

---

## 1. はじめに

---

### 1.1. 背景

---

論文の質的評価指標の代表的なものとして Top10%論文のように被引用数を用いた指標が主流となっている。他方で、被引用数という引用の数量的視点のみから論文を評価することへの限界が指摘されており(Baird & Oppenheim, 1994; MacRoberts & MacRoberts, 1996)、論文の質的評価において、多面的な評価が求められる。

ここ数十年の間、科学計量学の分野において、新規性を測るための書誌情報を用いた様々な指標が提案されている。その代表的なものとして、知識源の新結合に着目した新規性指標 (combinatorial novelty literature)がある (Uzzi et al., 2013, Wang et al., 2018)。この指標は、既存知識の今までにない組合せが革新的な成果を生み出すのに貢献するという考えに基づいている(Mednick, 1962; Simonton, 2003; Kaplan & Vakili, 2015)。これまでの既存研究では、引用文献、引用文献のジャーナル、キーワードなどが、知識の組合せを測るための書誌データとして用いられている(eg. Lee et al., 2015, Wang et al., 2017, Wang et al., 2018, Dahlin and Behrens, 2005, Trapido, 2015, Uddin and Khan, 2016)。引用文献の組合せは、引用ジャーナルやキーワードと比較して、より多くの組合せの中での新規性を測るので、計算コストが高い一方、より多様な知識の組合せを測ることができる利点がある。引用文献の組合せによる指標は、これまでの研究でいくつか提案されている。Dahlin and Behrens (2005)は、特許の新規性を測るため、引用文献の組合せによる指標を提案しており、Trapido (2015)は Dahlin and Behrens (2005)の指標を論文へ適用した。

様々な指標が提案される一方で、研究評価等へ指標を導入することは、研究者の行動を変化させる可能性すらある(Hicks et al., 2015)。したがって、提案されてきた新規性指標が、どのような研究の新規性を測っているのか、検証することは、指標を政策立案等で活用する上で重要である。近年、サーベイ調査を用いた新規性指標の validation の研究がいくつか見られるようになってきている(eg. Tahamtan and Bornmann, 2018, Bornmann et al., 2019)。

### 1.2. 目的

---

本分析では、Dahlin and Behrens (2005)によって提案された新規性指標を、自然科学全般への拡張を試みる。そのために、書誌データのみで新規性指標の算定が可能な新しい方法を提案する。書誌データのみで算定することにより、書誌データ以外のデータに関する制約が緩和され、どの分野でも算定可能となる。

さらに、日本の機関に所属する研究者の論文を対象としたサーベイ調査の結果を用いて、本研究で提案する新規性指標が、どのような研究の新規性を測っているのかの validation 分析も試みる。

---

## 2. 本分析で用いる新規性指標

---

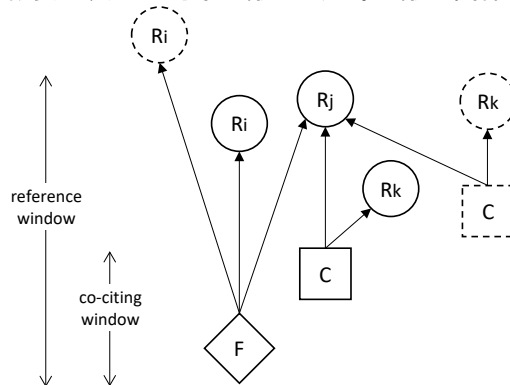
Dahlin and Behrens (2005)による新規性指標は、分析対象となる特許の引用文献と同分野の既存特許の引用文献の類似性によって定義される。

同分野の定義方法についてみると、Dahlin and Behrens (2005)では、テニスラケットの特許を分析対象としており、国際特許分類のサブクラスが同一の特許を同分野の特許と定義している。論文の場合、国際特許分類のサブクラスに該当するような標準的かつ詳細な分類区分が存在しない。本分析で用いる Web

of Science の書誌データに収録されている分野分類の最小単位はサブジェクトカテゴリである<sup>i</sup>。サブジェクトカテゴリ数は約 250 であり、既存研究の分野の粒度と比較して非常に大きい<sup>ii</sup>。分類区分が大きいほど、引用文献の類似性は低くなり、新規性の計測が難しくなる。Dahlin and Behrens (2005)の指標を論文に適用した研究として、Trapido (2015)による情報理論を対象とした分析が挙げられる。当該研究では、論文データベースに収録されている書誌情報以外の情報を用いて特定した情報理論の研究者の論文を情報理論の論文と定義している。

本研究では、どの分野についても、同じ基準で新規性指標の算定を可能とするために、論文データベースに収録されている書誌情報のみで同分野の論文を特定できるような方法を提案する。具体的には、サブジェクトカテゴリよりも小さい分野単位を定義するため、本分析では、分析対象とする論文とサブジェクトカテゴリが完全一致する論文群のうち、引用文献を少なくとも 1 件以上、共引用する論文群を同分野の論文群と定義する(概要図表 1 参照)。

概要図表 1 対象文献と同分野文献の関係



注) F:対象文献、R:対象文献の引用文献、C:対象文献の引用文献を引用する文献(同分野)

当該指標は、分析対象文献の引用文献と同分野の既存文献の引用文献の積集合を和集合で除した値 (OS : Overlap Score) を 1 から差し引くことで算定される<sup>iii</sup>。算定式は以下ようになる。Novelty は 0 から 1 の値をとり、1 に近づくほど、既存の知識の組合せと比較して新しい知識を組合せており、新規性が高いことを示す。

$$OS_{FC} = \frac{[N\_Ref]_F \cap [N\_Ref]_C}{[N\_Ref]_F \cup [N\_Ref]_C}$$

$$Novelty = 1 - \frac{1}{n} \sum_{c=1}^n OS_{FC}$$

<sup>i</sup> ジャーナルごとに付与されるもので、1 ジャーナルに複数付与される(原則最大 6 分野付与)。

[https://images.webofknowledge.com/WOKRS525R8.4/help/ja/WOS/hp\\_subject\\_category\\_terms\\_tasca.html](https://images.webofknowledge.com/WOKRS525R8.4/help/ja/WOS/hp_subject_category_terms_tasca.html)  
(2020 年 1 月アクセス)

<sup>ii</sup> 国際特許分類のサブクラス数は約 650 である。(IPC-2020.01 版)

<sup>iii</sup> なお、当該指標の算定にあたり、2 つの citation window を設定する必要がある。1 つは分析対象文献の引用文献の出版年をどの範囲まで含めるかを決定するための citation window である(reference window)。もう 1 つは、同分野の既存文献の出版年をどの範囲まで含めるかを決定するための citation window である(co-citing window)。reference window と co-citing window の関係については、概要図表 1 を参照のこと。

### 3. 新規性指標の validation 分析

#### 3.1. 分析データおよび分析手法

##### (1) 分析対象文献

本分析の調査対象とする論文は、一橋大学イノベーション研究センターと NISTEP が共同で実施した「科学における知識生産プロセスに関する調査(以下、科学者サーベイ)」(Nagaoka et al., 2010)で有効回答を得られた調査対象者の論文とする。

分析対象論文は、クラリベイト社の提供する論文データベース(Web of Science: Science Citation Index Expanded)に収録されている自然科学系の論文で、2001～2006 年に出版された Article と Letters に該当するもののうち、いずれかの著者の所属機関に、日本に所在する機関が含まれている論文となる。

分析対象論文数は 2,081 件であり、高被引用度論文(566 件)と通常論文(1,515 件)から構成されている。高被引用度論文とは、各年、各ジャーナル分野(22 ジャーナル分野)において被引用数上位 1%の論文(高被引用度論文)である。通常論文は、高被引用度論文を除いた全論文から、日本に所在する機関が含まれているものを、各年、各ジャーナル分野(22 ジャーナル分野)で無作為に抽出したものである。

##### (2) 新規性に関するサーベイ結果

科学者サーベイでは、科学における知識生産プロセスとそのイノベーション創出における構造的な特徴を明らかにするため、大きく 7 つの質問群を設定している。

本分析では、調査対象論文についての質問群に含まれる「対象論文の研究成果の類型」の質問の中の、8 つの選択肢の回答結果を用いる。これらの類型は、理論、現象、手法、機能・機構・物質の 4 つの観点から、新規性の高い類型と既存研究の改良・評価に係る類型の対になっている(概要図表 2 参照)。なお、選択肢ごとに「全く当てはまらない」を 1、「非常に当てはまる」を 5 とし、5 段階で評価する回答形式となっている。

概要図表 2 研究成果の類型

	新規性の高い類型	既存研究の改良・評価に係る類型
理論	<b>new_theory</b> 新しい仮説・理論の構築	<b>valid_theory</b> 既存の仮説・理論の検証(反証も含む)
現象	<b>new_phenom</b> 未知の現象・物質の発見	<b>under_phenom</b> 現象の解明
手法	<b>new_meth</b> 新しい研究方法・手法の構築	<b>imprv_meth</b> 既存の研究方法・手法の改良
機能・機構・物質	<b>new_mat</b> 新しい機能・機構・物質の創出	<b>imprv_mat</b> 既存の機能・機構・物質の改良

##### (3) 分析手法

本分析では、上記の科学者サーベイの「研究成果の類型」に関する回答結果を被説明変数、書誌データから算定した新規性指標の値を説明変数とする順序ロジットモデル、最小二乗法(OLS)<sup>iv)</sup>によって、新規性指標と研究成果の類型の関係を分析することにより Validation を行う。特定の分野および特定の出版年の影響をコントロールするため、分野(統合 8 分野<sup>v)</sup>)と出版年についてのダミー変数を加えている。

<sup>iv)</sup> 順序ロジットモデル、最小二乗法ともに係数を標準化したモデルを適用。

<sup>v)</sup> Essential Science Indicators(ESI)の 22 分野分類を 8 分野に分類したもの。本編 4.2 を参照のこと。

### 3.2. 分析結果

概要図表 3 に被説明変数、説明変数の記述統計を示す。新規性指標の値については、どの citation window のパターンも類似した値が算定されており、citation window のパターンを変化させることで指標の値が大きく変化することはないことがわかる<sup>vi</sup>。サーベイ結果については、under\_phenom(現象の解明), new\_theory(新しい仮説・理論の構築)で高い値、imprv\_mat(既存の機能・機構・物質の改良), new\_mat(新しい機能・機構・物質の創出)で低い値になることがわかる。

概要図表 3 記述統計

#### (a) 新規性指標

<b>citation window pattern</b>	<b>(1)</b>	<b>(2)</b>	<b>(3)</b>	<b>(4)</b>
reference window	<b>all</b>	<b>all</b>	<b>10years</b>	<b>10years</b>
co-citing window	<b>3years</b>	<b>all</b>	<b>3years</b>	<b>all</b>
<b>Mean</b>	0.948	0.950	0.933	0.933
<b>Std. Dev.</b>	0.051	0.048	0.065	0.064
<b>Min</b>	0.471	0.500	0.333	0.333
<b>Max</b>	0.996	0.996	0.998	0.995

#### (b) サーベイ結果

研究成果の 類型	<b>new_ theory</b>	<b>valid_ theory</b>	<b>new_ phenom</b>	<b>under_ phenom</b>	<b>new_ meth</b>	<b>imprv_ meth</b>	<b>new_ mat</b>	<b>imprv_ mat</b>
<b>Mean</b>	3.502	3.303	3.095	3.718	3.097	2.904	2.795	2.370
<b>Std. Dev.</b>	1.279	1.259	1.451	1.198	1.338	1.247	1.518	1.272

注) どの研究成果の類型、citation window のパターンも、分析データ数は 1,871 となる。

概要図表 4 に順序ロジットモデルによる分析結果を示す。当該分析結果から、reference window が 10 年 (window pattern 3,4) の場合、新規性の高い類型全て (new\_theory, new\_phenom, new\_meth, new\_mat) において、統計的に有意性のある正の相関が確認された。そして、理論、現象、手法、機能・機構・物質の観点ごとに研究成果の類型の結果を比較すると、いずれも新規性の高い類型の方が係数の値が大きくなっている。なお、OLS による分析でも同様の結果が得られた (本編 Table4.2 参照)。

このことから、本研究で分析対象とした新規性指標は、reference window が短い場合に、さまざまな研究成果の類型において、研究者が判定する研究の新規性を反映するものであることがわかる。そのため、研究者による研究の新規性を計測するための代理変数として有用であることが伺える。

window pattern 3,4 を比較すると、類似した結果となっていることから、co-citing window の長さの影響は少ないと考えられる。そのため、計算コストの観点から、citation window は、reference window が 10 年、co-citing window が 3 年のパターンが最も実用的であると考えられる。

<sup>vi</sup> ただし、reference window が長いほど、新規性スコアが高くなる傾向がある。これは、より長い reference window を用いると、分析対象とする論文と関連性の低い論文が新規性指標の計算に含まれる可能性が増加するためであると考えられる。

概要図表 4 Validation 結果: 順序ロジットモデル

reference window co-citing window 被説明変数 (研究成果の種類)	説明変数: Novelty			
	Window Pattern 1	Window Pattern 2	Window Pattern 3	Window Pattern 4
	all	all	10years	10years
	3years	all	3years	all
<b>new_theory</b>	0.078 (1.70)	0.096* (2.00)	0.107** (2.67)	0.118** (2.87)
<b>valid_theory</b>	0.097* (2.29)	0.085 (1.89)	0.106** (2.58)	0.083* (2.02)
<b>new_phenom</b>	0.097** (2.91)	0.110** (3.14)	0.120*** (3.73)	0.139*** (4.22)
<b>under_phenom</b>	0.063 (1.43)	0.083 (1.95)	0.091* (2.06)	0.102* (2.30)
<b>new_meth</b>	0.028 (0.79)	0.047 (1.31)	0.071* (2.02)	0.085* (2.39)
<b>imprv_meth</b>	-0.053 (-1.39)	-0.044 (-1.12)	-0.037 (-0.93)	-0.035 (-0.84)
<b>new_mat</b>	0.065 (1.74)	0.070 (1.75)	0.100** (2.99)	0.104** (2.95)
<b>imprv_mat</b>	-0.037 (-0.98)	-0.035 (-0.90)	-0.031 (-0.87)	-0.034 (-0.92)

注: 1) \*\*\*  $p < 0.001$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ . 係数を標準化したモデルを適用。カッコ内は t 値。  
 2) 当該モデルには、コントロール変数として、論文の出版年および分野ダミーを加えている。  
 3) どの研究成果の種類、citation window のパターンも、分析データ数は 1,871 となる。

#### 4. おわりに

論文の質的評価指標として Top10%論文のように被引用数を用いた指標が主流となっている一方で、被引用数という引用の数量的視点のみから論文を評価することへの限界も指摘されている。

本研究では、知識源の新結合に着目し、Dahlin and Behrens (2005)によって提案された引用文献の組合せにより測定される新規性指標の自然科学全般への拡張を試みた。次に、本研究で用いた新規性指標が、どのような研究の新規性を測っているのかについて、研究者に対するサーベイ調査の結果を用いた validation 分析を実施した。その結果、本研究で提案した新規性指標は、さまざまな研究成果の種類において、研究者が判定する研究の新規性を反映するものであることがわかり、研究者による研究の新規性を計測するための代理変数として有用であることが伺えた<sup>vii</sup>。

これまでの指標の validation 分析は、特定の国、分野等、分析対象の範囲が限定されていた。本研究の validation 分析は自然科学系の幅広い分野の論文を対象としているが、2001~2006年に出版された日本の論文を対象としているなど、範囲の制約がないわけではない。今後、様々な国や年代の文献を対象に validation 分析を進めていくことで、本研究によって示された新規性指標の特徴が、国や年代に依らない普遍的なものであるかについての検証を深めていくことができると考えられる。

<sup>vii</sup> ここでは、自然科学系全般についての分析結果を示したが、分野別の分析からは、分野によって統計的な有意性を示す研究の種類が異なることが示されている。これは、分野によって研究実施に際して、理論、現象、手法、機能・機構・物質の何れの観点に重きを置かが異なっているためと考えられる。