

2. デジタル計算機の構成

2.1 入力装置 (22)

2.2 制御装置と演算装置 (24)

2.3 出力装置 (24)

2.4 記憶装置 (25)

 2.4.1 語、番地 (25)

 2.4.2 記憶素子と待合わせ時間 (26)

 2.4.3 ランダム・アクセスとシーケンシャル・アクセス、ブロック情報 (27)

計算機は次のような諸装置から構成されている。

入力装置 (input unit)

制御装置 (control unit)

演算装置 (arithmetic unit)

記憶装置 (memory unit)

出力装置 (output unit)

演算装置と制御装置は一体となっていることが多いので、演算制御装置とよばれることがある。各装置相互の情報通信の様子は図2.1に示す通りである。次のような分け方もある。

1. 中央処理装置 (CPU, central processing unit)

- ┌ 演算制御装置
- └ 主記憶装置 (ランダム・アクセスの記憶)

2. 周辺装置 (peripheral unit)

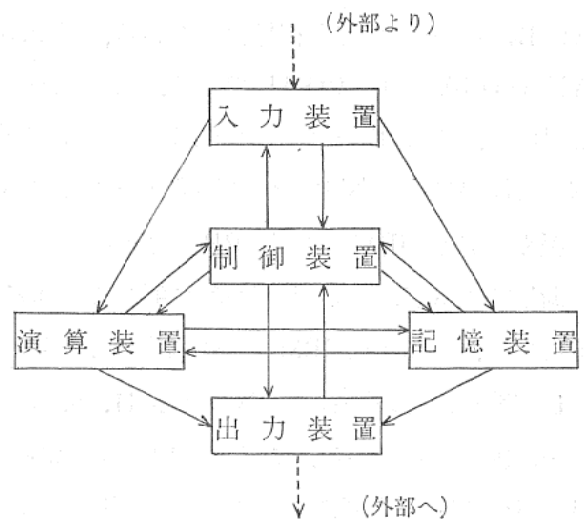


図 2.1 計算機の構成

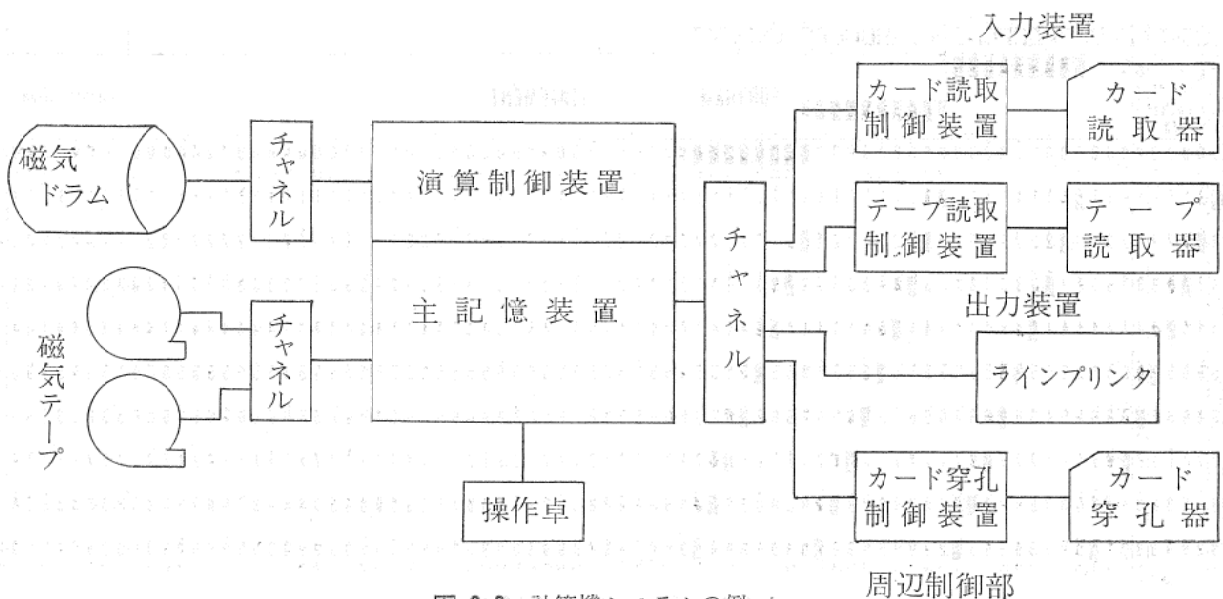


図 2.2 計算機システムの例

このような紙テープまたは紙カードが入力装置に入れられる。入力装置の例として**光電式テープ読取器** (photo-tape reader) について述べると、テープが送られてくると、上から光を当てる。各孔位置の下には光電池または太陽電池がおかれていて、孔があれば光が当って電圧を生じ、なければ生じないというぐあいになっている。国産の入力装置の読取速度は表 2.1 に示すようである。

表 2.1 入力装置

| | |
|-------------|-----------|
| テープ読取器 | 1000字/秒以上 |
| カード読取器 | 1000枚/分 |
| A-D変換器 | |
| ライトペンとブラウン管 | |
| 文字読取器 | |

表 2.1 の**A-D変換器** (A-D converter, analogue-digital converter) は、自動制御などにデジタル計算機が利用される場合、温度とか角度とかがアナログ量として測定され、これをデジタル量に変換して計算機に入れる際に用いられる。表 2.2 にある**D-A変換器** (D-A converter, digital-analogue converter) は逆にデジタル量をアナログ量に変換するもので、出力装置として用いられる。次にライトペンというのは、ボールペンのようなもので、ボールに相当する点が光を発し、これによってブラウン管上の点を指示することと、別に設けられたスイッチ群とによって情報を送り込むのである。

2.2 制御装置と演算装置

電子計算機は人工頭脳と呼ばれるが、制御装置は計算機の中でのまた頭脳に相当するものである。すなわち、記憶装置から命令を引き出してきて、これを解読し、命令の内容の通りに諸装置に指令を発して働かしめるものである。演算装置は加減乗除や比較、照合、論理演算などを行なう装置である。

計算機利用者の立場から演算制御装置をみると、図 2.5 のようなものと意識される。**累算機** (accumulator) は演算における主役を演じる**レジスタ** (置数器, register) で、入力装置から入るデータや命令は先ず累算器に入る。出力を出すときも累算器から出る。御破算して加えよ (clear add) という命令では、累算器の内容を御破算して、記憶装置の指定された**番地** (アドレス, 後述する) にある数を加える。単に加えよ (add) の命令のときは、累算器に入っている数に、指定された番地に入っている数を加え、和が累算器に残る。引算の場合も同様である。

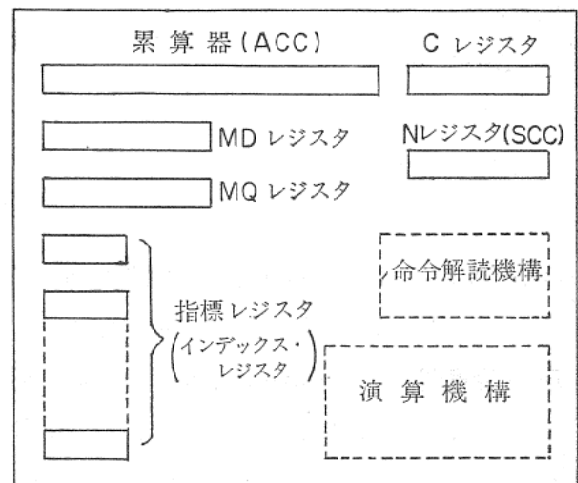


図 2.5 利用者から見た演算制御装置

乗算の場合は、乗数と被乗数は**MD レジスタ** (multiplier divider register) と**MQ レジスタ** (multiplicand quotient register) に入れ、積が累算器に現れる。乗数と被乗数が共に n 桁なら積は $2n$ 桁となる。したがって普通累算器は MD レジスタや MQ レジスタの桁数の 2 倍の桁になっているのが普通である。割算の場合は被除数を累算器に、除数をレジスタに入れ、商が MQ レジスタに現れる。

指標レジスタ (インデックス・レジスタ (index register)) は番地の修飾に用いられるもので、桁数は少ないが数個あるのが普通である。

Cレジスタ (current instruction register) は、現在行っている命令を保持するレジスタで、**Nレジスタ** (next instruction register) あるいは **SCC** (sequence control counter) といわれるものは、次の命令の記憶されている番地を保持している。ある命令が遂行されてしまうと制御装置は、Nレジスタに入っている数を見て、たとえば125となっていたとすると、125番地に入っている命令を取出してCレジスタに入れ、これを解読(復号)し、遂行し始める。このときNレジスタの内容は125から126に変わる。つまり命令は記憶装置に記憶されている順番通りに遂行される。ただし**飛越命令** (jump instruction) があったときは、Nレジスタの内容は、飛越先の番地になる。

2.3 出力装置

出力装置は、計算結果を計算機から外部へ出す装置で表2.2に示すようなものがある。テープ穿孔器とカード穿孔器は名の通り、紙テープおよび紙カードに穿孔して出力を出すもので、計算結果を直ちに利用しない場合、記憶しておくものである。ライン・プリンタは、最もよく用いられているもので、1行当たり60~120字の文字を1分間に1000行位の速さで印字するものである。その機構の大要を説明しよう。図2.6はその略図である。図でタイプ、ホイールは1行当りの文字に相当する数の円板からなっている。(図では簡単のため13枚である) 各円板の周には印字に必要な活字が一組ずつ取り付けられている。こ

表 2.2 出力装置

| | |
|-----------|---------|
| テープ穿孔器 | 150字/秒 |
| カード穿孔器 | 300枚/分 |
| ライン・プリンタ | 1000行/分 |
| (電子プリンタ) | |
| D-A変換器 | |
| XYレコーダ | |
| ブラウン管式表示器 | |

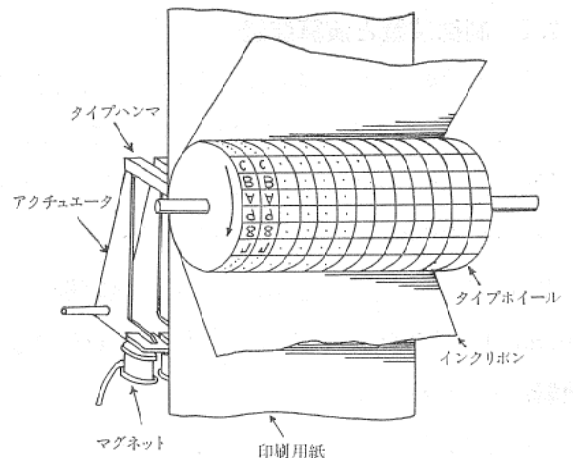


図 2.6 ライン・プリンタの機構

のホイールは1分間に1000回転位の速さで回転し

ており、印字すべき文字の活字が正面に来た時刻にタイプハンマーで紙をたたきくみになっている。

D-A変換器 (D-A converter, digital-analogue converter)は自動制御などに計算機が利用される場合に用いられる。たとえば計算機が工作機械を**数制御値** (numerical control) する場合、計算機からの指令はD-A変換器によってデジタル量からアナログ量に変換して伝えられる。逆に工作機械から計算機に工作した結果を報告する場合はA-D変換器を通じて、デジタル量に変換してから報告するのである。

例として図2.7には4桁の2進数をアナログ量に変換する回路のブロック図を示す。フリップ・フロップ Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 には、この順に2進数の下の桁から蓄積されている。電流発生器は、各桁に相当する電流を発生する。たとえば一番右の電流発生器は、 Q_0 が0なら0を、1なら I_0 なる電流を発生する。同様に第2, 第3, 第4の電流発生器は、それぞれ Q_1, Q_2, Q_3 が1であるとき $2I_0, 4I_0, 8I_0$ の電流を発生する。そうすると、電流加算器によって加えられた結果の出力 I は、

$$I = Q_0 I_0 + Q_1 2 I_0 + Q_2 4 I_0 + Q_3 8 I_0$$

となって、所望のアナログ量が得られる。

XY レコーダやブラウン管式表示器は、科学計算などに特に便利である。それは、莫大な計算結果をライン・プリンタで打出して来ても、これを読むだけでも大変である。XY レコーダは曲線で書き出して表示するもので紙の上にインクで書くものもあれば、ブラウン管上に書き出すものもある。

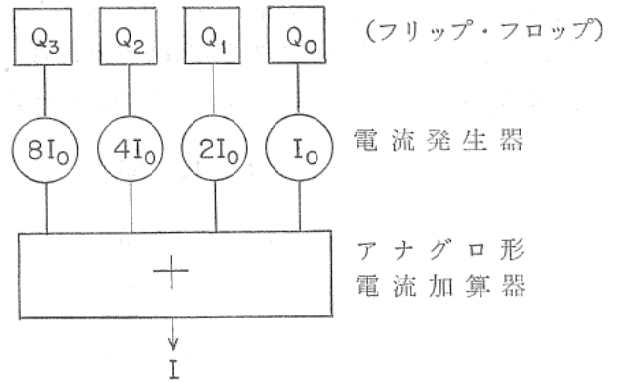


図 2.7 D-A 変換器

2.4 記憶装置

2.4.1 語, 番地

計算機でデータや命令を取扱う場合、一定の長さになっていることがある。たとえば10進法で10桁とか、2進法で50桁というぐあいに、これを語 (word) という。このような計算機の場合、“この計算機は10進法10桁の計算機で、記憶容量は10,000語である”。というと、1語が10進法10桁で、そのような語を10,000個記憶する能力を持っているということである。このような機械を固定長 (fixed length) の計算機という。これに対し、可変長 (variable length) という場合は、1文字毎に区切られ、データとして取扱うとき、何文字でもまとめて取扱えるような場合である。たとえば1語が10進法10桁の計算機では、10進法15桁の数は2つに区切って取扱わねばならないが、可変長の計算機なら15個の文字として1個で取扱うことができる。

最近の計算機は可変長のものが多く、1文字を8ビット (つまり1バイト) 程度で表示している。また、このような場合でも数文字で1語とっていることもある。データや命令を記憶装置に記憶したり引出したりするには、記憶場所 (location) に名前をつけておかねばならない。これを番地またはアドレス (address) という。番地は、固定長の計算機なら、語毎につけられ、可変長の計算機なら文字毎につけられている。磁気ドラムを例にとってもうすこし詳細に述べよう。図 2.8 (a) は磁気ドラムの略図である。ドラムの表面には磁性材料が塗ってある。ドラムは毎分10,000回転位の速度で回転しており、表面に近接してヘッド (head) が図のように並んでいる。図 2.8 (b) はヘッドの略図で、これは一種のコイルであり、これに読取書き込みの電流が流れる。テープ・レコーダの読取り、書き込みのヘッドと同様のものである。図 2.8 (a) から分るように、各ヘッドは自己の受持ち部分がある。このように縦に分けた区分をトラック (track) という。これに対し横方向の区分をセクタ (sector) という。1つのトラックは数百ビットに相当しており、これをバイトに区切る。いま図のドラムは30トラックあるとすると、トラックの番号は0から29までとするのが普通である。また1つのトラックが900ビットあるとすると、1バイトと、バイト間を分かつスペース・ビットとで9ビットとなるから、9ビット毎に区切ると100セクタとなる。つまり100個の

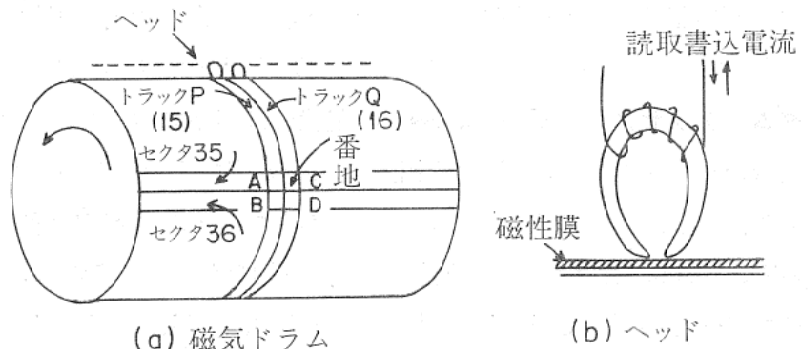
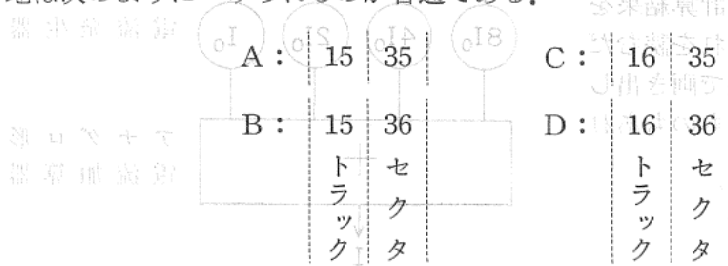


図 2.8 磁気ドラムとヘッド

文字が記憶できる。図のトラックPは第15トラック（0から数えるから16番目）、Qは第16トラックとし、AとCの属するセクタを第35セクタ、BとDの属するセクタを第36セクタとすると、A、B、C、Dの番地は次のようにつけられるのが普通である。



2.4.2 記憶素子と待合わせ時間

磁気ドラムを例にとって説明しよう。図 2.9 は磁気ドラムの断面を示す。いま番地Aに記憶されている数 a と、番地Bに記憶されている数 b との積を作り、それを番地Cへ記憶する場合を考える。ヘッドから a を読取るためには、番地AがヘッドHの真下まで回転してくるまで待たねばならない。これを待合わせ時間（access time）という。次にAがHの下に来て a を読みとって演算装置に入れ、次に b を読み取るためには、再び番地BがHの下に回ってくるまで待たねばならない。これも待合わせ時間である。磁気ドラムにおける平均待合わせ時間は明らかにドラムの半回転時間である。ドラムは機械的に可能な限り高速に回転しているのであるから、この待合わせ時間は短いように思えるが、計算機の他の部分（電気的動作の部分）の速度に比べるとむしろ遅いのである。表 2.3 は各種の記憶素子の待合わせ時間を示す。

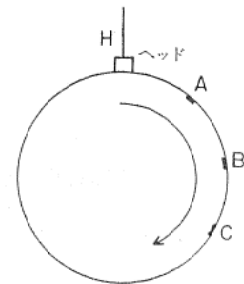


図 2.9 磁気ドラムにおける待合わせ時間の説明図（ランダム・アクセス）

表 2.3 記憶素子とその待合わせ時間

| | 待合わせ時間 | | 待合わせ時間 |
|------|----------------|-------|---------------|
| 磁気薄膜 | 約0.2 μ sec | 遅延線 | |
| コ ア | 1~20 μ sec | 磁気円盤 | 0.5 m sec |
| ドラム | 2~8 m sec | 磁気テープ | (64 k ch/sec) |

2.4.3 ランダム・アクセスとシーケンシャル・アクセス、ブロック情報

表 2.3 に示したように、記憶素子には磁気薄膜のように待合わせ時間の短いものから、磁気ドラムのように長いものもある。概して待合わせ時間の短い記憶素子、換言すると速い記憶素子は高価であり、遅い記憶素子は安価でかつ大容量のものが得やすい。記憶装置には、これらの記憶素子を適当に組合わせて用いられている。たとえば、他の装置とたびたびデータや命令を授受するやうないわゆるランダム・アクセス（random access）の記憶には高価であっても速い記憶素子を用いる必要がある。一方、大量のデータを一定の順序で利用することが多いといった場合には、磁気テープのようなものが便利である。たとえば、ある会社の従業員の給料についての計算を考えてみよう。従業員が10,000人いるとすると、10,000人について、給料や氏名や家族数などを考えると、相当なデータ数となる。これを磁気テープに一定の順序で記録しておく。たとえば、会長、社長、専務、第1常務、第2常務、……というようにする。そうして、給料に関して何か計算する際にはいつも会長から順番に計算していくことにすれ

ば、待合わせ時間というものは殆んどないといってよい。こういう場合をシーケンシャル・アクセス (sequential access) という。なお、テープは取りはずしが可能であるから、種々のデータを記録して計算機から取りはずして格納しておくことができる。

磁気ディスクも取りはずしが可能で便利である。磁気テープよりは速い。これは普通の蓄音器用のレコード盤のようなもので、何枚か重ねられて一組になっている点と、レコード盤の溝の代わりに、磁性材料が塗ってあって、ヘッドで読取る点が異っている。磁気テープ上の符号を示したものが図 2.10 である。

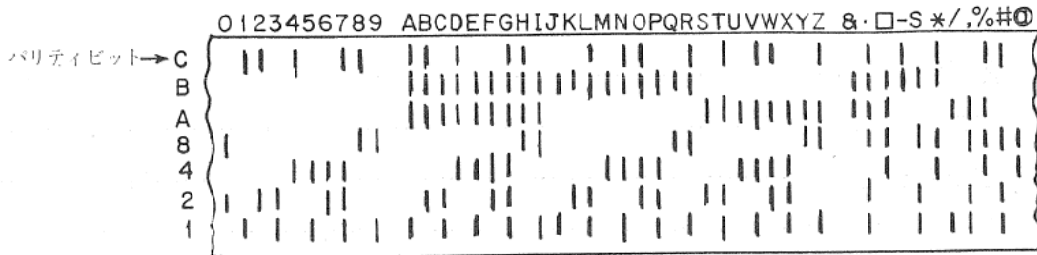


図 2.10 磁気テープ上の文字の符号化

なお、ランダム・アクセスで使用するデータでも、一たん磁気ドラムなどに記憶しておき、必要になると、いわゆるブロック情報 (block information) として一団にしてランダム・アクセスの記憶に移すような手法も用いられる。

表 2.4 人間と機械の頭脳比較

| | 素子とその大きさ | 演算素子 | 記憶素子 | 体積・電力 | 思考パターン認識 |
|----|---------------------------------------|--|--|--|----------|
| 人 | 神経細胞 (構造複雑) 10 ⁻⁶ cc | 数 10 ¹⁰ 速さ 0.1—10 ms 低速不正確 | 数 10 ¹³ —10 ²⁰ 記憶忘却 制御困難 | 10 ³ cc 20—30W | 能力大 |
| 機械 | 半導体, 磁性体 (構造単純) 0.1—1cc | 数 10 ⁴ —10 ⁶ 速さ 0.01—1 μs 高速正確 | 数 10 ⁶ —10 ⁸ cc 高速切換可 | 10 ⁶ —10 ⁸ cc 1—10 kW | 能力極めて小 |

表 2.4 は、人間と機械の頭脳の比較を示したものである。