

本田財団レポートNo.83

## 製品の複雑性と持続的発展

スウェーデン未来学研究所所長、スウェーデン・ウメオ大学教授 オーク・アンダーソン

## ■略歴

- 1936 スウェーデンのソルフェオーに生まれる。  
1963 スウェーデン、イエーテボリ大学で経済学部経済史修士。  
1967 スウェーデン、イエーテボリ大学で経済学博士。  
1965～67 スウェーデン、エルスボリ県地域計画部長  
1967～72 ストックホルム市経済分析所所長  
1970～72 北欧都市地域研究所（ストックホルム）、  
都市および地域経済学准教授  
1972～79 イェーテボリ大学、経済学部経済学准教授  
1974～75 ペンシルバニア大学、地域科学・交通・公共政策学客員教授  
1974～81 「地域科学並びに都市圏経済」誌（ノース・ホランド出版）の編集主幹。  
1978～80 & オーストリア、応用システム分析国際研究所 (IIASA)  
1984～86 プロジェクト・リーダー  
1975～ 「地域科学並びに都市圏経済」に関する叢書（ノースホランド出版）の編集主幹。  
1979～ スウェーデン・ウメオ大学、経済学部地域経済学教授。  
1988～ スウェーデン未来学研究所所長。

●他にOECD、欧州経済委員会、並びにスウェーデン政府の顧問を務める。

## ■主な著書

- 1970 Metropolitan Problem (大都市問題)  
1984 Regional Diversity and the Wealth of Nations (地域的多様性と国富)  
1988 The Future of the C-society (C社会の将来)  
1989 Creativity-Future Of Japanese Metropolitan Systems (創造性-日本の大都市システムの将来)

## ■編集した出版物

- 1984 Regional and Industrial Development Theories, Models and Empirical Evidence (地域と産業の発達理論、モデル、実証) [ノース・ホランド出版]  
1993 The Cosmo-Creative Society (宇宙創造社会) [スプリンガー社]  
1993 Dynamical Systems (動学システム) [ワールド・サイエンティフィック]

## ■Personal History

- 1936 Born in Sollefteå, Sweden  
1963 M.A. in Philosophy, Economic History, Economics, University of Gothenburg, Sweden  
1967 Ph. D. in Economics, University of Gothenburg, Sweden  
1965～67 Director of Regional Planning, County of Älvsborg, Sweden  
1967～72 Director of Economic Analysis, City of Stockholm  
1970～72 Associate Professor of City and Regional Economics at the Nordic Institute for City and Regional Planning, Stockholm  
1972～79 Associate Professor of Economics at the Department of Economics, University of Gothenburg  
1974～75 Visiting Professor of Regional Science, Transportation and Public Policy, University of Pennsylvania  
1974～81 Main Editor of the journal Regional Science and Urban Economics for North Holland Publishing Company  
1978～80& Research Leader, International Institute for Applied  
1984～86 Systems Analysis, Austria  
1975～ Main Editor of the book series study in Regional Science and Urban Economics for North Holland Publishing Company  
1979～ Professor of Regional Economics, Department of Economics, University of Umeå, Sweden  
1988～ Managing Director of the Swedish Institute for Futures Studies, Stockholm  
●Advisor to the Economic Commission for Europe, OECD, and the Swedish Government

## ■Major publications

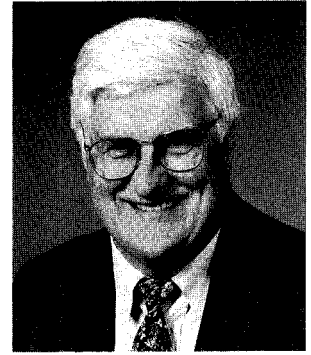
- 1970 The Metropolitan Problem (in Swedish), Stockholm  
1984 Regional Diversity and the Wealth of Nations (in Swedish), Stockholm  
1988 The Future of the C-society (in Swedish), Stockholm  
1989 Creativity-Future of Japanese Metropolitan Systems (in Swedish)

## ■Edited books:

- 1984 Regional and Industrial Development Theories, Models and Empirical Evidence, North Holland, Amsterdam and New York  
1993 The Cosmo-Creative Society, Springer-Verlag, Heidelberg  
1993 Dynamical Systems, World Scientific

# 製品の複雑性と持続的発展

1995年11月17日ホテルオークラにて行われた  
第16回本田賞授与式に於ける記念講演



1995年度本田賞受賞者

スウェーデン未来学研究所所長、スウェーデン・ウメオ大学教授  
オーケ・アンダーソン

## 1. 産業化の歴史

18世紀末から19世紀初頭にかけて産業革命はニューイングランド、大英帝国、ベルギーにおける完全な構造変化を引き起こした。産業革命の第1波は北大西洋を取り囲む地域における経済統合をもたらした。

産業革命の第2波において、フランス、ドイツ、デンマークは産業社会への変革の中心地域となった。新しい産業社会は西ヨーロッパの内陸部に広がると同時に、北米大陸でも同様に拡大していった。

産業革命の第3の波により北欧諸国、オーストリア、北イタリア、そして日本が新しい産業社会として急速に発展する地域となった。同時にアメリカ合衆国の中西部も産業化が進展し19世紀末の新しい世界経済に統合化された。経済統計データを用いた研究によれば、1870年代から始まる1世紀という長期的な視点から観測すれば日本と北欧諸国は世界経済の中でもっとも早い経済成長を経験した地域であることが明かである。日本、スウェーデン、フィンランドの産業化の歴史は、常識的な見方に反して、世界経済の辺境地に位置しているということ決して経済発展にとって不利な条件にはならないということを示している。また、世界経済の再編成の中に遅れて参加するということが不利益をもたらすということもない。日本とスウェーデン経済が経験したサクセスストーリーは後進性であることの経済的有利性を示す顕著な例である。むしろ先進地域でなかったことにより、日本、スウェーデン、フィンランドは別の地域で創造され発展した知識や技術の革新の便益を享受することができると同時に、先行的に産業化した国々が犯した失敗を避けることができた。現在、世界の産業化は東アジアの広範囲な地域にわたって起こっている。韓国、台湾、マレーシアといった国々は産業革命の第4の波の一部を形成している。日本や北欧諸国の経済成長の記録は、いままでのところで見ると、産業革命に著しく遅れてやってきたこれらの国々に破られようとしている。

## 2 経済発展の緩速・急速プロセス

ハーケン理論<sup>1</sup>に基づいて、私は経済・社会の再編成の急速な過程を市場分析の枠組みの中だけでは理解することができないという理論の開発に着手した。市場過程は非常に急速であり、静的・動的ゲームの理論の助けを借りて理解することができる。これらのゲームは、ゆっくりと変化しているインフラストラクチャの場において、ある適切な時間的視野の下では、まったく、あるいはほとんど変化していない耐用性のあるルールに従って演じられる。経済ゲームのルールを含むインフラストラクチャは、市場で交換されるサービスや財の価格や量を決定する供給者や需要者のような日々の生活における活動主体にとって通常、安定的な環境とみなすことができるし、またそう考えられている。

一般的に変化過程は次式のように表すことができる。

$$\frac{dy}{dt} = Fy(y, z, x)$$

$$\frac{dz}{dt} = sFz(y, z, x)$$

$$\frac{dx}{dt} = \varepsilon Fx(y, z, x)$$

ここに、 $y$  は財の生産ベクトル、 $z$  は知識インフラストラクチャ、 $x$  はネットワークインフラストラクチャ、 $s$  と  $\varepsilon$  は断熱定数、 $Fx$ ,  $Fy$ ,  $Fz$  は変数  $x$ ,  $y$ ,  $z$  で表される関数である。

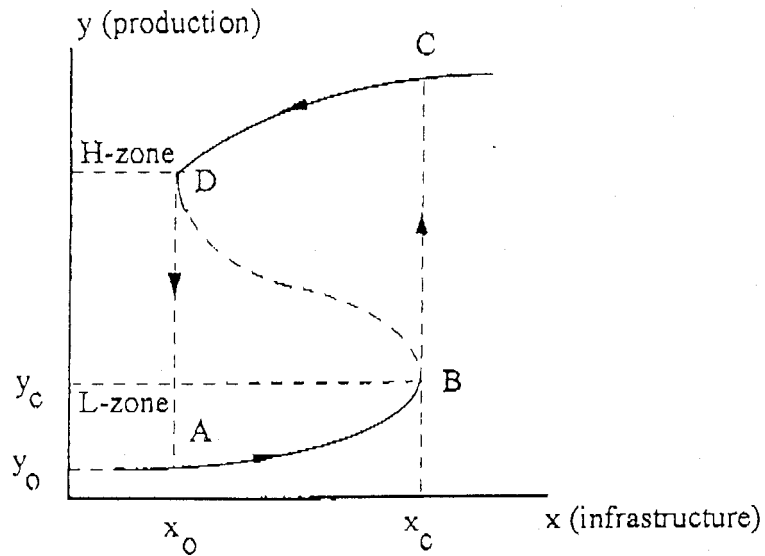
パラメータ  $s$  と  $\varepsilon$  によってシステムの変数の変化の速度を区別することができる。たとえば、 $s$  と  $\varepsilon$  が極端に小さければ、財の生産は知識とネットワークインフラストラクチャの変化過程と比較して変化の早いプロセスと考えることができる。分かりやすい例を示すために、上の一般的なシステムの特例ケースを考えよう。

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y^3}{3} + ry + x \quad \text{急速な市場方程式}$$

$$\frac{dx}{dt} = -\varepsilon y + ay \quad \text{ゆっくりとしたインフラストラクチャ方程式} \quad (1)$$

ここで、 $r$  と  $a$  は制御パラメータであり、 $\varepsilon$  は非常に小さな正の値をとるパラメータであると考えよう。式(1)において知識インフラストラクチャを無視しよう(知識はもっとゆっくりと変化する変数である)。このシステムはファン・デル・ポール方程式を変形したものになっている。変数  $x$  の値がゆっくりと変化し臨界的なパラメータ領域に入れば  $y$  の値は不連続的に変化する。図-1 は方程式(1)の代表的なサイクルを表している。さまざまな産業分野での生産の急速な成長と衰退の過程が非常によく表現されており、ネットワークのゆっくりとした変化に

<sup>1</sup>Haken, H. (1983) *Synergetics, An Introduction*, 3rd ed., Springer, Berlin.



図一 生産の急速な変化とインフラストラクチャのゆっくりとした変化

よってこれらの急激な変化がもたらされることが理解できる。変化の早い変数は比較的急激な変化を引き起こすことに着目することが重要である。したがって、われわれが変化の直前と直後だけシステムを観測していたならば、変化の遅い変数は重要性をもたないと結論づけてしまうだろう。

物理的な資本に対する投資を通じてネットワークインフラストラクチャが図一1のLゾーンに位置する軌跡に従ってゆっくりと拡張していくと考えよう。初期時点においてシステムが点Aにあったとしよう。xが変化し、やがてその点を越えれば生産構造が劇的に変化してしまうような点Bに到達したとしよう。この点において、均衡は安定性を喪失し、いわゆる遷移の局面に移行する。

システムは本質的に長期的な循環的特性を持っている。Hゾーンに到達した時点でネットワーク改良が停止すれば、ネットワークの減耗が支配的な相互効果を持つようになり、システムは点Dに到達するまでHゾーンに描かれた解の軌跡をたどり、そしてLゾーンへと没落していく。ネットワークインフラストラクチャ容量のなめらかな、しかし小さな変化が財生産における小さな変化が財生産の均衡値における予測もしない大きな変化をもたらすことがあるため、循環的過程が発散を起こしているとみなされることがあるかもしれない。このような現象は状態の不連続の変化や相転移を通じて生起してくる。ネットワークインフラストラクチャの増加がいかによりゆっくりと生じようと相転移が生じる。このことは空間経済の再編成がネットワークに小さなしかし重要なリンクがつけ加えられることが引き金になって生じるかもしれないことを示唆している。もし経済的インフラストラクチャが臨界的なところに位置していれば、交通条件のわずかな変化が最終的に生産における大きな差異をもたらすことになるかもしれない。

### 3 ゆっくりとした変化の場

農業社会では経済ルールが固定的な慣習に基づいていることが多かったが、これらの慣習は革新をもたらす能力を犠牲にするかわり予測可能性を増加させることになった。したがって、産業化の一般的な特性の1つはこれらの固定的なルールが新しい企業の参入や新しい経済活動により利潤を獲得する個人の権利を認めるように緩和されたことである。市場参入に対する新しい権利と引き替えに、経済活動による利潤が負であれば市場から撤退することを余儀なくされるようになった。

しかし、ノーベル受賞者のダグラス・ノースが指摘したように新たなルールだけは産業社会への転換にとって十分ではない。それは必要条件であったが十分条件ではないのである。

文字どおりの意味におけるインフラストラクチャが存在しなければならない。私はインフラストラクチャという用語を（相対的な意味ではあるが）ゆっくりと変化し多くの家計や企業にとって同時に利用可能なストック変数という意味で用いている。インフラストラクチャとは集合的（公共的）な重要性を有しつつ、ゆっくりと変化する変数の集合を意味している。それは化学反応における触媒に似ている。

インフラストラクチャの例として：

1. 交通ネットワーク
2. コミュニケーションネットワーク
3. 情報のプール
4. 知識のプール
5. 共通の価値構造

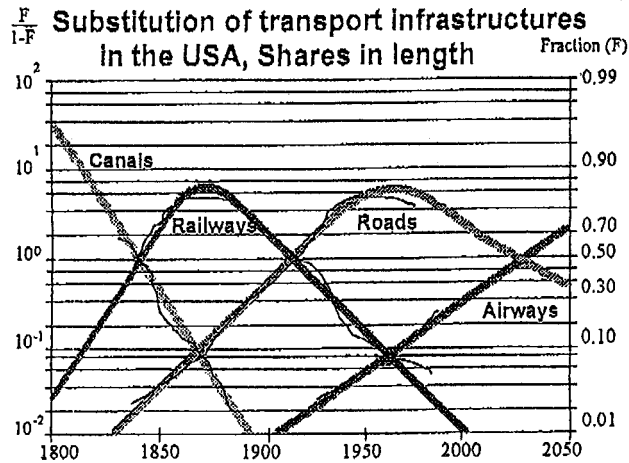
があげられる。産業革命がはじまった時点で、各国や地域はインフラストラクチャ容量の臨界的な組み合わせを達成していた。産業社会の組織は各国や地域で似たようなものとなり、それは産業社会への進化を許容するインフラストラクチャの利用可能性に支配されてきた。

前世紀における産業社会においては資源の輸送や財、情報や知識のコミュニケーションのための水路や鉄道が支配的な役割を果たしていた。鉄道ネットワークと海路の接続を可能にする地点や地域が、産業集積がもっとも高い利潤をもたらす地点となっていた。このようにしてマンチェスター、ロンドン、アントワープ、ニューヨーク、ボストン、フィラデルフィアのような都市が巨大な工業都市に成長していったのは偶然ではない。横浜―東京、神戸―大阪も、同様の力により、陸上・海上の交通の中心に産業集積が生じた例である。

### 4 単純化と工業生産

産業組織の中核には労働分業<sup>2</sup>があったし、いまもある。労働分業は単純化の

<sup>2</sup> Smith, A. (1986, from original 1776) *The Wealth of Nations*, Penguin Classics, London.



Source: Nakicenovic (1989) In Transportation for the Future, (eds Ballen/Thord) Springer-Verlag.

図-2 アメリカ合衆国における交通インフラストラクチャの代替、総延長に対するシェア

手段である。この原理に従って生産過程はわずかな公式的な教育を受けた労働者や単純な機械により遂行可能な多くの単純な作業に分解された。もちろん、このことは雇用者が平均して3年あるいは非公式的な教育を受けていない初期の産業社会では必要であった。

産業組織のほとんどのレベルにおいて労働分業の原理を適用することができる。個人のレベルでは、個々の雇用者を彼らの相対的な技能の差異に従って異なった作業に最適に配分するための意思決定に用いられる。企業レベルでは同様に原理により財生産の責任を異なった工場に配分するために用いられる。地域、国家レベルでは英国の経済学者デービッド・リカードにより最初に導入された比較優位の原理によって生産や輸出における特化に関する議論に用いられた。のちになって、比較優位の理論はノーベル受賞者バーティル・オーリンにより国際貿易と立地に関する一般理論へと発展した。彼は、各国は相対的にもっとも豊かな資源を利用する財の生産に特化することにより、世界全体の実質所得は最大化され、生産に特化した国々の間における貿易は労働移動と代替的な働きをすると主張した。

この理論は、単純化に基づいた非常に強力な理論であるが、相互に排他的でないならば、原則的に農業社会と産業社会にとって適切な理論である。この理論はこれまで述べてきたようなインフラストラクチャの場と密接に関連している。豊富な搾取されていない資源が利用可能であり、知識や情報が制約され、交通・コミュニケーションネットワークが海上交通や鉄道交通に基づいていた社会では労働分業による単純化や比較優位性の探求が必然的な結果であった。同様に鉄道・海上アクセシビリティが最大化される少数のノードに工業が集積することは古典的な産業社会の交通・コミュニケーションネットワークの必然的な結果である。

## 5 新しい場

非常にゆっくりと、しかし着実にインフラストラクチャの場は第3の産業革命の波の100年間の間に変貌を遂げてきた。財や人々の輸送のためのネットワークは新しい道路、航空交通リンクの継続的な出現により、ますます稠密になってきた。つぎの図に表わされるように、種々のネットワークの相対的な重要性の変化は極めて重要である。

西ヨーロッパ、日本においても若干の時間遅れを伴いながら同様な変化の傾向を示している。この図は、産業化が北アメリカ、西ヨーロッパ、日本において確立した今世紀のはじめにおいて、大陸内交通は鉄道に、大陸間交通は海上交通に支配されていたことを示している。しかしながら、交通全体の容量は大幅に制約されており、その当時は大量の物資輸送のみが可能であった。その当時の私的交通の費用が極めて高かったことを反映して、個人の私的交通は大幅に制約されていた。労働者は（永住的な移動としての人口移動は無視され）地域に固有の資源だと考えられていた。国際貿易理論の構造は財と人々の間の移動性の違いを反映していた。ヘクシャー＝オーリンの比較優位理論は労働移動の代替として賃金率の均等化をもたらす貿易の可能性に焦点を置いていた。

しかし、状況は変化した。道路や航空路に対する投資によるネットワークの進化により、現代においてはロジスティック条件は劇的に変貌をとげた。アメリカ合衆国、西ヨーロッパ、日本において、道路・鉄道が物的ネットワークの相対的な利用可能性において支配的な役割を演じている。たとえば、新幹線やマグレブ技術を組み合わせたような技術のように、新しいネットワークを導入する時期はいまや熟した。しかしながら、高速地上交通のための新しいネットワークは来るべき数十年の間に支配的な役割を果たすとは期待できない。新しいネットワークはいつも非常にゆっくりとしたペースで現われてくるものである。

交通ネットワークの新しいインフラストラクチャの発展がもたらす特筆すべき結果は人々を運ぶ（したがって知識を運ぶ）容量の成長をもたらしたことである。私的なモビリティの拡大により、コンサルタントによる仕事のシェアが非常に拡大することが可能になったばかりではない。サービスセクターが家庭の近くに立地する必要性もなくなった。サービスも製造業と同様にどこにでも好きなところに立地できるようになりつつある。

産業組織的な観点からは、交通ネットワークの稠密性の変化はさらに別の結果を引き起こしている。企業の規模の経済性に対する要求とより多くの小さな生産拠点と物流拠点を持つようとする要求を結び付けることが可能になってきた。新しい交通ネットワークは地球規模で存在可能なネットワーク企業を創造する可能性を拡大した。

コミュニケーションネットワークは先進国のどの地域からもほとんど瞬時にして情報のコミュニケーションを地球規模で行なうことを可能にするようなより稠



密なパターンへとゆっくりとした変化を遂げた。このことが、さらにより多くの生産と分配拠点が協働するような地球的規模のネットワーク企業の出現をますます可能にしている。

第3の特筆すべき特性は、先進諸国や地域における労働力の教育による基礎的知識のゆっくりとした、しかし確実な成長である。マディソン<sup>3</sup>の計算によれば、産業革命の第3の波が始まった時点における現在のOECD諸国の平均教育年数はだいたい3年程度であった。2010年までに、多くのOECD諸国においてこの平均教育年数は13年に到達するだろう。自然資源のストックは減少していくだろうが、知識ベースはこれからも増加し続けるだろう。知識やコミュニケーション容量は豊富であるが、自然資源やエネルギーの利用可能性はより乏しくなる方向に世界は徐々に移行していくだろう。このことは産業社会の基本的原理を見直すことを要求している。

## 6 製品の複雑化

産業社会の基本的原理は労働分業と比較優位性による配分の原理を適用した単純化にあった。新しい時代の場と両立できる新しい原理は**複雑性の増加の原理**である。

複雑性は（本稿の文脈の下では）基本的に3つの次元を持つ概念である。第1次元は「設計図の複雑性」コロモゴロフ<sup>4</sup>やチャイチン<sup>5</sup>によって定義された計算の複雑性と密接に関連している。私は、設計図の複雑性により、ある与えられた製品の別のコピーを生産するのに必要とされるもっとも短い示方書の長さを意味したい。この意味に従えば、標準的な1995年モデルの日本車を生産するのに必要な手順の記述はT-フォード車の精密なコピーを生産するのに必要な記述よりもっと長いであろう。このように、設計図の複雑性の定義に従えば、1995年の標準車はT-フォード車よりもっと複雑な製品であることになる。それはより多くの設計図の複雑性を持つ製品である。同様に最新型のパーソナルコンピュータはそれまでの型のものよりさらに複雑である。この点に関して、われわれは製品の複雑性とユーザーにとっての複雑性を区別しなければならない。製品のユーザーにとっての複雑性を減少するために、製品設計上の複雑性を増加することが極めて頻繁に必要なことになる。

設計図は、それを利用する者が生産手順に関する記述を理解するために持っている知識と無関係ではない。いくつかの設計図は、それに基づいて製品を作るために労働者に非常に高度な公式的、非公式的な教育と高度な技能の修得を要求している。このように、ある与えられた設計図に従ってある与えられた製品のコピーを生産するために必要とされる教育は製品の複雑性を図るための別の尺度となり

<sup>3</sup> Maddison, A., (1988) *Phase of Capitalist Development*, Oxford University Press, Oxford & New York.

<sup>4</sup> Kolmogorov, A.N., (1965) Three approaches to the quantitative definition of information, *Problems of Information Transmission* 1, Jan.-March, 1965, 1-7.

<sup>5</sup> Chaitin, G.J., (1966) On the length of programs for computing finite binary sequences, *Journal of the ACM*, 13, 1966, 547-569.

うる。

製品の複雑性の第3の次元は、ある製品の正確なコピーを生産するために必要となる部品やその他の物理的なインプットの多さである。非常に複雑な設計図を要する製品は、しばしば多くの異なる、しかも空間的に離れたところで利用可能なインプットを必要とする。インプットの多様性は製品の複雑性の第3の尺度である。情報と知識の利用可能性の拡大と交通・コミュニケーション容量の拡張が、上で述べたような3つの次元のすべてにおいて製品の複雑性を拡大することを著しく容易にした。そして、さらには複雑性は、エネルギーや物質的なインプットを代替する。複雑性の増加とエネルギーや物質のインプットの減少はコミュニケーション、交通、知識インフラストラクチャが拡大している現代の世界において、経済主体がこれらの場の変化に対して利潤性を追求して反応した結果である。複雑性の増加はシナジーの増加と労働分業と比較優位性の応用の程度が減少することによってのみ達成される。このことは、アダムスミスによる労働分業の批判の中ですでに予見されている。

「労働分業の進展において、労働によって生きる多くの人々が携わる雇用、すなわち、多く人々は、少数の、しばしば1つもしくは2つの、単純な操作に閉じこめられることになる。しかし彼らの大多数が有する仕事に対する理解は、彼らの通常の雇用を通じて形成される必要がある。その効果が恐らくはいつも同じ、あるいはほとんど同じであるような単純な少数の操作に人生のすべてを費やす人々は、彼の理解を披露したり、いままで起こらなかった困難性を排除する手段を見出すために工夫したりする機会を持っていない。したがって、彼はそのようなことを行なう習慣を自然に喪失し、やがて奴隷達はなるように愚かで無知な存在になるだろう。彼の心の無気力は合理的な会話を味わったり、その一部に貢献したりする能力を失わせしめるだけでなく、寛大で高貴でかつやさしい感情を抱いたり、結果として私的な生活における幾多の通常義務に関する判断を形成する能力をも失わせしめることになるだろう。彼が生きている国にとって重要な関心事は、彼がまた判断ができない存在となり、彼に格段の苦痛が与えられない限り、彼は戦争において彼の国を守ることも同様にできないことである。彼の定常的な生活の統一性は彼の心中の覇気を破壊し、彼をいまわしい非定常的で、不確実で危険に満ちた兵士の生活に巻き込むことになる。それは彼の身体の活動も破壊し、これまで生活してきた環境とは異なる雇用環境の下で活力や忍耐をもって彼の強みを発揮することができなくなる。このように彼の小手先での器用さは、彼の知的で、社会的、軍事的榮譽と引き替えに獲得されたものである。

しかし、発展した文明社会においても政府がそれを防ぐ何らかの犠牲を講じなければ、労働力のプール、すなわち多くの人々がこのような状態に陥ってしまうことになる。

狩猟者や羊飼いや、製造業の発達や外国との商業が拡大する以前の未発達な農業の状態における農夫達の文字どおりの野蛮な社会においては、それとは反対の

状況が見いだせる。そのような社会では各人がさまざまな職業を有しており、自分の能力を発揮したり、次々と起こる困難性を取り除くための手段を工夫することが必要であった。創意工夫は存続し続け、人々の心が文明化した社会において下層階級の人々が無感覚にすごすような眠ったような愚かさに陥ることはなかった。(アダムスミス、国富論、1776)」

エドウィン・マンズフィールド<sup>6</sup>が指摘するように、研究開発活動の組織は異なったアイデアや答を求める原理の相補性が探求できるようなシナジェティックな組織を持つように変化する傾向がある。企業活動における研究開発活動はマーケティング活動に携わる人々に近接して立地することにより大きな利益を享受する傾向がある。同様に、研究分野内部における研究開発活動は異なった研究環境の間の共同研究によって大いに利益を得ることができることを示すことができる(ベックマン<sup>7</sup>、アンダーソン、パーソン<sup>8</sup>)。

## 7 複雑性の創造

増加する複雑性は個人、企業あるいは社会レベルにおけるいくつかの創造的プロセスの成果である。製品、すなわち財やサービスに内在する複雑性を増加するためには、発明に対するニーズが存在しなければならない。アダムスミスが指摘したように、創造性のために必要となる条件は製品生産における生産性のための必要条件とはまったく異なるものである。

個人レベルにおける創造的プロセスは多くの認知心理学者によって分析されているが、中でも恐らくグドムンド・スミスとその共同研究者達<sup>9</sup>によってもっとも深く探求された。これらの心理学的研究によれば、個人の創造性は、遺伝的に両親より受け継いだり、あるいは子供時代あるいは青年期というパーソナリティの形成期を通じて発展した個人的な経歴に大いに依存していることが指摘されている。このように家庭や学校の環境は非常に重要な決定要因となったり、創造的なパーソナリティを発展における制約要因となりうる。

個人の創造性は大きく3つの異なる心理的能力と関係している。

1. パラドクスを解決する能力
2. 新しいパターンを認知し、再構成し、観察する能力
3. 図、理論、モデルといった異なるアイデアを協同的に結合する能力

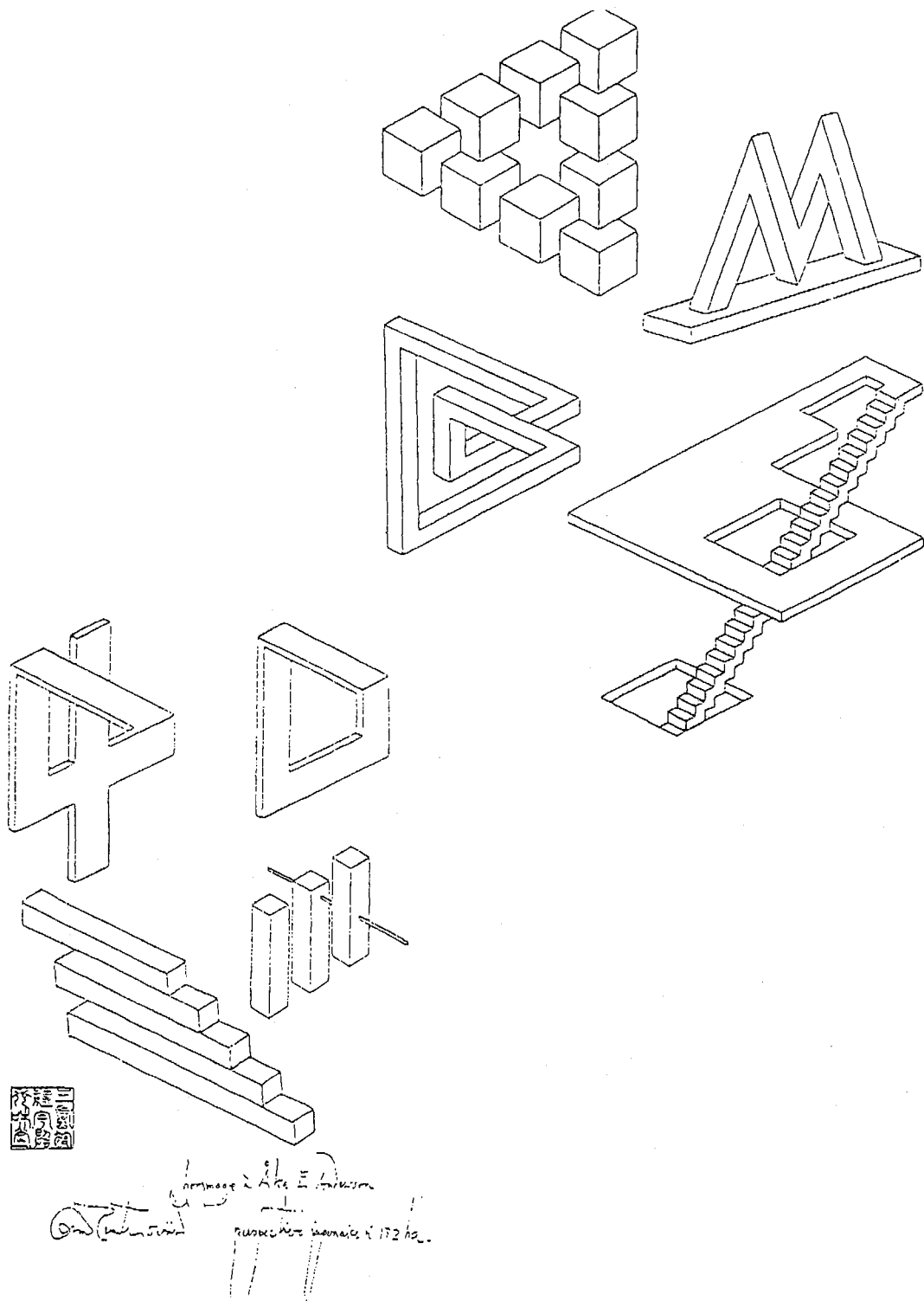
パラドクスを解決する能力とは何を意味するのだろうか？パラドクスとは、相互に結びついていない要素の、おそらくは整合がとれていないような絵画的、概念

<sup>6</sup> Mansfield, E., et al (1988) *The Production and Application of New Industrial Technology*, New York.

<sup>7</sup> Beckmann, M., (1994) On knowledge networks in science: collaboration among equals, *The Annals of Regional Science*, 28:233-242, Springer-Verlag.

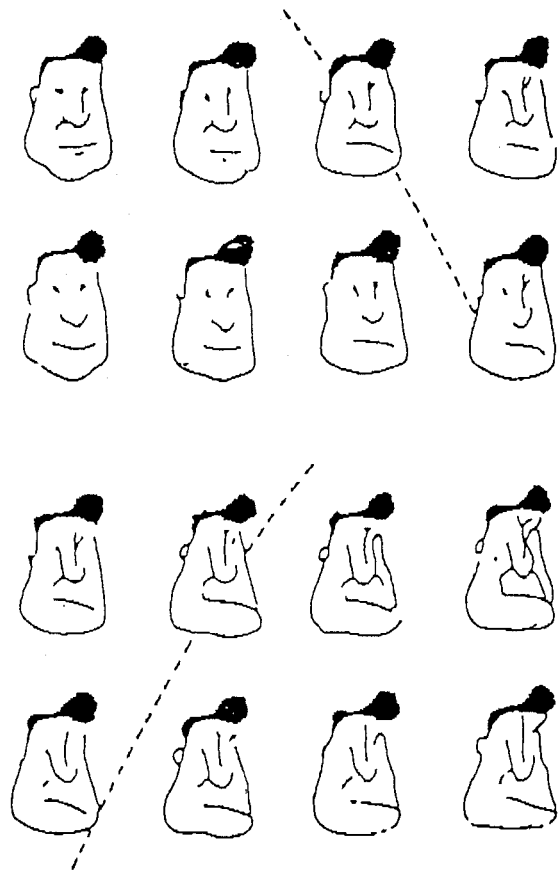
<sup>8</sup> Anderson, A. E., Persson, O. (1993) Networking scientists, *The Annals of Regional Science*, 27:11-21, Springer-Verlag.9

<sup>9</sup> Smith, G. J. W. and I. M. Carlsson (1990) *The Creative Process*, Psychological Issues 57, International University Press, Inc. Madison, CT, and "The Creative Person" by GJW Smith in *The Cosmo-Creative Society (1993)* ÅE Andersson, DF Batten, K Kobayashi and K Yoshikawa (eds.) Springer-Verlag, Berlin, N.Y., Tokyo.



図A

的な集合である。その1つの例として「私はいつも嘘をつく」といった古典的な言明をあげることができる。別の例として、スウェーデンの芸術家オスカー・ロイタースベルドによって描かれたつぎのような絵をあげることができる。



図B

例えば、階段の絵に着目すれば、階段を上ること、建物の最上階にいることが互いに矛盾をきたすことが判る。これらの図では、ある点から反復的に移動することによって得られる解釈と、別の点から同様に移動することにより得られる解釈が互いに異なったものとなる。創造的な人間はこのようなパラドクスを人間の心にある幾何学的な認知について創造的な思考を始める出発点とみなすことができるが、コンピュータではこのようなパラドクスを解決するのに問題が生じるだろう。認知における構造的不安定性の問題はつぎの8枚の絵によっても表すことができる。

これらの絵を左から右へと1枚1枚見ていくと、多くの人は次第に崩れていく男の顔を見るだろう。今度はその下の一連の絵を右から左に見ていけば、泣いている女性の姿を見い出すだろう。破線で示した間は双方の解釈が可能であり、認知システムが構造的に不安定となるような分岐領域を表している。このような脳の構造的な不安定性が創造性のための重要な前提条件となるだろう。脳の構造的な不安定性は、異なったアイデアの協同が創造的人間の典型的な特徴となりやすいかという理由を説明している。しばしば、同じ現象に対する2つの異なるモデルが、互いに整合がとれていないことが起こりうる。そして、これらの2つのモ

デルがその間のパラドクスの不整合を解決するようまったく新しい理論を生み出す創造的プロセスの出発点となることがある。

組織的、社会的レベルでの創造性に関する体系的な研究はほとんど存在していない。しかしながら、歴史は、しばしば都市や地域のレベルでの創造的環境の進化に対する多くの事例を与えてくれる。約2500年前のミレトスやアテネはそのような創造的都市の例である。同様にイタリアのフローレンス、フランダースのブルージュもヨーロッパのルネサンス期の都市における創造的開花である。17世紀におけるアムステルダムやロンドンも例としてあげられる。ヨーロッパにおける産業革命の歴史から創造的環境について多くのことが書かれている。中でも特筆すべき事例は今世紀のはじめにおけるウィーン、ベルリン、ロンドンである。これらの歴史的な事例はもちろん社会的なレベルにおける創造性のための信頼性のある前提条件のセットを与えるわけではないが、社会的レベルにおける創造的発展のためのいくつかの必要条件を与えてくれる。

創造性のための第1の条件は、社会システムにおける富と構造的不安定性の結合であろう。システム内の攪乱がその拮抗的な力による直ちに平衡化されてしまうような安定的な社会的、制度的な環境はまったく新しいアイデアを受容するようには決してならないだろう。多くの歴史的な事例がこのような結論を支持してくれる。

例としてとりあげた地域では、創造的拡張が貿易と人口移動と結びついた地域間コミュニケーションの拡張を伴っていた。人々、アイデア、財の多様性の増加が協同現象のためのいくつかの必要条件を提供していた。

地域や国家の経済の構造的不安定性に伴って、非平衡や不均衡が突然現れる傾向がある。このような非平衡や不均衡は異なった財に対する超過供給や超過需要として現れる。このような不均衡は解消されていないニーズとして通常認知される。このような不均衡の例は大量の人口流入に伴う住宅不足である。住宅不足と同時に画家、科学者その他の知識人の間に必要な密度の計画されないミーティングを供給する公的空間の混雑現象を引き起こす。よく引き合いが出されるこのような混雑現象の例は1900年後の10年間におけるウィーンのカフェ文化である。

## 8 複雑性と生態的持続可能性

本田財団の創立の理念の1つとして、技術的、経済的、生態的持続可能性を達成するための手段としてのエコテクノロジーがある。ポストインダストリアルC-社会への現在の転換は環境にとって潜在的に有益であり、エコテクノロジー原則に従った進化の条件を満足することができる。大量の物質やエネルギーのインプットに依存する社会から、製品の複雑性に依存した社会へ移行することは特に生産拠点をとりまく局所的環境にとって有益である。ばい煙をあげる工場は混雑した工業都市における単純な製品の工業生産の象徴であった。複雑性を志向した工場は、工業生産を行なう工場よりもクリーンである。高度に産業化された

地域では、近年、生産量1単位当たりのエネルギーや物質の利用量が明らかに減少しつつある。西ヨーロッパでは1970年から1990年に至る期間の間で年率にして輸出量1トン当たり8%から10%程度の実質価値の増加が見られたが、このことは（価格が一定と仮定すれば）輸出価格1単位当たり同程度の資源利用の減少が図られたことを意味している。

ここで、警告を発しておかなければならない。現在出現しつつあるコミュニケーション、創造性、複雑性に依存した新しい社会では、産業社会における環境問題は継続的に解消されていく一方で、新しい環境問題が新しく生起するだろう。それには以下のような根拠があげられる。

1. 複雑性の増加は生産と物流構造の重要な変化をもたらす。
2. 生産量1単位当たりの部品の量は順当に増加し、空間的に離れた多くの生産拠点の間での輸送が必然的に必要となる。
3. 各製品1単位当たりの価値がより高くなるにつれて、より高速の輸送手段が必要となり、地球的規模の交通システムの環境へのインパクトが増加する。
4. 最終製品の複雑性が増加するにつれて製品を廃棄する段階でリサイクルを行なうことがより困難になる。

このようにして製品の複雑性の増加は古典的な局所的環境問題を地球的・ネットワーク的な環境問題に変質させることになる。現在、現われつつある新しいC-社会の複雑性は、同時に世界の経済的・生態的な相互依存性を強めつつある。製品の複雑性の増加により、ますます解決できるようになってきたさまざまな局所性を有する工業的・生態的問題から、われわれが直面する問題は技術的にも制度的にも準備できていない、よりゆるやかな、しかし拡散した生態的問題へと変化しつつあることは確実であろう。

新しい環境のジレンマの生起に対してプラスとなる兆候がある。西ドイツ、日本、北欧諸国では複雑な製品のリサイクルをめざして果敢な試みが現在実施されている。さらに、企業の研究開発プログラムも、たとえば現在のもっとも発展した自動車生産工場のように、より完全なリサイクルを行なうことができるように新しいより複雑な製品を設計する方向に向かいつつある。

さらに、航空機、自動車、トラックを生産している企業は、省エネルギー型エンジンやエタノールやその他のより環境にやさしい燃料で走行できる輸送用機器のためのエンジンの開発をめざしてより多くの研究資源を投入しつつある。9

#### 結論と要約

北米の先進地域や日本、スウェーデンやスイスのような先進国は経済発展の新しい段階に入ろうとしている。それらの地域や国々では生産や製品の単純性や自然資源やエネルギーの大量消費に依存した産業社会は過去のものになるようとしている。それらは創造性(Creativity)、コミュニケーション容量(Communication capacity)、製品の複雑性(Complexity of products)にますます依存しつつあるC-社会に変貌を遂げようとしている。製品の複雑性の増加は単位生産当たりの

実質的な利用価値の増加をもたらしている。最近の統計データによれば、このような変化を遂げつつある国々では工業生産1 トン当たりの価値は年率10%に近い割合で増加している。このことは生産プロセスにおいてGNP1 単位当たりの自然資源の利用量が大幅に節約されていることを意味している。結果として、ポストインダストリアルC-社会への転換は製品の生態系にやさしい生産に対するポテンシャルが増加していることを意味している。

しかしながら、複雑性を志向した生産のための新しいインフラストラクチャの場の開発は新しい形態での環境へのストレスというリスクを意味している。複雑性は研究開発努力によってのみ増加させることができるが、効率的な研究開発はアイデアや知識を有している人間のコミュニケーションや交通を必要とする。同様に複雑性が増加する製品の生産はしばしば異なっ

た場所でのみ入手可能な非常に多くの複雑なインプットを必要とし、このことがより多くの交通への負荷をもたらすこととなる。財の価値がより高くなれば製品をその最終消費者のもとへより早くより正確に届けることが必要となる。複雑な製品は、単純な製品よりもリサイクルの可能性についてより多くの配慮を必要とする。

このように、複雑性を志向したポスト産業社会は工業生産から生じる環境汚染の節減をますます可能にする一方で、製品の複雑性の増加に伴って新しく生じつつあるネットワーク汚染問題に対して配慮していく必要性が増加している。エコテクノロジー的な配慮は、より複雑な製品のリサイクルのための経済的に維持可能な技術の発展と生態系にやさしい交通技術の可能性を増加させるように再定式化されなければならない。



本田財団レポート

No.1	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ローマ1977」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭53.5	No.43	ベルギー「フランドル行政府産業使節団」講演会 「新しい情報秩序を求めて」 電気通信大学教授 小菅敏夫	昭59.7 昭59.7
No.2	異文化間のコミュニケーションの問題をめぐって 東京大学教授 公文俊平	昭53.6	No.45	「アラブの行動原理」 国立民族学博物館教授 片倉ともこ	昭59.10
No.3	生産の時代から交流の時代へ 東京大学教授 木村尚三郎	昭53.8	No.46	「ひまわりVA太陽光を考える」 イタリア国立エネルギー研究機関総裁 ウンベルト・コロンボ	昭60.1
No.4	語り言葉としての日本語 劇団四季主宰 浅利慶太	昭53.10	No.47	「光のデザイン」 石井デザイン事務所 石井幹子	昭60.7
No.5	コミュニケーション技術の未来 電気通信科学財団理事長 白根禮吉	昭54.3	No.48	「21世紀技術社会の展望」 第43回日経ハイテクセミナー	昭61.1
No.6	「ディスカバリーズ国際シンポジウム パリ1978」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.4	No.49	「星をつぶす法」 文部省宇宙科学研究所所長 小田 稔	昭61.5
No.7	科学は進歩するのか変化するのか 東京大学助教授 村上陽一郎	昭54.4	No.50	「ひまわりVA太陽光は人間の生活にどう役立つか」 慶応義塾大学教授 森 敬	昭61.5
No.8	ヨーロッパから見た日本 NHK解説委員室主幹 山室英男	昭54.5	No.51	「エコ・テクノロジーの宇宙的観察」 コーネル大学天文学および宇宙科学教授 カール・セーガン	昭62.2
No.9	最近の国際政治における問題について 京都大学教授 高坂正堯	昭54.6	No.52	「人間はどこまで機械か」 東京大学教授 古川俊之	昭62.2
No.10	分散型システムについて 東京大学教授 石井威望	昭54.9	No.53	「中国人とどのようにおつきあいすべきか」 東京外国語大学教授 中嶋嶺雄	昭62.2
No.11	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ストックホルム1979」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭54.11	No.54	「舞台の奥のヨーロッパと日本」 演出家 寺崎裕則	昭62.5
No.12	公共政策形成の問題点 埼玉大学教授 吉村 融	昭55.1	No.55	「日米関係の現状と展望」 経団連特別顧問 大河原良雄	昭62.5
No.13	医学と工学の対話 東京大学教授 渥美和彦	昭55.1	No.56	「私の半導体研究」 東北大学教授 西澤潤一	昭63.1
No.14	心の問題と工学 東京工業大学教授 寺野寿郎	昭55.2	No.57	「生物学者の科学的責任」 コレージュ・ド・フランス名誉教授 ジャン・ドーセ	昭63.4
No.15	最近の国際情勢から NHK解説委員室主幹 山室英男	昭55.4	No.58	「最近の宇宙論をめぐって」 上智大学教授 柳瀬睦男	昭63.3
No.16	コミュニケーション技術とその技術の進歩 MIT大学教授 イシエル・デ・ソラ・ブル	昭55.5	No.59	「科学・技術研究の国際的規模：その展望と考察」 ローマ大学教授 パオロ・マリア・ファゼラ	平 1.7
No.17	寿命 東京大学教授 吉川俊之	昭55.5	No.60	「温室効果による地球環境の変動と対策」 中央大学理工学部教授 安藤淳平	平 1.9
No.18	日本に対する肯定と否定 東京大学教授 辻村 明	昭55.7	No.61	「組織の進化論」—企業及び軍事組織における進化— 一橋大学商学部教授 野中郁次郎	平 2.3
No.19	自動車事故回避のノウハウ 成蹊大学教授 江守一郎	昭55.10	No.62	「ファジー理論の誕生と進化」 カリフォルニア大学バークレー校教授 ロトフィ・アスカ・ザデー	平 2.9
No.20	'80年代—国際経済の課題 日本短波放送専務取締役 小島章伸	昭55.11	No.63	「選都問題について」 通産省工業技術院 国際研究協力課長 八幡和郎	平 2.12
No.21	技術と文化 IVA事務総長 グナー・ハンベリユース	昭55.12	No.64	「クリーンエネルギーとしての水素利用」 東海大学工学部 応用物理学科教授 内田裕久	平 3.1
No.22	明治におけるエコ・テクノロジー 山本書店主 山本七平	昭56.5	No.65	「地価インデックス債による土地問題の解決」 一橋大学経済学部教授 野口悠紀雄	平 3.4
No.23	西ドイツから見た日本 電気通信大学教授 西尾幹二	昭56.6	No.66	「宇宙のひとかけら」としての人間の視座」 松下技研(株)主幹研究員 佐治晴夫	平 3.5
No.24	中国の現状と将来 東京外国語大学教授 中嶋嶺雄	昭56.9	No.67	「建築と自然」 シュツツガルト大学軽量建築研究所教授 フライ・オットー	平 3.7
No.25	アメリカ人から見た日本及び日本式ビジネス オハイオ州立大学教授 ブラッドレイ・リチャードソン	昭56.10	No.68	「先端科学技術と経済成長」 東京大学 先端科学技術研究センター教授 竹内 啓	平 3.9
No.26	人々のニーズに効果的に応える技術 GE研究開発センターコンサルタント ハロルド・チェスナット	昭57.1	No.69	「自然界におけるゆらぎ、フラクタルおよび秩序」 東京大学理学部教授 鈴木増雄	平 4.4
No.27	ライフサイエンス (株)三菱化成生命科学研究所人間自然研究部長 中村桂子	昭57.3	No.70	「エコ・テクノロジーと飢餓の克服」 国際マングローブ生態系協会会長 M.S.スワミナタン	平 4.5
No.28	「錬金術 昔と今」 理化学研究所地球化学研究室 島 誠	昭57.4	No.71	「開放型の情報技術」 明治大学教授 西垣 通	平 4.9
No.29	「産業用ロボットに対する意見」 東京工業大学教授 森 政弘	昭57.7	No.72	「地球環境問題と日本の役割」 三菱化成生命科学研究所室長 米本昌平	平 4.10
No.30	「腕に技能をもった人材育成」 労働省職業訓練局海外技術協力室長 木全ミツ	昭57.7	No.73	「冷戦後の日米関係」 日本経済新聞社国際第一部長 小島 明	平 5.6
No.31	「日本の研究開発」 総合研究開発機構(NIRA)理事長 下河辺 淳	昭57.10	No.74	「エネルギー技術の動向」 東京大学工学部教授 茅 陽一	平 5.6
No.32	「自由経済下での技術者の役割」 ケンブリッジ大学名誉教授 ジョン F. コールズ	昭57.12	No.75	「シナジェティックス：自然と人類における協同と自己組織化について」 シュツツガルト大学教授 ヘルマン・ハーケン	平 6.1
No.33	「日本人と西洋人」 東京大学文学部教授 高階秀爾	昭58.1	No.76	「見捨てられる東京」 東京大学工学部教授 月尾嘉男	平 6.3
No.34	「ディスカバリーズ国際シンポジウム コロンバスオハイオ1982」報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.2	No.77	「生物の多様性と新しい微生物学」 日本海洋科学技術センター Deep Star プロジェクトリーダー	平 6.9
No.35	「エネルギーと環境」 横浜国立大学環境科学センター教授 田川博章	昭58.4	No.78	「これからの暮らしと経済」 元経済企画庁長官・経済評論家 高原須美子	平 7.7
No.36	「第3世代の建築」 (株)菊竹清訓建築設計事務所主宰 菊竹清訓	昭58.7	No.79	「フラクタル、認識と印象の統合」 エル大学教授、IBM名誉フェロー プノフ・B・マンデルブロー	平 7.7
No.37	「日本における技術教育の実態と計画」 東京工業大学名誉教授 齋藤進六	昭58.8	No.80	「円高の進展と中小企業の展望」 法政大学経営学部教授 清成忠男	平 7.8
No.38	「大規模時代の終り—産業社会の地殻変動」 専修大学経済学部教授 中村秀一郎	昭58.8	No.81	「分子の世界の右と左」 東京大学教養学部教授 黒田玲子	平 8.2
No.39	「ディスカバリーズ国際シンポジウム ロンドン1983」の報告 電気通信大学教授 合田周平	昭58.9	No.82	「生物は機械」 東京大学先端科学技術研究センター教授 藤正 巖	平 8.4
No.40	日本人と木の文化 千葉大学名誉教授・千葉工業大学教授 小原二郎	昭58.10	No.83	「製品の複雑性と持続的発展」 スウェーデン未来学研究所所長 オーケ・アンダーソン	平 8.4
No.41	「人間と自然との新しい対話」 ブラッセル自由大学教授 イリヤ・ブリゴジン	昭59.2			
No.42	「変化する日本社会」 大阪大学教授 山崎正和	昭59.3			