

IT革命とそれを担う情報技術革新(上)

著者	林 直嗣
出版者	法政大学経営学会
雑誌名	経営志林
巻	37
号	4
ページ	151-158
発行年	2001-01-30
URL	http://doi.org/10.15002/00016409

IT 革命とそれを担う情報技術革新（上）

林 直 嗣

目 次

1. IT 革命の時代
2. コンピューターの技術革新
 2. 1. マイクロ・エレクトロニクスの技術革新
 2. 2. コンピューター用途の拡大
 2. 3. PC の量産化と低価格化
3. ソフトウェアの技術革新
 3. 1. OS とユーザー・インターフェースの技術革新
 3. 2. ソフトウェアの高機能化と低価格化
4. 通信ネットワークのインターネット化と技術革新
 4. 1. 通信プロトコルの統一と技術革新
- (以上、本号)
4. 2. ネットワークの整備と技術革新
4. 3. インターネット・ソフトの技術革新とコンテンツの増大
4. 4. モバイル通信の技術革新
5. AV機器・放送の技術革新
 5. 1. AV 機器のデジタル化と技術革新
 5. 2. 放送のデジタル化と技術革新

注

参考文献

1. IT 革命の時代

先進諸国は20世紀の後半に情報産業の発展、コンピュータリゼーションの進展を軸に情報化社会への道程を歩んできたが、20世紀の末から21世紀にかけては更なる高度情報化社会へと飛躍を遂げようとしている。それを牽引している技術的・経済的・社会的な大変革が、「インターネット革命」とか「情報通信革命」、「情報革命」、「情報ビッグ

バン」、あるいは「デジタル革命」、また最近では「IT (Information Technology; 情報技術) 革命」などと、さまざまな名称で呼ばれている変化である⁽¹⁾。こうした変化は単なる情報技術の変革にとどまらず、19世紀の産業革命にも匹敵する大きな経済的・社会的な変革をもたらしつつある。

20世紀最後の2000年に、日本では「IT 革命」が急展開をし、その関連の書物が多数刊行され、その用語は流行語大賞を受賞し、世論の大きな注目を浴びるようになった。しかしアメリカではすでに1980年代初めから情報技術の革新が注目されて「IT」という大文字の名称で呼ばれ始め、1980年代半ばからは Forester (1985) などによって「Information Technology Revolution (情報技術革命)」と呼ばれるようになった⁽²⁾。1980年代にはレーガン政権の下で大胆な規制緩和と思い切った投資減税により、市場競争の激化、リエンジニアリングやリストラによる企業改革や産業構造改革、新機軸を目指すベンチャー企業の群生が起こる中で、1982年から8年も続いたレーガン景気をもたらした、こうしたIT革命が始動し始めた。そして1990-91年不況の後クリントン政権の下では情報スーパーハイウェイ構想に牽引されて、IT関連投資は大幅に増加し⁽³⁾、IT革命の本格的進行を背景に、1992年からの9年に亘るクリントン景気でアメリカ経済は史上最長の好況を謳歌した。1987年のブラックマンデーや1990~91年不況を挟みながらも約18年に及ぶ長期好況のもとで、株価は年平均17%にもものぼる長期上昇を続けてきた。それを牽引してきた大きな原動力の一つが「IT革命」であった。

とりわけIT産業のメッカ、カリフォルニア州のシリコンバレーでは、IC (Integrated Circuit) のフェアチャイルド・セミコンダクター、OS (Operating System) 等ソフトのマイクロソフ

ト、MPU (Micro Processing Unit) や半導体のインテル、半導体のナショナル・セミコンダクター、PC (Personal Computer) のアップル、PCやWS (Work Station) のヒューレット・パッカード、WSのサン・マイクロシステムズ、ネットワーク機器のシスコ、WWW (World Wide Web) ブラウザーのネットスケープ、WWW 検索エンジンのヤフー、データベースのオラクルなどIT関連の世界的な企業群とそれを支えたベンチャー・キャピタルの群雄が集積して急成長をした⁽⁴⁾。こうしたIT産業は、リーディング産業の一つとしてレーガン景気やクリントン景気を牽引することに貢献した。

日本でも情報技術革新やIT関連投資は以前から行われてはきたが、所謂「IT革命」と呼ばれるような大きな変革はアメリカにかなり遅れて今漸く本格化しつつある。

では、一体「IT革命」とは何であろうか。コンピュータ(電子計算機)の発明からすでに半世紀以上を数え、インターネットの誕生からすでに30年以上が経っている現在、単なるコンピュータリゼーションやインターネット化それ自体が問題なのではない。「IT革命」の本質とは、コンピュータの高速化・小型化・モバイル化・低価格化、ソフトウェアの高機能化・低価格化、通信ネットワークのインターネット化と大衆利用化、AV (Audio Visual) 機器・放送等の情報家電のデジタル化と大衆化を通じて、さまざまな情報技術革新が急速に複合的・融合的に起こったこと、そしてこうした情報技術が家庭や企業、社会全体で広範に利用されるようになり、経済的・社会的に大きな変革をもたらすようになったことである。前者の意味でのIT関連の急速な技術革新は狭義の「IT革命」といえ、後者の意味でそれが経済・社会で広く深く応用されて経済・社会の大きな変革をもたらすようになったことは、経済・社会革命としての広義の「IT革命」といえる。

したがって「IT革命」は、「インターネット革命」や「情報通信革命」を一部として伴うものであり、情報技術だけでなく産業や経済面での大きな変化を含めて考えれば、広義では「情報革命」ともいえよう。またそれをアメリカのように時間をかけて行うのではなく、遅れを取り戻すために

政策的に一挙に実施する場合には「情報ビッグバン」と呼び得る。さらに工学的観点からは、これら全ての技術が情報を共通の単位 (binary digit = bit) で処理することから、「デジタル革命」あるいは正確に表現するならば「ビット革命」ということができる⁽⁵⁾。

本稿の目的は、「IT革命」の直接的な原動力となった、コンピュータ、ソフトウェア、通信ネットワーク、AV機器・放送等の情報家電の4大分野における核心的な技術革新を検討し、「IT革命」の本質を明らかにし、さらには次世代ITの展望を試みることである。それらの情報技術革新が経済・社会生活において複合的・融合的に応用されるようになり、大きな経済的・社会的変革をもたらしつつあるという意味での広義の「IT革命」については、さらに広範な検討を要するので、ここでは扱わない。

2. コンピューターの技術革新

2. 1. マイクロ・エレクトロニクスの技術革新

(1) コンピューターの進化

ITの中樞がコンピュータであることはいうまでもない。コンピュータは文字、音声、映像など全ての情報をスイッチのON・OFF、あるいは0と1の信号、すなわちbitの意味でのデジタル情報として入力・演算処理・記憶・出力する。デジタル革命の淵源は、あらゆる情報をデジタル処理するデジタル・コンピュータにある。機械式やリレー式の計算機に代わって、1945年にJ. P. エッカートとJ. W. モークリーが初めて真空管式の電子計算機ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Calculator) を発明した⁽⁶⁾。ジョン・フォン・ノイマンの提唱によるプログラム内蔵式の電子計算機は、1949年にM. V. ウィルクスによってEDSAC (Electronic Delay Storage Computer) が、またノイマン自身によって1952年にEDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) が開発された。それ以来コンピュータは長足の進歩を遂げたが、プログラム内蔵式の基本的アーキテクチャーはまっ

たく変わっておらず、したがって今日の全てのコンピュータはノイマン型と呼ばれている。人間がプログラムを書いてコンピュータに命令しなければ、コンピュータは何もできないわけであり、したがって「コンピュータ、ソフトなければ只の箱」と巷問われる。人工知能 (AI; Artificial Intelligence) が開発され、エキスパート・システムや辞書などに応用されているが、それはソフトウェアによるものである。真空管式の第1世代からトランジスターを用いた第2世代、ICを使った第3世代、LSIを利用した第4世代までコンピュータは半世紀をかけて急速に進化してきたが、まだノイマン型の域を超えてはいない。

ノイマン型の範囲内ではあるが、0と1だけからなる2進法のコンピュータに代わって、DNAのように4進法の原理に基づけば、処理できる情報量は飛躍的に増大し、超高速のコンピュータを作れる可能性がある。それがDNAコンピュータと呼ばれる次世代コンピュータである。また粒子と波の2つの性質を持つ量子のもつれの原理を応用して、超高速なコンピュータを作る実験も行われている⁽⁷⁾。

ノイマン型を超えて、プログラム内蔵型に代わる次世代コンピュータとしては、自ら推論を行う人工頭脳 (AB; Artificial Brains) と呼び得るようなアーキテクチャーをもつプログラム創造型コンピュータがあり、大脳生理学の研究成果などを援用しながら「第5世代コンピュータ」としてアメリカや日本などで研究が進められてきたが、実用化の目途はまだ立っていない⁽⁸⁾。

(2) IC, LSI, CPU の技術革新

とはいえハード面での高性能化・小型化には目を見張るものがある。その原動力となったのが、マイクロ・エレクトロニクスの著しい技術革新であり、中でもトランジスターとIC・LSIは最も重要な役割を果たしている。トランジスターは1947年にAT & Tのベル研究所で発明された画期的な半導体であり、1958年フェアチャイルドによって発明されたIC (集積回路) およびその後のLSI (Large Scale Integrated Circuit; 大規模集積回路) の開発を契機に、相乗効果により著しく高性能化が進んでいる。こうしたマイクロ・エレクト

ロニクスの技術を使ってCPU (Central Processing Unit) はますます高性能化・高速化・小型化し、PCに使われるCISC (Complex Instruction Set Computer) 型ではインテルのPentiumやAMDのAthlon、主にWSに使われるRISC (Reduced Instruction Set Computer) 型ではサン・マイクロシステムズのUltra SPARC、ミップスのMIPS、デックのAlpha、モトローラのPower PCなどが、かつての汎用機やスーパー・コンピュータのCPUさえ凌ぐ性能を持つようになった。

こうしたMPUを搭載することによりPCやWSもやはり高速化、高性能化し、サイズも小型化して、モバイル化が可能となった。いわゆるダウンサイジングが至るところで進行し、企業や家庭でもまた移動中でもスペースをとることなく、コンピュータ利用ができることになった。

(3) 次世代CPU

PC用CPUの8割の市場シェアを占めるインテルは2000年11月に、Pentium 3をフル・モデル・チェンジしたPentium 4をリリースした。超微細トランジスターの制御電極の幅を示すゲート長は $0.13\mu\text{m}$ (1マイクロメートルは100万分の1メートル)、トランジスターは約4,200万個を搭載し、クロック周波数は1.5GHzと、スペック上5割近い性能アップをしている。CPUアーキテクチャーの新しい特徴としては、400MHzのFSB (Front Side Bus) を実現したり1命令を1/2クロックで実行する「ネットバースト」技術を採用したこと、20段のHyper Pipeline処理ができること、ストリーミングSIMD拡張命令を強化しマルチメディア処理を高速化したこと、などである。インテルは2001年には同CPUのクロック周波数を2GHzに上げる計画であり、メインストリームPCの半分以上のシェアを占めたいとしている。

その直後の2000年12月にインテルは、現在のスーパー・コンピュータに近い性能を持つ最新鋭の次世代CPUの開発に成功したと発表した。ゲート長は0.03マイクロメートルとPentium 4より4分の3以上も短くなり、トランジスターは約4億個を搭載してPentium 4より10倍も多くなり、

またクロック周波数は数十GHzと Pentium 4 より数十倍も高速になった。2005年までに量産化に入る予定であるが、これにより小さなPCでもスーパー・コンピューター並の処理が可能となる。

省電力化の方向では、トランスメタ社の Crusoe が注目されている。インテルの Pentium (x 86系) 互換のCPUでありながら、消費電力は最大で10分の1、平均で2分の1程度に抑えてある。ハードとしてのCPUは非常にシンプルなアーキテクチャーに設計されており、Pentium 互換ではないが、CMS (Code Morphing Software) というインタープリター型の翻訳ソフトによって互換性を実現している。したがって Pentium に新機能が追加された場合には、Crusoe の CMS にソフト的に新機能を追加すればよく、CPU を買い換える必要はない。Crusoe 搭載のノートPCは2000年9月から出荷が始まったが、今後ノートPCやモバイル端末、デジタル家電などに広範に使われる可能性があり、この分野でインテルとの競争が激化すると見られる。

2. 2. コンピューター用途の拡大

(1) 従来の用途

コンピューターが発明されて以来すでに55年が経つが、実にさまざまな用途に利用されてきた。従来の代表的な用途としては、ミサイルの弾道計算等の軍事利用、原子の軌道計算等の科学技術計算、マクロ経済モデル等の計量分析、工場の自動機械化を目指すファクトリー・オートメーション (FA; Factory Automation)、事務処理の自動機械化を目指すオフィス・オートメーション (OA; Office Automation)、金融機関のオンラインシステム、輸送機関のオンライン予約システム、流通業の販売時点管理システム (POS; Point of Sales System)、選挙の集票システムなどがある。これらは本質的には数字データの計算処理であり、計算機が本来最も得意とする処理であった。

(2) 文字データの処理

しかし近年になって特に拡大してきた新しい用途は、単なる数字データの処理ではない。1970年代には文字データのデジタル処理を行うワード・

プロセッサが登場した。日本語ワープロが開発されたのは1978年になってからであるが、日本語変換 FEP (Front End Processor) は単漢字変換に留まっていた。一般に普及するようになったのは、FEPが文節変換や連文節変換をできるようになった80年代半ばからであり、漢字はJISの第1水準だけでなく第2水準も搭載されるようになった。その後は一括変換や自動変換のFEPも開発され、辞書も前後の文脈を見て変換できるAI辞書に進化した。文字のデジタル化を中心的に担ってきたワープロの技術、日本語処理の技術は、携帯電話、個人情報端末、ゲーム機、その他多くの家電製品のデジタル日本語表示に使われている。

(3) 画像や音声の処理

画像のデジタル処理は膨大な計算能力を必要とするため、その本格化にはコンピューターの高性能化を待たなければならなかった。そこで当初はスーパー・コンピューターやWSなどを中心に画像処理技術が発展した。しかしPCの高性能化に伴い、PCでも画像処理ができるようになった。動画像の処理にはさらに高い性能が要求されるが、PC性能の向上だけでなく、ソフト面での圧縮技術の発展もあって、近年ではPCでもかなり高度な処理が可能となった。

音声データのデジタル処理については、デジタル記憶媒体として1980年に開発されたCDを初め、CD-R、CD-RW、DVD、MD、DV、mini DVなどが続々と製造され、またそれらのプレーヤーもAV家電として発売されて、急速にしかも大衆的に利用が広がりつつある。

(4) マルチメディア処理

文字情報も音声情報も画像情報も全て統合的に処理できるのが、マルチメディアPCである。必要な言語に応じたフォントやFEP、音源ボード、グラフィックス・ボードなどを装備することにより、マルチメディア処理が可能になる。共通しているのは、全ての情報をビット単位のデジタルで扱うことであり、共通のメディアに記憶できることである。

インターネットはさまざまなデジタル情報をパ

ネットとして伝送するが、それが爆発的に普及するようになったのは日本では90年代半ばからである。電子メールは当初文字情報だけを送受信していたが、現在では音声情報も画像情報も取り扱える。WWWのホームページは最初から静止画像情報と文字情報を送受信していたが、現在では音声情報や動画画像も含むマルチメディア情報を取り扱える。

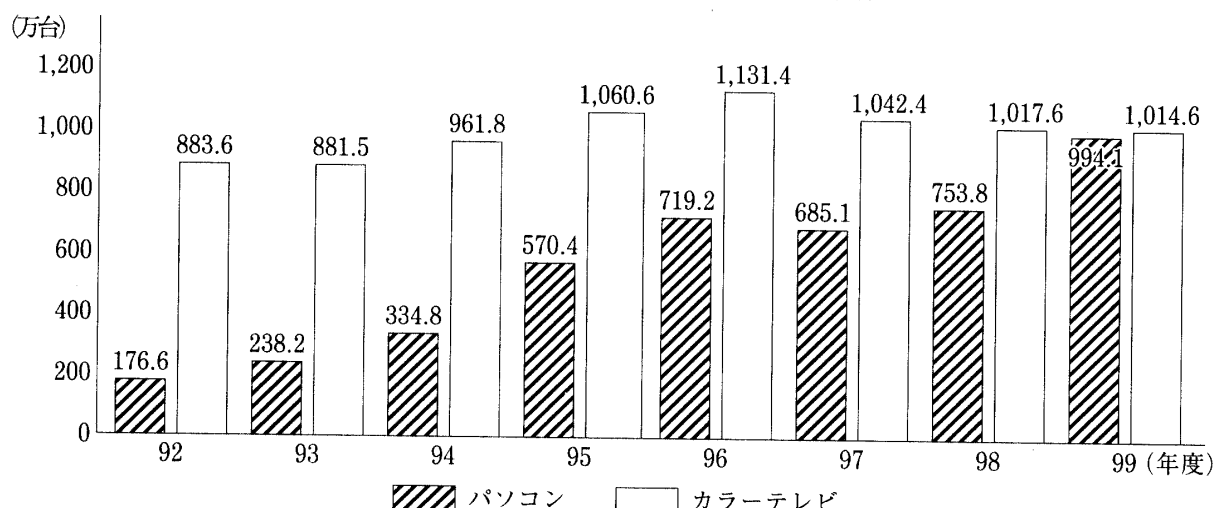
このようにコンピューター利用の用途は、最近になって急速に拡大・多様化しつつあり、分野をまたがる複合的・融合的な技術革新を誘発している。

2. 3. PCの量産化と低価格化

PCやWSの高速化、高性能化は、それらの有

用性を高め、社会のさまざまなレベルでの用途を拡大し、コンピューターの大衆的普及を促した。サイズの小型化はコンピューター利用を容易にし、やはり大衆的普及の大きな原動力となった。とりわけPCでは、デスクトップ型からノート型、さらにはポケット型に至るまで用途に応じたサイズのカテゴリーが確立してきた。ディスプレイもアナログRGBのCRT (Cathode Ray Tube) 型からデジタルの液晶 (Liquid Crystal) 型へと変わりつつあり、省スペース化・省電力化が進んでいる。ノート型やポケット型のPCによるモバイル化は、利用場所を固定せず、移動中の利用を可能にした。用途の拡大に伴い販売量が増加し、大量生産を促進したが、その結果低価格化 (低コスト化) が進み、そのフィードバック効果で販売量の増加がますます促され、大衆的な普及が進んだ。

図1 パソコンとカラーテレビの国内出荷台数



※カラーテレビの出荷台数は、ハイビジョンテレビ及び液晶カラーテレビを含む。

(社) 日本電子機械工業会資料及び(社) 日本電子工業振興協会資料により作成

出所: 通信白書2000, p. 9

(図1) に示されているように、PCの国内出荷台数は1992年から1999年までに年率平均28%も増加し、7年間で5.6倍にもなった。こうして社会の全レベルでPC等のコンピューター利用の大衆化が進み、コンピューターリゼーションが全面展開するにつれて、コンピューターは情報化社会の牽引力となり、その社会的影響力は巨大化してきた。

3. ソフトウェアの技術革新

コンピューターが発明されてから長い間、コンピューターはもっぱら専門家が専門の用途のために利用してきたが、一般人が日常の用途で使うことはあまりなかった。しかし上で指摘したようにコンピューターの用途が拡大・多様化するにつれて、専門家以外の一般ユーザーが次第に利用するようになった。その大きな推進力となったのは、

コンピューターの低価格化の他に、OSとユーザー・インターフェースの容易化、ソフトウェアの高機能化・低価格化が挙げられる。

3. 1. OSとユーザー・インターフェースの技術革新

(1) 従来のOS

汎用機が主流であった時代はもちろんのことWSやPCの利用が広まりつつあった頃でも、基本ソフト(OS)を使う際にコマンド・ラインでコマンドをテキスト入力して操作する利用環境は、一般ユーザーにはやはり使いにくいものであった。アプリケーション・ソフトが起動後は、それ独自のGUI(Graphical User Interface)によりユーザー・フレンドリーな使用方法を提供するソフトも多数あったものの、そのインストールやアンインストール、細部設定などはコマンド・ラインでやらなければならないケースが多く、専門的知識を要した。

汎用機やWSのOSは専門的で複雑な構成をしており、それを使いこなすには専門的な知識を要する。それに比較してCP/M、N88-BASIC、MS-DOSなどPCのOSは非常に簡素化されてはいるものの、ユーザー・インターフェースはGUIではなく、一般人にはまだ使いやすいとはいえない。とはいえ1981年にIBM-PCのOSとして採用されたMS-DOSは、IBM-PCの市場拡大に歩調を合わせて基本ソフトとしての地歩を固めていった。そもそもMS-DOSは、シアトル・コンピュータ・プロダクツのティム・パターソンが開発した86-DOSを、マイクロソフト社のビル・ゲイツが買収し、MS-DOSとして市場に送りだしたものであった。そして1984年に16bitのi80286を搭載したIBM-PC/ATのオープン・アーキテクチャー政策が実施されてから、互換機市場が急速に拡大するにつれ、MS-DOSはPCのOSの圧倒的シェアを占めるにいたった。

(2) OSの進歩とGUI化

独自のPCアーキテクチャーをもつアップル社は、OSのユーザー・インターフェースをグラフィックスを用いて大衆化するのに成功した。同社が

1984年に発売したMacintoshは、コマンド・ラインでのテキスト入力の代わりにGUIのWindowsを用いたMac-OSを搭載し、操作の容易性と快適性を武器にPC市場の一定シェアを獲得することができた。

この成功に範をとり、マイクロソフト社はMS-DOSのユーザー・インターフェースとしてGUIのWindowsを導入したが、Windows3.1まではOSとGUIは分離していた。これらをGUI型OSとして統合したのはWindows95以降であり、操作の容易性と快適性によりPC市場のシェアを拡大するのみならず、PC利用の大衆化にさらに拍車をかけ、PC市場規模それ自体を拡大させた。

他方でWSのOSであるUNIXでもGUI化が進み、X-Windowsが開発された。さらにUNIXはPCに移植されてPC-UNIXとなり、高価なWSを購入しなくても一般のPCユーザーにもUNIXが使えるようになった。またPCのMS-Windows上でX-Windowsエミュレーターが開発され、PCをWSのXクライアントとして利用できるようになった。1991年にはフィンランドのリーナス・トーバルズによってSystem-V系のUNIXを改良したLinuxがオープン・ソースOSとして開発され、より快適なGUI環境で利用できるようになった。1998年にはホームページ用サーバーOSのシェアでは、Linuxは26%とWindowsNTの23%を凌駕するにいたった。

1995年にサン・マイクロシステムズが発表したJava Virtual Machine(JVM)は、さまざまなOSの違いを吸収するユニークなインターフェースである。JVMはMS-WindowsやMac OSなどのPC-OSだけでなく、UNIXの代表的なOS(Solaris, HP-UX, AIX, Linux)、そのほか携帯電話やPDAなどのデジタル機器用OSに対しても開発されている。したがってJava言語で書かれたソフトは、JVMがある限りどのようなOS上でもまったく同様に動作する。こうしたインターフェースはソフトの普遍性を高め、ソフト開発費を節約するので、広範囲に使われて行くであろう。

(3) デジタル機器の新OS

マイクロソフト社はMPUを搭載したゲーム機、

携帯情報端末 (PDA)、デジタル家電などが小さいながらも立派なコンピューターとなることを見据えて、その OS として1996年 (日本では1997年) に Windows CE をリリースした。CE は Consumer Electronics の意味であり、ハードディスクや大容量メモリーを使えない家電用などの小型コンピューターで動作するように設計されている。しかしソニーや松下電器はマイクロソフトの支配を嫌って、独自のデジタル家電用 OS を開発した。また NTT、ヒューレット・パッカー、ノキアなどによる次世代 PDA の共同開発計画では、フリーウェアの Linux を OS として採用する規格が合意されている。リーナス・トーバルズが所属するトランスメタ社は Crusoe 搭載モバイル端末専用の OS として Mobile Linux を開発したが、2000年末に AOL 社とゲートウェイ社が共同で発売した Crusoe 搭載インターネット端末では、Mobile Linux を採用している。次世代携帯電話では、ノキア、エリクソン、モトローラ、松下通信工業などがシンビアン社を合併設立して EPOC という新しい OS を開発した。このように PC 以外の次世代 OS では、マイクロソフト社対他社との間で今後ますます開発競争が激しくなると見られる。

3. 2. ソフトウェアの高機能化と低価格化

巷間「コンピューター、ソフトなければ只の箱」といわれるが、コンピューターを利用する上でソフトウェアの果たす役割は決定的に重要である。マイクロソフト社は PC の基本ソフトで圧倒的なシェアを制し、プログラミング言語ソフトやアプリケーション・ソフトでも数々のヒット作を生み出したことから、今や総資産で見て GE (ジェネラル・エレクトリック) に次ぐ世界第2位の巨大企業に成長した。ビル・ゲイツ会長はやはり総資産で見て世界第1位の大富豪となった。まさに「ソフトを征するものはコンピューターを征する」といえよう。

従来は前述の専門的利用のためのソフトウェアが多かったが、PC の普及とともに一般の個人利用のためのソフトが多数開発されるようになってきた。ワープロ・表計算・データベースなどのコ

ンピューター・リテラシー、ビジネス、出版や DTP、料理・健康・家庭などのホームユース、語学・文学・童話、学習・教育、辞典・百科事典、アート・グラフィックス、ゲーム、エンターテインメント、インターネット等々、実にさまざまな分野のソフトが開発・販売されてきた。近年では特に多くの機能を満載した巨大容量のソフトが開発されているが、これは PC の高速化・高性能化によって従来なら巨大で動作が遅いソフトも快適に動作可能となったためである。

コンピューターのハード性能が低い時代には、ディスク上の辞書を先読みするなどソフトをできるだけ効率的にプログラミングし、軽快に動作するように制作し、そのためマシン語やアセンブリ言語のレベルでの開発やメンテナンスにも配慮していた。しかし近年ではそうした制作努力は避けて、たとえ動作は鈍くてもとにかく多くの機能を満載した巨大容量のソフトを作ること为目标としている傾向が強い。そのためマシン語やアセンブリ言語のレベルでの開発やメンテナンスをせず、もっぱら C 言語、Visual Basic、Java などの開発言語に頼ってプログラミングをし、動作の鈍さは CPU、メモリー、ハードディスク等の高速化・高性能化に頼ってカバーすることになる。現在発売されているソフトを2~3年前に発売の PC で動作させると、極端に動作が遅くなるのはそのためである。したがって確かにソフトそれ自体は一般に高機能・多機能になってきてはいるが、決して高性能になったとはいえない。

ともあれ高機能・多機能な巨大容量のソフトは、PC 性能の向上に助けられて一般ユーザーの用途を著しく拡大し、社会の全レベルでのコンピューター利用を大衆化させることになった。

4. 通信ネットワークのインターネット化と技術革新

4. 1. 通信プロトコルの統一と技術革新

(1) ネットワークの進化と通信プロトコルの統一

専用回線で接続した通信ネットワークは、汎用機 (Mainframe Computer) の全盛時代から組

織内（企業内）あるいは本支部間（本支店間）で利用されていた。しかしそれは汎用機と中継機および端末とを繋ぐ局所的ネットワークに留まっていた。1950年代にはバッチ処理型のメインフレームが登場したが、各端末からくる処理命令を1つずつ順番に処理した。1960年代には時分割システム（Time Sharing System）が開発され、複数端末からの処理命令を同時に処理できるようになった。こうした時代のネットワーク・アーキテクチャーは、1つの汎用機をホスト・コンピューターとしてそれに複数の端末を接続させるスター型であった。1970年代には大きなジョブを、相互接続した複数のコンピューターに分けて処理させる分散処理システムが登場した。ネットワーク・アーキテクチャーはスター型からバス型やループ型へと移っていった。また1980年代以降はコンピューターや周辺機器などをネットワークで接続して利用する意義が認められて、分散処理システムからコンピューター・ネットワークの考え方が生まれ、さらにはそうしたネットワーク同士を接続するインターネットや通信プロトコルが発展した。

（2）TCP/IP

さまざまな種類のネットワーク同士が整合的に通信可能となるためには、通信プロトコルの統一が不可欠である。現在インターネットの標準的な通信プロトコルとなっているTCP/IP（Transmission Control Protocol/Internet Protocol）は、1969年に創設された米国防総省のARPA net（Advanced Research Project Agency Network; 先端研究計画局ネットワーク）で開発され、世界で最初のパケット交換方式を採用した。メインフレームをホストとする集中型ネットワークでは、ホストが故障した場合には全ての機能が停止するが、一部が被害を受けても全体のシステムへの影響を最小限に食い止め、非常時でもシステムの安定稼働を確保する目的で、コンピューターを分散配置し、それらをネットワーク網で接続しようとした。

TCPはパケット化したデータの伝送エラーをチェックし、IPはデータの伝送情報を管理するプロトコルであり、それぞれOSI（Open Systems Interconnection; 開放型システム間相互接続）の

第4層（トランスポート層）と第3層（ネットワーク層）に対応する⁽⁹⁾。TCP/IPを用いたネットワーク上で個々のコンピューターを識別する32bitの識別子がIPアドレスである。インターネットに接続されたコンピューターは全て異なるIPアドレスをもたなければならず、アメリカのNIC（Network Information Center）が世界的に一元管理している。日本ではJPNICが割り当て業務を行っている。またTCP/IPを用いたネットワーク上で個々のユーザーを識別する識別子がメール・アドレスである。こうした識別子によって、インターネット上では世界中で唯1つの番地に間違いなく送信したりアクセスできるのである。32bitで表現できるIPアドレスは約43億であるが、インターネットの急速な発展でもう限界に近づきつつある。そこで次世代IPアドレスとして検討されているのがIP version 6であり、128bitに増やすことによりIPアドレスは約340兆にもなる。

（3）その他の通信プロトコル

さてゼロックス社とDEC社が開発したEthernetやIBM社が開発したToken Ringは、OSIの第1層（物理層）と第2層（データリンク層）とに相当する通信プロトコルである。その他電話のダイヤルアップ・プロトコルとしてはPPP（Point to Point Protocol）、アプリケーション・プロトコルとしてはリモート・ログインのためのtelnet、ファイル転送を行うFTP（File Transfer Protocol）、UNIX機間で一定時間にファイル・コピーを行うUUCP（UNIX to UNIX Copy Program）、単純メール転送のSMTP（Simple Mail Transfer Protocol）、サーバーからクライアントへメールを取り出すPOP（Post Office Protocol）、マルチメディア・メールの転送もできるMIME（Multi purpose Internet Mail Extensions）などが開発されてきた。こうして世界共通に使える通信プロトコルの統一が行われ、インターネット発展の基盤が築かれたのである。