

# 14 コンピュータ発展の歴史

## 14-1 計算機が生まれるまで

B.C.600頃 (バビロニア, 中国) 数を表す文字

12世紀

アラビア数字の普及

インドで発明されアラビア人によってヨーロッパに伝わった。

13世紀 (中国)

そろばん

16世紀

計算尺

} 計算器 (calculator)

## 14-2 歯車式計算機

1642年 B.Pascal(仏) 加算機

1694年 G.W.Leibniz(独) 四則演算機

平方根の計算もできる。

1820年 トーマス(仏) 四則演算機の商品化

1823年 C.Babbage(英) **階差機関** (Difference Engine) を設計

対数計算用の計算機械。計算手順を機械的に覚え、それによって計算を自動的に進める機構を備えていた。1854年に完成。

1833年 C.Babbage(英) **解析機関** (Analytical Engine) を構想

ジャカールの発明した模様織り織機のパンチカードからヒントを得て考案した(歯車式)汎用デジタル計算機で、未完成。貯蔵部(store)と演算部(mill)から成り、計算手順とデータをパンチカードで入力して自動的に計算する機構を持っており、現在の計算機の基本概念をほとんど備えていると言われている。

## 14-3 カード式計算機

1799年 J.-M.Jacquard(仏) ジャカール機械の発明

パンチカードで機械の動作を制御することによって複雑な模様織りの工程も簡単に操作できる自動織機。

1889年 H.Hollerith(米) パンチカード式統計作表機の開発

1890年の国勢調査に採用され威力を発揮した。ここで使われたパンチカードは当時の1ドル紙幣の大きさで、現在使われているカードはこれを横に3/4インチ伸ばしたものである。

1896年 H.Hollerith(米) Tabulating Machine社を設立

後に **IBM** 社に発展。

## 14-4 電子計算機

ここでは、**使われ方を基**にコンピュータの発展過程を**幾つかの世代**に分けて考える。

### 第0世代(黎明期):

1936年 A.Turing(英) **チューリング機械**の概念を発表

現在の計算機の数学的モデル。

1937年 H.H.Aiken(米Harvard大)&IBM社

大型リレー式計算機 **Harvard Mark I** の開発に着手

世界最初的高速計算機で1944年に完成。リレーは制御電流により電気回路の開閉を機械的に行う動接触部品であるので、これは電子計算機ではない。

1939年 アタナソフ&ベリー(米Iowa大) **電子的に加減算を行う計算機**

真空管を用いた演算機構, **2進法**の計算, コンデンサを用いた動的な記憶回路。

1940年 N.Wiener(米) **電子計算機の基本構想**を提唱

例えば2進法の採用など。

## 第1世代(商用化が始まった時期;計算処理):

一部の専門家が機械語, アセンブラ語等を用いて主に科学技術計算を行った時代で、文字に対する配慮が不十分であった。

論理素子(演算部)...	真空管	(1904年に発明されている。 動作時間は10m秒~1μ秒(i.e. $10^{-2} \sim 10^{-6}$ 秒))
記憶素子(主記憶)...	超音波水銀遅延線, 静電管	(, 磁気ドラム)

1943年 J.P.Eckert&J.W.Mauchly(米Pennsylvania大)  
大型電子計算機**ENIAC**の開発に着手

長い間、これが世界最初の電子計算機として認識されていた。1946年に完成。18000本の真空管と1500個のリレーが使われ、重さ30t, 消費電力150kWであった。10桁の10進固定小数点方式で数値を記憶し、5000回/秒の加減算, 357回/秒の乗算, 166回/秒の除算が出来た。当時としては驚異的な計算速度(Harvard Mark Iの約1000倍)を持ち、約10年間米国陸軍で弾道計算に使われた。しかし、配電盤上に配線を行ってプログラム(i.e. 計算手順)を与える方式であった。この方式と真空管の寿命の短さのために、2週間の内で実際に計算のためにENIACが稼働したのは2時間位であり、修理と配線にほとんどの時間が費やされたと言われている。

1945年 J.von Neumann(米) プログラム内蔵方式を提唱

プログラム(i.e. 処理手順)を記憶装置中に格納する方式で、ノイマン型ともいう。この方式では、データと全く同様にプログラムを加工できる。

1946年 米Pennsylvania大(J.P.EckertとJ.W.Mauchlyは去っている)  
プログラム内蔵方式, 2進法を採用した電子計算機EDVAC  
の開発に着手

1952年に完成。データとプログラムを記憶するために超音波水銀遅延線(1024語)が採用され、3000本の真空管が使われた。EDSACが1949年に完成したため、世界最初のプログラム内蔵方式の計算機にはならなかった。

1947年 M.V.Wilkes(英Cambridge大)

プログラム内蔵方式, 2進法を採用した電子計算機**EDSAC**  
の開発に着手

世界で最初に動作したプログラム内蔵方式の計算機で、1949年に完成。ここでは、負数を表すために2の補数表示が採用され、浮動小数点演算はインタープリタで実現された。主記憶に超音波水銀遅延線を採用して真空管の個数を減らすなど、アーキテクチャはEDVACに類似しているが、このプロジェクトを通してソフトウェアに関する重要な概念が数多く見い出され、プログラム内蔵方式の採用によってもたらされるプログラミングの柔軟性・可能性が具体的に示された。例えば、サブルーチンとサブルーチンリンクの標準化、一般利用者に有用なプログラムをライブラリプログラムとして提供、システムプログラムの原典となった初期入カルーチン(initial order; プログラムを記憶装置の中に入れるための長さ40語のプログラム)、など。

1947年 H.H.Goldstein&J.von Neumann(米)

**流れ図**(flowchart)の使用を提案

1950年 J.W.Forrester(米MIT), J.A.Rajchman(米RCA, 1~2年後に  
独立に)

**磁気コア記憶**を発明

外形0.5~2mm程度のドーナツ状に整形されたフェライト素子であり、磁化方向により2つの安定した状態のいずれかを記憶する。1970年代始めまで主記憶の代表素子として使用された。

1951年 Computer and Control Co.(J.P.EckertとJ.W.Mauchlyの

作った会社)

商用大型計算機 UNIVAC I を発売

世界最初の商用計算機で、米国の国勢調査のために 1950 年に開発が始まった。事務処理用に設計されたため文字処理機能も備え、数を内部表現するために 10 進法が採用された。内部記憶としては容量 1000 語の超音波水銀遅延線を備え、外部記憶として磁気テープ装置の接続が可能になっている。Computer and Control Co. は後に Remington Rand 社に買収されて Remington Rand Univac となり、更にこれが UNIVAC, SPERRY, UNISYS へと変わっていった。

1952年 IBM社(米) 商用計算機IBM701を発表

世界最初の蓄積プログラム型商用計算機。

1953年 H.Grosch(米) **グロッシュの法則**を提唱

計算機の性能は価格の 2 乗に比例するという経験則。同じ計算機複数台よりもそれら全ての性能を合わせ持った 1 台の計算機の方が価格が安くなることから、処理の集中化が進んだ。しかし、この法則が有効なのは 1970 年代頃までであり、最近では製造技術の進歩によりこの法則は成立しなくなった。

1953年 Remington Rand社(米)

磁気コア記憶を使用した UNIVAC1103 を発表

1953年 IBM社(米) IBM650 シリーズを発表

世界最初の量産型計算機で、1948 年に開発が始まった。IBM 社としては最初のプログラム内蔵方式の計算機で、数の内部表現に 10 進法が採用された。主記憶として磁気ドラムが標準装備され、後に磁気テープ、磁気ディスク、端末の付加が可能となった。

1953年 MIT(米) 最初の**高速実時間計算機** Whirlwind が完成

1954年 J.Backus他(米IBM社)

# プログラミング言語 FORTRAN I の設計・開発に着手

世界で最初に実用化された高水準言語であり、1957 年に IBM704 上に処理系 (コンパイラ) が完成した。科学技術計算で、名称は FORmula TRANslation に由来する。

1955 年 J.McCarthy(米MIT)

“**Artificial Intelligence(人工知能)**” という言葉を用いる

1956 年 岡崎文次(富士フィルム工業)

日本で最初の電子計算機 Fujic を完成

レンズの光軸計算を高速化するために 1949 年に研究が始まった。2 進法で計算され、記憶部に超音波水銀遅延線が使われた。

## 第2世代 (普及期; データ処理):

計算機を制御／監視するソフトウェア (モニタと呼ばれた) が開発され、**運転の自動化**が進んだ。色々な**プログラミング言語**の普及・発展によって一部の計算機専門家以外にも計算機が使える様になり、**科学技術計算**だけでなく**事務処理**も行われる様になった。周辺装置としては**磁気テープ装置**が主流。また、入出力を含めたシステム全体の効率的使用も考えられた。例えば、演算処理と入出力処理を並行に動作させるために**入出力チャンネル**が使われる様になった。

論理素子 (演算部) … トランジスタ		(1948 年に発明されている。 動作時間は $1\mu$ 秒 ~ $10n$ 秒 (i.e. $10^{-6} \sim 10^{-8}$ 秒))
記憶部	主記憶 … 磁気コア	
	補助記憶 … 磁気ドラム (, 磁気ディスク)	
	外部記憶 … 磁気テープ	

1957年 Sperry Rand 社 (米)

USSC (UNIVAC Solid-State Computer) を発表

1958年 J. McCarthy (米) プログラミング言語 **LISP** を開発

処理系は 1960 年に試作された。名称は L1St Processor に由来する。



## 1958年 米軍 航空管制システム **SAGE** の稼働開始

1950 年に開発が始まったシステムで、オンライン実時間システムの基本例となった。名称は Semi Automatic Ground Environment に由来する。

1959年 IBM社(米) IBM7090

科学技術計算用

1959年 C.Strachey&J.McCarthy(米MIT)

## 時分割処理システムの基本概念を提唱

多くの利用者が通信回線で接続された端末から同時に計算機を対話形式で利用する形態で、TSS(Time Sharing System)と略記される。

1960年 DEC社(米) 初のミニコンピュータ PDP-1 を開発

1960年 UNIVAC社(米) UNIVAC LARC

1960年 IBM社(米) STRETCH

UNIVAC との技術開発競争の結果誕生した計算機で、その開発は 1956 年に始まった。開発プロジェクトの設計目標は、当時の科学計算用大型計算機 IBM704 の 100 倍の性能、汎用化の追求 (当時は科学計算用と事務計算用の計算機を別々に開発・出荷しており、この 2 種類を統合することは利用者側にも開発者側にも利点が多いと考えた)、の 2 点であった。超高性能化のために、計算機アーキテクチャの革新、多重プログラミングの実現が図られた。多重プログラミング (Multiprogramming) は 2 つ以上のプログラムを同時に主記憶に入れそれらのプログラムを交互に走らせることによって計算機内の資源の有効利用を図る技法であり、1950 年代の終わりに Honeywell 社の H800 システム用の ARGUS オペレーティングシステムに始まる。

1960年 IFIP プログラミング言語 **ALGOL60** を制定

手続き的なアルゴリズムの記述に適した高水準言語で、構文記述にバックス記法 (BNF) を用いて言語仕様を明確に規定した最初の言語。IFIP は International Federation for Information Processing の略称。

## 1960年 CODASYL(米) プログラミング言語 **COBOL60**を開発

英文に近い形で事務処理プログラムが書けることを目指した言語で、名称は COmmon Business Oriented Language に由来する。CODASYLは COnference on DAta SYstems Languages の略称。

## 1961年 G.Gordon(米IBM社) プログラミング言語 GPSSを開発

離散システム, 特に待ち行列型システムをシミュレーションするための言語で、名称は General Purpose Simulation System に由来する。

## 1961年 MITのMACプロジェクト(米) 時分割処理システムCTSSの開発に着手

30 端末をサポートし、これによって TSS の概念が確立された。ただ、ここでは多重プログラミングを行わずに、サービスを一定時間受けたが入出力待ちになったプログラムを主記憶から追い出し次にサービスするプログラムを主記憶にロードする、という方式をとった。MAC プロジェクトの名称は Machine Aided Cognition と Multi Access Computer System の 2 つの略。

## 1962年 IBM社(米) BCDIC符号を定義

Binary Coded Decimal Interchange Code の略。

## 1962年 T.M.Kilburn(英)

**仮想記憶** (Virtual Memory) の概念を発表し、英 Manchester 大の ATLAS 計算機(1959)にページングによる仮想記憶機構を導入

計算機アーキテクチャの提供する論理的 (仮想的) アドレス空間を実際の主記憶のアドレス空間から分離して独立に考えることによって、主記憶領域を大きく見せかける記憶管理方式。

# 1963年 ASA(American Standard Association) ASCII符号を制定

American national Standard Code for Information Interchange の略称。

# 1963年 IBM社(米) EBCDIC符号を定義

Extended Binary Coded Decimal Interchange Code の略。BCDIC 符号 (6 ビット) を 8 ビットに拡張したもの。

### 第3世代(普及・発展期;汎用処理):

バッチ処理(i.e.一括処理)だけでなく実時間処理や時分割処理などにも対応できる汎用オペレーティングシステムが提供される様になり、座席予約、銀行の預金管理、在庫管理、工場のFA化などの本格的情報処理が可能になったため計算機の利用範囲が一段と広がった。主記憶としては低価格・大容量の磁気コア記憶が使用可能になり、補助記憶としては磁気ディスクや磁気ドラムが標準的に用いられる様になった。

論理素子(演算部)・・・IC	(集積回路(Integrated Circuit)の略称。トランジスタや抵抗などの回路素子を数十～数百個集めて5mm平方位の(シリコン)チップ内に納めたもの。動作時間は50n秒～1n秒(i.e. $5 \times 10^{-8} \sim 10^{-9}$ 秒))
記憶部	主記憶・・・磁気コア 補助記憶・・・磁気ドラム, 磁気ディスク 外部記憶・・・磁気テープ

1964年 IBM社(米) 汎用計算機**IBM System 360シリーズ**を発表

事務計算, 科学計算, シミュレーションなど, あらゆる問題に対処できることを目指して開発された。小型から大型まで10種以上のモデルが1つのアーキテクチャ/命令セットで統一された最初のファミリーマシンであり、利用者の要望に合致し一世を風靡した。

1964年 アメリカン航空 (オンライン実時間)座席予約システム**SABRE**によるサービスを開始

約 1100 の端末から 4 万人分の座席予約を行うシステムで、その名称は Semi Automatic Business environment RE-search に由来する。

1964 年 日本国有鉄道 (オンライン実時間)座席予約システムMARS101  
によるサービスを開始

1964 年 D.J.Farber(米 AT&T ベル研)  
文字列処理用のプログラミング言語 SNOBOL を開発

1964 年 Dartmouth 大(米) 時分割処理システムが実用化される

1964 年 SRI(米) マウスを開発

1965 年 J.G.Kemeny&T.E.Kurtz(米 Dartmouth 大)  
対話型プログラミング言語 BASIC を発表

TSS 環境下で文科系学生対象の計算機教育を目的として設計。名称は Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code の略。

1965 年 DEC 社(米) 初の量産ミニコンピュータ PDP-8 を発表

4K 語の主記憶と入出力装置としてテレタイプがついて 1 万ドルという (当時としては) 破格の値段。特殊な装置をつないで自動的にデータを収集させたり、装置を直接制御させて化学プラントのプロセスオートメーションを図ったりという、(汎用機ではできない) 小回りの利く使い方を求める利用者の支持を受け、工場や研究機関で爆発的に使われた。

1965 年 IBM 社(米) プログラミング言語 PL/I を発表

1965 年 MIT の MAC プロジェクト(米) 仮想記憶を本格的に採用した  
時分割処理システム MULTICS の構想 を発表

利用効率の向上が第一の時代に利用者へのサービスを中心に考え、セグメンテーション方式とページング方式を組み合わせることによって仮想記憶を実用化したシステムであり、その名称は MULTiplexed Information and Computing Service に由来する。この TSS システムは多重プログラミング、仮想記憶、ファイルシステムの設計思想、プロセスの概念、共同利用の際の記憶保護の徹底など、重要な考え方を多く含み、以後の計算機システムに多大な影響を与えた。例えば、このプロジェクトに参加した AR&T ベル研究所は MULTICS が余りにも大規模な汎用 TSS になった反省として 1969 年に UNIX 初版を生み出した。—結局、汎用大型 TSS にアプローチしたその設計思想は優れたものであったが、当時のハードウェア技術からすると先進的すぎたのである。

1965 年 IBM 社(米) 汎用オペレーティングシステム **OS/360** を発表

System 360 シリーズ用に磁気ディスクをベースに設計・開発され、1966 年に最初の版が利用可能になった。OS/360 は当初バッチ処理と実時間処理用の OS であったが、その後時分割処理用の機能がオプションとして追加されるなど、それまでと比べて機能も規模も格段に大きなものとなった。

1965 年 A.C.Hearn(米 Utah 大)

**汎用数式処理システム REDUCE** を開発

1965 年 J.Lederberg&E.A.Feigenbaum(米 Stanford 大)

**エキスパートシステム DENDRAL** の開発に着手

有機化合物の構造を決定するためのシステムで、1970 年代の始めに完成。この研究をきっかけとしてエキスパートシステムの開発、知識工学 (Knowledge Engineering) という研究分野が開けていった。

1965 年 三井銀行 日本初の **オンラインバンキングシステム** を実用化

1966 年 Automatic Language Processing Advisory Committee(米)

## 機械翻訳に関する報告書 (ALPAC 報告書) を公表

米国科学アカデミーが 1964 年に組織した委員会において、アメリカの機械翻訳に関する現状と今後の研究援助の方向を様々な角度から分析したもの。この報告書によって機械翻訳は計算言語学の研究に転換すべきであることが示唆され、それまでの 10 年間に渡って 2000 万ドル以上の研究開発費を投じて行われていたアメリカの機械翻訳の研究・開発は中止された。

1967年 S.Papert(米 MIT) プログラミング言語 LOGO を開発

(子供が概念を習得する過程をとらえた) 発生的認識論に基づいて心のモデルを計算機上に実現するために考案された言語であり、教育現場では LOGO を使った教育方法の開拓も行われていた。

1968年 E.W.Dijkstra(蘭) GoTo 文有害論

構造化プログラミング

1968年 N.Wirth(スイス Federal Institute of Technology, ETH)  
プログラミング言語 Pascal を設計・開発

手続的なアルゴリズム記述に適した高水準言語で、ALGOL60 の実質的な後継言語。系統的プログラミング (教育) の容易さ、計算効率の良さ、処理系の作り易さなどに重点をおいて設計されたため、データ構造が豊富で構造化プログラミングに適している。(i.e. アルゴリズムを自然に分かり易く記述する能力を持つ。)

1968年 日本 郵便番号制度を実施

1969年 C.A.R.Hoare(英)

プログラム証明法, 公理的意味論に関するホーア論理を提案

1969年 K.L.Thompson&D.M.Ritchie(米 AT&T ベル研)

TSS 用のオペレーティングシステム UNIX の開発に着手

MIT, GE, ベル研が共同で開発を進めた MULTICS が余りにも大規模な汎用 TSS になった反省から生まれた、柔軟性が高く使い勝手の良い TSS 用の (小型) OS。MULTICS の影響が強く出ている。その開発経過は次の通り。1969 年、初版をミニコン PDP-7 上に開発。1971 年、ミニコン PDP-11 に移植 (第 2 版)。1972 年、C 言語とそのコンパイラを開発。1973 年、C 言語を用いて UNIX を全面的に書き換え (第 5 版)。1975 年頃から (第 6 版) 原始コードが外部の大学や研究所にも配布されるようになった。1980 年、California 大でスーパーミニコン VAX 用にバークレー版 4.1 が開発される。1983 年、AT&T が UNIX System V を発表。

1969 年 米国 世界初の研究機関間ネットワーク ARPAnet の運用を開始

国防総省高等研究計画局 (Advanced Research Projects Agency) の支援の下に構築が進められたのでこの名がある。

1969 年 IBM 社 (米) IBM System 360 モデル 85

初めてキャッシュ記憶が採用された計算機。

1970 年 E.F.Codd (米 IBM 社) 関係データベースの概念を提唱

1970 年 DEC 社 ミニコンピュータ PDP-11/20 を発表



### 第3.5世代(高度利用期;総合的情報処理):

仮想記憶の実用化, データベース技術の発展・普及, 計算機同士の結合技術の進展により、計算機の利用は高度化／多様化してきた。また、相互利用を目的とした計算機ネットワークが構築され始めた。

論理素子 (演算部) ... LSI		(大規模集積回路 (Large Scale Integration) の略称。回路素子を千～数万個集めて 5mm 平方位の (シリコン) チップ内に納めたもの。動作時間は 10n 秒～数百 p 秒 (i.e. $10^{-8} \sim 10^{-9}$ 秒))
記憶部	主記憶 ... IC	
	補助記憶 ... 磁気ドラム, 磁気ディスク	
	外部記憶 ... 磁気テープ	

1970年 IBM社(米) 汎用計算機IBM System 370シリーズを発表

System 360シリーズの後継機種であり、汎用機市場でのIBM社の地位を不動のものにした。System 370用の汎用OSとしては、1970年にSVSが、1972年にVM/370が、1974年にMVSが、1983年にMVS/XAが用意された。

1970年 Hawaii大(米) ALOHAネットワークが稼働

ハワイ諸島を無線で結ぶ計算機ネットワークで、Ethernet発想の原点。

1971年 N.Wirth(スイスETH)

段階的詳細化によるプログラム作成法を提唱

構造化プログラミングに関する先駆的論文を発表。

1971年 Intel社(米) 4ビット **マイクロプロセッサ i4004** を開発

日本企業の要請を受け、計算機の中核である中央処理装置の部分 (i.e. 演算部) を電卓用に LSI 化したもの。

1972年 A.C.Kay(米 Xerox社 Palo Alto研)

**オブジェクト指向言語 Smalltalk** の設計に着手

優れたマンマシンインターフェースの実現を目指して設計されたプログラミング言語。最初のシステム Smalltalk-72 以来 2 年毎に新しいシステムが開発され、Smalltalk-80 になって初めて公開された。

1972年 D.M.Ritchie(米 AT&Tベル研) **プログラミング言語 C** を開発

ミニコン PDP-11 上に開発されていた UNIX オペレーティングシステム (アセンブリ言語で記述されていた) を高水準言語で書き換えるために設計された言語。構造的プログラミングのための道具立ても揃っているため科学技術計算のための汎用言語として使うこともできるが、Pascal の様にプログラミング教育を目的に設計された訳でなく、またデータの取扱いに関して低水準言語の性格を持っているため、専門家向けのシステム記述言語という色彩が強い。

1972年 A.Colmerauer 他 (仏 Marseilles 大)

**論理型プログラミング言語 Prolog** の処理系を初めて開発

FORTRAN で記述されたインタープリタが開発された。Prolog は元々自然言語処理のために作られた言語であり、その名前は PROgramming in LOGic に由来する。R.A.Kowalski の論文 (1974) で記号論理との関係が明らかにされて以来、論理型プログラミング言語として人工知能分野の研究・開発に広く使用される様になった。

1973年 Xerox社 Palo Alto研(米) **革新的な計算機 Alto** を開発

**ビットマップディスプレイ、マウス、ネットワーク機能**を有し、その後のワークステーションの原型となった。

1973年 I.Nassi&B.Shneiderman

流れ図に代わるプログラム図式としてNSチャートを提案

1973年 Intel社(米) 8ビットマイクロプロセッサi8080を発表

1974年 G.Kildall(米Digital Research社) パソコン用OSのCP/Mを開発

i8080をCPUに持つパーソナルコンピュータ用のOSで、その名前は Control Program for Microprocessor に由来する。

1974年 K.L.Thompson&D.M.Ritchie(米AT&Tベル研)

TSS用のオペレーティングシステムUNIXを発表

1974年 日本 大学間ネットワーク N-1ネットワークの開発が始まる

異機種間の研究用広域計算機ネットワークであり、1987年の時点約150台の大学の計算機がつながっていた。

1974年 R.A.Kowalski(英Edinburgh大)

論理型プログラミングを提唱

1974年 E.H.Shortliffe他(米Stanford大)

医療診断用エキスパートシステムMYCINを完成

代表的なエキスパートシステムの1つで、血液感染症、髄膜炎の診断、抗生物質の投与を助言する。1970年に開発が始まった。

1975年 W.Gates(米) パソコン用Basicインタープリタを開発しMicro Soft社を設立

Harvard 大に入学中の 19 歳。

## 1975 年 R.M.Metcalfe&D.R.Boggs(米 Xerox 社) ローカルエリアネットワーク **Ethernet** を開発

同軸ケーブルをデータ伝送媒体に用いた直列バス型 LAN の製品名。1980 年に Xerox 社,DEC 社,Intel 社が共同で改良型を開発。

## 1975 年 Cray Research 社 商用 **スーパーコンピュータ Cray-1** を発表

坂さん出て超高速の処理能力を持つ計算機を一般にスーパーコンピュータと呼ぶ。普通は超高速を実現するために (パイプライン方式や多重プロセッサ方式の) 並列処理を行う。Cray-1 の場合は、ベクトル型データをパイプライン方式で並列処理するように設計され、ピーク性能は 160MFLOPS(mega floating-point operations per second)。1991 年末にはピーク性能が 1TFLOPS(tera —) のスーパーコンピュータ (CM-5, 米 Thinking Machines 社) も出現した。

## 1976 年 日本科学技術情報センター (JICST) オンライン文献検索システム JOIS-I によるサービスを開始

科学技術文献情報に関するオンライン検索システムで、その名称は JICST Online Information System の略。

## 1977 年 Apple 社(米) **パソコン** Apple II を発表

現在のパソコンの原型。

## 1977 年 J.Backus(米 IBM 社) 関数型言語 **FP** を提唱

関数の定義と関数適用の組み合わせによってプログラムを記述するタイプの言語を一般に **関数型言語** という。FP の他に純 LISP や Miranda, ML 等が有名。

## 1977 年 E.A.Feigenbaum(米 Stanford 大)

知識工学の名称を初めて用いる

1977年 N.Wirth(スイスETH)

汎用システム記述言語Modula-2の設計に着手

1979年に完成。

1977年 W.N.Joy(米California大Berkley校)

バークレー版UNIXを開発

1982年 Sun Microsystems 社の設立に加わる。

1977年 DEC社(米)

初のスーパーミニコンピュータVAX-11/780を発表

1978年 東芝 日本初の日本語ワープロを製品化

1978年 Intel社(米) 16ビットマイクロプロセッサi8086を発表

1978年 日本規格協会 漢字JIS符号を制定

1978年 D.E.Knuth(米Stanford大) 文書整形システムT<sub>E</sub>Xを発表

## 第4世代(小型化,通信との融合が始まった時期;知識処理,分散処理):

いつから第4世代とするかについては共通の認識が得られていない。集積回路技術の進歩により計算機ハードウェアの小型化,低価格化,大容量化が進み、**パーソナルコンピュータ**やワークステーションが個人レベルにまで普及し始めた。そして、事務の**OA化**, **人工知能の応用システム**の普及を始めとして計算機が社会のあらゆる面に大きな影響を及ぼす様になった。処理形態としては、様々な計算機を通信回線などで有機的に結合して情報処理を行う、いわゆる**分散処理**が浸透してきた。

論理素子 (演算部) ...VLSI		(超大規模集積回路 (Very Large Scale Integration) の略称。回路素子を数万~数十万個集めて 5mm 平方位の (シリコン) チップ内に納めたもの。動作時間は数百 p 秒~数十 p 秒 (i.e. $10^{-9}$ ~ $10^{-10}$ 秒?))
記憶部	主記憶	...LSI, VLSI
	補助記憶	...磁気ディスク
	外部記憶	...磁気テープ

1979年 IBM社(米) IBM4300シリーズを発表

1979年 二村良彦 他(日立製作所) **PAD**の使用を提案

流れ図に代わってアルゴリズムを系統的に記述するための道具であり、その名前は Problem Analysis Diagram の略。

1979年 日本電気 8ビットパソコンPC-8001を発表

1979年 W.van Melle他(米Stanford大)

エキスパートシステム構築ツールEMYCINを開発

医療診断用エキスパートシステム MYCIN から専門知識を除外して得られたソフトウェア機構であり、MYCIN と同等の知識表現機構、推論機構を持つ。E は empty の意。

1979年 ブリックリン(米)

最初の表計算ソフトウェアVISICALCを発表

Apple II 用。

1980年 IBM社(米) IBM308Xシリーズを発表

1980年 J.Ichbiah他(米) 汎用高水準言語Adaを設計・開発

ソフトウェア費用(特に、古いソフトウェアの保守)の増大に対処するために米国国防総省(DOD)の主導で開発された。元々、組み込み型計算機(i.e. 武器, 航空機, 船舶, ミサイルなどの電子機械システムに組み込まれた計算機)に入れる制御用ソフトウェア開発のための統一言語である。AdaはPascalを基礎に設計されたが、その目標である高信頼性プログラミング、保守容易性、効率、プログラムの読み易さを実現するために様々な機能(e.g. モジュール化, 並行処理, 例外処理)を備えた汎用プログラミング言語となった。また、その名前はC.Babbageの解析機関のプログラムについて考察して史上最初のプログラマとなったAda Augusta (Lovelace 伯爵夫人で詩人 Byron の娘)に因んで付けられた。

1981年 W.Gates(米Micro Soft社)

パソコン用OSのMS-DOSを開発

Intel社16ビットマイクロプロセッサi8088をCPUに持つIBM PC用に開発した。IBM PC用はPC-DOSと呼ばれた。

1981年 W.D.Hillis(米MIT) コネクションマシン構想を発表

1981年 Sun Microsystems社(米) ワークステーション Sun を発表

1981年 IBM社(米) パーソナルコンピュータ IBM PC を発表

1982年 日本電気 16ビットパソコン PC-9800 を発表

1982年 通産省(日本) 第五世代計算機プロジェクトを発足

10年計画で、ノイマン型(i.e. プログラム内蔵方式)に代わる新しい方式の計算機の開発を目指す。このために作られた研究組織が新世代コンピュータ技術開発機構(Intisute for new generation COmputer Technology, 通称 ICOT)。

1982年 J.J.Hopfield(米 California 工科大)

相互結合型ニューラルネットワークのモデルを発表

古典的連想モデルにエネルギー関数を導入してニューロコンピュータの研究が盛んになるきっかけを作った。(久間&中山,1992)

1983年 S.E.Fahlman,G.E.Hinton&T.J.Sejnowski

ボルツマン機械を提案

確率的な動作をする相互結合型ニューラルネットワークのモデル。

1983年 B.Stroustrup(米 AT&T ベル研)

汎用のオブジェクト指向プログラミング言語 C++ を開発

オブジェクト指向プログラミングができる様に、C 言語を拡張したもの。

1983年 新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT, 日本)

世界最初の逐次型推論マシン PSI を発表



20MB の主記憶, 1200×912 の 17 インチディスプレイ, 38MB×2 台の固定ディスク装置を持ち、サイクルタイム 200n 秒 (i.e.  $2 \times 10^{-7}$  秒), 30KLIPS (Logical Instruction Per Second) で処理を行う。DEC-10 Prolog を拡張した言語 KL-0 が機械語に相当する。

1983年 カポー&ザックス(米) 表計算ソフトウェア Lotus1-2-3 を発表

1984年 Apple社(米) パソコン Macintosh を発売

1984年 日本 研究者用計算機ネットワーク JUNET の運用開始

Japan Unix NETwork の略称。

1984年 坂村健(東大) TRON プロジェクト を発足

The Realtime Operating-system Nucleus の略称。

1985年 日本 プログラムの著作権を保護するため著作権法を改正

1985年 J.J.Hopfield(米 California 工科大)&D.W.Tank(米 AT&T ベル研)

最適化問題を Hopfield ネットワーク を使って解く方法を提案

Hopfield ネットワークを簡単なアナログ電子回路で実現し、この電子回路モデルを用いて巡回セールスマン問題を具体的に解いた。

1985年 ジャストシステム社 日本語ワープロソフト 太郎 を発表

1985年 Sun Microsystems社(米) NFS (Network File System)

1986年 日本 データベースの著作権を保護するため著作権法を改正

1986年 D.E.Rumelhart(米California大), G.E.Hinton(米CMU)&R.J.

多層神経回路網モデルに対して誤差逆伝搬学習法を提案

多層神経回路網モデルはパーセプトロン(1958, 3層)を一般化したもの。この学習法はパーセプトロンの限界を突破するために考案され、音声認識、文字認識、ロボット制御を始め様々な応用分野において盛んに用いられている。D.E.Rumelhart は心理学者。

1986年 MIT(米) X-Windowシステムを開発

1987年 Microsoft社&IBM社(米) パソコン用OSのOS/2を開発

多重タスキングが可能。

1988年 NeXT社(米) ワークステーションNeXTを発表

Apple社を創設し、Apple I, Apple II, Macintosh の設計・開発に深く関わった S.P.Jobs が設立した会社。

## 第5世代(インターネット時代, 大衆化):

1988年 日本 **WIDEプロジェクト**発足

日本でも TCP/IP プロトコルに基づいたネットワークの運用が始まった。

1989年 ARPAnet が NSFNET に吸収される

NSFNET は元々全米 5 箇所のスーパーコンピュータを接続するために、政府の全米科学財団 (National Science Foundation, NSF) が 1986 年に発足させたネットワーク。その後、NSFNET は NREN (National Research and Education Network) に再編され、全米情報スーパーハイウェイの一翼を担うもの<sup>になった</sup>。

1991年 Linus Torvalds(フィンランド) 無償提供の MINIX クローン

1992年 Linus Torvalds(フィンランド) **Linux0.12**

これ以降様々な人達が Linux の開発に参加

1992年 MicroSoft 社(米) Windows3.1

1992年 **Internet Society** 発足

インターネット技術の進歩や利用に関する国際的な協力・標準化を推し進めるために作られた学会

1992年 Tim Berners-Lee(欧州共同原子核研究機関 CERN, スイス)  
**WWW(World Wide Web)** を発表

1993年 日本 WIDE とパソコン通信との電子メール接続、WIDE と商用プロバイダの相互接続

1993年 NCSA(National Center for Supercomputing Applications,  
University of Illinois at Urbana-Champaign )  
X Window System版 **Web ブラウザ** Mosaic 1.0

WWW の爆発的な成長をもたらした記念碑的な Web ブラウザ。後の Netscape Navigator へと繋がる。

1995年 MicroSoft 社(米) Windows95

1998年 MicroSoft 社(米) Windows98

## 14-5 記憶素子の進歩

IC	}	...	トランジスタ等の半導体素子 を多数集めて5mm平方 位の(シリコン)チップに納 めたもの
LSI			
VLSI			

### 集積度:

IC	...	数十～ 数百個の素子
LSI	...	千～ 数万個
VLSI	...	数万～ 数十万個

### 集積することの利点:

- |                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| ①計算機を置く場所が小さくてすむ | ⇒ | 記憶容量の増大   |
| ②素子間の距離が短くなる     | ⇒ | 計算速度が速くなる |
| ③消費電力が小さくなる      | ⇒ | 発熱量も小さくなる |
| ④計算機の信頼度が向上      |   |           |

## 14-6 OS 発展の流れ

オペレーティングシステムはハードウェア技術,ハードウェア価格,時代の要請に大きな影響を受けながら発展してきた。

- FORTRANの開発による利用者の増加 ⇨ OSの必要性
- 1960年代半ば頃までのICのない時代
  - ⇒ CPUの有効利用がOSの最重要課題
- ハードウェアが高価だった1970年代半ば頃まで
  - ⇒ 計算能力を集中化しシステム全体を有効利用することが重要
- ハードウェア価格の低下
  - ⇒ 計算能力を分散化し
  - 利用者に快適な使用環境を提供することが重要
- CPUの有効利用のための最も有効な手段となっている多重プログラミングも、そのアイデアの出された1950年代半ばにはハードウェア技術不足のために成功には至らず、磁気ディスクの様な大容量ランダムアクセス(補助)記憶装置が出現する1960年頃まで実現されなかった。

OS発展のこれまでの歴史は 次の5つの時期に分けることができる。

- 第1期 … OSなしの時代,
- 第2期 … 専用機と専用OSの時代,
- 第3期 … 汎用機と汎用OSによる集中処理の時代,
- 第4期 … 分散型システムと分散型OSの時代
- 第5期 … 通信・マルチメディアの時代

⇒ それぞれ次の様な時代であった。

## (第1期:~ 1959)OSなしの時代:

OS発展の最初の芽は1949年に稼働した史上初のプログラム内蔵型計算機EDSAC(英国Cambridge大学,M.V.Wilkes)に見ることができる。

**EDSAC**は記号を用いて記述されたプログラムを読み込みそれを機械語に変換しながら主記憶内に蓄えるための**初期入力ルーチン**を備えていた。これは、たった40語のプログラムであったが、利用者の作ったプログラムと裸の計算機ハードウェアとのギャップを埋めるために開発された歴としたシステムプログラムである。

その後、

商用の計算機として**UNIVAC I(1951),IBM701(1952)**が現れたが、ここでは「利用者はそれぞれ計算機の利用可能な時間帯が割り当てられ、その時間になると自分自身で自由に計算機を操作する」というオープンショップの利用形態がとられていた。

⇒ **クローズドショップ**に利用形態が変更された。



## (第2期:1955~ 1965) 専用機と専用OSの時代:

この時代まで計算機は科学用と事務用の2つに分かれており、同一の会社の製品でもそれぞれ異なる系列のアーキテクチャを持っていた。

OSも当然各々のアーキテクチャを反映したものになったが、それ以上にOSの性格を決めたのは計算機の(固定された)利用形態であった。実際、

{ クローズドショップ処理(特にバッチによる処理形態),  
 オンラインリアルタイム処理,  
 タイムシェアリング処理

という3つの処理形態に専用のOSがそれぞれ開発され発展していった。

⇒ この時代には3つのほぼ独立したOS発展の流れができた。

クローズド処理用OS発展の流れ⇒ジョブ, バッチ処理の概念

オンラインリアルタイム処理用OS発展の流れ

⇒多重プログラミング, タスク, データ通信の概念

タイムシェアリング処理用OS発展の流れ

⇒(タスクの)スケジューリング, 仮想記憶, 記憶保護の概念

## クローズドショップ処理用 OS は

「操作の自動化による**計算機システム利用の効率化**」を目指した。その結果、**ジョブ**の概念が生まれ**バッチ処理**という運用形態になったのであった。この時代に開発された OS の主なものを列挙すると次の様になる。

- **IBM701 モニタ**

世界最初の OS。1955 年にゼネラルモーターズ (general Motors) がノースアメリカン航空会社 (North American Aviation Inc.) と共同で IBM701 用に開発した。

- **FORTRAN II モニタ**

1959 年にノースアメリカン航空会社が IBM704 上の FORTRAN ジョブ専用を開発した。

- **SOS (SHARE Operating System)**

1960 年頃に SHARE というユーザ団体が IBM7090 用に開発した。使用できる言語は SCAT (SHARE Compiler and Assembler Translator) と呼ばれるマクロアセンブリ言語のみであった。SHARE (Society for Handling Avoid Repetitional Effort) は IBM 科学計算用大型計算機のユーザ団体で、Boeing Aircraft 社, Lockheed Space and Missile 社, Rand 社 (第二次世界大戦時に OR の分野で米空軍に協力していたグループ), McDonnell Douglas 社などが属していた。

- **IBSYS/IBJOB**

1962 年 (稼働は 1964 年?) に IBM 社が IBM7090/7094, 7040/7044 用に開発した OS であり、主記憶にその一部が常駐される基本モニタ IBSYS とジョブ管理を行うジョブモニタ IBJOB から成る。IBJOB は IBSYS のサブシステムであり、FORTRAN, COBOL, アセンブリ言語といった複数言語によるプログラミングを可能にするために、その下にコンパイラやアセンブラを持っていた。

## オンラインリアルタイム処理用のOSは

多数の通信回線からの入力を同時に (実際には、時分割の様に) 処理しなければならないので、このOSの発展の流れの中からは**多重プログラミング**や**タスク**, **データ通信**といった概念が生まれた。この時期に開発されたオンラインシステムには次の様なものがある。

- **SAGE**(Semi-Automatic Ground Environment)

1950年に開発が始まり1958年に稼働開始した米軍用戦闘指令システムであり、多くの点でオンラインリアルタイムシステムの基本となった。中央の計算機FSQ/7と精巧なレーダ、更にこれらを結びリアルタイム通信システムから構成される。レーダは常時北アメリカ大陸全土の上空の状態を調べ、これらのデータを基に中央の計算機は空中戦闘を指揮するために必要なデータを2.5秒おきに要員に与える様になっている。SAGEではサイクル処理が基本で、あるサイクル内に入力されたデータは次のサイクルで処理される様になっている。当然1サイクルの大きさは十分余裕をもってとられ、CPUの処理能力も常に処理量を上回る様にしている。

- **MERCURY** 計画用システム

MERCURY計画は米国(NASA)最初の人工衛星計画で、人間を宇宙へ送り出そうとするものである。世界中17地点とケープカナベラル(現ケープケネディ)発射場で観測を行い、これらのデータを基に中央の2重(duplex)のIBM7090が「Goか否か」、「逆噴射ロケットの点火時点」を管制官に示す様になっていた。このシステムでは処理能力を越える入力が一時的にあっても、それに対処できる様に多重プログラミングが行われた。[しかし、システム内の(タスクでなく)プログラムを並行処理するタイプの多重プログラミングであったので、このシステムでは仮に外部からの2つのメッセージがシステム内の同一のプログラムの実行を要求したとしても、これら2つのメッセージは並行して処理できなかった。]

- **SABRE**(Semi-Automatic Business environment REsearch)

約10年の歳月を費やしてアメリカンエアライン社が開発した世界最初の大がかりな座席予約システムであり、1964年にサービスを開始した。約1100台の端末機が中央の計算機IBM7090につながり、これで約4万人分の座席予約ができる様になっていた。このシステムではMERCURY計画用システムで同一プログラムに対する要求が並行処理されない点を改善している。すなわち、各端末からの個々の要求を基にタスクを生成しこれらのタスクを並行処理するタイプの多重プログラミング(いわゆる多重タスク処理)を行っている。

## タイムシェアリング処理は

元々「人間と計算機とで協力して問題解決を行うためには?」ということから考え出された利用形態であり、このためのOS発展の流れの中からはタスクのスケジューリングアルゴリズム、仮想計算機といった概念が生まれた。この時期に開発されたタイムシェアリングシステム (TSS)/TSS 用プログラミング言語には次の様なものがある。

### ● CTSS(Compatible Time Shared System)

バッチ処理はマンマシンコミュニケーションの欠如のために計算機を用いた教育、人工知能の研究には向かない。バッチ処理に対するこの様な反省、あるいは「計算機と人間がもっと緊密に協力して問題を解く形式で計算機を使用したい」という願望から、MIT(Massachusetts Institute of Technology) は 1961 年に MAC(Machine Aided Cognition/Multiple Access Computer) プロジェクトを発足させた。「人工知能の父」といわれる John McCarthy も参加したこの MAC プロジェクトは SAGE の成果を多く取り入れ、タイムシェアリングシステムの研究・開発を行った。その第 1 段階として作られたのが CTSS である。CTSS は IBM7094(主記憶を通常の 7090 の 2 倍の 64K 語 (36 ビット) に特別使用で拡張したもの) をベースに開発され、最大 30 人の同時利用者を対象に 1964 年から会話型処理のサービスを開始した。そして、このシステムは拡張性の高さにより使用言語が次々と付け加えられていった。[ただ、ここでは多重プログラミングを行わずに、サービスを一定時間受けたが入出力待ちになったプログラムを主記憶から追い出し次にサービスするプログラムを主記憶にロードする、という方式をとっていた。]

### ● JOSS(JOHNIAC Open Shop System)

1963 年 Rand 社は JOHNIAC(1953 頃, John von Neumann に因んで名付けられた) という計算機上に小規模の TSS を開発した。このシステムは 8 台のタイプライタ端末に対して卓上計算機と汎用計算機の間程度度のサービスを提供した。プログラムは JOSS という簡単な言語で書かれ、インタープリタによって処理された。

### ● BASIC(Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code)

1964 年にダートマス大学では GE-235 と DARANET-30 上に 30 台の端末のつながった TSS を開発した。ここでは、初心者でも楽に計算機が使える様に会話型の言語 BASIC が用意され、プログラムはコンパイラで処理された。

### ● MULTICS(MULTiplexed Information and Computing Service)

1964 年に MIT の MAC プロジェクトの下で研究・開発が開始された TSS システムである。このシステムは多重プログラミング、仮想記憶、ファイルシステムの設計思想、プロセスの概念、共同利用の際の記憶保護の徹底など、重要な考え方を多く含み、以後の計算機システムに多大な影響を与えた。例えば、このプロジェクトに参加した AT&T ベル研究所は MULTICS が余りにも大規模な汎用 TSS になった反省として 1969 年に UNIX 初版を生み出した。[結局、汎用大型 TSS にアプローチしたその設計思想は優れたものであったが、当時のハードウェア技術からすると先進的すぎたのである。]

### (第3期:1964~ 1980) 汎用機と汎用OSによる集中処理の時代:

IBM社は開発・製造コストの減少,1台の計算機が多目的利用,プログラムの互換性などの目的のために1964年に**汎用計算機**System 360を,そして1965年に**汎用OS** (大型から小型まで全てのハードウェアをカバーし、しかもバッチ処理もオンライン処理もタイムシェアリング処理も同時に行えるOS) OS/360の構想を発表した。

それ以後OS/360は現在の汎用OSの基本となり、計算機もOSも汎用化へと進んでいった。そして、このような汎用化の流れの中からは

**仮想計算機** ...複数のOSを1つの計算機上で並行に動す,  
**多重仮想空間**...利用者/ジョブ毎に仮想空間を設ける仮想記憶方式,  
**多重機密保護**...ソフトウェアやデータを本来の所有者以外から保護するための手段が多重,  
**データ保全** ...共有されるデータの信頼性が高い

といった概念が生まれた。

#### 補足:

結局、当時のハードウェア規模が小さすぎたため「全ての処理形態をサポートする」という目標はOS/360では達成できず、タイムシェアリング処理に対しては別にTSS/360が開発された。

IBM System360は1972年に仮想記憶方式を取り入れたSystem370に、更に1981年にアドレス空間を31ビット分に拡張した370/XAになり、これに伴ってOSもMVS,MVS/XAにバージョンアップされた。

## (第4期:1975~ 1990頃)分散型 OS の時代:

ARPA ネットワークの成功以来、各種の計算機ネットワークが構築されるようになった。そして半導体の集積化技術の急激な進歩に伴い、1975年以降高性能のスーパーミニコンが出現、更にはワークステーションやパソコンが出現・高性能化・低価格化して、これらのネットワーク化によって計算能力／資源の分散化が急速に進んだ。

このようなネットワーク化／分散化に伴い、当然ネットワーク管理機能の付いた OS が必要になる。この内、

- ネットワーク上の計算機が各々独立な OS を持ちこれらの OS が他の計算機と通信を行う場合、これらの OS をネットワーク OS という。
- 利用者や応用プログラムにデータや機器の物理的分散を意識させないものを分散型 OS という。

### 補足:

ARPA ネットは最初 4 つのホスト計算機を結んだものであったが、その後ホスト数は増大し (例えば 1977 年で 100 以上) 全米規模のネットワークになった。

分散型 OS の研究は実際のところワークステーションの普及と LAN(local areanetwork; 数 km の狭い範囲のネットワーク) 技術の発達によって始まった。分散システムの狙いはディスクや高級プリンタ、あるいはデータベースやファイルの共有による資源の有効利用にある。共有可能な資源は LAN 内のどれか 1 つのワークステーションにつなげてそれを共有することになる。しかし、利用者は各々の共有資源の所在場所まで意識せずにワークステーションを使いたいものであり、利用者のこのような願いをかなえる OS が分散型 OS なのである。



## (第5期:1990頃～)通信・マルチメディアの時代:

コンピュータの高性能化・低価格化・使い易さ・利便性が進み、また、インターネットの有用性が一般に認められる様になったので、オフィス、一般家庭を始め至る所で色々な人がコンピュータを使う様になった。

扱えるデータも 音声, 静止画, 動画, ... など、様々である。

この様な状況の中では、OSも大規模なネットワークを想定する必要があり、セキュリティ対策も必要になる。