磁気記録媒体の現状と展望

今川　誠（いまかわ　まこと）　　中村　邦広（なかむら　くにひろ）

1　まえがき

ハードディスク装置（HDD）は，記録密度を向上させることで「小型・大容量化」への進化を遂げてきた。この「小型・大容量化」への進化は，これまでのパソコンの枠を越え，HDD を搭載した音楽プレーヤ，ビデオムービー，携帯電話などの優れた製品として，市場を確立するに至っている。

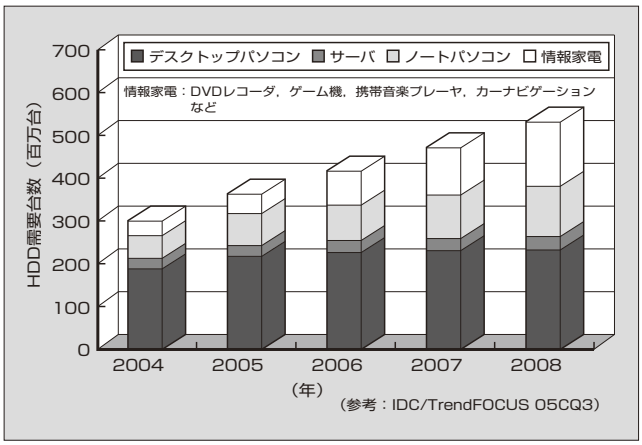
本稿では，今後も拡大が期待される HDD の市場動向・技術動向について述べるとともに，富士電機の磁気記録媒体の技術開発状況と今後の展望について述べる。

2　HDD の市場動向

図 1 に今後の HDD の需要予測を示す。旧来からの HDD の用途であるデスクトップパソコンやサーバへの搭載台数は若干の増加にとどまっているが，ノートパソコンおよび情報家電は著しいものがある。特に情報家電は年率 33％以上の伸長が継続すると予想されている。**図 2** に情報家電の需要予測を示す。HDD-DVD レコーダには，160 ギガバイト（GB）～1 テラバイト（TB）記憶容量帯 3.5 インチ HDD が搭載されている。カーナビゲーションシステムや MP3 プレーヤへは 2.5 インチ以下の HDD が搭載されている。そのラインアップは 2.5，1.89，1.0，0.85 インチと多岐にわたり，各種モバイル機器・携帯機器への用途拡大に有効に働いている。また，2005 年には，HDD 搭載携帯電話も発売された。

今後も情報家電は，2008 年の北京オリンピックなどにより，さらなる需要の拡大が考えられ，それと同時に HDD 市場も成長を遂げるものと予想される。

図 1　ワールドワイド HDD 需要予測の年次推移

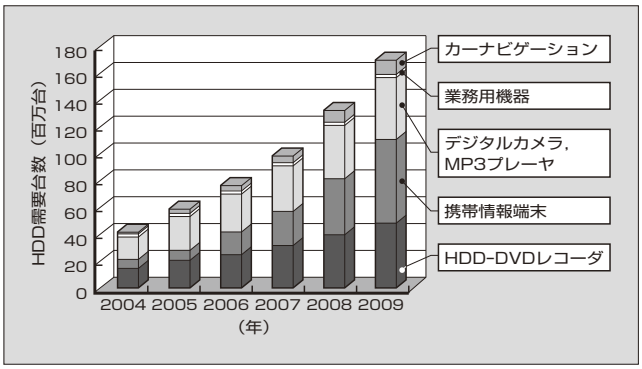


3　磁気記録媒体の技術動向

図 3 に HDD の内部構造を示す。HDD は磁気記録媒体，磁気ヘッド，ヘッドアクチュエータ，スピンドルモータなどの部品から成る。

図 4 に記録密度の推移を示す。記録密度は，ヘッド特性，媒体特性およびドライブの位置決め精度向上とともに高密度化を達成してきた。特にヘッドでは GMR（Giant Magnetoresistive）ヘッドでの特性向上，媒体では AFC（Anti-Ferromagnetic Coupling）構造を用いることによる特性向上などにより記録密度を伸ばしてきた。しかし，150 Gbits/in^2 を超える長手磁気記録媒体においては，記録ビットの反磁界や隣接するトラックからの磁界の影響，またビットそのものが熱揺らぎの影響を大きく受けるようになるため，さらなる高密度記録は困難な領域となる。

図 2　情報家電向け HDD の需要予測



今川　誠

磁気ディスク媒体の次世代媒体開発に従事。現在，富士電機デバイステクノロジー株式会社情報デバイス事業本部ディスク媒体事業部開発部長。工学博士。

中村　邦広

磁気ディスク媒体の開発・設計に従事。現在，富士電機デバイステクノロジー株式会社情報デバイス事業本部ディスク媒体事業部開発部課長。

図3　HDDの内部構造

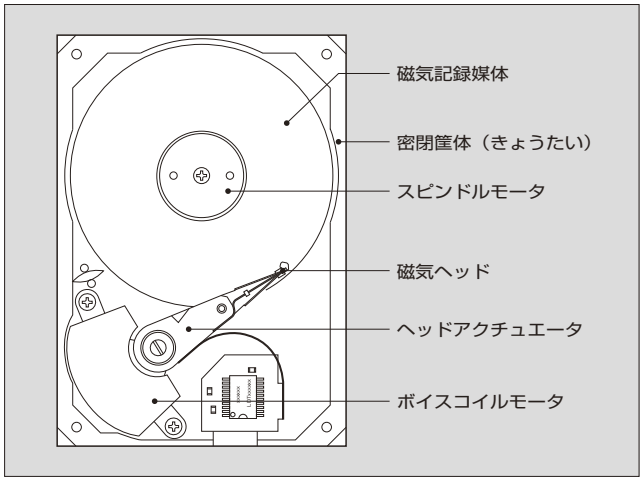
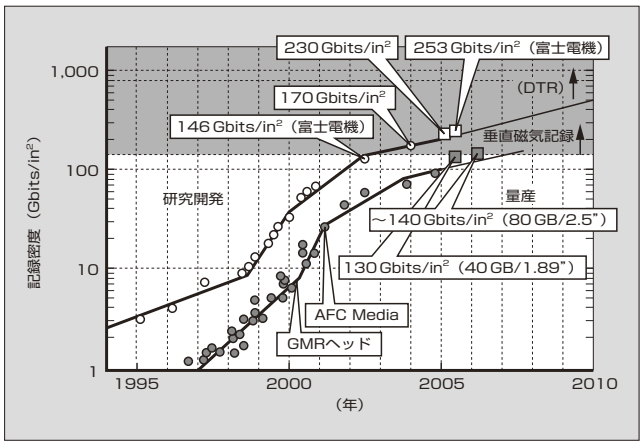


図4　HDDの面記録密度の推移



一方，垂直磁気記録媒体は，原理的に記録密度が高くなるとともに磁気的に安定するため，長手磁気記録媒体の限界を打開し，記録密度を大きく牽引（けんいん）する技術である。

2006年は垂直磁気記録媒体により，HDDはさらなる大容量の段階に入るといえる。

4　磁気記録媒体の開発状況

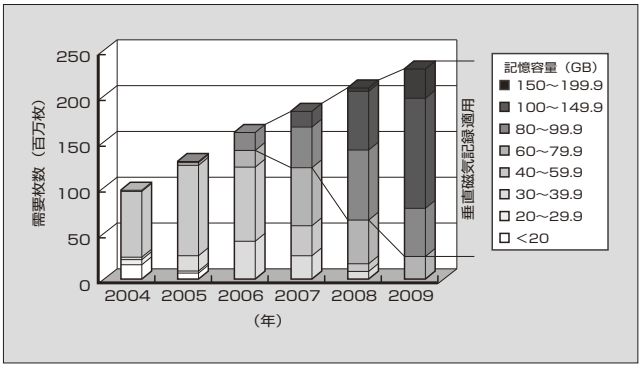
4.1　磁気記録媒体用基板技術

HDDにおける磁気記録の特徴は，高速で回転する磁気記録媒体上に，記録・再生を行う磁気ヘッドがきわめてわずかな間隔で浮上しているという点である。このときの磁気ヘッドが浮上している距離，すなわち浮上量は記録再生特性に大きな影響を与える因子であり，ばらつきが小さく，かつナノメートルオーダーの浮上量が要求される。

磁気記録媒体用基板技術は，磁気記録媒体上の磁気ヘッドにおける「ばらつきが小さいナノ浮上量」を達成するための品質の実現が求められる。特に平滑性に代表される，表面精度の向上が課題である。

富士電機では現在の主流製品である3.5インチ1枚あたり80 GB磁気記録媒体に対する基板を生産するとともに，

図5　2.5インチ磁気記録媒体の容量別出荷予測



160 GB磁気記録媒体で要求される磁気ヘッドの浮上要求に適合する表面精度を実現した基板の開発を完了した。同時にこの基板は記録密度の向上とともに顕在化してくる基板表面の欠陥品質も改善しており，記録・再生における信号欠落の低減にも寄与するものである。

4.2　長手記録磁性技術

現在主流の3.5インチ1枚あたり80 GB磁気記録媒体は磁性構造にAFCを採用し，GMRヘッドとの組合せによって高い品質を達成している。

AFC構造を採用した長手磁気記録媒体は，次世代ヘッドとなるTMR（Tunneling Magnetoresistive）ヘッドへの適合も含めたさらなる高記録密度化への技術開発を実施しており，磁性材料技術・下地積層成膜技術の高度化に加え，磁気異方性の制御により3.5インチでは1枚あたり160 GB，2.5インチでは1枚あたり60 GBに適合する磁気記録媒体技術を実現している。

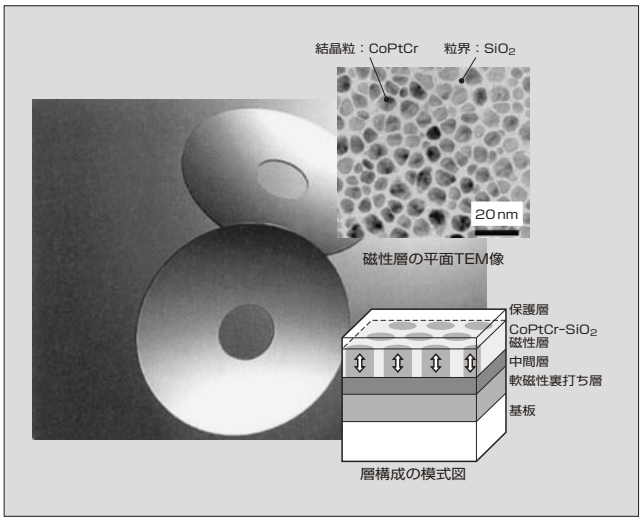
4.3　垂直記録磁性技術

小型のHDDでありながら大きな記憶容量を実現し，次世代のアプリケーションに対応するというニーズが高まってきている。これに適合するのが記録密度の大幅な向上が見込まれる垂直記録磁性技術である。垂直磁気記録の実用化はこの小型HDDが牽引役となる。**図5**に2.5インチHDDにおける媒体1枚あたりの記憶容量の推移予測を示す。この2.5インチにおいては1枚あたり80 GB世代から垂直磁気記録が適用される製品が支配的になると見られ，2008年には半数以上の2.5インチHDDが垂直磁気記録を採用していくものと考えられる。

ニーズに対応すべく，富士電機では2.5インチで1枚あたり80 GB垂直磁気記録媒体の量産を開始した。この媒体はグラニュラー構造の磁性層と，磁性層の下に軟磁性層を持つ構造であり，高記録密度に対応する磁性層の開発と，軟磁性層を50 nmまで薄膜化することにより量産性を確保した。また基板表面形状を，軟磁性層における磁壁ノイズと，磁気ヘッド浮上特性に対し最適化し，さらに新しく開発した保護膜技術により耐食信頼性も向上している。**図6**に垂直磁気記録媒体の平面TEM像と断面模式図を示す。

今後，2.5インチ以下の小型HDDにおいては，垂直磁

図6　垂直磁気記録媒体の平面 TEM 像と断面模式図



気記録技術を適用した大容量化のニーズが高まるのは必至であり，「小型・大容量」をキーワードとした生産技術の高度化も進めている。

4.4　HDI 技術

磁気記録媒体上に浮上する磁気ヘッドの浮上量と磁気記録に寄与しない磁気記録媒体最上層の保護膜の厚さを加えた距離はスペーシングロスと呼ばれ，磁気記録においてはマイナス要素となる。スペーシングロス低減のため，磁気記録媒体は磁気ヘッドの低浮上化に適合する平滑性を達成するとともに，保護膜を薄層化していくことが求められる。また最表面に付与されている潤滑層については，潤滑剤のヘッド移着を抑えながら磁気ヘッドの低浮上化と浮上安定性を向上させることが求められる。

これらの要求品質に対応するため，保護膜における高密度化および化学的安定性の向上，潤滑剤においては精製条件を最適化することを実施しており，長手磁気記録媒体のみならず，垂直磁気記録媒体にも適合した HDI（Head Disk Interface）技術を確立している。

4.5　計測技術

すでに述べてきた各種技術に共通の特徴は，その実現すべき物理的ディメンションが現在の計測技術における限界域を要求している点である。計測技術開発は磁性材料の結晶分析，媒体最表面の物理化学分析，記録欠陥低減に向けた微細欠陥分析，磁気記録再生特性測定など多岐にわたる。これらの技術を駆使することで先端的な磁気記録媒体特性を実現するのはもちろんのこと，量産品の品質保証にも適用していくことで，品質要求が一層高まっている市場ニーズに適合していく準備を整えている。

4.6　次世代記録媒体

富士電機では次世代記録媒体として，磁気記録媒体にあらかじめ非磁性のトラックを形成し，隣接トラックからのノイズ因子を排除するとともに，その形成トラックにより位置決め情報をも付与する DTM（Discrete Track Media）技術の開発を進めている。さらに磁性微粒子の規則配列によって超微細記録単位を形成するとともに，境界ノイズを制御する超微粒子自己配列媒体技術や熱アシストを伴う記録方式などに注目して技術開発を進めている。

5　あとがき

性能・品質の向上を限りなく求めている市場ニーズに応え，長年その優位性が主張されてきた垂直磁気記録方式の HDD が本格的に製品化されるという点で，この 2006 年は重要な意味を持つ年であろう。富士電機は本稿で述べてきた技術を核として，さらなる「大容量化」と「製品ラインアップの充実」を追求していく所存である。

参考文献

(1)　TrendFOCUS 社．年間レポート．1995 ～ 2005.
(2)　IDC 社．フォーキャスト資料．2000 ～ 2005.
(3)　今川誠，小沢賢治．磁気記録媒体の現状と展望．富士時報．vol.77, no.4, 2004, p.244-258.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。