

高速回転7,200 rpmを実現した 2.5型 500 Gバイト HDD

2.5-inch, 500 GB Hard Disk Drive with High Rotation Speed of 7,200 rpm

岡村 博司 ジョッシュ リンゼイ トーステン シュミット

■ OKAMURA Hiroshi

■ Josh Lindsay

■ Thorsten Schmidt

近年、ノートパソコン (PC) の用途が多様化するに伴い、HDD (磁気ディスク装置) も用途に合わせた性能が求められ、特に AV データ編集用の高性能 PC には記憶容量の大きい HDD が必要となっている。

東芝は、磁気ディスク2枚で500 Gバイトの記憶容量を実現し、7,200 rpmの高速回転性能を持つ2.5型HDDを開発した。開発にあたっては、高速回転化と大容量化に対応するために、風乱抑制機構、重心ずれ補正機構、及び高剛性サスペンションなどの新機構設計や、サーボデータ^(注1)記録時に発生するずれ (RRO: Repeatable Run Out) の補正機能により磁気ヘッドの位置決め精度を向上させ、ヘッドとディスクの特性改善とイタラティブECC(Error Correction Code)により記録密度を高めた。また、サスペンションの軽量化と落下センサの採用で耐衝撃性を向上させたほか、低騒音化と低消費電力化も実現した。

With notebook PCs being used for many purposes recently, hard disk drives (HDDs) have to meet the requirements of various applications. In particular, HDDs with a large memory capacity are required for the editing of audiovisual data by high-performance notebook PCs.

Toshiba has developed a 2.5-inch HDD with a capacity of 500 GB and a rotational speed of 7,200 rpm. To meet these specifications, we developed advanced features including a turbulence reducing device, a disk balancer, high stiffness and light suspension, a quiet top cover, a repeatable runout (RRO) compensation function, and iterative error-correcting code (ECC). In addition, a free-fall sensor (FFS) was applied to improve operational shock durability.

1 まえがき

近年、ノートPCは、次に示すような三極化が進み、それに伴って搭載されるHDDへの要求仕様も多様化し、従来の記憶容量の増大だけでなく、用途に合わせた性能が求められてきている。

- (1) 超薄型、軽量、及び低消費電力を特長としたミニノートPCやネットブックPC
- (2) エントリーモデル低価格PC
- (3) AVデータ編集などを目的とする高性能PC

東芝は、これらのPCへの要求に応えるため、1.8型や2.5型の各種HDDを開発してきた⁽¹⁾。更に、(3)の高性能PCに対応するため、回転数を従来の5,400 rpmから7,200 rpmに高速化し、業界最大クラスの記憶容量500 Gバイトを持つ高性能で大容量の2.5型HDD MK5056GSYを開発した。

ここでは、MK5056GSYの概要と、その性能を実現するために開発した技術について以下に述べる。

2 MK5056GSYの概要

MK5056GSYの主な仕様を表1に示す。

(注1) ヘッドの位置を決めるための位置情報が記録されているデータ。

表1. MK5056GSYの仕様

Specifications of MK5056GSY 2.5-inch HDD

項目	仕様	
記憶容量	500 Gバイト	
ディスク	2枚	
ヘッド	4本	
回転数	7,200 rpm	
線記録密度 (最大)	61,417ビット/mm	
トラック密度 (最大)	11,024トラック/mm	
消費電力 (読み込み/書き込み)	2.1 W	
エネルギー消費効率	0.002 Gバイト/W	
耐衝撃性	動作時 (2 ms)	3,185 m/s ²
	動作時 (1 ms)	1,960 m/s ²
	非動作時 (1 ms)	8,820 m/s ²
騒音	アイドル時	25 dBA
	シーク時	28 dBA

風乱抑制機構や重心ずれ補正機構など新機構の設計とRRO (Repeatable Run Out) 補正機能を導入し、回転数が7,200 rpmでありながら、トラック密度は11,025トラック/mmを、また、動作衝撃耐力は、印加時間が2 msと1 msのときそれぞれ3,185 m/s²と1,960 m/s²を実現している。更に、トップカバーに防音機構を設けてアイドル時の騒音を23 dBに抑え、高い静音性を実現した。

インタフェースはSATA (Serial Advanced Technology

Attachment) 3 Gビット/sを採用している。

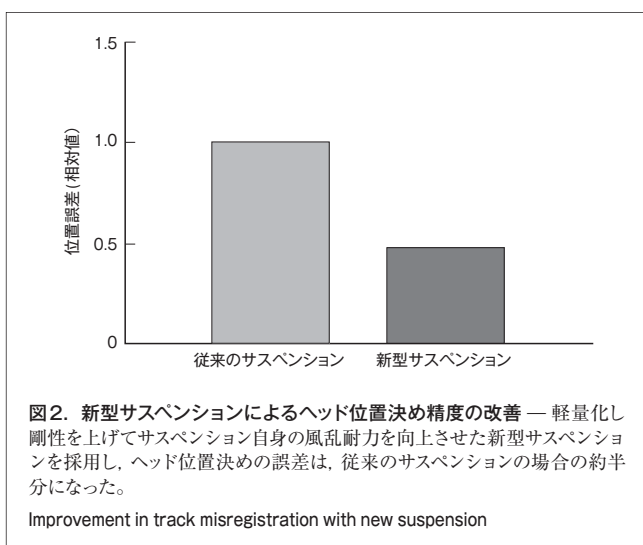
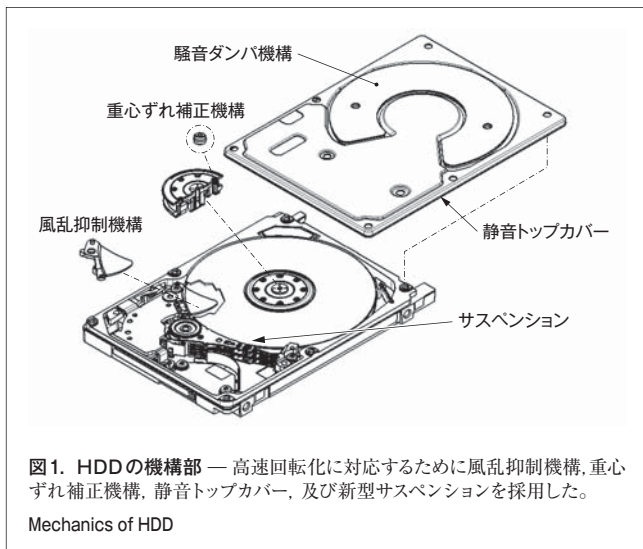
3 ヘッド位置決めの高精度化

3.1 新機構の設計

高速回転にすることで、磁気ディスクの回転に伴う風乱の増加は、磁気ヘッドの位置決め精度に大きく影響してくる。そこで、サーボサンプリング周波数を上げることで外乱抑制特性を向上させるとともに、風乱抑制機構を導入した。

一方、ディスクが取り付けられている回転体の重心ずれに起因するHDDの自己振動は、高速回転化によって顕著になってくる。自己振動が顕著になると、PCに搭載された後の騒音問題や体感悪化を引き起こす。そこで、この装置では重心ずれを補正する機構（バランサ）を導入した。風乱抑制機構と重心ずれ補正機構を図1に示す。

ディスクの回転によって発生する風乱は、2枚のディスクに挟

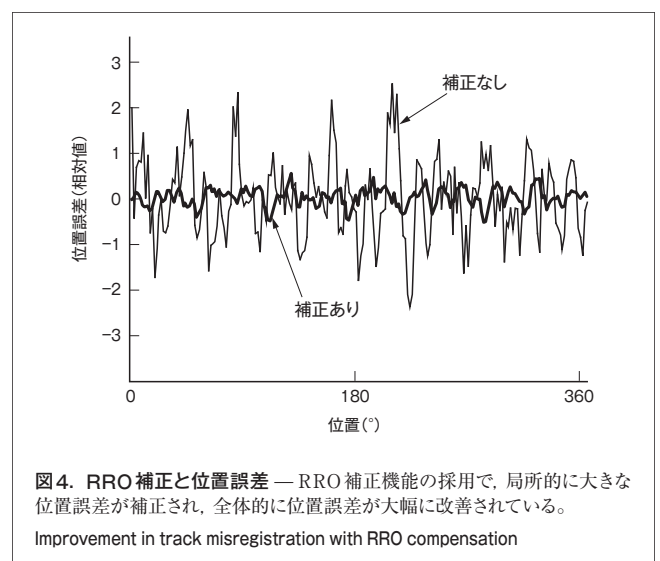
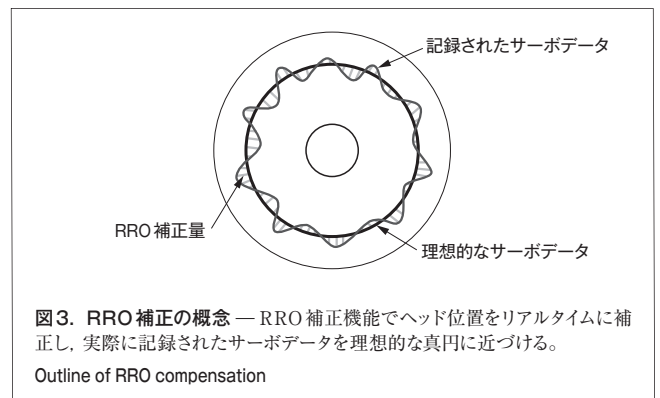


まれた内側のヘッドへの影響が大きいため、風乱抑制機構は、上下のディスクの板間に配置している。一方、重心ずれ補正機構は、HDDの機構部製造時に装填（そくてん）するもので、ディスク回転体の重心を測定し、回転体重心が規格以内に入るように、ディスクのクランプ部に設けた穴に重心ずれ補正機構を装填して重心補正をする。

また、サスペンションを軽量化し、剛性を上げて、サスペンション自身の風乱耐力も向上させた。この新型サスペンションの採用で、従来のサスペンションの場合に比べ、ヘッド位置決め誤差は約半分になった（図2）。

3.2 RROの補正

図3に示すように、一般にサーボトラックライタで記録したサーボデータは、サーボデータ記録時の外乱により理想的な真円からずれて記録されている。このずれ量は、ディスク上に固定されているので、ヘッド位置決め制御上のRRO成分となる。RROはヘッド位置決め精度を悪化させるので、今回、新たに位置決め制御方式の一環としてRRO補正機能を採用した。HDDの製造時に、記録された各サーボトラックのサーボデータが真円からどの程度ずれているかを測定し、それを



RRO補正情報としてサーボデータの後ろに記録する。通常の動作時は、通常の位置情報とともに、そのRRO補正情報も使ってヘッド位置をリアルタイムに補正している。

トラック1周にわたるヘッド位置決め誤差についてRRO補正機能の有無で比較した結果を図4に示す。RRO補正機能の採用で局所的な大きな位置誤差が補正され、全体的に位置誤差が大幅に改善されている。

4 高線記録密度化

4.1 ヘッドとディスクの特性改善

高記録密度化には、ヘッドとディスクの特性改善が重要であり、今回、以下の改良を行った。

- (1) 記録ヘッドをサイドシールド構造にし、隣接トラックへの記録磁界のにじみ出しを減少
- (2) 再生ヘッドの感度を改善
- (3) ディスクの磁性層の組成と厚みを最適化し、S/N比 (Signal to Noise Ratio) を向上

これらの改善により、線記録密度とトラック記録密度の組合せの最適化を図り、線記録密度61,417ビット/mm、トラック記録密度11,024トラック/mmを実現した。

4.2 信号処理回路の改善

高速回転化により、記録再生帯域の広がり向上によるS/N比の悪化やディスクへの書き込み能力の劣化などで、エラーレートが悪化する。そこでこの装置では、エラーレート改善のために、垂直記録方式の再生スペクトラム特性に適している正係数PRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式とイタラティブECCを採用した。

初期の垂直記録方式を採用したHDDでは、微分回路を用いて再生波形を面内記録相当の波形に変換した後、従来の面

内記録方式で採用していた負係数PRML方式を採用していた。しかし、微分回路の追加により、高域ノイズの増加に伴うS/N比の劣化や、波形非対称による位相ずれに起因したエラーレートの劣化があったため、この装置では正係数PRML方式を採用した。

イタラティブECCとは、データの中にパリティを埋め込み、このパリティのエラーを反復収束させてエラーを訂正する方式である。この装置ではイタラティブ回路に加え、従来のリードソロモンECCも併用することで、エラーレートの改善とフォーマット効率の最適化を図っている。イタラティブECC機能によるエラーレートの改善のようすを図5に示す。イタラティブECCの採用でエラーレートが約2けた以上改善した。

5 耐衝撃性の改善

5.1 サスペンション形状の最適化

動作時の耐衝撃性は、ヘッドとサスペンションによって決まる等価質量とサスペンション荷重などによって決まる。耐動作衝撃性の向上のためにはサスペンションの軽量化が望ましいが、一方で、単純な軽量化は剛性の低下につながり、高速回転化による風乱の影響が大きくなることで位置決め精度には不利である。この二律背反の特性をサスペンション形状の最適化で解決した。

1msの半波サイン波衝撃が印加された場合の、サスペンションアーム部の基準位置からの変位量を図6に示す。新型サスペンションでは変位量が大幅に改善された。更に、軽量化によって、リフトオフ加速度^(注2)を15%向上させ、動作時の耐衝撃性は、印加時間が2msのとき3,185 m/s² (325 G)、印加時間が1msのとき1,960 m/s² (200 G)を実現できた。

5.2 落下センサの導入

動作時の耐衝撃性を更に向上させるために、落下センサを

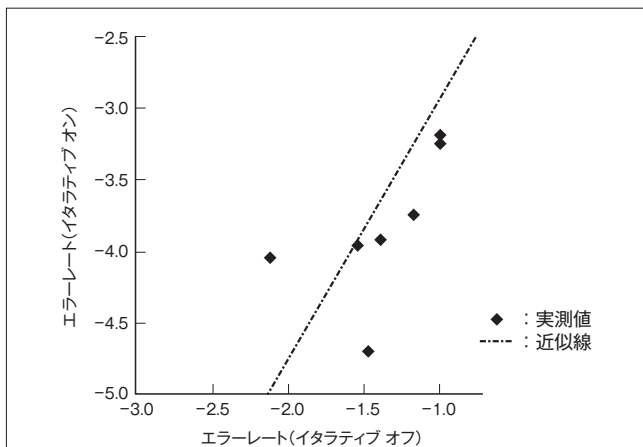


図5. イタラティブECCによるエラーレート改善 — イタラティブECCの採用で、エラーレートが2けた以上改善した。
Improvement in error rate with iterative ECC

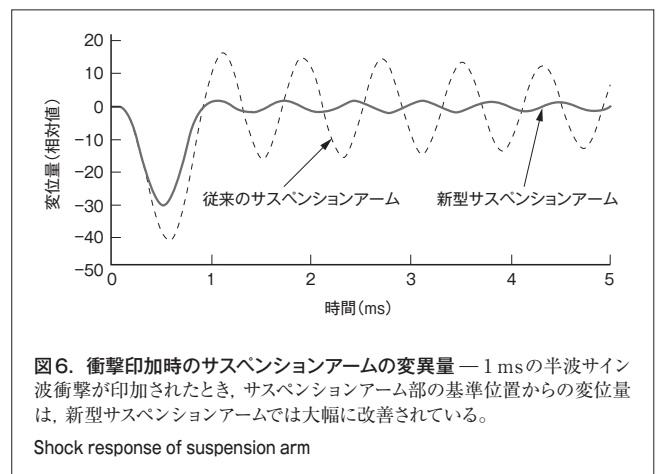
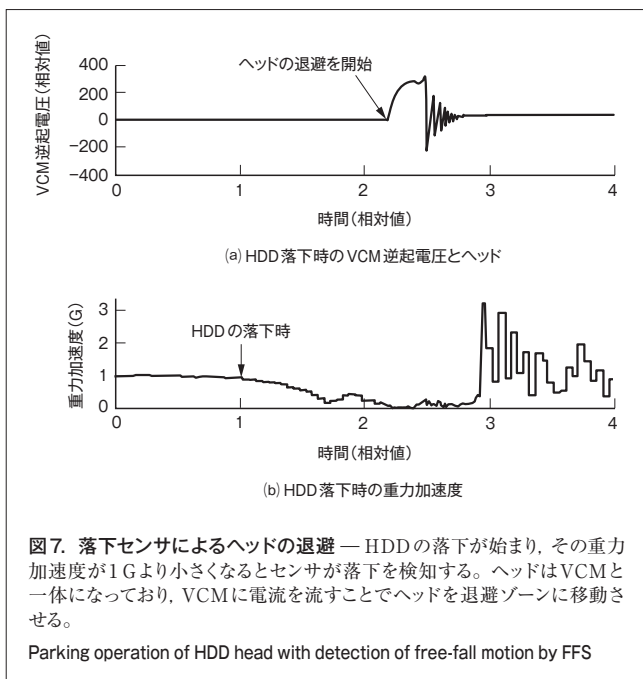


図6. 衝撃印加時のサスペンションアームの変異量 — 1msの半波サイン波衝撃が印加されたとき、サスペンションアーム部の基準位置からの変位量は、新型サスペンションアームでは大幅に改善されている。

Shock response of suspension arm

(注2) サスペンションがヘッドから離反を始める衝撃加速度。



導入した。重力加速度が 9.8 m/s^2 (1 G) より小さくなるとセンサが落下を検知し、ヘッドが退避ゾーンに移動する。退避ゾーンでは、ヘッドはランプ機構に保持されているために、ヘッドとディスクの衝突を回避でき、衝撃耐力が向上する。このようすを図7に示す。

6 環境性能の向上

6.1 低騒音化

高速回転化による風乱の増加は、騒音の増加を引き起こす。そこで、図1に示すようにトップカバー上に馬蹄(ばてい)形の騒音ダンパ機構を採用し、また、トップカバーの材質や形状を最適化することで、アイドル時の動作音を25 dBAに抑え、高い静音性を実現した。

更に、動作振動を抑制する機構設計とシーク時のVCM (Voice Coil Motor) 電流制御を改良することで、シーク時の騒音28 dBAを実現した。

6.2 低消費電力化

ノートPC用途として、低消費電力化が重要である。

DC-DC (直流-直流) コンバータを採用するとともに、信号処理回路やハードディスクコントローラの各ブロックごとの電力消費を最適化して、読取り及び書込み時の消費電力を2.1 Wに低減させ、また、エネルギー消費効率 0.002 W/G バイトを実現した。

7 あとがき

高速回転に対応した新機構設計、ヘッドとディスクの改良、及び信号処理回路の改善などで、500 Gバイトの容量を持ち回転数7,200 rpmの高性能な2.5型HDDを開発した。

高速回転でありながら、ディスク2枚で500 Gバイトの大容量を実現するために、風乱抑制機構、重心ずれ補正機構、及び高剛性サスペンションなどの新機構設計を採用するとともに、RRO補正機能によりヘッド位置決め精度を改善し、また、イタラティブECCを採用してエラーレート性能を向上させた。更に、新型サスペンションの採用により、耐動作衝撃性も向上させた。

大容量・高性能2.5型HDDは、AV用途の高性能ノートPCの発展に貢献しただけでなく、3.5型HDDに比べ低消費電力かつ省スペースであることから、デスクトップPCやサーバで使用されている3.5型HDDに替わるものとして期待されている。

当社は、デジタル機器の更なる発展に貢献するために、HDDの大容量・高性能化を今後とも継続して推し進めていく。

文献

- (1) 北川勝喜. 小型・大容量HDDの開発動向. 東芝レビュー. 60, 12, 2005, p.2-6.
- (2) 岡村博司. ハードディスク装置の構造と応用. 東京, CQ出版, 2002, 263p.



岡村 博司 OKAMURA Hiroshi

東芝アメリカ情報システムズ社 ストレージデザインセンター アシスタントバイスプレジデント。磁気ディスク装置の開発に従事。日本磁気学会会員。

Toshiba America Information Systems, Inc.



ジョッシュ リンゼイ Josh Lindsay

東芝アメリカ情報システムズ社 ストレージデザインセンター ディレクター。磁気ディスク装置の開発に従事。

Toshiba America Information Systems, Inc.



トーステン シュミット Thorsten Schmidt

東芝アメリカ情報システムズ社 ストレージデザインセンター バイスプレジデント。磁気ディスク装置の開発に従事。

Toshiba America Information Systems, Inc.