

パラメトロン計算機 M-1 用磁気テープ装置*

室賀三郎** 高島堅助*** 戸田 巖*** 山田正計***

概 要

M-1 計算機の補助記憶装置としての磁気テープ装置について述べた。本装置はパラメトロンにより構成された制御装置と、真空管、トランジスタ、ダイオードにより構成された読み書き装置からなる。

制御装置は、磁気テープのために増設された五つの計算機命令の実行をつかさどる。計算機本体の命令実行と並列にテープ位置の探索、抹消の動作を行うことができ、テープ・ハンドラ 2 台を制御できる。

読み書き方式としては 1 個の誤りの訂正可能な 3 重書込みの NRZ 方式を採った。幅 13 mm 長さ 760 m のテープに約 3 万語記憶できる。

1. は し が き

電子計算機において補助記憶装置として磁気テープ装置を附属させることは、現在では常識化されている。すなわち磁気テープ装置は、磁心その他の記憶装置に比べると、比較的小さい装置で大きい記憶容量が得られる。例えば 1 巻 (約 760 m) の 13 mm 幅のテープに 10^7 ビット程度の情報を記憶することは容易である。しかしながら一つの欠点は、接近時間が極めて大きいことである。1 巻のテープの端から端まで読むのに数分かかる。したがって、他の磁心などの記憶装置と組み合わせることにより、はじめて相互の特長を生かした使い方が可能である。磁気テープ装置の使用目的としては、入出力のバッファ用と、主記憶装置の容量が不足な場合の補助記憶装置の二つがある。

M-1 計算機の場合には、主記憶装置が 256 語の磁心記憶装置のみであるため、この記憶装置の容量不足を補う意味において磁気テープ装置の増設を計画し、このほど完成した。本文にはその制御装置の論理設計、読み書き方式などの全般について述べる。

* The magnetic tape device for the parametron computer M-1, by Saburo Muroga, Kensuke Takasima, Iwao Toda and Masakazu Yamada

** IBM リサーチセンター

*** 電々公社電気通信研究所

本装置は、パラメトロンを用いた制御装置と、ダイオード、トランジスタおよび真空管を用いた読み書き装置に分かれる。

本装置の設計方針としては次の諸点に留意した。

(1) M-1 はすでに完成し、使用中の計算機であるから、M-1 の改造はなるべく少なくすること。

(2) 上記の理由から、テープ関係の命令としては、少数 (5 種類) に限ると同時に一つの命令の機能を充実させ、プログラミングの容易化をはかること。また能率の良い使用法を可能にするよう心掛けること。

(3) 磁気テープを使って読み書きされる情報には誤りを生ずる確率が大きいので、誤りを検出する手段を十分に構ずるとともに、誤りを訂正する方法を考慮すること。

(4) プログラム作製上の誤りによる重要情報の不測の消去など使用法の誤りによる障害を予防する手段を構ずること。

第 1 の点から、M-1 の磁心記憶装置と磁気テープ間の情報の移動は累算器を経由して行い、磁気テープ装置と、累算機の間では直列的に情報を伝送するようにした。

第 2 の点から、情報は任意語数のブロックごとにブロック番号をつけ、ブロックごとに読み書きすることにし、計算機の動作と独立に働く、ブロックの探索の機能、テープの順逆方向の送りで読み取る機能を設けた。また各命令にいくつかの機能を複合して与え、少数の命令系でもプログラムが容易であるようにした。

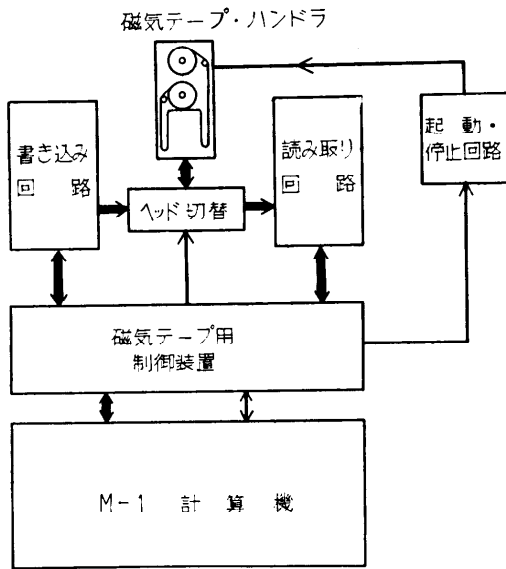
第 3 の点からは、テープの横方向に対するパリティ検査、ブロックごとの縦方向のパリティ検査、すなわちサム・チェックを設け、これらによる誤りを生じた場合には、本体の命令の続行を停止するようにした。また読み書き方式として、一つの誤りは訂正可能な方式とした。通常は書いた情報を読んでみて、誤りがある時には再度読み直したり書き直したりする方法がとられているが、M-1 ではこのための飛び越し命令を新たに設けることは難しいので、誤り訂正方式により、誤りをできるだけ避けることに留意した。

第4の点については、あるブロック番号以後の情報には絶対に書き込みを行わないようにするなどの機能を附随させた。

いずれにもせよ、磁気テープを全然考慮されていなかった計算機に磁気テープを後から増設することは無理な点が多く、改良すべき点が二、三考えられるが、これはある程度やむを得ないものであろう。

2. M-1 用磁気テープ装置の概要

以上述べた方針に基いた磁気テープ装置の方式を、第1図に示す。磁気テープのためのバッファ記憶装置は特に設けず、M-1の累算器を介して主記憶装置と磁気テープの間を情報が受け渡される方式をと



第1図 M-1 用磁気テープ装置の構成

た。M-1 計算機から、磁気テープ関係の命令が増設した磁気テープ装置に送られて来ると、ここで、磁気テープに出し入れするための情報の配列、必要なテープ位置の探索、検査ビットの作製、検査、テープの起動・停止、ヘッドの読み書き切替などすべての磁気テープ関係の制御動作が行われる。

書き込み回路では制御装置から送り込まれる6ビットずつの情報と、クロックパルスを元にして符号を作り、NRZ方式によってテープに書き込む。読み取りの場合には、ヘッドにより読み取られた情報は読み取り回路によって復号されて6ビットの情報と一つのクロックパルスの形で制御装置に送り返される。本装置

ではヘッドは1個のみであるから、書き込みの場合と読み取りの場合で、切替えられるようになっている。

本装置に利用した磁気テープ・ハンドラの主要規格を第1表に示す。このハンドラは、リールの制御に気圧制御方式を採用したもので、アメリカで計算機用として、ごくありふれた性能を持ったものである。

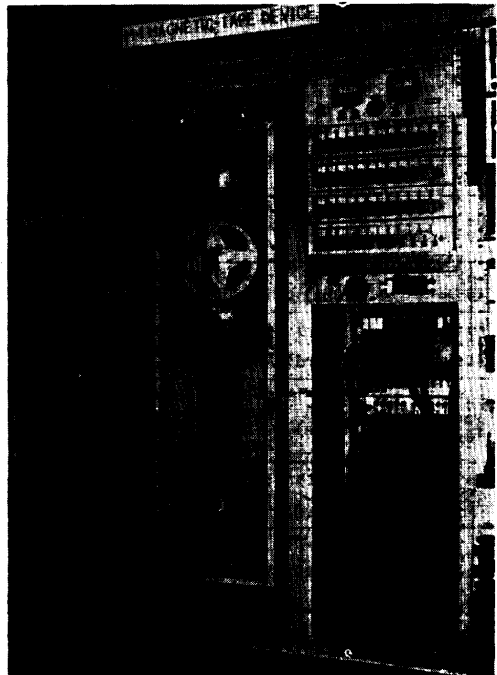
第1表 磁気テープ・ハンドラの主要規格

型名	Electro Data Model
テープ速度	190 cm/s (75 in/s)
起動停止時間	5 m/s
テープ幅	13 mm (0.5 in)
テープ長	760 m または 1080 m
使用ヘッド	Davies 2010 DP
チャンネル数	10
リール制御方式	気圧制御方式
使用テープ	MMM No. 186 または 189

制御装置の論理素子としては、M-1 に使用したものと同一の 4 mm のフェライト磁心からなるパラメトロンを 2067 個増設した。

書き込み回路、読み取り回路、ヘッド切替回路、起動停止回路には真空管 208 本、トランジスタ 341 個、ダイオード 244 個を主要素子として使用した。

第2図に本装置の正面を示す。中央が磁気テープ・



第2図 磁気テープ装置の前面

ハンドラであり、パラメトロンを用いた制御装置、読み書き装置などは、この後の2mの自立架5台に組込んである。

3. 磁気テープ命令とテープ上の情報配列

磁気テープ装置を計算機に附属させる場合の重要な問題として、磁気テープ上における情報位置の指定の仕方と、計算機の主記憶装置と磁気テープ間の情報の移し方の二つがある。

磁気テープは、大容量の補助記憶装置として使用されるから、1語ずつ読み書きできる必要はない。数十部または数百語ずつ一つのブロックとしてブロックごとに出し入れすれば良い。また磁気テープの情報の一部を書き直して行く場合には、その前後に空白部分を作っておく必要がある。したがってブロックの語数を大きくした方がテープの使用能率が上がる。

本装置では、任意語数のブロック方式をとりブロックの最初にブロック番号をつけておくことにした。ブロック番号の書き込み、判読などは制御装置が自動的に行く。情報を移す場合には、テープ上のブロック番号、主記憶装置の最初の番地、移される情報の語数の三つを指定する。

M-1の磁気テープ命令の主な特長は、書き込みの際にはブロック番号は自動的に制御装置で作られ、命令で指定する必要はないこと、1ブロックの語数はブロックごとに任意に選んで書き込み得ること、1プロ

第2表 磁気テープ関係増設命令

命令符号	名称	機能
$93n$ ($0 < n \leq 2^{10}$)	抹消 (Delete)	テープの情報を長さ n にわたって消せ。(長さの単位 = "距離" チャンネルのビット間隔)。
$94n$ ($0 \leq n < 2^{10}$)	探索 (Hunt)	ブロック番号 n のブロックを磁気ヘッドの直前にセットせよ。
$95n\ 00m$ ($0 < n \leq 2^{10}$ $0 \leq m < 2^{10}$)	順読み取り (Read forward)	テープを順方向に動かし、順次 n 語読み取り、磁気記憶装置の m 番地から順に入れよ。
$96n\ 00m$ ($0 < n \leq 2^{10}$ $0 \leq m < 2^{10}$)	書き込み (Write)	テープを順方向に動かし、磁気記憶装置 m 番地から順に記憶されている内容を n 語テープに書き込み、必要があれば、頭にブロック番号を書け。
$97n\ 00m$ ($0 < n \leq 2^{10}$ $0 \leq m < 2^{10}$)	逆読み取り (Read backward)	テープを逆方向に動かし、 n 語読み取り、順次磁気記憶装置の $m+1$ 番地から逆に入れよ (最後が n 番地)。

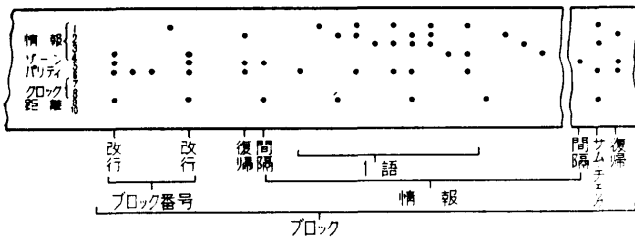
ックごとの書き直しができること、読み取りの語数は任意に指定できること、命令の形式として40ビットの倍長命令を設け、一つの命令の持つ機能を充実したものとし、プログラムの容易化を図ったことなどである。

磁気テープ装置のために増設した命令を第2表に示す。第2表の m および n は16進法3桁の数字である。M-1の命令は通常20ビットで、16進法5桁の数字で表される。第2表の命令のうち上の二つは20ビットの命令であるが、下の三つは倍の長さ、すなわち40ビットの長さの命令になっている。磁気テープを使用する場合には、前もって94の命令でテープ上の所要ブロックをヘッドの位置に移した後、95、96、97等の命令を実行する。

情報を磁気テープ上に記憶する場合の配列として、40ビットを4ビットずつに分け、4ビットを1行に書き込む。その他各ブロックの始めと終り、ブロック番号部分の目印などに使用するため1ビット使用する。さらに行ごとのパリティ検査のために1ビット、計1行6ビットの情報にした。これはM-1の6単位の紙テープの使い方と同じ形式である。

第3図には磁気テープ上における情報1ブロックの配列を示す。磁気記憶装置との間で相互に移される情報は、1番目から4番目までの四つのチャンネルに書き込まれる。この場合5番目のチャンネルは"0"である。5番目のチャンネルが"1"である符号は、すべてブロック内の区切りの符号に使用される。これらの符号の名称は、紙テープの場合の印刷機のファンクション符号のものをそのまま用いた。6番目のチャンネルはパリティ・ビットである。7番目と8番目はタイミング用を使用し、9番目は、抹消の際必要な距離の信号を入れておく。このチャンネルはテープ使用前にこのチャンネルのみ書き込んでおく。命令で書くことはできない。

ブロックの先頭には、16進3桁のブロック番号が附いている。これは、その前後が改行符号ではさまれていることで区別される。この後に復帰および間隔符号が置かれ、その後に記憶されるべき情報が並ぶ。この後に間隔符号とサム・チェックの符号、復帰符号が並ぶ。サム・チェックとは、二つの復帰符号にはさまれた各チャンネルの部分の1の個数が偶数になるようにつけられた検査ビットで、行ごとのパリティ検査とともに、情報の誤りを検出するためのものである。ブロック番号は、0から始まる整数の大きさの順に、各ブロックの先頭に制御装置により自動的に書き込まれる。第5ビットが"1"になる符号およびサム・チェック符号は、制御装置によって書き込まれるもので、プログラムによって読み書きすることはできない。この点は紙テープの場合と異っている。



第3図 テープ上における1ブロックの情報の配列

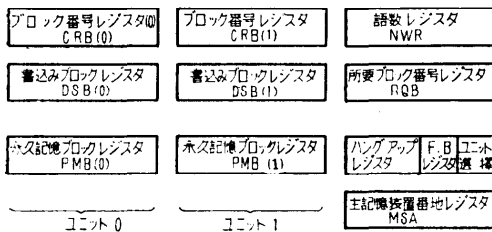
第3図における“1”または“0”は、対応するNTZの誤り訂正可能な符号で書かれており、第7、8チャンネルはそのためのタイミングに使用されているが、これについては読み書き装置の節で述べる。

4. 制御装置

制御装置の主要な機能は、

- (1) テープ上の必要なブロック位置を探すこと
- (2) 書き込みの際に主記憶装置から情報を1語ずつ順次取り出して、第3図の形に配列して書き込むこと
- (3) 読み取りの際にはテープ上の情報を40ビット1語の形にして、主記憶装置の指定位置に順次書き込むこと
- (4) 各種の誤りを検出し、誤りを検出した場合には動作を停止し、誤りの原因をネオン・ランプで外部に表示すること
- (5) テープ上の任意の部分の情報を抹消することなどである。

これらの動作を行うために、制御装置内に設けられた主要なレジスタを第4図に示す。CRBは、ヘッド



第4図 制御装置の主要レジスタ

で読取中のブロックの番号を示し、DSBは、次に書込むべきブロックの番号、すなわち、これまでテープ上に書かれているブロック番号の最大のものより1だけ大なる数を示す。NWRは読み書きの際の語数を指

定する。RQBは探索の際の所要ブロック番号を保持する。PMBは、テープ上のブロックの中、PMBで指示される番号以上のものは永久記憶装置として使用していることを示す。MSAは主記憶装置に情報を出し入れする場合の主記憶装置の番地を指定するレジスタである。

CRB, DSB, PMBは、2台のテープ・ハンドラを制御するために2個ずつ設けられている* (現在、実際に装備されているテープ・ハンドラは1台である)。DSB, PMB, RQBの三つは手動スイッチにより任意の値にセットでき、CRBは手動スイッチにより、0にすることができる。FBレジスタは、テープ送りの順逆を指定する。ユニット選択レジスタは、二つのハンドラのいずれを使用するかを指定する。ハングアップ・レジスタは、各種の誤りの原因を保持する。

4-1 命令の実行

次に、第2表の命令についてその動作を示す。

(1) 抹消 93n

第3図の“距離”のチャンネルには恒久的に一定間隔ごとに磁化反転情報が書かれており、これを読み取りながら、nの長さだけ、テープ上の他のチャンネルの情報を抹消する。この命令は必ず探索命令が先行しなければならない。この命令が来ると、NWRにnの補数がセットされる。テープを順方向に動かすと同時にヘッドに直流を流し続け、距離チャンネルの出力パルスが来るとNWRに1を加え、NWRがオーバー・フローした時、テープを停止し、RQBの内容、すなわち消去が行われる位置の直前のブロック番号をDSBに移し終了する。この命令は、前に書かれていたブロックの語数と異なる語数からなるブロックを書く時に使用する。この命令を磁気テープ制御装置が受け取った場合には、計算機本体は同時に次の命令系列を実行する。他の磁気テープ命令が来た場合にはこの命令が終るまで待機する。

(2) 探索 94n

この命令は、nで指定されたテープ上のブロックをヘッドの直前に移す命令である。まずnをRQBに移し、RQBとCRBの内容を比較する。nがCRBの内容より大きければ、テープを順方向に送り、ブロッ

* 2台のテープ・ハンドラを使用する場合には、第2表のn ≤ 1023に対しては“0”のハンドラが指定される。このnに2048を加えたものを各命令のnの代りに置けば、その命令は“1”のハンドラに対して行われる。

ク番号を次々に読み取り、CRBに移し、CRBの内容が $n-1$ になれば、そのブロックを通過した時にテープを停止する。 n がCRBの内容より小さい時は、テープを逆方向に送り、 n とCRBの内容が一致したら、そのブロックを通過した時にテープを止める。

この際、テープが停止・起動した場合にブロックの一部を読み飛ばさないために、書き込みの際各ブロック間には充分の間隔をあけるようになっている。この命令を磁気テープ装置が受取った場合に計算機本体は直ちに次の命令を開始する。他の磁気テープ命令が来た場合には、この命令が終了するまで待機する。

(3) 95 n 00 m 順読み取り

この命令の場合には、まず n の補数をNRWに、 m をMSAに移す。次にテープを順方向に読み取り、4ビットずつの情報をM-1の累算器の中に最下位からシフトして移す。情報を10行、すなわち40ビット読み取ったら、MSAで指定されるM-1の記憶装置に書き込む。次にNWRおよびMSAに1を加える。これを繰り返し、NWRオーバー・フローした時、読み取りを停止し、テープをその時のブロックの後のブロック間隔の位置に止め、動作を終了する。この命令の実行中、ヘッドを一つのブロック番号が通過するごとにRQBに1を加えて行くから、RQBの内容とCRBの内容は常に一致する。

(4) 96 n 00 m 書き込み

この命令は、主記憶装置の m 番地から始まる情報 n 語をテープの現在位置から、第3図に示す1ブロックの形で書き込むものである。したがってこの命令の前には、探索命令が先行していることが必要である。この命令は、任意個連続して行うことができる。この命令により、磁気テープ上の1ブロックの語数を任意に選ぶことができる。この命令の実行について二つの場合がある。

第1はDSBの内容がRQBと等しい場合、すなわち今までにない新しいブロックを書く場合がある。まず n の補数をNWR、 m をMSAに入れる。RQBを第3図のブロック番号としてRQBに1を加えてDSBに移す。次にMSAにより主記憶装置の内容を累算器に読み出し、これを左にシフトし、上位の桁から4ビットずつテープ上に書き込む。40ビット終了したらテープに間隔記号を書き、MSAとNWRに1を加えて、情報の書き込みと続け、NWRがオーバー・フローしたら、サムチェックの行を書き込み、第3図の形の1ブロックの書き込みを終る。

第2は、DSBの内容がRQBより大きい場合で、このときは、すでに存在するブロックの情報のみを書き直す。この場合にはテープを起動して次のブロック番号が通り過ぎたとき、情報のみの書き込み動作を開始する。この終了時にはDSBの内容は不変で、RQBが1だけ増される。この際書き込む語数は書き直す前のブロック内の語数と一致していなければならない。

(5) 97 n 00 m 逆読み取り

この命令は、テープを現在位置から逆方向に動かしながら情報を記憶装置に入れる命令である。95の命令と異なることは、記憶装置内で上位と下位が正しくなるようにテープから読んだ4ビットずつを累算器の上位の端から入れてゆくことと、MARに最初に $n+m-1$ を入れ、40ビット主記憶装置に書き込むごとに1ずつ引くことである。こうすることにより、逆方向で読んでも、記憶装置に正しい順序で入ることになる。

4.2 制御装置における各種の誤りの検出

磁気テープ装置を使用する場合に、磁気テープ上のドロップ・アウトその他の原因による情報の誤りを生じた場合と、命令の使用法を誤った場合は、計算機の動作を停止し、5個のネオン・ランプにより、誤りの原因が表示される。

(1) パリティ検査

(2) サム・チェック

探索、順逆読み取りの三つの命令を実行中、6個の情報チャンネルの“1”の個数が奇数でない場合は、誤りを生じたものとして、パリティ検査のランプがつく。また第3図の1ブロックの情報部分の1チャンネルごとの1の総和が偶数でない場合には、誤りを生じたものとして、サム・チェックのランプがつく。

(3) 探索なしの抹消

抹消命令の直前の磁気テープ命令として、探索命令がなかった場合には、プログラムの誤りであって、これを示すランプがつく。

(4) 抹消したブロックの探索または読取り

RQBの内容がDSBの内容より大きい場合には、求めるブロックは存在しないので、プログラムの誤りとしてこれを示すランプがつく。

(5) 永久記憶ブロックの書き込み

PMBで指定される番号以上のブロックは永久記憶に使用しているので、書き込んではいならない。もし、このような命令が来た場合には、プログラムの誤りとして、これを示すランプがつく。

4.3 制御装置の情報処理速度

制御装置の動作速度は速いことにしたことはない。本装置では、素子として繰返し 6 kc のパラメトロンを使用し、かつ本体との接続部分をできるだけ少なくするために、本体の累算器から 1 ビットずつ直列的に出し入れする方式にしたために、ほとんどこの点で速度が制限されることになった。m ブロック、全語数 n 語からなる情報を書き込む時間は

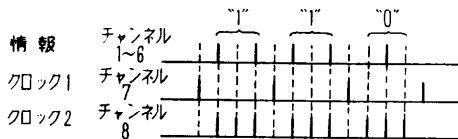
$$100m + 13n \text{ [ミリ秒]}$$

の時間を要する。最高の行速度（キャラクタ速度）は約 800 行（1 行 = 4 ビット情報）/秒 となる。これは通常の磁気テープ装置の行速度 16,000 行/秒（密度：8 行/mm，速度：2 m/秒 の場合）に比べると非常に低い値である。これを改善するにはパラメトロンの励振繰返し周波数を上げ、主記憶装置からの出し入れに、40 ビット並列方式を採用するか、高速度バッファメモリーを増設することが必要である。

5. 読み書き装置

前節で述べたとおり、制御装置の情報処理速度は最高 800 行/秒、パラメトロンの繰返し周波数を 18 kc に上げても 2,400 行/秒 である。しかるに磁気テープ・ハンドラはテープ速度 2 m/秒 であるから、15,000 行/秒 の速度で使用することは容易である。したがって情報密度に甚だ余裕がある。このため 1 ビットの情報を幾つかの磁気パターンにより表わし、1 ビットの情報ごとに誤りを訂正できる方法を取ることにした。磁化方法として、RZ (Return to Zero) のパルス方式、NRZ (No Return to Zero) 方式等が考えられるが、使用ヘッドとして、読み書き共用の 10 チャンネルのヘッド 1 個しかないので、NRZ 方式を採用した。

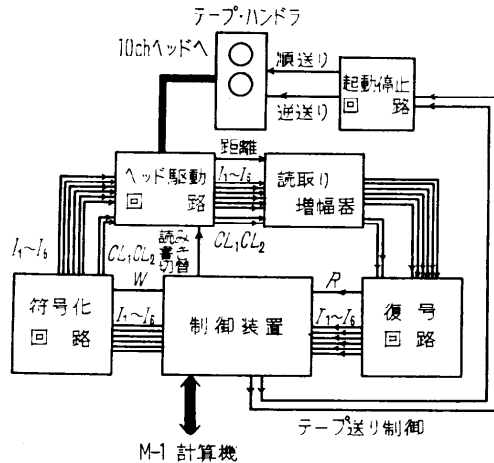
第 5 図 に本装置における情報“1”、“0”に対する NRZ の磁化反転パターンを示す。縦の実線は磁化の反転を示す。クロック 1 (CL1) は各情報ビットに対



第 5 図 “1”、“0” に対する情報チャンネルと二つのクロック・チャンネルに対する磁化反転パターン

する情報パターンの区切りを示し、クロック 2 (CL2) は情報パターンのあるべき位置を示す。情報は三つの位置の磁心反転の有無で示される。使用符号としては、

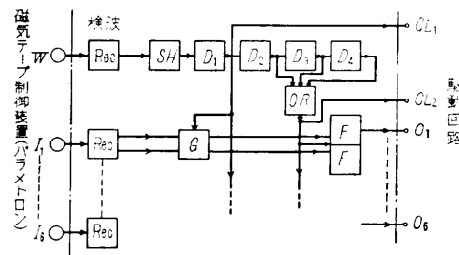
任意の 3 ビット符号とその補符号の二つを取れば良いが、順逆読み取りの際の対称性と、相次ぐ二つの位置のドロップ・アウトの際の誤りを避けるために、図に示すパターンを採用した。読み取りの際には出力パルスを全波整流し、クロック 2 に対応する三つの符号の真中を反転し、多数決を取ればよい。この方法によれば一つの位置の誤りは訂正・検出できるから、検出個数を常に計数することにより、使用中の磁気テープの劣化状態を監視することができる。第 6 図には読み書き装置の構成と、装置内の情報の流れを示す。



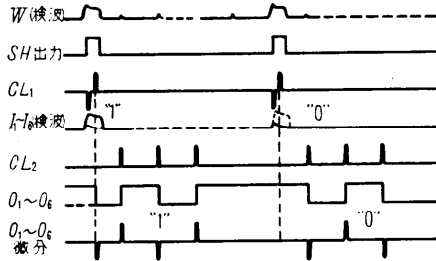
第 6 図 読み書き装置の構成

5-1 誤りの訂正可能な符号の符号化および復号回路

これらの回路は、主としてトランジスタ・ダイオードにより構成されている。第 7 図には符号化回路の構成を示す。制御装置からは 6 ビットの情報と、1 行書き込みの指令が与えられる。第 8 図にはこの回路の各部波形を示す。W は 1 行書き込みのパラメトロン信号である。この信号を同期検波して、SH で整形する。



第 7 図 符号化回路



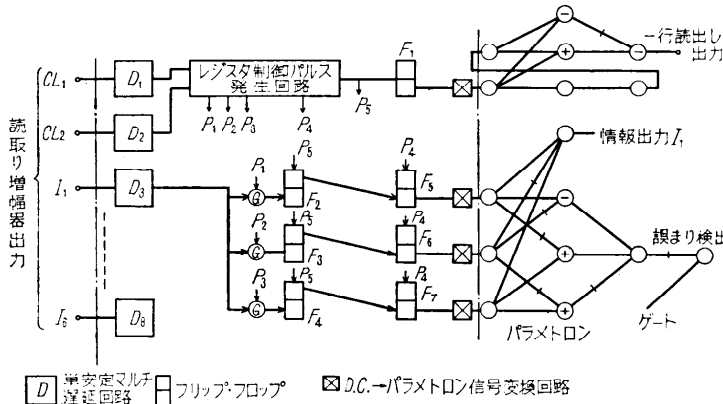
第8図 符号化回路各部波形

これから単安定マルチ D_1 で 50μ 秒遅れたパルスを作り、 $I_1 \sim I_6$ の検波出力をゲートして、 $I_1 \sim I_6$ の 0, 1 にしたがってフリップ・フロップを 0 または 1 の状態にセットする。

D_1 の出力の正側は、また CL_1 としてクロック 1 のチャンネルの駆動回路のトリガー入力となる。 D_1 の出力を D_2, D_3, D_4 の単安定マルチで 300μ 秒ずつ遅らせ、ダイオードの OR 回路で集め、6 個のフリップ・フロップを 3 回トリガーする。この 3 連パルスは CL_2 として、クロック 2 のチャンネルの駆動回路をトリガーする。6 個のフリップ・フロップは CL_1 でセットされた状態により、二つの波形のいずれかを取り、これを微分すると、その正側は必要な符号パターンとなり、情報に対するチャンネルの駆動回路のトリガー入力となる。

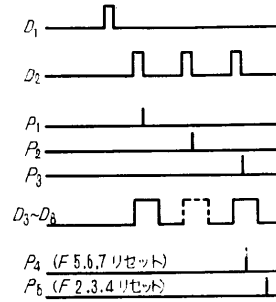
このようにして作られた 8 個のトリガーパルスによって後述のヘッド駆動回路が働き、テープ上に情報が書き込まれ、読み取られた場合に、読み取り増幅器の出力としてほとんど同じ形の出力パルスが得られる。

読み取り増幅器の出力から、情報を復号する回路の構成を第 9 図に示す。入力 CL_1, CL_2 を用いてレジ



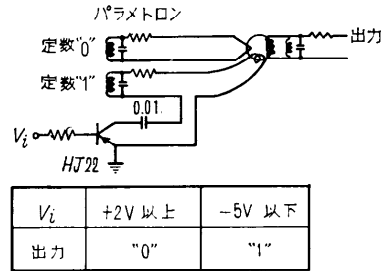
第9図 復号回路の構成

スタ制御用パルスを作る。この制御用パルスと情報入力との時間関係を第 10 図に示す。



第10図 レジスタ制御パルス

磁気テープからの出力と、パラメトロン励振線返し波形は非同期であるからなるべく長い間情報を保持する必要がある。このため、 F_2, F_3, F_4 に情報を読み



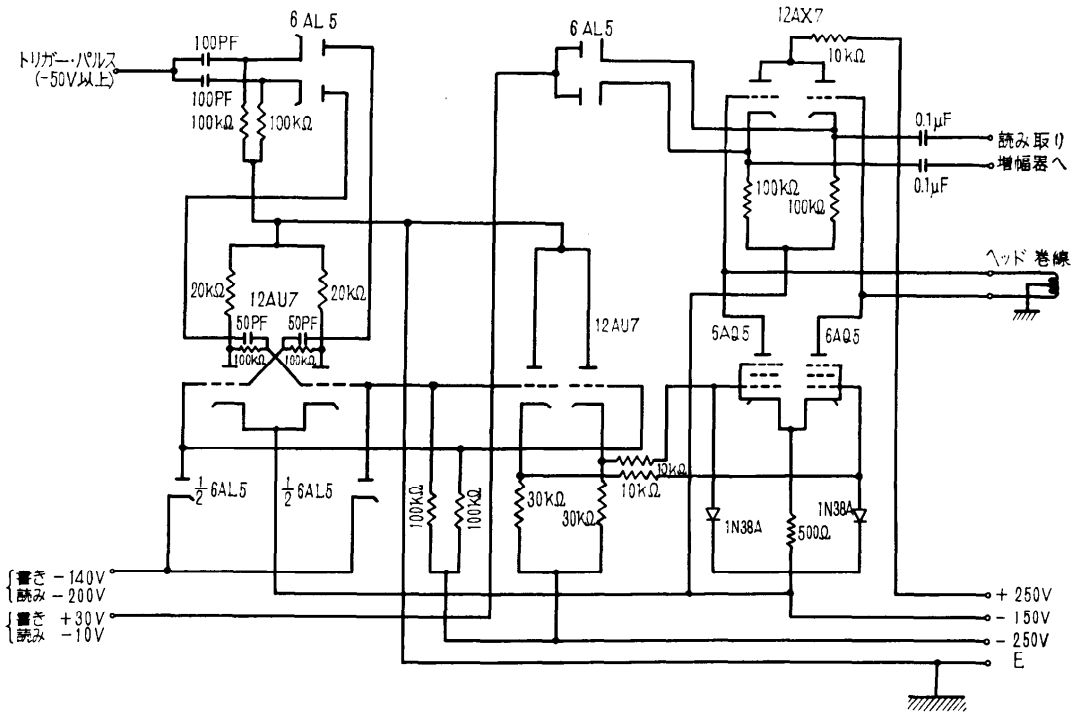
第11図 DC→パラメトロン信号変換回路

込むまで、 F_5, F_6, F_7 のレジスタには、前に読み取った情報を保持する方法をとった。

情報チャンネルの三つの符号位置の状態は、 $P_1, P_2,$

P_3 により逐次ゲートされ、それぞれ一時レジスタ F_2, F_3, F_4 にセットされる。 P_3 と同時に P_4 によって主レジスタ F_5, F_6, F_7 をリセットする。 P_5 によって F_2, F_3, F_4 をリセットすると、"1" の状態にあったものは対応する主レジスタを "1" にセットする。 P_5 から 1 行読み出し出力が作られ、パラメトロン信号に変換され制御装置に送られる。

F_5, F_6, F_7 に保持された情報



第12図 ヘッド駆動回路および読み書き切替回路

は、右側のパラメトロン信号に変換され、多数決による誤り訂正を行った後、情報出力として制御装置に送られる。同時に、パラメトロン回路により誤りがあった場合に検出され、1行読み出し信号でゲートされ、誤り計数回路を働かせる。第11図は直流電圧からパラメトロンへの信号変換回路を示す。

以上の回路の中パラメトロン以外はほとんどトランジスタとダイオードの普通の回路を使用した。技術的にはほとんど問題を生じたことはなかった。

5.2 ヘッド駆動回路

本装置に使用したヘッドは、13mm幅テープ用10チャンネル、トラック幅約0.5mm、巻線数334×2(中間タップ付)、直流抵抗18×2Ω、1kcのインダクタンス21mH、クロス・トーク-35db以下のものである。サンドイッチ型磁気テープ(MMM社No.186)を使用した場合の飽和電流は10mA(334ターンに対し)なので、実際の駆動電流は15mAに選んだ。この電流値において、以前の記録情報の消去の程度は、残存磁化による出力電圧は、正規出力の-20db以下であった。

1個のトリガー電圧により磁化を反転させるために、

トリガー入力によりフリップ・フロップ回路を反転させ、このフリップ・フロップの二つの出力により駆動用の2本の真空管6AQ5の電流を切替る方式をとった。またこのヘッドは読み書き共用であるため、読み取り時には2本の6AQ5のグリッド電圧を強制的に下げてカット・オフにする。書き込み時には巻線両端に生ずる大電圧(約20~30V)により読み取り増幅器をこわさないためと、増幅器の大振幅入力に対するインピーダンスのヘッドへの影響を避けるために、読み取り用カソードフォロワを強制的にカット・オフすることにした。このようにしても、読み取り増幅器の利得が非常に大きいので、書き込み時に増幅器に擬似出力を生ずるのは避けられないので、読み取り時にはCL₂の読み取り増幅器の出力パルスを禁止する手段を用いた。第12図には、ヘッド周りの回路を示す。

5.3 読み取り増幅器

NRZで使用した場合の本装置のヘッド出力電圧は、パルスの高さとして、3mVである。しかしながら、本装置はM-1に接して設置され、なんら雑音に対するシールドの処置がとられておらず、磁気テープ・ハンドラ内のヘッドから、読み取り増幅器まで2mの

止し、本文に述べた回路に変更する必要を生じた。

本装置では、情報伝送速度が、累算器のシフトの速度で押えられる。計画時にはパラメトロンの励振周波数を 20 kc で上げる予定で、本装置の誤り訂正可能な符号方式を用いて、760 m のテープに約 10 万語の容量を持たせる予定であった。しかし現在の励振周波数が 6 kc であるため、0.4 行/mm の情報密度となり、記憶容量は 760 m のテープに約 3 万語となった。

現在は、磁気テープに CRT 表示装置用の図形を画かせるプログラムを記憶させ、試験運転中であるが、充分実用に供し得ることを確認した。今後は誤りの検

出個数を各種条件のもとに測定し、回路の信頼度、磁気テープの劣化状況を調査する予定である。

終りに終始御指導を賜った喜安次長、遠藤電子応用研究室長に深甚なる謝意を表する。また、パラメトロンの配線・組立てを援助された試作部各位、一部の試作を援助していただいた伊藤忠雄木村健社員に感謝する。

参考文献

- 1) 室賀, 高島: 通学誌, 41, 11, 昭33-11, p. 114
- 2) 高島, 室賀, 西田: 通学誌, 41, 11, 昭33-11, p. 123
- 3) 山田, 小柴: 通学誌, 41, 11, 昭33-11, p. 131

数値計算の誤差*

馬場 準一** 林 重雄**

1. まえがき

過渡現象の関与してくる工学上の種々の問題の解析には微分方程式の数値解法が必要となってくる。その場合に、計算の1ステップの時間間隔 Δt をどのように選定すればよいかということは、常に問題となるところである。応用数学の書物には、たとえば Runge-Kutta 法によるときは、計算誤差は $(\Delta t)^5$ の Order であるというような記述をみるが、これでは、実際の問題をとくときの誤差がどの程度であるかを推測することはむずかしい。

誤差を正しく評価するためには、問題を記述する微分方程式について、数値計算による解の変歪(時定数、周波数の変化)を知ることが必要である。

筆者らは、数値計算による解は、定差方程式の解となることに注目し、 z 変換を用いて数値計算による解の変歪を調べ、問題の解析において、計算のステップ Δt としてどのような値を選定すべきかを示した。

2. 線形連立常微分方程式の形式

一般に線形連立常微分方程式では、1階以上の微係

* Errors of Numerical Calculation, by Junichi Baba and Shigeo Hayashi (Mitsubishi Denki Co., Ltd. Lab.)

** 三菱電機株式会社研究所

数を

$$\frac{dx_i}{dt} = u_i, \quad \frac{d^2x_i}{dt^2} = \frac{du_i}{dt} = v_i, \quad \frac{d^3x_i}{dt^3} = \frac{dv_i}{dt} = w_i, \dots$$

とおくことによって、

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} + \sum a_{ij}x_j &= b_i \quad (i=1 \sim n) \\ t=0 \text{ で } x_i &= x_{i0} \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

あるいは行列の形式で

$$\left. \begin{aligned} \frac{d[x]}{dt} + [A][x] &= [B] \\ t=0 \text{ で } [x] &= [x_0] \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

とあらわすことができる。系は線形であるから、重畳の理がなり立つ。したがって b_i が定数の場合について論じておけば十分であろう。

これをラプラス変換して

$$s[x] + [A][x] = [B]/s + [x_0] \quad (2.3)$$

のように書くことができる。

3. 数値計算法

ここでは、数値計算法として、

(i) Euler 法

$$\frac{dx(t)}{dt} \rightarrow \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t} \quad \text{で近似するもの} \quad (3.1)$$

(ii) Modified Euler 法