

称号及び氏名 博士（情報学） 山田 壽一

学位授与の日付 2022 年 3 月 31 日

論文名 日本の産業技術構造と知識情報の伝搬についての実証研究

論文審査委員 主査 渡邊 真治

副査 荒木 長照

副査 森田 裕之

学位論文要旨

本研究の目的は、日本の産業技術構造を分析し、研究開発活動における技術知識情報の伝搬について実証研究することである。公共財となっている研究開発活動関連のデータから各企業の経営幹部の意思決定に役立つ情報を、その分析方法とともに提示することによって、企業の収益性の向上に役立てることを狙いとしている。そして、技術知識情報の伝搬を研究することで、経済的技術進歩の包括的発生メカニズムを解明する足掛かりを得ようとしている。

本研究の学問範囲は経営情報学であり、取り扱う情報は、日本政府が公表している公共財としての研究開発に関連する社会的情報である。アプローチ方法としては実証分析である。

「急速に技術が進歩しているのに、景気が低迷しているのはなぜなのだろうか」という逆説的な課題に、とりわけ日本経済が直面して久しい。新しい技術が急速に広まっており、経済成長のエンジンになり得るはずなのに、経済は過去 30 年間停滞している。本研究は、この逆説が日本において存在することを明らかにして、その要因を日本の企業あるいは産業における技術知識情報の活用の現状を概観することによって理解しようと試みている。

第 1 章において、本研究の目的と問題意識、および研究意義を明らかにした。第 2 章においては、2001 2017 年度の直近 17 年間の日本製造業の産業別会計情報に基づいて、産業別に研究開発活動の売上高への効果を分析し、その現状を正確に把握した。分析対象は、日本の製造業の 11 産業であり、全製造業のほとんどを網羅している。研究開発の効果を、本章研究では、研究開発が財務的成果に結びつく程度と解釈する。企業の研究開発のリターンは、自らの直接的な研究開発投資と合わせて、他社が行った技術成果にも少なからず影響を受ける。この現象を技術スピルオーバーという。日本の製品分野別の研究開発費の時系列データを使用して、Jaffe(1986) の「技術距離」の概念に基づいて技術スピルオーバーを定量化した。コブ・ダグラス型生産関数の拡張モデルに、研究開発費と技術スピルオーバーを従

来の技術知識ストック、労働力および物的資本ストックとともに説明変数として組み込み、内生性や系列相関などの統計学的問題を回避して、売上高に対する効果を重回帰分析によって把握した。内部資源である研究開発費の売上高に対する効果は、「非鉄金属」産業においてプラス有意が認められた。その他 10 の産業において、プラス有意は認められなかった。外部資源である技術スピルオーバーの売上高に対する効果は、「繊維」「鉄鋼」および「輸送用機械」の 3 つの産業においてプラス有意が認められた。その他 8 つの産業において、プラス有意は認められなかった。結論として、日本の製造業において、直近の研究開発活動は低収益であると言える。上記逆説的課題の存在を認めた。

また、技術スピルオーバーの量的規模の分析により、産業間の受容供給関係の現状を把握した。技術スピルオーバーの量的規模の分析では、技術スピルオーバーは多くの産業から供給されるのではなく特定の産業からであり、商取引をベースとした産業連関に大きく依存している。多くの場合、産業相互において長期にわたり受容供給の関係が存在していることが確認された。つまり、知識技術情報の入手先が限定的であると言える。

第 3 章において、1972 年から 2017 年までの産業別の社内研究開発費の技術分野別配分比率の変化に焦点を当て、その期間中の日本の産業技術構造の変化を分析した。この章で議論されている技術構造の変化とは、業界の技術的知識が多様化しているのか、集約化しているのかに関するものである。分析によると、日本の産業の技術構造は 1972 年以来一貫して集約化に向かっている。つまり、日本産業が持つ技術的知識の種類が減少していることを意味する。集約先は自動車および情報通信機械/設備/電子部品の関連技術分野であり、これらは現在、日本経済を牽引する産業である。

主業でない技術分野に積極的に投資し、その技術構造を多様化に大きく変えた産業もいくつか存在するが、しかし、それらの集約先もやはり、自動車、情報通信機械/機器/電子部品、および化学の関連技術分野であり、技術構造を集約化に向けた産業の集約先と一致している。言い換えると、日本のほとんどの産業がこぞって成長著しい数少ない産業との結びつきを強化したために、個別産業の成長ニーズを満足させることができないでいる。これは、日本の産業がそのパイを大きくする新しい産業や技術分野を見つけていないことを示唆している。産業や商品・サービスには成長限界があり、市場環境や戦略を見直す必要があることを象徴している。

第 4 章は、第 2 章および第 3 章で得られた産業技術構造の分析結果の頑健性を確認することが目的である。第 2、3 章では、産業ベースの研究開発費の技術分野別配分比率データから日本の産業技術構造を俯瞰した。本章では、企業ベースの特許出願件数の技術分野別比率データから俯瞰した。

出願特許の技術分類には、出願特許に付与されている国際特許分類（IPC）を使用した。世界知的所有権機関（WIPO）が公表している「IPC Technology Table」（32 技術分野）を組み替えて、日本標準産業分類の産業の製品・サービス内容とできるだけ対応させた「組み替え IPC Technology Table」（42 技術分野）を作成して、それに基づいて技術分類した。

2つの分析を実施した。一つは、日本特許庁に出願された特許から、42 技術分野別特許出願件数を 1992 年から 2018 年までの 2 年毎に調査・収集した。その分布比率の分散を時系列的に分析した。もう一つは、日本の製造業およびサービス業の計 16 業種から、売上高規模の大きい有力企業 167 社を選択し、それらの企業が 2004 年から 2018 年までに特許の 42 技術分野別総出願件数を収集した。その技術分野別分布比率データを得て、企業間技術距離を分析した。技術距離は、情報・知識・技術の伝搬の 容易さの尺度である。

分散分析の結果から、日本の出願特許の技術分野は集約化しつつあると結論する。集約先は、情報通信サービス、自動車機器、情報通信機器、コンピュータ機器、電子部品、センサー部品、およびソフトウェアに関連する 8 技術分野である。集約を牽引する業種は、電気機器、輸送用機器、化学、および精密機器の 4 業種である。これらの結果は第 3 章の産業別研究開発費の分析結果と整合している。

企業間技術距離分析の結果から、同一業種間より異業種間よりもはるかに近い。異業種間の技術距離が近いのは、当該業種の取引関係がある業種である。つまり、有力日本企業の多くは、自らが活動する市場およびその取引上の周辺市場の技術分野に限定して研究開発活動を実施している。個別企業間の技術距離においても、製品構成の企業間の類似性が大きく影響しているという結果を得た。日本の主な産業は、取引関係が近接している産業から技術スピルオーバーの便益を得ているという第 2 章の結果と整合している。本研究の技術距離の分析結果は、業種や企業を超えた技術融合の発生と進展には取引関係が条件づけられていることを示唆する。

第 5 章は、技術知識がどのように伝搬・発展していくかについて理解を深めることに重点に置きながら、技術的に重要な特許を、できるだけ早期に判別する 2 つの方法とそれらの方法から得られる指標に関して報告した。本研究のこれまでの各章では、研究開発の収益性の低下を確認するとともに、その原因を産業技術構造の視点から論じた。その中で、日本産業の横断的技術融合の必要性に言及した。そこで、製品イノベーションに関する情報をどのように入手し、生産するのが課題となる。本章では、その課題を解決する足掛かりを特許情報に求め、重要な特許がどのくらい、どの分野で、誰によって生み出されているかを明らかにする方法を検討した。重要特許を見出すことによって技術知識の系譜とパラダイム変化を早期に察知することは、研究開発のマネジメントには必要不可欠であるからである。

具体的には、スポット溶接の一種である摩擦攪拌接合の技術分野についての特許・実用新案の公開公報を分析対象とした。判別方法の一つは、ヘックマンの 2 段階推定法である。被引用件数、公開公報の書誌情報および審査経過情報から重要特許の判別指標を見出す方法である。ヘックマンの 2 段階分析において、公開後 3 年以内の被引用件数、および出願人の権利化・維持意欲指数が特許重要度へプラス有意に影響していた。二つ目は、公開公報間の引用関係をネットワーク分析によって特許個別の中心性を求め、中心性の値の大きさから重要度を求める方法である。ネットワーク分析による重要特許の判別指標は、凝集サブネットワークにおける次数中心性、媒介中心性、近接中心性、および経路値であった。これ

ら2つの分析法を独立あるいは併用することにより、重要な特許を効率的に計数的に見出すことが可能である。ヘックマンの2段階推定法とサブネットワークの形成過程の分析結果から、特許出願人が誰よりも早くその重要性に気付いている。その後、組織内外の専門技術者や研究者の間に、当該技術分野における技術課題や技術価値に対する共有・共感と相互信頼が生まれ、彼らの選好と相互作用が技術知識を伝搬・拡大していくと考察できる。

本章研究の結果と分析方法は、自社あるいは競合他社の特許的ポジションを把握し、研究開発活動を計数的に評価することに役立てることができる。特許資産の評価にも役立つ。研究開発の基盤となる技術知識情報の有効性を大きく増大させる。

第6章で本研究の要約と今後の展望を示した。

参考文献：Jaffe, A. B. (1986) “Technology Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms' Patents, Profits, and Market Value,” *The American Economic Review*, 76(5), pp.984 1001.

初出一覧

1, 第1章 はじめに 初出

2, 第2章 日本の産業別収益に対する研究開発費と技術スピルオーバーの効果

査読付き International Journal of Systems and Service Oriented Engineering (IJSSOE)に掲載発表 (参考資料1)

・ Yamada, H. (2020) “The Effects of R&D Expenditure and Technological Spillover on Industry Revenues in Japan,” International Journal of Systems and Service Oriented Engineering, 10(2), July December, pp.42-69.

3, 第3章 技術分野別研究開発投資からみる日本の産業技術構造

査読付き IJSSOE に掲載発表 (参考資料2)

・ Yamada, H. (2021a) “Homogenization of Japanese Industrial Technology from the Perspective of R&D Expenses International Journal of Systems and Service Oriented Engineering, 11(2), July December, pp.24-51.

4, 第4章 技術分野別特許出願件数からみる日本の産業技術構造 初出

5, 第5章 重要特許の判別方法と指標

査読付き Library Hi Tech に web 掲載し発表 (参考資料3)

・ Yamada, H. (2021b) “Identification methods and indicators of important patents,” Library Hi Tech, early published in web site.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/LHT-04-2021-0150/full/html>

6, 第6章 おわりに 初出

学位論文審査結果の要旨

本論文は、日本の産業技術構造を分析し、研究開発活動における技術知識情報の伝搬に関する実証研究をまとめたものである。企業の研究開発の収益は、自らの直接的な研究開発投資と合わせて、他社が行った技術成果による技術スピルオーバーの影響を受ける。計量分析の結果、日本の製造業において、直近の研究開発活動は低収益であることが判明した。また、技術スピルオーバーは多くの産業から供給されるのではなく特定の産業(自動車および情報通信機械/設備/電子部品の関連技術分野)からであり、知識技術情報の入手先が限定的であることが判明した。また、日本の出願特許の技術分野は集約化しつつあり、集約を牽引する業種は、産業レベルの研究開発活動に基づく分析結果と整合している。企業間技術類似性の分析結果から、有力日本企業の多くは、自らが活動する市場およびその取引上の周辺市場の技術分野に限定して研究開発活動を実施していることが判明した。

このような状況の日本産業で広く横断的に技術融合を行い経済発展をするためには、製品イノベーションに関する重要な情報をどのように入手するかが鍵となっている。そのため、重要情報である特許を判別する方法を提案した。具体的には、(1)出願人の権利化・維持意欲指数などに基づく特許重要度の判別方法、(2)公開公報間の引用関係のネットワーク分析に基づいて中心性の値の大きさから重要度を求める方法である。これら2つの分析方法を独立あるいは併用することにより、重要な特許を効率的に計数的に見出すことが可能となる。

本論文では、査読付き英語学術雑誌論文3本、国際会議報告3報を含んでおり、現代システム科学専攻の申請要件を満たしていることを確認した。

以下、現代システム科学専攻の博士論文審査基準(2018年度以降入学生より適応)に基づいて審査結果を述べる。

1) 博士学位申請者が主体的に取り組んだ研究であること。

申請者は技術知識情報の伝搬のメカニズムを解明するために、既存研究を整理し、日本の技術状況を分析し、課題を明確にした上で、課題解決に有用な評価手法を確立した。特に、出願人の権利化・維持意欲指数などに基づく特許重要度の判別は、公開特許情報に関する研究では今まで分析されていない視点に基づくものであり、すべて申請者の地道な調査、研究の成果である。

2) 研究内容に新規性および独創性を有していること。

独自の視点で整理した重要特許の 4 要件に基づく特許重要度の判別手法は、これまでに報告されていない新規な評価手法であり、高い判別性を示している。特に、権利化された特許のみを対象とした既存の研究とは違い、最も早い時期に公開となる公開公報（特許と実用新案）を対象として、個別特許の書誌情報、明細書、経過情報、およびドシエ情報を総合的に指標化した点で独創的である。また、重要特許の 4 要件の一つである「出願人の特許権利化および権利維持への意欲の大きさ」を表す出願以前の権利化意欲指標（総合評価・国内特許化）だけに絞っても重要特許の判別が可能であり、出願以前の情報を用いて重要特許をいち早く判別できることは実務面でも有用であると言える。

3) 当該研究分野の発展に貢献する学術的価値が認められること。

近年の日本産業における技術スピルオーバーの影響を厳密な統計手法によって多面的に分析した研究はなく、現状の日本の製造業が抱えるイノベーションが起こりづらい要因を明確にした点は評価に値する。また、専門家によって選定された重要特許を正確に判別する方法の提案は、今まで十分行われておらず、この分野の発展に大いに貢献するものである。また、本手法は特許資産の評価研究にも役立てることができる。

4) 論文の構成および内容が適切であり、論文としての体裁が整っていること。

研究背景および課題が明記され、研究開発活動における技術知識情報の伝搬について解明するという研究目的が明確に記述されていることを確認した。研究方法が厳密に記述され、研究目的を達成するために適切なものであることを確認した。特に、既存の技術研究で考慮されていないサンプルセレクションバイスを除去する 2 段階推定法を用いたことや系列相関や因果関係を考慮した分析を行ったことによって、分析結果の厳密性を担保していることを確認した。また、結果およびそれに対する考察が論理的に記述され、研究目的に対応した結論が適切に導き出されていることを確認した。また、この分野の先行研究を近年の研究も含めて適切に引用していることも確認した。

5) 学位論文の公聴会での論文内容の発表および質疑応答が論理的に明確に行われていること。

公聴会では約 40 分にわたり論文内容の説明が行われた。各章のつながりを意識して論理的に順を追って説明がなされており、理解しやすい発表であった。資料の作成方法も適切であり、プレゼンテーション能力にも問題がないことを確認した。副査やその他の参加者からの質問に対しても、的確に応答がなされていた。

以上の評価をふまえて、学位論文審査委員会は、本研究が現代システム科学専攻の博士論文審査基準を満たしており、博士(情報学)に値すると判断した。