

2C3 クラスター分析による自産業以外への研究開発投資行動の特徴について

○本田 祐吉（日本電信電話）

1. はじめに

本発表は、製造業が研究開発投資を行う中で、特に自産業以外への投資に注目し、それぞれの産業の投資行動が製造業全体として見た場合にどのようなグループに分類されるのかを、クラスター分析の手法を応用して、以下に試みたものである。結果としては、大きく分けて化学系、電機系、機械系のグループに分類され、それぞれを構成する産業はその年度によって異なるが、基幹となる産業（ここでは、化学、電機、機械産業）は常にそのグループの中心となっていることが判明した。以下に、22年間（1969年度から1990年度）の研究開発投資額のデータを基に、クラスター分析による自産業以外への研究開発投資行動の特徴について述べる。

2. 分析にあたっての基本条件

今回の分析を行うにあたっての基本的な考え方と使用データについて以下に整理する。

(1) 使用データ

本分析は、毎年総務庁が実施している『科学技術研究調査報告』の調査の中で、各産業毎の研究開発投資を32の製品分野毎に集計したデータを21の産業分野に編集加工し、各産業が自産業以外の分野へ投資した具体的な投資額を作成し分析したものである。ここで対象となる21産業とは次に示す食品、繊維、パルプ・紙、出版・印刷、総合化学、油脂、医薬品、その他の化学、石油・石炭、ゴム、窯業、鉄鋼、非鉄金属、金属、機械、電機、電子・通信、自動車、その他の輸送、精密、その他の製造業である。

(2) クラスター分析⁽¹⁾ (2)

クラスター分析とは、一般的に測定対象や変量に関して似ているものどうしを幾つかのグループに分類しそれらの特徴を明確にする手法である。以下に、今回の分析方法の基準を示す。

① 指標

☆メンバー間の関連度：自産業以外（20産業）への投資額を基準として、関連する産業間の相関係数により表す。

☆クラスター間の距離：各産業間の相関係数の大小により距離を表す。

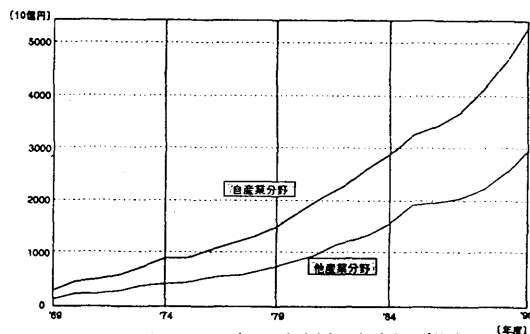
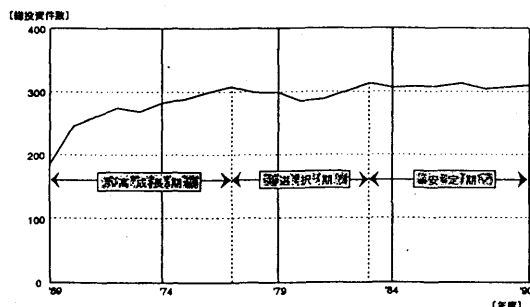
② クラスター作成

各年において、21の産業が自産業以外へ投資する額をもとに、各産業間の相関係数を算出し、相関係数の数値の大きいものから順次クラスターを作っていくが、クラスター間の併合は、それぞれのクラスターを構成する全ての産業間の相関係数の平均値を新たなクラスターの数値とし、逐次クラスターを作り上げて行く。

3. 製造業における研究開発投資行動⁽³⁾

製造業における自産業以外への投資先件数の推移を図3-1に、また研究開発総投資額（自産業及び自産業以外への投資）の様子を図3-2に示す。これらの図から明らかなように、投資額については毎

年増加しており、投資先の件数は現在ほぼ一定となっている。全体的な投資行動から見ると、各産業は自産業の基盤強化のための研究開発と、新規分野への進出や新しい製品開発に必要な他産業の技術等を吸収するために、自産業以外の分野への投資も積極的に行っていることが窺える。一方、各産業の研究開発投資額は毎年増加しているが、それぞれの投資先ならびに投資額はその年毎に変化している。これは、それぞれの産業がおかれている経営環境が異なることと、これらに対処する行動様式がそれぞれの産業により異なる事などの理由が挙げられる。



(1) 研究開発投資先件数の推移

図3-1に示したように、22年間における他分野への投資分野数の推移は大きく3つの時期に分類することができる。69年度から77年度までは投資分野数が毎年増加しており、積極的に他分野へ投資を行った成長期、またその後の6年間は各産業を取り巻く経済環境等の影響を受け投資分野先の選択等の行動が行われた選択期、その後現在までは長期にわたる経済安定時期に支えられほとんど変化のない安定した投資が続く安定期に分けることができる。ここ7年間件数の変化が殆どない理由として、経済の安定が大きな要素として挙げられるが、もう一つの側面として各産業が研究開発投資を行うべき産業分野のリストアップをすべて終え、かつ実行に移していると思われることができる。21の産業が他の産業に全て投資したとすると、全体の投資数は420となるが、安定期のここ7年間を見てみると総投資数が310前後を維持しており、産業の技術領域の組合せの可能性を考慮すると（例として、食品産業が自動車産業にまた医薬品産業が輸送産業分野の研究開発をする可能性は極めて少ない。）これ以上投資分野件数が急速に増加することはないと予想される。表3-1に各産業毎の他分野への投資件数の推移を示す。

表3-1 各産業毎の他分野への投資件数の推移

産業	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
食品	6	7	8	10	8	15	14	15	12	13	14	14	15	16	17	11	12	11	12	11	12	13
繊維	11	14	16	15	14	13	14	15	15	14	12	15	15	15	16	15	16	17	17	17	17	17
パルプ・紙	6	7	11	5	8	8	10	11	10	9	8	12	8	11	9	8	8	10	10	10	12	11
出版・印刷	9	6	4	9	8	10	10	14	16	13	14	10	7	7	9	12	14	12	12	12	12	12
総合化学	14	18	18	18	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
油類・燃料	6	11	11	11	12	14	8	9	12	10	15	18	15	16	17	19	19	20	18	18	17	15
医薬品	9	9	10	10	9	8	11	8	10	9	9	9	10	9	12	11	11	11	10	8	9	8
その他の化学	7	14	12	11	13	11	14	13	14	13	15	15	14	15	13	16	17	16	16	14	14	15
石油・石炭	3	8	7	11	11	14	14	15	15	14	12	6	8	10	14	11	13	13	12	11	10	11
ゴム	2	10	11	12	11	11	10	13	16	14	14	13	15	16	15	15	16	16	17	17	18	15
炭素	9	9	10	14	13	17	17	18	15	16	18	17	18	20	19	20	19	19	19	19	19	19
鉄鋼	11	11	12	14	15	14	13	15	16	18	16	18	16	17	19	18	18	18	18	18	17	19
非鉄金属	11	13	12	15	14	15	15	15	17	17	18	17	17	19	17	19	16	14	15	14	17	17
金属	11	13	15	16	15	14	16	14	16	16	15	11	15	15	15	15	15	16	15	15	15	15
機械	13	17	18	18	19	18	17	18	17	18	18	17	16	18	18	18	18	18	17	18	19	18
電機	14	14	14	13	14	16	15	14	13	15	14	13	13	13	13	14	13	14	15	15	15	15
電子通信	9	10	8	12	11	11	14	14	11	9	10	12	13	14	14	13	15	15	15	16	15	15
自動車	9	19	19	19	15	18	16	16	16	15	14	9	10	10	10	7	7	7	8	7	8	10
その他の輸送	10	11	13	11	12	13	13	13	14	13	13	14	11	14	13	11	12	12	14	14	14	15
精密	7	9	14	11	10	14	13	13	12	14	13	11	12	13	15	13	12	13	13	13	12	11
その他の製造	9	17	18	20	19	19	18	18	19	19	20	18	18	18	18	19	19	20	20	20	20	20

(2) 研究開発投資額の推移

図3-2に22年間の自産業と他産業分野への研究開発総投資額の推移を示したが、自産業への投資と他産業への投資とも、毎年増加している。特に自産業への投資額の伸びは76年度から、また他産業への投資額の伸びは79年度から大きくなっている。また、図3-1に示した全産業における他分野への投資先分野数の推移との関係を見ると次の興味深い行動が見出せる。即ち他分野への積極的な投資時期の後に位置する選択期とほぼ時期を同じくして、他産業への投資額の伸び率が大きくなっていることである。これは、各産業が他分野への投資を通じて、投資先分野の成果及びその分野の可能性により、取捨選択しながら投資額を増加させているものと考えられる。また、安定期に入ると、取捨選択した分野への投資額をさらに増加させながら充実した研究開発を進める行動をとっていると解釈できる。

以上、製造業全体としての研究開発投資行動の様子について述べたが、各産業における自産業以外への投資行動が毎年どのような特徴を持ってなされているのかは、個々の産業について詳細に分析しないと判明しないし、全体の中でどのような位置づけにあるのかについては、別の手法により分析する必要がある。ここでは後者の製造業全体の中における行動様式をより明確にするために、クラスター分析の手法を用いて、似た行動をとる産業をグループ化してその特徴を探る。

4. クラスター分析

21産業の自産業以外への研究開発投資額を計測データとして使用し、それぞれの産業間の相関係数を算出する。次にこの数値をもとにクラスター分析の手法を用いてそれぞれ似た投資行動をとる産業をグループ化し、製造業全体の中でのそれぞれの位置づけについて以下に考察する。

(1) 相関係数

各産業間（ i 産業と j 産業との間の関係）の相関係数を求めるための対応する2組の投資額($X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iN}$, $\dots$, $X_{j1}, X_{j2}, \dots, X_{jN}$)は次の取決めによる。(N=20)

- ① X_{ij} は i 産業が j 産業へ投資した研究開発投資額を示す。
- ② 自産業への研究開発投資は対象外とすることから X_{ii} と X_{jj} は除外する。
- ③ X_{ij} と X_{ji} を除外するが、 i 産業と j 産業が相互に投資を行う X_{ij} と X_{ji} は対応する数値として扱う。よって対応する2組の投資額の総データ数は20データとなる。

以上の取決めに従い、21産業間で他分野への研究開発投資額の組み合わせデータを基にして相関係数を算出する。

(2) クラスター作成

クラスターを作成する場合の各産業間の関連の指標としては、自産業以外への投資額を基にして算出される各産業間の相関係数を採用し、またクラスター間の距離の指標は、各産業間の相関係数の数値の大小により表す。また、求められた相関係数が0.2未満のものについては相互の産業間にほとんど関連がないとの判断を行い、今回の分析の対象外とする。次に、相関係数の数値の大きいものから順次クラスターを作っていくが、クラスター間の併合を行う場合は、それぞれのクラスターを構成する全ての産業間の相関係数の平均値を求め、これを新たなクラスターの数値とし、逐次クラスターを作り上げて行く手順をとる。以下に詳細にその手法を示す。

(3) 具体的なクラスター作成とそのアルゴリズム

以下に、各産業間の相関係数を基にして具体的なクラスター作成方法とそのアルゴリズムを示す。

① クラスター作成

算出された各産業間の相関係数から、その数値が0.2未満のものを除外した中でクラスターを作成する。まず i 産業の相関係数の中で最も高い相関を示した産業を j 産業とした時、反対に j 産業の相関係数の中で i 産業が最も高いものであれば、この時 i 産業と j 産業をまとめて一つのクラスターとする。この手続きを全ての産業に対して行い、第一段階のクラスターを作り上げる。

② クラスターの併合

第一段階のクラスターが出来上がると、次に既に来たクラスター間の併合と、クラスターに分類することが出来なかった残りの産業を、どのクラスターに結びつけるかを検討する第二段階のクラスター作成を行う。具体的な方法としては、あるクラスターを構成する産業を(X_1, X_2, X_3)とし、もう一方のクラスターを構成する産業を(Y_1, Y_2, Y_3)とした場合、 X_1 と(Y_1, Y_2, Y_3)、 X_2 と(Y_1, Y_2, Y_3)、 X_3 と(Y_1, Y_2, Y_3)のそれぞれ対応する産業間の相関係数が0.2以上でありかつ、他の産業との組み合わせによる相関係数に比べ大きい場合については、これ

らのクラスターを併合して新しいクラスターとする。また、第一段階でクラスターに分類出来なかった産業があるクラスターに併合される場合も、この方法による。

③ 総合的なクラスターの作成

第一段階及び第二段階のクラスターの作成方法に従って、逐次新たなクラスターを作成して行くが、ある時点で作成不可能な状態になるので、この時点でクラスター併合の作業を終える。

5. 結果

クラスター分析により得られた結果のうち、代表的なものを図 5-1～図 5-6に示すとともに、各クラスターの特徴について考察する。

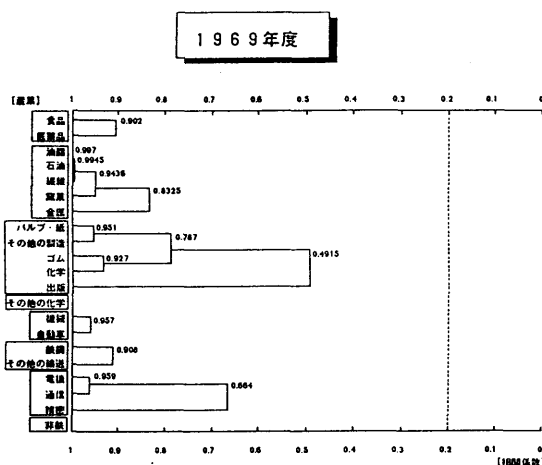


図 5-1 1969年度

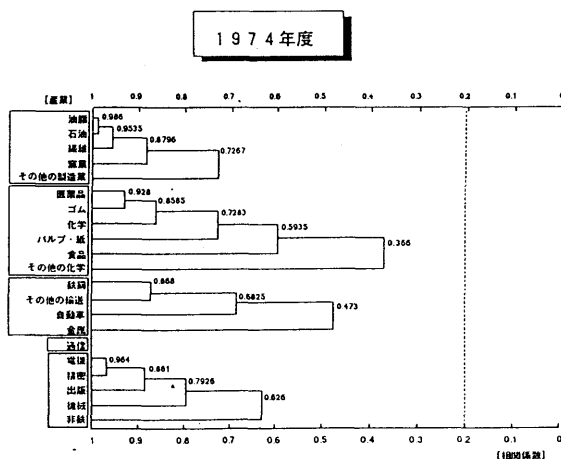


図 5-2 1974年度

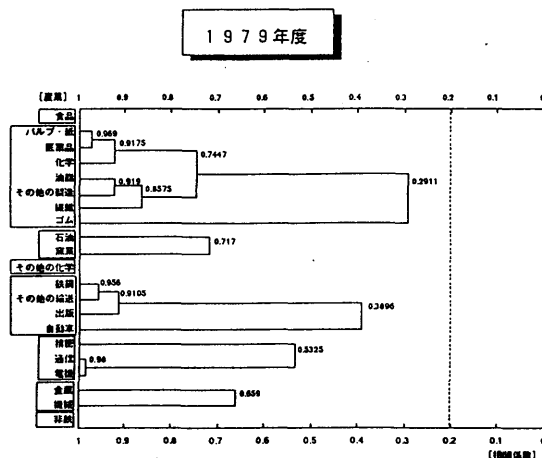


図 5-3 1979年度

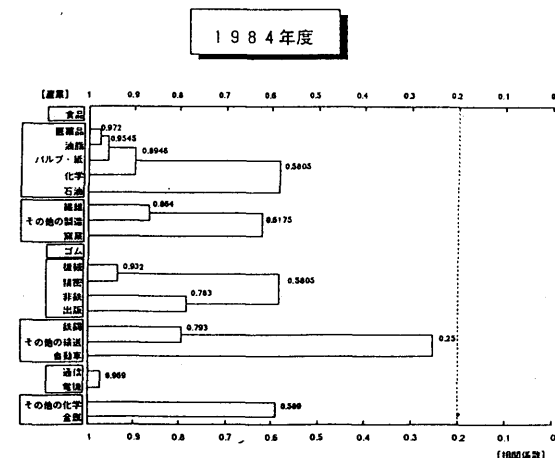


図 5-4 1984年度

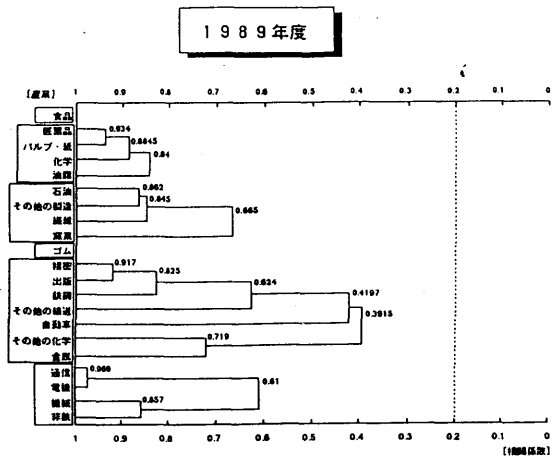


図 5-5 1989年度

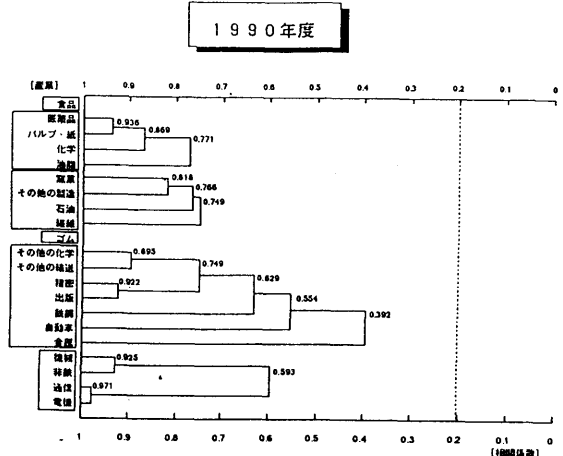


図 5-6 1990年度

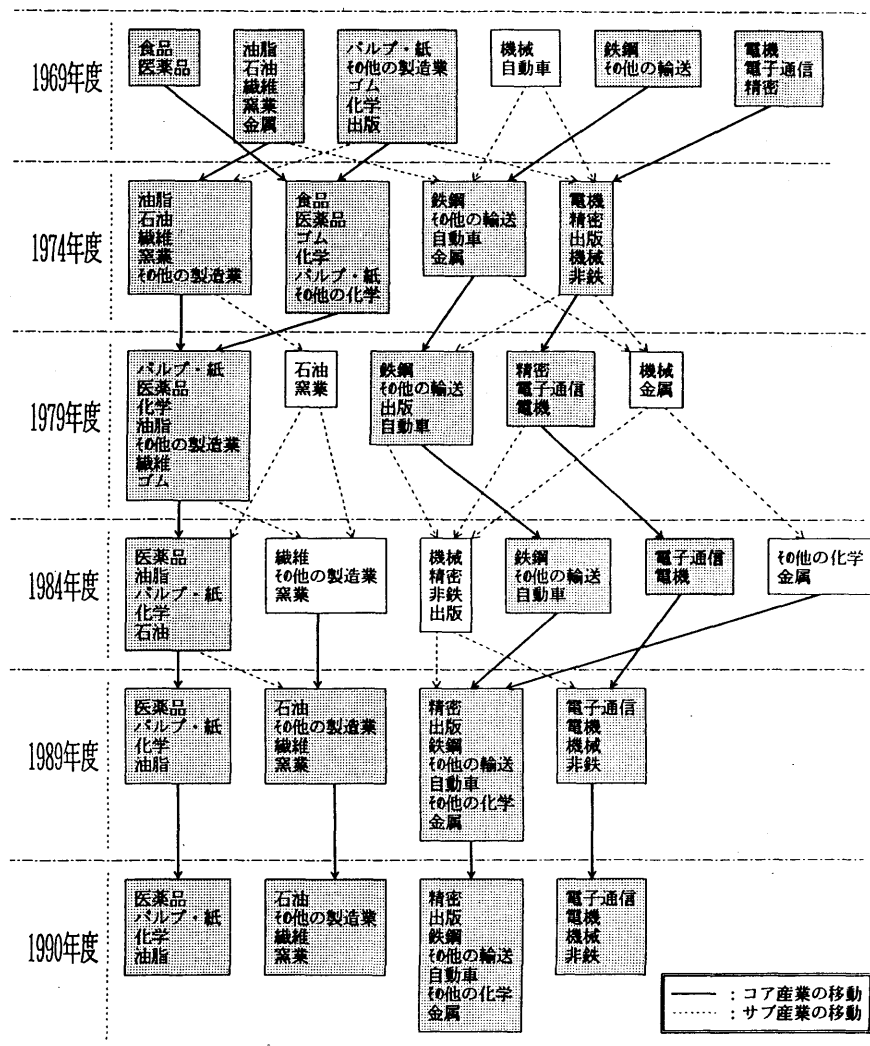


図5-7 クラスター構成産業の年度推移 (1969年度～1990年度)

(1) 検討結果

クラスター分析により、グループ化されたクラスターの数の推移は、表5-1に示すように1985年度以前は、5～7であったものが1987年度以降現在まで4と少なくなっている。これは、研究開発投資を行う各産業の行動様式が大きく4つに集約することが可能であることを示している。また、各クラスターを構成している産業の推移の概要を図5-7に示す。得られた結果から次のような特徴を見出すことが出来る。

表5-1 クラスターの数の年度推移

- ① 5～7 あったグループがここ数年、4 グループに安定して来ている。医薬品／化学産業を中心とする化学Ⅰ、窯業／繊維産業を中心とする化学Ⅱ、鉄鋼／その他の輸送／自動車産業を中心とするグループと電子通信／電機／機械を中心とするハイテク産業のグループである。

項目	年度	69年	70年	71年	72年	73年	74年	75年	76年	77年	78年	79年
クラスターの数		6	7	6	4	5	4	5	5	5	4	5
単独数		2	0	3	1	1	1	1	1	3	5	3
クラスターを構成する産業数	2	3	4	3		2			2			2
	3	1	1	1				2		2	2	1
	4		1	1	2	1	1	1	2	1	1	1
	5	2		1	1	1	2	2				
	6		1				1			1	1	
	7				1	1			1			1

- ② 化学Ⅰを構成する産業の中で医薬品とパルプ・紙産業は、ともに自産業以外への投資件数が少なく（10件程度）、反対に化学と油脂産業は多くの分野へ（18～20件）投資している。（表3-1を参照）しかしながら共に化学を中心とする産業であることから投資先が似かよっていることにより、同じグループに分類されている。

項目	年度	80年	81年	82年	83年	84年	85年	86年	87年	88年	89年	90年
クラスターの数		5	5	6	6	6	6	5	4	4	4	4
単独数		3	2	2	2	2	2	3	6	3	2	2
クラスターを構成する産業数	2	2	2	2	2	2	2	1				
	3			2	3	2	2	1	2			
	4	2	1	1		1	1	2	1	3	3	3
	5		1	1		1	1	1	1			
	6	1	1		1					1		
	7										1	1

- ③ 化学Ⅱを構成する産業の中で窯業、その他の製造業（主たる産業はプラスチック工業）、繊維産業は共に他分野への投資が多い（17～20件）産業である。また、石油産業は投資先の件数が12件程度で少ないが、産業内容が近いこと、また投資分野への研究開発投資の割合が似ていることもあり、同じグループに分類されている。

- ④ 電子通信／電機／機械を中心とするハイテク産業のグループは当初、電子通信と電機産業がコアの産業としてグループ化されていた。これに対して機械産業は当初、精密や自動車、金属産業など、自産業に近い産業とのグループに分類されていたが、技術融合の代表格であるメカトロニクスの進展と、ハイテク産業の代表される電子通信／電機産業に似た投資構造になって来た結果、これらハイテク産業と同じグループに分類されるようになった。

- ⑤ 上記の3つのグループ以外として、鉄鋼／その他の輸送／自動車／精密産業を中心とするグループがあるが、これらはどちらかというとそれぞれの産業間の関係（素材、加工・組立）がもともとあり、かつ強い関連のある産業であることから、一つのグループが構成されているものと考えられる。

(2) 今後の動向

22年間のクラスター分析を通して今後の他分野への研究開発投資行動から産業を分類すると、クラスターを構成する核となる産業は化学系、素材系、電子通信系の3つであると予想される。すなわち、現在化学産業系は2つのクラスターから構成されているが、これが将来一つのクラスターとして併合されることが予想される。また、技術融合の面からの分析では既にメカトロニクスやバイオテクノロジー、新素材等の発生は定量的に分析されているが⁽³⁾⁽⁴⁾、今回のクラスター分析からもハイテク産業の中心である電子通信産業を筆頭に電機、機械産業がひとつのクラスターを構成しており、これらに精密産業が加わる事でメカトロニクスという技術融合を説明することができる。即ちこのクラスター分析の手法が、技術融合を分析するための新たなアプローチとしての可能性があるものと考えられる。最後に、新素材関係については現在鉄鋼・金属等を中心としているクラスターが中心となり、化学系のクラスターを構成している産業との併合を通して進展して行くものと思われる。

5. おわりに

以上までの分析により、日本の製造業における自産業以外への研究開発投資行動をクラスター分析の手法を使用して、22年間の推移を分析することが出来た。また、得られた結果から今後の動きとして、将来は3つの大きなクラスターに分類される可能性があることと、クラスター分析の手法を使用して新しい側面から技術融合を分析するアプローチ方法があることが判明した。今回のクラスター分析により得られた結果は、どれもいままでの研究成果や結果等との大きな隔たりはなく、それぞれ予期された結果であることから、今回の分析方法による結果の信頼性は高いと思われる。

6. 参考文献

- (1) 本多正久／島田一明、『経営のための多変量解析法』P154～P170 産業能率大学出版部 1977
- (2) 柳井晴夫／岩坪秀一、『複雑さに挑む科学（多変量解析入門）』P253～P286 講談社 1976
- (3) Y. Honda, "Analysis of R&D Investment in Outside Industries and Technological Fusion" 2nd International Conference on Strategic R&D Management'92 Yokohama, June 16-18, 1992
- (4) F. Kodama, Y. Honda "Research and Development Dynamics of High-Tech Industry" The Journal of Science Policy and Research Management Vol.1 No.1 P65～P74 (1986)