

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330361

研究課題名(和文) 引用ネットワーク分析に基づく技術融合型特許の特性に関する研究

研究課題名(英文) An analysis of technology fusion-type patents based on the observation of citation networks

研究代表者

芳鐘 冬樹 (YOSHIKANE, Fuyuki)

筑波大学・図書館情報メディア系・教授

研究者番号：30353428

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：技術融合型特許に関して、引用・分類共起関係のネットワーク構造という視点から調査した。自動車関連企業に関しては、次のことが分かった。付属パーツに関わるメーカーは、以下の特徴を持つ。(1) 技術要素数の割に融合関係数が多い。(2) 特定の技術要素が多様な技術要素と融合関係を持つ一方、他の多くは融合関係をあまり持たない。(3) 特定の技術要素が、技術融合型の研究開発の核としても、補助的な関連技術としても採用される一方、他の多くは核、あるいは補助的技術のどちらかにしか採用されない傾向が強い。(4) 各技術要素が広い融合関係を持つ傾向は弱い。(5) 同じ技術要素を組合せる研究開発が繰り返される傾向は弱い。

研究成果の概要(英文)：This study investigated technology fusion-type patents from the viewpoint of the network structure of citation or co-occurrence of classifications. Accessory parts manufacturers have technology fusion networks where (1) there are many fusion relationships in proportion to the number of technology elements; (2) while some technology elements have fusion relationships with a variety of other elements, most technology elements have few fusion relationships; (3) while some elements are applied both as core technologies and as auxiliary technologies related to them, most elements are applied only either as core or auxiliary technologies in technology fusion-type research and development; (4) each technology element does not tend to be combined with a variety of other elements; and (5) a technology element does not tend to be repeatedly combined with the same element in research and development.

研究分野：計量書誌学

キーワード：図書館情報学 情報図書館学 ネットワーク分析 社会ネットワーク 科学社会学 科学計量学 計量情報学 計量書誌学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、自然科学系の分野を中心に、研究の高度化や専門分化が進み、専門知識を補い合うための分野横断・融合的な研究協力、および、その成果（学際的研究論文）の重要性が大きくなっている。そのような背景を踏まえ、本課題の研究開始までに、研究活動を見る観点として分野横断的な研究に注目し、学術論文を対象にして、研究協力が研究者の生産性や人脈構成などに及ぼす影響を明らかにするとともに、分野横断的な研究成果の特性についても分析を進めてきた。そして、その分析をおし広げ、より応用指向の研究開発の成果である特許も対象にしたところ、分野横断的な技術基盤に基づく特許は、被引用数が多い傾向を示すなど、学際的研究論文と同様、その特殊性が示唆される結果を得た。これらの経緯から、分野横断・融合的な研究開発の特性を明らかにするにあたって、学術論文のみの調査では一面的であり、特許に関しても詳細に分析する必要があるという考えに至った。

特許（出願）の重要性に関する既往研究の多くは、そのパテントビリティや、権利取得後の経済的価値（ライセンスにおける価値など）を分析している。その一方で、技術的な価値そのもの、つまり、技術・知識の連続性、系譜、潮流の中での位置づけや重要性については、これまで十分に研究されてこなかった。学術論文の場合と同じように、影響の表れ（技術再活用・累積的イノベーションの明示）として引用を捉える研究はあるが、分野横断的な技術融合型特許の特性に着目して、引用や付与分類の分析を行った研究はほとんどない。また、日本の特許に関して言えば、出願文書の中で引用される文献が、独立した項目としてではなく、明細書の本文に各々挿入される形で記され、さらに、引用の記載形式が統一されていないため、それらを網羅的かつ正確に抽出することは困難である（特に、2002年9月の先行技術文献の記載義務化以前）。それゆえ、欧米の特許とは異なり、包括的な引用情報データベースは提供されておらず、研究開始当初において、大規模データに基づく分析は非常に限られていた。

## 2. 研究の目的

以下の視点から、技術融合型特許の特性、および、技術融合型特許に着目した研究開発の動向を明らかにすることを主たる目的とする。

- ・技術系譜ネットワークの中で担う役割  
引用ネットワーク（被引用側から引用側にアークを張る有向グラフ）の中での技術融合型特許の特徴を明らかにする。具体的

には、ネットワーク上のハブあるいはブリッジとしての役割、特に、技術と技術を仲介する役割における重要度を媒介中心性で測るのに加え、ネットワークの大域的構造を反映する重要度を見るのに、これまでに提案したネットワーク指標群を応用する。

- ・技術再活用における廃れの速さ  
背景で述べたように、多様な技術基盤に立脚した技術融合型の特許は、長期的に被引用数が多く、引用の廃れが遅いことが推測される。ただし、これまでの研究では、廃れの速さ自体の計測は行っておらず、また、分野の区分けが非常に大まかである（国際特許分類の最上位階層に基づいている）点、そして、特許からの引用に限定し、学術論文からの引用（サイエンスリンケージ）は考慮していない点の不十分であった。本研究では、それらの不足点を補う粒度の高い分析に基づき、技術融合型特許は廃れが遅い傾向にあるという仮説について、技術分野ごとに検証する。
- ・技術要素の結び付きの大域的構造  
特許に付与された分類の共起関係をもとに構築された技術融合ネットワークの構造的特徴を明らかにする。具体的には、ネットワークの凝集性（密度、平均頂点間距離）やノードの重要度の分布特性（次数・アーク強度の標準偏差など）を調査し、傾向を明らかにする。

## 3. 研究の方法

まず、焦点を当てる「技術融合型特許」に操作的定義を与えた上で、技術系譜のネットワークの中で担うそれらの役割、技術の再活用におけるそれらの廃れ（オブソレッセンス）の速さ、それぞれを観察するための観点と指標の定義について、緻密に検討し具体化する。また、各情報源から必要項目を抽出し、データの整形を行う。

- ・技術融合型の特許について操作的定義を設定する：
  - (a) 当該特許自身の内容の分野横断性を示すものとして、付与分類（国際特許分類、FI、Fターム）、キーワード（発明の名称および明細書本文から抽出する）に注目し、それらに関する多様性を測る指標を定義する。
  - (b) 当該特許が引用する文献は、その技術基盤を示しているという想定のもと、引用特許の分野横断性と引用論文の学際性について、(a)の観点を準用して測る指標を定義する。これまでの研究で、分類のみに注目する基本的な指標によって技術融合型特許を定義づけ、被引用数

などとの関連を分析した結果も踏まえ  
て定義の検討を行う。

- ・技術系譜ネットワークの中で担う役割につ  
いて操作的定義を設定する：

中長期的な技術の影響の波及効果も考  
慮に入れられるよう、引用ネットワークに  
おける直接的な関係の多さ（ハブとしての  
重要度）だけでなく、間接的な関係の広が  
り・媒介性（ブリッジとしての重要度）に  
関する指標も検討する。後者に関しては、  
これまでに提案した HITS アルゴリズムの  
応用指標も適用する。

- ・技術再活用における廃れの速さについて操  
作的定義を設定する：

通時的および共時的に、被引用数の経年  
による減少を観察するための指標を検討  
する。通時的オブソレッセンスと共時的オ  
ブソレッセンスは、異なる観点から廃れと  
いう現象を捉えるため（前者は公開年から  
辿る観点、後者は特定の被引用年に注目す  
る観点）、それぞれが意味するところを慎  
重に検討する。学術論文を対象にする指標  
としては、通時的被引用半減期、共時的被  
引用半減期・引用半減期、プライス指数な  
どが利用されている。これらの指標を、解  
釈に留意しつつ特許に準用する。

- ・特許・論文のデータを各情報源から抽出す  
る：

1993 年～2013 年公開の特許出願を対  
象に、出願・公開日、主・副分類（国際特許  
分類、FI）、F ターム、引用特許・論文（出  
願者引用）、キーワードを特許公開公報か  
ら抽出する。特に 2002 年以前出願の特許  
は、引用が一覧形式でないなどの理由から  
網羅的な抽出が難しい。データ観察に基づ  
いて記載のパターンを設定し、それを用い  
るマッチング処理によって引用情報を抽出  
する。これまでの研究で設定した基本パ  
ターンを洗練、展開して用いる。引用論文  
の詳細情報は、論文書誌データベース  
（CiNii、Web of Science）から抽出する。

次に、設定した観点と指標を用いて、特許  
が属す技術分野ごとに、技術融合型の特許を  
特定し、技術系譜ネットワークの中で担う役  
割と、技術再活用における廃れの速さの点か  
ら、それらの特徴を調査する。

- ・各特許について、引用ネットワークにおけ  
る直接的な関係の多さ、間接的な媒介性・  
大域的な構造を考慮する影響度を、それぞ  
れ指標で測る。計算した特許の重要度に基づ  
いて技術融合型と非技術融合型とを比  
べ、前者の特徴を調査する。

- ・各特許および各技術領域について、廃れの  
速さを指標で測る。廃れの速さに関する技

術融合型と非技術融合型の単純な比較と  
併せて、機械学習法の 1 つであるランダム  
フォレストによる判別・回帰分析も行う。  
発明者数、ページ数、図数、表数、請求項  
数という付随的要因とともに、扱われてい  
る技術の分野横断性を特徴量として投入  
し、廃れの速い特許群と遅い特許群の自動  
分類を行い、分類への寄与から、分野横断  
性の影響の大きさを推測する。

- ・得られた結果に基づき、技術融合型特許の  
特性に関して、各技術分野の傾向を整理す  
る。また、その傾向の背後にある要因につ  
いて検討する。

さらに、以下の手順で、技術融合ネットワ  
ークの構造的特徴を計量する。

- ・付与分類の共起ネットワークの作成：

特許に付与された分類の共起に技術融  
合の発生が表れると考え、融合関係のネット  
ワークを作成する。具体的には、各分類  
をノードとし、筆頭分類から関連分類にア  
ークをつないだ有向グラフを作成する。ネ  
ットワークを作成する際には、特許分類を  
メイングループレベルに集約する。これは、  
単純な階層関係（包含関係）を共起関係か  
ら排除することで、他分野との技術融合関  
係のみを観察するためである。

特許に付与された「筆頭分類」と「関連  
分類」が、それぞれ「核となる技術要素」  
と「それを補完する技術要素」を表すと考  
えると、技術融合関係と見なされるのは、  
関連分類同士の関係でなく、筆頭分類と関  
連分類の間関係であることから、後者の  
関係のみをアークでつなく。筆頭分類と関  
連分類を区別するために、方向性を持つ有  
向グラフとする。

同じ共起が複数回出現する場合は、ア  
ークの重みを加算することで、アークの重み  
（共起頻度）を該当技術要素間の結びつき  
の強さとする。調査対象とする分野や企  
業の特許集合について、大規模ネットワ  
ークを作成する。

- ・ネットワーク特徴量の取得、および、それ  
らに基づく多変量解析の実施：

以下の指標を用いて、作成した技術融合  
ネットワークの構造的特徴を取得する：密  
度、平均頂点間距離、入次数 75% 値、出次  
数 75% 値、媒介中心性 75% 値、アーク強度  
75% 値、入次数の標準偏差、出次数の標準  
偏差、媒介中心性の標準偏差、アーク強度  
の標準偏差。技術融合ネットワークにおい  
て、入次数などは極度に偏った分布を持ち、  
中央値（50% 値）には差がほとんど表れな  
いため、分布の代表値として 75% 値を見る  
ことにする。これらの特徴量により、技術  
融合関係の多様性・偏りなどの傾向を把握  
する。最後に、取得した特徴量をもとに、

主成分分析およびクラスタ分析を行う。クラスタ分析は、キャンベラ距離とワード法を用いる。クラスタ分析によって可視化したネットワーク間の類似性を、主成分分析の結果と比較する。

#### 4. 研究成果

主な研究成果として、日本の自動車関連の主要メーカーの技術融合ネットワークを比較し、各社の特徴を明らかにした結果について述べる。自動車は、トランスミッション、エンジンなどの機械的な部品だけでなく、それらを制御するマイクロコンピュータ（電気・電子回路）、ソフトウェアなども含めて、様々な技術が利用されている。そのため、自動車関連メーカーでは、それらの多様な技術を組み合わせる技術融合型の研究開発が多くなされていることが想定できる。市場占有率が上位である18社を対象とした。各社について、自動車関連の分類（「B60」または「B62」）を含む出願特許を抽出し、それらの特許の筆頭分類と関連分類を調べた。分類は、国際特許分類に従う。

技術融合ネットワークの特徴量に関する主成分分析の結果、累積寄与率は、第2主成分までで約90%に達した。第1主成分および第2主成分における各特徴量の寄与率をもとに、以下のように各社の特徴が整理できる。

トヨタ、日産、本田、マツダといった乗用車のメーカーは、他（トラックのメーカーなど）と比べてアーク強度の偏り（標準偏差）が高く、次数・媒介中心性やアーク強度が全般的に高い（75%値が高い）一方で、平均頂点間距離は小さい。すなわち、これらの企業では、技術融合型の研究開発が、技術要素の特定の組合せに集中する一方、低い頻度で研究開発が行われる技術要素の組合せも多数存在するという偏った傾向が強い。また、次数中心性の高さから、各技術要素が他の多様な技術要素と結び付く傾向が強いことを確認できる。

パイオニア、ケンウッド、アルパイン、クラリオンは、他の企業とは著しく異なる特徴を持つ。自動車本体を製造している他の企業と異なり、この4社は、カーオーディオやナビゲーションシステムといった付属パーツに関わるメーカーである。これらの企業は、他と比べて次数・媒介中心性の偏り（標準偏差）や密度が高い一方で、中心性やアーク強度は全般的に低く（75%値が低い）、平均頂点間距離も小さい。

ネットワークの密度が高く、平均頂点間距離が小さいことは、技術要素数の割に融合関係数が多いことを意味する。次数中心性の偏りが高いことは、特定の技術要素が多様な技術要素と融合関係を持つ一方、他の多くの技術要素は融合関係をあまり持たないことを意味する。媒介中心性の偏りが高いことは、

特定の技術要素が、技術融合型の研究開発の核としても、補助的な関連技術としても採用される一方、他の多くの技術要素は核、あるいは補助的技術のどちらかにしか採用されない傾向が強いことを意味する。次数中心性が低いことから、各技術要素が広い融合関係を持つ傾向は弱いことを確認できる。また、アーク強度が低いことから、同じ技術要素を組合せる研究開発が繰り返される傾向は弱いことを確認できる。

同じデータについてクラスタ分析を行った結果を、主成分分析の結果に対応させると、観察されるグループ（小クラスタ）は概して一致しており、各企業の特徴を再確認することができた。クラスタ分析の結果からも、パイオニア、ケンウッド、アルパイン、クラリオンは、技術融合ネットワークの構造的特徴、つまり、技術融合型の研究開発のありようが、他の企業とは著しく異なることが読み取られる。

#### 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）

柴田 大輔, 芳鐘 冬樹. (2016). 学術文献における引用分類の観点. 情報知識学会誌. Vol. 26, No. 3, p. 277-296. 査読有

Kikkawa, J., Takaku, M. and Yoshikane, F. (2016). DOI links on Wikipedia: analyses of English, Japanese, and Chinese Wikipedias. *Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*. Vol. 10075, p. 369-380. 査読有

Arakawa, Y., Yoshimoto, R., Yoshikane, F. and Suzuki, T. (2015). Analyzing the content and text of tweets by Japanese academic researchers. *Journal of Japanese Association for Digital Humanities*. Vol. 1, No. 1, p. 1-9. 査読有

Onodera, N. and Yoshikane, F. (2015). Factors affecting citation rates of research articles. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. Vol. 66, No. 4, p. 739-764. 査読有

Yoshikane, F. and Suzuki, T. (2014). Diversity of fields in patent citations: synchronic and diachronic changes. *Scientometrics*. Vol. 98, No. 3, p. 1879-1897. 査読有

Yoshikane, F. (2014). Comparative analysis of patent citations of different fields: in consideration of the data size dependency of statistical measures. *Procedia: Social and*

*Behavioral Sciences*. Vol. 147, p. 153-159. 査読有

[学会発表](計 3件)

Yoshikane, F. and Kudo, T. A method for investigating the trend of technology based on the co-occurrence of patent classifications. *The 6th International Conference on Integrated Information (IC-ININFO 2016)*. (21 September, at National Hellenic Research Foundation, Athens, Greece)

Takei, C., Yoshikane, F. and Itsumura, H. Analysis of the factors affecting interdisciplinarity of research in library and information science. *Proceedings of ISSI 2015 (15th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. p. 421-422. (29 June-3 July, 2015 at Bogazici University, Istanbul, Turkey)

Takei, C., Yoshikane, F. and Itsumura, H. Analysis of the obsolescence of citations and access in electronic journals at university libraries. *Proceedings of ISSI 2015 (15th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. p. 1180-1190. (29 June-3 July, 2015 at Bogazici University, Istanbul, Turkey)

[図書](計 1件)

Yoshikane, F., Tsuji, K., Kageura, K. and Jacquemin, C. (2016). Detecting Japanese term variation by morpho-syntactic rules. p. 49-68. Francis Bond et al. (eds.), *Readings in Japanese Natural Language Processing*. CSLI Publications: Stanford, Calif., 306p.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

芳鐘 冬樹 (YOSHIKANE FUYUKI)

筑波大学・図書館情報メディア系・教授

研究者番号：30353428