

論文

研究貢献度の国際評価研究

— 図書館情報学領域における論文の引用分析 —

An evaluative study of the scientific contribution of nations

- A citation analysis in the field

of library and information science -

角田 裕之*

Hiroyuki TSUNODA

従来用いられている引用に基づく研究貢献度指標(被引用数, 被引用率, 引用係数)は, 評価対象のマクロな数量から導出され, 被引用-引用行列に見られるミクロな情報が失われている. 本論では, ミクロな情報を考慮に入れた国の研究貢献度指標として National Contribution (NC)を提案した. 論文レベルでの国 i から国 j への貢献素量(c_{ij})を定義し, c_{ij} から導出される規格化被引用-引用行列の固有値方程式の解析により, 各国のNCが得られる. NCは引用係数(C/C')と相関係数が高く類似した指標である. 図書館情報学分野の4雑誌に掲載された論文を標本とした分析から, NCは C/C' より「貢献度の高い国からの引用は貢献度が高い」ことを反映した指標であることを示した.

Traditional research contribution indicators such as citation rate and citation factor are derived from macro-level data of the objects evaluated. This paper proposes a novel national contribution indicator, National Contribution (NC), which takes into account the micro-level information given in the cited-citing matrix for the objects. We define 'elementary contribution' c_{ij} from nation i to nation j for individual articles, which derive a normalized cited-citing matrix. NC's of nations are obtained from the eigenvector analysis of this matrix. An experiment using citation data to articles in 4 journals in library and information science showed that NC, although highly correlated to citation factor (cited-to-citing ratio), is an indicator reflecting the idea "a citation from a higher-contributing nation gives a higher contribution", which is not considered in citation factor.

キーワード: 国の研究貢献度, 計量書誌学的指標, 引用分析, 固有値方程式, 研究評価
research contribution of nations, bibliometric indicators, citation analysis, eigenvalue equation, research evaluation

*尚絅大学文化言語学部
Department of Culture and Language,
Shoukei University
tsunoda@shoukei-gakuen.ac.jp

*筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library, Information and
Media Studies, University of Tsukuba
tsunoda@slis.tsukuba.ac.jp

1 はじめに

近年、学術研究(以下、研究と呼ぶ)の質や効率についての関心が高まっている。多くの研究は国公立大学などの高等教育機関および付置研究所、国立研究所や研究機構、民間企業および系列研究所などで実施されている。研究の質や効率を測る方法にはピア評価や引用に基づく評価などがある。ピア評価は学会誌の採録審査、研究者や研究グループの研究業績評価などにおいて、過去から現在に至るまで、広く採用されている評価方法であり、信頼性も高いとされている。しかし、評価者の主観や印象による偏りが起こることが指摘されている。一方、引用の計量方法は客観的に定量化することができ[1]、ピア評価で指摘される評価者の主観などに左右されない利点がある。もちろん引用によって測ることができるのは研究評価の1つの側面であり、引用数の多寡だけで研究の質や価値を決めることはできない。しかし、van Raan[2]や Meho & Sonnenwald[3]は、ピア評価の結果と引用に基づく評価の結果の間にはある程度の正の相関があることを明らかにしている。ピア評価と引用に基づく評価は評価の方法や観点が異なっているので、互いに補い合うことができ、一方を否定し去ることはできないと考えられる。本論は、引用データをより精密な形で研究評価に応用する1つの試みである。

研究機関での研究成果は、学術論文(以下、論文と呼ぶ)や報告書にまとめられる。その論文は学会などに投稿され、査読で精査される。そして、一定基準をクリアした論文が採録され、学術雑誌に掲載され公刊される。研究者は、これらの学術雑誌から、自己の研究に有用な論文を引用して、自己の論文を構築する。このように、引用は学術コミュニケーションにおける重要な機能を担っている。実際の引用は、学問の先駆者への表敬等、研究内容との関係が希薄なものや[4]、否定的な内容のものも含んでいる[5] [6] [7] [8]。しかし、Krampen[9]は質の高い引用が大半(70%)を占め、おざなりな引用は少数(25%)であることを示し、

Moed[10]は多くの引用が関係する先行研究の紹介、それら先行研究と自己の研究の比較、自己の主張の正当性主張のための説明、用いた方法や理論の説明など積極的、肯定的なものであり、引用論文が扱っている研究に対する被引用論文の貢献を示すものと考えても良いであろうと主張している。

論文の集合とその中の引用関係を、研究の貢献関係を示す標本と考えることができる。このとき、研究の貢献の向きは、被引用論文から引用論文の方向となる。被引用数が多い論文は、それだけ大きな研究貢献を与えると考えられる。論文を著者、著者の所属する研究グループ、著者所属機関、著者所属国(著者が所属する機関の所在している国)等の単位(以下これらを「アクター」と呼ぶ)でまとめ、各アクターに所属する論文の総被引用数をそのアクターが及ぼす研究貢献とみなすことができる。また、あるアクターとあるアクターの間相互引用数に基づいて、アクター間の研究の貢献関係を論ずることもできる。引用を用いてアクターの研究貢献度を比較する研究は以前から検討されている。比較アクターとしては、研究者[11]、研究グループ[12] [13]、研究機関[14] [15] [16] [17] [18]、国[19] [20] [21] [22] [23]、言語圏[24]などがある。本研究では、国と国の引用の計量分析により、国の研究貢献度を測定する方法を論ずる。

国の研究貢献度を計るには、評価の目的に応じていくかの指標がある。Tijssen ら[19]は学術研究が産業界の研究に与える影響を国別に評価する指標として、論文数や引用数を用いている。Adms[20]は研究効率を国別に計る指標として、論文当たりの引用数、May[21] [22]は論文数、引用数、GDP 当たりの引用数、論文当たりの引用数を用いている。さらに、King[23]は研究者当たりの論文数、研究者当たりの引用数、高等教育機関当たりの引用数を使って、国別に研究の効率を検討している。

引用に基づく評価指標の一つに、ライデン大学科学技術センター(CWTS: The Centre for Science and Technology Studies, Leiden

University)で考案された Crown indicator (CCP/FCSm と表記する)がある。CWTS は欧州大学のランキング[25]にこれを用いている。また、同機関に所属する van Raan[2] [13], Moed[26]や Van Leeuwen[27]も国や研究グループの研究性能の評価に際し積極的に Crown indicator を用いている。Crown indicator の特徴は、文献当たりの引用数 (CPP: the average number of Citations Per Publication)を研究領域の平均引用率(FCSm: the mean Field Citation Score)で規格化しているので、研究領域を超えて比較が可能なことである。

引用に基づく評価で問題になるのが、自己引用を含めるのか、除外するべきかの判断である。研究評価の立場からは、引用は被引用者が引用者に与える影響度(貢献)を示すと考えられるので、アクターが研究者の場合はもちろん、研究グループの場合も自己引用(自己の所属する研究グループ内引用を含め)を含めることは適当でない[28]。しかし、アクターが機関、さらに国と大規模になれば、アクター内部の個々の成員間の関係は弱くなる。この場合、機関内引用、自国内引用も被引用者から引用者への貢献や影響に含めても差し支えないと考えられる。ところが、Pasterkamp[29]は医学の一分野(心臓学)で、自己引用を除外しても自国論文が自国論文を引用する傾向があると指摘している。このように、国との間の引用影響度を比較するとき、自国引用を除くべきかどうかについては議論がある。しかし、後述するように、本研究で導入する国の研究に対する貢献度指標 NC は、自国引用を含めても除いても同じ結果が得られる。従って、本研究では自国引用を除く操作は行わない。

引用に基づいてアクターの貢献度(または影響度)を論ずる場合、これまでの研究では、各アクターの被引用総数や被引用総数を規格化した数値(Crown indicatorもその一つ)を用いるのが一般である。アクターが機関や国の場合は、総被引用数を、生産論文数、研究者数、研究費、あるいは引用数で除した値を、貢献の効率とすることもよく行われるが、これも

アクターを全体的にみたマクロな指標である[23]。このようなマクロの量では、アクター間の相互作用の情報が失われる。すなわち、他のどのようなアクターにどの程度貢献したか(引用されたか)に関わりなく、全体の被引用数だけで貢献度が決定される。

著者らは先に論文間及び著者間のミクロな引用関係(これは被引用-引用行列で表される)に基づき、各論文及び各著者の影響度を示す指標(Researcher Impact)を提案した[30]。この指標は「研究影響度の高い論文(著者)から引用された論文(著者)の研究影響度は高い」という考え方に基づくものである。引用が、引用者から被引用者への何らかの評価の表れであると考えられるならば、例えば、初学者から引用を受けた場合とノーベル賞受賞者から引用を受けた場合では、引用者に与える影響の度合いが異なるとするのは妥当と考えられる。本論では、この考えを国と国との関係に拡張し、「研究貢献度の高い国から引用された国の研究貢献度は高い」を示すモデルを提案する。しかし、国は多数の著者の集合体なのでスケール効果があるため、論文や著者に用いた指標をそのまま適用できない。そこで、スケールに対する補正を行う。その上で、ミクロな国間の引用関係を考慮した国の研究貢献度指標を提示し、図書館情報学領域にそれを適用することを本研究の目的とする。なお、「貢献度」(contribution)の語を用いたのは、スケール補正をしたため「影響度」(impact or influence)よりこの語の方が適切と考えたためである。

2 国の研究貢献度指標 –National Contribution –の導出方法

この章では、国の研究貢献度指標としての National Contribution を提案し、その導出方法を以下の手順により示す。

- (a) 1 件の論文(一般に複数国の著者から成る)において、各著者所属国に与えるポイント数を定義する。
- (b) 被引用論文と引用論文の対において、前者に含まれる国 i が後者に含まれる国 j に与える貢献素量 c_{ij} を定義する。

- (c)各被引用論文－引用論文対で得られる貢献素量に基づき、与えられた被引用論文集合と引用論文集合における国間被引用－引用行列を作る方法を示す.
- (d)従来用いられている引用数に基づく研究貢献指標では、被引用－引用行列に見られるミクロな情報が失われることを示し、このことを考慮した指標の考え方を示す.
- (e)国間被引用－引用行列を用いて、上記の考え方に沿い、かつ国のスケールを補正した研究に対する貢献度指標 National Contribution (NC) を導出する.

2.1 論文における国のポイント配分

まず、1 件の論文において、関与する著者所属国にポイントをカウントする方法と配分する方法を述べる. 単著国論文(著者所属国が 1 ヶ国の論文)は、その著者所属国に 1 ポイントを与える. 国際共著論文(著者所属国が 2 ヶ国以上の論文)は、カウント法と配分法を組み合わせる.

カウントの方法には以下の 2 通りがある.

(a)カウント法

- (a1)延べカウント法:1 件の論文生産に関わった著者所属国に対して、全て 1 ポイントを与える方法.
- (a2)分数カウント法:1 件の論文生産に関わった著者所属国に分数のポイントを与え、合計が 1 ポイントとなるようにする方法.

配分の方法には以下の 2 通りがある.

(b)配分法

- (b1)均等配分法:各著者所属国に同一のポイントを与える方法.
- (b2)著者数比例配分法:著者数に比例したポイントを与える方法.
- (b3)所属機関数比例配分法:所属機関に比例したポイントを与える方法.

(a1)の延べカウント法は、集計が容易で分かり易い長所があるが、国際共著論文の著者所属国を過大にカウントする傾向がある.(a2)の分数カウント法は、論文ごとに国のポイント

を算出する必要があるが、国別に集計したとき論文数とポイント量が一致する. ここでは、各国の寄与度を測ることが重要なので、(a2)の分数カウント法を用いることとし、配分法は(b3)の所属機関数比例配分法を採用する.

たとえば、機関 A(USA)、機関 B(UK)、機関 C(UK)、機関 D(Netherlands)の著者による共著論文では、USA = 1 / 4, UK = 2 / 4, Netherlands = 1 / 4 と配分する. 共著国のポイント合計は、USA + UK + Netherlands = 1 / 4 + 2 / 4 + 1 / 4 = 1 で 1 となる.

2.2 国間の貢献素量と被引用－引用行列の導出

ある論文集合(Set A とする)と、Set A 中の論文を引用した論文集合(Set B とする)を考える. Set B の論文(引用論文)とその論文から引用された Set A 中の論文(被引用論文)のすべての対を作り、各々の論文対において被引用国から引用国への貢献素量を求める. この貢献素量を集計して、国間被引用－引用行列が得られる.

2.2.1 引用による貢献素量

まず、Set A と Set B の間で引用関係のあるすべての論文対をつくる. 各論文対(Set A の論文 a を Set B の論文 b が引用)において、a に含まれる著者所属国 i のポイントを α_i 、b に含まれる著者所属国 j のポイントを β_j とすると、この論文対における $i \rightarrow j$ の貢献素量 c_{ij} は、

$$c_{ij} = \alpha_i \beta_j \text{ である.}$$

論文 a,b とともに分数カウントによりポイントを与えているので、1 論文対内での貢献素量の合計は、式 1 のように 1 になる.

$$\sum_{i \in a} \sum_{j \in b} c_{ij} = \sum_{i \in a} \alpha_i \sum_{j \in b} \beta_j = 1 \quad (1)$$

たとえば、国 A と国 C と国 D の国際共著論文 b_1 が、国 A と国 B の国際共著論文 a_1 を引用し、国 B と国 C の国際共著論文 b_2 が、国 B と国 D の国際共著論文 a_2 を引用している 2 つの論文対における貢献素量は次のようになる.(いずれも各国の所属機関数は 1 とする.)

被引用論文 a_1 → 引用論文 b_1
 国 A ($\alpha=0.5$) 国 A ($\beta=0.33$)
 国 B ($\alpha=0.5$) 国 C ($\beta=0.33$)
 国 D ($\beta=0.33$)

貢献素量

$$c_{AA} = c_{AC} = c_{AD} = c_{BA} = c_{BC} = c_{BD} = \frac{1}{6}$$

被引用論文 a_2 → 引用論文 b_2
 国 B ($\alpha=0.5$) 国 B ($\beta=0.5$)
 国 D ($\alpha=0.5$) 国 C ($\beta=0.5$)

貢献素量

$$c_{BB} = c_{BC} = c_{DB} = c_{DC} = \frac{1}{4}$$

2.2.2 国間被引用－引用行列

全論文対について、貢献素量 c_{ij} を加え合わせたものは、Set B 中の著者国 j から Set A 中の著者国 i が受ける分数カウント法による引用数 C_{ij} に他ならない。これを以下の行列形式で表したものを国間被引用－引用行列と呼ぶ。

$$\begin{matrix} \text{被引用} & \text{引用} \rightarrow \\ \downarrow & j=1 & j=2 & \dots & j=n \\ i=1 & \left[\begin{matrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nm} \end{matrix} \right] \\ i=2 & \\ \vdots & \\ i=n & \end{matrix}$$

以下の 2 つの仮想例における国間被引用－引用行列を求める。初めに、表 1 のような引用関係を持つ Set A と Set B を考え、これを論文対集合 I とする。ただし、国際共著論文は、いずれも各国 1 機関ずつの構成とする。

表 1 論文対集合 I の行列

| | | Set B | | | | | | | | |
|----------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-----------|-----------|
| | | 引用論文 国籍 | b_1 | B_2 | b_3 | b_4 | B_5 | b_6 | b_7 | b_8 |
| Set A | 被引用論文 国籍 | | B | C | B+D | D | A | A+B +C+D | B+C +D | A+C +D |
| | a_1 | A | ○ | | | | | | | ○ |
| | a_2 | B | | ○ | | | | | | ○ |
| | a_3 | C | | | ○ | | | | ○ | |
| | a_4 | D | | | | ○ | | | | ○ |
| | a_5 | A+C+D | | | | | ○ | | | |
| | a_6 | B+D | | | | | | ○ | | |
| | a_7 | C | | | | | | | | |
| | a_8 | D | | | | | | | | |

次に、表 2 のような別の論文対集合 II を考える。これは、論文対集合 I における $a_1 \rightarrow b_1$ と $a_6 \rightarrow b_6$ の対が、 $a_1 \rightarrow b_6$ と $a_6 \rightarrow b_1$ の対に置き換わった部分のみが異なっている。

表 2 論文対集合 II の行列

| | | Set B | | | | | | | | |
|----------|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-----------|-----------|
| | | 引用論文 国籍 | b_1 | b_2 | b_3 | b_4 | B_5 | b_6 | b_7 | b_8 |
| Set A | 被引用論文 国籍 | | B | C | B+D | D | A | A+B +C+D | B+C +D | A+C +D |
| | a_1 | A | | | | | | ○ | | ○ |
| | a_2 | B | | ○ | | | | | | ○ |
| | a_3 | C | | | ○ | | | | ○ | |
| | a_4 | D | | | | ○ | | | | ○ |
| | a_5 | A+C+D | | | | | ○ | | | |
| | a_6 | B+D | ○ | | | | | | | |
| | a_7 | C | | | | | | | | |
| | a_8 | D | | | | | | | | |

それぞれの論文対集合に対する国間被引用－引用行列は表 3 および表 4 のようになる。

表3 論文対集合 I の国間被引用－引用行列

| | | | | | |
|---|------------------------|------------------|----------------------|----------------------|------|
| | A | B | C | D | 計 |
| A | (1/3+1/3) 2/3 | (1) 1 | (1/3) 1/3 | (1/3) 1/3 | 7/3 |
| B | (1/3+1/8) 11/24 | (1/8) 1/8 | (1+1/3+1/8) 35/24 | (1/3+1/8) 11/24 | 5/2 |
| C | (1/3) 1/3 | (1/2+1/3) 5/6 | (1/3) 1/3 | (1/3+1/2) 5/6 | 7/3 |
| D | (1/3+1/3+1/8) 19/24 | (1/8) 1/8 | (1/3+1/8) 11/24 | (1/3+1/8+1) 35/24 | 17/6 |
| 計 | 9/4 | 25/12 | 31/12 | 37/12 | 10 |

表4 論文対集合 II の国間被引用－引用行列

| | | | | | |
|---|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------|
| | A | B | C | D | 計 |
| A | (1/3+1/4+1/3) 11/12 | (1/4) 1/4 | (1/4+1/3) 7/12 | (1/4+1/3) 7/12 | 7/3 |
| B | (1/3) 1/3 | (1/2) 1/2 | (1+1/3) 4/3 | (1/3) 1/3 | 5/2 |
| C | (1/3) 1/3 | (1/2+1/3) 5/6 | (1/3) 1/3 | (1/3+1/2) 5/6 | 7/3 |
| D | (1/3+1/3) 2/3 | (1/2) 1/2 | (1/3) 1/3 | (1+1/3) 4/3 | 17/6 |
| 計 | 9/4 | 25/12 | 31/12 | 37/12 | 10 |

論文対集合 I, IIともに, 全体の引用論文は 8, 被引用対象論文は 8(うち 2 は引用がない), であり, 総引用数は 10 である. 表 3 と表 4 の国間被引用－引用行列は, 網掛けをした表 3 の 12 箇所と表 4 の 12 箇所が異なるが, 各行計と各列計は同じ値となる. 各国の引用論文数(Number of Citing Article), 被引用対象論文数(Number of Citable Article), 被引用数(Times Cited), 被引用率(Times Cited / Number of Citable Articles)は, 計から導出される指標であるため, 2 つの論文対集合は同一値になる. 各国の指標値は後に記述する.

2.3 国の研究貢献度指標

従来の指標の問題点を示し, 問題点を改善した新たな指標を考える. ここで, ある国 k に対して以下の量を考える(すべて(a2)分数カウント法と(b3)所属機関数比例配分法によるものとする).

P_k : 被引用対象論文数(Set A の中のもの国 k の論文数, 被引用 0 のものも含む)

C_k : 被引用数(表 3, 表 4 の行計, 式 2 左)
 P'_k : 引用論文数(Set B 中の国 k の論文数)
 C'_k : 引用数(表 3, 表 4 の列計, 式 2 右)

$$C_k = \sum_j C_{kj} \quad , \quad C'_k = \sum_i C_{ik} \quad (2)$$

従来, 引用数に基づく国の研究貢献度を示すものとして, 以下のような指標が用いられてきた.

(a) 被引用数(C_k): 被引用数そのもの

(b) 被引用率(C_k/P_k) = 被引用数(C_k)

/ 被引用対象論文数(P_k)

(被引用対象論文数には被引用が 0 のものも含む)

(c) 引用係数(C_k/C'_k) = 被引用数(C_k)

/ 引用数(C'_k)

先に述べたように, 2.2.2 で挙げた 2 つの論文対集合では, これらの量や指標値はすべて同じ値になる(表 5 参照).

表5 論文対集合 I 及び II に対する
従来の研究貢献度指標

| Nation | P' | C' | P | C | C/P | C/C' |
|--------|------|------|------|------|-------|--------|
| A | 1.58 | 2.25 | 1.33 | 2.33 | 1.75 | 1.037 |
| B | 2.08 | 2.08 | 1.50 | 2.50 | 1.67 | 1.200 |
| C | 1.92 | 2.58 | 2.33 | 2.33 | 1.00 | 0.903 |
| D | 2.42 | 3.08 | 2.83 | 2.83 | 1.00 | 0.919 |
| total | 8 | 10 | 8 | 10 | 1.25 | 1.000 |

表 3, 表 4 に見るように I と II では, 国間の引用関係が異なり, 国間被引用－引用行列は同一ではないが, この異なりは上記の貢献度指標に反映されない. 貢献度という観点からすれば, 大きな貢献度を持つ国により多く引用された国の評価は高くなるのが妥当である. たとえば, 表 5 の被引用率または引用係数を見ると, 国 A と国 B は相対的に高く, 国 C と国 D は相対的に低い. 表 3 と表 4 を比較すると, I から II の変化によって, 国 A は国 A・国 B からの引用が減り, 国 C・国 D からの引用が増えているのに対し, 国 B と国 D はその逆である. 従って, 国 A の評価は I に比べて II では相対的に低くなり, 国 B と国 D の評価は I に比べて II では相対的に高くなるべきである. 以下で

は、国間被引用－引用行列を利用して、このような性質をもつ研究貢献度指標の提案を行う。

2.4 国際貢献度指標

National Contribution (NC)

2.4.1 引用数と被引用数の変換と規格化

論文数や被引用数は、国によって大きく異なる。大ざっぱには、被引用数は、その国の論文数に比例する。さらに、論文数は、研究者数に比例し、研究者数は研究機関数に比例する。おのずと国の規模や経済力が大きければ、多数の研究機関、研究者を維持でき、その結果、多数の論文の生産が可能となる。研究への貢献度を論文数や被引用数の実数と考えれば、規模や経済力が大きい国は研究の影響量が大きくなる。

規模の効果を補正するため、従来の指標では、被引用率 C_k / P_k 、引用係数 C_k / C'_k 、その他(研究者あたり、研究費あたり等)が用いられてきたが、国際関係を反映するには C_k / C'_k が最も適切である(貿易の貢献に例えると、 C_k / C'_k は輸出／輸入比に、それ以外の指標は輸出／GDP比に相当する)。

C_k / C'_k は、国 k のマクロな国際貢献効率である。これにミクロな国間引用関係の要素を組み入れることを考える。そのため、 C_k / C'_k を k から各国 ($j = 1, 2 \dots n$) への貢献効率 q_{kj} に分離する。

$$\frac{C_k}{C'_k} = \sum_{j=1}^n \frac{C_{kj}}{C'_k} = \sum_{j=1}^n q_{kj} \quad (3)$$

式3の q_{ij} の行列を国際貢献効率行列と呼ぶ。

被引用 ← 引用 →

$$\begin{array}{c} \downarrow \\ \begin{array}{cccc} & j=1 & j=2 & \dots & j=n \\ i=1 & q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ i=2 & q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ i=n & q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nn} \end{array} \end{array}$$

国際貢献効率行列は 2.2.2 で導入した国間被引用－引用行列を、被引用国の引用数 C'_k で規

格化したものである。ミクロな関係を組み入れた国 k の研究に対する貢献度指標を、国際貢献度指標 National Contribution (NC) とよび、 NC_k と表記する。そして NC_k は、国 k から各国に与える貢献効率 q_{kj} とその国の NC_j の積 (j に対する k の貢献効果と解される) の総和とする。

$$NC_k = \sum_{j=1}^n (q_{kj} \cdot NC_j) \quad (4)$$

式4の固有値方程式は式5である。

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{n1} & q_{n2} & \dots & q_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} NC_1 \\ NC_2 \\ \vdots \\ NC_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NC_1 \\ NC_2 \\ \vdots \\ NC_n \end{bmatrix} \quad (5)$$

C_k / C'_k は式3のように q_k に対する単純和であるのに対し、 NC は式4のように q_k に対して NC_k の重みをつけた加重和である。

2.4.2 NCにおける自国引用

NCの導出式4から、NCは自国引用を含め、含めなくても同じ値になる。以下、これを証明する。

自国引用を含めたときの国 k の NC を ${}_{in}(NC)_k$ とすると式4は式6となる。

$${}_{in}(NC)_k = \sum_{j=1}^n \frac{C_{kj}}{C'_k} {}_{in}(NC)_j \quad (6)$$

$$\text{但し、} C'_k = \sum_{i=1}^n C_{ik}$$

式6の右辺を自国引用による項と他国引用による項に分離すると、式7となる。

$${}_{in}(NC)_k = \frac{C_{kk}}{C'_k} {}_{in}(NC)_k + \sum_{j \neq k} \frac{C_{kj}}{C'_k} {}_{in}(NC)_j \quad (7)$$

$$\therefore \left(1 - \frac{C_{kk}}{C'_k}\right) {}_{in}(NC)_k = \sum_{j \neq k} \frac{C_{kj}}{C'_k} {}_{in}(NC)_j$$

式7を変形すると式8となる.

$$in(NC)_k = \frac{1}{\left(1 - \frac{C_{kk}}{C'_k}\right)} \sum_{j \neq k}^n \frac{C_{kj}}{C'_k} in(NC)_j \quad (8)$$

$$= \sum_{j \neq k}^n \frac{C_{kj}}{(C'_k - C_{kk})} in(NC)_j$$

同様に, 自国引用を除外したときの国 k の NC を $ex(NC)_k$ とすると, $C_{kk} = 0$ であることを考慮して, 式4は式9となる.

$$ex(NC)_k = \sum_{j \neq k}^n \frac{C_{kj}}{C''_k} ex(NC)_k \quad (9)$$

式9の C''_k は, 自国引用を除いた C'_k であるから $C''_k = C'_k - C_{kk}$ である. 従って, 式8と式9は同一の方程式となり,

$$in(NC)_k = ex(NC)_k \quad (10)$$

であることが解る.

つまり, 式10のとおり, 自国引用を含んだ $in(NC)_k$ と自国引用を除外した $ex(NC)_k$ は等しい. 以降, 両者を単に NC と記述する.

2.4.3 Influence Weight (IW) と NC の相違

Pinski & Narin [31] は, 物理学領域の雑誌間の影響度をその雑誌に掲載された論文と他の雑誌に掲載された論文の引用関係に着目し, 相互影響度をミクロな視点から分析した. そして, 雑誌間の影響度を測る指標である IW を提案した. これが式11である.

$$IW_k = \sum_{j=1}^n (q_{kj} \cdot IW_j) \quad (11)$$

q_{kj} は雑誌間被引用-引用行列の行列要素

(C_{kj}) を列和 ($\sum_{i=1}^n C_{ik}$) で除した行列なので式3

と同一の係数であり, 式11は NC の式4と同一である. ところが, IW の場合, 論文とアクター(雑誌)の関係は単純で, 1つの論文は1つのアクターのみ属する. このため被引用-引用行列の考え方も単純である. これに対して NC の場合, 1つの国際共著論文は一般

に複数のアクター(国)に属するので, 論文における国の貢献を見るには, 各国に貢献度を配分することが課題となる. NC のユニークな点は国間被引用-引用行列の要素を算出する段階で貢献素量を導入して, この課題を解決したことである.

2.4.4 NC の計算例

2.2.2 の仮想被引用-引用行列に対する NC を計算する. 式3と式4により, たとえば, 国Aの NC は式12のように計算する.

$$NC_A = \frac{\text{国Aから国Aの引用数}}{\text{国Aの全引用数}} NC_A + \frac{\text{国Bから国Aの引用数}}{\text{国Aの全引用数}} NC_B + \frac{\text{国Cから国Aの引用数}}{\text{国Aの全引用数}} NC_C + \frac{\text{国Dから国Aの引用数}}{\text{国Aの全引用数}} NC_D \quad (12)$$

論文対集合 I, II の国際貢献効率行列 q_{ij} をそれぞれ表6, 表7に示す.

表6 論文対集合 I の国際貢献効率行列

| | A | B | C | D |
|---|--------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A | (2/3 ÷ 9/4) 8/27 | (1 ÷ 9/4) 4/9 | (1/3 ÷ 9/4) 4/27 | (1/3 ÷ 9/4) 4/27 |
| B | (11/24 ÷ 25/12) 11/50 | (1/8 ÷ 25/12) 3/50 | (35/24 ÷ 25/12) 7/10 | (11/24 ÷ 25/12) 11/50 |
| C | (1/3 ÷ 31/12) 4/31 | (5/6 ÷ 31/12) 10/31 | (1/3 ÷ 31/12) 4/31 | (5/6 ÷ 31/12) 10/31 |
| D | (19/24 ÷ 37/12) 19/74 | (1/8 ÷ 37/12) 3/74 | (11/24 ÷ 37/12) 11/74 | (35/24 ÷ 37/12) 35/74 |

表7 論文対集合IIの国際貢献効率行列

| | A | B | C | D |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| A | $(11/12 \div 9/4) / 11/27$ | $(1/4 \div 9/4) / 1/9$ | $(7/12 \div 9/4) / 7/27$ | $(7/12 \div 9/4) / 7/27$ |
| B | $(1/3 \div 25/12) / 4/25$ | $(1/2 \div 25/12) / 6/25$ | $(4/3 \div 25/12) / 16/25$ | $(1/3 \div 25/12) / 4/25$ |
| C | $(1/3 \div 31/12) / 4/31$ | $(5/6 \div 31/12) / 10/31$ | $(1/3 \div 31/12) / 4/31$ | $(5/6 \div 31/12) / 10/31$ |
| D | $(2/3 \div 37/12) / 8/37$ | $(1/2 \div 37/12) / 6/37$ | $(1/3 \div 37/12) / 4/37$ | $(4/3 \div 37/12) / 16/37$ |

表6を式5に代入して、論文対集合Iに対する固有値方程式は式13となる。

$$\begin{bmatrix} 8 & 4 & 4 & 4 \\ 27 & 9 & 27 & 27 \\ 11 & 3 & 7 & 11 \\ 50 & 50 & 10 & 50 \\ 4 & 10 & 4 & 10 \\ 31 & 31 & 31 & 31 \\ 19 & 3 & 11 & 35 \\ 74 & 74 & 74 & 74 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} NC_A \\ NC_B \\ NC_C \\ NC_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NC_A \\ NC_B \\ NC_C \\ NC_D \end{bmatrix} \quad (13)$$

同様に表7を式5に代入して、論文対集合IIに対する固有値方程式は式14となる。

$$\begin{bmatrix} 11 & 1 & 7 & 7 \\ 27 & 9 & 27 & 27 \\ 4 & 6 & 16 & 4 \\ 25 & 25 & 25 & 25 \\ 4 & 10 & 4 & 10 \\ 31 & 31 & 31 & 31 \\ 8 & 6 & 4 & 16 \\ 37 & 37 & 37 & 37 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} NC_A \\ NC_B \\ NC_C \\ NC_D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} NC_A \\ NC_B \\ NC_C \\ NC_D \end{bmatrix} \quad (14)$$

式13の固有値1に対する解は、

$$NC_A = 1376/5051 \quad NC_B = 2861/10102$$

$$NC_C = 1141/5051 \quad NC_D = 2205/10102$$

である。

式14の固有値1に対する解は、

$$NC_A = 977/3857 \quad NC_B = 1132/3857$$

$$NC_C = 884/3857 \quad NC_D = 864/3857$$

である。

式13と式14から得られる論文対集合IとIIに対するNCを表8と図1に示す。NCの値

は合計が1になるように規格化している。

表8 IとIIのNCの比較

| | I | II | I to II |
|-------|--------|--------|---------|
| A | 0.2724 | 0.2533 | 7%down |
| B | 0.2832 | 0.2935 | 3%up |
| C | 0.2261 | 0.2292 | 1%up |
| D | 0.2183 | 0.2240 | 3%up |
| total | 1 | 1 | |

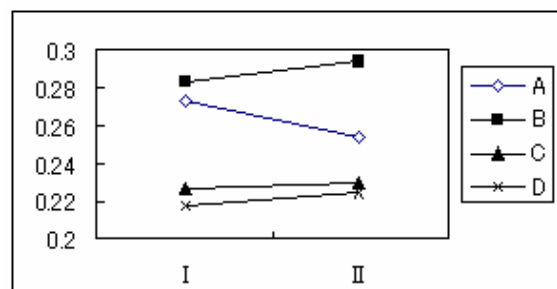


図1 IとIIのNCの比較

2.3で考察のとおりIからIIに論文対が置き換わった結果、国AのNCが相対的に低くなり、国Bと国DのNCは相対的に高くなった。このように、NCは従来の指標では反映されなかった国と国の引用関係が反映する指標となっている。

3 図書館情報学文献への応用

3.1 調査対象

2で提案した方法を図書館情報学分野に適用し、各国の国際貢献度NCを求める。図書館情報学は研究の国際性が高く、論文数の規模がそれほど大きくないので、まずこのモデルを検討するのに適した分野と考えられる。

- (a)研究領域:図書館情報学
- (b)被引用記事を抽出した雑誌:Journal of Documentation, Journal of the American Society for Information Science (and Technology), Journal of Information Science, Scientometricsの4誌
- (c)記事タイプ:article(原著論文)に限定

(d)被引用記事の出版年:1999年から2003年の5年間

(e)引用タイプ:他国引用と自国引用

4誌に掲載された記事の中から、著者所属機関(機関名称, 所在国名)の記載がある記事を抽出した。これらの論文の集合を標本 A (Set A)とする。次に、これらの記事を引用した記事を、Web of Science (WoS)の Cited Reference Search により検索した。これらの引用論文の集合を標本 B (Set B)とする。Set A, Set B とも、記事タイプ(Document Type)は、article(原著論文)に限定し、review や letter は除いた。これは、採録条件がより厳しい原著論文をその国の研究成果と考えるのが適切だと考えたためである。貢献度を比較するには、できるだけ狭い出版年範囲の論文(たとえば1年間)に限定することが望ましいが、図書館情報学は比較的小さな研究領域なので、統計的に信頼できる標本サイズにするため Set A の範囲は5年間とした。Set B には、1999年以降、データ採取時点(2006年5月)までの論文を含む。引用タイプは、1で検討したとおり、他国引用に加え自国引用を含める。

3.2 標本の選定方法

上記の条件によって収集した論文データをダウンロードし、その集合から以下の標本群を抽出した。

ダウンロード直後の被引用記事標本群は1350の記事(article)からなる。その中で著者所属機関名称の記述のある記事が1338あり、さらに、被引用数が1以上で引用元の論文タイプが article であるものを抽出したところ1025記事となった。これを Set A とする。Set A の構成国は51ヶ国となる。Set A を引用する2379記事(article)集合を Set B とする。Set B の構成国は71ヶ国である。Set A は Set B から延べ5658回、引用されている。

3.3 標本の基礎情報

3.3.1 主要国の選定 — 生産量の国別比較 —

NC を比較する対象国は、論文生産量がある一定数以上に達していないと、結果が偶然の要素に左右される可能性が高い。ここでは、Set A における論文の占有率(分数カウント法による)が1%以上の上位20ヶ国を評価対象国(以下「主要国」と呼ぶ)として選定する。残りの国の論文は、「その他」としてまとめ、分析上1つの国として扱う。20の主要国の論文数(P)、論文数占有率(S)、累積論文数占有率(CS)を表9に示す。20の主要国で累積占有率は91%を超える。

表9 20の主要国の論文数(P)、論文数占有率(S)、累積論文数占有率(CS)

| Nation | P | S | CS |
|-------------|--------|-------|-------|
| USA | 331.35 | 0.323 | 0.323 |
| UK | 164.33 | 0.160 | 0.484 |
| Netherlands | 49.75 | 0.049 | 0.532 |
| Belgium | 41.00 | 0.040 | 0.572 |
| India | 38.00 | 0.037 | 0.609 |
| Spain | 32.83 | 0.032 | 0.641 |
| Germany | 30.37 | 0.030 | 0.671 |
| Canada | 29.50 | 0.029 | 0.700 |
| Denmark | 28.67 | 0.028 | 0.728 |
| Australia | 28.08 | 0.027 | 0.755 |
| France | 26.50 | 0.026 | 0.781 |
| China | 22.62 | 0.022 | 0.803 |
| Hungary | 20.25 | 0.020 | 0.823 |
| Finland | 19.08 | 0.019 | 0.841 |
| Singapore | 16.00 | 0.016 | 0.857 |
| Israel | 11.83 | 0.012 | 0.868 |
| Korea | 11.75 | 0.011 | 0.880 |
| Taiwan | 11.67 | 0.011 | 0.891 |
| Japan | 11.33 | 0.011 | 0.902 |
| Sweden | 10.17 | 0.010 | 0.912 |

第1位のUSAは2位のUKの倍、2位のUKは3位のNLDの3倍であり上位2ヶ国が突出している。

3.3.2 従来の研究貢献度指標

20 の主要国における従来の研究貢献度指標を表 10 に示す.

表 10 図書館情報学分野における従来の国別研究貢献度指標 (1999-2003)

| Nation | P' | C' | P | C | C/P | C/C' |
|-------------|---------|---------|---------|---------|-------|--------|
| USA | 778.93 | 1628.95 | 331.35 | 2166.90 | 6.54 | 1.33 |
| UK | 381.03 | 1030.53 | 164.33 | 916.00 | 5.57 | 0.89 |
| Netherlands | 89.74 | 230.08 | 49.75 | 334.75 | 6.73 | 1.45 |
| Belgium | 74.23 | 180.23 | 41.00 | 241.17 | 5.88 | 1.34 |
| India | 35.67 | 69.83 | 38.00 | 114.33 | 3.01 | 1.64 |
| Spain | 109.50 | 297.17 | 32.83 | 131.33 | 4.00 | 0.44 |
| Germany | 53.16 | 99.99 | 30.37 | 146.13 | 4.81 | 1.46 |
| Canada | 123.25 | 352.67 | 29.50 | 160.00 | 5.42 | 0.45 |
| Denmark | 50.33 | 143.00 | 28.67 | 170.50 | 5.95 | 1.19 |
| Australia | 49.71 | 106.62 | 28.08 | 98.17 | 3.50 | 0.92 |
| France | 58.45 | 103.12 | 26.50 | 94.50 | 3.57 | 0.92 |
| China | 78.87 | 214.62 | 22.62 | 85.47 | 3.78 | 0.40 |
| Hungary | 26.67 | 57.50 | 20.25 | 108.33 | 5.35 | 1.88 |
| Finland | 60.58 | 162.33 | 19.08 | 131.25 | 6.88 | 0.81 |
| Singapore | 28.67 | 56.83 | 16.00 | 58.00 | 3.63 | 1.02 |
| Israel | 31.75 | 113.75 | 11.83 | 51.67 | 4.37 | 0.45 |
| Korea | 21.25 | 40.42 | 11.75 | 96.00 | 8.17 | 2.38 |
| Taiwan | 37.25 | 55.25 | 11.67 | 35.00 | 3.00 | 0.63 |
| Japan | 25.42 | 64.42 | 11.33 | 28.33 | 2.50 | 0.44 |
| Sweden | 23.15 | 45.65 | 10.17 | 44.33 | 4.36 | 0.97 |
| others | 241.39 | 605.04 | 89.92 | 445.83 | 4.96 | 0.74 |
| total | 2379.00 | 5658.00 | 1025.00 | 5658.00 | 5.52 | 1.00 |

被引用数(C)は規模に依存する指標であり, 論文数の多い国が有利になる. 表 10 から判るように, この指標では, 論文数の多いUSが1位, UKが2位となり, 先進国や欧州諸国が次点になる. アジア諸国は規模が小さく下位になる傾向がある.

一方, 被引用率(C/P), 引用係数(C/C')は効率を示す指標であり, 規模に影響されない. この2つの指標についてはいずれも Koreaが1位であるが, 2位から5位までの国やその順位は異なる. これは, 効率を見る基準(分母)が異なることによる.

3.4 国間の引用と被引用の状況

国間被引用－引用行列を表 11 に示す。

表 11 国間被引用－引用行列

| | | Citing Nation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Sum | | |
|--------------|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|--------|----|
| | | AUS | BEL | CAN | CHN | DEU | DNK | ESP | FIN | FRA | GBR | HUN | IND | ISR | JPN | KOR | NLD | SGP | SWE | TWN | USA | | others | |
| Cited Nation | AUS | 22 | >0 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 1 | - | 10 | - | 1 | - | >0 | 1 | 4 | 2 | 1 | - | 25 | 15 | 98 | |
| | BEL | 6 | 72 | 7 | 14 | 3 | 7 | 13 | 4 | 4 | 32 | 8 | 2 | 8 | 4 | - | 18 | 1 | 2 | - | 20 | 14 | 241 | |
| | CAN | 1 | - | 65 | 3 | 2 | - | 3 | 3 | - | 13 | 1 | 1 | 1 | - | - | 6 | - | - | 1 | 52 | 9 | 160 | |
| | CHN | 1 | 16 | 2 | 33 | 1 | 1 | 2 | >0 | >0 | 8 | - | >0 | - | - | - | 4 | - | 1 | 3 | 10 | 3 | 85 | |
| | DEU | 5 | 12 | 2 | 9 | 27 | 3 | 10 | >0 | 3 | 9 | 5 | 3 | 2 | 2 | 1 | 14 | - | 1 | 3 | 18 | 16 | 146 | |
| | DNK | 4 | 2 | 2 | - | 1 | 38 | 9 | 8 | 5 | 37 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 | 2 | 2 | 1 | 26 | 21 | 170 | |
| | ESP | 1 | 1 | 3 | 12 | 1 | 1 | 67 | - | 4 | 5 | 2 | >0 | - | 2 | - | 4 | - | - | 1 | 14 | 14 | 131 | |
| | FIN | 3 | 6 | 6 | 1 | 1 | 5 | 8 | 44 | - | 14 | >0 | 4 | - | 1 | >0 | 5 | 1 | 6 | >0 | 18 | 10 | 131 | |
| | FRA | - | 4 | 4 | 1 | 4 | 1 | 16 | 1 | 25 | 4 | >0 | - | 1 | 1 | 1 | 5 | - | 3 | - | 11 | 11 | 94 | |
| | GBR | 9 | 12 | 52 | 12 | 6 | 15 | 29 | 23 | 11 | 465 | 2 | 4 | 25 | 2 | 4 | 10 | 3 | 3 | 6 | 143 | 81 | 916 | |
| | HUN | 1 | 11 | >0 | 6 | 5 | 3 | 6 | 1 | 4 | 9 | 22 | 2 | 3 | 1 | 1 | 9 | - | 1 | - | 6 | 21 | 108 | |
| | IND | - | 3 | 1 | 10 | 1 | 1 | 10 | >0 | 3 | 10 | 1 | 41 | - | 8 | - | 2 | - | >0 | 1 | 9 | 15 | 114 | |
| | ISR | - | 1 | 2 | - | 2 | 4 | - | - | - | 6 | - | - | 19 | - | - | 1 | - | - | 1 | 15 | 2 | 52 | |
| | JPN | - | >0 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | 1 | - | 1 | - | - | - | 20 | - | - | - | - | - | - | - | >0 | 28 |
| | KOR | 2 | - | 5 | 3 | - | 2 | 7 | 2 | 1 | 19 | - | - | 3 | >0 | 13 | 2 | >0 | - | 1 | 29 | 7 | 96 | |
| | NLD | 6 | 14 | 11 | 17 | 12 | 10 | 32 | 10 | 15 | 35 | 8 | 2 | 1 | 3 | 2 | 71 | 3 | 3 | 3 | 49 | 30 | 335 | |
| | SGP | 1 | 1 | 4 | 2 | - | 4 | 2 | - | 1 | 10 | - | - | 1 | - | 1 | 1 | 10 | - | - | 14 | 8 | 58 | |
| | SWE | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 4 | 3 | - | - | 2 | >0 | >0 | - | 4 | - | 7 | - | 4 | - | 9 | 2 | 44 | |
| | TWN | 1 | 2 | - | 2 | - | - | 2 | - | - | 2 | - | - | - | - | 1 | >0 | 1 | >0 | 9 | 10 | 5 | 35 | |
| | USA | 38 | 14 | 165 | 62 | 23 | 33 | 55 | 50 | 20 | 259 | 2 | 3 | 43 | 9 | 12 | 53 | 31 | 17 | 22 | 1082 | 174 | 2167 | |
| others | 5 | 6 | 18 | 21 | 7 | 10 | 19 | 13 | 6 | 82 | 5 | 5 | 6 | 5 | 3 | 10 | 4 | 1 | 3 | 71 | 148 | 446 | | |
| sum | 107 | 180 | 353 | 215 | 100 | 143 | 297 | 162 | 103 | 1031 | 58 | 70 | 114 | 64 | 40 | 230 | 57 | 46 | 55 | 1629 | 605 | 5658 | | |

[分数カウント法により算出した値を小数点以下で四捨五入，－は零を示す]

表 9 に見たように，USA と UK の規模が抜群に大きいので，国ごとの引用もこの 2 国が関係したところが多い。

表 11 を式 3 に従って規格化した国際貢献
効率行列を表 12 に示す.

表 12 国際貢献効率行列

| | | Citing Nation | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| | | NN | AUS | BEL | CAN | CHN | DEU | DNK | ESP | FIN | FRA | GBR | HUN | IND | ISR | JPN | KOR | NLD | SGP | SWE | TWN | USA | others |
| Cited Nation | AUS | .210 | .003 | .019 | .036 | .036 | .019 | .038 | .013 | - | .093 | - | .009 | - | .003 | .009 | .039 | .014 | .009 | - | .232 | .138 | |
| | BEL | .034 | .401 | .040 | .079 | .016 | .041 | .073 | .021 | .024 | .176 | .044 | .013 | .046 | .022 | - | .100 | .006 | .013 | - | .113 | .075 | |
| | CAN | .001 | - | .185 | .010 | .005 | - | .007 | .009 | - | .036 | .003 | .003 | .001 | - | - | .017 | - | - | .003 | .146 | .027 | |
| | CHN | .005 | .074 | .010 | .155 | .004 | .006 | .010 | .002 | .002 | .037 | - | .001 | - | - | - | .018 | - | .002 | .013 | .046 | .013 | |
| | DEU | .047 | .121 | .022 | .094 | .271 | .034 | .104 | .003 | .028 | .088 | .047 | .032 | .023 | .020 | .008 | .137 | - | .011 | .030 | .183 | .158 | |
| | DNK | .028 | .013 | .010 | - | .003 | .264 | .063 | .056 | .032 | .260 | .006 | .008 | .021 | .017 | .012 | .037 | .014 | .014 | .007 | .183 | .144 | |
| | ESP | .004 | .004 | .010 | .039 | .002 | .004 | .225 | - | .014 | .017 | .008 | .001 | - | .005 | - | .014 | - | - | .003 | .045 | .046 | |
| | FIN | .017 | .034 | .037 | .008 | .008 | .028 | .050 | .269 | - | .087 | .001 | .024 | - | .005 | .002 | .030 | .003 | .034 | .002 | .113 | .059 | |
| | FRA | - | .042 | .036 | .013 | .043 | .011 | .156 | .010 | .246 | .040 | .003 | - | .010 | .010 | .010 | .047 | - | .027 | - | .105 | .108 | |
| | GBR | .009 | .011 | .050 | .011 | .006 | .015 | .028 | .022 | .011 | .451 | .002 | .004 | .024 | .002 | .003 | .010 | .003 | .003 | .006 | .138 | .079 | |
| | HUN | .014 | .187 | .003 | .096 | .083 | .054 | .099 | .015 | .071 | .151 | .378 | .035 | .046 | .009 | .014 | .151 | - | .024 | - | .097 | .357 | |
| | IND | - | .036 | .014 | .150 | .010 | .007 | .136 | .006 | .048 | .138 | .016 | .580 | - | .107 | - | .029 | - | .005 | .014 | .122 | .220 | |
| | ISR | - | .010 | .013 | - | .013 | .035 | - | - | - | .048 | - | - | .167 | - | - | .012 | - | - | .009 | .127 | .019 | |
| | JPN | - | .003 | .016 | .017 | .016 | - | .031 | .018 | - | .021 | - | - | - | .313 | - | - | - | - | - | - | .005 | |
| | KOR | .056 | - | .113 | .069 | - | .037 | .173 | .059 | .025 | .476 | - | - | .062 | .006 | .315 | .043 | .006 | - | .031 | .719 | .185 | |
| | NLD | .024 | .062 | .046 | .072 | .050 | .041 | .138 | .044 | .065 | .154 | .035 | .007 | .004 | .014 | .009 | .309 | .013 | .013 | .013 | .211 | .130 | |
| | SGP | .009 | .023 | .062 | .035 | - | .062 | .035 | - | .018 | .167 | - | - | .018 | - | .018 | .009 | .170 | - | - | .252 | .144 | |
| | SWE | .031 | .053 | .063 | .013 | .042 | .088 | .055 | - | - | .040 | .007 | .007 | - | .088 | - | .146 | - | .091 | - | .203 | .045 | |
| | TWN | .022 | .036 | - | .036 | - | - | .036 | - | - | .035 | - | - | - | - | .009 | .006 | .018 | .005 | .154 | .186 | .090 | |
| | USA | .023 | .009 | .101 | .038 | .014 | .020 | .034 | .031 | .013 | .159 | .001 | .002 | .026 | .006 | .007 | .032 | .019 | .010 | .014 | .664 | .107 | |
| others | .009 | .011 | .029 | .035 | .011 | .016 | .031 | .021 | .009 | .136 | .008 | .008 | .009 | .008 | .005 | .017 | .007 | .002 | .004 | .117 | .244 | | |

[国際貢献効率により算出した値を小数点第 4 位以下で四捨五入, ーは零を示す]

表 10 におけるマクロ国際貢献効率 C/C' が
高い国の USA, UK に対する貢献効率が比較
的高い.

3.5 NCによる国比較

20の主要国のNCに基づいて国の貢献度を考察する。

3.5.1 20の主要国のNC

20の主要国のNCは次の通りである。

表13 20の主要国のNC

| Nation | NC | Nation | NC |
|-------------|--------|-----------|--------|
| Korea | 0.1256 | Australia | 0.0426 |
| Hungary | 0.1066 | France | 0.0361 |
| India | 0.0790 | UK | 0.0340 |
| Germany | 0.0758 | Finland | 0.0333 |
| Netherlands | 0.0697 | Taiwan | 0.0269 |
| USA | 0.0655 | Israel | 0.0184 |
| Belgium | 0.0654 | Canada | 0.0176 |
| Denmark | 0.0521 | China | 0.0148 |
| Sweden | 0.0466 | Spain | 0.0115 |
| Singapore | 0.0448 | Japan | 0.0054 |

NCの高い国は, Korea, Hungary, India, Germany, Netherlandsであり, 低い国は Japan, Spain, China, Israelである。NCと従来の研究貢献度指標とのスピアマン順位相関係数 r と p 値は次の通りである。

| | P' | C' | P | C | C/P | C/C' |
|-----|-------|-------|------|------|-------|--------|
| r | -0.24 | -0.30 | 0.25 | 0.35 | 0.42 | 0.99** |
| p | 0.30 | 0.20 | 0.28 | 0.13 | 0.06 | 0.00 |

[**: 1%水準で有意(両側)]

NCは引用係数 C/C' にマイクロな要素を加えた指標なので, C/C' と高い相関を示す(1%水準で有意)のは当然である。それ以外の従来型指標とは5%水準でいずれも有意な相関が見られなかった。これが, この指標によるものか, 図書館情報学における特徴であるのかは, 興味深い問題である。

3.5.2 NCの特徴

表14で明らかのように, 上位国群で2ヶ国, 中位国群で2ヶ国, 下位国群で3ヶ国の順位の変化が発生した。この要因は, NCは国間のマイクロな被引用-引用関係を反映する指標であるのに対して, 引用係数はそれを反映しないマクロな指標でのためである。両指標を比較することで, 国間被引用-引用関係を反映が指標に与える差異について考察する。

表14 20の主要国のNCと引用係数

| | Nation | C/C' | Rank | NC | Rank | 各群からの引用比率 | | |
|------|-------------|--------|------|--------|------|-----------|------|------|
| | | | | | | 上位国群 | 中位国群 | 下位国群 |
| 上位国群 | Korea | 2.3753 | (1) | 0.1256 | (1) | 45% | 28% | 27% |
| | Hungary | 1.8841 | (2) | 0.1066 | (2) | 50% | 17% | 32% |
| | India | 1.6372 | (3) | 0.0790 | (3) | 48% | 12% | 39% |
| | Germany | 1.4615 | (4) | 0.0758 | (4) | 55% | 14% | 31% |
| | Netherlands | 1.4550 | (5) | 0.0697 | (5) | 47% | 24% | 29% |
| | Belgium | 1.3381 | (6) | 0.0654 | (7) | 51% | 24% | 25% |
| | USA | 1.3302 | (7) | 0.0655 | (6) | 55% | 21% | 24% |
| | average | 1.6402 | | 0.0840 | | 50% | 20% | 30% |
| 中位国群 | Denmark | 1.1923 | (8) | 0.0521 | (8) | 22% | 56% | 22% |
| | Singapore | 1.0205 | (9) | 0.0448 | (10) | 30% | 42% | 29% |
| | Sweden | 0.9712 | (10) | 0.0466 | (9) | 47% | 26% | 27% |
| | Australia | 0.9207 | (11) | 0.0426 | (11) | 36% | 39% | 25% |
| | France | 0.9164 | (12) | 0.0361 | (12) | 27% | 36% | 36% |
| | UK | 0.8889 | (13) | 0.0340 | (13) | 20% | 58% | 23% |
| | Finland | 0.8085 | (14) | 0.0333 | (14) | 26% | 54% | 20% |
| | average | 0.9598 | | 0.0413 | | 30% | 44% | 26% |
| 下位国群 | Taiwan | 0.6335 | (15) | 0.0269 | (15) | 37% | 13% | 50% |
| | Israel | 0.4542 | (16) | 0.0184 | (16) | 36% | 18% | 46% |
| | Canada | 0.4537 | (17) | 0.0176 | (17) | 38% | 10% | 51% |
| | Spain | 0.4420 | (18) | 0.0115 | (19) | 17% | 9% | 74% |
| | Japan | 0.4398 | (19) | 0.0054 | (20) | 4% | 9% | 87% |
| | China | 0.3982 | (20) | 0.0148 | (18) | 36% | 14% | 51% |
| | other | 0.7369 | ---- | 0.0283 | ---- | 24% | 27% | 49% |
| | average | 0.5083 | | 0.0176 | | 28% | 15% | 57% |

表 14 に示したように、引用係数と比べて NC が高い国は、USA, Sweden, China, 逆に引用係数に比べて NC が低い国は、Belgium, Singapore, Spain, Japan である。順位の変化は、USA と Belgium の間、Sweden と Singapore の間、および China と Spain と Japan の間で起きている。ただし、USA と Belgium の間のごく僅差であり、同順位と見なすべきかもしれない。この理由を考察するため、各国を NC と引用係数の値によって、上位国群 (Korea, Hungary, India, Germany, Netherlands, Belgium, USA の 7 ヶ国)、中位国群 (Denmark, Singapore, Sweden, Australia, France, UK, Finland の 7 ヶ国)、下位国群 (Taiwan, Israel, Canada, China, Spain, Japan に others を加え 7 ヶ国) の 3 つの群に分類し、各国がこれらの各群からそれぞれどれだけの比率で引用を受けたかを表 14 の右側の列に示した。順位変化のあった国が上位国群、中位国群、下位国群から引用された比率、各国群差、上位国群差と下位国群差の開き(H-L)は次の通りである。

| Nation | 上位国群(H) | 中位国群(M) | 下位国群(L) |
|----------------------|---------|---------|---------|
| USA | 54.86% | 28.72% | 16.41% |
| Belgium | 51.38% | 29.19% | 19.42% |
| USA-Belgium H-L | 3.48% | -0.47% | -3.01% |
| Sweden | 47.09% | 30.45% | 22.46% |
| Singapore | 29.60% | 55.75% | 14.66% |
| Sweden-Singapore H-L | 17.49% | -25.30% | 7.80% |
| China | 35.82% | 16.84% | 47.34% |
| Spain | 16.88% | 19.12% | 64.00% |
| Japan | 4.31% | 10.00% | 85.69% |
| China-Spain H-L | 18.94% | -2.28% | -16.66% |
| China-Japan H-L | 31.51% | 6.84% | -38.35% |
| Spain-Japan H-L | 12.57% | 9.12% | -21.69% |
| | | 34.26% | |

このように、変化があった例では、いずれも相対的に上位国からの引用率が高い国が NC

の順位を上げ、相対的に上位国からの引用率が低い国が NC の順位を下げている。その開き(H-L)が、おおよそ 5%~10%を超えると順位の変化が発生している。つまり、 NC はミクロな引用係数が大きいとともに、国際貢献度の高い国に、大きく貢献した国が高い値を得る指標であることが判る。

3.5.3 NC と C/C' の比較

NC と C/C' の両指標を比較する。両指標の値と国別の比を表 15 と図 2 に示す。

表 15 20 の主要国の NC と C/C'

| Nation | C/C' | NC | NC' | $NC'/(C'/C)-1$ |
|-------------|---------|--------|---------|----------------|
| Korea | 2.3753 | 0.1256 | 2.7328 | 0.1505 |
| Hungary | 1.8841 | 0.1066 | 2.3194 | 0.2311 |
| India | 1.6372 | 0.0790 | 1.7189 | 0.0499 |
| Germany | 1.4615 | 0.0758 | 1.6493 | 0.1285 |
| Netherlands | 1.4550 | 0.0697 | 1.5165 | 0.0423 |
| Belgium | 1.3381 | 0.0654 | 1.4230 | 0.0634 |
| USA | 1.3302 | 0.0655 | 1.4252 | 0.0714 |
| Denmark | 1.1923 | 0.0521 | 1.1336 | -0.0492 |
| Singapore | 1.0205 | 0.0448 | 0.9748 | -0.0448 |
| Sweden | 0.9712 | 0.0466 | 1.0139 | 0.0440 |
| Australia | 0.9207 | 0.0426 | 0.9269 | 0.0067 |
| France | 0.9164 | 0.0361 | 0.7855 | -0.1429 |
| UK | 0.8889 | 0.0340 | 0.7398 | -0.1678 |
| Finland | 0.8085 | 0.0333 | 0.7245 | -0.1038 |
| Taiwan | 0.6335 | 0.0269 | 0.5853 | -0.0761 |
| Israel | 0.4542 | 0.0184 | 0.4004 | -0.1186 |
| Canada | 0.4537 | 0.0176 | 0.3829 | -0.1560 |
| Spain | 0.4420 | 0.0115 | 0.2502 | -0.4339 |
| Japan | 0.4398 | 0.0054 | 0.1175 | -0.7328 |
| China | 0.3982 | 0.0148 | 0.3220 | -0.1913 |
| other | 0.7369 | 0.0283 | 0.6158 | -0.1644 |
| | 21.7582 | 1.0000 | 21.7582 | -1.5937 |

[NC' : NC を C/C' の総和で規格化した値]
 [$NC'/(C'/C)-1$: C/C' と NC が等しい時は零となり、 $C/C' < NC$ なら正、 $C/C' > NC$ なら負を示す]

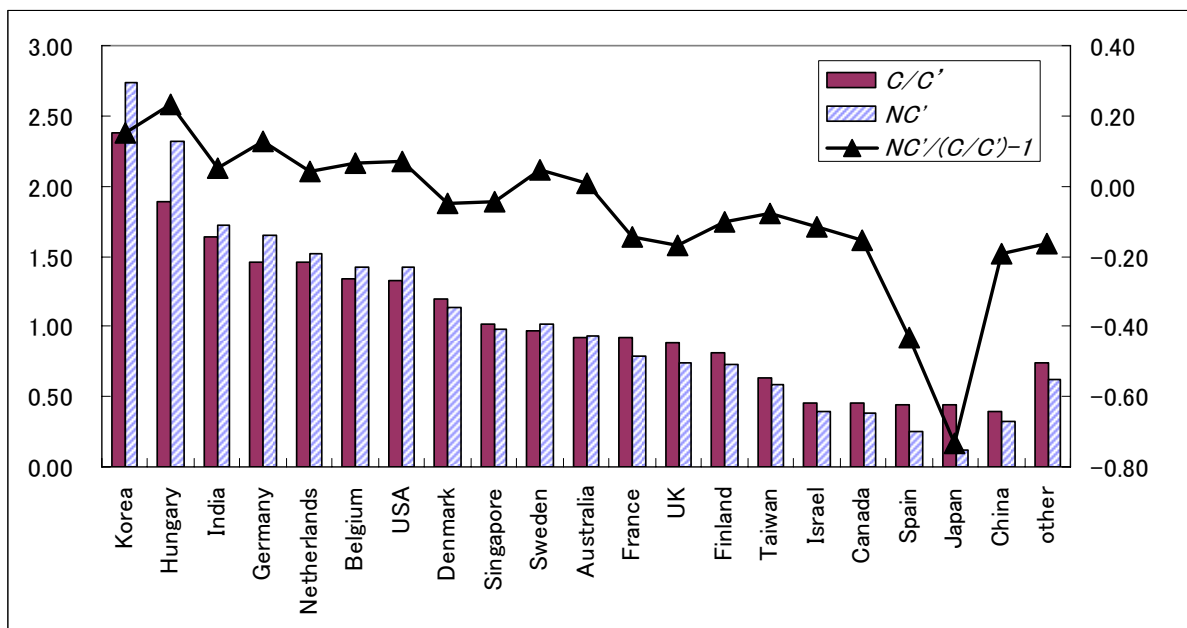


図 2 20 の主要国の NC, C/C' と比
 [左側の目盛は棒グラフの C/C' と NC', 右側の目盛は折れ線グラフの $NC'/(C/C')-1$]

C/C' に比較して NC' が最も高い国は、Hungary で 23% 高値である。逆に、最も低い国は、Japan で -73% である。最高値と最低値の幅は 96% である。

NC や C/C' の上位国群ほど、NC' は高くなる傾向があり、下位国群ほど、低くなる傾向があることが分かる。この傾向になる理由は、上位国群が上位国群、下位国群が下位国群を引用する割合が高い場合、C/C' が単純和なのに対して NC が加重和なため、前者はより高くなる傾向を示し、後者はより低くなる傾向を示すためである。よって、NC は C/C' と比較してより国の特徴を増幅して示す傾向がある。つまり、NC は学術コミュニケーションの地域(国など)の偏りをみるのに適している。

4 結論

国の研究活動は多角的な視点から見ることができる。本論では国の貢献度の視点から検討し、引用関係における国と国の関係に着目した指標である NC を提案した。NC は自他国の引用を意識せずに生成される特徴がある。

C/C' は、国の引用数(輸入)に対する被引用数(輸出)の割合によって国の国際貢献度を示すマクロな指標であり、NC は、これに個別の国間の引用というミクロな情報を採り入れた指標である。今回の例で、この両指標が極めて高い相関(0.99)であったことは、C/C' がミクロな関係に影響されにくく、その頑健性が示されたと言えるかもしれない。このような結果になったのは、表 14 に見られるように、概して C/C' の高い国は高い国から、低い国は低い国から引用される割合が高いためである。この状況が一般的であるとすれば、計算手続きの複雑な NC を用いずとも C/C' で十分な説明ができることになる。しかし、今回は特定の分野の 1 つの事例を検討しただけであるので、NC が C/C' と異なる傾向を示す場合があることを否定はできない。今回、NC と C/C' の間で差が大きかったケース、すなわち Spain や Japan の事例について、今後さらに差異の要因を詳細に分析することによって、NC の有効性が発揮される場面、状況が明らかになる可能性がある。また、自国引用を含めるか否かに依存しないという NC の特徴を活用できる場面があるかもしれない。

謝辞

本論をまとめるにあたって、筑波大学大学院図書館情報メディア研究科 小野寺夏生教授のご指導を賜り、深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Garfield, E.: "Is Citation Analysis a Legitimate Evaluation Tool?" *Scientometrics*, Vol.1, No.4, pp.359-375, 1979.
- [2] van Raan, A. F. J.: "Comparison of the Hirsch-Index with Standard Bibliometric Indicators and with Peer Judgment for 147 Chemistry Research Groups", *Scientometrics*, Vol.67, No.3, pp.491-502, 2006.
- [3] Meho, L. I.; Sonnenwald, D. H.: "Citation Ranking Versus Peer Evaluation of Senior Faculty Research Performance: A Case Study of Kurdish Scholarship", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.51, No.2, pp.123-138, 2000.
- [4] Baird, L. M.; Oppenheim, C.: "Do Citations Matter?" *Journal of Information Science*, Vol.20, No.1, pp.2-15, 1994.
- [5] Garfield, E.: *Citation Indexing: Its Theory and Application in Science, Technology, and Humanities*, Wiley, 274p.,1979.
- [6] Moravcsik, M. J.; Murugesan, P.: "Some Results on the Function and Quality of Citations", *Social Studies of Science*, Vol.5, No.1, pp.86-92, 1975.
- [7] Chubin, D. E.; Moitra, S. D.: "Content Analysis of References: Adjunct or Alternative to Citation Counting?" *Social Studies of Science*, Vol.5, No.4, pp.423-441, 1975.
- [8] Small, H.: "Citation Context Analysis", *Progress in Communication Sciences*, Vol.3, pp.287-310, 1982.
- [9] Krampen, G.; Becker, R.; Wahner, U.; Montada, L.: "On the Validity of Citation Counting in Science Evaluation: Content Analyses of References and Citations in Psychological Publications", *Scientometrics*, Vol.71, No.2, pp.191-202, 2007.
- [10] Moed, H. F.: *Citation Analysis in Research Evaluation*, Springer, 346p.,2005.
- [11] Cronin, B.; Overfelt, K.: "Citation-Based Auditing of Academic Performance", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.45, No.2, pp.61-72, 1994.
- [12] van Raan, A. F. J.: "Performance-Related Differences of Bibliometric Statistical Properties of Research Groups: Cumulative Advantages and Hierarchically Layered Networks", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol.57, No.14, pp.1919-1935, 2006.
- [13] van Raan, A. F. J.: "Statistical Properties of Bibliometric Indicators: Research Group Indicator Distributions and Correlations", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol.57, No.3, pp.408-430, 2006.
- [14] Moed, H. F.; Burger, W. J. M.; Frankfort, J. G.; van Raan, A. F. J.: "The Use of Bibliometric Data for the Measurement of University Research Performance", *Research Policy*, Vol.14, No.3, pp.131-149, 1985.
- [15] Butler, L.; Visser, M. S.: "Extending Citation Analysis to Non-Source Items", *Scientometrics*, Vol.66, No.2, pp.327-343, 2006.
- [16] van Raan, A. F. J.: "Fatal Attraction: Conceptual and Methodological

- Problems in the Ranking of Universities by Bibliometric Methods", *Scientometrics*, Vol.62, No.1, pp.133-143, 2005.
- [17] Noyons, E. C. M.; Moed, H. F.; van Raan, A. F. J.: "Integrating Research Performance Analysis and Science Mapping", *Scientometrics*, Vol.46, No.3, pp.591-604, 1999.
- [18] Van den Berghe, H.; Houben, J. A.; de Bruin, R. E.; Moed, H. F.; Kint, A.; Luwel, M.; Spruyt, E. H. J.: "Bibliometric Indicators of University Research Performance in Flanders", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.49, No.1, pp.59-67, 1998.
- [19] Tijssen, R. J. W.; Van Leeuwen, T. N.: "Measuring Impacts of Academic Science on Industrial Research: A Citation-Based Approach", *Scientometrics*, Vol.66, No.1, pp.55-69, 2005.
- [20] Adams, J.: "Benchmarking International Research", *Nature*, Vol.396, pp.615-618, 1998.
- [21] May, R. M.: "The Scientific Wealth of Nations", *Science*, Vol.275, No.5301, pp.793-796, 1977.
- [22] May, R. M.: "The Scientific Investments of Nations", *Science*, Vol.281, No.5373, pp.49-51, 1998.
- [23] King, D. A.: "The Scientific Impact of Nations", *Nature*, Vol.430, No.6997, pp.311-316, 2004.
- [24] Zitt, M.; Perrot, F.; Barre, R.: "The Transition From "National" To "Transnational" Model and Related Measures of Countries' Performance", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol.49, No.1, pp.30-42, 1998.
- [25] The Centre for Science and Technology Studies, L. U.: *Leiden Ranking 1: Top 100 European Universities*, Green List, http://www.cwts.ne/cwts/LR_green_table.html (2007/8/15 参照)
- [26] Moed, H. F.; De Bruin, R. E.; Van Leeuwen, T. N.: "New Bibliometric Tools for the Assessment of National Research Performance: Database Description, Overview of Indicators and First Applications", *Scientometrics*, Vol.33, No.3, pp.381-422, 1995.
- [27] van Leeuwen, T. N.; Moed, H. F.; Tijssen, R. J. W.; Visser, M. S.; van Raan, A. F. J.: "Language Biases in the Coverage of the Science Citation Index and Its Consequences for International Comparisons of National Research Performance", *Scientometrics*, Vol.51, No.1, pp.335-346, 2001.
- [28] Rushton, J. P.; Murray, H. G.; Paunonen, S. V.: "Personality, Research Creativity, and Teaching Effectiveness in University Professors", *Scientometrics*, Vol.5, No.2, pp.93-116, 1983.
- [29] Pasterkamp, G.; Rotmans, J.; de Kleun, D. V. P.; Borst, C.: "Citation Frequency: A Biased Measure of Research Impact Significantly Influenced by the Geographical Origin of Research Articles", *Scientometrics*, Vol.70, No.1, pp.153-165, 2007.
- [30] 角田裕之; 小野寺夏生: "論文と研究者のインパクトに対する新しい計量書誌学的指標 — 論文引用グラフの固有ベクトル解析 —", *情報メディア研究*, Vol.5, No.1, pp.1-20, 2006.
- [31] Pinski, G.; Narin, F.: "Citation Influence for Journal Aggregates of Scientific Publications: Theory, with Application to the Literature of Physics", *Information Processing & Management*, Vol.12, No.5, pp.297-312, 1976.
(2007年5月9日受付)
(2007年11月6日採択)
(2007年12月20日オンライン公開)