

電子交換機用磁気ドラム装置

Magnetic Drum Memory for Electronic Switching System

小野瀬 一 志*
Kazushi Onose

横 田 善 介*
Zensuke Yokota

佐々木 謙 一*
Ken'ichi Sasaki

井 川 一 男*
Kazuo Igawa

倉 根 是 昭**
Koreaki Kurane

要 旨

DEX-2 電子交換機の記憶装置の一部として磁気ドラム装置を用いたが、これは電子交換機の記憶装置として新しい試みであり、実現のためには大容量化、語単位切り換え技術の確立、信頼度の確保、保守性の向上などの問題を解決せねばならない。容量 260 万ビット磁気ドラム装置の製造経験を基にして容量 500 万ビット磁気ドラムへの拡大、DEX-MODULATION の開発、磁化合わせ方式の採用、運転中のグリス交換手法などの研究を行ない、実用試験を開始する運びとなった。本論文は、その導入経過、性能について述べたものである。

1. 緒 言

日本電信電話公社電気通信研究所を中心として日本電気株式会社、沖電気工業株式会社、富士通株式会社および株式会社日立製作所は、昭和 39 年から共同研究体制をとり電子交換機の開発に当たってきたが、昭和 42 年室内実験機 DEX-1 の開発を完了し、引き続きこれに改良を加えて現場試験機 DEX-2 を開発した。改良点の一つとして一時記憶装置、半固定記憶装置の占める価格比重が大きいたことがとり上げられ、この低価格化対策として安価な大容量磁気ドラム装置の採用が検討されることとなった。これはアメリカの NO. 1 ESS にも例を見ないわが国独自の発想である。日本電信電話公社電気通信研究所と日立製作所とは、この最初の試みとして、実用実績のある固定ヘッド磁気ドラム装置の容量増加の研究に昭和 41 年から着手し、500 万ビット/台の大容量化が可能であるという見通しを得たので、これを現場実験局に適用するため設計製造を行なった。電子交換機用として現在日本電信電話公社電気通信研究所および日本電信電話公社牛込電話局に納入され、試験運転が行なわれている。

2. 開発の経過

DEX-2 電子交換機に磁気ドラム記憶装置の採用が決まった昭和 42 年までに日立製作所は電気通信研究所の指導のもとに固定ヘッド磁気ドラム装置の開発を完了しており、運転時間、納入台数ともじゅうぶんな経験と、技術を持っていたが、その容量は 260 万ビット/台であった。まず、この大容量化研究から始め容量 520 万ビット固定ヘッド磁気ドラム装置の試作を行ない電気通信研究所において運転試験を行なったが、その結果は良好であり、きょう体の材質、メッキ厚、書き込み読み出し回路、変復調方式に改良を加えれば、固定ヘッド方式で容量 500 万ビット/台の磁気ドラム装置の実用が可能となる見通しが得られた。これに基づきただちに開発を推進し、制御回路、回転体、電源を実装した装置として、昭和 43 年 12 月に製作を完成して首記の通研局および牛込局に納入したのである。

3. 適用領域

DEX-2 電子交換機は大都市用市内交換機、市内着信中継交換機、併合市内交換機および市外 2 線式着信中継交換機を併合した市内交換機、遠隔制御による端増用市内交換機として、容量 10,000~30,000

* 日立製作所戸塚工場

** 日立製作所小田原工場

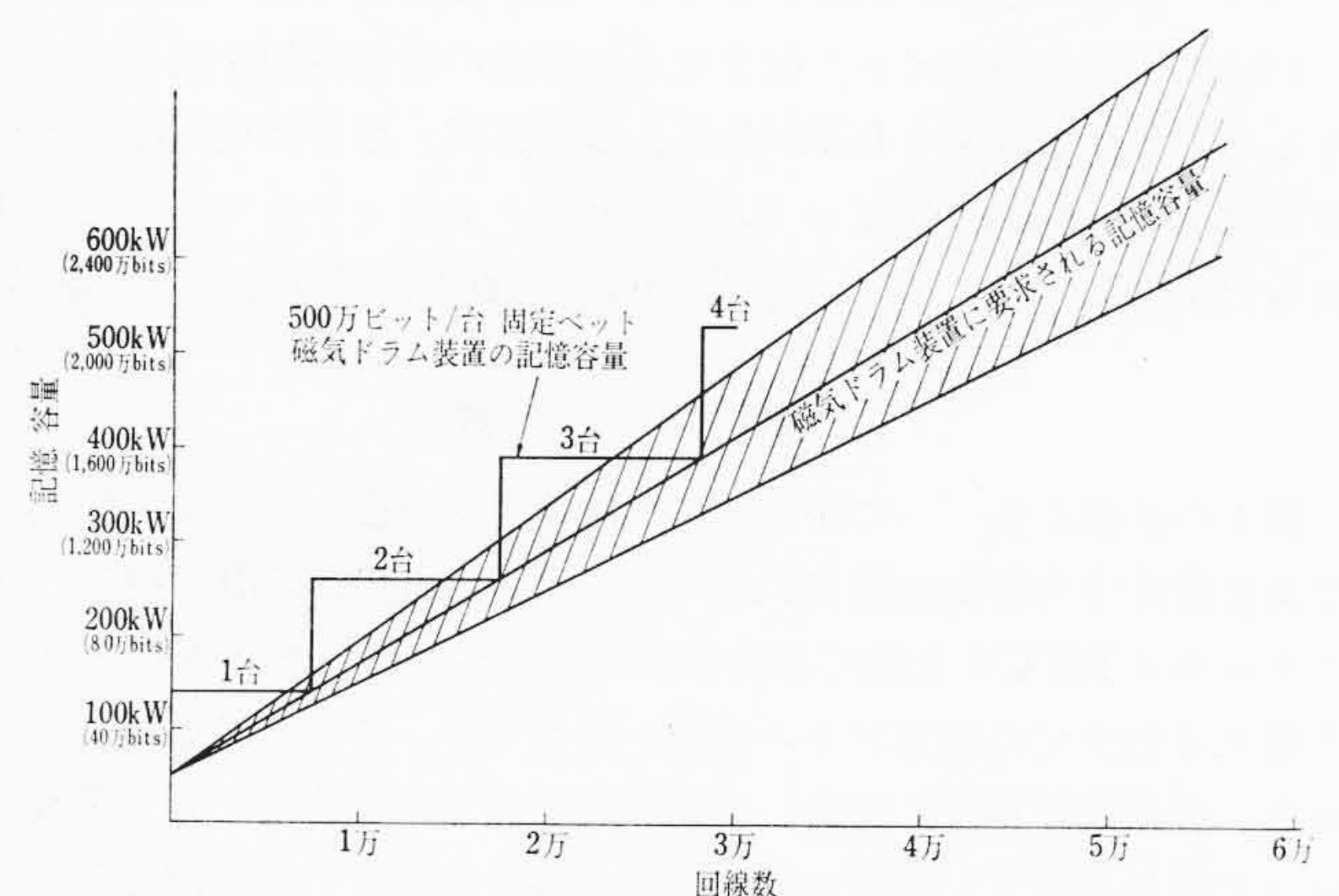


図 1 電子交換機に必要とされる記憶装置の記憶容量

端子 (0.1 erl 換算) を目標として設計されたものである。特に新サービスとして、9 種類の機能を持ち、これらは、従来の加入者クラス情報に追加して、加入者ごとに記憶しなければならない。加入者トランスレータ、度数計としての働きをする記憶装置も加入者ごとに必要である。これらの情報は、記憶装置容量を必要とする割にはアクセスひん度の少ないものであり、読み書きに時間を要する磁気ドラム装置に収容するのに適している。

このほか、障害診断プログラム、運用管理プログラム、運用管理データ、システムセーブデータなど、常時は用いないプログラムやデータの収容にも適している。特に、システムセーブデータは、5 秒に 1 回ずつ交換機の状態を退避させて、事故後の交換機の運用再開に備えるもので、磁気ドラム装置に収容することにより、すぐれた性能を発揮することができる。

これら磁気ドラム装置に収容され得るデータ量は局条件により変動することが予想されるが、おおよそ図 1 のとおりとなる。これは設計条件が 3 万端子局で、2,000 万ビットの大容量が要求されることを示しており、500 万ビット/台ドラムでは、設計条件を満たすため 4 台程度必要となる。

4. 仕 様

以上の理由により 1 台の電子交換機に 1 系統 4 台の磁気ドラムが接続可能なよう設計することとした。また電子交換機の特長としてデータの性質上語単位のアクセスが要求される。このことから

- (1) 一語単位の読み出し書き込みができる。
- (2) 一語単位の読み出し書き込みであっても、記憶容量が減少しない。

表1 DEX-2A 磁気ドラム装置仕様

項番	項目	仕 様
1	交換機への接続形式	磁気ドラムチャンネル（専用チャンネル）
2	接 続 台 数	1チャンネル当たり 4 台
3	記 憶 容 量	1台当たり 500万ビット
4	語 構 成	DATA PARITY 磁化合わせ 語間 32 + P + 2 + 2 = 37ビット
5	ア ク セ ス 時 間	最大 20 ms 平均 10 ms
6	転 送 速 度	(2 μ s/ビット) 500 k bits/s
7	読み書き切り換え時間	135 μ s
8	トラック切り換え時間	135 μ s
9	語 単 位 転 送	可
10	連 続 転 送	可
11	記 憶 保 護 機 能	8 分 割 に て 可
12	二 重 化 構 成	可能

(3) 回転の任意の位置でトラック切り換えが可能である。
 (4) 語間の制御ビットを少なくし容量の有効利用を図る。
 などのことに留意する必要が生じ、制御方式、直接周辺回路に改良を加え、伝送速度2 μ s/ビット、語間ビット4ビットとすることに成功した。DEX-2 磁気ドラム装置の仕様は表1に示すとおりである。

5. 構 成

表1の仕様に基づいて設計された基本構成を図2に示す。磁気ドラム装置は中央制御装置CCに、チャンネル共通装置CHC、磁気ドラムチャンネルMDCHを経て結合される。1台の磁気ドラムチャンネルに最大4台までの磁気ドラム装置が結合でき、これが2系統設けられる。各系統は相互に交絡して動作が可能で、障害などで1系統となってもじゅうぶん機能を果たすよう設計されている。磁気ドラムチャンネルは、セレクトチャンネルとほぼ同様の機能のほか、磁気ドラムの制御機能も合わせ持ち、チャンネルコマンドに従い自律的に、一時記憶装置にアクセスして、一時記憶装置と磁気ドラム装置間のデータの送受を行なうものである。磁気ドラムの制御機能としてはアドレス情報の送受信、アドレス位置がヘッド上に回ってきたときの時刻探索、読み書きするデータの送受信、語間ビットの付加などがある。磁気ドラム装置は制御回路、変復調回路、直接周辺回路、診断回路および回転体から構成され、主として回転体の制御を担当

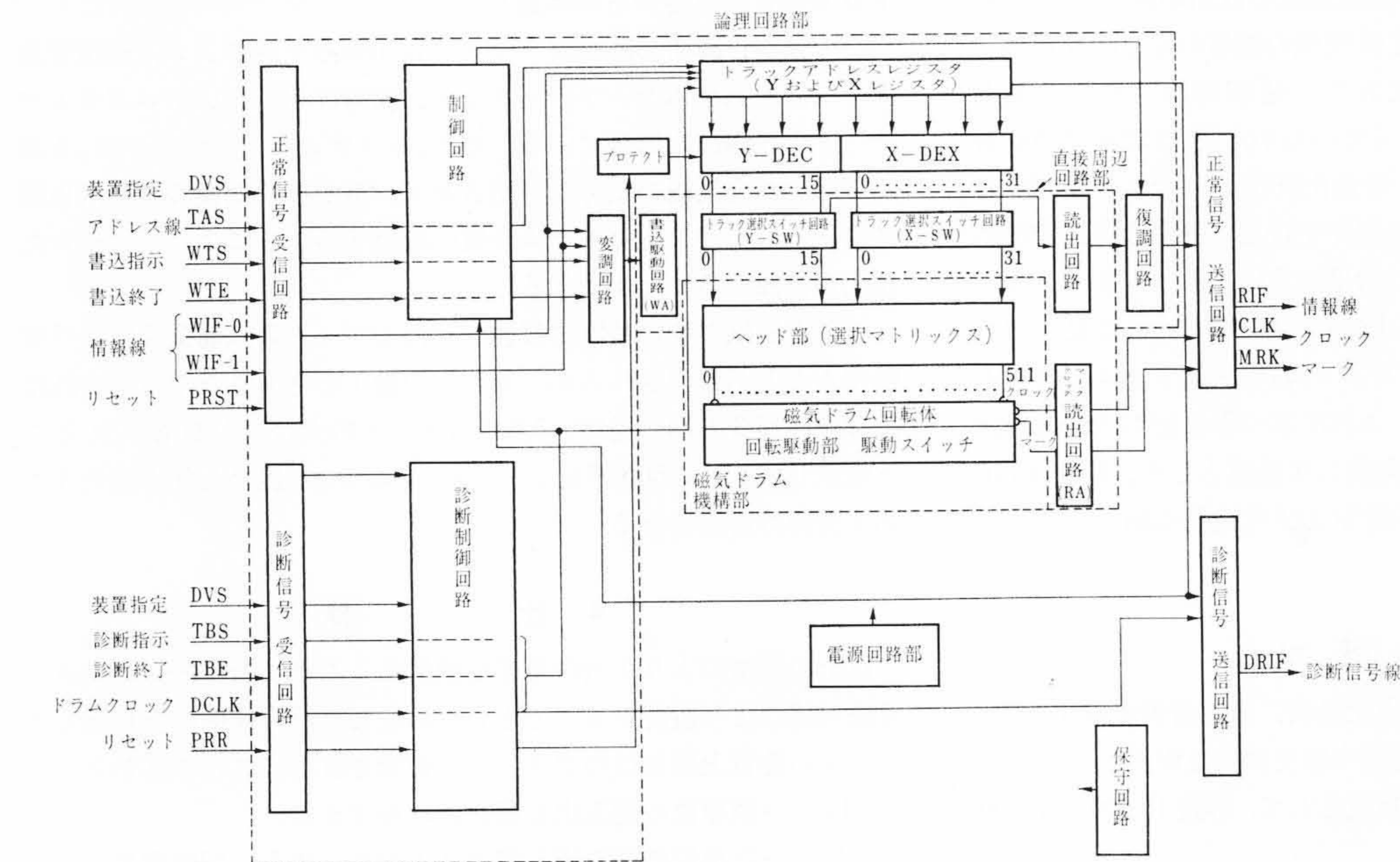


図3 DEX-2A 磁気ドラム装置ブロック図

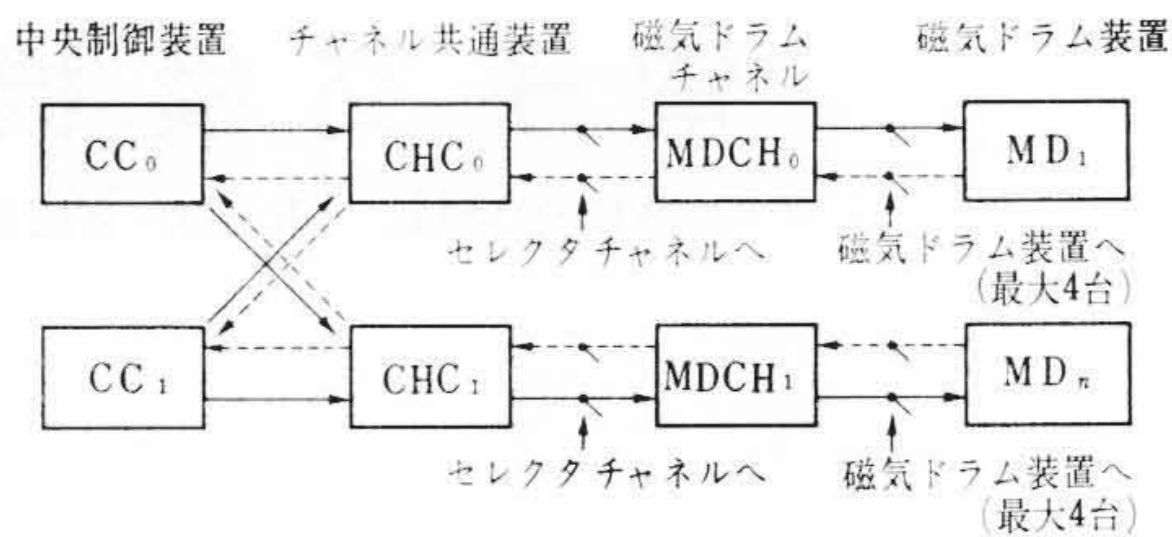


図2 磁気ドラム系基本構成図

し、クロック、マーク信号を回転体から読み出し、これを磁気ドラムチャンネルに供給するとともに、これを基にして読み書きするデータの変復調を行なうものである。図3は磁気ドラム装置の構成を示したものである。

6. 制 御 方 式

6.1 データの流れ

6.1.1 データの書き込み

データの流れを図4に示す。磁気ドラム装置に書き込むデータは一時記憶装置TMの内部に語の形式、すなわち32+パリティビット単位に用意される。プログラムは、書き込みを行なう指示と、どの番地から何語を磁気ドラム装置に転送すべきであることを示した磁気ドラムチャンネルコマンド語CCWを準備し、磁気ドラムチャンネルアドレス語CAWにそのCCWの番地を格納して磁気ドラムチャンネルを起動する。磁気ドラムチャンネルはCCWの内容に従って、一時記憶装置TMの、磁気ドラム装置へ転送すべきデータを、自律的に読み出し、レジスタ1に格納する。このデータに磁化合わせビットM₁M₂および語間ビット00を追加して周期2 μ sのドラムクロックで制御されるレジスタ2に移す。レジスタ2の内容は1ビット当たり2 μ sの速度で、直列信号形式で磁気ドラム装置に送られる。この信号は磁気ドラム装置内でドラムクロックで再同期されたのち、データおよび磁化合わせビット、語間ビットを含めて変調され、回転体の磁性面に記憶される。

6.1.2 データの読み取り

データの読み取りに当たっても、書き込みと同様プログラムからの起動によって動作が始まる。プログラムはCCWに読み取り指令と、磁気ドラム上の番地、連続して読み出す語数を準備し、

CAWにCCWの番地を記録して、磁気ドラムチャンネルを起動する。磁気ドラムチャンネルはCAW、CCWを自律的に読み取り、読み出し動作をすること、磁気ドラム上のどのデータ何語を一時記憶装置TMのどこへ転送すればよいかを知り、磁気ドラム装置の制御を開始する。ドラムマークを計数し、ちょうど読み取るデータの番地の位置に磁気ヘッドが来たときを知り、トラックアドレスを磁気ドラム装置に与えて、磁性面の情報の読み取りを指令する。磁気ドラム装置は、磁性面から情報を読み取り、復調回路を通して、記録情報を再現し、直列信号形式で磁気ドラムチャンネルに返送する。磁気ドラムチャンネルはこの

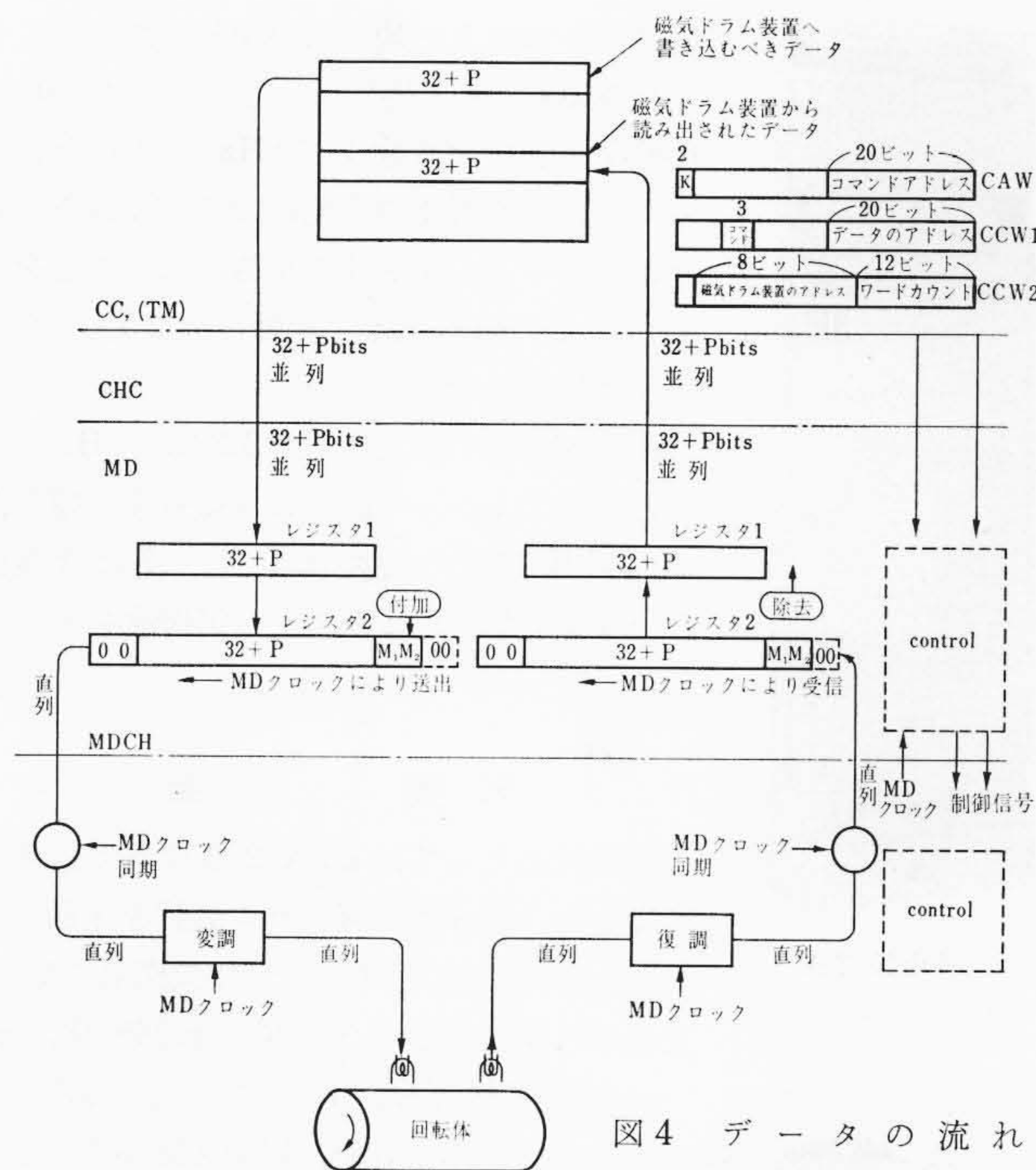


図4 データの流れ

信号を並列信号に変換し、磁化合わせビット、語間ビットを除去して、語構成の並列信号としてチャネル共通装置を経て、一時記憶装置内の、CCWにより指定された番地に自律的に書き込む。連続運転が指示されているときは、この動作を繰り返すことになる。

6.2 磁気ドラム装置の機能

上述のようにデータの読み書きを行なうため、磁気ドラム装置には次の機能がある。

- (1) 回転体へのデータ書き込み機能
- (2) 回転体からのデータ読み出し機能
- (3) クロックおよびマーク信号読み出し機能
- (4) 障害対策機能

図3は磁気ドラム装置の構成図である。まず書き込み機能としては、磁気ドラムチャネルからトラック選択信号が、アドレス線 TAS および情報線 WIF により送られ、これが正常信号受信回路、制御回路を経てトラックアドレスレジスタに送られる。情報 WIF 信号は Double Rail で送られる。トラックアドレスレジスタの内容は Y-DEC, X-DEC により展開され、トラック選択スイッチを駆動し、所定のただ一つのヘッドが選択されて書き込み回路に接続される。書き込み情報は回転体が回転して所定のアドレスがちょうどヘッドの真下に到来したときに、磁気ドラムチャネル装置から書込指示線 WTS, 情報線 WIF により磁気ドラム装置に送られる。この情報は変復調回路を経て、選択されているただ一つのヘッドに、電流変化として伝えられ書き込みが行なわれる。書き込みを停止するときには書込停止線 WTE に信号が与えられ、これにより、変調回路への入力断たれて書き込みは停止する。

データの読み出し機能は、特に設けられていない。読み出し信号は、常に読出回路、復調回路、正常信号送信回路を経て磁気ドラムチャネルで判断する方式が採られる。

またクロックおよびマーク信号は、磁気ドラム回転体に特定のクロックトラック、マークトラックがあり、情報とは別に設けられたクロック、マーク読出回路により読み取られ、内部の制御に用いられるとともに、磁気ドラムチャネルに送出される。

診断機能は、上記の正常動作機能とはまったく別に設けられ、診断信号受信回路により磁気ドラムチャネルから信号を受信すると診断制御回路の働きにより、9個所までの診断ポイントの情報を診断信号線 DRIF を経て磁気ドラムチャネルに返送する。

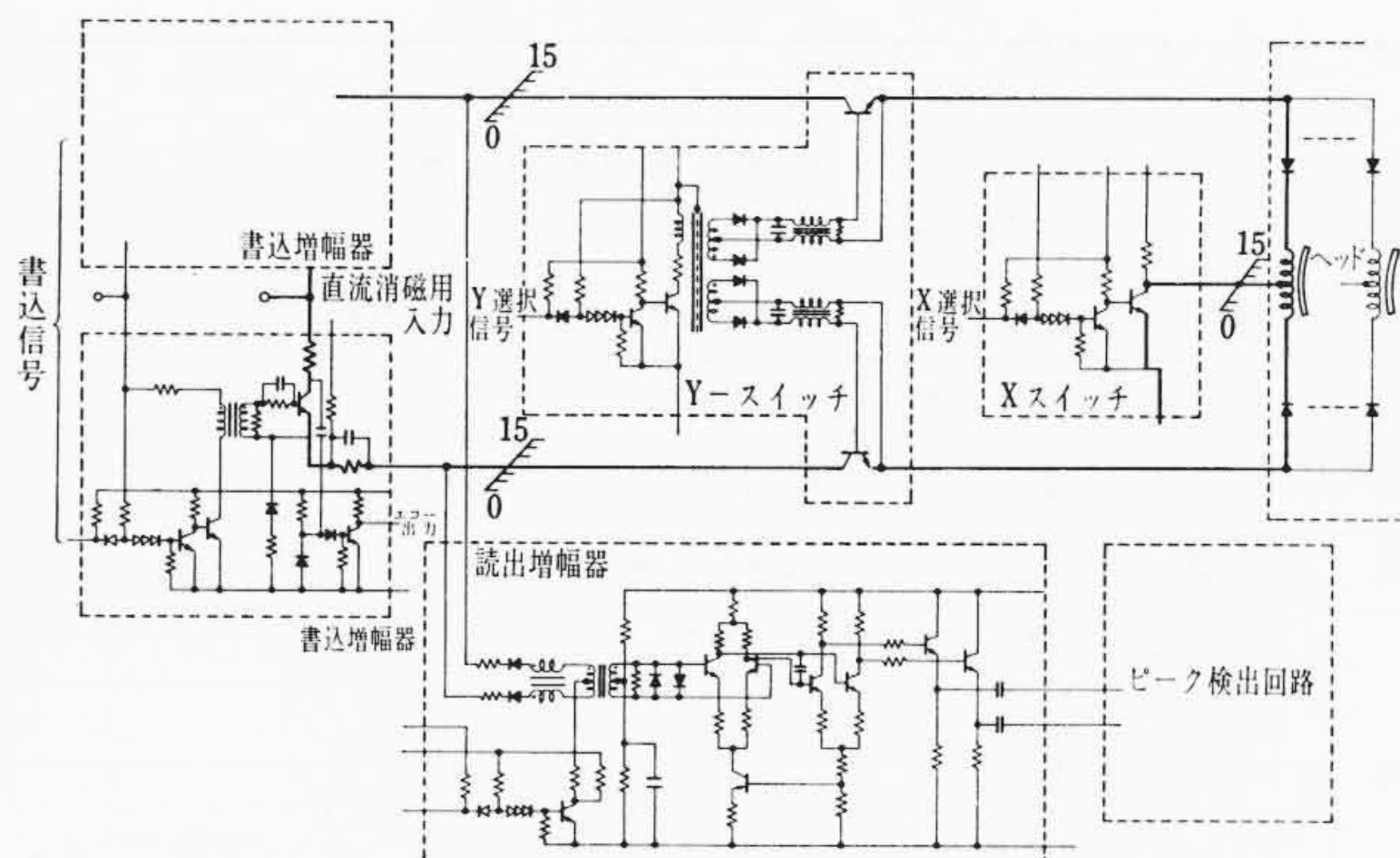


図5 直接周辺回路構成図

6.3 変復調方式

磁性面に情報を記録するには、種々の方式があるが、NRZ, RZ 方式等はよく知られている。これらの方式では、周波数帯域が0から情報周期の1/2または情報周期までが必要となり、直流レベル信号の伝送が要求され、記録密度が大きい場合には直接周辺回路の設計が困難であった。これを解決する一方法としてTM(タイミング変調)方式が考案され、情報の1/2周期から1/4周期までの信号増幅で情報の記録再行を行なう方式が開発されたが、今回はこれを改良した DEX-MODURATION 方式^{(1)~(4)} (DM方式)⁽⁵⁾⁽⁶⁾を使用した。

この方式の採用により、直接周辺回路には、直流再生回路を必要としない交流増幅器の使用が可能となった。

7. 直接周辺回路

7.1 回路構成

回転体は DEX-2 磁気ドラムユニットと呼び、情報記録用トラックが512本あり、それらの一つを選択するダイオードマトリックスは機構部に実装されている。このマトリックスの構成によっては、直接周辺回路の数、および特性が異なる。種々の方式のうちから経済性、増幅回路のばらつきを考慮してXスイッチ32, Yスイッチ16個を用いる方式で採用した。

7.1.1 書込系の構成

書込系は書込増幅器、XおよびY選択スイッチで構成されるが、各回路とも直流パルスで駆動される直流方式と、変成器を介して与えられる交流パルス列を整流して駆動する交流結合方式が考えられる。本装置では電位のとり方が任意な交流結合方式を採用し、図5に示す回路方式とした。

7.1.2 読出系の構成

DM変復調方式では 2τ , 3τ , 4τ の磁化反転の周期を持つから読出波形のスペクトラムは、それぞれ $1/8\tau$, $1/6\tau$, $1/4\tau$ となり、また $\tau=1\mu s$ であるから、読出増幅器の周波数特性は125kHz~250kHzでよいが、トラック切り換え時の過渡応答特性を考慮して低域シャ断周波数を5kHzを選んだ。高域は、不必要に特性がよいとY選択スイッチのもれ雑音により読出波形がひずみピーク検出回路が誤動作する。したがって読出波形の位相特性が問題にならぬ程度に高域シャ断周波数を低くすることとした。

8. 回転体機構部

回転体は直径360φ, 高さ470mmの円筒の、表面に磁性媒体としてNi-Co合金を鍍金(めっき)したものである。表3は仕様を示したものである。回転体を包む支柱にヘッドおよび選択マトリックスを装着し、全体をケースに納めた構造を持っている。磁性面とヘッドとの間げきは約25μに設定されるが、温度、回転による回転体の膨張などにより、この間げきが変化し読出電圧、分解能など磁気

表2 回転体機構部仕様

項 目		仕 様
外形寸法		約 580 (幅)×約 580 (奥行)×約 1,100 (高さ)
重 量		約 400 kg 以下
駆 動 電 源		AC 200V 3φ 50 Hz
同 上 所要電力	起 動 時	10 kVA
	運 転 時	0.7 kVA 単相運転時も同様
同 上 消 費 電 力		約 0.75 kW
記 憶	記 憶 容 量	約 500 万ビット
	データビット/トラック	9472
	ヘッド数	主 記 憶 用
		512 予備 32 ヘッド×2 トランク
		ク ロ ッ ク 用
特 性	マ ー ク 用	1 予備 1
		1 予備 1
		S/N
	14 dB 以上	
	ク ロ ッ ク 周 波 数	約 500 kHz
性	分 解 能	0.5 以上
	ビ ッ ト 密 度	9 ビット/mm
	ク ロ ッ ク パ ル ス 数	9916
	記 憶 方 式	DEX-MODULATION (DM)

ドラムの基本的性質に変動が生じる。この性質が、磁気ドラム装置の使用条件に制限を与える大きな要素となる。支柱構造、材質に考慮をはらい、この値を僅少にした。駆動電源は負荷の重い起動時には商用3相を用い、定常運転にはいったのちでは無停電直流電源から変換機を用いて単相交流を得てこれを使用した。

8.1 温度特性

読出電圧と空げきとの関係は

log10(e1/e2)=54.6(d1-d2)/Z0λ

ただし、e1,e2は空げきがd1,d2における読出し信号電圧
λは磁性面の信号波長

で示される。実験によれば、温度差20℃、温度こう配最大50℃/時程度で読出電圧変化約3mV、空げき変化約3μ程度である。これは実用上じゅうぶんな特性である。

8.2 長寿命化とグリス交換

回転体は、軸受部がその寿命を決すると言ってよい。従来、軸受部はグリス寿命が短く、現在最も信頼できるとされている WILCOCK AND BOOSER の実験式を用いると約2万時間である。一方軸受けの機械的寿命は90%計算寿命で16万時間である。このことから軸受の寿命は実はグリスの寿命で制約されていると推定できる。このため、従来2〜3万時間運転後にオーバーホールを実施してきたが、今回は、グリス交換法を採用した。染料混入方法で測定した交換は92〜96%と良好で、古いグリスが酸化劣化の触媒作用を持つことを考慮に入れても、1年ごとにグリス交換をすることにより、軸受けの機械的寿命まで運転することができる。経験上、軸受けは、その劣化が緩慢で、異常が発見されてから1年程度は使用に耐えるのでグリス交換と同時に、振動チェックにより寿命を判断することとした。グリス交換時には軸受温度が急激な上昇をすることがあり、少量ずつ充てんする必要がある。これにより軸受部の温度上昇は5℃程度に押えられ、運転上支障がなくなる。

8.3 耐震動特性

回転体とヘッドはわずかな間隔を保ちながら接触せずに回転しているものであり、強い振動には弱いと推定される。電子交換機は公共性が高く、地震にもじゅうぶんな耐力が要求される。また交換などで、回転しているドラムを移動することもある。関東、福井、新潟などの大地震は震度5、0.08G〜0.25G、世界最大と言われるアメ

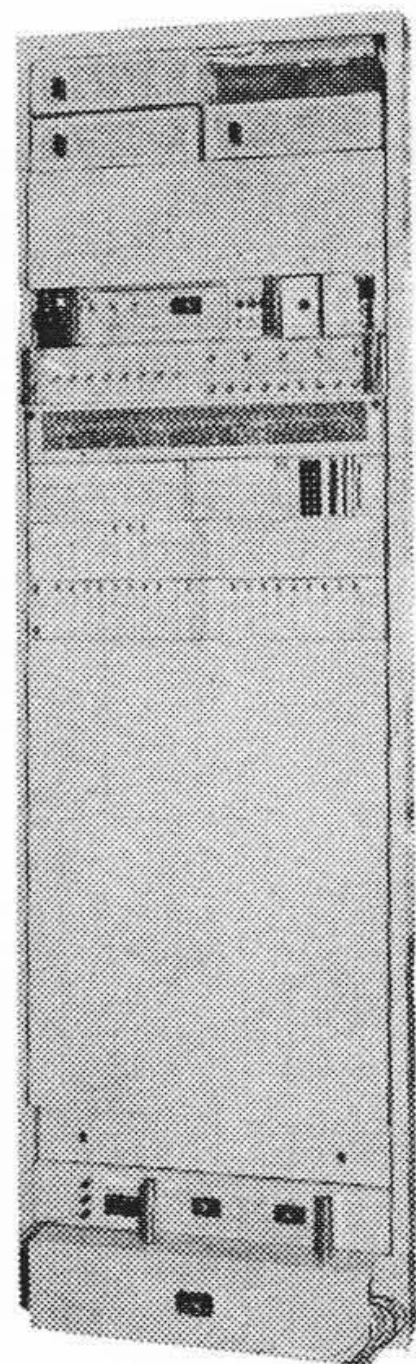


図6 DEX-2A
磁気ドラム装置

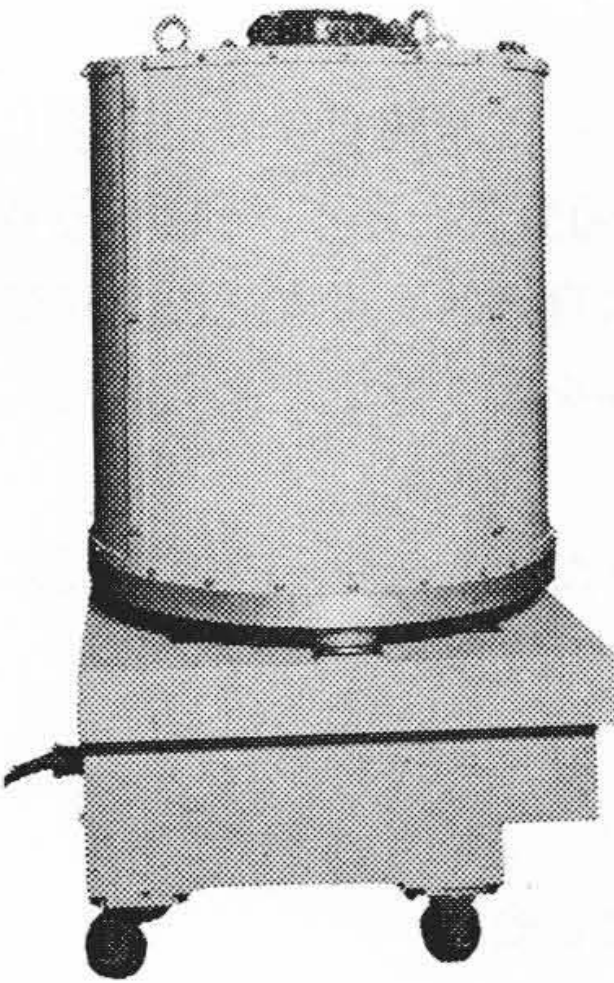


図7 回転体機構部

リカエルセントロ地震で0.3Gであったことから0.3Gに耐え得るよう設計し、0.38G〜0.46G、加振周波数3〜10Hzで実験を行なったが、読出電圧の変化範囲は7%以下であり、じゅうぶん耐震性に余裕のあることを示した。この時の空げき変動は±2.5μであり実用上問題はない。

耐衝撃特性の測定として1.2G、5Hzでの加振試験でもヘッドはしゅう損せず、電氣的にも読出電圧の偏差は11%、空げき変動は±4μでありじゅうぶんな実用性を有している。

9. 実 装

実装に当たってはDEX-2の標準実装方法に従った。図6は磁気ドラム装置を正面から見たものであり、図7は回転体機構部である。正面から見て下部から受電部分、回転体部分、制御回路部分、冷却ファン、操作パネル、電源スイッチ、電源装置が実装されている。回転体機構部は、架裏面から装着され、二本のボルトで固定される。また電氣的には、コネクタ接続とし、障害時の交換を容易にしている。架高2,200mm、幅660mm、奥行125mmの標準架1架で1装置が構成される。

10. 結 言

DEX-2磁気ドラム装置の設計製作経過、性能について述べたが、加入者対応の短いデータを多量に転送するこの磁気ドラム制御方式は、電子交換機に適合した方式であると言える。固定ヘッド磁気ドラム装置としては、500万ビットが限界であるが、この研究を通じて得られた

- (1) 直接周辺回路の構成
- (2) 制 御 方 式
- (3) 変 復 調 方 式
- (4) モータ電源の駆動方式

などは、今後大容量浮動ヘッド磁気ドラムの開発に役立つものと考えられ、よりいっそう高度な装置の開発の見通しが得られた。

終わりに本装置の開発に当たってご指導いただいた日本電信電話公社技術局高山調査役、電気通信研究所川又室長、林室長、勝見研究主任、富永研究主任、坂井氏、そのほか関係各位に深く感謝の意を表する。

参 考 文 献

(1) 川又 晃：パルス応用回路 エレクトロニクス基礎回路講座3 (日刊工業新聞社)

(2) 富永,江川：デジタル情報記録方式の検討とDM方式の提案 電子通信学会磁気記録研究会資料MR-67-24 (1962-12)

(3) 富永,江川,佐々木：磁気ドラム方式の一考察：昭和43年電気4学会：No.1959

(4) 富永,江川：磁気記録における新しい変調方式の提案：昭和43年電気4学会：No.1960

(5) 富永,小野瀬：磁気記録方式におけるセルフクロック方式について：昭和43年電気4学会：No.1967

(6) 江川,富永,小野瀬：デジタル記録における位相検出に関する一考察：昭和43年電気4学会：No.1965