

平成 25 年度
「リサーチ・アドミニストレーターを育成・確保するシステムの整備」
(研修・教育プログラムの作成)

14.研究力調査・分析入門

科学計量学・計量書誌学入門

早稲田大学 研究戦略センター 教授

松永 康

目次

シラバス	1
1 科学計量学・計量書誌学とは.....	2
1.1 Scientometrics と Bibliometrics.....	2
2 計量書誌学の発端と数理モデル	4
2.1 ロトカの法則	4
2.2 ジップの法則	5
3 被引用数	7
3.1 なぜ被引用数が注目されるのか.....	7
3.2 インパクトファクター (IF)	7
3.3 h 指数 (h-index)	8
3.4 IF と h 指数の問題点.....	9
4 引用・共引用分析	11
4.1 被引用分析	11
4.2 共引用分析	12
5 主要な論文検索データベースの比較.....	16
5.1 収集分野と各国シェア	16
5.2 研究分野の分類比較	18
6 主な世界大学ランキングと指標	20
7 アンケート調査の設計と検定.....	23
7.1 質問文の設計	23
7.2 クロス集計とカイ 2 乗検定	24
7.3 実態調査例—文系理系の意識の違い—	27
8 まとめ.....	29
参考文献 一覧	30
著者略歴	32

シラバス

研修科目名	研究力調査・分析入門 科学計量学・計量書誌学入門
形式	講義 1 回
目的 及び概要	科学計量学、計量書誌学で頻出する被引用数とそれに関する指数の扱いの注意点を学ぶ。また、被引用分析の基礎を学ぶ。よく用いられるデータベースや各種ランキング、大学ランキングを紹介し、その特徴や注意事項を学ぶ。また、アンケート調査を実施する場合の基礎と分析の基礎を紹介する。
キーワード	計量書誌学、科学計量学、高被引用研究者、h-index・IFの問題点と論文の質、引用分析、共引用分析、各種データベース、大学ランキングの特徴、標本調査、推定・検定、クロス集計、カイ2乗分布
計画	科学計量学・計量書誌学概説、被引用数、引用・共引用分析とは、データベース比較と大学ランキング比較 調査の設計と標本の検定（割愛してもよい）
達成目標	計量書誌学への理解を深め、被引用数やその関連指標にどのような特徴があるかを理解する。引用分析、共引用の考え方を修得する。調査したデータから簡単な検定を実施できるようにする。
教材・資料	『研究評価・科学論のための科学計量学入門』『キーポイント確率・統計』『アンケート調査の計画・分析入門』他
講師プロフィール※	大学における研究推進部長等
対象レベル※※	初級
想定される予備知識	大学学士課程修了者程度

※ 想定する講師のイメージ、要件

※※ 初級：経験年数 1～5 年*、中級：5～10 年、上級：10～15 年以上（スキル標準による定義）*経験年数は、エフォート率 30～50%を想定

1 科学計量学・計量書誌学とは

1.1 Scientometrics と Bibliometrics

本節で触れる科学計量学 (Scientometrics) は、科学を科学する (Science of Science) 学問として、科学活動の説明を計量を用いて実施するものとして発展してきた^{1),10)}。科学計量学として体系化されたのは、1969年といわれている^{1),13)}。一方、計量書誌学 (Bibliometrics) は、まさに書誌 (biblio) を対象としており、こちらの方が一般に歴史が古い。計量書誌学はもともと図書館の管理のために発展した学問である。ただし、体系化されたのは意外に新しくやはり1969年といわれている¹⁵⁾。

科学計量学は科学研究の、例えば経済学との連関や政策との連関まで踏み込み、科学とは何かを追究する。もっといえば出版された論文の内容や質にまで踏み込む必要がある。一般に科学計量学の概念の方が計量書誌学より広いと考えてよい。科学計量学と計量書誌学の方法論は、論文数分析、被引用数分析、共語分析などであり非常に似ているけれども、アウトプットする目的が異なると考えればよい。

また、インフォメトリクス (Informetrics) も似たような概念であるが、こちらは情報科学の発展を背景にしている¹⁷⁾ (図 1.1)。現在のインターネット全盛の時代にあってインフォメトリクスは情報科学の一研究分野を築いている¹⁾。

科学計量学の概説や歴史は、参考文献にも記した『研究評価・科学論のための科学計量学入門』(丸善出版)の第I部に詳しい記載があるのでそちらを参照されたい。なお、代表的な雑誌は例えば、シュプリンガー (Springer) 社から *Scientometrics* が出版されている²⁾。エルゼビア (Elsevier) 社からは *Journal of Informetrics* が出版されている。

¹ ウェブ情報に基づく Webometrics などが挙げられる¹⁴⁾。

² <http://link.springer.com/journal/11192>

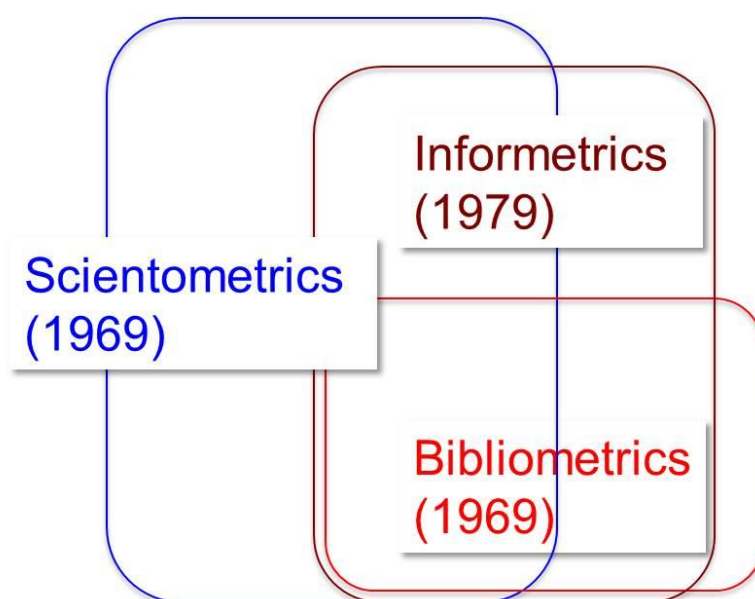


図 1.1 Scientometrics, Bibliometrics, Informetrics の概念の集合関係。
重複部分が非常に多いがそれぞれ目的が異なる。

2 計量書誌学の発端と数理モデル

本章では、計量書誌学の発端となった数理モデルとその法則性を紹介する。

2.1 ロトカの法則

有名なものにロトカの法則がある²⁾。ロトカ・ボルテラ方程式のロトカでこれは人名である。この法則は、科学の生産性に関する逆2乗則と呼ばれ、 x を論文数、 y を著者割合、 c を定数とすると、

$$y = \frac{c}{x^n}, \quad n \cong 2 \quad (2.1)$$

の関係があることが1926年に発見された。

横軸に論文数を縦軸に著者割合をとったのが図2.1である。縦軸は対数で示してある。

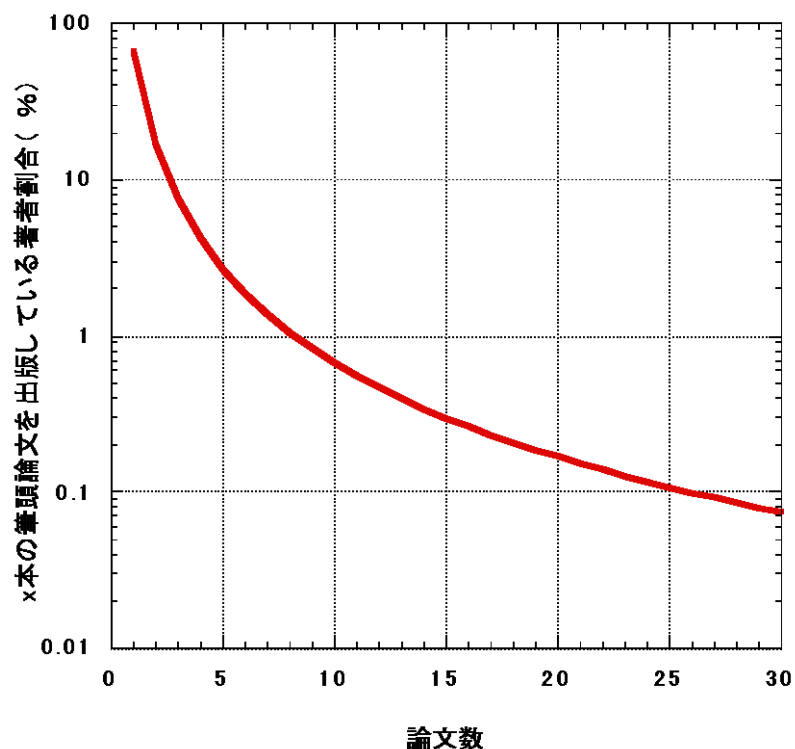


図 2.1 ロトカの法則。 x を論文数、 y を著者割合、定数 c を 0.608 とすると、5 報論文を書く人は 2.7%、10 報論文を書く人はわずか 0.61%となる。

図 2.1 のいわんとすることは、多産な著者は限られており、その割合は逆冪則に従う。そのときの冪数は 2 に近い数字になることが、種々のデータにより示されている。図 2.1 に示したように 10 報論文を書く著者割合は 1% を切ってしまうという驚くべき法則である。もちろん、ある一定期間でという条件がついている。花形研究者が少ないことはわかっているが、この法則はその産出論文数との関係を示した経験則である。産出する論文数だけで研究者の評価が決まるわけではないけれども、論文数と研究者の評価には強い相関があることも事実である。

2.2 ジップの法則

一方、論文中に使用される語の使用頻度を順位付けしたものがジップの法則である。 f を論文中の単語の使用頻度、 r を順位、 c をデータから決まる定数とすると以下の関係式があることが発見された^{3),4)}。

$$f \approx \frac{c}{r} \quad (r=1, 2, \dots, n) \quad (2.2)$$

式(2.2)に示したオリジナルの関係式は、単純に頻度が逆比例するものであるが、現在では種々の改良が示されている。例えば、 a, b をデータから決まる定数として

$$f \approx \frac{c}{(b+r)^a} \quad (r=1, 2, \dots, n) \quad (2.3)$$

等とするのである。

図 2.2 は式(2.3)を両対数で示したジップの法則である。この図の傾きより冪数 a を決めることが一般に行われる。図 2.2 では a が 0.865 の場合である。

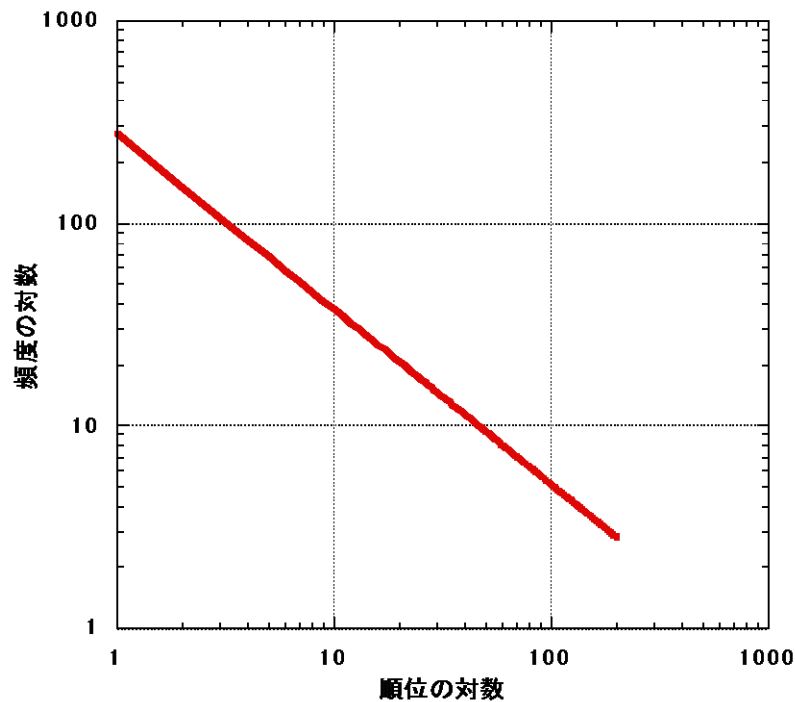


図 2.2 ジップの法則。 $c=\exp(5.62)$, $b=0$ の場合、図の傾きより冪数 a は、0.865 となる。

ロトカの法則、ジップの法則は、一般に冪乗則と呼ばれる。冪乗則であるからスケール不変性の性質をもつ。つまり、定数項を除いて関数型が保存され、どのスケールすなわち尺度で拡大／縮小してみても、同じような状況が見える、という自己相似性をもつのである。冪乗則は、正規分布と違って、「平均」や「分散」が意味をなさなくなる。さらに大きなイベントも小さなイベントも同じメカニズムで起こることがわかっている。典型例は万有引力の法則、経済学ではパレートの法則などであり、非常に一般的な法則である。計量書誌学を学問として位置づける意味は、このような冪乗則が見いだされているからといっても過言ではない。「自然は曲線を創り人間は直線を創る」、とは湯川秀樹の言葉である⁵⁾。曲線とは冪乗則のことであり、自然現象を冪乗則で表すことは科学の探求にほかならないからである。

3 被引用数

次に被引用数についておさらいしておこう。

3.1 なぜ被引用数が注目されるのか

研究者目線から研究業績を考えると、単純集計でのあるグループの平均の論文数、平均の被引用数にはあまり意味がない。一方で、高被引用数論文の割合は、あるグループで集計した場合でも貢献があるとみなされる。研究にはトレンドがありいつか衰退する。これに関しては、中級編の「研究力調査・分析手法」で被引用数の経時変化の事例を示す。研究にはトレンドがあるがゆえ、新たな領域開拓への期待が大きい。高被引用論文は、新領域や学際領域を切り開いたとみなされ、高被引用論文を産出する研究者や研究グループには、研究者からの賞賛と期待が大きいのである。なお、これらに関する詳しい事例は、『研究評価・科学論のための科学計量学入門』の第12章を参照されたい。

一方で、被引用分析は、その引用が何を意味するかまではわからない。通常はポジティブに引用するが、状況によってはネガティブな引用もあり得るし、文脈によっては引用自体にそれほどの意味がない場合さえある。したがって、産出された論文を真に評価するにはその論文の位置づけや後世に残した影響などを踏まえた価値評価が必要になるが、これを研究対象とするのが科学計量学ともいえる。

3.2 インパクトファクター（IF）

インパクトファクター（IF）をおさらいしておこう³。その年のIFは、過去2年間の対象雑誌の総論文数を分母に、その年発表された全ての論文が、過去2年間の対象雑誌の論文を引用した数を分子にした指数であり^{1),6),16)}、

$$\text{IF(in 2012)} \equiv \frac{C}{N} \quad (3.1)$$

³ ガーフィールド（E. Garfield）が1955年に考案し、JCR（Journal Citation Reports®）のデータに収録。

と表される。例えば、ある雑誌の 2012 年の IF は、 C を過去 2 年間 (2010-2011) の対象雑誌に掲載された論文が、2012 年に発表された全ての論文から引用された総数とし、 N を過去 2 年間 (2010-2011) の対象雑誌に掲載された総論文数とすると式 (3.1) に示すようにその比で定義される。

IF の意味は、対象雑誌に掲載された論文が出版された後、1~2 年で平均何回引用されたかを示している。いわゆる雑誌の影響度を表しているのでインパクトという語を使用しているのである。さて、雑誌の IF を定義した元々の目的は、図書館がどのような雑誌を購入するか、研究者がどの雑誌に投稿するかであった。つまり、IF はいわゆる雑誌の番付表である。したがって、論文の質とは別の指標といえる。にもかかわらず研究者の研究の質を IF が高い雑誌で測ること、結論からいえば、誤用される場合が多いのが実情であるので、この IF の扱いには注意が必要である。

自然科学系で IF の高い雑誌としては『ネイチャー (Nature)』や『サイエンス (Science)』が有名である。また、一般に医学系、基礎生物系の雑誌の IF は高い。さらに articles より、review や letters を中心とする雑誌の方が IF は高い。なお、日本の英文雑誌は、残念ながら一般に低調である。

3.3 h 指数 (h-index)

h 指数あるいは、h-index とは、一言でいうと研究者の研究実績の打率のようなものである。図 3.1 に示したように、発表論文の被引用数が大きいものから降順に並べ、被引用数との関係を可視化しておく。横軸が被引用数による論文の降順順位で並べた論文数を表し、縦軸が被引用数であり、2 人の研究者の論文数と被引用数を比較した。そして、図 3.1 のように $y=x$ の直線を引いた場合に、横軸の論文降順順位と被引用数が逆転する直前の論文降順順位を h 指数とする。比較的最近、2005 年に開発された指数である。h 指数は、論文数 (生産性) と被引用数 (影響度) をひとつの指標で表すことができることが利点であり、雑誌の番付である IF より、より研究者個人や機関の能力を測ることに適している。図 3.1 の場合、B 研究者の方が h 指数が高いことがわかる。

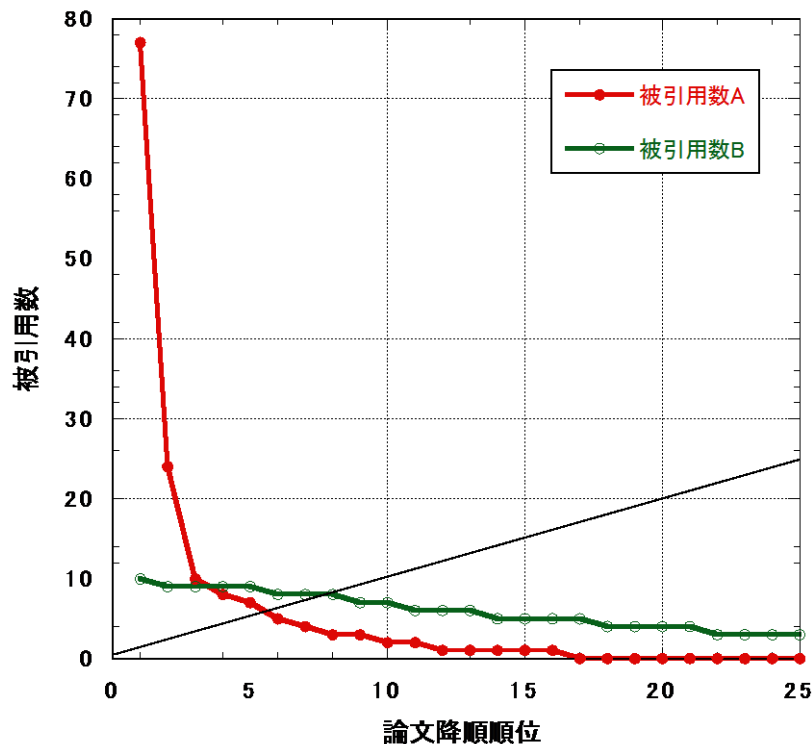


図 3.1 h 指数 (h-index)。2 人の研究者 A, B の h 指数は、それぞれ、5, 7 となる。

3.4 IF と h 指数の問題点

ここで、IF と h 指数の問題点を整理しておこう。まず、IF は、確かに論文の影響度を表すものの、論文の質を表すものではない。また分野間の標準化がない。慣習的によく引用する研究分野が有利である。直近 2 年の数字である。ただし、これに関しては 5 年の IF も出ている。

一方、h 指数は、高被引用論文を 1 報書くことと、低被引用論文を多数書くことが等価となる。例えば、100 の引用を受ける論文を 1 報書くことと、1 つしか引用を受けない論文を 100 報書くことが等価なのである。また、高被引用論文の価値が埋もれてしまう。図 3.1 に示すように A 研究者は被引用数の高い論文を書いているが、h 指数としては B 研究者の方が高く出るのである。また、論文数に依存するので、研究経験の長いシニア研究者の h 指数が高くなる傾向がある。さらに、IF との共通事項だが分野間の比較は不可能である。やはり、医学系、生物系の研究者の h 指数は高く出るが、数学系研究者の h 指数は一般に低い。社会科学、人文科学系の研究者は言わずもがなである。

高引用と論文推移依存を克服するために **g 指数 (g-index)** というものが 2006 年に開発されている。これについては中級編の「研究力調査・分析手法」の方で、数値を示しながら説明することとする。

4 引用・共引用分析

4.1 被引用分析

多く引用された論文は、重要であり影響（インパクト）があるとの前提がある。もちろん好意的ではない引用もありうる。よく引用と略してしまうが、正確には「被」引用であり、これはどちらを主体と見るかの違いによる。この考えに基づいた代表的指数が、インパクトファクター（IF）であり、また、学術文献データベース Web of Science®などに示されているトップ 10% 論文の資料であり、ここでは高被引用の著者を公開している。なお、引用分析では前述したように論文の内容まで踏み込むことはない。

相対引用度とは、ある雑誌のなかで掲載された論文の重要度を測るものである。例えば IF が 5 の雑誌で相対被引用度が 1 を超えていればその論文は、雑誌の IF の期待値以上ということとなる。ただし、この指数でも雑誌間の比較はできない。

被引用数を解析するのによく用いられるのが引用行列とか引用ネットワークとかよばれるものである。表 4.1 に例を示す。A、……、E を例えば雑誌とする。A が B を 4 回引用し、B は A を 1 回引用し、という関係を行列で表すとこのようになる。これをあるソフトを用い、中級編で記す主成分分析などを行い、可視化やマップ化するわけである。A、……、E の要素の関係の表し方には実はいろいろあり、距離で 3 次元的に示したり、線の太さや種類、色で示したりする。分析対象となる要素（変数と考えてよい）は、著者、論文、雑誌、機関、国などであり、値は頻度を用いることが最も多い。例として、図 4.1 に距離と線で表した要素の関係の概念図を示す。

表 4.1 引用行列の例。A から E は雑誌を表し、値は引用回数。例えば、A の雑誌は、B の雑誌を 4 回、C の雑誌を 3 回引用している。B の雑誌は A を 1 回引用している。

		引用元				
		A	B	C	D	E
引用先	A	0	1	0	1	0
	B	4	0	0	0	0
	C	3	0	0	0	1
	D	0	0	0	0	0
	E	0	0	1	0	0

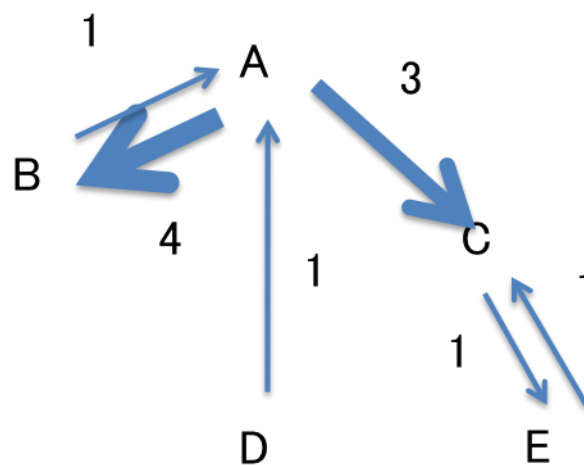


図 4.1 A から E の要素の関係を距離と線の太さで表した概念図。矢印の先が引用先、数字は引用数を表す。

4.2 共引用分析

共引用分析の考え方も示しておこう。これも広い意味での引用分析であるが、特に論文間の類似性に着目したものである。つまり、引用された文献対をもとにして、雑誌や研究分野のグループ化や類型化を実施するのである。

例えば、この図 4.2 は文献 1 が A から D、文献 2 が C から F の文献を引用しているとする。A から D が 1 から見た共引用であり、C から F は 2 から見た共引用である。注目すべきは C と D が 1、2 の両文献から引用されている点である。なお、この関係を 1、2 は、書誌結合しているという。書誌結合とは、つまり雑誌に注目した結合関係のことである¹⁾。表 4.2 に示した行列は同時に出現する文献数を値として被引用された文献 A から F の関係を表したものである。この場合は、引用元が文献 1 と文献 2 の 2 つしかないから非常に簡単だが、これを大きな文献群に適用すると、被引用された文献群や文献対の関係を見つけることができる。

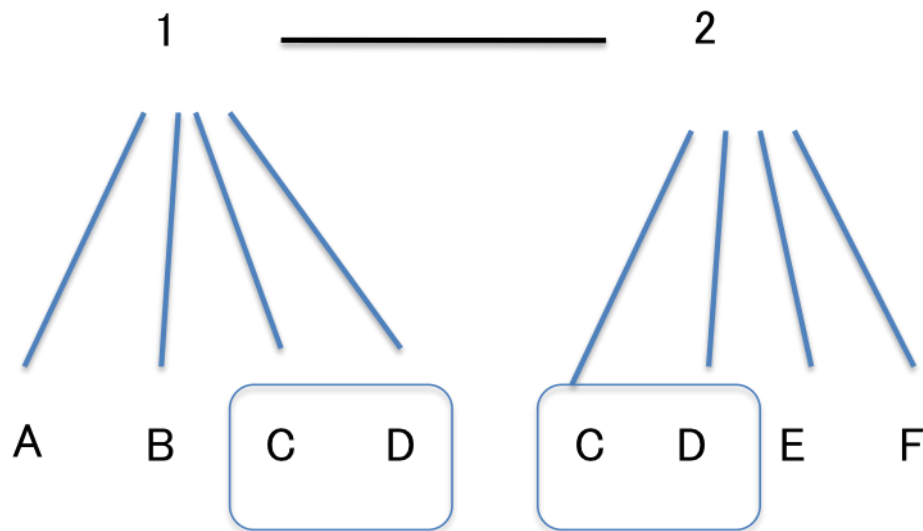


図 4.2 A から F の要素の関係を距離と線の太さで表したもの。

表 4.2 共引用行列の例。A から F は文献名。値は同時に引用された文献の数。例えば、図 4.2 に示したように文献 A は B, C, D と同時に文献 1 に引用されているから、A 列（行）と B, C, D 行（列）の交差する要素に 1 の値が入る。文献 C は、文献 1 と 2 に D と同時に引用されているから、黄色で示した要素だけ 2 となる。

	A	B	C	D	E	F
A	0	1	1	1	0	0
B	1	0	1	1	0	0
C	1	1	0	2	1	1
D	1	1	2	0	1	1
E	0	0	1	1	0	1
F	0	0	1	1	1	0

共引用分析の手続きをまとめておく⁹⁾。これは『研究評価・科学論のための科学計量学入門』にも記載があるのでそちらも参考にしていきたい。

- ①分析分野と論文集合を同定
- ②被引用数 C_i 、共引用数 $C_{ij}(=C_{ji})$ の作成
- ③閾値の設定、例えば、 $C_i > 5 \sim 10$ 、 $C_{ij} > 3$
- ④類似度、距離、Jaccard 係数、コサイン類似度の指定^{18),19)}
- ⑤クラスター分析、多次元尺度法 (MSD) の適用^{19),20)}

まず、分析する集合を設定する。例えば、ある分野の著者の研究テーマの関係を分析するため論文データベースから分析する文献を指定する。文献と著者を紐づけたデータを用意しておくといよい。文献群における著者ごとの、被引用数、共引用数を調べる。膨大な量になる場合は、被引用数、共引用数の閾値を指定する。これが、上記の③である。④では、その文献が近いか遠いか類似度を求める。類型化するためにクラスター分析を行い、最後に可視化する。類型化で決め手となる類似度の定義はいろいろあるがガーフィールドは、Jaccard 係数を提案した。なお、上記の④⑤は中級編で記す共語分

析と共通する手法であるので中級編を参照されたい。本節では、分析の流れと概念だけを説明する。

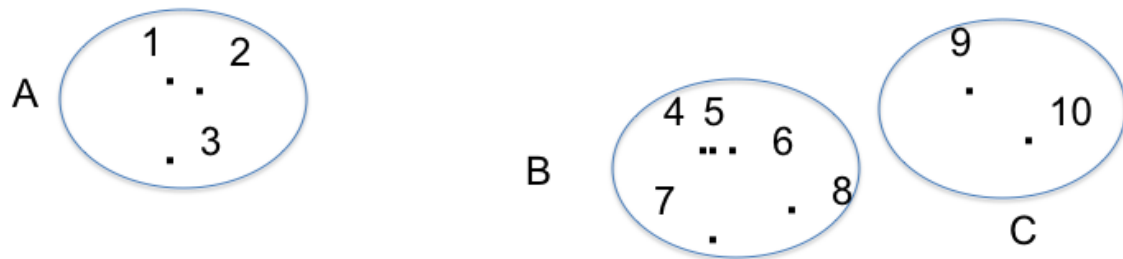


図 4.3 共引用分析による 10 著者のテーマを A～C の 3 クラスターに類型化した概念図。点は著者、数字は著者に番号を振ったもの。点間距離の近い遠いで共引用の頻度を表す。近いほど研究テーマが近いと判断できる。例えば、4 と 5 の著者の研究テーマが最も近い。1 と 10 は最も関連が薄い。

図 4.3 はクラスター化の例である。図示した距離が近いほど共引用される回数が多いことを表す。各クラスター A から C が研究領域の主題を表す。この分析手法を活用したのがトムソン・ロイター社の ESI (Essential Science IndicatorsSM) のリサーチフロントで、高被引用文献と共引用分析から先端研究領域をマップ化して提供している。これは、トップ 1% の高被引用文献と共引用分析を組み合わせることにより先端領域・著者を発見する手法である。また、エルゼビア社の SciVal[®] のスポットライト (Spotlight) も同様である^{21),22)}。グーグル社の検索エンジンに用いられているページランク (PageRankTM) もリンクの引用分析にあたり、似たような手法といえる⁴⁾。

⁴ Brin, S., and Page, L., “The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine”, 1998, <http://infolab.stanford.edu/~backrub/google.html>

5 主要な論文検索データベースの比較

少し、話題を変えて、論文データベースの比較をしておこう。日本の大学で導入している学術論文データベースは、実質的にエルゼビア社（SCOPUS）とトムソン・ロイター社（WOS）の2社の寡占と考えてよいだろうからこの比較を記すこととする。

5.1 収集分野と各国シェア

まず2つの学術論文データベースでは収集方針が異なっている。SCOPUSは基本的に雑誌を幅広く収集する方針を採っているが、WOS（Web of Science®）はIFがベースにあるから厳選して収集することが方針となっている。各社の収集方針は、脚注に示すURLに示したので参考にされたい⁵。昨年度時点で、SCOPUSは2100誌以上、WOSは1200誌以上の雑誌を収集している。

平成22年版科学技術白書の解説から引用したデータを表5.1と表5.2に示す⁶。ここでは示したデータが少し古いことをあらかじめ断っておく。

表5.1に示したように収録分野の割合で比較すると、WOSはどちらかといえばサイエンス寄り、SCOPUSは工学や臨床医学など応用寄りであることが特徴である。黄色のセルで示した項目がその違いを表している。

⁵ <http://japan.elsevier.com/products/scopus/content.html#policy>,
<http://ip-science.thomsonreuters.jp/mjl/criteria/>

⁶http://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa201001/detail/1296363.htm

表 5.1 SCOPUS と WOS の収録分野の比較

	SCOPUS	Web of Science
化学	7.2%	12.2%
材料科学	3.8%	4.7%
物理学&宇宙科学	7.8%	11.4%
計算機科学&数学	6.4%	5.6%
工学	12.1%	8.5%
環境／生態学&地球科学	7.1%	5.5%
臨床医学&精神医学／心理学	30.0%	24.6%
基礎生物学	22.3%	24.2%
その他	3.3%	3.4%

表 5.2 に示したように掲載された論文数自体は SCOPUS の方が多いが、論文数のシェアでは、いわゆる主要国は WOS の方が大きいという特徴をもつ。ただし、その差は先に示した表 5.1 の分野ほどの依存性はないと考えてよい。韓国を除く主要国では、8%の差しかない。中国が SCOPUS で突出していることが大きな特徴である。なお、大学ごとのデータベースによる論文数に関する比較は中級編「研究力調査・分析手法」で示す。

表 5.2 SCOPUS と WOS の論文数シェア比較 (2004-2006 年の平均、全分野、分数カウント)

	SCOPUS		Web of Science		シェアの比 S/W
	論文数	論文シェア (S)	論文数	論文シェア (W)	
日本	89,607	7.1%	67,805	7.4%	0.96
米国	320,698	25.5%	235,243	25.7%	1.00
英国	78,701	6.3%	55,938	6.1%	1.03
ドイツ	68,972	5.5%	54,624	6.0%	0.92
フランス	48,831	3.9%	38,894	4.2%	0.92
韓国	26,818	2.1%	22,641	2.5%	0.86
中国	136,559	10.9%	62,160	6.8%	1.60
全世界	1,255,477	100.0%	916,534	100.0%	1.00

5.2 研究分野の分類比較

両データベースでは分野の分類が異なっている。主分類は、SCOPUSは27分類、WOSは22分類、その下に位置づけられるサブジェクト・カテゴリーではそれぞれ313、176とSCOPUSの方が細かい。また、SCOPUSとESI(WOSの分析ツール)の分類の違いを表5.3と表5.4に示し比較した。それぞれにないものを黄色で示した。表を比較すると、SCOPUSにはArts and HumanitiesやDecision Sciencesの人文社会系分類が社会科学(Social Sciences)の他にも分類されている特徴がある。一方で、ESIはPhysicsとSpace Scienceを分けているし、Plant & Animal Scienceのように植物学・動物学と基礎科学の名称を使っているのが特徴である。

また、少し古いデータだが、ADAT(Academic Database Assessment Tool)によると⁷、両データベースの重複雑誌数は1.1万強である。したがって、URA(University Research Administrator)や大学関係者が主要な英文書誌を調べる際にはどちらのデータベースを用いてもまず問題は起こらない。ただし、収集方針の違いによって、収録数が異なり、収集分野の依存も存在し、また分類も異なる点は頭に入れておいた方がよい。これは、マクロな比較、例えば、国単位や地域単位でのマクロな論文数などの比較の際には影響が出てくるからである。

⁷ 米国の大学コンソーシアムであるCenter for Research Libraries(CRL)のデータベース比較ツール。

表 5.3 SCOPUS の 27 分類の名称

1	Agricultural and Biological Sciences	13	Engineering
2	Arts and Humanities	14	Environmental Science
3	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	15	Health Professions
4	Business, Management and Accounting	16	Immunology and Microbiology
5	Chemical Engineering	17	Materials Science
6	Chemistry	18	Mathematics
7	Computer Science	19	Medicine
8	Decision Sciences	20	Multidisciplinary
9	Dentistry	21	Neuroscience
10	Earth and Planetary Sciences	22	Nursing
11	Economics, Econometrics and Finance	23	Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics
12	Energy	24	Physics and Astronomy
		25	Psychology
		26	Social Sciences
		27	Veterinary

表 5.4 ESI の 22 分類の名称

1	Agricultural Sciences	12	Mathematics
2	Biology & Biochemistry	13	Microbiology
3	Chemistry	14	Molecular Biology & Genetics
4	Clinical Medicine	15	Multidisciplinary
5	Computer Science	16	Neuroscience & Behavior
6	Economics & Business	17	Pharmacology & Toxicology
7	Engineering	18	Physics
8	Environment/Ecology	19	Plant & Animal Science
9	Geosciences	20	Psychology/Psychiatry
10	Immunology	21	Social Sciences, general
11	Materials Sciences	22	Space Science

6 主な世界大学ランキングと指標

大学ランキングをおさらいしておこう。

2012年度の主要な大学ランキングの評価指標を表6.1にまとめた。①-④のランキング自体には説明の必要はないだろう。しかし各大学ランキングで評価方法が異なっている点を指摘しておく。①は数字のみ、②から④はピアレビューが入っている。②は最初、ESIデータベースを使っていたが途中からSCOPUSに切り替え、2010年からESIに戻した。結果③が独立した形になった。この理由は、②の責任者のコメントによると、ピアレビューの評価はレピュテーションすなわち評判であって、本当の評価には結びついていないし、ある大学のランキングが1年で大幅に変わることもおかしい、とのこと。このあたりの意見の食い違いによって②THE (Times Higher Education) と③QS (Quacquarelli Symonds) は独自路線をとるようになったと考えられる。また、②は産学連携のインカムも評価対象に加えていることが特徴であろう。③④のQSランキングは、ランキングを提示する第一の目的を大学院生の留学目的への利用と明確に謳っている。一方で、2011年から②のTHEもレピュテーション・ランキングを出すようになっており、日本の大学は東大が8位、京大が20位などと、総合のランキングよりも上位に来ていることが特徴で、躍進著しい韓国の大学は、総合ランキングより逆に下がっている。レピュテーション・ランキングでは日本の主要大学の評価は高い。しかし、一般に国際化に関わる指標に遅れがある感は否めない。

表 6.1 主な世界大学ランキングと評価指標

評価 機関	①ARWU		②THE		③QS		④QSAsia	
	上海交通大学	2003年～	Times Higher Education	2004年～	QS(Quacquarelli Symonds Limited)	2010年独立	QS(Quacquarelli Symonds Limited)	2009年～
ランク 対象数	500		400		700		200	
教育の 質	ノーベル賞 受賞卒業生	10%	教育 (reputation15%)	30%	教員学生比率	20%	教員学生比率	20%
	ノーベル賞 受賞学者	20%			雇用者レビュー	10%	雇用者レビュー	10%
	21分野の論文 高被引用率	20%	被引用率	32.5%	被引用数/教員数	20%	ピアレビュー	30%
研究 成果	NATURE & SCIENCE	20%	研究 (reputation18%)	30%	ピアレビュー	40%	論文数/教員数	15%
	SCI & SSCI	20%					被引用数/教員数	15%
国際化			国際生	5%	外国人教員比率	5%	外国人教員比率	2.5%
					留学生比率	5%	留学生比率	2.5%
産学 連携			産学連携	2.5%			交換留学生受入	2.5%
規模	機関規模に 応じた成果	10%					交換留学生派遣	2.5%

また、①～④ほど有名ではないが、各国が大学ランキングを出しているので、それを表 6.2 にまとめた。

表 6.2 その他の世界大学ランキング

HEEACT, Performance Ranking of Scientific Papers for World Universities 2007～	Mines Paris Tech, Professional Ranking of World Universities 2007～
Leiden University, The Leiden Ranking 2007～	CSIC, Webometrics Ranking of World's University 2004～

HEEACT (Higher Education Evaluation and Accreditation Council of Taiwan) は台湾の大学ランキングである。The Leiden Ranking はオランダのランキングで、Collaborative publications すなわち国際共同研究の指標が特徴である。データベースは THE と同じ ESI である。Mines Paris Tech はフランスのランキングで、ビジネス誌 Fortune のデータをもとに CEO の輩出数等を数値化して評価している。日本の大学のランキングが高いことで有名である。Webometrics はインターネット上での研究の発信や WEB へのアクセス数、リポジトリ、公開数などを数値化している。

いわんとすることは、例えばフランスのランキングは自国のビジネススクールに高評価を与えるため意図的に開発されたと思われる。また、英国は REF (Research Excellence Framework) があり、公的な独自の評価指標をもっており、ブロックファンド(基盤研究費)の配分にこの指標を用いている。日本で大学ランキングというتماず予備校の偏差値のランキングを思い浮かべるであろう。商用でも公的でも構わないが、国際的に通用するランキングをもたないことが、日本の問題といえる。要は府省含めて大学関係の情報発信が遅れているのである。

さて、URA として、大学の世界ランキングの動きとともに今後留意しておくべきことは、ボローニャ・プロセスなど EU 諸国内での各国大学におけるプログラムの互換性を高める動きがあること、また、OECD は、初中等で行った PISA (Programme for International Student Assessment) に次ぐプロジェクトとして、AHELO (Assessment of Higher Education Learning Outcomes) による世界での学部教育における水準を測っていくかもしれない動きがあることなどである。PISA では、フィンランドの高評価が注目をあびた。今後、後継である AHELO のデータの取扱い(公表を前提とするか丸めて示すか)によっては、国際的な高等教育のランキングが実施される可能性がある。

7 アンケート調査の設計と検定

URA は種々のアンケート調査を実施するケースもあるので、簡単に設計上の注意点と¹⁰⁾、結果の差違を検定する代表的な方法を記しておく。

7.1 質問文の設計

丁寧な表現、平易な表現、簡潔な表現を使うことは当たり前であるが、この他に注意すべき点をまとめて列記する。

- ① 多義性のある言葉は使わない
一意の解釈がされるように注意し、必要に応じて定義を記し説明する。
- ② 分析に用いない厳密さは求めない
数値は、回答を分析する場合の有効数字や誤差を意識して設計する。例えば年齢は、1歳単位で質問するのではなく10歳単位にするなど。
- ③ 否定語
極力否定語を使わずに設計する。特に二重否定には注意しなければならない。
- ④ 二重質問
ダブル・バーレル (double barrel) は避ける。ひとつの質問文のなかで複数の質問をする文章は避け、質問文を切り分けるなどの工夫をする。
- ⑤ 固定観念や偏見に結び付く言葉は避ける
特定の固定観念と結びついた言葉は避け代替語を探す。例えば、真っ赤なポルシェは赤いスポーツカー、高級官僚は国家公務員など。
- ⑥ 誘導質問
特定の方向に導くような質問をしないことはあたりまえであるが、意図せず説明的な前置きが結果的に誘導質問につながることもあるので注意が必要。
- ⑦ パーソナルな質問とインパーソナルな質問
個人の意見を聞く質問 (本音) と、一般論としての意見 (建前) を聞く質問の表現に気をつける。
- ⑧ 仮定の質問
目的を特化して質問する。原則として避けるべきである。
- ⑨ 直接と間接

本当に知りたいことを直接質問せず間接質問を構成的に質問する。なぜという質問をしない。なぜはインタビューなどの別方法で調査した方がよい。

⑩ 質問の順序

face sheet は最後にする場合もあり得る。一般的・全般的な質問を先に、個別質問を後に構成することが原則である。内容に関連する項目、形式に類似の項目は、群にしてまとめる。事実項目が先で、意識項目が後とする。時系列では過去・現在・未来の順に質問する。また、重要な項目、負担の大きい項目は中間に配置する。

⑪ 濾過質問

矢印などで分岐先を示すなどの工夫をする。三段以上の分岐は避ける。結果提示や分析の際には限定した集計標本なのか、回収標本なのか、計画標本かを明記する。

7.2 クロス集計とカイ 2 乗検定

種々の調査を行った場合、単純な総数の集計だけでは収まらない場合がほとんどであり、属性やカテゴリごとに回答結果を集計しなければならない。一般に複数のデータ変数を掛け合わせる（同時に付帯条件を課すこと）をクロス集計と呼ぶ。クロスさせるデータの変数に上限はないが、詳細な分析を試みるためデータ変数を増やしすぎると今度はサンプル数（抽出した標本数）が減り、統計上の有意性が担保できなくなるケースが多いので、母数に対する集計割合には注意が必要である。また、クロス集計の結果を開示する場合、7.1 節の濾過質問で示したように限定した集計であることの明示をする必要がある。

さて、ここからはカイ 2 乗分布を用いたデータの仮説検定の事例を示しておこう^{11),12)}。簡単のため独立性の検定を紹介しておく。

大学は今後の研究力強化のために国際共同研究を推進しなければならないが、資金・人員などのリソースの関係で、若手研究者か、シニア研究者か、それとも両方に支援を行わなければならないか、施策の優先順位に対する選択を迫られている。そこで全研究者に対して国際共同研究の意識に関するアンケート調査を実施し施策の参考にしようと考えた。表 7.1 に示すように、若手研究者 301 人とシニア研究者 500 人、計 801 人から回答を得たとしよう。回答は、国際共同研究を実施したい、それ以外に集計し直し、年齢層で若手・

シニアに分類し、 2×2 のクロス表に結果をまとめたものとする⁸。大学は、まずどこから手を着けるのが妥当だろうか。この判定をするため、帰無仮説 H_0 と対立仮説 H_1 を設定する^{10),11),12)}。

H_0 : 若手・シニア研究者と国際共同研究の意識は無関係である。

H_1 : 若手・シニア研究者と国際共同研究の意識には差がある。

もし、検定を行って H_1 となれば、まずは、若手かシニアかどちらかに絞って施策を実施すればよい。一方 H_0 ならば、両者に対して国際共同研究推進を支援する施策を実施しなければならない。

表 7.1 国際共同研究に関するアンケート調査の結果

	国際共同研究を 実施したい	どちらでもよい	計
若手研究者	186	115	301
シニア研究者	273	227	500
計	459	342	801

まず、表 7.1 からその割合を計算すると、表 7.2 のようになった。割合からは若手研究者の方が国際共同研究を望んでいると考えられるが、絶対数は表 7.1 からシニア研究者の方が多い。

表 7.2 国際共同研究に関するアンケート調査の割合

	国際共同研究を 実施したい	どちらでもよい	計 (%)
若手研究者	61.8%	38.2%	100.0%
シニア研究者	54.6%	45.4%	100.0%
計 (%)	57.3%	42.7%	100.0%

次に、行と列が独立であると仮定して、期待値を求めた。表 7.3 にその結果を示す。

⁸ 検討したい回答（列）とそれ以外に分け、属性を二分（この場合は若手とシニア研究者だが、男性と女性、20代～30代とそれ以外など）に分ければ必ず 2×2 の行列にまとめることができる。もちろんカイ 2乗検定は $m \times n$ の行列のように複雑な構造も検定できる。

表 7.3 独立性の仮定 H_0 の元での期待値

	国際共同研究を 実施したい	どちらでもよい	計
若手研究者	172.5	128.5	301
シニア研究者	286.5	213.5	500
計	459	342	801

規格化した分散の分布はカイ 2 乗分布に従う。各頻度の観測値と期待値（理論値）の差を 2 乗し、各頻度の期待値で割って合計した量がカイ 2 乗分布に従うのである。これを式で書くと、

$$\chi_o^2 = \sum_{i,j=1}^{n,m} \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (7.1)$$

となる。ここで、 O_{ij} が観測値で、 E_{ij} が期待値である。式(7.1)に基づいて検定に必要な統計量 χ_o^2 を計算しよう。自由度は今の場合、 2×2 の独立した行列であるから、 $(2-1) \times (2-1) = 1$ である。次の値を計算する。

$$\begin{aligned} \chi_o^2 &= \frac{(186-172.5)^2}{172.5} + \frac{(115-128.5)^2}{128.5} + \frac{(273-286.5)^2}{286.5} + \frac{(227-213.5)^2}{213.5} \\ &= 3.97 \end{aligned} \quad (7.2)$$

と求められる。一方、この値に近い自由度 1 のカイ 2 乗分布表を調べると、

$$\begin{aligned} \chi^2(1, 0.05) &= 3.84 \\ P(\chi^2 \geq 3.84) &= 0.05 \end{aligned} \quad (7.3)$$

であることがわかる。 P は引数の χ^2 の値を境界とした確率を与えるものと定義する。さて、表 7.1 から表 7.3 より求めた χ_o^2 の値は、

3.97 であり、当然 $\chi_o^2 = 3.97 > \chi^2(1, 0.05) = 3.84$ である。有意水準 α (検定基準で危険率ともいう) をよく用いられる 5% とすれば、5% の棄却域に入っている。したがって、仮説 H_0 は棄却 (捨て去られる) される。即ち、対立仮説 H_1 が成り立ち、若手・シニア研究者の意識には差が「ある」といえる。どちらに偏っているかは、表 7.2 を見れば明らかのように若手が国際共同研究を望んでいるのである。したがって、大学としては先に若手研究者の国際共同研究支援の施

策を打つことは理にかなっているのである。

これまで示してきたようにカイ 2 乗分布を用いた独立性の検定方法をまとめると、次のようになる。

- ① 2×2 のクロス表作成
- ② 検定仮説の設定（帰無仮説、対立仮説）
- ③ 要素の期待値の計算
- ④ 検定統計量 χ_0^2 の計算
- ⑤ 棄却域の設定（有意水準と自由度）
- ⑥ 検定統計量の比較
- ⑦ 仮説の検証

7.3 実態調査例—文系理系の意識の違い—

実際に行ったアンケート調査の分析結果も示しておこう。図 7.1 は、少し古いが、早稲田大学において 2009 年に実施した研究環境に関する意識調査の一部の結果である²³⁾。この結果を見ると特に文系研究者において、研究時間の改善意識が強いことがわかる。これは、文部科学省や科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の資料による研究時間の減少を端的に裏付ける結果でもある。しかし、私立大学特有の講義負担や会議体での時間の影響の方が大きいと考えられる。また、理系は、研究人材すなわち博士学生やポスドクが必要との認識が第 1 位にきており、第 3 位に研究資金がきている。したがって、この図の比較は、文理の研究スタイルの違いを端的に表している結果ともいえる。文系は、ポスドクや博士学生とともに研究するのではなく、あくまで個人研究が主体なのである。

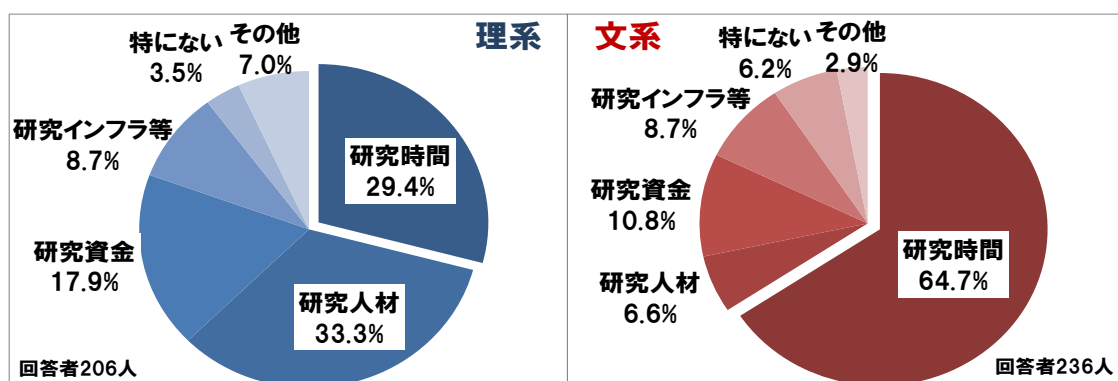


図 7.1 研究環境の改善に関する意識調査。文系理系で要求が異なることがはっきりわかる。

アンケート調査の回答を深掘りしたところ、文理連携に関して、以下の推察が成り立つことがわかった。

理工系研究者は、多くが応用研究を志向し、また、連携研究を既に経験している。研究活動を担えるポスドク・助手等の人材不足を感じている。学生への教育活動へ割く時間は、研究活動の足かせとは思っていない。文理連携に関しては、その必要性を明らかにして、自らアプローチすることが多い。

一方、文系研究者は、基礎研究志向が強く、基本的に自身のみで研究に取り組むため、連携研究の経験者は少ない。講義や学内の組織運営へ時間を費やすことは、そのまま研究時間を減らすことを意味しており、「研究時間」不足の意識が強い。

理系研究者への第一の支援は、プロジェクト実施中の研究支援(研究人材、研究インフラなど)である。つまり URA スキル標準の分類によるプレ・ポストアワードである⁹。一方、文系研究者に対しては、文理連携に対する必要性和メリットの認知がまず必要になり、連携に慣れていないため、URA 等による事前の研究支援が必要と考えられる。つまり URA スキル標準業務でのその他の連携支援が第一といえる。

⁹ 東京大学「スキル標準の作成(文部科学省委託事業)」
http://www.u-tokyo.ac.jp/res01/ura201_j.html

8 まとめ

初級編では、科学計量学、計量書誌学で頻出する被引用数に関する指標を概説した。IFやh指数などの特性を掴んでもらいたい。また、引用・共引用分析の概念を示した。実際には種々のツールやソフトが存在するので、URA自身は、大学の特性に合わせてそのツールを使いこなせるようになっていただきたい。データベースの比較や大学ランキングの比較もその特性を掴んでおいていただきたい。また、標本の検定ではカイ2乗検定だけを取り上げた。ここは、カイ2乗という言葉覚えておくだけでかまわない。調査の設計と標本の検定は種々の著作が出ているので必要に応じてそちらを参考にしていきたい。

参考文献 一覧

- 1) 藤垣裕子、平川秀幸、富澤宏之、調麻佐志、林隆之、牧野淳一郎『研究評価・科学論のための科学計量学入門』丸善出版、2004年
- 2) Lotka, A., “The frequency distribution of scientific productivity”, *Journal of Washington Academy Sciences*, Vol. 16, 1926, No.12, pp.317-324
- 3) Zipf, G. K., *The Psycho-Biology of Language*, Houghton Mifflin, 1935
- 4) Zipf, G. K., *Human behavior and the principle of least effort*, Addison-Wesley, 1949
- 5) 湯川秀樹『本の中の世界』みすず書房、2005年
- 6) 窪田輝蔵『科学を計る』インターメディカル、1996年
- 7) Hirsch, J. E., “An index to quantify an individual's scientific research output”, *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* Vol.102, 2005, pp.16569-16572
- 8) Egghe, L., “Theory and practise of the g-index”, *Scientometrics* Vol. 69, 2006, pp. 131-152.
- 9) Small, H., and E. Sweeney, “Clustering the Science Citation Index[®] Using Co-Citations I. A Comparison of Methods”, *Scientometrics* Vol.7, 1985, pp. 391-409
- 10) 鈴木督久、佐藤寧、棟近正彦（監修）『アンケート調査の計画・分析入門』日科技連、2012年
- 11) 小針暁宏『確率・統計入門』岩波書店、1973年
- 12) 和達三樹、十河清『キーポイント確率・統計』岩波書店、1993年
- 13) Russell, J., Cohn, R., *Scientometrics*, Bookvika publishing, 2012
- 14) ヴァージル・ディオダート『計量書誌学辞典』日本図書館協会、2008年
- 15) Alan, P., “Statistical Bibliography or Bibliometrics?”, *Journal of Documentation* Vol. 25(4), 1969, pp.348-349.
- 16) Garfield, E., “Citation indexes for science”, *Science* Vol. 122 (3159), 1955, pp.108-111
- 17) Bookstein, A., “Informetric distributions, part I: Unified overview”, *Journal of the American Society for Information*

- Science* Vol. 41(5), 1990, pp.368-375
- 18) ルート・ライデスドルフ『科学計量学の挑戦』玉川大学出版部、2001年
 - 19) 石川博、新美礼彦、白石陽、横山昌平『データマイニングと集合知』共立出版、2012年
 - 20) 金明哲『テキストデータの統計科学入門』岩波書店、2009年
 - 21) Klavans, R. and Boyack, K. W., “Quantitative evaluation of large maps of science”, *Scientometrics* Vol. 68(3), 2006 pp.475-499.
 - 22) Boyack, K. W., Klavans, R., and Börner, K., “Mapping the backbone of science”, *Scientometrics* Vol. 64(3), 2005, pp.351-374.
 - 23) 早稲田大学研究戦略センター『2009 早稲田大学研究活動に関する意識・実態調査』早稲田大学、2009年

本文中の URL は 2013 年 12 月現在のもの。

著者略歴

松永 康

早稲田大学 研究戦略センター 教授

- 1988年 早稲田大学工学部卒業
- 1990年 早稲田大学理工学研究科修士課程修了
- 1990年 (株)東芝 ULSI 研究所 研究員
- 1995年 早稲田大学理工学研究科博士課程満期退学
- 1995年 早稲田大学工学部 助手
- 1997年 博士(理学)取得 早稲田大学
- 1998年 日本学術振興会特別研究員 (PD)
- 2001年 早稲田大学工学総合研究センター 客員研究員
- 2004年 早稲田大学理工学術院 客員助教授
- 2009年 早稲田大学研究戦略センター 准教授
- 2013年 早稲田大学研究戦略センター 教授

タイトル 文部科学省「リサーチ・アドミニストレーターを育成・確保するシステムの整備」(研修・教育プログラムの作成)
講義教材「14.研究力調査・分析入門」

サブタイトル 科学計量学・計量書誌学入門

著者 松永 康

監修 学校法人 早稲田大学

初版 2014年2月28日

本書は文部科学省「リサーチ・アドミニストレーターを育成・確保するシステムの整備」(研修・教育プログラムの作成)事業の成果であり、著作権は文部科学省に帰属します。