

HD DVD の技術

大澤英昭 勝田伸一

(株) 東芝 デジタルメディアネットワーク社
HD DVD 事業統括部 光ディスク開発部

開発の背景

近年、デジタルテレビは、その高性能化と低価格化により、急速に普及し始めている。2006年のカラーテレビ世界総需要は、**図-1**に示すように、前年比107.5%の1億7,071万台と過去最高を記録した。液晶テレビが前年比188.7%の3,711万台、プラズマテレビ(PDP)が165.1%の972万台となり、フラットパネルテレビが全体の27%を占めている。国内においても、2011年のアナログ放送中止を一般消費者も意識し始め、フラットパネルを中心としたデジタルテレビが順調に売上げを伸ばしている。

一方、DVDは1996年末に登場し、順調に市場拡大を続けてきたが、**図-2**に示すように、2006年の世界需要は、前年比102.7%の1億1,098万台と、初めてこれまでの二桁成長から伸びが鈍化した。これは、新興地域で急激な伸びが見られたものの、日米欧での需要が減少もしくは、横ばいにとどまったことに起因している。

DVDが登場した当時は、20インチ程度のCRTテレビ

が中心でありVHS(水平解像度350本)に代表されるアナログ民生VTR映像に対し、操作性に優れたNTSCテレビ解像度(水平720×垂直480)でのDVD映像を楽しむことができた。これに対し近年、デジタル高精細(1920×1080)TVの大型化が進み、DVDを再生した時の映像での粗さが、一般視聴者にも判別できる状況に至った。

また、光ディスクシステムの最も重要な要素部品である半導体レーザにおいて、DVDで用いた赤色半導体レーザより波長が短く光ディスクの容量をより大きくすることのできる青紫色半導体レーザが実用化された。

このようなテレビの高精細化・大型化と青紫色レーザの登場を見越し、各社は次世代DVDの開発を2000年頃より本格化させた。DVD規格の世界標準化団体「DVDフォーラム」でも、2002年よりオープンな議論を経てHD DVDの規格化作業が進められた。そして2006年3月に世界初のHD DVDプレーヤが、同年7月にはレコーダが発売された。すでに第2世代、第3世代機が順次市場投入され、HD DVDドライブ搭載PCも登場している。

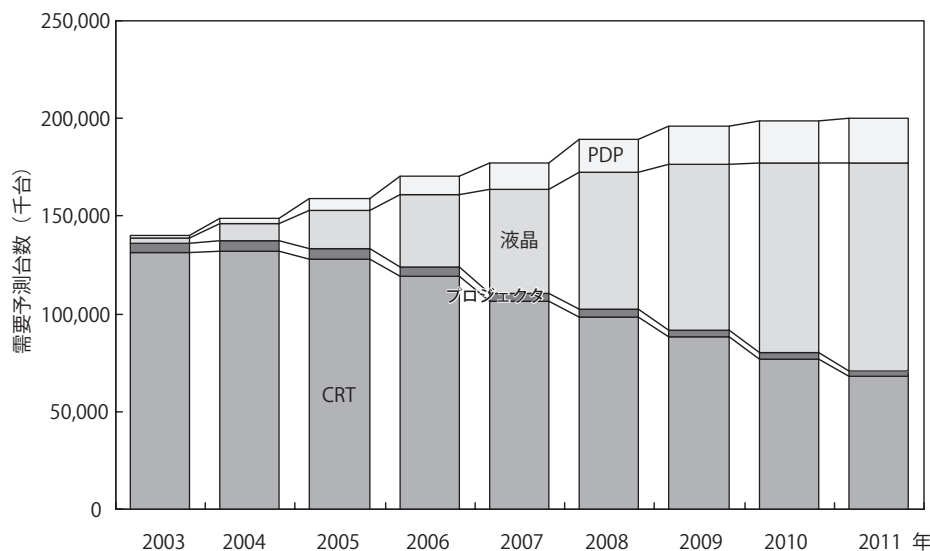


図-1 カラーテレビの世界需要推移

JEITA 2007.2発表データより

HD DVD 開発のコンセプトは、**図-3**に示すように、DVDとの互換性を重視したことにある。その特徴は、①高画質、高音質、②ネットワーク対応で安全に保護され、③ドライブ、ディスクともに製造しやすく、生産面、価格面での優位性があるなど、ビジネスとしても成功したDVDからのシームレスな移行を目指している^{1), 2)}。現在、全世界で約4,000のDVDディスク製造ラインが稼働し、再生専用形、記録形、書換形など合わせて150億枚程度のDVDディスクが生産されている。これら一大産業となったDVDにおいて現行稼働中のDVD製造設備を、HD DVD規格を満たすべく一部手直し、改造を行うだけで継続的な生産が可能となるようにしている。

本稿では、HD DVDの技術について概説し、さらに今後の展望を述べる。

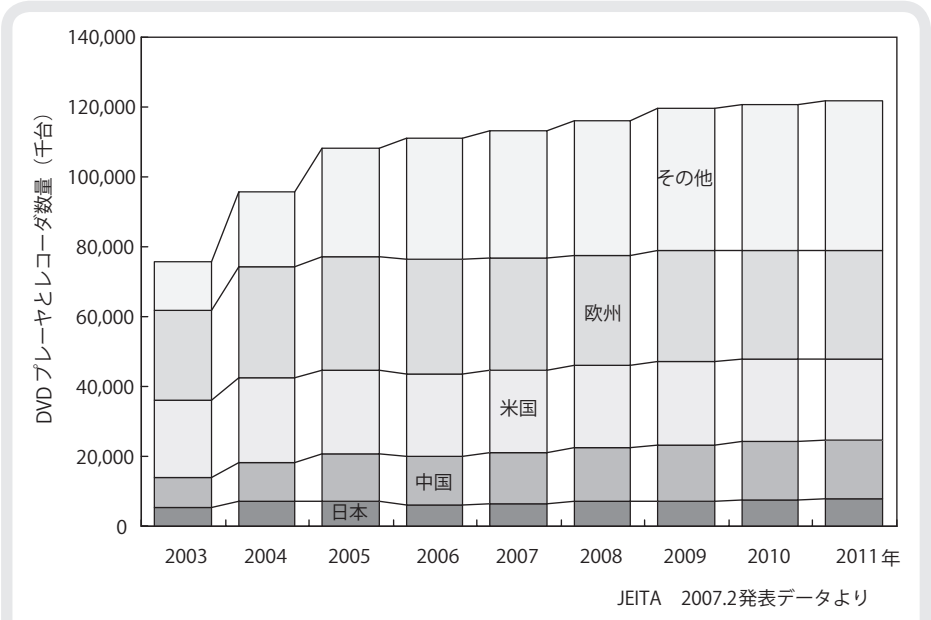


図-2 DVDプレーヤとレコーダの世界需要推移

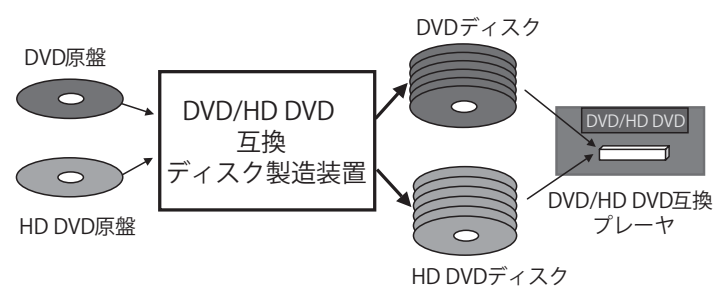


図-3 HD DVDのコンセプト

HD DVDの概要

HD DVDでは、高精細映像をより長時間記録できるようにDVDの約3倍以上の大容量化を図っている。光ディスクの容量は、基本的には記録再生に用いるレーザースポットサイズで決まる。スポットサイズの直径 d は、レーザーの波長 λ 、対物レンズの開口数(焦点におけるビーム角の半分の余弦) NA (Numerical Aperture)で表され、式(1)となる。

$$d \propto \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

DVDでは、 λ 650nmの赤色レーザと NA 0.60の対物レンズを用いて、容量4.7ギガバイト(GB)を得たが、HD DVDでは、 λ 405nmの青紫色レーザと NA 0.65の組合せに、後述するPRML信号処理方式を導入することで、15GBの容量を実現している。

HD DVDのディスクは、DVDと同様に厚さ0.6mm直径120mmの樹脂基板を貼り合わせた構造を採用し、DVDとの互換をとりやすくしている。ディスクの表面に入射したレーザ光は、厚さ0.6mmの透明基板を介して記録再生

面上にレーザースポットを集光し、信号の記録再生を行う。

HD DVD規格では、**図-4**に示すように、再生専用のROM、追記形のR、書換形のRWとRAMの4種類の物理規格が用意されている。これらHD DVDファミリーのディスクは、DVD-ROM、-R、-RW、RAMのDVDファミリーにそのまま相当している。

これに対応する形でHD DVD規格は、**表-1**に示すように、DVD同様に最上位の階層にビデオ、オーディオ、ビデオレコーディングなどを規定しているアプリケーション規格、次にファイル構造などを規定した論理規格、最後に実際のディスク構造などを規定した物理規格があり、各ディスク共通に著作権保護規格が規定されている。

◎物理規格

物理規格の概要を**表-2**に示す。ディスクの構造、記録再生される信号フォーマットや記録の方法など基本となるディスクの物理的な仕様を規定している。いずれもDVDフォーラムで審議され、策定されているが、前述の通りHD DVDの4種類のディスクそれぞれの物理規格が用意され、その特徴は現行DVD規格に似通っている点も多い。DVD-ROMのデータビット長が0.267 μ m、ト

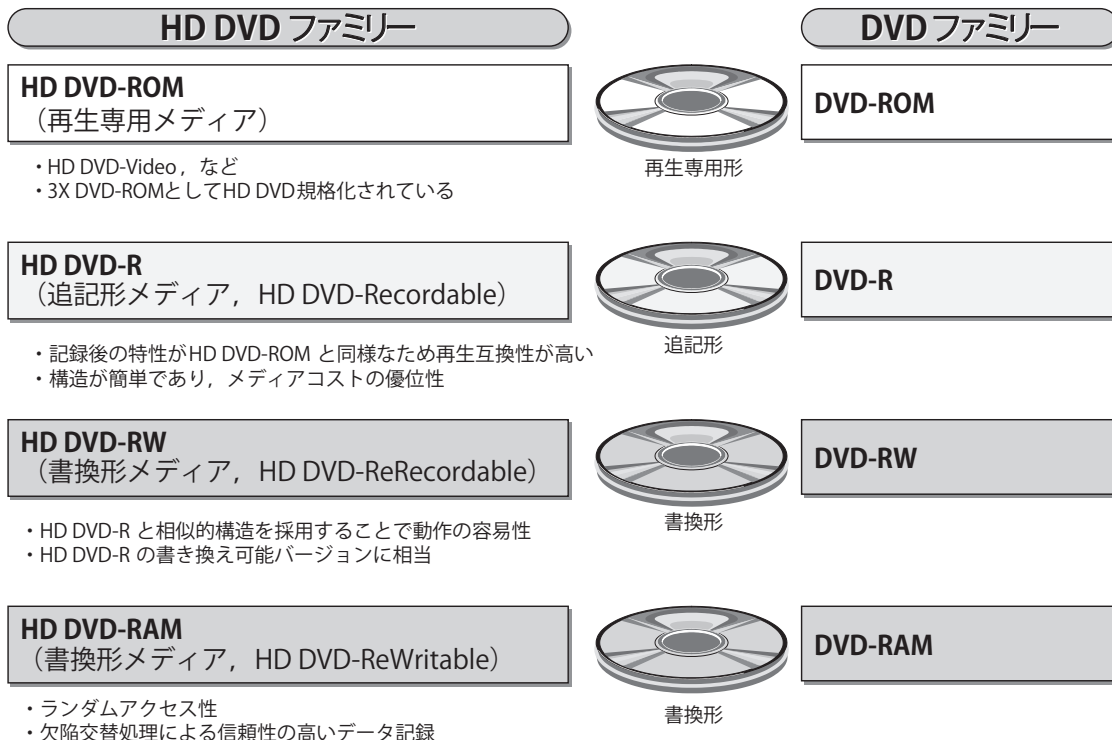


図-4 HD DVD 各ディスクの位置づけ

アプリケーション規格	HD DVD-Video	HD DVD-Video HD DVD-VR		
論理規格	UDF-Ver.2.5			
物理規格	HD DVD-ROM	HD DVD-R	HD DVD-RW	HD DVD-RAM
著作権保護規格	AACs			

表-1 HD DVD 規格の構成

	HD DVD-ROM	HD DVD-R/RW	HD DVD-RAM
12cm ディスク容量(片面)	15GB (1層) 30GB (2層)	15GB (1層) 30GB (2層)	20GB (1層)
8cm ディスク容量(片面)	4.7GB (1層) 9.4GB (2層)	4.7GB (1層) 9.4GB (2層)	6.1GB (1層)
光源波長	405nm	←	←
対物レンズ開口数 NA	0.65	←	←
ディスク基板厚	0.6mm	←	←
データビット長	0.156 μm	←	0.130 μm
トラック間隔	0.40 μm	←	0.34 μm
データ転送速度	36.55Mbps	←	←
ディスク回転方式	CLV (Constant Linear Velocity)	←	ZCLV (Zoned Constant Linear Velocity)
データ記録方式	-	グループ記録	ランド・グループ記録
信号検出方式	PR (1, 2, 2, 2, 1) ML	←	←
変調方式	ETM (Eight to Twelve Modulation), RLL (1, 10)	←	←
誤り訂正方式	リードソロモン積符号	←	←
記録用位置情報方式	-	蛇行溝	←

表-2 HD DVD の主な物理仕様

トラック間隔が $0.74\mu\text{m}$ であるのに対して、HD DVD-ROMでは各々 $0.156\mu\text{m}$ 、 $0.40\mu\text{m}$ と小さくして、記録密度を高めている。また、高精細映像の再生を可能とするため、データ転送速度も、DVDの 11.08Mbps に対して 36.55Mbps と3倍以上高速にしている。

HD DVDの物理規格では青紫色レーザを採用しているが、これとは別に図-5に示すように赤色レーザで再生する3倍速DVD-ROMを用いたHD DVD-Videoも規格に織り込まれている。従来のDVD-ROMで再生転送レートを確認して比較的短時間の高精細映像の再生に使用できる。

◎論理規格

論理規格では、データを管理する方法など信号情報の格納方法を規定している。ファイルやフォルダ（ディレクトリ）の作成、移動、削除の方法や管理情報などの記録方法が規定されている。HD DVDでは、表-3に示すように、米国OSTA（Optical Storage Technology Association）が策定したUDF（Universal Disk Format）バージョン2.5を採用している。

DVD-ROMでは、UDF1.02とISO9660（CD-ROMで採用されたファイルシステム）の双方からアクセス可能なハイブリッド構造のファイルシステム（UDFブリッジ）が採用されていた。これはDVD-ROM規格が策定された当時、UDFがまだ一般的でなかったためである。

UDFバージョン2.5の採用により、大容量化に伴い重要性が増すデータアクセス性や耐久性能向上を図っている。

◎アプリケーション規格

アプリケーション規格は、オーディオ信号やビデオ信号の記録方法を規定している。HD DVDでは、DVD規格同様に映画などの再生専用のパッケージ向けとテレビ放送などの録画向けの2種類のアプリケーションを規定している。

DVD規格のDVDビデオ規格に相当するHD DVDビデオ規格は、HD DVD-ROMのみならずHD DVD-R

	Specifications for DVD Applications	Specifications for HD DVD Applications
Application	Audio Spec. Video Spec.	HD DVD Video Spec. (Video / Audio)
File System	File System Spec. for DVD-ROM	File System Spec. for HD DVD-ROM
Physical	Physical Spec. for ROM	Physical Spec. for 3X DVD-ROM Physical Spec. for HD DVD-ROM
	DVD-Video/Audio	HD DVD-Video/Audio

図-5 DVDフォーラムのDVD/HD DVD規格

	DVD				HD DVD			
	ROM	R	RW	RAM	3XDVD-ROM	ROM	R	RW
UDFブリッジ*	UDF2.00 (UDF2.01)				UDF2.5			

*UDFブリッジ：UDF1.02+ISO9660

表-3 DVDとHD DVDが準拠しているファイルシステム

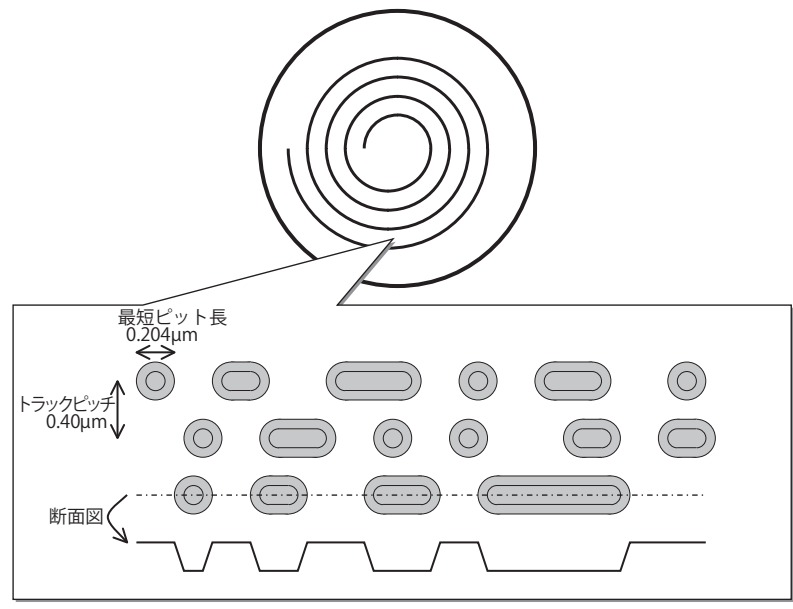


図-6 HD DVD-ROMの模式図

などの記録形ディスクでも使用可能になる予定である。録画用アプリケーションであるHD DVD-VR（Video Recording）は、HD DVD-R/RW/RAMなどの記録形ディスクで使用される。

ディスクの構造

前述のように、HD DVDディスクには、ROM、R、RW、RAMがある。

図-6にHD DVD-ROMの模式図を示す。データは、螺旋状のトラック上に、凹凸のエンボスピットとして記

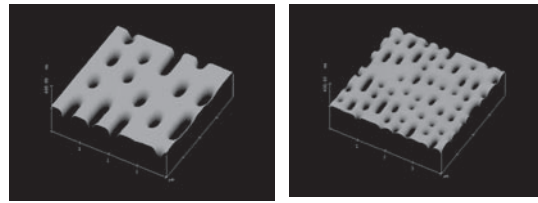
録される。このエンボスピットは樹脂基板の成形時にスタンプと呼ぶ金型から転写される。図-7にHD DVDとDVDを原子間力顕微鏡で観察したエンボスピットを示す。エンボスピットはデータ再生だけでなく、光ビームがトラック上を正確にトレースするためのトラッキング制御やディスクの回転制御にも用いる。

図-8に、HD DVD-RとHD DVD-RWの模式図を示す。記録領域には最初はデータは記録されていない。データをトラック上に正確に記録するためのトラッキング制御、ディスク回転制御、データを記録するための位置情報などのため、螺旋状でかつ蛇行する案内溝(グループ)が形成されている。データはグループ上に記録する。ディスクの回転方式は、HD DVD-ROMと同様に線速度一定のCLV(Constant Linear Velocity)である。

図-9に、HD DVD-RAMの模式図を示す。HD DVD-R/RWと同様に、螺旋状でかつ蛇行するグループが形成されている。データの記録はHD DVD-R/RWとは異なり、グループの深さを調整することで、隣接トラックからの洩れ込みを抑制し、データをグループとランドの両方に記録して、20GBの容量を実現している。ディスクの回転方式は、ゾーン内で回転数一定のZCLV(Zoned Constant Linear Velocity)を採用している。ゾーン内ではディスクの回転数を変える必要はないので、ゾーン内の他の位置への記録再生を高速に行うことができる。

信号処理技術

HD DVDでは、青紫色半導体レーザーを用いたレーザースポットサイズの縮小に加え、さらなる高密度化技術として、PRML(Partial Response and Maximum Likelihood)技術を採用した。PRML技術は元々はデータ通信に採用された技術であり、近年は磁気ディスク装



DVD	HD DVD
トラックピッチ 0.74 μm	トラックピッチ 0.40 μm
最短ピット長 0.40 μm	最短ピット長 0.204 μm
ピット幅 0.35 μm	ピット幅 0.25 μm
容量 4.7 GB	容量 15 GB

図-7 HD DVDとDVDのピットの原子間力顕微鏡像

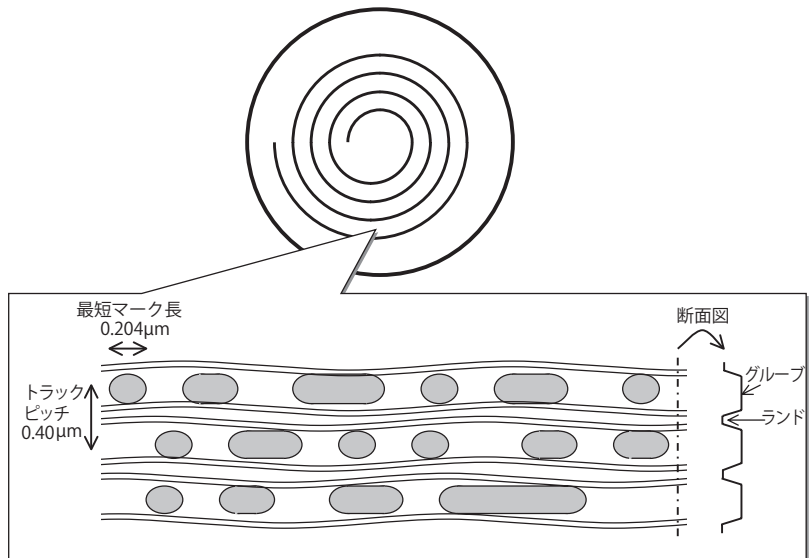


図-8 HD DVD-R/RWの模式図

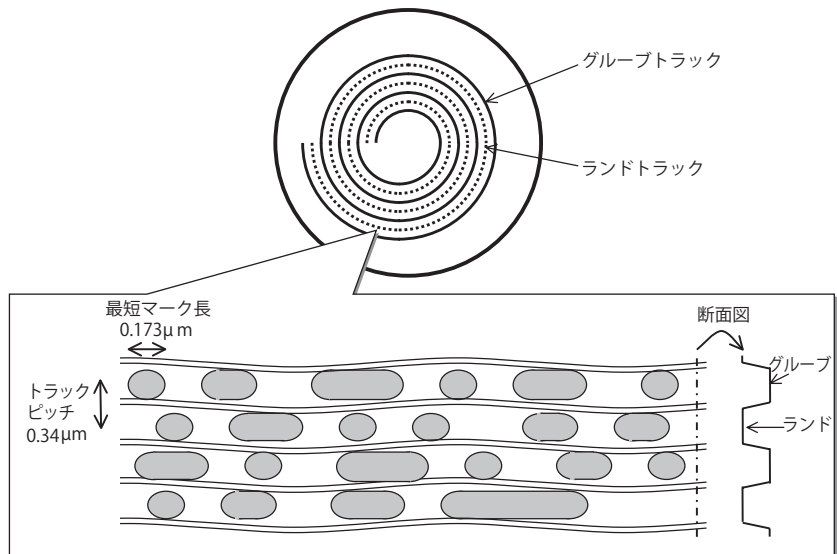


図-9 HD DVD-RAMの模式図

置にも導入され、高密度化に貢献している。PRMLは、データの高密度化により発生する波形干渉を抑制せずに狭い周波数帯域のままデータを記録再生するPR検出と、

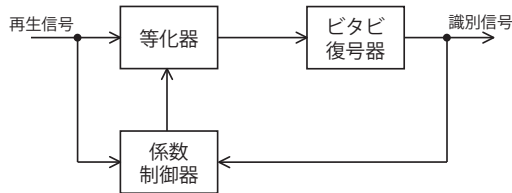


図-10 HD DVDの再生信号処理ブロック

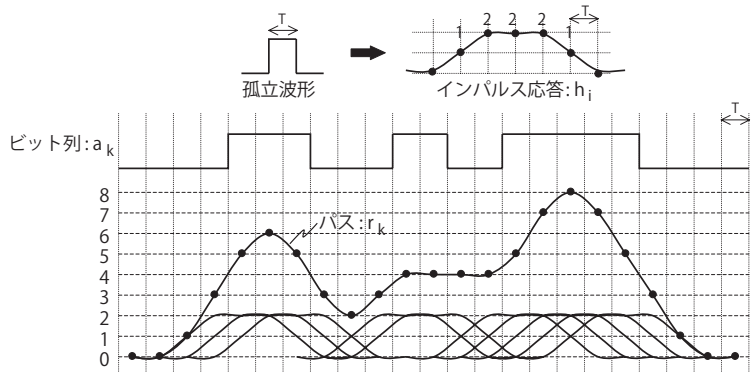


図-11 PR(1, 2, 2, 2, 1) 特性の原理

データを1ビットごとに判別せず一連のデータ列から最も確からしいデータ列を検出して復号するML復号の複合技術である。DVDでは、再生信号の振幅がある閾値よりも大きい小さいかにより2値化する波形スライスを採用しているが、HD DVDでは、高密度化により再生信号の振幅が低下するため、波形スライスによる2値化では多くの識別誤りが発生する。そこで、再生振幅が低下しても識別誤りの起こりにくいPRML技術を採用した。図-10に、再生信号処理のブロック図を示す。再生信号をアナログデジタル変換し、等化器とビットビ復号器でPRMLを実行する。HD DVDでは、図-11に示すように、記録再生信号の伝達特性をPR(1, 2, 2, 2, 1)特性と仮定している。PR特性は、括弧内にインパルス応答列を並べてPR($h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, \dots$)の形で表現される。記録ビット“1”に対して再生信号のサンプル値は h_0, h_1, h_2, h_3, h_4 の振幅を持つ系列として現れ、それより外側のサンプル点では0となる。再生信号系列は、各記録ビットに対するインパルス応答の加算で表現され、加算結果をパスと呼ぶ。等化器は、光ディスクからの再生信号を使用するPR特性に合わせ込むもので、再生信号特性に近いPR特性を選択することで、等化による雑音成分の増加を抑制する。ビットビ復号器は、等化後の再生信号から2値の識別信号へ復号するものである。実際の再生信号は雑音成分を含むため、いかなるパスとも完全には一致しないが、各サンプル点での実際の再生信号と想定されるすべてのパスとの誤差を累積加算して、その累積加算値が最も小さいパスを選択し、選択したパスに対応するビット系列を識別信号とする。このように、ビットビ復号器は、PR特性の持つ既知の相関を利用して複数のサンプルから値を決定するため、雑音に強い性質を有する。図-12に、PRMLと波形スライスの計算機シミュレーションによる高密度化比較結果を示す。図中、横軸はデータビット長を示し、小さくなるほど高密度となる。縦軸はビット誤り率を示す。高密度化に伴い、ビ

ット誤り率が悪化することが分かる。PRMLの採用により、線記録密度を20～30%高めることができる。

DVDの変調方式は、8ビットのデータを16ビットのコードに変換する8/16変調を用いているが、HD DVDでは、8ビットを12ビットに変換するETM(Eight to Twelve Modulation)方式を新たに採用した。8/16変調での最短ビット長は3Tであるが、PRMLによる高密度化を考慮して、最短ビット長が2Tと小さいETMを採用した。

HD DVDの線記録密度は、DVDの約1.7倍であり、ディスク表面についてごみや汚れによる影響は1.7倍の長さのデータに及ぶ。HD DVDの誤り訂正方式は、DVDと同様にリードソロモン積符号を用い、誤り訂正の単位となるブロック長内に、1つの誤り訂正符号に含まれるデータを離れた位置に分散配置して、ごみや汚れのように連続して発生するバーストエラーに対する訂正能力を高めている。HD DVDでは、この誤り訂正ブロック長をDVDの16セクタ32768バイトに対して2倍の32セクタ65536バイトのデータを分散配置することで、バーストエラー訂正能力を2倍に強化し、DVDと同等以上としている。

ビデオアプリケーション技術

HD DVDビデオでは、映像圧縮方式に、DVDで採用されていたMPEG2のほかに、新たに開発された高圧縮率のMPEG4 AVC(H.264)やSMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers, 米国映画テレビ技術者協会)規格のVC-1を適用することで、より長時間の高精細映像を記録することができる。表-4にHD DVDビデオ、オーディオ、サブピクチャなどのアプリケーション規格の概要を示す。

H.264やVC-1による映像圧縮は、MPEG2の2倍以上の圧縮率が見込まれている。同等の再生映像を得るの

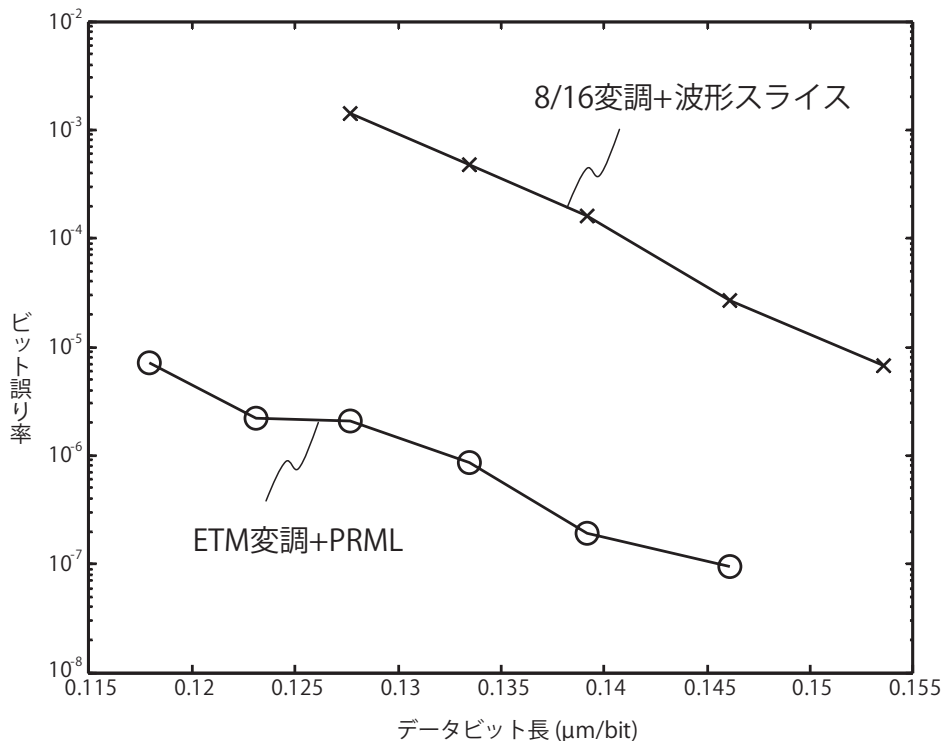


図-12 PRMLと波形スライスの高密度化比較

		DVD ビデオ	HD DVD ビデオ
システム		MPEG プログラムストリーム (MPEG-PS)	MPEG プログラムストリーム (MPEG-PS)
最大ビットレート (システム全体)		10.08Mbps	30.24Mbps
ビデオ (メインビデオ)	圧縮方式	MPEG2	MPEG2, MPEG4 AVC (+FTG: Film Grain Technology), VC-1
	解像度	720 × 480 (60Hz), 720 × 576 (50Hz)	1,920 × 1,080 (60Hz/50Hz)
オーディオ (メインオーディオ)	圧縮方式	非可逆	Dolby AC-3 (必須: 60Hz), MPEG オーディオ (必須: 50Hz), DTS, SDDS (オプション)
		可逆, 非可逆	リニア PCM (必須)
	サンプリング周波数	最大 96kHz (リニア PCM), 最大 48kHz (リニア PCM 以外)	最大 192kHz (リニア PCM, Dolby TrueHD, DTS-HD) 最大 48kHz (DD+, MPEG オーディオ) リニア PCM (44.1kHz)
チャンネル数 (最大)	7.1ch (MPEG オーディオ, SDDS) 5.1ch (上記以外)	7.1ch もしくは 8ch (DD+, DTS-HD, MPEG オーディオ) 5.1ch (上記以外)	
サブピクチャ	圧縮方式	ランゲレンス符合化 (ピクセルあたり 4 色)	ランゲレンス符合化 (ピクセルあたり 4 色, 256 色)
	解像度 (最大)	720 × 480 (60Hz), 720 × 576 (50Hz)	1,920 × 1,080 (60Hz/50Hz)
対象となるメディア		DVD-ROM, -R, -RW, RAM	HD DVD-ROM, 3XDVD-ROM 記録形 HD DVD, DVD への記録も検討中

表-4 DVDビデオとHD DVDビデオのビデオ, オーディオ, サブピクチャ比較

であれば、容量 50GB のディスクに MPEG2 映像で圧縮収録された映像よりも、30GB 容量のディスクに H.264 あるいは VC-1 で圧縮収録されたディスクの方が、高画質になることを意味している。実際に HD DVD では、

H.264 や VC-1 でエンコードされたパッケージメディアが圧倒的に多い。高精細映像の圧縮においては、映像素材そのものの品質、すなわちカメラの性能やわずかなフォーカスずれなどが、従来以上に影響する。このため、

エンコード時のビットレートの割り当てとともに、エンコード前の処理を含めた編集工程での映像加工、ノウハウが重要となる。

HD DVDでは、ビデオ規格にオーディオ規格をふくめている。ドルビーデジタル AC-3 とリニア PCM を基本とした高音質に対応している。さらに、ドルビーデジタル+ (DD+)、ドルビートゥルー HD (DTHD) が標準対応されており、DTS (Digital Theater System) -HD が、オプションで用意されている。

DD+ と DTHD はどちらかが使われることになるが、DVD で採用されたドルビーデジタルの上位フォーマットに位置づけられる DD+ がかなりのタイトルを占めている。ドルビーデジタルが 5.1ch であったのに対し、DD+ では 7.1ch サウンドをサポートしている。また、ビットレート 3Mbps が最大であり、リニア PCM に対して DD+ であっても限界レベルでは HD DVD が優れたオーディオ再生仕様を有している。

DTHD は、可逆なロスレス圧縮で 24 ビット 96kHz、最大 8ch ビットレートは 18Mbps で、DD+ よりもさらに高音質を達成している。

HD DVD ビデオでは、図-13 に示すように、よりインタラクティブ性の高いコンテンツを扱えるように、スタンダードコンテンツとアドバンスコンテンツの 2 種類の規格から構成されている。コンテンツ制作者は、いずれか 1 つの方式を選択してディスク化でき、プレーヤでは両方のディスクを再生することが義務付けられている。

スタンダードコンテンツは、DVD ビデオ規格からビデオ、オーディオ、サブピクチャの性能向上を図って拡張したものである。DVD ビデオ規格からの変更を必要最小限に絞り込んだことで、従来の制作プロセス、ツール、製作技術などに多少の変更を織り込むことで HD DVD ビデオに流用できるように配慮している。

一方、アドバンスコンテンツは、HD DVD ビデオ規格で新たに設けられた規格で、表-4 に示した、ビデオ、オーディオ、サブピクチャの性能向上に加えて、サブビデオとサブオーディオをサポートし、これらをメイ

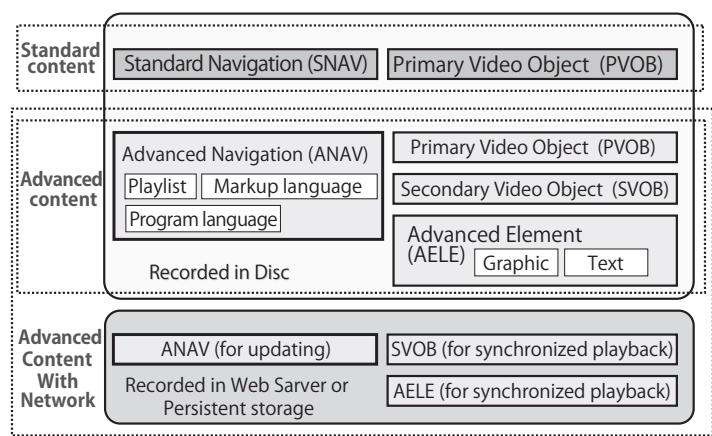


図-13 HD DVD ビデオのコンテンツモデル

		DVD ビデオ	HD DVD ビデオ アドバンスコンテンツ
サブビデオ	圧縮方式	非サポート	MPEG-2, MPEG4 AVC, VC-1
	解像度(最大)		最大 1,920 × 1,080 (720 × 480/60Hz, 720 × 576/50Hz まで必須)
サブオーディオ	圧縮方式	非サポート	DD+, DTS-HD (必須) mp3, MPEG-4HE AACv2, WMA Pro (オプション)
	非可逆		
	サンプリング周波数(最大)		48kHz
	チャンネル数(最大)		2

表-5 HD DVD ビデオ アドバンスコンテンツのサブビデオ、サブオーディオ比較

ンビデオやメインオーディオとともに再生できるようにしている。表-5 にアドバンスコンテンツの仕様を示す。図-14 に例を示すように、メイン映像の中に、登場キャラクターの説明や制作過程の紹介、監督のコメント、などを動画で視聴できる。メインビデオとサブビデオは、もともとの映像に対して、拡大、縮小や表示位置を変化させたり、映像の一部を切り出したりすることができる。これにより、再生途中に、メインビデオの表示を縮小、サブビデオの表示を拡大するなど、2つの映像表示の切り替えを行うことが可能になっている。

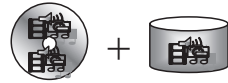
HD DVD アドバンスコンテンツでは、ネットワーク接続機能を強化している。インターネットの世界で広く採用されている XML, ECMA Script (Ecma International で策定された JavaScript 標準規格), SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) がベースになっており、インタラクティブなメニューを構築することができる。これら、ネット接続機能を活かし、①動画、静止画、音声、グラフィクス、たとえば、予告編、未公開シーン、スクリーンセーバー、壁紙、フォトギャラリー、効果音、などのダウンロード



Standard Content



Advanced Content



Advanced Content with Network



アイテムを選択する

サブピクチャ、サブオーディオによる説明

登場キャラクターの説明や、制作過程の紹介、監督コメント、など

図-14 HD DVD ビデオのコンテンツイメージ

- ②新しいメニューのダウンロード、置き換え
 - ③ディスク内のおまけコンテンツの秘匿解除
 - ④アンケート回答のアップロード、アンケート回答集計結果のダウンロード、人気投票、能力診断、トリビア(雑学)など
 - ⑤個人ユーザ登録のアップロード、発行IDのダウンロード
 - ⑥お気に入りシーン(Bookmark)のアップロード、ダウンロード
 - ⑦ユーザ同士のチャット
- といった、新しいアプリケーションに対応している。

著作権保護技術

HD DVDでは、AACSLA(Advanced Access Content System License Administrator)が策定した最新の著作権保護技術AACSLAが採用されている。AACSLA規格は、再生専用ディスク、記録形ディスク、オンラインコンテンツのいずれも保護対象として、以下の目的をもって策定された。

- ①DVDで採用したCSS(Content Scrambling System)³⁾に代わる、より安全性が高くかつ強靱なコンテンツ保護方式の採用
- ②高精細ビデオに適用可能なコンテンツ保護方式の提供
- ③ディスク上の再生専用コンテンツ、ネットワーク配信コンテンツやオンライン接続による追加コンテンツ、電子商取引などの機能がシームレスに扱える包括的コンテンツ保護方式の提供
- ④記録可能ディスク、オンラインコンテンツも保護対象
- ⑤ホームサーバなどへの原画質コピーなど、ユーザの利便性を高める機能(条件はコンテンツ提供者が定める)
- ⑥ネットワーク接続機器、スタンドアロン機器、ポータ

ブル機器のいずれにも適用できるコンテンツ保護方式の提供

⑦上映映画のカムコーダ撮影などによる海賊版問題の解決
AACSLAではさまざまなデータの暗号化や改竄検証のために、ブロックサイズと暗号鍵長が128ビットの米国次世代標準暗号AES(Advanced Encryption Standard)⁴⁾を採用しており、DVDで採用されたCSSやCPPM(Content Protection for Pre-recorded Media)³⁾、CPRM(Content Protection for Recordable Media)³⁾などよりも、さらに強化された安全性能を実現している。万が一ハッキングなどにより、暗号鍵が破られた場合も、それを無効にするリボケーション機能を有している。

また、上映映画をカムコーダなどで違法に撮影した海賊版対策として、Verance社の電子透かし(ウォーターマーク)を採用しており、再生時に検出されたコンテンツは再生禁止となる仕組みも織り込まれている。

HD DVD/DVD 複合ディスク

HD DVDは、DVDと同じ厚さ0.6mmの樹脂基板を貼り合わせた構造を採用している。この物理構造を積極的に活かして登場したのが、コンビネーションディスクとツインフォーマットディスクである。図-15に模式図を示す。HD DVD(単層15GBまたは2層30GB)とDVD(単層4.7GBまたは2層8.5GB)を貼り合わせたものが、コンビネーションディスクで、表裏ひっくり返して再生を行う。光入射面側から見て手前のL0基板上にDVD(4.7GB)を、奥のL1基板上にHD DVD(15GB)のデータを設けて、光入射面側から双方のデータを読み出すことができるようにしたものがツインフォーマットディスクである。DVD側とHD DVD側に同じあるいは異なるコンテンツを入れておいて、どちらに対応した

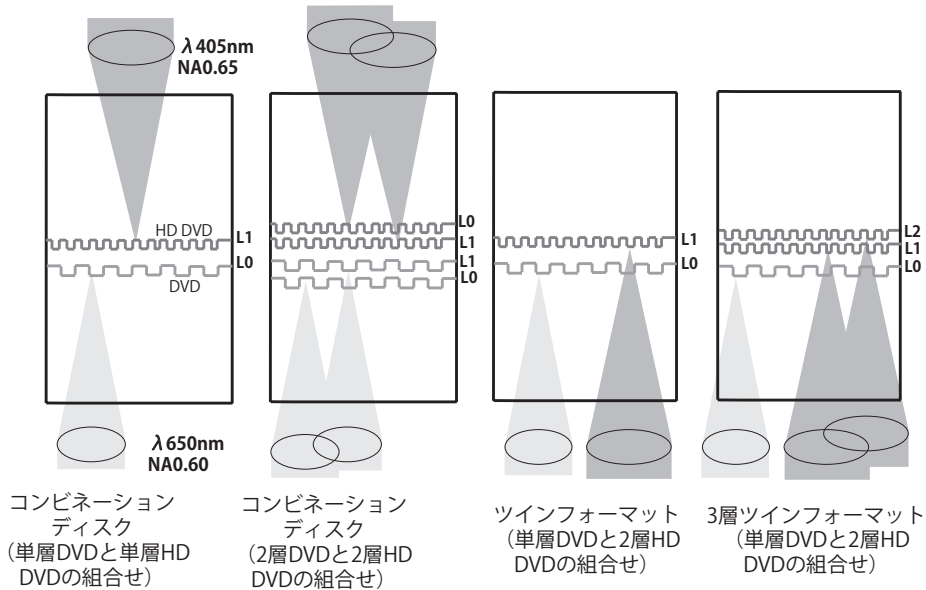


図-15 HD DVD/DVD 複合ディスク

プレーヤでも再生できるものである。ツインフォーマットディスクでは、商品性の高いラベルを非入射面側全面に印刷することができる。

これをさらに発展させたのが3層ツインフォーマットで、L0側にDVD (4.7GB)、L1とL2にHD DVD (30GB)のデータを配置している。特典映像などをDVD側に入れて、本編のHD DVD映像とは異なる楽しみ方もできる。

HD DVDの将来展望とまとめ

さらなる大容量化を図る試みとして、HD DVD-ROMディスクの3層化の開発も進められている⁵⁾。H.264やVC-1など高効率の映像圧縮技術で通常の再生時間に関しては十分であるが、さらなる長時間化を目指す技術である。トラックピッチを変更することなく、線密度を高めることで、各層あたりの面密度を従来の15GBから17GBに上げ、片面3層で51GBを達成している。現在、DVDフォーラムにおいて、規格化審議作業が進められている。また、記録形ディスクへの高速記録技術の開発も進んでいる。

ネットワークの高速化、これを用いたコンテンツ配信は、より安全性が高い環境で本格化し始めている。特に、ハリウッドの映画会社の最大の収益源であったDVDビデオディスクは、発売から10年ではほぼ売れ筋となる作品のDVD化が済んだとされている。一方、数千本単位でまだDVD化されていない映画は、需要が最小製盤数量に満たない、あるいは販売店の棚に流通在庫として残る可能性があることなどから、これまで手をつけられていなかった領域であった。これらDVD化されていな

い映画をデジタル化した上で、顧客の要請に従い記録形ディスクへ記録して提供する規格が準備され、ビジネスへの期待も膨らみ始めている。現在はDVD-R（現行DVD-Rとは異なる専用ディスク）への記録であるが、フィルムからデジタルデータへの変換技術の向上などにより、大容量のHD DVDを用いた同様のサービスが始まるのも遠い話ではない。

このように、現行DVDとの親和性の高いHD DVDは、今後、大容量化、高速化やアプリケーションの拡張など、さらなる発展が期待される。

参考文献

- 1) 山田尚志：HD DVD 次世代DVDディスク、O plus E, Vol.27, No.4, pp.392-398 (2005).
- 2) 佐藤裕治監修：図解HD DVDハンドブック、インプレスジャパン(2007).
- 3) 特集「デジタルコンテンツの保護技術」、東芝レビュー、Vol.58, No.6, pp.1-51 (2003).
- 4) 岡本栄司：暗号理論入門 第2版、共立出版(2002).
- 5) 大寺泰章：3層HD DVD-ROMディスク技術、O plus E, Vol.29, No.10, pp.1030-1033 (2007).

(平成19年10月5日受付)

大澤英昭 hideaki.ohsawa@toshiba.co.jp

1982年東京芝浦電気(株)(現、(株)東芝)入社、光ディスク装置の要素技術開発、DVD、HD DVDの研究開発に従事。電子情報通信学会会員。

勝田伸一 shinichi.katsuda@toshiba.co.jp

1981年より光ディスク媒体の開発、事業化に従事。2006年(株)東芝入社、HD DVDの研究開発に従事。応用物理学会、日本光学会各会員、工学博士。