

2.5 インチ型大容量磁気ディスク装置 1.35G バイトシリーズ

1.35 Gbyte Series 2.5-inch Large-Capacity Hard Disk Drives

久野 浩之
H. Kuno栗原 晴之
H. Kurihara服部 正勝
M. Hattori

2.5 インチ型磁気ディスク装置として業界最大の 1.35 G バイトの装置を実現した。容量を増加させるために次のような技術を開発した。PRML (Partial Response Maximum Likelihood) により、記録密度を 711 M ビット/mm² と従来比で約 1.4 倍にした。厚型の装置に 5 枚のメディアを実装できるような HDA (Head Disk Assembly) 機構部を開発した。ID^(注1)レスフォーマット方式を採用することで、フォーマット効率は 10% 向上した。マルチメディア、Windows^(注2)対応により、大容量化の要求が強いサブノートパソコン (PC) に搭載するのに最適な、薄型 (高さ 12.7 mm) で、大容量 810 M バイトの装置もシリーズに加えた。耐振動、衝撃特性、耐ノイズ特性の点でも改良を加え、信頼性の向上も実現した。

We have developed a 1.35 Gbyte hard disk drive, thus realizing the industry's largest capacity for 2.5-inch magnetic disk drives. New technology was developed in order to achieve this recording capacity. Partial response maximum likelihood (PRML) technology is employed to increase the recording density to 711 Mbits/mm², which is about 1.4 times higher than that of prior models. A new head disk assembly (HDA) enables five platters to be installed, and the ID-less format improves format efficiency by 10%. The 810 Mbyte slim line (12.7mm) model is targeted at sub-notebook PCs, which require larger capacity for Windows or multimedia applications. High immunity to shock and vibration has been achieved, and electromagnetic noise immunity has also been improved.

1 まえがき

2.5 インチ磁気ディスク装置は、ノートブック PC やサブノート PC の市場の拡大に伴いその生産台数が急速に増加している。また、装置の容量が増えるのに伴いその応用範囲は、ノートブック PC にとどまらず、ワークステーション、カラオケ装置などにも広がりを見せている。

主要なユーザである PC では、Windows の普及、ネットワーク環境の進展、さらにはマルチメディアへの対応と、ディスク装置の容量の増加に対する要求がますます強くなってきている。将来的にも、ディスク装置の容量増加に対する期待は衰える気配はない。

当社では、こうした市場の動向に合わせて、1992 年に 130 M バイト (厚型) を発表して以来、1993 年に 213 M バイト (厚型)、1994 年 340 M バイト (薄型)、800 M バイト (厚型) と業界をリードする容量の製品を発表している。システムの小型・軽量、省電力の要求にこたえて、1993 年からは装置高さ 12.7 mm の薄型の装置をラインアップした。

2.5 インチ型ディスク装置は磁性材料、信号処理、エラー訂

(注1) ID (Identifier) は、セクタ番地を示すデータのある領域。

(注2) Windows は、Microsoft 社の商標。

正技術、潤滑技術などの最先端技術により支えられている。装置容量は、薄膜ヘッド、ガラスメディアの特性向上、磁気ディスクの高密度実装・組立技術、CDR (Constant Density Recording)、PRML などの信号処理技術の進歩、サーボ制御技術の進歩による位置決め精度の向上などにより年々増加している。

当社はこれらの最先端技術をタイムリに製品設計に採用することで装置容量を年に 2 倍のペースで伸ばしてきた。

今回開発した、1.35 G バイトの装置では、薄膜ヘッドとガラスメディアの特性向上と最新の PRML IC を採用することで、従来比約 1.4 倍の記録密度を達成することができた。また、実装密度の向上のため小型ヘッド、積層キャリッジなどを開発することで、同一形状内に従来比 1.5 倍のメディア枚数を実装することが可能になった。信頼性の向上のため、軸を両端で支持するタイプのスピンドルモータおよび、組立後のヘッドの浮上量変動が小さい積層キャリッジを開発し、採用した。

2 装置概要と技術的特徴

表 1 に今回開発した 1.35 G バイトシリーズの基本仕様を示

表1. 2.5 インチ型磁気ディスク装置 1.35G バイトシリーズの仕様
Specifications of 1.35 Gbyte series 2.5-inch hard disk drives

項 目		仕 様		
記録容量 (フォーマット時) (バイト)		1.35G	1.08G	810M
磁気ヘッド数 (本)		10	8	6
磁気ディスク数 (枚)		5	4	3
線記録密度 (ビット/mm)		3.5 K		
トラック密度 (トラック/mm)		203		
ディスク回転速度 (回転/分)		4,200		
平均シーク時間 (ms)		13		
データ転送速度	内部転送 (Mbps)	44.7		
	ホスト転送 (Mバイト/s)	16.6		
変調方式		8-9 PRML		
消費電力	リード時 (W)	2.5		
	スタンバイ時 (W)	0.3		



図1. 2.5 インチ型磁気ディスク装置 1.35G バイトシリーズ 19 mm 厚で 1.35 G バイト、12.7 mm 厚で 810 M バイトの装置を開発した。
External view of 1.35 Gbyte series hard disk drives

す。また、図1に装置の外観を示す。

1.35 G バイトシリーズの技術的特長は次のとおりである。

2.1 信号処理技術

8-9 PRML に適した特性の薄膜ヘッド、メディアを開発し、711 K ビット/mm²の記録密度を達成した。これにより、メディア1枚当たり 271 M バイトの記録容量が実現した。

2.2 ID レスフォーマット

フォーマット効率を改善するため、従来メディア上にサーボデータと ID データが必要であったのを、サーボデータだけでデータの読み書きができるような方式を採用した。

2.3 耐振動、衝撃特性

ディスク装置に衝撃が加わると、ショックセンサが検出した信号によりライト動作を瞬時に停止する方式を採用した。これにより、装置に加わる衝撃で、データが破壊されることを防ぐことができる。

また、モータを両持ち構造にすることで、機構部の剛性を高め、外部から加わる衝撃に強い構造を実現した。

2.4 機構系

厚さ 19 mm に 5 枚、厚さ 12.7 mm に 3 枚のディスクを実装するため、小型のヘッドを採用した。従来の装置では、ヘッドは、アルミダイカスト製アームに取り付けられていたのに対し、浮上量の組立による変化を小さく抑えるため、積層アーム構造のキャリッジを新たに開発した。

2.5 インタフェース

インタフェースは IDE (Intelligent Device Electronics)、SCSI (Small Computer System Interface) の 2 種類がサポートされている。IDE モデルのホスト転送速度は、従来装置比 1.5 倍の 16.6 M バイト/s を実現した。

2.6 エレクトロニクス

ID レスに対応したコントローラおよび、新しく開発した ASIC (用途特定 IC) を使用した。8-9 PRML の新しいリード IC を採用した。リード回路のフィルタカットオフおよびブースト量などのパラメータは、ヘッド、メディアの特性に合わせて最適化し、それをメモリに記憶して最適な状態で信号再生ができるようにした。

3 記録容量の向上

3.1 記録密度の向上

PRML 方式で 8-9 コードを使用した場合のエラーレートの改善率を図2に示した。8-9 コードを用いると、書き込み周波数が高くなるため波形の非線形が大きくなる。

これは、NLTS (Non Linear Transition Shift) と呼ばれる現象で磁化遷移間隔が狭くなると現れる現象である。

PRML 方式は、線形な波形干渉を利用して信号再生を行う方式であり、再生波形に非線形が発生すると SNR (Signal to Noise Ratio) の改善率が大幅に低下する。メディアの保磁力、ヘッドのギャップ長などのパラメータを最適化することで、NLTS を小さく抑えた。

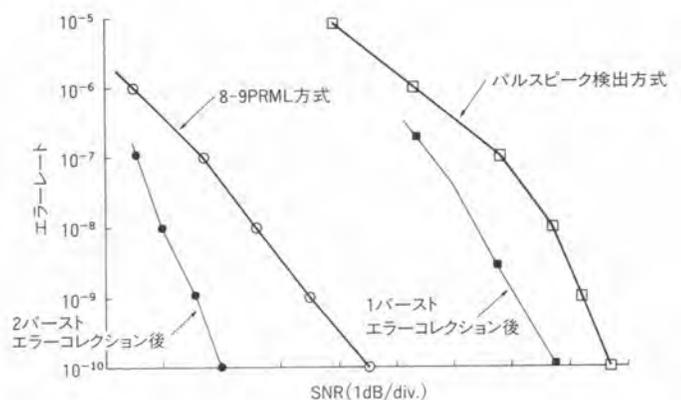


図2. 8-9PRML 方式でのエラーレート改善効果 パルスピーク検出方式に比べ 8-9PRML では、エラーレートが改善される。
Improvement of error rate by means of 8-9 PRML

3.2 記録効率の向上

従来の機種では、サーボ制御用にサーボデータ、データのリードライト用にID部があった。サーボデータには、シリンダ、セクタの情報を書かれており、ID部には、シリンダ、ヘッド、サーボセクタの情報書き込まれている。

これらの情報は互いに冗長な部分があり、フォーマット効率が悪かった。これに対して、今回開発した方式ではサーボの情報をデータのリードライトにも使用できるようにした。これにより従来のID部が不要になり、フォーマット効率が約10%向上し、容量の増加に寄与した(図3)。

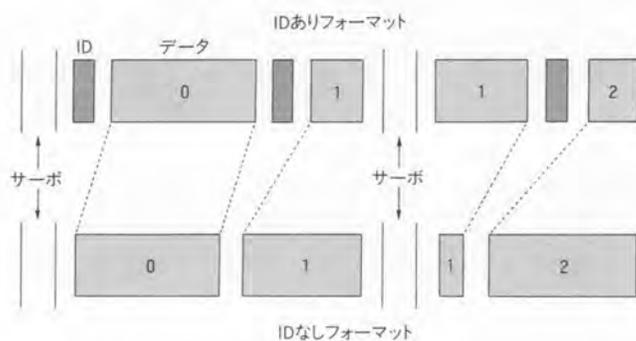


図3. IDレスフォーマットの原理 ID部をなくすことで、フォーマット効率を約10%向上した。

Typical disk format with ID and new disk format without ID

3.3 高密度実装

19 mm 厚の装置に5枚、12.7 mm 厚の装置には3枚のメディアを実装するために、形状の小さいヘッドを使用した。従来の装置に比べ、1.5 倍の枚数のメディアを同一高さの中に実装できるようになった(図4)。

ヘッドの浮上量は、メディアが回転する際に発生する空気流をヘッドのスライダ面が受けることで発生する上向きの圧力と、ヘッドを押さえる荷重との関係で決まる。浮上量が高くなると、ヘッドの再生信号の出力が低下するため、組立によりこの荷重の変化が起こらないようにする必要がある。

従来の装置では、ヘッドに荷重を付加するサスペンションをアルミダイカスト製のアームに固定していた。1.35 G バイトのシリーズから、サスペンションとステンレス製薄板アームが一体化されたヘッドアームアセンブリを積み重ねて組み立てる積層キャリッジ構造の採用により、組立時の荷重変化を低減し安定した浮上特性を得られるようにした(図5)。

4 信頼性の向上

このシリーズでは、新たに次に述べるような信頼性の向上策を盛り込むことで、装置の信頼性をさらに高めた。

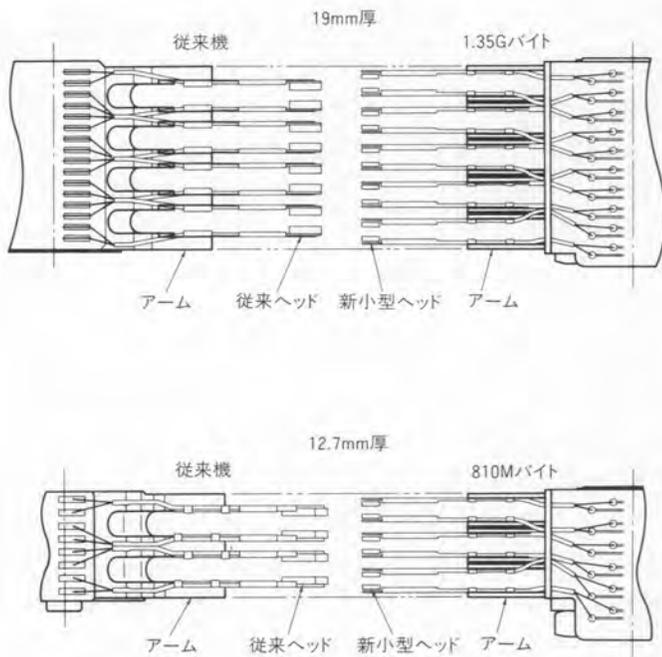


図4. メカ断面 厚さ19mmに5枚、厚さ12.7mmに3枚のメディアを実装する構造を実現した。

Cross sections of 1.35 Gbyte and 810 Mbyte models

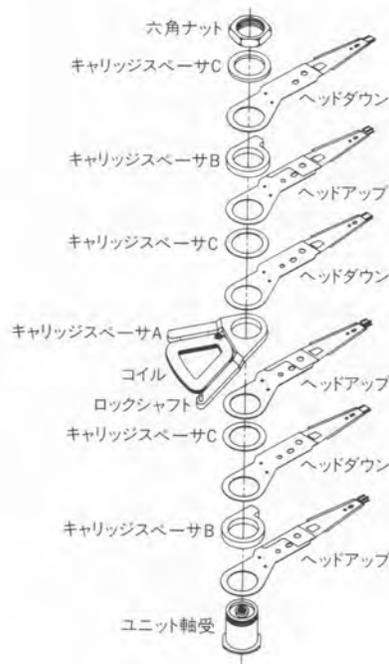


図5. 積層キャリッジ外形 組立によるヘッドの荷重変動を低減させるため、積層キャリッジを開発した。

Outline of stack type cartridge

4.1 耐衝撃特性

この機種のトラック密度は203トラック/mmであり、要求される位置決め精度は0.4 μm以下である。このような精度で位置決めされた状態で正確なデータの書き込み動作が行われる。

これに対して、サブノート PC などのシステムでは、衝撃が加わることが避けられない。このような衝撃が加わる際にライト動作を禁止することが必要になる。従来はサーボデータからの位置情報から位置ずれを検出し、ライト動作を禁止していた。この装置では、ショックセンサにより衝撃を検出し、ライト動作を禁止する方式を採用した。

スピンドルモータは両持ち構造とすることで、モータの剛性を高め、NRRO (Non Repeatable RunOut) を低減し、かつ外部からの衝撃にも強い構造とした。また、従来より大きなサイズの軸受けを採用することにより、動作時衝撃 1,000 N/m²、非動作時衝撃 2,000 N/m²の仕様を達成した。

4.2 耐ノイズ特性

ディスク装置をシステムに実装すると、システムからのノイズ電流が HDA に流れ込み、この電流による電磁波をヘッドが検出することでエラーレートが悪化する現象がある。これを防ぐためにシステムへの取付孔を絶縁材料で形成し、ノイズ電流が流れ込まない構造にした。また、ヘッドの再生出力をヘッド IC 入力に接続する配線の周りをグランドパターンで囲むことで外来ノイズによる影響を受けにくくした。

4.3 エラー訂正

コントローラのエラー訂正機能を大幅に改善することで、データの信頼性を大幅に向上した。従来の装置では、エラー訂正は 11 ビットの単一バーストを訂正できるだけであった。これに対して、今回の機種では 17 ビットダブルバースト、41 ビットのシングルバーストの訂正が可能になった。

5 高速化

5.1 転送速度の向上

従来機種のホスト転送速度の最大は、PIO (Programmed I/O) モードで 11.1 M バイト、DMA (Direct Memory Access) モードで 13.3 M バイト/s であった。今回の機種では、従来 8 ビット DRAM を使用していたバッファ RAM に 16 ビットバスを使用することで、PIO モード、DMA モードともに

ホスト転送速度 16.6 M バイト/s を実現した。これにより高速転送が可能なホストの能力を最大限に引き出せる仕様を達成した。

6 あとがき

信号再生、実装の分野において新しい技術を用い、2.5 インチ型のディスク装置として、最大容量の 1.35 G バイトを実現した。この技術を用いて、薄型で 810 M バイトの装置も実現することができ、市場のニーズにいち早くこたえた製品開発を行った。

今回の装置開発により確立した技術は、今後の開発に重要な役割を果たすものと期待できる。

文 献

- (1) 鈴木 博: 2.5 インチ型大容量磁気ディスク装置 700 M バイトシリーズ, 東芝レビュー, **49**, 9, pp.671-674 (1994)
- (2) H. Kobayashi, D.T. Tang: Application of Partial Response Channel Coding to Magnetic Recording System, IBM J. Res & Dev., **14**, pp.368-375 (1970)



久野 浩之 Hiroyuki Kuno

1980 年入社。磁気ディスク装置の開発設計に従事。現在、青梅工場ディスク設計部主査。
Ome Works



栗原 晴之 Haruyuki Kurihara

1983 年入社。磁気ディスク装置の開発設計に従事。現在、青梅工場ディスク設計部主査。
Ome Works



服部 正勝 Masakatsu Hattori

1983 年入社。磁気ディスク装置の開発設計に従事。現在、青梅工場ディスク設計部主査。
Ome Works