解説

学術情報の洪水

岸　尚

1. Little Science, Big Science

科学は際限なく成長するかに見えた．そして科学にもかげりがと囁かれるようになってきた．科学成長のその証拠を，数字を用いて示してみせた最初の1人はプライスである．科学は10ないし15年で倍増すると．指数関数的な科学の成長は，しかし，崩れはじめたのではないかということをいちはやく指摘したのもプライスであった．彼がブルックヘヴン国立研究所で講演したのは1962年．ケネディ大統領が登場しアポロ計画がスタートした直後だから，これは冷静で勇気ある発言だったと言える．講演内容は翌年コロンビア大学から出版されて *Little Science, Big Science* [7] となる．プライスは警告していわく，科学の成長は速度が鈍った．やがて飽和値に近づく．乱調はこの時期にはじまると．

プライス(Derek J. de Solla Price)は1922年1月22日ユダヤ系の両親の間にロンドンで生まれた．長じてロンドン大学に学び物理学の学位を取得する．

学位を得てプライスは留学生としてプリンストン大学に赴き1年間研究生活を送り，ついで翌1947年から3年をシンガポールのマラヤ大学ですごすことになる．このときマラヤ大学に在職していたパーキンソン(C. N. Parkinson)との出会いが彼の運命の方向を変える．本国に戻って，プライスは科学史研究に転向する．

ケンブリッジ大学で彼は中世の科学装置の歴史を研究し，科学史の学位を得る．やがて米国に渡って1959年からエール大学に勤務し，1960年から同大学科学史学科教授の地位にある．科学装置ばかりでなく計量的な科学史研究を得意とし，1963年に出版された *Little Science, Big Science* で，科学史というよりむしろリサーチ・オン・リサーチあるいは科学政策研究という1つの新しいジャンルを開拓し，その一人者としての不動の地位を固めた．

2. 科学の指数関数的成長

プライスの功績の第1は，科学は指数関数的に成長してきたという事実の発見である．図1はプライスが発表した有名な曲線で，科学雑誌のタイトル数が15年で倍増してきたことを示している．倍増するのに15年というその率はどの範囲のものを科学雑誌とみなすかに関係するから，15という数字に不必要にこだわるのはよくない．

図2は American Men of Science 誌に掲載された科学者の数の増加のようすで，約12.5年ごとに2倍という成長ぶりが観察される．科学雑誌のタイトル数は科学の規模を示す1つの便宜的な尺度にすぎないし，米国の科学者の数もけっして科学の総量を測る最適な目盛りとは言えない．しかし，この種のデータを見れば，科学が指数関数的に増殖しているということはほとんど疑いを容れない．

プライスの第2の発見は科学者の生産性は画一的でなくパレート法則にしたがって分布するということだが，ここでは省略しよう．第3は科学の成長の速やかさはリサーチ・フ

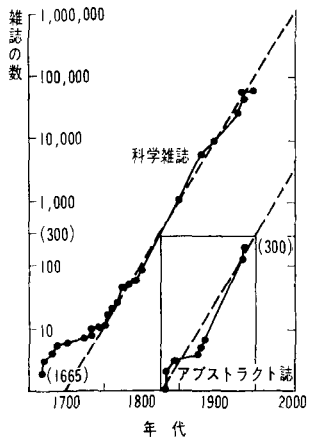

図 1　学術誌の増加

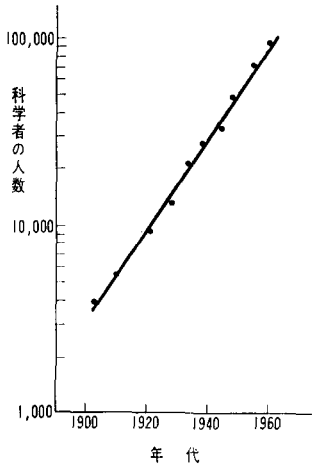

図 2　科学者の増加

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ロントの存在にもとづくという事実の量的な発見である．Science Citation Index その他の資料を用い，論文引用のネットワークを調査して，プラスイは概略つぎのような数字を得た．

論文にはかならず参照文献を載せる．統計調査によると1篇の論文には平均して約15篇の参照文献があり，このうち12篇は学会誌論文である．一方，1篇の論文は年間に何人の著者によって引用されるか．もちろんこれは論文の年齢にもよるが，平均的な引用回数は0回が35%，1回が50%，2回以上が15%である．

さて，すでに発表された100篇の論文より成る小さい研究分野を仮想しよう．この分野はほとんど閉じられた研究分野だが年間7%の割合で活発に成長しつつあるものとする．

この分野で今年1年に発表される論文は7篇で，それらに載る参照文献の総数は15×7である．そのうちの90篇がこの分野の既出の100から選ばれたものと考えよう．100のうち35篇は引用されなかった．50篇が1回ずつ引用されている．残りの15篇は2回以上引用される．90—50篇の参照論文がこれに相当し，引用回数は平均3回弱である．

この研究分野では10数篇の論文が活発な討議の中核を形づくっており，新たに発表された数篇の論文と引用の緊密なネットワークで編み合わされている．この部分をプライスは研究のリサーチ・フロントとよんだ．研究分野の主要な流れはリサーチ・フロントによって推し進められる．

上記のモデルは簡単すぎて不完全だし，数字は科学の各種の分野ごとに違った値をとることだろう．しかしこのモデルは科学の成長の1つの側面について透徹した視座を与える．自然科学の成長の速やかさの秘密は，過去の知識の蓄積の本体から研究が成長するのではなく，リサーチ・フロントというきわめて薄い表皮から成長する点にある．緻密で生き生きした表皮の有無が研究の成長の速度をきめる．

3. 論文方式に至るまで

科学の世界では新たに獲得された知識は主として学術誌に論文という形式で報告・登録され，これが情報伝達の中心的な媒体を形づくっている．われわれにとっては当然とも思えるこの方式は，実はそれほど長い歴史を持っているわけではない．そのことを簡単にスケッチしよう[6]．

古代の科学者は得られた新しい知識の交換に，書簡という形式を用いた．彼らは知的財産を獲得することに喜びのすべてを感じた．金に替える知識ではない．友人に対して知識を通信するのは，いわば，探しあてた知的財宝の誇示に近い．科学上の新知識のコミュニケーションのための書簡という形式は，変化することなく中世を通過する．

15世紀にグーテンベルグによる活字印刷術の発明があって，コミュニケーションの方式に変革が起こる．近世科学は印刷された書物という流通媒体を持った．ハーヴェーは「血液循環の原理」を，ガリレイは「天文対話」や「力学対話」を出版することによって，人々に新しい理論を説いたのである．

学会という組織が生まれるのは17世紀である．1662年に発足したロイアル・ソサエティ・オブ・ロンドンは同学の士のサークルであった．一方1666年フランスに生まれたアカデミー・ロワイアル・デ・シアンスは学会というより一流科学者を擁する一種の国立科学研究所だった．

このような動きに対応して学会誌，アカデミー紀要という新しい形式の学術情報流通の媒体が誕生する．フィロソフィカル・トランザクションは現存するもっとも古い学術雑誌だが1665年の創刊である．その内容はしかし，現在の学会誌とはかなり異なり，エディターへの寄書という形式でなされる討論と，最新の研究に関する速報記事が主だったようである．

19世紀に入るとアカデミーは衰え，科学は大学を中心にめざましい発展をとげる．アカデミー紀要に代わって大学紀要が権威ある科学情報源の地位を占めるにいたる．一方学術雑誌はその経済基盤が不安定なため，創刊されるもの廃刊になるものの交代が激しかった．しかし，大学を中心とする科学の制度化と科学の分化が進展するにしたがって専門学会が権威ある組織として機能しはじめ，ここに学会誌はようやく学術情報のコミュニケーションの中心的な媒体としての地位を確立することになる．19世紀後半である．現在のような論文の形式，ことにその脚注方式が確立されるのもこのころである．この方式によって，科学者は先人のオリジナリティと自分のオリジナリティを明確に区別するルールを共有することになった．

ここでつぎの事実に注意する必要がある．古代の科学者の書簡以来学会雑誌に投稿される論文にいたるまで，それが書かれる動機の大部分は新しい発見の先取権の主張だったということである．権威ある雑誌に新しい知識がいま付け加えられたと告示されること，その名誉のために彼らは論文を書く．論文が多くの人に読まれ，その内容が理解されることは，しばしば二の次とされる．論文は著者のほうを向いており，けっして読者のほうを向いていない．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

4. バナールの提案

学術誌の論文という存在に対して公然と非難の矢を放ったのはバナール(John Desmond Bernal)であった[1].

科学論文の作成と公表は経費と時間の浪費ではないかと反省してみる価値がある，とバナールは主張する．学術誌に発表される論文は玉石混交．発表に値しないものも少なくない．われわれは論文の質より量ばかりを問題にしすぎた．そのため，算盤ずくで発表する人ばかり多くなってしまった．科学の功名争いや欲得のための無駄は，もうたくさんではないか．

バナールがこのように指摘したのは第二次世界大戦の直前であった．その後大戦がはじまり，いわゆる巨大科学が台頭する．科学のレッセ・フェールの時代は終わり，科学は国家のぼうだいな財政援助と，そして政府のなんらかの管理のもとに置かれることになる．科学研究の管理またはコントロールのためには，科学研究自体の研究が必要である．バナールの著作はリサーチ・オン・リサーチの先駆的な労作であった．

上では科学ということばをややあいまいな意味で使っているが，まさにそのことに戦後の科学政策混乱の原因があるとプライスは指摘する[8]．"国が支援する応用科学"ということばを使うとき，人は科学を応用すれば新しい技術が生まれるというメカニズムを素朴に想像しがちである．しかし，事実はそうではない．市場が技術的研究を強制して新技術を生み，新技術が科学を刺戟するというパターンのほうがむしろ普通である．国は新しい技術を欲しており，つぎに技術を支える科学を欲している．未来の技術を支える科学を振興するつもりで国が漫然と"科学"に投資しているために混乱が生じているのではないか．プライスは言う[7]．

「科学者になるのがむずかしかったかつての社会では，精神的な満足のためにあえて科学者になった場合，科学者であることの報酬はほとんど知的財産の確保であった．社会が喜んでいくらでも科学に金を出す今日の社会では，その支払いは精神的な糧ではなく，普通の通貨によってなされる傾向がある．したがって，ここでもグレシャムの法則が作用し，悪貨が良貨を駆逐する．大学は科学者に発表するか，さもなければ消え失せることを要求する．研究費を出してもらうためには，財政的文書以上のなんらかの研究報告書の作成が必要になる．こうなると論文発表は，貴重な文書記録に載せるだけの価値があり，また同じ専門仲間の注目をひくに値する発見にもとづく特権ではなくて，時間と金とを使ったことにもとづく義務の遂行となるのである．」

学会の定期刊行物は情報伝達の媒体として正しく機能していない．バナールは科学の健全かつ効率的な進歩のためにはこの欠陥を改めなくてはいけない，と考える．既存の科学的定期刊行物のすべてを廃止してはどうかという考えを王立協会情報会議に提出し，情報伝達の代替案について詳細な構想を明らかにする[2]．しかし，学会の激しい反対のため，この提案はつぶされてしまう．それがなんであれ，社会システムの持つ慣性は大きい．

5. ドキュメンテーション

学術誌に期待される基本的な機能はつぎの2つであるとされている[10]．第1に研究成果を貯えるデポジトリ(depository)またはアーカイヴ(archives)の機能であり，第2はほかの研究者に対して情報を伝達する媒体としての機能である．

もちろん科学は多くの誤った知識を発見し，これを訂正しながら進むものだから，アーカイヴに貯えられる論文も無謬ではない．しかし査読によって篩にかけ，できるだけ価値の高い信頼できる資料を残そうと努力する．論文を査読する側にとっては論理の誤りの類は気づきやすいけれども，内容にまちがいはないが存在理由が明確でない論文を受け入れるべきか否かを判断することは大変むずかしい．ごくまれには，ほとんど盗作に近い論文が持ち込まれ，査読者はもしこのことに気がつかなかったなら，と肝を冷やすことがある．バナールやプライスの指摘にあったように，発表の動機づけに問題があるのだろう．

情報伝達の媒体としての論文が利用者のほうを向いていないという問題点についてはすでに指摘したので繰り返えさない．第2の切実な問題点は，学術誌があまりふえすぎたため，ある論文を真に必要とする研究者がそれに気がつかなかったり，気がついても手に入れることが困難だったりすることである．情報は広く研究者に対して開かれており，入手性(availability)または接近可能性(accessibility)が保証されていてこそ，はじめて科学情報とよばれるに値する．およそ知識の自己訂正の機会をさまたげる研究システムには科学の名を冠してはならない．

研究者の側からすれば，文献に対する接近可能性の大小は彼の研究効率を左右する決定的な要因である．文部省大学学術局の調査によると，自然科学系の研究者の36%は必要な情報を効果的に選び出すことが非常に困難だと窮状を訴えている[5]．

世界の学術誌のタイトル数は1963年の推定で35,000というから，現在はさらに大幅にふえていることであろう．例を化学の分野にとると，1961年のケミカル・アブストラクツ誌に収録された論文の掲載誌は9,000におよ

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

ぶ．一分野でこの数である．もちろんコア・ジャーナルの数はそれほど多くない．収録論文の25%は50誌によってカバーできる．しかし，90%をカバーするには2,500誌を必要とし，世界でもこれだけのタイトルを所蔵する図書館は十数館にすぎないと言われる[10]．

オペレーションズ・リサーチの分野についてはM. G. Kendall の分析[12]がある．1958年の Operations Research 誌に掲載された論文の参照文献の分布を調べたところ，その1/3は5誌に集中しており，50%をカバーするには18誌で十分だという．しかし全体の75%をカバーしようと思えば67誌が必要となる．

現状はこのような情報の洪水であり，情報は各種の意味においてかならずしも利用しやすい形態になっていない．われわれは学術論文などいわゆる1次情報の品質を管理するとともに，学術情報を登録し，要約し，その検索・入手を容易にするような各種活動を組織化する必要がある．必要性は日々に増大する一方である．

6. 将来に向かって

「科学と政府と情報」と題する大統領科学諮問委員会報告——委員長の名前をとって俗にワインバーグ・レポート[11]とよばれる——は将来の科学・技術情報の理想像を画いて見せ，科学・技術界に対して下のような勧告を行なっている．社会の慣性は大きく，勧告の実現にはいろいろの抵抗があるだろう．しかし，米国ではすでに項目Kに示されているような情報センターは各種活動をはじめているし，科学・技術データの評価・集成などに関しては CODATA の動きに呼応してわが国でも事業がはじまろうとしている[9]．

科学の分野では，いままでは1次情報の作成のみが重要視されてきたが，これからは1次情報を評価しそれらを集成するという型の研究作業も漸次重要性をおびてくるのではないだろうか．2次情報の作成はもっと強く動機づけられていいと思う．

戦術に強く戦略に弱いのが日本人だと言われる．ORを含めて科学の未来に関して，われわれはもっと明確なヴィジョンを持たなければいけない．そのためにはわれわれはリサーチ・オン・リサーチにさらに資源を投入してしかるべきだと思う[3][4]．OR学会もこの分野にもっと関心をはらってよいのではないだろうか．

ワインバーグ・レポート

科学技術界への勧告

A　著者は情報検索にいっそう責任を持つべきだ．
B　不必要な発表は控えるべきだ．
C　米国の学術書は改善されねばならない．
D　学術界はレビュアーに，より高い地位を与えるべきだ．
E　情報流通に心理学の知識が応用されるべきだ．
F　科学・技術者は思うことを明確に表現しなければならない．
G　情報取り扱いの手法が広く教えられねばならぬ．
H　テクニカル・ドキュメンタリストが認識され，援助されねばならない．
I　新しい中継法が探求され利用されねばならぬ．
J　中央デポジトリーは注目すべき可能性だ．
K　より多くのすぐれた専門情報センターが必要．
L　機械化は重要だが，すべてではない．
M　引用索引が有用となろう．
N　互換性の重要さ．
O　科学技術刊行物は政府の援助を必要としよう．

参考文献

1) バナール著，坂田・星野・竜岡訳「科学の社会的機能」第1部，第2部，創元社，昭和26年．
2) ゴールドスミス・マカイ共編，是永訳「科学の科学」法政大学出版局，1969年．
3) 林雄二郎・山田圭一編「科学のライフサイクル」中央公論社，1975年．
4) 松田武彦・浅井勇夫“経年的な文献価値の変化に関する研究”OR学会1976年春季研究発表会．
5) 文部省大学学術局情報図書館課“自然科学関係学術情報の流通利用の実態調査”学術月報 Vol. 26, No. 10 655—663(1974)．
6) 中山茂「歴史としての学問」中央公論社，1974年．
7) プライス著，島尾訳「リトル・サイエンス・ビッグ・サイエンス」創元社，昭和45年．
8) プライス“科学と技術および政策形成”自然 Vol. 29 No. 1，89—110(1974)．
9) 島内武彦“学問体系の形成——学術情報の広域大量化とその組織化を中心に——”科学 Vol. 46, No. 3, 165—170(1976)．
10) 竹内寿“一次情報(その一)”ドクメンテーション研究，Vol. 22, No. 10, 339—346(1972)．
11) 「科学と政府と情報——米国政府に対するワインバーグ報告——」日本ドクメンテーション協会，1966．
12) M. G. Kendall, “The Bibliography of Operational Research,” Opnal Res. Quart. Vol. 11, No. 1/2, 31—36(1960)．

（きし・たかし　防衛大学校　応用物理学教室）

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．