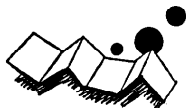


解説

外部記憶装置†



伊藤 陽之助††

1. ま え が き

情報処理システムの発展とともに必要とするファイル量は急増し、これを収容する磁気ディスク装置、磁気テープ装置などの外部記憶装置のシステムに占める重要性は年々増大してきている。装置の小形・低価格化、高性能・高機能化、操作性・保守性の向上などの要望は熾烈である。これに応じて磁気ディスク装置、磁気テープ装置などの改良が活発に行われるとともに、超大容量記憶装置、磁気バブル記憶、CCD 記憶などの新しい装置の開発・導入も進んでいる。これら各種外部記憶装置の記憶階層における位置づけと技術動向を、引続き 1980 年代における外部記憶装置の主流となると考えられる磁気ディスク装置を中心に、以下に概説する。

なお、“中央処理装置が直接指定してデータを書込んだり読出したりできる記憶装置”である半導体メモリなどの内部記憶装置に対比して、“中央処理装置が入出力チャネルを通してデータを書込んだり読出したりできる記憶装置”を外部記憶装置とよんでいる。また、これらを主記憶装置と補助記憶装置、あるいは 1 次記憶装置と 2 次記憶装置ともよんでいる。しかしながら、LSI 化技術の進展によりすでに多くの計算機システムで前者は中央処理装置に組み込まれている。さらに、両者を機能的に一体化したシステムも出現している。以上のような需要動向と技術動向を考慮して、最

近は外部記憶装置をファイル記憶装置 (file memory,あるいは storage) とよび替えている。ここではバッファメモリ、ディスクキャッシュメモリなども含む広義のファイル記憶装置について述べる。

2. 外部記憶装置の変遷

現在市販あるいは開発されている外部記憶装置は磁性面記憶と固体ファイル記憶の 2 つに大別される。前者は $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 等の強磁性材料を塗布・蒸着した磁性面に情報を記録させる磁気記録形記憶装置であり、

i) 記録媒体上の情報の記録密度が高く、また大面積の記録媒体が得られるため、多量の情報を極めて経済的に記憶できる、

ii) 不揮発性記憶であり、情報の長期保存が可能である、

などの特徴をもち、電子計算機の発展とともに著しい進展を続けている。

記録媒体の形状および記録媒体と磁気ヘッドとの相對運動の形式により、磁性面記憶は表-1 のように分類できる。記録媒体が剛体の場合には同一回転軸に円板を複数枚重ねることにより、また可とう体の場合にはテープを重ね巻きすることにより、記憶容量の増大が可能である。さらに磁気ディスク装置や超大容量記憶装置 (MSS) などでは、記録媒体と磁気ヘッドのいずれか一方を記録再生のための回転運動とは直角の方向に移動させ、1 個の磁気ヘッドで多数のトラックの記

表-1 各種磁性面記憶の特徴

記録媒体形状	ヘッド形式	装置例	特 徴			主 な 用 途
			記憶容量	アクセス時間	ビット格	
剛 体	固 定	磁気ドラム装置	小～中	最小	大	バッファメモリ
		固定ヘッド磁気ディスク装置				
	可 動 (直進・円弧)	磁気ディスク装置	中～大	小	中～小	ランダムアクセス形大容量ファイル
可とう体	直 進	プレキシブルディスク装置	小	小	小	入出力データファイル
	固 定	磁気テープ装置	大	大	最小	シーケンシャルアクセス形・バックアップファイル
	回 転	超大容量記憶装置 (MSS)	最大	中		大容量オンラインファイル

† External Storages by Yonosuke ITO (Musashino Electrical Communication Laboratory, N. T. T.).

†† 日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所

録再生を受持たせている。これにより装置の低価格化ははかられるばかりでなく、トラックと磁気ヘッドとの位置ずれをゼロにするように制御して高トラック密度化を達成し、小容量から超大容量までのランダムアクセス形オンラインファイル記憶を実現している。一方、記録媒体と磁気ヘッドとの相対運動が直線運動である磁気テープ装置は、シーケンシャルアクセス能力にすぐれ、記録媒体のとり外しも容易であり、ビット価格は低い。

固体ファイル記憶は電子ディスクともよばれ、記録再生動作に機械的な運動を必要としないためアクセス時間が短く、信頼性も高い。一軸磁気異方性をもつガーネットなどの単結晶薄膜中の円柱磁区“磁気バブル”を利用した磁気バブル記憶、シリコン基板上的酸化膜と電極との間の電荷の蓄積・転送機能を利用したCCD記憶、電子ビーム形のメモリのEBAMなどが代表的なものである。

これら各種装置の記憶容量とアクセス時間の関係を図-1に示す。実際の情報処理システムにおいては、それぞれの特徴をもった各種の装置を用途によって使い分け、あるいは階層的に組合せて用いてシステムとしての総合的な性能価格比を向上させている。

図-2に各種磁性面記憶の推移を示す。1970年代初めまでは計算機本体装置のグロシュの法則にのっとった高性能化・大形化に引きずられて高記録密度化・大容量化が急速に進展した。ところが最近ネットワーク化・機能分散、省資源・省力化などの社会環境の変化に対応して、小形・低価格およびメンテナンスフリー・媒体操作の自動化が進展しつつある。

(1) 高記録密度化・大容量化

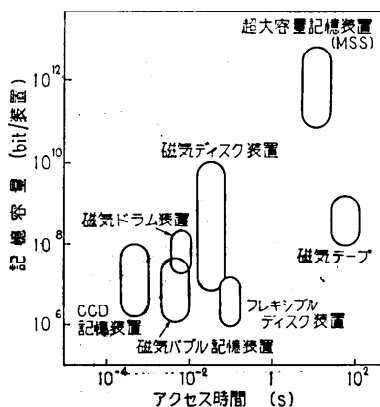


図-1 各種外部記憶装置の記憶容量とアクセス時間

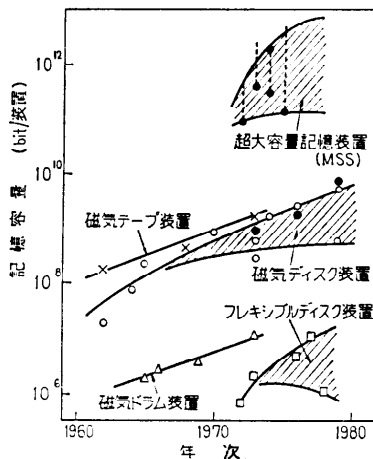


図-2 各種磁性面記憶装置の変遷

外部記憶装置を代表する磁気ディスク、磁気テープ装置などの面記録密度ならびに記憶容量は10年で約1桁向上している。磁性面記憶装置は改良効果が少ない機械運動を伴うが、記録媒体、磁気ヘッドおよび位置決め制御などの磁気記録技術とともに、LSI技術に裏うちされた高密度記録用変復調方式、誤り回復等のデジタル制御技術により飛躍的な進展を遂げ、まだ限界には達していない¹⁾。

(2) 媒体の非可換化と操作の自動化

大容量化によるビット価格の低減により、媒体を装置にくくりつけたり、あるいはその操作を自動化することが可能となった。最近の磁気ディスク装置では媒体は常時装置にくくりつけている場合が多い。これにより媒体の交換のために装置間あるいは製造会社間で余分な動作余裕度を確保する必要がなくなり、その分を装置の信頼度や記憶容量の向上にふりむけることが可能となる。一方では媒体操作を自動化した超大容量記憶装置が大形計算機システムの主要構成要素となつつある。さらに、信頼度の低い機構部分を取り除いてメンテナンスフリーを実現しようと、固体ファイル記憶の開発が活発に行われている。

(3) 小形化・低価格化

直径200mmのフレキシブルディスク(フロッピーディスクともよばれる)は磁気ディスクパックや磁気テープよりも操作がはるかに容易であり、また装置は小形・低廉である。ここ数年の間に、情報交換媒体としてまた小形ファイルとしてその需要は飛躍的にのびた。さらにフレキシブルディスクの小形化の動きは活発である。一方、小形磁気ディスク装置の開発も活発

表-2 磁気ディスク装置の性能例

記録媒体形式	記憶容量 (MB)	平均シーク時間 (ms)	平均回転待ち時間 (ms)	データ転送速度 (KB/s)	ビット密度 (bit/mm)	トラック密度 (トラック/mm)	製品例
ディスクパック	100	30	8.3	805	159	8	IBM 3330, JS 4360
	200	30	8.3	805	159	16	IBM 3330-11, JS 4361
データモジュール	35/70	25	10	885	220	12	IBM 3340
ヘッドディスクアセンブリ	317.5	25	8.3	1,198	252	19	IBM 3350
	63.9	27	10	1,031	341	18	IBM 62PC(小径ディスク)
	10	50	10	648	234	12	IMI 7710 (小径ディスク)

であり、大形磁気ディスクの高密度記録技術をとりにいた直径8インチの小形磁気ディスクの各社製品が出現してきた。

3. 磁性面記憶装置

3.1 磁気ドラム装置

磁気ドラム装置はトラックごとに磁気ヘッドをもち、電気的にヘッドを切替えてトラックを選択できるため、磁気面記憶のうちでもっともアクセス時間が短い。そこで、現在でも TSS システムにおけるスワッピングメモリ、座席予約システムにおける予約ファイル、大形システムにおける各種プログラムの格納など即時性と高信頼性を要求される領域で使用されている。

磁気ドラムの開発当初よりその磁性層として Ni-Co, Ni-Co-P などの強磁性体のメッキ膜を用い、数十 bit/mm 以上の高記録密度を達成してきた。データ通信用に 1974 年以降使用している JS 4160 号磁気ドラム装置の記録密度は 156 bit/mm、記憶容量 15 MB、平均アクセス時間 5.3 ms、データ転送速度 1.45 MB/s、トラック数 1024 である。今後磁気ヘッドの薄膜化などによりビット価格が低減しても性能の大幅な向上は期待できず、やがて記憶階層からは消えるものと考えられる。

3.2 磁気ディスク装置

1960年代から今日まで磁気ディスク装置は電子計算機あるいは情報処理システムにおける外部記憶装置として中心的な役割を果たしてきた。この間、図-1からも明らかなように、主として装置の記憶容量の増大によりビット当り価格の大幅な低減を実現して急増する需要を満してきた。表-2に代表的な磁気ディスク装置の性能を示す。数年前までは可換性のある磁気ディスクパックを記録媒体とするディスクパック形が用いられていたが、最近では磁気ディスクと磁気ヘッドを1組にして交換単位とするデータモジュール形あるいは保守

時のみしか媒体をとり外すことができないヘッドディスクアセンブリ形が主流となっている。その主要技術を以下に示す。なお、記憶容量 5~10 MB の小容量磁気ディスク装置には磁気ディスク1枚をカートリッジに収納したディスクカートリッジが用いられている。

(1) 記録媒体

直径 356 mm、厚さ 1.27 mm または 1.9 mm の円板状アルミ合金基板の表面に $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁性粒子を塗布したいわゆる塗布形媒体が用いられている。図-3に示すように、媒体の磁性層の厚さ、磁気ヘッドの浮上すきまなどを低減させて記録密度を向上させてきた。800 MB 磁気ディスク装置の磁性層の厚さは 0.8~1.2 μm 、線記録密度は 340 bit/mm である。この記録媒体 11 枚から構成されるヘッドディスクアセンブリ内部の外觀を図-4に示す²⁾。円板の最下面をサーボ面として用いている。

(2) 磁気ヘッド

磁気ディスクの回転に伴って生じる空気流によって磁気ヘッドは浮上する。図-5は磁気ヘッドアセンブリの一例である。スライダは前後左右に揺動可能なように薄い板ばねにジンバル支持されている。また、アー

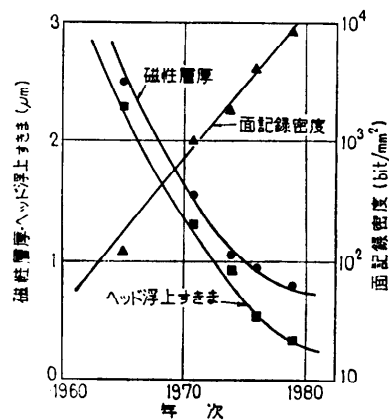


図-3 面記録密度とヘッド浮上すきまの推移



図-4 ヘッドディスクアセンブリ内部の外観

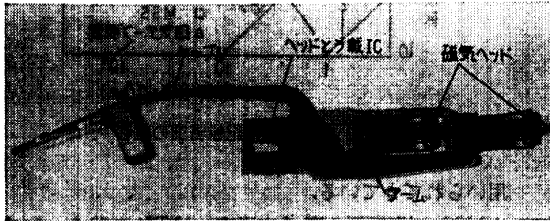


図-5 磁気ヘッドの外観

ム基部の板ばねにより 10 g 程度の押圧力を生じさせ、磁気ディスク面と磁気ヘッドのスライダ面との間隔、すなわち浮上すきまを 0.3~0.4 μm の微小な値に保っている。スライダ自体も Ni-Zn 系のフェライトで構成し、その一部にギャップを設けて電磁変換部を構成するとともに、読出し出力電圧の S/N 改善のために IC 化した低雑音増幅器を磁気ヘッド近傍に搭載している。

(3) ヘッドポジションナ

磁気ヘッドの位置決の機構として、かつてはパルスモータやサーボモータによるメカニカルディテント方式が用いられたこともあるが、最近では直進形のサーボモータあるいは回転形のサーボモータとサーボディスクを組合せて閉ループ制御を行う方式が用いられている。回転形ポジションナは回転角による誤差があるため高トラック密度化には不利であるといわれているが、装置の小形化には有利である。図-6 に示すように、データ転送時間を向上させるとともに平均シーク時間も短縮し、装置の記憶容量増大に伴うスループットの低下を抑えてきた。しかし、機構動作の高速化には限界があり、スピンドル 1 台当たり複数のポジションナをおくマルチポジションナ方式が用いられはじめています。

磁気ディスク装置は、 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 塗布厚の薄層化などの電磁変換系の寸法減少を軸として種々の改善を重

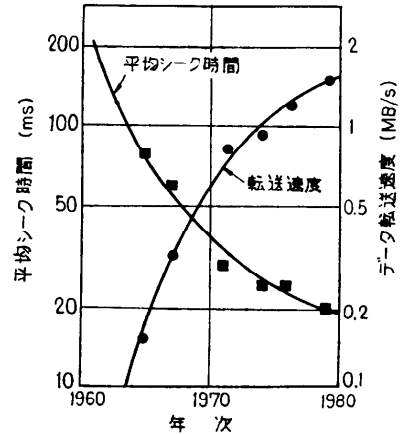


図-6 平均シーク時間の推移

ね、そのビット価格を大幅に低減してきた。最近では装置当たり記憶容量を 800 MB まであげ、ビット価格 0.2 銭をねらうまでになった。しかし、図-3 に示したように、各部の寸法はすでにサブミクロン領域に達し、従来技術の延長のみでは大きな改善は望めない。しかしながら、最近小形・薄膜媒体、薄膜ヘッドなどの新しい技術が導入された。特に、媒体の小形化により所要電力を低減してプロアなども除去し、メンテナンスフリーも同時に実現できる³⁾。これらにより、磁気ディスク装置は 1980 年代は数十 MB から数 GB まで広範囲にわたって外部記憶装置の主役を演じるものと考えられる。

3.3 磁気テープ装置

磁気テープ装置の記録媒体はビット当たり価格がもともと安く、またビット当りの占有体積も小さく保管・運搬などにも適している。そのためシステム間の情報交換ならびに大量のデータの保存などに用いられている。最近ではオンラインファイルのバックアップに用いられる場合が多い。

表-3 に代表的な磁気テープ装置の性能を示す。磁気テープは厚さ約 40 μm のポリエチレンテレフタートのベース材に $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 磁性粒子を数 μm から十数 μm の厚さに塗布したものである。寸法は幅 12.7 mm (1/2 インチ)、長さ 732m (最大) で、リールの形状・寸法、磁気テープの機械的・電気的特性、記録フォーマット、自動装てん用カートリッジなどとともに国際規格ならびに JIS で定められている。

磁気テープを走行させているときには、磁気テープの磁性面は磁気ヘッドと、また裏側は真空コラムの側壁と部分的に接触しており、磁性屑やベースごみの発

表-3 磁気テープ装置の性能例

記録密度 (bpi)	記録方式	テープ速度 (m/s)	データ転送速度 (KB/s)	シーケンシャルアクセス時間 (ms)	テープ巻戻し時間 (s)	ブロック間隔 (mm)	テープ自動装着機能	製品例 (発表年)
800	NRZI	3	90	5	90	19	無	IBM 729-VI (1962)
1600	PE	5	320	2	60	15	有	IBM 2420-7 (1968)
6250	GCR	3/5	780/1250	1.5/1	60/45	7.6	有	IBM 3420 (1973), JS 4061 (1976)

生はまぬがれない。これらの影響を除去するため、記録密度の向上とともに記録方式の高性能化をはかってきた。例えば、6250 RPI の磁気テープ装置の場合には、GCR (Group Coded Recording) の採用と ECC (Error Correcting Code) の強化によってそれを達成した。これはデータ4ビットを5ビットに変換した4/5変換形 NRZI方式であり、NRZI記録の高記録密度性と PE (Phase Encoded) 記録の自己同期機能をとりにれたものである。また、すべてのデータ7Bに1BのECCを付加し、パリティチェックとECCの組合せで1トラック誤りの検出・訂正、さらにポインタを利用して2トラック誤りの訂正も可能にした。これまで情報互換性を保証するために、図-7に示すように、もっぱら線記録密度の向上をはかってきた。最近では周辺回路系のLSI化⁴⁾、真空コラムの除去などによる装置の小形・低価格化が進むとともに、トラック数の倍増による実効転送速度の向上の動きもでてい

3.4 超大容量記憶装置 (MSS)

記憶容量が 10^{12} ビットの領域で平均アクセス時間が秒の領域の大容量ファイル記憶が超大容量記憶装置であり、近い将来記憶階層において最下層のオンラインファイルとして定着するものと考えられている。記録媒体操作の自動化による人手操作ミスや人件費の削減、記憶容量の増大によるビット価格や床面積の低減などをねらいとして、製造・銀行・保険等広い分野で

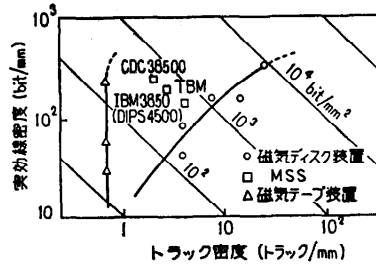


図-7 各種装置の記録密度の推移

用いられてきている。

MSS の代表例を表-4に示す。ATLを除き、いずれも50~70mmの幅の磁気テープを記録媒体とし、6250 RPI 磁気テープ装置の約3倍の高面記録密度を達成している。これらのうち斜走査形回転ヘッド機構

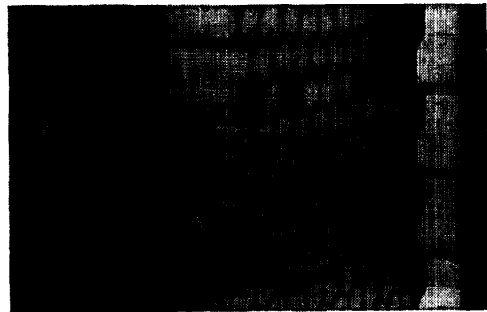


図-8 選択機構の一部の外観

表-4 各種 MSS の性能・特徴

装置名	記憶容量 ($\times 10^{12}$ bit)	平均アクセス時間 (s)		データ転送速度 (MB/s)	特 徴	記 録 媒 体	
		テープローラ	テープ巻			方 式 ・ 構 成	記憶容量 (MB)
TBM (AMPEX)	0.09~2.9	0	18	0.75	・ 斜走査回転ヘッド機構の放送用 VTR の集合 ・ 仮想ディスク制御 (MSS ステージング形)	5,750	600
ATL (CALCOMP)	0.7~5	15	80	0.8	・ 従来形磁気テープ装置の集合	120	160
3850 MSS (IBM)	0.3~1.9	10	4	0.4	・ 斜走査回転ヘッド機構 ・ カートリッジ選択機構 ・ 仮想ディスク制御 (MSS ステージング形)	50	500
38500 MSS (CDC)	0.13~	8	0.5	5.8	・ 9トラック固定ヘッドにより長手走査 ・ カートリッジ選択機構 ・ 仮想ディスク制御 (CPU ステージング形)	7.5	600

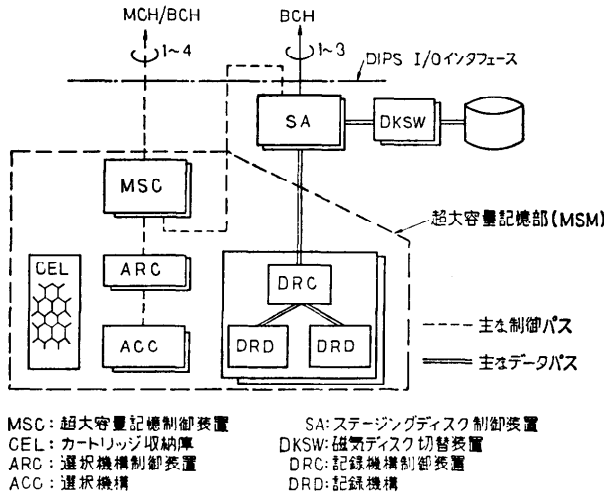


図-9 DIPS 4500 MSS の構成

と MSS ステージング形制御方式を採用した IBM 3850 方式はすでにわが国でも数十台稼動している。

そのカートリッジ選択機構の一部の外観を図-8 に示す。図-9 は磁気テープカートリッジ (記憶容量 50 MB) を最大約 1 万個収容して最大 472 GB を構成できる DIPS 用 MSS のブロック構成である³⁾。超大容量記憶制御装置とステージングディスク制御装置の働きにより磁気テープカートリッジをホストに対して磁気ディスクボリュームに見せる、すなわち仮想ディスク方式を実現している。また、各装置はすべて 2 重化されているとともに、自動誤り回復機能、マイクロプログラム診断の強化などにより信頼性・保守性を向上させている。磁気テープのサーチ時間は約 5 秒で、カートリッジの選択・装着時間を加えた平均アクセス時間は約 15 秒である。一方、転送すべきデータ量が回転ヘッドの 1 回転走査に相当する 4 KB より小さい場合のデータ転送速度は 874 KB/s であるが、データ量が大きい場合には実効データ転送速度は約 1/2 に低下する。したがって、現用の磁気テープ装置をすべて MSS がおきかえるためには、まずデータ転送速度の向上が必要である。

表-5 各種フレキシブルディスク装置の性能

ディスク径・形式	総記憶容量 (KB)	アクセス時間 (ms)	平均回転待ち時間 (ms)	データ転送速度 (Kbit/s)	記録方式	線密度 (bpm)	製品例
200 mm	片面	360	20	83	250	130	IBM 33 FD
	両面	720	38	83	250	130	IBM 43 FD
	両面・倍密度	1,440	38	83	500	270	IBM 53 FD
130 mm	片面	125	20	100	125	111	BASF 6106

3.5 フレキシブルディスク装置

記録媒体はフレキシブルディスクカートリッジとよばれる。直径 200 mm、厚さ 80 μm の γ-Fe₂O₃ 塗布の可とう円板が厚さ約 2 mm のジャケットに封入されたものである。安価で操作しやすく、しかも規格は国際標準化されており、このため計算機の本体装置ならびに周辺装置のローダ用メモリとして、また従来の紙カードや紙テープにかわる情報入力媒体として、あるいはマイコンやオフィスコンのファイル記憶として広い範囲で大量に用いられている。

一方、技術的改良のステップも急であり、表-5 に示すように、記録方式の改良、媒体の小形化、制御回路の LSI 化などによる装置の大容量化、小形・低価格化が進んでいる。また、10 枚のディスクカートリッジをマガジンの中に納め、自動的にとり出してデータの処理を行うディスクマガジンなども出現した。将来、媒体可換性を必要としない用途に対しては数 MB 以下は固体ファイル記憶にまた数 MB 以上は磁気ディスク装置におきかえられても、媒体可換性を必要とする分野ではフレキシブルディスク装置が重用されるものと考えられる。

4. 固体ファイル記憶装置

磁気バブル記憶装置は機械的動作を伴わず、また情報が不揮発性であり信頼度が高い。これらの特徴を生かして、表-6 のように、可搬形自動交換機用ファイル記憶、航空機用データレコーダなどに用いられている。最近では 256 K~1 Mbit のチップも実現されつつあり、また周辺回路の LSI 化も進んでおり、今後数 M~数十 Mbit の領域のファイル記憶として磁気ディスク装置と競合することになる。

一方、CCD 記憶装置はアクセス時間 100 μs 台を実現でき、MOS RAM と磁気ディスクの間のアクセスギャップを埋める可能性も持っている。これまでに 16 Kbit 素子による画像伝送帯域圧縮用のフレームメ

表-6 磁気バブル記憶装置の実用化状況

装置名	記憶容量 (bit)	平均アクセス時間 (ms)	データ転送速度 (bit/s)	実装単位
交換機用ボイスメッセージ (W. E.)	2.2M	1,420	24K	272K bit カード
データレコーダ (ロックウェル・インタナショナル)	800K	500	800K	800K bit カード
データ端末用メモリ (TI)	160~640K	15	300, 1,200	92K bit カード
可搬形交換機用ファイル記憶 (電電公社)	8~16M	5	1.6M	2M bit ユニット
カセットメモリ (富士通)	64~256K	290/3.6	125K/62.5K	64~256K bit モジュール

表-7 制御装置の性能

	最大データ転送速度 (KB/s)	記録方式	最大接続台数	線密度 (bpm)	コマンド種類	エラー回復・訂正	プロセッサ性能	製品例
磁気ディスク制御装置	885	MFM	32	224	39	・自動エラーリトライ ・6 B/レコードの ECC ・ディフェクトスキップ	・サイクル時間 200ns ・RAM (4~8kW, 32bit/W) ・フレキシブルディスク	IBM 3830-2
磁気テープ制御装置	1,250	GCR, PE, NRZI	8~16	250/64/32	22	・1 B/7B の ECC により 2トラックエラー訂正	・サイクル時間 200ns ・ROM (3~6kW, 18bit/W)	IBM 3803-2, JS 4010

メモリ, 64 Kbit 素子による IBM 2305 代替用の CCD メモリなどが発表されている⁶⁾。後者の場合, 1 きょう体に最大 45 MB 実装でき, 平均アクセス時間 0.7 ms, 最大データ転送速度 3 MB/s を実現している⁶⁾。

5. 制御装置

制御対象である磁気ディスク装置, 磁気テープ装置などの本体装置の高記録密度化・大容量化とともに, その制御装置あるいは CPU 内蔵の制御アダプタの性能・機能は図-10 のように大幅に増大を続けてきた。最近ではマイクロプログラムメモリの容量が数十キロステップにも達している。また, 表-7 に示すように, 複数の本体装置の同時動作, 媒体欠かんの回避(ディフェクトスキップ), 動作誤りの検出・再試行などの新機能が次々に付加されてきた。さらに, 磁気ディスク装置に CCD 記憶装置を組合せてアクセス時間の短縮をはかったディスクキャッシュ⁷⁾, 従来 OS が行っていたファイル管理機能のファームウェア化などの試みも行われている。

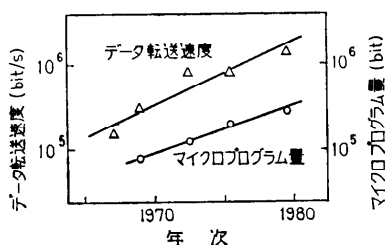


図-10 磁気ディスク制御装置の性能の推移

6. むすび

急増する需要ののびに応え, またネットワーク化・機能分散, 省資源・省力化などの社会環境の変化に対応して, 外部記憶装置はその価格性能比の向上とともに多機能化・多様化を達成してきた。この傾向は今後ますます加速されるであろう。磁気ディスク装置を例にとってみても, 小容量機から大容量機, 低価格機から高性能機まで各社の製品が出揃っており, システム設計にあたり選択にとまどうほどである。

一方, いまだに異なった製造会社の装置を接続するさいのインタフェースの不一致, 新機種出現のたびに必要となる OS の手直しなどの問題は解決されていない。しかし, これを解決できる可能性の大きい手だて, 例えば固定長ブロック方式, 単一レベルストア方式⁸⁾, 制御装置の汎用化などの試みがなされつつある。画像を中心とする新しい需要の開拓ならびにこれらのシステム面からの対応に支えられて, 外部記憶装置は磁性面記憶を中心として今後とも発展を続けるであろう。光記憶, 超伝導メモリなどの新しい技術の導入は 1980 年代後半以降に持ち越されるものと考えられる。

参考文献

- 1) Hoagland, A. S.: Storage Technology, Capabilities and Limitations, Computer, Vol. 12, No. 5, pp. 12-18 (1979).
- 2) 伊藤, 金子: 800メガバイト磁気ディスク記憶装置の実用化, 通研実報, Vol. 28, No. 10, pp. 2165-2174 (1979).
- 3) Durniack, A.: 8-Inch Hard Disks Set to go,

- Electronics, June 21, pp. 83-84 (1979).
- 4) 穴見他: 磁気テープ制御装置用 LSI, 三菱電機技報, Vol. 53, No. 5, pp. 378-381 (1979).
 - 5) 伊藤: DIPS 用超大容量記憶装置の実用化, 通研実報, Vol. 29, No. 2, pp. 141-150 (1980).
 - 6) Hancock, R. J.: Architecting a CCD Replacement for the IBM 2305 Fixed Head Disk Drive, COMPCON 79 (1979).
 - 7) 3770 Disc Cache, Memorex Product Description Manual, No. 3770-00 (1978).
 - 8) Reynolds, D. N. and Henry, G. G.: The IBM SYSTEM/38, Datamation, pp. 141-143 (Aug. 1979).

(昭和 55 年 1 月 8 日受付)
