

## [ 紹 介 ]

Michael S. Mahoney

## 技術史におけるコンピューティングの歴史

(以下に訳出したのは、Michael S. Mahoney, “The History of Computing in the History of Technology”, *Annals of the History of Computing*, Vol. 10, No. 2, 1988, pp. 113–125 の全文である。参考文献も内容と不可分と考えたのでそのまま付加した。)

## 序 論

『情報』は、第二次世界大戦後、ブラックホールから DNA、細胞組織から人間の思考のプロセス、そして企業経営から地球全体の資源配分といった諸現象にまで適用される基本的な科学のおよび技術的概念として登場してきた。情報という概念は、既存の分野の新生面を開拓したばかりでなく、自然と社会における情報の構造と役割に関する研究のために一揃いの新しい対象と範囲をつくりだすことにおおいに貢献した (Machlup and Mansfeld [32])。情報の概念に基づいた諸理論は、現代文化の中にそれほど深く浸透したので、いまや我々の時代を特徴づけるものとして広く認められつつある。我々は「情報化社会」、 「情報化時代」に生きている。それどころか実は、我々は、自らの思考のパターンを説明するために情報処理のモデルに期待をよせている。

コンピュータは、情報自体およびそれが時間と空間を超えてどのように変えられ伝達され得るのかについて、我々の絶えず拡大する見方を調和させ促進させるような転換において中心的な役割を果たしてきた。1950 年代以後コンピュータは、会計と記録保存の伝統的方法を、データ処理の新しい産業に交代させた。時間と空間の両方を超えた通信の基本手段として、コンピュータは現代の情報技術の核をなす存在となった。英語圏で『コンピュー

タ・サイエンス』と呼ばれるものは、それ以外の西欧圏では「情報科学」 (*Informatik* あるいは *Informatica*) として知られるようになった。財として及び天然資源としての情報に対する多くの関心は、コンピュータ及びコンピュータを基礎とする情報技術から生じる<sup>(1)</sup>。それゆえコンピュータとコンピューティングの歴史は情報科学と技術の歴史にとって中心である。前者は、一方で後者に方向を指し示すという点においてであり、他方で情報を対象とする学問分野とそれらの下位分野がこれまで発展してきた迷路を明らかにするという点においてである。

現代社会自体は言うまでもなく、現代の科学技術においてもコンピューティングが広く行きわたった存在であるにもかかわらず、コンピューティングの歴史は科学技術の歴史において重要な存在とはなっていない。この数年、科学史学会の会合でも技術史学会の会合でも、コンピューティングの歴史のためにとくに設けられた分科会はほとんどないし、コンピューティングの観点からの発表を含むかそれを主題とした分科会もほとんど設けられてこなかった。ここに是正されるべき不均衡が存在することは明らかである。

技術史におけるコンピューティング史の現

(1) 遠距離通信と結びついたコンピュータの新しい性能を特徴づけるために、Nora and Minc (1978) [42] は *télématique* という造語をした。

在の地位は、確かに両分野の研究者に反省を促すものではあるが、しかし是正の仕事の大部分はコンピューティング史の研究者の役目である。文献に一通り目を通せば明らかなように、コンピューティング史家は技術史家達が目下問いかけている質問にほとんど耳を傾けていない。それらの質問がどのようなものか、コンピューティングに向けられたときどのような形態をとるのかについて考察することは意味がある。問題は、コンピューティングの歴史を、母体であったはずの学問分野の歴史にいかにか合流させるかである。そうすれば双方向の道に沿って進むことになる。すなわちコンピューティングの歴史は技術史からモデルを採用すると同時に、技術史のモデルを検証するためにコンピューティングの歴史が使われる。控え目に見ても、コンピューティングには技術史における大問題のいくつかが特別な仕方含まれている。どんな分野も他の分野から学ぶべきことがたくさんある。

### コンピューティングの現代史

コンピューティングの歴史における文献で、意識して歴史的記述をこころがけている文献の大部分は、コンピュータのハードウェアおよびコンピュータの前史と初期の開発に焦点をあてている<sup>(2)</sup>。それ以後の発展に触れたり、より広い視野を提供している文献は、たまたま歴史的記述の体裁をとっているにすぎない。大部分の文献は関係者によって書かれたものである。それらは、いろいろな分野の状態と発展に関する系統立った研究（例えば、Rosen 1967[46], Sammet 1969[49]）<sup>(3)</sup>や独創的な論文集（例えば、Randell

1982 [43], Yourdon 1979 [59], 1982 [60], AT&T 1987 [2]）<sup>(4)</sup>であったり、あるいは回想録や懐旧談の類であったり、さらには書き下ろしやシンポジウムの報告から収録されたものなどである<sup>(5)</sup>。人や装置の伝記——英雄伝もあれば、論争的なものもあり、また両者の特徴を兼ね備えたものもある——は目立ったジャンルであり、『先駆者』達についてたくさん文献が読まれている。企業史に関する文献も徐々に現れ、最もよく知られているのは *IBM's Early Computers* (Bashe et al. 1986) [4] である。しかしそれらの文献も社内向けに書かれたものにすぎない。

この文献は、真相と最初のものでいっばいの、『インサイダー』の歴史に関する文献を代表するものである。そういう文献は、一方で実際の出来事を身をもって体験した専門家の立場から書かれてはいるものの、他方で現在の知識によって導かれ専門家としての教養によって限界づけられている。この場合、もっと批判的立場に立てる部外者であれば選択の余地があると考えられるものを、最初から与えられたもの（しばしば技術的に与えられたもの）として理解する。それらの文献の説明を読むと、現在知っているものを知らなかった時代のことについて著者達が思い出せないために、読者までもが別の選択肢を考慮することを難しくする。長い目で見れば、これらの文献の大部分は、コンピュータ自体の発展についてではないにせよ、コンピュータが創り出した新しい文化についての一次資料になりうる。

コンピュータは最初からジャーナリストの

(2) この分野の現状を手短にサーベイした最近の文献として、Aspray (1984) [1] を参照せよ。

(3) 1969年に創刊された *Computing Surveys* の多数の論文はこの問題に対する歴史的考察を含んでいる。

(4) 主要な定期刊行物の25周年記念号は、重要な論文を含む有用な論文集である。

(5) プログラム言語に関する1987年のACM Conferenceの記録であるWexelblatt (1981) [56] は、*Annals of the History of Computing* のBurroughs B 5000に関する最新号と並んで、その典型例である。

注目を浴びた。彼等は 1950 年代末までにコンピュータの詳細な歴史について書き始めている。その結果、ジャーナリストという職能に応じた長所と欠点をあわせもつ文献のかなり大きな目録ができ上がった。それらの文献の記述は生き生きとしていて、彼等が描く人々や組織の本質をとらえ、意味のある逸話を選び出すほどの鑑識眼を備えている。しかし、その種の文献がもつ即事性のために大局観が犠牲となる。技術の内容および歴史について多少とも見識のある人々によって書かれたこの種の文献は、研究者であれ研究方針であれ、特別な出来事やめざましい出来事に焦点をあてがちであり、記述はしばしば自己評価となりがちである。マイクロコンピュータと人工知能がとりわけ脚光を浴びてきたのも、提唱者達が黄金時代の連続を宣伝してきたからにほかならない。

ジャーナリスト流の歴史記述から生じた変種が、コンピューティングに関する文献のもう一つの主流、すなわち『社会へのインパクト説』と呼ばれる歴史記述である。その説の信奉者達と、コンピュータについて深く考えている進歩主義者達とを区別するのは往々にして困難である。しかしコンピュータの社会的インパクト及び多方面にわたる働きに関する前者の立場からの考察は概してコンピュータを技術史の視野からではなくそれから離れた所から眺めがちである。換言すれば、歴史は社会の分析、批判、そして論評のために奉仕させられる。要するに、『社会へのインパクト説』の大部分は、非政治的でしばしば論争的な主題を支持するために、無批判かつ気まぐれに採用される啓蒙的な説明となる。この種の文献のあるものは、あからさまな政治的課題の位置を占める。つまり解析のモデルと様式が洞察を与えるか否かは、課題自体を認めるか否かにかかっているのである。

さて、最後にごく少数の専門家によって書かれた歴史的記述があり、大部分はコン

ピュータの起源、発明および初期の発展を扱っている(例えば, Stern 1981 [53], Ceruzzi 1982 [10], Williams 1986 [58])。コンピューティングが科学、技術、および社会において重要な存在となった時点で研究が終っていることは注目すべきだが、そうしたからといって、それらの研究をおとしめることにはならない。歴史家達は、指数函数的に規模と多様性を成長させてきた対象の、思わず気がひるむような複雑さの前に立っている。もっとも海図のない海や前人未到の密林のような複雑さほどではないのだが。我々は、どこに切り込んだらよいのか考えながら、崖の縁を歩いていくことにしよう。

### 技術史の諸問題

コンピューティング史の文献の現状は、一般の技術史の現状、技術史家達がこの 10 年来彼等の頭をいっぱいにしてきた問題と比較対比することで、よりいっそう明らかになる。問題は、George S. Daniels, Edwin T. Layton, Jr., Eugene S. Ferguson, Nathan Rosenberg, および Thomas P. Hughes 等によって書かれた独創的な一連の論文から生じた。科学と技術との関係は時間と場所とを超えてどのように変化し発展したのか? 工学は、知的活動および社会的役割の双方でいかに進化したのか? 技術は、必要を創り出すものなのか、それとも必要への対応なのか? 別の言い方をすれば、技術は社会の趨勢に従うのか、それとも技術は外力として社会の方向を変えるのか?<sup>(6)</sup> 技術革新と開発とを経済はどこまで説明できるのか? 新しい技術

(6) George Daniels (1970) [13] は、問題を主張として提示した (P. 6)。『技術革新の真の効果は、アメリカ人がなそうとする著しい傾向を示していたものを彼等がより良くなることを助けることにあった。』新しい技術に順応する際の見かけの『社会的遅れ』は、彼が主張するように、経済的な性質のものであるらしい。

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らに適應するのか？ 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？ ある文化から他の文化へと技術が移行するパターンはどのようなものか？ 技術革新と開発を促進し方向づけるのに政府はどのような役割を果たすのか？ こうした問題は、George Daniels(1970) [13] がかつて提示した『大問題』に含まれる。大問題をより小さなより扱いやすい問題へと細分化するのは可能ではあるが、いずれにしても、歴史学者の共同体において技術史家達が責任を負う問題なのである。すべての問題がコンピューティングの発展に光をあてると同時に、逆にコンピューティングの歴史が問題を解明する。

最近の文献から少数の例をあげるだけで、技術史家達による問題へのアプローチを示唆するのに十分である。各々がコンピューティング史における課題を暗に示している。企業の研究所に関する多数の研究は、19世紀末から20世紀初頭にかけての組織された革新、発明の源泉、目的および戦略、そして特許制度の展開を探求し、Rosenberg (1979) [48] が示唆した技術的改良のダイナミックな開花が生産性向上の主要な源泉であることを明らかにした。*Networks of Power* において、Thomas P. Hughes (1983) [25] は、Rosenbergによるもう一つの示唆、すなわちシステムの構成要素として相互に影響を及ぼしあう技術を扱う要請という示唆を探求するためのモデルを提示した。一つのサブシステムにおける発展は、別のサブシステムにおける要請に対する応答であるかもしれないし、前者の発展による利益は後者にあるかもしれない。すなわち、システムの一構成要素におけるブレークスルーは、別の構成要素に予想外の新しい機会を創り出すかもしれないし、あるいはシステム自体の再組織を強制しさえするかもしれない。

アメリカ技術史の『真の大問題』の一つを詳しく考察するために、Merritt Roe Smith (1977) [52] と David A. Hounshell (1984) [24] は、『アメリカン・システム』の起源および大量生産と組立ラインへの進化を跡付けた。二人とも、仕事場や工場に立ち入って、システムの決して平坦ではない受容と発展、そのシステムがそれまで考えられていたような強固な一体性をもつものでは決してなかったことを明らかにした。Daniel Nelson(1975) [39] と Stephen Meyer (1981) [35] は別の入口から工場内に入りこんで、大量生産が、それによって組織される労働者に及ぼす影響を研究した。

別の文脈から技術を考察した Walter McDougall (1985) [33] は、第二次世界大戦後における政府による研究開発への支援の方法と動機を、宇宙計画をはるかに超えて広がる構造とパターンとを解明することによって分析した。彼の研究の背景には、NASA とその個々のプロジェクトに関する進行中の歴史がある。それとは異なる視角から David F. Noble (1984) [41] は、数値制御工作機械発展の背後に横たわる『司令技術』を考察した。もっと日常のレベルで Ruth Cowan (1983) [12] は、どのような『進歩が我々のもっとも重要な産物であるのか』を、しばしば『お母さんにいっそう負担になる (*More Work For Mother*)』と理解されるような著書で示す一方で、19世紀初頭の家事技術を自分で実験することによって家事と家族関係との緊密な関係を明らかにした。

1970年代末に Anthony F. C. Wallace (1978) [54] と Eugene Ferguson (1979 b) [18] は、言語に基づく科学者の思考とは対照的に、発明家や技術者のより際立った特徴と思われる、言葉にならない思考様式について改めて我々の注意を喚起した<sup>(7)</sup>。Morse の電信に関する Brooke Hindle (1981) [23] の研究、及び Edison の思考の偶像化されたパ

ターンに関する Reese Jenkins (1987) [27] の最近の研究は、Henry Ford がかつて次のように指摘したことを認めることによって、目で見ても手で触れることから得られる認識の具体的表現として読まれる人工物から、歴史家の洞察が生じ得ることを例示している。

実在のものをいじくりまわすだけで学べることは実にたくさんある。すべてのものがどのようにつくられているかを書物から学ぶことはできない。そうやって真の機械工はすべてのものがおおよそどのようにつくられているかを知るべきなのだ。機械は機械工に対応しており、書物は著作家に対応している。機械工は機械からアイデアを得、もし彼に能力があるならば、そのアイデアを応用して見せるだろう (Ford 1922 [19], p. 24)<sup>(8)</sup>。

視覚的であることを繰り返し強調することで、技術史家と博物館との自然な結びつきが強められてきたと同時に、それによって技術史と物質的文化の研究との結びつきが創り出された。

### コンピューティングの三面的性質

これまで述べてきた問題とモデルとをコンピューティング史固有の形に言い換えること

(7) とくに Wallace 著 "Thinking About Machinery" (Wallace 1978 [54], pp. 237 ff) 参照。

(8) *Sciences of the Artificial* (1981) [51] において、Herbert Simon (cf. Newell and Simon (1976) [40]) は、コンピュータ研究の数学的飾りもの基礎にある研究の経験的性格について力強く主張した。コンピュータの設計者やプログラマーの思考は、彼らのマシンとプログラムとの働き方に具現され、ものごとがどのように働くべきかを指示するために彼らが使用する言語が、そもそも人工物である。彼らが使用するモデルは、言葉に翻訳するのが困難で気も狂わんばかりに骨の折れるイメージでいっぱいである。cf. Bolter (1984) [6]。

を試みる前に、我々の研究対象の複雑さについて少し深く考えてみることは有用である。コンピュータは一つのものではなく多数の異なるものであり、これはコンピューティングにも同じようにあてはまる。どちらの言葉にも、人を惑わす単一性があり、今日ではごく普通に見られるように、多様な歴史的源泉を一つの流れに早まって合流させてしまうとき、我々はその単一性の誤りに陥る。例えば、Charles Babbage の解析機関と George Boole の思考の代数とを、20 世紀の後知恵によってあたかも概念的に関連しているかのように考えるときである。歴史家が正当にも関心をもつ段階のコンピュータを規定する『von Neumann アーキテクチャ』を設計する際に John von Neumann がどのような役割を果たしたのであれ、二つの全く異なる歴史的流れ、すなわち高速度で高精度の自動計算機をつくりあげようとする努力と意味のある推論ができる論理機械を設計しようとする努力とが一緒になったのは、初めて von Neumann と ENIAC チームとの協力の結果なのである<sup>(9)</sup>。

コンピュータの二面的性質は二つの源泉に映し出されている。ハードウェアとしての Pascaline から ENIAC に至る一連の装置と、ソフトウェアとしての Leibniz の組合せ論から Turing の抽象的なマシンに至るまでの一連の研究という二つの源泉にである。二つの流れはコンピュータにおいて合流するまで、別々の歴史に属していた。一方は電子計算機として技術史に、他方は論理機械として

(9) 私は、Konrad Zuse の Z 4 や Alan Turing の ACE を無視するためにこう主張しているのではない。それらのマシンは、von Neumann の線に沿ってではあるが、彼とは無関係な経路を経てほぼ同時に同じ目標を実現した。1940 年代までにはコンピュータは明らかに『実現しそうになっていた』。しかしそれは 1940 年代であって、1840 年代ではない。

数学史に属していた<sup>(10)</sup>。両者は別々に説明されるのでは、完全さや全体性の重要な部分を失ってしまうのである。コンピュータは、技術的工夫と数学的概念との結合物であり続け、後者の二つは相互に影響を及ぼしあいながらも各々の独自性を保っている。

かくしてコンピュータは、それ自体のなかに技術史の中心問題の一つ、すなわち科学と技術との関係を体現している<sup>(11)</sup>。コンピューティングを一つの仕事として見れば理解は深まる。なぜなら有限オートマトンや記号論は集積回路と独立であるばかりではなく、最も薄弱であまいな仕方プログラムやプログラミングに、すなわちソフトウェアとその生産物に結びついているだけだからである。この領域における1960年代半ばの経験は、コンピュータの性質のうち第3の要素を明らかにした。装置を理論的に可能にする数学と実践的に可能にするエレクトロニクスとの間には、コンピュータを、知的、経済的かつ社会的に有用なものとするためのプログラミングが介在する。両端の要素と異なって、中間の要素は、表面的に見ると、技術的とか数学的とかいうよりむしろ技巧であり工芸的である。プログラミングは、科学と技術との関係の問題をごく特殊な形で提示する。

コンピューティングの三面的な構造は、関連する三つの異なる学問分野——電気工学、コンピュータ科学およびソフトウェア工学——に現れている。最初の分野は、コンピュータに先行しているので、例え現在の重

点がマイクロエレクトロニクスに向けられていることが、基本的な装置志向を反映しているとはいえ、もっとも良く確立された分野である。コンピュータ科学は1960年代に形成され始めた。数理論理学（オートマトン、証明論、帰納的函数論）、数理言語学および数値解析（アルゴリズム、計算量）、それらに加えて情報の編成（データ構造）やコンピュータのアーキテクチャと操作のパターンとの関係の諸問題まで、共通の関心をコンピュータ科学がまとめあげるにつれてである。ソフトウェア工学は、1967年に故意に挑発的な言葉として考えられた（Naur and Randell 1969 [37]）のだが、一つの学問としてよりはむしろ一揃いの技術として発展してきた。Carnegie-Mellon 大学、North Carolina 大学、Berkeley および Oxford のような少数の大学のセンターを除けば、ソフトウェア工学は、基本的には巨大で複雑なシステムの設計と完成をめざす軍と企業の研究開発の関心事にとどまり、推進力はコストと信頼性であった。

### 技術史として見た コンピューティング史

さて、今日の技術史に照らしてコンピューティング史を考察することにしよう。いくつかの研究の見通しはとくに有望であるように思える。上で引用したような研究は、技術としてのコンピューティングの成長と進歩のパターンを跡付けるための有用なモデル一式を提供する。例えば次のような問題は考えるに値する。コンピューティング産業の主な発展の要因は、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。それは Nathan Rosenberg が述べる次のようなプロセスに従うのであろうか？すなわち、それによると『…技術的改良は、特許権を受けることのできる重要な技術的ブレークスルーという非常にわかりやすい形態をとるときのように正面玄関から経済構造に

(10) 私は数学的論理学の歴史を数学史に含める。

(11) 科学理論と科学機器との相互作用に注目しさえすれば、科学と技術の関係は、科学史の問題として輪郭がよりいっそうはっきりする。しかし今日まで、そういう問題としてはあまり注目されてこなかった。科学的概念の形成と科学研究の仕事がコンピュータ技術に左右されるようになるにつれて、コンピュータは理論と機器との相互作用を変えるだろう。

入り込むばかりでなく、人目につかず取次ぎなしで誰にも見られることなく名も知られないような多数のわかりにくい脇の入口や裏口から入り込むこともある』(Rosenberg 1979 [48], p. 26)。いずれが真であるかを決するためには、コンピューティング史における現在進行中の変化を必要とする。『最初のもの』を超えて、生産物を働かせ、それらの真のインパクトを説明する修正と改良に目を向けなければならない。現代における研究開発の集团的協力による構造を考えれば、コンピューティング史家は、かつて技術史家に対してなされた、『社会的過程の注意深い分析を伝記で代替する』ことをやめるようにという警告に従うべきである。ヒーローや先駆者の役割を低めるわけではないが、しかしコンピューティングにおいて『作業場での実践、工場のより下位の技術者の活動』(Daniels 1970 [13], p. 11)に相当するものに関する知識をもっと増やすべきである。問題は、この新生の産業の変化に富んだ広がりの中で、そういう研究を行なうにはどうしたらよいかということなのである。

それ自体一つのシステムとして、と同時により大きな様々なシステムの構成部分として、二つの側面からコンピューティングを見ることで、発展のダイナミクスを良く洞察でき、内的な歴史と外的な歴史とを区別することができるようになる。例えば、ハードウェアとソフトウェアとの関係の問題への一つのアプローチが示唆される。両者の関係は、一方が他方を駆動するという相反する形態をとり、両者が相対的に相手から独立していることを前提しているように見える。しかしこれとは逆に、両者を一つのシステムに結合させると、両者の相互依存性を強調することになる。ある人々が考えるシステムとは、内部の部品相互の関係および外部の部品との関係が時間および場所に対して変化したとしても、たとえシステム自体が進化したとしても、部

品同士はある種の平衡状態もしくは恒常性を維持するような仕方で作用するようなものである。そういうシステム観に立てば、ハードウェアとソフトウェアの関係は、駆動力もしくは刺激と反応といったような関係ではなく、自由の束縛とその程度というほどの問題である。原則としてすべてのコンピュータは万能 Turing マシンとして共通の能力をもつが、実際には異なるアーキテクチャが異なる種類のコンピューティングの助けとなる。ある種のアーキテクチャは技術的な限界をもつ(例えば、VLSI(超大規模集積回路)は大規模な並列処理に不可欠である)。別のアーキテクチャは、等しく実現可能な選択肢のなかからの意識的な選択を反映している。事実、あるアーキテクチャはソフトウェア製品のニーズと関心の影響を受けてきたし、また別のアーキテクチャは顧客の特定の目的の影響を受けてきた。プログラミングは初期には、真空管回路によって設定されたスピードとメモリーの狭い限界に従わなければならなかった。エレクトロニクス産業に対して外部からの影響が大規模に作用し、産業としての限界が拡張されることが可能になり、同時にハードウェアの価格が低下させられ、プログラミングはプログラム言語やコンパイラの研究を利用できるようになった。マルチユーザーシステム、対話方式プログラミングや仮想記憶方式といった研究者のアイデアは、ハードウェアの進歩を要求すると同時に新世代のマシンの能力を精一杯引き出した。新しいアーキテクチャがプログラミングの既存の形態に挑戦したように、計算過程と人工知能の分野における理論的進歩はプロセッサを組織する新しい方法を示唆してきた(例えば Backus 1977 [3])。

現在のところ、システムとしてのコンピュータの進化、思考および行動のための他のシステムとのインターフェイスの進化はまだ明らかにされていない。実際、いかに多数

の一体とみなしうるシステムがコンピューティングそのものを構成しているかは、コンピューティングが発展してきた多様な文脈を考慮すれば、明確とは言えない。我々がコンピュータ産業について語るとき、あたかも一枚岩的なものと見ているが、実際には別々の利害と関心をもつ自立した産業のネットワークを形成しているのである。大規模であれ小規模であれ、個々の産業についての歴史的でよりいっそう分析的な研究に加えて、相互作用と相互依存性との分析が必要である。同じことは政府や学界についても言えるのであり、どちらもコンピュータの問題について一つの代表機関とだけ相談してきたわけではない。とりわけ興味深いのは、第二次世界大戦後に大学、政府および産業の間に相互依存性をもつ新しい関係を創り出すために、コンピュータが果たしたシステム構築という役割である。

アメリカン・システムを支えた機械装置を創り出した人々が、一連の生産の作業全体に関する知識から徐々に苦勞して進んだということ、Daniels は論文「大問題 (Big Questions)」(1970) [13] で論じている<sup>(12)</sup>。そこで彼は、『技術史において作業の組織は一体化のためのコンセプトとして利用される』という Peter Drucker の示唆を提示した。それをコンピューティング史にとって実り豊かな可能性をもつものとしてとりあげたのが、Charles Bashe 等 (1986) [4] による近著 *IBM's Early Computers* である。IBM のコンピュータへの適応を跡づけながら、彼らは、急速な科学技術の発展に遅れないようにすると同時に他の組織と研究を共有する必要から、IBM に導入された企業の緊張と調整とを明らかにした<sup>(13)</sup>。コンピュータが IBM の研究開発の新

(12) Elting E. Morison (1974) [36] はこの点を、少し異なるが同じように意味深い筋道に沿って追求した。

生面を拓いたのは、マーケティングと研究との新しい関係を規定し、新しい種類の科学要員を、物事を処理する新しい仕方導入し、とりわけプログラマーのような新しい役割を創り出すことによってであった。同じことが、たとえば Bell 研究所や G.E. 研究所についても成立つかどうかはまだ研究されていない。1950 年代、60 年代から 70 年代へとコンピュータ産業が成長するにつれて、多数の新しい企業によって設立された研究開発制度の構造についても同様のことが言える。Data General の発展についての Tracy Kidder (1981) [28] の率直なジャーナリスト的説明は、我々が見つかるかもしれないパターンを垣間見せてはくれるものの隔靴搔痒の感がある。データ処理の職場の出現に関する研究も、独立したコンピュータ事業であれ既存の制度の新部門であれ、等しく重要である<sup>(14)</sup>。コンピュータが有能な管理者のラインを事実上再組織したことに気づいた会社は一社にとどまらない。

コンピュータは、新技術が必要に応えるものなのかそれとも必要を創り出すものなのかという問いを考えるためのはっきりとした事例になる。最初のコンピュータは明らかに高速の自動計算という切実な要請に応えたものであり、そのことは 1940 年代末を通じてコンピュータの初期の発展を正当化し続けた。事

(13) 最近 Lundstrom (1987) [30] は、必要な調整を行なうことにいくつかの企業が失敗したことを記録にとどめた。

(14) ここで Kraft (1977) [29] と Greenbaum (1979) [21] にはっきり言及しておく。いずれの著者もコンピューティングよりは政治に関心を示した。しかし彼らの政治的関心への集中、すなわち組織化されたプログラミング方式の異常な負担によるプログラマーの“単純作業化”の問題は、プログラマー達が彼らの仕事へのコントロールを大きく損ねることなく事態を乗り切ったことがその後の経験とデータにより明らかになったので、短命に終わった。Boehm (1981) [7] と対照せよ。



実、数値解析学者はコンピュータを明らかに自分達の赤ん坊と考えていて、1950年代末から1960年代初めにかけて『コンピュータ学者』に養子に出されると憤慨した (Wilkinson 1971 [57])。しかし明白に思えるのは、コンピュータが要請に応えるよりむしろ要請を創り出すことによって新生のデータ処理産業の核となったことである。Henry Fordがこの国にいかにも自動車を使いこなすかを教えたのと同じくらい、IBMとそのライバル達はこの国のビジネス（と政府）にいかにもコンピュータを使いこなすかを教えたのである。マーケティング部門に端を発するコンピュータの技術的発展のどれだけ多くの部分が、現代技術の理解の中心に未解明の物語として残されていることだろう<sup>(15)</sup>。Kidderの *Soul of a New Machine* は、物語が解き明かすものの一部についてもまた垣間見せてはくれるのだが。

要請を創り出す際の一つの重要な要因は、コンピュータと発生期のオペレーションズ・リサーチ／経営科学との連合であったように思われる。1953年の *Harvard Business Review* のページをめくれば明らかのように、コンピュータとオペレーションズ・リサーチ (OR) はともに、ビジネス分野の活動に行き当たったが、各々がまだ試みられたことのない新しい経営手段であり、どちらも科学の装いをこらしていた。ラクダに乗ったペルシア人に打ち負かされたクロイソス（巨万の富の所有で知られた Lydia 最後の王 (546 B.C. 没) …訳注) という奇抜な背景のもとで、IBMのコマーシャルは『昨日…運命は決した。今

日…事実は何が数えられるかだ』と宣言した。

『軍事科学、純粋科学、商業および産業』における事実に基づいた進歩を訴えることで、その広告は、データ処理を超えて『今日起こりそうな結果を人が予測し、リスクとコストを最小限に抑えることができるような個々のプロセス、生産および事態の「数学的モデル」』を指し示した。それほど生き生きした表現ではないものの、MITのCyril C. HerrmannとArthur D. LittleのJohn F. Mageeとは *HBR* の読者に“‘Operations Research’ for Management” (1953) [22] を紹介し、John Diebold (1953) [15] は“Automation — The New Technology” を宣言した。Herbert Simon (1960 [50], p. 14) が後に指摘したように、オペレーションズ・リサーチは古くも新しくもあり、起源はCharles BabbageとFrederick W. Taylorにまでさかのぼる。厳密に言えば、新しさは、合理的な意思決定のための基礎としてビジネス活動に『数学的モデル』を提供するという主張にある。それらのモデルがコンピュータの力を必要とするのは、ものすごい計算のためのアルゴリズムと膨大なデータにモデルの感度が左右されるためである。

コンピュータ産業の発展にとって決定的と思えるのは、ORとコンピュータ共同の主張を、いずれの主張の有効性もいわゆる費用便益分析によって確認されるはるか以前に、ビジネス界が受入れたことであるように思われる。『合理的な意思決定』のための新しい方法を採用するという決定自体は完全に合理的であったとまでは言い切れないように見える。

経営陣として我々は、自分達の工場およびオフィスの仕事の手順を革新しつつあるが、しかし我々の意思決定についてはどうなのか？ 換言すれば、我々の活動は原子核工学、エレクトロニクスおよびジェット推進の時代の中で進行しているのに、我々の思考のプ

(15) 例えばBurke (1970) [8] を参照せよ。『それゆえ技術革新は全体としては社会の産物ではなく、社会の内外のある部分から発生する。技術革新に責任を持つ人や組織が成功するためには、革新技術を公共に売らなければならない。その結果、技術革新は広範な社会的変化を生み出すという効果をもつ』 (p. 23)。Ferguson (1979 a) [17] も新技術を売ることに同様の見解を述べた。

ロセスは旧式の舞台に取残されているという危険はないのか？…我々の時代の工学と科学のシンボルは、変化の必要を示す重要な指標ではないのか？

(Hurni 1955 [26], p.49)

この初期の段階においてさえ、コンピュータはビジネス界と一般社会において象徴的な力を獲得していた。その力の源泉、コンピュータを経済と社会という織物に織り込むのにその力がどう作用したかを我々は知らなければならない<sup>(16)</sup>。

政府は、コンピューティングの少なくとも次の四つの領域で決定的な役割を果たした。マイクロエレクトロニクス、対話方式のリアルタイムシステム、人工知能およびソフトウェア工学である。どの領域もこれまで述べた諸問題への深い洞察を約束してくれているのに、どのテーマも歴史家によってとりあげられてこなかった。現代の兵器システムと宇宙計画は、電子回路の小型化を誘発した。研究、開発および生産設備のコストを考えるならば、集積回路とマイクロプロセッサがこれほどまでに急速に出現したことは、政府の援助なしには考えられない。Frank Roseが *Into the Heart of the Mind* (1984) [45] において述べてように、『社会のコンピュータリゼーションは…基本的には戦争のコンピュータリゼーションの副産物であった。』(p. 36) より大きなものがより小さなコンピュータを必要とする。アーキテクチャとソフトウェアはプロセッサの速度とメモリーのサイズに

応じて変化するので、小型化の急速なペースは、もともと不十分なソフトウェア生産の方法への期待を増大させることで、圧力をかけがちであった。1970年代初めまでに、この国で単一では最大のソフトウェアの調達者である国防総省は、コスト削減と巨大プログラムの信頼性増大のための主要な方法と手段としてソフトウェア工学の発展に大きな関心があると宣言した。

Howard Rheingoldが *Tools for Thought* (1985) [44] の中で述べたように、人間の知的能力の向上と拡張としてコンピュータを発展させるといふ MIT のコンピュータ科学者の関心を、政府は素早くつかんだ。その関心は、一般に、対話式コンピュータ、テキストとグラフィックス双方の視覚表示、マルチユーザ・システムおよびコンピュータ相互のネットワークという形で国防の要請と一致した。高等研究計画局 (後の DARPA) はたちまち、これらの領域でのほとんど無尽蔵の研究資金源となった。その資金源は、通常の研究費の手続き、とりわけ同じ分野の学者による審査をバイパスしていた。人工知能に関する初期の研究の多くがその資金源から研究費を得た。そのために、コンピュータ科学の一分野としての人工知能研究の発展には、学問分野全体としての課題からの独立性が確実に反映している

我々はふつうハードウェアとソフトウェアについて関係したものとして語るけれども、厳密に言えば、ソフトウェアという概念は1950年代におけるビジネス界と政府の方面でのコンピューティングの人工的な産物であることに注意すべきである。コンピュータが研究所を後にして科学者と技術者の手を離れたとき初めて、プログラムを書くことは生産の問題となった。そういう観点において、プログラム言語、プログラミングのシステム、オペレーティング・システム、データベースとファイル管理システムおよび通信とネット

(16) こうした筋道に沿ってコンピューティング史家に良く考えてもらいたいのは、Edmund C. Berkeleyの *Giant Brains* (1949) [5] から John Diebold [15] のいく冊かの著書を経て、Edward Feigenbaum と Pamela McCorduck の *The Fifth Generation* (1983) [16] に至る一連の著作が、経営相談のためのシステムであれ専門的なシステムであれ、売るべき生産物をもつ人々に起源をもつということである。

ワークの発展を我々はもっとも実り豊かなものとして眺めることができる。すべてが、プログラマーの仕事が容易にし、管理者のコントロールを維持し、プログラムの信頼性を確保することを目標としていたからである。1960年代におけるプログラム言語のバベルの塔のせいで、今日いちばん普通に使われている言語のうち三つは最古の言語であるという事実から目をそらされそうになる。三つの言語とは、科学用コンピューティングのためのFORTRAN、データ処理のためのCOBOL、そして人工知能で使われるLISPである。ALGOLおよびその所産が構造化プログラミングの手段とはならず、生産の一形態としてのプログラミングに直接さし向けられた動きにならなかったとしたら、ALGOLは実験言語にとどまっていたであろう<sup>(17)</sup>。

ソフトウェアの歴史の中心をなす『危機』の感覚が生まれたのは、1960年代末に巨大なプロジェクトが次から次へと予定に遅れ予算を超過ししかも仕様書通りに進行しなかったときである。ソフトウェア産業全体にひろく行き渡っていたとはいえ、それは、NATO科学諮問委員会に国際会議を1968年に招集させるほどの戦略的脅威となった。新しい方針に沿った猛烈な努力の必要を強調するために、委員会は『ソフトウェア工学』という新語を造りだした。新語は、科学と経営の結合という工学特有の考え方を反映していた。両

者の結合を規定し対応する方法を開発する努力こそ、1970年代の少なくとも大規模システムの領域におけるコンピューティング史の大部分を形成している。その歴史は、1980年代のAda (米国防総省が開発したプログラム言語)の物語の基本的な背景でもあり、またヨーロッパのコンピュータ科学者の形式的な数学志向とアメリカのコンピュータ研究者の実際的な産業志向との根本的な差異をはっきりと示している。科学技術史家はこの差異に気づき、説明しようと努力してきた。コンピューティング史家は技術史家の与えた説明を活用し、なおかつ彼らの努力を助けることができるだろうか？

『ソフトウェア工学』に学問分野としての意味を与え、コンピュータ専門家の教育において位置を規定するという努力は、『学問分野の形成と専門職業化』という標題のもとに含まれる一群の問題に対する歴史家の注意を呼び起こす。1950年代のコンピューティングは、少数の特別に設計されたマシンと一握りの特別な訓練を受けたプログラマーによって構成されていた。1955年までにほぼ1000くらいの汎用コンピュータが10,000人ぐらいのプログラマーのサービスを必要とするようになった。1960年代までに装置の数は5倍になり、プログラマーの人数は6倍になった。今も成長は続いている。それとともに、協会、学会、定期刊行物、雑誌そして専門的でアカデミックな立場からの主張が現れた。制度的発展は、技術的な営みとしてのコンピューティングの社会史の基本的な部分である。したがって、その発展がどの程度まで制度化の歴史的パターンに従うのか、どの程度まで制度化がそれ自体をつくりだしたのかが、あらためて問われる。

研究のための歴史資料の問題が雄弁に語っているのは、一方で最近の技術史研究がコンピューティング史に対していかに重要な指針を提供するかであり、他方でコンピューティ

(17) 標準プログラム言語ALGOLを、1956年の発端から1968年の最終的な(いくらか議論の余地のある、洗練されすぎた)形に至るまで、確立しようとした国際的な努力について、1960年代におけるコンピューティングの多方面からの考察が可能である。その努力は、プログラム言語の概念的発展に大きく寄与したとはいえ、コンピュータ科学とソフトウェア工学双方において研究の多方面に今日までもち越された政治史をもち、とくにソフトウェア工学においては顕著であるように思われる。

ング史が技術史研究に新しい展望を与えることである。すでに述べたように、技術史家は言語によらない技術的実践の表現に新たに注目し始めている。コンピューティングの三つの主要な流れのうち、理論的なコンピュータ科学だけが基本的に言語で表現される性格をもつ。その研究のための一次資料は、科学史家にとって最も馴染みある形、すなわち書籍、論文およびその他の非公式の著作類であって、概ね背後に潜む思索を含んでいる。その読み解き方については、たとえ明確に表現されていなくても、我々はほぼ知り尽くしている。時間による篩わけを受けなかった資料が多すぎて困るという点で、我々は制度史および社会史と同じように、よく知られた問題に直面しているのである。

しかし、コンピュータ自体とそのために書かれたプログラムは全く異なる部類の研究資料を構成しているので、資料をどう読むのかを定めるという課題が生じるのである。人工物としてのコンピュータは電氣的及び電子工学的装置のあらゆる問題を提示する。それは部品を動かすことのない機械であり、働いているときにさえ、外から見える振る舞いを説明するために内部の働きを示すようなことはしない。しかし、DEC (Digital Equipment 社) がいかに仕事に取組んだかを理解するために、Tracy Kidder による Tom West のポートレートが新しい Vax の配線盤の様子を説明していることから、実際のマシンにはマニュアルやテクニカル・レポートや技術的図面によっては語られることのない物語があることがわかる。研究資料としてのマシンは我々の注意を引きつけて余りある。想像力を働かせて読むことで、設計者ばかりでなく彼らが設計しようとしたものまで理解できるはずである。ハードウェアと付属の文献資料を調べることで、コンピュータが研究所や巨大施設からオフィスや家庭へと普及するにつれて、コンピュータの外観が変化していった跡

をたどることができる。今日の典型的なプロトタイプのコンピュータは、テレビ受像機とタイプライターとを伝統的様式で結合させたものである。その形が部屋いっぱいの真空管とスイッチからどのようにして生まれたのかは、技術史のみならず文化史の問題でもある。

ハードウェアは、解釈するのは難しくても、少なくとも有形で評価は可能である。これに対してソフトウェアは無形でつかまえない。それは本質的に作動するマシンの振る舞いである。それはマシンのアーキテクチャを働きに変え、考える働きによって構成される。プログラマーは何かを起こさせることを目的としている。そう考えるとき、歴史的記録としてのソフトウェアは何を表現しているのか？ 歴史的に重要なコンパイラ、オペレーティング・システムもしくはデータベースを我々はいかにして記録し保存するのか？ コンピュータ科学者はプログラムの動的な振る舞いを確定するのに静的なプログラムのテキストでは限界があることを指摘した。大量の書かれたプログラミングの記録がいかにしてプログラマーの振る舞いを我々に語りかけるかについて、挑発的な論文 (DeMillo et al. 1979 [14]) は疑問を投げかけている。しかし、Gerald M. Weinberg (1971 [55], Chapter 1) は、プログラムの背後にあるマシンと人とを明らかにするためにプログラムをどのように読むことができるかについて一つの例を提示した。ある意味でコンピューティング史家は、ソフトウェア産業が直面している問題と反対側から向き合っている。問題は、実際にプログラムを走らせるうえで、何が信頼できるてがかりとなるかである。とりわけ、ソフトウェアの静的な記録から絶えず失われつつある構成要素、すなわちプログラムが彼らのために書かれ彼らの振る舞いがプログラムの本質的な部分をなすユーザーを、歴史家はいかにして取戻し、生産者はいかにして予測するのかということ

ある。

コンピューティング史を技術史の文脈のなかに置いて考えることは、コンピューティング史にとって自己をふりかえるという点でとりわけ有用である。機械による計算は長い歴史をもつが、私がここで使ってきた意味でのコンピューティングは、1940年代末以前には存在しなかった。コンピュータも、プログラマーも、コンピュータ科学者も、コンピュータ管理者も存在しなかった。だから、コンピュータを発明して改良した人々、プログラムをつくった人々、その科学的基礎を確立した人々、経営と産業にコンピュータを導入した人々、彼らはすべて別の分野からコンピューティングの分野にやってきた。彼らの仕事は独自の先例をもたず、自分自身の先例を見つけなければならなかった。コンピューティング史の大部分は、第一世代の人々については確実であり第二世代や第三世代の人々についてもおそらく、彼らが過去の経験から引き出した先例から生じた。その意味で、技術史はコンピュータ史を形成し、コンピュータ史はその最初の特徴づけのため技術史に目を向けなければならない。

一つの例がそのことを説明するのに役立つ。Daniels (1970) [13] は『アメリカン・システム』の発展とその頂点としての大量生産を、大問題中の大問題とした。アメリカン・システムと大量生産の問題こそ19世紀アメリカにおける技術の中心的事実であり、このテーマにかかわった歴史家は誰もそれと取組まねばならなかった。Daniels は主張の正しさを立証したわけではないが、20世紀技術の歴史家もまた同じテーマに取組まねばならなかった。大量生産は、ソフトウェアの領域でも他の領域と同様に現代技術の歴史的試金石となる。

例えば、1968年のNATOソフトウェア工学会議の重要な招待講演の一つで、Bell電話研究所のM.D. McIlroyはプログラミングに

おける『前産業時代』の終焉を期待した。彼の暗喩と直喩は工作機械産業とその生産方法に立ち戻った。

我々がソフトウェアを時代遅れの技術によって生産しているのは間違いはない。我々がハードウェアの関係者との対決において最悪の立場にいるのは間違いはないが、それは、彼らが産業資本家であり我々が小作人だからである。今日のソフトウェア産業は産業化の規模において、もっと保守的な建設産業よりさらに遅れた状態にあるように見える。私は、ソフトウェア産業の本来の位置はかなり高いと思うし、ソフトウェアの大量生産技術の見通しを研究したいと思う。(McIlroy, 1969 [34])

McIlroyが考えていたことは、大量の複製をつくるということではない。それはコンピュータでは自明のことであるが、そうではなくライブラリーの棚から取り出され大規模な生産用プログラムの中にはめ込まれるような、標準化された互換性のある部品として役立つプログラムのモジュールを考えていたのである。McIlroyが提示した問題は、*IEEE Software*の1984年7月号に掲載されたPeter Wegner著の一連の論文“Capital Intensive Software Technology [資本集約度の高いソフトウェア技術]”で最初の部分の中心思想として役立った。論文は、1930年代の資本集約産業の写真を豊富に使って解説し<sup>(18)</sup>、技術史に関連した挿絵も含んでいた。そのときまでに、McIlroyが考えた互換性のある部品と等価なものは『再利用可能なソフトウェア』となり、ソフトウェア技術者はプログラムを生産するためのよりいっそう洗練

(18) 一つの産業モデルによる発展を考え、大不況期に撮られた写真を利用した、そういうソフトウェア工学の論文があることは驚くべきことである。

された道具を開発した。その発展の結果として McIlroy の考えた大量生産という目標によりいっそう近づいたかどうか（あるいは今も近づいているかどうか）は、歴史家から見れば、大量生産モデルの引き続く強さほどには重要ではない。そこで、歴史の自己意識というものが表に出てくる。

我々は歴史の自己意識を高く評価すべきではあるがそれと同時に、有効なものとして比較を受入れるという誘惑に抗して、それを批判的に考察すべきである。歴史的モデルの活動の選択はそれ自体として活動の歴史の一部である。McIlroy は 1968 年にソフトウェアの状態を説明しなかったし、その方向について説明しなかった。そうではなくて彼は将来の発展の基礎となるべき歴史的先例を提示した。コンピュータ史家に関心をもつのは、なぜ McIlroy が先例として大量生産モデルを選んだかなのである。厳密に言えば、大量生産のどんなモデルを彼は考えていたのか、なぜそれがソフトウェアに適切であるとか適用可能であるとか考えたのか、聴衆がその提案に好意的に反応すると彼はなぜ思ったのかといったことである。技術史はそれらの答えを評価するための、それどころか実はそもそも問題を形成するための、決定的な文脈を提供する。19 世紀の大量生産の進化する技術は、歴史家にとっても技術的發展のモデルすなわちプロトタイプを構成する。それが単独のモデルなのかそれとも密接に関連した一組のモデル群なのか、それは現在学者間で論争中の問題の一つではあるが、しかしいくつかの特徴は明確であるように思われる。一つのシステムとしてそれは、19 世紀初頭および中葉に確立した基礎の上であり、なかでもとくに工作機械産業の発展は、Nathan Rosenberg (1963) [47] が示したように、それ自体新しい技術の革新と普及の特徴的で意味深いパターンに従っている。必要とされる精密な機械設備をもってさえ、大量生産の方法は一つ

の産業から他の産業へと直接あるいは容易に移転することはなかったし、その導入は、関連する生産過程に固有の段階で生じた (Hounshell 1984 [24])。ソフトウェア生産はそのモデルの最新の変種であることを立証するであろう。要するに、批判的な技術史は、大量生産方式がいかにソフトウェア生産に適合してこなかったかを示しているように思える。

### 結論：真のコンピュータ革命

我々は大量生産という重要な事例についてさらに考察を進めよう。様々な立場から人々はコンピュータと自動車との比較に注目してきた。Apple, Atari といったコンピュータ企業は、どこの車庫にもある自動車、誰にでも運転できる自動車、アメリカ人の生活に新生面を拓いたマシンのイメージを伝えようと明確に志向することで、マイクロコンピュータの T 型モデルをつくることを誇りにしてきた。大量生産のイメージに頼るソフトウェア技術者は、コンピュータを自動車およびその標準的テーマについての互換性をもつバリエーションと分かちがたく結びつけて考えてきた。

コンピュータ産業では二つのアナロジーが異なる目的に役立つ。一つは大量消費の対象としてのマイクロコンピュータに注目することであり、もう一つは大量生産の対象としてのソフトウェア・システムに注目することである。アナロジーの対象は異なっても、どちらも新しい技術によって劇的に変えられた社会的ビジョンを共有している。アナロジーの根底には、自動車によって生じたのと同じくらい深刻な革命を、コンピュータはもたらしたという信念がある。マシンの比較それ自体魅力的である。人はまさに PC を PT (個人的移動手段) と比べてどう評価するのか<sup>(19)</sup>？

(19) 後者の名称は Frand (1983) [20] から生じた。

その比較においてどのPCがT型モデルなのか？ Apple IIか、IBMか、Atari STか、それともMacintoshか？ しかし問題はもっと根深い。マイクロコンピュータが、新しい社会的、経済的、そして政治的パターンを決定する際にT型モデルの役割を果たすというのはどういうことなのか？ その比較における歴史的な言葉はT型モデルではなくMiddletown(Lynd and Lynd 1929 [31])である。そこでは、40年もたたぬうちに『高速度鋼とフォード車』が労働者の仕事と生活の性格を根本的に変えてしまった。マイクロコンピュータによって同じような変革をもたらされた、今日のMiddletownはどこにあるのか？ どこに注目したらよいのか？ その変化が何であるのかをどのようにして明らかにしたらよいのか？ どのような社会と知的ふるまいのパターンが転換の目印となるのか？ 一言で言えば、技術的社会をいかにして比較するのか？ その問題は、技術史家にとって『大問題』の一つであり、問題がコンピュータに対して答えられるのは技術史の文脈においてのみである。

ごく初期からコンピュータは『革命的』というラベルを担ってきた。最初の商用マシンが普及していったときでさえ、評論家達はコンピュータの広範な利用によって必然的に生じる根本的な変化について、おおげさに誉めたたえ騒ぎ立てた。そして少数の人々が、コンピュータの広範な普及自体を疑問視した。コンピュータは人々の目を未来に向けた。そして数千バイトのメモリーがほとんどどんな問題の解決にも十分の余裕をもつように思えた。その点については熱狂的な人々も批判的な人々も一致した。コンピューティングは、科学、産業およびビジネスにとって先例のない力を意味し、その力によって、先例のないように思われる困難と危険を生じた。その性質および若さにより、コンピュータは歴史をもたないように思われた。

しかし、『革命』は基本的には歴史的概念である(Cohen 1986[11])。ものごとが逆さまになりつつあるときでさえ、古いものによって新しいものを規定することだけが可能である。つまり革新は想像上のものであり、既存のものとは比べて進歩していることだけが可能である。コンピュータは、歴史のなかから新しい装置として登場した歴史をもち、コンピューティングは別のものから形をとって現れ、活動を続け、活動自体が歴史的勢いをもった。コンピュータの世界は、自らの形を獲得したのちにも、コンピューティングを組織化した科学や技術、産業、ビジネスなどの世界に埋めこまれたままであった。コンピューティングの進化に応じてそれらの世界が自らを変化させたときでさえそうであった。そうすることでそれらの世界はコンピューティングの歴史を自らの歴史と結合させ、逆にその結合が根本的に新しい資源の存在を映し出した。

コンピュータの何が真に革命的であるかということは、コンピューティングが固有の歴史を獲得したときによく明らかになる。歴史は、コンピューティングを他の技術と結びつけ、コンピューティングによる革新を重要なものとする先例を明らかにする。技術史のより広大な企ての枠組みの中で探求することで、コンピューティングの歴史は、歴史に意味をもたせる位置と時間の文脈を獲得することになる。

## 参考文献

- [1] Aspray, W. "Literature and Institutions in the History of Computing". *Isis*, 75, 1984, pp. 162–170.
- [2] AT&T Bell Laboratories. *UNIX System Readings and Applications*. 2 vols. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1987.
- [3] Backus, J. "Can Programming Be Liberated from the von Neumann Style? A Functional Style and Its Algebra of Programs." (ACM Turing Award Lecture for 1977). *Communications of the ACM*, 21, 8, 1977, pp. 613–641.
- [4] Bashe, C.J., L.R. Johnson, J.H. Palmer, and E. W. Pugh. *IBM's Early Computers*. Cambridge, Mass., MIT Press, 1986.
- [5] Berkeley, E.C. *Giant Brains or Machines That Think*. New York, John Wiley & Sons, 1949.
- [6] Bolter, J.D. *Turing's Man*. Chapel Hill, University of North Carolina Press, 1984.
- [7] Boehm, Barry. *Software Engineering Economics*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1981.
- [8] Burke, J.G. "Comment: The complex nature of explanation in the historiography of technology." *Technology and Culture*, 11, 1970, pp. 22–26.
- [9] Buxton, J.N. and B. Randell(eds.). *Software Engineering Techniques: Report on a conference sponsored by the NATO Science Committee, Rome, Italy, 27th to 31st October 1969*. Brussels, Scientific Affairs Department, NATO, 1970. Cf. Naur et al. (1976).
- [10] Ceruzzi, P.E. *Reckoners: The Prehistory of the Digital Computer, From Relays to the Stored Program Concept, 1935–1945*. Westport, Conn. Greenwood Press, 1982.
- [11] Cohen, I.B. *Revolutions in Science*. Cambridge Mass., Harvard University Press, 1986.
- [12] Cowan, R. *More Work for Mother: The Ironies of Household Technology from the Open Hearth to the Microwave*. New York, Basic Books, 1983.
- [13] Daniels, G. "The Big Questions in the History of American Technology." *Technology and Culture*, 11, 1970, pp. 1–21.
- [14] DeMillo, R., R.J. Lipton, and A.J. Perlis. "Social Processes and Proofs of Theorems and Programs." *Communications of the ACM*, 22, 5, 1979, pp. 271–280.
- [15] Diebold, J. "Automation—the new technology." *Harvard Business Review*, November-December, 1953, pp. 63–71.
- [16] Feigenbaum, E. and P. McCorduck. *The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 1983.
- [17] Ferguson, E.S. "The American-ness of American Technology." *Technology and Culture*, 20, 1979, pp. 3–24.
- [18] Ferguson, E.S. "The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology." *Science*, 197, 1979, pp. 827–836.
- [19] Ford, H. *My Life and Times*. Garden City, N. Y., Doubleday, 1922.
- [20] Frand, E. "Thoughts on Product Development: Remembrance of Things Past." *Industrial Research and Development*, July 1983, p. 23.
- [21] Greenbaum, J. *In the Name of Efficiency: Management Theory and Shopfloor Practice in Data Processing Work*. Philadelphia, Temple University Press, 1979.
- [22] Herrmann, C.C. and J.F. Magee. "'Operations Research' for Management." *Harvard Business Review*, July-August, 1953, pp. 100–112.
- [23] Hindle, B. *Emulation and Invention*. New York, Basic Books, 1981.
- [24] Hounshell, D.A. *From American System to Mass Production: The Development of Manufacturing Technology in the United States*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1984.
- [25] Hughes, T.P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930*. Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1983.
- [26] Hurni, M.L. "Decision Making in the Age of Automation." *Harvard Business Review*, 34 September-October, 1955, pp. 49–58.
- [27] Jenkins, R.V. "Words, Images, Artifacts and Sound: Documents for the History of Technology." *British Journal for the History of Science*, 20, 1987, pp. 39–56.
- [28] Kidder, T. *The Soul of a New Machine*. New York, Little, Brown & Co., 1981.
- [29] Kraft, P. *Programmers and Managers: The Routinization of Computer Programming in the United States*. New York, Springer-Verlag, 1977.
- [30] Lundstrom, D.E. *A Few Good Men From*



- Univac*. Cambridge, Mass., MIT Press, 1987.
- [31] Lynd, R.S. and Helen Merrell Lynd. *Middletown*. New York, Harcourt, Brace & World, 1929.
- [32] Machlup, F and U. Mansfeld. *The Study of Information: Interdisciplinary Messages*. New York, John Wiley & Sons, 1983.
- [33] McDougall, W.A. *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*. New York, Basic Books, 1985.
- [34] McIlroy, M.D. "Mass-Produced Software Components." In Naur and Randell 1969.
- [35] Meyer, S. *The Five-Dollar Day*. Albany, State University of New York Press, 1981.
- [36] Morison, E.E. *From Know-How to Nowhere: The Development of American Technology*. New York, Basic Books, 1974.
- [37] Naur, P. and B. Randell(eds.). *Software Engineering: Report on a conference sponsored by the NATO Science Committee, Garmisch, Germany, 7th to 11th October, 1968*. Brussels, Scientific Affairs Division, Nato, 1969. Naur et al. 1976 参照。
- [38] Naur, P., B. Randell, and J.N. Buxton(eds.). *Software Engineering: Concepts and Techniques*. New York, Petrocelli/Charter, 1976.
- [39] Nelson, D. *Managers and Workers: Origins of the New Factory System in the United States, 1880–1920*. Madison, University of Wisconsin Press, 1975.
- [40] Newell, A. and H.A. Simon. "Computer Science as Empirical Inquiry." *Communications of the ACM*, 19, 1976, pp. 113–126.
- [41] Noble, D. *Forces of Production: A Social History of Industrial Automation*. New York, Alfred Knopf, 1984.
- [42] Nora, S. and A. Minc. *L'Informatisation de la société*. Paris, La documentation française, 1978. 英訳. *The Computerization of Society*. Cambridge, Mass., MIT Press, 1980.
- [43] Randell, B.(ed.). *Origins of Digital Computers: Selected Papers*. Berlin/ Heidelberg/ New York, Springer-Verlag, 3rd ed., 1982.
- [44] Rheingold, H. *Tools for Thought: The People and Ideas Behind the Next Computer Revolution*. New York, Simon and Schuster, 1985.
- [45] Rose, F. *Into the Heart of the Mind: An American Quest for Artificial Intelligence*. New York, Random House, 1984.
- [46] Rosen, S. "Programming Systems and Languages — A Historical Survey." *Programming Systems and Languages*. New York, McGraw-Hill, 1967.
- [47] Rosenberg, N. "Technological Change in the Machine Tool Industry, 1840–1910." *Journal of Economic History*, 23, 1963, pp. 414–443.
- [48] Rosenberg, N. "Technological interdependence in the American Economy." *Technology and Culture*, 20, 1979, pp. 25–50.
- [49] Sammet, J. *Programming Languages. History and Fundamentals*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1969.
- [50] Simon, H.A. *The New Science of Management Decision*. New York, Harper & Row, 1960.
- [51] Simon, H. *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, Mass., MIT Press, 2nd ed., 1981.
- [52] Smith, M.R. *Harper's Ferry Armory and the New Technology*. Ithaca, Cornell University Press, 1977.
- [53] Stern, N. *From ENIAC to UNIVAC: An Appraisal of the Eckert-Mauchly Computers*. Billerica, Mass., Digital Press, 1981.
- [54] Wallace, A. F. P. *Rockdale: The Growth of an American Village in the Early Industrial Revolution*. New York, Alfred A. Knopf, 1978. (Paperback ed. New York, W.W. Norton, 1980).
- [55] Weinberg, G.M. *The Psychology of Computer Programming*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1971.
- [56] Wexelblatt, R.L. *History of Programming Languages*. New York, Academic Press, 1981.
- [57] Wilkinson, J.H. "Some Comments from a Numerical Analyst." (1970 Turing Award Lecture). *Journal of the ACM*, 18, 2, 1971, pp. 137–147.
- [58] Williams, M. *A History of Computing Technology*. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1986.
- [59] Yourdon, E. *Classics of Software Engineering*. New York, Yourdon Press, 1979.
- [60] Yourdon, E. *Papers of the Revolution*. New York, Yourdon Press, 1982.