

○山田 肇 (日本電信電話)

1 はじめに

1984年、AT&Tが分割されて7つの地方電話会社(RBOCs)が誕生し、これらのRBOCsの共同研究開発組織としてベルコア(Bell Communications Research)が設立された。ベルコアにはベル研究所から多くの研究者が移籍し、これらの研究者が核となって研究開発活動が急速に立ち上がった。ところが80年代後半には一部のRBOCがベルコアの存在意義について疑問を投げ始め、92年には経費節減を目的に多くの研究者が解雇された。そして94年にはついに「RBOCsがベルコア売却を検討している」との新聞記事が現われるに至った。市場競争が激化する中で複数社の共同研究開発組織は存在し得るのかも興味深い研究課題ではあるが、本稿では視点を変えて激動する環境下での研究開発活動の実態について公開文献/特許データベース(DB)を用いて解析する^{1,2,3}。そして文献と特許の生産性(Productivity)、研究者群の文献への出現率(Appearance Ratio)などの新しいパラメータを用いて、ベルコアにおける研究者の行動を明らかにする。

この研究では半導体レーザに関する研究開発活動を解析の対象とした。その理由はまず半導体レーザがマルチメディア時代に必須の光通信システムのキーデバイスとしてこの間世界中で精力的に研究開発されてきたこと、その研究開発成果をRBOCsに移転するには(ベルコアには製造部門がないため)途中に通信装置メーカーを介する必要がある、直接移転が可能なソフトウェア技術等に比べてベルコア自身の成果として評価されにくく、それだけ環境変化の影響を受けやすいと考えたためである。DBとしてINSPECを用いてサーチキーCC=A4255P+B4320Jによって対象文献を抽出し、CLAIMS/U.S. PATENTSでIC=H01S?によって対象米国特許を抽出した。

2 論文数、研究者数の推移

ベルコアの論文数は80年代を通じて増加し続けたが、90年代には減少に転じた(図1上)。この論文数をINSPEC中で半導体レーザに関係する全論文数で除した値として論文シェアを定義すると、ベルコアの論文シェアは90年に最高値である4.0%に達した(図1下)。

90年における半導体レーザ関連の全論文数は1510件で、発表組織数は321であった。この年に最も多くの論文を発表したのはAT&Tでその論文シェアは7.7%であり、NTTが第二位でベルコアは僅差で第三位であった。またこの年のデータではシェア3%がトップ

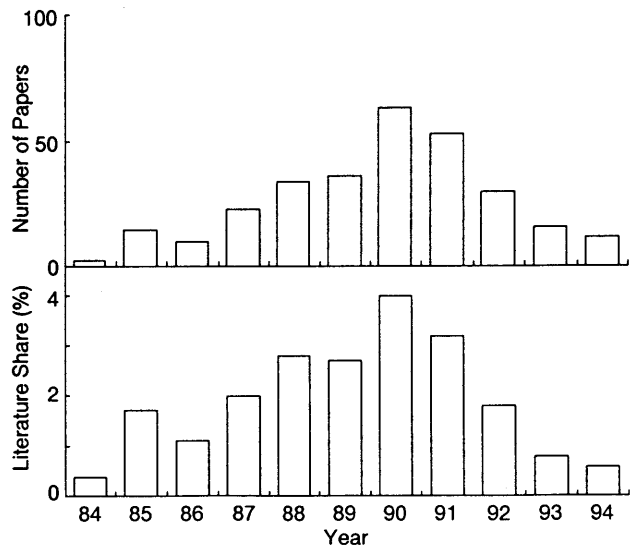


図1 ベルコアの論文数の推移及び論文シェア

5、2%がトップ10に相当していた。他の年についてはランキングを求めていないが90年の情報から類推すれば、ベルコアは半導体レーザの研究開発に関して87年から91年にかけて世界のトップ10に値する地位を占め、主要研究開発機関の一つと見なされていたということが出来る。

一方、少なくとも年に一件論文を著した研究者の数を研究者数として定義してINSPECのデータを元に集計すると、研究者数は論文数と同様に80年代には一貫して増加して90年にピークとなり、その後減少に転じたことがわかる(図2)。

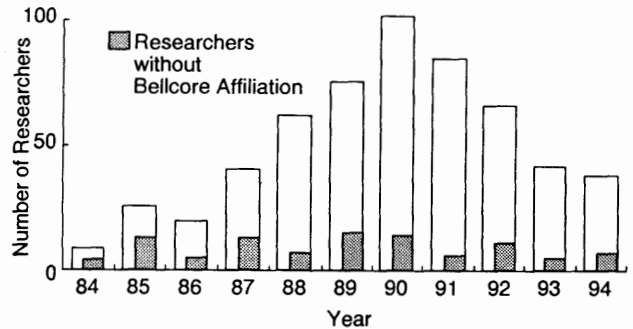


図2 研究者数の推移

3 他組織との共同研究開発の動向

INSPECの最大の欠点は所属データが筆頭著者の所属に限られることである。すなわち仮に二者連名の論文があるとして筆頭者がベルコア所属であれば所属データはベルコアとなり、共著者が他に属していてもわからない。従って複数組織にまたがる共同研究開発の動向を調べるにはINSPECで抽出した論文そのものを収集して、分析しなければならない。

そこで84年から94年に発行されたベルコアの全論文295件を収集して共著関係を調査した。そして他組織と連名の論文が数にして約25%、相手組織数で23含まれていることを見出した¹¹⁾。表1はこうして求めたパートナー毎の共著者数を整理したものであるが、共同研究開発期間が2年以下の短期に止まるものについてはまとめて「その他」として表示している。この表からAT&Tが長期にわたり継続的にベルコアと共同研究開発し、80年代には日立が協力関係を保ち、一方、短期のパートナーには大学が多いことがわかる。これら大学所属の研究者

表1 ベルコアの論文に現われた他組織及び共著研究者数

Year	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
AT&T	4	8	1	7	4	4	1		1	2	
Hitachi		1	1	2	2	4	2				
Spectra Diode Labs						2	1	1			
Lasertron									3		4
その他の企業(4社)				1			1		2		
Cal. Inst. Tech.		4	2	3							
Surrey Univ.									1	1	1
その他の大学(10大学)			1		1	5	4	1	3		2
David Sarnoff Res. Inst.							2	1	1		
Korea Advanced Inst. of Sci. & Tech.							2	2		2	
その他の研究開発機関(1機関)							1	1			
合計	4	13	5	13	7	15	14	6	11	5	7

¹¹⁾ この方法では他組織の研究者が筆頭でベルコアが連名の論文は無視される。半導体レーザに関するすべての論文を収集すればこの問題は解決できるが、毎年一千から二千に達する論文を収集・分析することは実際上不可能である。

との共著論文のいくつかには「サバティカル期間にベルコアで実施」との記述があった。また年毎の共著者合計を図2に網掛けで表示すると、ベルコア所属と見なした研究者のうち10~20%が他組織の所属であったことが判る。

当然のことながら、研究者（あるいは組織）間でGive & Takeが成立する場合に共同研究開発が実施される。そしてこの分析で明らかになった活発な共同研究開発の実態は、半導体レーザの研究者の間でベルコアがパートナーとして魅力的で取り引きに値する組織と評価されていたことを示している。なお大学との共同研究開発実績が多いことは、ベルコアに学術研究機関の色彩が濃厚だったことをうかがわせるが、これについては後段で再度検証する。

4 ベル研究所経験者の役割

ベルコアでの研究開発を推進するにあたり、ベル研究所から移籍した研究者はどのような役割を演じていたのだろうか。この解析のためにまず75年から83年にかけてのベル研究所の論文をINSPECによって収集し研究者リストを作成して、これをベルコアの研究者リストと対照することによってベルコアにおけるベル研究所経験者

（以後、ExAT&Ts）を特定した。一方、前章の検討でAT&Tに所属してベルコアと共同研究開発を実施した研究者（以後、AT&Ts）も特定できている。図3はこれらの内、各年に論文を著した研究者数の推移を示す。ベルコア設立当初はAT&Tsが多いが時間の経過と共にExAT&Tsの比率が増したことで、80年代にはExAT&TsとAT&Tsの合計は10名前後で安定で図2にあったような急増は見られないが、90年代に入ると両者の合計そのものが徐々に減少していることなどがわかる。

さて研究者数Nの全体集合の部分集合として要素数Mの集合があったとする。この全体集合に含まれる研究者が二名連名で論文を著すとして、二名の内少なくとも一名は部分集合外となる確率は、すべての研究者が均等に論文を執筆したと仮定すれば、 $1 - M(M-1)/N(N-1)$ で与えられる。一般に一論文当たりの連名者数が平均kで、MとNが1より十分に大きいとすると上の確率は $1 - (M/N)^k$ と表わされる。これをExpected Appearance Ratioと定義し、実際の比率Actual Appearance Ratioと比較しよう。もし実際の比率が期待値よりも小さければ、これは $(M/N)^k$ よりも大きな割合で部分集合に含まれる研究者が論文を執筆したことを示す。逆に実際の比率が期待値よりも大きければ、部分集合に含まれる研究者よりその外の研究者のほうが活発に論文を執筆したということになる。このように出現率（Appearance Ratio）を用い、その期待値と実際の比率の大小を比較することで、活発に論文を発表した研究者群が特定

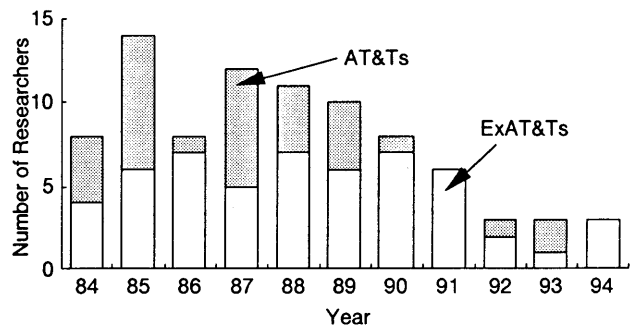


図3 ベル研究所経験者数の推移

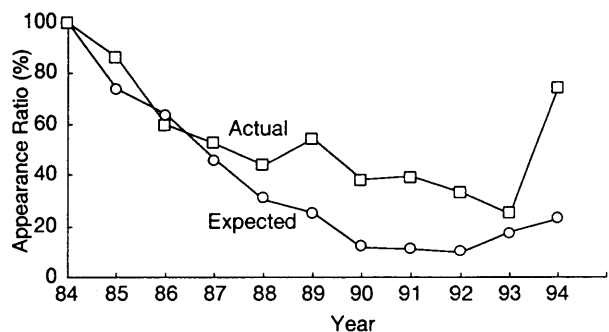


図4 ベル研究所経験者の出現率推移

表2 出現率の長期平均値

	実際の比率	期待値
ExAT&Ts	52.2%	26.4%
AT&Ts	18.8%	18.8%
ベル研究所非経験者	14.2%	23.0%

表3 研究者のベルコア在籍期間

	在籍期間 (年)	人数
ExAT&Ts	1-2	1
	3-4	3
	5+	12
その他の研究者	1-2	78
	3-4	36
	5+	38

できるようになる。

ExAT&TsとAT&Tsをまとめて一群の研究者として、この出現率の年次推移を求めたのが図4である。明らかに実際の比率は期待値よりも大きく、これらの研究者がベル研究所を経験していない研究者群と比較してすべての期間にわたりより活発であったことがわかる。とりわけ設立当初は期待値、実際の比率共極めて高い値を示している。このことはベルコアの研究開発活動がこれらの研究者によって立ち上げられたことを意味するものである。さらにExAT&TsとAT&Tsを分離し、84年から94年の全期間で別々に出現率を計算したのが表2である。ExAT&Tsでは実際の比率が期待値の二倍で、AT&Tsでは両者が等しく、ベル研究所を経験していない研究者では実際の比率が期待値の1/2に近い。このことからベルコアでもっとも活発であったのはExAT&Tsであったと言える。

指導者が複数（仮に二名）の被指導者A、Bを指導し、被指導者Aが指導者と連名で論文を、被指導者Bが指導者と連名で他の論文を執筆すれば、指導者の出現率は実際の比率（=100%）が期待値（=67%）よりも大きくなる。ベルコアでもこのような現象があったと想定すれば、ベルコアの研究開発活動を指導していたのはAT&Tの分割以前にベル研究所に在籍し、その後ベルコアに移籍した研究者（ExAT&Ts）だったということになる。

共同研究開発の連名者を除き、ベルコアに所属したことのある研究者だけについてExAT&Tsとその他でベルコア在籍期間に差がないかを調べたのが表3である。ただし、x年には論文を公表、x+1年には論文がなくx+2年には発表というような場合には、x年からx+2年まで通してベルコアに在籍していたというように在籍年数をカウントしている。これは研究開発の都合で論文発表が中断した場合を考慮したもので、x年に一年間だけベルコアに在籍し、再びx+2年に一年間だけベルコアに在籍したと計算するよりも現実的であると思われる。ExAT&Tsの大半は5年以上ベルコアに在籍している。一方、その他の研究者の在籍期間は極めて短く、過半数が2年以内である。

このように1、2年の短期間でベルコアを去り、また在籍中には被指導者として振る舞う研究者像として浮かび上がるのがポスドク（Post Doctoral Fellows）である。ポスドクは在籍期間中の業績を次のポスト獲得の武器にするために論文発表意欲が強い（別の言い方をすると論文発表の可能性のない研究開発機関には職を求めない）。ベルコアがポスドクを大量に引き寄せ、また彼等の論文発表を許容していたとすると、ベルコアには学術研究機関の色彩が濃厚であったということになる。さらにこのような短期在籍研究者がいつベルコアに雇用されたかを調べ、その大半が91年までであることを見出した。序章に著したようにベルコアでは92年に研究者の解雇が開始された。短期雇用故に敏感なポスドクが不安定なベルコアを避け

たか、ベルコアが半導体レーザの研究開発を縮小してポストドク採用を控えたかのいずれかと想定できる。

5 論文と特許の生産性

研究開発活動の生産性 (Productivity) をどのようなパラメータによって評価すべきかについては種々議論があるが、ここでは論文数/研究者数を論文生産性

(Literature Productivity)、同様に特許数/研究者数を特許生産性 (Patent Productivity) と定

義する。この方法は製品の研究開発費を分母、製品の売上高を分子とする通常の方法⁴に比べて次のような利点がある。通常の方法は、製品毎の数値が利用できる場合、すなわち組織が内部管理に使用するには有効であるが、外部から評価しようとする则有価証券報告書などに頼らざるを得ず、結局極めてマクロな把握しかできないという問題があった。一方、論文及び特許については公開されたDBがあり、それを利用することで本稿で言えば半導体レーザの研究開発といった分野毎のデータまで入手が可能である。また研究者名及び人数についてもマネージメント及び補助者についてはもれる恐れがあるものの本当にその論文/特許に貢献した者については把握が可能である。また論文、特許となったということは客観的に新規性が保証されたということであって、元々新規性を重視する研究開発活動の評価項目としてふさわしい。ただしソフトウェアの研究開発のように論文/特許がアウトプットとならない(なりにくい)場合には、限界を露呈するので注意が必要である。

ベルコアの論文生産性と特許生産性の年次推移を図5に示す。図5から、まず、論文生産性が91年まではほぼ一定で、その後低下したことがわかる。すなわち85年から91年までの論文生産性の平均値は0.557であるが、92年以降については3年間の平均値が0.376とその前の期間の2/3にすぎない。91年までの値はAT&Tの85年から94年までの平均値である0.597に近く、一流の研究開発機関にふさわしい生産性であったことがわかる。92年以降の減少の原因については明らかではないが、92年の研究者大量解雇が影響している可能性があると思われる。

特許生産性については85年から94年の平均で0.056である。また研究者数が急増した期間である87年から91年にかけて低下が見られる。対照としてAT&Tについて調べると85～89年が0.090で、AT&Tの研究開発活動が知的財産重視に移行しつつあると報じられるようになった90～94年には0.127に上昇している。論文生産性ではほぼ同一値であるにも関わらず特許生産性がAT&Tの1/2以下であったということから、ベルコアはAT&Tに比較して学術的な研究開発機関であったということになる。また研究者急増期間に特許生産性が低下したという事実は、研究者に特許取得についての適切なガイダンスを実施していなかったということの意味するものである。

6 まとめ

公開文献/特許データベースを用いてベルコアにおける研究開発活動の実態について解析した。文献と特許の生産性 (Productivity) を利用すればその研究開発機関が学術研究と知的

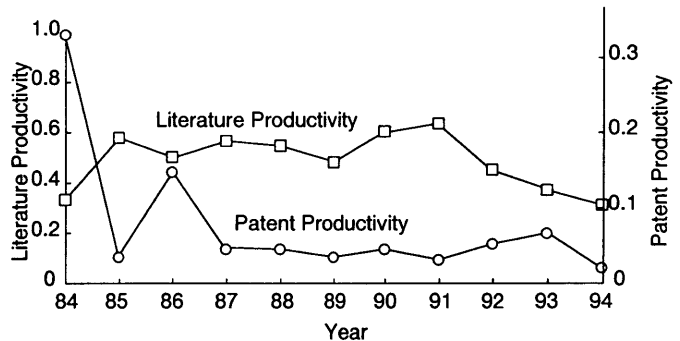


図5 論文及び特許生産性の推移

財産のどちらを重視しているかが識別できる、研究者群の文献への出現率 (Appearance Ratio) を利用すればもっとも活動的な集団が特定できるなど、本稿で提案したパラメータには興味深い特徴がある。従来、組織内部の情報を得難い第三者はその組織の活動状況をマクロに分析することに止まっていたが、本手法を用いれば組織ダイナミクスのマイクロ分析が可能である。

最後にベルコアについての「発見」を以下にまとめる。

- 1) ベル研究所から移籍した研究者が核となってベルコアでの研究開発は急速に立ち上がり、半導体レーザの研究分野では一時トップ5を占める重要な研究開発機関として位置付けられた。
- 2) ベルコアでの研究開発の立ち上がりと共に多くの研究者が雇用されたが、その主体はポストドクであった。これらのポストドクはベル研究所経験者の指導の下で学術的な研究開発を実施し、その成果を論文として数多く発表して、他の研究開発機関に短期間で去っていった。
- 3) ベルコアと多くの大学との間で学術的な共同研究開発が実施された。ベルコアはサバティカルにおける滞在機関として認知されていた。
- 4) ベルコアでは特許の取得について適切なガイダンスがなされず、その結果、特許生産性は低く止まっていた。
- 5) ベルコアの存在自体に疑問が呈され研究者の大量解雇が開始されるに至り、ベルコアにおける半導体レーザの研究開発は急速に縮小した。

参考文献

- 1 H. Yamada, "The Emergence of A New Technology: The Case of Semiconductor Laser Diodes", Master Thesis of MIT (1990)
- 2 山田 肇、「研究所の経営にMOTプログラムは役立つか」、研究・技術計画学会第10回年次学術大会、2C3
- 3 伊地知寛博、平澤 冷、「分子線エピタキシを事例とする科学技術分野の形成過程の分析 その2」、研究・技術計画学会第10回年次学術大会、2A3
- 4 M. Uenohara, "Comprehensive Productivity Improvement in the Age of Global Competitiveness", Keynote at Int. Productivity Symp. VII (1996)