

# 電子計算機のはなし

浦 昭 二

## まえがき

電子計算機はたしかに機械の一種であるが、従来までのいわゆる機械とは異なつた機械である。家庭で使っている洗濯機にしろトースターにしろいままで機械と呼ばれていたものは、すべてそれぞれの目的を持つており、それだけの機能しか果さない。しかし、電子計算機は目的を持っていない機械である。計算をする機械ではなかつたのかといわれるかもしれないが、それは人間が目的を与えて複雑な技術計算をさせるときには、そうなるのである。計算機による結婚相談とか、進学案内とか一種の神秘感をもつて見られている面があるようであるが、これは計算機に目的を与えるプロセスについての知識の不足からきているように思われる。人間が機械に目的を与えるためには、統計的規則性を調べたり、心理学的な考察をしたり、その他いろいろな容観的事実を積み上げて、結婚相談や進学案内に使う論理を作り上げ、それを計算機に憶えこませて実行させているのにすぎない。人間がこれらの主役を演じているのであつて、神秘的なものの存在する余地はない。

以後、計算機とはどんなものか、どのようにして目的を与えるのかといったことを中心にして話を進めていく。

## 相似型と計数型

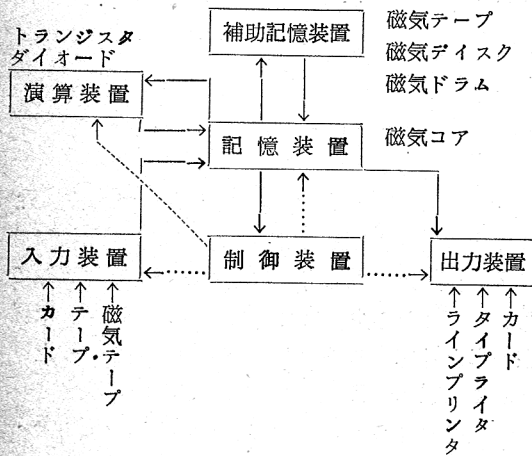
たんに、計算機といつても、その中には、いく種類ものものがある。大別すると、相似型と計数型にわけられる。前者は、対数を用いると乗除算は加減算でできることを利用した計算尺が代表的なものであつて、各種の演算を、それと類似な物理的な量（計算尺の場合には長さ）の操作に対応させて、処理するものである。後者の代表は、指を折つて数えることからでた「そろばん」である。現在、一般に電子計算機と呼ばれているの

は、この「そろばん」の発展したものである。計算の機械化として最初にあらわれたのは1642年のパスカルによる自動桁上り機構を備えた加算機である。それから少しおくれ、ライプニッツは現在の卓上計算機の原型となつた乗算機を作り上げた。また1800年代はワットの蒸気機関に刺激されて、技術の進んだ時代であるが計算機の面でもバベツジは自動化の研究を進め、(Difference Engine) や (Analytical Engine) などを試作している。その後、1800年代の末期になつてホレリスは穿孔カード方式の統計機械を完成したが、これは最初に実用化された自動計算機である。この統計機械は徐々に改良が加えられ、ごく最近まで広汎に使用されていた。一方、その間に電子技術は着実に進歩していたが、その技術の裏づけと第二次世界大戦という刺激によつて、1940年前後に誕生したのが電子計算機である。計算をする機械についての最初の試みがなされてから、電子計算機の登場に至るまで、長い年月を要していたが、電子計算機の研究が軌道にのつてからは、急激な勢いで進歩を遂げ、わずか20数年の間に、神秘的な目で見られるような現在の姿に発展してきたのである。そして現在もお種々の面から能力の枠をひろげるべく努力が積まれている。

## 計算機の構成

電子計算機は、基本的には、データを読み込むための入力装置、それも貯えておくための記憶装置、記憶装置から取り出したデータに処理をほどこす演算装置、得られた処理結果を外に取り出すための出力装置、このほか全体の動きを制御する制御装置という5つの部分から成り立っている。ここでデータと書いたものは、たんに数値的なデータだけをさすわけではなく、英字、数字またはカナ文字など計算機の受けつけることができる文字（記号）のつながりをさすことを注意してお

く。これら5つのものの働らきについてはくわしく述べないが、大体文字どおり装置の中に貯えら



れるものには、処理の対象となるデータだけではなく、どんな処理をどのデータにほどこすのかという計算機への指令（命令）も含まれている。

### プログラム記憶方式

計算機への指令をデータと一緒に記憶装置に入れておく方式は、フォン・ノイマンの考案によるものであつて、プログラム記憶（内蔵）方式と呼ばれている。これは現在の計算機のもつ最大の特徴である。従来、卓上計算機を用いるときには、紙の上に書いた計算式を読み、用いる数値を見て、数値キーをセットしたりハンドルを廻したり必要な操作を行なつていた。この場合、人間の頭の中で卓上計算機への指令が作られて、直接に手の動きとしてその結果が現われていたわけである。計算の自動化の一つの段階として、頭の中から直接に一回一回機械への指令を出すのではなく、頭の中で作られた計算操作の手順をまとめて紙テープに孔をあけて表現し、それを用いて、連続的に計算機の動きを制御する方式が考えられた。これは織物機械で模様を織り出すに使われていたものである。同じ方式を配線盤により電気的な信号で処理していたのが、穿孔カードの統計機械である。現在の電子計算機では、機械に与える一連の指令を、使用するデータと一緒に、記憶装置に貯えておき、それを順次取り出してきて、計算機自身の動きを制御している。

### 二進法による数の表現

日常用いている数値は十進法で表わされている

ものであつて、たとえば、623は百（十の二乗）が六個と十が二個と一が三個の集まりである。数の表現のもとになっている十を基数というが、十を基数にとることには必然性があるわけではなく、基数に他の数を選んで数値を表現することもできる。電子計算機では、電子的素子の二つの安定状態を用いて働らせていて、それらに0と1を対応させ、二を基数にした二進法を用いている。二進法で623を表わすと、 $623 = 6 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 3 \times 10^0 = 1 \times 2^9 + 0 \times 2^8 + 0 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 0 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 1001101111$ となる。また十進法では十分の一が六個、百分の一が五個、…の和であるが二進法で表わすと、 $0.65625 = 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3} + 0 \times 2^{-4} + 1 \times 2^{-5}$

$= 0.10101$ となる。二進表示の各桁は0と1の値をとりうるものであるが、これをビットと呼んでいる。計算機の内部では、数値と同様に、文字もいくつかのビットの集まりで表現される。たとえば、ある計算機では、英字Aは010001というビット構成と対応している。

### 四則演算

十進数とまったく同様にして、二進数での四則演算が行なわれる。簡単な四則演算の例を次にあげておく。

	(十進)	(二進)
加	$\begin{array}{r} 13 \\ + 37 \\ \hline 50 \end{array}$	$\begin{array}{r} 001101 \\ + 100101 \\ \hline 110010 \end{array}$
減	$\begin{array}{r} 22 \\ - 10 \\ \hline 12 \end{array}$	$\begin{array}{r} 10110 \\ - 01010 \\ \hline 01100 \end{array}$
乗	$\begin{array}{r} 53 \\ \times 7 \\ \hline 371 \end{array}$	$\begin{array}{r} 110101 \\ \times 111 \\ \hline 110101 \\ 110101 \\ 110101 \\ \hline 101110011 \end{array}$
除	$\begin{array}{r} 12 \\ 6 \overline{)72} \end{array}$	$\begin{array}{r} 1100 \\ 110 \overline{)10010000} \\ \underline{110} \\ 110 \\ \underline{110} \\ 000 \end{array}$

この演算での加算の規則は、0と0の和は0、0と1の和は1、1と0の和は1、1と1の和は0で上位へ

「桁上り」が生じることである。減算の場合には、0と0の差は0、0から1をひくと、差は1となり上位からの「借り」が生じる。1から0をひいて差は1、1から1をひくと差は0となる。乗除算はそれぞれ加減算の繰り返しで行なうことができる。

### 計算機の内部

このような四則演算は、計算機の内部で、初期にはリレーを用いた回路で処理されていた。それは短期間のうちに、真空管回路に代り、現在ではトランジスタあるいはダイオードなどを用いた回路が用いられている。前にも述べたように、計算機はたんに四則演算をするだけではなく、それに用いるデータや計算機自身に与える指令も記憶装置の中に格納している。記憶装置は通常磁気コアと呼ばれるドーナツ状の小さな磁性体で構成されていて、その磁気の状態によって1または0を表わすようになっていいる。ある計算機では、24個のコア(24ビット)を単位とし、そこに一つの命令や数値が貯えられている。このような単位となるものを通常「語」と呼び、数千ないし数万の語が集つて、記憶装置が構成されている。この記憶装置のほかに、演算の際「そろばん」の役をはたすアキュムレータと呼ばれるものや命令を解読する際に用いる命令レジスタと呼ばれるものなど、いくつかの特殊なレジスタが備わっている。

### 命令とプログラム

計算機でどのようなことができるのかを考える際、基本になるのは、機械に備わっている命令の体系である。通常、命令は、(一) 四則演算などに関するもの、(二) 正負などの判断に関するもの、(三) データの読み込みや書き出しに関するもの、(四) その他特殊な働きをするものに大別できる。一つの命令は一語におさめられていて、たとえば、前記の一語24ビットの計算機では、最初の6ビットで命令の種類を表わし、後の方の14ビットでその命令の対象となるデータの入っている記憶装置内の場所を指示するようになっていいる。一例をあげると、記憶装置の10番地の内容をアキュムレータの中に加えこむためには、次のような命令を用いる。

101000      0000 0000 0000 00 1010  
加えよ      10番地の内容を

このような命令を機械語と呼んでいる。いくつかの必要な命令をつなげて一つのまとまった仕事ができるようになる。ある目的をもつて並べられた命令のつながりをプログラムと呼ぶ。プログラムを作ることによつて、計算機は目的を与えられることになる。いいかえると、これらの命令のつながりで表現できるものなら、どんな仕事でも計算機で処理できるのである。一つのプログラムは普通記憶装置の中に連続して貯えられ、そのプログラムを実行するときには、貯えられている順に、一つずつ命令レジスタに取り出され、命令の種類が判読されて、必要な処理が行われることになる。第二の部類に属する命令の場合には、たとえば、アキュムレータの内容のもつ符号などによつて、次に実行する命令を別の場所(番地部に指示した所)からとつてくることができる。

### プログラミングの進歩

ある問題を計算機で処理するためには、処理の手順を計算機に備わっている命令で細かく表現して、記憶装置の中に格納する必要がある。もちろん、記憶装置の中には、0と1の配列で組み立てられた機械語が入っていないならぬ。機械語そのものは計算機が理解できるけれども、人間が使用したり判読したりするにはあまりむかない、それは一つには0と1の並んだ長い配列であることからきている。この点については、3ビットずつまとめて0から7までの数字に対応(000なら0'001なら1'010なら2'……)させて、八進法で機械語命令を表現することが行なわれ、そうすることによつていくらか見易くなる。それにしても、無意味な数字の組合せでは覚えにくいし、計算機によつて命令の表わし方も異なつていいるので、やはり人間には不向きである。そこで、プログラム作成の作業を容易にするような努力が積み重ねられることになり、現在では、あまり労を要しないで、プログラミングができるようになっていいる。その代表的なものの一つは、命令コードや番地をそれぞれ意味のある文字で表現することである。このプログラムを書く言語体系をアセンブリ言語と呼んでいる。アセンブリ言語でプログラ

ムを書いたものを計算機に読ませると、あらかじめ記憶装置に入れておいたアセンブラと呼ばれるプログラムが実行されて、自動的に機械語のプログラムに翻訳される。このアセンブリ言語を用いることによつて、プログラミングはかなり容易になるが、これでもなお、長いプログラムを書くのは大変な作業である。ここで登場したのが、現在最も一般に用いられているコンパイラ言語である。この中には、数値的計算用の FORTRAN と ALGOL、および事務データ処理用の COBOL などがある。これらはすべて日常使用する言語に近い形でプログラムが書けることに特徴がある。またいくつかの機械語命令をまとめて表現することができるので、プログラムもずつと短かくてすむ。これらのプログラム用の言語では、対象となる問題を処理する手続きをその言語で書き表わす必要があるが、共通に生じる問題に対して、あらかじめ処理手続きの骨組みをプログラムの形に作り上げておいて、個々の場合にパラメータだけをあたえれば、自動的に適当な修正がほどこされ、ただちにデータの処理ができるようになるようなプログラミングの体系も実用されている。

## 計算機の応用

計算機の演算速度は、初期には一つの加減算に数秒を要していたものが、最近では一秒間に加減算が数万ないし数十万回も行なえるようになり、その他の機能も急速に発展、拡充している。そして、それを使用する際のプログラミングの技法についてもいろいろな考案がなされて、ずつと使用し易くなっているが、それにともなつて、応用の範囲も初期には夢のように思われていた領域にまで及んでいる。応用面のいくつかをひろつてみると、次のとおりである。まず実務面では、給料計算、株式計算、統計表作成などに用いられるのは、当然なこととして、座席予約、文書管理、在庫管理、生産計画などに主な使用目的を見出している。このほか、計算機会社の中には、計算機の配線図や説明書も計算機を使つて処理しているところもある。研究の面でも、初期には数値計算にもつぱら用いられていたが、文学作品について統計的な検討を加えたり、外交問題を解析するのにシミコレーション（模擬実験）を行なつて研究し

たりなどいろいろと研究方法に影響を与えている。また、計算機を用いた情報検索は最近の話題であつて、図書館などは従来の姿から脱衣して、本当に研究者のための情報センターとして役立つよう改革が進められている。この他、まだ研究段階ではあるが、翻訳、作曲、定理の証明、病気の診断などいろいろな応用の試みが着実に進められている。

## ま と め

戦後の動きの一つの大きな流れは、情報というものに目がむけられたことである。それは、統計的品質管理など統計的考え方の重要性が認められたことにも現われている。それと同時に、情報を含めてすべてのものをオペレーショナルに扱えようとする考え方が重視されている。これらの二つの動きに、電子計算機という強力な情報処理装置の出現が加わつて、情報科学という名の下に統合されて情報に関する研究が体系づけられ、一方、企業体では情報の重要性が組織の中に定着しようとしている。また、情報というものを媒介にして、従来あまり交流のなかつた学問分野での交流が一部でなされるようになったが、このことは、これからの社会の発展にとつて大きな意味をもつことであろう。

## 参考書

- 1、西村敏男 電子計算機 講談社 昭40
- 2、浦 昭二 FORTRAN入門 培風館 1966
- 3、浦 昭二(訳)  
電子計算機プログラミングシステム  
培風館 1967
- 4、一松 信(訳) 電子計算機時代  
日本評論社 昭41  
(慶応義塾大学)

