# 科学研究における研究グループの生産性と質的評価
## — 引用度分析とコミュニティ内評価の相互関係*

牧野淳一郎
藤垣裕子
今井良行†

平成9年 4月 1日

*キーワード :研究グループの生産性、被引用度、研究コミュニティ内評価
†Junichiro Makino, Yuko Fujigaki and Yoshiyuki Imai (東京大学教養学部広域システム科学系情報図学)

**Abstract**

この論文は、特に理論科学の分野において、研究者、あるいは研究グループのの 『優秀さ」がどのような要因に基づいて決定されるかを明らかにすることを目的とする。このために、第二次世界大戦後の日本の理論天体物理学を代表する 2 つの研究グループを定量的に比較することを試みる。

得られた主な結論は以下の通りである。まず、研究者コミュニティの中での研究グループに対する評価は、たとえば論文生産数、あるいは論文の被引用度といった通常のマクロ研究で用いられる指標による評価と必ずしも一致するものではないということが明らかになった。2 つのグループ間で定量的尺度で測定した 『優秀さ」に有意な違いを認めることができなかったのである。かろうじて引用の多い論文数についてはある程度の違いが見られた。この結果は、研究コミュニティのなかでの評価が意味がないものであるというふうにとらえるべきではないであろう。むしろ、数量化された尺度が現実にそぐわないものである可能性を示唆するものと考えられる。

『優秀さ」のより現実的な意味をさぐるために、我々はグループ間で研究者の 『守備範囲」の広さを比較した。どちらのグループでも、個人の守備範囲の広さとその論文生産性には顕著な相関が見られた。しかし、グループ間で平均の守備範囲に大きな違いがあることが明らかになった。我々が扱った 2 グループの場合、この、守備範囲の違いは研究者が新しい分野を開拓した程度の差に基づくものと考えられる。これは、研究コミュニティのなかでの評価は、単なる論文数ではなく、どの程度科学の発展に寄与したかの現実的な評価に基づくものであることを示唆する。このような評価に対応する定量的な尺度を構築すること、また、研究グループのどのような特性の違いがこのような貢献度の違いにつながるのかを明らかにすることは今後の課題である。

# 1　はじめに

研究者コミュニティの内部では、ある研究グループ（ないしは学派）がその分野の発展に大きく寄与したと広く認められていることがしばしばである。たとえば日本の基礎物理学における仁科のグループ、あるいは海外に例をとればN. ボーアのグループ、加速器科学におけるE.O. ローレンスに率いられたグループなどたくさんの例をあげることができよう。この論文は、特に理論科学の分野において、研究者、あるいは研究グループが、上のような「その分野の発展に寄与したと広く認められる」という意味での「優秀さ」がどのような要因に基づいて決定されるかを明らかにすることを目的とする。

何によって「優秀さ」が決まるかということを問題にするためには、優秀であるとはどういうことかを明確にしておく必要がある。科学というシステムのダイナミクスを考える上では、ある研究主体の「優秀さ」というものは、科学というシステムの発展にどれだけの貢献をなしたかという観点から計ることができよう。もちろん、これでは問題を言い替えたにすぎない。科学の発展に貢献するというのはどういうことを意味するのだろうか。この問いは「科学の発展とは何か」という問いを含んだものでもある。

従来のscientometrics的な研究では、とりあえず測定できるものを測定して出てきたものについて議論するというかなり操作主義的な方法論がとられてきた。容易に測定可能な定量的な尺度、特に発表された論文の数は、科学者、研究グループ、分野全体、科学研究全体についてその生産性をあらわす指標として広く用いられている。

これには数多くの批判があることはいうまでもない。もっとも大きな批判は、優れた論文1本が与える影響はありきたりの論文を数多くあわせたよりも多いというものである。つまり、論文の質のバラツキは非常に大きい。従って、論文の「質」をも考慮にいれた指標でなければ、生産性の指標としてはほとんど役にたたないものになってしまう。

論文の「質」を定量的に表す試みはもちろん行われていないわけではない。その代表的なものはGarfield[1]による引用度分析である。引用度分析の基本的な仮定は、論文の質がその論文が何回他の論文から引用されているかによって表されるというものである。引用度による評価は、単に論文の数だけをみるのに比べてよりよい尺度になっていると考えられる。de Solla Price[2]らによる一連の研究では、さらに論文間の引用ネットワークのダイナミクスを解析し、論文が論文を再生産する過程を明らかにしている。

このアプローチにも、もちろん批判がないわけではない。まず、原理的に引用度が何を表しているか明らかでないという問題がある。もちろん論文の質も影響はするであろう。しかし、それ以外にも多くの要因、例えば著者のそれまでの評判、出身大学や現在の所属といったものにも影響されるであろう。また、大きな研究グループの属している研究者の論文は研究グループ内での相互引用によって引用度があがるであろう。

この研究では、以上の議論をもとに、研究グループの「優秀さ」を測る指標をさぐることを目的としている。このことは、論文の量だけでなく、「質」をどうとらえるかということもふくんでいる。具体的には、論文数、引用度といった従来の指標のほかにいくつかの質をあらわすと考えられる測定値をとり、それらの相互関係をさぐる。かつそれらと研究コミュニティの中での評価との関係を調べ、研究グループの優秀さを測る指標をさぐる。この過程

で、研究グループとの優秀さや生産性とは何か、あるいはもっと広く、科学の発展に寄与するとはどういうことか、という問いへの１つの解答を得ることが可能になるだろう。

このために、第二次世界大戦後の日本の理論天体物理学を代表する 2 つの研究グループを定量的に比較した。具体的には、京都大学物理学第二教室の林忠四郎を中心とするグループ (以下、グループ A とする ) と、東京大学天文学教室の海野和三郎を中心とするグループ (以下、グループ B とする ) について、さまざまな定量的尺度やその時間変化の測定を行い、量的な指標が研究者コミュニティ内での評価とどのように対応するかを検討した。

論文数と同様、研究者コミュニティの中の評判、あるいは賞の数というものもその生産性との関係は明らかではない。この研究では、しかし、ここでは、とりあえずこれらが研究者の生産性、というよりはむしろ科学への貢献の度合そのものをあらわしていると仮定することにする。

得られた主な結論は以下の通りである。まず、研究者集団の中での研究グループに対する評価は、たとえば論文生産数、あるいは論文の被引用度といった通常のマクロ研究で用いられる指標による評価と必ずしも一致するものではないということが明らかになった。すなわち、2 つのグループ間で定量的尺度で測定した「優秀さ」に有意な違いを認めることができなかった。かろうじて、被引用度の非常に高い論文についてはある程度の差を認めることができた。しかし、それほど大きな差ではなかった。この結果は、研究コミュニティのなかでの評価が意味がないものであるというよりは、数値化された尺度が研究コミュニティのなかでの評価をとらえきれていないと解釈するべきであろう。「優秀さ」のより現実的な意味をさぐるために、我々はグループ間で研究者の「守備範囲」の広さを比較した。どちらのグループでも、個人の守備範囲の広さとその論文生産性には顕著な相関が見られた。しかし、グループ間で平均の守備範囲に大きな違いがあることが明らかになった。我々が扱った 2 グループの場合、この、守備範囲の違いは研究者が新しい分野を開拓した程度の差に基づくものと考えられる。これは、研究コミュニティのなかでの評価は、単なる論文数ではなく、どの程度科学の発展に寄与したかの現実的な評価に基づくものであることを示唆する。

この論文の構成は以下の通りである。まず、2 節で行なった調査の対象、方法についてまとめる。3 節では得られた結果についてまとめる。4 節は考察にあてる。

## 2　調査対象と調査項目

前節で述べたように、調査対象は京都大学物理学第二教室の林忠四郎を中心とするグループ (A) と、東京大学天文学教室の海野和三郎を中心とするグループ (B) である。それぞれのグループに属するメンバーは、基本的に福江、黒川 [4] によった。ただし、欠落の可能性があるものについてはグループのメンバーに直接チェックしてもらうことで補った。なお、研究グループのメンバーの研究成果としては、組織上そのグループにいた (スタッフあるいは大学院生として ) 期間のものだけをカウントした。なお、調査の対象とした期間は 1969 年から 1983 年までである。

この 2 つを対象に選んだ理由は以下のようにまとめられる。

1) 規模、指導者の年齢、人数、研究分野などが近く、ある程度精密な比較が可能である。

表 1: 我々の分類と A&A 分類との対応

| 我々の分類 | A&A 分類番号 |
|---|---|
| 恒星系形成論 | 107, 131 |
| 恒星内部構造論 | 61–65, 120-129 |
| 太陽 | 70-80 |
| 銀河 ・銀河団 | 150-159 |
| 宇宙論 | 160-169 |
| コンパクトスター | 66, 67 |

2) グループ A はかなり顕著な業績をあげた研究グループであるとみなされている (例えば福江 ・黒川 [4] )。例えば日本の物理学者に与えられる賞のうちもっとも権威あるものの一つとされている仁科賞の授賞者は、グループ B にはいないがグループ A では 5 名を数える。日本天文学会が出している 2 つの賞でも、理論研究に与えられたもののほとんどがグループ A の研究者、あるいはそのメンバーが作った新しいグループの研究者に与えられている。さらには、学士院賞、京都賞といったものも、理論天文学者に与えられたもののほとんどがグループ A の研究者に与えられている。

上の第一点は、両者の妥当な比較が可能であるということを意味する。上にあげた規模、年齢、人数、分野のどれかが大きく異なっていては、研究成果の質、その研究者コミュニティの中での評価のどちらも、意味のある比較が困難になる。違いが何に由来するものかが明らかではなくなるからである。第二点は、その比較可能な 2 つの研究グループの研究者コミュニティのなかでの評価が異なるものであることを示す。本研究では、この 2 つの研究グループの比較を行なうことで、研究グループの研究者コミュニティのなかでの評価の違いがなにに由来するものかを調べる。

調査の方法は以下の通りである。 Astronomy and Astrophysics Abstracts (A & A Abstracts) により、調査期間のグループメンバーの論文のうち refereed journal に発表されているものすべてについて論文発表年、著者 (筆頭著者およびすべての共著者 )、分野のデータベースを作成した。分野の分類は A&A Abstracts に従ったが、表 1のように大きく分野わけをした。この分類は若干恣意的なものであるが、結果のところで見るように分類の恣意性が大きく結論に影響することはない。

引用度については、 Science Citation Index を用いて調べた。1963 年から 1973 年までに発表された論文については 1979 年までの、1974 年から 1979 年までに発表された論文については 1984 年までの、1980 年から 1983 年までに発表された論文については 1989 年までの引用数をしらべた。ただし、著者自身 (共著者も含む ) による引用はカウントしていない。年代のとり方のため、出版年によって引用度を測定する期間に幅ができるが、これは結果には大きく影響することはないと考えられる。これは、引用のほとんどは出版されてから 5 年間に起きるからである。

なお、調べた指標は以下の通りである。

表 2: グループメンバーの生年

| | グループ A | グループ B |
|---|---|---|
| 1920 年代 | 1 | 2 |
| 1930 | 2 | 2 |
| 1940 | 11 | 9 |
| 1950 | 11 | 3 |

- メンバー数及び論文数とその推移
- 各メンバーの論文生産性の分布
- 論文の被引用度の分布
- 論文テーマの分布
- サブグループの構成、時間変化

なお、サブグループとは、一つのまとまったテーマについて複数の論文を発表しているグループをいう。典型的には 2-4 人程度からなる。

# 3 結果

## 3.1 構成メンバー数および論文数の推移

図 1にそれぞれのグループの構成員数および一年ごとの発表論文数を示す。大きな違いは、グループ A の構成員数は調査期間の全体を通じてほぼ直線的に増加しているのに対し、グループ B の構成員数はほぼ一定値を保っていることである。この違いの原因は、単に新しく入ってくる研究者 (大学院生 ) の人数差による。表 2 に示すように、40 年代生まれまでの人数はほぼ同じであるが、50 年代生まれのメンバーの人数はグループ A の 11 人に対しグループ B の 3 人と大きな差がある。

さて、図 1には構成員数とともに発表論文数も示されている。基本的にはどちらのグループでも、構成員数と論文数はほぼ同じであることがわかる。言い替えると、研究者一人が一年に書く論文数はほぼ同じである。正確にはグループ A の 0.88 本に対しグループ B の 0.96 本とグループ B のほうが若干多いが、統計的に見て意味のある差ではない。すなわち、研究者あたりの論文数で生産性を測る限りにおいて、グループ A とグループ B の間に差は存在しないということになる。

もちろん、ここではグループサイズによる補正をどのように行うべきかという問題があることに注意しなければならない。一人あたりの論文生産性は通常研究グループが成長するに従って低下すると考えられる。従って、グループ A において研究グループが成長しているに

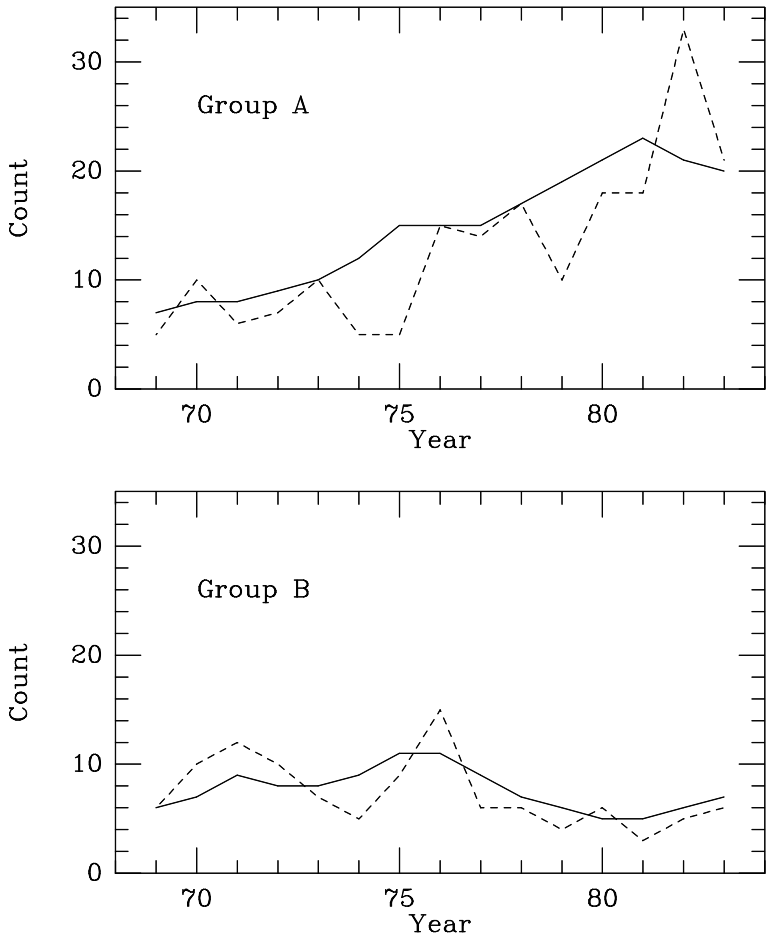


図 1: 両グループの研究者数と各年の出版論文数の変化。実線は研究者数、破線は論文数を示す。

表 3: 被引用度の分布

| 被引用回数 | グループ A | グループ B |
|---|---|---|
| 0—9 | 61.3% | 52.7% |
| 10—19 | 20.6% | 34.5% |
| 20—29 | 9.8% | 9.1% |
| 30— | 8.2% | 3.6% |

も関わらず生産性の顕著な低下が見られないということは、それだけでグループ A のある意味での 「優秀さ」を表している可能性がある。この点に関しては、研究者の年齢を考慮した解析が必要になろう。また、今回の解析では研究者がグループに制度的に属していた期間のみを調査対象としたが、研究グループの評価には、そのグループを離れた (すなわち他の大学や研究所に移った) あとの研究成果も関係するであろう。この点についても検討する必要はある。

## 3.2 論文及び研究者の 「質」

我々にとって前節の結果はかなり意外なものであった。論文数と研究者の優秀さ (あるいは少なくともそのコミュニティのなかでの評判) にまったく関係がないというようなことが有り得るだろうか。我々は、以下の 2 つの可能性について検討することとした。

a) 平均の生産性は同じでも、生産性の分布が大きく違っていてそれが評価の違いにつながっているのではないか。

b) 論文の数は同程度でも、質に違いがあると考えられているのではないか。

図 2 は両グループの研究者を 1 年あたりの論文生産性で並べたものである。横軸はグループののべ構成員数にで正規化してある。こちらでは、ふたつのグループはほとんど同じふるまいをしている。すなわち、研究者間のばらつきがグループの質に影響しているとは考えにくい。

次に質の違いについてであるが、これは標準的な方法である論文引用度による修正を行ってみることにした。一般に、平均の引用度よりは頻繁に引用される論文の比率のほうがより研究者の質を反映すると信じられているので、引用回数ごとに論文をクラス分けしてみた。

結果を表 3 に示す。30 回以上と非常によく引用されている論文の割合は、グループ A のほうが 2 倍程度になっている。20 以上のものでも依然としてかなりの違いがある。これに対し、引用が非常に少ない論文の割合はグループ A のほうが大きくなっている。すなわち、平均の引用回数ではグループ間に大きな違いはないが、非常によく引用された論文に関しては有意な差が見られる。

これは、ある程度両グループの評価の違いを反映するものだということができよう。すなわち、 頻繁に引用される論文の比率」は、論文本数や平均の引用度といった測定値に比べ

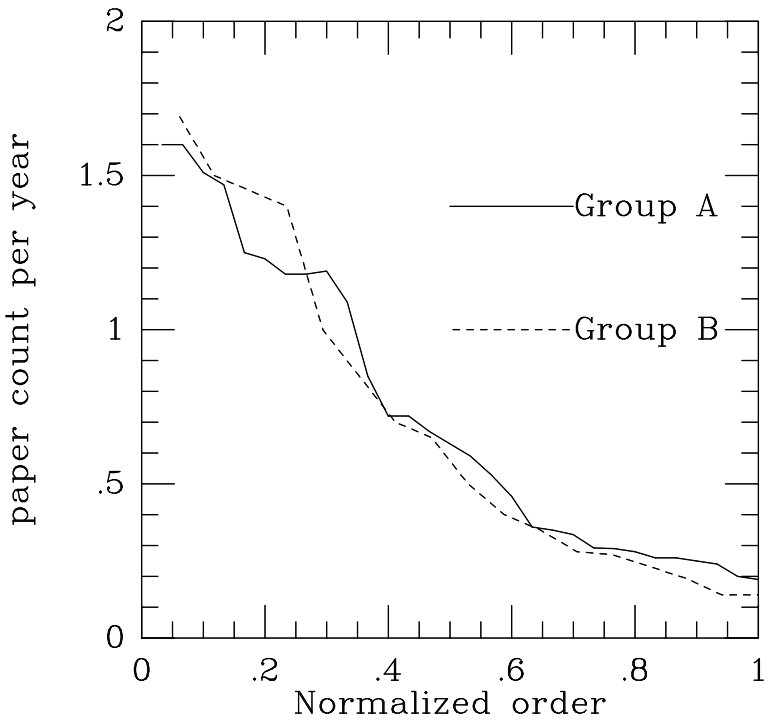


図 2: 論文生産性の分布。実線はグループ A、破線はグループ B の結果を示す。縦軸は研究者の 1 年当たりの出版論文数、横軸は研究者のグループ内での順位をグループ総人数で割ったものである。

れば、研究グループの科学への貢献の大きさを少なくともある程度はとらえているように思われる。

### 3.3 研究テーマの推移

前節で、両グループの「生産性」、あるいは「研究成果の質」について、ある程度の違いは存在しているようであるということがわかった。ここでは、その違いを生み出しているものは何かを考える。

図3は、両グループにおいて、「いつ、どの分野で」論文が発表されたかを示したものである。ある線分が、その分野で「一連のもの」と考えられる論文の発表されていた期間を示す。いいかえればこれはグループ内でのある特定のテーマを扱うサブグループを示す。同じ分野内で複数の線があるのは、それぞれ独立な内容と考えられるものである。なお、多くの場合に、同一の著者で明らかに同一テーマを扱っているいくつかの論文が、複数の隣接する分類間に跨って分類されていることがある。これらについては、どちらがより適切かを内容から判断した。このようなことが起きたのはグループ A で 2 つ、グループ B で 1 つにすぎない。

独立な内容と考えられるかどうかの判定は著者名により機械的に行なった。すなわち、著者グループが継続性を持つものについては、一連の論文であるとした。「著者グループが継続性を持つ」とは、各年度において研究者の入れ替わりがせいぜい 1 名であるものをいう。

あきらかな違いは以下の 2 点である。

1) グループ A では時代を追ってサブグループの数が増えるのに対し、グループ B では逆の傾向が見られる。

2) グループ A ではそれぞれのサブグループの寿命が短いのに対し、グループ B では長い。

言い替えれば、グループ A が研究したテーマの種類は時代を追って増え、また研究者が短いタイムスケールで違うテーマの仕事に移っているのに対し、グループ B では逆に次第に研究テーマを絞り、研究者のテーマが固定する傾向があるということを意味する。これは、論文群の数だけでなく、カバーする分野の数にも表れている。すなわち、グループ A では調査の全期間にわたり、太陽 (分野番号 2 ) を除く全分野で論文が発表されているが、グループ B では 70 年代前半を境にしてそれ以後は恒星・太陽 (分野番号 1,2 ) の分野に集中している。

この違い、特にテーマの数自体の差はもちろんかなりの程度まで研究者人数の違いにより説明できる。50 年代生まれの研究者の人数は、グループ A では 11 人であるのに対し、グループ B では 3 人であり、この結果、グループ A は 70 年代後半には 15 名程度の研究者を抱えるようになっているのに対し、グループ B は 6 名程度となっている。また、総人数では、グループ A は一貫して増加するのに対し、グループ B は 75 年をピークに減少に転じることになる。(図 1 )

しかしながら、グループ全体でなく研究者個人を比較しても、カバーするテーマ、分野の数は両グループ間でかなりの差がある。図 4に、研究者が論文を発表した分野数を示す。グループ A とグループ B では分布に明らかな違いがあることがみてとれる。すなわち、グループ A では 3 分野のところが最低で、その両側で多い二山の分布になっているのに対し、グ

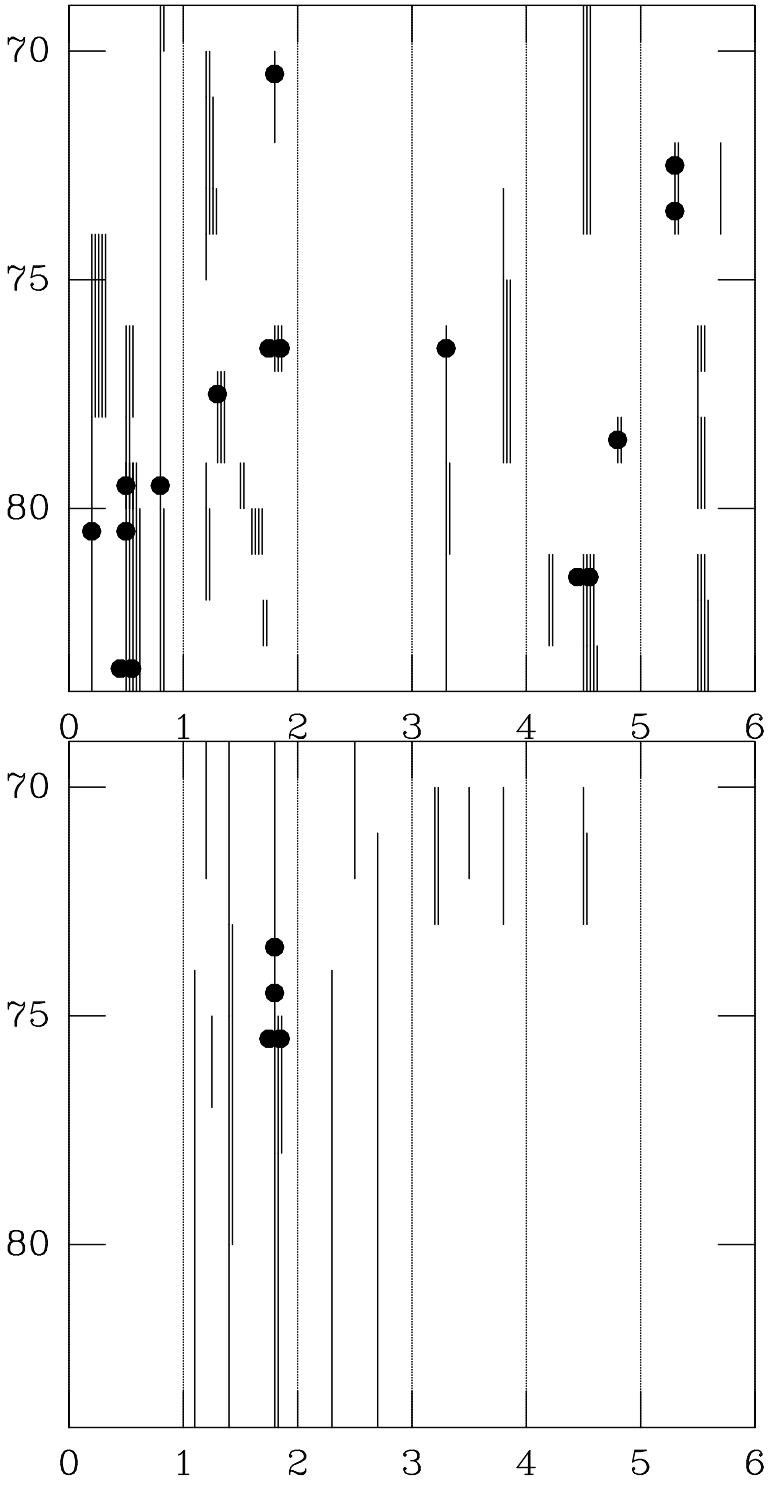


図 3: 論文を発表した分野の移り変わり。上はグループ A、下はグループ B の結果を示す。横軸は表 1 の各分野を示し、縦軸は歴年である。線分は連続した内容の論文の存在を示し、本数は著者グループの人数を示す。なお、黒丸は被引用度 30 以上の論文を示す。

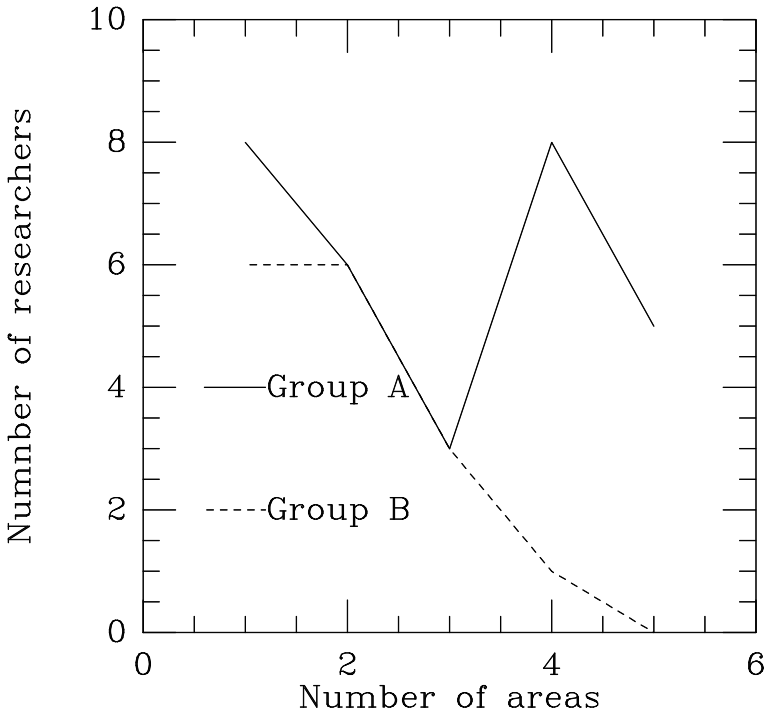


図 4: 論文を発表した分野数の分布。実線はグループ A、破線はグループ B の結果を示す。

ループ B では単調減少となっている。平均値でもグループ A の 2.86 に対しグループ B の 1.94 と明らかな違いがある。すなわち、グループ A の研究者は平均的にみてグループ B の研究者よりカバーする分野が広い。なお、どちらのグループでも、研究者の論文生産性と論文を発表した分野数には顕著な相関が見られた。

図 3において黒丸は被引用度 30 回以上の論文の位置を表す。グループ B では高被引用度の論文は 70 年代前半の 「太陽」に分類される論文郡に集中しているのに対し、グループ A では全分野にわたって存在し、また時期的にも調査した全期間にわたってでていることがわかる。

どちらのグループでも、非常によく引用される論文は、一連の論文のなかの比較的初期にでる傾向がある。これは、そのような論文は、新しいある研究分野をつくり出す先駆的な業績であるということを示唆するものである。そのような観点でみると、グループ B の非常によく引用される論文が短い時期、狭い分野に集中していることは、新しく開いた研究分野の数が少ないということを意味している。これは、特に調査期間後半で研究テーマが固定化したことと関係があると考えられる。

## 3.4 サブグループと研究者育成

前節でみた新しく開いた研究テーマの数の違いが生まれるメカニズムをさぐるため、各グループ内での共著関係 (具体的には連名で論文を書く関係 ) の分析を行なった。図 5及び図

6に結果を示す。これは、縦軸に論文の筆頭著者をとり、横軸に第二著者以下をとったものである。一本でも連名の論文があればマークした。なお、研究者は年齢順に並べた。

どちらも、マトリックスの左下のほうが右上よりも黒い。これは、共著論文の場合、若い方の研究者が筆頭著者になる傾向があることをしめす。これは、この分野での一般的な傾向である。このようになる理由は、大学院生とその指導者という組合せで論文を書く場合、通常は実際に研究を行なった大学院生が筆頭著者の権利を得る習慣があることであると考えられる。

両グループを比べた時の大きな違いは、グループ A のほうが共著関係が複雑であるということである。例えばグループ B では、自分より年下の研究者が筆頭著者になる形の共著論文を書いているのは 3 名に過ぎないのに対し、グループ A では 15 名となっている。逆に、グループ B では 5 名が自分が筆頭著者である論文はすべて単名であるが、グループ A にはそのような研究者はいない。すなわち、グループ A の研究者はすべて、年長の研究者との共同関係 (あるいは指導関係 ) を持っていたということがわかる。また、グループ A の場合、年長の研究者は複数であることが多い。これは、部分的には単に 3 人以上の連名論文が多いということの結果であり、部分的には複数の研究テーマを扱っていることの結果でもある。

もちろん、ある論文の共著者となる範囲はどこまでかということについては一般的な基準があるわけではなく、ここに表れた関係は実際の協力ないしは指導関係を正しく反映していない可能性もあることには注意しなければならない。

# 4 考察

## 4.1 指標の検討

本論文では、2 つの研究グループをいくつかの指標によって比較し、グループの〝優秀さ〟あるいは研究コミュニティの中での評価の差ががどのように指標に表れるかを検討した。結果は以下のようにまとめられる。

- 論文の量に基づく指標、例えば研究者当たりの論文数、その平均引用度などは研究コミュニティの中での評価の差にあまり関係がないようである。
- 非常に引用度の高い論文の本数は有意な違いが見られる。しかし、コミュニティ内の評価の差を説明するのに十分とはいい難い。
- 非常に引用度の高い論文の分野と時間の広がりは、評価とより大きな関係があるように思われる。非常に引用度の高い論文は多くの場合新しい研究分野を開拓した先駆的な論文であり、コミュニティ内での評価は分野を新しく開拓したことに与えられていると考えられる。
- 新しい分野の開拓は、グループ内での協力関係の組変えを伴っている。

論文数、被引用度などの量的な指標がかならずしも研究者の能力を表すものではないということは従来からいわれていることではある。例えば MacRoberts and MacRoberts [5] は 10

| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 02 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 03 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| 04 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05 | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 07 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 08 | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 09 | | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | | | | | | 1 | | | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | | | | |
| 10 | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | 1 | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | 1 | | | | | 1 | 1 | | | | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | | |
| 22 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | 1 |
| 23 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| 24 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 26 | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | |
| 27 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

図 5: グループ A の論文共著関係のマトリックス

| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 01 | 1 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | |
| 02 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | |
| 03 | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 04 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 05 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 06 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 07 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| 08 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09 | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 10 | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | |
| 11 | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 12 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | |
| 14 | 1 | | | 1 | | | | | | | | | | 1 | | |
| 15 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |

図 6: グループ B の論文共著関係のマトリックス

以上の論拠をあげて引用度を指標とすることを批判している。しかし、そのような批判は、それが単なる批判にとどまる限り、新しい評価手法につながるものではないであろう。我々の得た結果は、単なる本数ではなく、ある論文の科学への 貢献」の度合を定量的に測定する可能性を示唆するものである。

我々の得た結果は、ある論文 (あるいは 業績」) の評価は、その業績が開拓した研究分野がどういうものかということによってなされているということを意味している。これは、研究者が通常行なう直観的な業績の評価のしかたと整合的である。ここでいう、直観的な評価のしかたというのは以下のようなものである。たとえば湯川による中間子の提案を重要な業績であるというとき、 重要さ」が意味するのは、この仕事がその後数 10 年間の素粒子物理学の研究の基本的な枠組を与えたとみなされているということである。

我々の結果は、ある研究グループは必ずしも一つの分野に留まっているわけではなく、新しい分野に移る (というよりはむしろ新しい分野を作る) ことがあり、しかも、そのようなグループに高い評価が与えられるということを意味している。これは、研究分野がライフサイクルを描く時に、それに従ってライフサイクルを描くグループとそうでないグループがあるということに対応すると考えられる。

山田ら [6] による研究分野のライフサイクルに関する研究では、このようなプロセスはほとんど無視されているといってよい。例えば林 ・山田 [7] は化学の領域の数十にのぼる研究テーマについて、論文数の時間変化を調べ、それがライフサイクル的な特性、すなわち上昇からやがてピークに達し、その後下降するという特性を持つことを示した。さらに山田ら [6] は原子力工学、情報処理、行動計量学など 8 分野について、その成立過程を分析した。彼らのライフサイクル論に従えば、いかなる研究分野でも、共通の成長–成熟– 衰退のパターンをとるということになる。

しかしながら、仮にパターンは同じであったとしても、 成功を収めた」とみなされる研究分野とそうでない分野は明らかに存在する。巨額の研究費が投入され、多数の研究者が参加していてもそれほどの成果をあげていないとみなされる研究分野もあれば、逆に小額の研究費、小人数の研究者で目覚しい成果をあげたとみなされる分野もある。このような違いは、成長過程の定量的分析からはなかなか明らかにならない。

我々の結果は、このような成果 (ないしは研究コミュニティの中での評価) の違いが生じるメカニズムの一端を明らかにしたものといえよう。すなわち、研究グループの評価は、かなりの程度まで新しい分野をつくったことに依存している。ある分野はライフサイクルをたどって衰退しても、次々に分野を開いていくことで評価を高めていくことができるのである。

このような分野を開いていくメカニズムを明らかにするためには、ある論文が新しい研究分野を開いたかどうかの定量的な測定を行なうことが必要であろう。これは十分可能であると考えられる。例えば論文の引用関係だけを使うとすれば、直接の引用だけでなく、対象とする論文を引用している論文の被引用度 (孫引用度あるいは 2 次引用度)、さらに高次の引用度などを組み合わせることで、ある論文の貢献度の、単純な被引用度に比べてより改良された尺度を作ることはそれほど難しいことではないだろう。

上のような高次の被引用度は、大雑把にいってその業績が含まれる研究分野の大きさと、その分野の成立、発展に対してその業績が果たした役割の積のようなものを表現している。

その意味で高次の被引用度は業績の果たした役割の尺度になっているといえる。したがって、さらなる改良としては、これらの要素を分離すること、すなわち、研究分野の大きさと、その中での特定の業績の貢献度を別々に測定することが重要であろう。これは、「研究分野」というものを特定し、その中での論文の引用関係のネットワークを解析することで明らかにすることができよう。

実際にこのような高次の被引用度に基づく尺度を構成するのには、もちろん技術的な問題もある。最も大きな問題は、「尺度が安定するまでに時間がかかる」ということである。通常の直接引用度については、出版後 10 年程度でほぼ落ち着くということが知られているが、例えば 3 次の引用度が落ち着くためには 3 倍の時間がかかる可能性がある。すなわち、例えば 30 年以上前の業績しか研究対象にできなくなってしまう。

しかしながら、このような問題は、実際にある業績の貢献度を測定しようとした場合には必然的に起きる問題と考えられる。ある業績がどの程度貢献したかというようなことを決定しようとすれば、どうしてもかなりの時間がかかることはやむをえないであろう。もっとも、例えば高次の被引用度の時間微分をとり、適当なモデル化によって収束する値を予測するといったことも考えられる。これによりより短い期間である程度の精度の評価ができる可能性もある。

より本質的な問題は、高次の被引用度はもちろん一次の (通常の) 被引用度に比べて貢献の度合いを表しているにせよ、依然として「貢献」そのものではないということであろう。これについては次節でもう少し別の観点から考えることにしたい。

## 4.2 科学の発展の意味

前節では、単なる論文数や被引用度ではなく、ある論文が研究分野の発展に果たした役割をとらえられるような尺度を構築する可能性について議論した。本節では、「科学の発展に貢献した度合」というものを問題にする意味を考え直してみたい。このようなものを分析の対象にする時、その根本にある問いは、「科学はどのようにして発展するのか」、さらには「科学が発展しているというとき、我々はいったい何を意味しているのか」というものであろう。

科学がいかなる意味で発展しているといえるのかというのは、難しい問題である。いわゆる相対主義、ないしは知のアナーキズムといわれる立場では、科学が発展しているというのは意味がないということになろう。相対主義を拒否し、科学が発展しているということを示すための試みは、ポッパーの反証主義 [8] を代表として無数にある。しかし、そのような試みは、特に物理学の研究者からは現実離れした観念的なものとみなされている (例えば佐藤 [9])。これに対し、社会科学、経済学などの研究者は反証主義のようなものを現実に有効な規範ととらえる傾向がある (例えば佐和 [10])。これは、物理学が科学の典型と考えられていることを考えれば、非常に奇妙なこととも考えられる。多くの物理学者は、科学の研究方法が、論理実証主義によって主張されるような合理的なものではなく、むしろクーン [11]、ファイヤーアーベント [12]、あるいはより詳細な記述としてはラトゥール [13] によって描かれているような非合理的なものであるということを認め、しかし、それでも、「科学が発展している」ということは疑問の余地のないこととしている。というよりはむしろ、科学が発

展しているということを疑問の余地がないこととしているために、方法が非合理的であることを認められるということもできよう。しかし、物理学の研究者の多くが持つ素朴な科学の発展のイメージは、相対主義からの批判に耐え得るものではない。

それでは、「科学は発展している」というのは根拠のない非合理的な信念、いいかえれば宗教にすぎないのであろうか。極端な相対主義の立場ではもちろんそうであろう。そのような立場では、科学というのは現代の宗教であって、それ以上のものではないということになる。

しかし、仮に科学が多くの宗教のなかの一つにしかすぎず、科学であるということに特有の発展のメカニズムを持つわけではないとすれば、現代社会において科学の権威というものがあきらかに宗教のそれよりも大きいのは何故だろうか。また、それ以前に、いわゆる (大文字の) 「科学革命」のあとの科学の、少なくとも量的な成長が、非常に急速なものだったのはなぜだろうか。科学の方法論的特徴に科学の他の活動に対する優位性の根拠を求める試みはすべて失敗してきたといってよい。従って、研究現場での方法ではなく、ある業績が研究コミュニティに受け入れられ、新たな研究活動を引き起こしていく、さらにはそのコミュニティが研究活動のための資源を獲得していくメカニズムの方に科学というシステムの特色があると考えられる。これは、「発見の文脈」、「正当化の文脈」という 2 分法に対し、さらにその両方の後にくる「受容・変換の文脈」ともいうべきものに科学の特色があると考えることでもある。ある業績が科学に貢献したと認められるためには、もちろんそれが発見されるだけでも、さらには出版されるだけでも十分ではない。その結果が多くの研究者によってさまざまな形で利用されて初めて「貢献した」といえるわけである (Fujigaki[3])。

この「受容・変換の文脈」は、ラトゥール [13] のいう、fact-making process にほぼ対応するものである。しかし、ラトゥールが与えたものは、そのプロセスのほとんどクロノロジカルな記述でしかなく、なぜそのようなプロセスが機能するのかという説明が与えられているとはいい難い。彼は多数の実例によって、単なる仮説に過ぎなかったものが一般に受け入れられる「科学的真理」に変化していく過程を描いている。しかし、ここでも、「科学的真理」になるものとそうならないものの違いは明らかではない。「受容・変換の文脈」すなわちある業績が研究者コミュニティによって受容されるメカニズムを明らかにすることによって、初めて科学の発展とは一体なにかという問に有意味な答を与えることができるだろう。

方法論ではなく評価メカニズムを重視する立場は、一見ファイヤーアーベント的なアナーキズムの主張につながるようにみえるかもしれない。ここでは、必ずしもそうではないということを指摘してこの論を締めくくることにしたい。

ファイヤーアーベントの主張は、本質的には以下のようなものだといえよう。すなわち、研究の合理的方法論としてどのようなものをもってきたところで、現実の科学研究でおきていることは常にそれに違反している、また違反しなければ現在までの進歩はあり得なかった。従って、合理的な科学の方法論などというものは存在しない。従って、科学の進歩が合理的であるというのは不可能であるというものである。

評価メカニズムを重視する立場は、ファイヤーアーベントとともに (また、現場の多くの科学者とともに) 研究そのものを導く合理的な指針は存在しないということを認める。しかし、このことから直ちに科学が合理的に進歩しているわけではないということを結論しない。そのかわりに、発見・発明の受容・変換のプロセスが「発展」を担っていると考える。

ある発見・発明が研究コミュニティに受け入れられていくプロセスは決して単純なものではない。まず、成果は発表されなければならない。現在の研究コミュニティにおいては、これは通常、ピア・レビュー制度のある専門誌に掲載されるということを意味する。レビューは専門家によってなされ、間違っている、あるいは意味がないとみなされた論文は掲載を拒否される。さらに、専門誌に掲載されたとしても、それが直ちに「受け入れられた」ということを意味するわけではない。多くの論文は、出版されたあとまったく引用されることもなく図書室の中に眠ることになるからである。仮に結果が申し分なく「正しい」ものであったとしても、その後誰にも引用・応用されることがなければそれは「受容された」というに値しないであろう。

ある論文が、興味深い、あるいは重要なものであるとみなされると、その論文にさまざまな形で影響された研究が行われ、その成果である論文が現れてくることになる。この、後続の論文の発生こそが「受容」を端的に表現するものであろう。すなわち、「受容される」とは新たな研究を引き起こすということであり、それはある程度まで被引用度、あるいは前節で検討した高次の引用度に表現されると考えられる。

この立場に立つと、もしも科学の進歩が合理的なものであり得るとすれば、その合理性は個人の研究行為の中にあるわけではなく受容・変換のメカニズムの中にあるということになる。現在のところ、個人の研究行為に比べて、レビューイングやその後の受容・変換プロセスはよく理解されているとはいい難い。これらの過程のミクロスコピックな研究は、「科学の発展」というものを理解する新しい観点を与えることになるだろう。

## 謝辞

未出版の「日本天文学界の系図」そのものを提供して下さった福江純氏に深く感謝します。この研究は著者の一人（今井）の学部卒業研究がもとになっています。卒研のあいだずっと議論した戎崎俊一、上野宗孝両氏にも感謝します。

## 参考文献

[1] E. Garfield, *Science*, 1955, **122**, p. 108.

[2] D. J. de Solla Price, *Science*, 1955, **149**, p. 510.

[3] Y. Fujigaki, Filling the gap between discussion on science and scientist's everday activities: Applying the autopoiesis system theory to scientific knowledge, submitted to *Social Science Information*.

[4] 福江純、黒川竜男、「日本天文学界の系図」、天文月報、1994, **87**, p. 195.

[5] M. H. MacRoberts and B. R. MacRoberts, *Social Studies of Science*, 1986, **16**, p. 151.

[6] 山田圭一、塚原修一（編著）『科学研究のライフサイクル』、東京大学出版会、1986.

[7] 林雄二郎、山田圭一　『科学のライフサイクル』、中央公論社、1975.

[8] K. R. Popper, *Logic of Scientific Discovery*, 1959,　『科学的発見の論理』、恒星社厚生閣、1972.

[9] 佐藤文隆　『科学と幸福』、岩波書店、1995.

[10] 佐和隆光　『増補数量経済分析の基礎』、筑摩書房、1979.

[11] T. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 1962,　『科学革命の構造』、みすず書房、1971.

[12] P. K. Feyerabend *Against Method*, 1975,　『方法への挑戦』、新曜社、1981.

[13] B. Latour *Science in Action*, Harvard University Press 1987.

# Productivity of research groups — relation between citation analysis and reputation within research community

Junichiro Makino, Yuko Fujigaki and Yoshiyuki Imai
Department of General System Studies
College of Arts and Sciences
The University of Tokyo

We analyze the mechanism in which the productivity of a researcher or a research group is determined. For that purpose, we made a quantitative comparison between two research groups in the field of post-world-war theoretical astrophysics in Japan.

Our main conclusion is summarized as follows. The reputation of a research group within the research community (in our case, the community of Japanese astronomers) does not necessarily coincides with the macroscopic indices such as the number of publications or the average citation index. In other words, the two groups showed similar scores for these macroscopic indices. The number of highly-cited papers shows some difference, but not as large as the difference in the reputation. This result indicates that the quantitative measurement of the productivity does not give meaningful measure for the actual contribution of a research group to science.

In order to investigate the difference between two groups, we compared the "field coverage" of the two groups. In both groups, the field coverage of a person and his/her productivity (in number of publications) show strong positive correlation. Moreover, there is big difference in the average coverage between two groups. In our particular example, the field coverage of a group is related to the number of new research field pioneered by the group. This implies that the reputation of a group within the research community depends more on the number and the wideness of the new field pioneered by the group.