

デジタル計算機用磁気テープ記録装置

Digital Magnetic Tape Recorder

古 谷 勝 美*
Katsumi Furuya

内 容 梗 概

HITAC-102B形デジタル計算機に使用した磁気テープ記録装置の紹介を中心に、磁気テープメモリの問題点を述べ、あわせてデジタル計算機用として開発された二、三の機種に言及している。
ちなみに HITAC-102B形デジタル計算機は昭和35年4月京都大学に納入したもので、磁気テープ装置を実用に供した国産第1号機である。

1. 緒 言

磁気録音の技術をデジタル計算機の入出力機器に応用しようという考え方は比較的新しいが、第1表に示すように従来の穿孔カード・穿孔紙テープ・ベースのものに比べて非常にすぐれたいくつかの特長をもっているため、その将来を大きく期待されている。
第1表について補足すると、カードも紙テープも穿孔されたものは、記録内容が不要になった場合には単なる紙屑として処分するほかないが、磁気テープは消磁することによって全く白紙にもどすことができる。これは大きな利点で計算機の運用経費を従来のものに比べて下げることができるので、設備として当初多少割高であってもかえって有利であるとされている。

第1表よりみるならば、磁気テープ・ベースの計算組織はデータの処理速度が早く、大量のデータを保存するのに場所をとらず、さらには必要に応じてテープの速度を変化させてデータ伝送の能率を上げることができるなど有利な点が多いが、その半面信頼度が比較的低いとされていたため実用化が遅れてきたものである。

近年の技術の発達は上記の問題を完全でないまでも十分満足できる線まで解決したことであって、ために磁気テープ・ベースの計算組織がしだいに増加しつつある。

日立製作所においても、つとにこの重要性を認め、鋭意開発研究を進めてきたが、今般京都大学に納入された HITAC-102B（京都大学における呼称は KDC-1）形デジタル計算機にその1号機を試験的に接続し、京都大学のご指導のもとにその実用化試験を協同研究の形で進めつつある。

本稿には、この1号機的设计にあたり検討した事項を中心に、今後の改良点ならびに並行して開発を進めている機種全般にわたって記述する。

2. 記録方式と制御方式⁽⁴⁾

磁気テープを記録媒体とするデジタル信号の記録方式は穿孔紙テープの穿孔をそのまま磁化におきかえたものと考えればよく、その書込密度はテープ長手方向1mm当り8bits〔N. R. Z. (Non Return to Zero)方式にて〕の割合を標準としている。

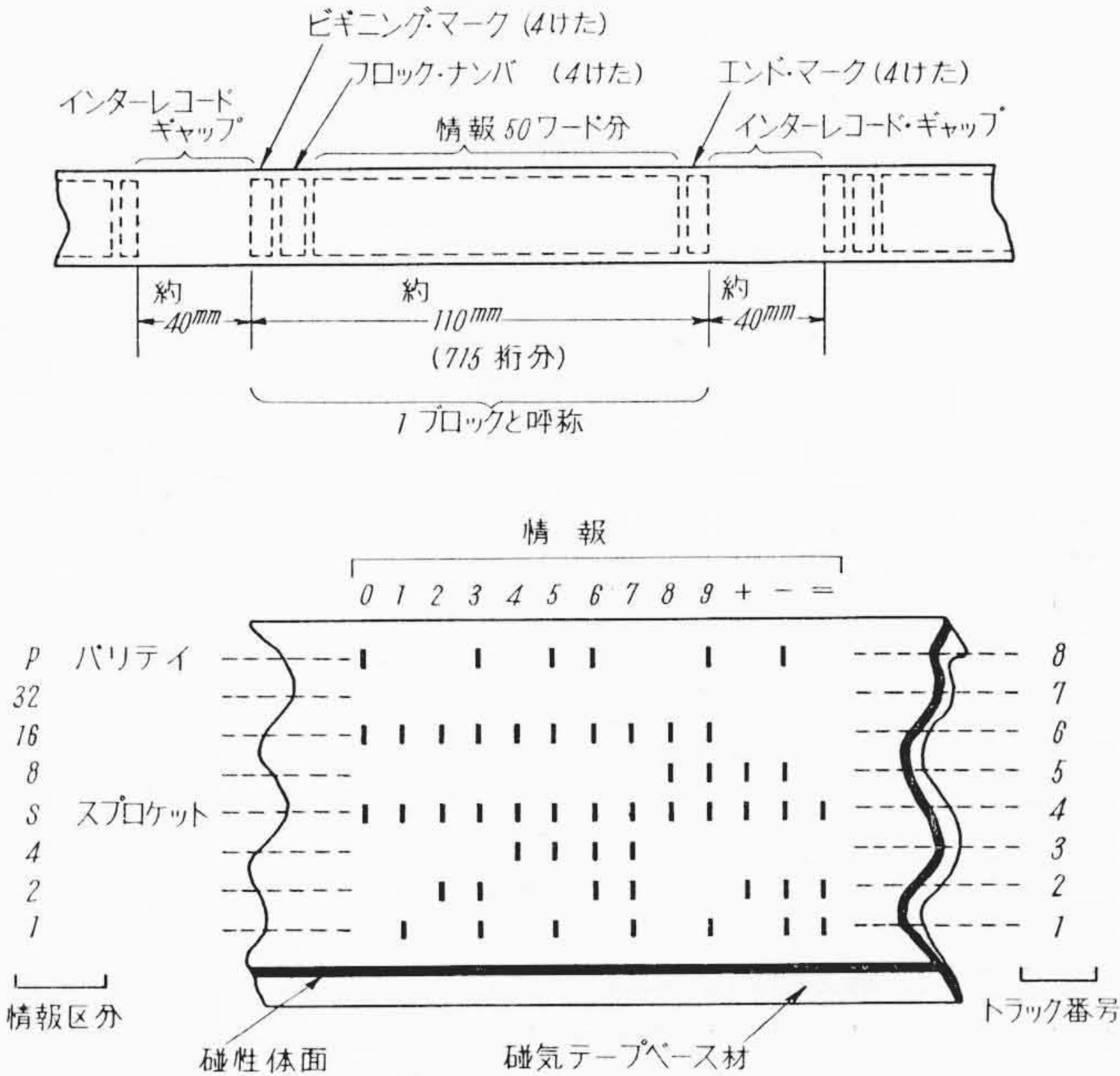
信号は第1図のように12.7mm幅の磁気テープに紙テープの場合と同様に8トラックで書き込まれ、図示のとおり幅を過る1列の8bitsが1けたの数あるいは文字を表わす。通常300~1,500けたぐらいを1ブロックとしてまとめて書き込み、各ブロックの間に15~40mmの余白部を残すようにする。この1ブロックがちょうどカードの一枚分に相当する区切りであるが、磁気テープ・ベースの場合にはある程度これを任意に選ぶことができるので便利である。また内容を引き出すための索引としてブロックごとに番号を打ち、読み出

* 日立製作所戸塚工場

第1表 各種記録方式の比較法

記録媒体	処理速度 (けた/秒)	容 量	相対単価 (運用経費)	同一記録量にお ける占有体積比	備 考
穿孔カード (IBM式)	200~2,400	カード1枚 80 桁	1	1	消せぬ
穿孔紙テープ	150~1,000	紙テープ長さ 210mmがカ ード1枚分	0.7	0.9	消せぬ 仕別に不利
磁気テープ	10,000~60,000	276φのリール 1巻でカードに 換算して 52,000~ 140,000枚分	$(0.3\sim0.2)\times\frac{1}{n}$ 〔nは消磁回数 で普通50は下 らない〕	0.008~0.003	消せる

(注) 上記数字中に幅があるのは高性能のものから低性能のものまで
すべてを包括しているからである

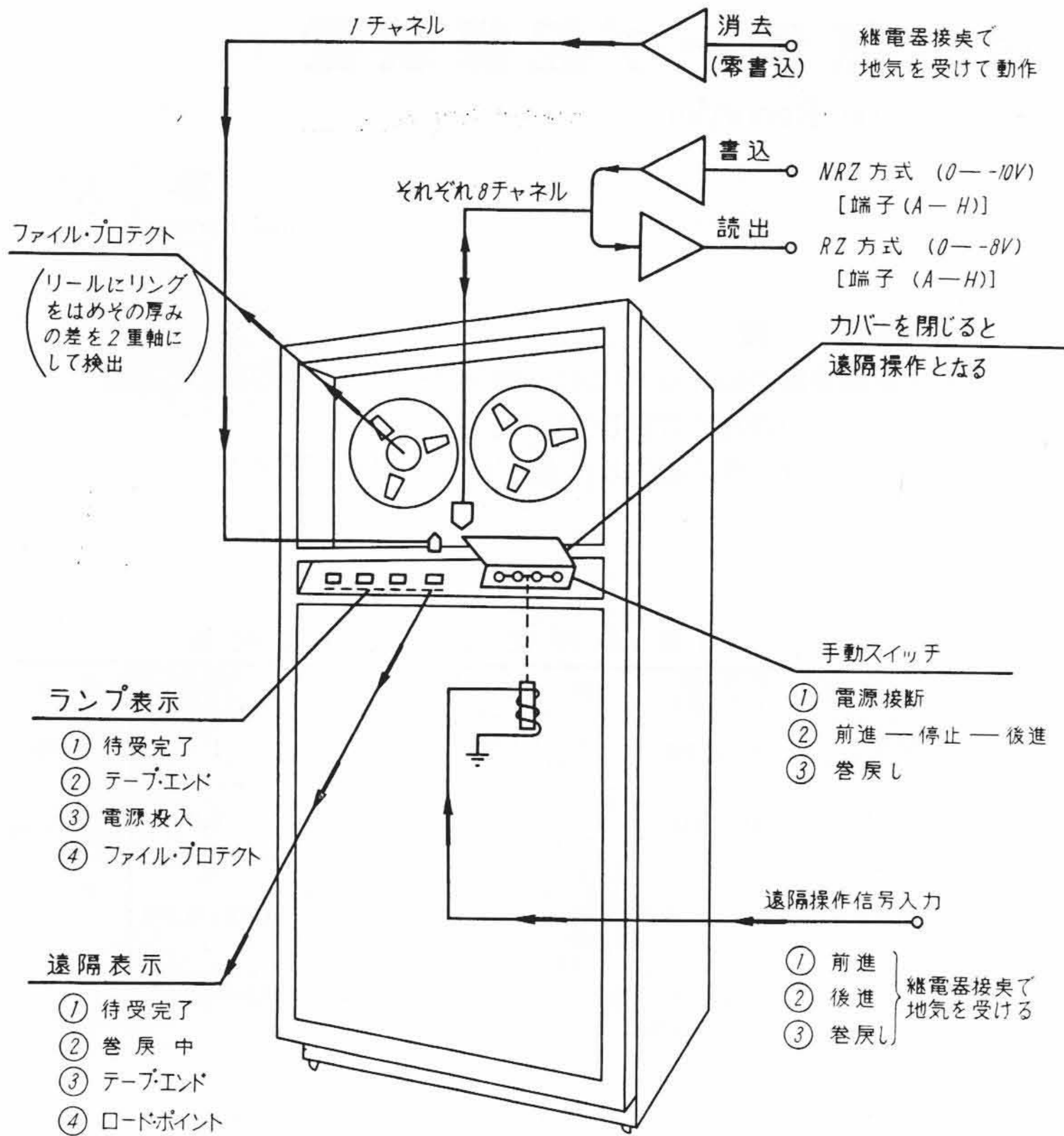


第1図 HITAC-102B形デジタル計算機における
磁気テープ上の情報記録方式

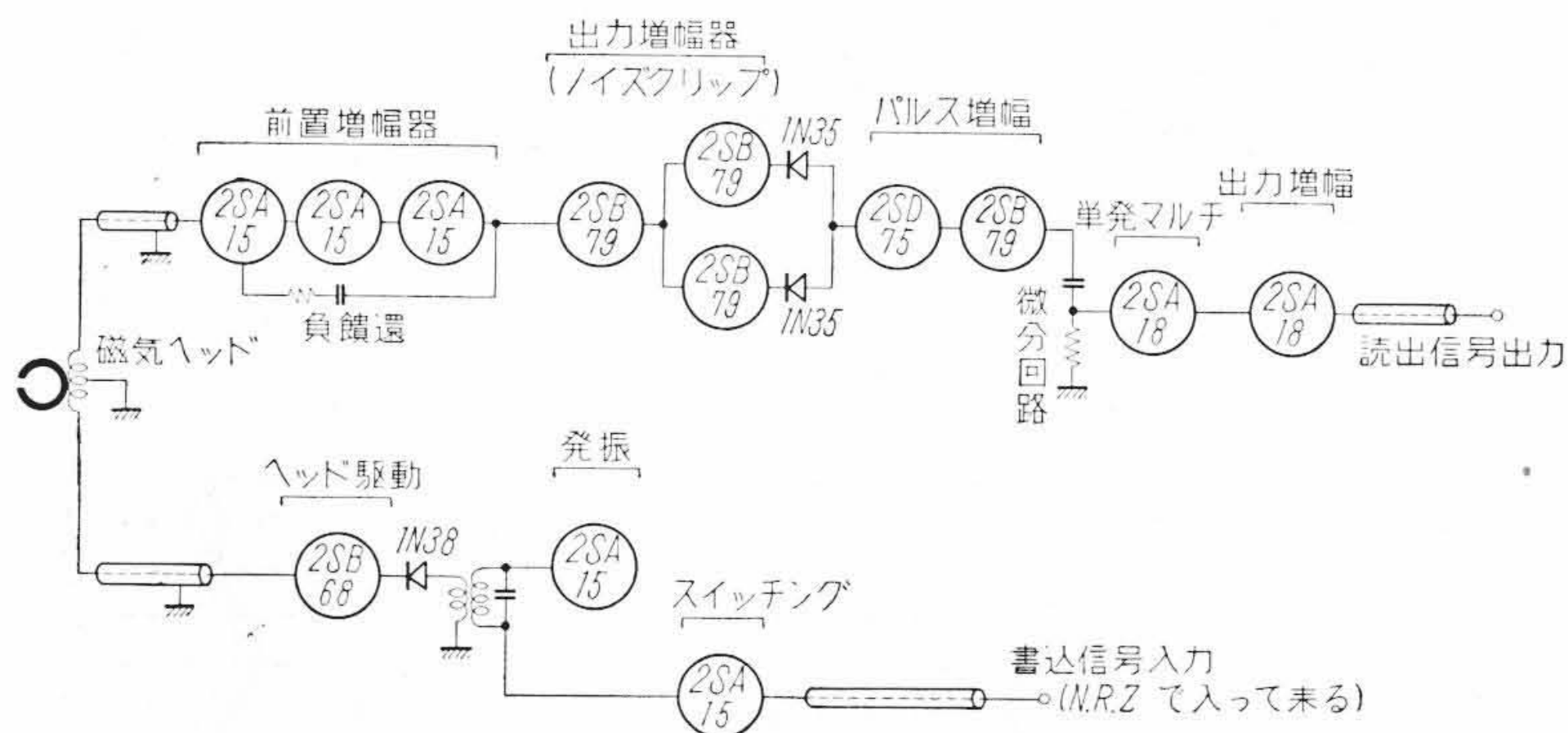
すための手がかりとしてブロックの始めと終りにマークを打ち込んでおく。ブロック間の余白部を I. R. G. (Inter Record Gap) と呼ぶが、これはテープを走らせる場合の助走に必要な距離と停止後逸走してしまう距離を見込んで決められる値である。短いほど良いのはもちろんであるが、磁気テープから読み出される信号の質をよくするために安全性を考えて多少長目にとるのが普通である。

一般に上記したような記録様式や起動停止の動作に至るまでいっさい計算機本体よりの指示によって動作するよう設計されている。HITAC-102B 形デジタル計算機におけるこれらの関係は第2図に示すとおりで、指令信号は電圧および継電器接点で受取っている。1ブロックは約700けたより構成され I. R. G. は約40mmである。

制御信号と記録される情報の間の時間関係はなかなかむずかし



第 2 図 デジタル計算機用磁気テープ記録装置の制御方式

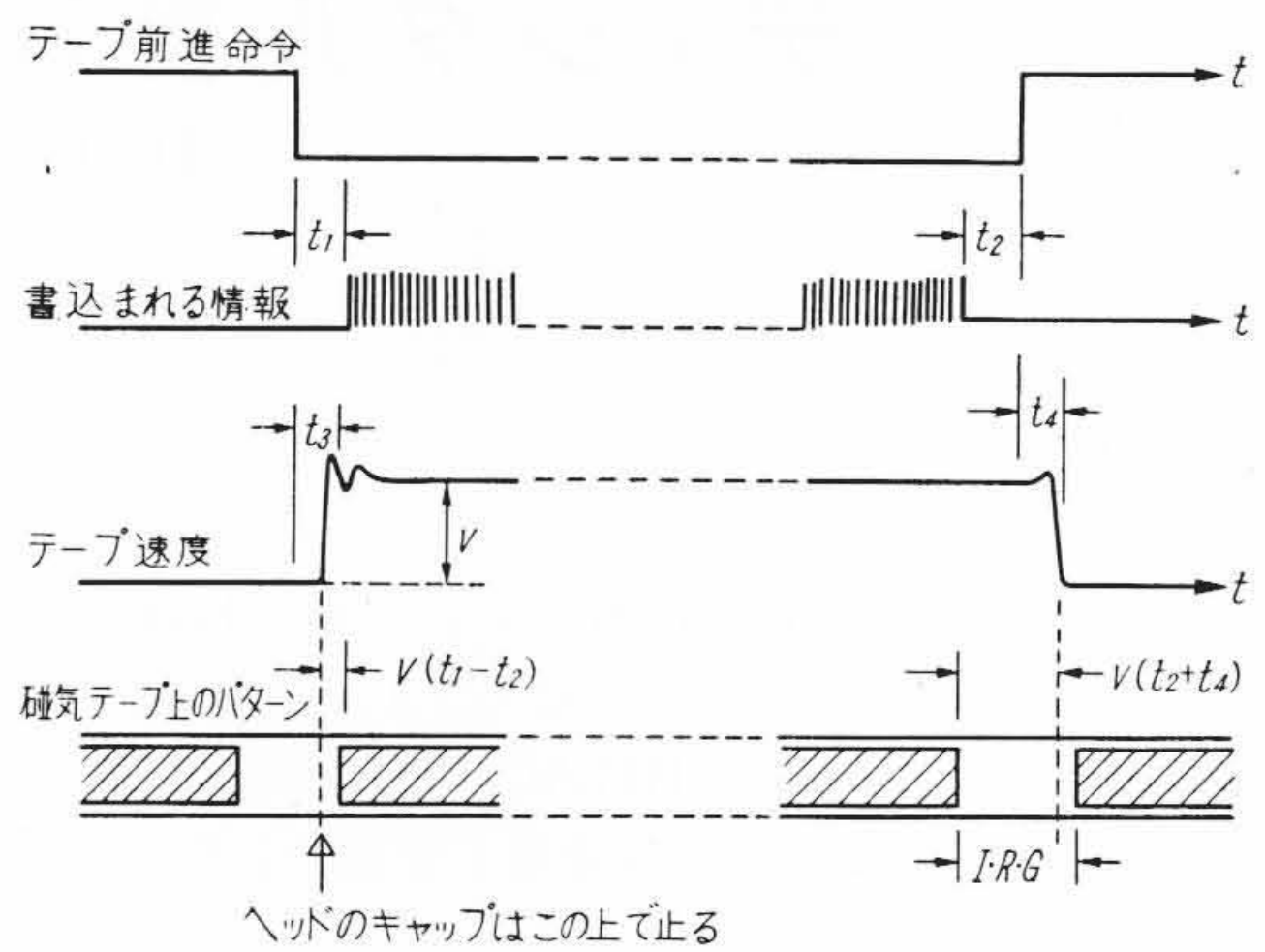


第 4 図 書込読出増幅器のブロック線図

く、たとえば第 3 図のように磁気テープの起動停止よりそれぞれ t_1 , t_2 の時間をもたせて信号を送った場合 $t_1=t_2$ とすると図示に明らかなとおり I. R. G. の中央にとどまらずかたよる。かかる状態のまま 1 ブロックのみ後進を命じると今度は逆の関係にとどまるため全体としてそのブロックの位置がずれる結果となるので、この不都合を除くため計算機内で第 3 図の t_2 を短く t_1 を長くするように調節してある程度 I. R. G. の中央に納める必要がある。試験の結果十分よく調整された場合には比較的正確に I. R. G. の中央にとめることができるので、35 回の繰返し前進、後進運転が可能であった。もちろん実用性をいう点からはあまり意味のある試験ではないが停止位置の確度を示す一つの尺度として報告する。

書込読出に使用した増幅器はブロック線図として第 4 図に示すようなもので、入出力とも不平衡形を使用したものである⁽²⁾。そのため読出増幅器の前置増幅段での S/N 比があまりよろしくないが、実用上はこれで十分であった。

書込回路は NRZ 方式のため、きわめて繰返し周期の長いパルスを取扱わねばならないので、直接増幅することをやめ、発振を生起させたり停止させたりしてその出力を整流して終段に与える励振電力



第 3 図 磁気テープ上の情報のパターンと起動停止特性との関係

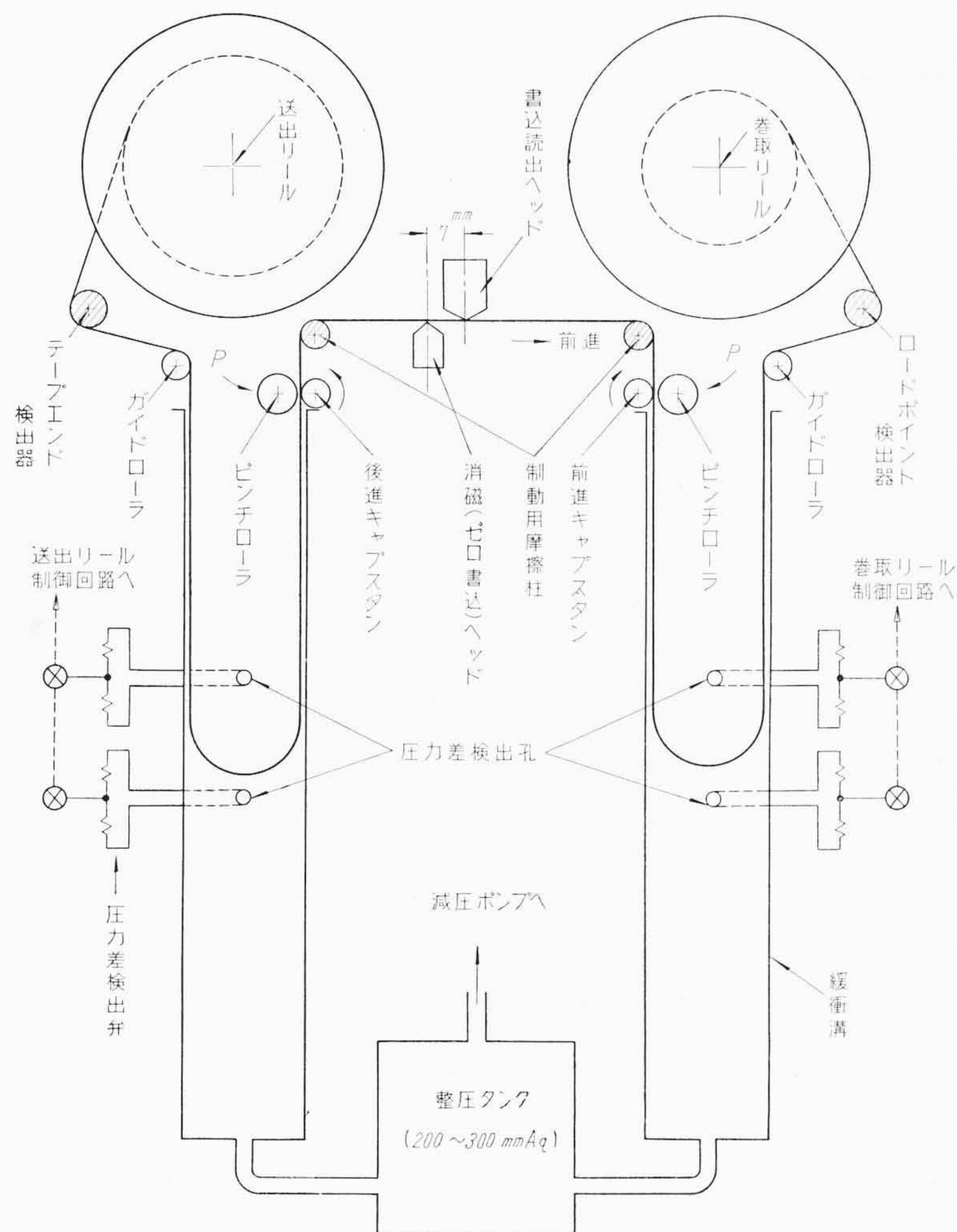
を得ている。

3. 磁気テープ送り機構における技術的問題点⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾⁽⁸⁾

前述の理由からテープの起動停止は可及的短時間であることが望ましい。また読出された信号は出力レベルが一定していることが望ましいので、起動停止時における過渡的な速度変動を 10% 以内に納めるような機構にしなければならない。

上記の理由から HITAC-102B 形デジタル計算機に使用した磁気テープ送り機構では第 5 図に示すような空気圧を利用して制御する方式を採用した。その外観は第 6, 7 図に示すとおりである。この方式を採用した理由ならびに設計基準などについては既稿⁽⁴⁾に詳しいので重複する記述をなるべく避けて述べることにする。

第 5 図においてテープの前進作用は前進用キャプスタンと呼ばれる一定速度で回転している軸にピンチローラと呼ばれる遊び車を押し付け、その間にテープを挟持して送ることにより営まれる。このとき左右の緩衝みぞは送出巻取両軸の回転をつかさどるモータの立上り特性をカバーする作用をする。これらの二軸はいずれも磁気テープを巻いたかなり大きな慣性能率を有するリールを実装しており、どれほどリール軸のトルクを増してもとうていわれわれの希望する立上り特性は望めないで、中間に緩衝部をこのような形で設けたのである。みぞは下端に向ってテープを引き、テープに常に一定の背張力を与え、これと摩擦柱の作用でピンチローラが圧下された瞬間から引き上げられる瞬間まで正確にテープを送る作用を営ませ、引き上げられた瞬間にピタリと動きをとめるようにする。ピンチローラが圧下された瞬間テープはなめらかに動き出し、緩衝みぞのテープのループは一方は巻き上げられ、一方は下がる。これをそれぞれ検出するのが圧力差検出弁の作用で、これをマイクロスイッチに移して、送出、巻取の両軸のモータに始動を命じ、ループの旧位置への復帰を命じるのである。この緩衝部のサーボ機構の設計よろしきをえれば、キャプスタンがテープを送ることに対してなんの制動も変えることなく、すなわちテープの起動特性をなんら害することがない。上記の説明は緩衝部が空気圧で引かれているからいえるのであって、これをテンションアームと複滑車で行わせようとするとその慣性能率を無視することができないのでテープの起動特性になにがしかの影響を与える結果となり、起動特性が悪くなること



第5図 デジタル計算機用磁気テープ送り機構動作原理図

は実測結果として既稿⁽⁴⁾に述べておいた。停止のときもまた同じであるが影響は起動時より大きく特に停止位置が定まらぬ結果になることもあるので、一般にテンションアーム式のものではテープブレーキは不可欠である。詳しい説明は省略するが停止時大きくテンションアームが動いた場合、両側の背張力が大きな差を示すことがあり、摩擦にうちかって動く場合があるからである。

空気圧制御方式のものでも高性能を望む場合は第3図における t_4 を小さくするためにブレーキをつける。本稿で報告したものの改良形はブレーキを備えたものである。

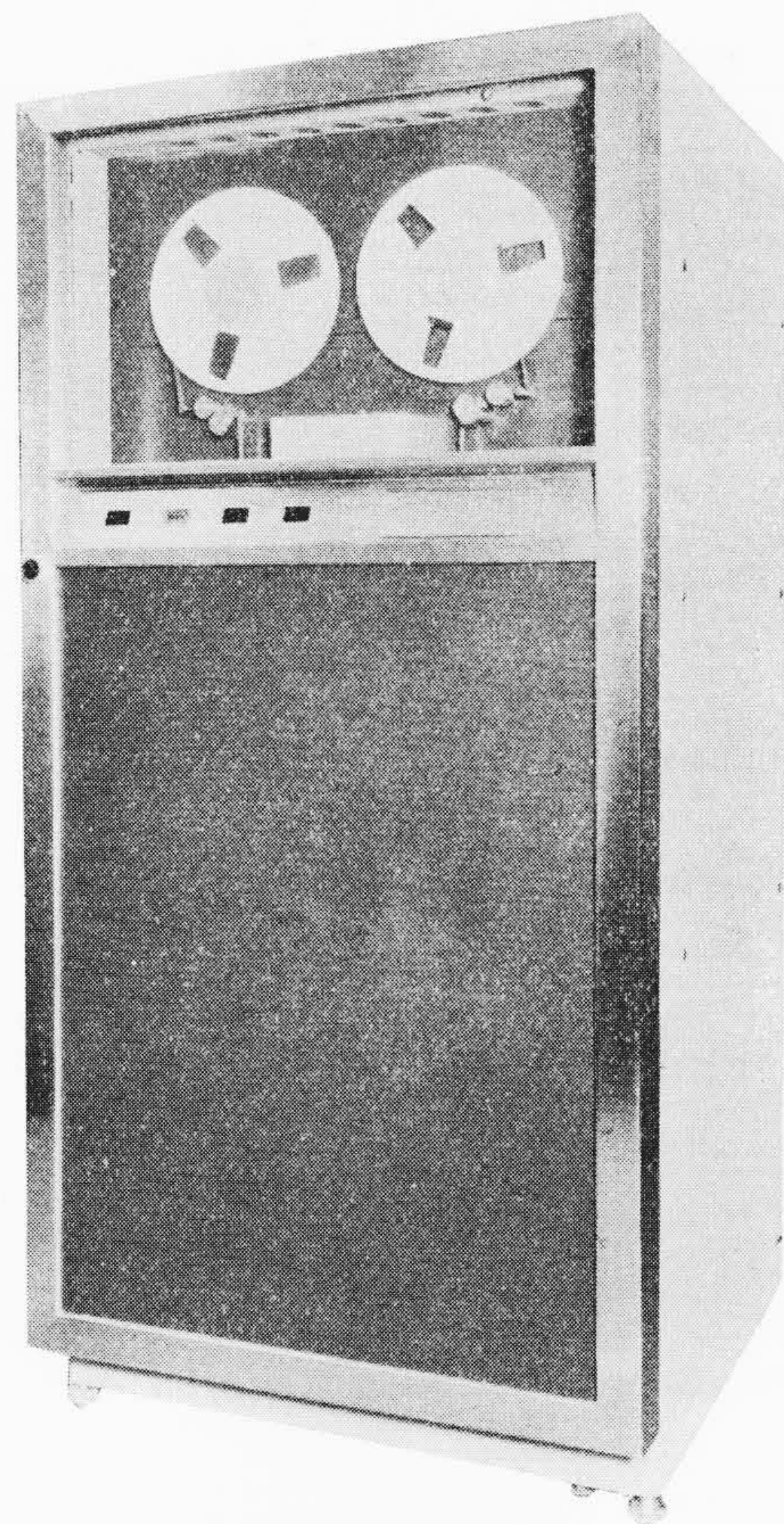
送出巻取両軸の駆動用モータはサーボモータかDC分巻モータのような特性のものが望ましい。本機では出力特性と電源に及ぼす影響の2点からDC分巻モータを使用した結果はハンティング少なくきわめて良好な特性が得られた。説明不足のきらいがあるが、細部にわたる記述は紙数の関係より割愛させていただき、この程度にとどめる。

4. 試験用プログラムと試験結果⁽⁵⁾

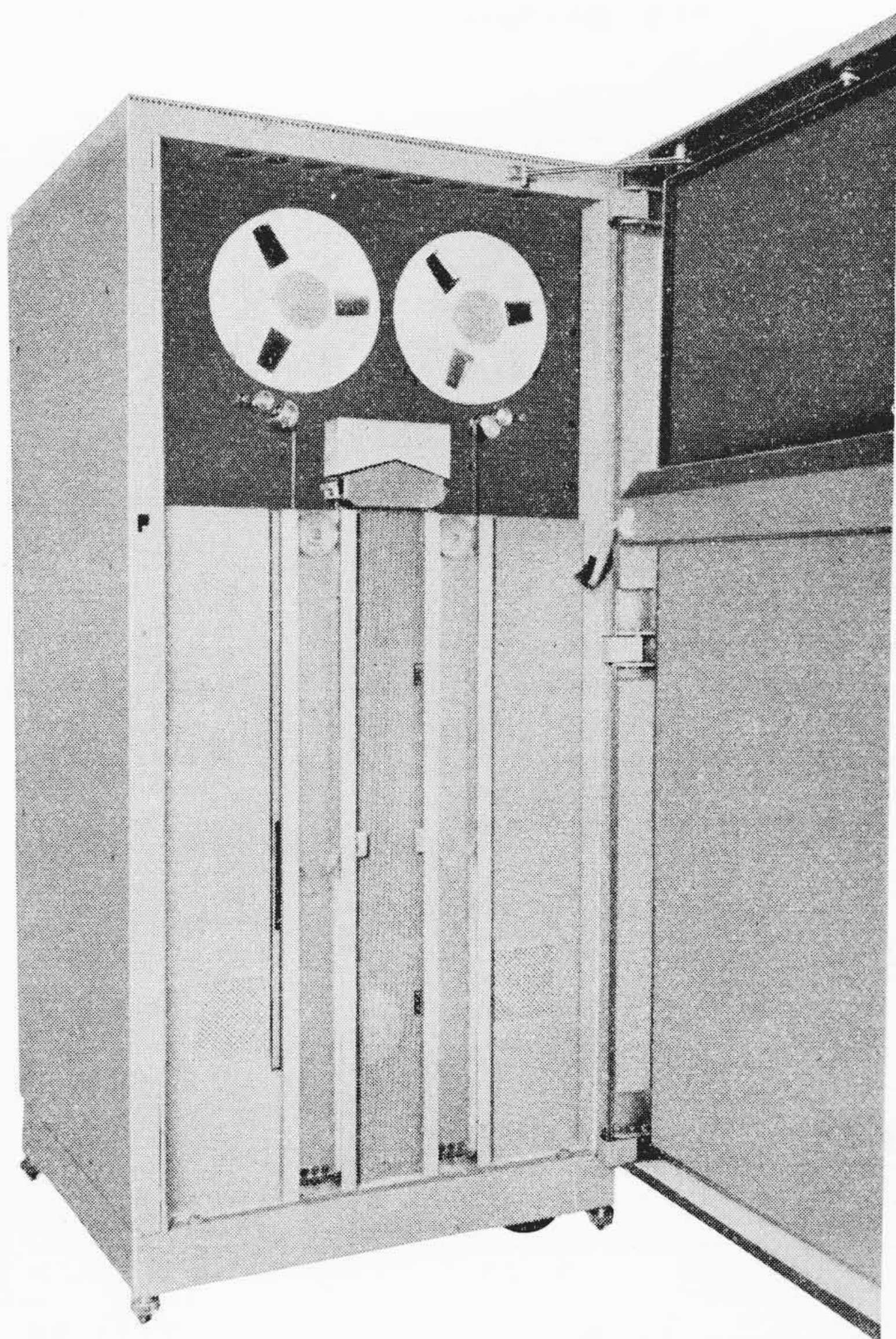
本機を試験する目的で作成された試験用プログラムと試験結果を第2表にまとめた。この結果とその後の研究に基づき現在生産されている2号機以後は第3表のように改善されている。特に機能上の改良と安定性を向上させることに努力している。

5. デジタル計算機用磁気テープ送り機構の種類と特長

以上に述べた高速大容量の磁気テープ送り機構は ON LINE, OFF LINE いずれの用途にも使用できるデジタル計算機用の万



第6図 HITAC-102B形デジタル計算機に接続された磁気テープ記録装置



第7図 デジタル計算機用磁気テープ送り機構

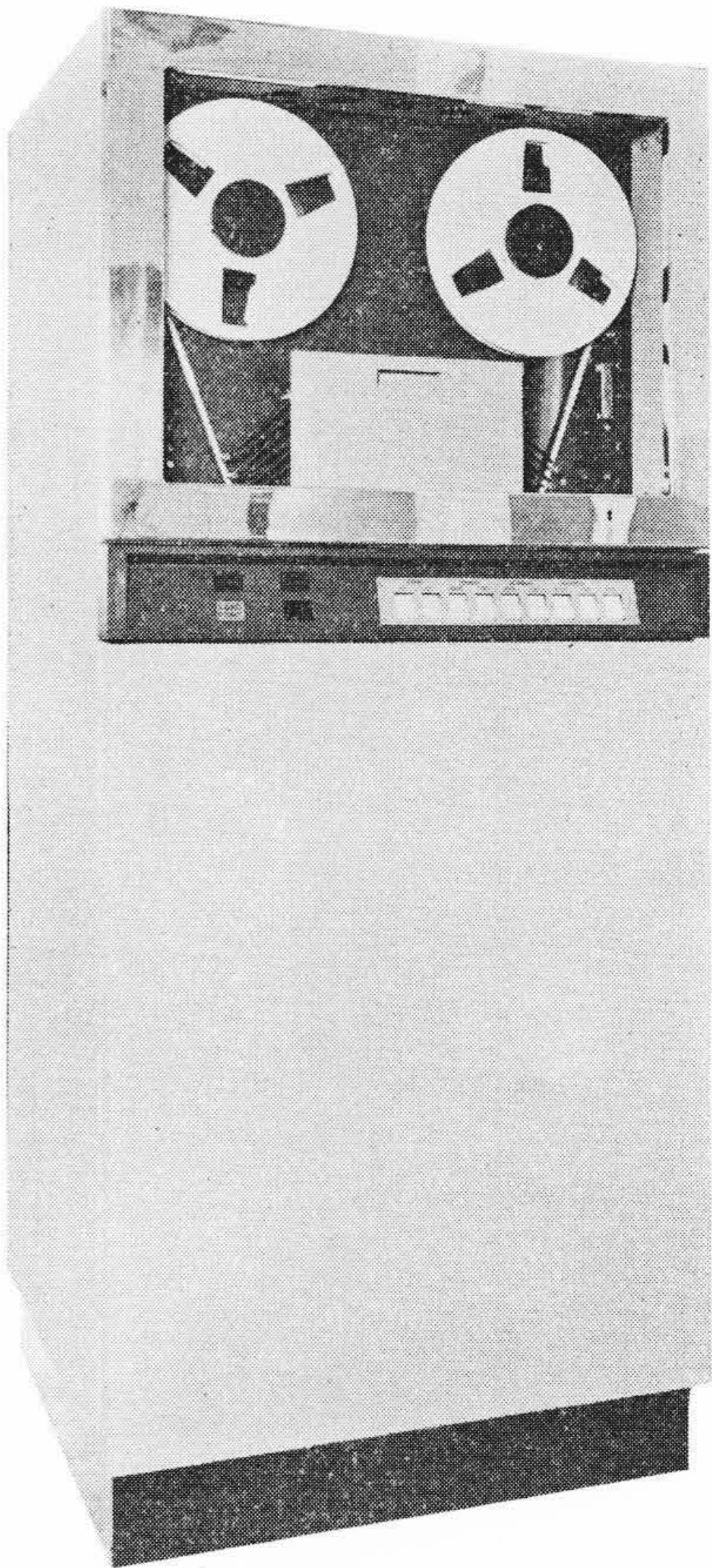
第 2 表 HITAC-102B (KDC-1) 形デジタル計算機用
磁気テープ記録装置試験用プログラム

項番	試験項目	試験内容	試験結果
1	BTP, TPB, BST, JTG 試験	書込み, 読出しおよび判断命令が正常に動作するか否か試験する	正 常
2	TTP 試験	Test Tape の命令および読出しの際のチェック回路が正常に動作するか否か試験する	正 常
3	BLS, RWD, JTE 試験	Block Search, Rewind の命令および Tape End Jump の判断命令が正常に動作するか否か試験する	正 常
4	ETP 試験	Erase Tape の命令が正常に動作するか否か, また連続して書込まれたブロックを何ブロックまで他の必要な情報を消すことなく Erase (消磁) できるか	消磁動作正常 連続消磁可能ブロック数 13-40
5	繰り返し試験	連続したブロックを順次読み続ける場合に正常に 1 ブロックずつ進むか否かの試験	正 常
6	ブロック数の計数	テープ 1 巻 (1,100m) に何ブロック書込めるかを試験する。またその過程においてパリティ・チェックにかかる数を計数する	7,100 ブロック テープ 1 巻に対して 5~10 block パリティに掛かるが誤動作はしない
7	書換え試験 (停止位置精度試験)	連続して書かれた情報のうちある特定のブロックを何回書き換えられるか	書換え可能回数 10-35
8	Over All 試験	ロード・ポイントからの書込位置が常に同一位置であるか否か。テープエンドになったとき最後のブロックが完全に書き込まれたか, 正常に読み出されるか否かについて試験する	ロード・ポイント・テープエンドの遠隔表示の遅延および検出位置と磁気ヘッドの間に緩衝みぞにはいるループがあるためこの距離一定せず。現在時間遅れを与えて解決 (2 号機以降は機構を改良)
9	互換性試験	2 台の磁気テープ記録装置の間でテープを掛けかえて互換性を調べる	互換性あり
10	同時操作試験	ソーディングプログラムを組み 2 台を交互にあるいは同時に動かすことができるか否かを調べる	同時操作可能

(注) テープ関係命令
BTP: Buffer To Tape
TPB: Tape To Buffer
TTP: Test Tape
BST: Back Space Tape
BLS: Block Search
RWD: Rewind
ETP: Erase Tape
JTG: Jump On Tape Good
JTE: Jump With Tape End

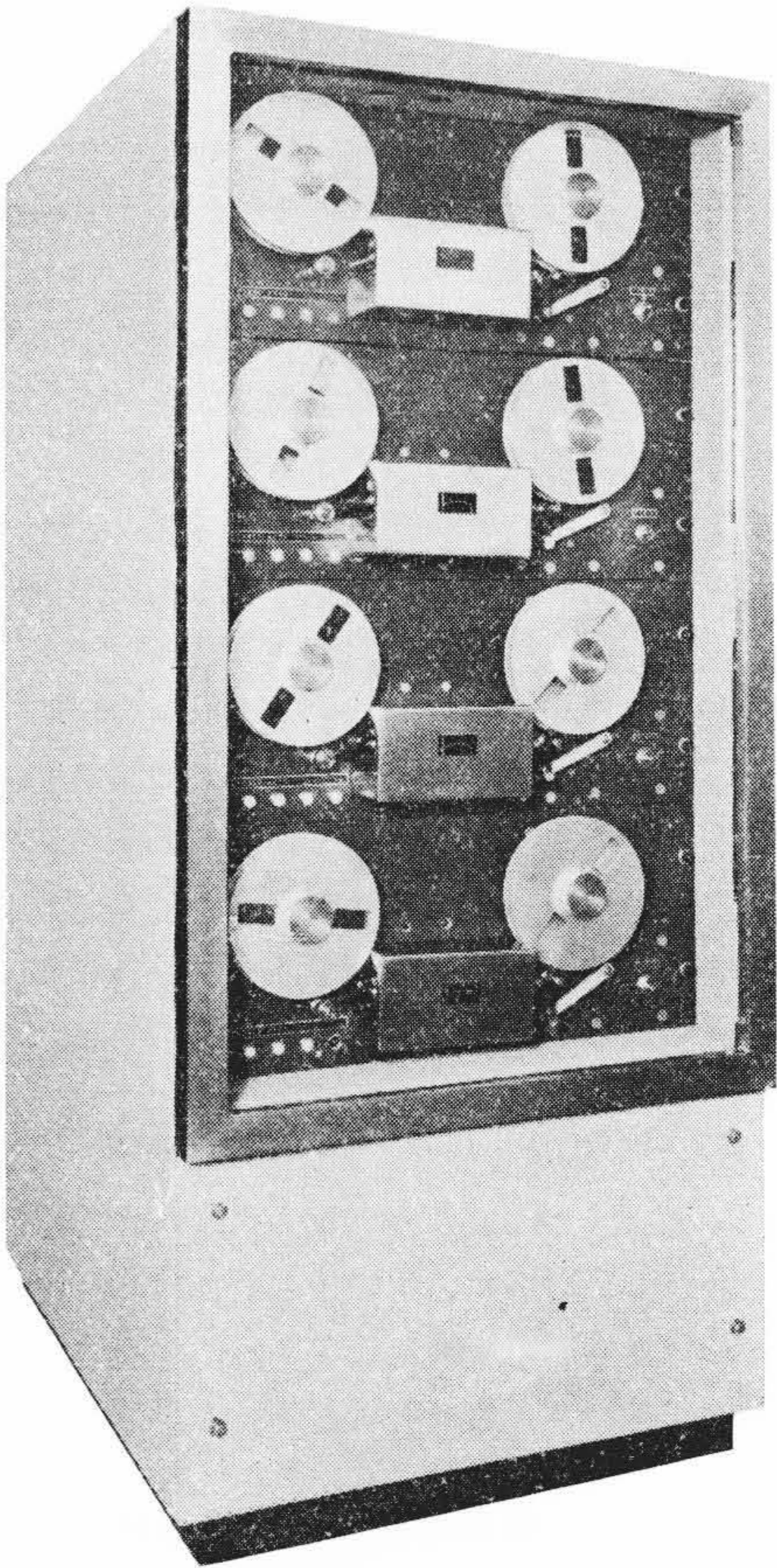
第 3 表 デジタル計算機用磁気テープ記録装置仕様

項番	要 目	1 号 機 仕 様	現 在 の 仕 様
1	使用テープ	12.7mm×1,100m	12.7mm×1,100m
2	使用リール	267φ 日立リール (3Mプレシジョンリールと) 互換性あり	267φ 日立リール (3Mプレシジョンリールと) 互換性あり
3	緩衝方式	空気圧制御方式	空気圧制御方式
4	テープ速度	1.5m/s ±3%	2m/s±3%
5	起動停止時間	10ms 以下 (過渡速度変動が 10% 以下) になるまでの時間	7ms 以下
6	巻戻時間	4.5 分以下	3 分以下
7	テープ速度むら	1%	1%
8	スキュー	±3 分以下	±3 分以下
9	S/N 比 (漏話含み)	前置増幅器出力にて 15db 以上	前置増幅器出力にて 15db 以上
10	制 方 式	手動自動切替, 相互にインターロックする	手動自動切替, 相互にインターロックする
10	御 種 類	①電源接断 (手動のみ) ②前進—停止—後進 ③巻戻し	左のほか ④機番切替追加 (手動のみ) ⑤テープロード (手動のみ)
11	表 ランプ表示	①③⑤⑥ ②巻戻中 ③テープ・エンド ④ロード・ポイント ⑤電源投入 ⑥ファイル・プロテクト	左のほか ⑦機番指示 (ランプ・遠隔)
12	書込増幅器	入力仕様 入力レベル 立上り時間 入力インピーダンス —10±2V (p.p) 0.1~1.0μs 1KΩ	入力仕様 入力レベル 立上り時間 入力インピーダンス —10±2V (p.p) 0.1~1.0μs 1KΩ
12	ゲート入力	ナ シ	レベル変化 立上り時間 入力インピーダンス —10±2V (p.p) 3μs 以下 5KΩ
13	読出増幅器	繰返周波数 12Kc 以下	20Kc 以下
13	出力仕様	出力レベル 立上り時間 出力インピーダンス 10±2V (p.p) 3μs 以下 600Ω	出力仕様 出力レベル 立上り時間 出力インピーダンス 10±2V (p.p) 3μs 以下 600Ω



(リール・サイズ 276φ)

第 8 図 中形磁気テープ記録装置



(リール・サイズ 129φ)

第 9 図 小形磁気テープ記録装置

第4表 デジタル計算機用磁気テープ記録装置標準構成表

項番	名 称	主 要 目	備 考
1	磁気テープ送り機構	デ ィ ジ タ ル 記 録 用	
2	磁 気 ヘ ッ ド	8 ト ラ ッ ク 単 列	改 良 形 は 複 列
3	書 込 読 出 増 幅 器	8 チ ャ ネ ル + 予 備 1 チ ャ ネ ル 分	
4	書込読出増幅器用電源	±12V, ±10V, ±80V 3 種 類	改良形は±12V 1 種 に統一
5	予 備 品 真 空 管 類 ヒューズランプ その他の消耗品	現 用 の 1/3 現 用 の 2 倍 現 用 数	改良形は全TRS化 TRSは添付せず
6	付 属 品 磁気テープ (6 巻) 磁気テープ消磁器 磁気ヘッド消磁器 取 扱 説 明 書	3 M #189 日立リール付 1.8 kVA 50 VA 3 部添付	

(注) 磁気テープ送り機構台数を増加する場合も項番6は増加せず、ほかの機器との接続用ケーブルならびにコード類は添付せず接続用プラグまでを含むものとする

能形であるが、計算機側の要求によっては本機より低い性能のもので十分な場合もあるので並行して第8, 9図に示すような中形、小形のものを開発している。接続される計算機の規模、信号の流出ひん度などを考慮の上適用を誤らなければ十分実用に供しうる。

これらの特長としていずれもテープの起動停止が短時間で行われ、かつその停止位置が正確でなければならないことは共通している。停止位置の確度は一般に比較的等閑視されやすいがデジタル計算機用においては第3図に示したような理由から特に重要である。第2表中の項番7の試験はこの精度をチェックする目的で行われたもので、同表中に示したとおり十分満足すべき特性が得られている。

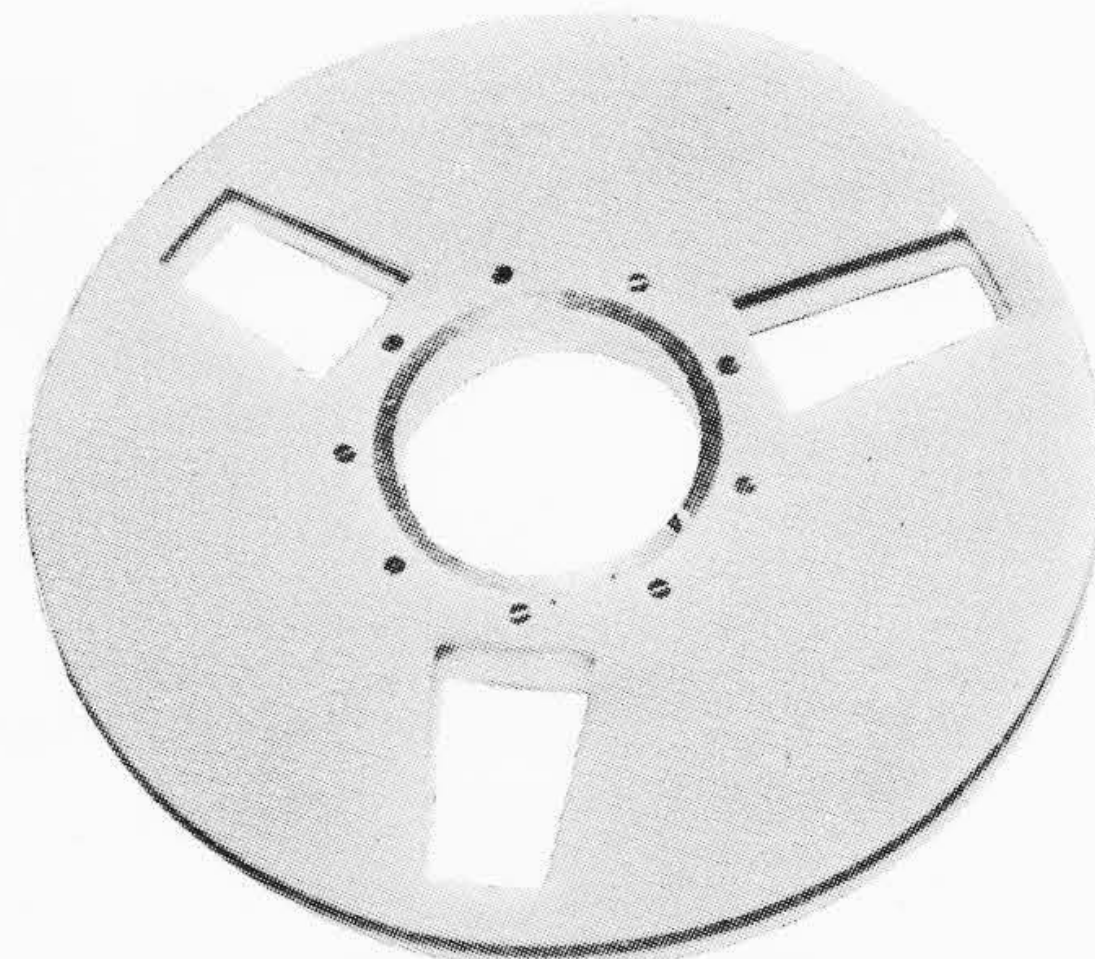
テンションアーム式のものは、この停止位置の確度が出しにくいのが欠点であるが、第8, 9図に紹介したものは、テープ・ブレーキを研究することにより、大体満足すべき結果が得られている。

6. 標準構成と環境・電源に対する要求

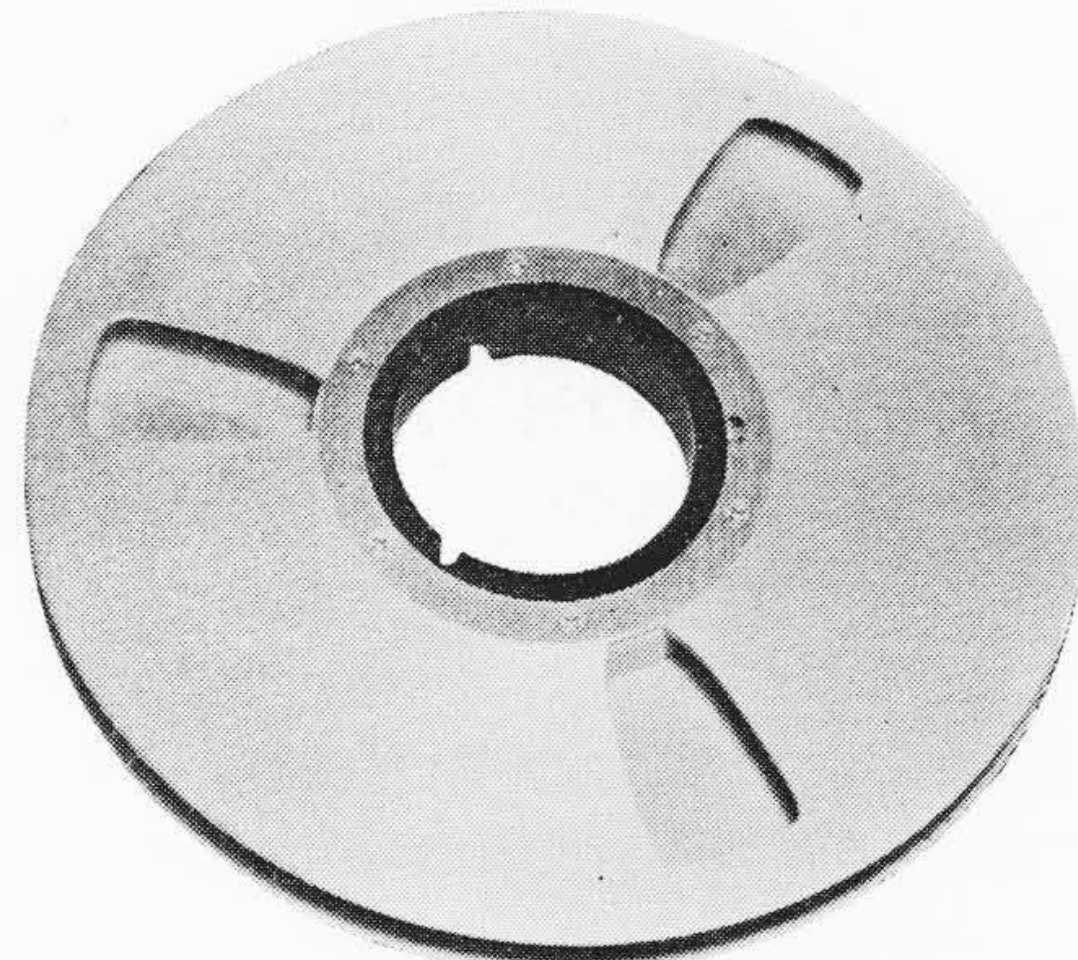
デジタル計算機の入出力装置として使用する場合の標準構成は第4表のとおりである。磁気ヘッドは8トラック単列のものを使用しているが、現在製作中の2号機以降は複列を標準とする。現行の製造規格は既述⁽¹⁾に詳しいので省略する。磁気テープは現在3M社の#189と呼ばれるサンドウィッチ形を使用し、第10図(a)のような特製のリールに巻いて実装している。このリールは日立製作所化学製品事業部で特に吟味した材料をもって製作されたプラスチックリールで一般に使用されている汎用金属リールに比べると同一重量で剛性を増すように作られている。デジタル用は一般にリール軸のトルクが大であるところから、汎用リールでは剛性に不足をきたす場合が生じてくるのでこのような特殊リールを設計したのである。

これらの寿命耐用性について公表された保証値はないが、今回の試験を通じてわかったことはテープの場合およそ2,000~5,000パス、ヘッドの摩耗は3,000~8,000時間くらいであろうと推定される。これらの問題については今後とも研究を続けてゆきたいと考えている。

第4表はこれらの技術的経験に基づいて作成されたものであるが、そのほか特に、電源、ダストについては慎重に留意して設置しないと動作の安定をそこなうおそれがある。設置にあたり特に電源関係から雑音を拾わぬような注意が必要であることが痛感された。



(a) 日立特殊リール



(b) 3M社テンション・リール

第10図 デジタル計算機に使用する特殊リール

7. 結 言

第1表に示すとおり磁気テープ記憶装置はすぐれた方式であるにもかかわらず、信頼度について疑問視されていたところから実用化が遅れていたが、昨今の技術の進歩はこれらの問題点を克服したようであり、加えて保守を十分にすれば実用に供しうるものを作ること、さほど困難ではなくなってきた。

本稿において報告したとおり HITAC-102B形デジタル計算機は磁気テープを実用的に接続し得た最初の実用機であるが、京都大学の諸先生のご指導により所期の効果をあげることができた。稿を結ぶにあたり、ここに厚くお礼申し上げる次第である。

また本機の製作にあたり、特殊部品を製作ご供給いただいた東京機器工業株式会社、日立製作所下館工場、日立製作所多賀工場の各位、技術的に種々ご指導を賜った日立中央研究所のかたがたに謝辞を呈する次第である。

参 考 文 献

- (1) 古谷, 矢崎: 日立評論別冊 No. 34 p. p 74-78
- (2) Robert. F. Shaw: Electronics Engineering Issue, Oct. 1958 p. p 91-93
- (3) C. F. West, J. E. Deturk: Proceeding of I.R.E. Dec. 1948 p. p 1452-1460
- (4) Donald, F. Eldridge: I.R.E. Transaction on Audio March-April 1960 p. p 42-57
- (5) M. Schatzoff, W. B. Harding: IBM Journal April 1957 p. p 177-180
- (6) R. A. Skov: IBM Journal April 1958 p. p 130-141
- (7) D. H. Howling: J.A.S.A. 28 p. p 977-987 (Sept. 1956)
- (8) S. Baybick and R. E. Montijo: I.R.E. National Convention Record 1957 Vol. 5 Parts 4 p. p 96-101