

Blu-ray Disc のファイル・システム／アプリケーション規格

Logical and Application Formats for Blu-ray Disc

山口 孝好*1 木山 次郎*2
 Takayoshi Yamaguchi Jiro Kiyama

要 旨

現在、DVDが普及期を迎えている。その一方、画質を落とす事無くデジタル・ハイビジョン放送を記録可能な次世代光ディスクBlu-ray Discがデジタルハイビジョン放送の本格化と大画面フラット・パネル・ディスプレイの普及にともなって、世の中の注目を集めている。

本稿ではこのデジタルハイビジョン放送、現行アナログ放送、デジタル・ビデオカメラの映像データを高画質で記録することができるBlu-ray Discのアプリケーション規格とファイル・システム規格の概要について解説をする。

While DVD has become widespread, Blu-ray Disc, which makes it possible to record digital HDTV broadcasts without any quality loss, is attracting attention as the next-generation optical disc format, with full-fledged digital HDTV services having started and flat panel displays gaining in popularity.

This paper outlines the application specifications and file system specifications of Blu-ray Disc, which is capable of recording without quality loss from digital HDTV/current analog broadcasts and digital video cameras.

まえがき

書き換え可能なBlu-ray DiscであるBD-REの規格は図1に示すように3つの規格（物理規格、ファイル・システム規格、アプリケーション規格）から構成されている。ここで、物理規格とは、ディスク媒体自体の構造を規定したものであり、ファイル・システム規格とは、ディスク媒体上のファイルおよびディレクトリを管理するためのデータ構造を規定したものである。



図1 BD-RE 規格構成
 Fig. 1 Structure of BD-RE specification.

また、アプリケーション規格は、ディスク媒体上のビデオ記録再生や編集のためのデータ構造を規定したものである。

本稿では、BD-REを構成する3つの規格の内、アプリケーション規格とファイル・システム規格について説明をする。これらの規格は、ディスクメディアにおいて不可欠な機能である録画、再生、コンテンツ管理、ランダムアクセス、特殊再生、編集といった機能に互換性を持たせるため規定されている。

また本稿では、AVコンテンツ記録に不可欠なBD-RE用の著作権保護システムについても簡単に概要を説明する。

1. BD-RE アプリケーション規格

1.1 コンセプト

BD-RE アプリケーション規格は、データ放送も含めたデジタル放送の記録機能および光ディスク・メディアのランダム・アクセス性を生かしたコンテンツ検索機能、特殊再生機能、編集・マーク機能といった一連の機能を実現すべく設計されている。

*1 デジタル家電開発本部 次世代商品開発センター

*2 A1235 プロジェクトチーム

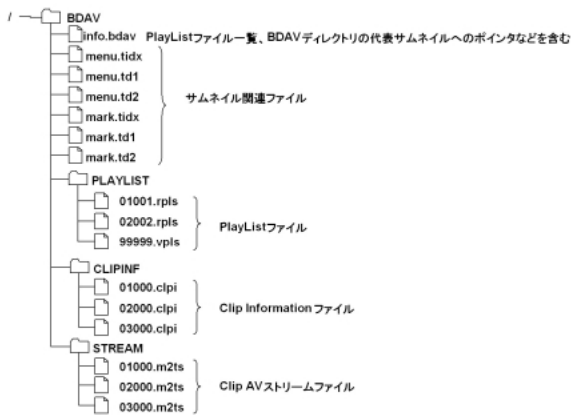


図2 ディレクトリ・ファイル構成
Fig. 2 Directory and file structure.

1・2 アプリケーション規格のデータ構成

アプリケーション規格で定義されているディレクトリ構造と一連のファイルを図2に示す。どのような内容のファイルから構成されているかについて簡単に説明をする。

(1) info.bdav ファイル

ディスクのタイトル名やディスクに記録されているコンテンツのリストなどの情報を収めたファイル

(2) サムネイル関連ファイル

記録番組の代表画像 (menu.td1, menu.td2) や検索用のサムネイルデータ (mark.td1, mark.td2) などが格納されているファイルと各サムネイル・データを読むために必要なデータ (menu.tidx, mark.tidx) から構成される。

(3) PlayList ファイル

再生する映像データの区間 (IN 点, OUT 点) を記録したファイルで, 番組を記録するごとに生成される Real PlayList (*.rpls) と, 仮想編集を行った結果生成される Virtual PlayList (*.vpls) の2種類が定義されている。

(4) Clip Information ファイル

録画したAVストリームへのランダム・アクセス時に必要なデータを格納したファイルで, 拡張子には“clpi”を使用する。

(5) Clip AV ストリームファイル

録画したAVストリームが収められたファイルで, 拡張子には“m2ts”を使用する。

以上のファイルに収められたデータを使うことでデジタル放送の直接記録機能, 特殊再生機能, 編集機能, コンテンツの検索機能を実現することができる。

1・3 AV ストリームフォーマット

映像データとしては以下の3種類のAVストリーム

が記録可能である。

(1) デジタル放送の MPEG-2 トランスポート・ストリーム

(2) NTSC, PAL のアナログ映像信号から自己エンコードして生成した MPEG-2 トランスポート・ストリーム

(3) DV 方式のカメラ一体型 VTR で記録した DV ストリーム

以下, これらの AV ストリームの記録方法について説明をする。

1・3・1 デジタル放送記録

通常のデジタル放送では複数チャンネル分の TS (トランスポート・ストリーム) が多重化されたフル TS と呼ばれるものが送出されている。

MPEG-2 TS は 188 バイト固定長のパケット列で構成されている。BD-RE ではこの放送で送られてくる MPEG-2 TS (フル TS) から不要なパケットを除き録画したいチャンネルの再生に必要なデータのみを抜き出したパーシャル TS を記録する。この際, 不要なパケットを取り除く事で生じた間隔は詰める。

記録した MPEG-2 TS を正しく復号するためには, 復号の際に隣接するパケット間の時間間隔を放送局で送ったものと同じに復元する必要がある。しかし, 上記のように不要なパケットを取り去って単純に記録した場合, 再生時に元のパケット間の時間間隔がわからなくなってしまう。

そこで, BD-RE ではパケット間の時間間隔を再現できるよう, タイムスタンプを各パケットの先頭につけて記録する (図3)。このことによって, 再生時にタイムスタンプを見て, 各パケットをデコーダに送る送出タイミングを調整することで, 正しく再生ができるようになる。

1・3・2 自己エンコード用フォーマット

BD-RE アプリケーション規格では, アナログ放送やアナログ入力からの記録を行う際の自己エンコード用フォーマットとして SESF (Self-Encoded Stream Format) を定義している。

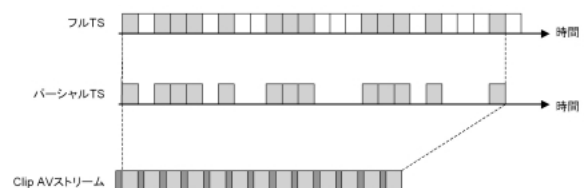


図3 BD-RE の TS フォーマット
Fig. 3 TS format in BD-RE.

表1 SESEFの詳細仕様
Table 1 Detailed specification of SESF.

項目		仕様	
多重化形式		MPEG-2 TS	
ビデオ	圧縮方式	MPEG-2 MP@ML	
	最大ビットレート	15Mbps	
	解像度(NTSC)	720×480, 704×408, 544×480, 480×480, 352×480, 352×240	
オーディオ	MPEG-1 layer-II	サンプリング周波数	48kHz
		ビットレート	32kbps-384kbps
		最大チャンネル数	2
	AC-3	サンプリング周波数	48kHz
		ビットレート	64kbps-448kbps
		最大チャンネル数	5.1
	リニア PCM*	サンプリング周波数	48/96kHz
		量子化ビット数	16/20/24 bits
		最大チャンネル数	2
		※再生機能はオプション	

SESFのフォーマットにはデジタル放送記録と同様、パーシャルTSを用いている。SESFの詳細仕様については表1にまとめている。

また、DVDレコーダの記録データとの相互変換のしやすさを考慮したConstrained SESFも定義している。Constrained SESFでは、SESFに対して、DVDレコーダで採用されているMPEG-2 PS(プログラム・ストリーム)との相互変換が行いやすいよう、多重化形式・ビットレートなどに制限を設けている。MPEG-2 PSパック(2048バイト)への変換を容易にするために、ビデオデータやオーディオデータの入っているTSパケットを11パケット毎に連続させて多重化するようにしている。また、DVD独自の情報を扱えるよう、Tipパケットと呼ばれる付加情報を定義し、SESFストリーム中に挿入をする。

1・3・3 DVストリーム記録

Blu-ray Discの高速なデータ転送レート(36Mbps)のメリットを生かした機能としてDV方式のストリーム(28.8Mbps)を記録する機能がオプションとして定義されている。MPEG-2などへの再圧縮をすることなくそのままの形で記録をするため、画質劣化がない事はもちろん、フレーム単位での編集性も損なわれる事がない。DVストリームを取めたファイルの拡張子として“dvsd”が定義されている。

1・4 AVストリームへのランダムアクセス

1・4・1 AVストリームの管理構造

BD-REアプリケーション規格では、PlayListファイル、Clip Informationファイル、Clip AVストリームファイルの3種類のファイルを用いて、特殊再生や編集操

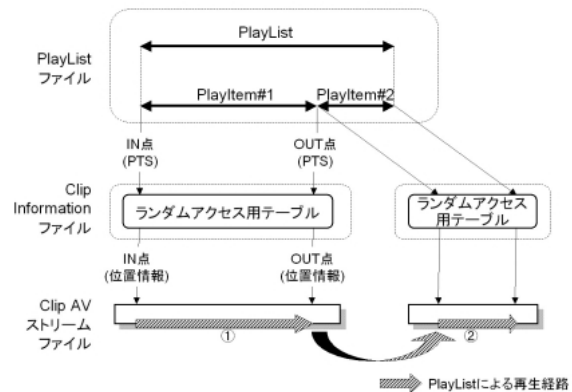


図4 AVストリームの管理構造
Fig. 4 Management structure for AV stream.

作に不可欠なランダムアクセス機能を実現している。

PlayListファイルは、コンテンツを構成するClip AVストリームの再生区間を、再生する順番に従って並べたもので再生や編集時の再生制御情報である。個々の再生区間をPlayItemと呼び、一つのPlayItemは再生するClip AVストリームファイルのファイル名とIN点とOUT点から構成される。また、IN点およびOUT点の指定には、MPEG-2 TS中に埋め込まれているA/V同期用のタイムスタンプであるPTS(Presentation Time Stamp)値を用いる(図4)。

Clip Informationファイル中には、PlayItemのIN点、OUT点のPTS値から、それぞれの点に対応したClipAVストリームファイル中のデータの位置を求めるために必要なランダムアクセス用テーブルが格納されている。

なお、DVストリームの場合にはフレーム内圧縮方式によるストリームであるため、フレーム毎のデータ量が一定であり簡単な計算でデータの位置が求められるので、MPEG-2の場合のようなランダムアクセス用テーブルは不要である。

1・4・2 ランダムアクセス用テーブル

前述したClip Informationファイルに格納されているランダムアクセス情報について説明する。

MPEG-2 TSでは、再生した時間とデータ量が比例関係にあるとは限らないため、PTS値から対応するAVストリーム中の位置を求めるためには、PTS値と位置情報の対応表を用意しなければならない。

MPEG-2によるビデオ圧縮では圧縮効率を高めるため、通常15フレーム程度(約0.5秒)をまとめて圧縮する。まとめた単位はGOP(Group of Pictures)と呼ばれる。GOPデータに含まれるフレームを復号するためには、GOPの先頭から復号する必要があるため、ランダムアクセス点としては、GOPデータの先頭位

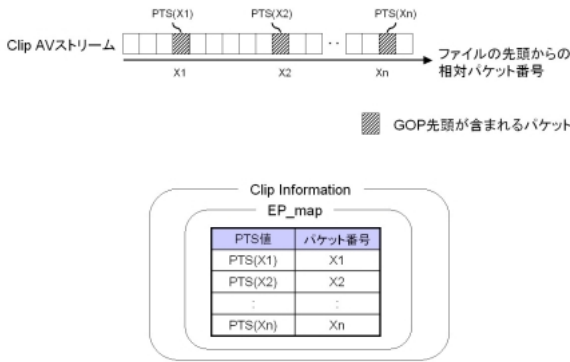


図5 EP_mapの概要
Fig. 5 Overview of EP_map.

置がわかればよい。

このGOPデータの先頭位置とPTS値を対応づけるため、BD-REアプリケーション規格では、EP_mapと呼ばれる対応表を用意している。

図5にEP_mapの概要を示す。EP_mapには、GOPデータ先頭のPTS値とGOPの先頭が含まれるパケット番号（位置情報）とが含まれている。これにより、EP_mapを参照することで、PTS値からそれに対応したGOPの先頭のデータが含まれる位置を容易に検索することができる。

また、GOPを前提としないような符号化方式が将来登場した場合にも対応できるよう、TU_mapと呼ばれるランダムアクセス用テーブルも別途、定義されている。

1.5 編集

1.5.1 Real PlayListとVirtual PlayList

前述したようにPlayListファイルにはReal PlayListファイルとVirtual PlayListファイルの2種類がある。

Real PlayListファイルは、1回の録画につき1個作成される。このReal PlayListファイルを用いることで1回分の録画データを再生することができる。これに対して、Virtual PlayListは、録画済の複数AVストリームの気に入ったシーンをつなぎ合わせる仮想編集時に

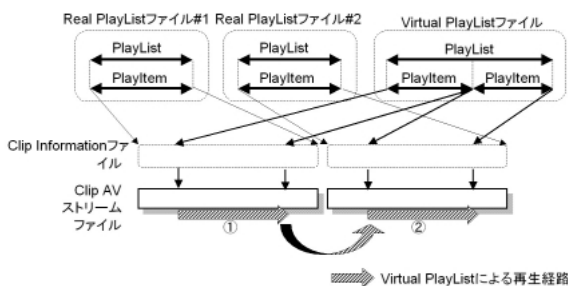


図6 Virtual PlayListの概念
Fig. 6 Concept of Virtual Play List.

生成される。このVirtual PlayListを用いることで、AVストリームをコピーしたり、削除したりすることなく、自由な編集を楽しむことができる（図6）。

1.5.2 ブリッジシーケンス

Virtual PlayListを再生するとき、シーンのつなぎ目でスムーズにつながらない場合がある。例えば、シーンのつなぎ目がGOPの途中から始まる場合、つなぎ目で再生がわずかに停止する可能性がある。BD-REアプリケーション規格では、このわずかな停止を解消し、高精度な仮想編集を実現するため、ブリッジClip AVストリームという特殊なClip AVストリームを定義している。

ブリッジClip AVストリームとは、つなぎ目の前後のストリームを抜き出し一旦デコードして、つなぎ目がGOPの境界になるよう再度エンコードして、記録したものである。再生の際には、図7に示すように、つなぎ目のブリッジClip AVストリームを経由してAVストリームデータを読み出し再生することで、高精度なシームレス仮想編集が可能になる。

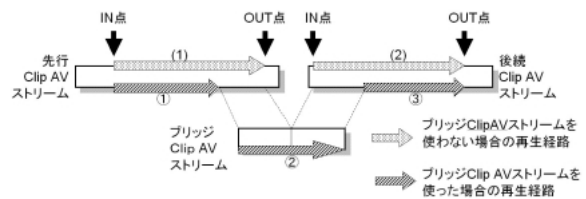


図7 ブリッジの概念
Fig. 7 Concept of Bridge Clip AV stream.

1.6 検索・アクセス用情報

アプリケーション規格ではコンテンツの検索やアクセスを容易にするための色々なしくみが用意されている。

大きく分けるとコンテンツの代表画像を象徴するサムネイル機能と、ランダム・アクセス用のマーク機能が定義されている。

サムネイルはディスクと記録コンテンツに対して設定をすることができるようになっている。また、マーク機能に関しては、しおりに相当する「ブック・マーク」、特定の再生区間をマークする「チャプタ・マーク」、不要な再生区間をスキップさせるための「スキップ・マーク」、視聴を終了した位置を記憶しておくための「レジューム・マーク」が用意されている。

2. BD-RE用ファイル・システム規格

BD-RE用ファイル・システム規格の特徴的な機能

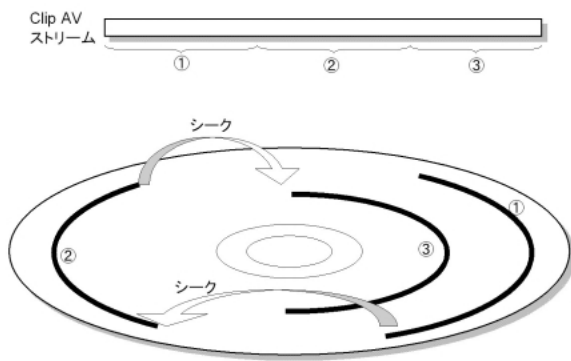


図8 ディスクへのAVストリーム記録の例
Fig. 8 Example of AV stream recording on disc.

について説明する。

(1) 高速レスポンス

ディスクが挿入されてから録画/再生が可能となるまでのレスポンス時間を極力短縮できるように、Clip AVストリームファイル以外のファイルはディスク上に連続的に記録される。

(2) シームレス再生

記録・削除・編集が繰り返し行われたディスク上では、1回分の録画データをディスク上の分散した領域に記録することになる。そのような録画データの再生においては、領域間でシーク動作が発生するため、再生にデータの読み込みが間に合わず再生がフリーズしてしまうおそれがある (図8)。

そこでBD-REファイル・システム規格では領域長の下限值を制限している。この制限によって、再生中のシーク回数が抑えられ、フリーズのない連続再生が可能になる。

3. 著作権保護システム

デジタル放送は、コンテンツとともにそのコンテンツに関する著作権保護情報 (例：1回コピー可、コピー禁止) も同時に送信しており、BD-REレコーダでは著作権保護情報に従った記録制御を行う。

例えば、1回コピー可のコンテンツを記録する際には、孫コピーの出現を防ぐため、コピー制御情報を“no more copy”に更新し、暗号化を施して記録する。

BD-REの著作権保護システムは次のような特徴を備える (図9)。

- (1) BD-REアプリケーション規格で用いているMPEG-2 TSに最適化
- (2) 不正機器の存在が発覚した場合にその機器を使えなくするためのリボケーション機能
- (3) 記録AVストリームの暗号化

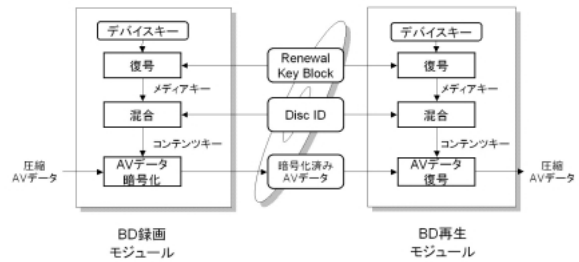


図9 著作権保護システムの構成
Fig. 9 Block diagram of copyright protection system.

- (4) 別のディスクへコピーしても再生ができないよう、暗号化・復号の過程でディスクIDを使用

4. 今後の展開

次世代の新しいパッケージメディアの普及には高画質というだけではなく、ユーザ・メリットのある新しい機能の導入が不可欠である。例えば、VHSからDVDへの移行の際にはデジタル記録、インタラクティブ機能が新たに導入されている。特に、インタラクティブ機能は不可欠な機能となっている。

現在、ハリウッド映画産業の意見を取り入れながら策定が進められているBD-ROM用のアプリケーション規格では、より高度なインタラクティブ性と、急速に普及しつつあるブロードバンドサービスとの連携を図った斬新な機能を盛りこむ予定である。

むすび

以上、BD-RE用の論理規格 (ファイル・システム規格、アプリケーション規格) のコンセプトとその概要について解説した。

今後、放送番組の記録・保存用アプリケーションであるBD-RE規格と映画コンテンツ用パッケージメディアとしてのBD-ROM規格とがあいまって、今後の発展が予想されているデジタルハイビジョン時代における次世代光ディスクのスタンダードとして確立、発展をしていくことを切に期待したい。

参考文献

- 1) 映像情報メディア学会誌, Vol. 56, No. 4, pp. 552-553 (2002).
- 2) “番組はBlu-ray Discにどう格納されるのか”, 日経エレクトロニクス, 852, pp. 125-138 (July 2003).
- 3) Blu-ray Disc Association, (online), <http://www.blu-raydisc.com/> (2004. 10).

(2004年10月6日受理)