

# 統合 AV ソフトウェアの映像処理技術

Streaming Technology for AV Software

羽山 達也

■ HAYAMA Tatsuya

多田 昌弘

■ TADA Masahiro

金谷 建良

■ KANAYA Kenryo

東芝が2006年3月に発売した Qosmio G30 は、従来のアナログテレビ (TV) の録画・視聴機能に加えて、地上デジタル放送対応の統合 AV ソフトウェア Qosmio AV Center を搭載している。地上デジタル放送は高精細な映像が特長であるが、CPU 処理量の面から見ると、映像処理の負担は従来よりもはるかに大きい。Qosmio AV Center は、当社が過去に培った映像処理技術及び著作権保護技術を発展させ、専用ハードウェアを付加せずに HD (High Definition) 映像処理を実現した。

Qosmio AV Center is an audiovisual (AV) software bundled with the Qosmio G30 AV notebook PC, which was launched in March 2006. On top of the existing analog TV functionalities such as the viewing and recording of live TV and playback of recorded programs, Qosmio AV Center has been enhanced with the addition of support for digital terrestrial broadcasts. One of the key features of digital terrestrial TV is higher resolution video. Such high-definition video decoding requires significantly more CPU resources than the standard-definition video in analog TV broadcasts. To achieve this, Toshiba has refined video processing and contents protection technologies with Qosmio AV Center by optimizing the software decoding performance without integrating a specific hardware video decoder.

## 1 まえがき

地上デジタル TV 用アプリケーションの開発には、従来のアナログ TV 用アプリケーションに加えて、様々な要素技術の開発が必要である。機能面ではデータ放送、電子番組表などがあるが、もっとも大きな違いは、1,920 × 1,080 画素の高精細 (HD: High Definition) 映像である。SD (Standard Definition) 映像と比較すると画素数は約6倍であり、MPEG-2 (Moving Picture Experts Group-phase 2) デコード処理を含めた高解像度映像処理技術及びアプリケーションソフトウェアのアーキテクチャ設計が実現の鍵となる。更に、著作権保護技術も重要である。

東芝は、今後の市場動向や技術進化を踏まえ、映像デコード専用ハードウェアを用いることなく、CPU 処理と GPU (Graphics Processing Unit) 処理の組合せでデコードを行うことにより、地上デジタル TV 用アプリケーションを実現した。

ここでは、地上デジタル放送対応の統合 AV ソフトウェア Qosmio AV Center の映像処理技術について、主にソフトウェアの観点から述べる。

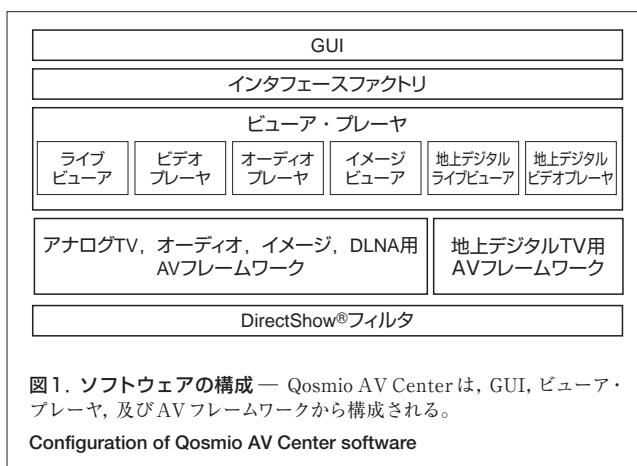
## 2 ソフトウェア構成

Qosmio AV Center のソフトウェア構成のうち、マルチメディアデータベース及び予約録画スケジューラサービスなど

を除いたストリーミングにかかわるコンポーネントは、大きく次の三つの階層から構成される。

- (1) GUI (Graphical User Interface)
- (2) ビューア・プレーヤ ユーザーからの入力に応じて、TV 視聴、録画、ファイル再生などの命令を処理する。
- (3) AV フレームワーク ビューア・プレーヤからの制御を受け、各機能に応じてストリームの処理及び制御を行う。

そのソフトウェア構成を図1に示す。



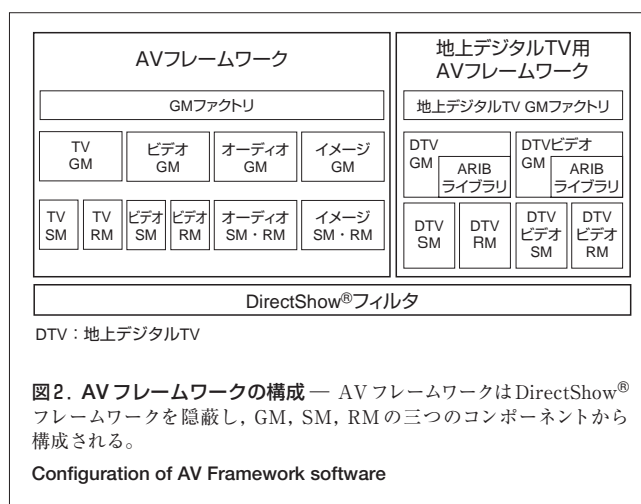
(注1)、(注2)、(注3)、(注4) Windows, DirectX, DirectShow, Direct3D は、米国 Microsoft Corporation の米国及びその他の国における商標又は登録商標。

Windows<sup>®</sup>(注1)上でAVアプリケーションを実現する際、Microsoft Corporation(以下、Microsoft社と呼ぶ)が提供するDirectX<sup>®</sup>(注2)及びDirectShow<sup>®</sup>(注3)フレームワークを用いることが一般化している。3次元(3D)処理やビデオデコード処理など、グラフィックスが提供する機能のAPI(Application Programming Interface)がすべてDirectX<sup>®</sup>で標準化されており、またDirectShow<sup>®</sup>で作成されたコンポーネントは、DirectShow<sup>®</sup>アプリケーションから共通APIで汎用的に使用できるためである。一方、機能が豊富になるにつれ状態遷移が複雑になるGUIや、ユーザーデータを管理するコンポーネントがDirectShow<sup>®</sup>フィルタを直接制御する構造では、アプリケーションがより複雑になり、コードの管理が困難になったりモジュール性が失われていくおそれがある。また、機能拡張するたびにすべてのコードをテストしなければならないため、開発工数及びテスト工数の増加を招く。これらの問題を考慮しモジュール性及び拡張性を高めるため、DirectX<sup>®</sup>のDirectShow<sup>®</sup>フレームワークを隠蔽(いんぺい)し、GUI及びビューア・プレーヤ階層はDirectShow<sup>®</sup>を意識せずに設計・実装できるようなアーキテクチャ、AVフレームワークを開発した。AVフレームワークは次の三つのコンポーネントから構成される。

- (1) グラフマネージャ(GM) DirectShow<sup>®</sup>のフィルタグラフを管理するコンポーネント。地上デジタル放送の選局処理やMPEG-2-TS(Transport Stream)の制御情報を解析し処理を実行するためのARIB((社)電波産業会)ライブラリや、デジタルデータの外部モニタへの出力制御を行うCOPP(Certified Output Protection Protocol)ライブラリなども含まれる。上位からのサービス要求に応じ、ソースマネージャ及びレンダラマネージャを生成してフィルタグラフを構築し、TVチューナやファイルコンテンツのストリーミング、録画やサムネイルファイルの生成などの機能を提供する。
- (2) ソースマネージャ(SM) 入力ソースフィルタの制御を行うコンポーネント。入力ソースには、ローカルディスクの音楽、写真、ビデオコンテンツ、TVチューナデバイス、ネットワーク上のDLNA(Digital Living Network Alliance)デバイスのコンテンツなどがある。入力ソースに応じて適切なフィルタをロードし接続する。アナログTVチューナのチャンネル切替え制御や外部入力への切替え、2か国語放送の検出などの機能を提供する。
- (3) レンダラマネージャ(RM) デコードや表示関連の制御を行うコンポーネント。TV用のYUV(Y:輝度, U, V:色度)信号のローカルLCD(液晶ディスプレイ)への表示、LPCM(Linear Pulse Code Modulation)信号のオーディオレンダラへの入力、MPEG-2形式で保存されているローカルディスク上のファイルのMPEG-2デコー

ド・再生・表示、録画時のローカルディスクへの保存、DLNAを用いネットワークデバイスへの出力など、機能に応じて適切なフィルタをロードし接続する。画像のスケール処理、Direct3D<sup>®</sup>(注4)を用いたOSD(On Screen Display)、BML(Broadcast Markup Language)、字幕・文字スーパの表示プレーンの合成処理、グラフィックスのブロックアンプを用いた映像モード(お好み、映画、あざやか、標準)に応じた色調整処理などの機能を提供する。

AVフレームワークの構成を図2に示す。

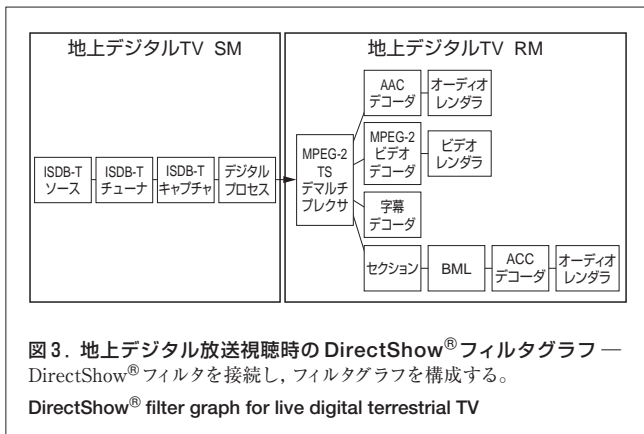


SMとRMに分離した理由は主に、入力ソースが切り替わっても表示側の構成に影響がない場合や、逆に表示や保存・出力先が切り替わっても入力ソース側の構成に影響がない場合があり、モジュール性を高め、各マネージャに必要な処理をベースクラス化し共通化設計を図るためである。また、パソコン(PC)に搭載されるグラフィックスのリソースは限られており、なるべく効率的にリソースを使用するために、アナログ・デジタル切替え時や、ディスプレイへの表示が不要なGUI画面への遷移時など、不要になったRMは、SMに影響を与えることなく速やかに破棄するように制御を行っている。

また、ファイルリーダー、ビデオデコーダ、オーディオデコーダ、MPEG-2-TSデマルチプレクサ、字幕・文字スーパ、BMLなどの機能コンポーネントがDirectShow<sup>®</sup>フィルタとして実装されている。

地上デジタル放送視聴時のフィルタグラフ構成を図3に示す。

Qosmio AV Centerでは、映像処理エンジンとしてDirectShow<sup>®</sup>フィルタを用いているが、Qosmio AV Center向けに開発した各DirectShow<sup>®</sup>フィルタは、映像データの伝送路を保護するために、ほかのアプリケーションからは使用できない仕組みとなっている。また、ビデオデコーダとグラフィック



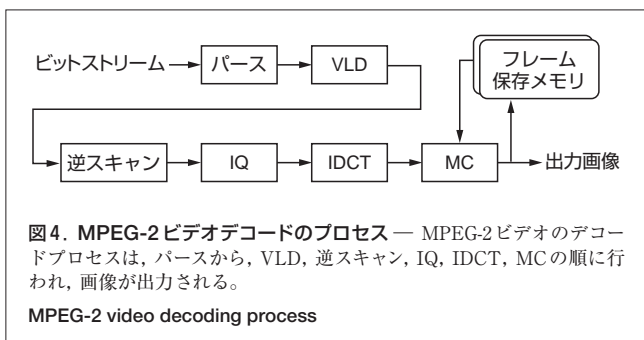
スドライバ間のインターフェースは、Microsoft社が標準化している DirectX® ビデオアクセラレータ (DXVA) の API を用いて、データの暗号化処理を行っている。

### 3 映像処理技術

地上デジタル放送では、MPEG-2-TSが放送波として伝送される。ストリームをビデオ、オーディオ、BMLなどの各データに分け、それぞれをデコードすることにより番組を視聴できる。ここではPCでのビデオデコード表示処理について説明する。

#### 3.1 MPEG-2ビデオデコードプロセス

MPEG-2ビデオデコード処理の概要を図4に示し、以下に説明する。



- (1) パース MPEG-2ビデオのシンタックスに従い、ビットストリームを解釈し情報を取得する。
- (2) 可変長符号の復号 (VLD) 出現頻度の高い値が少ないビット数で表現されている。ビットの並びから対応する値に置き換える。
- (3) 逆スキャン 1次元配列で表現されているデータを  $8 \times 8$  の2次元配列へと変換する。
- (4) 逆量子化 (IQ) 2次元配列要素を量子化ステップで乗算し、量子化される前の値に変換する。

- (5) 逆離散コサイン変換 (IDCT) 2次元配列を逆離散コサイン変換し、周波数成分から画素成分へ変換する。
- (6) 動き補償 (MC) 動きベクトル情報と時間的に前後する参照先フレームから画素値を求める。

Qosmio AV Centerでは、MPEG-2ビデオデコードを DirectShow® フィルタとして実装し、デコーダフィルタ内でビデオストリームのデコードをしている。

#### 3.2 HD対応

従来、地上アナログ放送録画コンテンツの再生には、MPEG-2ビデオデコードをパースからMCまですべてCPUで処理し、デコード済みの出力画像をレンダラに出力していた。地上アナログ放送は、 $720 \times 480$ 画素のMP@ML (Main Profile@Main Level) 及びそれ以下のサイズで、MPEG-2ビデオストリームとして録画されていた。

地上デジタル放送では、HP@ML (High Profile@Main Level) のビデオストリームを許可しており、地上デジタル放送に対応するためにはHDと呼ばれる高解像度をサポートする必要がある。出力画像は  $1,920 \times 1,080$ 画素であり、処理量は単純計算でアナログ放送録画の約6倍になる。一方、PC向けAVアプリケーションでは、GUI処理や描画処理などCPUで行う処理は映像処理以外にも多数あるため、デコード処理だけにCPUを占有できない。そのため、現在搭載されている処理速度のCPUでは、AVアプリケーション上でHP@MLのMPEG-2ビデオストリームをデコード処理し、映像を滑らかに表示することは困難であった。

Qosmio AV Centerでは、デコード専用プロセッサなしで地上デジタル放送に対応するために、DXVAを用いてデジタル映像のデコードを行っている。

#### 3.3 DXVA対応

DXVAは、Microsoft社が提唱した仕様で、グラフィックスハードウェアに実装したアクセラレータにデコード処理の一部を処理させる。以前からグラフィックスハードウェアベンダーでは、DXVAとよく似た機能を自社製品専用のもので定義していた。しかし、DXVAという共通のインターフェースが用意されたことにより、ローコストからハイエンドまで異なるグラフィックスを搭載したモデルをカバーするデコーダの開発が容易になった。

DXVAでは様々なプロファイルが定義されているが、Qosmio AV Centerでは、IDCT以降の処理をアクセラレータにデコードさせている。IDCTの演算処理は、分岐処理がなく演算量が多いため、グラフィックスの演算装置に向いている。また、データが圧縮された状態でシステムメモリからビデオメモリに転送され、ビデオメモリ上で展開されるためデータ転送バスがボトルネックになることも回避できる。アクセラレータのインターフェースはレンダラに実装されている。

ソフトウェアデコーダでの処理は次のとおりである。

- (1) デコード開始前にアクセラレータと通信し、使用するプロファイル、サーフェス数などを決定する。
- (2) ビットストリームからシーケンス情報を取得し、アクセラレータ専用のバッファサイズを確定する。
- (3) ビットストリームからピクチャの情報を取得し、専用バッファにデータを書き込み、アクセラレータに送信する。
- (4) ビットストリームからマクロブロックの情報を取得する。
- (5) 離散コサイン変換(DCT)係数の情報を取得して専用バッファにデータを書き込み、マクロブロック情報バッファとともにアクセラレータに送信する。
- (6) デコード完了を確認し、デコードが完了すると付加情報とともに表示命令をアクセラレータに送信する。

### 3.4 データ暗号化処理

Qosmio AV Centerでは、地上デジタル放送のストリーム伝送路を保護するために、DXVAのデータを暗号化する仕組みを用いている。概要は次のとおりである。

- (1) あらかじめDXVAのインタフェースを通じグラフィックスアクセラレータとソフトウェアデコーダの認証を行い、使用できるプロファイルを確認する。
- (2) 認証と、暗号化鍵の決定を行う。
- (3) MPEGデータを暗号化しバッファに書き込む。
- (4) データは暗号化された状態でドライバからアクセラレータに送信される。
- (5) アクセラレータ内でデータは復号され、デコードされる。

### 3.5 デインタレース処理

放送局から伝送されるMPEG-2ビデオストリームは、そのほとんどがインタレース映像である。インタレース映像とは、1枚の絵を走査線の奇数ラインと偶数ラインに分け、順番に走査する方式であり、それぞれのフレームで異なる時刻の映像が記録されている。PC上でそのまま表示すると、コーミングノイズと呼ばれるくし状のノイズが見えてしまうため、画素置換などによってノイズを軽減するデインタレース処理が必要となる。

地上デジタル放送の高解像度に対応すると、デコード処理と同様に、デインタレース処理も解像度に比例して処理量が増える。そのため、デインタレース処理もCPUの負荷を高めてしまう。

Qosmio AV Centerでは、デインタレース処理もアクセラレータ内で行うことによりCPUの負荷低減を図っている。

### 3.6 色変換行列の対応

PCのLCDパネルで表示するために、グラフィックスコントローラ内でビデオ出力画像のYUV信号からRGB(赤、緑、青)信号へと変換される。従来の地上アナログ放送では、YUVからRGBへの変換係数としてITU-R BT.601(国際電気通信連合-無線通信部門規格BT.601)で定義されているものが使用されていた。一方地上デジタル放送では、MPEG-2

ストリーム中で明確に指定しない場合は、ITU-R BT.709で定義される変換係数を使用する。

## 4 映像の高画質化

当社は、Qosmioに搭載するアプリケーションの高画質化機能の開発を行ってきた。今回のQosmio AV Centerでは、地上アナログTV部の高画質化技術に加えて、地上デジタルTV部においてもこれまでに培ったノウハウを生かして、デインタレース処理や色補正といった高画質化を行っている。地上デジタル放送の映像は、地上アナログ放送の映像と比較するとそのままでも十分に高画質、高精細であるが、高画質化処理を加えることにより、更に鮮やかな表現を実現した。

## 5 あとがき

地上デジタル放送対応Qosmio AV Centerを実現するためには、映像処理技術、著作権保護技術、高画質化技術など様々な処理において、ソフトウェア及びハードウェアそれぞれの特性を生かしつつ、密接な連携と制御を行う必要がある。今回、地上デジタルTV用AVフレームワークを新たに開発することによって、専用デコーダプロセッサを付加せず地上デジタル放送対応のノートPCを実現した。

今後は、各部の最適化、性能向上及び差異化技術の搭載を行うことにより、Qosmio AV Centerの発展につなげたい。



羽山 達也 HAYAMA Tatsuya

PC&ネットワーク社 PC開発センター PCソフトウェア設計  
第二部グループ長。PCソフトウェアの開発に従事。  
PC Development Center



多田 昌弘 TADA Masahiro

PC&ネットワーク社 PC開発センター PCソフトウェア設計  
第二部主務。PCソフトウェアの開発に従事。  
PC Development Center



金谷 建良 KANAYA Kenryo

PC&ネットワーク社 PC開発センター PCソフトウェア設計  
第二部。PCソフトウェアの開発に従事。  
PC Development Center