

## 継電器式自動計算機 FACOM-128

窪 田 正 八\*

継電器式自動計算機は現用の計算機の中では比較的  
多量の計算を消化しうる高速度計算機で、計算速度は  
Fujicsのような電子式のものにくらべますときわめて遅  
く数十分の1以下ではありますが、付属品が揃っていま  
すので、かなり複雑な計算を遂行することができます。

この種の計算機はここ1、2年の間に急速に普及し、  
気象庁としても昨年の台風予報に電気試験所の MARK  
Ⅱを使用しました。引きつづいて、今年是有隣精器電機  
株式会社の FACOM 128を使用しました。両方の機械は  
本質的には大した違いはありません。

また、計算の論理をみますと I. B. M. 704のindex re-  
gister の機能に似た役目を果す回転数記憶装置がありま  
して、なかなか便利です。もちろんそれによって計算速  
度が早められたり、電子計算機のように storage の数を  
節約できるというわけではありませんが、programming  
ひいては programming の誤りの発見を容易にしていま  
す。

ここでは、高速度計算機の機能になじみのない人たち  
のために、おおよその説明を試みたもので、将来 I. B.  
M. の 704 がわが国に輸入されたときの予備知識ともな  
れば幸いです。

なお、使用料は1時間9000円（現業の場合は2割の割  
増金がつく）で高いようではありますが、1回の台風予  
報（4時間）が4万円たらずでできれば、それほど高い  
ともいえないでしょう。

私たちは今 I. B. M. の 704 への準備のためにこれと  
Fujicsとを使っています。それらの経験によりますと、  
これらの機械は、仕事の能率を高め、不可能事を可能に  
したばかりでなく、私たちの考え方の中に様々の変化  
をもたらしているのおおえます。なるべく多数の方が  
こうした機械になれ、より有意義な仕事をされることが  
望ましいと思います。特攻隊的精神で科学をする時代は  
過ぎ去ったのではないのでしょうか。

一般に自動式計数型計算機の進歩にはきわめていちじ  
るしいものがありますが、人間の代りができるほどには  
なっていません。たとえ、万能計算機といわれるもので

ありましても、すべての数値計算を行いうるという点で  
万能なのでありまして、その計算を行っていくのには、  
細かい点にまで人間の指示が必要になっています。

もちろん計算機自身にもわずかながら判断力はもって  
います。FACOM 128 も、2つの数の大小判断や、符号  
判別ができ、その結果を利用して数値の移し方を変えたり  
、命令のせんたくをしたりします。

計算機は、計算速度が大きいとか、疲労しないとか、  
誤をおかさないとかの特長をもっていますが、実行でき  
る計算の種類は人間のものにくらべますとはるかに少い  
のです。大ていのものは、4則演算と若干の論理演算が  
可能であり、4則演算のくりかへしによって、微積分を  
始め、あらゆる計算を行うわけではありますが、そのた  
めにはその計算がすでに数値計算法の確立されたものでな  
ければなりません。

## 1. リレー計算機の速度と規模

リレー計算機はその基本となるリレーの動作時間が約  
10ミリ秒であるという条件から速度に限度があり、  
したがって規模にも限度が考えられます。ほぼ、同  
数のリレーを使用したとき、4進法、2進法、10進法  
（正しくは2～5進法）により乗算回路を作った場合速  
度の比は大体

17:34:20

になり、4進法が1番速い。FACOM 128 は2～5進  
法\*、MARK Ⅱ は2進法であります。第1表に公称の  
演算速度をしるしますと、

第 1 表

transfer	0.15 sec	除 算	1.2 sec (平均)
加 減 算	0.15 sec	開平方	1.2 sec
乗 算	0.30 sec		

実際使った経験によりますとこれより大分わかり、し  
かも各計算毎に必ずといっていいほど、数を記憶装置か  
ら計算装置に transfer される時間が加算されなければ  
なりませんので、ふつう乗算などでは1sec 近くをみて  
おかなければならないのではないかと思います。

\* 気象研究所 予報研究部

\* biquinary

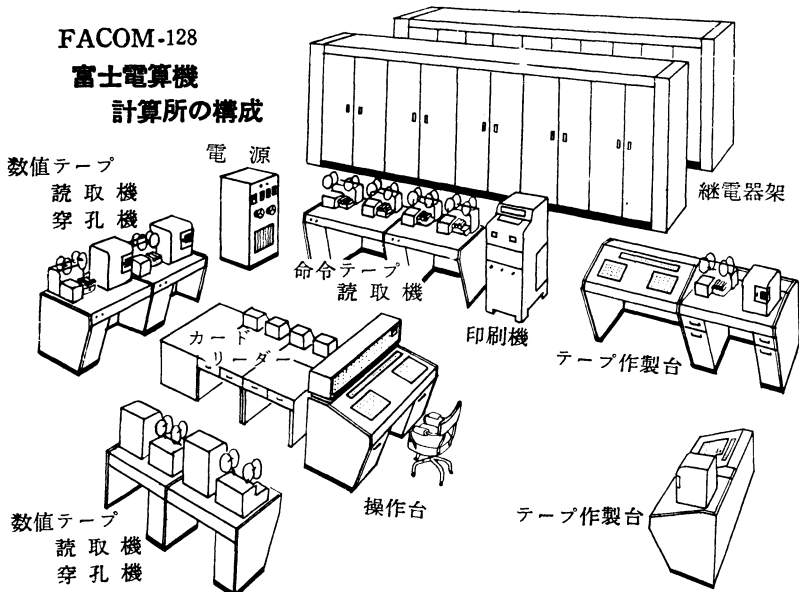
一般に digital 型計算機は記憶装置の数が多いほど計算能力は増大し、programming も容易となります。電子計算機ではその高速度性と命令もたくわえなければならないことのため、high speed memory の数が多くなければなりません。リレーでは速度がおそく、記憶装置の費用がかさむことのため、その数は一定（200ぐらい）以上ふやしても仕方がないことが結論されています。

これを記号化することは coding ないし programming とよばれていますが、その時使われる言葉がいわゆる機械言葉 (machine language) であり、それぞれの機械に特有なものです。たとえば、704 では TIX といった3文字で機能を表わし、FACOM 128 ではそれぞれ決められた らん の数字で働きを表わしています。たとえば  $O_1$  らんの数字が01なら加え算をするといった具合になっています（第3図参照）。

また、同じような計算がくりかえされるとき、704の

ような電子式計算機では内部で命令を変更しながら計算するのですが、リレー式では命令テープだけの計算しか遂行しませんからその面からも計算速度が制限されるわけです。ただ、この場合でも、programming をくりかえさず、ふく写することができます。それが第1図の手前にあるテープ作製台の役目です。また、命令テープの読取機が4台ありますから、4種類の命令を作っておいて、それを適当に組み合わせれば、かなり複雑な計算を行うことができます。

実際に計算する場合にはま



第 1 図

## 2. FACOM 128 の構成

表紙の表にある写真は、FACOM 128 の概観を示したものであります。上図は付属機械を示し、一番手前が操作台、右方にあるのが印刷機、その向うにある4台が命令テープ読取機、そしてその向うが電源といった具合になっています。この相対的位置を模型的に示しましたのが第1図です。これに対して、写真1は、各種の演算を行ったり、数を記憶したりする装置を示し、機械の本体ともいうべき部分で、継電器架とよばれています。

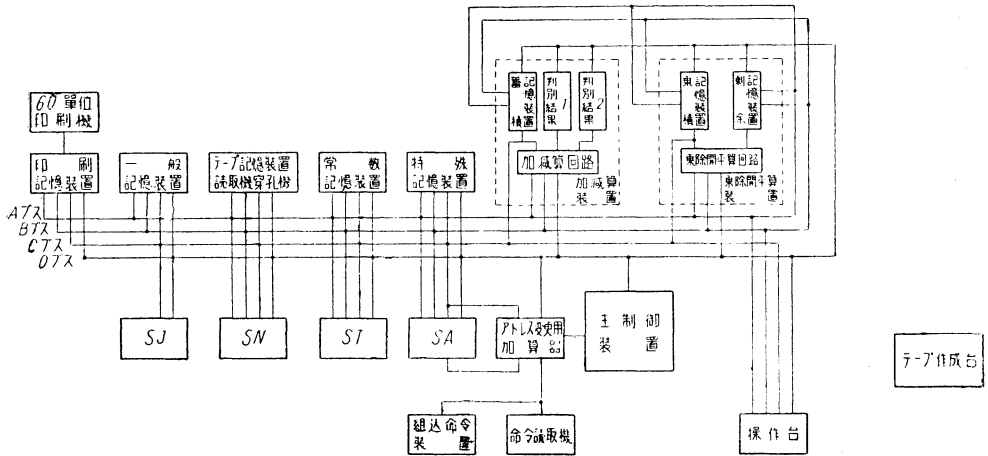
まず第1図に従って、計算のおおよその過程を説明してみましょう。ふつう計算は、計算すべき数値、あるいは計算に使われる常数と、命令との組み合わせによってなされ、それぞれのテープを読取機にかけて操作台のボタンを押せば、適当に数値を継電器架の部分に呼び込み、指示された命令に従って各種の演算を行います。その結果はただちに印刷機にかけて印刷することもできますし、その結果がつぎの計算に必要なときは数値テープ読取機と対になっている穿孔機（パーホレータ）でテープに孔をあけておくこともできます。これらのテープはあらかじめ決められた約束に従って記号化したものをテープ作製台で穿孔しておきます。計算の順序を決め、

- (1) 計算を数値計算するのに適した式になおし、
- (2) それを記号化し (programming)
- (3) 計算に必要な常数と数値と上の命令を穿孔して各テープを作り、
- (4) 数値テープは数値テープ読取機に、命令テープは命令テープ読取機にセットし、
- (5) つぎにスタートキを倒してから、最初に読むべき命令テープをセットした命令テープ読取機のR—Address\*) に相当する釦を押します。なお、
- (6) programming の途中に R—Address\*) 0番のよび出しがあれば、機械は一たんとまり、人間の操作を入れて、より複雑な計算をすることもできます。

このうち、私たちが実際にしなければならないのは、いわゆる programming とよばれる部分であります。

以下理解を助けるため FACOM 128 の blockdiagram を第2図に示しておきました。各構成装置間を結合して数値または命令の情報を転送する線を bus (バス) とよび、数値を送る bus を数値 bus、命令を送る bus を命令 bus とよんでいます。情報はいつでも並列に転送され、与えられた命令は命令用読取機あるいは組込命

\*) 命令用記憶装置 (後述)



第2図 FACOM-128 ブロックダイアグラム

令装置から読みとられ主制御装置内の命令蓄積装置に蓄積されてから、これに付属した選択回路で演算および記憶装置が選択されます。A, B address に指定された記憶装置の内容は A, B 各 bus を通って演算装置に送られます。そこで演算が終了しますと、その結果は C bus を通って C address に指定された記憶装置に格納されます。記憶装置相互間の転送はとくに transfer とよばれていて、A または B bus を C bus に結合して行われているのです。

計算中の数値や計算結果はどれも記憶装置に格納されますから、各記憶装置を区別するために、すべての記憶装置には固有の番号がつけられており、それを address とよんでいます。

記憶装置の意味を広くとれば、数値読取機や、計算結果を直接テープに穿孔するための穿孔機等もやはり記憶装置と考えられますので、これにも address がつけられています。

数値を記憶する記憶装置に対しまして、計算機に与える命令を記憶する記憶装置があります。電子計算機ではこの2種の間に何らの区別もありますが、リレーでは全然ちがった address を与えて区別しています。そこで数値用記憶装置の address を N-address または単に address といい、命令用記憶装置の address を R-address ということにしています。実際に、私たちが coding をしようとしみますと、これまで説明してきました各部分についてもう少し立ち入った知識を必要としますが、一応ここでは省くことにしました。

### 3. リレー計算機的方式

#### 3.1 floating point system と fix point system.

自動計算機は一般に数をどういふふうに表示するかに従って、移動小数点方式 (floating point system) と固定小数点方式 (fixed point system) とに分れています。

いずれも、それぞれ長所も短所もありますが、FACOM-

M 128では一般に floating point system が使われています。この方式では programming が容易で、回路の構成も電子式ほど面倒ではありません。数値は符号と有効数字8桁に±19までの巾指数をつけて表現し、小数点は最上位の桁のつきにおかれています。負数は巾指数、有効数字の両方とも負の符号と絶対値で表わし、有効数字Nはつねに  $1 \leq N < 10$  の間に正規化しておきます。たとえば1234は  $+1.2340000 \times 10^3$  と表わされ、機械の取扱える絶対値の最大値および最小値は  $9.9999999 \times 10^{19}$ ,  $1.0000000 \times 10^{-19}$  であります。計算の結果、巾指数が19を越えたときは無限大として機械を停止し、-19以下になったときは0とみなしています。

#### 3・2 命令の構成

命令 (instruction) をあらわします単語 (word) は、一般に指令あるいは操作 (operation) をあらわす部分と、宛名 (address) をあらわす部分とに分かれています。宛名 (address) をあらわす部分に address を1つずつ取り入れる方式を single address system, 2つずつ取り入れる方式を 2-address system といい同様に 3-address, 4-address system などがあります。

ここで注目すべきは single address と 3-address system の address というのは、operation part に含まれる意味にしたがって操作される数値の入っている address を示すものでありまして、つぎの命令えの接続は何らか他の手段 (たとえばテープに順次与えられるか、あるいは命令が記憶装置に入っている場合は、つぎの命令はその命令の入っているつぎの番地から自動的にでてくるとか) によって決っていなければならないのです。それに対しまして、2-address または 4-address system といいますものは、もう1つ別につぎにつづく命令の入っている address をもっているのが特長です。

命令は第3図に示してありますように16桁の数字からなっており、始めの9桁が演算に関係している address

を指定する部分、残りの7桁が演算の種類を示している指令部分になっています。address 部分は被演算数、演算数および結果数の格納される3つの address を指定する方式(3-address 方式)を用いています(A.B.C. address)。そしてA, Bは300, Cは200の容量をもっています。指令部分は6部分に分れ、第1, 第2, 第3種指令、および  $D_1, D_2, D_3$ 、指令と呼ばれ、 $O_1, \sim O_2$ 、および  $D_1 \sim D_3$  と略記されています。指令は  $O_1$  によって大別され、 $O_2, O_3$  で  $O_1$  の内容を細かくきめています。たとえば、第3図の例で  $O_2$  らんが1になれば、計算結果は蓄積記憶(210)の中に入れることを示しますから、Cらんは空らんになるわけです。D指令はaddress変更, 印刷, テープ穿孔, 読取等の項目の指定に用いられています。 $O_3$  はD指令の1部として使われることがあります, そのときは  $D_0$  とかかれます。

A	B	C	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$D_1$	$D_2$	$D_3$
1 2 3	0 5 6	0 9 6	0 2	0	0	0	0	0
0~299	0~299	0~199	0~29	0, 1	0~2	0~2	0~2	0~2

Address 123 の中の数(A)から  
 Address 65 の中の数(B)を  
 ひいて ( $O_2=02$ )  
 Address 96 の中に記憶せよ。

第3図

#### 4. 命令および Sub-routine の順序づけとその内容の変更について

自動計算機では、1つの命令が機械によりみ込まれて、ある操作を行い、またつぎの命令をよみとってそれを忠実に遂行してゆく。すなわち、自動計算機の特質は命令が自動的に順次に読みとられるところにあるわけです。

programming とは結局“命令の順序づけ”でありませんが、人間が最初から最後まで忠実に順序づけをするのでは、あまりにも面倒で煩雑で、時にはあまりに誤りが多く、事実上 programming 不可能ということにもなります。そこで、わずかの命令とその順序づけだけで、複雑な命令の順序づけを可能にしなければなりません。そのためには命令および sub-routine の順序づけと命令内容の変更は重要になってまいります。そして一般に“外部より与える必要のある命令の数が少いほど、その計算に対して知能レベルが高い”といわれています。

##### 4.1 命令の順序づけとその内容の変更

リレー計算機の場合は、電子計算機の場合とはちがい、一般に命令を記憶装置に入れて使用することがなく命令テープから順々に読みこまれることになります。したがって命令の順序づけよりも、一連の命令によって作られる系列(sub-routine)の順序づけが重点になるわけ

です。

電子計算機では、命令を1度記憶装置に入れて使用し、順序づけは命令に含まれる address によって決められるか、入れられた記憶装置の address の順によって決められるかのいずれかであり、したがって1連の、命令(sub-routine)を機械内に入れるとき、あるいは入れてから適当な操作を施せば、まったく異なる他の sub-routine に変えることが機械内でできます。このような操作を行う命令群は interpretive sub-routine とよばれています。ところが、一般にリレーではテープによって順序がきめられ、きわめて限られた数の sub-routine\* しか使えないのです。

ところで命令の内容の変更、すなわち address の変更の必要は

- (1) ある命令系列が何回も循環して使用されるとき、address の内容を一定の関係で変化させたい場合
- (2) その命令の属する sub-routine と他の sub-routine を使用する場合に address 部分に不都合を生ぜしめないために一定量だけ変更する場合であります。

##### 4.2 sub-routine の順序づけ sub-routine は

- (1) 他の任意の sub-routine に接続しなければならず、
- (2) 自分自身にも接続され、循環が可能でなければならないのです。

したがって、sub-routine の最終の命令は接続に関する命令(または呼出し命令)でなければなりません。そして、呼出すべき sub-routine の address (sub-routine が記憶装置に入れてある場合は、その最初の命令の入れてある記憶装置の address を意味します)は、“外部から指定、あるいは変更しなければならない”のであります。

また、新たに接続される sub-routine によって使用される address と、それまでに使用された address との間に矛盾のないように、その sub-routine の address を変更しておく必要がある場合があります。

#### 5. あとがき

以上、多少煩雑にわたったようですが、FACOM 128の説明を終ります。大体の概念がえられる程度のもので、すから、実際に使ってみたい方、あるいは機械言葉に馴れたい方は気象研究ノートをご覧ください。

とに角、われわれはこれらの機械を活用し、早く非人間的労働から開放される日のために闘いたいものです。

\* これらの sub-routine は relay ではそれぞれ4台の命令テープ読取機にかけられる。

☆

☆

☆

☆