

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500294

研究課題名(和文)学際的研究領域の類型化および学際共同研究の影響に関する計量書誌学的分析

研究課題名(英文)A bibliometric analysis on the patterns and influences of interdisciplinary research areas

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・准教授

研究者番号：30353428

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円、(間接経費) 720,000円

研究成果の概要(和文)：特許の学際性に関して、次の2つの視点から調査した：(1) 観察期間を共時的に扱った場合の、累積被引用数の増大に伴う学際性の成長の期待値、および、(2) 累積被引用数が経年により増加するに伴う、学際性の成長の観測値。化学・冶金、物理学分野の特許は、(1)と(2)のギャップが大きく、最初限られた分野から繰り返し引用を受け、その後、それ以外の様々な分野に引用されるようになるという傾向の変化が顕著であることが分かった。このような客観的指標に基づいて研究分野の特徴を計量する分析は、学術・科学技術政策への示唆だけでなく、「学際性とは何か」の再検討に資する知見が得られるという点でも意義を持つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the classifications assigned to patents and examined the "interdisciplinarity" from the following two perspectives: (1) expected values for growth in the number of citing fields, when regarding the observation period as being in a synchronic state and assuming that the strength of connections between each patent and citing fields is constant; and (2) empirical values for growth in the number of citing fields according to the increase in the cumulative number of citations over time. From the results, it was confirmed that the strength of potential connections between each patent and citing fields changes over time. Especially in the fields of "chemistry; metallurgy" and "physics," the following change is considerable: a patent tends to receive citations repeatedly from a limited range of fields for a while, but later comes to be cited by various fields.

研究分野：計量書誌学

科研費の分科・細目：情報学・図書館情報学・人文社会情報学

キーワード：図書館情報学 情報図書館学 研究評価 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、研究者の専門分化や研究資金の削減といった、研究者、および研究者を取り巻く環境の変化から、専門知識や資金などを補い合うための研究協力の重要性が大きくなっている。それゆえ、研究者同士の共時的・社会認知的なつながりに基づく人脈形成、情報伝達、そして研究協力が、研究活動全体に与える影響は、今日、非常に大きいものと考えられる。そうした考えのもと、本課題の研究開始までに、研究者の活動を見る観点として、共時的なつながりの現れである「共著」に注目し、(1) 共著における役割を考慮したネットワーク指標を新たに提案するとともに、(2) それらの指標を適用して、論文生産性などに関する共著者間の影響関係について分析してきた。

上記(1)、(2)の分析の中で、基礎的な研究領域と、学際的な応用領域を比較した結果、後者に特有のネットワーク上の特徴が観察され、学際的研究領域における共同研究者間の影響関係の特殊性が推測された。異なる専門性を持つ研究者の協力による学際共同研究は、一般的な研究協力よりも、多様な側面(生産性だけでなく、人脈構築、研究テーマ・成果の発表先の選択などを含む)への影響があり、それらを総合的に分析する必要があるという考えに至った。その際、学術文献だけでなく、より応用指向の研究・開発成果である特許文献をも考慮する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究は、学際的研究につながる特許の分野の多様性に注目し、引用ネットワークの量的成長における影響についての知見を得ること、それに基づいて研究領域の類型を明らかにすることなどを主たる目的とする。

特許の分析において引用を見る意味は、そのパテントビリティ、あるいは経済価値というより、技術の連続性、系譜、潮流の中での位置づけや重要性を把握できる点にある。特許間の引用は、引用される特許そのものが市場で生む利益ではなく、その後の特許につながる技術的な影響を表すものと考えられるためである。特許の価値のタイプとして、直接的な経済的価値、および、技術的価値が挙げられるが、前者は、特許権使用料やロイヤリティ収入で捉えられる一方、後者は、引用の数を見ることで計測できる。また、多くの研究において、引用は、技術・知識の関わりや伝播、由来、または背景を示すものとして扱われている。

特許(あるいは、特許の属す国)の引用関係の全体的な構造を対象にして分析する研究は盛んに行われているが、各特許を取りまく引用ネットワークを個別に観察しその成長をトレースすることによって、技術の伝播

に関する分野の特徴を明らかにしようとすることはこれまでほとんどなされてきていない。本研究では、個別の特許の引用ネットワークの量的成長について、引用を受ける分類に焦点を当てて(つまり、対象特許を引用する特許の分野の多様性に注目して)技術分野の特徴を明らかにする。引用ネットワークを全体として観察するだけでは捉えられない、個別の特許のつながりに関する変化の傾向を明らかにできる点に、本研究のアプローチの意義があると考えられる。

## 3. 研究の方法

国立情報学研究所のNTCIRテストコレクションを情報源とし、1993~2002年の10年間に公開された3,496,253件(NTCIR-7 PATMN)および2003~2007年の5年間に公開された1,757,361件(NTCIR-8 PATMT)の日本国公開特許公報全文データを使用する(各年35万件前後)。

対象特許個々について引用される様子をトレースすることで、異なり引用分類数の平均値  $CL_{citing}(n)$  の変化を観察し、各分野(国際特許分類IPCのセクション)の特徴を調べる。具体的には、以下の2つの観点から分析を行う。

## 3.1 共時的変化

1993年から2007年までの期間をひとまとめに共時的に扱って、「個々の対象特許と引用分類との潜在的な結び付きの強さ」が一定と仮定した場合の、データサイズ(累積被引用数)  $n$  の増大に伴う平均引用分類数  $CL_{citing}(n)$  の成長の期待値を観察した。ここで、「対象特許と引用分類との結び付きの強さ」が一定というのは、「ある特許のある分類による引用が生じる母集団確率」が一定である確率モデルを想定することを意味する。データのサイズの変化に伴う指標の値の変化、すなわち、指標のデータサイズ依存性を観察する手段として、(1) 二項分布およびそれに対するポアソン近似に基づいて、出現事象数の期待値を見積もる補間・補外、そして、(2) 無作為部分標本抽出を繰り返して、任意の指標について平均値を求めるモンテカルロ実験がある。前者は、元のサイズの範囲を超えて出現事象数の変化を観察できるが、適用可能な指標が限られており、ネットワークの成長のような複雑な現象に適用することが困難である。それに対して、後者は、任意の指標に適用でき、ネットワークにおけるノードの次数の成長を観察するのに用いられている。

## 3.2 通時的変化

IPCのAからHまでの各セクションについて、累積被引用数  $n$  が経年によって増加するに伴う、平均引用分類数の実際の成長を観察

した。モンテカルロ実験に基づく共時的変化の観察結果と対比できるようにするために、総被引用数  $N$  の 20 分の 1 の間隔で、1993 年から 2007 年までの 15 年の期間を時系列順に区切り ( $n=N/20, 2N/20, 3N/20, \dots, N$ )、それぞれの時点における累積被引用数  $n$  ごとに平均引用分類数  $CL_{citing}(n)$  の値を算出した。モンテカルロ実験で見積もられる  $CL_{citing}(n)$  の共時的変化は、前述のとおり、「対象特許と引用分野との結び付きの強さ」が一定と仮定したものである。この共時的変化と、実際に観察される  $CL_{citing}(n)$  の通時的変化とを重ね合わせたときの不一致の有無・程度を調べることを通じ、「対象特許と引用分野との結び付きの強さ」の変化に関して、各セクションの傾向を明らかにした。

加えて、上記分析を補足するため、引用分類の異なり数だけでなく、引用先の具体的な分類（つまり、いずれの分類に属す特許に引用されているか）に関しても集計を行った。まず、各々のセクションの対象特許について、それらを引用している特許が属する分類（セクションレベル）の分布比率の時系列変化を調査した。そして、その分類比率の傾向を明らかにするために、集中・偏りの度合をジニ係数で計量した。

引用先の分類は、対象特許自身と同じ分類が多いと予想される。そこで、集中度の指標の中でも、一極集中の度合に特に注目する Horvath の指標  $CCI$  も併せて用いることにした。 $CCI$  は、値を大きく左右するファクターとして、式の中に相対頻度の最大値が組み入れられている。それゆえ、 $CCI$  は、最大の相対頻度を持つ分類、すなわち対象特許と同じ分類に重きを置いて、引用先の集中の度合を計量するのに適している。

#### 4. 研究成果

分析結果から明らかにした点のうち、主要なものについて以下にまとめる。

##### 4.1 被引用数への影響

- (1) 特許文献を被引用数が高い特許群と低い特許群に分け、それらが引用している特許の多様性を比べた結果、全体でも何れの領域でも、高被引用群の方が低被引用群よりも有意に高い値であった ( $p < 0.05$ )。
- (2) 特許公開後 10 年間の被引用数を応答変数とし、発明者数、付与分類数、ページ数、図数、表数、請求項数、優先権主張数、優先権主張国数、引用特許の分類数を説明変数として用いた線形・ロジスティック・ゼロ過剰負の二項回帰分析により、被引用数に対する引用特許の分類数（学際性・分野横断性）の影響を示唆する結果が得られた。特に、「化学・冶金」、「機械工業・照明・

加熱・武器・爆破」、「物理学」領域において、その傾向は顕著であった。

##### 4.2 共時的変化から見る研究領域の類型

それぞれのセクションについて、無作為部分標本抽出を行うモンテカルロ実験で、データの規模の増大に伴い成長する平均引用分類数  $CL_{citing}(n)$  の期待値を求めた。

その結果、「処理操作・運輸」、「化学・冶金」、「繊維・紙」のセクションは、データの規模に関わらず、一貫して高い値で  $CL_{citing}(n)$  が推移していることが確認された。特に、化学（材料化学）関連の分野のセクションは、それ以外のセクションよりも  $CL_{citing}(n)$  の値が非常に高い。それに対し、「固定構造物」のセクションの  $CL_{citing}(n)$  は、一貫して低い値で推移している。つまり、前者（処理操作・運輸、化学・冶金、繊維・紙）に属する各特許は、多様な分野から引用を受けるのに対し、後者（固定構造物）に属する各特許は、限定された分野から引用を受ける傾向があると言える。その一方で、残りのセクションについては、いずれの  $n$  において比べるかにより、 $CL_{citing}(n)$  の値の順位に変動が生じうる。

「電気」のセクションの  $CL_{citing}(n)$  は、 $n$  が小さい最初期の段階においては「物理学」のセクションの値とほぼ等しい。しかしながら、 $n$  が大きくなると、「電気」より「物理学」の値が高くなり、両者の差は徐々に広がっていく。さらに、「電気」の値は、初期の段階で「物理学」に続いて「生活必需品」に抜かれ、最終的には「機械工業・照明・加熱・武器・爆破」に並ばれる。これらの挙動から、「電気」のセクションの成長の遅さが際立っていることが読み取られる。 $CL_{citing}(n)$  の成長の速さは、特許と引用分類との結び付きの強さが変わらない状況で、新たな引用が生じたとき、その引用先の分類が、それまでの引用先とは異なる分類である（すなわち、特許が新たな分野に引用される）可能性の高さを意味する。つまり、「電気」のセクションの特許は、累積被引用数が増えても、それまでと同じ分野から繰り返し引用を受け、異なる分野からは引用されにくい傾向がある。

##### 4.3 通時的変化と共時的変化の対比に基づく研究領域の類型

(1) 通時的変化を、(2) 共時的変化と対照すると、後者より前者の方が、どのセクションにおいても  $CL_{citing}(n)$  の増加の出足が遅い。したがって、特許と引用分類との結び付きの強さは一定でない。公開後しばらくの間は、限られた分野から繰り返し引用を受け、時間が経つと、それ以外の様々な分野に引用されるようになる、という傾向の変化を読み取ることができる。また、後述のように、共時的変化とは違い、通時的変化においては、一定期間経過後  $CL_{citing}(n)$  の成長が非常に遅くなって飽和状態に近づいているセクションもいくつか存在する。

類型ごとにまとめた研究領域の特徴について、以下に整理する。

・固定構造物，機械工業・照明・加熱・武器・爆破：

(1) 通時的変化と(2) 共時的変化のずれが比較的小さく，信頼区間内におおよそ収まる程度である。これら2つの分野に関しては，15年の間に，特許と引用分類との結び付きの強さが，他の分野ほど大きく変化していないことが分かる。

・生活必需品，繊維・紙：

(1)と(2)のずれは中程度である。累積被引用数  $n$  が小さい初期から中期にかけては，平均引用分類数  $CL_{citing}(n)$  の通時的観測値は，共時的期待値の95%信頼限界（信頼区間の下限値）をやや下回るが，その後，両者の値は近くなる。

・化学・冶金，物理学：

初期から中期にかけて，(1)と(2)のずれは非常に大きく，前者が後者を大幅に下回る。後期になると両者の値は近くなる。これら2つの分野は，公開後しばらくの間，限られた分野から引用を受けて，その後，様々な分野に引用されるようになるという傾向の変化が，他の分野よりも顕著であることが分かる。

・処理操作・運輸，電気：

(1)と(2)のずれは大きい。初期においては，前者が後者を下回る。「電気」のセクションについては，共時的変化の分析で， $CL_{citing}(n)$  の成長の遅さを特徴として指摘したが，通時的変化を見ると，それよりもさらに増加の出足が遅いことが分かる。その一方，中期から後期にかけて，前者が後者を大きく上回る期間がある。そこで両者の差が開いた後に，前者の成長速度が急激に減衰する。これら2つの分野では， $n$  が大きい後期において， $CL_{citing}(n)$  の通時的観測値の成長が非常に遅い，すなわち，一定の期間が経過した後は，各特許がそれまでと異なる分野に引用されることが，ほとんどなくなることが分かる。

#### 4.4 引用先の分類の変化

上記の結果は，対象特許個々の引用ネットワークの累積的な成長をトレースしたものである。次に，引用先の具体的な分類が，時期によってどう変化するか調べた結果を示す。ここでは，概況を比較しやすくするため，個別の特許の傾向を示すのではなく，当該分野に属する特許をまとめて扱い，累積でなく各期間内の状況を調査している。また，引用先の分類は，サブクラスレベル( $CL_{citing}(n)$  の算出において注目した階層)でなく，それよりも粗いセクションレベルで集計している。

対象特許が公開された直後の1993年から，2007年まで，3年単位で時系列変化を観察した。ほとんどの分野において，程度の差はあ

れ，経年によって分散化する（特定の分類に偏らなくなっていく）傾向が確認された。具体的には，引用先の分類は，対象特許自身と同じセクションに集中しているが，徐々にその比率が下がり，他のセクションの比率が上がっていく。引用先の分類（セクションレベル）の集中度を，ジニ係数，Horvathの指標  $CCI$  を用いて計測した結果，両者ともに，概ね，年を経ると値が減少していることが確認された。つまり，全般的な傾向としても，対象特許と同じ分類への集中に特に注目したとき見られる傾向としても，引用先の分類は分散化している。ただし，「生活必需品」のセクションにおいては，どちらの指標も，経年による分散化傾向が弱い，あるいはむしろ逆に集中化している（対象特許と同じ分類（生活必需品）の比率が上がっている）。

公開後2年以内の引用には，自己（自社）引用が多く含まれるものと推測される。自己引用は，多くの場合，同じ分野の発展的技術の出願においてなされる。特定の（対象特許と同じ）分野に引用先の分類が集中する傾向が，初期においてより強い理由の1つには，それがあると考えられる。

#### 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5件)

Yoshikane, F., Takei, C., Tsuji, K., Ikeuchi, A. and Suzuki, T. (2013). Quantitative characteristics of patentable applications in Japan: an analysis using bibliographic information of application documents. *Sociology Study*. Vol. 3, No. 9, p. 639-650. 査読有

Yoshikane, F. (2013). Multiple regression analysis of a patent's citation frequency and quantitative characteristics: the case of Japanese patents. *Scientometrics*. Vol. 96, No. 1, p. 365-379. 査読有

Yoshikane, F., Suzuki, Y. and Tsuji, K. (2012). Analysis of the relationship between citation frequency of patents and diversity of their backward citations for Japanese patents. *Scientometrics*. Vol. 92, No. 3, p. 721-733. 査読有

Suzuki, T., Kawamura, S., Yoshikane, F., Kageura, K. and Aizawa, A. (2012). Co-occurrence-based indicators for authorship analysis. *Literary & Linguistic Computing*. Vol. 27, No. 2, p. 197-214. 査読有

Onodera, N., Iwasawa, M., Midorikawa, N., Yoshikane, F., Amano, K., Ootani,

Y., Kodama, T., Kiyama, Y., Tsunoda, H. and Yamazaki, S. (2011). A method for eliminating articles by homonymous authors from the large number of articles retrieved by author search. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. Vol. 62, No. 4, p. 677-690. 査読有

[学会発表](計7件)

Arakawa, Y., Yoshimoto, R., Yoshikane, F. and Suzuki, T. An investigation on Twitter use of researchers: user type classification and text analysis. *JADH 2013 & DH-JAC 2013 Conference (3rd Conference of Japanese Association for Digital Humanities 2013 & 3rd International Conference on Digital Humanities for Japanese Arts and Cultures 2013) Abstracts*. p. 48-49. (20 September, 2013 at Ritsumeikan University, Kyoto, Japan)

Yoshikane, F. Comparative analysis of patent citations of different fields: in consideration of the data size dependency of statistical measures. *The 3rd International Conference on Integrated Information (IC-ININFO 2013)*. (9 September, 2013 at Orea Hotel Pyramida, Prague, Czech Republic)

Takei, C., Yoshikane, F. and Itsumura, H. Use of electronic journals in university libraries: an analysis of obsolescence regarding citations and access. *Proceedings of ISSI 2013 (14th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. Vol. 2, p. 1772-1783. (17 July, 2013 at University of Vienna, Vienna, Austria)

Yoshikane, F., Takei, C., Tsuji, K., Ikeuchi, A. and Suzuki, T. Exploring quantitative characteristics of patentable applications using random forests. *Proceedings of ISSI 2013 (14th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. Vol. 1, p. 728-741. (16 July, 2013 at University of Vienna, Vienna, Austria)

Yoshikane, F., Suzuki, Y., Arakawa, Y., Ikeuchi, A. and Tsuji, K. Multiple regression analysis between citation frequency of patents and their quantitative characteristics. *The 2nd International Conference on Integrated Information (IC-ININFO 2012)*. (30 August-3 September, 2012 at Mercure Budapest Korona Hotel, Budapest, Hungary)

Kiyokawa, A., Yoshikane, F., Kawamura, S. and Suzuki, T. How activity of a researcher is influenced by conducting interdisciplinary research. *Proceedings of ISSI 2011 (13th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. Vol. 2, p. 1005-1007. (7 July, 2011 at Durban University of Technology, Durban, South Africa)

Yoshikane, F., Kiyokawa, A., Tsuji, K., Kawamura, S. and Suzuki, T. Changes in citation patterns in interdisciplinary research areas. *Proceedings of ISSI 2011 (13th International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics)*. Vol. 2, p. 1082-1084. (6 July, 2011 at Durban University of Technology, Durban, South Africa)

## 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・准教授

研究者番号：30353428