

高品質メディアの リアルタイム評価技術

浜田 高宏

KDDメディアウィル
ta-hamada@kdd.co.jp

デジタル映像符号化技術の国際標準化により、急速にデジタル映像サービスが普及しつつある。その最大の特長は、デジタルコンポーネントやHDTV方式による高品質化と圧縮による情報量の効率的運用にある。これらアナログ映像技術では不可能であった機能が可能となったため、デジタルHDTV放送、デジタルビデオカメラ、DVDそしてインターネットやモバイル映像配信などの新メディアの普及が期待されている。

その一方で、これら新メディアの円滑な普及を進めてゆくためには、その品質を入念に管理するうえでの評価技術が、非常に重要となる。そこで本稿では、アナログ映像とはまったく異なるデジタル映像の品質劣化要因の解説から始め、その客観評価方法、および実現例そして評価技術のアプリケーションについて解説する。

デジタル映像における劣化要因

まず、デジタル映像における品質を評価するうえで、その品質を低下させる劣化要因を明らかにする必要がある。

劣化要因は次の2種に大別される。

-
- A. 圧縮歪み (アーティファクト)
- B. デジタル映像障害 (クリフイフェクト)
-

- A. 圧縮歪み¹⁾：画像圧縮によって生ずる歪みであり、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)。
- B. デジタル映像障害：従来アナログ映像サービスにおける障害では、画面がガラガラし始める、キズが入るといった元の映像が保存されつつも、品質がなだらかに低下する (グレースフルデグラデーション) ことが一般的

であった。しかしながら、デジタル映像においては、映像システムの異常が発生するまでは一定の品質 (前述の圧縮歪みを含めた意味) であるが、いったん異常が発生すると突然画像が消える、フリーズする、異常な乱れ方をする (破綻) といった極端な品質劣化となる。これは別名クリフイフェクト (品質曲線が崖 (クリフ) のような形を描くことから) とも呼ばれる。これらを図-2 に示す。

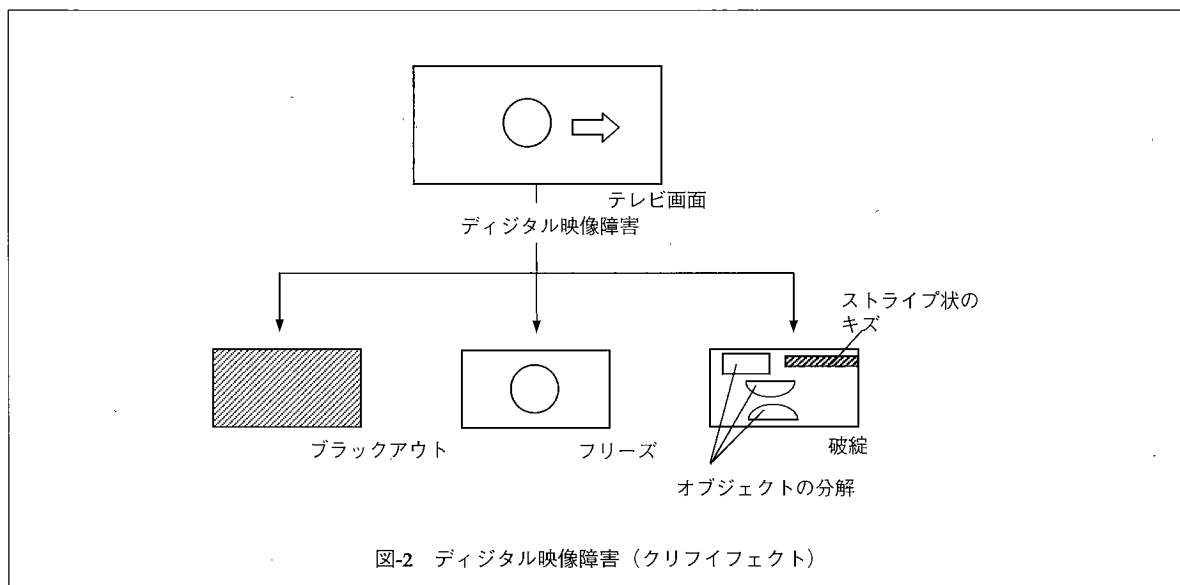
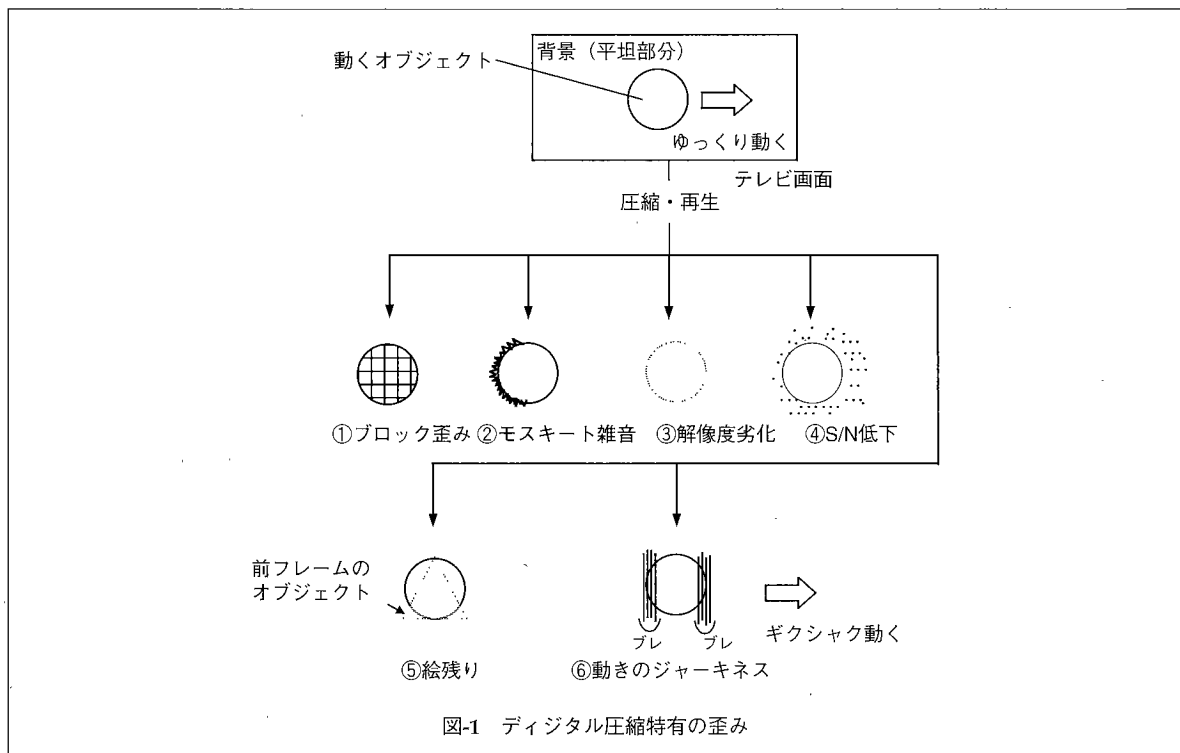
図-1のデジタル圧縮歪みは、エンコーダの性能と符号化するべき映像の性質 (動きが多いとか高精細であるとか) に起因するものであり、図-2は伝送路のエラーレート、機器障害、ハード・ソフトの不整合性といったいろいろな要因が想定され、原因の特定も容易ではない。

客観評価技術の動向

■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、前述したとおり、現在は主にITU-R Rec.500-7²⁾に基づく主観評価実験に頼っている。本実験においては、10～15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、評点をつけさせる二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

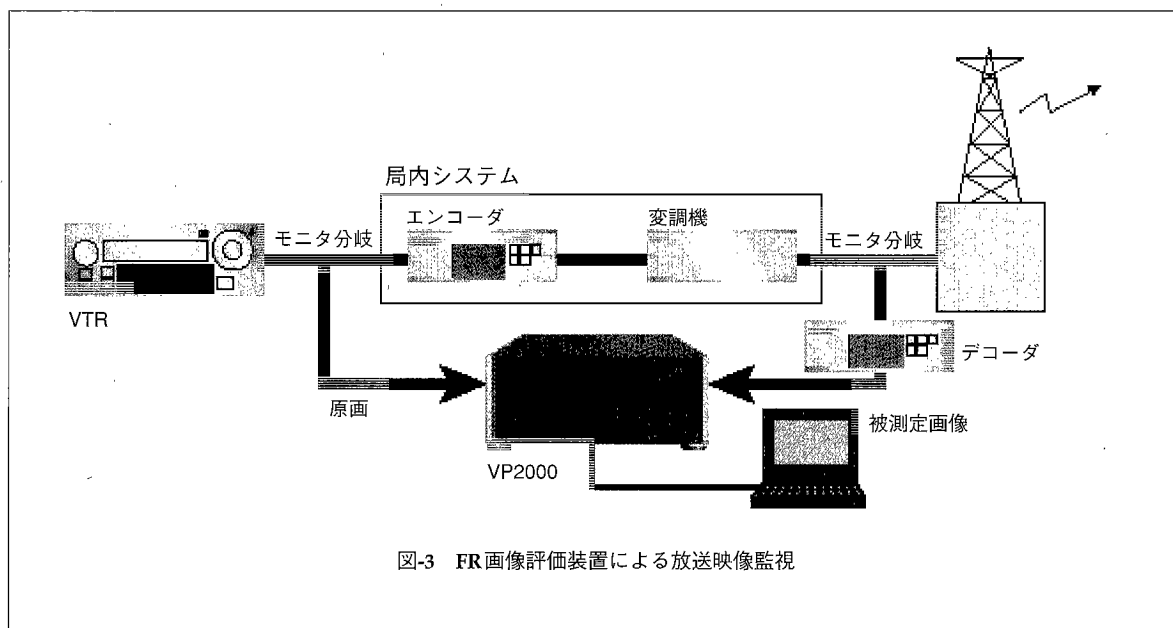


る客観評価方式の研究・開発が活発化している。

その基礎となる方式は、図-1に示される6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³⁾。

■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）にとって変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-TSG9, 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、CSLET（伊）、TEKTRONIX（米）、CRC（カナダ）、Sarnoff（米）、IRT（独）、KPN（オ



ランダ), RAI (伊), BT (英), NHK (日本), KDDI (日本) などであり, 大学からの参加もみられる。去る平成9年10月14~16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。

本プランにおいて, まず現行の技術水準を見極める実験が実施された。そのため, MPEGを中心として約20種類の画像を対象として, 再生画を作成し, 圧縮率を変化させるなどして100~200個のサンプルが作成された。これらに対し, 主観評価実験(Rec.500-7, DSCQS)が行われ, 点数化された。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ベースで公募が行われ, 10方式が提案された(1998年6月1日)。中立研究機関が主観評価実験結果を用いて, これら公募したプロポーザル方式の性能検証を実施した。

現在, この作業はすべて終了し, テスト結果が<http://www.crc.ca/vqeg/>⁴⁾に100ページにも及ぶファイナルレポートとして掲載されている。このレポートには数多くの貴重なデータが含まれているが, その結論は次の2点に集約される。

- 他を大きく引き離す客観モデルは, 提案モデルの中にはない。
- 提案された10モデルのうち8提案はほぼ同等であり, さらにPSNR(ピーク信号電力対雑音電力比)と同等レベルである。

特にPSNRが予想外に高い性能を示したことが注目値する。これは今回のようにMPEG単一方式ではなく, アナログ映像処理までもを含めた多種類の品質劣化においては,

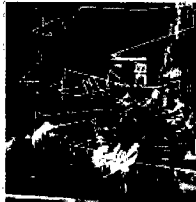
雑音の発生のかたが多様であり, 特定の周波数雑音だけを検出する雑音シェーピング(フィルタ処理)に基づく各客観モデルでは, 弊害が無視できなくなり, かえって何も処理しないPSNRのほうが汎用性の高いモデルとして作用するものと解釈される。

この事実に基づき, PSNRを尺度の基本として捉え, 画像の特徴量による人間の品質認知度合モデルという, シンプルながら高性能のモデルを採用したリアルタイム評価システムを実現例として後述する。

■今後の動向

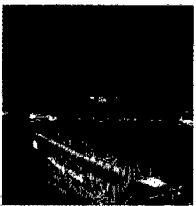
前述の状況により, 二重刺激連続品質尺度評価に関する動向としては, 新しいモデルの研究開発へと軸を移すことになり, ITUを核とした標準化活動と各社独自の製品化によるデファクトスタンダードの両面で進んでゆくことが予想される。

また, この客観評価が前述の「A. 圧縮歪み」に対するものであるのに対し, デジタル映像サービスが普及するにつれて産業界から「B. デジタル映像障害」に対する評価方式の要望が日増しに高まっている。この場合原画像がテスト画像の近くにない場合が多いため, テスト画像だけから評価を行う(一重刺激), 原画を圧縮するなどして擬似的に二重刺激を行う(原画圧縮型二重刺激)ための研究開発プロジェクトがVQEGにおいて開始されている。これらは二重刺激と合わせて二重刺激: FR(Full Reference), 原画圧縮型二重刺激: RR(Reduced Reference), 一重刺激: NR(No Ref-



第一段階：
注視点の散乱

画面内のオブジェクトが混み合っているほど、注視点が拡散され、雑音感度が低下する。



第二段階：
込み入った領域で
隠れる雑音

平坦な領域では雑音が強く知覚され、微細な画像をたくさん含む領域では雑音は見えにくくなる。



第三段階：
空間周波数に応じて
変化する雑音感度

高周波をたくさん含むザラザラ雑音より、低周波をたくさん含むモザイク状の雑音のほうが目立つ。

図-4 評価アルゴリズム

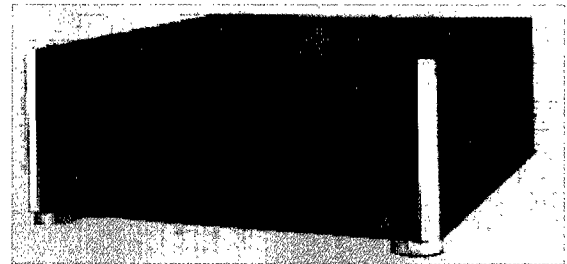


図-5 装置外観図

erence)として命名されている。

客観評価技術の実現例

FR, RRおよびNRプロジェクトに関して、リアルタイムで評価を可能とする装置について解説する。

■FR画像評価装置

装置の特長

- 原画・被測定画像の同期：自動測定においてはオリジナル画像とコーデックなどを通して来た被測定画像を比較するために、2つの画像信号をサンプルベースで正確に同期させる必要がある。従来の同期方式は、特殊マーカを画像に挿入し、同期確立する方式が一般的であったが、画像信号そのものから同期確立が可能となることも実証されつつある（マーカレス同期）。これにより放送中の画像についても容易に同期し自動測定が可能となり、監視用途など幅広く使用できることになる。本装置は60フレーム以内（SDTV用（図-3）は30フレーム以内）、水平±24Pixes、垂直±4Line（マーカレス同期の場合は垂

直ズレの値はマニュアル入力）までの時空間3次元方向のズレを補正可能であり、ほとんどの映像機器はこの範囲内で補正できる。

- 3階層雑音重み付け評価⁵⁾：本評価装置は、DSCQSを求めるために人間の視覚特性を考慮した3階層重み付けアルゴリズムを採用している（図-4）。

図-5に外観写真を示す。

■RR+NR画像評価装置

装置の特長

- 原画不要、リアルタイムで評価：原画像との直接比較を行うことなく圧縮再生画像から品質評価を実現している。1フレームごとの正確な画像劣化度をリアルタイムで確認できる。
- 自動品質監視測定：これまで、長時間でしかも多チャンネルの画像監視業務は、運用者に大きな負担を伴ううえ、正確な測定はほとんど不可能であった。本装置は運用者をこれらの業務から解放、さらには、やっかいな映像障害の切り分けを迅速に行えることを可能としている。
- インタフェースおよびGUI：デジタルI/O規格SDTV、HDTVをはじめアナログNTSC/PALなど幅広いインタフェースに対応している。オペレーションソフトウェアにはGUIを採用し、直感的に分かりやすい操作性を実現している。
- 遠隔操作により多地点の映像の一元監視：ネットワーク

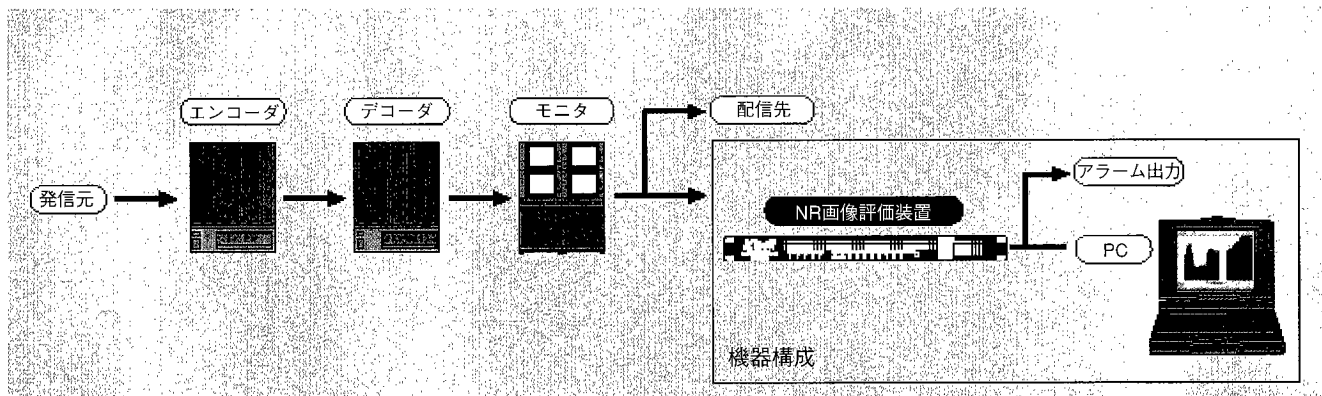


図-6 NR画像評価の機器構成例

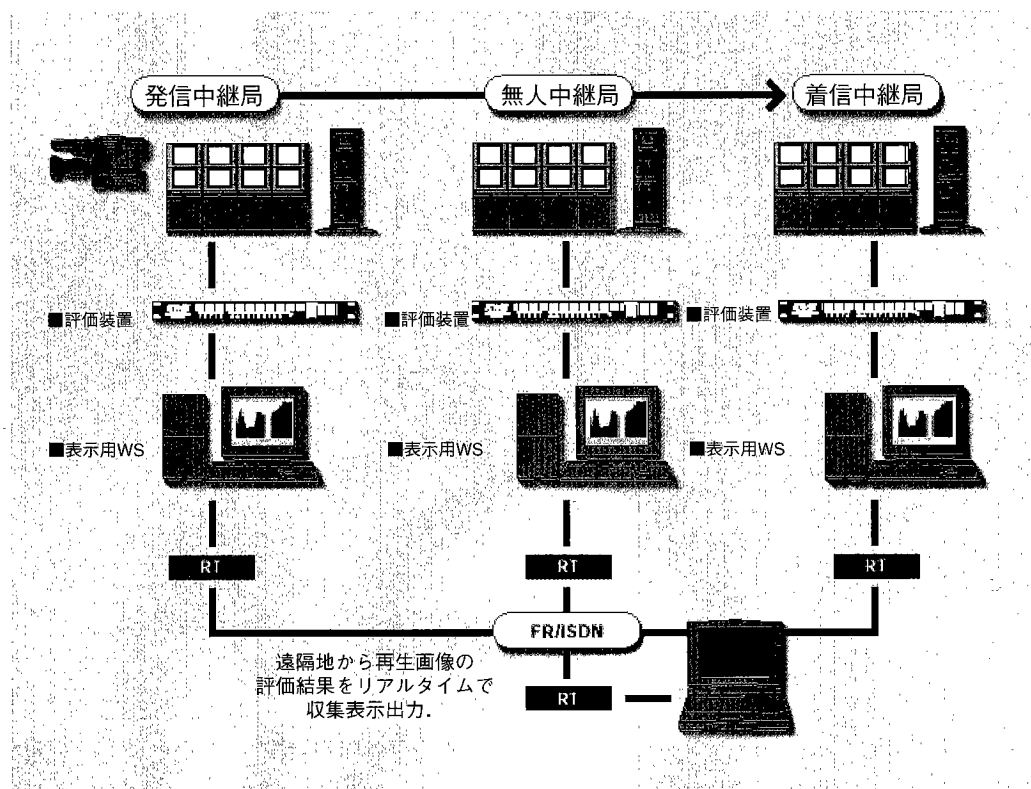


図-7 RR画像評価の機器構成例

による遠隔操作に対応しており、大規模な放送網における各地の配信映像品質を一元管理することが可能である。発信拠点と各拠点の画像評価を比較することで、映像傷害の切り分けも容易に行える。

- アラーム出力機能：最大8つの接点出力を設定可能な、アラーム機能を搭載している。診断結果や各種アラーム

情報をリアルタイムで表示・通知することで、運用者の支援が可能となっている。

NRで評価を行う場合と、RRで評価を行う場合の構成をそれぞれ図-6と図-7に示す。また図-6において、入力映像はエンコーダやデコーダで圧縮・再生されたものを評価装置

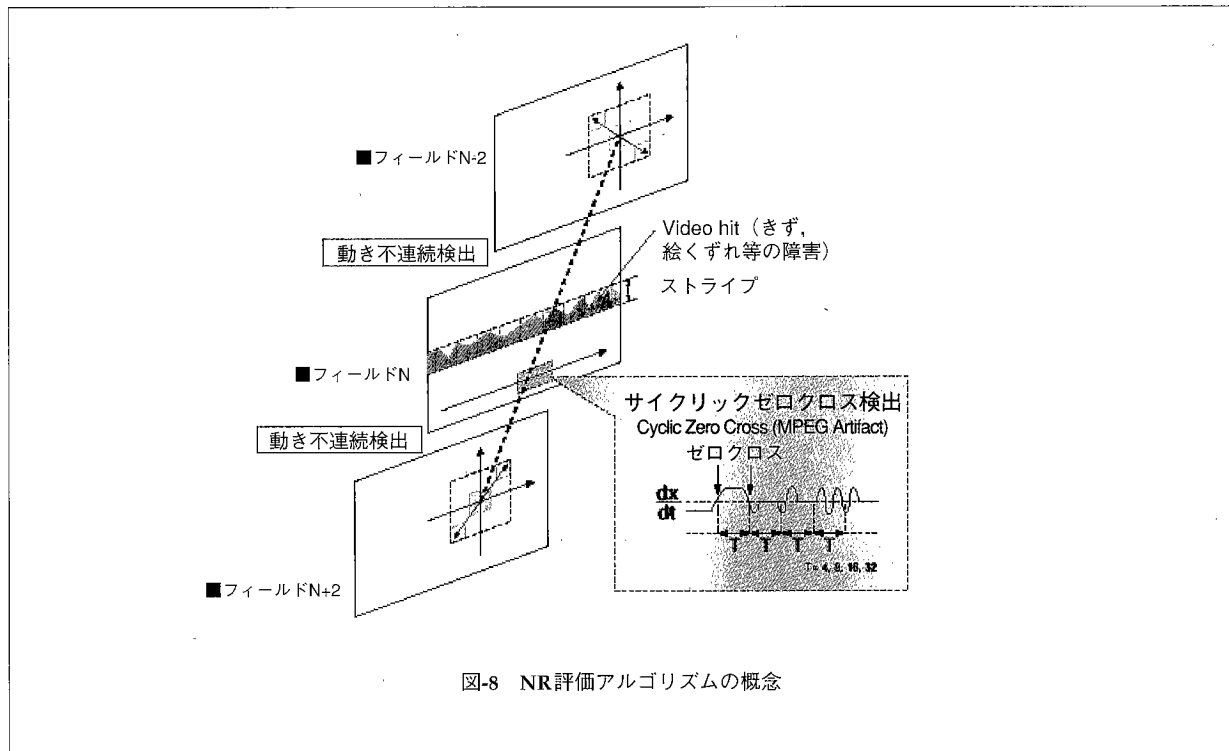


図-8 NR評価アルゴリズムの概念

に入力する。この入力信号だけから、評価装置は品質測定し、その結果をPC上でグラフ表示する。一方、図-7においては評価結果を映像送信元における参照映像 (Reference video) の一種の圧縮画像データ (Reduced Reference) とみなし、これを別経路で伝送し、1カ所のPCで集めて比較することで、傷害などの切り分けを行う。また、図-8に被測定映像だけから品質評価を実現するアルゴリズム概念を示す。本アルゴリズムは、動き不連続+CZC検出による一重刺激画像評価方式 MD+CZC (Motion Discontinuity + Cyclic Zero Cross Detection for Single-ended Video Quality Assessment) と呼ばれるもので前後のフィールド間で動き不連続検出を行い、ストライプ単位で、絵くずれなどのVideo hitを検出し、フィールド内でサイクリックゼロクロス (CZC) 検出を行い、ブロックノイズなどのMPEG Artifactを検出する。また、その他フィールド内/フレーム間の信号変化量を測定することにより、ブラックアウト/画面フリーズを検出することも可能である。

画像評価技術の展望

高品質メディアのリアルタイム評価技術に関し、デジタル映像における劣化要因、技術・標準化動向について解説した。劣化要因は圧縮歪みと映像障害に大別され、前者

にとって必要となる評価技術は、参照画像 (原画像) と被測定映像を直接比較するFR (Full Reference) 評価技術であり、後者にとって必要となるのは、被測定画像だけからまず評価を可能とするNR (No Reference) 評価技術およびその測定結果から障害部分を特定するRR (Reduced Reference) 評価技術である。

これらFR, NRおよびRR評価技術をリアルタイムで実現する装置については、すでに実現されつつあり、その一例を紹介した。今後デジタルTV放送、デジタル映像配信、さらにはデジタル映像家電などの普及につれて、これら技術の重要性はますます増してゆくものと予想できる。

参考文献

- 1) 浜田高宏: デジタル映像の客観品質評価, 情報処理, コンピュータと通信, Vol.40, No.4, pp.414-417 (Apr.1999).
- 2) Recommendation 500-7: Methodology for Subjective Assessment of the Quality Television Picture, ITU-R Recommendations, RBT, pp.307-329 (1995).
- 3) Digital Transport of One-Way Video Signals-Parameters for Objective Performance Assessment, ANSIT1.801.03-1996.
- 4) VQEG Final Report: <http://www.crc.ca/vqeg/>
- 5) Hamada, T. et al.: Picture Quality Assessment System by Three-Layered Bottom-up Noise Weighting Considering Human Visual Perception, SMPTE Journal, Vol.108, No.1 (Jan. 1999).

(平成12年11月2日受付)