

## 創発仮説とコンピュータの30年周期説

### The Emergence Hypothesis and the 30-Year Cycle of Computer Technology

稲垣 耕作\*

#### 要 旨

著者は複雑系の分野で創発仮説を提唱している。創発仮説における超指数法則は自然界のみならず、社会における自己組織化と進化、産業分野における技術革新や収獲遞増則などにおいても隠された法則となっている可能性がある。本論文では著者が1980年代半ばから提案してきたコンピュータの30年周期説を取り上げ、この説が超指数法則を元にして提案されたものであることを述べるとともに、いくつかの側面からその妥当性を検討する。コンピュータの30年周期説に基づけば、21世紀初頭にはコンピュータは更に一段の進化を遂げる可能性がある。また情報ネットワークというコミュニティウェアにおける新文化の発生を含めた創発現象が今後の興味ある問題であると考えられる。

Kosaku INAGAKI

#### Abstract

The author proposed the emergence hypothesis in the area of complex systems. The superexponential law in the emergence hypothesis is applicable to various phenomena such as natural and social self-organization and evolution, technological innovation, economics, etc. This paper studies the validity of the 30-year cycle of computer technology proposed by the author, and elucidates that this cycle is based on the superexponential law. The computer technology will evolve further in the 21-st century if this cycle is accurate. The emergence of new culture and other novel phenomena in computer networks should be investigated, because such networks are a kind of chaotic communityware.

#### 1. はじめに

複雑系 (complex systems) がさまざまな分野を横断して活発に研究されつつある。情報文化や情報文明の研究にも必要な手法のはずだが、対象が極めて複雑であり、実験がほとんど不可能であるために困難性が高く、研究を進めるための確実な手がかりはまだ少ない。

情報文化や情報文明の研究に複雑系の手法を導入する際には、特に複雑適応系 (complex adaptive system, CAS) の分野のものが重要と思われる

る<sup>[1]</sup>。CASは表現を変えれば複雑進化系 (complex evolutionary system) といえる分野であり、生命の進化、知能の進化、社会・経済の進化などのテーマを含んでいる。サンタフェ研究所の創設とともに成立した最も新しい分野である<sup>[2]</sup>。

CASの分野でこれまで大きな注目を集めてきた研究にはいくつかある。Kauffman<sup>[3]</sup>は生物の細胞が遺伝子数の平方根程度にしか分化しない事実に注目し、Kauffmanモデルというべきブール式ネットワークを使ってその理論モデルを構築した。Wolfram<sup>[4]</sup>はセル・オートマトンのモデルを使って、クラス4という生命が発生したと思われる領域を発見し、Langton<sup>[5]</sup>はその研究を引き継いで、 $\lambda$ -パラメータによってその領域を表現するとともに、人工生命 (artificial life) の分野を開拓した。

\* 京都大学大学院工学研究科情報工学専攻  
〒606-01 京都市左京区吉田本町  
Department of Information Science, Kyoto University  
Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-01 JAPAN  
PHONE/FAX 075-753-5978  
E-mail: inagaki@kuis.kyoto-u.ac.jp

生命の発生にかかわるこのような領域をいわゆるカオスの縁 (edge of chaos) と呼び、そこにおける創発 (emergence) が大きな研究テーマとなっている。創発とはランダムさの中から思いがけない構造や秩序が高い確率で発生する現象のことを指している。Wolfram や Langton らによってカオスの縁は計算万能であると予想されている。

著者は Kauffman による平方根の法則の漸化形がパターン認識という人間の知能に関係する分野にも存在することを1980年に独立に気づき、人間のパターン認識能力には超指数法則 (super-exponential law) という階層が成り立つという仮説を1984年に発表した<sup>[6]</sup>。またその延長上で生命と知能の発生と進化を同じ法則でとらえて創発仮説 (emergence hypothesis) を提唱し、Kauffman モデルにおいてカオスの縁で計算万能性が成り立つことを証明した<sup>[1]</sup>。

このような基礎科学的な研究とともに、経済学の分野では Arthur<sup>[7]</sup> によって収穫逓増 (increasing returns) の経済学が提唱され、複雑系の研究分野は人文社会科学を含む多方面への広がりを見せている。Arthur の提唱する収穫逓増経済は、情報産業分野で典型的に成り立っているものである。例えばマイクロソフトのソフトウェアは開発コストは膨大だが、製品はコピーするだけで作れるので、売上高が大きくなるほど製品当たりの原価は下がり、利益率が高まる。

本論文ではこのような情報産業分野の収穫逓増則の一つの説明にもなりうる仮説として、著者が1980年代半ばから提唱し、逢沢明の筆名でも発表してきたコンピュータの30年周期説 (30-year cycle of computer technology)<sup>[8]-[10]</sup> を取り上げ、これが著者の超指数法則の仮説に基づいて提案されたものであったことを明らかにする。

情報産業分野の展開はこの30年周期説と非常によく符合するものであり、この説の現在までの妥当性は高い。またこの説に基づけば、21世紀初頭にはコンピュータは更に一段の進化を遂げる可能性がある。複雑系の観点からは情報ネットワークというコミュニティウェア<sup>[11]</sup> における新文化の発生などにおいてさまざまな創発現象が起こる可能性があり、そのような現象に今後も特に注視し

ておく必要があると考える。

## 2. 創発仮説と超指数法則

Kauffman<sup>[3]</sup> はヒトの遺伝子数が約10万であった、細胞がその平方根程度の250種類ほどにしか分化しないなど生物の細胞分化の特性に注目し、ブール式ネットワークを用いてそのモデル化を行った。 $N$ 個のブール素子からなるネットワークにおいて、その状態推移が $2^N$ 程度の長さになるのではなく、 $\sqrt{N}$ 程度になることを見いだした。ランダムに結合されたネットワークでありながら、高い確率で秩序ある構造が形成されるという創発現象が発生するのである。

著者はパターン認識分野において、Kauffman と独立に超指数階層の仮説を提唱した<sup>[6]</sup>。複雑な構造をもつ文書を画像として認識する際に、階層的な認識法が有効であり、各階層のデータ量の間には、

$$a_{n+1} = a_n^2$$

という漸化式が近似的に成り立つことを示した。この関係式は、 $a_n = \sqrt{a_{n+1}}$  と見ることにより、Kauffman の仮説と一致し、しかもその漸化形の拡張となっている。上式で $a_0 = 2$ とおくと、

$$a_n = 2^{2^n}$$

の関係が成り立つので、これを超指数法則 (super-exponential law) と呼ぶ。

Kauffman の仮説と著者の仮説は独立に発表されたものである。しかしこの2つの仮説が共通性をもつという事実は、CASの分野において両仮説を統合する可能性を示唆している。著者はこれらの仮説を統合した創発仮説 (emergence hypothesis)<sup>[1]</sup> を提唱した。本論文ではこの仮説を社会現象や経済現象や文化現象などにも拡張した形で提案する。

### [創発仮説] (拡張形)

1. 生命と知能の発生と進化および社会・経済・文明など人間の知的活動には、共通の法則に基づく創発現象が伴う。
2. 生命と知能の発生と進化および社会・経済・文明など人間の知的活動には、超指数法則と

いう階層性が潜んでいる。

### 3. 創發現象には、計算万能性が必要である。

これは非常に根源的な問題に関する仮説であり、このような仮説の全体が成り立つことを実証するのは現在の科学ではまだ困難である。

文献<sup>[1]</sup>ではKauffmanモデルにおいて計算万能性の必要性を証明し、またニューラルネットワークにおいてもブール式ネットワークと類似の状態サイクルが発生することを示した。それとともに、分子生物学における知見を用いると、ゲノムサイズと遺伝子数の間にも平方根の法則が近似的に成り立つことを示した。Kauffmanが指摘した遺伝子数と細胞分化の関係と合わせて、生命科学分野においても漸化形の超指数法則が成り立つのである。

社会の自己組織化も近似的にこのような法則に基づいている可能性がある。例えば日本社会を考えると、都道府県数を約50とすると、市町村の数はその2乗に近い3,200余りである。都道府県の数の平方根である約7程度に全国を地方分けするのは自然な方法であるし、更にその平方根である2～3というのは、東日本と西日本とするか、更に首都圏を別に考えるかという程度の分類に対応している。ここにも超指数階層が見いだせると思われる。行政組織の階層を説明するためにも興味深い知見を与える法則である。

このような法則性はさまざまな現象に適用できる。ヒトの脳のニューロン数は100億から1000億程度といわれるが、記憶できる項目数は経験的にその平方根の10万程度である。実際に辞書の項目数などもその程度に制限されているのである。なぜこのようになるかという理論的説明はまだ途上であるが、さまざまなコンピュータシミュレーションにおいても、この法則の妥当性が検証されつつあるところである。

### 3. コンピュータの30年周期説

1994年5月の郵政省電気通信審議会の答申では、2010年までに日本の全家庭に光ファイバを敷設し終える計画を打ち出した。それ以前の新社会資本構想では2015年が目標だったが、2010年が適当で

あることを著者はコンピュータの30年周期説に基づいて提言したことなどを文献<sup>[10]</sup>でも触れている。米国の計画は2015年までとしているが、実質的に速まる可能性が高いと思われ、現在も加速の傾向が顕著である。

著者が提唱しているコンピュータの30年周期説は、コンピュータ技術は30年を1周期としてその発展をとげているというものである。この仮説は1980年頃に考え始め、80年代半ばには周期説という形でまとめ、文献としては1991年が初出<sup>[8]</sup>である。現在も当初の周期をそのまま修正しておらず、妥当性の高い仮説であると思われる。

表1に示すように、電子式コンピュータが世の中に登場して以来、コンピュータ技術は「ハード」「ソフト」「巨大システム」と循環しながら、約30年の周期を描いてきたというのがこの説である。90年代後半は「第2周期」において「ソフトの時代」を離れ、「巨大システムの時代」へ入っているところである。

この周期説では時代を10年刻みで見ている。各時代は中心となる年の前後それぞれ10年ずつ程度の幅の期間に影響を与えている。

表を上から見ていくと、第1周期におけるハードの時代の中心を1950年としているが、その10年程度以前から最初のコンピュータのハードウェアが現れ始め、1946年に米ペンシルベニア大学で現代的な電子式コンピュータENIACが誕生した。おおざっぱにいうと、1950年あたりを中心とする期間から現代のコンピュータの歴史が始まったのである。

ハードの時代の10年後、1960年前後の期間には、FORTRAN, COBOL, ALGOL, LISPなどプログラム言語がほとんど同時的に誕生した。またオペレーティングシステムも誕生した。この1960年前後をソフトの時代と呼ぶ。

続いて1970年までには、ハードとソフトの両輪をシステムとして組み上げた巨大システムの時代が訪れた。IBM360シリーズのような大型コンピュータや、人間を月に送り込んだアポロ計画などが成果をあげた。インターネットの原型となったARPANETも1969年に誕生している。

コンピュータの誕生から巨大システムへと発展

表1 コンピュータの30年周期説

第 1 周 期	1950	(電子デバイス) ハードの時代	エニアック誕生 初期の各種コンピュータ ユニバック, IBM商用機
	1960	ソフトの時代	FORTRAN, COBOL ALGOL, LISP オペレーティングシステム
	1970	巨大システムの時代	IBM360シリーズ ARPANET イリアックIV アポロ計画
第 2 周 期	1980	(超LSI,システムデバイス) ハードの時代	4004マイクロプロセッサ 超LSIメモリー 8086マイクロプロセッサ パソコン ワークステーション
	1990	ソフトの時代	各種ソフトの普及 MS-DOS, Windows, UNIX ワープロソフト, ゲーム
	2000	巨大システムの時代	20世紀末の大計画 マルチメディア 情報スーパーハイウェイ 超並列
第 3 周 期	2010	(機能デバイス?) ハードの時代	どんな新型コンピュータ? 進化チップ?
	2020	ソフトの時代	
	2030		

した第1周期は、個別的な電子デバイスを組み上げてコンピュータを作っていたといえる。ハード→ソフト→巨大システムという流れをたどって、最初の周期を完成し、次の周期に移ったと見るのは、コンピュータ技術の進化としては自然な見方

であると思われる。

1971年には嶋正利氏の設計によって、インテルが世界最初の4ビットマイクロプロセッサ4004を発表している。マイクロチップが主役になる時代が始まったのである。

ただ第2周期のハードの時代は1970年を中心とするのではなく、1980年頃を中心としている。前史があったとしても、本格的な周期が鮮明になったのが、1980年前後と思えるからである。キーとなるデバイスはその頃登場した超LSIである。

超LSIは1980年前後に出現した。64キロビットの超LSIメモリーや、16ビットのマイクロプロセッサ8086が登場した。トランジスタ数で10万個程度以上の集積回路からである。

それ以前、真空管やトランジスタ、ICやLSIといった電子デバイスを使って組み立てていたコンピュータでは、個々の部品単体ではまだシステムになりえていず、数十個から数万個以上といった部品を組み立てることによって、はじめてシステムとなりえた。

しかし超LSI時代がやってきて、個々の部品自体がシステムとみなせるようになった。チップ1個がかつてのコンピュータの中央処理装置相当の性能を有する。汎用コンピュータの機能や、日本語ワードプロセッサ機能や、テレビゲーム機能などをごく小さなボード1枚に搭載できるようになったのである。

超LSIはシステムデバイスである。集積回路が真に強力な能力を発揮しだしたのが、超LSI登場以後であると考えられよう。パーソナルコンピュータやワークステーションなどの個人用コンピュータが、仕事に使うのに十分な機能をもつようになったのである。

第2周期も10年刻みの3つの時代に分かれると考えている。ハード、ソフト、巨大システムのそれぞれに注目する3期である。1980年を中心とする時期がハードの時代で、その影響力は1990年頃まで続き、ハードウェア技術を得意とするわが国は大きな成功を収めた。

ただ90年代に入って、周期の上でハードの時代はすでに終わった。80年代の半ばからはソフトの時代に移りはじめており、最も大きな影響力を発揮していたのがソフトウェアだったのである。MS-DOS, Windows, UNIX, 各種パソコンソフト、ゲームソフトなど、この時期以後にエポックを築いたのは明らかにソフト分野だったと考えるべきであろう。ハードの時代が終わって、ソフトを苦

手とするわが国のコンピュータ関連業界は90年代前半に沈滞する傾向が顕著であり、わが国のコンピュータ関連産業自体の推移がこの周期とよく一致している。

しかし90年代は、巨大システムの時代へと先端技術が移っていく時期だとも考えるべきである。20世紀末から21世紀初頭にかけてマルチメディア、情報スーパーハイウェイなどネットワーク関連の大規模な計画が急速に進展しつつある。わが国がネットワーク技術に強ければ、この30年周期説からは今後の展開を順調と予測できる。しかし米国の技術開発力が格段に上回るとなれば、今後の予断は許さないのである。

この予測がまだ当たり続けるかどうかは今後の経過を見て判断しなければならぬものの、世界はほぼこの周期どおりに計画を進めつつある。わが国が光ファイバ網敷設構想で打ち出した2010年という年は、30年周期説で第2周期の巨大システムの影響が及ぶ最終期に当たっているのである。

#### 4. 周期に乗った収穫逡増性

Arthur が唱える収穫逡増の経済学は、経済学分野ではこれまで異端に近いものであった。経済学の法則は均衡状態に注目して定式化されたものが多かったからである。

収穫逡増則は市場の立ち上がり時期という過渡期における急激な変化に注目した法則であるといえる。このような法則が成り立ち続けるためには、不断の技術革新が行われ、市場が発展し続ける必要がある。

コンピュータの30年周期説で著者が指摘したのは、コンピュータ分野ではそのような絶え間ない技術革新が行われ続け、ほぼ10年ごとに新たな収穫逡増分野が急成長し始め、しかも30年周期で更に大きな革新が起きていると考える知見である。

超LSIやパソコンなどとともに進展した第2周期を最もよく理解し、その周期の先頭を走ったのが、マイクロソフトのビル・ゲイツ会長だったといえるだろう。

ゲイツがマイクロソフトを創立したのは1975年—30年周期説ではまさに第1周期と第2周期とが交代する年である。そして彼が80年代のハード

の時代に選んだ製品は、その時代の本流となるパソコンであり、しかも標準製品となった IBM 型パソコンである。

マイクロソフトは、85年というちょうどソフトの時代への変わり目に、すでに Windows の初版を発表している。その Windows は90年というソフトの時代の中央部で第3版として大きく成長し、数年にしてパソコン界の8割以上を制覇するまでに成長した。まさにソフトの時代の覇者となったのである。

同社のインターネットへの対応はやや遅れたが、Windows 95を95年に発売することにこだわり、MSNという通信サービスをこの年に始めたのは、いかにも当然といえる決断だったであろう。95年という年は、ソフトの時代から巨大システムの時代への転換点——ソフトウェアを開発しているだけの企業ではその影響力が必然的に低下するしかない年だったからである。

実際この年は非常に大きな転換点となっていたと思われ、95年にOSの転換を果たせなかったアップルはそれ以降苦境に陥っているし、一方ネットスケープやシスコなどネットワーク関連企業は大きな成長を遂げている。また90年代半ばにはビル・ゲイツが世界一の大富豪になるという時代が到来したのである。

今後を予想するなら、マイクロソフトは2000年頃にネットワーク対応ソフトの決定版を出荷して、この情報ネットワーク時代を制することを目指す可能性が高い。また2000年頃のソフトには新たな第3周期を目標とする機能が組み込まれ始めているであろう。

## 5. 創発仮説と第3周期の新デバイス

コンピュータの30年周期説はいくつかの知見に基づいて提出した。第1周期がハード、ソフト、巨大システムの3時代に分類されるという知見がその一つであり、この区分けは合理的なものであると思われた。

また2000年という年が20世紀の最終年に当たるので、やがて大きなプロジェクトが数多く計画されるであろうと予想された。したがって2000年に第2の巨大システム時代を想定してみるのは妥当

性が高かったのである。

そして更に創発仮説における超指数法則を当てはめてみると、1980年当時に登場した超LSIが10万トランジスタ程度の集積回路であったので、その2乗に当たる100億トランジスタ程度の新デバイスが別の周期を形成すると予想できたのが重要であった。

集積回路の集積度はほぼ10年で100倍という進歩を一貫して遂げてきた。1980年当時の10万倍ということでは25年後ということになるが、マイクロプロセッサの集積度はメモリーの集積度よりも進歩が多少遅いので、30年後とした。

以上を総合することによって、表1に示したコンピュータの30年周期説を提唱した。もし第3周期が今後訪れるとするなら、基本となるデバイスはヒトの脳細胞に匹敵する素子数から成っている。脳細胞のシナプス結合は非常に多いが、その応答速度は数ミリ秒程度であるから、新デバイスの動作速度まで考慮するなら、その機能はヒトの脳に匹敵するほどのものとなる可能性をもっている。

ヒトの知的能力との比較では、現在のパソコンの四則演算能力は日本人全員を相手にしてもそれを上回るものである。しかしだからといって、道具としてのコンピュータが人類を脅かす知的存在になっているわけではない。同様に第3周期における新デバイスは、道具として使用される機能のみにとどまる設計がなされるものと思われるが、方式が研究途上のデバイスであるので、今後の研究動向を注視する必要があるだろう。

第3周期はまだ予想にすぎないが、もしそれが正しい予想であったなら、21世紀初頭には新デバイスが登場し、現在のタイプの超LSIはやがて乗り越えられていくことになるだろう。そういう時代がやってくるかもしれないということを、技術革新の激しい分野では常に想定しておかなければならない。また単に科学技術の進歩を賛美するだけでなく、それに伴うさまざまな課題を人文社会科学分野などを含めて多面的に研究することが肝要である。

第2周期の最終局面で、コンピュータ技術は人間の用いるすべての情報形態を全デジタル化し、蓄積・伝送できるようになった。文字や音声だけ

でなく、最も情報量の多い映像情報もデジタル化された。これらが次の第3周期への準備となっていくことだろう。

先端的な半導体技術者はそれぞれに将来を予想している。世界最初のマイクロプロセッサの開発者である嶋正利氏はその新素子をプログラマブルデバイスと呼んだ。著者は機能デバイス (functional device) という名称をつけた。また著者は進化チップという呼称も使い始めており<sup>[1]</sup>、その研究を行う予定である。

超LSIはシステムデバイスだが、その能力を発揮するためには大量のソフトウェアを必要とした。超LSIはソフトによって初めて機能を賦与されたのである。第3周期における新デバイスは、デバイス自体がなんらかの高度な機能を有するものとなる。ハードとソフトが合体したともいえる。かつてのデバイスよりもずっと知的で柔軟な機能を有している。ナノテクノロジーとコンピュータ技術の複合によって、デバイス内部に機能自体が埋め込まれるのである。

現在の主力となりつつあるマイクロプロセッサであるペンティアムIIは750万トランジスタ程度であるので、新デバイスが実用化されたとき、その1000倍以上の集積度となる。現在のマイクロプロセッサと同じ方式が採用され続けると考えない方が現実的であろう。

## 6. 第3周期における文化と文明

このような新デバイスを用いたコンピュータが普及したとき、情報文化あるいは情報文明は全く新しい局面を迎えると予想される。半導体技術の進歩が10年に100倍のペースを維持するか、あるいは半導体に代わる新技術が登場してこのペースが維持されるならば、その時期は2010年頃になるだろう。われわれが未来の情報文化を考える際に、現在の情報技術だけにとらわれるべきでないし、また技術の進歩は非常に速いという事実を銘記しておく必要がある。

第1周期では、コンピュータは「電気ソロバン」だったといえるだろう。数値計算が主であり、文字の処理でさえ満足にできなかったことは、漢字を扱う日本語ワープロの誕生を1978年まで待たな

ければならなかったことからわかる。コンピュータは生活者から遠く、まだ生活の文化として浸透できなかった。

第2周期では、そのコンピュータが「メディア」に変わった。コンピュータは文房具や家電になった。メディアとしてネットワークに接続され、文字・音声・映像をすべてデジタル化して蓄積・伝送・処理できる時代がやってきた。

その先の第3周期では、この方向性が更に押し進められるのではないかと予想される。大型コンピュータがパソコンにダウンサイジングされたように、パソコンが更に小さくダウンサイジングされ、しかもますます身近なものになる。コンピュータはメディアというより、「環境」とみなされるのかもしれないと考えている。著者が提唱している情報ネットワークのコミュニティウェア<sup>[11]</sup>としての側面の研究などが特に重要になってくる可能性がある。また今後は情報環境学などの分野が重要となろう。

コンピュータの第3周期と名づけた時代がほんとうはどのようなものになるかは、今はまだ想像の世界として考えるしかない。しかしある程度の未来を想定することによって、現在という時代をよりの確に位置づけることができ、単に技術的發展のみならず、人文社会科学的な手法でも将来の情報文化に対する提言を行う手がかりとできるはずなのである。またコンピュータの30年周期説で考えている発展形態というのは、技術分野では最も順調で健全なものであると考えている。

## 7. コミュニティウェアとの関連

WWW (World Wide Web) が生まれたことなどはまさにインターネットにおける文化的な創発現象であるといつてよいだろう。インターネットというカオス的な情報通信ネットワークにおいて、情報文化面での創発現象が起こっているかどうかを探るのは非常に興味深い。

創発仮説における超指数法則が、ブル式ネットワークやニューラルネットワークなどのネットワークにおけるコンピュータシミュレーションによって実験的に実証される事実には特に注目すべきである。なぜなら創発仮説も超指数法則もなん

らかのネットワークに関する基本法則であるということを感じさせる実験結果であるからである。

超指数法則とはネットワークにおける一種の自己組織化の法則である。既に述べた行政組織の例のように、さまざまな組織が形成される法則として、なんらかの隠されたメカニズムが働いている可能性が存在するのである。

たとえば社会という組織がタテ社会かヨコ社会かといった問題が文化人類学における大きなテーマとなるように、組織の問題は文化の研究における重要なテーマである。

超指数法則は組織の研究における新しい方法を与えうる。100人から成る会社組織などが10グループほどに組織化される例が多いかとか、それがさらに3つほどの大きなグループに分かれるかなど、さまざまな調査を行ってみるべきであろう。

非常に興味深いのは、コミュニティウェアとしてさまざまなコミュニティを形成しうる情報ネットワークに関する研究である。そこには一人の個人が複数のさまざまなコミュニティに所属している複属社会が発生する。しかもWWWのハイパーリンクはクモの巣のように張り巡らされる。そのようなネットワークにおける組織とは一体いかなるものとなりうるのかは、今後の最も大きな研究テーマの一つであろう。

さらに世界規模の情報ネットワークというコミュニティウェアについて、コンピュータの30年周期説における第3周期に関連して付言しておけば、100億トランジスタから成る進化チップが100億個も接続された場合には、超指数の階層が1段階上がることになる。そこで進化チップという機械が創発現象を起こし、機械自体が自然に進化する可能性を想定するのは、まだ空想上の問題にすぎないのだろうか。たとえ空想上の問題であったとしても、思考実験やコンピュータシミュレーションによって、できる限りの検討を加えておくべき問題であると考えている。

## 8. おわりに

本論文では著者が提唱する創発仮説との関係でコンピュータの30年周期説を検討した。21世紀初頭に全く新しい方式のコンピュータが実用になる

可能性があるとするのは、今はまだ大胆すぎる仮説であるかもしれない。しかし90年代初頭にマルチメディア技術の核となる画像のデジタル圧縮技術が米国で登場したときにも、わが国の専門家がにわかに信じなかった事実などを見ても、技術革新は突然起こるものであることがわかる。

また創発仮説における超指数法則は、自己組織的にコミュニティが形成される過程を研究するために重要な手がかりになりうると思う。著者は数学的・理科系的な発想と手法を大事にしながら、今後も情報社会・情報文化・情報文明に関連した研究を進めていきたい。

インターネットという情報通信ネットワークはカオス的なネットワークであり、その中で情報文化面での創発現象が起こっているかどうかを探るべきである。本論文では創発仮説とコンピュータの30年周期説を中心に述べたが、インターネットというコミュニティウェアにおける超指数法則の近似的な成立などについて今後も更にくわしい研究を続けていきたい。

## 謝 辞

研究にご協力いただく嶋正利氏に深謝する。なお本研究には中山隼雄科学技術文化財団の研究助成を受けた。

## 参考文献

- [1] 稲垣耕作, 創発仮説とその考察 (1), 情報処理学会研究報告, 97-MPS-13-4, 1997.
- [2] M・ミッチェル・ワールドロップ著, 田中三彦, 遠山峻征訳, 複雑系, 新潮社, 1996.
- [3] S.A.Kauffman, Cellular Homeostasis, Epigenesis and Replication in Randomly Aggregated Macromolecular Systems, J. Cybernetics, vol.1, no.1, pp.71-96, 1971.
- [4] S.Wolfram, Universality and Complexity in Cellular Automata, Physica D, vol.10D, pp.1-35, 1984.
- [5] C.G.Langton, Life at the Edge of Chaos, in C.G.Langton, et al. (eds.), Artificial Life II, pp.41-91, Addison-Wesley, 1992.
- [6] K.Inagaki, et al., MACSYM: A Hierarchical

Parallel Image Processing System for Event-Driven Pattern Understanding of Documents, Pattern Recognition, vol.17, no.1, pp.85-108, 1984.

- [7] B.Arthur, Positive Feedbacks in the Economy, Scientific American, vol.262, no.2, pp.81-85, February 1990.
- [8] 逢沢明, 情報新人類の挑戦, 光文社, 1991。
- [9] 逢沢明, 転換期の情報社会, 講談社, 1992。
- [10] 逢沢明, ギガソサエティ, ジャストシステム, 1996。
- [11] 稲垣耕作, 情報ネットワークにおけるCommunityware, 情報文化学会誌, vol.3, no.1, pp.25-32, 1996。

---

1997年5月26日受理  
1997年7月9日採録



稲垣耕作 (いながき こうさく)

1949年大阪市生まれ。昭和47年京都大学工学部電子工学科卒。昭和52年京都大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。京都大学助手を経て、現在、京都大学助教授（大学院工学研究科情報工学専攻）。専門は情報科学, 情報文明学, 情報物理学。ペンネーム逢沢明でも活躍。情報文化学会, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 進化経済学会の会員。著書は, 「ネットワーク思考のすすめ」, 「複雑な, あまりに複雑な」, 「ギガソサエティ」, 「コンピュータ科学の基礎」など多数。