

FACOM-128B について

電子技術部電算機課 池 田 敏 雄
" 石 井 康 雄
" 松 本 利 之

On an Automatic Digital Computer FACOM-128 B

By Toshio Ikeda, Yasuo Ishii, Toshiyuki Matsumoto
(Computer Section, Electronic Engineering Department)

Synopsis

In 1956, we developed a large-scale relay computer FACOM-128 (see Vol. 6 No. 4).

After many practical improvement of it we have produced a new type of computer of very excellent ability, which is called FACOM-128 B. We discuss its outline and features in this paper.

1. 緒 言

計算機は単に製作することが目的であつてはならず安心して手軽に能率よく利用できるものでなければならぬ。FACOM-128 (本誌 Vol. 6 No. 4) は 1956 年完成したがその後の使用実績にもとづいてさらに性能を高度化し、機能の追加と修正を行い取扱いをより簡便にすることができた。

本機は FACOM-128 B と呼ばれ、すでに本年 (1958 年) 5 月頃から各御採用先において、いずれも順調な運転を続けている。

2. 概 要

2.1 取扱数値

FACOM-128 B は 10 進法の計算機で、入力装置から出力装置に至るまで一貫して biquinary code を使用し完全な self-checking system を構成している。

取扱数値は基本的には符号付 8 桁の有効数字と ± 19 までの巾指数とを組合せた浮動小数点方式を用いる。印刷等の場合は必ずしもこの限りでない。一般に有効数字 N を $1 \leq N < 10$ の間に正規化した表現を用いるが、これに対して

$$+0.0123456 \times 10^3$$

のごとく上位の桁に零を含む数値表現形式も使用する。これを非正規化形式と呼び、特に指数部が 10^7 の場合を固定小数点形式と呼ぶことがある。

これらは特殊用法の際重要である。一般形式で扱う数値の最大および最小絶対値は 9.9999999×10^{19} と $1.0000000 \times 10^{-19}$ である。計算の結果巾指数が 19 を超えれば無限大として機械を停止し、-19 よりも小さくなれば零とみなす。ちなみに零の表現は

$$+0.0000000 \times 10^{-19}$$

を用いる。

2.2 命 令 語

命令語は 17 桁の数字で構成される。FACOM-128 B も他の万能形 FACOM (リレー式) と同様に 3-アドレス方式を採用し、命令語の頭 9 桁をアドレス部とし 3 分して A, B, C 欄と称する。

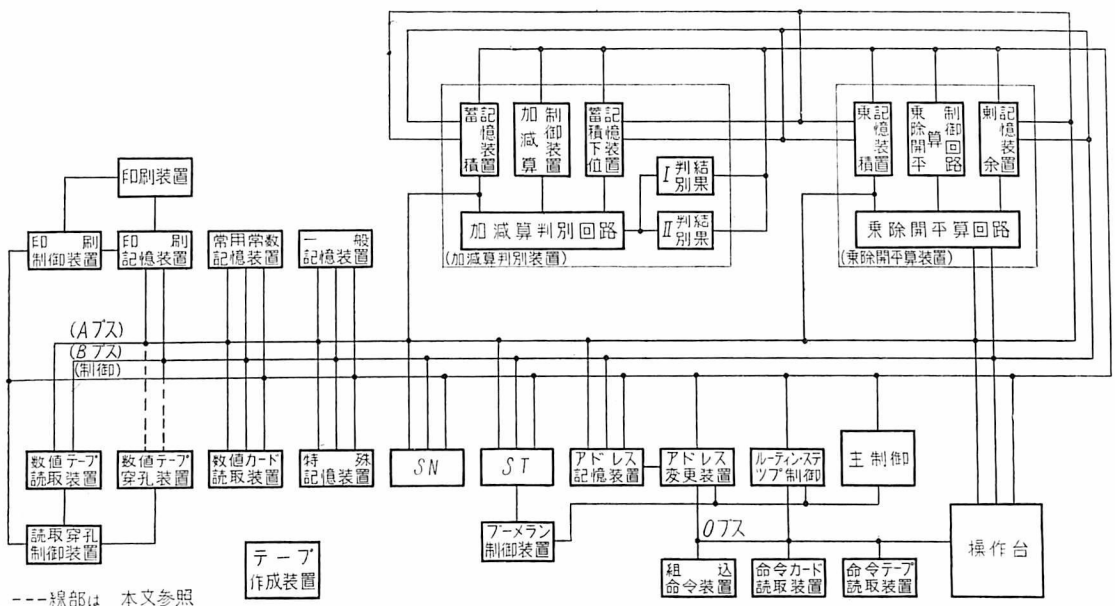
A, B は 0 から 299 まで、C は 0 から 199 まで扱う。演算の際 A は被演算数のアドレスを、B は演算数のアドレスを、C は結果数のアドレスを表わすが、命令の種類によつて A, B, C の意味は変化する。例えば印刷命令のとき A が印刷の繰返し回数を表わすことがある。

アドレス部に続く O I (2 桁) によつて指令の内容を大別し、続く O II, O III (各 1 桁) によつて細かく内容を規定する。

続く 3 桁は D_1, D_2, D_3 といひそれぞれ A, B, C 各アドレスのアドレス変更の有無を規定する。

最後の桁を N 欄と称し命令繰返しの際用いて便利である。

2.3 機 器 構 成



第1図 FACOM-128 B ブロックダイアグラム

Fig. 1. Block diagram of FACOM-128 B

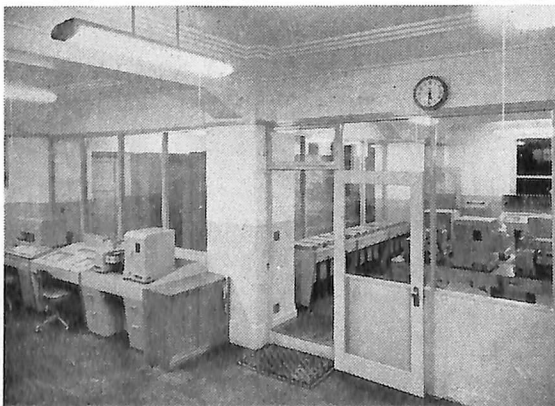
FACOM-128 B のブロックダイアグラムはここに示した図のごときのものである。各装置間を結合する共通の情報線を bus line (ブス) といっているが FACOM-128 B においては数値ブスは 2 本で A, B と名付けられている。

被演算数および演算数はまず A, B ブスをそれぞれ通つて演算装置に送られ、演算が終了すると結果は A ブスによつて、予め指定済の記憶装置に格納される。

以下各装置の大略を述べることにする。

2.3.1 一般記憶装置 (アドレス 20~199)

本機の一般記憶装置はクロスバー式記憶装置



第2図 FACOM-128 B 全景

Fig. 2. View of FACOM-128 B

を用い 20 語を単位として容量変更できる。現行のクロスバースイッチは新方式のもので動作速度は著しく向上している。プラグイン・ユニット式であることはこれまでと変りない。

2.3.2 テープ記憶装置

11~14 番のアドレスはこれを A または B アドレスに指定することによつて 72 単位数値読取機の内容を読取ることができ、また C アドレスに指定することによつて計算結果を 72 単位数値穿孔機のテープに自動穿孔させることもできる。

穿孔の場合数値は 11~14 に対応して定る 15~18 の印刷記憶装置に蓄えられてからテープに穿孔させる。

同じアドレスの読取機と穿孔機は隣合わせにおいてあるので自動穿孔されたテープを読取機に接続することによつて実用上容量無限の記憶装置として利用できる。なお特殊アドレスにより逆向きテープまたは停止テープを読取ることができる。

2.3.3 印刷記憶装置 (アドレス 15~18)

印刷記憶は一般記憶同様に使用でき、かつ印刷機と直結しているのでその内容を印刷命令によつて任意に自動的に印刷できる。

印刷記憶の内アドレス 15 のみはその内容を計算中にも卸一つで任意に見ることができる。またその内容を 204, 205, 206 A, 207 A 等のアドレスで読めば特殊な論理演算を行える。

(3.2.3 参照)

2.3.4 特殊記憶 (アドレス 19)

特殊記憶については 3.2.3 参照。

2.3.5 常数記憶およびカード

FACOM-128 A においては常用常数として約 50 組を設置したがこれを吟味整理して約 20 組に縮小し、その代りとして任意の常数を 40 組まで与えうるよう 2 台の常数カード読取機を設置した。

この他初等函数用の常数をおいている点は 128 B においても 128 A の場合と同様である。

2.3.6 演算装置

FACOM-128 B の演算装置は基本的には 128 A と変りないが、複合命令を行うために制御回路を一部変更した。特に加減算装置については 16 桁加減算のためにその 1 部を増補した。

演算結果は必ずしも C アドレスに指定して、記憶装置に格納するとは限らず、むしろ演算装置内の演算結果レジスタに格納する場合の方が多い。

後者の場合は前者に比べて相当の速度上昇を期待できる。

2.3.7 制御装置

A 命令装置

FACOM-128 B を制御する命令は自動計算の場合には 4 台の命令テープ読取機、10 台の命令カード読取機、約 2,000 ステップの可能性を有する組込命令から与えられ、手動化の場合は操作台から与えられる。

これまでの経験から命令カードによるプログラムはかなり重要なので制御方式を改め、1 台 20 ステップのカードを任意に区切って使用できるようにした。

組込命令は標準形があるが特定のものの設計を行うこともできる。

B 主制御装置

命令装置からの情報を演算完了のパルスによって命令蓄積装置に送り、そこで命令の種類を

行い、もし算術演算に関するものならば選択装置によって所要記憶装置の読出ゲイトを開いて情報を演算装置に送り、演算完了次第結果を所定の記憶装置に格納する。もしルーチン接続に関するものならば接続条件を吟味して接続点を表わすデータをルーチンステップ指定装置に格納する。もし入出力に関する命令ならば所定の機器を動作せしめ入力または出力の情報が正しく授受されたか否かを確認する。これら一連の制御、いいかえれば命令を受信してから次の命令を受信するまで正しく命令が遂行されるよう制御する装置を主制御装置という。

C インデクス・レジスタ

命令の修飾や反覆制御のために FACOM-128 B は目的別に分類されるインデクスレジスタを持つている。すなわちアドレス変更のためには 3 個のレジスタ A-1, A-2, A-3 を持ちそれぞれ 0~299 の数を格納でき、また自分の内容を ± 1 だけ変えるための小さな加算器を包含している。これらは各 1 個のアドレスをもつ他、3 個をまとめて一つのアドレスを附与されている。

次にルーチンの反覆制御のためには簡単な判別回路と -1 回路を含むレジスタを 3 個持つている。これは SN0, SN1, SN2 と称する。

これはそれぞれ 2 桁、3 桁、2 桁から成つている。これと組合せて使用するために ST と称するレジスタも 3 個保有する。ST は一般記憶同様に使える。

2.3.8 印刷機

本機の印刷機は 1 行 60 字のラインプリンタで 1 分間約 100 行の印刷速度を持つている。

印刷内容は先に述べた通り印刷用記憶装置に蓄える。

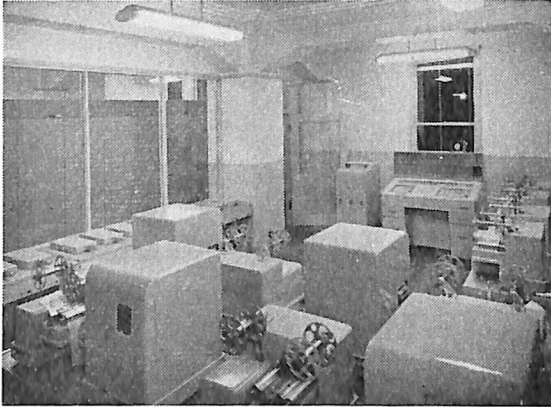
2.3.9 操作台 (アドレス 0)

機械の操作および保守に必要な機器を集めた装置で、各種の電鍵類とランプ表示装置、数値および命令セットのための卸装置等を備えている。ランプ装置はすべて浮出文字板を使用して見易くした。

機械の始動は操作台上の起動電鍵によって行われ、計算が開始されると動作状況はランプに

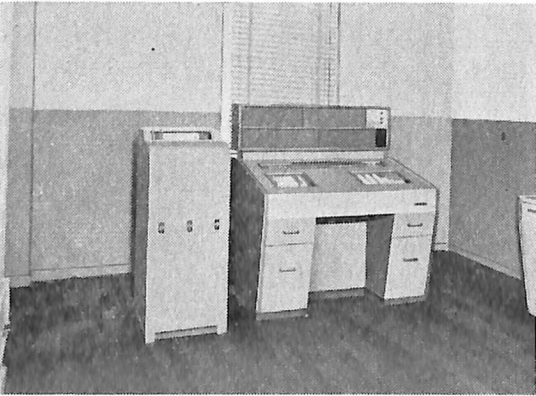
表示される。各装置の主要なリレーに対応してランプが設けられているから機械が停止すればランプの点滅状態によつてただちに障害箇所を発見できる。

操作台は命令装置および記憶装置としてアドレス0番をもち、鈕によつて命令または数値を



第3図 FACOM-128 B の操作室

Fig. 3. View of operating room of FACOM-128 B



第4図 操 作 台

Fig. 4. Control desk

投入したり、計算結果をランプで読取ることもできる。(なお 3.1.3 参照)

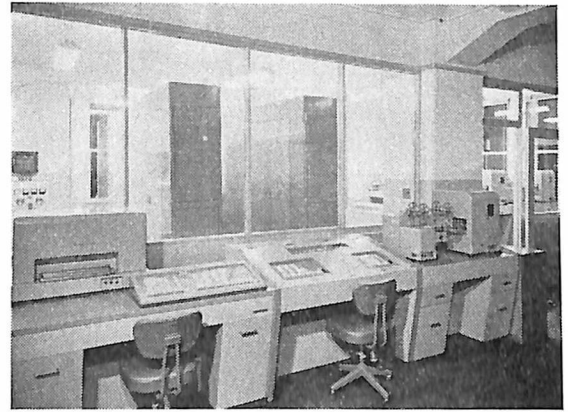
2.3.10 電 源

電源は入力として交流 200 V を用い出力として直流 80 V およびランプ用として交流 20 V を必要とする。これらは変圧器とセレン整流器による電源装置によつて変換している。

電源容量は 7kW, 消費電力は 3~5kW である。

2.3.11 テープ作成装置

計算に必要な数値および命令テープを作成す



第5図 FACOM-128 B の継電器架、カード作成装置、テープ作成装置および電源

Fig. 5. Relay lockers, card-making and tape-making device, and power source

る装置で、数値用および命令用の各鈕盤と穿孔機、読取機各1台から成る。鈕はロック鈕を使用しているから零の多い場合に有効である。穿孔、複写の他検穿孔装置が附加されているからこの装置だけで完全なテープを作成できる。

本装置は交流 100 V の電源装置を内蔵しているから計算機本体と独立におくことができる。

2.3.12 カード作成装置

本装置は数値カードおよび命令カードの穿孔に用いるものでテープ作成装置とほぼ類似の鈕盤とカード穿孔機とから成る。鈕にセットした情報にしたがつてカードに穿孔される。

2.3.13 機器実装の方式

FACOM-128 B は全実装の場合かなり大容量のものとなるので実際使用の目的によつて適宜その実装程度を加減する。

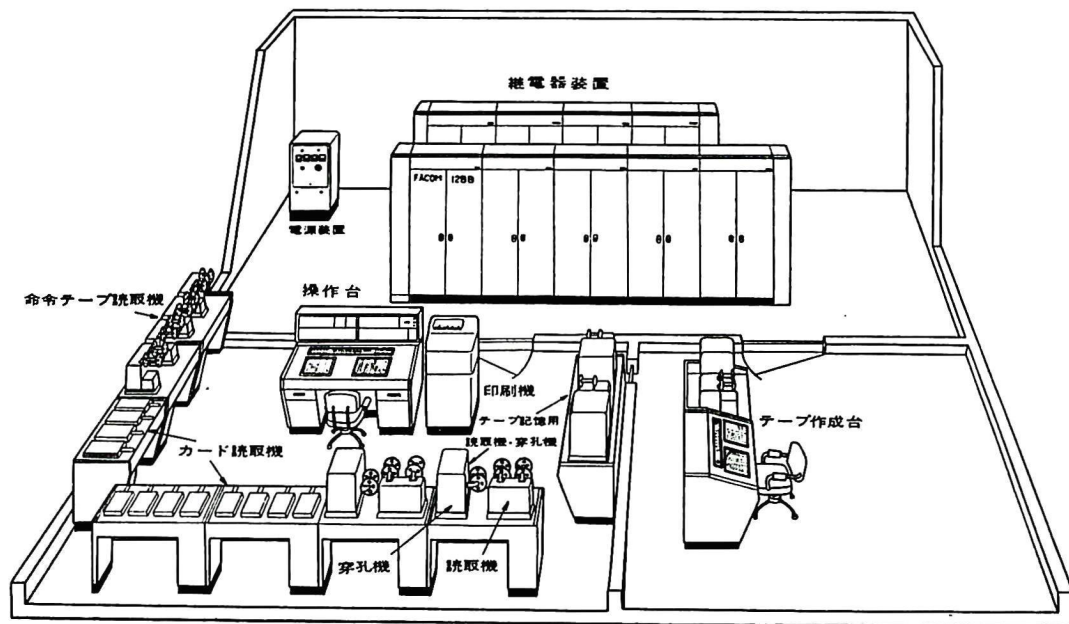
別表の第 I 案は全実装の場合を示し以下順次実装程度を削つている。第 VI 案は FACOM-128 B がその本来の能力とあまりかけはなれない範囲の最小実装案である。

これらの案以外にもこの中間的な案を数多く建ててみる事ができるが、特別な要求のない限り II 案以下すべてバランスに重きをおいた考え方であつて、例えば常時類似の計算を行うが記憶容量は大なることをよしとする場合は命令装置を減じて記憶装置はへらさないという方法をとることもできる。なお連立方程式その他

第 1 表 FACOM-128 B の実装数と求解範囲

装置名称		実装案	I	II	III	IV	V	VI	備 考
実 装 数	1 入力装置	命令テープ読取機 (72単位)	4	2	2	2	2	1	
	2 "	テープ記憶用読取機 (72単位)	4	3	2	2	2	2	
	3 "	テープ読取機台 (命令用)	2	1	1	1	1	1	①を2台収容する
	4 "	テープ読取機台 (数値用)	4	3	2	2	2	2	②および⑩を各1台 ずつ収容する
	5 "	命令カード読取機	10	6	3	3	2	0	
	6 "	数値カード読取機	2	2	1	1	0	0	
	7 "	カード読取機台	3	2	1	1	1	0	⑤および⑥を併せて 4台収容する
	8 制 御 演算装置	リレー用ロッカー (第 1,2,3,4,5)	5	5	5	5	5	5	
	9 "	リレー用ロッカー (組込命令用)	1 (全実装)	1 (組込 未実装)	1 (▽の み実装)	0	0	0	
	10 記憶装置	メモリー用ロッカー (記憶容量、語)	3 (180)	2 (120)	2 (120)	1 (60)	1 (60)	1 (40)	
	11 出力装置	テープ記憶用穿孔機 (72単位)	4	3	2	2	1	1	
	12 "	同時式印字機 (60桁)	1	1	1	1	1	1	
	13 その他	操 作 台	1	1	1	1	1	1	
	14 "	電 源 装 置	1	1	1	1	1	1	
	15 テープ 作成装置	テープ作成台	1	1	1	1	1	1	
	16 "	テープ穿孔機 (72単位)	1	1	1	1	1	1	
	17 "	テープ読取機 (72単位)	1	1	1	1	1	1*	* VI案の場合は入力と して転用のことあり
	18 "	穿孔機、読取機台	1	1	1	1	1	1	⑩および⑰を収容す る
求	連立1次方程式	消 去 法 (完全自動)	17元	13元	13元	9元	9元	7元	
		消 去 法 (テープ交換1回)	約180元	約120元	約120元	約60元	約60元	約40元	
解	行列の乗算	テープ行列、 完全自動	180次	120次	120次	60次	60次	40次	テープ交換不要、た だし交換した方が速 いこともある
		テープ行列の 連乗	"	"	"	"	"	"	
		非テープ行列 連乗	8次	7次	7次	5次	5次	4次	
範	高次代数方程式	ニュートン法	90次	60次	60次	30次	30次	20次	スケール、オーバー のおそれあるときは 取扱える次数は低下 する
		挟み込み法	180次	120次	120次	60次	60次	40次	
問	常微分方程式	ルンゲ、クッ タ法	45元	30元	30元	15元	15元	10元*	式の形により取扱範 囲は変動する *連立1階に換算した 場合

注) IIとIII, VIとVは雑計算の取扱い易さに差がでてくる。



第6図 FACOM-128 B 見取全景

Fig. 6. Sketch view of FACOM-128 B

の求解範囲の項は（自動計算という条件をつけた場合に）これら実装案相当の大凡の能力を示すものである。

3. 特 長

FACOM-128 B の応用の方面は極めて広く学術、工業、経済等の各方面において研究、設計あるいは各種の調査を行う際に必要となる数値計算を迅速かつ正確に解くことができる。例えば多元連立1次方程式、高次代数方程式、固有値問題、微分方程式および積分方程式、補間および補外法、各種の統計解析、数表作成等の代表的数値解析を始め、モンテカルロ法、リニアプログラミング、ダイナミックプログラミング、ビジネスゲーム等近時流行の諸計算も実際に取扱っている。

これらの代表的なものについてはルーチン等も完備しているので何等プログラミングを必要としない場合も次第に増加している。

FACOM-128 B の特長は大きく分ければ使用上の諸特長とコードシステムの諸特長とになるが要は使い易く能率良いことを目標としたものであつて列記すれば次のごときものとなる。

- (1) 計算結果が絶対正確である。
- (2) コーディングが簡単である。
- (3) 浮動小数点の高精度計算が容易である。

- (4) 取扱いが容易である。
- (5) 高速である。
- (6) 入出力が完備している。
- (7) 保守が簡単である。
- (8) 長寿命である。
- (9) 維持費が僅少である。
- (10) 純国産機である。

以下これらの点について若干述べてみることにする。

3.1 使用上の諸特長

3.1.1 信 頼 度

計算機を使用する利点は単に速度が大きいということのみではなく、疲労せず誤りがないという点を忘れることはできない。

FACOM-128 B においては特に信頼度の問題を重視し、完全な self-checking code による非同期式制御方式を採用し計算結果には絶対に誤を出さないことに成功した。(註1)

FACOM-128 B には 10 万以上の接点、25 万におよぶはんだ付個所があるが、この内 1 個所でも接触不良や断線、あるいははんだこぼれ等による障害が発生すれば機械はただちに停止する。したがつて結果がでればそれは正しい結果である。

(註1) self-checking code といえども double error

またはそれ以上の error によつて情報が正式の code をもつ別の情報に変化した場合には checking は不能となるが、このようなことは同一桁に 2 個のしかも異質の error (一つは接触不良、一つははんだこぼれ等による障害) が発生しない限り考えられないが、この probability は極めて小さいと考えられる上、はんだ障害等はすぐ次の情報でただちに発見されるから実用上充分である。因に FACOM-128 B は年間 10^8 回の演算を行える。一方誤を犯す chance は 10^{-13} ~ 10^{-16} と考えられる。したがつて実用上は“絶対に”誤を出さないと考えてよいと思われる。

3.1.2 計 算 速 度

一口に速度といつても計算機によつてそれぞれ特性があり一般に比較は困難である。例えば 1 分間に計算機内部で処理できる加減算の数、乗算の数等で速度を表わすことが行われるが、これは他に充分な尺度がないための便宜的手法であつて、具体的な問題についての所要時間を推定するためにはこれだけではほとんど役に立たない。

例えば e^x , $\sin x$ を計算すると極めて高速でありながら連立 1 次方程式を解くとそれほど速くない計算機もあり、またその逆も成立する。また根の状態が非常に悪い方程式を解くとき等は人間の判断を容易に入れうるか否かで求解速度が激変する。

このような現象がおきる理由は、計算機がバランスのとれたものであるか否かによつて問題に対する適性といつたものが極端に表われたりするものと解釈される。

以上のような理由から FACOM-128 B の計算速度の例として基本演算速度および若干の計算実例をあげることにする。

a. 1 回の命令でできる演算の種類および所要時間 (単位 秒)

- (1) 加減算、絶対値加減算、判別等 0.1~0.2
- (2) 乗 算 0.1~0.35
- (3) 除算、開平方、整数商 0.1~1.4
- (4) 16 桁加減算 0.6
- (5) 16 桁乗算 1.6
- (6) 16 桁除算、開平方 3.4
- (7) 三角函数の計算 (精度 7 桁) 2.2~3.5
- (8) 逆三角函数 // 3.5
- (9) 対数函数 // 3.5

- (10) 指数函数 // 3.2
- (11) 複素数の乗算 1.6
- (12) 複素数の除算、開平方 3.5~4

以上の内 (4)~(12) は組込命令またはカードによる。

b. 計 算 例

- (1) 10 元連立 1 次方程式 4 分
- (2) $x_1y_1 + x_2y_2 + \dots + x_ny_n$
n=100 の場合 45 秒
- (3) 10 次逆行列 10~15分
- (4) 条件式 40, 変数 (スラック変数を含む) 80 の場合のリニアプログラム 51分/ステップ
- (5) 複素根を有する 10 次方程式をニュートン法で解く場合 60秒/ステップ
- (6) 複素根を有する 10 次方程式を係数、演算共 16 桁でヒッチコック法によつて解く場合 172秒/ステップ

以上の他超越方程式、微積分方程式を始め種々の実例があるが紙面の都合で省略する。

3.1.3 取 扱 方 式

FACOM-128 B の取扱い方には次の二つの大きな特長がある。

- (1) 計算実行中に人間の判断を容易に導入できる。
- (2) 同一のプログラムによつて異つた作用を与える。

このこと以外に例えばスタートやストップの方法、計算中に特定のレジスタの内容をランプ表示してみることに、実行中の計算の内容、状態の把握あるいは緊急事態——たとえば数値が取扱範囲をこえたり、零を分母とする割算が発生したり、あるいは何かの理由でヒューズが熔断したり等々の場合のベル鳴示等多くのことをすべて操作台で処理しているが、これらはいわば必要条件であつて本機の特長は上記二つの取扱方式にある。

計算中に人間の判断を入れるためには任意の時刻または任意に指定した命令位置で計算機を一旦停止することが必要である。命令位置の指定はルーチンおよびステップ数を与えて行う。前者の停止は割り込み電鍵を倒すのみでよく、後者の停止は一旦復帰指定命令を与えることに

よつて行う。

一旦停止後の処理、すなわち人間の判断の与え方は4通りある。すなわち

- (1) 操作台の命令釦によつて1ステップずつ命令を与える。
- (2) 操作台の命令釦の内容を自動的に繰返し何回か読込ませる。
- (3) 現在まで遂行してきた命令を1ステップずつ読み込ませる。
- (4) 任意のルーチンと呼出して以後それについて自動計算を行う。

本機においてはこれらを自由に扱える他、後述する復帰指定命令と適宜組合せることによつて極めて自由にルーチンの接続を行うことができる。

次に同一のプログラムを活用して数通りに使用する方法を述べる。

- (1) 4捨5入、切捨を自由に行うこと

計算にあたり、丸めの影響がどの程度影響するかを調べ得るよう、通常は有効数字9桁目で4捨5入している計算を、電鍵を倒すことによつて一齊に9桁以下を切捨てる計算に変更できる。ただしいかなるときも4捨5入を要する時、あるいは切捨を絶対とする時はこの電鍵の影響を受けないようにプログラムすることもできる。

- (2) 印刷の二重打ち

電鍵を倒すことによつて印刷の繰返行数を自動的に1行から2行に変えることができる。この際印刷を1行目と2行目とで1文字だけずらして打つことができる。

- (3) 以上の他同一のプログラムを他のプログラムを附加することによつて多くの変形プログラムとして使用できるがここでは述べることを省略する。(アドレス変更などは後述する)

FACOM-128 B の取扱方式の特長としてなお若干を附記する。

- (1) 任意の命令を1回ずつ、演算中でも強制的に省略して先に進めることができる。
- (2) 任意語数の命令を1ステップずつ演算することなく連続して先に進めることができる。
- (3) 2本の数値テープを計算合成して1本の命令

テープを作ることができる。逆に1本の命令テープを読むときに1語の命令を数値2語として読取ることができる。(命令編集)

3.1.4 保 守

FACOM-128 B は先にも述べた通り1個所でも障害があれば必ず停止する。しかし接触不良などは計算を再度行うことによつて容易に除去されるので、機械が一旦停止するとその演算のみを再び繰返す装置——second trial装置が働いて second trial を行うよう設計されている。したがって簡単な障害はすべて人手を煩わすことなく自動的に匡正されるのが普通であり、人手による障害発見を必要とすることは稀である。

演算の進行状態は常に操作台で監視することができ機械が停止した場合にはただちに障害範囲を発見し原因を突きとめることができる。

リレーは計算機用として設計された特に長寿命のものであり、他の部品も安定堅牢であるから平常保守というべきものはほとんど問題でなく、限界検査は一切不要である。電源変動、温度限界等の使用条件は相当広範囲に許容されているので特殊な安定電源等は不要で、部品交換もほとんどないから維持費は至つて低廉である。ちなみに所要電力は3~5 kW程度である。

本機は回路技術、構成部品のすべてにわたり完全な国産機であるから保守上も種々の点で有利である。

3.2 コードシステムの諸特長

FACOM-128 B のコードシステムは記憶しやすくかつ独自の命令をもっている。

計算機の命令の種類は少ければ少い程記憶しやすいが、一旦慣れてしまうと問題毎にその少い命令を使つて工夫しなければならぬからあたかも幾何の問題を毎回公理にさかのぼつて証明するとき感がある。しかるに必ず記憶すべき命令の数があまりに多ければ慣れるまでの障害があまりに多い。FACOM-128 B においては必ず記憶すべき命令の数をまず12個に限定し、これだけ知つていれば実用問題は大抵解けるようになってい

一旦これに慣れると、多くの問題に共通な計算形式を1個の命令で表わす複合命令が使い易い。

FACOM-128 B の命令は電子計算機の命令と比べればいずれも複合命令といえるけれども、ここでは9個の命令を複合命令という。この内容については後述する。

次に計算法に特殊な工夫を必要とする場合や、記憶容量の限界を超えた自動計算を必要とする場合などあるいは浮動小数点方式でありながら倍桁精度の演算を行いたい等の必要ある場合にはそれに適合した命令がある。

FACOM-128 B の命令の中で最も異色あるものはブーメラン命令(復帰指定呼出し)であるがこの他特長ある命令が多いので以下にその概要を述べることにする。

3.2.1 初等コーディング

FACOM-128 B の命令語は A, B, C, O I O II, O III および D₁, D₂, D₃, N の 10 部から成り A, B および C をアドレス部ということはすでに述べた。初等コーディングにおいては O III 以下 N までは一切使用しない。すなわちこれらは全部零をいれる。O I としては転送 00, 加算 01, 減算 02, 乗算 03, 除算 04, 開平算 05, 絶対値加算 10, 絶対値減算 11, 判別 20 の 9 個の命令が演算に関するものである。この場合は A は被演算数, B は演算数, C は結果数のアドレスを与える。O II は常に零としてよいが, C に一般記憶装置相当のアドレスを与える代りに演算装置内部のレジスターに入れることを指示しようというときには O II を 1 とし, その代りとして C には何も指定しない(零とする)。

例えばアドレス α の内容と β の内容とを掛け合わせて結果をアドレス γ に入れようという時は

α	β	γ	03	000000
----------	---------	----------	----	--------

のごとく表現する。

演算以外の命令としてはルーチンの無条件呼出し 40, SN による呼出し 41 および一般形式による印刷 50 の 3 個がある。これらについては O II は 1 とし A, B, C の所で接続すべきルーチンの番号あるいは印刷の回数やどの印刷記憶に入っている数値を印刷すべきか等を指定する。

以上の初等コーディング用の 12 個の命令について O III 以下を適当に 1 としたり 2 としたりすることにより種々の修飾ができるけれども初等コーディングとしては考える必要がない。

3.2.1 複 合 命 令

ここで複合命令というのは次の 9 個の命令である。すなわち判別の結果にしたがつて A に指定したアドレスの数またはその数の符号を変じた数を C に送るか 24, あるいは A に指定したアドレスの数または B に指定したアドレスの数を C に送るか 25, という命令。判別を行うと共にその結果にしたがつてルーチンに接続する命令 43。次のごとき 6 個の命令。

$A \times B + (RA 1)$	30
$A \times B - (RA 1)$	31
$\{A + (RM 1)\} \times B$	32
$\{A - (RM 1)\} \times B$	33
$\{A + (RA 1)\} \times B$	34
$\{A - (RA 1)\} \times B$	35

以上の命令を使用することによつてベクトル内積や多項式の計算の繰返し部分は 1 個の命令のみで表現できる。

3.2.2 倍 桁 演 算

FACOM-128 B の特長の一つとして繰返し述べていることであるが、高精度計算を浮動小数点方式で行える点は特記すべきであると考え。これは単に可能というのみではなく

16 桁加減算	0.6 秒
16 桁乗算	1.6 秒
16 桁除算、開平算	3.4 秒

という高速なもので極めて実用的である。これら 16 桁同士の演算は加減算は 4 個、乗算は 5 個、除算も 5 個、開平算は 7 個の命令で実行できるから既装のサブルーチンを利用してもよく、また適宜プログラムしてもすぐに書下すことができる。

この倍桁演算を行うために FACOM-128 B では 8 桁同士を加減算して結果を 16 桁求める命令をおいている。(12, 13)

これを使つて例えば複利計算表を 32 桁の精度で求めたりしたこともある。

3.2.3 論 理 演 算

第2表 命 令 一 覧 表

O I		O II	O III	D ₁	D ₂	D ₃	A	B	C
00	転 送	0 S(A)	0 A → C 1 -A → C 2 A → C				0 II = 0 A また は V 0 II = 1 N		
01	加 算								
02	減 算		0 四捨五入または切捨て						
03	乗 算								
04	除 算		1 切 捨 て						
05	開 平 算								
10	A + B								
11	A - B		2 四 捨 五 入						
12	16桁加算	0 C → S	0 C _u → C				D1=0 D2=0 D3=0		
13	" 減算		1 C _l → C	0 A(A)	0 A(B)	0 A(C)	A	A	A
14	アドレス(大)転送		0 大または 小なる数 → S または R						
15	" (小) "		1 A(A) また は A(B) → S						
20	判 別		0 符号判別 1 第1大小判別 2 第2 "						
21	特殊加算		0 非正視化				D1=1 D2=1 D3=1		
22	" 減算		1 固定小数点				V	V	V
23	特殊乗除算		0 整数商 1 指数差 2 非正規化乗算						
24	A or -A → C		0 符号判別による						
25	A or B → C	1 C → R	1 第1大小判別による 2 第2 "						
30	A × B + (RA 1)								
31	A × B - (RA 1)		0 レジスター経由せず						
32	{A + (RM 1)} × B								
33	{A - (RM 1)} × B								
34	{A + (RA 1)} × B		1 レジスター経由						
35	{A - (RA 1)} × B								
40	無条件呼出し		0 1~4桁(U)による 1 5~8桁(L)による				0 II = 0 D1 = 0		
41	SNによる呼出し	0 S(A)	0 SN 0 による 1 SN 1 " 2 SN 2 "				A		
42	判別結果呼出し		0 符号判別による 1 第1大小判別による 2 第2 "				D1 = 1 V		
43	判別直接呼出し	" 1 R(A)	0 ST 0 による 1 ST 1 " 2 ST 2 "	1 V(A)	1 V(B)	1 V(C)	0 II = 1 R(U) R(L) R(U) R(L)		
44	復帰指定呼出し								
45									
50	印刷(一般形式)		0 INDEX なし 1 " 印刷						
51	印刷(固定小数点形式)	0 S(A)	2 符号付 INDEX 印刷						
52	読取機穿孔機 1,2 空送り								
53	読取機穿孔機 3,4 空送り								
54	命令読取機 1,2,3,4 空送り	1 P(A)							
55									

命令一覧表の註

(1) 命令語は

A, B, C, O I, O II, O III, D₁, D₂, D₃, N の順に排列するのが実際の穿孔順序であるが、命令内容で分類し見易くするために命令一覧表においては、O I, O II, O III, D₁, D₂, D₃, A, B, C の順に記し N 們は故意に記載しなかつた。

(2) 記号化しているので説明を加える。

- S(A) 記憶装置のアドレスを指示する。
- N(A) アドレス部が生の数値を表わす。
- C→S 結果をC欄に指定した記憶装置に入れる。
- C→R 結果を演算装置内部のレジスタに入れる。
- R(A) アドレス部でルーチンの接続点を表示する。
- P(A) アドレス部のA欄は印刷回数を生の数値で表わし、BおよびC欄で印刷すべき記憶装置の内容指定を行う。
- A(A)等 アドレス部の数字は生のアドレスを表わす。

- V(A)等 アドレス部の数字はアドレス変更のための情報を表わす。
- R(U) ルーチン接続点を表わす記憶装置の上位4桁の情報
- R(L) ルーチン接続点を表わす記憶装置の下位4桁の情報
- C₁ RA 1 の内容
- C₂ RA 2 の内容
- S 記憶装置
- R レジスター (演算内部)
- A A(A), A(B), A(C) 等の略
- V V(A), V(B), V(C) 等の略
- N N(A) の略
- RA 1 加算装置内レジスタ (上位8桁)
- RA 2 " (下位8桁)
- RM 1 乗除開平算装置内レジスタ (上位8桁)
- RM 2 " (下位8桁)

第3表 記憶装置一覧表

内 容	ア 番 指 定 し 得	備 考	内 容	ア 番 指 定 し 得	備 考	内 容	ア 番 指 定 し 得	備 考
操 作 台	0 ABC		逆テープ読取 No.1	211 "			267 A B	π
アドレス変更記憶 A-1	1 "		" No.2	212 "		268 A	$+1 \times 10^{+01}$	
" A-2	2 "		" No.3	213 "		268 B	$+2 \times 10^{+00}$	
" A-3	3 "		" No.4	214 "		269 A	$+1 \times 10^{+02}$	
" A-C B A	4 B C		停止テープ読取 No.1	215 A B		270 "	$\sin X S 5$	
ルーティン回転数記憶 S N 0	5 A B C		" No.2	216 "		" "	S 4	
" S N 1	6 "		" No.3	217 "		271 B	$\pi/4$	
" S N 2	7 "		" No.4	218 "		272 A	$\sin X S 3$	
ルーティン記憶 S T 1	8 "		PS 4 の特殊読取	219 "		273 "	S 2	
" S T 2	9 "			220 "		274 "	S 1	
" S T 0	10 "		カード記憶 No.1	220		275 "	$\tan^{-1} X$	
テープ記憶 No.1	11 "		"	239	A	T 10		
" No.2	12 "			240		276 "	T 9	
" No.3	13 "			249		277 "	T 8	
" No.4	14 "			250	カード	278 "	T 7	
印刷記憶 No.1	15 "	PS 1		251		279 "	T 6	
" No.2	16 "	PS 2	カード記憶 No.2	256	A	280 "	T 5	
" No.3	17 "	PS 3	(常数記憶)	257	カード	281 "	T 4	
" No.4	18 "	PS 4		258	カード	282 "	T 3	
特殊記憶 S S	19 "			259	カード	283 "	T 2	
	20 "			260		284 "	T 1	
一 般 記 憶	199 "	クロスバー		261		285 "	$\log_{10} X$	
蓄 積 記 憶	200 A B			262	カード	C 7		
乗 積 記 憶	201 "			263	カード	C 5		
蓄積下部記憶	202 "			264	カード	C 3		
剰 余 記 憶	203 "			265	カード	C 1		
符 号 読 取	204 "	PS1 について		266		288 "	$10^X a 7$	
第 1 桁読取	205 "			267		289 "	a 6	
指 数 読 取	206 A			268		290 "	a 5	
数値部を指数部変換	207 "			269		291 "	a 4	
	208 A B	$+0 \times 10^{-19}$		270		292 "	a 3	
常 数 記 憶	209 "	$+1 \times 10^{+00}$		271		293 "	a 2	
	210 "	$+0 \times 10^{+07}$		272		294 "	a 1	
				273		295 "		
				274		296 "		
				275		297 "		
				276		298 "	ルーチン読取	
				277		299 "		

通常の四則算またはその変形ではどうしても計算できないかあるいは極めて厄介となる演算を処理するために FACOM-128 B はいくつかの命令と、特別な装置を設けている。

例えば判別の結果大または小なる数のアドレスを求めることが最近流行の L.P. 等に必要となるが、これは案外面倒な問題であるので、これを簡単に処理するためにアドレス転送命令を2種 (14, 15) 設けている。

FACOM-128 B は正規化された浮動小数点形式の数を原則として扱っているが時に固定小数点形式または非正規化形式の演算を行うために特殊加算 21, 特殊減算 22 の命令をおいている。

$\sin x$ を求めるときの象限判別や部屋割りの問題などで整数商を求める必要があり、また正式の除算を行うことなく2数の指数差を求めればよい場合や、非正規化数を乗算したい場合等のために特殊乗除算 23 がある。命令 23 の細目規定は O III で行っている。

なお固定小数点形式あるいは 16 桁形式の印刷を行いたい時は固定小数点形式印刷 51 を使用する。命令 51 の細目は操作台の電鍵による。

次にアドレス 15 の印刷記憶の特殊用法がある。すなわちその内容を

- a. アドレス 204 で読めば符号を
- b. アドレス 205 で読めば第1桁を
- c. アドレス 206 A で読めば指数部を数値部に
- d. アドレス 207 A で読めば数値部を指数部に交換する。

次にアドレス 18 の印刷記憶とアドレス 19 の特殊記憶を組合わせて任意桁の抜き取りができる。すなわち 18 の内容をアドレス 219 で読取ると特殊記憶の1または+のあるところのみ読取られ0に対応する桁は0となる。ただし特殊記憶の指数部が+07ならば18の指数が何であつても+07として読取られる。(符号も+)

例 1. (18 の内容) = $-3.1415927 \times 10^{+02}$

(19 の内容) = $+1.0011010 \times 10^{-01}$

(219 読取) = $-3.0015020 \times 10^{-02}$

例 2. (19 の内容) = $-0.0000011 \times 10^{+07}$

とすると

(219 読取) = $+0.0000027 \times 10^{+07}$

3.2.4 アドレス変更

FACOM-128 B においては A, B, C に記した情報を生のまま計算に使用するかあるいは変更して使用するかの区別を D₁, D₂, D₃ で行うことは已に述べた。変更して使用する場合は、アドレス部の情報はすべて「いかに変更するか」を表わすための情報として使用される。アドレスの変更といつても必ずしも算術演算に限ることなく例えばルーチンの接続の際に適用してもよいし、印刷命令に適用してもよくそれぞれ興味ある結果をうることができる。

FACOM-128 B のアドレス変更は通常電子計算機で行われているものとは異り、主命令と完全に並行して行う点に特色がある。すなわちインデックスレジスタの内容を修飾して計算に使用する所までを並列に行うのみでなく、インデックスレジスタの内容をいかに変えるかという点に至るまで並列に実行する。これを A, B, C について同時に行える点だけでもかなりの情報量をもっていることが明かである。

FACOM-128 B はアドレス変更用のインデックスレジスタを3個持っており、A, B, C のおのおのに任意の組合せ方で連結することができる。

3.2.5 ルーチン接続方式 (1)

自動計算機の命令中演算に直接関与せず極めて重要な役割を果すものはルーチン接続に関する命令であつて、これについては接続の選択条件と接続点をいかに与えるかについて考える必要がある。選択条件としては判別結果によるのが最も一般であるが実用的には無条件接続ということと、自己接続が最も多い点から接続の反覆回数判別結果によるということとを附加するとよいので、FACOM-128 B ではこのいずれをも設置している。次に接続点の与え方はアドレス部書き込むことと与えることもあり、またアドレス部にはある記憶装置のアドレスを与えておいて、接続点はその記憶装置内に書いておくという手の込んだ方法と与えることもある。この区別は O II が 1 なら前者、O II が 0 なら後者というようにして分けている。

後者の場合は記憶装置内の情報を書きかえることによつて簡単に接続点を変更できるので自由度が高い。

接続の反覆回数を数えてその結果によつて接続するという頻度は極めて高いから、このために一々1ステップかけることなく主命令を遂行するのと並列に接続条件をチェックして適宜接続するという方式を考案した。これをN柵制御といつている。

N柵を零としたときは単なる命令のみであるが1または2とするとその命令の他に並列に次のごとき命令を行う。

SNi (以下 i は N 柵に書き込んだ数値 1 または 2 を指す) が 1 でなければ STi の上位 4 桁で指定した接続点に接続し、SNi から 1 を引き、SNi が 1 ならば SNi はそのままとして、STi の下位 4 桁で指定した接続点に接続せよ。

3.2.6 ルーチン接続方式 (2)

特色あるルーチン接続方式としてブーメラン接続命令 (復帰指定命令) を考案したのでその概要を述べる。

a. 機 能

これまでのルーチン接続命令はすべて単に接続点を指示するのみであるのに対し、これは接続点の他に、帰還点ともいべき特定のルーチンステップを指定し、演算が帰還点に到達するとその命令を遂行後まゝにブーメラン命令を発した点の次のステップに自動的に戻る。

b. 効 果

任意のルーチンに命令群を挿入したり、任意の個所をカットしたりできる。従来の方法ではルーチン接続のときは必ず母ルーチンに接続命令を必要としたから命令の挿入またはカットはテープ編集又はカード変更等を必要としたのであるがブーメラン命令を用いればその必要がない。

(註) AルーチンからBルーチンに接続するという場合Aルーチンを母ルーチンと呼ぶことにする。この場合ルーチンの大小等は問題でない。

c. 使 用 例

ルーチンAの α および β 2点間にルーチンBを挿入することを考える。ルーチンXを考え、計算はこのXからスタートする。Xの内容は次の通り。

- (1) ルーチンAを呼び点 α で戻れ。
- (2) ルーチンBを呼びBの末尾で戻れ。
- (3) ルーチンAの β に接続せよ。

上のごとき使用法の他復帰割込電鍵を併用することによつて操作台に強制復帰させることができる。

3.2.7 入出力装置

FACOM-128 B の印刷形式は相当多種のものを自由に選択できる。

- a. 同一のものを 299 回まで印刷または空送りできる。(1回の命令で)
- b. 1回の命令で4語までを任意に選択して印刷できる。この際最左翼の1語については普通形式でも、符号無のインデクス形式でも、符号付のインデクス形式でも自由に選べる。
- c. 印刷形式を固定小数点形式で行うことも、あるいは中央2語を連結して16桁印刷として行うことあるいは命令語の印刷として行うことも任意である。

印刷の2重打ちについてはすでに述べた通りである。

次にテープ記憶装置使用の際に読取機、穿孔機の空送りが必要であるので任意の機器を空送りできるような命令をおいている。

命令読取機の空送りも同様に可能である。

4. 結 言

以上で簡単なながら FACOM-128 B の概要とその諸特長についての一通りの説明を終つた。

過去 20 个月以上にわたる FACOM-128 A の使用経験からいつても、計算機の能力はそれをいかに使用するかによつて評価が相当に変つてくる。

今後とも FACOM-128 B をより便利な計算機として育ててゆくために再び皆様の御批判と御支援をお願いする次第である。