

# DVD (デジタル バーサタイル ディスク)

## Digital Versatile Disc (DVD) Technologies

鍋島 大樹  
D. Nabeshima

直径 12 cm の小型ディスクに映画の記録ができるようになった。当社が推進した DVD フォーマット開発にあたっては米国のハリウッド、米国コンピュータ産業の要望を取り入れ、そのための新技術を開発した。

開発の最大のポイントは、片面 4.7 G バイトの大容量を達成することであり、このために 0.6 mm 厚さのディスクの張合せ構造を基本として採用した。さらに、650 nm の赤色レーザ、新変調方式、新エラー訂正方式を開発し、多層記録技術により 17 G バイトまでの超大容量が可能となった。また、映像音声応用、コンピュータ応用を統一したシステムレイヤ構成を構築し、互換性をもたせた。

DVD システムは、映像再生用の DVD-VIDEO だけでなく DVD-AUDIO、DVD-ROM、さらに記録再生のできる DVD-R (Recordable)、DVD-RAM も含まれる。まず、DVD-VIDEO、DVD-ROM から市場に投入される。

The day when an entire movie can be stored on a single optical disc of 12 cm diameter has finally arrived. Specifying the DVD format, we carefully studied the requirements of both Hollywood studios and major computer manufacturers and have developed the relevant new technologies.

The main technical point is the use of 0.6 mm thick discs bonded to each other on the pits plane. Further, a newly developed modulation and error-correction system and the use of 650 nm red laser are among the other technical points. Applying the multilayer technology, a storage capacity of up to 17 Gbytes has been obtained. The clear system hierarchy also enables compatibility to be realized as well as flexible applications for both audio-video and computer use.

The DVD family consists of DVD-VIDEO, DVD-AUDIO, DVD-ROM, DVD-R (Recordable), and DVD-RAM. Among these, DVD-VIDEO and DVD-ROM will be launched first.

### 1 まえがき

DVD の実現により、放送レベルでの高画質の映像が再生でき、大画面で迫力のある映像を楽しめる時代になった。また、デジタル音によって CD (Compact Disc) 以上の高音質とサラウンドによる臨場感あふれる音声で、映画館の雰囲気そのまま家庭に移すことができるようになってきた。

DVD は、近年発展が著しいデジタル技術、それを安価に実現する IC 技術および高密度の光ディスク技術に支えられて実現したが、その出現は単に映像の記録媒体としてだけでなく、マルチメディア時代のパッケージメディアとしてコンピュータ用など多方面での応用が期待されている。

ここでは、DVD-VIDEO を中心にして新たに提案された DVD システムについて概説する (図 1)。

### 2 DVD であるための条件および高密度化技術の開発

DVD は、家庭で使われるためにいろいろな条件を考慮する必要がある。まず価格である。どのように高性能でも高価で

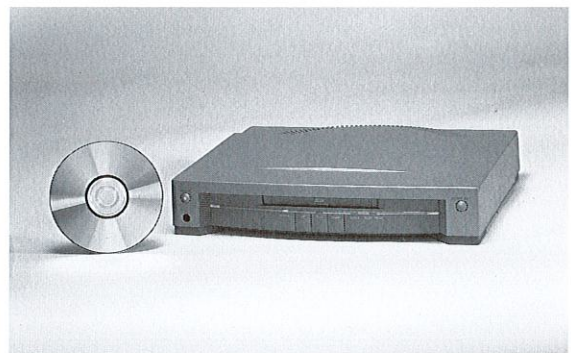


図 1. DVD-VIDEO プレーヤ 放送レベルの高画質とマルチチャンネル音声により、映画館の雰囲気をもそのまま家庭に再現できる。

DVD-VIDEO player

あつては普及しない。ディスクの製造性、IC 技術を考慮し、できるだけ低コスト化が図れるシステムであることが望ましい。次に、これからのマルチメディア時代のストレージ媒体として、ディスクは小さく大容量かつ取扱いが容易であり、信号の読取りがハイスピードでなければならない。また、音



楽用、ゲーム用としてあるいはコンピュータの周辺機器としても十分使え、相互に融通性をもったものでなければならない。DVDの規格を策定するにあたっては、映画産業、コンピュータ産業と意見の交換を行った。映画業界では、タイムワナー社はじめハリウッドの大手スタジオが集まり、要望をまとめた。また、コンピュータ業界においても米国の大手ハードウェアメーカーとソフトウェアメーカーで要望が作成された。

表1にこれらの要望を示す。DVDフォーマットはこの要望を満たすように開発された。

表1. DVDに対する要望  
Requirements for DVD

ハリウッドからの要望	片面に135分の映画が収録できる
	再生画質はレーザーディスクより優れている
	マトリックスおよび5.1チャンネルのサラウンド対応
	1枚のディスクに3ないし5のサウンドトラック
	1枚のディスクに4ないし6のサブタイトル言語
	コピープロテクション対応
	複数のアスペクトレシオ対応
	パレンタルロック対応
コンピュータ産業からの要望	オーディオCDの再生
	テレビとパソコンの環境で相互互換がある
	既存のCDとの互換性確保
	将来の記録再生、追記型ディスクとの互換性の確保
	統一されたファイルシステムである
	低価格の実現
	原則としてキャディは用いない
	高信頼度のデータ記録再生の実現
今後の大容量化に対応したシステムである	
高性能な順次記録とランダム記録	

このためには、従来のCDなどとは比較にならない大容量の記録媒体が要求され、高密度化のための技術開発が必要であった。記録されるデータは、ディスクの片面に渦巻状に生成されるピットの長さによって記録される。したがって、このピットの長さをできるだけ短く、また半径方向のピット間隔、すなわちトラックピッチも短いほど高密度が達成できる。しかし、その読取りにはピットに照射されるレーザー光のビーム径もそれだけ小さくしなければならない。ビーム径は、レーザーの波長 $\lambda$ が短いほど、対物レンズのNA(開口数)が大きいほど小さくなる。NAが大きくなるとディスクの傾き(ティルト)の影響が大きくなり、ビームがピット上に正しく照射されず、信号にエラーが発生する。ティルトの影響は、ディスク厚が薄いほどその影響が小さい。したがってディスク厚を薄くする必要がある。記録容量を増す他の方法としてピット記録面を多層にする方法がある。

データの1ピット分を直接単位長のピット有無を割り当てるいわゆるNRZ(Non Return to Zero)記録は記録効率が悪い。データをバイト単位のようにまとめて、その単位で別の符号に変換する変調方式が必要になる。また、エラー訂正方

式も記録効率に大きく影響する。高密度化するとディスクの傷やほこりの影響が大きくなる。エラー訂正信号を入れ、その対策をする。

記録する信号を圧縮することも等価的に高密度化につながる。映像圧縮方式のMPEG2(Moving Picture Experts Group 2)は国際標準化機構ISOで規格化されたもので広く受け入れられており、約50倍程度の圧縮率が得られる。音声については、大きなスペクトラム成分の周りは聞き取れない、いわゆるマスキング効果などの人間の聴覚特性を利用して7倍程度の圧縮率が得られる。

### 3 DVDシステムの概要

DVDシステムは、直径12cmの小型光ディスクに映画、音楽、ゲーム、コンピュータデータの記録再生などが可能なマルチメディア記録再生システムである。ここでは、映画も含めた映像対応の再生専用DVDを中心としてDVDシステムについて述べる。DVD-VIDEOは先に述べたハリウッドスタジオの要望を満足させると同時に、ユーザの立場に立った高性能、新機能を盛り込み、開発を行ったものである。

DVD-VIDEOの特長を列記する。

- (1) 12cmの小型ディスクに片面で4.7Gバイトの大容量データを記録できる。さらに容量を増やし、片面で約9Gバイト、両面で18Gバイトものデータを記録できる。  
また手のひらサイズの8cmディスクもありオーディオ応用での小型の携帯機器などが期待される。
- (2) 信号の記録フォーマットは、映像音声用だけでなくコンピュータなどのデータ記録をも十分考慮しており、まさにマルチメディアに最適な光ディスクとなっている。
- (3) 基本構成のディスクでも片面にレーザーディスク(LD)レベルを越えた画質の映画を135分間記録再生できる。これは、現在ある映画の94%はこの中に収まることになる。
- (4) 映像信号は、MPEG2の可変圧縮方式を採用しているので、放送レベルの鮮明な画質である。
- (5) 音声はドルビー5.1チャンネルのAC3<sup>(注1)</sup>音声圧縮方式を採用しており、臨場感あふれる音が楽しめる。また、CDと同様のリニアPCM(Pulse Code Modulation)音声を記録することもできる。
- (6) 言語は8チャンネルまで、字幕は32か国語まで可能であり、ワールドワイドなディスクを安価に供給できる。
- (7) 9チャンネルまでのマルチアングル、マルチストーリー機能がある。マルチアングルは、例えば野球放送でバックネット裏と外野からのカメラ映像が同時に記録されており、再生時に好みに合わせて変えてみるができる機能であり、同様にマルチストーリーは同時展開のストーリーが記録されており、これも適宜選んで楽しむことができる。

(注1) ドルビーAC3はドルビー社の商標。



今後の新しいソフトウェア作りが期待される。

表2にDVDフォーマットの諸元、基本パラメータを示す。

表2. DVDフォーマット仕様 (DVD-5の場合)  
Specifications of DVD format (in case of DVD-5)

ディスク直径(mm)	120	変調方式	8/16変調
ディスク厚(mm)	0.6×2(1.2)	エラー訂正方式	RS-PC
記録エリア(半径)(mm)	24~58	ユーザデータ容量	4.7Gバイト
レーザ波長(nm)	650/635	セクタ容量	2,048バイト
NA	0.6	論理構造	ISO9660, UDF準拠
最小ビット長(μm)	0.4	データ構造	MPEG2プログラムストリーム
最大ビット長(μm)	2.13	映像	525/625ライン MPEG2準拠
トラックピッチ(μm)	0.74		ドルビー AC3/ MPEG2/リニアPCM
回転方式、速度(m/s)	CLV, 3.49	音声	

### 3.1 ディスク構造

ディスクは、CD同様に裸のままプレーヤにセットされる。  
図2に再生専用DVDの構造を示す。

DVDはその構造により4種類に分けられる。

DVD-5は0.6mmの厚さのディスクにビットを形成し、アルミの反射膜を蒸着し、もう一枚のディスクを張り合わせるものである。

DVD-5は、基本の構成で厚さを0.6mmと薄くしたことによりティルト特性を改善し、4.7Gバイトの記録容量が可能になった。DVD-9は、張り合わせる2枚のおおのこのディスクにビットを形成し、レーザ光が照射される1層目のビット面には半透過の反射物質を塗布し、他方のビット面はアルミの蒸着を施す。透明の接着剤で二つのディスクを接着する。このようにすると、片側から両方のビット信号を読みとることができる。基本方式に比べ、反射光量が減るため記録密度を下げ、余裕をとって記録容量を8.5Gバイトとしている。

DVD-10は、ビット面をディスクの両面に生成するものである。DVD-18は片面に2層のビット面を作成し、2枚張り合わせたものである。これにより、17Gバイトという途方もな

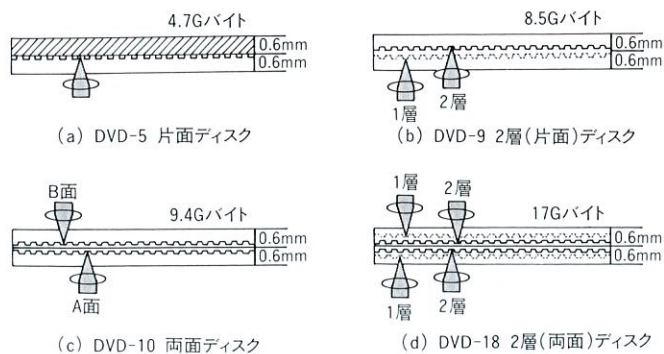


図2. DVDの構造 再生専用ディスクは4種類あり、用途によって使い分けられる(DVD-5などは仮称)。

Structures of DVD

い記録容量が可能になる。

### 3.2 レイヤ構造

図3にDVDフォーマットのレイヤ構造を示す。

階層	DVD-VIDEO	DVD-AUDIO	DVD-ROM	DVD-RAM
アプリケーション	ビデオファイル 映像:MPEG2 音声:ドルビーAC-3 リニアPCM	オーディオファイル リニアPCM f <sub>s</sub> :48k/96kHz 16~24Kビット	データ ファイル	データ ファイル
ポリウム/ ファイル 管理構造	マイクロUDF および ISO-9660		UDF および/ または ISO-9660	UDF
物理仕様	セクタフォーマット, ECC(Error Correction Code), 変調方式			
	ディスク仕様 (DVD-5, 9, 10, 18)			2.6Gバイト 以上/片面 専用カード リッジ

図3. DVDフォーマット構成 製品ジャンルと各レイヤの関係を示す。  
System hierarchy of DVD format

ディスクの構造、変調方式、エラー訂正方式などを規定する物理レイヤのうえに、論理レイヤが位置する。物理レイヤの上はディスクのポリウムレイヤであり、これはISO-9660およびUDF(Universal Disc Format)に準拠する。この上にビデオ用のファイル構造が構築される。また、オーディオ用ファイルも同様に構築される。コンピュータデータ用のDVD-ROMではアプリケーションが置かれる。この図から映像、音声、コンピュータデータが統一されたフォーマットで記録されていることがわかる。変調方式は、8ビットのデータを16ビットに変換する8/16変換方式を採用している。

エラー訂正方式は、強力なRS-PC(リードソロモン積符号)を用いており、16セクタ32Kバイトのデータに対し、エラー訂正符号を付加している。このようにブロック単位での一括処理のためエラーの伝搬がないので映像信号には最適構成となっている。また、記録再生の場合では、いったん記録した後で編集のために途中で一部を再記録する場合があるが、このような場合でも容易に再記録可能な構成となっている。

エラー訂正能力はCDよりはるかに強力である。バーストエラーに対しても約6mmの長さ相当のエラーも訂正することができるため、傷などの心配はない。

記録されるデータは2Kバイト単位のセクタに区切り、エラー訂正符号、同期信号を付加したのち、8/16変換してディスクに記録されるが、この記録されるデータの構造はMPEG2のシステムレイヤのプログラムストリームに準拠している。すなわち、ビデオ、オーディオ、サブピクチャの各データはパック単位に分けられ、適宜配置されている。

解像度は放送方式と同じで525走査線方式では720×480本、625走査線方式では720×576本である。



データの圧縮ビットレートは画質に大きく影響する。DVDシステムでは、可変ビットレート方式を採用しており、そのときの画面にあった最適のデータ量を配分し、高画質の映像の再生を可能にしている。オーディオ信号はドルビー AC3 信号のほかに 24 ビットまでの 2 チャンネルの PCM 信号も可能であり、プレーヤはどちらにも対応している。なお、ヨーロッパは MPEG2 を採用している。

サンプリング周波数は、従来の CD で用いられていた 44.1 kHz より高い 48 ないし 96 kHz が採用されており、超 HiFi での音楽信号の再生ができる。

図 4 に DVD-VIDEO プレーヤの概略構成を示す。ピックアップからの信号は、データ処理部で 8/16 復調、エラー訂正が行われたのち、MPEG2、AC3 の復調処理によりビデオ、オーディオ信号となる。

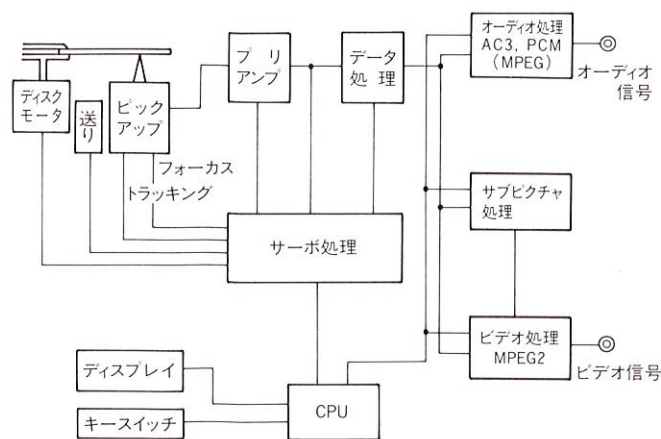


図 4. DVD-VIDEO プレーヤの構成 DVD-VIDEO プレーヤの基本動作ブロックを示す。

Block diagram of DVD-VIDEO player

#### 4 DVD システムの展開

オーディオ専用の DVD-AUDIO は、DVD-VIDEO のリニア PCM と同じ 24 ビットで 96 kHz までのサンプル周波数が可能なため、CD よりはるかに優れた特性が得られる。また、サラウンドなどのマルチチャンネルも可能である。DVD-VIDEO のリニア PCM は DVD-AUDIO プレーヤでも再生が可能である。持ち運び可能な 8 cm ディスクでも CD 以上の特性の音楽を 2 時間以上記録再生できる。コンピュータ用の DVD-ROM は、CD の 8 倍以上の高速データレートと 4.7 G バイト以上の大容量のため、従来の CD-ROM では 7 枚にもわたっていたものが 1 枚でよいことになり、さらに容量当たりの記録面積が少ないのでサーチ時間は実質的に速くなる。ソフトウェアの資産継承の意味から DVD-ROM ドライブは CD-ROM も読めなくてはならないが、ピックアップのレンズのくふうにより大きなコストアップもなく対応可能である。近年発達が著し

いゲーム機器は、この DVD-ROM によって新しい展開が期待される。

DVD-R は一回書込みのディスクで 3.8 G バイトまでのデータが記録できる。フォーマットは再生専用とコンパチビリティがあり、DVD-ROM ドライブなどで再生が可能である。

DVD-RAM は何回も書込みが可能な DVD システムである。初めはコンピュータ用を考えている。光ディスクでは一般に再生時より記録時のほうが光ディスクの傾きなど機械的精度が要求される。したがって、ディスクの厚さを薄くすることが再生専用の場合よりいっそう大事になってくる。データの記録は相変化方式と言われるもので、レーザ光照射による熱によって結晶状態の異なる記録層をディスク上に塗布し、あらかじめトラックを切って置く。信号で変調されたレーザ光照射により記録層の結晶状態が変化し、それによって反射率が変化することを利用する。このように、記録がされたディスクは DVD-ROM ドライブで再生できるようになる。相変化方式は、従来の光磁気方式に比べ両面構成が可能であり、ドライブの小型化、薄型化、また再生専用ディスクとのコンパチビリティが可能である。

上述のように、ポリウム構造は ISO-9660 以外に UDF (マイクロも含む) も採用している。これによりパソコンで映画を製作し、それを DVD-VIDEO プレーヤで再生してみることも可能になる。

#### 5 あとがき

DVD-VIDEO を中心に DVD システムについて概要を述べた。DVD システムは、今後のマルチメディア時代での欠くことのできないキーシステムとして、単にパッケージシステムだけでなく、放送、ケーブル、出版なども深くかかわっていくものと予想される。DVD システムは、現在、世界の主要ハードウェアメーカ、フィルムメーカ、ソフトウェアプロバイダによって支持が表明されており、商品化の準備に入っている。再生専用 DVD-VIDEO は 1996 年中にも各社から発売されよう。また、同時にハリウッドからのソフトウェアも数百タイトル発売の見込みである。さらに、DVD-ROM、DVD-RAM も追いかける形で順次発売の見込みである。

#### 文 献

- (1) 尾上守夫他：光ディスク技術，ラジオ技術社 (1989)
- (2) ISO-9660 (1988)
- (3) ISO/IEC-13818 (1994)
- (4) 鍋島大樹：No 188, OplusE 新技術コミュニケーションズ (1995)



鍋島 大樹 Daiki Nabeshima

1969 年入社。デジタルオーディオ・ビデオ機器の開発に従事。現在、SD 事業推進部 担当部長。  
SD Business Div.