



講義ノートの周辺

Part 2 情報と社会

4 コンピュータ

森 隆一

$\alpha\beta\gamma\delta\epsilon(\varepsilon)\zeta\eta\theta(\vartheta)\iota\kappa\lambda\mu\nu\xi\omicron\pi(\varpi)\rho(\varrho)\sigma\varsigma\tau\nu\phi(\varphi)\chi\psi\omega$

Γ Δ Θ Λ Ε Π Σ Υ Φ Ψ Ω

ABCDEFGHIJKLMN^oOPQRSTUVWXYZ

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ



目次

第4章	コンピュータ	93
4.1	数学を少し	94
4.2	コンピュータの内側	102
4.3	基本ソフト (Windows か Mac か)	112
4.4	外からのコンピュータ (使用者から見た)	120
4.5	情報・計算・通信 年表	128

第4章 コンピュータ

コンピュータについて、“情報を処理する道具(装置)”から“0と1の列(ビット列)に符号化されたデータを、別の0と1の列に変換する道具(装置)”と考えてきた。

自動車で言えば、“人や物を運ぶ機械”から“アクセルとブレーキで速度を買え、ハンドルにより方向を変えて走る機械”といったところであろうか。”

ボンネットを開ける人が少なくなったように、パソコンの横蓋(上蓋)を外す人も少なくなった。

この蓋を開けてみられる構成器機を説明していくことを目指す。

4.1 数学を少し

真理表

論理の入門書やコンピュータの仕組みを述べている本には、次のような真理表が載せられている。

真理表

X	Y	$X \text{ AND } Y$	$X \text{ OR } Y$	$X \text{ XOR } Y$
1	1	1	1	0
1	0	0	1	1
0	1	0	1	1
0	0	0	0	0

この表で、 $1 \leftrightarrow$ 真 $0 \leftrightarrow$ 偽、とみる。

また、AND・OR・XOR はなどは論理演算子と呼ばれるものである。これに否定(反転)をあらわす NOT が加わる。数学的には、NOT と他の1つがあれば、残りの2つは実現できる。

ここで真理表というのはやや不適切は感じがする。コトバンク「真理表」では、

論理演算子の機能を表わす表。たとえば、論理積については、命題変数がとる真理値の組に対し a b のとる真理値を表にする。真理値表。真偽表。 入力値のみによって出力値が決まる論理回路の入力値と、出力値の組み合わせとを表にしたもの。

と書かれている。

真理値は真偽であるから、真偽表というほうがより適切であると思われる。

論理演算

Wikipedia「論理演算」では、

論理演算 (logical operation) は、論理式において、論理演算子などで表現される論理関数 (ブール関数) を評価し、変数さらには論理式全体の値を求める演算である。

非古典論理など他にも多くの論理の体系があるが、ここでは古典論理のうちの命題論理、特にそれを形式化したブール論理に話を絞る。従って対象がとる値は真理値の2値のみに限られる。また、その真理値の集合 (真理値集合) と演算 (演算子) はブール代数を構成する。

コンピュータのプロセッサやプログラミング言語で多用されるものに、ブーリアン型を対象とした通常の論理演算の他に、ワード等のビット毎に論理演算を行なう演算があり、ビット演算という。

なお、証明論的には、公理と推論規則に従って論理式を変形する演算がある。

と書かれている。

ここまでで、

(集合 \longleftrightarrow) 論理 \longleftrightarrow ブール \longleftrightarrow 2進

という用語が、微妙に使われている。この辺りについて調べたことを、筆者が理解した範囲で述べていくことにする。

まずは、上に上がっているブールであるが、Wikipedia「ジョージ・ブール」では、

George Boole (1815年11月2日 - 1864年12月8日) は、イギリスの数学者・哲学者。多くの実績があるが、コンピュータ科学の分野の基礎的な理論のひとつであるブール代数 (ブール論理) が現代では広く知られている。

と書かれている。

コンピュータ (CPU) は論理素子と呼ばれるものを線で結んで回路をつくり、幾つかの回路から成る。

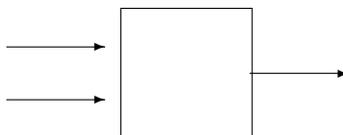
論理素子には、

論理積 (AND) ・ 論理和 (OR) ・ 論理否定 (NOT) ・

否定論理積 (AND) ・ 否定論理和 (NOR) ・ 排他的論理和 (XOR)

などがある。

NOT 以外は2つの入力に対し、真理表の値を出力する。



ということである。

基本的な論理回路の種類には、以下がある。

AND 回路 ・ OR 回路 ・ NOT 回路

XOR 回路 ・ AND 回路 ・ NOR 回路

論理回路を図示するときには、MIL 記号が使われます。

(次を参考にした。

ここが分かると面白くなる！エレクトロニクスの豆知識 第4回：論理回路の基礎

<https://deviceplus.jp/mc-general/tidbits-of-electronics-04/>

基本情報ではじめる IT の勉強 > 第15回 論理回路 入門

https://www.seplus.jp/dokushuzemi/ec/fe/fenavi/learn_tech/)

全く同じものが素子と回路の前についている。この差異について調べてみたが、見つけられなかった。ここでは、次のように解釈しておく。

コンピュータで扱うビット列は、機械語長 w の長さのものを最小単位として扱われている。これからは、AND 回路は w 個の入力2つをもち、各ビットごとの AND 演算結果を出力するものである。回路としては $2w$ 本の入力と w 本の出力をもつことになる。

ここで、AND 素子を幾つ用いるかが疑問となる。すなわち、1 個の素子で w ステップの演算を行うか w 個の素子で1ステップさらには、上位 32 ビットと下位 32 ビットを別の動作をさせるなども考えられるが、これらも平易に解説している記事を見つけていない。

マイクロプログラミング

論理回路と記憶回路などを組み合わせたもので CPU などの集積回路が構成される。この辺りの作業はマイクロプログラミングと呼ばれているようだ。

マイクロに似た言葉としてミクロがある。ミクロの決死圏という映画があった。(1966年公開)

コトバンク「マイクロ」デジタル大辞泉 では、

1. 《ギリシャ mikros kosmos (微小世界の意) から》国際単位系 (SI) で、単位の上に付けて100万分の1 (10^{-6}) を表す語。記号 μ 2. 外来語の上について、微小な、小さい、の意を表す。「マイクロフィルム」

「マイクロ」改訂新版 世界大百科事典 では、

小さい ことを意味するギリシア語に由来する。ここでは英語の microscopic の省略形として、かつ自然科学の文脈に限って理解することにする。ミクロな視点の取り方は、状況によって多様に変化する。通常目に映る現象をマクロと考えれば、現象を原子・分子のふるまいで記述しようとする原子論的な立場はミクロということになる。と書かれている。

マイクロ 10^{-6} の下は、ナノ 10^{-9} 、ピコ 10^{-12} 、と続く。この他に。オングストロームがある。1オングストロームは 10^{-10} メートル = 0.1nm = 100pm である。

半導体メモリの線幅は数ナノメートルである。

少ないことを表すたんいとして、ppm がある。ppm は (parts per million の略) で割合を表す。percent % が百分率、permille ‰ が千分率、permyriad が万分率、からは百万分率となる。この下は、arts per billion、parts per trillion、parts per quadrillion と続く。

半導体関連で、twelve nine という純度が 99.9999999999% ということである。不純物が 1ppt (= 10^{-6} ppm) 以下を示す。

ここで、コンピュータの機能の最終的な結論を述べる。

“コンピュータは **論理演算**を高速に実行する道具である。”

数値計算

“数値計算は 論理演算 の合成で表すことができる” ことを足し算を例に雰囲気味わうことにする。

まずは、2進数の足し算を考える。

2進足し算

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 \quad 1 + 0 = 1 \quad 1 + 1 = 10$$

1位は $X \text{ OR } Y$ 、桁上がりは $X \text{ AND } Y$

1桁の2進足し算では、桁数を越えた桁上がりは無視される。

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 + 0 = 1 \quad 1 + 1 = 0$$

上の考察をもとに、2進表記された自然数 X と Y の和を論理演算で求められることを試してみる。といっても、MIL 記号を用いた回路図やこれに近いものは描けないので、

入力 X 、 Y に対して、各ビットごとの XOR Z を出力

入力 X 、 Y に対して、各ビットごとの AND W を出力

する2つの操作を用いて、 X と Y の2進足し算をおこなうなんちゃってプログラムを示すことにする。

第1段階

$X_0 = X$ 、 $Y_0 = Y$ とする。

$Z_1 = X_0 \text{ AND } Y_0$ 、 $X_1 = X_0 \text{ XOR } Y_0$ 、とする。

Y_1 は Z_1 の各ビットを左に1つシフトし、

最下位 (0) ビットを 0 としたものの。

Y_1 が 0 ならば、 X_1 を出力しておわる。

でなければ次に進む。

第 2 段階

$Z_2 = X_1 \text{ AND } Y_1$ 、 $X_2 = X_1 \text{ XOR } Y_1$ とする。

Y_2 は Z_2 の各ビットを左に 1 つシフトし、

最下位 (0) ビットを 0 としたものの。

Y_2 が 0 ならば、 X_2 を出力しておわる。

でなければ次に進む。

第 n 段階

$X_n = X_{n-1} \text{ XOR } Y_{n-1}$ 、 $Z_n = X_{n-1} \text{ AND } Y_{n-1}$ とする。

Y_n は Z_n の各ビットを左に 1 つシフトし、

最下位 (0) ビットを 0 としたものの。

Y_n が 0 ならば、 X_n を出力しておわる。

でなければ次に進む。

この操作を $Y_n = 0$ が得られるまで行う。このときの X_n が $X + Y$ 。

ここで、 $Y_n = 0$ が実現できることを示しておく。

まず、 Y_1 の 0 ビットは 0 である。

Y_{n-1} の 0 ビットから $d-1$ ビットが 0 とする。 $Z_n = X_{n-1} \text{ AND } Y_{n-1}$ であるから、 Z_n の 0 ビットから $d-1$ ビットも 0 となる。したがって、 Y_n の 0 ビットから d ビットも 0 となる。

以上より、 Y_n の 0 ビットから n ビットは 0 となり、 w 回までで、 $Y_n = 0$ が実現できる。

集合

論理は集合と一緒に **集合・論理** という名前で講義されている。筆者が入学した昭和の中頃のおわりには集合の名が付くおうぎはなく、昭和の後期に **集合・位相** が登場した。また、簡単なことは高等学校でも扱われるようになった。

以下は考慮

命題とは**真偽**を判定できる文とされている。例えば、

$A:5$ は 3 で割り切れる、 $B:4$ は 2 で割り切れる

変数 を含んだ **命題** :

自然数に対する変数を含んだ命題の例

X は 2 で割り切れる

Y は 3 で割り切れる

X を変数とする命題で、 X に代入したとき、真の命題となる変数の値全体の集合を**真理集合**という。

命題の合成 : NOT X , X AND Y , X OR Y , X XOR Y

4.2 コンピュータの内側

コンピュータで扱うことのできるのは 0 と 1 の列 (ビット列) とされているし、初めの頃はそうも述べた。前節では、コンピュータは論理演算を高速に実行する道具とし、論理回路と記憶回路からなるとした。

最後の回路が使われている分は CPU の動作に関するものである。回路図は筆者が馴染めなかったものの筆頭である。回路図というよりも、これを実現するハンダごてをうまく使えなかったのが実際である。馴染めなかったものは、スポーツと道のつくものである。抹茶そのものは嫌いというよりは好きであるが、その作法には馴染めなかった。“スープカップあるいはモーニングカップで簡単に飲む抹茶”を思いついていたらと今思う。茶筌さえあれば、取っ手が付いていたほうが混ぜやすいはずである。

というわけで、以下も筆者が漠然と描いているイメージである。

まずは、コンピュータの中を 0 と 1 が走り回っているわけではなく、実際には、回路の中を、電子が走り回っている。

回路中の各場所の **電圧** がかかっている。ここで、

1 … 電圧が高い 0 … 電圧が低い

と対応付ければ、回路の中に 0 と 1 がばらまかれていることになる。

CPU には多数の素子が組み込まれている。PentiumXE クラスでは、トランジスタの数は、1 億 7 千万個を超えるということである。

CPU の動作で漠然と理解していることがもう 1 つある。

前節で述べた 2 進足し算をおこなう**なんちゃってプログラム**の実行に関

してである。この説明で、変数に下添え字を付けたが、 Z 、 X 、 Y の値が変わっていくと思われる。ここで、手順に書かれた順に操作が行う必要がある。すなわち、各素子の動作を同期させる必要がある。

戦争やスパイを扱った映画で、作戦の実行の直前に、各自の時計を合わせる場面がある。実際にも、時間的同期には時計が用いられる。

コンピュータの内臓時計について調べて絵見た。

日本標準時グループ「国際原子時・協定世界時とうるう秒」

1秒の長さの定義は、1967年に原子放射の周波数に基づく量子力学からの定義に改定されました。その定義は「セシウム133原子の基底状態の2つの超微細準位間の遷移に対応する放射の9 192 631 770周期の継続時間」となっています。

「デジタル時計とは【解説】」 <https://toshikis227.blog.ss-blog.jp/2007-06-27>

水晶(クォーツ)は交流電圧をかけると正確な周期で振動する性質を持っています。そこで調速機として水晶を使用しています。電池で動く時計のほとんどがクォーツ時計です。一般的にクォーツ時計の水晶振動子は1秒間に32768回振動します。(1秒間に32768回振動することを32768Hzと表現します)。

「クロックジェネレータ」 <https://metoree.com/categories/clock-generator/>

クロックジェネレータの使用用途 > 1. CPU

クロックジェネレータはコンピュータの中心を成すCPUにおいて最も多く使用されます。CPUの中にはレジスタなどの記憶素子が多数配置されており、それぞれに対してクロックジェネレータで生成されたクロック信号が接続されています。

クロック信号の刻みに応じて、各記憶素子からの出力が様々な論理演算回路や算術演算回路を通り、次段の記憶素子に入力されます。このような回路構造は同期回路と飛ば

れ、この同期回路の動作のトリガーになり同期を司っているのがクロックジェネレータです。

ここまでで、次のサイトを眺めてきた。本稿で疑問を抱いた方やもう少し詳しく知りたい方は、これらを見ることを勧める。

コンピュータ講座 応用編 第1回 CPUは数百本の足を持つトランジスタのかたまり

<https://jp.fujitsu.com/family/familyroom/syuppan/family/webs/serial-comp2/>

コンピュータ基礎講座

<https://jp.fujitsu.com/family/familyroom/syuppan/family/webs/serial-comp/>

最初のデジタル計算機

1946年に開発された ENIAC が初めてのコンピュータとされている。異議をとなえる人もいるともいわれている。また、原爆の製造に必要な計算のためともいわれている。

この頃はトランジスタはまだ登場していなくて、真空管を用いていたそう。また、1つの計算専用で、別の計算をするときは、配線を変えて行った。

ENIAC の改良として、計算機の動作をコード化し、コードを並べた(プログラム)を初めから機械に記憶させ、この通りに実行させるプログラム内臓方式が研究された。この方法によるコンピュータをフォン・ノイマン型コンピュータという。現在のコンピュータも基本的にはこの方式である。

非フォン・ノイマン・コンピュータ試作されたが、汎用品としては作ら

れていない。

プログラム

1949年に Cambridge 大学で開発された EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) は、初のプログラム内蔵式計算機ということである、

プログラムを変えることにより、異なった計算ができるようになり、現在のコンピュータの雛型といえる。

プログラム とは、計算機に実行させる命令を順に書き並べたものである。いいかえれば、計算機を利用するためには、プログラムを準備することが必要となる。

このプログラムを、コンパイル(実行できるかたちに) したものはソフトウェアと呼ばれている。したがって、コンピュータを利用するにはソフトウェアを購入することになる。ソフトウェアが無い時は、諦めるか、自分で作製するしかない。

Wikipedis 「ENIAC」、「EDSAC」からは次のような計算が行われた。

ENIAC は微分方程式で表すことができるような多くの種類の問題について積分法によって数値的な解を得る (ただしこちらは数値的 (デジタル))、という機械である。後の改良により、ごく小規模だがプログラミング的な使い方も可能になり、円周率の桁数向上記録の歴史で有名な 1949 年の 2037 桁という記録は、そのような改良後の機能を活用したものである。

1949 年 5 月 6 日、EDSAC 上で最初に動作したプログラムは、0 から 99 までの整数

の二乗の表を作るプログラムと、素数のリストを作るプログラムであった。

上で挙げたプログラム例のうち円周率の計算は、かつて、スーパー・コンピュータの導入時の宣伝としてよく行われた。このことを計算機科学科の人に聞いたら、“スーパー・コンピュータを必要時間だけ占有できれば当たり前だ”というような答えが返ってきた。考えてみれば、原爆の製造のための計算などは、一般の人にはわからなく、当時は軍事機密であったであろう。

EDSAC に関しては、引用元を覚えてないが

プログラム開発環境を整えた。 e^x , $\sin x$, $\log x$ 等の多くの人が使いえるプログラムをテープに保存し、利用者はテープをコピーして、自分のプログラムに取り入れる。サブルーチンをライブラリー化である。これらは、組み込み関数ともいわれている。ともいわれている。

ENIAC の開発と EDSAC の開発との間にトランジスタが開発されたが、EDSAC に使われたかどうかはわからなかった。

Wikipedis 「トランジスタ」

1947年、ベル研究所の理論物理学者ジョン・バーディーンと実験物理学者ウォルター・ブラッテンは、半導体の表面における電子的性質の研究の過程で、高純度のゲルマニウム単結晶に、きわめて近づけて立てた2本の針の片方に電流を流すと、もう片方に大きな電流が流れるという現象を発見した。最初のトランジスタである点接触型トランジスタの発見である。固体物理学部門のリーダーだったウィリアム・ショックレーは、

この現象を増幅に利用できる可能性に気づき、その後数か月間に大いに研究した。この研究は、固体による増幅素子の発明として、1948年6月30日に3人の連名で発表された。

EDSAC の命令コードを掲げておく。

EDSAC の命令コードの例

An	加算	$Acc \leftarrow (Acc) + (n)$
Sn	減算	$Acc \leftarrow (Acc) - (n)$
Hn	乗算準備	$MR \leftarrow (n)$
Vn	積の加算	$Acc \leftarrow (Acc) + (MR) \times (n)$
Nn	積の減算	$Acc \leftarrow (Acc) - (MR) \times (n)$
Tn	記憶、破算	$[n] \leftarrow Acc, Acc \leftarrow 0$
Un	記憶	$[n] \leftarrow$
Cn	論理積加算	$Acc \leftarrow (Acc) + (MR) \& (n)$
En	条件付飛び越し	$ACC \geq 0$ のとき $[n]$ へ飛び越し
Gn	条件付飛び越し	$ACC < 0$ のとき $[n]$ へ飛び越し
In	入力	$[n] \leftarrow$ テープ読み取り器の出力 $\times 2^{-16}$
On	出力	プリンタ $\leftarrow (n)$ の上位5ビット
R	右桁送り	後に続く0の個数 +1
L	左桁送り	

Acc:累算器、(Acc):Accの内容、(n):n番地の内容、[n]:n番地、MR:乗数レジスター
EDSAC のプログラムは“命令コード + 番地 (2進自然数)(+区切り記号)”の列

機械語プログラム・アセンブリ言語

上の表のように、CPU に用意された命令コードを機械語命令という。

汎用大型コンピュータを幾つかのメーカーが量販するようになると、命令コードを解りやすい文字列にしたアセンブリ言語が出現した。CPUに要求する機能をまとめたものといえるのかもしれない。アセンブリ言語により作成されたプログラムは、アセンブラというプログラムにより機械語に書き換えられることになる。

このように、コンピュータ(CPU)に求める命令を、系統的にまとめ、定められた規則にしたがってプログラムを作成する体系をプログラム言語(programming language)といい、定められた規則を文法という。

プログラム言語という造語にはそんなに違和感はなかった。もっとも、情緒のない言葉とも思った。造語としては飛行船がよくできていると思っていた。さらに、日本で造られたと漠然と思っていた。しかし、英語のairship、ドイツ語のLuftschiffの訳であるというのが正しい気がした。考えてみれば、日本神話には天鳥船がある。

とにかく、プログラム言語とアセンブラの出現により、プログラム開発がコンピュータ製造会社から独立出来るようになった。

高級言語

アセンブリ言語は決して簡単にはできない。感覚的には、機種依存しない機械語といえるもので、プログラムを見て何を計算しているかを理解できる人はどれほどいたのであろうか。

数値計算は、数学の式に近い形で書け、条件文と繰り返し文をわかり易

く書けるように改良された。高級言語の出現である。思いつくものをほぼ発売日順にならべたみた。一部は完成年とおもわれる。

1950年代：Algol、 1957：Fortrun 1959：COBOL、
1960：LISP、 1964：BASIC、 1970：Pascal、
1972：Prolog、 1972：C、 1972：Smalltalk 72

このほかにも、Fourth、modula 2、Java、Perl、○ ++ なども挙げられる。

数値計算は Fortrun、事務用は Cobol という期間が長かったと記憶している。

Donald.E. Knuth

Donald.E. Knuth による ‘The Art of Computer Programming’ という著作がある。香草は巻で4巻までが出版されているものである。

筆者は殆ど読むことは出来ない。Wikipedia によれば、“様々なアルゴリズムについて、その背景や歴史まで踏み込んだ徹底的な解説を行っており、アルゴリズム解析も行う。”ということである。

達人出版会の内容紹介では、

『The Art of Computer Programming』シリーズは、「コンピュータアルゴリズムの特徴についての理論」の研究を続けるドナルド・E・クヌースの集大成といえるものです。第1巻「基本アルゴリズム」、第2巻「準数値的アルゴリズム」、第3巻「ソートと探索」、第4巻「組合せアルゴリズム」、第5巻「構文アルゴリズム」、第6巻「言語理論」、第7巻「コンパイラ」という構成になっています（現在も執筆が続けられています）。

情報科学の自習、大学の授業のテキストとして利用できるように、膨大な演習問題が含まれており、その大半に解答が用意されているので、解説内容の研究、確認もできるようになっています。また、このシリーズには数学的な内容がふんだんに盛り込まれていますが、高校の代数以上の数学知識をもたない読者が数学的な色合いの濃い部分を斜め読みしても全体を理解できるような構成をとっています。

と書かれている。

また、Ronald L.Graham・Donald E.Knuth・Oren Patashnik 著、有澤 誠・安村 通晃・萩野 達也・石畑 清 訳の‘コンピュータの数学’という本がある。共立出版のサイトでは

“クヌース先生による、連続系 (continuous) と離散系 (discrete) の数学を融合した、アルゴリズム解析のための計算技法のユニークなテキスト“ Concrete Mathematics, Second Edition ”の翻訳。この第2版では、5.8節が新設され、既存の解説もきめ細かく丁寧な見直しが行われている。初版の500問を超える演習問題には、さらに問題の見直しと追加がなされている。”

と紹介されている

Wikipedi「ドナルド・クヌース」では、

ドナルド・アーヴィン・クヌース (1938年1月10日 -) は、数学者・計算機科学者。スタンフォード大学名誉教授。

クヌースによるアルゴリズムに関する著作 The Art of Computer Programming のシリーズはプログラミングに携わるものの間では有名である。アルゴリズム解析と呼ばれる分野を開拓し、計算理論の発展に多大な貢献をしている。その過程で漸近記法で計算量を表すことを一般化させた。

計算機科学への貢献とは別に、コンピュータによる組版システム TeX とフォント設計システム METAFONT の開発者でもあり、Computer Modern という書体ファミリーも開発した。

作家であり学者であるクヌースは、文芸的プログラミングのコンセプトを生み出し、

そのためのプログラミングシステム WEB / CWEB を開発。また、MIX / MMIX 命令セットアーキテクチャを設計。

と書かれている。

4.3 基本ソフト (Windows か Mac か)

パソコンを選ぶとき、Windows か Mac のどちらにするかを悩んで決めかねている人がかなりいたし、希に相談をうけたこともある。また、“Winndows はなにか？”ときかれたとき、“MS-DOS の Mac 化”と答えたことがある。聞いた人がこれで納得したかは記憶にないが、恐らく、聞くだけ無駄と思ったかもしれない。

初めの問いには、“今のスペックとアプリケーションで十分で、資金的に問題がなければ、Mac のほうが使いやすいだろう。”と答えた。

ここで、Windows か Mac かの選択は、厳密には比較の対象が間違っている。Windows に相当するのは Mac OS で、Mac に対応するのは Windows を組み込んだパソコンか、個々の dynabook や Lavie などである。

Operating System

Windows は **Operating System (基本ソフト、OS)** というものの1つで、各種の普遍的な機器のコントロールの機能を提供する。OS はそんなに多くなく、筆者の知っているのはMS-DOS、CPM、Windows、Unix、Mac OS、Tron 程度である。Wikipedia「オペレーティングシステムの一覧」には多くの OS が記載されている。

(デスクトップ)パソコンの本体にはには幾つかの機器が繋がれている。必須な機器としては、キーボードとモニタである。さらに、ローカル・ホ

スト的に使われている場合には、無線LANのルータやプリンタが挙げられ、大容量の外部記憶装置も加えられる。これらの機器をコントロールするものとして、OSは進化してきた。

講義ノートの周辺のプロローグで述べたことが、Windows95発売のとき、‘OSの販売なのに何故並んでまでして買うのか’と思った。その後、Windows95搭載のパソコンを購入したとき、インストール後、指示に従って入力するだけで、メールができた。

“マイクロソフトがWindows95の発売に当たって、接続機器の規格を定め、規格に適合したものにはWindows95対応の使用許可を与えた”という記事をパソコン雑誌でみていたので、これでMSDOSのMac化が為されたかと思った。

プリンタがページ・プリンタになって、WindowsXPの頃には、Windowsがフォントをもち、プリンタのフォントとの選択ができるようになった。これでWindows対応のページ・プリンタならば、日本語フォントが印刷可能となった。

考えてみれば、1986年に初めてのパソコンを購入するとき、日本電気のFM16か、日本電気のPC9801かで迷っていた。OSはFM16がCP/M-86、PC9801がMSDOSであった。

CP/Mはデジタル・リサーチ社、MSDOSマイクロソフト社の製品である。両者とIBMとの間でのパソコン用OSに関するいきさつは、色々と書かれているので端折ることにするが、16ビットOS(インテル8080用

OS)作成に関して、筆者がうる覚えなことの1つを述べる。

それは、16ビットOS開発に関して先行している8ビットOSとの対応である。デジタル・リサーチ社は8ビットOSとの互換性は放棄したのに対し、マイクロソフト社は、上位互換を目指したということだ。この結果玄人筋にはCP/M-86が好評であった。発売後しばらくして、FM16でも日本語MS-DOSが利用できるようになったので、最終選択時には、CP/M-86かMS-DOSかの選択ができたのかもしれない。

ここで、使用目標を、まず講義ノートの作成、できればプログラミングの実習ということにし、9801vm+MS-DOS+一太郎を購入した。

販売戦争

過去幾つかの**販売戦争**というような競争が繰り広げられてきた。

筆者の記憶に残っている初めてのものは、BC戦争である。1957年に発売された豊田・コロナ(Corona)と1959年に発売された日産・ブルーバード(Bluebird)の販売戦である。

自動車の販売に関しては、○戦争と呼ばれたかどうかはわからなく、ブームに伴う競争のほうがちかいかもかもしれないが、次の2つも記憶に残っている。1つは、1966年に発売された豊田・カローラ(Corolla)と日産・サニー(Sunny)である。もう1つは、1976年に発売された豊田・タウンエース(Townace)、1978年に発売された日産・バネット(Vanette)、1979年に発売された三菱・デリカスターワゴン、1977年に2代目が発売された松田・ボンゴによるものである。(ボンゴは初代が1966年に発売された。)

他には、1975年に発売されたソニー・ベータマックスと1976年に日本ビクターより発売されたはVHS方式のHR-3300によるものが挙げられる。

上記3(5)つの商品について考える。ただし、自動車に関しては、鉄軌道の駅まで徒歩20分程度以内、あるいは、徒歩10分以内の中心部へ向かうバス路線が全体で1時間4本以上の地域を対象としている。(買い物公共交通機関のみで可能な範囲を想定している。これで大都市圏の均衡をほぼカバーするのではないか。)

この設定では上記商品を必須とする人は極わずかである。いいかえれば、これらが無くても日常的に困ることはない。また、価格はかなり高い。おそらく、平均月収を越えていたであろう。

一般財団法人自動車検査登録情報協会「自動車保有台数の推移」から1966年の乗用車保有台数は約100万台程度である。世帯数は $\frac{1}{5}$ 億とすれば、2000万であるから、世帯別普及率は5%程となる。

ゴールドオンライン「戦後70年...会社員の平均年収の推移」から、1966年の平均年収は約50万円、1980年の平均年収は約300万円である。

これから、‘世帯別普及率数%以下、平均年収以下の価格’という目安が浮かんでくるがどうだろうか。

類似の商品として一眼レフカメラがある。こちらは、Canon、Minolta、Nikon、Pentaxであろうか。デジタル一眼レフカメラでは、Canon、Nikon、Sonyとなる。中型一眼レフカメラでは、Hasselblad、Mamiya、

Pentax となる。

家庭用ゲーム機

価格が低いものは〇 ブームというようである。生活必需品的な家電製品はどうなのだろうか。疑問だけで放棄する。

替りに、家庭用ゲーム機をみることにする。米英語では Video Game というそうである。

機能的には、パソコンとビデオを足して、不要な機能を取り去ったものといえる。Wikipedia「ゲーム機一覧」には、殆どが名前も知らないたくさんさんのゲーム機の名前が挙げられている。

ネットを見ていると、今主流な家庭用ゲーム機は、1994年発売の PlayStation と2017年発売の Nintendo Switch のようである。

日本では、1975年に発売されたエポック社のテレビテニスが最初の製品である。任天堂では1977年にカラーテレビゲーム、1983年にファミコン、1990年スーパーファミコンを発売していた。

ファミコンの特徴は、ROMを組み込んだカセットでソフトを要求し、“コンピュータの専門家ではないデザイナーでも開発支援ツールを使うことで、；ゲームのデザインができる”ようにしたことである。

“なお、家庭用ゲーム機本体とゲームソフトを別にするロムカセット取り替え式は、1976年にフェアチャイルドセミコンダクターが発売した Video Entertainment System が先駆けである。” とのことである。

開発支援ツールの提供は、カセットの使用の提供やカセットの供給も含まれていると思われる。これにより、ゲーム・ソフトが豊富になったはずである。さらには、ゲーム・ソフト制作する会社の出現をうながした。

ここで、Wikipedia の幾つかの記事からの引用を用いた。

この他に、1983 に発売されたセガの SG シリーズ、1987 に発売された日本電気ホームエレクトロニクスの PC エンジン、2002 に発売されたマイクロソフトの Xbox などもある。

また、Steam 版というパソコンで動作するように修正されたものも発売されているようである。(Wikipedia 「Steam」)

シミュレーション・ゲーム

パソコンのクラス分けで、ゲーミング・パソコンというクラスがある。これは、標準的なものより、高クロックの CPU と高スペックのグラフィック・ボードに置き換えたものである。勤めていた大学で器機の申請にパンフレットを添付する必要があり、上の文章を付け加えていた。

高スペックのパソコンを必要とするのはシミュレーション・ゲームと呼ばれているものである。シミュレーション・ゲームとしては Ryuichi Kaminogi 氏の Cities Skylines (CS) 「Mizuki City - 瑞城市」を念頭においている。もっとも講義ノート作成時には、スーパーファミコン用の SimCity しか知らなかった。SimCity は、もともと、“道路と車だけの渋滞予測のシミュレーション・プログラムに、建物を建築し、人を動くようにしたものをゲームとして売り出したもの” ということを知りかたで見た。

SimCity は実際にプレーしていた。一方、CL は実況プレーの配信を見るだけだった。はじめてみたとき、SimCity の進化したものという印象をもった。筆者のパソコンでは実行できそうもなく、実行できるようにパソコンを更新しても、ゲームに時間をとられ、本誌の原稿ができなくなりそうで、とりあえず断念した。大学受験の際、数学か建築にするか少し悩んだが、大学院に受からなければ、高校の教師にでもなればいいのかと思い、数学にした。ということで、シミュレーション・ゲームをするかもしれない。

ゲームでは人や車など色々なものが動いている。人の動きでは、背景的なものと、格闘シーンのような個人の動作がクローズ・アップされるものがある。戦闘シーンでは、両者を適宜きりかえられれば更に効果は増す。

このように、シミュレーション・ゲームは並列処理の格好の実験対象と考えている。

数値計算において、その基本は行列計算に帰着することと思っている。もっとも、“並列処理はうまくプログラムを組めなければ、かえって遅くなる”ということを知った。この内容は殆ど理解できていない。

講義中でも“ゲームがコンピュータを進化させる”と言っていた。また、“ゲームは並列処理を実験する格好の舞台である”ともいった。ゲームは失敗しても代金返済程度ですみ、営業補償をする櫃余はない。

並列処理の OS の開発はどうなっているのか。

任天堂のところで、‘開発支援ツール’を準備したと述べた。最近、プラッ

トフォームという言葉を知る。

OS の外に新たなシステムができつつあるかもしれない。

CS はオープンアーキテクチャで進化したと思っていたが、実際はよく解らない。

Wikipedia「オープンアーキテクチャ」

オープンアーキテクチャとは、主にコンピュータなどの分野で、設計や仕様などの全部または一部を、オープンにしたアーキテクチャのこと。その範囲や公開の程度は多様であり議論も存在する。

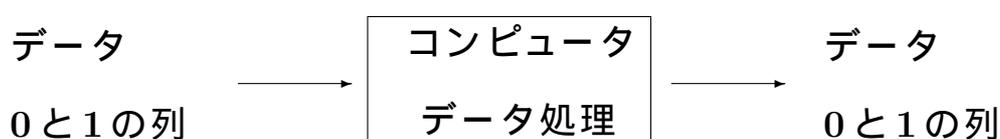
オープンアーキテクチャの代表例には、IBM PC およびその派生である PC/AT 互換機や、Unix、Linux などがあり、多くのベンダーが参入した。IBM PC の場合は、基本的な回路図や BIOS を公開した結果、ソフトウェアとハードウェアの莫大な資産を生み出して市場形成に成功し、マイクロソフトにソフトウェアの巨大企業となるチャンスをもたらした。

他には、オープンソースソフトウェア、オープンソースハードウェア、デファクトスタンダード、プロプライエタリソフトウェアなどの用語がある。

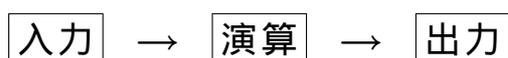
4.4 外からのコンピュータ (使用者から見た)

“コンピュータ、ソフトが無ければただの箱” と言われている。もっとも、かなり安くはなったが、それでも高価であり、かっして‘ただ’ではない。また、箱も中の見えないブラック・ボックスである。

コンピュータの基本は

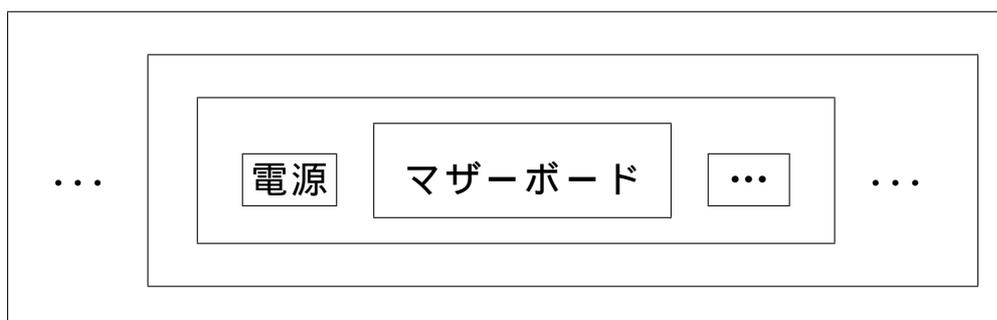


あるいは、簡単にすれば



と述べてきた。箱の中を見るのは横蓋を外すことできる。箱の置き方も、初期は横置きで、上にモニタを置くのが一般的であった。モニタが大きくなるとともに、パソコン縦型にして横に置くか、パソコンを机下に置くようになった。

箱の中は幾つかの箱が見られる。



電源 **マザーボード** を囲む枠が実際のコンピュータの箱である。

この外の枠は仮想的な(目に見えない)枠である。内側は OS で、外側の枠はアプリケーション・ソフトである。

ここでは、筆者の体験から、各種の機器やアプリケーション・ソフトについての感想を挙げていくことにする。

箱の中の機器

マザーボード： CPU とメモリはソケットにつけられている。メモリソケットは空きがある場合と埋まったいる場合がある。両者とも交換可能である。また、CPU には冷却措置が付いている。

電源装置： (ケースを除いて) 一番重い機器か。

冷却ファン： 最近は複数個が装着されていることもある。

SSD・ハード・ディスク： 最初のパソコンは、フロッピー・ディスクであった。2つのドライブがあり、A ドライブにシステムディスク、B ドライブにデータディスクを差し込んで使用した。当時のハード・ディスクの価格は 20MB で 20 万を超えていた。現在は、SSD が主流となっている。大容量のデータ保存を必要とする人が、単価的には安い TB 越えのハード・ディスクを補助ドライブとしていると思われる。

グラフィック・ボード： 一時期、オンボードビデを標準として、グラフィック・ボードをオプションでしたものを購入した。これは、全てが機

能していれば、無駄ともいえ、いづれなくなるだろうと思っている。

入出力ソケット群： デスクトップパソコンでは背面に、ノートパソコンでは左右の側面に幾つかのソケットが並んでいる。これらには次のソケットがある。イーサネット、(複数の) モニタ、複数の USB、オーディオ。また、切りかけのある丸い形のキーボードとマウス用のソケットも備えられているものもあるが、これらは、USB に置き換えられている。

大容量の USB メモリには厚みがあるものも多い。前面に USB ソケットを設けているものもある。これが複数で、間隔の広いものならば便利と思う。

補助ディスク： デスクトップでは、起動ドライブには SSD を、データ保存や使用頻度の少ないプログラム・ファイルを大容量のハードディスクとするのがいいと思われる。

箱の外の機器

最低限必要なものとしては、入力装置としての**キーボード**と出力装置としての**モニター**である。Windows の使用では、**マウス**も必需品となった。

光磁気ディスク (CD、DVD など)： アプリケーション・ソフトの多くは DVD で供給されている。

プリンター： 1家に1台は必需品と考える。

最初のプリンタは、15インチのコンピュータ用紙を用いるものであった。これは、A4 用紙と 11インチのコンピュータ用紙に対応するものに替え

た。ただし、用紙に合わせて装置を交換することが必要であった。機能的にはラインプリンタ(文字列を垂れ流すもの)で、文字をドットで印字するものである。

その後、デジタルコピー機にプリンタ機能を追加したものと、単独のレーザ・プリンタと、インク・ジェット・プリンタが登場した。

現在では、個人的使用ではインク・ジェット、同一文書の複数部印刷ではレーザ・プリンタを使用するのが一般的である。

写真のプリント・アウトには、顔料系のインクを用いたインク・ジェット・プリンタと写真用の用紙との組み合わせと考えている。

スピーカー：音楽をバックグラウンドとして聞く(ながら族といった気がする)には、必需品である。画質的には、720p がデジタル放送、1080p がハイビジョン放送に相当する。音質についても同じと思っているが確認できていない。バックグラウンドとしてはそんなに良いスピーカーは必要なく、最小限は音割れがしなければよい。普及品のテレビの音質程度が基準か。

カメラ・マイク：テレビ会議を行うには、この2つも必需品となる。

デジタル・カメラも、情報の観点からは、画像情報・映像情報を得るための装置といえる。

トラック・ボール：玉を転がすことによりカーソルを移動させる道具である。置くことができれば使用できるため、開けた場所を準備する必要がない。画像処理のためには必需品となる。

スタティック・メモリー (USB、SD、CF) : 情報 (画像・映像・文書) の保存に用いられる。保存された器が小さければ持ち運び手段ともなる。

ハードディスク : 現状では、大容量のデータ保存ではハードディスクに頼らざるを得ない。

脱着式のハードディスクがかってオプションにあった気がする。本格的な RAID システムでなくとも、脱着式ハードディスクを複数個並べただけのものでも、大量の映像データを抱えた人には便利ではないか。少なくとも、 $2 \times (\text{個数} - 1)$ 本の線が節約できる。

スキャナー : 紙に書かれたものを pdf ファイルや png ファイルに変換する。コピー機で、印刷する代わりにファイルとして保存するともいえる。

細長い光を発している部品を読み取り装置と呼ぶことにする。ガラス板の上に下向きに紙を置き、下を読み取り装置が動くものと、読み取り装置を固定し紙が動くものがある。エプソンは前者をフラットベッド後者をドキュメントスキャナと呼んでいるようだ。

無線ルーター : ノートパソコンでは無線 LAN の送受信ができるようになっている。ローカル LAN のホスト・パソコンに繋ぐことになる。

以下は特殊な用途である。

プロジェクター : 映画のようにスクリーンに投影する装置である。移動が可能な据え置き型と吊り下げ方がある。講義室には後者と吊り下げ式収納スクリーンが設置されるようになった。また、プロジェクタまたは

大型の液晶パネルと音響設備を整えホーム・シアターとする人もいる。

平面インパクト・ドット・プリンタ：封筒は厚みがあり、曲げにくい。封筒や複写式の書類に印字する・

フィルム・スキャナー：ネガやポジのフィルムから画像ファイルを作成する。

アプリケーション・ソフト

Web ブラウザ：Web ページを見るのに用いる。

メーラー：E-メールの送受信に用いる。

ワード・プロセッサ：PC9801+一太郎で5割ほどのシェアを占めたことがあったが、現在ではマイクロソフト・ワードに取って代わった。

表計算ソフト：集計用紙を電子化したものである。巻数を用いることにより、かなりの統計処理ができる。

ここまでに機能をまとめて、マイクロソフト・オフィスとして販売されている。パワーポイント

あて名書き：標語的には年賀状を書くソフト’である。情動的には、‘住所録データに’宛名印刷機能を付加したものといえる。

図形処理（お絵かき）：本誌に投稿した原稿に添付した地図への書き込みや写真の編集には、フリーソフトの Fire Alppaka を用いた。一部のモ

ニタ画面の取り込みは Windows 付属のマイクロソフト・ペイントを用いた。ペイントで済む範囲ならばペイントで済ます方が軽快で良い。一般的には、Adobe のフォトショップやイラストレータが有名であるが高い。

映像処理 (ビデオ編集) : これは Web で知ったことだが、どうも相当なパソコンのスペックが必要なソフトのようだ。

数式処理 : 数式処理ソフトとは、“文字式の計算ができるソフト”である。“ハワイ大学の宇宙物理学者が、観測は夜のため、昼間の時間に面倒な摂動計算をさせるために開発した。”という記事を読んだ記憶があり、今回角にしようとしたが確認できなかった。

エディタ : プログラム作成に用いる。emacs 標準的であったと思っている。ワープロより動作も警戒であり、文章の作成はエディタでし、装飾が必要なときにワープロを使う人もいる。実際文字入力に関してはエディタのほうが便利である。

記憶媒体

持ち運び手段としては、記憶媒体を持ち運ぶしかない。パソコンの出現前は、磁器テープと8インチフロッピー・ディスクであった。磁器テープの幅は1インチであった。これは映画フィルムと同じで、その容器(アルミ製のアタッシュ・ケース)が用いられた。

パソコンの出現とともに、5インチ・フロッピー・ディスクが考案され、続いて(ソニーにより)3.5インチ・フロッピー・ディスクが開発された。ケー

スあるいは専用ファイルに入れた3.5インチ・フロッピー・ディスクはカバンに入れて持ち運びができた。さらに、2インチ・フロッピー・ディスクも発売されたが、普及しなかった。

磁気テープは、カセット・テープは音の保存媒体として、かなりの期間標準となった。また、映像の保存には VHS が標準となったが、ベータも生き残っていた。これらは、アナログ処理のまでであった。

以下は顔見世程度である。

波形データのデジタル化は Denon (日本コロムビア) の PCM 録音により為された。この記憶媒体は磁気テープであり、簡易版として、DAT (Digital Audio Tape) が商品化された。

一方、DAT の延長で CD (Compact Disc、5インチ) が開発され、普及した。さらに、CD ROM も追加された。

また、MOディスク (Magneto Optical Disc) や MD (Mini Disc、2インチ)、DVD も世に出た。

4.5 情報・計算・通信 年表

4000BC 頃	新石器時代の原文字から各種の文字体系が進化
1320BC 頃	ヌビア金山図 (現存最古の地図)
670BC 頃	ニネヴェ図書館
331BC	アレクサンドリア市建設
105	蔡倫 紙の改良発明
???	(印刷機)
1617	(英) J. ネーピア”ラウドロキア”の中で機械的計算機 (ネーピアの獅子) を記述
1632	(英) William Oughtred 計算尺発明
1642	(仏) パスカルが加算器を発明 (19 才) 収税吏の父のため
1666	(英) S. モーラント加算機・乗算機
1671	(独) ライプニッツが改良をし加減乗除をできるようにしたが技術的に 無理であったらしい)(ライプニッツの歯車)
1687	(英) ニュートン プリンキピア
1801	(仏) Joseph M. Jacquard ジャックカード式織機開発
1820 頃	ライプニッツの原理による計算機械 … シャルル・グザヴィエ・トマ・ド ・コルマル、アリスモメータ
1837	(米) Samuel Morse 電信機発明
1800 年代後半	(英) チャールズ・バベッジ、エイダ・バイロン・ラブレイス … 解析機関 (Ada はエイダによる)
1858	大西洋横断ケーブル完成
1868	1月3日 政復古の大本令 10月23日 明治改元
1876	(米) アレクサンダー・グラハム・ベル 同調式電話機
1887	キーボードを用いた加算器 ドール・ユージン・フェルト

- 1896 (米) ハーマン・ホレリス パンチ・カード・システムの機械の生産
(伊) Guglielmo Marconi 無線電信完成
- 1906 (米) リー・ド・ドレスト 3極真空管
- 1912 大正改元
- 1921 (チェコ) チャペック (?) 戯曲ロツサムの万能ロボット
- 1923 電動タイプライター ノース・イースト・アプライアンス社
- 1926 昭和改元
- 1930 クルト・ゲーデル ‘不完全性定理’
- 1931 ヴァネヴァー・ブッシュ 微分解析機 アナログ計算機
- 1936 アラン・マシソン・チューリング ‘計算可能な数 - ”決定問題” に対する応用
- 1937 クロード・シャノン (MIT の修士論文)
- 1940 ジョージ・R・スティビッツ 継電器を用いた複素数計算機
- 1945 ノイマン ‘電子計算機の理論設計序説’
- 1946 (米) ENIAC 完成
- 1947 (米) transistor (ベル研バーディーン、ブライテン、ショックレー)
- 1948 (米) クロード・シャノン ‘情報の数学的理論’
ノーバート・ウィーナー ‘サイバネティックス’
日米国際電話開通
- 1949 (英) EDSAC 水銀遅延線
- 1950 (米) UNIVAC I 世界最初の商用コンピューター
- 1952 (米) IBM-701 科学技術計算用大型
- 1953 (米) IBM-702 商業計算用大型
- 1956 (米) FORTRAN
- 以後は (国名) を省略する。
- 1958 TI IC 開発

1960 ALGOL、COBOL、LISP
 DEC PDP-1
 1964 BASIC
 新幹線
 IBM System/36
 1965 みどりの窓口
 1968 original PASCAL
 The Art of Computer Programming 第1巻
 1969 UNIX
 ARPANET
 1970 Prolog
 1971 Reduce
 Intel4004 (ビジコン社、電卓戦争)
 1972 Intel 8008、翌年に 8080
 1973 Unix を C で
 Ethernet
 1973-1975 TCP/IP
 1976 Smalltalk-76; CP/M (インテル 8080)
 APPLE-I
 東芝 TLCS-12、NEC TK-80
 1977 DEC VAX-11/780
 1978 タイトー ”インベーダーゲーム”
 1979 PC8001
 1981 S. Wolfram が SMP(Mathematica の前身) を C で作成
 PC8801、MS-DOS、IBM PC、PC-DOS (MS-DOS 1.25)、CP/M-86
 1982 NEC PC9801

- 1983 Apple Lisa
(日) ファミコン(任天堂)の発売
IBM PC/XT
- 1984 Macintosh(Lisaの下位バージョン)
(米) プライバシー法、自分に関する記録を見たり訂正する権利(政府データに関して)
- 1985 (日) 著作権法改正
一太郎
V30搭載PC9801(U、VF、VM)
- 1986 (西独) コンピュータによる身分証明書とパスポートの発行を認める法律、個人情報保護の法律
- 1987 コンピュータ・ソフトウェアの法的保護に関する国際シンポジウム、東京
- 1988 (米) S. Wolfram らが Mathematica を作成
- 1989 平成改元
東芝 dynabook
- 1990 任天堂スーパーファミコン
- 1991 PC-9801NC (TFTカラーLCD)
MPEG-1 動画デジタル信号圧縮規格
- 1992 Windows 3.1 (日本語版は翌年)
- 1993 Pentium
不正競争防止法
- 1994 Concrete Mathematics
- 1995 Java
Windows95
- 1997 情報化の推進に対応した初等中等教育における情報教育の推進等に関する調査研究協力者会議第1次報告
- 1998 教育課程審議会答申

1999	不正アクセス禁止法 (不正アクセス行為の禁止等に関する法律) 公布
2000 以前	大学に情報免許課程
2000	電子署名法 (電子署名及び認証業務に関する法律) 公布
2001	IT 基本法 (高度情報通信ネットワーク社会形成基本法) 電子契約法 (電子消費者契約及び電子承諾通知に関する民法の特例に関する法律) 公布
2002	特定電子メール法 (特定電子メールの送信の適正化等に関する法律) 公布
2003	高等学校に教科「情報」が新設 個人情報保護法 制定
2014	サイバーセキュリティ基本法 公布
2021	デジタル社会形成基本法 公布

(上で、完成と販売の確認はしていない。したがって、1年程の差はあり得る。)

サイバーセキュリティ基本法