

コンピュータそもそも読本



コンピュータはつかっているが・・・

式見 大

まえがき

コンピュータが日用品化し、「ネコでもわかるコンピュータ」などとかなりいい加減なタイトルをつけたマニュアル本が出回りだしてから、しばらくの時間がたちます。

「ネコでもわかるうー？」と疑問をはさんでも、そのようなタイトルの本を見つけ、それを読めばコンピュータが使えるようになるのは、ある程度は確かです。

コンピュータは、パソコンという名のコンピュータで、一人ひとりがデスクのそばに置けるかまたは持てるサイズになり、価格も安くなったので、まさに自分専用の道具になりました。パソコンの普及の兆しがでてきたのは、1980年代になってからです。NECのPC98という名機が一世を風靡し、仕事関係、マニア関係で利用するある程度の専門家集団がいました。しかし、一般家庭で、しかも老いも若きもというところまでは行きませんでした。

1980年代からしばらくの間、家庭に入り込んだのは、ワープロで、その名のとおり、ワードプロセッサ（文書処理機、あるいは文書作成機）です。ワープロもコンピュータであることは確かですが、文書作成という専用コンピュータです。初の日本語ワープロである東芝のJW-10は1979年に出荷されましたが、630万円もしたので、家庭で利用することはできなかったのですが、1980年代に入り次第に小型化、低価格化が進み、家庭用品のひとつになっていきました（ゲーム用のファミコンも1983年初出荷であり、同世代です）。しかし、2000年に入る前後で次第にワープロの新しいモデルは世の中から消えていきました。

ワープロが消えていく大きな要因は、インターネットの出現と普及が影響しています。1995年あるいは1996年はインターネット元年と言われています。これまでのパソコンもネットには接続できませんでしたが、電話回線経由で、せいぜいメールをやり取りする程度であったものが、これを契機に、ウェブにアクセスして、必要な情報をいわゆるホームページを介して閲覧できるようになったことが、ワープロの文書作成だけの狭い世界から全世界へと窓を広げることができたことに、みんなが飛びついたのです。しかも、パソコンでも文書作成や表計算ができる使いやすいオフィスソフトが出回ってきて、それらをどんどんパソコンに入れ込めば利用範囲が拡大することで、はるかにワープロの簡単さや使いやすさを超えて、より複雑で手の込んだパソコンに興味が移ってしまいました。

パソコンの利用法を解説した本は、本屋の特等席に平積みされ、その前には必ずある程度の人だけかりができました。コンピュータとしてのアプリケーションもドンドン充実して、その利用法については、やはり解説本を頼りにしていました。

この結果として、パソコンすなわちコンピュータのそもそもの原理や仕組みはさておき、仕事にも遊び（ゲーム）にも使えるコンピュータは、小学生からお年寄りまで、町の八百屋さんから魚屋さんまで誰でも使っている必需品になってしまいました。

しかし、「そもそも」についても、少しは知りたいと思う人もいるのも事実です。

この本は、いわゆる技術的なことをできるだけわかりやすく、「そもそも」を語ろうとしています。読者のこれまでの知識にもとづき、読み流していくことを期待しています。

1. コンピュータの構成

1. コンピュータの構成

1.1 コンピュータの動作環境

「コンピュータはどういう環境で動作していますか？」と聞くと、「窓側で比較的日当たりのよいところで使うようにしています」というやや的外れな答えがかつては返ってきました。たしかに、コンピュータを使い始めた人は、「環境」という言い方は、日常的に解釈すると、上述のような答えになるのは当然です。

コンピュータは、分類すれば精密機器であり、室温、湿度とも上下限があります。しかし、我々の生活環境のなかであれば、現在のパソコンは間違いなく動作します。このような環境に加えて、もっとコンピュータの中身に立ち入った条件が環境として重要です。

- ・コンピュータの頭脳に相当するプロセッサの性能は？
- ・さらに頭脳の一部に相当する主記憶（メモリ）はどのくらい載せていますか？
- ・コンピュータを取り仕切るOSは何を使用していますか？
- ・メッセージをやりとりするためのネットワークには接続されていますか？

などではありますが、これらの質問は、何かしようとしているときに、うまく動かないまたはトラブルが発生した場合にアドバイザーの方に聞かれます。

1.2 コンピュータを構成するもの

コンピュータは、目で見ることができ実体のあるものと、その中に入っている目に見えないものから実現されています。目に見えるものをハードウェア（固いもの、金物で実現されているイメージ）といい、そのハードウェアを生きているかのように動かすための手順を実現するものをソフトウェア（やわらかい柔軟なもの）といいます。

ハードウェアは、まずコンピュータの「本体」とその「周辺」に分けられます。「本体」は、コンピュータの頭脳に相当するプロセッサと記憶を担当するメモリから構成されます。「周辺」は、「本体」のまわりに接続されたディスプレイ、プリンタ、キーボード、マウスなどです。

ソフトウェアは、ハードウェアに密着する基本ソフトウェアと利用者の使う目的に大きく関係する応用ソフトウェアに大きく分けられます。



1.3 PCハードウェア構造

1980年代以前はコンピュータといえば、大型コンピュータでした。物理的に大きいこともあり、そのように呼ばれてきました。価格も高く、個人レベルで所有することはできませんでした。

しかし、1980年代以降、パーソナルコンピュータ、すなわちパソコン（PC）の製品化が進み、価格の面からも大きさの面からも個人レベルでもつことができるようになりました。

ここでは、PCについて、コンピュータの構造を見ていくことにしますが、それを構成する部品や機器はどのように分類され、それらはどのような方法で接続してコンピュータを形作っているかをみていきます。大型コンピュータの時代には、構成するもの自体が大きいために、それぞれを装置とっていました。ここで、PCについて説明する前に、コンピュータの進展の推移を簡単におさらいしておきます。

1.4 コンピュータの進展

電子回路を使用したコンピュータの最初は、1945年に米国・ペンシルバニア大学のENIACといわれています（電子回路を用いたコンピュータを電子式といい、それ以前のコンピュータは機械式と呼ばれるものが多かった）。しかし、ENIAC以外にも1944年に米国・ハーバード大学で開発されたMARK Iなどいくつか先行して開発されたコンピュータがありました。しかし、現在のコンピュータの原型といわれているものは、1950年に英国・ケンブリッジ大学で開発されたEDSAC、米国・ペンシルバニア大学で開発されたEDVACであるといわれています。それは、現在のコンピュータと同様に、プログラムによって演算・処理を実行するプログラム内蔵方式を採用・実現しているからです。

電子式コンピュータの初期は、論理演算を行う回路に真空管を用いていました（第1世代）。その後、1948年に米国・AT&Tベル研究所で発明されたトランジスタを使用したコンピュータが1958年IBMから7070が、DECからはPDP-1が1960年に発表されました（第2世代）。その後は、トランジスタを一つのチップ上にいくつも配置した集積回路（IC）が発明され、それを採用したコンピュータがIBMからシステム/360としてシリーズとして開発されました（第3世代）。その後も、これらのいわゆる大型コンピュータの開発は続いていきますが、1971年にマイクロプロセッサが開発されたことでPCが誕生していきます。プロセッサは、それまで複数のICチップをプリント基板に搭載して実現していましたが、マイクロプロセッサは、それを1つのチップで実現するようにしたのです。はじめは4ビットのプロセッサでしたが、集積回路の技術の進歩により、そのビット数も8ビット、16ビット、32ビットと次第に拡大し、現在では、64ビットのプロセッサが実現されています。ビット数の増大とともにプロセッサの性能は大きく成長してきています。

ここで、ビットという用語を解説します。ビットは、白か黒か、0か1かというように、どちらの状態一つを表す単位です。コンピュータは、実は、この0か1かのどちらかの状態の集まりで構成されています。そうは言っても理解しにくいところがあるかもしれません。どちらの状態だけしかないというのは、コンピュータの電子回路でいえば、電流が流れている、切れているのいずれかです。磁石にたとえると、S極とN極の向きがどちらを向いているかで表すことができます。この性質を使うと、磁石でもいずれかの状態を作り出すことができます。

このように、コンピュータでは、電気または磁気を使用していずれかの状態を作り出し、その集まり（組み合わせ）によって、いろいろなデータを表し、仕事に対するいろいろな命令を実現しています。仕事を実行していく手順のひとつひとつを命令に対応させ、それを並べたものをプ

ログラムといいます。

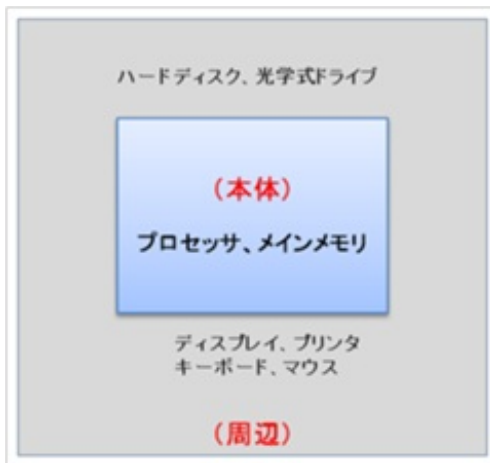
メインメモリは、プロセッサと同様に使用する技術が時代とともに変遷し、初期のコンピュータではドラム状の媒体に磁気コーティングをした磁気ドラム記憶装置やフェライトのリングを使用した磁気コア記憶装置を使用していました。1970年代中頃にはメインメモリにICメモリを採用したコンピュータが製品化され、その後、ICメモリの集積度の大幅な向上によって、現在のような超小型のメインメモリが実現されてきました。このほか、板状の媒体に磁気コーティングした磁気ディスク装置（PC用としては、ハードディスクと呼んでいます）があり、この記憶装置は記録技術の進歩により、コンピュータシステムの記憶容量が大容量化し、コンピュータのコスト軽減に大きな貢献をしています。

1.5 本体と周辺

ここで、PCを構成する主要な構成品の例は、下記のような部品や機器があります。

- ①CPU（プロセッサ）
- ②メインメモリ（主記憶）カード
- ③ハードディスク
- ④光学式ドライブ
- ⑤増設ボード（グラフィックカードやネットワークカードなど）
- ⑥CPUやメインメモリカード、増設ボードなどを搭載するマザーボード（プリント基板）
- ⑦これらを収容する筐体（ケース）と電源
- ⑧ディスプレイ
- ⑨プリンタ
- ⑩キーボード、マウス

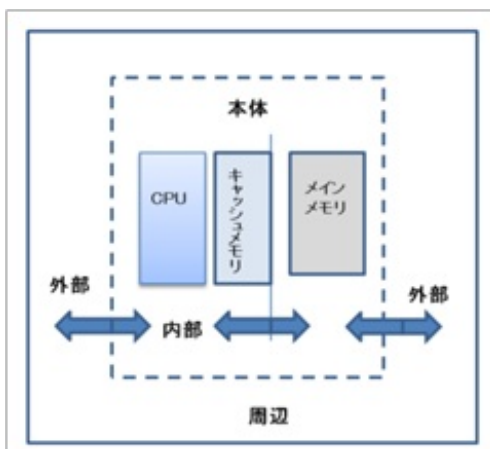
コンピュータを構成する部品や機器は、本体と周辺に分けることができます。本体の構成要素は、まさにコンピュータの中心的存在であるプロセッサとメインメモリです。周辺は、本体をとりまく機器であり、ディスプレイやプリンタやハードディスクなどが相当します。したがって、上記の①、②とそれを搭載する⑥は本体そのものです。しかし、一般に、デスクトップPCでは、本体を収容した⑦を指して、一般的に本体と呼んでいます。この本体には、ハードディスクやCDやDVDなどを駆動する光学式ドライブなども搭載されていますので、本来の分類とは違っていますが、プロセッサとメインメモリ以外の機器や部品は、本体を収容している筐体に間借りしていると考えてください。



1.6 内部と外部

コンピュータにおいては、内部と外部という用語もいろいろなところで使用されています。ここでは、どのようなところで、内部あるいは外部という用語を使用しているかをみてみましょう。CPUおよびメインメモリ（主記憶）は本体そのものですから内部です。当然のことながら、CPUとメインメモリの間に存在するキャッシュメモリも含まれます。したがって、内部メモリ（内部記憶）といえは、CPU内部のレジスタも含め、キャッシュメモリ、メインメモリを指しています。外部メモリ（外部記憶）は、これら以外のメモリですから、ハードディスク、光学式ドライブ上の媒体（CD,DVDなど）を指しています。

つぎに、これらの構成品を接続するためには、配線が必要になります。この配線は、接続する構成品間で信号をやりとりするための接続回路を用意し、信号線を用いて結合していきます。構成品間の接続面をインタフェースと言います。インタフェースにも、内部と外部があります。内部インタフェースは、CPUとメインメモリのような内部におけるインタフェースをいいます。外部インタフェースは、本体と周辺との接続面を指しています。マザーボード上のコネクタによって、ハードディスクなど外部記憶を接続し、増設ボードを介して外部機器を接続しますが、この接続口は外部インタフェースです。



1.7 構成要素がもつインタフェース

現在のPCにおいては、CPUは、1チップの集積回路（IC）で実現されています。集積回路の技術の進歩によって、単位面積あたりの集積度が年々向上しています。CPUのチップ（ダイ：die）は、たとえば、100平方mmから200平方mmの大きさのなかに2億から4億個ほどのトランジスタ

が搭載され、配線されています。高集積化はまだまだ進みつつありますが、いずれ、1.5年から2年で集積度は倍になるというムーアの法則が成り立たなくなることも考えられます。集積度が低い時代は、キャッシュメモリはCPUとは別のチップで実現されていましたが、最近では、キャッシュメモリが、1次キャッシュ、2次キャッシュ、3次キャッシュと階層化され（次数の小さいほうがCPUに近い）3次キャッシュまで、CPUと同じチップに内蔵しているものも出現しています。同一チップ内の配線は、内部回路の配線ですので、CPUの外部回路とのインタフェースとしては、メインメモリとのインタフェース、そして周辺機器とのインタフェースです。コンピュータを構成する構成要素は、CPUと直接または間接的（後述）にインタフェースをもっています。

1.8 インタフェースの構造

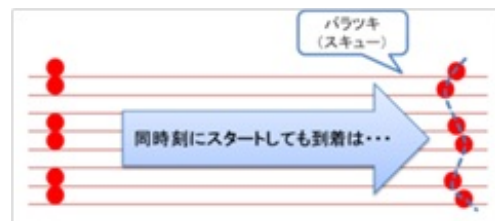
(1) 情報の形式

インタフェースを通してやり取りする情報には、アナログ情報、デジタル情報の2通りの形式がありますが、コンピュータにおいては、“0”、“1”の2値情報のデジタル信号を使用しています。外部からの音声などのアナログ形式の情報はデジタルに変換してコンピュータ内部に取り入れています。このようなアナログ情報以外は、すべてデジタル情報の形式でやりとりしています。

(2) 転送の形式

情報転送の形式は、アナログ情報は、連続情報が1本または2本（ステレオ音声の場合など）の信号線を通して転送されます。デジタル情報の場合には、2値化された情報を、複数ビット並列で転送する場合（パラレル転送）と1ビットごと直列に転送する場合（シリアル転送）の2通りがあります。PCのインタフェースは、大半がデジタル情報を相互にやり取りするためのインタフェースですので、今後は特に断らない限りデジタルの転送について説明していきます。

PC内部は、プロセッサのビット幅によりますが、8ビット単位、16ビット単位、32ビット単位のように複数ビット同時扱いますので、基本的にはパラレル処理です。したがって、パラレル転送は、PC内部処理にあった転送方式といえます。たとえば、8ビットパラレルの場合、8ビットの情報が同時に並べられて、あるタイミングで同時に送り出されます。ちょうど徒歩競争（これよりはるかに速い速度 $<4\sim 5\text{ns/m}>$ ですが）のように、同じ時刻にスタートしても、信号を伝える電線（伝送路）の特性にバラツキがあるため、同時に到着しないという問題があります。これは、距離が長くなればなるほど、その影響は大きくなってきます。その影響の度合いは両端の構成要素の動作性能に関係します。すなわち、一斉に送られた信号の全部が揃う時刻まで待ってから次の動作に移ることができるだけの余裕があるかどうかをみる必要があります。



シリアル転送では、送り出す側はパラレル情報をシリアルに変化し、1ビットごとに順番に同一電線（伝送路）上に送り出しますので、パラレル転送のような問題は起きませんが、受け側は必要なビット数（たとえば8ビット）揃うまで待つ必要があります。受け取った側は、シリアル情報を

パラレル情報に変換します。このような変換を、直並列変換（シリパラ変換）といいます。

(3) 信号伝送媒体

情報を転送する場合、転送する情報を信号として転送します。情報には、内容を表すデータ信号と転送を制御するための制御信号があります。これらの信号を伝送する媒体としては、電気信号の場合はメタリックケーブル（同軸ケーブルや撚り対線など）を、光信号では光ファイバケーブルを使用する。無線（ワイヤレス）で信号を転送する場合の通信媒体は、電波を使用しますので空中が媒体になります。

(4) 転送の非同期と同期

情報の転送においては、送り側と受け側との間で、転送のタイミングを何らかの方法で合わせる必要があります。タイミングを合わせる方法としては、送信側がクロック信号（時計のようなもので、ある周期で信号を送る）を送信すれば、その信号に合わせて受け側はデータを受け取ることができます。このような方式をクロックに合わせて動作するので同期方式といいます。それに対して、クロック信号を使用せずに、データ送信の合図を表す信号を最初に送り、その後は、受け側は応答信号を送信側に送り、その信号を送り側が確認して、次の信号を送るという方法があります。この方法は、送り側と受け側が同期をしておらず、それぞれのクロック周期で動作することから、非同期方式といいます。

(5) 転送の確実性と信頼性

コンピュータを構成する要素は、相互に接続され、相互に情報のやりとりをして、初めてそれぞれの役割を果たしますので、情報の確実な転送とその信頼性をできる限り高くする必要があります。転送の確実性には、転送の制御手順（やりとりの仕方）が大きく関係してきます。

手順には、

- ・ データを送るたびに確実に届いたかどうかを確認する
- ・ まとめて大きな転送単位で確認する
- ・ 確認を省略する

などの手順などがあります。

信頼性は、インタフェース全体にかかわることであり、情報転送の手順のほかに、インタフェースを結ぶ伝送媒体や送受信回路の信頼性も合わせて考えなければなりません。