

真空管の時代から半導体の時代へ ~ 小型化、省電力、長寿命化への挑戦 ~

真空管とは内部を真空にしたガラス管の中に電極を組み込んだもので、組み込まれた電極の数により2極管、3極管、5極管などと区別される。ヒータで高温にしたときヒータから飛び出してくる「熱電子(Thermal electron)」を利用している。真空管の欠点として、熱電子を発生させるためにヒータで消費されるエネルギーが大変多いこと、また、加熱用のヒータの寿命(電球が切れるのと同じ)が短いため長時間にわたって安定的には作動できない(数千時間の寿命)がある。たとえば、真空管1本が1ワットとしても1万本で10キロワットになり電気ストーブ10台分の熱を発生する。特に真空管を多数使う回路(初期の真空管式のコンピュータ)の場合はトラブル続出という状況であった。理由は「平均寿命6000時間の真空管を1万本使っているコンピュータでは1分で1本の真空管が故障する確率になるため、コンピュータ全体が平均1分間しか動かなくなるからだ。しかし、ヒータを必要としない増幅素子として登場した「トランジスタ」により、この真空管の致命的な二つの弱点を乗り越えることが出来るようになったのだ。

ダイオード・トランジスタの発明 ~ポータブルラジオなどの登場~

ショックレー博士ほかによるトランジスタの発明より、熱電子ではなく、半導体内の電子、ホールを利用した長寿命(半永久的)かつ省電力の増幅器が作れるようになってきた。半導体もゲルマニウムによるものからシリコンに変わり、熱に弱い欠点も改善し、素子そのものも非常に小型となった。ポータブルラジオなどの登場もこのトランジスタ登場によるものであった。しかし、ラジオ、テレビから、コンピュータなどの大きなシステムに発展するにつれて、要求される回路が大規模化、複雑化してきた。このとき、新たな障害が発生することになる。

ディスクリート¹ からインテグレート² の時代へ ~ 大規模なシステムの信頼性の限界が見えてきた ~

トランジスタにより個別部品(真空管)の寿命の問題は解決した。しかし、部品間を結合するはんだ付け部分の不良のトラブルが残っていた。コンピュータの規模が大きくなるにつれて部品数の飛躍的な増大により、はんだ付け箇所が増えた。接合部分1個当たりの不良の確率がたとえ100万個に1個の不良としても、システム全体が100万個の接続部分を持つならば、確率計算の上ではどこかが接触不良となり、このシステムは作動できないことになってしまう。現在のパソコンの場合でも、回路が集積化されていないとすれば、マイクロプロセッサやメモリのチップひとつ分だけでも、数1000万個以上のトランジスタで構成される規模のシステムに相当する。したがって、今のマイコンのレベルであってもLSI化できていなければ実用的には作動してくれないのだ。このため、回路部品をLSI化し、接続部分を少なくすることにより生じるメリットは「小型化」より「システム安定性」のほうに有効に働くのだ。

世界初の集積回路 ~ 回路が部品ひとつになってしまった! ~

回路の小型化を考える上でそれぞれの部品のパッケージによるサイズの増加や接続部分のトラブルによる信頼性低下を避けるために当初は小型の基盤の上に超小型のトランジスタ、ダイオードなどの半導体、抵抗、コンデンサー、コイルを組み込んだ回路モジュールをつくり、それを組み合わせることで大規模なシステムを構成する方向をとった。しかし、この方法ではモジュールを接続する個所でのトラブルが依然存在するため限界は残った。理想はすべての回路を可能な限り半導体チップに作り込むことにあった。

本当に半導体チップ上に抵抗、コンデンサー、コイル、配線などを作りこめるのであろうか。ダイオード・トランジスタ以外の部品をどのようにしてつくるのかを考えてみよう。抵抗は半導体そのものの抵抗を利用すればよい。コンデンサーはシリコン酸化膜を挟んだ金属または半導体の3層構造を作ればよい。コイルはループ状の配線を写真技術で作ればよいのだ。多層構造を半導体に作り上げる技術がそれを可能にした。

小規模集積回路(デジタル IC)の時代

¹ discrete(分離した、独立した) トランジスタ、抵抗、コンデンサー、コイルを個別部品として接続して作られた回路

² integrate(集積する、まとめる、積分する) 個別部品を複数集めてあらかじめ部品として作り上げた回路

アメリカの大手の半導体メーカー TI 社³で規格化されたデジタル演算 IC である「TTL⁴」が登場する。論理演算の AND、OR、NOT などの処理をする IC でこれを組み合わせるとデジタル演算回路(大規模なものはマイクロプロセッサなど)を組み立てることが出来る。トランジスタ、ダイオード、抵抗などが数 10 個から数 100 個含まれる小規模な集積回路である。この IC の登場でデジタル回路設計が一般化して各方面で活用されるようになってきた。

中規模集積回路(MSI⁵)の時代

デジタル演算素子 IC を複数組み合わせたデジタル演算素子 IC が作られてゆく。デジタル加、減、乗、除算 IC などの登場で集積回路の規模がどんどん大きくなってきた。技術的には困難はなく 3 年で 2 倍の規模の集積規模の拡大ペースで大規模化が進んでいった。

大規模集積回路(LSI⁶)の時代 ~ 日本人が世界で始めてマイクロプロセッサを開発成功! ~

電卓開発競争の激化の渦中であつた日本で、電卓のコスト削減の研究に当たっていたある企業の研究者が辿りついた結論は「どの電卓も同じハードウェアに共通化しプログラムの相違により電卓の種類別に機能を持たせること」であつた。このことは主たる部品の大量生産によるコストダウンと新製品開発の時間短縮に大きな力となつた。そこで登場するのが世界で初めての電卓用のマイクロプロセッサ⁷であつた。インテル社の i4004 の番号がついた 4 ビットのマイクロプロセッサで、開発者は日本ビジコン社の日本人である。これ以降、電卓開発はマイクロプロセッサ+ソフトウェアの方式となつていく。その結果、このマイクロプロセッサの重要性が半導体各社に認識され続々と新製品が開発されることになつた。インテル社は 4 ビットの改良版の i4040、8 ビットの機能拡張版の i8008、i8080 が開発され、特に 8080 の番号のプロセッサはマイクロコンピュータの主流マイクロプロセッサとなつてゆく。また、モトローラ社はミニコンピュータ⁸ をモデルとした 8 ビットマイクロプロセッサである 6800 シリーズを開発し、インテルの 8080 シリーズと双壁を築くようになっていった。また、8080 開発技術者がインテル社からスピンアウト⁹してザイログ社で開発した 8080 改良版マイクロプロセッサである Z80¹⁰ シリーズや、その他に、6501¹¹ シリーズなどもあつた。

マイクロコンピュータのあけぼの ~ コンピュータが自分の手で作ることが出来るようになった! ~

アメリカの新興企業であつたインテル社、モトローラ社により発売されたマイクロプロセッサを中心にマイクロコンピュータを特別な企業でなくても製作することが可能となつた。アマチュアの間でも手作りコンピュータがブームとなつた時代であつた。アメリカでは大学生が企業を興し、ガレージのようなところでマイクロコンピュータを製造販売したり、ソフトウェア開発などの分野も含めて急成長した時代であつた。現在のマイクロソフト社、アップル社もこのような企業のひとつであつた。当時のパソコンに 6501 シリーズマイクロプロセッサを使った「アップル」や「ペット」、8080 を使った「アルテア」、Z80 を使った「タンディ」などがアメリカで次々と登場した。

パソコンブーム ~ 誰でも持てるコンピュータが登場! ~

マイクロプロセッサの発展とともにマイクロコンピュータをセットとして販売されるようになった。日本でもアメリカに遅れてシャープ、NEC、日立、東芝などの電気会社が技術者向けにマイコンキット¹² (組み立て部品をセットとした販売) を発売開始した。理科系アマチュアの人がこのキット発売で自分のコンピュータを作るブームが始まつた。当時は、誰も持っていない自作のコンピュータで自作のゲームを作り、自分で楽しむことが目的であつた。その後、基本的なソ

³ テキサスインスツルメント 現在ではアメリカの大手の半導体製造メーカー

⁴ Transistor-Transistor-Logic の略 デジタル演算を行う IC で初期のデジタル回路はこれが使われた。

⁵ Medium Scale Integration の略 数 100 から 1000 個のトランジスタ、ダイオード、抵抗などを集積したもの

⁶ Large Scale Integration の略 数 1000 個以上のトランジスタ、ダイオード、抵抗などを集積したもので、現在では 1 億個レベルまで集積されたものまで登場している。

⁷ 電卓は最低 4 ビットのデータ処理(数字 1 桁で 4 ビット)ができればよいので、初期の CPU チップは 4 ビットマイクロプロセッサ(世界初の電卓用 CPU はインテル社の i4004)であつた

⁸ 当時は、大型コンピュータに対して小型のコンピュータのことをミニコンピュータといつた。それよりさらに小さいコンピュータとして登場たものをマイクロコンピュータと呼ぶことになつた。性能や機能のことを指すのではなく大きさのみの区別をいう。

⁹ 在職している会社を辞めて、別の会社(新しく作ることが多い)で開発を続けること

¹⁰ 後に、8 ビットマイコンの主流となるマイクロプロセッサで NEC の PC8000 シリーズでも採用された。

¹¹ アップル社の初代アップル II のほか、任天堂の初代ファミリーコンピュータなどにも使われたマイクロプロセッサ

¹² NEC が「TK80」の名前で発売した。ソフト、周辺機器はまったく付属せず、まさに機器組込み用の部品のひとつであつた。

フト開発用のシステムとして「BASIC 言語が組み込まれた完成品パソコン」が販売されるようになってゆき、専門知識を持つ技術者でなくてもパソコンがさわれる時代になっていった。しかし、パソコン用のソフトウェアはほとんど無く、その上、各機種間でソフトウェアの互換性はまったく無かった。したがって、使用者が自分で製作するしかない時代がしばらく続いた。当時のパソコンには NEC が PC8000 シリーズ、シャープが MZ80、日立がベーシックマスター、東芝がパソピアなどがあり、パソコン業界の勢力争いの時代に突入した。しかし、英文字、カタカナだけで、まだ漢字を扱うことが出来る状態ではなかった¹³。

コンピュータは文房具の時代 ~ ワプロ出現で文系、理系にかかわらず道具としてのコンピュータへ！ ~

機種互換性の問題を残したままの状態ではトップメカのパソコンがソフトウェアの数において優位に立っているため、NEC の PC8000 シリーズが日本国内ではシェアをあげていき、パーソナルコンピュータでの独走状態となっていた。インテル社による新しい 16 ビット処理が可能なマイクロプロセッサ 8086¹⁴ シリーズが登場する。このマイクロプロセッサを利用して 16 ビットパソコンが登場し、パソコンも 16 ビットの時代となり、漢字が扱える事務機としての実力をパソコンが持つにいたった。また、周辺機器が増え、機能が複雑になったコンピュータを扱う基本ソフトウェア (OS) 開発競争が進み、IBM が採用した OS である MS-DOS の登場でマイクロソフト社が浮かび上がってくるきっかけとなった。そのころ日本で発売された 16 ビットパソコンである NEC の 9800 シリーズがあった。現在でも代表的なワープロソフトである「一太郎¹⁵」はこの NEC の PC9800 で動くソフトであった。機種互換性がまったく無い時期においては、優秀なソフトウェアの存在がパソコンの価値を大きく高めることに気づききっかけとなった。「NEC の日本のパソコン市場独占はワープロソフト『一太郎』が導いた」といっても過言ではない。

ソフトウェアの互換性 ~ DOS/V から Windows3.1 ~

ソフトウェアの互換性の問題を解消できる OS として、マイクロソフト社は Windows3.1 を発表する。この OS が登場するにいたり、誰でも使える道具としてのパソコンがほぼ完成する。ワープロ、表計算、データベースなどのパッケージソフトが普及しはじめて事務処理などにビジネス必須の道具となって行くと同時に、ハードウェアの違いが OS に吸収された結果として、NEC によるパソコン独占の状態に大きな変化が訪れる。PC9800 シリーズパソコンの優位性は徐々に薄れ、パソコン低価格競争への突入と同時に NEC のシェアは低下の一途を続ける。。

通信とコンピュータの結合による新しい世界 ~ パソコン通信により、時間と距離の壁を越えた情報交換 ~

パソコンが 16 ビット CPU の登場からパソコンは公衆電話回線網を利用したパソコン通信の世界を取り込むことになる。このパソコン通信の創世期は「草の根パソコン通信」と名づけられたアマチュアが運営する実験的なネットワークであった。このネットワークは、無手順の簡単なプロトコルによる 300 ボー¹⁶ のモデムを介したネットワークであった。瞬間に、多数の草の根ネットワークが全国に開局され、電子メールやソフトの交換などで大いに利用された。この草の根パソコン通信の発展を見たパソコンメーカーが商用のパソコン通信事業を開業する。いわゆる Nifty、PC-VAN などのパソコン通信である。これら商業的パソコン通信は多くのユーザーを獲得し、「電子メール (e-mail)」という新しい通信手段を普及させる。しかし、これらのパソコン通信はそのネットワークの会員間のみが利用できる「閉じたネットワーク」であったがゆえの不便さが残った。しかし、ビジネスを含めた広い分野で、「電子メール」という通信手段の有効性を認識させることとなった。また、パブリックドメインソフト、フリーソフト、シェアウェアソフトなどの言葉が生み出され、アマチュアが作ったソフトウェア流通が始まるのも、これらのパソコン通信業者による功績といえる。

Windows95 の登場とインターネット ~ 閉じた世界のパソコン通信から世界をつなぐインターネットへ！ ~

¹³ JIS 第一水準、第二水準の漢字総数が数千字となるため、漢字コードが 8 ビット (10 進数で 256) には収まらないこと、漢字フォントが大きいのでメモリーに乗らないなどが不可能な理由。

¹⁴ インテル社が発売した 16 ビットマイクロプロセッサ、モトローラ社 68000 の 16 ビットのマイクロプロセッサがある。

¹⁵ 発売当時の名前は「jxw 太郎」という名前であった。機種は NEC9800 シリーズ専用

¹⁶ 通信速度の単位。1 秒間に伝達できるビット数を示し、英数字 1 文字は 8 ビットに相当するので、300 ボーとは、役 30 字 / 秒で通信できることをいう。現在では、56k ボー (56000 ボー) が公衆電話回線網での一般的な通信速度で

アメリカの軍事的研究から始まったインターネットという通信網が、ヨーロッパで生まれた新しい技術により、誰でも使えるブラウザと呼ばれるソフトが登場する。元来インターネットは分散型データベースによるネットワークであり、世界各地のネットワークが存在する。これらのネットワークを有機的に結びつけたインターナショナルなネットワークが蜘蛛の巣(World Wide Web)のようになっている。これらの上に存在するデータを混乱なく利用するためのシステムが、通信手順であるHTTP¹⁷である。htmlというタグ型データ書式で構成されるインターネット上のホームページと呼ばれる情報を見るソフトが「モザイク」というウェブ・ブラウジング・ソフトウェアであった。蜘蛛の巣の糸のように結びついたインターネット網に存在する情報の中を糸にもつれないように思いのままに渡り歩くことを表す「ウェブ・ブラウジング」や、「ネット・サーフィン」などのネットワーク用語が登場する。このインターネットの飛躍的な発展を支えたのがこのブラウジングソフトであるネットスケープナビゲータを作った「ネットスケープ社」であった。インターネットの飛躍的な発展に危機感を抱いたマイクロソフト社はインターネットブラウザを自社のOSであるWindowsの中に取り込み、インターネットの覇者を目指す作戦をとる。Windows3.1の後継として完成度の高いOSであるWindows95が登場する。このOSはインターネットをOSの中に組み込んでおり、このWindows95とインターネットが互いにブームを高揚させてゆく。開かれた通信網としてインターネット網が指数的に普及し、国境を越えた通信網が完成しする。ネットスケープ社による「ネットスケープナビゲータ」とマイクロソフト社による「インターネットエクスプローラ」という二つのブラウザの主導権争いとなる。この戦いの影で、閉じた通信網である「パソコン通信」は影が薄れ、ユーザーを失って衰退して行く。一方、WWW(World Wide Web)を擁するインターネットはパソコンという狭い分野だけでなく政治・経済を含む社会全体を巻き込みながら爆発的な拡大を続け、インターネット一色に切り替わって行くことになった。インターネットを通じた情報開放がベルリンの壁の崩壊を含めた政治壁の解放に至る激動の情報革命につながってゆく。

通信技術の劇的発展とインターネットの爆発的拡大 ～ インターネットを通じ、世界は一つを実現! ～

音声モデムによる300ボーの通信から、128キロボーのISDNによるデジタル通信へと数百倍のスピードを得たインターネットが、日本全体に広がっていった。「夢の通信技術」とNTTが盛んに宣伝し、配備を進めていたISDN通信網も、ブロードバンド技術「ADSL通信」に立場を追われることになる。規制緩和が通信分野におよび、ソフトバンク・グループのYahooBBによる低価格戦略から、通信会社同士の値引き合戦が始まり、日本でのブロードバンド化は一気に進んでゆく。そのため、「夢の技術ISDN」は崩壊してしまった。通信技術の進歩は急激で、かつてははやされた技術であっても、数年後には見捨てられてしまう例はこれ以外にも多い¹⁸。このADSLによる通信網も、数年のうちに、光ケーブルによる高速ブロードバンド通信網へと切り替わる運命にあるのだ。

分散型コンピュータによるスーパーコンピュータの時代 ～ インターネットを通じ、世界は一つを実現! ～

ICチップというハードウェアの高速化技術の限界に達しつつある現在、コンピュータの性能を高める技術として、スーパーコンピュータの世界では「ベクトル化プロセッサ」の技術が進められた。日本が作った世界最高速スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」は、このベクトル化プロセッサ技術のスーパーコンピュータである。

しかし、計算処理の並行化を多くのプロセッサで協調しながら一つの計算を行う「グリッドコンピュータ」技術が登場し、スーパーコンピュータの世界の主流になろうとしている。現在のパソコンを数千台から数万台を組み合わせたグリッド型のスーパーコンピュータだ。パソコンを超高速通信回線で結合し分散処理をおこない、計算速度を大幅に上げるシステムである。パソコンは大量生産機器なので格安なスーパーコンピュータが出来あがるのだ。

¹⁷ HTTP (hyper Text Transfer Protocol) インターネットでのデータ情報の通信上での約束事を決めたもの。

¹⁸ 高校生に人気があった「ポケットベル」もその一つである。しかし、携帯電話が登場、普及することで、現在ではその存在すら知らない人が増えた。携帯電話も初期の方式とはまるで異なる通信方式(アナログからデジタルへ、デジタル通信の高速化など)になっている。通信技術の分野では、急激な技術革新が進んでおり、現在主流の「ADSL通信」すら数年以内に「光通信」に切り替わってしまうといわれている。