

桜井 優  
M. Sakurai新村 一治  
K. Niimuraミカエル ツインバーグ  
M. Tsinberg

DVD マスタリングのための DVD エンコーダを開発した。DVD には 4.7 G バイトの容量のディスクに 135 分の MPEG2 (Moving Picture Experts Group 2) 映像, 8 チャンネルのドルビー AC3 音声, およびマルチ副映像 (字幕) が記録される。DVD エンコーダは, MPEG2 映像エンコーダ, ドルビー AC3 音声エンコーダ, ワークステーション群, およびエレメンタリデコーダから成り, タイトル素材からディスクに記録される論理データを作成する。

当社では, 高性能 MPEG2 映像エンコーダをはじめとする各ハードウェア要素, およびそれらをコントロールする制御ソフトウェアを開発し, タイムワーナエンタテイメント (TWE) 社のスタジオへこのエンコーダ装置を納入した。

This paper describes DVD encoder system for DVD mastering. DVD has the capability to provide 135 minutes of video, 8-channel audio, and multi sub-title recording. The DVD encoder consists of a Moving Picture Experts Group 2 (MPEG2) video encoder, Dolby AC3 audio encoders, engineering workstations, and elementary decoders, and produces logical data for DVD from each studio title source.

Toshiba has developed major core components such as a high-quality MPEG2 video encoder and whole system control software. The encoder system has been delivered to Time Warner Entertainment Company.

## 1 まえがき

DVD には 4.7 G バイトの容量のディスクに 135 分の MPEG2 映像, 8 チャンネルのドルビー AC3 音声, およびマルチ副映像 (字幕) が記録される。DVD エンコーダは, このディスクに記録する論理データを作成するものであり, MPEG2 映像エンコーダ, ドルビー AC3 音声エンコーダ, ワークステーション群, およびエレメンタリデコーダなどから構成される。

DVD でもっとも重視されているものに映像の品質があげられる。ディスクの容量の制限から, MPEG 映像に割り当てられるビットレートは 4 Mbps 程度であり, その条件下で満足すべき映像品質を得ることが大きな課題となってきた。ここでは, 高効率の可変レート MPEG エンコーディング, およびマニュアルの画質改善などを採用することによって, 135 分の映画に対しても十分な映像品質の確保を実現している。

一方, スタジオで運用される機器としては, 各種スタジオ機器とのインタフェース, およびオペレータにとって使いやすいシステム構築も重要である。これらについては TWE 社のスタジオと協議を重ねながら, システムコントローラおよび GUI (Graphical User Interface) を開発した。

以下, 現在同社のスタジオで試験中の DVD エンコーダシ

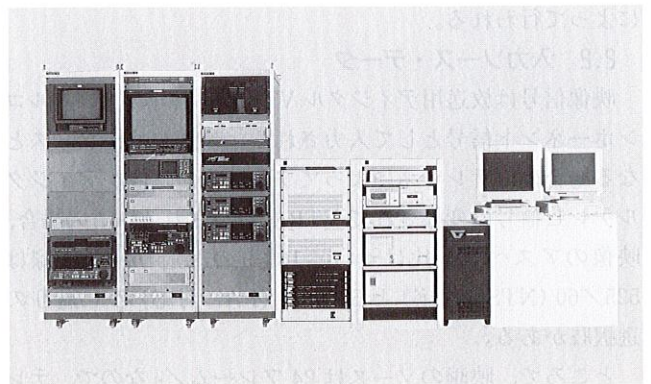


図1. DVD エンコーダシステムの外観 スタジオ機器 (左3ラック), 映像・音声エンコーダ (中央2ラック), 制御コンソール (右卓) により構成される。

External view of DVD encoder system

ステム (図1) について述べる。

## 2 DVD エンコーダの概要

### 2.1 エンコーダの構成

図2に, エンコーダシステムの構成を示す。エンコーダ部の主なハードウェア構成としては, MPEG2 映像エンコ

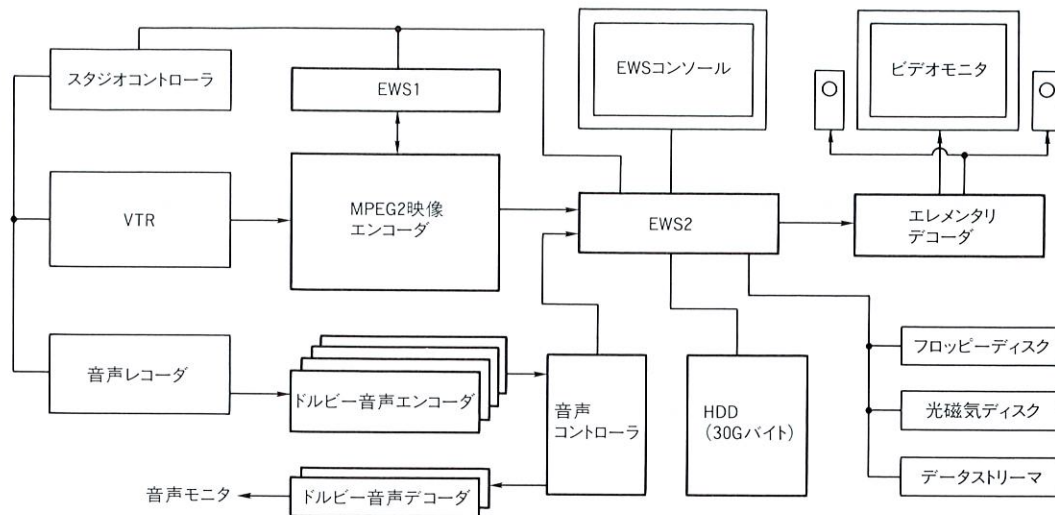


図2. DVD エンコーダシステムの構成 MPEG2 映像エンコーダ、ドルビー音声エンコーダ、EWS、エレメンタリデコーダなどより構成される。

Block diagram of DVD encoder system

ード、ドルビー AC 3 音声エンコーダ、ハードディスクドライブ (HDD)、制御用エンジニアリングワークステーション (EWS)、およびエレメンタリデコーダから成る。EWS はスタジオ機器の制御、映像/音声エンコーダの制御、副映像エンコーディング、ビットストリームの処理、およびフォーマットに用いられ、オペレータからの操作は GUI によって行われる。

## 2.2 入力ソース・データ

映像信号は放送用デジタル VTR から標準デジタルコンポーネント信号として入力される。映画が映像ソースとなる場合は、テレビネによってフィルムの映像がデジタルテレビ信号に変換されて VTR に収録される。この場合、映像のアスペクト比は 4:3、16:9 の二通り、走査線は 525/60 (NTSC 対応) と 625/50 (PAL 対応) の二通りの選択肢がある。

ところで、映画のソースは 24 フレーム/s なので、テレビネの内部で 30 フレーム/s へのフレームレート変換が行われて VTR に収録されている。この信号を受け取った映像エンコーダは、内部でこの逆変換 (3-2 プルダウンと呼ばれる) を行い、いったん 24 フレーム/s の信号に戻してから MPEG エンコーディングを行っている。

その理由は 24 フレーム/s の信号のほうが 30 フレーム/s の信号より効率のよい MPEG エンコーディングができるからである。

この結果、映画がソースの場合の DVD では 24 フレーム/s の映像が記録されていることとなる。DVD プレーヤ側ではこれを 60 フィールド/s の標準テレビ信号に変換して外部出力としている。

音声信号ソースは、ステレオ信号の場合は VTR の音声ト

ラック、あるいは DAT (Digital Audio Taperecorder) などに標準デジタル信号 (48 kHz サンプリング) の形で収録されている。また、多チャンネルを要するサラウンド音声の場合はマルチトラックのテープデッキが使用される。

なお、スタジオによっては、音声を映像とともにエンコードする場合と、音声だけを独立してエンコードする場合の二通りの場合がある。このシステムの基本設計は前者への対応を主体としたものとなっている。後者への対応については、音声信号が映像と共通のタイムコードによって管理されている場合には、エンコード後のビットストリームを、ネットワークあるいは磁気テープなどの記録媒体を通してこのエンコーダに入力することによって、容易に対応することが可能になっている。

字幕ソース (副映像データ) は映像、音声に合わせて個別のスタジオで制作される。基本的にはビットマップデータの形で光磁気ディスクなどの記録媒体によってエンコーダの EWS を介してハードディスクに蓄積される。

このほかにメニューと呼ばれる映像、音声、副映像からなる独立した小タイトルユニットがある。これは映画タイトルの説明などに用いられるものであり、本体のタイトルとは独立して制作される。メニューデータは光磁気ディスク、あるいはコンピュータネットワークなどを介してハードディスクに蓄積される。

必要なビットストリームがそろった時点で、それらは、DVD 論理フォーマットに従って多重化される。

多重化された論理ビットストリームはふたたびハードディスクに蓄積され、必要に応じて磁気テープによるデータストリーマなどの記録媒体にダウンロードされて、マスタリング工程へ送られる。



### 3 システム構成

#### 3.1 MPEG 映像エンコーダ<sup>(1),(2),(3)</sup>

DVD における性能上の重要なポイントは、MPEG2 を用いた映像信号の画質にあり、要求性能としては、4 Mbps 程度のビットレートによって現行のテレビジョン放送、あるいは家庭用 VTR と同等以上の画質を得ることである。このために次の機能をもつ高性能 MPEG2 映像エンコーダを開発した。

- (1) 高品位の可変ビットレート (VBR) 制御
- (2) 主要 MPEG パラメータの外部からの設定
- (3) エンコーディング履歴の保存 (ログファイル)
- (4) 前処理機能の拡充 (フィルタ、ノイズキャンセラ)
- (5) 画像の内容に応じた最適符号配分の実施 (マニュアルエディティング)

これらは広範囲で効率のよい動きベクトル探索機能をもつハードウェアと、EWS を用いた自由度の大きいソフトウェアによるレート制御の組合せによって実現されている。この MPEG2 映像エンコーダの基本仕様を表 1 に示す。

表 1. MPEG2 エンコーダの諸元  
Specifications of MPEG2 encoder

項目	仕様
圧縮方式	MPEG2, MP@ML 準拠
入力信号	コンポーネントデジタル (CCIR601)
画素数	Y: 720×480 C: 360×240 (NTSC 対応) Y: 720×576 C: 360×288 (PAL 対応)
出力レート	最大 15 Mbps
レート制御	固定レート制御 (CBR) 2パス可変レート制御 (VBR)
動きベクトル	水平 -48.5~+46.5 画素/フレーム 垂直 -32.5~+28.5 画素/フレーム
付加機能	プリフィルタ、ノイズレデューサ 3-2 プルダウン自動検出
パラメータ	EWS で変更可能 ログファイル保存

MP@ML: Main Profile・Main Level  
CBR: Constant Bit Rate

#### 3.2 ドルビー AC3 音声エンコーダ

音声エンコーダは、2チャンネルステレオを4ストリームまで映像と同期してエンコードすることが可能である。音声エンコーダ部は4台のドルビー AC3 エンコーダ、2台の AC3 デコーダ、および音声コントローラから成る。音声コントローラは音声データの多重、および映像、音声の同期処理を行う。なお5.1チャンネルサラウンド音声に関しては、専用エンコーダによって別途得られたタイムコード付きのビ

ットストリームが外部から供給される。

#### 3.3 エレメンタリデコーダ

映像、音声、副映像のエンコードされた基本ビットストリーム (エレメンタリビットストリーム) は、個別にエレメンタリデコーダによってチェックされる。この段階で各ビットストリームのタイムコードもチェックされ、映像、音声、副映像の同期が確認される。

### 4 エンコーダの動作

#### 4.1 映像エンコーディング

映像は VBR のエンコーディングを行うために2回の処理 (2パス エンコーディング) を行う。1回目はエンコードする画像のエンコーディングパラメータ (量子化スケールなど) を取得し、画像全体の統計処理を行い、どの画像にどれだけのビットを割り与えるかについての計算が行われる。この結果はログファイルに保存される。2回目の動作では、こうして得られたパラメータに基づいて、可変レートの MPEG2 映像エンコーディングが実施される。これらの動作は基本的には制御用の EWS によってすべて自動的に行われる。

なお、映像エンコーディングに必要なパラメータ (ビットレート、GOP (Group Of Picture) 構造、前処理フィルタリングなど) はユーザによる設定が可能となっている。

#### 4.2 画質改善マニュアルエディティング

映像エンコードが終了した後に、必要に応じてオペレータのマニュアル操作によるビット再配分を行う機能をもっている。これには、時間方向の再配分 (必要なシーンにより多くのビットを与える) と、画像領域による再配分 (画像の特定の部分により多くのビットを与える) の2種類の選択が可能である。具体的には作成された映像ビットストリームを MPEG デコーダで画像再現しながら、重要な部分とそうでない部分の間でビットの再配分を行う。

時間方向の再配分はタイムコードに基づいて行われ、区分ごとにプライオリティを設定する。画像領域の再配分は、復調映像上にウィンドウフレームをオーバーレイして行われる。設定が終了したら、必要な画像部分についてだけ再エンコーディングを行う。

#### 4.3 副映像エンコーディング

字幕データは、タイムコード付きの副映像ビットマップデータとして外部から与えられる。エンコーダはこれを DVD フォーマットに基づいてランレングスコーディングして、その結果はハードディスクに蓄積される。

#### 4.4 フォーマット

映像、音声、字幕、メニューのすべてのデータがそろった時点で、タイムコードを確認した後にそれらは DVD フォーマットに従って多重化され、DVD 論理ビットストリームが作成される。DVD 論理ビットストリームは、いったんハ

ードディスクに蓄積され、エミュレータによってその内容が確認された後に、磁気テープなどの記録媒体にダウンロードされてマスタリング工程に送られる。

## 5 ソフトウェアの構成

図3に全体システム制御を行うソフトウェアの構成を示す。MPEG映像エンコーダのレート制御を行うソフトウェアは図2におけるEWS1に、その他のソフトウェアはEWS2にインストールされている。

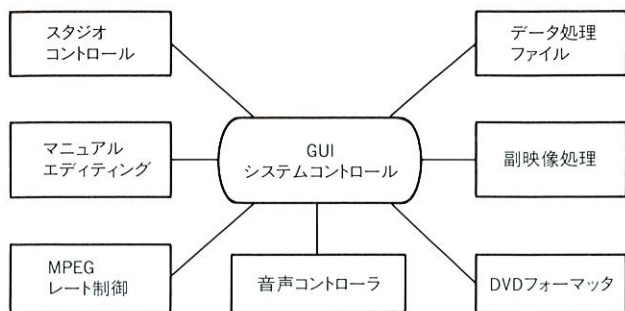


図3. ソフトウェア構成 DVDエンコーダの制御のために、2台のEWSにインストールされているソフトウェア。

Configuration of control software for DVD encoder

## 6 あとがき

この装置は、通常の映画タイトルを、大規模スタジオで、一連の流れに沿って高品質なエンコーディングを行っていくことを目的として開発されたものである。今後、制作スタジオで、さらに効率よく大量のタイトル制作作業が進め

られるための改良とシステムの追加構築、さらにはさまざまなインタラクティブな機能を備えたタイトルを制作するための編集機能の拡充が課題である。

なお、画質改善マニュアルエディティング部とGUI・システムコントロール部のソフトウェアの開発は、東芝アメリカ家電社ATVテクノロジーセンターとの共同開発により行った。

## 文献

- (1) 佐々木信之, 他: MPEG2エンコーダの開発, 放送技術, 1995, 4, pp. 164-168 (1995)
- (2) 古藤善一郎, 他: MPEG2 MP@ML 準拠ビデオエンコーダ——2パス可変レート符号化——, 1995年電子情報通信学会総合大会, D-344, p.70 (1995)
- (3) 山口 晋, 他: MPEG2リアルタイムエンコーダシステム, 東芝レビュー, 51, 1, pp.38-41 (1996)
- (4) K. Niimura et al: The encoding system for DVD, Proc. of ICCE 96, p.416 (1996)



桜井 優 Masaru Sakurai, D.Eng.

マルチメディア技術研究所開発第一部主幹, 工博。テレビジョンのデジタル信号処理の研究開発に従事。テレビジョン学会, IEEE 会員。  
Multimedia Engineering Lab.



新村 一治 Kazuharu Niimura

マルチメディア技術研究所開発第一部主査。ビデオ信号処理, MPEG 信号処理の研究開発に従事。テレビジョン学会会員。  
Multimedia Engineering Lab.



ミカエル ツインバーグ Mikhail Tsinberg

東芝アメリカ家電社ATVテクノロジーセンター シニアリサーチマネージャ。デジタル画像圧縮技術の研究開発に従事。  
Toshiba America Consumer Products, Inc.