

デスクトップスタジオとその画質評価

Desktop Studio and Its Image Quality Evaluation

神谷 昌木⁽¹⁾ 庄田 昌央⁽²⁾
Masaki KAMIYA Masao SHOUDA

抄 録

アナログビデオ編集機に代わり、コンピュータを使用した映像編集機、いわゆるノンリニア編集機が映像編集の主流になってきている。しかしながら、アナログ編集と違いノンリニア編集では、一般的に使われる映像圧縮のため、映像の劣化が発生しやすいと考えられていた。新日本製鐵は、画質評価の一般的手法である主観評価に対して、特徴抽出を行った映像を用いて評価を行うことにより、より精度の高い評価手法を確立した。その方法により、各種の画像評価を行ったので手法及び結果について報告した。

Abstract

Taking the place of the analogue video compiling instrument, a visual image compiler utilizing computers, the so-called non-linear compiler, has been becoming the mainstream for compiling images. However, it has been considered that, in the case of non-linear compiling, a degradation of image is generated easily due to the image compression generally adopted, which differs from the case of the analogue compiling. Nippon Steel has established a highly precise image evaluating method through evaluating the image from which the characteristics have been extracted, instead of applying the subjective evaluation which is the general method for evaluating the image quality. In this report, described are the established method and the results obtained by applying it to evaluate various images.

1. 緒 言

近年、主流になってきているコンピュータを使用した編集機、いわゆるノンリニア編集機は、アナログ編集環境下では避けることのできないマスターテープからの編集/コピー時の画質劣化が発生せず、ハードディスクに取り込んだ素材を自由に扱うことができる。すなわち、ランダムアクセスをいかした編集作業による工程短縮が可能である。また、ワークステーションやクローズドシステムの機器を使用したものだけでなく、パーソナルコンピュータを用いたオープンなシステムを使用してもNTSCオンライン品質(放送品質)をうたっているシステムが登場してきている。

しかしながら、パーソナルコンピュータを使用したノンリニア編集機は、現状では映像圧縮技術を使いコンピュータ内部のデータ転送負荷を下げるシステムのため、圧縮にともなう画質劣化が発生し、オンライン編集を行うことができない、また、映像を合成するための素材を作り出すことができない、などといわれてきた。

一方、システムの価格を考えると、映像圧縮のメリットは計り知れないものがある。特に長時間の映像編集を行う場合、単純計算を行ったハードディスク容量は、

ITU-R(国際電気通信連合 無線通信部門)勧告BT. 601-4(旧

CCIR601) 4:2:2を基準とした1フレーム(1画面)の容量(8ビット基準)

$$Y = 720 \times 486 \times 1 \sim 342 \text{ kbytes}$$

$$Cr = 360 \times 486 \times 1 \sim 171 \text{ kbytes}$$

$$+ Cb = 360 \times 486 \times 1 \sim 171 \text{ kbytes} \quad (1024 \text{ bytes} = 1 \text{ kbytes})$$

$$= 684 \text{ kbytes/Frame}$$

1秒間の容量はノンドロップフレームでは、

$$684 \text{ k} \times 30 = \text{約} 20 \text{ Mbytes} \quad (1024 \text{ kbytes} = 1 \text{ Mbytes})$$

1時間の容量は同様に、

$$20 \text{ M} \times 60 \times 60 = \text{約} 70 \text{ Gbytes} \quad (1024 \text{ Mbytes} = 1 \text{ Gbytes})$$

となり、大容量の映像データを蓄積するためのハードディスクの価格がシステム価格を上回ってしまい、かつ、ハードディスクのバックアップメンテナンスに管理工数がかさんでしまうことになっていた。その結果、システムコスト的には圧縮したビデオを取り扱わざるを得なくなっている。

圧縮を行った素材は、一般的には品質の劣化につながる。特にビデオキャプチャーボードで多用されている圧縮形態であるモーションJPEG(M-JPEG)では、その圧縮アルゴリズムで使用されているDCT(離散コサイン変換)符号化に依存した固有の劣化現象をおこす。この劣化のなかには、映像情報だけでなく、色情報も含まれて

⁽¹⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部
ネットワークシステムソリューション部 マネジャー
東京都渋谷区代々木3-25-3 大東京火災新宿ビル
〒151-8527 ☎(03)5352-2414

⁽²⁾ エレクトロニクス・情報通信事業部
ネットワークシステムソリューション部 主任

表1 ITU-R BT. 601-4推奨仕様

| Family Member | Application | Sample per line | | |
|--------------------------|---|-----------------|------|------|
| | | Y/G | Cr/R | Cb/B |
| 4:4:4 RGB 4:4:4 YCrCb | Television Source Equipment High Quality Signal Processing | 720 | 720 | 720 |
| 4:2:2 YCrCb | Standard Digital Interface International Program Exchange | 720 | 360 | 360 |

表2 RGB To YUV色空間変換

| | |
|---|----------------------------|
| Y | $0.229R + 0.587G + 0.144B$ |
| U | $0.147R - 0.289G + 0.436B$ |
| V | $0.615R - 0.515G + 0.100B$ |

表3 評価機材

| | メーカー名 | 型番 |
|---------------|--------|----------|
| テストシグナルジェネレータ | リーダー電子 | 425A |
| カメラ | SONY | PVW-637 |
| VTR | SONY | DVW-A500 |

いる。また、色情報に関しては、キャプチャーボードのハードウェア内部の処理に依存するものであり、ITU-R BT.601-4(CCIR601) 4:2:2に対応した16ビットのものと、ITU-R BT.601-4(CCIR601) 4:4:4に対応させ24ビットで処理を行うものとは、圧縮による劣化が変わってくる可能性を持っている。更にコンピュータはその内部処理をRGBで行うために、映像信号とコンピュータの色信号の間で色空間変換を行わなくてはならない。この変換についても色の再現性が問われることとなる。参考として表1にITU-R BT. 601-4推奨仕様、表2にRGB To YUV色空間変換を示す。

実際に、圧縮によりどれほどの画質低下が発生しているのか、また圧縮比と画質劣化の相関がどれほどあるのか、従来の主観評価の精度を上げるための評価方法が有り得るのか、等について評価のための実験により、実際にパーソナルコンピュータを用いたオープンなシステムを使用してNTSCオンライン品質の編集を行うことの可能性を検討した。

2. 評価機材と評価方法

2.1 評価機材

新日本製鐵エレクトロニクス・情報通信事業部で扱っているAVID社MCXpress for Windows NT¹ソフトウェア及び、Truevision社TARGA 2000DTXキャプチャーボードを組み合わせて、机上で簡単に映像編集できるシステム、すなわち“デスクトップスタジオシステム”に、表3の機材を用い、実際に各種圧縮比により映像の取り込みを行って映像の評価を実施した。

また、接続方法は映像信号の分離を行っており、モニター及びボードの映像分離回路の特性に依存しないので映像劣化のアナログコンポーネント信号を用いた。個々での1フレームあたりの容量は便宜上AVID MCXpress for Windows NT上で設定を行った値を参考にして、圧縮率の算出を行った。

2.2 評価方法

評価方法は、様々な圧縮比によりキャプチャーを行った画像をMCXpress for Windows NTより静止画として取り出し、主観評

価を行った。主観評価についてはITU-R.BT.500で設定されているものの、被験者のばらつきに左右されやすく、圧縮に伴う画像評価には非常に使いにくいものであった。一方、熟練者の主観評価は、通常の測定器の性能を上回る精度を持っている場合もある。

本検討で主観評価の中に特徴抽出を行うことにより、圧縮映像においては被験者によるばらつきが解消されることがわかった。主に、使用した圧縮アルゴリズムにおいては、圧縮が色情報よりも輝度情報により多く表れる特性をいかし、主観評価を行っている。色成分を含む評価では、認識できない映像(図1(a)~(c)参照)も輝度情報のみに注目すると図2(a)~(c)に見られるように、JPEG固有のノイズを判別することができる。この手法を用い各種の映像、ブルーバックに無地の皿が一枚あるだけ等絵柄が荒くほとんど変化しないもの(低空間周波数)、市松模様のように細かい映像が急激に変化するもの(高空間周波数)に対し評価を行った。圧縮を行う場合に周波数の高い映像と低い映像では違った結果がでる。

一般にノンリニア編集機に使用されているJPEG圧縮は非可逆圧縮と呼ばれ、圧縮前の情報量をすべて再現しているのではなく、一部の情報を捨てている。それが一般的な映像の劣化につながっている。特にJPEG圧縮方式に使用しているDCT符号化に起因する固有の画質劣化、すなわち入力された動画が1枚1枚、まず画素のブロックに分割されることで独特の映像劣化を引き起こす。従って情報量の多い映像では、圧縮により捨てられる映像情報が多くなり、より画質劣化を起こすことになる。

この評価に使用した映像は、テストシグナルジェネレータ(リーダー電子425A)より画面情報の少ないサンプルとして75%SMPTEカラーバーを、画面情報の多いサンプルとしてラインスイープ表示を用いた。また、中間の情報量を持つ映像として、実際の動画映像情報をノンリニア編集機本来の編集業務に使用される機会の多い撮影機材SONY PVW-637(BETACAM² SP)で撮り、SONY DVW-A500より再生し取込を行った。

画質評価は、MCXpress for Windows NTの画質設定表示を目安に実施した。そのため、記載されているフレーム容量と実際の容量の間にはいくらかの誤差が発生しているが、圧縮比と画質の相関関係を推し量る上で問題はないと判断した。実際の取込には、MCXpress for Windows NTの映像取込レート設定画面で、評価用の動画として上記3種類の映像(図1参照)をそれぞれ、50(図2)、100(図3)、200(図4)、300(図5)、400kB/Frame(図6)までを取込み、それぞれの圧縮比で同一シーンとなるように動画フレームを探し出し、その部分を静止画として取り出すことにより評価した。

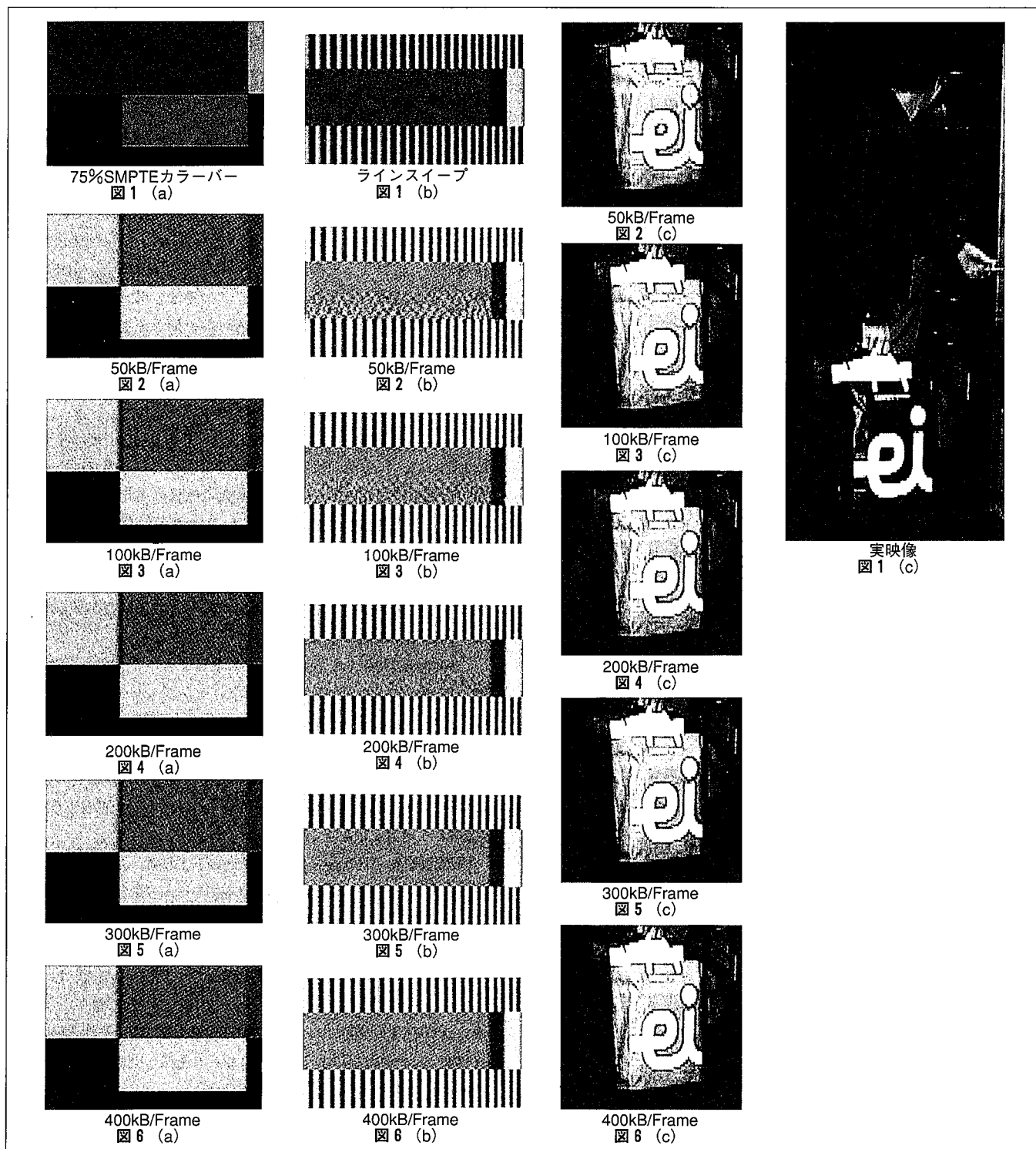
3. 評価結果

3.1 75%SMPTEカラーバーでの評価

50・100kB/Frameはエッジが荒れており、JPEG固有の画質劣化症状であるブロックノイズもはっきりと確認できる。しかし、200kB/Frame以上ではほとんど差異が確認できない結果となった。このノイズは色情報が変化する部分で顕著に現れており、色情報が変化する部分で急速に情報量が増加したために発生したものであると考えられる。更に200kB/Frame以上で画質的に変化を発見することが難しい程再現性があがっている背景には、75%SMPTEカラーバー画面の画面情報が少なく、従って圧縮を行った上で捨て

¹ Windows NTは、米国Microsoft Corporationの米国及びその他の国における登録商標

² BETACAMは、ソニー(株)の登録商標



られる情報量が比較的小さいためと推定される。

この結果、画面情報の少ない映像の場合は、オンライン編集を行うためには200kB/Frame(1/3圧縮)程度での取込で充分であると考えられる。

3.2 ラインスイープ表示での評価

50kB/Frame(1/12圧縮)から300kB/Frame(1/2圧縮)の取込において、映像のエッジ部が荒れ、かつインクがにじむような映像の劣化が発生している。更にJPEG固有の画質劣化症状であるブロックノイズも確認することができる。しかし、50kB/Frameから300kB/Frameへと取込レートが高くなるに従い、エッジは滑らかになり、にじみも少なく、画質の劣化が抑制されていることがわかる。ま

た、ブロックノイズそのものも確認できなくなり、相対的に圧縮による劣化が少なくなっていることが確認できる。更に400kB/Frame(1/1.5圧縮)ではエッジ荒れ、にじみ、ブロックノイズ共確認できないレベルまで達しており、オンライン品質を確保しているといえる。

この結果、画面情報の多い映像の場合、オンライン編集を行うためには400kB/Frame程度での取込が必要と推定される。更にキー合成等エッジ部(色情報の変化点)の品質を要求される映像に関しても、400kB/Frame程度での取込が必要と推定される。

3.3 実映像での評価

50kB/Frameと100kB/Frame(1/6圧縮)に関して、JPEG固有の画質劣化症状であるブロックノイズが確認でき、かつ、手に持って

いる紙バッグの白抜き部分に、にじみが発生していることが確認できる。すなわち画像の圧縮による量子化のため、忠実な映像再現に不必要なデータが生成されていると考え得る。一方、200~400kB/Frameでは画像を拡大し判定を行っても問題となるような画質劣化、不要情報の生成は観測することができなかった。

結果的には映像情報が少ないサンプルである75%SMPTEカラーバーでの評価結果とほぼ同等の結果となった。すなわち実映像レベルでオンライン編集を行ううえで、200kB/Frame以上であれば品質的に問題ないと推定できる。しかし、キー合成等映像エッジ部の品質を要求する映像を考えている場合は、エッジ部のクリアーの保全が必要であり、400kB/Frame程度での取込を行った方が、より品質の高い合成映像を作り出すことができると思われる。

4. 結 言

以上の評価結果から、ノンリニア編集システムにおいてオンライン編集を行う場合、映像録画先のVTRの種類にもよるが、BETACAM SPクラスのオンライン画質を必要とするユーザーは200kB/Frame以上の取込性能を有するシステム構成が必要である。かつキー合成等を多用する場合は400kB/Frameの能力を有したシステム構成を行う必要があると思われる。また、50kB/Frameの状態においても画像を充分認識することが可能であり、オフライン編集などでハードディスク容量に制限がある場合などは使用に耐えうると考えられる。

最後に、システムを構成する上で価格的に重要な要素となるハードディスクについて、圧縮率とハードディスク容量NTSC(640×480)の相関の説明を行う。ノンリニア編集システムを導入する上で、ハードディスクの価格は大きな比率を占める。また、映像キャプチャーカードも価格帯が広いため、実際どのレベルの画質で何分編集を行うかによって、使用するキャプチャーカードとハードディスクの容量すなわちシステム価格が決まってくる。

システム選定のポイントとしては、

- (1) ターゲットとする画質はどこか？(放送用、CD-ROM等マル

表 4 転送レートと1GBあたりの取込可能時間

| 転送レート (kB/Frame) | 圧縮率 | MB/s | min/1GB | クオリティー | 備考 |
|------------------|-------|------|---------|-------------|-------------|
| 60kB | 10:1 | 1.8 | 10min | オフライン | |
| 100kB | 6:1 | 3 | 6min | S VHS | |
| 120kB | 5:1 | 3.6 | 4min30s | DVC | |
| 150kB | 4:1 | 4.5 | 4min | 業務用BETACAM | |
| 200kB | 3:1 | 6 | 3min | | |
| 300kB | 2:1 | 9 | 2min | デジタルBETACAM | |
| 400kB | 1.5:1 | 12 | 1min30s | | MCXpress最高値 |

表 5 TARGAシリーズの取込レート

| TARGA | 最高取込レート | 映像入出力 | 備考 |
|---------|-------------|--------------------|-----------|
| 1000 | 160kB/Frame | S,コンポジット | - |
| 1000Pro | 160kB/Frame | コンポーネント又はS,コンポジット | CCIR601対応 |
| 2000 | 160kB/Frame | S,コンポジット | - |
| 2000Pro | 160kB/Frame | コンポーネント又はS,コンポジット | CCIR601対応 |
| 2000DTX | 400kB/Frame | コンポーネント, S, コンポジット | CCIR601対応 |
| 2000RTX | 400kB/Frame | コンポーネント, S, コンポジット | CCIR601対応 |

チメディアユース)

- (2) 素材は何か？(デジタルBETACAM, 業務用BETACAM, DVC, S VHS³⁾など)

- (3) オフライン編集かオンライン編集か？

等々である。おおよその目安として転送レート(kB/Frame)とハードディスク1GBあたりの取込時間を表4に示す。

また、AVID MCXpress for NTの使用時におけるTruevision TARGAシリーズの最高取込レートは、現状実験値として表5に示すようになっている。

今後は、Feature Extraction法、Picture Difference法等の客観評価手法での評価方法の確立を目指し、被験者によるばらつきの無い評価手法を取り込むことにより、空間予測アルゴリズム(Spectral Selection)等を可逆圧縮やWavelet変換を用いた次世代圧縮技法に関しても精緻な映像評価を行えるようにしていきたい。

³ S VHSは、日本ビクター(株)の登録商標。その他、本文に記載されている会社名、製品名はそれぞれ各社の商標または登録商標。