



RIETI Discussion Paper Series 05-J-009

## 科学依拠型産業の分析

玄場 公規  
芝浦工業大学

玉田 俊平太  
経済産業研究所

児玉 文雄  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所  
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

## 科学依拠型産業の分析

玄場 公規\*  
玉田 俊平太\*\*  
児玉 文雄\*\*\*

### 要 旨

基礎研究による科学的発展が企業の技術開発に大きな影響を与えていることは良く知られており、基礎研究と技術開発のリンケージに注目が集まっている。この点、著者らは、既に、特許の論文引用の件数（サイエンスリンケージ）を技術分野ごとに分析し、バイオ分野の特許のサイエンスリンケージが著しく高いことを示した。この分析をさらに進めて、本研究では、日本の産業分野別に技術開発がどれだけ科学に依存しているかを定量的に明らかにする。このような依存度は、科学研究支援などの科学技術政策的観点及び新規産業創出などの産業政策上も極めて重要な情報であるが、従来は産業別の研究開発費比率などを元に科学の依存度の議論が行われていた。この点、本研究で分析するサイエンスリンケージは、各産業の技術開発がどのように科学に影響を受けているかを直接分析するものであり、科学依拠型産業を明確に考察することが可能である。分析の結果、医薬品産業、食品産業、化学産業のサイエンスリンケージが高く、その他の産業のサイエンスリンケージは低かった。この分析の結果は、産業別の技術開発の特性が大きく異なることを示しており、産業政策の立案においても、このような産業別の差異を認識すべきことが示唆される。

キーワード：サイエンスリンケージ、科学技術、科学依拠型産業、イノベーション

JEL classification: O31、O32、O34

\*芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科助教授（E-mail: [gemba-kiminori@rieti.go.jp](mailto:gemba-kiminori@rieti.go.jp)）

\*\*独立行政法人経済産業研究所研究員（E-mail: [tamada-shunpeita@rieti.go.jp](mailto:tamada-shunpeita@rieti.go.jp)）

\*\*\*独立行政法人経済産業研究所ファカルティフェロー（E-mail: [kodama-fumio@rieti.go.jp](mailto:kodama-fumio@rieti.go.jp)）

\*

本稿は、筆者らが2004年4月から開始した独立行政法人経済産業研究所の研究プロジェクトの成果の一部である。本稿を作成するに当たっては、後藤晃教授（東京大学）、鈴木潤主席研究員（未来工学研究所）、内藤祐介社長（人工生命研究所）、経済産業研究所のフェローの方々から多くの有益なコメントを頂いた。本稿の内容や意見は、筆者ら個人に属し、経済産業研究所の公式見解を示すものではない。

## 1. はじめに

近年、経済成長の多くが技術変化によってもたらされることは広く認識されており、科学がその技術変化をもたらす要素の一つとして認識されている。そのため、科学と技術変化のリンクエージが科学技術政策上大きく注目されてきている(Narin et al., 1997)。科学と技術変化のリンクエージを示す指標として、論文等の非特許引用文献(NPRs)を用いて計算した特許1件あたりの件数はサイエンスリンクエージと呼ばれている。サイエンスリンクエージは、科学が企業の技術開発に与える影響を表す指標として有効であると考えられており、米国や欧州に出願された特許のサイエンスリンクエージを計測することによって、科学と技術開発の関係を分析した研究は、多数存在する(Anderson et al., 1996)。

日本は米国や欧州に比べて特許データが整備されていないため、これまでに特許引用文献に関する調査はほとんど行われてこなかった。しかし、日本は米国に次ぐ経済大国であり、世界の技術変化メカニズムを研究するためには、日本特許に関する研究が必要不可欠であると考えられる。このような認識に基づき、著者らは既に経済産業研究所のディスカッションペーパーとして、日本企業が取得した日本特許のサイエンスリンクエージを計測した結果を公表している(玉田ら、2003)。この結果、バイオ分野の特許のサイエンスリンクエージの値が極めて高いことが分かり、また、サイエンスリンクエージの値は技術分野によって大きく異なることを見出した。

本研究は、さらに、この分析を詳細に進め、日本の産業の技術開発がどれだけ科学に依存しているかを定量的に明らかにすることが目的である。このような依存度は、科学研究支援などの科学技術政策的観点及び新規産業創出などの産業政策上も極めて重要な情報であるが、従来は産業別の研究開発費比率などを元に科学の依存度の議論が行われていた。この点、本研究で分析するサイエンスリンクエージは、各産業の技術開発がどのように科学に影響を受けているかを直接分析するものであり、科学依拠型産業を明確に考察することが可能である。

## 2. 目的

本研究は、従来から議論されている「科学依拠型産業」を定量的かつ実証的に分析することを目的とするものである。科学依拠型産業の定量的な実証研究としては、Pavitt (1989) の分析がある。この研究では、イギリスにおける4,000以上の独自の技術革新事例データベースを用いて、技術革新事例の多さ(技術活動の行われる分野)が技術機会を表すと仮定し、分析している。この分析によれば、イノベーションの源泉が科学に依拠している産業として、技術機会が最も大きい産業である化学産業と電気産業を特定している。この研究では、表1に示すように、技術機会の方向性も分析しており、科学依拠型産業(化学、電気機械)及び特定供給型産業(精密、一般機械、ゴム製品)においては(関連した)水平分野及び川下分野において技術機会が存在し、一方、規模依存型産業(鉄鋼・非鉄、自動車)及び供給者支配型産業(印刷、建設)においては、川上方向において技術機会が存在するとしている。この分析は、技術機会の大きさや方向性を実証的に分析している点で高く評価すべきものであるが、技術機会のあるとされる分野が定性的な判断に基づいており、また、産業の分類方法も定性的な判断に基づいて分類されている。そのため、典型的なバイオ産業である医薬品産業を含む化学産業が科学依拠型産業であることは理解できるとしても、応用研究を重視している電気産業を科学依拠型産業として同列に扱っている点には疑問が残る。

表1 各産業の産業カテゴリーと技術機会

産業カテゴリー	産業	技術開発活動（技術機会）の分野
科学依拠型産業 (Science-based)	化学	川下（機械、精密）、水平（化学）、川下（自動車、繊維、ゴム、印刷、建設）
	電気	川上（金属、非金属）、水平（機械、精密、電気）、川下（自動車、飛行機）
特定供給型産業 (specialized supplier)	一般機械	川上（金属）、水平（機械、精密、電気）、川下（造船、自動車、飛行機）
	精密	水平（機械、精密、電気）
	ゴム・プラスチック	川上（化学、機械）、川下（自動車、飛行機）
規模集約型産業 (scale-Intensive)	食品	川上（非金属）、水平（化学）
	自動車	川上（非金属、ゴム）
	金属(鉄鋼・非鉄)(metals)	川上（機械、精密）
供給者支配型産業 (supplier-dominated)	繊維	川上（機械、化学、精密）
	紙	川上（機械、精密）
	印刷	川上（機械、電気）
その他	非金属 (nonmetallic)	川上（精密）、川下（電気）
	造船	川上（金属、機械、精密）
	飛行機	川上（機械、精密）

(資料) Pavitt(1989)「K.Pavitt, Technological accumulation, diversification and organisation in UK companies, 1945-1983, Management Science, 35, 81-99(1989)」

一方、日本の産業を対象とした定量的な分析として、児玉（1991）は、各産業の分野別研究費を用いて、各産業の分野別研究費を研究開発プログラムと仮定して、研究開発プログラムが一定以上の研究費に達したとしても、中断がありうる産業を科学依拠型産業であるとした。この手法は高度な統計解析手法を用いた意欲的な取り組みであるが、仮定及び計算過程が複雑であり、直接的な実証分析とはなっていない。

従来、科学依拠型産業を特定するための最も簡便かつ汎用的な指標は売上高研究開発比率であった。単純に考えると売上高研究開発比率が高ければ、科学依拠型産業であると想定できる。しかしながら、この指標を用いると、典型的なハイテク産業である電気産業や精密機械産業も売上高研究開発比率が高いため、科学依拠型産業であると結論付けてしまうことになり、前述のように、応用研究を重視しているハイテク産業も医薬品産業と同列に議論することになってしまう。

この点、本研究は、特許における論文引用数の程度を測定するものであり、「イノベーションに対する基礎研究の影響が大きい産業」を意味する科学依拠型産業を直接的に分析することが可能である。また、サイエンスリンケージの分析は欧米では行われているが、日本では、ほとんど行われていないため、本研究が世界で始めて、日本の科学依拠型産業を直接的に分析すると考えられる。

### 3. 分析手法

#### 3.1 分析データ

日本の産業別のサイエンスリンケージを明らかにするにあたって、日本の特許庁が日本の企業に対して付与した特許を分析対象とする。経済産業研究所において独自に構築されたデータベースを用いて、1991年から2002年の間に出願された特許を抽出した。

対象企業は、産業を特定する必要があるため、2004年において東京証券取引所の第一部に上場されている企業を分析の対象とした。これらの上場企業名が出願人となっている特許をデータベースから抽出した<sup>1</sup>。そして、抽出した特許を対象に後に述べる自動抽出プログラムを用いて、引用論文数及び引用特許数を把握した。

企業の産業分類は、東京証券取引所の定義に基づき、産業別にデータの集計を行った<sup>2</sup>。分析対象の産業としては、主として製造業を対象としたが、特許数が比較的多い農林水産業、鉱業、建設業、電気・ガス業、情報通信サービス業も対象とした。

表1に各産業の企業数（2004年時点での企業数）及び特許数を示す。分析対象企業は1,063企業、分析対象とする公開特許数は約700万件、登録特許数は約70万件である。特許を出願した後、特許として認められるまで最低でも2年以上かかるため、現時点では、2001年及び2002年に出願されて登録された特許はほとんどない。そのため、登録特許数は公開特許数に比べて、かなり少ない。

いずれの特許データを用いるかによって、分析結果が若干異なることは否めないため、どちらかのデータを選択する必要がある。この点、産業別のサイエンスリンケージを比較分析する場合には、新規性があると審査官が判断して特許として認められたもので分析することが重要と考え、登録特許のデータを用いた。また、公開特許の場合には、各産業の特許戦略の違いによっても、バイアスがかかる可能性がある。そこで、各産業のサイエンスリンケージの分析においては、登録特許のデータを用いた。一方、サイエンスリンケージの時系列分析を行うためには、登録特許の場合、直近のデータが得られない。すなわち、データ制約上の観点から、公開特許を用いて分析を行った。

繰り返しになるが、抽出された特許の本文中に記載された特許以外の文献等の数を抽出し、一特許あたりの文献等の数を各産業のサイエンスリンケージとして分析する。また、比較のため、各特許の本文中に記載されている特許も抽出し、特許一特許引用の数も分析することとする。

なお、科学依拠型産業の詳細な分析のため、各産業の研究開発費との相関を分析した。各産業の研究開発費のデータは、科学技術研究調査報告から2002年のデータを抽出した。

---

<sup>1</sup> 2004年時点で上場していた企業を元に企業名を特定したが、分析期間中（出願年：1991-2002）に合併や持ち株会社設立による企業名を変更した企業も少なからずある。これらの企業については、各企業で公表している情報を元に合併前の企業名やグループ企業の企業名を可能な限り特定し、分析に含めた。

<sup>2</sup> なお、分析期間中に産業の変更が行われた企業についての考慮は行わず、2004年時点の産業分類を用いた。ただし、この点については、本研究で主として議論している産業別の引用分析にあまり大きな影響を与えないと考えられるため、誤差の範囲であると考えている。

表2 各産業の分析対象企業数と特許数(出願年：1991-2002)

産業	企業数	公開特許数	登録特許数
水産・農林業	6	1,463	169
鉱業	6	1,607	258
建設業	108	125,034	26,943
食料品	73	37,629	7,170
繊維製品	52	151,489	12,763
パルプ・紙	13	38,759	4,448
化学	119	691,014	63,126
医薬品	37	43,650	4,161
石油・石炭製品	9	18,442	1,974
ゴム製品	10	81,247	7,506
ガラス・土石製品	28	110,421	12,804
鉄鋼	36	309,403	25,833
非鉄金属	21	183,737	18,352
金属製品	37	25,783	6,124
機械	119	460,552	55,200
電気機器	162	3,771,804	305,348
輸送用機器	60	522,758	72,895
精密機器	23	200,003	15,679
その他製品	45	140,052	16,034
電気・ガス業	17	57,845	9,370
通信業	82	53,110	7,938
合計	1,063	7,025,802	674,095

### 3.2 自動引用検出プログラム

本研究が分析対象とする700万件という膨大な数の特許におけるサイエンスリンケージを分析するためには、目視による文献抽出では分析は困難である。そのため、本研究では、玉田（2002）が開発した特許引用及び文献引用の「自動検出プログラム」を用いて分析を行った。詳細はこの論文に譲るが、開発された分析手法は、本研究の分析の根幹をなす極めて重要な分析手法であるため、以下に、その自動検出プログラムの概要を示す。

#### 引用の記載パターン

特許に限らず論文引用部分に記述されているのは、著者名、発行年、記載誌名、巻、号、ページなどである。これらのうち、著者名もしくは記載誌名と発行年だけ記載され、引用の特定が困難な場合もある。さらに、引用部分が一つの文節を形成して、論文の固有な情報として書かれていることもあれば、「（著者）が（発行年）に書いたように」などと文章形式で記述されているものもある。

論文引用部分は、海外の論文、特に米国の論文を引用しているものが多く、アルファベット表記になることが多い。ただし、すべてカタカナに直して表記しているものや、アルファベッ

トとカタカナを併記しているものもある。また、アルファベットの場合には、半角または全角を用いている。

以上の形態の具体例としては、次のような記述になる。

**D. E. CouchらJ. Electrochem., 99巻, (6), 234頁**

**日本コンタクトレンズ学会誌、23 P. 10~14 (1981)**

**[Yu. A. Ovchinnikov, N. G. Abdulaev, et. al., Bioorg. Khim, 4, 1573 (1978) ]**

一方、特許については、論文引用部分に比べると、きわめて限定された記述がなされている。それは、特許番号もしくは公開番号という固有の番号が必ず記述されるということであり、さらに番号が何を表しているかを「特願平1 2 3 4 5 6 7 8」のように直前に特定の文字列で記述している。海外の特許の場合も同様で、「US 0 1 2 3 4 5 6」などのように番号に先行する特定の文字列で国などの種別を表している。

具体的な例を次に挙げる。

・ **特開昭 6 1 - 2 8 1 7 6 0 ( J P , A )**

**実公昭59-18975号公報**

**米国特許第 4 , 5 7 9 , 1 4 4 号**

**西独公開明細書第3306571号**

**スイス国特許第452479号**

上記のことから、玉田は、論文引用部分および特許引用部分それぞれに特徴的なパターンを次のように特定した。それは、次の通りである。

**【引用部分の表記の特定】**

論文引用部分：年号と著者を必ず含んでいる

特許引用部分：番号と種別文字列を必ず含んでいる

#### 引用部分が記述される可能性のある特許明細書記載項目

玉田は、特許の引用については、特殊な引用がなされている場合があるため、注意が必要であると指摘した。すなわち、特許明細書データには、「【】と「」」でかこまれた記述項目を表している部分で文字列の先頭にある記述単位を示しているものがある。これを玉田は、特許明細書記載項目と呼び、その特許明細書記載項目の中でも、引用の記述の可能性のある部分は、サンプルを見る限りは

特許請求の範囲

参考文献

発明の詳細な説明

図面の簡単な説明

に限定してよいと判断した。

この項目のみを引用記述のある特許明細書記載項目としている。

なお、特許明細書記載項目は行の途中にくることはないはずだが、まれに記述誤りと思われるデータにそのようなものがある。それについては、行の途中でも特許明細書記載項目が現れることがあるという前提ですすめている。また、行中には【青】などのまぎらわしい記述も存在する場合があります、ここではそれらを対象外として扱うが、引用検出の「漏れ」をなくす意味から、これらもプログラムによって検出対象としている。

## 文字列パターン照合

文字列が決められたパターンと一致するかどうかを検査することを文字列のパターン照合というが、照合する対象を対象文字列、元となるパターンを参照文字列とするような2つの文字列間を比較する。たとえば、双方の文字列先頭から一致する点を探すような「前方一致」とい、反対に文字列最後尾から探すのを「後方一致」という。

パターン照合方法の中で現在最も普及しているものの一つが**正規表現(Regular Expression)**である。正規表現とは、文字列に対し、前述の機能文字を組み合わせることで検索を行う手法の一つである。玉田は、前述の引用部分のパターンを前提として、正規表現と文字列パターンの照合により、自動抽出プログラムを開発した。プログラム開発の段階としては、まず有効な正規表現パターンの探索ツールの作成と当該パターンの人手による探索を行い、続いて、確定した正規表現をプログラムで実現することを繰り返して、実際の目的に従った抽出プログラムの作成を行なった。

玉田は、以上の結果、特許サンプルを人間が目視によって抽出した「正解」と比較して、引用データの抽出性能（再現率）においても、引用でないものを拾ってしまわない精度においても、性能のある程度高いものを実現した。精度の測定には、玉田らが目視により抽出した引用特許及び引用文献を正しい引用情報であると定義して、次の式で定量的に把握した。

表3 分析結果の再現率のマトリックス

	Searched information	Not Searched information
Fit	W	X
Non-Fit	Y	Z

$$R = \frac{w}{w+x} \quad (1)$$

$$P = \frac{w}{w+y} \quad (2)$$

引用パターンの改善により、最終的には再現率Rと精度Pの両方において約98%を実現した。産業に関してマクロな視点から分析するという本研究の特徴から、自動引用検出の性能としては十分であると考えられる。

## 4. 分析結果

### (1) 産業別サイエンスリンクージュ

2章に示した方法論を用いて実際に分析を行った。産業別サイエンスリンクージュの分析では、登録特許における1特許あたりの論文引用数、つまりサイエンスリンクージュ及び、その比較対照として、1特許あたりの特許引用数を測定した。結果は表3のようになった。これを図に示したのが図1である。



表4 各産業の一特許当たりの特許引用数とサイエンスリンケージ

産業	サイエンスリンケージ	特許引用
水産・農林業	0.63	2.14
鉱業	0.16	2.92
建設業	0.03	1.45
食料品	1.34	3.67
繊維製品	0.31	4.18
パルプ・紙	0.28	7.28
化学	0.65	8.55
医薬品	3.08	4.78
石油・石炭製品	0.39	3.90
ゴム製品	0.05	2.39
ガラス・土石製品	0.11	2.32
鉄鋼	0.15	2.13
非鉄金属	0.13	2.16
金属製品	0.01	1.22
機械	0.04	1.54
電気機器	0.18	2.08
輸送用機器	0.04	2.04
精密機器	0.09	1.88
その他製品	0.04	1.56
電気・ガス業	0.14	2.09
通信業	0.46	1.84
平均	0.21	2.76

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数、特許引用は一特許あたりの特許引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 登録特許を対象とした分析結果

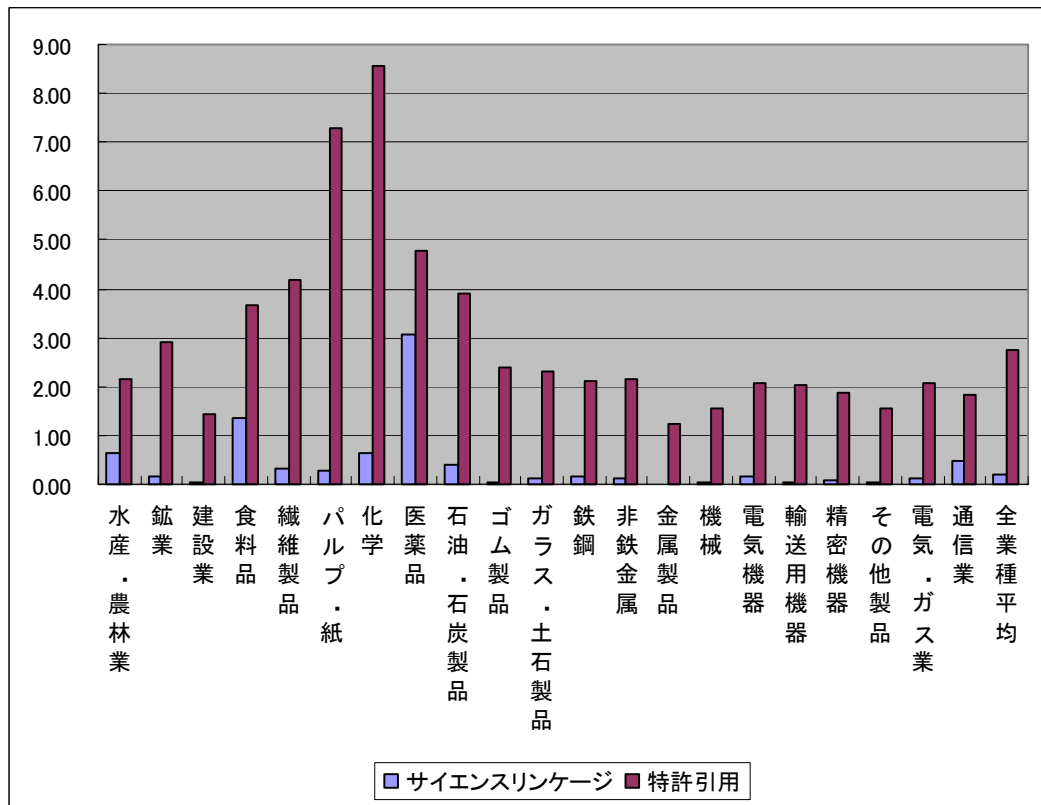


図1 各産業のサイエンスリンケージと特許引用

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数、特許引用は1特許あたりの特許引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 登録特許を対象とした分析結果

まず、特許引用と比較すると全ての産業において、サイエンスリンケージの値が低い。これはサイエンスリンケージの値がもっとも高い医薬品産業においても、同様の結果が得られている。ただし、特許引用に比べて、産業によって、サイエンスリンケージの高低に大きな違いがあり、技術開発に科学が与えている影響は産業によって大きく異なることが分かる。

分析結果によれば、予想通り医薬品産業のサイエンスリンケージが一番高い。また、二番目にサイエンスリンケージが高い産業は化学産業だと予想していたが、実際には食品産業であった。そして、三番目にサイエンスリンケージが高い産業が化学産業であった。食品産業の技術開発においてバイオ分野の研究開発の比重が大きくなっていることが伺える。

次に水産・農林業のサイエンスリンケージが高くなっているが、この産業には8社しか分析対象に含まれていないため、分析の解釈には注意が必要である。上位3産業以外の製造業のサイエンスリンケージは低く、特に鉄鋼や輸送機械などの重厚長大産業はサイエンスリンケージが低い。また、製造業で最もサイエンスリンケージの値が低い産業は金属製品産業である。

製造業以外では、通信業のサイエンスリンケージが比較的高くなっているが、これは世界有数の研究所を持つNTTなど基礎研究を重視している企業がこの産業に存在しているためと考えられる。

電気機械産業は、サイエンスリンケージが著しく低い。やはり、電気と化学を同じように科学依拠型産業であると考えerことは適切でないと言える。

1特許あたり引用特許数では、産業別の差がサイエンスリンケージほど大きくない。また、化学産業の特許引用数が高い値を示しているが、これは、フィルム産業に属する一企業（以下企業A）の値が非常に高いためであり、分析の解釈には注意が必要である。この企業を除いた化学産業の1特許あたり引用特許数は4.51となった。

## （2）研究費との相関分析

続いて、各産業の基礎研究費の比率（基礎研究費／研究開発費の総額、以下、基礎研究費比率）及び研究開発費比率（研究開発費の総額／総売上高）とサイエンスリンケージの相関を分析する。単純な想定としては、基礎研究費に重点を置いている産業は研究開発活動において基礎研究を重視しているため、サイエンスリンケージの値が高くなると考えられる。また、同じように、売上高に比して、研究開発を旺盛に行っている産業では、サイエンスリンケージの値が高くなると想定される。すなわち、仮説としては両者とも正の相関が得られるということになる。

表4に各産業のデータを示した。研究費総額の中の基礎研究費の比率が大きい医薬品産業や食料品産業などのサイエンスリンケージが高い。ただし、一方では、電気ガス産業など基礎研究費の比率が高いものの、サイエンスリンケージが低い産業もある。また、売上高研究開発比率が最も高い産業は医薬品産業であるが、ついで高い産業は精密機械産業であり、また、電気産業も売上高研究開発費比率が高い。後者の2産業は代表的なハイテク産業であるが、サイエンスリンケージは高くない。

分析を進めるため、これらの研究開発指標とサイエンスリンケージの相関を見るため、それぞれの指標とサイエンスリンケージの散布図を作成した。図に示した（特徴的な産業を図中に明示している）。

表5 各産業の研究開発指標とサイエンスリンケージ

産業	基礎研究 費比率	売上高研 究開発費 比率	サイエン スリンケ ージ
水産・農林業	10.0%	0.5%	0.63
鉱業	18.3%	1.5%	0.16
建設業	6.2%	0.4%	0.03
食料品	10.2%	1.1%	1.34
繊維製品	14.6%	2.3%	0.31
パルプ・紙	6.3%	1.2%	0.28
化学	8.1%	3.9%	0.65
医薬品	23.0%	8.9%	3.08
石油・石炭製品	11.9%	0.2%	0.39
ゴム製品	4.2%	4.2%	0.05
ガラス・土石製品	9.9%	2.5%	0.11
鉄鋼	6.2%	1.5%	0.15
非鉄金属	4.7%	2.5%	0.13
金属製品	4.9%	1.4%	0.01
機械	3.9%	4.4%	0.04
電気機器	5.2%	5.2%	0.18
輸送用機器	1.8%	4.4%	0.04
精密機器	2.5%	7.8%	0.09
その他製品	2.3%	0.9%	0.04
電気・ガス業	11.6%	0.4%	0.14
通信業	5.1%	2.2%	0.46
全産業平均	7.0%	2.0%	0.21

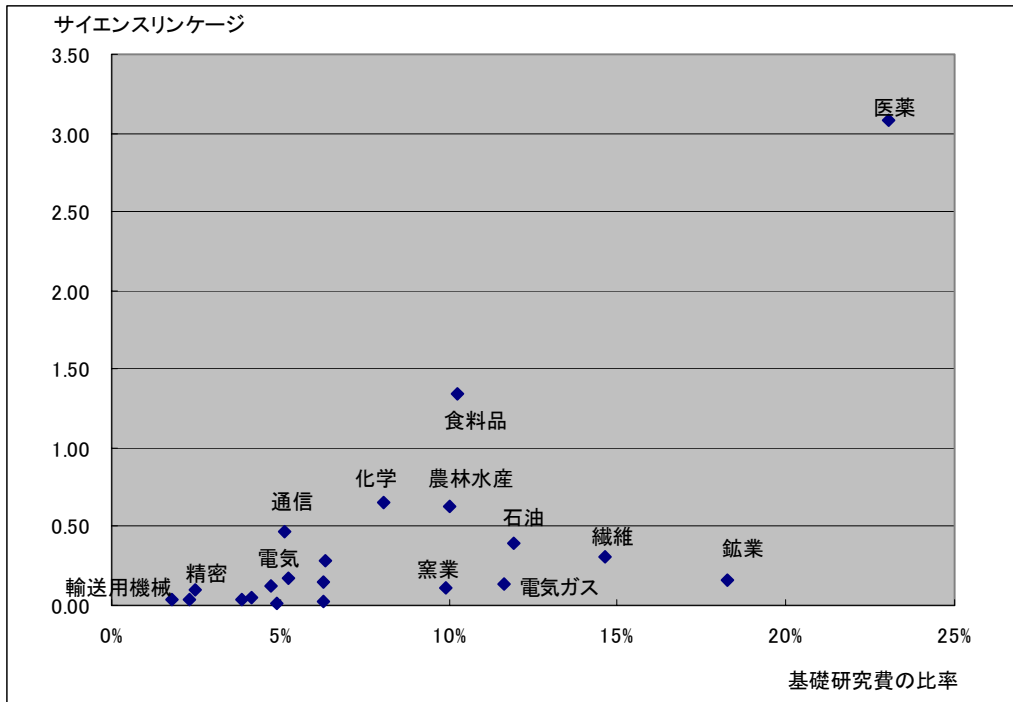


図2 各産業のサイエンスリンケージと基礎研究費の比率

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 登録特許を対象とした分析結果

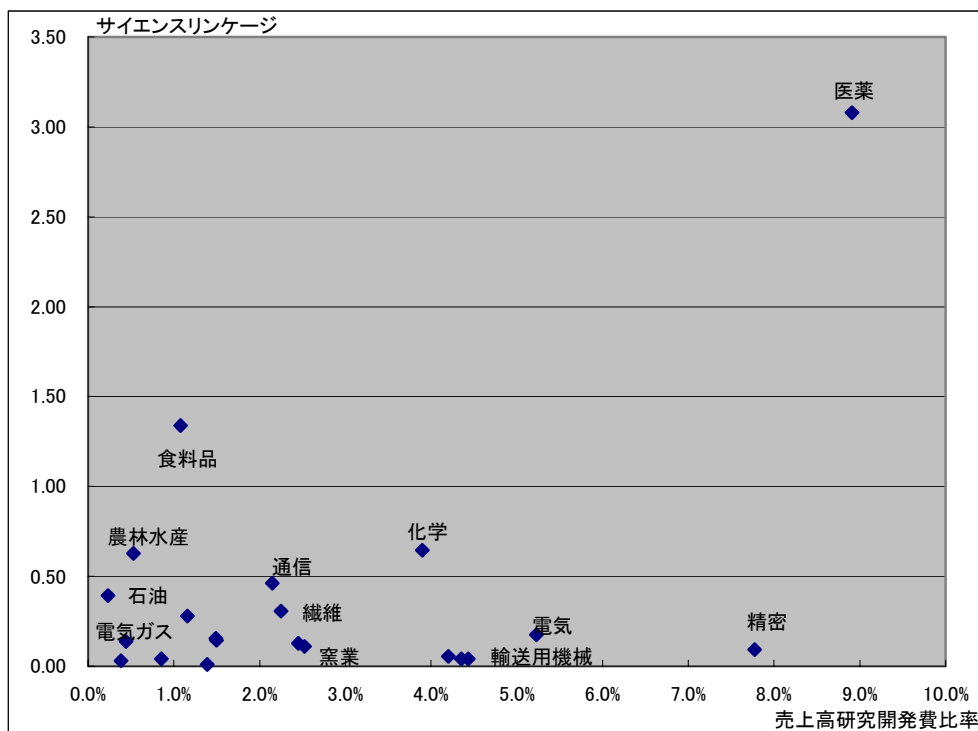


図3 各産業のサイエンスリンケージと売上高研究開発費比率

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 登録特許を対象とした分析結果

両者の相関係数を求め、以下に示した。基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数は、0.67であり、正の相関が認められる。また、売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数は0.44と比較的低いものの、正の相関があると認められた。そのため、基礎研究費を重視している産業はサイエンスリンケージの値が高い、また、研究開発を旺盛に行っている産業のサイエンスリンケージが高いという両者の仮説は正しいことが認められた。

一方で、基礎研究費比率と売上高研究開発費比率の両者を比較すると、基礎研究費比率の方が明らかに相関係数は高い。本研究の分析の焦点である科学依拠型産業との関係では、基礎研究費を重点的に行っている産業が科学依拠型産業であり、この点では、サイエンスリンケージの高い特許を出願している産業が科学依拠型産業であるとする本研究の主張の妥当性が定量的にも担保されたと考えられる。また、従来、電気産業が科学依拠型産業であるという主張がしばしばなされてきたが、実は、電気産業や精密産業の売上高研究開発費比率は高いものの、基礎研究費比率は比較的高くなく、サイエンスリンケージも低い。電気産業が科学依拠型産業であるという捉え方は、売上高研究開発費比率の高さが一つの根拠になってきたとも考えられるが、本研究で示した分析を考えれば、電気産業は一部の最先端の技術開発は科学的発見に大きな影響を与えることも事実であるが、全体として科学依拠型産業ではないと考えるべきであろう。

【基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数】

相関係数0.67 (1%有意)

【売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数】

相関係数0.44 (5%有意)

なお、製造業と非製造業を同列に議論することは妥当ではないという議論もあるだろう。そこで、農林水産、鉱業、建設、電気ガス及び通信産業を除き、製造業のみで分析を行った。その結果、基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数は1%有意で0.87と強い正の相関があることが示された。一方で、売上高研究開発費比率については、相関係数が0.45であり、しかも有意ではないという結果になった。

【基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数（製造業のみ）】

相関係数0.83 (1%有意)

【売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数（製造業のみ）】

相関係数0.45 (有意でない)

さらに、医薬品、食品、化学といったサイエンスリンケージの高い特徴的な産業に分析結果がゆがめられているという批判も考えられる。そこで、これらの三産業を除いた製造業のみで分析した結果を以下に示した。すると、基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数は1%有意で0.78と正の相関があることが示された。一方で、売上高研究開発費比率については、相関係数が-0.38という結果になった。

【基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数（製造業のみ）】

相関係数0.78 (1%有意)

【売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージの相関係数（製造業のみ）】

相関係数-0.38 (有意でない)

以上を踏まえると、基礎研究開発費比率とサイエンスリンケージには正の相関が認められると考えられるが、売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージには、相関が認められるものの、その解釈には注意が必要であると考えられるべきである。

### (3) 時系列分析

ナリンの分析によれば、米国に出願された特許のサイエンスリンケージの値は上昇しており、企業の技術開発における科学の重要性が高まっているとしている。そこで、本研究においても産業別のサイエンスリンケージと特許引用の時系列分析を行った。

まず、分析対象とした全産業の特許の時系列分析の結果を以下に示す。この分析では、直近のデータが得られない登録特許ではなく、公開特許を用いた。ただし、2001年2002年に出願された特許では、現時点では公開されていない特許も多く、2000年までに出版された特許を用いて分析を行った。

図4に示したようにサイエンスリンケージは、1990年代前半においては0.2程度であったものが、1990年代後半には、0.25を超えるようになっており、上昇傾向にあることが分かる。ただし、一方では、特許引用も1990年代前半には2を切っていたものが、1990年代後半は2.5を超えるよ

うになってきている。分析の解釈としては、全体として、サイエンスリンケージの値が高まっているため、企業の研究開発活動において基礎研究の重要性が増しているとも言える。ただし、上昇率も大きくなく、また、特許引用も上昇していることを考えれば、特許の引用方法が微妙に変化しただけでも考えられる。この点を詳細に分析するため、以下では、産業別にサイエンスリンケージの時系列を行った。

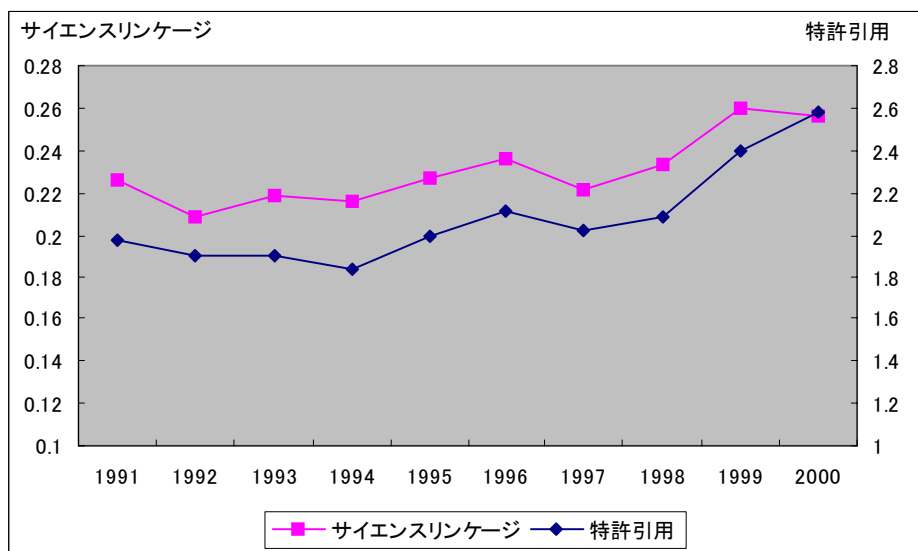


図4 サイエンスリンケージと特許引用の時系列変化

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 公開特許を対象とした分析結果

注目すべきは、やはり医薬品産業である。医薬品作業のサイエンスリンケージの上昇傾向は著しい。また、サイエンスリンケージが二番目に高い食料品産業もサイエンスリンケージの値が上昇傾向にあることが分かる。一方で、三番目にサイエンスリンケージが高い化学産業においては、上昇傾向が認められない。その他の図5及び図6の産業の分析結果を考えると上昇傾向にあると考えられるのは、電気機械産業のみである。

以上をまとめると、サイエンスリンケージの高い産業は、よりサイエンスリンケージが高くなる傾向にある。しかしながら、その他の産業においては、サイエンスリンケージの上昇傾向にはない。例外は、電気機械産業が若干の上昇傾向にあるが、サイエンスリンケージは依然として低い水準にあるということである。



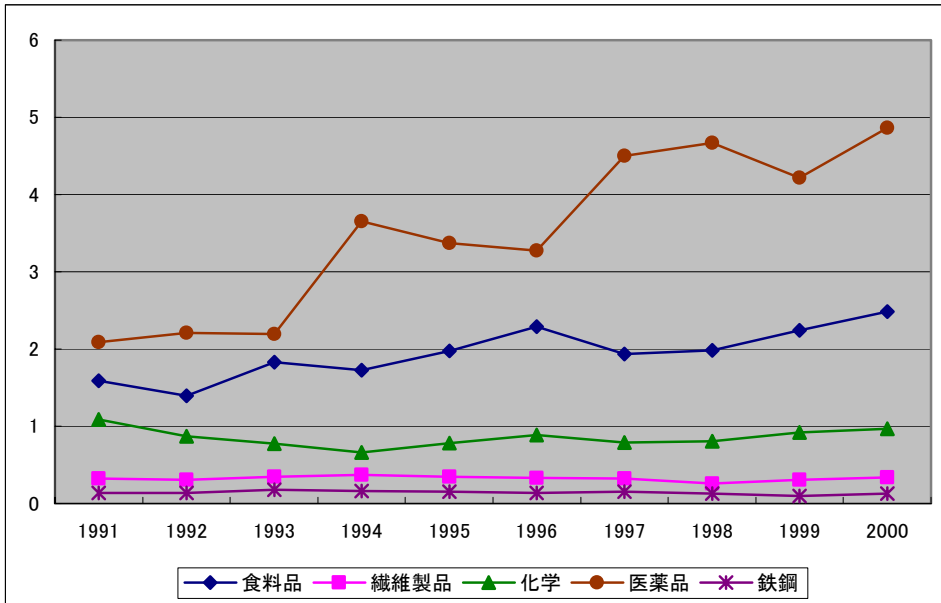


図5 産業別サイエンスリンケージの時系列変化（素材系産業）  
 (注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の産業別平均値を表している。  
 (注2) 公開特許を対象とした分析結果

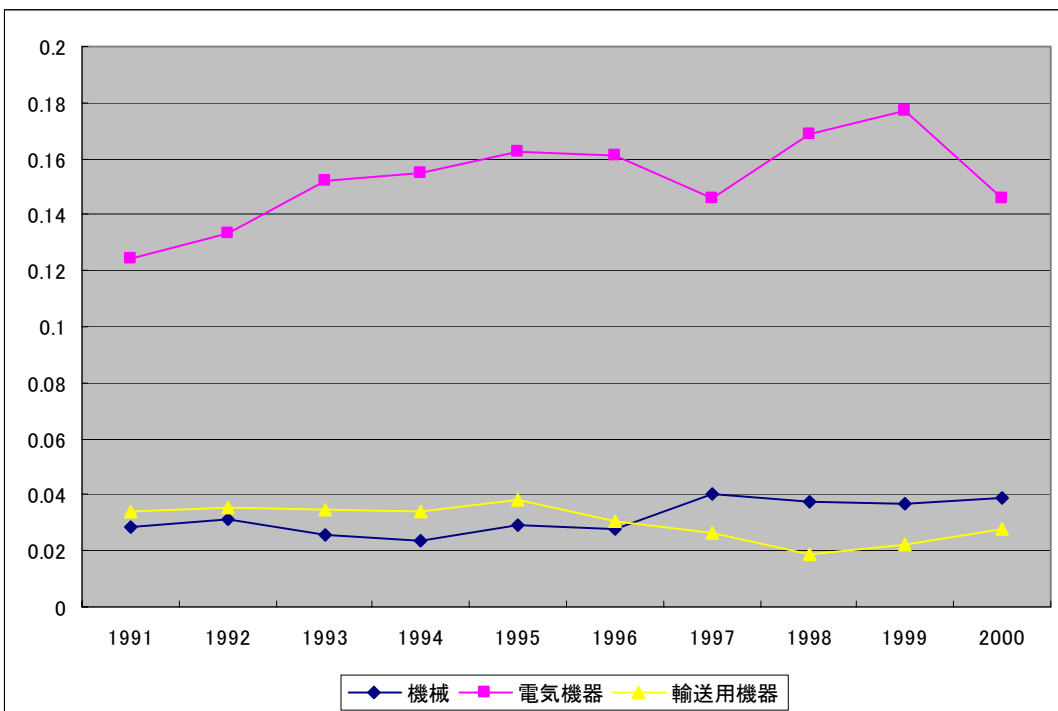


図6 産業別サイエンスリンケージの時系列変化（加工組み立て産業）

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の産業別平均値を表している。

(注2) 公開特許を対象とした分析結果

#### (4) 企業別サイエンスリンケージ

下記は参考データになるが、特徴的な企業を対象とした企業別サイエンスリンケージの時系列変化を示す。注目すべきは武田薬品である。武田のサイエンスリンケージの値は、医薬品産業全体のサイエンスリンケージの値よりも高く、そして、その値は明らかに上昇傾向にある。また、味の素も食品産業であるが、バイオ分野の技術開発を盛んに行っていると考えられ、その傾向を強化していると解釈することが可能である。

図8は、電気機械及び輸送用機械から代表的な企業を抽出して図に示したものである。NTTや日立はサイエンスリンケージの値が低いものの、値が下落傾向にある。その一方で、キャノンはサイエンスリンケージが上昇傾向にあることが示されている。現在、日本でもっとも国際競争力がある企業の一つと考えられているトヨタ自動車は、サイエンスリンケージの値が低く、その値はほぼ一定である。

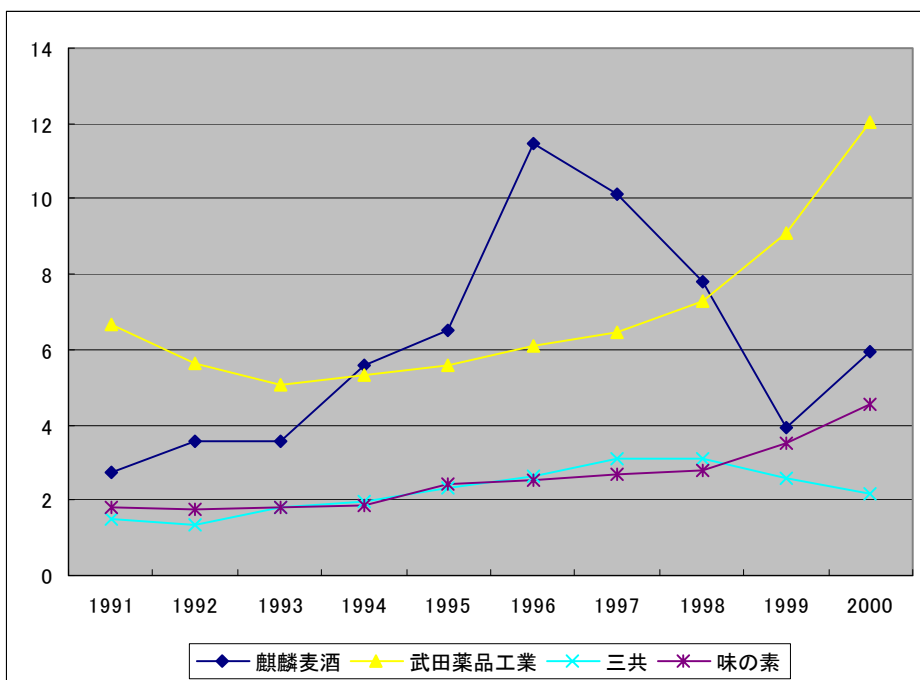


図7 企業別サイエンスリンケージの時系列変化

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の企業別平均値を表している。

(注2) 公開特許を対象とした分析結果

(注3) 1992年から1999年のデータは3年間の移動平均値

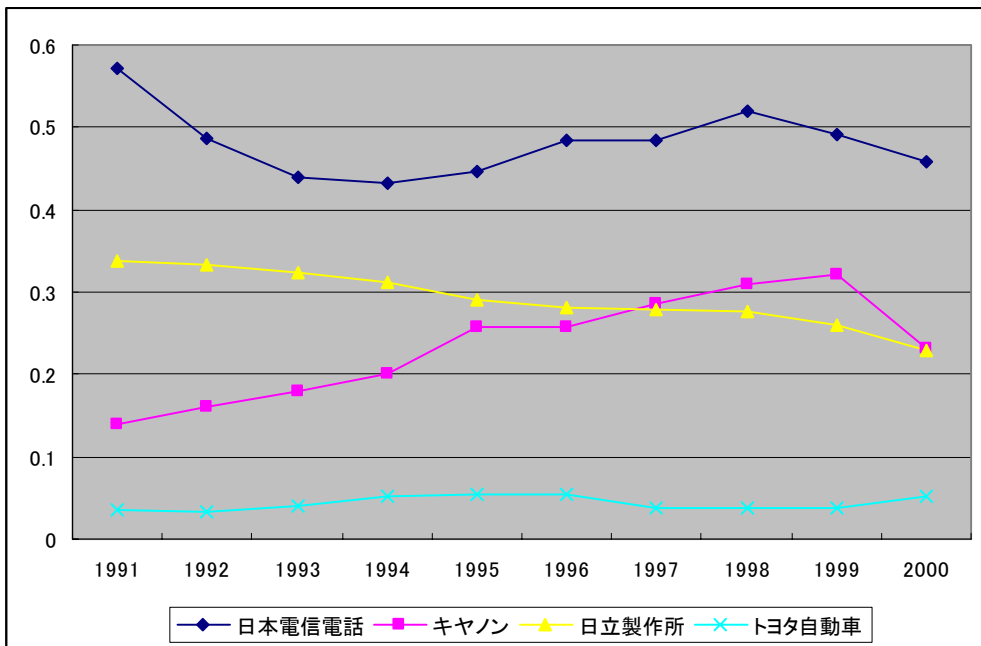


図8 企業別サイエンスリンケージの時系列変化

(注1) サイエンスリンケージは1特許あたりの論文引用数の企業別平均値を表している。

(注2) 公開特許を対象とした分析結果

(注3) 1992年から1999年のデータは3年間の移動平均値

## 5. 結論

産業別にサイエンスリンケージを測定した結果、医薬・食品・化学産業のサイエンスリンケージが高く、その他の産業の値は低いことが分かった。サイエンスリンケージの高い産業の共通点として、バイオ技術との関連性が高いことがあげられる。既に著者らが発表した技術分野別のサイエンスリンケージの結果でも、バイオ分野の特許のサイエンスリンケージが高く、本研究の研究成果と整合的である。このことは欧米の研究であるAnderson et al. (1996) のヒト遺伝子技術のサイエンスリンケージが最も高いという分析結果とも整合している。

一方で、従来、科学依拠型産業として、しばしば議論されていた電気機械産業のサイエンスリンケージは低いことが示された。電気機械産業でも、最先端の研究開発において科学的な発見が重要であることは否定できないが、やはり、電気機械産業は全体として応用研究を重視する産業であり、科学依拠型産業として、医薬品産業と同列に議論することは適切でないと考えられる。

本研究では、サイエンスリンケージと基礎研究費比率及び売上高研究開発費比率との正の相関があることが認められた。ただし、両者を比較すると、基礎研究費比率の方が相関係数も高く有意水準も高い。また、製造業のみで分析した場合、さらに、医薬・食品・化学といったサイエンスリンケージの高い特徴的な産業も除外した場合でも、基礎研究費比率とサイエンスリンケージにはより高い相関が認められるにも関わらず、売上高研究開発費比率とサイエンスリンケージには有意の正の相関は認められなかった。これらの分析を踏まえれば、科学依拠型産業の特徴としては、基礎研究の成果が技術開発に与える影響が大きく（サイエンスリンケージが高く）、それゆえに、売上高研究開発費も高く、かつ基礎研究費を重視している産業である

ということが出来るが、売上高研究開発費が高いことは、必ずしも科学依拠型産業の特徴ではないと考えられる。

さらに、サイエンスリンケージが高い産業、具体的には、医薬品産業と食品産業においては、より、基礎研究の重要性が高まっていることが分かった。一方で、比較的サイエンスリンケージが高い化学産業は横ばいであり、その他のほとんどの産業でも、サイエンスリンケージにほとんど変化がなかった。

本研究に示したように、基礎研究の重要性の程度、及び、その重要の変化は産業別に大きく異なっている。それゆえ、産業別の特性に応じた政策が行われる必要があり、今後の政策研究においても、産業別に整理された議論が望まれる。近年、研究開発投資に関わる税制が改正されるなど、イノベーションを促進するための政策が盛んに行われている。この点、従来は、産業別の特徴を配慮せず、どちらかといえば、全ての産業を平等に扱うことを前提として、政策立案が行われてきた。しかしながら、イノベーションの依拠している知識やイノベーションのプロセスが産業別に大きく異なることは本研究でも繰り返し述べたとおりであり、今後も、さらにイノベーションを促進する政策を立案する場合には、政策効果が産業別に大きく異なる可能性があることを踏まえた議論も行うことが望まれる。

## 6. 参考文献

Anderson, J., Williams, N., Narin, F. and Olivastro, D. (1996). Human Genetic Technology: Exploring the Links between Science and Innovation. *Technology Analysis and Strategic Management*, 8(2): pp.135-156

Narin, F., Hamilton, K., Olivastro D. (1997). The increasing linkage between U.S. technology and public science. *Research Policy*, 26: pp317-330

K.Pavitt, Technological accumulation, diversification and organisation in UK companies, 1945-1983, *Management Science*, 35, 81-99(1989)

児玉文雄 (1991) ハイテク技術のパラダイム、中央公論

玉田俊平太、児玉文雄、玄場公規：「特許化された知識の源泉、RIEIディスカッションペーパー、02-17 (2003)

玉田俊平太 (2002) 東京大学工学系研究科博士論文