

Digital Cinema と JPEG 2000

Digital Cinema and JPEG 2000

石川 孝明[†]

Takaaki ISHIKAWA

1. はじめに

JPEG 2000 符号化方式とデジタルシネマについて述べる。JPEG 2000 符号化方式は、ウェーブレット変換を用いる画像符号化の国際標準であり、高い圧縮効率と複数のスケーラビリティを有している。一方、デジタルシネマは、アナログフィルムで行われる映画の配信と上映を、デジタルデータが中心のワークフローに置き換えるシステムである。近年は、映画館において 3D 映画が上映され、大きな反響を呼んでいる。この背景には、3D 映像の上映技術の進展だけではなく、JPEG 2000 符号化方式を主軸とする、アナログからデジタルへの転換がある。本稿では、まず、JPEG 2000 符号化方式の特徴とデジタルシネマの符号化方式として採用された経緯について述べる。次に、デジタルシネマの 3D 上映を含めた全体のワークフローについて述べる。最後に、デジタルシネマに関連する標準化動向について概説する。

2. JPEG 2000 符号化方式

本章では、JPEG 2000 符号化方式 [1] の概要について述べる。まず、JPEG 2000 Part1 で利用されるウェーブレット変換の特徴を述べる。次に、JPEG 2000 符号化方式に規定される各パートについて述べる。

JPEG 2000 Part1 は、JPEG 2000 符号化方式の基本部分であり、入力画像の色変換方式、周波数成分への変換方式、量子化方式などについて定められている。なお、標準には主に復号方法が定められ、符号化方法については実装者の裁量に委ねられる。

2.1 ウェーブレット変換

本節では、Part1 で利用されている離散ウェーブレット変換について述べる。符号化方式における離散ウェーブレット変換の役割は、JPEG 符号化方式で使われる離散コサイン変換と同様に、入力信号を周波数領域で表現することである。入力信号を変換することで、二つの特徴を符号化方式に組み込むことができる。すなわち、人の視覚システムが高周波数成分に鈍感であること、および、低周波数成分に信号のエネルギーを集めることで符号化効率が向上することである。

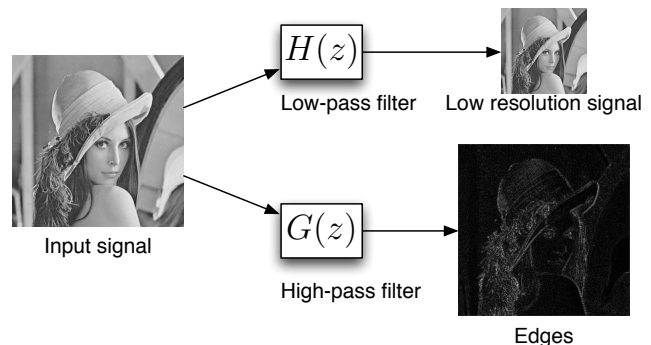


図 1: 離散ウェーブレット変換による低解像度画像の生成

離散コサイン変換との違いは、ローパスフィルタとハイパスフィルタを用いて、明示的に、入力信号を二つの周波数サブバンドに分割する点である (図 1)。これにより、ウェーブレット変換は、単純な周波数領域への信号の変換ではなく、エッジなどの特徴的な変化について、信号上の発生位置を抽出可能である。これにより、離散ウェーブレット変換は、離散コサイン変換に対して、信号の局所的な変化をより直接的に表現可能である。

2.2 多重解像度解析

ウェーブレット変換は、式 (1) の方程式に基づいている。ただし、式 (1) は、連続ウェーブレットによる関数の展開式である。

$$f(t) = \sum_{j,k} c_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (1)$$

式 (1) は、入力信号 $f(t)$ が、ウェーブレット $\psi_{j,k}(t)$ とその係数 $c_{j,k}$ の線形結合により展開されることを表している。 j は、ウェーブレットのスケールを表す変数であり、 k は、ウェーブレットの平行移動を表す変数である。

離散ウェーブレット変換では、スケールは 2^j に離散化され、 k は画素単位に制限される。スケールと移動を変えながら、入力信号をウェーブレットで解析することにより、ウェーブレットに似た局所的な信号があるならば、大きな係数値として検出される。また、スケールが 2^j に離散化されているため、入力信号は、低域サブバンドと高域サブバンドの係数に分割される。低域サブバンドは、スケールに応じた縮小画像として利用可能である (図 1)。このような信号解析を、多重解像度解析と呼ぶ。

[†] 早稲田大学国際情報通信研究センター (GITI, Waseda University)
takaxp@ieee.org

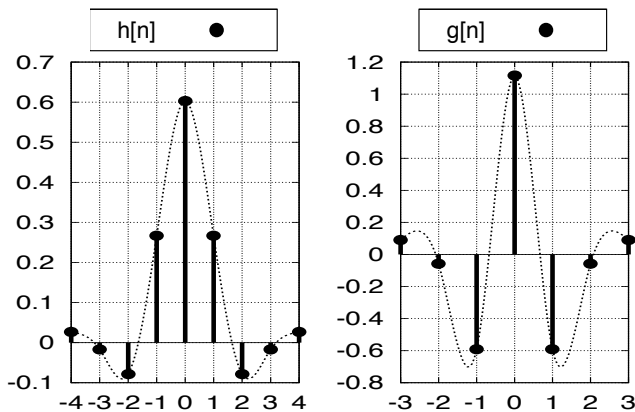


図 2: 9/7-Daubechies フィルタの形状 (左:ローパスフィルタ, 右:ハイパスフィルタ)

低域サブバンドを再帰的に離散ウェーブレット変換で解析すれば, より解像度の低い画像を生成できる. JPEG 2000 Part1 は, 離散ウェーブレット変換の多重解像度解析を利用して, 空間スケーラビリティを実現している.

多重解像度解析における低域サブバンドと高域サブバンドは, 対応する二つフィルタを用いて生成する. Part1 では, 信号波形が完全には再現されないロッキー符号化用に 9/7-Daubechies フィルタを利用し, 完全な再現を可能にするロスレス符号化用に 5/3-Integer フィルタを定めている. 9/7-Daubechies フィルタは, 順変換に 9 タップのローパスフィルタと 7 タップのハイパスフィルタを用いる. 図 2 にその形状を示す.

2.3 JPEG 2000 の各パート

JPEG 2000 符号化方式は, いくつかのパートに分けられている. 表 1 に, 現在標準化作業中のパートを含めた各パートを示す. なお, Part7 は欠番である. Part1 は, JPEG 2000 符号化方式の基本部分に該当し, 静止画像の復号方法について定めている.

一方, 表 1 にあるように, JPEG 2000 符号化方式には, Motion JPEG 2000 (Part3) が定められている. これは, 全てのフレームを JPEG 2000 Part1 で独立に符号化することを前提とし, フレーム間の予測符号化などを行わない動画像符号化方式として位置づけられる. この点において, MPEG 動画像符号化と大きく異なる.

Part3 では, 主にファイルフォーマットを規定している. 動画像ビットストリーム内部には, 複数のビデオトラックや, 音声データを格納できる. フレーム間の予測符号化を行わないため, 低遅延の符号化や高エラー耐性の動画像伝送に適している. IETF では, ネットワーク伝送を想定した RFC が規定されている [2].

3. デジタルシネマ

本章では, デジタルシネマの定義と DCI 要求仕様に JPEG 2000 が採用された経緯について述べる.

3.1 デジタルシネマの定義

広い意味でのデジタルシネマは, これまでアナログフィルムを中心に行われていた映画の制作, 配給, 上映の各ステップを, デジタルデータに置き換えたワークフローを意味する. まず, 映画制作では, 映像の入力を銀塩フィルムから CCD などの素子に置き換え, データの保存をハードディスクなどで行う. 次に, 多くの劇場に配給するために必要な, 劣化を伴うフィルムの複製を, 劣化のないデジタルデータのコピーに置き換える. さらに, 物理的なフィルムの輸送は, インターネットや衛星回線を用いた配信にする. 最後に, フィルムによる上映ではなく, デジタルプロジェクタを用いて上映する.

このように, すべての工程が, デジタルデータに置き換えられることにより, アナログフィルムでは避けられない物理的な劣化を, ワークフロー全体において防ぐことができる. また, 現在は CG による特殊効果など, デジタルデータに対して行う作業が映画制作に欠かせないため, フィルムからデジタルデータへの移行は, 自然な流れといえる. その一方で, デジタルシネマへの移行は, 劇場に対して新たな設備投資を求めため, 短期間でのデジタルシネマへの移行は困難である.

本稿で言及するデジタルシネマは, より狭い意味でのデジタルシネマである. 特に, ハリウッドを中心に策定された DCI 要求仕様について述べる. DCI 要求仕様は, 主にコンテンツの伝送から上映に至るまでのワークフローを規定しており, 効率的なコンテンツ伝送と高品質な上映を実現するために JPEG 2000 符号化方式が利用されている.

DCI の定めるデジタルシネマでは, 始めに DCDM (Digital Cinema Distribution Master) を生成する. 次に, 圧縮や暗号化を施した配信用パッケージである DCP (Digital Cinema Package) を作成し, これを各劇場に配信する. 各劇場では, DCP から DCDM を再現して映像や音声抽出し, プロジェクタや音響機器を利用して映画を上映する.

3.2 DCI の設立

CG を用いた映画制作が盛んになる中, 同時期にデジタルシネマを実現するための世界的な統一規格は存在していなかった. これに対し, ハリウッドの大手配給会社 (計 7 社: Disney, Fox, MGM[‡], Paramount, Sony Pictures Entertainment, Universal, Warner Brothers) が中心となり,

[‡]執筆時点において, 経営不振により買収される可能性がある

表 1: JPEG 2000 符号化方式の各パートの名称

番号	名称	概要
Part1	Core coding system	JPEG 2000 符号化方式の基本部分
Part2	Extensions	拡張部分（有償特許を含む）
Part3	Motion JPEG 2000	動画のファイルフォーマットを規定
Part4	Conformance testing	互換試験の方法などを規定
Part5	Reference software	参照ソフトウェア
Part6	Compound image file format	Mixed Raster Content (MRC) 準拠のファイルフォーマット
Part8	Secure JPEG 2000	セキュリティツールを規定
Part9	Interactivity tools, APIs and protocols	ビットストリームの通信 API とプロトコルを規定
Part10	Extensions for three-dimensional data	3次元データ構造への拡張
Part11	Wireless	ワイヤレス通信路のためのエラー耐性拡張
Part12	ISO base media file format	MPEG-4 と共通のファイルフォーマット
Part13	An entry level JPEG 2000 encoder	Part1 のミニマムサブセットを規定
Part14	XML structural representation and reference	ボックス情報を XML 形式に変換する方式を規定

2002年3月にDCI(Digital Cinema Initiatives)が設立された。DCIの設立趣旨は、デジタルシネマを実現するためのオープンアーキテクチャについて、技術的な仕様書を策定し実証することである。

一方、SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)の下部組織であるDC28では、2000年にデジタルシネマを実現するための技術的課題について検討を開始した。DC28は、7つの研究グループに分れており、DC28.3が主に符号化方式に関する検討を担当している[3]。

DCIが策定するデジタルシネマの要求仕様は、SMPTEを通じて標準化され、特に符号化方式については、SMPTEとISO/IECがリエゾンを交すことで円滑に標準化作業が進められた。

3.3 JPEG 2000 採用の経緯

2002年3月に設立されたDCIは、同年12月にISO/IEC JTC 1/SC 29/WG11(MPEG)の国際会合において、デジタルシネマの実現を目的とした、新たな符号化方式の確立を望まないことを通知している。これは、DCIが、2002年の段階において実用可能な符号化方式を対象として、方式を比較検討することにより、デジタルシネマの符号化方式を決定する方針にあったためである。これに伴い、MPEGは、デジタルシネマに関する活動の一時的な休止を決定した[4]。

一方、ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG1(JPEG)では、2001年7月にPart3のアドホックグループとして、Digital Cinema AHGが設置された。前節で示したように、JPEG 2000符号化方式には、Part3に動画パートが存在する。そのため、Digital Cinema AHGでは、Part3に基づいて、デ

ジタルシネマ用の方式拡張を検討していた。具体的には、メタデータ拡張、ビットレート、視覚的ロスレスの定義などについて議論された。

DCIは、2003年12月に、バージョン3.0.1となる仕様要件のドラフトを作成している。同ドラフトでは、JPEG 2000 Part1とPart3がデジタルシネマの符号化方式として記載されている。また、画像の解像度として、4Kサイズ(水平方向に約4000画素)と2Kサイズ(水平方向に約2000画素)の双方に対応し、かつ容易に切替え可能な構造を有することが符号化方式に求められる条件として示されている。これは、デジタルシネマにおいて、画像の空間スケーラビリティ機能に対する要求があることを表している。

2004年7月、DCIはJPEGのレドモンド会合に参加し、JPEG 2000 Part1をデジタルシネマにおける圧縮方式に採用する方針であることを表明した。このとき、デジタルシネマに採用される符号化方式は、JPEG 2000符号化方式のうちPart1のみであり、Part3(動画)や、暗号化などのパートを要求仕様記述する考えが無いことを表明した。DCIは、ファイルフォーマットについて、JPEG 2000 Part3ではなく、すでに広く使われていたSMPTE規格であるMXF(Material Exchange Format)を採用したのである。一方、JPEG 2000 Part1の空間スケーラビリティは、劇場におけるデジタルシネマへの柔軟な移行を実現できるため、必須の要件とされた。

同年11月には、JPEGとSMPTEのリエゾンが成立し、本格的なデジタルシネマの要求仕様策定段階に入り、最終的にDCIは、2005年7月に要求仕様を固め、一般公開した[5]。さらに、2008年に要求仕様のエラッタを

表 2: DCI 要求仕様の主要項目

項目	概要
DPCM	Digital Cinema Distribution Master
Audio	オーディオ仕様を規定
Text Rendering	字幕の仕様を規定
Compression	圧縮方式の仕様を規定
Packageing	伝送用パッケージの仕様を規定 Digital Cinema Package
Transport	伝送方法の仕様を規定
Theater system	劇場システムの仕様
Projection	上映システムの仕様
Security	セキュリティに関する仕様

含めたバージョン 1.2 を公開している。

3.4 DCI 要求仕様概要

DCI 要求仕様は、符号化方式に関する項目を含めた多岐に渡る仕様が決められている（表 2）。符号化方式は、要求仕様の第 4 章（Compression）に記述されている [6]。Compression には、復号器と符号化器に対する仕様が示され、JPEG 2000 Part1 AMD1 [7] に基づいている。

DCI の要求仕様では、2K サイズの映画を上映可能な劇場と 4K サイズが上映可能な劇場の双方に適した映像を選択的に復号できることが求められる。これは、上映機器に関する設備投資の点から、デジタルシネマに対応する全ての劇場が、必ずしも 4K サイズに移行できないという現実的な課題に対処するためである。

その他の仕様として、第 9 章（Security）がある。これは、コンテンツのデジタル化に伴う弊害として、配給時のコンテンツ流出が懸念されるためである。そのため、セキュリティに関する項目は詳細に規定されている。映像、音声、字幕は独立に暗号化でき、暗号化キーはコンテンツとは別の伝送路を用いて劇場に送られる。また、上映時には徹底したセキュリティ管理が求められる。

3.5 DCI 要求仕様の詳細

本節では、DCI 要求仕様に規定された、JPEG 2000 Part1 の空間スケーラビリティやビットストリームのパラメータについて述べる。

3.5.1 空間スケーラビリティ

前節で述べたように、DCI 要求仕様では 4K サイズと 2K サイズの異なる解像度の映像を復号器において再生可能でなければならない。これらの二つの異なる解像度は、ちょうど水平垂直方向について各 1/2 サイズであり、第 2 章で述べた離散ウェーブレット変換のスケール変数に対する制約と合致する。すなわち、JPEG 2000 符号化

表 3: 復号器に対する要求仕様

項目	値
解像度 [画素]	4K(4096x2160) 2K(2048x1080)
フレームレート [fps]	24 (for 4K) 24 or 48 (for 2K)
ビット深度 [bit]	12
色空間	X'Y'Z'
変換方式	9/7-Daubechies フィルタ

方式を用いれば、4K サイズの入力画像が、離散ウェーブレット変換により係数で表され、その低域サブバンド係数を 2K サイズの縮小画像として利用できる。

2K サイズの縮小画像は、4K サイズのビットストリームの一部を復号して得られるため、解像度ごとに復号器を切替える必要がない。このようなビットストリームの構造を、空間スケーラビリティと呼ぶ。なお、JPEG 2000 符号化方式は、品質に対するスケーラビリティも有しており、これは離散ウェーブレット変換で得られる係数群を、ビットプレーン展開することで実現される。

3.5.2 復号器に対する要求仕様

表 3 に、空間スケーラビリティを含む、復号器に対する要求仕様の一部を抜粋する。要求仕様に示された解像度は、実際に画像が存在する領域ではなく、画像を含むキャンパスの最大サイズを規定している。具体的には、アナログフィルムにおいてシネマスコープと呼ばれているアスペクト比では、4096x1714[画素] を有効領域として利用する。また、アメリカンビスタでは、3996x2160[画素] を利用する。このように、有効領域のサイズは、コンテンツに依存して任意の値を利用できる。

ビット深度は、各コンポーネントごとに 12 ビットであり、色変換においては、16 ビット精度の演算が義務づけられている。

フレームレートは、24[fps] と 48[fps] の 2 種類が規定されているが、2 倍のフレームレートをサポートすることにより、左右の眼に対する映像を符号化でき、立体映像すなわち 3D 映画の符号化に対応できる。

3.5.3 符号化器に対する要求仕様

通常、符号化方式の標準では符号化器に対する仕様を定めない。しかし、アプリケーションごとに機能を絞る、もしくは、復号器の実装規模に制限を加えるなどの目的で、符号化器における制限をプロファイルとして定義することがある。

表 4: SIZ マーカの値

項目	2K profile	4K profile
Profile Indication	Rsiz=3	Rsiz=4
Image size	Xsiz ≤ 2048 Ysiz ≤ 1080	Xsiz ≤ 4096 Ysiz ≤ 2160
Tiles	One tile	
Image and tile origin	XOsiz=YOsiz=XTOsiz=YTOsiz=0	
Sub-sampling	XRsiz ⁱ =YRsiz ⁱ =1	
Number of components	Csiz=3	
Bitdepth	Ssiz ⁱ =11	

表 5: COD/COC マーカの値

項目	2K profile	4K profile
Number of decomposition levels	$N_L \leq 5$	$1 \leq N_L \leq 6$
Number of layers	1	
Code-block size	xcb=ycb=5	

デジタルシネマの符号化器に対する要求仕様は、JPEG 2000 Part1 AMD1[8]において、Profiles for Digital Cinema Applications という名称で標準化されている。以下に、具体的なマーカを要求仕様から抜粋する。

まず、表 4 に、SIZ マーカの値を抜粋する。SIZ マーカは、主に符号化対象の画像サイズに関するマーカである。JPEG 2000 Part1 には、すでに二つのプロファイルが定められているため、デジタルシネマ用のプロファイルには、3 と 4 が割り当てられている。その他の値は、復号器に対する要求仕様に対応している。

次に、表 5 に、COD および COC マーカの値を抜粋する。COD および COC マーカは、主に階層数やレイヤ数など、スケーラビリティやコードブロックに関連するマーカである。分割レベル数は、入力信号に対して離散ウェーブレット変換を再帰的に実行する回数を表している。2K 解像度に対しては、最大 5 回の分割を認めている。また、4K 解像度については、2K 解像度を抽出できるように、1 回以上の分割が義務づけられている。また、すべてのコンポーネントについて同じ分割数を用いることも規定されている。

最後に、タイルパートについて述べる。タイルは、非常に高解像度の画像を任意サイズごとに区分して処理するために用いられる。ただし、低ビットレートにおいてはブロックノイズの原因となる。デジタルシネマの仕様では、不要なブロックノイズの生成を避けるため、コンポーネントごとに一つのタイルを用いることが求めら

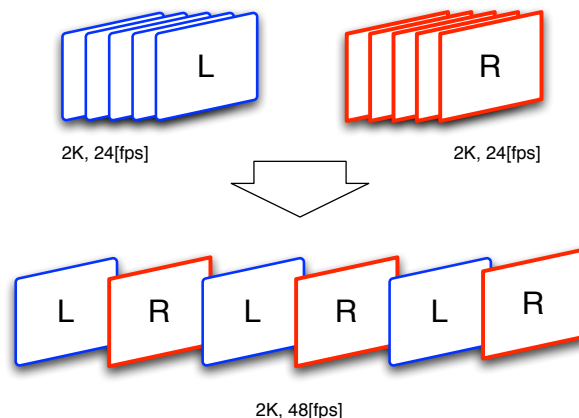


図 3: 立体画像用のフレーム構造

れる。すなわちタイル分割を認めていない。コンポーネントは三つに限定されているため、2K プロファイルでは、ビットストリーム全体で三つのタイルパートが生成される。一方、4K プロファイルは、2K サイズの三つのタイルパートに加え、さらに 4K サイズまでを復号可能にする三つのタイルパートが続くようにビットストリーム構造が制限される。したがって、2K 対応プロジェクトでは、ビットストリーム前半の 3 タイルパート分を復号し、4K 対応プロジェクトでは、すべてのタイルパートを復号すればよい。なお、DCI 要求仕様では、ビットレートに 250[Mbps] の制限がある。

以上のように、2K 用と 4K 用に適切なプロファイルを規定することで、各劇場で導入可能なプロジェクトの投影サイズ、および、復号器の性能の違いに対して柔軟に対応可能である。

3.6 3D 映像への対応

DCI は、2007 年に 3D 映像用の拡張仕様を公開している [9]。同仕様は、立体映像用の新たな技術的な追加要件ではなく、既存の DCI 要求仕様に対する制約条件として位置づけられる。これは、3D 映像の符号化において、MPEG-4 MVC (Multiview Video Coding) のような視差補償を行なわないことを意味している。

立体映像用のビットストリームは、図 3 に示すように左眼用の映像と右眼用の映像をインターレースした構造を持つ。このとき、各フレームの解像度は 2K レベルの 24[fps] であり、左右合わせて 48[fps] の映像として DCP を作成する必要がある。また、先頭フレームは左眼用とし、最終フレームは右眼用フレームと定められている。

4. 標準化動向

本章では、DCI 要求仕様以外のデジタルシネマに関する標準化動向について述べる。

表 6: 追加プロファイルの名称

番号	名称	状況
AMD2	Extended profiles for cinema and video production and archival applications	AMD
AMD3	Guidelines for digital cinema applications	FPDAM
AMD4	Profiles for broadcast applications	AMD
AMD5	Enhancements for digital cinema and archive profiles (additional frame rates)	FPDAM

4.1 追加プロファイルの審議

DCI 要求仕様に JPEG 2000 Part1 が採用された後も、JPEG の Digital Cinema AHG は、継続してデジタルシネマの新しいプロファイルについて議論している。新たに審議されたプロファイルは五つあり、Part1 の AMD として四つのプロファイル、Part3 の AMD として一つのプロファイルを追加している。Part1 の AMD は、二つがすでに AMD として発行済みである。残る二つは、現在 FPDAM であり、今年中に標準化が完了するスケジュールである。表 6 に Part1 の AMD として追加されたプロファイルの名称と標準化状況を示す。なお、現在検討が進められている最新の標準は、ISO/IEC JTC 1/SC 29 のウェブサイト [10] にて確認できる。

DCI 要求仕様に対応するプロファイルが Part1 の AMD に追加された直後、WG1 では、250[Mbps] に定められたビットレートの再検討が議論された。これは、フィルムから高精度にスキャンされたコンテンツや、より高精度の撮像機器により入力された映像に対して、250[Mbps] のビットレートは低すぎるといった意見である。実際に、入力画像の高周波数成分は、250[Mbps] まで圧縮することで多くのエネルギーを失うことが示された。しかし、その一方で、すでに Part1 AMD1 として追加されたプロファイルは、DCI 要求仕様として実際のアプリケーションで使われることが想定されていた。そのため、新たな検討が、デジタルシネマ市場の立ち上がりを阻害する要因となることを懸念し、追加プロファイルは別 AMD にて議論されることになった。

4.2 追加プロファイルの概要

AMD2 は、三つのデジタルシネマ用の拡張プロファイルが定義されている。2K 用、4K 用、アーカイブ用の三つである。多くのパラメータが AMD1 のプロファイルと共通だが、レイヤー数に 2~5 と自由度が与えられ、ビットレートや最大解像度も 4K 以上の値を選択できるように拡張されている。

AMD3 は、DCI 要求仕様に限らず、JPEG 2000 を利用したデジタルシネマを実現するためのガイドラインを定めている。ガイドラインは、四つの項目に分かれており、マルチキャスト配信、デジタルシネマのための Visual Frequency Weighting、フィルムアーカイブ、デジタルシネマ配信に関連する内容である。

AMD4 は、MPEG2-TS を利用して JPEG 2000 ビットストリームを伝送するための規格である。同 AMD は、MPEG においても並行審議中である [11]。

AMD5 は、30[fps] や 60[fps] といったデジタルシネマとは異なるビットレートをプロファイルに追加するという SMPTE からの要求に応じるために策定が開始された。当初は、AMD1 の修正という形で検討されたが、現在は AMD5 として議論されている。

5. おわりに

本稿では、JPEG 2000 符号化方式と DCI が定めるデジタルシネマの要求仕様について述べた。DCI 要求仕様では、JPEG 2000 Part1 が利用され、空間スケーラビリティに重要な役割があること、また、すでに立体映像用の仕様拡張が行われていることについて述べた。全体を通じて、JPEG 2000 符号化方式が、デジタルシネマを支える必須技術であることについて述べた。(2010 年 6 月提出)

参考文献

- [1] ISO/IEC JTC1/SC29 WG1, "ISO/IEC 15444-1 JPEG 2000 Part1: Core coding system," 2nd edition Sep. 2004.
- [2] S. Futemma, E. Itakura, and A. Leung, "RTP Payload Format for JPEG 2000 Video Streams (RFC5371)," IETF Oct. 2008.
- [3] J. Zeng, and L. Fan, "Video coding techniques for digital cinema," Multimedia and Expo, 2004. ICME '04. 2004 IEEE International Conference on, vol.1, pp.415-418 Vol.1, 2004.
- [4] ISO/IEC JTC1/SC29 WG11, "Report of the 63rd meeting," Dec. 2002.
- [5] Digital Cinema Initiatives, LLC, "Digital Cinema System Specification v1.0," July 2005.
- [6] Digital Cinema Initiatives, LLC, "Digital Cinema System Specification v1.2," Mar. 2008.
- [7] M. Marcellin, and S. Foessel, "Profiles for Digital Cinema Applications," ISO/IEC JTC1/SC29 WG1 Mar. 2005.
- [8] ISO/IEC JTC1/SC29 WG1, "ISO/IEC 15444-1 JPEG 2000 Part1 Amd1: Profiles for digital cinema applications," Jan. 2004.
- [9] Digital Cinema Initiatives, LLC, "Stereoscopic Digital Cinema Addendum," July 2007.
- [10] "http://www.itcsj.ipsj.or.jp/sc29/," ISO/IEC JTC 1/SC 29.
- [11] ISO/IEC JTC1/SC29 WG11, "ISO/IEC 13818-1 MPEG-2 AMD5: Transport of JPEG 2000 Part 1," pdam edition Feb. 2010.