

研究・技術開発能力の国際的分散化 ：科学技術論文と米国特許動向の分析を中心に

林 倬 史
中 山 厚 穂

目 次

1. 研究課題と分析方法
 - 1.1 研究課題
 - 1.2 分析方法
2. 研究開発能力の国際的分散化
3. 技術開発能力の国際的分散化
4. まとめ

キーワード：研究開発能力・研究技術開発能力の国際的分散化・科学技術論文・米国特許・ローレンツ曲線・ジニ係数・HHI 指数

1. 研究課題と分析方法

1.1 研究課題

1990年代末以降の情報通信技術の進歩による社会、産業、企業諸活動のデジタルネットワーク化¹⁾、および国境を超えた人の移動による情報・知識の移転²⁾・普及の速度は、それ以前と比べて研究開発（技術開発）能力の国際的分散化をいっそう促進させてきたはずである。その際、多国籍企業による研究開発活動の国際化もその重要な促進要因になってきた。

このことは、逆説的に研究開発能力の国際的（地理的）分散化に戦略的に適合し、活用してきた企業群や産業の所属する諸国への研究・技術開発能力の強化と集中化をも同時に進行させうることに留意する必要がある。こうした研

究開発能力（以下、研究開発力）や技術開発能力（以下、技術開発力）それ自体に関しては、多様な視点からの分析がなされてきた。その中でも本論文で直接的に依拠した文献は、「国際的技術・知識移転の視点」（陳・林：1995、菘田：1987、Jeremy (ed.)：1991、Kotabe,M. et al.：2007、Sorenson,O. and Fleming,L：2004）、研究開発費・研究開発人員数・R&D システム、独自の産業クラスター等のインプットの視点を含む「ナショナル・イノベーションシステムからの視点」（Badaracco,Jr.J.：1991、Lundvall, B-A.：1992, 2007、Nelson,R.：1993、Porter,M.：1998、Saxenian,A.：1996, 2006、明石・植田：1995、野中・永田：1995、後藤・児玉：2006、林：1993）、プロダクトサイクルモデルの視点（Vernon,R. 1979、Cantwell,J. 1995）、等である。さらに、1970年代以降、多国籍企業による研究開発の国際化の視点からの議論も多々成されてきた³⁾。しかしながら、こうした研究開発の国際化が進んできたとすれば、研究技術開発能力の国際的分散化は、一体、どの程度進展してきているのだろうか。この論点については、Freeman,C., and Hagedoorn,J. (1995)、Patel,P., and Pavitt,K. (1998)、林 (2004) において直接的に論じられてはいるが、2000年代以降の新たな傾向についてはいまだ明確な検証がなされているとは言えないように思われる。

そこで本論文では、以下に述べる分析方法によって、第2節で研究開発力の国際的分散化（地理的分散化）がどのように推移してきたのか、つづく第3節では技術開発力の国際的分散化の推移を確認していく。

1.2 分析方法

本論文では、科学技術分野における研究開発力及び技術開発力の国際的分散化の定量的把握を、研究開発費や研究開発人員等のインプットの側面からではなく、科学技術論文と特許のアウトプットの側面から検証していく。その際、科学技術論文のデータベースはINSPEC⁴⁾に依拠している。INSPECの対象主要分野は、物理、電気工学、電子、情報通信分野を含むコンピュータおよび制御工学、機械工学であり、化学、医薬品、バイオ等々の分野は主要分野として

は含まれていない。したがって、本論文における研究開発力の国際的（地理的）分散化の分析対象分野は、これら上記の諸分野に限定されることになる。さらに、INSPEC 掲載文献は多数の国で発行された文献を含んでいるため、発行部数の多い諸国ほど文献数が多くなってしまう。さらに引用頻度（citation index）を加味した文献の重要度の高さは今回の分析対象とはされていない。本論文ではノイズをできるだけ減らすために、主要な科学技術文献が発行されている「米国、イギリス、オランダ」の3か国で発行された文献に限定している。それでもなお、上記3か国に結果的にウェイト付けされてしまうリスクは避けられない。したがって、本論文では45年の比較的長期にわたる推移をみることによって、そうしたノイズの軽減を計りながら全体的分散化の趨勢を検証している。

つぎに、技術開発力に関しては、米国での発明者国籍別特許件数の動向をUSTPO（米国特許庁）の公開データ⁵⁾に依拠して検証していく。

研究開発力及び技術開発力の国際的（地理的）分散化を測る場合、ここでは国際的に流通している上記科学技術文献に掲載された論文の「著者所属機関国籍数」と、米国認可特許の「発明者（所属機関）所在地国籍数」を基本に分析している。したがって、本論文における研究開発力および技術開発力の国際化（地理的）を計るデータは、著者および発明者個人のパスポート国籍ではなく、著者および発明者が所属する機関の所在地国籍に依拠している。

そして分散化がどのように推移しているかの統計的手法は、ローレンツ曲線とジニ係数、およびハーフィンダール・ハーシュマン・インデックス（Herfindahl-Hirschman Index：HHI）に依拠している。

それでは、研究開発力と技術開発力との区別と関連性はどのように評価されるのか。換言すれば、科学技術論文と特許技術情報との区別と関連性をどのように理解すべきなのか。本論文では、企業や産業の技術開発力を特許技術の視点から吟味していくに際して、その技術発明にどの程度科学技術論文が反映されているのかという点に留意している。こうした視点からは、発明された技術の特許申請する際の明細書における引用文献を検証することによってどの程

度科学技術文献が発明に至るプロセスにおける何らかの知見を与えていたことを確認しうる (Jaffe,A.,and Trajtenberg,M.: 2002, 長岡: 2011)。

それでは、科学技術文献はどの程度特許技術の発明に関係しているのだろうか。国内出願のみではなく米国・欧州・日本の3極出願特許技術発明者に限定した日米の特許技術発明者サーベイ (長岡: 2011)⁶⁾によると、「着想における科学技術文献の重要性が非常に重要である」と回答した発明者比率は日米平均で化学 (有機化合物), 医薬, バイオテクノロジー系がそれぞれ31%, 51%, 51%ともっとも高い分野となっている。コンピュータのハードウェア・ソフトウェアともに15%, 情報ストレージ17%, 通信19%, 半導体デバイス22%等となっている。いずれに分野においても、発明プロセスにおいて科学技術文献がポジティブに作用している。さらに、2013-2014年にかけてなされた同調査によると、回答した823名の発明者が調査時点までに発明した件数 (特許出願していないものも含む) と同発明者が学術雑誌に発表した論文数は、それぞれ平均57.9件と12.2本であった。さらに前回調査 (2003-2005年) によって得られた母集団 (4411名) では56.2件と10.9本となっている (長岡・山内: 2014, p.8)。通常、民間企業の技術者や研究者は論文の発表と特許技術の発明のどちらを優先するのだろうか。民間企業の場合の価値基準がROEや株価に置かれる以上、上司は発明技術の排他的使用権と商業化を優先することになるため、当然のことながら論文執筆よりも特許技術の発明を技術者や研究者に優先させることになる。したがって、発明者に対する上記調査結果に示されているように、件数的には特許件数のほうが論文件数よりも上回る傾向にある。

しかし注意すべき点は、これら産業技術の発明者が、こうした発明に至る過程において引用した科学技術文献から新たな知見を得て、発明に至ったということ必ずしも意味している訳ではない。なぜならば、彼らが学会等で新規開発技術を報告 (公開) する際には、事業戦略上、重要な意味を持つてくることが見込まれる発明技術ほど所属企業サイドから事前に特許出願を要請される傾向にある。つまり、彼らが発表した論文は、彼らが発明した技術的成果を発表したことになる。このことは、研究者・技術者が発明した技術の特許出願する

プロセスにおいて科学技術文献からの知見を得ると同時に、発明技術の侵害を防衛する必要上特許化を図ったうえで技術的成果を論文発表することを意味する⁷⁾。いずれにせよ、重要な点は、特許件数と科学技術論文数とは無関係に推移するのではなく、むしろ相互補完的に推移する傾向を有している点にある⁸⁾。換言すれば、技術開発力の一指標としての特許件数と、研究開発力の一指標としての科学技術論文とは何らかの相互補完性を有しながら推移することになる。

2. 研究開発能力の国際的（地理的）分散化

ここでは、INSPEC（科学技術実論文のデータベース）に掲載されている主要論文の著者（所属機関）国籍から科学技術力の国際的動向を、1970年以降の推移を中心に検討してみる。科学技術論文データベースのINSPECは、物理、電気工学、電子、情報通信分野を含むコンピュータおよび制御工学、および機械工学分野の科学技術文献データベースである。したがって、本論文における研究開発能力の推移も、化学、医薬品、バイオ等々の分野を除いた上記分野に限定されることになる。

表1は、1970年から2015年にかけて、INSPECに掲載されている科学技術論文のうち、分析方法で述べたように、主要ジャーナルの発行国である米国・英国・オランダ3か国発行論文に限定したうえで、それら論文の著者の所属機関国籍別の論文数の推移を1本以上、10本以上、100本以上および1,000本以上の4階層で国籍数を示したものである。

1970年にはINSPECに所収されているジャーナルのうち、主要ジャーナルの発行国である米国・英国・オランダ発行のジャーナルに掲載されている著者所属機関国籍の科学技術論文数が1本以上あった国籍数は86か国、10本以上は47か国、そして100本以上であった国籍数は20か国であった。同国籍数は、着実に増加し、2015年には817か国、131か国そして79か国に至っている。同じように、1,000本以上に限定した場合においても、1970年の11か国から2015年の59か国へと増加してきている。デジタル技術の急速な進歩により、掲載論文の

表1 科学技術論文著者所属機関国籍数推移

| 著者所属機関国籍数 | 1970年 | 1980年 | 1990年 | 2000年 | 2010年 | 2015年 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1本以上 | 86か国 | 110か国 | 124か国 | 136か国 | 176か国 | 187か国 |
| 10本以上 | 47か国 | 56か国 | 72か国 | 87か国 | 114か国 | 131か国 |
| 100本以上 | 20か国 | 36か国 | 43か国 | 52か国 | 73か国 | 79か国 |
| 1,000本以上 | 11か国 | 16か国 | 27か国 | 35か国 | 50か国 | 59か国 |
| G7国籍論文数シェア | 80.4% | 72.0% | 68.1% | 62.1% | 48.7% | 39.7% |
| 上位10か国シェア | 90.8% | 87.8% | 83.3% | 72.6% | 66.7% | 64.8% |

出所：INSPEC 検索より作成 (米, 英, オランダ発行論文に限定)。

注：(1) G7 構成国は、アメリカ・イギリス・ドイツ・フランス・日本・カナダ・イタリアの7か国。

(2) 自然科学系論文に掲載されている著者は通常複数であるため、その場合は著者所属機関国籍数も複数となる。たとえば、同一論文の著者が5名で、所属機関国籍が日本1名、中国2名、アメリカ2名であった場合には、日本国籍論文1、中国国籍論文1、アメリカ国籍論文1としてカウントしている。したがって、合計論文数は3本として重複カウントされている。(3) それら重複論文を含めた論文数の合計は、1970年(42,036本)、1980年(98,822本)、1990年(133,517本)、2000年(169,625本)、2010年(339,243本)、2015年(530,843本)であった。(4) G7 国籍論文数シェアは、上記重複論文数合計に占める比率。

(3) INSPEC 検索による発行国上記3か国限定掲載論文に用いられている言語は、2015年データで英語が99.98%であり、事実上英語表記とみなしうる。

オンライン化が一般化してきたにせよ、主要発行国3か国に限定した場合においても、著者所属機関国籍数は急速に増大してきている。その結果、かつては、主要論文の著者所属機関国籍の80%以上を占めていたいわゆるG7諸国の占める比率は、逆に着実に低下傾向をたどり、2010年には全体の過半数を割り、2015年には40%を割り込む水準にまで低下してきている。言い換えれば、これら3か国で発行される科学技術論文に掲載されるいわゆる上記科学技術分野の研究開発力を有する著者所属機関国籍数は、1970年からの45年間にわたって着実に増加傾向をたどっており、従来の主要7か国に限定されていた上記科学技術分野の研究開発力を有する研究者ないし研究機関はもはや世界的規模で分散してきたことを意味する。

こうした、1970年以降2015年までの45年間にわたる著者所属機関国籍別の論

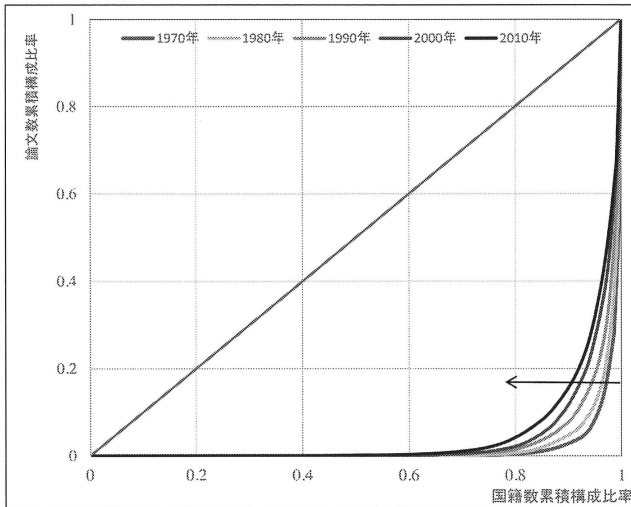


図1 科学技術論文著者所属機関国籍別論文数の集中度と分散化

出所：INSPEC 検索により作成

注(1)：著者所属機関国籍別論文数のカウントの仕方は表1の注を参照のこと。

(2)：各年は、それぞれ5年ごとの平均値、たとえば1970年は、1970年と1975年の平均値、同じように1980年は、1980年と1985年、1990年は1990年と1995年、2010年は2010年と2015年の平均値。

文数をローレンツ曲線で表してみたのが図1である。ローレンツ曲線は、データが示す格差の情報を視覚的に表現するツールであり、この曲線がどれくらい均等分配線から離れて下方向に膨らむかが格差の程度を示している。ローレンツ曲線は下位集団の割合を変数 F として、関数 $L(F)$ によって定義される。集団全体の期待値を μ で表すと、連続的な分布に対するローレンツ曲線 $L(F)$ は以下のように定義される。

$$L(F) = \frac{\int_0^F x(F') dF'}{\mu}$$

1970年曲線に近づくほど、曲線は均等分配線から離れて1.00に近くなり、したがって上位国への集中度が高まり、逆に2015年曲線に近づくほど、均等分配線に近づき1.00から離れて行き、分散化の度合いが高まってきている。

均等曲線とローレンツ曲線で囲まれる面積が大きいほど格差が大きいことになる。この面積を数値的に評価して格差の程度を見る指標がジニ係数であり、以下のように定義される。したがって、ジニ係数が大きいほど、格差が大きいことを示すことになる。

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |Y_i - Y_j|}{2\bar{Y}n^2}$$

このとき、 n は論文数で、 Y_i は科学技術論文著者所属機関国籍別論文数の順位が第 i 番目 ($i=1 \cdots n$) の国籍の論文数であり、 \bar{Y} は平均の国籍別論文数を表す。そして、ジニ係数は最も格差が大きい場合には 1 となり、完全に均等な場合には 0 となる。ジニ係数 (G) はしたがってローレンツ曲線と均等分配線で囲まれる面積と均等分配、横軸、縦軸で作られる三角形の面積 ($1/2$) の比を表現している。

そこで、この分析対象期間のジニ係数の推移を見ると図 2 の通りであった。

図 2 に示されているように、1970年 (1970年と1975年の平均値) 以降、検討

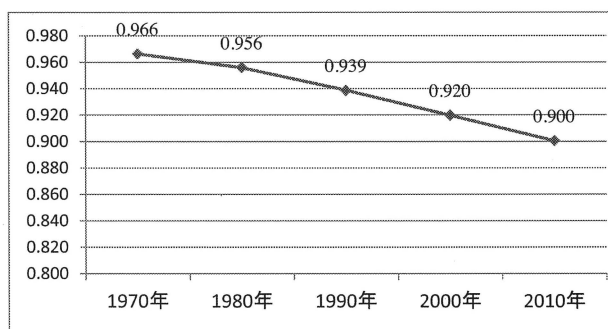


図 2 科学技術論文著者所属機関国籍別論文数のジニ係数推移

出所：INSPEC 検索により作成

注 (1)：著者所属機関国籍別論文数のカウントの仕方は表 1 の注を参照のこと。

(2)：各年は、それぞれ 5 年ごとの平均値、たとえば 1970 年は、1970 年と 1975 年の平均値、同じように 1980 年は、1980 年と 1985 年、1990 年は 1990 年と 1995 年、2010 年は 2010 年と 2015 年の平均値。

表2 HHIによる集中度推移

| | HHI |
|-------|---------|
| 1970年 | 2699.05 |
| 1980年 | 2062.56 |
| 1990年 | 1600.69 |
| 2000年 | 1055.17 |
| 2010年 | 716.92 |

出所：INSPEC 検索データより作成

注：各年は、それぞれ5年ごとの平均値（図1脚注2参照）をベースに算出。

対象年においてジニー係数は例外なく、そして下げ幅を大きくしながら低下傾向を辿ってきている。換言すれば、1970年に逆戻りするほど、科学技術論文を発表する著者所属機関国籍数は減少し、一部の特定諸国への集中度が高まるのに対して、2010年（2010年と2015年の平均値）に近づくほど、逆に多数の国籍による論文数が増加して分散化の度合いが高まってきていることを示している。

つぎに、分散化傾向を、逆に集中度指数の視点から検証してみよう。ハーフィンダール・ハーシュマン指数（HHI）⁹⁾を用いて、国籍別論文数の集中度を対象年に沿って示したのが表2である。

HHIは首位や上位とそれ以外の下位の国籍との論文の構成比率において以下のような関係を類推することができる。論文数の構成比が首位の国籍における構成比率が同じであっても、2位以下の国籍の構成比率が低い年ほどHHIは小さな値を示す。つまり、2位以下の国籍において論文数に偏りが無い（分散化がみられる）ほど、HHIは小さな値、論文数の構成比が首位の国籍の構成比率が高い年ほどHHIは大きな値を示す。つまり、首位の国籍の論文の構成比率が他の国籍よりも高い場合にはHHIは大きな値となる。分散化が生じていないこととなる。

同表に示されているように、HHIに示されている国籍別科学技術論文数の集中度は、一貫して低下し続けており、その意味では国際的（地理的）分散化傾向は否定しえない。

言い換えれば、科学技術論文の著者所属機関国籍別の論文数でみる限り、研

究開発能力の国際的（地理的）分散化は、分析対象科学技術分野で見ると、この45年にわたって着実に進展してきたと言える。

そしてその際留意すべき点は、表1に示されていたように、G7のシェアは対象期間において40ポイント強の大きな低下傾向を辿ってきたのに対して、上位10か国のシェアも26ポイントの低下傾向を辿ってきてはいるがG7ほどの下げ幅には至っていない点にある。そこで上位10か国の具体的国籍名の20年ごと推移を確認してみよう。

表3に示されているように、2015年現在の上位5か国には中国とインドが入っており、上位国の構成には、1970年時点とは大きく変容している。

以上の諸点を小括すると、次のように言える。ここ45年にわたって、研究開発力を分析対象科学技術論文作成能力の視点から見た場合には、地理的・国際的分散化は着実に進行してきた。同時に、上位10か国に象徴される上位国への

表3 科学技術論文著者所属機関国籍上位10か国推移 (%)

| | | 1970 | | 1990 | | 2010 | | 2015 |
|-------------|----|------|----|------|----|------|----|------|
| 1 | US | 54.8 | US | 38.8 | US | 20.4 | CN | 17.7 |
| 2 | GB | 11.9 | SU | 10.9 | CN | 11.7 | US | 15.3 |
| 3 | SU | 6.5 | JP | 7.2 | DE | 6.0 | DE | 5.2 |
| 4 | CA | 4.1 | GB | 7.0 | GB | 5.7 | GB | 5.0 |
| 5 | DE | 3.0 | DE | 5.4 | JP | 5.2 | IN | 4.5 |
| 6 | JP | 2.7 | FR | 3.8 | FR | 4.8 | FR | 4.2 |
| 7 | FR | 2.5 | CA | 3.5 | IT | 3.5 | JP | 3.9 |
| 8 | IN | 2.4 | CN | 2.4 | CA | 3.2 | IT | 3.3 |
| 9 | AU | 1.5 | IT | 2.4 | IN | 3.2 | KP | 2.9 |
| 10 | NL | 1.5 | IN | 2.0 | KP | 3.1 | CA | 2.7 |
| 上位10か国合計シェア | | 90.8 | | 83.3 | | 66.7 | | 64.8 |

出所：INSPEC 検索より作成（米、英、オランダ発行論文に限定）。

注：国籍コード

US（米国）、GB（イギリス）、SU（ソビエト連邦）、CA（カナダ）、DE（ドイツ）、JP（日本）、FR（フランス）、IN（インド）、AU（オーストラリア）、NL（オランダ）、CN（中国）、IT（イタリア）、KP（韓国）。

集中の度合いもG7ほどではないが漸減傾向をたどっている。同時に、上位国の構成はここ45年で大きく変容し、上位国には中国、インドの新興国が急速に台頭してきている。

それでは、つぎに自然科学分野の研究論文に示されている研究開発力が実際の事業化段階での新たな技術開発に必要ないわゆる技術開発力の分野においては、同じように国際的に分散化してきたのかどうかを確認してみよう。

3. 技術開発能力の国際的分散化

技術開発力の動向を国際的に比較する場合には、開発した新規技術の排他的使用权を制度的に保障する特許件数の動向を分析する手法がよく用いられる。特に、主要な技術開発力と大規模市場を有する米国特許の発明者国籍を吟味する手法が有効と言える。そこで、米国特許庁に出願され、技術審査の後に認可された米国特許数のうち、海外企業（および個人）に認可された海外開発国の特許件数比率とそれら国籍をみていこう。

表4 米国特許（認可）件数に占める海外（米国以外）特許比率と国籍数推移

| | 1965 | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 | 2015 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [1] 米国特許（認可）件数 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| [2] (海外特許比率：%) | 19.9 | 26.9 | 39.6 | 47.6 | 46.0 | 50.9 | 52.8 |
| [3] 米国以外の国籍数 (特許数1件以上) | 66 | 71 | 69 | 72 | 100 | 102 | 123 |
| (3-1) (特許数20件以上の国籍数) | 22 | 26 | 28 | 32 | 35 | 45 | 57 |
| (3-2) (特許数100件以上の国籍数) | 12 | 15 | 16 | 21 | 27 | 30 | 35 |
| (3-3) (特許数500件以上の国籍数) | 8 | 9 | 9 | 10 | 16 | 20 | 23 |
| (3-4) (特許数1,000件以上の国籍数) | 3 | 6 | 6 | 7 | 11 | 16 | 19 |
| 上位10か国シェア | 21.6 | 27.4 | 36.8 | 40.9 | 38.6 | 44.2 | 44.7 |

出所：USPTO（米国特許庁），Calendar Year Patent Statistics より作成

注：USTPOによる国籍の基準（country of origin）は、記載されている特許技術発明者名の筆頭者居住地国籍（patent origin is determined by the residence of the first-named inventor）。

まずはじめに、1965年から2015年までの50年にわたって、海外企業（個人）発明となっているいわゆる米国籍以外の特許比率がどのように推移してきたのかを確認してみよう（表2：[2]）。

1965年に米国以外の海外国籍特許比率は19.9%であったが、1980年代には40%台になり、2010年以降は50%台にまで、すなわち過半数を占めるまでに高まってきている。そして興味深いことは、そうした米国特許として認可された特許を1件以上認可された海外企業（および個人）の国籍（居住地国籍）数は、1965年には66か国であったが、2010年以降は100か国以上にまで増加し、2015年現在では123か国にまで及んできている点である（同表 [3]）。その内訳をみると、20件以上から1,000件以上の各階層においていずれも増加傾向を示している。

したがって、この50年間にわたって、新規に開発した技術で米国特許を取得しうる技術開発力を高めてきた国籍数は着実に増加してきたことになる。

ここで科学技術論文の著者所属機関国籍別の論文数の分散化の推移と同様、米国特許認可件数を発明者国籍（筆頭発明者国籍）別にローレンツ曲線で図式化してみよう。図3は、1965年から2015年までの5年ごとの上記数値を同曲線

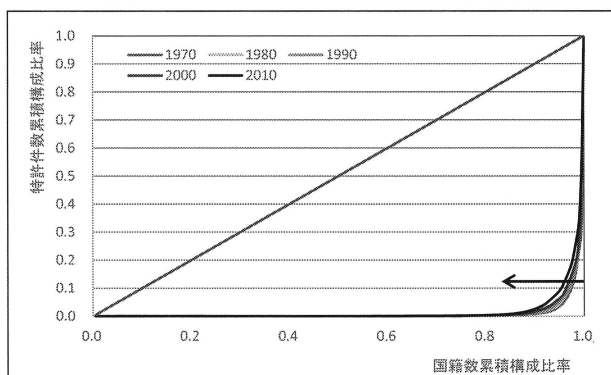


図3 筆頭発明者国籍数別米国認可特許件数の集中度と分散化

出所：USPTO（米国特許庁），Calendar Year Patent Statistics より作成

注：発明者国籍に関しては，表2注を参照のこと。

で示したものである。

特許技術の開発・発明には一般的により多額の費用を要するケースが多いため、産業技術インフラが脆弱な発展途上国ないし新興国企業にとっては科学技術論文に比して、特許申請・取得件数はより少なくなる。さらに、同図に示されているように、米国特許を基準としているために、米国企業（個人）にとっては、国内特許申請扱いとなるために、こうした米国企業（政府・個人）の申請件数が海外企業に比べて多くなる。

その結果、米国発明者国籍への集中度が高くなることになる。同時に上位諸国への集中度も傾向的には増加傾向を維持している。しかしながら、1965年の同曲線に近づくほど上位への集中度が高くなっているのに対して、2015年現在に近づくほど均等配分線とローレンツ曲線で囲まれる面積が小さくなり、その分、分散化の度合いは高くなってきている。

さらに注目すべき点は、既述の通り、海外国籍特許比率がすう勢的に高まってきたと同様に、上位10か国（米国を除く）の比率も上昇してきている点にある。

しかし、海外国籍特許数に占める上位10か国の比率は漸減傾向にあり、その意味では上位10か国以外への分散化が進んできている点にある（図4参照）。そこで米国特許数から米国籍特許数を除いた海外国籍特許数のローレンツ曲線

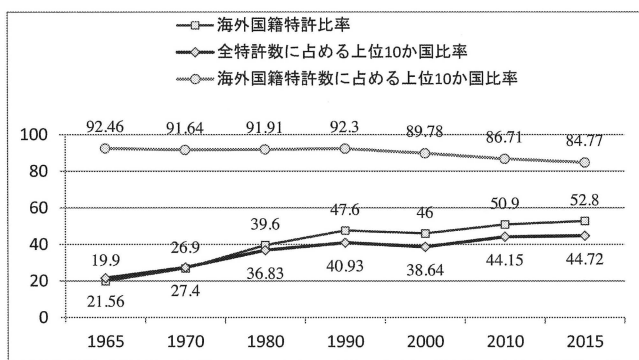


図4 米国特許数に占める上位10か国の比率の推移 (%)

出所：USPTO（米国特許庁），Calendar Year Patent Statistics より作成

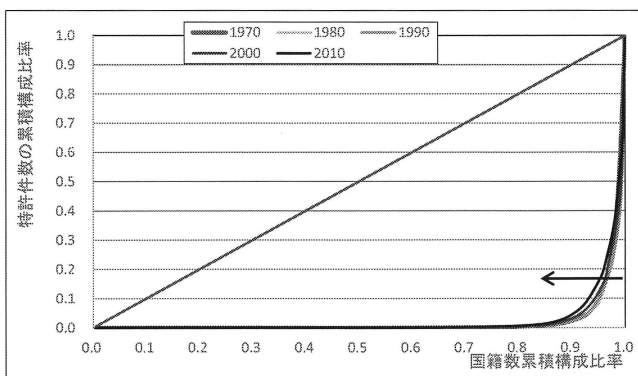


図5 米国籍特許数を除いた海外国籍特許数のみのローレンツ曲線

出所：USPTO（米国特許庁），Calendar Year Patent Statistics より作成

注：発明者国籍に関しては，表2注を参照のこと。

を見てみよう（図5参照）。

上記の図4と図5からは，図1のような分散化傾向が明示的に示されているとはいえない。そこで数値的に確認するためにジニ係数の推移を比較してみよう。なお，ここでのジニ係数（G）の表式は， n が米国特許数で， Y_i が米国特許発明者所在国籍別特許数の順位が第 i 番目（ $i=1 \cdots n$ ）の国籍の特許数であり， \bar{Y} は平均の国籍別特許数を表す。そして，ジニ係数は最も格差が大きい場合には1となり，完全に均等な場合には0となる。ジニ係数（G）は既述

表5 米国特許発明者国籍別論文数のジニ係数推移

| | ジニ係数（米国含む） | ジニ係数（米国除く） |
|-------|------------|------------|
| 1970年 | 0.980 | 0.958 |
| 1980年 | 0.977 | 0.962 |
| 1990年 | 0.976 | 0.964 |
| 2000年 | 0.973 | 0.958 |
| 2010年 | 0.965 | 0.949 |

出所：USPTO（米国特許庁），Calendar Year Patent Statistics より作成

注：各年は，それぞれ5年ごとの平均値（図1脚注2参照）をベースに算出。

の通り、ローレンツ曲線と均等分配線で囲まれる面積と均等分配、横軸、縦軸で作られる三角形の面積 (1/2) の比を表現している。

表5に示されているように、米国籍特許を含むジニ係数は確実に低下傾向を示している。

そして米国籍特許を除いた海外国籍特許の場合は、1990年までは上昇し、それ以降は低下傾向を辿り、2010年 (2010年と2015年値の平均値: 0.949) には米国籍を含む全特許数の数値 (0.965) 以下にまで低下してきている。言い換えれば、米国籍以外の特許発明国数はより分散化が進んできたことになる。

さらに、HHIによる国籍別論文数の集中度推移同様、ここでも同指数によって、集中度指数を検証してみると (表6参照)、ジニ係数同様、米国特許を含む場合には1970年以降一貫して低下傾向を示しており、米国特許を除いた海外国籍特許だけの集中度指数は1990年までは上昇し、それ以降は急速に低下傾向を示している。1970年代では、首位であるアメリカの構成比率が高く、それ以外の国籍による構成比率に差があまり見られなかったが、1980年代になると首位であるアメリカを除いた際の上位の国籍の特許件数が増加したため、他の国籍との構成比に偏りが生じたためにHHIが1970年代よりも増加したものと考えられる。1990年代におけるHHIの増加にも同様の傾向が読み取れる。また、2000年代からHHIが減少しているのはアメリカを除いた場合の上位の国籍と他の国籍との特許件数の差が縮まり、分散化が進んでいると考えられる。1970

表6 HHIによる集中度の低下

| | HHI (米国含む) | HHI (米国除く) |
|-------|----------------|----------------|
| 1970年 | 4868.05 | 1460.38 |
| 1980年 | 3665.98 | 1928.10 |
| 1990年 | 3438.47 | 2559.02 |
| 2000年 | 3304.75 | 2242.17 |
| 2010年 | <u>2761.27</u> | <u>1684.92</u> |

出所: USPTO (米国特許庁: Calendar Year Patent Statistics) データより作成

注: 各年は、それぞれ5年ごとの平均値 (図1脚注2参照) をベースに算出

年代から2010年代までのアメリカを除いた場合の上位1位から3位の国籍はいずれも日本、ドイツ、英国である。1970年代でのそれぞれの構成比率は0.253, 0.211, 0.133, 1980年代では0.351, 0.221, 0.087, 1990年代では0.466, 0.160, 0.064となっている。1970年代から1990年代までは首位の日本への集中化がみられている。これはアメリカに追いつくために日本が特許を多く出願したためであると考えられる。一方で、2000年代での構成比率それぞれは0.435, 0.136, 0.069, 2010年代での構成比率は0.361, 0.112, 0.105となっている。1990年代ではアメリカを除いた際の首位の日本に特許が集中している傾向がみられたが、2000年代以降では、日本よりも下位の国籍においても特許件数が増加していることがわかる。つまり、上位と下位との特許件数の差が縮まり、分散化が進んでいると考えられる

それではつぎに、具体的にどのような諸国が上位を占めてきたのかを確認してみよう。表7に示されているように、米国籍以外の上位10か国の推移をみる

表7 米国外特許（認可）件数に占める主要海外国籍特許比率推移（単位：%）

| | 1965年 | | 1990年 | | 2015年 | |
|----|-----------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | 米国籍 | 80.1% | 米国籍 | 52.4% | 米国籍 | 47.2% |
| | 米国籍以外 | 19.9% | 米国籍以外 | 47.6% | 米国籍以外 | 52.8% |
| 1 | ドイツ | (5.3) | 日本 | (21.6) | 日本 | (17.6) |
| 2 | イギリス | (4.1) | ドイツ | (8.4) | 韓国 | (6.0) |
| 3 | フランス | (2.2) | イギリス | (3.1) | ドイツ | (5.5) |
| 4 | 日本 | (1.5) | フランス | (3.2) | 台湾 | (3.9) |
| 5 | スイス | (1.4) | カナダ | (2.1) | 中国 | (2.7) |
| 6 | カナダ | (1.4) | イタリー | (1.4) | カナダ | (2.3) |
| 7 | スウェーデン | (0.9) | スイス | (1.4) | フランス | (2.2) |
| 8 | イタリー | (0.7) | オランダ | (1.1) | イギリス | (2.2) |
| 9 | オランダ | (0.8) | スウェーデン | (0.8) | イスラエル | (1.2) |
| 10 | ベルギー | (0.3) | 台湾 | (0.8) | インド | (1.1) |
| | 上位10か国シェア | 21.6 | | 40.9 | | 44.7 |
| | G7 シェア | 95.5 | | 92.2 | | 77.0 |

出所：USPTO（米国特許庁）、Calendar Year Patent Statistics より作成

注：カッコ内の数値は、各年の米国特許認可合計件数に占める各国比率。

と、1965年には、ドイツ、イギリスをはじめとする主要ヨーロッパ諸国と日本、換言すればG7諸国によって占められていたのに対して、1990年には、新たに台湾が10位に登場し、そしてさらに25年後の2015年には、韓国、台湾、中国、イスラエルおよびインドの5か国が上位10か国にランクインしている。

このことは、従来のG7をはじめとする技術開発力保有国による世界的構図は、分散化を基調としながら、これら新興国の台頭によりここ50年で大きく変化してきたことを意味する。

4. まとめ

本論文における基本的問題意識は、次の点にあった。すなわち、企業が事業環境の国際化にともなって、新製品・新事業の創出の基盤にある技術開発力を国際的に高めていくためには、本国拠点の技術開発力の強化と同時に、研究・技術開発資源のグローバルな活用を図らざるをえない。両者の関係は矛盾しあうと同時に相互依存的関係でもある。もし、海外の研究開発資源に過度に依存する傾向が高まれば、本国の研究・技術開発力が空洞化してくる危険性を有してくる。逆に、海外研究・技術開発資源を有効に活用してその成果を本国拠点到にフィードバックするシステムが構築できれば、本国の研究・技術開発力はさらに強化されることになる。このことは言い換えれば、研究・技術開発能力の国際的（地理的）分散化と一部企業・国への集中化が同時並行的に進行していく可能性をも意味することになる。

そこで本論文では、その論点を明らかにする第一歩として、1960-70年代以降、2015年に至る40-50年間に推移してきた研究開発力および技術開発力の国際的（地理的）趨勢を検証してきた。研究開発力の国際的推移を、INSPECに所収されている科学技術文献の対象主要分野である物理、電気工学、電子、情報通信分野を含むコンピュータおよび制御工学、機械工学で見ると限りにおいては、国際的分散化の程度はローレンツ曲線、ジニ系数およびHHIにおいても明確に示されていた。他方、技術開発力の国際的分散化は米国特許発明者国籍

で見た場合、研究開発能力の分散化ほど大きくはないが、明確に進行してきている。また、米国籍特許を除いた海外国籍米国特許に限定してみた場合においても、1990年以降は分散化傾向に入り、米国籍を含む全米国特許の分散化以上に進行している。こうした推移を、逆に集中度指標としてのHHI (Herfindahl-Hirschman Index) によって検証してみると、集中度の低下傾向を確認することができる。

さらに本論文において、明確に結論付けられうることは、科学技術文献に記載されている著者所属機関国籍数と論文数、および米国発明者国籍数と特許件数は、絶対数として増大してきたこと、換言すれば、多数の国が研究・技術開発力をともに向上させてきた点であった。とりわけ、科学技術論文著者所属機関国籍でみた研究開発力に関しては、米国特許発明者所属機関国籍でみた技術開発力以上にその点が示されていた。

ただし、研究課題の一つでもあった研究開発能力と技術開発能力の分散化と集中化が相互に補完しあいながら同時に進展しているかどうかについては本論文では検証されているとはいえない。そこで次号ではこの点を、米国特許件数ランキングにおいて1993年以降、2017年現在に至るまでトップの位置を占め続けてきた米国IBM社の事例分析から検証していく。

[注]

- 1) この時期の産業のネットワーク化については、野口・貫・須藤 (1992, 1998) が参考になった。
- 2) この点については、林 倬史 (2007a) で論じているので参照されたし。
- 3) 2000年までの研究開発国際化論の流れに関しては、林 (2001) および Hayashi and Serapio (2004) で紹介しているのでここでは省略する。
- 4) 科学技術論文データベースのINSPECは、物理、電気工学、電子、情報通信分野を含むコンピュータおよび制御工学、および機械工学分野の科学技術文献データベース。したがって、化学、医薬品、バイオ等々の分野は主要分野としては入っていない。
- 5) 米国特許庁の特許件数に関しては、下記サイトを参考にした。(://www.uspto.

- gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/reports.htm)
- 6) ここでの基礎データは、経済産業研究所実施によってなされており、日本のサンプル数は3,658件の特許（優先権主張年：1995年～001年）にかかる調査票（回収率27%）、米国のサンプル数は、1,919件の調査票（回収率32%、ジョージア工科大学との協力）となっている（長岡：2011, p.150）。
 - 7) こうした科学技術論文の著者と特許申請の発明技術の発明者との関連を発明者の所属から見た場合には、長岡・山内（2014）調査によると、調査対象843名の94.7%が民間企業所属、大学・その他機関が4.5%となっている。すなわち、人文科学や社会科学系の論文の場合は、一般的に大学をはじめとする研究機関所属の研究者が著者となるのに対して、自然科学に関する論文の場合には一般企業の研究者が重要な役割を果たしている点にある。
 - 8) ただし、特許申請の際の明細書には、「着想に至った重要な科学的源泉は記載されていないことのほうが多く、また科学文献の記載がある場合でも、それらは着想・実施に重要であった文献ではない場合も多い」点も指摘されている（長岡・山内：2014, 26頁）。特許技術の発明と特許明細書に記載されている技術情報（特許文献）との関連を客観的に解析する場合のノイズの問題点や知識移転の有効性に関しては、Jaffe,A.and Trajtenberg,M. (2002)に掲載されている諸論文が参考になった。
 - 9) ハーフィンダール・ハーシュマン・インデックス (Herfindahl-Hirschman Index: HHI) とは、ある産業の市場における企業の市場占有の度合いを表す指標の一つ。その産業に属する全ての企業の市場占有率の2乗和と定義される。HHIは独占状態においては1（数値に%表示のものを用いるときには10000）となり、競争が広くいきわたるほど0に近づく。仮に、5社の占有率が、30%、25%、20%、15%、10%であると仮定すると、 $30^2+25^2+20^2+15^2+10^2=2250$ となる（あるいは、 $0.3^2+0.25^2+0.2^2+0.15^2+0.1^2=0.225$ ）。式で表すと、下記の様に表示される。

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2$$

ここでの、nは論文数（特許数）、 S_i は国籍*i*の構成比率となる。個別の国籍ごとの論文数の構成比率を2乗したものの総和により求められる。論文数の構成比が首位の国籍における構成比率が同じであっても、2位以下の国籍の構成比率が低い年ほどHHIは小さな値を示す。つまり、2位以下の国籍において論文数に偏りが無い（分散化がみられる）ほどHHIは小さな値となる。また上位国籍における論文数の構成比が同じ年どうしても、論文数の構成比が首位の国籍の構成比率が高い年ほどHHIは大きな値を示す。つまり、首位の国籍の論文の構成比率が他の国籍よりも高い場合にはHHIは大きな値となる。分散化が生じていないこととなる。

参考文献

- Archibugi,D., and Michie,J. (eds) (1997), *Technology, Globalization and Economic Performance*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Belderbos,R., Lete,B. and Suzuki,S. (2013), "How global is R&D? Firm-level determinantsof home-country bias in R&D". *Journal of International Business Studies*, 44, 765-786.
- Cantwell,J. (1995), "The globalization of technology : What remains of the product cycle model? *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), 155-174.
- Carlson,B. (2006), "Internationalization of innovation systems : A survey of the literature", *Research Policy*, 35 (1), 56-67.
- Chesbrough,H. (2003), *Open Innovation : The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, Harvard Business School Press.
- Freeman,C., and Hagedoorn,J. (1995), "Convergence and Divergence in the Internationalization of Technology", in Hagedoorn,J. (ed.) (1995), *Technical Change and the World Economy*, Vermont, Edward Elgar, 34-57.
- Frost,T. and Zhou,C. (2005), "R&D co-practice and 'reverse' knowledge integration in multinational firms, *Journal of International Business Studies*, 36 (6), 676-687.
- Hayashi,T. and Serapio,M. (2006), "Cross-Border Linkages in Research and Development : Evidence from 22 US, Asian and European MNCs", *Asian Business & Management*, 5, 271-298.
- Hayashi,T. (2004), "Globalization and Networking of R&D Activities by 19 Electronics MNCs", in Serapio,M. and Hayashi,T. (eds), *Internationalization of Research and Development and the Emergence of Global R&D Networks*, Oxford, Elsevier, 85-112.
- Huggins,R., Demirbag,M. & Ratcheva,V.L. (2007), "Global Knowledge and R&D Foreign Direct Investment Flows : Recent Patterns in Asia Pacific, Europe, and North America", *International Review of Applied Economics*, 21 (3), 437-451.
- Iguchi,C. (2011), "Globalisation of R&D by TNC subsidiaries : The case of South-East Asian countries", *Asian Business & Management*, 11 (1), 79-100.
- Jaffe,A.,and Trajtenberg,M. (eds.) (2002), *Patents, Citations, and Innovations : A Window on the Knowledge Economy*, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, MIT.
- Jaffe,A., Trajtenberg,M., and Henderson,R. (1993), "Geographic Localizaton of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations", *Quarterly Journal of*

- Economics*, 108 (3), 577-598.
- Kotabe, M., et al. (2007), "Determinants of cross-national knowledge transfer and its effect on firm innovation", *Journal of International Business Studies*, 38, 259-282.
- Lundvall, B.-A. (ed.) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter.
- Lundvall, B.-A. (2007), *National Innovation Systems: Analytical Concept and development Tool*, *Industry and Innovation*, 14 (1), 95-119.
- Medcof, J. (2001), "Resource-based strategy and managerial power in networks of internationally dispersed technology units", *Strategic management Journal*, 22 (11), 999-1012.
- Nelson, R. (ed.) (1993), *National Innovation Systems*, Oxford, Oxford University Press.
- Patel, P., and Pavitt, K. (1998), "Uneven Technological Accumulation among Advanced Countries", in Dosi, G., Teece, D.J., and Chytry, J. (eds.), *Technology, Organization, and Competitiveness*, NY., Oxford University Press, 289-317.
- Porter, M. (1998), *The Competitive Advantage of Nations*, NY., The Free Press. 土岐 坤・小野寺武夫・中辻万治・戸成富美子訳『国の競争優位』(上), (下), ダイ ヤモンド社
- Roach, M. and Cohen, W. (2013), "Lens or Prism? Patent Citations as a Means of Knowledge Flows from Public Research", *Management Science*, 59 (2), 504-525.
- Rosenbloom, R. and Spencer, W. (eds) (1996), *Engines of Innovation*, Boston Harvard Business School Press, 西村吉雄訳『中央研究所時代の終焉』, 日経 BP 社, 1998年。
- Saxenian, A. (2006), *The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy*, Cambridge, Harvard University Press.
- Saxenian, A. (1996), *Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*, Cambridge, Harvard University Press.
- Song, J., Aasakawa, K., and Chu, Y. (2011), "What determines knowledge sourcing from host locations of overseas R&D operations? A study of global R&D activities of Japanese multinationals", *Research Policy*, 40 (3), 380-390.
- Sorenson, O. and Fleming, L. (2004), "Science and the diffusion of knowledge", *Research Policy*, 33, 1615-1634.
- Vernon, R. (1979), "The Product Cycle Hypothesis in a New International Environment", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 41 (4), 255-267.
- Wang, Y. and Li-Ying, J. (2014), "How do the BRIC Countries Play Their Roles in the Global Innovation Area? A Study Based on USPTO Patents During 1990-

- 2009”, *Scientometrics*, 98, 106-183.
- 明石芳彦・植田浩史（1995）『日本企業の研究開発システム』東京大学出版会。
- 浅川和宏（2011）『グローバル R&D マネジメント』慶應義塾大学出版会。
- 後藤見・児玉俊洋編（2006）『日本のイノベーションシステム』東京大学出版会。
- 林 倬史（1993）「日本産業の技術革新システムと国際競争力」, 林倬史・菰田文男編著『現代世界経済と技術革新』（第2章）, ミネルバ書房。
- 林 倬史（1995）「東アジアの技術蓄積と日本の技術移転システム」, 陳 炳富・林倬史編著『アジアの技術発展と技術移転』（第2章）, 文真堂。
- 林 倬史（2004）「技術開発力の国際的分散化と集中化」, 『立教経済学研究』57（3）, 63-87。
- 林 倬史（2001）「研究開発国際化論の系譜」, 『創価経営論集』, 26（1）, 63-76。
- 伊神正貫・阪彩香・長岡貞男（2016）, 「日本の国際共同研究の現状」, 『研究 技術計画』31（2）, 145-219。
- 伊神正貫・福沢尚美・村上昭義・阪彩香（2016）, 「サイエンスマップ2014」『研究イノベーション学会年次学術大会講演要旨集』31：628-631。
- 岩田 智（2007）『グローバル・イノベーションのマネジメント』中央経済社。
- 菰田文男（1987）『国際技術移転の理論』有斐閣。
- 長岡貞男（2011）, 「日米のイノベーション過程」, 藤田昌久・長岡貞男編著『生産性とイノベーションシステム』（第4章）, 日本評論社）, 147-190。
- 長岡貞男・塚田尚稔（2007）, 「発明者から見た日本のイノベーション過程：RIETI 発明者サーベイの結果概要」, RIETI Discussion Paper Series 07-J-046, 1-74。
- 長岡貞男・山内勇（2014）, 「発明の科学的源泉—発明者サーベイからの知見」, RIETI Discussion Paper Series 14-J-038, 1-74。
- 野口宏・貫隆夫・須藤春夫編著（1992）『情報ネットワーク論』ミネルバ書房。
- 野中郁次郎・永田見也編著（1995）『日本型イノベーション・システム』白桃書房。
- 玉田俊平太・内藤祐介・玄場公規・児玉文雄・鈴木潤・後藤見（2006）「日本特許におけるサインエンスリンケージの計測」後藤見・児玉俊洋編『日本のイノベーションシステム』（第1章）, 東京大学出版会。

本研究は、科研費基盤（B）（課題番号：15H03384、代表：浅川和宏）の成果の一部である。

“Geographical and International Divergence of R&D Capabilities – Focusing on the Analysis of Scientific Papers and US Patents”.

Takabumi Hayashi