

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21800011

研究課題名（和文） 学術論文、特許の引用ネットワーク分析による未開拓技術領域の早期発見

研究課題名（英文） Study on early detection of uncommercialized research areas by citation analysis of academic papers and patents

研究代表者

柴田 尚樹 (SHIBATA NAOKI)

東京大学・大学院工系学研究所・特任助教

研究者番号：30552179

研究成果の概要（和文）：科学層、技術層それぞれの引用ネットワークの構造を分析し、各層間の差異を分析することで、科学層では既に成果が存在するが技術層では未だ活発でない、産業として未開拓な技術領域の候補を早期に発見するための方法論構築を行った。それらの方法論を、太陽電池、二次電池、燃料電池等の分野に応用し、方法論の有効性を検証した。

研究成果の概要（英文）：This research proposed a new methodology to detect uncommercialized research area, where scientific research also exists but patents do not, by analyzing the differences between citation networks of both academic papers and patents. This method was applied to emerging research areas such as solar cells, secondary batteries and fuel cells, and validated.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,070,000 | 321,000 | 1,391,000 |
| 2010年度 | 960,000   | 288,000 | 1,248,000 |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 2,030,000 | 609,000 | 2,639,000 |

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：図書館情報学・人文社会情報学

キーワード：情報科学、技術経営、イノベーション政策、引用分析、ネットワーク分析、特許

## 1. 研究開始当初の背景

産業における競争力の源泉が、従来の有形資産から、知識・技術といった無形資産にシフトするに従い、将来のイノベーションの核となる技術分野をいち早く認識し、着手することが、国家、企業、大学、いずれにとっても、競争優位性を確保する上で重要な課題となっている。他方、生産される知識の量は増加の一途を辿っており、専門家であっても自分の専門領域以外の領域を把握するのが困難である。技術経営戦略の立案を担う企業の

R&D マネージャーや政府の政策担当者にとっては、この問題の解決は更に困難なものである。

本研究では未開拓技術領域の早期発見手法の開発を行う。一般に、科学知に基づくテクノロジーイノベーションは、科学の領域で産みだされた新しい知識が、技術、産業という他の層に伝搬することで起こる。もちろん、全ての科学活動が技術や産業につながるわけではないが、科学層では既に成果があるが、技術層ではまだ成果が十分でない領域は、大

きな可能性を秘めた技術領域、少なくともそれらの候補、といえるであろう。

テクノロジーイノベーションプロセスにおける科学知識の重要性に着目し、学術論文の引用ネットワークを、複雑ネットワーク分析を用いて解析することで、膨大な学術論文を俯瞰する方法論の構築、ならびに、膨大な学術論文の中から将来のイノベーションの中核となる学術領域を早期に発見する方法論は、これまでも複数提案されてきた。しかしこれらの研究は科学層のみに着目しているため、抽出された新興学術領域が技術層、産業層でどの程度未開拓であるかを判定することはできない。従って今回の研究では、科学層と技術層の知識の差分に注目し、産業として未開拓な技術領域の候補発見のための方法論構築を目指す。科学層と技術層の関係を分析する **Science-Linkage** の分野においては、特許から学術論文への引用関係を分析し、科学層での発見が、技術層での技術革新への寄与していることを示されている。従って、科学層、技術層それぞれの引用ネットワークの構造を分析し、さらに各層間の差異を分析することで、科学層では既に成果が存在するが技術層では未だ活発でない産業として未開拓な技術領域の候補を早期に発見できる可能性があるといえる。

## 2. 研究の目的

- (1) 学術論文、特許の引用ネットワークを複雑ネットワーク分析の手法を用いて解析し、二層間の関係を分析することで、科学層では既に成果があるが、技術層ではまだ成果が十分でない将来有望な技術領域を早期に発見する方法論を開発すること。
- (2) 開発した方法論を、近年の材料科学分野における大きなイノベーションであった太陽電池、二次電池等の分野に応用し、手法の有効性の検証を行うこと。

## 3. 研究の方法

未開学技術領域の発見のためには、論文群と特許群の関連性、類似度を測定する必要がある。そのために、以下の手順で、論文群と特許群の間の関連性を測定する。

- (1) まず、学術論文、特許の引用ネットワークをそれぞれの層でクラスタリングによって意味的なまとまりのあるクラスターに分類する。学術論文のデータは、

ISI 社による引用データベース SCI (Science Citation Indicator) から、特許データは、米国特許庁 (USPTO)、欧州特許庁 (EPO) より入手する。これらのデータは、引用情報、著者名等の書誌情報、アブストラクトを含む。

- (2) 次に、各論文クラスターと各特許クラスター間の関係性の強さを計測する。関係性の強さは、特許から論文への引用、ならびに、各クラスターに含まれる文書 (論文、特許) から自然言語処理を用いて抽出した特徴語の重なりから計算される類似度を用いる。
- (3) それぞれの分野における研究者へのインタビュー調査を通して、各分野の歴史的背景に関する情報を入手する。ネットワーク分析で得られた定量的な結果を、インタビューや文献調査からの定性的な情報と合わせることで有用な知見を引き出す。

## 4. 研究成果

学術論文、特許の引用ネットワークを複雑ネットワーク分析の手法を用いて解析し、二層間の関係を分析することで、科学層では既に成果があるが、技術層ではまだ成果が十分でない将来有望な技術領域を早期に発見する方法論を開発した。開発した方法論を、近年の材料科学分野における大きなイノベーションであった太陽電池、二次電池、燃料電池の分野に応用し、手法の有効性の検証を行った。

本研究では、論文クラスターと特許クラスター間の関連性指標として、(a) Jaccard 係数、(b) tfidf (term frequency-inverse document frequency) の cosine 類似度、(c) log-tfidf の cosine 類似度の 3 つを計算し、比較考察を行った。3 つの中では、(b) tfidf の cosine 類似度が最も有識者の判定に近いということが分かった。更に、(b) tfidf の cosine 類似度を改良して、より正確に論文クラスターと特許クラスター間の関連性を測定できる方法を提案した。

本研究の成果は、Journal of the American Society for Information Science and Technology、Technological Forecasting and Social Change、foresight 等の主に情報科学、技術経営系の論文誌、IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2010、Portland International Conference on Management

Engineering and Technology 2010 等の国際会議で発表し、広く国際的に認知された。

本研究の学術的な特色・独創的な点は、第一に、科学層と技術層の知識の差に着目している点である。既存研究は、科学と技術の関係性を究明しようとするものであったのに対し、本研究は逆に関係性が薄い領域を未開拓な技術領域として抽出しようとするものである。

第二に、科学層と技術層の知識の差を分析する際に、データ構造に適した分析手法を用いる点である。論文同士、特許同士の引用関係データは、著者のみならず査読者によっても補正された非常に良く構造化されたデータである。精緻な複雑ネットワークのデータは、より多くの有益な情報を得ることができる可能性は高い。特許から論文への引用関係は、論文同士、特許同士の引用関係に比べると、恣意的であり、これだけで必ずしも意味的な関係が把握できるわけではない。例えば、特許から学術論文への引用の分類を行い、引用関係で結ばれた特許と学術論文は必ずしも意味的なつながりがあるとは限らないと分析している研究もある。そこで、本研究の第二ステップでは、文書から自然言語処理で抽出した特徴語の重なりも分析することで、論文群と特許群の意味的な関係をより正確に捉えようとしている。

以上の分析を通じ、産業として未開拓な技術領域を、産業として未開拓な技術領域を学術論文・特許の引用ネットワークの観点から分析し早期に発見する方法論の構築が可能になった。またそれらの知見を用いることで、企業、また、大学にとって望ましい科学技術政策/技術経営戦略の策定・立案への貢献が期待できる。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

- ① N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Detecting Potential Technological Fronts by Comparing Scientific Papers and Patents” foresight, accepted, in press. 査読有
- ② N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Measuring Relatedness between Communities in a Citation Network” Journal of the American Society for

Information Science and Technology, accepted, in press. 査読有

- ③ N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, I. Sakata, and K. Matsushima “Detecting Emerging Research Fronts in Regenerative Medicine by the Citation Network Analysis of Scientific Publications” Technological Forecasting and Social Change, 78 (2) (2011) 274-282. 査読有
- ④ N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Extracting the Commercialization Gap Between Science and Technology – Case Study of a Solar Cell –” Technological Forecasting and Social Change, 77 (7) (2010) 1147-1155. 査読有
- ⑤ 坂田一郎、橋本正洋、森純一郎、梶川裕矢、柴田尚樹「サービスイノベーションの情報科学リネージュの研究」開発技術, 16 (2010). 査読有
- ⑥ 柴田尚樹・梶川裕矢・坂田一郎「学術論文と特許の差分分析—二次電池のケーススタディ」日本知財学会誌 6(3) (2010) 5-12. 査読無

[学会発表] (計14件)

- ① Sakata, H. Sasaki, N. Shibata, and Y. Kajikawa “Specifying International Research Network Diagram in growing fields” Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2011 (PICMET2011) in Portland, U.S.A. (July 31 – August 4, 2011).
- ② T. Maeno, N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Investigation of a Lead Indicator of Technological Innovations” Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2011 (PICMET2011) in Portland, U.S.A. (July 31 – August 4, 2011).
- ③ Sakata, H. Sasaki, M. Akiyama, Y. Sawatani, and N. Shibata “Bibliometric Analysis of Service Innovation Research: Identifying Knowledge Domain and Global Network of Knowledge” Portland International Conference on

- Management Engineering and Technology 2011 (PICMET2011) in Portland, U.S.A. (July 31 – August 4, 2011).
- ④ Sakata, J. Mori, N. Shibata, M. Akiyama, and Y. Kajikawa “Information Science Linkage of Service Innovation” The 20th International Conference for Management of Technology (IAMOT2011), in Florida, U.S.A (April 10–14, 2011).
- ⑤ N. Shibata, Y. Kajikawa, J. Mori and I. Sakata “Creating an Academic and Technological Landscape of Service Innovation: An Analysis of the Citation Network” IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2010 (IEEM2010) in Macao, Hong Kong. (December 7–10, 2010).
- ⑥ H. Nakamura, H. Sasaki, Y. Kajikawa, N. Shibata, I. Sakata, and S. Suzuki “Science and Technology Map Analysis of A Multi-Disciplinary Field -Case Study of Aerospace Engineering-” IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management 2010 (IEEM2010) in Macao, Hong Kong. (December 7–10, 2010).
- ⑦ T. Maeno, N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Patent information and R&D project management in each field of industry and energy “ 5th International Conference on Project Management (ProMAC2010) in Chiba, Japan. (October 13–15, 2010).
- ⑧ N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “How to Measure the Semantic Similarities Between Scientific Papers and Patents In Order To Discover Uncommercialized Research Fronts - A Case Study of Solar Cells -” Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2010 (PICMET2010) in Bangkok, Thailand (July 18–22, 2010).
- ⑨ N. Shibata, K. Gemba, and I. Sakata “Assessing the Investment Strategies of Venture Capitals in Silicon Valley by analyzing co-investing network” SunBelt XXX in Trento, Italy (June 29, 2010 to July 04, 2010).
- ⑩ N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Opportunity Discovery by Assessing the Gap Between Science and Technology - Case Study of Secondary Batteries -” the 5th International Conference on Management of Innovation and Technology (ICMIT2010) in Singapore (June 2–5, 2010).
- ⑪ N. Shibata, Y. Kajikawa, J. Mori, I. Sakata, and K. Fujisue “Creating an Academic Landscape of Service Innovation” The 19th International Conference for Management of Technology (IAMOT2010), in Cairo, Egypt (March 8–11, 2010).
- ⑫ T. Maeno, N. Shibata, Y. Kajikawa, and I. Sakata “Transition of information sources and trend of innovation” The 19th International Conference for Management of Technology (IAMOT2010), in Cairo, Egypt (March 8–11, 2010).
- ⑬ H. Kashima, S. Hido, Y. Tsuboi, A. Tajima, T. Ueno, N. Shibata, I. Sakata, and T. Watanabe “Predictive modeling of patent quality by using text mining” The 19th International Conference for Management of Technology (IAMOT2010), in Cairo, Egypt (March 8–11, 2010).
- ⑭ H. Tashiro, N. Shibata, and Y. Kajikawa “Academic Landscape of GaN by Citation Network” White LEDs 2009, in Taipei, Taiwan (December 13–16, 2009).

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

柴田 尚樹 (SHIBATA NAOKI)

東京大学・大学院工系学研究科・特任助教

研究者番号：30552179