

送りこんで計算させるようにしている。

また、計算機の大型化、高性能化も最近とくに著しい。たとえば「数理科学」1969年2月号によればCDC社が最近発表したCDC 7600 システムはアクセス・タイム27.5ナノ秒（1ナノ秒は 10^{-9} 秒）でIBM 7090の約1/100、記憶容量は小コア・メモリ（SCM）65K、大コアメモリ（LCM）512Kに達する。この計算機は本年1月に米国原子力委員会のローレンス放射線研究所に設置された。

2 最近の電子計算機開発状況と将来への構想

吉 村 賢 謙（東芝・応用技術課）

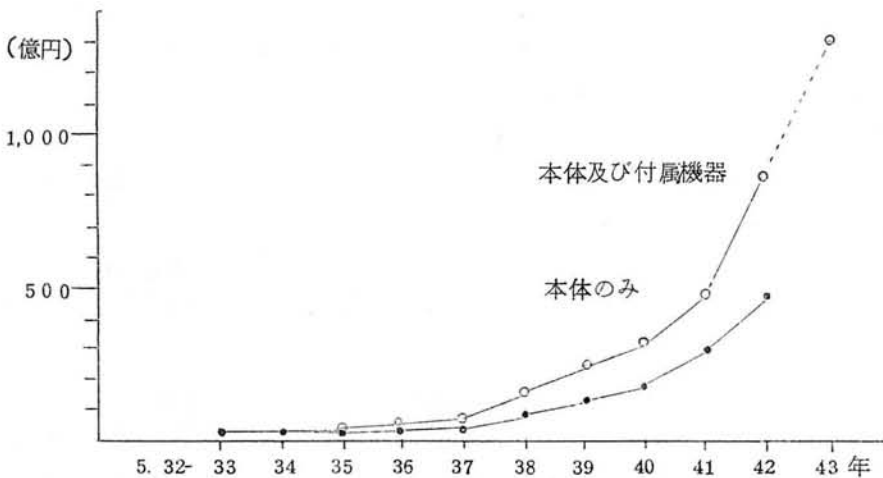
1 電子計算機とその現状

世界最初の電子計算機は、1948年に米国ペンシルバニア大学でつくられたENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator) であり、以来急速な発展を遂げて今日に至つた。

電子計算機にはデジタル形とアナログ形があり、これらを組合わせたものをハイブリッド形という。

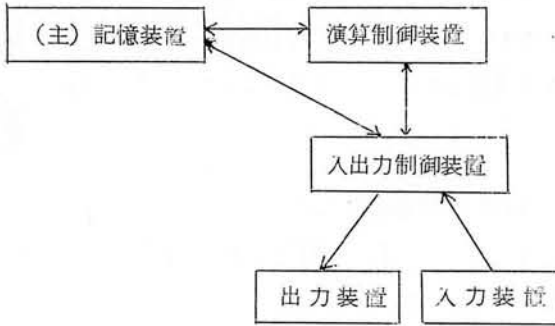
通常われわれが単に電子計算機と言うと、それはデジタル形電子計算機を意味し、世の中で使用されているものの大部分はデジタル形である。ここでは、デジタル形電子計算機について述べる。

第1図に最近10年間のわが国における電子計算機の生産高の推移を示す。



第1図 日本の電子計算機の生産高推移

1-1 ハードウェア …… 電子計算機の金物自体をハードウェアと称し、これを使い為の利
用技術をソフトウェアとよんでいる。電子計算機は下図に示すように大きく分けて記憶装
置、演算制御装置、入出力制御装置、出力装置及び入力装置の5つの部分より構成される。



第2図 電子計算機の基本的構成

- ・ (主) 記憶装置 …… 命令や数値データを一時的に貯わえるところで、必要により読ま
したり、消したりあるいは、記憶装置の中の別の任意の場所へ書
替えたりする。その速度はメモリサイクルと言われ、電子計算機
の演算速度を高める為の有力なポイントの一つである。記憶素子
としては、コアメモリが最も多く使われている。
- ・ 演算制御装置 …… 所謂本体(CPU)とよばれる部分で、電子計算機を構成する他
の部分に命令を与えて、必要な計算を進める。演算制御ロジック、
レジスタより構成され、回路素子はトランジスタ又はICが使用
されている。
- ・ 入出力制御装置 …… 演算制御装置より命令を受けて、入出力装置を動作させ、主記憶
装置との間のデータ転送を制御する部分で下記の3種類がある。
優先度制御ユニット(データチャンネル)…ワード単位の転送
コンソール入出力制御ユニット(コンソールチャンネル)…キャラクタ単位の転送
直接入出力制御装置(DACチャンネル)…TOSBAC独自のチャンネルでデータ転送に
プログラムの制御を受けない。
- ・ 入/出力装置 …… プログラム、データを入出力するための部分で、磁気テープ装置
(MT)、ラインプリンタ装置(LP)、カードリーダー(CR)、
ディスクバック装置(MK)、磁気ドラム装置(MD)、ディス
プレイ装置(CRT)、カードパンチ(CP)、光学的文字、マー

ク読取装置 ($\bar{O}CR \bar{O}MR$)、紙テープ読取、さんこり紙 (PTR、PTP)、X-Yプロッタ (CPL)、ドラフト、ドラフトリーダー、ライトペン付ディスプレイ装置及びオンライン用としてA/D、D/Aコンバータ装置などがある。

尚、電子計算機の大、中、小形の分類は、一般に演算速度と主記憶装置の大きさによつて分けられる。

1-2 ソフトウェア

ハードウェア (電子計算機) を使用して所定の目的を遂行するための所謂利用技術である。言語としては、次の2種類があり、この言語によつて電子計算機の動作の手順を示したものをプログラム、プログラムを作ることをプログラミングという。

- (イ) アセンブラ言語 …… 機械語 (数字による表示) を 数字に置き換えた命令言語で、コンパイラによる場合よりも計算機のを速くできる。
- (ロ) コンパイラ …… 人間が通常用いる言語を 文字によつて表わし、機械語と1対nで対応させた言語で、代表的なものとして、FORTRAN、ALGOL、COBOL がある。

第1表 A+Bのコーディング例

コンパイラ	アセンブラ	機 械 語
A + B	LD (Load)	4 0
	AD (Add)	5 0
	ST (Store)	4 4

FORTRAN言語による $\sum_{i=1}^{20} (a_i + b_i)$ のコーディング例

```

C      REIDAI
      DIMENSION A (20), B (20)
      S = 0
      READ (5, 100) A, B
      DO 200 I = 1, 20
200 S = R + A (I) + B (I)
      WRITE (6, 300) S
100 FORMAT (16F5.1)
300 FORMAT (1H1, 6XF10.1)
      STOP
      END
  
```

- ・ゼネレータおよび応用プログラム…… アセンブラ、コンパイラを用いて、目的別に作成したプログラム、言語体形をそれぞれ応用プログラム、ゼネレータと称し、代表的なものを下記に示す。

DYANA	(Dynamic Analyzer) 機械工学関係プログラム
SIMSCRIPT ...	シミュレーション言語
STAT	統計解析プログラム
FRAN	建築関係プログラム
APT	数値制御 (NC) 用言語
IR	情報検索
CAD	自動設計
LP	最適化問題
PERT.....	(Program Evaluation and Review Technique)
GIFS.....	化学計算プログラム
FORECASTER ...	予測プログラム

2. 電子計算機の開発状況

電子計算機の開発としては、①システム、②ハードウェア、③ソフトウェアの3つの流れがあり、互いに関連し合い乍ら強力にすすめられている。以下、上記3部門に分けて簡単にのべる。

2-1 システム

第3世代の電子計算機システム開発の特徴としては、下記の6点をあげることができる。

- (イ) 互換性 …… 互換性の方法としてはワンマシンの概念があり、IBM 360シリーズ、TOSBAC-3400、TOSBAC-5400 では、各モデルでプログラム、データ、入出力装置を共通に使用できるようになっている。これらのマシンをファミリーマシンなどと称している。

又異なるメーカーのマシン同志のプログラム互換性は、マイクロ・プログラムによるシミュレーションの方法と、プログラムの書き換えを電子計算機で行なう方法などによつて実現された。

- (ロ) 記憶装置の階層化 …… 各種速度の記憶装置を組合わせて利用することは、より少ないコストで高いスループットを得るための方法である。ページアドレスもその代表的方法の一つでIBM 360/67、GE 645などで実現されているが、現時点では問題が多く、日本ではまだ研究の段階である→レジスタメモリ、主記憶装置、ドラム、ディスク、磁気カード、テープ
- (ハ) 多重プログラムと多重処理 …… 割込みを利用した多重プログラム処理は、今や標準の技術になつており、ハードウェア機能にもそれを前提として記憶保護、

プログラムのリロケーション、多重レベルの割込機能などを採用している。

多重処理技術は現在開発中であるが、多重プロセッサが可能な電子計算機として、IBM360/67 GE645, TOSBAC-3400/41 などがある。

初期の多重プロセッサ・システムはmaster-slave に別れて動作する方式であつたが、現在はすべてのプロセッサを平等に扱い、どのプロセッサが切離されてもその分だけ処理能力をダウンするのみで運転を継続する failsoftあるいは graceful-degradationシステムが主流になろうとしている。

(二) ハードウェアとソフトウェアのインターフェース

初期の電子計算機は hardware orientedであつたが、応用分野の拡大に伴つて、ハードウェアに基本的な機能を持たせ、ソフトウェアによつてシステムの管理を行なうようになつた。

その為、能率の低下が問題になり出しており例えばタイムシェアリング・システムなどではソフトウェア（オペレーティング・システム＝OS）の介在による Overhead-lossが90%にも達するといわれる。これを解決する手段としてハードウェアの機能を強化して、現在ソフトウェアで実現されている部分のあるものは、ハードウェア化してゆくことが考えられている。

(ホ) マン・マシン・インターフェース

オペレーションに不慣れな素人でも電子計算機にアプローチするのは、今や必要不可欠なことで、高度なマン・マシン・インターフェースと共に容易に使用できる端末が開発されつつある。

その代表的なものは、OCR、図形入出力装置、漢字入出力装置などである。

(ヘ) システムの処理形態

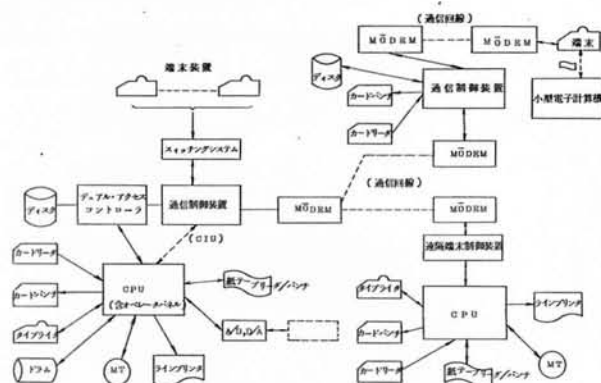
システムの処理形態としては下記の3つがあり、従来ほとんどがバッチ処理であつた。

- ・ バッチ処理
- ・ オンライン・リアルタイム処理
- ・ タイム・シェアリングシステム

最近オンライン・リアルタイム及びタイム・シェアリングシステムが急増しているが、その技術はまだ完全に確立されているとは言えない。各方面では、その開発に多くの資金、人員を投入している。

又バッチ処理にしても、新しい形態として、センタの電子計算機を遠隔の端末から起動できるリモート・バッチ処理が行なわれるようになってきた。

第3図に電子計算機システムの一例を示す。このシステムは極めて大規模なシステムで、タイム・シェアリング・リモートバッチ及びオンライン・リアルタイム機能のすべてを有している。



第3図 電子計算機システムの一例

2-2 ハードウェア

2-2-1 電子計算機性能の推移

ハードウェアの性能は、メモリサイクル、演算速度に象徴されており、それらの推移を第2表に示す。尚、1970年以降はいわゆる第4世代の電子計算機で、その予想を示した。

第2表 電子計算機性能の推移

項目 \ 年度	1960	1965	1970	1975
(n) 加算時間(除アクセスタイム)	4,000	800	8	1
(n) メモリサイクル	4,000	500	10	30
(\$) コアメモリ1ビット当り価格	0.85	0.20	0.1~0.05	0.005
(\$) 1万命令当りの価格	0.005~0.001	0.002~0.0005	0.0005~0.0001	0.00001

2-2-2 ハードウェア開発の傾向

第3世代の電子計算機の前期はほとんど、回路素子にトランジスタ・ダイオードを、メモリとしてはコアを使用している。後期に入つてそれぞれIC、磁性薄膜が出現し、最近は回路素子として大部分ICを使うようになっており、更にLSI(高密度IC)などが開発されつつあり、一部実用を開始した。これらの基礎技術を背景とした、ハー

ドウェアの開発の傾向をあげれば下記のようになる。

- ・超大型機の開発・外国機の例を第3表に示す。(従来国産電子計算機としては主として中形機が生産されている。
- ・ #小 # ……1万ドルコンピュータ
- ・附属装置 # ……OCR、OMR、標準入出力装置、特殊端末装置

2-3 ソフトウェア

ハードウェアが大形化し、速度が大きくなるに従い、これを支えるソフトウェアも益々大形化し、かつ使い易くするため、メーカ、ユーザ共下記のソフトウェア開発を行なっている。

- ・コンパイラの開発…PL/I など
- ・オペレーティング・システム (OS) の開発…オンライン・リアル・タイム・シェアリング・リモートバッチ用 OS
- ・応用プログラムの開発…問題向の言語とディスプレイ言語、TSS用語

3 電子計算機の利用方法

3-1 電子計算機の果す役割… 情報処理上の使用区分についてみると、下記の3点に分けることができる(除経営事務)

- ・データ収集 ……オンライン・リアルタイム
- ・編集、処理、ファイル
- ・検索、ファイル

3-2 設置電子計算機の利用区分

- ・計算センタの利用区分 …… オープンショップ、クローズドショップ、セミオープン
- ・汎用電子計算機の設置 …… 共同利用、オンライン使用
- ・特殊 # # …… 制御用など

3-3 海洋開発における電子計算機の利用

海洋開発における電子計算機の利用として当面考えられるのは、①船舶の自動航法、②海洋気象データの収集と解析 ③海流、水産資源分布データの収集と統計 ④海底鉱物資源の探鉱 ⑤波浪解析 ⑥海底地図の作成などである。

海洋開発はいわゆるビッグサイエンスと言われ、膨大なデータを扱うので、電子計算機の活躍する場面が多いと思われる。

- 空白…… 不明
 ○ …… 機能なし
 × …… 機能あり
 ◎ …… 機能あり強力
 △ …… 弱体

第3表 大型電子計算機の開発状況

(外国機)

	今後の機種		既発表機種					
	1970年代初期の大型機	大型プロセクト	GE-635 1108	UNIVAC 6800	CDC 6600	IBM 360/85	IBM 360/75	
平均レンタル 百万円/月			1.6	2.3	4.6	3.0		2.9
1号機設置年		1975	1964	1965	1967	1964	1968	1966
バッチ処理	プログラムを計算センターなどにまとめて処理を行う	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
タイムシェアリング	通信回線を理用することで遠方のタイプライター等から数人が同時に計算機を使う	◎ ◎	○ ◎	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
リアルタイム処理	データが発生すると同時にそれに対して処理をする(通信制御装置として別途)	○ ○	△ △	◎ ◎	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
記憶容量 KW		524	262	262	131	131	1048	262
ベースワード(W) バイト(B) キャラクタ(C)	情報の記憶単位とするもの		W	W	W	W	B	B
記憶素子		スタック メモリ採用	CM	CM	CM	CM	CM	CM
メモリアルタイム	メモリサイクルタイム μs	0.05 0.1	1.0	0.75	0.25	0.5	10	0.4
命令の種類			182	151	64	64	150	143
ミックス	計算機の性能を比較するため種々の命令の速さの重み付きの平均	0.1	2.08	1.66	0.08	0.6	0.32	1.16
遠想メモリ	情報内容によつて呼び出しを行う	◎ ○	× ×	× ×	× ×	× ×	× ×	× ×
バルクメモリ	大容量記憶装置・主メモリよりアクセスに時間がかかるがダイレクトアクセスのとき	4×10 ⁶ 1 μs	× ×	× ×	× ×	× ×	× ×	2097×4 8 μs
チャンネル数	入出力装置などと継ぎデータの転送を行う通路の数	512	16	16	12	12	(MXC) (SCH)	(MXC) (SCH) 6(SCH)
ドラム(容量)	(アクセスmA)	250 MB 1 MW 7	47 MC 17	262 KW 4.25	4 MC 17	4 MC 17	4 MB 8.6	4 MB 8.6
ディスク容量)	(アクセスmA)	1,000 MB 300 MB 80 100	100 MC 225		201 MC 70	201 MC 70	207 MC 75	209 MC 75
磁気テープ	(BPI)(KB/A)	3000 3250 300 300	800 120 800 96	1600 240	1600 240	1600 240	1600 120	1600 120
診断機能	計算機内の故障を容易に早く見付ける機能	◎ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
マルチプロセッシング	1つの計算機システム内にメモリ等を共用する2つ以上のプロセッサが同時に働く	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
マルチプログラミング	1つの計算機システム内で二つ以上のプログラムを同時に処理させる	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
マルチタスク	1つのプログラム内で仕事を分けて同時に処理を行う。その為早く結果を得る事が期待しうる	○ ○	○ ○	× ×	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
ファイルシステム	情報等の保管取り出し等を容易にする。大型機によればより一層の充実が必要	◎ ◎	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
FORTRAN	科学技術用の問題を記述するのに適した言語	○ ○	○ ○	◎ ◎	◎ ◎	◎ ◎	○ ○	○ ○
CÖBÖL	事務用の問題を記述するのに適した言語	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
ALGÖL	科学技術用の問題を記述するのに適した言語、言語利用者は限られている	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	× ×	× ×
PL/1	IBMによつて開発されたものであらゆる面の問題を記述するのに適した言語	◎ ◎	× ×	× ×	× ×	× ×	◎ ◎	◎ ◎
アプリケーションプログラム	一定の目的に使用されるプログラムでこれを充実させることは利用者にとつて魅力	◎ ×	○ ○	○ ○	◎ ◎	◎ ◎	○ ○	◎ ◎