

研究開発に関する政策研究

児玉文雄

1. 序論

政策研究とは、政策決定のための科学研究である。一方、政策決定が他の意思決定と違う点は、それが与えられた構造の中での意思決定ではなく、構造に関する意思決定であるということである[1]。したがって、政策研究においては、世の中で起こりつつある構造変革に注目し、構造に関する科学的・定量的分析を行うことが重要である。

本学会の対象である研究・技術計画における政策研究においても、産業社会、技術革新、研究開発において起きている種々の構造変化に注目し、その科学的分析を試みる必要がある[2][3][4][5]。そこで、本稿においては、構造変革の記述と分析の問題を、産業構造、技術革新、研究開発活動の3つのレベルに分けて、筆者が行ってきた研究を例示しつつ、考察してみたい。

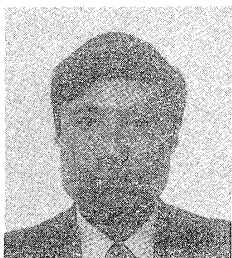
まず、産業構造の変革について考察してみよう。技術進歩が構造変革の契機になることは周知の事実である。最近では、企業における研究開発が技術進歩の最も重要な源泉であることが認識され始めた[6]。そこで、産業構造の変革と企業の研究開発との間の関係を考察すれば、次のようになる。国全体としての産業構造の急激な変化は、新しい産業が創造されるか、ある

いは、既存の産業が消滅したりする時に起きるといえよう。一方、企業の

主力製品分野の範囲内での研究開発活動は、既存産業の存続を目的としたものであり、主力製品以外の製品分野についての研究開発活動は、新産業の創造を目的としていると考えられる。各産業の主力製品分野を越えての研究開発活動は、産業の「技術多角化」として概念化できる。以上より、産業構造の変革と技術革新との関係に関する研究は、産業ごとの技術的多角化の分析に帰着されると言っても過言ではなからう[7][8]。

つぎに、技術レベルにおける構造変革の問題について考えてみよう。技術革新に関する従来の「認識パラダイム」においては、技術の壁を突破することにより、技術革新が生まれてくるものと認識されていた。原子力エネルギーやトランジスタの出現は、このようないわゆる「技術突破」という概念で説明できることが多かった。しかるに、最近の「メカトロニクス」や「オプトエレクトロニクス」の技術革新は、技術突破というよりも、異種類の技術の融合により出現したと考える方が自然である。そこで、技術革新には、「技術突破型」(technical breakthrough)と「技術融合型」(technology fusion)の2種類のものが存在すると考えられる。技術レベルにおいても、技術突破型技術革新から技術融合型技術革新へと構造変化が起きているといえよう[9][10]。

最後に研究開発レベルの構造変革について考えてみよう。従来の分類では、「研究集約的」で



Fumio KODAMA
埼玉大学大学院政策科学研究科 教授
1964年 東京大学工学部機械工学科卒
〒338 浦和市下大久保255 0488-52-1111(勤務先)

Graduate School of Policy Science, Saitama University
Professor
255, Shimo-Okubo,
Urawa 338 (office)

あるかどうかは政策決定にとって重要であった。化学工業と電子工業が研究集約産業の典型とされてきた。しかし、最近においては、「先端産業」であるかどうかは重要になりつつある。電子工業が先端産業であることに関しては異論はないが、化学工業を先端産業と分類することには、意見の相違が見られる。このことは、研究開発費の売上高比率というような、単純で表層的な基準で産業を区別するだけではもはや不十分となり、最近のハイテク時代においては、研究開発活動の構造的特徴を把握することができるような、より分析的な基準が必要とされていることを意味している [11]。

2. データ・ベース

政策研究はできるだけ実証的に行われることが望ましい。さらに、科学的分析であるためには、定量的分析を行いたいものである。そのためには、前章で述べたような問題を分析するデータベースが存在するかどうかは重要となる。

総務庁発行の「科学技術研究調査報告」[12]においては、資本金1億円以上の企業について、その社内研究費の31に及ぶ製品分野ごとの内訳を記入することを義務づけている。このような内訳が困難な場合には、専門分野ごとの研究者数にしたがって比例配分することを要求している。このようなデータを産業ごとに集計して、同報告書の第9表の「産業、製品分野別社内使用研究費」の形で、昭和45年以来、毎年報告がなされている。すなわち、どのような産業が、どのような製品分野に、どの位の研究開発投資をしているかが分かるのである。

各産業において、製品分野ごとの研究開発費の統計が整備されていることにより、前章で提起した構造変革に関する分析を、定量的、客観的、科学的に行うことが可能になるのである。まず、このようなデータベースが産業の技術的多角化の分析に役立つことは明らかである。さらに重要なことは、このデータベースが技術融合型技術革新の分析にも、先端産業の研究開発活動の構造の分析にも役立つのである。

その理由は次のようなそれぞれの分析課題の

本質を考慮すれば、明らかであろう。すなわち、技術融合型技術革新のプロセスは、ある産業が主力製品以外の製品分野に興味を示すこと、すなわち、研究開発投資を行うことから始まる。そして、どの産業にも固有でない新しい技術領域を形成することにより終了する。一方、産業における研究開発活動は、どのような産業がどの製品分野へどれだけ投資をしているかにより、ほぼ完全に記述できると言える。

3. 産業の技術的多角化

3.1 多角化の計測

各産業の31の製品分野への研究開発費の構成比を確率分布と考えれば、情報理論におけるエントロピーの概念を使って、多角化の指標を作ることができる。すなわち、多角化が進行して、その研究開発投資が多くの製品分野に分散していれば、その産業のエントロピー値は高い。逆に、多角化が進まず、その産業の従来の主力製品分野に研究開発費が集中していれば、エントロピー値は低くなる。このような計測を主要産業とその時系列について行った結果が図1である。

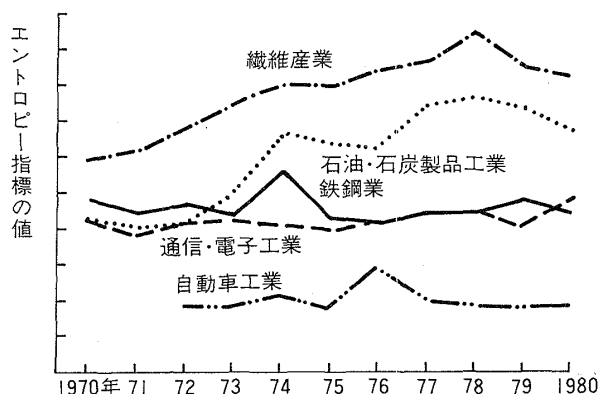


図1. 主要産業の多角化のエントロピーによる計測

産業ごとの比較でみると、最も多角化しているのが繊維産業であり、最も多角化が進んでいないのが自動車産業である。その中間にあるのが、鉄鋼業と通信・電子工業である。時間的変化でみると、繊維産業と石油・石炭製品工業の多角化が大きく進行しているのに対して、その他の産業の多角化はほとんど不変である。

この結果については種々の解釈ができるが、一つだけ確かな傾向は、主力製品の伸びが著し

い産業ほど、多角化の程度も進展も低く、主力製品の伸びが飽和している産業ほど、多角化の程度とその進展が高いと言える。このことは、企業の生き残り戦略として多角化が使われていることを裏づけるものと言える。

鉄鋼業と通信・電子工業の多角化の程度はその進展が似ているが、その原因はまったく異なると考えられる。通信・電子工業は自動車工業を凌ぐ伸びを経験したが、その技術革新が持つ性格上、ある程度の多角化を必要としたのである。これに対して、鉄鋼業の成長率は低く、技術的多角化の動機はつねに存在していたが、市場規模において鉄鋼製品に相当するような製品分野が存在しないために、多角化が容易でなかったと考えられる。

3.2 多角化の方向

多角化の進展は過去についての分析であったが、将来の予測という観点から重要なことは、産業の多角化がどのような方向を指向しているかという問題である。産業構造の変化との関係においては、多角化の方向を産業連関との関係において分析することが重要である [13] [14]。

ある産業の研究開発投資が、その産業の産出・投入関係にある製品分野に多角化していれば、その産業の多角化の方向は垂直方向 (vertical) であるという。逆に、その産業の産出・投入関係にない製品分野に多角化していれば、その産業の垂直統合関係とはまったく異なる方向であるという意味において、水平方向 (horizontal) の多角化であるとしよう。垂直方向の多角化には、川上方向 (upstream) と川下方向 (downstream) の2種類が存在する。その産業の投入関係にある製品分野に多角化している場合を、川上方向といい、産出関係にある製品分野へ多角化している場合を、川下方向という。

計測の問題は、研究開発投資の多角化の方向と産業の産出・投入関係の方向が与えられて、両者の一致度を算出する方法を考え出すことに帰着される。前者は、産業ごとの製品分野別の研究開発投資の構成比で与えられ、後者は産業連関表の産出・投入係数で定量的に与えられる。

そこで、これらのデータを用いて、川上方向への多角化の度合を示す指標 (U) および川下方向への多角化の指標 (D) を構成し、各産業ごとに計測することができる。さらに、それぞれの指標の平均値と標準偏差 (製造業全体で計算したもの) で正規化した値 (\bar{U} , \bar{D}) を、図2に示すように、XY平面上にプロットすることにより、多角化パターンによる産業の分類が可能となる。すなわち、図において、ある産業が第2象限にプロットされれば、その産業の川下方向の多角化の値が製造業全体の平均値以上であり、川上方向の値は平均値以下であるので、この産業の多角化のパターンは川下方向であると断定することができる。同様に、第4象限の産業の多角化パターンは川上方向であると断定できる。第3象限の産業は、川上と川下の両方において平均値以下であるので、水平方向のパターンということになり、第1象限の産業は、両方とも平均値以上であるので、垂直方向のパターンと断定できる。さらに、プロットされた点が原点および座標軸から離れているほど、それぞれの性格が顕著であるということになる。

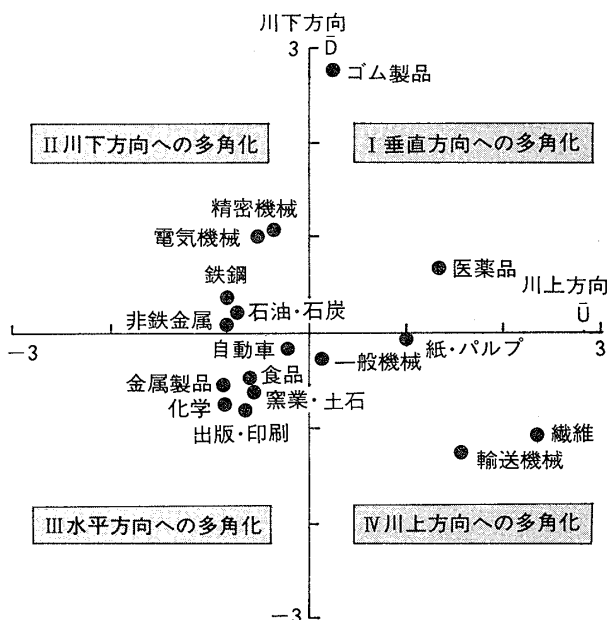


図2. 多角化パターンによる産業の分類

そこで、性格の顕著な産業とその特徴を記述する。川上方向への多角化が顕著な産業 (第4象限の産業) は、繊維産業、輸送機械工業 (自動車を除く) であり、いずれも、発展途上国の追い上げが激しく、国際競争上苦戦を強いられ

ている産業である。そこで、川上方向への技術的多角化により、その存続を国際的に確保しようとしていると解釈できる。

川下方向の多角化は、電機工業（通信・電子を含む）と精密機械工業において顕著であるが、両産業は1970年代の成長産業の代表格であった。すなわち、1978年の生産をオイル・ショックの前年の1972年の水準と比較すれば、精密機械が全業種中の第1位であり、電機工業が第2位であった。このことは、同期間の成長が精密技術および電子技術の応用範囲の拡大という形でもたらされ、両産業がこれらに積極的に対応していたことを物語っている。

水平方向の多角化は、化学工業と金属製品工業において著しい。両者とも典型的な素材産業であるので、その多角化は、産業連関関係には拘束されないことを示しているといえよう。医薬品工業の多角化は川上と川下の両方である垂直方向であると断定された。このことは、医薬品工業においては、化学工業とは異なり、バイオ・テクノロジーの出現により技術革新の方向が明確になってきたことと無関係ではないであろう [15]。

3.3 政策論としての意味

以上のような技術的多角化の分析が、いろいろな分野における政策の議論に役立つことは、明らかであろう。ここでは、国際競争力と多角化の問題に限定して考察してみよう。

産業が国際競争力を失うと川上方向へ多角化する傾向があることは、古くは、R. バーノンの「プロダクト・サイクル論」[16]にみられるように、各所で指摘されている。そこで、このような仮説が正しいかどうかを統計的に確かめてみよう。まず、国際競争力を失った業種として、1970年代の年間平均輸出成長率が全産業の成長率の平均値である15.58パーセント以下の産業を取り上げた。続いて、本来輸出に向いていない業種として、輸出比率（輸出額の国内生産額に対する比率）が3%以下の産業を除外した。その結果、21産業のなかから8産業がサンプルとして抽出された。

そこで、先に計算した川上方向への多角化の

度合（U）の産業ごとの相違を年間輸出成長率（E）で説明することを試みた。その結果を図3に示す。回帰分析の結果、 $U = -0.38 \cdot E + 0.58$ ($R^2 = 0.917$) が得られた。したがって、川上方向の多角化は国際競争力の喪失と深く関係しており、輸出成長率が低いほど、川上方向の多角化の程度が高いということが統計的に明らかになった。

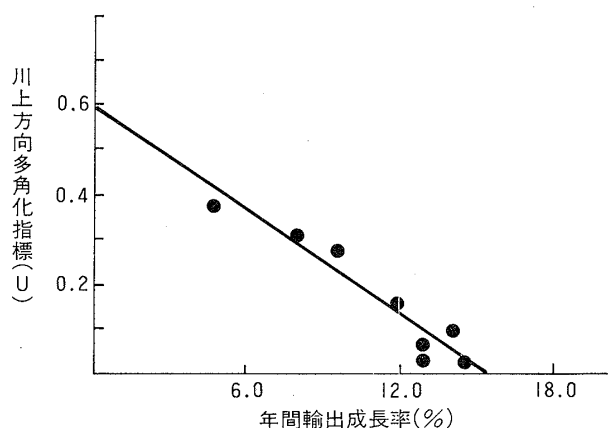


図3. 輸出成長率と多角化の関係

このような因果関係は、日本においては、輸出市場の喪失が保護主義的な動きに直接的に結びつかなかった理由を説明するものである。すなわち、川上方向への多角化により、個々の企業レベルでは、雇用水準を一定に保つことができたのである。さらに、川上方向への多角化は、最終製品段階での輸出の減少を製造機械・設備等の輸出の増加で補うことができるので、衰退産業が新興工業国にたいする競争力を維持するための戦略になることが分かった [8]。

4. 技術融合型技術革新

4.1 日本型技術革新

「メカトロニクス」という言葉は日本人による造語であり、1975年ころから盛んに使われるようになった。事実、メカトロニクスの典型である工作機械のNC化率は1975年を境にして急上昇に転じている[17]。メカトロニクス技術は、機械技術と電子技術の融合によって可能となった技術革新である。このタイプの技術革新は、関連する多くの産業のチーム・ワークにより可能となるもので、日本型技術革新であると考えられる。日本の工作機械に起きたNC革命

の歴史を分析すれば、このことがいっそう明らかになる。

日本の工作機械の NC 革命は、工作機械産業のほかに、少なくとも 3 つの産業の協力により、はじめて可能になったのである。通信機器メーカーであった富士通の技術者が新しいサーボ・モーターを開発した。それは、電子・油圧式のステップ・モーターであり、電気信号であるパルスがステップという形で直接に機械的な動きに変換されたのである。このことにより、すべての複雑性は除去され、すべてのことが簡単になったのである。とりわけ、フィードバック制御が必要でなくなったのである [18]。

しかし、このステップ・モーターを NC 工作機械のワーク・テーブルに積載可能にしたのは、ベアリング・メーカーの NSK 社が開発したボール・ネジであった。すなわち、従来のネジでは使用回数を重ねるにつれて、摩耗が起きるために、制御上の誤差を起し、最終的には工作機械が制御不可能の状態になってしまったのである。これに対して、ボール・ネジでは、ネジのボルトとナットの間に潤滑されたボール・ベアリングが挿入されているので、摩擦が非常に小さい。したがって、ネジの特性は時間の経過に伴って変化しない。言い換えれば、ボール・ネジの開発がなければ、ステップ・モーターを開ループ制御系に装着することは不可能であったのである。もうひとつの協力は材料メーカーによりなされた。すなわち、テフロンを滑り面に張りつけることにより、工作機械に特有の低速にして均一な運動を可能にしたのである。

4.2 技術融合の分析

技術融合型技術革新のプロセスは、ある産業が主力製品以外の製品分野に興味を示すこと、すなわち、研究開発投資をすることから始まる。しかし、これだけでは不十分である。すなわち、ある産業の主力製品以外への一方的な研究開発投資は、たんなる多角化努力に過ぎないかもしれない。しかし、2 つの産業が互いに「双方向」に研究開発投資する場合には、新しい技術領域が形成され、これが技術革新に発展する

可能性がある。

つぎに、産業の主力製品以外の製品分野への研究開発投資が、探索段階であるのか、開発段階であるのかを見極めることが必要である。一般的に言えば、研究開発のプログラムは、探索段階から開発段階へと進展していく。この移行に伴い、投資額も増加していく。そこで、産業ごとにある基準値を設定して、その産業のある製品分野への投資がその基準値を超したことをもって、研究開発プログラムが開発段階に到達したものと認定することができる。

そこで、開発段階に到達した研究開発投資が双方向で行われた時に、始めて、技術融合が実現されたと考えることができる。技術融合の状態は、各産業を平面に空間的に配置し、技術融合が実現されている場合にのみ産業間に線を結ぶという次ページ図 4 のような一種のグラフにより表現できる。すなわち、ある 2 つの産業間に研究開発投資が行われていても、まだ探索段階であったり、それが開発段階に達していても双方向でない場合には、産業間に線が結ばれていないのである。

先に述べたように、「科学技術研究調査報告」の第 9 表の「産業、製品分野別社内使用研究費」のデータは 1970 年から毎年報告されているので、技術融合に関する分析は 1970 年以降について可能である。そこで、先端技術の典型であるメカトロニクス、バイオテクノロジー、ニューセラミクスが技術融合としてはどのような形で表現され、どのような時期に実現されたかについて、分析結果を記述する。

4.3 分析結果の解釈

1970 年においては、一般機械、電気機械、化学工業のそれぞれの周りに小さな技術融合が存在し、これらの産業を核とする 3 つのグループが形成されている。しかし、グループ間には技術融合は存在しないので、この時期には本格的な技術融合は実現されていない。

1974 年（図 4）になると、食品—医薬品—化学工業の間に三つどもえの関係が出現しており、これをバイオテクノロジーの誕生と見ることができる。すなわち、醗酵技術を表現していると

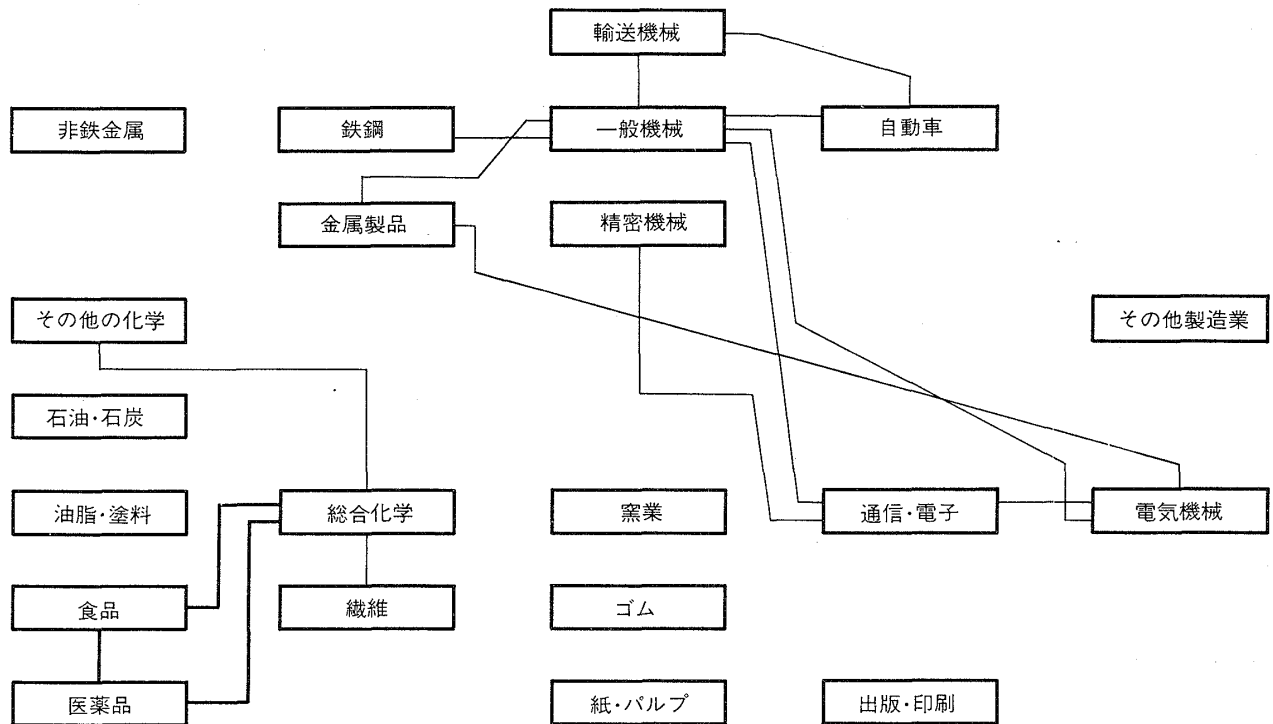


図4. 1974年の技術融合の状態図

考えられる食品—医薬品の融合関係は1970年にすでに存在していた。これに、1974年になって、化学工業が加わることによって、バイオテクノロジーとしての先端技術領域が形成されたのである。

メカトロニクスについては、1971年から機械—電機の融合関係は存在していたが、機械—電機—通信・電子—精密機械という四つともえの

関係が定着するのは1975年（図5）以降である。すなわち、この四つの産業間の技術融合関係の定着をもって、メカトロニクスの実現と見ることができ、事実、この時期は工作機械のNC化率の急上昇の時期と一致している。

1982年（次ページ図6）になると、窯業と電機および機械の間に技術融合関係が形成されている。これを、ニューセラミックスの登場と考え

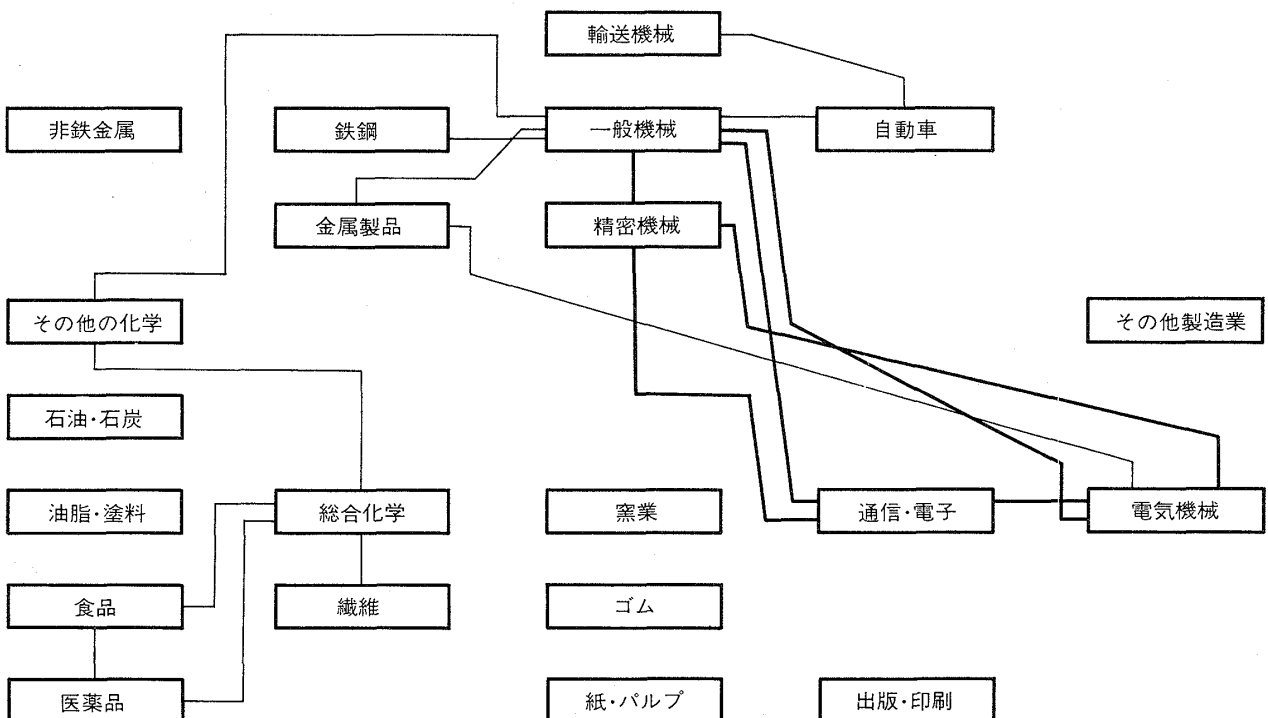


図5. 1975年の技術融合の状態図

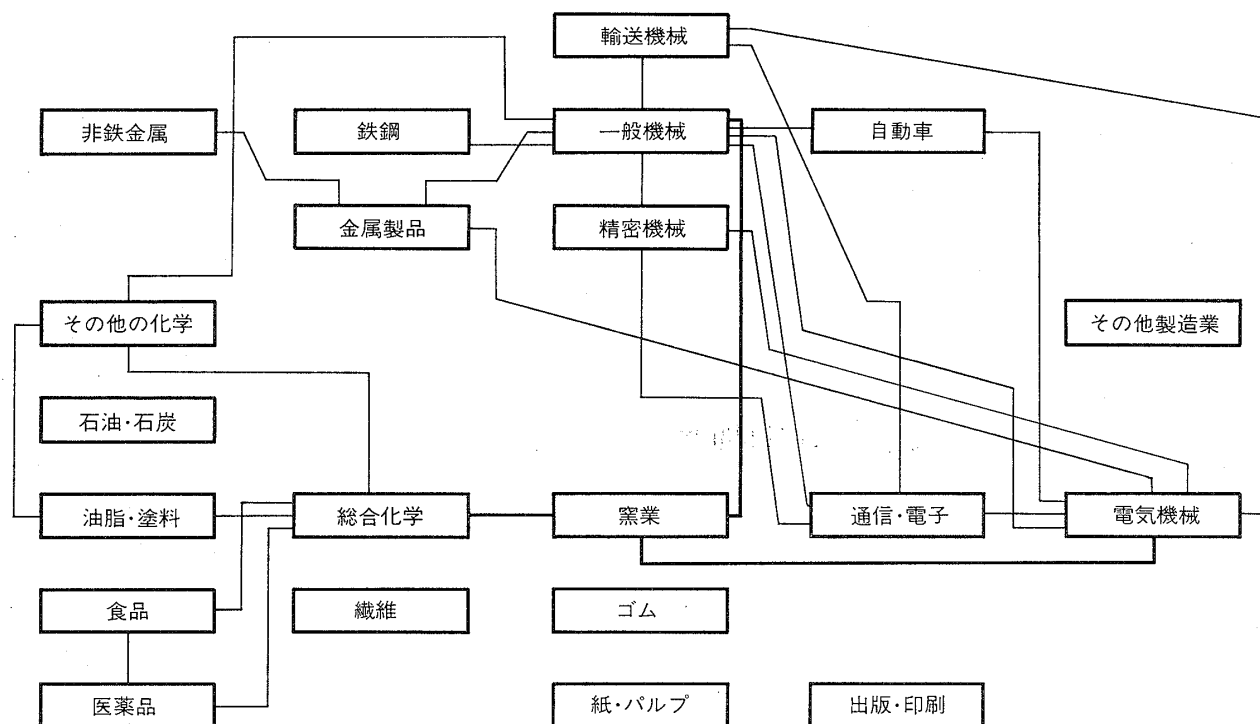


図6. 1982年の技術融合の状態図

ることができる。ファインセラミクスを表す窯業—機械の融合が1980年に成立し、81年に新素材の成立を暗示する窯業—化学の関係が形成された後に、82年になって窯業—電機の融合が追加された[9]。

4.4 政策論としての意味

1980年代になっての顕著な現象は、機械と電機を核とする加工・組立部門と化学を核とする基礎産業部門との間に技術融合が生じつつあることである。1970年代に形成されたメカトロニクスおよびバイオテクノロジーに代表される技術融合は、それぞれ、加工・組立部門および基礎産業部門のなかだけで出現したものであるのに対して、80年代には、産業技術としてはきわめて異質な部門の間に技術融合が進展しているのである。このことは、1980年代が、新素材革命の時代になることを暗示していたのである。

この新素材革命を技術融合型の技術革新であると認識することの意味はつぎのようなものである。従来の素材革命においては、素材産業がリーダーシップを発揮してきたが、新素材革命においては、このような技術革新パターンはあてはまらないかもしれない。すなわち、新素材のユーザーである加工・組立部門の産業が技術革新の主導権を握る可能性が強い[19][20]。

光ファイバーの製造技術における技術革新が、ガラスメーカーではなく、ユーザーであるNTTにより実現されたという最近の技術開発の事例は、あたらしい技術革新パターンの到来を暗示している。

5. 先端技術産業の研究開発特性

5.1 先端産業の技術革新

先端産業の技術革新パターンの特徴は、マイクロ・エレクトロニクス産業において顕著である。過去30年間、この産業には、真空管、トランジスタ、集積回路、VLSIと続く一連の技術革新が、波が岸に押し寄せるように、つぎからつぎへと起きたのである[21]。

このような技術革新パターンは、最近のDRAM (Direct Random Access Memory) の技術開発において、より顕著になってきた。MOS型の技術開発競争においては、ほとんど3年周期で、新製品が市場に導入されている。すなわち、1972年に1Kbitのメモリー・チップが導入されたが、1975年には4Kbit、1981年には64Kbit、1983年には256Kbitがそれぞれ市場に導入されたのである。しかも、旧製品が技術の学習過程を終了する前に、次の新製品が導入されたのである。さらに、新製品が導入されると、

6年以内に旧製品を完全に市場から駆逐していったのである。このような事情は、製品の価格と生産量との関係を記述した図7に示すような学習曲線で明らかな形で表される。図において、生産量が増加するとともに価格も減少する。しかし、新製品が市場に導入されると、旧製品はその価格は依然として低下しているにもかかわらず、その生産量は急激に減少しているのである。

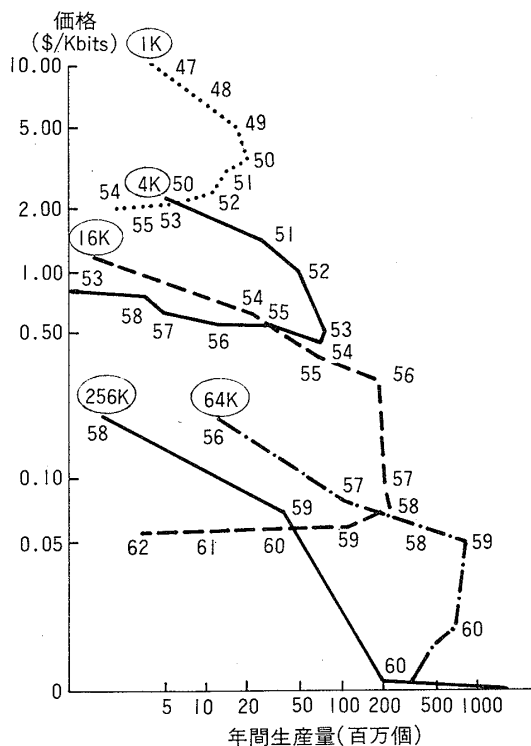


図7. MOS型DRAMの価格と生産量の関係

(注) 図中の数字は昭和の年号

(出所) Data Quest Co.

5.2 研究開発活動の構造

上に述べた先端産業の特徴を「技術革新による旧製品の組織的更新現象」と言い表すことができる。このような先端産業の技術革新パターンが企業の研究開発活動に対してどのような意味を持つのかを考察しよう。

従来の産業分野の研究開発活動においては、研究プログラムが探索段階からいったん開発段階に移行すれば、このプログラムがキャンセルされることはほとんどないと言える。なぜならば、研究プログラムは探索段階での研究において実現可能性が確認されたからこそ、開発段階へ発展させることが決定されたのである。しかし、最近の先端産業の研究開発については、こ

のようなことは成立しない。すなわち、研究プログラムが開発段階に移行しても、キャンセルされる可能性がずっと存在するのである。なぜならば、最近の超電導材料の開発にみられるように、技術革新が従来とはまったく異なる科学上の原理の上に構築されたり、光ファイバーの開発に見られたように、従来のガラス産業とはまったく異なる産業により技術突破が行われることがあるからである。

そこで、研究開発活動の構造的特性を、図8に示すように、研究開発投資額と研究プログラムの放棄確率との関係パターンの相違として定式化できる。図において、研究プログラムの探索段階から開発段階への移行は研究開発投資の増大という形で表現できる。そして、研究プログラムの探索から開発への移行に伴い、その放棄確率は減少していくので、標準的なパターンは右下がりの曲線で研究開発プロセスを表現することができる。そこで、ある産業のある製品分野への研究開発をひとつの研究プログラムであると仮定すれば、先に述べた「産業別、製品分野別社内研究費」のデータを使って、産業ごとの放棄率曲線の統計学的当てはめが可能である。

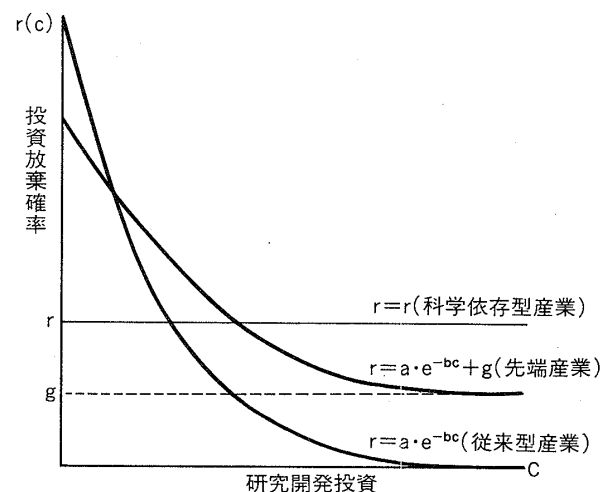


図8. 研究開発投資と放棄確率の関係

分析の結果、つぎのことが明らかになった。鉄鋼業における研究開発活動のような従来のパターンは、放棄率曲線が投資額の増大により、最終的には0に収束するという曲線で表現できる。しかし、先に述べたような先端産業の研

究開発活動のパターンは、放棄率曲線は0に収束するのではなく、ある正の値に収束するという曲線になる。さらに、化学工業のように、科学上の発見により直接的な影響を受ける産業のパターンにおいては、研究投資により放棄確率は減少しないという曲線が統計的に一番当てはまりが良い [11]。

5.3 イノベーション・スパイラル

以上のような先端産業における研究開発活動の特徴は、先端産業においては、新しいイノベーション・モデルが必要なことを示唆している。従来のイノベーション・モデルは、Research—Development—Production—Distributionの四つのステージから構成されており、最終ステージのDistributionにより得られた利益を基にして、次の新しい最初のステージであるResearchが開始されるので、イノベーション・サイクル・モデルとよばれている。そして、このようなイノベーション・モデルは、研究プログラムの放棄確率は研究開発の進展とともに0に近づく、という研究開発パターンを前提にしている。

しかるに、先端産業における研究開発活動においては、まったく発想を異にする他産業からの新規参入の可能性がつねに存在するので、研究プログラムの放棄確率は0にはならない。したがって、ハイテク産業におけるイノベーション・モデルとしては、技術開発の進展につれて、技術革新の主役の交替が産業を越えて起こり、しかも、主役の交替が起きたときに、革新的な技術開発が行われるというモデルが考えられる。これは、複数の産業により研究開発が同時平行的に行われているので、イノベーション・サイクルが多重的、多層的に構成されており、一つの産業のイノベーション・サイクルから他の産業のサイクルに飛躍することにより、技術上の問題が解決されるというプロセスである。そこで、先端産業におけるイノベーション・モデルとしては、サイクルを立体的に展開したイノベーション・スパイラル・モデルを構想することができる [22] [23]。

光ファイバーの日本における技術開発の経過

を分析すれば、先端技術分野においては、このようなイノベーション・スパイラル・モデルが現実の技術革新を良く説明するものであることが分かる。日本最初の光ファイバーは、1969年にガラスメーカーである日本板硝子により開発された。しかし、この光ファイバーは、機械的強度と伝送損失において問題があった。しかも、この二つの問題解決はガラス製造技術の延長線上的発想では不可能であった。すなわち、機械強度の問題は、ケーブル・メーカーである住友電工が開発したコーティング技術により解決された。伝送損失の問題はガラスの純化により解決されたのではない。この問題は、光ファイバーのユーザーであるNTTが、発振波長として、従来使われていた波長より長い波長を使えば、伝送損失が大幅に減少することを解明したことにより、解決されたのである。この頃になると、技術開発の主役は、NTTとケーブル・メーカーに完全に移動してしまったのである。その結果、NTTと住友電工の共同開発チームが光ファイバーの大量生産技術であるVAD(Vapor Phase Axial Deposition)法の開発に成功するまでに至ったのである。

おわりに

以上、産業、技術、研究開発の各レベルにわたって、構造変化の進展とその分析について記述した。一方、世間では、現在は明治維新、戦後に相当する第三の構造変革の時代であるとの認識が深まりつつある。そして、このような構造変化を引き起こす原因が技術進歩であるという認識も定着してきた。したがって、本学会の設立は時機に則したものとといえる。しかし、学会の努力が科学技術の構造的側面の分析に集中しないならば、いつかは時代に取り残されることとなろう。

参考文献

- [1] R. Sisson, Introduction to Decision Models, in A Guide to Models in Governmental Planning and Operations, Mathematica Inc., (1974)
- [2] N. Rosenberg, Perspectives on Technology, Cam-

- bridge Univ. Press, (1976)
- [3] N. Rosenberg, Inside the Black Box : Technology and Economics, Cambridge Univ. Press, (1982)
 - [4] C. Freeman, The Economics of Industrial Innovation, Penguin Books, (1974)
 - [5] C. Freeman, Economic Theory, Technical Change and Quality of Life, 木川田メモリアル・レクチュア, 21世紀文化学術財団, (1985)
 - [6] 石川善一, 平川恵三, 植之原道行, 技術戦略からみた企業再編, 研究技術計画 2 (1), 21~39 (1987)
 - [7] 児玉文雄, 日本型技術革新の実態と今後の進展, 近代経済学シリーズ, No.71, (週刊東洋経済臨時増刊 No.4564), 70~76 (1984)
 - [8] F. Kodama, Technological Diversification of Japanese Industry, Science, 233, 291 (1986)
 - [9] 児玉文雄, 技術融合型技術革新の提唱とその分析, 日本機械学会誌, 89 (806), 45 (1986)
 - [10] F. Kodama, Japanese Innovation in Mechatronics Technology : A Study of Technological Fusion, Science and Public Policy, 13(1), 44 (1986)
 - [11] F. Kodama, Y. Honda, Research and Development Dynamics of High-Tech Industry, 研究技術計画, 1(1), 65 (1986)
 - [12] 総理府統計局, 科学技術研究調査報告(第9表 産業, 製品分野別社内使用研究費), (1970~1982)
 - [13] K. Pavitt, Sectoral patterns of technical change : Towards a taxonomy and a theory, Research Policy, 13, 343 (1984)
 - [14] F. Scherer, Inter-industry Technology Flow in the United States, Research Policy, 11(4), (1982)
 - [15] M. Dibner, Biotechnology in Pharmaceuticals : The Japanese Challenge, Science, 229, 1230 (1985)
 - [16] R. Vernon, Quarterly Journal of Economics, 80, 190 (1966)
 - [17] 通産省編, 産業機械ビジョン, 通商産業調査会, (1984)
 - [18] B. Johnstone, Mechatronics meets Electronics, New Scientist, 110 (1503) 291~296, (1986)
 - [19] J. Utterback, The Process of Innovation : A Study of the Origination and Development of Ideas for New Scientific Instruments, IEEE Transaction on Engineering Management, 18 (4), 124 (1971)
 - [20] E. Hippel, The Dominant Role of the User in Semiconductor and Electronic Subassembly Process Innovation, IEEE Transaction on Engineering Management, 24 (2), 60 (1977)
 - [21] J. Tilton, International Diffusion of Technology, Brookings Institution, (1971)
 - [22] F. Kodama and et al., The Innovation Spiral : A New Look at Recent Technological Advances, presented to The Second US-Japan Conference on High Technology and the International Environment, Kyoto, (1986)
 - [23] S. Kline, Innovation is not a Linear Process, Research Management 24 (4), 36~45 (1985)