

新市場対応小型磁気ディスク装置技術

New Technologies for Small-Form-Factor HDDs for Emerging Markets

鈴木 博 荒川 豊 高見 博道

SUZUKI Hiroshi

ARAKAWA Yutaka

TAKAMI Hiromichi

2.5 型磁気ディスク装置(HDD)は、ノートパソコン(PC)用途から、車載機器や AV 機器などへ新しい用途を広げつつある。当社は、こうした新しい用途に向けて HDD の様々な要素技術の開発に積極的に取り組んでいる。車載用途には、動作温度範囲を大幅に広げ、結露に強く、走行時の振動に耐えられる技術を開発した。

AV 用途には、ビデオストリームを大きなブロック単位でリアルタイムで処理する機能や、内部エラー発生時に限られた時間内で効率的に再試行したり、欠陥として代替処理する機能を開発した。高性能が求められるサーバ用途などには、騒音、振動、発熱を抑えながら回転数を高め、シーク時間を短縮する技術を開発した。

New applications for 2.5-inch hard disk drives (HDDs) are emerging in the automotive, audiovisual, and LCD desktop PC/server/RAID markets. As one of the leading suppliers of 2.5-inch HDDs, Toshiba has been making extensive R&D efforts to realize the technologies needed in these new applications.

For automotive applications, we have developed technologies that can significantly expand the operating temperature range, prevent dew formation inside the HDD, and enable HDD operation under the high level of vibration in a running car. For audiovisual applications, real-time data handling capability and its failure recovery mechanism have been developed. For high-performance applications, high-speed rotation and high-speed seek have been realized without a significant increase in acoustic noise and vibration.

1 まえがき

当社は、2.5型以下のサイズのHDDに絞って事業を展開している。その中心となっている2.5型HDDは、従来のノートPC用途から、新しい用途へ利用が拡大しつつある。ここでは、既に利用が始まった車載応用、今後拡大が期待されるAV応用、3.5型からの置替え用途が期待される省スペースデスクトップPC / サーバ / RAID(Redundant Arrays of Independent Disks)応用を目指した技術開発の取組みについて述べる。

2 車載用途対応技術

近年、カーナビゲーションをはじめとする車載電子機器の発達は目覚ましい。安全・快適性を向上し、新たなエンターテインメントを提供するために、高速アクセス、データの追加・書換えが可能な大容量のストレージデバイスが求められている。このため、これまでのDVDに代わって、こうした条件を満たすHDDへの期待が大きい。既に、市販カーナビゲーションシステムの一部に採用され、ルート探索の高速化、CD音楽を取り込むミュージックサーバ機能が実現されている。しかし、こうした市場のニーズに応えるためには、表1

表1. 車載環境仕様

Environmental specifications for automotive applications

| 項目 | PC仕様 | 車載仕様(目標) |
|----|-----------------------|----------------------|
| 温度 | 5 ~ 55 | - 20 ~ 80 |
| 湿度 | 8 ~ 90 % RH 結露なきこと | 8 ~ 95 % RH 結露を許容 |
| 振動 | 1G以上 | 2G以上 |

に示すような、車載環境での厳しい温度・湿度、振動に耐えるHDDを実現する必要がある。以下に、主な課題と有効な対応技術について述べる。

2.1 温度範囲拡張

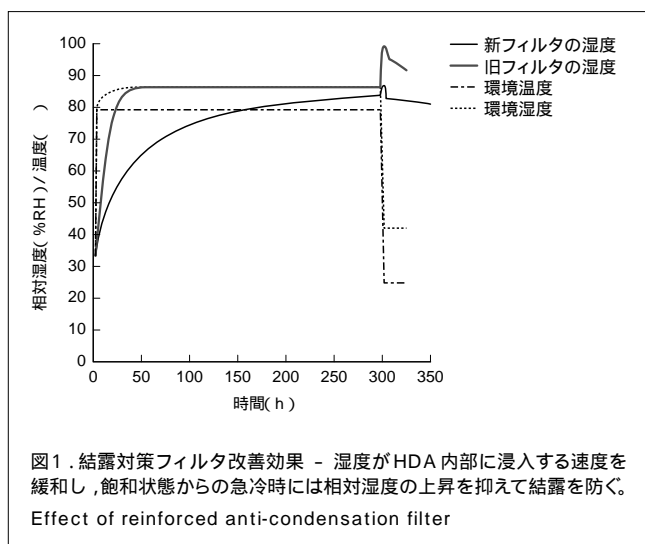
データが書き込まれる磁気記録媒体は、低温で保持力(Hc:書き込まれた磁化をその状態に保持する力)が増加し、データを書き込みにくくなる。一方、高温ではHcが低下し、データを書き換えやすくなる。すなわち、低温では書込み能力が不足し、高温では書込み能力が過大になり、前者では出力の低下、S/N(信号対ノイズの比率)の劣化が、後者では隣接ビットとの分解能の劣化、隣接トラックとの信号干渉が生じ、いずれもエラーレートを上昇させる。

これらの現象は、記録電流を動作温度によって調整することで緩和することができる。また、記録密度を低減して、工

ラーレートの低下分を補償することも有効な手法となる。高温では、長期間書き換えされない状態で保存されたデータの出力が徐々に低下していく現象(熱磁気緩和)があり、この現象を緩和するためにも、記録密度を低減して使用することは有効である。

2.2 結露耐性

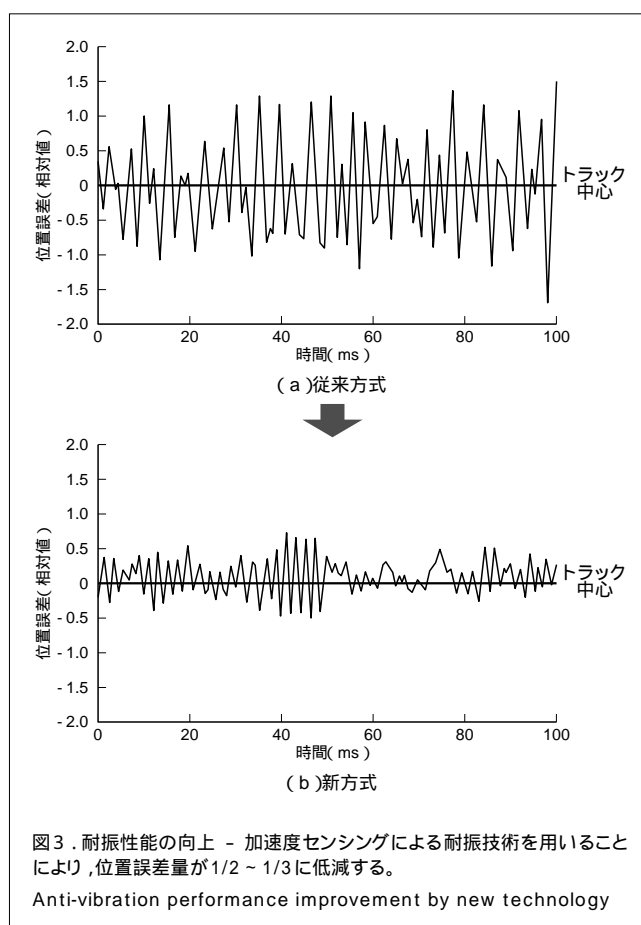
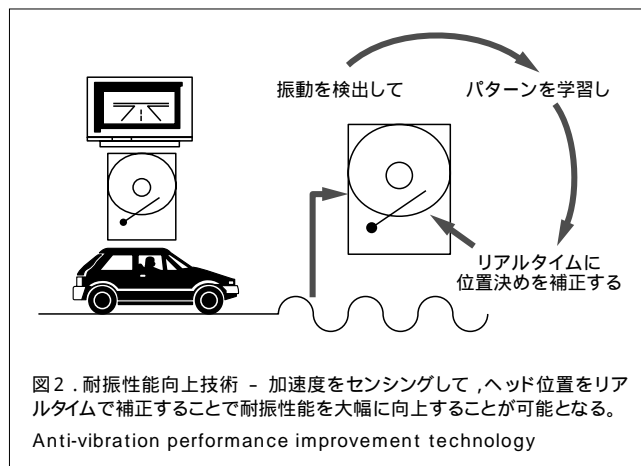
車載環境では結露が発生するような環境を避けることは難しい。HDD にとっては、特に、準密閉状態に保たれた HDD 筐体(きょうたい) (HDA) 内での結露は、信頼性上望ましくない。HDA は、フィルタを装着した呼吸孔を通して内部と外部の通気が行われる。このフィルタには吸湿効果を持たせてあるが、車載環境の高温高湿環境に対しては十分とは言えない。車載用に開発した強化フィルタの効果を図 1 に示す。HDA 内部に湿度が浸入する速度が大きく緩和されている。また、HDA 内部が高温高湿の状態から、HDD 本体が急速に冷やされて結露が発生しやすい状況になっても、相対湿度の上昇が緩和されて結露を防ぐ効果が見られる。



2.3 耐振性能

車の走行時の振動は、高い周波数成分は少ないものの、200Hz 程度までの低い周波数範囲では、PC 用 HDD 仕様 비해 2 ~ 3 倍の耐振性が求められる。HDD の耐振性能は加振方向によって異なる。水平方向の加振に対しては、回転型ヘッドアクチュエータの重心バランスの精度を向上させることで、上下方向の加振に対しては、主に基台の剛性を高めることで、耐振性能の向上を図った。

これらにより、HDD 単体として求められる耐振性能は実現したが、カーナビゲーションやカーオーディオなどの車載機器に搭載されると、セットとしての共振が発生することが多く、更なる耐振性能の向上が期待されている。こうしたニーズにも応えられるように、耐振性能を大幅に高める技術を開



発した。その原理を図 2 に示す。この技術では、振動の加速度をセンシングして、データを読み書きするヘッドの位置決めをリアルタイムに補正する。こうすることで、ヘッドが目標位置からずれる量を減らし、従来ならデータアクセスが停止するような大きな振動であっても、データの読出し / 書込みを継続することができる。実測データを図 3 に示す。ヘッド位置誤差を従来の 1/2 ~ 1/3 に減らすことができている。

3 AV用途対応技術

既に、HDDの高速ランダムアクセス性能を生かしたHDDビデオレコーダが製品化されている。追っかけ再生や頭出しの容易さ、画質劣化の少なさなどの特長から、VTRの代替製品として期待されている。現時点では、記憶容量とコストの点から3.5型HDDが一般的に用いられている。しかし、年率100%で記録密度が向上していることから、この分野でも、静音性、省エネルギー・省スペース、耐環境性などの点で優れる2.5型HDDに主役の座が移ることが予想される。

本格的な応用には、高精細映像に対応するための更なる大容量化、低騒音化、長時間動作時の信頼性など、改善すべき技術課題も残されている。ここでは、そのうちビデオストリームデータのリアルタイム転送機能に絞って述べる。

3.1 AVストリーム処理用コマンド

PC用データとは異なり、AVストリームデータの場合、その性質上、一定時間内に映像のビットレートに対応する一定量のデータの読出しあるいは書込みを完了する必要がある。現在のHDDには、このような仕組みは一般的には組み込まれておらず、ホスト側で時間監視による処置などが必要となる。このような仕組みを実現するAVストリーム処理用コマンドを標準化する議論が、当社も参加しているANSI(米国規格協会)の承認委員会T13^(注1)を中心に進行している。当社は、この規格案に基づき開発を進めている。

AVストリームのもう一つの特長は、通常、一度のアクセスで転送されるデータ量がPC用途に比べ大幅に大きい点である。現在のHDDの標準インタフェースでは、一つのコマンドで転送できるデータ量が256セクタまでに限定される。前述のAVストリーム処理用コマンドでは、この値が64Kセクタにまで拡大されている。

最新の2.5型HDDで3本のビデオストリームを同時に扱った場合に、1ストリーム当たりの処理可能な映像ビットレートを図4に示す。一度のアクセスで2Kセクタ程度のデータを転送した場合、高精細映像でも3ストリームを同時に処理できる能力があることがわかる。

3.2 リトライ処理と欠陥代替処理

コマンド処理のリアルタイム性が保証されても、読み書きされるデータの信頼性が大幅に劣化したのでは意味がない。要求された一定時間内にデータの読出し/書込みをできるだけ確実に実行するメカニズムを組み込むことが必要になる。データアクセス時に内部エラーが発生した場合、残りの転送時間と転送セクタ数を基に、最適なりトライ方法とリトライ回数を決める。その際に、後発欠陥と判断する基準、後発欠陥と判断した場合の代替処理のしかたが、AV用

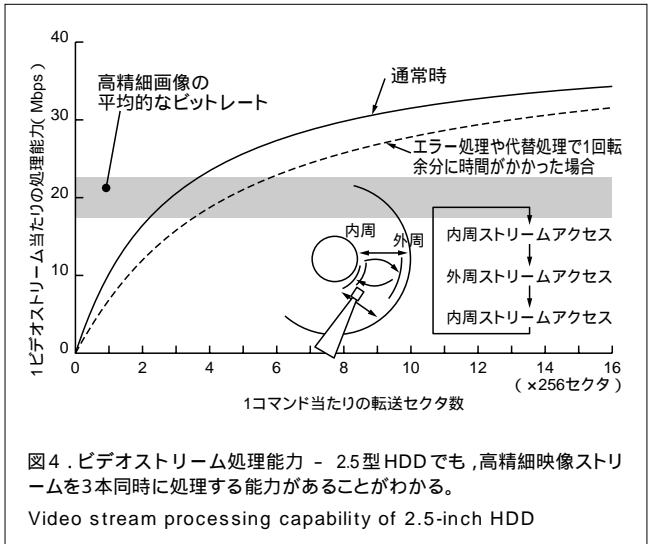


図4. ビデオストリーム処理能力 - 2.5型HDDでも、高精細映像ストリームを3本同時に処理する能力があることがわかる。

Video stream processing capability of 2.5-inch HDD

HDDとしての優劣を決めることになる。こうしたリトライや代替処理に工夫をして、できるだけ画質の劣化を生じずにスムーズにビデオストリームが転送されるような機能を開発した。

4 高性能化技術

2.5型HDDでは、ノートPC用途の大半を占める9.5mm厚モデルは、4,200回転/分(rpm)が標準的な装置であるが、以前からハイエンドノートPC用に12.5mm厚で5,400rpmのものが製品化されている。

最近、ノートPC用9.5mm厚モデルでも高性能化のニーズが高まり、5,400rpmのものが製品化されつつある。こうした既存市場で高性能化ニーズが高まる一方、更なる高性能化を実現することにより、省スペースデスクトップPCやサーバ、RAIDといった2.5型HDDにとって新たな応用分野を開拓できる可能性がある。

しかし、現在の装置を単純に高速化するのでは以下のような様々な問題が生じてくる。2.5型HDDの特長をできるだけ犠牲にせず、これらの課題を克服することが市場開拓のポイントになる。

4.1 位置決め

回転数を上げていくと、メディアの振れが急速に増加し、ヘッドの位置決め精度を保つのが難しくなる。この対策として、メディアとメディアに向かい合うトップカバーや基台面のすき間を狭めることなどで、メディアの振れを抑えることができる。更に、回転数増加によって位置情報の観測周波数が高まることで、サーボ性能を改善することができる。こうした技術を用いた場合の位置決め精度の改善例を図5に示す。

4.2 騒音

回転数を上げていくと、騒音レベルも上昇する。トップカ

(注1) <http://www.t13.org>にて情報を入手可能。

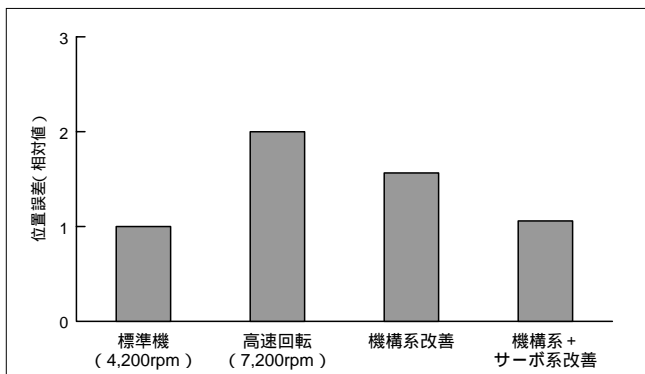


図5. 高速回転時の位置誤差とその低減技術 - 機構系とサーボ系の改善で、位置決め誤差を標準機(4,200rpm)並みに低減できる。

Tracking error and its reduction by mechanical and servo technique

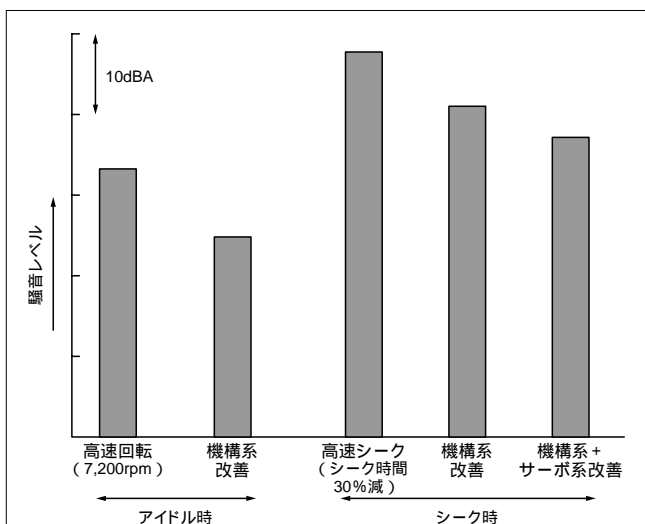


図6. 高速回転、高速シーク時の騒音とその低減技術 - 機構系とサーボ系の改善で騒音を大幅に低減できる。

Acoustic noise and its reduction by mechanical and servo technique

パーの材質や形状、制振板の張付けなどの工夫でこの上昇をかなり抑えることが可能である。

また、高速回転と同時に高速シークを実現して高性能化を図ろうとすると、シーク時の騒音も大幅に増加する。前述のトップカバーの工夫はシーク音の低減にも大きな効果があるが、更に、シーク時のヘッドアクチュエータの共振を抑えるために、マルチレート制御技術¹⁾などのサーボ技術の工夫も有効である。

アイドル時(7,200 rpmの場合)、シーク時の騒音低減効果の実測例を図6に示す。いずれも大幅な低減が見られる。

4.3 発熱

発熱量は消費電力に比例するので、いかに消費電力を抑えながら高速回転、高速シークを実現するかが課題となる。

それには、スピンドルモータの磁気回路設計、ヘッドアクチュエータの磁気回路設計とイナーシャ設計を、駆動電圧に合わせて最適化することが必要となる。

一方、信頼性に影響を及ぼす温度上昇は、発熱量と放熱特性によって決まる。こちらは、空冷ファンの有無とその能力も含めて、システム設計によって大きく左右されるので、HDD単体での消費電力低減、放熱特性改善努力とともに、システム設計との整合をとることが重要である。

5 あとがき

絶え間ない技術革新によって、HDDの世界では年率100%を超える記録密度の向上が進んでいる。PC用途では、HDDの容量はニーズを超えてオーバテクノロジーとさえ言われつつある一方、AV用途では、大容量へのニーズは高く、容量はまだ不足している。車載機器や携帯情報機器では、AVデータを扱うことが多くなり、小型で大容量であるとともに、温湿度や振動衝撃に強い記憶デバイスがますます強く求められている。また、地球環境への配慮から、省エネルギー、省資源が求められ、3.5型から2.5型、1.8型へと、より小型なHDDへのニーズが増えている。

このように多様化するニーズに応える技術開発への取組みについて述べた。今後、こうした技術をタイムリーに製品開発に生かしていくとともに、引き続き、新たな用途を切り開く技術開発に取り組んでいきたい。

文献

- (1) 高倉晋司・N-Delay2自由度制御による目標値追従システムの構成と磁気ディスク装置への応用・電気学会論文誌D・119,5,1999,p.728-734.



鈴木 博 SUZUKI Hiroshi
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部長。
小型磁気ディスク装置の開発に従事。電子情報通信学会会員。
Core Technology Center



荒川 豊 ARAKAWA Yutaka
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部主務。
小型磁気ディスク装置の開発に従事。
Core Technology Center



高見 博道 TAKAMI Hiromichi
デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
磁気ディスク開発部。
小型磁気ディスク装置の開発に従事。日本化学会会員。
Core Technology Center