

総 論

録再ディスクメモリ

Recordable Disc Memory

江 川 龍太郎*¹

Ryutaro Egawa

高 橋 明*²

Akira Takahashi

要 旨

メモリは、データの記憶容量・速さ・コストを主に評価され、また搭載される装置によっては体積や消費電力も考慮される。

ディスクメモリは他のメモリに比べて種々の特徴があり、他のメモリと相補的な関係にある。更にディスクメモリの中でも光ディスクと磁気ディスクは補完的な関係にある。

今後、各メモリ性能の向上要求は高まる一方であるが、メモリのすみわけは、データ圧縮技術、ネットワークインフラ、著作権保護技術、コンテンツ配信技術などの技術進展の影響を受けつつも、最終的にはユーザビリティの観点から決まっていくものと思われる。

Memory devices are evaluated mainly in terms of capacity, speed, and cost, and in addition, volume and power consumption are also taken into account.

Disk memory has various features compared to other memories, and has a complementary relation with other memories. Among various kinds of disk memories, the relation between optical disk and magnetic disk is especially complementary.

The need for improvement of abilities of memory devices keeps increasing. The compartmentalization in memory device field will be finally determined from the viewpoint of usability, through the influence of technical progress in data compression, network infrastructure, copyright protection, contents delivery, and so on.

まえがき

ディスクメモリは、大きく分けて、光を使った光ディスクと、磁気を使った磁気ディスクに分けられる。図1に代表的なディスク装置を使った商品を示す。光ディスクのCD, MD, DVDは、AV分野で広く使われており、パソコンなどのIT分野では磁気ディスクであるHDDと、CD, DVDが共用される。

光ディスクや磁気ディスクなどディスクメモリは、情報が記録された円盤を回転させながら、情報を記録・再生するヘッドを、円盤の半径方向に移動させて、情報を2次元的にアクセスする。このため、VTRなどの情報媒体を巻き取るテープ形式のメモリ装置に比べれば、速いアクセス速度が可能となる。

しかし、円盤を回転させ、ヘッドを機械的に動かすため、機械的に動く部分がない半導体メモリに比べ

ばアクセス速度は遅い。ただし、アクセス後のデータ転送速度は高速である。

光ディスクの場合、ディスクが装置から取り外せるため、ビットコストは、おもにメディアコストに依存する。一方の磁気ディスクのHDDはメディアが装置に固定されており、記録密度の向上でビットコストを下げている。いずれも媒体、装置の量産効果で大きなコストダウンがなされてきている。

メモリ装置は、データの記憶容量・速さ・コストで評価され、また体積や消費電力も考慮される。ディスクメモリは他のメモリ装置に比べて特徴があり、他のメモリと相補的な関係にある。さらにディスクメモリの中でも光ディスクと磁気ディスクは補完的な関係にあり、すみわけがなされている。

システムに余裕があれば、各種のメモリを組み合わせることで使うことが一般的であるが、ポータブル機器で

*¹ デジタル家電開発本部 次世代商品開発センター

*² 技術本部 デバイス技術研究所

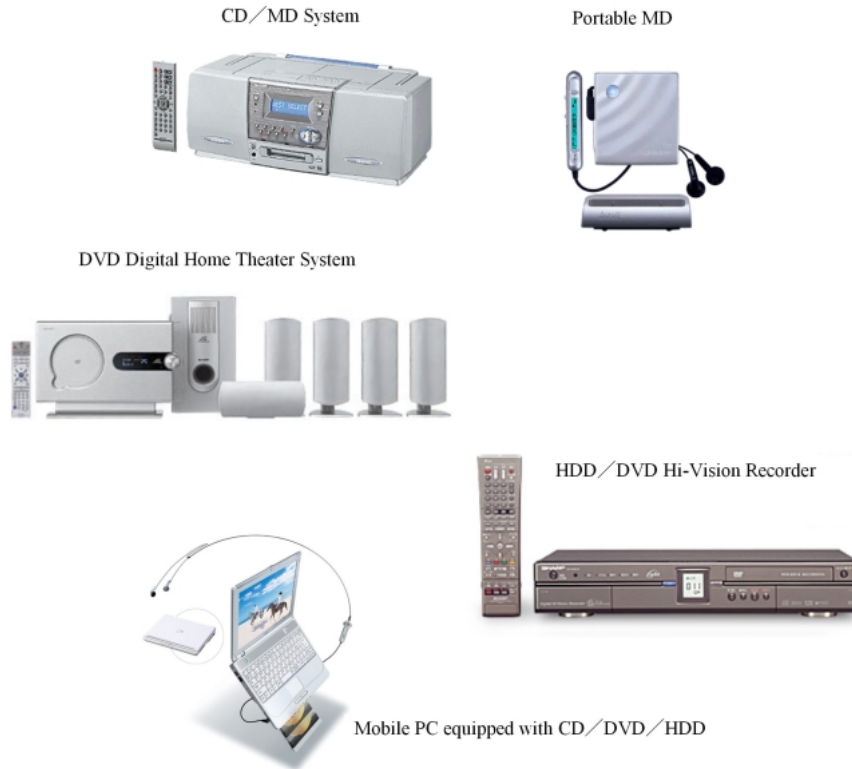


図1 各種ディスク応用商品
Fig. 1 Variety of disk application products.

は、装置の体積や重量に制約があるため、たとえばMDのように最適なメモリ装置を1つだけ搭載することが多い。

現在、民生分野で使われているメモリを表1に示す。メモリをテープ、ディスク、半導体と大きく分けると、いずれの分野でも、テープからディスクへメモリがシフトしてきており、AV用途では、CカセットからMDへ、VHSからDVDへと移行している。

1. 光ディスクの歴史

技術的には、光ディスクのスタートは直径300mmのレーザディスクであるが、本格普及となったのはコンパクトディスク（CD）である。CDでは半導体レーザが使われた他、音声データをデジタルで記録し、光ディスクに適した符号変調と誤り訂正機能を備えているところが新しかった¹⁾。コンパクトで使い勝手が良

表1 民生用メモリ装置
Table 1 Consumer memory devices.

	Magnetic tape	Optical disk	HDD	Semiconductor memory
Cellular phone	—	—	—	MiniSD, SD, etc.
Digital still camera	—	—	—	SD, CF, etc.
Portable audio player	C cassette	MD, CD	1.0", 1.8"	Memory stick, etc.
Camcorder	8mm, DV	8mm DVD	—	—
Video recorder	VHS	DVD, BD	3.5"	—
PC	—	CD, DVD	2.5", 3.5"	D-RAM, Flash memory
Car audio	C cassette	MD, CD	—	—
Car navigation system	—	DVD, CD	3.5"	—

く、音楽用のレコードを置き換えてしまった。その後、パソコンに搭載される外部メモリとして普及が進み、CD以降の光ディスクは直径120mm、ディスク厚み1.2mmを採用することが多く、DVD、ブルーレイディスク (BD) でもディスクはCDの大きさを踏襲している。

また、ポータブルオーディオのMDでは、音声データの圧縮技術が導入され、これ以降の光ディスクでは、どのようなデータ圧縮技術を採用するかが、その規格の有用性を決める大きな要素の一つになってきている。

表2にCD、DVD、BDのレーザ波長、対物レンズのNA、用途をまとめた。

これまで光ディスクは、主にレーザ波長の短波長化、対物レンズのNAの増大、信号処理などで記録密度を伸ばしてきたが、限界に近づいてきている。そこで、従来から研究されてきた、スーパーレンズ²⁾、超解像再生³⁾、体積記録⁴⁾、SIL記録方式⁵⁾、ホログラフィックメモリ⁶⁾などが次の技術として注目を集めるようになってきている。また、磁気ディスクとの融合技術である光アシスト⁷⁾などのようなハイブリッド記録も国内外のプロジェクトが進められている。

表2 民生用の光ディスク

Table 2 Consumer optical memories.

	Wave length	NA	Application
CD	780nm	0.45	music, data
DVD	650nm	0.60	movie, data
BD	405nm	0.85	Hi-Vision

2. 磁気ディスク

3.5" のFDDは、当初128KBの容量しかなかったが、次第に容量を増やし、1.44MBのときに普及期を迎えている。その後、より大容量のFDDが開発されたが、1.44MBほどは普及しなかった。現在、FDDはその役割の一部をUSB接続のフラッシュメモリ等に渡しつつあるが、いまま根強く使われ続けている。

これに対し、HDDはGMRヘッドの登場を期に、年率60%以上とも言われる急激な記録密度の伸びを見せ、現在、市販品でも100Gbit/inch²に近い記録密度に達している⁸⁾。近年、TMRやCPP-GMRをはじめとして、GMRの次の世代とされる再生ヘッド技術も登場している。

HDDでは再生ヘッドの技術が注目されることが多

いが、記録用の薄膜ヘッドや低浮上スライダー、ディスク用高精度基板、連続媒体、動圧軸受け、信号処理など他のところでも技術革新が進んできており、さらに垂直磁気記録など次世代の技術も登場している。

しかしながら、記録ビットの体積が小さくなってくると、熱揺らぎの問題に直面することになり、現在HDDの性能の伸びを維持するにはさらに新しい技術が必要とされている⁹⁾。

HDDでは、ヘッドと媒体の距離を10nmと非常に小さくする。これは原理的に磁束が発散しやすいため、ヘッドを媒体に接近させる必要があるからである。このことはHDDではヘッドと媒体が接触して双方に大きなダメージを与えるヘッドクラッシュの危険性を持つことを意味する。

近年、磁気ヘッドの小型化が進み、現在では大きさが1mm程度となり、重量は10mgを下回る。そのため、何らかの原因でディスクに接触したときの衝撃が小さく、ヘッドクラッシュ低減に大きな貢献をしている。これは、HDDがポータブル機器に搭載されることが増える原動力となっていると思われる。

図2にディスクメモリ装置の世界市場予測を示す。これによると今後、これまでのAVやパソコン以外の用途が伸びるとされており、新しい市場が形成されていくと予測される。

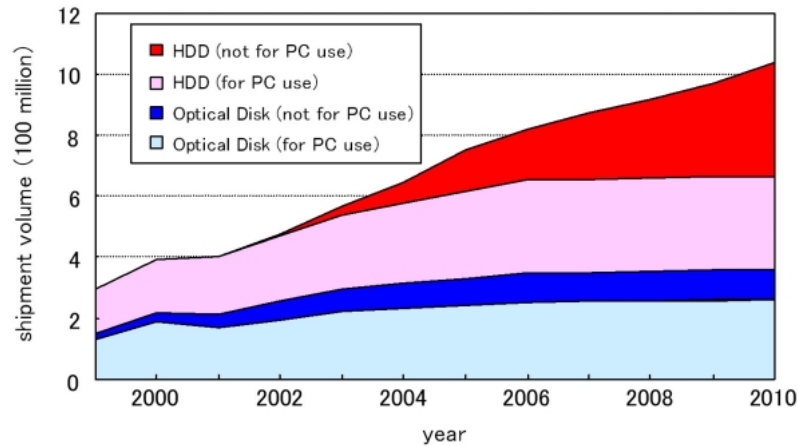
3. データの流れ

再生専用光ディスク基板は、射出成形装置で作られるが、金型に取り付けられたスタンプに刻まれた凹凸ピット情報を、成形時に一度に転写してしまう。ディスク面には、CDで700MB、DVDで4.7GB、BDで25GBの情報が入っており、これが3～5秒で転写されることになる。原盤からディスクへの情報の転送速度はきわめて高くなり、同一の情報を大量に配布する目的では他の手段を圧倒する。

このようにして作られた再生専用の光ディスクは、ディスクドライブ装置とは別に保管、輸送されるため、大容量のコンテンツの配布と保管に適している。特に長期の安定性という意味で、再生専用の光ディスクは、他のメモリに比べて抜きん出ている。

インターネットの時代に入り、デジタル情報が、職場や家庭に直接、高速に随時入るようになってきている。また放送もデジタル化が進行中であり、このような情報を受け取るのに、主にHDDが使われている。HDDは高速でアクセス、記録、再生が可能で、データの一時保管、データ編集に適した性質を持っている。

通常、HDDはディスクが装置に固定されているため、情報を記録していくと、いつかは容量を全部使い



- ・ PCは伸びが鈍化して横這い、2003年は1億4000万台の出荷、2010年には2億台へ（年率5%の伸び）
- ・ 光ディスクではVTRの置き換えとしてDVDレコーダが急伸する
- ・ 磁気ディスクでは、AV機器、ゲーム機、車載、携帯電話、プリンタ、複写機等の新市場の急速な伸びが予想されている

図2 ディスク装置の市場予測
Fig. 2 Market forecast of disk devices.

切ってしまう。またヘッドクラッシュなどの装置トラブルがあった場合、情報が失われてしまう可能性がある。そこで、バックアップのため、装置から取り外せる媒体に情報を保存しておくことが行われる。この用途での記録型光ディスクは最適であり、特に高速で記録でき、ビットコストの安いメディアが重用される。このようなデータの流れを図3にまとめて示した。

4. 使い勝手

Cカセット、VHSなどのテープ媒体ではアクセスの位置がテープの巻き取り状態を目視することである程度の見当はつく。また、通常、機器からテープを取り外すとアクセス位置が変わらない特徴がある。このた

め、途中で止めたところから再開できることはユーザーインターフェースとしては直感に近いところがある。

ディスクではいったん装置から取り外すと、ディスクに対するヘッド位置は初期状態に戻り、再度ディスクを機器にセットした場合、どこから記録や再生を開始するのは、ソフトが決めていくことになる。このあたりが、ユーザから見た使い勝手の良さ悪しにつながってくる。

ディスクの記憶容量が大きくなり、複数のタイトルがディスクに存在するようになるとなおさら、使い勝手は大きな問題になってくる。

記録型のディスクの場合、データの編集が容易にできるため、ユーザが希望する編集を正確に実行するには、まずは、ユーザがデータの中身を知った上で、細

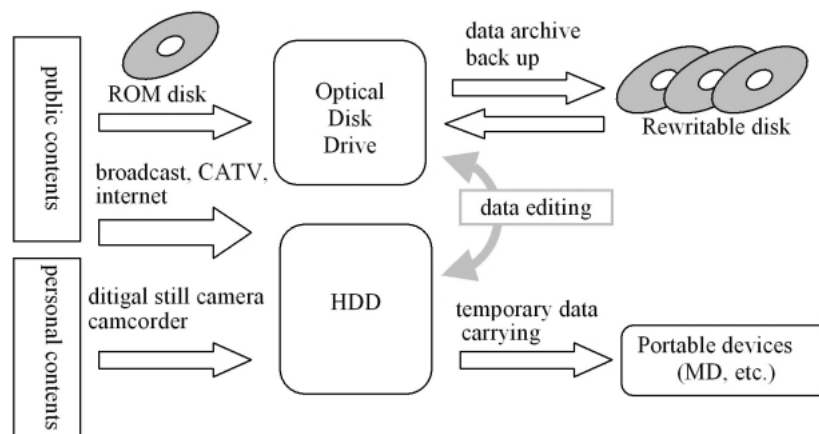


図3 データの流れ
Fig. 3 Data flow.

かい指定をする必要が出てくる。しかし、現状では広範囲に認められた共通のユーザインタフェースが確立されているとは言いがたい。今後、ディスクの容量や速度などの性能が向上していくにつれて、一段と優れたユーザインタフェースが求められるようになってくるであろう。

更に近年では、著作権保護が重要な課題として認識されるようになり、新しい光ディスクの規格にはメディアIDやDES, AES, AACsなどの暗号化/著作権管理技術が取り入れられるようになってきている¹⁰⁾。

しかしながら、現在の著作権管理技術は、映画会社などの大手のコンテンツホルダが使うことを想定して作られており、個人が自己の著作物を扱う場合に、保護を自由にかけたり、外したりすることまでは想定していないことが多く、すべての人にとって使いやすい状況になっているとは言えない。これも使い勝手の重要な要素になってくるであろう。

5. 圧縮技術

音声と画像をそのままデジタル化した場合、データ量が膨大となる。デジタル化された映像や音声などを伝送し保存するためには、限られたリソースを有効に活用する必要がある。このためデジタル化が進むと同時に、音声と画像情報の圧縮技術が実用化された。音声では、MDでATRAC^注方式の信号圧縮が本格導入され、続いてMP3が使われ始めた。また、DVDではマルチチャンネルの音声信号を高品質で効率よく圧縮するためにAC3やDTS方式が採用された。最近では、メモリデバイスの容量の急速な増加に伴い、圧縮率よりも再生音質を重視したロスレス型の圧縮方式であるMLP, DTS++などの新方式も注目を集めている。

動画では、現在のデジタル放送で採用されているMPEG2が最も普及した動画圧縮方式の一つである。光ディスク分野でもDVDでMPEG2が使われている。今後、データの圧縮技術は更に進み、より高効率の圧縮率を実現する方式が登場し、実用化に向けて動き始めている¹¹⁾。

符号化効率がMPEG2に比べて約2倍と言われているMPEG4-AVC (H.264)は、今後の画像圧縮方式として有望視されており、次世代のデジタル放送にも採用される見込みである。

更に、最新の画像圧縮技術を盛り込んだVC1 (旧名称VC9)も注目を集めている。これらの新しい画像圧縮方式を使えば、10Mbps程度の比較的低いビットレートでも高品質なハイビジョン信号の符号化が可能になる。現在、デジタル放送を受け取り保存する記録機器でもこれらへの対応が活発に検討されている。

圧縮技術の進展とともに、扱うデータ量は減る印象を与えるが、ハイビジョンの普及と、それに伴うハイビジョン放送の長時間記録へのニーズの高まり、TVの高画質化、大画面化を考慮すると、記録機器が扱うデータ量は今後も増加する傾向にあると言える。そのため、ディスクメモリの容量やデータ転送速度の更なる向上は引き続き必要になってくると考えられる。
注：ATRACはソニー株式会社の日本国およびその他の国における登録商標、または商標である。

むすび

記憶装置の機能とは、情報の記録、保持、再生であり、機能の随意性や随時性などいわゆるユビキタスな特性が求められる。しかしながら、現在すべての要求をみたすようなメモリ装置はない。そこで、複数のメモリ装置を組み合わせ、巧みに欠点を補完しあうような商品が創出され、ユーザニーズに対応している。

パソコンなどのように、多目的に多くの情報を扱う機器は、各種のメモリ装置を組み合わせている。また、民生向けの録画機器でも、光ディスク、HDDを組み合わせて、自由な録画と編集機能を実現させている。

一方、ポータブル機器では、搭載装置の重量や体積、消費電力に厳しい制限があり、最適なメモリ装置のみを選択するケースが多い。

今後、データ圧縮技術、ネットワークのインフラ、著作権保護技術、コンテンツ配信技術などメモリ装置に関わる技術が増えており、これらでの状況変化がすみわけに大きな影響を与えるようになってきているが、最終的にはユーザの使い勝手の観点からすみわけが決まっていくものと思われる。

各種のディスクメモリはそれぞれの分野での技術革新が続けられるが、その特徴は大きく変わらないと考えられ、用途によるすみわけは、今後も相当期間継続すると考えられる。

参考文献

- 1) 中嶋, 小川, “コンパクトディスク読本”, p.69, オーム社(1996).
- 2) J.Kim, I.Hwang, H.Kim, D.Yoon, H.Park, K.Jung, I.Park and J.Tominaga, "Random pattern signal characteristics of super-RENS disc at blue laser system", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, WA2, pp.273-275 (2004).
- 3) G.Mori, M.Yamamoto, H.Tajima, N.Takamori and A.Takahashi, "High density ROM disc using ZnO super resolution film with high readout stability", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, WA3, pp.276-278 (2004).
- 4) T.Ho, N.Inthanrasombat and A.A.Sawchuk, "Least square equal-

- ization and variable thresholding for 3D page-oriented optical data storage system", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, TuD7, pp.264-266 (2004).
- 5) M.Shinoda, K.Saito, T.Ishimoto, T.Kondo, A.Nakaoki, M.Furuki, M.Takeda, Y.Akiyama, T.Shimouma and M.Yamamoto, "High density near filed optical disc recording using phase change media and polycarbonate substrate", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, TuB3, pp.225-227 (2004).
- 6) M.Sugiki, K.Sako, S.Kobayashi, A.Fukumoto and K.Watanabe, "Line segment hologram writer utilizing 1D spatial light modulator", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, TuD3, pp.252-254 (2004).
- 7) A.V.Itagi, "Finite difference frequency domain scattered field formulation for near field optical data storage", Technical Digest of Optical Data Storage 2004, WB1, pp.287-289 (2004).
- 8) "いばらの道を進むHDD 密度は年率30%増を切る", 日経エレクトロニクス, 2004年2-2号, pp.57-62 (2004).
- 9) S.Miyanishi, K.Kojima, J.Sato, K.Takayama, H.Fuji, A.Takahashi and K.Ohta, "High-density laser-assisted magnetic recording on TbFeCo media with an Al underlayer", J. Appl. Phys., Vol.93, pp.7801-7803 (2003).
- 10) "光ディスク絶体絶命 第3部:残る不安は光源と著作権保護", 日経エレクトロニクス, 2000年7-17号, pp.161-168 (2000).
- 11) "マンモス・コーデックと呼ばれて", 日経エレクトロニクス, 2004年1-19号, pp.93-113 (2004).

(2004年10月8日受理)