

超高精細・広色域標準動画像 A シリーズ



my recommendations on research & development tools.

(正会員) 松田 一朗†

キーワード：標準動画像，4K・8K，超高精細度テレビジョン，ITU-R BT.2020

1. まえがき

未来の映像技術として語られることの多かった4K・8K超高精細度テレビジョン放送も、すでに家電量販店には4K対応テレビが並び、今夏には放送衛星(BS)を使った試験放送が開始されるなど、その実用化への取組みが着々と進められています。この流れを加速すべく、映像情報メディア学会(ITE)と電波産業会(ARIB)は、4K・8Kに対応した機器やシステムの評価用静止画像10種で構成される「超高精細・広色域標準画像」を約2年前に発刊しました。この標準画像の内容については本連載で紹介しており¹⁾、本誌の表紙にも度々掲載されていますので一度は目にしたことのある読者も多いと思います。幸い、映像技術に携わる企業や研究機関からの注目も高く、これまでにさまざまな研究開発に利用されてきましたが、一方で静止画像のみでは実用的な映像サービスを想定した評価に限界があることから、超高精細・広色域の動画像データを望む声も日に日に高まっていました。本稿ではこれらの要望に応じて新たに発刊された「超高精細・広色域標準動画像Aシリーズ」について紹介したいと思います。

2. 映像フォーマットについて

本標準動画像は、国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)で制定された超高精細度テレビジョン(UHDTV: Ultra-High Definition Television)のスタジオ規格ITU-R勧告BT.2020(Rec. 2020)²⁾に規定された2種類の解像度(8Kおよび4K)の映像データを収録しています。表1に映像フォーマットの概要を示します。これらの映像データは、NHK放送技術研究所で開発されたフル解像度8Kカメラ³⁾⁴⁾で撮影された高品質な映像素材を編集したものであり、それぞれのシーケンスにはNo.1~12の番号と名称が付与されています。8Kと4Kの解像度で同番号のシーケンスは、被写体や絵柄が基本的に共通であることを意味していますが、4K版シーケンスは単なる8K版シーケンスの縮小ではなく、8Kの素材映像から4K相当の画素数

表1 映像フォーマット

解像度	8K	4K
画素サイズ(水平×垂直)	7680×4320画素	3840×2160画素
フレーム周波数	59.94 Hz(順次走査)	
サンプリング比	RGB 4:4:4	
ビット数	各色信号12ビット	
量子化/表色系	ITU-R BT.2020準拠	
シーケンス長	タイトル1秒+評価映像15秒	
ファイルフォーマット	DPX形式(非圧縮連番ファイル)	

の領域(3840×2160画素)を切出したものとなっています。これは、縮小処理によって映像信号のノイズレベルや周波数特性が変化するのを避けるためですが、素材映像の撮影意図を尊重しつつ、構図が不自然とならないように切出し位置や時刻に変更が加えられていますので、両者はまったく同じ素材映像を編集したものとは限らないことに注意が必要です。

各シーケンスは、タイトル画面1秒と評価用映像15秒からなる計16秒で構成されます。各フレームはSMPTE標準の画像ファイル形式であるDigital Picture Exchange(DPX)フォーマット⁵⁾の連番ファイルで記録され、ファイル名はa01_TrainsA_8K#####.dpxのように#####の部分に5桁のフレーム番号(00000~00959)を含んだものとなっています。DPXフォーマットの内部データ形式はさまざまなバリエーションがありますが、本標準動画像ではRGB信号を非圧縮のまま列挙する単純な形式を採用しているため、固定長(2048バイト)のヘッダ情報をスキップすることで、自作のプログラムから容易に読み込めるようになっています。付属の解説書⁶⁾には内部データ形式の概要およびC言語のサンプルコードを掲載しているので参考にしてください。

3. 各シーケンスの概要

収録したシーケンスのうち、No.1「電車A」、No.2「電車B」は8K解像度版のみ、No.3「電車C」は4K解像度版のみを収録しているため、最終的なシーケンス数は8K解像度版11種、4K解像度版10種となっています。また、頒布用のHDDには、上記解説書の他に、ARIBで策定され

† 東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科
"Ultra-high Definition/Wide-color-gamut Standard Test Sequences: Series A" by Ichiro Matsuda (Tokyo University of Science, Noda)



図1 各シーケンスの名称とキャプチャ画像

た「UHDTV マルチフォーマット・カラーバー」⁷⁾の静止画像データ (TIFF形式2枚) も収録しています。

図1に8K解像度版 (No.3「電車C」)のみ4K解像度版の各シーケンスについて、評価映像の先頭部分をキャプチャした画像を示します。このうち、No. 12「気動車」は、8K解像度版の画像の左端にイメージセンサの動作不良によるノイズが認められたため「参考画像」の扱いとなっています。先頭の2フレーム分を解説書とともに本学会のWebページ (<http://www.ite.or.jp/content/chart/>)の「テストチャート」よりアクセスで公開しており、ファイルフォーマットの事前評価などに利用することができます。

また各シーケンスがどのような評価に適しているかをまとめた表を、解説書から抜粋して掲載しました (表2, 表3)。

利用目的に応じてシーケンスを選定する際の参考にしてください。

4. 計算機環境での利用法

先に述べた通り、各シーケンスはフレームごとに独立した連番DPXファイルとして記録されています。DPXフォーマットは業務用ノンリニア編集機や映像再生サーバでの採用例が多く、映像制作の現場では一般的になりつつありますが、WindowsなどのPC環境では必ずしもメジャーなフォーマットとはいえません。また、DPXに対応していると称しているソフトウェアでも、本標準動画像のような12ビット深度の画像データはサポート外の場合があるので注意が必要です。以下では、筆者の環境で本標

表2 評価項目と対応するキーワード

静止解像度	・輝度解像度(垂直, 水平, 斜め) ・色解像度
動解像度	・動きボケ
階調	・ γ 特性(全体のトーン) ・明部/暗部のディテール ・黒再現性(黒つぶれ, 黒浮き) ・白再現性(白つぶれ, 白飛び)
色調	・色再現性 ・色にじみ ・色温度(白バランス)
デジタル処理による劣化	・偽輪郭 ・量子化歪み ・ブロック歪み ・リングング ・折り返し歪み ・クロマキー処理
動き適応処理	・動き検出 ・動き補償
臨場感	・実物感 ・没入感
広色域	・表色系の比較 ・色再現, 色域変換

表3 各シーケンスの主要評価項目

No.	評価項目 名称	静止解像度	動解像度	階調	色調	デジタル処理による劣化	動き適応処理	臨場感	広色域
1	電車A		◎	○			◎		
2	電車B	◎		○			◎		
3	電車C	○	○	○			◎		
4	高速道路		○			○		○	
5	製鉄所			◎		◎			◎
6	けんか祭り		◎		◎	○	◎	◎	◎
7	桂川			◎		○	○		
8	楓	○	○			◎	○		
9	舞妓			○	◎				
10	和傘	○			○				
11	十二単	○	○	○	◎	○			
12	気動車	○		○			○	◎	

◎非常に評価に適する。 ○評価に適する。

準動画のDPXファイルを取ることができたソフトウェアを紹介するとともに、表色系の違いに関する注意点についても触れたいと思います。

4.1 Adobe Photoshop

商用の画像編集ソフトの代名詞ともいえるAdobe社のPhotoshopは、非常に多くの画像形式をサポートしており、DPXフォーマットもその中に含まれます。しかし、筆者が試したバージョン(Windows版 Adobe Photoshop CC 2015)では、12ビット深度のDPXファイルを読み込むことができませんでした。そこで調査したところ、無償公開されているサードパーティのプラグイン“DPX Plus”をインストールすれば良いことがわかりました。具体的には、Windows環境の場合、以下のWebページの“Win”と書かれたリンクからダウンロードしたzipファイルを解凍し、同梱のReadMe.txtファイルの内容にしたがって、32ビット版または64ビット版のプラグイン(DPX Plus.8bi)を適切なディレクトリ(筆者の環境ではC:\Program Files\Adobe\Adobe Photoshop

CC 2015\Plug-ins)にコピーします。同zipファイルにはAfter Effects, Premiere Pro用のプラグインも含まれていますので、これらのソフトウェアをご利用の方は同様にインストールしてください。Mac版のプラグインも同Webページ(<http://fnordware.blogspot.jp/2012/06/dpx-plus.html>)からダウンロードすることができます。

4.2 ImageMagick

ImageMagickは、Linux, Mac, Windowsなどのクロスプラットフォームで動作するオープンソースの画像処理ツールです⁸⁾。画像ビューアのdisplay(Windows版ではimdisplay)、フォーマット変換のconvertなど、コマンドラインから利用可能なツール群が用意されており、筆者が試したバージョン6.9.3では、問題なく本標準動画のDPXファイルを取ることができました。ImageMagickはバッチ処理や他のプログラム言語からの呼び出しを想定して開発されているため、初心者にはややとっつきにくいと感じられるかもしれませんが、多機能かつ無料で利用できるツールですので画像処理に興味のある方は知っておいて損はないでしょう。詳細は公式ページ(<http://www.imagemagick.org/>)をご覧ください。

4.3 FFmpeg

FFmpegは、オープンソースで開発されている音声・動画画像符号化ツール/ライブラリーの総称です⁹⁾。ImageMagick同様、Linux, Mac, Windowsなどのコマンドラインで動作するツールが提供されていますが、非常に多くのコーデックをサポートしていることから、GUIを備えた動画変換ソフトウェアのバックエンドとして利用されることもあります。入力形式として連番DPXファイルもサポートしており、本標準動画をPC環境で再生可能なムービファイルに変換することが可能です。図2は、H.264/AVCのコーデックであるx264を用いて解像度960×540画素、YUV 4:2:0, 30 Hz, 1 Mbpsの動画ファイルを生成するコマンドの例を示しています。各コマンドラインオプションの意味は、公式ページ(<http://ffmpeg.org/>)に用意されているドキュメント群やインターネット上の各種解説ページを参照してください。

4.4 表色系の違いに関する注意点

本標準動画の名称には「超高精細」と並んで「広色域」という言葉が使われています。これは、UHDTVに関するITU-R勧告BT.2020では、従来の高精細度テレビジョン(HDTV: High Definition Television)のスタジオ規格で

```
ffmpeg -r 60 -i a01_TrainsA_8K%5d.dpx -vcodec libx264 -pix_fmt yuv420p -s 960x540 -r 30 -b:v 1000k a01_TrainsA_8K.mp4
```

図2 FFmpegによる動画ファイル生成の例



あるITU-R勧告BT.709 (Rec.709)¹⁰⁾と比較して、色域が大幅に拡大された表色系を採用していることに由来します。しかし、現状ではBT.2020の表色系に対応したディスプレイやカラーマネジメントシステムはまだ少なく、DPXフォーマットでの扱いも未定であることから、今回配布した連番DPXファイルのヘッダ部において、色域を示すColorimetricのコードは0 (User Defined)と設定しています。このことは、上で紹介したソフトウェアを介してPC環境で各シーケンスを表示した場合、BT.2020対応のディスプレイを使用しない限り正しい色再現とはならないことを意味しています(全体的に彩度の低い画像となってしまう)。従来のディスプレイで可能な限り本来の色を再現するには、画像信号の表色系をBT.2020からBT.709に変換しておく必要があります。この変換アルゴリズムについては、文献¹⁾の解説を参考にしてください。

なお、本稿を執筆するにあたり、上記の表色系変換アルゴリズムを実装したDPX形式からPPM形式への画像コンバータ、およびWindowsで動作する4K・8K動画の簡易ビューアを作成しました。これらのプログラムは、本稿に連動したWebコンテンツとして公開しておりますので、興味をお持ちの方は本学会のWebページ「テストチャート」のメニューからアクセスしてみてください。

5. むすび

本稿で紹介した「超高精細・広色域標準動画像Aシリーズ」は、4K・8Kの技術開発に欠かせない標準動画像を一刻も早く供給したいとの考えに賛同いただき、NHK放送技術研究所より特別に素材映像の提供を受けて発行に至りました。使用許諾を頂いた日本放送協会ならびにご協力いただいた関係各所の皆様にこの場を借りて感謝いたします。

このような経緯から、従来の標準動画像と比較して、今回収録したシーケンスの絵柄はややバリエーションが少な

いと感じる方もいるかもしれません。ITEとARIBの合同作業グループはこの点を認識しており、新たに撮り下ろした映像素材による超高精細・広色域標準動画像の拡充を予定しています。本標準動画像が「Aシリーズ」と冠している理由はここにあります。近日発刊予定の「Bシリーズ」に是非ご期待ください。

(2016年3月29日受付)

【文献】

- 1) 松田一朗, 正岡顕一郎, 池川秀彦: “私の研究開発ツール: 超高精細・広色域標準動画像”, 映情学誌, 68, 8, pp.643-647 (Aug. 2014)
- 2) Rec. ITU-R BT.2020: "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange" (Aug. 2012)
- 3) T. Yamashita, R. Funatsu, T. Yanagi, K. Mitani, Y. Nojiri and T. Yoshida: "A camera system using three 33-megapixel CMOS image sensors for UHD TV2". SMPTE Motion Imaging Journal, 120, 8, pp.24-31 (Nov. 2011)
- 4) T. Yamashita and K. Mitani: "8K extremely-high-resolution camera systems", Proceedings of the IEEE, 101, 1, pp.74-88 (Jan. 2013)
- 5) SMPTE ST 268:2014: "File format for digital moving-picture exchange (DPX)" (Nov. 2014)
- 6) 映情学, 電波産業会: “超高精細・広色域標準動画像—Aシリーズ解説書” (2016)
- 7) ARIB STD-B66 1.1版: “UHD TVマルチフォーマット・カラーバー” (2015)
- 8) 高橋克彦: “私の研究開発ツール: ImageMagick”, 映情学誌, 61, 12, pp.1725-1728 (Dec. 2007)
- 9) 筒口拳: “私の研究開発ツール: FFmpeg”, 映情学誌, 64, 3, pp.315-317 (Mar. 2010)
- 10) Rec. ITU-R BT.709: "Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange" (Apr. 2002)



まつだ いちろう
松田 一朗 1996年、東京理科大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。同年より、東京理科大学理工学部電気工学科に勤務し、現在、同大学電気電子情報工学科教授。当会テストチャート小委員会主査。正会員。