

インターネットの普及やデジタル放送サービスの開始など、情報環境の整備とともに、大量のデジタル情報がオフィスだけでなく、家庭やモバイル環境でも扱われるようになる。この情報社会の進展のなかで、大容量記憶メディアとして、高速でビットコストの安い磁気ディスク装置(HDD)と光ディスク装置が重要な役割を担う。HDDでは、年率60%以上の割合で記録密度が上昇し、高速化、低消費電力化、小型化、薄型化も進んでいる。一方、光ディスク装置では、マルチメディア時代の統一パッケージメディアとして登場したDVDの普及のなかで、DVDプレーヤの高画質化、DVDドライブの高速化、薄型化が図られ、また次世代技術の規格化も進められている。

With the progress of the information infrastructure, as exemplified by the explosive growth of the Internet and the start of digital broadcasting services, large volumes of digital information are being handled not only in the office but also in the home and mobile environments. Hard disk drives and optical disks play an important role as mass storage media in this information society, because of their superior performance in terms of data transfer rate and bit cost. In the case of hard disk drives, the recording density has been rising at an annual rate of 60% or more. Moreover, while their speed and power consumption performance have been improved, smaller and slimmer form factors have been developed. On the other hand, image quality has been improved in DVD players, and high-rotation-speed DVD drives and slim type drives have been developed. Standardization of the next-generation DVD is also in progress.

■ デジタル情報の増大

ノートパソコン(PC)普及の先駆けとなった当社の“DynaBook J-3100SS”が発売されたのは1989年であったが、この時HDDは搭載されていなかった。翌年、2.5インチ型のHDD搭載機が発売されたが、その記憶容量は20Mバイトであった。今日、オフィスはもちろん、家庭にも普及したノートPCには数GバイトのHDDが標準搭載されており、記憶容量が10年で百倍以上になった。また、インターネットの普及などでPC市場は拡大し、その機能も大幅に進化した。一方、この10年あまりに音楽、映像の分野でも記憶メディアの進展により状況が大きく変わった。80年代初頭に音楽用CD(Compact Disc)が登場し、音楽の世界がデジタル化された。続いて85年にCD-ROM(Read Only Memory)が登場し、PCの世界でマルチメ

ディア情報が一般的に扱われるようになった。さらに、96年にDVDが登場し、高品位な動画像が家庭に入り、データ、映像、音響を統一して扱える基盤が整った。

以上のように、この10年あまりでオフィス、家庭での情報環境は大きく変わった。しかし、これからの10年はさらに大きな変化が予想されており、そのなかでの記憶メディアの役割は非常に大きいと考える。

■ 記憶メディアの多様化

21世紀には、デジタル情報環境が大きく変わる。コンピュータの処理能力の向上とネットワーク化の進展とともに、オフィス環境はより高度に情報化されていくだけでなく、家庭の中にも今までとはけた違いのデジタル情報が入り込む。また、オフィスや家庭の外での移動環境においても大量のデジタル情報を送受信できるようになる。これらの情

報インフラの整備とともに、これまでオフィス中心であったデジタルメディア機器が家庭やモバイル環境でも扱われるようになり、デジタルメディア機器の市場も急速に拡大していく(図1)。大量のデジタル情報を扱う機器には必ず情報を蓄える記憶メディアが必要になるため、

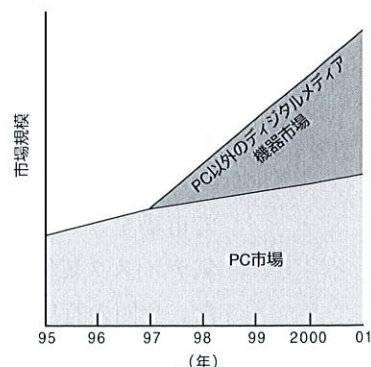


図1. デジタルメディア機器市場の拡大
インターネットの普及とともにPC市場がさらに拡大するうえ、情報インフラの整備にともない新たな市場が急速に広がる。
Expansion of digital media equipment market

種々のデジタルメディア機器に対応した記憶メディアが開発されている(囲み記事参照)。

■大容量メディアへの期待

オフィスや家庭で要求されるデジタル情報には多様なものがある(図2)。図2の横軸は、情報の性質を表しており、映画映像のように連続的(Linear)に流れる情報を左側に、ゲームなどの相互性(interactive)を必要とされるものを右側に示している。これら多様なデジタル情報を扱うためには、これらに対応しうる大容量で効率的なデジタル記憶メディアが必要となる。

記憶メディアに要求される性能には、記憶容量やデータ転送速度などの基本性能のほか、大きさや重さ、消費電力、温度・湿度や振動・衝撃などの使用環境に対する強さなどがある。目的に応じ多様な記憶メディアがあるが、大容量記憶メディアと

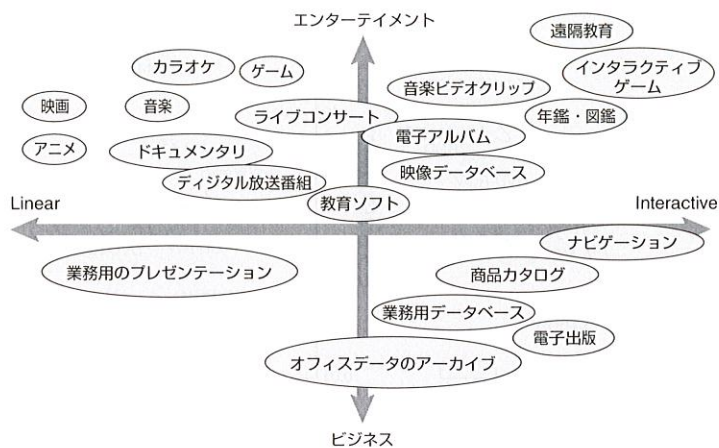


図2. 多様なデジタル情報 多様なデジタル情報を扱うためには、これらに対応しうる大容量で効率的なデジタル記憶メディアが必要になる。 Diversity of digital information

しては、データ転送速度が速く、ビットコストの安いHDDと光ディスク装置が適している(図3)。コンピュータの二次記憶装置としてはもちろんのこと、高品位な動画像などの大量なデジタル情報を記憶するメディアとして、HDDと光ディスク

装置への要求は今後ますます高まるものと思われる。例えば、MPEG2(Moving Picture Experts Group2)の圧縮技術を使っているDVDの動画像情報は、最大毎秒11Mビットのデータ転送速度が要求され、2時間以上の映画が収録できるようDVD

情報インフラの進展

21世紀に向け、情報インフラの整備が進んでいる。家庭では、2000年末に放送衛星(BS)によるデジタル放送サービスが開始され、すでにサービスが始まっている通信衛星(CS)デジタル放送と併せ、本格的なデジタル放送の時代が始まる。HDTV(高精細度テレビ)や、データ放送、双方向サービスなどのいわゆるマルチメディアサービスのほか、ゲームなどのソフトウェアの配信などが可能になる。

モバイル環境も大きく変わる。2001年にはW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)のサービスが開始され、モバイル環境で最高毎秒2Mビットのデジタル情報の送受信が可能になる。MPEG4の画像圧縮技術を使うことにより画像情報を無線で送ることが可能となり、映像によるコミュニケーション、個人のニーズに合わせたニュースの配信などが行われよう。また、2001年からは、

	98	99	2000	01	02	03	04	05
放送				BSデジタル放送				地上波デジタル放送
無線					S/バンド衛星放送			
					W-CDMA			
テレビ				デジタルTV				高品位TV
PC				高速化/小型化/高性能化				
AV機器				デジタル化				PCとAVの統合
インタフェース				ATA/SCSI/PCMCIA				
				USB/IEEE1394				
2.5型HDD (Gバイト)	4-6	6-10	10-15	15-25	25-40	40-60	60-100	
DVD-ROM (Gバイト)	4.7/9.4	8.5/17		15/30				
DVD-RAM (Gバイト)	2.6/5.2		4.7/9.4			15		
DVDビデオプレーヤ			再生専用DVDビデオプレーヤ					録再型DVDビデオプレーヤ

ATA : AT Attachment
 SCSI : Small Computer System Interface
 PCMCIA : Personal Computer Memory Card International Association
 USB : Universal Serial Bus

情報環境の変化 デジタル放送サービスの本格的な普及や大容量無線サービスの開始など、情報環境は大きく変わる。

Sバンド(2.6GHz帯)を使った衛星放送サービスが始り、約20チャンネルのCD並音質の音楽専用チャンネルをはじめ、天気予報などの画像や文字の

情報が高速で移動中の自動車でも受信できるようになる。将来、自動車には情報処理機能が標準装備されるようになるだろう。

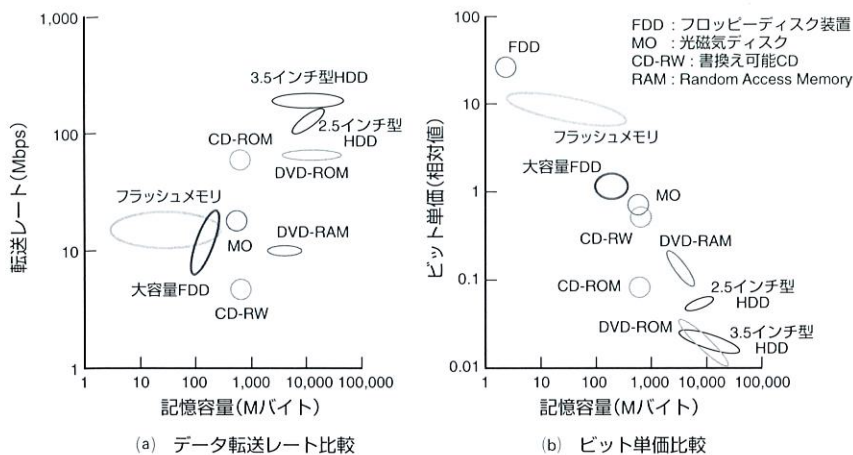


図3. 記憶メディアの比較 大容量記憶メディアとしては、データ転送速度(a)が速く、ビットコスト(b)の安い、HDDと光ディスク装置が適している。
Performance of various digital media

プレーヤは片面4.7Gバイトの記憶容量をもつ。将来期待される高精細画像の記録には、特殊再生などの機能も含めると毎秒約30Mビット以上のデータ転送速度と15Gバイト以上の記憶容量が要求される。しかし今後、より大容量で安価な装置を提供するためには、HDDも光ディスク装置も記録密度をさらに向上させていく必要がある(図4)。

HDDの記録密度は、年率60%以上で上昇しており、2.5インチ型のディスク一枚当たりの記憶容量が10Gバイトを超えるのも目前である。一方、光ディスク装置は、規格の統一とともに段階的に記録密度が向上

してきた。

オフィス、家庭、モバイル環境のデジタル化の進展には、高速で大容量の記憶メディアとしてのHDDと光ディスク装置の進歩が不可欠である。HDDでは、高密度化と高機能化の必然性からダウンサイジングが進んでおり、小型装置の重要性が高まっている。また、AV(Audio Video)、PC環境での統一可搬メディアというコンセプトで登場したDVDは、累積3,000万台を超え、急速な拡がりを見せている。今後は、記録再生タイプ、さらには高精細DVDの登場が予測されており、マルチメディア時代の統一パッケージ

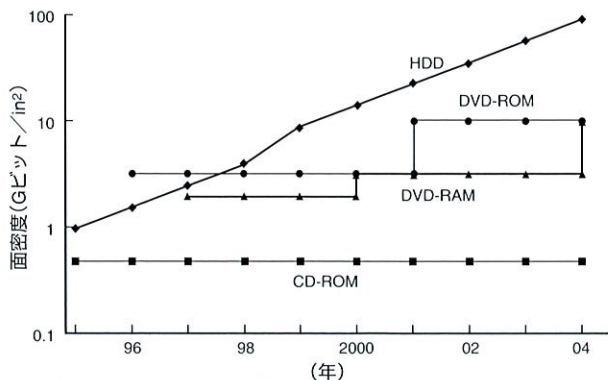


図4. 記録密度の推移 HDDの記録密度は年率60%以上で上昇。一方、光ディスクは、規格の統一とともに段階的に上昇してきた。
Trends in areal recording density of hard disk drives and optical disk drives

メディアとして、中心的役割が期待されている。

HDDの動向 記録媒体の課題

HDDの技術動向の主要テーマは、記録密度の向上とそれを装置としてまとめる各種要素技術の向上である。記録密度の上昇は、装置の大容量化だけでなくビットコストの低減をもたらす。

HDDの高密度化とは、記録媒体に書込む記録ビットを微小化し、それを正確に読取ることであり、多くの要素技術の進展が必要になる(図5)。記録ビットの微小化には、媒体ノイズの低減が必要であり、そのための媒体磁性材料の微粒子化が行われてきた。しかし、微粒子化が進むにつれ、室温程度の温度環境でも熱揺らぎ現象という問題が見え始めてきている。この熱揺らぎ現象の克服が、今後の高密度化の大きな課題となっており、環境温度の影響を受けにくい異方性エネルギーの高い磁性材料の開発や、配向媒体の開発などが行われている。また、その構造上、熱揺らぎの影響を受けにくいと考えられる垂直記録方式の研究も再び活発化してきている。

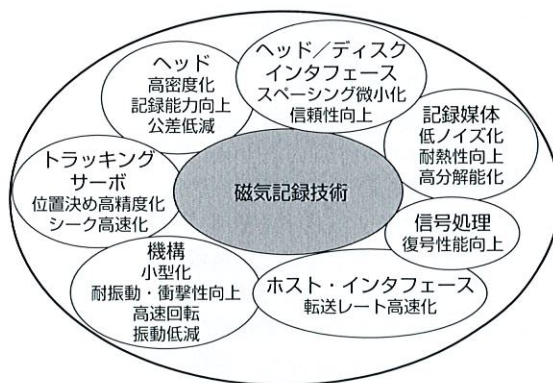


図5. HDDの要素技術 HDDの高密度化、高性能化には、多くの要素技術の進展が必要である。
Hard disk drive technologies

■ヘッド技術の進展

最近の急激な記録密度の向上を可能にした大きな要因は、ヘッド技術の進展である。再生素子としてMR (MagnetoResistive) 膜を使ったヘッドが登場した94年ころから、それまで年平均30%程度であった記録密度の上昇のペースが年平均60%へと加速した。当社は、当時からさらに再生感度の高いGMR (Giant MR) 素子の研究に着手、98年に実用化に成功して、2.5インチ型としては業界初のGMRヘッド搭載装置を出荷した。

MRおよびGMR素子は、高感度の読取り性能をもつが、静電気に弱いという弱点をもつ。今後さらなる高感度化と高分解能化を達成するためには、GMR膜の材料や構造の改良、設計諸元の最適化、製造プロセスの精度向上などに加え、より厳しいESD (Electro-Static Discharge) 対策が必要になる。一方、記録素子に対しても課題は多い。記録媒体の耐熱特性の向上は、記録しにくくなることを意味し、記録素子にはこれに打ち勝つ高い記録能力が要求される。また、今後のトラック方向の密度を向上するうえで大きな問題となっているのが、記録素子の物理的コア幅の公差であり、この低減のために素子構造のくふうや製造プロセスの改良が必要である。

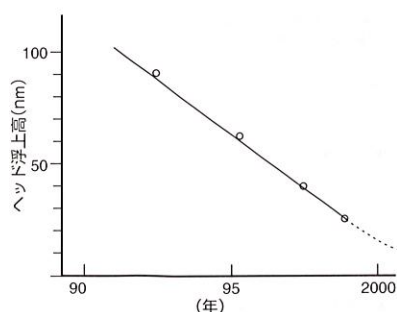


図6. ヘッド浮上高の推移 ヘッドとディスクの間隔を狭めることが、記録密度を高める重要な技術となっている。
Trend in head-disk spacing

■スペーシングの低減

記録媒体に微小なビットを書き込み、またこの微小なビットの磁化情報を読み取るためにはヘッドとディスクの間隔を微小にする必要がある。HDDでは、磁気ヘッドが非常に狭い空気の膜を介してディスク上を浮上しており、このヘッドとディスクの間隔を狭めることが記録密度を高める重要な技術となっている(図6)。

現在の製品では、そのすき間は30nm以下になっている。このような非接触の記録原理を可能ならしめるためには、HDA (Head Disk Assembly) と呼ばれる密閉モジュール内へのゴミの混入、モジュール内でのゴミ発生、素材から発生するガスや腐食性イオンによる悪影響を可能な限り防がねばならない。このためクリーンルーム環境での組立、部品材料の慎重な選択と処理が必要で、製造に多くの経験とノウハウが必要とされる。同時に、これらの現象を把握するための評価、解析技術の進展も重要である。さらに、ヘッドとディスク間のスペーシングを極限まで減らす技術として、接触記録の研究も行われている。

■ヘッド位置決め精度の向上

HDDには磁気ヘッドをディスク上の所定のデータトラック上にもってくる位置決め機構が備わっており、いかに速く正確に位置決めするかが、ポイントになる。高トラック密度化は、位置情報の書き込み精度の向上、モータ振動などの外乱要因の低減、発生した外乱の抑圧の各方面から、改善のアプローチが必要である。外乱要因の低減では、流体軸受スピンドルモータの採用が期待されている。実用化には、消費電力、低温時起動、動作時振動、長期信頼性などの課題を解決することが必要である。発生した外乱の抑圧ではサーボ帯域の拡大が必要となり、アクチュエータの共振特性を回避して広帯

域化する二段アクチュエータ構造や、位置情報サンプリングレートを等価的に高くするマルチレート制御技術などの研究が進められている。

■信号処理技術の高度化

記録ビットの微小化は、ビットからの信号の微弱化と信号波形の歪(ひず)みをもたらし、これら品質の悪い信号に対応した信号処理方式が要求される。特に、通信分野で開発されたPRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式の実用化が、ヘッド技術の進展とともにここ数年の大幅な記録密度向上に大きく寄与してきた。記録密度が高くなると隣接データ間の信号干渉が強くなり、1ビットごとにデータを検出することが難しくなるが、PRML方式では、信号間干渉があるものとして複数のデータをまとめて検出することで低品質の信号に対応している。また、検出データの誤りを訂正するECC (Error Correction Code) でも新たな方式が開発されており、LSI技術の進展とともに高度の信号処理技術が採用されてきている。

■モバイル性能を支える技術

HDDでは、以上述べた高密度化のほか、高速性や高い信頼性が要求される。特にポータブルPCに使用される2.5インチ型HDDにおいては、低消費電力、薄型化、軽量化、大きな衝撃や振動、厳しい温・湿度環境などに耐え、高信頼性を維持できるロバスト性が問われる。装置の小型化は、機構系の固有振動数を上げ、耐振動衝撃特性が向上し、軽量化、低消費電力などにつながる。高速化、低消費電力化では、機構系の改善のほか、信号処理IC、HDC (Hard Disk Controller) などのLSIの高速化、低消費電力化も大きな手段となっている。また、装置の小型化、低コスト化をねらったLSI素子の集積化も進んでいる。

光ディスクの動向

■当社光ディスク事業の展望

HDDに対し、リムーバブルメディアである光ディスクは、多くのユーザーで共有されるため、データの互換をとる作業であるメディアの標準化が必須(す)となる。当社は、DVD規格提案会社としてDVDフォーラム加盟各社とともに、その規格の標準化に努めている。標準化はディスクメディアに対して行われ、それに読み書きする装置のアクセス時間や外形寸法などの性能は、各社の競争事項となり、高速化・薄型化・高画質化などの面で急速な高性能化が行われている。

録再可能な光ディスクの商品化は、当社が80年代前半から世界に先駆け市販した大容量光ファイルシステム“トスファイル(30cm径相変化記録膜ディスク)”から始まった。再生専用光ディスクとしては、オーディオ再生ディスクであるCD(12cm径アルミ反射膜ディスク)が、ほぼ同じ時期に登場した。CDは、デジタル音声処理技術と、レーザ光(波長780nmの近赤外光)を用いた民生用ディスクシステムである。それまでのLPレコードに替わり、高音質(74分の音楽ソフトを収録)を手軽に扱える機器として、家庭に急速に普及した。その後、このCDフォーマットはPCなどの情報機器用記憶メディアにも使えるように展開され、CD-ROMとして規格化された(片面の記憶容量640Mバイト)。当社は、この情報機器用途の将来性に着目し、直ちに商品化を行なった(85年)。当初より、当社のドライブは高信頼性・高速性で高い評価を得、多くのPCリーディングメーカーの組込みドライブとして高いシェアを保持している。その後も他社に先駆けて高速高性能化に注力し、現在では40倍速以上のドライブを出荷している。また、ドライブに使われ

ている当社製信号処理LSIもドライブ同様、市場から高い評価を受けている。

また、PCのポータブル化・薄型化・小型化に対応して、CD-ROMドライブも、薄型・軽量・低消費電力化への展開が図られている。今後、高速化競争は終息に向かいコスト競争が激化すると予測される。

■DVD規格の推進

DVD(直径12cmディスク媒体)は、このような当社光ディスク事業の基盤の上に、画像帯域デジタル圧縮技術MPEG2や半導体レーザ技術の向上による短波長化(波長650nmの赤色光)などの技術シーズ、さらには映画ソフト業界からの要求(高画質とサラウンド音響で135分の映像ソフトが収納できること)やPC業界の要求(将来より高密度規格が考案されても現在のメディアが読めること)を融合実現させたメディアとしてその規格が策定された。DVD規格は96年8月にDVD規格3分冊として発行された(図7)。

規格制定後は、映画ソフトをDVDディスクに変換・編集するオーサリング装置の業界への浸透とともに、プレーヤの市場への普及とタイトルソフトの増大が車の両輪として、市場を拡大し、タイトルソフトは、現在まで世界中で6,000を超えるまでになった。また、ディスクとしては、より長時間視聴の可能な片面2層(8.5Gバイト)ディスクの量産も可能となり、この結果、上映時間が4時間を超す長編映画も一枚のディスクで手軽に楽しめるようになった。DVDビデオプレーヤとしては、カラオケ機能の追加などの多機能化とともに、高画質化や高速化を競っている。今後はインタラクティブ性が重視されると思われる。

■DVDファミリーの規格・商品化

DVD-ROMディスク規格が策定されると、同じ光ディスクとしてCD-ROMディスクも読める光ピックアップ技術が開発され、両方の光ディスクを読めるDVD-ROMドライブが商品化された。2000年には、CD-

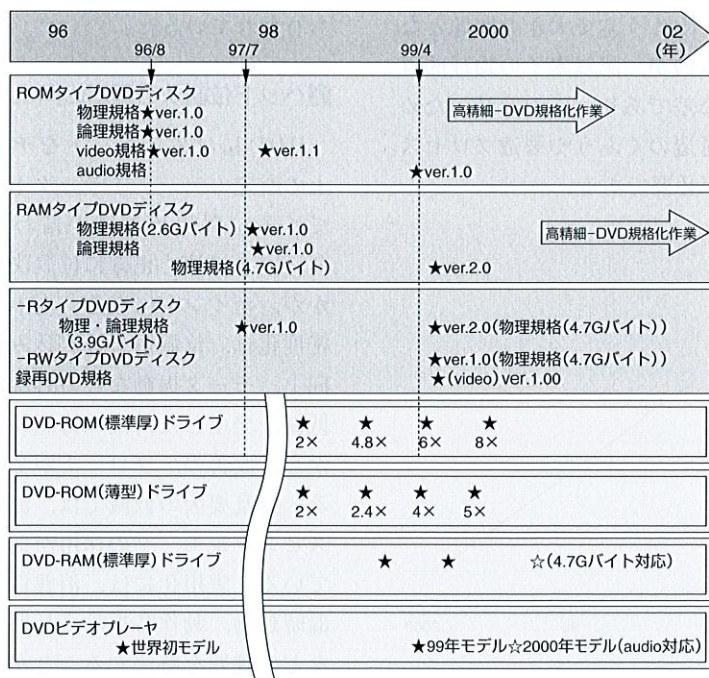


図7. DVD規格の進展 96年に規格が制定されたDVDは、DVD-RAM、DVD-audioとファミリーを増やし、今後の広い展開が期待される。
Progress of standardization of DVD

ROMドライブを含むROMドライブ市場の半数以上をDVD-ROMドライブが置き換える見通しとなっている。また、この普及により、DVD-ROMドライブでも高速読取り(倍速)競争が進み、99年には6倍速(CD-ROM 32倍速読取り)モデルが出荷されている。

DVD-audio規格は、DVDディスクの大容量性をより高音質に振り向けた新しい情報メディアとして策定作業が行われ、99年4月に正式規格として発行された(図7)。この規格策定においても、ソフトウェア供給サイドである音楽関連協会の意見を尊重した作業が行われ、著作権保護への配慮が充分行われた規格となっている。

ユーザーが任意にデータを記録再生できる録再DVDディスクとして、ユーザーが一回だけ書き込めるDVD-R(記録容量3.9Gバイト、記録層は特殊染料膜)と、録再繰り返し数十万回可能なDVD-RAMディスク(記録容量2.6Gバイト/片面、相変化記録膜)が97年7月に規格化され、対応ドライブも商品化されている。これらのディスク規格制定後直ちに、DVD-ROMと同じ容量(4.7Gバイト/面)とする開発が進められ、両ディスク規格共に、99年前半にそれぞれバージョン2.0として策定発行された(図7)。DVD-RAMバージョン2.0ディスクは、データ転送速度も従来の2倍と高速化され、今後広く普及すると期待される録再DVD応用機器の機能展開が図りやすいような配慮が行われており、今後の広い応用展開が期待される。

■次世代DVDへの期待

98年末に公表された青紫半導体レーザー(波長約400nm)は、次世代DVDの技術シーズとして重要な位置付けを担っている。DVDに使われている赤色レーザーより波長が約3/5と短くなり、高密度化が可能と

90	95	2000	05
CD 技術(0.65Gバイト)		DVD 技術(4.7Gバイト)	
次世代(>15Gバイト)DVD 技術			
半導体レーザー技術:短波長化・高出力化・安価化・低価格化 (近赤外:λ780nm) (赤色:λ650/635nm) 高出力化 (青紫色:λ~400nm) 高出力化			
ディスク基板技術:高密度化 1.2mm厚基板		0.6mm厚基板 ROM2層化・RAM2層化 次世代対応原盤記録技術	
高ビット密度/トラックピッチ技術/高NA(開口数)化 0.4μm/1.6μm/NA:0.6 0.4μm/0.74μm/NA:0.6(ROM) (次世代ROM) (次世代RAM)			
記録膜(DVD-RAM)開発:大容量化 容量:2.6Gバイト/面 4.7Gバイト/面 >15Gバイト/面			
光ピックアップ技術		高NA化	
DVD/CD-ROM互換 2波長ヘッド		薄型	青紫色レーザー対応 3波長ヘッド
RAMread対応ROMヘッド		青紫色レーザー対応ヘッド	
要素(サーボ・リードチャネル)/LSI技術		チルトサーボ技術	
ROMドライブ対応		×8 高速シーク・高信頼化・多メディア対応 RAMread技術 (青紫色)	
著作権保護技術:高信頼化			
アナログMacrovision方式 デジタル(CSS方式) CGMS2/WaterMark技術			

図8. 光ディスク要素技術の流れ DVDの高密度化には、レーザーの短波長化のほか、信号処理技術、サーボ技術、微細ビット形成技術などが必要になる。
Technology road map of DVD

なる(図8)。しかし、21世紀に普及が見込まれるデジタルテレビ放送や高精細テレビの家庭内録画装置として必要な記録容量(15Gバイト以上)やデータ転送レート(毎秒30Mビット以上)を実現するには、高密度ディスクからの読取り技術(PRMLなど)を含む高速信号処理技術をはじめ、ディスクから安定に信号を読み取るサーボ技術性能を向上させる必要がある。また、プラスチック基板に微細ビットを形成するディスクメディア技術とともに、従来からのディスク資産を有効活用する多波長ピックアップヘッドの設計技術の開発も必要である。

■次世代メディアへの貢献

デジタル情報の増大の中で、高速で大容量の記憶メディアとして磁気および光ディスクへの期待はますます大きくなる。

当社は、ポータブルPC市場の成長性に着目し、91年に2.5インチ型HDDの製品開発を始めて以来、ポータブルPC市場の成長と相まって

業界をリードしてきた。今後も記録密度上昇を中心とした技術開発を進めるとともに、広がるデジタルメディア市場に最適なHDDを供給していく。

一方、光ディスク事業では、その中心にDVDを据え、DVDを光応用ディスクの国際統一規格として普及維持発展を図っていくとともに、製品化を積極的に推進していく。



上村 洋海
KAMIMURA Hiromi

デジタルメディア機器社 HDD 技師長兼光・磁気ストレージ開発センター長。
HDD、CD-ROMなどの開発に従事。
Digital Media Equipment & Services Co.



藤木 正夫
FUJIKI Masao

デジタルメディア機器社 光ディスク技師長兼光・磁気ストレージ開発センター副センター長。
HDD、CD-ROM、DVDの開発に従事。
電子情報通信学会、情報処理学会会員。
Digital Media Equipment & Services Co.