

4K 超高精細映像の

インターネット流通に関する検討

藤井 哲郎 依田 春奈

HDTV の4倍の解像度を有する800万画素の4K デジタルシネマが開発され、世界中の映画館に導入が進んでいる。この4K 超高精細映像を利用したライブ中継の試みがNTTを中心に試みられてきており、東京都市大学においても東京国際映画祭オープニングの生中継が2009年10月に行われた。ところが、この4K 超高精細映像を扱う為には、非常に高価な専用装置が必須となっている。本論文では、この4K 超高精細映像を汎用パソコン上で取り扱い、インターネットを流通させることをターゲットとし、その基本検討を行った結果を報告する。特に、評価用の4K 映像プロトタイプとしてSilverlightを用いたシステムを開発し、その検証を行う。

キーワード：4K 映像、超高精細映像、クロスプラットフォーム、インターネット、ネットワーク流通

1 まえがき

ICT 技術の急速な進展により、フレキシブルで非常に広帯域なブロードバンドNW(ネットワーク)が普及し、あらゆるデジタルメディアがブロードバンド NW 上を流通し始めている。地上波デジタル放送の普及と共に、HDTV が標準的なデジタル映像となり、高品質デジタル映像とNW が融合した新しい映像情報流通環境が生まれようとしている。教育や医療、デザイン、印刷、博物学などのプロフェッショナルの世界では、さらにHDTV を超える映像品質が求められ、NW 流通と組み合わせられ、新たなアプリケーションが開発されている[1]、[2]。その最高品質の位置に立つデジタル映像は、ハリウッドが普及を進めているHDTV の4倍の空間解像度(4096 x 2160 画素)を有する4K デジタルシネマである[3]。このカテゴリーの画像を本稿では、4K 超高精細画像と呼ぶことにする。

この4K 超高精細画像を扱うには特別な専用装置が必要である。多数の超高精細静止画をアニメーション機能で表示する為に、特別なワークステーションが開発されている[4]。慶應義塾大学DMC 機構では、動画用システムを流用して静止画アニメーションの表示を行っている[5]。このような専用の4K 超高精細映像の装置は、カメラ、ディスプレイ、伝送装置、いずれをとっても一千万

円以上である。残念ながら、このような状況では、インターネットでの4K 超高精細画像のNW 流通は始まらない。どうしても、その利用が限定的となってしまふ。

この現状を打破する為に、本稿では4K 超高精細画像を世界に先駆けてインターネットで流通させる事を目的とし、クロスプラットフォーム上でのアプリケーションの実現性を評価する。即ち、汎用パソコンをベースとしたシステム上で、クロスプラットフォームを利用する4K 映像のプロトタイプを開発し、複数枚の静止画像をアニメーション機能を用いて表現することに挑み、その実現性を評価する。さらに、動画像に関してもインターネットでの利用可能性を整理し、その結果を報告する。

2 4K 超高精細映像について

2.1 4K 超高精細画像の基本コンセプト

より高精細な映像とより高速なNW を組み合わせ、新しい映像アプリケーションを開拓するために超高精細映像の研究開発が開始された。まず、超高精細画像とは、既存の画像メディアの統合を目指して筆者らが1989年に提案した新しいデジタル画像メディアのコンセプトである[1]。ブロードバンドNW を介して非常に高精細な映像が流通することを明確なターゲットとしている。基本的な超高精細画像の定義を以下に示す。

- (1) スキャンライン数が2000本以上
- (2) 完全デジタル方式であること
- (3) 順次走査(Progressive)方式であること
- (4) 画像のサンプリングが正方格子状であること

FUJII Tetsuro
東京都市大学環境情報学部情報メディア学科教授
YODA Haruna
武蔵工業大学環境情報学部情報メディア学科
2009年度卒業生

既存の画像メディアとの相互関係を時間解像度及び空間解像度の観点より示したのが図1である。HDTV, 映画, パソコン, ワークステーション等の既存の画像メディアを統合する位置に超高精細画像があることが解る。なお, 筆者らは画像の垂直方向のスキャンライン数 2000 本をベースに説明するのに対し, ハリウッドではフィルムの横方向に解像度をカウントアップする習慣上, 本方式を「4K 方式」と呼んでいる。

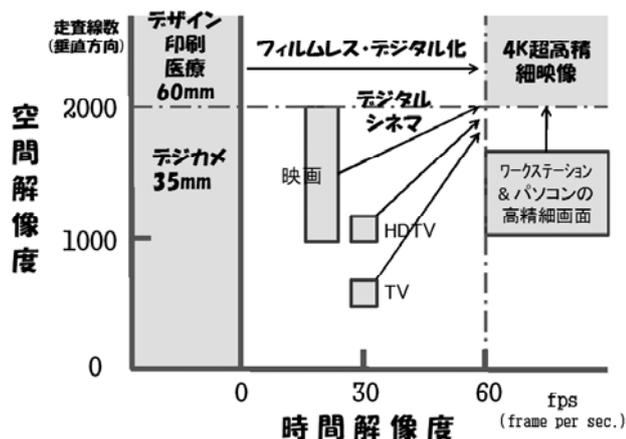


図1 4K 超高精細画像の特徴(空間対時間解像度)

2. 2 静止画アニメーション機能による利用

4K デジタルシネマの様な高品質なデジタル映像情報を NW で流通させるためのプラットフォームとして, 筆者らは超高精細画像通信システム(Super High Definition image communication system)の開発を進めてきた[1]. まず, 教育やデザイン, 医療, 航空管制などで使うための静止画像用プラットフォームとして, 走査線数 2000 本の高精細な 28.3 インチ液晶を使う画像通信システムを実用化し, 様々なアプリケーション開拓を進めてきた. そのターゲットとして, デジタルサイネージ及び電子美術館などがある. この様なアプリケーションでは, 4K 画像の様に高精細な画像をアニメーション機能で自在に操り, 提示・表現する機能が求められる[4].

2. 3 動画像による利用

究極の動画像と位置付けられる 4K デジタルシネマのストリーミング伝送に関する研究開発も進めてきた. デジタルシネマは映画フィルムと同じ毎秒 24 コマのフレームレートで撮影・上映され, 時間解像度 24fps のプログレッシブ映像として扱われる. これに対し, 同じクラスの空間解像度である 4K 映像 (3840 x 2160 画素) にはあるが, 時間解像度を TV のビデオ信号と同じフレーム数 30fps とし, 遠隔教育, 遠隔コラボレーションを初めとする新しいアプリケーションへの適用を進めてきている. 2009 年 10 月には, フレーム数をさらに 2 倍に倍増した 4K/60P 映像を用いて, 第 22 回東京国際映画祭のオ

ープニングが東京都市大学横浜キャンパスに 4K 映像で生中継された[6]. これらのイベントで撮影された映像を VOD(Video On Demand)方式で, ネットワーク経由でいつでも自由に汎用パソコン上で観ることができる環境が望まれている.

3 クロスプラットフォームの検証

3. 1 従来方式の限界-Flash における問題点

現状, インターネット上を流通する多くの映像コンテンツは Flash をプラットフォームとして利用している. その代表格が YouTube であり, Flash 全盛時代である. YouTube は Flash をプラットフォームとして採用し, 広告のアニメーションから HD までの映像をネットワーク流通させている. しかし, 4K 映像を扱うにはキャンパスとして 3840×2160 画素サイズ的环境が必要になる. HD 映像の 4 倍の解像度である. 残念ながら, Flash ではクライアントの RAM を使い切るようなムービーを作成出来ないようにするため, 2880×2880 画素サイズが最大となっており, Flash では 4K 映像を扱うことが不可能である. この上限が取り払われる兆しは全くない[7].

3. 2 4K 映像プラットフォームとしての Silverlight

Silverlight[8]とは, Microsoft 社による Web ブラウザー上で RIA (リッチインターネットアプリケーション)を実現するためのアプリケーションフレームワークである. 対応する OS は, Windows と Macintosh 両方に対応している. Web ブラウザーでは,

- Internet Explorer
- Mozilla Firefox
- Safari
- Google Chrome

に対応しており, 多くのユーザーが Silverlight を用いてアプリケーションを使用する事が出来る. 2008 年 10 月にリリースされた Silverlight 2 では, 静止画の表示できるメディア形式は jpg と png の 2 種類であり, 動画では WMV 形式だけである. 現在, 2009 年 7 月に Silverlight 3 が正式公開されているが, ライブラリーの整備状況の問題から, 今回は Silverlight 2 を用いて評価を行った結果を以下に報告する. なお, Silverlight はデジタル著作権管理(DRM)の取り扱いにも特徴がある. DRM をアプリケーションに組み込む事で, 保護された安全な配信を実現できる[9]. 高解像度の 4K 画像は, 従来の画像より付加価値が非常に高く, この機能も重要である.

3.3 4K映像開発・検証システム

4K映像の開発・検証システムを構築する必要がある。その為に、2種類のクライアントシステムと1台のサーバーを構築して、プロトタイプの開発とその評価を行う。

【4面マルチモニタ方式：920万画素】

OSがWindows XP, CPUがCore2 Quad Q9650, メモリが4GByte, グラフィックボードがNVIDIA Quadro NVS 440の4画面マルチモニタシステム。WUXGA (1920 x1200) 液晶モニタ4台が接続され、3840x2400 (920万) 画素の大画面をマルチモニタで構成。ディスプレイ部の写真を図2に示す。本システムをSilverlightの開発システムとしても利用。Visual Studio 2008, Expression Blend 2, Expression Encoder 2 & 3, Silver Light SDKをインストール。



図2 4面マルチディスプレイ型4K画像システム

【IBM 4K モニタ：920万画素】

OSがWindows XP, CPUがCore i7 950, メモリが6GByte, グラフィックボードとしてNVIDIA GeForce GTX285とGTX275の2枚を装着。ゲーム用に用いられる廉価で高速なGPUを2個搭載したパソコンである。これを3840x2400 (920万) 画素のIBM 22.2型TFTモニタT221に接続。最



図3 IBM 22.2型モニタ T221 を用いた4K画像システム

終的な映像品質チェック用のシステムとして利用する。本システムのディスプレイ部の写真を図3に示す。このディスプレイは、画素ピッチが0.1245mmと非常に細かく、高精細な画像の表示に適している。但し、Windows XPの下で文字を表示すると非常に小さくなり、見にくい。よって、4K映像のプロトタイプ開発には4面マルチモニタ型を用いた。

【サーバー】

OSとして、Linux系のUbuntuを採用したサーバー。NEC Expression 5800/110Ge, CPUはXeon L3110, メモリ1GByte, ディスク1TByteの構成である。このサーバー上にSilverlightを用いて制作された素材をWebソースとしてインプリメントし、サーバー・クライアントの形式で、インターネットを利用してネットワーク流通させる形態を取り、評価を行った。

3.4 アニメーション機能の検証

アニメーション機能の検証を行う為に、アプリケーションのプロトタイプは、Expression Blend 2とVisual Studio 2008 C#を使用して開発を行った。最初に4Kサイズでの動作を確認し、その後アニメーション機能の確認を行う。

【4Kサイズプラットフォームの検証】

Silverlightは、Expression Blend 2でプロパティのWidthとHeightに画素サイズを設定する事により4K画像を取り扱えるプラットフォームになる。まず、Expression Blend 2で新規プロジェクトを作成し、プロジェクトの種類を「Silverlight2アプリケーション」と選択し、C#でプロジェクトを作成する。次にExpression Blend 2でプロパティを設定する。プロパティタブのWidthとHeightの値を入力することにより画面サイズを設定できる。WidthとHeightの設定方法には3種類ある。1つはAutoである。Autoにするとアプリケーションが自動的にウィンドウサイズに合わせたサイズになる。2つめは任意の値を設定する手法である。所望の値を設定する事で、様々なサイズのアプリケーションを作成出来る。最後は、+∞の設定である。+∞を設定することにより、最大画面サイズに制限が無くなる。また、MinWidth, MinHeightの設定でアプリケーションの最小サイズが設定でき、逆にMaxWidth, MaxHeightでアプリケーションの最大サイズを決めることも出来る。実際に、WidthとHeightに3840×2160(4K)の値を設定し、4K画像を1枚組み込み、ソリューションの実行をすると4Kサイズで表示できる。この様に、Silverlightで4K画像(3840×2160)が扱える。

【プロ制作の4K シーケンス素材での検証】

慶応義塾大学 DMC 機構の亀村氏制作の「4K Venezia」の4K 画像シーケンス[5]を使い、Silverlight でディゾルブやフェードアウトの効果をアーティストックに表現し、プロが使用できるレベルでアニメーション機能が利用可能であるか検証を行った。Expression Blend 2 におけるキーフレーム設定法は基本的に Flash と同じである。但し、Expression Blend 2 では必ず0秒にキーフレームを入れる必要が有る。そして、Visual Studio C# でコードを記述することにより、4K 静止画像のスライドショーを実現する。図4に、アニメーションシーケンスの制作プロセスを示しておく。

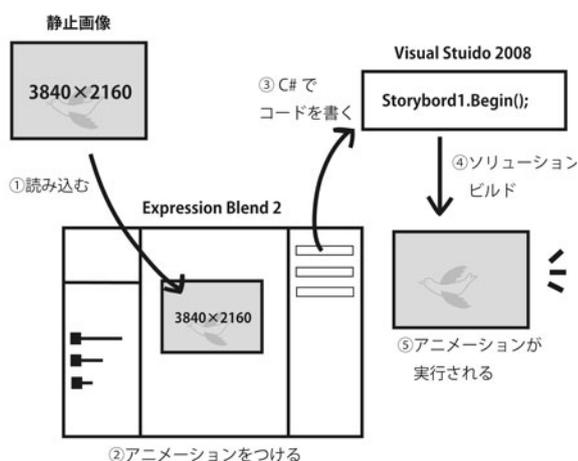


図4 静止画シーケンスの制作プロセス

図3の920万画素のディスプレイ上に映し出されているのがまさに「4K Venezia」のアニメーションのワンシーンである。これにより、今まで4K 画像のアニメーションシーケンスは高価な専用装置でしか再生できなかったが、クロスプラットフォームとして Silverlight を用いることにより、汎用パソコンでも問題無く制作し再生できることが明らかになった。まさに本プロトタイプシステムは、4K 画像アニメーションをインターネット上で扱えることを世界で初めて実証したシステムとなっている。なお、アニメーションによる4K 静止画像のスライドショーでは、通常画像データを Flash におけるパブリッシュと同等に扱っているので33枚程度が限度となる。これを回避するには、データバインディング方式でプログラミングすれば良い。

4 動画像の検証

4.1 画像エンコードサイズの拡張

4K 映像についても動画像のインターネット流通がその普及の為に望まれている。デジタルサイネージへの活用などその期待は大きい[2]。しかし、従来の MPEG2 を

ベースにした方式では、規格として最大画像サイズが1920x1080画素である。これを回避し、4K 映像を扱う為に Motion Jpeg が採用され、ハリウッド採用方式のデジタルシネマでも活用されてきた[3]、[6]。Motion JPEG は非常に高品質であるが、必要とするビットレートも高く、専用の符号化装置が使われてきており、汎用パソコンで扱うことは困難であった。

ところが、新しい画像符号化方式である H.264/MPEG4 AVC では、1フレームの画像サイズが規格として拡張され、4K もそのターゲットとなった。これに対応して、従来の HDTV サイズを超える画像を扱えるエンコーダ及びデコーダが登場しつつある。但し、この状況は一般には知られてなく、Google で「4K」「H.264」「MPEG4 AVC」「エンコード」と検索しても KDDI 研究所の専用ソフトウェアによるリアルタイム符号化装置の開発[11]以外に答えは返ってこない。本節では、HDTV クラスの映像編集作業に一般的に用いられている映像編集ソフトウェアにおいて4K 映像がどの様に扱えるのかをまず評価する。具体的には、本学の環境情報学部情報メディアセンター及び藤井研究室に備わっている各種映像編集ソフトを実際に操作し、評価を行う。それぞれの編集ソフトに於いて、映像シーケンスの property を4K 映像にカスタマイズすることにより4K 映像が扱えるかを明らかにする。なお、4K 映像素材としては ARRI 社から提供された「Circle of Love」の4K デジタルシネマ素材を利用して評価を行っている。

映像編集用ソフトウェアの評価結果を表1に示す。同表において、入力に関しては、4K デジタルシネマの編集で標準となっている Tiff 連番画像ファイルの読み込みが可能かどうかを評価している。出力に関しては、画像サイズのパラメータを property のカスタマイズにより4K 映像(3840x2160)に設定でき、さらに H.264/MPEG4 AVC 符号化形式でレンダリング出力できるかどうかで判断している。さらに、2.5K(2560x1600画素)で出力可能かも併せて評価している。その結果を表1に示す。Adobe 社の Premiere Pro と SONY 社の Vegas Pro 9.0 の2種類の映像編集ソフトが H.264/MPEG4 AVC 符号化方式で4K 映像としてエンコードし、レンダリング出力可能なことが明らかとなった。これらのカスタム設定したときに可能となる機能は、Adobe 社及び SONY 社の製品紹介サイトおよびユーザマニュアルの中で全く触れられていない。いわば、隠れた4K 映像エンコード機能である。

表1 映像編集ソフトにおける4K映像処理機能

映像編集ソフト	連番入力 H.264/AVC 出力		
	4K	4K	2.5K
Final Cut Pro 6	○	×	○
Adobe Premiere Pro	○	○	○
Edius Pro 5	×	×	×
Vegas Pro 9.0	○	○	○

4.2 既存メディアプレーヤーによる再生の検証

前節の結果より、4K 動画が H.264/MPEG4 AVC 符号化方式でエンコードできることが確認できた。本節では、エンコードされた 4K 動画を既存のメディアプレーヤーが果たして 4K 超高精細映像として再生可能かどうかを検証する。

Vegas Pro 9.0 を用いて H.264/MPEG4 AVC 符号化方式で、平均ビットレートを 30Mbps、最大ビットレートを 50Mbps に設定してエンコード&レンダリング出力を行った。映像素材は、前節と同様に ARRI 社から提供された「Circle of Love」の 4K デジタルシネマ素材である。画像サイズは比較の為に、2K デジタルシネマのサイズである 2048×1080, 2048×2048 (2K²), 2560×1600(2.5K), 4K 映像となる 3840×2160(4K)の4種類作成して評価した。2.5K 方式は、500 万画素の超高精細画像システム[2]の画像サイズである。いずれの画像サイズも HDTV(ハイビジョン)を超える画像サイズであり、これまで比較検討された報告は無い。既存のメディアプレーヤーとしては、Nero9, Windows Media Player + Nero8 (WMP+Nero8), GOM Player (GOM) [12]の3個を用いて検証を行った。この他にも、Quick Time, Real Player 等のメディアプレーヤーも検証を行ったが、Vegas Pro 9 との相性問題があるようで、旨く動作しなかったのを除いてある。検証を行った汎用パソコンのスペックとしては、Core2 Quad Q9650 に NVIDIA Quadra NVS440 を搭載する 4 面マルチディスプレイシステムである。結果を表2に示す。同表において○は円滑に再生できたことを示す。これに対し△は、一

表2 画像サイズとメディアプレーヤーによる再生 (NVS440 を用いたマルチスクリーンで評価)

	Nero9	WMP +Nero8	GOM
2048 x 1080 (2K)	○	○	○
2048x2048 (2K ²)	△	○	△
2560x1600 (2.5K)	△	○	△
3840x2160 (4K)	△	△	△

△：映像はデコードできているが、CPU 或いは GPU における処理能力不足により、再生遅延が発生している。

枚ずつの画像は綺麗にデコードできているが、CPU 或いは GPU における処理能力不足により、再生遅延が発生していることを示している。同表より、画素数の増加により、デコード処理が間に合わなくなり再生遅延が発生していることが解る。しかもメディアプレーヤー毎に、処理遅延の発生度合いが異なることも明かである。前述のスペックのパソコンでは、4K を再生するのに今一步能力が不足していることも明らかである。但し、画像のデコードには成功していることを付記しておく。

汎用パソコンの能力不足を補うために、Core i7 950 を搭載し、GPU として NVIDIA GeForce GTX285 と GTX275 を2枚搭載する IBM の T221 液晶システムにおいても 4K 映像の再生を検証した。評価結果を表3に示す。

表3 画像サイズとメディアプレーヤーによる再生 (GTX285+GTX275 と IBM モニタで評価)

	Nero9	GOM
3840x2160 (4K)	○	△

同表より、ゲーム用の GPU を2枚搭載することにより、メディアプレーヤー Nero9 では再生遅延の発生が無くなり、スムーズに再生できることが確認できた。但し、GPU が2枚に分かれるために、再生された 4K 映像の右半面と左半面の間に僅かではあるが、画面の同期ずれが肉眼で確認できた。この同期のずれは、フレームシンクロナイザーを用いれば取り除くことができる。

以上の結果より、既存のメディアプレーヤーを選択利用し、それを用いた Web アプリケーションを作成し、H.264/MPEG4 AVC で符号化された 4K 動画をサーバーにセットすることで、4K 動画を問題無くインターネットで利用することが可能なことが示された。これにより、NW 流通への道が開けたと考えられる。様々な 4K 動画をインターネットで楽しむことが可能となりつつある。まさに、ゲームのために進化した廉価な高速グラフィックボードを活用することにより、4K 映像がネットワークで扱えるようになってきていることが明らかとなった。

5 むすび

クロスプラットフォームとして Silverlight を採用することにより、4K 静止画像のアニメーションをプロが活用できる品質レベルで制作・再生できることを明らかにした。これにより、4K 画像シーケンスをインターネットにより NW 流通させることが可能であることが示された。また、最新の映像編集ソフトが有する 4K 映像の H.264/MPEG4 AVC 符号化機能と、既存のメディアプレーヤーを選択組み合わせ、ゲーム用に進化し続けるパソコンのグラフィックボードを活用することにより、インタ

ーネットで4K 動画像を活用できることも明かにした。これまで不可能と思われていた4K 映像のインターネットにおけるNW 流通が可能になりつつあることが示された。まさに、4K 映像のNW 流通の時代の到来を予感させる状況である。今後、この様な技術を組みあわせ、如何にして新しい4K 映像サービスを立ち上げるかが重要な課題となる。

道発表

[12] GOM Player, <http://www.gomplayer.jp/>

参考文献

- [1] Tetsuro Fujii, Tomoko Sawabe, Naohisa Ohta, Sadayasu Ono, "Super High Definition Image Processing on a Parallel Signal Processing System," Visual Communications and Image Processing '91, pp. 339-350, Boston, November 1991
- [2] 藤井哲郎, 「超高精細画像のデジタルサイネージへの適用」武蔵工業大学環境情報学部紀要, 第10号, pp. 60-68, 2009年2月28日
- [3] Digital Cinema Initiatives, <http://www.dcinovies.com/>
- [4] 藤井哲郎, 田中裕之, 小野定康, 「デスクトップ型高精細画像ステーション」画像電子学会, 第152回研究会, 96-02-08, pp. 29-32, 1996年9月6日
- [5] 亀村文彦他, 「4K Venezia」, <http://note.dmc.keio.ac.jp/topics/archives/520>, 2008年12月18日
- [6] 藤井哲郎, 藤井竜也「東京国際映画祭オープニングの4K/60P 超高精細映像伝送」, 東京都市大学環境情報学部紀要, 第11号, pp. 14-22, 2010年2月28日
- [7] Adobe systems 社「Flash8 のイメージAPI の概要」, http://www.adobe.com/jp/devnet/flash/articles/image_api_02.html, 2005年11月10日
- [8] Wikipedia, 「Microsoft Silverlight」, http://ja.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Silverlight, 2009年12月7日
- [9] msdn Silverlight デベロッパーセンター, 「デジタル著作権管理 (DRM)」, [http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/cc838192\(VS.95\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/cc838192(VS.95).aspx)
- [10] 株式会社セカンドファクトリー, 「ひと目でわかる Microsoft silverright2 アプリケーション開発入門」, 2008年12月29日
- [11] 株式会社KDDI 研究所「PC ベースソフトウェアにより4K デジタルシネマに対応したH.264 リアルタイムエンコーダの開発に成功」2007年11月15日報