

○鮫島一郎, 松浦明德 (川鉄テクノリサーチ), 池上宝浩 (経産省)

1. はじめに

研究集団、およびそれに属する個人の研究成果は主として論文により公開される。論文はその研究集団、個人の業績であり、これを基に種々の評価がなされている。しかしながら研究集団及び個人の対象とする分野、研究フェーズ(基礎、応用、開発)、規模などの違いの影響を排除して評価できる手法としては、利用可能な方法が無い。

本調査では、研究集団として経済産業省の研究開発プロジェクトを取り上げ、その創出した論文群より、その研究集団の研究活動レベル、質を客観的、且つ定量的に表わす指標が得られないか、調査・解析を行った。

2. 調査方法

経済産業省の実施した「非線形光電子材料」の研究開発プロジェクトの成果として公開された全ての原著論文について、年度毎の被引用件数を SciSearch を用いて調査した。このデータを用い、個別論文に関する詳細調査を行った。

また「超格子素子」「超先端加工システム」の2プロジェクトについては、各原著論文の発表から調査時までの累積被引用件数を調査し、詳細調査の結果を応用できるか検討した。

2.1 個別論文に関する詳細調査

1) 図1に個別論文発表後3年後の累積被引用件数と5年後の累積被引用件数とを比較したグラフを示す。この図より、論文発表後3年後において被引用の多い論文はその後も同様に被引用が継続されると言える。但し観察期間は5年間であるので、より長期にわたり被引用が継続されるかどうかは判断できない。しかしプロジェクト期間中であれば一応被引用は同じような頻度で継続されると判断しても良いであろう。

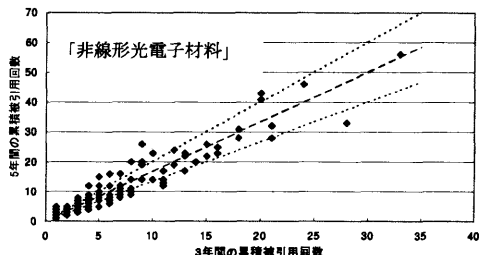


図1 発表後の経過年数と被引用状況

2) 発表後3年以上経過した論文の年平均被引用件数と、その論文の投稿先雑誌の Impact Factor との関係を図2に示す。この図より個別論文の年

均被引用件数は投稿先雑誌の Impact Factor とは無関係であり、引用を受けるか否かは個別の論文そのものによるという当然の結果が確認できる。

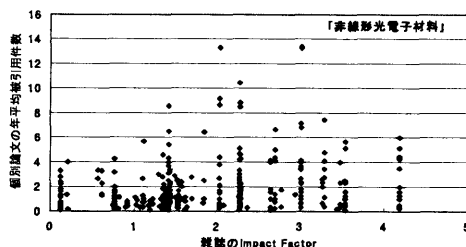


図2 論文の被引用状況と雑誌の Impact Factor

3) 投稿先雑誌の Impact Factor を数値別に層別し、同一グループに属する論文の年平均被引用件数と投稿先雑誌の Impact Factor の平均値をとり、その比較を行った。その結果を図3に示すが、これで見ると個別論文でなく、全論文平均として見た場合、年平均被引用件数は Impact Factor と緩やかな相関があることが窺える。

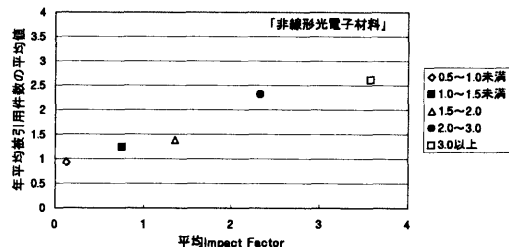


図3 論文の平均被引用件数と平均 IF

4) 各年度の論文群の年間被引用件数は、論文発表後の経過年により、変化する。図4にこの推移を示す。被引用は論文発表直後より発生しており、論文発表1年目でも平均の80%の頻度で引用されることが判る。また被引用のピークは論文発表後2~4年目であり、その後漸減していることが判る。

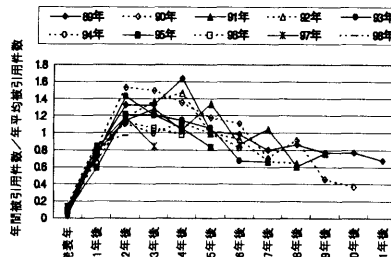


図4 引用状況の発表後経過年による推移

2.2 論文群に関する調査

プロジェクトの各年度毎に創出された論文を年度の論文群として取り扱い、プロジェクト全論文が受ける被引用件数との関係を調査した。

- 図5に「非線形光電子材料」プロジェクト全論文が受けた年間被引用件数と論文群の年間被引用件数の関係を示す。図よりプロジェクト全論文の当年度の年間被引用件数は、前年度までの各年度の論文群の年間被引用件数が累積したものであることが判る。またプロジェクト初期の論文群の寄与がプロジェクト終了時期まで継続していることが見て取れる。

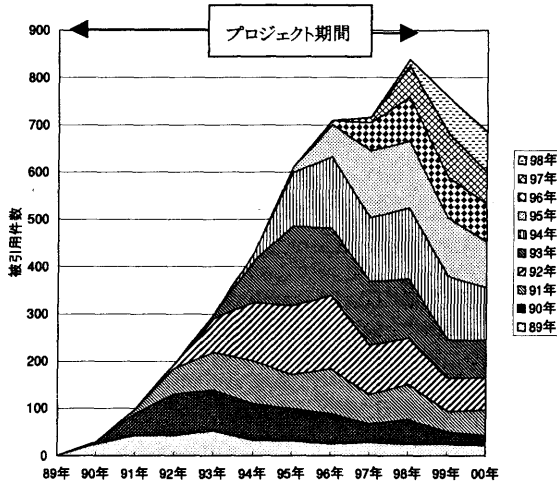


図5 プロジェクト全体の年間被引用件数の推移

- 各年度の論文群の年平均被引用件数(同一年度に発表された論文の累積被引用件数の総和を経過年数で除したものと各年度の論文群の Impact Factor 総和との比を年度毎にプロットしたものを図6に示す。図より「非線形光電子材料」プロジェクトの年平均被引用件数 / Impact Factor 総和の比は1996年で1.0より大きく低下していることが判る。このプロジェクトの年平均被引用件数 / Impact Factor 総和はプロジェクトの内部要因、外部要因の変化が有ったことを示す指標として活用可能である。

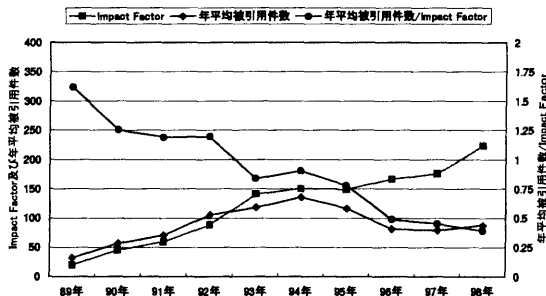


図6 年平均被引用件数 / Impact Factor 総和の比

3. 論文に関する解析

これまでの論文の被引用に関する調査結果は以下のように要約される。

個別の論文について

- ▶ 個別論文の累積被引用件数はプロジェクト期間中はほぼ直線的で、毎年一定数の引用を受ける(年平均被引用件数)と単純化できる。
- ▶ 個別論文の年平均被引用件数と、それが投稿された雑誌の Impact Factor とは無関係である。
- ▶ 論文群としてみた場合、論文群の年平均被引用件数の平均と、その Impact Factor の平均値とは緩やかな関係がある。

年度の論文群について

- ▶ プロジェクト全体の年間被引用件数は論文群の年間被引用件数の累積である。
- ▶ 論文群の年間被引用件数は、2~4年後にピークとなり、それ以後漸減する。
- ▶ 論文群の年間被引用件数 / Impact Factor 総和は年度により異なり、この比はプロジェクトの内部要因、外部要因の変化が有ったことを示すものとして、活用できる可能性がある。

これらの関係を用いて、簡易モデルで検討を行った。

3.1 簡易モデルによる検討

前述の関係をを用い、図7に示す簡易なモデルにより、プロジェクトの各年度の論文群とプロジェクト全体の年間被引用件数にどのような関係があるかを検討する。

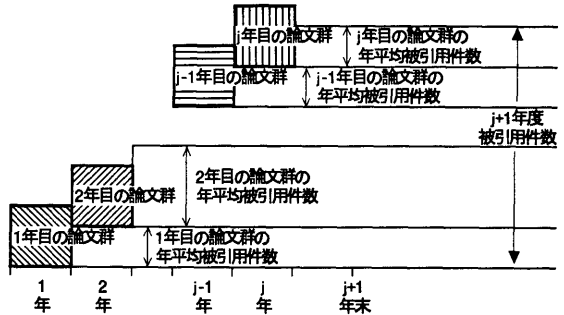


図7 模式図

個別論文でなく、年度の論文群として扱う。

i 年度の論文群は次の特性を持つ。

- ・論文数 : N_i
- ・論文の年平均被引用件数 : CI_i
- ・投稿先雑誌の Impact Factor 累積値 : IF_i

i 年目の論文群の i+1 年目以降の年平均被引用件数を経過年度により一定 (H_i) とする。

$$H_i = N_i * CI_i \quad (1)$$

以上のように単純化すれば、j+1 年目末 ($j > i$) におけるプロジェクトの年間被引用件数 HT_j は(2)式で表わせる。

$$HT_j = \sum H_i (i=1 \sim j) \quad (2)$$

また k+1 年目末におけるプロジェクトの累積被引用件

数をHRとすれば、HRは(3)式で表わせる。
 $HR = \sum HT_j = \sum \sum N_i \cdot CI_i \quad (i=1 \sim j), (j=1 \sim k) \quad (3)$
 (2)、(3)式で年度の論文群の特性を全年度にわたり一定とより単純化すれば、 H_i, N_i, CI_i, IF_i は一定で、それぞれ H_0, N_0, CI_0, IF_0 とできる。
 これにより(2)、(3)式はそれぞれ(4)、(5)式のように単純化される。

$$HT_j = H_0 \cdot j = N_0 \cdot CI_0 \cdot j \quad (4)$$

$$HR = \sum HT_j = H_0 \cdot \sum j \\ = H_0 \cdot k \cdot (k+1)/2 \\ = N_0 \cdot CI_0 \cdot k \cdot (k+1)/2 \cdot N_0 \cdot CI_0 \cdot k^2 \quad (5)$$

(4)式で $N_0 \cdot j$ はj年目までのプロジェクト論文の累計となり、また CI_0 はプロジェクト全論文平均の年間被引用件数となる。

すなわち(4)の意味はj+1年目末におけるプロジェクトの年間被引用件数 HT_j は、j年目までのプロジェクト論文数の累計と全論文平均の年間被引用件数の積で表わせることを意味する。

$$HT_j = (j \text{年目までの論文数累計}) \cdot (\text{全論文平均の年間被引用件数})$$

また(5)式より、プロジェクトの累積被引用件数は、プロジェクト開始からの経過年数の2乗にほぼ比例することが判る。

3.2 一般式による検討

被引用の関係を経過年数に関する連続関数とし、i年目の論文群のi+x年経過後のプロジェクトの年間被引用件数が次式で表せるとする。

$$H_i(x) = A_i \cdot x^n \quad (6)$$

次に論文群のプロジェクト開始後i年経過後の出現数が次式で表せるとする。

$$N_i(i) = N_0 \cdot i^m \quad (7)$$

m、nを年度により変化しないと簡易化し、累積被引用件数HRを求めると、HRは H_i と N_i の積の経過年数に対する2重積分となる。

この解の解析解は得られないが、解の主要部分のプロジェクト開始後からの経過年数に対するべき乗数は $2+m+n$ となる。(詳細は参考文献(2)による)

すなわち、プロジェクトの年度毎の累積被引用件数を経過年数のべき乗式で表した場合、そのべき乗数は2以上が期待でき、またこのべき乗数はプロジェクトの研究活動の活性度を示すと見なせる。

3.3 「非線形光電子材料」における計算例

「非線形光電子材料」におけるプロジェクト全体の累積被引用件数を図8に示す。図より累積被引用件数のカーブはプロジェクト開始後からの経過年数に対し、2次曲線状になっている。

研究活動の活性度を計算する際、上記の累積カーブから直接計算できるが、積分された形なので、年度毎の変化(寄与)が緩和された形になる。これに対し年度毎の被引用件数は累積カーブの微分形なので、これを用いて計算した研究活動の活性度は年度毎の

変化をより鮮明に現すと思われる。

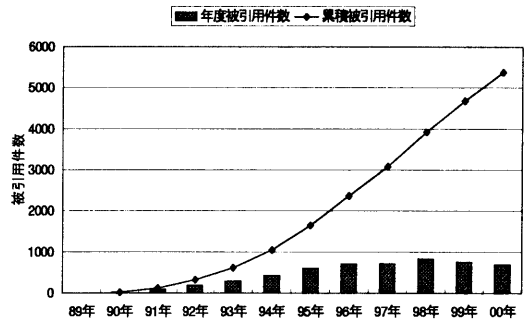


図8 「非線形光電子」の累積被引用件数

また年度毎の被引用件数を代表するパラメータには次の4つが可能である。

第1は年度論文群のImpact Factor総和をとる方式で、これは自己評価に相当する。

第2は年度論文群の年平均被引用件数をとる方式で、これは他者評価に相当する。

第3の方式はプロジェクト全体の年度の被引用件数から直接計算する方式であり、これも他者評価を反映しているが、各年度の影響は累積されている。

第4の方式は累積被引用件数から計算する方式であり、これも同じく他者評価を反映しているが、各年度の影響は第3の方式より累積度合が大きい。

以上の4方式で計算した結果を図9に示す。図より第1と第2の方式はほぼ平行しており、同じような傾向を示していると言える。特に第2の他者評価に相当する指標では1995年の外部評価が大きく変化した時の推移を示している。

これに対し、第3と第4の方式ではプロジェクト初期の変動が大き過ぎ、研究活動の活性度としては不適と思われる。これはプロジェクト初期の被引用件数は当然少なく、初期2~3年間の増加率が大きいためである。更に第4の方式では、やはり年度変化が緩和されてしまい、1995年の大きな変化が埋没してしまっている。また図5に示すように各年度の被引用件数はそれ以前の年度の成果の累積であり、当年度の影響はあまり反映されていない。

以後の検討では第1の方式を自己評価、第2の方式を他者評価の指標として採用する。

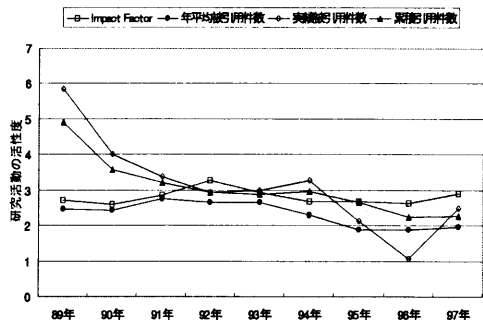


図9 「非線形光電子」の研究活動活性度の計算例

4. 各プロジェクトの論文面での比較

4.1 プロジェクト代表論文の抽出

各論文の調査時点までの累積被引用件数を論文発表後から調査時点までの経過年数で除した値をもって、プロジェクト内での論文間の比較を行った。ただし観察期間は3年以上とした。その結果を表4-1に示す。

表-1 代表論文の比較

プロジェクト名	年平均被引用件数			IF 平均 値	代表 論文 数
	平均 値	1/4 位点	1/10 位点		
非線型光電子	1.63	2.0	4.0	1.86	49
超格子	1.64	2.0	4.5	1.97	19
超先端加工	0.62	0.64	1.38	1.34	10

注) IF: 雑誌 Impact Factor

代表論文数: 1/10 位点以上の論文

代表論文について、「超格子素子」と「非線形光電子材料」とを比較すると、実施年度、研究分野が異なるにもかかわらず、論文の年平均被引用件数の分布形状は極めてよく類似していることが判る。またその平均値は Impact Factor の平均値に極めて近い値となっている。また 1/10 位点は「超格子素子」、「非線形光電子材料」ともに、ほぼ投稿先雑誌の Impact Factor 平均値の 2 倍程度の値となっており、この値以上の年平均被引用件数を持つ論文はプロジェクトが対象とする研究分野を代表するレベルであり、且つプロジェクトを代表する論文と見なされる。

これに対し「超先端加工システム」においては、投稿先雑誌の Impact Factor 平均値に対し、年平均被引用件数の分布状況は低位であり、1/10 位点以上の論文はプロジェクトの代表論文としても、分野を代表できるレベルではなさそうである。これはより開発段階に近いプロジェクトの性格を反映しているものと思われる。

代表論文の数はプロジェクトの研究分野の違いを若干緩和できるが、プロジェクトの規模、フェーズ(基礎、応用、開発)の違いを除去できない欠点を持つ。

4.2 論文群の年平均被引用件数 / 論文群の Impact Factor の比およびその推移

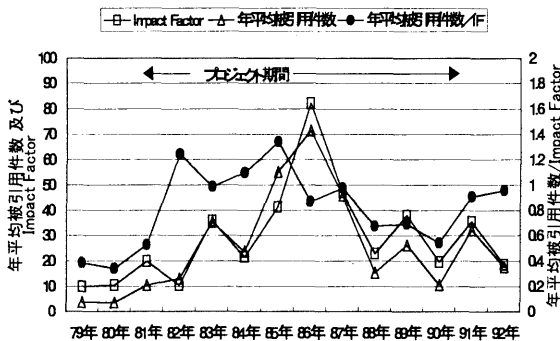


図10 「超格子」の年平均被引用件数 / Impact Factor

この値は無次元数であり、プロジェクトの規模、研究分野の違いなどに左右されず、プロジェクトに対する外部からの関心度、その推移を表わし、かなり広範囲に適用できると思われる。

図10に超格子素子プロジェクトの例を示すが、超格子素子プロジェクトは、初期においては、あまり外部よりの注目を集めなかったが、1984年から1986年にかけ年平均被引用件数 / Impact Factor の比は 1.0 を超え、また年平均被引用件数もピークとなり、この時期に注目を集める研究がなされたと推定できる。

4.3 論文面から見た研究活性度の指数

この値も無次元数であり、プロジェクトの規模、研究分野の違いなどに左右されず、プロジェクトの活性度とその推移を、内部要因、外部要因を総合した形で示す指標として利用できるとと思われる。

図11に超格子素子の例を示す。

図中 IF 活性度は年度論文群の Impact Factor の総和より計算したもので、自己評価に相当する。引用活性度は年度論文群の年平均被引用件数より計算したもので、他者評価に相当するものである。

「超格子」プロジェクトにおいて、2本のカーブはほぼ傾向として一致しており、プロジェクトの研究活動は 1984年から 1985年にピークを迎えたように観察され、87年以降は若干停滞傾向を示している。

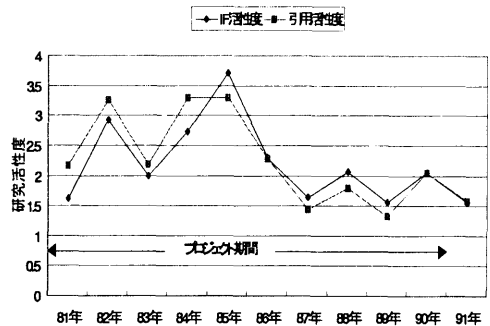


図11 「超格子素子」の研究活動活性度の指数

5. 結論

以上の調査により、研究開発プロジェクトを論文面より相互比較可能な無次元定量化指標が得られた。

さらに調査対象プロジェクトを増加し、本調査の有効性の確認を行うとともに、研究開発プロジェクトの発明活動を定量評価可能な指標についても探索を進める。

参考文献

- 1) 「研究開発プロジェクトの知的インパクトに関する調査」平成 11 年度経済産業省調査報告書
- 2) 「研究開発プロジェクトの知的成果に係わる波及効果と利用促進に関する調査」平成 12 年度経済産業省調査報告書