

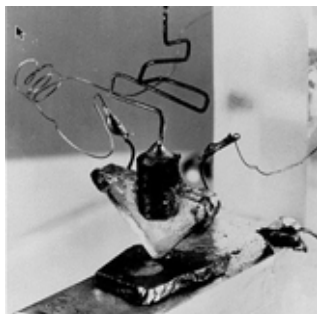
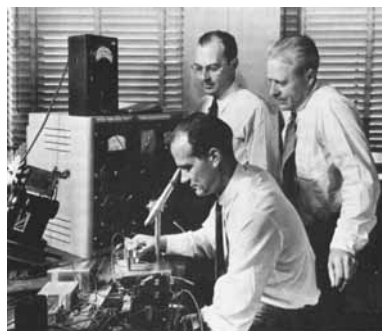
## 第2回 コンピュータ産業の成立、IBM の市場支配

### 1、半導体の発達とコンピュータ産業

#### (1) トランジスタの登場

電子計算機 = コンピュータによる数値計算と論理演算は、数値を 2 進法 (0 と 1 だけの元) で表現することにより、演算を論理式によって行う。そのためにコンピュータの電子回路もアナログの連続波形を 2 進法で表示可能なデジタル符号に変換し、電子的に貯えることが必要になる。初期の電子計算機では電流を増幅する機能を持つ真空管がこの役目を担ったのであるが、消費電力が高く熱も発生し故障しやすく不安定であった。

William Bradford Shockley (1910-1989) が 1947 年、AT&T Bell Laboratory (ベル研究所) において、John Bardeen (1908-1991)、Walter Houser Brattain (1902-1987) とともに半導体の性質を持つゲルマニウム<sup>1</sup>の塊の表面に二本の針を立てると、その間に電気信号が起ることを発見<sup>2</sup>、これをトランジスタ<sup>3</sup>と命名した。トラン



ジスタは真空管に比べて消費電力が小さいこと、寿命が遙かに長いことからその後急速に普及することになり、コンピュータの小型化、高密度化が進み、性能が一段と向上することになる。

IBM は 1960 年に CPU (Central Processing Unit : 中央処理装置) の回路素子として真空管の代わりにトランジスタを採用した IBM7070 を発表、大型コンピュータでの市場を拡大していった<sup>4</sup>。

<sup>1</sup> 電気を通しやすい「導体」と電気を通さない「絶縁体」との中間の性質を持つ物質。通常「半導体」と言った場合、半導体そのものではなく、半導体を用いて作られたダイオードやトランジスタ、またそれらの集積回路である ICなどを指すことが多い。

<sup>2</sup> 敵のレーダーを検知する研究からゲルマニウムに注目し、これに少量の不純物を入れて作った半導体をうまく組み合わせることにより、電流の増幅作用が出ることを発見する。これによって微弱な電波を増幅してレーダーが掛けられていることを検知しようとした。

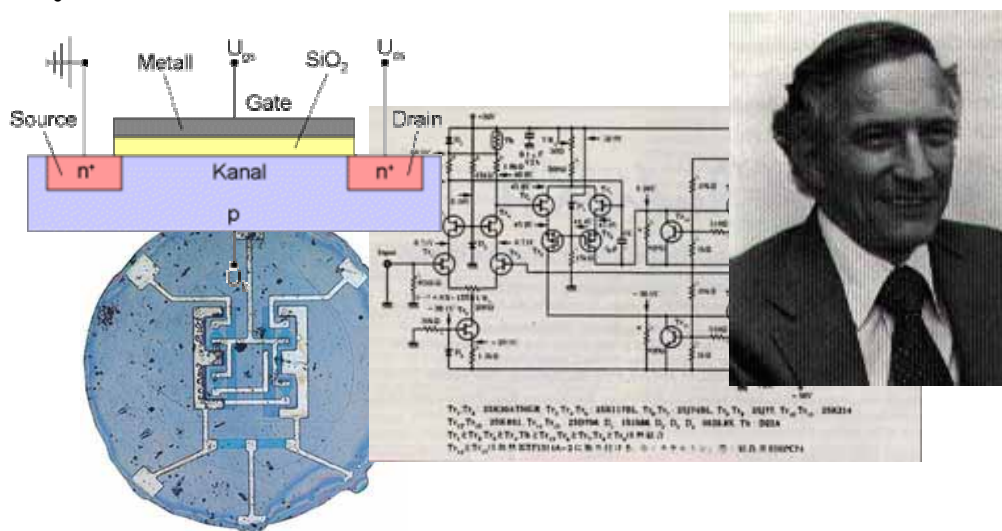
<sup>3</sup> 「変化する抵抗を通じての信号変換器」(transfer of a signal through a varister または transit resistor) からの造語。

<sup>4</sup> トランジスタを最初に使ったコンピュータはスペリーランド社 (旧レミントンランド社) の UNIVAC Solid-State 80 であったが、市場を支配したのは IBM の 7070 と、650 にかわる中・小型コンピュータとしての 1401 であった。

## (2) IC = 集積回路の発明

コンピュータの電子回路はトランジスタやコンデンサ、抵抗などを接合したものであるが、ゲルマニウムの基板を利用してこれらの回路化の一体化が可能となる。テキサス・インスツルメンツ社 (Texas Instruments Inc.) の技術者だった Jack St. Claire Kilby (1923~) は 1958 年にこの IC (Integrated Circuit : 集積回路) を考案し特許を取得した<sup>5</sup>。

一方、ゲルマニウムは特性が不安定でトラブルが多いため、半導体としてシリコンの利用が広まってきた。Robert Noyce (1927-) はシリコンを熱酸化してすべての表面を保護膜で被覆し、これを活用してトランジスタなどの回路素子のすべてを順次送り込む技術を次々と完成させた。最後にこの膜の上に金属膜で配線して各部品を接続すれば IC ができあがる。プレーナー技術と呼ばれるものである<sup>6</sup>。



この IC = 集積回路を用いて 1964 年に発表された IBM/360 は、コンピュータの流れを変えたと言われている。

<sup>5</sup> いわゆる「キルビー特許」と呼ばれる。特許の内容は、半導体でできた一枚の基板の上に抵抗やトランジスタ、配線などを形成し、全体として特定の機能をこなす電子回路を構成する方法で、すべての IC が対象となる基本特許であった。TI 社は日本において、特許出願を分割する手法を駆使して特許の一部の成立を遅らせたため、親特許が 1980 年に失効しているにも関わらず、半導体メーカーは 2001 年まで TI 社に特許使用料を支払わなければならなくなりました。富士通は特許使用料の支払いを拒否し、1991 年に TI 社を相手取って訴訟を起こし、2000 年の最高裁判決は特許の使用料請求を無効とした。

<sup>6</sup> Noyce と「ムーアの法則」で有名な Gordon Moore が 1968 年に設立したのが Intel 社であり、1970 年には 1 キロビットの DRAM メモリーを世に送り出している。集積回路産業の誕生であり、また多くのシリコン開拓者や新興の企業人が集結したカリフォルニアのサンタクララはシリコンバレーという名前が定着した。

## 2、プログラムの発達とコンピュータ

### (1) プログラム開発言語とソフトウェア

von Neumann によるプログラム内蔵方式によって、コンピュータに対する命令の列は論理化・数値化され計算機内部の記憶装置に記憶されるようになった。プログラムの表現は電子回路に対する形式論理的な操作であるが、これを言語形式で表現したものがマシン語<sup>7</sup>であり、これによって組まれたものが**オブジェクト・プログラム**（オブジェクト・コード）と呼ばれる。ところがマシン語のプログラムは0と1の無味乾燥な記号列にすぎないので、人間にもっとわかりやすい言語＝**プログラミング言語**<sup>8</sup>が開発されてきた。このプログラミング言語によって書かれたものが**ソース・プログラム**（ソース・コード）と呼ばれる。

最初の高級プログラミング言語としては、1956年にIBM社によって開発された**FORTALN**（Mathematical FORmula TRANslating System）が有名である。数式をほぼそのまま記述できるのが特徴で、科学技術計算向けのプログラミング言語として使われた。また1959年にはアメリカ国防総省とメーカ、ユーザの代表で構成された**CODASYL**委員会（Conference On DATA SYstems Language）によって開発された事務処理用言語**COBOL**（COmmon Business Oriented Language）は企業の会計処理に使われる大型コンピュータのプログラムに使われてきた<sup>9</sup>。

これらのプログラム言語によって様々なプログラム＝ソフトウェアが開発され、コンピュータの応用分野を広げ、その市場の拡大に貢献していったのである<sup>10</sup>。

<sup>7</sup> マイクロプロセッサが直接解釈・実行できる言語。数字の列で表現され、人間が簡単に理解できるような形式にはなっていない。マシン語は直接プロセッサが実行するコードであるため、ハードウェアを制御するデバイスドライバや、OSの基盤となる部分などではマシン語による開発が行なわれることが多い。その反面、マシン語は複雑な、あるいは大規模なプログラムの開発には向かないため、アプリケーションソフトの多くは高水準言語＝プログラミング言語によって開発され、マシン語に変換して実行するようになっている。

<sup>8</sup> プログラミング言語は広義にはマシン語も含み、より機械が解釈しやすい低水準言語、人間が解釈しやすい高水準言語に分かれ、マシン語はもっとも低水準の言語となる。プログラミング言語は人間に理解できるように作られているため、そのままではコンピュータが実行することはできない。プログラミング言語で書かれたソースコードは、アセンブルやコンパイルなどの処理を行って、機械語の羅列（オブジェクトコード）に翻訳されるのである。

<sup>9</sup> 後にパソコン用のプログラミング言語に移植される**BASIC**（Beginners' All-purpose Symbolic Instruction Code）は1965年にダートマス大学のJohn G. Kemeny、Thomas E. Kurtzによって開発されている。

<sup>10</sup> 科学技術向け（数値計算用や統計解析用）のソフトウェア、業務処理向けのソフトウェアが開発され、コンピュータ・ハードウェアとともに販売されていった。

## (2) OS = 基本ソフトウェアと IBM System/360

ソフトウェアの応用分野が広がる一方、コンピュータ・ハードウェアの製品ライン毎にソフトウェアの互換性はなく、機種も増え続けていくことになった。これは、ある特定目的のために動作するソフトウェアが、特定目的の専用のコンピュータ・システムを必要とすることであり、また、同じ専用システムでも IC(プロセッサ)のスピード、IO デバイスの数などのシステムの構成が違えば、それだけでソフトウェアの互換性は保てなかった。

そこで、入力や画面出力といった入出力機能やディスクやメモリの管理など、多くのソフトウェアから共通して利用される基本的な機能を提供し、コンピュータ・システム全体を管理するソフトウェア、OS (Operating System : 基本ソフトウェア) の開発が 1960 年代から始まった。

そして 1964 年に発表された IBM の System/360 は IC を採用すると同時に業界で初めて本格的な OS (OS/360) を搭載していた。また、System/360 は互換性をもったコンピューター・ファミリーで、ソフトウェアはもちろん、周辺装置はどのモデルでも共通に使えるようになった。また、ハードウェアの仕様の違いは OS が吸収してくれるため、ある OS 向けに開発されたソフトウェアは、基本的にはその OS が動作するどんなコンピュータでも利用できることになる。その結果、ユーザの生産性は大幅に向上し、上位機種への移行も容易になった。



一方、コンピュータ・ハードウェアを中心としたシステムは汎用化することによって本格的な量産化が可能になり、市場を拡大していくことになった<sup>11</sup>。また、大型コンピュータの IBM による市場支配によって、他メーカーは IBM のシステムと互換性を持つ機種の開発 (IBM コンパチブル路線) で、コンピュータ・ハードウェア企業の巨人 IBM に追随することになる。

<sup>11</sup> System/360 は 70 年末までに約 5,000 台が販売されたが、これは 64 年時点における販売予測の約 2 倍であった。そして 50 年代から 60 年を通じて IBM は商用コンピュータ市場の 70%以上を占有することになる。まさにコンピュータ産業の巨人 = IBM であった、

### 3、コンピュータ産業の巨人、IBM による市場支配

#### (1) IBM = ビッグ・ブルーの誕生とコンピュータ産業への参入

IBM (International Business Machines Corporation) は 1896 年設立のパンチカード式計算機械メーカー Tabulating Machines 社が、1901 年に時計メーカーなどと合併して CTR (Computer Tabulating Recording) 社を設立、1924 年 IBM に改称され設立された企業である。元々が事務用機器メーカーであり、主力のパンチカード式計算機械を、政府機関を中心に納入していた。

創業者のワトソン 世、Thomas Watson (1874 - 1956) はセールスマンのモラルも低く地位がまだ低かった時代に、考える = THINK、頭を使って販売することの重要性を説き売上げを拡大していく。特に 1930 年代に入りルーズベルト政権が登場し (1933)、ニューディール政策が始まると全国産業復興局 (NRA) をはじめとする多数の政府機関からパンチカード式計算機械に対する需要が急増した<sup>12</sup>。



一方、パンチカード式計算機械の開発された技術は電気計算機の開発には貢献をしたが、電子計算機の開発・販売では出遅れた (第 1 回参照)。しかしながら 1950 年代に入ってコンピュータ事業に本格的に参入をし始めると、パンチカード式計算機械時代に培った政府機関との関係や販売、経営戦略のノウハウを駆使して、コンピュータ市場でも主導権を握り急成長をとげることになる。1956 年 CEO になったワトソン 世、Thomas J. Watson Jr. (1914 - 1993) はコンピュータ市場の動向を敏感に感じ取り、積極的に投資を拡大していった。特に System 360 の OS の開発においては、ハードウェアの開発に匹敵する投資を行い<sup>13</sup>、IBM のコンピュータ・システムの全体系を統合化するとともに、その販売戦略をユーザに認知させていった。



<sup>12</sup> ニューディール政策は自由市場的な市場競争原理に対して、政府が一定の計画性を導入しようとするものであったので、政府活動のなかで統計的・経理的・計数的な機能が増大したためであった。特に 1935 年に新設された社会保険局と契約は、全国労働者の 1 人ひとりについて記録をとるというもので、パンチカード式計算機械の納入台数を増やし、その後の政府機関市場でも優位に立つきっかけを作った。

<sup>13</sup> System360 は発表前後の 4 年間の間に、開発費、生産準備費、レンタル資金、販売費などあわせて 50 億ドル (当時の邦貨で 1 兆 8000 億円) を要したまさに社運をかけた生産計画で、開発費だけで 5 億ドル、そのうち半分が OS の開発費用だった。



## (2) 包括レンタル方式による市場支配

IBM はもともとパンチカード式計算機械の販売においてレンタル/リース方式をとっていた<sup>14</sup>。この方式では生産設備だけでなく生産物 = 商品自体が固定資本となり、結果的に必要固定資本額を巨大化させ、他の企業に対して高い参入障壁を形成することになる<sup>15</sup>。

IBM はコンピュータの販売方式においてもこのレンタル/リース方式を継続したが、コンピュータのハードウェアだけでなく OS を含むソフトウェア、さらにフィールドサポート、システムコンサルティング、ユーザ教育等コンピュータを利用するために必要なサービスを包括的にレンタル価格に含めていた。しかしながらソフトウェアを含めてそれぞれの価格が明確になっていたわけではない。包括レンタル価格方式によってソフトウェアまで含めた固定資本の参入障壁を高めることによって IBM の寡占化にますます拍車をかけたのである。

## (3) 独占禁止法訴訟とアンバンドリング（価格分離）政策

少数の、特に一つの企業による市場の寡占支配は競争を阻害し、技術の発達を遅らせることになる。アメリカ司法省は 1969 年に IBM による包括レンタル方式を反トラスト法（独占禁止法）違反であるとして公正取引委員会に提訴した。IBM はただちに和解（事実上の敗訴）し、一方的にアンバンドリング（価格分離）政策を発表する。これは、これまでのコンピュータ・システム全体のレンタル価格体系が、ユーザには内訳が不明だったのに対し、OS も含めて、それぞれ別立ての料金体系として分離したものであった。

ここにソフトウェアはコンピュータ・ハードウェアに付随するものではなく、それ自身が価値 = 価格をもつ独自の商品として自立していくことになった<sup>16</sup>。

---

<sup>14</sup> ユーザは商品 = コンピュータを自己の資産として所有することなく、占有によって使用し、その対価を商品の所有者に支払うという賃貸借契約をベースとする取引である。

<sup>15</sup> この固定資本の回収がレンタル/リース収入によって徐々に実現されていくのである。そして一たん市場で支配的な地位を築いてしまえば、前期以前の商品のレンタル/リース料の安定的な収入によって新規参入企業に対して常に優位に立てるようになる。

<sup>16</sup> IBM 自身は戦略商品としてのソフトウェアをユーザに対してコスト的に明確にしたにすぎないが、アンバンドリング政策によってソフトウェア自体を開発・販売するソフトウェア産業が、産業としての存立基盤を与えられたことになった。

## 4、IC（集積回路）の高度化とコンピュータの普及

### （1）IC（集積回路）とコンピュータの小型化

ICの登場により、回路設計さえすれば小型のチップ（シリコン・ウエファー）に回路を焼き付けることによって安価に大量生産することが可能になった。1957年に設立されたDEC（Digital Equipment Corporation）社は60年代に入ると「研究者が一人で使うコンピュータ」を想定してICを使ったミニコンピュータ（ミニコン）を市場に出していった。特に1965年に発表したPDP-8（右図）は当時のエレクトロニクス技術の進歩を取り入れて小型化・低価格化を推し進め（最初のモデルは18,000ドル）またサードパーティ・メーカーがコンピュータを別のシステムに組み込んで販売するというやり方でコンピュータの応用範囲を広げていった。PDP-8の発売を契機として、1960年代後半には多数の企業がミニコンピュータ市場に参入し、70年代に入るとこの勢いがさらに強まってミニコン市場が急速に拡大していった<sup>17</sup>。



### （2）航空宇宙・軍事技術とコンピュータ（IC）

コンピュータ技術（特にIC）の発達とその市場の拡大には、航空宇宙分野と軍事分野でのコンピュータの利用があることは見逃せない。1965年から始まったジェミニ計画から宇宙船の軌道修正のためにコンピュータが搭載されるようになり、1969年のアポロ宇宙船の月面着陸では月着陸船の制御にコンピュータによるリアルタイムの計算が大きな役割を果たした。



また、アメリカ空軍の推進したICBM（Inter Continental Ballistic Missile：大陸間弾道ミサイル）計画において、ミサイルの慣性誘導システム（ミサイルが位置を測定し、正しい起動と比較しながら必要に応じて姿勢制御信号をエンジンに送る仕組み）に、コンピュータをミサイルに搭載することが必要になった。空軍はコンピュータの処理能力を高め

<sup>17</sup> 1969年から78年の間に設置台数で見ると従来の大型コンピュータ（汎用コンピュータ、あるいはメイン・フレーム）の市場は6万台から11万台（うちIBMが7万5000台）と約2倍の増加だったのに対し、ミニコンピュータは約6500台から31万7233台（うちDECが10万台）へ、約50倍の増加であった。IBMのコンピュータ市場支配は、まずコンピュータの小型化とともに崩れていくのである。

るために IC を新規開発（技術発達）大量発注することになった<sup>18</sup>。この結果、最初は壊れやすく効果であった IC が、耐久性に優れた安価な部品となり、普及を拡大していくことになった。

### （3）電卓とコンピュータ

電子卓上計算機（電卓）は日本の独自成長技術であった。1957年にカシオの電気リレー式小型計算機が初めて登場し、1964年にはシャープからトランジスタを、1966年には IC を使ったポケットサイズの電卓が発売された<sup>19</sup>。70年代に入ると激しい技術と価格競争が行われ、カシオとシャープが生き残って電卓の世界市場を制覇した<sup>20</sup>。

アメリカでは航空宇宙や軍事技術がコンピュータ技術発達の牽引役であったが、日本では小型技術とその大量生産による生産コストの低下によって市場競争を制覇する道を進んだのである。

電卓もその後記憶装置を拡大することによってプログラミングも可能となりコンピュータとの区別は曖昧になっていく。下図は1983年にスペースシャトル「チャレンジャー」に登場中の宇宙飛行士 Sally Ride を撮影したものであるが、宇宙飛行士たちは電卓を軌道位置の計算や実験データの処理に使っていた。



#### 【参考文献】

- ・ トーマス・ワトソン・Jr 自伝 『IBMの息子』 新潮社
- ・ ティム・ジャクソン 『インサイドインテル』 翔泳社
- ・ 村瀬康司 『はじめて読むマシン語』 アスキー
- ・ 遠藤諭 『計算機屋かく戦えり』 アスキー

<sup>18</sup> ミサイル（ミニットマン）1基あたり約2,000個のICが必要で、空軍は数百基分を発注した。62年から65年までミサイルはIC製造業者の最大の顧客であり、業界売上高の20%を占めていた。

<sup>19</sup> 電卓は計算専用の集積回路で、プログラム制御のコンピュータとは異なる製品である。

<sup>20</sup> 電卓の入出力表示技術としては、消費電力の少ない液晶表示が開発され、これがその後のパソコンや薄型テレビの表示方法にも定着した。