広い分野に製品を提供している。同社の 2 軸ジャイロは、容量式（キャパシタンス）MEMS 構造で高信頼、小型（6 ミリメートル角 QFN パッケージ）、低コストを実現し、将来的に 3 軸ジャイロ製品、また 2 チップの構成で 6 軸（角速度 3 軸+加速度 3 軸）に対応した製品開発を行っている。2007 年 1 月には、2 軸の角速度センサー（ジャイロセンサー）の量産を開始し、日本や台湾、米国の機器メーカーに出荷し始めている。同社はデジタルカメラやカメラ内蔵携帯電話機の手ブレ補正回路向けに角速度センサーを開発している。出荷した角速度センサーは、デジタルカメラや 3 次元リモコンなどの民生用機器に使われる見込みである。2 軸角速度センサーの製造は、MEMS 製造請負企業（MEMS ファウンドリ）が担う。直径 150 ミリメートルのウエハー 1 枚で数千個の補償回路内蔵角速度センサー・チップを製造できる。製造技術はバルク・マイクロマシーニング・プロセスであり、特別なプロセスを必要としないため、MEMS ファウンドリにとって製造を請け負いやすいと言った特徴を有している。同社はまた、2006 年から、1 軸当たり 1 ドル未満と低い価格体系による 1 チップの慣性計測ユニット（IMU：inertial measurement unit）を生産・販売している。

同社は 2007 年 6 月、特許を取得した MEMS ファブリケーション技術「Nasiri-Fabrication」を公開した。この技術は、ファブリケーション前の MEMS ウエハーを既製の CMOS ウエハーにウエハーレベルで直接集積し、同時にクリティカルな MEMS エlementのすべてにウエハーレベルでハーメチックシーリングを施す W2W（Wafer-to-Wafer）ボンディングプロセスを利用する世界初の MEMS ファブリケーションプラットフォームとなる。Nasiri-Fabrication プロセスの登場により、デジタルカメラ、カメラ付き携帯電話、スマートフォン、3D 入力デバイス、リモートコントローラー、ポータブルナビゲーションデバイスなど、実に幅広いモバイル家電製品市場に向け低コスト・低出力の統合型ジャイロスコープを提供することが可能となる。関連チップとのインターコネクトやワイヤーボンディングを必要とする多くの MEMS 慣性センサー製造業者と違い、Nasiri-Fabrication プロセスでは MEMS と CMOS を集積化するため、MEMS と対応する回路との間に直接電気的なインターコネクションが可能で、このプロセスは既製のウエハーボンディング装置を利用するが、このボンディング技術自体は特許を取得した独自技術であり、アルミニウム上に他の層を足すことなく MEMS ウエハーを直接 CMOS ウエハー上のアルミニウム層に共晶ボンディングすることができる。

#### (5) P. A. Semi Inc.

米 Digital Equipment Corp. で「StrongARM」の設計チームを率いた Dan Dobberpuhl 氏がパートナーと共に 2003 年に設立した P. A. Semi は、2007 年 2 月に最初の製品となる 64 ビット・マイクロプロセッサ「PA6T-1682M」のサンプル出荷を開始した。同プロセッサは、Power アーキテクチャの CPU コアを 2 個内蔵し、2GHz 動作時の消費電力が最大 25W と低い。ネットワーク機器や無線インフラ、ストレージ装置などへの搭載を想定している。PA6T-1682M が備える 2 個の Power コアは、それぞれ 64K バイトの命令キャッシュとデータ・キャッシュ、浮動小数点演算ユニット、ベクトル演算ユニットなどを備える。このほか、2M バイトの 2 次キャッシュや DDR2 インタフェ

ースに対応した2個のDRAMコントローラ回路、TCP/IP処理のアクセラレータ回路、24個のSer/Des回路などを内蔵する。標準の消費電力は5から13Wとある。製造には65ナノメートル世代のプロセス技術を使う。消費電力を削減するためきめ細かい制御を行えるように設計されている。具体的にはチップを2万7,600に分け、クロックの供給を遮断するいわゆるゲーテッド・クロックを施し、負荷に応じて外部から動作周波数を設定する機能や、チップの温度、プロセス特性、動作条件に応じ電源電圧を自動調整する機能を組み込んでいる。OSは、Linux、VxWorks、QNX Neutrinoなどに対応している。同社はCurtiss-Wright社と提携し、PA6T-1682Mを基礎としたSignal Processing Multicomputer Boardの出荷を始めている(2007年12月発表)。

## (6) Tilera Corp.

64個のプロセッサ・コアを集積した新型のプロセッサ・チップ「TILE64」の出荷を2007年8月に開始した。デュアルコアの「Xeon」と比べて10倍の性能を持ち、1W当たりの性能で比較する場合、TILE64はデュアルコアのXeonの30倍とある。プロセッサ・コア間を「iMesh」と呼ぶ2次元ネットワークで接続する技術を採用している。iMeshは、5つのネットワークから成る。このうち2つのネットワークはハードウェア的に制御し、残りの3つはアプリケーションに開放されているという。ハードウェアで管理するネットワークを備えることにより、通信によるプロセッサ・コアの処理性能の低減を抑え、通信に関係したソフトウェア・ライブラリの提供が容易になると見られる。64個のプロセッサの隣にはiMeshに接続するためのスイッチが備わり、このペアが64個、行列状に並ぶ。各プロセッサ上ではそれぞれ独立にOSを稼働し、市販のC言語アプリケーションを走らすことが可能とある。プロセッサ・コアの動作周波数は600MHzから1GHzで、典型的なアプリケーションを稼働させた場合の消費電力は170mWである。各プロセッサ・コアはそれぞれL1、L2キャッシュを持つが、L3キャッシュは全プロセッサ・コアで共有するような構図となる。

同社はチップと一緒にアプリケーション・ソフトウェア開発ツール「Multicore Development Environment (MDE)」も同時に発表している。Eclipseベースで、C言語コンパイラやフル・システムのシミュレーション・モデル、グラフィカルなデバガ、マルチプロセッサ・コアのプロファイラ、アプリケーション・レベルのライブラリなどを提供する。

## 参考資料

Worldwide MEMS Systems Market Forecasted to Reach \$72 billion by 2011

Global MEMS/Microsystems Markets and Opportunities

<http://www.yole.fr/pagesAn/products/semi.asp>

IC Insights: Electronic systems shipments up 5% to \$1.21T in 2007

<http://www.edn.com/article/CA6513029.html>

EE Times updates list of emerging startups

<http://www.eetimes.eu/design/200001293;jsessionid=JH51NXHSWGWIMQSNLRSKHSCJUNN2JVN?pgno=2>

Achronix Semiconductor Corp.

<http://www.achronix.com/news.html?newsID=72>

Cambrios Technology Corp

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/TOPCOL/20060214/113268/>

Emotiv Systems Inc.

<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/0703/08/news023.html>

InvenSense Inc.

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20070111/126325/>  
<http://www.meminfo.jp/press/396.shtml>

P. A. Semi

[http://www.pasemi.com/news/pr\\_2007\\_02\\_05b.html](http://www.pasemi.com/news/pr_2007_02_05b.html)  
<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20070206/127418/>

Tilera Corp.

<http://techon.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20070821/137998/>

## 第5章 データベースシステム産業

### 1. 市場概観

データベース製品は既に一通りの普及時期を終え、質的な変化の時代を迎えている。この点は、代表的企業であるオラクル社の企業買収の動向からもうかがうことができる。最終的には合意に至らなかったが、2007年前半からウェブアプリケーションサーバ大手である BEA 社買収の動きが非常に激しかったことは記憶に新しい。

ユーザ側である多くの企業にとり、データベースシステムを有することは既に当然の事象となっている。むしろ、それをいかに活用し、精度を上げ、かつリアルタイムに必要な情報を入手し、変化の激しいビジネスシーンに的確な経営判断に資するといった利活用に重点が移っており、オラクル社のこうした買収の動きもまたそうしたユーザ側のニーズの変化をとらえたものと言えよう。

一方、普及の拡大に従いユーザの評価は厳しくなり、リレーショナルデータベースシステムの短所が明らかになっている。一例としては、データ項目の追加などが難しく、システムの変更が容易でない。また、不具合の修正が困難なことから事前にデータ構成を十分に検証する必要性にも迫られる。このため、データベースシステムの高度化を目指す際に、新たな方式の案出が求められている。また、オープンソース製品の台頭は、ユーザのコスト意識を厳しくし、コスト削減の有力な技術として仮想化によるサーバ統合技術も有力なソリューションの選択肢となりつつある。

ユーザのスキルアップやニーズの高度化、様々な業界の動きを俯瞰する場合、安定しているかに見えるデータベース市場は、近い将来の激しい動きを控えた暫定期にあるようにも見受けられる。

2006年、リレーショナルデータベース世界市場は152億1,300万ドル、前年比14%増加し、2005年の増加率9.4%を上回っている。オラクル、IBM、マイクロソフトの3大企業のシェアは85.6%とほぼ横ばいにある。市場占有率では、IBM、マイクロソフトが微増減し、成長率ではマイクロソフトが著しく28%を示し、次いでオラクルが14.9%の成長をおさめている。両社の成長率は市場全体の平均成長率を上回ると共に、2005年の成長率(オラクルは7.8%、マイクロソフトは16.6%)を大きく上回っている。2006年の統計と比較する場合、オープンソース製品は成長しているものの市場シェアは減少している(図表13)。

図表 13 2006 年のリレーショナルデータベースシステム市場

企業名	2006 年収入見込み (単位: 100 万ドル)	2006 年 シ ョ ア (%)	2005 年収入 (単位: 100 万ドル)	2005 年 シ ョ ア (%)	2005-2006 成長率 (%)
オラクル	7,168.00	47.1	6,238.20	46.8	14.9
IBM	3,204.10	21.1	2,945.70	22.1	8.8
マイクロソフト	2,654.40	17.4	2,073.20	15.6	28
テラデータ	494.20	3.2	467.60	3.5	5.7
サイベース	486.70	3.2	449.90	3.4	8.2
その他	1,206.30	7.9	1,149.00	8.6	5.0
計	15,213.70	100	13,323.50	100	14.2

出所: Gartner Dataquest (2007 年 6 月)

2007 年 9 月、IDC レポート「Server Workloads Forecast and Analysis Study、2005-2010」は、サーバ仮想化の流れが強くなっている点を指摘している。これは一台のサーバ上に複数の OS やシステムを稼働させるもので、一台のサーバを外から見る場合、複数サーバに仮想化することができる。それぞれのサーバが物理的な動作環境を占有しているように見えるが、実際には共有していることになる。この技術により既存のサーバの稼働環境を大きく変更することなく統合する事が可能となり、物理的なサーバ台数を減らすことができる。データセンターにおいて適切な資源配分によりシステム全体を安定的に稼働させることも可能で、注目される技術である。従来、ユーザがデータベースシステムを変更しなければならない場合には、バージョンアップに伴うシステム更新が大きな要因となっていた。仮想化技術はそれも解決するソリューションの一つとなっている。代表的な仮想化環境として VM Ware がある。

## 2. 主要企業動向

### (1) オラクル

同社関連の最も大きな動きに、BEA Systems (以下、BEA) 買収がある。カリフォルニア州サンノゼ市に本拠を置く BEA の主力製品は、Web アプリケーションサーバの WebLogic である。同製品は、早い時期に J2EE を標準実装したものとして評価されており、全世界で 1 万 8,000 社の導入実績をもっている。こうしたサービス指向アーキテクチャを支えるミドルウェアを中心とした各種ソフトウェアを開発・販売しており、この業界の例にもれず他社の買収により製品ラインナップの充実を図ってきた。

2007 年 10 月、オラクル社から提示された BEA 買収提案は、既報のとおり撤回されている。もともと BEA の主力製品である BEA WebLogic は、オラクルの主力製品として位置づけられる Web アプリケーションサーバの Oracle Application Server と競合する位置にあり、オラクルと BEA

はこの分野ではシェアを競い合う関係にあった。オラクルがこれまでに多く行ってきた企業買収は、自社にない製品・技術を強化する傾向であったのに対し、BEA の買収は従来の買収とは性格を異にするものであった。

データベース製品に関する動きとして、2007年3月に行われた課金体系の変更、及び7月に発表された後、10月に出荷開始された新バージョンの「Oracle Database 11g」がある。

課金体系の変更は、中小規模向けのスタンダードエディション (SE)、スタンダードエディション・ワン (SE One) を従来のコア単位の課金からプロセッサ単位の課金体系に機能強化を行うものである。最近のプロセッサは、複数コアを搭載する傾向があり、従来のコア単位の課金体系ではデータベースのライセンス使用料が高価になる。これを、プロセッサ単位の課金へ変更することにより価格パフォーマンスを上げ、ローエンドの分野において割高感のあった同社製品の価格競争力を強化に繋げている。

前バージョンの 10g から 3 年目を迎える新バージョンの 11g では、400 件を超える新機能が追加された。管理するデータ量の増加に伴うデータ検索速度の機能強化とデータベースシステムがビジネスの根幹を支えるシステムとして位置づけられるに従い、より一層の信頼性と可用性向上が求められていた。これを背景とし、新機能としては、性能向上と共に特に安定した運用（容易な導入やリカバリ）を意識したと思われる新機能が目立っている。

下記に、主な機能を示す。

- Oracle Real Application Testing

今回のバージョンで新たに追加された機能。システムやアプリケーションの変更（例：データベースやオペレーションシステムのアップグレードなど）を行う際の作業を支援する。テスト環境の構築から本番環境への移行まで、大幅な省力化と期間短縮が可能になる。

- Oracle Data Guard

ディザスタ・リカバリ（自然災害などで被害を受けたシステムの復旧・修復）やテスト環境構築の目的で作成する予備データベースのため新たに追加された機能。ひとつのデータベースに対して同時に読み出しと復元が行えるほか、本番データベースへのローリング・アップグレードを可能にする。

- データ・パーティショニング／データ圧縮

従来は手作業を要したデータ・パーティショニング作業を自動化するとともに、トランザクション処理等の性能向上のためデータ圧縮機能を強化した。

- Oracle Total Recall

11g で新たに追加された機能。過去のデータの検索を可能にする。



- Oracle Fast Files

11g で新たに追加された機能。大容量の情報（テキスト、XML、医療画像、3D オブジェクトなど）を管理する。

上記の他に、リレーショナルデータベースの短所であるデータ構造の柔軟性の欠如に対応できるよう、XML データベースの機能が強化されている。

また、データベース製品単体によるビジネスからサービス指向を強めている同社は、2008 年に SOA 基盤のアプリケーションソフトである「Oracle Fusion Applications」を SaaS<sup>12</sup>により市場に投入する計画にある。これは 2007 年 11 月 14 日、Oracle Open World 2007 の基調講演で明らかにされ、ユーザからの要望として SaaS 提供のニーズが高かったことに対応するものである。第 1 弾のアプリケーションとして、SFA (Sales Force Automation; 営業支援) 機能に特化した「Fusion SFA Applications」をリリースする。Fusion Applications は、オラクル社が買収した各種アプリケーションパッケージを元に開発した SOA 製品で、すべての機能をサービス化して提供する。

## (2) IBM

2007 年 10 月、業界 2 位のシェアを占めるデータベース製品 DB2 V9.5 がリリースされた。元々は IBM 製のホストコンピュータ上で動作するデータベースシステムとして開発されたもので、1970 年代に同社のサンノゼ研究所で取り組まれていた関係モデルをソフトウェアとして実装した製品である。その後、1990 年代には UNIX 系 OS をはじめとする各種プラットフォームに展開し、現在では Linux や携帯情報端末で動作する。V9 で XML データベースとリレーショナルデータベースの双方に対応するハイブリッド型システムであることを標榜している。最新バージョンの 9.5 では XML への対応がさらに強化されている。

## (3) マイクロソフト

同社のリレーショナルデータベースシステムに SQL Server がある。最新版は、2005 年 11 月にリリースされた 2005SP2 である。同社が発表している特徴は以下のとおりである。

- フェールオーバークラスタリングの強化

信頼性、可用性の強化のため、フェールオーバークラスタリングにミラーリング機能が追加された。ハードウェア障害、またはデータベース障害時にセットアップが自動化される。

- データベーススナップショット

データベースを任意の時点に戻すことができる新機能。データベースの動作に影響なく作成でき、操作ミスにより破損したデータを復元させることができる。

---

<sup>12</sup> Software as a Service; ソフトウェアをサービスとして提供するソフトウェア販売の形態を言う。具体的にはインターネットを通じて機能をサービスとして提供して月額使用料を得る。

- .NET Framework との親和性

従来は T-SQL による記述がメインとなっていたユーザ独自のデータベースオブジェクト、ストアプロシージャや、ユーザ定義関数について複雑な処理のものを作成する場合、複雑なクエリ文や C++ による記述が必要となっていた。SQL Server 2005 では、CLR 統合により .NET Framework のクラスライブラリを SQL Server 内で利用する事が可能で、C#、VB.NET でのデータベースオブジェクトが作成できる。

- XML データ型への対応

SQL Server 2005 では、XML データの操作性向上のために XML データ型の追加、また XML データ型にあわせたインデックスの生成やデータ型を操作する XQuery のサポートが追加された。従来は IIS を介して動作させる必要があった Web サービスについて、データベース上でネイティブに Web サービスを実装・稼働させることができる。

マイクロソフト社は、様々な製品ラインナップを持っており、同社製品だけで世の中にあるほとんどのシステムを構築することが可能である。そのため、同社と相反する立場にあるオープンソース製品を提供している Zend Technologies 社（イスラエル）との提携を行っている。オープンソーススクリプト言語である PHP の開発元である同社との提携により、SQL Server 上で PHP の実行を可能にするソフトウェアコンポーネントが開発されている。

### 3. オープンソース製品

#### (1) MySQL

MySQL はスウェーデンの MySQLAB 社が開発した商用データベースシステムだが、オープンソース形式をとっている。著作権は MySQLAB 社が有し開発に対する責任を負う。無償でも利用可能だが、希望すれば有償によるサポートを受けることが可能とされ、オープンソース製品としては珍しい存在といえる。

2007 年 7 月 4 日、最新版の 5.0.45 がリリースされた。高速性に定評があり、特に参照系の処理においてその特徴が顕著になると評されており、Webアプリケーションの稼働環境として多く採用されている。特に Yahoo や Wikipedia など大規模システム構築に採用される例が多い。これは世界的な傾向であり、日本では後述する PostgreSQL のシェアが高い。MySQL 公式サイト<sup>13</sup>によると、全世界で 1,100 万以上が動作しており、1 日当たりのダウンロード数は約 5 万件とされている。

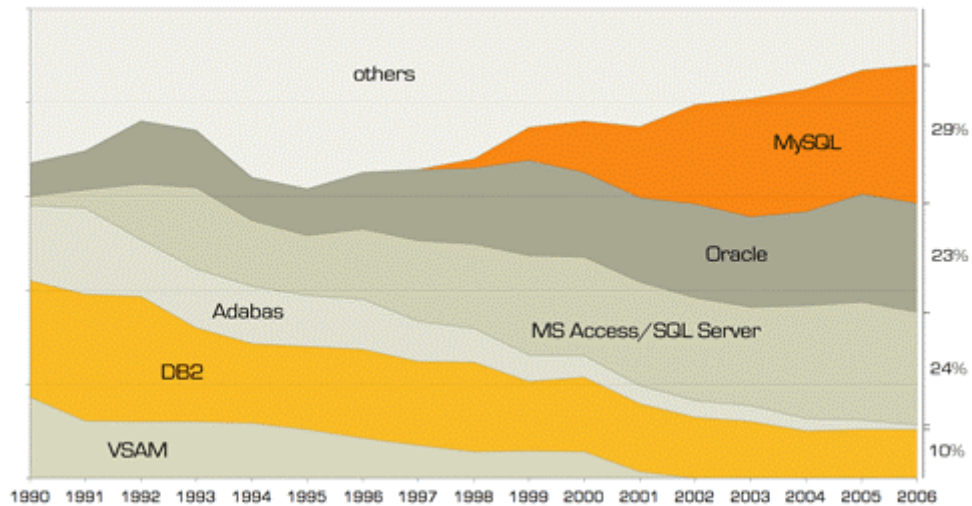
先述の Garner の調査結果とは別の調査となるが、Evans Data の調査結果では、MySQL がデータベース市場の 25% を占めるとされている。また、JoinVision の調査結果では、Oracle や SQL Server、DB2 を超えて 30% を占めると発表されている。いずれの調査結果も MySQL が、オープンソースデ

---

<sup>13</sup> <http://www-jp.mysql.com/why-mysql/marketshare/>

データベースシステムの中では最も普及している数値を示している。また、データストレージエンジンが SQL エンジンから独立しているため、必要に応じてストレージエンジンを他社製品に変更することができるようになっており、この機能をマルチストレージエンジンと呼ぶ(図表 14)。

図表 14 データベースソフトのシェア



出所：MySQL 公式サイト掲載の JoinVision E-Services GmbH, July 2006

## (2) Firebird

米国 Borland Software 社が開発したデータベースシステムで、InterBase のバージョン 6.0 をベースとし、現在は IBPhoenix 社が開発している。

2007年9月、最新版 2.0.3 がリリースされ最新版となっている。また、同社製「IB レプリケータ」(有償)を導入する事により、GUI を用いて IP ネットワークで接続された複数 DB の同期処理を行うことができる。これはトリガーの機能を応用したもので、更新された箇所を同期処理用のテーブルに蓄積し、蓄積内容を設定された別の Firebird に対し定期的送信することができる。MySQL や PostgreSQL と比べ後発となるが、大規模化が進みエンタープライズ市場の拡大を目指す両者に比べ、比較的小規模で扱いやすいデータベースシステムとして評価されている。

## (3) PostgreSQL

日本で、最も一般的なオープンソース・データベースシステムである。

1973年、カリフォルニア大学バークレー校データベース研究プロジェクトで開発されたリレーショナルデータベースシステムの INGRES が基礎となっている。データベース研究プロジェクト解散後、プロジェクトに参加していたメンバーを中心にインターネット上のコミュニティで Postgres95 として開発を継続し、1996年に PostgreSQL という名称に変更された。

2007年9月、最新版 8.2.5 がリリースされ最新版となっている。LAZY VACUUM でタイミングによりインデックスが破損するというバグを修正するためのマイナーバージョンアップである。現在、8.3 のベータテストが開始されている。このバージョンでは、新たに以下の点について改善が図られている。

- 性能改善

HOT (Heap Overflow Tuple) Updates と呼ばれるインデックスの更新を減らす機能（ヒープ領域をメインとオーバーフロー関連の2つに分割し、通常の INSERT や DELETE をメインで、UPDATE を別の領域で行う仕組み）をサポートしたことでパフォーマンスが 50~200% と飛躍的に向上し、トランザクション性能は MySQL や商用データベースシステムを凌駕するとされている。従来は大規模システムの構築には性能面から向いていないとされていたが、この機能により大規模システムでの更新性能も大幅に改善されている。

- 管理機能強化

商用リレーショナルデータベースシステムには、インデックス設定の最適化を支援するためのインデックスアドバイザーという機能を持っているシステムがある。PostgreSQL 8.3 では、このインデックスアドバイザーをデータベースシステムに組み込むためのインタフェースを提供することにより、ユーザやベンダーが独自にインデックスアドバイザーを開発し組み込むことができるようになった。

また、ソートに関する情報をログに記録できるパラメータが追加され、特に処理が重い外部ソートで使われるソート領域のボリュームなどが把握できるようになった。ログの強化では、デッドロックが疑われるトランザクションを記録することができるパラメータが追加されている。

- SQL 機能強化

従来の PostgreSQL では、カーソルの更新不可能とされていたが、8.3 では更新可能機能が追加されている。この機能により、他のリレーショナルデータベースシステムからの移行がより容易になる。

#### (4) Xindice

Apache XML プロジェクトで開発されているネイティブ XML データベースで、XML データをコレクションとドキュメントという単位によりツリー構造で管理する。コレクション内に XML ドキュメントが格納され、サブディレクトリと同様に親子関係を持つコレクションを作ることもできる。ドキュメントの検索には XPath 式を用い、指定したコレクション以下のすべてのドキュメントが検索対照となる。この機能により、ユーザはコマンドラインから XML ドキュメントを操作できるようになるため、リレーショナルデータベースのようなテーブル定義やリレーションの考慮が不要で、操作性が格段に向上する。

## 4. その他の製品

### (1) XML データベース

XML のツリー構造をデータ構造として持つデータベースシステム。

一般的なリレーショナルデータベースシステムでは、一度作成されたデータ構造を運用中に変更することが非常に難しいが、XML データベースはあらかじめデータ構造を厳密に決めておく必要が無く拡張性が高い。よって、仕様が固まっていない段階からシステム開発を進めることが可能で、開発途上や運用中であってもデータ構造の変化に比較的柔軟に対応できる。

最近の大規模リレーショナルデータベースシステムでは、XML をそのままデータとして格納する製品も多い。Oracle や DB2、SQL Server などがそれにあたる。こうしたリレーショナルデータベースシステムでも、XML: DB 規格に定められた XPath、XQuery での検索機能を搭載するようになっており、そうした製品も広義として XML データベースと称される。

代表的な XML データベースシステムとしては、Xpiori 社（本社：コロラド州コロラドスプリングス）の NeoCoreXMS があり、有償となっているが無償で利用可能な一部機能制限版の Xpiori も提供されている。

### (2) Cache

マサチューセッツ州ケンブリッジに本拠を置くインターシステムズ社が開発、販売するデータベースシステムである。マサチューセッツ総合病院で医療情報処理用のアプリケーションを開発、実行するために開発された統合環境の MUMPS (Massachusetts general hospital Utility Multi-Programming System) をベースとしている。オリジナルソースコードは公開されていないが、仕様はすべて公開され自由に使用する事ができる。複数のベンダーが MUMPS ベースのシステムを開発していたが、現在は買収や合併によりインターシステムズ社のみがこれをサポートしている。

稼働環境は、Windows のほかに各種の UNIX、Mac OS X に対応している。データ格納は、多次元配列を用い、階層的構造化データとして扱うこともできる。このために次元データベースと称される場合もある。多くのアプリケーションは、SQL アクセス手法を使い、外部インタフェースには C++、Java、ActiveX などを採用している。また、XML と Web サービスもサポートされており、Cache Server Pages により動的に Web ページを生成するアプリケーションを構築可能である。

大きな特徴として、データを構造的に扱うこと、メモリ上にデータを保存する仕組みになっていることから高速であるとされ、リアルタイム・アプリケーションに適しているとの評価を得ている。開発の経緯から医療情報システムの分野を得意とし、米国の大病院で電子カルテシステ

ムのベースとして採用される事例が多い。また高速性を評価され一部の金融機関などに採用事例がある。

## 5. 次世代動向

データベースシステムの普及は、成熟期を迎え、データベースを基幹とする業務システムの乱立という状況を生み出している。稼働環境レベルで異なる業務システムの乱立は、情報システムの管理コストを押し上げることから、ユーザ側にはシステム統合によりコストを削減しようとする動きが生じている。EAI (Enterprise Application Integration : 企業内アプリケーション統合) などが注目されていた時期もあるが、最近は目新しさに欠けるようになっている。話題性が低くなっている要因には、その普及がある程度進行したこともあるが、運用上のコスト効果が直接的なコストダウンに繋がるまでに多くの時間を要することが考えられる。

コスト問題に対し、Oracle は 10g の時期にグリッドコンピューティングを強化してきた。しかし、リソースの有効利用には有効ではあったが、複数システムを統合する際にはシステムそのものを変更することが必要となりコスト削減への効果は魅力的なものに至らなかった。これらを総括する場合、ベンダーへのコスト削減提案は、結果的にさらなるコスト増を生み、新たな提案に含まれるコスト削減効果は、ユーザにとって直接的には見えにくい現象を生んでいる。

ユーザが把握しやすく、コスト削減に直接つながる技術として、サーバの仮想化が有望視されている。これは、異なるプラットフォーム上で動作するデータベースシステム環境でも、仮想化された OS 上で動作させることができる技術である。1 台のサーバの上で複数のエミュレータを動作させ、その上で OS やデータベースシステム、業務アプリケーションを動作させる事が可能である。

これによる効果は以下のようなものが考えられる。

- 物理的サーバ台数の削減

サーバ 1 台の中に仮想化されたマシンを複数台統合することになるため、外部から見れば 1 台しか存在しないことになる。このため設置場所のスペース有効活用につながる。

- サーバ資源の動的割り当てによる柔軟な運用体制

物理的なサーバ 1 台に複数サーバを論理的に統合するため、それぞれの論理サーバへの資源の割り当ては、仮想化のベースとなっているシステム側で設定を変更する。システムへの負荷の変化に応じた資源配分について論理的な設定変更のみで行えることとなり、柔軟な運用を実現し、コスト削減に資することができるようになる。

こうした仮想化によるサーバ統合は、直接的なシステム運用コストの削減につながり、今後は、複雑化し台数が増加したシステムの更新手段とする利用が拡大するものと思われる。

VMware は、x86 および x64 プロセッサを搭載するコンピュータで動作する仮想マシン環境ソフトウェアである。さらに、UNIX 互換 OS 上で Windows 動作、その逆も行う事ができる PC/AT 互換機エミュレータである。かなりマイナーなゲスト OS の動作も可能であり、その仕組みの特徴から実ハードウェアに近い性能を出すことができる。ゲスト OS 用のアプリケーション・ソフトウェアの制御は、すべてゲスト OS が担うこととなるため、互換性、移植性が非常に高い。複数のゲスト OS を稼働させることができるため、稼働環境をほとんど変更することなく複数サーバを 1 台の物理的サーバに統合することができる。

また、オラクルも仮想化したサーバと物理的サーバの混在環境を管理できる Oracle VM をリリースしている。

こうした傾向から、大規模な企業システムやデータセンターなどにおいて、仮想化によるサーバ統合がシステムのトータルコストを抑制する上でのひとつの重要なソリューションとなるものと考えられる。

#### **参考資料**

ガートナー社による 2007 年データベース市場動向

<http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=507466>

IDC 「Server Workloads Forecast and Analysis Study, 2005-2010」 抜粋邦訳

[http://download.microsoft.com/download/f/2/5/f2512ee5-f1d2-479a-bc4c-ed2a8bbdad5c/06C4941E\\_JP.pdf](http://download.microsoft.com/download/f/2/5/f2512ee5-f1d2-479a-bc4c-ed2a8bbdad5c/06C4941E_JP.pdf)

## 第6章 ネットワーク産業

### 1. 市場概観

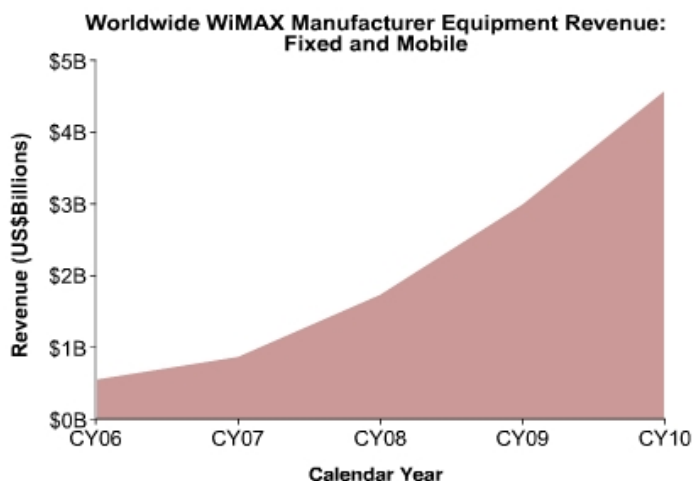
#### (1) ネットワーク機器

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) は、2003年1月に IEEE (米国電気電子学会) が承認した固定無線通信規格 802.16 シリーズを指す。WiMAX という名称は製品の相互運用性のテストなどを行う業界団体の名称でもあり、現在の会員数は 220 社となっている。ブロードバンド網のラストワンマイルを担う技術として登場し、ここ数年の間に特に人口密度が薄い地域に安価にブロードバンド環境を構築できる技術として採用例が多くみられるようになってきた。

従来の無線 LAN 技術では、到達距離が短くそのままではラストワンマイルの整備に採用するには困難であったが、現在の WiMAX (IEEE802.16d、2004 年) は最大到達範囲 10 キロメートル程度、最大通信速度は約 75Mbps と十分な性能が得られる。このため特に通信インフラの整備が遅れているアジア・アフリカ諸国のような開発途上国にも採用事例が多くなっている。

インフォネティクスリサーチ社の調査によれば、こうした WiMAX の有用性から市場拡大が急速に進むと予想している (図表 15)。

図表 15 WiMAX 機器市場規模推移



出所：インフォネティクスリサーチ社



同レポートによると、2007年は前年比50%増と伸び、さらに2008年には前年比2倍へ拡大し、2010年には2007年時の4.5倍に拡大すると予測されている<sup>14</sup>。従来のWiMAXが固定局と基地局を結ぶための規格であったのに対し、モバイルWiMAXは移動体通信を対象としており、120km/hで高速移動時でも使用可能とされている。通信速度も最大75Mbpsと固定局と同じレベルであり、上り・下りとも通信速度は対称となっており、基地局間のハンドオーバーも可能となっている。こうした特徴から、単なるデータ通信としての用途だけに留まらず、自動車などの移動時の電話や動画のような利用にも適していると期待されており、QoSの仕組みにも対応している。

## (2) ネットワークサービス

米国のインターネット利用者は拡大傾向が続いている。米国は、世界公衆無線LANの利用率（セッション数ベース）の56%を占めている。ビジネス用途の利用率は、2006年後半から2007年前半の間に68%増加（前年同期は44%増）し、空港での利用率が高い。ヨーロッパの無線LAN利用の増加率は米国を上回り、全世界の公衆無線LAN利用率は36%（2006年前半は31%）まで拡大した。またオーストラリアの利用率は700%増、中国でも164%増と急拡大している<sup>15</sup>。

一日の平均利用時間は、2006年前半の70分から25%増加し87分となった。米国のユーザが1日約90分利用しているのに対し、中国・韓国のユーザは約2倍の1日約3時間以上利用している。

これらの調査結果から、公衆無線LANのビジネス利用はヨーロッパやアジアを中心として大きく拡大しつつあることが把握できる。特に空港での利用が目立ち（上位5空港のうち4位までは米国内の空港）、全体の56%を空港での利用が占めている。また、ホテルでの利用は123%増の30%とある。

さらに、Internet World Statsの調査結果によると、2000年から2007年にかけて北米地域におけるインターネット利用者数成長率は117.2%と見込んでいる。ただし、全世界の平均成長率244.7%と比し、北米地域の伸び率はかなり低く、他地域と比べると早い時期から普及していたと言えよう。ちなみに、最も成長率の高い地域はアフリカの8倍以上、次いでラテンアメリカ地域の5倍以上とある（図表16）。

---

<sup>14</sup> 上記のインフォネティクスリサーチ社の調査による市場規模拡大予測は、固定局だけでなくモバイルWiMAXも含んだものになっている。

<sup>15</sup> 2007年9月28日、ネットワーク接続サービス大手のiPass社の発表

図表 16 世界のインターネット人口（国別分布）

世界のインターネット人口						
地域	人口 (2007年)	人口割合	インターネット 人口	インター ネット人 口の割合	世界のイン ターネット 人口に占め る割合	2000～2007 年の成長率
アフリカ	933,448,292	14.20%	43,995,700	4.70%	3.50%	874.60%
アジア	3,712,527,624	56.50%	459,476,825	12.40%	36.90%	302.00%
欧州	809,624,686	12.30%	337,878,613	41.70%	27.20%	221.50%
中東	193,452,727	2.90%	33,510,500	17.30%	2.70%	920.20%
北米	334,538,018	5.10%	234,788,864	70.20%	18.90%	117.20%
ラテンア メリカ	556,606,627	8.50%	115,759,709	20.80%	9.30%	540.70%
オセアニ ア	34,468,443	0.50%	19,039,390	55.20%	1.50%	149.90%
計	6,574,666,417	100.00%	1,244,449,601	18.90%	100.00%	244.70%

出所：Internet World Stats

驚異的な伸びを示している地域は、これまで通信インフラの整備が遅れていた地域である。当該地域においては、比較的設備投資が少なくすむメッシュネットワーク技術が利用されることが多い。メッシュネットワークとは、街灯用の電柱、住居屋上などに設置されたアンテナ同士が通信しあうことで広範囲のネットワークアクセスサービスを提供する方式で、大規模なエリアに比較的安価にサービスを提供することができる方式として利用が拡大している。

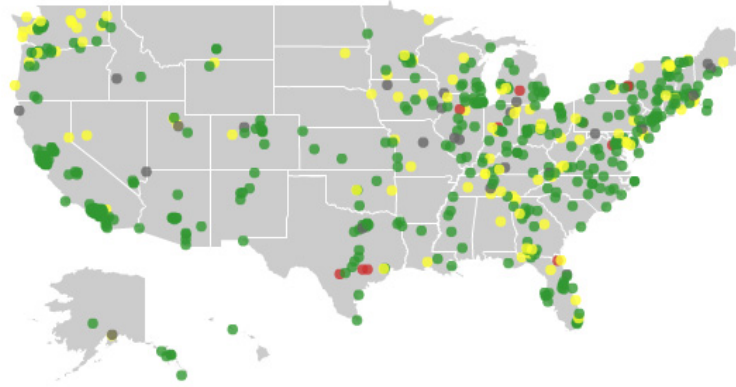
同じ無線方式とは言っても、メッシュネットワークと多少異なる方式にHotSpotがある。すべてのアクセスポイントにバックボーン回線を要するため、メッシュネットワークと比べ広域をカバーするのに適していない。しかし、比較的安定して利用できる点と無線通信技術としては早い時期から実用化されていたことから、この方式を採用している例も少なくない。特に図書館や公園といった公共の場においてインターネットアクセスサービスを提供する場合に採用されている例が多い。

無線方式に次いで多く使われている方式に光ファイバーがある。光ファイバーの場合、設備投資額が高額になるが、音声電話、ケーブルテレビ、インターネット接続サービスといった3種類のサービスを複合して提供できるというメリットがある。

普及率は低いですが、住民向けサービスの新技术として最近注目されている方式に電力線搬送通信がある。今日ほぼすべての家庭に電力線が設置されていることから、これを通信にも利用しよう

とするものである。従来はノイズの問題があったが現在ではほぼ解決したとされ、比較的成本が安価にシステムを構築できる技術とされている。

図表 17 ブロードバンドインターネットアクセスサービスを提供または構築している地域



(凡例：緑＝無線／黄＝光ファイバー／赤＝電力線搬送通信／灰＝その他または複合方式)

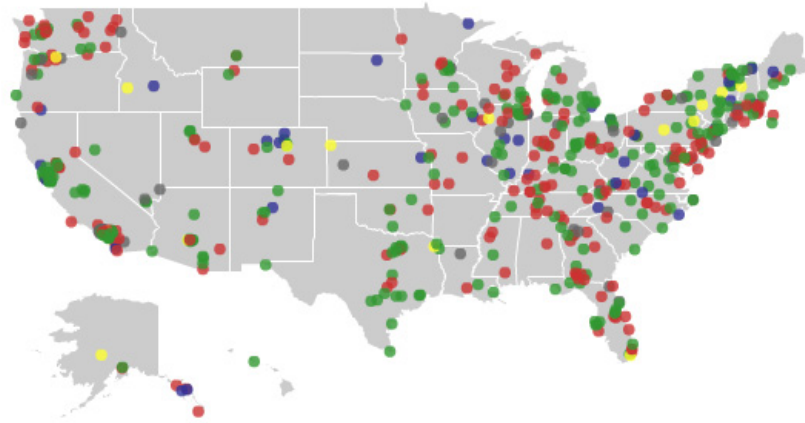
出所： free press

こうしたサービスの提供にあたっては、何らかの形で行政機関が関わっている場合が多い。形態は様々だが、主に以下のような事例が見られる。

- 公共部門がすべてのシステム構築からサービス提供まで負担する場合
- 公共部門がシステム構築を行い、民間企業が接続サービスを提供する場合
- 民間企業が行うシステム構築・サービス提供を公共部門が支援する場合

自治体がこうしたネットワークアクセスサービスの提供に関わることについては、デジタルデバイドの解消、企業誘致のためのインフラ整備、セキュリティ対策のための監視装置（ネットワークカメラ）の設置等を目的としている場合が多い。こうした傾向は当分の間続くものと思われ、関連するネットワーク機器のマーケットもまた当分の間は拡大傾向が続くものと思われる。

図表 18 ブロードバンドインターネットアクセスサービス提供者



(凡例：赤＝行政機関／青＝NGO／黄＝民間企業／緑＝官民共有／灰＝不明・他)

出所： free press

### (3) セキュリティ

2007 年に入り新たな攻撃方法が報告されている。

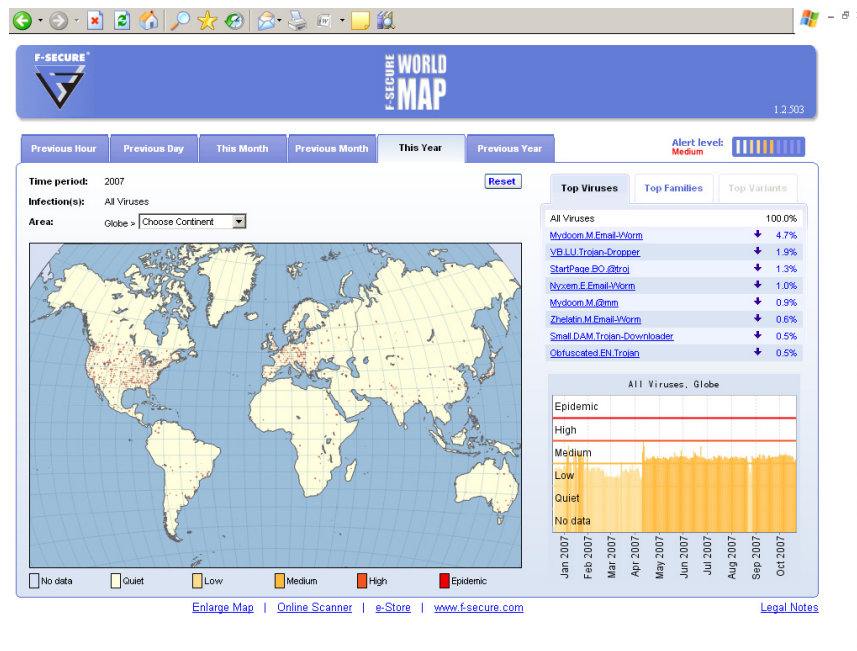
4 月に確認されたウィルスの例では、ウィルス対策を推奨するメールにウィルスが添付されていた事例がある。ウィルスに感染した添付ファイルは、パスワード付きの ZIP 形式で圧縮されているためウィルス対策ソフトのチェックをくぐりやすく、またメール本文を GIF ファイルにすることで文脈などからウィルスやスパムであることをチェックするプログラムを回避するように工夫されていた。

10 月には MP3 スпамが報告されている。音質を低く抑えることで容量を小さくした MP3 ファイルを大量に送信、そのファイルを開くと企業の宣伝が再生されるというものである。今後こうしたスパム送信者が動画やプレゼンテーション形式のファイル送信を試みる可能性があると考えられている。

また、記憶に新しいのが Adobe Reader や Acrobat の脆弱性を利用した PDF ファイルウィルスがある。2007 年 10 月に Adobe 社が発表し、それに対応したアップデートプログラムを配信している危険度の高い脆弱性を悪用したもので、メールに添付されて感染を広げている。

ウィルスの全世界的な発生状況については、F-SECURE がビジュアルでわかりやすい情報を提供している。ここでは、日次・月次・年次で、世界各地にどの程度発生（確認）しているかを把握することができる（図表 19）。

図表 19 F-SECURE による 2007 年のウィルス発生状況



出所： F-SECURE ホームページ

上記の例は、2007 年全世界のウィルス発生状況、右側に列挙されているのは実際に確認されているウィルスのうち上位 8 件の種類を示している。電子メールを媒介する方式とソフトウェアのダウンロードによって感染するトロイの木馬がほとんどを占めており、攻撃手法のメインストリームについては、従来からそれほど変化しているわけではない様子がうかがえる。つまり、基本的なセキュリティ対策を施せば、ある程度の安全性が確保できると言える。

最近の傾向に、攻撃者の意向が経済的利益の追及の傾向を強めているという特徴が挙げられる。ウィルスに感染したPCのファイルをパスワード圧縮し、解除パスワードの購入を迫るケース、あるいは風説の流布によって株価を操作しようとするものなどが挙げられる。株価操作を目的とした風説の流布<sup>16</sup>については、これを封じるべく米国の証券取引委員会が摘発に力を入れている。

<sup>16</sup> 一説にはスパム全体の 15%をこうした風説流布を目的としたものが占めるとされる。

## 2. 主要企業動向

### (1) シスコ・システムズ

ネットワーク機器最大手企業にシスコ・システムズがある。自社にない技術や顧客層を企業買収によって拡大してきた経緯を持ち、その戦略は今でも続いている。2004年以降は年間10社前後を買収し続けてきており、ここ数年の買収対象事例を見る場合、サービス指向を強めている様子がうかがえる。

図表 20 2007年シスコ・システムズ買収事例

企業名	日付	ターゲット	内 容
Securent, Inc.	11/1	音声、セキュリティ、Web サービス	異なるベンダー、プラットフォーム、OS が存在する稼動環境下において、データ、コミュニケーション、アプリケーションへのアクセスを統合管理する技術を提供する。シスコ社はこの技術を同社のネットワークサービスに組み込む予定。
Navini Networks, Inc.	10/23	ブロードバンド	モバイル WiMAX (802.16e-2005) を利用した無線ブロードバンド機器ベンダー。MIMO 技術を活用した通信機器で他社に先んじている。同社の買収によってシスコ社の無線ブロードバンド機器市場への進出が容易になるとされる。
Latigent, LLC.	9/27	音声通信	コンタクトセンター（企業が設置するサービスデスクやヘルプデスクのこと）に特化された Web ベースの分析ツールを提供する。
Cognio, Inc.	9/18	無線	無線通信のスペクトル分析及びネットワークシステム管理技術。同社の分析手法により無線の相互干渉の原因究明と対処が容易になり、ネットワークサービスの安定供給が可能になる。
BroadWare Technologies, Inc.	5/21	セキュリティ	IP ベースのビデオ監視ソフトウェアの開発。シスコのビデオ監視製品群を強化するために買収された。これによりアナログ方式からデジタル方式への移行を推進できる。
SpansLogic, Inc.	3/28	半導体	通信パケット処理の速度を向上させることができるプロセッサの開発。パケット処理のボトルネック解消に役立つと期待されている。
WebEx Communications, Inc.	3/15	統合通信	中小企業向けオンライン会議サービスの提供。同社の買収はシスコ社にとって従来のインフラまわりからより上位層への進出を狙う方針に沿ったもの。もともと大企業向けの同種サービスは持っていた

			が、ラインナップが充実することになる。
NeoPath Networks	3/13	ストレージ	ファイルストレージ管理ソリューションの開発・販売。NeoPath Networks 社は買収後シスコ社のデータセンタースイッチング&セキュリティ技術グループに統合。シスコ社が目指すサービス指向ネットワークアーキテクチャ対応を強化する。
Reactivity, Inc.	2/21	アプリケーション・ネットワーク	XML ゲートウェイ・ベンダ。同社の買収により企業内ネットワークのアプリケーション配信を高速化するための製品群を強化する。サービス指向アーキテクチャへの流れが強まる中で XML や SOAP ベースの Web サービスが重要になっており、XML サービスの配信を効率的かつ安全に行える技術の習得を目的としている。
Five Across, Inc.	2/8	顧客管理	SNS 機能つきの Web サイト作成プラットフォームを提供する企業。顧客企業が Web サイトに SNS 機能を追加するためのベースとなる。この買収によって、ユーザの Web サイト改善サポートという新分野への進出の第一歩となる。
IronPort Systems, Inc.	1/4	セキュリティ	企業向けスパムおよびスパイウェア対策アプリケーションの提供。買収後はシスコ社の Security Technology Group 内の事業部門のひとつとなる。

出所：シスコ・システムズホームページより作成

## (2) ジュニパーネットワークス

1996年に設立、カリフォルニア州サニーベールに本社を置くルータ・セキュリティ関連などのネットワーク製品を開発、販売する企業で、シスコと並ぶネットワーク関連大手である。

2006年6月、マイクロソフトとIPTVのセキュリティ強化で提携することを発表、ジュニパーのファイヤーウォールおよび侵入防止製品と、マイクロソフトのIPTV用セキュリティ・システムを一体化した製品を提供していくとし、さらに2006年9月にはセキュリティ関連大手のシマンテックと提携しジュニパーのネットワーク製品にシマンテック社のセキュリティ技術を搭載することを発表するなど、他社との協力関係を強化している。

シマンテックとの連携では、スパム対策、本人確認、侵入防止などの技術がジュニパーの統合型脅威管理製品や侵入検知・侵入防止製品に組み込まれる。将来的にはシマンテック社のセキュリティコンテンツをジュニパーのネットワーク機器に統合すべく協力関係を築いていく計画となっている。なお、合併は予定されていない。

### (3) NetGear

カリフォルニア州サンタクララに本社を置き、主に家庭向けのネットワーク機器を製造、販売する企業である。1996年に米国のベイネットワークス社の一事業部として設立され、ノーテルネットワークス社への吸収、合併を経て2000年に独立、2003年にはナスダックに上場した。

2007年5月3日、NAS (Network Attached Storage: ネットワークストレージ) システムメーカーの Infrant Technologies (本社: カリフォルニア州フリーモント) を買収すると発表、従来ハイエンド向けとされてきたNASシステムが低価格化と共に中小規模のビジネス用途にも導入が拡大していることを受け、同分野での製品強化を図っていく。

### (4) トロポス・ネットワーク

メッシュネットワーク技術に先鞭をつけた企業で、自治内などが整備を進めるブロードバンドインターネットアクセスサービスを広域に提供しようとする事業に採用事例<sup>17</sup>が非常に多い。

### (5) ベルエア・ネットワーク

カナダに本社を置く無線LAN機器ベンダーである。同社製品のBelAir200は、8本の指向性アンテナを有し最適な方向のアンテナを自動的に選択するようになっている。これにより電波の相互干渉を防止し、帯域を有効利用できるようになるとのこと。こうしたアンテナの制御技術は同社の特許 (マルチポイント・ワイヤレス・メッシュ・アーキテクチャ) となっている。

### (6) iPass

1996年、カリフォルニア州レッドウッドに設立され、ネットワーク接続サービス「iPassConnect」を提供する企業である。2003年7月、NASDAQにて店頭公開。空港やホテル、会議場といった場所で公衆無線LANや有線ブロードバンドのアクセスポイントを提供しており、欧州で4万カ所、全世界では計9万カ所のアクセスポイントを保有する。世界各国の多くのプロバイダと提携しており、どの国でも同じ手順、同じアカウントで接続できるローミングサービスを提供している。

### (7) ノーテル

ベルエア社同様、カナダに本社を置く通信機器メーカーである。

電話関係の通信機器開発、販売を事業の中心としてきた企業で、現在でも電話関係の業務が同社の重要な部分を占めている。メッシュネットワークシステムの構築事例としては、台湾の台北市・高雄市などに実績を有しており、NASAにも採用されている。

---

<sup>17</sup> GoogleやEarthlinkによるサンフランシスコ市、フィラデルフィア市でのメッシュネットワーク構築事業など



## **(8) シマンテック**

カリフォルニア州クパティーノに本社を置くセキュリティ関連企業である。

セキュリティ情報の開示をめぐるマイクロソフト社と激しく対立した時期があった。シマンテックやマカフィーといったセキュリティ対策ソフトメーカーが、マイクロソフト社が施している Windows Vista カーネルのセキュリティ対策により、セキュリティ対策ソフトそのものもまたカーネルにアクセスできなくなったことを非難していた。マイクロソフト社は、セキュリティ対策上カーネルを非公開とすべきと主張していたが、ヨーロッパなどで独占禁止に関する懸念が表明されたことで、柔軟に対応するようになった。

こうした動きを踏まえてか、シマンテック社とマイクロソフト社は IT 関連の信頼性向上を目的とする非営利団体である Software Assurance Forum for Excellence in Code (SafeCode) に共に加盟し、対立の原因となった Windows Vista に関するセキュリティ対策情報についても SafeCode において協力していくとコメントしている。

## **(9) マカフィー**

カリフォルニア州サンタクララに本社を置く企業で、セキュリティ対策関連のソフトウェアを中心に開発、販売している。ウィルス対策ソフトのマカフィー・ウィルススキャン（最新版は 2007 年 9 月 14 日リリース）とそれに関連するセキュリティ関連ソフトウェアを開発・販売するほか、スパムフィルタ専用のハードウェア等を販売している。

## **3. 次世代動向**

### **(1) ネットワーク機器**

前述の調査結果にみられるとおり、米国ではラストワンマイルのブロードバンド環境構築技術として無線普及が進んでおり、今後暫くはその傾向が続くものと思われる。バックボーン回線が不要という特性からメッシュネットワークが有望であることも明らかで、その分野のリーディング企業であるトロポス・ネットワーク社は、採用実績を着実に増やしている。広範囲にわたる街区をカバーできるネットワーク機器として 2006 年 10 月にルーターをリリースした後は、目立った新製品のニュースがない中で採用実績を増やしていることから、同社のビジネスが比較的安定していることがうかがえる。

こうした安価なソリューションは、通信インフラが未整備な地域においても安価にネットワークを構築できるものとして注目されており、メッシュネットワークは今後アジア・アフリカ諸国にさらに浸透していくと見込まれる。

通信速度についてはある程度の目標を達成し、提供されるサービスもある程度出そろってきており、今後はそうしたサービス提供の恩恵を受けることができるユーザを増やす（言い換えれば

デジタルデバイドを解消する) ため、暫くの間はそうした確立された技術を採用し、より広い範囲へネットワークサービスを提供していくべきフェーズに入っているように思われる。

モバイル WiMAX の規格策定によりようやく実用的なレベルの技術が登場してきている。これまで固定局によるネットワークサービスで起こっていたサービスの IP 化がモバイルの世界にもあらわれると見込まれる。むしろネットワークからの情報収集と利活用という点ではモバイルの分野のほうが利便性の高いサービスが登場することも期待できる。ナビゲーションシステムとの融合などはその典型と言えよう。

折しも国防総省による自動車の自律走行実験が成果を得つつある<sup>18</sup>とされており、こうした自動車の高度化には道路状況などのデータ通信が不可欠となりつつある。モバイルによる高速通信サービスの市場は劇的に大きくなることが期待される。

## (2) ネットワークサービス

ラストワンマイルの整備促進は、ネットワークサービスの提供範囲の拡大とサービスを受けることができるユーザの範囲を拡大することに繋がる。提供されるサービス内容については、これまでブロードバンド環境の整備が進んできた地域を中心としてある程度発展してきているところである。新しいビジネス、ネットワーク利用の在り方として WEB2.0 が標ぼうされているが、そこにはこれまでに蓄積された技術を組み合わせることにより目新しいサービスを提供するような、かつてのインターネット勃興期にみられるような技術面での劇的な変化をみることはできない。むしろソフト的、サービスの部分の技術となっている。

各社が提供しているネットワークサービスも複数社が同じようなサービスを提供しており、競争の中心は顧客の確保に集約されるようだ。新しいビジネスモデルを立ち上げるにあたり、単独で普及させることは困難が伴い、その結果、大企業とのコラボレーションが必要になる。こうした状況は、やはりインターネット勃興期とは大きく異なるものと言える。

今後大きな進化が期待できるモバイルの分野についても Google の携帯電話サービスへの参入を一例とし、今後大手企業が注力しようとしている姿勢をうかがわせる。

## (3) セキュリティ

セキュリティ対策のマーケットは、当然ながらユーザ拡大と共に拡大するものと考えられる。特に安価なブロードバンド環境の提供が進む場合、今までセキュリティサービスに触れることが無かったユーザ層まで利用が浸透していくこととなり、セキュリティニーズがより大きくなっていくことは想像に難くない。

そうした新しいユーザ層は、それほどリテラシーが高いとは考えにくく、そうした新たな

---

<sup>18</sup> 2006 年にスタンフォード大学のスタンレー号が国防総省の示した走行実験に成功

ユーザであっても安心してサービスを受けられるセキュリティ対策の重要性がより高まることと見込まれる。

前述のモバイル関連でのネットワーク関連市場の拡大もまたセキュリティ対策ベンダーにとってのビジネスチャンスの拡大につながる。特にモバイル関係の場合は、高い即応性が求められることと思われ、これまでに培われてきた技術を高速に処理できなければならず、実績ある大手ベンダーの力が必要となる分野と思われる。

## 参考資料

iPass による世界の公衆無線 LAN 利用動向

[http://jwww.ipass.com/pressroom/pressroom\\_printfriendly.html?rid=290](http://jwww.ipass.com/pressroom/pressroom_printfriendly.html?rid=290)

Internet World Stats (インターネットの統計)

<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>

WiMAX Forum

<http://www.wimaxforum.org/home/>

シスコ・システムズによる企業買収実績 (2007 年)

[http://www.cisco.com/web/about/ac49/ac0/ac1/ac257/about\\_cisco\\_acquisitions\\_summary.html](http://www.cisco.com/web/about/ac49/ac0/ac1/ac257/about_cisco_acquisitions_summary.html)

ジュニパーネットワークス 2007 年ニュースリリース

<http://juniper.co.jp/company/presscenter/pr/pr-2007.html>

free press

<http://www.freepress.net/communityinternet/networks.php?scheme=tech>

F-SECURE

[http://worldmap.f-secure.com/vwweb\\_1\\_2/en/previous\\_day](http://worldmap.f-secure.com/vwweb_1_2/en/previous_day)

2007 年 10 月のウィルス発生

(日本語) <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Research/20071031/286048/>

(英語) <http://www.message-labs.com/resources/press/6475>

インフォネティクスリサーチ社 プレス

<http://www.dri.co.jp/auto/report/infonetics/infowimaxomne07.htm>

## 第7章 近距離無線通信技術産業

### 1. 市場概観

近距離無線通信技術については、技術的な課題もさることながらビジネス面での課題も少なくない。ネットワークの高速化と各種機器の小型化・大容量化が進むことにより、近距離無線通信に対するニーズの内容も変化するためである。

近距離無線通信インタフェースは、有線によるインタフェースに比べ速度面で劣り、大容量データ転送には適していない。よって、記憶装置と他の機器との接続にあたり無線インタフェースを使うことの現実性に疑問を否定することはできない。例えば、フラッシュメモリを使用する際に、無線接続にどれほど大きな利便性が生まれるかと言った事象から容易に把握することができる。

SDカードなどに格納された写真のデータをプリンタから印刷する場合など、ユーザがプリンタから離れた場所からデータを転送し出力結果を確認するという利用方法は考えにくく、接続先の装置から離れていることがユーザから見る利便性と言った観点には疑問が残る。家庭用プリンタでは既に半導体メモリを搭載した記憶装置を接続するためのスロットを有する製品がいくつも登場しており、ユーザのニーズは十分満たすことができている。無線インタフェースが敢えて介在せねばならない理由は薄いと言える。テレビやビデオ、オーディオといったケーブル配線についても、いったん配線し配置してしまえば変更の頻度は高くはないため、そこに敢えて無線を使わねばならない理由は少ない。

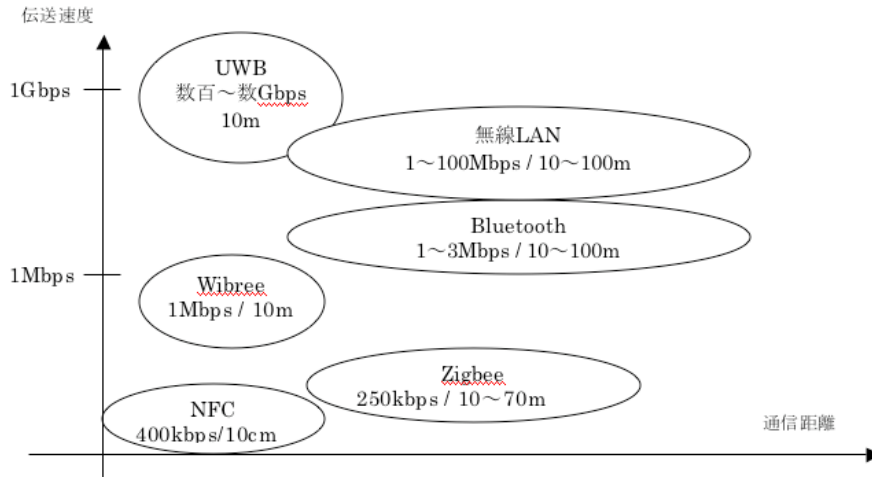
こうした背景からか、近距離無線通信に関する話題は最近比較的沈静化しているように感じられる。

しかし一方で、無線インタフェースの特性を十分活用できるような用途に活用されているかどうかにも疑問が残る。無線の得意分野に可搬性がある。任天堂の新ゲーム機Wiiのリモコン用としてBluetoothが採用されたことは近距離無線通信の分野にとっては朗報と言える。さらに、配線スペースが限られた空間などにも有効であろう。例えば自動車内のオーディオ関連配線については、配線施工の条件が一般家庭やオフィスといった用途に比べるとかなり限られたものとなるため、有益であると考えられる。今後の近距離無線通信の市場は、こうしたマーケットの開拓にフォーカスが当たると考えてよいと思われる。

ここでは主な近距離無線通信規格について最近の動きを整理する。

主な近距離無線通信規格につき、伝送速度と通信距離を図示してみると以下のとおりとなる(図表21)。

図表 21 規格ごとの伝送速度と通信距離



出所：記事をもとに DITTO 作成

### (1) UWB (Ultra Wide Band)

米国においてレーダーや位置測定といった用途を目的に開発され、連邦通信委員会（FCC: Federal Communications Commission）により、2002年2月14日に民間利用の認可が下り、無線データ通信技術として注目されるようになった。

搬送波・広帯域変調を用いた近距離高速通信が可能な無線技術であり、米国では免許を取得せずに利用できる。一般的には IEEE 802.15.3a のことを示す場合が多く、Wireless USB の基本技術でもある。ただし、802.15.3a WG（ワーキンググループ）は、2006年1月の会議で規格の策定をとりやめており、各方式の陣営によるデファクトスタンダードの獲得競争となっている。

消費電力が少なく、妨害電波に強く高速通信が可能だが、通信距離が長くなると速度の低下が著しい。元々レーダー等の用途が目的だったため位置検出精度が高く、誤差は数センチメートル以内とされる。ターゲットとなるのは半径10メートル程度の近距離である。

業界団体である WiMedia Alliance が2007年10月に UWB 準拠のチップセットを初めて認可し、ようやくワイヤレス USB や次世代 Bluetooth が実現するのではないかと期待されている。12社の製品が認可を取得している。

### (2) IEEE802.11n

IEEE が2008年後半に策定を予定している無線 LAN 規格で、現在のバージョンは2007年8月に策定されたドラフト 2.0 である。実効速度 100Mbps 以上（理論上は 300Mbps 以上、将来的には

600Mbps に達するとみられている) で、IEEE 802. 11a や IEEE 802. 11g との下位互換性を持つ。MIMO (Multiple Input Multiple Output) によって複数のアンテナで送受信を行い、高速化と安定化を図るようになっている。既に 2005 年から準拠していることをうたう製品が市場に投入されているが、規格そのものは現在も策定作業中であるため、厳密には準拠とは言えない状況にある。

### **(3) Bluetooth**

スウェーデンのエリクソン社が 1994 年から開発を進め、1999 年 7 月にバージョン 1.0 が発表された無線通信規格である。

2.4GHz の周波数帯を用い、機器間に障害物があっても半径 10 から 100 メートル程度の距離で通信できる。当初は赤外線短距離通信の IrDA の置き換え技術として普及が試みられたが、現在は主として電子機器を継続的に接続する用途で普及が進んでいる。Bluetooth を搭載したヘッドセットは、実際のスピーカーと比べると 0.2 秒程度の遅延が発生するため遅れて聞こえるという欠点がある。このため電話では問題ないが映画などでは口の動きとあわない、ゲームでは反応が遅れるといった問題が生じる。

Bluetooth ゲームコントローラー等では、遅延はほとんど問題ないレベルとなっており、任天堂の新ゲーム機 Wii のワイヤレスリモコンには、指向性を問わないというその性格から、Bluetooth が採用されている。

### **(4) ZigBee**

屋内照明、空調制御、セキュリティ・システムといった主として家庭用途に標準を合わせた短距離無線通信規格で、2004 年末に Zigbee Alliance によって世界標準として仕様が確定された。ベースとなっているのは IEEE 802. 15. 4 で、通信プロトコルは Zigbee Alliance が仕様の策定を行っている。

Bluetooth と比べ低速・低コストで消費電力が小さいという特徴があり、また Zigbee 端末は中継機能を有するため、その端末同士でメッシュネットワークを構成することができる。最近ではセンサーネットワークを構築するためのデバイスとしての用途が期待されている。

### **(5) Wibree**

Wibree は、フィンランドに本拠を置く携帯電話メーカー大手の Nokia が、2006 年 10 月 3 日に発表した短距離無線技術である。データ転送速度は 1Mbps、伝送距離 0 から 10 メートルで、Bluetooth よりも消費電力が小さく、低コストで小型なのが特徴とされる。主な用途としてはパソコンやモバイル機器、ボタン電池を使用する腕時計、無線キーボード、おもちゃ、スポーツ用センサーなど汎用範囲が広い。

開発元である Nokia は Wibree の広範な普及を目的に規格をオープンにし、主な参加企業には米 Broadcom、英 Cambridge Silicon Radio、セイコーエプソン米国法人 Epson、ノルウェーの Nordic Semiconductor、フィンランドの Suunto、太陽誘電が名を連ねる。

スペック・用途ともに Bluetooth と似通っているように見える Wibree だが、Nokia 社によれば Wibree と Bluetooth は競合関係にあるのではなく、相互に補完しあうものとしている。同社によれば、Bluetooth は音声やデータ転送に優れており、Wibree は腕時計や各種センサーといった小型デバイス向けとされている。

こうした特徴を踏まえ、2007年6月12日に Wibree の開発元である Nokia は、Wibree を Bluetooth の超省電力版規格として統合することを発表した。Wibree の開発グループである Wibree forum は Bluetooth の標準化団体 Bluetooth Special Interest Group (SIG) に統合され、Bluetooth SIG 内で Wibree 仕様を Bluetooth の超省電力版規格として開発していくこととなる。2008 年上半期に仕様の初版リリースを予定している。

## **(6) NFC**

Near Field Communication の略である。ソニーとフィリップス社が共同開発した近距離無線通信技術で、2003 年 12 月に ISO/IEC 18092 として国際規格となった。13.56MHz 帯を利用し、通信距離は 10cm 程度、100 から 400kbps で双方向通信が可能である。元々はソニーの「Felica」、フィリップス社の「Mifare」といった非接触式 IC カードで使われていた規格だが、国際規格となったことでオーディオ機器をはじめとする一般向け家電製品などへの応用が期待されている。

## **2. 主要企業動向**

### **(1) フリースケール・セミコンダクタ**

テキサス州オースチンに本拠を置く半導体製造企業で、車載用をはじめとする組み込みシステム向けのチップを主に開発・製造している。元々はイリノイ州シャインバーグに本拠を置く通信機器メーカーのモトローラ社の半導体部門であったが、2004 年にその部門より独立した。

近距離無線通信関連では、2007 年 3 月 29 日に Zigbee 仕様をベースとしたシングルチップ・ソリューションである MC1322x プラットフォームを発表している。これは極めて低い消費電力による駆動を実現し、現在の ZigBee ソリューションに期待されているバッテリー寿命の 2 倍 (20 年) まで長寿命化するように設計されている。また、ZigBee アプリケーションに必要なコンポーネントをひとつのパッケージに統合した Platform in Package (PiP) ソリューションとして提供されるため、部品数およびシステム・コストの削減が可能とされている。さらに、フリースケール独自の TurboLink テクノロジ・モードを搭載し、ノード間で最大 2Mbps のデータ転送速度を実現している。

主にターゲットとしている分野は、エネルギー管理や資産管理などの産業機器分野、音声、無線ヘッドホン、大容量データの転送といった各種の民生機器分野、および身体に取り付けたセンサーからデータをリアルタイムで収集する患者モニタ・システムのような医療機器分野である。

## (2) テキサス・インスツルメンツ

2006年1月24日、テキサス・インスツルメンツ社はChipconを買収している。2005年4月、Chipconは、RFトランシーバのCC2240 RFとFigure 8 WirelessのZ-Stack™につきZigBee Allianceの認定を受けている。CC2420は初めてIEEE 802.15.4に準拠した2.4GHzシングルチップ・トランシーバとなった。この認定により、このプラットフォーム上で開発した製品がZigBee認定を受けた他のプラットフォーム上で開発した製品と完全互換であることとなった。テキサス・インスツルメンツは、このChipconのZigbee規格(IEEE802.15.4)に準拠した製品(RFトランシーバ、ソフトウェア、開発ツール、開発キット)を継続して製造・販売している。

## (3) モトローラ

米国の通信機器メーカーで、シカゴ近郊のイリノイ州シャインバーグに本拠を置く。携帯電話端末、無線通信機、中央演算装置(一般的にはCPUと呼ばれるが、モトローラではこれをMPUと呼んでいる)などで著名な企業である。既述のフリースケール・セミコンダクタ社は、モトローラからスピナウトした半導体部門である。携帯電話端末の世界シェアは第3位(12.9%・2007年第3四半期)である。ちなみに、第1位はノキアで38.6%、2位はサムスン電子で14.7%である。

2004年にフリースケール・セミコンダクタ社、Pulse-LINK社とともに直接シーケンス(Direct Sequence)方式を使うUWB技術(DS-UWB)を支持する業界団体としてUWB Forumを設立した(その後2006年にフリースケール社は同団体から脱退している)。標準化作業についてはインテルなどが推すWiMedia Allianceと対立し続け、最終的に標準化は見送られる結果となった。

## (4) 新興企業

### ○ Artimi, Inc

台湾系の企業だがCorporate HeadquartersをSanta Claraに置いている。

2005年にUWB対応LSIのRTMI-100を発表している。最大データ伝送速度は800Mbps。動画データなど高いデータ伝送速度を要する用途で有線ネットワークを代替するものとして市場に投入された。RTMI-100はUWBの物理層とIEEE802.15.3対応のMAC、及びIOの3個のマイクロプロセッサを搭載している。また、メッシュネットワーク機能も備えており、これによって家電製品を1つのUWBネットワークに統合できる。



○ Tzero Technologies, Inc.

Sunnyvale に本拠を置き、UWB チップセットとソリューションを開発している企業である。主に家庭でビデオ配信を可能にするための広帯域無線関連製品を開発し、高精細動画の配信を可能にするための UWB チップセットである TZC7200 を製造・販売している。

2006 年 9 月 10 日、アナログ・デバイセズ社と協力し Tzero が同年 6 月に発表した UWB (Ultra-WideBand) チップセット「TZ7000」とアナログ・デバイセズの JPEG2000 エンコーダー「ADV202」を組み合わせ、映像伝送の安定性を高めた新しいワイヤレス HDMI のデモンストレーションを公開した。ハイビジョン動画や次世代 DVD プレーヤー、ゲーム機などへの導入を目指した製品である。720P/1080i までの高精細映像をリアルタイムに JPEG2000 変換し、マルチチャンネルのオーディオとともに無線伝送する。

UWB チップは 3.1GHz から 4.8GHz の広いバンド幅を使い、1 つ 160Mbps の帯域を同時に 3 つ用いて伝送することで最大 480Mbps の伝送速度を実現する。伝送距離は約 10m、壁越しの伝送も可能。パケットエラー率は有線 LAN と同じレベルの 10 のマイナス 8 乗 (1 億分の 1)。これは 2 時間に 1 回パケットロスが起きるかどうか、というレベルであり、リアルタイム性を要するゲームもターゲットになっている。

○ Wisair

イスラエルの企業だが Campbell にオフィスを構える。PC 関連、家電器、モバイル機器向けのアプリケーションを実現する WiMedia 及び Certified Wireless USB に準拠した超広帯域無線 (UWB) チップセットソリューションを提供するファブレス半導体メーカーである。

同社のチップセットは、SB-IF が策定する Certified Wireless USB 規格に準拠していながら WiMedia の仕様を上回る 9m で伝送速度 480Mbps、28 メートルで 106Mbps をサポートする。WUSB チップセットは PC、ノート PC、デジカメ、カムコーダ、プリンタ、スキャナ、外付けハードディスクドライブ、PDA、ハンドヘルド PC、携帯型メディアプレーヤー、テレビ、DVD/PVR プレーヤー、セットトップボックス、ゲーム機、携帯端末機といった多種多様な製品への適用が可能である。

また同社製 WUSB 開発用キットの DV9210 には、S/W ドライバ、アソシエーションモデルのサポート、サンプルアプリケーションコードなど、WUSB ハードウェアおよびソフトウェアプラットフォームが含まれ、ハードウェアおよびソフトウェア開発者はネイティブプロトコルおよびワイヤアダプタプロトコルを使用し、ワイヤレス USB ソリューションをホスト側およびデバイス側の双方に効率的に実装することができる。PC 周辺機器としては PC およびノート PC 向けの WUSB ミニ PCI モジュール の WUSB ドングル、WUSB ハブ、UWB アンテナをラインナップしている。

○ Ruckus Wireless

カリフォルニア州サニーベールに本拠を置く IP ベースのマルチメディア配信システムを手掛ける企業。同社が開発したスマートアンテナ技術の BeamFlex は帯域幅を拡大するマルチセグメントアンテナを利用し、信号を減衰させることなく長距離のビデオ配信を可能にする。同社は既に IPTV 市場向けにサービスプロバイダを通じて 10 万台の家庭内向け WiFi システムである MediaFlex システムを提供している。

○ WiQuest

テキサス州アレンに本拠を置く無線 USB 関連企業。

2005 年 12 月 5 日、データ転送速度が 1Gbps で WiMedia に準拠した UWB チップセットの開発を発表。データ転送速度が高く消費電力が低いという特徴を活かし、既に普及が進んでいた無線 LAN や Bluetooth とのすみ分けを図っていた。

開発したチップセットは、RF トランシーバ・チップ：WQST110 とベースバンド/MAC 処理チップ：WQST101。最先端の前方誤り訂正技術を採用することでデータ伝送速度が 480Mbps を実現し、その際の消費電力は 600～700mW でデータ転送距離は 8～10 メートルである。1Gbps の際の消費電力は 1W 弱でデータ転送距離は 5～6 メートルとなり、Bluetooth と比べ効率は 300 倍に達するとしている。

なお、チップセットの製造は台湾の TSMC 社が担当している。

○ Alereon

テキサス州オースチンに本拠を置く無線 USB 関連のファブレス企業。2004 年 10 月に 480Mbps で動作する WiMedia PHY を発表した。カリフォルニア州マウンテンビューに本拠を置いている半導体設計ツールメーカーの Synopsys 社と協力し、Alereon 社の WiMedia UWB 準拠のフィジカル・レイヤ (PHY) と USB Implementers Forum (USB-IF) で認定されたワイヤレス USB 仕様準拠の Synopsys 社製デバイス・コントローラ IP DesignWare Cores Wireless Universal Serial Bus (WiUSB) とのインターオペラビリティ・テストに成功したと発表。これにより規格認定済みワイヤレス USB の統合リスクを低減し開発期間を短縮することができることとされる。

○ Staccato Communications

カリフォルニア州サンディエゴに本拠を置く無線 USB 関連企業。

2005 年には富士通との間で無線 USB および UWB 向けの CMOS シングルチップ・ソリューションについてパートナー契約を締結、インテル社主催の Intel Developer Forum Japan 2005 で Wireless USB に対応したデジタルカメラ開発キットなどのデモンストレーションを行っている。

### 3. 次世代動向

以前に比べ、近距離無線通信関連の話題は以前のような派手さは見られなくなっている印象を受ける。無線通信による PC 周辺のインタフェースで無線による接続に対するニーズが必ずしも高くないことがその一因と思われる。無線によるインタフェースに対するニーズは、ケーブルによる接続の煩わしさからの解放がその根底にあった。しかし、小型情報機器の高性能化・高機能化、無線ブロードバンド環境の普及により、コアとなるマシンとその周辺機器とを接続する近距離無線通信インタフェースといったシステム構成ではなく、小型の周辺機器自身がネットワークに接続しデータ転送ができるようになってきていることが、近距離無線通信に対するニーズを下げている要因のひとつと推察される。また、各種周辺機器自身が半導体フラッシュメモリ用のインタフェースを有するようになり（例えばプリンタに搭載される USB インタフェース、SD カードスロットなど）、ケーブル配線からは既に一部で解放されつつある。

こうした状況からは、大容量のデータ転送に近距離無線通信を利用することは考えにくいと思われる。リアルタイム性を求められる機器、例えばマウスやキーボードといった周辺機器であれば Bluetooth のような無線インタフェースが必要となるものの、これらの周辺機器については敢えて無線でなければならない理由は少なく、それほど大きな市場になるとは考えにくい。

こうした中で、任天堂の新しいゲーム機である Wii のリモコンに Bluetooth が採用されていることは、近距離無線通信の将来性を占う上で明るい話題である。ゲーム用リモコンのようにリアルタイム性と可搬性を同時に満たさねばならないデバイスの場合、こうした近距離無線通信技術へのニーズがあることが証明された形となっている。

ケーブル配線の煩わしさからの解放という点も、利用シーンによっては非常に大きな利点となり得る。特に配線施工の難しさから自動車などに搭載される電子機器間(カーナビとオーディオ、携帯電話など)の接続への利用は十分考えられる用途と言ってよい。ケーブル配線からの解放という点では赤外線リモコンのような技術・製品も競合することとなるが、先の Wii の例では赤外線のように指向性を問わない規格である Bluetooth の方が有利であった。そのため、こうした特性と応用すべき製品を見極める必要がある。

リアルタイム性と可搬性を両立させ、かつ指向性を問わない通信手段を活用するシーンとしては、先の Wibree 開発元であるノキア社が例示するスポーツジムの用途などは有望視できる。特に血圧や脈拍といった身体機能に関するデータ測定については、現在その多くがある一時点しか測定不可能(もしくは可能であっても装置が大掛かりになりすぎるため高コストとなる)であるが、身体に容易に装着でき、データを内部に保持することなくリアルタイムに転送して活用することができるため、こうした近距離無線通信インタフェースを活用するのに適したものと言えよう。

既にヘルスケアの分野における RFID の利活用については、市場拡大が有望視されている。2007 年 7 月 25 日の Healthcare IT News の記事 (Kalorama Information 社のレポートの記事) によれば、米国の 2007 年のヘルスケア関連産業規模は 2 億 9,700 万ドルと見込まれており、2010 年に

は10億ドル、5年後の2012年には31億ドルと爆発的な成長が期待されている。成長の条件はコスト削減とネットワークインフラの拡張性、及びシステムの相互運用性にあるとされ、近距離無線通信技術全般についてもこうした課題はすべて当てはまると考えられる。

ここで取り上げてきたそれぞれの近距離無線通信技術は、何らかの形でそれを搭載するデバイス自身がオペレーティングシステムを持ち、一つのシステムとして稼働するものである。これに対し、上記で議論されているRFIDは単なるICタグ、言わば単純な記憶装置に過ぎない。上記の課題を解決するためには、無線インタフェースによって接続される末端のデバイスが単純な記憶装置からより高度化されたシステムになる必要があり、こうした市場にこそ近距離無線通信技術が応用できる可能性があると考えられる。

これまで近距離無線通信技術の実用化と言えばPCとその周辺機器の接続用インタフェースとしての用途が主だったが、我が国での普及著しく諸外国においても導入の動きが強まっている事例として、携帯電話を利用した決済サービスを挙げることができ、これについては欧米に比べアジア各国のほうが意欲的である。

特に韓国では、2000年以来多くの小売店や公共交通機関で携帯電話決済サービスを導入している。2007年春にはSKテレコムがVISAグループと提携し、第3世代携帯電話向けサービスの提供を始めこの分野の先進国となっている。2007年に入って台湾、シンガポール、香港でNFC準拠の決済サービス実証実験が計画されている。これらの計画では国際規格のPBM (Pay By Mobile)に準拠しており、国境を越えたサービスに成長することが期待されている。日本ではNTTドコモが提供する「おサイフケータイ」が一般化し、対応端末機は3,000万台と見込まれ、韓国と並び近距離無線通信技術を応用した決済サービスにおいて先進国となっている。

これらの動きに対して、この分野に関しては欧米の動きは鈍い。米国ではオンラインによる決済の仕組みそのものがそれほど高度化されていないという実情がある。ユーザから見ればオンライン決済のように見えているサービスは決して少なくないが、実態はクレジットカードの決済について小切手を送付する代わりに電子的に小切手をきる手続きをしているだけと言われている。一部の金融機関ではPCで実現しているのと同様にオンラインによる小切手処理を携帯電話でも実現しようとしている(2007年5月24日ニューヨークタイムズ紙より)。携帯電話の機能・サービス発展の方向は日本・韓国と比べ米国が数年遅れてついてくるといったパターンが繰り返されていることから、こうしたサービスについても今後拡大が予想され、無線通信に要するチップなどの需要増が期待できる。

さらに米国で期待できる分野があるとすれば、携帯電話を用いた決済など、携帯電話の高機能化である。携帯電話の機能は、日本をはじめとするアジア各国のサービスが米国よりも数歩先行している。カメラの搭載、ネットワークへの接続機能など米国の携帯電話サービスは、日本のその普及後数年して追いかけてきている。携帯電話の高機能化の進展に伴い、無線インタフェースの高度化が必要となる。

## 参考資料

Silicon Valley 150

<http://www.bayareanewsgroup.com/multimedia/mn/biz/specialreport/sv150bigchart.htm>

NVCA (National Venture Capital Association)

<http://www.nvca-e-series.org/scriptcontent/membersites.cfm>

CTIA Wireless 2007 公式サイト

<http://www.ctiawireless.com/>

Healthcare IT News 2007 年 7 月 25 日 (英語)

<http://www.healthcareitnews.com/story.cms?id=7481>

ITPro 2006 年 10 月 4 日

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/USNEWS/20061004/249804/?ST=network>

ITPro 2006 年 10 月 26 日

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20061026/251885/?ST=network>

ITPro 2006 年 11 月 21 日

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/OPINION/20061120/254230/>

ITPro 2007 年 7 月 10 日 (米国で携帯電話決済サービス開始)

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20070709/277046/>

各種用語の定義：ウィキペディア

UWB チップセット初めて認可される

記事：<http://www.computerworld.jp/news/net/81909.html>

業界団体によるニュースリリース：

[http://www.wimedia.org/imwp/idms/popups/pop\\_download.asp?contentID=11961](http://www.wimedia.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=11961)

WiMedia Alliance

<http://www.wimedia.org/en/index.asp>

米国における携帯電話決済サービス開始のニュース  
(2007 年 5 月 24 日ニューヨークタイムズ)

<http://www.nytimes.com/2007/05/24/technology/24basics.html?ei=5088&en=a27d67f1bbb07d6c&ex=1337659200&partner=rssnyt&emc=rss&pagewanted=print>

Zigbee Alliance 公式ホームページ

<http://www.zigbee.org/en/index.asp>

日経 BP 記事 2007/05/18

[http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20070517/271384/?ST=biz\\_shin](http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20070517/271384/?ST=biz_shin)

## 第 8 章 オープンソース産業

### 1. 市場概観と主要機能プログラム

オープンソースは、一時期の大流行時期に比べかなり沈静化している。「安価にシステム構築できるフリーソース」といった若干間違ったイメージから、「オープン環境であるが故にメンテナンス性が高い」といったイメージに変革するに従い、地に足のついたシステム開発が行われるようになった。反面、ニュース性には乏しくなっている。換言するに、夢のような話から実用性のある話題が多くなり、それが地味な印象に映るとも言えるであろう。

マサチューセッツ工科大学のネグロポンテ氏を中心とした 100 ドル PC プロジェクトでは、製品化が進み動作するソフトウェアは基本的にオープンソース製品によって成り立っている。すなわち、一般的なユーザのレベルに必要な PC 環境は、オープンソース製品のみですべて賄える事が可能となった。こうした事例からも、オープンソース製品は話題先行の時期を終え、実用的なソリューションのひとつとして位置づけるまで成長し、今後の本格的なビジネス展開が期待できる。

他方、そうした本格的なビジネス展開を図る上において、十分なテクニカルサポートは必須と言える。既に IT が社会の重要なインフラの一部となっている今日、トラブルの発生は極めて重大な影響を及ぼすことは既に周知のことである。安定したシステム運用のために、各種のシステムが安定して動作することは必須であり、迅速なバグ修正や日常運用の中で生じる問題の解決が重要である。

#### (1) オペレーティングシステム

オープンソース製品の草分けに UNIX がある。現在の多くのオープンソースのオペレーティングシステムは、この流れを組むものである。厳密に言えば Linux は UNIX と系統を異にしているもののこれも UNIX の一種と言うこともできる。

主だった製品の最近の動向は以下のとおりである。

- Free BSD、Net BSD、OpenBSD

カリフォルニア大学バークレー校で開発された UNIX ベースのオペレーティングシステム。バージョン管理が徹底しているため安定性に定評があり、後述する Linux よりも好むユーザが少なくない。現在の最新版は 2005 年 5 月にリリースされたバージョン 6.2 で、現在新バージョンの 7.0 の開発が最終段階に近づいている。

NetBSD は、1993 年にバージョン 0.8 がリリースされた FreeBSD とルーツを同じくする OS だが、FreeBSD が PC/AT 互換機をプラットフォームとしているのに比べ機種依存性が低く、動作するハードウェアが幅広いことが特徴である。このため、機種から独立した部分における機能改善はすべてのハードウェア環境に適用されることとなる。こうした機種独立性の高さから、組み込みソフト開発に利用されることも多い。現在の最新リリースは 2006 年 11 月 4 日の 3.1 である。

OpenBSD は、1995 年に NetBSD から分岐してできたオペレーティングシステムである。NetBSD の開発者の一人が開発方針の違いなどから袂を分かち新たに開発したもので、セキュリティの高さを売りの一つにしている。現在の最新版は 2007 年 11 月 1 日リリースの 4.2 である。

- Open Solaris

サン・マイクロシステムズ（本社：カリフォルニア州サンタクララ）が開発したオペレーティングシステムのソフトウェアをオープンソース化したもの。2005 年 1 月に公開された。

- Linux

フィンランドのヘルシンキ大学の学生だったリーナス氏が 1991 年に開発した PC 用の UNIX カーネル。当時はフリーで利用できるカーネルは珍しく、急速に普及した。2000 年頃から多くの技術者が開発に参加するようになり、中小規模サーバ用 OS として商用製品と遜色ないレベルとなった。現在では主にウェブサーバやデータサーバといった用途で用いられることが多い。また組み込み OS としても普及しており、プリントサーバやストレージサーバ、携帯情報端末などに利用されている。現在の最新版は 2007 年 10 月 9 日にリリースされた 2.6.23 である。

- Red Hat Linux

1993 年に設立された Red Hat, Inc.（本社：ノースカロライナ州ローリー）が提供する Linux ディストリビューションの一つ。

2003 年の Red Hat Linux 9 を最後に一般ユーザ向けの販売とサポートを Fedra プロジェクトに引き継ぎ<sup>19</sup>、現在は企業向け製品である Red Hat Enterprise Linux のサポートを行っている。Enterprise の最新バージョンは、2007 年 3 月 14 日にリリースされた RHEL5 である。

---

<sup>19</sup> 2007 年 2 月に Fedra プロジェクトにおける Red Hat サポートサービスは終了している

- Debian Linux

Linux ディストリビューションの一つ。技術者がボランティアとして参加し形成している Debian プロジェクトが開発・管理を行っている。パッケージ管理システムの機能が充実しており、メンテナンスが容易とされる。最新版は 2007 年 4 月 8 日にリリースされた 4.0 である。

Debian をベースに開発され、Linux ユーザの間で現在多く使われているディストリビューションに Ubuntu (ウブント) がある。開発者のキーパーソンであり Ubuntu 財団創始者の マーク・シャトルワース氏は、電子認証局ビジネスで成功した後に、自身の成功を支えたオープンソース分化をさらに進化・発展させるべくこのプロジェクトを進めてきたとしている。

- Linspire

Ubuntu 同様に Debian から派生した Linux ディストリビューションの一つ。Debian の特徴でもあるパッケージ管理システムを GUI 化するなど、全体として GUI に特化した製品になっている。Windows アプリケーションが動作する Linux ディストリビューションを目指して開発が進められ、リリース当初は「Lindows」と称していたが、マイクロソフト社から Windows に似ているとして告訴され、名称を「Linspire」に変更した。現在の最新バージョンは 6.0 である。

## (2) デスクトップ環境

- GNOME

GNOME (GNU Network Object Model Environment) は、1999 年に初版がリリースされた Linux 用 GUI デスクトップシステムである。後述する KDE と共に Linux 用デスクトップシステムとして広く採用されている。パッケージの内容が非常に複雑でバージョンアップが難しいという短所がある。

- KDE

KDE (K Desktop Environment) は、GNOME と並ぶ著名なデスクトップ環境である。初版は 1998 年 7 月にリリースされた。画面構成はマイクロソフト社製のオペレーティングシステムに類似しておりタスクバーなどは画面下部に配置されている。

## (3) ウェブブラウザ

- FireFox

Mozilla Foundation が開発したウェブブラウザである。OS から独立しており、ActiveX などを標準サポートしていないため、セキュリティ面に強いという評判があるが、マイクロソフトのインターネットエクスプローラと比べてシェアが低いために攻撃者のターゲットになりにくいだけとの指摘もある。利用が拡大するにつれ、FireFox をターゲットとする攻撃手法が登場していることから、こうした指摘もあながち的外れとは言えない。



- Camino

FirerFox と同じレンダリングエンジン（形式的なデータを受け取り、そのデータに関連づけられた条件やルールに従って適切な表現にするためのソフトウェア部品のこと）を用いて開発された Mac OS X 用のウェブブラウザ。現在の最新版は 2007 年 10 月 19 日にリリースされた 1.5.2 である。

#### (4) オフィスソフト

- OpenOffice

オープンソースのオフィスソフト製品群である。Windows や Linux といった多くのプラットフォーム上で動作する。ワープロソフト：Writer、表計算ソフト：Calc、プレゼンテーションソフト：Impress、図形描画：Draw の 4 つが統合されており、それぞれがマイクロソフト社オフィス製品群の同じ分野のソフトウェアと同等の機能を持っている。

サン・マイクロシステムズ社が、1999 年 8 月に買収した Star Division 社(独)の製品である StarOffice 基礎となり、サン・マイクロシステム社がそのソースコードを公開しオープンなコミュニティでの開発が進められている。

- GNOME Office

GNOME<sup>20</sup>が開発したワープロ：AbiWord、表計算：Gnumeric、データベース：GNOME-DBが統合されたフリーのオフィスソフト製品群。多言語化対応が不十分で、2 バイト文字は入力できるものの表示は文字化けをおこす。デフォルトのデスクトップにGNOMEを採用しているディストリビューションにおいても、GNOME Officeを採用する例は確認できていない。

#### (5) プログラミング言語

- JAVA

1996 年、サン・マイクロシステムズ社が開発し初版リリースしたオブジェクト指向プログラミング言語。それまでのプログラミング言語を大きく改善し、以下の特徴を有している。

- プラットフォームに依存しない
- 完全なオブジェクト指向言語
- ネットワークでの利用が前提
- 言語の構成は C、C++ に類似

こうした特徴、特にプラットフォームに依存しない点から単なるデスクトップ用アプリケーションだけではなく、サーバ用、組み込み用など広範囲で利用されるようになった。広く使われているものの性能面では若干問題がある。特徴でもあるプラットフォーム非依存

---

<sup>20</sup> ここで言うGNOMEとは先述したデスクトップ環境：GNOMEの開発プロジェクトのことを意味する。

は、他の言語と異なりコンパイルの際に中間言語となり、さらに実際に実行される際に実行環境のプラットフォームに合わせた形式（ネイティブコード）に変換されて実行するという形で実現されているためである。また、プラットフォーム自身が有する特殊な機能を活用することが難しい。1999年にJAVA2が発表され、それ以後JAVAと言えばこのJAVA2のことを指すようになった。従来よりも高速化が図られると共に、グラフィックス関係の機能が大幅に強化されている。

現在の最新バージョンは以下の2つである。

- ・ Java Platform, Standard Edition (Java SE)

JAVAの一般的APIをすべてパッケージしたもので、最新は2006年12月11日リリースのJava SE 6。

- ・ Java Platform, Enterprise Edition (Java EE)

大規模システム向けのバージョン。最新は2006年5月11日リリースのJava EE 5。

#### ○ SQL

データベース言語（問い合わせ言語；リレーショナルデータベースシステムにおいてデータの操作や定義を行うための言語）の一種である。IBMが開発し1986年にSQL86としてANSIによって初版が発表され、翌年にISOで批准された。その後、ベンダーが開発する独自規格とその普及、そして標準規格での対応が繰り返され、標準規格は何度となく改正されている。

大きく分けると以下の3つに分類できる。

- ・ データ定義言語

リレーショナルデータベースのデータの構造（行、列、表、索引など）を定義するためのデータベース言語。

- ・ データ操作言語

データベースシステムの操作者、あるいはアプリケーションからデータベースシステムに対してデータの検索・登録・変更・削除を行うためのデータベース言語。

- ・ データ制御言語

データベースシステムにおいてデータに対するアクセス制御（データベース操作者への権限付与・削除など）を行うためのデータベース言語。

SQLでは、これらのデータベース言語をANSI/ISOで標準化しているものの、実装にあたっては各メーカーが独自仕様で機能を拡張している場合が多いため、異なるデータベースシステム間の移行は容易ではない。

#### ○ Perl

プログラマ、言語学者であるラリー・ウォール氏(Larry Wall)が開発し1987年に初版リリースされたインタプリタ方式のプログラミング言語である。双方向性を有する Web ページサービス (掲示板やチャットなどの CGI)、システム管理、テキスト処理などのプログラムを書くのに広く用いられている。2006年1月31日、最新版5.8.8がリリースされている。

○ Ruby

まつもとゆきひろ氏が開発し、1995年に初版リリースされたオブジェクト指向型スクリプト言語。個人で作成しフリーソフトとして公開している。インタプリタ型言語であるため、C++などの大がかりなオブジェクト指向型言語と比べてプログラム開発作業の負荷が軽い。2007年3月13日、最新版1.8.6がリリースされている。

## (6) アプリケーションサーバ

業務アプリケーションを動作させるための専用サーバ、もしくはそうしたサーバを構築するためのミドルウェアを指す。一般的には、JavaEEを用いて構築されたWebアプリケーションサーバのことを意味するため、.Net等を用いた同種のサーバのことはこのようには呼称しない。通常は、Webクライアントからの要求を処理するWebサーバと、処理対象となるデータを管理するデータベース管理システムとの間に立ち (Web三階層構造)、データの加工などを行う。

代表的なオープンソース製品を以下に示す。

○ Apache Geronimo

2005年12月、アパッチ・ソフトウェア財団が初版をリリースしたアプリケーションサーバである。サン・マイクロシステムズが行うJ2EE互換テストをパスしており、J2EEの仕様に準拠している。各種オープンソースのコンポーネントを組み合わせることでJ2EEサーバとしての機能を実現しており、Geronimoはそれらコンポーネントのカーネルとして動作するため、それぞれのコンポーネントの独立性が高く、個別のバージョンアップを取り込みやすいという特徴を有する。

主なコンポーネントは以下のとおり<sup>21</sup>。

- Geronimo Kernel Geronimoの中核部分
- OpenEJB EJB機能
- Apache Axis Webサービス
- MX4J JMX(アプリケーションの管理機能)
- Jetty Webコンテナ。Tomcatと差し替え可能
- Apache Tomcat Webコンテナ。多くのシステムで利用されている

---

<sup>21</sup> 日本Apache Geronimoユーザグループ ウェブサイトより

- ActiveMQ           メッセージング。非同期で処理実行するための機能
- ActiveCluster      クラスタ機能
- TranQL             リソースプロバイダ
- ASM                 Java のバイトコードを直接操作するフレームワーク

現在の最新版は 2007 年 8 月にリリースされた Ver2.0.1 である。

○ JBoss Application Server

JBoss とは、JAVA で開発されたオープンソースソフトウェアの総称であり、JBoss Application Server とはそのうちのひとつである。JBoss, Inc. が開発・リリースしてきたが、2006 年に RedHat 社が JBoss, Inc. を買収し、JBoss プロジェクトはそのまま RedHat が継承している。オープンソース製品としては珍しくサポートを受けることができ、かつ他の J2EE アプリケーションサーバと比べて動作が軽快で、採用事例が多い。2007 年から RedHat では、各種コンポーネントを組み合わせた場合の動作テスト・統合品質テストを行い、検証した製品群を JBoss Enterprise Middleware として提供している。

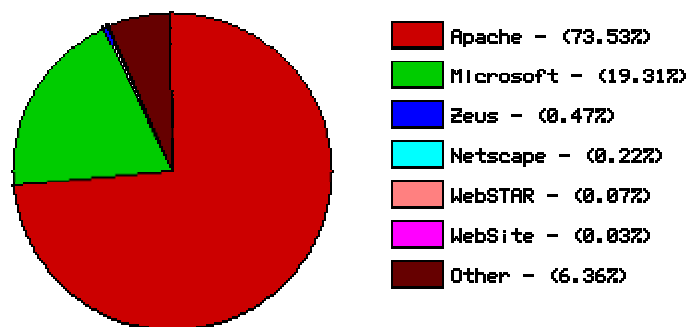
○ Zope

Python（オブジェクト指向プログラミング言語の一種で、これもオープンソース製品）ベースの Web アプリケーションサーバである。Python が動作する環境であればどこでも動作し、また Zope 自身が Web サーバ、データベースサーバとしての機能を有している。また標準パッケージで Blog や Wiki といった Web アプリケーションを同梱しているため、Web システムの構築が容易である。

## (7) Web サーバ

図表 22 2007 年 10 月時点 Web サーバ市場分布

**Market Share for October 2007 - Across All Domains**

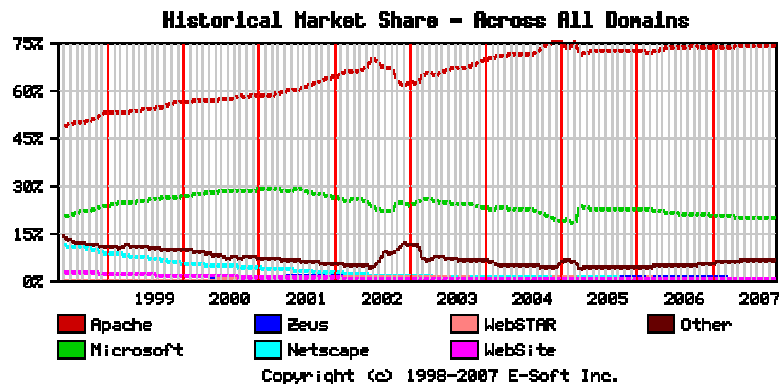


Copyright (c) 1998-2007 E-Soft Inc.

出所： E-Soft, Inc

オープンソースソフトウェアである Apache が 7 割を超え、圧倒的に大きい。Apache はオープンソースソフトウェアの中でも最も成功し普及したと言えるソフトウェアである。また、これらのシェアを時系列にしてみると(図表 23)、全体としてほとんどの製品がシェアを落としている中で Apache だけがほぼ一貫して上昇傾向を続けている。

図表 23 Web サーバ市場占有率推移



出所： E-Soft, Inc

ここでは、主なオープンソース Web サーバについてその特徴と最近の動向を述べる。

○ Apache

1995 年、NCSA httpd 1.3 をベースに開発が始まり、現在では Web サーバとして事実上の標準と言えるほど一般的に利用されているオープンソース製品である。開発は Apache ソフトウェア財団の Apache HTTP サーバプロジェクトが行っている。現在の最新版は、2007 年 9 月 7 日にリリースされた 1.3.39、2.0.61、2.2.6 である。Apache は 1.3 系、2.0 系、2.2 系の 3 バージョンがある。それぞれの特徴は以下のとおり。ただし最近は、2.2 系で行われたバグ修正が 2.0 系に反映されないこともある。また 1.3 系はほぼセキュリティ関係の修正のみである。

・ 1.3 系

安定志向を好むユーザに利用されており、ノウハウも蓄積されている。最近のバージョンアップでは、セキュリティ関係部分の修正に限られている。

・ 2.0 系

安定志向と新しい機能のバランスが取れたバージョンとして普及している。ただし、最近の後述の 2.2 系のバグ修正が反映されないこともある。

・ 2.2 系

最新の機能追加はこのバージョンに適用される。

- Thttpd

ACME Laboratories が開発した Web サーバである。2003 年 12 月 29 日、最新版 2.25b がリリースされている。使用メモリが少なく、高速に動作するように設計されており、画像ファイルのような静的な大容量データを処理するのに適しているとされる。Apache をはじめとする他のオープンソースの Web サーバソフトウェアにない帯域幅調整機能を持っており、特定のファイルタイプを持つファイルの最大転送速度を制限することが出来る。

## 2. シリコンバレー主要企業と団体動向

上述したオープンソース製品群は、既に多くの導入事例を持つものばかりである。このため、大小を問わず多くのシステムインテグレータがこうしたオープンソース製品群のサポートが可能であることを謳うことは決して珍しいことではない。ベンチャービジネスに取り組むにあたり、当たり外れが極めて大きい新規技術開発に取り組むよりも、そうしたオープンソース製品のサポートを地道にこなせるビジネスを対象とすることも、確実な収入を見込むという点では決して無視できる存在ではない。

一方で、新しい製品をオープンソースで提供していくことはシリコンバレーという地域において生まれてきた文化の側面をもっており、この地域に集う技術者のアイデンティティを形成しているとも言える。このためシリコンバレーにおいてオープンソースによる新規の製品開発に取り組む者は決して少なくない。

- Sun Microsystems

自社開発のオペレーティングシステムである Solaris をオープンソース化するなど、オープンソースを自社戦略の一部として位置づけている。これは、オープンソース化により自社製品のソフトウェアが普及することを通じ、稼働する最適なプラットフォームとして同社の主力であるハードウェア製品の販売が拡大するとの考えが根底にある。このためオペレーティングシステムからオフィスソフトまで、同社がオープンソース化しているソフトウェアのラインナップは幅広い。

三次元デスクトップの Looking Glass も同社が中心となってオープンソースで開発が進められている製品で、2006 年 12 月 19 日にバージョン 1.0 が公開された。同社の日本人エンジニアである川原英哉氏が中心となって開発を進めているプロジェクトで、実用的な三次元デスクトップとして注目されている。

三次元デスクトップと称されるデスクトップはいくつか存在し、マイクロソフト社の Windows Vista でも Aero はウィンドウの三次元表示を可能としている。Looking Glass の場合は単なるウィンドウ表示の三次元化にとどまらず、デスクトップそのものが三次元化

されているため、デスクトップそのものをスクロールさせることができる。ウィンドウ表示の三次元化についてもそれだけではなくウィンドウの裏側にメモを貼る、表示を斜めにするなどで表示領域を小さくしながらもアプリケーションが動作している様子を確認できる機能を有している。三次元表現のためのインタフェースが公開されており、三次元のアプリケーションを開発し易い環境が提供されており、既にユーザ側が開発したいいくつかのアプリケーションが存在している（図表 24）。

図表 24 Looking Glass のデスクトップ画面



(出所： Sun Microsystems)

- Vyatta 社  
Belmont に本拠を置き、オープンソースのネットワーキングソフトウェアを開発している。2007年10月29日にルーティングソフトウェアの「Vyatta Community Edition 3 (VC3)」をリリースした。
- Hyperic Inc.  
2004年3月カリフォルニア州サンフランシスコに設立、データセンター向けに統合化された Web 管理ソリューションをオープンソースで提供している。同社製品のアプリケーション管理ソフトウェアである Hyperic HQ は、簡単なボタン操作によってシステム監視や分析を行うことができ、基本的なパッケージはダウンロードし、即時利用できる、また、有償によるサポートサービスを提供している。既にフォーチュン誌が選ぶ 100 社に名を連ねる複数の企業に採用されており、eBay やジュニパーといった大企業への投資実績を持つ Benchmark Capital から支援を受けている。
- SpikeSource  
投資会社 Kleiner Perkins Caufield & Byers の元コンサルタントでありオラクル社のアプリケーションサーバ部門で首席デベロッパーを務めたこともあるムルガン・パル氏が、2003

年にカリフォルニア州レッドウッドシティに設立した。企業向けにオープンソースソフトのサポートサービスを提供するベンチャー企業である。

通常、オープンソースソフトウェアを扱う企業は、特定のソフトウェアに特化してサポートしていくが、SpikeSource は Apache サーバ、MySQL データベース、JBoss アプリケーションサーバといった様々なオープンソース製品の組み合わせた「SpikeSource コアスタック」を、オープンソースソフトウェアを容易に企業に導入するためのソリューションとして提供している。特定のベンダーに偏ることなく、サービスに特化することでベンダーから独立した立場を取るとしている。

○ Google

Google は「Google Gears」というツールを Java Script 向けの API としてオープンソースで提供している。これはオフライン状態でも Web アプリケーションを動作させることができるようにするためのブラウザ用の拡張機能である。Google Gears を動作させた状態で一度インターネットに接続し Web アプリケーションを利用すると、その後オフラインになっても PC 上でそのアプリケーションを動作させ、再度オンラインになった際にその実行結果を以て同期するという仕組みである。未だ開発途上のベータ版であり、正式リリースではないことから、採用事例は少ないが、Google としてはサードパーティの利用拡大によって浸透を図りたいと考えている。

携帯電話機向けの OS をオープンソースライセンスで公開した。

2007 年 11 月 5 日、携帯電話機向けのソフトウェア基盤である「Android」を発表し、同時に推進団体「Open Handset Alliance」を立ち上げた。11 月 12 日にはソフトウェア開発キットの提供をはじめている。Android ベースの携帯電話は、2008 年後半には登場する予定とされている。単なる通話だけではなく、メールやネットワークへの接続も可能となったスマートフォンを想定したもので、同社によれば、将来的には携帯電話に限らず家電に利用することを計画しているとある。

携帯電話向けのプラットフォームがオープンソースで提供されるのは初めてのことで、これにより従来は通信事業者や OS の違いによって縛りのあった携帯電話向けアプリケーションの開発が著しく容易になると期待されている。こうした携帯電話向けのプラットフォームは、マイクロソフト社のような大手企業も提供しているもののオープンソース化はされていない。Google はこれをオープンソース化することで一気に普及を図り、同社の Google Maps や Google Mail といったサービスを利用してもらうことで、サービスを通じた広告収入を得ることを目指しており、従来のソフトウェア事業者とはビジネスモデルを異にする。

○ Mozilla Foundation



Firefoxをはじめとする多くのオープンソース製品群を管理する団体で、営利組織である Mozilla Corporation と総称し「Mozilla」と称している。2006年の通期売り上げは6,680万ドルで前年比26%増、そのほとんどはGoogleからの売上分配によるものとされている。WebブラウザのFirefoxの標準スタートページからGoogleで検索を行った件数に応じGoogleがMozillaに紹介料を支払うという契約による。現在の契約は2008年11月までとされており、その後の契約の動向如何によりMozillaの財務状況が大きく左右されることになる。

### 3. 次世代動向

全般的に、多くのオープンソース製品が商用製品と遜色ないレベルに達していると言える。このことは、とりもなおさずシステム導入者側にとっても開発者・提供者側にとっても難しい課題を与えることに繋がる。

現在は、ひとつの課題に対するソリューションが多岐に及ぶことから、それぞれのソリューションが個別の課題に対応を図っている。この事は、逆にひとつのソリューションがすべての課題に対応できる段階に至っておらず、それぞれが個別の長所・短所を持つレベルに留まっている。

このような状況において、ベンダーは対応すべき技術・製品の幅が広がり、必要となる人材育成には長い時間とコストを要する。また、注力すべきソリューションの選択を誤る場合には、その損失リスクを負うこととなる。ユーザ側に見れば、導入時のデファクトスタンダードが将来にわたってそうあり続けるという保証はなく、選択を誤る場合には運用費・保守費の高止まりという事態を招くことになる。

こうした背景を反映してか、最近のオープンソース製品動向では、業界大手企業の企業買収に過敏に反応し、買収される企業の独自性が今後の動向になると周辺の企業による迎合傾向が否定できない。この傾向が顕著に表れる場合、ややもすると技術の多様性を失いかねない事に繋がり、シリコンバレーにおいて培われてきたベンチャー起業精神を蝕みかねないと言った危惧すら感じられる。

オープンソース文化を支える草の根の技術者レベルでは、そうした大企業へのすり寄りを嫌う風潮・文化が根強くあることも事実であり、これをとりまく状況はビジネスと技術者の興味やボランティア精神が混じり合いながら、複雑な様相を呈している。言い換えれば、オープンソース製品を「オープンソース」というキーワードひとつでくくってしまうよりも、各種の分野における有力なソリューションとして位置づけ、他のパッケージ製品と比較しながらその動向を把握すべきとも考えられる。

### 参考資料

なぜオープンソースソフトウェアなのか

[http://oss.mri.co.jp/reports/wheeler/oss\\_fs\\_why.html](http://oss.mri.co.jp/reports/wheeler/oss_fs_why.html)

## 第9章 Web2.0 産業

### 1. 市場概観

2004年11月、サンフランシスコで初めてのWEB2.0カンファレンスが開催された。WEB2.0とは、具体的な技術やビジネスモデルを定義した用語ではなく、その内容は「WEB (World Wide Web)」とは全く異なる。WEB はインターネット上でハイパーテキストを用いてネットワーク上の複数の文書ファイルを相互参照可能にしたシステムのことを指すが、WEB2.0とはこのWEBの中でも比較的新しい技術を用いた新しいビジネスの在り方、考え方などを漠然と表す言葉である。

そのWEB2.0は、技術文書出版の分野で著名だったティム・オライリー氏が提唱した概念であり、以下のように定義されている。

- プラットフォームとしての Web  
Web ブラウザがありネットワークサービスを利用できればいつでもどこでも誰でもサービスの提供を受けることができる。
- 集合知の利用  
一握りの専門家が言うことよりも普通の人の大多数が正しいと判断したことのほうが正しい事がある。
- データは次世代のインテルインサイド  
インテルが CPU シェアトップである状況に似て、データ提供サービスはより多くの企業・ユーザに利用されることでより認知度・信頼度が向上する。
- ソフトウェアリリースサイクルの終焉  
ユーザ側でアップデートなどの作業は必要なく、ユーザは気付かないうちに常に最新版を使っている。
- 軽量のプログラミングモデル  
他の Web サービスとの連携が簡単になるように仕組みが簡素化されている、導入が簡単である。
- 単一デバイスの枠を超えたソフトウェア  
パソコンには限定されず、携帯電話や PDA、デジタル家電などでも利用できる。

- リッチなユーザ体験

機能、画像や動画・音楽といったコンテンツが充実しており、かつ操作が簡便でユーザが快適であると感じることができる。

上記のすべてを満たす必要はなく、いずれか一つに該当するものであれば、それは WEB2.0 であるとされている。WEB2.0 は、ややもすると全く新しいビジネスモデルや技術の登場のようなイメージを持たれるが、現実にはインターネットの黎明期における WWW が一つの明確な技術を定義していたことと比べると、WEB2.0 という用語は言わば概念のようなものを定義するだけであり、単に WWW ベースのサービスが向上しただけとみなすこともできる。

WEB2.0 はハイパーテキストをベースとしていた「WEB1.0」と比べ、ベースとすべき技術が幅広く選択可能になっていると言い換えることができるかもしれない。「WEB1.0」の中でサービス向上のため開発されてきた技術が、いつの間にか互いに連携し合い、従来のハイパーテキストベースとは一線を画すサービス提供が可能になってきたと言える。

## (1) ブラウザの発達

WWW 関連技術の中でユーザ側の基本的なツールにブラウザがある。当初は静的なハイパーテキスト文書を表示するだけだったブラウザは、画像とテキストを同時に扱えるツールに進化し、さらに画像の高品質化、動画対応へと発展し続けた。単に一方の情報提供しかできなかったツールから、ユーザ側からのリクエストに応じて動的に HTML を生成することでインタラクティブ性を持つようになり、さらに高度な Web アプリケーションが動作するようになっている。

ブラウザ自身も、操作性向上のために大きな進化を遂げている。その代表的な例にタブブラウジングがある。ひとつのブラウザの中で複数の Web ページを閲覧できるツールとしてタブが採用され、必要なページの取捨選択が容易に行えるようになっている。タブブラウザとして著名なソフトウェアは Firefox だが、最近リリースされたマイクロソフトの IE7 でもタブブラウジング機能が実現されており、その有効性が認められていることがわかる。

タブブラウジングと同様に重要な機能に RSS リーダがある。

RSS とはブログやニュースサイトといったウェブサイトのタイトル、アドレス見出し、更新日時、概要などの要約を配信するための XML フォーマットのことを言う。同じような機能を持つものに Atom もあり、RSS と Atom のようなものの総称をフィード (Feed) と呼ばれている。フィードを収集・閲覧するためのアプリケーション・ソフトウェアのことをフィードリーダー、特に RSS に特化している (フィードは当初 RSS しか存在しなかったため、むしろこちらのほうが呼称としてはよく知られているが) ものを RSS リーダと呼ぶ。これは、あらかじめ指定しておいたサイトで更新があった際に、その更新情報をユーザに知らせる機能である。表示されたリンクをクリックすることで、ユーザは素早くその情報を得ることができるようになる。

これも前述のタブブラウジング機能と同様に、最近の Web ブラウザには標準的に搭載されている機能の一つである。

## **(2) Web サービス**

アプリケーション・ソフトウェア機能をネットワーク・ブラウザ経由で利用できるようにしたサービスを指す。各種の機能・サービスをコンポーネント化し、複数のサービスを連携し統合されたアプリケーションサービスを提供する形態が、次世代のソフトウェアの主流になるものとして注目されており、その連携実現のためのインタフェースの標準化作業が進められている。

現在は XML ベースの標準が多く、例えば遠隔呼び出しプロトコルとしては、XML ベースの SOAP が既にデファクトスタンダードと言えるレベルになっている。標準化の進捗度は、未だ基盤部分で進められているにすぎず、高度なアプリケーションについては、各社の独自仕様によるシステム構築とならざるを得ないのが現状となっている。

## **(3) Web ページ作成技術**

HTML は、W3C により標準化されたページ記述言語だがバージョン 4.01 を最後に役割を終了したとされ、現在 W3C では後継となる XHTML を使用するよう推奨している。XHTML1.0 は、HTML4.0 を XML で定義し直した仕様になっている。現在のバージョンは 1.1 で、文字を修飾するためのタグが廃止され、それらは CSS で定義することとし、XHTML 自身は文書構造を定義することに特化するようになっている。

## **(4) 画像関連技術**

ブロードバンド環境の急速な普及により大容量コンテンツの配信が容易になり、より大容量な、あるいは複雑なインタラクティブ性を持つ画像データや動画が盛り込まれるようになっている。

WEB サイトで画像を用いインタラクティブ性を持つサイトを作るためのデファクトスタンダードに Adobe Flash がある。Flash は、Macromedia 社が開発した技術で、それを Adobe 社が企業の買収とともに技術を自社に取り込んだ。Flash を再生するためのプレーヤーを WEB ブラウザにプラグインとして導入しておく必要があるが、Flash プレーヤーは無償で提供されており、作成用のツールが有償となっている。画像をベクターイメージで保存するためデータ容量が小さく、スクリプト制御によるインタラクティブ性の実現が比較的容易とされている。またファイルフォーマットが公開されているため、開発元である Adobe 社以外であっても Flash データを編集するツールを開発することができる。

画像と関連づけたインタラクティブ性のある WEB サイト構築技術としては JAVA もその一種とみなすことができる。ただし、Flash が比較的画像作家向けであるのに対して、JAVA は開発時にプログラマのスキルが重要視されるため、作り出されるコンテンツの方向性は若干異なると言われる。

## (5) インタフェース

WEB 上でプログラムを動作させるための仕組みとしては、古くから CGI (Common Gateway Interface) が使われている。WEB サーバは、静的なハイパーテキストをブラウザに転送するだけの機能しかなく、プログラムを動作させるようなものではなかった。後に、サーバプログラムから他のプログラムを呼び出し、その結果をハイパーテキストとして編集してブラウザに転送する方式として CGI が開発された。CGI 自身は、単にプログラムの処理結果を仲介する機能を指すものであるため、実際に動作するプログラムについてはこれに対応していればよい。過去には C 言語や Perl が一般的であったが、最近では PHP や Ruby、Python などがよく使われている。

クライアント側からの要求に対しプログラムを起動し、その結果を返すという仕組みであるため、サーバにプロセスが常駐する方式 (例: Java Servlet) に比べると処理速度が遅くなるという欠点があった。しかし、処理速度向上の技術も開発されており、現在ではほぼ同程度とみなされている。また Java Servlet のような技術と比較してシステムリソースの使用量が少なく済むという利点があるため、今でも幅広く利用されている。

従来の CGI 方式と比べ、より高度なインタフェースを実現するための方式に Ajax がある。従来の方式では、サーバとの通信によって処理結果を得ようとする際にページ全体をリロードせねばならず、それが処理性能を悪くする原因となっていた。Ajax では、Web ブラウザの有する JavaScript の HTTP 通信機能を用いてページのリロードを行わず、サーバとデータのやりとりを行い Web システムのインタフェースをスムーズなものにすることができる。

## 2. 主要企業動向

### (1) AMAZON

ワシントン州シアトルに本拠を置く、通販サイトサービス大手企業である。インターネット普及初期の 1994 年に始まった書籍販売サイト「Cadabra.com」を起源とし、1995 年に Amazon.com に改称し、1997 年に株式公開している。

ユーザのレビューや購入傾向を共有する仕組みが特徴的で、その仕組みは、前述の WEB2.0 の 7 つの条件では「集合知の利用」に相当するサービスと言える。IT バブル崩壊を乗り越え生き残り続けた大きな要因は、ロングテール (販売量が少ない商品を数多くそろえることで重要な収益源となるマーケティング手法の一種) をうまく取り込んだことにある。

現在の Amazon は、世界最大の書店というだけではなく、世界最大の開発者ネットワークを持っていることでも知られている。2007 年 10 月 17 日、Amazon Web Service の開発者ネットワークでコード検索を容易にするための環境が整った事を発表している。Amazon はソフトウェアのほとんどを独自開発しているが、この検索ツールについては Krugle 社のコード検索技術を活用している。

## (2) REARDEN Commerce

カリフォルニア州フォスターシティに本拠を置き、企業向けオンラインサービスのポータルサイトを運営している。多くの Web API を組み合わせるマッシュアップで開発されたサイトで、企業のビジネス運営に伴って必要となる各種サービス、例えば出張に関わるチケットやホテルの手配、宅配の手配やカンファレンスの手配などを行う事ができる。宅配の場合、宛先や荷物の種類といった受けるべきサービスの種類を選択する場合、複数社の中からその条件に合致するものを選択し、一覧を表示する。ユーザは、その情報の中から価格や配送予定時刻などを吟味して発注することができる。

2007 年から本格サービスを開始し、既にユーザ数は 600 社にのぼり、その内容もモトローラ社のような大企業から社員数 10 人レベルの中小企業まで多様に及んでいる。同社によれば年内にはユーザ企業が 1,000 社になると見込んでいる。

同社のサービスは、マッシュアップが実用的なレベルにより実現できたものとされる。同社は、13 万 7,000 社のサービス供給業者の情報をインターネット経由の Web API を用いて統合し、自社サイトのサービスを構築している。空席情報や価格情報は時期に応じて変化するが、そうした変化もリアルタイムに更新されるため、ユーザは常に最新の状況を把握する事ができる。

また、予約先の施設の確認には、Google マップをマッシュアップするなど、多くの Web サービスを統合することによりユーザに快適な操作環境を提供している。外観上は、Web2.0 以前からある各種のサイトとそれほど違いないように感じられるものの、実は Web2.0 的な発想をベースにしたものとなっている。

## (3) MySpace

2003 年 7 月にサービスを開始し、2006 年にはユーザ数 1 億人を突破した世界最大の SNS サービスである。2005 年 7 月、ニューズ・コーポレーションに 5 億 8,000 万ドルで買収されその傘下となった。2007 年 10 月、サンフランシスコで開催された Web2.0 サミットにおいて、プラットフォームのオープン化に取り組む方針を表明した。時期は数カ月以内とされていたが、明確にはなっていない。MySpace の取り組みは、コンテンツやサービスの充実といった方面に注力する傾向が強かったが、ここへきてライバルとなる同種サービス (Facebook) の動きに同調する姿勢を見せている。

#### **(4) Facebook**

MySpace に代表される SNS の一種である。2007 年に急激にユーザ数を伸ばし、MySpace に次ぐ全米第 2 の規模となることは既にほぼ確実視されている。Facebook の最大の特徴は、敢えて匿名を排除し、本名による登録を義務付けていることにある。ネットワークサービスの特徴の一つに匿名性が挙げられることが多いが、Facebook は敢えて実名とすることによってサービスとしての信頼性を向上させることに成功している。これにより、顔が見えるネットワーク上の交流を実現させることで、ユーザは安心して情報交換することが可能で、情報の発信元が明らかになることで情報そのものの信頼性も向上すると考えられている。

さらに、こうした実在の人物の具体的データの集合体となることにより、マーケティングツールとしての有用性も飛躍的に高まることになる。広告主にとってはマーケティングの対象が明確化されることとなり、非常に有効な広告媒体として受け止められており、そのことが 2007 年 10 月 24 日のマイクロソフト社による出資(2 億 4,000 万ドルを出資し Facebook 社株の 1.6%を取得する)にもつながっていると言える。

また、他の大きな特徴にオープン性があげられる。Facebook は既に 2007 年 6 月に開発者向けとしてプラットフォームを開放しており、それ以降多くのアプリケーションが開発されている。

#### **(5) OpenSocial**

最近では、Web API の共通化の流れが激しくなっている。

2007 年 11 月 1 日、検索大手の Google はソーシャル・ネットワーキング・サービスを構築するための Web API セット : OpenSocial を公開すると発表した。先述の Facebook に Google が対抗する動きと考えられる。既に MySpace や Friendster といった大手が OpenSocial への参加を表明している他、日本の SNS 大手である Mixi も翌 2 日に支持を表明した。

FaceBook が独自のマークアップ言語の使用を求めていることで開発者側のハードルを高くしたことに對し、Google の OpenSocial ではアプリケーション開発で一般的な JavaScript を使用することになっている。このため、各 SNS 提供者は既存のアプリケーションにほとんど手を加えることなく対応できる。さらに、FaceBook と比べ広告表示などの制限が無く、すべてサービス提供者側が責任を負う形をとっているため、自由度が高いとされている。

#### **(6) YouTube**

カリフォルニア州サンブルーノに本社を置き、インターネット上で動画共有サービスを提供している。ベースには Ajax を採用し、動画共有サービスでは、単なる共有だけでなくアップされている動画にコメントをつけるなどの双方向性を持たせていることから、WEB2.0 の代表例として多く引用されている。PayPal の元従業員が、カリフォルニア州サンマテオで 2005 年に設立したビデオ共有の仕組みが始まりとされている。人気テレビ番組が大量にアップされるようになったこ

ろから爆発的に人気が集集中、2007年5月時点で8,000万件の動画を有するとされ、動画共有サービスの中では世界最大規模となっている。

米国の映画業界はYouTubeを積極的に広報・宣伝活動に利用するようになり、多数の予告編の提供やテレビ局との協力関係も築きつつある。一方で、個人が多く動画をアップすることから著作権侵害の事例が後を絶たない。YouTube側は海賊版を認めておらず、違反コンテンツについては削除活動を積極的に行う姿勢を見せている。

さらに、映像コンテンツ流通のスピードアップに有益な面もあり、あながち著作権侵害がすべて悪とは言えないような状況が生まれているのも皮肉ながら事実である。

2006年10月、16億5,000万ドルで株式交換によりGoogleに買収され、グループ企業となったが、サービスのブランド名はそのまま継続している。

## (7) Linden Lab

仮想世界のシミュレータである「セカンドライフ (SecondLife)」を提供する企業である。セカンドライフで直接Webブラウザを利用するわけではないが、インターネットを介しサーバとクライアント間を接続し、各種のWebサービスと容易に連携する事が可能となっている。3次元画像処理そのものは、それほどレベルの高いものではないが、ユーザの自由度は非常に高く、作成したコンテンツは明確にユーザに著作権があると定め、販売することも可能である。販売を試みるユーザも多く、この傾向がさらに仮想世界の中でコンテンツを充実させることにつながっている。こうした状況は、インターネット初期のWebサイトの充実にいたる経緯にも似ており、今後に期待感を持たせるものとなっている。

ただし、セカンドライフをめぐるビジネスモデルは比較的単純なものが多い。LindenLab社自身は、ユーザから得るアカウント使用料とセカンドライフ内の土地の使用料（これは言うてみればユーザが使えるデータ容量に対して課金されるものと理解すればよい）、サーバ使用料を財源としており、広告料を支払うと言ったモデルを採用していない。

LindenLab社は、セカンドライフ内でのみ運用する仮想通貨「リンデンドル」の流通を管理しており、そこからどのような利益が生まれているかは明らかにされていない。仮想通貨は、現実の金銭に換金可能であり、仮想とは言え現実の財産的価値を有しており、課税対象への議論がなされている。

また、セカンドライフへ進出した企業は、自社の広告以外に利用方法が案出できているとはいえない状況にある。一時期、セカンドライフ内の土地販売で財をなしたユーザが話題になったことがある。しかし、これは極めて稀な例と言え、セカンドライフ内で全く新しいビジネスを成功させ、それを継続させることができたという例はあまり見られない。むしろセカンドライフをめぐる周辺ビジネス（例えばセカンドライフへの進出を希望する企業のサポート）に具体的なビジ



ネスチャンスがあるようにも思えるが、いずれにせよ三次元による Web 利用が実用性のあるサービスとして発展するのはこれからということになる。

#### **(8) STUBHUB**

2000 年 12 月、オンラインチケット売買を仲介し、手数料を財源とするビジネスモデルによりサンフランシスコ市に設立した。通常のチケットオンライン販売とほとんど変わらないユーザーインターフェースながら、購入者は割安なチケットを購入でき、販売者は不要なチケットを販売できる。配送までユーザがトレースできるように配慮されていることから人気を集め、2007 年 10 月のチケット取扱枚数累計は 1,000 万件に達している。2006 年の売り上げは 4 億ドルに達している。同社によると全米のチケットオンライン販売市場は 300 億ドルと見込まれており、年間成長率も 20~25% と大きな成長が期待されているとのことである。こうした実績と将来性を見込まれ、2007 年 1 月、EBay に 3 億 1,000 万ドルで買収された。

#### **(9) Meebo**

2005 年、複数の IM (インスタントメッセージ) サービスをブラウザ上で統合するサービスを提供する企業として Mountain View に設立される。通常 IM サービスを利用するには、専用のクライアントソフトを PC にインストールする必要がある。しかし、利用環境上によりソフトウェアのダウンロードができない場合などある。この様な場合、特別なインストール作業なしに WEB ブラウザだけで IM サービスを利用することができる。サービスにログインすると、Yahoo! Messenger、Windows Live Messenger 等の複数の IM サービスに同時にアクセスできる(ただし現時点では Skype には対応していない)。各 IM サービスの基本的機能しか共通化できないので、ビデオチャット機能などを統合化するわけではなく、テキストベースとなる。

開発には Ajax を用いドラッグ&ドロップ操作ができるなど、WEB サービスとしては操作性が良く WEB サイトとの連携も可能とされている。Meebo のサービスは日本語化されているが、対応しているとされる IM サービスであっても日本語サービスの場合は対応できないなどの問題がある。

サービス開始当初から注目され、2007 年 5 月時点では全世界に 200 万人のユーザがいるとされる。話題性も高く、Time 誌では 2006 年の良い Web サービストップ 50 の一つに選ばれ、PC World 誌では 2006~2007 年のベスト 100 サイトに選ばれている。同社は 3 名のスタンフォード大学出身者が設立し、2005 年 12 月には Sequoia Capital から 350 万ドルの資金を調達し、2007 年 1 月には Draper Fisher Jurvetson から 900 万ドルの投資を受けている。

### **3. 次世代動向**

WEB2.0 はイメージ先行感が強く、具体的なサービスやビジネスモデルが見えにくい点は否定しにくい。Web をベースとする目新しいサービスの多くは、前述の WEB2.0 の 7 つの定義の何れかに該当する。それらのサービスは、サービス自身がビジネスそのものになるわけではなく、そのサ

ービスに集まってくるユーザを広告媒体とみなし広告料収入を当て込む場合が多いようである。こうした WEB2.0 関連の事例を見る場合、WEB2.0 関連ビジネスが直接財源となるスキームは稀と考えざるを得ない。そうした中で、前述の STUBHUB の存在は非常に珍しく、直接財源に繋がるビジネスモデルとなっている。

WEB2.0 は特別な技術を指すものではない。WEB2.0 を構成する技術要素をいかにうまく活用し、財源のスキームや人が集まるサービスを作り出す仕組みが鍵となる。

そうした WEB2.0 関連ビジネスは、自身の特性からいくつか注意すべき点があると言える。

- ベースとなる技術

技術面で最先端に行くというビジネスモデルは考えにくい。WEB2.0 の考え方には、標準化されたサービスを容易に組み合わせ、新しいサービスを生み出すといった考えがベースにあると考えられ、独自技術に頼る部分はあまり重要視されないと見るべきである。このことは、言い換えればビジネスモデル自体が極めて重要であり、かつ非常に模倣しやすいということにつながる。

- ビジネスモデルの在り方

「WEB1.0」の時代、収益源はサイトを訪れるユーザそのものであった。

WEB2.0 の時代となり、収入源の主流はユーザから広告主へ移管している。あらゆる WEB2.0 的ビジネスはユーザを集めて、広告の対象を確保するためのものである。

- ユーザとの関係

WEB2.0 では、ユーザがサービスを通じて快適性を得て、それを共有できることが重要である。そうした体験は、ネット上でユーザ同士が共有し合い、そこからフィードバックされるニーズや情報がさらにサービスを向上させるという一面を持っている。反面、マイナス情報も瞬時に広がり、ユーザの求心力を失うという事態も発生し得る。このため、きめ細かく適切なユーザ対応が必須となるが、その負担は軽いものではない。

こうした点から、WEB2.0 が従来ビジネスの取り組みと大きく異なることがわかる。ユーザは大きな発言力を持ち、互いに情報を共有し、サービスベンダーと対等か場合によってはそれ以上の強さをもって相対することができるようになる。ユーザは良くも悪くも従来とは役割が変わってきており、新たな存在になっていると言える。

## 参考資料

アマゾン、Amazon Web Services のコード検索で Krugle と提携

<http://japan.cnet.com/news/media/story/0,2000056023,20359031,00.htm>

マイスペースがプラットフォームのオープン化を発表

<http://japan.cnet.com/news/media/story/0,2000056023,20359193,00.htm>

ITPro Facebook

[http://www.nikkeibp.co.jp/style/biz/usnews/071031\\_facebook/](http://www.nikkeibp.co.jp/style/biz/usnews/071031_facebook/)

TechCrunch

<http://www.techcrunch.com/2007/10/30/details-revealed-google-opensocial-to-be-common-apis-for-building-social-apps/>

STUBHUB (日経)

[http://www.nikkeibp.co.jp/style/biz/feature/world/071031\\_stubhub/index1.html](http://www.nikkeibp.co.jp/style/biz/feature/world/071031_stubhub/index1.html)

WEB2.0 の定義

<http://www.shukuzawa.com/diary/daiary060904.html>

WEB2.0 関連技術

月刊ネットワークマガジン 2007 年 11 月号 (株式会社アスキー)



## 米 国 Ⅲ

### (ロサンゼルスセンター報告)

#### 第Ⅰ部 米国産学官連携の現状と課題

(バイオテクノロジーを中心に) ..... 381

#### 第Ⅱ部 米国のナノテクノロジー分野の産業・技術動向..... 397



# 第 I 部 米国産学官連携の現状と課題 (バイオテクノロジーを中心に)

## 目 次

概要 .....	382
第 1 章 大学発の研究開発における産学官連携の動向 .....	384
1-1 最先端バイオテクノロジー研究の資金調達 .....	385
1-2 大学の取り組み .....	390
1-3 市場化の成功事例 .....	390
1-4 ロサンゼルス地域にて開催された主要な会議 .....	391
第 2 章 ロサンゼルス地域におけるナノ・バイオ研究 .....	392
2-1 ナノ・バイオ関連記事 .....	392

## 概要

ロサンゼルスは、世界でもトップレベルの大学、活動的なベンチャーキャピタルコミュニティ、十分に開発されたテクノロジー集団などの豊かなリソースを持ち、また地元や連邦政府からの支援を基に、企業家精神に適応する環境を育成することで、新商品開発や新しい産業を作り出す土壌を完成しつつある。あらゆる技術革新の育成の場になり、特にバイオテクノロジー、およびエネルギー分野における画期的な商品開発の重要な中心地になっている。さらに、温暖な気候、美しい環境、また比較的手ごろな住宅にも恵まれている。

バイオテクノロジーとエネルギーの問題は、健康、経済、社会政治面などのいろいろな分野において、我々の生活に大きな影響を及ぼすため、新たな開発が待たれる分野である。そしてその開発は、通常、政府支援のもとで、大学の研究室やリサーチセンターからスタートする。多くの場合、市場力学についての理解不足、あるいは教授や学生の商品化に対する認識や経験不足などが商業化に至るまでの様々な課題となる。しかしロサンゼルスでは、産学官連携を推進することにより、バイオテクノロジーとエネルギーの分野で新しい技術開発や商業化をすすめることに成功してきた。

第1章では、学界、産業、トップランクの病院、ベンチャーコミュニティ、政府機関のすぐれた連携について、そしてその産学官連携により、前途有望なテクノロジーの商業化がいかに促進されたかに焦点を当てた。

またリサーチを進める上で、ノリス基金のような慈善団体が与えた影響、また多数の大学間と米国立衛生研究所(NIH)の活動における連携についても述べた。

世界最高レベルのリサーチ施設をもつことは、バイオテクノロジーが成功し活気に満ちた事業となるための重要な要素である。UCLAのバイオテック総合化学コア施設(UCLA's Biotech Synthetic Chemistry Core Facility)はその一つであり、彼らの努力は称賛に値する。またLARTA研究機関(Los Angeles Regional Technology Association)のような組織に育てられ、商業化や技術的な指導を受けた会社の市場化の成功についても触れた。

大学の研究室から生まれた企業による貢献と努力についても分析した。それはカリフォルニア工科大学のMark Davis教授の所有する2つの会社インサート・セラピューティック社(Insert Therapeutics)とカランド製薬会社(Calando Pharmaceuticals)によるがんに対する革新的な取り組みである。前者は、効果的な抗がん剤の投与により、がんのメカニズムを破壊すること、そして後者は、がん細胞を増殖し得る遺伝子を抑制するためにメッセンジャーRNAを除去する方法を売り物にしている。

またサンタモニカにあるアジェンシス社の功績も紹介した。アジェンシス社はがん標的に対す



るヒト抗体を開発しており、日本の企業に買収されたところである。また UCLA のカリフォルニア・ナノシステム研究所 (CSNI-California NanoSystems Institute) と東京大学の共同研究についても述べた。

第2章もバイオテクノロジーに関するものであり、エピジェネティック・サイレンシングに関する南カリフォルニア大学 (USC) の研究など、科学界の最も権威ある雑誌にもおそらく紹介されている研究について分析した。

また、カリフォルニア大学アーバイン校 (UC Irvine) で開発された原子間力顕微鏡 (AFM) を使う DNA 塩基配列決定法などのナノテクノロジーに関連した開発についても紹介した。

原子間力顕微鏡 (AFM) は、Cal Quate 教授と Christoph Gerber 教授が開発したものである。

ナノテクノロジーによって開発された機器や技術を使い、幹細胞、プロテオミクス、ゲノミクスなどについての研究を行い、それによって開発された治療法などにも触れた。

さらには、新しい治療法の開発や、大手製薬会社との共同開発で新薬を開発パイプラインに乗せるためにいかに投資家からの資金援助が重要かについても言及した。

## 第1章 大学発の研究開発における産学官連携の動向

ロサンゼルス沿岸地域には、ノーベル賞受賞者、世界的に有名な大学や病院などが多く集まっている。そのような好立地にもかかわらず、バイオテクノロジーの世界では長い間、際立った動きがなかった。技術インフラはすでに整っているが、ロサンゼルスがバイオテクノロジーのメッカになるには程遠かった。

最近このような状況が変わりつつある。医療や製薬業界に関わる科学者や技術者が、自分たちの研究のマーケティングについて見直し始めたのである。本調査レポートでは、カリフォルニア工科大学 (Caltech)、南カリフォルニア大学 (USC)、カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA)、カリフォルニア大学アーバイン校 (UCI) などロサンゼルス沿岸地域の主要大学が、この地域有数の医療センターであるシーダー・サイナイ (Cedars Sinai)、シティ・オブ・ホープ (City of Hope)、ロマ・リンダ (Loma Linda) との共同で行っている研究の最新情報を伝えると共に、研究の商業化を援助する投資コミュニティと政府（連邦から地方自治体レベルまで）との関わりを取り上げたい。

バイオテクノロジーの新事業を立ち上げるのは、一般的な起業とは異なる。その理由は、新薬の効果と安全性を証明するためには、極めて多くの規制プロセスを経なければならず、そのため計画期間が非常に長くかかるためである。そして当然、費用も多くかかることになる。失敗する確率も高い。

リサーチによれば、ベンチャーによる新薬が成功するためには以下のような条件が必要になる。

1. 最高の研究インフラ
2. 病院と大学の優れた連携・協力体制
3. 事業資金の受託先
4. 実績のある経営指導者
5. 成功している企業支援施設（インキュベータ）
6. 一流の専門家による支援

ロサンゼルス地域は、前述した一流の研究機関から活力に満ちた投資コミュニティ、インキュベータや支援経済基盤まで、6つの条件をすべて備えている。ロサンゼルス地域においてバイオテクノロジーの成長に一役買っているのが、ロサンゼルス郡によって設立された技術支援施設である BTC (The Business Technology Center) や、カリフォルニア州がその運営を後援しており、小さい規模のテクノロジー・ベンチャーを支援しているラルタ (LARTA: Los Angeles Regional Technology Alliance) などの公営機関である。米国立衛生研究所 (NIH) と深い関連をもつ LARTA は、NIH の卓越した研究拠点として活動している。官民および学の連携による研究は、ロサンゼルスバイオ産業の活性化にとって大きな力となっている。

## 1-1 最先端バイオテクノロジー研究の資金調達

バイオテクノロジーは、研究室での発見からその商品が市場に紹介されるまでに長い準備期間を必要とするため、資金調達が重要な課題となる。バイオテクノロジー業界に資金供給をしている民間組織として、パサデナ・エンジェルス (Pasadena Angels)、テック・コースト・エンジェルス (Tech Coast Angels) があり、ここでは一般の投資家が、初期段階のベンチャーを支援している。さらには、ブルル社 (Burrill and Co.) のようなベンチャーキャピタルもこのような経済体系において重要な役割を果たしている。投資家たちは豊かなビジネス環境を持つロサンゼルスがバイオテクノロジー開発の中心地になりうることに気づき始めたのである。

バイオテクノロジーの研究の成功に欠かせないのが、病院や大学に多大な寄付をしてくれる慈善団体の存在である。ノリス (Norris)、アル・マン (Al Mann)、ベックマン (Beckman) などがよく知られている。

- ① カリフォルニア大学ケック校 (USC Keck School)、エピジェネティックスの研究に  
1,000 万ドルの寄付金を受領  
2007 年 10 月 3 日、カリフォルニア州ロサンゼルス市

南カリフォルニア大学ケック医学部 (The Keck School of Medicine of USC) は、ノリス基金 (Kenneth T. & Eileen L. Norris Foundation) から 1,000 万ドルの寄付を受けた。この寄付金で、同校は初のエピジェネティックスの専門研究所を設立する。エピジェネティックスとは、DNA やたんぱく質に付着する化学物質が、親から受け継いだ塩基配列を維持しながら、遺伝子発現を変化させる仕組みについての研究である。この研究は、がんをはじめ疾病の予防と治療に重要な意味を持つ。

USC ノリスがんセンター 所長の Peter Jones 教授は、「ゲノムを連結するプロセスであるエピジェネティックス・プロセスが細胞組織の中で重要な役目を果たしていることについて、やっと人々は理解し始めたようです。ゲノムが正しく連結していれば、細胞はきちんと機能しますが、連結が悪ければ病気になるのです。」と言っている。

- ② 南カリフォルニア大学率いる研究チームに、自閉症研究のため 800 万ドルの助成金<sup>1</sup>  
2007 年 10 月 3 日、カリフォルニア州ロサンゼルス市

南カリフォルニア大学 (USC) の教授陣が主体となり、多数の大学が共同で研究をしているチームが、自閉症児の研究に対し米国立衛生研究所 (NIH) から 5 年間で 800 万ドルの助成金を受けることになった。この助成金により、自閉症遺伝資源交換所 (AGRE) の活動が、はるかに広範囲で多様な人種にまで広がることになる。AGRE は世界最大の自閉症研究機関であり、南カリフォルニア大学ビタビ工学部 (USC Viterbi School of Engineering) の医用生体工学の研究准教授で、同大

<sup>1</sup> <http://viterbi.usc.edu/news/news/2007/viterbi-faculty-to.htm>

学ケック医学部 (Keck School of Medicine of USC) でも教鞭をとる Clara Lajonchere 氏が責任者を務める。

以下 USC と NIH の共同発表を紹介する。

「米国立衛生研究所 (NIH) の助成金により、研究の対象となる家族数が倍になり、データも今までのように遺伝と臨床プロフィールだけでなく、自閉症の身体的な特徴や行動上の特徴などを系統的に研究することができます。このような研究を、研究者の間ではフェノミクスと呼んでいます。自閉症のゲノムとフェノミック研究所 (Center for Genomic and Phenomic Studies in Autism) という新たな編成の下、南カリフォルニア大学 (USC)、自閉症遺伝資源交換所 (AGRE)、カリフォルニア大学デイビス校 MIND 研究所 (MIND Institute at the University of California at Davis)、ロサンゼルス小児病院 (Children's Hospital Los Angeles)、ミシガン大学アン・アーバー校 (University of Michigan at Ann Arbor)、そしてマサチューセッツ大学医学部 (University of Massachusetts Medical School) から科学者が集まって研究にあたります。」

③ カリフォルニア工科大学の研究者が、妊婦のインフルエンザと統合失調症、自閉症の関連を発見<sup>2</sup>

2007 年 10 月 1 日、カリフォルニア州パサデナ市

「くしゃみをする時は気をつけよう。もしかするとそれが統合失調症と自閉症の原因になるかもしれないのだから。」とカリフォルニア工科大学 (California Institute of Technology) の研究チームが発表した。

10 月 3 日発行の「神経科学ジャーナル (Journal of Neuroscience)」に「母体の免疫活性化がインターロイキン-6 を通じて胎児の脳の発達を変える」という論文が発表された。この論文は Paul Patterson 氏と Stephen Smith 氏率いるチームによるもので、国立精神神経センター (National Institute of Mental Health)、マックナイト基金 (McKnight)、キュア・オーティズム・ナウ (Cure Autism Now)、Autism Speaks (オーティズム・スピークス) などの自閉症支援団体から支持を得ている。

統合失調症が、冬と春に生まれた人、そしてインフルエンザが大流行した後に生まれた人に多く見られることはずっと以前から知られていた。最近の研究では、妊娠 4 カ月から 6 カ月の間に妊婦が一度でも呼吸器感染症にかかると、生まれた子供が統合失調症を発症する危険性が 3 倍から 7 倍に高まることがわかった。

研究を重ね、研究者たちはきわめて重要な役割を果たすたんぱく質を取り出すことに成功した。彼らは、ウィルスそのものが原因ではなく、インフルエンザに対する母体の免疫系反応の一部である、たんぱく質インターロイキン-6 (IL-6) が統合失調症と自閉症の発症を増加させる原因であることを発見した。このことを証明するため、妊娠したマウスを人工的にインフルエンザの状態

<sup>2</sup> [http://mr.caltech.edu/media/Press\\_Releases/PR13039.html](http://mr.caltech.edu/media/Press_Releases/PR13039.html)

にし免疫反応を誘発させた。生まれたマウスの子供が成体になると、人間の統合失調症に似た行動異常と組織異常を見せるようになった。次に、インターロイキン-6(IL-6)を妊娠中のマウスに直接注入したところ、生まれた子供は統合失調症や自閉症に見られる行動パターンを示すようになった。IL-6の役割を裏付けるため研究主任である Steve Smith 氏は、IL-6を持っていない2つのグループを人工的に風邪を引いた状態にした。1つのグループはIL-6をブロックする抗体を投与したマウスのグループで、もうひとつは、IL-6が体内で合成されないように特定遺伝子を不活性化した、いわゆる「ノックアウト・マウス」と呼ばれるグループである。両方のグループから生まれた子供はすべて正常だったことから、IL-6の役割が証明されることとなった。

科学者たちは、IL-6が胎児の脳に直接作用するという仮説を立てた。さらには、サイトカイン(細胞から分泌されるタンパク質で、特定の細胞に情報伝達をするもの)が胎盤を超えて母体から子供へ伝わる物質の転移に変化を起こす、あるいは母体の免疫系が胎児組織の発達拒絶を誘発することに目をとめた。

IL-6の役割がはっきりすれば、発達あるいは成熟の過程にある脳にIL-6のようなサイトカインが損傷を与えることを防ぐ方法を見つける研究に集中できるだろう。

Lajonchere 教授は、自閉症にまつわる問題の原因を突き止めることの経済的効果を明確に説明している。「自閉症児は150人に1人いるといわれ、年間900億ドルの国家予算が使われています。この経済的負担は今後10年以内に2倍になるでしょう。」カリフォルニア工科大学での研究結果をもとに、風邪を引いている人は妊婦まわりでは気をつけるよう指導すれば、統合失調症の発生率を抑えることができるだけでなく、経済的効果も多大なものになる。

#### ④ ロサンゼルスにおいて腫瘍学の革新研究に民間が投資<sup>3</sup>

ロサンゼルス地域で活発な動きを見せるバイオテック研究のひとつに腫瘍学がある。ここでカリフォルニア工科大学の Mark Davis 教授のチームを紹介する。このチームの卓越した点は、がんとの革新的な取り組みだけでなく、その資金調達の仕方にある。

Davis 教授が研究を始めたのは、彼の最愛の妻 Mary が、化学療法で苦しんだ経験がきっかけとなった。多数の文献を見直し、何度も学会に参加するうち、がんが体内でどのように進行し広がっていくかが理解できるようになった。

同教授の研究の中で特筆すべきものは、(1) 粒度が重要である。抗がん剤の化学物質の粒が10ナノメートルより小さいと、尿と一緒に体外に流出してしまう。(2) がん細胞は体内で発生するため、自身の免疫系では検地できない。がん細胞は血液を通して転移する。人間の身体は毒物が入ってくるとp-糖タンパクを生成し、必要があると小型掃除機のように細胞から油性の分子を除去する。そのため油性のものが多い最近の抗がん剤は、あまり効果が得られない。

<sup>3</sup> <http://eands.caltech.edu/articles/LXX1/davis-web.pdf>

抗がん剤の効果的な投与のため、同教授はまず抗がん剤を内蔵するために適切な化合物を見つけ出した。そして内蔵された抗がん剤は体内で、がん細胞に放出される。彼が薬の運搬メカニズムとして選んだ化合物は、糖分の多いコロイド状態のシクロデキストリンで、抗がん剤はカンプトセシンである。カンプトセシンは、感知した pH によって活性状態と不活性状態に変動する。アルカリ性を感知すると薬は活性化しない。これは実に画期的な発見である。というのも、がんが発生した体内は酸性であるからだ。Davis 教授の研究の真髄は、免疫系を欺き、上記した抗がん剤運搬物質を栄養素だと身体に信じさせるところにある。そうすることで、体内で生成された糖タンパクに邪魔されることなく薬物が細胞に吸収される。がん細胞に到達するまで薬が活性化されないため、ほとんど副作用がなく効果的に抗がん剤を投与することができるのだ。

この技術を基に同教授が設立した企業が、パサデナにあるインサート・セラピューティック社 (Insert Therapeutics) である。この薬品の試用については、がんと白血病の治療で世界的に有名な医療センターであるシティ・オブ・ホープ (City of Hope) の協力を得て行われている。同教授の所有するもうひとつの会社、カランド製薬会社 (Calando Pharmaceuticals) は、最新技術である「遺伝子抑制」を利用して自身の細胞をがんと戦わせる方法を売り物にしている。メッセンジャー RNA は通常、細胞の核(リボソーム)が伝達する情報を細胞質のタンパク質合成装置へ伝える役割を果たす。RNA (リボ核酸) の二本鎖を操作する、つまりメッセンジャー RNA の鎖を除去することで、ヌクレオチド配列の相補的情報が遺伝子発現を制限することを可能にする。Davis 教授は、がん細胞のしかるべき RNA を見つけ出し、それを取り去ろうと考えている。この研究には、南カリフォルニア大学 (USC) および小児病院 (Children's Hospital) が協力している。

この研究の資金は、当初、さる民間筋から出たが、その後はアローヘッド・リサーチ社 (Arrowhead Research Corp.) から出ている。同社は幅広い知的財産を所有し、さまざまなテクノロジーを結びつけるナノテクノロジー関連の会社で、この方面では大変高い評価を受けている。アローヘッド・リサーチ社のビジネス・モデルは以下 3 本の戦略を柱にしている。

1. 商業化プログラム：高成長市場でナノテクノロジーを基にしたプロダクトの開発、政策を目的とする子会社を設立または買収する。
2. 研究開発のパイプライン：ナノサイエンスを研究する大学に、研究成果の独占権と引き換えに資金援助をする。
3. 知的財産ツールボックス：ナノテクノロジーに関する知的財産の買収、ライセンス、サブライセンスの供与を行う。

大成功を収めている企業がサンタモニカにもある。アジェンシス社 (Agensys, Inc.) は、ヒトモノクローナル抗体 (MAbs) を利用する独自の方法で固形がんの標的治療パイプラインの開発にあたっている。同社は、効果的で副作用の少ないがん治療を行うために、14 種類のがんについて臨床的に意義のあるがん標的を発見し立証した。すべてのがん標的は以下に挙げる厳密な基準を満たしている。

1. がん細胞内に発生した新しい種類の分子または要素

2. ほとんどの患者の検体に発現する
3. 正常で活気のある細胞組織ではわずかしか発現しない
4. 治療的介入に適合する構造的、機能的特徴を持つ

アジェンシス社 (Agensys) のプロダクト・パイプラインには、12 種類の抗体 (MAb) プログラムがある。AGS-PSCA は、XenoMouse®の技術によって生成され、前立腺幹細胞抗原 (PSCA) を対象にした高いアフィニティを持つヒトIgG<sub>1</sub>k抗体である。PSCA は、前立腺がん、膵臓がん、膀胱がんのほとんどの患者のがん細胞に発現する抗原である。マウスを使った異種移植モデルにおいて、AGS-PSCA が腫瘍の成長と転移を阻止する顕著な効果があることが証明された。

アジェンシス社は 2007 年に、がん標的 AGS-16 に対するヒト抗体 AGS-16M18 の治療薬申請を行った。AGS-16 は、肝臓がん患者の 90% に発現し、細胞増殖、浸潤、血管形成を引き起こす。AGS-PSCA と AGS-16M18 は、「裸の抗体」と呼ばれ、標的に結びついてその機能を調節することで、がん腫瘍を抑制する。

アジェンシス社は、裸の抗体 (MAbs) を凌ぐパイプラインを拡大する戦略のために、シアトル・ジェネティクス社 (Seattle Genetics) と連携し、4 つの抗体医薬複合体 (ADC) を開発する、と発表した。ADC はアジェンシス社が所有権を持つがん標的ヒト抗体 (Mabs) 、そして シアトル・ジェネティクス社 (Seattle Genetics) のリンカーと毒素に関する技術を組み合わせたものである。ADC は、裸の抗体 (MAbs) とは全く違った方法で腫瘍に影響を及ぼす方法で、抗体を媒体とし、腫瘍を殺す毒素を腫瘍内部へ送り込むというものである。この共同研究では、2 製品をアジェンシス社 (Agensys) とシアトル・ジェネティクス社 (Seattle Genetics) が半々で、もう 2 製品はアジェンシス社 (Agensys) 独自で開発する。最初の製品である AGS-5 に対する ADC の開発がすでに始まっている。AGS-5 はアジェンシス社 (Agensys) が発見したがん標的であり、前立腺がん、肺がん、乳がん、卵巣がんに発現する。

同社は、メルク製薬とシアトル・ジェネティクス社 (Seattle Genetics) に強いつながりがある。効率の良い技術開発と迅速な規制認可のためには、このような会社との共同研究が不可欠である。強いパイプラインや戦略提携の結果、同社は最近、4, 130 万ドル相当の資金をデュケイン・キャピタル・マネージメント社 (Duquesne Capital Management, L. L. C) とジャフコ社 (JAFCO Co. Ltd.) が発起人となった投資家グループから受け取った。

インサート・セラピューティック社 (Insert Therapeutics) 、カレンド社 (Calendo) 、アジェンシス社 (Agensys) の例は、適切な資金源を見つけること、バイオテクノロジーの会社とパートナーを組んで迅速に製品を市場に出すこと、新薬開発にまつわるリスクをいかに回避するか、新規事業の市場評価をいかに大きくするか、などの重要性を示している。

## 1-2 大学の取り組み

### ① UCLA、学年度の初めからバイオテクノロジーの取り組みが相次ぐ

新しい学年度が始まると、ロサンゼルス地域の各大学のキャンパスで様々なプログラムが始まるが、特に興味を引かれたのが UCLA での出来事である。10月2日に行われたカリフォルニア・ナノサイエンス研究機関(CNSI: California NanoScience Institute)の2007~2008年度開会式で、化学工学部 (Chemical Engineering Dept) の Jung 教授が演説を行った。その演説には3つの重要ポイントがあった。

第1のポイントは、彼の研究所がその地域のバイオ科学者を支援することで、いかに医薬品科学と薬物伝達に関連した問題を解決しているかについてである。大学の施設を明け渡し、そこを能力のある科学者たちの研究の場にするために、彼の研究所は CNSI 社に建設された施設へ移転することになっている。科学者はわずかな費用で大学の研究施設を使用することができるようになる。

第2のポイントは、官能性ヒンダード・シクロヘキセンの調合を可能にする新しい混合ルイス酸系(5:1 AlBr<sub>3</sub>:AlMe<sub>3</sub>)の発見についてである。このプロセスは、他の方法で生成するのが非常に困難である化合物の調合に役立つ。これは幅広い天然物の合成にも使用できるということが提示された。

第3のポイントは、アンドロゲン受容体の超抑制因子 RD-162 の開発についてである。RD-162 は現在、ホルモン抵抗性前立腺がん治療での臨床試験の最中である。

結論として、バイオテクノロジーの市場勢力図は変化しており、魅力ある市場になっていると言えよう。そして従来バイオテクノロジー開発の温床であった北カリフォルニア、サンディエゴ、ニューイングランドから、より多くの資金がロサンゼルス地域へ移行して来ていると言えよう。それは、ロサンゼルスが、南サンフランシスコのパロアルトや、マサチューセッツ州のボストンに比べて住宅価格が手ごろなのにもかかわらず、世界有数の人的資源を有し、巨大な可能性を秘めていながら市場としてはポテンシャルを有しているからであろう。

## 1-3 市場化の成功事例

テクノロジーの市場化には、優れた「出口戦略」が鍵となる。ここでその例を紹介する。

アリゾナ州ツーソンにある医療機器会社であるバイオプシー・サイエンス社 (Biopsy Sciences) が、LARTA が管理する 2006 NIH-CAP プログラムに参加し、同社開発の Bio-SEAL™ の知的所有権とその市場化の権利を、世界的な製薬会社で医療機器会社でもあるアンジオテック製薬 (Angiotech Pharmaceuticals, Inc.) に売却した。



「NIH-CAP」は、米国立衛生研究所 (NIH) が資金を提供し、LARTA 研究機関が計画・運営をしているプログラムであり、研究の市場化のために、専門家の援助、および米国立衛生研究所 (NIH) と SBIR (Small Business Innovation Research) でのトレーニングを提供するプログラムである。今年で 4 年目になるこのプログラムは、初期段階でのテクノロジーの市場化と市場での成功を目的に、これまで 350 以上の会社を支援してきた。このプログラムは全米を対象にしており、LARTA が持つ全米規模の生命科学ネットワークを通して、投資家やパートナー企業への橋渡し、戦略開発などの面での支援を提供している。バイオプシー・サイエンス社 (Biopsy Sciences) の場合、より多くの資金力がある会社に彼らのアイデアの開発を委ねる道を選択し、その知的財産の売却に踏み切ったのである。

#### 1-4 ロサンゼルス地域にて開催された主要な会議

① 米国放射線腫瘍学会 (American Society for Therapeutic Radiology and Oncology) の年次総会

開催日： 2007 年 10 月 28 日-11 月 1 日

開催場所： ロサンゼルスコンベンションセンター

概要： がん検出やがん治療の分野における世界最新情報を求めて、各大学の窓口、医療専門家、規制に関わる専門家、投資家などがこの会議に集まる。

② 「ギャップの橋渡しーナノバイオロジーを医療産業へ」

開催日： 2007 年 11 月 1 日-2 日

開催場所： UCLA のカリフォルニア・ナノシステム研究所 (CSNI- California Nano Systems Institute)

概要： CSNI と東京大学のナノ・バイオ研究拠点が共同提携で行う会議

③ カリフォルニア組織工学学会 (California Tissue Engineering Meeting)

開催日： 2007 年 11 月 30 日-12 月 1 日

開催場所： UCLA キャンパス

概要： 組織工学と再生医療の分野での最新開発についてのフォーラムで、開業医、医学生、投資家などが集まる。通常この学会は USC と UCLA が持ち回りで行う。

## 第2章 ロサンゼルス地域におけるナノ・バイオ研究

ロサンゼルスはナノ・バイオの研究において世界でも有数の地域であるが、最近、学際的チームによる研究が活発になってきた。私たちの健康を害する問題に立ち向かい、より効果的で経済的、しかも環境に優しい治療方法を模索する手段として、各種の学問分野が互いのアイデアや技術を交換し研究することは、実に効果的だと言える。

この学際的チームによる研究を率先して取り入れているのが細胞生物学の分野である。細胞生物学は、その分野の研究自体が重要であるだけでなく、病的細胞と正常細胞のどちらにも見られる生体内外での複雑な相互作用を解決するための道具としても使われている。

ロサンゼルス地区の大学では、電子工学、光学、マイクロ流体工学、そして画像技術をナノテクノロジー体系の中で組み合わせ、自然界の謎を解き、そこから治療法を見つけ出すことに成功している。

最近では、従来の治療法に加え、DNA 解析、幹細胞、ゲノミクス、プロテオミクスのような斬新な研究を利用した治療法にも関心が集まっている。

健康問題に取り組むためには、どの治療法を使うかが重要なのではなく、研究者間のコミュニケーションがどれほどオープンで真剣なものであるか、そして世界中の人々と共同で取り組む意欲がどれほどあるかが一番重要な要素だと思われる。

リサーチによれば、技術移転とその商業化を成功させるためには、そこに関わる人々が互いに交流を図り、どのような人脈を築くことができるかが重要な鍵となる。研究分野内や組織内での協力はもとより、病院、業界そして政府との協力は欠かせない。

### 2-1 ナノ・バイオ関連記事

まず、エピジェネティック・サイレンシングにかかわる二つの論文を紹介する。

① Dr. Peter A. Jones

南カリフォルニア大学ノリス総合がんセンター (USC/Norris Comprehensive Cancer Center)  
所長、ケック医大 (Keck School of Medicine)  
(Cancer Cell掲載)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> <http://www.usc.edu/usnews/stories/14531.html>

「がん細胞の中で遺伝子がどのように不活化されるかが、今回の研究で初めてはっきりしました。そこで遺伝子の活動を再開させる新しい治療法をデザインすることができます。」

この研究では、ある種のがん細胞内で転写のサイレンシングが始まる部分が、ヌクレオソームの存在にいかに関わっているかがわかった。

研究者たちは、正常細胞におけるサイレンシング開始部分には全く存在しなかった3種のヌクレオソームが、メチル化および沈黙化されたプロモーターには存在することを発見した。このことから、ヌクレオソームが不在だった部分にヌクレオソームを配置することで、エピジェネティック・サイレンシングを成し遂げることができるかもしれないと考えられる。

## ② Dr. Richard S. Jones (Nature掲載)<sup>5</sup>

Jones氏は、特定の細胞の遺伝子を不活化させながら、ある遺伝子だけを活性化することがどれだけ有益で、どれほど大変かについてコメントしている。

次の記事は、稀な疾病の発症と他の疾病との関連性を理解することができれば、その治療法は投資家にとってより魅力的なものになるという点に触れたものである。

## ③ カリフォルニア工科大学とペンシルベニア州立大学の協力による稀な疾病の研究<sup>6</sup>

カリフォルニア州パサデナ市 10月11日

脳の画像検査と食事制限で、消耗性でしかも不可逆的な脳障害を引き起こす珍しい遺伝性疾患をもって生まれた子供の発病を抑えることができるかもしれない。

グルタル酸尿症Ⅰ型についてのカリフォルニア工科大学とペンシルベニア州立大学の共同研究の結果が発表された。グルタル酸尿症とは遺伝子異常によって子供に起こる疾患で、アミノ酸のリジンとトリプトファンを分解を阻止するため、血液中のリジンは直接脳へ運ばれ、そこで酸が凝縮し脳のミトコンドリアを破壊する。今回の研究でマウスに食事制限をしたところ、疾患の発症は見られず、切迫脳障害の兆候が脳の画像検査によって検知された。

カリフォルニア工科大学の Jelena Lazovic 氏と Russel Jacobs 氏、ペンシルベニア州立大学の William Zinnanti 氏によれば、脳にリジンが蓄積するのを抑えるホモアルギニンと低血糖を防ぐブドウ糖を組み合わせた食事によって、脳でのリジン分解を低減させることができる。動物実験では、誕生時に遺伝子異常を示した子供を毎月観察した。Lazovic 氏はこう付け加える。「子供にスペクトロスコピー（腫瘍などの成分が何であるかを調べる検査）を行ない、減少したグルタミン酸塩を測定することで脳でのエネルギー生成が抑制されていることを知る方法を見つけました。」この技術は、グルタル酸尿症Ⅰ型とほぼ同じ確率で幼児を襲うメープルシロップ尿症、プロピオン酸血症、メチルマロン酸血症などのアミノ酸代謝異常による他の遺伝性疾患にも利用できるだろう。

<sup>5</sup> Nature 450, 357-359 (15 November 2007) | doi:10.1038/450357a

<sup>6</sup> <http://www.jci.org/cgi/content/abstract/117/11/3258>

次は、DNA 塩基配列決定法によって個人の医療費を軽減させる研究についての記事である。

④ カリフォルニア大学アーバイン校 (UC Irvine)、DNA塩基配列決定法におけるナノテクノロジーの研究に 218 万ドルを受け取る<sup>7</sup>

カリフォルニア州アーバイン市 2007 年 10 月 1 日

カリフォルニア大学アーバイン校 (UC Irvine) のヘンリー・サミュエリ工学部は、従来の DNA 塩基配列決定法と最先端のナノテクノロジーを組み合わせたスピーディで低コストの分析法を開発するために、218 万ドルの寄付金を受け取った。現在、人間や他の哺乳類の DNA 塩基配列を調べるには、500 万ドルと何カ月もの時間がかかるが、それを 1,000 ドルまでコストダウンし、定期健康診断に DNA 塩基配列決定法を組み入れることが今回の研究のゴールである。

カリフォルニア大学アーバイン校の研究チームの責任者であり、ヘンリー・サミュエリ工学部の電気工学とコンピューター・サイエンスの教授を務める H. Kumar Wickramasinghe 氏によれば、「もし、すべての患者に診察時の単純な血液検査で DNA 塩基配列テストを行うことができれば、医療の未来図を大幅に塗り変えることができると同時に、患者のクオリティ・オブ・ライフもまた改善できることになるはずです。」このプロセスは、原子間力顕微鏡 (AFM) を使う従来の DNA 分離法を採用し、先端の幅が 50 アトムほどのプローブに集中させた光を使って DNA 塩基配列を解読する。

もしこれが実施され DNA 分析が広まれば、病気の予測や潜在疾患の予防のためのより多くの情報を医師たちに提供することが可能になり、個々の患者のニーズに合わせたカスタマイズされた医療行為ができるようになる。

バイオテクノロジーとナノテクノロジーの革新には、世界中の一流大学が国を超えて、パートナーシップを結び、お互いの情報源を活用し戦略的提携を形成することが欠かせない。UCLA で行われた会議がその良い例を示している。

⑤ UCLA カリフォルニア・ナノシステム研究所 (CSNI: California Nano Systems Institute) と東京大学の共同研究<sup>8</sup>

2007 年 10 月 30 日-UCLA カリフォルニア・ナノシステム研究所と東京大学のナノ・バイオ研究拠点が共同で、ナノバイオテクノロジーについての国際シンポジウムを開催し、バイオテクノロジーおよび生物医学についての著名な研究者による発表が行われた。

「ギャップの橋渡し：ナノバイオロジーを医療産業へ」と題したこのシンポジウムでは、新車のナノ材料とナノ単位での手法を生物学研究および医学分野で応用することの重要性が話し合わ

<sup>7</sup> [http://today.uci.edu/news/release\\_detail.asp?key=1670](http://today.uci.edu/news/release_detail.asp?key=1670)

<sup>8</sup> [http://www.cnsi.ucla.edu/news/item?item\\_id=385113](http://www.cnsi.ucla.edu/news/item?item_id=385113)

れた。

ナノバイオテクノロジーは最近注目され始めた研究分野で、特にナノ医学の研究は大変重要である。たとえばナノ単位でのがん研究によって、検出、診断、投薬の新しい手段が開発された。今回のシンポジウムでは、生物学、医学、化学、物理学、生物工学の分野から研究者が参加し、医学研究にインパクトを与え、未来の医療に飛躍的な影響を及ぼすであろう研究についての討論が行われた。

⑥ 南カリフォルニアの大手企業が治療法研究のため資金援助を受ける<sup>9</sup>

カリフォルニア州ラ・ホーヤ市 2007年11月12日

治療抗体製造会社である Anaptys Biosciences, Inc. は、3,390万ドルの資金援助を投資団体から受けた。

Anaptys 社は、体細胞超変異を利用した治療抗体を製造する株式非公開の会社である。Anaptys 社の Omnitope-SHM(TM) システムは、体細胞超変異の主要構成要素を利用し、治療抗体の選択と製造を素早く行うシステムである。この万能プラットフォームは、既存のアフィニティ抗体の結合能力を改善できるだけでなく、特定の疾患を対象にした新たな抗体の発見と最適化にも利用できる。

---

<sup>9</sup> <http://www.anaptysbio.com>



## 第Ⅱ部 米国のナノテクノロジー分野の産業・技術動向

### 目次

概要 .....	398
第1章 太陽エネルギーと燃料電池の関係 .....	400
1-1 カリフォルニア工科大学のHarry Atwater 教授の研究 .....	401
1-2 カリフォルニア州シルマー市(Sylmar, CA)のSpectrolab 社 .....	401
1-3 ナノ技術による光電池の薄膜 .....	402
1-4 NanoGram 社 .....	402
1-5 燃料電池 .....	402
1-6 二酸化炭素対策のためのアイデア .....	403
第2章 風力発電・キャパシタ、その他の発電技術 .....	404
2-1 風力発電 .....	404
2-2 太陽エネルギー .....	405
2-3 再充電可能な電池の研究 .....	405
2-4 エネルギー貯蔵の分野 .....	406
2-5 エネルギー生成 .....	406

## 概要

第1章では、ナノテクノロジーのエネルギー分野の研究開発への寄与、特に、太陽エネルギーと燃料電池に焦点を当てている。カリフォルニア工科大学の Harry Atwater 教授や Nate Lewis 教授によるナノ粒子を使った多接合型太陽電池の性能向上のための研究、南カリフォルニア大学教授でノーベル賞受賞者でもある George Olah 教授による二酸化炭素削減のための燃料電池の開発などを紹介し、ロサンゼルスにおいて化石燃料への依存度を軽減するためにどのような取り組みが行われているかを述べた。

また、南カリフォルニア大学 (USC) とカリフォルニア工科大学 (Caltech) の Haile 教授が共同で行っている固体電解質型燃料電池と固体酸燃料電池の研究についても紹介した。

さらには、Nanogram 社や NanoSolar 社、Miasole 社などの開発にも触れた。これらの企業は、銅・インジウム・セレンの化合物 (CIS) や、銅・インジウム・ガリウム・セレンの化合物 (CIGS) などの材質を使ってマイクロあるいはナノ技術による光電池の薄膜 NanoSolar や Miasole を開発している。また、Kiran Drain 博士が率いる NanoGram 社は、非常に薄い結晶シリコンの膜を複数の基盤で成長させるプロセスの開発を行っている。

第2章では、ナノテクノロジーによるエネルギー分野への寄与に関する他の例として、風力発電、改良された電池やウルトラ・キャパシタのような蓄電装置、さらには海洋発電や廃棄物再利用による発電まで広範囲の発電技術を紹介した。

例えば、強くても軽量しかも経済的な素材の開発、パイプなど発電にかかわるあらゆる要素の破損の防止、あるいは電池の耐久性の向上などに関する研究にナノテクノロジーがどのような効果を挙げているかについて言及した。

グローバルエコノミーにおいて、研究開発能力や市場競争力を一層高めるためにも、未発達の技術を上手に育て上げ革新技術として展開していくためにも、学界、産業、投資家、政府機関が幅広い提携をし、問題解決にあたることが大変重要である。

科学的、産業的な基盤が整っており、それを利用できる地域、あるいは、それらの基盤を作ろうとする地域は、自身のニーズを満たし前進することができるため、洞察力と戦略的投資の恩恵を受けるであろう。このためには、下記のようなリソースを確立することが重要である。

- ・最高の研究インフラ
- ・病院と大学の優れた連携・協力体制
- ・事業資金の調達先
- ・実績のある経営指導者
- ・成功を導く企業支援施設 (インキュベータ)



- ・一流の専門家による支援

他の地域でも、ロサンゼルスのような産業的な基盤を持ち、そのようなリソースを確立することができれば、技術開発分野でのコミュニティを成功させることができると言える。

## 第1章 太陽エネルギーと燃料電池の関係

「エネルギー問題は、今日我々が抱えている最も重要な技術上の課題である。」これは2007年5月18日にカリフォルニア工科大学 (Caltech) で行われたカリフォルニア・クリーンエネルギー協議会 (California Clean Energy Conference) の第1回年次総会で、カリフォルニア工科大学のNate Lewis教授が述べた言葉である。

全くその通りであるが、我々は増える一方のエネルギー消費に歯止めをかけるために、いったい何をすべきなのだろうか。Lewis教授によると、世界中で年間13兆ワットの電力を消費しており、アメリカだけでも年間3兆3,000ワットを消費している。そのうち約85%が石油やガスなどの化石燃料による発電で賄われている。ロサンゼルス地域はナノテクノロジーの研究で大変活気があり、いろいろな分野で新しい傾向を生み出しているコミュニティとしての誇りを持っているが、その中のひとつに「クリーン・テクノロジー」によるエネルギー生成（発電）がある。

クリーン・テクノロジーは話題の流行語となり、この言葉を掲げた会議があちこちで開かれている。環境問題などの影響もあり、クリーン・テクノロジーにかかわる世界各国の大学や国立研究所、さらには研究開発企業へ、多額の補助金が政府から渡っている。

クリーン・テクノロジーは、各方面で大きな関心を引き起こしているが、その理由はさまざまである。例えば環境問題に関心のあるグループにとっては、化石燃料による発電が大気中の二酸化炭素を増加させ、地球温暖化を招いていることを懸念している。また別のグループでは1バーレル当たり100ドルにも跳ね上がった原油価格の問題を懸念している。

個人的にどのグループに属するかは別として、問題は、エネルギー消費が累積し、その必然の結果としてエネルギー価格が上昇したということである。では、この問題の緩和のために我々はいったい何ができるのだろうか。最初に、代替エネルギー源の開発には、膨大な時間と多額の費用がかかり、その上多くの場合、政治潮流や利権絡みの壁に阻まれるということを理解しておく必要がある。さらには、新しい材料や処理法の開発と適切なインフラの開発なども必要になってくる。

ここで、ようやく完成の段階にこぎつけたテクノロジーについて触れたい。日本とドイツは、ソーラーパネルの設置基盤が世界で最も多い国であるが、政府からの補助金への依存度は低くなっている。しかしソーラーパネルによる発電は経済面でも更に魅力を高めることが課題であり、それと同時に太陽電池やインバーター、電力を貯蔵するための電池などの製造に関連する数々の分野にナノテクノロジーが大きく貢献していることにも注目する必要がある。

## 1-1 カリフォルニア工科大学の Harry Atwater 教授の研究

Atwater 教授のチームは、太陽電池の製造コストの削減と太陽電池の性能向上を図るため、いくつかの新技术を使って研究している。

**結晶シリコンの薄膜** この技術は、シリコンをガラスやセラミックなどの安価な基盤で1~30ミクロンの薄膜に結晶成長させるというもので、この際、安価な基盤で大きな結晶を成長させるために低温で加工する方法を開発した。この技術でシリコン膜を製造すると、現在のソーラーパネルに比べるとわずかなコストしか掛からない。ここで問題になるのがシリコンのコストである。現在、電子工業用シリコンは年間7万トンほど製造されているが、1キロ当たり150ドルから250ドルと値段に開きがある。これはシリコンの純度に関係するが、2005年以来ソーラーパネルの需要が高まっていることから、シリコンの供給量が不足することも原因になっている。

次の技術は、ウェハー・ボンディングと層転写の技術を駆使して、安価な基盤の上でIII-V族材料を格子整合しないヘテロ構造に結晶成長させることで、新たなタンデム太陽電池を設計しようというものである。これが完成すれば、太陽電池の性能が飛躍的に高まる<sup>1</sup>。

## 1-2 カリフォルニア州シルマー市 (Sylmar, CA) の Spectrolab 社

Spectrolab 社は、ゲルマニウム (Ge)、ガリウムヒ素 (GaAs)、アルミニウムインジウムガリウムリン (AlGaInP) から成る多接合型ソーラーパネルを使うことでエネルギー変換率を40.7%も高め、世界記録を樹立したばかりである<sup>2</sup>。

多接合型ソーラーパネルは構造が複雑でコストも掛かることから、ソーラーパネルのエネルギー変換効率を上げるために数々の方法が試みられている。そのひとつに太陽集光器がある。太陽光を集光器の中心にある多接合型装置に集めるのである。単結晶シリコンのソーラーパネルの変換効率が16%であるのに対し、太陽集光器付きパネルの場合35%まで変換効率が上がる。パサデナ市の Energy Innovations 社などがこの装置の開発にかかわっている。

この他にも多接合型装置に対するナノテクノロジーを応用した様々な方法が試みられている。Nate Lewis 教授と Harry Atwater 教授は、大変安価な材料を使って変換効率の良い多接合型装置を開発することに成功した。この装置は内側にp型ドーブ外側にn型ドーブを持つナノ構造の集まりで、その先端部に太陽光があたる。集光性を高めるために反射防止膜といくつかのマイクロレンズが設置されており、光電池から電気を集めるため装置の下部ではp型ドーブとn型ドーブが結合している<sup>3</sup>。

<sup>1</sup> <http://daedalus.caltech.edu/research/thinfilmpv.php>

<sup>2</sup> [www.spectrolab.com](http://www.spectrolab.com)

<sup>3</sup> [http://www.alumni.caltech.edu/learning/alumni\\_college/2006](http://www.alumni.caltech.edu/learning/alumni_college/2006)

### 1-3 ナノ技術による光電池の薄膜

カリフォルニアではNanoSolar社やMiasole社をはじめ、現在いくつもの企業が、銅・インジウム・セレンの化合物（CIS）や、銅・インジウム・ガリウム・セレンの化合物（CIGS）などの材質を使ってマイクロあるいはナノ技術による光電池の薄膜<sup>4</sup>を開発している。このような薄膜は、一般の建設業界で使われているような素材でできた基盤の上にも貼り付けることが可能であり、しかも変換効率は結晶シリコンを使った光電池よりわずかに劣るだけである。

ナノテクノロジーによる薄膜はシリコン電池に比べ、変換効率や熱安定性でそれほど劣らないにもかかわらず、製造コストを低く抑えることが出来る点が大変魅力である<sup>5</sup>。

### 1-4 NanoGram 社

NanoGram 社はこの問題を別の視点から研究しており、非常に薄い結晶シリコンの膜を複数の基盤で成長させるプロセスを開発している。このプロセスでシリコン膜を製造すると、1 ワット当たり 1 ドル以下で発電ができるようになる。

NanoGram 社はまた、レーザー反応性蒸着法を使い、安価な金属前駆体を燃料電池用の層に連続加工することで、低価格の固体電解質型燃料電池（SOFC）も開発している<sup>6</sup>。

### 1-5 燃料電池

固体電解質型燃料電池（SOFC）を含む中温作動型装置の分野では世界でも有数の研究者である Sossina Haile 教授が先頭となり、南カリフォルニア大学（USC）とカリフォルニア工科大学（Caltech）が共同で行っている研究について紹介したい。Haile 教授が 2005 年に固体電解質型燃料電池（SOFC）を発表したときには、大きさ 1.42 平方センチメートルで 600℃で出力が 315mW/cm であった。製品の性能はそれ以来向上しているが、この技術をもとに Haile 教授と学生たちはカリフォルニア州パサデナ市に Super Protonics 社という企業を立ち上げた。硫酸水素セシウム（CsHSO<sub>4</sub>）を使った固体酸燃料電池は、100℃から 300℃の間で稼動し電気を伝導するために発電が可能になる<sup>7</sup>。

丈夫な燃料電池を経済的に製造することに成功した企業は他にもある。Neah Power Systems 社は多孔性シリコンを標準の集積回路技術で加工することで、薄膜を排除し、燃料電池を低コストで製造している。

標準の半導体技術を使用してマイクロ流体経路を作ることにより層流を形成し、燃料と電解質

<sup>4</sup> <http://daedalus.caltech.edu/research/thinfilmpv.php>

<sup>5</sup> [www.nansolar.com](http://www.nansolar.com)および[www.miasole.com](http://www.miasole.com)

<sup>6</sup> [www.nanogram.com](http://www.nanogram.com)

<sup>7</sup> [Http://superprotonic.com](http://superprotonic.com)

の混流を防ぐことも可能である。この方法で、燃料電池の問題となっているカソード・フラッディングを解消することが可能になる。この技術と NanoGram 社が開発したナノ粒子による触媒を組み合わせれば、近い将来、丈夫で強力なしかも経済的な燃料電池が誕生することだろう。

重要な開発の1つとして紹介したいのが、エタノールやメタノールなどの特殊な燃料を対象に開発されたナノサイズの炭化水素材料による薄膜である。水素はアルコールより分子が小さいため薄膜を簡単に通ることを活用している<sup>8</sup>。

## 1-6 二酸化炭素対策のためのアイデア

南カリフォルニア大学教授でノーベル賞受賞者でもある George Olah 教授とそのグループは「直接メタノール法燃料電池」を開発した。この電池は二酸化炭素と水を副産物として生成する。もしプロセスを逆にしたらどうなるか。つまり二酸化炭素と水に電力を加えることでメタノールを精製することは出来ないだろうか。二酸化炭素を隔離するより、このように利用したほうが、温室ガス効果対策には格段に効果的との見方もある。

経済的で環境にやさしいエネルギーの問題は、これからも解決すべき重要な問題として我々に関わってくる。そしてナノテクノロジーがこの問題解決の一端を担っているといっても過言ではない。

---

<sup>8</sup> [www.matthey.com](http://www.matthey.com)

## 第2章 風力発電・キャパシタ、その他の発電技術

ナノテクノロジーがエネルギー生産と省エネルギーのためにどのように役立っているか、さらには Southern California Nanotech Community が研究をしている、化石燃料への依存度を軽減するためのテクノロジーなどに焦点を当てたい。

### 2-1 風力発電

他の条件が同じであれば、コストの点で石炭や天然ガスによる発電に太刀打ちできる再生可能エネルギーは風力発電しかない。風力発電では1キロワットの発電にかかるコストは4セントで、電気代の安い中西部の人々が1キロワット当たり8セントを支払っていることを考えれば、かなり有望なテクノロジーである。ちなみにカリフォルニア州は環境規制が厳しく他の市場要因もあることから、1キロワット当たりの電気代は平均12～14セントである。

では、すでに低い風力発電のコストをもっと下げるためにナノテクノロジーに何ができるのか。これには2つの答えがある。1つは発電機のモーターの効率をあげること。もう1つは風車の羽の改善である。

まず、発電機のモーターについてである。ナノ結晶性イットリウム・サマリウム・コバルト粒で作られた磁石は、極端に大きな粒界領域のため、ずば抜けた磁気特性を持つことが知られている。ナノ粒子で磁石を作ることで、より効率の良い軽量発電モーターの製造が可能になる。

同様の効果が、ナノ粒子コーティングしたワイヤを使用することでも得られる。ワイヤにナノ粒子をコーティングすると抵抗が減少し、熱の発散を抑制できる。このワイヤを発電機の巻き線や伝送線に使用し、上記の磁石と組み合わせることで配電コストの減少が可能になる。

次に、風車の羽の改善についてであるが、ここで述べなくてはならないのが羽の面積、スピードと発電量の関係である。羽の面積が大きくスピードが速ければ、発電量は増す。

この点について研究しているのがカリフォルニア大学アーバイン校の前教授で、現在フィンランドのAmroy社 (Amroy Inc.) で研究にあたっているDr. Jorma Virtanenである。Dr. Virtanenと彼のチームは、優れた張力と圧縮性があり、高いヤング率と伸び特性を持つエポキシマトリックス樹脂<sup>9</sup>を開発した。この驚くべき開発に貢献したのがエポキシ分子を共有結合させて炭素原子の網目結合を強化させたカーボン・ナノチューブ<sup>10</sup>である。

このカーボン・ナノチューブの構造には、前述したような驚くべき特性がいろいろあるが、熱

<sup>9</sup> [http://www.amroyinc.com/esitteet/Technical\\_paper\\_en\\_Hybtonite.pdf](http://www.amroyinc.com/esitteet/Technical_paper_en_Hybtonite.pdf)

<sup>10</sup> <http://app2.infoc.nedo.go.jp/kaisetsu/nan/na05/index.html>

伝導性に非常に優れているため、この構造を持つエポキシマトリックス樹脂は、軽量で強い発電用風車の羽を製作するためには理想的な素材である。Dr. Virtanenと彼のチームは欧州ではすでに知られた存在であるが、米国市場での足固めのため今回Palo Alto社から資金提供を受けた<sup>11</sup>。

風力による発電は通常、交流電流で供給されるため、配電網に接続するには問題はなく、また昼でも夜でも風さえあれば発電が可能である。

## 2-2 太陽エネルギー

一方、太陽エネルギーの場合、供給は直流で、しかも太陽が出ていないと発電はできない。そこで次の2点が問題になる。1つ目は直流から交流に変換し電圧を上げるためにインバーターを用いなければならない点である。

2つ目は、余分な電気を貯蔵する蓄電池群の問題で、現在最も一般的に使われているのが鉛酸蓄電池である。しかしながら鉛酸蓄電池は耐用年数が5年以下と短く、再充電サイクルにも限りがある。さらにはコストの面、不要電池の処理の問題なども含み、太陽エネルギーの利用に歯止めをかける実用上および環境上の問題を多く抱えている。

## 2-3 再充電可能な電池の研究

一読に値するのが、カリフォルニア工科大学Rachid Yazami教授のリチウム・グラファイトを負極に用いた電池についてである<sup>12</sup>。グラファイト電極は、酸化物や窒化物あるいは金属間化合物などの合金ベースの電極に比べ、容量が大きく優れた周期性を持つという長所がある。さらにはパッシベーション、界面現象、動力学、リチウムインターカレーションの熱力学、自己放電などの面でも優れた特性がある。Yazami教授は、カリフォルニア州アズサ市に電池会社を設立したばかりである<sup>13</sup>。

ネバタ州リノ市にあるAltair Nanotechnologies社も注目に値する。同社は充電時間10分、2万回の再充電が可能、そして耐用年数が1年以上という電池を開発した。

この電池の卓越した性能は、リチウムとタイタニウムのナノ粒子（50ナノメートル以下）で電池の電極をコーティングすることで達成された。成功の鍵となったのがナノ粒子の多孔性で、これにより電流が干渉をそれほど受けずにコーティングを通ることができる。

面積が大きい羽を使うことでもたらされる恩恵は、電池の構造上の壊滅的欠陥である熱暴走と内部インピーダンスを回避できることである。なぜなら電流容量が大きくなるにつれ熱応力が緩

<sup>11</sup> [www.amroyinc.com](http://www.amroyinc.com)

<sup>12</sup> [http://today.caltech.edu/eas/item?calendar\\_id=65004&template=cheng](http://today.caltech.edu/eas/item?calendar_id=65004&template=cheng)

<sup>13</sup> <http://search.caltech.edu/search?q=rachid%20yazami&site=Caltechweb&output=xml%5fno%5fdtd&client=Caltechweb&proxystylesheet=Caltechweb>

和されるためである。

時間が経つにつれ内部インピーダンスが大きくなりすぎると、電池内部でのイオン生成量に変化がなくても、電池から少量の電流しか流れ出なくなる。これにより電池が切れたという錯覚を起こさせてしまう。

熱暴走は、最悪の場合バッテリーが爆発するため非常に危険である。そのため電池を使用する際に、熱暴走を避けることを念頭に置くことは大変重要である<sup>14</sup>。

## 2-4 エネルギー貯蔵の分野

エネルギー貯蔵の分野では、ウルトラ・キャパシタも重要な技術である。ウルトラ・キャパシタは、100年以上も前に発明された古い型のキャパシタであるが、最近、このコンデンサにナノ粒子を使うことで蓄電容量を大幅に増やすことが可能になった。JEOL（日本電子）は、ナノゲートカーボンを電極に使用した、高容量で充電時間も非常に短いキャパシタを開発した<sup>15</sup>。

米国にもキャパシタ開発に関わっているチームがある。ローレンス・リバモア国立研究所（Lawrence Livermore）のTroy Barbee氏が率いるチームで、彼らは40ナノメートル以下の薄い導電層と絶縁層の交互積層によるナノラミネート構造を導入することで、高電圧で機能し放電速度の速い巨大な蓄電容量を持つキャパシタを開発した。このキャパシタは、10メガパスカルもの蓄電容量がある。

ナノラミネートの層は、高真空の環境においてスパッタリングによって低温で積層される。絶縁層の誘電率を適格に選択することで高電圧（1キロボルト）で機能する巨大な蓄電容量のキャパシタを実現した。静電容量と高電圧の両方を達成していることから、Barbee氏のデザインは絶縁破壊電圧と誘電率が高い素材を選択し、使用したと考えられる<sup>16</sup>。

## 2-5 エネルギー生成

また、これまで誰も注意を払わなかった物からエネルギー生成をすることを考え付いた企業を紹介したい。製油所や発電所など高温処理を行う施設の排気管からは大量のエネルギーが廃棄されている。アメリカ中西部にあるRED（Recycled Energy Development）社は、排気管から放出される熱い空気をリサイクル利用し蒸気発電を行っている。これにより利益を得るだけでなく二酸化炭素を軽減することにも役立っている<sup>17</sup>。

化石燃料への依存度を軽減することが如何に巨大なチャレンジであろうと、克服すべき多々の

<sup>14</sup> [http://www.forbes.com/2008/01/12/electric-cars-nanotech-tech-sciences-cz\\_as\\_0112nano.html?partner=alerts](http://www.forbes.com/2008/01/12/electric-cars-nanotech-tech-sciences-cz_as_0112nano.html?partner=alerts)

<sup>15</sup> [www.jeol.co.jp](http://www.jeol.co.jp)

<sup>16</sup> <http://www-cms.llnl.gov>

<sup>17</sup> <http://recycled-energy.com>



問題解決にナノテクノロジーが一役買うであろうし、我々の創意工夫と意志により廃棄物問題を解決できるであろうことは想像にかたくない。



## 米 国 IV

### (シカゴセンター報告)

第 I 部	米国における地域再生の観点からのインキュベーション 事業の動向	411
第 II 部	米国における次世代サービスロボット技術のビジネスモデル	445
第 III 部	米国における航空・宇宙産業技術の動向	489



# 第 I 部 米国における地域再生の観点からのインキュベーション

## 事業の動向

### 目次

概要 .....	413
1. はじめに .....	414
2. 地域におけるインキュベータの活動状況 .....	415
2.1 業績良好グループの特徴 .....	416
2.2 業績不良グループの特徴 .....	417
2.3 地域におけるインキュベーション事業を成功させる手法 .....	419
3. 経済開発からの視点 .....	420
3.1 技術ベースの経済開発のビジネスモデル .....	421
3.1.1 ワシントン・テクノロジー・センター .....	421
3.1.2 起業家開発協会 .....	422
3.1.3 ウィスコンシン・テクノロジー・カウンシル .....	423
3.2 技術ベースの経済開発と従来型の経済開発の連携 .....	424
3.2.1 地域開発パートナーシップ .....	424
3.2.2 アナーバー・スパーク .....	425
3.2.3 オクラホマ地域商工会議所 .....	426
3.3 郊外・田舎における技術ベースの経済開発戦略 .....	427
3.3.1 ワシントン州立大学地域サービス .....	427
3.3.2 バージニア工科大学アレキサンドリアセンター .....	427
3.3.3 バージニア経済開発パートナーシップ .....	428
3.4 連邦政府のイノベーション政策が技術ベースの経済開発に与える影響 .....	429
3.4.1 米国科学促進協会 .....	429
3.4.2 バッテル研究所 .....	430
4. インキュベータからの視点 .....	431
4.1 地域におけるインキュベーション戦略 .....	432
4.1.1 アッシュビル・バンコム・技術短大 .....	432
4.1.2 西テキサスA&M大学 .....	433
4.1.3 ベッセマー・インキュベーション・システム .....	435
4.1.4 戦略開発サービス社 .....	436

4.2 効果的なパートナーシップの構築 .....	437
4.2.1 バージニア州政府.....	438
4.2.2 バージニア州キャロル郡政府.....	439
5. 結語 .....	440

## 概要

第 I 部「米国における地域再生の観点からのインキュベーション事業の動向」においては、我が国で地域再生のための各種政策が立案・実施されている現状を踏まえ、インキュベーション事業というものがいかにして地域再生施策として効果を発揮することができるか、そのためにはどのような課題が存在し、克服していくことが必要かという点を取り上げる。

また、本報告書では米国における先例的な調査結果を整理するとともに、具体的なケーススタディーを通じた課題の抽出等を行う。経済開発という観点からは、従来、州政府の政策目的とされてきた従来型経済開発と技術ベースの経済開発では異なる評価尺度を作ることが求められる点、後者がとるべき手法は、ビジネス開発の戦略と同一のものであるという点を導き出すとともに、地域における起業家コミュニティを意識的に構築・維持していく必要性などを整理している。

## 1. はじめに

我が国政府においては、これまで、持続可能な経済成長を達成することを目的として、さまざまな分野における経済、社会全般にわたる構造改革政策が立案・実施された結果、景気回復、雇用拡大等の一定の成果が挙げられてきているが、他方で、構造改革を進めるに伴って生じてきている格差といわれるさまざまな問題が顕在化してきている。このいわゆる格差問題の中でも、都市と地方という我が国国土を形成する地理的な条件を基準とした格差問題は大きな政策課題として認識されるようになっており、2007年10月1日に国会において行われた福田内閣総理大臣による所信表明演説においても、「地方は人口が減少し、その結果、学校、病院等、暮らしを支える施設の利用が不便になるなど、魅力が薄れ、さらに人口が減るといふ悪循環に陥っています。この構造を断ち切るには、それぞれの地方の状況に応じ、生活の維持や産業の活性化のためには何が必要かを考え、道筋をつけていかなければなりません。内閣に置かれた地域再生などの実施体制を統合し、地方の再生に向けた戦略を一元的に立案し、実行する体制を作り、有機的、総合的に政策を実施していきます。国と地方が定期的に意見交換を行うなど、地方の皆様の声に真剣に耳を傾け、地域力再生機構の創設等、決してばら撒きではなく、政策に工夫を重ね、丁寧に対応する地方再生への構造改革を進めてまいります。都会だけで国民生活が成り立つ訳ではありません。地方と都会がともに支え合う「共生」の考え方の下、地方が自ら考え、実行できる体制の整備に向け、地方自治体に対する一層の権限移譲を行うとともに、財政面からも地方が自立できるよう、地方税財政の改革に取り組みます。さらに、地方分権の総仕上げである道州制の実現に向け、検討を加速します。（中略）我が国の経済成長の原動力である中小企業の多くが、景気回復の恩恵を受けられずにいます。下請取引の適正化や事業承継の円滑化、中小企業の生産性向上に向けた取り組みなどを強力に推進し、大企業と中小企業の調和のとれた成長を図ります。」という発言が行われたことからわかるとおり、地方の再生を重要な政策課題の一つとして位置づけ、このために地方の再生に向けた戦略の一元的な立案・実施を行う体制を整備するとともに、地域再生を進めるための具体的なプレーヤーとして中小企業に対する支援を行っていく方針が示されている。

一方、これまで我が国においては、我が国が安定した経済成長を達成するための手法としてベンチャーという新しい事業の担い手を育成するためのさまざまな政策が立案・実施されてきており、その中核的な事業として、都道府県など自治体を中心としたインキュベーション事業が展開されてきた。このようなベンチャー政策・インキュベーション事業というものを地域の再生という観点から改めて見直してみた場合、新たな産業の担い手であるベンチャー・起業家を創出・育成するという我が国経済全体を支えるという視点と、インキュベーション事業の主たる担い手である自治体の経済開発的な視点とでは、大きな方向性は共有しつつも、必ずしも全く同じ利害得失をもって取り組まれているというわけではない。米国においても状況は似たような面が見受けられ、連邦政府中小企業庁を核として中小企業・ベンチャー・起業家の育成のためのSBIR

(Small Business Innovation Research) 補助金等の政策が講じられている一方で、州政府や郡政府の経済開発機関を中心としてインキュベーション事業が行われている中で、地方におけるイ



ンキュベーション事業が、いかにして当該地方における経済開発成果を挙げているかという観点からの評価が行われるようになってきている。

本調査においては、我が国において地域再生のための各種政策が立案・実施されている現状を踏まえ、インキュベーション事業というものがいかにして地域再生施策として効果を発揮することができるか、また、地域再生施策として効果を上げていくためには、どのような課題が存在し、それをどのように克服していくことが必要かという観点から、米国における先例的な調査結果を整理するとともに、具体的なケーススタディーを通じた課題の抽出等を行うことを目的としたものである。本調査結果が、今後の政府・自治体による地域再生政策の企画・立案の一助になれば幸いである。

## 2. 地域におけるインキュベータの活動状況

米国においても、我が国と同様、いわゆる都市部と地域の双方において、ベンチャー育成のための各種施策が講じられており、また、そのための一手法としてインキュベーション事業が展開されている。都市におけるインキュベーション事業は、都市の持つ密度の高い顧客層に近接して立地しているという利点があるほか、大学等の技術リソースにも近接性が高い場合が多いという立地条件を活かしたベンチャー企業の支援を行っている。他方、地域においては、これらのビジネスリソースの面的な拡がりを念頭においたインキュベーション・コンサルタント活動が必要とされる。経済開発的な視点からは、都市部においては米国特有の都市内の開発格差に基づく低所得者層の底上げがインキュベーション事業の一つの目的となっており、ITやバイオテクノロジーといった先端的な技術を持ったベンチャー企業の育成という都市が持つ技術リソースをさらにビジネスにつなげ、高収入の雇用を創出するという活動もなされている。一方、地域においては、大企業を誘致して新たな雇用を創出するのみでなく、多数のベンチャー・中小企業が事業展開・成長することを通じて雇用を確保・拡大することも地域における経済開発の手法となりうるという考えに基づいて事業展開が行われている。その点で、地域におけるインキュベーション事業は、大企業誘致のような即効性があり効果も高い雇用創出に比して地道な活動であり、それだけに経済開発機関側も息の長い施策を講じていくことが必要となる。このような状況において、米国においても、地域で事業活動を行っているインキュベータや州政府・郡政府の経済開発機関の双方で、インキュベータが事業展開を検討する際に必要となる比較的長期的な視点と、経済開発による地方の再生を急務としている経済開発機関の短期的なニーズの調和を図ることが課題として認識されている。

本調査を始めるに当たって、まず、米国において地域におけるインキュベーション活動がどのように行われているかを理解するために、全米ビジネスインキュベーション協会（NBIA：National Business Incubation Association）が行った調査結果を整理したい。この調査は、地域においてインキュベーション事業を展開しているインキュベータを会員として有する業界団体であるNBIAが2001年にとりまとめた「Incubating in Rural Areas; Challenges and Keys to Success」と題するものであり、地域におけるインキュベーション活動を行っているインキュベ

一タの経営者を対象としたアンケート調査及び追加インタビューによる結果をまとめたものである。以下に、この内容をまとめたものを示したい。

本調査を行うに当たって、NBIA の調査チームは、「業績良好なプログラムの成功原因は何か。そのプログラムの組織編制はどのようになっているか。機能体系はどのようになっているか。実施事項はどのようなものであるか。」という3点を明確化することを目的に設定して、ミシシッピ川以東の11州で事業活動を行っている48のインキュベータに対するアンケート調査を実施し、15のインキュベータからの回答が得られた。調査チームでは、回答を寄せた15のインキュベータについて、その運営状況に関する35の事項について、ベストプラクティスと考えられる成果を達成できていると答えた事項の多寡に応じて、業績良好3つ、業績不良6つおよび中間6つという3つのグループに分類を行った。その上で、業績良好グループと業績不良グループを構成するインキュベータについて、上記の3つの視点から分析を行っている。

## 2.1 業績良好グループの特徴

このグループに属する3つのインキュベータでは、事業開始からそれぞれ41、18、70の入居企業に対してサービスを提供してきており、事業開始後2年しか経っていない1つのインキュベータを除いて、19の卒業企業をもち、うち1社のみが運営停止となったと回答している。また、調査時点では平均16社の入居企業があった。このうち、1つのインキュベータでは、物理的に入居していない32企業にもインキュベーション・サービスを提供していた。また、これらのインキュベータにおいては、通常考えられるインキュベーション・サービスのうち、知的財産管理、託児所、マネジメントレベルへの出向などを除き、ほとんどすべてが提供されていた。

業績良好グループの中でも最も高い成果を挙げているインキュベータでは、さらに高い事業実績と顧客実績を達成するために、他とは異なった組織編制を行っている判断された。これらのインキュベータは、すべて効率的運営をするに十分な事業規模を有しており、財務業績も良好で顧客への成果も高いものとなっていた。インキュベータ・マネジャーに対しても、地方の管理職労働者としては比較的高収入である報酬額を支払っているほか、自らが事業活動を行っている地域に対して前向きかつ有益な影響を及ぼしているものと考えられる。

このグループに属するインキュベータでは、他のインキュベータとの間でネットワークを構築しているか、または構築中であった。あるインキュベータでは、衛星システムを使って16の郡にインキュベーション・サービスやコンピュータ技術、電子商取引の研修を行っており、インキュベータ内に実際に入居している企業数よりも、衛星システムを通じてサービスを提供している企業の方が多くなっていた。他のインキュベータでは、3カ所にある施設を結んで3つの郡において事業活動を展開している。残るもう1つのインキュベータについても、調査時点では1つの郡のみで事業活動を行っている段階だったが、衛星システムを使ったインキュベーション事業の展開を開発中であった。これら3つのインキュベータでは、インキュベーション事業を立ち上げる前にフィジビリティ・スタディーを実施することにより、顧客層の構成、インキュベータの

最適規模、インキュベータの収支などについて、かなり正確に予測することができていたことに加え、潜在的な入居企業も特定することができていたと回答している。

地域におけるネットワークという観点からは、このグループに属する3つのインキュベータのうち2つにおいて、中小企業開発センター（SBDC：Small Business Development Center）によるサービスへのアクセスを可能とすることにより、インキュベータ・マネジャーやインキュベータの活動に貢献しているボランティアによって提供されるサービスの質を補強していた。また、このグループに属するインキュベータでは、企業融資の欠如、事業経験と事業専門知識の不足、不適格なボードメンバーの存在、関連ネットワークへの限定的なアクセス、距離的制約に基づくネットワークへのアクセス問題など、地方で事業活動を行っているインキュベータが頻繁に直面する主要障害と同じ問題について、サービスを提供している顧客も直面したと報告している。

## 2.2 業績不良グループの特徴

このグループに属する6つのインキュベータは、そのほとんどが施設面積、卒業企業数、職の開拓、収支面において極めて小規模で、乏しい財源しか持たないものであり、質の高いインキュベーション・サービスを持続的に提供できるような運営レベルに達成していなかった可能性が高い。3つのインキュベータでは、有給スタッフやインキュベータにかかわる人件費支出はないと回答している。この中にも週50時間以上就労している1名のインキュベータ・マネジャーが含まれており、この者は無給ボランティアであると見受けられる。このグループに属するインキュベータ・マネジャーは、全員可能な限りを尽くして顧客にサービスを提供している尽力者であると言えるかもしれないが、このような事業が端的に達成困難なものもあるという可能性もあり、これは資金不足や顧客が必要とする高度なサービス技術またはアクセスが欠如していることに由来するものである。平均して、このグループに属するインキュベータのマネジャーは、週13時間を入居企業に対する直接サービスに従事しており、その他の時間（週平均27.5時間）は事務処理、管理育成、事務管理などに従事しているとされていた。1名のインキュベータ・マネジャーが、入居企業のリクルートに週16時間を費やしているほか、提携ネットワークの構築にかなりの時間を割いていると回答している。当該管理者は合計16時間を顧客開拓に費やしている。

また、相当大規模に事業活動を行っている1つのインキュベータを除いて、残り5つの利用可能施設面積の平均は1万5,230平方フィートに過ぎなかった。しかしながら、比較的狭い利用可能面積であるにもかかわらず、占有率は80%に過ぎないものとなっていた。また、5つのインキュベータすべてが事業を立ち上げる際にフィジビリティ・スタディーを実施しておらず、唯一実施した1つについても、顧客層の内訳を出すのみであったと回答している。このインキュベータも、4年間で4社の顧客しか獲得できておらず、選択した顧客層が地域市場にほとんど関連性のないものであったことがうかがえる。

このグループに属する5つのインキュベータが入居企業や卒業企業に関して回答を寄せたが、調査時点における入居企業数は合計38社（インキュベータ当たり平均8社）であり、7企業が特定地域、13企業が広範地域、9企業が全国、7企業が国際市場に事業展開していた。事業開始

以来の平均入居企業数は18企業であり、4つのインキュベータから合計31社の卒業企業（インキュベータ当たり平均8企業）となっていたが、アンケート調査票に即した回答がされなかったため、このような卒業企業の中でいくつの企業が現在も運営続行しているのか、また当初の事業実施地域に所在しているのかということに関する回答は明確に得ることができなかったという。

このグループに属する6つのインキュベータのうち、2つは一つの郡のみ、3つは複数の郡で事業展開を行っているという回答している。事業実施地域における人口は平均99,778人に過ぎない。インキュベータのミッション設定についても、正式に文書化されたミッションを有するものは2つにすぎず、他の2つはミッションを正式に文書化したものを持ち合わせていないように見受けられ、残る2つはミッション自体が不明確であるか、ミッションを達成するための組織編制がされていないように見受けられた。1つのインキュベータでは、「新規の先端技術企業が新規事業を開始するに当たって直面する困難を乗り越える援助をする」ということを自らのミッションとして掲げている一方で、インキュベータ自身が銀行借入れ、非営利的借入れ、資金投資、戦略的提携、その他の資金源へのアクセスを提供することができる状態になっていないため、インキュベータの活動資金という観点からこれを達成することが困難であるようにとらえられている。また、このインキュベータでは、電子商取引、人材、管理チーム構築、包括的な事業研修、特殊機器へのアクセスなども提供するだけの機能が備わっていない。このインキュベータでは、起業家の技術能力の不足、成功願望の欠如、達成能力の欠如、自己資金の大幅な欠如、事業能力・教育の欠如ということも回答している。要すれば、このインキュベータの文書化されたミッションは、希望リストの中から拾い上げただけのように見受けられ、インキュベータ・マネジャーには、自らの顧客層と財源に合わせたミッションを再度検討することが必要であると指摘されている。もう一つの事業開始後4年を経たインキュベータでは、バイオテクノロジー企業を育成するということを自らのミッションとして掲げているが、有給スタッフは一人も抱えておらず、卒業企業もなく、顧客は4社のみしかいない状況となっている。

インキュベータが提供するサービスについては、6つのうち5つのインキュベータが中小企業開発センターへのアクセス方法を確保しているが、そのうちの1つの中小企業開発センターではあまり活発なサービス提供が行われていないと回答している。1つのインキュベータは自治体による製造関連プログラムと連携をしていると回答しており、別の1つのインキュベータも産業界との提携を行っているという回答しているが、両者ともに入居企業に対してこのような連携を通じた具体的なサービスの内容については明らかにしていない。1つのインキュベータでは、地域事業を行っている機関や二つの投資事業グループにアクセスできると回答している。このグループに属するすべてのインキュベータが、インキュベータ・ネットワークに参加していない。

このグループに属するインキュベータ・マネジャーは、以下に挙げるようなベストプラクティスと考えられることから自らがかなり外れているという回答をしている。具体的には、以下のようない回答が寄せられている。

- － インキュベータのミッションを達成するための数値的に評価できる項目を盛り込んだ戦略的計画を作成している。
- － 理事会等により承認を受けた判定基準を満たした候補企業のみを入居させる。

- ー 入居企業の成果（達成度）に関する情報を毎年一度など期間を設定して定期的に収集する。
- ー 地域で事業サービスを提供している機関やその他のビジネスリソースとの効果的なネットワークを構築している。
- ー すべての入居企業に高度なサービスを提供するために、インキュベータが有するサービスネットワークに関する評価を実施する。
- ー 事業実施地域内において目立った存在であり、トップレベルの事業サービス提供組織として認識されている。
- ー インキュベータの主要な財源が失われた場合、同等または現行以上のレベルで業務を続行することができるだけの代替財源を特定することが可能である。
- ー インキュベータの施設は、企業家の入居と入居企業間のシナジー効果を生み出すのに適したものである。
- ー インキュベータ・マネジャーは入居企業の財務諸表を最低四半期毎に検討する。
- ー 事業実施に当たって、詳細かつ計画的な評価結果に基づく事業変更を行う。

本調査においては、業務不良なインキュベータから得られた以上のような回答を踏まえ、このようなインキュベータでは、技術や資金などの面で問題を抱えた入居企業、不適格な施設、不十分な地域または理事会の支援といった問題を抱えながら、自転車操業しているプログラムの姿を描いている。このうちのいくつかのインキュベータでは、継続的な低実績、管理者の過労、地域リソースの制約が原因となり、結果的に閉鎖に陥る危険性という困難に直面しているとも評価されている。このようなインキュベータが関連企業・機関とネットワークを構築することによってメリットが得られる可能性は高いという点も指摘されている。

### 2.3 地域におけるインキュベーション事業を成功させる手法

本調査においては、上記のような業務良好なインキュベータの成功要因と、業務不良なインキュベータが抱えている問題点を整理することを通じて、地域においてインキュベーション事業を成功させるための具体的な手法について整理している。以下にこれを列記することにする。我が国においても地域再生の手法としてインキュベーション事業を展開する上でいずれも当てはまる事項であると思われる。

1. 地域においてインキュベーション事業を開始する以前に、詳細かつ客観的なフィジビリティ・スタディーを必ず実施すること。フィジビリティ・スタディーは、インキュベーション事業に対する障害点を的確に検討して、その障害点を打破する方向性を明確に示すものであるべきである。特に、インキュベータの規模、入居企業のタイプ、持続的な財務基盤、多様な事業支援サービスを提供する手段に関して注意深く検討を行うべきである。
2. インキュベーション事業に携わる者は、政治的・組織的境界の橋渡しをし、事業実施地域において新規企業が享受できるものを提供できるグループや個人が協力・協調できるように配慮すべきである。可能な限り統一したサービスを提供することが推奨される。
3. 起業家精神が、伝統的に文化や経済開発戦略の主軸となっていない地域においては、インキュベーション事業の支持者が新規企業の地域社会に及ぼすことができる影響を立証する努力をし、インキュベーション事業を開始する前に地域における好感と期待を育むべきである。

インキュベータ・マネジャーは、インキュベーション事業を開始した後も地域におけるすべての主要人物と連絡を保つべきである。

4. インキュベーション事業を創設する場合には、適切な報酬で有能かつ経験があり事業を成功に導くことができる技量のあるトップ・マネジメント人材がプログラムを管轄することを最優先事項とするべきである。
5. インキュベーション事業の創設に当たっては、あらゆる面において可能な限り最新技術の整った施設を確保し、入居企業がデジタル領域で直面する障害に対処できるようにすべきである。
6. インキュベーション事業は、入居企業に必要な専門知識を導くように設計されているべきである。専門知識が地域的に入手できない場合には、インキュベータ・マネジャーは、地域外から入居企業に対してビジネス・リソースを提供するための手段を見つけ出さなければならない。これは、州レベルの経済開発ネットワークを維持したり、インターネットを利用したり、遠隔教育を利用したりすることによって達成可能である。
7. インキュベーション事業が対象とする地域における人口が極めて小さい場合、複数のインキュベータをネットワーク化することにより、インキュベーション事業を効率的に実施できるだけの経済的規模を構築して持続的な財務基盤を確保するべきである。
8. インキュベーション事業は、地域における労働力開発と財源開拓と直結して実施されるべきである。これら二つの要素は、インキュベータの存続にとって重要な意味を持つものである。
9. インキュベータ・マネジャーは、インキュベーション研修や専門的ネットワークを利用して、他のインキュベータとのネットワーク作りができるようにすべきである。
10. インキュベーション事業を創設する地域においては、可能な限りの資力手段を介して道路、通信技術などのインフラ整備に継続的な重点を置くべきである。これは、インキュベータの事業を保持する力を強化するものでもある。

### 3. 経済開発からの視点

上記のNBIAは、実際にインキュベーション事業を担っているインキュベータの経営者からなる業界団体であるが、他方、州政府・郡政府の経済開発機関において技術を活用した経済開発政策を立案・実施している担当者も相互の情報交換・共有のため、州科学技術研究所（SSTI：State Science and Technology Institute）という組織を形成・運営している。SSTIでは、毎年、テーマを定めて会員向けの啓蒙・情報共有活動を行っているが、2007年10月に開催された11回目年次総会においては、「地域経済の変革（Transforming Regional Economies）」をテーマとして設定して、州レベル・地域レベルで、技術ベースの経済開発（TBED：Technology Based Economic Development）の手法論や今後の展開のあり方等に関する議論が展開された。出席者の多くは、州政府の経済開発担当部局、州政府から経済開発関連事業の委託を受ける営利・非営利の団体、州立を主とする大学関係、国立標準技術院等の国立研究機関などから参加しており、インキュベータ・マネジャーなどの参加も見受けられた。今回のテーマは、地域コミュニティにおいて、新たな技術を開発したベンチャー企業をいかにして育成していくかということであり、そのような意味でインキュベーション事業と密接な関連を有するものであるが、他方、NBIAのよ

うなインキュベータの経営者が集まってインキュベーション事業の手法論やインキュベータの経営戦略等に関する議論を行うものとは異なり、経済開発の手法としていかにして新技術ツールとして利用していくかという観点からの議論が広く行われた。言うなれば、地域再生の観点から、インキュベータやそれが提供するインキュベーション事業をどのようにその中に位置づけ、活用していくかという視点からの議論である。

本年次総会においては、「技術ベースの経済開発のビジネスモデル」、「技術ベースの経済開発と従来型の経済開発の連携」、「郊外・田舎における技術ベースの経済開発戦略」、「連邦政府のイノベーション政策が技術ベースの経済開発に与える影響」という視点から、具体的な事例に基づくケーススタディーが行われた。これらのテーマは、すべて、本調査の目的としている地域再生の観点からのインキュベーション事業の動向を把握する上で重要な要素となるものであることから、ここに具体的な議論を紹介したい。

### 3.1 技術ベースの経済開発のビジネスモデル

経済開発という目的を達成するためには、これまで、大企業の工場など大規模な雇用を伴う企業・工場の誘致を図ることが、最も効率的かつ効果的な手法とされ、さまざまな州政府・郡政府の経済開発機関の担当者たちは、このための営業活動を展開してきた。しかしながら、米国における人件費の高騰や中南米・アジアを中心とした工業開発の進展に伴い、米国における生産活動が海外への移転が生じるとともに、給与の高い雇用も技術による差別化に成功した企業によってもたらされるようになるなど、経済開発という目的を達成するために「技術」というキーワードが注目されるようになってきている。しかしながら、技術をベースとした経済開発は、従来の大企業・工場誘致に比して長期間を要するものであり、雇用維持・拡大が喫緊の課題である地域の経済開発ニーズと調和を図ることに州政府・郡政府の経済開発機関は大きな困難に直面している。以下に、具体的な事例に関する当事者の言葉をまとめる。

#### 3.1.1 ワシントン・テクノロジー・センター

ワシントン州で事業活動を展開しているワシントン・テクノロジー・センターのチータム所長 (Lee Cheatham, Executive Director of Washington Technology Center) によれば、同センターのミッションはイノベーション・テクノロジーのビジネス化にあるという。これを実現するために、同センターにおいては、新しいアイデア・資金源へのアクセスを提供するサービスを行っている。同センターの運営資金の半分は州政府からの支出、あと半分が入居企業からの収入によって賄われており、連邦政府からの資金も受け入れている。同センターが実施している第1のプログラムは、研究開発プログラム (ミニ SBIR) であり、大学発ベンチャーに対する支援を行っている。第2のプログラムは、インキュベータとしての機能で、施設運営のために必要な資金を入居企業から得ている。

地域において、このようなセンター活動を行うためには、プログラムの最初に公的資金が投入される必要はあるが、施設運営によるサービスが価値のあるものであれば入居企業からの収入が

望めるし、高いビジネス価値のある企業が育てば、その企業に投資する民間資金も出現するため、公的資金を継続的に投入する必要はない。このためには、地域にどのような競争優位にあるビジネスが立地できるかを見極めることが重要である。

公的資金は、民間資金では賄いきれない部分を賄うために必要となっている。このような公的資金を州政府から引き出すために、他州との連携を深めて州政府に対してインパクトがあるプログラムであることを明確に示すことも重要である。このため、モンタナ州やオレゴン州のベンチャー支援機関との連携を強化している。また、自らの機関のミッション外と感じられる活動でも、自らの機関が地域コミュニティの中で価値ある機関であることを認めさせるために役立つのであれば、積極的に行っていくという姿勢も必要である。要すれば、科学技術による地域開発が地域コミュニティにとって価値があると認識してもらうこと自身に価値があることを自らよく認識することが必要となる。問題は、自らの機関のミッションに沿ったことと、それを実現するために周辺事業を行うことのバランスをとっていくことであり、このためには、それぞれの事業を行うに当たっての費用対効果を注意深く検証していくことが求められる。いくら公的資金を活用して行っている事業だからといって、費用対効果は強く意識する必要がある。

公的資金の供給源として連邦政府をとらえた場合、国会議員を活用して連邦政府プログラムを獲得していくという方法は、短期的には成功するが、サステナブルな手法とは言いがたい。連邦政府研究所の活用については重要であるが、地域コミュニティが有する民間企業や大学、連邦政府研究所といった多数のチャンネルをどのように複合的に活用していくことができるかを、地域の特性に合わせて戦略的に検討していくことが必要である。

### 3.1.2 起業家開発協会

ノースカロライナ州北東部の「リサーチトライアングル」と呼ばれる地域において事業活動を展開している起業家開発協会のドス所長 (Monica Doss, President of Council for Entrepreneurial Development) によれば、同協会は、ベンチャー支援による地域開発をミッションとして、地域内のデューク大学、ノースカロライナ州立大学、ノースカロライナ大学チャペルヒル校という3つの大学を技術リソースとして活動を行っているという (この3つの大学に囲まれた三角形の地域を世界的なハイテク拠点にするという意味で当該地域を「リサーチトライアングル」とする州の計画が成功して、現在では「リサーチトライアングル」は全米で通用する固有名詞となっている)。同協会が実施しているプログラムの数は100を超えるが、コミュニティ内に多くのパートナー/ネットワークをもって知識ベース・技術リソース・ビジネスコンサルタントなどを行っている。このような観点から、同協会は、ネットワーキングを目的とした組織ではなく、ネットワークを活用してベンチャー支援を行っていることを強調している。同協会では、そのミッションを達成するために、コミュニティ内にどのようなリソースが存在しているかを注意深く観察してきた。同協会の運営資金の30%が州政府からの補助金によって賄われており、その他のトレーニングサービスに対する対価が30%、あとの30%は地域内コミュニティのビジネス界からの拠出となっている。これは、地域のビジネスコミュニティ自体が、地域内に新しいベンチャーを育成する必要性を感じているために実現できるものである。



他地域に比較して当該地域の競争優位は、リサーチトライアングルにある大学と研究者の層の厚さにあると認識している。人的資源のマスが大きいことは重要であるが、人的資源があるだけでは地域開発・ベンチャー育成には不十分であり、これをネットワークの中に入れてベンチャー支援に活用できるようにするための努力の方が重要である。

民間資金を受け入れる際の問題点は、その資金の用途を厳しく限定されることが多いという点が挙げられる。いくら機関のミッション・ステートメントを幅広く規定していても、民間資金は公的資金に比べて用途が限定される傾向があり、組織運営に当たって民間資金の比率が大きくなるにつれて、この点が問題となる場面が多くなる。

### 3.1.3 ウィスコンシン・テクノロジー・カウンシル

ウィスコンシン州で技術ベースの経済開発事業を展開しているウィスコンシン・テクノロジー・カウンシルのスティル所長 (Tom Still, President of Wisconsin Technology Council) によれば、同カウンシルは、いまだ設立 6 年の非営利組織で、他の 2 つの機関に比べると小規模であるという。同所長は、ウィスコンシン州政府に対する技術アドバイザーも務めている。

ウィスコンシン州内には、中規模の都市が点在しているため、同カウンシルでは、これらの都市内におけるコミュニティ・コミュニケーションの促進に力を注いでいる。また、セキュリティの確保されたウェブベースのネットワークに対するコミュニケーション・サービスも提供している。この中には、プライベート・エクイティやベンチャーキャピタルも参加しており、パイプラインの役割を果たすことが目指されている。既に投資対象となるようなベンチャー企業も出現してきている。同カウンシルが設立・運営しているウィスコンシン・イノベーション・ネットワークは、評価を受けるベンチャーと評価を行う投資家とがネットワークを行う場として活用されている。このような活動を、ウィスコンシン州内だけでなく、隣接するミネソタ州、特にミネアポリス市とセントポール市からなるツインシティ地域との連携を目指した拡大も企図されている。同カウンシルの活動は、ウィスコンシン州政府からの 100% 補助によって始まったプログラムであるが、その後、州政府予算額が変わらなかった一方で民間からの資金提供が増加したため、今では民間資金の方が大きくなっている。

公的資金を獲得する観点からは、州政府の各機関がどのような関心を持っているかをよく知ることが必要である。科学技術を所管する官庁と雇用確保のために製造業の支援を行っている官庁のどちらがイノベーションにとって必要かという議論ではなく、ベンチャー支援による地域開発という観点から、さまざまな視点からこのような活動に関心を有する官庁は自らのネットワークに入れるようにする努力を行うことが必要である。

地域開発という観点からは、それぞれの地域が有するリソースが異なる中で、成功している地域が行っている活動を参考にすることは重要であるが、それをそのまま真似ても成功する確率は低いことをよく認識する必要がある。資金集めの観点からは、ベーシックなサービスは対価を取

らずに行う一方で、それ以上のレベルのサービスは対価を取って行っていることがうまくいっている。すなわち、サービスプロバイダに対してはPR費用として計上できるようなサービスの提供、ベンチャーに対してはビジネスプランを電子ファイルにしてCDでネットワークの中の投資家に提供するようなサービスについては、対価を取っており、民間の視点から対価を支払う価値のあるサービスとなっている。

ウィスコンシン大学は、研究費という観点からは全米第2位のライフサイエンスの規模を誇っているが、その研究成果の普及という観点からは、それぞれの研究者レベルで行わなければならないことが多かった。この機関の機能として、このような個別研究者のビジネス化支援を行うことも重要になっている。

このような活動を行うためには、自らの機関のミッション・ステートメントを狭く規定するのではなく、幅広い活動ができるようにしておくことも、このような事業活動を行う機関の経営手法としては重要である。

公的資金という観点からは、州政府のみならず連邦政府が資金供給源となるが、国会議員を活用して連邦政府のプログラムを獲得することも一つの手法だとすれば、直接の資金ではなく連邦政府の研究機関を活用するという視点も重要である。同カウンシルでは、シカゴにあるアルゴンヌ研究所を技術リソースの一つとしてとらえて、自らのネットワークに入ってもらおうように努力している。

### **3.2 技術ベースの経済開発と従来型の経済開発の連携**

先に、大企業・工場の誘致による雇用の創出という従来型の経済開発を行うことだけでは、グローバル規模で生産・競争が行われるようになってきている世界経済の動きの中で、十分な経済開発効果を挙げるのが困難になってきたこと、そのために、技術というものを新たなキーワードとして経済開発政策を企画・立案していくことが必要となっていることを述べた。しかしながら、実際に技術ベースの経済開発を進めるためには、従来型の経済開発活動を全否定してしまう必要はなく、むしろ、技術ベースの経済開発と従来型の経済開発の連携をとりながら、これらの調和を図ることによって、経済開発効果を最大限に達成するという姿勢が必要となる。また、経済開発自身の目標設定についても、これまでのように雇用の維持・拡大という単一的な目標を設けるのではなく、地域における社会的価値の創造なども含めた、経済・社会全般にわたる価値観に基づく評価を行うことが必要となる。先に長期的・短期的という時間軸に沿った対比を示したが、ここでは、単なる雇用という尺度ではなく、経済・社会的価値を創造するという多面的な尺度の必要性を示したい。

#### **3.2.1 地域開発パートナーシップ**

米国南部に位置するミシシッピ州で技術ベースの経済開発活動に取り組んでいる地域開発パートナーシップのゴードウィン所長 (Angeline Godwin, President of Area Development

Partnership) によれば、技術ベースの経済開発と従来型の経済開発では、パーセプションを変えなければならないという。従来型の経済開発は、短期間で目に見える成果を得ることを目標としている一方、技術ベースの経済開発は、より長期間を必要とする上、その成果も漸進的にしか得られないということを地域コミュニティとして共有しなければならない。特に、南部においては、ビジネスにおいてリスクをとることは悪いことであるという意識が深く共有されており、技術ベースの経済開発の主役となるベンチャーなどビジネスリスクを進んでとるアントレプレナーシップに対する理解を得ることは極めて難しい状況にある。南部において技術ベースの経済開発を進めるためには、実際に南部で生まれ、成長した起業家を見せることが必要だと考えている。このような観点から、同パートナーシップにおいては、既存のビジネスとアントレプレナーシップを持つ起業家との間の橋渡しをすることを目指している。この成功例として、カリフォルニア州で起業したナノテク分野のベンチャー企業を南ミシシッピ大学の高分子研究棟に誘致して、地場の塩素メーカー工場において製造できるように改修することにより、新しいハイブリッドプラスチックの製造をビジネス化できたという成功例を挙げることができる。この例では、ベンチャー企業が持っていたナノテクと地場メーカーが持っていたものづくり技術を統合させることにより、新しい物質の製造をビジネス化することができた。

このような意味で、経済開発の成果についても、州政府を含めて、従来型経済開発と技術ベースの経済開発で異なるものとして評価尺度を作ることが求められる。これは、ベンチャーキャピタルが他の投資家に比して長期間での投資対効果を評価するように、地域コミュニティとしても技術ベースの経済開発に対しては長期間での投資対効果を評価しなければならないということの意味する。同パートナーシップにおいては、技術ベースの経済開発によって地域コミュニティにもたらされるものは「クオリティ・オブ・ライフ」であると主張してきた。これを経済開発の立場から見れば、起業家精神を経済開発の促進剤（ドライビング・フォース）として活用するということになる。

大きな企業に依存した経済開発を進めることは、地域コミュニティにとって雇用維持という観点から理解が得られやすいが、それだけに頼って技術ベースの経済開発を軽視してしまえば、そのために地域コミュニティが逸失利益を被ってしまうということを地域コミュニティに理解してもらう努力をすることが必要である。そうしなければ地域コミュニティ自体が社会的利益を失うばかりでなく、技術ベースの経済開発を進める機関が「経済開発という自らのミッションを遂行できていない」という評価を受け、長期的観点から地域コミュニティが必要としている機能自体を失うことになってしまう。

### 3.2.2 アナーバー・スパーク

全米有数の工学部を持つミシガン大学を核とするミシガン州アナーバー市において、従来型の経済開発活動を土台として、これに技術ベースの経済開発活動と加えて展開しているアナーバー・スパークのフィネー所長 (Michael A. Finney, President & CEO of Ann Arbor SPARK) によれば、技術ベースの経済開発を目指す際には、地域コミュニティにどれだけの資源が存在するかを検証することが重要であるという。特に、人的資源を開発することが必要であり、科学・工

学教育政策と密接な関連を有しているという。ミシガン大学を中心とするアナーバーでは、卒業生が多い地域コミュニティとのコミュニケーションが円滑に進むという利点もある。他方、ビジネスを行う場所としては評価されておらず、アナーバー・スパークのミッション・ステートメントには、「アナーバーを、ビジネスを行い、拡大させるために人が集まる場所にする」ということを明記している。これを実現するためには、価値が高く幅の広い知識集約型のホットスポットとしてのブランドを確立することが必要だと考えている。

アナーバーの例では、従来型の経済開発を担当していた機関と技術ベースの経済開発を担当している機関の統合ができたことに意義があると考えている。後者は、連邦政府が技術ベースの経済開発に政策的に傾斜していく中で、前者ではその受け皿となることには抵抗があるとうことで設立されたものであり、両者ともミシガン大学を母体としていたことが、両機関の統合を達成できた理由の一つであろう。大学とのネットワークに関しても、まず大学内において工学部と医学部の連携を図った上で大学外とのネットワークを構築していくというアプローチは機能しないが、アナーバー・スパークから両学部それぞれアプローチすれば機能するので、技術ベースの経済開発を進めるためには、このような柔軟な方法論をとることができることが重要である。

### 3.2.3 オクラホマ地域商工会議所

米国最南部に位置するオクラホマ州において民間の立場から経済開発活動を展開しているオクラホマ地域商工会議所のロバーツ経済開発上級副所長（Robin Roberts, Executive Vice President for Economic Development, Greater Oklahoma City Chamber）によれば、技術ベースの経済開発を成功させるためには、地域コミュニティのステークホルダーが、これを進めることによって相互にベネフィットがあることを共通の理解として持つことが必要であるという。また、技術ベースの経済開発によって得られる経済開発効果についても、最終的には雇用であるのかもしれないが、雇用以外の効果・成果についても評価することが求められる。これまでの経験でも、州政府に対して技術ベースの経済開発効果について説明をした結果、なかなか理解を得られなかったことが多い。このような観点から、メディアの役割が求められているのではないかと考えている。実際、オクラホマ州においては、技術ベースの経済開発によって地域コミュニティが得られる効用について著名なメディアが分かりやすく伝えてくれていることが、地域コミュニティに自分たちの役割を理解してもらうために大いに役に立っている。

経済開発の立場から見れば、技術は経済開発を進めていくためのツールであり、技術自体の優劣ではなく、いかにして技術開発を進めるための環境を提供することができるか、技術開発成果をビジネス化するためのデータにアクセスできる環境を構築することができるかが重要となる。技術ベースの経済開発がとるべき手法は、ビジネス開発の戦略と同一のものである。このような観点から、現在では、研究開発成果のビジネス化を進める大学と経済開発を進める自治体関連機関の役割はますますボーダーレスな状況となっている。

### 3.3 郊外・田舎における技術ベースの経済開発戦略

我が国においては、高密度に人口・経済活動が集中する「都市」という概念に対置される概念として用いられる「地域」といっても、地理的には都市から遠く離れた場所ということではなく、交通や通信などのアクセスも比較的整備されている場合が多い。しかしながら、米国においては、都市から地理的に遠く離れていて、高速道路網の整備等によって高速な移動手段があるにしても、物理的に移動するための時間・労力が極めて高くならざるを得ない地理的特徴を持つ「地域」が無数に存在する。そのような場所において「経済開発」を検討・達成しなければならないという点では、我が国よりも遥かに大きな障害が存在しているわけだが、そのような「地域」において技術ベースの経済開発活動を展開することが可能であれば、我が国における技術ベースの経済開発は、より地理的条件の良いところからスタートできるという点で有利であるといえる。他方、米国においては、そのような地理的条件の場所においても、一定程度の技術・ビジネスリソースが存在するという点に注目すべきであり、これら技術・ビジネスリソースにアクセスすることができる環境の整備という観点から、我が国地域が取り入れるべき手法も存在している。

#### 3.3.1 ワシントン州立大学地域サービス

米国北西部のワシントン州とアイダホ州の州境に位置しているワシントン州立大学地域サービスのバビン部長 (Monica Babine, Rural Bridges Co-director of Washington State University Extension) によれば、同大学の地域サービスとして技術ベースの経済開発活動を行うに当たって最も大切な視点は、地域コミュニティに散在しているリソースをいかにしてつなげていくかという点にあるという。郊外・田舎においては、都会のようにサービスプロバイダが集中して存在しないため、どうしても通信という手段を活用することが必要になるが、これを単なるコールセンターという発想ではなく、質の高いサービスをビジネスとして提供するテレワーカー・ブランチオフィスという発想で対応することが必要となる。また、都会に住むことを好まず、郊外・田舎に住むことを望む知識レベルの高い人材を活用していくことが、田舎における経済開発には重要な発想である。実際、米西通訳をできる医学知識を持つ人材もいるし、ビジネス文書を書き上げるサービスを提供している人材、歯科医師に対して保険請求のサービスを提供している企業、VHS ビデオを DVD に焼き直すサービスを提供している企業、カスタマーサービスや技術テクニカルサービスのアウトソーシングサービスを提供している企業もある。通信を活用するという観点からは、もともと田舎に立地していた製材業メーカーが顧客ベースを全世界に拡大しているという例もあるとおり、地場産業の市場開拓を通じてビジネス機会を拡大するという視点も重要である。このように、郊外・田舎に立地してビジネスを行うことに対するベネフィットが拡大している中で、通信技術の発達によって新たな可能性が提供されていることは、郊外・田舎における経済開発を行う上でチャンスが拡大しているというようにとらえている。

#### 3.3.2 バージニア工科大学アレキサンドリアセンター

米国の首都があるワシントン特別区近郊に立地するバージニア工科大学アレキサンドリアセンターにおいて、バージニア州における郊外・田舎でビジネスを行う際のビジネス環境に関する調査研究を行っているメイヤー助教授 (Heike Mayer, Assistant Professor in Urban Affairs

and Planning, Virginia Tech Alexandria Center) によれば、郊外・田舎でビジネスを行うということについて、都会でビジネスを行うことに比べてコストが安いということが重要なベネフィットであるという。不動産価格だけでなく、同じレベルの人材に支払わなければならない人件費も大きく異なっている。郊外・田舎にビジネスを移していくことの利点としては、生活コストの安さ、人件費の安さ、従業員の通勤条件のよさ、安全であること、スペースが容易に得られることなどが強く作用している。ただし、すべての郊外・田舎コミュニティは、それぞれ特有の地域特性を有しており、地場産業の特徴、大学・研究機関の存在、人材の豊富さ、教育水準など、経済開発プランを検討する上でよく認識しておく必要がある。

アウトソーシングにもさまざまな形態がある。ユタ州における家庭労働者のネットワークを活用しているジェットブルー航空の予約システム、特許庁が用いているサービスプロバイダを契約ベースで庁舎内にリテインする方法、AOL がカナダに大きなサービス拠点を置いていることなど、各社がそれぞれの工夫を凝らしている。このような中で、ファーム・ソーシング（農業中心の郊外への一部ビジネス機能の移転）の機会も拡大している。アーリントン市は既に開発し尽くされており、そこでビジネスを行っている企業にとって、ビジネスの一部を北部バージニア州にアウトソーシングしている例が見受けられ、企業にとってアウトソーシングが必要な場合に、必ずしも中国やメキシコなどだけをアウトソーシング先として検討する必要はない。

郊外・田舎の経済開発を考える際には、航空・宇宙、IT、電子機器製造、ヘルスケア、情報処理など都会に立地している企業のアウトソーシング先としてだけでなく、風力発電やオーガニック野菜のような特別な価値を持つ農業のように、郊外・田舎でしかできないが、都会において需要がある産業分野にも注目する必要がある。また、一度郊外・田舎を出て行った人材をUターンさせるという政策で成功している自治体もある。

### 3.3.3 バージニア経済開発パートナーシップ

同じくバージニア州政府において官民連携による経済開発施策を展開しているバージニア経済開発パートナーシップのボスウェルチーム長 (Keith Boswell, Team Leader, Security & Services Team, Virginia Economic Development Partnership) によれば、バージニア州においては、広範囲にわたるサービス提供イニシアチブ (Distributed Services Initiative) に基づく経済開発のために官民パートナーシップ (PPP: Public Private Partnership) を組織して取り組みが進められているという。このパートナーシップの目的は、米国にあるビジネス組織がオンショアリングを行う際に、バージニア州がそのオンショア先になるということ。そのために、まず、バージニア州に立地している企業 200 社を対象として、バージニア州にビジネスを残すこと、ビジネスを拡大する際にはバージニア州内に拡大することを目的とした活動を 2005 年 11 月から行っている。その際の鍵となるメッセージは、バージニア州においてビジネスを行うことが、経営コストを低減させることができる、質の高い人材を供給することができる、地域として受け入れる準備がある、教育機関が協力的である、クリエイティブな人材にとってクオリティ・オブ・ライフを提供できるという点である。このようなバージニア州の有利な点を活かすた

めに、ソフトウェア産業、継続的なビジネスオペレーションの実施、危機からの回復、ビジネス機能のアウトソーシング、データ・ストレージ／デジタル化／リトリバルに焦点を当てた経済開発プロジェクトを進めている。やはり、郊外・田舎にアウトソーシングをする際には、通信に頼らざるを得ないため、IT分野の企業を対象として取り上げることが必要と考えている。この結果、CGI社が質の高い人材を廉価に調達することができるという理由でソフトウェア開発の拠点をラッセル郡に設立し、SI International社が特許庁の近くであり経験者の採用が容易であるという理由でハリソンバーグ市にドキュメンテーション・クラシフィケーションとソフトウェアサポートのための事務所を設立するとともに、特許庁とFDAに近接しているために製薬関係の経験者の採用が容易であることに加え、自治体からの不動産取得に関する特例が得られるという理由で製薬開発の拠点を設立するなど、成果を挙げることができている。

### 3.4 連邦政府のイノベーション政策が技術ベースの経済開発に与える影響

州政府・郡政府単位で技術ベースの経済開発活動を展開するに当たって、連邦政府の支援がどれだけ得られるかということが、そのプログラム・プロジェクトを遂行するに当たって、一つの大きな設計要素となる。従来型の経済開発という観点からは、連邦政府中小企業庁が立案・実施してきたSBIR補助金のような各種政策を、自らのプログラム・プロジェクトの中でいかにして活用していくかということが主として検討されてきたが、連邦政府が米国全体の経済成長に向けてイノベーション政策を強力に推進している中で、州政府・郡政府が技術ベースの経済開発活動を行う際に、連邦政府のイノベーション政策との連携を図ることが重視されるようになってきている。しかしながら、必ずしも多くの州政府・郡政府が連邦政府のイノベーション政策を効果的に活用できているとは言い難い。他方、連邦政府のイノベーション政策も年を追って内容に変化が見られるようになっており、これが州政府・郡政府の技術ベースの経済開発活動のあり方に大きな影響を与えるようになってきている。

#### 3.4.1 米国科学促進協会

連邦政府の科学技術政策の動向について調査研究を行っている米国科学促進協会のコイズミ研究開発予算・政策部長(Kei Koizumi, Director of R&D Budget and Policy Program, American Association for the Advancement of Science (AAAS))によれば、連邦政府では、アメリカ競争力イニシアチブ(ACI: America Competitiveness Initiative)とアメリカ競争法(America COMPETES Act)に基づき、全米科学財団(NSF: National Science Foundation)、エネルギー省(DOE: Department of Energy)、国立標準技術院(NIST: National Institute of Standards and Technology)に対する研究開発予算を7~10年で倍増することとしており、既に初年度はその方向で予算付けがなされたという(2年目はこれから)。一方、従来国防総省(DOD: Department of Defense)において、先端的な国防技術の技術開発を担当してきた国防高等研究計画局(DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency)と同様の機能を有するエネルギー高等研究計画局(ARPA-E: Advanced Research Projects Agency for Energy)や新しいTechnology Innovation Programのようにいまだ予算付けがなされていないものもあり、また、

イノベーションという政策ミッションの基に検討課題とされている移民関連や研究開発税制の恒久化については進みそうにもない状況にある。2008年の政府提出予算案については、国会における議論が始まったところであり、先行きはいまだ不透明であるが、研究開発予算についてはDODが依然として半分以上の比率を占めている。また、2007年度に続き、DODとアメリカ航空宇宙局（NASA：National Aeronautics and Space Agency）への予算配分が増加しているほか、ACIで規定された官庁への予算配分も増加している。この結果、研究開発支出は2003年度以来ほぼ横ばいの規模を確保している一方、基礎研究に対する政府支出は3年間続けて減少し、応用・開発分野への政府支出が増加する内容となっている。1998年から2003年にかけて予算倍増という政策目標が立てられ、実際に倍増に成功したNIHに対する予算については、振り戻しもあって削減されている。他方、2005年、2006年と予算が削減されてきたNSFについては、ACIの影響で2007年に続き、2008年と増額が期待されている。

基礎研究と応用・開発研究との間に十分な研究開発投資が行われていない領域、いわゆる「死の谷」に対する資金供給については、従来、州政府が対応する問題としてとらえられてきた。連邦政府は、中小企業技術革新制度（SBIR：Small Business Innovation Research Program）補助金を除いて、ここに政策的対応をする考えはないが、今後、応用・開発研究を強化するということで踏み込んでくることも考えられる。

#### 3.4.2 バッテル研究所

バッテル社のプロシラ技術パートナーシップ担当副社長（Walt Plosila, Vice President for Technology Partnership Practice, Battelle）によれば、技術ベースの経済開発を成功させるためには、研究ベース、リスクキャピタル、科学技術系人材、起業家文化、技術インフラ、技術の商業化メカニズムに代表される、技術と能力と資金が総合的に供給されることが必要となるという。この中で、連邦政府ができるのは、研究ベースを強化するための基礎研究分野を中心とする研究開発投資を行うことだけであり、そのほかのことは州政府や自治体自身が行わなければならない。このような環境を整えた上で、大学・研究機関や企業などの技術コンピテンス・プラットフォームを活かしつつ、ほかの州や地域との差別化を図り、ニッチを見つけていくことが成功の鍵となる。これまではバイオテクノロジーに対する期待が高く、すべての州政府が1つ以上のバイオテクノロジー・プログラムを創設・実施している。このような観点から、一つの成功例としてセントルイス市の取り組みを挙げることができる。セントルイス市は、プラント科学に強みを持つという意味でニッチであり、これを活かす形で事業展開を行っている。企業を誘致するという観点からも、本社機能を誘致する必要はなく、研究開発拠点を誘致することができれば、自らの地域の技術プラットフォームを強化することはできる。多国籍企業との付き合いにおいても、このような観点からアプローチすることが必要であろう。

技術ベースの経済開発を成功させるためには、その地域で活動を展開している研究機関の関心と民間企業の関心が連携できる分野を探ることが必要である。ライフサイエンス分野だけをとってみても、医療機器と農業バイオと製薬では企業の地域分布が大きく異なっており、全米規模で見て、自分の地域にどのような強みがあるかを企業活動という観点から把握しておくことは重要



である。その上で、成功を収めるためには長期間辛抱強く努力することが必要である。メリーランド、セントルイス、サンディエゴ、シアトル、ボルダー、マディソン、ツーソンなど、多くの成功例が出てきているが、これらは成功を収める前に長期間を要した。

連邦政府が NIH 予算を倍増した結果、多くの州政府がバイオサイエンス分野に対する関心を高め、研究プログラムの創設、研究者・研究機関への投資などを行うとともに、大学・K-12 のバイオ学科を増やしてきた。しかしながら、いくつかの州が自らの強みをよく見極めて戦略的に行動した一方で、多くの州では戦略的な視点に欠け、ガン研究センターなど他の州と重複するような施設の建設を行う結果となった。また、州政府予算の配分においても、施設建設に多くの投資が行われ、研究開発自身に対する投資は少なかった。さらに、バイオサイエンスだけに注目するという狭小な視野での政策展開がなされ、科学技術ベース自身の底上げという発想はなかった。このようなことを反省材料として、①箱物への投資ではなく、自州に立地する研究機関と企業とを連携させるような研究プロジェクトを推進する、②リスク資金、技術商業化、教育への地域リソースの導入など、連邦政府が投資しないような分野に州政府予算を割り当てる、③ノウハウの提供などユーザーニーズに沿った支援策を行う、④地域における科学技術教育に責任を持つ等の対応が、今後州政府には求められよう。

#### 4. インキュベータからの視点

インキュベータの経営者の業界団体である NBIA においても、自らを地域における技術ベースの経済開発を担う一つ的手段として位置づけ、いかにして自らの機能を最大化しつつ、安定的な経営を達成することができるかという観点から、さまざまな議論が展開されている。ここで重要な視点は、インキュベータは地域における経済開発の一手段を提供する機関ではあっても、その経営はインキュベータ自らが責任を有している点にあり、この点が、州政府や郡政府の経済開発機関のように税金によって成り立っている政府機関とは根本的に異なっている。多くのインキュベータは、州政府や郡政府からの補助金の交付を受けている一方で、オフィスをベンチャー企業に貸し出すことによる借室料収入やコンサルタント・サービスやフィナンシャル・サービスに対する対価という自己収入も得ている。地域におけるインキュベータとしての例は少ないものの、入居企業に対する出資を通じてキャピタルゲインを上げるというビジネスモデルも存在する。このような意味で、インキュベータは地域コミュニティにおいて、自らの位置づけを確立し、州政府や郡政府といった政府機関からの収入のみならず、コミュニティの一員として存在価値を発揮することが求められる。NBIA では、毎年一回、テーマを定めてインキュベータ経営者に対する教育・訓練を目的としたカンファレンスを行っているが、2007 年には「地域におけるインキュベーション戦略」、「効果的なパートナーシップの構築」をテーマとしたケーススタディーが行われた。これも、近年、地域におけるインキュベーション活動に関心を集めており、地域に立地するインキュベータとして、これに的確に対応していくことが求められていることの証左であろう。ここでは、以下に、カンファレンスにおける具体的な議論を整理したい。

## 4.1 地域におけるインキュベーション戦略

地域においてインキュベーション事業を展開するに当たっては、インキュベータの経営的な観点からは都市に比して密度が薄いベンチャー企業をいかにして顧客として安定的に獲得することができるかという課題が存在し、また、入居企業のビジネスを成功させるためのビジネス環境という観点からは、これも都市に比して密度が薄いビジネスリソースをどのように効率的に活用できる状況を作り出すかという課題が存在する。他方、技術ベースの経済開発という観点からは、その地域内に立地して活動している大学や研究機関の持つ技術的な特性・強みを十分に認識して、このような機関とどのように連携していくことができるかという点が重要となる。このように、都市に比較して地域におけるインキュベータの経営・運営を成功させるためには、いかにしてインキュベータが地域コミュニティの中で存在価値を発揮できるかという点にかかっていると見えよう。

### 4.1.1 アッシュビル・バンコム・技術短大

ノースカロライナ州においてインキュベーション事業を展開しているアッシュビル・バンコム・技術短大ビジネス・インキュベータ・スモール・ビジネスセンターのエルトン所長（Russ Yelton, Director of Business Incubator and Small Business Center, Asheville-Buncombe Technical Community College）によれば、同センターにおいては、バイオテクノロジーをインキュベータの一つの分野として取り組んでおり、施設・設備を寄付されて運営しているが、インキュベータ経営上の問題は、施設・設備の運転費用が思いのほか必要となることにあるという。州政府などから補助金を受けて施設・設備を整備するに当たっても、この点に十分配慮することが必要となる。同インキュベータでは、電力メーターを入居企業別に分けており、小規模のスタートアップ企業からは共用スペースに関する電気料金を徴収しないなど、スタートアップ企業と卒業企業とは異なるユーティリティ料金徴収を行っている。

入居企業を集めるという観点からは、インキュベータが所有している会議室などの施設を地域に広く活用してもらうということが有効な方策となる。このようにしてインキュベータに物理的にいる時間が長くなれば長くなるほど、そこに入居するということのビジネス上の価値を生むことにつながる。

補助金・寄付を受けて施設を整備してインキュベーション事業を開始した場合には、必然的に入居企業に対して地域の不動産市場価格に比して安価な借室料を提供することができるが、5年なら5年と入居期間に制限をつけることが必要である。このような期間制限を設けないと、地域の不動産企業から批判を受けることになる。

地域のビジネス資源としてサービスプロバイダを取り込んでいく手法はよく考える必要がある。インキュベータをスタートアップ企業のワンストップショップにしようと考えてサービスプロバイダのリクルートをした経験からは、物理的にサービスプロバイダを囲い込むことに対しては、サービスプロバイダ側のニーズがないことがわかった。サービスプロバイダは顧客に自社にアプ

ローチしてもらうことが必要であり、インキュベータという限られた、また、十分に企業が入居するかどうかはわからないビジネス環境に閉じ込められることはビジネス上のリスクを感じる。他方、インキュベータの事業活動を連携して行うことについては、サービスプロバイダは魅力を感じる。インキュベータとしては、インキュベータ内の会議室にサービスプロバイダに定期的に訪問してもらって初期段階のコンサルタントをしてもらう機会を設けたり、インキュベータが主催するセミナー等でプレゼンテーションをしてもらう機会を提供したりするなど、サービスプロバイダ側にビジネス上のベネフィットを与えることが重要であり、他方、このような連携事業を通じてインキュベータも収入を得ることができる。初期コンサルタント・サービスを行うことについては、これを通じてインキュベータがサービスプロバイダの質を測ることも可能となる。

地域の企業が輸出を考えている際には、輸出地のインキュベータとのパートナーシップが役に立っている。外国のインキュベータとのパートナーシップには、このように米国から輸出する企業のサポートをすることだけでなく、中国のように製造委託先を探す際のサポートをすること、メキシコのように米国に輸出したい企業を地域に誘致することなど、多面的な価値があることを認識する必要がある。よく輸出先国において、政府・自治体がディストリビューター探しを手伝うというサービスを提供していることがあるが、輸出先国において新しい製品となる場合には、単に似通ったものを扱っているディストリビューターを紹介するだけでは不十分であり、ビジネススクールのケーススタディー程度でもよいので、その製品に対して輸出先国の市場がどのように受け止めるのか、どのような販売チャンネルがあるのかなど、マーケティング・ビジネス形態まで掘り下げてサービスを提供することが必要となる。このような観点から、輸出先国のインキュベータを通じて、このようなコンサルタント・サービスにアクセスすることができるようにしておくことは有効である。

#### 4.1.2 西テキサス A&M 大学

西テキサス A&M 大学起業家ネットワークのテリー所長 (David Terry, Executive Director of West Texas A&M University Enterprise Network) によれば、地域において経済開発やインキュベーション事業を行うに当たって、起業家自身がない、起業家文化がないといった声がよく聞かれる中で、地域においてインキュベーション事業を行い、起業家を育成するためには、地域に存在するビジネス資源とネットワークを構築して、これらを活用できるようにすることが必要であるという。インキュベータだけが地域において孤立して事業活動を行っても成果は期待できない。

テキサス州は、地理的に広大であり、人口・ビジネスも散在していることから、州政府としても、経済開発を行うに当たって地域レベルでの取り組みを進めている。西テキサス A&M 大学もその一環としてエクステンション・サービスを行ってきたが、大学だけでは経済開発の成果を挙げることは困難であるため、州政府に働きかけて州政府の支援を受けてインキュベータを開設した。インキュベータの活動地域も大学周辺の州境を越えた 5 つのコミュニティと連携して実施しており、6 つのサテライトオフィスをもって活動している。同インキュベータは、大学のエクステンション・サービスを母体として設立されたが、州政府の支援を受けて設立されたことを強く意識

しており、自らの事業を経済開発のツールとして認識して展開している。このような観点から、誰にでもサービスを提供するのではなく、ビジネスモデルがあるなどの入居要件を課している。具体的には、入居希望企業の製品の販売可能性があるかどうかをミズーリ州とウィスコンシン州の機関に委託して評価（Leave, License or Launch）してもらい、ビジネス支援を行う価値を持つ企業と評価された場合には、事業家に向けたコーチングを行うファーストトラック・プログラムに載せていく。

地域におけるインキュベーションを行う際の課題は、自ら積極的に地域コミュニティに働きかけ、その地域コミュニティにインキュベーション・サービスを行っていることを広く知ってもらうことにある。インキュベータを開設したからといって、受け身で入居希望企業が門をたたいてくれることを待っていては何も始まらない。このような観点からは、特に新しいインキュベーション事業を行う際には、地域コミュニティで従来から経済開発を行ってきた機関との連携を図っていくことが必要である。

起業家支援を行って来て、起業家に最も欠けているのはマーケティングとフィナンシャル・マネジメントであることがわかったため、ここに焦点を当てたビジネス開発を行っている。経済開発という観点からは、雇用というものが最も大きな関心となっていることから、インキュベータが経済開発機関からの支援を得て成功を収めるためには、支援してくれる機関の関心がどこにあるかをよく見極めることが必要である。西テキサスの経済開発機関は、地域の中小企業が地域外に製品を販売することに対して輸出補助金を交付しているが、インキュベータも地域起業家の輸出支援プログラムを行うのであれば、この経済開発機関はインキュベータのこのようなプログラムに対してマッチングファンドを提供してくれる。このような観点からは、経済開発機関から支援を受けている他のインキュベータや機関との連携を図ることも重要である。同インキュベータは製造業を専門分野としているが、他の小売業を専門分野としているインキュベータとコンサルタント契約を締結して、自らの入居企業が契約先インキュベータからコンサルタント・サービスを受けることができるようにもしている。インキュベータの経営という視点からは、このようなサービスを提供することに対して経済開発機関からの支援を受けることもできる。

地域におけるインキュベーション事業を成功させるためには、地域コミュニティに溶け込んで地域に焦点を当てた活動をしなければならないが、非営利機関のような経営方針を立てるのではなく、ビジネスとしてインキュベータを運営するという姿勢が必要である。ビジネスとして自ら運営できないのであれば、地域において起業家・起業家文化を生み出していくことはできない。

地域コミュニティにおけるリーダーシップを考えた場合、ビジネス、教育、政治の3つの側面でとらえることが有効。地域コミュニティ内には、それぞれの世界で競合関係にある組織が存在するが、どちらかに偏って付き合うということは避けなければならない。教育機関で言えば、大学とコミュニティ・カレッジは数少ない学生を取り合う関係にあるが、インキュベータはいずれとも連携を図っていくようにすることが必要である。

地域コミュニティにおいてインキュベータのパートナーとなり得るのは、類似のミッションを持っている経済開発機関や中小企業関係機関のようなものと、インキュベーション事業の対象で

ある企業を顧客とする弁護士、会計士、銀行などのサービスプロバイダであろう。このようなパートナーシップを拡大していくことにより、インキュベータの投資を削減でき、情報やスキルの共有を通じてインキュベータとしてのサービスの質を上げることができるばかりでなく、地域コミュニティ内でのクレディビリティを獲得して、地域コミュニティの政治的な混乱によっても影響を受けない安定的な運営が可能になるほか、資金的その他の寄付を集めることも期待できるようになる。逆に考えれば、このようなネットワークが構築できないと、地域における起業家がインキュベータの存在を認識できず、インキュベータとしても入居企業を集めることもできない。

#### 4.1.3 ベッセマー・インキュベーション・システム

米国南部のアラバマ州においてインキュベーション活動を行っているベッセマー・インキュベーション・システムのピースレイ所長 (Devron Veasley, Director of Bessemer Business Incubation System) によれば、アラバマ州ベッセマー市においては、高校卒業とともに街を離れて戻ってこないために主として若年労働者を中心に毎年1%の人口減少を起こしていることに加え、毎年25%の高校脱落者が出るような経済社会状況となっている。市全体の雇用の3分の2を担っていた3つの企業（製鉄と鉄道）が半年の間にすべて倒産したため、失業率が倍増するとともに、倒産とともに市外に移ることができた人は移出してしまい、残った者は高校卒業前・卒業程度の学歴しか有していない層が大半となっている。7マイルしか離れていないバーミンガム市も同様に製鉄で雇用を賄ってきたが、製鉄が失われた後にバイオメディカルで復活した。しかしながらベッセマー市にバイオ関連企業が投資をするインセンティブは感じられていない。

地域におけるインキュベータであっても、経営は重要な課題である。むしろ、潜在的な入居企業の数に限られているという観点からは、地域におけるインキュベータの方が十分な収支計画をたてて、これを実行することが求められる。資金的側面から言えば、収入をどのようにして確保するかということに気が行きやすいが、それ以上にどのような支出をしているかを考えることが必要である。支出管理のためには、サービスプロバイダやユーティリティ企業などの産業動向をよく分析することによって、支出を抑えることができる。例えば、通信などの分野で顕著に見られるが、新技術の出現や規制緩和によって新規参入が激しく行われるときには、短期間で淘汰される企業が出てくることになろうが、その中で最も費用が安価なところとできるだけ短期間の契約を結ぶことによって支出削減が可能となる。このような産業動向の分析は、入居企業に対して、「どうしてその企業と契約することが最も費用対効果が高いのか」を考えるときにも同じ考え方が適用でき、インキュベータのサービス能力の向上という観点からも貢献できるものである。非営利のインキュベーションには、収支を記録する程度の予算しか持っていないところがあるが、収入と支出を予算・勘定を作って管理することは最低限必要なことである。同インキュベータでは、2つの施設を持って事業活動を展開しているが、2つの会計を分けて管理することにより、支出を明確に把握するように努めている。経済開発機関からの支援を得ているインキュベータにありがちなこととして、インキュベータの職員の給与が経済開発機関からの補助金で賄われているために、その職員自身がインキュベータの支出や空き部屋にかかる機会費用などに十分に注意を振り向けない事態が生じるということが挙げられる。施設整備費用や職員給与は経済開発機関が資金提供をしてくれることが多いが、その他の設備運営費用は一般的に資金提供してくれず、

入居企業からの収入で自ら賄わなければならないのに、銀行は公的機関には金を貸してくれやすいこともあって、インキュベータの職員が自らの経営問題として資金計画を十分に把握・対応しない傾向が強い。このような観点から、ビジネスとしてインキュベータを運営していくマインドを職員全体で共有することが必要である。ビジネス支援をミッションとするインキュベータが自らのビジネスができないようではならない。

借室料については、不動産マーケットが許す限り、高価にしておくことが有効である。不動産市場で提供される価格とほぼ同じであっても、インキュベータが提供するサービスの価値があれば十分競争できる。一方で、卒業企業には退去してもらうように、予め借室料を不動産マーケットの標準以上に毎年上昇させていくようにしておくことも有効な手法である。このようにして収入を確保することができれば、ユーティリティ費用を支払う以上の支出を賄うことができ、入居企業に対するサービスを拡充することができる。そのためには、潜在的に入居しそうな企業のニーズをインキュベータ側から掘り起こしていく努力を行うことも必要である。同インキュベータでは、高速インターネット環境がなかったが、ITスタートアップ企業から「高速インターネット環境があれば入居したい」という声を聞くことができたため、そのための投資を行い、複数のITスタートアップ企業の入居を成功させた実績もある。

サービスプロバイダに部屋を貸すという発想をすることもできる。同インキュベータでは、毎週木曜日に法律事務所に会議室を貸して、入居企業に対する無料の法律相談をやってもらっているが、これはインキュベータにとってはサービスの拡充と賃借料収入の増大をもたらす一方で、法律事務所にはビジネス機会の拡大というベネフィットがある。また、共有会議室が空いているときには、これを有料でコミュニティに貸し出すことも有効な手段となる。せっかく施設・設備があり、これが遊休状態になっているのであれば、それを機会費用ととらえて収入源に変えていくという発想が必要である。

ワコビア社が非営利機関を対象として有利なアカウントサービスを提供しており、このような新たなサービスに触角を伸ばしておくことも重要である。ワコビア社以外の銀行も同様のサービスを提供するようになるだろうから、これからは金融機関の産業動向分析も欠かせない。

#### 4.1.4 戦略開発サービス社

NBIA の設立時点からインキュベーション事業・インキュベータの経営コンサルタントを行ってきた実績を持ち、これまでに数多くのインキュベーション・プログラムのフィジビリティ・スタディーや資金調達活動の計画立案等に携わってきた戦略開発サービス社のスタイン社長 (Chuck Stein, President of Strategic Development Services) によれば、地域においてインキュベーション事業を行う場合には、都会において行うのと同じように、スペースとサービスに対するニーズ、知的財産権に関する専門サービス提供者の存在、インキュベータが活動するコミュニティにおけるリーダーシップ、設立・運営に必要な資金、ビジネス環境としてのインフラが必要となる中で、地域の方が都会に比してさまざまな面で資源に限りがあるため、都会で行うよりも困難に直面することが多いと認識しているという。これをインキュベータの経営条件と

いう意味でとらえれば、インキュベーション事業が起業家に提供するスペースとサービスに対して十分なニーズが地域に存在しているか、これを資金計画的に見れば5年間のキャッシュフローが予測できるかということが一つの鍵となる。このような観点からは、イリノイ州ピオリア市においてインキュベーション事業の開始に関するフィジビリティ・スタディーをしたことがあるが、ここにはキャタピラー社が本拠を置いており、同社が地域において一定程度の貢献を行う可能性が高いということがポイントとなった。このようなアンカーテナントが存在するかどうか、上記の経営条件を検討する上で重要となる。アラバマ州バーミングラム市でアラバマ大学バーミングラム校を技術的なコアとして活用しようとして、ライフサイエンス分野に特化したインキュベータを建設した際には、ダウンタウンから25マイルも離れたところに建設したこと、2億ドルもかけて銀行とも見まがうような立派な施設を建設したこと、施設のレントブル率が56%しかなかったことから見事に失敗し、最終的にはこの施設を売却してダウンタウンで再度やり直したということもあった。地域におけるインキュベーション事業を検討するに当たっては、物理的なニーズ密度が小さいことから、バーチャル・インキュベーションも選択肢となりうる。物理的なインキュベータ施設が散在している地域コミュニティのハブとなる形もありうるし、ワシントン州やバトナージュで成功を収めているようなホイール形のものもありえよう。

地域においては、インキュベーション事業に対するニーズ密度が小さいことを認識して、特にインキュベータを新規に設立・運営するときには、既存の同様の事業活動を行っている機関と競合しないように気をつけることが必要である。このような機関と連携・コラボレーションができるようにインキュベータの事業活動を検討していくことが重要となる。

インキュベータは、地域における経済開発の一員であって、インキュベーション事業を展開していくに当たっては、当該地域における経済開発戦略をよく理解しておくことが必要となる。そのためには、地域においてパートナーシップを構築して、これを通じて地域における経済開発コミュニティの中でインキュベーション事業とは何をやることかということを広く普及させることが重要である。これをもっと徹底させるためには、地域コミュニティにおけるリーダーシップ・グループにインキュベーション事業を理解してもらうことが有効であり、このような活動を通じてインキュベータのクレディビリティも向上させることができる。しかしながら、このためには、インキュベーション事業を通じていくつの企業を成功させ、どれだけの雇用を増やし、どれだけの給与を支払うことになったのかという事業目標を定量的に設定することが必要となる。インキュベーション事業は大学のように教育・訓練を行うことを目的とするものではない以上、何社が入居したか、何社の支援をしたかということを定量的な目標として設定してはならない。

## 4.2 効果的なパートナーシップの構築

上記の議論において、すべてのケーススタディーを通じて得られた結果の一つとして、起業家自身の数が都市に比して相対的に少なく、技術・ビジネスリソースの密度も薄い地域においてインキュベーション事業を展開していくに当たっては、インキュベータ自身がいかにして地域コミュニティの中で存在意義を確立・発揮していくかという点が極めて重要な課題であることがわかった。ここでは、そのための手法として、地域においてインキュベータが各種のステークホルダ

ーとパートナーシップを構築していくための手法論と課題等についてケーススタディーを整理したい。

#### 4.2.1 バージニア州政府

バージニア州政府において経済開発を担当しているビジネス支援局のラトリフ課長（Sandy Ratliff, Business Services Manager, Virginia Department of Business Assistance）によれば、バージニア州政府が起業家育成のためにインキュベータとパートナーシップを構築しているのは、バージニア州がベンチャー・中小企業の起業・ビジネスに適したビジネス環境を有していることと、バージニア州経済がベンチャー・中小企業によって支えられていることが背景にあるという。バージニア州のビジネス環境については、フォーブス誌によって全米で最もビジネスに適した州として2年にわたり評価されていることに加え、CNBC や Entrepreneur 誌など多くのメディア・コンサルタントも同様の評価をしていることでもわかる。バージニア州経済という観点からは、全雇用の75%が従業員249人以下のベンチャー・中小企業であることに加え、起業数も2006年には21万5950企業と数多いことから、同州経済はベンチャー・中小企業によって支えられていると考えることができる。このような観点から、バージニア州ビジネス開発局においては、ベンチャー・中小企業に対する資金的支援やビジネスインフォメーションの収集・提供、インキュベータに対するカウンセリング・サービスなど、他州の経済開発機関が行っているような各種政策に加え、州政府による調達においてバージニア州に立地するベンチャー・中小企業を優遇する政策を講じている点に特徴が見受けられる。同州政府による調達は、年間50億ドルにも達する大規模なものであり、そのうち40%を同州に立地するベンチャー・中小企業から購入することを目標としている。各州政府機関は、毎月、調達実績およびその中に占める同州に立地するベンチャー・中小企業からの調達実績の報告を求められる。

南西部インキュベータとパートナーシップを構築・運営してきた背景には、バージニア州の各地域において起業家の各種のビジネス段階において専門的サービスを提供する法律事務所、会計事務所、銀行など各種サービスプロバイダが個別ばらばらに活動しており、バージニア州で起業しようと考えた人が、果たしてどのようにしてビジネス活動を開始・展開していけばよいのか全く分からない状況にあったことを打破することが、州政府の目的とする経済開発のためには不可欠だと考えられたためである。州政府ビジネス開発局は、バージニア州南西部における経済開発を進めるため、新たに設立されたインキュベータとそれを運営するインキュベータ・マネジャーを支援することを通じて、繊維と家具という主要産業を失ったことにより停滞している経済状況を改善することを自らのミッションとしており、南西部インキュベータにとっては、当該地域におけるクレディビリティを獲得して地域に存在するビジネスリソースを自らのネットワークに入れて入居企業に対するインキュベーション・サービスを提供することが必要であった。このため、州政府とインキュベータがパートナーシップを構築することにより、サービスプロバイダ間の障壁を取り除いてパートナーとして取り込み、地域における起業家文化を生み出す経済的な変革に取り組み、入居起業のみならず投資家・地域コミュニティ全体が成功を達成できるための活動を行うことに対しては、両者の共通の目的・価値があった。



パートナーシップ活動の第一歩は、起業家フェアを開催するところから着手した。ベンチャー・中小企業のみならず、これらに対するサービスプロバイダを一箇所に集めることを目的として、州政府経済開発局と南西部インキュベータが核となって計画を作り、連邦政府中小企業庁、バージニア州観光局、地域の銀行などに事業パートナーとして共催を持ちかけていった。バージニア州南西部の経済開発を考えた場合には、音楽をはじめとした観光資源を最大限に活用して、観光客相手のビジネス開発を行う意義は大きいと、そのような分野におけるビジネスプランの検討やマーケット調査を行う上で必要となるデータを蓄積しているバージニア州観光局にこのパートナーシップのネットワークに参加してもらうことは大変有意義である。このイベントには、113のベンチャー・中小企業が参加するとともに、20社以上のサービスプロバイダが参加した。ベンチャー・中小企業の参加者にとっては、地域においてどのようなサービスプロバイダが存在・活動しているかがわかるとともに、サービスプロバイダの参加者は、新たな顧客の開拓に役立ったと好評だったが、州政府経済開発局及び南西部インキュベータにとっては、地域の起業家とビジネス・リソースであるサービスプロバイダをともに自らのネットワークの中に入れ込むために大きく貢献したと考えている。

#### 4.2.2 バージニア州キャロル郡政府

バージニア州キャロル郡のラローエ行政官 (Gary Larrowe, County Administrator, Carroll County, Virginia) によれば、バージニア州南西部は、米国の首都機能が立地するワシントンからは330マイル離れており、地政学的には、むしろノースカロライナ州のリサーチトライアングルまで100マイル強となっており、バージニア州に位置しているが、ワシントン周辺とは経済・ビジネス環境が全く異なる地域であると認識しているという。同地域の経済活動を支えてきたのは、繊維、家具、農業の3本柱であったが、近年、繊維産業と家具製造業は産業競争力を失ってしまい、同地域における経済開発を進めるためには、起業家・起業家文化を育成することが不可欠な状況となっている。このような中で、経済開発の成功のためには教育の充実が必要であり、教育の充実のためには州経済の興隆すなわち経済開発の成功が必要であるという考えに基づき、同地域における経済開発と教育の拠点として、クロスロード研究所 (The Crossroads Institute) を2005年6月に設立し、インキュベータとコミュニティ・カレッジが同一の施設内に立地・活動している環境を作り出すことにより、経済開発と教育のシナジー効果が発揮できるような環境整備を行った。実際には、インキュベータとコミュニティ・カレッジの他に、大企業のコールセンターが入居することにより、施設に対する収入源の確保という効果以上に、当該施設に人が集まるということの効果が現れてきたように感じている。当該施設の創設に当たっては、連邦政府から農務省地域開発庁から220万ドルと経済開発庁から200万ドルの資金提供を受け、経済開発庁からの資金提供にマッチングするためにバージニア州政府タバコ委員会から80万ドルの資金を獲得し、また、州政府住宅コミュニティ開発局から70万ドルの資金を獲得した。この資金を活用して、幅広い業種を対象としたインキュベータを設計・建設したが、入居企業だけに対するサービスを行うというのではなく、地域の人々に広く当該施設を使ってもらうことによって起業家文化を生み出すことが必要と考え、地域の人々や学生が自由に使うことができるコンピュータ端末100台を設置するとともに、起業家意識の高いブラジルに倣ったアイディア・ラボ

と名づけたプレ・インキュベーション施設（サロンのような雰囲気を持った比較的大きな部屋）も設置した。経済開発庁の資金提供を受けているため、施設内に図書館を設けることができなかったが、これを補うために、学習アシスタンスセンターも設置している。当該施設の設定当初の目的は5年間で40社が起業して200名の新規雇用を生み出し、900万ドルの民間投資を引き出すということとされた。さらに、地域において起業文化を根付かせるためには、子供のころから当該地域内で起業ができるということを十分認識させることが必要であるため、当該施設における事業活動を子供・若年層も含めた地域コミュニティに広く知ってもらうことが必要だと考えている。このような活動に成功すれば、高校・大学卒業後に地域外に移出して言ってしまう若年労働力も地域において起業してくれるのではないかと期待している。

現在、同インキュベータでは19企業が入居しており、70社以上が当該施設においてインキュベータからのサービス提供を受けた実績を残している。特筆すべきは、地域コミュニティに広く当該施設を使ってもらおうという発想について、毎月1800人が当該施設を利用するために訪れているという点であろう。その多くはコンピュータ端末の利用のために1000名が訪れているということではあるが、人口密度が低い地域コミュニティにおいて、当該施設に多くの人を訪れるということは、インキュベーション事業や起業家文化の育成のために大きな貢献をしてくれるものと期待している。

オクラホマ大学の研究によれば、地域における起業家支援・起業家文化の育成に当たっては、地域のアイデアをCreationすること、大企業などの雇用の場をAttractionすること、地域で事業活動を行っている企業をRetentionするとともにExpansionを促すこと、そしてこれらすべての支援活動を公的機関が行うことが必要と整理した上で、これらの項目の雇用創出効果がCreationによるものが44%、RetentionとExpansionによるものが50~55%と分析しており、大企業のAttractionによる効果はわずか1~4%としている。従来の経済開発では、Attractionにほぼすべての資源を投入してきたことを考えれば、これはまさに効果の低い事項に過剰な投資を行っていることにほかならず、インキュベーション事業を通じた起業家支援・起業家文化育成にもっと資源を投入することが必要となっている。

## 5. 結語

以上に見てきたとおり、現在、米国の各州政府・郡政府においては、自らの経済開発の手法として、従来型の大企業・工場の誘致ばかりではなく、自らの地域に立地している大学や研究機関を活用して、技術ベースの経済開発を模索している中で、それを担う者としてベンチャー・中小企業に注目し、そのビジネス化を専門的に支援するインキュベータの活用・連携を図っている。都市におけるインキュベーション事業とは異なり、地域においては、起業家の数自体が少なく、技術・ビジネスリソースの密度も低いことから、インキュベーション事業自身が地域コミュニティの中で価値を認められ、各種ステークホルダーとの連携・パートナーシップを築いて展開されていくことが不可欠となっている。また、技術ベースの経済開発という手法自体が、従来型の経済開発施策に比較して成果を生み出すまでの期間が長期にわたる性格を持つ中で、州政府・郡政

府のみならず、これを支える地域コミュニティ自身が、このような事業の性格を理解して、長い目で見守っていくことも必要となる。今後、我が国において地方の再生のためにインキュベーション事業を活用することを検討するに当たっては、このような米国における先例を十分に参考にして政策の企画・立案を行っていくことが求められよう。

本章の最後として、イリノイ州政府がベンチャー支援に関する関係機関をネットワーク化する「イリノイ州起業家ネットワーク」という試みを行っているところ、その概要及び具体的な活動分担等について、同州政府資料から抜粋して記す。本資料を概観したところ、基本的には複数の政府系機関が並立している中で、サービス利用者であるベンチャー企業に対して効率的に活用してもらおうということが目的のように見受けられ、いかにも上位行政機関的な発想から大きく外れてはいないようであり、本章で述べてきた「地域における起業家コミュニティづくり」ということが必ずしも強く認識されているようには思えないのが現在の状況ということができのかもしれない。

「イリノイ州起業家ネットワーク（IEN：Illinois Entrepreneurship Network）2007年度地域的案内書」

イリノイ州商務経済機会局（ILLINOIS DEPARTMENT OF COMMERCE AND ECONOMIC OPPORTUNITY）  
編集

<知事からのメッセージ>

私は、当州の IEN が拡大する様子を、興奮をおぼえながら見守っています。ベンチャー企業の開発のお手伝いをするには、イリノイ州に良好な雇用を創出し、私が最優先課題と考える活発な経済構築を実現するための最善の手段であるからです。IEN ネットワークは、イリノイ州における新しいビジネスの方法を象徴しています。これは各種のサービスを、皆さんが中心にいるシステムに結びつけることの必要性を認識する考え方です。皆さんが一つのサービス提供者から次の提供者へと移る時には、このシステムも一緒について来ます。州内各所にある地域的センターを通じて、皆さんは会社が各発展段階において必要とするサービスに容易にアクセスできることができます。

私が特に誇りに思うのは、起業家センター（Entrepreneurial Centers）という当州最新の機能です。カーボンデールからシカゴまで、そしてロックフォードからマーコムまで 18 カ所のセンターが、人々の信頼と尊敬を集める事業開発機構および教育機関とのパートナーシップを通じて、起業家たちの高度な成長の実現に役立っています。

皆さんが IEN のすべての高速成長プログラムを利用し、各自のニーズに合ったサービスを受け、貴重な人々を知ることにより、事業の成果を上げられることを私は希望します。私たちは、共に働くことにより、皆さんの目標の実現と、人々のための質の良い雇用の創出を可能にできます。

## <概要>

米国中小企業庁 (U.S. Small Business Administration) 、国防総省 (Department of Defense) 、カレッジ、大学、および現地の経済開発機構とのパートナーシップにより、イリノイ州商務経済機会局 (DCEO : Illinois Department of Commerce and Economic Opportunity) のイリノイ州起業家ネットワーク (Illinois Entrepreneurship Network) はさまざまなビジネスリソース・プログラムを現在および将来の企業オーナーに提供している。

専門家、ネットワーク、ツール、そしてその他の機会を利用することで、皆さんのビジネスは貸し手にとって魅力的な投資対象になり、成功はそこから始まる。当ネットワークは、成長の速い企業になるためのビジョンと可能性を持つ顧客と共に仕事をする、優秀な事業開発機構および教育機関とパートナー関係を組んでいる。皆さんの会社の従業員数が2名でも102名でも、IENは、皆さんが殻を打ち破る、すなわち利用者自身の知識や経験を超えたところで可能性を切り開く新しい考え方をするためのお手伝いができる。

起業家センター (EC : Entrepreneurship Centers) の主な使命は、従来の中小企業向けサービスを提供すると同時に、顧客である起業家ベンチャーが持つ高度な成長の可能性を評価、支援、ならびに加速することである。地域的 EC は、イリノイ州起業家ネットワーク (IEN : Illinois Entrepreneurship Network) の地域的ハブと考えられており、中小企業開発センター (SBDC : Small Business Development Centers) 、調達技術支援センター (PTAC : Procurement Technical Assistance Centers) 、国際貿易センター (ITC : International Trade Centers) 、NAFTA 機会センター (NOC : NAFTA Opportunity Centers) 、製造業普及センター (MEC : Manufacturing Extension Centers) 、そしてイリノイ州技術企業センター (ITEC : Illinois Technology Enterprise Centers) など、IEN のその他のパートナーが持つ既存のインフラを拠り所として、高度な成長の可能性を持つ起業家的顧客をサポートする小企業と新規企業を調整している。

中小企業開発センター (SBDC) は、企業の成功に役立てるための、経営、マーケティング、および財務関連のコンサルティングを提供している。同センターは、事業計画およびマーケティング計画の作成、ならびに企業所有技能の改善、企業の財務分析、輸出および政府関連のマーケティングを含む専門サービスへのアクセス、ならびにその他の企業管理上のニーズを支援している。

調達技術支援センター (PTAC) は、連邦、州、および自治体政府とのビジネスに関し、既存の企業オーナーを支援している。同センターは、調達コンサルティング、入札仕様明細へのアクセス、政府市場を認識するための補助、入札パッケージの確認に関する補助を提供し、契約管理およびその他の契約支援サービスに関する情報も提供している。

国際貿易センター (ITC) は、全世界市場に参入するための専門的な助言およびリソースを既存企業のオーナーに提供している。同センターは、会社の製品またはサービスに対する需要が最大となるであろう特定の外国市場の認識を支援し、米国政府の輸出基準および外国政府の要求条

件に適合するためのガイダンスを提供し、ビザ、ライセンス、著作権、および特許の取得を補助している。

NAFTA 機会センター (NOC) は、専門化された現在の輸出者または将来そうなる可能性のある者のための貿易センターであり、また北米自由貿易協定 (NAFTA) により発生するメキシコおよびカナダへの輸出機会に関する情報および支援を求めて連絡を取るべき業務支援提供者でもある。サービスの内容には、NAFTA 貿易専門家への相談、研究日、および参考資料やトレーニング資料などがある。

イリノイ州製造業普及パートナーシップ (MEP-I) は、中小企業向けに、経営および技術関連の専門情報へのアクセスを提供している。これにより、中小企業は業務運営を現代化でき、競争力を増すことができる。MEP-I の製造専門家たちは、州内各所にある地域事務所の外で仕事をしている。このプログラムは、シカゴ製造業センター (CMC : Chicago Manufacturing Center) と、イリノイ州製造業センター (IMEC : Illinois Manufacturing Center) による調整を経て運営されている。DCEO が MEP-I に渡している資金は、同局の企業技術競争力部を通じて供給されている。

イリノイ州技術企業センター (ITEC) は、起業時のクリティカルなニーズおよびマーケティングのニーズを支援することにより、技術系の起業家、革新者、および中小企業を援助している。DCEO からサポートを受けている同地域センターは、起業家によるシード前および初期段階の資金の調達を援助し、成長の速いハイテク部門の革新的事業者による技術ないし管理技能の強化を補助し、新製品の開発およびマーケティングを支援することにより、イリノイ州内の新規ベンチャー開発を助長している。

中小企業インキュベータ (Small Business Incubators) は、発展初期段階における保護付きの環境を企業に提供するために開発されたものである。インキュベータは、事務的および技術的な援助を含む共用サービスを提供し、事務用機械、通信設備、および会議室など、事業に必要なものの共有化を行っている。

現在または将来のイリノイ州の企業オーナーは、イリノイ州中小企業開発センターのネットワークを通じたサービスを利用できる。同ネットワークおよびその他の援助プログラムに関する詳しい情報は、イリノイ州ファーストストップ・ビジネス情報センター (Illinois First Stop Business Information Center、電話番号 (800) 252-2923/ TDD (800) 785-6055) より入手可能である。



## 第Ⅱ部 米国における次世代サービス・ロボット技術 のビジネスモデル

### 目次

概要 .....	446
1. 背景および概要 .....	447
2. サービス・ロボットの応用・用途別のサービス・ロボット企業のリスト .....	449
2.1 保健介助・介護・リハビリテーション用ロボットの類型分野の企業 .....	449
2.2 医療用（診断・治療）ロボットの類型分野の企業： .....	450
2.3 探査・監視・探索用ロボットおよび宇宙活動ロボットの類型分野の特化企業 .....	450
2.4 捜索・緊急救助用ロボットの類型分野の企業 .....	450
2.5 採掘用ロボットの類型分野の企業 .....	450
2.6 サービス・ロボット構成部分・コンポーネントの類型分野の企業： .....	451
2.6.1 視覚センサー技術 .....	451
2.6.2 可動（mobile）技術・コントローラー .....	451
2.6.3 人工知能（AI） .....	451
3. 保健介助、介護、リハビリ・ロボットの企業の概観と企業ケーススタディー .....	451
3.1 InTouch Healthcare, Inc. 社のケーススタディー .....	452
3.2 Kenetic Muscles, Inc. 社のケーススタディー .....	456
4. 医療ロボット企業の概観と企業ケーススタディー .....	461
4.1 Intuitive Surgical, Inc. 社のケーススタディー .....	462
4.2 Aethon, Inc. 社のケーススタディー .....	466
5. 探査・探索・偵察・宇宙関連活動用ロボット企業の概観と企業ケーススタディー .....	471
5.1. iRobot Corporation社のケーススタディー .....	473
6. 捜索・緊急救助用ロボット企業の概観 .....	478
7. 採掘用ロボット企業の概観 .....	480
8. モバイル・サービス・ロボットの構成部品・コンポーネントに係るロボット企業の概観と 企業ケーススタディー .....	481
8.1 視覚（vision）センサー技術 .....	481
8.2 可動（モビール）技術、コントローラー .....	481
8.3 人工知能（AI: Artificial Intelligence） .....	482
8.4 SEGWAY LLC COMPANY社のケーススタディー .....	483

## 概要

第Ⅱ部「米国における次世代サービス・ロボット技術のビジネスモデル」においては、今後、日本においても新たなビジネス領域として、その成長が期待されている次世代知能ロボット分野において、具体的にどのようなビジネスモデルを構築することによって、企業としての成立・発展が期待できるかという観点から、米国においてビジネスとして成功を収めている、または、収めつつある企業を対象としたケーススタディーを行った。本分野は、日米両国において、いまだ大学や研究機関における技術開発が主流であり、ビジネスとして確立した分野と認識できる状況に至っていないが、遠隔医療のニーズに応えることを目的とした企業や、家庭の主婦が従事している単純作業を代替することを目的とした企業などが株式公開を果たすなど、米国において成長企業として注目を集めている。このなか、ビジネスニーズと技術シーズをどのように結び付けていくことが必要であるかという点から、検討の鍵となるような事項を整理している。



## 1. 背景および概要

産業用ロボットとは異なり、サービス・知能ロボットは、ロボット技術の点からも「可動性 (mobility)、相互作用性 (inter-operability) があり、かつ知能 (intelligence) も高い」装置を有するロボットである。人間やほかのロボットとの交流 (インタラクティブ) が可能であり、環境への反応力も有する。これらのロボットおよびロボット技術 (robotics) は、「パーソナル (Personal) およびサービス (service) または可動性 (mobile) ロボット」と呼ばれる。総称的にパーソナル・ロボットとサービス・ロボットを組み合わせることにより、「可動性 (mobile) ロボット」という用語も用いられる。ロボット産業とその市場の動向をフォローし、業界ニューズレターや産業展示会プログラムを主催している Robotics Trends 社では、その製品や市場・ユーザーの観点から、以下の様に定義している (会長責任者は Dan Kara)。

### パーソナル・ロボット (Personal Robot)

個人・消費者が娯楽・家事支援・教育などの目的に使用する。幅広い消費者市場に存在、参入しており、その商品化されるロボットには、家庭の自動化・省力化、家事サービスのロボットである (例: 掃除機ロボット、防犯・防災用)。さらにホビー・教育および娯楽用などがあり、インテリジェント玩具はもとより保健介護用のパーソナル・ロボットもこの範疇に含まれる。

### サービス・ロボット

ロボット技術としては自律的 (autonomous) で半自律的または完全自律的な可動式ロボットである。自律的機能として人間を支援したり、設備修理などを実行したりすることができる。その応用例は広範にわたって見られる。その効果は、反復作業が多く、長時間にわたる集中力が要求される作業や、人間の体力的に困難な場合や、人が危険な環境などにおいて見られる。

既にサービス・ロボットとして使用されていたり、その使用が検討されたりしている応用例としては、産業用の清掃や設備の保守作業およびデータ収集などを挙げることができる。その中でも、「ダヴィンチ手術用ロボット」や「リハビリ用ロボット」は、サービス・ロボットの顕著な例である。保健・医療ロボットとしては、人工装具や矯正装置など多種多様なロボットが存在し、実用化もなされている。さらなる応用例としては、宇宙探査のためのロボット・ローバー (rover) があり (火星探査の Spirit や Opportunity)、探査・探検用であり、ピラミッド・ローバーなども存在する。サービス・ロボットの使用用途は幅広く、検査、防災・防犯や建設、取り壊し、物品配達など、多様なサービスを提供することが可能である。

軍事・防衛・国土安全の分野においても、数多くのサービス・ロボットが実用化されている。無人地上車 (UGV: Unmanned Ground Vehicle)、無人水中車輜 (UUV: Unmanned Underwater Vehicle)、無人飛行体 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle) は、米空軍のプレデターとして知られている。これらの無人車輜や無人飛行体は、一般的な軍事用のサービス・ロボットである。軍用ロボット機能は、関連する公共安全の分野である消防活動、地雷・未発爆弾の除去や偵察・監視・探査用の

サービス・ロボットとしても応用することができる。

可動性ロボット（パーソナル・ロボットおよびサービス・ロボット）の市場利用はいまだ初期段階にあり、市場規模予測の定量データ専門家のアセスメント・分析評価の不足・欠如がそれを良く反映している。しかし存在する数少ない調査は、市場が劇的に成長する発端にあるという結果を示している。国連ヨーロッパ経済委員会（UNECE: United Nations Economic Commission for Europe）、国際ロボット連合（IFR: International Federation of Robotics）、日本ロボット工業会（JARA: Japan Robot Association）は、ともにパーソナル・ロボットとサービス・ロボットの市場は初期段階の発端にありながら短期的に例外的な成長を示し、数年前の予測では2005年末にはより成熟している産業用ロボット市場の規模を凌ぐことを示していた。UNECE、IFR、JARAの各調査は、その市場規模の分析において恐らくサービス・ロボットの最大市場となる軍用ロボットを含めていない。UNECEおよびIFRの予測では、パーソナル・ロボットとサービス・ロボットの市場は、2002年から2005年の間で2倍に拡大し、2005年に52億ドルになるとしていた。かつパーソナル・ロボットとサービス・ロボットの販売台数については、2002年から2005年の間に家庭用ロボットは10倍になり、玩具・娯楽用ロボットは100万台を超すものと推定していた。数少ない分散的な調査に基づくドラスティックな市場成長の当初予測は、幼少の技術市場については決して珍しいことではない。これは、例外というよりは規則的に捉えるべきものなのである。しかし、この推定の有効さについてある確証があるとすれば、種々の調査の間に基本的合意があることである。パーソナル・ロボットとサービス・ロボット市場の成長は、当時の予測では2002年の6億ドルから2005年には54億ドルに拡大し、それ以降はより迅速に成長するとされていたのであり、上記の諸団体・機関の推定も成長動向パターンはかなり接近していたことを考えれば、このような成長パターンが基本的に共有されていたという点は注目に値する。

上記のUNECEとIFRによってなされた世界のロボット産業動向報告では、プロフェッショナル・ロボットとパーソナル・ロボットおよびサービス・ロボットの販売はそれぞれ強固で、かつ劇的な増大を示していた。IFRの推定では、サービス・ロボットの世界市場は2003年の4億ドルから2003年には22億ドルに増加し、2010年には243億ドルに成長するものとしていた。このような市場予測においては、軍用ロボット市場は考慮されていない。しかし、軍事ロボット分野は、それ自体で需要が増大する可能性が非常に高い。軍用ロボットの導入は、米軍の将来の戦闘システムの目標とされている課題であり、国土安全および地上軍事戦闘オペレーションの3分の1を2015年までにUV (unmanned vehicles) の援用で行うとするという議会承認もなされている。

モバイル・ロボット、サービス・ロボット事業への投資については、新事業、特に新起業としてのロボット分野における投資、特にベンチャー・キャピタルの投資関心は、以前に比べ低下しつつある。まずその理由の第一は、独立・単独のロボットおよび関連事業を行おうとしている事業者が、ベンチャー・キャピタル投資家に対して自らの技術を紹介し、かつその技術・事業発展の潜在性を説明し、納得させる能力において、全般的に十分には持っていないことが挙げられる。発明家であっても、起業家としての技術・能力は高くても、商業化・市場導入経営の総合能力に欠けている場合が多いということが指摘されている。また、企業によっては、自らの事業分野がロボット分野であると明確に区分・仕分けてしまうことによって、その企業の事業範囲を自ら制限してしまうこととなり、そのために成功チャンスも減少させてしまうと捉えてしまうことも外

部資金の導入に影響を与えているものと考えられる。さらに、ロボット系企業の大半は、大量・消費者市場に注目と関心を払っていないという批判的な指摘もベンチャー・キャピタル投資家から聞かれる。特に、これらのロボット企業においては、研究者や企業創業者が、国防・軍事分野や医療分野を事業の主たる対象とし、このような分野に特化した研究開発・技術開発に専念するという形態が主になっているという指摘もなされている。一方で、機関投資家は、ロボット専門の企業に対して資金供給を行っている。将来性の高い有望な技術を保有するロボット企業の資金調達ニーズ充足の環境は比較的に良いものと観察される。ロボット系ベンチャー企業に対するベンチャー・キャピタルによる投資案件については、現在までのところ多くの公開された情報・データは存在しないようである。

## 2. サービス・ロボットの応用・用途別のサービス・ロボット企業のリスト

本調査においては、サービス・ロボットの応用・用途として、以下のような分野に分けて分析を進めることにする。

- － 保健介助・介護・リハビリテーション用ロボット
- － 医療（診断・治療）用ロボット
- － 探査・監視・探食用ロボットおよび宇宙活動ロボット
- － 捜索・緊急救助用ロボット
- － 採掘用ロボット
- － ロボットの構成要素・コンポーネンツ
  - a) 視覚センサー技術
  - b) 可動技術（mobility）とコントローラー
  - c) 人工知能（AI）

多くのサービス・ロボット企業が、上記に整理した応用・用途分野における商業用製品の開発に従事している。これらの企業は、その設立・起源から三種類に大別される。第1は大企業からスピン・オフした企業、第2に大学の研究成果からスピン・オフした企業、第3に大学の研究者によって技術の商業化を目的とした独立ベンチャー的企業である。さらに非産業ロボットの分野における事業活動は、技術開発から市場化製品まで、主に小企業によってなされている状況にある。また、このようなロボット分野は新興隆技術分野であるため、事業活動を行っている企業の大部分が新興企業（スタート・アップ）であるか、または比較的新しい企業であることが多い。

### 2.1 保健介助・介護・リハビリテーション用ロボットの類型分野の企業

- ・ Kinetic Muscles Inc. 社（マサチューセッツ州 Hanover 市）
- ・ Maddox Inc. 社（ニュージャージー州 Pequannock 市）
- ・ Phybotics Inc. 社（ニュージャージー州 Wharton 市、Applied Resources Corp. 社のリハビリ技術部門）

- ・ InTouch Health Care Inc. 社 (カリフォルニア州 Santa Barbara 市)
- ・ Kinetic Muscles Inc. 社 (アリゾナ州 Tempe 市)
- ・ Electronic Vision Access Solution (EVAS) 社 (ロードアイランド州 Westerly 市)
- ・ MRISAR, Institute of Science, Art & Robotics, LLC 社 (ミシガン州 Owosso 市)
- ・ Yabotics, Inc. 社 (オハイオ州 Cincinnati 市)

## 2.2 医療用（診断・治療）ロボットの類型分野の企業：

- ・ Integrated Surgical Systems, Inc. (ISS) 社 (カリフォルニア州 Sacramento 市)
- ・ Intuitive Surgical, Inc. 社 (カリフォルニア州 Sunnyvale 市、NASDAQ 上場企業)
- ・ Computer Motion Inc. 社 (カリフォルニア州 Goleta 市)
- ・ Micro Dexterity Systems (MDS) Inc. 社 (ニューメキシコ州 Albuquerque 市)
- ・ Robotic Surgical Tech, Inc. 社 (ニューヨーク州 New York 市)
- ・ Pyxis Corporation 社 (カリフォルニア州 San Diego 市、オハイオ州 Dublin に本社を置く医療サービス大手 Cardinal Health 社の子会社)
- ・ HelpMate Robotics, Inc. 社 (コネチカット州 Danbury 市、同じく Cardinal Health 社の子会社)
- ・ Aethon Inc. 社 (ペンシルバニア州 Pittsburgh 市)
- ・ McKesson Automated Prescription System (APS) 社 (ノースカロライナ州 Durham 市、以前は McKesson Corp. 社の子会社であったが、現在は Parata Systems 社と合併)

## 2.3 探査・監視・探索用ロボットおよび宇宙活動ロボットの類型分野の特化企業

- ・ Honeybee Robotics Corporation 社 (ニューヨーク州 New York 市)
- ・ iRobot Corporation 社 (マサチューセッツ州 Burlington 市)

## 2.4 捜索・緊急救助用ロボットの類型分野の企業

- ・ Automatika Inc. 社 (ペンシルバニア州 Pittsburgh 市)
- ・ CyberMotion Inc. 社 (バージニア州 Roanoke 市)
- ・ Foster-Miller Inc. 社 (マサチューセッツ州 Waltham 市、QinetiQ North America Inc. 社の子会社)
- ・ Redzone Robotics, Inc. 社 (ペンシルバニア州 Homestead 市)
- ・ Recon Robotics Inc. 社 (ミネソタ州 Minnetonka 市)
- ・ Sarcos Inc. 社 (ユタ州 Salt Lake City 市)
- ・ Mobile Robotics Inc. 社 (ニューハンプシャー州 Amherst 市)
- ・ Re2 Inc. 社 (ペンシルバニア州 Pittsburgh 市)

## 2.5 採掘用ロボットの類型分野の企業

- ・ Intrignia Solutions Inc. 社 (カナダ・ニューファンドランド州 St. John's 市)

## 2.6 サービス・ロボット構成部分・コンポーネントの種類分野の企業：

### 2.6.1 視覚センサー技術

- ・ Canesta, Inc. 社（カリフォルニア州 Sunnyvale 市）
- ・ Vision Robotics Corporation (VRC) 社（カリフォルニア州 San Diego 市）

### 2.6.2 可動 (mobile) 技術・コントローラー

- ・ Segway Inc.（ニューハンプシャー州 Bedford 市）
- ・ Future Robotics Inc. 社
- ・ White Box Robotics Inc. 社（カナダ・オンタリオ州 Ottawa 市、同州に本社を置く Frontline Robotics Inc. の子会社）
- ・ RoboDynamics Corporation 社（カリフォルニア州 Santa Monica 市）

### 2.6.3 人工知能 (AI)

- ・ Evolution Robotics Inc. 社（カリフォルニア州 Pasadena 市）
- ・ Angelus Research Corporation 社（カリフォルニア州 Anaheim 市）

## 3. 保健介助、介護、リハビリ・ロボットの企業の概観と企業ケーススタディー

多くのサービス・ロボット企業は、高齢者や身体障害者が他人の介護・介助無しに自力で歩行や食事など日常生活における自立活動を補助・支援する商業用ロボットの研究開発と技術イノベーションに取り組んでいる。これらのロボットには、ロボット・アームなどがある。例えば、5自由度を持つロボット・アームをモジュール設計して、電動チェアに装置できるようにするとともに、これらのアームに関節用モーターのスイッチからなるコントローラーが附帯させるものなどが開発されている。また、食事をする際の補助装置に関する技術開発も進展しており、自力でかつ適切な速度で腕を使わずに食事ができるような技術も実現しつつある。実際、Phybotics 社のように、このような介助ロボットを開発し、連邦食品薬品局（FDA: Food and Drug Administration）の認可を得た企業も出現している。

MRISAR 社においては、共生地形ロボット式補助椅子（STRAC: Symbiotic Terrain Robotic Assist Chair）と名づけられた車輻式の小型ロボットの技術開発が行われている。同社では、既に高性能で勾配を補正した動きが可能である車椅子型ロボットの実用化に成功している。

Yobotics 社においては、電動式の「ロボウォーカー」装置の技術開発が行われている。これは、下肢筋肉の機能の増補を目的とするロボット装置であり、マサチューセッツ工科大学（MIT: Massachusetts Institute of Technology）の人工知能研究所の傘下で研究開発を実施している Leg Laboratory を卒業した4人の技術者によって技術開発が進められてきた。この装置が開発さ

れば、現在実用化されている最先端の受動的矯正装置と比べても、技術的に大きな飛躍となるものと予期されている。

Electronic Vision Access Solution 社においては、全盲もしくは極度の弱視の視覚障害者に対して、スピーチ・シンセサイザー（音声合成装置）に接続することによって、活字を音声化して読み上げることができるカメラつき装置の技術開発が進められている。この技術開発は、米連邦復員軍人省（VA: United States Department of Veterans Affairs）との間の委託技術開発契約の下で行われている。

InTouch 社においては、「コンパニオン」と名づけられた介護ロボットを開発したほか、医療現場を離れることなしに遠隔的に医療専門家と相談できる「遠隔技術（remote presence）」のシステムの開発に成功した。

Kinetic Muscles 社においては、ロボット式上肢反復治療のための生物医学エンジニアのチームによる研究開発をベースとして、UPERT と名づけられた補助ロボットの商業化に成功している。

以上のような介護・リハビリ分野におけるロボットの技術開発・製品化に向けた活動を行っている諸企業の中から、InTouch Healthcare Inc. 社と Kinetic Muscles Inc. 社を取り上げ、具体的な企業に関するケーススタディーを行うこととする。

### 3.1 InTouch Healthcare, Inc. 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 90 Castilian Drive, Suite 200, Santa Barbara, CA 93117

Phone: 805-562-8686

Web: <http://www.intouchhealth.com/>

経営責任者: Yulun Wang, Ph.D., CEO chairman

InTouch Health 社は、カリフォルニア州 Santa Barbara 市に本拠を置く非公開のロボット技術企業であり、2002 年に設立された。同社は、リモート・プレゼンス（遠隔所在）技術を用いたロボットの研究開発と製造・販売に関する事業活動を展開している。

同社においては、自社固有の技術であるコミュニケーション技術とモバイル・ロボット・プラットフォームをベースとして、「RP-7」（最初の名称は「コンパニオン」）と名づけられた遠隔操作が可能なロボット製品を中核として、その技術開発を進めてきている。このロボットを導入することにより、ヘルスケアの専門家と病院に入院中の患者や介護者、家族などが遠隔的に相談することができるようになる。このようなシステムを構築することにより、介護者が利用できる医療専門家の知識を大幅に向上・拡大させることが期待されている。

さらに、この技術を発展させることによって、ICU、ER、患者の病室など、高度治療が必要なケースが複数同時に存在する場合においても、専門医の知識を最大限に利用することが可能となる。

この結果、実質的に医師のプレゼンスが増大することを通じて、患者の安全が向上するとともに、患者の満足も増大し、治療行為自体がより効率的な成果を挙げることが実現され、病院の経済性と医療ケアの質も顕著に増大させることが期待されている。

リモート・プレゼンス技術は、医師が1カ所に留まっていながら、そこから離れた別の場所にいる人間に対して、聞く、話す、見る、動くという機能を、あたかもその離れた場所に医師がいるようにして行うことを可能にする技術である。医療機関においては、本部の医療福祉エキスパートが自由に操作することにより、実質的に遠隔地に移動したのと同様、まるでその場に本人がいるかのように周囲の映像や音声の受信をすることを可能とする。本部の医療福祉エキスパートは、この技術を用いて把握した遠隔地における医療現場の状況に応じて、明確なアドバイスを行うことができ、実際に現場で医療・介護に当たる介護福祉スタッフや家族は、遠く離れた本部にいる医療福祉エキスパートを呼び寄せて会話をするような感覚でコミュニケーションを取ることができる。テレコミュニケーション技術とモバイル・ロボット技術を活用することにより、医師が患者と病院スタッフをより頻繁に訪れるのと同じ効果を発揮することができる。高齢者人口の増加により疾病者が増大する困難な状況に直面している現在、リモート・プレゼンス技術は、医師による相乗的な役割を引き出し、ヘルスケアの労働力不足に苦しむ医療現場の需要が増大している状況を解決することができる。

同社のマネジメント・チームとスタッフは、医療ケアの製品とサービスの提供およびロボット、テレメディスン（遠隔医療）、テレコミュニケーションにおける幅広い専門能力を有している。同社の経営陣とアドバイザリー・ボードは、経験豊かな医療の診断・治療および医療工学の専門家からなっており、広範な技術分野における専門能力も有している。

同社の経営執行責任リーダーは、Dr. Ynlun Wang 会長兼 CEO が務めている。同氏は、1989年に Computer Motion 社を創立したが、この企業が InTouch Technologies 社の起源となっており、手術用ロボットのパイオニアとして知られている。同氏は、AESOP と名づけられた音声制御によるロボット・アームの主要設計者であり発明者である。これは、FDA 承認を受けた手術用ロボットの第一号であり、さらに大西洋を越えて行われた手術を実施した ZEUS ロボット手術システムの ZEUS についても、同氏が発明者となっている。

Computer Motion 社は、1997年に上場公開され、2003年には Intuitive Surgical 社と合併した。2002年に Dr. Wang は InTouch Technologies 社を設立し、後に InTouch Health 社と名称変更が行われた。同社は、リモート・プレゼンス技術を用いたロボットのパイオニアとなり、医療専門家に対して「実質的に同時に2カ所で医療行為を行う」ことを可能にすることによって、より効率的かつ効果的な医療保健ケアを提供するための事業活動を展開している。米国では、現在、40万人以上の有資格の医療福祉関係専門家・スタッフが不足しているとの報告もなされており、今後、高齢化がさらに進む米国社会において、同社のロボットの普及を図り、より効率的な介護へのアドバイスとトレーニングを提供して事態の改善に当たっていくことは有意義であるものと考えられている。

2000年9月には、全米工学アカデミーが、Dr. Wangを「エンジニアリング・プログラムのフロンティア」に参加する米国トップの若手エンジニアの1人として選考した。さらに2005年6月には、Ernst & Young社による代表的起業家の最終選考にまで選ばれた。

Dr. Wangは、ロボット技術とコンピュータ分野において40点の学術論文と50件の特許を有している。リモート・プレゼンス技術についても、同社が開発したロボット・システム「RP-7」について、全米ネットワークのテレビ番組においてインタビュー出演し、その普及に努めている。同氏は、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB: University of California, Santa Barbara)においてロボット工学専攻の電気工学の博士号を取得した。

同社においては、研究開発などの事業展開を進めるに当たって、他のロボット関係者・関係機関との提携・パートナーシップを構築してきた。Silverado Senior Living社は、アルツハイマー介護を専門とする医療保健関連企業であり、この企業と提携することにより、同社は長期ケアのコミュニティにおける介護の質を向上改善するためのリモート・プレゼンスに関してPR-7ロボット・システムの評価作業を行っている。具体的には、2003年1月から、Silverado Senior Living社の運営するアルツハイマー病患者の住居コミュニティにRP-7ロボットを配備して、介護者サポート現場に実験的に導入することにより、その評価が行われている。このアルツハイマー病患者の住居コミュニティでは、患者が自然な生活環境で暮らしながら必要な介護を受けられることを概念に介護施設の設計や介護サービスの提供が行われている。このようなコミュニティ施設は、カリフォルニア州、テキサス州、ユタ州の3州において合計12施設が運営されており、アルツハイマー病患者の介護に関する専門知識を有する医療福祉エキスパートを本部に常駐させ、各コミュニティにRP-7ロボットを配備することで、必要なサポートを得られるようにしている。何千マイルも離れた場所に展開する各施設からの医療エキスパートに対する要請を、本部に居ながらにして迅速に対応できるため、低コストで提供サービスの向上が実現できるものと期待されている。

最近では、ロボット技術を用いて低侵襲手術分野において世界的技術リーダーと目されているIntuitive Surgical, Inc社との間で、技術開発とライセンスの協定を締結したことが、同社における提携・パートナーシップとして特筆される。この協定締結については、2007年11月5日に公表された。この協定によって、同社が有するリモート・プレゼンス技術をIntuitive Surgical社が開発・販売している医学界において最も定評のあるda Vinci(ダヴィンチ)手術システムに統合され、離れた場所にいる手術専門医が遠隔的に手術の監視、訓練および協同作業が可能になることが期待されている。この2つのシステムの統合は、手術専門医の訓練にとってより効率的な方法を提供することになる。ダヴィンチ手術システムは、患者の体外において手術用具をコントロールする外科医の自然な手の動きについて、微細な切り口を通して患者の体内に位置する手術用具をマイクロレベルの動きに再現させるように転換する手術用ロボットである。同社がIntuitive Surgical社と共同開発するリモート・プレゼンス・システムにおいては、離れた場所にいる外科医が、ダヴィンチ手術システムを用いて、実際に手術が行われる手術室にあたかも存在するかのようにして手術を行うことを可能にするものである。実際に医師がいる場所と手術が行われる場所の間は、高速インターネットによるコネクションによって結ばれ、このシステムを通じて、高品質でリアルタイムのオーディオビデオを提供することにより、遠隔地にいる外



科医は手術現場の外科医やダヴィンチ手術システムを操作するスタッフとインタラクションをしながら複数のカメラに映る手術を効果的に観ることができる。今回の協定については、Intuitive Surgical 社の Gary Guthart 社長も、「InTouch Health 社は、我々のダヴィンチ手術システムとシームレスに統合するプラットフォームを創出し、病院に手術監視手法を提供し、患者、外科医および病院に対してベネフィットをもたらす」とコメントしている。同社 CEO の Dr. Wang も、「外科医は、新しい手術手法について訓練を受けなければならないが、その多くの段階において、より経験の豊かな外科医のガイダンスを要求される。リモート・プレゼンス技術をダヴィンチ手術システムに連結することによって、より経験豊かな手術専門医へのアクセスを大幅に向上させることにより、このような新たに手術手法の訓練を受ける外科医の訓練ステップをより迅速化することが可能となる。今回の Intuitive Surgical 社とのパートナーシップは、両社が有する専門能力を最大限にするものである」とコメントしている。

同社の資金調達方法については、同社が非公開企業であるため、公開株式市場における資金調達は不可能であり、実際、このような手法での資金調達は行われていない。しかしながら、将来的な成長が確実視されている高度医療技術分野においては、特に優秀で将来性のある企業に対し顕在的にも潜在的にも外部からの投資が行われている状況にある。同社では、高度医療技術分野において専門的に投資活動を行っている投資会社である Galen Partners 社や同社を介しての投資活動が行われ、資金調達がなされてきた。Galen Partners 社は、ニューヨークに本拠を持つ非公開の投資会社であり、医療装置や医療応用分野における技術に関するアウトソーシング・サービス、特殊な製薬分野などを専門に投資活動を行っている。Galen Partners 社の投資戦略は、「他の投資会社と協力を通じた資金調達」というアプローチを主体にして、集中力、成長力、専門知識などを総合的に活用することによって投資先企業の経営陣と共同して、企業の潜在市場能力を最大限に発揮させようとするものである。同社においては、Galen Partners 社以外にも、Acacia Venture Partners 社や、別の非公開投資家である Beringea, LLC の運営管理する医療分野の非公開投資ファンドからもベンチャー・キャピタルの投資支援を受けている。同社自身も、近い将来に始めての上場公開を当然計画しているものと考えられており、そのタイミングを狙っているように見受けられる。同社には、既に投資関係セクションが設けられており、潜在投資家からの照会には積極的に対応しているという。

同社の遠隔医療技術システム製品である RP-7 リモート・プレゼンス・ロボット・システムは、コントロール・ステーションとロボットがブロードバンドのインターネットと 802.11 ワイヤレス・ネットワークによってリンクされている。また、多くの異なるシステムのアーキテクチャーの下で動作させることができる。RP-7 が採用している同社のコントロール・ステーションは、どのようなロボットにもつなぐことが可能であり、このため、専門医は、オフィス、病院、ICU、ER、患者病棟からでも使用することができる。すなわち、医療エキスパートが、何時、何処でも患者のベットサイドにおいて利用できるようになっている。このような RP-7 システムがもつ技術的な特徴を活かすため、同社においては、アルツハイマー介護施設のチェーン組織、各種の大手病院とその ICU 施設、専門病院、特に外科手術の技術導入訓練のための大学病院や大規模クリニック等を対象とした販売活動を行っている。このような販売活動を通じて、以下のような施設において、RP-7 システムが導入されている。

- － カリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA: University of California, Los Angeles) 医学部病院における Neuro-ICU での医学教育用の導入・活用
- － Sinai Hospital (メリーランド州 Baltimore 市) における導入活用
- － Parkview Health System Hospital (インディアナ州 Fort Wane 市) において導入した結果、ICU の機能を病室にまで拡張
- － Johns Hopkins Hospital、University of California、Davis Medical Center、Eastern Virginia University において、手術直後の入院患者の安全と満足について、伝統的・標準的処置方法とロボットによる遠隔処置方法の比較を実施
- － Michigan Orthopedic Specialty Hospital では、整形外科の専門病院で実験的に使用した結果、遠隔地の病院からの患者の移動の必要を少なくするのに有効と評価
- － Detroit Medical Center では、教育・訓練用病院として緊急病棟におけるコンサルテーションのためのレジデント医が評価を実施
- － Devine Tidewater Urology (バージニア州 Norfolk 市) において、所属する 6 名の泌尿専門医がいる病院において患者ケアのために導入した結果、手術を行った患者のケアとして直接検診と同レベルのケアを 1 日 2 回行うことが可能となった

同社のリモート・プレゼンス技術のプラットフォームとテレコミュニケーションズ技術によって構成されるシステムについて、同社は価格表や標準定価的価格などは一切発表していない。前に掲げた同社の製品・システムを評価するために少数台数購入したケースや、Silverado Senior Living 社のアルツハイマー介護の施設チェーンなど同社の製品・システムを全面的に採用するために多量購入を行ったケースでは、リースや購買価格の設定において、特別調達契約を締結して販売がなされたことが予想される。現時点では、同社は、同社のリモート・プレゼンス技術を用いたシステムのデモンストレーションや評価テストを通じて普及促進を行うという段階にあるため、標準定価的な価格は設定していない。長期的には、ユーザーである医療機関のニーズに配慮して、特にユーザー側が同社の製品・システムを導入することによってコスト削減効果があることが、ユーザーが同社の製品・システムを購入する際の主要な決定要因となるものと見られる。上記のユーザー医療機関の導入採用のケースにも挙げた Devine Tidewater Urology の例においては、手術を受けた患者のうち 29% の患者を 1 日早く退院させることができ、病院側に年間約 140 万ドルのコスト節減効果があったという。

### 3.2 Kenetic Muscles, Inc. 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 2103 East Cedar Street #3, Tempe, AZ 85281

Phone: 480-557-0448

Web: <http://www.kineticmuscles.com>

経営責任者: Ed Koeneman, COO & Co-Founder (共同創業者・経営執行責任者)

Kinetic Muscles, Inc. 社 (KML) は、2001 年に創立され、身体機能回復のセラピー分野におけるニーズに対応するための補助ロボットの技術開発を進めている。心臓発作を起こした人が利

用できる治療は、セラピストの肉体労働に大きく依存しており、このためにコストも高価なものとなっている。同社においては、セラピストの負担を軽減することにより、セラピストが患者に費やす時間をより生産的にすることを目的とした自動機器の技術開発を行ってきた。同社の共同創立者である James Koeneman 氏と Ed Koeneman 氏は、1999 年に同社の製品のコンセプトを開発し、RUPERT I と名づけられた介護・セラピーを補助するロボットの技術開発に着手し、2001 年 5 月に同社を正式に設立した。

心臓発作を起こした患者のリハビリテーションに用いられるセラピー・ロボットは、Robotic Upper Extreme Repetitive Therapy (ロボット式上肢反復治療) の頭文字をとって「RUPERT」と名付けられた。このロボット技術に関する実質的な研究開発は、アリゾナ州立大学 (ASU: Arizona State University) のエンジニアリング・スクール教授であり、アリゾナ州立バイオデザイン研究所のニューラルインターフェース・デザイン研究センターの所長も務める生物医学エンジニアである Dr. Jiping He をリーダーとする研究開発グループによって行われ、ASU に所属する学際分野の研究者をはじめ、新興のバイオテクノロジー企業と同社の研究者が参加して行われた。RUPERT に関する臨床テストは 2002 年 8 月に行われ、RUPERT のプロトタイプへのフィッティングやその他の試験に成功した。現在では、第 2 世代のプロトタイプである RUPERT II の開発が進められている。さらに「Foot Mentor」と名付けられた足の動きを補助するロボットの技術開発も行われている。心臓発作を起こした患者の介護に対する RUPERT の臨床テストは、ジョージア州 Atlanta 市の Banner Healthcare において行われている。

同社においては、RUPERT ロボットのほかにも、次世代ロボット技術に関する研究開発を平行して進めてきている。このような技術開発の中には、「Hand Mentor」ロボット、「手を握る、手を開く」などの動作を補助するロボットもある。2003 年には、Hand Mentor の試作品がデビューしたが、これについては、その後、直ちに商品化され、専門のディストリビューターによって市販が開始された。現在、同社においては、次世代型の「Hand Mentor 2」に関する臨床テストを、Emory University Medical School と Banner Healthcare とともに、アリゾナ州 Phoenix 市とジョージア州 Atlanta 市において実施されている。

同社の創業からの発展を時系列的に整理すると、以下のようになる。

- 2001 年 — アリゾナ州 Tempe 市で設立
- 2003 年 — 国立衛生研究院 (NIH: National Institute of Health) から The Hand Mentor の技術開発のために SBIR (Small Business Innovation Research; 小企業イノベーション研究補助金) の Phase I としての承認を受け、連邦資金が賦与
- 2003 年 — FDA に対して、Field (医療機器分野) 確立の登録と装置のリスティングの申請が行われ、Hand Mentor の市場販売・マーケティングが開始
- 2004 年 — 製品開発の拡充のため、第 2 回目の SBIR Phase I グラントを獲得
- 2005 年 — Hand Mentor によって MDDI (Medical Design and Diagnostic Industry; 医療装置デザイン協会) から Medical Design Excellence Award を受賞
- 2004 年 — R&D Magazine により全米 R&D トップ 100 位に選定

- アリゾナ州知事から年次スタートアップ・イノベーターとして表彰
- アリゾナ州バイオ産業協会によって年次 Medical Device 優秀企業に選定
- 2005 年 — NIH から Hand Mentor 臨床試験のための Phase II SBIR 資金を獲得
- Columbia Scientific 社と本格的な商業向市場化のためのパートナーシップを締結  
Columbia Scientific 社が独占的ディストリビューターとなる
- 2006 年 — Hand Mentor が再デザインされ、全米的な市場化への動きが開始

同社が研究開発段階から企業として発展するまでの経緯と成果については、同社の製品は、心臓発作を起こした患者のリハビリテーションを革新的に向上させる目的のロボットであり、現在進展が著しい医学分野である脳医学の知識にベースを置いている点に特質がある。同社の製品は、このような患者のリハビリテーションにおいて、セラピストが長い間期待されていたような効果的なセラピーを実現し、患者が大部分のリハビリテーション運動を行い、セラピストの負担を軽減するとともに、効果を向上させるために役立っている。

これらの製品に関する研究開発・技術開発は、NIH からの SBIR 補助金その他の助成金によって実施されてきた。同社には、科学アドバイザー・ボードが設けられ、この分野の研究者・科学者からの科学的なアドバイスを受けている。この科学アドバイザー・ボードは、物理セラピー (Physical therapy) の権威であり、Emory 大学 Medical School のリハビリ医学部の教授であり、また、Emory 大学リハビリ医学部の研究責任者を務める Dr. Steven Wolf 氏によってリードされている。同社は、2001 年にスタート・アップ企業として設立されたが、それ以降の 2~3 年間の発展成長は極めて顕著であり、2002 年~2003 年にかけては以下のような事項を達成した。

- 装置に関する研究開発を完了
- 臨床試験を完了
- FDA への登録と初期の製品販売
- SBIR 助成金の獲得
- NIH との 3 年期間の研究開発契約を締結
- 技術開発の進行と平行して、経営コンサルティングのチームからの支持・支援
- ASU による「テクノポリス新事業発足」プロジェクトを完了

同社の研究開発資金については、同社を核とする共同研究チームは、バイオメディカル・エンジニアリング分野に特化して、NIH から計 3 回にわたる SBIR 補助金を受け、これとは別に、全米科学財団 (NSF: National Science Foundation) のロボティクス研究プログラムなどから、2 回にわたる研究開発補助金を賦与されている。

SBIR Phase I ・ 第 1 回	————	\$400, 076
SBIR Phase I ・ 第 2 回	————	\$390, 613
<u>SBIR Phase II</u>	<u>————</u>	<u>\$388, 365</u>
SBIR 補助金総額	————	\$1, 179, 054
その他の NIH 助成金	————	\$1, 600, 000

同社のCOOを務めるEd Koeneman氏によれば、最初のSBIR補助金の取得が最も困難であり、その間の資金繰りには友人・知人や家族からの資金援助があったという。しかし、第1回目のSBIR補助金を獲得することによって、同社はRUPERTロボット技術に1つの信憑性を確立させることに成功し、第1回目のSBIR補助金による研究成果が評価された結果、第2回目のSBIR補助金の獲得につながったとも考えられている。Hand Mentorに関する研究開発についても、SBIR補助金が2003年5月に提供され、さらにその技術開発成果を継続させるためPhase IからPhase IIのSBIR追加補助金の獲得に成功したとも考えられている。「Foot Mentor」についても、2003年7月にSBIR補助金の申請を行い、2004年5月に獲得している。これを見て分かるとおおり、同社においても、スタート・アップ段階以降の資金調達には、アリゾナ州を拠点とするほかの多くのバイオテク系医療企業と同様に苦労しているのが現状である。同社においては、RUPERTの技術開発のため、これまで述べてきたように、連邦政府からSBIR補助金を計150万ドル、NIHからの特別助成金160万ドルを獲得したが、これらの資金は製品の市場化を図るための一層の技術開発に使用されるものである。SBIR Phase II補助金を獲得することができた企業に対しては、助成対象となった技術の信憑性、将来性について関連する研究・技術界で高い評価を受けた実証でもあるものと解釈されている。このような意味で、SBIR Phase IIは、いわば連邦政府の公的ベンチャー資金と言っても良い。SBIR Phase IIによる研究開発が終了した後は、その成果であるロボットの市場向けの生産とマーケティング・販売の準備を行わなければならない。同社では、そのためにさらに200万～500万ドルと見積もられる自己資本を独自に資金調達をしなければならない。SBIR Phase II終了段階となれば、ベンチャー・キャピタルによる投資先としての資格を得たものと考えられる状況になるため、今後は、同社がベンチャー・キャピタルが投資先を探す際の対象となり、その投資資金の利用が期待されている。

同社の商業化・市場化戦略という観点からは、同社の他の関連製品における将来の研究開発については、かなり計画が進んでいるように見受けられる。このような観点から、同社では「Product Pipeline is Full（次に市場に展開する製品は既に列を成している）」という言い方がなされている。さらに、事業展開を図るに当たっての共同提携者（パートナー）についても、かなり決まりかけているように見受けられる。

同社の他の研究者・研究機関との間のパートナーシップについては、研究開発に関してはEmory University Medical School、Georgia Institute of TechnologyおよびASUとのパートナーシップの下に展開されている。当初に決めた販売・マーケティング・代理店はMobility Research社とChattanooga Group社であったが、2006年9月には、Columbia Scientific, LLCを相手として、独占的な販売・マーケティング委託の契約を締結し本格的な事業展開の開始を行うことにした。この契約締結後、直ちに発効した独占ディストリビューター契約により、Columbia Scientific, LLC社は、米国における同社の「Hand Mentor Pro」と名づけられたリハビリテーション装置を独占的に扱うことになった。Hand Mentor Proは、心臓発作を起こした患者や他の脳傷を患った患者の手と手首のリハビリテーション用に設計されたものであり、同社の製品構成の中で最初に商業化された製品となっている。Columbia Scientific, LLC社は、医療機器のディストリビューターであり、特に脳神経障害のリハビリテーション市場に専門特化している。同社の共同創業者で経営責任者であるEd Koeneman氏からは、「Columbia Scientific, LLC社が扱っている他の製品は、

我々の装置と補完的である。Columbia Scientific, LLC 社は、我々と全く同じ顧客を対象としているため、より広い市場に向けて両社の努力を協力しながら行うことは、大きな意義を持つ。脳関係リハビリ市場の成長に関しては、我々と Columbia Scientific, LLC 社は、ともに合致した見方をしており、両社とも、今後の脳医学研究と心臓発作を起こした患者の生命・生活の向上に尽くす新たな技術の発明について熱意を持って取り組んでいる」と語っている。Columbia Scientific, LLC 社の創立者で経営責任者の Mike Saringer 氏も、「KMI 社は手のセラピーに通っている心臓発作を起こした患者や脳に傷害のある患者に対して、現在入手することができる価格での脳関係リハビリテーション用製品のパイオニアとして成功を収めた起業である。Hand Mentor Pro は、Columbia Scientific, LLC 社が提供してきた脳関係のリハビリテーション用製品というラインから見れば例外的なものを追加したことになる。リハビリテーション関係の製品を提供する我々のパートナーとして、このような製品も提供できるようになることについては、たいへん喜んでいる」と述べている。Columbia Scientific, LLC 社は、オレゴン州 Portland 市に本拠を置き、脳関係のリハビリテーション市場に対して新たな装置や治療方式を専門的に提供している。Columbia Scientific, LLC 社は、2003 年初期に設立されたが、医療関連市場の中で急激に成長を遂げている特別なセグメントにおいて、新たな製品・治療方法を商業化する企業の 1 つとして注目を集めている。Columbia Scientific, LLC 社は、米国内で 1,500 以上のリハビリテーション・センター向けに直接製品とサービス・サポートを提供している。

同社の COO である Koeneman 氏は、戦略的パートナーを求めるに当たっては、自ら懸命な下準備に十分に時間をかけることが必要であるというアドバイスを行っている。同氏によれば、「パートナー企業の顧客に対して自らインタビューを行い、またサプライヤーに対してもインタビューを行い、現在と過去におけるパートナー企業に関するレビューを行うことが重要である。他人から与えられる評判には頼らず、自らパートナー企業の沿革についての知識に基づき、さらに深く検討してみることが有意義である。もし同じ分野で競合企業が事業活動を行っていれば、競合企業も既にパートナーに対してコンタクトを取っているであろう。単に便利で都合良く、かつ容易であるという理由だけでパートナーシップ形成に飛び込まないことである。ビジネス上良い意味を持つパートナーシップの形成が必要であり、パートナーが自らとともにゴールを達成する熱意と能力を有することにも確証を持たなければならない」という。

同社は、既に述べてきたとおり、研究開発から技術開発、製品化に至るまでのコストのうち、大部分を SBIR 補助金や NIH からの開発契約補助金などの連邦資金によって賄ってきた。同社に対する連邦資金支出の総額と内訳を整理すると、以下のようになる。

Hand Mentor に関する NIH の SBIR Phase I	\$100,000
Wolf Study と呼ばれる研究資金 (Hand Mentor 関連)	\$400,000
Upper Extremity (上半身先端部) に関する NIH 契約研究資金	\$1,500,000
Hand Mentor に関する SBIR Phase II (連邦政府ベンチャー資金と言えるもの)	\$1,200,000
Foot Mentor に関する SBIR Phase I の補助金	\$200,000
総 額	<u>\$3,400,000</u>

このうち、特に SBIR Phase II 補助金は、Phase I をさらに拡大して交付されるもので、目的は技術開発最終段階の市場製品化にあり、補助金の金額レベルも大きい。ベンチャー・キャピタルも、この Phase II の成功実績を重視して、自らの主要な投資決定要因としている。しかしながら、本格的なロボット製品の市場向け生産・販売という商業化プロセスを実行するためには、さらに 200 万～500 万ドルの自己資金が必要とされ、独自に資金調達をしなければならない。市場向け製品の量産在庫準備などのため、融資借入はもちろん、外部からの民間投資が必要とされ、特にベンチャー・キャピタルによる投資が期待される。

同社のマーケティング・販売については、同社の製品である Hand Mentor Pro については、Columbia Scientific, LLC 社に独占権を与えて、専属ディストリビューターとしたので、費用・コストを削減することができているが、その反面、同社の収益も減少する仕組みとなる。なお Hand Mentor 製品の定価としては、2005 年に、月間レンタルとしてはレンタル料 400 ドル/月、購入調達の場合には 4,000 ドルと発表した。

Hand Mentor Pro の今後の市場規模や近未来における同製品マーケット・シェアの予測については、この製品が対象としている市場である神経外科のリハビリテーション市場は、実は未熟であるという点に注意する必要がある。同社の推定によれば、臨床的なこの種の製品の潜在市場は 5 億ドルと見積もられている。同社の創業者で COO である Ed Koeneman 氏によれば、「我々のこの市場における成功の鍵の 1 つは、臨床的教育である。我々がマーケット・シェアを獲得することができるかどうかは、如何に我々の装置の科学的なベネフィットについて顧客教育ができるか否かにかかっている」という。

#### 4. 医療ロボット企業の概観と企業ケーススタディー

医療ロボットの分野において、もっとも著名な先駆的企業としては、まず、人工股関節置換手術のために IBM 社トーマス・ワトソン研究所とカリフォルニア大学デービス校医学部の研究者による共同研究開発プロジェクトの成果を商業化した Integrated Surgical System 社を挙げることができる。同社の事業活動は、暫くの間、中止されていたが、最近再開されているようである。

そのほかにも、ロボット支援低侵襲手術 (MIS: minimally invasive surgery) 技術の世界的リーダーの地位を確立したダヴィンチ手術ロボット・システムで有名な Intuitive Surgical, Inc 社も、大きな成功を収めた企業として名が通っており、既に NASDAQ 市場に株式を上場することにより、株式公開企業となっている。同社のダヴィンチ手術システムは、視覚化、器用さ、人間工学的な快適さの向上などの点で優れており、MIS 手術として実用化できる段階に到達している。ダヴィンチ手術システムは、膝関節置換手術や心臓手術用に多くの病院で活用されている。また、この手術システムは、FDA 認可を初めて得た一般腹腔手術用ロボット・システムでもある。

また、Computer Motion, Inc. 社においては、「インテリジェント・オペレーティング・ルーム (知能的手術室)」向けの医療コンピュータとロボットに関する製品の技術開発・製造が行われて

いる。同社の製品ラインナップには、AESOP、HERMES、ZEUS などと名づけられた外科手術支援ロボットが含まれている。この中でも、特に AESOP (Automated Endoscope System for Optimal Positioning) は、FDA の認可を 1994 年に取得し、外科支援ロボットの先駆者的存在となっている。

Micro Dexterity Systems 社においては、ロボット支援マイクロ手術システム (RAMS: Robotic Assisted Micro Surgery System) を開発し、実用化に成功している。このシステムは、脳腫瘍、一部の動脈瘤、頸椎の手術など、外科医にとって高度な技能が求められる困難な手術で高度技能が求められる手術を対象として、ロボット技術を用いて、機能的な脳神経手術を支援するものである。

厳密な意味での手術支援ロボットの分野以外でも、医療現場における医師や患者の動作を補助するという観点から可動型のモバイル・ロボットの分野においては、Pyxis Corporation 社や Help Me Robotics 社などが、病院内での配達・運搬用ロボットとして Help Mate と呼ばれるロボットを開発・製造している。さらに、Aethon Inc. 社においては、TUG と名づけられた重量 50 ポンドの病院内配達・運搬システム・ロボットに関する技術開発が行われている。TUG は、自律的に動くことができるロボットであり、ソーナー装置と遠赤外線センサーを利用して、障害物を回避しながら走行することができる。

このほか、自動処方薬の取扱いシステム・ロボットもあり、大型病院、クリニック、リハビリ・センターなどの医療施設や大型薬局、HMO (医療保険会社) などで利用されている。McKesson Automated Prescription System 社が製造・販売を行っているシステムにおいては、自給式オートスクリプト・システムの中で 6 自由度をもつロボットが活用されている。このシステムを利用することにより、処方薬の 80% について、Physician Order Entry (医師受注システム) から直接ホストコンピュータへ情報データが入力され、高い効率を達成するだけでなく、処方箋の読み間違いによるエラーを回避することができる。

#### 4.1 Intuitive Surgical, Inc. 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 1266 Kifer Road, Building 101, Sunnyvale, CA 94086

Phone: 408-523-2100

Web: <http://www.intuitivesurgical.com/corporate>

経営責任者: Lonnie M. Smith, Chairman of the Board & Chief Executive Officer

Intuitive Surgical, Inc. (ISGR) 社は、NASDAQ 市場において株式公開を行っている企業であり、ロボット技術を用いた低侵襲手術技術の分野において世界的リーダーとなっている。同社のダヴィンチ手術システムは、MIS を実施するに当たって、外科医チームに対して、視覚化、器用さ、精確さ、人間工学的な快適さの向上などを提供し、MIS 手術の最適化を図るために開発されたものである。ダヴィンチ手術システムを導入することによって、心臓切開手術など非常に複雑な手術手法を要する手術もわずか 1~2 センチ程度の切開だけで行うことが可能となっている。既



に、多数の米国や海外の病院において、この医療技術のブレークスルーが広範な患者に対してベネフィットを提供しており、ロボットを用いた膝関節置換手術や心臓手術を行うために、ダヴィンチ手術システムが購入・活用されている。

MIS イニシアティブへの投資は、ダヴィンチ手術システムのプラットフォームの上に構築されることにより、病院側に手術マーケットにおけるシェアの拡大、医療リソースの複合的活用、生産性や病院経営における効率向上など、大きな効果を与えることができる。施術の向上・改善が図られることによって、病状が複雑化する患者の数を減少させることができるほか、手術後の炎症を減らし、輸血の必要を低減させ、手術直後の痛みの管理や手術直後の看護の容易化、手術後患者の入院回数の減少なども可能となる。

ダヴィンチ手術システムの原型となったプロトタイプは、1980年代後半に旧 Stanford Research Institute（現在は SRI International）において米陸軍との委託契約の下に開発されたものである。当初の試験的作業を行うに当たっては、野戦病院での手術用システムを開発するために資金提供がなされたが、それによって得られた技術的な成果を商業的に応用する可能性についても強く認識されていた。この作業に従事・関与していた研究者にとって、この技術が低侵襲手術のアプローチに応用され、より広い範囲における手術手法に効果をあげることができることは明白であったという。

同社は、1995年に創立された後、1999年1月にダヴィンチ手術システムの製造を開始した。2000年には、FDAによって一般腹腔鏡手術用ロボット・システムとして初めてとなる承認を受けた。その後、FDAにおいては、ダヴィンチ手術システムを胸部手術システムとしても承認を行い、このシステムを胸腔鏡手術、付加的切開部を伴う心臓手術、泌尿器手術、産婦人科手術などの用途にも用いることが可能となった。同社は、2000年6月にNASDAQ市場における株式の上場・公開に成功した。2003年には、同社の主要な競争企業であった Computer Motion 社を吸収合併することにより、同社が保有する知的財産権の立場を強め、世界における唯一のロボット支援手術システムの提供者としての地位を確実にした。2007年現在で、世界中の病院で700基以上のダヴィンチ手術システムが配備されている。同社は、合計300件以上の米国と外国の特許を保有しており、これに加えて特許申請中の技術も数多く所有している。同社においては、自社固有の技術開発に加えて、関連業界におけるリーダー企業・機関とも提携・協力関係を構築しており、提携企業・機関の中には、IBM社、MIT、Heartport社（Johnson & Johnson社関連企業）などが含まれている。同社においては、さらに Ethicon Endo-Surgery（Johnson & Johnson社の関連企業）、Medtronic社、Olympus Optical社などの企業との間にも協力関係も結んでいる。同社の本社は、シリコンバレーの中心地区であるカリフォルニア州 Sunnyvale 市にあり、このオフィスを中心として、世界中で700名以上の従業員を雇用している。2006年2月31日に終了した2006会計年度における同社の総売上収入は計3億7,270万ドルであり、2005会計年度における売上収入であった2億2,730万ドルから64%の増加となっている。ダヴィンチ手術システムを用いた腹腔手術技術は、ポリープ癌治療において現在最も速い速度で成長を遂げている。ポリープ癌は、男性の癌関連死亡原因の第2位となっていることから、ダヴィンチ手術システムに対する潜在的な需要の大きさは、この技術の研究開発に着手した当初から存在していたといえる。

同社の経営状況については、①期待以上の高い経営実績をあげている、②同社の手術システムのユーザーである病院側にも有効な投資対効果があげられている、③臨床的にも優れていて患者にもベネフィットがある、④販売戦略も安定化が図られている、⑤新たな手術手法が普及することによって将来的な売上げ増も期待できる、という指摘がなされている。

同社のダヴィンチ手術システムは、医療現場にまだまだ浸透していないロボット支援手術という市場において堅固な基盤を築いている。ロボット支援手術システムは、2006年9月の時点で、全米で5,800ある外科手術ができる病院において356システムが配備されているだけであり、海外では111システムしか配備されていない。また、同社は、最も近接した競争企業である Computer Motion 社を 2003 年 6 月に買収し、現在では直接的な競争企業は存在していない。投資アナリストは、特許権、固有技術、医療規制による障壁が、同社を競争から守る経済的な砦になっているとコメントしている。

また、ダヴィンチ手術システム一基の価格は 100 万ドルを上回っており、病院にとっても高価なものになっているにも拘らず、病院側は、外科手術というマーケットにおけるシェアの増大と患者の入院期間の短縮によって得られる投資対効果が高いものと見ているようである。さらに、最近では、病院の設備投資は高レベルで継続しており、2007 年末までにはダヴィンチ手術システムの売上げは 20%以上となるものと見られている。同社の価格設定要因としては、ダヴィンチ手術システムを用いることによって最も顕著なベネフィットが得られる 4 種の手術について、病院側は、これを用いることによってさらに 1~2 回の手術の量を増やすことができるということを挙げることができる。ダヴィンチ手術システムを用いる場合、病院には一回の手術につき使い捨て手術用具にかかるコスト (1 回の手術につき 1,500~2,000 ドル) が発生することになるが、これも含めた病院側の導入・使用コストは、手術回数の増加と患者の入院日数の低減によってオフセットされるものと考えられる。

一方、ダヴィンチ手術システムは、より直覚的な動き、自然な手の器用さ、動きの範囲、震えの減少、3 次元視覚化、より迅速な学習効果などを持つことにより、従来式の一般腹腔鏡の手術における欠点の多くに対処しており、複数の外科医が使用することができる。ダヴィンチ手術システムを用いて治療された患者にとっても、微小な切開口の手術で良く、病状の複雑化も少なくなり、血液の喪失も少ないため輸血の必要も少なく、痛みも少なく、回復も早くなるというベネフィットがある。

同社の売上構造についても、米国におけるビジネスモデルの中で典型的に「レーザーとレーザーブレード (剃刀の刃)」と呼ばれる戦略をとって運営されている。具体的には、ダヴィンチ手術システムの売上げは、同社の全売上げの 55%を占めるだけであり、これを全売上げの 30%を占める使い捨て手術用具と 15%を占めるサービスによって補完している。同社がダヴィンチ手術システムを販売するに当たっては、システム本体の販売と合わせて、システム購入から 5 年間にわたるサービス契約の初期部分を販売している。これに、前述のように、ダヴィンチ手術システムを利用する外科医に販売する複数回使用した後に廃棄しなければならない使い捨て式の手術用具アタッチメントを反復的に販売している。このような手術用具は、10 回の手術まで使用でき、かつそれ

が同社の純製であることがシステムに装着した時点で「電子握手 (digital Handshake)」方式で認証されるようになっており、手術用具が精確さを保ち、鋭敏で、かつ手術上のエラーを出さないことも確認できるようになっている。さらに、この電子握手方式によるチェックを行うことによって、同社以外のメーカーによって作られた手術用具の使用を防止することもできる。これは、同社にとって繰り返し収入を生み出すことになる。同社では、このほか、外科医に対する訓練を提供することによっても収入を生み出しており、現在世界中に 18 カ所のトレーニング施設を運営している。今後 2~3 年間のうちに、同社は手術システムの売上げへの依存度を減らすことにより、より安定した売上構造を構築することが目指されるであろう。投資アナリストによれば、2009 年までには、同社の売上げの 52% が繰り返される手術用具の販売とサービス提供による収入になるものと推定されている。

ダヴィンチ手術システムが実現した新たな手術手法が今後迅速に普及することが期待される中、2006 年上半期における同社の売上げは 74% 増となったが、これは、経営陣が 2006 年の売上げ 3 億 5,300 万ドル、前年比 50~55% という保守的な売上予測を上回るものであった。同社の 2006 年会計年度における総売上高は 3 億 7,270 万ドルで、2005 年の 2 億 2,730 万ドルに比べて 64% 増加した。純収益 (Net income) は、非現金の株式報酬の経費を含めて 2006 年度において 7,200 万ドルであったが、株式報酬の経費を除外すれば 8,830 万ドルとなった。

総売上高 (単位: 100 万ドル)	2006 年	2005 年	増加額
合計	372.7	227.3	145.4
内訳: 使い捨て手術用具	111.7	67.8	43.9
ダヴィンチ手術システム本体	205.9	124.6	81.3
サービス・トレーニング	55.1	34.9	20.2

同社のパートナー戦略については、2007 年 11 月に InTouch Health 社との間に技術開発とライセンスの提供を受ける協定を締結したことが注目される。同社では、ロボットを用いた低侵襲手術分野における世界的なリーダーとして、InTouch Health 社が持つリモート・プレゼンス技術を自社のダヴィンチ手術システムに統合することにより、離れた場所にいる外科医が遠隔的に手術の監視、訓練、協力することを可能にすることがパートナーシップの目的としている。この 2 社によるシステムの統合によって、外科医の訓練にとってもより効率的な方法を提供することができるようになることが期待されている。両社は、直接的な競争関係にはなく、非常に優れた補完的關係にあることから、同社にとっても同社のダヴィンチ手術システムの普及拡大を図る上で、InTouch Health 社のリモート・プレゼンス技術が貢献するところが大きいという展望と考察の下にパートナーシップを形成したものと考えられている。

## 4.2 Aethon, Inc. 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 100 Business Center Drive, Pittsburgh, PA 15205

Phone: 412-322-2975

Web: <http://www.aethon.com/index.html>

経営責任者: Mr. Ald Zini, CEO & President

ペンシルバニア州ピッツバーグは、ロボット工学研究の最高峰の大学であるカーネギー・メロン大学 (Carnegie Mellon University) が存在することを核として、米国においてロボット産業の一大クラスターを形成している。Aethon, Inc. 社は、そのピッツバーグを本拠とする多数のロボット企業の1つであり、ロボット工学関係分野におけるイノベーターの1人であるカーネギー・メロン大学のロボティクス研究所の卒業生である Henry Thorne 氏によって設立された。同社では、TUG と名づけられた病院内配達・運搬ロボットを開発・製造することを通じて、医療分野におけるサービス・ロボットメーカーとして知られている。TUG と、その後に開発された配達される病院内の諸物品・機器などのアセット・トラッキングを行うロボット・システムである Homer は、手頃な価格の自動クーリエ・システムであり、病院内での配達とその追跡記録を行うシステムを提供する。

TUG ロボットは、重量 50 ポンドの運搬能力があり、最大運搬能力 225 k g のカートを操縦しながら、自律的に1カ所から別の場所に病院内を医療品機器・器具から、ベッド、レントゲン写真、薬品、食品など多種多様な物品を配達する。TUG のアプリケーションは広範囲にわたり、昼夜を問わず 24 時間稼動することができる。さらに、病院内の個別の部署に対応したタスクを行うようにカスタマイズすることも容易である。このため、病院スタッフの作業能率を増加させることができ、病院にとってコスト削減、ワーク・フローの最適化、生産性向上をもたらす。

1980 年代初期にカーネギー・メロン大学ロボット研究所を卒業した Henry Thorne 氏は、General Motors 社 (GM) において 5 年間ロボット・システムのエンジニアリングに携わった。彼は、GM において、GM が創りあげた最大で最もロボット依存性が高いアーク溶接アッセンブリー・ラインを設計することにより、GM 車のフレームのアーク溶接量が 1 日直線で 5 マイルに達したとも言われている。Thorne 氏は、GM 退社後の 1990 年に Cycle Time Corporation 社を創設し、最初の産業用ロボットに用いられるグラフィック・ユーザー・インターフェースを開発した。この技術は、米系自動車メーカー(デトロイト 3)において 5,000 台以上のロボットに使われている。Cycle Time Corporation 社は、さらに最初の完全自動化ツール・センター・ポイント微調整システムのエンジニアリングを行い、世界最大のロボット企業である ABB Robotics, Inc. 社に独占ライセンス提供を行った。Thorne 氏は、1995 年には、自己の注目と関心をモバイル・ロボットに向け、最初のパーソナル・ロボットである CYE を作り上げた。CYE は、最初 Probotics, Inc. 社で発売されたが、後に Educational Robot Company 社が販売を担当した。Thorne 氏は、2001 年には、大型で、より能力の高いモバイル・ロボットを商業化するために Aethon, Inc. 社を設立し、病院内の各所にあらゆる種類のアセットを自律的に運搬・配達するために使用される TUG ロボットを手掛け

た。Thorne氏は、TUGロボットの商業化の見通しが立った時点で同社の経営責任者を退いて、現CEOであり、同社の初期の投資家だったAldo Zini氏に同社の経営責任者の座を譲った。この背景には、Thorne氏は、技術に関してはイノベーターであり、アントレプレナーでありながら、創設した企業が彼の製品の商業化に成功を収め、スタート・アップ企業として事業発展していく段階において企業経営に専念することには熱意が無かったということを挙げることができる。当時、スタート・アップ展開の段階にあった同社に対して、機関投資家やベンチャー・キャピタルが、製品の技術面ではなく、経営面での有能な起業家を要求したとも言われている。Thorne氏は、成功したハイテク・先端技術の発明家・研究開発者とアントレプレナーの役割を同時に成功して果たす役割には向かなかった。しかし、自ら発明した技術を用いて起業し、その商業化と事業展開の見通しが立った時点で自ら創設した企業を退くというケースは、米国におけるベンチャー・ビジネスではしばしば見受けられることである。Thorne氏は、自ら創設した同社の取締役会メンバーとして現在も残っている。ちなみに、同社の経営から手を引いたThorne氏は、その後Thorley Industries社を共同設立し、消費者向けの電子機器のコストを継続的に低減させることを目指した製品開発を行っている。最近では、4Momsと名づけられた、幼児の入浴方法を革新的に変えるものに取り組んでいるという。

同社の主要製品であるTUGは、クーリエ用のモバイル・サービス・ロボットである。このロボットは、病院内のさまざまな場所を移動してアセットを配達・運搬するものであり、これによって日常反復的な配達・運搬のタスクをロボットに行わせることにより、ヘルスケア・サービスの提供者は、患者のケアやヘルスケアに直接関連した作業を実施することにより多くの時間が掛けられるようになる。同社では、「TUGの自動化技術プラットフォームを導入することによって、病院スタッフの生産性と患者の満足度の向上が図られ、病院側にも時間とコストの節減をもたらすことができる」と説明している。1つ1つのTUGモバイル・ロボットは、それぞれのアプリケーションが行われる場所に配備することができる。例えば、薬局ロボットは薬局のあるエリアに置くことができる。薬品の配達のためロボットを呼ぶには、医師はタッチ・スクリーンのモニターにインプットするだけでよい。薬剤師は、これに対応するタッチ・スクリーンのモニター上で、医師からの注文オーダーが分かり、オーダーに沿った薬剤を準備してロボットに乗せ、行き先方向をモニター上で押すことによって、ロボットをその目的地に向かわせることができる。TUGロボットは、自律的に走行操作を行い、自動ドアを開き、走行中にコミュニケーションをすることもできる。エレベーターを呼び、乗り降りを行い、ナーシング・センターに向かい、アセットの到着を伝えることができる。看護師は、5文字のキーパッド・ナンバーをロボットに入力し、運ばれてきた薬品を取り出し、カートを開めて「Go」と示されたボタンを押すことにより、ロボットは次の配達先に走行するか、薬局に戻ってくる。そこで自動的に自らを充電し、次の配達を待つのである。TUGロボット・システムは、ソーナー装置と遠赤外線センサーを利用することによって、障害物を回避しながら病院内を走行することができる。TUGロボット自身のサイズは小型スーツケース程度となっており、速度は毎秒3フィートに設定されている。病院用カートの基盤支柱に固定することによって、カートを回転させることもできる。

同社のもう1つの主要製品であるHomerロボットは、TUGロボットに加えて、病院の機器、供給品、物品類の所在を探し、配達運搬し、回収することを目的として作られた。Homerロボット

を導入することによって、病院はモバイルで自律的な病院資産（アセット）活用ソリューションを得ることができる。このソリューションは、病院アセットの配達・運搬と回収を行う TUG ロボット・システムに加えて、RFID ベースのアセット追跡システムを導入して、これら 2 つのロボティック・システムを統合的に使用することにより、病院スタッフの効率と満足、アセットの活用向上、機器レンタルの削減、規制へのコンプライアンスの向上等を達成するものである。同社 CEO である Zini 氏によれば、「病院にインフラ投資を回避させることができる唯一のアセット・ソリューションが TUG と HOMER であり、ワーク・フローのダイナミクスを向上させ、運営コストを低減し、ヘルスケアの質の向上をもたらすことができる」と強調している。HOMER ロボットのアセット・トラッキング能力は、RFID タグによって可能になった技術の延長線上にあるものである。RFID タグのプラットフォームを最大限に活用することによって、HOMER ロボットは他のシステムにとって典型的な障害を除去する単一のモバイル・アンテナを採用している。HOMER は、既存の病院システムとシームレスに導入することができ、既存のアセット管理ソフトに統合できるといふ。HOMER は、アクティブ化された RFID タグと共同で機能し、特定の RFID タグに依存しない独立性を有しているため、いかなる第 3 者の RFID タグも使用することができる。同社は、Homer ロボット・システムの設置、RFID タグの選定・セットアップ、ソフトウェアの統合、トレーニング・サポートを一元的に提供している。このシステムを導入した病院では、個別の RFID タグによってトラックされるアセットの価格が提供されることにより、投資のコントロールが可能となり、典型的なサイト・ライセンスに伴う大規模の設備経費を避けることが可能となる。病院側は、アセット・トラッキングのために専用のシステムを設置する必要がなく、コストを削減することができる。同社によれば、「我々は、ロボットにアンテナを装備し、病院側にアセット管理用の RFID タグを提供するので、病院としては、車椅子や IV ポンプ、ベッドなどの機器に RFID タグを付ければよいだけである。こうすることにより、Homer ロボットが施設内を動きながら、同時に全てのアセットをトラックすることにより、それを表示する。我々は、リモート・モニタリングのサービスを追加的に手頃な価格で提供することができる。このような方法によって、Aethon 社は病院に対して、ヘルスケアの改善とコスト削減に正しい対処方法を提供している」といふ。

病院内では、ロボットとのコミュニケーションは、Cisco 社製のワイヤレス・ネットワークを通じて行われている。病院外においては、同社のピッツバーグ本社において、全てのロボットを Cisco 社の Virtual Private Network でモニターし、リモート診断・修理・ソフトウェアのアップグレードが行われている。同社のスポークスマンは、「我々は、ロボットを活用することによって、顧客に最高の生産性を挙げてもらいたい。このため、遠隔地にあるロボットに対しても、ピッツバーグからロボットの機能を万全に保つことができるようにしているが、病院では我々がピッツバーグで行っていることに気づいていないことが多い。実際、ロボットが故障した場合には、ユーザーである病院が気が付くよりも前に、我々の方がわかるようになっている」とコメントしている。

同社の起業初期段階から発展・成長段階において、起業経営者として寄与・貢献したのは創設者の Thorne 氏から経営責任者の役割を引き継いだ会長兼 CEO の Zini 氏である。Zini 氏は、病院において患者の安全に関する技術革新に取り組むことについて、15 年以上の経験を有している。同社の製品を商業化する際の駆動力になり、ロボット工学企業である同社の CEO として、サプラ

イ・チェーンを改善するイノベーションに富んだオートメーション・プラットフォームである同社の製品・システムに関する事業展開を行った。Zini氏は、医療・ヘルスケア分野において、同社の最高責任者になる前から成功を収めた実績を有する。Zini氏は、1990年代に、米国において病院用の処方箋薬処理を行うロボット・システムである ROBOT-RX の開発に成功した Automated Healthcare社の販売・マーケティングの副社長を務めた。この企業は、業界最大手のMcKesson HBOC社に1996年に6,700万ドルで買収されたが、Zini氏は、この買収以前のスタート・アップ段階から経営に参加し、ベンチャー・キャピタルからの資金の獲得に主要な役割を果たし、また製品開発、製品市場化、販売・マーケティングに大きく貢献した。Zini氏は、Automated Healthcare社が買収された後に、McKesson HBOC社の上級副社長として抜擢され、本社機構の責任者の1人となり、McKesson HBDC社の医療機関向け事業部門の年間売上げを10億ドルから50億ドルに成長させた実績も持つ。Zini氏は、McKesson HBDC社をピッツバーグにおける最大のサクセス・ストーリーの1つとすることに成功した。Automated Healthcare社は、ピッツバーグにおいて過去15年間にわたり、どの技術企業よりも多くの売上げと雇用を生み出したと言われている。Zini氏は、2002年に、当時スタート・アップ段階にあった同社に対して個人として投資を行うとともに、同社の経営に直接参加し、同社の販売・マーケティング活動をリードした。その直後に、同社は最初の機関投資家からの資金調達を受けたが、その際に創設者のThorne氏に代わってZini氏が経営最高責任者となって同社をリードすることが条件とされたと言われている。初回の機関投資家からの資金調達を行った直後から、同時に他のベンチャー・キャピタルも次々と投資を決定したようであるが、この際にも、同社の経営責任者としてZini氏を据えることが強く要望されたという。同社の取締役会メンバーにベンチャー・キャピタル数社の代表が加わって経営方針や経営実践の監督と指導に当たっていることから、同社がこれらのベンチャー・キャピタルからの投資を受けていることは明白となっている。Zini氏自身も、処方箋薬品の処理技術に関して数件の特許を有する発明家でもある。全米規模で多数の病院において開発された数次の技術プラットフォームについて、その価値を定量化する方法論を開発するのに大いに貢献したものとして高く評価されている。Zini氏は、ピッツバーグ大学（University of Pittsburgh）から産業工学で学士号を取得し、さらにカーネギー・メロン大学から公共管理学（医療システムIT）の専攻で優秀修士号を受けている。Zini氏が同社のCEOに就任した際に、彼はそれまで在籍していたAutomated Healthcare社から優秀な人材を連れてきており、財務など主要部門の副社長に就けている。Zini氏は、2007年6月には、米国の年次最優秀起業家賞として著名なErnest & Young Entrepreneur of the Yearを受賞した。これは、同社をスタート・アップ段階の企業から病院のサプライ・チェーンのロジスティック技術リーダーとしての企業に成長させた実績が認められたものである。Zini氏は、「Aethon社の成功は、病院のサプライ・チェーンのロジスティックスを再定義することにつながり、ひとえに我社の経営チームと従業員の努力の成果である。我々のワークフロー・エンジニアリング、ソフトウェア、ロボット、病院という市場に関する専門知識を用いることによって、病院のアセット・ロケーション、配達・運搬、回収のオートメーション化を通じて、効率的かつ効果的なヘルスケアを実現する際の障害を除去することができた」とコメントしている。Zini氏は、同社の累積年間平均成長率200%という急速な成長を達成する上で、CEOとして非常に大きな貢献を行ってきたものと評価されている。

同社の取締役会は、CEOであるZini氏と創設者のThorne氏を含め計8名でなるが、そのうち

半分の4名は、前述のとおり異なったベンチャー・キャピタルの代表となっている。具体的には、Trident Capital 社、Pacific Venture Group 社、Draper Triangle Ventures 社、Salix Venture 社の4社である。これら4名のベンチャー・キャピタルの代表者が同社の取締役メンバーになっているのは、投資回収を目指すため、同社の経営方針と市場戦略、その実践を監督・指導するためである。さらにこれらの取締役メンバーは、それぞれが代表する各ベンチャー・キャピタルのパートナーであり、自らもベンチャー企業による技術の商業化に経験と専門知識能力を有している。これらのベンチャー・キャピタルの中でも、特に Draper Triangle Ventures からの投資が中心的な役割を果たしたものと考えられている。このベンチャー・キャピタルは、中西部に拠点を置く Draper Fisher Jurvetson 社の投資ファンドであり、シード段階と初期段階における大手のベンチャー・キャピタルである。これらベンチャー・キャピタルからの投資を受け入れた時期においては、同社が本格的な生産を行うための設備投資やランニングコストの支出に加え、Homer に関する技術開発のために、資金調達源としてベンチャー・キャピタルに大きく依存していたことよくわかる。

同社が提供している製品・システムの市場としては、全米の各種病院に集中している。同社の TUG ロボットと HOMER ロボットを病院におけるアプリケーションとして活用している例として、以下の3ケースを挙げるができる。

- ・ Alle-Kiski メディカル・センター（ペンシルバニア州 Natrona Heights 市）は、ベッド数 250 床のローカル病院で、入院・外来の患者を扱っている。年間で 1 万 2,000 人の入院患者と 4 万 6,000 の緊急ケア患者の処置を行い、8,200 回の手術を実施している。300 人の医師と 1,100 人のスタッフが同病院施設を共用している。緊急病棟において TUG が利用されており、緊急病棟におけるラボラトリーの回転時間のスタッフを増員することなしに 24 分から 7 分に減少させることを通じて、患者の治療により多くの時間をかけられるようになったという。

- ・ メリーランド大学メディカル・センター（メリーランド州 Baltimore 市）の緊急病棟は、ベッド数 102 床で、複数の傷、中枢神経、頭部トラウマおよび複雑な整形外科手術を専門としている。従来、ショック・トラウマ部署においては、投薬に際しての薬品の待機時間が長く、平均のサイクル時間は 74 分を要していたが、TUG ロボットを導入することにより、これを 30 分に短縮することができた。この結果、看護師の満足度が 23% 増加した。

- ・ ピッツバーグ大学医学センター・セント・マーガレット病院（ペンシルバニア州ピッツバーグ市）は、ベッド数 185 床のローカル・コミュニティ病院であり、周辺の人口 100 万人を対象として、神経痛、老人病、整形外科、家族医療などを提供している。従来は、1 日当たり 60 件の配達・運搬が人手によって行われていたが、TUG ロボットを導入することにより、サプライ・センターのスタッフを増員することなしにサービスを 20% 増加させるとともに、ナーシング部署への配達も 20% 早くすることができた。TUG ロボットによる往復の配達時間は平均 8.8 分であり、平均の節約時間は週に 62.3 時間にも及ぶ。病院が TUG ロボットを導入したことに対するコスト削減効果は、時間節約によるフルタイム・スタッフ 1.6 人分に加え、セントラル・サプライにおけるフルタイム・スタッフ 1.5 人分を合わせ、年間 2 万 5,000 ドルとなっており、TUG



を5年間リースしている場合、投資対効果185%ということになる。

TUG ロボット・システムの市販価格は、1台3万5,000ドルに設定されている。これを導入することによって、年間のフルタイム・スタッフ1.5～1.6人分相当のコスト削減が見込まれることから、上記のピッツバーグ大学医学センター・セント・マーガレット病院の例でもわかるとおり、5年間リースとしても十分な投資対効果が期待できる。TUG ロボット・システムが走行できる範囲は、廊下や通路などの共用部分に限定され、病室内を走行することはできない。同社では、TUG ロボットの新たなアプリケーション分野として、今後は病院以外にも、空港、観光船、クルーズ船、大型スペースを持つオフィスなどへの市場の導入の可能性を検討しており、マーケティング戦略開発を準備中と言われている。

## 5. 探査・探索・偵察・宇宙関連活動用ロボット企業の概観と企業ケーススタディー

ロボット工学の見地から非構造的な自然環境で運用されるアウトドア・ロボットの分野においては、国防・軍事や国土安全保障に関する連邦政府の政策が、安全保障の観点から豊富な研究開発資金を提供しており、さまざまな研究開発プロジェクトが実施されてきた結果、大きな技術進歩が展開されている。サービス・ロボットやモバイル・ロボットも、自然状況的な環境の下において運用されるものについては、工場、病院、研究室など制御され最適化された環境に比べて、これに対応するための技術的な困難さは遥かに高くなる。アウトドア環境の中には、ロボットの配備が比較的容易であり、効率的に作動することができる場合もある。その例としては、無人飛行体(UAV)を挙げることができ、既に米軍は偵察・監視などの軍事目的で「グローバル・ホーク」や「プレデター」などのロボットが配備・運用されている。現在、このような分野における研究開発プロジェクト数や連邦政府からの研究開発資金は非常に顕著に拡大・増加している。アプリケーションによっては、農業用途や軍事用途の無人地上車(UGV)などは、非常に複雑な地形や厳しい環境条件の下において運用・稼動されており、広帯域通信を用いて人間による継続的な司令・監視のコントロールに依存することなく、自律的に危険・障害を回避する動作をしなければならないような実際のアプリケーションに用いられている。この分野においても、技術的な進歩が高度に進展している。さらに、これらのサービス・ロボットやモバイル・ロボットの信頼性や精確性も大きく高まってきており、リアルタイムでロボット周辺の複雑な地形を三次元マッピングする技術や、障害物や危険なルートの特徴を理解して、それを抽象化することができる技術などが今後の研究開発の対象となっている。軍事・国防用としてのロボット分野においては、戦闘的状況下において、ITシステムでネットワーク化された視覚誘導によるロボットが戦略的優位性を獲得し、人命の防御保護に役に立つことができるようになるということが究極目標とされている。このため、今後、国防省が「ネット・セントリック戦闘(ネットワーク中心の戦闘活動)」体制により一層取り組んでいく中で、これらのロボットの役割と機能も高まっていくものと予測される。

この分野においては、従来から、国防・軍事目的による連邦政府の多額の技術研究開発資金が提供されてきたため、大規模の国防専門企業から中小のハイテク企業までにわたる広範囲にわたる多数の企業が事業活動を継続してきている。このような連邦政府の資金提供については、研究

開発が完了された技術に対して、その製品化・実用化のために国防省と三軍による多額の資金が投入されて来た点に留意する必要がある。特に、2001年9月の対米攻撃同時多発テロ以後においては、国防・軍事に加え、国土安全・市民生命の保護と安全確保のために、国防省と国土安全保障省の両者によって、技術開発と政府調達に多額な連邦資金の投入がなされるようになっている。この傾向は今後もますます強まり、国防・軍事分野には含まれない国土安全保障分野のサブ・セクター業界さえ確立されつつある。

国防・軍事分野における世界有数の企業であるノースロップ・グラマン社 (Northrop-Grumman) は、アメリカ航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Agency) による「宇宙探査ビジョン (Vision for Space Exploration)」計画において調達契約を締結した宇宙飛行体 (space crafts) の外部探査・修理を行う昆虫型ロボットに関する技術開発プロジェクトに参加している。この技術開発プロジェクトは、NASA の探査システム研究・技術局 (Office of Exploration Systems Research & Technology) から研究開発資金の提供を受けて実施されている。

国防・軍事産業のもう 1 つの代表的企業であるロッキード・マーティン社 (Lockheed-Martin Corp.) は、既に1980年代から宇宙ロボット・サービス (Space Flight Telerobotic Services) を構築するための研究開発プロジェクトを NASA からの委託を受けて行ってきており、さらに宇宙ステーション (Space Station) のデザインの規模が拡大されていくにつれて、その建設を支援する一部分としてのロボット・システムの研究開発を行っている。

このほか、Hoverbee Robotics 社など、宇宙ロボットとして、惑星体における探査用に使用されるロボットや自動システム機器の技術開発に専門特化して実施している特種小企業も存在する。同社においては、2004年初期に NASA 向けに火星表面到達時に岩石を磨耗するツールを構築したことに加え、火星探査用に多くの掘削システムに関する技術開発も行っている。また、宇宙における巨大構造物の構築に使用されるトランス接点やエンド・エフェクターに関する技術開発も NASA ラングレー研究センターと共同で実施している。

軍用アプリケーションとしてパックボット (Packbot) を生み出した MIT 研究者のスピン・オフにより設立された iRobot 社は、国防・軍事ロボット分野では数少ない株式公開企業である。パックボットの上位機種であるパックボット EOD (PackbotEOD) は、米陸軍化学・生物防衛司令部 (United States Army Chemical and Biological Defense Command) の研究開発拠点であるエッジウッド研究所 (Edgewood Research Institute) が、放射能・化学物質の検出ペイロードのためのプラットフォームとして採用した。このペイロード導入によって、初期の化学・放射能事故や攻撃から通報者を保護することが可能となり、放射能や化学物質の検出を安全に実行することができる。

## 5.1. iRobot Corporation 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 63 South Avenue, Burlington, MA 01803

Phone: 781-345-0200

Web: <http://www.irobot.com>

CEO: Collin Angle, Chairman: Helen Greiner

1990年にMIT工科大学ロボット研究者によって設立された軍事用・民需用の両分野のサービス・ロボットを開発・製造しているメーカーであり、このような事業を行っている小規模企業の中では数少ないNASDAQ株式公開企業である。MITロボット工学関係者であった、Colin Angle氏(現CEO)、Rodney Brooks氏(現CTO: Chief Technology Officer)、Helen Grenier氏(現Chairman(会長))の3名によって設立された。MITの学生だったAngle氏は、MITのロボット工学のRodney Brooks教授のロボット研究開発プロジェクトの助手を努めた。1990年夏、この研究開発プロジェクトから、カニのような姿をした歩行ロボットのジェンギス(Genghis)が誕生した。この研究開発プロジェクトの成功によって、Brooks教授はMIT教授として終身在職権(Tenure)を獲得し、Angle氏には大学院進学チャンスが与えられることになった。しかし、Angle氏は、フルタイムで大学院に進む代わりにBrooks教授とともにベンチャー企業を立ち上げた。この企業に、MITのコンピュータ科学の修士号を取得したGreiner氏が加わって1990年に誕生したのがiRobot Corporation社である。1991年には、同社の第一号ロボットとして発表されたのがジェンギスであり、これは宇宙探査のために設計・製造されたものであった。同社は、今後の成長が期待される自律ロボット(autonomous robot)市場における初期の成功企業となった。まず、消費者向け民生用ロボットとして同社の掃除用ロボットのルンバ(Roomba)は2005年までに既に120万台の販売実績をあげ、1台当たりの価格は300ドル前後に設定された。同社は、また、パックボットと名づけられた軍事用ロボットの開発にも成功した。2005年以降、農機具や草刈機の世界トップメーカーであるJohn Deer社と提携協力し、偵察用車輛も開発した。さらに、2005年には、モップがけをこなす新しい民生用ロボットスクーバ(Scooba)の市場導入も行われた。

同社においては、人間がより良い結果を出して作業を完了することを手助けする行動ベースのロボットを専門としているとすることができる。同社のロボットは、独特なAWAREロボット・インテリジェンス・システムズ(Robot Intelligence Systems)によって動作し、複雑でダイナミックな実世界において走行できるものである。2007年迄には、ルンバを世界中で200万台以上販売しており、消費者用ロボットの史上ベスト・セラーとなった。また、同社のパックボットは、1,000台以上が世界中で幅広い範囲の軍事用・民生用として配備された。これらのロボットは、特にイラク・アフガニスタンの戦闘ミッションに何万回も用いられ、多くの米国人兵士の生命を救っているという。このほかにも、例えばエジプト・ギザのピラミッド内の石室を探索したロボットなども手がけている。また、同社では、REDOWL(Robot Enhanced Detection Outpost with Lasers)と名づけられた軍事ロボット・システムも開発している。このロボット・システムは、レーザー照準器・照明器、音響位置特定器・分類器、熱源画像装置、GPS位置特定装置、赤外線・日光兼用カメラ、広角カメラなどの各種の光学・音響探知システムを装置して、戦場で銃撃・砲

弾してきた敵兵の位置を特定することができることに加え、早期警戒情報の提供、情報収集、偵察などにも利用することができる。100メートル以上離れた位置から、口径9ミリメートルのピストルやM-16およびAK-47ライフルを94%の精度で特定することができるという。

同社の創設から現在までの製品開発・販売状況を時系列的に整理すると、以下のようになる。

- 1996年 — サーフ・ゾーンの地雷を探知・除去するロボット Ariel を開発する。蟹のようなロボットの足が障害物を乗り越え、上方に立ったままの位置にいることができる。
- 1998年 — 戦術的モバイル・ロボット・プログラムに対して、国防高等研究計画局 (DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency) の委託契約研究開発資金を取得する。このプログラムは、同社のパックボットの開発につながった。
- 2001年9月 — パックボットが研究室を離れて、9月11日のテロ攻撃によるニューヨーク市の World Trade Center の破壊現場に移され、救助・探索に従事した。
- 2002年6月 — パックボットがアフガニスタンに配備され、洞窟の中で武器や敵側勢力の探査を行った。
- 2002年9月 — ナショナル・ジオグラフィック・ソサエティ (National Geographic Society) との協力で、同社は、エジプトのピラミッドを探査するロボットの設計を担当した。このロボットの運用の様子が、ライブ・イベントとした世界中にTV放送された。
- 2002年9月 — 同社は、ルンバの発売を開始し、最初の実用的で入手可能な価格の家庭用ロボットとなった。
- 2004年4月 — 同社は、米陸軍の将来戦闘システム (Future Combat System) プログラムにおいて小型無人地上ビークルを開発する契約を米陸軍と締結した。
- 2004年9月 — 同社は、ルンバ Discovery シリーズを発表し、ちりの探知と自律的な移動が可能な Home Base への特徴のある高度家庭掃除用ロボットを導入した。
- 2004年10月 — ルンバの売上げが100万台を突破した。
- 2004年10月 — 同社は、Deer & Company 社と共同チームを組み、R-Gator ロボット・ビークルを開発した。このロボット・ビークルは、1,500ポンド重量でロボット化された実用ビークルであり、現在、戦場周辺の安全確保の目的に使われている。
- 2005年5月 — 世界最初の床の水洗い用ロボットスクーバの発売を発表した。
- 2005年11月 — NASDAQ 株式市場において「IRBT」というシンボルをもって上場公開を果たし、同社株の取引が開始された。
- 2006年5月 — 同社の家庭用ロボットの総売上台数は200万台を超した。
- 2006年9月 — 「Dirt Dog」と名づけられた Workshop 用ロボットを発表した。これは、ガラージ、地下室、作業ベンチなどの場所に用いられる清掃用ロボットである。
- 2007年1月 — ロボット工学の学習用プログラムを行うことが可能なロボット「Create」を学生や開発者に向けて発表した。
- 2007年4月 — プール清掃用ロボットの「Verro」の発売を発表した。
- 2007年5月 — パックボットの世界全体での売上台数が1,000台を超した。

- 2007年6月 — 米軍や警察当局、消費者向けにスタンガンや護身用製品を製造・提供している企業である TASER International 社との提携を発表した。
- 2007年8月 — ルンバの改良バージョンである Roomba500 シリーズを発表した。

同社の経営は、前述した3名の共同設立者によって引き続き行われている。その1人である CEO を務める Angle 氏によって、同社の事業戦略の方向性が先導されている。Angle 氏は、モバイル・ロボットのパイオニア的な存在であり、1997年 NASA の火星探査のための行動コントロール型ローバーである Sojourner のデザインにも貢献している。このような技術的な面のみならず、同社の成長にとってより重要となったと考えられているのは、Angle 氏自身が、複数回にわたってロボットを製品として商業的に消費者市場に導入するために必要なビジネスモデルを構築するという面でもパイオニアとしての役割を果たしたということである。Angle 氏のモバイル・ロボットに対するビジョンとコミットメントは高く評価され、共同設立者である Greiner 氏とともに、技術指向のアントレプレナーとして2003年度に Ernst & Young 社から最優秀賞を受賞している。この賞の受賞は、発明されたブレンチャイルドの成長を育成し、ビジネスを成功に導くために必要なビジョンとスキルと、そのビジネス実績と決意の強さを反映している。Angle 氏は、MIT から電気工学で学士号、コンピュータ科学で修士号を得ている。同じく同社の共同設立者で現在会長を務める Greiner 氏については、ビジョンに富んだハイテクノロジーのイノベーションとリーダーシップについて高い業績をあげており、Greiner 氏のリーダーシップの下に同社はロボットを軍事用・消費者用マーケットに導入していると言われている。Greiner 氏は、U. S. News & World 誌とハーバード大学ケネディー政治学院の選考によって、「米国のベスト・リーダー」の1人として選定されている。最近では、無人ビークル・システム・インターナショナル協会 (AUVSI: Association of Unmanned Vehicle System International) でも、定評の高い Pioneer 賞を Greiner 氏に授与している。MIT が編集・発行している Technology Review 誌も「次世紀のイノベーター」として評価するとともに、近未来のグローバル・リーダーとしてスイスのダボスで毎年開催される World Economic Forum にも招待された。Greiner 氏のロボット工学に関する16年間にわたる経験には、NASA ジェット推進研究所 (JPL: Jet Propulsion Lab) や MIT の AI 研究所における研究開発も含まれる。全米国防産業協会 (NDIA: National Defense Industrial Association) の Board メンバーも務めている。Greiner 氏は、MIT から機械工学の学士号、コンピュータ・サイエンスの修士号を得ている。同じく共同設立者の1人であり、現在 CTO を務めている Brookes 氏は、同社のイノベーションにおいて企業秘密権を有する固有ソフトウェア技術の開発において、最も主要な役割を果たしているアーキテクトである。Brookes 氏は、MIT のロボティクス工学の教授であり、MIT のコンピュータ・サイエンス研究所と AI 研究所の所長も勤めたことがある。Brookes 氏の主要な関心分野は、ロボット工学、コンピュータ・ビジョン、AI である。Brookes 氏は、著名な AI の専門家であり、AI について頻繁に報道メディアの記事やニュースでプロファイルされ、その見解・発言が引用されるような存在である。Brookes 氏は、工学研究者として高いプレステージを持つ全米工学アカデミー (National Academy of Engineering) の会員にもなっている。

同社が1990年に設立されてから2005年11月にNASDAQ株式市場における最初の上場株式公開するまでの15年間は、同社がスタート・アップ段階から発展成長を遂げる初期段階として見ることができる。しかし、スタート・アップの初期段階とNASDAQに上場されて株式公開を行うことに

よって資金調達ができるようになるまでの最初の数年間においては、First Albany Companies Inc. 社と Trident Capital 社という少なくとも2つのベンチャー・キャピタルから運転資金と製造設備投資のための資金提供を受けていた。特に、Trident 社からは2003年12月に1,300万ドルの投資を受けており、これは、同社が2005年に最初の上場株式公開をした2年前に当たる。これに加えて、台湾に本拠を置く世界的PCメーカー企業であるAcer社の北米現地法人であるAcer Corporationの会長兼社長のDr. Ronald Chowang氏は、北米におけるベンチャー投資活動をAcer Technology Ventures社として行っているが、同社もスタート・アップ段階において、その投資活動の対象となって投資を受けている。軍事用の戦術モデル・ロボットの分野では、同社の技術開発は主として米国連邦政府からの委託研究が中心であり、この分野における研究開発を行うために同社が自己資金を拠出する必要はなかった。同社においては、この分野における研究開発成果を最終的にはパックボットとして商業化がなされたが、そのために費やされた研究開発資金は、DARPAプロジェクト資金が交付されて、それを充当した。さらに、小型無人地上ビークルの研究開発は、米国陸軍の将来戦闘システムプログラムに基づく委託研究開発資金を得て行われている。最初の上場株式公開前後における同社の売上高は、以下のようになっている。

- 2004年 — 売上高は2003年の5,430万ドルから74.9%増加して9,500万ドルに達した。
- 2005年 — 売上高は2004年の9,500万ドルから49%増加して1億4,200万ドルに達した。
- 2006年 — 売上高は2005年の1億4,200万ドルから33%増加して1億8,900万ドルに達した。

収益は2005年の260万ドルから37%増加して360万ドルとなった。  
また、同社の財務状況は、以下のようになっている。

総収入売上げ	—	2005年： 1億4,197万ドル
		2006年： 1億8,896万ドル
		2007年第3四半期： 6,384万ドル
経営利益	—	2005年： 211万ドル
		2006年： 40万ドル
		2007年第3四半期： (−220万ドル/損失)
純利益	—	2005年： 2,613万ドル
		2006年： 356万ドル
		2007年第3四半期： (−1,383万ドル/損失)
従業員数	371名	(2007年9月末)

同社の最高経営責任者であるAngle氏によれば、同社が民生用サービス・ロボットと軍事用ロボットにおいて採用している経営戦略とビジネスモデルについて、以下のよう整理している。まず、民生用サービス・ロボット市場については、Angle氏は、このセグメントのロボット市場は産業としては幼児段階にあるという見方をしている。実用的なロボットつまり人型以外のロボットや実用本位のロボットに関しては、5~6のメーカーが芝刈り機を開発しており、また、掃除機メーカーもおそらく十数社は存在している中で、同社のルンバに匹敵するような成功を収めた

企業はほかに1つも存在していない。ロボット市場の可能性については、多くの業界アナリストは極めて楽観的な見方を示しており、また、UNECが発表したロボット工学に関する調査レポートでは、ロボット市場は2004年から2007年までに7倍になると予測されていた。2010年までに約3,900万台の家庭用ロボットの登場も推定されており、同社は、2005年までに120万台のルンバを販売した実績がある。このような状況において、家庭用掃除ロボットについては、業界第2位であるElectrolux社は約4万台を販売したとされているが、いまだ業界第2位としての地位は確立されていない。しかし、民生用サービス・ロボット市場に対する関心は非常に大きくかつ迅速に高まっている中で、多くのベンチャー・キャピタルがロボット向けの投資資金を確保し、有望な投資先を探していることは確かであることから、Angle氏としても、この種のロボット市場には間もなく優秀な経営チームが登場してくるものと推測している。その背景として、Angle氏は、今後、同社の競争相手企業について、「iRobot社と全く同じことを実行しても、統合システムを構築し、全国規模のブランドと流通プラットフォームを確立することは難しくなるであろう。しかしiRobot社が築いたプラットフォームに「相乗りする」ことは可能である」と述べている。ルンバには、シリアル・ポートが搭載されているが、同社においては、近々、ルンバ用のAPIを提供する予定ことを予定しているという。このAPIを利用することにより、ルンバを既に購入・使用している100万人のユーザーを対象として、新たなサービスを付加するビジネスを展開することができるという将来展望に基づくビジネス戦略である。同社のルンバ事業部門においても、現在、ルンバ本体をアバターとして利用する方法を検討し、より高度の機能を付加することを目的とした事業展開が図られている。近い将来には、ウェブページにログインすることにより、ルンバのセンサーが捉えた画像を見たり、ルンバを通じて周囲の音を聞いたり、遠隔操作したりすることを可能にすることが事業目標とされている。Angle氏は、この事業目標について、将来はこのような関心と興味がますます高まってくることは確実だと思う一方で、それがどの位のペースで、かつ経済的にも有意義さを持つレベルに達するかの予測推定は容易ではないと考えており、まずAPIを提供して、ユーザーや他のメーカーの関心を喚起して行くことが重要であると述べている。

同社の軍事用探査ロボットであるパックボットには、既に多彩なアドオンが用意されている。パイロードに応じて、網状のアームを接続することも可能であり、また、光ファイバーのスプレーや多種多様なセンサー・ヘッドなども用途に応じて接続することができるようになっている。さらに、同社においては、化学センサーや生化学センサーを積載して、パックボットに接続できるように改良を加えた。戦場など、非常に危険な場所を探査しなければならない時には、このような場所に敵の侵入を防ぐために有毒化学物質や生物兵器、場合によっては核兵器が仕掛けられている可能性もある。間違えれば大惨事、大事故に発展する恐怖が常に存在するのであり、どのような脅威が潜んでいるかを調べるために探知・探査用のロボットが利用されるように、さまざまなアドオンを用意して対応するというビジネス戦略を採用しているわけである。

また、同社が、消費者・民生用製品と軍事・企業機関向け製品の2種類のビジネスに事業展開していることについては、ビジネス規模と関与する同社のスタッフの数においても、両ビジネスはほぼ同等であるという。どちらのビジネスも、同社全体のビジネスに大きく寄与しており、どちらのビジネスも成長は急速である。両者の違いは、特に価格面で顕著であり、軍事用が中心で

あるパックボットは、アーム付きのもので1台約12万ドルする一方、家庭用掃除機ロボットであるルンバは1台300ドル程度である。このような価格面での相違を踏まえ、Angle氏は、現時点では、米軍の必要と需要に応じて中東での戦闘状況に対処することが同社の重要課題であり、当社のロボット技術が期待されているところでもあると捉えている。同社の製品がイラク戦争で既に100名以上の米軍兵士の生命を救ったとされている中、今後も中東駐留米軍のニーズに応え、多くの製品機材を納入・搬入することを予定しているという。米軍側からも、同社の製品の機能に対するフィードバックを受けているという。同社はまた、米陸軍が予算総額220億ドルをかけて実施している将来軍事戦闘システムという計画にも参加しており、既に5,000万ドルの研究開発委託を得ている。この計画の目標の1つは、72時間以内に世界の何処の場所にも配置できる極めて高い機動性のある部隊の編成にあり、この機動部隊は、兵士、ロボット等あらゆるメディアを使用して可能な限りの関連情報データを収集することとされている。このようにして収集された情報データは、ネットワークで送信され、各専門分野のアナリストによって分析される。このシステムを運営するに当たっては、多数の非戦闘員の中から敵を見つけ出すことが必要とされ、現在のイラク戦争の状況下では情報分析を行い、その結果をベースに前線現場の兵士に適切な対処指示を与えることが重要となっている。このためには、カメラで捕らえた映像を人工知能システムを用いて解析することも一案あり、大量のノードにデータを収集させ、そのデータをネットワーク上に送信することも検討されている。米軍においては、ロボットは危険な任務を遂行するための新しい重要な方法と考えられている。アフガニスタンでは、多くの洞窟に僅かなショックでも爆発してしまうような不安定な状況で爆弾が仕掛けられており、このような場所の探査は非常に危険であったため、このような場所では、まずロボットを送り込むことが最も合理的な判断であるとされた。さらに、ゲリラ市街戦で民家に攻撃をかける場合、敵が民家内に潜んでいるか否かを判断し、戦場における不明確さを除去する点が重要であり、その突撃兵士の最初の任務をロボットに代替させて遂行させることが必要とされている。ロボットを戦闘状況の中で利用するもう1つのメリットは、非致死性兵器である閃光手榴弾や粘着弾などを利用できることにもある。現在、このような技術が普及していない理由としては、兵士によるM16ライフルの射撃の方が確実に機能するという点を挙げるができるが、ロボット技術の戦闘場所における応用には多様な形態があると考えられている。同社にとっては、米軍で使用されるロボットを将来戦闘構想計画の中に積極的に取り入れるという考え方が明白になれば、軍事用ロボット・ビジネスは、ますます将来性が高くなるものと考えられる。特に、この分野の研究開発は自己資金を用いずに実行することができ、また、その研究開発結果は米軍によって確実に調達されるという状況となれば、同社の純利益を大幅に増大させる結果になると捉えられている。

## 6. 検索・緊急救助用ロボット企業の概観

この分野においては、まず、カーネギー・メロン大学からライセンスを受けた技術をベースに軽量のロボット偵察機Dragon Runnerの技術開発を行っているAutomatika Inc.社を挙げることができる。この企業においては、その他にも、Aurora、Spider、Cyclops、Sass、Pandoraなどと名づけられた、多様なモバイル式検索・救助ロボットに関する技術開発が進められている。

Cyber Motion, Inc.社においては、Cyber Guardと名づけられた検索ロボットなどの技術開発



が行われている。この捜査ロボットは、防犯、火災発見、環境モニタリング、建物管理などの応用機能を持ちし、これらのサービスを提供する事業者にとって強力なツールを提供することができるという。

Foster-Miller, Inc. 社においては、TALON ロボットとして知られる強力で耐久性のある軽量軌道車を開発している。このロボットは、爆発物処理、偵察、通信、感知、セキュリティ、防衛、救助などの分野に広範な応用用途を有するという。

Redzone Robotics 社においては、応答処理ロボット・プラットフォーム (Responder Robotic Platform) に関する技術開発が行われている。このプラットフォームは、直径が 36 インチから 50 フィート強のインターセプト・パイプやトンネル・パイプの内部検査と修復作業を行うことができ、直径 24 インチのマンホールの中であれば最長 1 マイルまで走行動作をすることが可能である。このロボットに搭載する油圧システムとソーナー、レーザー、ビデオなどのナビゲーションと視覚の機能を用いることにより、極めて厳しい環境でも作業が可能となるとされている。

ミネソタ大学分散型ロボット研究所 (University of Minnesota, Distributed Robotics Laboratory) においては、分散型ロボットに焦点が置かれた研究開発が行われているが、同大学に在籍する教授と研究者が主体となって大学からスピン・オフして Recon Robotics, Inc. 社という企業が設立され、ミニチュア・ロボット・システムと分散型ロボット・チームの設計、開発製造と技術展開が行われている。これらのロボットは、危険地域や立ち入り禁止区域におけるリアルタイムな情報データをロボットから入手できるように設計されている。このロボット・システムを用いることによって、軍事用と一般商業市場の両方の用途・機能を発揮することが可能であり、COTS-M と名づけられたロボットは、どのような環境下においても偵察・監視の作業を実行することができ、例えば、都市型ゲリラ戦闘、捜索救助活動などの状況において利用することができるという。さらに、このロボット・システムは、小型で軽量であるため、可搬性が高く、投入、機械発射、低飛行の無人飛行体 (UAV) による発射などの耐久性も有している。

Sarcos, Inc. 社においては、危険環境でオペレーターが操作走行度の高い物体を遠隔的に操作することを可能にする「遠隔ロボット式操作装置」の技術開発が行われている。この企業が手がける遠隔ロボット製品の中でも技術的に最高度であるものとしては、Utah/MIT Dexterous Hand (UMDH) と名称された「ハンド」を挙げることができる。これは、ユタ大学工学部 (University of Utah, Engineering School) の工学デザイン研究所 (Center for Engineering Design) と MIT の人工知能研究所 (Artificial Intelligence Laboratory) との共同研究開発によって設計・製作されたものであり、現在、米国における 10 カ所の主要な研究開発施設において、自由度の高い物体操作のためのコンピュータによる制御システムを開発するために利用されている。

Mobile Robotics, Inc. 社は、インテリジェント・プラットフォーム、感受性システム、ソフトウェアの設計と製造において世界的リーダーと目されている。この企業においては、広範な用途を持つ多数のモバイル知能ロボットに関する技術開発が行われており、中でも、PatrolBot と AmigoBot ローバーという 2 種類のロボットは、遠隔防犯用と監視機能を有するロボットとなっている。

Autonomous Solutions, Inc. 社においては、軍事用・商業用の無人走行車の設計と製造が多岐的に行われている。この企業は、ユタ州立大学自己組織化・知的システム研究所(CSOIS: Utah State University, Center for Self Organizing and Intelligent Systems) が研究開発したアイデアや技術を商業化することを目的として、同研究所に所属する研究者によって 2000 年に設立されたスピン・オフ企業である。同社の技術開発成果として最も良く知られているものとしては、スコピオン (Scorpion) と名づけられた高度耐久性の汎用車輜とジャガー (Jaguar) と名づけられた多目的ロボット車を挙げるができる。

Robotic Engineering Excellence から名づけられた Re2, Inc. 社は、カーネギー・メロン大学からのスピン・オフ企業でペンシルバニア州ピッツバーグに拠点を置く女性起業家が運営する企業であるが、この企業においては、小企業ながら、機敏に動作する軍事国防分野のロボットに特化した事業展開が行われている。スタンダードである JAUS に合致する無人システムとその構成部品を中心とて、地上 (無人) 走行車の車体改良、JAUS ベースのコントロール装置に関して、技術的に生産段階に移行することが可能な技術開発、システム統合、プロトタイプの短期間の製作と実施テストなどの分野では競争力を有するといわれており、DARPA をはじめとした米国陸・海軍の研究局のモバイル・ロボット技術開発プロジェクトにも参加している。

## 7. 採掘用ロボット企業の概観

この分野における事業展開を行っている企業としては、地下採掘用ロボットのコントロール・システムを設計した Jamie King 氏が設立し、経営責任者となっている Intrignia Solutions, Inc. 社を挙げるができる。この企業は、採掘用ロボットの分野において数少ない企業の 1 つであり、ロボット工学と知能システムの設計・統合に特化した非公開企業として、カナダのニューファンドランド州に本拠を置いて事業活動を行っている。非公開企業であるため、財務関係のデータ情報は一切公開されていないが、地下採掘における非効率さを向上・改善することを目的とした技術開発が行われている。現在では、自動化された地下採掘車輜グループを集中統合的にコントロールするための遠隔ロボットの管理システム (TRMS: Tele-Robotic Management Systems) に関する技術開発が進行中であるといわれている。TRMS は、地下採掘の現場で使用することができる標準的なプラットフォームを提供し、これをスケールアップすることによって完全自動化の鉱山採掘システムの構築を容易にできるように設計されている。さらに、TRMS は、地下採掘車輜の操作の最適化を図るために動的なスケジューリングと経路プランニングも行うことができる。また、その他の予期しない事象が発生した場合には、オペレーターによるシームレスな介入と対処が可能となる手段も提供できるように設計されている。

この企業以外には、地下採掘用の完全自動化システムの設計・開発を専門とする企業は殆ど見当たらない状況にある。

## 8. モバイル・サービス・ロボットの構成部品・コンポーネンツに係るロボット企業の概観と企業ケーススタディー

モバイル・サービス・ロボットを構成する重要なコンポーネントや部品としてセンサー、コントローラー装置、組込ソフトウェアの開発・製造を事業活動に従事している企業は数多く存在しており、これらの企業の製品が多岐にわたるサービス・知能ロボットのシステムを構成する要素・部品として利用されている。近年における顕著な動向としては、産業用・工業用ロボットのインテリジェント化が進められていることも大きな要因の1つとして、特にビジョン（視覚）システムに関する技術的ニーズが急速に高まっており、研究開発も活発に行われるようになってきている点を挙げることができる。さらに、モーション・コントロールについても技術的進歩が急速に見られる。産業用ロボット分野において、このような技術開発が一層活発化している中で、モバイル・サービス・ロボット分野に専門化して、それを構成するコンポーネンツや部品に特化した事業活動を展開・計画している企業は少なく、むしろ全般的なロボットのインテリジェンス化のために広範囲に適用できる事業方針を立てている企業が多いものと業界分析アナリストは観察している。

### 8.1 視覚（vision）センサー技術

Canesta 社は、バーチャル・キーボットを開発・製造することによって発展してきた企業であるが、近年、視覚機能を自社の製品に組み込むことを可能にする developer kit の発表を行った。このキットは、前に立つ物体が人間かどうか、ひいては店の出入り口に設置することにより、店に入るのかどうかを判別できる自動ドアなどに利用することができるという。最近におけるセンサー技術の著しい発展に伴う新たなアプリケーションとして、動物の行動や戦場での動きなどに関するインフォメーション収集装置の機能を向上させるために、このような技術が利用されることも期待されている。

Vision Robotics Corporation 社においては、視覚ベースのマッピング、位置決定、ナビゲーション・システム活用を通じて、ロボット工学的ソリューションなどのビジネス展開を目的とする技術開発が行われている。この企業においては、ロボット工学分野で知られたアルゴリズムと大学や研究機関で開発された技術を組み合わせることによって、費用対効果が高く、かつ堅固なソリューションを提供することが事業目的とされている。この点では、ロボット工学へのユニークなアプローチのビジネスモデルが探られている例として挙げることができる。また、この企業においては、消費財メーカー、企業クライアント、産業デザイナーなどとのパートナーシップを構築して、広範な分野のアプリケーション用の技術開発をクライアントと共同で進めているという点も特徴的である。これらのアプリケーションには、家庭内掃除、農業への利用、国土防衛、リスク管理、危険物質の扱い、防犯、家庭内医療、産業デザインや軍事用アプリケーションなどが含まれている。

### 8.2 可動（モビール）技術、コントローラー

Segway 社においては、世界で初めて、自動バランス式個人用走行装置PT(Personal Transporter)

に関する技術開発に成功し、現在、世界各国で販売・マーケティング戦略を進め、製品の市場導入にかなりの実績を収めている。この PT ロボットは、それが車道を走行するべきなのか、または歩道を走行するべきなのかという観点から、道路交通規則がどのように適用されるかを踏まえて、米国内でも各州・各地域で異なる販売マーケティング戦略が採用されている。この PT ロボットの出現によって、サービス・ロボットという新しいロボットの概念・用途の技術の商業化に際して、社会的・公共的受容性から新しい視点の検討課題が提供されているということもできる。

Future Robotics 社においては、自律的に作動できる智能ロボットを用いたロボット・システムの設計が行われている。この企業が設計した SOLO と名づけられた智能ロボットは、サービス提供者や小売業者などのロボットのユーザーが、カスタマイズしたプログラミングをすることが可能なモバイル・ロボットの第一号といわれている。

カーネギー・メロン大学ロボット工学研究所の研究者であった Thomas Burick 氏によって 2001 年に設立された Box Robotics 社においては、各種多様なアプリケーションに容易に対応できるような PC-BOT と名づけられたサービス・ロボットに関する技術開発が進められている。同社は、現在では、Frontline Robotics, Inc. 社に吸収合併されてその子会社となっているが、PC-BOT は、新たな形態のネットワーク式モバイル・ロボットとして、今後の活発な事業展開が計画されている。

Robo Dynamics 社においては、世界で初めての実用的な PRA (Personal Robotic Assistant : ロボット型個人アシスタント) である MILO と名づけられたプラットフォームの技術開発が進められている。PRA は、その所有者である人間と共に生活し、情報データ、スケジュール、コミュニケーションの整理や遠隔監視、防犯などの作業も補助することができる機能を持つロボットとして開発が進められている。

### 8.3 人工知能 (AI: Artificial Intelligence)

Evolution Robotics, Inc. 社においては、ロボットの使用目的に従って環境内を移動する能力をロボットに組込んだ製品の提供が行われている。この企業においては、NorthStar と名付けられて技術開発が進められているが、この NorthStar 技術を用いることによって、例えば掃除機ロボットに使用することによって指示された場所を走行し、掃除終了後に元のベース・ステーションに戻るといった動作が可能となるという。

Angels Research Corporation 社が開発・製造した教育用ロボットは、Whiskers Robot と名づけられて製品のラインナップを組んで提供されているが、既に全世界で 1,000 台以上のロボットを供給した実績を有している。この企業においては、自ら開発した新技術を世界的に普及することを目指して、世界の子供達を対象に「智能ロボットと機械」に関する教育の教材とすることを目標として事業展開が図られている。また、この企業では、軍用ロボットの開発・生産も行われており、Intruder や Art と名づけられて、軍事活動の安全性の向上を図るために製造・販売されている。これらの軍用ロボットは、軍事戦闘用にのみ限定されるのではなく、警察活動など

人の生命に関わる危険環境における活動を支援することもできるように設計されている。また、この企業が開発・生産を急いでいるパイプ検査用ロボットである Piper the Robot は、パイプ上で問題が発生している場所を早期に発見することを目的として、配管内部を流れるガス、化学液、オイルなどの物質のリークなどによる生態的な災害を予防することによる環境保護に対する効果が期待されている。

#### 8.4 SEGWAY LLC COMPANY 社のケーススタディー

Corporate Headquarters: 14 Technology Drive, Bedford, NH 03110

Phone: 603-222-6000

FAX: 603-222-6001

Web: <http://www.segway.com>

経営責任者: Mr. James D. Norrod (CEO & President)

同社の主たる製品は、Segway Personal Transport (PT) であり、米国の著名な発明家である Dean Kamen 氏が開発した電動立ち乗り型の二輪車であり、開発時には「ジンジャー (Ginger)」というコードネームがつけられていた。同社は、Kamen 氏によって 1999 年 7 月に設立され、2001 年 12 月に製品名をジンジャーからセグウェイと改めて新たに発表し、デモンストレーションが行われた。2001 年 12 月の製品発表以前には、その実体が極秘製品としてごく僅か一部関係者を除いては全く公共から隠されていた。さらに、アップル社 (Apple) の CEO であるスティーブ・ジョブズ氏やアマゾン・ドット・コム社 (Amazon.com) の CEO であるジェフ・ベゾス氏などが、同社の製品を「人間の移動形態を変える革命的な製品」として事前に絶賛していたため、セグウェイ PT に対する米国マスコミの関心と期待がオーバーヒートした。製品発表直前には、「空中に浮遊するスケートボードのようなものではないか」という噂が広がった程であった。製品発売直後から、一部のマニア・愛好家からは熱狂的な支持を得て、ファン・クラブまで設定されたが、これは、その後、セグウェイ PT のユーザー・コミュニティとして発展した。一方で、実際の製品販売については、1 台当たり約 8,000~8,500 ドルと価格が高かったことが障害となって、販売実績は低迷した。当初の同社の販売計画では、米国内で 100 万台を販売した後に世界市場へと進出することが目標とされていたが、発売後 3 年間での売上台数は約 6,000 台に留まっている。発表当時においては、燃料としてガソリンを一切使用せず、クリーン・エネルギーによる交通運輸・移動手段として、「環境にやさしい近距離移動向けの車」というコンセプトで公共市場への売込みがなされたが、走行速度が時速 10 マイルと、車にしては遅すぎる一方で、歩行の代わりとしては既に自転車というものが存在しているといった矛盾が指摘されたりもした。これまで、米国では、一部の富裕なテクノロジー愛好者から絶大な支持と人気を得ていることから、価格さえ下げられれば公共・消費者への普及の可能性は高いという観方も少なくない状況にある。製品発表後、米国の一部の地方警察や郵便局に対して、デモンストレーション用に貸し出され、現在ではシカゴ市警やマイアミ市警、民間警備サービス業者など計 500 以上の団体・機関でセグウェイ PT が導入されている。一方で、セグウェイ PT の歩道走行を禁止する地方自治体も現われ、米国では道路交通規制との調整・妥協を巡って論議が醸し出される結果となっている。

セグウェイ PT の構造は、平行に配置された 2 本のタイヤと、その間におかれたプレートがあり、プレートから上部がハンドルとなったポールが伸びているという構造になっている。搭乗者は、タイヤの間のプレートに立って操縦するが、ハンドルにはアクセルもブレーキもなく、搭乗者の体重移動によって前後進、方向転換、速度調整が行われるようになっている。2 輪車であることによる不安定さに対処するために、特殊な 5 個のジャイロと 2 個の傾斜センサーからなるバランス・センサー・アセンブリーのメカニズムが内蔵されおり、自立安定性能が極めて高くなるように設計されている。このバランス装置は、シリコン・センシング・システムズ社 (SSS: Silicon Sensing Systems, Inc.) が開発し、同社は SSS 社から技術ライセンスを受けている。同社においては、これまで i180 (標準タイプ)、p133 (標準タイプを少し小型にしたタイプで、タイヤのサイズが小さく小回りが利くため屋内での使用が可能)、XT (車重・タイヤ摩擦係数・プログラムが違い、車幅も広く不整地での利用に適しているクロスカントリー用)、GT (ゴルフ・コース用) と名づけられた 4 種のセグウェイ PT を市場に導入していたが、2006 年 9 月には、新モデルである i2 と x2 という 2 種が発表された。この新たな機種では、多様な地形に対応する Lean Steer と名づけられたステアリング・システムを搭載しているほか、体重移動のみで方向転換することが可能となっている。この機種の走行可能距離は、約 8 時間の充電をすることによって約 40 km とされ、最大時速は 20km とされている。今後は、さらに、警察用、通勤用などのアプリケーション用途に応じたパッケージを販売する予定であるという発表もなされている。なお、ソフトウェアの不具合によってタイヤが逆回転して転倒する事故を生じる危険性があることが判明したため、2002 年から 2006 年 9 月までに販売された全車両についてリコールも行われ、販売代理店などでのソフトウェア書き換えによって修理されている。このほか、法人企業向けに荷物を載せるバッグと操縦者が降りる時も立っている自動スタンド機能が搭載された新タイプも開発され、この使用には特別なトレーニング方法も提供されている。

同社の設立から現在までの経緯を時系列的に整理すると、以下のようになる。

- 1999 年 7 月 — 米国の著名な発明家 Dean Kamen 氏が、「ダイナミックな安定 (Dynamic Stabilization)」技術を用いて、高効率で排気ゼロの交通運輸ソリューションを提供することをビジョンとして持つ新会社として同社を設立。
- 2001 年 2 月 — ニューハンプシャー州 Bed Ford 市において製造工場の建設を開始。
- 2001 年 11 月 — 製造・アセンブリー工場の工事が完了。
- 2001 年 12 月 — 正式社名を Segway LLC (有限会社) と改名。
- 2001 年 12 月 — 自律的バランスの運輸・車両デバイス第一号となるセグウェイ PT を初めて公表。
- 2002 年 1 月 — セグウェイ PT の試作品第一号が製造。
- 2002 年 2 月 — ニューハンプシャー州が、個人アシスト用電動走行装置 (EPAMDs) を歩道で操作することを州として初めて承認。その後 1 年以内にセグウェイ PT を歩道で操作することを許す州が計 31 州に達する。
- 2002 年 3 月 — セグウェイ PT の製品モデル第一号が生産。
- 2002 年 3 月 — Amazon.com 上で 3 台の限定版セグウェイ PT をオークション出品し、創業者・

- 発明者である Kamen 氏が設立した非営利団体 FIRST (科学技術振興財団) への寄附金とする
- 2002 年 4 月 - アトランタ市がセグウェイ PT を市警察、同市所在のジョージア電力会社とアトランタ地域開発公社のフリート用に採用。1 日の通常業務オペレーション全てに使用される。
- 2002 年 8 月 - セグウェイ PT のマニア・愛好家が、セグウェイ PT の熱意あるユーザーとユーザー予定者のコミュニティを創設し、教育啓蒙と情報交換、所有者の経験共有、販売促進を開始。
- 2002 年 11 月 - ポピュラー・サイエンス (Popular Science) 誌は、セグウェイ PT に対して、
- 2002 年度一般技術分野の最優秀新発明品賞を授与。また、セグウェイ PT の Amazon. com 上での販売を開始。
- 2003 年 3 月 - DARPA が同社と契約協定を締結し、セグウェイ PT15 台を Segway Robotics Mobility Platforms (RMPs) に転換。同社では、依存性が高くコスト削減効果のあるツールを研究機関として提供するプラットフォームを開発し、同年 4 月に DARPA に納入。
- 2003 年 6 月 - DARPA は、サンディエゴで活動している Space and Naval Warfare Systems Command (SPAWAR) システム・センターと共同して、ロボット研究プロジェクトに使用するため 14 の政府・大学研究機関に上記プラットフォームを配布。
- 2003 年 8 月 - セグウェイ PT のオーナー愛好家・マニアがシカゴ市で集会を開き、200 名が参加。さらに 2004 年 (フロリダ)、2005 年 (サクラメント、ワシントン DC、ベッドフォード)、2006 年 (ロングビーチ) とセグウェイ PT 愛好家の集会が続く。
- 2004 年 3 月 - 米国ディーラーの拡張計画を発表し、セグウェイ PT とアクセサリ、関連サービスを提供するディストリビューターと販売代理店となる資格を有するディーラーを採用。2006 年 8 月には米国で 100 以上の authorized dealers が存在。
- 2004 年 10 月 - 米国連邦運輸省・連邦ハイウェイ局は「興隆しつつある道路ユーザーの特徴と安全」と題するモータリゼーション・非モータリゼーションに関する調査を実施。この結果、セグウェイ PT は、制動距離、目の高さ、最適さ、認識・反応時間の速さなどの点で全てクリア。セグウェイ PT は、州ハイウェイ・運輸交通責任者協会 (AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials) による二輪車施設開発ガイドラインで定められた推薦基準を全て上回った。
- 2004 年 11 月 - タイム (Time) 誌は、静的にバランスが取れるか、後輪でバランスを取るセグウェイ 4 輪車のプロトタイプを 2004 年度の最優秀発明に選定して特別記事を掲載。
- 2005 年 3 月 - クロスカントリー用トランスポーター (XT)、ゴルフ・コース用 (GT) を発表するとともに、主要機種 i Series の改良版を発表。

- 2005年9月 ― 有限会社から非上場会社に転換し、社名を Segway, Inc. に変更。
- 2005年10月 ― 同社の「Smart Motion」技術を第三者企業にライセンスして、この技術を用いた製品を共同開発することを発表。
- 2006年2月 ― 2006年トリノ冬季オリンピックの公式ライセンスを獲得。HT Italia 社との合弁でセグウェイ PT の特別版モデルが、冬季オリンピックで公式使用に供された。
- 2006年5月 ― シカゴ市当局は、主として市警察用にセグウェイ PT、関連アクセサリ、代替部品とサービスに関する5年間の調達購入契約を締結。同契約は、シカゴにある総代理店との間で取り交わされ、同社にとって最大の自治体政府との契約となる。シカゴ市は、市警のほか、消防署、空港オペレーション、緊急事態管理用として使用。
- 2006年6月 ― カリフォルニア大学運輸研究所とカリフォルニア州運輸局が「容易な接続(Easy Contact)」イニシアティブを開始。これは、BART 高速電車の利用通勤客が駅からオフィスまでの数マイルについて、セグウェイ PT を無料で共同使用するものであり、米国内の相互モデル (inter-model) 公共交通システムとなる。
- 2006年8月 ― 国際販売ディストリビューションのチャンネル・ネットワークが、米国以外で150カ所に拡大。
- 2006年8月 ― 自律バランシング技術を次世代レベルに高めたセグウェイ PT の第二世代版を発売開始。
- 2007年4月 ― 同社は、「セグウェイ PT の排気ガス排出削減とエネルギー効率」と題する調査結果を公表。排気ガスと消費エネルギーの両面における環境に対するインパクトについて、セグウェイ PT の他の多種の自動車との比較分析を行い、セグウェイ PT が短距離で1人乗りの交通手段として最もエネルギー効率が高いという結論。
- 2007年4月 ― 2007年にセグウェイ PT を購入した顧客に対して、セグウェイ PT が消費した電力をオフセットするために同社が代替エネルギーのクレジットを購入する代替エネルギー・クレジット制度を開始。
- 2007年5月 ― ニューヨーク市警察は、2人乗りセグウェイ PT10台を購入し、市内公園のパトロール用に使用することを決定。
- 2007年5月 ― 世界の警察と警備保障用途の顧客を一年間で倍増させ、2006年に150台であったものを計400台以上に増大。
- 2007年8月 ― 国際ディストリビューション・チャンネルについて、北米以外の80カ国で計250カ所に拡大。

同社の経営戦略に関しては、2007年におけるCEO兼社長はJames Norrod氏であるが、セグウェイ PT に関する最初の商業化モデルの市場販売戦略を策定して、これを実践して成功を収めた人物としては、2002～2005年に同社の社長を務めたGeorge Muller氏であった。Muller氏は、Subaru of America社(米国スバル自動車)の社長として、1993～2000年にかけてSubaru of America社の売上高と純利益の大幅な増大に寄与した実績を有していたが、このポストから引き抜かれて同社の社長となった。同社の設立当初に会長を務めていた発明家Kamen氏は、当時、「Muller氏



の実証されたリーダーシップと経営手腕は、新たな製品カテゴリーの創造を目指す我が社にとって大きな財産となるであろう」と語っていた。また、同社の取締役役員を務めていた John Doerr 氏も、「Muller 氏は、自動車業界の先頭に立ってきたスターであり、その先見の明と強いブランド構築の経験が、同社を世界的トップ企業へと成長させてくれるであろう」と絶賛していた。同社の初期段階における最大の課題は、セグウェイ PT に関する革新的な製品開発を継続的に展開することと、販売ディーラー・代理店やカスタマーとの良好な関係を構築し、安定した流通チャンネルを確立することであった。

同社の発展に必要なであった資金の調達方法については、米国でも有数の天才的発明家として既に定評があった Kamen 氏が開発した新製品を起業化するという事業であることから、当初から、ベンチャー・キャピタルや機関投資家が関心を示していた。新製品の商業化の見通しがつき、製造・量産段階に移行する直前から、米国のベンチャー・キャピタルとしてその成功実績に最大の定評のあるカリフォルニアに本拠を置くクライナー・パーキンズ・コーフィールド社 (Kleiner, Perkins, Caufield & Byess Venture Capital) が、同社に対して投資を行った。このベンチャー・キャピタルにとって、同社による消費者市場向けの事業展開の将来性と確実性が大いに買われたといわれている。2005 年 9 月には、1999 年に設立されて以降の企業形態であった有限会社 (LLC : Limited Liability Corporation) から、非公開株式会社に変更し、同時に社名も Segway, Inc. 社としたが、この企業形態の変更についても、外部からの投資をより受け易くすることが目的の 1 つであったものと業界アナリストによって捉えられている。同社の売上収入が顕著かつ着実に増大していることに加え、米国・海外における販売マーケティングのチャンネルの拡大を伴った事業発展を達成させていることから、株式市場のタイミングを計りつつ、近い将来に最初の上場株式公開を狙って行われることは確実とみられている。同社の販売チャンネルの 1 つとして、セグウェイ PT 製品の市場導入当初からオンライン販売の最大手である Amazon.com とのパートナーシップを行ってきたことも、同社の消費者製品の指向性の強さを如実に示しているものと捉えられている。

同社の財務情報については、同社が非公開株式会社であるために公開されていないが、2006 年における年間売上高は 940 万ドルであり、従業員数は 120 名である。各地域と市で活動する同社の総代理店は、同社とは別の企業として独立した事業運営がなされている。シカゴやロサンゼルスで事業活動を行っている総代理店は、同社の代理店の中でも大規模なものとなっており、当該地域における消費者カスタマーへの販売はもとより、州や地方自治体への調達販売も積極的に行われている。

同社の経営戦略上、他社とのパートナーシップ関係を構築することによって、主として共同技術開発が行われてきたことは注目に値する。同社の成長初期段階であった 2002 年には、同社は英国企業である BAE Systems 社と提携することにより、次世代スクーターとしてセグウェイ PT を英国内の航空宇宙産業の分野に向けて販売する方針を立てていた。また、米国においては、既に国内の各軍事関連施設で、初期段階からセグウェイ PT の軍事的な利用について検討が行われていた。これについては、既に重装備の兵士が前線を移動する時などの実践的な利用と、物資の輸送などの後方支援 (ロジスティックス) 分野における利用という両面で高い評価が得られている。さら

に、英国市場に進出するに当たって、同社は、英国企業である Silicon Sensing Systems 社と共同して、厳しい条件下においてもバランスを崩すことなく走行することを可能にする装備「Balance Sensor Assembly」の開発にも成功している。近年では、同社は、2007年9月に General Motors Europe 社（GME）との間で、GME 社が進めているエコ・フレンドリーのモビリティである「Opel Flextreme」というコンセプトにセグウェイ PT を統合させ、包括的なソリューションを開発することを目的として、デザイン協力を行うことを発表した。この Opel Flextreme は、GM 社がグローバルに展開している E-Flex 電気ドライブというアーキテクチャー上に構築されており、セグウェイ PT 2 台にオンボードのストレージとチャージングのシステムを統合させて搭載する初の機能的自動車コンセプトとなっている。このデザイン協力について、同社の CEO である Norrod 氏は、「利用者にフレキシブルで環境フレンドリーな電機駆動によるトランスポーターション・ソリューションを提供することに対して、GM 社とのパートナーシップを構築することは、極めて合理的であるということが出来る。Segway 社は、消費者と企業に対して、運輸手段を再定義するような安全かつユニークな製品を開発・提供することについて、長い間常にコミットメントし続けてきた。セグウェイ PT に Flextreme を統合することは、このような運輸手段の変革について極めて優れたケースとなるであろう」と述べている。

## 第Ⅲ部 米国における航空・宇宙産業技術の動向

### 目次

概要	492
1. 2007年4月の動向	493
1.1 米国とEU間の「オープン・スカイズ」協定、混迷	493
1.2 米国、中国と「オープン・スカイズ」協定の5月合意に期待	493
1.3 ボーイング787ドリームライナー、受注数500機を突破	494
1.4 ボーイング社、燃料電池航空機の試験飛行	495
1.5 NASA冥王星探査機「ニュー・ホライズンズ」、木星を通過	496
2. 2007年5月の動向	497
2.1 米国とEU間の「オープン・スカイズ」協定、ついに調印	497
2.2 デルタ航空、破産状態からの脱却	498
2.3 2007年1～3月四半期、ユナイテッド航空は赤字、コンチネンタル航空は黒字転換	498
2.4 ワシントンDCから、汎用航空機に対する新料金制度設立と燃料税増税の提案	499
2.5 米系航空会社、フリークエント・フライヤー・マイルの負担増大	500
3. 2007年6月の動向	501
3.1 米国と中国間のフライト、2012年までに倍増	501
3.2 ボーイング社、5月の商業用受注機数が2006年の3倍	501
3.3 エアバス社、組織再編計画	502
3.4 一般飛行機に対するユーザー・フィー案、議会でも支持を失う	503
3.5 労働環境悪化や悪天候による遅延など米国航空会社の抱える様々な問題	503
4. 2007年7月の動向	505
4.1 ユーザー・フィー	505
4.2 一般航空事業者ら、下院パネルのFAA再編案を支持	505
4.3 FAA、検査許可証(IA)2年更新を再確認	505
4.4 運輸省、ブリティッシュ航空に大西洋横断航路の拡張を許可	506
4.5 アトランタ空港が登録トラベラープログラムを導入	506
4.6 ボーイング社、テネシー州の部品製造部門を閉鎖	506
4.7 エアバス社、アジアにおけるA380需要増を予測、ボーイング社は787型に賭ける	506
4.8 ボーイング社、コスト増に伴い飛行機価格を値上げ	507
4.9 ボーイング社787型パートナーの三菱重機、地域型ジェットの開発	507
4.10 エアバス社と中国パートナー企業ら、中国組立ライン設立契約に調印	507
4.11 EADS社、パリ・エアショーで新燃料補給機を披露	508
4.12 エアバス社、パリ・エアショーにおける受注数でボーイング社を凌駕	508
4.13 デルタ航空が中国本土へノン・ストップ便を運航する第4の米系航空会社へ	508

4.14	ノースウェスト航空、土壇場でのキャンセル回避のため、フライト計画を削減	509
5.	2007年8月の動向	509
5.1	FAA再編成法案、上院と下院で大きく相違	509
5.2	包括的安全保障法案、国会を通過	509
5.3	ニューヨーク州、初の“乗客の基本的人権”を認める州へ	510
5.4	快適度を求め、プレミアム・シートの利用増加	511
5.5	イントラフライト・メッセージ、米国航空会社にも登場	511
5.6	サウスウェスト航空、家族連れの新搭乗方式	512
5.7	アメリカン航空、エアセル社と協力レインフライトWiFi導入	512
5.8	ノースウェスト航空、フライトキャンセル削減に向けた試み	513
5.9	ミッドウェスト航空、エア・トラン航空と対話開始	513
6.	2007年9月の動向	514
6.1	航空機の温暖化ガス排出—テクノロジー対経済発展	514
6.2	IATA、2008年にペーパー・チケット廃止	515
6.3	ノースロップ・グルマン社のガーディアン・ミサイル迎撃システム、機上運転時間が6,000時間に	515
6.4	米国投資ファンドTPGとノースウェスト航空、ミッドウェスト航空を共同買収	516
6.5	デイ・ジェット社、サービス開始体制整う	516
6.6	エアバス社とボーイング社、中国のジェット機需要に照準を合わせる	516
6.7	ボーイング社、B787型機の初飛行が遅れる	517
6.8	エアバス社、10月にA380型機をシンガポール航空に初納入	517
6.9	ターボプロップエンジン機、復活の兆し	517
6.10	エアバス社、中国により多くの部品供給を依存	518
6.11	ボーイング社、次世代世界衛星システムへ入札	518
7.	2007年10月の動向	519
7.1	FAA、AMIジェット社のパート135認定を停止	519
7.2	FAA、BA609型の耐空基準案に対するコメント公募	519
7.3	FAA、2020年までに“ADS-B”搭載の義務化	519
7.4	FAA再編成案、フライト・フィーを巡る論議続く	520
7.5	国土安全保障省、私有航空機の入出国フライト前に乗客名簿電子データの提出要求	520
7.6	デイ・ジェット社、ついに就航開始	521
7.7	FLグループ、AMR経営陣にフリークエント・フライヤー・プログラムの改革を迫る	521
7.8	デルタ航空、渋滞するJFK空港で拡充計画	521
7.9	コンチネンタル航空、アジア路線を拡大	522
7.10	コンチネンタル航空、ハブであるクリーブランド空港の本格的拡充計画	522
7.11	ノースウェスト航空とミッドウェスト航空、コードシェア便と相互FF開始	522
7.12	ボーイング社、B787型ドリームライナーの納入の半年遅延を発表	523
7.13	ブリティッシュ航空、ボーイング社のB787型とエアバス社のA380型の併用体制へ	523
8.	2007年11月の動向	523
8.1	エクリプスFOQAプログラム、一般航空に	523

8.2	NASA、各界からの圧力でパイロット安全調査を公開へ	524
8.3	FAA、深刻な滑走路への侵入が減少と発表	524
8.4	空港周辺の土地利用、空の安全に脅威	524
8.5	AMI社の認可取り消し、チャーター業界を震撼	525
8.6	JFケネディ空港の発着スケジュール緩和に、各航空会社に圧力	525
8.7	ピッツバーグにて、航空産業の構造変革	526
8.8	英国航空、アメリカン航空との合併を検討	526
8.9	AMR社、座席数カットと料金値上げにより利益増加	527
8.10	ユナイテッド、コンチネンタル、デルタ、アメリカン航空、燃料費高騰に対応して料金値上げ	527
8.11	ジェット・ブルー航空、カナダへ	527
8.12	ミッドウェスト航空の株主、TPGIによる買収を了承	528
8.13	ボーイング社、受注数が2008年に減速する可能性に言及	528
9.	2007年12月の動向	528
9.1	一般航空に対する安全保障規制の強化	528
9.2	LT406-MHz 新基準の義務化、いまだ成らず	529
9.3	ブッシュ政権、空の混雑と乗客保護をねらう	530
9.4	プライベートジェットはラガーディア空港から閉め出されるか？	530
9.5	軍専用“エクスプレス・レーン”はフライト遅延を永久に軽減できるか？	531
9.6	サウスウェスト航空、料金形態多様化	532
10.	2008年1月の動向	534
10.1	上院、フライトに対する顧客不満への対応改善条項	534
10.2	商業旅客ジェット機に対ミサイル装置を試験装備	534
10.3	議会に提出された新航空関連法案	535
10.4	上院、FAA長官の任命を延期	535
10.5	連邦航空局、航空管制官組合との賃上げ交渉に新提案	535
10.6	オーストラリアと米国、オープン・スカイズ交渉始まる	536
10.7	パート91の運行管理責任	536
10.8	運行管理規則に対する慎重な遵守義務	537
10.9	燃料費を運賃から分離化	537
10.10	ボーイング社、2007年に業界受注数1,413機の最高記録	538

## 概要

第Ⅲ部「米国における航空・宇宙産業技術の動向」においては、米国航空産業が、2001年に発生した同時多発テロ事件以降に直面した不景気から業績をようやく回復し、ビジネス環境としては乗客に対して価格交渉力を強化することができるようになっている状況において、航空産業各社が自らのビジネスの根幹をなす航空機自体に対する投資を再び活発化していることが、技術開発の動向にどのような影響を与えているかという観点から、時系列的に関心事項を整理している。原油高に伴う燃料コスト高騰に苦しんでいる米国航空産業を背景として、主として航空機製造に係る技術動向について整理している。特に、ボーイング社とエアバス社の2社による世界的な受注競争は、新規モデルの開発に伴って熾烈を極めている中で、2007年にはボーイング社が再び受注トップとなった一方で、新型機 B787 型機の引渡し予定を大幅に遅らせるなど、航空機開発とリスクに対する感受性が高まっているほか、航空産業に対して運行上の規制強化・緩和が同時に検討・実施されるなど、航空産業のビジネス環境の改善に伴うさまざまな場面の展開が航空機技術に与える影響を整理している。

## 1. 2007年4月の動向

### 1.1 米国とEU間の「オープン・スカイズ」協定、混迷

米国とEU圏で協議中の「オープン・スカイズ」協定は、6月の共同会議でEU各国の運輸大臣等の承認が受けられれば、62年間にわたって米国と欧州という二大陸間の自由運行を阻んできた航空輸送の障壁が全廃されるという段階に入った。

米系航空各社は、この協定によってEU加盟25カ国に向けて自由に運行できるようになるため、基本的にこれを支持する立場をとってきた。この「オープン・スカイズ」協定は、企業間の自由競争を促し、乗客により安く便利なサービスを提供できると同時に、既に年間220億ドル規模の米国－欧州間の航空市場にさらに年間乗客数推定1,700万人の増加が見込まれることにより、航空各社の収益率をさらに向上させることができるという利点がある。しかし、米系航空会社の中でも、各社の路線運行状況と協定から期待できる効果はそれぞれ異なるため、思惑の違いから論議は混迷している。

この協定の影響を最も受けるのは、米系航空会社の中で第1位、第2位のアメリカン航空とユナイテッド航空である。両社は、現在、ロンドンのヒースロー空港で特権的な離着陸許可を受けているが、この協定によってその特権を失い、自由競争の波に巻き込まれることになる。ユナイテッド航空は、「長期的に見ればオープン・スカイズは避けられず、ヒースロー空港のスロットを巡って競争は激化することはやむを得ない」と述べている。また、アメリカン航空では、「この機会にブリティッシュ航空とのパートナーシップ強化に努めたい」と意欲を示している。

米系第3位のデルタ航空は、オープン・スカイズ協定を積極的に支持している。デルタ航空では、2007年後半にも破産状態から脱却することを予定しており、この協定によって、利用者数世界最多の同航空ハブのアトランタ空港と同第4位（欧州では最多）のヒースロー空港間を結ぶ直行便が可能になるため、再建復興に向けた強力な推進力になることを期待している。

これに対し、米系第4位のコンチネンタル航空は、当初、協定支持を打ち出し、使用可能なEUの国際空港全てに対して運航許可を求める意向を示してきた。しかし、最重要目的地であるヒースロー空港が運航過密のため、この協定が承認されたとしてもスロット獲得が難しいことが明らかになるにつれ、態度を硬化させている。また一方では、航空産業への外国人労働力の流入を恐れる米系労働組合と、オープン・スカイズ協定の前提条件として米系航空会社に対する外国資本の関与を制限する保護法の撤廃を求めるEU諸国からの声もあり、オープン・スカイズ協定の行方には予断を許さない状況となっている。

### 1.2 米国、中国と「オープン・スカイズ」協定の5月合意に期待

2007年4月3日に米国運輸長官メアリー・ピーターズ女史が語ったところによると、米国政府は中国との航空自由化協定に関する協議を続けており、5月までに「オープン・スカイズ」協定の基本合意に至る見通しである。ピーターズ女史は、この合意によって、現在1日平均11便しかない中国－米国間の直行便が、1日平均55便運航を誇る米国－ドイツ路線の水準にまで増加す

ることを期待している。

現在、米国と中国を結ぶ国際線は、旅行者とビジネス客の急激な増加にも拘らず国際協定によって極めて厳しく制限されている。2007年始めには、唯一追加される路線の獲得を巡って米系航空会社各社で激しく争ったが、最終的にユナイテッド航空がワシントンー北京を結ぶ初の直行便を獲得し、3月から運航が始まった。

米系最大手アメリカン航空では、米国ー中国を結ぶ次の路線の承認が下りるのはいつかという点に興味が集中しており、「米国ー中国間の市場は、需要がはるかに供給を上回っており、もっと多くの路線が開かれることを強く希望している。」と述べている。同航空では2006年、ダラスー北京を結ぶ路線をもって入札に参加して失敗しており、今後は新しい路線での入札を予定している。

コンチネンタル航空は、米国ー中国間の空の自由化に対する政府の努力を支持する姿勢を出しており、今後もニューヨークー上海路線を含めた中国への路線の獲得に強い興味を示している。同社は、2006年ニューヨークー上海を結ぶ路線を提案していたが、運輸省が競合するユナイテッド航空のワシントンー北京路線を選んだという経緯がある。

デルタ航空も、中国への拠点作りに意欲を見せており、アジアにおいて同社の存在を知らしめるためにも、米国南東部から中国への初の直行便を申請している。今後も中国市場においてさらなる路線獲得を追及していく方針である。

FedExは、先頃、米国ー中国間の30往復フライトの運航許可を得ており、中国との空の自由化がさらに進めば、より安くフレキシブルで効率の良いサービスが提供できるという見方を示している。同社は、2006年、中国南部の広州・ベイユン（白雲）国際空港に1億5,000万ドルを投じてハブを建設した。

### 1.3 ボーイング 787 ドリームライナー、受注数 500 機を突破

2007年4月3日、ボーイング社は、日本航空によるB787型機の追加発注により、プログラム開始以来の確定受注数が500機を超えたことを発表した。ボーイング787型機は、2007年8月に初飛行を実施し、2008～2009年に初号機112機の納入を予定している。今後も、アメリカン航空、デルタ航空、ユナイテッド航空などの米系大手各社や、英国航空、ルフトハンザ航空等の欧州有力各社もB787導入決定に踏み切ると見られており、これら各社は大量発注を行うことが予想されるだけに、同機の発注数は就航開始前にますます数字を伸ばすことが確実となっている。しかし、現状の製造ラインは2013年まで全て予約済みの状態であり、今後の増産体制の確立と増産可能機数の確定が必須の状況となっている。

ボーイング787型機は、次世代省エネ広胴型機であり、軽量の合成カーボンファイバーを使用したことで、同クラスの他の航空機と比べて乗客当り燃料消費率が20%減少でき、排ガスの削減や騒音の軽減など、環境面にも優れた性能を持つ。貨物搭載スペースは最大45%増加し、旅客に対しても、快適な温度に保たれた機内、幅広の座席・通路、大きな窓などの斬新な機内環境で、旅の快適さを提供する。2007年3月26日に公開された機内設備において注目すべき点は、車椅子の人にも利用可能なトイレが2基設置されていることであり、ドアノブ等の取っ手が握りやすい形に工夫されているほか、トイレ内の蛇口、水洗レバー、ゴミ箱の蓋は手動はもちろん、赤外



線センサーでも反応する仕様となっている。

ボーイング 878 型機の生産工程の特長として、合成カーボンファイバー使用の主翼、胴体といった主要構造部が日本の三菱、川崎重工、富士重工などの外国企業によって供給されている点があげられる。つまり、増産体制の行方は、これらの協力企業が合成カーボンファイバー用特殊装置（オート・クレーブ）増設の費用負担に耐えられるかどうか大きく左右される。787 型機の最終需要見込みは 4,000 機となるという強気な見方もあり、日本のメーカーも増産投資体制に前向きな姿勢を見せている。

こうした中、ボーイング 787 用大型部品として始めて、日本で作られた 2 つの合成カーボンファイバー胴体部分がサウスカロライナ州チャールストンに向けて空輸された。これは、川崎重工製の長さ 7 メートルの前部胴体と長さ 8.5 メートルの主車輪格納室、および富士重工製の中央燃料タンクである。これらは、名古屋の中部国際空港からチャールストンに空輸され、空港に隣接するグローバル・エアロノティカ社工場に搬入される。使用される貨物機は、遠隔地で製造される 787 大型部品の輸送用に、747-400 旅客機を改造した大型機で「747LCF ドリームリフター」と呼ばれる。ドリームリフターは全長 36m の貨物まで搭載可能である。日本からの大型胴体部品を受け取るグローバル・エアロノティカ社は、イタリアのアレーニア社と米国のヴォート社の合弁会社で、アレーニア社で製造されて送られてくる中央胴体と日本からの車輪格納室と燃料タンクを結合する作業をここで担当している。結合された胴体部分は再びドリームリフターに積込まれワシントン州エヴェレットにあるボーイングの最終組立て工場に空輸される。ここでヴォート社が隣接工場で製造している全長 16.5 メートルの後部胴体と結合されることになる。

一方、A380 生産遅延により遅れをとっていたエアバス社は、エアロフロート・ロシア航空、カタール航空、フィンランド航空の A350XWB 発注が確定したことによって危機を脱し、後発機の利点を生かして欧州航空業界全体として B787 に対して攻勢をかける動きが見られる。ボーイング社とエアバス社との航空機メーカー覇権争いは、今後一層激化することが予想される。

#### 1.4 ボーイング社、燃料電池航空機の試験飛行

環境にやさしい航空テクノロジーを目指すボーイング社は、近く、燃料電池および軽量電池のみを用いた有人プロペラ機の試験飛行を予定している。ボーイング社の研究機関、ボーイング・リサーチ&テクノロジー・ヨーロッパ (BR&TE) は、2003 年より燃料電池試験飛行機の開発を進めてきたが、この度システム統合段階まで完了し、地上およびフライト試験を実施するための準備に入った。

燃料電池は、水素を燃焼させることなく電気と熱に変換する電気化学的デバイスであるため、排ガスを発生せず、ハイドロエンジンよりも騒音が少ない。試験飛行機は、固体高分子型燃料電池 (PEM) とリチウム電池によるハイブリッド・システムを利用してプロペラに結ばれた電気モーターを動かし、運行中の動力を供給する。運行中は燃料電池を、最も動力が必要となる離陸・上昇時には軽量リチウム電池を使用する。

試験飛行機は、オーストリアのダイヤモンド飛行機会社製のダイナモ・モーター・グライダーの主構造部分を大幅に改造したもので、英国のインテリジェント・エネルギー社製の PEM 燃料電池を搭載している。機体の翼幅は 16.3 メートルで、時速 100 キロメートルでの飛行が可能である。共同研究試験飛行はスペインで実施が予定されており、燃料電池および軽量電池のみを使用

した有人飛行機の水平飛行を初めて試みる。

ボーイング社では、燃料電池を将来の民間航空機の主動力に想定している訳ではなく、この開発を通して得られたテクノロジーが、将来の小型航空機の開発に繋がることを期待している。ボーイング社では、PEM 以外の燃料電池にも可能性を見出しており、その一つが補助電力装置に使用する固体電解質型燃料電池である。今後 10 年から 15 年の間に、これらの燃料電池テクノロジーが民間航空機業界において実用化されている可能性は十分にある。

## 1.5 NASA 冥王星探索機「ニュー・ホライズンズ」、木星を通過

14 カ月前の 2006 年 1 月 19 日にフロリダを出発した NASA の冥王星探索機「ニュー・ホライズンズ」は、木星に 230 万キロメートルの距離にまで最接近し、木星およびその衛星の観測調査を続行中である。この最接近距離は、2000 年に木星探索機カッシーニが最接近した時の距離 1,000 万キロメートルのほぼ 4 分の 1 である。2007 年 3 月末に当機から発信されたデータ測定結果から、最接近したのは 2 月 28 日とみられる。重力 450 キログラム、熱核発電装置 (RTG) を搭載したこの探査機は、補助ロケットを含めた推力が 1,080 トンに至る巨大なアトラス V によって打ち上げられ、地球脱出速度は秒速 16.2 キロメートルという新記録を作った。月の周回軌道を発射後わずか 9 時間で通過し、途中火星の軌道、小惑星 2002-JF56 の軌道を通った後、現在は木星磁気圏を通り過ぎつつあり、時速 1 万 4,500 キロメートル (秒速 21 キロメートル) で冥王星に向かっている。

このプロジェクトを担当するジョン・ホプキンス大学応用物理研究所 (APL) によると、木星最接近の目的は 3 つあったという。このうち最大の目的は「冥王星に向う飛行に必要な速度を得ること」であった。今回、地球の 320 倍という木星重力を利用し加速する「スイング・バイ」飛行方式に成功したことで、探査機の運用チームは 2007 年後半から歴史上初めて冥王星に向けての詳細な飛行計画をスタートできることになる。

第 2 の目的は、「搭載計測機器の機能が正常に働くこと」の確認である。ニュー・ホライズンズは、2007 年初めから搭載計測機器にスイッチを入れて観測が始められ、木星最接近後さらに 3 カ月間観測を続けることになっている。APL では、木星近辺におけるニュー・ホライズンズの計測機器の性能チェック結果に非常に満足しており、「第 2 の目的」は達成されたとしている。

また、これに付随した第 3 の目的が「木星とその衛星等の科学調査」であるが、こちらも期待以上の成果が得られつつある。木星近辺で収集したデータは 40 ギガバイト、観測写真で 700 枚以上に達し、これらは探査機の記憶装置に収められた後、4 月末までに地上に送られる。既に数十枚が返送され、分析担当のサウスウェスト研究所 (SwRI) では、初めて入手した木星表面や衛星「イオ」の詳細なデータに大変満足し、今後の資料に期待を寄せている。

ニュー・ホライズンズは、地球の 100 万倍という強力な木星磁気圏を通過した後、2015 年までの 8 年間は毎分 5 回転しながら「冬眠状態」で飛行を続ける。この間は殆どの電子機器のスイッチが切られ、週 1 回の連絡通信をするだけで過ごす。運用チームは毎年 50 日間探査機をチェックし、必要に応じて飛行コースの修正を行う。冥王星最接近は 2015 年 7 月 14 日になる予定で、冥王星と衛星カロンの調査をし、その先のカイパーベルト天体の探査も期待されている。冥王星の接近には LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) と呼ばれる長距離探査カメラを使って遠方から冥王星とその衛星カロン近辺通過に最適な経路を選定する予定であり、その運用計画も

今後本格化する。

## 2. 2007年5月の動向

### 2.1 米国とEU間の「オープン・スカイズ」協定、ついに調印

米国とEU各国の首脳は、4月30日、「オープン・スカイズ」協定に調印し、第二次世界大戦以来、両大陸間の輸送を阻んできた空の規制は大きく緩和される運びとなった。この協定は2008年3月30日から発効し、米国とEUの各航空会社は、米国とEU加盟25カ国内の全てのルートと空港を使用することが認められる。今後5年間で、米国と欧州を結ぶ大西洋運行便は55%以上増加することが期待されている。

大西洋航路、とりわけロンドン中心部への接続の良いヒースロー空港への需要は非常に高く、米系航空会社は20年来、ヒースロー空港への自由運行を希望してきた。現在、同空港への発着を許可され、ヒースローから米国への航路を利用できるのは、米系のユナイテッド航空とアメリカン航空、および英国系のブリティッシュ航空とヴァージン・アトランティック航空の4社のみである。コンチネンタル航空、デルタ航空、ノースウェスト航空、USエアウェイズは、ロンドン中心部から30マイル離れたガトウィック空港を使用している。立地条件に恵まれたヒースロー空港の発着便運賃はガトウィック空港の発着便運賃より平均29%も高く、ヒースロー空港は「金のなる木」と言われている。

「オープン・スカイズ」協定が発効しても、全ての航空会社が自動的にヒースロー空港の利用を保障されるわけではない。ヒースロー空港は世界でも最も渋滞している空港の一つであり、まず高額なヒースロー空港発着権を購入する必要がある。購入に当たっても、まず、各航空会社のパートナーシップや経営状況等が検討にかけられ、これが十分であるという判断が行われて初めてスロット（利用割当）を購入する権利が与えられるというスキームとなっている。

各航空会社では、最近「オープン・スカイズ」協定調印に焦点を合わせ、以下のような動きを見せている。

- ・デルタ航空のCFO エド・バスチアン氏が語ったところによると、デルタ航空では「オープン・スカイズ」協定発効と同時に、同社ハブのアトランタ空港からの新航路運行を開始させるために、現在、ヒースロー空港の発着権獲得に全力を尽くしているという。

- ・コンチネンタル航空は、2008年夏までには同社ハブのヒューストン空港からヒースロー空港への運行を開始したいと希望している。

- ・ユナイテッド航空と英系航空会社のBMI社は、コードシェア便の拡大にむけて米国政府の最終認可を待っているところである。これが実現すると、利用者はユナイテッド航空のウェブサイト上で、ヨーロッパ最終目的地までのフライトを購入することができるようになる。

また、米国政府は、米国と中国間の「オープン・スカイズ」協定についても、2007年5月、ワシントンDCで開かれる米中高官レベル対話において合意に至りたい意向を持っている。米国のメアリー・ピーターズ運輸長官は、米中経済政策対話までに新しい合意を結び、2007年末までに米中間の「オープン・スカイズ」協定を実現する強い意欲を示している。「米中間の経済関係をより強化するためにも、貨物や旅客の運輸に規制を続けるのは無駄なことである。航空市場規制は米

国、中国どちらにとっても不利益で、両国間の旅客の 16%が他国の航空会社に奪われる事態となっている」とも語っている。

## 2.2 デルタ航空、破産状態からの脱却

2007年4月30日、破産裁判所において、デルタ航空に対する「連邦破産法第11条」手続きの解除が承認された。米系航空会社第3位のデルタ航空の破産は、米国史上でも最大の破産の一つであり、USエアウェイズ航空との合併等も選択肢として上げられていたが、単独で、19カ月ぶりに破産状態からの脱却が実現した。

デルタ航空では、2005年9月の「連邦破産法第11条」に基づく申立てを行って以来、人件費を10億ドル削減し、競争の激しい米国内線の比重を減少しつつ、30億ドル規模の方針転換計画の一つとして中南米や中近東に新航路を開拓してきた。デルタ航空では、破産前の2001年から2005年の間に負債は190億ドル、経営赤字は75億ドルに膨れ上がっていた。2006年に4億5,200万ドルの赤字であった特別支出控除前税引前利益は、2007年度は8億1,600万ドルの黒字に転じることが予想されている。同航空は、運行費を2002年レベルから50億ドルもの削減に成功したが、これは、10億ドルにも及ぶ賃金カットや、2005年に6万6,500人であった従業員を4万7,000人にまで削減した結果である。CEO（最高経営責任者）のジェラルド・グリンスタイン氏は次のように述べている。「デルタ航空は一連のリストラで大変革を遂げた。我々は、財政的にも、航空機運行面でも、社員スピリットにおいても一層遅しくなり、競争がより激化する航空業界において、従来の業界リーダーとしての地位にいつでも戻ることができる。」

米国航空業界は2001年のテロ事件以来、不振が続き、2005年には米系航空会社全体で100億ドルの赤字を出した。しかし、近年復活の兆しが見られ、ATA（航空輸送協会）によると、2007年の米系旅客航空会社全体の総利益は40億ドルと予想されている。デルタ航空は、スタンダード&プアー社の評価によると、再建努力が認められ、企業将来性の評価は向上しているものの、企業信用度は依然「Bの下」と位置づけられている。

また、デルタ航空は、2007年5月9日、ロサンゼルス国際空港における定期運行便を新たに21便を増発し、ロサンゼルス空港を将来のアジアと中南米向け航路のハブ空港とする計画を発表した。7月1日からは、ロサンゼルス空港から世界48都市に向けて毎日100便の発着が予定されている。新設便は、地域パートナーであるエクスプレス社によって運行され、ロサンゼルス空港とデンバー、フェニックス、ボイシ等の都市を結ぶことになる。

## 2.3 2007年1～3月四半期、ユナイテッド航空は赤字、コンチネンタル航空は黒字転換

ユナイテッド航空の親会社、UALは2007年1～3月四半期において赤字決算となったことを発表した。UALによると、豪雪等の悪天候による運行キャンセルが相次いだため、損失は1億5,200万ドルにおよび、2006年同時期の破産騒動の中で誇張された黒字報告と対照的である。ユナイテッド航空は2006年2月に破産状態から脱却したため、決算年度と財政収支には、若干の時間的ずれがある。UALは、冬季の悪天候に関わるキャンセルの影響で、旅客関係歳入が3,200万ドル減収したものと推定している。

コンチネンタル航空は2007年1～3月四半期において、乗客収容率の向上と、運賃値上げおよ

び燃料費のわずかな値下がりによって期待以上の利益を上げた。同航空は、2001 年来、季節的に旅客停滞する第 1 四半期に利益計上できた初の航空会社であり、長く不況からの脱却に苦しむ米国航空産業にとって新たな道標となるものである。米国航空産業は、近年、低価格運賃競争と燃料費の高騰で厳しい状況が続いていたが、各社の経費節減努力と空の旅への潜在的需要が復活するにつれ、回復基調にあり、各社では数年ぶりに黒字に転じつつある。世界最大のアメリカン航空の親会社 AMR 社においても、コンチネンタル航空と同様の黒字転換が予定されている。

コンチネンタル航空は米国第 4 位の航空会社であり、2007 年 1～3 月四半期の総利益 2,200 万ドル、1 株当たり 21 セントの利益計上が報告された。前年度同期では総損失 6,600 万ドル、1 株当たり 76 セントの損失であった。毎年 1～3 月四半期は豪雪など悪天候によるフライトのキャンセルが続発し、季節的に旅客が停滞しがちな時期である。それにも拘わらずコンチネンタル航空とアメリカン航空という、二大航空会社が黒字転換した意味は大きい。コンチネンタル航空では、豪雪によるフライトのキャンセルのため、2007 年 1～3 月四半期は 1,000 万ドルの減収となったが、総運航収入は 8%増加の 31 億 8,000 万ドルにとどまった。その主な原因は、マイレージサービスなどを利用する乗客に比べ、運賃を支払って搭乗する乗客の割合が 0.8 ポイント増加して 78.7%となったこと等が考えられる。

## 2.4 ワシントン DC から、汎用航空機に対する新料金制度設立と燃料税増税の提案

ワシントン DC において、ブッシュ政権と、上院通商委員会からそれぞれ、汎用航空機に対する使用者負担に関する新料金制度設立と燃料税増税を目指す新提案が提出された。ブッシュ政権による新提案も、上院法案も、国家の空の交通管理システムを改善する資金を調達することを目的としている。しかし、これら両新案は、航空業界に大混乱を招き、回復基調にある航空業界を再び停滞させる恐れがあり、関係者の間で懸念されている。

航空関係者の中には、ブッシュ政権が FAA（連邦航空局）の再編成を目論んでいるのではないかと考える者もいる。新政府案では、従来、航空会社によって支払われていたガロン当たり 4.3 セントの燃料税を廃止し、飛行機毎に、パイロット証明書から天候チェックといった 25 の項目に対し、料金群を設定し徴収しようと計画している。一般航空機燃料にかかる税金は、従来のガロン当たり 20 セントから 70 セントへと、実に 3 倍以上増加することになる。このブッシュ政権による新提案が実施されると、小型旅客機には新型税の支払いに見合うだけの収容人員能力がないため、フライトを縮小せざるを得ず、廃業に追い込まれる航空会社も出てくる懸念されている。

一方、上院通商委員会では、トレント・ロット氏やジェイ・ロックフェラー氏などによって、「航空投資及び近代化法案 (Aviation Investment and Modernization Act)」の説明が行われた。この法案では、商業用飛行機以外の、緊急用のターボプロペラエンジン式飛行機、およびピストンエンジン式飛行機は、課税対象から除外されている。同法案が実施されると、商業用飛行機とその他の高機能飛行機、つまり基本的に企業所有の飛行機に対し、フライト当たり 25 ドルのフライト料が課されることになる。また、燃料税をガロン当たり 21.8 セントから 49 セントへ増加させ、その代わりに、航空会社に対する 4.3 セントの燃料税を廃止することが盛り込まれている。

米国の航空関係者は、全米航空連合 (Alliance for Aviation Across America) を結成し、全国規模で団結してブッシュ政権による新提案と上院の「航空投資及び近代化法案 (Aviation

Investment and Modernization Act)」に反対する構えである。航空関係者は、「飛行機燃料費は現在、1 ガロン約 4.4 ドルであり、既に汎用航空機にとって運行困難なレベルにまで値上がりしている。燃料価格上昇に何とか対処しても、税金を 3 倍にも増やされては航空業界は壊滅的な事態になる。」と口を揃えて主張している。

上院通商委員会のバイロン・ドーガン上院議員は、「大統領案は、汎用飛行機産業に壊滅的被害をもたらすであろう。上院法案においても、使用者負担に関する新料金制度と燃料税の改定はあるが、影響を受けるのは、一般飛行機の内のおよそ 10%に過ぎない。」と述べている。上院法案では小型空港に対する資金援助と「空港改善プログラム」を現状のまま維持すると約束しているが、ブッシュ政権による新提案では保障していないため、地方の小型空港ではブッシュ政権新提案に対して、より根強い抵抗が予想される。

## 2.5 米系航空会社、フリークエント・フライヤー・マイルの負担増大

フリークエント・フライヤー・プログラムは、近年、飛躍的に利用度が高まっているが、これに伴い、フリー・トラベルの潜在的支払い義務は米系航空会社にとって無視できないほどの規模にまで膨れ上がっていることが報告されている。

全航空会社合計で、過去 25 年間に計上したフリークエント・フライヤー・マイルは地球の 7 億 6,000 万周分に相当し、そのうち 14 兆マイル以上が使用されないままだという。リワードとして使用される割合も徐々に増加しつつあり、使用されないまま期限の切れるマイルが相当量あることを考慮しても、フリークエント・フライヤー・マイルは各航空会社にとって潜在的な脅威となりつつある。

アメリカン航空の親会社である AMR 社は、世界最大のフリークエント・フライヤー・プログラムを運営しているが、2006 年末のフリー・トラベルの支払い義務は、航空運賃額に換算して 16 億ドル相当であった。これは、前年比 1 億ドル増加で、2000 年度のフリー・トラベル支払い義務換算額が 9 億 7,600 万ドルであったことを考えると、飛躍的に増加していることがわかる。アメリカン航空総乗客数に占めるフリー・トラベル・アワードの割合も、2005 年に 7.2%、2006 年に 7.5% と増加している。この状況は、デルタ航空やノースウェスト航空でも同様で、フリー乗客によって運行便はかつて無いほど満員となっている。

この背景には 2001 年のテロ事件以来、停滞していた米国航空業界を活性化させ乗客を呼び戻すために、各社が競ってフリークエント・フライヤー・マイル数を増加していったこと、また、クレジットカード会社のアワード・プログラム等によって、消費者の獲得マイル数が加算されていることがある。しかし、フリー乗客の増加は、運賃を支払う乗客のための可能座席数が減少する事態に繋がり、航空会社では、ポイント数に応じて iPod など商品やギフトカードと交換することができる代替策を模索している。しかし、フリークエント・フライヤー・プログラムの存在は乗客が航空会社を選ぶ大きな理由の一つとなっており、アワードの価値が下がったと消費者に感じさせずに、フリー・トラベルに取って代わることができる新しいアワード・プログラムの開発が急がれている。

### 3. 2007年6月の動向

#### 3.1 米国と中国間のフライト、2012年までに倍増

2007年5月23日に米国と中国の間で締結された合意によって、両国間の旅客便数は2012年までに倍増することとなった。この合意は、米中経済フォーラムの結びに運輸省と財務省によって発表されたが、2007年4月に締結された米国EU間の大西洋航路拡大合意に続き、ブッシュ政権による国際航空事業における大きな成果となった。米中両国は、「オープン・スカイ」に向けた実施計画案について、2010年に再び対話を行う予定である。

運輸省では、米中間の運行便増加により米系航空会社総売上50億ドル増加が見込まれると発表しており、とりわけ、2008年夏の北京オリンピック関連フライトへの投資が可能な航空会社にとっては売上促進効果が著しいものと予想されている。現在、米系航空会社が航路を持っているのは、首都である北京、経済の中心地である上海、富裕な南部商業都市の広州である。今回の合意によると、今後5年間で現状の毎日10便の往復フライト数が、毎日23便に増加されることになる。2007年中に新規航路1便が運航開始され、2009年に4便、2010年に3便、2011年と2012年にそれぞれ2便の運航が開始される予定である。2008年に開始される新規航路の運航発着地は広州に限定される。米国は、中国へ運航する旅客航空会社を3社追加することとしており、2007年に1社、2009年に2社を新規に指定する予定である。運輸省によると、2007年のスロットは現在中国へ乗り入れていない航空会社に与えられるという。この合意では、また、貨物航空便の障壁についても2011年までに廃止することを約束しており、FedExとUPSの大躍進が予想される。

現在、ユナイテッド航空、アメリカン航空、コンチネンタル航空、およびノースウエスト航空が中国への旅客便の新規運航開始を申し入れている。米中両国政府による合意の発表後、直ちにアメリカン航空、ノースウエスト航空、ユナイテッド航空、およびデルタ航空はそれぞれ歓迎の声明を発表しており、各社では国内での競争激化と低価格合戦による利益減少を、国際便の拡大によって埋め合わせたいという意図がある。デルタ航空は、ハブであるアトランタから上海への運航を希望しており、USエア航空も中国への運航を計画している。両社とも、いまだ中国へは乗り入れていない。運輸省によると、2007年のスロット決定に関しては、できる限り迅速に行う予定であり、早ければ2007年の夏にも決定されるという。

#### 3.2 ボーイング社、5月の商業用受注機数が2006年の3倍

ボーイング社の発表によると、2007年5月の商業用確定受注機数は92台となり、前年同月の確定受注機数33台のほぼ3倍となった。2007年5月末までの確定受注機数累計は417台であり、最終的に年間受注機数がボーイング社史上最高の1,044台となり、競合しているエアバス社から売上高トップの座を奪還した2006年の同時期における受注機累計358台を上回っている。また、エアバス社が発表した2007年5月末までの確定受注機数累計が201台にとどまっているのに対して、2倍以上の受注を得たことになり、2007年も確定受注機数において既に大きくエアバス社を引き離している。

2007年5月の受注機数が大幅増加した要因は、ロシアのS7グループからB787型ドリームライナー15台、表示価格で240億ドルという大型契約が締結されたことと、発注者名を公表しない

単通路型 B737 - 900 の 62 台、表示価格で 450 億ドルという大口発注があったためである。2007 年 5 月の確定受注機数の内訳は、単通路型 B737 型が 64 台、中型 B787 型が 17 台、B777 型ミニジャンボが 11 台であった。

ボーイング社の未曾有の人気機種として同社躍進の原動力となっている B787 型ドリームライナーは、ボーイング社にとって B777 型以来初の完全新型ジェット機であり、飛行機本体に合成素材を史上初めて使用した大型商業旅客ジェット機である。次世代省エネ広胴機として競合機から開発面で 5 年リードしていると言われ、石油価格が高騰している中、市場優位性は益々高まっている。現在、初号機がエヴェレット工場で最終組立てに入っており、この後、塗装工場で塗装されてから再度エヴェレット工場へ運ばれ、2007 年 7 月 8 日の工場内 B787 型ドリームライナー完成祝典にて初披露される予定である。この披露祝典には、同機の開発作成に携わったボーイング社の社員と、会長兼 CEO であるジム・マクナニー氏ら役員陣、世界中からのメディア、および B787 型を発注した航空会社の役員等が招待されることになっている。ボーイング社では、これまで 40 以上の顧客から約 600 機の B787 型機の発注を得ている。初飛行は 2007 年 8 月後半か 9 月前半に行われ、6 機の試験飛行がなされた後、2008 年 5 月に全日空に初納入される予定となっている。

### 3.3 エアバス社、組織再編計画

エアバス社は、商業用飛行機生産において競合するボーイング社へのリードを維持するため、ヨーロッパ内の国単位の組織編制を止め、1 万人のリストラを実行する予定である。同社は、フランス、ドイツ、イギリス、スペインに 4 カ所の操業基地を創設し、国境を越えて融合的で合理的な組織に再編成することを目指している。フランス本拠のトゥールーズは、今後 4 年間で人員削減を行い、6 つの工場に対し売却か共同経営者を探す方針である。2001 年に 4 つの国のパートナーが合体した時点で各組織を融合させなかったことが、現在に至る経済危機と A380 型スーパージャンボの生産遅延を引き起こしたという反省があり、組織全体に対する命令系統を一元化し、エアバス社を飛行機の融合者として位置付けすることを狙っている。CEO であるルイ・ガロア氏によると、この変革によって、エアバス社は各部門が特定業務のみを行う現在の経営形態から、設計や生産全般に総合的に関わりを持つという点で、競合のボーイング社に似てくるという。また、エアバス社は、飛行機をドル建で販売することを目指しており、2001 年以来ユーロ建は 30% 減少している。同社では、年間支出を 2010 年以降 210 億ユーロ削減することと、2007 年から 2010 年にかけて現金支出を 50 億ユーロ削減することを目指している。

ボーイング社の B787 型機の確定発注機数の飛躍的な伸びに比べ、受注機数低迷が続いていたエアバス社に、このほど、カタール航空によって A350XWB 型 80 機の受注があった。これは、2005 年に前身モデルである A350 型 60 機を発注契約したものを切り替えたものであり、これによりカタール航空は A350XWB 型の最大の顧客となった。また、最大の懸念であった A380 型スーパージャンボ機の生産遅延問題も収束に向かいつつあり、同型機の追加発注に踏み切る航空会社の動きも見られる。



### 3.4 一般飛行機に対するユーザー・フィー案、議会でも支持を失う

上院議員有志らによる ATC（航空交通管制）サービスに対するユーザー・フィー構想は成立確実と見られていたが、上院議員らによる FAA 再編成案をより明示化した改正案が、2007 年 5 月半ばに賛成 11 票に対して反対 12 票という僅差で否決されたことによって、頓挫した。

上院航空小委員会の委員長であるジョン・ロックフェラー氏（民主党、ウェストヴァージニア）とトレント・ロット氏（自由党、ミシシッピ）は、ブッシュ政権から 2007 年 2 月に発表された新料金制度法案に対する代替案として、2007 年 5 月初旬に「S. 1300 案」を提出していた。ブッシュ政権案では、一般航空（GA）燃料税をジェット燃料で現行のガロン当たり 21.8 セントから 70 セントに、航空ガソリンでも現行のガロン当たり 19.3 セントから 70 セントへと、3 倍以上値上げしているのに対し、ロックフェラー・ロット案では一般航空（GA）ジェット燃料税をガロン当たり 21.8 セントから 49 セントへの値上げに押さえ、その代わりに、ATC システムを使用するタービン動力飛行機に対してフライト一回当たり 25 ドルのユーザー・フィーを課すこととしている。これに伴い、これまで航空会社が支払っていたガロン当たり 4.3 セントの燃料税は賦課されなくなる。

これに対し、2007 年 5 月 15 日、ユーザー・フィー反対派の上院議員ビル・ネルソン氏（民主党、フロリダ）とジョン・サヌヌ氏（自由党、ニューハンプシャー）は、上院航空小委員会が“FAA 再編成案”もしくは“基金提案”と呼んでいた提案に対して、“フライト毎のユーザー・フィー”とより明確で率直な呼称を掲げた改訂案を提出したが、この改訂案は上院通商委員会全体会議において否決された。最終投票で明暗を分けた一票を投じたのは、アラスカ選出のテッド・スティーヴンズ議員であるが、彼の選挙地アラスカ州では、2007 年 5 月、ユーザー・フィーと航空燃料税の値上げ、空港基金減額、および議会による FAA 管理に対して反対を唱える決議案が通過している。アラスカ州では、歴史的に主要交通手段として一般飛行機に大きく依存しており、州民 61 人に対してパイロット 1 人、飛行機 1 台の割合で存在するという事実が、この決議案の中で述べられている。スティーヴンズ氏は、予てよりユーザー・フィーに対する懸念と法案への不公平感を表明していた。

フロリダやアラスカは州内を移動する上でも一般航空（GA）に依存する度合いが高く、州全体が航空管理システムによって網羅されている。点と点を繋ぐタービン飛行機による移動であっても、フライトの度に 25 ドルのユーザー・フィーを支払わなければならないとなれば、ユーザー・フィー構想は大手航空会社が小規模航空事業者を潰すための試みではないかと疑問を呈する声もあがっている。全国商業航空協会（NBAA）と飛行機所有者およびパイロット協会（AOPA）では、今回の僅差の評決を、議会においてもユーザー・フィーに対する懸念が増大しつつある兆候として評価している。一方、FAA 財政問題を解決するために一般航空（GA）税を支持する勢力は、上院通商委員会以外でも依然として多く、S. 1300 法案は現在、物品税と燃料税を管轄する上院財政委員会に審議が移っている。

### 3.5 労働環境悪化や悪天候による遅延など米国航空会社の抱える様々な問題

2007 年夏に米系航空会社を利用する旅行客は、2006 年夏の 2 億 300 万人を上回る 2 億 700 万人以上になるものと推定され、全米の航空システムはほぼ飽和状態となるものと見られている。厳しい労働条件と組合の緊張、減少する人員配置、断続的な悪天候による遅延、新安全ルールの導

入に伴う混乱などによって、航空業界を取り巻く環境はますます悪化している。

9.11 テロ事件に続く米系航空会社利用者激減の時期に、各労働組合は会社を存続させるため、職員の賃金および福利厚生費のカットや、労働時間延長など多くの忍耐を強いられてきた。しかし近頃の各航空会社経営陣の莫大な賞与報酬が発表されるにつれ、少ない人員で長時間、低賃金で働かざるを得ない労働者の間からは、大きな不満の声が上がっている。米系航空会社大手 4 社であるアメリカン航空、ユナイテッド航空、ノースウェスト航空、および US エア航空の労働組合では、経営陣に対する不満を一般に向けて表明しており、デモや新聞広告等によって航空会社の労働条件の実態を訴えている。

これまで既に、悪天候とそれに続く離着陸場の渋滞によって、満員の乗客が何時間も飛行機から出られないまま閉じ込められるという事態が数多く起こっている。例えば、2007 年 4 月 24 日には、テキサスを襲った大型暴風雨によって、アメリカン航空の 129 便ものダラス・フォートワース空港行きフライトが安全のため他都市への行先変更を余儀なくされた。これは、9.11 テロ事件の際に、各航空会社が全ての便の行先を変更し非常着陸させた時のフライト数とほぼ同数である。今回の最悪ケースでは、アメリカン航空の B757 機がダラス・フォートワース空港にて“グラウンド・ホールド”の後、大型商業ジェット機に対応する装備のないテキサス州ミッドランド空港に行先変更されたものの、ジェット機用の出入階段が無いために実際には降りることができず、燃料不足からダラスに戻ることもできない状況に陥り、満員の乗客は 8 時間も機内に閉じ込められた。

こういった悪天候の影響を緩和するため、各フライトの地上と上空の航路指示を出す FAA（連邦航空局）は、2006 年夏に、シカゴ、ボストン、ニューヨークという航路渋滞区域において新プログラムを導入した。これは、新型コンピュータソフトによって、暴風雨の吹き荒れている空域を通り抜けるようフライト計画を選出するものである。今までは空港の一方向に暴風雨があると、航空交通管制局はその空港に着陸予定の全てのフライトに“グラウンド・ホールド”と呼ばれる離陸禁止命令を出していた。新プログラムでは、グラウンド・ホールドが必要なのは実際に暴風雨の進路を横切るフライトに対してのみとされたため、別方向から空港に接近する予定のフライトが管制局によって遅延されることはなくなった。

US エア航空では、2 度の破産に伴う組織再編成と 2005 年のアメリカ・ウェスト航空との合併以来、サービス拡大が相次いで失敗しており、ハブであるフィラデルフィアは預け入れ荷物を受け取るために 1 時間以上も待たされることで悪名高い。同社では、2007 年夏にフィラデルフィアのこれまで 65%の確度しかなかった荷物タグ読取り装置を、200 万ドルかけて確度 95%の新型機械と交換した。また 2006 年 12 月にはフィラデルフィア空港に全体として人員 500 人を投入しており、荷物取扱の悪評解消に全力を尽くす意気込みである。

米国で最も多忙な空港であるアトランタのハーツフィールド・ジャクソン空港では、エンド・ア라운드方式（後部が回り込み前部と繋がる方式）誘導路が 5 月完成した。これにより、飛行機は離着陸場からゲートまで移動する際に使用中の滑走路を横切らなくとも移動することができるようになり、今まで 1 日 200 回もあった滑走路横断の煩わしさから解放された。アトランタにハブを置くデルタ航空は、オン・タイム発着のための大きな前進だと述べている。また、デルタ航空は、大西洋横断便増便の基地としているニューヨークのジョン・F・ケネディ空港において、荷物取扱人員 500 人を雇用した。2007 年は、2006 年 8 月に交通安全管理局による液体の機内持ち込み制限が開始されて以来、初めての完全な夏季シーズンとなる。機内持ち込みが禁止されてい

る液体類を含む多くのものが預け入れ荷物とされるため、各航空会社とも預かり荷物量が現在までに少なくとも 20%増加しており、この人員配置は今後もますます増大することが予想される荷物セキュリティチェックに対応するためのものである。

## **4. 2007 年 7 月の動向**

### **4.1 ユーザー・フィー**

航空運輸協会（ATA）と航空各社では、顧客に対する「ユーザー・フィー」の紹介に努めており、ユナイテッド航空では 2007 年 6 月の顧客向け E メールの中で、ユーザー・フィーは航空の近代化にとって不可欠なものだとして支持を訴えた。ATA は、また、ニューアーク・リバティ、JFK、ラガーディアの各国際空港において地上遅延プログラムが行われる際には、テターボロ他のニューヨークエリアの一般航空空港に対しても同プログラムを実施するよう、連邦交通局（FAA）に要請した。ATA は、ニューヨーク・ターミナル・レーダー接近管制活動のほぼ 30%が法人ジェット便に関係したものであることから、FAA に対して、地上遅延プログラムによる影響を現状ほとんど受けていない法人ジェット便オペレーターに対しても制限を加えるように求めた。

### **4.2 一般航空事業者ら、下院パネルの FAA 再編案を支持**

下院運輸委員会において審議されている FAA に係る再編と資金に関する法案が一般航空事業者らの高い評価と支持を受けている一方で、航空各社は、ユーザー・フィーの導入を強力に推進している。下院運輸委員会で審議されている法案においては、ジェット燃料税を 1 ガロン当たり 21.8 セントから 30.7 セントに、航空ガソリンを 19.3 セントから 24.1 セントに値上げすることが推奨されているが、この FAA 再編法案が上院運輸委員会を通過した際に載せられていた 25 ドルの「ユーザー・フィー」は含まれていない。それぞれの法案は、上下両院の予算委員会に既に送られており、各院全体の審議に掛けられた後、燃料税とユーザー・フィー提案に関する最終決定が下されることになる。

### **4.3 FAA、検査許可証（IA）2 年更新を再確認**

FAA は、検査許可証（IA）の更新期間を現行の 1 年から 2 年に延長することを正式に文書で発表した。FAA では、IA 更新期間を 2 年にすることを 2007 年 1 月 30 日に既に表明しており、2007 年 3 月 1 日から実施することとしていた。これによって、IA 整備士は各自の許可証を奇数年ごとの 3 月 31 日に更新することとなる。しかし、通年の活動必要条項は依然として変わらないため、IA 整備士が更新許容期間 2 年間の 1 年目であっても活動必要基準に満たなかった場合、許可証維持のための口答試験を受けなければならない。FAA では、今回の変更によって FAA と IA 整備士双方の事務量が大きく軽減されるものと考えている。

#### 4.4 運輸省、ブリティッシュ航空に大西洋横断航路の拡張を許可

米国運輸省は、2008年3月のオープン・スカイ協定実施に伴い、EU内の全ての空港から米国内の全空港へ運行できる包括的許可をブリティッシュ航空に対して与えた。ブリティッシュ航空は、先頃承認されたEU-U.S. オープン・スカイ協定により可能となった包括的許可に対して、2007年6月にヨーロッパ系航空会社としては初めて申請しており、パリ、フランクフルト、アムステルダム、ブリュッセルやミラノといったEU諸都市からニューヨーク他の米国各都市への運航を目指している。同航空では、これを実現するために、ボーイング757か767シリーズを使用する予定である。ブリティッシュ航空が包括的許可を申請したことに対して、USエア航空からは、オープン・スカイ協定の実施は2008年以降であり、運輸省は現時点での申請に対応する必要がないという異議申立てを行っていた。USエア航空は、また、米系航空会社に対してヒースロー空港への運航が禁じられた状態のまま、ブリティッシュ航空に一方的に包括的許可を与えることは、同航空のロンドン・ヒースロー空港における地位をますます強固にする結果になるとも述べている。一方、ルフトハンザ航空では、ニューアーク空港からフランクフルト空港への航路で、10月28日から全席ビジネスクラス便を開始すると発表した。

#### 4.5 アトランタ空港が登録トラベラープログラムを導入

アトランタのハーツフィールド・ジャクソン空港は世界で最も忙しい空港の一つであるが、連邦政府が定めた登録トラベラープログラムを運営する事業者に関する入札を募集している。このプログラムを実施することによって、空港利用者は年間100ドル支払って事前スクリーニングを受けることにより、セキュリティチェックを早く済ませることができるようになる。ユニシス(UIS)社とヴェリファイド・アイデンティティ・パス社の2社が、他の8つの空港で同プログラムを運営している。ハーツフィールド空港の22のチェックポイントでの長い待ち時間は、顧客サービス面における最重要課題の一つであったが、同空港役員のシェリー・ラマーによると、登録トラベラー専用レーンが2007年末までに使用可能になるという。また、現在デルタ航空とその他の航空会社のプレミアム顧客に対して使用されている2列のスピード・レーンは、現行のまま継続される予定である。

#### 4.6 ボーイング社、テネシー州の部品製造部門を閉鎖

ボーイング社は、2008年第1四半期までにテネシー州オークリッジ地区における部品製造活動を中止すると発表した。この施設では、もはや十分な商業飛行機や他の部品製造作業が実施されていなかったことに加えて、オークリッジ地区の主要部品製造業者であるUSEC株式会社が、BWXTテクノロジー株式会社との間で、遠心分離機生産の長期契約を締結したことを発表したためである。

#### 4.7 エアバス社、アジアにおけるA380需要増を予測、ボーイング社は787型に賭ける

エアバス社では、アジアの新興中産層の海外旅行増加に対応するためにはA380型スーパー

ジャンボが不可欠だと考えられている一方、これに競合しているボーイング社では、より小型の飛行機に注力しようとしている。エアバス社の A380 型スーパージャンボは、現在までに 173 機の注文を受けているものの、問題続きで納入が遅れており、初の 555 人乗り A380 型をシンガポール航空に納入するのは 2007 年 10 月になる予定となっている。これに対して、ボーイング社では、210～250 人乗りの 787 型ドリームライナーのような小型機への需要がますます増加するものと予想されており、同機は 2007 年 7 月に初公開され、初飛行は 8 月か 9 月になる見込みである。ボーイング社では、今後 20 年間における航空会社の飛行機需要を 2 万 8,600 機、納入価格で総額 2 兆 8,000 億ドルになるものと推定しており、そのうち 96% が座席数 400 以下の小中型機になるものと考えられている。同社の推定によると、座席数 400 以上の旅客・貨物飛行機の需要が 960 機に対し、200～400 席の 2 通路型は 6,290 機、90～240 席の単通路型が 1 万 7,650 機になるといふ。ボーイング社の 787 型ドリームライナーは、現在までに 634 機の注文を受けており、日本の全日空に 2008 年半ばに初号機を納入する予定となっている。

#### 4.8 ボーイング社、コスト増に伴い飛行機価格を値上げ

ボーイング社では、人件費と原料費の増加に伴い、2007 年 8 月に初登場する B787 型ドリームライナーを含む全機種のリストプライスを約 5.5% 値上げした。B787 型は、モデルの違いにより 2006 年リストプライスが 1 億 3,800 万ドルから 1 億 8,800 万ドルであったのに対し、約 6% 値上げの 1 億 4,600 万ドルから 2 億ドルとなる。過去 40 年以上にわたり市場で 7,000 機以上を受注してきた B737 シリーズでは、2006 年に 4,700 万ドルから 8,050 万ドルだったリストプライスを、5,000 万ドルから 8,500 万ドルへと値上げした。

#### 4.9 ボーイング社 787 型パートナーの三菱重機、地域型ジェットの開発

ボーイング社が地域型ジェットへ投資を見合わせる決定をした一方、同社のパートナーである日本の三菱重機では、地域型ジェットの開発が計画されている。三菱重機は、B777 型の胴体部に加え B787 ドリームライナーの合成翼を生産している。もし三菱重機が地域型ジェット「MRJ」の開発を進めることとなれば、日本にとっては 1973 年以來の旅客機生産となる。同社では、70 人乗り 910 マイルから、80 人乗り 2,110 マイルという、2 案について検討が進められている。また、中国においては、企業と研究施設の合併による事業団が、同様に地域型ジェット「ARJ21」の開発を進めており、2008 年にも完成する可能性がある。地域型ジェット市場においては、他に競合者としてロシアのスーコイ社があり、同社はスーパージェット 110 型の開発共同パートナーを探している。

#### 4.10 エアバス社と中国パートナー企業ら、中国組立ライン設立契約に調印

エアバス社と中国パートナー企業は、A320 ジェット生産のための中国最終組立ラインを建設する契約に公式に調印した。工場は中国東部の都市、天津にあり、2009 年初めまでに初号機の引渡しが行われることが期待されている。2011 年までに月間で A320 型 4 機の生産能力を持ち、最終的には 2016 年までに A320 型 300 機を生産する予定である。エアバス社とボーイング社は、中

国が米国に次いで世界第 2 の飛行機市場になると予想しており、今後 20 年間に 1,900 機から 2,600 機の需要があるものと見込まれている。

#### 4.11 EADS 社、パリ・エアショーで新燃料補給機を披露

エアバス社の親会社である EADS 社は、最新燃料補給機の初飛行を済ませ、パリ・エアショーにて KC-30B 型の展示を行った。同機は、A330 型エアライナーを原型としており、オーストラリアとアラブ首長国連邦から既に注文を受けているほか、英国空軍でも同機の使用が計画されている。また、エアバス社は、米国向け 179 機の燃料補給飛行機の契約のため、ノースロップ・グラマン社と提携を結んでおり、その総額は約 400 億ドルになる。

#### 4.12 エアバス社、パリ・エアショーにおける受注数でボーイング社を凌駕

エアバス社は、パリ・エアショーにおいて、ラテンアメリカとアジア系航空会社からの狭胴 A320 型と A330 型の受注数を公表した。エアバス社は、2007 年 6 月までに少なくとも 600 の確定注文を受けており、そのうち約 400 の注文はパリ・エアショーにおいて確定した。一方のボーイング社は、2007 年 6 月末現在で 2007 年の確定受注総数として 510 機という数値を発表している。シンガポール系のタイガー航空は、エアバス社の単通路 A320 型を 30 機注文するとともに、20 機のオプション契約を結んでおり、注文総額は 220 億ドルとなっている。ジャカルタに本拠を置くマンダラ航空は、A320 型について 25 機の注文と 5 機のオプション契約を結んでおり、注文総額は 190 億ドルとなっている。その他、香港航空から 30 機の A320 型と 20 機の A330-200 型、コロンビアのアビアンカ航空から 19 機、ロシアのウラル航空から 5 機の A320 型と、各航空会社から注文が相次いだ。

#### 4.13 デルタ航空が中国本土へノン・ストップ便を運航する第 4 の米系航空会社へ

デルタ航空は、アトランター上海運航便を 2008 年春までに開始するため、2007 年 7 月 16 日の締切りまでに運輸省に対して中国航路申請を提出することを予定している。これが実現すれば、米国南東部から中国に向けて初の直行便が誕生することになる。運輸省では、中国本土へ運航する新規の米系航空会社を 2007 年下半期に選出することとしており、主要航空会社の中で唯一中国航路を持っていないデルタ航空がこの権益を受けるといのが大方の予想となっている。アリゾナ州テンピに本拠を置く US エア航空も中国本土への直行便を持っていないが、2007 年の中国権益に対してはデルタ航空と競争しないという。

中国の航空システムは、他に例を見ない急激なスピードで拡大している上に、米国－中国航路の規制も緩和されつつあるため、米系航空会社では、中国航路の潜在的年間売上を 1 億ドル以上と見ている。デルタ航空は、大西洋地域においては世界最大の運行便数を誇るが、アジアには殆ど運航しておらず、東京とソウルへの運航も 1 年前に始まったばかりである。同航空では、268 人乗り B777 機（うち 50 席がビジネスクラス）によるアトランター上海便の毎日運航を提案しており、米国と中国にフライト予約のための営業オフィスを開設したほか、中国語によるウェブサイトも新設した。米国－中国間のオープン・スカイズ協定により、運輸省は両国間の航路拡大の

ため、2008年までに中国第3の都市である広州への運航を米系航空会社1社に認めるほか、2009年には中国路線を運航していない新規の米系航空会社1社と既に運航している航空会社1社に対して、それぞれ中国航路の権益を与えることを予定している。

#### 4.14 ノースウェスト航空、土壇場でのキャンセル回避のため、フライト計画を削減

1週間にわたって広い範囲に欠航が相次いだノースウェスト航空では、乗客収容数の計画的削減により秩序あるサービスを復活させるための試みが行われている。同航空は、米国第5位であるが、パイロットを長時間拘束から解放するために、デトロイトーフランクリン便を2007年7月18日から廃止し、8月には国内主要航路を3%削減することを予定している。同社では、先頃の欠航問題の原因を悪天候、航空管制トラブル及びパイロット不足と説明していたが、欠航の多量発生は、同社が労働者に賃金カットを強制し、経営陣と労働者側の関係が緊張していた破産状態からの脱出直後に起こっている。FAAは、パイロットのフライト時間を年間1,000時間、月間で最長100時間と制限しているが、同航空の労働契約は、パイロットに月間90時間に加えて自発的な時間外フライトが認められるものとなっている。

### 5. 2007年8月の動向

#### 5.1 FAA再編成法案、上院と下院で大きく相違

FAA再編成法案が9月30日までに国会を通過する可能性は極めて難しくなってきたが、その大きな理由は上院案と下院案との間に大きな隔りがあることである。7月後半に下院運輸委員会は下院法案H.R.2881を公表したが、同法案ではジェット燃料税の値上げを1ガロン21.8セントから30.7セント、航空ガソリンの値上げを19.3セントから24.1セントとし、また、上院法案S.1300で紹介されたタービンエンジン飛行機への飛行課徴金25ドル、いわゆる「ユーザー・フィー」は設定していない。一般航空(GA)事業者らは基本的に下院法案を支持し、上院法案の「ユーザー・フィー」には強く反対している。上院法案で「ユーザー・フィー」が課されるのはピストンエンジン飛行機のみとされているが、いったん同フィーが部分的にせよ導入されたなら、全機種エンジンに広がっていくのは時間の問題だという反発が強い。またさらに、上院法案はジェット燃料税を1ガロン21.8セントから49セントと大幅に値上げする一方、航空ガソリンは据置きとしている。上院通商科学運輸委員会ではS.1300から「ユーザー・フィー」を分離することに12-11で辛くも失敗した後、同法案を5月半ばに僅差で承認している。7月、上院予算委員会はFAA財源に関して検討するために、2つの聴聞会を開いた。

#### 5.2 包括的安全保障法案、国会を通過

貨物と一般航空の安全保障条項を含む広範な安全保障法案“2007年米国安全保障改善法”が、国会を通過した。この法案では、貨物のスクリーニング方法が大きく変更され、州間輸送を含む米系、外国系航空会社の旅客機内の全貨物に対するスクリーニング・システムが、国土安全保障

局により 3 年以内に新たに制定されることとなった。全米ビジネス航空協会 (NBAA) によると、同法案ではまた“運輸安全保障協会 (TSA)”に対し、一般航空空港の安全危機と弱点に関する評価プログラムを 1 年以内に開発、実施することが義務付けられた。TSA では、今後、一般航空空港に対して脅威危険性を基準とした連邦グラントを交付し、実践的な研究による地域安全保障プログラムを向上させることとしている。また同時に、米国に入る外国籍一般航空飛行機の全ての乗客と乗員に対する最新旅客情報提出システムの開発も予定されている。同法案は 2007 年 8 月 1 日に大統領に提出された。

### 5.3 ニューヨーク州、初の“乗客の基本的人権”を認める州へ

2007 年 2 月 14 日のバレンタイン・デーに東海岸を襲った大吹雪の悪天候の中、ジョン・F・ケネディ空港の滑走路で立往生したジェット・ブルー航空機の中で数時間過ごすこととなった乗客は、飢えと渇きに苦しめられた上、溢れたトイレからの悪臭が換気装置の十分でない機内を満たす機内環境に苦しんだ。この出来事が、ニューヨーク州議会が飛行機乗客の基本的人権の法制化に向け行動を起こす一因となった。ニューヨークの空港は他州に比較して遅延が多く、航空会社や空港の自発的な努力だけでは同様の出来事を防止するには十分でない、という見方が州議会で示された。今回、エリオット・スピッツァー知事により調印された州法によると、2008 年 1 月 1 日から、飛行機がゲートを出てから滑走路で 3 時間以上とどまった場合、航空会社には乗客に対し基本的人権を保護するための義務が生じることとなる。新鮮な空気と照明を供給するための発電サービス、機内トイレタンクからの汚物除去、飲料水・スナック等の軽食の供給を確保することが義務付けられた。さらに、航空会社は乗客に対して、“乗客の基本的人権”の詳細と、苦情があった場合の申告方法等について情報公開しなければならない。州の消費者保護委員会内に新たに設置された航空消費者弁護事務所がそれらの苦情を取り扱い、違反があった場合は検事総長に報告することになっている。検事総長は乗客 1 人当たり 1,000 ドルまでの民事違約金を命じることができる。航空業界では、2 月 14 日のジェット・ブルー航空機の事件は稀なケースであり、こういった出来事は航空会社にとっても自らの顧客を失うことに繋がるため自発的に適切に対応できるとして、この法案制定に反論を唱えていた。

航空輸送協会通商グループも、この法律は連邦法に違反するものだとして反対している。これに対して、同法推進者の 1 人であるクィーンズ地区選出のマイケル・ジャーナリス民主党議員は、連邦法が制限しているのは州が航空規制のためにとる行為範囲であり、乗客に配るアメニティ等の問題は州が指示できるという見解が、法廷によって示されていると反論している。同議員は、また、同法では、乗客を一定時間後に飛行機から降ろすといった事柄に関しては全く規定を加えておらず、それは、州にそれを規制する権限がないからであると説明している。一方、航空輸送協会は乗客を一定時間後に飛行機から降ろすことは、結果的にさらなる遅延を引き起こすことであると反論している。この“乗客の基本的人権”に関する法案成立の試みは連邦レベルでも進んでおり、国会でも様々な案が出ている。また、カリフォルニア州、フロリダ州、テキサス州といった他州でも法律制定の動きがあるという。



#### 5.4 快適度を求め、プレミアム・シートの利用増加

ユナイテッド航空とアメリカン航空では、国際便のビジネスクラスにおいて水平ベッド状に倒すことができるシートを導入することを計画している。他の航空会社の中には、長い国際線フライト中に広い座席と快適なサービスを望み、かつそのために数千ドルという料金を支払うことができる利用者が増加していることから、既に同様のシートを導入しているところもある。国際航空輸送協会（IATA）のデータによると、2007年5月には、主要航空会社の米国－欧州間ビジネス・ファーストクラスのチケット購入者は69万4,000人以上となり、最近12カ月の平均購入者数60万6,432人に比して大きく増加したことに加えて、9・11事件前の水準をも11%超過している。2007年5月に大西洋横断路線のエコノミークラス利用者は400万人以上に達しているが、プレミアム・サービスの需要が急増しているため、ニューヨーク・ロンドン間ではプレミアム・サービスのみを提供するエーオース社、マックスジェット社、シルバージェット社などが台頭しているほどとなっている。IATAによると、同路線におけるプレミアム・サービスの20%がこういった新興企業によって提供されているという。

米系航空会社は、ビジネスクラスの客室改良に関する調査を開始した頃に9・11事件が起こり、長期にわたる経営危機に陥ったという経緯があり、現在ようやくビジネスクラス客室のアップグレードに先じるアジア系航空会社や欧州系航空会社数社に追いつくため、投資の必要性が認識されたところである。航空会社は空の旅のストレスを減少する事によって、利用者獲得と運賃アップを狙っており、その対象はとりわけ経費管理の厳しい企業となっている。今日、企業の意識は費用と社員の快適度の両方に向いており、航空会社各社によっては、プレミアム・チケット所持者は空港ラウンジの利用や、セキュリティチェックの時間短縮、フラットベッドになるシート、美味しい食事といった利点を享受することができ、利用者の快適度は著しくアップする。

ニューヨークからロンドン・ヒースロー空港への米系直前ビジネスクラス運賃が往復約8,300ドルであるのに対し、シルバージェット社の同便のニューアークからロンドン北部、ルトン空港への往復運賃は約3,000ドルである。シルバージェット社は、1フライト100座席のところ搭乗率は4分の3であり、チェックインの時間を短縮しているため利用者は離陸30分前までに到着すればよい。同社によると、消費者はベッドだけではなくフライト全体としての快適度を求めているという。

#### 5.5 イントラフライト・メッセージ、米国航空会社にも登場

フライト中のブロードバンド接続がいまだ一般的でないにも関わらず、乗客のインスタントメッセージの一部使用を認めている航空会社がある。米国の最新の航空会社であるヴァージン・アメリカ航空が導入する“イントラフライト・メッセージ”は、同一フライト乗客間でインスタント・テキスト通信ができるというものである。同航空は、2007年8月8日から運航を開始したが、同社の売りの一つがこのイントラフライト・メッセージ機能であり、飛行機の尾翼の色から名付けられた“レッド”というインフライト・エンターテインメント・システムの一部として提供されている。ロンドンに本拠を持つ評価の高い航空会社であるヴァージン・アトランティック航空は、2003年からフライト内において無料でVポート・エンターテインメント・システムとよばれる同種のサービスを提供しており、乗客は、事前にプログラミングされた映画、テレビ、オーデ

イオを楽しむことができる。インスタント・チャットを始めるためには、送信者は受信者の座席番号をタッチ・スクリーンのキーボードに入力しなければならない。チャットの誘いはどの座席へも送ることができるが、プライバシー保護のため乗客の名前は表示されない。フライト中にメッセージ機能を消しておくこと、チャットの誘いへの返信、拒否は自由である。ヴァージン・アトランティック航空でのイントラフライト・メッセージの利用は増加しており、同僚や友人が離れて座っている場合、時にはクラスが異なる場合でも、仕事の連絡や社交のために同サービスを利用できる。

航空宇宙電子機器や通信機器を専門とするテールズ・グループでは、2007年中にインフライト・エンターテイメント・システムの一部として“タッチ・パッセンジャー・チャット”を発表することを予定しており、既にアラブ首長国連邦を本拠とするエチハッド航空、チリの LAN 航空会社を含む3社と契約を結んでいる。ノースウエスト航空は2008年半ばに納入予定の新ボーイング787型ドリームライナーの仕様として導入することになっている。

## 5.6 サウスウエスト航空、家族連れの新搭乗方式

サウスウエスト航空では、小さい子供連れの家族に対して、他の特別な配慮を必要とする乗客とともに初めに搭乗することができるという新たな搭乗方法をサン・アントニオ発の路線で試験的に行っている。これは、利用者全体としての搭乗体験を改善することを目的としており、遅延増加、キャンセル、サービス悪化といった乗客の不満に対して産業界全体として対処すると同時に、搭乗プロセスを改善しようという試みである。サウスウエスト航空は、ダラスを本拠とする低価格航空会社であるが、ときに“家畜競走”とも揶揄されるように座席の事前指定が無いことで有名である。小さい子供連れの家族は、チェックインを早く行った乗客やオンライン・チェックインした乗客らによる“A”グループの後に、搭乗することができる。従来は、それら家族同士と一緒に座席を見つけることができなかつた場合には、客室乗務員が留保しておいた数列の席を振り分けることもある一方、そういった座席が用意されていない場合もあった。どちらの場合でも、今後は、家族の中の誰かが“A”パスを取得している場合には、“A”グループが終わるのを待たず、同時に家族全員が搭乗することができるようになる。これにより、家族の人数に関わらず人数分の座席を確保することが可能となる。これは、従来の方式を基本的に変更することなく、家族連れや騒々しさを好まない他の乗客ら双方の望む形であると、サウスウエスト航空は考えている。

## 5.7 アメリカン航空、エアセル社と協力しインフライトWiFi導入

2007年8月1日、アメリカン航空では、インフライトWiFiバンドワゴン・システムを導入することを発表した。インフライトWiFiバンドワゴン・システムは、ルフトハンザ航空やカンタス航空等が先行して好評を博しているものであり、多くの経験と技術を持つエアセル社が担当し、2008年中に数路線でサービスを開始する予定となっている。当初は、アメリカン航空のボーイング767-200型にのみ提供される予定であり、主に米国-欧州間の路線で提供される。同サービスは有償であり、サービス開始時点で料金の発表も行われることになっている。

## 5.8 ノースウェスト航空、フライトキャンセル削減に向けた試み

ノースウェスト航空では、2007年6月末から7月にかけてパイロットの欠勤によるフライトキャンセルが相次いだ。同航空によると、パイロットの欠勤事由は、病気・怪我のほか家族の病気によるものも含まれ、例年よりも多く、2006年6月に比べると80%も増加したという。これに対して、経営陣は、パイロットの墮落が原因だと責任を追及する姿勢を見せ、多くのパイロットの怒りを買っている。パイロットらは、過去数カ月にわたって夏の渋滞シーズンに向けたパイロット数の不足を訴え続けてきたが、経営陣は全く耳を貸さずに対処を怠ったと主張している。2005年の破産以降、パイロットらは厳しい過密スケジュールを強いられていたことに加え、現在では2006年に新たに結んだ譲歩的契約よりも数時間多く飛行しているという。フライト時間は最大で1カ月80時間から90時間に増加し、1カ月のうち20日間を家族と離れて過ごすパイロットもいるという。フライト時間とは、飛行機がゲートを出てから目的地のゲートに到着するまでの時間のみを計算するため、フライト時間として計上されない移動フライト等の関連業務にかかる時間はその2倍にも及ぶこともある。2005年9月にノースウェスト航空の破産再編成が開始される以前やその再編成中に各組合に対する譲歩金額が設定され、それらは今でも全く変わっていない。驚くべきことは、2007年5月31日に破産からの脱却を果たし、2007年第2四半期には2億7,300万ドルという利益を計上した後でさえ、ノースウェスト航空はパイロットの設定飛行時間を変更せず、パイロットはさらに多くの時間をフライトに費やし続けている。

このようなフライトキャンセル問題を解決するために、ノースウェスト航空は様々な方策で段階的に対処した。まず、8月の飛行スケジュールを4%カットし、次に、一時解雇していたパイロットらの再招集を開始するとともに、2008年には200~250人のパイロットを雇用すると発表した。一時解雇されていたパイロットらは、再飛行に入る前に再訓練が必要となる。さらに、ノースウェスト航空のパイロット組合は、2007年8月4日に、1カ月80時間を超えるフライト時間に対しては1.5倍の賃金が支払われるという同意書を承認した。以前の1カ月80時間という飛行制限時間は破産裁判所における譲歩で90時間に引き上げられている。一方、ノースウェスト航空はミシガンにハブ空港を持つ旅客航空会社のうち最大手であるが、今回、8月4日から9月3日の間に理想的な仕事振りが認められる組合職員に対して賃金の15%、最大1,000ドルのボーナスが支払われると発表した。同航空は、この特別支出が今回の勤務規定の変更と職員の不満解消に役立つならば、十分に有意義であるという見解を示した。

## 5.9 ミッドウェスト航空、エア・トラン航空と対話開始

フロリダ州オーランドに本拠を持つ低価格航空会社のエア・トラン航空では、2005年6月以来、ウィスコンシン州ミルウォーキーに本拠を置くミッドウェスト航空の買収・合併に意欲を示してきた。一方、ミッドウェスト航空の親会社は、エア・トラン航空による最初の入札申入れ7,800万ドルを拒否し、合併なしの単独会社の方が株価が高いという理由で、続く度重なる申入れにも断固として拒否を続けてきた。しかし最近、ミッドウェスト航空グループの評議会メンバーによる委員会は、エア・トラン・ホールディングスと、地域路線の買収に名乗りを上げる候補者企業少なくとも3社との対話を開始することを計画している。ミッドウェスト航空は密に4つの候補企業と同意書を交わしており、これら4社はミッドウェスト航空の内部情報開示のため、同社フ

ファイルを閲覧することができるようになる。同航空は、その 4 社の名前や業種名、航空会社か他産業もしくは投資会社なのかといった点を明らかにしていない。

ミッドウェスト航空が今回買収申入れを検討しているのには幾つかの理由があるが、まず第 1 に、同航空の過半数の株主が株式の公開買い付けに応じ、エア・トラン航空からの 3 億 8,900 万ドルの株式提供に同意していることが挙げられる。第 2 には、ミッドウェスト航空の 2007 年 6 月の年次会合で株主によって 3 人の役員が解任され、代わりにエア・トラン航空からの指名候補者が選出されたことで、エア・トラン航空による買収工作のための地盤固めができたためである。新しく選出された役員の 1 人は、トランス・ワールド航空の前社長兼最高経営責任者であるジェフリー・H・エリックソン氏であり、買収申入れを評価する委員会の一員となった。第 3 に、ミッドウェスト航空の第 2 四半期における売上減少が発表されたため、株主からの圧力が厳しくなったことが上げられる。第 4 の理由としては、ミッドウェスト航空最大の機関株主であるヘッジファンド（投資信託組合）のオクタヴィアン・グローバル・パートナーズから、エア・トラン航空と対話をすべきであるという意見が出されたためである。今回の対話の申入れは、ミッドウェスト航空がエア・トラン航空に対し 2007 年 7 月 16 日にプレゼンテーションをすることを認めて以来、初めてのミッドウェスト航空側からの返答となっている。ミッドウェスト航空によると、今回の措置はエア・トラン航空や他社と買収合併へと繋がることを保証するものではなく、委員会による推薦の期限も決めていない。また、エア・トラン航空側のコメントによると、同社は買収実現の折にはミッドウェスト航空の文化の維持に努めるが、名前の存続を意図してはいないという。

## 6. 2007 年 9 月の動向

### 6.1 航空機の温暖化ガス排出—テクノロジー対経済発展

米国の NextGen（次世代）衛星航空交通管理システム、および、ヨーロッパの SESAR システムに共通する目的は、ATM（航空交通管理）研究プログラムとその世界規模での実用化により、航空交通システム収容力の増強を図り、今後数十年にわたり予想される航空需要拡大に対応することである。そして、ATM 向上は多くの場合、フライト時間を短縮し燃料を節減することで、温暖化ガスの排出量の削減につながる。しかしながら、旅客・貨物輸送量の増加が、この燃料節減性を呑み込み凌いでしまうことも考えられる。2006 年冬、FAA が行った米国航空事業の年次長期予測によると、米国主要航路の旅客航空機数は 2005 年から 2020 年に 47.3%増加し、5,750 機となるという（年間平均成長率 3%）。また、ほぼ同様に、主要航路の貨物航空機数は 48.1%増の 1,468 機となり、年間平均成長率は 2.8%である。さらに、FAA では同期間における航空会社と一般航空（ビジネスジェットを含む）の消費燃料増加率も予測しており、旅客および貨物航空における増加率は 15 年間で 68.7%であり、国内事業において 52.2%増、国際事業では 111.8%増となる。

今後 20 年間における ATM システム開発は、政府の意気込み次第では、単なる航空機設計にとどまらず、燃料消費量の削減に向けてより効果的な政策がとられるかもしれない。過去数年間の技術開発計画では費用が低く抑えられた代わりに、顕著な成果は上げられなかったため、FAA は近年中に NextGen 開発に相当額の投資をする見通しである。しかし一方で、ATM 開発は、実際に航空機装備に巨費を掛けられるかという航空会社の能力と意向に、大きく依存する部分がある。

ATM システム向上による CO2 排出量削減効果はすぐには表れない。航空業界が今後も成長を続け、より多くの燃料を消費する以上、排出量取引システムを開発して、大気中の温暖化ガス排出量を管理し最終的に削減することが必要となるだろう。EU では、そういったシステムが既に存在し、商業航空に対し 2011 年から適用されることになっている。国際民間航空協会では国際管理体制を作ることも視野に入れている。欧州では、米国に比べて温暖化ガスに関する規制が進んでいるが、米国の航空会社や航空機メーカーは、技術的にも、また経済的にも達成可能な目標を、国際民間航空協会システムが取り入れることを期待している。

## 6.2 IATA、2008 年にペーパー・チケット廃止

IATA（国際航空輸送協会）はペーパー・チケットの最終発注をまとめ、2008 年 6 月 1 日から完全に電子チケット化するための準備態勢を整えた。ペーパー・チケットから e-チケットに移行することは、航空会社にとって乗客 1 人当たり 9 ドルのコスト減になるだけでなく、地球温暖化の原因として環境保護団体から批判を受けてきた、年間 5,000 本の成木を守ることに繋がる。1 人当たり 9 ドルの経費節減が乗客に還元されるかどうかは明らかでない。IATA はジュネーブに本部を持ち、240 以上の航空会社が参加して国際便の 94%を運行する組織である。IATA に参加していないライオン・エア航空や英国のイージー・ジェット社などの低コスト航空会社では、既に紙を使わないチケットシステムを持っており、乗客はコンピュータで登録し、チェックインの際は身分を証明できるものを提示するだけでよい。IATA では、3 年前にいわゆる“e-チケット”システムを導入したばかりだが、今では参加航空会社の乗客のうち 84%がペーパー・チケットなしで搭乗している。中国は、航空需要が最も急成長している国の一つで 2008 年のオリンピックの開催国であるが、世界で初めてペーパー・チケットの完全廃止を 2007 年末までに達成する予定である。

## 6.3 ノースロップ・グルマン社のガーディアン・ミサイル迎撃システム、機上運転時間が 6,000 時間に

ノースロップ・グルマン社が、現在毎日運行している 7 機の広胴型商業貨物航空機に搭載している対人携帯航空防衛システム（C-MANPADS）の機上運転時間が 6,000 時間を超えた。これにより、国防省が 2008 年 3 月までに計画している C-MANPADS プログラムの運転テスト評価基準を満たす状態になった。ノースロップ・グルマン社の率いる事業チームは 12 台のガーディアン・ミサイル迎撃システムを製造し、それらを MD-10 型機 7 機に搭載することに成功した。今回の評価段階の目的は、標準的な通常運転環境において信頼性の高いデータを集めることである。ガーディアン・システムは、商業用航空機を対航空機肩翼発射ミサイルの脅威から守るために、既存の軍事テクノロジーを利用した防衛補助装置である。一旦ミサイルが発射されると、ガーディアンから出される人間の目には無害な不可視レーザーによってミサイルの目標物を探索し、その方向シグナルを妨害しつつ航空機を守る仕組みとなっている。この国防省の C-MANPADS プログラムが重点を置いている点は、既存の軍事テクノロジーを現実的、経済的、また効率的に応用することにより、テロリストの脅威から商業用旅客・貨物航空機を守ることにある。ノースロップ・グルマン社は 300 億ドル規模、12 万人の従業員を抱える世界有数の防衛テクノロジー企業であり、

各国政府や民間企業に革新的システムや情報、および電子機器、飛行機、造船といった幅広いサービスを提供している。

#### 6.4 米国投資ファンドTPGとノースウェスト航空、ミッドウェスト航空を共同買収

ミッドウェスト航空の取締役会はTPG（テキサス・パシフィック・グループ）とノースウェスト航空からの買収額増加案を受け入れ、当初1株当たり16ドルだった買収案は最終的に1株17ドルとなり、買収総額は4億5,000万ドルとなった。同取締役会は、エア・トラン航空からの1株当たり16.25ドル（10ドルの現金とエア・トラン社株式1:0.6056での交換）の買収額増加案も拒否する方針を貫いた。ミッドウェスト航空はミルウォーキーに開発した強固なカスタマー・ロイヤルティによって、ノースウェスト航空や他社との競争を阻んできており、それが、ノースウェスト航空としては同航空の買収を望んだ最大の理由ともいえる。この買収では、買収資本はTPGから出されるため、ノースウェスト航空は無配当の投資者となる。ノースウェスト航空とミッドウェスト航空の提携においては、完全合併による相乗効果が期待できるものの、それだけではまだ完全とはいえない。ミッドウェスト航空はすぐに司法省との対話を開始する予定であり、司法省ではこの買収を認める目算が高い。既に発行された2008年1月の運行予定によると、ノースウェスト航空とミッドウェスト航空は合算で、重複する1航路を含めてミルウォーキー市場のシェア67.6%を占めるが、一方で、エア・トラン航空との合併を推定した場合は、シェアは63.6%にとどまるにも拘らず重複航路が7本にも上る結果になるが、司法省は既に、このエア・トラン航空との合併可能性に対し承認を出しているためである。今回のTPG、ノースウェスト航空とミッドウェスト航空の合併に関わる一連の手続きは2007年第4四半期中に終了することになっている。

#### 6.5 デイ・ジェット社、サービス開始体制整う

FAAは、フロリダに本部を持つデイ・ジェット社ボカ・レイトンに対し、エクリプス500超軽量ジェット（VLJs）を“座席単位のオンデマンド”サービスに使用することを認める方針を発表した。世界初の完全自動飛行操作システムの開発に5年もの歳月をかけた結果、ついに5座席ツインジェットがデイ・ジェット社のパート135運行認定に加わることとなった。“空のタクシー”ともいえる事業を展開している同社では、当面エクリプス500超軽量ジェット12機でフロリダ州内の5都市を運航し、今後30日以内にもう8機、2007年末までにさらに30~40機の超軽量ジェットを納入することを予定している。デイ・ジェット社は、招待客を対象とした“運航前”サービスを9月中旬に行い、メンバー登録済みの全250社（約1,200人）に向けた公式運航は10月初めに開始される予定である。また、10月末までにさらに2~4都市を加えた運航拡大発表がされる可能性もある。

#### 6.6 エアバス社とボーイング社、中国のジェット機需要に照準を合わせる

エアバス社の推定によると、中国航空会社は増大する国内および国際旅行ブームに応じるために、今後5年間で、A380型ジャンボ機を含め年間150台ものジェット機需要が見込まれるという。

また地方航空会社においては、今後 20 年間にわたり、世界最大旅客機である A380 型ジャンボ機 113 台の需要があると予測している。アジア・中国市場はエアバス社とボーイング社の覇権争いの要となっており、3 大トップ航空会社である中国南方航空、中国東方航空、エア・チャイナ航空に対し、激しい商戦を繰り広げている。モルガン・スタンレー社の推定によると、世界の航空会社収容客席数は、2007 年で 3.8%増、2008 年では 5.2%増加し、その最大要因はアジアの需要増大だという。アジアだけで見ると、2007 年で 5%増、2008～2009 年では 8～9%増となる。エアバス社は世界の年間飛行機販売数において 2006 年にボーイング社に敗れた後、2007 年は 6 月末時点で一旦巻き返りに成功している。同社は、2009 年に初の中国内組立機の納入を予定しており、天津における組立工場は 2011 年には月間 4 台ペースでフル稼働することになっている。中国最大の中国南方航空は、エアバス社が 100 億ドル以上をかけて開発中の A380 型機に対し、5 機を発注した。

しかし一方で、中国南方航空はボーイング社に対しても、次世代 B737 型機を 55 機、リストプライスで 38 億ドルという大型追加発注をしている。同航空は現在、B737 型機を 129 機所有しており、14 機を納入待ちである。

## 6.7 ボーイング社、B787 型機の初飛行が遅れる

ボーイング社は、B787 型機に搭載予定のソフトウェアとシステムの開発が遅れていることから、2008 年 5 月初号機の納入目標に影響しないよう、不測事態対応計画を検討中である。同社の推定では、B787 型機の初飛行は当初の予定より 3 カ月遅れて 11 月半ばから 12 月半ば頃になるという。飛行制御ソフトウェアの開発遅延や、当初パートナー企業で予定されていた作業がボーイング社のエヴェレット工場に移転されたことから来る遅れなどが主な原因である。同社は、今回の遅延をリスク要因の一つと認めつつも、2008 年 5 月の全日空への初号機納入は予定通りと発表した。

## 6.8 エアバス社、10 月に A380 型機をシンガポール航空に初納入

エアバス社では、2007 年 10 月 5 日に A380 型初号機をシンガポール航空に正式に納入することが決まった。納入祝典はエアバス社の本部トゥールーズで開かれ、納入機 MSN003 は同地に数日とどまった後、シンガポールに出発することになっている。シンガポール航空では、数日間慣らし後に、10 月 25 日に祝賀初運行を予定している。初運行はシンガポール発シドニー行き SQ380 便となり、翌 26 日に戻る予定である。シンガポール航空では、通常運航の明確な開始日程は決まっていないが、祝賀飛行後間もなくとしている。同航空では、祝賀初運行の搭乗券を eBay にてオークション販売しており、モビール石油が燃料を寄付し、利益はチャリティに向けられることになっている。機内は 3 つのクラスに分かれ、座席数は 471 となり、A380 型機には初の超豪華シンガポール航空スイートを導入している。エアバス社はこれまで、14 の顧客に対し、A380 型機を 173 機販売している。

## 6.9 ターボプロップエンジン機、復活の兆し

ボンバルディア社の Q400 型を始めとする 6 翼ターボプロップエンジン機の改良型が復活しつ

つある。航空会社としては、新型ターボエンジン機の燃料効率の高さや、キャビン内での騒音の少なさ、先行機に比べ収容力・快適性・速度といった面で優れていることが大きな魅力となっている。欧州最大の地域航空会社であるフライビー社から、コンチネンタル航空の地域パートナー企業まで、2007年8月までに各社合計で131機の発注があり、既に前年同期の2倍以上となっている。ボンバルディア社のQシリーズ・ターボプロップ機（Qはquietの意味）の納入数は前年比で71%増加している。燃料の高騰により、航空業界では近距離（500マイル、800キロメートル以下）航路にジェット機を使用することを再検討しつつある。シアトルに本社を持つ地域航空会社、ホライズン・エアー航空は12機のターボプロップ機を発注しているが、現在、北米で最多のQ400型機33機を所有しており、2009年までに全所有機の48～70%をQ400型機とする計画である。Q400型機によって、同社は、低コスト近距離航空会社の王者、サウスウエスト航空とその使用機種ボーイング737型機に迫る勢いである。機体価格2,400万ドルのQ400型機は、70席の地域ジェット機に比べ燃料が30～40%節約でき、二酸化炭素排出量も半減するうえ、座席数は8席多い。ボンバルディア社では、座席数90を持ち世界最大のターボプロップ機となるQ400X型機を現在開発中であり、より大型のジェット機に対抗できる競合機となることが予想されている。

#### 6.10 エアバス社、中国により多くの部品供給を依存

エアバス社では、中国からより多くの部品を調達することによって、5～6年毎に規模が倍増することが期待できる中国航空市場における足掛りとし、より多くの航空機シェアをボーイング社から奪うことを目指している。エアバス社は先頃、年間累計受注数においてボーイング社を巻き返したところであるが、2015年までに中国から4億ドルに及ぶ部品の購入を予定している。外国製品の安全性と品質が世界的に取り沙汰されている中で、エアバス社は、翼といった、より複雑な飛行機コンポーネントを中国から調達しようとしている。中国航空産業は、ドアなどの比較的単純な部品に関しては従来製造してきたが、翼の製造には空気構造に関する高度な技術が必要とされる。中国は今や、エアバス社とボーイング社の航空機商戦の大舞台となっており、両社とも、中国トップ航空会社である中国南方航空、中国東方航空、エア・チャイナ航空に航空機を売り込むことに全力を挙げている。世界第4位の経済国である中国航路は、年間2ケタ台の経済発展と規制緩和によって、益々増え続けることが予想されている。ボーイング社は、現在中国において使用されている航空機の約60%のシェアを持ち、一方のエアバス社は36%に過ぎない。しかし、このシェア格差は2013年までにほぼ無くなることが予想されている。2006年には、エアバス社は3つの中国パートナー企業と共に、北部港町の天津に組立工場を建設することで合意しており、これにより、急成長する中国市場への大きな足掛りができたといえる。

#### 6.11 ボーイング社、次世代世界衛星システムへ入札

ボーイング社は、軍次世代世界衛星システム建設の20億ドル規模の第1期契約入札を巡って、ロッキード・マーチン社と凌ぎを削っている。両社はともに、現在使用されている軍人工衛星納入業者であるが、今回は1社に絞って納入を図ることとなった。陸軍の発表によると、今回の契約は2013年に納入の人工衛星8機に関するものであり、2007年末までに発表され、落札者は自



動的に 2016 年にさらなる 8 機の人工衛星納入、2019 年に 16 機の追加納入の権利が与えられる。現在の軌道周回人工衛星 32 機のうち 24 機が交換され、新たなグローバル・ポジショニング・システムⅢの構築によって、空、地上、海における輸送誘導の向上が図られることとなっている。

## 7. 2007 年 10 月の動向

### 7.1 FAA、AMI ジェット社のパート 135 認定を停止

連邦航空局 (FAA) は、AMI ジェット・チャーター社に対し、以下のような複数の連邦航空規則違反につき、非常時ベースにおけるパート 135 認定を停止した。まず、AMI 社はフライト時間及び職務時間制限と、乗務員がパート 135 に基づくフライトに配置される前の休息要件に関する適切な判断を怠った。また、AMI 社の業務仕様書により認定を受けた以外の人間が、機長および副操縦士を指名し、パート 135 運航に対して実際上の運航管理を行った。TAG アビエーション USA 社は、顧客に代行して、チャーター機を AMI ジェット・チャーター社や他のチャーター運航会社に仲介斡旋している会社であるが、AMI ジェット・チャーター社の利用する航空機の一部を所有している。TAG 社が管理している航空機 120 機のうち 48 機は AMI ジェット社のチャーター免許に基づくものであり、この航空機 48 機に加えて AMI 社のチャーター航空機 30 機が、今回のパート 135 認定停止の間は飛行することができない。AMI ジェット・チャーター社は、この認定停止措置に対し 10 日間の申立て期間があり、非常時判断に関する再審議を FAA に対して請願することもできる。

### 7.2 FAA、BA609 型の耐空基準案に対するコメント公募

FAA は、連邦航空法 FAR 21.17(b) に基づき、“複タービン・エンジン・パワーリフト部門、ティルトローター種航空機”ベル/アウグスタ BA609 型の認定に関する耐空基準案に対してコメントを募集している。FAR 21.17(b) は、耐空基準がまだ存在しない特別クラスの航空機に対して適用基準を規定するものである。BA609 の認定基準案に対するコメントは、2008 年 1 月 25 日まで受け付けている。

### 7.3 FAA、2020 年までに“ADS-B ”搭載の義務化

FAA は、全米の渋滞空域を運航する全ての航空機に対して、2020 年までに“ADS-B (放送型自動従属監視信号)”の搭載を義務付けるという法律案を公示した。これにより、航空交通管制官は、航空機の航路を人工衛星を使って探知することができるようになることに加え、パイロットも操縦室の画面で現在の交通状況を見ることができるようになる。この法律案の中で、FAA は、飛行高度 240 以上を運航する航空機に対して、“1090ES”ブロードキャスト・リンクを使用して“ADS-B (放送型自動従属監視信号)”機能を持つことを求めている。一方、飛行高度 240 以下を運航する航空機は、“1090ES”および“ユニバーサル・アクセス・トランシーバー (UAT)”ブロードキャスト・リンクの何れかを装備してもよい。管理空域外を運航する航空機には、ADS-B 機器を装備す

る義務はない。2007年9月にITT社と交わされた契約によると、新システムの地上ステーションは全国にオンラインで送られることになっており、東海岸、中西部の一部、アラスカおよびメキシコ湾から始まって、2013年までに全米をカバーする予定である。この法律案に対するパブリックコメントは90日間公募されており、最終決定は2009年後半に予定されている。

#### 7.4 FAA再編成案、フライト・フィーを巡る論議続く

FAA再編成に関する下院法案は2007年9月20日に下院を通過した一方、上院法案はいまだ本会議において審議もされていない。下院法案H.R. 2881では、一般航空(GA)は従来どおり燃料税の値上げを通してFAAに資金を供給することになっているが、現在草稿中の上院案S. 1300では、タービンIFR航空機に対しフライト毎に25ドルのフライト・フィーを課することによって、航空交通管制(ATC)最新設備化の資金源を確保することとしている。一般航空関係者は、このフィーが一般航空の全領域に広がっていくのは時間の問題だとして、猛烈に反対している。AOPA(航空機所有者及びパイロット協会)では、フライト・フィーを上院案から外すことで法案の上院通過が容易になると主張している一方、ブッシュ大統領は、現下院案と同様に上院案でもFAAと航空交通管制官との約定交渉を再開する旨が含まれるのならば、最終法案への拒否権を行使すると意思表示している。

#### 7.5 国土安全保障省、私有航空機の入出国フライト前に乗客名簿電子データの提出要求

国土安全保障省(DHS)は、2007年9月、私有航空機のパイロットに対し、米国を出国・入国するフライトは全てその離陸1時間前に、税関国境警備局(CBP)の電子最新乗客情報システム(APIS)を通じて、全乗客名簿電子データを連邦政府に提出することを義務付ける立法提案公示(NPRM)を行った。チャーター機や商業フライトを運転するパイロットには既に、電子APISを通して乗客名簿電子データを提出することが義務付けられている。DHSでは、今回提案した安全保障対策に関して段階的な導入を考えている。まず第1段階では、最終的な法律を公布し新たに必要条項を導入する前準備として、DHSが立法提案公示(NPRM)を行ってパブリックコメントを求める。第2段階として、DHSは私有航空機所有者とパイロット、および海外のパートナーと協力して、私有航空機が米国に入国する際の最終出発地において、安全保障上の問題に対処するための手段とプロセスを開発する。現在、カナダから米国に戻るフライトでは、必要な税関国境警備局への到着通知を航行中に無線電信を通じて行い、着陸後にパイロットが税関職員と直接面談する際に、乗客情報を提供することが認められている。現在無線電信が許可されている理由は、出発地点が必ずしも電話の通じる場所ではないことが挙げられる。実際にも、電子乗客名簿データを提出するのに必要な高速インターネット接続はおろか、電気すら通じていない地点から出発するフライトもある。税関国境警備局の計画では、そのような地域から他空港へ移動するパイロットに対しても、インターネット・サービスを使って米国に入出国の際の事前情報を提出することを義務付けることになり、AOPA(航空機所有者およびパイロット協会)によれば、全く非現実的で、一般航空(GA)のパイロットは電子APISに加えて他の方法でも乗客名簿を提出できるようにすべきであると主張している。

AOPAによれば、一般航空フライトに対する報告要件を到着時ではなく出発前に変更するのは、

先日制定された「9/11 委員会法」に含まれているという。現在、米国から出国するパイロットはいかなる情報も税関国境警備局に提出する義務はない。しかし最新の提案では、現在のところ商業航空会社に適用されている税関国境警備局の電子 APIS 規制による乗客スクリーニング要件に近いものを、私有航空機にも適用しようとしている。そうすることによって、検査官は、旅行客と乗員の検査により多くの時間をかけることが可能となり、米国に入国する航空機に対し、入国拒否、ルート変更、もしくは到着時の面談といった、脅威解消のために必要な手段をとることができるようになる。DHS によれば、メキシコ湾におけるヘリコプター運行以外に、毎日およそ 400 機の非商業航空機が海外から米国に入国しているという。

## 7.6 デイ・ジェット社、ついに就航開始

デイ・ジェット社の“座席単位のオンデマンド・エアタクシー”は、就航開始前の 2 週間にわたって数十回に及ぶ招待客限定の就航前フライトを運航した。デイ・ジェット社の就航が正式に開始されてからは、1,500 人のビジネストラベル会員が、同社の“エクリップス 500 超軽量ジェット機 (VLJ)”によるフロリダ州内 5 カ所の“デイ・ポート”を結ぶフライトを予約できるようになった。また、デイ・ジェット社は今回の就航開始に際して、今後 2 年間で南東部にさらに数十カ所の“デイ・ポート”を加えて、VLJ サービスを拡大していくことを予定している。

## 7.7 FL グループ、AMR 経営陣にフリークエント・フライヤー・プログラムの改革を迫る

アイスランドの投資会社 FL グループは、アメリカン航空の親会社 AMR 社に対し、フリークエント・フライヤー・プログラムの改革を求めている。FL グループは AMR 社の 8.25%の株式を所有しているが、AMR 社への書簡の中で、同プログラムの改革が非常に遅れていることが、2007 年 1 月以降の同社株価 50%下落を招く原因となったと記述している。また、カナダ航空の親会社 ACE 社がロイヤルティ・プログラムの改革によって成功を収めた事例についても言及している。

## 7.8 デルタ航空、渋滞する JFK 空港で拡充計画

デルタ航空は、遅延が多いニューヨークのジョン・F・ケネディ空港の収容乗客数を 2008 年の夏までに 20%増加させることを計画している。デルタ航空は、低コスト航空会社のジェット・ブルー航空とアメリカン航空と共に、JFK 空港の運航便数において大きなシェアを占めているが、2008 年夏までに新たに 14 の国際航路の就航を開始する予定である。この拡充計画によって、デルタ航空では 2008 年夏のピーク時発着を 6%削減し、ターボプロップ機の運航を廃止することを予定している。FAA も、デルタ航空の拡充計画を積極的に評価しており、デルタ航空では、他の航空会社も同様の改革を行う必要があると述べている。旧式ターミナルを利用している JFK 空港の改革は、デルタ航空にとって、航空機の運航を競争の激しい国内路線から利ザヤの大きい国際航路市場にふりわける戦略の柱となる。運航便数の不足している海外都市を選ぶという戦略は既に成果が出ており、2006 年に新たに就航した国際航路は全て高い収益を出している。

## 7.9 コンチネンタル航空、アジア路線を拡大

コンチネンタル航空は、インドと中国の急速な経済成長を背景に、両国内における発着地を増やすことによる国際路線の拡大を計画している。同航空では、2007年10月初旬にノン・ストップのムンバイ（ボンベイ）－ニューヨーク便の就航を開始しており、B787型ジェットライナーの納入時には、さらにバンガロール、ハイデラバード、チェンナイ（マドラス）といったインド各都市へと路線を拡大していく予定である。上海への就航は2008年に開始が予定されている。米国第4位のコンチネンタル航空は、B787型ドリームライナー25機を確定発注し、さらに35機のオプションを持っており、2009年からは超軽量航空機の納入も開始される予定である。同航空の総売上高のうち国際路線が占める割合は、10年前にはわずか22%であったが現在は47%になり、今後ますます増加していくことが予想される。この国際航路拡大の牽引役となるのがB787型機であり、今後は東南アジアやオーストラリアといった新市場も開拓していくことを予定している。燃費効率のよいB787型機が増えることで、東京－ニューヨークといった直行便もより身近に安価になることが予想される。

## 7.10 コンチネンタル航空、ハブであるクリーブランド空港の本格的拡充計画

コンチネンタル航空は、クリーブランド・ホプキンス国際空港における本格的路線拡充計画を発表し、オハイオ州政府から得られる1,600万ドルの奨励プログラムを利用して、2009年までに同空港の収容乗客数を40%増加する予定である。米国大手航空会社による国内路線の収容力については、これまで、コンチネンタル航空とサウスウェスト航空の2社が拡大に貢献してきた一方、競合他社の国内シェアは減少している。コンチネンタル航空とサウスウェスト航空の国内路線は現在も成長を続けているものの、拡大傾向はやや減速されつつある。サウスウェスト航空は2007年7月に、2007～2008年の収容乗客数増加見通しを8%から6%に修正し、経済成長が減速する中で収益を上げることに重点を置いている。コンチネンタル航空は、競合他社の縮小傾向を取り込む形で収容力を5%から7%に増加させているものの、経営陣は先頃、2008年に向けてこれを減速させることを明らかにした。コンチネンタル航空のハブであるニューアーク空港でも同様に、収容乗客数増加を図る予定である。

## 7.11 ノースウェスト航空とミッドウェスト航空、コードシェア便と相互FF開始

ノースウェスト航空とミッドウェスト航空は、2007年11月に発効するコードシェア協定を履行することによって“250都市と1,000以上の新しいフライト・オプション”を両航空の顧客に提供できることとなる。投資会社のTPG社は、2007年8月、ノースウェスト航空との協調のもとにミッドウェスト航空の買収を発表しており、10～12月の2007年第4四半期までに最終手続きを済ませることを予定している。両航空は、2006年に相互フリークエント・フライヤー（FF）関係に入っており、2007年前半に「覚書」に署名したことにより、広範なコードシェア協定への布石を固めた。両航空の顧客は1枚のチケットで全行程のフライトを予約することができ、獲得マイルは、両航空のフリークエント・フライヤー・プログラム「ミッドウェスト・マイルズ」または「ノースウェスト・ワールドパークス」の何れかに加算することができる。11月17日以

降のコードシェア便の予約は11月3日から可能であり、このコードシェア・プログラムはミルウォーキー、カンザスシティ、オマハ、および西海岸の諸都市を結ぶフライトから徐々に拡大していく予定となっている。

## 7.12 ボーイング社、B787型ドリームライナーの納入の半年遅延を発表

ボーイング社は、2007年10月10日、次世代中型旅客機B787型ドリームライナーの納入が当初予定の2008年5月から約6カ月遅れ、2008年11～12月になるとの見通しを発表した。受注先50社のうち初号機の納入先である全日空をはじめ15社に納入遅延の影響が出ると見られ、各航空会社へ保障金の支払いを検討している。ボーイング社は2007年9月に製造過程で部品不足が生じたことに加え、ソフトウェアやシステム統合作業にも問題を抱えたため、初飛行が2008年第1四半期後半へずれこむことを発表していた。機体軽量化で燃費を向上させたB787型は、世界中の航空会社から前代未聞の注文が集まった人気機種だけに影響は大きく、ボーイング社の信頼失墜は避けられない。

## 7.13 ブリティッシュ航空、ボーイング社のB787型とエアバス社のA380型の併用体制へ

ブリティッシュ航空は、ボーイング社とエアバス社への総額820億ドルの混合発注を発表するとともに、過去数十年にわたって長距離路線ではボーイング社のB747型機のみを利用を限定してきた方針を変更し、今後はエアバス社の新A380型スーパージャンボも併用していくことを明らかにした。エアバス社のA380型スーパージャンボを12機、ボーイング社のB787型ドリームライナー24機を発注し、旧型のB747機と交換する予定である。ブリティッシュ航空は、両航空機メーカーの販売合戦から相当額の割引を受けたと見られている。同航空では、過密するロンドン・ヒースロー空港の限られた発着スロットを最大限利用するためには、輸送可能乗客数の多いスーパージェットが効果的であると考えており、ロンドンから香港、シンガポール、および南アフリカや米国西海岸を結ぶ航路で利用される。中型のB787型機24機は新航路開拓と既存航路の拡充に利用される予定であり、両航空機は、2010年から2014年にかけて納入されることとなっている。

## 8. 2007年11月の動向

### 8.1 エクリプスFOQAプログラム、一般航空に

エクリプス航空機会社の運航品質保証(FOQA: Flight Operational Quality Assurance)プログラムがFAAから認可を受けたが、同社ではその認可の法規的根拠を明らかにしていない。今回のFOQAプログラムは、エクリプス500型小型ジェット機からのデータを集め、多くのFOQA機器メーカーや航空会社と協力してソフトウェアを作成しているオースティン・デジタル社によって分析される予定である。収集された情報は、ハイリスクな運航状況を事故が起こる前に、予見的に識別、評価、是正する目的で使用されることになっている。

## 8.2 NASA、各界からの圧力でパイロット安全調査を公開へ

NASA のマイケル・グリフィン長官は、1,130 万ドルをかけた航空安全調査である全国飛行運航監視制度 (NAOMS : National Aviation Operational Monitoring Service) プロジェクトの調査結果について、世論と議会から公表に向けた圧力が高まりつつあることを背景として、これを 2007 年末に公開することを発表した。NAOMS プロジェクトは、データを用いたアプローチを容易にして航空システム安全性を分析するために、1998 年に開始され、実際のデータは 2001 年 4 月から 2004 年 12 月の間に収集された。その間、プロジェクトチームは 2 万 4,000 人以上の航空会社パイロットと約 5,000 人の一般航空パイロットを対象とした調査を行った。NASA では、当初、航空会社と一般航空 (GA) 会社に対する公共の信頼と商業的便益を損なう恐れがあるという理由で、情報の公開を拒んでいたが、今回の発表により、2007 年末に研究結果を整理・分析した最終報告を公開することとなった。

## 8.3 FAA、深刻な滑走路上への侵入が減少と発表

2006 年 10 月 1 日から 2007 年 9 月 30 日までの 2007 会計年度において、“最も深刻な” 滑走路上への侵入が 25% 以上減少したことが、FAA の発表で明らかになった。FAA によると、2007 会計年度においては 6,100 万件以上の運航に対して“深刻な滑走路上への侵入”は 24 件起こっており、254 万 5,000 件の運航につき 1 件という発生率であった。これは、地上運行 200 万件に対して 1 件以内の割合と定められた FAA の目標値を上回るものである。深刻な滑走路上への侵入とは、“測定可能な衝突リスク”を持つものとして定義され、当事者が通常ではない行動をとることによって辛うじて衝突を避けることができた場合、または実際に衝突が引き起こされた場合を意味する。FAA は、訓練の向上と、標識の明瞭化、新しい運行手順に焦点を絞っており、これにより滑走路の安全性が高められているという結果を示したものと評価される。

## 8.4 空港周辺の土地利用、空の安全に脅威

空港周辺の土地開発によって空港の機能に影響が及ぼされていく問題は、ユーザー・フィー以上の大きな問題になり得る。空港ができるとその周辺の土地が開発されることは当然予測されることであるが、問題は、人々が認識するか否かを問わず、「周辺開発によって空港が危険な状態に陥る可能性がある」ということである。空の安全に対して危険な建造物の建設を防止するということに対して、FAA は法的強制力を付与されていない。FAA は、このような建造物の建設を禁止することはできず、ただそれが危険だと忠告する権限しか有していない。こういった建造物安全に関する闘いは、空港ごとに個別に取り上げられるのが適当であるか否かはともかく、連邦レベルでも空港周辺の土地利用に関する何らかの取組みが必要である。連邦議会は、FAA に、空の安全を脅かす可能性のある土地利用を防止し、侵食を排除する権限を与えるべきではないかという指摘がなされている。

## 8.5 AMI 社の認可取り消し、チャーター業界を震撼

FAA は、10 月 12 日、AMI 社のパート 135 チャーター認可を取り消した。FAA によると、同社の所有権が外国人にあることで、AMI 社の運航に対し、これらの外国人オーナーの監督権が行使され危険な状況が生み出されたことが、その理由になったという。AMI 社の問題は、スイスに本社を持つ TAG アビエーション・ホールディングが所有する TAG アビエーション USA が、チャーター管理会社のアビエーション・メソッズ社（カリフォルニア州、バーリングゲーム）の一部を 1998 年に買い取ったときに、AMI ジェット・チャーター社という新会社が誕生したことから始まっている。現在は、AMI 社の 49%の株を TAG アビエーション USA が所有し、残りをアメリカ市民である AMI 社役員 2 人が所有している。AMI 社と TAG 社の関係は、FAA を含む連邦監査機関には、AMI 社がはまだ運行管理を含めて TAG 社の支配下にあるように見える。実際、TAG 社は AMI 社の航空運輸認可に基づいて旅客便を運航しており、旅客便運行に対する支配権を行使している。今回の AMI 社の事情は、チャーター業界に多くの疑問を投げかけた。FAA の AMI 社に対する厳しい措置は、打撃を受けたチャーター運航会社が廃業に追い込まれるまで続けられるのかという点に関心が集まっている。専門家の多くは、今回の AMI 社に適用されたような厳正な精査を受ければ、他のチャーター会社も同様の措置を免れないであろうと考えている。もう一つの疑問は、チャーター会計監査の評価の問題である。AMI 社は、2006 年 11 月に会計監査会社から最高のプラチナ評価を受けたが、今回の動きの中で、FAA はあたかもチャーター業界の注目を集めようと試みているかのようで、実際それに成功している。FAA は、航空メディアばかりでなく運輸省の調査官からも詳細な調査を受けた。2007 年 9 月には、下院運輸インフラ委員会は、運輸省の調査長官室に対して、近距離定期便とオンデマンド・チャーター便の操縦者に関して FAA に見落としがないかという観点から再点検するように依頼した。同委員会では、FAA が操縦者に関して適切な監督を実行できるほど十分な情報をもっているのか、懸念を持っているという。

## 8.6 JF ケネディ空港の発着スケジュール緩和に、各航空会社に圧力

連邦政府は、各航空会社に対し、ニューヨークの JFK 空港における春からの夏の発着スケジュールを自発的にカットし、同空港の遅延解消に協力しないならば、政府から強硬手段に訴えることも有り得るという圧力をかけている。FAA は、JFK 空港近くのラガーディア空港の発着便数を既に制限している。メリー・ピーターズ運輸長官は、航空会社のサービスを向上させることと 2007 年の記録的な発着遅延を減少させるための戦略を立案することを、ブッシュ大統領から命じられ、2 日間にわたる会合を召集して議論を行った。シカゴのオヘア空港では、発着遅延を減少するために 2004 年に最混雑時間帯のフライト数が縮小されたが、全米で“レベル 3”過密指定で運行されている空港は、このオヘア空港と JFK 空港の 2 空港のみである。今回の会合においては、米国航空会社各社の代表が、業界にとって最も利鞘の大きい春から夏の繁忙シーズンの JFK 空港スケジュールに関する議論を行った。JFK 空港のスケジュール変更は、同空港に本拠地を持つジェット・ブルー航空や、主要ハブを持つデルタ航空に大きな影響を与える。その他の航空会社にとっては、運行はしているものの同空港でのフライト数はそう多くない。政府は、繁忙時間帯である午前 6 時から午後 2 時 59 分、午後 3 時から午後 7 時 59 分、午後 8 時から午後 10 時の各時間帯において、時間当たりフライト数を 80 便までに押さえ、上限を 81 便と定めたいと考えている。一方

で、JFK 空港における定刻到着率は 69%から 61%に減少しており、1 時間以上の遅れは 114%増加した。2007 年の夏には、最繁忙時間帯である平日午後 4 時における需要は発着定期便が 110 便以上であったほか、1 日の他の時間帯でも空港の収容力を超えていた。

## 8.7 ピッツバーグにて、航空産業の構造変革

ピッツバーグ国際空港における全発着便の 80%を運行している US エアウェイズ航空が、同空港をハブからいわゆる“フォーカス・シティー（中心都市）”に格下げしようとしていることは数カ月前から周知の事実となっていた。US エアウェイズ航空が運営している他の 2 つのハブであるフィラデルフィア空港とノース・カロライナ州のシャーロット空港を守るために、同空港では、2007 年秋にはピッツバーグ空港におけるフライト数を 3 分の 1 に縮小する予定だという。この結果、同航空が同空港から運航しているフライトについては、現在、102 都市に向けて 1 日 373 フライトしている状態から、65 都市に向けて 1 日 240 フライトとなるという。この地域の人口はそれほど多くなく、ビジネス資源も少ないことから、ピッツバーグが航空ビジネスの観点から大きな市場ではないと判断され、他の航空会社もここにハブを創ろうとはしないものと予測されている。ピッツバーグのみに関わらず、US エアウェイズ航空のビジネス自体の隙間を狙おうとする航空会社でさえ多くはない状況にある。これに加えて、US エアウェイズ航空がピッツバーグ空港からの撤退を図る理由の一つとして、同空港が 6 億 5,000 万ドルの債務を抱え、債務返済のため年間 6,200 万ドルを支払っているという事情を挙げることができるが、近頃、ペンシルバニア州がスロットマシン賭博を承認したことによって、同空港の債務返済が楽になることも予想されている。今回の US エアウェイズ航空の方針転換は、ピッツバーグにとって良い方向に変わる希望も残されている。ピッツバーグ発着便の航空運賃が他に比べて高いのは、これまで US エアウェイズが寡占支配していたためであるが、新たな競争が入ることで既に値下げは始まっている。カリフォルニア州のサンノゼや、テネシー州ナッシュビル、ノース・カロライナ州ローリー・ダーハムといった空港は、ハブの地位を失っても生き残っている。サウスウェスト航空が 1999 年にローリー・ダーハム空港に新規参入した時は、アメリカン航空が同空港のハブを止めて 4 年後であったが、平均往復運賃は 140 ドル下がった。サウスウェスト航空では、ピッツバーグ市当局者と対話を続けているが、航空業界においては、同航空はフィラデルフィアへの拡大で手一杯だという意見が多い。ピッツバーグ国際空港は、2008 年 1 月にゲートの 4 分の 1 を閉めることを計画しており、これに伴い 6 軒の小売店舗が閉じる可能性がある。

## 8.8 英国航空、アメリカン航空との合併を検討

英国航空は、アメリカン航空との合併を検討しているという報道がなされており、これが実現されればデルタ航空とエアー・フランスとの共同ベンチャーに対抗する米欧両大陸に跨る巨大航空会社が誕生することになる。英国航空は過去に 2 回同様の試みをしているが、規制の壁に阻まれている。



## 8.9 AMR 社、座席数カットと料金値上げにより利益増加

アメリカン航空の親会社である AMR 社は、料金を値上げしたことで座席数を 2006 年第 3 四半期に比べ 2.8% 縮小したことによって、2007 年第 3 四半期の利益が増加したと発表した。同社では、座席数の 83.9% を販売し満席状態のフライトを増やした一方で、原油価格が値上がりしたことを反映するために航空料金の値上げも行った。ジェット燃料の価格は、原油価格の影響を直に受けるものの、ほとんどの航空会社では、航空料金は据え置きにしてエネルギー市場の実勢価格以下に押さえ込んでいる。AMR 社においては、2007 年第 4 四半期のジェット燃料価格について、予測燃料消費量の 40% を 1 バレル当たり 69 ドルという平均原油量に相当する、1 ガロン当たり 2 ドル 1 セントで調達するとしている。AMR 社は、2007 年中にさらに 2.2% の座席数カットを予定しているが、その内訳は、国内線で座席数 2.4% の削減、アメリカン航空にとって競争が少なく利鞘の多い国際線においては座席数 1.9% の削減としている。

## 8.10 ユナイテッド、コンチネンタル、デルタ、アメリカン航空、燃料費高騰に対応して料金値上げ

ユナイテッド航空は、燃料価格の高騰を反映して、国内航空運賃の値上げに踏み切っており、さらにコンチネンタル、デルタ、アメリカン航空がこれに続いている。ユナイテッド航空では、距離が 1,500 マイル未満の国内路線の往復料金については 10 ドル、1,500 マイル以上の国内路線の往復料金については 20 ドルの値上げを行った。コンチネンタル航空とデルタ航空は、多少の例外を作りつつも、ユナイテッドと同様の料金値上げを行うことを発表した。アメリカン航空でも、料金値上げを検討中であったが、11 月 1 日に米国大陸内路線の往復料金について 20 ドルの値上げを実行し、デルタ航空もこれに追従した。米国においては、航空会社各社は、1 日の内で時間帯によって料金値上げすることも許されている。航空料金の値上げは、乗客から幅広い支持を受けることができないと失敗に終わることが多い。

## 8.11 ジェット・ブルー航空、カナダへ

米国に本社を持つ低コスト航空会社のジェット・ブルー航空は、カナダと米国に間に定期チャーター便を運航するための認可を申請している。これが実現されれば、カナダの同業者に対して大きな打撃を与えることとなり、両国間の航空料金の値下げが予想される。同航空は、当初からカナダへのチャーター便運航に関心を有していたが、今回、定期便運航にも申請している理由は、チャーター便と定期便をまとめた方が時間と経費を節約し、煩雑な手続きも簡略化できるからであるといわれている。ジェット・ブルー航空では、エムブレア社製の ERJ-190 型ジェット機を利用することにより、エアバス社の A320 型大型ジェット機では座席を埋めることが難しいカルガリーやハリファックス等への路線も検討することができる。ジェット・ブルー航空がピアソンへ参加する上で、航空輸送調査協会の調査において世界で最も高いとされているトロント空港の着陸料が障害となるであろうと言われている。現在のところ、通常よりも高いカナダの空港使用料と着陸料は、ジェット・ブルー航空のような低価格・低コストの航空会社が参入する際に大きな障害となっている。空港諸料金が極めて高い場合、米国内と同様の低料金をカナダで提供するの

不可能となるものと見込まれる。

## 8.12 ミッドウェスト航空の株主、TPGによる買収を了承

ミッドウェスト航空グループの株主らは、TPG キャピタルの系列会社による同航空の買収案を承認した。今回の合意では、ミッドウェスト航空の一般株発行済み株式は、1株当たり17ドルの権利に転換される。一連の取引は2007年の第4四半期に完了する予定である。TPGによるミッドウェスト航空の買収のおかげで、ノースウェスト航空はミッドウェスト航空に対し受動的関与を持ち、上部中西部市場における支配を守ることができる。TPGは2007年8月に、最終的にはミッドウェスト航空をノースウェスト航空に売却するか、株式市場に再上場させるという可能性を発表している。TPGとノースウェスト航空は、ミッドウェスト航空買収に際し、低コスト航空会社であるエア・トラン航空の親会社エア・トラン・ホールディングスに競り勝っている。

## 8.13 ボーイング社、受注数が2008年に減速する可能性に言及

ボーイング社の商業航空機ユニットの担当責任者は、同社の受注数が2008年に減速する可能性を発表する一方で、今後、米国の主要航空会社が新航空機を購入する時期に入ることに望みを託しているという見方を示した。ボーイング社の確定発注数は2007年10月時点で919機であり、同社がエアバス社を破って2000年以来の販売数No.1に返り咲いた2006年の1,044機という記録を超える可能性もある。近年の航空機販売ブームは、急速に拡大する中近東市場とアジア市場の動向によるものである。ヨーロッパの航空会社では、2007年にやっと大型発注が開始されたところであり、アメリカン航空やユナイテッド航空といった米主要航空会社ではワイドボディ・ジェット機の大型発注は全く行われていない。ボーイング社では、部品不足や生産上の問題点などを理由として、B787型ドリームライナーの納入を2008年春から2008年後半に6カ月遅らせたことに伴い、2008年予算推定額を下方修正している。ボーイング社は、ドリームライナーに対して、過去最高となる700機以上の注文を受けており、ドリームライナーは、同社がエアバス社を巻き返す原動力となった。

## 9. 2007年12月の動向

### 9.1 一般航空に対する安全保障規制の強化

国土安全保障省（DHS）は、未知の脅威に備えるための新たな方策として、一般航空運航に対する安全保障を強化する新たな規則の検討を行っている。同省では、「一般航空運航と自家用飛行機が違法物資や危険人物の輸送に使われたり、飛行機自体が武器として使用されたりする無防備さを最小化」しようとしている。DHSでは国境を越える運航に当面のところ焦点を絞っており、航空会社の乗務員、乗客、機体に対してスクリーニングが行われている一方で、一般航空運航に対するスクリーニングは殆ど行われていないという点を懸念している。一般航空運航に対する安全保障計画は以下の通りである。

- ・ 乗客と乗務員の身元確認と検査について、DHS は、いわゆる「自家用」飛行機で米国国境を越えて運航する人々の情報をどのように入手するかということについては、既に規定している。電子事前旅客情報システム（eAPIS）に関する立法提案告示（NPRM）が既に公表され、国境を越えるフライトでは出発相当時間前に操縦者が乗員全員の情報を提出することが義務付けられている。これは、当局が乗客と乗務員の情報を吟味することにより、「国家安全保障を脅かす可能性のあるリスクを評価する」ために十分な時間を得ることを目的としている。
- ・ 米国に違法物資が運び込まれないようにするため、飛行機体を検査することについては、テロリストが核物質や放射性爆弾を米国内に一般航空飛行機で運び込むという「悪夢のシナリオ」を阻止するために、テロリストが爆弾運搬のため大都市へ直接飛行できないようにすることに焦点をあてている。産業界と同盟諸国の協力のもとに、海外の人物や危険物資を強制的にスクリーニングにかけることが、安全保障レベルを向上させるために重要な方策であると考えられている。
- ・ 米国外から飛来する飛行機については、出発直前にスクリーニングと厳重検査を実施する。DHS では、eAPIS 規則に加えて、米国内へ入国する飛行機が全てスクリーニングされるよう義務づけることを望んでいる。大型飛行機安全保障プログラムと呼ばれる試みは、大型一般航空飛行機に対して、「同等サイズの商業航空機に対して現在行われている安全保障プログラム」と同程度のスクリーニングを実施することを目指している。DHS では、アラスカ州アンカレッジとアイルランドのシャノンにあるシグネイチャー・フライト・サポート社の 2 カ所の FBO（Fixed Base Operation：ビジネス・自家用飛行機のための総合サービス基地）において、米国本土向けフライトのスクリーニングをするという試験的プログラムを進めており、この 2 つの空港では 2007 年末までにスクリーニングが開始されることになっている。
- ・ DHS の国内核物質探査局（DNDO）と連邦税関国境警備局（CBP）では、一般航空飛行機において、放射性物質と核物質を検知するための方策の開発に取り組んでいる。米国外から飛来する全ての一般航空飛行機が、税関検査の際に放射性検査も受けることになる。
- ・ DHS では、運輸保安局が世界中どこでも飛行機の身元調査、活動、脅威レベルを追跡できるように「自動探査進行ターミナル（Adapt：アダプト）」と呼ばれる新システムについて、国防総省及び運輸省と共同で開発を行っている。アダプトシステムは「航空管制官や安全保障関係者に対して、パイロットと飛行機に関する情報を与えることによって、絶対的最新版警告システムとして働く」という機能をもつ。

## 9.2 LT406-MHz 新基準の義務化、いまだ成らず

緊急無線標識（ELT）の遭難信号放送について、周波数 121.5-MHz および 243-MHz における衛星監視を停止することが予定されていることについては、既にほとんどのパイロットが承知している。しかし、多くのパイロットが、世界の多くの国々で採用されている ELT の新 406-MHz 基準に対して、米国にはこれを義務付ける法律が存在しないことに気付いていないパイロットが多い。遭難信号を 406-MHz でのみ発信する ELT へと移行する作業は、遭難した飛行機や船舶の位置を人工衛星を使って探索する国際的捜索救助機関である「コスパス・サーサット」によって進められている。新基準に完全移行する前に、ICAO（国際民間航空機関）の殆どの参加国では、ELT を新

しい 406-MHz 基準にアップグレードするよう義務付けている。しかし、米国とカナダにおいては ELT を改定するための法律案さえ出されていない。そして航空業界もそれを善しとしている。2005 年に「コスパス・サーサット」が 406-MHz 基準への移行を発表した時にも、AOPA（飛行機オーナー及びパイロット協会）は高額な装置設置費用を理由に、軽量飛行機は引き続き古いタイプの 121.5-MHz の ELT による飛行が認められるべきだとして、FAR（連邦調達規則）の変更に対抗した。AOPA は 406-MHz の利点は認めつつも、パイロットへの義務付けには反対している。ELT は装置だけでも 1,000 ドルが掛かり、設置費用を加えるとそれ以上の資金負担が必要となる。一方、NBAA（全米ビジネス航空協会）は、406-MHz の方が 121.5-MHz よりもはるかに偽陽性率が低いことから、新たに ELT を設置する場合には 406-MHz の購入を勧めている。NBAA は、2005 年 1 月 1 日にも、海上や ICAO の推奨する指定僻地エリアを飛行する場合、操縦者は 121.5-MHz と 406-MHz の両方を発信できる自動 ELT を装備するべきだと指摘している。それ以降、ICAO に参加する多くの州では法律を改正して 406-MHz の ELT 設置を義務付けた。その結果、米国外を運航するビジネスジェットはほとんど全てが 406-MHz 新基準にアップグレードされている。NTSB（国家運輸安全委員会）は、FAA に対して 406-MHz の ELT 設置を義務付けるよう迫っているが、現在までのところ FAA には何の動きも無い。数年前までは米国内を運航するビジネスジェットには ELT 設置は全く義務付けられておらず、ELT に関する規制は軽量飛行機のみ適用されていた。しかし今やビジネスジェットも ELT 設置が義務化されている。

### 9.3 ブッシュ政権、空の混雑と乗客保護をねらう

ブッシュ大統領は、航空会社の遅延を緩和して乗客を混乱から保護するための提案の概要を示した。この提案には、時間帯別の空港利用料、航空会社の定刻発着率データの充実、搭乗拒否された乗客への補償といった案が盛り込まれている。ブッシュ大統領は、東海岸地域に 11 月 21 日から 5 日間「感謝祭エクスプレス・レーン」を作るために軍事用空域を割り当てる計画に加え、搭乗拒否された乗客への補償額を、代わりの便に乗るまで 2 時間以上待たされた場合は従来の 400 ドルから 800 ドルへ、2 時間以内の場合は 200 ドルから 400 ドルへ増額することを計画している。また、航空会社に対して、遅延事由を示すより詳細なデータを運輸省（DOT）に提出することを義務付けようとしている。ブッシュ大統領は DOT に対して、「足止めされた乗客を救うための不測事態計画と慢性的な遅延フライトに対する罰則」を航空会社と共同で作成するよう命じた。一方、大統領は遅延と欠航を削減するために「市場ベースのインセンティブ」、いわゆる混雑に応じた時間帯別料金の導入を推奨しているが、これによって「ピーク時間や混雑する空港での料金を高く設定でき、空港発着権もオークション形式にして最高値をつけたフライトに与える」ことなどが可能となる。

### 9.4 プライベートジェットはラガーディア空港から閉め出されるか？

航空旅客協会（ATA）では、ニューヨーク市の空港において大問題となっている慢性渋滞を緩和するために、企業や個人が所有するジェット機がニューヨークのラガーディア空港へ乗り入れすることを禁止するべきだと提案している。ATA は、ニューヨークの 3 大空港における渋滞の緩和策について検討する連邦レベルでの会合において、このような乗入れ禁止案の検討を運輸省に要

請した。企業所有のジェット機の乗入れを禁止する案に関しては、15人乗り企業ジェットより300人乗り旅客機の方が当然優先されるべきという考え方に基づいている。航空会社に対しても、ラガーディア空港を中継地とする乗継便を販売することを禁止しようというものになっている。ラガーディア空港は、ニューヨーク市内に行き来する旅客のみが利用すべきという内容である。現在、ラガーディア空港利用者の5%が中継点として利用している旅客となっている。

## 9.5 軍用“エクスプレス・レーン”はフライト遅延を永久に軽減できるか？

連邦政府では、2007年11月の感謝祭前後に、軍事空域を民間機のために開放することを決定した。東海岸で旅客運航のために開放された2列の「エクスプレス・レーン」は、通常は軍事訓練に使用されており、その開放は忙しい移動シーズンに付き物となっている交通渋滞を解決するための必殺技のように捉えられた。もし、その空域を永久に民間航空のために開放することが可能であるならば、国家レベルでの慢性的なフライト遅延、とりわけ渋滞の激しい東海岸のハブ空港でのそれは軽減されるのではないかと期待された。

フライト遅延の影には隠れた多くの理由が存在する。明確に言えることは、東海岸を運航する航空機の殆どがその他の地域へも運航しており、米国航空システムは既に多くの場所で許容レベルぎりぎりまで運航されているため、些細なトラブルでもシステム全域に大きな影響を与えてしまうということである。航空需要がますます増大する中で、経済的観点からの圧力も作用する結果、航空各社は航空機を最も効率良く回転させようとしているため、機械トラブルや天候問題が起こった場合には、代わりとなる航空機が無いという状況に陥っている。このため、万一、連邦政府が全国の軍事空域を毎日開放することを決定したとしても、遅延問題が解決されるわけではない。フィラデルフィア空港、ワシントン・レーガン空港、ニューヨークの3大空港をはじめ多くの空港では、空の渋滞だけでなく空港における地上走行の渋滞も、航空遅延の原因となっている。殆どの空港では、滑走路とゲートが現在の運航量を扱うには小さすぎる上、多くの空港が水際や住宅地に囲まれて立地しているため、施設の拡大が不可能となっている。また、新たな滑走路の建設や施設の拡大を可能にすることができる土地がある場合でも、航路付近の住民からの騒音やジェット排気ガスの増加に対する強い反発に直面しなければならない。

中小型航空機においても同様に、フライトの遅延が悪化している。多くの航空会社では、空席を少なくする一方で、フライト頻度を増やすという消費者需要に応えるため、航空機のサイズを小さくしている。しかし、70座席の航空機を2機運航することは、140座席航空機を1機運航することに比べて、運べる乗客数は同じでありながら渋滞と航空管制に係る負荷は倍増する。現在の老朽した航空管制システムも、航空遅延を作り出す大きな元凶となっている。新型の人工衛星システムならば、ずっと近距離で多くの航空機を安全に飛行させることができるために航空許容量は増大し、渋滞も緩和されるだろう。しかし、このシステムの実用化にはさらに10年以上の年月が必要である。米国の航空渋滞を部分的にでも緩和するために現在考えられる方策としては、渋滞の激しい空港における時間帯毎のフライト数の削減、ピーク時間帯のフライトに対する航空会社もしくは乗客による費用負担の増加、スロット割当の管理、大型機を頻度少なく運航する航空会社の褒賞（小型機を頻繁に運航し続ける航空会社への罰則）などが検討されている。これらの渋滞解消案には色々と異論も多い一方で、それぞれ利点も多い。

## 9.6 サウスウェスト航空、料金形態多様化

サウスウェスト航空は、料金体系の変更、フリークエント・フライヤー・プログラムの充実、新たな優先搭乗方式の導入、国際運輸システムへの参加や法人客へのディスカウントの充実などによって、法人客の取り込みを図っている。サウスウェスト航空では、2007年11月から、ビジネスセレクト、ビジネス、ワナ・ゲッタウェイという新たな3種の料金体系を導入して、法人客に対して料金ディスカウントの方策を拡大した。同航空では、この新料金体系を反映させるように綿密にウェブサイトの更新を検討している。2006年まで使用されていた目的地に対して購入できる運賃の範囲を示すという単純な表が廃止され、今後は、料金を上記3つの体系に分けて表示することとなる。また、安い運賃を求める人々のために、希望日の1カ月以内で最安料金を容易に探索できるようにする改良も行われた。法人客は、サウスウェスト航空の構造的ディスカウントに対して敏感に反応してきたが、今後は、このようなウェブアクセスの容易さや個々の要望に合わせたサービスに対して、ディスカウント料金以上に興味を持つことになるだろう。従来、部分的ながら参加してきたセイバー（Sabre：コンピュータ予約システム）に加え、サウスウェストでは2007年5月にガリレオ（Galileo）に公表運賃と目録（会員向けウェブ運賃は含まず）を掲載する10年契約を結び、11年半ばからサービスを開始した。また、同様の契約をワールドスパン（Worldspan）とも10月に結び、2008年半ばから開始する予定である。その他、ビジネス客向けに空港のゲートを改造してモニター、パワーポート、テーブルや椅子などを配置する計画も11月から開始した。また、搭乗券の指定グループごとに搭乗する方式も採用して、従来の搭乗時の大混乱がなくなった。フリークエント・フライヤー・プログラムも見直し、1年に32回の片道便もしくは16回の往復便を利用した最頻利用客には、出発前の自動チェックインとAグループの搭乗券を受け取れるようにした。新しく導入した「フリーダム・アワード」というロイヤルティ・オファーは、2種類の標準アワードから変更が可能で、主要な祭日前後の数日間を除き座席の制限がないというものである。

〈新料金比較〉

	ビジネスセレクト	ビジネス	ワナ・ゲッタウェイ
価格	\$10～\$30 アップ。 座席保証。	現在価格と同等。	最安値が可能。
搭乗方法	最初。	グループレターに搭乗順位が記載される。	グループレターに搭乗順位が記載される。子供連れ家族は A と B グループの間に搭乗できる。
リワード	750 マイル以上のフライトにフリークエント・フライヤー・クレジット 2 倍。750 マイル以下のフライトにクレジット 1.25 倍。	全フライトに1クレジット。	全フライトに 1 クレジット。
変更	同日・同目的地フライトへの変更は変更料不要。払い戻し、1 年以内での等価交換が可能。	同日・同目的地フライトへの変更は変更料不要。払い戻し、1 年以内での等価交換が可能。	運賃差額が必要。払い戻しは不可。
サービス	カクテル無料。	なし。	なし。

サウスウェスト航空は、シカゴに本拠地を持つユナイテッド航空やフォートワースのアメリカン航空など他の大手航空会社に長い間支配されてきた、利ザヤの大きいビジネス客市場のシェアを広げたいと望んでいる。しかしながら、サウスウェスト航空の低価格と平等主義に絶対の忠誠を誓っていた従来からの顧客を遠ざけるというリスクがある上に、同航空は座席指定なし、単一クラスサービスを依然として提供しているので、アワードを多く持つ顧客には魅力に欠けるため新しいクラスの顧客を呼び込めるという保証はない。サウスウェスト航空は、フライト当りのビジネスセレクト提供数を制限し、他クラスの利用者にも搭乗 A グループに入る可能性を残す予定である。同航空は、後発の航空会社であるため、ニューヨークやボストン、ワシントンのようなビジネス中心地の主要空港や国際ネットワークでの立場は弱い。しかし、サウスウェスト航空は大手航空会社の中で最高の定刻発着率を持つため、遅延や大幅な座席数カットに嫌気が差しているビジネス客を取り込めるかもしれない。一方で、同航空は従来の透明な料金制度から離れつつあり、料金体系を 8 種から 15 種に増やすことも予定しており、価格差は格段に大きくなる。

## 10. 2008年1月の動向

### 10.1 上院、フライトに対する顧客不満への対応改善条項

航空機内での喫煙を禁じる画期的な法律を制定させたニュージャージー州選出のフランク・ルーテンバーグ民主党上院議員は、フライトのキャンセルと航空機預け入れ荷物の紛失に対して不満を募らせている乗客の声を代弁する形で新たな条項を草稿したが、この条項は2008年予算案の一部として2007年12月末に署名された。この条項に基づき、連邦政府は、フライトのオーバーブッキング、預け入れ荷物の紛失、長時間の遅延、その他の侮辱的な行為といったより多くの問題に対する係官の捜査を可能にするために250万ドルの予算を計上しており、今後、航空会社に対して乗客保護の義務付けと、顧客からの不満への対応改善を求めることとなる。

### 10.2 商業旅客ジェット機に対ミサイル装置を試験装備

米国国土安全保障省は、2008年春にアメリカン航空の旅客ジェット3機に対ミサイルシステムを装着して、この装置が燃料消費に与える影響や、メンテナンスに要する費用、レーザー妨害技術が定期便フライトにおいて有効に機能するかといった点について試験を開始することを予定している。これは、携帯型爆弾で武装したテロリストを阻止することを目的として政府が取り組むこととしている新たな試験の一部である。国土安全保障省の発表によると、同省では、2,900万ドルの資金を用いて、ニューヨークとカリフォルニアの間を毎日往復運航するアメリカン航空ボーイング767-200シリーズ3機に対ミサイル妨害装置を搭載して試験を行うこととしているという。対ミサイルシステムは、これまで既に貨物機において試験がなされているが、実際の商業旅客機における試験は初めての試みとなる。ニューヨークのジョン・F・ケネディ国際空港とロサンゼルス、サンフランシスコの各国際空港間を飛行する航空機は、ミサイルを試験発射されることはない。米国土内において、ジェット機が携帯型爆弾で狙われたことはないが、このような軽量武器はブラックマーケットで数百ドル程度で入手することが可能であることから、同省では、携帯型爆弾による攻撃の可能性について警告を発している。海外においては、多くの軍用機や貨物機が携帯型爆弾による攻撃を受けて死者も出しており、旅客機が危うく衝突寸前となった例もある。今回試験が行われる対ミサイルシステムは、1航空機当たり50万ドルから100万ドルで装備することができるが、メンテナンス費用がどの程度かかるかは明確になっていない。航空会社は、メンテナンスに要する追加的な費用の負担を尻込みしており、連邦政府が費用を肩代わりするかどうか、連邦議会として決断が迫られている状況にある。アメリカン航空では、連邦議会が最終的に航空会社に対して装置の装着を義務付けたときには試験へ参加することに合意しているが、商用機に対ミサイルテクノロジーを導入することに関しては、理念的に反対する立場をとっている。費用効果という観点から見ても、この装置は極めて高価な選択肢である一方、本当に効果があるかという疑念は拭えない。



### 10.3 議会に提出された新航空関連法案

モンタナ州選出のマックス・ボーカス民主党上院議員は、道路や鉄道に加えて航空も対象とした「2007 年全米インフラ投資改善法案」を議会に提出した。同法案においては、財務省から毎年 4 億ドル振込まれる空港・航空路信託基金の中に「航空交通管制システム現代化勘定」を創設し、連邦航空局長官が航空交通管制システムの現代化関連に支出することを可能とする条項が盛り込まれている。

イリノイ州選出のマーク・カーク共和党下院議員によって提出された H. R. 4177「2007 年空港安全保障向上法案」では、U. S. Code タイトル 49（合衆国法典 49 編）を改定して、国土安全保障省の運輸保安局次官補に対して、空港内に連邦特別安全保障区域を指定する権限を与える条項が盛り込まれている。この指定区域には、ランプ、航空機、荷物取扱い積込みエリアが含まれ、その区域内への立入りが雇用目的上必要で、かつ次官補による立入許可バッジを着用の者に限ることが規定されている。

### 10.4 上院、FAA 長官の任命を延期

連邦航空局のロバート・スターゲル長官代行を次の同局長官に任命するための上院聴聞会は、当初 2007 年 12 月 20 日に開催することが予定されていたが、寸前に中止された。このような事態に対して、クリスマス休暇によって任命が遅延することや、政治的な駆け引きによって議会が連邦航空局の管理統制を図っていることに対して不満を訴えるものも多い。ニュージャージー州選出のボブ・メネンデス民主党上院議員は、米国北東部空域の再編成計画に関して連邦航空局が納得のいく回答を示さない限り、スターゲル氏の長官任命を棚上げしようと画策していると言われている。同議員に加えて、同州選出のロブ・アンドリュース民主党下院議員とペンシルバニア州選出のジョー・セスタック議員民主党下院議員は、連邦航空局がフィラデルフィア空港とニューアーク空港を発着する新しい航路案を 2008 年夏まで開始しないと公表したことに対して、共同のプレス・カンファレンスにおいて不満の意を表明した。スターゲル氏は、マリオン・ブレイキー前長官のもとで副長官であったが、2007 年 10 月に長官代行に指名されている。

### 10.5 連邦航空局、航空管制官組合との賃上げ交渉に新提案

連邦航空局は、航空管制官との賃上げ交渉が行き詰まりを見せたことに伴い、2008 年の新たな契約案を提出して、その受け入れを強く求めている。全国航空交通管制協会では、この契約を容認することを拒否し、民主党議員らは連邦航空局に対して契約交渉を再開させることを目的とした介入を行った。同局に関する再編成法案には、強制的に両者を交渉の場に引き戻す条項が含まれている。連邦航空局では、現在、長期にわたる契約論争を解決するため、管制官に対して新たな給与案を提示しているが、管制官組合がこの提案を受け入れる可能性は少ないものと見られている。同協会によると、同局が主張している契約案は基本給に事実上の上限を課していて、ベテランの管制官であれば、退官可能年齢になったら直ぐにでも退職したくなるような内容になっているという。同局は、2008 年 3 月から、基本給が最高額帯を超えるすべての管制官に対しては、基本給の 1%増を提案しており、2009 年 1 月に 2%増、2010 年 1 月にもう 1%増額することを求

めている。退官可能な年齢に達した管制官に対しては、2008年、2009年、2010年にそれぞれさらに基本給の1%を増額することを求めている。新規採用者と技能習得途上の管制官に対しては、基本給の5%ずつを増額することを求めているが、同協会によると、このような提案を受諾すれば、従前と比べると25%も少ない基本給に甘んじなければならなくなるという。同局は、同協会に対して、この新契約案に対する返答期限を2008年3月31日に設定したが、これは奇しくも同局に関する再編成法案の審議期限が延期された日に当たる。同協会によると、同局は、管制官組合との協調に意欲的だと議会に見せつけることによって、議員らは法案を盾に同局を組合交渉の場に引き出す必要がないと判断するかもしれない、また同時に、同局のロバート・スターゲル長官代行を新長官に指名することに対して議会をあげた支持が得られるかもしれないという思惑を持っているものと捉えられている。

## 10.6 オーストラリアと米国、オープン・スカイズ交渉始まる

オーストラリアと米国は、利鞘の大きい豪州—米国間の太平洋横断航路の開放にむけて、2008年2月中旬までにオープン・スカイズ協定の交渉に入ることになった。この協定によれば、米系航空会社が東京などアジア経由でオーストラリアに運航することが可能になると同時に、ヴァージン・ブルー航空等のオーストラリア航空会社が、2008年末までに米国に運航開始するための道を開くことができ、世界でも有数の利益率の高い長距離航路が開放されることになる。現在のオーストラリアと米国の間の航空協定では、両国いずれに本拠をもつ航空会社でも、運航開始初年にはわずか週4本のフライトを運航することしかできない。オーストラリア政府は、カンタス航空を競争から守る目的で、シンガポール航空に対しては、オーストラリアから米国へ運航する許可を与えていない。シンガポール航空は、アジアの低コスト航空会社との競争による収益をカバーするため、新たな市場へのアクセスを求めている。米国とオーストラリアの間で直行便を運行しているユナイテッド航空が、現在のところカンタス航空にとって唯一のライバル企業となっており、両国間を週14本のフライトで結んでいる。一方のカンタス航空は、現在、米国とオーストラリアとの間を週48本のフライトで運航しており、米豪間の航路から全利益の20%を上げているという。カンタス航空では、競争の多いシドニーとロンドン間の「カンガルー・ルート」と比べて、シドニーとロサンゼルス間の航路に対しては38%も高い料金を設定しており、より多くの航空会社に対して太平洋航路を開放することによって、米国とオーストラリアの間を旅行する旅行者数は8%増加するものと期待されている。

## 10.7 パート91の運行管理責任

連邦航空局がパート135（チャーター機）に基づき事業を行っている企業を検査した際に、いくつかのフライトに関して運行管理の責任は誰にあるかという質問を航空機のオーナーに対して行った。パート91（一般運航）のもとでは、運行管理を義務付ける規定が特に存在しないにも拘わらず、航空機のオーナーは航空機の耐空性や安全性に関して責任を負っている。パート135（チャーター航空等）許可証の保持者の中には、パート91フライトに対しても運行管理の責任があることを知らない者もいたという。同局によると、航空機のオーナー自身が運行管理責任を負いたくないのであれば、パート135が唯一のオプションとなるが、その場合、パイロットはパイロット

ト自身の許可証を失わないためには、フライト中に起こる全てを把握していなければならないという。

## 10.8 運行管理規則に対する慎重な遵守義務

TAG アビエーション USA 社は、連邦航空局との論争に終止符を打ち、1,000 万ドルの民事罰金を支払うことで合意した。同局に対しては、同社が航空事故を起こしていないにもかかわらず、強硬姿勢を貫いたことについて、批判がなされている。同局においては、何らかの航空事件が起こってから行動を開始するのが常であったが、今回は、初めて航空事象が起こる前に行動したことになる。今回の論争を通じて、「運行管理」が、たとえ同局の検査官と法律家によって造りあげられた難解な概念だと思っけていても、これを遵守しない場合には罰則が適用されるということが明らかとなった。同社では、飛行中の航空機に実際に資格を持つ乗務員が乗っていたという書類すら作成できなかった。離陸したばかりの飛行機について耐空性の現状を知っている場合はどうか、フライト中の勤務時間内に会社の管理が届かない場合はどうすべきか、乗務員の休憩中はどうか、といった要項は目新しいものではなく、全て同社が連邦航空規則に準拠するために連邦航空局に提出した同社の運行マニュアルに書かれている。運行監督スタッフは、このマニュアル中の全てのプロセスと手続きが確実に行われるよう監督する責任がある。運行管理は、理解したり導入したりすることが難しいわけではなく、細部にまで注意を払うことが必要だという点を十分に理解することが必要である。今回、連邦航空局が行動を起こした原因は、同社がこの運行マニュアルと所有権問題に従わなかったことにあり、その結果、免許停止・取消という事態を招いたものである。

## 10.9 燃料費を運賃から分離化

石油価格が1バレル当たり100ドルを超えるような状況となっている中、米国の航空会社各社においては、乗客に対してジェット燃料費を別個に請求するようになっている。米国航空会社の多くは、燃料価格の変動から大きな経営上の影響を受けてきた。ディスカウント航空会社であるサウスウエスト航空では、燃料需要の大半をヘッジしている一方、アメリカン航空やデルタ航空などは燃料市場の動向にそのまま左右されている。歳入アップの定石である運賃値上げも、航空券は数カ月前に購入されることが多いため、突然のコスト高騰には対応することができない。米国経済の成長が鈍化する中、運賃の値上げには消費者も反対するが、別個に燃料費として請求するならば実生活で燃料費の高騰を経験しているため受け入れられやすいという。ユナイテッド航空では、2007年11月に初めて国内フライトに対して5ドルの燃料費を追加で徴収したが、2007年12月には、これを10ドルまで増額した。サウスウエスト航空においては、燃料価格のヘッジを行っているため、今後も燃料費を請求しない現行の料金体系を維持することを予定している。航空会社が燃料費を運賃から切り離して別個に請求するのは初めてのことでない。1970年のオイルショックの際にも、チャーター機会社は離陸直前に燃料費を計算して別個に請求しており、これが大きな問題とはならなかった。しかしながら、石油価格が比較的安いときに航空会社が価格ヘッジを行い燃料費用の固定化を図っていれば、現在のような窮地に陥らずにすんだにもかかわらず、米国の航空会社は、価格ヘッジ戦略には保証金が必要になることもあつて消極的であつ

た。具体的に、燃料費用の固定化を図るヘッジ戦略を導入したのは、コンチネンタル航空とサウスウェスト航空の2社のみである。コンチネンタル航空では、燃料需要量の32%をヘッジしたものの、結果的には他社と大差ない影響を受けた一方で、サウスウェスト航空では、燃料需要量の90%を好価格でヘッジすることに成功した。燃料コストを管理できないために、最もコストのかかる職員労働問題が混乱する中で、多くの航路で利益が薄くなって事業規模縮小を余儀なくされている航空会社は多い。コンチネンタル航空では、燃料費高騰によって、2008年には国内路線の収容数を縮小することを予定している。デルタ航空においても、航空機の回転率を抑えることによって、国内の主要機10機とリージョナル・ジェット機35機相当をキャンセルし、2008年国内路線の収容数を4~5%縮小した。サウスウェスト航空では、収容数拡大を減速させて2008年には4~5%増加とすることにより、先の計画の約半分にとどめた。

#### 10.10 ボーイング社、2007年に業界受注数1,413機の最高記録

ボーイング社においては、2007年の商業航空機の確定受注数が1,413機を記録し、業界最高記録となった。これは、受注取消や他モデルへの変更を調整した最終的な純受注数であり、同社が2006年に記録した最高記録である1,044機や、これまでのところ業界最高記録となっているエアバス社が2005年に受注した1,055機を遥かに超えるものである。エアバス社では、受注取消や変更の調整前の総受注数が2007年11月末において1,204機あり、純受注数は2008年1月中にも発表される予定である。ボーイング社とエアバス社の両社合計の2007年における受注数は2,500機を超え、2005年に業界総受注数の最高記録となった2,057機を優に超えている。商業航空機販売数は、2001年9月11日同時多発テロ事件の打撃から航空業界全体が復活しつつある航空各社が、所有航空機の拡大と更新を進めているため、3年連続で増加した。ボーイング社の2007年における注文だけでも、リストプライスで1,500億ドルになる。単通路機であるB737型は依然として最も人気の高い機種であり、続いて、2008年上期に初飛行を控えている新軽量機であるB787型ドリームライナーの人気の高い。産油国である中東の航空会社、拡大しつつあるアジアの航空会社、飛行機リース会社からの注文が増える一方、従来は市場の鍵を握っていた欧州や米国の大手航空会社からの注文は振るわない。大手の多くが既に大口注文を出していること、石油価格の高騰により収容数を縮小する航空会社もあること等から、専門家は2008年の受注数が2007年を超えるとは考えていないようである。ボーイング社では、2007年に商業航空機441機を納入しており、これは2006年納入数より11%増加して、過去6年間で最高となった。

## 米 国 V

(ヒューストンセンター報告)

米国のナノテクノロジーの環境・健康・安全性に関する動向……541



# 米国のナノテクノロジーの環境・健康・安全性に関する動向

## 目次

概要 .....	542
1. 序論 .....	543
1.1 ナノテクノロジーの定義 .....	543
1.2 問題の背景 .....	543
1.3 本レポートの構成 .....	544
2. 主要な行政機関及びそのナノ-EHS問題に関する役割 .....	544
2.1 国家科学技術会議 .....	544
2.2 科学技術政策局 .....	545
2.3 国家ナノテクノロジー調整局 .....	545
2.4 大統領科学技術諮問会議 .....	545
3. ナノテクノロジーの資金提供の歴史 .....	545
3.1 連邦議会によるNNIの組織化 .....	547
4. ナノ-EHSに関する初期の懸念（2004年以前） .....	547
5. 政府の動き（2004年～現在） .....	549
5.1 連邦議会の動き .....	549
5.2 行政機関の動き .....	552
5.3 経済協力開発機構への参加 .....	570
6. 非政府組織 .....	570
6.1 シンクタンク .....	570
6.2 非政府組織（NGO） .....	573
6.3 業界団体 .....	581
7. 大学研究機関 .....	582
7.1 ナノ-EHS活動の主要なセンター .....	582
8. 結論 .....	584

## 概要

ナノ粒子(Nanoparticle)はナノメートル・レベル( $1\text{ nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$ )の小さな物体であり、ナノテクノロジーの研究における重要な分野の一つである。マイクロメートル・レベルの粒子より小さいが、原子や多くの分子より大きいため、古典物理学と量子物理学の過渡的な位置に存在し、物質の大きさ、構造、構成物質、または表面上の構造、構成物質を変化させることにより物理的特質や化学的特質の制御、調整も可能である。

ナノ粒子を利用した製品は最近では市場に数多く登場しており、スポーツ用品、個人ケア製品などの家庭用品、ターゲット薬剤療法などより高度な分野にも応用され、市場規模は極めて大きな発展を遂げるであろうと予想されている。しかし、企業の発展とともに、ナノテクノロジーにおける潜在的なリスクに対する懸念も生じてきており、これらのリスクの評価及び管理手法について活発な社会的議論を呼び起こしている。

このような背景の下、ナノテクノロジー分野においても研究者や政策決定者により技術の倫理的・法的・社会的影響(ELSI: Ethical Legal Social Impacts)という議論が起こっており、とりわけこの分野では環境・健康・安全性(EHS: Environmental, health and safety)問題に焦点が当たっている。

米国におけるナノテクノロジーのEHS問題に関連する政府機関には、国家ナノテクノロジー調整局といった政府全体のナノテクノロジー政策の調整を行う部局のほか、規制を実施する機関とナノ-EHS研究に資金を供給する機関がある。規制を実施する機関には、環境庁、食品医薬品局、労働安全衛生局などがあるが、いずれもナノテクノロジーを利用した製品に対してナノサイズゆえの特別な規制を行うというよりも既存の規制体系の中で扱おうとする傾向があり、市民団体などから不満が表明されている。資金供給を行う機関には、全米科学財団、環境庁、国立労働安全衛生研究所などがある。

ナノテクノロジー研究に対して今もなお連邦政府は強く支援しているものの、国家ナノテクノロジー・イニシアチブが立ち上がった初期の予算の急増ぶりに比べ、最近では横ばいになり始めている。このうちナノ-EHSの予算額がどれくらいなのかについては、政府からの発表はあるもののナノ-EHSプロジェクトの定義が必ずしも明確ではないため正確な数字とは何かが論争にもなっているが、2004年以来徐々に上昇しているのは確かである。

政府以外では、ナノ-EHSに関心を持っている非政府団体(NGO)は政府や企業が行っているナノテクノロジー活動に対してさまざまな見解を持っている。台頭するテクノロジーが潜在的に持つリスクに対する予防措置を施すべきであり、政府は新しい規制法を制定したり、既存の法律を活用したり国民の健康を守るようさらなる努力をするべきであるという意見を有している。また、大学においては、ライス大学、カリフォルニア大学を始めナノ-EHSの研究を行う大学が増えており、全米科学財団、環境庁から資金支援を受けている。

ナノ-EHSの展望は常に変化しており、直近でも、NEHI、環境庁、国立労働安全衛生研究所などが次々とナノ-EHSに関する報告書などを発表している。このような活動を通じてナノテクノロジーが健康・環境に及ぼす影響に関する理解を高めることにより、長期的には、より良い研究、より大きな社会的利益に繋がっていくと考えられる。



## 1. 序論

### 1.1 ナノテクノロジーの定義

ナノテクノロジーとは近年、目覚ましい発展を遂げている科学技術分野であり、1次元ないしそれ以上の次元の1-100 nmの範囲の構造を用いた技術である。正確な定義は定まっていないが、物質の特性が大きさとともに変化する、または新しい特性が生じるナノメートル・レベル(1 nm =  $1 \times 10^{-9}$  m)における物質を扱う科学及び工学であると理解されている。ナノ粒子(Nanoparticle)はナノメートル・レベルの小さな物体であり、ナノテクノロジーの研究における重要な分野の一つである。この中には、偶然または自然のプロセスを通じて発生する偶発的なナノ粒子があれば、特別な特性や組成を持つように意図的に作られた工業ナノ粒子(または加工ナノ粒子)もある。工業ナノ粒子には、量子ドット(Quantum Dot - QD 半導体ナノ粒子)、ナノチューブ(炭素ナノ粒子)、ナノ・チタニア(酸化物ナノ粒子)などがある。マイクロ粒子より小さいが、原子や多くの分子より大きいため、古典物理学と量子物理学の過渡的な位置に存在する。従って、物質の大きさ、構造、構成物質、または表面上の構造、構成物質を変化させることにより物理的特質や化学的特質の制御、調整も可能である。

工業ナノ粒子は最近では市場にも進出しており、スポーツ用品、個人ケア製品などの家庭用品、ターゲット薬剤療法などより高度な分野にも応用されている。工業ナノ粒子を含め市場規模についてさまざまな予想がされているが、これらの予想はすべて、極めて大きな発展を遂げるであろうと予想されている。しかし、企業の発展とともに、ナノテクノロジーにおける、潜在的なリスクに対する懸念も生じてきている。このことは、これらのリスクの評価及び管理手法について活発な社会的議論を呼び起こした。

### 1.2 問題の背景

#### 1.2.1 EHS と “社会的影響”

研究者や政策決定者により技術の倫理的・法的・社会的影響(ELSI: Ethical Legal Social Impacts)という言葉が議論に一般的に用いられているが、ナノテクノロジー分野においては、環境・健康・安全性(EHS: Environmental, health and safety)問題とともに、教育的、道徳的、経済的及びその他の社会的影響が含まれると認識されている。初期の連邦政府の政策文書では、EHS と他の ELSI に関する問題がしばしば一緒に議論されていることもあり、どちらの領域により注力されていたのか判断しにくいこともある。EHS と ELSI にかかわる研究者グループには一部重なりがある一方、これらの領域には重要な違いが存在するため、これらは別々に扱われるべきである。例えば、EHS の研究者は主に、化学、物質科学、生物学、毒性学、環境工学などの分野で経験を積んだ科学または工学のコミュニティー出身であり、EHS 以外の ELSI の研究者は、哲学、コミュニケーション、歴史学、人類学などの分野で経験を積んだ社会学者や人文科学者である。本報告書では、EHS 政策の議論に関連するより広い ELSI に触れつつも、主に EHS の政策、資金供給などの問題に重点を置く。行政も最近では、この2つを区別して資金供給するようになり、EHS に焦点を合わせやすくなってきている。

#### 1.2.2 “応用・適用” と “潜在的影響”

研究に関連する EHS のリスクを見定めるために“影響”の定義が重要である。現在、工業ナノマテリアルと環境の相互作用を調査しているすべての研究は、ナノテクノロジーの影響を探求しているであろう。そのため EHS の研究を「応用・適応に関する研究」と「潜在的影響に関する

る研究」で分ける必要性がある。例えば、ナノテクノロジーによる下水汚染の診断、治療法の開発などは、「応用・適応に関する研究」に含まれる。一方で、ナノテクノロジーがもたらす恐れのある環境への潜在的な悪影響の調査などは、「潜在的影響に関する研究」の例である。政府機関などもこれらの EHS 研究を区別していく方向だが、例えば、ナノ関連の薬品調査などの研究では“潜在的影響”（毒性学）と“応用”（効き目）に関する見解が同時に必要なため、完全に区別するのは困難である。本報告書においては潜在的な危険性をナノ-EHS またはリスク関係の研究とし、公式な政府見解に対して異論が存在する部分に注目しつつ、潜在的影響に関する研究に議論を絞ることとする。

### 1.3 本レポートの構成

本報告書は、政府機関、企業、大学、市民団体などのグループによるナノテクノロジー分野におけるリスクや利益に関しての活動を示したものであり、以下の内容を含む。

- 1) ナノテクノロジー研究の資金提供や規制にかかわっている米国政府機関の概要
- 2) 米国でのナノテクノロジー法制の歴史
- 3) 近年の連邦議会、資金提供機関の活動
- 4) リスク、規制政策に注目している非政府組織の活動
- 5) ナノテクノロジーの危険性を調査している大学研究機関の概要

## 2. 主要な行政機関及びそのナノ-EHS 問題に関する役割

### 2.1 国家科学技術会議

国家科学技術会議 (NSTC: National Science and Technology Council) とは閣僚レベル会合で、各省・各機関に分散されている科学技術政策のための“バーチャル機関”であり、大統領、副大統領、大統領科学顧問、科学技術に責任を有する各省庁長官及びホワイトハウス・スタッフにより構成されている。2003 年度に NSTC は連邦議会により連邦のナノテクノロジー研究開発プログラムのための戦略計画を策定するよう定められた。これは 2000 年に国家ナノテクノロジー・イニシアチブ (NNI: National Nanotechnology Initiative) の管理と調整のためにクリントン大統領により設置された、ナノスケール科学・工学・技術小委員会 (NSET: Subcommittee on Nanoscale Science and Engineering and Technology) を通して行われた。同小委員会はナノテクノロジー研究開発を行っている各省庁等の代表者により構成されている。NSET はナノテクノロジーの環境・健康面の影響に関する作業グループ (NEHI: Nanotechnology Environmental and Health Implications Working Group) を 2005 年度に設立した。以下に NEHI 作業グループの業務内容を記す。

- ① ナノテクノロジーの研究を支援し、ナノ製品の規制やガイドラインに対する責任を負う政府機関間の情報交換（ナノ製品：工業ナノ材料、ナノ構造材料、ナノテクノロジー・デバイス、それらの副産物を含む）。
- ② ナノテクノロジーの研究開発、利用、監視に関する調査やその他の活動の認証、優先事項の決定、実行の促進（ライフサイクル分析の研究方法を含む）。

③ナノテクノロジーに関する環境・健康面の影響についての政府機関/非政府組織に対する情報流通の促進<sup>1</sup>。

NEHI は NSET の中でも特に環境・健康問題に関心と専門性を有する人々で構成されている。NEHI 作業グループは NNI-ナノ-EHS レポートの著者でもある。

## 2.2 科学技術政策局

科学技術政策局 (OSTP: Office of Science and Technology Policy) は大統領の科学技術に関する政策立案、予算について大統領を補佐している。OSTP 局長は科学技術に関して大統領のチーフ・スポークスマンであり、連邦政府内、外部の科学コミュニティとの調整を行っている。OSTP 局長は大統領の科学顧問の役割を担い、NSTC の運営を行っている。政策は全米ナノテクノロジー調整局 (NNCO: National Nanotechnology Coordination Office) を通じて情報交換されているが、ナノ-EHS などナノテクノロジーに関する行政機関の政策を動かしているのは OSTP である。

## 2.3 国家ナノテクノロジー調整局

国家ナノテクノロジー調整局 (NNCO: National Nanotechnology Coordination Office) は、NSET を技術面、管理面で支援し、省庁横断的活動を調整し、連邦のナノテクノロジー活動の窓口機能を果たしている。NNCO 局長は、連邦のナノテクノロジー政策の主導的なスポークスマンであり、連邦議会にしばしば呼ばれ NNI の戦略立案・実行について証言する。現在 Clayton Teague 博士が NNCO 局長を勤めている。

## 2.4 大統領科学技術諮問会議

大統領科学技術顧問に加えて、大学、民間機関から独自のアドバイスを受け取るシステムとして、大統領科学技術諮問会議 (PCAST: President's Council of Advisors on Science and Technology Policy) が 1990 年に設立された。諮問会議は、現在、35 人のメンバー及び共同議長となっている OSTP 局長で構成されている。もう一人の共同議長は Kleiner Perkins Caufield & Byers 法律事務所の Floyd Kvamme 弁護士である。PCAST は少なくとも 1999 年からナノテクノロジーの連邦の計画や政策を調査してきており、NNI の現在の構成、経営のレポートを近々出版する予定である。Kvamme 氏は米国議会で頻繁に発言をしており、最近では 2007 年 10 月 31 日に NNI の投資、政策などについて意見を述べた。その意見によると、現在 NNI はうまく機能しており、ナノ-EHS 問題に対して時宜を得た処置を施しているとのことである。

## 3. ナノテクノロジーの資金提供の歴史

1996 年に各省庁を代表するスタッフが非公式に機関内でのナノテク関連の研究・技術に関するプログラムを議論し始めたのが NNI の始まりと言える。1998 年には、NSTC の傘下ナノテクノロジーに関する省庁間作業グループ (IWGN: Interagency Working Group on Nanotechnology) が

---

<sup>1</sup> National Nanotechnology Initiative, *Interagency Working Group on Nanotechnology Environmental and Health Implications (NEHI WG)*. [<http://www.nano.gov/>] visited

公式化された<sup>2</sup>。同年、当時の大統領の科学顧問、Neal Lane氏は連邦議会で「もし私が明日のブレークスルーを最も生み出しそうな科学技術分野を聞かれるなら、ナノスケールの科学技術であると答えるであろう<sup>3</sup>」と証言した。

国の研究プログラムにおいてナノテクを優先させるため、1999年、IWGNによりナノテクノロジー研究の詳細なアジェンダが発表された<sup>4</sup>。このレポートには、ナノテクノロジーの有効な応用方法が記載されており、この中には、ゴミ削減、エネルギー効率の向上、環境にやさしい合成物構成、ゴミの浄化、エネルギー転換などの環境向上も含まれている。しかしこの時点で既に、次のようにマイナスの結果を導くこともあると理解されている。

「ナノスケールの材料は、ディーゼル・エンジンといった既存の排出源と名のスケール材料の生産にかかわる新システムの両方から職場環境における健康面のリスクに潜在的にさらすことになる。多くの場合、これらのシステムは新しい技術であり、その環境面での危険性は慎重に評価される必要がある。」

その一方で、Lane氏や他の議会のメンバーは、ナノテクノロジーに対する注目を大統領のイニシアチブ・レベルまで高めるよう動き始めた。そして、これらの努力は、2000年1月、カリフォルニア工科大学でクリントン大統領が国家ナノテクノロジー・イニシアチブの創設を発表したことにより報われた<sup>5</sup>。クリントン大統領はナノテクノロジーには大いなる挑戦があると力説した。それを現実化することによって、アメリカの生活面、経済面での上昇が見られるであろうと称えた。これらの挑戦には情報の保管、コンピューティング・パワー、製造、材料科学、薬品、環境回復におけるブレークスルーなど、政策決定者たちが望んでいるナノテクノロジー像が含まれていた（その後、大いなる挑戦の概念が2007年に科学雑誌Natureに反映され、ナノ-EHS研究の障害などが概説されていた。これについては後程説明する<sup>6</sup>）。クリントン大統領はNNIの政策指導を提供するため、NSTCの下部組織であるNSETを設立した。またNNI関連機関内での省庁間協力と情報共有を促進するためNNCOも設立された。

ナノ-ELSIにとって、当初の重要なプログラムのうちの1つが、2000年9月に開催されたワークショップであり、これは全米でナノテクノロジー研究開発に対する支援をリードしている機関、全米科学財団（NSF: National Science Foundation）のスポンサーにより実践された。このワークショップは、ナノサイエンス、ナノテクノロジーが社会にもたらす諸影響（Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology）をトピックにナノ-ELSIの全体問題を探求したが、ナノ-EHSの問題にはほとんど触れなかった。だが当時のナノ-EHS論文の少なさを考慮すると、当然の結果と考えられる。ナノ-EHSの重要性が認められたのは、2001年9月にテキサス州ライス大学で健康や環境を配慮したナノテク技術の開発に特化した科学技術センター

---

<sup>2</sup> National Research Council, “Small wonders, endless frontiers: A review of the National Nanotechnology Initiative.” (The National Academy of Sciences, Washington, D.C., 2002).

<sup>3</sup> N. Lane, T. Kalil, *Issues in Science and Technology Summer* (2005).

<sup>4</sup> National Science and Technology Council Committee on Technology Interagency Working Group on Nanoscience Engineering and Technology, “Nanotechnology research directions: IWGN workshop report, Vision for nanotechnology R&D in the next decade.” (Washington, DC, 1999).

<sup>5</sup> W. J. Clinton, *Presidential address at the California Institute of Technology*. [[http://pr.caltech.edu/events/presidential\\_speech/pspeechtxt.html](http://pr.caltech.edu/events/presidential_speech/pspeechtxt.html)], visited September 1, 2002.

<sup>6</sup> A. D. Maynard *et al.*, *Nature* 444, 267-269 (Nov, 2006).

(CBEN: Center for Biological and Environmental Nanotechnology) が、NSF によって設立された時である。このセンターからナノ-EHS 関連の初期の論文が発表され、ナノテクが社会にもたらす諸影響の土台を作る結果となった。

### 3.1 連邦議会による NNI の組織化

その当時、NNIはいまだナノテクノロジー研究開発に関係する政府機関のゆるやかな結びつきであったため、研究開発に資金を割り当てる連邦議会からの支援が求められた。2002 年及び 2003 年には連邦上院と下院によりナノテクノロジーへの支出承認法案に関する公聴会が開始された。2002 年 9 月、上院で初めての公聴会が開催され、委員長の Ron Wyden 上院議員は「この分野の発展に伴い倫理的、社会的懸念が考慮されることを確実にする」必要性についてほんの少しであるが言及した<sup>7</sup>。2003 年 4 月 9 日、下院の科学委員会によりナノテクノロジーが社会にもたらす諸影響の中で、EHS、自動再生のナノロボットなどが公聴会で議論された<sup>8</sup>。CBEN 所長であるライス大学 Vicki Colvin 教授はナノ-EHS 研究に対し、国がもっと支援する必要があると証言し、これによりナノ-EHS 問題が連邦議会会で初めて注目を浴びることになった。

2003 年 12 月、NNI が公式化され、21 世紀ナノテクノロジー研究開発法 (21<sup>st</sup> Century Nanotechnology Research and Development Act) により、NNI がさらに強化された<sup>9</sup>。連邦議会は初めて、NNI 内のナノテクノロジー研究に対する資金を承認した。これは少なくとも、国から 4 年間の支援が得られるということである。これ以外に、この法律には NNI のレビューと評価に関する構成と予定表を定め、連邦資金によるナノテクノロジー研究の調整と報告における NNCO の役割も公式化した。この評価により、全米アカデミーズ (National Academies) が 3 年ごとに戦略プランを公表し、NNI がナノテク研究の結果を研究室レベルから社会にいかに移すかなどの目標を記述するよう求めた。この法律には、「倫理、法律、環境、その他社会的懸念がナノテクノロジーの開発中に考慮されることを確実にする」ための条項がいくつかあり、ELSI とナノ-EHS 研究を既存のナノテクノロジー・センターに組み入れることや「ナノテクノロジー研究の社会的、倫理的、環境的、教育的、法律的、労働上の潜在的影響にかかわる研究を実施、調整、収集、普及する」ための米国ナノテクノロジー準備センター (American Center for Nanotechnology Preparedness) の設立が規定された<sup>9</sup>。その後、NSF はこの法律に対応し、社会におけるナノテクノロジー・センター (Centers for Nanotechnology in Society) を設立し、引き続き ELSI とナノ-EHS の研究及びアウトリーチのための要求、勧告を行った。

### 4. ナノ-EHS に関する初期の懸念 (2004 年以前)

ナノ-EHS 及びその他の ELSI 問題に関する言葉を法案に盛り込むことができたのは、これらの重要性を初期段階から理解していた政府内の個人によるところが大きであろう。しかし、さまざまな非政府団体や個人からの圧力も巨大であり、また大きくなりつつあった。当初、ナノテクノロジーに対する懸念の声をあげていたのは、研究機関や政府機関ではなく、バイオテクノロジーに反対する非政府団体 (NGO: Non-Governmental Organization) (市民社会団体 (Civil

---

<sup>7</sup> 21st Century Nanotechnology Research and Development Act, U.S. Senate Subcommittee on Science, Technology and Space, 107th Congress, 2nd Session, September 17

<sup>8</sup> 21st Century Nanotechnology Research and Development Act, U.S. House of Representatives Committee on Science, 108th Congress, 2nd Session, April 9

<sup>9</sup> 21st Century Nanotechnology Research and Development Act

Society Organization) と呼ばれる) やSun Microsystems社の創設者Bill Joy氏などの技術系出身の経営者たちであった。その頃ナノテクノロジーの危険性をK. Eric Drexler氏は「Engines of Creation」という書籍の中で記している。それは、自動複製機能をもったナノ機械“nanobots”が繁殖し、地球の資源を喰いつくし破壊する恐れがあると描写したものである<sup>10</sup>。さらにJoy氏は、Wired Magazineの中で、ナノテクノロジー、コンピュータ技術、生物科学の融合による人間絶滅説をエッセイにまとめている<sup>11</sup>。2002年にはSF作家のMichael Crichton氏が「Prey」を出版した<sup>12</sup>。現代社会を舞台にした似たようなシナリオが描かれていたせいも、ナノテクノロジーの危険性が注目され始め、それまでナノテクの目覚ましい発展を唱えていたメディアもナノテクが潜在的に悪い結果をもたらすのではないかと発言し始めた。当初はDrexler、Joy、Crichtonが描いた黙示的な破滅像の心配であったが次第にそれがナノ-EHSに対する関心にシフトしていった。その理由の1つに1980年、1990年代に遺伝子組み換え食品に反対していた抗議団体の侵食・技術・濃縮に関する行動グループ(ETC: Group Action Group on Erosion, Technology and Concentration)が書き始めたものだと見える。

2002年5月、ETCにより出版された最初の主要レポートは、特定のナノ粒子が健康・環境に害ではないかと示したCBENの研究に反応して作成された。このレポートは、政府に対して「新たなナノ材料の商業生産を直ちに中止することを宣言し、技術の社会経済、健康、環境面の潜在的影響を評価する透明性の高い世界的な活動を立ち上げる」ことを求めた<sup>13</sup>。ETCグループはNGOの中でも最初にナノテクノロジーの問題を指摘し始めた団体で、ナノテクノロジーの毒性、知的所有権、規制、国際統治、農業、などさまざまな視点のレポートを24件以上も出版しており、今なおナノテクノロジーに対し活発に批判し、米国内及び国際的なNGOに影響を及ぼしているグループである。

他にも影響力があったレポートは世界的に有名な活動実践主義グループのGreenpeace Environmental Trustが出版したものであろう<sup>14</sup>。このレポートは、2002年5月に英国Greenpeaceと雑誌*New Scientific*が開催したナノテクノロジー、人工知能、ロボット工学の社会的影響についての討論会で、SF作家、科学・社会関係の教授、未来学者、そして科学コミュニケーションの教授にこれらの技術が我々の生活に度々に影響するかを予測させた内容を基にしている。Greenpeace Environmental Trustには、ナノテク商品やその潜在的な影響についての情報がなかったため、インペリアル大学のAlexander Huw Arnall氏にレポートの作成を依頼した。2003年7月に発表されたレポート「Future Technologies, Today's Choices」は、それまでのGreenpeaceの環境問題への関わり方とは異なり、ナノテクノロジーの潜在リスクとともに環境に役立つものであると一部描写されていたことに、ナノテク・コミュニティは驚かされた。その後も英国Greenpeaceは国民とのナノテク・リスクや利益などの対話レポートを出版したが、それ以降ナノ-EHSやナノ-ELSI問題にはあまり干渉しなくなった。

---

<sup>10</sup> K. E. Drexler, *Engines of creation* (Anchor, New York, 1986).

<sup>11</sup> B. Joy, Why the future doesn't need us. *Wired Magazine* 8.04 (April, 2000).

<sup>12</sup> M. Crichton, *Prey* (HarperCollins Publishers, Inc., New York, 2002).

<sup>13</sup> ETC Group, *No small matter! Nanotech particles penetrate living cells and accumulate in animal organs*. [<http://etcgroup.org/en>], visited June 30, 2002.

<sup>14</sup> A. H. Arnall, "Future technologies, today's choices: Nanotechnology, artificial intelligence and robotics; A technical, political and institutional map of emerging technologies." (Greenpeace Environmental Trust, London, England, 2003).

## 5. 政府の動き (2004 年～現在)

### 5.1 連邦議会の動き

米国連邦議会は活発に、ナノ-EHS 関連のナノテクノロジー問題に興味を示している。科学または工学分野での訓練を受けていない議員やスタッフにテクノロジー問題（ナノテクノロジー問題など）を教育するため、連邦議会はさまざまなメカニズムを組んでいる。その中でも公聴会、幹部概況説明会などは一般公開されている。しかし、米国議会調査部（CRS: Congressional Research Service）や政府説明責任局（GAO: Government Accountability Office）のサービスは、レポートは一般公開するものの、議員またはスタッフでないと要請できない。公聴会は法律制定の準備や連邦議会の監視機能の一部として委員会、小委員会レベルで開かれるものである。説明会は公式性は薄い、専門団体や議員連盟によって主催される、主に教育的イベントである。2008 会計年度まで有効な 2003 年 NNI 法制の更新のため、国会は今までの NNI 実行結果、今後の改良案の情報を収集中である。ナノ-EHS 問題に関しては、ここ数年、大規模な公聴会や説明会が数回開かれている。

#### 5.1.1 議会ナノテクノロジー・コーカス

議会ナノテクノロジー・コーカス（Congressional Nanotechnology Caucus）は 2004 年 4 月に当時上院の George Allen 氏によって設立された<sup>15</sup>。途中、活動が停止しかけていたが、2007 年 2 月に上院の Ron Wyden 氏（民主党、オレゴン州）、Richard Burr 氏（共和党、ノースカロライナ州）、下院 Bart Gordon 氏（民主党、テネシー州）、Ralph Hall 氏（共和党、テキサス州）らによって復活した。下院の Gordon 氏と Hall 氏は国防関係以外の NSF、NIST、DOE などの機関に政府資金を割り当てる下院科学委員会で委員長と野党筆頭理事を務めている。超党派かつ両院の利益グループである議会ナノテクノロジー・コーカスの目的は、ナノテクノロジーの促進と国会議員やスタッフの教育である。さらに研究者と議会職員の間での情報伝達をすることも業務の 1 つである<sup>16</sup>。

NNI 更新のため、ナノテク・コミュニティーのリーダーによる説明会ランチのシリーズが実施されている。多くの人々が基礎研究と有益な応用法に集中している中、Wyden 上院議員からの強い要望により同コーカスはナノ-EHS 問題に注目している。ここ最近では 2007 年 11 月 19 日に“ナノテクノロジーと環境、健康、安全問題”の説明会が行われた。パネルには CBEN 所長でライス大学化学・化学工学科の Vicki Colvin 教授、Woodrow Wilson International Center for Scholars の新興ナノテクノロジーに関するプロジェクト（Project on Emerging Nanotechnologies）主任科学顧問 Andrew Maynard 博士、General Electronics 社環境・法律・規制問題顧問の Pat Casano 氏などが参加した。

---

<sup>15</sup> Senator forming caucus to keep nanotech issues on forefront.  
[[http://www.smalltimes.com/Articles/Article\\_Display.cfm?ARTICLE\\_ID=269384&p=109](http://www.smalltimes.com/Articles/Article_Display.cfm?ARTICLE_ID=269384&p=109)], visited April 8, 2004.

<sup>16</sup> Wyden, Burr, Gordon, Hall kick off Congressional nano caucus.  
[[http://www.smalltimes.com/articles/article\\_display.cfm?Section=ARCHI&C=Legal&ARTICLE\\_ID=283602&p=109](http://www.smalltimes.com/articles/article_display.cfm?Section=ARCHI&C=Legal&ARTICLE_ID=283602&p=109)], visited February 1, 2007.

### 5.1.2 NNI 2008 年度更新に関連する公聴会

下院では、科学技術委員会（Committee on Science and Technology: “Science Committee”）が2003年のNNI法律制定を担当したので、更新法案も同様に、同委員会に任されるであろうとされている。2006年の中間選挙後に民主党に主導権が移ったにもかかわらず、委任会は引き続きナノ-EHS問題に深く関心を持って行動している。ナノ-EHS問題の公聴会は2005年11月、2006年9月に開かれた。2006年の公聴会はNEHIの戦略プラン「Environmental, health, and safety research needs for engineered nanoscale materials」が発行された直後に行われた<sup>17</sup>。しかし、これは当時の委員長であったBoehlert下院議員（現在は引退）にはあまり注目されず、同議員は「これは第1歩に過ぎず、優先順位が完全には付けられていない」と述べた<sup>18</sup>。当時の野党筆頭理事で現議長のGordon下院議員はさらに厳しく、「全くの子供向け」と切り捨てた<sup>19</sup>。こういった辛口評論家たちはこの文書を、関係機関がいかに関心された目的を達成するかを詳細に記した優先順位付けされた戦略プランではなく、ただ長い必要事項が書いてある買い物リストだと批判した。NNIはこれらの批判に対応するため、2007年8月に「Prioritization of environmental, health and safety research needs for engineered nanoscale materials: An interim document for public comment<sup>20</sup>」を発表した。これにより直近のNNI更新のためのナノ-EHS公聴会が開かれることとなった。

「ナノテクノロジーの環境・健康・安全性(EHS)について研究する必要性及び動機をレビューし、国家ナノテクノロジー・イニシアチブ(NNI)の下でEHS研究の計画・実施の現状を判定し、EHS研究の計画・実施のための現行メカニズムに変更が必要であるか否かを調査するため<sup>21</sup>」、2007年10月31日、下院科学委員会研究・科学教育小委員会により公聴会が開催された。この公聴会で証言した6人の証言者は、NANOのClayton Teague所長、PCASTのFloyd Kvanme共同議長、ライス大学ICONのVicki Colvin所長、新興ナノテクノロジーに関するプロジェクト（Project on Emerging Nanotechnologies）の主任科学顧問Andrew Maynard博士、環境庁上級科学者のRichard Denison博士、アメリカ化学工業協会ナノ技術審議会（American Chemistry Council’s Nanotechnology Panel）議長であるPG Industries, Inc.のPual Ziegler会長であった。

証言者は、現在のNNIの仕組み、活動がナノ-EHS研究の問題に適切に対処しているかどうかで、意見が2つに分かれた。Maynard博士及びDenison博士は国のナノ-EHS運動は一機関か一個人が

---

<sup>17</sup> National Science and Technology Council Nanotechnology Environmental and Health Implications Working Group, “Environmental, health, and safety research needs for engineered nanoscale materials.” (Washington, DC, 2006).

<sup>18</sup> House Committee on Science and Technology. (Washington, DC, 2006), vol. 2006.

<sup>19</sup> R. Weiss, “Nanotechnology risks unknown: Insufficient attention paid to potential dangers, report says,” *Washington Post*, September 26 2006, pp. A12.

<sup>20</sup> Nanotechnology Environmental and Health Implications Working Group of the National Science and Technology Council, “Prioritization of environmental, health and safety research needs for engineered nanoscale materials: An interim document for public comment.” (Washington, DC, 2007).

<sup>21</sup> Hearing Charter, Research on Environmental and Safety Impacts of Nanotechnology: Current Status of Planning and Implementation under the National Nanotechnology Initiative, United States House of Representatives Subcommittee on Research and Science Education, 110th Congress, 1st Session, October 31, 2007

[[http://democrats.science.house.gov/Media/File/Commdocs/hearings/2007/research/31oct/Hearing\\_Charter.pdf](http://democrats.science.house.gov/Media/File/Commdocs/hearings/2007/research/31oct/Hearing_Charter.pdf)]



監視するべきだと主唱したが、これはTeague所長及びKvamme共同議長により反対された。Teague所長は「一官庁や集権組織が、現在はNEHI作業グループに参加している 20 の省庁が担っている広い科学的専門性及び規制権限や必要性の知識を持つことはできない。」と証言した<sup>22</sup>。Colvin所長、基準の策定などナノ-EHS研究のための重要な推進策へのさらなる国の支援を主張した<sup>23</sup>。

小委員会委員長のBrian Baird下院議員（民主党、ワシントン州）は開会の言葉で、「この（2007年8月の）報告書は研究の目標を明確にすることを幾分か進めたが、これは目的とそれに至るスケジュール表、資金供給量、目的を達成するための関係機関の役割と責任を定義した研究計画ではない」と述べた。こうした批判にもかかわらず、前回の公聴会では連邦議員たちは厳しくTeague所長に当たっていたが、この公聴会は驚くほど穏やかなものであった。これは連邦議会がナノ-EHSの見方を変えたわけではなく、小委員長の人柄及び他の多くの委員会より党派性や敵体制が低い科学委員会の公聴会の雰囲気によるものである。NNI更新法の具体的な条文は現時点では不明であるが、NNI更新法にはナノ-EHS研究について明確な条項が入るものと思われる。科学委員会職員は、「ナノ-EHSの予算がNNI全体の5%になるのか10%になるのか決まっていなくても、現在の4%は低過ぎである<sup>24</sup>」と述べた。

上院では、商務・科学・運輸委員会（Committee on Commerce, Science, and Transportation）がNNIの更新に重要な役割を果たすであろう。議会ナノテクノロジー・コーカス元会長のWyden上院議員は、今なおナノ-EHS研究を主唱する先導的な役割を果たしており、GAOに連邦のナノ-EHS優先度と戦略に関する情報の提出を求めるレターの共同提案者となったり、オレゴン州の州資金によるナノテクプログラムであるオレゴン州ナノサイエンス・マイクロテクノロジー研究所（ONAMI：Oregon Nanoscience and Microtechnologies Institute）の強力な提唱者でもある。また、法案はいまだに起草されていないが、Wyden上院議員はナノテクノロジーのための政府と企業による官民パートナーシップ設置を呼びかけた。これは技術革新を促進する一方で健康と環境を守る最善策の一つと言える<sup>25</sup>。さらに消費者問題・保険・自動車安全小委員会（Subcommittee on Consumer Affairs, Insurance, and Automotive Safety）委員長のPryor上院議員もナノテクノロジーと消費者製品に関する法律制定に関心を示している模様である<sup>26</sup>。

---

<sup>22</sup> E. C. Teague, Testimony; Research on Environmental and Safety Impacts of Nanotechnology: Current Status of Planning and Implementation under the National Nanotechnology Initiative, United States House of Representatives Subcommittee on Research and Science Education, 110th Congress, 1st Session, October 31, 2007  
[[http://science.house.gov/publications/hearings\\_markups\\_details.aspx?NewsID=2021](http://science.house.gov/publications/hearings_markups_details.aspx?NewsID=2021)]

<sup>23</sup> V. L. Colvin, Testimony; Research on Environmental and Safety Impacts of Nanotechnology: Current Status of Planning and Implementation under the National Nanotechnology Initiative, United States House of Representatives House Subcommittee on Research and Science Education, 110th Congress, 1st Session, October 31, 2007  
[[http://science.house.gov/publications/hearings\\_markups\\_details.aspx?NewsID=2021](http://science.house.gov/publications/hearings_markups_details.aspx?NewsID=2021)]

<sup>24</sup> P. Rizzuto, House Science Committee members agree environmental, health issues key, staff says. *Chemical Regulation Reporter* 31, 49, 1170 (2007).

<sup>25</sup> J. Kinney, Participation in stewardship program expected to start in January, EPA says. *Chemical Regulation Reporter* 31, 46, 1099-1100 (2007).

<sup>26</sup> S. Lehrmann. (Arlington, VA, 2007).

### 5.1.3 政府説明責任局

政府説明責任局（GAO：Government Accountability Office）は連邦政府の活動を調査する連邦議会の独立不偏の機関である。2007年3月17日、上院商業・科学・技術委員会所属の上院議員5人と議会ナノテクノロジー・コーカスは、政府機関がナノマテリアルなどの潜在的なEHSリスクに対して払う関心について懸念を表明し、GAOにNNIにおけるEHS研究の優先順位付けと運営に関するレビューの作成を求めた。調査の対象分野に挙げられたのは次の4つである。

- ① NNIに関する資源がどの程度ナノマテリアル関連のEHSリスク研究に利用されたかの調査。
- ② EHS資金が使われていた主要研究分野の特定。
- ③ NEHI作業グループがさまざまなEHS研究に優先順位を付けたり調整を行うのに用いたプロセスの確認。
- ④ EPA、FDA、CPCS、OSHAがNNIとは独立して行っているEHS関連研究や規制活動及びこれらに充当されている予算額、NNIの研究計画策定においてこれらを考慮に入れるのを確実にするためにNEHI作業グループに伝達されている情報の範囲のレビューと確認。

同レポートはいまだ公表されていないが、レポート作成を依頼したことは、連邦議会の有力議員がナノ-EHS問題に関心を有しているとともに、潜在的リスクに対して必要な研究に予算を付ける連邦政府の関与の仕方に懸念を引き続き有していることを示している。

## 5.2 行政機関の動き

### 5.2.1 概要<sup>27</sup>

ナノテクノロジー研究に対して今もなお連邦政府は強く支援しているもの、NNI初期の予算の急増ぶりに比べ、最近では横ばいになり始めている。ナノ-EHSの予算額がどれくらいなのか明確にするのは難しいが、2004年以来徐々に上昇しているのは確かである。それ以前は、ナノテクノロジーの潜在的影響を直接目指したプロジェクトは数少ないものであり、有益な応用に結びついた環境・健康関連の研究の方がはるかに大きな割合だった。これらは、NNIに参加している政府機関の数が増え、そのうちのいくつかはナノ-EHS問題を中心に研究していること、そしてEHS研究に予算を付ける重要機関の一部の予算が増えていることを反映していると言えよう。また、学界、シンクタンク、市民団体の人々・グループによって連邦政府に圧力がかけられたこともナノ-EHS予算の増加に何がしかの影響を及ぼした。

公式な政府予算によると、ナノテクノロジーの社会的側面に関する研究に対する連邦予算は2006年度の7,350万ドルから2007年度は約8,590万ドルと17%増加した<sup>28</sup>。これには、ナノ-EHS研究以外にも、ナノテクの教育面、社会面、法律面などさまざまな影響に関する研究が含ま

---

<sup>27</sup> D. K. Inouye, M. L. Pryor, G. H. Smith, R. Wyden, R. Burr, *Senators request GAO report on NNI*. [[http://nanotech.lawbc.com/gao\\_request\\_letter.pdf](http://nanotech.lawbc.com/gao_request_letter.pdf)], visited March 15, 2007.

<sup>28</sup> Nanoscale Science Engineering and Technology (NSET) Subcommittee of the National Science and Technology Council's Committee on Technology, "The National Nanotechnology Initiative: Research and development leading to a revolution in technology and industry [Supplement to the President's 2008 budget]." (Washington, DC, 2007).

れている。2008年度のEHS関連の大統領予算は2006年度から55%増しの5,860万ドルとなった。2006年度から2008年度までの間、国立航空宇宙局（NASA）、農務省（USDA/FS）、国土安全保障省（DHS）、司法省（DOJ）、運輸省（DOT/FWHA）には、ナノテクノロジーの社会的側面に関する研究に予算は一切付いていなかった。2008年度においては、新たに2つの省庁横断的な要求が予想される。1つは環境庁（EPA）が主導する潜在的環境問題に関するものであり、もう1つは国立衛生研究所（NIH）が主導する潜在的な健康問題に関するものである。特に記載がない場合、以下の予算額はすべてNNIの年間予算書の数字である。

表1 省庁別 NNI 予算の推移

(単位：100万ドル)

省庁名	2001年決算	2002年決算	2003年決算	2004年決算	2005年決算
全米科学財団	150	204	221	256	335
国防総省	125	224	322	291	352
エネルギー省	88	89	134	202	208
保険福祉省 (NIH)	40	59	78	106	165
商務省 (NIST)	33	77	64	77	79
国立航空宇宙局	22	35	36	47	45
環境庁	5	6	5	5	7
農務省 (CSREES)			1	2	3
保険福祉省 (NIOSH)					3
司法省	1	1	1	2	2
国土安全保障省		2	1	1	1
<b>合計</b>	<b>464</b>	<b>697</b>	<b>863</b>	<b>989</b>	<b>1200</b>

省庁名	2006年 決算	2007年見込み*	2008年要求
全米科学財団	359.7	373.2	389.9
国防総省	423.9	417.2**	374.7
エネルギー省	231.0	235.2	331.5
保険福祉省 (NIH)	191.6	193.8	202.9
商務省 (NIST)	77.9	84.2	96.6
国立航空宇宙局	50.0	25.0	24.0
環境庁	4.5	8.5	10.2
農務省 (CSREES)	3.9	3.4	3.0
保険福祉省 (NIOSH)	3.8	6.6	4.6
農務省 (FS)	2.3	2.6	4.6
国土安全保障省	1.5	2.0	1.0
司法省	0.3	1.4	0.9
運輸省 (FHWA)	0.9	0.9	0.9

合計	1351.2	1353.9	1444.8
----	--------	--------	--------

出所：ICON 資料

\* 2007 年度の推計額は、執行額を記載した国防総省及び国土安全保障省を除き 2007 年度の予算額を記入している。いくつかの省庁は 2007 年度 NNI 補正予算が発表されたのでこれを反映している。

\*\* 2007 年度の推計額には、連邦議会が国防総省に付与した NNI 計画外の予算約 1 億ドルが含まれている。

表 2 近年の社会的側面に関する研究にかかわる NNI 予算  
(ナノ-EHS 及び non-EHS ELSI 研究を含む)

(単位：100 万ドル)

省庁名	2006 年 決算	2007 年見込み	2008 年要求
全米科学財団	52.1	59.0	62.9
国防総省	1.0	1.0	1.0
エネルギー省	1.0	0.5	3.5
保険福祉省 (NIH)	9.3	9.4	9.7
商務省 (NIST)	2.4	3.0	6.0
環境庁	3.7	7.9	9.6
農務省 (CSREES)	0.2	0.2	0.2
保険福祉省 (NIOSH)	3.8	4.9	4.6
合計	73.5	85.9	97.5

出所：ICON 資料

表3 近年のナノ-EHS 研究関連のNNI 予算

(単位：100 万ドル)

省庁名	2006 年 決算	2007 年見込み	2008 年要求
全米科学財団	21.0	25.7	28.8
国防総省	1.0	1.0	1.0
エネルギー省	0.5	0	3.0
保険福祉省 (NIH)	5.2	5.4	5.7
商務省 (NIST)	2.4	2.8	5.8
環境庁	3.7	7.9	9.6
農務省 (CSREES)	0.1	0.1	0.1
保健福祉省 (NIOSH)	3.8	4.9	4.6
<b>合計</b>	<b>37.7</b>	<b>47.8</b>	<b>58.6</b>

出所：ICON 資料

## 5.2.2 ナノ-EHS 研究に関する予算規模把握の課題

### (1) ナノ-EHS 研究予算把握の問題点

さまざまな要因により、いかに連邦の研究開発予算付けを行い、いかに政界の中で科学予算が描かれるかが影響を受けるので、連邦政府のナノ-EHS 研究の予算額を計測するのは困難と言える。

#### ①問題1 米国には研究開発向けの連邦予算はない。

組織内及び組織外の研究に予算を付与している省庁は、省庁ごとで多くの連邦議会委員会に予算要求を提出する。これらの要求は上院と下院にある13もの歳出委員会により処理され、全体として省庁の優先事項を決定する。その中で、研究開発予算は全体の1構成要素に過ぎず、また、ナノテク関連の研究開発は研究開発全体の1構成要素に過ぎない。さらに多くの省庁はプロジェクトごとの予算情報を公表せず、時には予算関連情報を足し上げることもしないため、どのプロジェクトがナノ-EHSに関連するものであるか判断できない。

#### ②問題2 EHS 研究予算の決定に責任を有する単一の機関が存在しない。

予算要求は省庁ごとに連邦議会に提出され、NNCOのような横断的なナノテクノロジー機関による優先順位はなく、幅広い省庁ごとの優先順位が反映されている。NNCOは作業グループなどを招集し戦略プランを作成することはできるが、各省庁に対してリスク関連の研究に予算を配分することを指示することはできない。したがって、総合的な戦略目標を達成するためには省庁間の調整及び協力が非常に重要となっている。しかし、この調整が目先の重要目標のために十分には効果的ではないとの批判が多い。

#### ③問題3 どのような活動をナノ-EHS 関連であると呼びうるのかあいまいである。

研究には、教員及び学生の給料、材料・機材、装置の購入・使用・維持、インフラなどさまざまなカテゴリーの投資が必要である。大きなセンターで予算化されている研究は、事務スタッフや幼稚園生から高校生までを対象とした教育的啓蒙普及といった活動など研究プロジェクトに関

連はするが直接的にはそれとは別のものも支援している。どの予算カテゴリーがリスク関連研究に含まれるべきか一致した合意はない。例えばライス大学の CBEN の年間予算約 250 万ドルのうち 60%が 3 つの研究テーマに割り当てられている。しかし、過去の NNI 予算レポートには、CBEN の全予算がナノ-EHS 予算総額として報告されているが、これには事務管理、教育、啓蒙普及などが含まれている。これは故意に米政府のリスク関連研究に対する支援を誇張するものであり、研究者、材料・機材、装置類、間接費などを直接支援する資金のみを計上すべきであるとする批判がある。

④問題 4 どのような研究をナノ-EHS 関連であると呼びうるのかあいまいである。

過去には、NNI 職員は、どのような研究であってもナノテクノロジーによる健康や環境への影響に関する知識を生み出すものをナノ-EHS 研究と定めたが、これには病気の診断・治療及び現存する環境問題の改善にナノテクノロジーを利用することも含んでいた。これは、ナノテクノロジーの有益な利用が明らかに健康・環境に何らかの影響を与えるということに根本的な理由があった。しかし、これはナノ-EHS を研究する人々が使うときと意味が異なっており、これもまた米政府がナノテクノロジーの潜在的な負の側面に関する研究に対する資金投入を誇張するための方法であると見られてきた。前にも述べたように、政府やさまざまなレポートは現在では健康及び環境関連の研究を応用 (application) と潜在的影響 (implication) に区別することに多大な努力をしている。しかし、あるプロジェクトを厳密にどちらかのカテゴリーに分けることはもともと困難であり、個々のプロジェクトをどちらに分類するかという基準は政府レポートでは明確にされていない。

## (2) ナノ-EHS 研究資金に関するその他の推計

上記で述べたように、ナノ-EHS 資金供給に関する米国政府の推計を確認することは、さまざまな理由により大きな挑戦である。ここに、NNI 資金供給に関する非政府レポートや分析結果の一例を示す。今後このような分析や解釈を、政府の公式な推計の妥当性を評価する際に、心に留めておくべきである。

もしNNIの数値を額面価格として受け入れると、EHS研究に対する 2008 年度の予算額はナノテクノロジー全体の研究開発予算の約 4%である。これは、わずかなパーセンテージであるが、初期のNNI予算に比べるとかなりの増加である。Guzman他によると 2000 年度から 2004 年度の間、環境への潜在的影響に関する研究の予算はナノテクノロジー全体の予算の約 0.5% (1,600 万ドル) に過ぎず、CBENを例外として、その研究の多くは 2004 年からEHS研究への予算が大幅に増加した 2004 年から開始された<sup>29</sup>。

Maynard氏は 2006 年度におけるナノ-EHS研究へのNNI予算を調査し、環境・健康面に対するナノテクノロジーの潜在的悪影響を研究しているプロジェクトのみを抜き出そうとした。NNCO局長のClayton Teague氏によると、NNIが推計した 2006 年度のリスク関連の年間研究開発予算はおよそ 3,780 万ドルであった。この数値は、各省庁が「(ナノ)テクノロジーによりさらされている健康面・環境面の潜在的リスクを理解し対処することを主な目的とする」<sup>30</sup>プロジェクト

---

<sup>29</sup> K. A. D. Guzman, M. R. Taylor, J. F. Banfield, 40, 1401-1407 (Mar 1, 2006).

<sup>30</sup> C. Stuart, U.S. envoy for nano at home, abroad. *Small Times* 6, 2, 22-23 (2006).

に対していくら予算を使ったかと質問して算出したものである。Maynard氏によると、このうち3,060万ドルのみが関連性のあるもの（ナノテクノロジーの負の潜在的影響の何らかの面を調査したもの）であり、非常に関連性の高い研究、すなわち潜在的な負の結果について直接かつ明確に調査を行う研究に費やされたのはたったの1,080万ドルであると推計している<sup>31</sup>。もしこの推計が事実なら、政府は、算入に厳しい基準を適用しようとしたにもかかわらず、ナノ-EHS研究の予算に約350%の過大評価をしたと言える。NNIの予算総額における各プロジェクトの会計報告がなければ、政府が発表した金額が正確であるかどうか分からない。しかし、この分野の予算が増加しており、これらの研究のための多額の予算の必要性が世間でさらに注目されてきていることは確かな事実である。新興ナノテクノロジーに関するプロジェクト（Project on Emerging Nanotechnologies）は予算措置されたナノ-EHS研究プロジェクトのデータベースを作成した<sup>32</sup>。このデータベースは、間もなく経済協力開発機構（OECD：Organization for Economic Cooperation and Development）に譲渡され、そこで維持される予定である。

### 5.2.3 2007 NNI 戦略プラン

NSET 小委員会は、最新のナノテクノロジーのNNI戦略プランを2007年12月に発表した。その4つの目標の1つは、「ナノテクノロジーの責任ある発展を支援すること（Support responsible development of nanotechnology）」である。

「NNIはナノテクノロジーの利益を最大化し、同時に潜在的リスクに関する理解を深め、これらのリスクを管理する方法を目的とする。特に、NNIは、ナノテクノロジーの環境、健康、安全性及びより広い社会的側面に焦点を当てた研究、教育及びコミュニケーションのプログラムを推進していく。<sup>33</sup>」

この目的達成のため、連邦政府の各省庁が実施するナノ-EHS活動やプログラムについて明確な戦略プランを示している。この後のセクションでは、ナノテクノロジーの規制に最も関係している4つの機関の活動の概要について述べる。その後、ナノ-EHSの重要なプログラムを支援している機関について述べる。

### 5.2.4 規制責任を持つ機関

現在、ナノマテリアルのEHS面での潜在的影響に規制の観点で取り組んでいる政府機関は、EPA、FDA、OSHA、CPSCの4つである。それぞれの機関は、現行法令を工業ナノマテリアルに適

---

<sup>31</sup> A. D. Maynard, “Nanotechnology: A research strategy for addressing risk.” (Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, 2006).

<sup>32</sup> Project on Emerging Nanotechnologies, *Inventory of Nanotechnology Environment, Health and Safety Research*. [<http://www.nanotechproject.org/18/esh-inventory>], visited August 25, 2006.

<sup>33</sup> Nanoscale Science Engineering and Technology (NSET) Subcommittee of the National Science and Technology Council’s Committee on Technology, “The National Nanotechnology Initiative Strategic Plan.” (Washington, DC, 2007).

用しようとして大きな課題に直面している。最近、連邦議会調査部 (Congressional Research Service) が発表したレポートでは、これらの課題について次のようにまとめている<sup>34</sup>。

- 材料と利用の多様化：ナノマテリアルの種類は無限に近いものがあり、その性質、形状もライフサイクルを通じて変化することがある。もし、それぞれが独自の性質を持っているとしたら、その 1 つ 1 つのリスク評価が必要となり、各化学成分構成ベースの規制は不可能となる。
- ナノマテリアルの特性データの不足：個々の生産単位ごとのナノマテリアルの品質管理が不十分であり、物理的、化学的面で性質特定の器具が不完全であり、さらに、それらの性質が、健康・環境にどう影響するかについての知識が不十分なため、ナノマテリアルの構造と活動の関係性の仮説を立てるのが非常に難しい。
- 命名法、計測、材料の標準化の欠如：ナノマテリアルの命名法、特性・量の計測法、ナノマテリアル“サンプル”の特性について統一見解が不足している。さらに、EHS 試験用の標準参照物質の数がほとんどない。これらの理由から、さまざまな研究施設で得た結果を比べるのが困難となり、化学的サンプルの情報を要求する有害物質規制法 (TSCA: Toxic Substances Control Act) などの規制に混乱が生じてしまう。
- 情報の所有性：個々の経済的利益に不可欠な情報を守るため、民間企業が集めたナノマテリアルの EHS 影響に関する情報が公共財産となることはめったにない。このように、もしも、データを収集した上で事業利益の秘密を守るという方法があるとするれば、これらの企業には EHS に関する知識を格段に向上させる豊富なデータが隠されていると考えている人が多い。
- 学術的領域における情報伝達の難しさ：ナノ-EHS 研究には、毒物学者とナノ化学者が有効に情報を伝達し合えるような、複数の学問領域にわたる分野の創設と養育が必要である。このような研究はまだ初期の段階なので、協働することはほとんどなく、学問領域を超えた情報伝達がいまだに発展の障害となっている。このため、規制者が決定に当たり根拠とするデータの量・質が制限されてしまう。
- 限られた政策資源：近年、統制機関の役割が増大している一方で、予算は削減されている。したがって、ナノテクノロジー科学分野における担当職員の教育及び必要な監督を実施するための政策資源が不足している。
- 法定権限の不適合性：現行法令は、ナノマテリアルを考えずに書かれたものである。そのため、多くの非政府団体や市民団体は、現行法令では市民の健康を守ることはできないと問題視し、規制機関に対して新しい規制を提案するか、工業ナノマテリアルに対応できるよう現行法令を解釈する新しいルールを作成するように求めている。しかし、ブッシュ政権及びほとんどの産業界のスポークスマンたちはこのような見方をしておらず、ナノマテリアルの潜在的リスクに対処するのに現行法令は適当であると考えている。

## (1) 環境庁

環境庁 (EPA: Environmental Protection Agency) の任務は、人間の健康及び環境の保護である。連邦議会が制定した法律に基づく規制の展開及び施行、環境研究の実施及び資金提供、その他の活動の実施によって、任務を遂行している。EPAは、研究及び規制の両分野でナノテクノロジーの展開及び評価に活発に参加している。EPAには二つの役割がある。一つは研究開発局

---

<sup>34</sup> L.-J. Schierow, “Engineered nanoscale materials and derivative products: Regulatory challenges.” *Report No. RL34332* (Congressional Research Service, Washington, DC, 2008).



(ORD: Office of Research and Development) を通じた環境研究の支援であり、もう一つは公害防止・毒物局 (OPPT: Office of Pollution Prevention and Toxics) や農薬プログラム局 (OPP: Office of Pesticide Programs) など複数の局を通じた環境規制の施行である。表 4 にEPAが関与している活動分野とその担当部局を示す<sup>35</sup>。

表 4 EPA におけるナノテクノロジー関連活動と担当部局

担当部局	活動
Cross-cutting	Participate in National Nanotechnology Initiative; collaborate with scientists internationally
Office of Research and Development	Fund extramural and perform intramural nanotechnology research
Office of Pollution Prevention and Toxics	Initiate a voluntary nanoscale materials stewardship program
Office of Air and Radiation/Office of Transportation and Air Quality	Review nanomaterial registration applications
Office of Pesticide Programs	Review potential nanoscale pesticides
Office of Solid Waste and Emergency Response	Investigate the use of nanoscale materials for environmental remediation

出所：ICON 資料

EPAが施行しているナノ-EHSとの関連性をもっとも高い法律を表 5 に示す。米国弁護士会エネルギー・環境・資源部会 (American Bar Association, Section of Energy, Environment and Resources) は最近発表した一連のブリーフィング資料では、これらの法律がどのように工業ナノマテリアルに適用されるかについて、弁護士の視点から論じられている<sup>36</sup>。これらの法律のうち、もっともナノマテリアルについて議論となっているのは、有害物質規制法 (TSCA: Toxic Substances Control Act) と連邦殺虫・殺菌・殺鼠剤法 (FIFRA: Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act) の二つである。

表 5 ナノテクノロジーに潜在的に関連する法律

法律	略号	取り扱い項目
Toxic Substances Control Act	TSCA	chemical substances
Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act	FIFRA	pesticides
Clean Air Act	CAA	air pollutants

<sup>35</sup> EPA Science Policy Council, “Nanotechnology White Paper.” (U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2007).

<sup>36</sup> American Bar Association Section on Environment Energy and Resources, *Section Nanotechnology Project*. [<http://www.abanet.org/envIRON/nanotech/>], visited January 22, 2008.

Clean Water Act	CWA	discharge of pollutants into the navigable waters
Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act	CERCLA	uncontrolled releases of hazardous materials
Resource Conservation and Recovery Act	RCRA	solid or hazardous waste

出所：ICON 資料

### ①有害物質規制法

有害物質規制法（TSCA）は 1976 年に制定され、製造、輸入された化学物質の追跡の権限を EPA に与えた。EPA は、米国で製造、輸入、商業利用されているすべての化学物質が記載されている TSCA 化学物質一覧表を整備している。一定の条件を満たした場合、TSCA は、EPA に販売、納品の前に毒物学上及び環境上の影響に関するデータの報告を要求するとともに、個々の化学物質の製造、納品、使用を制限する権限を与えている。「化学物質」とは、特定の分子特性（particular molecular identity）を持つ有機または無機の物質であり、(i) 化学反応または自然発生の結果として全部または一部これらの物質が結合したものや (ii) 元素または結合されていないラジカルを含む<sup>37</sup>。

ナノマテリアルは、TSCA の化学物質の定義を満たしてはいるが、「特定の分子特性」の解釈については議論があり、これが TSCA の適用に影響している。争点となっているのは、既に一覧表に記載されている物質のナノサイズ版（例えば、ナノ-TiO<sub>2</sub> はマイクロ・サイズの TiO<sub>2</sub> のナノサイズ版）ナノマテリアルは、記載されている化学物質と同じ分子特性を有しているのか、試験及び報告の義務が免除されるのか、それとも、これらは「新しい」物質であり、毒性試験など個別の報告義務があるのかという問題である。別の選択肢は、ナノマテリアルを既に存在している物質の“全く新しい使用法”と指定することであり、こうすれば新しい化学物質と同じように報告の義務を課すものの、同じ分子特性を有する物質として申請できる。最近、EPA はナノサイズ材料にかかわる分子特性の定義について説明し、「分子が単に集まって微粒子またはさまざまな物理的形状になったものについては、異なる分子特性を有する異なる化学物質として扱わない」と述べた<sup>38</sup>。これは、多くのナノサイズ材料については、報告の義務がないということである。環境または消費者団体は、製造業者が影響のデータの提出を求められるように、ナノマテリアルを新しい化学物質、または既存の化学物質の全く新しい使用法として分類するよう EPA に対して検討を求めている。しかし、産業界は、現在の EPA の姿勢に対して概ね満足の意味を表明している。

これらの問題や他の曖昧な問題に対処するため、EPA は、「TSCA に基づく EPA の新たな及び既存の化学プログラムを補完・支援し、重要な科学情報を開発することを奨励することによって規制の判断のための確固たる科学的根拠を提供するのを助け、ナノサイズの化学物質（ナノスケール材料）のリスク管理に関する理解を向上させることに貢献する<sup>39</sup>」のため、ナノスケール物質

<sup>37</sup> TSCA § 3(2)(A), 15 U.S.C. § 2602(2)(A).

<sup>38</sup> Environmental Protection Agency, *TSCA Inventory status of nanoscale substances – general approach*. [<http://www.regulations.gov/search/index.asp>], visited January 22, 2008.

<sup>39</sup> Environmental Protection Agency, *Concept paper for the Nanoscale Materials Stewardship Program under TSCA*. [<http://www.regulations.gov/search/index.asp>], visited January 22, 2008.

管理責任プログラム (NMSP : Nanoscale Materials Stewardship Program) を 2005 年に創設した。

このプログラムは以下のようなことを意図している。

- EPAによる既存の化学ナノマテリアルの製造業者及び加工業者からの既存のデータ・情報の収集支援。
- ナノマテリアルの開発、商品化のリスク管理手法の確認と促進。
- 今後の作業の方向性や規制・政策決定のための確固たる科学的根拠を提供するのに不可欠なテスト・データ開発の促進。
- 信頼性のある開発の促進。

これまでに、このプログラムの内容、範囲などのアドバイスを得るため、EPAは合計 4 回の集会、会議などを開いている。このプログラムが、さまざまな利害関係グループに熱い議論を引き起こしたことは、驚くことではない。一般的に、業界団体は肯定的に反応しており、例えば「これは、限られたデータ・情報を持つが、新データを取得するのに必要な資源を持たない人が参加するのを奨励するすばらしい方法である<sup>40</sup>」と述べた。環境及び消費者団体は自主的アプローチに反対しており、皆「自主的な管理責任プログラムではこれら化学物質の使用を規制する重要な任務を遅らせることにしかない<sup>41</sup>」と述べた。NMSPは 2008 年 1 月 28 日に正式に開始された。

## ②連邦殺虫・殺菌・殺鼠剤法

連邦殺虫・殺菌・殺鼠剤法 (FIFRA : Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act) は、殺虫剤及び殺虫剤用機器の配給、販売、使用を管理する権限をEPAに与えている。FIFRAに基づき、EPAはナノテクノロジーを応用した殺虫剤「nanopesticides」などのリスクと利益を決定することができる。また、潜在的リスクを抑えるために制限を課すことができる。法律家は、このFIFRAはTSCAより厳しい法令だと断言しており、製造業者に販売前のリスク・データを提供する重い負担を課し、少量または研究目的の例外措置を少なくしている<sup>42</sup>。それでもなお、FIFRAはEPAに対していくつかの規制に関する課題をもたらすであろうと考えられており、特に既存の殺虫剤のナノサイズ版について新たな登録が必要であるかどうかという問題がある。また、EPAは、FIFRAに基づき、イオンを発生させ、それを下水に流す機器に対する規制を行った。

2005 年 9 月、EPAは、銀電極を電気分解し、衣類を殺菌するため銀イオンを放出する洗濯機に対する決定を発表した。この製品は殺菌作用があるため、製造会社は、これはFIFRAに基づき登録が必要な殺虫剤なのか、登録の必要がない殺虫剤用機器として扱えばいいのか決定を求めた。この洗濯機を殺虫剤用機器とする当初の決定<sup>43</sup>は、下水処理施設運営者を代表するグループによ

---

<sup>40</sup> S. Clancy, Statement of the American Chemistry Council Nanotechnology Panel, presented at the Nanoscale Materials Stewardship Program Public Meeting, Arlington, VA, August 2, 2007.

<sup>41</sup> C. N. Cairns, Testimony of Consumers Union presented at the Nanoscale Materials Stewardship Program Public Meeting, Arlington, VA, August 2, 2007.

<sup>42</sup> J. C. Chen *et al.*, “The adequacy of FIFRA to regulate nanotechnology-based pesticides.” (American Bar Association Section on Environment Energy and Resources, Washington, DC, 2006).

<sup>43</sup> Environmental Protection Agency, “Pesticide Registration; Clarification for ion-generating equipment.” (72 FR 54039, 2007).

り議論を引き起こされた。同グループは、「銀イオンを下水システムに放出する家庭用機器の使用が広まると、（処理施設への）流入及び流出水中の銀の濃度が大きく上昇し、カリフォルニア州の水系に有害な影響を及ぼす<sup>44</sup>」と不満を訴えた。2007年9月にEPAは、「EPAは、1976年の政策文書で始まった法律解釈に基づき、このようなイオンを発生させる装置はFIFRAに基づき殺虫剤として登録することが求められると決定した。」<sup>45</sup>と述べて、決定を変更した。

この決断により、ナノテクノロジー規制に向けてEPAが重要な行動を起こしたと多くの人が考えた<sup>45</sup>。しかし、関係者らが見たところ、問題となった機器であるサムスン製の洗濯機は、銀ナノ粒子ではなく、ただ銀イオンを放出するものであることから、ナノテクノロジー製品ではないと思われる。EPAはこれに対して、「この製品がナノテクノロジーを利用していることを示す情報はいまだ受け取っておらず」、サムスン製品に対する行動は「ナノテクノロジーを規制する行動を表すものではない。」<sup>46</sup>と述べた。その上EPAは、同庁が施行する規制をいかに解釈するかを考える上で大きさは考慮要素ではないと述べている。

連邦議会の行動か、公衆衛生上の大惨事がなければ、EPAはNMSPのさらなる展開と実施のため資源を投入し続け、2008年にナノマテリアルに関してTSCAに新しい規制や規則を求めないであろう。同様に、FIFRAに基づき、EPAは、ナノテクノロジーを管轄内の他の製品や材料と異なる規制を求めないであろう。一言で言えば、主要な粒子の大きさは特別な考慮要因とはならないということである。

## (2) 食品医薬品局

食品医薬品局（FDA：Food and Drug Administration）は規制や研究に関する機構であり、その任務は、安全で効果的な医薬品と人間と動物にとって安全な食品を確実にすることにより一般市民衛生を守ることである。規制権限のほとんどは、連邦食品・薬品・化粧品法（FFDCA：The Federal Food, Drug and Cosmetic Act of 1938）に基づいている。FDA職員は、新しいナノテクノロジー使用製品が規制認可に上がってくるなど、ナノテクノロジーが彼らの任務に関連していると気付いている。この問題に対処するため、FDAは内部ナノテクノロジー・タスク・フォースを「ナノマテリアルを利用した規制対象製品が健康に及ぼす可能性のある有害な影響を食品医薬品局が評価することを可能とするよう知識または政策のギャップに対処する方法を特定し勧告する<sup>47</sup>」ため、2006年8月に設立した。2007年7月、タスク・フォースが発表した報告書には、FDAが特定したナノテクノロジーの潜在的な健康影響に対処する際の課題がいくつか記されていた。これには、①FDA所管内ナノテクノロジー製品の多くは、規制過程を複雑にする複合製品（例えば、薬品—機器、薬—バイオ製品、機器—バイオ製品）と分類されるだろう、②FDAは、

---

<sup>44</sup> C. Weir, *Request to require registration of Samsung Silver Wash clothing washing machine, and silver ion pesticide products*. [[http://www.tritac.org/documents/letters/2006\\_01\\_27\\_EPA\\_Samsung\\_Silver\\_Wash.pdf](http://www.tritac.org/documents/letters/2006_01_27_EPA_Samsung_Silver_Wash.pdf)], visited January, 2008.

<sup>45</sup> B. Feder, *Samsung's nanotech washer must follow bug-spray rules*. [<http://bits.blogs.nytimes.com/2007/09/26/samsungs-washers-regulated-as-a-pesticide/>], visited September 27, 2007.

<sup>46</sup> Environmental Protection Agency, *Pesticide registration: clarification for ion generating equipment*. [[http://www.epa.gov/oppad001/ion\\_gen equip.htm](http://www.epa.gov/oppad001/ion_gen equip.htm)], visited September, 2007.

<sup>47</sup> Food and Drug Administration, *FDA forms internal Nanotechnology Task Force*. [<http://www.fda.gov/bbs/topics/NEWS/2006/NEW01426.html>], visited January 22, 2008.

初期の開発段階からずっと後の応用品しか検討できないだろう、③多くのナノテクノロジー製品は、ほとんどの化粧品のように所管外であるといった内容が含まれている<sup>48</sup>。多くの人にとってこの報告書の最も重要な面は、ナノサイズの方法を含む製品のラベリングの問題を明確にしたことであった。記者会見で、政策企画・準備部長の Randall Lutter博士は、「これまでのところ、ナノサイズの方法について、単にナノサイズであることによりラベルで言及するに値する安全性の疑問を呈する科学的証拠を我々は持っていないと考えている。<sup>49</sup>」と述べた。この姿勢は、消費者製品に含まれるナノマテリアルの安全性について懸念している多くの市民団体の心を苦しめた。

現時点で、FDAを最も悩ませている問題は、日焼け止めクリームに含まれているナノスケール酸化チタン粒子である。1999年の研究論文のコメントによると、ナノサイズまたはマイクロサイズの酸化チタン（ナノ・チタニア）は、新しい成分ではなく、既に承認されたチタニアの特別グレードと分類された。これに対する賛否両面のコメントが提出された。反対派は、ナノサイズの方法には独自の特徴があるため、新たな危険の可能性があると指摘した。その当時、FDAはこのマイクロサイズのチタニアが安全性に関する懸念を引き起こす証拠がないとして、新しい材料として指定はしなかった<sup>50</sup>。FDAは、1999年の研究論文を修正する規則案を現在示しており、「（ナノサイズの）日焼け止めクリーム成分及びこの成分を含む製品、それらの安全性及び効果、それらはどのように規制されるべきであるかについてのコメント及びデータ」を求めている<sup>51</sup>。これは、主として、技術評価国際センター（International Center for Technology Assessment）が提出した市民の請願に対応したものであり、この中では消費者製品に含まれているナノサイズの方法の使用に対する規制についてFDAがもっと積極的になるよう要求されている。

FDA はケース・バイ・ケースでナノテクノロジー使用薬品や医療機器の評価を行うであろうが、製品のラベリングは推進しないであろうし、医師の処方箋不要な売薬に含まれるナノサイズの成分に対する規制の強化は進めていかないであろうと考えられる。

### (3) 連邦労働安全衛生局

健康福祉省に所属する連邦労働安全衛生局（OSHA： The Occupational Safety and Health Administration）の任務は「基準を設定・施行し、訓練・啓蒙普及・教育を提供し、パートナーシップを確立し、職場の安全と健康の一層の向上を奨励することにより、米国労働者の安全と健康を確保する」ことである。OSHAは、労働安全衛生法（OSH Act: Occupational Safety and Health Act of 1970）に基づき規制権限を付与されており、最も関連があるのが一般義務条項（General Duty Clause）である。一般義務条項は雇い主に「従業員に雇用と、従業員が死亡したり重傷を追う可能性があるとして認識される危険が全くない職場を提供する<sup>52</sup>」という一般的な義

---

<sup>48</sup> Food and Drug Administration, “Nanotechnology: A report of the U.S. Food and Drug Administration Nanotechnology Task Force ” (2007).

<sup>49</sup> Food and Drug Administration, *FDA press conference on the Nanotechnology Task Force Report*. [<http://www.fda.gov/bbs/transcripts/transcript072507.pdf>], visited January 22, 2008.

<sup>50</sup> Food and Drug Administration, “Sunscreen Drug Products for Over-the-Counter Human Use; Final Monograph.” (64 FR 27666, 1999 May 21).

<sup>51</sup> Food and Drug Administration, “Sunscreen Drug Products for Over-the-Counter Human Use; Proposed Amendment of Final Monograph.” (72 FR 49070, 2007 August 27).

<sup>52</sup> Occupational Safety and Health Act 5(a) 29 U.S.C. 654.

務を負わせている。一般義務条項により、OSHAがナノテクノロジー作業場を対象とする別の規制を定める必要がないとする人もいるが、これで十分なのか、それともOSHAが危険に関する情報交換、個人防護用品の標準にもっと大きな役割を果たすべきかという論争がある<sup>53</sup>。

OSHA職員は、初期のWilson Center対話、2006年10月に開催されたナノマテリアルのリスク・マネジメントに関するEPA会議などナノテクノロジーと規制に関するいくつかの会合に参加してきた。しかし、労働安全問題に対して、OSHAは故意に国立労働安全衛生研究所（NIOSH）の後に付いている。この概念は、OSHAが新しいルールを定めたり、新しい規制を求めたりする前に、NIOSHが職業上の潜在的問題が何であるかを理解するための基礎研究を必ず実施するということである。最近、OSHA職員が、OSHAは2008年には新しい規制を導入する予定はないと述べたと報道されている<sup>54</sup>。

#### (4) 消費者製品安全委員会

消費者製品安全委員会（CPSC：Consumer Product Safety Commission）は、1万5,000以上の製品（おもちゃ、幼児用寝台、一般薬品など）から生じる不当な危害から、一般市民の安全を守っている。一番重要な行動は、テストまたは消費者の苦情の結果として安全でないと考えられる製品の強制的なリコールを発表・実施することである。CPSCは小規模な組織であり、予算も限られているため、消費者製品の有効な監視を通じて有害な事案を未然に発見することができていないと批判されている。最近では、2007年夏に起きた数百万件もの潜在的に有害なおもちゃのリコールについて委員会は批判を受けた<sup>55</sup>。実際のところ、CPSCは、消費者用製品安全法（CPSA：Consumer Product Safety Act）及び連邦危険物質法（FHSA：Federal Hazardous Substances Act）に基づく自らの法的権限によって邪魔されている。この法律のどちらも市場販売前の製品の登録や承認が求めておらず、政策資源の不足により、米国内で製造または販売される所管の製品すべてに気を配ることは不可能であり、ナノテクノロジー製品に関連する問題を調査することはより一層無理である<sup>56</sup>。

議長代行のNancy Nord氏は、ナノテクノロジー製品を扱うことについてCPSCが困難に直面していることを認識しており、「ナノマテリアルを使用した製品のように技術的に複雑な製品は、CPSCに新しい課題を突きつけ続ける。<sup>57</sup>」と述べた。それでもなお、CPSCは、ナノテクノロジーとそれが消費者製品に及ぼす影響を理解するため努力をしている。CPSC毒物学者のTrey Thomas博士はCPSC内でナノテクノロジーの指導者であり、ICON運営委員会のメンバーとなっている。2006年に発表した論文において、彼はCPSCの法的権限をレビューし、ナノマテリアルの新しい性質がナノテクノロジー関連製品に消費者がさらされることによる潜在的な健康リスクを

---

<sup>53</sup> National Association of Manufacturers, *Nanotechnology: Come the Luddites*. [<http://blog.nam.org/archives/2006/04/nanotechnology.php>], visited January 22, 2008.

<sup>54</sup> Inside OSHA 14 (February 18, 2007).

<sup>55</sup> A. Brown, P. Gilbert, "Reviving a consumer watchdog," *Washington Post*, August 26 2007.

<sup>56</sup> E. S. Michelson, D. Rejeski, Falling through the cracks? Public perception, risk, and the oversight of emerging nanotechnologies, presented at the Technology and Society, 2006. ISTAS 2006. IEEE International Symposium on 2006.

<sup>57</sup> N. Nord, Testimony, US Consumer Product Safety Commission, United States Senate Subcommittee on Consumer Affairs, Insurance and Automotive Safety, 110th Congress, 1st Session, March 21, 2007 [<http://www.cpsc.gov/pr/nord2007.pdf>]

評価する必要性を生み出していることを述べた<sup>58</sup>。Thomas博士は、「CPSC Nanomaterial Statement」と題するCPSCのミニ白書も執筆しており、これにはCPSC（及び他の機関）が直面するいくつかの規制に関する課題が述べられており、製品に含まれている特定のナノマテリアルの同定方法、物理・化学的性質の描写方法、リスク評価を完了するために必要な暴露及び危険のデータの収集方法が含まれる<sup>57</sup>。

これからも CPSC は、Thomas 博士を通じて、消費者製品におけるナノテクノロジー利用に伴う潜在的健康リスクを調査していく見通しである。しかし、CPSC はナノ規制分野で何か新しい道を切り開くつもりはないようである。まもなく予算増加により、CPSC はナノテクノロジー分野における活動を広げることができるであろう。

## 5.2.6 ナノ-EHS 研究に資金供給する機関

この項では、ナノ-EHS 研究の重要プログラムに支援を行っている 5 つの機関の活動の概要を紹介する。

### (1) 全米科学財団

米国科学財団（NSF：National Science Foundation）は国の機関の中で、米国科学と工学研究の資金援助を先頭に立って行っており、ナノテクノロジーとナノ-EHS 研究の第一の資金源である。NSF は ELSI 問題に先立ったのは、2000 年 9 月に、社会にもたらす諸影響の研究会、また、2001 年 9 月に、NNI の下、ライス大学で CBEN が設立されたことである。

CBENは 2001 年にNSFより資金供給されていた、6 つのナノスケール科学工学センター（NSEC：Nanoscale Science and Engineering Centers）のうちの 1 つであり、今では 16 分野のセンターが設立されている。CBENの目的は、新しい医療・環境テクノロジーのための、ナノマテリアルの発見と発展である<sup>59</sup>。“応用・使用”が目的にも伺えるが、大学関係で、ナノマテリアルの諸影響を応用開発の時点で問題視し、研究に多くの支援（研究予算の 3 分の 1）をするべきだと最初に唱えたのはCBENである。2001 年には、ナノマテリアルが生き物や環境に悪影響を与える可能性があるという新しいコンセプトに関して議論された。しかし、現在では、これは主要なコンセプトなため、ナノ-EHS研究がさまざまな大学のグループで扱われるようになっている。

NSF の目的に沿って、ナノ-EHS 研究でも、初歩段階の基礎的な知識の創造を第一に支援している。しかし、ナノ-EHS 研究が基礎的な段階から熟することにつれ、他の機関の役目が増えるであろう。その理由は、これらの機関が任務とする特定の研究には、NSF の目的に照らして資金供給することができないからである。例えば、NSF は生身の動物の毒物学、また人間を対象とした臨床の治験を資金援助することができない。これはむしろ、国立衛生研究所（NIH：National Institute of Health）の管轄であり、大規模な環境プロジェクトになると、環境庁（EPA：Environmental Protection Agency）に支援することになっている。しかし、現在、そしてこれからも、NSF はナノ-EHS 資金援助の主要機関であるだろう。年間 500 万ドルの費用をかけ、NSF が EPA と共同で創設する「ナノテクノロジーによる環境影響センター（CEIN：Center for the

---

<sup>58</sup> T. Thomas *et al.*, *Toxicological Sciences* 91, 14-19 (2006).

<sup>59</sup> Center for Biological and Environmental Nanotechnology. [Error! Hyperlink reference not valid., visited January 12, 2008.

Environmental Implications of Nanotechnology) 」が、この事実をさらに支えるであろう。計画案は現在レビューの段階で、2008 年秋に始動する見込みである。

CEINの主要な特徴は次のとおりである<sup>60</sup>：

- ①ナノマテリアルの生体内蓄積の理解とその生き物への影響（環境への暴露、沈殿、変質、生態回復力、整理、移動など）及び生体による吸収、分配、新陳代謝、排出のメカニズムを理解すること。
- ②ナノマテリアルと、細胞の構成要素、代謝ネットワーク、生物組織との相互作用、分子、細胞、臓器、身体レベルでの相互作用、当該固体及び数世代にわたる影響など）を理解すること。
- ③分散されたナノマテリアルの生物的影響を特定すること。これにはナノマテリアルが水中、地上の生態系に及ぼす生態上・進化上の影響（生物種の相互作用、植物環における生体内蓄積及び生物濃縮に貢献している要因、生態系に分散されたナノマテリアルとそれらの副産物、環境におけるナノマテリアルの持続性や化学的変質の影響を及ぼす生物プロセス、生態系への影響の形態及び期間などが含まれる。

この新しいセンターによって、NSF は臨床以前のナノ-EHS 研究をこれからもリードしていくだろう。NSF は同時に、教育やアウトリーチ活動の資金援助をする一番の機関であり続ける。それぞれのNSECは、教育とアウトリーチ（EHS 関連は一部分で、ほとんどがCBEN や新しいセンターによる）の権限を所有している。また、NSF は「社会におけるナノテクノロジーセンター（CNS: Centers for Nanotechnology in Society）に資金援助しており、ここでは研究及びアウトリーチ活動においてEHS問題を他の社会的影響と混合している。

## (2) 環境庁

環境庁（EPA）は、2001 年からいくつかのナノテクノロジーと環境関係の研究プロジェクトを資金援助し始めた。そして 2002 年には潜在的な有益アプリケーションと環境諸影響を対象とした外部研究を初めて呼びかけた<sup>61</sup>。2004 年、EPAの方針を決めるアドバイザーによる内部グループである、科学政策会議（Science Policy Council）は、環境へのナノテクノロジーの潜在的応用法と諸影響を調査するためのナノテクノロジー作業部会（Nanotechnology Workgroup）を設立した。このグループは、同庁は環境に対するナノテクノロジーの利益がリスクを上回ることを確かにすべきであると概説するナノテクノロジー白書（Nanotechnology White Paper）を作成した<sup>35</sup>。この白書は、EPAが引き続き、（a）環境を改善するナノテクノロジーの応用法を探求するための役割をリードし、（b）潜在的影響の研究の実施と支援を行い、（c）汚染防止、管理、持続性を支援し、（d）ナノテクノロジー研究の共同研究を拡大、（e）同庁に関連するナ

---

<sup>60</sup> Center for the Environmental Implications of Nanotechnology (CEIN) Program Solicitation NSF 07-590. [<http://www.nsf.gov/pubs/2007/nsf07590/nsf07590.htm>], visited January 12, 2008.

<sup>61</sup> US EPA, Environmental Futures Research in Nanoscale Science, Engineering and Technology, Science To Achieve Results (STAR) Program. [<http://es.epa.gov/ncer/rfa/archive/grants/02/02nanotech.html>], visited January 15, 2008.



ノテクノロジー問題を探求する内部グループを召集し、(f) 科学者や経営者のためのナノテクノロジー研修を維持・拡大することを勧告した。

他の外部研究に資金援助をしている機関と比較して、EPAがナノテクノロジー研究用に当てている予算は割合に少ない。しかし、EPAの任務が考えれば驚くべきことではないが、ナノテクノロジーの中でもナノ-EHS研究に当てている資金援助の割合はかなり高い。2007年2月までに、EPAは累計で、応用研究に1,200万ドル、そして潜在的影響の研究に1,000万ドルもの額を、研究開発局・国立環境研究センター（Office of Research and Development/National Center for Environmental Research）の「成果志向型の科学」（STAR: Science to Achieve Results）計画を通して費やした<sup>35</sup>。2007年末には、潜在的影響の研究への資金援助は1,700万ドルまで増大した<sup>28</sup>。ナノテクノロジー予算が少ないことを打開するため、EPAは他の機関とともに共同研究要求を発表した。例えば、2008年に、EPAは、NSFのCEINプロジェクトの年間500万ドルのうち100万ドルを支出する予定である。

2008年に、EPAのナノ-EHS研究の予算額は、NSFに続き、第2位となると予想されている。さらに、EPAは初めて、組織外でナノ-EHSの研究分野に授与したグラントを補完して、組織内でナノ-EHS研究を実行する予定である<sup>28</sup>。

### (3) 国立労働安全衛生研究所

国立労働安全衛生研究所（NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health）は、仕事関係の怪我、病気、死などを防止するための、研究を行っている機関である。NIOSHには規制権限はないが、連邦労働安全衛生局（OSHA: Occupational Safety and Health Administration）の規制業務を支援している。OSHAの設置根拠である、労働安全衛生法（Occupational Safety and Health Act）は、NIOSHに対して、仕事上で使われている材料が作業員にとって有害であるか調査させ、怪我・病気防止のための勧告を行うよう定めた。このため、少ない予算の中、NIOSHは、ナノマテリアルの健康・安全情報の作成、普及をリードしている。2005年度に「ナノテクノロジー分野の研究を調整・円滑化し、職場においてナノマテリアルを安全に取り扱うためのガイドラインを作成する」<sup>62</sup>ため、組織内の予算を組み直し、ナノテクノロジー研究センター（NTRC: Nanotechnology Research Center）を設立した。ほとんどの資金は米国内にある、さまざまなNIOSH研究所の研究者の活動に提供されており、残りは組織外の研究に配られている。

NTRCの目標は以下のとおりである。

- ① ナノ粒子やナノマテリアルが仕事上での怪我・病気のリスクとなるかどうかを確定すること。
- ② 仕事上での怪我・病気防止のための、ナノテクノロジー応用研究を実施すること。
- ③ 介入、勧告、能力向上を通じた健康的な職場づくりを促進すること。

---

<sup>62</sup> NIOSH Nanotechnology Research Center, “Progress toward safe nanotechnology in the workplace.” (National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 2007).

④ナノテクノロジー研究と指導に関する国内及び国際協働を通じて職場における安全と健康を向上させること。

NTRC には、2007 年度において総額 1,100 万ドルの予算がある。

上記の目標①を達成するために、NIOSHは、自ら毒物学、特にカーボン・ナノ粒子の毒性研究を行い、ナノ粒子にさらされた後の人体内の移動能力の研究を行い、ナノ粒子発生システムの開発を行い、さまざまな会社内でナノ粒子に職場がさらされる可能性を判断するためにフィールド調査を行っている。目標③では、NIOSHは 2005 年と 2006 年に、「Approaches to Safe Nanotechnology: An Information Exchange with NIOSH」を出版した。これには、現在の工業ナノマテリアルの職業上での危険、さらされ方などの知識が概説されている。この文書には (a) さらされることを最小限にとどめるには、特定のリスク情報が欠如するのを防ぐこと、(b) 標準的なリスク・マネジメント（工学的制御、正しい仕事上での習慣、防護用具の使用）により、さらされるリスクを最小限にすることができること、(c) 既存の防塵マスクはナノ粒子の吸い込み防止に有効であることなどが記載されている<sup>63</sup>。NIOSHはナノ粒子情報ライブラリー（Nanoparticle Information Library [<http://www2a.cdc.gov/niosh-nil/index.asp>]) を設立した。これは、製造業者などが、ナノ粒子の物理・化学性質の情報を提出、検索ができるものである。

NISOH は、他の機関とともに共同要求を発表した。2004 年に、NIOSH、EPA、NSF は「Exploratory Research: Nanotechnology Research Grants Investigating Environmental and Human Health Effects of Manufactured Nanomaterials」プログラムの下で提案を行い、最終的に 12 のプロジェクトに資金援助した。

#### (4) 国立衛生研究所

国立衛生研究所(NIH: The National Institutes of Health)は厚生省(HHS: US Department of Health and Human Services)の傘下で、主に医療研究を実施・支援する国の機関である。NIH からの資金援助のほとんどは、医療研究ロードマップ(NIH Roadmap for Medical Research)に記されている目標に向かう健康研究の応用面(診断・治療のための機器や薬品の向上)に与えられている。例外の1つは、NIHが管理している省庁横断的プログラムである国家毒性プログラム(NTP: National Toxicology Program)の下で実施されている業務である。最近では、NIHは、応用としての枠内ではあるが、EHS問題をより明確にすることに興味を示している。これは、病気を発見、治療するために重要な目標を達成するため、NIHにとって、潜在的な毒性を解明する努力に支援することが不可欠となっているからである。このことは、応用と潜在的影響の問題が絡み合っていることを示している。

NIHが資金援助しているナノ-EHS研究のほとんどは、国立環境衛生科学研究所(NIEHS: National Institute for Environmental Health Sciences)により管理・実行されている。これにはNIEHSが資金援助しているNIEHS研究員・外部研究者の仕事が含まれている。新しいナノ

---

<sup>63</sup> National Institute for Occupational Safety and Health, *Approaches to safe nanotechnology: An information exchange with NIOSH*. [[http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/safenano/pdfs/approaches\\_to\\_safe\\_nanotechnology.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/safenano/pdfs/approaches_to_safe_nanotechnology.pdf)], visited July 31, 2006.

マテリアルの健康面の潜在的影響に焦点を当てた共同要求が期待されている。これはNIEHS、EPA、NIOSHの他のNIHの5つの研究所により勧められる見込みである<sup>28</sup>。

## ①国家毒性プログラム

国家毒性プログラム (NTP: National Toxicology Program) は省庁横断的プログラムで、一般市民の健康懸念に対応して毒物学、分子生物学の研究を行っているものである。NTP の中核となる機関は以下の3カ所である。

- NIH の NIEHS
- 米国疾病予防管理センター (CDC: Centers for Disease Control and Prevention) の NIOSH
- FDA 国立毒性研究センター (NCTR: National Center for Toxicological Research)

NTP には、ナノテクノロジー安全性イニシアチブ (Nanotechnology Safety Initiative) の下で、ナノマテリアルの毒特質を探索する研究プログラムがある。現在は、政府と外部研究機関との契約に基づいて NTP のナノマテリアル研究が行われており、アーカンソー州ジェファーソンにある NCTR 内の NTP の光毒物学センター (Phototoxicology Center) にいる FDA 職員とワシントン DC にある食品安全・応用栄養センター (CFSSAN: Center for Food Safety and Applied Nutrition) によるもの、またライス大学 CBEN との共同研究によるものなどがある。現在、NTP は4つのナノマテリアルを中心に研究している。酸化金属 (metal oxide)、半導体ナノ粒子 (quantum dots)、フラーレン (fullerenes)、ナノチューブ (nanotubes) の4つである。最近ではNTPは、このリストにナノスケール・ゴールドを加えるかどうか検討中である。

## ②国立癌研究所

国立癌研究所 (NCI: The National Cancer Institute) は、ナノ粒子の健康上の影響などを中心に、傘下のナノテクノロジー評価研究所 (NCL: Nanotechnology Characterization Laboratory) を通じて研究している NIH 所属の研究所である。NCL は、癌診断・イメージング・治療のために使用するナノマテリアルの発病前の毒性・効力について臨床前研究を行っている。

## (5) 米国標準技術局

米国標準技術局 (NIST: National Institute of Standards and Technology) は、米国商務省に属する非規制機関であり、「計測科学、標準、経済安全保障強化・国民生活向上のための技術を発展させることにより、米国の技術革新と産業競争力を促進すること」を使命としている。NISTはNNIにより、EHSによる科学的不安を減らすため、ナノスケール度量衡学をリードする機関と位置付けられている。NISTのナノ-EHS問題に対する役割は、ナノ毒物学や環境影響研究のための標準の開発を支援すること及び標準物質の必要性に応えることである。NISTには、物質の提供、認証機器、測定方法・手順の提供、ナノマテリアル毒物学のための標準物質・手順の作成及び普及などいくつかの関連プログラム分野で活動することを計画している<sup>64</sup>。

---

<sup>64</sup> L. Locascio, *Nano EHS at NIST*. [[http://www.nist.gov/director/vcat/locascio\\_1207.pdf](http://www.nist.gov/director/vcat/locascio_1207.pdf)], visited September, 2007.

最近の活動としては、ナノ-EHS 研究支援に必要な標準に関して 2007 年 9 月 12～13 日に開催されたワークショップが挙げられる。ここでは、職業上でのさらされ方の結果、環境での移動、人間の健康と環境への潜在的影響を管理するための標準などが取り上げられた。「Standards for Environmental, Health, and Safety Research Needs for Engineered Nanoscale Materials」と題した NNI ワークショップは、①工業ナノマテリアルの毒物学、リスク評価に必要な標準物質、②規制当局や産業界によるナノマテリアルのリスク管理に関する意思決定プロセスの障害となる課題などの特定を中心としたものであった。

さらされた時のリスク、一般市民の理解、良いものを大量生産する能力、安定性、よく研究されているかなどの要素から、NIST の研究対象候補となるナノマテリアルの候補が上げられた。NIST が標準物質を提供すべきとされた候補には、銀、酸化チタニウム、金、フラーレン、酸化シリコン、酸化亜鉛、半導体ナノ粒子、ポリスチレン、シングルウォール・カーボン・ナノチューブ、またマルチウォール・カーボン・ナノチューブ、デンドリマーなどが含まれている。

### 5.2.7 EHS 研究を資金援助する省庁間協力

省庁間の EHS 研究の資金援助協力の例として、NSF と NIOSH のパートナーシップの下での、EPA の工業ナノマテリアルにかかわる環境・生物生存、移動、変質、暴露、生物学的利用などの外部研究プログラムなどが挙げられる。2005 会計年度に始まり、エネルギー省及び NSF の支援を受けてきた。2006 年度からは、陸軍工兵隊 研究開発センター (Army Engineer Research and Development Center) が、軍事アプリケーションに関連する、ナノ」マテリアルの EHS 研究を開始した。陸軍は、空軍、EPA、米国地質調査所 (US Geological Survey)、NIOSH などの政府機関と共同研究を行っている。

NIEHS は 2007 年から、EPA、NIOSH 及び 5 つの NIH の研究施設でのナノマテリアルに対する全体的、細胞的、分子的な反応の研究を支援している。2008 年には NSF と EPA は、共同で新しい研究センターである *Center for Environmental Implications of Nanotechnology* を資金援助する予定である。この新しいセンターは、5～10 年の間、年間 500 万ドルの予算を、NSF と EPA (100 万ドル) から受け取る予定である。これは NSF が EHS 問題に対して関与している、CBEN 予算の 2 倍以上である。このセンターは、厳しい提案選考の後、2008 年秋に始動する予定である。

### 5.3 経済協力開発機構への参加

米政府は、経済協力開発機構 (OECD: Organization for Economic Cooperation and Development) の活動事業に深くかかわっている。特に EPA からの政府官僚の力添えで、化学委員会工業ナノマテリアル部会 (WPMN-CC: Working Party on Manufactured Nanomaterials under the Chemicals Committee) と、科学技術政策委員会ナノテクノロジー部会 (WPN-CSTP: Working Party on Nanotechnology under the Committee for Scientific and Technological Policy) が創立されており、現在ではその議長を務めている。WPMN-CC は、PEN データベースを引き継ぐナノ-EHS 研究プロジェクトのデータベースを作成中である (6.1.1 参照)。これは、ナノ-EHS 研究戦略、プログラムの情報交換と調整、ナノ粒子の安全性テスト、標準試験手順の開発、リスク評価、暴露計測などの情報を集めている<sup>28</sup>。

## 6. 非政府組織

### 6.1 シンクタンク

### 6.1.1 ウィルソン・センター

スミソニアン協会本部によって運営されているウッドロー・ウィルソン国際センター(WWIC: Woodrow Wilson International Center for Scholars)は、ウィルソン大統領記念館として連邦議会により設立されたものである。当センターは「高等研究のための超党派の研究所」であり、外交問題からテクノロジーに及ぶ幅広い領域における政策問題にかかわる学術的研究を促進している。2003年から、「見通しと統治のプロジェクト」(Foresight and Governance Project)において、ナノテクノロジーに関する政策についての会議が開催されるようになった。最初の数回の会議は、EHS問題とナノテクノロジーを規制する政府の能力に焦点が当てられた。これらの当初の会議は、超党派的な性質と参加した人々の多様性を反映するものであった。ワシントン D. C. に所在し、WWIC は地理的にまた政治的に恵まれた地位に位置しており、ナノテクノロジーの議論の初期に、連邦議会職員、業界団体、NGO を巻き込むことができた。こういった努力の中から、「新興するナノテクノロジーに関するプロジェクト」(PEN: Project on Emerging Nanotechnologies)が発展した。これはナノ-EHS問題を扱うおそらく最も大きな影響をもたらす非政府グループであろう。現在、PENの上級科学者 Andrew Maynard氏がナノテクノロジー国際評議会(ICON)の理事会メンバーを務めている。

PENは、WWICとPew Charitable Trustsとの間のパートナーシップとして2005年9月に設立された。PENは、短期間にナノ-EHS政策に関して圧倒的な発言力を持つようになり、多数の報告書を作成あるいは依頼し、ワシントン DCの人々に政策についての説明を頻繁に行い、連邦議会で証言し、メディアにおいても多数のコメントを残している。PENの幅広い活動はナノ-EHS、ナノ-ELSIに関してすべての範囲の問題に及んだ。これには、リスク管理のための連邦規制制度の妥当性、あるいはナノ-EHS研究に対する連邦政府による資金援助の妥当性、消費者製品におけるナノテクノロジーの利用、ナノテクに対する一般市民の認識等が含まれている。その中で最も反響を呼んだ活動は、消費者製品目録(Consumer Products Inventory)であろう。それは、個々の省庁のナノマテリアルに関する規制能力及びナノ-EHS研究の必要性に関するレポートについて評価した一連の報告書のことである。

消費者製品目録とは、製造者を特定したナノテク製品のリストである。そのリスト掲載の判断基準は、1)消費者によって容易に購入可能な商品であること、2)製造者側または他の情報源によってナノテクノロジーであると判別されていること、3)ナノであるという主張が道理にかなっていることである<sup>65</sup>。現在、20カ国にある300以上の企業により生産されている500以上の消費者製品がリストに載っており、消費者製品目録はおそらくNGOやナノテクノロジーに関して記事を書くジャーナリストにより最も頻繁に引用されるリソースである。消費者製品目録を引用する大半の人々は、PENが「ナノテクノロジーを利用しているという製造者の主張を正しいかどうか立証しておらず、また独自の製品テストを実施していない」ということについて触れていない<sup>65</sup>。これは、マーケットに製品を持ち込んだという成功を誇示するため、またはEHS問題が商品化に立ち遅れていることを示すため、ナノテクの商業的なインパクトを過度に表現したいと願う人々のための手段であると批判する者もいた<sup>66</sup>。消費者製品目録の妥当性についてはさまざまな見方があるにもかかわらず、それは非常に大きな影響を及ぼすリソースである。

---

<sup>65</sup> Project on Emerging Nanotechnologies, *A Nanotechnology Consumer Products Inventory*. [<http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>], visited January 31, 2008.

<sup>66</sup> H. Lovy, *Wilson Center's nano numbers racket*. [<http://nanobot.blogspot.com/2007/07/wilson-centers-nano-numbers-racket.html>], visited January 22, 2008.

ナノテクノロジーから生じる問題に対処するための連邦規制機関の能力を評価する一連の報告書が、PENによって作成または依頼されていた。これらには、EPA元職員であるJ. Clarence (Terry) Davies氏によって作成された「*Managing the effects of nanotechnology*<sup>67</sup>」や「*EPA and nanotechnology: Oversight for the 21<sup>st</sup> century*<sup>68</sup>」、FDA元職員であるMichael R. Taylor氏による「*Regulating the products of nanotechnology: Does FDA have the tools it needs?*<sup>69</sup>」、EPA元職員であるMark Greenwood氏によって書かれた「*Thinking big about things small: Creating an effective oversight system for nanotechnology*<sup>70</sup>」などがある。概して、これらの報告書にはアメリカ政府のナノテクノロジー規制制度は体制的に不適切であり、ナノテクノロジーを扱うにはほぼ完全なる整備体制が不可欠であると述べられている。例えば、「*Nanotechnology: A research strategy for addressing risk*」の中で、PENの上級科学者であるAndrew Maynard氏（元NIOSHのエアゾール科学者）は、より調整されたアプローチができるよう、ナノテクノロジー研究と規制に対処する連邦政府の単一の部署の設置を求めている。また、Maynard氏は、リスク関係の研究に短期間で少なくとも1億ドルは費やされるべきであると考えている<sup>31</sup>。

### 6.1.2 ナショナル・アカデミー

ナショナル・アカデミー (National Academies) は、公平な研究を行うとともに、国家の重要事項を再検討するために専門家を召集し、連邦政府と一般市民に助言を与えていることを連邦議会から委任されている独立組織である。同アカデミーは、4つの組織から成り立っている。科学ナショナル・アカデミー (National Academy of Science)、工学ナショナル・アカデミー (National Academy of Engineering)、医学組織 (Institute of Medicine)、そして全米研究会議 (National Research Council) である。公法第 108-153 号、すなわち 21 世紀ナノテクノロジー研究開発法 (21<sup>st</sup> Century Nanotechnology Research and Development Act) は、全米研究会議に対し、NNIのレビューを3年ごとに行うことを求めている。レビューにおける準備として、全米研究会議はNNIのさまざまな面を探求するためのワークショップを何度か開催した。2005年3月24～25日、全米研究会議はナノテクノロジーの発展に関するワークショップを開催し、その場において、ナノ-EHSとナノ-ELSIはより詳しく調査された。これらの見解は2006年に発表された初めての審査に反映され、環境や健康、またナノテクが関与する安全性の影響についての研究がより重点的にされるべきであると勧告された<sup>71</sup>。

---

<sup>67</sup> J. C. Davies, “Managing the effects of nanotechnology.” (Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, 2006).

<sup>68</sup> J. C. Davies, “EPA and nanotechnology: Oversight for the 21st century.” (Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, 2007).

<sup>69</sup> M. Greenwood, “Thinking big about things small: Creating an effective oversight system for nanotechnology.” (Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, 2007).

<sup>70</sup> M. R. Taylor, “Regulating the products of nanotechnology: Does FDA have the tools it needs?” (Woodrow Wilson International Center for Scholars, Washington, DC, 2006).

<sup>71</sup> Committee to Review the National Nanotechnology Initiative, “A matter of size: Triennial review of the National Nanotechnology Initiative.” (National Research Council, Washington, DC, 2006).

ナノ-EHS に関する NEHI 戦略計画が発表されるとすぐに、全米研究会議はそれを正式に検討する専門家たちを招集するであろう。市民社会団体は連邦議会に対し、EPA が研究資金援助をするよう働きかけている。

## 6.2 非政府組織 (NGO)

ナノ-EHS 政策に影響を及ぼす最も活動的な非政府組織 (NGO: non-governmental organization) は、政府や企業によって着手された活動や政策に関してさまざまな見解をもっている。これらのグループを統合させているのは、新しい規制法を制定したり既存法律をもっと厳重に解釈したりすることによって、政府はナノテクから民衆の健康を守るようさらなる努力をすべきであるという意見である。

これらの根底には、台頭するテクノロジーのリスクに対する予防的処置が施されるべきであるという見地がある。これについて、「活動が人間の健康や環境に害を及ぼす恐れのある場合、たとえ、因果関係が科学的に完全に証明されていなくとも、予防的対策が行われるべきである<sup>72</sup>」と述べている文書がある。

ナノマテリアルが健康や環境に及ぼすであろうインパクトに関して、多くのまだ不明瞭な事実を挙げ、これらのグループは厳重な予防対策への取り組みをすぐに始めるべきだとしている。予防対策と言っても、ナノマテリアルの販売前に EHS 研究を義務的に提出させることから、EHS 問題が完全に処理されるまでナノマテリアルの生産を完全に一時停止することにまでさまざまな意見がある。生産の一時停止期間の呼びかけは 2002 年 ETC Group により初めて声明されたが、米国でのスタンスを強めることができず、攻撃的な圧力団体の注目やサポートを得ることしかできなかった。最も効果的であったのは、ナノ-EHS 研究に対する政府の資金援助の増加や、ナノ-EHS 研究の調整の向上、そして規制当局によるより厳重な監視を求め、これらを持続的、統一的に主張することであった。

2007 年にはナノ-EHS について懸念の声をあげるグループの数は急上昇し、また多様性が増した。また同年、今までナノテクノロジーに関心を示していなかった労働団体、労働組合、小規模あるいは国外の NGO 団体もナノ-EHS 問題に対し意見を述べるようになった。これらは多くの場合、一般公開されるレター形式であり、それは政治提携グループによって署名されていた。しかし、連名署名者の多くはその連携グループ外では独自の活動をほとんど行わない者であり、このことは、NGO のナノテクに対する関心の上昇が、社会的な傾向を示しているのか、あるいは単に少数のグループの影響を反映している結果なのか、疑問を残している。

さらに 2007 年には、企業と NGO 間の新しい戦略提携が見られた。NGO が連邦機関による現在の規制監視体制の妥当性に関して、企業に反対する一方、NGO と企業は、より良いナノ-EHS 研究が政府によって資金援助されるべきであり、より良いリスク管理手法が必要であるという点で一致している。この意見は、新聞の特集ページ (社説欄の向かい側: op-ed) に載せられ、政府の公の会議に対してコメントされ、連邦議会で証言されている。2007 年度の最も顕著な成果は環境保護団体 Environmental Defense とデュポン社 (DuPont) によるリスク管理の枠組み (Risk Management Framework) である。

---

<sup>72</sup> Wingspread Conferees, *Wingspread Statement of the Precautionary Principle*.

[<http://www.who.int/ifcs/documents/forums/forum5/wingspread.doc>], visited January 22, 2008.

2007年度、主なる活動は以下の2領域に及んでいた。1)環境庁(EPA)による「ナノスケール物質管理責任プログラム」のパイロットプランの批評、2)ナノスケール物質の商品化(特に日焼け止めクリーム)に対する懸念、である。2008年は、ラベル問題(ナノマテリアル利用有無の表示)が大きく取り上げられるであろう。

米国で最も影響のあるグループは、ETCグループ、Environmental Defense、消費者連盟、天然資源防衛委員会、テクノロジー評価国際センターである。

### 6.2.1 ETCグループ

ETCグループはこれまで、ナノテクノロジーの社会的影響に焦点を置き、ナノテクノロジー関連の声明書やレポートを発表してきたが、2007年は国際的な活動家やコミュニティーにおけるナノテクノロジーの関心を高めることにさらなる精力が注がれ、米国政策に対する批判にはあまり活発ではなかった。

2007年の主な活動は、Environmental Defenseとデュポン社の枠組みを批判すること、Nano Hazard Labelコンテストを実行し、ナノテクノロジーに関する原則の宣言(Declaration of Principle)をまとめることであった。

ETCは、Nano Hazard Labelコンテスト、グラフィックデザイン・コンテスト(24カ国、500以上の参加者を招集した)の開催とともに、メディア取材を確保した。コンテストの目的は、バイオハザード、放射線、毒性化学物質と同様に、世界的に認知されたナノテクのハザード・シンボルを生み出すことであった。3カ月間の公開コンテスト終了後、その結果は2007年1月、ナイロビで開催されたWorld Socialフォーラムで発表された。3つのデザインが選ばれ、それらの中からどれをナノテクのハザード・シンボルとして用いるかの決定権を国際的な標準を設置する組織に委ねることになった<sup>73</sup>。この動向は、先進する組織や団体にとっては特に大きな影響もたらさないが、開発途上国においては、ナノテクの認識や潜在的なリスクの認識を高めるのにも有効である。ナノテクに対するETCグループの意見と態度は、このようなフォーラムにめったに参加しない先進国からのコメントがないまま、開発途上国を通して普及されている。

その他、ETCグループの世界的対策の例として2007年7月31日に発表された「ナノテクノロジーとナノマテリアルの監視のための原則の宣言(Declaration of principles for the oversight of nanotechnologies and nanomaterials)」がある<sup>75</sup>。ETCグループは、同宣言に署名する消費者、公衆健康、環境、労働、そして市民社会団体の国際的連合を組織した。以下にその8つの要素を記す。

---

<sup>73</sup> ETC Group, *First round of nano-hazard symbol contest ends*.

[[http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub\\_id=600](http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=600)], visited January 22, 2008.

<sup>74</sup> ETC Group, *Winners of nano-hazard symbol contest announced at World Social Forum, Nairobi, Kenya*.

[[http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub\\_id=604](http://www.etcgroup.org/en/materials/publications.html?pub_id=604)], visited January 22, 2008.

<sup>75</sup> ETC Group et al., *Principles for the oversight of nanotechnologies and nanomaterials*.

[[http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf\\_file2/651](http://www.etcgroup.org/upload/publication/pdf_file2/651)], visited January 22, 2008.



1. 予防的基盤:製品の製造者と販売者は、責任をもってその製品の安全性を提示する義務がある。健康と安全性に対する独自のデータがない場合、販売許可は与えられないものとする。
2. ナノに特化した強制的規制: ナノマテリアルは新しい物質であると分類され、ナノに特化した監視を受けるべきである。自主的な取り組みでは不十分である。
3. 一般大衆と労働者の健康と安全性: 一般大衆と労働者を守るため、確実な安全性が確立されていないナノマテリアルに対する暴露の予防を徹底する。
4. 環境保護: 商品化される前に環境に及ぼす影響の完全なライフサイクル分析を義務付ける。
5. 透明性: すべてのナノ製品はラベルの表示を義務付け、安全性データが一般市民に公開されるべきである。
6. 一般市民の参加: すべてのレベルにおいて、公開された一般市民参加型の意義のあるやりとりが行われるべきである。
7. 広範囲なインパクトの考慮: ナノテクノロジーの広範囲に及ぶ影響（倫理的、社会的影響を含む）について熟慮されるべきである。
8. 製造物責任: ナノ製品を取り扱う企業は、彼らが作り出す製品につき、完全なる責任を負うべきである。

署名者のリストには、ナノテクに関する公の活動をここにしか行わないグループも多く含んでおり、ETC グループとの関係のためであったのか、将来的に独立して維持していくのかについての疑問を残すものであった。さらに、ETC グループの行動が米国のナノテクノロジー政策に顕著な効果をもたらすのかどうかは議論を呼ぶものである。にもかかわらず、ETC グループは世界的に非常に大きな影響を及ぼしている。

## 6.2.2 環境防衛

環境防衛 (EDF: Environmental Defense) は環境保護団体であり、企業と連携し共通の目標達成を支援する組織である。それは、ナノ-EHS 問題に着手する最初の NGO であり、国会での公表やメディアでコメントを求められる、活発で影響力のあるグループの1つである。

ナノ-EHSに対するEDFの関心は、2003年にEmerging Issues Working Groupがナノテクノロジー関連の情報を収集し始めた頃にさかのぼる。ライス大学教員であるVicki Colvin氏とKristen Kulinowski氏が中心となり、ナノテクノロジーが2004年5月6日Science Boardの年1回のScience Dayのトピックとして選ばれた。Kulinowski氏、ライス大学教員であるMark Wiesner氏、サザンメソジスト大学教員であるEva Oberdörster氏、EPAのBarb Karn氏とデュボン社のDavid Warheit氏がScience Boardでナノ-EHSに対する現時点での理解について説明した。EDFの最初の公の活動は、有害物質規則法の下でナノマテリアルが製造前届出 (PMN: Pre-manufacturing notification process) を条件とすることを明確にするためにEPAがガイダンスを発出するか、またはルール作りをリードすることであった<sup>76</sup>。続いて、EDFは2006年4月にナノリスク問題に関するワークショップの共同スポンサーとなるため、ライス大学のCBEN、Woodrow Wilson

---

<sup>76</sup> R. A. Denison, K. Florini, *Letter from Environmental Defense to the Honorable Susan B. Hazen, U.S. EPA.* [[http://www.environmentaldefense.org/documents/4457\\_NanotechLetterToEPA.pdf](http://www.environmentaldefense.org/documents/4457_NanotechLetterToEPA.pdf)], visited January, 2005.

Centerと協力した<sup>77</sup>。そして、ICONにおいて非常に活動的になり、ナノテクノロジー関連職場におけるナノマテリアルの取り扱いに関する調査を生み出す努力を行った。

ナノテクノロジーにおけるEDFの活動にはいくつかの形式がある。例えば、規制改革の支持、リスク研究の推進、国際標準の開発、そして企業でのベスト・プラクティス作りなどである。環境規制に対するEDFの立場は他のNGOと同じである。つまり、EPAはほとんどのナノマテリアルを新しい化学物質として、TSCAの下で規制すること、そして、商品化する前に製造者にリスク・データの提出を要求できるという権限を利用するべきであるということである。2003年の連邦議会でのColvin氏の証言に引き続き、ナノ-EHS研究のための資金援助に額の特定をすることを支持した最初のグループがEDFであった。NNIをレビューしていたナショナル・アカデミーのパネルに対する証言の中で、EDFは、少なくとも年間1億ドルをリスク関連の研究のために確保するよう提案した<sup>78</sup>。彼らは、連邦議会歳出委員会に対して、ナノ-EHS研究にもっと予算を振り向けるよう各省庁を指導するよう求めるため、企業、コンサルタント会社、環境NGOによる臨時の連合を組織した<sup>79</sup>。ナノテクノロジーに関して活動する米国及び国際的な標準開発組織において、EDFは他のNGOから独立した立場にいる。EDFはOECD化学委員会工業ナノマテリアル部会にの創設に非常に影響を及ぼし、ナノテクノロジーに関するANSI及びASTM委員会においても活動的である。EDFは、企業のベストプラクティスの分野では、デュポン社と提携してナノリスク・フレームワークを開発し、他のNGOとの相違を強調している。

ナノリスク・フレームワークは、EDFとデュポン社の連携により成立したもので、その目的は、ナノスケールの物質の責任ある開発を確実にするためのプロセスを確立することであり、確立されたプロセスは他の企業や団体でも広く使えるものとなる<sup>80</sup>。パブリックコメントの後、2007年7月21日に開始され、同フレームワークは米国連邦政府によるナノに特化した規制を支持する企業の間で、ナノテクノロジーの責任ある開発を促進するための当座しのぎの処置として考えられていた。そして、そのフレームワークを適用する会社は、ナノマテリアルを商品化する際に、以下の6つのステップに従うこととされた。1) 物質とその明確な及び潜在的な応用について記述すること、2) ナノマテリアルの特性、危険性、ライフサイクルを通じた暴露の可能性についてプロフィールを作成すること、3) ライフサイクルでのリスクを評価し特定すること、4) リスクを管理する行動を勧告すること、5) どのように活動を進めそれを記録するかを決定すること、6) 新たな情報の開発、または取得した場合に同フレームワークをレビューし適用させること。

このフレームワークに対しさまざまな意見が生じている。パブリックコメントの期間、市民団体と労働者グループの連合は、同フレームワークを拒否し、“世界的に緊急性のあるナノテク

---

<sup>77</sup> J. M. Balbus *et al.*, *Hazard assessment for nanoparticles: Report from an interdisciplinary workshop*. [doi:10.1289/ehp.10327 (available at <http://dx.doi.org/>)], visited

<sup>78</sup> R. A. Denison, “A proposal to increase federal funding of nanotechnology risk research to at least \$100 million annually.” (Environmental Defense, Washington, DC, 2005).

<sup>79</sup> T. Medley, K. Florini, *Funding for nanotechnology risk related research*. [[http://www.environmentaldefense.org/documents/5067\\_nano-appropsLetter.pdf](http://www.environmentaldefense.org/documents/5067_nano-appropsLetter.pdf)], visited February 14, 2006.

<sup>80</sup> Environmental Defense, DuPont, *Nano Risk Framework*. [<http://www.nanoriskframework.com/content.cfm?contentID=6498>], visited June 21, 2007.

ロジーの優先度から目をそらさせるキャンペーンにすぎない“と公開質問状で発表した<sup>81</sup>。彼ら主な懸念事項は、同フレームワークやナノスケール物質管理責任プログラム (Nanoscale Materials Stewardship Program) のような自主的な事業が、連邦政府による厳重な規制制度制定の遅延につながるのではないかということである。その公開質問状に対し、EDFは強制的規制を支持する立場であり、同フレームワークは政府が効果的な政策を一刻も早く制定するよう促すためのものであるということを重ねて主張した<sup>82</sup>。

### 6.2.3 消費者連盟

消費者連盟(CU)は、世界で最大の消費者支持グループである。その任務はすべての消費者の権利を守るため、公平で、安全な市場を求めることである<sup>83</sup>。「Consumer Reports」という人気雑誌(消費者商品の有効性と価値について評価する欄を含む)の発行に加え、CUは消費者を守る政策を支持している。ナノテクに関する活動は、2006年の4月27日にニューヨーク州ヨンカーズで「ナノテクノロジーと消費者」というカンファレンスを開いた頃に遡る。そのカンファレンスの目的は、ナノテクが消費者に与える潜在的インパクトにかかわるCUスタッフや、ナノテク商品を自ら試したいスタッフを教育することである。CUは、企業や学術的分野、そして市民社会などさまざまな領域からの専門家を招待し、多様なトピック(商品におけるナノテク利用からEHSの潜在的影響)の講義を催した。またCUは、FDAとEPAからのパブリック・アナウンスメントに対するコメントをし、さらにCPSCに関する連邦議会での証言でナノマテリアルについてのコメントもしている<sup>418485</sup>。CUは、ナノマテリアルのTSCAの下での新しい化学物質としての分類、商品化される前のテスト、ナノマテリアルを利用した商品のラベル表示について議論している。これらの話題において、CUはEnvironmental Defenseや他のNGOと同様の見解をしている。そして2006年12月、CUはICONに加盟した。

CUが他の組織と異なるところは、彼らの組織内でのテスト・プログラムを有する点である。CUは、商品に関しての独自のテストをニューヨークの施設で実施するとともに、契約している研究所を通して行う。CUが消費者が入手できる商品と同じものをテストしていることを確実にするため、すべての商品は、消費市場で匿名で購入される。2007年7月の「Consumer Reports」はナノテクノロジーに関する主要なレポートを発表し、特に日焼け止めにおけるナノマテリアルの使用が強調された。そのレポートは、ナノテクノロジーにより品質が向上する可能性のある製品や、その一方でナノテクが害をもたらすかもしれないという不確かさについて取り

---

<sup>81</sup> ETC Group et al., *Civil society-labor coalition rejects fundamentally flawed DuPont-ED proposed framework*. [[http://www.etcgroup.org/\\_page24?pub\\_id=610](http://www.etcgroup.org/_page24?pub_id=610)], visited April, 2007.

<sup>82</sup> Environmental Defense, *Environmental Defense response to coalition's open letter on the Nano Risk Framework*. [<http://www.environmentaldefense.org/article.cfm?contentID=6280>], visited April 19, 2007.

<sup>83</sup> Consumers Union, *About Consumers Union*. [<http://www.consumersunion.org/about/>], visited January 22, 2008.

<sup>84</sup> C. N. Cairns, *Re: Food and Drug Administration-Regulated Products Containing Nanotechnology Materials -[Docket No. 2006N-0107]*. [<http://www.consumersunion.org/pub/2007/06/004667print.html>], visited January 22, 2008.

<sup>85</sup> J. Mayo Duncan, *Testimony: Consumer Protection Issues*, United States House of Representatives Appropriations Subcommittee on Financial Services and General Government, 110th Congress, 1st Session, February 28, 2007 [[http://www.consumersunion.org/pub/0228%20Testimony%20of%20Janell%20Mayo%20Duncan\\_Final.pdf](http://www.consumersunion.org/pub/0228%20Testimony%20of%20Janell%20Mayo%20Duncan_Final.pdf)]

上げていた。市販の多様な日焼け止めは、CUによってその有効性をテストされ、またライス大学でナノ粒子であるTiO<sub>2</sub>あるいはZnOの存在をテストした。それにより、テストした8つの日焼け止めそれぞれが、2つのナノ粒子を含んでいたものの、材料名が書かれたラベルには1つしか「ナノ」の記載がなかったことが明らかとなった。さらに、CU独自のテストにより、ナノ粒子の含有と日焼け止めの効力には相関関係が見られないことが判明した。これにより、CUは消費者に対し、ナノ粒子による安全性に対する懸念を避けたいのであれば、TiO<sub>2</sub>またはZnOを含む日焼け止めにナノ粒子の使用をやめるべきであると勧告している。

#### 6.2.4 天然資源防衛委員会

天然資源防衛委員会 (NRDC: Natural Resources Defense Council) は、「地球（その人々、その動植物、すべての生命が依存する自然）を保護する」ことを目的とした環境保護グループである。EDFと同様に、NRDCは、科学者及び工学者に、ロビー活動、メディアとの関係という特定分野の訓練を行っている。しかし、NRDCは自身の目的を達成し、可能な範囲で企業を維持するための訴訟に精力的に従事している。独自のレポート (EDF-Dupontによるフレームワークに対する別の選択肢を含む) を発表する以外にも、同フレームワークや、政府の活動に対応する臨時的な連合の活動にも積極的である。NRDCのナノテクノロジー分野の動力源である、上級科学者 Jennifer Sass氏は、ICONの初めてのワークショップ (International Research Needs Assessment for Nanotechnology) の運営チームに参画した。

NRDCは、FDA、EPAの要求や活動に対応して、単独のコメントや共同署名したレターを提出してきた。2005年に、Sass氏は、EPAのNanotechnology White Paperや自主的な管理責任プログラムの提案に対応してコメントするため、NGO、労働団体、大学から成る臨時的な連合を2つ組織した<sup>86</sup>。2006年のレターには、NRDCはEPAがサムスン洗濯機に対してとった処置を賞賛し、ナノ・シルバーを含む全製品をレビューし、製造者がバイオサイドとして登録することを不可欠とするよう申し入れた<sup>88</sup>。ごく最近NRDCは、FDAが出した日焼け止めの新しい規制に対してコメントを提出した。これはFDAがナノ粒子を使った日焼け止めに対してのコメントを求めたからである。NRDCはFDAが「安全と見なされる (GRAS: generally recognized as safe)」とされる材料のナノスケールのものであっても安全としないほうがいと勧告した。そして、「大きさに依存した特性や機能を出すために目的を持って設計された」ナノスケールの材料を再評価すべきと述べた<sup>89</sup>。NRDCはEDFとデュポン社によるフレームワークを批判した文書に連名で署名している<sup>81</sup>。

---

<sup>86</sup> J. Sass, *NRDC comments on EPA External Review Draft Nanotechnology White Paper*. [<http://www.icta.org/doc/Comments%20on%20EPA%20Nanotech%20White%20Paper%20Jan%2006.pdf>], visited January, 2008.

<sup>87</sup> J. Sass *et al.*, *NRDC and others comment on EPA proposal to regulate nanomaterials through a voluntary program*. [<http://www.regulations.gov/fdmspublic/component/main?main=DocumentDetail&o=09000064800b04a7>], visited January 22, 2008.

<sup>88</sup> J. Sass, M. C. Wu, *Re: Registration of nanosilver as a pesticide under FIFRA*. [<http://www.nrdc.org/media/docs/061127.pdf>], visited November 2008.

<sup>89</sup> J. Sass, M. C. Wu, *Comments from the Natural Resources Defense Council on nanoparticles in sunscreens, cosmetics, and personal care products*. [[http://docs.nrdc.org/health/hea\\_08011401A.pdf](http://docs.nrdc.org/health/hea_08011401A.pdf)], visited January 22, 2008.

これらの文書以外にも、NRDCはナノテクの、2つの主要レポート（①ナノスケール・シルバーを使った製品<sup>90</sup>、②「急速に発展するナノテクノロジー分野の規制を導くための予備的なフレームワーク」を提案したもの<sup>91</sup>）を出版している。このフレームワークは、以下に示すようにリスクに対する厳重な予防的アプローチをとっている。1)安全性テストを行う前にナノマテリアルを製造、普及、利用することの制限、2)ナノマテリアルを含む商品に対する完全なライフサイクル評価の要求、そして、3)安全性を示すデータを一般市民に対して公開することの要求である。同フレームワークはさらに「ナノテクノロジーの発展及び制御における一般大衆及び労働者による全面的かつ意義のある参加」を呼びかけている<sup>91</sup>。この勧告はほかのNGOと並ぶものであり、社会的批判、ELSI問題を健康・環境問題と同等と見なし、NRDCがNGOコミュニティの一部と関係していることを示している。このグループには、ETCグループやFriend of Earthなどの団体が含まれる。

### 6.2.5 技術評価国際センター

技術評価国際センター（ICTA：The International Center for Technology Assessment または CTA）は、「技術の応用または技術的システムから生じうる経済的、倫理的、社会的、環境的、政治的影響を十分に調査することに従事する」ことを目的とした超二党派団体である。ナノテクに関心を示し始めたのは2005年、Human Genetics Policy 責任者の Jaydee Hanson 氏が、ミシガン州立大学で行われたナノテクナノテクノロジーと標準に関するワークショップに参加した頃からである。それより、CTA は特に FDA をターゲットとして、さらに厳しい規制の必要性を活発に発言している。

2006年5月15日に、CTAはFriend of Earth、ETCグループを含むグループの先頭に立ち、FDAにナノテクノロジーの健康・環境リスクに対処するよう、法律請願書を提出した<sup>92</sup>。これは、ナノテクに関する米国で初めての法的な行動であった。請願書は2つに分けられている。1つは、ナノマテリアル全体を扱うもので、リスクに関するスタンスを明示しつつナノ粒子についてのFDAの公式な意見を述べるとともに、義務的な製品テストなどを含む総合的な規制を実施するよう、FDAに要求するものであった。もう1つは、ミクロンサイズのチタニアと大きなチタニアと実質的に同じとした1999年日焼け止め裁定を見直し、ナノマテリアルを含む日焼け止めを新しい薬品として分類するようFDAに要求するものであった<sup>50</sup>。請願書を提出したことによって、FDAはある期間内に、文書で対応しなければならない。これにより、FDAは、1999年裁定の改正案にある日焼け止めにナノマテリアルを使用することに対して、パブリックコメントを求めた<sup>51</sup>。

CTAはほかにも、海に鉄ナノ粒子を排出することへの反対（ETC Groupとともに）<sup>93</sup>、食品梱包に含むナノ・シルバーの使用への反対<sup>94</sup>、EPAのナノスケール物質管理責任プログラム

---

<sup>90</sup> R. Marantz Henig, *Our silver-coated future. On Earth Fall* (2007).

<sup>91</sup> J. Sass, “Nanotechnology’s invisible threat: Small science, big consequences.” (Washington DC, 2007).

<sup>92</sup> A. Kimbrell, J. Mendelson III, G. A. Kimbrell, *CTA legal petition on FDA’s failure to regulate health threats from nanomaterials*. [<http://www.icta.org/doc/Nano%20FDA%20petition%20final.pdf>], visited May 16, 2006.

<sup>93</sup> G. Kimbrell, J. Thomas, *CTA and ETC Group oppose dumping of iron nanoparticles in ocean*. [[http://icta.org/doc/EPA\\_planktos\\_geo-engineering\\_letter%20of%20concern.pdf](http://icta.org/doc/EPA_planktos_geo-engineering_letter%20of%20concern.pdf)], visited January 22, 2008.

(Nanoscale Materials Stewardship Program) への反対 (FoEとともに)<sup>95</sup>、そしてナノ-EHS研究に対する1億ドルの資金援助の要請<sup>96</sup>などの活動にかかわっている。

## 6.2.6 その他の NGO

ナノ-EHS、ナノ-ELSI問題の中でも、地球の友 (FoE: Friends of the Earth) と Environmental Working Group (EWG) は、日焼け止めの中のナノマテリアルを中心として活動している。両グループは、2007年に、市販の日焼け止めに、酸化亜鉛や二酸化チタンが含まれていることを指摘したレポートを発表した<sup>97,98</sup>。2007年7月に発行された、「Consumer Reports」などの3つのレポートにより、FDAが、ナノマテリアルの製品への制御、制限、情報公開を怠っているのではとNGOからの懸念を生んだ。この綿密な調査や、CTAが起こした法的措置により、FDAは日焼け止めに含まれているナノ粒子についてのコメントを要請した。これは、1999年の裁定の改正案の一部としてである<sup>5051</sup>。

これらのグループの多くは同様な懸念を抱えているが、一方それぞれに特徴もある。FoEは120以上の、日焼け止め製造会社を調査し、彼らの製品にナノマテリアルを含む製品が存在するか、またそれらには安全性テストを行っているか質問をした。レポート「Nanotechnology & sunscreens: A consumer guide for avoiding nano-sunscreens」は、消費者をナノマテリアルを含む製品から遠ざけるように書かれてある。評価システムは、“緑” (ナノマテリアルを含まない製品)、“黄” (製造者側がナノマテリアルを使用しているか、使用していないか確認していない)、“赤” (製造者側がナノマテリアルの存在を確認)となっている。“赤”に所属する製品のほとんどは、WWIC 消費者製品目録から消去された。なお、WWICでは独自にナノマテリアルの存在を確認する作業を行っていない。

EWGは逆に、400もの論文をレビューした結果、いくつかの日焼け止めは、ナノ粒子を含んだものの方が好ましいとした。決め手は、太陽対ナノマテリアルにさらされる危険度の比較である。そして、ミネラル材料対有機物のリスクと太陽を遮断する能力の比較からである。レポートには、“亜鉛やチタニウムを含む日焼け止めは、含まれていないものより、紫外線、また危険な物質をはるかに多く防ぐ”と記載されている<sup>97</sup>。この要因は、EWGの懸念している、安全データの少な

---

<sup>94</sup> G. Kimbrell, *CTA Comments on Proposed EPA Oversight Change of Food Packaging; Nanosilver*. [[http://icta.org/doc/Joint%20EPA%20Comments%20on%20Food%20Packaging\\_finalApr07.pdf](http://icta.org/doc/Joint%20EPA%20Comments%20on%20Food%20Packaging_finalApr07.pdf)], visited January 22, 2008.

<sup>95</sup> G. Kimbrell, I. Illuminato, *Joint ICTA-FoE Comments on EPA's "Concept Paper for Nanoscale Materials Stewardship Program (NMS) under TSCA" and "TSCA Inventory Status of Nanoscale Substances - General Approach" - Federal Register notice July 12, 2007*. [[http://www.icta.org/doc/Joint%20Comments%20on%20EPA%20TSCA%20voluntary%20program\\_9\\_10\\_07\\_FINAL.pdf](http://www.icta.org/doc/Joint%20Comments%20on%20EPA%20TSCA%20voluntary%20program_9_10_07_FINAL.pdf)], visited January 22, 2008.

<sup>96</sup> A. Kimbrell, *CTA urges US Senate and House of Representatives to increase funding for health and safety research on nanotechnology*. [<http://icta.org/doc/2007%20Senate%20EHS%20Nano%20Funding%20Letter.pdf>], visited January 22, 2008.

<sup>97</sup> Environmental Working Group, *Skin Deep: Environmental Working Group's cosmetic safety database*. [<http://www.cosmeticsdatabase.com/special/sunscreens/nanotech.php>], visited June 19, 2007.

<sup>98</sup> I. Illuminato, "Nanotechnology & sunscreens: A consumer guide for avoiding nano-sunscreens." (2007).

さよりも重要な点である。結果として、酸化物などのナノ粒子は、ほとんど皮膚より吸収されず、ほかの日焼け止め材料より、良性のものであるとされた。

FoE、EWGはほかにも、EPA NMSP<sup>95</sup>や、殺菌剤に使われるナノ・シルバーの理由<sup>99</sup>や、ETCグループがまとめた、「Declaration of principles for the oversight of nanotechnologies and nanomaterials<sup>75</sup>」にもコメントしている。

## 6.3 業界団体

### 6.3.1 米国化学協会

米国化学協会（ACC: America Chemistry Council）は、米国内で活動している大規模な化学企業を代表する業界団体である。ACCは、ナノスケールの化学製品の製造、販売、使用に関与しているメンバーのため、さまざまな問題を探求するナノテクノロジーパネル（NP）を作った。ACC NPは開始以来、政策において、政府機関（例えばEPA NMSP）の要請に対して活発に声明を出している。また、ナノマテリアル検査のための提案、ACCメンバー用にナノマテリアルのリスク削減を目的とした作業場習慣の概観、さらにナノテクのリスク、利益をバランスよく示した環境防衛（Environmental Defense = 団体名）との共同声明への参加などである<sup>100</sup>。ACC NPのナノマテリアルに対してのスタンスは、社会に大きな利益をもたらすものとして、潜在的なEHSリスクにより、制限されるべきではないとしている。特にACCは以下のことを強調している。

1. 連邦の機関は、環境・健康・安全性への影響の評価方法の研究開発及びナノマテリアルの研究開発にこの評価方法を適用するプログラムに対してもっと資金援助するべきである。
2. 規制、研究、標準設定の活動についての世界的な調整を促進するべきである。これは、ナノマテリアルが多く規制対象になるのを制限し、規制プログラムの集約を促進するためである。
3. 労働安全性、健康、製品規制など化学物質の製造及び使用のための既存の規制フレームワークが、ナノマテリアルの特性に関する科学の進歩を踏まえて、ナノマテリアルを評価するのに十分しっかりとしたものになっているかどうかを確かめるべきである。
4. コミュニティ、職場、環境を保護する。ナノテクノロジーについての、責任ある法律、規制、方針などを、規制機関とともに開発する。

---

<sup>99</sup> R. Senjen, “Nanosilver – a threat to soil, water and human health?” (Friends of the Earth Australia, March 2007).

<sup>100</sup> American Chemistry Council, *Nanotechnology Panel*. [[http://www.americanchemistry.com/s\\_acc/sec\\_statistics.asp?CID=654&DID=2564](http://www.americanchemistry.com/s_acc/sec_statistics.asp?CID=654&DID=2564)], visited January 25, 2008.

5. ACCのChemicals Management Policyや、Responsible Care® Management Systemsをナノテク関連の事業に応用する<sup>101</sup>。

ACC NO は、NMSP の開発によって、EPA がとっている志願アプローチを支援している。EPA は現在、ナノマテリアルを規制するための権限をすべて所有していると述べている。つまり、既存の法令が適用できるため、ナノマテリアルは特定の規制対象にする必要はないのである。

### 6.3.2 ナノビジネス同盟

ナノビジネス同盟 (NbA : NanoBusiness Alliance) は、ナノテクノロジー研究開発の最先端をいく、中小企業を代表する業界団体である。以前の指導者の中では、ナノテクの潜在的リスクについて警戒を示しており、[Greenpeace report](#)を“企業テロ”とまで表現していた<sup>102</sup>。NbAは、ナノ-EHSの懸念に対して、Health and Environmental Implications Task Forceを設立したが、活動することはなかった<sup>103</sup>。現常務のSean Murdock氏 (ICONの有力メンバー) は、今までのスタンスを和らげ、ナノテクに適用している既存の法令の明確化、EPAとNMSPのサポートなどのため、ナノ-EHS研究に連邦に資金援助を要請した。しかし彼の第一の目標は、研究開発の税金を和らげ、国に商業化の資金援助をさせ、特許のサポートからくる、スタートアップ会社の産業化を手助けすることである。ナノ-EHSは実際のところ、スタートアップの状況に置かれている企業にとって、障害となっている。

## 7. 大学研究機関

ここ 5 年で、ナノ-EHS を主体とした大学研究機関は爆発的に増えた。今でも、ライス大学はナノ-EHS 研究問題に従事している最も有名な大学ではあるが、2001 年に CBEN が設立されて以来、多くの機関が見られるようになった。

### 7.1 ナノ-EHS 活動の主要なセンター

ナノ-EHS 活動を行っている学術センターには、ライス大学、ブラウン大学、デューク大学、カリフォルニア大学ロサンゼルス校、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、フロリダ大学、ジョージア工科大学、ミネソタ大学、ノースウェスタン大学、オレゴン州立大学、パーデュ大学、ロチェスター大学、サウス・カロライナ大学などがある。他にも大学機関などで、医療応用・労働健康の毒物性を研究している教授などがいる。例えば、カリフォルニア大学ナノシステム研究所は NanoToxicology Research Training Program を始動、ノースウェスタン大学は階層ナノマニュファクチャリングセンター (Center for Hierarchical Manufacturing) を有している。小規模な研究が多いため、他の大学のナノ-EHS 活動を把握するのは難しい。

---

<sup>101</sup> American Chemistry Council, *Statement on nanotechnology*. [[http://www.americanchemistry.com/s\\_acc/bin.asp?CID=654&DID=2566&DOC=FILE.PDF](http://www.americanchemistry.com/s_acc/bin.asp?CID=654&DID=2566&DOC=FILE.PDF)], visited January 25, 2008.

<sup>102</sup> D. Brown, *Greenpeace wades into nano debate with report that calls for caution*. [[http://www.smalltimes.com/articles/article\\_display.cfm?ARTICLE\\_ID=268886&p=109](http://www.smalltimes.com/articles/article_display.cfm?ARTICLE_ID=268886&p=109)], visited July 24, 2003.

<sup>103</sup> B. Feder, “Nanotechnology group to address safety concerns,” *New York Times*, July 7 2003.



### 7.1.1 ナノテクノロジー国際評議会

ナノテクノロジー国際評議会 (ICON: International Council on Nanotechnology) は、ナノテクノロジーの安全性に対して責任ある、有益な開発を目指す多くの投資者を抱える国際的な組織である。メンバーには、政府、大学、企業、非政府団体などからの代表者がそろっている。活動内容は、以下の4つの分野に分けられる。

- 健康・環境リスク問題を探求する、公開討論会やイベント
- ピア・レビュー論文をアクセスするための電子情報データベース
- 決断者のための、高品質のテクニカル情報収集
- 多くの関係者のため、技術的データを翻訳するコミュニケーション基盤

ナノテクノロジー環境、健康、安全データベース (Nanotechnology Environmental, Health, and Safety Database)、バーチャル論文、*Survey of Current Practices for Handling Nanomaterials in Occupational Settings*、International Research Needs Assessment for Nanomaterial Environment, Health & Safety の2つのワークショップが ICON の主要プロジェクトに挙げられる。

ナノ-EHS のバーチャル論文 (VJ) [<http://icon.rice.edu/virtualjournal.cfm>] は、ナノ-EHS 問題関連のピア・レビュー論文のすべてを集めており、簡単なオンライン論文フォーマットで公開しているものである。今では、2,000もの参考文献が含まれ、ICON で最も多く見られるプロジェクトである。2007年にVJは、初めて、ナノ粒子とプロテイン・ファイバーの形成の関連性を示した重要な論文を発表した。これは、プロテイン細動からくる病気の諸影響を示したもので、問題視したナノ粒子の危険性を大げさにしないため、ジャーナリスト、政府決定者や、一般市民に分かりやすく書かれている。

2006年11月、ICONは、ナノテクノロジー産業の作業場の安全習慣の包括的な国際調査を発表した(「A Survey of Current Practices in the Nanotechnology Workplace レポート」)。この調査は、2段階のプロジェクトで、ナノマテリアルが及ぼす安全リスクの企業での制御法を分析したものである。第一段階は2006年10月に発表された、「Current Knowledge and Practices regarding Environmental Health and Safety in the Nanotechnology Workplace」のレポートである。これは現存する状態から、作業場での安全を考えたベスト・プラクティスの発展を記したものである。第2段階は、現在使われている習慣を反映したものである。これら2つをあわせたレポートは、ナノテクノロジー作業場での健康・安全習慣を記した初めてのものであり、カリフォルニア大学サンタバーバラ校の研究チームにより発表された。このデータは、2006年夏に北米、欧米、アジア、オーストラリアの64の組織から集められたものである。その中の39%は北米・日本、17%は欧米、5%はオーストラリアから集められた。内容の80%は、ナノマテリアル製品を開発した、私営企業からきている。集められた情報の中で、貴重な発見の1つは、一般的な化学薬品を扱う場合の習慣とあまり変わらないという事実である。ナノマテリアルのための独自の改善案を考えているものの、情報や指導の少なさから、改善策が提案されていない。ナノマテリアル安全を処理するにあたっては、毒性、危険性、安全処理の研究がさらに必要とされている。

2007年にICONは、物理的性質、化学的性質からくるナノマテリアルの相互作用を予想するための、研究開発を目標とした、2つのワークショップを開催した。最終的な目標は、この内容の研究戦略を示した参考書の発表である。この戦略は、達成できる短期、中期、長期的な目標を年表として記載してある。第1のワークショップは、ナノマテリアルの生物・環境相互作用の重要な要因を決定するため、2007年1月9~10日にNIHのBethesdaキャンパスで開かれ、世界各国から集められた60人以上の専門家が参加した。ここでは、カーボン・ナノ組織、金属、酸化

金属、半導体、高分子、自動集合ナノマテリアルの主としてマテリアルの化学成分ごとに、6つのグループに分けられて、ナノマテリアルの望ましくない危害、さらされる状況を示した“hot spots”が、確定され始めた。第2回のワークショップは、特定の生物相互作用を強調したもので、2007年6月5～7日に、Swiss Re Centre for Global Dialogue、Rüschlikon（スイス連邦）で開かれた。特定のものにはナノ生物相互作用のメカニズム（酸化ストレス、プロテイン・ミスフォルディング、炎症、免疫反応、細胞死、壊死、genotoxicity、突然変異誘発力、発達効果、工業ナノ粒子と細胞・細胞組織・動物の相互性、有益応用・予期せぬ結果の可能性）などが論題に含まれていた。

他の活動内容には、2006年1月にダブリン（アイルランド）の郊外にあるインテルの施設と2006年12月に三菱商事（東京）で開かれた、ナノ-EHSの情報交換のための関係者会議などがある。これらの会議には、産業界、大学、政府、NGOが参加し、ナノ-EHS研究・アウトリーチに関する国際協力の推進方策について議論が行われた。

### 7.1.2 社会におけるナノテクノロジー・センター

21世紀ナノテクノロジー研究開発法案で連邦議会から与えられた権限に基づき、NSFは2つの社会におけるナノテクノロジーセンター（CNS: Center for Nanotechnology in Society）を2005年に創設し、アリゾナ州立大学と、カリフォルニア大学サンタバーバラ校に運営を任せた。これらのセンターは、ナノ-ELSIの社会科学的研究が主で、ナノ-EHS問題に間接的にしか関与していない。それでも大きな問題であるナノテクノロジーの社会へのリスク、利益、影響にかかわっているため、ここで評価しておく。

## 8. 結論

ナノ-EHSの展望は常に変化している。直近では、長らく待ち望まれていたNEHIによるナノ-EHS戦略の新しい報告書、EPAによる研究ニーズに関する文書、NIOSHのナノテクノロジー研究センターのレビューの発表が行われた。このような活動はすべて、人々がナノテクノロジーの問題を常に人々の視野に入れていく役割を果たしている。人々は同じ（それゆえ不足している）情報を何度も繰り返し聞かされることに疲れを感じるなど「ナノ-EHS疲れ」が見られ始めているかもしれないが、これらの活動は、ナノテクノロジーが健康・環境に及ぼす影響に関する理解を最後には高めるものであると考えられる。これは、長期的により良い研究、社会にとってのより大きな利益に繋がるであろう。