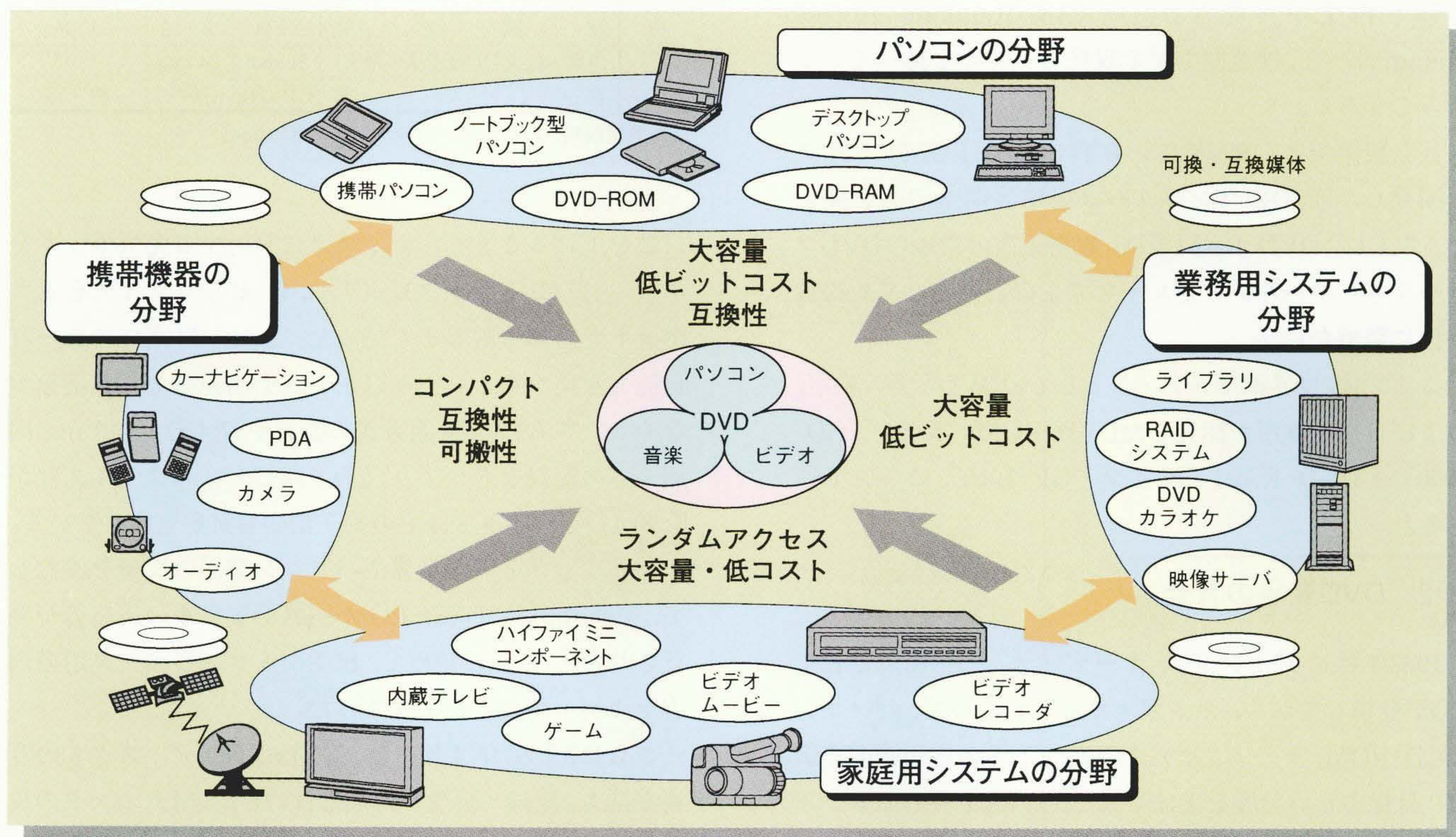


マルチメディア時代のニーズにこたえる 世界標準メディア“DVD”とその応用

Technology and Applications of the World Standard Media “DVD” for Multimedia Age

宇佐美慎一 Shin'ichi Usami 重松和男 Kazuo Shigematsu
井上茂樹 Shigeki Inoue 竹澤輝洋 Teruhiro Takezawa



注：略語説明 DVD-ROM (Digital Versatile Disc Read-Only Memory), DVD-RAM (DVD Random Access Memory)
PDA (Personal Digital Assistant), RAID (Redundant Array of Independent Discs)

DVDの特徴と応用が期待される分野

コンシューマ分野とコンピュータ分野につながる広い分野で、DVDの応用が期待されている。DVDは大容量であるばかりでなく、民生用からコンピュータ用までカバーする統一規格で、互換性が確保されていることが特徴である。

マルチメディア時代の中核となるパソコンでは、大容量・小型記憶装置が必須となってきた。この記憶装置の一つとして、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory) がパソコンの標準的装置として普及している。しかし、音声専用のCDを前提にしたため、パソコン用としては記録密度とアクセス時間に限界があった。一方、映像のデジタル化と圧縮の技術が進み、統一規格ができる段階に至っている。これらの背景の下に、音声から動画までを記憶でき、かつパソコンと映像専用装置を前提とする大容量光ディスク装置“DVD (Digital Versatile Disc)”の規格統一が実現した。

日立製作所が開発したDVD-ROMドライブ“GD-

2000”は、市場に普及しているCD-ROMとCD-R (Recordable) ディスクを読み取る互換性、および2倍速のDVDディスク再生を特徴としている。また、書き換え可能なDVD-RAM (Random Access Memory) ドライブ“GF-1000”を世界に先駆けて開発した。一方、これらの中核技術として、DVD/CDの互換性を図るために、2レーザ2レンズ方式の小型ピックアップと、DVD-ROMドライブ用に3種類のLSIを、またDVD-RAMドライブ用に3種類のLSIをそれぞれ開発した。

これらのDVDの応用について、パソコンの分野、業務用システムの分野、携帯機器の分野、家庭用システムの分野への展望を試みた。

1. はじめに

DVD(Digital Versatile Disc)は、単にCD(Compact Disc)の後継製品としてだけでなく、21世紀に向けた新しい大容量光ディスク装置として大きな期待が持たれている。その理由は、音声、映像、データを一つの媒体上でデジタル化して保存ができることである。また、データの再生だけのDVD-ROM(Read-Only Memory)から、記録と再生が可能なDVD-RAM(Random Access Memory)へと、機能向上する規格シナリオを持っているからでもある。

日立製作所は、1996年にいち早くDVD-ROMドライブを開発し、DVDのコンピュータ応用展開への道を開いた。さらに、DVD-RAMでは、規格策定のためのDVDフォーラム・ワーキンググループで主査会社として規格標準化に努めた。

ここでは、世界標準メディアとしてのDVDとその応用、および日立製作所が開発したDVD-ROMドライブ“GD-2000”とDVD-RAMドライブ“GF-1000”について述べる。

2. DVD登場の背景

1982年秋にデジタル オーディオ ディスクとしてCDが登場してから、オーディオにとどまらず、パソコン用CD-ROM、ゲーム、ビデオCDなど、その応用範囲を広げ、目覚ましい発展を遂げてきた。特にCD-ROMドライブは、パソコンへの標準搭載が進み、今やその需要は年間5～6千万台の規模に成長している。

CDとほぼ同時期に、アナログ記録のビデオディスクが登場した。そのデジタル化では、映像のデータ量がオーディオとはけた違いに多いため、それを低減する技術とディスクの記憶容量を増大する技術とを待たねばならなかった。

映像データの圧縮では、MPEG(Moving Picture Experts Group)会合で技術基準が審議された。1992年3月にMPEG1¹⁾が、また1994年11月にはMPEG2²⁾がそれぞれ標準化された。さらにDVDでは、変化の大きな映像には多いデータ量、変化の小さい映像には少ないデータ量とする可変転送技術を取り込んで、データ量を減らしている。

DVD-ROMディスクでは、幾つかの要素技術を集積して記憶容量の増加を図っている(表1参照)。(1)半導体レーザーの短波長化や、(2)レンズ加工技術の向上によって開

表1 DVD-ROM記録容量増大の要素技術

光学技術や情報処理技術の進歩を取り込む込むことにより、ディスク1枚の容量が7倍になった。

本文中の項番	項 目	C D	DVD	DVDのCDに対する容量増倍率
(1)	レ ー ザ 波 長	780 nm	650 nm	1.44
(2)	レ ン ズ 開 口 数	0.45	0.6	1.78
(3)	トラックピッチ/スポットサイズ	0.92	0.68	1.35
(4)	ピットサイズ/スポットサイズ	0.48	0.37	1.30
(5)	誤 り 訂 正 冗 長 度	39.6%	15.4%	1.41
(6)	変 調 方 式	EFM	8-16	1.06
(7)	内周へ拡大(記録面積の増大)	25 mm	24 mm	1.02
(8)	容 量	650 Mバイト	4.7 Gバイト	約 7 倍

注：略語説明 EFM(Eight to Fourteen Modulation)

口数を上げることで、ディスクに照射する光スポットを小さくし、(3)トラックピッチや、(4)ピットサイズを光スポットで読める限界まで詰めた。また、(5)高いエラー訂正能力を持つ新しい誤り訂正方式を開発して冗長度を少なくし、さらに(6)変調方式の改善や(7)CDから1mm内周までの記録などにより、CDと同じディスクサイズながら(8)4.7Gバイトと、CDの約7倍の容量を達成している。

ハリウッドの映画業界やパソコン業界の要望を満たして、1996年9月にDVD-ROMとDVDビデオの規格書が発行された³⁾。ここに初めて、民生用とコンピュータ用の両方をカバーする規格が決まった。

さらに、1997年4月には、DVD-ROMディスクとの互換を持ち、記録・再生が可能なDVD-RAMディスクの規格書“Ver.0.9”が発行され、これらのディスクをすべて一つのドライブで再生できるようになった。

3. DVD-ROM媒体とドライブ

3.1 DVD-ROMディスクの特徴

DVDディスクは直径120mm、厚さ1.2mmでCDとほとんど同じ外形であるが、4.7Gバイトと大容量である。DVDの規格になった片面1層4.7Gバイト、片面2層8.5Gバイト、両面1層9.5Gバイト、両面2層17Gバイトの4種類のディスクの構造を図1に示す。

3.2 DVD-ROMドライブ“GD-2000”の概要

DVD-ROMドライブ“GD-2000”は、パソコン内蔵用のドライブである。主な仕様を表2に、外観を図2にそれぞれ示す。GD-2000ではDVDディスクはもちろんのこと、CD-R(Recordable)、CD-RW(Rewritable)ディスクも含めてCD系ディスクの再生が可能である。

GD-2000は、DVD-ROMドライブとしては世界で初め

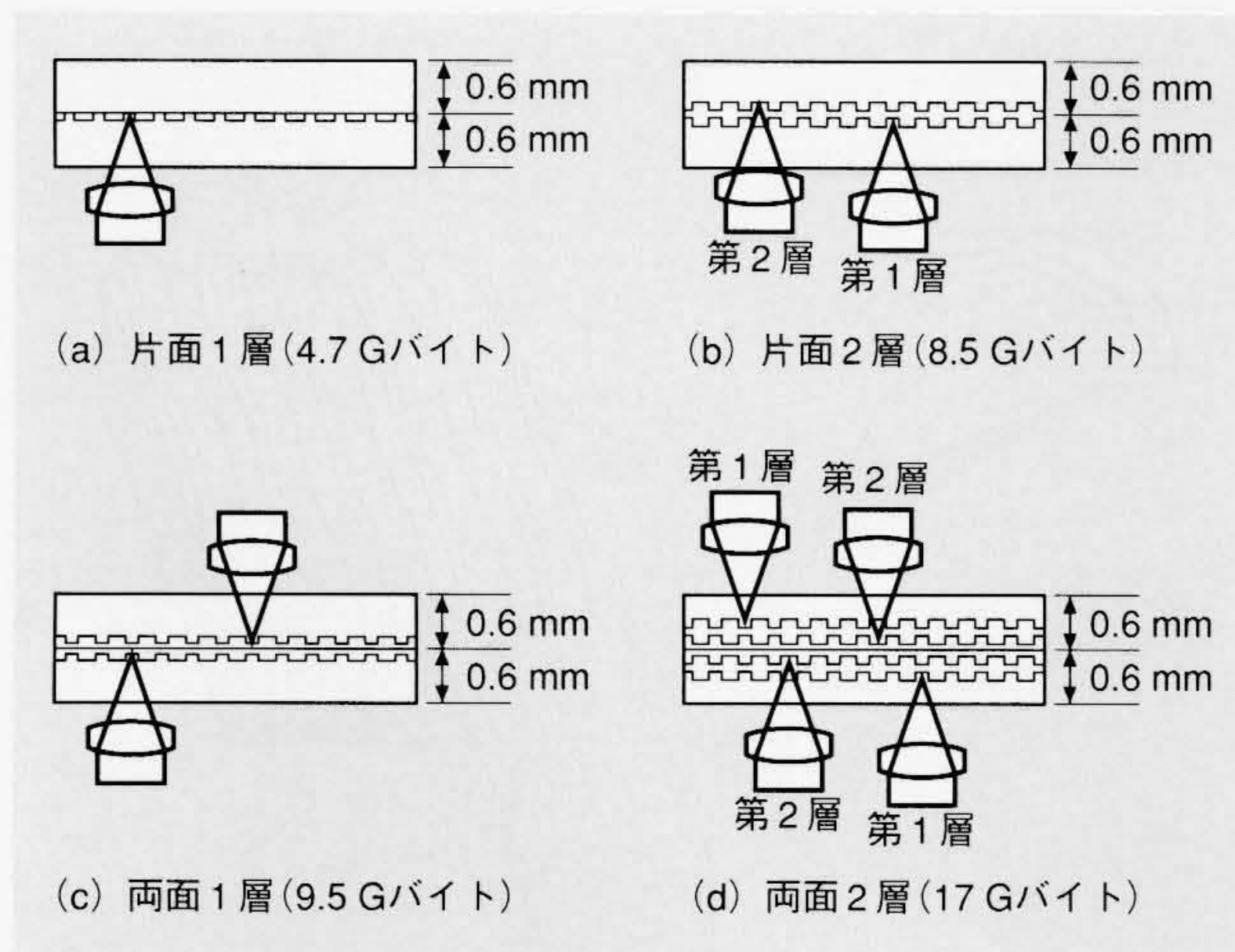


図1 DVD-ROMディスクの種類

2層化技術と張り合わせにより、17 Gバイトまで可能である。

表2 DVD-ROMドライブ“GD-2000”の主な仕様

DVD-ROMおよびCD-RやCD-RWを含む、大半のCD系ディスクの再生が可能である。

項 目		仕 様
連続データ転送速度	DVD-ROM	2.76 Mバイト/s
	CD-ROM	1.29~3.0 Mバイト/s
平均アクセス時間	DVD-ROM	210 ms
	CD-ROM	130 ms
インタフェースタイプ		ATAPI
バーストデータ転送速度	PIO モード4	16.6 Mバイト/s
	DMA モード2	16.6 Mバイト/s
バッファメモリ	DVD-ROM	512 kバイト
	CD-ROM	128 kバイト
外形寸法(幅×奥行き×高さ)		146×190×41.3(mm)
再生可能なディスク	DVD-ROM, DVD-VIDEO, DVD-R	
	CD-ROM, CD-ROM XA, CD-I, CD-DA, CD-R, CD-RW	

注：略語説明

XA(Extended Architecture), CD-I(CD Interactive)

CD-DA(CD Digital Audio)

ATAPI(Advanced Technology Attachment Packet Interface)

PIO(Programmed Input/Output), DMA(Direct Memory Access)

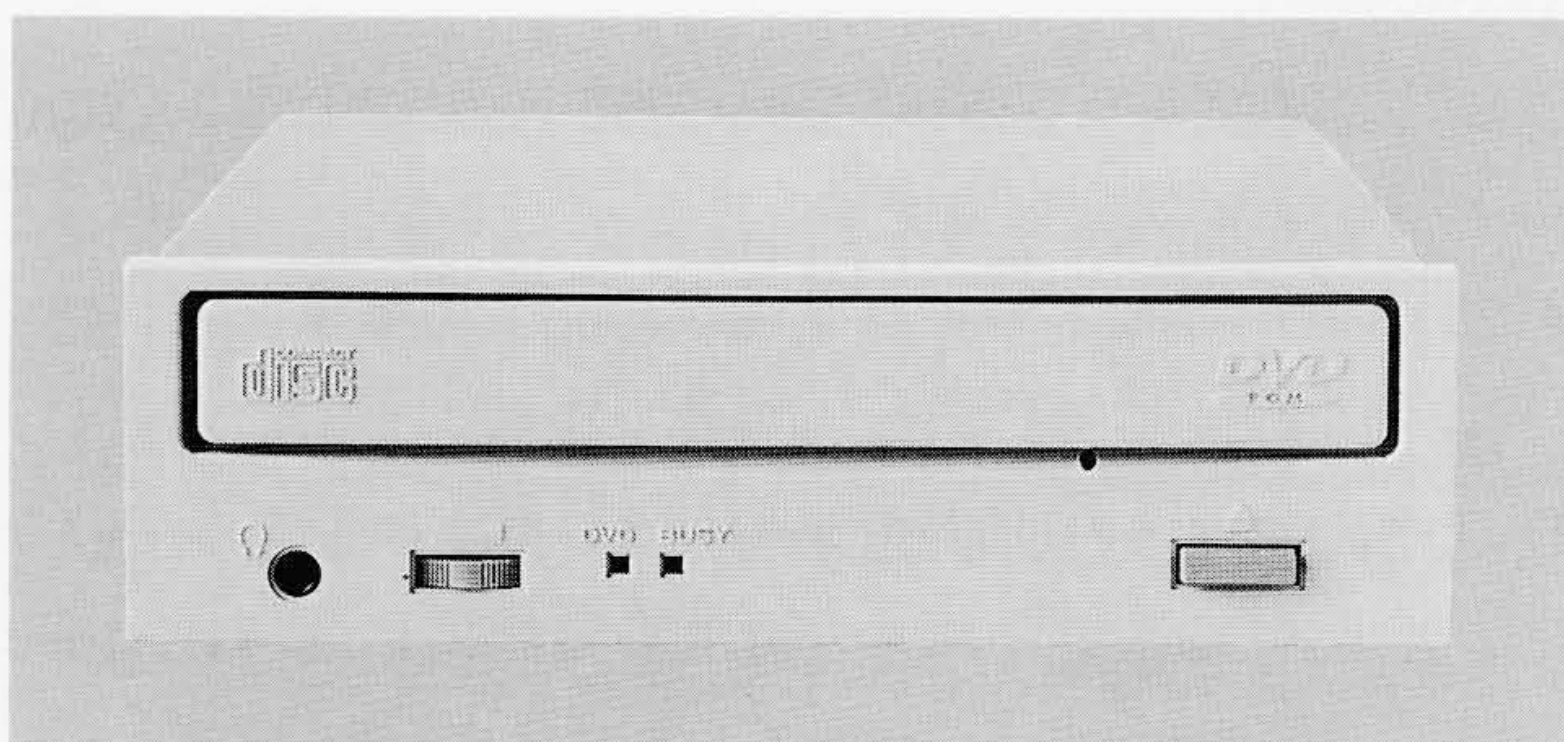


図2 DVD-ROMドライブ“GD-2000”の外観

DVD-ROMの2倍速再生が可能であり、さらにCD-RやCD-RWを含むCD系ディスクの再生が可能である。

て2倍速再生を実現し、ハイビジョン対応MPEG 2動画の再生も可能な2.76 Mバイト/sの連続データ転送速度の性能を持っている。

3.3 開発技術

3.3.1 DVD/CD互換小型光ピックアップ

GD-2000では、DVDとCDの互換性を採るため、特に波長依存性の強いCD-Rディスクを再生するために、2レーザ2レンズ方式の光ピックアップを開発した。DVDとCDの主要特性の対比を表3に示す。

3.3.2 2倍速DVD対応LSI

DVDの2倍速再生を実現するため、以下に述べる3種類のLSIを開発した。

(1) アナログ信号処理IC

このICは、DVD/CD再生ピックアップに対応したアナログ信号処理を行うLSIで、高周波信号処理機能〔イコライザ、AGC(Automatic Gain Control)〕、サーボ信号生成機能(トラッキングフォーカス誤差信号検出、デフレクトミラー検出)、およびAPC(レーザパワーコントロール)を内蔵した。

また、DVD/CD互換ピックアップに対応するため、DVD用にDPD(Differential Phase Detection)方式、CD用に3スポット方式と、二つのトラッキング誤差検出方式を採用した。さらに、DVD用とCD用に、2系統のAPC回路と2系統の高周波信号入力、および各部のゲイン切換機能を内蔵させ、各種ディスクの再生を可能にした。

(2) デジタルサーボIC

デジタルサーボICは、アクセス性能などのプレイヤービリティを決定するデジタルサーボ回路やクロック再生回路を内蔵したデジタル信号処理LSIである。デジタルサーボ回路では、フォーカス制御、トラッキング制御、およびスピンドル制御などを行い、DVD/CDの各種ディスク仕様や再生速度の違いに対して、最適なサーボ特性の設計を可能とした。また、トラックジャンプ機

表3 DVDとCDの主要仕様比較

DVDはCDに比べてデータピット長やトラックピッチが $\frac{1}{2}$ 以下となり、大幅に高密度化している。

項 目	DVD	C D
容 量	4.7 Gバイト	0.65 Gバイト
レ ー ザ 波 長	650 nm	780 nm
レ ン ズ 開 口 数	0.6	0.45
最 小 ピ ッ ト 長	0.4 μ m	0.834 μ m
ト ラ ッ ク ピ ッ チ	0.74 μ m	1.6 μ m
変 調 方 式	8-16	EFM
デ ィ ス ク 厚 さ	0.6 mm×2	1.2 mm

能や、DVDの片面2層ディスクに対する層間ジャンプ機能などのオートシーケンス機能も内蔵した。クロック再生回路では、ワイドキャプチャ機能を内蔵することにより、PLL(Phase-Locked Loop)の無調整化とアクセス性能の向上を図った。

(3) デジタル信号処理IC

デジタル信号処理ICは、DVDのデジタル復調処理、誤り訂正処理、出力処理を行うLSIである。最先端のLSIプロセスを用いて、クロックを54 MHz以上とし、DVD再生の2倍速化を可能にした。

さらに、ディスクの傷に対する同期保護と、データ信号の復号アルゴリズムを開発し、再生信号のプレーヤビリティを向上させている。

4. DVD-RAM記録媒体とドライブ

4.1 DVD-RAMディスクの特徴

DVD-RAMディスクは、DVD-ROMと同じ直径120 mmで、片面2.6 Gバイト、両面5.2 Gバイトの記録・再生が可能な媒体である。ディスクはカートリッジに入っており、指紋などの汚れから守られている。両面ディスクはカートリッジから取り出せないが、片面ディスクは取り出せるようになっている。

DVD-RAMディスクの大きな特徴は、相変化記録膜による光変調オーバーライトとウォブルランド・グループ方式の採用である。前者は記録の高速化、後者は記憶容量拡大に関連した技術である⁴⁾。

(1) 光変調オーバーライト

DVD-RAMでは、相変化記録膜を用いている。あらかじめ結晶化した相変化記録膜に10 mW程度の高パワーの光スポットを照射すると記録膜が局所的に溶融し、光スポットの照射が終了した後に急冷されて、溶融部分が非晶質状態になる。この非晶質状態の部分に5 mW程度の比較的lowパワーの光スポットを照射すると、再結晶化が起こり、元の状態に戻すことができる。この特性を利用して、光スポットを5 mW程度で発光させておき、データを記録すべきときに10 mW程度のパワーにすることにより、前に記録されているデータを消去しながら新しいデータが記録できる。この消去書込み同時方式を「オーバーライト」と呼ぶ。

(2) ウォブルランド・グループ方式

従来の書き替え型光ディスクでは、記録面にスパイラル状の「グループ」と呼ぶ溝を設け、グループ部またはランド部(グループとグループの間の平らな部分)にデー

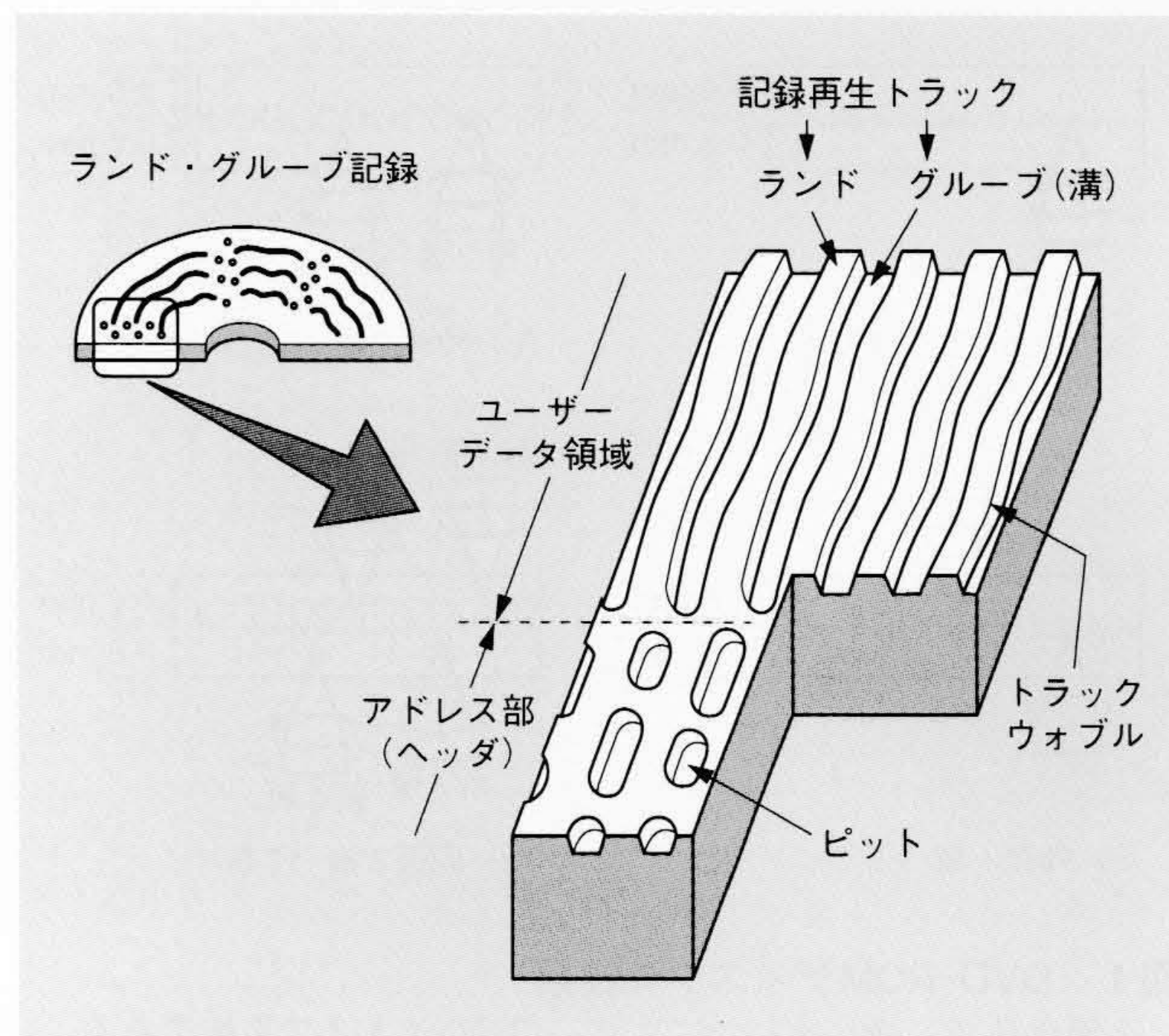


図3 高密度ウォブルランド・グループ記録用ディスク

ディスクのランド部とグループ部にデータを記録することにより、高い記憶密度を実現する。信号検出の信頼度を高めるトラックウォブルなどを合わせて規格化された。

タを記録している。スパイラル状のグループまたはランドの一周(1回転分)をトラックと呼び、その間隔をトラックピッチと呼んでいる。

トラックピッチを小さくして大容量化を図ろうとする場合、隣接トラックからのクロストーク(信号の漏れ込み)が問題になる。通常では、DVD-RAMの光スポットの直径が1.1 μm 程度なので、トラックピッチは1.1 μm が限界になる。

ウォブルランド・グループの外観を図3に示す。この方式は、グループを一定ピッチでうねらせるものである。幅が等しいグループ部とランド部からの反射光の干渉効果により、隣接トラックからのクロストークを減少させ、グループ部とランド部の両者に、データを記録する。さらに、グループのうねり(ウォブル)による反射光の変化から同期信号を検出し、信号検出の信頼度を高めるものである。

このウォブルランド・グループ方式の採用で、0.74 μm のトラックピッチを実現することができた。

4.2 DVD-RAMドライブ“GF-1000”の概要

GF-1000シリーズでは、互換性を重視した設計を行い、DVD-ROMなどのDVD系ディスクの再生はもちろんのこと、大半のCD系ディスクの再生も可能にした。GF-1000シリーズのサポートディスクと主な仕様を表4に示す。

ローディング機構にはトレイ方式を採用しているが、カートリッジに入ったDVD-RAMディスクはもちろん、

表4 DVD-RAMドライブ「GF-1000シリーズ」の仕様
DVD-ROMや大半のCD-ROMディスクの再生が可能である。

(a) 対応フォーマットディスク

D V D C D	DVD-RAM	●記録・再生可
	DVD-ROM/R	●再生可
	CD-ROMモード1	●再生可
	CD-ROMモード2 CD-ROM XA CD-I	●再生可
	オーディオCD	●再生可
	データアンドオーディオミックスモード	●再生可
	CDエクストラ	●再生可
	CD-R, CD-RW	●再生可

(b) 主な仕様(暫定)

項 目	仕 様	
連続データ 転送速度	DVD-RAM	1.38 Mバイト/s
	DVD-ROM/R	2.76 Mバイト/s
	CD-ROM	1.20 Mバイト/s(モード1) 1.37 Mバイト/s(モード2)
平均アクセス時間	DVD-RAM	200 ms以下
	DVD-ROM/R	200 ms以下
	CD-ROM	120 ms以下
バッファメモリ	1 Mバイト	
インタフェースタイプ	GF-1000(内蔵型)	GF-1050(内蔵型) GF-1055(スタンドアロン)
	ATAPI	SCSI-2
バーストデータ 転送速度	16.6 Mバイト/s (ATAPI PIOモード4) (DMAモード2)	高速同期: 10.0 Mバイト/s 同 期: 5.0 Mバイト/s 非同期: 3.0 Mバイト/s
	外形寸法(幅×奥行×高さ) 内蔵型: 146×208×41.3(mm) (フロントパネルを含む) スタンドアロン: 212×275×65(mm)	

注: 略語説明 SCSI(Small Computer System Interface)

裸のDVD系・CD系のディスクもかけられるようにした。

CD系のディスク, 特にCD-Rの再生を行うため, 前述のDVD-ROMドライブ“GD-2000”と同様に, 光ヘッドには2レーザ2レンズ方式を採用した。GD-2000と大きく異なる点は, 650 nmの半導体レーザの最大定格が50 mWの高出力であることと, 光利用効率を大きくするために, カップリングレンズとビーム変換プリズムを新たに搭載していることである。

回路系のブロックダイアグラムを図4に示す。回路構成は, GD-2000の回路系を基本に, DVD-RAM特有のエンコーダ回路などを追加した形とした。DVD-RAMディスク上では, データが書かれている部分と書かれていない部分が混在している。これを確実に再生するために,

トランジェントを考慮したアナログ信号処理の“Read Channel(リードチャネル)LSI”を開発した。

またDVD-RAMのディスクには, ウォブルランド・グループのほかに, トラック番地とセクタ番地が各セクタの先頭に記録されており, これを再生して光スポットの位置を知るようになっている。これを再生するための“ID-read”LSIや記録データを生成するための“Encoder(エンコーダ)LSI”, そして高出力レーザを駆動するためのレーザドライバも開発した。

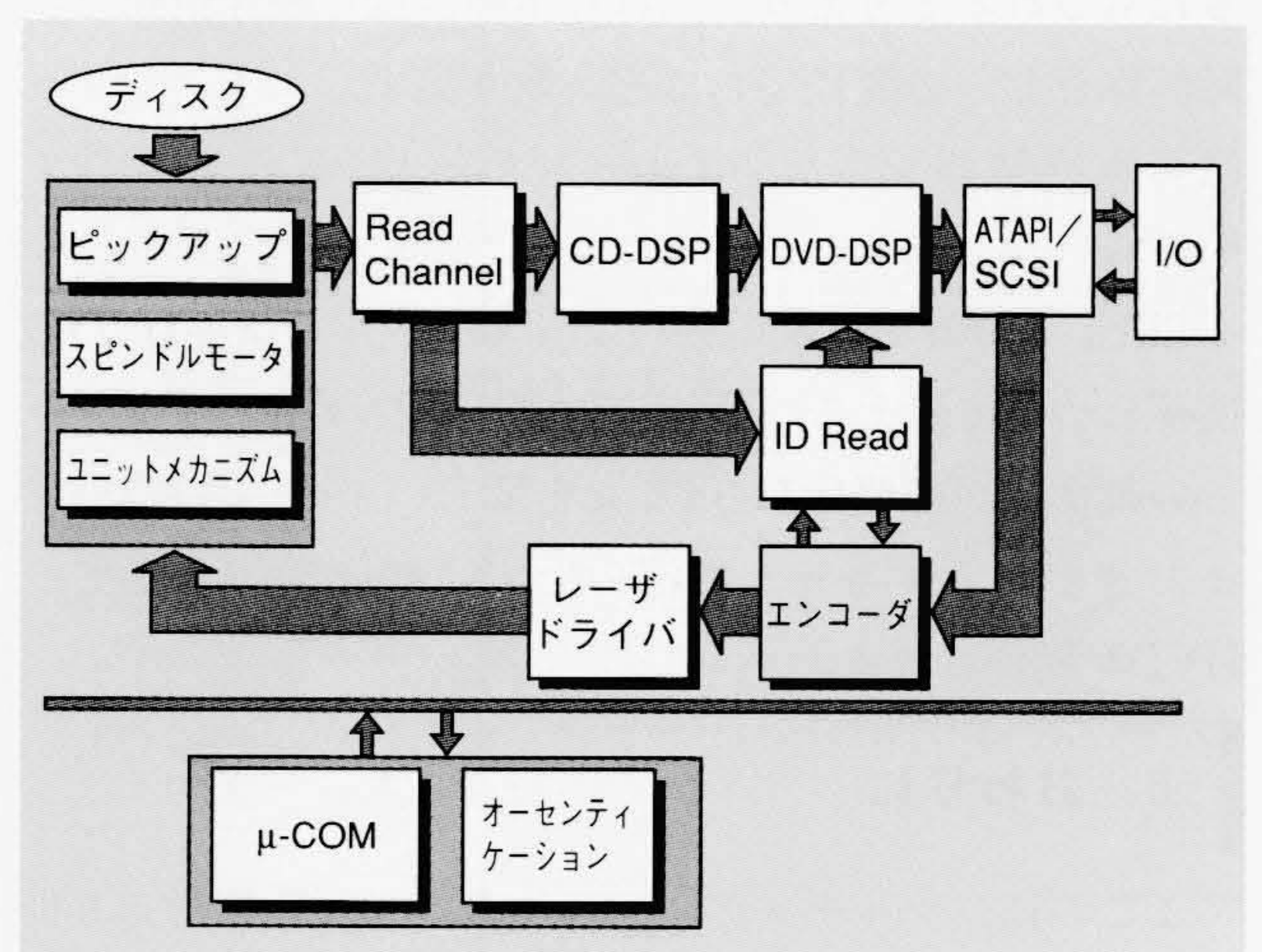
5. DVDの応用展開

DVDの応用展開の概念を43ページの図に示す。

(1) パソコンの分野

パソコン画面内容の表現方法は, 文字図形のテキストデータから, 静止画, 動画へと急速に進みつつある。これに対応して, 画像圧縮の技術を取り込んだ, いっそう低価格で大容量の記憶装置が求められている。DVD-ROMは, 次世代の大容量記憶装置として, 現在主流のCD-ROMにとって代わるものと考えられる。

DVD-RAMドライブは, 今後のパソコンの記憶装置の中心として発展していく可能性を秘めている。現在, パソコンの記憶装置では, 取り外しできる記録媒体としてはフロッピーディスクまたはMO(Magneto Optical)ディスクが一般的である。この媒体の特長である可搬性をも取り込み, かつ, CD-ROMやDVD-ROMを読み取る互換性, 加えて動画も含めた大容量データを記憶・再生



注: 略語説明 CD-DSP(CD Digital Signal Processor)
I/O(Input and Output), ID(Identification)

図4 GF-1000シリーズの回路系ブロック図

DVD-ROMと同じ基本構成であり, 図中の□の部分がRAMとしての使い方を可能とする。

できることが、発展性の理由である。

(2) 業務用システムの分野

小型・大容量、低ビットコストの利点を生かしたファイルシステムが考えられる。特に、オートチェンジャと組み合わせることによって大容量・小型情報バンクが実現でき、各種データ、静止画、動画を混在させた保存用のアーカイブシステムに好適である。具体的には、放送用映像、医療用データと画像、膨大な文書情報処理などで利用できる。

(3) 携帯機器の分野

小型・大容量、可搬性、ランダムアクセス、および動画記録・再生の機能を生かした新たな展開が考えられる。例えば、カーナビゲーションシステムでは、ランダムアクセス性と動画記録の利点を生かして、道路情報と周辺情報を同期化して見ることができ、内容の充実を図ることができる。

(4) 家庭用システムの分野

DVDプレーヤの出現により、片面2時間の高精細画像をインタラクティブに活用できるようになった。特徴を生かした、多様なソフトウェアの展開が待たれる。さらには、映像の記録・再生ができるDVDレコーダが待たれるところであり、VTRにはないランダムアクセス性を利用し、編集機能を付加した、写真(静止画)、動画のファイレインシステムが考えられる。将来記録時間が大幅に拡大できれば、VTRの代わりになると思われる。

数年先には、「映像・空間のビッグバン」と呼ばれる大量の映像情報が、地上波、衛星、ケーブル、記憶媒体でもたらされると考える。これら多種多様な映像情報を記録、保存し、必要に応じて逐次取り出す、タイムシフト型の家庭情報システム(ホームサーバ)が考えられている⁵⁾。

以上、4分野とは別の観点からネットワークとDVDの関係について考える。情報提供側インフラストラクチャーの標準化が必要になるが、大容量データベースとして、また速度ボトルネック解消のための補完媒体として、DVDが期待される。

6. おわりに

ここでは、マルチメディア時代のニーズにこたえる世界標準メディアとしてのDVDとその応用について述べた。

今後、DVDは、文字や図形から動画までを一括ディジ

タル記録し、再生できる事実上の世界標準記録メディアになるものとする。さらにこれを背景に、DVDドライブとディスクは、家庭用映像機器分野、パソコン搭載を基盤とする情報通信分野へと広範な領域で利用されることが期待できる。今後、ユーザーニーズにこたえて、ドライブの性能改善・信頼性向上を図ることはもとより、使い勝手の良い使用環境を整備、構築していく考えである。

参考文献

- 1) “ISO/IEC 11172-2, Information Technology—Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at Up to about 1.5 Mbit/s—Part 2: Video” (1993)
- 2) “ISO/IEC 13818-2, Information Technology—Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video” (1994)
- 3) “DVD Specifications for Read-Only Disc, Part 1, 2, 3,” Version 1.0 (1996-8)
- 4) DVD Consortium編: DVD Specifications for Rewritable Disc, Part 1, Physical Specifications, Ver.0.9 (1997)
- 5) 長屋: テレビはどこへいくのか?, 放送研究と調査, 1~25, NHK放送文化研究所(1997年1月号)

執筆者紹介



宇佐美 慎一

1975年日立製作所入社、映像情報メディア事業部
光ストレージ本部 事業企画部 所属
現在、光ストレージ事業の企画に従事
E-mail: Usami@cm.yokohama.hitachi.co.jp



井上 茂樹

1969年日立製作所入社、映像情報メディア事業部
光ストレージ本部 DVD設計部 所属
現在、DVD-ROMドライブの開発に従事
工学博士
情報通信学会会員、情報映像メディア学会会員
E-mail: s_inoue@cm.yokohama.hitachi.co.jp



重松 和男

1975年日立製作所入社、映像情報メディア事業部
光ストレージ本部 ギガファイル開発部 所属
現在、DVD-RAMドライブの開発に従事
理学博士
E-mail: k-shige@cm.yokohama.hitachi.co.jp



竹澤 輝洋

1970年日立製作所入社、映像情報メディア事業部 所属
現在、開発関連業務の取りまとめに従事
E-mail: takezawa@cm.yokohama.hitachi.co.jp