

# DVD ディスクフォーマット

DVD Disc Formats

佐藤 裕治  
H. Satoh

海野 裕明  
H. Unno

DVD は再生専用形の DVD-ROM, 追記形の DVD-R, 書換形の DVD-RAM と用途別に 3 種類の光ディスクへと展開される予定である。ROM フォーマットは, デジタル記録, 長時間再生, 高画質, 高機能を特長とする新しいビデオディスクとしての使用に加え, コンピュータ上でもビデオディスクの映像再生ができ, 大容量で高速な再生専用メモリとしての使用が可能である。R フォーマットは ROM とほぼ同様である。したがって, R ディスクは ROM プレーヤでの再生が簡単で, ディスクの少量の複製や, ROM ディスク作製のためのエミュレーションディスクとして使用される。RAM フォーマットでは, 実時間の動画記録を可能とする高速記録特性と記憶容量の大容量化を実現していると同時に, DVD ファミリーとしての互換性を重視し, データ転送レート, 変調方式, エラー訂正方式などは ROM と同様にしている。

DVD will be deployed as three disc types : DVD-ROM as the read-only type, DVD-R as the recordable type, and DVD-RAM as the rewritable type.

The DVD-ROM disc format is being developed not only for digital disc applications—featuring digital recording, long play, high picture quality, and flexible functions—but also as a large-capacity storage memory for computers which can handle moving picture applications.

The DVD-R format is capable of high-speed recording and provides large capacity for moving picture applications. The data transfer rate, modulation scheme, and error correction code for these DVD discs are the same as the ROM specifications, in order to maintain DVD family compatibility.

## 1 まえがき

DVD は再生専用形, 追記形, 書換形の 3 種類の光ディスクへと展開が図られており, DVD ファミリーとして, 互換が取りやすいフォーマットとして構成されている。

再生専用ディスクである DVD-ROM のフォーマットは, デジタルビデオディスクとしての応用だけでなく, コン

ピュータの再生専用メモリとして, デジタル動画像などの大容量で高速性が必要とされるデータを容易に取扱える特長をもっている。

DVD-R は 1 回だけ書込みが可能なディスクであり, フォーマットは ROM とほぼ同様である。したがって, ROM プレーヤで簡単に DVD-R ディスクの再生が可能である。ROM のような大量の複製を必要としない少量のディスク製作や,

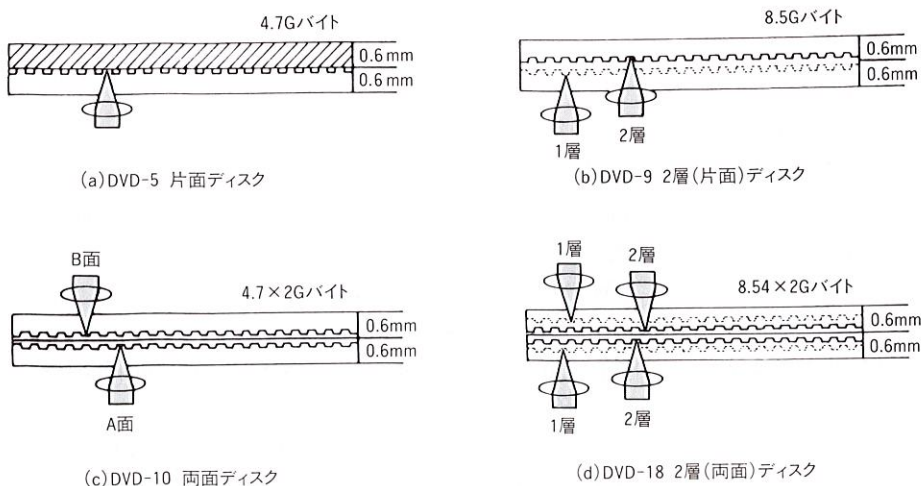


図1. DVD-ROM のラインアップ 形状は音楽用 CD と同じで, 両面ディスク (両面から読出し可能) と片面ディスク (片面読出し専用) がある。

Lineup of DVD-ROM discs

ROM ディスク作製のためのエミュレーションディスクとして使用できる。

書換形ディスクである DVD-RAM では、実時間で動画記録を可能とするため、記録再生データレートの高速化と記憶容量の大容量化を実現している。また、DVD ファミリーとしての互換性を重視し、データ転送レート、変調方式、エラー訂正方式などを ROM と同様としている。

DVD では、映画などの動画をデジタル信号で光ディスクに記録するため、ディスクを大容量化し画像をデジタル圧縮している。ディスクを大容量化するため、ディスク基盤の薄型化、新変調方式、強力なエラー訂正などの技術を用いている。再生には赤色半導体レーザーを使用する。デジタル映像信号の圧縮には国際標準である MPEG2 (Moving Picture Experts Group 2) 符号化方式を用いている。高機能を実現するため、複数言語の映画の字幕やインタラクティブソフトウェアをサポートできる論理フォーマットを採用した。

以下、ディスクの物理および論理フォーマットを簡単に紹介する。

## 2 ROM フォーマット

### 2.1 ROM ディスクの概要

動画をデジタル信号として記録しようとする、その記憶容量は膨大になるため、MPEG2 と呼ばれるデジタル圧縮技術でデータを圧縮する。圧縮されたデータに、光ディスクの記録再生特性に適したエラー訂正コードの付加と変調を行い、ディスクに記録するデータを作製する。記録データは、感光剤を塗布したガラスディスク原盤にクリプトンガスレーザーの紫外光などのレーザー光線で記録される。ガラスディスク原盤を現像し、情報を微小なピット (穴) の形状として記録する。このガラスディスク原盤から、プラスチックディスクを複製するための金型を、メッキプロセスで複製する。プラスチックの射出成形により、ガラス原盤の記録面と同じ形状の記録面をもったプラスチック基盤を複製する。複製したプラスチック基盤にアルミニウムの反射膜をつけ、2枚をはり合わせて両面用 DVD ディスクを作製する。再生用レーザーには、CD (Compact Disc) で使用している赤外線より波長の短い、波長 650 nm の赤色半導体レーザーを使用している。

複製されたディスクの物理的な形状、再生信号特性などを物理フォーマットとして定めている。また、映像を再生する際に、インタラクティブ動作、字幕などの副映像、多国語音声など多様な応用が可能のように、映像情報の論理フォーマットも詳細に定めている。

### 2.2 ROM ディスクの物理フォーマット

#### 2.2.1 機械・光学仕様 ディスクの直径は 120 mm と

80 mm、厚さは 1.2 mm で 0.6 mm の基盤を 2 枚はり合わせており、形状は音楽用の CD と同様である。ディスクは両面からの読み出しが可能な両面ディスクと、片面読み出し専用の片面ディスクがある。DVD-ROM のラインアップを図 1 に示す。

記録層の構成として、従来の 1 層記録方式に加え、新たに 2 層記録方式が提案されている。2 層記録方式では、第 1 の記録層の下に第 2 の記録層を設置する。記録層の距離は 55  $\mu\text{m}$  である。第 2 の記録層の情報を読み出すため、読み出し光ビームが初めに入射する第 1 層の反射膜を半透明膜としている。第 1 層を通過した光は、第 2 層の記録面に焦点を結び、情報を読み出すことができる。第 1 層の光の反射量と第 2 層からの光の反射量はほぼ等しく、反射率は 22 % である。

DVD-ROM ディスクの仕様を表 1 に示す。再生レーザー波長は 650/635 nm で、対物レンズの開口数 (NA) は 0.6 である。ディスクの基盤はポリカーボネートを使用し、屈折率は 1.55 である。

表 1. DVD-ROM ディスクの仕様  
Specifications of DVD-ROM

項目	1 層	2 層
記録容量 (G バイト)	12 cm	4.70
	8 cm	1.46
再生レーザー波長 (nm)	650/635	
対物レンズ NA	0.60	
データビット長 ( $\mu\text{m}$ )	0.27	0.29
最小ビット長 ( $\mu\text{m}$ )	0.40	0.44
ディスク直径 (mm)	12 cm	120
	8 cm	80
ディスク内径 (mm)	15	
ディスク厚さ (mm)	0.6 $\times$ 2	
記録領域半径 (mm)	12 cm	24~58
	8 cm	24~38
反射率 (%)	75	22
層間距離 ( $\mu\text{m}$ )	—	55
再生線速度 (m/s)	3.49	3.84
ユーザーデータレート (Mbps)	11.08	
トラックピッチ ( $\mu\text{m}$ )	0.74	

記録ピットの最小ピット長は 0.40  $\mu\text{m}$ 、トラックピッチは 0.74  $\mu\text{m}$  でともに CD の約 1/2 に高密度化している。再生線速度は 3.49 m/s でデータ転送レートは 11.08 Mbps である。

2 層ディスクの場合には線記録密度を 10 % 低くし、最小ピット長は 0.44  $\mu\text{m}$ 、再生線速度 3.84 m/s としている。

直径 120 mm の 1 層ディスクのときの片面の再生時間は、ユーザーが使用する平均データレートが 4.6 Mbps の場合、135 分となる。ディスクからデータを再生するデータ転送レートは 11.08 Mbps なので、実際にピックアップがデータを再

生ずる時間はその約 1/2 となり、残りの時間は待機時間となっている。

**2.2.2 データフォーマット** ソースデータは 2 K バイトを単位として、1 セクタを構成している。データは、類似パターンの繰返しを避ける目的でスクランブルされ、アドレスが付加される。

次にエラー訂正符号 (ECC) を 16 セクタごとに付加し、ソースデータ 32 K バイトで 1 ECC ブロックを構成する。エラー訂正符号にはリードソロモン積符号を採用している。冗長度は 13 % であり、訂正バーストエラー長は 1 層ディスクで 6.0 mm と、大きな欠陥でも訂正可能である。セクタと ECC ブロックの構造を図 2 に示す。

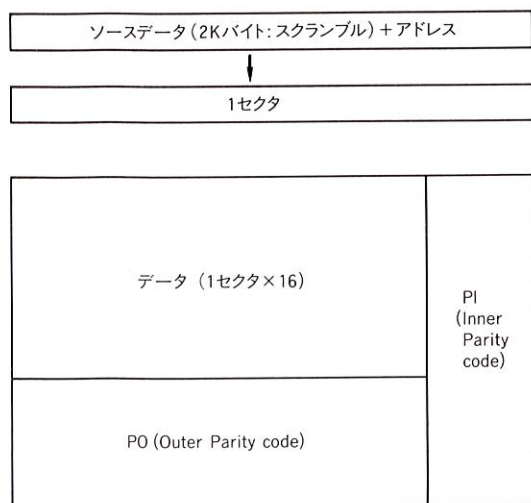


図 2. セクタと ECC ブロックの構造 冗長度 13 %、訂正バーストエラー長は 1 層ディスクで 6.0 mm と、大きな欠陥でも訂正可能である。

Structures of sector and ECC block

変調には、ソースデータ 8 ビットを 16 ビットに変換する 8/16 変調を用いた。変調後のチャネルビット長を 1 T とすると、最小ビット長は 3 T である。変調後の信号に直流成分が含まれないよう、直流成分の抑圧制御も変調アルゴリズムに含んでいる。

変調後のデータに再生信号の時間基準となるシンクコードを付加する。シンク付加時にも直流成分の抑圧制御を行う。最終的に作製されたデータはレーザー記録機でディスク原盤に記録される。

## 2.3 ROM ディスクの論理フォーマット

**2.3.1 ファイルシステム** DVD では、ファイルシステムとして“UDFブリッジ”と呼ぶものを新たに開発した。これは CD-ROM で使われている ISO-9660 ファイルシステムと、OSTA (Optical Storage Technology Association) が ISO-13346 を基に開発した UDF (Universal Disc Format) フ

ァイルシステムを融合したものである。二つのファイルシステムを融合したのは次の理由による。

- (1) 現在の CD-ROM では ISO-9660 が広く使われており、各種のオペレーティングシステム (DOS/Windows<sup>®</sup> (注1)、Macintosh, UNIX (注2) など) でサポートされている。
- (2) DVD では書換え可能な DVD-RAM を開発中であり、相互の互換をとるのが重要であるが、ISO-9660 は書換え可能な媒体を考慮していない。
- (3) ISO では書換え可能な媒体もサポートするために ISO-13346 が制定されているが、これは非常に複雑である。そこで、OSTA によって制限を加え実際にインプリメントしやすいようなファイルシステムとして UDF が開発され、今後の標準になろうとしている。
- (4) 将来的には UDF が各種 OS で UDF が標準でサポートされることを期待するが、現時点で普及している CD-ROM との互換を考慮する必要がある。

以上の理由から、DVD では UDF ブリッジを開発した。UDF ブリッジは一つのディスクに ISO-9660 と UDF の二つのファイルシステムを載せ、双方から同じファイル実体を指し示すようにしたものである。

図 3 に示すように 1 枚のディスクに載った二つのファイルシステム (UDF と ISO-9660) はそれぞれから同一のファイルを示す。

これにより、ISO-9660 をサポートする従来のシステムからも、UDF をサポートする今後のシステムからも DVD をアクセスすることが可能になる。

なお、DVD ムービープレーヤは UDF をサポートする。また、DVD-RAM は UDF だけをサポートする。

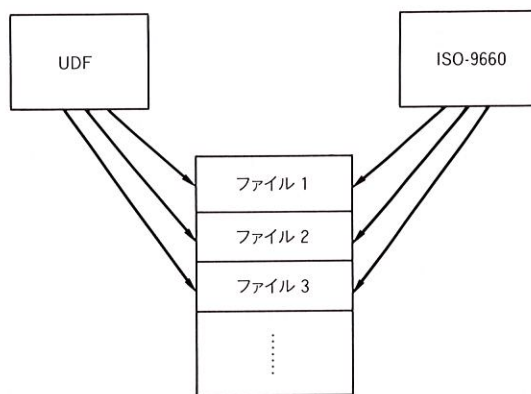


図 3. UDF ブリッジの構成 ISO-9660 をサポートする従来のシステムからも、UDF をサポートする今後のシステムからも DVD をアクセスできる。

Structure of UDF bridge

(注 1) Windows は、Microsoft 社の商標。

(注 2) UNIX は、X/Openカンパニーリミテッドがライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標。

**2.3.2 ビデオ仕様** DVD-ROMはユーザデータとしてどのようなデータを書いてもよい。一方、ユーザデータとして、DVDのビデオ仕様に基づいたデータが記録されているものを“ムービーディスク”と呼んでいる。

DVDのビデオ仕様のデータは、ビデオオブジェクトとナビゲーションデータとの2種類のデータから構成される。

ビデオオブジェクトは動画データ、音声データと副映像で構成される。動画データとしてはMPEG2方式が、音声データとしてはAC-3<sup>(注3)</sup>、MPEG2、PCMデータがサポートされる。さらにDVD独自の機能として“副映像”と呼ぶビットマップデータがある。副映像は、映画、カラオケの字幕とナビゲーションのメニュー表示の選択肢の表示などに使用できる。一つのビデオオブジェクトには一つの動画データ、最大八つの音声データと最大32の副映像データを入れることができる。これは基本的には1枚のディスクで多国語に対応させることを目的としている。

ナビゲーションデータは、ビデオオブジェクトを再生する手順を記述したものであり、主にインタラクティブな処理が記述される。また、特殊再生やシームレス再生のためのデータも記述される。

DVDの特長の一つにマルチストーリーやマルチアングル機能とそれらのシームレス再生が挙げられる。マルチストーリーは1枚のディスクに複数のストーリーの映像を入れておき、ユーザがそれらをインタラクティブに選択して再生するものである。マルチアングルは基本的には同一時刻で複数のカメラで撮ったものを入れ、ユーザが選択したアングルを再生するものである。これらの映像はディスク上では異なったトラックに記録されており、再生時にこれらをつなぎ合わせて再生する必要がある。従来の方法ではとぎれなく再生することは難しかったが、DVDではディスク上の配置をくふうすることと、バッファメモリの使用によってとぎれなく再生することが可能になっている。

**2.3.3 コピープロテクト** DVDは高画質なデジタルデータが記録されており、劣化のないコピーが可能である。一方、これはソフトウェア制作者側から見れば自分の財産が容易にコピーされる可能性があるということであり、システムとして制作者が必要とするコピープロテクトのための機構を入れることは、DVD向けのソフトウェアを充実させるために非常に重要である。

DVDの再生としては、DVDプレーヤでの再生とDVD-ROMドライブをパソコン(PC)に接続しPC上で再生するという2種類の形態がある。前者ではプレーヤからの出力はアナログの信号でありコピー先は一般にビデオである。後者ではDVD-ROMドライブからの出力はデジタルでありコピー先はハードディスクなどである。DVDでは上記の

両者についてコピープロテクトを実現する必要がある。

コピープロテクションについてはDAT(Digital Audio Tape)でとられたのと同様のコピー世代管理方式であるCGMS(Copy Generation Management System)方式を採用した。これは、ソフトウェア制作者が、次のいずれかを指定する。

- (1) コピー可
- (2) 一世代だけコピー可
- (3) コピー不可

(2)の場合1回コピーされたときには以降は(3)として取り扱うようにする機構である。

以上を実現するためDVDでは以下の機構が採用されている。

- (1) アナログ出力がビデオに記録されるのを防ぐために、NTSC信号に現行のビデオを誤動作させるための信号を重畳する。
- (2) NTSCのブランキング期間にCGMSを含むデジタル信号を付加し、ビデオ側でこれをデコードしCGMS管理ができるようにする。
- (3) ディスク上のデジタルデータに対して独自のスクランブルをかけることにより、デジタルデータをコピーしても再生できないようにする。PC上で再生する場合には一般にはDVDデコードボードでデスクランブルすることによって再生する。
- (4) ディスク上のデジタルデータにCGMSデータを書き、世代管理ができるようにする。

以上の機構によって、DVDでコピープロテクションが実現され、制作者が安心してソフトウェアを供給できるようになった。

### 3 DVD-R フォーマット

DVD-Rディスクは、1回だけの記録が可能なディスクであり、色素系の記録媒体を使用している。記録は635nmの半導体レーザで行い、トラックピッチは0.8 $\mu$ m、ROMディスクのピットに相当するマークの最短長は0.44 $\mu$ mである。トラックピッチと線記録密度をROMディスクより10%低く設定しているため、片面の記録容量は3.9Gバイトとなる。DVD-Rディスクの仕様を表2に示す。ディスクはROMと同様なフォーマットにフィックスアップされる。また、記録作業を何回かに分けて、インクリメンタルライトしていき、最後にUDFファイルとしてフィックスアップすることもできる。インクリメンタルライトをする場合には1ECC期間を、次の記録との接続部分としてダミーデータを記録する。

記録時に必要な記録用アドレスは、グループとグループの間のランド部にプリピットとして基盤にあらかじめ記録しておく。また、グループは半径方向に微小に振動して記

(注3) AC-3は、Dolby Laboratories Licensing Corporationの商標。

表2. DVD-R ディスクの仕様

Specifications of DVD-R

記録容量 12 cm(Gバイト)	3.9
レーザ波長 記録/再生 (nm)	635/650
記録パワー (mW)	4~11
対物レンズ NA	0.60
最小マーク長 ( $\mu\text{m}$ )	0.44
基準線速度 (m/s)	3.84
ユーザデータレート (Mbps)	11.08
トラックピッチ ( $\mu\text{m}$ )	0.80

録されており、再生時にはタイミング信号として用いることができる。これら記録のために必要な信号は、DVD-ROMプレーヤで再生する場合にはそのレベルが再生に問題ないほど少ないレベルとなるよう定めている。

#### 4 DVD-RAM フォーマット

DVD-RAM ディスクでは、記憶容量を2.6 Gバイト、記録データレートをROMの再生レートと同様に設定し、動画像の実時間記録を実現できる仕様としている。記録媒体には相変化膜を使用している。そのため、前に書き込んだデータを一度消去してから記録する必要がなく、ダイレクトオーバーライトが可能である。

記録フォーマットはDVDとしてのコンパチビリティを重

視し、ROMの信号フォーマットとほぼ同様にしている。エラー訂正もROMの訂正方式をそのまま使用している。したがって、ROMプレーヤの若干の改造でRAMディスクの読出しが可能である。

#### 5 あとがき

DVDフォーマットは、ビデオディスク応用からコンピュータでの動画像の記録再生まで、幅広い分野の応用に適応可能なフォーマットとして検討されてきた。マルチメディア時代の光ディスクメモリとして、幅広い分野への応用が期待される。さらに、将来の次世代フォーマットとして、高精細映像への展開、RAMの大記録容量化などへの展開が期待されている。



佐藤 裕治 Hiroharu Satoh

マルチメディア技術研究所開発第七部主査。  
DVDの研究開発に従事。テレビジョン学会、計測制御学会  
会員。

Multimedia Engineering Lab.



海野 裕明 Hiroaki Unno

マルチメディア技術研究所開発第七部主査。  
DVDの研究開発に従事。

Multimedia Engineering Lab.