

新しい専門分野の形成過程に関する研究(2)

— 形成過程の類型化を中心として —

塚 原 修 一
山 田 圭 一

目 次

まえがき

1. 第2回調査の概要
2. 形成過程の諸類型
3. 調査結果にもとづく類型の設定
4. 新しい専門分野における研究領域
5. 研究フロンティアの推移
6. 新しい専門分野の形式にとって望ましい科学技術政策
7. 結 論

新しい専門分野の形成過程に関する研究(2)

— 形成過程の類型化を中心として —

塚原修一^{*}
山田圭一^{**}

まえがき

科学技術活動のきわめて重要な目的のひとつは創造的な研究開発の成果を生み出すことであり、このことの重要性は今後ともますます高まっていくものと考えられる。科学技術活動の創造性ないし活力を高めるといふ課題に対しては、これまでもさまざまな方策が提案されてきた。そのなかでわれわれは新しい専門分野の形成というプロセスに注目し、すでに結果の一部を第1報として1982年に報告した。第1報では、4つの専門分野を対象としてケーススタディを行い、新しい専門分野の立上りを中心として分析を行った¹⁾。

その後われわれは、別の4個の新しい専門分野を対象とするケーススタディを行った。本報告では、第1報で報告した分野をくわえて合計8分野についての分析結果を報告する。とくに、新しい専門分野の形成過程に関する類型化と、第1報ののちに明らかにされたさらに複雑な分析結果を中心とする。また第1報の結果を含めて総合し、日本における新しい専門分野の形成過程の類型と形成過程の段階について、結論を述べる。

1. 第2回調査の概要

1.1 調査の目的

本研究の立場は、専門分野の形成過程に共通する規則性を明らかにし、科学技術の政策決定と結びつけて問題を考察することであり、とくに基礎研究から応用研究までの段階をとりあげている。第1報で報告した第1回調査は、プラズマ物理・核融合、原子力工学、分子生物学、生物物理学の4分野を対象とした。その結果、研究者のリクルートメント、研究者タイプ、研究活動の性質などが、形成過程の初期から後期に向って一定の方向に変化していることが示された。しかし、個別専門分野の形成過程には個性もみられた。

第2回調査の目的は、新しい専門分野の形成過程に共通する規則性と形成過程の類型によって生じ

本研究は文部省科学研究費補助金(研究代表者 山田圭一)による研究成果の一部である。本研究のとりまとめについて、トヨタ財団の研究助成(研究代表者 手塚晃)をうけた。

* 国立教育研究所 研究員

** 筑波大学社会工学系 教授

る差異を定量的に明らかにすることにある。そのため第1回調査とは別の新しい専門分野を選び、第1回調査と同様な調査を実施した。第1回調査の経験をふまえて、若干の質問項目の追加と修正を行ったが、調査の枠組に本質的な変更はない(図1)。すなわち調査対象分野別の共通点と相異点を形

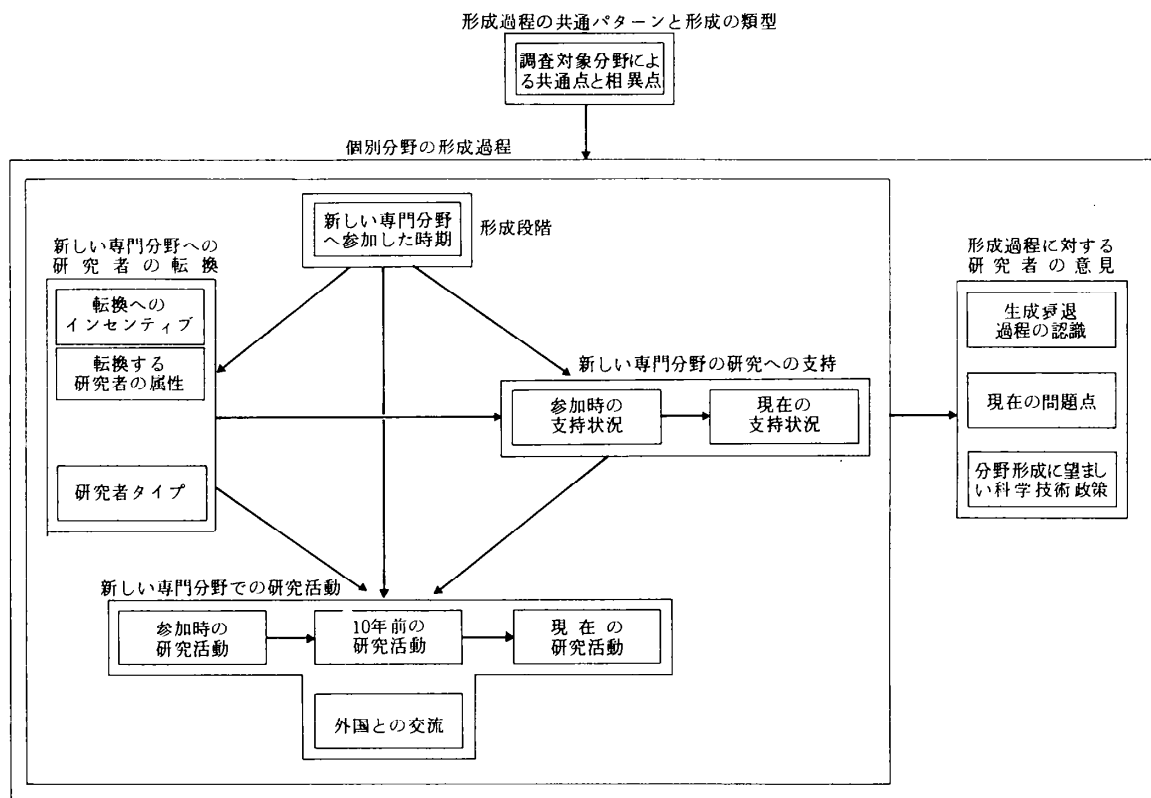


図1 専門分野の形成に関する調査の設計

成過程の共通性と類型としてとらえる。個別分野の形成過程については、形成段階を、各研究者が新しい専門分野に参加した時期によってとらえ、新しい専門分野への参加状況、研究への支持状況、参加時以降の研究活動などをたずねる。形成過程の当事者からみた、科学技術政策のありかたなどに関する意見をたずねる、などである。この意見の部分は、今回増強された部分である。

1.2 調査の実施

調査対象分野

第1回調査と同様に、過去30年程度の期間に形成過程をたどった専門分野のなかから、専門分野の性質、大きさ、まとめり、形成過程のちがい、調査実施の可能性などを総合的に判断して4分野を選択した。これらは自然科学を中心とした科学技術の領域から選択し、第1回調査とあわせた8分野が、科学と工学(実際的应用からの距離)、物質科学と生物科学、初期のブレイク・スルーの有無などの点で偏らないように工夫した。行動計量学は自然科学と社会科学の中間領域に位置するものとみなして取上げた(表1)。

生物工学は工学の研究成果を生物領域へ適用しようとする研究と生物現象を工学にとりいれようと

表1 調査対象分野の性質

	研究対象	研究の目的	初期のブレーク・スルー	制度化の進行
原子力工学	物質	有用性	○	◎
プラズマ物理・核融合	物質	有用性	○	◎
分子生物学	生物	真理	○	△
情報処理	物質, 情報	有用性	○	○
環境科学	生物	真理		○
生物物理学	生物	真理		△
生物工学	生物, 物質	有用性		△
行動計量学	社会, 人間	真理		△

する研究とを含む。環境科学は広義にはきわめて長い研究史を有するが、社会問題化した公害、環境汚染を背景として研究の重要性が強調された。1970年代に多数の学科などが整備された。情報処理は初期には大学、国立研究機関が研究をリードしたが、電子計算機の製造が産業として成立し、産業界でも研究開発が

行われた。1960年代後半から情報処理技術者の不足が叫ばれ、多数の学科が新設された。行動計量学は、最広義における人間の行動の計量的研究とされている。様々なデータの分析方法の研究とそれを活用する研究とを含む。

調査対象者

調査対象者はこれらの専門分野の現在および過去の研究者である²⁾。調査は郵送法によって1981年に行われ、注2に示す回収結果を得た。その結果、第1回調査を含めた全体では、調査対象者数 5,960人、回収率 46.7% となった。

2. 形成過程の諸類型

2.1 専門分野の定義

本研究で専門分野といっているのは、特定の知識の体系を構築し、維持することを目的とする活動が、自律的に遂行される条件をそなえた状態のことである。

「自律的に遂行される条件」は2つの内容を含む。第1は当該専門分野の目的を達成する意志をもつ科学技術者の存在であり、第2はそのような活動を可能とする資源配分である。本研究では、基礎研究から応用研究までの段階を研究対象としている。その場合、上記の目的を達成するために、かなり長期にわたって活動を持続しなければならないと考えられる。つまり、「自律的遂行」が「長期的持続」という意味を含む。そのため、うえの2条件は、制度として確立することが、絶対ではないが強く望まれる。

ここで制度といっているのは、大学の学科、学会、研究用資源配分の枠などを意味する。これらは複合的な機能を有するが、学科における研究後継者の養成や学会における情報交換・業績評価は第1の条件と関連し、学科の教員としての職業的地位や研究用資源配分は第2の条件と関連する。

本研究における専門分野の定義は、3つの側面をもつ。第1にそれは知識体系上の分類であり、第2には人の分類であり、第3には資源配分の分類である。現実には、3つの分類が一致しない場合が少なくないだろう。しかしここでは、理念的な状態においては、これらがすべて一致すると考えているのである。現実の専門分野は、この理念的な専門分野の性質の一部分を欠くことが少なくないのである。

2.2 専門分野の形成過程

専門分野の形成過程とは、最初、ごく少数の科学技術者の新しい試みとして開始された研究がしだいに発展し、専門分野として確立するまでをいう。専門分野として確立したあとも研究は自律的に遂行されるが、ここではとくに立上りに注目し、専門分野としての最低限の条件をみたすまでの期間をとりあげる。

新しい専門分野の形成という問題設定の必然的な帰結として、その萌芽である「新しい試み」もある特別な性質を有するものが中心となる。それは、既存の専門分野とは別の知識体系をつくらうとする活動に限られるという点である。それは典型的には、既存の知識体系とは別個の領域を開拓して知識体系をつくらうとする活動である。既存の知識体系のあるものとかかなり類似した領域にもうひとつの知識体系を構築しようとする試みは、専門分野の形成に含まれてさしつかえないが、自然科学の場合、ひとつの領域に複数の知識体系が並存する状態は、双方の知識体系の不備を示すと理解されるであろうから、それらが別個の体系として別々に専門分野を形成することはむしろ特別な場合であろう。

つぎに、形成過程の類型についてどのような仮説が考えられるか、という点について検討しておこう。専門分野の定義が示すように、専門分野の形成過程は人的側面と、(人以外の)資源配分的側面の2次元によって記述される。この2次元は密接な相互関連のもとにあり、たとえば資源配分の充実人は人を引きよせ、人の増加は資源配分を増加させるための力となりうる。それにもかかわらず、この2次元にはかなり明確な性質のちがいがあがる。それは以下の点である。

- (1) 人的側面は新しい専門分野へ参加するという、科学技術者の決定に由来する。
- (2) 資源配分的側面は新しい専門分野へ資源配分を行うという当該専門分野の外部の人々を含めた決定に由来する。ここで外部といっているのは、全体社会を意味する場合と、科学技術者の全体集団を意味する場合がある。

研究開発活動を、シーズ志向・ニーズ志向の2つに分類することがある。上記の2次元は、ある読みかえを行うことによってこの分類に対応づけることができる。シーズ志向とは科学技術の中から生まれた内発的テーマにもとづく研究開発をいい、ニーズ志向とは社会が解決を願う課題にもとづく研究開発をいう。人的側面は科学技術者個人がもつ新しい専門分野への関心の高さを反映するものであるからシーズに対応し、資源配分的側面は当該専門分野への外部からの関心の高さを反映するものであるからニーズに対応する。ただしニーズということばを社会ニーズの意味に限定せず、科学技術者の全体集団のニーズも含めたものとする。科学技術者の全体集団は、真理の探求および有用な知識の生産を重要な目的のひとつとする集団である。新しい専門分野における研究活動がこの目的を達成するための有力な方向のひとつだと判断が行われた場合、これを新しい専門分野への「ニーズ」とみるとみなすのである。

さて、人的側面と資源配分的側面の2次元で平面をつくり、その上で形成過程を表現すると、形成過程は、原点付近すなわち人も資源配分もどちらも乏しい状態から、両者ともに充実した状態へ向う軌跡として表現される。この軌跡の差異が形成過程の類型にほかならない。代表的なケースとして、たとえば3つの軌跡が考えられる。①科学技術者がまず新しい専門分野の研究を開始し、資源配分が遅れるケース、②その逆に早い時期に資源配分が行われるケース、③両者がバランスをとって増加す

るケース。形成過程の中に、科学技術者の関心を高めるような要因が強ければ①に、反対に外部の関心を高める要因が強ければ②に、そのどちらでもなければ③になるであろう。

初期に画期的なブレイク・スルーが発生した専門分野では、（新しい専門分野へ参加する科学技術者の対応速度が「外部」のそれより速いとして）①になり、社会にとって重要な課題の解決に寄与するような専門分野では②になるだろう。

3. 調査結果にもとづく類型の設定

調査結果の分析から、研究者先行型、制度化型、漸次転換型という3つの類型を抽出することができた。分析の過程について、以下で説明する。

3.1 ブレイク・スルー

ここでは、新しい専門分野すなわち新しい知識体系をつくろうとする活動を大きく前進させる画期的な研究成果をブレイク・スルーとよぶ。ブレイク・スルーはいわゆるパラダイム転換を伴う場合もあるが、伴わなくともよい。形成過程の初期にブレイク・スルーがあれば、新しい専門分野が成立する可能性を研究者に強く印象づけ、人的側面の充実に寄与するだろう。

ブレイク・スルーが初期に存在した専門分野は、原子力工学、プラズマ物理・核融合、情報処理、分子生物学である。原子力工学と情報処理の場合、重要なブレイク・スルーは、それぞれ原子炉あるいは電子計算機の完成ないし存在である。これらは日本での研究開始時にはすでに開発されていた。分子生物学のブレイク・スルーは1953年のDNA二重らせんモデルであろう。

プラズマ物理・核融合の場合は事情が複雑である。1955年にアメリカが公開した制御核融合に関する研究成果は、重要なブレイク・スルーを含んでいたといえる。またこのとき、制御核融合は比較的容易に（たとえば20年以内に）実現できるという空気が世界的に強かったという。しかしこの分野の研究は平坦ではなかった。その壁を突破したトカマク型装置によるブレイク・スルーは1968年に発表された。

3.2 資源配分的側面

制度

制度のあるものは、社会調査をまたずに、存在を知ることができる。研究機関、学科の設置、研究費の枠など資源配分にかかわるものをみると、つぎようになる。最も初期から制度化が進行したものは原子力工学である。日本の核物理学の研究は戦前からの歴史があるが、戦後の禁止時代をへて1952年に再開された。1955年には東京大学原子核研究所、日本原子力研究所が設立され、1956年以降1960年代を中心として大学に10個の原子力学科が設置された。

初期に制度化が進行した第2の例はプラズマ物理・核融合である。日本では、1955年にアメリカの研究成果が公開されたことによって、制御核融合の研究がスタートした。日本でどのように研究を進めるべきかに関する1958年の論争をへて、1961年に名古屋大学プラズマ研究所が設置された。文部省科学研究費では1958年以降、核融合関連の研究費の枠が若干の時期を除いて設定されている。

制度化が中期に行われたケースは情報処理と環境科学である。情報処理の研究は日本でも1950年代には行われていたが、大学に学科がつくられたのは主として1970年代であり、33学科がつくられた。

環境科学の場合は、学科がとくに増加したのは1975年ごろである。これには既存学科の名称変更を含む。現在、環境科学関連組織を有する大学は34大学に達する。また、文部省科学研究費、環境科学特別研究が1977年から開始されている。

新しい専門分野に参加したときの地位の性質

新しい専門分野の研究は、制度化された内部だけで行われるとは限らない。そこでアンケートによって研究が行われたときの地位および研究費の性質をしらべる必要がある。

第1報では、「公式の地位」で新しい専門分野の研究に参加した者の割合と参加時期との関係について分析した。「公式の地位」で参加した研究者の割合は、原子力工学では初期からその割合が大きく、プラズマ物理・核融合では1960年代に入ってから、分子生物学では1970年代に入ってからこの割合が増加し、生物物理学はこの割合が小さくかつ緩慢な増加傾向を示した。第2回調査の結果では、情報処理はこの割合の値が大きく、かつ1970年代に増加するが、環境科学は中程度、生物工学、行動計量学は小さくかつあまり変動しない(表2)。

研究費の性質

第1報では、新しい専門分野の研究に参加したころ、新しい専門分野のための「国からの研究費」を受けていた者の割合と参加時期との関係を分析した。国からの、すなわち公的な研究費を受けていた研究者の割合は、原子力工学とプラズマ物理・核融合では初期からこの割合が大きく、分子生物学は初期は小さかったが1960年代後期から増加し、生物物理学では小さかった。

第2回調査の結果では、環境科学と情報処理は中程度で、生物工学、行動計量学は小さい(表2)。

資源配分的側面のまとめ

制度、地位の性質、研究費の性質の三者の傾向は、ほぼ斉合的である。資源配分的側面から専門分野をいくつかに分類できる。第1は原子力工学とプラズマ物理・核融合であり、初期から制度化ないしは公的な資源配分が行われた。その対極的ケースは、生物物理学、生物工学、行動計量学であり、公的資源配分のしめる割合が時期によらず小さい。第3のケースが分子生物学であり、公的資源配分が近年著しく増加する。残された情報処理と環境科学は、中間的な性質をもっている。公的資源配分の割合は中程度であり、制度化が進行した時期は形成過程の中期である。

表2 新しい専門分野への参加時に公的資源配分を受けた者の割合

参加時期	地位	研究費
(生物工学)		
-1957年	0%	33.3%
1958-62	21.7	21.7
1963-67	15.2	22.2
1968-72	20.9	22.1
1973-	19.1	23.4
(環境科学)		
-1957	36.7	30.0
1958-62	29.3	25.0
1963-67	31.1	30.4
1968-72	24.2	44.7
1973-	30.2	46.9
(情報処理)		
-1957	32.1	35.7
1958-62	40.1	23.4
1963-67	40.7	29.6
1968-72	45.5	26.3
1973-	64.0	32.7
(行動計量学)		
-1957	0	25.0
1958-62	15.8	10.5
1963-67	9.1	22.7
1968-72	12.1	10.6
1973-	13.8	9.9

注) 地位：新しい専門分野のための公式の地位で参加した者の割合。
研究費：国や所属機関から新しい専門分野のための研究費を受けた者の割合。

3.4 人的側面

研究者のリクルートメントの集中度

多くの研究者が比較的少数の研究機関（大学を含む）で新しい専門分野の研究に参加していることは、第1報で報告したが、今回の調査では、集中傾向が小さい場合もあった。プラズマ物理・核融合、原子力工学、分子生物学は集中度がとくに大きい（上位4機関で研究者の47～50%が参加）。生物物理学と生物工学は中程度（それぞれ41%、37%）、情報処理、環境科学、行動計量学は小さい（それぞれ31%、30%、22%）。

集中傾向の説明がいくつか考えられる。1) 機関による研究者養成機能の差、2) 新しい専門分野に参加する機会の差、3) 参加機会には差がなく、いわゆる集積の利益。

1)について。研究者養成機能が大きい歴史ある大学は、どの専門分野でも、多数の研究者を輩出した少数の機関に含まれる。しかしこのことは集中度の差異を説明しない。また出身大学の構成比は分野によってあまり変らない。これも集中度の差異を説明しない。

もし3)が正しければ、効果は累積的であろうから後期ほど集中度が高まるだろう。しかし第1報で述べたように集中度の著しい分野においても、このような傾向はなかった。すなわち、集中傾向は参加の機会の差にもとづくさしあたり考えられよう。

専門分野によっては、性質上特定学部（たとえば理学部）を中心として研究が行われるものがある。理学部をもつ大学は少いから集中度は高まる。この説は生物物理学や生物工学を説明するには適当であろう。しかし集中度のとくに大きいプラズマ物理・核融合、原子力工学、分子生物学では、この理由にくわえて参加する機会が、特定の研究指導者や研究機関の周囲でとくに高かったと考えることが適当であろう。

新しい専門分野に参加したときの地位

参加の集中傾向は、各機関の研究者養成機能と関連し、それは大学院生の育成を含意するだろう。このことは参加時の地位の構成比にあらわれる。第1報の分析によると、集中度の高い研究機関では、初期には教授、助教授等の地位の高い研究者が多く参加するが、後期になると助手、大学院生等が増加していた。しかし第2回調査では、時期によらず助手、大学院生の参加が多い専門分野もあった（代表的な例を表3に示す）。プラズマ物理・核融合、原子力工学、分子生物学は前者、生物工学、行動計量学と第1回調査の生物物理学は後者と判定される。

環境科学と情報処理は、1970年ごろに特殊な変化を示す。どちらもそれ以前には、集中度の高い機関において、大学院生の割合が緩慢に増加していた。しかし、環境科学では1970年以降教授、助教授の参加が著しく、情報処理では1970年ごろに教授および助手の参加が増加する。1970年ごろは、これらの専門分野の制度がつくられた時期である。その時期を境界に参加形態が変化している。

表3 新しい分野への研究者のリクルートメント(行動計量学の例)

	新しい分野に参加した年				
	— 1957	1958 — 62	1963 — 67	1968 — 72	1973 —
参加時の所属機関					
旧 帝 大	28.6 %	27.8	50.0	21.3	27.8
その他の国公立大	28.6	11.1	5.0	18.0	13.9
私 立 大	7.1	16.7	20.0	18.0	16.7
国公立研究所など	28.6	11.1	15.0	16.4	13.9
民 間	7.1	33.3	5.0	26.2	27.8
外国の機関	0	0	5.0	0	0
主な大学(4ヶ所)					
それ以外	28.6	22.2	45.0	17.5	20.5
(人数)	71.4	77.8	55.0	82.5	79.5
	(14)	(18)	(20)	(61)	(72)
「主な大学」に所属した人の参加時の地位					
教 授		0	0	0	0
助 教 授		12.5	0	18.2	0
助 手		12.5	33.3	18.2	28.6
学 生		75.0	66.7	63.6	71.4
「主な大学以外」に所属した人の参加時の地位					
教 授		12.5	9.1	4.4	7.7
助 教 授		16.7	27.3	15.6	11.5
助 手		4.2	9.1	6.7	11.5
学 生		12.5	9.1	31.1	21.2
留 学 生		0	9.1	0	0
主任研究員クラス以上		16.7	27.3	17.8	7.7
研究員クラス		37.5	9.1	24.4	40.4

新しい専門分野と既存分野の並行した研究活動

研究者が新しい専門分野の研究活動に専念したのか、別の専門分野と並行して研究を行ってきたのか、を検討する。第1報の分析によればこのことは研究者の地位と関係がある。専門分野や地位以外の諸要因の別にかかわらず、教授、助教授層は複数の専門分野を並行して研究する者が多く、助手、大学院生は新しい専門分野だけの専門家となる者が多い。しかしこの傾向の強さには専門分野別の差がみられた。プラズマ物理・核融合、原子力工学、分子生物学、および第2回調査の情報処理ではこの傾向が強い。しかし環境科学、生物工学、行動計量学、および第1回調査の生物物理学では、若手研究者のなかにも複数の専門分野を並行して研究する者が多い。第2回調査から対照的な2ケースを示す(図2)。

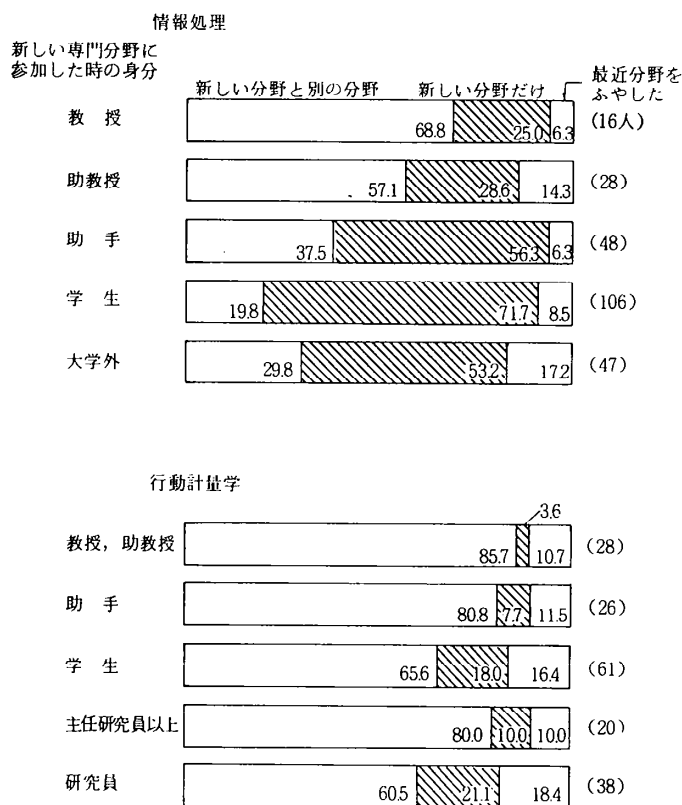


図2 新しい専門分野への参加時から現在までの、研究している分野の数(第2回調査の対照的な例)

である。なお中期に学科がつくられた情報処理、環境科学では、それぞれの学科出身者は少く、この側面での制度化の効果は今後に期待される。³⁾

留学

第2回調査での留学経験者の割合は、4分野とも18%から29%の間である。この値は第1回調査の分子生物学以外の専門分野とはほぼ同じである。すなわち分子生物学は留学に関して特別であり、1)留学経験者が多く(58%)、2)3年以上の長期留学が多く、3)帰国後の地位が確保されていた者が少い。

3.5 類型の設定

人的側面のまとめを兼ねて類型の設定を行う。8分野を研究者先行型、制度化型、漸次転換型、およびこれらの混合型に分類できた。

研究者先行型では、外国でのブレイク・スルーに対応して初期から地位の高い研究者が関与し、そのもとで集中的に若手研究者が新しい専門分野の専門家として育成される。しかし資源配分が遅れ、一時的ポストとして長期留学が行われるなど研究の困難が生じる。また各隣接分野から参加する機会自体も、所属機関や立場によって影響をうけつづける。

制度化型は、人的側面では研究者先行型とかなり近いが、初期に制度化されるために長期留学等は少く、隣接分野からの参加は時期すなわち制度の定着や研究の展開によって変化する。

出身分野

出身分野とは、大学あるいは大学院での学科・専攻名を意味する。出身分野は、新しい専門分野のために制度化された学科の出身者とそうでない者を区別し、後者については、既存の諸専門分野からの研究者の参加状況をあらわす。

第1回および第2回調査をあわせて、出身分野とリクルート時点の諸変数の関連に2種類がみられた。原子力工学とプラズマ物理・核融合では出身分野の構成比が新しい専門分野に参加した時期によって変化する。その他の分野では、時期によっては変化せず、その他の要因(出身大学、参加時の地位、研究機関など)によって変化する。

時期別の変化は、原子力工学では原子力学科出身者の増加、プラズマ物理・核融合は第1報で述べた物理→電気・情報→電子力という出身分野の推移

漸次転換型はバランスのとれた増加に対応する。参加の集中度は小さく初期から若手が参加するが、彼らは新しい専門分野に関与しない研究指導者のもとで、新しい分野と何らかの既存分野の両方を並行して研究してゆく。公的資源配分は多くないが研究者も序々に参加する。各隣接分野から参加する機会は、所属機関、地位、出身大学等によって影響を受けるか、または特別な変動をしない。

研究者先行型は分子生物学、制度化型は原子力工学とプラズマ物理・核融合、漸次転換型は生物物理学、生物工学、行動計量学にあたる。残る情報処理と環境科学はこれら3つの型の混合型である。混合型の2分野では後半は制度化型に転じたといえる。前半については主として人的側面から情報処理は研究者先行型、環境科学は漸次転換型と判定した。

4. 新しい専門分野における研究領域

これまでの分析で、人および資源配分の側面から形成過程の類型化を行った。本稿の以下の部分では、類型と結びついているであろう研究活動と研究者の意識について分析する。

この節では「研究領域」ということばを、ひとつの専門分野内部をさらに分類した部分の意味で用いる。形成過程の進行に伴って、新しい専門分野で研究が行われる研究領域は拡大し、すでに研究中の研究領域では研究が深化し、全体としては研究成果が蓄積する。とくに以下の点を検討する。

- 1) 研究領域の拡大と推移の実態。
- 2) 新しい研究領域の研究は誰が行うか。初期に新しい専門分野を開拓した研究者が研究領域を移動（変更）して行くのか、後期に参加した研究者が行うのか。
- 3) 研究者個人が研究する「守備範囲」は特定化（専門分化）するのか複合化するのか。

この分析では研究領域の分類がまず問題になる。各専門分野の専門家の協力を得て、小分類（15～20分類）と大分類（5分類程度）をつくった。前者は学会の分科会、後者は学科の講座名程度の大きさをもつ。

4.1 研究領域の推移と移動

研究領域の構成比を、過去と現在とで比較すれば研究領域の変動量を、初期の研究者と後期の研究者とで比較すれば世代差を分析できる。ここでは「非類似性指数」を用いている。値が大きいほど構

表 4 研究領域の構成比にみられる移動による変動量と世代差（ダンカンの非類似性指数）

	プラズマ物 理核融合	原子力 工 学	情 報 処 理	環 境 科 学	生 物 物 理 学	生 物 工 学	行 動 計 量 学	分 子 生 物 学
世代差：現 在	0.259	0.212	0.297	0.219	0.211	0.196	0.211	0.231
10年前	0.293	0.174	0.221	0.264	0.246	0.155	0.323	0.168
移 動：初期の研究者								
参加時→10年前	0.079	0.077	0.151	0.089	0.155	0.128	0.114	0.152
10年前→現 在	0.131	0.119	0.178	0.123	0.143	0.158	0.145	0.206
参加時→現 在	0.171	0.148	0.264	0.118	0.136	0.190	0.123	0.292
移 動：後期の研究者								
参加時→現 在	0.123	0.155	0.205	0.079	0.111	0.114	0.142	0.167

成比の差が大きいことを示す(表4)⁴⁾。

プラズマ物理・核融合を例にとると、初期研究者の現在の研究領域の構成比を基準として、後期研究者の現在の構成比との差は0.259で、この値は彼らの10年前の構成比との差(0.131)や参加時との差(0.171)より大きい。前者は世代差、後者は研究領域の移動による構成比の差異である。

この例にかぎらず、どの専門分野でも世代差は移動による差と同等かそれより大きい。すなわち、新しい研究領域は後期の研究者によって研究される場合が多いと推察される。

専門分野別にみると、現在を中心とした場合、情報処理は世代差、移動ともに大きく、分子生物学、プラズマ物理・核融合がつづくが、前者は移動、後者は世代差がより大きい。この中の代表的ケースとしてプラズマ物理・核融合の研究領域の構成比を示す(表5)。

表5 プラズマ物理・核融合の研究領域の変化

研究者の世代→ 時 期→	初 期 参加時	初 期 10年前	後 期 参加時	初 期 現 在	後 期 現 在
自然プラズマ	33.5%	31.1	11.8	24.9	9.2
実験プラズマ	30.5	27.8	30.5	22.7	22.7
炉 設 計	3.0	5.6	7.0	6.1	7.0
磁場系, 電源	5.4	5.0	2.7	8.3	2.2
真 空 系	1.5	1.7	0.5	1.7	2.7
プラズマ制御	5.4	6.1	7.5	6.1	10.3
プラズマ加熱	9.4	10.6	5.9	8.8	7.6
プラズマ計測	6.9	7.8	5.9	8.3	7.0
慣性炉心プラズマ	0.5	1.7	3.2	3.9	7.0
エネルギードライバ	2.0	0.6	3.7	5.0	3.2
ニュートロニクス	0	0.6	7.0	0.6	7.0
第一壁	0.5	1.1	4.8	1.7	5.4
ブランケット工学	1.5	0.6	9.6	2.2	8.6

表の下方に記してある。初期の研究者もこれらの領域に移動していくが、後期の研究者には参加時からこれらの領域を選択する者が多い。

また、このことから研究領域の世代差は、つぎの守備範囲も含めて、世代差であると同時に過去に行われた研究活動の反映であるともいえる。

4.2. 研究領域の守備範囲

この分析では、守備範囲をどう把握するかがまず問題となる。本研究では現在の研究領域を主なものから2つたずね、2つの研究領域(小分類)が同一の大分類内の組合せか大

分類にまたがるものかを判定し、後者のほうが守備範囲が広いとしている。

研究領域の組合せの頻度を研究領域内の「近さ」とみなして、数量化4類を用いて布置を求め、初期の研究者と後期の研究者とで布置を比較した。その結果、特定化(専門分化)が進むケースと、逆に複合化するケースがみられた。プラズマ物理・核融合、情報処理では特定化が、生物工学、行動計量学、分子生物学では複合化がみられた。原子力工学、環境科学、生物物理学ではどちらの傾向もみられなかった。

特定化の代表例としてプラズマ物理・核融合を示す。特定化の傾向は、慣性炉心プラズマとエネルギードライバからなる慣性核融合と、ニュートロニクス、第一壁、ブランケット工学からなる大分類のブランケット工学がグループを形成し、その結果、中央部のグループ(プラズマ物理とプラズマ制御、計測など)が明確化した点にある。

複合化の代表例は行動計量学である。行動計量学の大分類には、統計処理手法や数学的手法からなるいわゆる方法論と、その適用対象となる個別分野とが含まれる。初期の研究者ではこの方法論のグループが心理学や社会科学などとは接近していたが、医学、生物学や経営、社会工学のグループはや

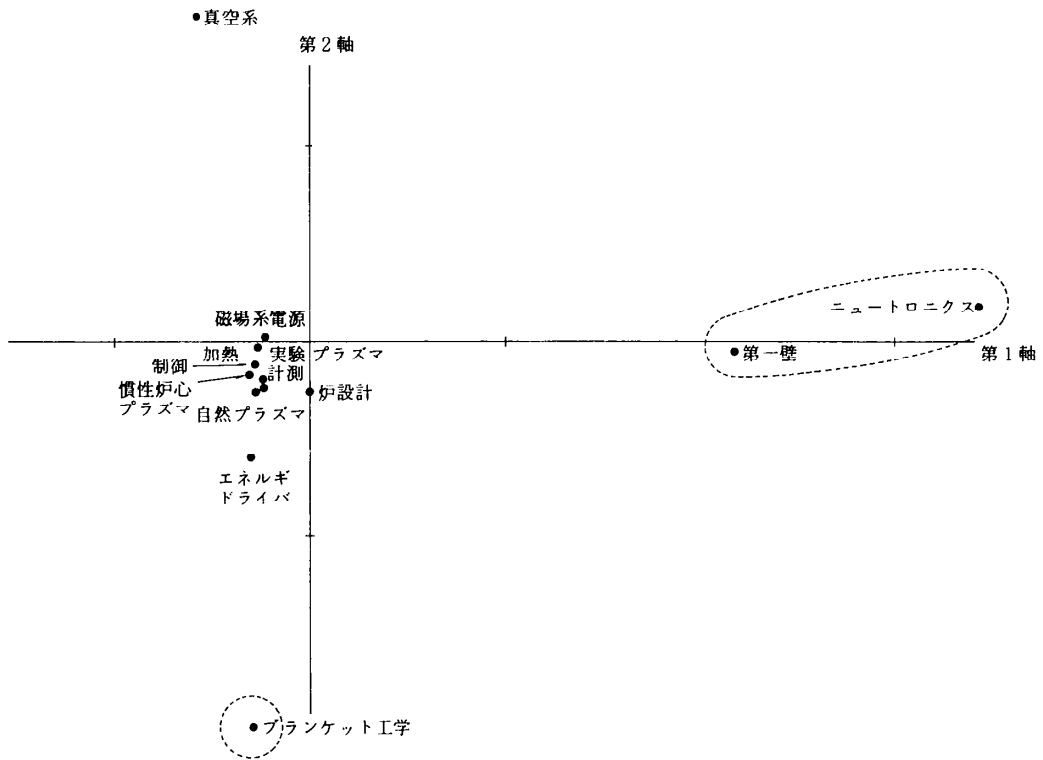


図3-1 研究領域の守備範囲，初期の研究者
(プラズマ物理・核融合の例)

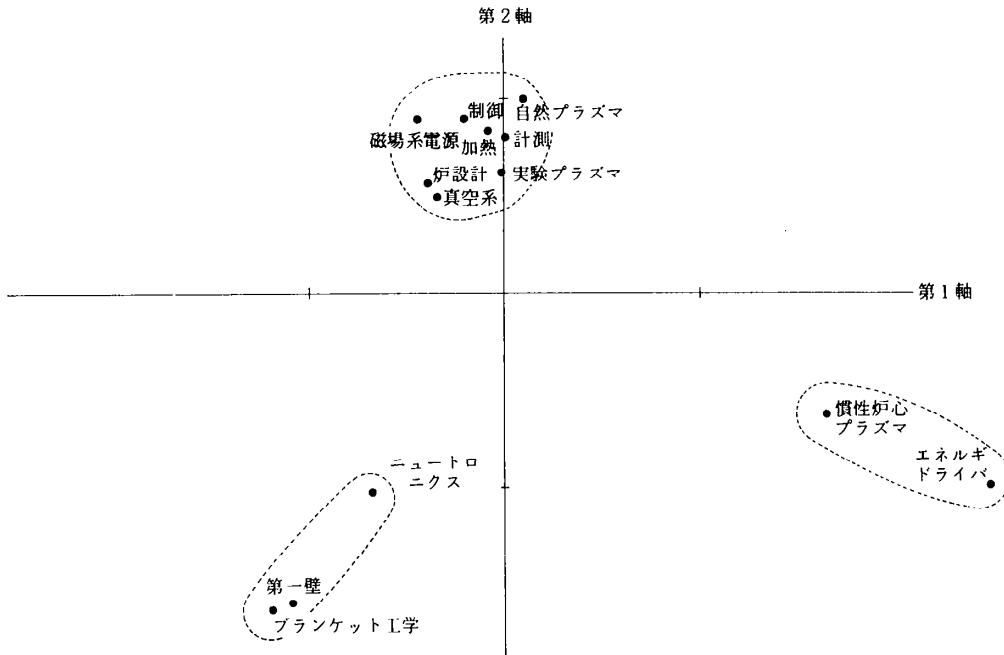


図3-2 研究領域の守備範囲，後期の研究者
(プラズマ物理・核融合の例)

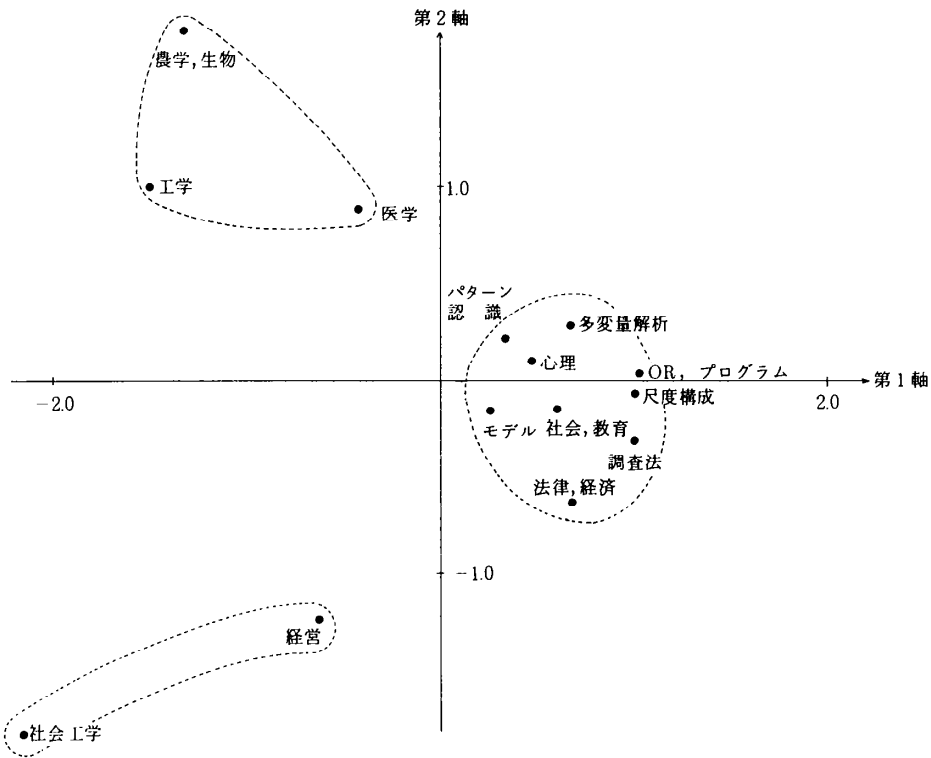


図4-1 研究領域の守備範囲, 初期の研究者 (行動計量学の例)

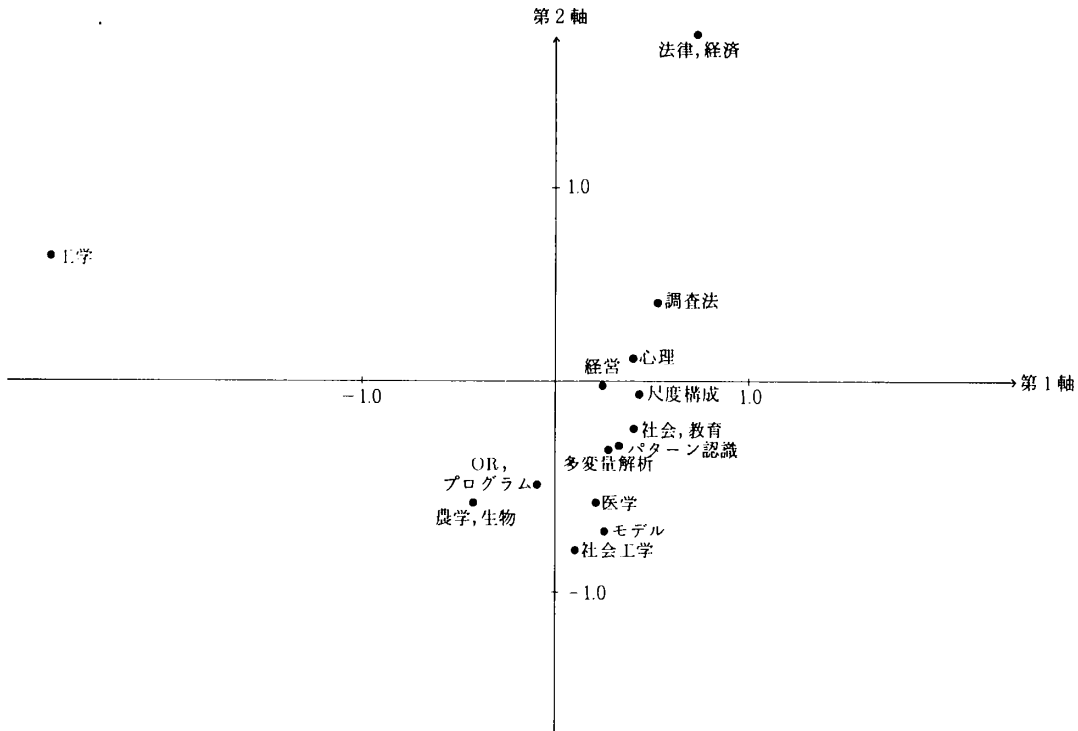


図4-2 研究領域の守備範囲, 後期の研究者 (行動計量学の例)

や離れていた。しかし後期の研究者ではこれらのグループの一部が方法論のグループに接近している。すなわち計量的研究手法の普及を通して複合化が進行している。

もうひとつの例として生物工学がある。生物工学の大分類には、生体診断、人工臓器、医用情報処理、バイオメカニクス、生体情報処理、人工知能などがある。初期の研究者では人工知能と生体情報処理が接近して、他の領域とは別のグループを形成していた。しかし後期の研究者ではこのグループは解消し、人工臓器関連の新グループがつけられている。すなわち生物工学ではグループ分けの変更として複合化が進行している。

このうち特定化は、研究の進行による専門分化として理解されよう。複合化傾向を示す3分野の場合、初期研究者にみられる研究領域のグループは新しい専門分野と隣接諸分野の接点に対応しているようにみえる。すなわち初期の研究者が隣接分野との接点から研究を進めるのに対し、後期の研究者は接点間の中間領域の研究に進出しつつあると解釈される。

このような傾向はおそらくどの専門分野でもあったろう。しかし特定化のケースでは専門分化が複合化傾向より強かったと解釈できる。逆に複合化のケースでは上記の傾向が強かった。このことは複合化を示した3分野が漸次転換型または研究者先行型であることと斉合的であって、隣接諸分野からの初期の影響の強さを示すものと考えられる。

5. 研究フロンティアの推移

新しい専門分野の、過去の発展の歴史、現在および将来の研究動向に関する研究者の判断を検討する。新しい専門分野に最も貢献した研究領域は何であるか（あったか）について、10年間隔にたずねた。その回答（複数回答をゆるす）を分析し、判断の一致点と差異を明らかにする。

はじめに、最も貢献した研究領域として、各時点で各領域が選択された割合を検討した。第1回調査では現在（1980年ごろ）まで、第2回調査では将来（1990年ごろ）までたずねているが、多数の選択得た研究領域が時期によって一定の方向に推移していた。すなわち、最も貢献した領域の時間的変化について、研究者の判断は一定の方向性をもつ。またこの結果は、各専門分野の研究史と斉合的である。

研究者の判断の一致点と差異を図5、6に示す。数量化3類の場合、各研究者の判断が一致していれば第1軸の説明力が100%に近くなり、全くばらばらであれば0%に近づく⁵⁾。実際にはどの専門分野でも、説明力は第2軸まであわせて20%前後であった。すなわち、一致点と差異の両方が存在する。

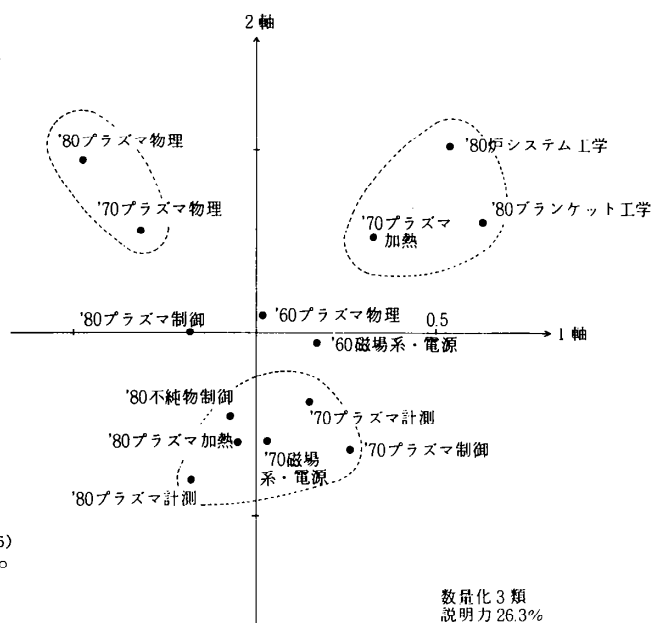


図5 プラズマ・核融合に最も大きな貢献をした研究領域（数字は年代をあらわす：'60 → 1960年ごろ、など）

2種類の差異がみられた。一方の代表例はプラズマ物理・核融合である。「1960年ごろに最も貢献した研究領域としてプラズマ物理を選択する」ことを「60プラズマ物理」などとよぶことにする。図5では、これらの項目は3群に分かれた。図中、近くに位置する項目群は同時に選択されやすいことをあらわす。「60プラズマ物理」は選択される率が80%と大きく、図の原点付近に位置して3つの群のどれからも等しく選択されたことを示す。

図の右上の群は、プラズマ物理・核融合に最も貢献した研究領域が1960年ごろから10年間隔に、プラズマ物理→プラズマ加熱→ブランケット工学、炉システム工学と変化した、との判断を示す。同様に下方の群は、プラズマ物理→プラズマ計測、プラズマ制御、磁場系・電源→不純物制御、プラズマ加熱、プラズマ計測、左上の群は3時点ともプラズマ物理との判断を示す。すなわち、最も貢献する研究領域がプラズマ物理から出発し、計測、制御などをへて炉システムなどに至る順序は一致しているが、各時点がそのどこなのか、について判断が異なり、1970年ごろには既に差異がみられる。プラズマ物理・核融合以外の分野では分子生物学で順序の一致がみられた。これらの専門分野は発展の歴史がかなり明確であったといえる。

第2のケースとして順序が一致しない場合があった。その中には、最も貢献した領域の選択自体が分散してしまっている場合と、選択自体は少数の領域に集中しているが順序が一致しない場合とがあった。後者は、かなり明確な研究路線上の差異といえよう。原子力工学、情報処理がそれにあたる。原子力工学の例を示す(図6)。右側は原子炉の研究開発を重視し、左側は核燃料や核燃料サイクルの研究開発を重視している。

以上の4分野は、研究者先行型または制度化型で、初期にブレイク・スルーのあったケースであるが、これらはフロンティアの変化に関して、順序の判断が一致しているか、そうでない場合でも研究路線上の差が明確である。

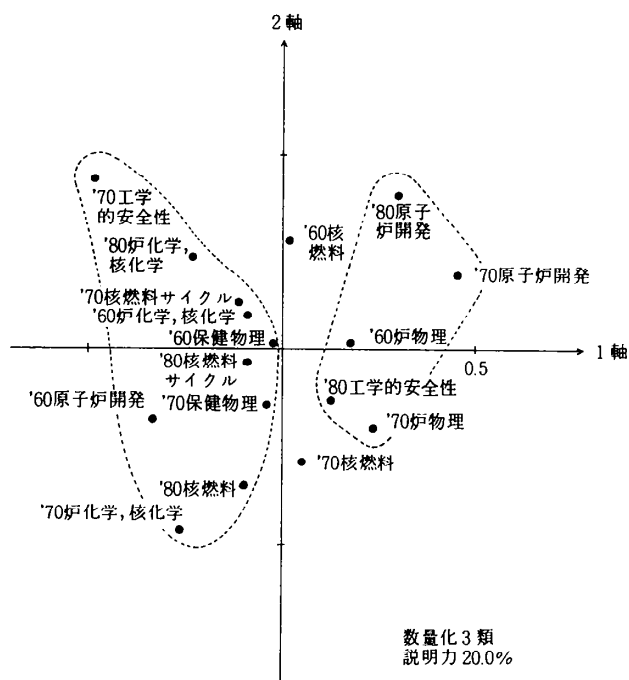


図6 原子力工学に最も大きな貢献をした研究領域 (数字は年代をあらわす: '60 → 1960年ごろ, など)

6. 新しい専門分野の形成にとって望ましい科学技術政策

本研究の調査対象者は、新しい専門分野の形成を進めた当事者にはかならない。第2回調査では、新しい専門分野の研究活動をより創造的に行うためにどのような方策が望ましいか、に関して彼らの判断をもとめた。6種類の政策を提示し、それぞれが、1) 新しい分野が立上る時点では望ましいのか害があるのか、2) 立上った分野がさらに成長するときにはどうか、をたずねた。

望ましい方策は形成段階によって異なる、という結果が専門分野によらず得られた。ひとつの専門分野を例に示す(図7)。最も著しい対照性は、「研究リーダーの権限を拡大する」という方策と、「研

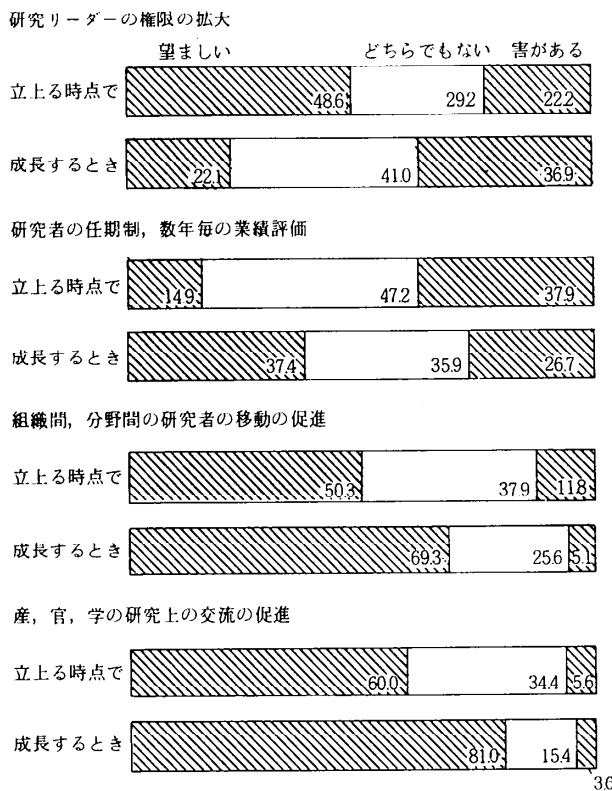


図7 新しい専門分野にとって望ましい科学技術政策 (生物工学の回答の例)

参加状況から、形成過程の3つの類型を抽出した。研究者先行型では研究者の参加が先行するが資源配分が遅れ、研究の困難が生じる。制度化型では初期に資源配分が行われる。漸次転換型では、新分野と既存分野の研究を並行しながら研究者が徐々に参加してくる。

2. 形成過程の類型に応じて研究活動に差がみられた。制度化型では研究領域の特定化(専門分化)がみられたが、研究者先行型、漸次転換型ではかえって複合化する場合がある。初期の研究が隣接諸分野との接点から開始され、ついで諸接点間の融合に向う傾向が強く、隣接分野から強い影響をうけていると考えられる。

研究フロンティアの変化に関する認識は、研究者先行型、制度化型では判断が一致するか集約する傾向にあったが、漸次転換型ではあまり一致しない。形成過程の類型とまとめを表6に示す。

3. 多くのケースに共通する専門分野の形成過程は、人および資源配分面では、初期の少数の研究者による非公式な活動から、後期の公的に育成された多数の研究者による公的活動への推移である。研究活動面では、隣接分野との接点等での試みから、確立した枠組にもとづく独自の活動への推移である。多くのケースに共通する形成の段階を表7に示す。

4. 新しい専門分野の形成にとって望ましい政策のあり方は、形成過程の当事者たる研究者の意見と、分析結果からの考察によるものがおおむね対応している。最も初期にはすぐれたリーダーのもとで息の長い活動を小規模でも継続することがよく、成長期には資源配分と人材養成を制度化して拡大し、かつ活発化させる方策がよいといえよう(表7)。

研究者の任期制]および「研究者の移動の促進」などの方策の間にみられた。前者は立上りの時期には望ましいが成長するときにはかえって害があり、後者はその逆である。すなわち、立上りのときはリーダーに多くの権限をゆだねて研究者の移動を行わずに息の長い研究を行うことがよく、立上った分野が成長するときはリーダーの権限を縮小して多方面との交流を行い、研究者にインセンティブを与える方策が望ましいと考えられている。

研究活動のあり方が形成段階に応じて変更できるような科学技術政策が望まれている。

7. 結論

第1報で報告した第1回調査にひきつづき、第2回調査を行って合計8個の新しい専門分野の形成過程についてケーススタディを行った。以下の結論を得ることができた。

1. 新しい専門分野への資源配分と研究者の

表 6 新しい専門分野の形成過程のまとめ

	原子力工学	プラズマ物理学 ・核融合	分子生物学	情報処理	環境科学	生物物理学	生物学	行動計量学
初期のブレイク・スルー 資源配分的側面 制地的研究 度地位費	○ 初期から大	○ 初期から大	○ 小から大へ	○ 中期に大	○ 中期に中	○ 小	○ 小	○ 小
人的側面 参加の集中度 集中度の高い機関での参加時の地位 若手に新分野だけの専門家がはいか 主な研究機関出身分野の差 留学生の数、期間	大 教授、助教授から助手へ	大 ←	大 ←	小 ←。しかし1970年ごろのみ教授、助手が多い	小 1970年以降、教授、助教授が増加 少い	中 ←	中 ←	小 ←
初期の研究抑制要因 初期の研究促進要因	既存分野の反発 ポスト、研究者間の協力、若手の協力	研究費の不足 研究の自由	研究費の不足 若手の協力	発表の場がない			ポストの不足	既存分野の反発
研究活動 研究領域の特定化 フロンティアの推移 の判定	かわらない 複数の路線	特定化 単一の路線	複合化 ←	特定化 複数の路線	かわらない 判定そのものが分散	←	複合化 ←	← ←
形成過程の類型	制度化型	研究者先行型	研究者先行型	混合型 研究者先行 ↓ 制度化	混合型 漸次転換 ↓ 制度化	漸次転換型	漸次転換型	

(←は左に同じを示す)

表7 新しい専門分野の形成過程の段階と政策のあり方

	第1期(萌芽期)	第2期(成長期)	第3期(確立期)
資源配分	非公式, 小規模	公的部分の増加, 量的増加	ほとんどが公的, 大規模
参加する研究者	少数, 研究指導者とその周辺	急速な増加, とくに若手	公的に育成された多数の研究者
研究活動	探索的, 試行的研究 研究成果の蓄積小	独自の研究活動の明確化 蓄積中程度	← 蓄積大
政策のありかた			
資源配分	既存分野に属さない研究活動に対する公的支持	資源配分の増加, 制度化	
教育・訓練	すぐれた研究リーダー, 研究者の養成と確保 隣接分野からの参加を促進するための専門家の再教育, 流動性を高める教育	新しい専門分野のためのカリキュラムによる学生の教育	

各形成類型と対応させてみると, 研究者先行形, 漸次転換型では制度化の遅れが指摘できよう。制度化型では初期の資源配分から得られた効果についてさらに研究することが重要であろう。

今後の研究課題としてはつぎのものがあげられる。

1. 本研究のケースはいずれも日本国内のものであったため, すべてが輸入型であった。ケースを世界にもとめて, 輸入型ではない形成過程の研究を行う必要がある。
2. 科学技術活動全体の規模が仮に一定であるとした状況のもとで科学技術活動を活性化する方策について研究を行う必要がある。新しい専門分野への既存分野からの転換, 研究者の移動などの研究がこれにあたる。
3. 専門分野の形成など創造的研究活動の核となる研究者の養成・確保のあり方について研究を行う必要がある。

【注】

1) 塚原, 荒井, 山田(1982)。

2) サンプルングを以下のように行った。

生物工学…日本エム・イー学会の会員のうち, 自己申告による専門分野が, バイオニクス, パターン認識, シミュレーション, モデリング, バイオメカニクスのうち少くとも1つ以上に概当する者(全員)。

環境科学…大学で環境科学関連組織(学科, 研究科, 専攻, 施設・センターなど)に所属する教員(全員)。上記以外で, 文部省科学研究費環境科学特別研究の班員のうち大学に所属する者(362名を系統抽出)。

情報処理…大学で情報学科(情報処理と密接な関連を有する学科および研究科, 専攻)に所属する教員(全員)。上記以外で社団法人情報処理学会の会員のうち大学に所属する者(290名を系統抽出)。

行動計量学…日本行動計量学会の会員(全員)。

なお, 情報処理については, 本研究の趣旨から大学等における活動を中心として対象者を設定している。

回収結果は以下のとおりであった。

専門分野名	配布数 (a)	あて先 不明数 (b)	あて先 不明率 (b)/(a)	有効回 収数 (c)	有効回収率 (c)/(a)-(b)
生物工学	562	180	32.0%	204	53.4%
環境科学	778	55	7.1	376	52.0
情報処理	670	80	11.9	262	44.4
行動計量学	762	172	22.6	212	35.9
第1回調査を含めた 本研究全体の合計	5960	942	15.8	2345	46.7

- 3) 情報処理の回答者で情報処理科の出身者は、学部出身分野で見れば4.4%、大学での最終の出身分野では12.7%である。環境科学ではこれらよりさらに小さい。
- 4) 一方の構成比が $p_1, p_2 \dots p_n$, 他方が $q_1, q_2 \dots, q_n$ ($\sum p_i = \sum q_i = 1$) とすると、ダンカンの非類似係数 D は、 $D = \frac{1}{2} \sum |p_i - q_i| p_i$, q_i が同一集団の異なる時点の構成比であれば、 D は強制移動率である。安田・海野(1977) pp252 - 255。
- 5) 正確には、項目数の逆数に近づく。この例ではおよそ3%である。

【参考文献】

- 塚原修一, 荒井克弘, 山田圭一「新しい専門分野の形成過程に関する研究(1)」, 『大学論集』第11集, pp 155 - 181, 1982年。
- 安田三郎, 海野道郎『社会統計学』改訂2版, 丸善, 1977年。
- 本研究の関連文献は第1報を見られたい。
- 個別分野に関するもの。
- 日本ME学会『医用電子と生体工学, 創立10周年記念特集号』, 10巻6号, 1972年。
- 斉藤正男, 池田研二, 福本一朗『医用電子工学概論』, 講談社, 1979年。
- 梅谷陽二『生物工学』, 共立出版社, 1977年。
- 『数理科学, 特集バイオニクス』, 57号, 1968年3月。
- 『数理科学, 特集ME(医療工学)』, 93号, 1971年3月。
- 橋本道夫『公害を考える』, 日本経済新聞社, 1970年。
- 環境庁(編)『環境白書』, 各年度。
- 文部省「環境科学」特別研究環境科学研究と教育検討班『環境科学研究と教育(1)』, 「環境科学」研究報告集 B 67 - S 15, 1980年。
- Watt, K. E. F. "Principles of Environmental Science", McGraw-Hill, 1975. 沼田(監訳)『環境科学』, 東海大学出版会, 1975年。
- 『学術月報』(環境科学の現状と動向特集), 30巻7号, 1977年。
- 情報処理学会『情報処理, 創立20周年記念特集号』, 21巻5号, 1980年。
- 北川敏男(編)『情報科学の将来』, 共立出版社, 1977年。
- 南沢宣郎『日本コンピューター発達史』, 日本経済新聞社, 1978年。
- 坂井利之ほか(編)『情報工学の教育・研究』, bit誌臨時増刊。共立出版社, 1980年12月。
- 高橋秀俊『コンピューターへの道』, 文芸春秋社, 1979年。
- 林知己夫, 池内一, 森田優三, 寺田和夫(編)『計量的研究』, 南窓社, 1974年。
- 行動計量学大会実行委員会事務局『行動計量学大会発表論文抄録集』, 1973年。
- 日本行動計量学会『日本行動計量学会総会発表論文抄録集』, 1974年以降各年度。
- 『数理科学, 特集行動計量』, 128号, 1974年2月。

【 謝 辞 】

本研究に対して、ご援助とご助言を賜った埼玉大学手塚晃，東京大学中山茂，大学入試センター荒井克弘の諸先生をはじめとするディシプリン形成研究会の方々に深く感謝いたします。また，研究を助成してくださったトヨタ財団，およびインタビュー，訪問調査，調査アンケートその他にご協力いただいた多くの方々に心からお礼を申し上げます。

A Study of the Formation Process of New Disciplines in the Field of Natural Science (2)

Shuichi TSUKAHARA* and Keiichi YAMADA**

Research and development activities in science and technology are carried out in the framework of research disciplines. From the historical point of view, the history of science and technology can be described as a the rising and declining process of each discipline.

The aim of this research is to investigate the optimal resource allocation strategy for the promotion of creative research activity, especially from the view of the formation process of new disciplines. In the first report (Daigaku Ronshu No. 11, 1982), 4 new disciplines in Japan were examined. In this report, case studies of 4 new disciplines in Japan were included. The following 8 case studies – Plasma physics and fusion, Nuclear engineering, Molecular biology, Biophysics, Biomedical engineering and electronics, Environmental science, Information processing, and Behaviormetrics – were studied on the basis of social surveys covering 5960 researchers.

The major findings are:

- 1) Scientific and technological activities can be described from two viewpoints. One is the allocation of resources and manpower. Another is research activities and their outcomes. At first the formation process of new disciplines is described as a transition from informal small activities to large activities supported by institutions. Secondary, the same process is described as a transition from trials, made on the interface of the new field and the established disciplines, to the activities of constructing a new framework of a discipline.
- 2) From the analysis of the relationship between resource allocation and recruitment or entry process to a new research field, 3 distinctive patterns of formation processes are observed. In type A (researcher preceding type), the entry of researchers precedes resource allocation. As a result of the delayed resource allocation, research activities in the early stage were obliged to be executed under the difficult financial conditions (Molecular biology). In type B (institutionalization type), allocation of resources such as research funds and establishment of research institution were performed in the early stage (Nuclear engineering, Plasma physics and fusion). In the type C (gradual transition type), research activities are executed parallel in both the new field and established discipline. Accordingly, researchers enter a new research field gradually (Biophysics, Biomedical engineering and electronics, Behaviormetrics). Some other cases (Information processing, Environmental science) are regarded to be composites of these three types.
- 3) Research activities in each field differ according to the type of formation process. In thpe A (institutionalization type), researchers entering the new discipline in the later stage tended to be specialized. But in types B and C, the research area of the latecomers tend to be comprehensive. In the latter cases, the nature of research activities in the new fields were influenced strongly by the established disciplines.

* Researcher, National Institute for Educational Research

** Professor, Institute of Socio-Economic Planning, University of Tsukuba

According to the judgements made by researchers themselves on the transition of research frontiers, differences can be observed between type C and other types. The case of types A and B, the judgement of researchers is similar, while in type C it is diverse.

4) Appropriate strategies in promoting research activities in the new research field are different according to the stage of discipline formation. In the most early stage, small scale but continuous activities under the leadership of superior researchers seems to be appropriate. In the growth stage, expansion of institutionalized resource allocation, training of research manpower by means of systematic curriculum, and introduction of a competitive atmosphere are appropriate. In regard to these points, the conclusion from our analysis and judgement of researchers themselves is in agreement.

These findings suggest a necessity to support and promote research activity in the early stages of discipline formation and that strategy differs according to stages and types of formation process.