

パーソナルコンピュータ技術の系統化調査

Historical Development of Personal Computer Technology

4

山田 昭彦 Akihiko Yamada

■ 要旨

コンピュータは20世紀のなかばに誕生した。続いてトランジスタ、集積回路が発明され、これらの半導体技術を使用してコンピュータはその後の半世紀で急速な発達を遂げた。1970年代のはじめに世界初のマイクロプロセッサ4004が誕生した。これは4ビットの1チップCPUであったが、その後8ビットのマイクロプロセッサが開発され、これを用いた最初のパーソナルコンピュータとされるアップルコンピュータ社のApple IIが1970年代後半に出現した。

パーソナルコンピュータは個人が使用するコンピュータであり、そのためには安価で小型であること、またコンピュータの専門家でなくても容易に使えることが望まれた。当初の8ビットのパーソナルコンピュータでは自分でプログラムを作る必要があり、誰もが簡単に使用できるものではなかった。16ビットのマイクロプロセッサが登場し、IBMから16ビットCPUでオープン戦略をとったIBM PCが発売された。既製のソフトウェアパッケージを用いて、業務用に広くパーソナルコンピュータが使用されるようになったが、キーボードからの文字による命令による指示を与えて使用する必要があった（CUI）。

アップルコンピュータ社では、ゼロックス社パロアルト研究所のコンピュータAltoに採用されているグラフィカルユーザインターフェース（GUI）を取り入れたMacintoshを1984に発売し、現在のパーソナルコンピュータの基本を作った。Macintoshではマウスとグラフィックディスプレイによりコンピュータを直感的に操作できるようになった。

わが国でも1970年代後半からパーソナルコンピュータの開発が各社で始まった。最初はマイクロコンピュータのトレーニングキットが発売され、続いて8ビット、16ビットのパーソナルコンピュータが販売された。日本のパーソナルコンピュータの大きな成果としては、他の非英語言語の処理にもつながった「日本語処理の実現」と「ノート型パーソナルコンピュータの商品化」をあげることができる。

日本語処理では、かなと漢字といったたくさんの文字を扱う必要がある。漢字入力には、タブレット方式や多段キー方式など種々の方法が試みられてきたが、キーボードからかなで入力して漢字に変換する「かな漢字変換法」が考案された。この方式を適用した日本語ワードプロセッサの専用機が商品化され、広く企業や家庭で使われるようになった。専用機の技術はパーソナルコンピュータに引き継がれた。8ビットパーソナルコンピュータには日本語処理は重荷であったが、16ビットCPUが登場し日本語処理の可能性が開けた。1980年代はじめに登場したNECのPC-9801では、16ビットCPUを採用しグラフィック機能を強化するとともに漢字処理用メモリなどを搭載し、高速の日本語処理を実現した。この普及により、日本語ワードプロセッサのソフトウェアも市販されるようになり、パーソナルコンピュータによる日本語文書の作成が広く行われるようになった。

パーソナルコンピュータをどこでも使いたいという要望から、小型化・軽量化が図られた。わが国ではハンドヘルドコンピュータが世界に先駆けて1980年代はじめに開発され、その後デスクトップ並みの機能を持ったラップトップ型が商品化された。さらに小型軽量化がはかられ、東芝からA4ファイルサイズのDynabookの商品名を持つ小型の携帯型コンピュータが1980年代終わりに発売された。このカテゴリはノート型パーソナルコンピュータと呼ばれ、日本の軽薄短小化技術を活かした世界をリードする優れた製品が各社からつぎつぎと販売され、その後のパーソナルコンピュータの主流を作った。

1980年代後半には32ビットマイクロプロセッサが登場し、さらにインターネットが出現した。1995年にマイクロソフト社から、GUI環境を実現しインターネットをサポートしたOSのWindows95がリリースされ、パーソナルコンピュータによるネットワークコンピューティングが普及した。インターネットを用いてパーソナルコンピュータからメールの送受信や情報検索することが、個人レベルでも日常的に行われるようになり、今日に続く情報化社会が形成されていった。21世紀にはスマートフォンやタブレットが登場し、パーソナルコンピュータからこれらへの移行が始まり、コンピュータはより生活の中に溶け込んでいった。

パーソナルコンピュータ誕生から40年近く経過しており、コンピュータとしての世代交代の時期にきていると考えられる。国立科学博物館ではメインフレーム、オフィスコンピュータに続いて、今回パーソナルコンピュータの技術の系統化および保存状況の調査を行い、本報告書を取りまとめた。企業で大事に保管されていた時代を輝かせた製品も次第に廃棄されつつある。かつて一般的だったパーソナルコンピュータであっても、現在残されているものを技術遺産として保存していく必要が生じてきている。今回の調査で明らかとなった情報を共有するとともに、重要なものを「未来技術遺産」として登録していくことは、パーソナルコンピュータの果たしてきた役割を保存するとともに、日本の産業技術が人類の知としての科学技術を前進させることに貢献してきた証を再認識し未来に資する上でも有効であると考えられる。

■ Abstract

The mid-20th century saw the advent of the world's first computers, followed by inventions of the transistor and integrated circuit, and rapid development of computers using such semiconductor technology in the subsequent half century. The world's first microprocessor, the 4004, came into being in the early 1970s. Whereas the 4004 CPU featured four bits on a single chip, later engineers would develop an eight-bit microprocessor, which in the latter half of the 1970s was put to use in the Apple II, the first ever personal computer, made by Apple Computer, Inc.

In creating the personal computer, engineers sought a device that could be used by individual consumers, meaning that such machines would have to be reasonably-priced, compact, and readily operable by computing novices. However, the first eight-bit PC did not lend itself to easy operability by typical consumers, given that the devices could only be operated through user-written computer code. Later, when the 16-bit processor became a reality, IBM Corporation began selling its IBM PC featuring a 16-bit CPU, for which it adopted an open strategy. Designed to operate with existing software packages, the new machine came into widespread use in the business world. However, its character-based user interface (CUI) meant that to manipulate the device users had to enter operating commands through a keyboard.

In 1984, Apple Computer, Inc. began selling its Macintosh computer, which featured a graphical user interface (GUI), which is now standard, adopted from a computer dubbed Alto developed by Xerox Corporation's Palo Alto Research Center (PARC). The Macintosh computer featured a mouse and had graphics display capabilities, thereby introducing a more intuitive means for users to operate PCs.

Beginning in the latter half of the 1970s, several Japanese companies also began to develop their own PCs. The first to go on sale was a microcomputer training kit which came in an eight-bit, and later 16-bit model. Among the major achievements emerging from personal computers created in Japan is the introduction of systems based on the Japanese language, which would lead to computers operating in languages other than English, and the development of commercially viable "notebook" PCs.

An expansive character set is required in order for a computer to operate in Japanese, needed to accommodate the many katakana and hiragana phonetic characters and kanji ideographic characters (based on Chinese ideographic characters) used in the language. In that regard, engineers explored various means of enabling kanji-character input, including direct and multi-stage keyboard methods, and eventually came up with a "kana-to-kanji" conversion method whereby the user would enter characters on a kana-scripted or alphanumeric keyboard before converting them to kanji characters. This led to the commercial viability of Japanese-language word processors which eventually boasted widespread business and household use, and featured technology that would later come to be used in personal computers. Although the earlier eight-bit machines could not handle the Japanese-language character set, the advent of 16-bit CPUs made such systems possible. The first such computer, NEC's PC-9801, was introduced in the early 1980s. The new machine was equipped with improved graphics capabilities thanks to its 16-bit CPU along with memory designed to process the Japanese character set, thereby making the notion of high-speed computing with the Japanese language a reality. The growing prevalence of the PC-9801 led to retail sales of Japanese-language word processing software, which in turn came to be put to the task of preparing documents in Japanese using personal computers.

Engineers would go on to make smaller and lighter devices in response to consumer demands for portable PCs that could be used anywhere. Japan led the world in pioneering hand-held computers, developing the first such device in the early 1980s, and would later go on to create commercially-viable laptop computers with functionality on par with that of desktop units. Japanese firms continued to develop increasingly smaller and lighter devices, culminating in Toshiba's Dynabook computer, a small and portable A4-file-sized unit that went on sale toward the end of the 1980s. With the Dynabook and other such computers based on "lighter-thinner-smaller" technologies developed in Japan led the world in what was known as the notebook computer product category, with various Japanese companies successively introducing a string of remarkable products to the market, thereby paving the way for making personal computers a mainstream product.

The latter 1980s saw the advent of the 32-bit microprocessor, which was followed by the dawn of the Internet. In 1995, Microsoft's release of its Windows 95 operating system, which enabled better access to the Internet with its graphical user interface (GUI) computing environment, helped popularize PC-based online computing. As such, e-mail correspondence and online browsing through PCs with Internet access became increasingly commonplace, laying the groundwork for today's information-based society. The emergence of smartphones and tablet computers in the 21st century ushered in a trend away from PCs and made computer technology an even more integral part of our everyday lives.

Now that it has been nearly 40 years since the birth of the PC, a transition to a new age of computing seems to be under way. Accordingly, this study on the history of personal computer technology investigates successive developments that brought about today's personal computing technology, from the earlier mainframe and office computer phases, and looks at how that legacy has been preserved in Japan. Corporations are gradually discarding equipment that could provide insight into an important bygone era. Some formerly ordinary PC units still in existence now represent an important part of our technological heritage, and accordingly should be preserved. This study reports on details that have come to light and furthermore helps preserve knowledge of roles played by personal computers registered by the National Museum of Nature and Science as important examples of Japan's technological heritage worthy of preserving for future generations ("Essential Historical Material for Science and Technology"). Furthermore, this study reaffirms contributions attributable to industrial technologies of Japan that have hastened humanity's knowledge of science and technology, and that furthermore hold potential with respect to future progress.

■ Profile

山田 昭彦 Akihiko Yamada

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

昭和34年 3月 大阪大学通信工学科卒業
昭和34年 4月 日本電気(株)入社
主としてコンピュータおよびCADの開発に従事
平成 4年 7月 同C&Cシステム事業グループ主席技師長
平成 5年 4月 東京都立大学工学部電子・情報工学科教授
平成12年 4月 国立科学博物館 主任調査員
平成15年 4月 東京電機大学大学院理工学研究科情報システム
工学専攻特別専任教授
平成25年 4月 国立科学博物館 主任調査員

情報処理学会歴史特別委員会委員、
IEEE Computer Society History Committee委員
情報処理学会フェロー、IEEE Life Fellow、工学博士

■ Contents

1. はじめに	219
2. パーソナルコンピュータ誕生の背景	221
3. パーソナルコンピュータの発達	229
4. 日本の技術の貢献	248
5. パーソナルコンピュータの要素技術	264
6. パーソナルコンピュータの応用	289
7. パーソナルコンピュータの社会への影響	293
8. おわりに	304
9. 謝 辞	306
付録 1. パーソナルコンピュータの歴史	307
付録 2. 産業技術史資料(パーソナルコンピュータ)所在一覧	313

1 はじめに

最初のコンピュータといわれる ENIAC は終戦直後の 1946 年に生まれた¹⁾。その後のトランジスタ、集積回路の発明により半導体技術が急速に発展し、1971 年には世界最初のマイクロプロセッサ 4004 が誕生した²⁾。これは 4 ビットの CPU を 1 チップで実現したものであるが、続いて 8 ビットマイクロプロセッサが開発され、これを用いて世界最初のパーソナルコンピュータとされる Apple II が 1977 年に登場した³⁾。それ以来、マイクロプロセッサの 16 ビット、32 ビットへの発展、半導体メモリ集積度や磁気記録メディアの記録密度の飛躍的向上にともない、パーソナルコンピュータの性能は大幅に向上した。そして、これまでの汎用コンピュータに代わって、IT 化社会のプラットフォームとして中心的役割を果たすようになった。今日パーソナルコンピュータは業務用に企業で使用されるだけでなく、「個人用コンピュータ」として広く家庭にも普及し日常不可欠なものとなっている。

わが国では米国に続いて 1970 年代後半からパーソナルコンピュータの開発・製品化が行われてきた^{4) 5)}。わが国のコンピュータでは日本語を扱う必要があり、米国と比して大きなハンディがあった。日本語の壁を乗り越えるべく、ハードウェア技術とソフトウェア技術を駆使して、日本語を扱えるコンピュータ環境がパーソナルコンピュータの上に実現された。

日本がリードし世界に貢献したものとしては、ノート型パーソナルコンピュータの実現があげられよう。日本の得意な軽薄短小化の技術を駆使して、小形軽量で、薄くて持ち運び容易なパーソナルコンピュータが実現され、その後の主流になった。

パーソナルコンピュータが誕生してからすでに 40 年近くになり、その間大きく進歩するとともにその技術も成熟してきた。現時点でこれまでの技術の発展について調査し系統化した結果をまとめることは、次世代の IT 技術開発のためにも有用であろう。これまでに、真空管・式トランジスタ式の第 1・第 2 世代汎用コンピュータについては 2000 年度に、集積回路 (IC) 式の第 3 世代汎用コンピュータとスーパーコンピュータについては 2001 年度に、日本独自の発展を遂げたオフィスコンピュータは 2003 年度にそれぞれ調査を行い、系統化調査報告書を発行した^{6) 7) 8)}。今回はそれに続くものとして、パーソナルコンピュータの歴史と技術に関し調査報告をまとめた。本報告書では最初に米国と日本におけるパーソナルコンピュータの誕生

と発展の歴史について概観したのちに、日本が大きく貢献した技術について報告する。つづいてパーソナルコンピュータの要素技術の発展とその応用について述べ、最後にパーソナルコンピュータの社会への影響について報告する。

第 2 章では、パーソナルコンピュータが、汎用コンピュータからミニコンピュータの発展の流れの中で、マイクロプロセッサの出現がトリガーになって誕生したその背景について述べる。第 3 章では、前半でまず米国におけるパーソナルコンピュータの発達について眺める。マイクロプロセッサが、8 ビット、16 ビット、32 ビットと発展するのに対応して、初期の非力な時代から汎用機に追いつき追いつきまでに発展した段階についてのべる。第 3 章後半では、日本のパーソナルコンピュータの発達について、米国の発達に同期しながらも、日本語の壁を乗り越えて誰でも日本語を扱えるデスクトップ型およびノート型のパーソナルコンピュータを実現した歴史を概観する。第 4 章では日本が特に貢献した技術として日本語処理技術、および軽薄短小のものづくりの伝統を生かしたノート型パーソナルコンピュータの開発について報告する。第 5 章では要素技術とその発展について述べる。ハードウェア技術では半導体の主要部品の CPU とメモリ、入出力のための周辺機器について記述する。ソフトウェア技術では主にパーソナルコンピュータ用 OS についてのべる。第 6 章ではパーソナルコンピュータの応用についていくつかの事例をととりあげる。最後に第 7 章ではパーソナルコンピュータのインターネットとの結合も含め社会への影響について報告する。

20 世紀において誕生したパーソナルコンピュータは大きく発展し、個人にとっても不可欠のものとなった。21 世紀に入ってからあらたにスマートフォンやタブレットが出現し急速に発達している。変化の度合いが早まっており、今後を見通すことは困難になりつつある。その意味においてもこれまでの歴史を検証することは非常に重要であろう。

参考文献

- 1) ペギー・キドウエル + ポールセルージ：『デジタル計算の道具史』、ジャストシステム (1995)
- 2) 嶋正利：『マイクロコンピュータの誕生—我が青春の 4004』、岩波書店 (1987)
- 3) ポール・E・セルージ著、宇田理・高橋清美監訳

- 『モダン・コンピューティングの歴史』, 未来社 (2008)
- 4) 情報処理学会歴史特別委員会編:『日本のコンピュータ史』, オーム社 (2010)
- 5) 情報処理学会ホームページ『コンピュータ博物館』, パーソナルコンピュータ
<http://museum.ipsj.or.jp/computer/personal/index.html>
- 6) 山田昭彦:「コンピュータ開発史概要と資料保存状況について—第1世代と第2世代コンピュータを中心に—」, 『技術の系統化調査報告書 第1集』 (2001-3)
- 7) 山田昭彦:「コンピュータ開発史概要と資料保存状況について—第3世代、第3.5世代コンピュータおよびスーパーコンピュータについて—」, 『技術の系統化調査報告書 第2集』 (2002-3)
- 8) 情報処理学会・歴史特別委員会 オフィスコンピュータ歴史調査小委員会:「オフィスコンピュータの歴史調査と技術の系統化調査」, 『技術の系統化調査報告書 第3集』 (2003-12)

2 パーソナルコンピュータ誕生の背景

2.1 パーソナルコンピュータとは

計算機は当初機械式のものから始まり、続いて電気機械式計算機が製作され、その後に電子式の計算機、すなわち現在のコンピュータが生まれた。機械式計算機で現存する最古のものは17世紀に作られたものであるが、電子式のコンピュータは1940年代後半にはじめて登場した。1960年代には大型の汎用機に発展し、メインフレームと呼ばれるようになった。(図2.1) 続いて、大型化の反動で小型のミニコンピュータが出現し、研究用や制御用に広く使用されるようになった。(図2.2)



図 2.1 メインフレーム (IBM System/360)
(Computer History Museum で撮影)



図 2.2 ミニコンピュータ DEC PDP-8 : 1965 年に最初
に出荷されたモデル
(Computer History Museum で撮影)

半導体技術の発展により、1971年に世界最初の4ビットマイクロプロセッサが誕生した。当初はマイク

ロ命令レベルのコンピュータということで、マイクロコンピュータの用語が用いられた。続いて8ビットマイクロプロセッサが開発され、これを用いて1976年に最初のパーソナルコンピュータとされている Apple II が誕生した¹⁾。パーソナルコンピュータとは、一般的には「個人用の小型で低価格の汎用コンピュータ」のことをいう。コンピュータの専門知識がなくても使用できるように、これまで継続して改良が行われてきた。半導体技術の進歩とともに、パーソナルコンピュータの性能と信頼性が飛躍的に向上し、今日では企業でも家庭でも誰もが使用するようになった。

「パーソナルコンピュータ」の用語は、まだ Apple II が生まれる以前に、アラン・ケイが1972年の ACM 論文“A Personal Computer for Children of All Ages”で使っている²⁾。そして、「個人用 (パーソナル) であるためには、個人で買える必要があり、そのためには価格がテレビより高くてもはだめだ」としている。また「携帯できること (portable)」を重視している。この考え方は、その後のパーソナルコンピュータの流れとよく一致している。

2.2 コンピュータ技術の発達とミニコンピュータの出現

(1) コンピュータ技術の発達

「コンピュータ (computer)」という言葉は、もともと計算を行う人 (計算手) を意味しており、計算機の意味ではカルキュレータ (calculator) の用語が使用されていた。1940年代中頃から計算する機械という意味で「コンピュータ」の名称が使用されるようになった。最初の電子式のコンピュータは米国の ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Computer) で、1946年に公開され、名称に computer の語を使用している³⁾。しかし、1949年に英国で開発された EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) は、まだ calculator の語を使用している。

ENIAC は、陸軍の要請で弾道計算のためにペンシルバニア大学のジョン・プレスバ・エッカートとジョン・モークリが中心となって開発し、真空管約 18,000 本を使用した巨大な機械であった。記憶装置の容量が 20 語しかなかったためにプログラムを記憶させることができず、外部配線により計算方法 (プログラム) を与える必要があった。EDSAC は英国ケンブリッジ

大学のモーリス・ウィルクスにより開発されたが、現在のコンピュータのようにプログラムを内部のメモリに記憶させる方式を始めて採用し、その後のコンピュータのモデルとなった。わが国でも初期の大阪大学や東京大学で開発されたコンピュータは、EDSACを手本としている⁴⁾。その後、ハードウェアとソフトウェアの両者の技術が発達するとともに、コンピュータが大きく発展した。

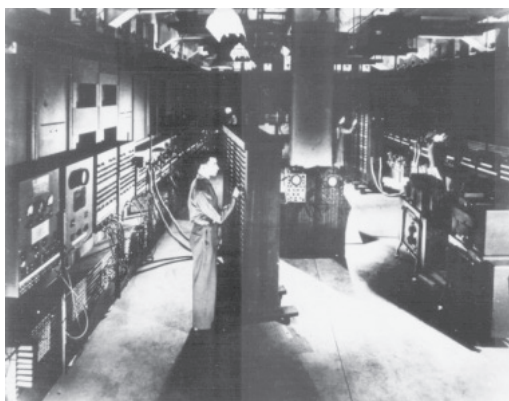


図 2.3 最初のコンピュータ ENIAC
(出典：US Air Force Photos)

ペンシルバニア大学のエッカートとモークリはその後レミントンランド社に移り、1951年に米国で最初の商用機 UNIVAC I を真空管 3,000 本用いて開発した。これは米国国勢調査局に引き渡され国勢調査に使用された。IBM 社は電気機械式のパンチカードシステム (PCS) では市場を制していたが、電子式のコンピュータでは出遅れていた。UNIVAC I に対抗するために、これとほぼ同性能の IBM 701 を 1952 年に発表した。UNIVAC I は 10 進法の事務用計算機であったが、IBM-701 は 2 進法の科学技術計算用のコンピュータであった。真空管式のコンピュータは各社で販売されるようになり、いわゆるコンピュータの第 1 世代を形成した。

1940 年代後半にベル研究所でトランジスタが発明され、コンピュータのトランジスタ化が進み第 2 世代が始まった。ベル研究所ではトランジスタを用いた軍用コンピュータ TRADIC を 1954 年に開発したが、これはプログラム内蔵式ではなかった。ベル研究所がトランジスタの情報を公開したため、フィルコ社はおそらく米国で最初のトランジスタコンピュータの商用機 TRANSAC S1000 を 1958 年ごろ開発した。IBM は大型 2 進の科学技術用 7090、大型 10 進の事務用 7070、小型事務用の 1401 を次々と発表し、第 2 世代が形成された。第 2 世代では、第 1 世代同様、各社と

も事務用には 10 進法、科学技術用には 2 進法のコンピュータを開発した。

IBM では互換性のないコンピュータの製品シリーズが沢山生まれてしまったため、一つの汎用コンピュータシリーズに統合することを計画した。1964 年に発表された IBM システム/360 は、360 度のすべての応用分野をカバーすると共に、小型モデルから大型モデルまで同一アーキテクチャにより、ソフトウェア互換性を実現する汎用コンピュータシリーズであった⁵⁾。すでに集積回路 (IC) 技術が発明されていたが、技術が確立していなかったため、システム/360 ではセラミック基板上に電子部品を搭載したハイブリッド式の混成集積回路を採用し、システムの小型化、高信頼化を実現した。汎用コンピュータはメインフレームと呼ばれるようになり、その技術が確立した。IBM システム/360 は大成功をおさめ、他のメーカーもシステム/360 の対抗シリーズを開発し販売した。メインフレームにおいては、グロッシュの法則によりシステムの性能は価格の 2 乗に比例することから、大型機の導入がユーザにとって有利であり、メインフレームの大型化の傾向が続いた。

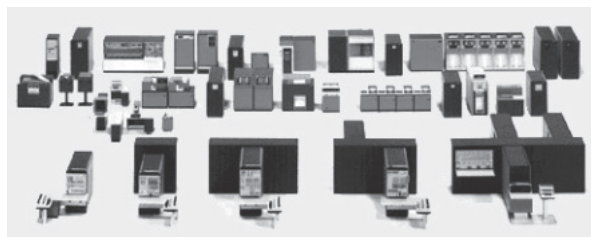


図 2.4 IBM システム /360
(写真提供：日本 IBM)

(2) ミニコンピュータの出現

大型汎用コンピュータでは、多数の処理を一括して行う方法がとられていたが、研究所での研究や実験には研究者が自由に使用でき、また小回りのきくコンピュータが強く望まれた。また制御用には実時間処理が要求された。それまでの上から与えられるものから、現場主導でのコンピュータの導入が求められるようになってきた。このような動きがやがてミニコンピュータの出現につながっていく。

ミニコンピュータの発展は、当初は技術者や科学者を巻き込み、後にはさらにいろいろな分野を巻き込んでコンピュータに直接触れる機会を広めた。特にテレタイプによりコンピュータを操作することにより、個人が操作する対話装置の概念を生み出した。

MIT リンカーン研究所の Charles Molnar と Wesley Clark は、アメリカ国立衛生研究所で研究者が 1 人で使用するための 12 ビットコンピュータ LINC (Laboratory Instrument Computer) を設計し、デジタルイクイップメント社 (DEC) がこれを製造した⁵⁾。1962 年 3 月に 1 号機が完成したが、価格は 43,000 ドルと高価だった。これは最初のミニコンピュータであり、パーソナルコンピュータの元祖といわれる。当時のメインフレームでは、コンピュータ内部の 1 語の長さは、36 ビットや 32 ビットが多く使われていた。LINC では、語長を 12 ビットに短くして、プログラムをかけて使用した場合の性能をあまり落とさずに、ハードウェアの量を減らして小型化することに成功した。図 2.5 に LINC の写真を示す。



図 2.5 MIT リンカーン研究所で開発された LINC
出典：The LINC on display at the Vintage Computer Festival (Nov 3-4, 2007)
DigiBarn Computer Museum, a1-IMG_0008.jpg
<http://www.digibarn.com/collections/systems/linc/>
(Courtesy of Digibarn Computer Museum, Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License.)

LINC の設計から DEC は 18 ビット機の PDP-4 と、12 ビット機の PDP-5 の着想を得て、それぞれ 1962 年と 1963 年に製品化した。1964 年には PDP-8 (12 ビット機) を発表し、1965 年に初出荷した。PDP-8 は低価格の小型コンピュータで、最初のミニコンピュータ製品となり技術計算、産業機器制御、通信機器制御に広く用いられ、5 万台以上販売された。さらに後年開発された単一チップのモデルは数え切れないほど販売されたといわれる。



図 2.6 DEC PDP-8/s ミニコンピュータ (1965 年に出荷された低価格モデル)
(Computer History Museum で撮影)

PDP-8 の成功は、システムの性能、記憶装置、実装技術、価格などの多くの要因がある。12 ビットの語長によって直接アクセスできるメモリの量は制限されるが、間接アドレッシングによりこの制約を避けた。もう一つの回避策は、ページ分割であった。メモリサイクルタイムは 1.6 マイクロ秒に短縮された。メインフレームより計算速度は遅いものの、多くのアプリケーションが開発され、高価なメインフレームと同等の評価を得た。DEC はまた単純で安価な磁気テープシス

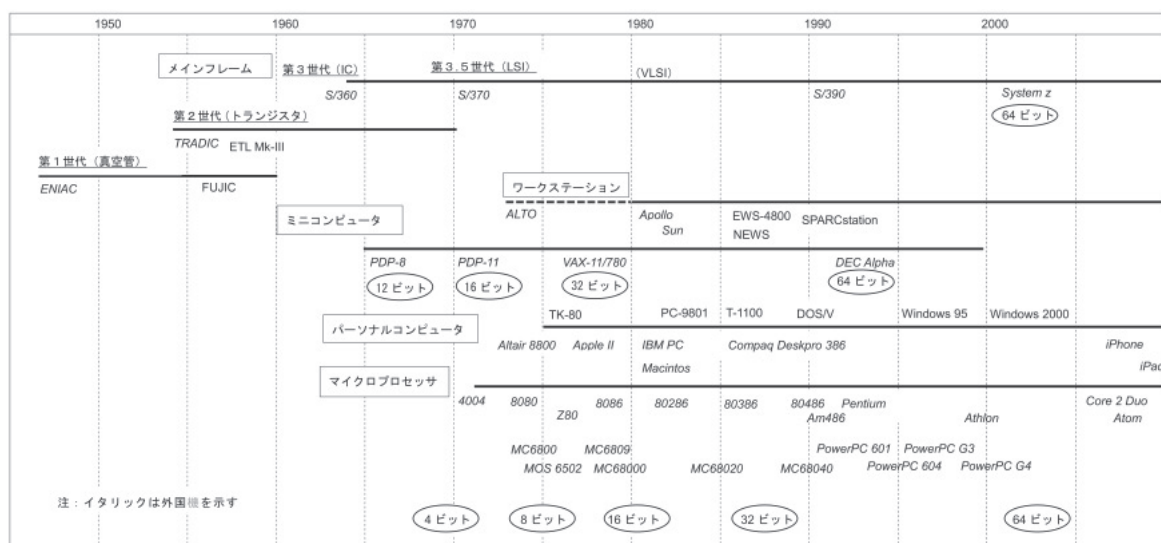


図 2.7 コンピュータの発展

テム「DEC テープ」を外部記憶装置として提供した。ドライブ自体がコンパクトで、同じラックに置くことが出来、メインフレームの磁気テープドライブと違って、現代のパーソナルコンピュータのフロッピーディスクドライブのような使い方ができた。PDP-8の価格は18,000ドルに設定され、その低価格は業界に衝撃を与えた。以降、バリアン社、データジェネラル社、ヒューレットパッカード（HP）社など多くのメーカーがミニコンピュータ市場に参入した。図 2.7 はメインフレーム、ミニコンピュータを含むコンピュータ全体の発展の図を示す⁶⁾。

2.3 半導体技術の進歩とマイクロプロセッサの誕生

第3世代で互換性のある真の汎用コンピュータが登場し、メインフレームの世界は第2世代から大きく変わった。同時に1960年代後半に登場した半導体技術の適用により、ミニコンピュータの世界も変わっていった。1980年代中頃までにミニコンピュータはマイクロプロセッサを搭載したワークステーションに発展していった。

第2世代コンピュータを実現したトランジスタは、1947年に米国ベル研究所のジョン・バーディーンとウォルター・ブラッテンにより点接触型のものが発明され、1949年にウィリアムショックレーにより接合型トランジスタが発明された。1959年にはジーン・ホーリーにより、シリコンプレーナトランジスタが発明された。

集積回路についてはテキサス・インスツルメンツ（Texas Instruments、以下、TI社）のジャック・キルビーがゲルマニウムを用いた回路を1958年に開発し1959年に特許を申請した。一方、フェアチャイルドセミコンダクタのロバート・ノイスは少し遅れてシリコン・プレーナ集積回路を開発し、1961年に特許を取得した。キルビーは1964年に特許を取得した。1962年ごろにはコンピュータ・オン・チップの実現が米国では予想されていたが、実際には数十トランジスタの集積にとどまった。1960年代後半にはまとまった機能を集積化したMSI（Medium Scale Integration）が実用化され、コンピュータや制御機器などに広く使用されるようになった。

1960年代後半に、日本のビジコン社がインテル社に高度な関数計算のできる電卓用のLSI開発を依頼した。同社は、フェアチャイルドセミコンダクタ社からスピニアウトしたロバート・ノイス、ゴードン・ムーアなどにより1968年に設立された。この電卓用

LSI開発の過程で、4ビット・マイクロプロセッサ4004が生まれ、これが世界最初のコンピュータ・オン・チップとなった⁶⁾。「マイクロコンピュータ」の名は、1971年秋のウエスコン・ショーにおいてインテル社のテッド・ホフがMCS-4（Micro Computer System）として発表時に使用した。

ビジコン社では、4004を搭載した電卓141-PFを1971年に販売した（図2.8）。このチップは当初はビジコン社向けの専売品であったが、インテル社は汎用品としての販売を希望し、ビジコン社と交渉して他社への販売権を獲得し、1971年11月に4004としての販売を開始した。



図 2.8 ビジコン電卓 141-PF とインテル 4004
（情報処理学会情報処理技術遺産認定式で撮影）

4004につづき、インテル社は世界初の8ビットマイクロプロセッサ8008を1972年4月に発表した。これは当初Computer Terminal Corporation（CTC社、後のDatapoint社）の端末用に、同社の仕様にもとづき1201として開発されていた。しかし、チップの開発遅れや性能不足からCTC社の端末には採用されなかった。このためチップの権利はCTCに譲渡せずにインテルが保持した。服部時計店（精工舎）がこれを電卓に使用することを希望したため開発が再開され、1972年3月にチップが完成した。インテル社は8008と改名して販売し、服部時計店は8008を用いた電卓S-500を1972年に開発した。8008では、低消費電力化のため、速度は犠牲にしても内部論理回路を単純化した。8ビット構成のため8ビットで表される文字の取り扱いを可能にした。

米国では8008を用いた汎用コンピュータは開発されなかったが、フランスのR2Eのチー・チュオン（Thi Truong）がミニコンの置き換えをねらってMICRALを開発した⁵⁾。これはマイクロプロセッサ8008を用いた、キットでない最初のパーソナルコン

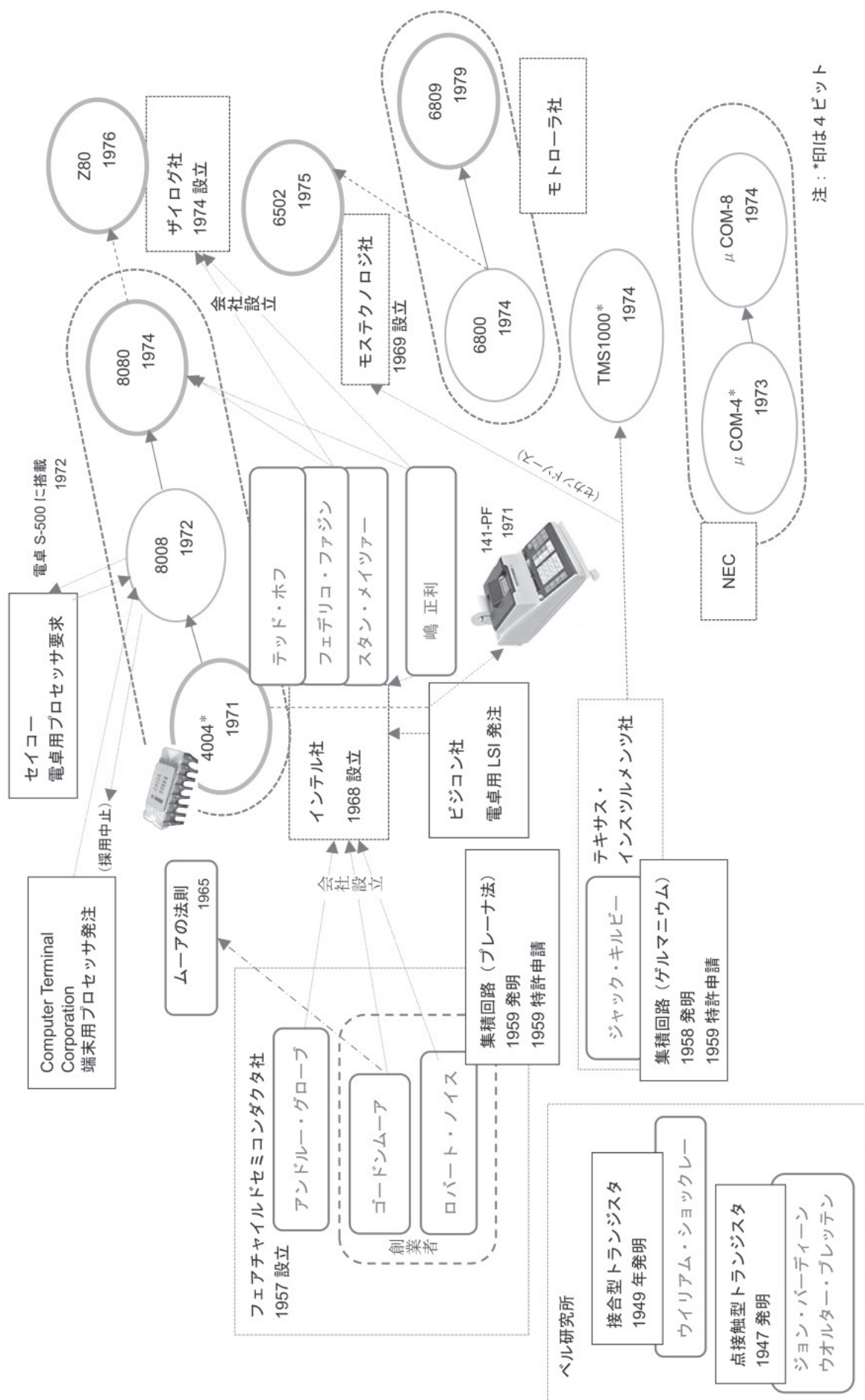


図2.9 マイクロプロセッサの誕生と発展

ピュータ商用機といわれる。約2,000台販売されたが、性能不足から成功はしなかった。

インテル社は8008を開発するとともに、8008を用いたソフトウェア開発システム Intellec 8を1973年に製作した。ユーザが8008のソフトウェアを開発するためのツールとして準備したもので、価格は約1万ドルであった。PL/Iベースのコンパイラ PL/Mをサポートした。Intellec 8はパーソナルコンピュータと同等の機能を持っていたが、インテル社にその認識はなかったといわれる。

インテル社は8008の上位の8ビットプロセッサ開発を1972年初頭に決定し、8080として1974年に発表した。これにはコンピュータの機能がほとんど組み込まれており、1語8ビットでデータを処理し、64k語のメモリにアクセスできた。当初「マイクロコンピュータ」の語が使われていた。8080を搭載したマイクロコンピュータキットがMITS社より登場し、パーソナルコンピュータの時代の幕が開けた。

図2.9にトランジスタの発明から4ビットマイクロプロセッサの誕生、8ビットマイクロプロセッサへの発展の図を示す。(マイクロプロセッサについては「5.1.2 マイクロプロセッサ」参照)

2.4 グラフィックユーザインタフェース (GUI) の発達

その後のパーソナルコンピュータの発達には、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) が重要な技術要素となる。MITのIvan Sutherlandは、Vannevar Bushの1945年の論文「われわれが思考するごとく (As We May Think.)」⁷⁾に書かれているmemexの構想に触発され、MITリンカーン研究所のTX-2コンピュータを用いて会話型2次元CADシステムSketchpadを作成した⁸⁾。memexは、文書・画像・音声などの多様な記録を自由に連結して読み書きできるハイパーメディアの概念を初めて示したもので、写真技術とマイクロフィッシュにより実現することを想定していた。Sketchpadにはオブジェクト指向の概念が取り入れられ、ライトペンとグラフィックディスプレイによりコンピュータとの対話が可能であった。当時はラスタ型ディスプレイはまだ存在せず、ベクタスキャン型のディスプレイが用いられた。

マウスの発明者として知られるDouglas Carl EngelbartもBushの論文を読んでおり、SutherlandのSketchpadに触発されて対話型システムの研究を開始し、スタンフォード研究所 (SRI) でタイムシェアリングシステム上にNLS (oN Line System) を構

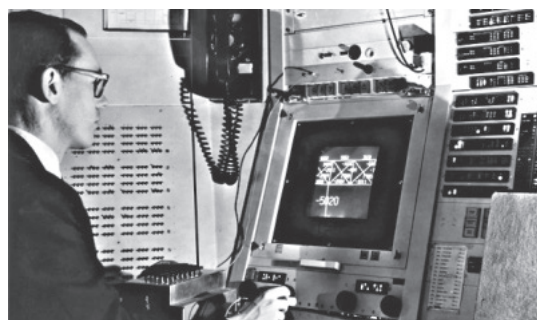


図2.10 Ivan SutherlandのSketchpad
(出典: "Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System"⁸⁾)

築した⁷⁾。Engelbartらによりビットマップスクリーン、マウス、ハイパーテキスト、GUIなどの技術が開発され、1968年にサンフランシスコでパーソナルコンピューティングのビジョンを示す大掛かりなデモンストレーションが行われて、参加者を驚かせた。また同じ頃、ノールウェイ計算センターから先進的なシミュレーション方法 (オブジェクト指向のSimula) が発表された。

これらの背景から、アラン・ケイはユタ大学に移ったSutherlandのもとで研究を開始し、オブジェクト指向プログラミングとパーソナルコンピューティングの二つのアイデアを結合したデスクトップ パーソナルコンピュータ "FLEX マシン" を作ることを計画した^{9) 10)}。これはタブレット・ポインティングデバイス、アイコン、マルチウインドウを備えていたが、一般の人には使いにくいシステムになってしまった。

アラン・ケイは1968年にイリノイ大学のPLATOシステムの平面ディスプレイ、シーモア・パパートの子供たちが使うためのLOGOシステム、RAND Corporationの手書き文字認識システムGRAILを見て実現のための要素がすべてそろったと考え、Dynabookの構想をまとめた。

ゼロックス社パロアルト研究所 (Palo Alto Research Center, PARC) では、コンピュータ科学研究室のプロジェクトで未来のオフィスシステムの研究に関連してコンピュータの研究を行っていた。研究室の責任者R.テイラーはかつてARPAでJ.C.R リックライダーのもとで研究していた。リックライダーはARPANET、インターネットの生みの親として知られているが、「人とコンピュータの共生」を著し、大型コンピュータ (タイムシェアリング) による対話処理を主張していた。これに対しテイラーは小型コンピュータによる対話処理が重要だと考えていた¹²⁾。コンピュータ科学研究室のプロジェクトには、パーク

レーコンピュータ社（BCC）から B. Lampson と C. Thaker も加わった。リックライダーは UC Berkeley に MIT の Project MAC に対抗するタイムシェアリングシステムのプロジェクトを組織し、Berkeley Timesharing System を開発させたが、このプロジェクトの関係者が後に BCC を設立した。

アラン・ケイは 1971 年にゼロックス社 PARC に入り、コンピュータ科学研究室の共同プロジェクトに加わった。ケイは Dynabook の構想を提案し、これを取り入れて Alto が 1973 年に開発された¹²⁾。これはビットマップディスプレイ、マウス、これらを用いた GUI を備えたシステムである。商品化はされなかったが約 1,000 台製作され、社内使用のほか外部の研究機関にも配布された。1971 年から 1975 年までの成果をまとめた報告書が 1976 年に作成され、1977 年に IEEE Computer 誌にアラン・ケイとアデーレ・ゴールドバーグの共著論文 "Personal Dynamic Media" が発表され脚光を浴びた⁹⁾。この論文は GUI を持ったパーソナルコンピュータ実現に大きな影響を与えた。Alto の誕生の経緯については、喜多千種著『起源の



図 2.11 ゼロックス社パロアルト研究所（PARC）で開発された Alto
(Computer History Museum で撮影)

インターネット』¹²⁾ に詳しい。

アップルコンピュータ社は PARC の Alto を見学して GUI 持ったパーソナルコンピュータを商品化した。(「3.1.3 GUI 搭載機の実現」参照)

以上のような GUI 技術発達経緯を図 2.12 に示す。

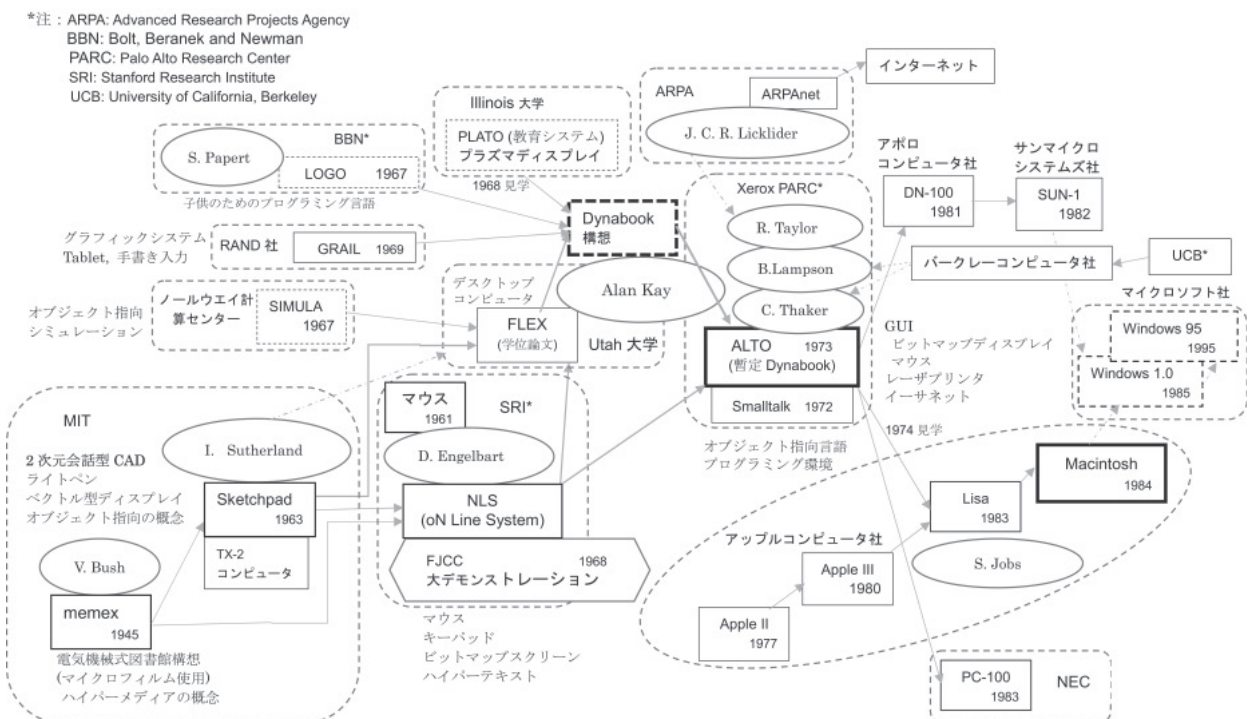


図 2.12 GUI (Graphical User Interface) 技術の発達

参考文献

- 1) ペギー・キドウエル + ポールセルージ：『デジタル計算の道具史』，ジャストシステム（1995）
- 2) Alan C. Kay: “A Personal Computers for Children of All Ages”, Proc. ACM National Conference, 1972
- 3) ハーマン H. ゴールドスタイン著；末包良太，米口肇，犬伏茂之訳：『計算機の歴史：パスカルからノイマンまで』，共立出版（1979）
- 4) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータの歴史』，オーム社（1985）
- 5) ポール・E・セルージ著，宇田理・高橋清美監訳『モダン・コンピューティングの歴史』，未来社（2008）
- 6) 嶋正利：『マイクロコンピュータの誕生—我が青春の 4004』，岩波書店（1987）
- 7) 西垣通：『思想としてのパソコン』，NTT 出版（1997）
- 8) Ivan E. Sutherland, “Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System”, Lincoln Laboratory, MIT, Technical Report No. 296 (paper)
- 9) アラン・ケイ著，浜野保樹訳：『マルチメディア－21 世紀のテクノロジー』，岩波書店（1993）
- 10) 鶴岡雄二翻訳・浜野保樹監修：『アラン・ケイ』，アスキー（1992）
- 11) Alan Kay and Adele Goldberg: Personal Dynamic Media, Computer, Vol.10, No.3, pp.31-41（1977）
- 12) 喜多千草：『起源のインターネット』，青土社（2005）

3 パーソナルコンピュータの発達

3.1 米国におけるパーソナルコンピュータの発達

1975年に8080を用いたマイクロコンピュータキット Altair 8800が、米国のMITS (Micro Instrumentation and Telemetry Systems) 社から発売された (図3.1)。ビル・ゲイツとポール・アレンとはこのキット用のBASICインタプリタを開発し、マイクロソフト社を設立した。1976年には、当時ヒュレットパッカード (HP) 社に勤めていたスティーブ・ウォズニアックが、モステクノロジー社の8ビットマイクロプロセッサ6502を用いてボードコンピュータ Apple Iを設計した (図3.2)。ウォズニアックはスティーブ・ジョブズとアップルコンピュータ社をおこしてこれを発売した。1977年には種々の周辺機器を組み込めるようにしたパーソナルコンピュータが登場した (図3.3)。1977年6月にアップルコンピュータ社は Apple IIを出荷した。これはCPUにモステック社の6502を使用し、BASICインタプリタをROMに搭載して、一体化したキーボード、ビデオディスプレイを持ち、今日のパーソナルコンピュータの基本構造を実現していた。Apple IIは大成功し、パーソナルコンピュータの市場が形成されていった^{1) 2) 3) 4)}。

表3.1 8ビットマイクロコンピュータ / パーソナルコンピュータ年表

年	出来事
1975	MITS : Altair8800 発表
1976	IMSAI : マイクロコンピュータキット IMSAI 発売
1977	アップルコンピュータ : Apple II 発売 タンディラジオシャック : TRS-80 発表 コモドル社 : PET 発売
1979	Apple II 用表計算ソフトウェア VisiCalc 発売
1981	Osborne Computer : ポータブル型 Osborne 1 発売
1983	タンディラジオシャック : ラップトップ型 TRS-80 Model 100 発売

3.1.1 8ビットマイクロコンピュータとパーソナルコンピュータの登場

(1) マイクロコンピュータキット Altair 8800 の発表
インテル社の8ビットマイクロプロセッサ8080を搭載した Altair 8800 を1975年に発売したMITS社

は、ニューメキシコ州アルバーカーキーの小さな会社であった。1971年に電子式卓上計算機のキットを販売して計算機市場に参入したが、計算機の価格が急落したためこの市場から撤退した。もと米国空軍士官でMITS社を設立したH. エドワード・ロバーツは、8080を使った小型コンピュータ作ろうと考え、Altair (牛星) という名前をつけた。これはロバーツ社長の友人の Popular Electronics 誌のテクニカルディレクターであるソロモンの娘によって名づけられたといわれる。

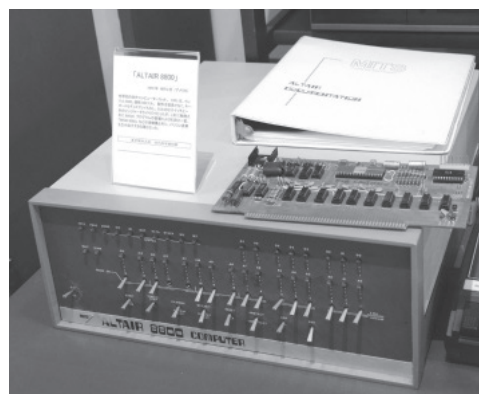


図3.1 MITS社 Altair 8800
(理科大近代科学資料館所蔵)

Altairのメモリは当初256バイトで、プログラミングは2進数の機械語で行い、プログラムやデータは前面のトグルスイッチでセットして入力した。実行結果は前面パネルのランプで表示した。しかし、内部に空きスロットがあり、増設回路のボードを装着できた。1975年1月の Popular Electronics 誌の表紙に Altair の写真が掲載された。「市販製品に匹敵する世界初のミニコンピュータキット」と説明があり、キットが395ドル、完成品が498ドルであった。発売後は注文が殺到し、3ヶ月で4,000台の受注残を抱えた。数千台の規模で大量販売され、最初のマイクロコンピュータとなった。雑誌記事には、「洗練されたミニコンピュータに対抗できる本格的なコンピュータ」、「今ある商用ミニコンピュータに匹敵する機能」と記されていた。

8080は8008より多くの命令を持ち、処理速度が速く、高性能であった。8008は各種機能の実現に12チップ必要であったが、8080は6チップで済んだ。8008のアドレス空間が16Kバイトであるのに対し、

8080 は 64k バイトのアドレス空間を持っていた。また、メインメモリをスタックとして利用できたので、何段階もネスティングができた。

Altair の完成品は約 500 ドルであったがコンピュータとしての最小限の構成で、キーボードや入出力装置などを持っていなかったから、これらをすべて含むと約 4,000 ドルにもなった。キットの組立も難しく、信頼性も十分でなかったが、多くのマニア達に熱狂的に迎えられた。ロバーツは、ミニコンピュータと同様に、Altair の内部バスの仕様 (S-100) を公開するオープンな設計思想をとったので、メモリや周辺制御のカードを自由に増設できた。そして、コンピュータに関する同好会、ショップ、雑誌、大会などが次々に生まれた。

1976 年には IMSAI Manufacturing 社がビジネス市場をねらって、Altair と同様のキットを発売した。Altair と同じく、インテル 8080 と S-100 バスを使用した。プログラムとデータの入力には前面パネルのスイッチで行った。電源は優れていたが、システムの信頼性は十分でなく、ビジネス用アプリケーションも未整備であったため事業はうまくいかず、1979 年に倒産した。

アマチュア無線などで知られたヒース社は、1977 年に 8080 を用いて機械語でプログラミングするコンピュータキット Heath H-8 を 375 ドルで販売し、マニアに歓迎されたが、その後、家電メーカーのゼニス社がヒース社のコンピュータ部門を買収した。

1977 年には多くの企業がマイクロコンピュータの製造を行っていた。この年に MITS は株式をパーテックコンピュータ社に売却した。

(2) パーソナルコンピュータ Apple II の誕生

1977 年には数多くパーソナルコンピュータが発売された。特に成功したのは、タンディラジオシャック社の TRS-80、コモドール社の PET、アップルコンピュータ社の Apple II であった。タンディラジオシャック社は、TRS-80 を基本価格 400 ドルで売りだした。TRS-80 モデル 1 は、CPU に Z80 を使用し、キーボード、モニター、カセットテープドライブがつけられていた。起動ルーチンと BASIC は ROM に格納されていた。基本モデルはメモリが 4k バイトであったが、拡張インターフェースを追加すれば、メモリや入出力装置を増設できた。その後の高性能モデルではメモリ容量を増やし、プログラム入力用にフロッピーディスクを採用した。コモドール社の PET は、モニター、キーボード、カセットプレーヤのついた一

体型パーソナルコンピュータで、CPU に MOS テクノロジーの 6502 を使用した。米国ではあまり売れなかったが、ヨーロッパでは非常によく売れた。



図 3.2 アップルコンピュータ社 Apple I
(Computer History Museum で撮影)



図 3.3 アップルコンピュータ社 Apple II
(理科大近代科学資料館提供)

Apple II はシリコンバレーのガレージで生まれたという話でよく知られている。基本価格 1,200 ドルと高価であったが、親しみやすい名前や魅力的な外観などからもっともよく売れた。スティーブ・ジョブズのビジョン、スティーブ・ウォズニアックの技術力、マイク・マークラの優れた管理が成功に大きく貢献したといわれる。CPU にはモステック社の 6502 が採用された。ウォズニアックは Apple II 用の BASIC を作成したが、実際の販売時にはマイクロソフト社が 6502 用に作成し ROM に格納した BASIC 改良版が提供された。Altair と同じオープンアーキテクチャを採用した。他の機種では実現できていなかったカラーグラフィックス機能を備えていたことから、ゲームにも適していた。Apple II はいろいろな用途に使えらるとともに、使いやすくとっつきやすいコンピュータであり

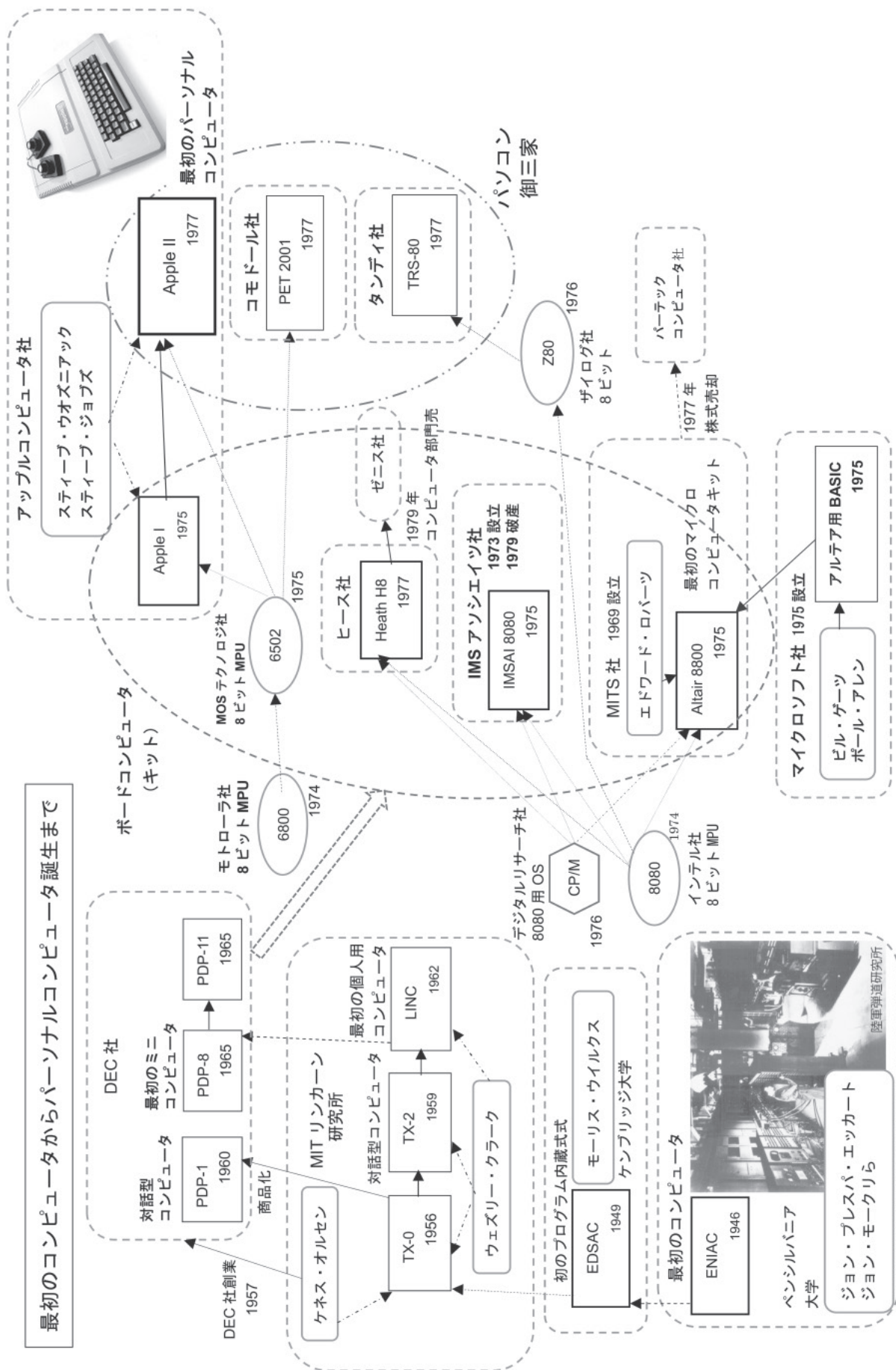


図 3.4 パーソナルコンピュータ誕生

人気が広まった。

1977 年まで、MITS や IMSAI などのメーカーは、8 インチのフロッピーディスクドライブをつけて販売していたが高価であった。ウォズニアックは 5.25 インチフロッピーディスク用の単純で優れた制御回路を設計した。これは 113K バイトのデータを記憶でき、OS とコントローラを含め、495 ドルで販売された。このフロッピーのおかげで、便利な大衆向けのパーソナルコンピュータ用ソフトウェアを販売し流通させることが可能になった。表計算プログラムの VisiCalc は多くのユーザが買い求めた。フロッピーディスクによりパーソナルコンピュータの市場は拡大し、Apple II は 1980 年末までに 12 万台以上販売された。

アダムズ・オズボーンは小さな携帯用の出版社を営んでいたが、1980 年 Osborne Computer 社を設立し、1981 年 3 月に携帯用コンピュータ Osborne 1 を発売した³⁾。大きさは携帯ミシン位で、重量が約 13kg であった。CPU は Z80 を使用し、5 インチディスプレイ、キーボード、2 台のフロッピーディスクドライブを内蔵した。CP/M とアプリケーションを含め価格が 1,795 ドルとし、当時としては革命的で大成功を収めた。会社は急成長したが、あまりにも急激な成長のため管理しきれなくなり、1983 年後半に倒産した。

TRS-80 を 1977 年に発売したタンディラジオシャック社は、京都セラミック（現京セラ）と共同でポータブル機 TRS-80 Model 100 を開発した。大きさはほぼ A4 ファイルサイズ、重量 1.8kg であった。CPU は 8080 の省電力版 80C85 を使用、CRT ディスプレイに代わり小型液晶ディスプレイを採用して、大幅に小型化するとともに、乾電池 4 本で使用可能にした。フルサイズキーボードを備え、ビル・ゲイツが作成した BASIC、簡単なワードプロセッサ、ファイル管理プログラムが付属した。Model 100 はモデムを内蔵し、通信ソフトウェアも付属していたので、ジャーナリストが現場で記事を書き電話回線を通じてファイルを本社に送ることができたので、高い人気を博した。

最初のパーソナルコンピュータが誕生するまでの経緯を図 3.4 に示す。

3.1.2 16 ビット事務用機への発展

(1) IBM PC の登場と成功

1970 年代のはじめごろ、IBM はコンピュータ言語のデモンストレーション用に SCAMP というポータブルコンピュータを開発した¹⁾。これをもとにビジネ

ス向けの IBM5100 が製品化され販売されたが、高価であったため成功しなかった。Apple II などの成功によりパーソナルコンピュータの市場が拡大していった。IBM では出来るだけ早く市場に参入するために、フィリップ・ドン・エストリッジを中心とする少人数のメンバーで IBM PC を 1981 年に開発した。



図 3.5 IBM PC
(Computer History Museum にて撮影)

表 3.2 16 ビットパーソナルコンピュータ年表

年	出来事
1981	IBM : IBM PC 発売
1983	IBM : IBM PC/XT 発売 コンパック : ポータブル型 Compaq Portable 発売 アップルコンピュータ : Lisa 発売
1984	アップルコンピュータ : Macintosh 発売 IBM : IBM PC/AT 発売

CPU にはインテルの 16 ビットマイクロプロセッサ 8088 を用いた。8088 は、内部は 16 ビット / 語の処理が可能だが、外部とのやりとりは 8 ビットであった。文字コードは IBM メインフレームに使用していた EBCDEC ではなく ASCII コードを採用した。62 ピンのバスアーキテクチャを採用し、空きスロットを 5 個持っていた。モノクロモニターは 80 文字 × 25 行の表示が可能で、Apple II よりすぐれており、事務処理に適していた。Altair や Apple II と同様にオープン・アーキテクチャを採用し、マイクロプロセッサだけでなく、ディスクドライブ、プリンタなど多くの部品を外部から調達した。さらに販売面でも自社のみで行う従来の方針を捨てて、外部の流通機構を利用した。その結果、IBM PC は大成功をおさめ、数百万台が販売された。

OSにはPC-DOS（マイクロソフト社のMS-DOSのOEM製品）を採用し、BASICはROMで供給した。OSとして、CP/MやUCサンディエゴ校パスカルベースシステムも選択できたが、PC-DOSが普及した。IBM PC上では、ワープロ、会計、ゲームおよび表計算ソフトが利用可能と発表された。1982年にロータス・ディベロップメントの1-2-3が発売され、IBM PCとロータス1-2-3の組み合わせはアップルコンピュータ社の売上高を抜いた。マイクロソフト社は1982年より、MS-DOSをIBM以外のメーカーに供給しだした。

(2) IBM PC-ATと互換機の進展

IBM社は同年8月に80286を用いたIBM PC-ATを発表した。80286は8086に比べてクロック周波数が約2.5倍になった。またリアル・モードに加え、プロテクトモードをサポートした。リアル・モードの約1Mbytesの物理メモリ空間に対し、プロテクトモードでは16Mbytesの仮想メモリ空間をサポートできた。ほかにメモリ保護機能、メモリ管理機能など、マルチタスクOSのサポートに必要な機能を備えていた。

PC-ATではインターフェース情報が開放されたため、PC-ATがその後の実質的な標準機となり、多くのメーカーがPC-AT互換機を発売した。代表的な互換機メーカーのCompaq Computer社は、TI社にいたロッド・キャニオン、ジム・ハリス、ビル・マートの3人が1982年に創業した。リバースエンジニアリングにより100%互換性のあるパーソナルコンピュータを実現することを考えた。また、クリーンルーム設計により、IBMが権利を主張しているBIOSをIBMの権利を侵害せずに作成できるようにした。Compaq Computer社はPC/AT互換機メーカーとして成功をおさめ、1990年代には最大のPCメーカーの地位を確立した。その後、フェニックステクノロジーズ社が、BIOSチップのリバースエンジニアリングを行い、互換機製作にBIOSチップを販売した。これにより互換機の製作が容易になった。

3.1.3 GUI搭載機の実現

アップルコンピュータ社は1979年よりMacintoshの開発を開始した。カリフォルニア大学サンディエゴ校教授で後にアップル社に移ったジェフ・ラスキンはゼロックス社PARCの開発の様子を知り、アップル社の開発チームを説得してPARCのAlto（2.4参照）のようなグラフィックを取り入れたコンピュータを開

発することを勧めた¹⁾。1979年12月にスティーブ・ジョブズはPARCのAltoによるSmall TalkのGUIを用いたデモンストレーションを見学して驚き、その技術を導ることになった²⁾。その結果アップルコンピュータ社は1983年にGUIを持ったLisaを開発し販売するが、価格が1万ドルと高価であったため商業的には成功しなかった。

ラスキンが提案したMacintoshは、Lisaの優れた特徴を生かしながら一般の顧客が買える価格に設定され、1984年に発売された。ラスキンの目標は1,000ドルであったが、実際の販売価格は2,495ドルであった。IBM PCより高価であったが、他にグラフィカルユーザーインターフェースをもつパーソナルコンピュータは存在していなかった。CPUにはモトローラ社の68000が用いられ、3.5インチフロッピーディスクドライブ1台、高解像度モニター（モノクロ）、マウス、128Kバイトのメモリを装備した。



図 3.6 1984 年発売の Macintosh 512K
(Macintosh 128K は 1984 年発売)
(理科大近代科学資料館所蔵)

3.1.4 32ビット機への発展

1983年11月にインテル社から発表された80386ではx86アーキテクチャを32ビットに拡張して互換性を維持し、マルチタスク処理にも対応した。トランジスタ数は27万個を超え、4ビットの4004のトランジスタ数の100倍以上となった。32bitプロテクトモードが新設され、外部アドレスバスの32bit化により、4Gbytesの物理メモリ空間をサポートした。また過去の資産継承用として、プロテクトモードに仮想86モードが加えられ、DOSからプロテクトモードを活用したOS環境への移行が容易になった。

80386を搭載した最初のパーソナルコンピュータは、Compaq Computer社よりDeskPro 386として1986年に販売された。IBMは80286の製造権を持っており、これを自社生産してパーソナルコンピュータ

表 3.3 32 ビットパーソナルコンピュータ

年	出来事
1986	コンパック：Compaq Deskpro 386 発売
1987	IBM：PS/2 シリーズ発売 アップルコンピュータ：Macintosh II 発売

に搭載していたため 80386 の搭載が遅れ、Compaq Computer 社の 7 ヶ月後となった。Comaq Computer 社 Deskpro 386 の当初の OS は Windows 2.1 に 8086 仮想モードを Compaq 自身で追加したものであった。

MS-DOS のユーザインターフェースは、キーボード入力のコマンドベースであったが、ワークステーションではマウスやアイコンを用いたグラフィカルユーザインターフェース (GUI) が実現されていた。アップルコンピュータ社も GUI を装備した Macintosh を発売し好評であった。これらの影響を受けて、マイクロソフト社は MS-DOS 上で動作する GUI として Microsoft Windows 1.0 を 1983 年 11 月に発表し、2 年後の 1985 年 11 月に出荷した。マイクロソフト社はその後 Windows を 2.1、3.0 とバージョンアップを行い、3.1 の登場により普及段階に入った。インテル 80386 エンハンスモードを完全にサポートしてマルチタスク環境を提供するとともに、マルチメディア機能や自由に文字のサイズを拡大縮小でき高品質の印字ができる TrueType フォントをサポートし、すぐれた GUI を実現した。

1995 年に Microsoft Windows 95 がリリースされ、MS-DOS から Windows への移行が決定的となった。Windows 95 は誰もが使える使いやすいパーソナルコンピュータを目指して開発された。内部に MS-DOS をバンドルし、GUI を改善し、本格的なマルチメディア機能やネットワーク機能を搭載した。また、プラグ & プレイ機能をはじめ搭載し、パーソナルコンピュータの設定の難しさの問題を解決した。当初別売りだったインターネットブラウザ Internet Explorer は、その後 Windows に標準機能として搭載され、インターネットの普及に貢献した。

Macintosh の CPU には当初モトローラ社の CISC の 680x0 シリーズのマイクロプロセッサが用いられていたが、その後 RISC の PowerPC が採用され、PowerMAC となった。PowerPC は、1991 年にアップルと IBM、モトローラの 3 社により開発が発表された RISC チップである。これは従来と比較して非常に高性能ではあったが、680x0 シリーズとは互換性が

なく、Mac OS 側で PowerPC 命令に動的コード変換をすることによりソフトウェア互換を確保した。System 7.5 までは MacOS そのものも一部を除いてほとんど PowerPC コード化されておらず、PowerPC の真価を発揮することはできなかった。System 7.5.1 から Mac OS 8.1 にかけて徐々に PowerPC コードを増やし、Mac OS 8.5 以降は PowerPC 搭載モデルのみを動作対象とした。

3.2 日本におけるパーソナルコンピュータの発達

日本初のパーソナルコンピュータは 1970 年代後半に登場し、以来いくつかの段階を経て大きく成長を遂げた。1980 年代前半には 8 ビットパーソナルコンピュータの普及拡大により年間出荷台数は 100 万台を超えた。その後の 16 ビットパーソナルコンピュータの登場により 1985 年には 8 ビット機と 16 ビット機の出荷台数が逆転した。ビジネス分野への利用も増えて、1990 年は 207 万台を出荷した³⁾。

その後 2 年間はやや減少したが、1993 年度より再び増大に転じた。その背景には、Compaq Computer 社の IBM 互換機の国内市場参入により低価格化が進んだこと、マイクロソフト社の Microsoft Windows 3.1、Microsoft Windows 95 の発売により、MS-DOS から Windows の時代に移ったことなどがある。その結果、1995 年度の国内出荷台数は 570 万台となり、出荷金額も 1 兆円を超えた。

その後もノート型パーソナルコンピュータやマルチメディアパーソナルコンピュータの登場、インターネットの普及などにより、パーソナルコンピュータ市場は拡大を続け、2000 年度には出荷台数 1,210 万台、出荷金額は 2 兆円を超えた。2000 年度には、ノート型パーソナルコンピュータがデスクトップパーソナルコンピュータの出荷台数を上回り、パーソナルコンピュータの世帯普及率が 50% を超えた。

3.2.1 国産マイコンキット/パーソナルコンピュータの誕生：8 ビットの時代

(1) 8 ビットトレーニングキットの誕生

日本電気 (以下 NEC) では 1976 年 8 月に 8080 互換の μ PD8080A を用いたワンボードマイコンのトレーニングキット TK-80 を発売した。LED 表示と 16 進キーボードがついていた。これはマイクロプロセッサの評価、教育用のツールとして開発されたものであるが、低価格 (88,500 円) であったことや、NEC が秋葉原に Bit-INN を開設してサポートしたこともあっ

て、一般のマニア層にまで広がり、マイコンブームの先駆けとなった。NEC は 1977 年に BASIC インタプリタ ROM、ビデオ表示回路、JIS キーボードを搭載した TK-80BS を発売した。廉価版の TK-80BS も同時に発売したが、これと TK-80BS を筐体に一体化した COMPO/BS を 1979 年に発売した。

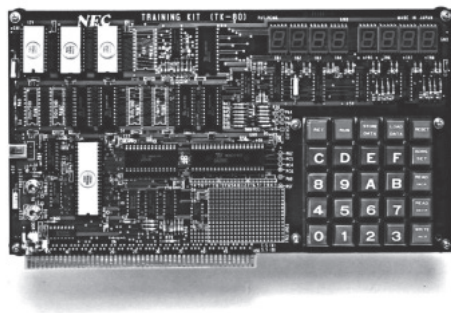


図 3.7 NEC トレーニングキット TK-80

表 3.4 8ビットトレーニングキット年表

年	出来事
1976	NEC : TK-80 発売
1977	富士通 : Lkit-8 発表 日立 : H68/TR(6800)発売 パナファコム : Lkit-16 (16 ビット) 発売 シャープ : SHB80T NEC : TK-80BS 発売
1978	東芝 : EX80 発表

当時ワンボードマイコン / トレーニングキットとしては、東芝の 8080 (TMP9080AC) 搭載の EX-80、パナファコム社の Lkit-16 (自社製 16 ビット CPU MN-1610 使用)、富士通の Lkit-8 (MC6800 互換 MB8861N 使用)、シャープの SHB80T (Z80 使用) などがあった。(パナファコム社は 1973 年に富士通と松下グループによりミニコンピュータ開発のために設立された。MN-1610 については 5.1.2 参照) 日立製作所 (以下日立) の H68/TR (6800 使用) は電卓型のフルキーボードを装備していた。

1977 年 8 月には精工舎が 8080A を用いた SEIKO-5700 を発売した。蛍光表示管を使用し、キーボードとプリンタを一体化した卓上型計算機であった。同年 9 月にはソードがザイログ社の Z80 を採用した M200 シリーズを発表した。これは本体とキーボード、モニター、5 インチ FDD など周辺機器も含めて一体化したオールインワンタイプであった。翌年

5 月に同社はホームコンピュータ M100 シリーズを発表した。

(2) 国産 8 ビットパーソナルコンピュータの登場

初期の国産パーソナルコンピュータは、CPU を含む制御部とフルキーボードを一つの筐体に納めたものが主流であり、インテル系またはモトローラ系の 8 ビットマイクロプロセッサを搭載し、BASIC を ROM に格納し電源を入れるだけで BASIC を起動できるようになっていた。1978 年 9 月には日立が BASIC を搭載しマイクロプロセッサに 6800 互換 HD46800 を用いたベーシックマスター MB-6880 を発売した。これは後に「ベーシックマスター レベル 1」と呼ばれた⁴⁾。



図 3.8 日立ベーシックマスター MB6880

表 3.5 8ビットパーソナルコンピュータ年表

年	出来事
1978	日立 : MB-6880 発売 キャノン : AX-1 シャープ : MZ-80K 発売
1979	NEC : PC-8001 発売
1981	富士通 : FM-8 発表 NEC : PC-8801 発売
1982	シャープ : X1 シリーズ発売 トミー工業 : ぴゅう太発売
1983	NEC : PC-8801 mk II 発売
1984	シャープ : X1 turbo 発売
1985	富士通 : FM 77AV 発表 NEC : PC-8801 mk II SR 発売
1987	シャープ : X68000 発売

同時期にキヤノンも同社初のパーソナルコンピュータ AX-1 を発売した。AX-1 はサーマルプリンタとミニフロッピーディスクを内蔵していた。1978 年 12 月にはシャープが Z80 を使用し BASIC の使えるセミキットの MZ-80K を発売した。NEC は 1979 年 5 月には 8 ビット PC-8001 を発売し、日立、シャープ、NEC のこれらの 3 機種が初期の 8 ビット機の御三家といわれた。松下通信（現パナソニック）も初のパーソナルコンピュータマイブレーン JD-700/JD-800 を 1978 年に発売した。

シャープの MZ-80K はセミキットの製品であるがオールインワン設計で、本体、ディスプレイ、キーボード、テープレコーダを一体の構造とした。CPU には Z80 を使用、キーボードは角型スイッチをマトリクス状に配列した。ディスプレイは 10 型 CRT で、セミグラフィック表示が可能であった。BASIC インタプリタを ROM に搭載せずに、カセットテープから RAM に記憶させる方式（「クリーンコンピュータ」方式）を採用し、サードパーティーの OS や言語も利用可能とした。



図 3.9 シャープ パーソナルコンピュータ MZ-80K

NEC の PC-8001 の PC はパーソナルコンピュータを意味した。CPU には Z80 互換の μ PD780C を採用し、キーボード付きの本体に、CRT ディスプレイ、プリンタ、カセットテープレコーダ、ミニフロッピーディスク、モデムなどの I/O 機器を付加できるモジュール形式のマイクロコンピュータシステムであった。マイクロソフト社の会話型 BASIC が ROM で提供され、簡単なプログラミングでカラー表示が可能であった。価格が手頃（168,000 円）であったこともあり、市場で成功をおさめた。



図 3.10 NEC パーソナルコンピュータ PC-8001

1980 年代に入るとより高機能な 8 ビット機として NEC の PC-8800 シリーズ、富士通の FM-8、FM-7、シャープの X1 シリーズが発売され、この 3 社が市場の中心になった。1981 年 5 月に発表された富士通の FM-8 (FUJITSU MICRO 8) では、メイン用とサブ用にモトローラ 8 ビット CPU 6809 を 2 個搭載して高速化を図った。64 キロビット DRAM を採用して 64kB の内部メモリを実現し、グラフィックスでは 640×200 ドット 8 色表現を可能にした。



図 3.11 富士通パーソナルコンピュータ FM-8

同年 9 月に発表された NEC の PC-8800 では、バンク切替え方式により、総メモリ容量 184kB を可能にした。ソニーは 1982 年に米国で SMC-70 を発表し市場に参入した後、日本語表示を可能にした機種を国内でも販売した。SMC-70 は最初に 3.5 インチフロッピーディスク装置（ソニー製）を接続したパーソナルコンピュータでもある。

上記以外に、1980 年代には、日立のベーシックマスターレベル 3、東芝の PASOPIA、カシオ計算機の FP-1100 シリーズ、ソニーの SMC-777 (3.5 インチ

FDD 内蔵)、三菱の MULTI-8、沖電気 if800 (プリンタ内蔵オールインワン形) などの 8 ビット機が発売された。



図 3.12 沖電気パーソナルコンピュータ if800 モデル 30 (プリンタ内蔵)

高機能化とは逆に、10 万円以下の低価格機も発売された。代表的なものとしてソードの M5、トミー工業 (現タカラトミー) のびゅう太、松下電器の JR シリーズ (JR-100、JR-200、JR-300) などがあった。トミー工業のびゅう太はホビーパソコンで、価格は 59,800 円であったが、日本語 BASIC (G-BASIC) を搭載した^{3) 6)}。

この時期に携帯できるハンドヘルド PC も発売されたが、これについては「4.2 ノート型パーソナルコンピュータの実現」のなかでのべる。

(3) MSX 規格パーソナルコンピュータ

1983 年にアスキーおよびマイクロソフト社によって、家庭用 8 ビットパーソナルコンピュータの共通規格 MSX が提案された³⁾。

共通のソフトウェアとハードウェアを規定して操作を共通にし、また部品を共通化してコストを下げ、低価格の家庭用パーソナルコンピュータを実現することをねらった。MSX 規格に準拠したパーソナルコンピュータが、家電メーカーを中心に下記の 14 の企業から発売された。

カシオ計算機、キヤノン、京セラ、三洋電機、ゼネラル (現・富士通ゼネラル)、ソニー、東芝、日本ビクター、パイオニア、日立製作所、富士通、松下電器産業 (現・パナソニック)、三菱電機、日本楽器 (現・ヤマハ)

最初の MSX 規格のパーソナルコンピュータとして、三菱電機から 1983 年 10 月に ML-8000 が発売さ

表 3.6 MSX パーソナルコンピュータ年表

年	出来事
1983	アスキーおよびマイクロソフト：MSX 規格提案 三菱電機：ML-8000 発売 三洋電機：MPC-10 発売 松下電器：CF-2000 発売 ヤマハ：CX-5 発売 東芝：HX-10S 発売 ソニー：HB-55 発売 日立：MB-H1 発売 富士通：FM-X 発売 キヤノン：V10 発売 ビクター：HC-5 発売
1985	MSX2 規格発表 松下電器：FS-A1 発売 ソニー：HB-F1 発売 三菱電機：MELBRAIN'S シリーズ発売
1988	MSX2+規格発表 ソニー：HB-F1XDJ 発売 三洋電機：PHC-70FD 発売 松下電器：FS-A1FX 発売
1990	MSX turbo R 規格発表(16 ビット) 松下電器：FS-A1 ST 発売
1991	松下電器：FS-A GT 発売 (MSX 規格最終機種)

れた。ソニーは MSX 規格ホームコンピュータ HB-55 を 1983 年 10 月に発表し、11 月に発売した。HB-55 では、あらかじめプログラムが書きこまれている ROM カートリッジを本体に差し込むだけで使用できた。キヤノンは 1983 年に V-10 を発売し、その後発売された V-20 では、専用インターフェースユニットを接続すれば一眼レフ Canon T90 と接続してカメラの露出関連データの読み込みが可能であった。同年、ヤマハは音楽機能を充実させた MSX システムである YIS シリーズおよび CX シリーズを発売した。



図 3.13 ソニー MSX パーソナルコンピュータ HB55



図 3.14 キヤノン MSX パーソナルコンピュータ V-20



図 3.15 ヤマハ MSX ミュージックコンピュータ

MSX 機の特徴の一つは低価格であり、1984 年にカシオから発売された PV-7 は 29,800 円の低価格を実現した。他の特徴は VDP (Video Display Processor) を搭載し、グラフィック機能を重視した点である。

1985 年にはグラフィックス機能をさらに強化した上位互換の MSX2 規格が発表され、9 社から製品が発売された。標準メモリを MSX の 8K バイトから 64k バイトに増加し、VDP にはアスキー、マイクロソフト、日本楽器が共同開発した V9938 を採用した。1985 年には日本楽器は MSX2 規格の CX7/128、CX7M/128 を発売した。これらは FM 音源、シンセサイザー機能を持ち、コンピュータミュージックの先駆けとなった。

さらに機能強化した MSX2+ 規格も 1988 年に発表されたが、16 ビットパーソナルコンピュータが家庭にも普及し始めたため、MSX2+ 規格に準拠したパーソナルコンピュータの発売メーカーは、三洋電機、ソニー、松下電器の 3 社となった。1990 年には MSX 規格の最後となる MSX turbo R 規格が発表された。CPU に 16 ビットの R800 を採用したが、これに対応して発売された機種は松下電器の FS-A 1 ST のみで、1991 年発売のその後継機 FS-A 1 GT が MSX 規格最後の機種になった。

最終的には 70 機種近い MSX パーソナルコンピュータが販売され、出荷台数は 100 万台をこえた。

MSX 規格のパーソナルコンピュータは国内のみでなく、オランダ、ブラジル、韓国など海外でも生産された。

3.2.2 事務用機への発展と国民機 PC-9801 の登場：16 ビットの時代

米国では 1981 年 8 月に、16 ビット CPU を用いた IBM PC が発売されたが、国内では三菱電機が同年 12 月に一体型の 16 ビットパーソナルコンピュータ MULTI16 を発表した。両機は 8 ビットバスを採用していたが、翌 1982 年 10 月に NEC が 16 ビット CPU および 16 ビットバスを採用した PC-9801 を発表した。その後漢字 ROM の搭載、フロッピーディスクドライブやハードディスクドライブの搭載など PC-9801 はシリーズ化が図られて PC-9800 シリーズとなった。以降日本の代表的パーソナルコンピュータに発展し、国民機とよばれるようになった。

(1) 国内全般の状況

1977 年にパナファコムは自社開発の 16 ビット CPU 「MN1610」を用いたトレーニングキット Lkit-16 を発売し (MN1610 および Lkit-16 については「5.1.2 マイクロプロセッサ」参照)、翌年この CPU を用いた科学技術計算・計測制御向けにカセット磁気テープベースのパーソナルコンピュータ PANAFACOM C-15 を発売した。1980 年に同社は、初めて画面倍密度の 5 インチフロッピーディスクドライブを搭載したパーソナルコンピュータ PANAFACOM C180 シリーズを発売した。インテルの 16 ビット CPU を用いたパーソナルコンピュータとしては、1981 年に三菱電機が MULTI 16 を発表した。本機は CPU にインテル社の 8088 を使用し、OS にはディジタル・リサーチの CP/M-86 を採用した。40 字×20 行の漢字表示が可能な高解像度ディスプレイと、フロッピーディスクドライブを搭載した本格的な一体型パーソナルコンピュータである。事務処理計算、科学技術計算やホストコンピュータの分散処理端末用途など、主に業務用として販売されたこともあり、本格的な普及までには至らなかった。

翌 1982 年 10 月に NEC は PC-9801 を発売した。同機は、ビジネス向けに開発され、主記憶容量最大 640 キロバイト、日本語処理とカラーグラフィックス表示機能を備えていた。NEC の 8 ビットパーソナルコンピュータのソフト・ハード両方の資産を継承しながら、一層の高速処理を実現した卓上型の 16 ビットパーソナルコンピュータであった⁸⁾。



図 3.16 三菱電機 パーソナルコンピュータ MULTI 16



図 3.17 NEC パーソナルコンピュータ PC-9801



図 3.18 富士通 パーソナルコンピュータ FM-11

表 3.7 16 ビットパーソナルコンピュータ年表

年	出来事
1981	三菱電機：8088 搭載 MULTI-16 発売
1982	NEC：8086 搭載 PC-9801 発売
1982	富士通：6809 と 8088 搭載 FM-11 発売
1983	シャープ：MZ-5500 発売
1983	沖電気：if800 model 50
1984	富士通：FM16β 発表
1986	シャープ：MC68000 搭載の X68000 発売
1987	富士通：FMR シリーズ発売
1987	エプソン：98 互換 EPSON-286 発売

富士通も 1982 年 11 月に FM-8 の上位機として、同社初の 16 ビットパーソナルコンピュータ FM-11 を発売した。FM-8 のアーキテクチャを拡張し、8 ビットの 6809 と 16 ビットの 8088 の二つの CPU を搭載して、8 ビット機からのプログラムの継承性の解決を図った。FM-11 は 8088 でのベンチマークでは高速であった。従来のベーシックを動かすときは、もう一つの CPU 6809 を使って 8 ビット機として動いた。FM-11 は、低価格の FM-11ST、中位機 FM-11AD、上位機 FM-11EX の 3 モデルで構成された。

16 ビット機時代になってパーソナルコンピュータが事務用に使われるようになり、1983～1984 年には各社からビジネス用 16 ビットパーソナルコンピュータが次々と発売された。1983 年にはシャープの MZ-5500、沖電気の if 800 model 50 などが発売されたが、いずれも特定の業務用途での販売が中心であった。

1987 年 4 月には、エプソンから初の PC-9800 互換機 PC-286 model 0 が発売された。性能的には同時期に発売された PC-9800 よりもコストパフォーマンスはすぐれていた。同社の互換機にはデスクトップ型のほか、ラップトップ型やノート型、キーボード一体型、プリンター一体型など種々のモデルがあった。プロサイド社からは PC-9800 と IBM PC/AT の両互換機が 1987 年に発売された。

ホビー用ではシャープが 68000 を使用し高度なグラフィック機能を備えた X68000 を 1986 年に発表した。(ホビー用は「(3) ホビー用の高性能・高機能パーソナルコンピュータの登場」参照)

(2) NEC PC-9800 シリーズの発展

a) NEC パーソナルコンピュータ事業の展開

NEC のパーソナルコンピュータ事業はパーソナルコンピュータの 3 つの柱を設け進めていく方針が 1981 年に決められた。家庭用低価格機は入門機として位置づけ、8 ビットの PC-6001 として 1981 年 9 月に発表された。また、PC-8001 の上位の 8 ビット機として PC-8801 が同時に発表された⁹⁾。

事務用 16 ビット機については、当初インテリジェント端末をもとにしたモデル、オフィスコンピュータ“システム 100”の下位モデル、これまでの PC-8000 シリーズの上位機種としてのモデルの 3 種の案が検討された。インテリジェント端末をもとにしたものは、パーソナルターミナル N5200 モデル 05 として 1981 年 7 月に発表された。CPU に 8086 を使用し、一体型筐体に容量 1 M バイトの 8 インチフロッピーディスク

クドライブ2台を標準で組み込み、OSにはNEC独自開発のPTOSを採用した。またNEC開発のグラフィックプロセッサGDCを搭載し、画面表示を高速化した。価格はRAM48Kバイトの標準構成で798,000円であった。

1982年10月13日にNECが発表した16ビットのパーソナルコンピュータPC-9801は、1981年に発表されたIBM PCの影響も受けて、独自アーキテクチャを採用しながらもオープンアーキテクチャを選択し、これまでのPC-8000シリーズおよびPC-8800シリーズの資産を継承し、それらの延長上の高速パーソナルコンピュータの性格を持っていた。その後モデルを加えてPC-9800シリーズを形成し、当初のマイクロソフト社のBASICをベースにした時代から、MS-DOS時代を経て、Microsoft Windowsの本格的な普及期まで約15年間にわたって、NECのパーソナルコンピュータの主力商品として製造販売が続けられ、全盛期には日本国内における市場占有率90%以上を獲得し、国民機とよばれた。

NECは1983年にPC-9800シリーズとは別にGUIを搭載したPC-100を発売している。16ビットCPU 8086-2とMS-DOSを用いて、フルビットマップディスプレイとマウスによるGUIを実現した先進的なパーソナルコンピュータであったが、既存機種との互換性がなくソフトウェア資産が少なかったことやPC-9800シリーズが主流となっていたことなどから、後継モデルは発売されなかった。アップルコンピュータ社が初めてGUIを搭載したLisaと同年の発売でありWindows時代を先取りしていたといえる。

b) シリーズへの発展

i) 初期のPC-9801 (8086 互換 μ PD8086 搭載)

1982年10月の発売時のものはCPUに16ビットのNEC開発の μ PD8086 (インテル8086互換、クロック5MHz)を採用し、メモリ128Kバイト搭載、最大640Kバイトとした。バスには、IBM PCの8ビットのXTバスと異なり、16ビットのCバスを採用した。PC8000/8800シリーズのハードウェアと似たシステム構成を取り、内部はキャラクター・ユーザ・インターフェース (CUI) 向けにハードウェアを最適化した。

日本語の高速表示のためにテキストVRAMを搭載した。グラフィック画面解像度は640ドット×400ドット8色、1画面 (後に画面) であった。テキスト画面・グラフィック画面ともに、ハードウェアによる1ドット単位の縦スクロールおよび16ドット単位横スクロールが可能であった。独自開発

したグラフィックコントローラGDCをテキスト用とグラフィック用に各1個搭載することにより、高速の文字表示とカラーグラフィック処理を可能とした。(PC-9801の日本語処理については「4.1 (2) 16ビットパーソナルコンピュータPC-9801による日本語処理」で述べる。)

PC-9801ではPC-8001やPC-8801と互換性のあるBASICを採用し、従来機のソフトウェア資産を活用できるようにした。PC-8000/8800シリーズと同様に、PC-9801の8086用BASICも当初マイクロソフト社に開発を依頼したが、他の開発が入っているといわれ自社開発に切り替えた。完全に互換性を持たすために開発は非常に大変であったという。PC-8800のN88-BASIC (86) はROMに収容され、PC-8001のN-BASIC (86) はカセットテープで提供された。

PC-9801はPC-8001やPC-8801と互換性のあるBASICを備え、従来のアプリケーションを高速で処理でき、周辺機器も従来のものを使用することができた。ベンチマークテストの結果では低価格にもかかわらずもっとも高速で、特にGDCを利用したグラフィック処理の速度は抜群の性能を示した。また、自社の8ビット機用BASICのプログラムを16ビット機環境で高速に処理できた点も他社機にない特徴であった。

PC-9801のBASICレベルでのPC-8001/8801との互換性は大きなメリットの一つであった。PC-8001からPC-8801、さらにPC-9801とシステムをグレードアップしているユーザが多いのは、この互換性による面が大きいと思われる。従来のソフトウェアが継承できるということにより、将来新しいシステムが発売されても容易にシステム移行が可能になる。

ii) NEC V30 搭載機

PC-9800シリーズの圧倒的なシェア確保につながっていったのが、1985年7月に発売されたPC-9801VMである。NEC開発の8086互換プロセッサV30はインテル社の8086より高速であったことに加え、グラフィック機能が大幅に強化され、従来機のデジタルRGBによる8色表示から、アナログRGBによる4096色中16色同時発色表示となった。この表現力を生かすため、VRAM各プレーン同時書き込み制御に対応したグラフィック処理プロセッサGRCG (Graphic Charger) が追加された。

PC-9800シリーズでV30を最初に搭載したPC-9801Uは1985年5月に発売され、3.5インチ2DD

FDD も初めて搭載した。同年7月には5インチ2DD/HDD 自動切換え型FDD 搭載のPC-9801VMが発売された。この機種は「V30 搭載・アナログRGB2 画面・5 インチ2 HD」という、それ以降のPC-9800 シリーズの標準的仕様を確立した。PC-9801VM はV30 搭載と動作周波数向上により、従来の機種に比較して処理速度が1.6 倍に、グラフィック処理速度は2 倍以上に向上したという。

この段階でMS-DOS を標準のOS としたが、ハードウェアにバンドルせずにアプリケーションソフトウェアにこれをバンドルしてもらった戦略が功を奏した。まだフロッピーディスクでのアプリケーション利用が中心だった時代に、ジャストシステムの「一太郎」やロータス社の「1-2-3」などが手軽に利用できるというメリットがあった。

iii) 80286/80386 搭載機

80286 / 80386 の登場により、高解像度グラフィックに対応したPC-98XA やPC-98XL2 などの機種が発売されたが、それまでのPC-9801 のグラフィック画面とソフトウェアなどの互換性がなかった。解決策として80286 とV30 の2 種類のCPU を搭載して、1986 年10 月にはPC-9801VX、1987 年10 月にPC-9801UX が発売された。この世代以降、GRCG 上位互換のEGC (Enhanced Graphic Charger) と呼ばれる新グラフィック処理プロセッサが追加された。1988 年7 月には80386DX を搭載したPC-9801RA2 が発売された。

iv) ラップトップ型およびノート型パーソナルコンピュータ

ラップトップ型のPC-98LT、ノート型の98NOTE やPC-9801NC などが発売されたが、これらについては「4.2 ノート型パーソナルコンピュータの実現」で述べる。

v) アプリケーションソフトウェアの整備

パーソナルコンピュータ事業ではアプリケーションソフトウェアの充実度が成功のカギをにぎるため、NEC では当初からその努力をはらってきた。PC-9801 の1982 年10 月末の最初の出荷の際には、9 月初頭から合計約50 台の発表前のマシンをサードパーティー各社に配布し、アプリケーション開発作業を支援した。発表直後の10 月のデータショーでは、かなりの数のデモンストレーションが実施された。

オフィスコンピュータの販売ではユーザに指導者を派遣することもあったが、パーソナルコンピュータではそのようなことは不可能であり、丁寧なマ

ニュアルの用意が不可欠であった。流通ルートに乗せてショッポの店頭に並べるためには、あらかじめかなりの本数のパッケージを用意しておく必要があるが、通常のソフトウェアハウスでは媒体の大量コピーの設備を持っていなかった。

1983 年1 月に、PC-9801 用アプリケーションの「ソフトウェア一覧」の小冊子が作られた。その後「アプリケーション情報」と改題され、電話帳なみの厚さになった。当初44 社のサードパーティーの296 本のアプリケーションが掲載され、PC-9801 の発売時に完成して実際に発売されたのは94 本であった。

PC-9801 用のアプリケーションの整備は継続して行われ、他社機のアプリケーションの移植にも努力が払われた。その結果ショッポの店頭には、従来の8 ビット機と並んで、PC-9801 用のパッケージがそろっていった。サードパーティーによるパッケージの量と質がPC-9801 の成否の鍵をにぎると考えられたため、広告にもあらたな試みが行われた。直接には取引にも資本関係もない他社の製品である対応アプリケーションを、NEC が費用を負担する新聞広告で、開発元のソフトウェアハウス名入りで紹介した。その一方で、ソフトウェアハウスの広告に「PC-9801 対応」を明記してもらった。広告の掲載された雑誌の発行部数と「PC-9801 対応」の記載されたページ数を掛け合わせた数字は、1985 年7 月段階で、月間800 万ページに達したという。広告の重要性は米国でもいわれており、IBM はPC の売り込みにあたってチャップリンのキャラクターを使って一大テレビ広告キャンペーンを実施し評判になっていた。

c) 発展と終焉の要因

PC-9801 の最初の販売は好調に始まり、出荷開始直後は注文をさばききれない状態になった。その後、月間1 万台を超すペースで出荷されていった。1983 年1 月にはペースが落ちたが、年度末までの集計で、PC-9801 は4 万5000 台の出荷を記録した。PC-9800 シリーズの累計出荷台数は1987 年3 月に100 万台、1990 年5 月には300 万台を突破し、「国民機」の地位を築いた。

PC-9800 シリーズが成功した要因としては下記の点があげられる。

- 1) 世界標準となるハードウェアおよびOS/ 言語を採用したこと。
- ・CPU にインテル社8086 (互換)、80286、80386 を採用。

- ・ OS/ 言語にマイクロソフト社 BASIC、MS-DOS、Microsoft Windows を採用。
 - ・ これらにより標準的な環境でソフトウェア開発が可能になり、多くのアプリケーションが開発された。
- 2) 資産継承を重視し、互換性の維持に最大限の努力をはらった。

PC-8000/8800 シリーズとは BASIC に互換性を持たせることにより、その資産であるアプリケーションをうまく活用できた。これにより PC-8000/8800 シリーズから PC-9801 へのレベルアップが安心して行えるようになり、好結果をもたらした。

3) ハードウェア /OS のレベルアップを段階的にユーザが負担にならぬように行えるようにしたこと。

- ① PC-9801 用 N88BASIC を自社開発して初出荷に間に合わせ、PC-8801 ユーザが PC-9801 を高速 PC-8801 として容易に使用できる環境を実現した。
- ② BASIC インタプリタベースから MS-DOS ベースに移行するにあたり、マイクロソフト社と交渉して MS-DOS をアプリケーションソフトウェアにバンドルすることを実現し、ユーザが非常に容易に MS-DOS のもとでアプリケーションを使用できるようにした。

1990 年代半ばには、DOS/V および Microsoft Windows の普及により、PC-9800 シリーズの優位性は失われつつあった。PC9800 シリーズ専用の豊富なソフト資産は、DOS/V および Windows 対応のアプリケーションの増加によって、差別化要素とならなくなってきた。また、ハードウェア資産についても、数の上では勝っていたものの、先進的な周辺機器など

は、世界標準仕様である PC/AT 互換用のものを流用しやすい DOS/V 機の方が優位にあった。このような状況の中、国内他社は PC/AT 互換機へ転換していった。一方、NEC は 1997 年 9 月に次世代パーソナルコンピュータ世界標準仕様「PC97/PC98 システムデザイン」を先取りした新シリーズ PC-98NX の投入を発表したが、世界標準アーキテクチャ路線への戦略転換により、1982 年より 15 年間発展してきた PC-9800 シリーズは終焉をつげた。

(3) ホビー用の高性能パーソナルコンピュータの登場

16 ビットパーソナルコンピュータが事務用を中心に普及していく中で、ホビー用には各社が独自のハードウェアを搭載して、高性能、多機能な特徴あるものが発売された。シャープは 1987 年に映像やサウンドのマルチメディア機能を充実させた X68000 を発売した。NEC もホビー向けに PC-8800 互換の PC-88AV を発売したが、その後 PC-9800 シリーズに吸収された。1989 年に富士通は FM77AV の上位に 32 ビット CPU を用いてマルチメディア機能を強化し、CDROM を標準搭載した FM TOWNS を発売した。

a) MC68000 を搭載したシャープ X68000

シャープは 1986 年 10 月のエレクトロニクスショーで「新開発 16 ビット パーソナルワークステーション」として X68000 を発表した。本機は 16 ビットのパーソナルコンピュータで、ゲームマシンに対抗できるよう高度なグラフィック機能、強力な AV 機能を備えていた。マンハッタンシェイプの特徴のある形態で注目を集めた。CPU に採用されたモトローラ社の MC68000 はこれまでワークステーションに採用されてきたが、国内でパーソナルコンピュータに採用するのは初めてであった。



図 3.19 シャープ パーソナルコンピュータ X68000

表 3.8 PC-9800 シリーズの特徴

項目	詳細
CPU	世界標準ハードウェア 高性能ハードウェアの採用 ・ NEC 開発 8086 互換 V30 ・ グラフィック処理用 GDC
OS	世界標準の採用 ・ マイクロソフト社互換 BASIC ・ MS-DOS ・ Microsoft Windows
互換性	資産継承を重視した互換性維持 ・ PC-8800 シリーズ用 BASIC ・ 周辺機器などとの互換性を維持
アプリケーション	サードパーティーソフトウェアハウスへの技術情報提供・支援により多くのアプリケーション発売
アーキテクチャ	オープンアーキテクチャ ハードウェア仕様公開 多くの周辺機器など開発

X68000 はメモリを標準で1メガバイトのRAMを実装し、独自のスプライト機能、ビットマップ方式の768×512ドットの表示画面（ドットごとに65,536色）をもっていた。サウンドはFMステレオ音源8音と音声合成用ADPCM音源を搭載していた。また専用ディスプレイを使えばテレビ画面へのスーパーインポーズ表示も可能とした。高性能多機能の実現には膨大な回路が必要であり、カスタムLSI化が行われた。CRTコントロール、ビデオコントローラ、I/Oコントローラ、メモリコントローラ、スプライトコントロールのLSIが開発された。

当時ゲーム用にはゲーム専用機が主流になっていたが、X68000はパーソナルコンピュータで実現出来る最高性能を目指し、アーケードゲームから移植されたゲームなどを利用できるようにした。当時アーケードゲームで流行っていた「クラディウス」を移植し、その性能をしらしめた。また、ユーザが高度なグラフィックを使ってゲームを製作できる環境も提供した。一時期、ゲーム業界を目指す若者のほとんどが、X68000のユーザであったという。X68000には海外からも高い評価がえられ、熱心な海外ファンが誕生した。

1988年にはX68000 ACE, X68000 ACE-HDが発売され、X68000シリーズとして1993年までに合計20機種が発売された。X68000は以下に示すような特徴を有している。

b) CDROM 標準搭載の富士通 FM TOWNS

1985年に発表されたAV（Audio Visual）パーソナル・コンピュータの上位機として、1989年に発表された。CDROMを世界で初めて標準搭載し、32ビットCPU 80386（16MHz）を採用して高い性能を実現している。CDROMは540MBの大容量であるため、音や映像も一緒に格納できる。



図 3.20 富士通パーソナルコンピュータ FM TOWNS

TOWNS OSにより64ギガバイトのリニアアドレス空間を実現するとともに、アイコンや図形によるGUIを構築し、操作しやすい環境を実現した。これによりプログラミングが容易となり、多くの使いやすいつソフトウェアが開発された。当時は32ビット機で

表 3.9 X68000 の特徴

	項目	詳細
1	CPU	・モトローラ MC68000 ・16MB のアドレス空間を直接アドレス可能。メインメモリ 1MB 標準装備、最大 12MB ・メモリマップド I/O 方式
2	VRAM(ビデオ RAM)	・テキスト VRAM, グラフィック VRAM にビットマップ方式採用 ・1024×1024 ドットの実画面 ・表示画面は 768×512, 512×256, 256×256 から選択可能
3	グラフィック画面	・ドットごとに 65,536 色の中から任意の色指定が可能。(512×512 ドットモードのとき)
4	スクロール可能	ドット単位にスムーズスクロール可能
5	スプライト	標準解像度オーバースキャン・スーパーインポーズ機能
6	標準解像度オーバースキャン・スーパーインポーズ機能	標準解像度オーバースキャン・スーパーインポーズ機能
7	CGROM (Character Generator Read Only Memory)	ANK 文字, JIS 第 1・第 2 標準漢字を標準実装
8	FM 音源, 音声合成機能	8 重和音ステレオ FM 音源, 音声合成機能搭載
9	インターフェース	アナログ RGB, ハードディスク, RS-232C, プリンタ, ジョイスティック, マウスなどの各インターフェースを装備
10	キーボード	シリンドリカルステップスカルプチャーキーボード
11	フロッピーディスクドライブ マウストラックボール	・5 インチフロッピーディスクドライブ(2HD) 2 基搭載。 ・マウストラックボール付属

もリアルモードで単なる高速な 16 ビット機として使われていることが多かったが、他機種と比べ、TOWNS では DOS エクステンダを標準としたことからほとんどのアプリケーションが 32 ビットプロテクトモードを利用し、動作速度やメモリ使用効率での大きな優位点となった。

当時としては画期的な 1677 万色中 256 色発色機能や PCM 音源を標準搭載し、強力なグラフィック機能やオーディオ機能を備えており、ハイパーメディアパーソナルコンピュータとも呼ばれた。また、ゲーム用プラットフォームとしても高い能力を持っていた。日本語 MS-DOS V3.1 エミュレータにより、FM R シリーズのアプリケーションの利用も可能とした。

(4) 複合型パーソナルコンピュータ

1984 年にキヤノンが発売したパーソナルワークステーション NAVI は、電話、ファクシミリ、ワードプロセッサ、パーソナルコンピュータを統合し、さらに電話帳、電卓、カレンダー、伝言板、時計などの機能を搭載した事務用複合機であった。CPU には 80286 を使用した。操作はタッチパネルで行うことができ、発想としては現代のスマートフォンやパッドコンピュータと同じものをめざしている。デザインも斬新でグッドデザイン賞を受賞した。



図 3.21 キヤノンのパーソナルワークステーション NAVI

3.2.3 DOS/V による日本語処理実現と Windows への移行：32 ビットの時代

8 ビット時代は Microsoft BASIC が言語・OS の業界標準的な存在であったが、我が国ではさらに 8 ビット機の標準規格 MSX が提案され、家電メーカーなどから MSX 規格パーソナルコンピュータが販売された。16 ビット時代には MS-DOS が支配的になり、国内では PC-9800 シリーズの寡占的状态が続いた。PC/

AT 互換機の登場により PC/AT 互換機仕様にもとづく AX 規格が協議され、この規格にもとづく AX 規格のパーソナルコンピュータが三洋電機などから販売された。



図 3.22 三洋電機の AX 規格パーソナルコンピュータ MBC-17J

16 ビットから 32 ビット時代に移行する過程で、従来ハードウェアの助けを借りていた日本語処理をソフトウェアのみで実現する DOS/V が業界標準として確立し、NEC 以外の大半のメーカーが DOS/V 仕様のパーソナルコンピュータに移行した。OS も MS-DOS から Microsoft Window に移行し、これまでの文字インターフェース (CUI : Character User Interface) から、ワークステーションと同様のグラフィカルなインターフェース (Graphical Use Interface : GUI) へと使用環境は大きく変わっていった。

その後の Windows の進展、とくに Windows 95 の登場によりインターネット接続が容易になり、インターネット時代に突入した。インターネットの普及とともにパーソナルコンピュータによるネットワークコンピューティングが実現し、パーソナルコンピュータの普及に拍車がかかった。

(1) AX 規格パーソナルコンピュータ

海外では 1984 年に 16 ビットバスシステムを採用した IBM PC/AT の登場にあわせて、多くの PC/AT 互換機が発売されるようになり、これが事実上の世界標準仕様のパーソナルコンピュータとなっていった。わが国においても一部のパーソナルコンピュータメーカーが海外向けに PC/AT 互換機を手掛けるようになり、それをベースに独自に日本語対応を行った機種を国内市場に投入する動きが現れた。しかし日本のパーソナルコンピュータ市場は PC-9800 の寡占化が進み、それを切り崩すことにはならなかった。

このような状況に対して、マイクロソフト社は

1986 年頃から日本語が利用可能な PC/AT 互換機の統一規格パーソナルコンピュータの開発を提唱し、NEC、富士通、東芝を除く PC メーカーなど 19 社の賛同を集め、1987 年 10 月に AX 協議会を発足させた。AX (Architecture eXtended) 規格とは、PC/AT 互換機にハードウェアによる日本語機能を付加したものであり、EGA* モードをベースに JEGA* モードに拡張したグラフィックアダプタと漢字 ROM

表 3.10 パーソナルコンピュータの画像解像度

*パソコンの画面解像度	
・ CGA (Color Graphics Adapter):	640×200 ドット, PC/XT
・ EGA (Enhanced Graphic Adapter):	640×350 ドット, PC/AT
・ PC-98 ノーマル:	640×400 ドット
・ JEGA (Japanese Enhanced Graphics Adapter):	640×480 ドット, AX(日本)
・ VGA (Video Graphic Array):	640×480 ドット
・ XGA (eXtended Graphic Array)	1024×768 ドット

がサポートされた規格である。

1988 年 2 月に AX 規格を採用した最初のパーソナルコンピュータ MBC-17J が三洋電機から発売された。その後、沖電気、カシオ計算機、キヤノン、シャープ、ソニー、三菱電機などからも順次発売された。専用ハードウェアのコスト増からくる割高感や、日本 IBM や東芝などの PC/AT 互換機との互換性も低かったことから対応アプリケーションも不足し、シェア拡大にはつながらなかった。

日本 IBM 自身は、1984 年に IBM が個人市場向けに米国で発売した IBM PC jr を、日本語化した IBM パーソナルコンピュータ JX を発売した。ジャストシステムに日本語ワープロソフトの開発を依頼して製品化したり宣伝に力をいれたりしたが成功しなかった。ビジネス市場向けには、1987 年に米国で発売された PC/AT の後継機 PS/2 (Personal System/2) を日本語化した IBM パーソナルシステム /55 (PS/55) を発売した。PS/2 互換の 英語モードと日本語表示対応の日本語モードを切り替えて使用可能であったが、AT バスでなく MCA (Micro Channel Architecture) を採

用していたこともあって価格が高く失敗に終わった。

(2) DOS/V 仕様のパーソナルコンピュータ

a) DOS/V の登場

PC/AT 互換機で日本語を扱えるようにするためには、それまではなんらかの専用ハードウェアが必要であった。DOS/V では、VGA* 表示機能を持った PC/AT 互換機に対し、ソフトウェアだけで日本語機能を可能にした。DOS/V は、1990 年 12 月に発売された IBM DOS バージョン J4.0/V、およびその後の製品の略称である。DOS/V は日本 IBM のパーソナルコンピュータにバンドルされただけでなく、パッケージとしても単体で販売されるようになり、他社の PC/AT 互換機でも利用可能であった。DOS/V により、海外でも事実上の業界標準仕様になっていた PC/AT 互換機が我が国においても標準仕様となって入ってきた。

b) PC オープンアーキテクチャ推進協議会と日本 IBM

DOS/V をきっかけに、日本 IBM は日本市場における標準化戦略をさらに推進し、オープン戦略をとって、1990 年 12 月に、PC/AT 互換機市場を拡大していく第三者機関として「PC オープンアーキテクチャ推進協議会 (略称 OADG) を設立することを発表した。この場で DOS/V (DOS J 4.0/V) の OEM 供給、BIOS を含むハードウェアと OS の基本仕様の無償公開などを行うことが明言された。1991 年 3 月に OADG が正式に発足し、4 月の設立総会にはパーソナルコンピュータのメーカー 13 社が集まった。日本 IBM および三菱電機、シャープなどの AX 協議会のメンバーに加え、東芝などが参加した。

当初 OADG 仕様のパーソナルコンピュータを発売したのは、日本 IBM とセガエンタープライゼスの 2 社のみで、日本語表示が遅く、アプリケーションソフトウェアも少かった。このような状況を改善するため、OADG はジャストシステムやロータスシステムなどの大手のソフトウェアメーカーに OADG 仕様のアプリケーションソフトウェアの開発を働きかけたり、1991 年 10 月には OADG 仕様のパーソナルコンピュータを開発しやすくするための「テクニカルレファレンス」を作成したりするなどの努力が行われた。その結果、NEC を除く日本の各社は DOS/V に移行し、1992 年頃には 20 社近くのメーカーから 150 機種以上の OADG 仕様の製品が利用できるようになった。富士通は ODAG の発足後しばらくして脱退したが、1993 年 10 月に PC/AT 互換機 FMV シリーズを発表し、OADG 会員にも復帰した。1990 年代前半に

は、PC/AT 互換機（DOS/V 機）による「98」包囲網が拡大されていったが、PC-9800 のシェアを切り崩すまでにはいたらなかった。

c) コンパックショック社の参入による低価格化の加速

1991 年に PC/AT 互換機メーカー大手 Compaq Computer 社は日本法人を設立し、翌年 10 月に低価格 DOS/V 機を日本市場に投入して本格的参入をはかった。最小のモデルで 12 万 8 千円、標準モデルで 19 万 8 千円と、それまでの同等機能のパーソナルコンピュータに比べて約半分の価格に設定したため、NEC も含め各社は価格戦略の見直しをせざるを得ず、パーソナルコンピュータの低価格化が一気に進んだ。この価格破壊現象は業界で「コンパックショック」と呼ばれた。Compaq Computer 社は ODAG 参加メーカーではなかったが、マイクロソフト社から DOS/V (MS-DOS 5.0/V) の供給を受け、日本語対応を実現した、他にも Dell 社、Gateway 社など外資系各社が参入した。

d) 富士通の PC/AT 互換 FMV シリーズ

これまで富士通は独自アーキテクチャにより、ビジネス向けの FMR シリーズ、個人向けの FM TOWN でと独自の展開をはかってきた。1993 年 10 月に



図 3.23 富士通 パーソナルコンピュータ FMV466D

DOS/V 仕様にもとづく PC/AT 互換の FMV シリーズを発表した。

この発表以降、AT 互換機である FMV シリーズが同社のメインブランドになっていった。当初デスクトップ型、ノート型の各 3 機種で、CPU にはインテル社の 486SX/DX/DX2 が搭載され、OS は Windows.3.1 DOS/V を使用された。これら初代機はビジネス用途が中心であったが、1994 年には個人向けに特化した FMV-DESKPOWER シリーズが発売され、幅広くモデル展開がなされた。

(3) Windows への発展

MS-DOS のユーザインターフェースはキーボード入力によるコマンドベースのキャラクター・ユーザインターフェース (Character User Interface, CUI) であった。Macintosh やワークステーションのマウスやアイコンを用いたグラフィカルユーザインターフェース (Graphical User interface: GUI) の影響を受けて、マイクロソフト社は MS-DOS 上で動作する GUI として Microsoft Windows が開発した。当初の Windows 1.0 (日本語版は 1987 年) ではウィンドウを重ねることもできなかったが、2.1 (同 1988 年)、3.0 (同 1991 年) とバージョンアップされて、1993 年 5 月の 3.1 版の登場により、広く使われるようになった。

Intel CPU の 386 エンハンスモードの完全なサポートによるマルチタスク環境の提供に加え、マルチメディア機能や自由に文字サイズを拡大縮小できる TrueType フォントをサポートすることで、GUI 環境における新たなブレークスルーをもたらした。

MS-DOS から Windows への移行を決定づけたのが、1995 年にリリースされた Microsoft Windows 95 である。Windows 95 は、MS-DOS を内部にバンドル化し、GUI を改善し、本格的なマルチメディア機能やネットワーク機能など多くの機能を搭載していた。また、初めて搭載されたプラグ&プレイ機能は、パーソナルコンピュータ設定の難しさや面倒さを解決し、初心者でも安心して利用できる環境を提供した。さらに、画面表示をハードウェアで高速化するウィンドウアクセラレータの登場や、一太郎やロータス 1-2-3 を初めとしたアプリケーションソフトウェアの Windows 版が登場してきたことも普及を後押しした。インターネットのブラウザとして開発された Internet Explorer は当初別売りであったが、その後 Windows に標準搭載され、Windows 95 はインターネットの普及に大きく貢献した。

(4) マルチメディア機能の進化

マイクロプロセッサの 32 ビット化による処理性能の向上とともに、マルチメディア機能も進化していった。あらたに登場した Microsoft Windows 95 では、グラフィック表示機能やサウンド機能の標準装備などマルチメディア機能をサポートした。マルチメディアデータを容易に取り扱える環境が整備され、個人市場向けにテレビ機能内蔵のオールインワン型マルチメディアパーソナルコンピュータが各社から登場した。

1994 年 5 月に日本 IBM は、PS/V Vision の一体型新モデルとしてテレビチューナを内蔵した「テレビパソ

コンポ」を発売した。NEC は 1982 年にマルチメディア指向で一体型の 98MULTI を販売した。1984 年 10 月にこの進化型としてテレビ機能、FAX モデム機能、MPEG ボードなどを装備し、家庭用途の向けのアプリケーションソフトウェアを多数プリインストールして 98MULTI CanBe を発売した。

3.2.4 ノート型パーソナルコンピュータへの発展

持ち運びのできるコンピュータについては、1980 年代始めに米国で Osborne 1 や Compaq Portable などのポータブル型パーソナルコンピュータが開発された。しかし大きさも大きく重さが 10kg 以上あり、持ち運びには車が必要であった。我が国ではハンドヘルドコンピュータに始まり小型で容易に持ち運びのできる使いやすいパーソナルコンピュータが追求され、ノート型パーソナルコンピュータの新しいジャンルを切り開いた。1980 年代始めに登場したハンドヘルドコンピュータでは小型化を優先して機能は最低限にしられたが、その後のラップトップ型では標準機能を搭載した上で出来るだけ小型軽量化が図られた。しかしまだ簡単に持ち運ぶには大きさ、重さの面で無理があった。1980 年代終わりになって A4 ファイルサイズで軽量のノート型パーソナルコンピュータが実現され、以降ノート型が発展した。1990 年代中頃にはさらに小型軽量化したサブノート型が開発され、以降携帯用にはサブノート型が中心になった。ノート型は我が国の得意とする軽薄短小化技術を活かして開発され、世界をリードする製品が次々と生まれた。我が国

ではラップトップ型も含め、ポータブル型のパーソナルコンピュータがノート型パーソナルコンピュータと呼ばれている。

ノート型パーソナルコンピュータは我が国が世界をリードした分野であり、詳細については次章の「4.2 ノート型パーソナルコンピュータの実現」で述べる。

参考文献：

- 1) ポール・E・セルージ著、宇田理・高橋清美監訳『モダン・コンピューティングの歴史』、未来社 (2008)
- 2) Walter Isaacson: "Steve Jobs", SIMON & SCHUSTER (2011)
- 3) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータ史』、オーム社 (2010)
- 4) 石田晴久：『新パソコン入門』、岩波新書 701, 岩波書店 (2000)
- 5) 遠藤諭：『計算機屋かく戦えり』、アスキー出版 (1996)
- 6) 清水慶一監修：『テレビゲームとデジタル科学』(図録)、国立科学博物館/TBS/読売広告社 (2004)
- 7) 日経パソコン編集：『パーソナルコンピューティングの 30 年』(2013)
- 8) 日本電気株式会社：『NEC の 100 年』、日本電気 (2001)
- 9) 富田倫正：『パソコン創世記』、旺文社 (1985)

4 | 日本の技術の貢献

4.1 日本語処理環境の確立

欧米のようにアルファベットが主対象になっている場合と異なり、コンピュータが非力な時代に、漢字を含めた日本語をコンピュータで扱うことは非常に困難であった。また、タイプライター文化を持たない日本においては、基本的な入力方法をどうするかという大きな問題があった。下記のような長い道のりを経て、メインフレーム時代には十分な日本語処理環境が実現できず、パーソナルコンピュータによる日本語処理が実現されて、初めて誰でもがコンピュータで日本語を扱えるようになった。

欧米では早くから文書の作成にはタイプライタが用いられていた。その後タイプライタと同一配列のキーボードをもつテレタイプ（印刷電信用端末）が用いられるようになり、これが初期のコンピュータへの入力にも用いられるようになった。1950年代の初めに欧米でコンピュータの商用化が始まったが、一般のデータ処理ではアルファベットの大文字26字に加えて記号を加えて47～63字あればよく、テキスト処理でも88～94字程度の文字種が扱えればよかった。これを前提に入出力装置やソフトウェアが開発された。

わが国では、漢字のコンピュータへの入力方法の問題以前に、国語表記に関する国語国字問題があり、種々の議論が行われてきた。明治時代から現在にいたるまで、日本語の漢字表記は社会において、特に教育やビジネス面で大きな問題となっていた。すでに明治時代にローマ字国字論が唱えられ羅馬学会が結成され、日本ローマ学会設立を経て、現在の財団法人「日本のローマ字社」に至っている。大正時代にはカナモジ論者による仮名文字協会が設立され、その後財団法人カナモジカイとなった。漢字の不便を取り除き、カタカナによる横書き普及を目的として、国語政策に意見を出し、またカナタイプの開発と普及に努力した。ひらがなタイプライタも1950年代に試作され、その後製品が販売された。

漢字入力是非常に大きな問題であったが、新聞社では1950年代から日本語処理への取り組みを始めていた。1950年代半ばから、新聞社などでは日本語文の電信伝送が行われている。

1960年代後半以降、コンピュータの普及とともに、漢字問題が改めて浮き彫りになった。日本語の表記は漢字仮名混じり文であり、事務機械化の面でも漢字の入力が最も困難な問題であった。このため、種々の漢字入力機器の開発が行われたが、専門のオペレータを必要としたり、入力に非常に手間がかかったり、技術的に実現が困難であったりした。

1964年に、IBMはワードプロセシングの概念を提唱し、タイプライタに処理装置と記憶装置をつけたMT/ST（Magnetic Tape/Selectric Typewriter）を発表した。MT/STでは文書作成での修正が容易なこと、文書の再利用が可能なことなどが、大きなメリットとされた。日本語ワードプロセッサの実現は、仮名漢字変換方式が実現される1970年代末まで待たねばならなかった。

1960年代の半ばから官庁や外郭団体の一部では日本語情報処理が始まり、出版業界でも漢字写植システムの利用が始まったが、限られた分野にとどまっていた。1970年代半ばに入ると高速漢字プリンタが登場し、ようやく保険業界など民間企業で住所や品名などに漢字表記が使われるようになった。また、地方自治体の一部で住民サービスの向上のため漢字の利用が始まった。1970年代の終わりに日本語ワードプロセッサが誕生し、1980年代にかけてワードプロセッサや汎用的な漢字プリンタ、ディスプレイが実用的な価格で実現し、ようやく漢字・日本語処理が一般に使われるようになった。漢字コードの標準化についても、1969年に始まり、1978年にJISとして制定された。

日本語をアルファベットと比較した場合、最大の違いは文字種が多いことである。最低でも2,000種、一般には数千種、さらに人名、地名などを扱うとさらに多くの字が必要である。また字形も字画が多く複雑であり、読み方も多種で、同音異義語や同音異字が多い。



図 4.1 日本語処理実現までの道のり

このために必要な技術はまず仮名漢字まじり文をどのように入力するかであり、次いで品質、性能、価格の種々のニーズに対応した出力手段（プリンタおよび表示）が大きな課題であった。

4.1.1 日本語入力方式

(1) 初期の入力方式

第1世代コンピュータの1950年代には、わが国でも印刷電信機用の鍵盤穿孔機がコンピュータの入出力機器として用いられた。これは英数字とカタカナが扱えたが漢字は扱えなかった。漢字の入力については、表4.1に示すような種々方法が試みられた。多段シフ

トのキーボードを用いる漢字テレタイプライタは、1960年代に新聞社で広く用いられた。この間研究されていた仮名漢字変換方式が1970年代の終わりに実用化され、以降は仮名漢字変換が標準的な方式となり、日本語ワードプロセッサ、その後のパーソナルコンピュータで広く使用されることになった^{1) 2) 3)}。

(2) 仮名漢字変換方式の研究

今日広く使われている仮名漢字変換方式は、1960年代の九州大学の栗原俊彦らの研究が最初と言われる。その後、表4.2で示すように大学や企業の研究所で研究が行われ、実験システムが試作された。これら

表 4.1 初期の日本語入力方式

方式	説 明
多段シフト方式	多段シフトのキーボードを用いる方式。 一つのキーに3列×4行の12文字を入れ、そのキーを24列×8行配置することで2,304字を扱う。右手で文字群のキーを、左手で文字群内の位置を選択するキーを打鍵する。左手はタッチ打鍵が可能で、熟練者は70~100字/分の入力が可能。 新聞社の日本語文電信伝送用漢字電信印字機（漢字テレタイプ）で使用された。 ・1954年：読売新聞社と防衛庁が共同研究を行い、日本飛行機製作所が製作。 ・1955年：朝日新聞社と新興製作所が共同研究による試作機を発表。 ・1958年：新興製作所がわが国初のSC-4形漢字鍵盤さん孔機・漢字印刷翻訳機（プリンタ）を製品化。新聞業界で使用され、漢字テレタイプの原型になる。 ・1960年：共同通信社によるニュース記事の配信が始まり、全国の新聞社で漢字テレタイプを使用
和文タイプ方式	従来からあった和文タイプライタに文字コード発生方式を付加したもの。 ・文字の選択に機械的移動を伴うため、手や腕の疲れを生じ、打鍵速度も30字~50字/分程度。 ・文字コードは活字位置から機械的に発生させた。位置に関係のないコードを付与するために、活字にバーコードを付加して読み取る方式が考案された。
ドラム（漢字表）方式	沖電気が1965年に開発したドラム式漢字鍵盤送信機。 ・漢字の表をドラムに巻きつけ、左手でハンドホイールを回しながら所望の文字のところに針を持っていき、右手でキーを押すとコードが発生する。
タブレット方式 （ペンタッチ方式） (図 4.2)	文字盤上の文字をペン状のものでタッチして電子的にコードを発生する機構を持つ。 ・数ミリ角の文字を35行×60列程度並べた文字盤を使用。 ・1970年代に入って各社で開発、1970年代の代表的入力装置。 ・打鍵方式に比べて片手操作ができ、タッチも軽いので疲労も少なく素人向き。 ・入力速度は30~70文字/分と多段シフトのものより遅い。 ・コードの発生方式としては、電磁結合方式、静電結合方式、光電方式のほか、圧電シートや抵抗変化を利用した感圧導電シートなどを用いるものも開発された。
2ストローク方式	漢字をカナやアルファベット2文字の組み合わせと1対1対応させたコード体系を作り2ストロークの打鍵で入力する方式。 ・1972年：日米コンピュータ会議でラインブット社が発表。 ・コードを覚えやすくするために、読み方、意味、字の形、熟語等による連想的な対応付けを用いる。 ・タッチ法を効率化するために、左右の手による交互打鍵や各指の負荷の合理的分配などを考慮した独自のキー配列を採用し、100~125字/分という高い入力速度を可能にした。 ・熟練者による大量の漢字データ入力用に適用。一般には普及しなかった。
かな漢字変換方式	キーボードからのかな入力を辞書照合・解析により漢字仮名混じり文に変換する方式。 1978年に日本語ワードプロセッサで実用化され、現在もっとも広く使用される。

表 4.2 仮名漢字変換方式の研究

年	適 用
1964	九州大学栗原俊彦が特許出願。仮名文を分節分かち書きで入力し、単語辞書による照合、構文解析、意味解析など仮名漢字変換に必要な基礎的な手法を提案。
1967	沖電気が九州大学と共同研究。仮名漢字変換システム試作。
1971	日本ソフトウェアが外電のローマ字電文を対象にした変換プログラムを作成。同音意義語は、二つに絞って併記し、使用者が選択。
1971	東芝が京都大学の指導のもとに、日本語構文解析の研究を開始。
1973	NHK の相沢らが、ニュース文に限定した仮名漢字変換の実験システムを作成。
1976	電電公社木村らが仮名漢字変換システムを試作。同音異義語解析のために関連語や意味分類情報を利用することを提案。
1976	東芝の河田らは、単語辞書の学習的構成法を提案。制限のない一般文章を対象とした実験システムをミニコンピュータ上に作成。
1977	シャープが仮名漢字方式日本語ワードプロセッサ試作機をビジネスショーに出展
1978	東芝が仮名漢字変換方式の日本語ワードプロセッサ JW-10 を発表。

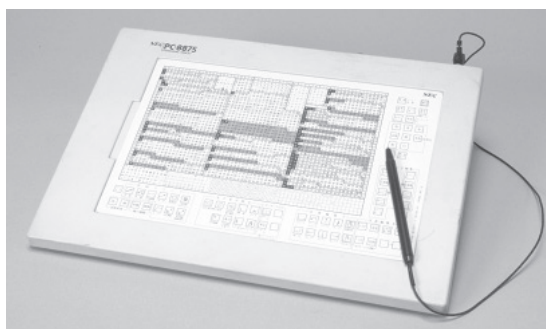


図 4.2 漢字入力タブレット
(出典：千葉県立現代産業科学館所蔵)

のシステムには当初汎用コンピュータが使用されたが、1970 年代後半には高性能なミニコンピュータを利用して、実用化のための効率および変換精度の向上の研究に精力が注がれた。

1978 年 9 月に、東芝は仮名漢字変換方式の日本語ワードプロセッサ JW-10 を発表した。これに続いて各社が仮名漢字変換方式の日本語ワードプロセッサを製品化した。

仮名文字列を漢字文字列に変換する場合、完全な自動化は不可能であるから、できるだけ正しそうな日本語に自動変換した後に、選択あるいは修正する必要がある。基本的な方式としては下記がある。

いずれも同音異義語をいかにうまく選択するかが中心的課題であり、頻度や使用状況による優先順位の変更や文法的処理や意味論的処理による精度向上の研究が行われた。文法的処理は自立語と付属語との接続関係の規則性を利用する。たとえば動詞、形容詞、形容動詞は活用形によって活用語尾が決まっていることなどを利用する。

表 4.3 変換方式の種類

方式	説明
漢字単位変換	変換辞書は少なくてすむが、自動化の成功率は極めて低く、入力者による同音異義の選択が前提と成る。
熟語単位の変換	同音異義語の出現頻度も低く、文法処理などを組み合わせることによりさらに精度をあげることができるが、熟語辞書が少なくとも数万語必要となる。さらに、辞書との照合方式も問題になる。
最長一致法	辞書の見出し語と入力文字列とを比較し、一致する最長の語を検出して変換の候補とする方法。最長が見つかって次も次の接続条件（動詞の後の活用変化など）が不適当であれば、次に長い一致語を候補とする。
総当り法	あらゆる可能な一致語について次の自立語や付属語をしらべる。

熟語辞書に品詞情報を加え、名刺にも形容動詞の語幹やサ変動詞の語幹やサ変動詞の語幹になるものはその情報を付加することにより、同音異義語の選択性を大きく向上させた。意味論的な処理は、複数の文節を対象に単語の意味的なつながりを利用するもので、たとえば動詞はその前の主語や目的語が特定の意味範囲の単語である必要がある場合が多い。意味的な概念のつながりや構造から正しい語を推定する方法が研究されたが、実用化するには意味解析とデータベースの構築が本格化する必要があると報告されている。

カナ文をベタ書きで入力すると、入力速度は速いが変換効率が悪い。変換処理をやりやすくするには、入力段階で工夫することが検討された。当初から考えられた文節単位にスペースを挿入する文節分かち書き方式に加えて、漢字部分を[]でくくる漢字指定方式や、自立語と付属語との間にもスペースを入れる自立語付属語分かち書き方式などが提案された。制限を付け加えれば容易になるが、入力者にとっては考えながら打鍵する必要があり、タッチ法から遠くなり、入力速度が落ち、誤入力率が高くなることからトレードオフの難しい課題であった。

同音異義語の処理に次いで重要な処理に、特殊文節処理といわれるものがある。日本語は接頭語、接尾語に加えて、二つ以上の熟語をつなげて漢字列の長い文節を作る能力（複合語）に富んでいる。複合語や接辞付きの語をすべて単語辞書に登録するわけにいかず、特殊な処理が必要になる。また、数詞や固有名詞の扱いも特殊処理に含まれる。

(3) 日本語ワードプロセッサ（専用機）の実用化

a) ワードプロセッサの製品化

1978年9月に東芝から発表された日本で最初の日本語ワードプロセッサJW-10は、それまで実用化を妨げていた変換率の問題を下記により解決した。製品は1978年2月から出荷され、価格は630万円であった。

- ・局所意味処理で同音語を制限する2層型変換方式
- ・同音語短期学習方式
- ・形態素解析用国文法と辞書の改良
- ・対話方式へのパラダイム変換

JW-10に続き、各社から表4.4のように次々と日本語ワードプロセッサが発表された。

1980年にはさらにキヤノン、1981年にはリコー、松下電器、カシオ計算機、1982年には、三洋電機、富士ゼロックス、横河電機が参入し、その後も電機メーカー、事務機器メーカーなどから、次々とワードプロセッサの製品が発表された。当初は様々な方式が試みられていたが、自然言語処理に対する各社における研究が進み入力仮名漢字変換方式に統一されていった。

b) 日本語ワードプロセッサの改良

日本語ワードプロセッサの改良については、下記の方で行われた。

- i) 仮名漢字変換方式搭載および変換率向上、
- ii) LSI化による小型化、量産化による低価格化

文節の形態素解析により誤変換と同音語の低減が行われ変換効率の向上が図られた。また、一文を丸ごと変換する「べた書き入力」と同音語の削減も進められた。1980年代後半からこれらの機能の実装が行われて。べた書き入力の場合、基礎となる文法解析は形態素解析であるので、形態素解析の前処理で如何にして文節の区切りを見つけ出すかが課題であった。

複数文節変換機能を持つものが1985年から登場した。複雑な自然言語処理を効率よく行うために、統計的な情報など種々のヒューリスティクスを用いた方法が実用化された。べた書き入力の少し後に、同音異語の解決のために選択制限規則を用いたものがAI変換という名称で登場した。選択制限規則では文脈によって異なる同音語には対応できない。人間は文脈を用いて同音語を使い分けている。ニューラルネットワークを用いて、文脈を統計的に実現し、文脈に追従して同音語を決定する方式も1989年に実現された。

表 4.4. 日本語ワードプロセッサの発表

年月	名 称	メーカー	方 式
1979.5	OKI WORD EDITOR-200	沖電気	1字単位表示選択方式
1979.9	WD-300	シャープ	全文字配列タブレット方式
1980.5	OASYS 100	富士通	単語単位表示選択方式
1980.5	NWP-20	NEC	全文字配列タブレット方式
1980.5	BW-20	日立	2ストローク方式

c) 日本語ワードプロセッサの発展

1980年代前半には各社が仮名漢字変換を装備するようになった。装備済みの場合はさらに変換率を向上させる努力が行われた。1980年代中頃には、小型キーボードで入力できる低価格でラップトップ型のパーソナルワードプロセッサが各社から登場した。1984年4月には富士通はOASYS Liteを22万円で発売し、翌年5月には東芝がRupo JW-R10を99,800円で発売した。低価格化によって普及が進み、業界全体の生産台数は約100万台に達した。その後は適正価格で高機能な路線へ回帰し、多彩な選択肢が提供され、1986年には生産台数は200万台を超えた³⁾。

1980年代前半には、キーボード自身を工夫した親指シフトキーボードのOASYS 100（富士通、1980年）⁴⁾やM式キーボードのPWP-100（NEC、1984年）⁵⁾が製品化された。（5.1.4参照）1980年代後半はパーソナル機の高性能化が進んだ。

1989年には年間出荷台数が過去最大の271万台を記録し、累計出荷台数は1,000万台を突破したが、その後は年間販売台数は減少していった。

d) ワードプロセッサ専用機からパーソナルコンピュータへの移行

1980年代には16ビットパーソナルコンピュータが国内でも発売され、PC-9801ではハードウェアによる日本語の高速表示を実現した。1990年にはOS DOS/Vにより、AT互換機においても、容易に日本語処置ができるようになった。小型のノート型パーソナルコンピュータも販売されるようになり、20万円を切る低価格のものも出現した。ワードプロセッサは安価なマイクロプロセッサを採用し、プリンター一体型であることや、専用の文書作成ソフトウェア、使いやすいキーボードなどの特徴を生かし、進化を続け、1993年には累計販売台数が2,000万台に達した。

1995年に、パーソナルコンピュータOSでグラフィカルユーザインターフェース（GUI）をもつWindows 95が発売され、これはインターネットにも対応していたこともあり、パーソナルコンピュータが広く家庭に普及した。電子メールや表計算ソフトウェアなどとともに、日本語ワードプロセッサのソフトウェアもパーソナルコンピュータで多く使用されるようになった。パーソナルコンピュータの規模とは大きな差があり、ワードプロセッサ用の安価なマイクロプロセッサの優位性もなくなってきた。ワードプロセッサの累積販売台数は2000年に3,000万台を突破したが、販売台数は26万台と、ピーク時の1割に満たなかった。2000年末より各社がワードプロセッサから撤退

を始め、2001年のシャープの生産停止をもって、専用ワードプロセッサはその使命を終えた。

(4) 16ビットパーソナルコンピュータにPC-9801による日本語処理

パーソナルコンピュータでは、8ビットCPUを用いたものでも高性能モデルではオプションのハードウェアを付加して日本語表示が可能になったが、NECのPC-9801では16ビットCPUの採用およびグラフィック処理用ハードウェア強化などにより快適な日本語処理と高速な日本語表示を実現した^{6) 7)}。

PC-9801では日本語処理実現のために下記のような手段が採用された。

- ・CPUに内部バス・外部バスともに16ビットバスをもつ μ PD8086-2（インテル8086-2コンパチブル、クロック8MHz）を採用。
- ・テキスト表示用とグラフィック表示用に各1個、合計2個のNECが開発したグラフィックディスプレイ制御用LSI μ PD7220を搭載。
- ・40字×20行の漢字表示が可能な高解像度グラフィックディスプレイを装備。
- ・JIS第1水準・第2水準漢字表示用の漢字ROMを装備（PC-9801ではオプション）。
- ・テキスト用VRAM（12Kバイト）とグラフィックス用VRAM（192Kバイト）を搭載。

表4.5は、IBM PC/XTに対してPC-9801がどのようにハードを強化しているかを項目別に対比させて示している。

表 4.5 IBM PC/XT と PC-9801 の比較

	IBM PC/XT	PC-9801
CPU	8088	8086
内部バス	16ビット	16ビット
外部バス	8ビット	16ビット
VRAM テキスト用	×	○
グラフィック用	○	○
GDC	×	2個（テキスト用、グラフィック用各1）
漢字ROM	×	○
ディスプレイ	640×200ドット 2色	640×400ドット 8色

図4.3にPC-9801本体のブロックダイアグラムを示す。図4.4はCRT制御のブロックダイアグラムであり、テキスト用（マスタ）とグラフィック用（スレーブ）のGDC PD7220が示されている。

図4.5は基本メモリマップであり、テキスト用

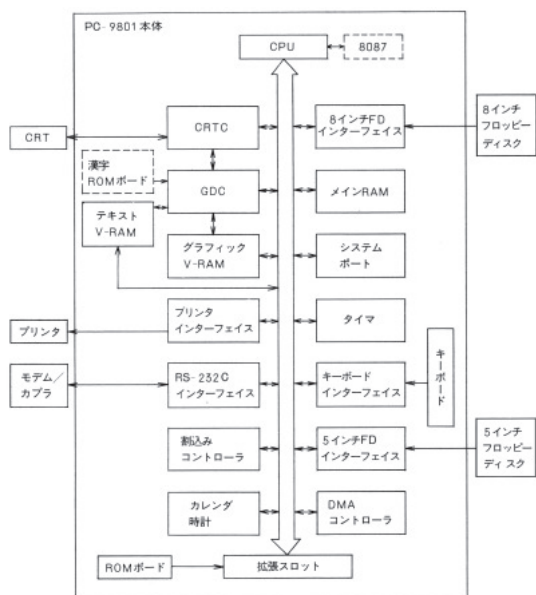


図 4.3 PC-9801 ブロックダイアグラム
(浅野泰之他『PC-9801 システム解析 (上)』, アスキー出版局 (1983) より引用)

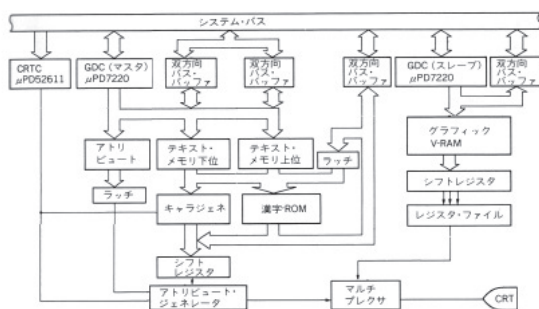


図 4.4 CRT 制御ブロックダイアグラム
(吉田功:「PC-98 シリーズのハードとソフト」, トランジスタ技術 SPECIAL No.45 (1994) より引用)

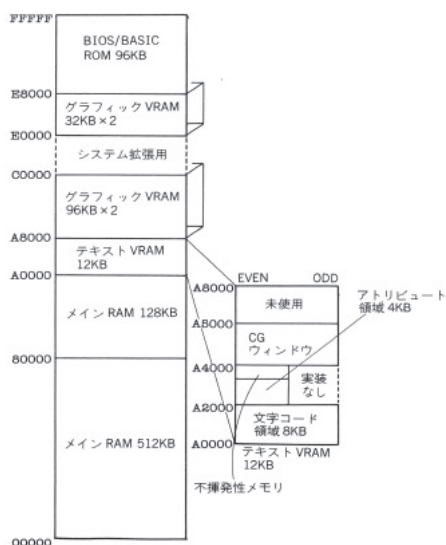


図 4.5 基本メモリマップ
(吉田功「PC-98 シリーズのハードとソフト」<図 1-8>, トランジスタ技術 SPECIAL No.45 (1994) より引用)

VRAM およびグラフィックス用 VRAM が示されている。ユーザメモリは最大 640K バイトまで実装できる。表示用 RAM (VRAM) は、テキスト用 12K バイトを実装しており、文字単位に属性を指定できる。グラフィック VRAM は 192K バイト実装しており、カラー用高解像度ディスプレイを実装した場合には、最大 640 × 400 ドットのカラーグラフィックスを 2 面表示可能である。テキスト画面・グラフィック画面ともに、ハードウェアによる 1 ドット単位の縦スクロールおよび 16 ドット単位横スクロールが可能であった。

ディスプレイ制御用に μ PD7220GDC LSI をテキスト画面表示用とグラフィック表示用に 2 個採用することにより、美しく緻密なグラフィック表示、高速な描画、英数カナ表示と同様のコード方式による高速な日本語表示を実現している。

テキスト画面には、下記の表示が可能である。

英数カナ文字 80/40 桁 × 25/20 行

日本語 40 桁 × 25/20 行

テキスト画面上に表示できる日本語の種類は下記の通りである。(PC-9801M2 の場合)

IS 第 1 水準漢字 2,965 種

非漢字 609 種

利用者定義文字 63 種

合計 3,637 種

オプション

JIS 第 2 水準漢字 3,384 種

拡張漢字 388 種

漢字を高速で表示するために漢字 ROM が用意されており、これにフォントデータが格納されている。メモリ内の漢字コードデータが読みだされるとテキスト用 VRAM に格納され、これに対応するフォントデータが漢字 ROM 内から読みだされるため、高速表示が可能である。漢字は 1 文字 16 ドット × 16 ドットでディスプレイ上に表示される。

漢字プリンタには印刷用フォントの漢字 ROM が格納されており、これを用いて高精度の漢字のプリントが行われる。PC-9800 シリーズ用ドットインパクト式日本語プリンタ PC-PR201 の場合、24 ピン・プリントヘッドを採用し、英数かな文字は 17 × 11 ドット、漢字は 22 × 22 ドット、40 字/秒で印字する。JIS 第一水準漢字 ROM を搭載しており、オプションで JIS 第 2 水準漢字 ROM を追加できる。

(5) パーソナルコンピュータ用日本語ワードプロセッサ「一太郎」

パーソナルコンピュータによる日本語処理が容易に

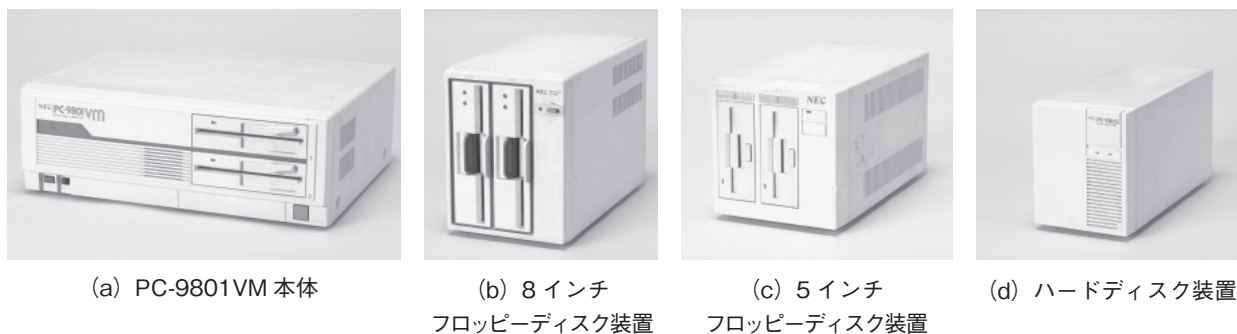


図 4.6 PC-9800 シリーズの構成機器
(出典：千葉県立現代産業科学館所蔵)

できるようになった背景には、ハードウェアとともに日本語ワードプロセッサのソフトウェアの発達がある。欧米ではアルファベットを使用しタイプライタが普及していたためワードプロセッサ専用機の必要性がなく、タイプライタからコンピュータ上のワードプロセッサのソフトウェアに短期間で移行した。わが国では専用機の日本語ワードプロセッサが先行し、その後1980年台に入って日本語処理機能を装備した16ビットパーソナルコンピュータの出現に続いて、ソフトウェアによる日本語ワードプロセッサが次々と登場した。ジャストシステムの一太郎と管理工学研究所の「松」の人气が特に高かったが、一太郎は当初からMS-DOS上に構築され、価格も低めに設定されたこと、さらに下記のような広範な強化改良が行われたことから、日本語ワードプロセッサ技術を確立し、その後のワードプロセッサソフトウェアの市場を制した^{8) 9) 10)}。

- ・ 仮名漢字変換アルゴリズムの継続的改良と仮名漢字変換部分 ATOK (Advanced Technology Of Kana-Kanji transfer) の独立化
- ・ ATOK 監修委員会による規範性の追求
- ・ 方言や、種々の OS・ハードウェアなどへの多様な対応

仮名漢字変換部分の ATOK は、FEP (Front End Processor) として単独でも販売され、MS-DOS 上の他のアプリケーションに組み込んで、一太郎と同様の仮名漢字変換環境を実現することを可能にした。一太郎は PC-9800 シリーズのキラーアプリケーションになり、PC-9800 と組んでパーソナルコンピュータと日本語処理環境の普及に貢献した。

a) 黎明期における仮名漢字変換アルゴリズムの改良

ジャストシステムは1979年に創業し、16ビットのパーソナルコンピュータとMS-DOSの登場と同時に、仮名漢字変換システム KITS (Kana-Kanji Transfer Input System, ATOK の前身) をワードプロセッサ JS-WORD に搭載して、市場に投入した。仮名漢字変換システムはその後 ATOK に変わり、1985年に ATOK4 の搭載された初代の一太郎が PC-9800 シリーズ用に発売された。その後、表 4.6 に示すように一太郎と ATOK は継続的に改良されていった。

仮名漢字変換プロセスの最初の段階である文節区切りのアルゴリズムの進展は特に重要である。ATOK5 では、文節の区切り位置を推論するアルゴリズムとして二分節最長一致法を採用した。1979年時点で、この方法はべた書き文を文節ごとに区切っていく方法と

表 4.6 ジャストシステムのワードプロセッサと仮名漢字変換の進展

年月	項 目	説 明
1983 年 10 月	JS-WORD/KTIS	先読み単語・熟語変換方式を採用
1984 年 5 月	JS-WORD2/KTIS2	文節仮名漢字変換システム採用
1985 年 2 月	jX-WORD 太郎/ATOK3	初代 ATOK. 連文節仮名漢字変換システム採用。
1985 年 8 月	一太郎/ATOK4	初代一太郎. ATOK を FEP 化し、MS-DOS 上の他のソフトに組み込んで一太郎での日本語入力環境を他のソフトでも実現。
1986 年 5 月	一太郎 Ver.2/ATOK5	自動変換、複合連文節変換、複合単文節変換、一括変換の 4 つの変換方式を採用。
1987 年 6 月	一太郎 Ver.3/ATOK6	
1989 年 4 月	一太郎 Ver.4・一太郎 dash/ATOK7	EMS(拡張メモリ)に対応。環境に応じた辞書 (S, M, L) プログラムを提供。

して、非常に有効であることが示されていた。ジャストシステムでは、かなり早い段階から、この方法に注目していたという。CPU のパワーやメモリ、フロッピーディスクの辞書容量などの制約で、ATOK5 以前のシステムに採用することを見合わせていたが、条件が整い採用に踏み切った。最適のタイミングで採用したことによりソフトウェア製品の市場競争力を高め、市場生命を長くする効果が大きかった。その後の ATOK では、二文節最長一致法の発展形である N 文節最長一致法をベースに、さまざまな解析手法が加味された変換アルゴリズムが用いられた。

もう一つの重要な点は、ジャストシステムの製品が汎用的な OS 環境の上で開発されたことがあげられる。製品が MS-DOS 環境の上で稼働していたことにより、ATOK の市場における競争力を高める上で非常に役立ったという。1985 年に ATOK を Front-End Processor として独立させて製品化したことも、この流れの中で重要な転機であった。MS-DOS 上でさまざまなアプリケーションから自由に呼び出して利用することができるデバイスドライバと言う構造をとることにより、使い慣れた仮名漢字変換システムを、さまざまなアプリケーションにおいて、共通に利用できる環境が実現した。

b) 規範性の追求

1992 年 1 月に、ジャストシステムは批評家・作家の紀田順一郎を座長とし、国語学者、教育者をメンバーとする ATOK 監視委員会を設置した。この背景には、エンジニアリングという観点からはある程度の枠組みが固まってきた仮名漢字システム全般、特に変換用辞書に対する世上の不満と要求があった。

仮名漢字システムがプログラムとしてはある一定の水準に達していながら、その変換辞書の構築が一貫した方針に基づいてなされたものでなく、事務文書用途への偏りを持ち、かつ、かなり恣意的な語彙選択によってなされていた。メカニズム、フレームワークとしてはある程度成熟してきた仮名漢字変換システムの変換精度、ユーザビリティを大きく向上させるためには、すでに工学的な手法のみでは限界に達しており、専門家が恣意性を排除して、仮名漢字変換辞書の編纂に当たる必要があると考えられた。このようなことから委員会が設置された。その成果は 1993 年の ATOK8 に現れた。ATOK8 には前後の語彙との関係で同音異義語の判別処理を行うための共起情報が取り入れられたが、この際の委員からの協力は大きかった。1992 年に委員会による変換辞書の徹底的な見直しが行われた。パーソナルコンピュータによる日本語

文書処理の拡大に伴った仮名漢字変換システムの普及により、社会全体が仮名漢字変換システムを提供する側に対し、そのシステムが変換表記する日本語の規範性について、ある種の社会的責任を求める状況になってきた。

c) 多様性の追求

多彩な日本語表現に対応するために、ジャストシステムは 2002 年の ATOK15 において「話し言葉関西モード」を搭載し、方言に対する対応を開始した。また、2001 年発売の ATOK14 以降では、様々な専門辞書をオプションとして用意し、利用機会、利用目的によって、仮名漢字辞書を切り替えて使用できるようした。

OS やハードウェアの対応については、1993 年以降、Macintosh、Windows、Solaris、hp-ux などに対応し、さらに PDA の OS や、携帯電話、ゲーム機などにも ATOK が使用できる環境を整えた。

(6) ソフトウェアによる日本語表示技術：DOS/V

1980 年代は NEC の PC-9800 シリーズが日本語表示のためのハードウェアを装備することにより、高速な日本語表示、快適な日本語処理環境を実現し、これが市場を占拠した。半導体技術の進歩により、1990 年代には標準ハードウェアを用いて日本語を表示できる可能性がでてきた。日本 IBM は 1990 年 12 月に日本語の扱える PS/55 シリーズ 5535-S 専用 OS IBM DOS J4.0/V をリリースした。これをもとに PC/AT 互換機でも使用できるように改良された。

DOS/V は、80286 以上の CPU と 2 M バイト以上のメモリ、ビデオ表示規格 VGA 以上を備えた PC/AT 互換機に対して、専用ハードウェアを用いずに、ソフトウェアだけで日本語を表示・処理をできるように拡張された DOS である。DOS/V では漢字 ROM を用いず、ディスク上に日本語フォントファイルを持ち、80286 のプロテクトメモリに展開して VGA グラフィックモード画面（標準では画像解像度 640 × 480 ビット）に日本語をビットマップで展開して表示した。すなわち、VGA のグラフィックモードを用いて、日本語テキストモードを実現した。

DOS/V では、DOS の日本語の対応部分を、DOS 標準の拡張方法であるデバイスドライバ方式により実現した。英語版 DOS に DOS/V 用デバイスドライバと日本語フォントファイルが組み込まれ、切り替えのスイッチコマンドも組み込まれた。PS/55 には 80286 が搭載されており、プロテクトモード専用のメモリ領域（プロテクトメモリ）があったがこれは DOS4.0 で

はあまり利用されていなかった。最低限表示が必要な漢字はJIS第一水準3489文字と第二水準3388文字で、これらの漢字フォントのデータが漢字ROMの代わりにプロテクトメモリに格納された。このデータがグラフィックVRAMに送られ、漢字表示が行われた。

DOS/Vでは複数種類のフォントが利用可能になり、また標準のVGA(640×480ドット)以外に、800×600(SVGA)、さらに1024×768(XGA)のディスプレイ表示が可能になった。高解像度表示は、後にV-Textの名称でIBMのDOSバージョンに標準で組み込まれた。

1991年には日本語版Windows3.0が発売され、DOS/Vを推進するOADGが設立された。マイクロソフト社は、IBMからDOS/Vモジュールの提供を受け、マイクロソフト版のDOS/VであるMS-DOS 5.0/Vが発売された。

4.2 ノート型パーソナルコンピュータの実現

ノート型パーソナルコンピュータは日本が生んだ傑作ともいえる製品ジャンルである。米国ではデスクトップ型に続いてポータブルコンピュータが登場したが大きくて重く、簡単に持ち運びができなかった。我が国では、図4.7に示すように小型化を優先したハンドヘルド型コンピュータが誕生し、その後ラップトップ型パーソナルコンピュータを経てノート型、サブノート型へと発展した。

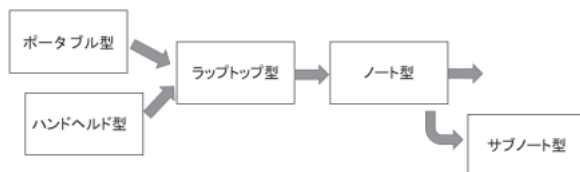


図 4.7 ノート型パーソナルコンピュータへの進展

パーソナルコンピュータの国内出荷台数は1995年で570万台となり、出荷金額も1兆円を超えた。その後もノート型パーソナルコンピュータの増加やマルチメディアパーソナルコンピュータの登場、インターネットの普及などにより市場は急拡大を続け、2000年度には出荷台数1,210万台、出荷金額2兆円を超えた。2000年度にノート型パーソナルコンピュータの出荷台数がデスクトップ型パーソナルコンピュータを上回った。またパーソナルコンピュータの世帯普及率が50%を超えた。

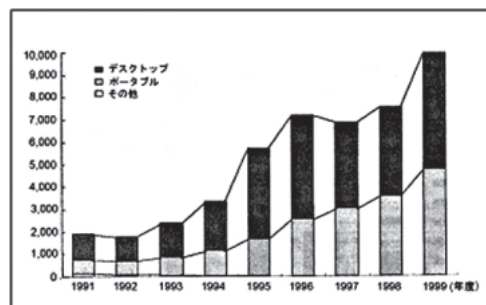


図 4.8 パーソナルコンピュータの出荷台数（単位：千台）
（出典：電子工業月報（日本電子工業振興協会））

(1) ハンドヘルド型コンピュータ

ポータブルパーソナルコンピュータの先駆けとなったハンドヘルド型コンピュータは、モノクロ液晶ディスプレイ、フルキーボードを装備し、バッテリー駆動が可能で、携帯できるように小さくまとめられていた。わが国では信州精機・諏訪精工舎（現在のセイコーエプソン）が重さわずか1.6kgでA4サイズのハンドヘルド型コンピュータHC-20（海外版はHX-20）を1981年に発表し、1982年7月に発売した。（海外は1983年発売）これは世界初のハンドヘルド型コンピュータである。CPUに8ビットの日立6301（6800互換）を2個使用した。20桁×4行表示のモノクロ液晶ディスプレイを持ち、マイクロプリンタを内蔵し、オプションでマイクロカセットを装着できた。BASICを搭載し、周辺機器への接続も考慮してパーソナルコンピュータとしても高度な水準を実現した。音響カプラを接続することにより、公衆回線による通信が可能であった。



図 4.9 信州精機・諏訪精工舎（現セイコーエプソン）ハンドヘルドコンピュータHC-20

NECでは1983年にやはりA4サイズで、40桁×8行表示の液晶ディスプレイを持つハンドヘルド型のPC-8201を販売した。CPUは8ビットの80C85（8085のCMOS版）を使用し単3乾電池で動作した。重量は1.7kgであった（図4.10）。同年キヤノンはA5サイズで40桁×8行の液晶ディスプレイで重さがわずか480グラムのハンドヘルド型X07を発売した。

CPUにはNSC800（Z80 互換）を使用した。強力な BASIC を装備し、多様な周辺機器も用意された。



図 4.10 NEC PC-8201
(出典：千葉県立現代産業科学館所蔵)

(2) ラップトップ型パーソナルコンピュータ

ハンドヘルド型に続いて、持ち運びできてデスクトップ並みの機能を持ったラップトップ型のパーソナルコンピュータが開発された。1983年にシャープはラップトップ型のPC-5000を発売した。CPUに16ビットの8088を使用した。MS-DOSおよび日本語ワープロ TOOLPLAN を搭載し、パーソナルワープロとしても利用できた。オプションで熱転写式サーマルプリンタを内蔵可能で、本体、プリンタともに電池駆動ができた。液晶ディスプレイは80桁×8行で、グラフィック640×80ドット、漢字40桁×4行を表示できた。軽量化するためにフロッピーディスクの代わりに128k バイトのバブルメモリが用いられた。本体の重量は電池を含んで4.3kg。電源は電池とACアダプタの2電源方式であった。

1984年にNECは海外向けにPC-8401Aを発表した。CMOS版Z80を使用し、折りたたみ型にして液晶ディスプレイは80字×16行の表示ができた。キーボード、モデムを内蔵して重量は2.1kgで、電池により8時間使用できた。これがNECの98NOTEの原型といわれる。



図 4.11 東芝ラップトップ型 T1100

1985年3月にドイツのハノーバーで開催されたハノーバメッセで、東芝は世界初のIBM PC/XT 互換ラップトップ型パーソナルコンピュータ T-1100 を展示了。(図 4.11) 同年4月より欧米で発売し好評を博した。CPUには80C86、フロッピーディスクは3.5インチ型を採用し、重量4.1kg、バッテリー駆動で8時間稼働を実現した。T1100はラップトップ型パーソナルコンピュータの発展に大きな貢献をしたことで、2014年10月にIEEEマイルストーンに認定された。富士通は同年4月に国内向けのラップトップ型に80C86を使用したFM16 π (パイ) を発表した。A4サイズで、ROMに格納したCP/Mとマイクロカセットを搭載した。以降各社から競ってラップトップ型のパーソナルコンピュータが発売された。1986年1月に東芝は海外向けに世界初のハードディスク(10MB)内蔵の16ビットラップトップ型パーソナルコンピュータ T-3100 を発売し、同年10月に国内向けにJ-3100 を発売した。



図 4.12 富士通ラップトップ型 FM-16 π



図 4.13 東芝ラップトップ型 J3100

表 4.7 ハンドヘルド型・ラップトップ型パーソナルコンピュータ年表

年月	機種	特徴
1982	エプソン HC-20	8 ビット・ハンドヘルド型, A4 サイズ
1982.7	NEC PC-8200	8 ビット・ハンドヘルド型, A4 サイズ
1983	キャノン X07	8 ビット・ハンドヘルド型, A5 サイズ
1984	NEC PC-8401A	8 ビットラップトップ型, CMOS Z80
1985.3	東芝 T1100	16 ビット 80C86, 世界初 IBM PC/XT 互換
1985.4	富士通 FM16n	16 ビットラップトップ, 80C86 使用
1986.1(10)	東芝 T3100 (J3100)	16 ビット 世界初 HDD 内蔵
1986.11	NEC PC-98LT	16 ビット V50, わが国初大型液晶ディスプレイ
1986.11	エプソン PC-286L	16 ビット V30, PC98 完全互換, NTN 型液晶ディスプレイ
1987	東芝 T5100	32 ビットラップトップ型, Intel 386

1986 年 11 月には日本電気が PC-98LT を発売した。PC-98LT は 640 × 400 ドット（日本語 40 桁 × 25 行）の表示能力を持つ大型液晶ディスプレイを搭載し、CPU には独自開発の 16 ビットマイクロプロセッサ V50（8086 とソフトウェア互換）を採用した。エプソンは同時期にラップトップ型で PC-98 互換の PC-286L を発売した。ディスプレイ部には、エプソン独自開発の NTN（Neutralized STN）型液晶ディスプレイを採用した。1987 年には東芝は海外向けに、世界初の 32 ビットラップトップ型パーソナルコンピュータ T5100 を発売した。ラップトップ型パーソナルコンピュータは、高性能化や多機能化が図られるなど、その後も進化を続けた。

(3) ノート型パーソナルコンピュータの実現

小型軽量化がさらに進み A4 ファイルサイズや B5 ファイルサイズのものが現れ、わが国ではノート型パーソナルコンピュータとして区分して呼ぶようになった。現在ではほとんどすべてのポータブル型のパーソナルコンピュータがノート型パーソナルコンピュータと呼ばれている。ノート型はわが国の得意とする軽薄短小化技術を活かして発展した。東芝はわが国初のノート型のパーソナルコンピュータ Dynabook (J3100SS) を 1989 年に発売した。Dynabook の名称は、アラン・ケイの提唱した Dynabook のコンセプトに共感して採用したという。ラップトップ型の J3100 では重量が 6.8kg あったが、Dynabook は表面実装技術の採用、LSI 化、薄型バックライト液晶ディスプレイの採用などにより重量 2.7kg と軽量化し、20 万円を切る 19 万 8,000 円の低価格を実現した。



図 4.14 東芝 Dynabook J3100 SS

1989 年 9 月にエプソンは重さ 2.2kg のノート型 PC-286NOTE executive を発売した。CPU に μ PD70116 相当品を採用し、PC-9800 シリーズ互換であった。薄型の反射型 FTN（Film Compensated STN）液晶表示体および超薄型のビデオ回路モジュールを採用、この 2 つの革新的な技術により厚さ 35mm の世界一薄型のパーソナルコンピュータを実現した。

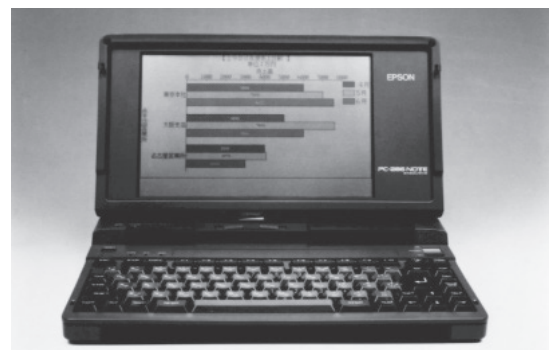


図 4.15 セイコーエプソン PC-286NOTE executive

同年10月には、NECはA4ファイルサイズのノート型パーソナルコンピュータ98NOTE (PC-9801 N)を発表した。重さ2.9kgで、従来のラップトップ型と異なりPC-9801との互換性も持っていたことでヒットにつながった。1メガバイトの薄型3.5インチフロッピー装置1台と、フロッピーディスク装置1台分に相当する1.25メガバイトのRAMドライブを内蔵し、フロッピーディスク装置を2台内蔵したモデルと同様の使い方ができた。



図 4.16 NEC ノート型 PC-9801N (98NOTE)

最初に登場したノート型パーソナルコンピュータは、通常のデスクトップ型に比べて性能・機能面ではまだ劣っていた。1990年代前半は、サイズを維持しながら高性能化、多機能化に向かって進化していった。性能面では、搭載していたマイクロプロセッサが16ビットから32ビットに進化し、また機能面でハードディスクドライブの内蔵や液晶ディスプレイのカラー化が進んだ。

1991年10月には世界初のTFTカラー液晶搭載ノート型パーソナルコンピュータPC-9801NCをNEC

が発売した。CPUには32ビットマイクロプロセッサ386SXを採用した。4096色中16色表示が可能になり、中間色まで鮮やかに表示できた。ノート型パーソナルコンピュータの携帯性を有しながら、CRTディスプレイと同様の鮮明なカラー表示を行うことができた。同時期に、東芝は従来の液晶(640×400ドット)よりも広いVGA対応液晶ディスプレイ(640×480ドット)を搭載したDynaBook V386/20 J-3100 SX-VWを発表した。

1992年1月に発売された98NOTE LIGHT (PC-9801NL)では、CPUにV30HLを使用し、フロッピーディスクドライブを外付けにして1.3kgに小型軽量化した。MS-DOSは3.3D相当をROMに内蔵した。

1991年3月には、日本IBMがDOS/V仕様のパーソナルコンピュータとしては初のノート型パーソナルコンピュータPS/55 noteを発売したが、1992年10月にはThinkPadの最初のモデルとなったThinkPad 700Cを米国で発表した。これは日本IBM大和研究所、藤沢研究所、野洲事業所が開発したTFTカラーディスプレイ、ハードディスク、低消費電力CMOS、高密度実装基板などの高度な内製技術が取り入れられ、ThinkPadの特徴である赤いトラックポイントが採用された。

以降、ノート型パーソナルコンピュータを発売するPCメーカーも拡大し、わが国におけるノート型パーソナルコンピュータの出荷台数は1996年には国内総出荷台数の3割をこえるようになった。1997年に三菱電機は、A4ファイルサイズでリチウムポリマー電池、マグネシウム筐体などを使用し、12型液晶を搭載して、世界最薄18mm、最軽量1.45kgを実現したノート型パーソナルコンピュータPedianを発売した。

表 4.8 ノート型パーソナルコンピュータ

年月	機種	特徴
1989・6	東芝 J-3100SS	初のノート型、A4ファイルサイズ、軽量(2.7kg)
1989・9	エプソン PC-286NOTE executive	μPD70116 使用、世界一薄型、PC-98 互換、
1989・10	NEC PC-9801 N	V30、薄型 FDD、軽量(2.9kg)、PC-98 互換
1991・3	日本 IBM PS/55 note	DOS/V 仕様初のノート型
1991・10	NEC PC-9801NC	世界初の TFT カラー液晶搭載ノート型
1991・10	東芝 J-3100 SX-VW	VGA 対応液晶ディスプレイ (640×480 ドット)
1991	アップル PowerBook 170	世界初のパームレストとトラックボール
1992・10	日本 IBM ThinkPad 700C	ThinkPad 最初のモデル、赤いトラックポイント
1997・3	三菱電機 Pedian	A4 ファイルサイズ世界最薄 18mm、最軽量 1.45kg



図 4.17 三菱電機 A4 ファイルサイズで世界最薄・最軽量のノート型 Pedion

(4) サブノート型パーソナルコンピュータ

1990 年にはノート型パーソナルコンピュータよりさらに小型化・軽量化した製品が登場した。NEC が発売した Handy 98 (PC-98HA) は、重量 1.1kg まで軽量化され、大きさも A5 ファイルサイズにまで小型化された。富士通が発売した FMR-CARD は重量が 1 kg 以下で、単 3 アルカリ乾電池 2 本で連続 8 時間の長時間駆動が可能であった。アプリケーションソフトウェアはいずれも専用の IC カードを使用した。小型軽量のため常時携帯して利用することが可能であった。

1993 年に日本 IBM が発売した Think Pad 220 は、ノート型パーソナルコンピュータの基本機能をそのままに携帯性を追求したサブノート型パーソナルコンピュータであった。モノクロ液晶ディスプレイを装備し、PC/AT 互換機 (DOS/V 機) であったが A5 ファイルサイズ、重量 1 kg を実現し、サブノート型の元祖である。その後、カラー液晶ディスプレイ搭載の ThinkPad 230 Cs (1994 年)、SVGA カラー液晶ディスプレイ搭載の ThinkPad535 (1996 年) へと進化した。

パナソニックでは 1996 年 6 月からノート型パーソナルコンピュータレッツノートシリーズの販売を開始した。初代の AL-N1 は B5 ファイルサイズで 1.47kg の軽さを実現していた。1997 年にソニーが VAIO シ

リーズの一環として B5 ファイルサイズのサブノート型 VAIO505 を発表した。筐体にマグネシウム合金を採用して高級感のある美しいデザインを実現し、「銀バソ」ブームが起きた。これをきっかけにサブノート型パーソナルコンピュータが一般にも広く使用されるようになった。



図 4.18 パナソニック サブノート型 PC 初代レッツノート ALN1



図 4.19 ソニーサブノート型 PC VAIO ノート 505

表 4.9 サブノート型パーソナルコンピュータ年表

年月	機種	特徴
1993・5	日本 IBM ThinkPad 220	サブノート型元祖. A5 ファイルサイズ, 1kg
1994・6	日本 IBM ThinkPad 230 Cs	サブノート初のカラー液晶ディスプレイ
1994・7	東芝 DynaBook SS433	世界初 FDD 内蔵 B5 ファイルサイズ, 1.95kg
1996・5	日本 IBM ThinkPad 535	SVGA カラー液晶ディスプレイ
1996・6	パナソニック AL-N1	初代レッツノート. B5 サイズ, SVGA, 1.47kg
1997・10	ソニー VAIO ノート 505	B5 ファイル, SVGA カラー液晶ディスプレイ

(5) その他の小型化の試み

サブノートよりさらに小形のミニノート型パーソナルコンピュータやペン入力パーソナルコンピュータなどがある。ミニノート型は1 kg 未満のものを指しており、日本 IBM が1995 年9 月にPalm Top 110 を発売した。これはA6 ファイルサイズで重量630g を実現している。東芝からは重量840g で Windows 95 を搭載した Libretto 20 が発売された。6.1 インチカラー液晶ディスプレイに270MB のハードディスクドライブを内蔵していた。

これらより前の1990 年代のはじめには、入力で作成できるタブレット型パーソナルコンピュータが登場している。ペン入力対応 OS としては、MS-DOS をベースにしたPenDOS、Microsoft Windows 3.1 を拡張する Windows for Pen Computing、Go 社の PenPoint などが使用された。国内では、NEC からは1992 年7 月に3つのペン入力 OS に対応した98PEN (PC-9801P) が発売され、東芝からDynaNote、富士通からFM PenNote、三洋電機からPenAct などが次々と発売された。図4.20 に三洋電機のPenAct MBC-P100J を示す。



図 4.20 ペン入力の三洋電機 MBC-P100J

(6) ノート型パーソナルコンピュータの実現技術

わが国ではより軽くより薄い使いやすいノート型パーソナルコンピュータ実現のため、表4.6 のような部品材料技術、実装技術、構造設計技術の開発改良が継続的に行われている。一方、最新技術の追求だけでなく既存技術の応用や部品の共通化により、原価低減の努力も払われた。そういった努力の結果、ノート型パーソナルコンピュータでデスクトップ並の性能を実現し、これまでのデスクトップ型にかわってパーソナルコンピュータ用の基板の変遷を図4.21 に、ハードディスクドライブの発達を図4.22 に示す。

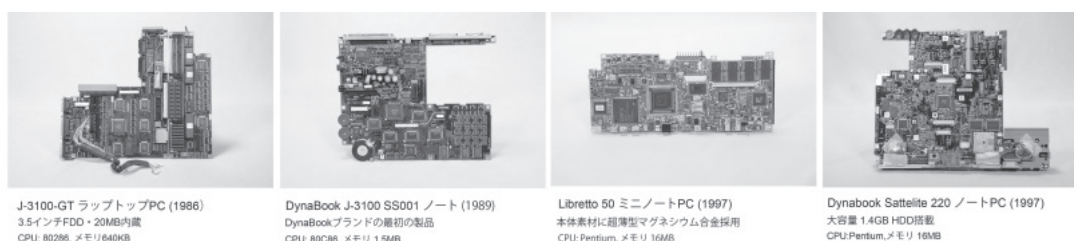


図 4.21 ノート型パーソナルコンピュータ基板の変遷
(写真：東芝未来科学館提供)



図 4.22 ノート型パーソナルコンピュータ用 HDD の変遷
(写真：東芝未来科学館提供)

表 4.10 ノート型パーソナルコンピュータの技術改良

項目	内容	備考
半導体	・高性能・低消費電力 CPU の採用 ・主要チップのワンチップ化、ゲートアレイによる集積化による小型化・省電力化	
省電力化	・ディスプレイの LED バックライト ・電源制御技術の開発 ・レジューム機能開発 ・APCI による電源管理の標準化	
電池	・リチウムイオンポリマーバッテリーの採用	
高密度実装技術開発	・表面実装方式、微細部品採用によるプリント配線基板の超微細化による高密度実装	
ディスプレイの改良	・液晶ディスプレイ高精度化・低消費電力化・薄型化	
筐体軽量化のための材料開発。	・汎用プラスチックのポリマーアロイ材の PC/ABS（ポリカーボネート樹脂と ABS 樹脂）、エンブラ系ポリマーアロイ材のガラス繊維強化樹脂、チクソモールディング法によるマグネシウム合金、カーボン繊維強化樹脂などの材料を開発し使用。	
筐体堅牢化の構造開発	・薄さを維持しながら高いボディ剛性を実現するバスタブ構造を開発。 ・軽量の素材を用いながら堅牢性を高めるため、ハニカム構造を採用。 ・軽量で強度に優れたマグネシウム合金をボディ構造物材として採用 ・天板に強度と素材の質感を両立させるマグネシウムプレス加工技術施す。 ・3D CAD による構造設計と強度解析	Dynabook SS 適用
フロッピーディスクの改良	・小型薄型 3.5 インチ FDD の採用	T1100
磁気ディスクの改良	・小型化・大容量化・薄型化： 1.8 型 HDD により 2.5 型と比べて底面積で 58% の縮小化と、約 30% の軽量化	

2000 年代になると、長時間充電せずに利用できること、立ち上がりの時間が短いこと、堅牢性や耐久性に優れていること、さらにはデザインへの要求など、多様な品質での競争になってきた。パーソナルコンピュータを使用しない状態での省電力技術であるスリープ／スタンバイ機能は従来からあったが、さらに新方式、新技術の開発が行われた。

参考文献

- 1) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータ発達史』、オーム社（1998）
- 2) 浦城恒雄：「漢字・日本語情報処理技術の発展：日本語の入出力と処理」、情報処理, Vol.43, No.10, pp.1093-1098（2002）
- 3) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータ史』、オーム社（2010）
- 4) 神田泰典：「日本語処理の諸相：日本語情報処

- 理の開発物語 (JEF と OASYS)」, 情報処理, Vol.44, No.11, pp.1176-1181 (2003)
- 5) 伊藤英俊:「日本語処理の諸相: 文豪・JIPS・M 式入力などの日本語情報処理開発」, 情報処理, Vol.45, No.1, pp.68-75 (2004)
- 6) 富田克一・疋田勝士・今村喜代徳・清水修・寺沢深雄・一戸紀行:「パーソナルコンピュータ PC-9800 シリーズ」, NEC 技報, Vol.38, No.3, pp. 25-34 (1985)
- 7) 吉田功:「特集 PC98 シリーズのハードとソフト」, トランジスタ技術, SPECIAL No.45, C 出版社 (1994)
- 8) 小林龍生:「漢字・日本語情報処理技術の発展: 仮名漢字変換技術」, 情報処理, Vol.43, No.10, pp.1099-1103 (2002)
- 9) 高橋範夫:『ジャストシステム 一太郎を生んだ戦略と文化』, 光栄 (1995)
- 10) 篠原一:『電脳日本語論』, 作品社 (2003)

5 パーソナルコンピュータの要素技術

5.1 ハードウェア技術

5.1.1 システムの構成

パーソナルコンピュータの基本構成は、図 5.1 に示すように汎用コンピュータとはほぼ同じである。

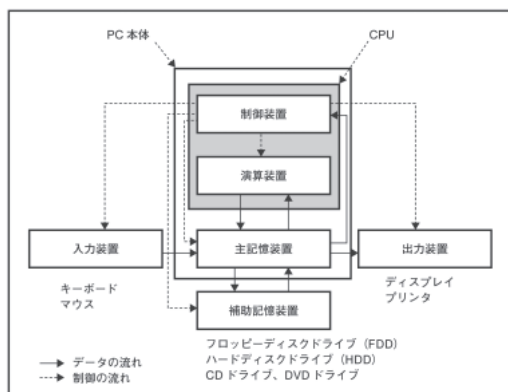


図 5.1 パーソナルコンピュータの基本構成

本体でもっとも重要なものは中央処理装置（Central Processing Unit: CPU）であり、通常1チップのマイクロプロセッサが使用される。最近ではコア化した複数のCPUを一つのパッケージに収めているものも広く用いられる。CPUはメモリに記憶されているプログラムを実行し、キーボード、フロッピーディスク装置、ハードディスク装置などの周辺装置を制御する。ディスプレイは計算や処理の結果を人間の眼で見える形で表示する。

ソフトウェアは、命令の列から構成されるプログラムと、命令で使用されるデータから構成される。CDROMやフロッピーディスクに準備されたデータも、一旦はハードディスクに格納される。あるソフトウェアを使用するときは、それをメモリ（主記憶）に移し、CPUがその内容を実行する。このときプログラムの命令に従って加減乗除などの計算処理を行うのがCPUの中の演算装置である。プログラムやデータをハードディスクからメモリへ移し、さらにCPUの中に取り込んだり、外部からデータを入力したり、外部へデータを出力したりするのがCPUの中の制御装置である。

メモリは、プログラムの命令列を入れる部分とデータを書く部分に分けられる。前者の領域では命令が書き換えられることはないが、データの領域は新しい

データが書き込まれるので内容は変化する。

パーソナルコンピュータでは処理の高速化のために、汎用コンピュータの手法が種々取り入れられている。その一つに局所性を利用して処理を高速化するキャッシュメモリがある。1次および2次、時にそれ以上の種類のキャッシュを持つ。キャッシュは隠し場所の意味で、プログラマからは見えない超高速メモリである。2次キャッシュにはこれから実行するプログラムの一部を入れ、その中で今実行しようとする部分を1次キャッシュに移して実行させる。2次キャッシュは主記憶より動作速度が早く、1次キャッシュは更に高速のため、処理を高速化できる。キャッシュ方式は、大型メインフレームIBMシステム360/85ではじめて採用され、以降広く採用されるようになった。

ハードディスク装置は記憶容量は大きいですが、データの読み込みには時間がかかる。これを高速化するためにいったん読み出したデータをディスクキャッシュ上に蓄えておき、再度同じデータを読み出すときにディスクから読み出さなくても済むようにする方式がとられている。ディスクキャッシュには半導体メモリが使われ、通常ハードディスク装置内に置かれる。

以上のようにパーソナルコンピュータのメモリには階層構造（ハイアラキー）が取り入れられ、処理の効率化が図られている。このようなメモリーハイアラキーは、もともと汎用大型の高速コンピュータで使用されていたが、パーソナルコンピュータも高性能化のためにとりいれられるようになった。

5.1.2 マイクロプロセッサ^{1) 2)}

パーソナルコンピュータが誕生した直接の要因は、半導体技術の進歩により出現したマイクロプロセッサの出現である。1964年に当時フェアチャイルドセミコンダクタ社にいたゴードン・ムーアは、ICチップに搭載されるトランジスタ数は、1958年にICが発明されて以来、毎年倍増しているという「ムーアの法則」を発表した。これは経験則であるが、この法則を適用すると1970年半ばまでにコンピュータ本体に必要なとされた多くの論理回路がワンチップで実現できることが予測された。

(1) 4ビットマイクロプロセッサ^{1) 2)}

1960年代後半にはTTL（トランジスタ・トランジスタ・ロジック）回路の技術が確立され、その後はよ

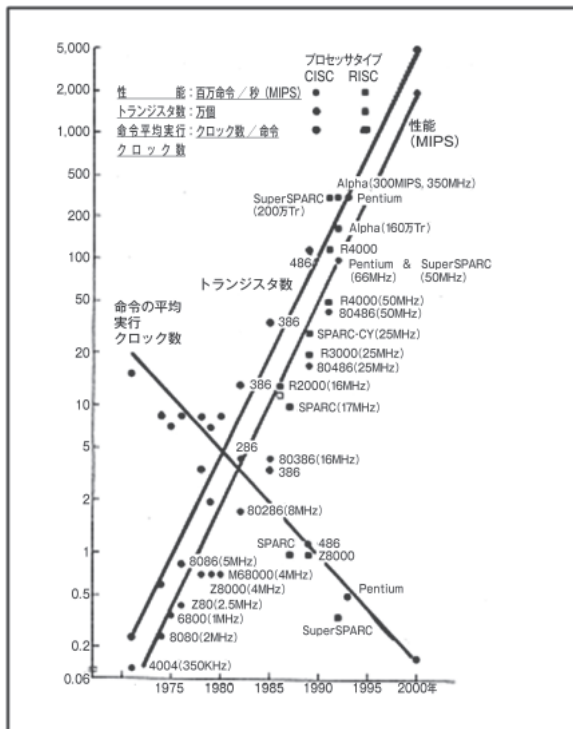


図 5.2 マイクロプロセッサの性能向上
(嶋正利「マイクロプロセッサの 25 年」信学誌 Vol.82, No.10 (1999) ¹⁾ より引用)

り多くの回路を集積できる MOS (金属酸化物半導体) 技術が実用化された。インテル社では MOS 技術を用いた大規模集積回路のメモリチップ 1103 の開発に成功した。2.3 で述べたように、最初の 4 ビットマイクロプロセッサはビジコン社が電卓用 LSI をインテル社に要求する過程で誕生した。ビジコン社は 1969 年にプログラム制御の電卓開発を計画した ³⁾。ビジコン社の提案はマイクロプログラム制御方式により 10 個程度のチップを使用するもので、プログラム制御方式ではあるが電卓用の専用チップセットを開発する考え方であった。インテル社はそれまでメモリチップの開発に特化しており、個別の論理回路の IC チップは扱っていなかった。インテルのテッド・ホフは、電卓専用回路に代わる 2 進コンピュータの基本アーキテクチャ (図 5.3) を提案した。これにもとづき、ビジコン社の嶋正利とインテル社のフェデリコ・ファジンが論理設計、レイアウト設計を行い、チップが開発され、1971 年 3 月に開発に成功した。4004 は 2,300 個のトランジスタを 1 チップに集積化した基本レジスタと制御機能を持つプログラム内蔵式の 4 ビット汎用コンピュータであり、メモリにサブルーチンを格納することにより種々の機能を実現できた。

4 ビットマイクロプロセッサについては 1972 年末にロックウエル社が PHS-4 を、また 1974 年には TI

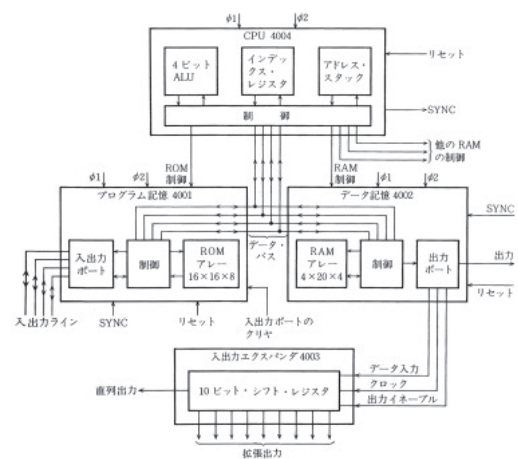


図 5.3 4 ビットマイクロプロセッサ 4004 によるシステムの構成
(嶋正利「マイクロコンピュータの誕生 わが青春の 4004」図 20, 岩波書店 (1987) より引用)

社が TMS-1000 を発売した。国内では NEC が 1972 年に日本コカ・コーラの携帯端末用に μ PD707、 μ PD708 の 2 チップ構成の 4 ビットマイクロプロセッサをシャープと共同で開発した ⁴⁾。続いて NEC は 1973 年に我が国初の 1 チップの 4 ビットマイクロプロセッサ μ COM-4 (μ PD751) を製品化した ⁵⁾。

(2) 8 ビットマイクロプロセッサ ^{1) 2)}

インテル社は 4004 の開発に続いて、データポイント社の依頼により最初の 8 ビットのマイクロプロセッサの開発をはじめた。(2.3 参照) 1970 年代には下記のようにインテル社、モトローラ社、ザイログ社などにより、つぎつぎ 8 ビットマイクロプロセッサの開発が行われた。

a) 8080

2.3 節で述べたように、インテル社は最初の 8 ビットマイクロプロセッサ 8008 を 1972 年に開発した。8008 は第 1 世代マイクロプロセッサの技術である 18 ピンパッケージと PMOS プロセスを用いていたために種々の制約があり、機能を十分もりこめず速度を速くすることも難しかった。同社では、第 2 世代マイクロプロセッサ技術を用いて機能と性能を大幅に改善した 8 ビットマイクロプロセッサ 8080 の開発が計画され、下記の方針が設定された。

1. 8008 のアーキテクチャを採用し、8008 とプログラムの互換性をもたせる。
2. 第 2 世代技術の新しい NMOS プロセス、40 ピンパッケージを用いる。
3. アドレス空間を 8008 の 16K バイトから 64k バイトに拡張する。

表 5.1 8 ビットマイクロプロセッサ

年	メーカー・名称	特徴
1972	インテル社；8008	最初の 8 ビットプロセッサ，文字操作に特化。
1974	インテル社；8080	7 つの汎用レジスタによる方式，64kB 空間，標準システムバス。
1974	モトローラ社；MC6800	2 アキュムレータ&シングルレジスタ方式，ディスプレイメント付きインデックス。
1975	モステクノロジー社；MOS 6502	MC6800 改良，高速演算処理，Apple II で使用。
1976	ザイログ社；Z80	8080 上位互換，2 組の汎用レジスタ群をもつ，メモリリフレッシュ制御。
1978	モトローラ社；MC6809	直交性のある命令体系。

4. 8008 のサブルーチンや多重割り込みの時のネスティングの制約をなくする。
5. DMA (Direct Memory Access) 機能を設け、メモリとメモリ間、メモリと入出力装置間の高速度データ転送を可能にする。

動作周波数は 8008 の 2 倍の 2MHz とし、2 相クロックを使用した。第 2 世代マイクロプロセッサの半導体の新プロセス技術などの採用により、総合的に 8008 の 10 倍の性能が実現できた。

8080 は 1974 年 1 月に完成し、開発責任者であった嶋正利が同年の IEEE ISSCC (国際固体素子回路会議) で 8080 に関する論文を発表した。非常に大きな反響があり、インテル社もその反響を感じてマイクロプロセッサの事業に本格的に取り組み始めた。8080 とともに使用される周辺 LSI の開発も 1975 年春までに終了した。この早期の開発により周辺 LSI も CPU とともに業界標準となった。8080 の電氣的性能を改良した 8080A がその後発売された。

世界初のマイクロコンピュータキット Altair 8800 の CPU は 8080 を採用した。我が国最初のマイクロコンピュータキット TK-80 は、8080 互換の μ PD8080A を使用した。(3.1.1、3.2.1 参照)

b) Z80

8080 を開発したフェデリコ・ファジンと嶋正利は、1974 年にザイログ社を設立し、8080 の改良型である 8 ビットマイクロプロセッサ Z 80 を 1976 年に開発した。Z80 は 8080A に対して下記の改良が行われた。

1. 2 相クロックに代わって 1 相クロックの採用。5 ボルト単一電源化。
2. 命令実行の高速化：動作周波数を 2MHz から 2.5MHz へあげる。
3. DRAM 用リフレッシュ制御回路を CPU 内部に

おき、DRAM の使用を容易にする。

4. 割り込み応答速度の高速化。
5. より豊富な命令セット。
6. ブロックデータ転送命令により、DMA 機能を使わずにフロッピーディスクとメモリ間のデータ転送を行う。

Z80 はパーソナルコンピュータ、ゲーム、高速プリンタなどに大量に使われたが、今日でも組み込みシステムなどに使用されている。我が国でも NEC の PC-8001 (z80 互換 μ PD780C 使用)、シャープ社の MZ-80K (Z80 互換 LH0080 使用) など多くのパーソナルコンピュータで使用された。

c) 6800/6502/6809

モトローラ社のマイクロプロセッサ開発プロジェクトは 1971 年に開始され、1974 年に 8 ビットのマイクロプロセッサ 6800 が開発された。大きな特徴は 5 ボルト単一電源で動作することで、当時の他のマイクロプロセッサは 3 種の電源を必要とした。アーキテクチャと命令セットは DEC のミニコンピュータ PDP-11 の影響を受けたといわれる。メモリは 64k バイトまで直接アドレス指定が可能であった。動作周波数は当初 1MHz で、その後 2MHz になった。2 相クロックを使用し、システムバスのメモリサイクルを 1 クロックで実現した。日本の最初のパーソナルコンピュータである日立製作所の MB6880 は 6800 互換の HD46800 を使用した。(3.2.1 参照)

モステクノロジー社では 6800 を改良した 6502 を 1975 年に発表した。6800 より性能が改善され、かつ安価であった。アップルコンピュータ社の Apple II に使用されて有名になった。我が国では任天堂のファミリーコンピュータなどゲーム機に搭載された。

モトローラ社は 1978 年に 6800 および類似の 6502

より大幅に改良された高性能なプロセッサ 6809 を開発した。直交性の高い命令体系をもち、オプションの追加によりメモリ空間を最大 2MB に拡張すると共にメモリ／プロセス保護も実現可能にした。国内では富士通のパーソナルコンピュータ FM-8 に 6809 が 2 個搭載された。(3.2.1 参照)

(3) 16 ビットマイクロプロセッサ¹⁾

8 ビットマイクロプロセッサはプロセッサとしての最低の機能は持っていたが、より豊富な命令、より高い性能およびより大きなメモリ空間に対する使う側からの要求に対して、各社で 16 ビットのマイクロプロセッサの開発が開始された。最初の 16 ビットのマイクロプロセッサはナショナルセミコンダクター社の IMP-16 であるが、複数チップで構成されていた。

単一チップの 16 ビットマイクロプロセッサとしては、1975 年 4 月に発表されたパナファコム社の PANAFACOM L-16A (MN-1610) が世界最初である⁶⁾。1973 年にパナファコム社設立後、同社と松下グループの LSI 開発の共同プロジェクトがスタートし、16 ビットマイクロプロセッサの開発が行われた。開発にあたっては、パナファコム社が論理設計、ソフトウェア開発、システム設計を担当し、松下電子工業が LSI 化設計、半導体技術と製造を担当した。1975 年 4 月に PANAFACOM L-16A (MN1610) の名称で発表が行われ、同年 8 月に開発が完了した。同年 10 月にサンフランシスコで開催された Western Computer Conference とトロントでの IEEE 展示会に世界初の 1 チップ 16 ビットマイクロプロセッサとして出展され、好評を博した。MN1610 はクロック 2MHz で 16 ビット並列処理を行い、8 ビットマイクロプロセッサの約 2 倍の性能を有した。同社のマイクロコンピュータキット Lkit-16 は MN1610 を搭載して 1977 年 3 月に発売された。(図 5.4)

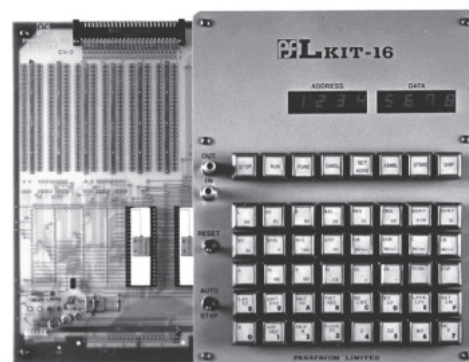


図 5.4 パナファコム 16 ビット CPU MN1610 を搭載したマイクロコンピュータキット Lkit-16

インテル社は 8080 を拡張した 16 ビットの 8086 を 1978 年に発表した。8086 とその後ザイログ社が開発した Z80 拡張版の Z8000 では、プログラムやデータを論理的なブロックとして扱うセグメント方式により、1M バイトのアドレス空間を利用可能にした。8086 は成功を収め、その後の代表的な 16 ビットマイクロプロセッサとなった。外部データバスを 8 ビットにした低価格版の 8088 も 1979 年に発表され、IBM PC に採用された。

1979 年にモトローラ社は、ミニコンピュータ指向のアーキテクチャを持ち内部アーキテクチャを 32 ビットプロセッサとした 68000 を開発した。16M バイトまでのメモリ空間をサポートし、使いやすく高性能で、GUI を実現したアップルコンピュータ社の Lisa および Macintosh に採用された。

インテル社は 1982 年に 8086 とソフトウェア上位互換性を持ち、より高速で仮想記憶を可能にした 80286 を発表した。1GB の仮想記憶やマルチタスク処理に対応した。IBM PC-AT とその互換機に採用されて広く普及し、DOS 時代の代表的なパーソナルコンピュータ用プロセッサとなった。

表 5.2 16 ビットマイクロプロセッサ

年	メーカー・名称	特徴
1986	インテル社 ; 8086	8080 を拡張、セグメントレジスタにより 1 MB アドレス空間実現。マイクロプログラム方式。その後の業界標準。
1987	インテル社 ; 8088	外部バス 8 ビット。8086 の低価格版。IBM PC に採用。
1979	ザイログ社 ; Z8000	セグメントレジスタにより 8MB アドレス空間実現。Z80 とアセンブラレベルで互換。
1979	モトローラ社 ; 68000	2 段階マイクロプログラム制御、並列演算処理により 1 MIPS の高性能実現。アップルコンピュータ社 Macintosh、シャープ X68000 に採用。
1982	インテル社 ; 80286	8086 とソフトウェア上位互換。仮想記憶・マルチタスク処理対応。IBM PC/AT に採用。

d) 32 ビットプロセッサ

モトローラ社は1985年に完全32ビット化した68020を出荷した。アップルコンピュータのパーソナルコンピュータのほかUNIX市場で好評で、ワークステーションなどで多数使用された。

インテル社最初の32ビットマイクロプロセッサiAPX432は1981年に登場し、オブジェクト指向の先進的なアーキテクチャを採用していたが、性能が低く8086系と互換性がなかったため失敗した。1985年にx86アーキテクチャを32ビットに拡張した80386が発表された。64kバイトのセグメントサイズを取り除き、32ビットのリニアアドレスを取り入れた。x86系プロセッサアーキテクチャの進展は80386で一旦終わり、その後は80386の高速版である80486、Pentiumが開発され各々1989年、1993年に出荷された。12年後の1997年にマルチメディア処理を高速に行う命令を追加したMMX Pentiumが発表された。

5.1.3 メモリ（主記憶）

コンピュータのメモリは、図5.5に示すように、内部メモリと外部メモリに分けられる。主記憶は内部メモリの中心であり単にメモリとも呼ばれる。コンピュータの主記憶には、当初水銀遅延線、ブラウン管（ウィリアムズ管）、磁気ドラムなどが用いられたが、磁気コアが発明されてこれが第2世代、第3世代と長く使用された。1970年代に入って半導体メモリのDRAMが出現し、第3.5世代（1970年～）からコアメモリに代わって主記憶に使用されている^{7) 8)}。パーソナルコンピュータはこの時期から始まっているので、当初から半導体メモリが使用された。

外部メモリ（補助記憶）については当初磁気テープや磁気ドラムが用いられ、その後磁気ディスクに置き換わっていった。パーソナルコンピュータでは当初大きさや価格の面からフロッピーディスクが用いられ、その後磁気ディスクに置き換わった。表5.4にコンピュータのハードウェアテクノロジーの変遷を示す。

半導体メモリは読み書き可能なRandom Access Memory (RAM) と読出しのみが可能なRead Only Memory (ROM) に大別される。RAMはさらにDynamic Random Access Memory (DRAM) とStatic Random Access Memory (SRAM) に分類される。ROMには書き込みがまったくできないマスクROMと書き換えが可能なPROMがあり、PROMには紫外線消去型 (UV-EPROM) と電氣的に書き換え可能なもの (EEPROM) に分類される。EEPROMには従来型のものと、あらたに発明された電氣的に一括消去を行うフラッシュメモリがある。図5.6に半導体メモリの分類を示す。

コンピュータやパーソナルコンピュータは主記憶の

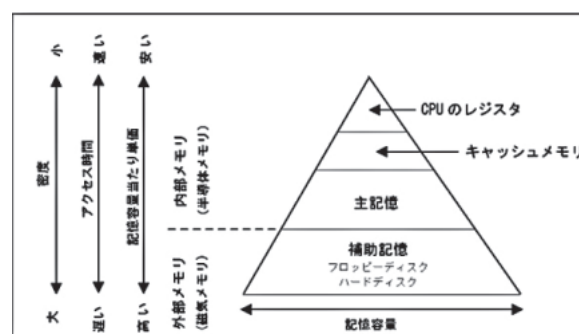


図 5.5 メモリー・ハイアラキ

表 5.3 32 ビットマイクロプロセッサ

年	メーカー・名称	特徴
1984	モトローラ社 ; 68020	・データバス、アドレスバス共に32ビット化。 ・3ステージパイプライン、キャッシュメモリによる高速化。 ・IEEE浮動小数点サポート用インターフェースを持つ。 ・仮想記憶、仮想マシンに対するサポート機能搭載。 ・アップルコンピュータ社 Macintosh II、Macintosh LC などのパーソナルコンピュータのほか、種々のワークステーションに使用。
	モトローラ社 ; 68030	・仮想記憶対応メモリ管理ユニット(MMU)を内蔵し高速化。 ・アップルコンピュータ社 Macintosh SE/30 などに使用。
	モトローラ社 ; 68040	・FPUを内蔵して浮動小数点演算性能を向上させた。(8MFlops) ・アップルコンピュータ社 Macintosh Quadra などに使用。
1985	インテル社 ; 80386	・x86アーキテクチャを32ビットに拡張。 ・仮想86モードを持つ。
1989	インテル社 : 80486	・数値演算コプロセッサ機能・キャッシュメモリをプロセッサに統合。
1993	インテル社 : Pentium	・スーパースケーラ方式により2つの命令実行部を持つ。 64ビットデータバス。

表 5.4 ハードウェアテクノロジーの変遷

	メインフレーム／ミニコン				パーソナルコンピュータ	
	第1世代	第2世代	第3世代	第3.5世代～	8～16ビット	32～64ビット
論理素子	真空管	トランジスタ	IC	LSI	LSI	LSI
内部メモリ	水銀遅延線、磁気ドラム、ブラウン管	コアメモリ	コアメモリ	半導体(DRAM)	半導体(DRAM)	半導体(DRAM)
外部メモリ	磁気テープ	磁気テープ、磁気ドラム	磁気ディスク、磁気ドラム	磁気ディスク、磁気テープ	磁気テープ、フロッピーディスク、光学ディスク、磁気ディスク	磁気ディスク、半導体(フラッシュメモリ)、クラウド
技術の方向性	処理速度／記憶容量／集中／ネットワーク／信頼性				個別用途／分散／ネットワーク	

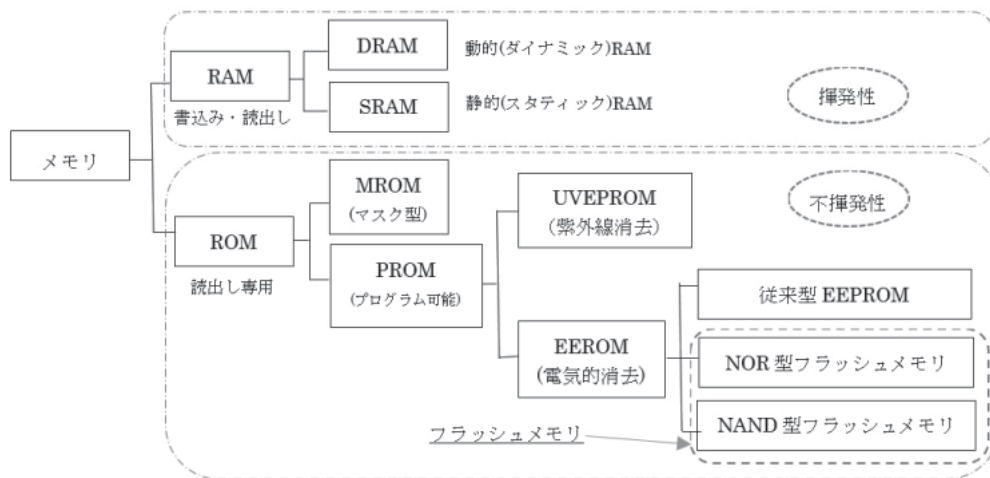


図 5.6 半導体メモリの分類

性能によって能力が大きく左右されるので、主記憶はCPUとともにもっとも重要な要素である。インテル社は1971年に主記憶用メモリとしてDRAMを商品化した。DRAMがそれまでの主記憶であったコアメモリを置き換えていき、大量に使用されるようになった。日本の半導体メーカはDRAMの技術改良を行い、高集積化に必要となる微細化技術の開発と最先端技術に対応する生産設備の整備を積極的に推進し、高品質DRAMの量産体制を確立した。日本の半導体生産額は1986年に米国を凌駕し、インテルは1985年にDRAM事業から撤退した。1988年には日本のDRAMを中心とした半導体の世界でのシェアは90%に達した。1990年代に入りパーソナルコンピュータが普及期に入り、DRAMの主な対象が汎用機からパーソナルコンピュータに移った。市場は高品質重視から価格優先に大きく変わり、韓国、台湾の企業も台頭してきた。米国は巻き返しをはかり1993年に半導体シェアの日米再逆転が起きた。

主記憶のDRAMは動作速度が高速であるが、揮発

性であるため電源を切ると記憶されていた情報は消滅する。このためプログラムやデータは不揮発性メモリである磁気ディスク、フロッピーディスク、磁気テープなどに保存される。EEPROMは不揮発性であり電氣的に書き換えが可能であるが動作速度、価格、扱いやすさなどに問題があり、その用途が限られていた。舩岡富士雄（当時東芝、現在東北大学）は、一括消去を可能にしたEEPROMのフラッシュメモリを発明し、これまでのPROMに関する諸問題を解決し、磁気メモリに代わって不揮発性メモリとして半導体メモリが用いられる道を開いた。すでにノート型パーソナルコンピュータには磁気ディスクに代わってフラッシュメモリによるSSD（Solid State Drive）が使用されている。

これまでの半導体産業の第1の牽引力は真空管を置き換えたトランジスタ、第2の牽引力はコアメモリを置き換えたDRAMであった。不揮発性メモリの磁気ディスクのマーケットはDRAMより大きい。日本で発明されたフラッシュメモリが磁気ディスクを置き換

えていく第3の牽引力になることが期待されている。

(1) RAM

DRAMではコンデンサに電荷を蓄えて情報を記憶するため、一定時間経つと放電により記憶したデータが消失する。このため、情報をいつも再書き込み（リフレッシュ）しておく必要がある。このことからインテル社がダイナミックメモリと命名した。アドレスを指定してからデータを読み出すまでの時間はSRAMより遅いが、構造が簡単で記憶容量を増ややすく、コストが安い長所がある。DRAMの集積度は図5.7に示すようにムーアの法則により3年に4倍の比率で急速に増大した。

インテル社が1970年に世界で初めた商品化した

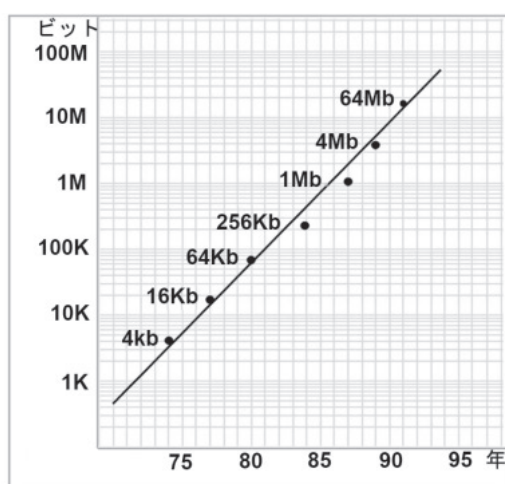
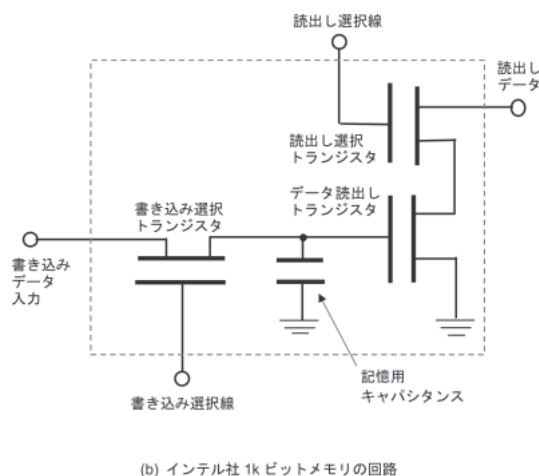


図 5.7 DRAM メモリの発展
(縦軸：容量 (ビット), 横軸：年)

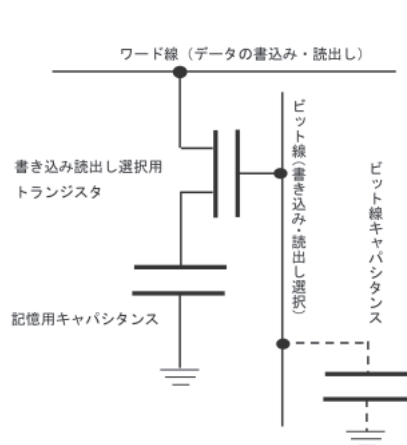
1103 は 1k ビットの DRAM で、図 5.8 (左) に示すように、1 個のキャパシタンスおよびデータ書き込み用トランジスタ、データ読み出し用トランジスタ、選択トランジスタの 3 個のトランジスタから構成されていた。1k ビット DRAM は小指の先位の大きさで、消費電力も 1 ワット以下と小さく、アクセス時間も 1 マイクロ秒以下と高速のため、それまで主記憶に使われていたコアメモリを容易に置き換えることができた。

1974 年に TI 社が 4k ビット DRAM を発売した。これは図 5.8 (右) のように、1 ビットが 1 個のキャパシタンスと 1 個の選択用 MOS トランジスタから構成され、インテル社の 3 トランジスタのものより、1 ビットあたりの占有面積を 2 分の 1 以下に縮小できた。半導体メモリでは、チップ面積が 2 倍になるとコストは約 10 倍高くなるといわれ、4k ビットメモリ以降は、1 ビットが 1 個のキャパシタンスと 1 個の選択用 MOS トランジスタから構成されるメモリセルが使用されるようになった。

SRAM は、DRAM と同じく 1970 年にインテル社から発売された。SRAM は電源が供給されている限り記憶を保持する。スタティックメモリ（静的メモリ）の名称もインテル社が命名した。SRAM は回路動作で情報を記憶保持しているため、1 ビットが通常 6 素子で構成される。このため SRAM のシリコン上の 1 ビットの占有面積は、DRAM の倍以上大きく、SRAM の製造原価は DRAM の数倍である。SRAM は DRAM に比較して高速であり、リフレッシュが不要および消費電力が少ないなど性能面で優れているが、高価であるため、キャッシュメモリなど高速を必要とする部分に使用される。



(b) インテル社 1k ビットメモリの回路



(a) TI 社 4k ビットメモリの回路

図 5.8 DRAM の回路 [(左) 1k ビットメモリ, (右) 4k ビットメモリ] (参考文献 9) をもとに作成

(2) マスク ROM

集積回路の配線によって情報を記憶するもので、読み出せる内容が半導体製造に用いるフォトマスクによって情報が固定される。メモリ内で交差するマトリクス格子の部分のセルトランジスタに接続するか否かで、“0”か“1”の情報が焼き付けられる。従ってあとから情報の書き換えはできない。フォトマスクから開発するので、大量生産する場合に用いられる。用途としては、CPUのマイクロコード、プリンターの文字フォント、組み込みシステムのファームウェア、ゲーム機のソフトウェアなど多岐にわたる。

(3) フラッシュメモリ^{8) 9)}

フラッシュメモリ (Flash Memory、一括消去型電氣的消去および書き込み可能な読み出し専用メモリ) は日本人が初めて発明した汎用メモリとして認知されている。フラッシュメモリは EPROM (Erasable and Programmable Read Only Memory) の 1 種である。EPROM の名はインテルが 1971 年に発売した紫外線消去型メモリに命名した。(UVEPROM ともいわれる。) 電氣的にデータを書き込める読み出し専用メモリを意味しており、情報の書き換えができる。書き込みは強い電界を印加して記憶として電荷を注入するが、消去は強い紫外線を照射して蓄積した電荷を引き抜くことによって行った。紫外線消去型は紫外線を通すための窓を設ける必要があるためコスト上不利であり、取り扱いも不便なため、その後電氣的に消去・書き換えが可能な EEPROM (Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory) が開発された。インテル社は 1 ビットを 2 個のトランジスタから構成される EEPROM を商品化したが、コストが高く広くは使われなかった。

舩岡富士雄 (当時東芝) は DRAM と同様に 1 ビット当たりのトランジスタを 1 個にし、一括消去を行う EEPROM のフラッシュメモリを発明した。一括消去の特許を 1980 年に申請し、1983 年から試作を開始した。フラッシュメモリの発表は 1984 年に 12 月にサンフランシスコで行った。インテル社の EEPROM は、1 ビットを 2 個のトランジスタで構成するため、1 ビットごとに選択・消去・書き込みが可能である。ファイルメモリとして使われる磁気メモリのハードディスクや磁気テープは、消去・書き込み・読み出しがすべて連続であり、不揮発性メモリでは、1 ビットごとに選択・消去・書き込みの機能を使用していない。不揮発性メモリとしての半導体メモリも、1 ビットごとの選択・消去・書き込み機能をなくし、全ビッ

ト一括消去し書き込みを 1 ビットずつ行うことにより、図 5.9 のように 1 ビット 1 トランジスタの構成が可能となった。一括消去 (Flash Erase) を行うことからフラッシュメモリと名付けられた。インテル社は、当初フラッシュメモリは複雑すぎると批判的であったが、その後紫外線消去型 EPROM の開発を中止し、フラッシュメモリの開発のみを行うようになった。

図 5.9 のフラッシュメモリは NOR 型の回路構成をとっているが、1987 年に舩岡は NOR 型をさらに縮小するため NAND 型フラッシュメモリを考案した。図 5.10 (a) に NAND 型の回路構成を示す。NOR 型の構成では図 5.9 (b) に見られるようにコンタクト孔の面積が大きかったが、NAND 型回路にして図 5.10 (b) のようにコンタクト孔をなくしたため面積が 1/2 以下に縮小され、コストが 1 桁低減された。ただし、NAND 型フラッシュにすることにより、読み出し速度は 10 倍以上遅くなっているが、ハードディスクに比べれば桁違いに速い。ハードディスクを置き換えていく上では価格が最重要になる。

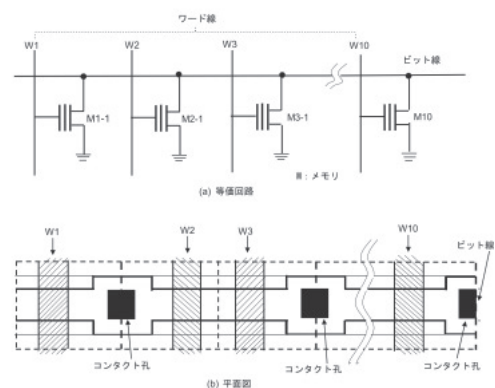


図 5.9 NOR 型フラッシュメモリ
(参考文献 9) をもとに作成)

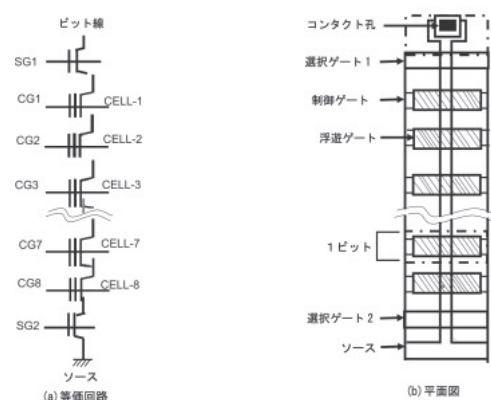


図 5.10 NAND 型フラッシュメモリ
(参考文献 9) をもとに作成)

これまでフラッシュメモリの価格はハードディスクに比べて割高であったため、まず小型化を必要とする携帯型音楽プレーヤ、携帯電話、デジタルカメラ／ビデオカメラなどに使用され、最近ではスマートフォンへの採用により需要が急増した。ノート型パーソナルコンピュータへのSSD導入は2004年から始まっており、図5.11に示すように現在その市場が急成長しており、今後はパーソナルコンピュータが市場を牽引することが期待されている。



図5.11 SSDの市場規模予測（出典：大島成夫：「半導体不揮発性メモリの技術動向と展望」、『東芝レビュー』Vol.66, No.9, (2011)）

5.1.4 周辺機器：

パーソナルコンピュータのシステムは、ハードウェアとソフトウェアから構成され、ハードウェアは本体とそれに接続された周辺機器から構成される。周辺機器は入出力機器と外部記憶装置に大別される。ノート型の場合は、周辺機器も本体と一体型の構造をとるため、その小型化と使いやすさに努力が払われてきた。

(1) 入出力機器

パーソナルコンピュータでは対話型処理を前提にしておき、そのマンマシンインターフェースとなる入出力機器の役割は重要である。入力機器にはキーボードとポインティングデバイスがある。後者はグラフィカルユーザインターフェース（GUI）の実現に不可欠であり、マウスがおもに使用される。出力機器としてはディスプレイとプリンタが代表的である。システムの企画段階からその構成要素として製品計画が行われるが、ノート型パーソナルコンピュータにおいては、入力機器と出力機器のディスプレイは本体の一部を構成

することになるため、より密接な関係をもつ。

a) キーボード^{10) 11) 12)}

入力機器の代表的なものはキーボードとマウスである。キーボードはテレタイプ端末の時代から長く使われてきた。英字部分のキー配列は、1860年代にクリストファー・ショールズによって発明されたタイプライターの配列を引き継いでいる。タイプライターでは早くから「QUERTY配列」が事実上の標準になっていた。キー配列がこのようにアルファベット順になっていない部分が存在するのは、タイプライターで打鍵する際に次のレバーとぶつかってしまうことをさけるために、文章を打つ速度が上がらないようにするための対策だったという説があるが異論もあり、定説はない。テレタイプ端末はQUERTY配列を採用しており、その後のコンピュータ用キーボードも同一のキー配列となった。

これまでキーボードのキー配列や形状を変えた入力効率の改善はいろいろ試みられた。日本語入力用に開発されたものに富士通OASYS100に採用された「親指シフト」キーボードやNECのPWP-100に採用された「M式」キーボードがある。

親指シフトキーボードは、日本語のかな入力を効率よく行えるよう富士通の神田泰典が考案した（図5.12）。英文キーボードは3段10列に配列された30個のキーにアルファベットを割り付け、親指以外でこのキーを選択して打つ。親指シフトキーボードでは親指シフトキーを導入し、親指の同時打鍵を使うことにより3倍の90個のキーを使えるようにした。キーの配列は、文字の出現頻度、遷移頻度を考慮して打ちやすいように決められた。1980年に富士通の仮名漢字変換方式の日本語ワードプロセッサOASYSに採用され、パーソナルコンピュータの日本語入力にも使用された。



図5.12 親指シフトキーボード
（出典：千葉県立現代産業科学館所蔵）

M式キーボードは、NECの森田正典が日本語を徹底的に解析して日本語入力方式を研究し、1983年に発明したものである（図5.13）。この方式はローマ字

式で日本語を入力する場合にきわめて有効であり、ブラインドタッチ入力にも適している。QUERTY 配列からまったく離れて、ローマ字の日本語入力に適するようにキー配置が行われた。日本語の子音数は14であり、片手で自由打鍵できる5列×3段の15のキーに収まり、母音数5は片手をホームポジションに置いたままで打鍵できるキーの数に等しい。このため右手で子音、左手で母音を入力するようにキーが配置されている。M式キーボードはNECの日本語ワードプロセッサPWP-100に用いられ、その後パーソナルコンピュータ用のものも開発された。



図 5.13 M 式キーボード
(写真：NEC 提供)

標準的な日本語用キーボードはJISで規格化された。図 5.14 に例を示す。ひらがなおよび日本語変換

用のキーが割り当てられている。従来は日本語の文書の作成や印刷は、専用の日本語ワードプロセッサ（ワープロ）により行われていた。日本語入力技術とパーソナルコンピュータ用日本語ワードプロセッサのソフトウェアの進歩、およびパーソナルコンピュータ本体とプリンタのハードウェアの性能向上と低価格化により、日本語ワードプロセッサがパーソナルコンピュータに置き換えられるようになった。これによりパーソナルコンピュータの利用範囲が広まり、一般家庭への普及も進んだ。

初期の8ビットのパーソナルコンピュータでは、キーボードは本体に組み込まれ、一体型構造をとっていた。16ビット機ではキーボードが独立したが、ラップトップ型やノート型パーソナルコンピュータでは小型化のために一体型になっており、使い易くて厚さが薄いキーボードの開発に努力が払われた。

b) ポインティングデバイス^{13) 14)}

ポインティングデバイスとしてもっともよくつかわれるものはマウスである。マウスは1964年にダグラス・エンゲルバートによって発明された¹³⁾。最初に試作されたものは、玉を使わず二組の歯車を使った現在より大きい形のものであった。図 5.15 にエンゲルバートが発明した最初のマウスと現在使われているマウスを示す。



図 5.14 JIS 日本語キーボードの例 (109 型)

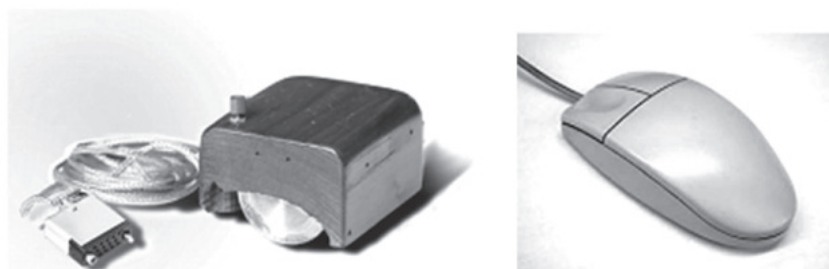


図 5.15 エンゲルバートが発明したマウス (左) と現在使われているマウス (右)

1973年にゼロックス社パロアルト研究所 (PARC) で作られたワークステーション Alto では、ビットマップディスプレイとマウスを用いて、ディスプレイ上のアイコンをマウスで支持して操作を行う“グラフィカルユーザインターフェース (GUI)”を初めて実現した。マウスは、その後改良されて回転球を使う小型のものになった。アップルコンピュータ社では開発中の Lisa および後継機の Macintosh に GUI を導入した。マイクロソフト社では Windows に採用し、以降のパーソナルコンピュータではマウスが必需品になった。その後、回転球の代わりに光エンコーダを使用するものも増え、ワイヤレスでパーソナルコンピュータと接続するものも使用されるようになった。

初期のグラフィック装置では、ポインティングデバイスとして、ジョイスティック、トラックボール、ライトペンなどが用いられた。ラップトップ型やノート型のパーソナルコンピュータでは当初トラックボールやマウスが用いられた。1994年5月に発売されたアップルコンピュータ社の PowerBook 520, 540 シリーズでは、センサーを利用したタッチパッドが採用され、構造が簡単で、装置の薄型化や低価格化に寄与することから、以降のノート型パーソナルコンピュータに広く使用されることになった。IBM は 1990 年に、キーボードのホームポジションから手を移動せずに操作できるトラックポイント (ポインティング・スティック) を発明し、1992年にこれを搭載した同社のノート型パーソナルコンピュータ ThinkPad 700C を発表した。以降の ThinkPad にこれを採用し、ThinkPad の特徴の一つになった。

c) ディスプレイ^{15) 16)}

ディスプレイはパーソナルコンピュータの顔の役目を務めるものとして、本体とともに最も重要なものといえる。日本の場合は、英数字だけが対象となる欧米の場合と異なり、漢字を含む日本語の表示を行う必要があり、高精細な機器が要求される。

ディスプレイの役割としては、下記のものがある。

- ・キーボードからのコマンドやデータの入力内容の表示
- ・コンピュータ運用状態の表示
- ・記憶装置内文字データ表示
- ・記憶装置内グラフィックデータの表示

最初のマイコンキット Altair は、キーボードやディスプレイを持っておらず、パネル上のトグルスイッチのオン／オフでデータを入力し、LED に結果を表示することしかできなかった。その後、テレタイプ端末を接続して、これをディスプレイとキーボード代わり

に使うこともできるようになった。

ミニコンピュータでは、当時文字型の CRT ディスプレイが使用されていたが、パーソナルコンピュータでも CRT ディスプレイがまず使用された。その後液晶ディスプレイ装置が登場しこれに置き換わっていった。高解像度で薄型の液晶ディスプレイの実現により、その後の主流となる持ち運びが容易なノート型パーソナルコンピュータが誕生した。

ディスプレイ上で漢字を表示するためには、英数字に比べ高解像度のディスプレイとはるかに複雑な処理を必要とする。

(2) CRT ディスプレイ

コンピュータ用の CRT ディスプレイは、構造的には家庭用テレビのものと同じであるが、解像度、見易さ、表示色の豊かさの点で優れたものが使用された。当初は、画像出力用の NTSC ビデオ出力から家庭用テレビに表示することも行われた。

パーソナルコンピュータが生まれる前に、汎用コンピュータの操作卓や TSS 端末では、モノクロームで文字を表示する文字型ディスプレイが使われた。当時、グラフィックディスプレイは、グラフィック処理専用の装置として作られており、価格も非常に高価であった。1960年代にはベクタースキャン方式のグラフィックディスプレイが使用されていたが、テレビと同様のラスタースキャン方式のグラフィックディスプレイが開発され、低価格でカラー表示が可能なグラフィックディスプレイが生まれ、以降はラスタースキャン方式が用いられた。

パーソナルコンピュータでは、当初モノクロームのキャラクタディスプレイが使われた。Apple II では、標準構成ビデオカードを内蔵していたので、家庭用テレビにカラー表示が可能となり、ゲームなどの画面表示に効果的であった。1979年に発売された NEC PC-8001 の場合は、8色表示、80×25文字、160×100ドットのグラフィック表示が可能な、専用のカラーグラフィックディスプレイが用いられた。

NEC は 1982年に発表した 16ビットパーソナルコンピュータ PC-9801 では漢字を含む日本語表示が可能になった。ディスプレイには 14インチ CRT 型の“KD シリーズ”を準備し、640×400ドット／8色の高解像度カラーグラフィック画像および JIS 第一水準約 3,000種の漢字を表示することができた。本体の CPU は外部バスも 16ビットの 8086を採用し、テキスト用とグラフィック用にそれぞれビデオ RAM (VRAM)、自社で開発したグラフィックコントロー

ラ（GDC）を搭載し、また漢字 ROM を準備することにより、カラーグラフィック画像や漢字の高速表示を実現した。これにとり、パーソナルコンピュータによる日本語処理基盤が確立し、PC-9800 シリーズの後の発展につながった。

その後 CRT ディスプレイの高解像度化、多色化が進み、1991 年の NEC PC-98GS では 640 × 480 ドット/256 色、1992 年の NEC PC-9821 では 800 × 600 ドットとなった。富士通が 1993 年に発売した FM TOWNS MX/MA 用の 14 インチ CRT ディスプレイ（640 × 400 ドット）では、3 万 2768 色（オプションで 1677 万色）表示を可能にした。

(3) 平面型ディスプレイ

平面型ディスプレイ技術の発達により、携帯可能なラップトップ型、さらにはさらに小型軽量のノート型パーソナルコンピュータが誕生した。平面型ディスプレイの代表的なものには、液晶ディスプレイ（Liquid Crystal Display、LCD）とプラズマディスプレイ（Plasma Display Panel、PDP）がある。

液晶ディスプレイは、液晶の光変調機能を用いる受光型の表示デバイスであり、今日多くのデジタル機器に使用されている。液晶は 1888 年に発見され、RCA は 1968 年に液晶ディスプレイを試作しているが、製品に使用された液晶ディスプレイは、1973 年にシャープが電卓 EL805 に用いたものが最初である。

液晶ディスプレイの方式には Super Twisted Nematic (STN) 方式と Thin Film Transistor (TFT) 方式がある。STN 方式では、一方の基板に走査（行）電極と他方の基板に信号（列）電極を設け、両電極の交点（画素）に選択的に電圧を印加して各種の表示を行う。この方式では、表示画素以外の画素にも分圧電圧が印加され表示コントラストが低下する。TFT 方式では、走査電極と信号電極のマトリクス交点部にスイッチング素子とキャパシタンス素子を付加することにより、クロストークを防ぎ、走査電極数の制約をなくしている。

CRT は小型化・軽量化には不向きであり、液晶ディスプレイやプラズマディスプレイを用いて、ラップトップ型、さらにはノート型のパーソナルコンピュータが開発された。1983 年に米国で発売されたノート型パーソナルコンピュータの元祖といわれる Tandy100 では、40 桁 × 10 行の液晶ディスプレイが用いられた。東芝は、1985 年に 80 文字 × 25 行（640 × 240 ドット）の高コントラスト液晶ディスプレイを用いたラップトップ型の T-1100 を欧州で販売した。IBM PC/XT

互換で、デスクトップ機と同等の機能をラップトップ型で実現しており、欧州で高く評価された。

1986 年に東芝は 640 × 400 ドットのプラズマディスプレイを採用したラップトップ型パーソナルコンピュータの T-3100 を 1986 年に、T-5100 を 1987 年に発売した。富士通は 1988 年に単色 16 階調表示プラズマディスプレイを用いたラップトップ型の FMR-50LT を発売した。プラズマディスプレイは放電による発光を利用したもので、応答速度は速いがコントラストは低かった。液晶技術が進歩したため、プラズマディスプレイの使用は一時的なものとなった。

TFT カラー液晶パネルの大型のものの製造は技術的に困難であった。3 インチ程度のものしか出来なかったと思われていた 1988 年に、シャープが 14 インチの TFT フルカラー液晶ディスプレイ（642 × 480 ドット）の技術開発に成功した。この試作品の成功によって、その後の大型液晶パネル開発に大きな弾みがついた。

1989 年に東芝は薄型バックライト液晶ディスプレイの採用により、世界初のノート型パーソナルコンピュータ DynaBook J3100SS（画像解像度：640 × 400 ドット、80 桁 × 25 行）を開発した。カラー TFT 液晶ディスプレイを搭載したノート型パーソナルコンピュータとしては、1991 年に NEC が世界で初めて PC-9801NC を製品化した。ノート型パーソナルコンピュータの携帯性を有しながら、CRT ディスプレイと同様の鮮明なカラー表示を行うことができた。4096 色中 16 色表示が可能であるため、中間色まで鮮やかに表示できた。

1980 年代中頃にラップトップ型パーソナルコンピュータ、末頃になるとノート型パーソナルコンピュータが普及しはじめた。当初は、大型液晶ディスプレイは高価であり、デスクトップ型パーソナルコンピュータの外付けディスプレイには、引き続き CRT が使われた。液晶ディスプレイの大型化・低価格化は進み、1990 年代後半からはデスクトップ用の液晶ディスプレイが登場し急速に普及した。

(4) 画面表示画素数の変遷

ディスプレイ画面の表示画素数は、CRT 技術、液晶技術、グラフィックス技術の進歩により下記のように増大していった。IBM/IBM 互換機、PC-9800 シリーズ、アップルコンピュータ社 /MAC はそれぞれに独自の発展をしてきた。PC-9800 シリーズは、発売当初の 1982 年から、漢字表示を実現するため 640 × 400 ドット表示可能のグラフィックス制御チップを備

表 5.5 画面表示画素数の変遷

年	名称	表示 (画素)	アスペクト比 (縦横比)	適用機種
1981	CGA (Color Graphics Adapter)	640×200	16:5	IBM PC
1982	PC-98/DCGA (Double scan CGA)	640×400	16:10	PC-9800 シリーズ J-3100
1984	EGA (Enhanced Graphics Adapter)	640×350	64:35	IBM PC/AT
1987	VGA (Video Graphics Array)	640×480	4:3	IBM PS/2
1994	SVGA (Super Video Graphics Array)	800×600	4:3	
1996	XGA (Extended Graphics Array)	1024×768	4:3	
1996	SXGA (Super Extended Graphics Array)	1024×768	4:3	

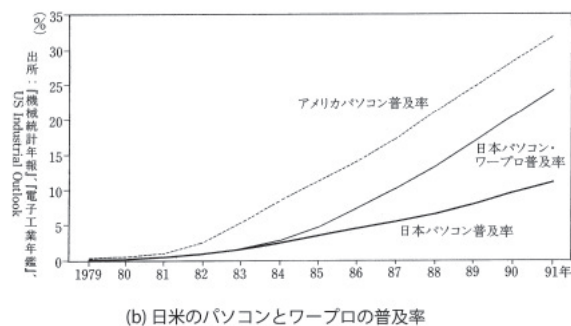
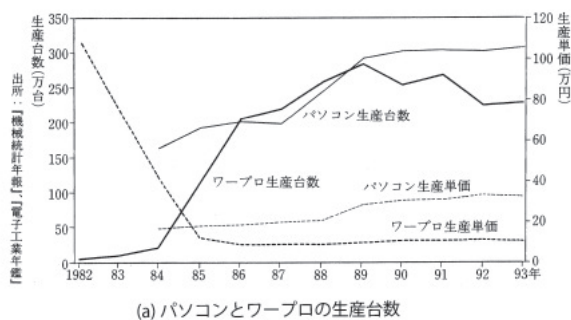


図 5.16 パーソナルコンピュータと日本語ワードプロセッサの関係（出典：伊丹敬之・伊丹研究室「日本のコンピュータ産業 なぜ伸び悩んでいるのか」，図 4-1・図 4-3, NTT 出版（1996）より引用）¹⁸⁾

えていた。PC-9800 シリーズのシェア拡大とともに、この仕様が国内のデファクトスタンダードになった。NEC は 1992 年の PC-9821 以降は VGA 互換チップを搭載し、Windows 環境下での VGA 画面表示を可能にした。

a) プリンタ¹⁷⁾

ディスプレイがデータのソフトコピーであるのに対

して、プリンタはハードコピーを作る機械である。パーソナルコンピュータのプリンタは、事務処理における文書作成に用いられることが多かったため、高品位の印字が要求された。漢字を含む日本語文書の印刷は、専用機の日本語ワードプロセッサが先行していたが、パーソナルコンピュータの出力にも要求された。高性能で安価な日本語プリンタが開発され、パーソナルコンピュータ本体の発達、日本語ワードプロセッサソフトウェアの進歩により、パーソナルコンピュータによる日本語の文書作成と印刷が手軽にできるようになり、日本語ワードプロセッサにとってかわることになった。（図 5.16 参照）¹⁸⁾

(5) インパクトプリンタ

1970 年代までのプリンタは、活字式のインパクトプリンタが主流であった。電卓などに使用する 1 行



図 5.17 小型日本語プリンタ NEC PC-PR201

20 字程度のミニプリンタは、1968 年に世界で最初に信州精機（1982 年にエプソンと改称、現セイコーエプソン）が EP-101 を出荷した。同社は、パーソナルコンピュータ用に低価格のワイヤドット方式のプリンタ MP-80 を 1980 年に発売した。ワイヤドット方式は、細いワイヤを並べて電磁石で駆動する。文字構成は 9 × 9 ドットマトリクス、80 桁、印字速度：80 文字／秒（普通文字）の印字ができて好評を博し、発売翌年の国内市場のシェア 60% を獲得した。米国で標準的な PC 用プリンタとなり、そのコマンド「ESC/P」は業界標準の一つとなった。

1983 年に NEC は、PC-9800 シリーズ用にドットインパクト式で小型の日本語プリンタ PC-PR201 を発表した。24 ピン・プリントヘッドを採用しており、英数かな文字は 17 × 11 ドット、漢字は 22 × 22 ドット、40 字／秒で印字する。JIS 第一水準漢字 ROM を搭載しており、オプションで JIS 第二水準漢字を ROM で追加できる。比較的安価な日本語プリンタにより、パーソナルコンピュータによる漢字を含んだ日本語文書の印刷が可能になった。

(6) ノンインパクトプリンタ

1980 年代にはオフィスでのプリンタ使用が拡大した。ノンインパクト方式は静穏性に優れており、その需要が高まった。ノンインパクトのプリンタの主要方式は、レーザーを使用する電子写真方式、インクジェット方式、熱転写方式がある。レーザーを使用するレーザープリンタは、高速で高品質の印字が可能で、日本語印刷に適してはいたが、家庭用には高価であったため業務用が主用途となった。インクジェット方式は高性能化とともに低価格化も進み、パーソナルコンピュータとともに家庭に広く普及することとなった。

インクジェット方式は、1950 年代から欧米で研究が始まった。連続してインク滴を噴出させる連続方式と、必要なときのみインクを噴出するオンデマンド方式に大別される。荷電制御型の連続方式では、ノズルから噴出するインク滴に与える電荷を制御することにより、一定電界中を通過するイオン滴飛行方向の偏向を変化させ、文字を形成する。帯電させないインク滴は直進して回収される。連続方式では、1970 年代半ばに、カシオ計算機、シャープ、および IBM 社などが製品化を始め、1979 年にシャープと IBM 社が、1980 年に日立が漢字の印字が可能なプリンタを製品化した。

オンデマンド方式では 1984 年に HP 社とエプソンが、1985 年にキヤノンが発売した。HP 社とキヤノン

は、加熱により管内のインクに気泡を発生させて管外にインク滴を噴出させるサーマル方式、エプソンは管内のピエゾ素子に電圧を加えて素子を変形させてインク滴を噴出させるピエゾ方式を用いた。オンデマンド方式は機構が単純で、ヘッドの高密度化が可能で、マルチヘッド化も進められ、カラー化、高品質化、高速化が次第に可能になった。1990 年にはキヤノンが個人用の BJ-10v を発売し、市場を一挙に拡大した。1992 年には、カラー機も本格化する。家庭でのデジタル写真の印刷、ウェブページの印刷などのため、銀塩写真なみの印刷品質を競った結果、1995 年以降、台数ベースではプリンタの主流になった。

コピー、FAX、プリント、スキャンの機能を併せ持つデジタル複合機は、1990 年後半からは主要な製品形態の一つとなった。

プリンタのハードウェアでは、1980 年代から日本が世界をリードする状況となったが、プリントを利用するソフトウェアの分野では、アメリカで開発されたものを利用する形となったものが多い。PostScript などのページ制御言語、アウトラインフォントの技術、カラーマネジメント技術などである。

(7) 外部記憶装置^{18) 19)}

外部記憶装置は、内部記憶装置を補助するものであり、補助記憶装置とも呼ばれる。パーソナルコンピュータの場合は、本体に内蔵される場合が多く、その性能、記憶容量とともに小型であることが要求される。特にノート型パーソナルコンピュータに使用されるものは、軽量化、小型化、薄型化が重要である。外部記憶装置の種類には磁気記憶装置、光ディスク装置、光磁気記憶装置⁰がある。磁気記憶装置にはフレキシブルディスク装置（FDD）とハードディスク装置があるが、パーソナルコンピュータの発達の上で FDD は重要な役割を果たした。

a) フレキシブルディスク装置（FDD）²¹⁾

(i) 製品の開発

フロッピーディスクは 1970 年に IBM のアラン・シュガーらによって 8 インチのものが開発された。容量は 128k バイトであった。当時はパンチカードの代わりに大型コンピュータへのデータ入力用メディアとして利用され、初期の 8 ビットや 16 ビットパーソナルコンピュータ用としても 1980 年代後半まで使用された。1971 年に IBM が発表した IBM 3740 は容量 400k バイトの 8 インチディスクを使い、ヘッドは接触型であった。米国では 10 社近いメーカーで類似装置の開発が始まり、シュガートは 1973 年にシュガー

表 5.6 FDD 年表

年	適用
1970	IBM 社：8 インチ FD(128k B) 開発
1971	IBM 社：IBM3740 発表、8 インチ FDD(400kB)使用
1976	IBM 社：8 インチ FD（両面）発表
1976	シュガートアソシエイツ社：5.25FDD "SA-400" 発表
1979	IBM 社：8 インチ FD（両面倍密度）発表
1980	ソニー：3.5 インチ FD(360kB) 開発
1981	ソニー：3.5 インチ FDD 開発
1982	ソニー：3.5 インチ FDD 搭載パソコン SMC-70 発売
1984	ISO：3.5 インチ FD ISO 規格化
1984	Apple 社：3.5 インチ FDD 搭載パソコン Macintosh 発売
1986	IBM 社：3.5 インチ FDD 搭載パソコン PC Convertible 発売

トアソシエイツ社を設立した。

日本でも日立、三菱、東芝、ワイ・イー・データで開発が開始された。松下通信は 1975 年にシュガートアソシエイツ社と提携し製造を開始した。8 インチ装置の仕様は IBM がリードし、1976 年に両面、1979 年に両面倍密度のものが商品化された。両面の装置は 2 つのヘッドで媒体を挟む構造で、媒体の損傷が起きやすかったが、国産メーカーはヘッド周りの構造を工夫し信頼性を改善した。

シュガートアソシエイツ社は、1976 年に 5.25 インチの装置 SA-400 を発表し、パーソナルコンピュータ、ワードプロセッサなどでの利用が拡大した。SA-400 は 8 インチの装置とほぼ同じ記録密度で片面 100k バイトであったが、これを倍密度化したものと両面化したものが主流の仕様になった。1981 年には、電電公社がワイ・イー・データなどと協力して、高保磁力の材料の使用などにより、8 インチと同等の 1.6M バイトの容量を持つ高密度媒体（略称 HD）と装置を開発した。この仕様が広く普及し、仕様面でも日本がリーダーシップをとるようになった。

3.5 インチの装置は、ソニーが 1981 年に開発したものが最初となった。同社の英文ワープロの外部記録媒体として採用され、続いて 1982 年に発売された同社のパーソナルコンピュータ SMC-70 に最初に搭載された。3～4 インチの装置については、当初、3、3.25、3.5、4 インチなど、種々の異なった商品が発表されたが、3.5 インチは 1984 年にアップルコンピュータ社が Macintosh に、1986 年に IBM 社が同社初のラップトップ型 PC Convertible に採用し、急速に普及した。IBM 社はさらに 1987 年に、PS/2 と PS/55 の全モデルに 3.5 インチを採用した。

3.5 インチはハードケースに格納され、当初、0.4M バイトの容量であったが、1987 年に両面倍密度（略称 2HD）仕様で 1.4M バイトまで拡大した。記憶容量から（1.44MB/1.23MB/720kB）の 3 規格を読み書きできる 3 モードが一般的になり、NEC が PC-9821 で最初に採用した。最終的には 2 HD（1.44MB）が一般的なものになった。

各社は装置の薄型化を競い、3.5 インチでは当初 51mm 厚であったものが、1990 年代半ばには 12mm 厚のものが一般化した。

b) FDD の生産と規格化

国内メーカーの生産量は、パーソナルコンピュータの普及にともない 1983 年から急激に増加した。1982 年には 100～200 万台だったが、1983 年には 600 から 800 万台になった。1983 年には 7 割が輸出と推定されている。1985 年の輸出も含めた出荷推定額は、8 インチ以下の小型ハードディスク装置の 800 億円に対し、FDD は 2,600 億円とあり、記憶装置の中でも大きな

表 5.7 3.5 インチフロッピーディスクの種別

種別	容量（フォーマット後）
2D（両面倍密度）	320 - 400kB
2DD（両面倍密度倍トラック）	640 - 720kB
2HC	1.23 (1.25) MB
2HD（両面高密度）	1.44MB
2ED	2.88MB

比重を占めた。

米国は1981年にコンピュータ機器の貿易黒字がピークを越え減少が始まったが、日本のFDDの出荷は、1982年には米国の半分であったのが、1983年には米国の2倍となる衝撃的な数字であった。このような状況から米国は磁気ディスク分野の競争力確保の方法を模索し始め、産学共同の取り組みや企業のコンソーシアムによる研究開発を図ることにつながった。米国のFDDメーカーは1984年には20社あったが、1993年には2社となり、ヨーロッパのメーカーも10社から皆無になった。1988年には世界需要の90%以上を日本が生産したとされる。1986年から日系企業の海外への生産移転が始まり、1990年代後半には日系企業の生産のうち、海外生産の比率は9割台になった。1990年代後半の主要な日本のメーカーは、ミツミ電機、ティアック、松下通信、NEC、ソニーであった。日本が中心となってフロッピーディスクの標準化が進んでいることに対抗して1982年に米国企業は、Micro Floppy Standard Committeeを作り、フロッピーディスクに関する標準化活動を開始した。しかし独自に規格を世界標準に育てるだけの技術力を持った企業が存在しなかったため、ソニーに参加を呼びかけ、ソニーがこの委員会からの依頼を受け、シャッ

ターの自動化、トラックの数の変更、プロテクトのセンサー変更を行った。ソニーがこの3点を変更したことを受け、委員会はANSI (American National Standards Institute) に3.5インチ規格を提案し、1984年にはISO会議で規格が承認された。

3.5インチフロッピーは、安価なデータ交換・配布用、小型の記録媒体として広く使用され、パソコン雑誌の付録にも使われた。しかし、1990年代ごろになるとCD-ROMの普及が始まり、さらに中頃からインターネットが普及すると、それらによって代替されるようになった。小型媒体でもCD/DVDなどに代替され、さらにUSBメモリの出現により、ほとんど姿を消すようになった。

2000年代中頃からは、フロッピーディスク内蔵のパーソナルコンピュータが少なくなった。2009年に日立マクセルと三菱化学メディアがフロッピーの生産を終了し、国内最大手のソニーも2011年3月末で終了した。これにより、実質的にフロッピーは消滅し、その役目を終えた。

(8) ハードディスク駆動装置 (HDD) ^{22) 23)}

a) 製品開発

最初に実用化されたものは1957年のIBMのRAMAC (容量5メガキャラクタ、直径24インチディスク、50枚) で、その後わが国でも磁気ディスクは急速に発展した。1963年にはIBMは複数のディスクを重ね、磁気ディスクを交換できる磁気ディスクパック方式のIBM1311 (2メガキャラクタ、14インチ、6枚) を開発した。これ以降、市場をリードし、他のメーカーはIBM製品をフォローした。1973年にディスクとヘッドの組合せを固定化したIBM 3340 (通称ウインチェスタ) が出荷した。停止時にヘッドは磁気ディスクに接触し、動作時には空気により浮上する方式で、以降のディスクの典型となった。

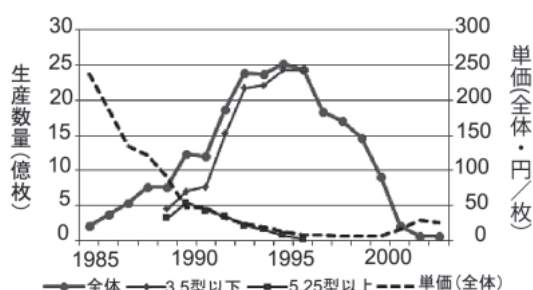


図 5.18 フロッピーディスクの国内生産推移
(出典：経済産業省「フレキシブルディスク国内生産推移」)

表 5.8 ハードディスク装置の発達

年	装置名	サイズ	容量	メーカー	特徴
1957	RAMAC	24 インチ×50	5M 字	IBM	最初の HDD
1963	IBM 1311	14 インチ×6	2M 字	IBM	ディスク交換式
1973	IBM 3340 (ウインチェスタ)		35 ～70MB	IBM	浮動式ヘッド ディスク交換式
1976	IBM 3350		318MB	IBM	ディスク固定式
1980	ST-506	5.25 インチ	5MB	シーゲート テクノロジー	パソコン用

表 5.9 日本のパーソナルコンピュータ用ハードディスク装置

年	装置名	サイズ	容量	メーカー	特徴
1981	M4863	5.25 インチ	10MB	三菱電機	国産初の 5.25 インチ
1985	D3116/D3126	3.5 インチ	12.8/25.6MB	NEC	メッキディスク媒体
1987	M2225	3.5 インチ	25.6MB	富士通	
1988	Mk-130FA	3.5 インチ	18~42MB	東芝	
1989	DK312C	3.5 インチ	250MB	日立	デジタルサーボ方式
1990	MK1122FC	2.5 インチ	43MB	東芝	ガラス基板メディア

1976年にIBMはディスク非交換の3350装置(318Mバイト)を出荷した。電電公社はNEC、日立、富士通と協力して、1979年に当時世界最大容量の1スピンドル当たり800メガバイトの801形(JS4370)磁気ディスク装置を実用化した。1980年代に入ると日本の独自技術による製品が開発され世にでることになった。1979年に8インチ、1980年に5.25インチのディスクが作られ始め、ミニコンピュータ、オフィスコンピュータ、パーソナルコンピュータに利用されるようになった。1980年にシーゲートテクノロジー社は最初のパーソナルコンピュータ用5.25インチHDDであるST-506(5MB)を開発した。

日本では、1981年に三菱電機がM4863シリーズ(5.25インチ、最大10MB)を開発した。これは同社の16ビットパーソナルコンピュータMULTI 16に外付けで接続できた。1987年に富士通は3.5インチHDD M2225を完成、1988年に東芝は3.5インチの

HDD MK-130FAシリーズを出荷し、パーソナルコンピュータ用の3.5インチ型が主流になった。ノート型パーソナルコンピュータ用には2.5インチ型が登場した。東芝は1990年にガラス基板メディアを採用した2.5インチHDD MK1122FCを発売した。

1990年代になるとノート型パーソナルコンピュータが普及し、それに伴いHDDの小型化が要求され、各社から2.5インチHDDが発売された。1990年代中頃からはその薄型軽量化、大容量化が競われた。

b) 高密度化技術の研究開発

記録密度の向上のために、種々の技術開発が行われた。1970年代のヘッドはフェライトを機械加工して作成した。1980年代には薄膜ヘッドが登場し、半導体と同様の製造方法でヘッドを作成するようになった。薄膜ヘッドは1979年にIBM 3370にはじめて採用された。国内ではNECが1983年に薄膜ヘッドをもちいたHDDを出荷した。

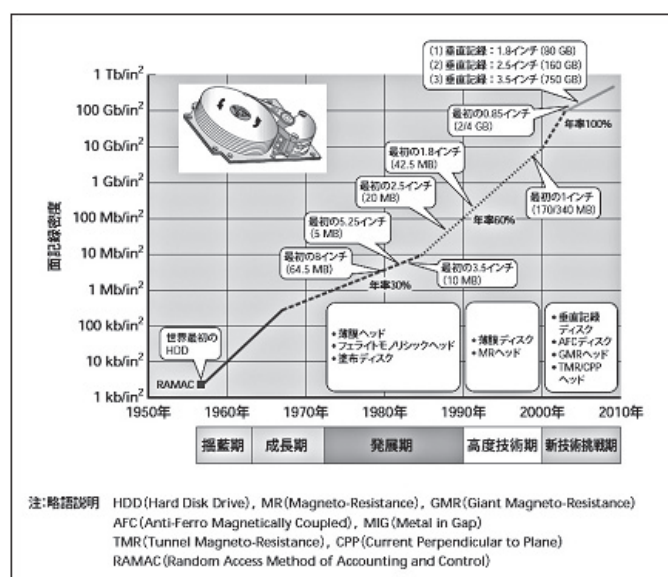


図 5.19 HDD 面記録密度の推移と固有技術の変遷
(日立評論, Vol.89, No.04, p.61 (2007) より引用¹⁹⁾)

電電公社では1982年にJS 4380 (PATTY)を開発したが、これにメッキによる薄膜媒体を採用し、15.5Mビット/平方インチの当時の最高の記録密度を実現した。薄膜媒体は1990年ごろまで各社で使用された。

1990年代にはMR (magneto resistive、磁気抵抗)ヘッド、GMR (Giant MR、巨大磁気抵抗)ヘッドが登場する。MRヘッドでは磁場により抵抗が変化する現象を利用し、磁場の強さを測定する。記録密度の向上率は、1970年代から電磁誘導型薄膜ヘッドの時代(1990年)までは年25~30%であったが、MRヘッドの時代(1990年代前半)は年率60%となり、GMRヘッドの時代(2000年前後)は年100%と、驚異的な高密度化を達成した。

IBMはMRヘッドの量産に1991年に成功し、日立は同年試作機で2Gビット/平方インチの世界記録を達成している。1996年には東芝と富士通がGMRヘッドを試作し、5Gビット/平方インチを達成した。富士通は2000年に層構造の媒体の試作機で、56G/平方インチを記録している。

1977年に東北大学の岩崎俊一により提案された垂直磁気記録技術は、高密度技術に適した技術として20年以上にわたって研究・試作が続けられてきた。2000年に日立製作所、東北大学、秋田県高度技術研究所は、垂直記録方式で52.5Gビット/平方インチを達成した。2004年に東芝は133Gビット/平方インチの世界最高の磁気記録密度を達成した。そして、2005年に1.8型80Gバイト磁気ディスク装置を製品化した。同年日立製作所は垂直磁気記録技術により230Gビット/平方インチの磁気記録密度を実証した。これは水平磁気記録技術で到達している記録密度の2倍に相当した。同社は2006年から2.5型160、120、80、60、40GBバイトの垂直磁気記録方式の製品を出荷した。2006年以降は各社のハードディスクドライブがすべて垂直磁気記録方式となった。

(9) 光ディスク装置・光磁気ディスク相違

a) CD-ROMの誕生

光ディスクは、1970年代のレーザー技術の進展で実用可能となり、1972年のオランダのPhilips社が試作したVLP (Very Long Player)が出発点とされる。磁気ディスクの100倍の記録密度が期待され、ビデオテープより高画質の画像を格納することが試みられた。1974年にPhilips社とアメリカのMCA社が仕様を発表し、パイオニアはMCAと合同で1979年に業務用の装置を発売、1981年には国内で“レーザディスク”の商標で、30センチのアナログディスク方式の民生機を発売した。

1978年に国内24社、海外5社が参加してDAD (Digital Audio Disk)懇談会が発足し、音楽用ディスクの統一仕様の検討が始まった。Philip社とソニーが共同で、懇談会の場で発表したCD (12センチディスク)の仕様(レッドブック)が1991年に標準の一つとして採用され、1982年から各社がCDプレーヤーやCD音楽タイトルを発売し、急速に普及した。

情報を記録できるディスクとしては、1982年に東芝がTOSFILE 2100の販売を開始する。文書をスキャナで白黒のイメージとして読み、30センチディスクにA4版で1万枚記録でき、ディスプレイ、プリンタとともにミニコンで制御するシステムであった。松下電器・松下伝送、日立なども追随した。1984年には、欧米のメーカーからも類似のシステムが商品化された。

CDの普及を受けて、音楽以外のデータをCDと同じ媒体に記録する仕様の検討が行われた。1984年にソニーとPhilipsは、物理フォーマットを想定したCDROM規格(イエローブック)を発表する。この規格では、CDのレッドブックの仕様の上にさらにエラー訂正のための情報などを追加した。容量は540Mバイトとなった。

各種のコンピュータで使用するには、任意のOSで

表 5.10 CD-ROM年表

年	適 用
1981	ソニーと Philips 社 : 音楽用 CD 開発
1984	ソニーと Philips 社 : CD-ROM 規格発表
1987	Apple 社 : Macintosh にオプションで CD-ROM 搭載
1988	NEC : CD-ROM ドライブ発売
1989	富士通 : FM-TOWNS CD-ROM ドライブ標準搭載
1989	NEC : PC-8801 CD-ROM ドライブ標準搭載

共通に使用できるファイルシステムの論理フォーマットの仕様も必要である。1986年に、Philips社、ソニー、マイクロソフト社、DEC、Appleなどが論理フォーマットを共同提案し、High Sierraフォーマット（後のISO 9660）と呼ばれた。CD-ROM装置は、以前の30cm光ディスク装置と比べると極めて低価格であり、パーソナルコンピュータの周辺機器としても市場に受け入れられ、当初はパーソナルコンピュータの外付け装置であったが、1994年以降は、パーソナルコンピュータ本体への内蔵が一体化した。これに伴い、CD-ROMドライブの出荷量も急激に増加し、CD-ROMドライブ関係の売り上げは、輸出も含め1兆円を超えた。

1990年代初めの日本の主要なCD-ROMドライブのメーカーは、リコー、松下電器、東芝、ソニーなどで、十数社が参入した。これに対しアメリカでは、1980年代に参入したメーカーの多くはCD-ROMに移らず、1990年代にはCD-ROMドライブのメーカーはHP社およびベンチャー企業のみとなった。この結果、1990年代には光ディスクの商品開発は専ら日本主導で行われることになった。

b) 光ディスク・光磁気ディスクとCD-Rの発明

書き換え可能なディスクとして、光ディスクにつき、光磁気ディスク（Magneto Optical Disk: MO）が1990年に国際電信電話研究所により開発された。5.25インチ、続いて3.25インチの仕様標準化がISOで行われ、1980年、1990年に発売された。初期のメーカーはソニー、松下電器、リコー、オリンパスで、10社を超えるメーカーが参入した。富士通、ソニーは1.3Gバイトや2.3Gバイトのデファクト規格を制定した。日本市場を中心として、50～100年間データが保障される媒体として一定の普及をし、外部記憶や保存デバイスとして使用された。

CD-ROM装置でも読める追記型ディスクは、1988年春に富士写真フイルム、ヤマハが、金属系記録膜を用いたシステムを発表した。同年秋に、太陽誘電の浜

田恵美子らがCD-R媒体を発明した。有機色素と金の薄膜を使用する。記録層は有機色素で構成され、書き込みは、レーザー光が当たった領域の色素を変化させ、反射率を変える。これにより、レッドブックの反射率を満たし、CD-ROM装置でも追記型ディスクの技術が確立された。太陽誘電は媒体のメーカーで装置は製造していなかったため、CDと完全に互換性を持たせることを前提に開発された。当初のレコードは高価で、業務用オーディオ機器としてスタートした。1994年頃から、パーソナルコンピュータの周辺機器としても、普及し始めた。CD-Rは、書き換えはできないものの、CD-Rに記録した内容がCD-R装置で読めることと、媒体が低価格であることから、その後広く普及した。2003年には世界の媒体生産量は70～110億枚と推定されており、他を圧倒する使用量となった。

相変化方式による書き換え可能な装置は、1995年に松下電器が120mm径でカートリッジに収容されたPDを発売した。記録膜の結晶状態とアモルファス状態との変化を利用する方式である。MO、CD-R、PDの各装置は、いずれもCD-ROM装置で読めるようにし、CD-ROM装置の後継となることを競ったが、パーソナルコンピュータ本体に内蔵されるようになったのは、主にCD-R装置であった。相変化方式で書き換え可能、CD-ROMと共通のフォーマットを採用したCD-RWは、リコー、三菱化学メディア、ソニー、Philips社、HP社の5社により規格化され、1997年に発売された。CD-RW装置で記録したデータは、従来のCD-ROM装置では読めないため、CD-RとCD-RWの双方のディスクを扱える装置がパーソナルコンピュータに搭載された。

1995年には、DVD規格が発表された。競っていた2陣営の話し合いの末、日米欧10社が合意したものである。CDで使用される波長780nmのレーザーに加えて、650nmのレーザーを使用するなどにより、片面の記録容量をCDの7倍（4.7Gバイト）とし、MPEG2で圧縮された動画135分が格納できるよう

表 5.11 CD-R/CD-RW 年表

年	適用
1988	太陽誘電：CD-R 開発
1996	パソコン用 CD-R ドライブ商品化
1996	CD-RW 規格：リコー・三菱化学メディア・ソニー・Philips 社・HP 社 共同開発
1997	CD-RW ドライブ商品化

表 5.12 DVD 年表

年	適用
1994	DVD 基本仕様
1995	東芝・パイオニアとソニー・Philips の 2 系統の規格統一
1996	DVD ドライブと CD-R/RW との互換性がなく、それぞれ別個のドライブ
2000	コンボドライブ：DVD-ROM 読込と CD-R/RW 書込みに対応
2002	スーパーマルチドライブ：CD 系/DVD 系すべての読込・書出しに対応

になった。パーソナルコンピュータに搭載される光ディスク装置は、DVD と CD の双方が読める装置へと移行していった。市場の主流になった規格の装置では、読み出し速度と装置の薄さが競われた。

1980～1990 年代の光ディスクのハードウェアの技術開発は、日本が世界をリードする形で進んだ。半導体レーザーでは 1970 年代後半から研究を日本がリードし、製造も日本が中心となった。半導体レーザーや光学、化学の分野で、日本が高い技術を持っていることが、光ディスクでの優位の一因になっていたと思われる。

1990 年代前半には、世界で生産される光ディスク装置の大部分が日本で生産された。1990 年代後半に、コストダウンのために、量産機種の製造拠点を海外に移していった。韓国、台湾の企業が低価格機の生産を大きく伸ばし、日系企業は最先端の機器の生産に絞らざるを得なくなった。

製造段階で高度な技術を要したサーボ機構にデジタルサーボ方式を利用し、サーボ系のパラメータをファームウェア制御で自動制御する機能を持った LSI が開発されたことが、大きな変化をもたらした。これは、熟練した作業者を不要にし、台湾などの企業が参入することになった。

5.2 ソフトウェア技術^{24) 25)}

ソフトウェア技術についてはその基本となるオペレーティングシステム (OS) について述べる。パーソナルコンピュータを含む汎用コンピュータでは、種々のアプリケーションソフトウェアが使用される。OS は、アプリケーションソフトウェアとコンピュータハードウェアとの共通インターフェースである。ハードウェアが異なってもその差分は OS が吸収する



図 5.20 OS の位置づけ

表 5.13 パーソナルコンピュータの OS

区分	米国	日本
8 ビット PC	BASIC インタプリタ Apple DOS CP-M	BASIC インタプリタ CP-M
16 ビット PC	PC-DOS/MS-DOS CP/M86 MAC OS UNIX系OS	BASIC インタプリタ MS-DOS CP/M-86
32 ビット PC	PC-DOS/MS-DOS Windows	MS-DOS DOS/V
64 ビット PC	MAC OS MAC OS X UNIX系OS	Windows MAC OS X UNIX系OS

ため、アプリケーションソフトウェアはハードウェアが変わってもそのまま使えることになる。

マイクロプロセッサが登場しワンボードマイクロコンピュータが登場したときには、オペレーティングシステムは使用されていなかった。プログラムの読み込みや、簡単な入出力管理を行うソフトウェアがROMに組み込まれていて、ユーザは機械語のプログラムをスイッチなどで入力していた。

1977年までにパーソナルコンピュータ用の二つの有力なソフトウェアであるマイクロソフト社のBASICとデジタルリサーチのCP/M (Control Program for Microcomputers) が登場した。初期の8ビット機ではパーソナルコンピュータ用に開発されたBASICインタプリタが持っている簡単なOSの機能が利用された。日本では16ビット機になっても当初はBASICインタプリタがOS代わりに広く使用され、米国に比べ本格的なOSの導入が遅れた。

表5.13にパーソナルコンピュータの主なOSを示す。

(1) パーソナルコンピュータ用 BASIC の誕生

a) Altair 用 BASIC の開発

1974年に登場した最初のワンボードマイクロコンピュータ Altair 8800 では、キーボードもなく、当初はフロントパネルのスイッチで機械語プログラムを入力していた。

ハーバード大学の学生であったビル・ゲイツと友人のポール・アレンはポピュラーエレクトロニクス誌の表紙に掲載されたMITS社のマイクロコンピュータキットAltairを見て、Altair用のBASIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code) の開発を決心した。当時、BASICは広く受け入れられていたが、小型コンピュータ向けに開発されたものではなかった。Altairのメモリは当初256バイトしか搭載されていなかったため、メモリを4kバイトに増設し、4kバイトBASICが1975年6月に発売された。ゲイツとアレンが作成したBASICは、学びやすさの点ではダートマス大学のものに準じていたが、少ないメモリ容量で動くだけでなく種々の機能を持ち、優れた言語であった。ゲイツとアレンが、パーソナルコンピュータ用のソフトウェア産業をうまく立ち上げることができたのは、ダートマス大学のBASICとDECのBASICをうまく組み合わせたAltair用BASICによるところが大きいといわれる。

ゲイツはPDP-10上の8080ソフトウェアシミュレータを使ってAltair用のBASICを開発した。ダー

トマス大学で開発されたコンパイラ方式のBASICをインタプリタ形式のBASICとして移植し、紙テープの形式で提供した。1975年はじめに、ポール・アレンはアルバカーキのMITS社に行ってBASICを実演し、MITS社はBASICがAltairに使えることを宣伝した。このBASICは、当時市場に出回っている小型コンピュータ向けのどのBASICよりも優れていると評判が広まった。ポール・アレンとビル・ゲイツはマイクロソフト社をアルバカーキに設立した。

BASIC自体はダートマス大学のケメニーとカーツが開発した。DECのPDP-11用タイムシェアリングシステムの開発者がこれに機能を追加したことが成功に貢献したといわれる。DECはBASICにかかわったもののソフトウェアを商品とは考えておらず、ハードウェアを売ることを重要視した。ビル・ゲイツやMITSのロバーツは、パーソナルコンピュータの登場により今後はソフトウェアがコンピュータをリードする主役になると考えていた。マイクロソフト社は1978年までに、MITS社との関係を解消し、アルバカーキからシアトルの郊外へ移転した。

b) BASIC の普及

ポール・アレンとビル・ゲイツは、Altair BASICでの成功の後、これを8kバイト版のMicrosoft BASICとして種々の8ビットパーソナルコンピュータに移植し、さらに16ビットの8086/8088用に移植した。

当初のAltairとは異なり、多くのパーソナルコンピュータのBASICはROMに格納されるようになり、電源を入れると直ちに使用できる状態になった。そして、アプリケーションプログラムの読み込みなど、OSの基本的な機能を担うようになった。このようなBASICはROM BASICとよばれ、OSなしで使用できることからスタンドアロンBASICとも呼ばれた。ROMに内蔵されない場合は、カセットテープやフロッピーディスクから読み込んで起動した。

Apple社ではスティーブ・ウォズニアクがApple IおよびApple II用にBASICインタプリタを開発した。当初はカセットテープに収容していたが、1977年発売のApple IIではBASICをROMに搭載した。

パーソナルコンピュータの黎明期において、コンピュータプログラミング開発・実行環境を提供するうえで、BASICは重要な役割を果たした。当時、パーソナルコンピュータを使うということは、プログラミングの開発にしる、アプリケーションの利用にしる、スタンドアロンBASIC環境を利用することとはほぼ同義であった。当時はフロッピーディスクドライブ

(FDD) が高価であり別売りが一般的だったため、FDD 関連の機能はほとんど搭載していなかった。FDD を扱えるように拡張したものは、DISK-BASIC と呼ばれた。

c) 日本のパーソナルコンピュータ用 BASIC

NEC は同社の 8 ビットパーソナルコンピュータ用に Microsoft BASIC の移植をマイクロソフト社に依頼した。そして、スタンドアロン BASIC インタプリタの N-BASIC として 1979 年発表の PC-8001 の 24k バイトの ROM に搭載した。倍精度実数演算やカラーグラフィックなど、当時のスタンドアロン BASIC としては最先端の機能を備えており、その後の BASIC の環境のモデルとなった。

1981 年に発表した PC-8801 には N-BASIC を大幅に強化した N88-BASIC を搭載した。ラベルの使用が可能で、浮動小数点に対応した。スタンドアロン BASIC インタプリタで、ディスクドライブを用いずに起動でき、ROM-BASIC と呼んだ。FDD や HDD を扱えるように機能拡張したものを DISK-BASIC と呼び、また MS-DOS 上で動作するスタンドアロンでない DOS-BASIC の 3 種があった。初期は ROM-BASIC ばかりであったが、FDD の普及に伴い、DISK-BASIC も多く利用されるようになり、MS-DOS の普及に伴い、DOS-BASIC も利用されるようになった。DISK-BASIC は、PC-9801 では MS-DOS が普及する以前はオペレーティングシステムとして使用されていた。

NEC では 1982 年に発売した 16 ビット機 PC-9800 用に N88-BASIC と互換性のある ROM-BASIC の N88-BASIC (86) を NEC 自身で開発した²⁹⁾。N88-DISK BASIC (86)、MS-DOS 版の N88-DISK BASIC インタプリタ、コンパイラも発売された。8 ビット機の BASIC と互換性を持たせたことにより、PC-8000/8800 シリーズのソフトウェア遺産を継承することができ、PC-9800 シリーズを成功させる大きな要因になった。

(2) オペレーティングシステム CP/M の登場

デイリー・キルドールは、IBM システム /360 を使用してインテル 8080 用に PL/M を開発し、これと並行してメインフレームのディスクドライブを制御するプログラムを書いた。このプログラムは CP/M (Control Program for Microcomputers) と呼ばれ CP/M はパーソナルコンピュータにも有用なことが分かった。CP/M が登場したことで、パーソナルコンピュータは非常に実用的なものになった。

デイリー・キルドールは 1976 年に Digital Research 社を設立し CP/M を発売した。1977 年に Altair と類似のマイクロコンピュータを開発中の IMSAI 用に、CP/M を一部書き換えたバージョンを作成した。入出力処理などの部分は変更がなく共通コードであったので、新型のディスクドライブなどのために書き換える必要はなかった。キルドールはその部分のコードを BIOS (Basic Input/Output) と名づけた。BIOS だけを変更することで大抵のハードウェアに移植可能であった。BIOS は、マイクロソフト社が開発した MS-DOS にも踏襲された。

Digital Research 社は 16 ビット CPU の Intel 8086/8088 用のオペレーティングシステムである CP/M-86 を開発した。8086 に実装された各種の機能を有効に活用するために豊富な機能を盛り込まれていた。CP/M-86 は将来性を重視したため下位互換性は軽視しており、マイクロソフト社の MS-DOS と比較すると移植性で不利であった。

IBM は当初 IBM PC に CP/M-86 を搭載したいと考えたが交渉がまとまらず、マイクロソフト社の OS を PC-DOS として採用した。その後、オプションとして CP/M-86 も販売した。

1982 年に三菱電機の MULTI 16 に日本語版 CP/M-86 が搭載されリリースされた。これは日本語文字コードに Shift_JIS を採用した初めての OS となった。CP/M- は富士通 FM-11 シリーズ・FM-16 シリーズなどでも標準 OS として採用されたほか、NEC PC-9800 シリーズでもオプションとしてサポートされた。

(3) マイクロソフト社の MS-DOS

MS-DOS は、マイクロソフト社が開発・販売した 16 ビットの OS である。IBM への OEM 供給品であった PC DOS (IBM DOS) の自社版として MS-DOS を販売した。バージョン 6 以降は PC DOS から独立して開発した。

1980 年に IBM はパーソナルコンピュータの開発に着手したが、短期間でしかも少数のスタッフで開発するために、ソフトウェアは自社開発せずすべて外部調達する方針がとられた。当時のマイクロソフト社は BASIC インタプリタやアセンブラーならびに各種言語のコンパイラなどを開発しており、それらの製品のほとんどが当時のパーソナルコンピュータ市場における業界標準 OS であるデジタルリサーチの CP/M 上で動作するものであった。IBM は当初デジタルリサーチ社の CP/M 8086 対応版の搭載を考えていたが同社との交渉がまとまらず、マイクロソフト社に開発

1990年に日本ではIBM DOSバージョン4から日本語表示を可能としたDOS/Vが生まれ、マイクロソフト社もバージョン5からDOS/Vを採用して単体での直販も開始したため、日本市場でもPC/AT互換機が普及した。1993年のバージョン6からは、IBMとマイクロソフト社のOS共同開発契約が終了したため以後はIBMまたはマイクロソフト社の単独開発となった。マイクロソフト社はこのMS-DOS 6を単体販売の最終バージョンとした。

インテルの32ビットCPU80386が出荷され、これをサポートするWindows/386がリリースされた。386CPUの仮想86モードを利用して、画面を切り替えてMS-DOSのアプリケーションを複数個動作させることができるようになった。MS-Windowsはもと



もと MS-DOS の GUI を目的としていたが、OS としての性格が強くなった。これにより、MS-DOS アプリケーションの実行環境としての普及が始まった。

c) OS/2 との関係

マイクロソフト社と IBM が新規に共同開発した OS/2 も同じころ出荷された。マイクロソフト社は当初 OS/2 を Windows の上位システムに位置付けていたが、その後 Windows を主力とすることに方針を変更した。OS/2 の次期バージョンで予定されていたものは、1993 年に Windows NT としてリリースされた。NT は最初から高性能な OS として開発され、企業向けを主対象とした。

d) Windows 95 の登場とその後

1995 年には、32 ビットの本格的な OS として Windows 95 が登場する。それまでの Windows は MS-DOS 上で動作していたが、一体化して動作するようになった。GUI を完備するとともに、インターネットにも対応でき、Internet Explorer が利用できるようになった。

Windows NT のバージョン 5 では、Windows 95 の機能をすべて取り込み個人用 Windows と統合する予定であったが開発が難航し、2000 年に Windows 2000 としてリリースされた。2001 年の Windows XP で完全な統合が行われた。1996 年から組み込みシステム用や家電製品用に、Windows CE が開発された。

(5) Macintosh の OS

Xerox PARC で開発された ALTO は最初にグラフィカルユーザ・インターフェース (GUI) を実現し、アップルコンピュータ社の Lisa はその技術を取り入れて商品化したが高価で普及しなかった。価格を抑えて GUI を実現した Macintosh は大成功をおさめた²⁸⁾。

MAC の最初の OS のバージョンは、1984 年にオリジナルの Macintosh に統合され、System software と

いうだけで、OS の名前はなかった。1996 年のバージョン 7.6 から、MAC OS と呼ばれるようになった。MAC OS のリリースは、1994 年から 2000 年の revision 9 までの Classic MAC OS と、2001 年以降の MAC OS X (現在の OS X) の二つのシリーズに分かれる。相互に互換性はあるが、アーキテクチャは大幅に異なっている。MAC の本来の考え方は、OS の知識はなくても、マウスとグラフィック画面上のアイコンで使えるように、ユーザフレンドリで使い易くすることである。初期のシステム・ソフトウェアは ROM に格納された。

初期の MAC OS のバージョンは、68000 ファミリーの Macintosh のサポートのみであったが、PowerPC ハードウェアの導入にともない、OS をこれに移植した。MAC OS 8.5 から PowerPC 専用となった。

初期のバージョンでは、ビットマップディスプレイとマウスを用いて GUI を実現したが、画面はモノクロであった。(図 5.22) メモリを節約するためシングルタスクとした。メモリ 128KB ですべての機能が動作したが、その後 512KB モデルとなった。System 6 からは疑似マルチタスク環境が利用できるようになり、フルカラー表示が扱えるようになった。System 7 ではシステム全般が大幅に改良強化され、本格的なマルチメディア時代に対応しだした。仮想メモリにより、4GB のメモリ空間を実現し、巨大な画像データや動画ファイルを扱えるようになった。仮想メモリはその後 4 TB まで拡張された。PowerPC の導入にともないその対応が行われた。MAC OS 8 では、インターネット接続サポート、省エネルギー機能の向上、マルチプロセッサ対応の改善など、様々な機能の改良、USB の標準サポートもされた。MAC OS 9 は Mac OS X への橋渡しの役割となった。

Apple は次世代 OS として「Copland」を開発していたものの、難航して 1996 年に中止を決定し、創業者であるスティーブ・ジョブズが立ち上げた NeXT 社の NeXTSTEP 採用することとなった 2001 年 3 月に、最初の Mac OS X v10.0 がリリースされた。MAC OS X は PowerPC のみをサポートしたが、後にインテル社のプロセッサもサポートし、カーボン、ロゼッタといったエミュレーションにより、過去の OS 資源を最近まで継承した。

Mac OS は組版・デザイン・写真・イラストレーションなどの分野で好んで利用された。多色高解像度の環境は Mac が事実上唯一の存在であったことによる。また、色調管理など多色画像処理に必須とされている機能にも早くから対応し、完成度の高い

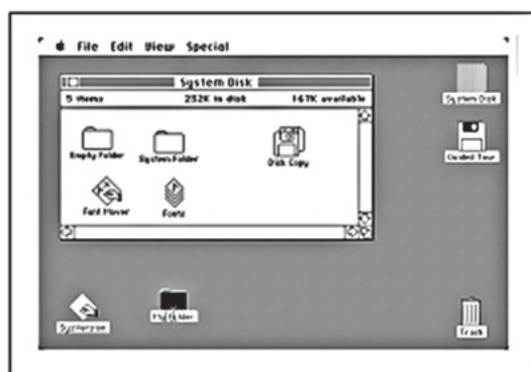


図 5.22 1984 年オリジナル MAC のデスクトップ

WYSIWYG を当初から実現していたことも大きい。また、DTP 分野に特化したソフトが早くから多く開発・販売されたことが、印刷・出版業界における Mac の普及に貢献した。アドビシステムズからは Photoshop や Illustrator、アルダスからは Aldus PageMaker がそろっていた。

(6) TRON プロジェクト

1980 年代の初頭から東京大学の坂村健の提唱する TRON プロジェクトが TRON 協議会により開始され、機器組込み用 OS の ITRON、通信用 OS の CTRON、ビジネス用 OS の BTRON が開発された¹⁹⁾。BTRON は高機能の GUI を必要とする機器の向けの OS で、GUI 機能のサポートとともに多くの漢字や多国語を使える特徴があった。この OS は、財団法人コンピュータ教育センターの教育用パーソナルコンピュータの OS に採用され、1989 年度から小中学校向き教育用コンピュータとして利用することが予定され、内外のコンピュータ関連メーカーが BTRON 仕様準拠のシステムを開発していた。しかし、1989 年 4 月に教育用パーソナルコンピュータでの特定 OS の採用に米国通商代表部 (USTR) からのクレームがついたため多くのメーカは撤退した。その後、BTRON 準拠の OS は松下通信工業 (現パナソニック) の教育用コンピュータ PanaCAL ET に採用された。

参考文献：

- 1) 嶋正利：「マイクロプロセッサの 25 年」, 信学誌, Vol.82 No.10, pp.997-1017 (1999)
- 2) 嶋正利：『マイクロコンピュータの誕生 わが青春の 4004』, 岩波書店 (1987)
- 3) 瀬尾悠紀雄：「電気式卓上計算機技術発展の系統化調査」, 『技術の系統化調査報告書 第 6 集』 (2006-3)
- 4) 多田則明：『世界にないものを創れ』, コスモトゥーワン (1998)
- 5) 矢野陽一：「矢野陽一のマイコン論 (1)」, 日経バイト 2005 年 7 月号 p.103 (2005)
- 6) 「パナファコムの歩み」, 『社史 1960～1990』, 第 3 章, (株)PFU (1991)
- 7) 角南英夫：『半導体メモリ』, コロナ社 (2008)
- 8) 舩岡富士雄：『躍進するフラッシュメモリ』 (改訂新版), 工業調査会 (2003)
- 9) 舩岡富士雄：「半導体のメモリーの展望」, Panasonic Technical Journal Vol.55, No.1 (2009)
- 10) 天野真家, 森健一：「漢字日本語情報処理技術

の発展：日本語ワードプロセッサの誕生とその歴史」, 情報処理, Vol.43, No.11, pp.1217-1225 (2002)

- 11) 神田泰典：「日本語処理の諸相：日本語情報処理の開発物語 (JEF と OASYS)」, 情報処理, Vol.44, No.11, pp.1176-1181 (2003)
- 12) 伊藤秀俊：「日本語情報処理の諸相：文豪, JIPS, M 式入力などの日本語情報処理解説」, 情報処理, Vol.45, No.1 (2004-1)
- 13) ジョン・マルコフ著, 服部桂訳：『パソコン創世「第 3 の神話」』, NTT 出版 (2007)
- 14) ハワード・ラインゴールド著・栗田昭平監訳・青木真美訳：『思考のための道具—異端の天才たちはコンピュータに何を求めたのか?』, パーソナルメディア (1987)
- 15) 特集「誕生 CRT100 年, TFT25 年, FPD の研究開発を見通す」, 日経マイクロデバイス, (1957-7)
- 16) 吉田育弘, 山田祐一郎：「大型液晶ディスプレイの最新動向」, IEICE Fundamental Review, Vol.4, No.3, pp.215-223
- 17) 日本画像学会編・藤井雅彦監修：『インクジェット』, 東京電機大学出版局 (2008)
- 18) 伊丹敬之+伊丹研究室『日本のコンピュータ産業なぜ伸び悩んでいるのか』, NTT 出版 (1996)
- 19) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータ史』, オーム社 (2010)
- 20) 磯崎一郎監修：『補助記憶装置の開発』, トリケップス (1985)
- 21) 中山正之：『世界を変えた 1 枚のディスク』, 角川学芸出版 (2010)
- 22) 服部・鈴木・菅谷：「HDD, ODD, および SSD の技術動向」, 東芝レビュー, Vol.66, No.8, pp.30-36
- 23) 樋口龍治・森恭一：「ハードディスク製造設備の展望」, 日立評論, Vol.89, No.04, pp.60-65 (2007)
- 24) ポール・E・セルージ著, 宇田理・高橋清美監訳『モダン・コンピューティングの歴史』, 未来社 (2008)
- 25) 情報処理学会歴史特別委員会編：『日本のコンピュータ史』, オーム社 (2010)
- 26) 脇英世：『MS-DOS とは何か』, ブルーバックス B-651, 講談社 (1986)
- 27) 脇英世：『MS-Windows とは何か』, ブルーバックス B-853, 講談社 (1991)
- 28) 芝田文彦：『Macintosh Museum』, アスキー (2004)
- 29) 富田倫生：『パソコン創生記』, 旺文社 (1985)

6 パーソナルコンピュータの応用

6.1 家庭へのパーソナルコンピュータの普及と応用

パーソナルコンピュータはその進歩とともに、広く家庭にも普及していった。当初、日本語ワードプロセッサが安価で使いやすいことから、家庭での文書の作成・印刷に使用されていたが、パーソナルコンピュータの低価格化にともないこれに置き換わっていった。そして家庭でのパーソナルコンピュータによる文書作成・印刷が日常化した。

1995年にマイクロソフト社の Windows95 がリリースされ、インターネットを使用するためのブラウザが標準的にサポートされるようになった。インターネットの利用が容易になってさらに普及速度が速まり、図 6.2 に示すように 2003 年には普及率 60% をこえた。インターネットは情報収集手段、通信手段として日常生活に不可欠になり、メールや情報検索に広く使用されるようになった。(図 6.3 参照)

家庭におけるインターネットの利用に関しては図 6.3 の利用内容 (2000 年) に見られるように、第 1 位が電子メール、第 2 位が情報検索で、いずれも 50% を超えている。第 3 位はニュースなどの情報入手、第

4 位は商品・サービスの購入である。後者のネットショッピングの内容は図 6.4 で見ると、第 1 位は「書籍や CD」になっている。

家庭におけるパーソナルコンピュータの利用は、当初文書作成とその印刷が主な利用方法であった。プリンタが安価で高性能になり、パーソナルコンピュータを家庭に持っている場合は、印刷業者に印刷を依頼することは非常に少なくなった。また、デジタルカメラが普及し、高画質カラープリンタが安価になったことから、写真プリントも家庭で行われることが多くなった。業務用とあわせ、印刷業、写真プリント業への影響も大きい。

インターネットの普及にともない、家庭でのパーソナルコンピュータの利用はネット接続での使用が多くなった。インターネット中心の利用になりつつあるが、携帯電話のインターネット接続が急激に増加し、さらにそのあとスマートフォンも登場し、状況の変化が激しい。図 6.5 に示すように、ちょうど 2000 年 (平成 12 年) 頃が家庭用機器の一つの変換点になっている。そして 10 年後にはパーソナルコンピュータ保有率の減少が始まる。

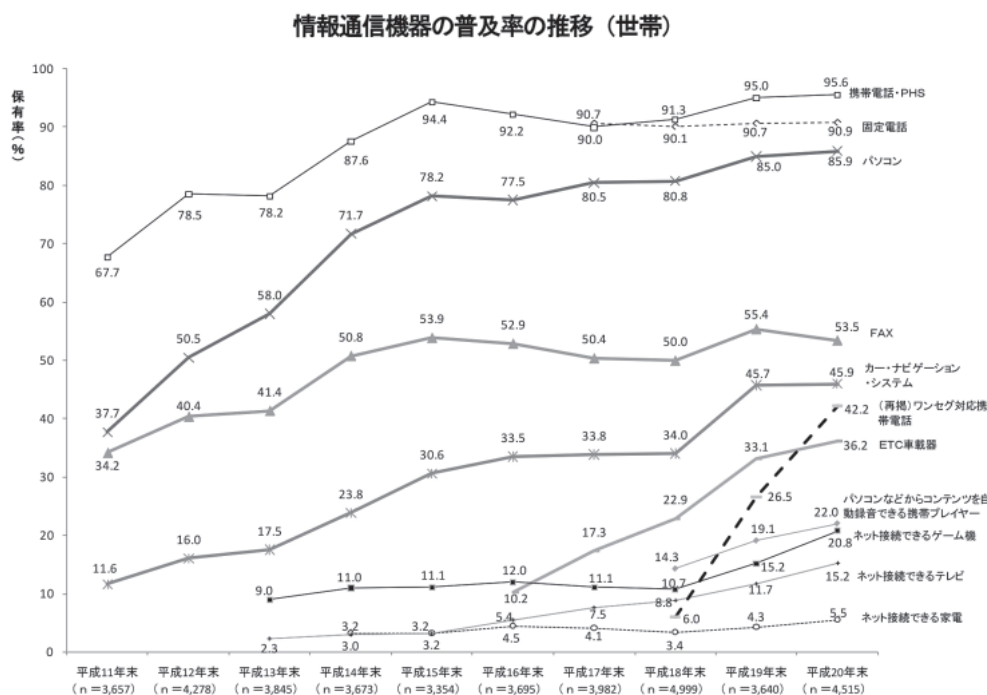


図 6.1 情報通信機器の普及率
(出典：総務省「平成 20 年 通信利用動向調査」)

◇ 平成14年(2002年)末のインターネット利用者数及び人口普及率
インターネット利用者数は対前年比1,349万人増の6,942万人。人口普及率は54.5%(対前年比10.5ポイント増)と初めて50%を超える。2人に1人以上がインターネットを利用。

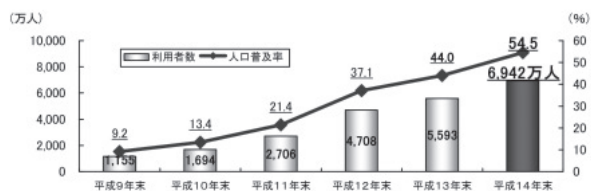


図 6.2 インターネット普及率
(出典：総務省「平成 14 年 通信利用動向調査」)

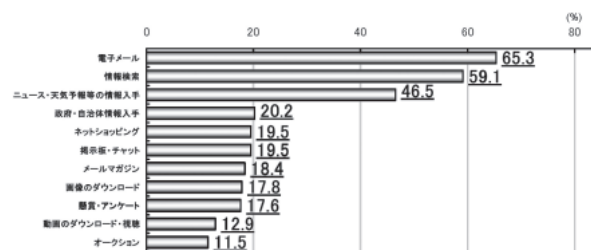


図 6.3 パーソナルコンピュータからのインターネット利用内容
(出典：総務省「平成 13 年 通信利用動向調査」)

◇ 個人のネットショッピングでの購入内容
「書籍・CD」が最も多く、22.0%。

ネットショッピングの購入内容 (複数回答)

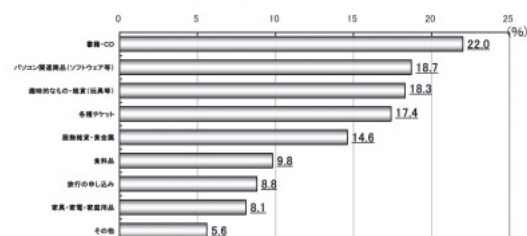


図 6.4 インターネットショッピング
(出典：総務省「平成 14 年 通信利用動向調査」)

◇ 世帯における情報通信機器の保有状況
インターネット対応型携帯電話の保有率は、対前年比17.9ポイント増の44.6%。
また、パソコンは対前年比7.5ポイント増の58.0%。
他方、ワープロは対前年比11.0ポイント減の33.7%。

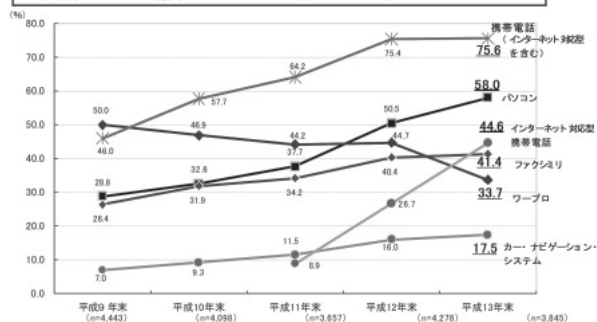


図 6.5 情報通信機器保有状況
(出典：総務省「平成 13 年 通信利用動向調査」)

6.2 教育用ツールへの応用と支援環境の提供

パーソナルコンピュータは教育目的でも早くから使用されており、その応用として重要である。

(1) アラン・ケイの子供のためのパーソナルコンピュータ構想^{3) 4) 5) 6)}

アラン・ケイはユタ大学時代に FLEX Machine の研究開発を行ったが(2.4 参照)、その後マサチューセッツ州レキシントンにシーモア・パパートを訪ねて、LOGO を用いた授業を見学した。ケイが授業で見たものは人間の知性の増強ではなく初期形成であり、サービスのアイディアとして非常に重要なものであった。これを実現するためには子供たちが机に縛られてはいけなかったと考えた。すべての年齢の子供達がデジタルメディアを扱えるようにするには薄く軽いパーソナルコンピュータが理想的であり、ディスプレイの裏に回路を搭載した薄型のノートブックコンピュータを作る構想を持った。

ゼロックス社 PARC でアラン・ケイらにより開発された Alto (2.4 参照) はワークステーション並みの大きさがあり、暫定 Dynabook と呼ばれた。アラン・ケイは 1972 年の ACM National Conference で“A Personal Computer for Children of All Ages”の論文を発表した。この中に図 6.6 のように若い女の子と男の子が、ノートブックコンピュータ (Dynabook) を使って自分自身でプログラミングした対話型ゲームを行っている様子が示されている。相互にリソースを共有しワイヤレスネットワークで接続している。



図 6.6 アラン・ケイの子供たちのパーソナルコンピュータ (Alan Kay: “A Personal Computer for Children of All Ages”, Proc. ACM Conf. (1972) より引用)

Dynabook の誕生にはパパートらの「子供は能動的な主体で、創造者かつ探求者でもあり、一般に思われているよりずっと知的能力がある」という考えに大きく影響されたという。Dynabook は子どもが本来持っている創造性を引き出すための「ダイナミックで対話的なメディア」としてのコンピュータ環境である。アラン・ケイは暫定 Dynabook の Alto の上に、GUI をもちオブジェクト指向の Smalltalk が動作する環境を同僚と構築した。アラン・ケイらはアップルコンピュータ社で Smalltalk から派生した言語 Squeak (スクイーク) を開発し、その上に子どもたちが簡単にプログラムが書ける構成主義教育の観点に立つ道具として Etoys を構築した。

(2) 教育用プログラミング言語 LOGO

LOGO は教育で使われているプログラミング言語としてよく知られている。1967 年にマサチューセッツ州ケンブリッジにある研究機関 Bolt, Beranek and Newman (BBN) で、ダニエル・G・ボブロー、Wally Feurzeig とシーモア・パパートが開発した。最初 BBN で LOGO の開発と LOGO による教育の研究が行われた。その目標は人工知能や発達心理学の成果を生かし、子どもが単語や文で遊べる数学の遊び場を作ることであった。名称はギリシャ語の *logos* (言葉) に由来し、通常の言語が数を処理するように LOGO では単語を処理することに特徴がある。コンピュータを使って児童の思考能力を訓練することを目的としており、8 歳の児童にも扱いやすいようグラフィック関連のコマンドを豊富に用意している。画面上や実物のタートル (亀の形状のカーソル) に言葉を教えるように、動きと線を描くことを命令することができ、プログラムに基づいて線で描かれたグラフィックスを生成できる。



図 6.7 PLATO IV のプラズマディスプレイ端末
(文献 7) より引用)

1980 年代初頭から中ごろにかけて、Apple II 用の Apple Logo などが発売され、初心者プログラミング入門に最適といわれ、欧米の小学校での教育によく使われた。シーモアは新しい技術が教育に与える影響を研究しており、誰かが「教える」のではなく、自らモノを作る過程で学べる環境作りを目指しているという。

(3) 教育支援システム PLATO⁷⁾

米国では戦後 1950 年代に大学入学が急増したことへの対策や、ソ連に対抗して科学技術教育を強化するために、政府はコンピュータを活用した研究に予算をつぎ込んだ。1958 年に CAI (Computer Assisted Instruction、コンピュータ教育支援システム) の原型といわれる SOCRATES (System for Organizing Content to Review And Teach Education Subject) が生まれたイリノイ大学では、政府の資金を得てイリノイ大学で開発した ILLIAC I コンピュータ上に大規模な教育支援システム PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations) を構築した。

PLATO の父といわれるドナルド・ビットナーは、高度な CAI システムを実現するにはグラフィックスの利用が重要だと考えたが、1960 年の最初のシステムではディスプレイにはテレビ受像機のディスプレイが用いられた。再設計された PLATO III では、プログラミング言語 TUTOR を使ってレッスンモジュールを容易に設計できる機能を備えていた。1972 年から運用された PLATO IV では、ビットナーが発明したプラズマディスプレイを採用した。図 6.7 に示す 8.5 インチ、512 × 512 のビットマップディスプレイで、プログラム制御によりでマイクロフィルムをスクリーンに投影することもできた。この端末には赤外線タッチパネル機能があり、画面に表示された選択肢に学生が指でタッチして答えることができた。1972 年初め、ゼロックス社 PARC の研究者らがイリノイ大学の PLATO システムを見学しており、これにより PARC の研究が進んだといわれる。

1975 年には CDC との共同開発により、同社が寄贈した CDC Cyber 73 での運用を可能にし、従来からの場所以外に小中学校、高校、大学、軍の研究所などで広く使われるようになった。PLATO IV ではテキスト、グラフィックス、アニメーションなどでコースウェアを構成でき、マルチユーザー型のフライトシミュレータなども開発された。1980 年には大衆化のための Micro PLATO が登場し、機能が限定された TUTOR システムが CDC 社の端末や、TI 社、Atari

社、Zenith 社などのパーソナルコンピュータへ移植され、その後、TRS-80 や IBM PC にも移植された。その後 CDC 社は PLATO の名前とコースウェアの権利を得て市場に進出し 1996 年よりインターネット上で PLATO コースウェアの提供を開始した。

(4) 日本における情報教育環境への応用

米国ではプログラミング教育が重視されてきたが、わが国ではコンピュータリテラシー教育が中心であった。わが国では、1984 年の臨時教育審議会で情報化に対応した教育の必要性が特に強調され、個人の情報活用能力を基本の一つと位置づけて学校教育において育成すべきと提言された。1985 年から国庫補助などによって教育用コンピュータの整備が行われ、ほぼすべての学校にコンピュータが整備された。

情報教育の授業については、教育課程審議会から 1998 年に答申がだされ、2003 年度より高等学校で「情報 A」、「情報 B」、「情報 C」の 3 教科の選択必須の授業が開始された。コンピュータの仕組みを知って応用することや情報機器を目的に応じて活用できることが目標とされ、情報機器やソフトウェアの使い方を覚えるのが目的ではないとされた。「情報 A」は情報活用の実践力、「情報 B」は情報の科学的理解、「情報 C」は情報社会への参画に重点がおかれ、「情報 A」は答申では補助的とされたが、実際には大部分が「情報 A」を選択したと報告されている。(その後「情報 C」を中心に「社会と情報」、「情報の科学」の 2 教科に再構成された。)

京都大学では 2002 年 9 月に京都市教育委員会、京都市内の公立学校と協力し、コンピュータを用いた新しい学習環境の構築のための ALAN-K (Advanced Learning Network in Kyoto) プロジェクトを立ち上げた。活動の一環として、2002 年度にはオブジェクト指向のプログラミング環境 Squeak の機能一つである Squeak Toys を用いたワークショップが二つの小学校で行われた。Squeak は Smalltalk-80 をもとに現在のコンピュータ向きに開発された。アラン・ケイは

現在、カリフォルニア州立大学ロサンゼルス分校附属小学校等で Squeak を利用した教育を行っている。京都のワークショップにも招かれて指導を行った^{8) 9)}。

参考文献

- 1) 総務省：「平成 23 年度通信利用動向調査 ポイント」(2012)
http://www.soumu.go.jp/main_content/000161416.pdf
- 2) 総務省：「平成 23 年度通信利用動向調査の結果(概要)」(2012)
http://www.soumu.go.jp/main_content/000161417.pdf
- 3) ポール・E・セルージ著、宇田理・高橋清美監訳『モダン・コンピューティングの歴史』、未来社(2008)
- 4) アラン・ケイ著、浜野保樹訳：『マルチメディア - 21 世紀のテクノロジー』、岩波書店(1993)
- 5) 鶴岡雄二翻訳・浜野保樹監修：『アラン・ケイ』、アスキー(1992)
- 6) Alan Kay and Adele Goldberg: Personal Dynamic Media, Computer, Vol.10, No.3, pp.31-41 (1977)
- 7) Jack Stifle: "The Plato IV Architecture. CERL Report (revised ed.)". Urbana, IL: University of Illinois. X-20. (1972)
- 8) 軽野宏樹・木實新一・上林弥彦：「ALAN-K プロジェクト：Squeak を活用した創造的な情報教育の試み」情報処理学会研究報告 2003-CE-69 (2003)
- 9) BJ・アレンーコン / キム・ローズ著、大島芳樹監修・喜多千草監訳・片岡裕子訳・高田秀志解説『子どもの思考力を高める「スクイーク」』、WAVE 出版(2005)
- 10) シーモア・パパートほか：『マインドストーム 子供、コンピュータ、そして強力なアイデア』、未来社(1982)

7 パーソナルコンピュータの社会への影響

パーソナルコンピュータは1980年代以降に驚異的な成長をとげ、企業や家庭に広く普及した。そしてその後登場したインターネットと結合して情報通信技術として発達し、情報化社会を出現させた。情報通信技術により社会が大きく変わったことから、この現象は情報革命ともよばれる。

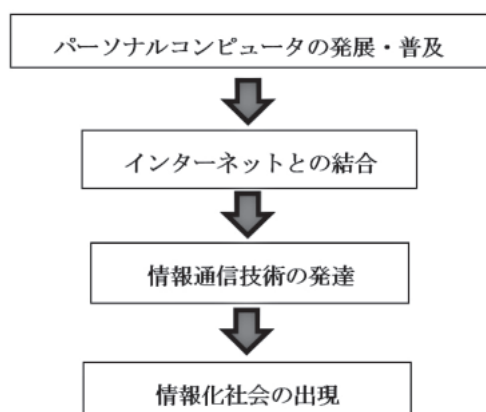


図 7.1 情報化社会の出現

7.1 情報化社会への進展

7.1.1 情報産業と情報革命

情報革命、情報化社会の出現については、これまでも多くの論文、提言がだされている。わが国では梅棹忠夫が1962年に「情報産業論」¹⁾を世界に先駆けて発表している。アルビン・トフラーはパーソナルコンピュータが出現後1980年に『第三の波』⁷⁾を執筆し、情報革命を予測した。

(1) 梅棹忠夫の「情報産業論」

梅棹忠夫は「情報産業論」を1963年1月の『放送

朝日』¹⁾に執筆し、その後この論文は『中央公論』1963年3月号²⁾にも掲載された。当時日本は戦後の荒廃した状態から復興して、近代的な工業化が本格化しようとしていた。テレビをはじめとする放送産業が大いに発展しつつあったことに注目して、情報を組織的に提供する産業を情報産業と呼ぶことにすれば、放送産業はまさに情報産業のひとつの典型であると考えた。情報産業は、放送だけではなく、新聞雑誌を含めていわゆるマスコミはすべて情報産業に属する。そして、梅棹は情報という言葉をはりく解釈して、「人間と人間のあいだで伝達される一切の記号の系列」とした。

「情報産業」は梅棹の造語であるが、情報の生産、処理、伝達、変換などの仕事をする産業を意味し、これには放送産業だけでなく、新聞、ラジオ、テレビなどのマスコミ、出版業のほか、旅行案内業や教育・宗教までも含むという。そして、人類文明史はこれまで農業革命、工業革命を体験し、いま第三の情報産業革命を体験していると述べている。表7.1に示すように、動物の発生学とのアナロジーを用いて、農業、工業、情報産業の3つの時代を生物が細胞分裂により成長していく3つの段階に対応させて説明している。生物が、最初に分化する「内胚葉」は将来の「消化器官」をつくる。次に分化してくる「中胚葉」は、「筋肉」や「骨格」、「血管」をつくることになる。そして、最後に分化する「外胚葉」が「脳」や「神経系」を身体に張りめぐらせる。

情報産業論の論旨は、梅棹自身がその著『メディアとしての博物館』³⁾の中で、下記のように要約している。

「人類史において、文明の初期には、まず農業の時代があり、そこでは、食糧の生産が産業の主流をしめた。やがて工業の時代がおとずれ、物質とエネルギーの生産が産業の主流をしめるようになった。つぎに産

表 7.1 梅棹忠夫の産業史の三段階

生物学的時代	説 明	対応する産業史の時代
内胚葉産業の時代	消化器官系を中心とする内胚葉諸器官の機能充実	農業の時代
中胚葉産業の時代	筋肉を中心とする内胚葉諸器官の機能充実	工業の時代
外胚葉産業の時代	脳あるいは感覚機能の充実	情報産業の時代

業の主流をしめるようになるのが、情報産業である。経済的にも、情報の価値が、経済のもっともおおきい部分をしめるようになるであろう。」

梅棹の「情報産業論」に関しては、白根禮吉がその著書『日本型情報社会—未来シナリオを語る』⁴⁾の中で、「この論文が世界で初めて今日いうところの情報化社会というものを予測した論文である。情報化社会という考え方は日本生まれの考え方である。」と明確に述べている。

その後1970年の大阪万博に向けて、梅棹を中心にプロジェクトチームがつくられ、未来学者の林雄二郎、社会学者の加藤秀俊、SF作家の小松左京らが参画し「情報社会」の概念は固められていった。1970年に開かれた大阪万博では、世界で始めてポケットベル（ポケベル）の社会実験が行われるなど、情報社会にむけての予兆が徐々に現れてきた。情報社会（information society）の語も認知されるようになってきた。

梅棹はその後「情報産業論への補論」⁵⁾において、情報の言葉の定義「人間と人間のあいだで伝達される一切の記号の系列」の解釈をさらに広げ、「情報は人間と人間の関係に限ることはなく、存在それ自体が情報であり、それを情報であるかどうかは受けての情報受信能力の問題」とした。（コミュニケーションの場合はつねに送り手と受けてが存在する。）そして広い意味に解すれば、「人間の感覚諸器官がとらえるものはすべて情報」であり、感覚情報と呼んだ。それを産業化したものは感覚情報産業であり、音楽の産業化はこれに該当する。映像も写真、テレビ、ビデオなど視覚にうったえる情報を扱う巨大産業である。味覚、臭覚、触覚とあわせ「五感の産業化」と呼んだ。

1969年に執筆しベストセラーとなった『知的生産の技術』⁶⁾の中でも、情報産業が工業の時代につづきつぎの時代のもっとも主要な産業になるだろうと予測し、その情報産業のなかではとくに知的生産による部分が非常に大切だと述べている。

(2) アルビン・トフラーの「第三の波」

アルビン・トフラーは1980年に著した『第三の波』⁷⁾で、第一の波「農業革命」、第二の波「産業革命」に続いて、第三の波「情報革命」が起きるであろうと予測し、大きな反響を呼んだ。トフラーによると、これまで人類は第一の波「農業革命」と第二の波「産業革命」という2つの大変革の波を経験している。第一の波「農業革命」は数千年にわたってゆるやかに展開されたが、第二の波「産業革命」は300年位の間に産

業文明を生み出した。そして、歴史の進行はさらに加速されており、第三の波による変革は20～30年で歴史の流れを変えてその変革を完結するであろうと予測した。そして、新しくつくりだされる文明は、高度な科学技術に支えられていると同時に、反産業主義的性格を持つであろうとした。

第二の波の社会は産業社会であり、大量生産、大量流通、大量教育、マスメディア、大量のレクリエーション、大衆娯楽、大量破壊兵器などに基づくものである。標準化、中央集権、集中化の特徴があり、官僚制組織が構築された。

第三の波では、コンピュータ、エレクトロニクス、情報、バイオテクノロジーなどに基づく技術が未来の新しい産業の土台になる。ここでは、フレキシブルな製造、特定分野の市場、エレクトロニック・コテージの登場、メディアの非大衆化など現象が予想された。生産者（プロデューサー）と消費者（コンシューマー）の新しい融合「プロシューマー」（生産消費者）の登場も予想されている。

7.1.2 パーソナルコンピュータの登場と情報化社会への進展

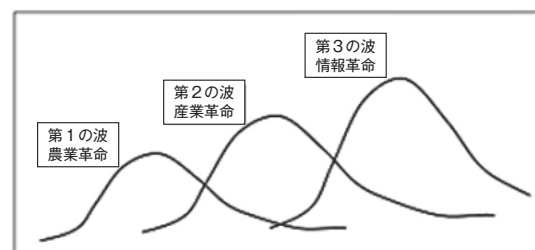


図 7.2 トフラーの第三の波

米国では1956年にはじめて、ホワイトカラーとサービス業者が合計して、ブルーカラー労働者より多くなった。すなわち、肉体労働に基づく工業経済から、知識と頭脳労働に基づく経済に移行が始まった。1950年代半ばから、大きくて高価な初期の第1世代のコンピュータが政府機関から企業に広まった。米国では1950年代の知識生産が、国民総生産（GNP）より伸び率が高いことが、1962年にプリンストン大学のフリッツ・マハルプにより示された。1957年にソ連が人工衛星スプートニクを打ち上げて、米ソの宇宙競争が始まり、その結果、システム理論、情報科学、ソフトウェアプログラミング、プロジェクトマネジメントなどの研究が劇的に加速した。米国の学校では、

科学と数学の教育が重視されるようになった。

1960年代になると、欧米では大気汚染、公害や廃棄物処理などの諸問題が認識され始めた。米国の社会学者ダニエル・ベルらは、工業社会がこのまま大量生産、大量消費を続けていけば、21世紀半ばには、これらの問題が地球規模で問題化して行き詰まり、人類は次の社会への転換を余儀なくされるとした。次の社会で中心となるのは、工業製品でなく、資源を浪費せず、公害も大気汚染も起こさない「知識」として、さらに、その「知識」の生産・流通・消費によって成立する社会を「脱工業化社会（post-industrial society）」とした。これを1962年に提言し、1973年に『脱産業社会の到来』⁸⁾を著した。

1977年にApple IIが誕生し、パーソナルコンピュータが多くの人に使用され始めた。前述したようにアドビン・トフラーは1980年に執筆した『第三の波』⁷⁾の中で情報社会の出現を予言したが、翌1981年にIBMからIBM PCが発売され、パーソナルコンピュータの普及が始まった。現実の社会では、まずパーソナルコンピュータを中心にした情報化の変革が起こり、続いてパーソナルコンピュータとインターネットが結合した形での情報通信革命が進行した。

西垣通は1997年に『思想としてのパソコン』⁹⁾を著し、「パソコンをめぐるいま大きな社会的・文化的変化が起きつつある。」とした。パーソナルコンピュータは従来傍流と見られていたが、大型・能力指向のこれまでのコンピュータによる発展が行き詰まり、パーソナルコンピュータこそが新世代コンピュータであることが語られている。

従来路線では機械自体の可能性を追求し、人工知能にまで挑戦していった。これに対し、パーソナルコンピュータは人の道具としていっそう洗練させ、人と機械の対話を重視し、人の能力を機械で補強しかに引き出すかを問題にした。すなわちパーソナルコンピュータは人の知能の増幅機械と位置づけられる。

1990年代にはインターネット普及により、パーソナルコンピュータの用途に根本的な変化が生じ、個人同士が自由に情報交換する広大なコミュニケーション・スペースが一挙にひらけた。そして、多くのパーソナルコンピュータ通信網を巻き込んで地球全体をおおう一つの包括的なグローバル・ネットワーク社会の到来を予感させるとした。2001年に出版された『IT革命』¹⁰⁾では、ブロードバンド時代が訪れ、放送と通信の融合、インターネット接続可能家電製品、オンライン共同体、情報都市など21世紀のネット社会のビジョンを示した。

7.2 パーソナルコンピュータへのパラダイムシフト

パーソナルコンピュータの急激な成長は、新産業の誕生といえる。1980年代の市場規模は20億ドル程度であったが、1990年代には830億ドルに達し、さらに増大を続けた。1995年の世界のパーソナルコンピュータのハードウェア売上高は1,600億ドルにもなった。（IDC調べ）メインフレームやミニコンピュータが中心であったコンピュータ業界に、IBM PCを中心としたデスクトップ型のパーソナルコンピュータが誕生して急成長しただけでなく、これがパラダイムシフトの始まりとなった。そしてその後の情報革命へとつながることになる。パラダイムシフトの結果、パーソナルコンピュータの時代が到来し、その後のネットワーク中心の時代の土台を築いた。表7.2にこのパーソナルコンピュータへのパラダイムシフトの特徴を示す。

表7.2 パーソナルコンピュータへのパラダイムシフト
（出典：デビッド・モシエラ『覇者の未来』¹¹⁾）

1964年～1981年	1991年～1994年
・システム中心 ・企業コンピューティング ・グロッシュの法則 ・データセンター ・独自製品 ・直接販売 ・垂直統合	・パーソナルコンピュータ中心 ・個人コンピューティング ・ムーアの法則 ・クライアント・サーバ ・市販品 ・間接販売経路 ・水平バリューチェーン

パーソナルコンピュータは1980年代以降に企業や家庭に広く普及し、社会全体に大きな影響を与え、情報革命が起きて情報化社会が出現した。

1980年代はパーソナルコンピュータの開発に勢力が注がれ、ダウンサイジングが流行し、従来の独自システムからパーソナルコンピュータへの切り替えが進んだ。1970年代まではコンピュータ導入の主目的が業務効率の改善であったため、大半は管理システムであった。1980年代以降のパーソナルコンピュータ時代には、個人や作業グループの生産性向上に利用されるようになった。コンピュータは専門家の手をはなれ、多くの一般の非専門家が使用できるようになり、その利用者数は1桁以上増大した。

コンピュータ科学者のハーバード・グロッシュは1965年に「コンピュータの性能は価格の二乗に比例する」という法則を提唱した。1960年代から1970年

代の第2世代～第3世代のメインフレームコンピュータでは、ほぼその通りにその進展した。1965年にインテル社のゴードン・ムーアは、集積回路の素子数は毎年2倍の割合で増大するという「ムーアの法則」を発表した。その法則通り、1980年代半ばにはグロッシュの法則は通用しなくなり、パーソナルコンピュータなどのマイクロプロセッサを使用したシステムの価格性能比がもっとも高いことがはっきりした。

データセンターあるいは計算機センターは、システム管理時代の情報処理作業の中心であったが、1980年代になってセンターの仕事はサポートやトレーニングに変わった。パーソナルコンピュータ、ローカルエリアネットワーク（LAN）、サーバ、これまでのシステムを統合した複合システムは、クライアント・サーバ・コンピューティングと呼ばれた。

1960年代から1970年代は独自システムの時代で、ユーザにとってシステムの切り替えには多額の費用を要した。パーソナルコンピュータの場合は、同じソフトウェアを使う場合も多く、ベンダーの切り替えに必要なコストは大幅に低下した。

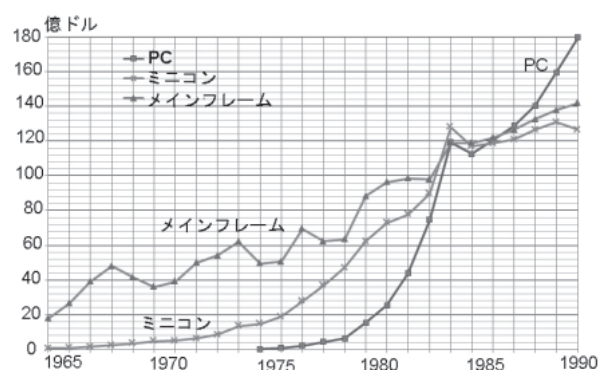


図 7.3 メインフレーム、ミニコン、PC 出荷金額推移 (米国)
(出典：佐野「IBMのPC事業参入に関する技術戦略論的考察」¹²⁾)

メインフレームやミニコンピュータのかなりの部分が顧客との直接取引だったが、パーソナルコンピュータになってからは、低価格化が進み、量販性が高まってきたため、小売店や代理店などの間接的流通チャネルを通して販売されるようになった。米国ではパーソナルコンピュータの直接販売の大半が、電話直販によるものであったという。

パーソナルコンピュータへのパラダイムシフトにともないコンピュータ市場の構造も大きく変化した。米国市場では図 7.3 のように、1984 年でミニコンピュータがメインフレームの出荷金額を抜くが、1986 年

にパーソナルコンピュータに抜かれている。ミニコンピュータのリーダーで最大のシェアを持ちコンピュータ業界で IBM に次いで第2位の位置を占めていた DEC 社は、パーソナルコンピュータを過小評価しその市場参入が遅れたため業績が低下し、1998 年にパーソナルコンピュータメーカーの Compaq Computer 社に買収された。ミニコンピュータ業界第2位のデータジェネラル社は 1999 年に買収され、ミニコンピュータ専門メーカーの名前は次々と消えていった。

1980 年代の中頃には汎用コンピュータ市場とパーソナルコンピュータ市場の出荷額は逆転した。そして IBM はじめメインフレーム・メーカーは、90 年代の初頭に軒並み経営業績を悪化させた。これに対して経営業績を急速に拡大したのは、パーソナルコンピュータ関連企業であった。わが国でも同様の現象が起こり、1996 年度には国内出荷金額において、メインフレーム 9,641 億円に対してパーソナルコンピュータ 17,506 億円と約 2 倍位になっており、多くの企業がこの市場に参入していった (2014 年、この原稿をまとめている現在、波としてのパーソナルコンピュータはピークを過ぎたことがはっきりとしている)。

7.3 インターネットと結合しての発展

インターネットの登場により、パーソナルコンピュータはこれと結合してあらたな発展の時代を迎える。表 7.3 にパーソナルコンピュータがインターネットと結合して大きく発展する 1995 年以降とそれ以前における特徴とキーワードを示す。

パーソナルコンピュータのネットワーク接続で当初用いられたのはイーサネットである。これは 1973 年にゼロックス PARC のロバート・メトカーフとデーヴィッド・ホッグスによって開発された。これはローカルエリアネットワーク (LAN) として、同じビル内で研究員が単独で使っていたコンピュータ同士をつないだり、プリンタを共用するために使用された。イーサネットではハワイ大学のアロハネットにとヒントを得てパケット方式を採用し、ケーブルに同軸ケーブルを用いた。そして毎秒 300 万ビットの速度を実現した。UNIX ベースのワークステーションではイーサネットを採用してうまく利用できたが、16 ビット CPU と DOS を用いたパーソナルコンピュータでは能力的に不十分であった。しかし、1985 年にインテル社が 32 ビット CPU の 80386 を発売し、CPU の能力の問題は解決した。OS については、ノヴェル社がすぐれたネットワーク用の OS である Netware を

表 7.3 パーソナルコンピュータとネットワークとの結合による発展
(出典：デビッド・モシェラ『覇者の未来』¹¹⁾)

1981～1994	1995～2005
・ パーソナルコンピュータ中心 ・ マイクロプロセッサの速度 ・ ムーアの法則 ・ LAN (ローカルエリアネットワーク) ・ グラフィカルインターフェース ・ 代理店販売 ・ 個別販売 ・ クライアント・サーバ ・ 個人の生産性 ・ 水平型業界構造 ・ グローバルな製品	・ パーソナルコンピュータ + インターネット ・ 通信速度 ・ メトカーフの法則 ・ WAN (ワイドエリアネットワーク) ・ インターネットブラウザ ・ オンライン流通 ・ バンドル製品 ・ 電子商取引 ・ バーチャルコミュニティ ・ 統合型業界構造 ・ 国内サービス

発売し、パーソナルコンピュータネットワークのビジネスの過半数を手にした。

オフィスにおいてはLANにパーソナルコンピュータを接続することにより、ユーザ間の情報交換、サーバを通じての情報共有が容易にできるようになった。次の段階として、LAN-サーバを経由して、パーソナルコンピュータからインターネットへのアクセスが可能になった。インターネットは単一のネットワークではなく、世界中の様々なネットワークに接続されている。パーソナルコンピュータをインターネットに接続することにより、国内はもとより、グローバルな情報交換、情報共有の道が開けた。

インターネットの利用を普及させた大きな要因に、ワールド・ワイド・ウェブ (WWW) と web ブラウザの登場がある。WWW は単に web と呼ばれ、インターネット上で提供されるハイパーテキストシステムで、これを使用するのに web ブラウザが用いられる。WWW のプロトタイプはティム・バーナーズ・リーが1990年代後半に作った。1993年に米国の国立スーパーコンピュータ応用研究所のマーク・アンドリーセンはMosaicと呼ばれるブラウザの初期版を作った。そしてワークステーション版からウィンドウズ版やMacintosh版が作られた。Mosaicは商品化され、ネットスケープ社が設立され、販売された。

1994年以前では、パーソナルコンピュータのハードウェアやソフトウェア、周辺機器のプリンタや補助記憶装置が重要であった。インターネットが普及した1995年以降では、インターネットの利用度、アクセスや料金、webのサービス、サイト、デザイン

や web の開発といったことに関心がもたれるようになった。

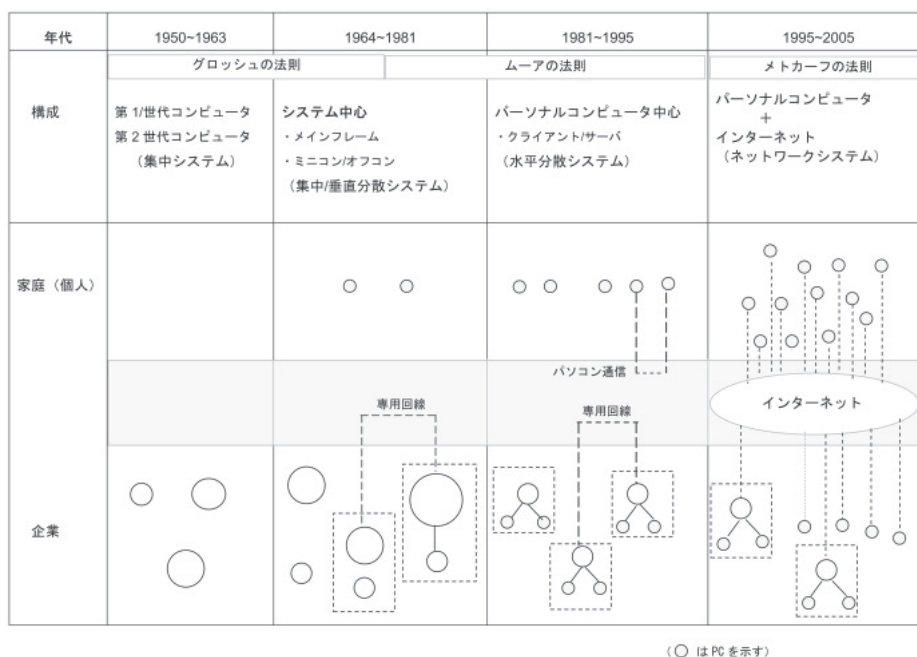
インターネットが普及しだしてその利用が急増し、webの速度や利用コストの問題がマイクロプロセッサの性能向上より優先するようになった。テクノロジーの動向は通信速度が支配するようになり、インターネットのプロバイダは、ISDNやケーブルモデムを導入しネットワークへのアクセス速度を大幅に向上させたが、さらに通信速度を倍以上にするべく改善計画をすすめた。

7.4 情報化社会の出現

1990年代後半以降のパーソナルコンピュータとインターネットの結合によるネットワーク・コンピューティングの進展により、情報化社会が形成されていった。企業や研究機関などには1950年代からコンピュータが導入されていたが、家庭や個人にコンピュータが使用され始めたのは1970年代後半のパーソナルコンピュータ登場以降である。1990年代後半よりパーソナルコンピュータとインターネットの結合が起こり両者が急速に普及した。図7.4に情報社会への進展の経緯を図示する。

2000年にはわが国でも政府が、全ての国民が情報通信技術を活用できる日本型IT社会を実現することを目指したe-Japan構想を提唱した。具体的な目標としては、下記があげられた。

- ・ 2001年に全ての国民が安価にインターネットに常時接続することを可能にする。



- ・2002 年までに電子商取引の制度基盤と市場ルールを整備する。
- ・2003 年までに電子政府を実現する。
- ・2005 年までに米国水準を上回る IT 技術者の確保できるように人材育成を強化し、同時に超高速アクセスが可能なインターネット網を整備する。

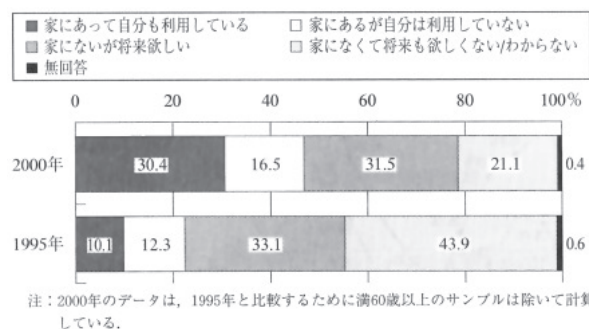


図 7.5 パーソナルコンピュータの普及率 1995 年：2000 年
(出典：東京大学社会情報研究所編「日本人の情報行動 2000」図 2.6.1. 東京大学出版局 (2001))

年は、PC-98 用に日本語ワードプロセッサ「一太郎」が販売され大ヒットした年に当たる。1990 年代は 32 ビット機が登場して性能が大きく向上し、価格は低下したことに対応している。DOS/V 方式が 1990 年に発表されてソフトウェアによる日本語変換が可能になり、1992 年には Compaq Computer 社製などの低価格の米国製品が日本市場に参入した。

これまでは企業と一部のマニアを中心に利用されてきたパーソナルコンピュータは、広く家庭に普及していった。1993 年は、各メーカーが家庭向けパーソナルコンピュータの販売に力を入れ始めた時期にあたる。そして、1995 年に Windows95 が発売され、すぐれた GUI やインターネットの標準サポートにより大ヒットとなった。インターネットが急速に普及したことから 1996 年はインターネット元年と呼ばれる。図 7.6 においても、1995 年は急激なパーソナルコン

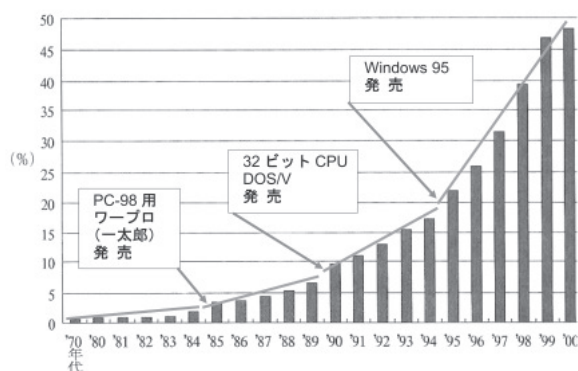


図 7.6 パーソナルコンピュータ年代別利用率
(出典：東京大学社会情報研究所編「日本人の情報行動 2000」, 図 2.6.2 をもとに作成¹⁴⁾)

ピュータ利用率の上昇が見られる。

家庭でのパーソナルコンピュータの利用内容は、文書作成とインターネット利用が上位を占めている。インターネット利用については図 7.7 に示すように 2003 年（平成 15 年）まで急激に利用者が増加し、その後はなだらかな増加になるが、2010 年（平成 23 年）には普及率が 79% に達している。そしてこの時点では、図 7.8 に示すように約三分の二が自宅のパーソナルコ

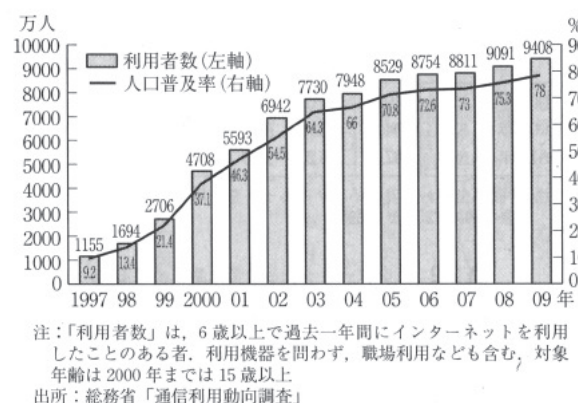


図 7.7 インターネット利用者数・普及率推移¹⁵⁾
(出典：橋元良明「メディアと日本人」, 図 2-12, 岩波書店 (2011) より引用)

ンピュータでインターネットを利用している。

インターネットの利用頻度は図 7.9 のように 2010 年の時点では約 6 割の人が毎日使用しており、日常生活のなかで定常的に使用されるようになってきているといえよう。

インターネットの利用時間は図 7.10 に示すようになっている。2010 年で 10 代が減少し、20 代が微増になっているのは、携帯によるインターネット利用への移行が起きていることによる。

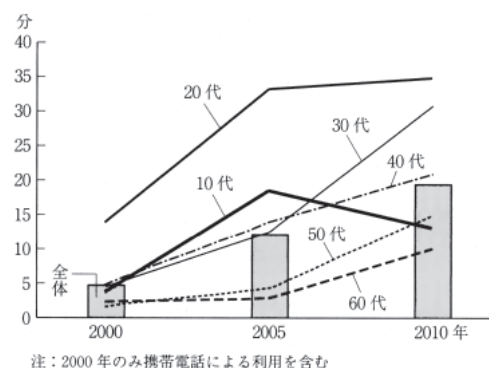


図 7.10 インターネット利用時間
(出典：橋元良明「メディアと日本人」, 図 2-13, 岩波書店 (2011) より引用)

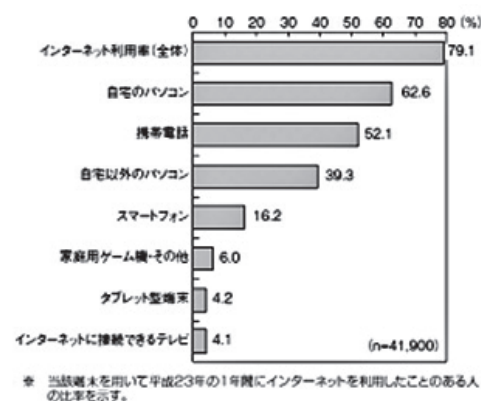


図 7.8 インターネット利用端末¹⁵⁾
(出典：橋元良明「メディアと日本人」, 図 2-12, 岩波書店 (2011) より引用)

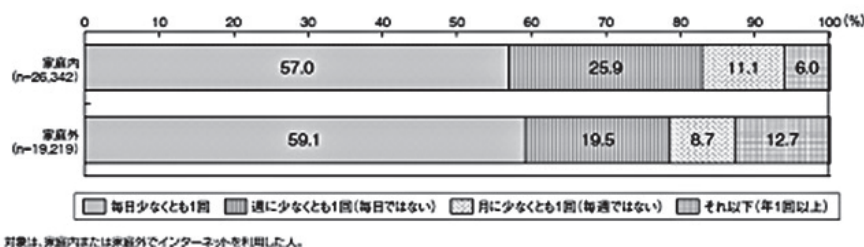


図 7.9 インターネット利用頻度¹⁵⁾

20 歳代では、図 7.11 に見られるように、テレビの利用時間自身が減少し、その分インターネット利用時間が増加しており、テレビ離れが起きている。

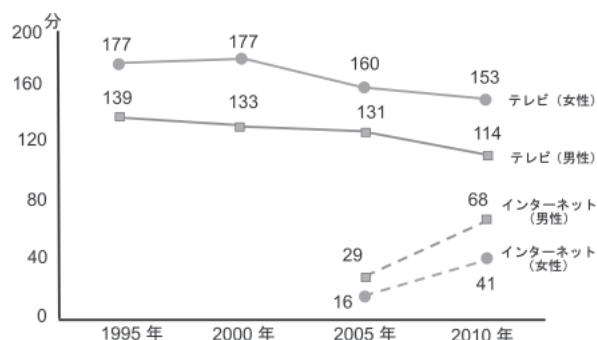


図 7.11 20 歳代のテレビとインターネットの利用時間¹⁶⁾

(2) メディアへの影響

「仕事や研究に役立つ情報を入手するメディア」としては、図 7.12 に示すようにインターネットが急激に伸びており、これに反して書籍、新聞、雑誌などの紙メディアは年々減少している。その中でも新聞の落ち込み率が大きく、2000 年からの 10 年間に利用率が 10% 低下しており、順位も書籍に次いで 2 位であったのが、4 位に転落している。新聞の役割をインターネットが奪っており、インターネットが他のメディアに取って代わりつつある。

また、「世の中のできごとや動きについて信頼出来るメディアはどれか」という調査に対して、図 7.13 に示すようにテレビが一貫してもっとも高く、新聞は大きく低下しており、インターネットが上昇してきている。費用をかけずにインターネットで情報を入手する方向に進んでおり、その分新聞の購読が減少している。

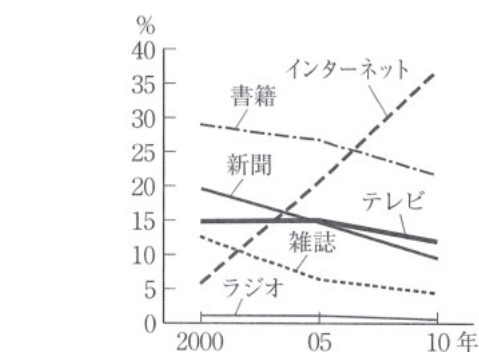


図 7.12 仕事や研究に情報を得るメディア
(出典：橋元良明「メディアと日本人」，図 2-10，岩波書店（2011）より引用¹³⁾)

(3) 企業における勤務形態への影響

トフラーはその著『第三の波』の中で、情報化が進めば、会社に行かなくても家庭の中でコンピュータを使って仕事ができるようになり、在宅勤務が増えると予言し、「エレクトロコテージ」の構想を述べている。在宅勤務（テレワーク）については、図 7.14 のように 2000 年代前半では、わが国での比率はそれほど高くないが、米国での例では、2008 年で 45% に達しているという。テレワークの 1 種に自宅を拠点として仕事をする在宅ワークがある。雇用関係のある場合とない場合に分かれ、前者の場合は、社員がノート型パーソナルコンピュータを自宅に持ち帰って仕事をする、あるいは出社せずに自宅で仕事をするようなケースであり、後者は業務委託・請負的なケースである。当初は自宅で可能なビジネスに限らず、インフラ障害での自宅業務の必要性、新たな雇用の創出とした地方都市における就職難の解決策、在宅勤務により消費電力削減効果でのエコロジー面でのメリットなど様々な利点が見直された。その結果、大手企業においても在宅勤務者の雇用枠導入や、政府全体での推進として厚生労働省が在宅業務実施時の労務管理上の留意点を整理した「ガイドライン」などを設けて推進している。

インターネットにより企業と家庭が結ばれたネットワーク環境が実現したことから、企業内だけで勤務する必要はなくなり、企業と家庭が連携してフレキシブルに対応する勤務形態をとることが可能になった。在宅ワークもその一つと考えられるが、勤務形態を固定する形でなく、状況に応じて効率的な形に変動させていく形態もふくめ、種々の可能性が考えられる。テレワークにおいても、在宅を主にして、週に 1~2 日は会社に出勤する形は以前からとられている。その一方で会社でも自宅でも働き続けるような負の姿も見られるようになってきている。今後も多様な勤務形態が利用されていくであろう。

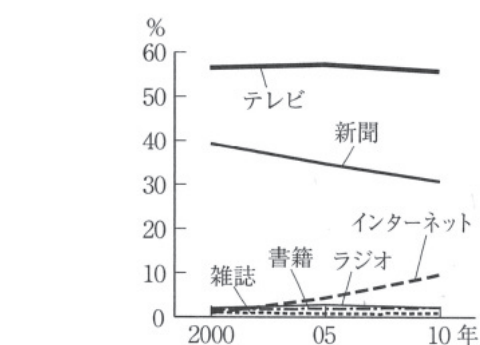


図 7.13 世の中のできごとの信頼できる情報を得るメディア
(出典：橋元良明「メディアと日本人」，図 2-11，岩波書店（2011）より引用¹³⁾)

	テレワーク人口			テレワーク比率		
	雇用型テレ ワーカー	自営型テレ ワーカー	合計	雇用に 占める割合	自営者に 占める割合	合計
2002年	311万人	97万人	406万人	5.7%	8.2%	6.1%
2005年	506万人	168万人	674万人	9.2%	16.5%	10.4%

出所：国土交通省「テレワーク実態調査」

図 7.14 在宅勤務（テレワーク）の状況¹⁷⁾

(4) 電子商取引（e コマース）

電子商取引（e コマース）は、企業間の B to B、企業と消費者間の B to C、消費者間の C to C の 3 種に分類できる。B to C に属するインターネットショッピングは、10 年前の 2003 年（平成 15 年）頃から本格的に始まり、図 7.15、図 7.16 に示すように、インターネットの利用者の増加とともに利用率が増大している。

年間平均購入品目数は、平成22年には2.5品目/年となり、平成14年の1.2品目の2.1倍に

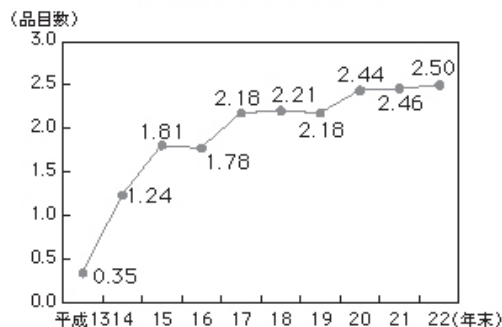


図 7.15 電子商取引（B to C）利用者の年間 平均購入品数の推移¹⁸⁾

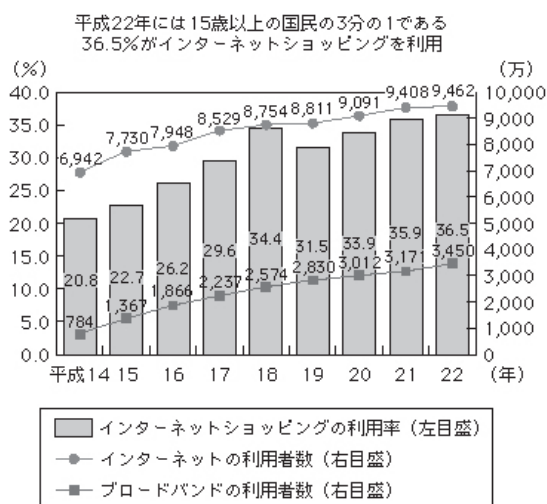


図 7.16 電子商取引（B to C）インターネットショッピング利用率推移¹⁸⁾

これによると、2010 年（平成 22 年）には国民（15 歳以上）の約 3 分の 1 の 36.5%がインターネットショッピングを利用している。購入内容は図 7.17 に示すようにデジタルコンテンツ、書籍・CD・DVD、衣料品などが上位にある。特に伸びの大きい物は「金融取引」、「衣料・アクセサリ類」、「趣味関連品・雑貨」、「食料品」などである。

注目すべきは、その後にさらにインターネットショッピングが広がり、2013 年度（平成 25 年度）に書籍と家電製品の販売総額に占めるネット経由の割合が 1 割を超える見通しであると報じられたことである。（2013 年 12 月日経¹⁹⁾）これはパーソナルコンピュータとともにスマートフォンの普及によって、ネット販売が押し上げられていることによる。その結果、音楽ソフト、旅行、書店などの閉店が相次いでいる。小説や漫画の電子書籍市場は急拡大し、電子書籍や本の通信販売を加えたネット経由の書籍販売額は、2013 年度の全書籍販売額の 1 割を超え、2018 年度には 3 割に達すると予測されている。

家電製品の販売額も 2013 年度に 1 割を超える。ネット販売比率が 1 割を超えると実店舗の淘汰が進む傾向が見られるという。音楽ソフトでは、2008 年度までの 3 年で日本レコード商業組合の加盟店が 3 割減った。ネット比率が 2 割の旅行販売では、JTB が 3 年で 100 店舗以上閉めた。書店も 2012 年度に 455 店が閉店し、閉鎖数は前年度の 2 割増しとなった。ネット市場での中古本の市場が広がり、古書店も減少している。ネットとの競合は実店舗の収益を押し下げており、大手の店舗は実店舗を活かしてネット事業を拡大しようとしている。

日本の B to C の市場規模は、2008 年で 6.1 兆円（EC 化率 1.8%）であり、2012 年には 9.5 兆円（3.1%）に達しているが⁴⁵⁾、今後ネット消費はさらに広がっていき、野村総合研究所は 2018 年度のネット消費額を 2013 年度比で 8 割増の 22 兆円と予測している。このように流通・販売形態が大きく変わりつつあるが、実店舗が減少する中でネットと実店舗の融合した形態が今後模索されていくであろう。

インターネットショッピングが拡大して幅広い商品が扱われるようになり、多様で小規模な商品需要にも対応できるようになった。需要の小さい商品の場合も、インターネットを活用して需要を束ねることにより、一定の売上規模に達することが可能であり、市場として成立するようになった。この現象は「ロングテール」と呼ばれている。「ロングテール」の語は統計学からのものだが、米国の Wired 誌編集長クリ

平成14年から平成22年で、「衣料品・アクセサリー類」が19.1ポイント、「金融取引」が18.4ポイント増加

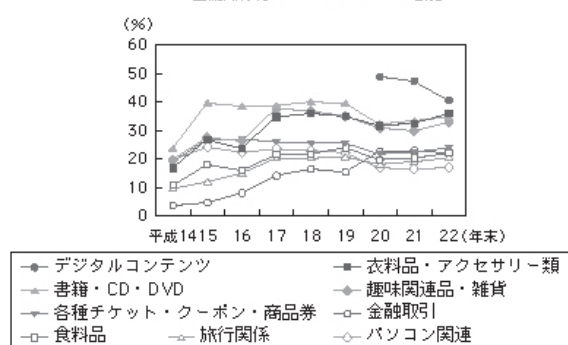


図 7.17 電子商取引 (B to C) インターネットショッピングでの購入商品¹⁸⁾

ス・アンダーソンが2004年にインターネットショッピングの説明で使用し、広く知られるようになった^{20) 21)}。

1988年に出版されたイギリス人登山家ジョー・シンプソン著の『死のクレパス—アンデス氷壁の遭難』は1990年後半にはロングテール部分に入っていたが、10年後にジョン・クラカワーが書いた『空へ—エヴェレストの悲劇はなぜ起きたか』がベストセラーになったのをきっかけに再度売れ出した。そのきっかけを作ったのは、Amazon.com のレコメンデーション (自動推薦) 機能だった。Amazon のシステムが『空へ』の読者に『死のクレパス』を薦め、薦められて読んだ人が熱狂的なレビューを Amazon 上に書き、売れ行きの伸びと推奨行動の相乗効果により、ロングテールに埋もれていた名作が掘り起こされた。ネット上の無数の人々の日常行動の結果がロングテール部分の塵を集めて山を作るとアンダーソンは説明した。

インターネットショッピングでは、購入までに下記のようなプロセスを踏んでいる。

1. 購入対象に注意を向ける (Attention)
2. 対象物に興味・関心を抱く (Interest)
3. 対象物の情報収集 (検索) を行う (Search)
4. 他製品と比較を行う (Comparison)
5. さらに評価情報を入手し、意思決定の補強・裏付けを行う (Examination)
6. 購入の意思を決定し行動する (Action)
7. その後、同僚などにこの商品のことを話し共有する (Share)

これらの一連の流れは、AISCEAS という購買プロセスといわれる¹⁸⁾。このような購入プロセスは、インターネットショッピングでない通常の購入行動にお

いてもとられているともいえるが、インターネット上では価格比較サイトも利用でき、上記プロセスの中でも、「検索 (Search)」、「比較・検討 (Comparison/Examination)」、「共有 (Share)」に関しては、容易に行うことが可能であり、従来にはなかった経験をできる可能性もある。このような点から、インターネットが購入行動や購入プロセスに大きな影響を与えており、インターネットの普及により購入行動とその対象市場が非常に多様化してきているといえよう。

電子商取引の「C to C」は消費者 (consumer) 間の商取引であり、消費者同志で販売と購入をおこなうのであるから、トフラーの生産消費者 (prosumer) といえる。この範疇ではインターネット・オークションが進展している。世界最多の利用者をもつ米国の eBay は、1995年に AuctionWeb の名称で設立され、1997年に現社名になった。1998年には100万人の利用者を獲得している。日本最大手の日本向け Yahoo! オークションは、1999年に Yahoo Japan により開始された。5年前 (2008年) の時点で出品商品数が2000万件を超えたという。

インターネットとパーソナルコンピュータの結合によりネット社会が出現したが、今世紀になってこれにスマートフォンが加わって、流通形態は大きく変わり商業にも大きな影響を与えた。企業と個人、販売者と購入者の関係にもネットワークが介在して種々の形態が誕生しつつある。今後はネット社会の中で個人と企業が融合し、商取引に限らず多様な社会形態が生まれてくるであろう。

参考文献

- 1) 梅棹忠夫：「情報産業論—きたるべき外胚葉産業時代の夜明け」、『放送朝日』1月号，第104号，pp.4-17 (1963)
- 2) 梅棹忠夫：「情報産業論」、『中央公論』3月号，第78年第3号 第905号，pp.46-58 (1963)
- 3) 梅棹忠夫：『メディアとしての博物館』，平凡社 (1987)
- 4) 白根禮吉：『日本型情報社会—未来シナリオを語る』，財団法人電気通信協会，オーム社 (1986)
- 5) 梅棹忠夫：「情報産業論への補論」、『情報の文明学』，中公文庫，pp.71-91，中央公論社 (1999)
- 6) 梅棹忠夫：『知的生産の技術』，岩波新書 F93，岩波書店 (1969)
- 7) アルビン・トフラー著、徳山二郎監訳、鈴木健次・櫻井元雄他訳：『第三の波』，日本放送出版協会 (1980)

- 8) ダニエル・ベル著、内田忠夫他訳：『脱産業社会の到来—社会予測の一つの試み（上・下）』、ダイヤモンド社（1975）
- 9) 西垣通：『思想としてのパソコン』、NTT出版（1997）
- 10) 西垣通：『IT 革命—ネット社会の行方』、岩波新書 729、岩波書店（2001）
- 11) デビッド・C・モシェラ著、佐々木浩二監訳：『覇者の未来』、IDC コミュニケーションズ（1997）
- 12) 佐野正博：「IBM の PC 事業参入に関する技術戦略論的考察」（2009）<http://www.kisc.meiji.ac.jp/~sano/biztech/document/2009IBM-PC-ver6-1.pdf>
- 13) 橋元良明：『メディアと日本人—変わりゆく日常』、岩波新書 1298、岩波書店（2011）
- 14) 東京大学社会情報研究所編：『日本人の情報行動 2000』、東京大学出版会（2001）
- 15) 総務省『平成 23 年通信利用動向調査』（2012）
- 16) ニッセイ基礎研究所：「20 歳代はテレビよりインターネット？」<http://www.nissay.co.jp/enjoy/keizai/32.html>
- 17) 国土交通省「テレワーク人口実態調査」
- 18) 総務省『平成 23 年度通信白書』
- 19) 日本経済新聞「ネット販売 店舗を侵食」、2013 年 12 月 8 日（朝刊 1 面）
- 20) Chris Anderson “The Long Tail”, Wired Issue 12.0（2004）<http://www.wired.com/wired/archive/12.10/tail.html>
- 21) 梅田望夫：「ロングテールと Web 2.0」、『ウェブ進化論—本当の変化はこれから始まる』、p.097、ちくま新書 582、筑摩書房（2006）

8 | おわりに

パーソナルコンピュータはその誕生以来急速に発展してきた。これまでの大きな流れを振り返ってみるために、発展の概要を図 8.1 に示す。コンピュータ自身は 20 世紀半ばに生まれ、その後約 30 年で大型のメインフレームに発展し成熟した。その頃誕生したパーソナルコンピュータは半導体技術の進展とともに発達してその後のコンピュータの主流となり、やはり約 30 年間で成熟の域に達した。パーソナルコンピュータは発達の最後の段階でインターネットと結合してネット社会、情報化社会の実現に大きく貢献した。

我が国のパーソナルコンピュータ市場は 2000 年までは図 8.2 に示すように急激に成長してきた。1990 年代からは成長の主役がノート型パーソナルコンピュータになり、ノート型の伸びに沿ってパーソナルコンピュータの普及率が上昇している。しかし 2000 年度をピークに市場は停滞期に入った。年々高性能化が進み価格も低下していったが、新規需要は伸び悩み買い替え期間も長期化した。

その後の状況を見てみると、図 8.3 に示すようにパーソナルコンピュータは 2009 年度より保有率が減少に転じており、代わってスマートフォンとタブレットが急速な伸びを示している。この図には示されてい

ないが、インターネットの利用率もパーソナルコンピュータと従来型の携帯電話は減少し、スマートフォンとタブレットは倍増する勢いで伸びている。日本語ワードプロセッサはすでに 2001 年にすべての生産が終了した。パーソナルコンピュータはすぐになくなることにはならないであろうが、今後はスマートフォン／タブレットとクラウドコンピューティングの時代に移り、その中で情報社会があらたな発展をとげていくであろう。

今回はすでに実施済みのメインフレームとオフィスコンピュータの調査に続いて、パーソナルコンピュータの発達と現物の保存状況について調査を行った。パーソナルコンピュータは半導体技術と完全に同期して発達してきただけに、その変化は非常に速い。また、大企業からベンチャー企業にいたるまで、非常に多くの企業が参入して多様な展開が行われたために、その全貌をつかむことは非常にむずかしい。さらにパーソナルコンピュータが誕生してから 40 年近く経過しているので、誕生当時のものを見つけることも難しくなっている。保存状況については今回多数の機関の方々にご協力いただいて調査を行い、主要な情報は得ることができた。

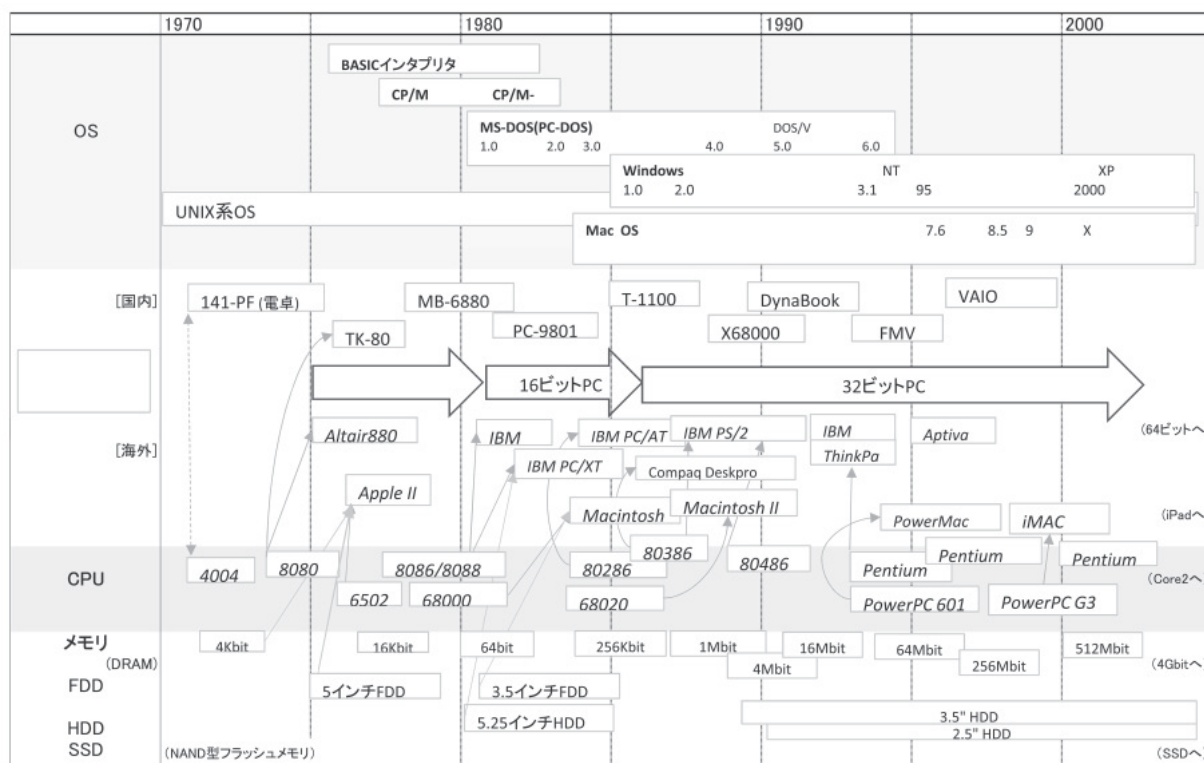


図 8.1 パーソナルコンピュータの発展

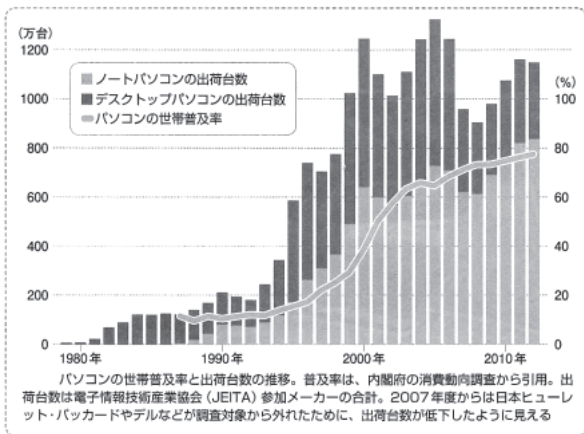


図 8.2 パーソナルコンピュータの出荷台数と普及率
ノート型 PC の増加に伴い普及率が增大している。
(出典：「日経パソコン」(2013.10.14) より引用¹⁾)

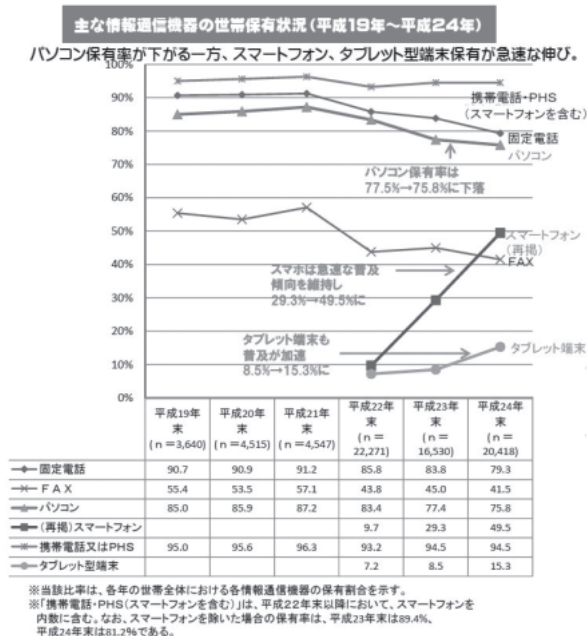


図 8.3 主要情報通信機器の普及状況
(出典：総務省「平成 24 年度通信利用動向調査」(2013)
より引用²⁾)

日本におけるパーソナルコンピュータは、最初の 8 ビット機が登場してからすでに 30 年を経過している。調査時間も限られていたので、全体の状況を十分つかめるところまでには到達していないが、パーソナルコンピュータがコンピュータを代表するものに発展しただけに、今回の調査結果をもとにさらに調査研究を続けていくことが好ましいと思われる。

今回はハードウェアの現物とハードウェア技術の調査が中心であったが、パーソナルコンピュータの場合、ハードウェアプラットフォームの技術は共通化された形で発展しており、アプリケーションソフトウェアがより重要な意味を持っている。アプリケーションソフトウェアはその種類は多岐に渡っており、歴史調査は容易ではないと思われるが、今後の課題として考えるべきであろう。

日本におけるパーソナルコンピュータは、米国で生まれた技術ベースに、だれでもが日本語で使えるコンピュータ環境を創りだした点が最も高く評価されるべきである。初期のメインフレーム時代にプリンタに印字される日本語はカナだけであった。このような時代からコンピュータとつきあってきた筆者の年代のものにとっては、現在のパーソナルコンピュータの環境は夢のようなものである。もう一点、日本が誇れることは、美しいノート型パーソナルコンピュータを、日本の物づくりの技術で実現したことである。誰でも、いつでも、どこでも、容易に使用できるコンピュータに仕上がった。この技術があって、初めてスマートフォンやタブレットが生まれたと言っても過言ではないであろう。

参考文献

- 1) 「パソコン 30 年の進化史」図 1, 『日経パソコン』2013-10-14, p.14 (2013)
- 2) 総務省「主要情報通信機器の普及状況」, 総務省『平成 24 年通信利用動向調査』(2013)

9 | 謝 辞

今回のパーソナルコンピュータの技術の系統化および保存状況の調査については、非常に多くの方々のご指導ご協力をいただき大変感謝しております。代表者の方および直接ご担当頂いた方々に、この場を借りてお礼を申し上げます。

NEC パーソナルコンピュータ株式会社

鈴木 正義氏

鈴木ふじ代氏

高橋 淳氏

沖電気工業株式会社

石塚 泉氏

キヤノン株式会社

杉本 信氏

京都コンピュータ学院

岸本 祥司氏

三洋電機株式会社

土屋 博氏

川原 陽子氏

シャープ株式会社

藤原百合子氏

セイコーエプソン株式会社

山口 明美氏

ソニー株式会社

岸 貴展氏

佐藤 有里氏

東京理科大学

株式会社東芝

パナソニック株式会社

株式会社 PFU

PFU テクノコンサル株式会社

株式会社日立製作所

富士通株式会社

三菱電機インフォメーションテクノロジー株式会社

ヤマハ株式会社

大石 和江氏

河本 信雄氏

長谷部浩一氏

森 時彦氏

小林 信裕氏

島田裕希子氏

後閑 浩子氏

西島 靖昌氏

松田 千穂氏

片倉 修氏

五十嵐 肇氏

三嶋 恭子氏

池田 敬昭氏

藤井 敏彦氏

草場 信夫氏

大倉 真氏

矢幡あかね氏

小野澤直行氏

付録 1. パーソナルコンピュータの歴史

年	月	日本	世界
1946	2		ペンシルバニア大学の J.W. モークリ、J.P. エッカートらが世界初のコンピュータ ENIAC を完成
1956	3	富士写真フィルムの岡崎文治が日本初のコンピュータ FUJIC 開発	
1962	－		MIT が個人用コンピュータ LINC を開発
1963			ダートマス大学の J. ケメニーと T. クルツが BASIC を開発
1964	8		IBM が第 3 世代汎用コンピュータ System/360 発表
1964	－		R. ノイスらがインテル社設立
1965	8		DEC が世界初のミニコンピュータ PDP-8 を開発
1968	12		ダグラス・エンゲルバートが NLS のデモンストレーション。マウスやウインドウの概念確立
1969			ベル研究所ケン・トンプソン等が UNIX 開発
1971	10	ビジコンがインテル社の 4004 を搭載した電卓 141-PF を発売	
1971	11		インテル社が世界初の 4 ビットマイクロプロセッサ 4004 発売
1972	4		インテル社が 8 ビットマイクロプロセッサ 8008 開発
1973		日本電気がわが国初の 4 ビットマイクロプロセッサ μ COM-4 発売	
1973			チャー・チュオン 8008 搭載小形コンピュータの MICRAL を開発
1974	4		Intel 社が 8 ビットマイクロプロセッサ 8080 開発
1974	5	ソード計算機が i8080CPU 搭載マイクロコンピュータシステム SMP80/X シリーズ発表	
1974		日本電気が 8 ビットマイクロコンピュータ μ COM8 を発売	
1974		日本電気が 16 ビットマイクロコンピュータ μ COM16 を開発	
1974			Gary Kildall が世界初のパーソナルコンピュータ用の OS “CP/M” を開発（後に Digital Research 社を創業）
1975	1		MITS 社が世界初のマイクロコンピュータキット Altair 8800 発売
1975	4		ビル・ゲーツとポール・アレンが 8080 用 BASIC インタプリタを開発し、マイクロソフト社を設立
1976	4		スティーブ・ジョブズとスティーブウオズニアクらが、アップルコンピュータ社設立
1976	8	日本電気がトレーニング用 8 ビットマイクロコンピュータキット TK-80 発表	
1976			アップルコンピュータ社 Apple I 発売
1976			ザイログ社が 8 ビットマイクロプロセッサ Z80 を発表
1977	4		アップルコンピュータ社が世界初のパーソナルコンピュータ Apple II を発表
1977	9	ソード計算機がわが国初めての一体化デスクトップ型スマートホームコンピュータ M200 シリーズを発表	
1977	－	日立がマイコンキット H68TRA 発売	
1977	－	パナファコムが 16 ビットマイコンキット Lkit-16 発売	

年	月	日本	世界
1978	5	ソード計算機がソードのコンシューマ第1号機ホームコンピュータ「M100」シリーズ発表	
1978	6		6月 Intel 社が16ビットCPU Intel8086を発表
1978	9	日立が8ビットパーソナルコンピュータ ベーシックマスター MB-6880 発表	
1978	9	キヤノンがパーソナルコンピュータ AX-1 発表	
1978	10	アスキーがマイクロソフト社 BASIC を国内で発売	
1978	12	シャープがパーソナル・コンピュータセミキット MZ-80K 発売	
1978	－	松下通信がパーソナルコンピュータ マイブレーション JD700/JD800 を発売	
1979	5	日本電気がパーソナルコンピュータ PC-8001 を発表	
1979	5	ソード計算機が M100 シリーズに FD を付けたパーソナルコンピュータ「M100ACE」シリーズ発表	
1979	－	三洋電機が8ビットPCのPHC1000を発売	
1978	11	ソード計算機がHDD付きスモールプロフェッショナルコンピュータ「M223 markIV」発表	
1980	2		Motorola 社が外部16ビット/内部32ビットマイクロプロセッサ MC68000 を出荷
1980	5	沖電気がプリンタ内蔵オールインワンパソコン if800 シリーズ発表	
1980	－	日立が初のひらがな表示パソコン ベーシックマスター レベル3 MB-6890、MB-6891 を完成	
1981	5	富士通が8ビットマイクロコンピュータ FM-8 発表	
1981	8		IBM 社が IBM PC を発表、OS に Microsoft MS-DOS を PC-DOS として採用
1981	9	日本電気が8ビットPCの強化版PC-8800発表	
1981	12	三菱電機が日本初の16ビット業務用PCのMULTI 16 発表	
1982	2		Intel 社が Intel 80286CPU を出荷
1982	7	信州精器・諏訪精工舎が世界初のハンドヘルドコンピュータ HC-20 を発売	
1982	10	東芝が漢字版MS-DOS搭載16ビットパソコン PASOPIA 16 発売	
1982	10	ソード計算機がクリエイティブ・コンピュータ「M5」発表	
1982	10	日本電気が16ビットPCのPC-9801を発表	
1982	11		Compaq 社がポータブル型パソコン発売
1982	11	キヤノンがビジネス用16ビットPC AS-100 発売	
1982	11	ソニーがグラフィック重視のPC SMC-70 を発表	
1982	－	日立が16ビットPC 16000 シリーズ MB-16001 完成	
1982	－	トミー工業がホビー用16ビットPC「ぴゅう太」発売	
1983	1		アップルコンピュータ社がGUI環境のOSを搭載したLisaを発表
1983	6	リコーが1台10機能の高性能パソコン リコーSP200を開発	
1983	9	ソニーが3.5インチFDD内蔵PC「スリーセブン」SMC-777 を発表	
1983	10	ソニーがMSX規格のホームパソコン HIT BIT HB-55 を発表	

年	月	日本	世界
1983	10	日本電気が 16 ビットの PC-9801F および PC-100 を発表・出荷	
1984	1		アップルコンピュータ社が GUI 搭載の Macintosh を発売
1984	6	東京大学との産学共同「TRON (The Realtime Operating system Nucleus) プロジェクト」開始	
1984	8		IBM 社が IBM PC 互換機のもととなるパソコン PC/AT を発表
1984	12	富士通がビジネス用 16 ビット PC FM16 β 発表	
			モトローラ社が 32 ビットマイクロプロセッサ MC68020 を出荷
1985	4	東芝が世界初のラップトップ IBM 互換 PC (海外版) の T-1100 発売	
1985	10	富士通が 4,096 同時発色 AV 指向の PC FM77AV 発表	
1985	10		インテル社が 32 ビットマイクロプロセッサ 80386 発表
1985	11		マイクロソフト社が Windows 1.0 発表
1986	1	東芝が世界初 HDD 内蔵のラップトップ PC T-3100 (海外版) 発売	
1986	4		IBM 社、マイクロソフト社が PC-DOS、MS-DOS の後継の、パーソナルコンピュータ用 OS の OS/2 を発表
1986	7	リコーがビジネス用融合ソフトと一体化した高機能・省スペースの PC Mr. マイツールを開発	
1986	9	ソニーが MSX2 規格対応のパーソナルコンピュータ HB-F1 を発表	
1986	10	日本電気が独自開発の 16 ビットマイクロプロセッサ V50 を搭載したラップトップ型 PC-LT 発表	
1986		シャープが CPU に MC68000 を使用したホビー指向の 16 ビット PC X68000 を発表	
1987	1	富士通がビジネス用 PC FM R シリーズ 3 機種発表	
1987	4	セイコーエプソンが NEC 互換のエプソン PC-286 モデル 0 発売	
1987	4		IBM が OS/2 を搭載した 32 ビット PC の PS/2 発表
1987	9	日本電気が 80386 を採用した 32 ビットパソコン PC-98XL2 発表	
1987	9	富士通がビジネス用 32 ビットパソコン FM R-70 発表	
1987	10	東芝が世界初の 32 ビット海外向けラップトップパソコン T-5100 発売	
1987	11	セイコーエプソンが NEC PC-98 完全互換のエプソン PC-286L シリーズ発売	
1987			モトローラ社が MMU 内蔵の 32 ビットマイクロプロセッサ MC68030 を出荷
1988	2	三洋電機が AX 仕様 PC の MBC-17J 発表	
1988	5	三菱電機が AX 仕様 PC の MAXY を発表	
1988	7	沖電気が 32 ビット PC の if800EX シリーズ発表	
1988	10	セイコーエプソンが 32 ビット PC の PC-386 を発表	
1988	12	沖電気が AX 仕様 32 ビットラップトップ PC の if386AX 発表	

年	月	日本	世界
1989	2	富士通が32ビットハイパーメディアパソコンFM TOWNS 発表	
1989	4		インテル社が32ビットマイクロプロセッサ486DX 発表
1989	6	東芝が世界初のノート型パソコン DynaBook J-3100 SS01 発売	
1989	7	日本電気が日本初のカラーラップトップPC PC-9801LX5C 発表	
1989	9	セイコーエプソンがノート型PC エプソンPC-286NOTE executive 発売	
1989	10	日本電気；同社初のノート型PC のPC-9801N 発表	
1989	－	日立がパーソナルワークツール PROSET 30 完成	
1990	2	東芝が2.5インチHDD内蔵ノートPC DynaBook J-3100 SS02E 発表	
1990	5	日本電気が日本初の32ビットノート型PC の98NOTE SX 発表	
1990	5	日本電気が日本初の8色表示TFTカラー液晶を採用したPC-9801T model F5 発表	
1990	8	沖電気がノート型32ビットPC のifNOTE 発表	
1990	10	日本IBM がDOS/V を発表	
1990			モトローラ社がFPU、MMU 内蔵の32ビットマイクロプロセッサ MC68040 を出荷
1991	4	三菱電機が本格的クライアント・サーバ・システム apricot Qi ワークステーション、LAN ターミナル発表	
1991	5	日立が業界初のAX協議会の共通仕様に準拠したパーソナルステーション「FLORA」シリーズ5種を 発表	
1991	10	沖電気がネットワーク時代を見据えたノートPC のifNOTE40 シリーズを発表	
1991	10	日本電気が世界初のカラー液晶搭載のノートPC のPC-9801NC を発表	
1991	10	東芝がVGA 対応液晶ディスプレイを搭載したノート PC DynaBook V386/20 J-3100SX 発表	
1991	10	沖電気がAX 標準ディスプレイアーキテクチャ採用に加え、SCSI バス仕様のファイル装置の接続を可能にしたif486VX シリーズを発表	
1992	3		インテル社が32ビットCPU のPentium を発表
1992	4		マイクロソフト社がWindows 3.1 を発表
1992	4	東芝が256色表示TFTカラー液晶搭載ノートPC DynaBook V486 J-3100XS 発表	
1992	5	セイコーエプソンが486 デスクトップPC エプソン PC-486GR を発表	
1992	9	沖電気が日本語手書き入力ペンコンピュータ ifPEN30 を発表	
1992	9	三菱電機がDOS/V 搭載ノートブックPC apricot NT386SL 発表	
1992	10	日本IBM や Compaq 社が低価格DOS/V 機を発売	
1993	1		イリノイ大学がWeb ブラウザ“Mosaic”を公開
1993	3	三菱電機がハードディスク内蔵の携帯型ペンコンピュータ AMiTY 発表	インテル社がi486の後継としてPentium プロセッサ を発表

年	月	日本	世界
1993	5	東芝がプリンター一体型ノート PC DynaBook EZ486P 発表	
1993	7		マイクロソフト社が同社初の 32 ビット OS の Windows NT をリリース
1993	10	富士通が同社初の AT 互換機「FMV」シリーズを発表	
1993	11	セイコーエプソンがアップグレードデスクトップパソコン エプソン PC-486HX を発表	
1994	1	沖電気が OADG を採用した DOS/V パソコンを発表	
1994	5	富士通がテレビ視聴可能な「FMTOWNS II Fresh・TV」を発表	
1994	6	日立が国内メーカー初のマルチプロセッサ対応可能な PC「FLORA3010DV」を発表	
1994	7	日本電気がテレビ放送受信可能な PC9821Ce2 を発表	
1994	7	東芝が世界初の FDD 内蔵 B5 サイズ サブノート PC DynaBook SS433 発表	
1994	10	富士通がオールインワンデスクトップ PC「FMV-DESKPOWER」シリーズを発表	
1995	2	富士通がオールインワンノート PC「FMV-BIBLO」シリーズを発表	
1995	2	富士通が教育分野向けにノート型「FMTOWNS II モデル SN」を発表	
1995	3		Yahoo 社設立。Web 検索サービスを世界で初めてビジネス化
1995	5	セイコーエプソンが Pentium プロセッサ搭載 エプソン PC-586RJ を発表	
1995	8		マイクロソフト社が Internet Explore の利用も可能な Windows 95 を出荷
1995	10	日立が薄型ノート PC、一体型マルチメディア PC 等全機種 Windows95 に対応したラインアップを発表	
1995	10	リコーが各種ビジネスソフトを初期搭載したノート PC スーパーノート CS を開発	
1995	11	富士通が FMV と FMTOWNS を融合した「FMV - TOWNS」シリーズを発表	
1995	11	東芝が Windows 95 搭載 ノート PC DynaBook GT-R590 発売	
1996	3	三菱電機が A5 ファイルサイズのモバイルコンピュータ AMiTY SP 発表	
1996	4	東芝が世界最小・最軽量ミニノート PC Libretto 20 発売	
1996	5	沖電気が個人のデスクワーク向け一体型 PC “ONES (ワnz)” を発表	
1996	6	松下電器が小型・軽量を特徴とするレッツノート初代機 AL-N1 を発売	
1996	9	松下電器が悪環境でも使用できる頑丈なパソコン「タフブック」の第 1 号機 CF-25 を完成	
1997	3	日立が液晶一体型モデルを含む「スリムデスクトップ」FLORA300 シリーズを発表	
1997	6	ソニーが家庭用パソコン“VAIO”シリーズ 3 機種を発表; PCV-T700MR、PCG-707、PCG-705	
1997	9	三菱電機が世界最薄最軽量の A4 サイズノートパソコン Pedion 発表	

年	月	日本	世界
1997	10	日本電気が「PC 97/PC 98 システムデザイン」をアーキテクチャに取り込んだ PC98-NX シリーズを発表	
1997	10	ソニーが B5 サイズノートパソコン「VAIO」PCG-505 を発表	
1997	11	富士通が女性向けスタイリッシュ PC 「FMV-DESKPOWER プリシェ」を発表	
1997	11	東芝が DVD-ROM ドライブ搭載ハイエンドノート PC DynaBook TECRA 750DVD/5.1 発売	
1998	6	東芝が世界最薄・最軽量 B5 サブスリムノート PC DynaBook SS PORTÉGÉ 3000 シリーズ発表	マイクロソフト社が Windows98 を発売
1998	7	日本電気が Windows98 を搭載個人向けデスクトップパソコン ValueStar NX 他 21 機種 54 モデルを発表	
1998	9		Google 社が独自の PageRank 技術に基づく検索サービスを提供する会社として設立される
1998	10	富士通が全機種カスタムメイド対応の企業向けノート PC 「FMV-LIFEBOOK」シリーズ発表	
2000	2	日立が企業向け低価格デスクトップ PC FLORA 30DV を発表	
2000	3		AMD 社とインテル社が 1GHz の CPU を発表
2000	9	富士通が高速ワイヤレス通信機能搭載の新コンセプトモバイル PC 「FMV-BIBLO LOOX」シリーズを発表	
2000	9	東芝が世界初のマルチドライブ搭載オールインワンノート PC DynaBook DB70P/5MC 発表	
2000	11	日本電気がミニタワー型 PC に Pentium 4 プロセッサを搭載した企業向け Mate MA15S/M ほかを発表	

付録 2. 産業技術史資料（パーソナルコンピュータ）所在一覧

（1）デスクトップ型（マイコンキットを含む）

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
1	MC-1	非公開	三洋電機(株) 大阪府守口市	三洋電機(株)	1972	医療事務処理用に開発されたコンピュータ。専門的で複雑な保険請求業務の処理を行う業界初の専用機。内部記憶は磁気カード使用。
2	TK-80	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1976	わが国初の8ビットマイコンコンピュータのトレーニングキット。LED表示装置、16進キーボードを持つ。技術者の人気を集め、マイコンブームを起す火付け役となった。
3	TK-80	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	日本電気(株)	1976	同上
4	Lkit16	非公開	(株)PFU 石川県かほく市	パナファコム(株) (現PFU)	1977	教材用16ビットマイコンコンピュータ学習キット。同社開発世界初の16ビットCPU MN1610を使用。8ビットマイコンコンピュータの約2倍の性能。
5	MZ-80K	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1978	オールインワン設計で、セミキットの8ビットパーソナルコンピュータ。BASICをカセットテープから供給するクリーコンピュータ方式を採用。
6	MZ-80K	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	シャープ(株)	1978	同上
7	PANAFACOM C-15	公開	(株)PFU 石川県かほく市	パナファコム(株) (現PFU)	1978	カセットMTベースの科学技術計算、計測制御向け16ビットパーソナルコンピュータ。自社開発の16ビットCPU MN1610を使用。モニタをROMに内蔵。BASICを提供。
8	PC-8001	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1979	マイクロソフトBASICをROMに搭載した8ビットパーソナルコンピュータ。記録的なヒット商品となり、その後のパーソナルコンピュータ発展の礎となった。
9	PC-8001	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	日本電気(株)	1979	同上
10	ベーシックマスター レベル 2 MB-6880	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	(株)日立製作所	1979	1978年に発売されたわが国初のパーソナルコンピュータとされるMB-6880(レベル1)の改良機。CPUには8ビット6800互換のHD46800使用。BASICを提供。
11	PHC-1000	非公開	三洋電機(株) 大阪府守口市	三洋電機(株)	1979	CRT・キーボード・CMT・プリンターを標準装備し、入出力機能を小型キャビネットに一体化した8ビットパーソナルコンピュータ。SANYO-BASICを提供。
12	ベーシックマスター レベル 3 MB-6890	非公開	(株)日立製作所神奈川事業所 神奈川県秦野市	(株)日立製作所	1980	初めてひらがなを扱えるようにした8ビットパーソナルコンピュータ。教育・事務用に使用できるようプリンタ、ミニフロッピーディスク装置などを装備。
13	ベーシックマスター レベル 3 MB-6890	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	(株)日立製作所	1980	同上
14	PANAFACOM C-180	公開	(株)PFU 石川県かほく市	パナファコム(株) (現PFU)	1980	5インチFD(画面倍密度)を初めて搭載したパーソナルコンピュータ。自社製16ビットCPU使用。GPIB、RS232Cをサポート。BASICを提供。

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
15	PC-8801	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1981	PC-8001の上位機種となる高機能8ビットパーソナルコンピュータ。本機によりPCをファミリー展開。日本語表示用に漢字ROMを搭載および高解像度表示を実現。
16	if800 モデル 30	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	沖電気(株)	1981	ビジネス用8ビットパーソナルコンピュータ。漢字処理機能、グラフィック機能、漢字プリンタ、2Mバイト8インチフロッピーディスク装置などを装備。
17	MULTI-16	非公開	三菱電機インフォメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	1981	わが国初の汎用16ビットパーソナルコンピュータ。CPUに8088、OSにCP/M-86採用。5インチFDD2台内蔵。ビジネス用を対象とし漢字印刷を可能にした。
18	MZ-80B	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1981	MZ-80Kの上位機種。4MHzのZ80Aを搭載して高速化し演算時間を半減。64Kバイト全空間RAMで構成。BASIC、PASCALなどをサポート。
19	PASOPIA	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	(株)東芝	1981	2つのグラフィックモード(ノーマルとファイン)を持つ8ビットパーソナルコンピュータ。T-BASICを搭載し、PASCAL、OA-BASICをカートリッジで提供。
20	FM-8	公開	富士通(株)川崎工場 神奈川県川崎市	富士通(株)	1981	2CPUアーキテクチャ、64KビットDRAM採用の高性能8ビットパーソナルコンピュータ。グラフィック機能にも優れ、漢字表示も可能。
21	FM-8	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	富士通(株)	1981	同上
22	FM-8	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	富士通(株)	1981	同上
23	PC-9801	公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 米沢事業場 山形県米沢市	日本電気(株)	1982	16ビットCPU・GDC・漢字ROM・高解像度ディスプレイの採用により高速の日本語処理を実現。わが国の代表的パーソナルコンピュータに発展し、国民機とよばれた。
24	PC-9801	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	日本電気(株)	1982	同上
25	FP-1100	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	カシオ計算機(株)	1982	2CPU構成の8ビットパーソナルコンピュータ。独自開発の倍精度・四倍精度BCD数値型演算可能なBASICを備えていた。
26	MZ-2000	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1982	クリーンコンピュータのMZシリーズを改良し、LSIの高集積化、カラーディスプレイ機能の付加、グラフィック機能の強化を行い、同時に低価格化を実現した。
27	パソコンテレビ X1 CZ-800	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1982	世界で初めてテレビ画面とパソコンの画面とを重ね合わせる「スーパーインボーズ機能」を搭載したシステム。マルチメディア時代の幕開けとなった。若者に人気をよぶ。
28	SMC-70	公開	ソニー(株) ソニー歴史資料館 東京都品川区	ソニー(株)	1982	ソニー初のパーソナルコンピュータ。多彩な表示機能を持ち、コンパクトで操作性の良い構造を実現下8ビット機。SONY BASICを搭載。

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
29	SORD M343	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	ソード(株)	1982	8086/8087搭載の16ビットパーソナルコンピュータ。8インチフロッピーディスク装置2台内蔵。マルチタスク対応のハイエンド機として開発。
30	PASOPIA 16	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	東芝(株)	1982	本格的な日本語処理を可能にした16ビットパーソナルコンピュータ。MS-DOS漢字版採用。高度な漢字・グラフィック機能をもつ拡張BASICを提供。
31	PC-100	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1983	マウスとビットマップディスプレイ(720×512ドット)によるグラフィカルユーザーインターフェース(GUI)をわが国で初めて実現。MS-DOSと対応アプリケーションソフトウェアを標準搭載。
32	PC-100	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	日本電気(株)	1983	同上
33	QC-10II	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	セイコーエプソン(株)	1983	本格的な日本語ワードプロセッサを標準装備した8ビットパーソナルコンピュータ。エプソン日本語処理CP/M、エプソン日本語処理BASICを標準装備。
34	HIT BIT HB-55	公開	ソニー(株) ソニー歴史資料館 東京都品川区	ソニー(株)	1983	HIT-BITの愛称で、MSX規格のパーソナルコンピュータがブレイクする先駆けとなったモデル。初心者でも簡単にスケジュールや住所録を作成することができた。
35	Duet-16	公開	(株)PFU 石川県かほく市	パナファコム(株) (現(株)PFU)	1983	西ドイツへ出荷した16ビットパーソナルコンピュータ。Multiplan、Word Start等が使用可。OSはMS-DOS、CP/M-86およびUNIX/DUXをサポート。
36	PANAFACOM C-280	公開	(株)PFU 石川県かほく市	パナファコム(株) (現(株)PFU)	1983	C180の後継機。2ジョブ同時実行可能なビジネス用途向け16ビットパーソナルコンピュータ。事務処理用簡易ソフトEPOACEを提供。
37	PASOPIA7	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	東芝(株)	1983	初代PASOPIAを強化した後継機。VRAM増量、グラフィック・サウンドなどゲーム用途の機能を強化した。キーボードパネルが交換可能。
38	MZ-1500	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	シャープ(株)	1984	MZ-700の後継機としてグラフィックとサウンド機能を強化した8ビットパーソナルコンピュータ。補助記憶としてクイックディスクを搭載。
39	V20	非公開	キヤノン(株) 東京都大田区	キヤノン(株)	1984	MSX規格パーソナルコンピュータ。専用インターフェースユニットを介せば、カメラの露出関連データの読み込みも可能。ホーム/ビジネス両用。
40	HIT BIT HB-201	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	ソニー(株)	1984	当時としては大容量の64KバイトRAMを備えたMSX規格の8ビットパーソナルコンピュータ。スケジュール作成などの「ヒットビットノート」というソフトウェアを内蔵。
41	FM77-AV	公開	富士通(株)川崎工場 テクノロジール 神奈川県川崎市	富士通(株)	1985	4096色表示可能な8ビットパーソナルコンピュータ。TVチューナ、FM音源を備え、オーディオ・ビジュアル(AV)コンピュータの先駆けとなった。
42	CX7/128	非公開	ヤマハ(株) 静岡県磐田市	ヤマハ(株)	1985	MSX2規格のミュージックコンピュータ。コンピュータミュージック一般化の先駆けとなった製品。FM音源やシンセサイザーの機能をもつ。
43	CX7M/128	非公開	ヤマハ(株) 静岡県磐田市	ヤマハ(株)	1985	MSX2規格のミュージックコンピュータ。FM音源やシンセサイザーの機能をもつ。MIDIユニットを内蔵し、他の電子楽器接続も可能。
44	PC-9801 VM2	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1985	CPUに高速16ビットのNEC V30を搭載したパーソナルコンピュータ。容量1Mバイトの5インチフロッピーディスク装置を本体に内蔵。

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
45	PC-9801 VM2	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	日本電気(株)	1985	同上
46	X68000	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ	1986	CPUに68000を使用。高度なグラフィック機能、強力なAV機能を備えた。ゲーム専用機に対抗できるパーソナルコンピュータの最高性能を目指した。
47	PC-98XL model 2	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1986	グラフィックス機能として高解像度(1120×750ドット)と標準解像度の両者を装備した高性能16ビットパーソナルコンピュータ。
48	MSX2 HB-F1	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	ソニー(株)	1986	MSX2規格に対応したホームPC。1行80文字、同時256色表示が可能。MSX普及モデル並みの低価格で高度なグラフィック機能を実現した。
49	PC-286 MODEL0	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	セイコーエプソン(株)	1987	NEC PC-9800 シリーズの完全互換、国内でのPC最高速度を実現。国内で初めて内蔵型マスメモリ(HDDなど)の市場での増設を可能にした。
50	PC-286V	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	セイコーエプソン(株)	1987	NEC PC9801VX・VM対応機。HDDをユーザーが容易に装着できるように改良。用途に応じた処理スピード選択が可能。
51	PC-9801 RA5	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1988	32ビットマイクロプロセッサ80386を採用するとともに、国内で初めて「MS-WINDOWS/386」に対応した普及型32ビットパーソナルコンピュータ。
52	NAVI	非公開	キャノン(株) 東京都大田区	キャノン(株)	1988	電話・ファクシミリ・ワープロ・パソコンの機能を一台に集約。全く新しい概念の卓上型複合OA機器。新時代のOA機器のあり方に一石を投じた。
53	MBC-17J	非公開	三洋電機(株)岐阜事業所	三洋電機(株)	1988	IBM PC/ATと互換性を持ち、さらに統一された日本語環境を付加したAX(Architecture eXtended)仕様を日本で最初に実現したPC。
54	MyKit8816	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	京都コンピュータ学院	1988	京都コンピュータ学院情報工学科 製作実習用の16ビットパーソナルコンピュータ。CPUには8086使用。5インチFDD 2台とHDDを内蔵可。
55	FM-TOWNS	公開	富士通(株)川崎工場 テクノロジール 神奈川県川崎市	富士通(株)	1989	世界で初めてCDROMを標準搭載し、32ビットCPUを用いたマルチメディア指向のハイパーメディア・パーソナルコンピュータ。
56	PC-98DO	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1989	8ビットの「PC-8800 シリーズ」と16ビットの「PC-9800 シリーズ」の双方のアプリケーションを利用できるパーソナルコンピュータ。
57	PC-H98 model 70	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1989	32ビットバスアーキテクチャNECを採用した32ビットパーソナルコンピュータ。バスのデータ転送能力を、従来の16ビットバスに比し約3.3倍向上。
58	FM-TOWNS II UR	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	富士通(株)	1993	32ビットマルチメディア指向CDROM一体型パーソナルコンピュータ。CPUにインテルi486を使ったFMTPWNS高速版
59	FMV-5120 05	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	富士通(株)	1996	AT互換アーキテクチャ、DOS/V OSを採用した32ビットパーソナルコンピュータ。CPUにPentium II (120MHz)を採用。1 GバイトのHDD内蔵。

(2) ノート型（ラップトップ型、ハンドヘルド型を含む）

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
1	HC-20/HX-20	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	信州精器(株)・(株) 諏訪精工舎(現セイ コーエプソン(株))	1982	世界初ハンドヘルドコンピュータ。8ビットCPU、小型液晶ディスプレイ、プリンタを搭載。A 4サイズ。NiCd電池で長時間使用可能。
2	HC-40	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	エプソン(株)・(株) 諏訪精工舎(現セイ コーエプソン(株))	1983	業界初のプリセット機能付きアイテムキーボードを持つハンドヘルドコンピュータ。標準JISキーボードとは簡単に交換が可能で、汎用・専用ソフトを組み合わせて使える。
3	PC-8201	非公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 東京都品川区	日本電気(株)	1983	A4サイズ・1.7kgの小型・軽量ハンドヘルドコンピュータ。最大メモリ容量128Kバイトと液晶表示部の40桁×8行表示は世界最大クラス。
4	PC-5000	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1983	日本語ワープロとターミナルの機能も兼ねた1台3役の電池駆動16ビットポータブルコンピュータ。汎用CPUとCMOS-LSIによる低消費電力化を実現。
5	RC-20	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	エプソン(株)・(株) 諏訪精工舎(現セイ コーエプソン(株))	1984	通信機能を有する腕時計型ターミナルコンピュータ。ビジネスや日常生活に必要な種々の機能を持ち、パーソナル情報機器として使うことができる。
6	T1100	非公開	(株)東芝 東芝未来科学館 神奈川県川崎市	(株)東芝	1985	ラップトップ型海外向け16ビットパーソナルコンピュータ。IBM PC互換機としては世界最初期のもの。3.5インチフロッピーディスク装置を内蔵。
7	FM-16 π	非公開	富士通(株)川崎工場 テクノロジーホール 神奈川県川崎市	富士通(株)	1985	A4サイズ軽量ラップトップ型16ビットパーソナルコンピュータ。電池駆動、640×200ドット液晶表示。サスペンドレジューム機能を世界初搭載。
8	T3100	公開	(株)東芝 東芝未来科学館 神奈川県川崎市	(株)東芝	1986	世界で高い評価を受けた16ビットラップトップPC。ラップトップ型では世界初のハードディスク標準搭載機。大型プラズマディスプレイを世界で初めて採用。
9	PC-98LT	公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 米沢事業場 山形県米沢市	日本電気(株)	1986	解像度640×400ドットの大画面液晶ディスプレイを国内初搭載し、低消費電力型3.5インチ1Mバイトフロッピーディスク装置内蔵により、ラップトップサイズを実現したPC。
10	PC-286NOTE executive	非公開	セイコーエプソン(株) ものづくり歴史館 長野県諏訪市	セイコーエプソン(株)	1989	ノート型として最初に発表されたパーソナルコンピュータ。PC-9800シリーズ完全互換。薄型部品採用により世界一の薄型(35mm)と、重さ2.2Kgを実現。
11	DynaBook J-3100 SS	公開	(株)東芝 東芝未来科学館 神奈川県川崎市	(株)東芝	1989	A 4ファインサイズノート型初のパーソナルコンピュータ。表面実装技術、LSI、薄型液晶ディスプレイなどの採用により、小型・軽量化を実現。
12	DynaBook J-3100 SS	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	(株)東芝	1989	A 4ファインサイズノート型初のパーソナルコンピュータ。表面実装技術、LSI、薄型液晶ディスプレイなどの採用により、小型・軽量化を実現。
13	PC-9801N	公開	NECパーソナルコンピュータ(株) 米沢事業場 山形県米沢市	日本電気(株)	1989	PC-9800シリーズ最初のノート型パーソナルコンピュータ。3.5インチFDDI台および同等機能のRAMドライブを搭載。A4ファインサイズで小型軽量のためヒットした。

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
14	MZ-8754A	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	1989	10型カラーTFT液晶ディスプレイを搭載したラップトップ型PC。従来はブラウン管でしか表現できなかった鮮やかなカラー表現を実現した。
15	PC-98NOTE SX	公開	東京理科大学 近代科学資料館 東京都新宿区	日本電気(株)	1990	98NOTEの上位機。日本でノート型として初めて32ビットマイクロプロセッサを搭載し、98NOTEの約2倍の性能を持つ。
16	DynaBook 386	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	(株)東芝	1990	32ビットCPUi386SX (16MHz)を搭載したDynaBook。DCGA対応モノクロ液晶ディスプレイ搭載。HDDは20~40MB内蔵。
17	DynaBook 386/20	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	(株)東芝	1991	画素数の多いVGA対応モノクロ液晶ディスプレイ (640×480ドット) を搭載し、CPUに386SX (20MHz) を使用したノート型パーソナルコンピュータ。
18	DynaBook EZ	公開	京都コンピュータ学院 京都府京都市	(株)東芝	1992	VGA対応のカラーTFT液晶を搭載し、CPUにi486SX (16MHz) を使用したノート型パーソナルコンピュータ。
19	DynaBook EZ486	非公開	(株)東芝 青梅事業所 東京都青梅市	(株)東芝	1993	アプリケーションソフト「一太郎dash」、「Lotus 1-2-3 R2.3J」など付属の「オーリンワゴン」ノートPC。Plug & Play 機能を実現。
20	DynaBook EZ486P	非公開	(株)東芝 青梅事業所 東京都青梅市	(株)東芝	1993	プリンター一体型のラップトップPC。熱転写シリアル印字プリンタを内蔵。ワープロ感覚で、電源オンですぐ使用可能。
21	MBC-P100J	非公開	三洋電機(株) 大阪府守口市	三洋電機(株)	1993	専用コードレスペンによる操作を基本としたキーボードレスの可搬32ビットコンピュータ。CPUには386SL (25MHz) を使用。
22	DynaBook SS433	非公開	(株)東芝 東芝未来科学館 神奈川県川崎市	(株)東芝	1994	FDD内蔵でB5ファイルサイズを実現した世界初サブノートPC。携帯性にフォーカスしたサブノート型PCという新たなジャンルを生み出した。
23	レッツノート AL-N1	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪府守口市	パナソニック(株)	1996	初代レッツノート。B5ファイルサイズで約1.5kgを切る軽さとSVGA (800x600ドット) のTFT液晶を搭載し、人気モデルとなった。
24	AMiTY SP M3031-B234	非公開	三菱電機インフオメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	1996	A5ファイルサイズベッセル入力PC。電磁ペン採用で正確なポイントとクリアな表示を画立。ドッキングステーションを接続してデスクトップPCとしても使用可。
25	VAIO PCG-505	公開	ソニー(株) ソニー歴史資料館 東京都品川区	ソニー(株)	1997	B5ファイルサイズで薄型・軽量のノートPC。筐体にマグネシウム合金を採用し、高級感ある美しいデザインが好評で、サブノート市場を開拓。
26	AMiTY CN M3031-J24S1	非公開	三菱電機インフオメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	1997	10型液晶を搭載し曲線を多用したデザインが特徴のモバイルPC。ポインティングデバイスとしてアキュポイントを採用。背面にインターフェースを装備。
27	Pedion M3401-Q77P3M	非公開	三菱電機インフオメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	1997	リチウムポリマー電池、マグネシウム筐体などを使用し薄さ18mmを実現。この薄さは12型液晶を搭載したモバイルPCとしては長く世界一の座にあった。

番号	名称	形態	所在地	製作者	製作年	特徴
28	レッツノート CF-S21	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪市守口市	パナソニック(株)	1998	B5 ファイルサイズ、10.4 型 SVGA ディスプレイ装備のモバイルノート PC。軽量 (約 1.4kg) で、5 時間駆動が可能。各種インターフェースを内蔵。
29	レッツノート CF-A44	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪市守口市	パナソニック(株)	1998	B5 ファイルサイズで 11.5 型 XGA ディスプレイを装備。スリムなボディに着脱式のドライブを搭載。美しいディスプレイと多用途性で好評。
30	レッツノート CF-S51	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪市守口市	パナソニック(株)	1998	パッドを採用することで、スリムボディを実現した B5 ファイルサイズのモバイル PC。11.3 型 XGA 液晶を搭載しながら軽量 (1.4kg)。
31	AMiTY CP M3061-P39SIT	非公開	三菱電機インフォメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	1999	MMX Pentium 搭載のペン入力タブレット型コンピュータ。10 キー、矢印キーも備えた。7.5 インチ VGA・DFPassive 液晶ディスプレイ使用。
32	レッツノート CF-B5	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪市守口市	パナソニック(株)	2000	人気のあったトラックボールを復活させたモデル。B5 ファイルサイズ、10.4 型 XGA ディスプレイを装備。起動制御をおこなうセキュリティキーを設置。
33	PC-MT1-H1	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	2001	12.1 型液晶搭載モデルで世界最薄、最軽量のモバイルノート型 PC。ポップアップキーボードや 4 面金属ボディ、ボックスラメーメン構造採用。
34	DynaBook SS2000	非公開	(株)東芝 東芝未来科学館 神奈川県川崎市	(株)東芝	2002	スタイリッシュなボディデザインと高耐久性、ロングライフ、機動力を追求した薄型・軽量のモバイルノート PC。最大約 8.8 時間のバッテリー駆動実現。
35	レッツノート CF-R1	公開	パナソニック(株) ITプロダクツ事業部 大阪市守口市	パナソニック(株)	2002	約 960g の軽さで、約 6 時間駆動可能なビジネスモバイルのリファレンスモデル。B5 ファイルサイズで 10.4 型 XGA ディスプレイを装備。
36	PC-RD1-3D	公開	シャープ(株) シャープミュージアム 奈良県天理市	シャープ(株)	2004	3D 対応の液晶ディスプレイを搭載したノート型パーソナルコンピュータ。特殊な眼鏡をかける必要がなく、立体画面と通常画面との切り替えを可能とした。
37	AMiTY CN4 M3031-Q18S3	非公開	三菱電機インフォメーションテクノロジ(株) 神奈川県鎌倉市	三菱電機(株)	不明	Pentium 233MHz を採用した高性能の 10 型軽量のモバイル PC。輝度調整などを電子化し、信頼性を向上させた。

