テレビ信号符号化方式評価用動画像テスト信号

正会員 村上 仁 己[†], 正会員 清水 孝 雄^{††}

現在テレビ信号の高効率符号化方式としては、フィールド間やフレーム間符号化が中心である。これら符号化特性は画像の動きに強く依存する。そこで放送テレビ番組に現れる各種動き（静止画から激しい動き、ズームング、パンニング、シーンチェンジ等）で構成される、1シーン20秒の26種類からなる動画像テスト信号について解説する。

1. ま え が き

最近のスタジオ内テレビ機器は、急速にデジタル化されつつある。一方、地上や衛星系の伝送路においてもすでに一部はデジタル化されており、1982年2月の第15回国際無線通信諮問委員会（CCIR）総会において、デジタルテレビの標準化に関する勧告が出されるに至っている。一般に商用カラーテレビ信号をPCMでデジタル伝送しようとする、標準化周波数約10MHz、量子化ビット数8ビットが必要で、伝送レートは約80Mbpsに達する。またCCIR勧告によるテレビ信号の伝送レートは216Mbpsにもなる。そこで伝送コスト低減のため高効率符号化（伝送レート削減）技術が重要となる¹⁾。

これまで高効率符号化法（以後、符号化）としては、DPCM（Differential PCM）や直交変換による空間的な冗長性を除去するフィールド内符号化が中心であった。しかしながら、この符号化法による放送テレビ番組の伝送には40Mbps程度の伝送レートが必要であり、現在目標とするPCM第3ハイアラークの伝送レート（日本：32Mbps、欧州：34Mbps、北米：45Mbps）やインテルサット衛星のデジタル回線（1チャンネルを20～30Mbps）では、放送番組として十分な画像品質を得ることは困難である。そこで空間的な冗長性のみでなく、時間的な冗長性をも除去するフ

ールド間やフレーム間符号化が現在の符号化技術の中心となってきた^{2)～4)}。

これら符号化法の特性評価には評価用テスト画像を用いることが不可欠である。これまでフィールド内符号化法の特性評価のためには、SMPTEやNHK、そして最近テレビジョン学会から刊行された静止画像テストチャート⁵⁾が広く用いられている。しかしながら、時間的な冗長性をも除去するフィールド間やフレーム間符号化法では、連続するフィールドやフレームの画素間の処理を基本とするため、得られる符号化特性は画面の動き量により大きく変化する。この動き量は、画面内の物体の動きのみならず、ズームングやパンニングの各種のカメラ操作、シーンチェンジなどによっても生じるものであり、その内容は多種多様である。

さらに、ビデオコンファレンス用符号化方式やテレビ標準方式変換装置の開発においても、動画像に対する画質評価は重要である。

本稿は、符号化の特性評価のため、符号化方式を開発する側（KDD研究所）と放送テレビ番組を制作する側（TBS）の両者が協同で製作した動画像テスト信号について述べる。

2. 動画像テスト信号の機能

動画像テスト信号の持つべき機能としては、画面の“動き”に関する評価要因のほか、静止画像テストチャートが持つ階調性、解像力、鮮鋭度、精細度、色相、色飽和度等に対する評価要因をも含む必要がある。すなわち、縦・横・斜めの動き、ズームング、パンニング等による各種カメラ操作による動き、シーンチェンジ、フェードイン、フェードアウト等が含まれ、これ

[†] 国際電信電話株式会社 研究所

^{††} 株式会社東京放送

“Motion-Picture Test Signals for Subjective Evaluation of High Efficiency Coding of TV Signals” by Hitomi Murakami (Kokusai Denshin Denwa Company, Ltd., Tokyo) and Takao Shimizu (Tokyo Broadcasting System Inc., Tokyo)

らの評価要因が静止画での評価要因とともに矛盾なく短時間で構成されていなければならない。また実際の放送番組に現れる、各種テロップ、S/Nの悪いシーン、あるいは各種デジタル効果による絵柄をも含むことが望ましい。さらに標準的な評価用テスト信号としては、これらの画像を安定して再生できることが要求される。

一般に符号化では画素間の相関が非常に高いことを利用しているため、空間的な相関が低い精細な絵柄では、フィールド内符号化の符号化特性は低下する。しかしながら、これが静止画である限り、フィールド間やフレーム間符号化では高い符号化効率を維持することは可能である。一方、精細な絵柄が早い動きをする画像に対しては、フィールド間やフレーム間符号化の特性は低下することが予想される。そこで、この動画画像テスト信号では、これらの画像を多く含み、さらにノイズが視覚的に検知されやすい、グレイレベルの信号で多くのシーンが構成されている。

3. 動画画像テスト信号の例

動画画像テスト信号に関しては、筆者らの知るかぎり先に述べた静止画像テストチャートのようにオーソライズされ、広く用いられているものはない。これは動画画像に関するパラメーターが多すぎることで、画像を安定して再生する手段がなく、標準化が難かしいためと思われる。そのため、符号化方式を開発しているグループごとに独自に製作するケースが多い。筆者らが知る例としては、高能率符号化評価用として、米国航空宇宙局 (NASA) およびテレビ標準方式変換装置評価用として BBC が製作したもの程度である。また SMPTE によるコンポーネント符号化実験においても、静止画像のほかに動画画像信号も、一部ではあるが用いられている⁶⁾。

これらのテスト信号は、自然画像をビデオカメラにより製作したものである。その他に、輝度レベルや周波数特性を空間的 (垂直、水平) および時間的に任意に変更可能とする、動画画像テスト信号 (白黒画像) のデジタル発生器が開発されている⁷⁾。

4. 動画画像テスト信号用画像の構成

放送用画像を素材別に分類すると表1のようになり、ビデオカメラによる磁気録画素材、フィルム素材、カメラを用いない画像に分類される。このうち、現在の放送においては1インチ VTR 素材が最も多く用いられているため、素材の選定にあたっては、ビデオカメラによる1インチ VTR 素材を中心とした。

表1 放送用動画画像素材

放送用 動 画 素 材	コンピューターグラフィックス	
	ビ デ オ カ メ ラ	2 インチ VTR
		1 インチ VTR
		3/4 インチ VTR
		(1/2 インチ VTR)
		磁気ディスク
	フ ィ ル ム カ メ ラ	35mm
		16mm
		(8mm)

動画画像を構成するパラメーターとしては、基本的に次の5つが考えられる。

- (1) 動き量……静止画から激しい動き
- (2) カメラ操作……ズーミング、パンニング、シーチェンジ等
- (3) 絵柄……精細から粗いもの
- (4) S/N……良*, 不良 (S/N の高いものから低いもの)
- (5) 色あい……白黒から色飽和度の高いもの

これらのパラメーターを単独に抜き出したような画面を選定することは、実際問題としては非常にむずかしい。そこで評価用動画画像としてこれらパラメーターを組合せた、表2に示される26種類の画像を選定した。

たとえば“動き”に関しては、各種の動き量 (速度) のほか、次のような特性を含んでいる。

写真1 (No. 13) は一般的な動画画像の一例で、各フィールドの画像は撮像管の残像効果によりぼけた (ぶれた) 画像になっている。一方、**写真2** (No. 12) に示すデジタル的に合成した画像は、動き画像ではあるが残像効果が期待できない例である。**写真3** (No. 20) はフィルム素材の動画画像の例である。シャッターの開いている期間多重露光されたフィルムを、テレシネ系で撮像管を通してテレビ画像とするため、動画画像であるが残像効果が他の動画画像例とは異なっている。さらに、フィルムという媒体を介しているため解像度、S/Nなどの点もフィルムの粒状性によって支配されることが多く、他の画像とは異なる性質を持っている。

特殊効果をほどこした画像の例としてのスロー再生やスチル再生は、基本的にフィールド画像で構成されている。そのためインターレースしたテレビ画像では、垂直方向の解像度が半分になっている (No. 1, No. 9)。スーパー、縦ロール、横ロールは、原画像の

* 良とはスタジオカメラからの信号を直接1インチ VTR に録画したものの、ほぼそれに近い S/N をいう。

写真 1 シーン5

写真 5 シーン19

写真 2 シーン12

写真 6 シーン25

写真 3 シーン20

写真 7 シーン24

写真 4 シーン14

写真 8 シーン10

表 2 評価用動画像信号のパラメーター

シーンの 番号	評価画像タイトル	パ ラ メ ー タ ー						
		動 き	絵 柄	色あい	カメラ操作	画質(S/N)	特 殊 効 果	そ の 他
1	フィギュア	小	中	中	パ ン	良	スロー再生	カットの多用
2	対 談	小	中～粗	〃	カット	〃		
3	ズームアップ	小	粗	〃	ズーム	〃		
4	パンニング	中	中	〃	パ ン	〃		
5	踊 り	大	精細～粗	〃		〃		写真 1
6	お天気カメラ	中～大	精細	〃	パ ン	〃		
7	海岸の波	大	精細～中	〃		〃		
8	海岸の波と砂	大	精細～中	〃		〃		
9	縞柄シャツ	小	精細～中	〃		〃	スチル再生	写真 8 大きなエッジ 飽和した色信号(写真 2)
10	ニュース	中	中	〃		不 良		
11	天気予報	小	粗	濃		良		
12	グラフィックディスプレイ	小～中	精細～粗	〃		〃		
13	踊 (ライトチェンジ)	大	精細～中	〃		〃		大きなエッジ(写真 4)
14	DVE (9 分割画面)	小	中	中	パ ン		DVE	
15	クロマキー	小	中～粗	〃	ズーム	〃	クロマキー	
16	クイズタイトル	大	粗	濃		〃		
17	スーパーテロップ	中	精細	中	パ ン	〃	ス ー パ ー	複雑な動き(写真 5) 写真 3
18	タイトルキーイング	中	精細	〃	パ ン	〃	キーイング	
19	野 球	中	精細～粗	〃		〃		
20	ドラマ (フィルム素材)	中	中	〃		〃		
21	遠 景	小	精細	〃	パ ン	〃		大きなエッジ(写真 7) 写真 6
22	縦ロール	中	中	〃		〃	縦 ロ ー ル	
23	横ロール	中	中	〃		〃	横 ロ ー ル	
24	静止画 (ビル街)	静 止	精細	〃		〃		
25	〃 (花壇)	〃	精細	濃		〃	スチル再生	
26	〃 (風景)	〃	精細～粗	〃		〃		

上に文字を重畳したものであり、スーパーの場合は静止文字を、ロールの場合はフライングスポットスキャナー(FSS)のブラウン管の残光特性が加味された、動きのある文字を重畳したものである(No. 17, No. 22, No. 23)。

キーイングやクロマキーは、原画像を切抜き別な画像をはめ込んだものであり、キーイングは電気着色信号を、クロマキーは別なカメラの画像を用いる(No. 15, No. 18)。

DVE (Digital Video Effect) は最近流行のデジタル処理により画像を加工するもので、初期のものは拡大、縮小を中心に行っていたが、最近は回転や再帰帰(電気的に残像効果を発生させる)など各種のものが開発されている。ここでは写真 4 (No. 14) に、基本的な縮小機能である 9 分割画面を一例としてとりあげた。

画素間相関の低い画像として、非常に精細な絵柄の写真 5～写真 7 (No. 19, No. 24, No. 25) で示される画像を選定している。特に写真 5 は複雑な動き画像、写真 6 は飽和に近い色成分を持つ画像、写真 7 は大きなエッジ部の多い画像である。

S/N が不良のものは、時空間の画素間相関が低く、符号化効率が悪くなる。そのために発生する符号化ノイズが画像自身のノイズにマスクされることも予想さ

れるが、このような画像の一例として、写真 8 (No. 10) に示されるような画像を選定した。これは原画像を 3/4 インチ VTR で数回ダビングし、S/N を劣化させたものである。

以上の評価画像は、通常放送される番組を代表する絵柄をほとんど含んでいると考えられる。

これらの動画像テスト信号は、図 1 に示すように各評価画像を 20 秒間、黒レベルを 5 秒間とし、十分な画質評価を行うため各々 2 回繰り返す、全体で 20 程度におさまるように 1 インチ VTR に編集した。これは画質評価者の疲労を考えると、この程度が限度と考えられるためである。

5. 動画像テスト信号の応用例

この動画像テスト信号を、KDD 研究所で開発したフィールド間・フィールド内適応予測符号化装置⁸⁾の主観評価実験に用いた。この実験の目的は、この適応

図 1 動画像テスト信号の構成フォーマット

予測符号化方式の特性を，以下の項目の画質評価実験を通して評価することである⁹⁾。

(1) 各種伝送レート (15~32 Mbps) で得られる画質

(2) フィールド間・フィールド内適応予測とフィールド内予測との画質比較

(3) 符号化繰返しによる画質劣化特性

さらに，これらの実験を通して，どのような絵柄や動きに対して画質劣化が検知されるか，またその程度を把握することを目的としている．特に(2)の比較実験は，静止画像と動画像間で2つの符号化方式間の特性差が顕著に現れるものである．この実験結果を図2，図3に示す．図3はテスト信号26種類の結果を示している．

これらの結果から次のことが明らかとなった．5段階評価基準で4.5程度の画質を実現するには，時間軸方向の冗長性をも除去するフィールド間・フィールド内適応予測では約30 Mbps，空間的な冗長性のみを除去するフィールド内予測では約40 Mbpsの伝送レートが必要である．すなわち，フィールド間符号化を応用することにより，約10 Mbpsの伝送レート削減が可能である．さらに，静止画あるいは非常に小さな動き画像に限ると，その差は15 Mbps以上となる．

これはフィールド間やフレーム間符号化方式の特性

評価には，動画像テスト信号が不可欠であると同時に，絵柄や動きの複雑さによりその特性は大きく変化することを示している．

6. む す び

高能率符号化方式の特性評価用動画像テスト信号を，符号化方式を開発する立場と放送テレビ番組を制作する立場の両者が協同して制作した例について述べた．この信号を用いた各種主観評価実験を通じて，高能率符号化方式評価用としては，写真5~写真7で示されるような精細さ，複雑な動き，飽和した色成分をもつ画像の組合せが重要であり，最も厳しい画像となることが確認できた．

また1シーンの長さは20秒程度が上限であること，評価者に対して画質評価実験法についての訓練を行い，さらに5回程度の評価実験により，同一シーンの繰返しは不必要なこと，等も明らかになった．

動画像テスト信号を短時間で構成するには，考慮すべき評価要因が非常に多い．さらに放送番組を制作するうえで，画面の縮小，拡大，クロマキーをはじめ，各種ディジタル効果が今後ますます多用されて行くものと思われる．これらに対して高能率符号化されたテレビ信号がどのような影響をもたらすかも評価しなければならず，動画像テスト信号に残された問題も多い．

今回製作した動画像テスト信号は比較的長時間であり，また放送局での番組送出時と同等な高品質画像とするため，1インチVTRに編集した．そのため評価実験においてはレベル変動や多数回の再生による画質劣化（ドロップアウトの発生）等，アナログ機器特有な問題も生じている．しかしながら，近い将来実用化が期待されているディジタルVTRを用いることにより，高品質で特性が安定した画像の再生が可能となるう．

静止画像テストチャートと同様，テレビジョン学会が中心となり，我が国のみならず世界的な標準動画像テスト信号の製作が期待される．

日頃御指導いただく，KDD研究所 鍛冶所長，寺村副所長，中井次長，ならびに本テスト信号を製作するに当り貴重な御助言をいただいたKDD研究所端局装置研究室 山本室長および，(株)東京放送のDS専門部会関係各位に深謝する．（昭和57年11月12日受付）

〔参 考 文 献〕

- 1) 山本：“長距離伝送とデータ圧縮”，テレビ誌，36，1，pp. 34-37 (Jan., 1982)

図2 フィールド間・フィールド内適応予測およびフィールド内予測符号化による画質評価結果 (26種類のテストシーンに対する評価値の平均：○，その中の最良値：□，および最悪値：■)

図3 フィールド間・フィールド内適応予測，およびフィールド内予測符号化による，26種類のテストシーン各々に対する評価結果

- 2) T. Ishiguro, et al.: "Composite Interframe Coding of NTSC Color Television", IEEE NTC'76, 6-4-1 (Dec., 1976)
- 3) K. Sawada, Y. Koda: "32Mbit/s Transmission of NTSC Color TV Signals by Composite DPCM Coding", Trans. IEEE, COM-26, 10, pp.1432-1439 (Oct., 1978)
- 4) H. Yamamoto, Y. Hatori, H. Murakami: "30 Mbit/s Codec for the NTSC Color TV Signal Using an Interfield-Intrafield Adaptive Prediction", Trans. IEEE, COM-29, 12, pp.1859-1867 (Dec., 1981)
- 5) "テレビジョン・システム評価用テストチャート集", テレビジョン学会 (1982)
- 6) M. Weiss, R. Marconi: "Putting Together the SMPTE Demonstration of Component Coded Digital Video, San Francisco, 1981", SMPTE Journal, 90, 10, pp.926-938 (Oct., 1981)
- 7) M. Weston: "A Set of Time Varying Television Test Patterns", BBC Research & Development Report, 80, 9 (Sept., 1980)
- 8) 羽鳥, 村上, 山本: "NTSC 信号フィールド間・フィールド内適応型直接予測符号化方式の諸特性", テレビ誌, 34, 9, pp.813-819 (Sep., 1980)
- 9) H. Murakami, Y. Hatori, H. Yamamoto: "Subjective Evaluation of Interfield-Intrafield Adaptive Prediction Coding", SMPTE Journal, 91, 10, pp.912-918 (Oct., 1982)

画像通信技術

中込雪男 編著

今日, その社会的ニーズと技術的手段の進歩を背景として, 種々の新しい画像通信技術が台頭している。

本書は, すでに実用化されている画像通信技術, 現在 CCITT で標準化が進められている画像通信システムなどについて解説したもので, KDD におけるこの分野の研究者・技術者 21 名の共同執筆によっている。内容は 8 章から構成されており, 第 1 章は画像通信の歴史的・技術的背景, 定義・分類, 第 2 章は画像通信の基礎的技術 (信号の性質, 画質評価, 入出力デバイス, 画像の蓄積, データベース, データの圧縮, デジタル処理, 伝送技術, 通信プロトコル) と総論的に

解説され, 第 3 章以降が各論構成となっている。

以下, 第 3 章ファクシミリ, 第 4 章テレテックス, 第 5 章ビデオテックスとテレテキスト, 第 6 章国際テレビジョン伝送, 第 7 章テレコンファレンス, 第 8 章各種画像通信技術 (静止画伝送, 広帯域画像情報システム, オーディオグラフィ, 電子郵便) の解説がなされている。さらに巻末には, 画像通信年表, テレビ画像用テストチャート, MH 方式の符号表, ファクシミリテストチャート, テレテックスプロトコルおよび画像通信による国際標準が付録として収録されており, 理解を深める参考となっている。このように画像通信に関して集大成した総合技術解説書であるので, 本技術に興味のある方々に広くお勧めしたい。

紹介 横山克哉 (NHK)

KDD エンジニアリング・アンド・コンサルティング刊 (昭和 57 年 3 月発行), A5 判, 313 頁, 定価 3,500 円