



RIETI Discussion Paper Series 03-J-016

重点 4 技術分野におけるサイエンスリンケージの計測

玉田 俊平太
経済産業研究所

児玉 文雄
経済産業研究所

玄場 公規
東京大学



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/>

重点4 技術分野におけるサイエンスリンケージの計測

玉田 俊平太*

児玉 文雄**

玄場 公規***

要 旨

特許1件あたりの引用論文等の数、すなわち「サイエンスリンケージ」は、技術に科学が与えている影響を理解するために有効な指標と考えられている。本稿では、これまであまり研究されてこなかった日本特許を対象とし、科学技術基本計画において重点分野とされた、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、IT、環境の4つの技術分野におけるサイエンスリンケージの計測を行った。その結果、日本特許のサイエンスリンケージは、技術分野によって大きく異なっており、バイオテクノロジーが突出して多く、ナノテクがそれに続き、ITと環境技術は少ないという一定の傾向を持つことが明らかとなった。これは、特許権者の国籍にかかわらず同じ傾向であった。また、特許一件当たりの請求項の数によってコントロールした後も変わらなかった。この事実は、分野によって技術が科学から受ける影響に違いがある可能性を示唆するものであり、今後の科学技術政策立案に際し、インプリケーションを与えうるものと考えられる。

キーワード：サイエンスリンケージ、科学技術、重点分野、科学依拠型産業、イノベーション

JEL classification: O31、O32、O34

*独立行政法人経済産業研究所研究員（E-mail: 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）

*東京大学大学院工学系研究科助教授（E-mail: kimi@fklab.aee.u-tokyou.ac.jp）

本稿は、筆者らが2002年3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）、馬場靖憲教授（東京大学）、橋本毅彦教授（東京大学）、鈴木潤主席研究員（未来工学研究所）、松山裕二社長（ゼファー株式会社）、内藤祐介社長（人工生命研究所）、経済産業研究所の青木昌彦所長並びに経済産業研究所リサーチ・セミナー参加者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. 本研究の目的

1.1 技術変化と科学との関係

ソローは、物的資本蓄積の役割を明確にし、持続的経済成長の背後にある究極の推進力として「技術変化 (technical change)」の重要性を協調した(Solow, 1956)。すなわち、経済成長 (= 産出量の増大) の大部分は、投入される資本や労働の増加量に直接関係しているのではなく、単位労働あたりの資本の増加量によつて、その資本量の増加は技術変化という外部要因によつてもたらされることを明らかにした。ソローによれば、第二次世界大戦後の米国経済の急激な成長の半分程度は技術変化によつて説明可能である(Solow, 1957)。

そして、公的サポートを受けた科学¹が技術変化、ひいては経済成長の原動力となっているということは、科学者や経済学者の間では広く認識されており、それが、政府が大学における研究 (academic research) に対してこれまでに実施してきた支援の大きな動機となつてきた(Narin *et al.*, 1997)。例えば、マンズフィールドは、もしも大学における研究の貢献がなかったとすれば、新しい製品や製造方法の10%は起きなかったか、あるいは、大きく遅れたであろうと推定している(Mansfield, 1991)。経済的価値をもたらす技術変化の源としての科学に注目が集まるに従い、科学と技術変化との間のリンケージに関する興味も増大してきている(Narin *et al.*, 1997)。大学の経済へ及ぼす重要性についてもまた同様である(OECD, 1990)。

つまり、長期的経済成長の要因は、労働や資本の投入もさることながら、技術変化によつてその多くがもたらされることが明らかとなつており、科学がその技術変化をもたらすとされる要素のひとつとして認識されているのである。

1.2 日本特許のサイエンスリンケージ分析の必要性

近年、技術変化の指標として「特許」を、科学の指標として論文等の「非特許引用文献(NPR: Non Patent Reference)」を用いて計算した、特許1件あたりの引用論文等数、すなわち「サイエンスリンケージ」は、技術に科学が与えている影響を理解する指標として、いくつかの留意点はあるものの、有効であると考えられている。そのため、米国や欧州に出願された特許のサイエンスリンケージを計測することによつて、特許と科学の関係を解明しようとする先行研究も多数存在する。

だが、調査した限りでは、日本特許を対象としたサイエンスリンケージの研究は見つけることが出来なかった。サイエンスリンケージに関する調査や研究については、主としてデータが整備されているという理由から、米国特許を対象としたものが多い。欧州特許庁のミッチェルらによる研究においても、特許の引用している文献の調査に関しては、日本特許のデータの不備により、米欧の

¹ 本論文では、「科学」を、「自然についての、人間の経験にもとづく客観的、合理的な知識体系であつて、厳密な因果性の信頼の上に観察と実験を武器にした専門的、職業的な研究者によつて推進されている学問の総称 (村上陽一郎)」と定義し、その目的を「自然界についての新しい知識を (学術) 論文という形で発表すること (吉岡齊)」と定義する (カッコは筆者による。平凡社世界大百科事典 第2版「科学」及び「技術」の項より)。したがつて、本論文では「工学」、すなわち「数学及び厳密に定義された専門用語の体系でもつて定式化され、学問分野化した「技術」も、その成果物が「論文」という形を採る限り「科学」に含む。

みの比較しか行われていない(Michel et al., 2001)。平成 13 年度版科学技術白書でさえ、米国特許庁にイギリス、フランス、ドイツ、日本、及び米国内から出願された特許のサイエンスリンケージを比較し、日本のサイエンスリンケージの値が 5 カ国中最低であることを理由に、「論文の成果があまり利用されていないことを示している」と結論づけている。この白書が引用したデータは、科学技術政策研究所による「科学技術指標 2000」からのものであるが、元は CHI Research Inc. の National Technology Indicators Database を利用したものである。要するに、世界 3 大特許庁の一角を占める日本特許庁のデータは、これまで十分に調査研究されていないのである。

日本特許が十分に調査研究されていないのは、日本特許が重要でないからではない。むしろ、日本という米国や欧州に比肩する国内総生産を持つ地域における技術変化のメカニズムを研究するためには、日本国特許庁に対して出願された特許について研究することが必要不可欠だと考えられる。なぜなら、国内マーケットしか対象としない非貿易財に関する技術や、輸出競争力の無い財の場合には、海外特許出願による出願先国における知的財産権保護のメリットがないため、海外出願は行われないと考えられるからである。海外出願される技術は、貿易財に関するものであるか、現地生産の際に必要となり技術であって、国内出願の 2 倍以上と言われるコスト²を払ってでも、出願先国において知的財産権を確保するインセンティブが存在する技術のみである。したがって、日本における技術変化と、それに関連する科学の関連（リンケージ）の研究を行うに際し、米国特許等の海外に出願された特許の分析のみでは、前述のような輸出競争力等の各種のバイアスを受けているおそれがあり、必ずしも十分とは言えないと考えられる。日本を 1 つの知的クラスターと考え、そこにおける技術変化の要因を探るためにも、米国や欧州等の特許庁に出願されたデータとの国際比較を行うためにも、日本特許データを研究することは必要であると考えられる。

1.3 日本特許分析の利点と欠点

日本特許を分析することには、利点が二つある。その一つは、前述のような、日本から海外へ出願された特許を分析する場合に考えられるデータに関するバイアスが、日本国内から出願された特許に関してはないと考えられることである。もう一つは、米国特許法が出願者に課している、参照文献記載の義務がないことによる利点である。

一方、日本特許法においては、審査官によるフロントページへの参照文献の記載は義務づけられていない。したがって、日本特許フロントページ中の特許や論文等の引用数は、米欧に比べ、少なくなる可能性があることに留意が必要である。

米国特許申請に際しては、技術の申請範囲（クレーム）を明確にするために、関連する文献を記載することが法律により出願人に対して義務づけられている。この義務を怠ったばあい、特許拒絶の理由となる。欧州特許庁のマイケルによれば、この米国特許法制度によって、米国特許出願に際しては、特許拒絶を避けるため、その新技術を考案した本人ではなく、弁理士等の代理人が、その新技術考案の際に発明者が依拠したか否かを問わずに関連しそうな文献を出来る限り多く記載しようとする傾向がある。また、米国特許の審査官は、それを制限せず、申請書に記載された他の特

² 弁理士への電話インタビューによる。

許や論文等の文献を、そのまま特許の第一ページ（フロントページ）に載せてしまう傾向があり、さらに、米国においては、90年代に入ってこの制度の適用が厳格化し、それが引用文献の増加につながったと言われている(Michel *et al.*, 2001)。つまり、米国特許のフロントページには、その技術が考案される際に、考案した本人の頭の中にあつた以外の文献が混入している可能性があり、それは、公表された特許のフロントページからは判別できないのである。別の言い方をすれば、米国特許フロントページに引用されている論文データには、発明、すなわち技術進歩が発明者の頭の中に閃いたときに発明者の頭の中に存在していた論文等の知識以外のノイズが混入している可能性があるのである。

しかし、日本特許においては、米国特許と異なり、申請された技術の新規性を立証するために、関連する特許やその他の文献(non patent reference)を出願人が記載する法的義務がない³。したがって、日本特許データには、米国特許データと異なり、特許の拒絶を恐れるが故の引用文献が含まれているおそれはないと考えられる。これが、日本特許データを研究することの二番目の利点である。

1.4 全文解析の利点

本研究では、特許のフロントページだけでなく、申請書全文を研究の対象とした。日本特許の全文を分析することの利点は、特許の本文においては審査官によって後から追加されている文献がないことから、当該技術を考案した者の考案時点における既知の論文等のみが記載されていると考えられる一方、フロントページを含めることにより、出願人による既知の技術の隠蔽もある程度防げる点である。

特許の本文は、出願人によって記載され、誤字等の場合を除き、原則として審査官によって修正されることはない。つまり、特許本文中には、当該技術を考案した者が、その時点で知っていた他の特許や論文等既存の知識が、純粹に表現されていると考えられるのである。従って、日本特許の本文中には、新しい、産業に応用可能な技術、すなわち、ソローの言うところの技術変化、が考案される要因となった可能性のある論文や特許が、よりノイズの少ない形で記載されている可能性が高いのである。

一方、特許の本文のみの分析では、特許出願者はその技術の新規性を立証しようとするために既知の技術を故意に隠そうとする可能性があるため、関連する特許や論文等の技術文献が、全ては網羅されていない可能性がある。しかし、特許のフロントページにおいては、特許審査官によって、その特許を審査する際に用いた関連する文献が追加されている。

本研究においては、米国特許のように法律によるバイアスがなく、かつ、審査官による確認によりその技術に関連する特許や論文等が漏れていることも少ないと考えられる日本特許の本文とフロントページの両方を含む全文を研究の対象とする。

³ 最近、特許法が改正され、出願人が他の特許や論文等の参照文献を記載する「努力規定」が設けられた。しかし、依然として法的拘束力はない。

1.5 本研究の目的

以上をまとめると、技術変化と科学との関係に関する研究が米欧特許のフロントページに引用されている論文等を用いて行われている。しかし、日本特許においては研究があまりなされていない。かつ、特許明細書本文を含む全文を研究することにより、新技術を考案した本人の頭脳の中において参照された、既存の論文等の知識をよりノイズの少ない形で計測することができる可能性がある。本研究においては、これまであまり研究されてこなかった日本特許について、そのフロントページ及び明細書中で引用されている論文等を計測する。これにより、特許性のある技術変化に、どの程度科学が影響を与えているのか、その影響は技術分野毎に異なっているのかを明らかとすることを目的とする。

2. 本研究の手法

2.1 科学の指標としての論文

技術変化に対する科学の影響を研究するためには、被説明変数である技術変化と、説明変数である科学との両方を、何らかの方法で計測する必要がある。本研究においては、科学の計測指標として、科学のアウトプットである論文、及び、その類似物であり、より速報性を持つ学会発表紀要を用いることとし、これらを併せて「論文等」と呼ぶ。ただし、本研究中「論文」とは、定期刊行物に掲載された文章を指すこととする。書籍、技術公開は含まない。

より狭い論文の定義として、複数の審査員の査読を経て「論文」とのタイトルを付けられ、学術雑誌に掲載されたもののみ限定する立場もあろう。しかし、本研究における技術変化は、特許法上の発明に該当する全ての技術分野を対象としており、引用されうる定期刊行物も、分野的にもその刊行される国も非常に広範囲にわたる可能性がある。その引用されている文章全てについて、論文と冠されているかどうか、その定期刊行物が査読付きであるかどうかを弁別することは極めて困難である。また、必ずしも査読付き論文のみが科学の成果とは言えない。論文とまでは呼べないまでも、科学者の経験や直感に基づくアイデアが、エッセーなどの形で掲載され、それが技術変化のきっかけとなる可能性もある。したがって、本研究においては、その文章が掲載されている形態が「論文」と冠されているか否かを問わず、また、掲載誌がいわゆる学術雑誌かそうでない一般的定期刊行物かを問わないこととする。

そもそも科学の指標として論文を活用しようとする手法、すなわち「サイエンスメトリクス」の起源は、1920年以前に遡ることができる。例えば、1917年に発表された「比較解剖学の歴史」についての研究は、比較解剖学という独特の科学分野を評価するために、参考文献とグラフの総数を分析したものであった。

1950年代に入り、論文を含むさまざまな文献を扱う図書館関係者の日々の業務に必要なものとして、書誌情報データベースが開発された。これは、科学研究者の数が増大するにつれ、新しい研究成果を広める手段である学会誌などの専門誌(journal)の数が急激に増加し、膨大な数の文献を効率的に検索する手段が求められていたことに由来するものである。1955年、ガーフィールドによって、科学技術文献用の引用インデックスが開発されたことで、サイエントメトリクスという研究分野のコンセプトが確立された。この引用インデックスは、フィラデルフィアに本拠をおく彼の会社、科学情報研究所(ISI: the Institute for Scientific Information)が構築したデータベースの基礎をなすものとなった。

1965年、イェール大学の科学史家であったプライスは、専門誌の論文(journal articles)を活用して科学知識の量的分析を行うためのさまざまな基本原則を体系づけた。その中には、用語の使い方(words usage)や出版物(publications)における統計的パターンも含まれていた(Price, 1965)。

1976年、ナリンが、「科学研究活動の評価における出版物と引用の活用 (The Use of Publication and Citation Analysis in the Evaluation of Scientific Activity)」を発表した。これは、全米科学財団 (NSF : National Science Foundation) の助成金によって行われた「評価的ビブリオメトリクス (Evaluative Bibliometrics)」という研究プロジェクトの成果であった。そして、そのプロジェクトの中で書かれた論文が、「生物医学文献の構造 (Narin *et al.*, 1976)」であった。この論文は、「ある論文が書かれた後、その論文が別の論文で何回引用されているかを分析することで科学出版物の重要性を標準化する」という方法論を示したものである。

このような流れの中、1989年、カズンズは、サイエントメトリクス分析に使われる測定指標 (measurements) を、数量 (quantity)、テーマまたは研究領域 (topic or discipline)、科学的インパクト (scientific impact)、リンケージ (linkage) の4つのタイプに分類・整理した (表1)。

このように、科学活動を計測するサイエントメトリクスは、単なる論文数の計測から始まり、引用関係を利用することでリンケージを計測する手法が開発されてきた。本研究において、科学の計測指標として論文等を用いることは、こうしたサイエントメトリクスに関する先行研究を踏まえても、妥当性を持つと考えられる。

表 1 サイентメトリクスに使われる 4 つの測定指標

測定指標	概要
数量 (quantity)	いくつの論文が特定の研究者や研究所によって書かれたかを単純に数え、論文数を比較することで、科学者間の相対的生産性を測定するもの。
テーマまたは研究領域 (topic or discipline)	専門誌 (journals) に掲載されている論文を研究テーマあるいは研究領域ごとに分類して、領域ごとにいくつの論文が書かれているかを数える。これにより、どの研究分野が増加傾向にあり、どの研究分野が減少傾向にあるかがわかる。
科学的インパクト (scientific impact)	後に出版された出版物による、論文記事の引用におけるパターンを研究するもの。多くの研究者が特定の論文を引用しているということは、その論文にあるアイディアは特定の科学コミュニティ内に強い影響を及ぼしていると仮定することができる。マッピング (mapping) と呼ばれるより複雑な方法では、科学領域における研究構造を明らかにするためにクロス引用 (cross-citation) のパターンを見る。マッピング手法を用いることで、その研究分野でもっともポピュラーな研究テーマあるいは研究方法を特定できる。
リンケージ (linkage)	<p>リンケージによる測定指標にはさまざまなものがある。例えば、研究者間のリンケージがその 1 つである。研究者間のリンケージを見るには、科学研究において異なる組織の研究者同士がどのように共同作業しているかを知るために、論文の共同執筆におけるパターン (論文の共同執筆者として 1 人以上の研究者がリストされているのはどこか等) を調査する方法がある。</p> <p>あるいは、異なるタイプの出版物に盛りこまれた技術的・科学的知識の関係を分析するというリンケージ測定指標もある。例えば、ある特許が新しい発明の一部としてある論文を引用しているなら、その発明はその論文に書かれている基礎研究によって影響されていると仮定することができる。</p>

2.2 技術変化の指標としての特許

一方、技術変化については、特許が指標の一つとして使われている。例えば、アーチブギは特許を技術変化の評価指標として使うことの利点と欠点について検討した(Archibugi, 1992)。特許データの利点として、特許は創造的な活動、なかでもビジネスとしてインパクトのある活動の結果の指標となる、特許を取ることは時間とコストがかかるため、特許の出願は、それがコストを上回る効用が期待されていることを示している可能性が高い、特許は技術分野毎に分類されているため、独創的な活動の比率だけでなく方向性も示してくれる、特許統計は大量のデータを非常に長い期間に渡って提供してくれる、などを挙げている。一方、彼は、特許データには以下のような欠点があることも指摘している。すなわち、必ずしも全ての創造的活動が特許として公開されるわけではない(企業秘密など他の方法で守られてしまう)、特許制度上の制約から、必ずしも全ての創造的活動が特許として保護され得ない、技術分野や産業分類によって、特許性向、すなわち創造的活動の量に対する特許件数の比率が大きく異なる、他国への特許出願は、企業の出願先国における期待収益に依存する、それぞれの国の特許制度は国際条約の存在にもかかわらず差異があり、出願者にとっての魅力は、出願先の国の特許制度のコスト、保護の効果の強さと長さ等によって異なる、の5つである。そして、これらの利点及び欠点があることをふまつつ、アーチブギは、特許には、一国あるいは国際比較のための技術変化の指標として多くの利用法があることを指摘した。

以上のように、特許データは技術変化の指標として有効な指標たり得る。そのため、技術変化の研究において幅広く使われている。特許分析は企業競争力の分析にも極めて有用であり、技術の比類ない道路地図であると評価されている(Narin, 1993)。例えば、ナリンは研究者の生産性の分布を特許出願数から分析し、研究者の特許生産性には一定の法則があること、また、研究所の発明者の最上位1%が同じ研究所の平均的発明者と比べて5 - 10倍生産性が高く、そして、上位10%は同じく3 - 4倍生産性が高いことを明らかにし、人材のマネジメント、企業買収の際の留意点等に極めて有益なインプリケーションを得ている(Narin, 1995)。さらに、特許は、企業の戦略策定に幅広く応用されており、それは、競合相手の評価、自社技術のコア・コンピタンス分析、合併・買収の目標決定、技術的な精査などが含まれるとしている。また、キーとなる技術と高い経済的成功可能性を持つ会社の識別にも広く応用されているとし、例として、アメリカ、日本及びドイツの主要自動車会社11社をあげて、その技術的な位置を特徴づける研究がなされている(Narin, 1993)。アルバートらは、ある特許が他の特許に引用された回数と、その分野で見識を持った同僚のその特許の技術的重要性に関する評価の間には、強い相関があることを見いだした(Albert *et al.*, 1991)。すなわち、他の特許から多く引用されている特許ほど、同僚の評価も高いという相関関係が明らかとなったのである。本研究の対象とはしていないが、将来の課題として、ある特許の他の特許に対する影響や重要度を類推し、企業の研究開発活動等との関連性を研究する際の含意があろう。

2.3 科学と技術変化の関係の指標としてのサイエンスリンケージ

特許がその申請書中で引用している特許以外の文献(Non Patent Reference)は、「サイエンスリンケージ」と呼ばれ、いくつかの先行研究が行われている。アンダーソンらは、特定分野に国家がプロジェクトとして介入する合理性を説明するため、遺伝子工学分野技術と他の技術分野との、科学とのリンケージの強さの違いをそれぞれの分野に属する特許の引用論文数から比較することを行っている。それによれば、遺伝子工学分野の技術が、基礎的な科学研究基盤と非常に強く連関(リンケージ)していることが示された。遺伝子工学分野の技術として「ヒトの分子細胞工学分野の特許」を、基礎的な科学研究基盤として「それらの特許がフロントページにおいて引用している論文等」を調査し、政府の研究助成機関の基礎研究に対する援助が、どのようにして知的財産権の確立へとつながり、経済的に重要な技術開発を導くのかということを示した。この研究では、

1988年から1992年までに認可されたヒト分子細胞工学分野の1105件のアメリカ特許を抽出するためにオリジナルのプログラムを作成し、それら特許のフロントページに記載された引用文献を調査している。具体的には、引用文献を特許と論文等に分け、特許と論文の連関(リンク)を把握する新しい手法(プログラム及びデータベース)を開発した。その新手法は特許発明者の国籍、引用された論文の著者の所属機関、及び研究費に対する謝辞の調査を含むものである。この分析により、アンダーソンらは、「バイオ技術分野は、特許化された技術が最も強く科学と結びついた分野であることが明らかとなった。バイオ技術分野の特許は、論文を特許より6倍も多く先行技術として引用していた。先行技術として引用された論文は、応用的なものではなく基礎的なものである。これは、技術変化に対して、好奇心に導かれた基礎的な研究が果たす役割についての新しい証拠を提供するものである」と主張している(Anderson *et al.*, 1996)。

ナリンらは、アメリカ特許と科学研究論文との間の引用関係(リンク)が強まっていることを追跡することによって、科学への公的支援と産業技術の関連を検証しようとし、米国における公的研究機関の果たしている役割の増大を膨大なデータベース分析から実証している。そして、アメリカの企業特許が引用している論文の73%は、公的研究からもたらされたものであり、その著者は大学、研究機関、その他の公的研究所に所属していることを明らかにした。また、各国の発明者は、期待されるより2倍から4倍も多く自国の論文を優先的に引用している。特に、特許化された技術がアメリカの論文に依存する割合は急速に増えているとしている。アメリカ特許がアメリカ人によって著された論文を引用する頻度は、最近の6年間に3倍になっている。具体的には、引用件数は、1987 - 1988年の約1万7千件から、1993 - 1994年には約5万件に増加した。ちなみに、この期間のアメリカ特許総数は、30%の増加にとどまっている。そして、引用されたアメリカの論文は、現代科学の主流であり、その特徴は、非常に基礎的事であること、有力雑誌に掲載されていること、そして著者は一流の大学や研究所の所属していることである。特に、最近では米国立保健研究所(NIH)、アメリカ国立科学財団(NSF)、そしてその他の公的機関からの助成を受けたものが多くなっている、と述べている(Narin *et al.*, 1997)。

2.4 本研究の構成

本研究の目的である、特許性のある技術変化に、どのように科学が影響を与えているかを可能な限り明らかとするため、技術変化の部分集合であり、日本特許法に照らして新規性があり、実用化

可能かつ有用であるものとして一定の均一な基準で審査され、特許性有りとして公報に掲載された「特許」と、科学によって生み出された知識を形式化したものと考えられる「定期刊行物に掲載された論文等の記事及び学会発表資料」(以下、これらを「論文等」と呼ぶ)との関係についての研究を行う。これは、別の言葉にすれば、科学の営みの結果としてコード化され、公表された、公共財としての属性を持つ知識と、財産としての所有でき、技術変化を通じて生産性の向上、ひいては長期的経済成長をもたらすと考えられる知識との関係について調査研究することであるとも言えよう。

本研究においては、第二次科学技術基本計画において重点分野とされた、バイオ技術、ナノテクノロジー、情報技術(IT)、環境関連技術の4つの技術分野に属する特許をデータベースより抽出し、さらに、それら特許部分集合からランダムサンプリングにより300件ずつのサンプルを取り、無作為抽出300サンプルのコントロールとも比較しつつ、日本特許の他の特許及び論文等に対する引用の傾向について分析する。さらに、特許権者の住所から推定した国籍の分布が、技術分野毎にどのように異なっているかを調査し、技術分野毎のサイエンスリンケージの違いを国籍によってコントロールする。特許1件ごとの請求項の差異についても着目し、請求項でノーマライズした、請求項あたりのサイエンスリンケージについて調査し、分析を行う。最後に、これまでの結果から何が言えるのか、及び、今後研究されるべき課題は何かについてまとめる。

3. 主要4技術分野におけるサイエンスリンケージの計測

本章では、日本特許におけるサイエンスリンケージは技術分野の違いによってどのように異なるかを調査した。具体的には、1995年から1999年の5年間に特許性有り審査され、公開された特許約65万件を対象とし、第二次科学技術基本計画において重点分野とされた、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、情報技術（IT）、環境関連技術の4つの技術分野に属する特許をデータベースより抽出した。さらに、それら特許部分集合からランダムサンプリングにより300件ずつのサンプルを取り、無作為抽出300サンプルのコントロールとも比較しつつ、日本特許の他の特許及び論文等に対する引用の傾向について、特許全文を対象に、目視により分析を行った。

3.1 方法

3.1.1 対象としたデータ

本章の目的を達成するため、特許データベースのデータの中から、1995年から1999年までの5年間に発行された特許公報（特許庁の審査を経て拒絶理由のなかったものとして発行された出願）を対象として調査を行った。分析するデータをこの範囲のものに限定した理由は、公報の技術分野の分類に使われる国際特許分類（IPC）が5年ごとに見直されており、この1995年から1999年までの5年間に発行された特許が、同じ国際特許分類第6版に基づいているからである。

3.1.2.4 技術分野特許の抽出

つぎに、この特許公報データから、第二次科学技術基本計画において重点分野とされている、バイオ、IT、ナノテク、環境の4つの技術分野における特許を選び出すためのフィルタリングプログラムを作成し、当該技術分野に該当する特許のデータベースからの抽出を行った。その際、バイオ技術に関する特許を抽出するプログラムについては、前章と同様アンダーソンの研究と極力類似させたものを用いた。それにより、国際特許分類のうち、非常に狭い特定の領域の技術分類に該当するか、あるいはヒトゲノム関係のキーワードを含む特許を抽出した。IT分野特許を抽出する特許は、国際技術分類G06F「電気的デジタルデータ処理」及びH01L「半導体装置、他に属さない電気的固体装置」とした。この技術分野に限定した理由は、あまりフィルタの選択度を落とす、すなわち目を粗くしてしまうと、多くの特許が該当しすぎてしまい、選ばれた特許がランダムサンプリングに類似してしまう一方、あまりにきめを細かくしてしまうと、IT分野に該当する特許の一部を排除することとなってしまう、全てを選択できなくなってしまうからである。本分野のフィルタは独自設計のものである。ナノテクノロジー技術分野のフィルタは、経済産業省産業技術環境局技術調査課による「ナノ構造材料技術に関する技術動向調査（平成13年6月5日）」において用いられているフィルタに準拠した。環境技術分野に関しては、日本国特許庁が、国際特許分類とは異なる観点から作成し、国際特許分類と組み合わせて使用される「ファセット分類記号」中、「ZAB 環境保全技術に関するもの」が付与されているものを抽出した。（表2）

表 2 サイエンスリンケージの日米比較

テーマ名	フィルタ	フィルタ適合特許件数
バイオテクノロジー	1) IPC:C12N15 + C12N/1 + C12N/5 + C12N/7 + A61K/48 2) 明細書中のキーワード:ベクタ遺伝子 + 癌遺伝子 + 遺伝子配列 + ウイルス遺伝子 + バクテリア遺伝子 + 細菌遺伝子 + 遺伝子障害 + 遺伝子治療 + レトロウイルス + 細胞成長 + 細胞増殖 + リンホカイン + シトキン + サイトカイン 3) 1+2	7,555
ナノテクノロジー	1) IPC(+FI):B82B1/00 + B82B3/00 2) キーワード: ナノ + 超微粒子 + メソポーラス + (メソ*多孔体) + 自己組織 + 自己配列 + (自己*アッセンプリ) + (自己*アセンブリ) + 超分子 + 量子ワイア + 量子ドット + 量子井戸 + 量子細線 + LB 膜 + (ラングミュア*プロジェクト*膜) + (langmuir*blodgett) + 分子機械 + (バイオ*素子) 3) 2 の デ ー タ を 次 の IPC に 絞 る : A01N+A23B+A23C+A23J+A23L+A61K+A61L+A61M+B01D+B01F+B01J+B03C+B05B+B05C+B05D+B07B+B09B+B22F+B23B+B23C+B23D+B23K+B23Q+B24B+B25J+B32B+B41M+B62C+C01B+C01F+C01G+C02F+C03B+C03C+C04B+C07B+C07C+C07D+C07F+C07H+C07J+C07K+C08B+C08F+C08G+C08J+C08K+C08L+C09C+C09D+C09K+C12N+C12P+C12Q+C21D+C22B+C22C+C23C+C23D+C23F+C23G+C25BL+C25C+C25D+C25F+C30B+D01F+D03D+D04H+D06F+D06M+D06N+D21H+G01B+G01C+G01J+G01N+G01N033+G01P+G01R+G01T+G02B+G02F+G03C+G03G+G03H+G05D+G06F+G11B+G11C+G12B+G21K+H01B+H01F+H01G+H01J+H01L021+H01L 023+H01L 025+H01L 027+H01L 029+H01L 031+H01L033+H01L 039+H01L041+H01L049+H01M+H01S+H04B+H05B+H05G+H05H+H05K 4) 1+3	7,943
I T	IPC:G06F+H01L	49,995
環境関連技術	広域ファセット:ZAB	6,965

無作為抽出	なし	880,043
-------	----	---------

さらに、抽出したバイオ、IT、ナノテク、環境の4つの技術分野における特許集合から、疑似乱数による無作為抽出によって各分野300件ずつ、そして、比較対照として全特許集合から300件の特許を抽出した。すなわち、サンプル数は、300件×5（重点4分野+全分野）=1500件となる。

上記の1500件の特許サンプルの全文を対象に、それら特許が参照している、別の特許及び論文等を目視により抽出し、その傾向について分析した。

3.2 結果

3.2.1 論文等を引用している特許のサンプル全体に占める比率

各技術分野の300件のサンプルのうち、どのくらいの特許が科学技術文献を引用しているか、また、1件の特許が最大何件の論文等を引用しているかを示したのが表3である。

バイオ分野においては、300件中235件、率にして78.3%もの特許が論文等を引用しており、また、1件の特許が最大111本の論文等を引用していることが明らかとなった。

次いで、ナノテク分野の特許が300件中126件、サンプルの42%が論文等を引用しており、また、1件の特許が最大73本の論文等を引用している。続いて、IT分野特許300件中47件の15%、最大8本、最後に環境分野の300件中24本で8%、特許一件当たり最大9本の引用であった。これらを比率の多い順に並べたのが、図1である。

表3 分野における論文等引用数、引用特許比率、一件当たり最大値

	環境	ナノテク	バイオ	IT
論文等引用特許数	24	126	235	47
論文等引用特許率	8.0%	42.0%	78.3%	15.7%
一特許引用論文最大値	9	73	111	8

3.2.2 論文等と特許の引用の頻度

図 4 から明らかなように、技術分野によって、特許に引用されている論文等の数（サイエンスリンケージ）に大きな差が出た。サイエンスリンケージが最も大きかったのはバイオテクノロジー分野であり、無作為抽出の平均値の約 19 倍の多さを示した。次いで、ナノテクノロジー分野が、無作為抽出の平均値に比べて約 3 倍の多さを示した。これに対し、IT 分野、及び、環境保全関連技術分野は、平均よりも少ないサイエンスリンケージしかなかった（表 4、表 5、図 3、図 4）。

一方、特許の引用件数に関しては、ナノテクノロジー分野が、無作為抽出の平均値と統計的に有意な差がなかったほか、他の技術分野は無作為抽出より 1 % 有意で平均値が低い結果となった。（表 6、）

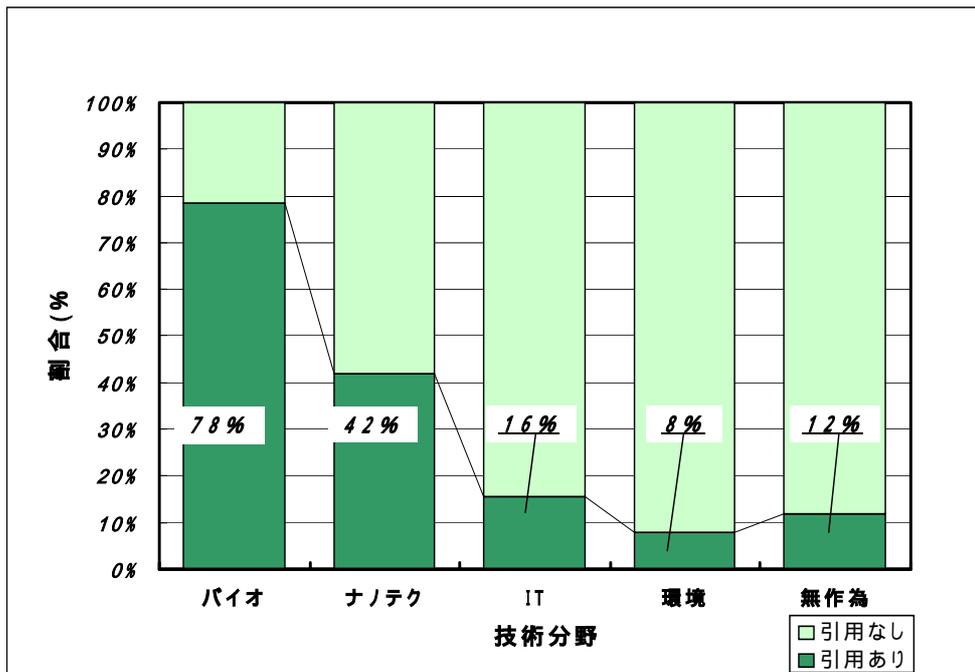


図 1 論文を引用している特許の比率 (各 300 サンプル)

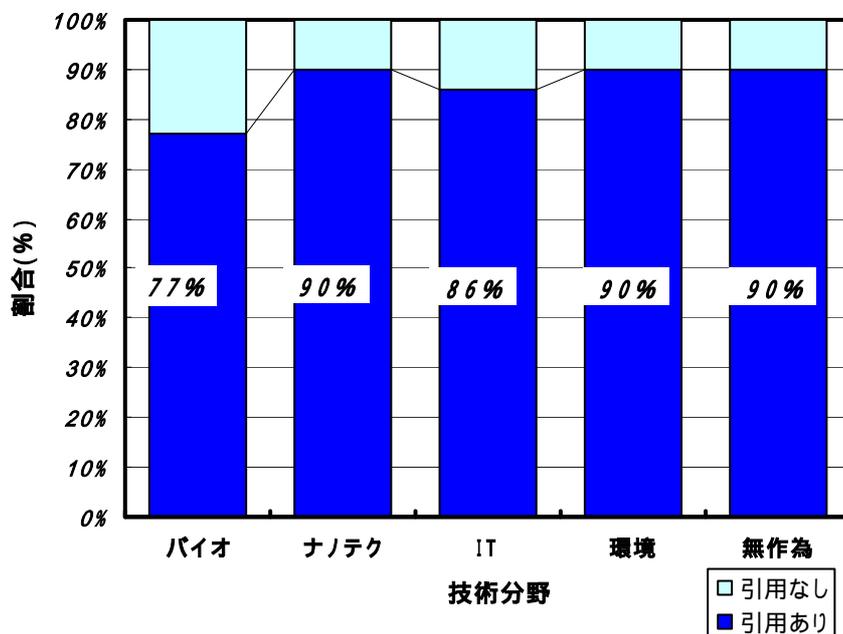


図 2 他の特許を引用している特許の比率 (300 サンプル)

表 4 技術分野別引用文献数(各300サンプル)

技術分野	被引用科学論文		被引用特許	
	引用数	特許1件あたり	引用数	特許1件あたり
バイオ技術	3,439	11.46	1,102	3.67
ナノテクノロジー	597	1.99	2,125	7.08
IT	95	0.32	927	3.09
環境関連技術	77	0.26	1,193	3.98
無作為抽出	179	0.6	1,749	5.83

表 5 引用科学論文等の平均の検定 (5 %、 1 % で同様の結果)

	環境	ナノテク	I T	バイオ
サンプル数	300	300	300	300
平均	0.26	1.99	0.32	11.46
標準偏差	1.108	5.761	0.927	14.560
判定	有意	有意	有意	有意

表 6 引用特許の平均の検定 (5 %、 1 % で同様の結果)

	環境	ナノテク	I T	バイオ
サンプル数	300	300	300	300
平均	3.98	7.08	3.09	3.67
標準偏差	3.50	22.67	2.69	5.00
判定	有意		有意	有意

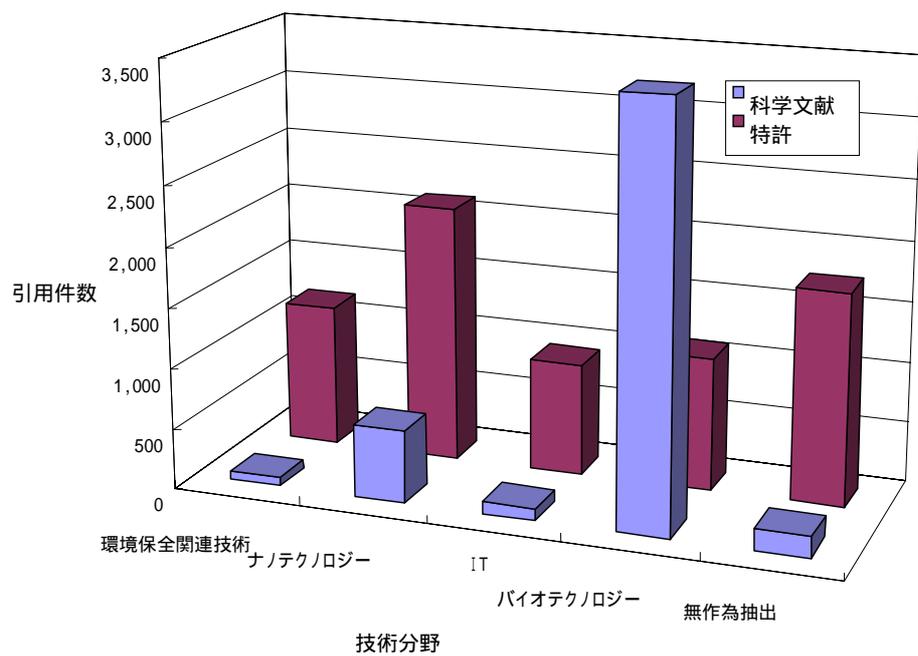


図 3 技術分野別被引用文献数（特許 1 件あたり平均値）

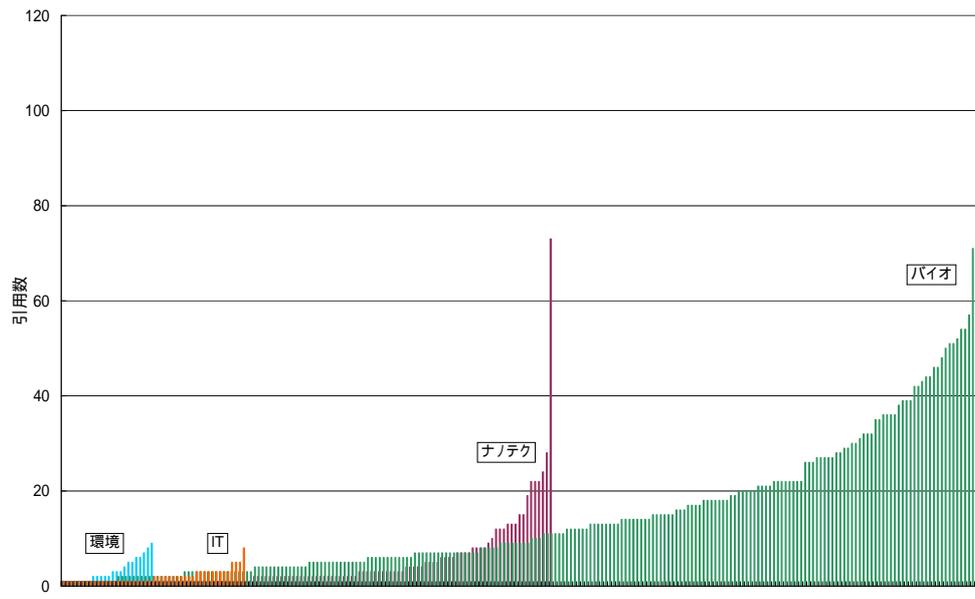


図 4 技術分野別・ランク別 1 特許あたり引用文献数（引用のない特許を除いたもの）

3.2.3 国際出願特許の影響

ある発明が日本及び欧州の両方において権利化されている場合には、日本で発明された技術が日本に出願されるとともに、欧州にも出願され、両方で権利化されている場合、欧州で発明された技術が両方で権利化されている場合、米国等日欧以外の発明が日欧の両方で権利化されている場合、の三つが考えられる。

本研究において作成したデータベース中に「国際出願番号」という項目がある。これは、PCT (Patent Cooperation Treaty) という、出願人が1つの特許庁(受理官庁:日本国民等の場合は日本国特許庁)に対して、1つの言語(日本人の場合は日本語又は英語)で作成した1つの出願(国際出願)を行うことにより、出願人が願書において保護を求めるPCT加盟国(指定国)のいずれの国に対しても正規の国内出願の効果を得ることができるという条約に基づき、特許が提出された際に付与される番号である。この条約により、一国に出願したことをもって、複数国に出願した場合と同様な法的効力を得ることができる。

この国際出願番号を有することは、その特許がPCTに基づき日本以外の加盟国に対しても権利の主張が行われていることがわかる。表10は、国際出願の有無によるサイエンスリンケージの相違を技術分野毎にまとめたものである。バイオ技術分野においては、国際出願番号が付与されている特許が300件中67件(22%)を占めた。つまり、約2割の特許が国際出願されており、PCT制度に基づき複数の国に出願されていることがわかる。バイオ技術分野の67件、22%という国際出願比率は、他の技術分野、すなわち、ナノテクの12件(4%)、ITの9件(3%)環境技術の6件(2%)と比較しても、比較的高い。

表7 国際出願の有無によるサイエンスリンケージの相違

国際出願	あり			なし		
	特許数	引用論文等数	平均サイエンスリンケージ	特許数	引用論文等数	平均サイエンスリンケージ
バイオ	67	1017	15.2	233	2421	10.4
ナノテク	12	38	3.2	288	561	1.9
IT	9	1	0.1	291	94	0.3
環境	6	8	1.3	294	71	0.2

しかし、逆に、最も国際特許番号が付与されている特許の比率が高いバイオ分野においても、約8割の特許はPCT制度に基づく国際出願は行われていない、と言える。もちろん、ある国に出願された技術が別の国にPCT制度に基づかずに国際出願されている可能性は否定できない。しかし、バイオ分野のように、多くの国に特許を出願することが合理性を持つと考えら得る技術分野においては、国際出願が主としてPCT制度を用いて行われると仮定することは非合理ではない。PCT出

願されていない78%の特許においても、バイオ分野のサイエンスリンケージは10.4と、他の分野と比較して5倍以上多く、本研究のこれまでの調査結果は、共通の新技术が複数の国に国際出願特許されているためではなく、技術の科学とのリンケージが技術分野毎の本質的性質によって異なっているためである可能性が高い、と言えよう。

3.3 考察

本章の調査の結果、まず、日本特許において特許が他の特許や論文等を多数引用しており、論文等を引用している特許が、サンプル全体に占める比率が異なっている事実が確認された。さらに、主要4技術分野特許の論文等の引用件数(サイエンスリンケージ)の分布が、技術分野毎に大きく異なっていることが明らかとなった。

具体的には、同じ300件の特許サンプル中において、論文等を引用している特許全体に占める比率についても、引用件数の合計数についても、多い方からバイオ、ナノテク、IT、環境の順であることが明らかとなった。

次章では、この結果の理由について、特許権者の所在地の国籍の観点から検討を行なう。

4．出願人の国籍とサイエンスリンケージとの関係

これまでの調査により、技術分野間でサイエンスリンケージに大きな違いがあることが明らかとなった。本章では、技術分野間のサイエンスリンケージの違いをもたらしている要因をさらに詳しく調査するため、まず、技術分野によって出願人の国籍に差異があるのかどうかを調査する。続いて、バイオ技術、ナノテク、IT、環境技術の4つの技術分野毎に、出願人の国籍を日本、米国、欧州等の3つに区分し、それぞれのグループから出願された日本特許のサイエンスリンケージを計測し、出願人の国籍によってコントロールした後でも技術分野によるサイエンスリンケージに違いがあるかどうかを検証する。

4.1 特許権者の国籍の分析

4.1.1 方法

本章の目的は、発明が起きた場所の違いによって、技術分野毎のサイエンスリンケージがどのように影響を受けているのかを明らかとすることである。サイエンスリンケージという被説明変数に対して、発明発生場所という変数がどのくらいの説明力を持つかを検証することとも言える。この目的のため、本章では「特許権者の国籍」を「当該発明の出願人（大半が法人）の住所欄に記載されている国」と定義する。

たしかに、一義的には特許を受ける権利は「発明者」に属する。また、発明は人間個人の頭脳によって生み出されるものであるから、「発明者」は自然人である。しかしながら、現実に出願される発明の大半は職務発明として、発明者が所属する機関が特許を受ける権利を承継し、特許権者たり得る「出願人」となっている。このような状況で、国籍を発明者の住所によって定義した場合、欧州に住所がある研究者が、アメリカの研究所で、その研究所の資金や設備を使うなど業務を行う過程で生まれた職務発明が、欧州国籍となってしまう、本章の目的である技術変化の発生場所とサイエンスリンケージとの関係を検証するためには不都合が生じる。また、特許権は出願人が持つのであるから、特許権者の国籍を出願人の住所欄に記載された国とすることは、特許法とも整合的である。従って、本章の分析法を適用した場合、日本国籍のバイオ研究者がアメリカの研究所で行い、当該研究所が出願人となっている特許は、米国籍という整理になる。

4.1.2 結果

バイオ特許権者の50%が外国からの出願であった。外国籍の特許権者の比率は、ナノテクノロジーでは28%、ITでは13%、環境関連技術では12%という結果となった。これは、第4章において、技術分野毎に見た場合の1特許あたり平均サイエンスリンケージが多い技術分野の順番と同一であった(図5)。

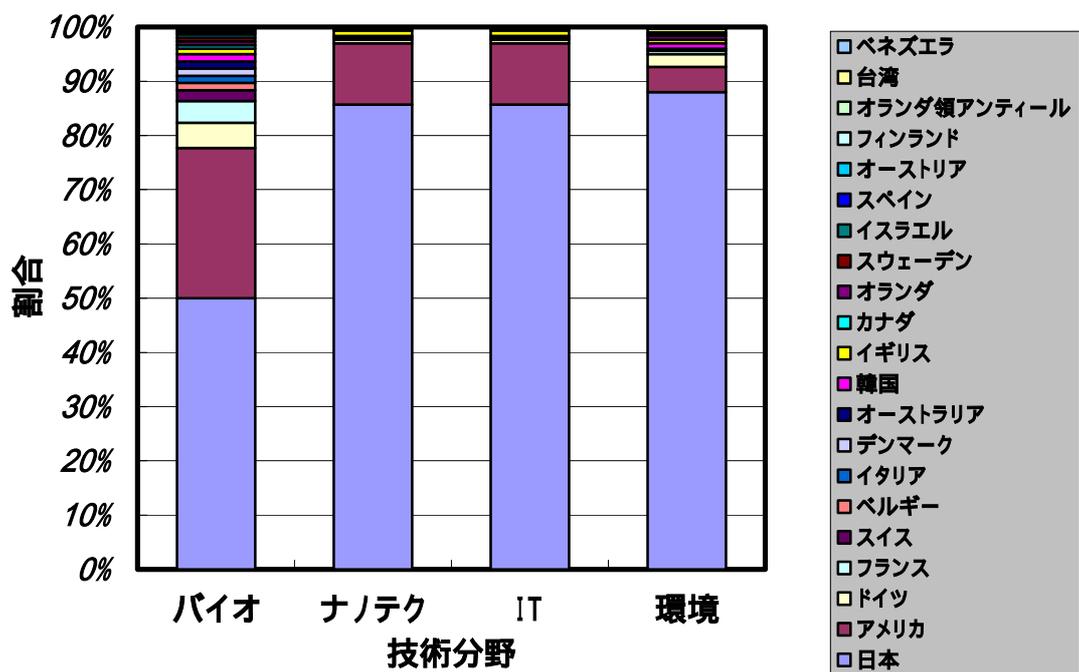


図 5 特許権者の国籍

4.2 技術分野と特許権者とのクロス分析

4.2.1 方法

単に技術分野毎の特許権者の国籍を調査しただけでは、サイエンスリンケージが多いのは、外国人の出願比率が多く、それが技術分野毎の平均サイエンスリンケージに影響を与えているだけではないか、という議論が成り立つ。そこで、技術分野毎にサンプリングされた特許を、さらに特許権者の推定国籍で分類し、国籍別に1特許あたり平均サイエンスリンケージを算出して国別に技術分野間の傾向を比較した。

4.2.2 結果

先ほどの議論に反し、国籍別に分析しても、サイエンスリンケージの絶対値こそ異なるものの、技術分野間のサイエンスリンケージの相対的な差違は残った。その結果は、バイオが突出し、ナノテクがそれに続き、IT及び環境技術は論文等の引用が少ないというものであった(表8、図6)。

表8 国籍別・技術分野別サイエンスリンケージ(表)

	米国	日本	欧州等
バイオ	17.20	6.17	16.19
ナノテク	4.53	1.21	2.97
IT	0.647	0.28	0.11
環境	1.142	0.18	0.68

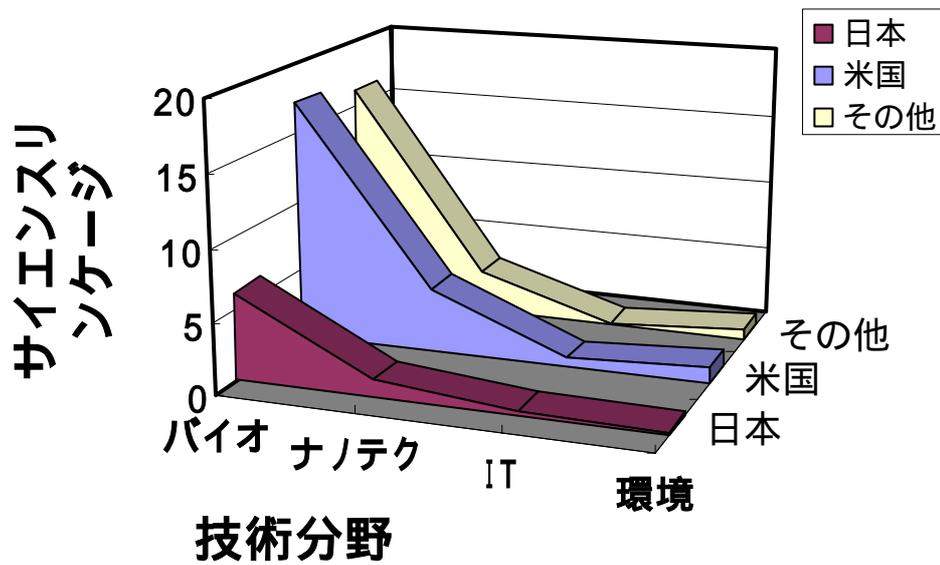


図 6 国籍別・技術分野別サイエンスリンクエージ (グラフ)

4.3 考察

これらの研究結果から、特許の属する技術分野によるサイエンスリンクエージ、すなわち、1特許あたり平均論文等引用数の違いは、特許権者がどこの国の研究機関において研究しているかによる影響よりも、技術の持つ本質的な特性によるものではないか、と推測される。

5. 請求項の数とサイエンスリンケージとの関係

これまでの議論では、1 特許あたり平均のサイエンスリンケージを技術分野毎に比較し、論じてきた。しかし、多くのサイエンスリンケージを持つ特許は、請求項も多いのではないかと、そして、技術分野によって、1 特許あたりの請求項に違いがあるために、このサイエンスリンケージの技術分野による違いが生じているのではないかと、という批判も当然あり得よう。

5.1 方法

そこで、サンプリングした4 技術分野、1 2 0 0 件の特許について、特許 1 件ごとの請求項を数え、技術分野毎に、引用された論文等の件数を、請求項の合計で除し、いわば、一請求項あたりサイエンスリンケージを求めた。さらに、サンプル特許の請求項の数と、その特許のサイエンスリンケージとの間に相関関係があるかどうかについて調査し、分析を行った。

5.2 請求項数による分析結果

まず、4 技術分野 3 0 0 ずつの特許サンプルを、権利者の国籍別に分類し、それぞれのサイエンスリンケージの合計を、それぞれの請求項の合計で除し、比較を行った。その結果、米国特許ではサイエンスリンケージも多いが請求項も多いため、1 請求項あたりのサイエンスリンケージは、かえって国毎の差が縮小し、技術分野による違いが際立つ結果となった（表 9、図 7）。ここでも、最もサイエンスリンケージの多い技術分野はバイオテクノロジーであり、ナノテクノロジーがそれに続いた。日本国籍の特許においては、IT がそれに続き、環境技術分野のサイエンスリンケージが最も低くなった。ここでも、バイオ技術のサイエンスリンケージが突出し、ナノテクノロジーがこれに続き、IT と環境技術は少ないという傾向に変化はなかった。

また、図 8 に示すように、技術分野毎に請求項の数とサイエンスリンケージとの間の相関関係について分析したが、相関係数はいずれも低い値であった。

表 9 1 請求項あたり平均サイエンスリンケージ (表)

		サンプル数	引用論文等合計	請求項合計	平均値
バイオ	全体	300	3439	2444	1.41
	日本	150	926	708	1.31
	米国	83	1428	958	1.49
	その他	67	1085	778	1.39
ナノテク	全体	300	598	2038	0.29
	日本	214	260	937	0.28
	米国	53	240	710	0.34
	その他	33	98	391	0.25
I T	全体	300	95	1146	0.08
	日本	257	72	777	0.09
	米国	34	22	328	0.07
	その他	9	1	41	0.02
環境	全体	300	79	1301	0.06
	日本	264	48	915	0.05
	米国	14	16	166	0.10
	その他	22	15	220	0.07

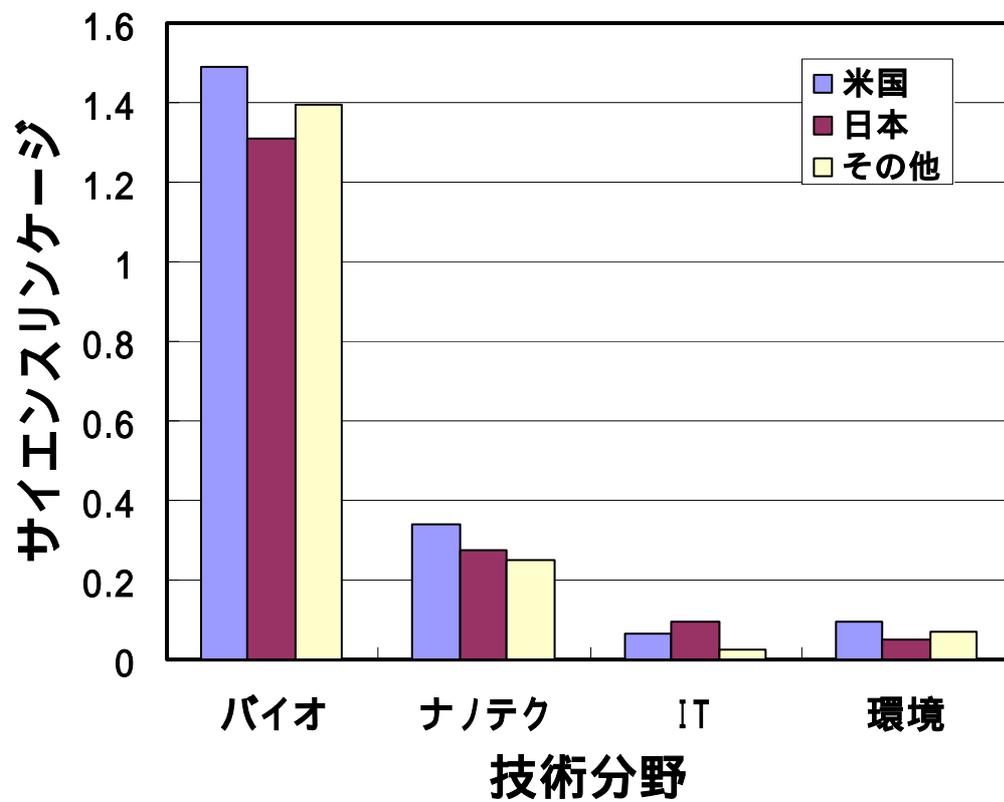


図 7 1 請求項あたり平均サイエンスリンケージ (グラフ)

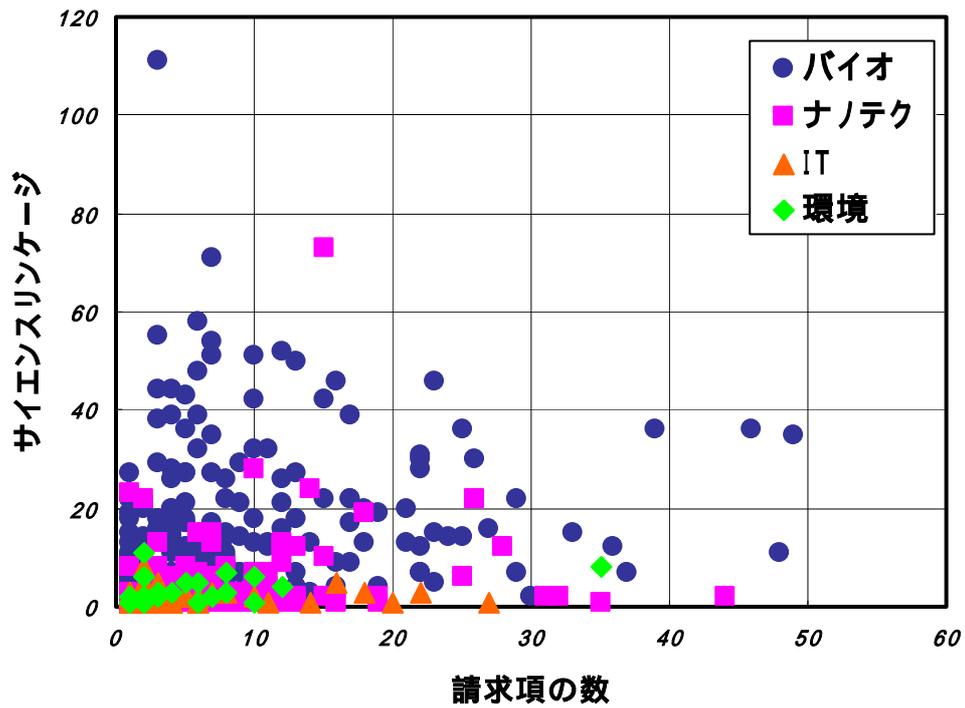


図 8 請求項の数と引用論文数との関係

6. 結論

1995年から1999年の5年間に特許性有り審査され、公開された特許約65万件を対象とし、第二次科学技術基本計画において重点分野とされた、バイオテクノロジー、ナノテクノロジー、情報技術（IT）、環境関連技術の4つの技術分野に属する特許をデータベースより抽出した。さらに、それら技術分野毎の特許部分集合からランダムサンプリングにより300件ずつのサンプルを取り、無作為抽出300サンプルのコントロールとも比較しつつ、日本特許の他の特許及び論文等に対する引用の傾向について、特許全文を対象に、目視により分析を行った。

その結果、サンプルに占める論文等を引用している特許の割合についても、特許一件当たりの平均論文等引用件数においても、多い順に、バイオ技術分野特許、ナノテク分野特許、IT分野特許、最後に環境技術分野特許という明らかな傾向が見られた。これは、統計的に1%水準で有意であった。

この、特許が属する技術分野の違いによるサイエンスリンケージの違いについて、その原因を分析するため、特許権者の住所から推定した国籍の分布が、技術分野毎にどのように異なっているかを調査した。

すると、バイオ特許権者の50%が外国に住所がある機関からの出願であり、その比率はナノテクノロジーでは28%、ITでは13%、環境関連技術では12%という結果となった。これは、1特許あたり平均サイエンスリンケージが多い技術分野の順番と同一である。当然、サイエンスリンケージが多いのは、外国人の出願比率が多く、それが技術分野毎の平均サイエンスリンケージに影響を与えているだけではないか、という仮説が成り立つ。

そこで、技術分野毎にサンプリングされた特許を、さらに特許権者の国籍で分類し、技術分野別・国籍別に1特許あたり平均サイエンスリンケージを算出し、その傾向を比較した。

結果は先ほどの仮説に反し、国籍別に分析しても、サイエンスリンケージの水準こそ異なるものの、技術分野間のサイエンスリンケージの違いは残り、バイオが突出し、ナノテクがそれに続き、IT及び環境技術は論文等の引用が少なかった。

これらの研究結果から、特許の属する技術分野による1特許あたり平均論文等引用数の違いは、特許権者がどこの国の研究機関において研究しているかによる影響よりも、技術の持つ本質的な特性によるものではないか、と推測される。

さて、ここまでの議論では、1特許あたり平均のサイエンスリンケージを技術分野毎に比較し、論じてきた。しかし、多くのサイエンスリンケージを持つ特許は、請求項も多いのではないかと、そして、技術分野によって、1特許あたりの請求項に違いがあるために、このサイエンスリンケージの技術分野による違いが生じているのではないかと、という批判も当然あり得よう。そこで、サンプリングした4技術分野、1200件の特許について、特許1件ごとの請求項を数え、請求項とサイエンスリンケージの関係について調査し、分析を行った。

その結果、米国特許ではサイエンスリンケージも多いが請求項も多いため、1請求項あたりのサイエンスリンケージは、かえって国毎の差が縮小し、技術分野による違いが際立つ結果となった。ここでも、最もサイエンスリンケージの多い技術分野はバイオテクノロジーであり、ナノテクノロジーがそれに続いた。日本国籍の特許においては、ITがそれに続き、環境技術分野のサイエンスリンケージが最も低くなった。したがって、請求項を単位としても、バイオ技術のサイエンスリンケージが突出し、ナノテクノロジーがこれに続き、ITと環境技術は少ないという傾向に変化はなかった。

ここまでの研究により、4つの主要技術分野特許サンプルにおいて観測された、技術分野毎の引用論文等の数(サイエンスリンケージ)は、特許権者の国籍や、請求項の数によってコントロールした後も、バイオテクノロジーが突出して多く、ナノテクがそれに続き、ITと環境技術は少ないという事実が明らかとなった。すなわち、サイエンスリンケージは、研究機関の国籍を問わず、技術分野自体によって大きく異なっている、と言えよう。この事実は、分野によって技術が科学から受ける影響に違いがある可能性を示唆するものであり、今後の科学技術政策立案に際し、インプリケーションを与えうるものと考えられる。

参考文献

Albert MB, Avery D, Narin F, McAllister P. 1991. Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents. *Research Policy* 20: 251-259

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

Archibugi D. 1992. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. *Science and Public Policy* 19(6)

Christensen, C. "The Innovator's Dilemma" (玉田俊平太監訳『イノベーションのジレンマ』、翔泳社、2000)

Dosi, G. (1989), "Technological Paradigms and technological trajectories", *Research Policy* 11

Ellis L. (1997), "Evaluation of R&D Processes: Effectiveness Through Measurements". Artech House

Goto, A. and Suzuki, K. (1989) "R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillover of R&D in Japanese Manufacturing Industries", *The Review of Economics and Statistics*

Hamel, G., and Prahalad, C.K. (July-August 1994). "Competing for the future," *Harvard Business Review*

IRI's "Biggest Problem" Facing Technology Leaders in 2001.

<http://www.iriinc.org/web/bigprob2001final.pdf>

Jones, C. (1998), "Introduction to Economic Growth" (香西泰監訳、『経済成長理論入門』、日本経済新聞社、1999)

Kuhn, T. (1962) "The structure of scientific revolutions", (中山訳『科学革命の構造』みすず書房、1971年)

Mansfield E. 1991. Academic research and industrial innovation. *Research Policy* 20: 1-12

Malerba, F. and Orsenigo, L. (1999) "Technology entry, exit and survival: an empirical analysis of patent data", *Research Policy* 28

Michel J, Bettels B. 2001. Patent citation analysis. *Scientometrics* 51(1): 185-201

Ministry of Economics, Trade and Industry (Japan), June 2001. Kossovsky N. "Seminar on IPR valuation using real options and TRRU Metrics."

Miyazaki K., "Building competences in the firm", MacMillan Press LTD., (1995)

Mohnen, P. (1996) " R&D externalities and productivity growth ", OECD STI REVIEW 18,

Narin F. 1993. Patent Citation Analysis: The Strategic Application of Technology Indicators. Patent World(April): 25-31

Narin F. 1995. Inventive productivity. Research Policy 24: 507-519

Narin F, Hamilton K, Olivastro D. 1997. The increasing linkage between U.S. technology and public science. Research Policy 26: 317-330

Narin F, Olivastro D. 1988. Science Indicators: Their Use in Science Policy and Their Role in Science Studies. DSWO Press: The Netherlands

Narin F, Pinski G, Gee HH. 1976. Structure of the Biomedical Literature. Journal of the American Society for Information Science january-February

Nelson, R. and Winter, S. (1982), "An Evolutionary Theory of Economic Change", The Berknap Press of Harvard University Press

OECD. 1990. University-Enterprise Relations in OECD Member Countries. OECD: Paris

Patent Manual 1994, OECD/GD(94)114, The Measurement of Scientific and Technological Activities Using Patent Data As Science and Technology Indicators

Price DJdS. 1965. Little Science, Big Science. Columbia University Press: New York, NY

Rosenberg, N. (1982), " Inside the Black Box : Thecnology and Economics ", Cambridge University Press

Patel P. and Pavitt K. (1997) The technological competencies of the world 's largest firms: complex and path-dependent, but not much variety ", Research Policy 26

Schmookler, J. Economic Sources of Inventive Activity, The Journal of Economic History, 22, 1-20 (1964)

Schmoch, U. and others (1993), "Constraints and Opportunities for the Dissemination and Exploitation of R&D Activities", report to the EC Commission.

Schumpeter, J.A. (1950), "Capitalism, Socialism and Democracy", Harper, (中山伊知郎・東畑精一訳『資本主義・社会主義・民主主義』、東洋経済新報社、1995)

Solow R. 1956. A Contribution to the Theory of Economic Growth. Quarterly Journal of Economics 70(February): 65-94

Solow R. (1957), "Technical Change and the aggregate production function", Review of Economics and Statistics 1957

Tushman, M. and Anderson, P. (1986) "Technological Discontinuities and Organizational Environment." Administrative Science Quarterly 31.

Utterback, J.(1944), "Mastering the Dynamics of Innovation" (大津正和ほか訳『イノベーション・ダイナミクス』、有斐閣、1998)

Zvi Griliches, R&D and Productivity, The University of Chicago Press, 287-343 (1998)

井上義朗, エヴォルーションナリー・エコノミクス - 批判的序説 - , 有斐閣, 105-117 (1999)

科学技術指標 2000 科学技術政策研究所

科学技術白書平成13年版 文部科学省

編川真哉, "日本の製造業における R&D 生産性の再検討", FRI Review, 2000 年 1 月号

玄場公規, 児玉文雄, わが国製造業の多角化と収益性の定量分析, 研究技術計画, 14, 179-189 (1999)

国際特許分類表(第6版) 1995 年、特許庁編集、社団法人 日本発明協会

佐藤純一、児玉文雄 "社会・技術相関：岩波講座・現代工学の基礎<技術連関係>"、岩波書店、2000 年

民間企業の研究活動に関する調査報告(平成9年度), 科学技術庁科学技術政策局, 24-26 (1998)

PATOLIS 検索マニュアル、2000 年 財団法人 日本特許情報機構

玄場公規, 『我が国製造業の多角化の動学的過程に関する研究』、1998 年、東京大学大学院工学研究科 博

士論文

辻洋一郎，エレクトロニクス製品開発における特許取得行動，組織科学，33，62-75 (2000)

児玉文雄，“技術進化サイクル論による新製品・新産業の創出”，「技術と経済」，2000年2月号