

〈紹介と解説〉

情報技術史のすすめ

吉 田 晴 代

〔解 説〕

Michael S. Mahoney の論文「技術史におけるコンピューティングの歴史」をここに紹介する。なぜ Mahoney 論文に注目するのか？ それはこの論文がコンピュータ史研究の分野全体を鳥瞰したうえで研究の方法を検討しているからである。1970 年代末に専門誌 *Annals of the History of Computing* (現 *IEEE Annals of the History of Computing*) が創刊され、またコンピュータ史関係の資料収集を目的とする Charles Babbage Institute が創設されて以来、多方面で研究は進展しているが、この論文のように関連分野の動向に配慮しつつコンピュータ史の研究方法の問題に踏み込んだ論文は少ない。

Michael S. Mahoney は、Princeton 大学の歴史および科学史の教授として、数理科学の歴史と技術史の両分野にわたり教育と研究を行なっている。17 世紀の代数学と解析学の発展について及び古代と中世の数学一般について一連の研究を続けている。主著は、*The Mathematical Career of Pierre de Fermat (1601–1665)* (Princeton U.P., 1973) である。論文集『歴史における数学』(佐々木力編集, 勁草書房, 1982) も出版されている。並行して 1950 年代と 1960 年代のコンピュータ・ソフトウェアの歴史の研究を行なっていて、ACM Press の歴史シリーズの編集者と ACM Conferences Board による歴史シリーズの顧問を務めている。

Mahoney の論文は、コンピュータ史を技

術史のなかに位置づけることで、コンピュータ史が検討すべき課題や有望な方法・モデルを技術史に求め、逆にコンピュータ史はユニークな特徴をもつ新しい科学技術として技術史に新しい展望を示し得ることを示唆するものである。Mahoney の研究は、アメリカの技術史研究、とりわけ、1970 年代以後のアメリカ型生産システム及び大量生産システムに関する研究の蓄積に負っている¹⁾。コンピュータもまた大量生産システムや自動車同様、アメリカで生まれ大きく発展した技術である。その特徴は何か、アメリカで生まれた技術だからこそ、コンピュータより先にアメリカで生まれた技術の歴史や特徴がコンピューティングにあてはまるかどうか、ということが Mahoney の問題意識である。そこで、Mahoney が提示した数々の興味深い論点のうち、とくに産業技術論の立場から重要と思われる論点を取りあげ若干の検討を試みたい。

技術と社会

Mahoney が技術史研究のサーベイでしばしば参照している Daniels の論文²⁾ の主題は、アメリカ型生産システムの起源および発展を研究するうえで社会と技術との関係をど

1) この分野の研究の現状については、次の論文を参照せよ。森泉・鈴木良始・中本和秀「アメリカ型生産システムの源流」(1)–(5), 札幌大学『経済と経営』第 24 巻第 3 号, 第 4 号, 第 25 巻第 1 号, 第 2 号, 第 3 号, 1994 年。

うとらえるべきかにあった。Daniels は、技術が社会を変えるのか、それとも社会変化が技術変化をひきおこすのかという問題提起を行なったが、後者の重要性を協調した Daniels に Mahoney は必ずしも同意しているわけではない。しかし Daniels の論文から興味深い論点——技術は社会の趨勢に従うのか、それとも外力として社会を変えるのか、技術革新と開発とを社会はどこまで説明できるのか、新しい技術は社会の中でどのようにして確立され、社会はどのようにしてそれに適応するのか、どの程度までどのようにして社会は新しい技術を生み出すのか？——を引き出した。

興味深い論点の一つが、産業発展の主な要因は、根本的な技術革新の巨大な進歩かそれとも改良の小さな積み重ねかという問題である。この論点は、Daniels が技術革新とか創造的破壊で知られるシュムペーター批判のために持ち出した問題である。Daniels の提起には、下からの小さな積み重ねつまりグラスルーツこそ社会を変える要因になるという、アメリカ独特の技術観の根強い一つの流れが反映していることに留意すべきである。それに対して Mahoney は、技術革新と小さな改良の積み重ねのいずれも重要であるという Rosenberg の示唆をとりあげているから、かならずしも Daniels の立場に同調しているわけではない。しかし Mahoney は、社会的プロセスの分析をヒーローの伝記で代替すべきではない、あるいは、作業場での実践、工場で

のより下位の技術者の活動に注目すべきだといった Daniels の問題解決の処方箋をそっくり受入れている。

これに関連して、コンピュータ史における初期の研究だけでは不十分という Mahoney の指摘に対しては、近年コンピュータ史家 P. E. Ceruzzi により書かれた、第二次世界大戦後の商用コンピュータの登場から 1990 年代のインターネットの登場までをカバーした著書に言及しないわけにはいかない³⁾。

もう一つ、Daniels の問題提起に関して Mahoney が提示したのは、新しい技術は必要に応えるものかそれとも必要を創り出すものか、という論点である。最初のコンピュータは高速の自動計算という切実な要請に答えたものであり、コンピュータの初期の発展が数値解析という要請に応えたものであることは間違いない。しかしコンピュータが必要を創り出した、つまり技術が必要を創り出した事例に注目する点で Mahoney は Daniels と決定的に異なる。

その典型的な事例がコンピュータによって新しく生まれたデータ処理産業である。Ford がアメリカ人に自動車をいかに使いこなすかを教え込んだのと全く同じように、IBM をはじめとするコンピュータ産業がビジネス界と政府に対処したと Mahoney は指摘する。そのようなマーケティング部門に端を発するコンピュータ技術の発展をあとづけることは、現代技術を理解するうえで中心課題であるというのである。この問題に関連して Mahoney は、技術革新は社会の産物ではなく社会のなかで売られることで広範な社会的変化を生み出すという Burke や Ferguson の見解を参照している。

コンピュータが必要を創出したもう一つの事例として Mahoney が注目しているのは、

2) Gorge H. Daniels, "The Big Questions in the History of American Technology", *Technology and Culture*, Jan. 1970, Vol. 11, No. 1, Chicago U. P., pp. 1-21. Daniels は *American Science in the Age of Jackson* の著者でもある。この論文は Organization of American Historians の 1969 年にフィラデルフィアで開催された年会でのシンポジウム *Historiography of American Technology* での講演に基づいて書かれた。

3) Paul E. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, MIT Press, 1999.

コンピュータ及びオペレーションズ・リサーチの連合と企業経営との関係である。1950年代のIBMのマーケティングに象徴されるような仕方で、新しいORがビジネス活動に合理的意思決定のための『数学的モデル』を提出し、そのモデルの活用のためにはコンピュータの力が不可欠であるという主張がなされた。その主張が、有効性を確認されるはるか以前にビジネス界に受け容れられたこと、これがコンピュータ産業にとって決定的だったとMahoneyは指摘している。関連して、『合理的な意思決定』のための新手法を導入するという決定自体は合理的とはいき切れないというMahoneyの言葉は、技術史家Kranzbergの「技術政策上の決定ではしばしば非技術的な要因が優先する」という言明を想起させる⁴⁾。

軍需と民需

コンピュータ技術の研究開発に政府が果たした役割、とりわけ軍事開発という論点をMahoneyは本格的に展開したとは言えないが、これこそコンピュータ史における大問題といえる。確かにこの問題は、アメリカ型生産システムの起源を連邦兵器廠に求めるというアメリカ技術史の伝統的な議論とも関係はある。しかしコンピュータ技術はこの論点から見て独自の重要性をもつように思われる。というのも、コンピュータはマイクロチップとしてあらゆる産業、あらゆる生活場面に入りこむのみならず、様々なネットワークを形

成するという点でも、その浸透の広がりや深さは、これまでのどんな技術とも比較にならないからである。したがって、開発の発端とわりわけ軍事のみに目を向けるだけでは不十分であり、さらに以下のような考察を加える必要があると考える。

第一に、軍需から民需への技術の転用の問題である。Mahoneyは、マイクロコンピュータの開発に兵器や宇宙開発が果たした役割を強調した後で、社会のコンピュータ化は戦争のコンピュータ化の副産物であるというRoseの言葉を引用しているが、これはいささか短絡ではあるまいか。軍事開発の場合、人や資金を集中的に投入できコストのことなど考慮しなくて済むから、確かにブレークスルーに有利ではあるが、開発された技術を民間に転用するには、コスト削減はもちろん大量生産、使い易さに安全性といった数々の関門が待ち受けている。要するに軍事技術から民生技術へのスピノフ（波及効果）といっても、それらの技術としての根本的差異を克服しなければならないのである。

第二に、開発の発端にあって軍事開発のみに注目して、軍事以外の民間の流れを無視してもよいのかという問題である。アメリカ型生産システムの起源と発展においても、連邦兵器廠での互換性に基づく小銃生産と並行して、民間の銃生産やミシン、農機具、自転車などの生産の流れが重要であった。初期の大型コンピュータの開発でいえば、弾道計算や原爆開発といった軍事的要請に基づく大型計算機の研究開発と並行して、民間における先行技術の蓄積と広がり——ラジオ・テレビ・通信などのエレクトロニクス関連、電話交換機のリレー、パンチカードシステムや会計機のような事務機器関連——を無視してよいのかということである。同様のことは、Mahoneyがとりあげているマイクロエレクトロニクスやコンピュータネットワークなど様々なコンピュータ技術にもあてはまるのではな

4) Melvin Kranzberg. "One Last Word——Technology and History: 'Kranzberg's Laws'." S.H. Cutcliffe & R.C. Post eds. *In Context, history and the history of technology essays in honor of Melvin Kranzberg*. Lehigh University Press, 1989, p. 249. ほぼ同趣旨の論文の邦語訳がある。メルヴィン・クランツバーク「コンテクストのなかの技術」、『岩波講座・現代思想 テクノロジーの思想』、岩波書店、1994、pp. 261-285。

いか。

第三に、軍需と民需の問題は Daniels の問題提起ともかかわって、社会のあり方が『技術の収斂』の仕方を決めることを示す重要な事例である。つまり、コンピュータ技術の軍セクターから民セクターへのスピノフは、もちろん特有の歪みを伴いながらも、活発に展開した。日本では、ある程度の基盤技術をもちながらも、軍・民両セクターとも技術導入に終始した。もっとも民生技術としてはアメリカを凌ぐほど活発に利用された分野もある。そして旧ソ連では軍・民はかなり隔絶していて、人・資金・技術のいずれもほとんど交流がなかった。諸外国がコンピュータ 2000 年問題対策の遅れによるロシアの核ミサイルの誤発射に脅えるなか、ロシア市民が自分達の生活とは無縁の問題と言う姿こそ、こうした事態を象徴している。

以上に示した論点はいずれも、軍事技術からスピノフして民生技術として前例のないほど大きく発展したコンピュータという技術の特徴を考える助けになるのではないかと考える。

最後に、最近の研究について補足しておきたい。Norberg と O'Neill の著書は、Mahoney があげた諸分野の研究開発に国防省高等研究計画局 (DARPA) がどのようにして進出していったかを、DARPA の公文書やオーラルヒストリーのプロジェクトを利用して詳細に分析している⁵⁾。Edwards 著 *The Closed World*⁶⁾ も Mahoney の要望に応えるものといえる。さらに、最近出版された Abbate の著

書⁷⁾は、軍需に決定的な起源をもちながら民需へと予測を超えた展開を示し、これまでの通信ネットワークには見られない特徴を発揮しているインターネットの発展について、技術史的・社会史的観点から詳細に考察している。

システムとしてのコンピューティング

Mahoney の提出した論点のうちで、産業技術史から見てもコンピューティング史から見ても最も示唆に富むと思われるのが、システムとしてのコンピューティングという論点ではないだろうか。個別の技術が問題なのではなく、それらを組合せた生産システム全体の組立てや連関が問題なのだという意識は、ミシンや農機具、自動車といった様々な産業においてアメリカ型生産システムが発展していく過程で形成されていった。そのような消費財の生産に占める比重が大きく、しかも広い国土に分散したアメリカでは、工場管理ばかりでなく、原料調達から販売までの一貫した流れを見なければならず、そのための鉄道・電信ネットワークを含めた全生産流通システムという考えが重視されるようになった⁸⁾。かくしてシステムやネットワークという視点は、アメリカの技術史研究には広くいきわたっていて、Mahoney が参照した Hughes の電力システムの研究や Hounshell のアメリカ型生産システムおよび大量生産システムの研究ももちろん例外ではない。こうした視点は、産業へのコンピュータ技術導入の意義を論じる際にも重要と思われる。しか

5) Arthur L. Norberg and Judy E. O'Neill, *Transforming Computer Technology. Information Processing for the Pentagon, 1962-1986*, Johns Hopkins U.P., 1996.

6) Paul N. Edwards, *The Closed World, Computers and the Politics of Discourse in Cold War America*, MIT Press, 1996.

7) Janet Abbate, *Inventing the Internet*, MIT Press, 1999.

8) Alfred D. Chandler, Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Belknap Press of Harvard U.P., 1977. A・D・チャンドラー著, 鳥羽欽一郎/小林袈裟治訳, 『経営者の時代』, 東洋経済新報社, 1979年。

しアメリカのコンピュータ史研究は開発史が中心であり、一般産業への導入を考察した研究は少ない。

それに対して日本では1980年代に、産業へのコンピュータ技術の導入、とくにコンピュータ制御の生産システムにおける位置づけについて技術史・技術論の分野で活発な議論が展開された。だがその議論の仕方の特徴は、技術を生産システムとしてとらえるアメリカの技術史研究とは対照的に、技術＝機械として個別の機械をとりあげ、その要素機能を抽象的に論じたところにある。労働手段の体系とはいっても道具や機械のシステムを論じているわけではない。日本における研究の特徴は、こうした議論を検討した佐野正博氏の論文⁹⁾で浮き彫りにされている。

日本の議論のなかであって佐野氏は、コンピュータ制御機構が動力機や作業機から独立した機械要素となりうるかという論点に対して、次のような注目に値する見解を述べた。すなわち、「製品の企画・設計・開発・製造・製品管理・流通・販売・受注等の各部門など生産に関するすべてをネットワークで結びコンピュータで一元的に制御・管理することによって生産活動の最適化をめざす生産システムであるCIM(コンピュータ統合生産システム)のいっそうの発展など現代オートメーションがもっと本格的な発展を遂げれば制御機構の独立性も完全にはっきりしたものになる」というのである。こうした議論の解決にも、佐野氏の指摘するように、「実際の生産場面での検討が必要」なのだが、この点で注目されるのが、日本のコンピュータ・ネットワークの発展を概観した名和小太郎氏の研究である¹⁰⁾。名和氏は、1960年代以後、本格化した

日本におけるコンピュータ・ネットワークの展開を海外の動向、電気通信など既存の分野との関係、産業分野などへの導入、政府の対応、国際標準化の問題、社会的インパクトなど多方面に配慮しつつ考察し、今後の研究に示唆を与えている。例えば、企業内情報通信網LANの導入による1980年代の工場の自動化の発展についても、1) ロボットやNC工作機械を導入するFMS、2) FMSとLANを接続したファクトリー・オートメーション(工場システム)、3) FAとWANによって販売システムや開発システムに接続するCIM、という三段階で説明している。

以上の佐野氏と名和氏の指摘を、さきほど述べた、工場システムやさらには鉄道や通信などのネットワークをも含みこむ全生産流通システムというアメリカの技術史における議論と重ねあわせてみると、コンピュータ技術の先例のない特徴が浮かび上がってくるように思われる。同じ全生産流通システムを構成していても、鉄道や通信システムとフォードの生産システムのような工場システムでは本来全く性格の異なるものと考えられてきた。ところが、そのように異なる別々のシステムをさらに大きなシステムへと統合していく可能性を秘めているのがコンピュータであり、その点で、コンピュータが入った場合のシステムやネットワークは、これまでのシステムやネットワークとは異なる特徴をもつのではないだろうか。すなわちコンピューティングのこれまでの技術との違いとして、一方で例えばマイクロチップのような形であらゆる分野に構成要素として入りこんでいく強力な浸透性をもちつつ、他方で工場全体、企業全体、さらにはそれらを超え様々な組織やシステム

9) 佐野正博「現代オートメーションの技術史的な位置づけ——現代のオートメーションに関する「技術の発展段階」論的考察——」, 明治大学『経営論集』44巻3・4合併号, 1997年3月, pp. 199-232。

10) 名和小太郎「コンピュータ・ネットワークの発展」, 中山茂・後藤邦夫・吉岡齊編『通史 日本の科学技術 5-II 国際期 1980-1995』学陽書房, 1999, pp. 686-702。

をつなぐメタシステムの基礎技術となる可能性を秘めているように思われる。コンピュータ 2000 年問題がこれほどまでに騒がれる理由も、コンピュータのこうした革命性によるものと考えられる。もちろんこうした主張には実証的な研究の裏付けが必要なことは言うまでもない。以上の視点からの研究の必要性を示唆している点で、アメリカ型生産システム及び大量生産システムに関する近年のアメリカ技術史、そしてそれに立脚した Mahoney の論文は我々にとっても重要である。この視点から見れば、コンピュータ自体の技術開発には遅れを取ったものの、産業などへのコンピュータ技術の導入には早くから熱心であった日本には、豊富な事例研究の素材が見いだされるはずである。

大量生産とソフトウェア

ソフトウェア生産は本質的にマンパワーに依存する比重が大きく、ハードウェア生産が技術革新によって飛躍的に発展したのとは対照的に、生産性や品質の向上が遅れた。そのためソフトウェア技術者が、既存の大量生産システムをモデルにソフトウェア生産の改善を望んだとしても、不思議なことではない。しかし問題は、そのようなソフトウェア技術者の願望は別として、同じ工業製品であっても情報をつくるソフトウェア生産に、モノをつくるこれまでの大量生産のモデルが実際にどこまで通用するのかである。

互換性や標準といった問題は、すでに耐久消費財のためのアメリカ型生産システムや大量生産システムの形成において中心的な論点となった。それに対してコンピュータのソフトウェアの場合、コンピュータ資源に対してメーカー間の互換性確保を目標とするオープンシステムの普及によって、ソフトウェア生産において標準化が推進され、その量産化が促進される可能性はあっても、ソフトウェア生産の本質的に労働集約的な性格は変わらない

という¹¹⁾。そればかりでなく、印刷・通信などを含む情報メディア技術にあっては、互換性や標準の問題は、単一で使われるモノの製造とは異なり、単に生産の合理化の枠内にとどまらない、複雑な様相を呈する¹²⁾。

一般に生産性や品質の向上を図るためには、労働組織と技術の改良という二通りの方策が考えられる。労働組織の改変についていえば、ソフトウェア生産の場合、労働集約的であるという特性からどういう対応が考えられるであろう。この問題について、一般に未成熟とされる日本のソフトウェア産業のなかにあって、高い国際競争力をもつコンピュータゲーム産業に関する砂川和範氏による事例研究¹³⁾が注目される。セガやナムコなど相対的に規模の小さい企業がソフトウェア開発への集中によって競争上の優位を形成するに至った理由として、砂川氏は、従来「熟練的」な技術とされていたソフトウェア開発工程を徹底的に合理化・組織化したこと、つまり「ソフトウェア工場」としての開発システムを構築したことを挙げている。セガに関する同氏の分析結果を整理すると、第一に、プロジェクトリーダーの率いる少人数の職能横断的な開発チームによる緩い分業の活用、第二に、ソフトウェア生産の場合には普通のモノ製造に比べて、開発工程が決定的に重要であるという認識に基づいてリソースを開発へ集中的に投下したこと、第三に、市場のニーズの変動に迅速に対応するべくマーケティング・企画・開発・製造の部門の密接な連携を図った

11) 名和小太郎「ソフトウェア産業の興隆」、中山茂・後藤邦夫・吉岡斉編『通史日本の科学技術 4 転形期 1970-1979』学陽書房、1995、pp. 368-379。

12) 名和小太郎『技術標準対知的所有権——技術開発と市場競争を支えるもの』、中公新書、1990。

13) 砂川和範「ビデオゲーム産業興隆の構図——もう一つの日本コンピュータ史」、中山茂・後藤邦夫・吉岡斉編『通史 日本の科学技術 5-II 国際期 1980-1995』学陽書房、1999、pp. 626-647。

ことなどが、具体的な成功の要因である。以上の三点は、従来の製造部門における研究開発などにおいても一般に強調されてきたことではあるが、それをとくにゲームソフトの分野の特徴に則して展開した点に研究の意義がある。

生産性向上のもう一つの切り札である技術改良という論点に関連して、ソフトウェア工学の問題がある。大規模ソフトウェア開発やソフトウェアの商品としての需要増大から、ソフトウェア生産の工学的研究が行われるようになった。周知のように、構造化プログラミングの手法の開発、プログラムの生産管理手法の試行をはじめとして、プログラムの部品化と再利用などソフトウェア生産の工業化を促進するための様々な手法が次々と提案されたにもかかわらず、ソフトウェア産業の人手に頼る手工業的な性格を変えることはできなかった。汎用品としてのハードウェアに個別の目的に応じた多様な働きを付与するという点で、ソフトウェアは本質的に大量生産になじまない特注品であり、その生産が労働集約的であること、いわば工場制手工業的な生産様式をとらざるを得ないこと、これはソフトウェア生産の宿命であろうか？ それとも、将来のソフトウェア工学の発展、あるいは基礎科学としての数学の発展によって、ソフトウェア生産がそのようなボトルネックを克服する可能性があるのか、それは今はわからない。だが、この論点と関連して、Mahoneyが、科学と技術との関係に関する事例研究としてコンピューティング史をとりあげた別の論文¹⁴⁾で、コンピューティングと数学的論理学との関係を19世紀の解析学と物理学との

関係と比較して考察したのは注目される。その比較によって、後者では現象の複雑さは擾乱として切り捨てられるのに対し、前者ではまさに取組むべき基本的属性とされる点で、コンピューティングが数学に新しい問題を提起する可能性を示唆しているからである。

以上のMahoney論文の簡単な検討から、コンピューティングを技術史に位置づけるといふMahoneyの試みが、コンピューティングという前例のない技術の特徴を明らかにするうえでいかに示唆に富み、重要な多数の論点を提供しうるかが、少しでも理解されれば、幸いである。コンピュータ技術の急速で多様な発展は、ともすれば我々を性急な現状分析や予測へとかりたてがちであった。しかしその登場からすでに半世紀をへて、コンピュータ技術の冷静で客観的な歴史研究の機は熟しつつある。

14) Michael S. Mahoney, "Computer and Mathematics: The Search for a Discipline of Computer Science", J. Echeverria et al (eds.), *Space of Mathematics*, Walter de Gruyter, 1992, pp. 350–363.