

# デジタル映像の客観品質評価

浜田高宏

(株) KDD 研究所

## ■デジタル映像の敵「圧縮歪み」

近年、MPEG-2を核とする画像符号化技術が標準化されるに至り、デジタルテレビ伝送、デジタルテレビ放送、DVDなど新しい映像技術が利用しはじめられている。これらにおいては、映像信号を従来のアナログ映像技術の10倍近くの高い効率のもとで伝送・蓄積することができるようになったことに加え、コンピュータとの親和性が良くなり、加工や編集が非常に容易になった。しかしながら、その反面、“アーティファクト (Artifact)”として総称されるデジタル圧縮特有の歪みが、実用上問題視される場合がある。この歪みは、従来のアナログ的なランダム的な雑音とは、大きく性格が異なり、人間の視覚上目障りなものが多い。さらに、一般視聴者にとって初期の段階では気にならないものであっても、歪んだ映像を見続けていると、視覚が歪みに対して訓練されてゆき、歪みが気になってしょうがないように強く意識してしまうという実験例がある。したがって、これらの歪みの

特徴を知り、これをうまく制御してより良い画像を作成していくことが、今後のデジタル圧縮技術の普及の上で重要な課題である。

## ■デジタル映像の改善は歪みの客観的評価から

デジタル映像の改善を進めるためには、まずデジタル映像の各種圧縮歪みを客観的に評価することが必要となる。これまで歪みの程度を知る方法は、ITU-R Rec.500-7<sup>1)</sup>に基づく主観評価実験を行うことが、事実上唯一の方法であるが、本実験を行うには、15人以上の被験者、専用の主観評価室、機材等に加え、実験に用いる映像素材の編集、データの統計など、膨大な労力とコストを要するため、簡単には実施できるものではない。このような背景のもと、国内外の研究機関において、デジタル映像の客観評価方式の研究・開発が活発に実施されており、またITUにおいては、標準化活動が開始されている。

## ■デジタル圧縮歪みと品質劣化

画像圧縮によって生ずる歪み、品質劣化にはさまざまなタイプのものが存在する。主なものは以下の通りである (図-1 参照)。

- ①ブロック歪み ②モスキート雑音 ③解像度劣化
- ④S/N低下 ⑤絵残り ⑥動きのジャーケネス ⑦破綻

### ①ブロック歪み

MPEG等に代表される圧縮技術の標準方式では、画面を8画素×8ライン程度の小ブロックに分割して圧縮している。圧縮率を上げると各小ブロックごとの絵柄の再現性が悪くなるため、ブロック間の境界ラインが目につきはじめ、あたかもモザイク状に見える雑音である。

### ②モスキート雑音

前述のブロック歪みと同様、MPEG等の画像圧縮技術に特有の歪みであり、画面中の輪郭部分がゆっくりと動

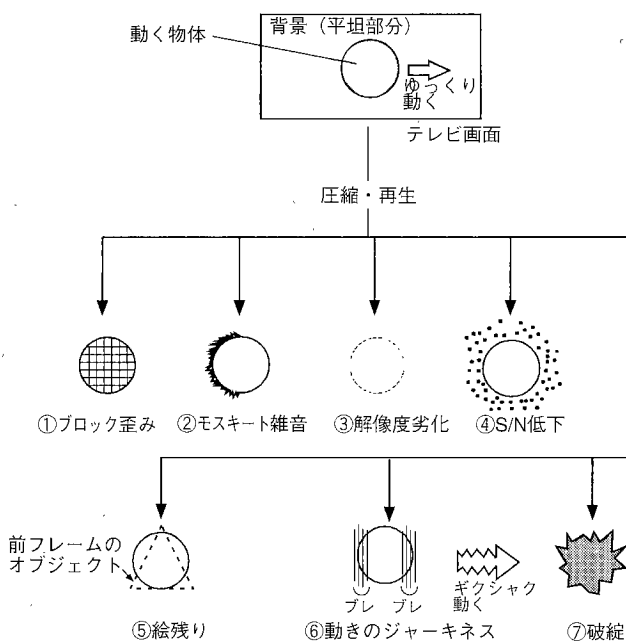


図-1 デジタル圧縮特有の歪み

く場合、その輪郭のまわりにモヤモヤとあたかも蚊（モスキート）が飛び回るような雑音である。

③解像度劣化

解像度劣化とは、いわゆる画像がぼけることを意味する。圧縮率を稼ぐためには、視覚的に感度の低い高周波成分から切り捨てるのが避けられず、画像がぼけてしまう。

④S/N低下

S/N低下とは、いわゆる信号対雑音の比が低下していることを示し、人物の顔などの平坦部のザラザラ感として知覚される。

⑤絵残り

圧縮・再生後のテレビ信号を、通常の速さ（1秒間で30フレーム）で見るときには検知できなくても、フレームを1枚ずつ見ていくと、シーンが変わった（シーンチェンジ）直後のフレームに前のフレームの映像が残像として存在する場合があります、これを絵残りと呼ぶ。

⑥動きのジャーキネス

ヨーロッパからのスポーツ中継などで、選手が高速に動いた場合などに、時折、その動きがギクシャクすることがある。これは、国によってテレビ信号の走査線の数が異なり、走査線等の変換のために動きが損なわれているためである。一方、MPEG等では物体の動き量を求め、それを補正することで圧縮を行うが、動きの速度が速すぎる場合や物体が変形しながら複雑に動く場合など、動き補償がうまくゆかず、動きの滑らかさが失われてしまうような劣化である。

⑦破綻

文字どおり、画面の一部ないしは随所随所で原形をとどめないほど歪むことをいい、致命的な歪みである。この破綻が発生する代表的な原因としては、フレーム間動き補償技術で圧縮率を稼いでいるアルゴリズムにおいて、極端に速い動きや動きが定義できない場合（人工的に挿入された雑音成分等）、動き補正の効果がなくなり、情報量の削減がうまくいかなくなるのが代表的なものである。

■主観評価から客観評価へ

デジタル圧縮画像の評価方法としては、前述した通り、現在は主にITU-R Rec.500-7に基づく主観評価実験に頼っている。本実験においては、10秒-15秒の原画像（A）および評価対象画像（B）をABABもしくはBABA（どちらにするかは、被験者に教えない）と被験者に呈示し、AおよびB

に対して、評点をつけさせる2重刺激連続品質尺度評価法（DSCQS: The double stimulus continuous quality-scale method）が用いられている。DSCQS法では、15人以上の被験者を集め、各被験者に図-2に示すようなスコアシートに画像ごとのAとBに対してスコアをつけさせ、それらを集計することで各画像のスコアが得られる。

DSCQS法によって得られた評価実験は、信頼に足るものであるが、その実施には被験者が15人以上必要、リアルタイムの評価ができない、値の再現性がないなどの大きな制約を伴うため、本主観評価実験にとって変わることのできる客観評価方式の研究・開発が活発化している。

その基礎となる方式は、図-1に示される7種類のデジタル圧縮に起因する歪みを、その視覚的な特徴・発生原因の観点から分類・定義し、その測定法を決めることにある。米国においては、前述した圧縮歪みを発生要因としてさらに細かく12種類まで分類し、それぞれに対して客観評価パラメータを定義することで、歪み量の測定方法を標準化するに至っている<sup>2)</sup>。

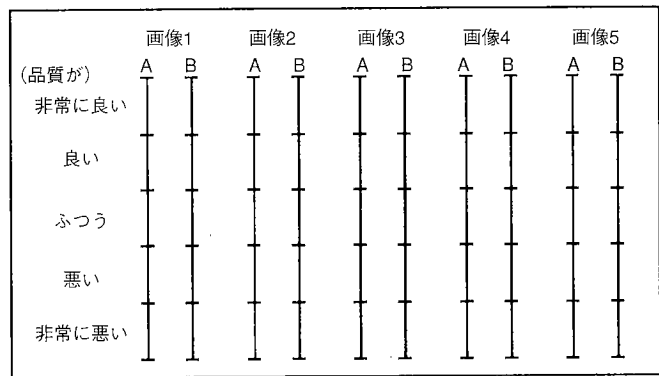


図-2 DSCQS法におけるスコアシート

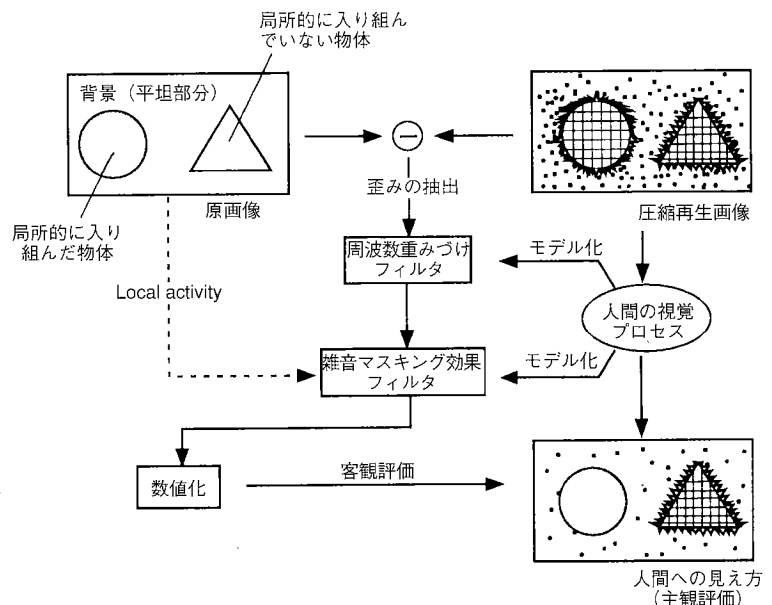


図-3 歪みに対する視覚モデル

## □客観評価を実現するためのモデル

画像評価にあたっては、主観的な評価を、数値などの客観的な評価に変えることができるとうれしい。このため、主観評価実験で得られる主観評価を客観的に数値化するためのモデル検討が活発となっており、歪みに対する一般的な視覚モデルを図-3に示す。まず画素レベルで、原画像とデジタル圧縮・再生画像の差分値をとり、歪みだけを抽出し人間の視覚特性を考慮したフィルタをかける。最初のフィルタは、周波数による重みづけフィルタである。これは、画像信号の画素 (pixel) 当たりの周波数に応じて、人間の視覚感度が大きく変化することをモデル化したもので、図-4に示すような帯域通過型の特性を持つ。図-4では、8画素当たりの周波数 (f) を横軸にとってある。これによると、たとえばモザイク模様に見えるブロック歪みは、8画素単位に変化するため通過帯域 (f=0.25~1.00) にあたり強く知覚されるため、重みづけを強くするが、逆に背景などに重畳したザラザタイプの子細が変動する歪み (f=2~8) は、高周波帯域にあたり視覚感度が低いため、ほとんど重みづけしない。次のフィルタは、雑音マスキング効果と呼ばれる視覚特性をモデル化したもので、図-5のような特性を持つ<sup>3)</sup>。図-5の横軸は画像信号がどの程度局所的に入り組んでいるかを示すパラメータ (S) であり、歪みが、スタジアムの観客席、森、林、水しぶきのような局所的に入り組んだ部分 (S=100~3000) に重畳しているのか、もしくは、人間の肌、芝、空、等の平坦部分 (S=0~10) に重畳しているのかに応じて、重みづけを変える。前者の場合歪みがマスクされて見えづらいため、歪みの重みづけを弱くし、一方、後者の歪みはほとんどマスクされず、直接人間の目に飛び込んでくるため重みづけを強くする。こうして、最終的に、局所的に入り組んだ丸い物体はあまり歪んで見えず、一方、人間の肌のような平坦部分ではほとんどマスキング効果が存在しないため、ブロック歪みやモスキート雑音が強く知覚される。さらに、背景のザラザラ感はその周波数成分がほとんど高周波であるため、それほど違和感を感じられない。このモデル化した手順をソフトウェアやハードウェアで構成できれば、客観評

価が実現できる。

## □映像の客観評価方式の標準化

現在、前述したITU-R Rec.500-7で得られる主観評価値DSCQSにとって代わることのできる客観評価方式の標準化活動が開始されている。本活動の母体は、ITU-T SG9, SG12, ITU-R WP11Eであり、そこから映像評価のエキスパートが集まり、エキスパートグループを設立し、標準化に向けたワーキングプランが練られている。参加企業は、CSELT (伊), TEKTRONIX (米), HP (米), Sarnoff (米), IRT (独), KPN (オランダ), RAI (伊), BT (英), NHK (日), KDD (日) などであり、大学からの参加も見られる。去る平成9年10月14日~16日の期間、イタリアのCSELTにおいて、第1回目の会合が持たれ、ワーキングプランが決定された。そのフローチャートを図-6に示す。

画像圧縮プロセスとしては、MPEGを中心として約20種類の画像を対象として、再生画を作成する。このとき、圧縮率を変化させるなどして100~200個のサンプルを作成する。これに対し、主観評価実験 (Rec.500-7, DSCQS) を行い、点数化する。合わせて、各機関からのアルゴリズムプロポーザルをソフトウェアで公募を行い、11方式が提案された (1998年6月1日)。一方、プロポーザルしていない研究機関が中立の立場として主観評価実験結果を用いて、公募したプロポーザル方式の性能検証を行い、優れた方式 (単一もしくは複合方式) をもって標準方式を作り上げる。

## ■デジタル映像品質評価用システム

歪みの発生源であるビデオコーデックの品質評価用システムが、研究機関やメーカー等において開発されている。1998年11月に開催された'98国際放送機器展 (Inter BEE '98)<sup>4)</sup>にて、3システムが展示された。これらのシステムの概要を表-1に示す。これら3システムのうち2システムでは、複数の会社による共同開発の形態をとっており、評価アルゴリズム開発とその実装技術開発の組合せとなっている。入出力信号としては、いずれも現行テレビを対象としており、HDTV対応はまだサポートされていな

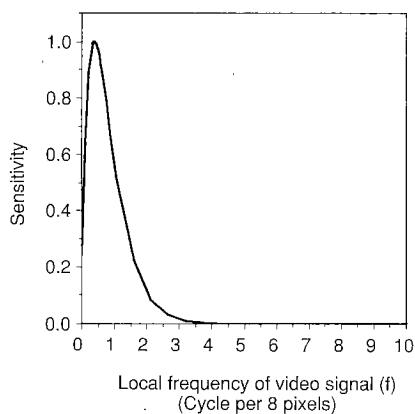


図-4 周波数重みづけフィルタの特性

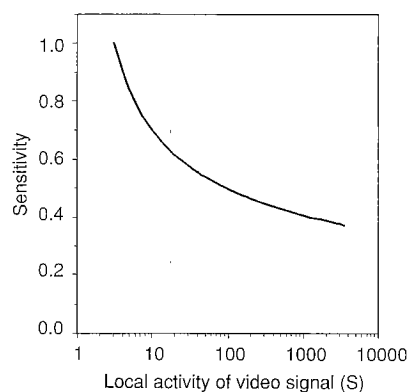


図-5 雑音マスキング効果フィルタの特性

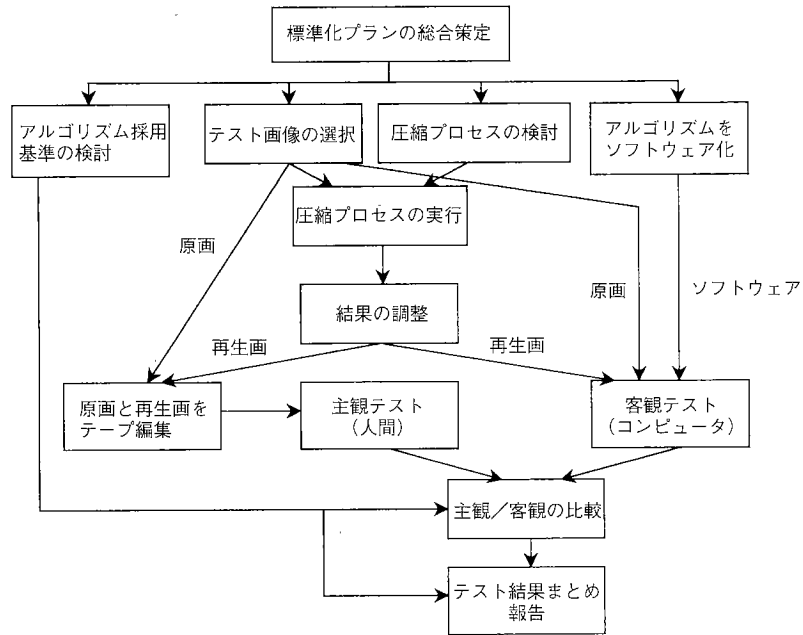


図-6 客観品質評価の標準化プラン

システム名	リアルタイム画像評価装置 Video PROBE VP2000	圧縮画像客観評価装置 MQ-1000	Picture Quality Analysis System PQA200
開発元	KDD 研究所	NHK/三菱電機	サーノフ研/テクトロニクス
入出力信号	デジタルコンポーネント SMPTE259M デジタルコンポジット SMPTE 259M アナログコンポーネント Rec.601 アナログコンポジット NTSC	デジタルコンポーネント SMPTE 259M デジタルコンポジット SMPTE 259M アナログコンポジット NTSC	デジタルコンポーネント SMPTE 259M, 272M アナログコンポジット NTSC/PAL, S-Video
原画と再生画の同期	独自のマーカによる	独自のマーカによる	独自のマーカによる
評価方式	リアルタイム評価	リアルタイム評価	蓄積型評価
サイズ	300mm(H)×165mm(W)×570mm(D)	300mm(H)×430mm(W)×550mm(D)	455mm(H)×224mm(W)×576mm(D)

表-1 デジタル映像品質評価用システム

い。正確に評価するためには原画像とコーデックから戻ってきた再生画像のフレーム遅延や、ライン/画素のずれを補正し、両信号の同期を合わせ込む必要があるが、3社とも、あるマーカ信号を挿入することで実現している。ただし、その実現方法は、各社それぞれ独自の方式である。評価方式としては、2社がリアルタイム、あとの1社が蓄積型の評価となっている。それぞれ使用目的に応じて一長一短があるであろう。今後、全世界的にデジタル放送向けにビデオコーデックが多数製造されていく中で、これらの(評価)システムの需要が高まっていくものと考えられる。

### ■将来は受信画像だけから品質の絶対評価も可能

品質評価システムは、ビデオコーデック開発現場や製造現場において有力なツールとなることが予想される。さらに、品質をより重視するHDTVに対しても、品質評価システムの需要は高まってゆくものと考えられる。一方、

デジタルTV放送等がサービスインし、円滑な運用を実現するためには、映像受信品質の厳格な管理が要求される。特に、デジタル伝送では受信環境の条件が定格から少しでもはずれると、突然絵が崩れたり、止まったりするという、あたかも崖から落ちるように品質が劣化するいわゆる「Cliff effect: クリフイフェクト」による放送番組の中断の危険性がある。このことから、ある受信地域において、原画像が存在しない条件下においても、受信画像だけからその品質を絶対評価できるような技術の実現が期待される。

#### 参考文献

- 1) Recommendation 500-7; Methodology for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures, ITU-R Recommendations, RBT: pp.307-329(1995).
- 2) Digital Transport of One-Way Video Signals-Parameters for Objective Performance Assessment, ANSIT1. 801. 03-1996.
- 3) 浜田, 松本: 画像の局所的变化度による雑音マスキング効果を考慮した直交変換の最適量子化法, 信学論 (B-D), Vol.J75-B-1, No.12, pp.791-801 (July 1992).
- 4) 堀: '98国際放送機器展見聞記, 映像情報メディア学会, Vol.53, No.1 pp.95-96 (1999).

(平成11年3月17日受付)