

外部記憶装置

External File Memory

松倉 寿一*
Juichi Matsukura

河野 貞夫*
Sadao Kawano

松石 宏巳*
Hiromi Matsuishi

石橋 信武*
Nobutake Ishibashi

堤 正義**
Masayoshi Tsutsumi

田村 喬**
Takashi Tamura

倉根 是昭*
Koreaki Kurane

遠山 正一郎*
Shouichirô Tōyama

要 旨

大形電子計算機システムにおいて、外部記憶装置は大容量高速化へと進展しているが、本文では、(1) 記憶容量 10 億バイト、記録密度 200 BPM、トラック密度 8 TPM の大容量ディスク記憶装置、(2) 電子交換機のために開放されたドラム機構部と類似の機構部を内蔵した記憶容量 430 万バイト、情報転送速度 220 万バイト/秒の H-8567 形磁気ドラム記憶装置についてそれぞれの特性の概要を紹介する。

1. 緒 言

電子計算機システムの高度化に伴って、システムで取り扱われるデータの量は急速に増大しつつある。そのために外部記憶装置はますます高密度大容量化によるビット当たりコストの低減と、さらにシステムの効率向上のための情報の処理速度、すなわちアクセス速度、転送速度の高速化が必要となってきている。

大容量ディスク記憶装置については、通商産業省工業技術院が昭和 41 年度から大型プロジェクト研究計画を企て、その開発を日立製作所に委託することになり、その委託に基づいて完成したものである。本装置は記録密度向上の手段として従来から使用されている塗布ディスクの代わりにメッキディスクを用いることにより一挙に従来の記録密度を数倍に上げるのみならず、さらに狭トラック幅ヘッドの使用および機械系の位置決め精度を向上することによってトラック密度も従来のものを 2 倍に向上させることができた。

磁気ドラム記憶装置については、昭和 42 年、日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所と日立製作所との間で共同研究を開始し、2 回の試作を経て開発された磁気ドラムは昭和 44 年にはクロスバ局集中化記憶装置に用いられることになり、次いで電子交換機、DIPS-1L システムなどに相次いで採用されるに至った。本稿で述べる H-8567 形磁気ドラム記憶装置は、上記と同種の磁気ドラム機構部を汎用電子計算機用として実装した装置である。

2. 大容量ディスク記憶装置

2.1 仕様および構成

大容量ディスク記憶装置は H-8577 形集団ディスク記憶装置と同様に 9 台のモジュール構成となっており、8 台が常時運転され、残り 1 台は予備機として利用される。

図 1 は本装置駆動装置 1 台の外観を示したものである。駆動装置は 1 台ごと独立できるようにおのおの電源を内蔵している。また予防保守の便宜を考慮し、1 台ごと独立の筐(きょう)体方式を採用している。図 2 は本装置の構成を、表 1 は本装置と従来品(H-8577)との特性の比較を示したものである。本装置の特色を要約すると下記のようなになる。

(1) 記録密度が非常に高いこと：記録密度を高くするためには磁性媒体、磁気ヘッドの浮動スペーシング、磁気ヘッド材料形状、記録再生回路系についてそれぞれの設計、製作の分野で各種の技

* 日立製作所小田原工場

** 日立製作所中央研究所



図 1 大容量ディスク記憶装置の駆動部

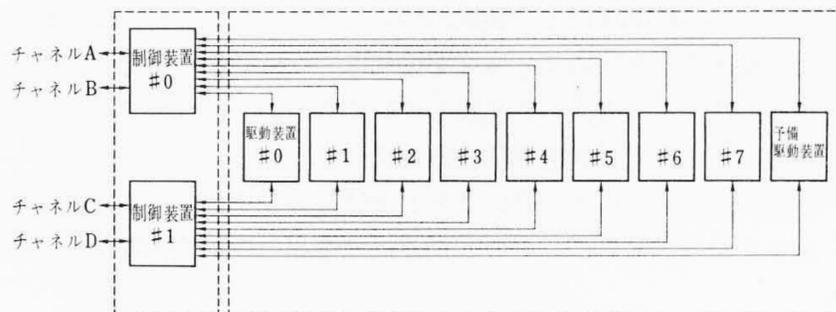


図 3 大容量ディスク記憶装置の構成

術的な限界を排除していかなければいけない。本装置で最も大きな技術的な問題となったのは磁気ヘッドの浮動スペーシングをヘッドクラッシュのない安定な領域でできるだけ小さく(約 1μ 前後)にとることであった。次に磁性媒体については 200 BPM 以上の高密度記録をうるために抗磁力が大きく、残留磁束の小さい Ni-Co, Ni-Co-P などの磁性めっき方式のものを使用したことである。この方式のものは $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ などの塗布ディスク方式のものと比較して圧倒的にすぐれており、従来の磁気ドラムのめっき技術を応用して微少欠陥の非常に少ないめっきディスクを製作することができた。磁気ヘッド、記録再生回路についてはそれぞれ高周波特性のすぐれた単結晶フェライトの利用、M-NRZ 記録方式の利用などにより記録再生系の見直し検討を繰り返してない記録密度の向上を図った。

(2) トラック密度が高いこと：トラックサーボ方式を利用しないで、機械的な位置決め精度を従来のものから大幅に改善することによって、最悪条件でもピークシフト位相余裕をじゅうぶん持

表1 大容量ディスク記憶装置の特性

項目	装置名	大容量ディスク記憶装置	H-8577 集団ディスク記憶装置
	記憶容量	記憶容量 (bits)	
total		8.8×10^9	2.0×10^9
per drive		1.1×10^9	2.5×10^8
記憶密度			
記憶密度	記録密度 (bits/mm)	200	88
	トラック密度 (track/mm)	8	4
	記憶密度 (bits/mm ²)	1,600	344
	記録方式	M-NRZ	FM
記録特性	記録最高周波数 (MHz)	3.6	2.5
	情報転送速度 (kbits/s)	5,720	2,496
	書込電流 (mA _{p-p})	160	30
	読出し電圧 (mV _{p-p})	0.7	1.0
	分解能	0.30	0.4
位置決め特性	位置決め方式	油圧位置決め装置	油圧位置決め装置
	位置決め時間 (ms)		
	最小	20	25
	平均	60	60
最大	100	120	
磁気ディスク特性	磁性媒体	めっき式磁気ディスク	塗布式磁気ディスク
	ディスク枚数/バック	11	11
	トラック数/バック	8,000	4,000
磁気ヘッド特性	トラック幅 (mm)	0.09	0.180
	イレース方式	サイドイレース方式	サイドイレース方式
機械的	ディスク回転数 (rpm)	2,400	2,400
構造	独立筐体式	2段引出し式	

つように機械系の設計製作を行なった。特にディスクの交換、室温の変動、装置の起動開始直後など温度による位置決め精度に関しては熱補償機構を設けてこれを数ミクロンの範囲に押えている。

(3) 磁気ディスクに磁性めっき方式を採用していること：磁気ドラムの固定ヘッド、密閉式の記憶装置では従来から磁性めっき式の媒体を用いてきたが、高密度記録を行なうディスク記憶装置のように浮動スペーシングが非常に小さく、かつ媒体を交換し、ヘッドをアクセスするディスク記憶装置で利用している例は記録密度40~50BPM以上の装置については他に例がない。ますます大容量化する今後のディスク記憶装置では、従来の塗布ディスクから磁性めっき方式へと発展していくものと予測されている。本装置はこの点では先駆的役割を果たしていると言える。

(4) 情報の信頼性が高いこと：本装置の制御部の外観は図3に示すとおりであるが、この制御部には情報の誤り検出機構および

誤り情報の訂正機能を持っており、情報ビットの規則性を絶えず確認しており、従来の装置以上の信頼度を持っている。また異常検出機構とそれの自動修復機能をも備えており、装置の一時的な異常を自動的に修復させることができる。

2.2 特 性

(1) 記録再生特性

磁性めっきディスクと狭トラックヘッドを組み合わせて測定した本装置の記録再生周波数特性は図4に示すとおりである。低周波領域では、ヘッド出力は3.0 mV_{p-p}以上であり、使用周波数3.6 MHzにおいても0.7 mV_{p-p}の出力を示している。また磁気ヘッドの電流特性は図5に示すとおりで、記録電流は約160 mAの点を使用すれば重ね書き雑音などの影響を小さくすることができる。

記録再生時の検討すべき要因としては、情報パターンによる磁気的なピークシフト、ヘッドおよびアンプ系のノイズによるジッタ、位置決め誤差に伴うS/N低下によるピークシフト、ディスクの欠陥によるピークシフトのほか測定器誤差などが一般的に考えられており、これらは個々にその値を小さくする必要があるが、最終的にはこれらの合計されたピークシフトが許容されるピーク位相余裕の範囲にじゅうぶんおさまっているかどうかによってその装置の性能が決められる。本装置ではこの位相余裕範囲140 NSに対して最悪事態においてもすべてのピークシフトの合計がこの範囲にはいるよう配慮されている。図6はMNRZ方式での記録密度と許容位相量、パターン、ピークシフトの関係を示したものである。

(2) 機械的 特性

高密度記録において最も重要な問題点は、ヘッドとディスクの接触を絶対に発生させない範囲でどこまで浮動スペーシングを小さくとることができるかということ、これによって記録密度とその装置の信頼性が決まるといっても過言ではない。

この点については浮動スペーシングの安定限界を何によって判断するかがきわめて重要であり、通常の使用状態でそれを克明に観測する手段がなく一般的には浮動スペーシングを光学的に、あるいは電氣的に追跡する方法がとられている。しかしこれでも瞬間的なごみの介入、あるいはヘッドの局所的な接触をじゅうぶんに観測できない。そのために装置のこの点に関する信頼性の最終的確保は悪い環境で強制的にできるだけ接触を起こしやすく、調

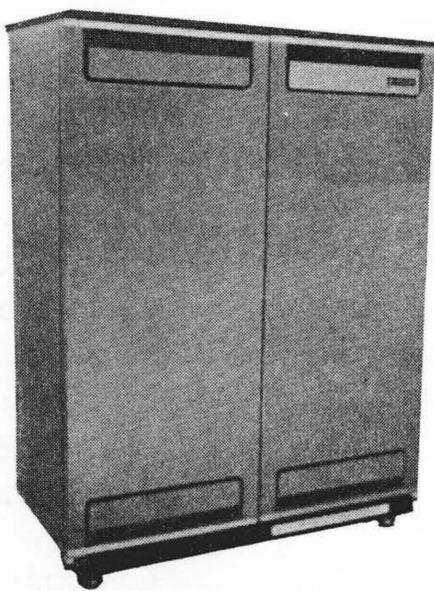


図3 大容量ディスク記憶装置の制御装置

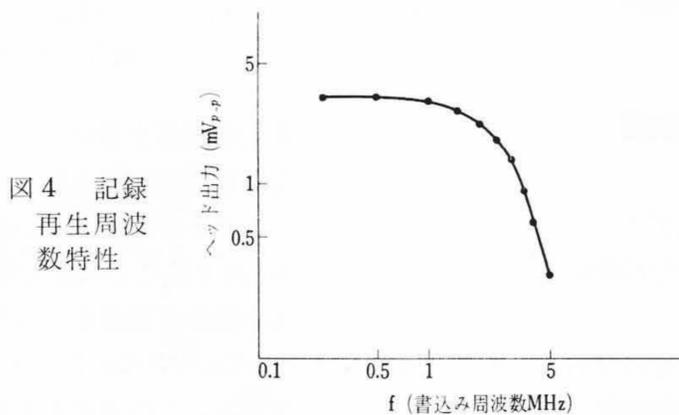


図4 記録再生周波数特性

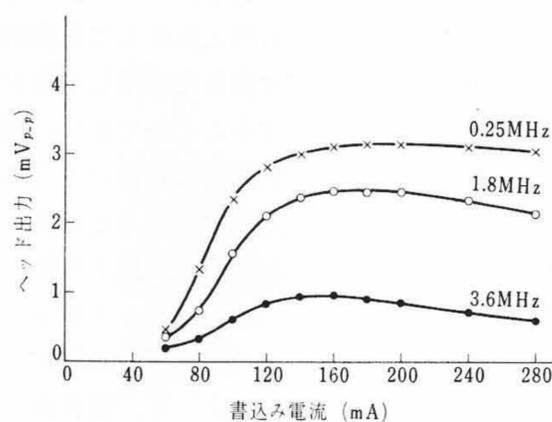


図5 磁気ヘッドの記録電流特性

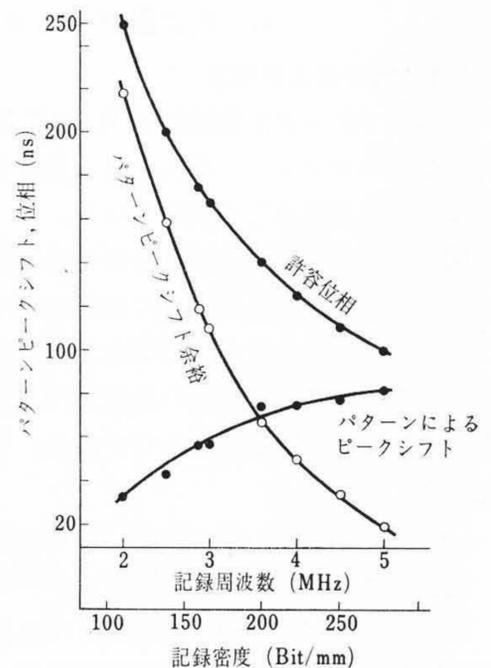


図6 MNRZ方式の位相特性

整し、接触の有無、損傷の度合いを観測することによって判断することが有効である。またそれによってヘッド系、ディスク系、機械系のウィークポイントが発見できる。本装置では特にヘッド近傍のごみをきわめて少なくすること、ヘッドの構造的な改良、機械系の振動除去などによってトラブルをなくし、約1 μ 前後の浮動安定領域を確保することができた。

3. H-8567 形磁気ドラム記憶装置

3.1 仕様

本磁気ドラム記憶装置の仕様の概要は表2に示すとおりである。

本装置には情報を直列に転送する、H-8567-1形と1バイト幅で並列転送するH-8567-2形の二形式がある。1形は、H-8300システム以上に接続され、可変長ブロックデータの記録再生を行ないフアイルドラムとして用いられる。2形は、H-8700システムに接続されるが、1トラックを10等分したセクタ単位の記録再生を行ない、転送単位は4,096バイトである。スワッピング用ないしは仮想メモリとして用いられる。この二つの形式の間には本質的なハードウェア上の差はなく、書込み読出し回路の実装数が異なるにすぎない。

特長としては、

- (1) 2台の制御装置から制御するいわゆる、デュアルコントロールが可能である。
 - (2) 電子交換機用磁気ドラム機構部と同等品を用いているため信頼度がきわめて高い。
 - (3) 電子回路的に予備トラックへの移し替えを行なうことができるので保守が容易である。
- などがあげられる。

3.2 構成

本磁気ドラム装置は、図7に示す筐体に、磁気ドラム機構部、電子回路部および電源などが収容されている。

1組の制御装置には1形の場合4台、2形の場合8台まで磁気ドラム記憶装置を接続することが可能である。

筐体の前面ドアをあけると、スライド台により引出し可能な図8

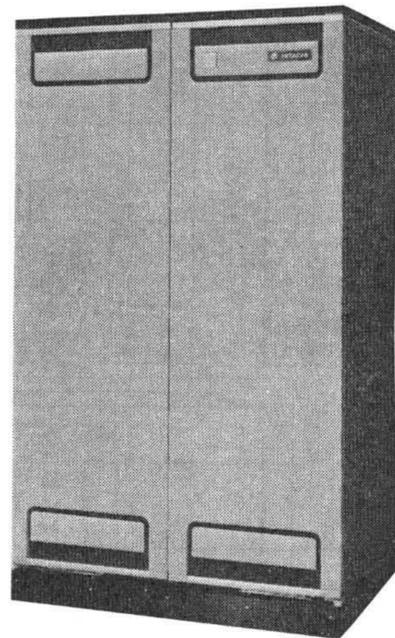
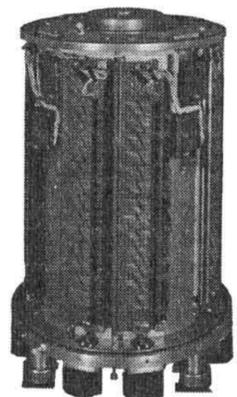


図7 H-8567 シリーズ 磁気ドラム記憶装置



(気密カバーをはずしたところ)

図8 磁気ドラム機構部

に示す磁気ドラム機構部と、その上部には、電子回路部が実装されている。筐体正面右上部には保守パネルがあってオフライン状態でのテストを行なうことができる。右下部には、電源制御のためのリレーパネルを実装している。これらのパネルはすべて開閉式であって保守はきわめて容易である。裏面には、直流安定化電源が実装されている。図9は制御装置との接続の状態をH-8567-1形について示したものであるが、H-8567-2形においても接続台数などを除き同様に接続されている(この場合、H-8541-1形磁気ドラム制御装置に直接接続される)。本図は2系統制御の場合であって1系統制御も可能である。

表2 H-8567 シリーズ磁気ドラム記憶装置の仕様

形名		H-8567-1	H-8567-2
記録特性	最大記憶容量	4.5 M バイト	4.3 M バイト
	最大レコード長	5,424 バイト/トラック	4,096 バイト/セクタ
	セクタ/バンド	—	10
	データトラック数	832	832
	予備トラック数	24	24
	情報記録密度	56 ビット/mm	56 ビット/mm
情報転送速度		約 281K バイト/秒	約 2.2 M バイト/秒
平均呼出し時間		約 10.3 ms	約 10.3 ms
起動時間			
50 Hz 駆動時		約 1 分	約 1 分
60 Hz 駆動時		約 10 分	約 10 分
接続		H-F8503-2形磁気ドラム取付機構を介してH-8551形ランダムアクセス制御装置に接続する	H-8541-1 形磁気ドラム制御装置に接続する
2 系統制御		可 能	可 能
接続システム		H-8300 以上	H-8700
構造	高さ	1,680 mm(キヤスター部を含む)	1,600 mm(キヤスター部を含む)
	幅奥行	950 mm 710 mm	950 mm 710 mm
重量		600 kg 以下	600 kg 以下
電源		AC 200V \pm 10% 三相 50/60 Hz	AC 200V \pm 10% 三相 50/60 Hz
所要電力	起動時	約 4.0 kVA 50 Hz	約 4.0 kVA 50 Hz
	定常時	約 1.5 kVA 60 Hz 約 1.5 kVA (50/60 Hz)	約 1.5 kVA 60 Hz 約 1.5 kVA (50/60 Hz)
発熱量		約 1,200 kcal/h	約 1,200 kcal/h

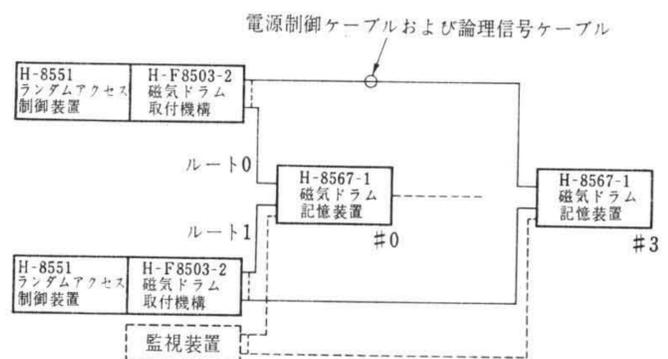


図9 磁気ドラム記憶装置と制御装置の接続

3.3 動作

本装置においては、記録方式として可変長記録の場合でも取扱いの容易な周波数変調方式を用いている。

高速の転送を行なうので特に書込み回路の高速化、雑音の除去のため読出し回路に、ローパスフィルタをそう入している。図10は磁気ヘッドまわりの回路を示したものである。

磁気ドラム機構部は、常用832ストラック予備24トラックを有している。22年間連続して使用できるように設計されており、比較的寿命の短いベアリンググリースは2年ごとに交換が可能な、ユニークな機構を持っている。

本装置内部の機能別ブロックダイヤグラムは、図11に示すとおりである。どちらか一方の制御装置からの制御信号により磁気ドラム回転体は起動され、一定のシーケンスで直流電源が投入される。複数の磁気ドラム記憶装置が接続されるときは、起動電流が集中して過大な負担を電源に与えぬよう自動順次起動も可能である。回転数を一定に保つため60 Hz地域では装置筐体内に周波数変換機を内蔵し、磁気ドラム駆動モートルへは常に50 Hzを供給する。どちらの

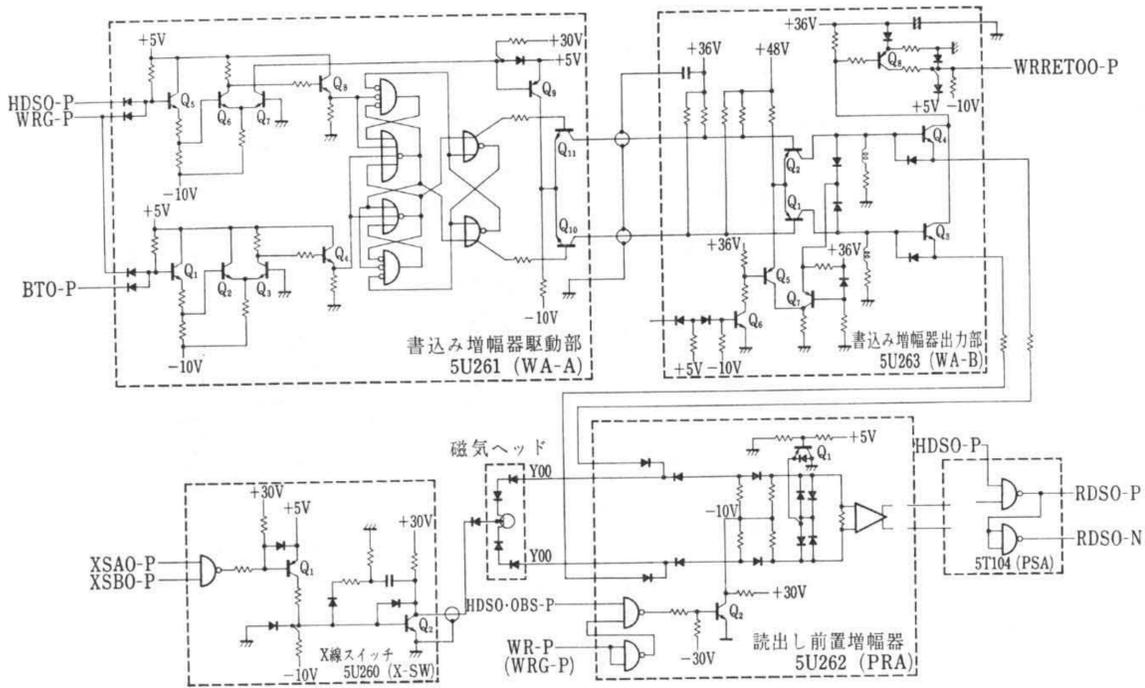


図10 書き込み、読み出し回路

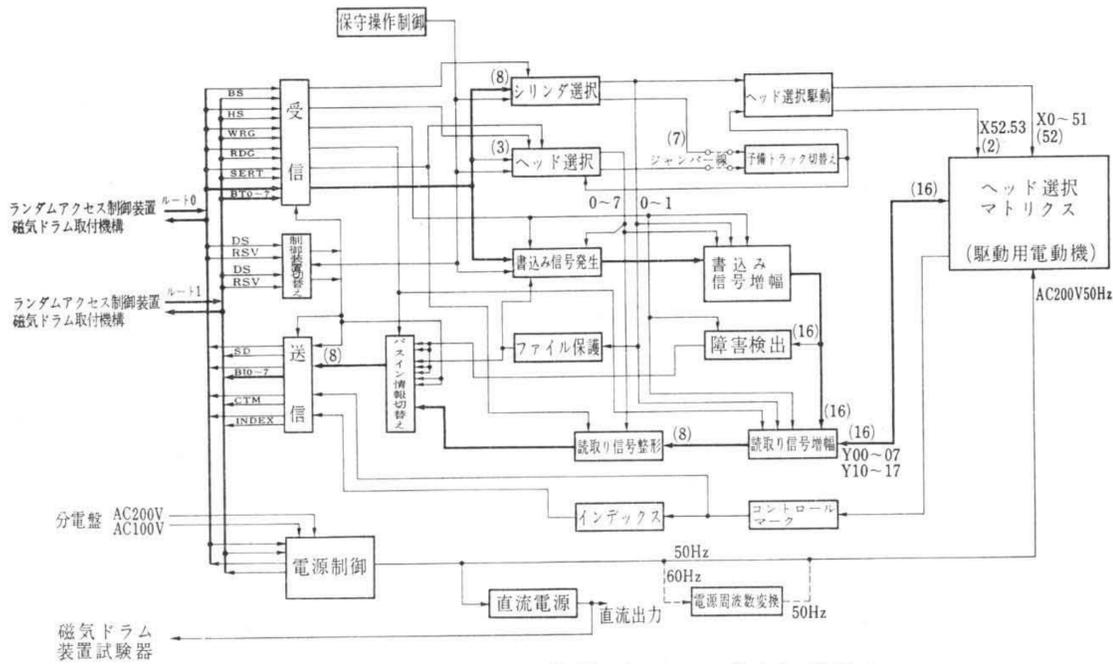


図11 磁気ドラム記憶装置ブロックダイアグラム

制御装置から制御を受けるかは、起動信号 DS の到着順による。磁気ヘッドの選択信号は、BS または HS 信号と同期してバスアウト線 (BT0~7) に乗せて送られ、104 シリンダの一つと、そして直列転送の場合はさらにシリンダを構成する 8 トラックのうちの一つを選択する。書き込みが指定される (WRG) と回路部は、変調された書き込み信号 (BT7) を受け取り、選択された磁気ヘッドに書き込まれる。読取りが指定 (RDG) されると読取り信号が増幅され、パルス波形に成形したのち、バスイン線 (BI7) に乗せて送り出される。インデックス信号、コントロールマーク信号などは書き込み時の同期信号として用いられる。そのほか制御装置からの要求により、磁気ドラム装置内の状態信号を送り出すなどの機能を持っている。

3.4 信頼性

磁気ドラム機構部は特に信頼度に関して注意して設計されている。回転体表面は、記録媒体である Ni-Co-P めっきの上を約 0.5 μm の硬質クロムめっきでおおい、浮動している磁気ヘッドスライダが記録面と一時的に接触しても記録内容を傷つけることはない。スライダにはセラミックを用い、また約 15 グラムの低浮動荷重設計であるため、完全防塵(ぼうじん)の気密カバーを採用し、従来散見された磁気ヘッドクラッシュ障害を皆無にしている。周囲温度に関しては、回転体、ハウジングなどの熱膨張係数を同一にし、また熱膨張の基準面を明確にすることなどから機構部としては、0~50°C の温度範囲において、問題になるトラックずれを 13 μm 程度にすることができた。磁気ヘッドが浮動式のため外部からの振動に対しても強く、地

震の際にも動作に支障を起こさないようにしてある。MTBT は設計値として約 40,000 時間である。

回路部は、大幅な IC の採用により障害は少なく、また読出し時の自動再読出制御などにより情報の信頼度も高く、10¹² ビットの読出しに対して読出しエラーは 1 回以下の特性を得ている。2 系統同時制御も可能なことからオンラインリアルタイムシステムに最適な磁気ドラム記憶装置といえる。

3.5 保守

磁気ドラム機構部の保守は、2 年に 1 度のグリース交換と 0.5 年に 1 回の軸受振動測定があげられる。前者は、磁気ドラムが回転しているときにグリースニップルを通してグリースを注入するもので、回転の遠心力を利用して旧グリースの排出を行ない、交換率約 95% を得ている。グリース交換は長期間運転のために行なうグリース補給のほかに、玉軸受の回転により生ずる摩耗粉などで軸受内がよごれ摩耗が促進されることも同時に防止されている。

後者は、軸受劣化の予知を行なうもので、8 kHz 近辺の回転体振動レベルが一定値を越えるとオーバーホールを行なうことになるが、大形磁気ドラムの多年の使用経験から得られた値をもとにしている。装置としては、回路部、電源などの定期点検を必要とするが、磁気ヘッドの障害に関しては特殊パッケージ上のジャンパー線の接続により容易に予備トラックへ切り換えることができるようになっている。

4. 結 言

(1) 大容量ディスク記憶装置

本装置は通商産業省工業技術院からの委託を受けて開発されたもので、大容量化という点では非常に大きな成果をあげることができた。今後は信頼性、商品化に際してのコストダウンという面にさらに努力を続けなければならないと考えている。

本装置の開発に関して種々ご指導をいただいた通商産業省工業技術院研究開発官の各位、電子総研電子計算機部、前部長の野田氏、石井室長に厚くお礼申し上げます。

(2) 磁気ドラム記憶装置

本装置は昭和 45 年来からすでに稼働にはいり、現在多くのサイトで使用されている。運用実績から当初目標とした高信頼性はじゅうぶん裏付けされたが、さらに細部の改善を続けており、より高速大容量を目標とする新機種の開発に直進している。

終わりに、本装置の開発において共同研究として種々ご指導いただいた、日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所の関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 工業技術院：超高性能電子計算機 (昭 45)
- (2) 田村ほか：デジタル記録の一変調方式 信学会研資 MR-71-6 (昭 46)
- (3) 北条ほか：浮動ヘッド磁気ドラム、通研研究発表会論文集 第 19 号
- (4) 北条ほか：浮動ヘッド磁気ドラム 203 形、磁気記録研究会 69-3