

## 日立パラメトロン自動計算機\*

## HIPAC MK I

(Hitachi Parametron Automatic Computer)

高田 昇 平\*\*  
Shohei Takada

## 内 容 梗 概

日立デジタル計算機 HIPAC MK I の説明を行つた。主として概括的な説明と演算指令について述べてある。パラメトロン約 4,000 個を用いた演算制御部と、1,024 語の容量の磁気ドラム記憶装置とがこの計算機の主体をなすもので、扱う数値は 2 進法 38 桁である。演算指令は 19 桁を用い、単一アドレス方式である。指令の種類は 32, かつアドレスの修正を行うことができる。安定な使いやすい計算機である。

## 1. 緒 言

電子工業の目ざましい成果の一つとして電子的 (electronic) 自動計算機が現われ、各方面で製造され、使用され、そしてもとめられている。われわれはかねてパルス技術、特に電子交換に関する研究を行つていたが、日立電線株式会社より電源開発株式会社の奥只見幹線の弛張度計算を依頼されたのを契機として一昨年秋より汎用の中型自動計算機の製作を計画し、昨年 12 月 23 日完成した。爾来、目的の送電線の弛張度の計算 (5 次方程式の解、ゲーデルマニアン<sup>1)</sup>の算出などを含む) はもちろん、リニア・アクセラレータの設計計算、質量分析器の成分決定 (n 元方程式の解)、そのほか各種の作表を行つて今日に及んでいる。

## 2. HIPAC MK I の性能

HIPAC とは Hitachi Parametron Automatic Computer の略称である。その第 1 号機 Mark I は科学用の指令記憶 (ストアド・プログラム) 方式自動計算機である。演算に必要な数値も演算の命令もすべて穿孔テープにより、いつたん記憶装置に入れてしまつて、あとはまったく自動的に演算を行い、結果をプリンタに印字せしめるようになつている。記憶装置には磁気ドラムを用い 1,024 語の容量をもっている。

HIPAC MK I の演算素子はその名の示すとおりパラメトロンで、約 4,000 個を使つている。パラメトロンは真空管に比べて演算速度が若干おそいが、信頼度の点でははるかに勝つている。パラメトロンの演算速度のお

そいことも本機においては並列方式を用いることによつてこれを補つている。すなわち計算機本体の正味演算時間は加減算 4 ms, 乗算 8 ms, 除算 160 ms である。ただし、実際の演算時間はこれらの値に待合せ時間平均 5.5 ms を加える必要がある。

HIPAC MK I の取り扱う数値は -1 と 1 との間に限定されており、2 進法 37 桁 (すなわち 10 進法で約 11 桁) に正負を表わす桁を頭に加えたものを取り扱うことができる。そして固定小数点方式をとつており、正負の桁の次に小数点の位置がある。しかし、必要があればプログラムによつて自動的に小数点の位置を変える浮動小数点の演算を行うこともできる。

汎用計算機であるゆえ、プログラムによつて相当広範囲の計算が可能であるが、直接の演算命令は加減乗除をはじめ 38 種類用意されている。また、アドレス修正といつてプログラム中に指定された記憶装置中のアドレスをサイクル・カウンタと称するレジスタにあらかじめセットされた数、あるいは刻々変化する数で修正して別の演算に移ることができる。

これはプログラム作成上非常に便利で、本機の機能を向上せしめている。演算指令については後述する。

次に今一つの本機の特長は制御回路とその指令にある。すなわち一群の指令コードによつて計算機の各部を直接制御できるようになつている。そこで情報の読込みについても特に初期指令を与える必要がなく、直接制御して記憶装置に読込ませることができる。また、この指令を使つてテープ制御によつて演算を行わせることもできる。

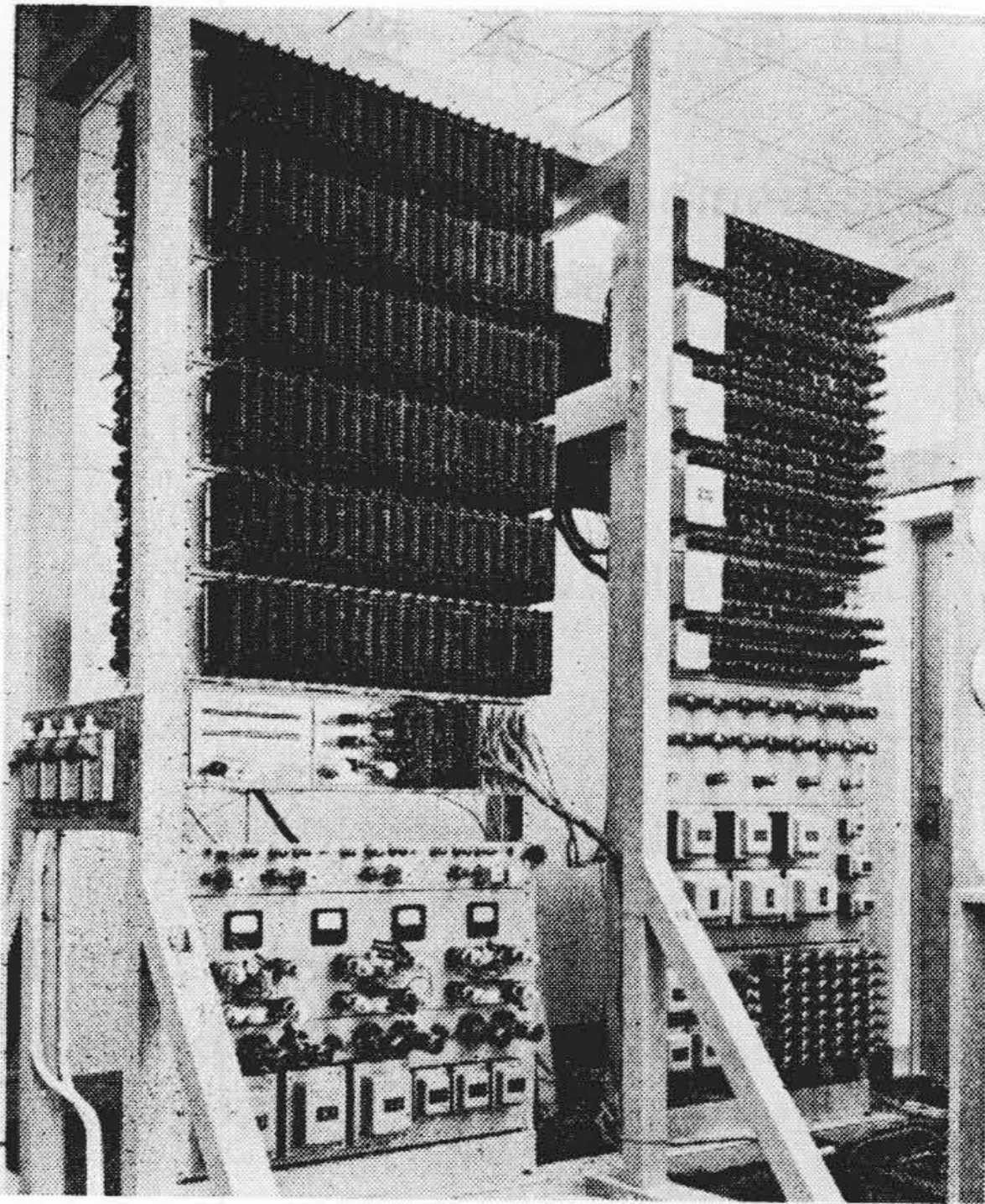
## 3. HIPAC MK I の構成

HIPAC MK I の外観は第 1 図に示すとおりで、計算機の本体はわずか 2 基の鉄架に納められている。左方の架はパラメトロンの演算制御部で、その下方に見える真空管はパラメトロン励振用の電源である。右方の鉄架には磁気ドラム制御用の真空管群が並んでいる。この架の

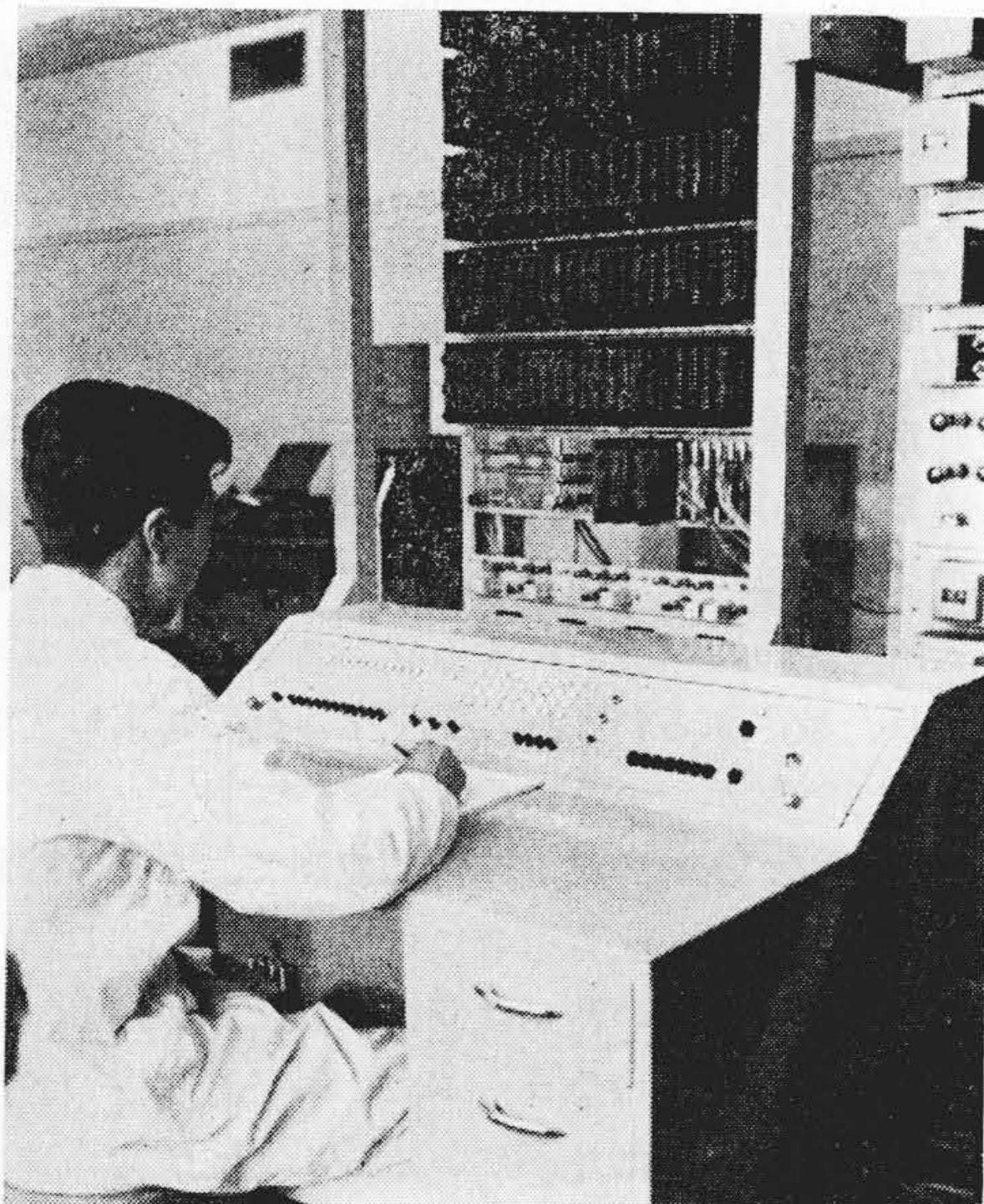
\* HIPAC MK I の試作は日立製作所中央研究所で行つたもので、試作取りまとめは島田正三、論理回路および記憶回路の設計は萱島興三、パラメトロン技術・パルス技術の基礎データは安藤文雄、井立田義春、調整は大西淑弘、沼尻文哉、岩上秀夫、ドラム回転部の設計は須藤卓郎の諸氏がそれぞれ担当した。

\*\* 日立製作所中央研究所





第1図 HIPAC MK I の演算部  
記憶制御部の外観

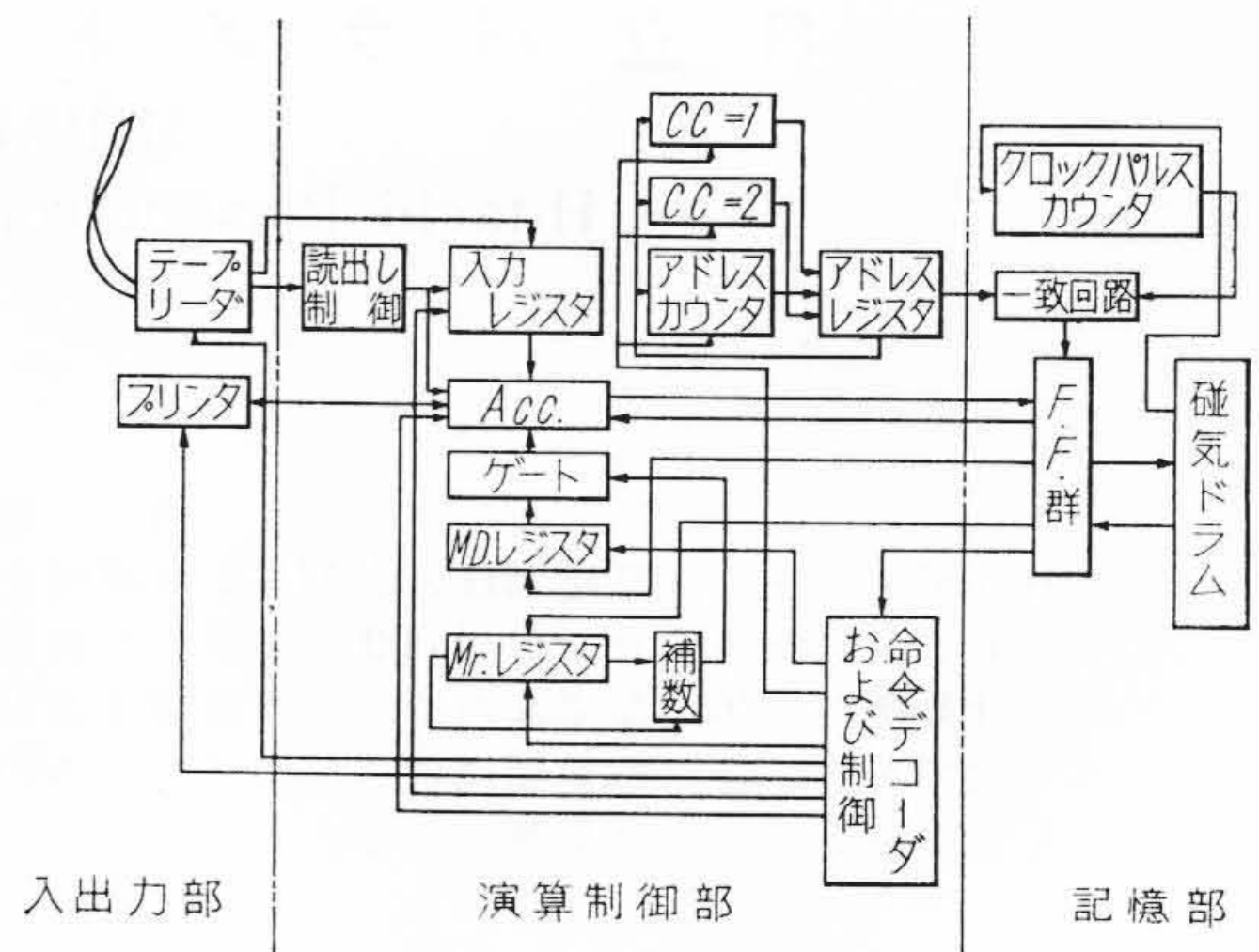


第2図 制御卓

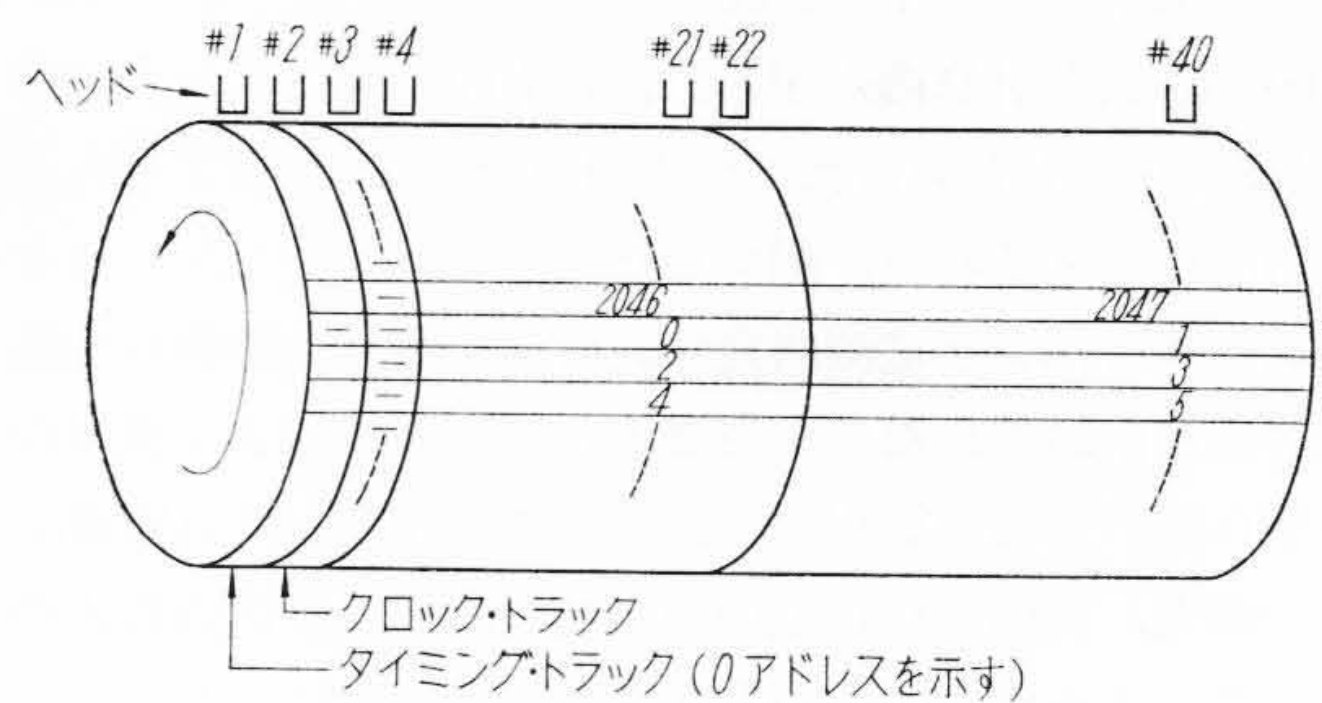
後方上部に磁気ドラムが配置されている。

演算に必要な数値およびどんな演算をさせるかという命令は6単位の穿孔テープにパンチして印刷電信機用のテープ・リーダーで読込ませる。第2図は制御卓でスタートのボタン、手動の演算制御用のボタン、アドレスを手動で指定するボタンがあるほか、計算機の各部の状態がランプの点滅によつてわかるようになっている。演算結果は頁式プリンタに印字される。

第3図はHIPAC MK Iのブロック・ダイアグラムで



第3図 HIPAC MK I のブロック・ダイアグラム



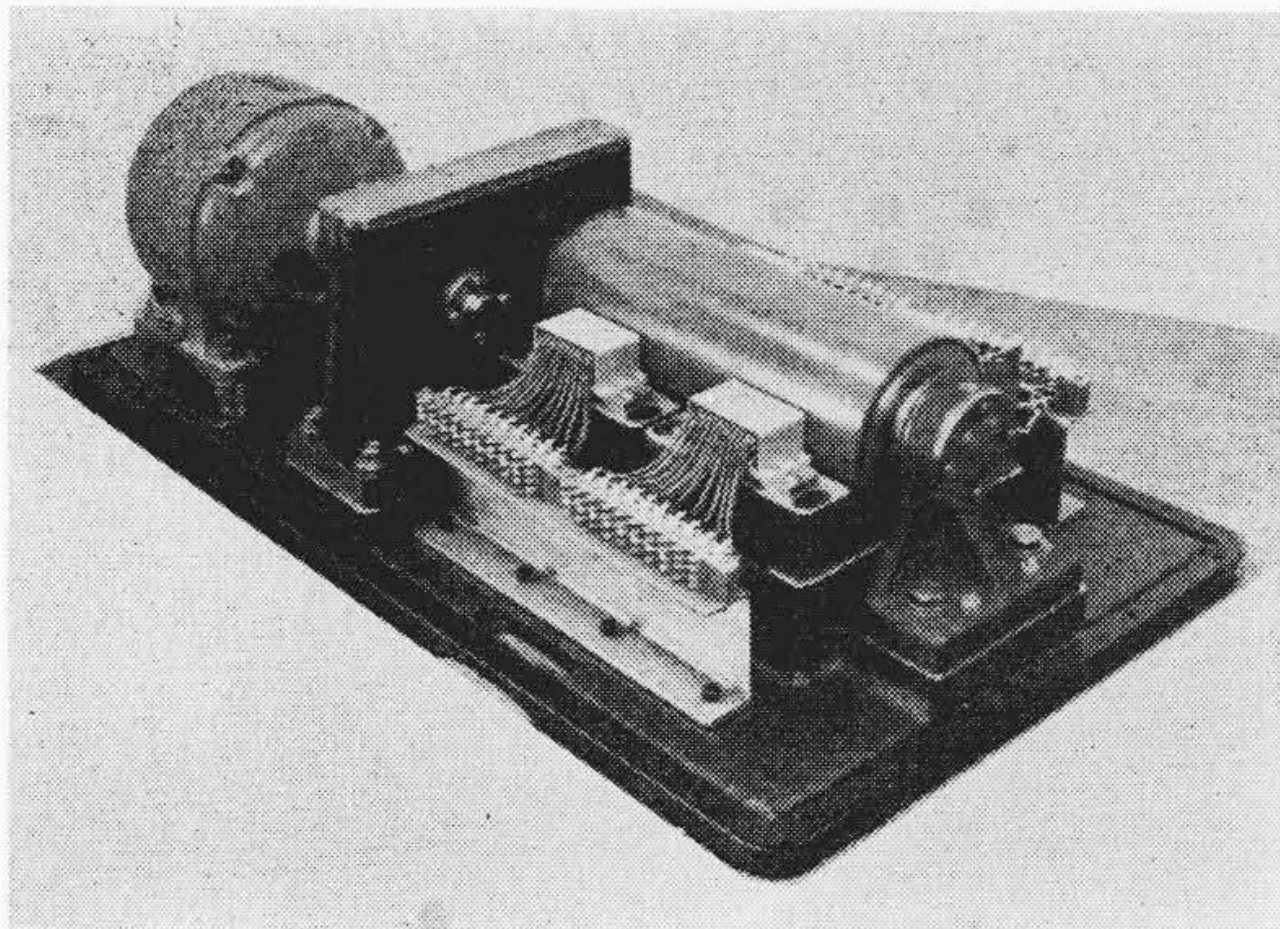
第4図 磁気ドラム上のアドレス

あつて、入出力部と演算制御部と記憶部とに区分してある。テープ・リーダーで読んだ内容はいつたん演算制御部の入力レジスタと累算器（アキュムレータ、Acc.）を通過して記憶部の磁気ドラムに入れる。演算開始の指令によつて指定されたアドレスから順番に演算が開始される。アドレスから読出された演算指令の符号は命令デコードおよび制御の回路に入り、各種のレジスタやゲートを制御する。また、同じくドラムから読出された数値はこれらのレジスタおよび累算器に入つて命令された計算を行い、その結果はひとまず累算器に現われ、その次の指令によつて磁気ドラムにふたたび記憶されたり、あるいはプリンタに印字される。

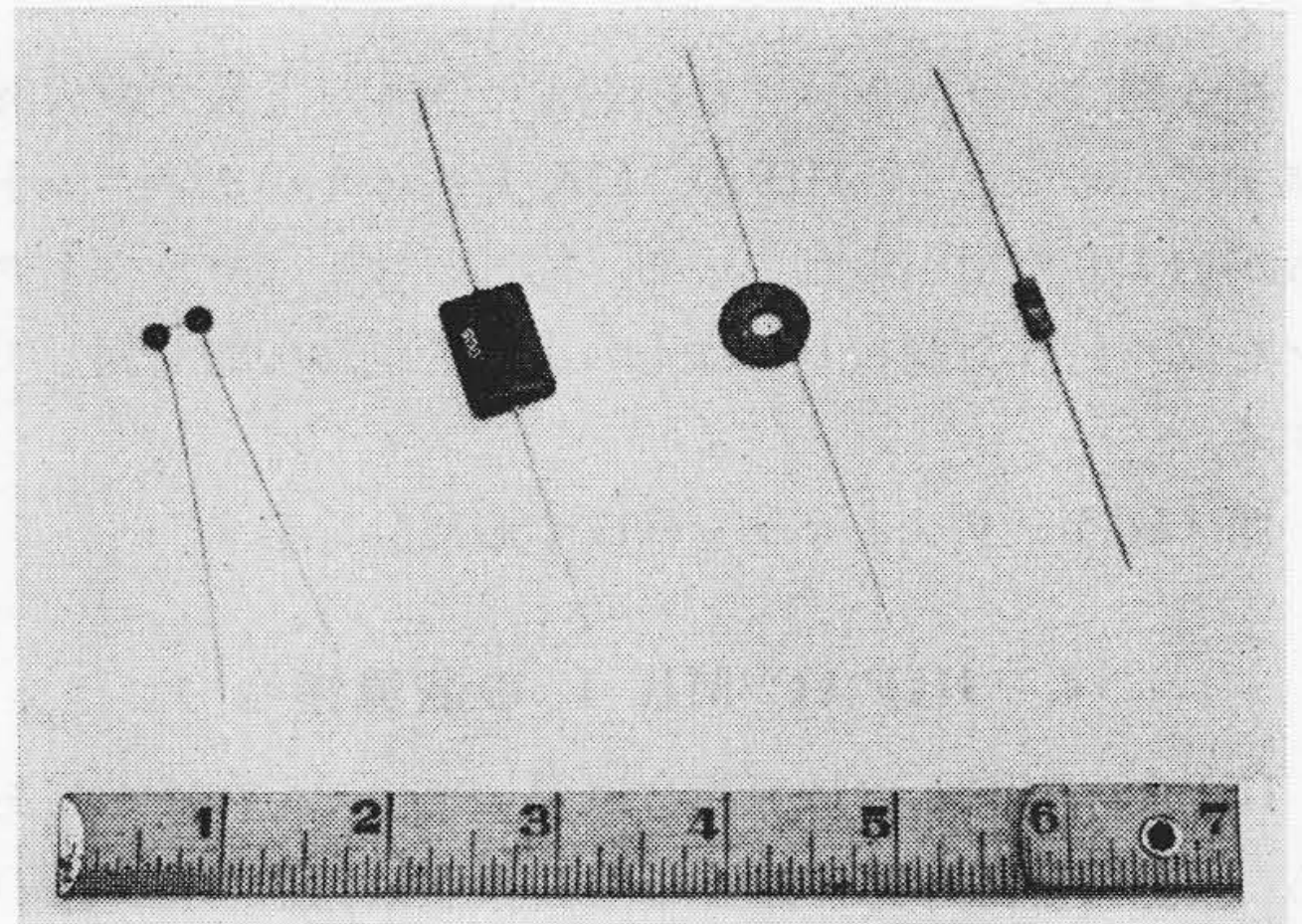
前述のサイクル・カウンタは2個ありアドレス・カウンタとともにアドレス・レジスタの内容を修正することができる。

記憶部の磁気ドラムは第4図に示すように40個のヘッドを有している。左端の二つのヘッドはアドレスの番地を決定するもので、円周に沿つて等間隔に書込まれた“1”の数を数えることによつてアドレスの位置を識別する。残りの38個のヘッドが並列に動作して38ビットを書込み、読出すのであるが、その半分の19個を一つの単語の単位にとる。演算指令の場合は必ず単語をも

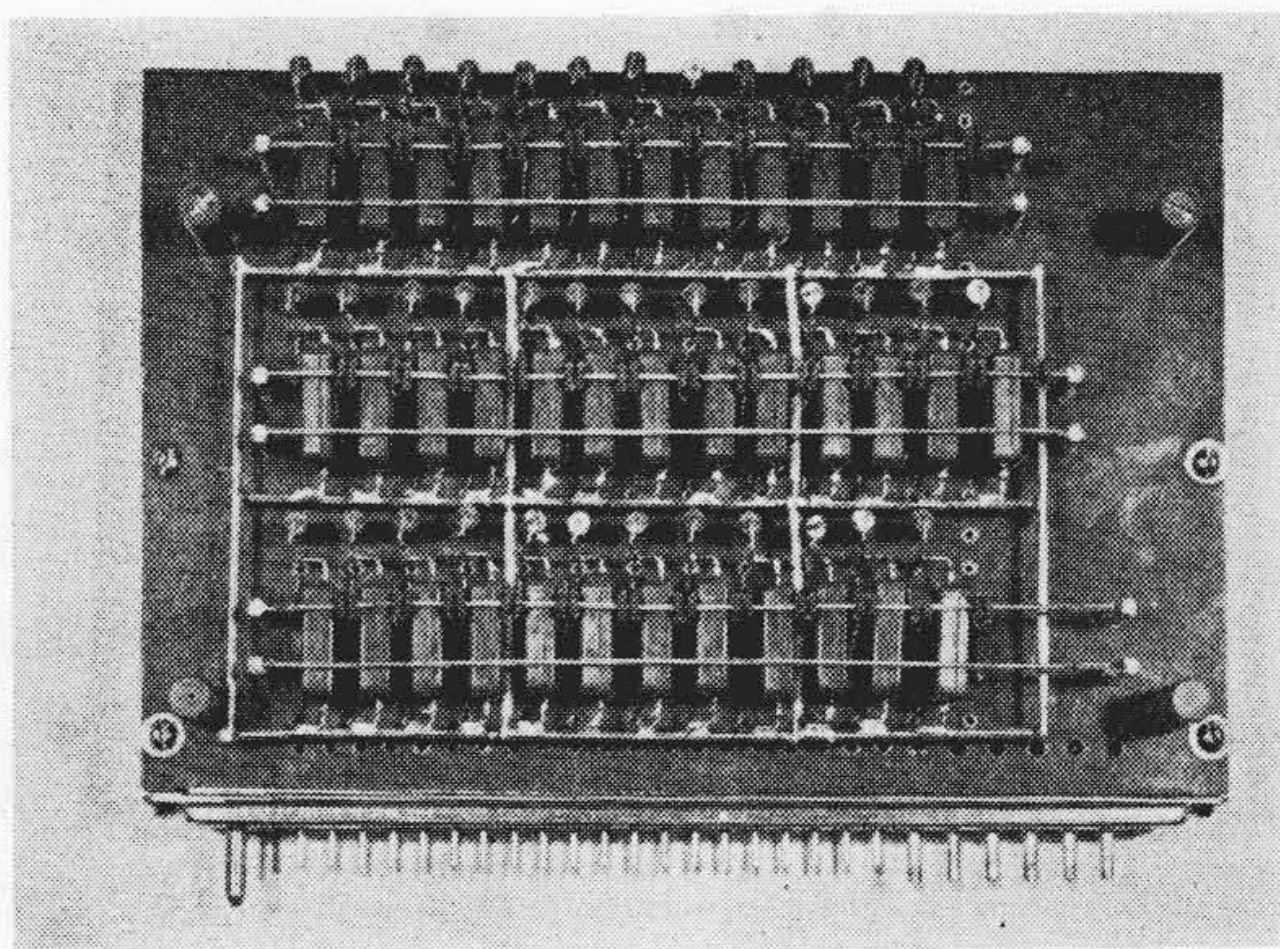
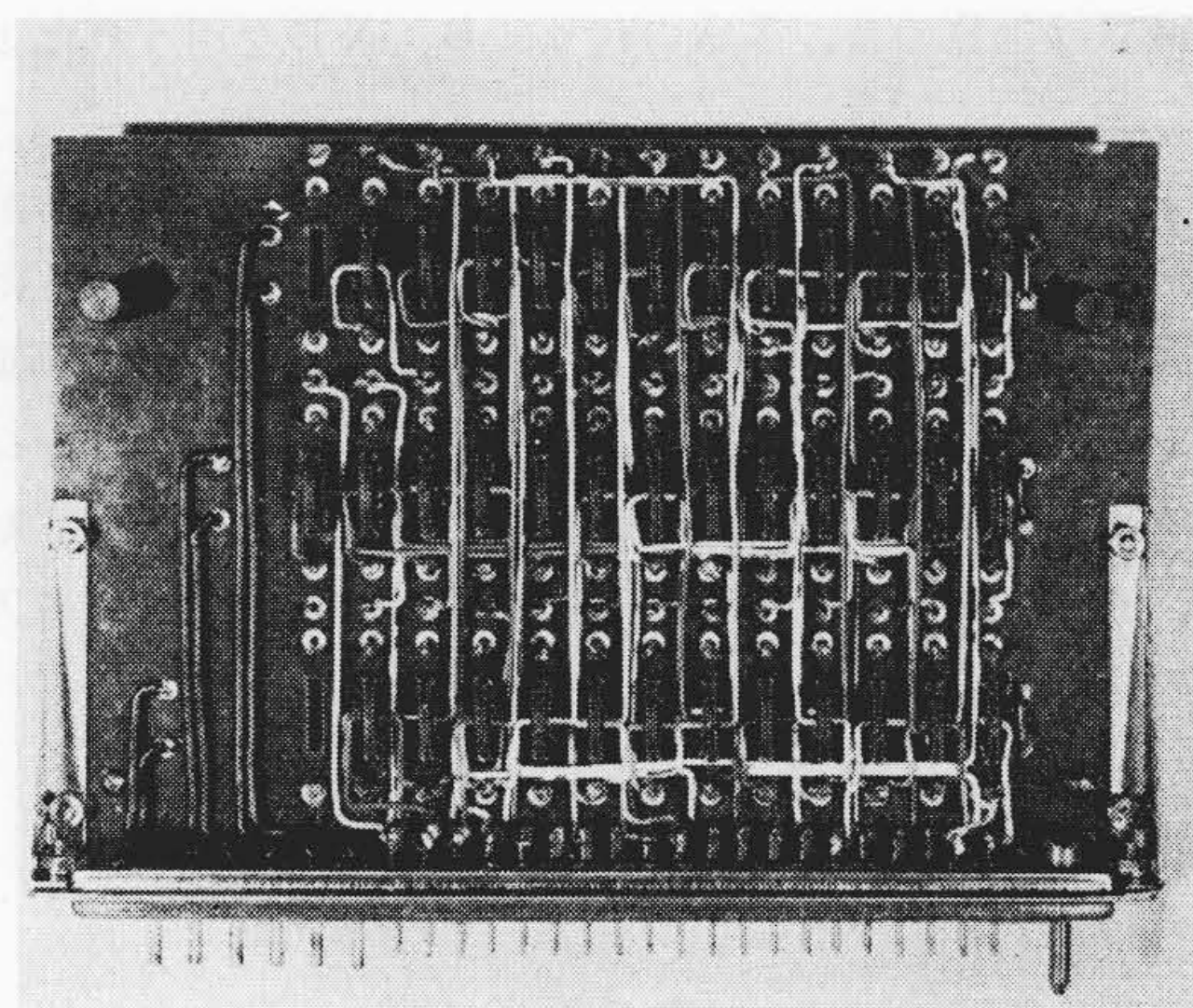




第5図 磁気ドラムの写真



第7図 パラメトロンを構成する部品

第6図 (a) パラメトロンユニット板  
(パラメトロン側)第6図 (b) パラメトロンユニット板  
(論理配線側)

つてこれにあてる。そのアドレスのつけ方は図のように、0から始まって左右、左右と追って行き 2,047 をもって終る。

クロック・パルス・カウンタのカウント数とアドレス・レジスタの内容とが一致したとき、フリップ・フロップ

第1表 HIPAC MK I の演算指令

| 指 令                  | 機 能 | 説 明                                             |
|----------------------|-----|-------------------------------------------------|
| n Yx A               | 加 算 | $C(Acc) + C(n, x) \rightarrow Acc$              |
| n Yx XA              | 加 算 | $C(n, x) \rightarrow Acc$                       |
| n Yx B               | 減 算 | $C(Acc) - C(n, x) \rightarrow Acc$              |
| n Yx XB              | 減 算 | $-C(n, x) \rightarrow Acc$                      |
| n Yx D               | 除 算 | $[C(Acc) + C(n, x)] / C(MD) \rightarrow Acc$    |
| n Yx XD              | 除 算 | $C(n, x) / C(MD) \rightarrow Acc$               |
| n Yx C               | 除 算 | $[C(Acc) - C(n, x)] / C(MD) \rightarrow Acc$    |
| n Yx XC              | 除 算 | $-C(n, x) / C(MD) \rightarrow Acc$              |
| n Yx M               | 乗 算 | $C(Acc) + C(n, x) \times C(MD) \rightarrow Acc$ |
| n Yx XM              | 乗 算 | $C(n, x) \times C(MD) \rightarrow Acc$          |
| n Yx N               | 乗 算 | $C(Acc) - C(n, x) \times C(MD) \rightarrow Acc$ |
| n Yx XN              | 乗 算 | $-C(n, x) \times C(MD) \rightarrow Acc$         |
| n Yx F               | 転 送 | $C(Acc) \rightarrow (n, x)$                     |
| n Yx XF              | 転 送 | $O \rightarrow Acc, O \rightarrow (n, x)$       |
| n Yx H               | 転 送 | $C(n, x) \rightarrow MD$                        |
| n Yx <sup>0</sup> E  | 飛越し | $C(Acc) \geq 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                |
| n Yx <sup>0</sup> G  | 飛越し | $C(Acc) < 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                   |
| n Yx <sup>1</sup> E  | 飛越し | $C(MD) \geq 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                 |
| n Yx <sup>1</sup> G  | 飛越し | $C(MD) < 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                    |
| n Yx J               | 飛越し | $C(CC) \neq 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                 |
| n Yx XJ              | 飛越し | $C(CC) = 0$ ならば $(n, x)$ に飛べ                    |
| n Yx XE              | 飛越し | 無条件に $(n, x)$ に飛べ                               |
| n Yx I               | セット | CC に n をセットせよ                                   |
| n Yx K               | シフト | C(Acc) を $(n, x)$ 桁右にシフトせよ                      |
| n Yx L               | シフト | C(Acc) を $(n, x)$ 桁左にシフトせよ                      |
| n Yx XK              | シフト | C(MD) を $(n, x)$ 桁右にシフトせよ                       |
| n Yx XL              | シフト | C(MD) を $(n, x)$ 桁左にシフトせよ                       |
| n Yx XI              | タイプ | C(Acc) をタイプせよ。(桁数は第2表参照)                        |
| Yx <sup>0</sup> XH   | 加 算 | $C(Acc) + C(MD) \rightarrow Acc$                |
| Yx <sup>1</sup> XH   | 加 算 | $C(Acc) + C(MD) \rightarrow Acc$                |
| n Yx <sup>0</sup> O  | 加 算 | $C(Acc) +  C(n, x^0)  \rightarrow Acc$          |
| n Yx <sup>0</sup> XO | 加 算 | $ C(n, x^0)  \rightarrow Acc$                   |
| n Yx <sup>1</sup> O  | 減 算 | $C(Acc) -  C(n, x^1)  \rightarrow Acc$          |
| n Yx <sup>1</sup> XO | 減 算 | $- C(n, x^1)  \rightarrow Acc$                  |
| YS S                 | 丸め  | $C(Acc) + 2^{-38} \rightarrow Acc$              |
| n Yx <sup>1</sup> XS | 停 止 | 全停止                                             |
| n Yx <sup>0</sup> XS | 停 止 | 演算停止後テープ・リーダーをスタート                              |
| YS XG                | 無 視 | 演算せずに次のアドレスに進め                                  |

$x^0$  は偶数,  $x^1$  は奇数

群のゲートが開き所望のアドレスの記憶内容が取り出されることになる。

第5図は磁気ドラムの写真である。5,600 rpm の回転



を与えている。

第6図はパラメトロンを組込んだユニット板で最大39個まで収められる。HIPAC MK I にはかかるユニット板が約120枚用いられている。同図(a)はパラメトロンを取り付けた側(b)はその裏面で論理配線が施してある。

第7図はパラメトロンを構成する部品を示す。

#### 4. HIPAC MK I の演算指令

HIPAC MK I の演算指令は単一アドレス方式である。これは一つの演算指令に対して記憶装置内の一つのアドレスのみを指定するもので、演算の順序は特に指定がない限り記憶装置のアドレスの順番に行われる。

指令の構成は次のようになっている。すなわち、まず11桁をアドレス指定に、

| ア ド レ ス | x    | 演算指定 |
|---------|------|------|
| ←11桁→   | ←3桁→ | ←5桁→ |

次の3桁は主としてアドレス修正に使う。残りの5桁で加減乗除その他の演算の指定を行う。

第1表はHIPAC MK I の指令符号(オーダ・コード)である。そのうちの主なものについて説明する。

まず加算の演算指令は

n Y x A  
n Y x XA

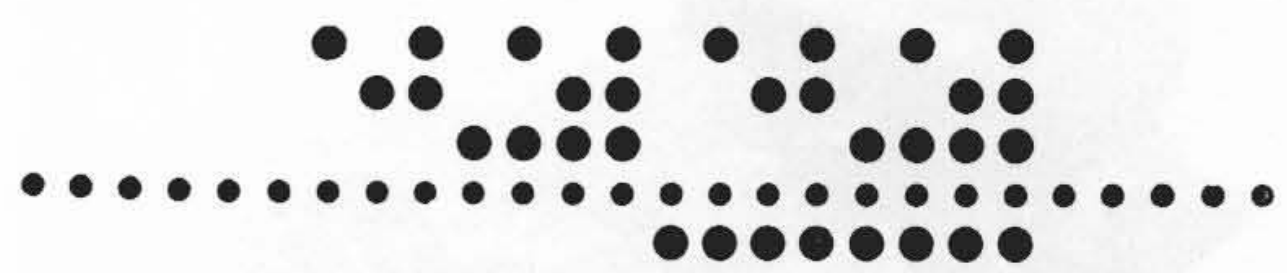
である。表中にC(Acc)とあるのは累算器の内容という意味である。また、C(n, x)とあるのはアドレスnをxで修正したアドレスの内容という意味である。xについては後述することとし、アドレスの修正がない場合を考えよう。その時はx=0, またはx=1である。今、x=0として話を進めるが零を英字Oと区別するためにSと書くことにする。すると上の演算指令は

n Y S A  
n Y S XA

となる。以下すべてアドレスの修正はせぬこととして説明する。最初の演算指令は「アドレスnの内容を累算器の内容に加えよ」ということになる。ここにYという記号があるのは次にくる情報が演算の指定であることを表わすもので、穿孔テープの余った場所を利用した制御用のコードである。第2の演算指令は「累算器を御破算にしてアドレスnの内容を累算器に入れよ」というものである。Xの記号は多く御破算の意味に使っている。

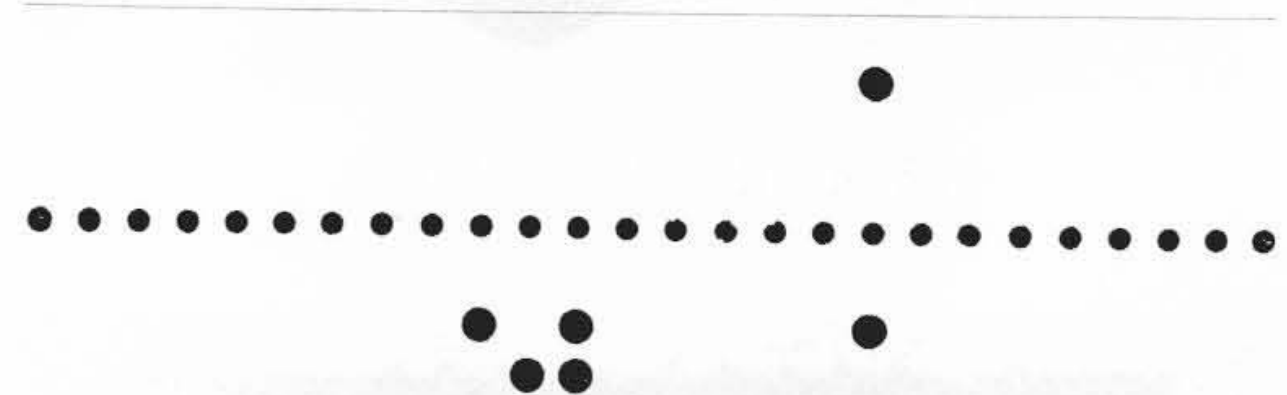
ここで穿孔テープにどんな形で演算指令が穿孔されるかを説明しよう。テープは6単位のものを用いているので穿孔は第8図のような要領で行われる。0乃至9の数値を表示するのにどうしても4単位必要である。しかし4単位あれば16種類の違った符号を作ることができる

S A B C D E F G H I J K L M N O  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



第8図 テープ・パンチ (I)

X Y Z X A



第9図 テープ・パンチ (II)

ので、演算指令の場合にはA乃至Oの15文字とS(前述のように零と英字のOとの混同を避けるためにノー・マークをSとする)との16文字を使う。そのほかにまだ2単位余っているのでこれでXとYとZとを指定する。すなわち第9図のように穿孔する。ただしこのX, Y, Zの3文字に限り穿孔の際にテープは進行せず、次に打つ別の文字と同じ列に穿孔されることになる。そこで第9図のX, Y, Zは実は、XS, YS, ZSと打つたものである。また、たとえばXAというのは同図の右端のように穿孔される。

減算は加算のA, XAの代りにB, XBを用うればよい。

乗算はM, XMなる符号を用いるのであるが、あらかじめ被乗数をMDレジスタ(被乗数・除数レジスタ)に入れ、乗数を磁気ドラムから引出してMrレジスタ(乗数レジスタ)に入れて演算を行う。ただしこのMrレジスタに入れるという操作は特に命令する必要がない。結局、まずアドレスn'にある被乗数をMDレジスタに入れる指令

n' Y S H

を出し、次にたとえば

n Y S M

なる指令を出せばよい。演算結果の符号を変えたい場合には、N, XNを用うればよい。

除数の場合にはまず除数をH指令でMDレジスタに入れ、DまたはXDの指令を出す。被除数の方は磁気ドラムから直接累算器に入れるが、これは特に指令を出す必要はない。演算結果の符号を変更する場合にはC, XCなる指令を用いる。

上述の四則演算の結果はすべて累算器に現われる。累



第2表 タイプの桁数とアドレス部の数値 n

| タイプの桁数    | 1     | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  |
|-----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Acc の 内 容 | 1,024 | 992 | 960 | 928 | 896 | 864 | 832 | 800 | 768 | 736 | 704 | 672 | 640 | 608 |
| ス ペ ー ス   | 1,028 | 996 | 964 | 932 | 900 | 868 | 836 | 804 | 772 | 740 | 708 | 676 | 644 | 612 |

第3表 アドレスの修正

| x     | 修正されたアドレス   |
|-------|-------------|
| S (零) | n (そのまま)    |
| 1     | n (そのまま)    |
| 2     | n+C (AC)    |
| 3     | n+C (AC)    |
| 4     | n+C (CC #1) |
| 5     | n+C (CC #1) |
| 6     | n+C (CC #2) |
| 7     | n+C (CC #2) |

算器の内容を記憶装置に入れる場合にはFなる指令を与える。XFは累算器を御破算にし、その値すなわち零を記憶させる指令である。

Hなる指令は前述のとおりMDレジスタにセットするものであるが、XHはMDレジスタの内容を累算器に加えて記憶装置に転送する指令で累算器の内容をあらかじめ零にしておけば単なる転送と考えることができる。

次に飛越し指令はE, G, J, XJ, XEなどで、XE以外は、累算器MDレジスタ、サイクル・カウンタの状況がある条件を満足すれば演算指令の順番を破つて指定したアドレスに飛ぶことを命令するものである。なお、EとGとはXが偶数であるか奇数であるかによつて異なつた条件になつている。また、XEは無条件飛越しの指令である。

J, XJのサイクル・カウンタに関する条件付飛越しの指令は、1回実行するたびにその内容を一つずつ減じ繰り返し演算の回数を数えるようになつている。すなわちあらかじめ決めた回数だけ演算を繰り返すまではあるいは繰り返したら指定したアドレスに飛べという指令である。あらかじめサイクル・カウンタに数を置くためには

n Y S I

という指令を用いる。この時のnはアドレスではなくサイクル・カウンタに入れるべき数を意味する。

次にシフトの指令は累算器の内容を全体として何桁か右または左にシフトさせるものがKおよびL, MDレジスタのシフトがXK, XLである。この時のアドレス部の数値はシフトの桁数を表わす。本機は2進法を使つているので左へ1桁シフトすることは2倍すること、右へのそれは1/2にすることである。

累算器の丸めにはSを使う。累算器の38桁目に1を加えるもので0捨1入ともいうべき操作である。

このほか絶対値をとつて演算する指令O, XOがある。

演算の結果を頁式プリンタに打たせるには

n Y S X I

なる指令を用いる。累算器の内容を何桁打たせるか、あるいはスペースを何桁打たせるかはアドレス部のnに第2表より求まる数値を入れておけばよい。

演算の停止には次の指令を用いる。

n Y 1 X S

n Y S X S

前者は単なる演算停止、後者は演算停止後テープ・リーダーを読み始めよという指令である。非常に多量の計算を行う場合一区切りごとにこの指令を与えると便利である。

これで演算指令の大体の説明は終つたが、次に後回しにしてあつたアドレスの修正について説明する。前述のようにHIPAC MK Iはサイクル・カウンタを2個もっているが(CC #1, CC #2と略称する)、このサイクル・カウンタにセットしてある数値を指定したアドレスnに加えて新しいアドレスとすることができる。また、アドレス・カウンタ(ACと略称)の内容でアドレスを修正することもできる。これらの修正はxの値によつて第3表のように指定される。

この表でS, 1; 2, 3; 4, 5; 6, 7と二つずつ同じ修正の対がある。これは数値のアドレスの修正の場合にはxが偶数の場合には数値は長語、xが奇数の場合には短語を示す。ただし、絶対値の演算を取り扱うO, XOの指令の場合は例外で、xが偶数か奇数かによつて加算か減算かを示し、必ず長語を取り扱う。xが偶数の場合 $x^0$ 、奇数の場合 $x^1$ と書くことにしてある。

短語の転送 n Y  $x^1$  F, n Y  $x^1$  X F の場合は修正

第4表 HIPAC MK I の制御指令

| 指 令 | 内 容                       |
|-----|---------------------------|
| ZA  | C (IR)→CC #1              |
| ZB  | C (IR)→CC #2              |
| ZC  | C (IR)→AC                 |
| ZD  | C (Acc)→ad.(AC)           |
| ZE  | C (Acc)→ad(AC)            |
| ZF  | Acc IR clear              |
| ZG  | テープ読取りやめてプログラム・スタート       |
| ZH  | C (IR)→MD                 |
| ZI  | C (CC #1)→AR              |
| ZJ  | C (CC #2)→AR              |
| ZK  | C (AC)→AR                 |
| ZL  | C (Acc)→IR                |
| ZM  | C (Acc)+C (MD)×C (IR)→Acc |
| ZN  | C (AR) の指定でタイプ            |
| ZO  | 無 視                       |
| ZS  | C (Acc)+C (MD)→Acc        |



されたアドレスが偶数ならば累算器の上半分の数値が奇数ならば下半分の数値が転送される。

また、J, XJ, I などのサイクル・カウンタの指定を要する場合は x が偶数の時は CC #1 を、x が奇数の時は CC #2 を指定する。

このほか第 1 表に示すように、 $x^0$ ,  $x^1$  によつて異なつた指令を表わすものがある。E, G, XH, XS がこれに該当する。

### 5. HIPAC MK I の制御指令

前述した演算指令は、すでに記憶装置に入つてしまつてるとすれば次々に自動的に演算が進行するが、テープから読んで記憶装置に書込む際にその指令をどこから出すかが問題となる。普通ほかの電子計算機では初期指令(イニシャル・オーダー)と称して計算を始める前にこの指令をなんらかの方法で記憶装置に入れ、これを発動させてテープからの読み込みを制御する必要がある。

ところが HIPAC MK I では読み込みのための制御回路を設けてあり、簡単な指令でただちにテープから読み込まれる。これには前に述べた X, Y, Z なる符号の中の Z とほかの文字との組合せで第 4 表のように一連の制御指令(コントロール・コード)を作つて用いている。実際にス

トアド・プログラム方式によつて本機を働かせる場合にはこの内のわずかの指令で十分であるが、これだけのコードがあるとテープ制御だけでも簡単な計算を行うことができる。第 4 表中の Z と組合せられた A, B, C……は第 1 表の演算指令中の A, B, C……とは全然別の意味で、この場合は単なる符号にすぎない。

### 6. 結 言

HIPAC MK I の概略の紹介と演算指令について使用される方を主たる対象として述べた。機械の詳細については稿をあらためて説明したいと思う。目下われわれは HIPAC MK II の試作を行つている。これは来夏欧州における自動計算機の展示会に出品する予定のものである。計算機本体をキャビネットに納め、制御卓と入出力卓とを独立させてある。演算指令も若干増加し 42 種類とした。

本機の試作に当つて御指導を賜つた日立製作所中央研究所菊田所長、浜田副所長、また試作の契機となつた送電線弛張度計算を依頼された電源開発の御担当各位、日立電線株式会社斎藤工場長、久本研究部長に感謝の意を表す。



日立製作所社員社外寄稿一覧表

(昭和 33 年 4 月受付分)

| 寄稿先        | 題 目                        | 執筆者所属 | 執筆者   |
|------------|----------------------------|-------|-------|
| オーム社       | 磁気増幅器応用の新製品                | 日立工場  | 藤木勝美  |
| 日刊工業新聞社    | 最近の大容量水力発電機                | 日立研究所 | 前川敏明  |
| 日本機械学会     | 集塵装置                       | 日立工場  | 高橋昭吉  |
| オーム社       | 新しい珪素鋼板の強電機器に及ぼす影響         | 日立工場  | 浦田星   |
| 日刊工業新聞社    | 最近の大容量変圧器                  | 日立工場  | 大野長太郎 |
| 日本産業機械工業会  | 水電解槽                       | 国分工場  | 木沢修   |
| 日本鉄道車輛工業協会 | 京王帝都電鉄納 2000 形電動車          | 国分工場  | 木沢修   |
| 大日本印刷株式会社  | 低合金厚肉鋼管の熔接                 | 国分工場  | 森山昌和  |
| 工業資料社      | 空気バネ台車                     | 笠戸工場  | 藤岡多喜男 |
| 日本産業機械工業会  | パキスタン政府納灌漑用大口経堅軸、軸流ポンプについて | 笠戸工場  | 佐々木秀雄 |
| 日本非破壊検査協会  | 抵抗線ひずみゲージの防湿について           | 笠戸工場  | 奥村貞雄  |
| 京大工学部水曜会   | 高マンガン鋼の研 究                 | 笠戸工場  | 村田師男  |
| 日本建設機械化協会  | 日立 U 23 ショベル               | 笠戸工場  | 別府忠   |
| 油圧工業会      | 油圧回路の故障対策                  | 亀有工場  | 藤田憲次  |
| 日本運搬合理化研究所 | 日立ホイスト利用上の最近の傾向            | 亀有工場  | 富田忠二  |
| ナツメ社       | 自動車用電装品                    | 亀有工場  | 宮崎勢四郎 |
|            |                            | 川崎工場  | 中村明   |
|            |                            | 多賀工場  | 阿武芳朗  |
|            |                            |       | 古市光之  |
|            |                            |       | 松浦慎三  |
|            |                            |       | 亀田遠三  |

(第 74 頁に続く)