研究活動に対する客観的かつ定量的な評価指標

Objective and quantitative indices for the research assessment

清水 毅志¹

SHIMIZU Takeshi¹

.....

1 エルゼビア・ジャパン株式会社 (〒106-0044 東京都港区東麻布1-9-15東麻布1丁目ビル4階) E-mail: t.shimizu@elsevier.com

1 Elsevier Japan KK (Higashi Azabu 1-chome Bldg 4F 1-9-15 Higashi Azabu Minato-ku, Tokyo 106-0044)

原稿受理 (2009-09-03)

(情報管理 52(8), 464-474)

著者抄録

限られた研究資金の配分を背景として、研究活動に対する客観的かつ定量的な評価指標が求められている。インパクトファクターは学術雑誌の評価指標であるため、その指標を研究者個人や研究施設に当てはめることは誤用とされる。それに代わる指標として、発表論文数や被引用数を統計的に算定した評価指標が提唱されてきた。*h-index*は発表論文の「量」と「質」を併せ持つ指標として注目されてきたが、単純化された故の欠点も指摘されている。そのため*h-index*の欠点を補完する指標がその後数多く提案されている。補完指標にはそれぞれの目的や定義上の限界があるので、評価には複数の指標を組み合わせながら考察する必要がある。

キーワード

研究評価, 計量書誌学, 引用統計, 評価指標, インパクトファクター, *h-index*, *h-indices*, *IQp*

1. はじめに

ビジネスの世界では常にその成果や結果を数値化して評価する（または評価される）ことが求められる。これは法人組織でも同様であり、数多くの経営指標や経済指標が生み出され評価に利用されている。「研究」という未知のものを発見し、新たに価値を創造していく高度に専門化された作業の中でも、公平かつ定量的な評価指標が求められている。この背景には国立大学の学校法人化や国公立研究所

の独立行政法人化を契機として、限られた研究資金の配分をめぐり、研究者個人や研究機関の適切な評価が必要となった影響が大きいと思われる。

学術雑誌に発表される論文は研究者の成果を報告する手段であるが、最近の計量書誌学では、この論文数や他の研究者に引用された被引用数を研究の評価要素として、多くの研究評価指標が提案されている。本稿ではこれらの中から、研究者の間で注目されてきている代表的な研究評価指標を紹介したい。

2. これまで利用されてきた指標

2.1 インパクトファクター

これまで研究のための評価指標と言えば、まずインパクトファクターが語られてきた。インパクトファクターはGarfieldが提唱した学術雑誌の評価指標である¹⁾。特定の雑誌におけるその年のインパクトファクターは、その年の総被引用数を直近2年間の掲載論文数で割って算出される。つまり、雑誌に掲載された論文が平均してどの位引用されているのかを示す。当然ながらこれは雑誌としての評価指標であり、雑誌が分野別にランキングされた形で毎年見ることができる。筆者の所属するエルゼビア社は学術雑誌の出版社であるので、各雑誌の編集部では毎年インパクトファクターの増減に対し敏感に反応している。

このようにインパクトファクターは歴史のある重要な指標であるが、その定義を無視した研究者や研究施設への利用は妥当ではない。にもかかわらず、研究者の評価報告書や研究の目標数値としてインパクトファクターが利用されているケースが見受けられる。インパクトファクターは雑誌のレベルを測る定量値ではあるが、その中に収録されている個々の論文まで評価しているわけではない。ある雑誌に少数の高被引用論文（いわゆるホットペーパー）があった場合、インパクトファクターを大きく上昇させる可能性がある。事実、提唱者のGarfieldもインパクトファクターを個々の研究者評価に利用するべきではないと勧告している²⁾。また、雑誌の種類（レビュー誌かレター誌か、学際的総合誌か専門誌か）によっても、インパクトファクターの値は異なってくる。そもそもインパクトファクターを持つ雑誌は、Indexed Journalとしてトムソン・ロイター社のJournal Citation Reports®に収録されたものに限定される。

雑誌の評価に関しては歴史的にインパクトファクターが標準指標であったが、最近では“SCImago Journal & Country Rank (SJR)”³⁾や“Eigenfactor”⁴⁾な

どの新しい雑誌評価ツールが考案され、しかも無料で公開されている。これらの指標は引用数情報だけでなく、雑誌間における引用の重み付け等も考慮してより複雑な計算方法を用いている。

2.2 論文数、被引用数、平均被引用数

研究者個人あるいは研究施設での研究指標を考えた場合、その基本的要素として用いられるものには、総論文数や総被引用数などが挙げられる。これらの数字を用意するだけでも、精査された書誌引用データベースからの抽出が必要となり、実際には大変な作業であるのだが、この数字だけではあまり実用的な評価指標とはならない。例えば、総論文数は論文生産性（量）であり、総被引用数は他への影響力（質）の比較と言えるが、研究分野や施設規模によって大きく左右される。また、論文あたりの平均被引用数は極端に被引用数の多いホットペーパーの存在や生産性の低さによって大きく上昇する場合がある。

研究者個人を想定した場合、下品な言い方をすれば、他の研究者からの引用が少ない（影響力が小さい＝論文の質が高くない）論文を単に量産しているだけの研究者なのか、あるいは長い研究生活において一報のホットペーパーのみに依存し、その後目立った実績のない一発屋なのかを知ることができない。極端な例ではあるが、表1のように同じ研究分

表1 論文数と被引用数の比較例

研究者A		研究者B		研究者C	
論文順位	被引用数	論文順位	被引用数	論文順位	被引用数
1	100	1	200	1	5
2	80	2	10	2	3
3	20	3	1	3	2
4	10	4	0	4	1
5	6			5	1
6	4			6	0
7	2			7	0
8	0			8	0
				9	0
				10	0
総論文数:8 総被引用数:222 平均被引用数:27.8		総論文数:4 総被引用数:211 平均被引用数:52.8		総論文数:10 総被引用数:12 平均被引用数:1.2	

野の3名の研究者がいた場合、どの研究者により高い評価を与えるべきなのか。それを公平かつ定量的に計算する指標はあるのだろうか？

3. h -indexの提唱

3.1 h -indexとは

これらの「量」と「質」の両側面を考慮した指標として、2005年にアメリカの物理学者であるJorge Hirschが提案した指標が h -index (h 指数, highly cited indexもしくは高被引用指数)である⁵⁾。

h -indexは、「対象となる研究者が発表した論文のうち、被引用数が少なくとも h 回あるものが h 報以上ある。このとき、その研究者の h -indexは h である」と定義される。算出原理を図1に示す。何やら複雑のように思えるが、実際の算出は非常に単純である。

表1の研究者Aを例に説明すると、研究者Aはこれまで8報の論文を発表しており、現在のところ被引用数の最大は100回、最低は0回である。この8報を被引用数の多い順に並べ論文順位を付ける。論文順位と被引用数を見比べていくと、その数が逆転（あるいは同数）になるポイントが見つかる。研究者Aの場合、5番目の論文は6回の被引用数を持つが、6番目の論文は4回となり順位と被引用数の大小関係が逆転する。この場合論文順位5番目と6番目の間に線引きがされ、研究者Aの h -indexは5であると算出される。つまり、「研究者Aは被引用数が5回以上の論文

文が少なくとも5本以上ある」という定義を満たす。同様に算出すると研究者Bと研究者Cの h -indexは共に2となる。3名の研究者を比較した場合、 h -indexによる定量的評価としては研究者Aが上位となる結果となる。

過去20年間のノーベル物理学賞受賞者の h -indexを算出したところレンジは22~79となり、平均値は41、メジアンは35であった⁵⁾。

エルゼビア社のインタビューに対してHirschは次のようなコメントを述べている。「私の論文と研究については本質的に争論 (controversial nature) であり、そのためにインパクトファクターの高い雑誌に発表することができない。それにもかかわらず、多くの論文が非常に数多く引用されている。論文が高インパクトファクターの雑誌に発表されていなくても被引用数は評価において重要な役割を果たすべきだ。(中略) h -indexの重要な点は、研究を評価する簡単で客観的な基準になることである。雑誌の人気度には関係がないため、この指数は研究活動評価をより民主的に行う方法でもある」⁶⁾。

蛇足ではあるが、経済学の世界にはH-index (the Herfindahl-Hirschman index) という産業界でのマーケットシェアを表す指標がある。 h -indexを検索等で調査する場合には注意が必要である。

3.2 h -indexの問題点

h -indexは「量」と「質」を考慮したシンプルな指標として注目を集めた。 h -indexを発表したこの論文は、2009年8月末時点で、Scopus®では363回、Web of Science®では348回の被引用を持つ。注目された理由としては、①データとして引用上位の論文と被引用数さえ収集すればよいこと、②算出の計算式が簡単であること、③研究者個人だけでなく、研究機関や学科の評価⁷⁾、あるいは学術雑誌の評価⁸⁾にも応用が可能であること、などが挙げられる。

しかしながら単純化された故に情報の欠落が問題となる場合がある。例えば表2のように同じ h -index

図1 h -indexの算出原理

表2 h -indexが同じ研究者の例

研究者D		研究者E	
論文順位	被引用数	論文順位	被引用数
1	100	1	1000
2	50	2	500
3	20	3	200
4	10	4	100
5	5	5	50
6	2	6	2
7	0	7	0
8	0	8	0
9	0	9	0
10	0	10	0

を持つ2人の研究者の例では、上位の被引用数の総数は大きく異なる。この場合、対象となる被引用数の絶対値情報が抜けてしまうのである。他にも h -indexの問題点は多く指摘されている。一つには h -indexでは研究者の活動期間が考慮されない。論文の生産にも被引用にも時間が必要である。つまり若手の研究者はもともと不利な条件で算出されることとなる。

また、 h -indexだけの問題点ではないが、共著者の存在による影響は考慮しなくてよいのだろうか？一人で発表した研究論文と素粒子物理のように何百人もの共著者がいる論文を同等に扱えるのか。

さらに、研究分野による論文生産性の影響も大きく受ける。ライフサイエンスのように論文数や引用が多い研究分野と、数学やコンピュータサイエンスのような分野では生産性の状況は大きく異なる。そのため研究分野の異なる研究者間で h -indexを比較することはできない。

これらの h -indexの弱点を補正すべく、多くの指標がその提唱後に報告されている。これらの各指標は h -indexの考え方をベースにしているため h -indices,あるいは h -indexファミリーと呼ばれている。

4. h -indexから派生した指標

4.1 g -index

g -indexは h -indexの補完的指標として2006年にベルギーのEggheにより提唱された⁹⁾。 h -indexの考え方に似ているのだが、「被引用上位 g 番目までの論文の

被引用数総和が g^2 以上となることを満たす最大値」が g -indexの値となる。算出方法は h -indexよりも複雑になるが、 g -index $\geq h$ -indexの関係が常に成り立ち、高被引用論文の情報が増幅されるため、同じ h -indexを持つ研究者の間でも g -indexではよりセンシティブに差を出すことができる。つまり「量」と「質」の両面を測定する h -indexの利点を維持しながら、高被引用論文の特徴スコアをうまく表現するのである。スペインの天然資源学研究者における研究評価では、 h -indexと g -indexの両指標およびその比 (g/h)を用いることにより、上位研究者のより詳細な分析が可能であったとされる¹⁰⁾。またその分析の中では、 h -indexと g -indexは独立に扱うべきものではなく、互いに補完しあう指標であることを示唆している。

4.2 hg -index

お互いに補完しあう指標であれば合体させて一つの指標を作ったらと誰もが想像するのであるが、この点が指摘されたのは意外にも新しい。 h -indexと g -indexの利点を維持しながら、欠点を最少にした指標として hg -indexが2009年に提案された¹¹⁾。

算出方法は h -indexと g -indexの積の平方根である。

$$hg\text{-index} = \sqrt{(h\text{-index}) \times (g\text{-index})}$$

この計算式からもわかるように、 hg -indexは h -indexと g -indexがあれば簡単に計算でき、

$$g\text{-index} \geq hg\text{-index} \geq h\text{-index} \text{ の関係が成り立つ。}$$

つまり、 h -indexと g -indexの中間的な性質を持ち、上位論文の被引用数情報に鈍感な h -indexと極一部ホットペーパーの影響を過敏に反映してしまう g -indexの弱点がうまく緩衝されている。そのため h -indexと g -indexのどちらかの指数が同じである研究者の比較においても、 hg -indexは異なる値が提示できる。

4.3 A -index

h -indexが発表された翌2006年、Chinese Academy of SciencesのJinらが提唱したものである¹²⁾。 h -index

の算出において、論文順位 h 番以上の上位被引用論文グループ（Hirsch coreまたは h -coreと表現される）に着目し、その平均被引用数を持って A -indexとする。表2のように被引用数が異なっている場合でも同じ h -indexを持つ研究者の場合に、その違いをうまく表現できる。研究者Dの A -indexは37、研究者Eは370となる。 $A\text{-index} \geq g\text{-index} \geq h\text{-index}$ の関係が成り立つ。

4.4 R -index

A -indexと共にJinらにより提唱された指標であり、Hirsch core論文の被引用数の総和の平方根である¹²⁾。計算式は $R\text{-index} = \sqrt{(A\text{-index}) * (h\text{-index})}$ となり、高被引用論文のintensityを表すとされる。 $A\text{-index} \geq R\text{-index} \geq h\text{-index}$ の関係となり、表2の例では、研究者Dの R -indexは13.6、研究者Eは43.0となる。

4.5 m -index

論文が引用されるまでにはある程度の時間が必要であり、速報やレビューを除き、一般的な論文では発表後2-4年目に引用のピークが現れると言われている。 h -indexの算出には論文数と被引用数が用いられるため若手研究者には不利だとされる。この点を配慮するため、 h -indexと同時にHirschにより提案されたのが m -indexである⁵⁾。ある研究者の h -indexをその研究者の処女論文以降の経過年数で割った値が m -indexとなる。研究従事活動が一貫して継続されていることが前提となるので、研究活動を離れた期間のある研究者には不満であろう。当然のことながら m -indexは h -indexより小さい値となる。

4.6 AR -index

h -indexはその算出定義上、一人の研究者において経時的に増加することはあっても減少することはない。一度成功すれば、数字上では永遠にその栄誉を維持することができる。変化の激しい学術研究の世界においてこの点を見過ごしてよいのか？ 異論や反論があると思うが、いわゆる成功の上にあぐらを

かく（rest on their laurels'）研究者の存在が指摘される以上、指標には経時的な増減があってしかるべきである。この問題点に着目し、発表論文の経過年数を要素として取り入れて考案されたのが AR -index（age-dependent R -index）である¹²⁾。Hirsch core内の各論文において各被引用数を、発表年と指標算出年の経過年数で割る（年間被引用数）。発表から3年を経過した論文が15回の被引用数を持つ場合には5回となる。この年平均被引用数の総和の平方根が AR -indexである。

算出方法は R -indexと似ているが、算出時点での被引用数総和ではなく年平均被引用数を始めに算出する点異なる。既に他界したある研究者を対象とし、6年間の変化を追った例では、 R -indexが5%増加したのに対し、 AR -indexでは5%の減少が見られた¹²⁾。

Jinらは h -indexと AR -indexのペアでの利用を、有意義（meaningful）な研究評価の指標として推薦しているが、同時に研究者の生涯にわたる期間を対象とすべきではなく、研究評価に適した一定の対象期間を設定して算出することが必要だとも述べている。

4.7 e -index

h -indexの補完指標としてHirsch core論文の上位情報に着目したのが2009年Zhangによって提唱された e -indexである¹³⁾。算出には h -indexとHirsch core論文の抽出が必要となる。まずHirsch core論文の被引用数総和から h -index値の2乗を引き、その差の平方根を持って e -indexの値とする。例えば、 h -indexが15で、Hirsch core論文の被引用数総和が500であった場合、 $500 - 15^2 = 500 - 225 = 275$ であり、その平方根をとり e -indexは16.6と算出される。

e -indexは h -indexや g -indexの算出時に切り落とされた被引用上位論文（excess citations）の情報を含み、被引用数の分布パターンを反映する指標として、特に上位にいる研究者や、同じ h -index値を持つ研究者での利用が有効であると述べられている。

4.8 individual h -index

共著者の人数に着目した指標がindividual h -indexと総称されるものである。複数の共著者により発表された論文は、一人の研究者評価を想定した場合にはその割合を補正するべきだという考え方に基づく。individual h -indexは筆者が調べた限りでは3つの算出方法が報告されている。

(方法1) 通常の方法で算出した h -indexをHirsch core論文の平均著者人数で割った値¹⁴⁾。 h_f -indexと記される。

(方法2) 全論文の被引用数をそれぞれ共著者人数で割り、補正された被引用数を基に論文順位をつけて並べてから h -indexを求める方法。

(方法3) 被引用数を補正するのではなく、通常の被引用数順位値を共著者人数で割り、その累計を順位値として h -indexを算出する方法¹⁵⁾。例えば1番目の論文が共著者2名、2番目の論文が共著者3名、3番目の論文が共著者4名だとした場合、論文順位は1, 2, 3ではなく、0.5, 1.17, 1.92となる。報告論文の中では h_m -indexと記されている。

ただし、どの方法でも評価対象となる研究者のポジションは考慮されていない。つまりその論文のfirst authorなのか、あるいはcorresponding authorなのか、共著者の中での重み付けまでは行われていない。どの程度の加重が必要とされるのかは議論の分かれるところだが、共著者間の力関係は研究事情や分野により異なるので、その加重に関する一般的な提案はされていないようである。

4.9 IQp

h -indexの欠点として指摘されてきた主なポイントとして、① h -indexは増加することはあっても減少しない、②発表論文の絶対量に依存する、③引用傾向が違いため異なる研究分野間での比較ができない、がある。これらの問題点を解決するために考案された新しい指標が IQp (Index of Quality and Productivity)

である。研究分野の異なる研究者80名で IQp を比較検討したところ、専門家評価レーティングとの相関性では h -indexよりも良い結果が得られたという¹⁶⁾。

また、ノーベル賞受賞者 ($n=10$) で IQp を算出したところ、経済学賞受賞者の IQp 平均値は86.93 (h -indexは28.10)、物理学賞では平均値が75.01 (h -indexは45.10)、化学賞では50.99 (h -indexは62.40)、医学生理学賞では84.62 (h -indexは76.50)であった¹⁶⁾。

正確には IQp は h -indicesではない。 h -indexの派生指標はいずれも基本的に論文数と被引用数を算出要素としているが、 IQp ではこれに加え、研究活動年数と3つの研究分野でのインパクトファクターを考慮する。また被引用数も h -indexのように上位の被引用論文だけではなく、たとえ1回しか被引用がなくてもすべての論文の総被引用数を求めなければならない。これらの要素を計算に付加することにより、分野を超えた比較が可能となり、若手の研究者も対等に評価ができるようになるという。

その算出式を図2に示すが、多数の評価要素があるため複雑である。また、研究分野でのインパクトファクターを要素として持つため、限定されたデータベースが必要になる。このため h -indexに比べ汎用性が低く、今後研究評価指標として広まっていくかは疑問を感じる。そもそも研究分野の異なる研究者を比較する必然性があるのだろうか？

4.10 h - b indexと m -index

既に h -indicesの多さに食傷気味であるかもしれないが、ここで少々趣向の異なる指標を紹介したい。これまでの指標は研究者個人や研究機関を評価、比較するためのものであったが、 h -indexの考え方を研究テーマに応用した例がある。ドイツの物性物理学者であるBanksは自身が研究テーマを選ぶ際に、研究が活発でかつ流行傾向にあるホットピックを見つける指標を考案した¹⁷⁾ (h -indicesを考案する研究者はHirschをはじめ、なぜか物理学者が

$$\begin{aligned}
 IQp &= \text{Quality} * \text{Productivity} \\
 &= (\text{citations} / \text{est.citations}) * \text{papers} * (\text{est.citations/papers}) / \{\text{papers} + (\text{est.citations/papers})\} \\
 &= \frac{\text{citations}}{\text{papers} + \frac{c * \text{age} * (\text{papers} + 1)}{2 * \text{papers}}}
 \end{aligned}$$

- citations: 総被引用数
- papers: 総論文数
- age: 研究活動年数
- c: 3つの研究分野の加重平均インパクトファクター(IF)
→ (第一研究分野のIF * 3 + 第二研究分野のIF * 2 + 第三研究分野のIF) / 6

◎est.citations: 補正被引用係数 → {c * age * (paper + 1)} / 2

図2 IQpの計算式

多い)。複数の思いつく研究テーマで論文検索を行い、そこにヒットした論文グループで*h-index*を算出する。この指数を*h-b index*と呼んでいる。さらにその*h-b index*を論文グループの中で最も古い論文の出版経過年で割ったものが*m-index*であり（既出の*m-index*と同じ計算方法）、研究テーマの継続性を表す。*m-index* > 3であり、同時に*h-b index*も大きければ現在も活発さが続いているホットトピックと見なす。逆に*h-b index*が大きくても*m-index* ≤ 3であれば、それは過去に活発であった古い研究テーマと判断される。例えば研究テーマ“carbon nanotubes”での調査では*h-b index*は167、*m-index*は12.85であり、注目すべきホットトピックとなる。これに対し、“magnetoresistance”では*h-b index*は172と高いが、*m-index*は2.39でありホットトピックには該当しない。

若い研究者がこの指標だけで将来の研究テーマを選択するとはあまり考えたくないが、*h-index*の応用例としては実用的で興味深い。

4.11 *h-indices*その他

*h-indices*の中にはContemporary *h-index*, Trend

*h-index*およびNormalized *h-index*と言われる指標が提案されている¹⁸⁾。算出方法が既出の指標に似ているものもあるが、興味のある方は一読いただきたい。

表3はScopus®から抽出したある研究者の論文および被引用情報の一例である。まとめとして、この研究者における実際の指標計算例と、これまで述べた各指標の概要を表4に示した。現実的には複数の研究者間で比較をしないと各指標の相対位置はわからないので、他の研究者（あるいは自身の例）でも算出してみたいだろうか。

5. データベース選択時の注意

すべての指標において論文数や被引用数の把握が算出のために必要である。現在これらの情報が入手できる国際的なデータベースとしては、エルゼビア社のScopus®, トムソン・ロイター社のWeb of Science®, Google Scholar, ACSのSciFinder®であろう。Scopus®とWeb of Science®では既に*h-index*の計算機能が実装されており、Google Scholarでは各指標をまとめて自動計算するフリーソフトも登場している。

どのデータベースを用いるかによって各指標の値

表3 研究者の実例

- 研究者:X (2009年8月において36歳)
- 研究活動期間:13年
- 研究分野:Neuroscience (IF:3.868), Molecular Biology (IF:4.233), Cell Biology (IF:5.696)

論文順位	被引用数	(順位) ²	被引用数積算	出版年	出版経過年	引用数/経過年	著者人数	引用数/著者数	順位/著者数	補正順位
1	178	1	178	2002	8	22.25	5	35.60	0.20	0.20
2	117	4	295	2001	9	13.00	5	23.40	0.40	0.60
3	76	9	371	2001	9	8.44	8	9.50	0.38	0.98
4	57	16	428	2005	5	11.40	7	8.14	0.57	1.55
5	48	25	476	1998	12	4.00	9	5.33	0.56	2.10
6	23	36	499	2000	10	2.30	10	2.30	0.60	2.70
7	15	49	514	2004	6	2.50	7	2.14	1.00	3.70
8	12	64	526	1997	13	0.92	6	2.00	1.33	5.04
9	10	81	536	2008	2	5.00	5	2.00	1.80	6.84
10	9	100	545	2002	8	1.13	4	2.25	2.50	9.34
11	9	121	554	2006	4	2.25	7	1.29	1.57	10.91
12	8	144	562	2002	8	1.00	3	2.67	4.00	14.91
13	6	169	568	2003	7	0.86	14	0.43	0.93	15.84
14	6	196	574	1999	11	0.55	3	2.00	4.67	20.50
15	5	225	579	2006	4	1.25	3	1.67	5.00	25.50
16	5	256	584	2003	7	0.71	2	2.50	8.00	33.50
17	5	289	589	1998	12	0.42	2	2.50	8.50	42.00
18	4	324	593	2005	5	0.80	2	2.00	9.00	51.00
19	2	361	595	2004	6	0.33	3	0.67	6.33	57.34
20	1	400	596	1997	13	0.08	4	0.25	5.00	62.34
21	1	441	597	2000	10	0.10	2	0.50	10.50	72.84
22	0	484	597	2007	3	0.00	8	0.00	2.75	75.59
23	0	529	597	2004	6	0.00	4	0.00	5.75	81.34
24	0	576	597	2009	1	0.00	2	0.00	12.00	93.34
25	0	625	597	2008	2	0.00	2	0.00	12.50	105.84

表4 各指標の計算例と概要

指標名	研究者Xの計算例	指標の目的や特徴	算出の方法
<i>h</i> -index	9	論文の「量」と「質」の両面から定量化	論文数と被引用数を比較して算出
<i>g</i> -index	24	高被引用論文の情報を増幅	論文順位の2乗と被引用積算数を比較して算出
<i>hg</i> -index	14.70	<i>h</i> -indexと <i>g</i> -indexの相補的指標	SQR (<i>h</i> -index * <i>g</i> -index)
<i>A</i> -index	59.56	高被引用論文の被引用数を平均化	(<i>h</i> -coreの被引用数総和) / <i>h</i> -index
<i>R</i> -index	23.15	<i>h</i> -indexと <i>A</i> -indexの相補的指標	SQR (<i>A</i> -index * <i>h</i> -index)
<i>m</i> -index	0.69	研究に従事した活動期間を考慮	<i>h</i> -index / (処女論文の経過年数)
<i>AR</i> -index	8.36	各論文の発表からの経過年を考慮	SQR {(<i>h</i> -coreの被引用数/経過年数)の総和}
<i>e</i> -index	21.33	高被引用論文の超過情報を考慮	SQR {(<i>h</i> -coreの被引用数総和) - (<i>h</i> -index) ² }
individual <i>h</i> -index (<i>h_i</i>)	1.77	共著者人数を考慮(平均著者人数で補正)	<i>h</i> -index / (<i>h</i> -coreの平均著者人数)
individual <i>h</i> -index	5	共著者人数を考慮(被引用数を補正)	(被引用数/著者人数)値を用いて <i>h</i> -indexを算出
individual <i>h</i> -index (<i>h_m</i>)	6.84	共著者人数を考慮(論文順位を補正)	(論文順位/著者人数)値を用いて <i>h</i> -indexを算出
<i>/Qp</i>	11.05	研究活動年数や研究分野を考慮	図2の算出方法を参照

は異なってくるので、カバーしている収録雑誌の範囲や引用情報など、それぞれのデータベースの特徴を十分に把握して利用しなければならない。また、自分自身の研究指標は比較的算出しやすいが、他の研究者や研究施設名で指標算出を行う場合には、システムによる名寄せ機能は必須である。著者名や施設名、大学名は非常に多くの表記バリエーションを持っており、最初から手作業でグループ化することは非常に困難である。効率の良い指標算出作業を求める場合、データベースの特徴の他にも名寄せや自己引用除去などの搭載機能を総合的に判断する必要がある。

6. 被引用数に代わる情報要素は？

これまでの評価指標は論文数と被引用数のみを評価要素として算出されてきた。被引用数は論文の影響度を計る際に役立つ要素であることは広く認知されているが、他にも論文の質を推し量る要素があってよいのではないかな？

一つは、電子ジャーナルの登場によって客観的に数値化できるようになったダウンロード数かもしれない。特に企業に属する研究者は研究成果を論文として発表する数は少ないが、研究の関連論文は非常に多く読まれる傾向がある。閲覧だけでは残念ながら被引用数にはカウントされないが、潜在的に他の研究者に影響を与えた情報となるのではないかな。ScienceDirect®の例では、2008年に約5億回のダウンロードがあったので、全収録論文で平均化しても一論文あたり53回という数字になる。

また、研究論文の成果が特許として社会に還元された場合はどうだろうか？ 特許申請に引用された論文は、同種の学術論文に引用された場合よりも大きな影響力があるといえるのではないかな？ もちろんこれらの要素は入手経路が限定され、その定義や数値自体に冗長性が見られるためすぐに指標化されることはないだろう。しかしながら、これまで指標として提唱されたもののほとんどは、最近4年間に集中する歴史の浅いものである。これまでとは異なる要素を持つ新規指標を提唱するチャンスはまだ多く残されている。

7. おわりに

社会的な活動実績を定量的に評価しようとする試みは、何も研究活動が初めての対象ではなく、これまで教育や医療の世界でも実施されてきた。英国のGoldsteinらは、そのような評価活動のワークフローを構成する枠組みには、①データ、②統計分析、③解釈、の三要素があると説明している¹⁹⁾。本稿において紹介してきた指標はすべて統計分析要素に属するものであり、その単純化された指標の数字だけが一人歩きをしてはならない。最も重要なのは指標の「解釈」であり、評価指標としての意味、妥当性や限界性を十分に理解する必要がある。

また、これまで単独で研究評価ができるような完全な指標は存在しない。指標を研究評価に利用する場合には、単一の指標に限定するのではなく、複数の指標を目的に応じてうまく組み合わせ、「解釈」するテクニックが求められてくるだろう。

参考文献

- 1) Garfield, E. Citation analysis as a tool in journal evaluation - Journals can be ranked by frequency and impact of citations for science policy studies. Science. 1972, vol. 178, no. 4060, p. 471-479.
- 2) Garfield, E. How can impact factors be improved?. British Medical Journal. 1996, vol. 313, no. 7054, p. 411-413.

- 3) SCImago Journal & Country Rank. <http://www.scimagojr.com/>, (accessed 2009-08-25).
- 4) eigenfactor.org - ranking and mapping scientific knowledge. <http://www.eigenfactor.org/methods.htm>, (accessed 2009-08-25).
- 5) Hirsch, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2005, vol. 102, no. 46 p. 16569-16572.
- 6) Overall, I'm more interested in physics than citations. Elsevier Library Connect Newsletter. 2007, vol. 5, no. 3, p. 3. <http://libraryconnect.elsevier.com/lcn/0503/lcn0503.pdf>, (accessed 2009-08-25).
- 7) Kinney, A. L. National scientific facilities and their science impact on nonbiomedical research. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2007, vol. 104, no. 46, p. 17943-17947.
- 8) Bornmann, L.; Marx, Werner; Schier, Hermann. Hirsch-type index values for organic chemistry journals - A comparison of new metrics with the Journal Impact Factor. *European Journal of Organic Chemistry*. 2009, vol. 10, p. 1471-1476.
- 9) Egghe, Leo. Theory and practice of the g-index. *Scientometrics*. 2006, vol. 69, no. 1, p. 131-152.
- 10) Costas, Rodrigo; Bordons, Maria. Is g-index better than h-index? - An exploratory study at the individual level. *Scientometrics*. 2008, vol. 77, no. 2, p. 267-288.
- 11) Alonso, S.; Cabrerizo, F. J.; Herrera-Viedma, E.; Herrera, F. hg-index - A new index to characterize the scientific output of researchers based on the h- and g-indices. *Scientometrics*. DOI 10.1007/s11192-009-0047-5.
- 12) BiHui, Jin; LiMing, Liang; Rousseau, Ronald; Egghe, Leo. The R- and AR-indices - Complementing the h-index. *Chinese Science Bulletin*. 2007, vol. 52, no. 6, p. 855-863.
- 13) Zhang, Chun-Ting. The e-index, complementing the h-index for excess citations. *PLoS ONE*. 2009, vol. 4, no. 5, p. 1-4.
- 14) Batista, Pablo D.; Campiteli, Monica G.; Kinouchi, Osame; Martinez, Alexander S. Is it possible to compare researchers with different scientific interests?. *Scientometrics*. 2006, vol. 68, no. 1, p. 179-189.
- 15) Schreiber, Michael. To share the fame in a fair way, hm modifies h for multi-authored manuscripts. *New Journal of Physics*. 2008, vol. 10, 9p.
- 16) Antonakis, John; Lalive, Rafael. Quantifying scholarly impact - IQp versus the Hirsch h. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. 2008, vol. 59, no. 6, p. 956-969.
- 17) Banks, M.G. An extension of the Hirsch index - Indexing scientific topics and compounds. *arXiv.org e-Print archive*, 2006, physics/0604216v2. <http://arxiv.org/abs/physics/0604216v2>, (accessed 2009-08-25).
- 18) Sidiropoulos, Antonis; Katsaros, Dimitrios; Manolopoulos, Yannis. Generalized Hirsch h-index for disclosing latent facts in citation networks. *arXiv.org e-Print archive*, 2006, cs/0607066v1. <http://arxiv.org/abs/cs/0607066v1>, (accessed 2009-08-25).
- 19) Goldstein, Harvey; Spiegelhalter, David J. League tables and their limitations - Statistical issues in comparisons of institutional performance. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A*. 1996, vol. 159, no. 3, p. 385-443.

Author Abstract

It is important for good research assessment that we should have objective and quantitative indices to ensure appropriate allocation from the limited research fund. Impact factor has been misused for the assessment of individual researchers and affiliations though it was developed for evaluating scientific journals. The *h*-index was introduced as an alternative index which was statistically calculated with the number of papers and citations.

It is regarded to be a useful index based on both “quantity” and “quality” and the h -index has received a lot of attention from the scientific community. However some disadvantages are perceived because of the mathematical simplicity, and now we see more robust indices being proposed. It has become necessary to combine multiple indices for the well-advised evaluation as each index has limitations in its original setting.

Key words

research assessment, bibliometrics, citation statistics, research indices, impact factor, h -index, h -indices, IQp