

次世代光ディスク HD DVD

Technologies of HD DVD Next-Generation Optical Disc

永井 宏一 佐藤 裕治

■ NAGAI Koichi

■ SATOH Hiroharu

東芝は、現在広く普及しているDVDを作った世界的にオープンな組織であるDVDフォーラムで、高精細映像記録に対応した次世代光ディスクであるHD DVDの規格化を進めている。HD DVDはDVDとの互換性が高く、次世代光ディスクとして求められる要求を十分に満たし、低コストでディスク及び装置を製造できる。またネットワーク接続による最新コンテンツの表示機能や高度なプログラミング言語の採用により、より豊かで表現力の高いVideoアプリケーションの提供が可能になり、再生専用ディスクと記録型ディスクの互換性が向上するなど、利用者の立場から見て極めて魅力的なディスクになっている。

Within the DVD Forum, which made the conventional DVD, Toshiba is developing the HD DVD, a next-generation optical disc that will be used to record high-definition movies. HD DVD has high compatibility with DVD, meets the requirements for next-generation discs, and its discs and equipment can be easily manufactured at low cost. Interchangeability between read-only discs and recordable discs is also improved. Internet connectivity and adoption of advanced programming language makes it possible to provide richly expressive contents. HD DVD is therefore highly attractive to consumers.

1 まえがき

今まで、記録メディアとして様々な光ディスクが誕生したが、世界的に普及したものは限られている。次世代DVDであるHD DVDを紹介する前に、成功例のCDとDVDの歴史について簡単に触れたい。

最初に世界中に広く普及した光ディスクであるCDは、まずオーディオ用のパッケージメディアとして1982年に発売され、その高音質や扱いやすさといった特長からレコードにとって代わった。CDは赤外線LD(レーザダイオード)を用い、74.7分の音楽を録音できる。その後、コンピュータ用途として1985年に再生専用のCD-ROM(容量650Mバイト)規格ができ、1990年に追記型のCD-R規格が、1996年に書換え可能なCD-RW規格が誕生した。そのころコンピュータ用ソフトウェアの配布は、時に数十枚のFD(Floppy Disc)を必要とする場合もあったが、これが1枚のCD-ROMに置き換えられた。その後、1993年にVideo CD(表1)が誕生したが、映画などの動画は音声よりはるかに情報量が多いため、十分な画質や記録時間が得られず、VTRの置換えにはならなかった。

そこで、標準解像度の動画のパッケージメディアとしてDVDが開発された。DVDはCDと同じサイズだが、波長が短い赤色レーザを用い片面1層で4.7Gバイトの容量があり、新しい動画圧縮技術MPEG-2(Moving Picture Experts Group-phase2)と組み合わせることで、大多数の映画が納ま

表1. Video ディスクの歴史

History of video discs

項目	Video CD	DVD-Video	HD DVD-Video
規格発行	1993年	1996年	2005年(予定)
画素数(横×縦)	352×240	720×480	1,920×1,080
圧縮方式	MPEG-1	MPEG-2	MPEG-4 AVC ほか
記録時間	74分	1層で2時間以上	1層で約4時間

る2時間強の記録時間を持っている。

DVD規格は、世界中の電機業界、ディスク業界、コンテンツ業界、IT(情報技術)業界の主要会社が参加し、東芝が主導して設立したDVDフォーラム⁽¹⁾で作成されている。1996年8月に再生専用ディスクのDVD-ROM規格、アプリケーションのDVD-Video規格などがまず発行された。IT業界が規格開発に参加していることもあり、DVD規格は当初から多目的ディスクとして作られており、ファイルシステムにUDF(Universal Disc Format)を採用し、コンピュータでも扱いやすくなっている。

DVDプレーヤは、当社から1996年11月に第1号機が発売されたのち順調に普及し、2002年には全世界でVTR需要を上回るという成功を収めている⁽²⁾。書換え型ディスクである4.7GバイトのDVD-RAM、DVD-RW規格は1999年に、追記型のDVD-R規格は2000年に発行された。これらの記録型DVDディスクを使うDVDレコーダは、2004年に国内においてDVDプレーヤの需要を上回るほど普及が進んでいる⁽²⁾。

表2. DVD-ROMとHD-DVDの主な仕様

Specifications of DVD-ROM and HD DVD

項目	DVD-ROM Ver. 1.0	HD DVD-ROM Ver. 1.2	HD DVD-R Ver. 1.0	HD DVD Rewritable Ver. 1.0
容量 (Gバイト/面)	8.5 (2層) / 4.7 (1層)	45 (3層) */ 30 (2層) / 15 (1層)	30 (2層) */ 15 (1層)	32 (2層) */ 20 (1層)
ディスク直径 (mm)	120			
ディスク厚 (mm)	1.2			
基板厚 (mm)	0.6			
レーザ波長 (nm)	650/635	405		
開口数	0.60	0.65		
最短ビット/マーク長 (μm)	0.400 (1層) 0.440 (2層)	0.204	約0.173	
トラックピッチ (μm)	0.74	0.40	0.34	
信号識別方式	スライス	PR (1, 2, 2, 2, 1) ML		
基準線速度 (m/s)	3.49	6.61	約5.64	
ユーザーデータレート (Mビット/s)	11.08	36.55		

*これらのディスクは、まだ規格化されておらず、今後DVDフォーラムに提案する予定である。

欧米では、VTRがそもそもパッケージソフトの再生用として使われていることもあって、DVDもプレーヤが主流であるが、レコーダも低価格化に伴い普及していくと予想される。

一方、米国市場などでは大型ディスプレイが普及し始め、日本においても2003年に地上波デジタル放送が開始され、現在では約90%の番組が高精細 (High Definition) の放送局もあるといった状況である。これらの状況から、日米欧において高精細動画対応の光ディスクが待ち望まれるようになった。

そこで、高精細画像を記録するためのメディアとして、当社はDVDフォーラムにおいてHD DVDの規格化を進めている。既に再生専用ディスク規格のHD DVD-ROM Ver. 1.0が2004年6月に、書換え型のHD DVD Rewritable Ver.1.0が同年9月に、追記型のHD DVD-R Ver. 1.0が2005年2月に発行され、現在ビデオアプリケーションの規格化が進められている。表2は各ディスクの主要仕様である。以下、HD DVDのコンセプト、光ディスク技術、HD Videoアプリケーションの概要について述べる。なお、要素技術の詳細については、既刊の本誌(2005年1月号)で紹介しているので参照されたい⁽³⁾。

2 HD DVDのコンセプト

HD DVDのコンセプトは、次の3点である。

- (1) 映画を高精細かつ高音質で十分な時間、記録できる容量を持つ。
- (2) 現在のDVDとの互換性が最大限得られる。
- (3) 記録型ディスクにおいては再生専用装置との互換性が高い。

前述のように過去成功した光ディスクは、まずパッケージメディアとして普及しているが、DVDの容量で不足なのは高精細映画用途くらいであるため、これが記録できれば十分

である。

一方、CDが広く普及しているなかでDVDの装置のほとんどがCD互換であることを見ても、DVDがこれだけ広く普及した現在、DVDの扱えない次世代光ディスク装置はあり得ない。また互換性を重視することでDVDの製造インフラ基盤が生かせ、最初からメディアや記録再生装置を低コストで生産できるというメリットも得られる。

記録メディアは、再生専用装置で再生できることが普及するうえで重要である。CDの例を見ても、実はCD-R以前にCD-WO (Write Once) やCD-MO (Magneto-Optical) という再生互換性のない記録型ディスク規格が作られたものの普及せず、互換のあるCD-Rが普及したという経緯がある。記録型光ディスクは、小ロットのソフトウェアやコンテンツの配布又は長期保存用として使われることが多い。FDはデータ交換用にも使われていたが、今は光ディスクではなく、インターネットや不揮発性メモリを使うのが一般的になっている。DVDレコーダは現在、国内の販売台数の70%以上がHDD (Hard Disc Drive) 内蔵型であり、タイムシフト用途や編集にはHDDを使い、光ディスクは長期保存や配布用として使われていると考えられる。したがって書換え型ディスクはHDD並みの書換え耐久性は不要である。

3 HD DVDの物理規格

3.1 容量

HD DVD-ROMの記録容量は1層で15 Gバイト、2層で30 Gバイトである。また、HD DVD-Rの記録容量も1層で15 Gバイトである。HD DVDでは、DVDで採用しているMPEG-2に比べて非常に高い圧縮率が得られるMPEG 4 AVC (Advanced Video Coding) / H.264とVC-1 (SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)で

規格化した方式)を使って、平均8.5Mビット/sのデータレートでも十分な画質を再生し、1層でも4時間以上という十分な記録時間を実現している。2層及び今後提案予定の3層ディスクでは、より高精細で高音質なコンテンツを長時間記録する要求に応えられる。

HD DVDではDVDと同じく、圧縮が難しいシーンは圧縮率を下げ、高いレートで、圧縮が容易なシーンは圧縮率を上げて低いレートで記録する可変レート方式を使い、全体としてのデータ量を減らしている。新圧縮方式は、MPEG-2に比べて圧縮が容易なシーンの圧縮効率が上がる特長があり、難しいシーンの圧縮率はあまり向上しない。そこでHD DVDの最高データ転送レートは、MPEG-2を使うデジタル高精細放送を上回る36Mビット/sとし、圧縮が難しいシーンでも高画質を維持できるよう考慮されている。

HD DVD Rewritableについては、汎用性を考慮してHD DVD-ROMとの再生互換性を失わない範囲で、容量を1層で20Gバイトに増やしている。

3.2 ディスク構造

HD DVDのディスク構造と寸法は現行DVDと同一で、0.6mmの基板を貼(は)り合わせた構造である。また、片面、両面、2層片面、2層両面の4タイプがある。HD DVD-R、Rewritableは、現在は1層タイプだけが規格化されているが、2層タイプについても検討が進められている。更に、3層のHD DVD-ROMも検討中である。

基本的な構造と寸法が現行DVD規格と同一なため、HD DVDとDVDの両方に対応した記録再生装置を作りやすい。またディスク製造も、DVDと同じか少し改良した装置でよく、ROM製造で重要な原盤記録装置も現在のDVDと同じ波長の351nmアルゴンレーザが使えるため、製造設備を共通化できる。そのため、消費者、装置メーカー、ディスクメーカーのいずれもが、DVDからHD DVDへシームレスに移行できる。

光ディスクでは透明基板を通して、太いビームを集光して

小さな情報を読み書きしている。HD DVD及びDVDの場合、ディスク表面でのビーム径は0.5mm程度と大きい。このため、ほこりや傷などがディスクに付着しても光ビームが受ける影響は少なく、HD DVDでも現行DVDと同様にディスクカートリッジが不要で、パソコン用の薄型ドライブも実現できる。

3.3 高密度化技術

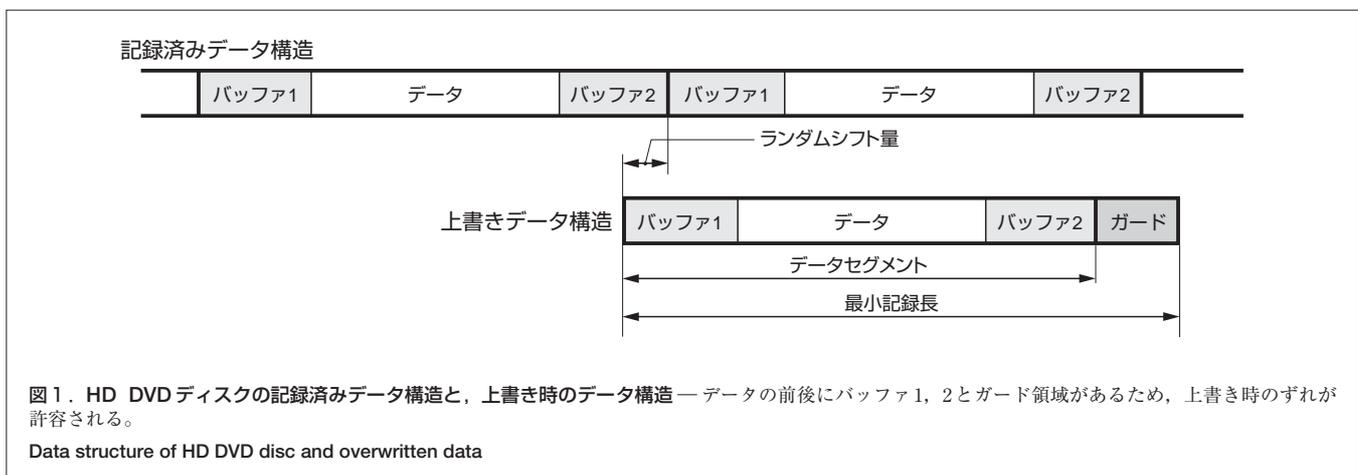
光ディスクに高密度にデータを記録するには、光ヘッドの作るビームスポットを小さくする必要がある。スポットサイズは波長に比例し、対物レンズの開口数に反比例するので、HD DVDでは青紫色LDを用いて波長を650nmから405nmに縮め、開口数も0.65に上げてスポットサイズを小さくした。

しかしHD DVDでは、スポットサイズの縮小率以上に記録密度を上げている。そのため読み出そうとしている目的のピットだけではなく、周囲のピットも混ざって再生してしまう符号間干渉が生じるが、PRML(Partial Response Maximum Likelihood)という信号処理方式で解決した。また、開口数を上げたことによってディスクの反りの許容量が減少するが、これもPRMLと、現在の記録型DVD装置で実用化しているチルトサーボを採用することで解決している。

HD DVDはDVDとの光学的パラメータの差が少なく、特殊な新光ヘッド技術が不要なため、光ヘッドの構造も現在と同様になる。また、個々の部品技術の差も少ない。そのため、現行DVDとの互換性を持つ光ヘッドが低コストで製造できる。

3.4 再生専用ディスクと記録型ディスクの互換性

CDやDVDと違い、HD DVDでは製品の発売前に再生専用ディスク規格のほか記録型ディスク規格も完成しているうえ、ROM規格自体も最初から記録型ディスクを考慮して作られており、高い再生互換性が期待できる。具体的には図1のように、ROMディスクも記録型ディスクも、最小の書換え単位であるデータセグメントの先頭と終端にバッファ領域を

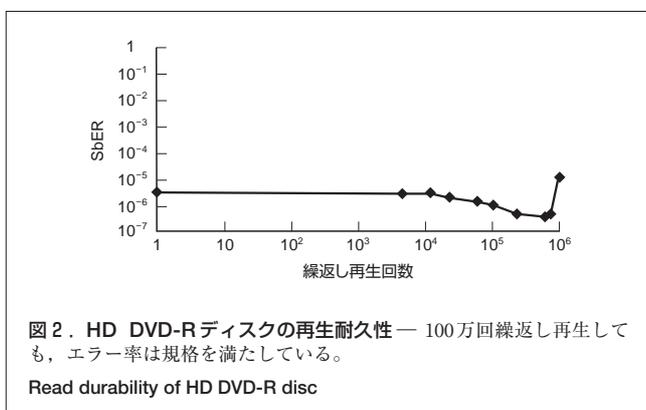


設けている。先頭のバッファ領域はクロック同期用のVFO (Variable Frequency Oscillator)と兼用である。記録時は1個又は複数のデータセグメントの終わりにガードを加える。これにより、書換え時や追記時のタイミングのずれによるデータ損失が生じず、記録済みの記録型ディスクはROMとして問題なく扱うことができる。また書換え型ディスクでは同じパターンで繰り返し記録すると書換え可能回数が減るが、積極的にタイミングをずらすことによって防止している。

また、HD DVDの記録型ディスクでは、トラック位置を定める案内溝を変調することによって記録時に用いるアドレスを記録しているが、このアドレスはROM専用の光ヘッドでは検出されないため、やはり記録済みの記録型ディスクはROMのように扱うことができる。

3.5 信頼性

書換え型のHD DVD-Rewritableでは、DVD-RWと同等の1,000回以上の書換え回数を保証している。またDVD-RAMと同様、欠陥領域を正常な領域に論理的に交替させて無欠陥ディスクとして扱える仕組みを持つが、その交替情報を記録するテーブル自体の場所も交替できるので信頼性が高い。記録膜の信頼性についても確認されている。HD DVD-Rでの繰り返し再生の耐久性を図2に示す。SbER (Simulated bit Error Rate)は従来のエラーレートに相当する新しい指標であるが、100万回の再生後も規格の 5.0×10^{-5} 以下を十分満たしている。



4 Videoアプリケーション規格

HD DVD用のVideo規格は、単純なDVDの高精細対応版ではなく様々な拡張が加えられるが、まだ検討中のため、ここでは予定されている主要な特徴を述べる。

4.1 豊かな表現力

図3に示すように、HD DVD-VideoではDVDと違い、動画像の上に操作用のボタンやサブ画面などを重ねて表示できる。動画のほか、静止画 (JPEG (Joint Photographic



図3. HD DVD-Videoの画面の例 — 動画に重ねて、操作用のボタンや、別の動画を重ねて表示できる。

Example of HD DVD-Video display

Experts Group), PNG (Portable Network Graphics) フォーマットなど), セルアニメーション, テキストやビットマップのサブタイトルも表示できる。これらのレイアウトや動作はXML (eXtensible Markup Language) や, ECMAScript^(注1) という一般的なプログラミング言語で動作を制御でき, これを利用してゲームも作成できる。

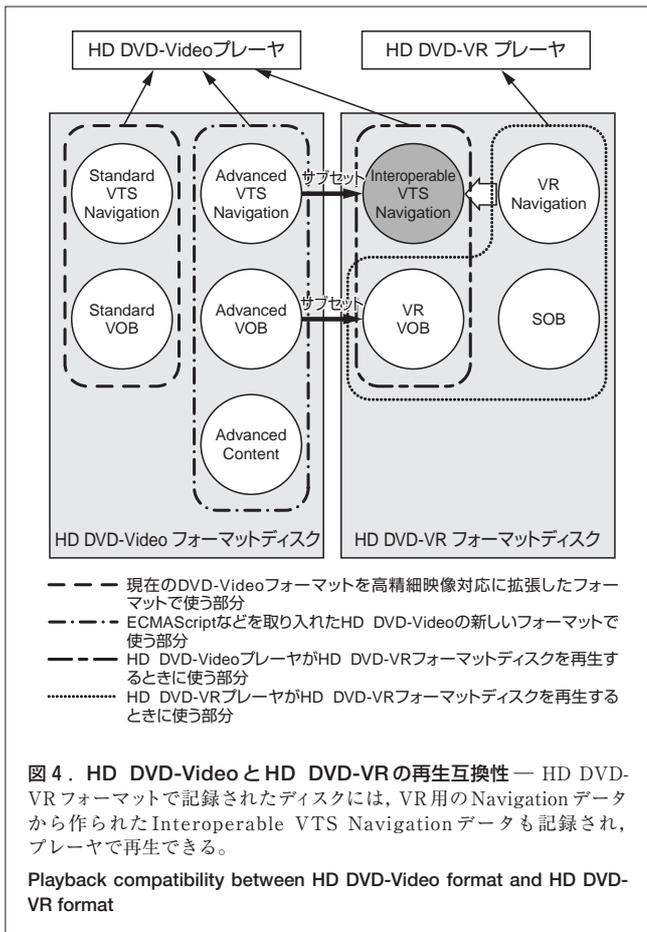
4.2 ネットワークのサポート

HD DVD-Video プレーヤは, インターネット接続機能を持つ。これによって, 例えば, 映画の解説や役者の最新情報をダウンロードして表示できる。また, ディスクを無料で配布し, インターネットで視聴する権利を販売するといった著作権管理にも使える。

4.3 Video フォーマットとVR フォーマットの互換性

DVDの動画記録方式には, 複雑な制御が可能な再生専用ディスク用のVideoフォーマットと, 記録型ディスク上での編集を可能にしたVR (Video Recording) フォーマットの2種類がある。これらのフォーマットの間には互換性がなく, プレーヤで再生するにはVideoフォーマットで記録しなければならなかった。そこでHD DVDでは, 図4に示すように, VRフォーマットの映像データ形式 (VR VOB (Video Object)) をVideoフォーマットの映像データ形式 (Advanced VOB) のサブセットに近いものにした。また制御データも, Videoフォーマット用のAdvanced VTS (Video Title Set) NavigationデータのサブセットのInteroperable VTS Navigationデータを, VRフォーマット用のVR Navigationデータから作れるようにすることで, VRフォーマットで記録したディスクをプレーヤで簡単に再生できるようにした。ただし, デジタル放送のデータ形式であるTransport Streamを変換せずにSOB (Stream Object) 形式として記録した場合は, データが

(注1) ECMAScriptは, ECMA (European Computer Manufacturer Association) で規格化されたスクリプトの名称。



などのデメリットが多数あると認識している。したがって、現在開発を進めているHD DVDが最良の方式と考えている。

HD DVDは、広く普及しているDVDやCDとの互換を考慮してあり、DVD以降の各種の技術進歩をバランスよく採用することによって、十分な長さの高精細映像を記録できる。これにより、既存のライブラリ資産の保護、装置の低コスト化、使いやすさといったユーザーにとって非常に大きな利点が生まれる。

既に、図5のようなHD DVDプレーヤとディスクの試作品も公開しており、近い将来に手ごろな価格でこれらの商品を購入できるようになり、家庭で高精細映像を楽しめるものと期待している。また、大容量の多層ディスクや高速記録対応ディスクも、今後規格化され、利用できるようになるであろう。

文献

- (1) DVD Forum. <<http://www.dvdforum.org/>>. (accessed 2005-4-10).
- (2) (社)電子情報技術産業協会. <<http://www.jeita.or.jp/>>. (参照 2005-4-10).
- (3) 有信陸弘, ほか. HD DVD要素技術特集. 東芝レビュー. 60, 1, 2005, p.1-28.

放送規格に依存するためプレーヤで再生できないが、VOB形式に変換して記録することで再生できる。

4.4 様々なディスクのサポート

HD DVD用のVideoフォーマットは、新しい青紫色のレーザを使うディスクだけでなく、現在の赤色レーザを使ったDVDにも使える。この目的のために3倍速のDVD-ROM規格が作られたが、このディスクは現在の製造技術をもってすれば、普通のDVD-ROMと製造コストはまったく変わらないため、HD DVDディスクを安価に大量に供給できる。

4.5 優れた音質

HD DVDでは、音声をDVDの最大5.1チャンネル(ch)から7.1chに、非圧縮記録でのサンプリングレートを最高96kHzから192kHzに増やし音質を上げている。

5 あとがき

当社では次世代光ディスクを開発するにあたって、0.1mmのカバー層を持つディスク構造も検討し、DVDと同じ大きさのディスクに、1層でも30Gバイト記録できる光ディスクが技術的に実現できることを確認している。しかし、この場合、汚れに弱い、DVDとの互換性の確保が困難、高コスト



永井 宏一 NAGAI Koichi

デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
光ディスク開発部主務。DVD/HD DVD規格開発に従事。
電子情報通信学会会員。技術士(機械部門)。
Core Technology Center



佐藤 裕治 SATOH Hiroharu

デジタルメディアネットワーク社 HDDVD事業推進室長。
光ディスクの開発、HD DVDの推進に従事。
映像情報メディア学会会員。
HD DVD Promotion Div.