

# 電子部品産業での カーブアウトによる市場創出

藤浪 啓



石綿昌平



前原孝章



岸本 章



## CONTENTS

新アプリケーションの創出困難という危機  
 新規事業創出を阻むイノベーションのジレンマ  
 カーブアウトがイノベーションのジレンマを解消する  
 カーブアウトで期待される市場創出効果

## 要約

- 1 電子部品業界は、日本のエレクトロニクス産業のなかで最も国際競争力を持っている。参入障壁の構築は不得手だったものの、高い技術力による新しいアプリケーションの創出がその競争力の根源だった。しかし、パソコン、携帯電話、デジタル家電に続く新しいアプリケーションはなく、現在は新アプリケーションの創出が困難という危機に直面している。
- 2 新アプリケーションの創出を困難にしている要因はいろいろあるが、構造的な問題として「イノベーションのジレンマ」の影響が大きいと考えられる。たとえば、既存事業とのカニバリゼーション（食い合い）があるために新事業、「破壊的技術」への投資が積極的に行えない、既存事業が十分大きいために、新事業、破壊的技術が魅力的に見えないし、また事業の評価も正しく行えないなどである。
- 3 そこで本稿では、新事業、破壊的技術を外部化し、イノベーションのジレンマを解消する手法として「カーブアウト」を提案する。カーブアウトとは、親会社がある程度の資本を持ち続けたうえで、事業の一部の資金を第三者から受け付けるものである。これにより、イノベーションのジレンマを引き起こしていた原因のいくつかは解消される。
- 4 技術間の競合が起こっている主要な電子部品分野について行った試算によれば、カーブアウトには2010年時点で約9000億円の市場創出効果があると期待される。

## 新アプリケーションの創出困難 という危機

### 1 日本電子部品産業の低落

電子部品産業では、日本企業が非常に高い競争力を有していた。世界市場でも常にトップシェアを確保していたし、多くの分野で技術的にも市場をリードしてきた。なかには、光ピックアップのように部品の競争力がセット製品そのものの競争力に密接に関係するものも多く、電子部品は日本エレクトロニクス業界の競争力の源泉だったともいえる。

しかし、1990年代後半以降、日本企業のシェアが次第に下がってきており（図1）、その結果、現在、企業の経営指標も低い状況になり始めている（表1）。

### 2 参入障壁構築の失敗と アプリケーション開発力

日本の電子部品産業がシェアを落としてきた理由としては、参入障壁の構築に失敗したことが最も大きなものだろう。DRAM（記憶保持動作が必要な随時書き込み読み出しメモリー）などのメモリー分野や、液晶などの分野では、技術のノウハウが製造装置とともに外部に流出し、結果として日本企業のシェアが下落している。製造装置とともに技術が流出したということでは、二次電池（充電式電池）市場なども同様の状況である。

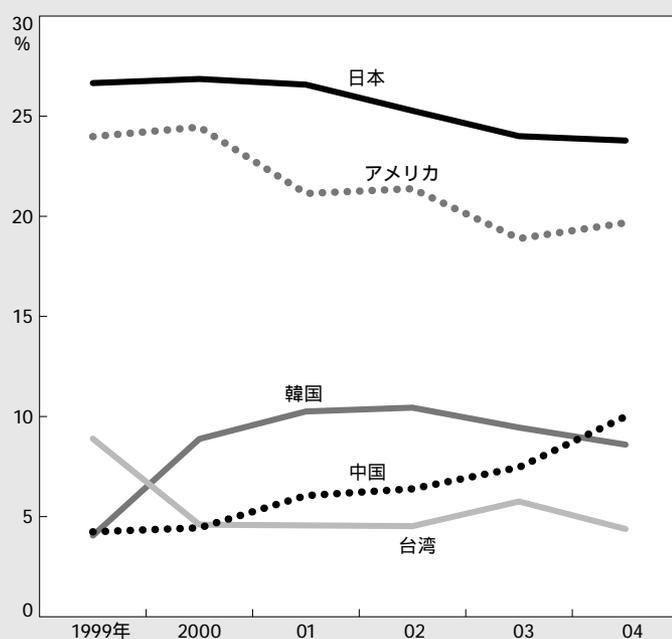
もちろん、セラミック関連部品など、より材料加工に近く、ノウハウの流出しにくい分野もある。しかし、これらの分野も徐々に後発企業群がノウハウを蓄積しつつあり、優位を永続的に築き続けられるとは限らない。

こうした状況にあっても日本企業が高いシ

ェアを築き続けていられたのは、エレクトロニクス業界で新しいアプリケーションセット製品の継続的な登場があり、その市場創造に日本の電子部品が非常に重要な役割を果たし続けたからである。市場を創出し続けるからこそ、後発企業にシェアを奪われるまでは、魅力的な利益を得ることが可能だった。

しかし、足元のデジタル家電などを見ると、技術革新のスピードが上がったことなどにより、すでに新しいアプリケーションが登場しても勝てられる期間が短くなってしまっている。また、そもそも新アプリケーションの創出ができにくくなっている。現在、

図1 世界の電子部品生産の国別シェア



出所) The Yearbook of World Electronics Data 2004, Reed Electronics Research

表1 日米の電子部品企業の収益 (2004年度)

		(単位: %)	
		営業利益率	ROE
日本	電子部品	7.25	7.10
アメリカ	半導体	22.48	15.58
	外部記憶装置	12.28	6.92
	周辺機器	5.91	11.50

注) ROE: 株主資本利益率

出所) NOMURA400 (野村證券作成の株価指数) ロイター指数

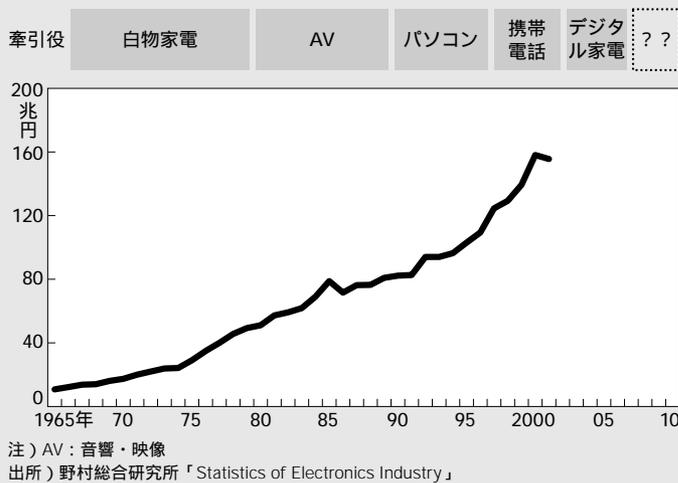
筆者らが最も懸念しているのは、まさにこの新アプリケーション創造の危機である。

近年のエレクトロニクス業界を牽引してきたのは間違いなくパソコンであり、携帯電話であった。パソコンは1990年代を通じて牽引役を果たし、年間1億5000万台、9兆円の市場を提供した。パーソナルデバイスである携帯電話は、出荷数量が年間5、6億台、約9兆円という巨大な市場で、小さな筐体の中に多くの機能（軽薄短小の電子部品）が追加されてきた（画面のカラー化、カメラ付き、おサイフケータイ、...）。

また、携帯電話に匹敵するAV（音響・映像）機器などのデジタル化も市場を牽引してきた。薄型テレビ、DVD（デジタルビデオディスク）、デジタルカメラの新三種の神器やリアプロジェクションテレビなどデジタル家電は、すでに5兆円前後と見られる市場を開拓した。ここ数年、日本の一部電子部品メーカーの業績が持ち直したが、デジタル家電がその牽引役だった。

しかし、パソコン、携帯電話、デジタル家電に続く、その次の新しいアプリケーションの提案は見えてこない。自動車関連、環境関連、ロボット、ユビキタスなどさまざまいわれているが、それぞれ市場規模が小さく、まだ産業としての形は見えていない（図2）。

図2 世界のエレクトロニクス市場の規模推移とその牽引役



### 3 必要となる「死の谷」の克服

一般的に、技術開発からビジネスとしての成功に至るまでには、「死の谷」と「ダーウィンの海」という2つのハードルを越える必要があるといわれている。

ダーウィンの海とは、新製品の開発後に既存商品や競合企業との競争によって自然淘汰が行われることを示し、ハーバード大学のリス・M・ブランズコム名誉教授らを中心に研究が進んでいる問題である。一方、死の谷とは、NIST（アメリカ国立標準技術院）によって指摘されたもので、基礎研究と実用化の中間段階で事業化の見極めが困難となり、資金供給が不足することによって基礎研究の成果が死んでしまうという問題である。

この2つのハードルの視点から考えると、電子部品業界における日本企業のこれまでの問題は、ダーウィンの海における競争で勝ち続けるための参入障壁が築けなかったことだ

図3 日本の電子部品産業における課題の変化

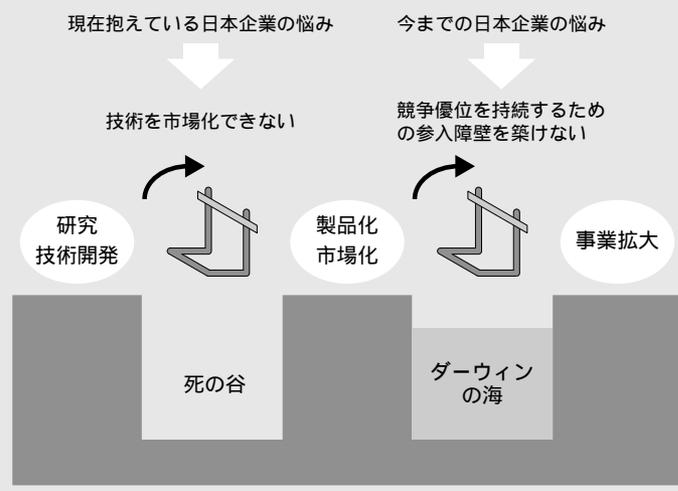
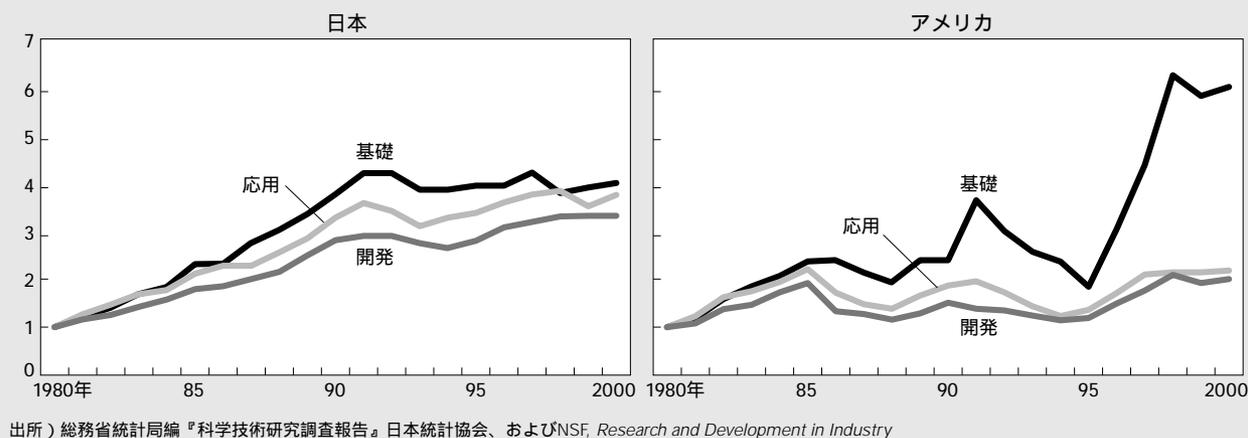


図4 日米の民間研究開発費の推移（1980年 = 1）



と整理できる。しかし、日本企業が直面する問題は、アイデアを評価して事業化の判断を行う仕組みが機能せず、研究成果を埋没させている点にあるといわれる。まさに、従来はダーウィンの海を越えることが課題として認識されていたが、今後は死の谷を越えることの重要性を認識すべきである（図3）。

今でも、日本企業は技術のブラックボックス化、コア部品の垂直統合化、技術のブランド化など、参入障壁を築くことに、より多くの関心を割いているように見える。マクロ的に見ても、日本の企業では依然として、技術が市場化した後の応用・開発面での投資が多い（図4）。当然これも必要だが、基礎研究への投資、基礎研究を市場化するための投資の比重を高めて、死の谷を克服する努力をすべきだろう。

## 新規事業創出を阻むイノベーションのジレンマ

### 1 イノベーションのジレンマ

では、日本の電子部品産業で、新アプリケ

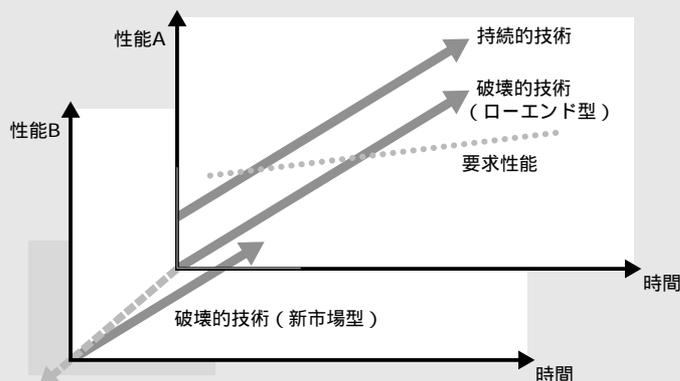
ーション、新市場創出を困難にしているものは何か。上述した「死の谷」を克服する努力の不足と同時に、ユーザーニーズの細分化、不明確化などがあげられる。

これまでのニーズが明確な時代では、プロダクトアウト（生産者側起点）にしてもマーケットイン（市場ニーズ起点）にしても、ユーザーニーズが新市場創造を導いてきた。今後は、特に先進国では、モノの充足率は増し、さらに追加的なユーザーニーズは不明確となる。安全、高齢化などがキーワードとしてあげられるが、実際のニーズとして顕在化するまでには、まだ道のりが遠い。

一方で、供給側の原因もあげられる。個々の部品分野の事情をあげるときりがないが、筆者らはどの分野でも基本的には同じような構造的課題を抱えていると考えている。それが「イノベーションのジレンマ」である。

イノベーションのジレンマは、ハーバード大学のクレイトン・クリステンセン教授によって提唱された。優良企業が顧客のニーズを常に受け入れ、それに対する技術向上を行っているにもかかわらず、競争力を失ってしま

図5 持続的技術から破壊的技術への世代交代



出所) クレイトン・クリステンセン、マイケル・レイナー著、玉田俊平太・櫻井祐子訳『イノベーションへの解』翔泳社、2003年

う危険性を秘めていることを示す。

技術のイノベーションには「持続的イノベーション」と「破壊的イノベーション」とが存在する。持続的イノベーションとは、既存の製品やサービスの性能を高めるための技術イノベーションである。一方、破壊的イノベーションとは、短期的には性能を引き下げるものの、従来の製品・サービスとは違った特性を提供することにより、新たな価値を提供し得るようなイノベーションを指す。

優良企業は、えてして、既存の製品に対する持続的イノベーションに注力するあまり、破壊的イノベーションを軽視しがちである。破壊的イノベーションは、往々にして既存顧客や既存事業とカニバリゼーション（食い合い）する、つまり破壊的技術が持続的技術を侵食する、または既存事業と比べて事業規模が小さすぎるなど魅力的に映らない。

しかし、破壊的技術の水準がひとたびユーザーの要求する性能を上回ってしまうと、ユーザーは価格競争力など、純粋な技術以外の要素を重視するようになる。その結果、技術の主役は持続的技術から破壊的技術に交代

し、持続的イノベーションに注力してきた企業は競争力を落とすことになる（図5）。

## 2 新規アプリケーションを開拓する破壊的「技術の種」

日本企業の例を見ても、やはり新規アプリケーションの開拓ができていない理由をイノベーションのジレンマで説明することができる。ここでは、破壊的技術が新規アプリケーション開拓のための「技術の種」であることを示した後に、日本企業が持続的技術に注力するあまり、破壊的技術の事業化に苦しんでいる現状を示す。

破壊的技術が新しいアプリケーションを開拓し得る技術の種であることを示すものとして、過去のインクジェットプリンターの事例、現在のリアプロジェクションテレビ、CMOS（相補型金属酸化膜半導体）センサーの事例をあげる。

レーザープリント技術が主流だった1980年代に、インクジェットプリント技術は破壊的技術であった。レーザープリンターと比べてインクジェットプリンターは解像度も低く、1枚当たりの印刷時間も長い、プリンター本体価格の安さが特徴であった。しかし、解像度と時間に対するユーザーからの要求水準を技術が追い越したとき、インクジェットプリント技術はにわかに注目を集めるようになり、その結果として「家庭向けパソコン用の簡易プリンター」という新しいアプリケーションを開拓した。ヒューレット・パカードはインクジェットプリンター事業の新規立ち上げに成功している。

他方、現在の薄型テレビ市場でも、液晶テレビやプラズマテレビに対してリアプロジェ

クションテレビは破壊的技術である。リアプロジェクションテレビは、液晶テレビやプラズマテレビと比較して、画質や解像度の性能面では明らかに劣っていたが、価格面、あるいは超大型といった特性により、業務用途向けなどの新しいアプリケーションを開拓する可能性を秘めている。

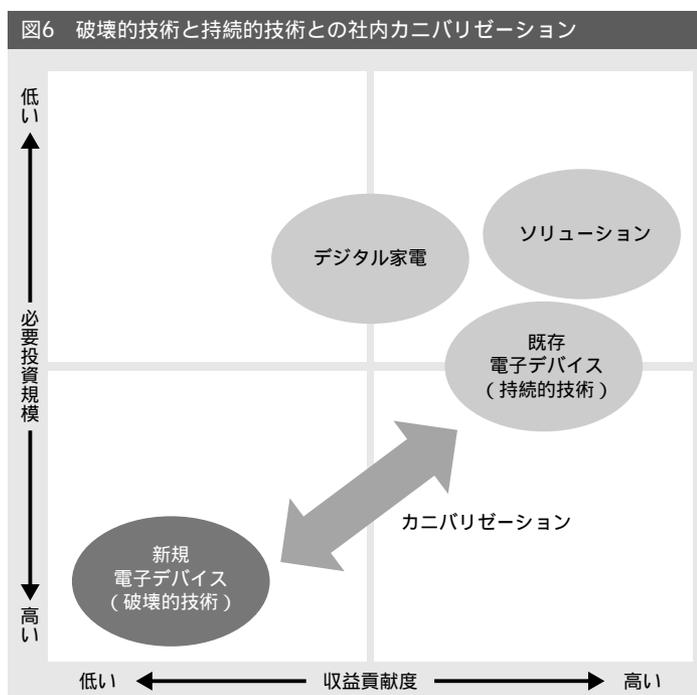
また、撮像素子市場ではCCD（電荷結合素子）に対してCMOSも破壊的技術といえよう。解像度の点ではCCDより劣っているにもかかわらず、そのコストパフォーマンスにより、従来のデジタルカメラ市場とは違う、カメラ付き携帯電話、特に海外市場におけるカメラ付き携帯電話というアプリケーションの開拓に成功した。日本市場では、カメラ付き携帯電話はまだその大半がCCDを採用しているが、今後CMOSへとシフトしていくのは明らかで、これは破壊的技術が持続的技術を侵食しようとする1つの事例といえる。

### 3 日本企業内にひそむ「死の谷」

このように破壊的技術は、その特性を活かすことにより、新規アプリケーションを開拓する可能性を秘めているが、日本企業は総じて持続的技術に注力するあまり、破壊的技術に対する優先度が低くなる傾向が強い。

特に総合エレクトロニクスメーカーという形態が多い日本企業では、新規アプリケーションを開拓し得る可能性がある「技術の種」を抱えているにもかかわらず、既存技術とのカニバリゼーションに対する危惧から十分な経営資源を割くことができず、新規分野の事業化、あるいは事業化後の成長がスムーズに進まないケースが多く見られる（図6）。

デジタルカメラの場合は、既存のアナログ



カメラとのカニバリゼーションを覚悟のうえで、開発と市場化が図られた好例といわれている。しかし多くの場合、そうはならなかった。たとえば、先述した撮像素子の場合、ソニーは以前からCCD市場で常にシェア1位の座を確保し続けていたが、破壊的技術と位置づけられるCMOS事業への十分な資源配分が行われなかったため、CMOS事業の拡大に苦しむ結果となっている。

日本企業は、持続的技術に相当する既存事業に加えて、将来の新規事業の種に相当する破壊的技術をも保有していることが多い。ただし、破壊的技術を事業化して、成長させるための仕組みが欠如していることが問題であり、いかにして速やかに事業化し、しかも事業化後の事業成長を実現するかが、日本企業に突きつけられた課題となっている。いわば社内に「死の谷」が存在するために、先に進めないのである。

## カーブアウトがイノベーションのジレンマを解消する

### 1 破壊的イノベーションの外部化

イノベーションのジレンマを解消するには、クリステンセン教授によれば、破壊的イノベーションを外部化することが最良という。イノベーションのジレンマが起こる理由をもう少し詳細に見てみる。

まずは、既存事業や既存顧客とのカニバリゼーションである。そのため、企業の中での新規事業の位置づけが低くとどまってしまう。結果として、十分な資金が新規事業に注入されずに終わってしまう。

破壊的イノベーションが市場を創出するために必要な資源は自社の中になく、他企業とのパートナーリング（連携）が必要であるにもかかわらず、自社の中に埋もれることでその機会が得にくいということもある。また、たとえ破壊的イノベーションを事業化したとしても、その事業の評価を、既存事業と同様の体系で行うことで、事業の業態、ステージに合った正当な評価がされないままに終わってしまうということも考えられる。

これらの原因を解決するのが、事業の外部化である。外部化により、カニバリゼーションの解消、外部企業とのパートナーリングの加速、評価体系の切り離しなどが期待される。

### 2 外部化の方法

では、もう少し具体的に外部化の手法について見てみよう。

外部化の一形態として社内ベンチャーがある。社内ベンチャーは、資金は企業がすべて負担し、その他さまざまな援助を企業が行っ

たうえで、ベンチャービジネスとして新規事業を立ち上げる手法である。しかし、ベンチャーと名前がついているものの、たとえば事業が失敗したとしても身分は保障されているなど、実際には立ち上げ主体がとるリスクは限定的である。結局は、社内に新しい事業体が出現するだけで、企業が普通に新規事業へ投資することと大きく変わらない。新規事業の外部化には有効とはいえない。

その点についてはトラッキングストックも同様だろう。トラッキングストックとは、特定の事業の業績に株価を連動させて配当を行う株式である。トラッキングストックは1984年にアメリカでゼネラル・モーターズが初めて導入し、日本ではソニーが2001年にソニーコミュニケーションネットワークを対象として導入した。正確にはソニーが発行したのは子会社連動配当株である。

しかし、トラッキングストックも、コングロマリットディスカウント（コングロマリット化している企業で、実勢株価が理論株価より割安に評価されていること）を解消するための手法としての効果は認められるが、資金はあくまでも親会社に入るため、イノベーションのジレンマの原因を払拭するには物足りない。

これらと全く対極に位置するのがスピンアウトである。スピンアウトは、事業主体が自己資金または第三者からの資金を利用して事業の立ち上げを行う。親会社からの資金の充たはないので、完全に別会社として独立することになる。この場合、イノベーションのジレンマが持つ要因の多くが解消されることは期待されるが、一方で完全に独立企業となってしまうため、親会社のメリットはない。

どの方法にも一長一短があるが、こうした手法のなかでも、筆者らは「カーブアウト」が最も有効な方法と考えている。カーブアウトは、企業がある程度の資本を持ち続けながら、外部の資本の論理を導入し、イノベーションのジレンマに陥る原因を解決していく手法として有効である。

### 3 外部化の手法としてのカーブアウト

カーブアウトは数年前から投資ファンドが用いてきた用語である。手法としては、上記の社内ベンチャーとスピアウトの中間に行く。親会社がある程度の資本は持ち続けたいうえで、事業資金の一部を事業主体者の自己資金で賄い、または第三者から受け付けるものである。元の企業が50%以上の出資比率を保ち続け、あくまでも子会社としている例が多い。出資を行う第三者としては、投資ファンドや一般公開の場合もあり、また、ジョイントベンチャーという形で他の事業会社からの出資を受け付ける場合もある(図7)。

カーブアウトを用いることで外部の資本が注入され、既存事業とのカニバリゼーションとは無関係に、事業主体に対してより柔軟に資金が流入する。パートナーリングも活発化する

ことが期待される。外部の資本がパートナーであればなおさらだが、それ以外でもその機会は増加するだろう。評価体系についても、既存事業と切り離され、正當に評価される可能性が高くなる(次ページの図8)。

たとえば、NECエレクトロニクスはカーブアウトといえる事例の1つである。NECが出資比率約65%を維持しながら、残りの資本を一般公開で調達している。ほかにも、NECはカーブアウトを利用し、レーザー加工事業部門を統合・分社化したレーザーフロントテクノロジーを立ち上げた。その効果は今後注視していく必要があるが、すでに同様のスキームは行われてきている。

最近では、三菱商事と日本政策投資銀行が2005年4月に設立したカーブアウト支援ファンド、テクノロジー・アライアンス・インベストメントがある。これは日本初のカーブアウトファンドという触れ込みで、大手電機メーカーの事業切り出し(カーブアウト)を支援すると明確にうたっている。このファンドは、三菱商事と日本政策投資銀行が各40億円を出資し、さらに機関投資家などの資金も集めて150億円を調達、運営するものである。プレスリリースによれば、今後5年間で15件程度の案件に対し、1件当たり5~30億円を

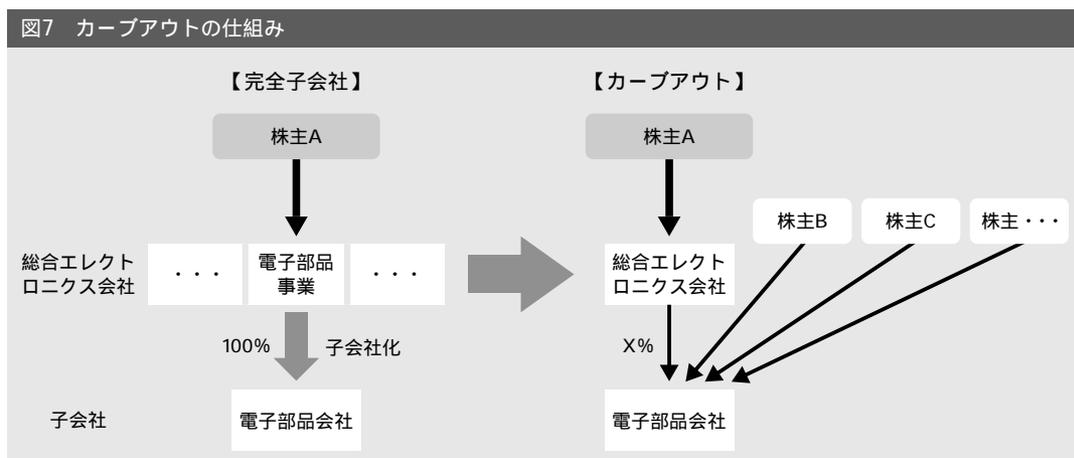
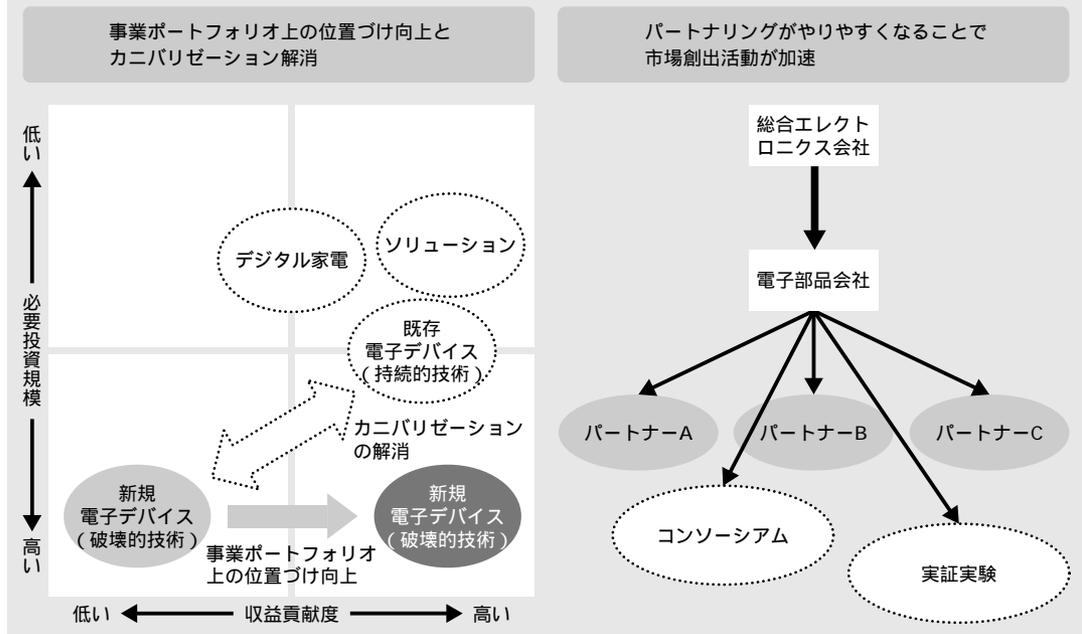


図8 カーブアウトの効果



目安に分散投資を行うとしている。

## カーブアウトで期待される市場創出効果

### 1 カーブアウトによる市場創出規模の合計は約9000億円

野村総合研究所（NRI）では、技術間競合でイノベーションのジレンマに陥っているであろう以下の業界を取り上げ、カーブアウトにより期待される市場創出効果を試算した。

- FPD（フラットパネルディスプレイ）市場 液晶とOLED（有機発光ダイオード）の競合、液晶テレビとリアプロジェクションテレビの競合
- LED（発光ダイオード）市場 CCFL（冷陰極蛍光放電管）とLEDの競合
- 製造方法別半導体市場 光リソグラフィ手法と電子ビーム露光手法の競合

- RFID（無線自動識別）市場 バーコードとRFIDの競合
- 電池市場 リチウムイオン電池とキャパシタの競合
- 記録媒体市場 HDD（ハードディスクドライブ）とフラッシュメモリーの競合

どの市場も、既存の技術を新技術（破壊的技術）が置き換える構造となっているが、実際にはその置き換えが進んでいない。破壊的技術は、その可能性があるとの指摘はできるが、断定まではできない。今回の試算は若干荒唐無稽に映るかもしれないが、日本企業・産業のなかで技術間競合が起こっているものを取り上げた。

試算に当たっては、まず、カーブアウトがなく、現在の延長線上での新技術が既存技術を置き換えた場合の新技術市場を算出した。次に、カーブアウトにより新技術が新

しく創造し得るであろう「ならでは」の市場の算出を行った。最後に、その新市場創出効果によって成し遂げられる規模の拡大によるコストダウン効果で、既存技術の代替が加速する分を算出した。カーブアウトによって創出される市場の規模とは、この3つを合計したものとしている（図9）。

試算の結果、取り上げた市場でのカーブアウトによる市場創出規模の合計は、2010年時点で約9000億円に上るという結果となった（図10）。特に、ディスプレイ市場における市場創出効果は非常に大きい。以下、RFIDと記録媒体を除く個別の市場について述べる。

## 2 FPD市場でのカーブアウト効果

まず、小型FPD市場におけるカーブアウト効果について見る。

小型FPD市場では、既存技術のLTPS（低温ポリシリコン）があり、それに対する競合技術としてOLEDがあげられる。LTPSは高精細という技術的な強みを活かして、日本の携帯電話やデジタルスチルカメラから搭載が始まり、今後も市場を拡大していく可能性が高い。一方、OLEDの市場はまだ数百億円規模であり、LTPSに比べると圧倒的に小さい。現在の延長で市場が推移すれば、やはり長期的にはLTPSが高精細小型ディスプレイの大半を占めることになるだろう。

ここにもイノベーションのジレンマの構図が見てとれる。現時点での市場規模はOLEDに比べてLTPSが圧倒的に大きいため、その両方を手掛けるデバイスメーカーとしては、LTPS事業の方にリソースを割かざるを得ず、その結果、OLED市場の拡大が阻害されてしまう。たとえば、東芝松下ディスプレイ

図9 カーブアウトで期待される市場創出効果の試算

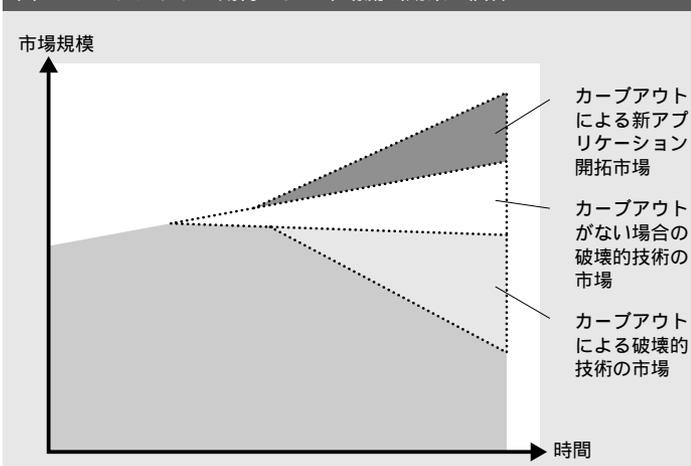
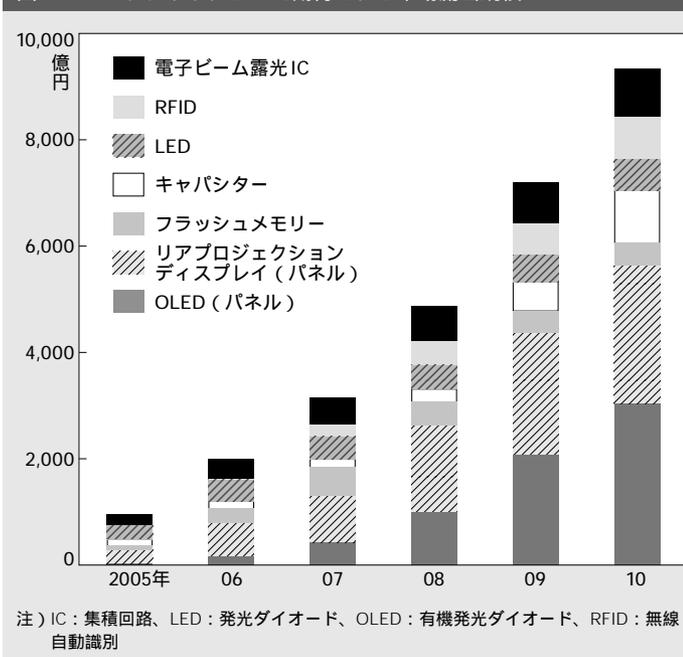


図10 カーブアウトによって期待される市場創出規模



テクノロジーは、LTPS市場におけるリーディングカンパニーであると同時に、OLED事業も自社で抱えている。しかし、その売り上げは圧倒的にLTPSで占められている。

このようなイノベーションのジレンマを解決する手段として、カーブアウトが有効である。同社のようにLTPSとOLEDを保有する企業が、OLED事業をカーブアウトして期待

できる効果は2つある。1つは、OLED専業メーカーとして分離されることで、OLED事業に対する優先度が必然的に向上し、重点的な資源配分が可能になることである。もう1つは、たとえ市場規模が小さくても、「OLEDならでは」の市場を開拓する方向に事業のベクトルが向きやすくなることである。OLED独自の新市場を開拓することにより、コスト競争力をつけることができれば、LTPS市場を侵食できる割合も増加する。

NRIでは、OLED事業としてカーブアウトされ、その結果として、新市場を開拓することができた場合のOLED市場創出効果は、約3040億円にも上ると試算している（新規市場開拓分570億円、既存LTPS市場の追加侵食分2470億円）。

### 3 LED市場でのカーブアウト効果

白色LEDは、既存の光源に比べ、高発光効率と低価格を実現できる可能性があるため、想定アプリケーションの幅は非常に広く、潜在市場規模も大きい。想定アプリケーションのうち期待が大きいものとしては、照明（一般照明、特殊照明、装飾用）、車載（ヘッドランプ、インテリアなど）、液晶ディスプレイのバックライトなどがあげられる。

これまでの白色LED市場の成長を牽引してきたのは携帯電話だった。携帯電話は、エレクトロニクス業界で最大の数量が出るセット製品であり、また、キーパッドイルミネーション、メイン・サブ液晶バックライト、カメラ補助光源用など、多くのLEDを搭載するセット製品でもあった。しかし、携帯電話のカラー化率の鈍化などから、携帯電話向けLED市場の成長にかげりが見え始めており、

他の電子部品同様、ポスト携帯電話問題に頭を悩ませる局面に移りつつある。

白色LEDの発光効率は、年率約20%のペースで改善されている。同時に、年率20%以上のコストダウンを達成してきた。当面、技術革新のスピードは衰えを見せず、新しいアプリケーションの開拓が続くといわれている。その結果、LEDベンダーの顧客がこれまでのエレクトロニクス業界から、自動車（部品）メーカー、各種照明メーカーなど幅広い分野に広がっていきとえられる。このとき、各業界によりLEDの位置づけが異なるために、LEDベンダーは幅広いニーズに対応することが求められるだろう。

たとえば、常に最先端の製品を求めるエレクトロニクス業界と部品の信頼性を重視する自動車業界では、品質に対する考え方が大きく異なる。また、照明用LEDの分野では、LEDの寿命が長いこと、消耗品としての照明用ランプのビジネスは縮小してしまう可能性も否定できない。したがって、これらの業界ではエレクトロニクス業界とは違う技術やビジネスモデルが必要になると予想される。

LED業界でも、多様な業界からのニーズに適切に対応するためには、顧客業界ごとに組織を分けるといった組織的な対応が重要となる可能性がある。その際には、単なる新部門や子会社の設立にとどまらず、カーブアウトによるユーザーとのジョイントベンチャー設立なども視野に入れる必要があるだろう。

### 4 半導体市場でのカーブアウト効果（電子ビーム露光）

半導体は過去20年以上、「18カ月で2倍」という「ムーアの法則」そのままの性能向上

を続けてきた典型的なハイテク製品である。通常の製品では、機能が高度化すればコストは高騰していく。需要の拡大に伴い規模の経済の効果は発揮されるが、同じ生産量であれば、高機能なものの方がコストは高いのが一般的である。

ところが半導体では、機能の高度化に伴ってコストが低減するという魔法のようなメカニズムが存在する。すなわち、設計ルールを微細化することでウエハー1枚からとれるチップの個数が増え、(同じ機能でも)1チップ当たりのコスト(すなわち単位機能当たりのコスト)は下がっていく。これは「スケーリング則」と呼ばれ、半導体に固有のメカニズムである。HDDや液晶ディスプレイなど他のハイテクデバイスでも、スケーリング則は存在しない。まさに、半導体のみが持つ魔法のなせる業である。

スケーリング則が成り立つためには、需要側、供給側の双方に前提条件が存在する。需要側の視点からは、システムが要求する性能に対して半導体チップの提供できる性能が劣位にあることである。これにより、高性能で世代の新しい半導体チップに技術プレミアムが発生し、開発投資の原資となる。また、供給側の視点からは、微細加工技術の技術革新によって設計ルールの微細化がたゆみなく進むことである。

半導体の微細加工には光リソグラフィー技術が用いられており、マスクに描かれた回路パターンをウエハー上に焼き付けている。その光源には、かつては紫外線が用いられてきたが、現在ではKrF(フッ化クリプトン、波長257ナノメートル)やArF(フッ化アルゴン、193ナノメートル)などのエキシマレー

ザーが用いられている。現在では、位相シフトや近接効果補正などの技術を組み合わせ、光源の波長の3分の1程度の回路線幅を描画することで微細化を継続している。これはほとんど物理限界に近く、光リソグラフィーのコストは猛烈な勢いで高騰している。

また、解像度は波長に反比例し、開口率(光を通過させる部分の比率)に比例する。すなわち、設計ルールを微細化するために解像度を上げようと思えば、波長を短くし、開口率を大きくすればよい。しかし、これを行うと、露光によりウエハー上に描ける回路の深さ(焦点深度)は浅くなってしまふ。焦点深度が浅くなると、きちんと回路が描けていない部分が発生し、歩留まりが低下する。このままでは、ムーアの法則は早晚経済性の壁を迎える可能性が高い。

こうしたなか、LEEPL(低エネルギー電子ビーム近接リソグラフィー)、EPL(電子ビーム投影リソグラフィー)といった電子ビームによる加工プロセスが、光リソグラフィーの代替技術として注目を集めている。

LEEPLは電子ビームを用いた等倍露光であり、リーブル、ソニーなどが開発を行っている。すでに量産機を市場投入しているが、スループット(全体の生産能力)の向上、マスクの超微細加工などの課題が存在する。現在、SOI(絶縁体上シリコン)、SiC(炭化ケイ素)などがマスク材料として開発されているが、欠陥があることやコストが高いことなどが問題とされている。

EPLはニコンが開発主体となっている技術であり、ステッパー(回路パターンの縮小投影型露光装置)の技術蓄積を転用可能なこと、4倍体露光であるためマスク精度の制約

条件がLEEPLほどは厳しくないことなどが特徴である。しかし、マスクの熱歪みやビーム制御の困難性などが課題となっている。

電子ビーム露光は、従来の光リソグラフィに比べ、装置がシンプル、焦点深度の確保が容易などの特徴があるが、スループットが低く、大量生産には向かないといったボトルネックを持つ破壊的技術である。

ステッパーメーカーでは、既存のステッパーの開発投資が飛躍的に向上する一方で、メーカー間競争が激化している。既存のステッパーに関しても、ArF液浸、F2（フッ素ダイマー）など複数の開発テーマが存在しており、1社が複数の技術オプションに対し開発資金のポートフォリオを組んで開発することは、ますます難しくなりつつある。

また、電子ビーム露光システムの開発には多大な投資が必要だが、既存のステッパーメーカーが開発主体となるケースも多く、既存技術とのカニバリゼーションが発生する構造を有している。このため、破壊的技術である電子ビーム露光の開発はなかなか進まないのが現状といえる。特に電子ビーム露光の本格的な実用化に向けては、マスクの開発がボトルネックとなる。しかし、現在、マスクベンダーの収益性は開発費の高騰に伴って急速に悪化しており、開発ファンドの分散化による開発リスクの低減が有効と考えられる。

カーブアウトに伴うこれらの課題解決による期待効果は、2010年時点で約900億円に達すると推計される。

## 5 キャパシター市場でのカーブアウト効果

現在、二次電池業界が直面する技術競合の

構図は、リチウムイオン電池とキャパシター、燃料電池との技術代替である。二次電池業界では、ニカド（ニッケル・カドミウム）電池に加え、1990年代初めに開発されたニッケル水素電池、リチウムイオン電池が市場を創造してきた。その牽引役となってきたのは、ノートパソコンと携帯電話端末である。従来はニッケル水素電池とリチウムイオン電池の技術間競合が続いていたが、現状ではほぼすべてリチウムイオン電池に置き換わってきている。現在、小型二次電池市場の規模は6500億円強である。

ここでは、新技術のなかでも特にキャパシターについて取り上げる。キャパシターにはさまざまな種類の技術があるが、電気二重層キャパシター、ナノゲートキャパシターなどを対象とする。

キャパシターと二次電池はそれぞれ電気エネルギーを蓄積することに変わりないが、その構造は原理的に異なる。キャパシターは充放電特性が非常に良く、瞬時での充電、放電が可能である。しかし、大容量化が困難であり、この点は小型二次電池の方が有利である。小型二次電池はエネルギー密度（単位体積、単位重量当たりのエネルギー量）の点で圧倒的に勝る。リチウムイオン電池は約120Wh/kg（ワット時/キログラム）である一方、キャパシターは6.5Wh/kgなどと非常に小さいエネルギー密度しかなかった。

キャパシターは従来、主に小容量だが瞬時の充電が求められるメモリーのバックアップなどの分野で使われてきた。しかし、ここに来て電気二重層キャパシターの登場、ナノゲートキャパシターの開発などにより、エネルギー密度で大きな改善が図られている。現在

発表されているもので、80Wh/kg（ニッケル水素電池程度）まで達成されている。

実際には、キャパシターは事務機器への搭載など、今まで二次電池が開拓してこなかった新市場を開拓しつつある。つまり、充放電特性が重要で、エネルギー密度への要求はそれほど厳しくない市場である。これらの市場は、ノートパソコンや携帯電話端末向け二次電池などと比べると規模も小さい。ノートパソコンや携帯電話端末向けを中心に供給しているメーカーからすると魅力も低く、そもそも市場としても注目しにくい。

現在、キャパシター市場は、ベンチャーや中小企業による開発が主である。コンソーシアムなどを通じて市場創造のために種々の取り組みがなされているが、市場開拓、技術開発のために十分な資金が注入されているとはいえない。本来のカーブアウトの定義とは若干異なるが、電池技術、顧客チャネルなどのノウハウを持つ企業が、カニバリゼーションを避けながらも資本注入を行う方法は考える必要があるだろう。

今後、ノートパソコンや携帯電話への搭載が進めばコストの減少がもたらされ、またエネルギー密度改善の技術開発により、まずはハイパワー用途からではあるが、二次電池市場の代替が加速すると考えられる。

## 6 カーブアウトを機に さらなる市場創造を

今回は、あくまで一部の分野を取り上げてカーブアウト市場創出効果の試算を行った。それだけで、実に約9000億円もの市場創出効果が見積もられた。実際には、さらに多くの

分野で、同様の構図に陥っている事業があると考えられる。その場合、より多くの市場創出効果が期待できる。

一方、技術間の競合では、資本の不整合性だけでなく、技術開発などの課題も存在するだろう。カーブアウトは市場創出の十分条件ではない。しかし、それは必要条件であり、今後の市場創出のきっかけになる。

ブラックボックス化など技術の流出に注意することも非常に重要である。市場創出が困難になりつつある今後こそ、日本の電子部品産業は新市場を創造し、国際社会で引き続き優位な立場を築いていくべきである。

著者

藤浪 啓（ふじなみけい）

情報・通信コンサルティング二部上級コンサルタント

専門はエレクトロニクス産業、情報通信産業の事業戦略策定、買収・売却戦略

石綿昌平（いしわたしょうへい）

情報・通信コンサルティング二部主任コンサルタント

専門はエレクトロニクス産業、情報通信産業の業界分析、R&D戦略、事業戦略策定

前原孝章（まえはらたかあき）

情報・通信コンサルティング二部コンサルタント

専門はエレクトロニクス産業、情報通信産業の事業戦略、マーケティング戦略策定

岸本 章（きしもとあきら）

情報・通信コンサルティング二部コンサルタント

専門はエレクトロニクス産業および情報通信産業の事業戦略策定、業界動向分析