フレーム内アダマール変換直接符号化方式の諸特性

正会員 浜田 高宏[†], 正会員 松本 修一[†], 正会員 村上 仁己[†]

Coding Performances of the Direct Composite Coding Scheme Based on Intraframe Hadamard Transform

Takahiro Hamada[†], Shuichi Matsumoto[†] and Hitomi Murakami[†]

Abstract Research and development is being widely conducted for DCT-based component TV signal coding. The most dominant TV signal, however, is the composite TV signal transmitted from a TV studio to viewers. Here, a direct composite coding scheme with a coding performance equivalent to DCT-based component coding is necessary for preventing harmful effects on picture quality and additional hardwares by a separating and composing procedure for Y/C components. For this purpose, we have developed a direct composite coding scheme based on intraframe Hadamard transform and optimized parameters for essential techniques used in this scheme. These include quantization cube, framewise precoding, high-order coefficient truncation and adaptive scanning path selection. This paper describes the coding performance for each optimized technique, as well as overall coding performance.

1. ま え が き

近年、画像符号化に関する研究・開発が多くの機関において活発に行われている。これらの活動のほとんどは、MPEGなどに代表されるようにコンポーネント符号化を対象とし、DCT(離散コサイン変換)を基本としたものである。しかしながら、放送スタジオから一般家庭まで配信されているテレビ信号はコンポジット信号であり、これにコンポーネントベースのDCT符号化方式を適用するとなれば、符号化の前後に輝度/色差分離・合成処理が必要となり、この処理に伴う画質劣化、ハードウェアが大きな足かせとなる。このことから、仮りにコンポーネント符号化と同

等の効率がコンポジット符号化で実現できれば、コンポジット信号に対して極めて有利となる。しかしながら、直接符号化の研究・開発は、コンポジット信号特有のカラーサブキャリヤ成分に起因する複雑な周波数構造のためDCTを有効利用できず、近年あまり活発に行われていない。そこで我々は、フレーム内アダマール変換を基本としたコンポジット(NTSC)直接符号化方式を考案し、コンパクトなハードウェア(MUCCS 45: 45 Mb/s Multi-Channel TV Coding System)により実現した¹⁾。この文献では、特定のテストデータに対しコンピュータシミュレーション実験により有効性が示されているに過ぎず、あらゆる画像データに対して有効性が示されているものではなかつ

キーワード：直接符号化、コンポジット信号、アダマール変換、フレーム単位固定ビット長化、量子化キューブ

1991年7月23日、1991年テレビジョン学会年次大会で発表

1993年3月11日受付、1993年5月27日再受付

[†] KDD 研究所 映像伝送グループ(〒356 埼玉県上福岡市大原 2-1-15, TEL 0492-66-7428)

[†] KDD R & D Laboratories, Visual Communications Group (2-1-15, Ohara, Kamifukuoka-shi, Saitama 356, Japan)

た．その後、本符号化方式を構成している要素技術として、視覚特性を考慮した量子化キューブ、フレーム単位プリコーディング + 高次係数切り捨てによるフレーム単位固定ビット長化、有効成分保存型適応スキヤニングなどのパラメータ最適化作業を実システムを用いて詳細に行い、各要素技術の符号化特性および方式全体の総合符号化特性を文献1)とも比較しながら明らかにしたので、パラメータおよび各符号化特性の詳細を本論文にて報告する．

2. フレーム内アダマール変換直接符号化方式の特徴および構成

2.1 方式の特徴

コンポジット NTSC 信号の放送スタジオ局間素材伝送を目的として、本方式は以下の特徴を備えている．すなわち、高能率符号化はもとより、輝度／色差分離に伴う劣化を避けるため直接符号化を行い、圧縮データのままでフレーム編集を可能とし、かつコンパクトなハードウェアで構成可能とする．これらの特徴を実現するための要素技術をまとめたのが表1である．

まず、アダマール変換は DCT よりもカラーサブキャリア成分のパッキング効率に優れている(3.1 節にて詳細説明)．次にハードウェアのコンパクト化およびフレーム毎独立に圧縮データのままで編集作業などを可能とするため、動き補償フレーム間処理は用いず、フィールド間相関を用いたフレーム内処理にとどめることが望ましいと考えられる．さらに、フレーム単位の編集作業のためにはフレーム毎に一定のビット長となる必要があり、そのために広く用いられているフィードバック型のポストバッファ制御の代わりに、あらかじめフレーム毎に発生情報量を予測し(プリコーディング)、パラメータ制御を行い、超過ビットに

対しては視覚的に重要でないものから切り捨てていく(非有意シフトダウン高次切り捨て方式)フィードフォワード型の制御が有効である．また、人間の視覚特性を充分考慮して量子化を行えば、大きな効率改善が得られる(量子化キューブ)．そしてコンポジットフレームにおける輝度成分、色差成分およびインタレースに伴うフィールド間動き成分は、アダマール変換上で各々異なった位置にパッキングされる．これらの成分を効率良く伝送するために、有効成分保存型適応スキヤニングを用いている．

2.2 方式の構成

以上にに基づき構成されたシステム、MUCCS 45(外観写真1)における符号化部のブロック図を示す(図1)．

まず、NTSC入力信号は入力部において $4f_{sc}$ でサンプリングデータとなり、水平 768 画素、垂直 488 ラインを有効データとして取り出しフィールドマージを行う．次に、 8×8 フレーム内アダマール変換を行い、DC 係数(1 個)、SC 係数(2 個)、AC 係数(61 個)に分類し、DC、SC 係数は DPCM 部へ送る一方、AC 係数は、専用 LSI “Q-Cube”²³⁾ (E-MODE: 符号化モード)へ送る(外観写真2)．なお、処理遅延のためには、1 フレーム分のプリバッファが用意されている．

写真1 NTSC 直接符号化システム(MUCCS 45)の外観

External view of NTSC direct coding system. (MUCCS 45)

表1 フレーム内アダマール変換直接符号化方式の特徴および要素技術
Distinctive features and essential techniques of direct composite coding scheme based on intraframe Hadamard transform.

	アダマール変換	フレーム(フィールドマージ)内処理	プリコーディング + 高次切捨	量子化キューブ	適応スキヤニング
直接符号化	◎	—	—	—	○
ハードウェアコンパクト化	△	◎	△	—	—
圧縮データにてフレーム編集	—	○	○	△	—
高能率化	○	○	○	◎	○

◎：非常に有効，○：有効，△：やや有効，—：特に関与せず

図 1 MUCCS 45 符号化部のブロック図
Block diagram of MUCCS 45 encoder.

写真 2 主要圧縮部専用 LSI “Q-CUBE”
Main coding ASIC “Q-CUBE”.

“Q-Cube” の内部で、1 フレーム分の AC 係数を仮量子化 + 仮ハフマン符号化し情報量推定 (L) を行い、画面全体の大局的な性質を把握する。また 32 画素 $\times$ 8 ラインのマクロブロック単位に、あらかじめ定められた閾値を越える有意係数の個数 (N) をカウントし、局所的な絵柄の性質からくる雑音マスキング効果の度合いを把握する。この L , N および、視覚感度を反映した AC 係数の位置 (k) の 3 次元パラメータから量子化ステップサイズ $\Delta(L, N, k)$ を決定し、プリバッファから AC 係数を読み出し、スケールン手法 + 丸め処理により量子化を行う (3.2 節にて詳細説明)。量子化後の AC データに対して、伝送の順序を示すスキャンパターンが適応的に決定される。パターンの種類としては、輝度成分 (Y)、色差成分 (C) およびインタレースにともなうフィールド間動き成分 (M) を効率良く保存する 4 種類のパターンがあらかじめ準備されており、マクロブロック単位に最適スキャンパターンが 1 種類選択される (3.3 節にて詳

細説明)。

次に EOB (End of Block) 制御のもとでハフマン符号化される。ハフマン符号化後のフレーム全体での情報量は、フレーム単位の前コーディング (L) により、伝送レートから決まる 1 フレーム全体で許されるビット量にほぼ近い値となっているが、正確に合わせるため、ビット余りの時はスタッフビットを用い、超過ビットが生じる時には視覚的にそれほど重要でない高次の AC 係数を順次切り捨てて、発生ビットを所要のビット量まで抑え込む。AC 係数の切り捨てにおいては、EOB 制御とのかね合いにより、より多くの非有意係数 (0 代表値となる係数) を優先的に切り捨てることを目的として、非有意シフトダウン高次切り捨て方式を用いている (4.1 節にて詳細説明)。切り捨て後、フレーム単位に固定長化されたデータは、量子化器選択情報、スキャンパターン選択情報などの制御情報を付加し、固定レートで伝送される。量子化器選択としては、フレームごとの情報量推定 (L) により、あらかじめ準備されている 128 種類の量子化器セットの中から 1 セット選択し (7 ビット/フレーム)、さらに量子化器セットごとに準備されている 4 種類の量子化器のなかから、マクロブロックごとに有意係数 (N) の値に応じて 1 種類選択する (2 ビット/マクロブロック)。

復号部のブロック図を示す (図 2)。基本的には制御情報をもとにし、符号化部と逆の操作を行う。受信データを DC 係数、SC 係数、AC 係数およびその他の制御情報に分類する。DC 係数、SC 係数には逆 DPCM を行い、AC 係数はハフマン + EOB 復号を

図 2 MUCCS 45 復号化部のブロック図
Block diagram of MUCCS 45 decoder.

行った後、制御情報とともに Q-Cube(D-MODE：復号化モード)へ入力する。本 Q-Cube では、逆スキニングおよび逆量子化操作を行う。そして、得られた DC, SC, AC 係数の再生値をもとにアダマール変換を行い、NTSC としての再生画像を得る。

なお、符号化レートとしては、45 Mb/s(映像 39 Mb/s)、22.5 Mb/s(映像 18 Mb/s)、15 Mb/s(映像 12 Mb/s)、11 Mb/s(映像 9 Mb/s)の 4 種類を持つ。

3. 各要素技術の符号化特性

3.1 フレーム内アダマール変換

まず、NTSC 直接符号化の有効性を示すため、輝度/色差分離・合成を行うことによる劣化の度合いを定量的に明らかにする。CCIR のテストデータ (Mobile & Calendar, Flower garden および Boat) を D2(コンポジット信号)に変換したものを原画とし、デジタルカラーデコード・エンコーダを通し、一度輝度/色差分離・合成を行った画像(D2)を原画と比較して得られる SNR ($S=255 \times 0.7$) および主観的な劣化度(原画の画質を 100%とした時、テスト画像の劣化の度合いを 0~100%で示したもの。5 段階評価で 1 ポイントは約 24%に相当する)を求めた(表 2)。なお、デジタル色分離・合成には、ライン間・フレーム間適応 3 次元処理による市販の機器を用いた。また表 2 において、主観評価は CCIR 勧告 500-5 に準拠して行った⁴⁾。専門家による評価は、非専門家の評価に対して約 1%劣化度が大きくなる傾向がみられたが、いずれにしても、スタジオ間素材伝送品質が最悪 12%という規格を考慮すると、輝度/色差分離に伴う劣化は大きな足かせであることが理解できる。

次にデジタル圧縮のための方式であるが、現在最も広く用いられている DCT をコンポジット信号 (NTSC)に適用すると、色差信号変調のための 3.58 MHz カラーサブキャリヤ成分(SC 成分)が、図 3 に示されるように 20 個の係数に分散する(他の 44 係数は零となる)。SC 成分は色信号保存の観点から歪み

表 2 輝度/色差分離・合成に伴う画質劣化
Degradation by Y/C separation-composing.

テストデータ名	SNR (dB)	主観的な劣化度 (%)
Mobile & Calendar	37.4	7~8
Flower garden	41.0	3~4
Boat	41.1	3~4

8×8 フレーム内 DCT

8×8 フレーム内 WHT

図 3 SC 成分の係数位置の比較
Comparison of coefficient location of SC components.

をほとんど許容できず、DCT を直接 NTSC に適用する場合、効果的な圧縮は期待できない。一方、アダマール変換を用いた場合、SC 成分は 2 個の係数のみに効果的にパッキングされ、周波数構造の観点からも NTSC 本来の形に近い構造となり、効果的な圧縮が期待し得る⁵⁾。また、NTSC はインタレース構造をとる関係上、直交変換を行うためのブロックの作り方として、フィールド内処理およびフィールドマージに基づくフレーム内処理が考えられる。図 4 に数種類のテスト画像における両者の 1 フレームにわたる符号化特性の比較を示す。図中、SNR で S はフレーム内での交流係数のパワー平均を示し、両者にとって共通である。すなわち、画素当たりの歪み量が小さい方が、より高い SNR となる。また、量子化操作は係数位置によらず、一律のステップサイズによる線形量子化器を用いた。用いたテスト画像はいずれもズーム、パンニングなどの動きを伴う画像であるものの、フレーム内

図4 フレーム内/フィールド内アダマル変換の効率比較
Efficiency comparison of intraframe/intrafield Hadamard transform.

処理の方が符号化効率が高い(2~3 dB). このことから, フレーム内処理を用いることの有効性が理解できる.

3.2 視覚特性を考慮した量子化キューブ

画像符号化において, 考慮すべき重要な視覚特性としては次の2種が考えられる.

(1) 空間周波数方向の視覚特性(より高周波の雑音ほど検知されにくい)

(2) 雑音マスキング効果(より激しく変化しているブロックで発生する雑音ほど検知されにくい)

(1)はアダマル変換係数位置に依存する. 文献1)においては, 動きが少なく色差成分が低周波だけに限られる画像を想定して変換係数のクラスタを得ていた. しかしながら, 実システム上で64個のアダマル変換係数を, 1係数ずつ切り捨てた場合の各々の劣化度をCCIR Rec. 500-5に準拠した形で求めたところ, 輝度成分の劣化以外に, SC成分のまわりの6個の係数に視覚的に重要な色差高周波成分が発生し, また垂直最高次係数(左下の係数)を含め, そのまわりの6個の係数に視覚的に重要なフィールド間動き成分が存在することが明らかになった. そこで, 劣化の種類を輝度, 色差および動きの観点から3種類に分類し, それぞれにおいて, 係数切り捨てによりほぼ等しい劣

DC	Y1	Y2	Y3	Y4	Y4	Y5	Y5
Y1	Y2	Y3	Y5	C3	SH1	SH1	SH2
Y2	Y3	Y5	C2	C1	C3	SH2	SH2
Y3	Y5	C2	SC1	SC2	C1	SH2	SH2
Y4	SH1	SH1	SH1	SH2	SH2	SH2	SH2
Y4	SH1	SH1	SH2	SH2	SH2	SH2	SH2
M1	M2	SH2	SH2	SH2	SH2	SH2	SH2
M1	M1	M2	M2	SH2	SH2	SH2	SH2

図5 アダマル変換係数のクラスタリング
Classification of WHT coefficients.

化度を与える係数をまとめて1種類のクラスタとし, 図5を得た. そして各クラスタごとに, 線形量子化を行い, 互いにほぼ同程度の主観的劣化度を与える雑音電力量をそれぞれ求め, 各々のクラスタに含まれる係数の個数で除したものの平方根の相対比率の逆数を, 雑音の視覚感度(表3)として得た.

(2)はブロック内AC係数パワーに依存し⁶⁾, AC係数のパワーの大小を簡易なハードウェアで把握する方式として, 各AC係数の絶対値を, あらかじめ定められた閾値(係数の位置によらず一律5)と大小比較し, 閾値を越える係数を有意係数としてマクロブロック単位に数え上げる方式を用いた. 閾値を5と設定し

表 3 各クラスタリングにおける視覚感度
Relative sensitivity on each classification.

クラス	信号の性質	視覚感度
Y 1	輝度第 1 AC 係数	1.00
Y 2	輝度第 2 AC 係数	0.75
Y 3	輝度第 3 AC 係数	0.60
Y 4	輝度第 4 AC 係数	0.50
Y 5	輝度第 5 AC 係数	0.40
C 1	色差第 1 AC 係数	0.75
C 2	色差第 2 AC 係数	0.60
C 3	色差第 3 AC 係数	0.30
M 1	動き第 1 AC 係数	0.75
M 2	動き第 2 AC 係数	0.50
SH 1	第 1 超高 AC 係数	0.30
SH 2	第 2 超高 AC 係数	0.15

たのは、この時の有意係数の総数とブロック内 AC 係数パワー総和の相関が最も高かったためである。そして、符号化雑音の検知の度合いの観点から、画像の局所的絵柄として、空などの平坦部、人間の肌などのなだらかな変化部、文字などのエッジ部および森や林な

表 4 雑音マスキング効果を考慮したマクロブロックの分類
Macroblock classification considering noise masking effect.

有意係数の総数	局所的性質	視覚感度
0~20	平坦部	1.00
21~50	なだらかな変化部	0.79
51~85	エッジ	0.69
86~244	精細部	0.55

どの精細部の 4 種類のマクロブロック分類を考え、数種類のテスト画像を用いてこれらの分類を最も正確に反映する有意係数の総数を実験により探し出し、各分類における雑音電力の平方根からの逆数から相対感度を表 3 と同様の手法により得た(表 4)。最終的な雑音の視覚感度は表 3 に表 4 を乗じることにより得られる。

表 3 および表 4 から得られる視覚感度による雑音の重みづけの観点から、与えられた入力画像に対して重みづけ雑音の総和を最小とする量子化器の設計手法はすでに求められている⁶⁾。本手法を用いて最適設計された量子化器と、視覚特性を考慮せず係数によらず一律のステップサイズの量子化器との符号化特性の比較が図 6 である。図中 WPSNR では、 $S=255 \times 0.7$, N

図 6 視覚特性を考慮した量子化キューブの符号化利得
Coding gain of quantization cube considering human visual perception.

Y+M+C (ジグザグ)													
DC	1	4	13	20	22	24	27						
2	6	15	25	29	31	34	38						
5	16	28	12	11	36	40	43						
14	26	9	SC	SC	8	45	48						
21	30	33	37	42	47	50	52						
23	32	35	41	46	51	54	56						
10	19	39	44	49	55	58	59						
3	7	17	18	53	57	60	61						

Y+M (垂直)													
DC	1	4	9	16	18	20	23						
2	6	11	21	49	47	43	41						
5	12	24	25	26	45	39	37						
10	22	27	SC	SC	28	46	51						
17	29	30	32	48	42	40	53						
19	31	33	34	44	38	36	56						
8	15	35	50	52	55	58	59						
3	7	13	14	54	57	60	61						

Y+C (水平)													
DC	1	4	11	15	17	19	22						
2	6	13	20	29	30	32	33						
5	14	23	10	9	31	34	35						
12	21	8	SC	SC	7	46	51						
16	49	47	43	48	42	40	53						
18	45	41	39	44	38	36	56						
27	24	37	50	52	55	58	59						
3	28	26	25	54	57	60	61						

Y (ななめ)													
DC	1	4	7	11	13	15	18						
2	6	9	16	48	46	42	40						
5	10	19	23	24	44	38	36						
8	17	26	SC	SC	27	30	51						
12	49	47	43	29	32	33	53						
14	45	41	39	31	34	35	56						
25	20	37	50	52	55	58	59						
3	28	22	21	54	57	60	61						

図 7 有効成分保存型適応スキニング
Adaptive scanning path selection preserving significant components.

＝発生した雑音を表3×表4の視覚感度により重みづけしたものをを用いている。この図から、量子化器を最適化することによる視覚的な特性改善効果は極めて大きい(2～4 dB)ことが理解できる。

3.3 有効成分保存型適応スキニング

一般に、コンポーネント DCT 符号化などにおいては、エッジの方向性の観点から高次係数の電力分布には偏りが生じる。このことを考慮し、文献1)ではエッジの方向性だけを考慮した適応スキニング(ジグザグ、垂直、水平、斜め)が行われていた。一方、NTSC をフレーム内アダマール変換した場合、電力分布の偏り以外に図5で示されるように、輝度(Y)、色差(C)、フィールド間動き(M)成分は各々離れた位置でパッキングされる。したがって、これらの有効成分を効果的に保存することがより重要であるため、4種類のスキニングパターンとして、Y+M+C(ジグザグ)、Y+M(垂直)、Y+C(水平)、Y(ななめ)をあらかじめ準備し(図7)、この中から最適のスキニングパターンをマクロブロック単位に選択する適応スキニング方式を最適パラメータとして得た。すなわち、低レートの符号化時(9, 12 Mb/s)では、解像度をある程度犠牲にしても、量子化雑音を低減させるため、NTSC 信号の帯域として4.2 MHz程度の帯域までを保存することを目的とし、アダマール変換上でこの保存帯域に相当する係数としてY1～Y5, C1, C2, M1, M2(全部で28係数)だけ

を符号化の対象とし、それ以外のC3, SH1, SH2は常時切り捨てることとする。これらの1～28係数の中でEOBの位置が最も小さくなるスキニングパターンをY+M+C, Y+M, Y+C, Yの中から選択する。また18 Mb/s以上の符号化時には低レートで適応的に保存する必要がある28個の係数は、常時保存可能となり、さらに高解像度化を考慮しC3, SH1, SH2を加え、1～61の係数の中でEOBの位置が最も小さくなるスキニングパターンを、ジグザグ、垂直、水平、斜めの中から適応選択し、低レート

図 8 有効成分保存型適応スキニングによる符号化利得

Coding gain of adaptive scanning path selection with significant components preservation.

と高レートで適応保存の対象係数が異なる2重構造の適応スキニング方式をなす。

図8に適応スキニングと、単一の固定スキニングでは最も効率の高い $Y+M+C$ (ジグザグ)パターンを用いた場合との符号化利得の比較を示す。この図から、低レートの符号化となるにつれ特性は向上し、自然画像では1dB程度、マルチバーストなどのように人工的な画像では2~3dB程度のWPSNR改善効果が得られており、適応スキニング方式により圧縮効率が高められていることが理解できる。

4. 総合符号化特性

本章では、フレーム内アダマール変換直接符号化方式の総合符号化特性として、プリコーディング-非有意シフトダウン高次切り捨て処理による、フレーム単位固定ビット長化における符号化制御の精度、および本方式により得られる再生画像に対する主観評価値の時間発生率について明らかにする。

4.1 フレーム単位固定ビット長化における符号化制御の精度

プリコーディングで得られる1フレーム全体の推定情報量(L)に基づいた符号化により、発生情報量はほぼ1フレームで許されるビット量となるように量子化制御が行われているが、超過ビットに対しては、非有意シフトダウン高次係数切り捨て方式により対処する。

本切り捨て方式の概念を、文献1)において用いられていた方式(図中左側)と共に図9に示す。フレーム内の各ブロックの係数をスキニング順に並べる。ブロック1は画面左上端、ブロックMは画面右下端に位置し、視覚的に重要度が低い高次の係数から1係数/ブロックずつブロック1から切り捨てて行くことを基本とする。有意係数は2ビット、非有意係数は1ビットの符号長を持つものとし、画面全体で8ビットの超過ビットが存在するものと仮定する。図9の左側に示されるように、単純に切り捨てて行く場合(文献1)において用いられていた方式)、有意係数が4係数も切り捨てられ大きな画質劣化となる。一方、右側に示されるように、非有意係数1個当たり、1次シフトダウンして行き、より多くの非有意係数を抱えている有意係数が切り捨てられる優先度を高くすると、EOB制御の点から効果的に超過ビット切り捨てが実現可能となる。実際このモデル図において、2個の有意係数の損失で切り捨てが終了することとなる。なお、当然のことながら非有意係数は切り捨てられても画質劣化は生じない。

図9 非有意シフトダウン高次係数切り捨て方式の概念
Concept of high order coefficients' truncation with non-significant coefficients shifted down.

図10 高次係数切り捨てにおける符号化特性
Coding performance for high order coefficients truncation.

本方式を用いたフレーム単位固定ビット長化における符号化制御の精度を定量的に示すため、テスト画像に対し、39 Mb/s, 18 Mb/s, 12 Mb/s, 9 Mb/s 符号化時、切り捨て前・後における符号化特性を示したのが図10である。切り捨て後の符号化特性(プロット: After trunc. (opt.))は、ほぼ切り捨て前の速度-歪み曲線上(Before trunc.)に存在し、固定ビット長化という制約による符号化ロスはほとんどなく、精度良く符号化制御が実現されていることが理解できる。

また同時に、量子化キューブ、高次係数切り捨て、適応スキニングなどのパラメータとして文献1)のものをを用いた場合の特性も同時に示す(After trunc.

図 11 再生画像における主観評価値の発生確率
Subjective evaluation value of coded images v.s.
probability density on time scale.

(ref.1)). 図中 Birches は文献 1) においても用いられたテストデータであり、適応スキニングのパラメータが不十分であるため 0.5~1 dB 程度の符号化ロスがみられるだけである。一方、今回新しく用いた Table tennis, Mobile and calendar では、動き量が大きく、色差高周波成分も多く含まれているため、これらを考慮していない文献 1) のパラメータでは、評価 SNR で 3~7 dB と大きな劣化をまねくこととなり、実システムを用いて最適化した意義が理解できる。

4.2 再生画像における主観評価値の発生確率

MUCCS 45 においては、1 フレーム分の AC 係数を仮量子化 + ハフマン符号化し、発生ビットの総和を 2^{12} により除した値 (L) がフレーム単位にリアルタイム出力される。この L の値が大きいくほど精細部分をより多く持つ、いわゆる圧縮の困難な画像である。この機能を利用し、一般的に用いられているテスト画像や放送局オンエア信号を用い、 L の発生頻度(時間率)を測定し、また各 L における代表的なテスト画像に対し主観評価を行い、これらから主観評価値の発生確率を求めた。これを図 11 に示す。この図から、18 Mb/s の符号化においては、最悪値が劣化度 12% (MOS 5 段階評価値で 4.5) 以下(以上)となり、局間素材伝送品質を満足し得る。また 12 Mb/s 符号化では最悪値が劣化度 18% (4.0) 程度となり、番組 2 次分配品質を満足し得る。9 Mb/s 符号化では、入力画像の約 80% が 18% (4.0) 以下(以上)を満足し得ることとなり、入力ソースの種類の観点から、VHS、 β -Cam

ソースなどに対して、番組 2 次分配品質を満足し得ることとなる。

5. む す び

コンポジット信号の直接符号化、フレーム単位固定ビット長化を特徴とする、フレーム内アダマール変換直接符号化方式における諸特性を明らかにした。その結果、22.5 Mb/s (映像分 18 Mb/s 程度) の伝送レートで NTSC を局間素材伝送品質で、11~15 Mb/s (映像分 9~12 Mb/s 程度) の伝送レートで NTSC を番組 2 次分配品質で伝送可能であることが明らかになった。

今後の課題としては、本方式を繰り返し実行した場合の符号化特性や、伝送路で発生する誤りに対する耐久力を明らかにして行くことである。

(参 考 文 献)

- 1) S. Matsumoto, T. Hamada, M. Saito and H. Murakami: "45 Mbps Multi-Channel Composite TV Coding System", IEICE Trans. Commun., E75-B, 6, pp. 358-367 (May 1992)
- 2) 浜田, 松本: "直交変換符号化用適量量子化 LSI「Q-CUBE」の開発", 第 2 回ハイビジョン研究会, 2-3, pp. 39-44 (Sep. 1992)
- 3) 浜田, 松本: "コンポジット TV 信号符号化用 LSI チップ「量子化キューブ」の開発", 画像符号化シンポジウム (PCSJ), 3-3, pp. 109-112 (Oct. 1992)
- 4) CCIR Recommendation 500-5: "Method for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures", pp. 166-189 (Sep. 15, 1992)
- 5) 松本, 浜田, 齊藤: "直接符号化における DCT とアダマール変換の符号化効率比較", 平 2 信学秋季大会, D-187
- 6) 浜田, 松本: "画像の局所的変化度による雑音マスキング効果を慮した直交変換係数の最適量子化法", 信学論, J75-B-1, 12, pp. 791-801 (Dec. 1992)

はま だ たかひろ
浜田 高宏 昭和 60 年、東京大学工学部電気工学科卒業。同年、KDD 入社。昭和 62 年より KDD 研究所勤務。以来、HDTV、EDTV、放送級テレビ信号などの高能率符号化に関する研究・開発に従事。その間、米国カリフォルニア工科大学より MS 取得(電気工学、平 1)。現在、同研究所映像伝送グループ担当主査。正会員。

まつもと しゅういち
松本 修一 昭和 54 年、北海道大学大学院修士課程修了。同年、KDD に入社。以来、研究所にて、HDTV、SDTV の高能率符号化方式の研究・開発に従事。現在、同所映像伝送グループ主任研究員。工学博士。正会員。

むらかみ ひとみ
村上千鶴 昭和 49 年、北海道大学大学院修士課程修了。同年、KDD に入社。研究所にて、ディジタル衛星通信方式、画像高能率符号化方式の研究に従事。現在、同研究所次長。工学博士。正会員。