

科学技術イノベーション創発促進のための指標開発 ～研究の学際性を軸として～

東北大学大学院 理学研究科 特任准教授 高橋 亮

1. 調査研究の背景・課題・目的

(背景) 科学技術イノベーションに向けた科学技術政策の立案や大学・研究機関(以下、大学等)における研究戦略策定においては、科学技術に関わる様々な研究分野の将来的な発展動向の見通しと、大学等の組織単位あるいは個々の研究者を単位とした研究力の現状分析が必要不可欠である。また、科学技術イノベーション創発の議論のなかでは、特に大学で行う研究に対しては「異分野融合」のアプローチが有効とされ、「研究の学際性」が重要視されてきている。その「研究の学際性」については、引用文献に基づく研究の学際性の指標や科学技術・学術政策研究所のサイエンスマップ分析が活用され、それら分析結果から導き出される情報が科学技術政策立案や研究戦略策定に活用されている。

(課題) 「研究の学際性」を把握するための分析では、膨大な引用文献群を扱い、それに統計処理を施すなど、主としてマクロスコピックな視点に基づいて行われている。しかしながら、学際的な研究に立脚した科学技術イノベーションは、一本の論文、あるいは一つ一つの科学技術がその創発の誘因となっている。したがって、科学技術イノベーションの創発を促進するという観点では、個々の研究分野または研究者を単位とした、よりミクロスコピックな視点で研究の学際性について分析し議論を行うことの方が有効であると示唆される。同時に、個々の学際的研究が本当にイノベーション創発に繋がったかどうかの検証も必要である。

(目的) そこで、本調査研究では、「研究の学際性」というキーワードのもと、次世代の科学技術イノベーション創発が期待できる研究力の適切な評価に向けた新たな指標と分析手法を開発する。

2. 調査研究の方法

本調査研究では、新たな研究力評価指標とその分析手法の開発にあたり、「研究の学際性」をキーワードとしたが、その際、「各研究分野間の親和性は全て同等に扱って良いか?」という点には慎重な議論が必要である。つまり、例えば、「**Chemical Engineering**」分野と「**Chemistry**」分野は、「**Chemistry** (化学)」というキーワードで強い分野間の関連性(親和性)があることが推察されるが、それに対し、「**Arts and Humanities**」分野と「**Chemistry**」分野間からそのような明確な親和性を見出すことは単純には困難である。このことは、「**Chemical Engineering**」の研究者と「**Chemistry**」の研究者による論文と、「**Arts and Humanities**」分野の研究者と「**Chemistry**」分野の研究者による論文を同程度の学際的研究として扱うことになるが、その定量的根拠がない。したがって、本調査研究では、これら分野間の親和性を定量化する。

本調査研究では、各分野間（ある二つの分野 i と j 間）の親和性を

$$A_{ij} \equiv \frac{\text{分野}i\text{と}j\text{に分類される学術雑誌数}}{\text{分野}i\text{に分類される学術雑誌数}} \times 100$$

と定義し、以下の方法で算出した。

データセット

使用したデータセットは以下のとおりである：

- 調査対象は、2019年9月時点において、大規模論文データベース Scopus に登録されている学術雑誌の分野情報
- 学術雑誌数は、1924年～2019年9月時点までに創刊されたもの 39743 誌
- このデータセットは、“Source title list”として Scopus より 2019年9月に取得

Scopus に登録されている全ての学術雑誌には 27 の学問分野（All Science Journal Classification Codes (ASJC)）のいずれか 1 つの学問分野、もしくは複数の学問分野が付与されているが、本調査研究では、ある学問分野と他の学問分野との親和性を測るため、以下の方法で学術雑誌数の集計を行い、27 の学問分野をラベルとしてもつ 27×27 の正方行列を作成した。

集計方法

- ある学術雑誌に 1 つの分野だけが付与されている場合、該当の分野の対角成分に 1 を加える（例：A という 1 つの分野だけが付与されていた場合、A 行 A 列目（対角成分）に 1 を加える）。
- ある学術雑誌に 2 つの分野が付与されている場合、該当の 2 つの分野の 2 つの対角成分に、ともに 1 を加える。さらに、その 2 つの分野の組み合わせで表される 2 つの非対角成分に、ともに 1 を加える（例：A と B という 2 つの分野が付与されている場合、A 行 A 列目、B 行 B 列目、A 行 B 列目、B 行 A 列目に全て 1 を加える）。
- ある学術雑誌に 3 つの分野が付与されている場合、該当の 3 つの分野の 3 つの対角成分全てに 1 を加える。さらに、その 3 つの分野から 2 つを選択し、それぞれ対応する 6 つの非対角成分に、全て 1 を加える。4 つ以上の分野が付与されていた場合にも、同様の方法により、対応する対角成分と非対角成分に 1 を加えていく。
- これを 39743 報全ての雑誌に対して行う。

得られた 27×27 の正方行列では、各成分が学術雑誌数を表すが、各行に対して対角成分が「100」となるように行列を規格化する。このようにして算出した度数が“分野間親和性”となる。

3. 調査研究の結果

本調査研究で開発した分野間親和性の性質として最も重要な性質は、「双方向性」をもつという点である。つまり、ある A という分野に着目した場合、他の B という分野を付与された学術雑誌群に占める A 分野を付与された学術雑誌数の割合と A の分野を付与された学術雑誌

群に占める B 分野を付与された学術雑誌数の割合は異なるという点である。このことは、A 分野と B 分野に跨る学際的領域を、A 分野から見た場合と B 分野から見た場合で、その位置づけが異なることを意味している。本調査研究では、Sankey 図を用いてこの双方向性を定量的な情報を損なわずに表現する方法も提案した。

この双方向性を考慮に入れた定量的結果から、Earth and Planetary Sciences 分野と Environmental Sciences 分野、Arts and Humanities 分野と Social Sciences 分野の 2 つの組み合わせが、お互い双方向的に最も高い親和性をもつことを明らかにした。また、Medicine 分野は、Biochemistry, Genetics and Molecular Biology 分野、Immunology and Microbiology 分野、Neuroscience 分野、Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics 分野、Nursing 分野、Dentistry 分野、そして Health Professions 分野の 7 つの分野において最も親和性の高い分野であり、これは全 27 分野の中で最多であることを明らかにした。

4. 考察

本調査研究結果を受け、以下 4 つの点を今後の課題、及び注意すべき事項として挙げる：

1. 本調査研究では、Scopus に登録された学術雑誌に付与された 27 の分野に関する情報を使用し、分野間親和性のコンセプト（指標）とその計算手法を示したが、これらの分野は実際の学問分野ではなく、Scopus によって提示された分野分類であることに注意する必要がある。この点は、科学技術イノベーションに向けた科学技術政策の立案や大学等における研究戦略策定において重要となる。
2. ASJC の 27 の分野分類には、334 のより詳細なサブカテゴリがある。この 27 の分野分類は、本調査研究で提案した分野間親和性のコンセプトを明確に示し、その算出を行うのに最適な規模であったが、334 のサブカテゴリにこの手法を適用することは可能である。しかし、その場合、ASJC 分野分類に固有の問題を解決する必要がある。例えば、"Linguistics and Language"分野と"Language and Linguistics"分野という 2 つの分野が存在しているといったような分野分類の不明確さの問題である。
3. Scopus は ASJC 分野分類を学術雑誌に付与するが、その学術雑誌に発表された論文が実際にその分野に正確に適合しているどうかまでは考慮していない。さらに、学術雑誌に複数の分野が付与されている場合、本調査研究では、それらの分野を均等にカウントしたが、学術雑誌に発表された論文集合が 1 つの分野に偏っている可能性については考慮していない。
4. 学術出版物の大規模なデータベースは、Scopus 以外にも、Web of Science、米国国立科学財団分類システム、Science-Metrix 分類システム、カリフォルニア大学サンディエゴ分類システム、オーストラリアとニュージーランドの標準研究分類、中国図書館分類などがある。本調査研究で提案した分野間親和性のコンセプトと計算手法は、他の分類システムでも使用することが可能であるが、分類体系ごとに学問分野分類が

異なるため、本調査研究で示した親和性の値を他の分類体系に基づいて算出した値と直接比較することはできない。