

解説



高精細度テレビ (HDTV) 符号化技術†

村上仁己†† 松本修一††

1. まえがき

現在のテレビ放送が軌道にのった 1960 年代当時、次世代のテレビはどのようなものか、画像関連の研究者を中心に熱心に検討が行われた。一つは 3次元化であり、他の一つは高画質化であった。そして NHK を中心にこの高品質画像に関する研究が開始された。

その後この高品質画像、すなわち HDTV (High Definition TV) の研究が CCIR (国際無線通信諮問委員会) でとりあげられたことにより、日本を中心に関連技術が世界的規模で進展した。特に日本ではカメラから VTR、受像器までのトータルシステムの開発が進められ、1989年からの 2年間にわたる HDTV (ハイビジョン) 試験放送を経て、昨年秋には世界で初めての本放送が開始されるまでになっている。また、1985年から 1990年までの 5年間、この HDTV の標準化が CCIR で活発に行われた。日・米・欧による世界的な技術開発競争が行われたことは、まだ記憶に新しい。

ここで実現された HDTV は、現行テレビに比べ、5倍以上の帯域をもち、そのため関連機器のハードウェア化には、処理速度、メモリ容量など従来方式とはまったく異なる技術が要求されている。特に最近、デジタル化のため、大容量高速化技術が求められており、これに関する研究開発も活発である。たとえば、符号化などに必要な“動き補償”は特に高速処理が要求される技術であり、これには 10,000 MIPS という演算速度が要求される¹⁾。

広帯域 HDTV のデジタル伝送では高能率符号化が特に重要なキイテクノロジーであり、1995年

から開始される予定の BISDN 用伝送装置のみならず、将来のデジタル HDTV 放送実現のための必須技術となっている。

本稿は、この HDTV のデジタル符号化技術を中心に、その基本技術および実際これまで実現された方式について紹介する^{2),3)}。

2. HDTV の開発と進展

2.1 HDTV の開発

将来の、情報化社会の大きな柱としてこの HDTV 関連技術の開発が 1970年より、NHK を中心に開始された。次世代のテレビとして、視覚的および心理的側面から、画面の形状、サイズ、走査方式、あるいは信号方式などの検討がまず行われた。特に臨場感などの心理効果を高めるため、画面高の 3 倍程度に近づいても画像の粗さやボケの目立たない満足できる品質を提供するという条件から、日本では走査線 1125 本、フィールド周波数 60 フィールド/秒という値が定められている。表-1 は、これまでの HDTV 開発に関する主要な項目を年代順にならべたものである。

2.2 CCIR での標準化

これらの成果をもとに、CCIR での国際標準化のため、1972年に日本から HDTV 研究計画提案がなされ、1974年より正式に検討が開始された。その後、医療・教育・産業などこの HDTV の他

表-1 HDTV 開発の主要出来事

| | |
|------|---|
| 1970 | NHK による HDTV の研究開始 |
| 1974 | CCIR における HDTV の研究開始 |
| 1984 | 放送方式 MUSE の開発 |
| 1986 | CCIR 標準として 1125/60 方式を提案 |
| 1987 | BTA 標準の確立 |
| 1988 | 奈良からブリスベンへ Expo '88 会場へ HDTV 伝送 (3衛星経由) |
| 1989 | ○ 放送衛星によるハイビジョン試験放送開始 ○ HDTV 国際デジタル伝送の実施 |
| 1990 | CCIR における HDTV スタジオ標準の成立 |

† Coding Technologies for HDTV signals by Hitomi MURAKAMI and Shuichi MATSUMOTO (KDD R&D Laboratories).
†† 国際電信電話(株)研究所映像伝送グループ

産業への影響度、そのハイテク性が注目されるにつれ、各国とも研究開発を活発に推進し、表-2の二つの方式が日米および欧州から提案され標準化に関して対立が生じた。そして、スタジオ用HDTV標準が採択された1990年までの16年間にわたり、技術的立場のみならず、さまざまな立場で活発な意見交換が行われた。その結果、画面のタテ・ヨコ比を表すアスペクト比16:9、走査線上の有効画素数1920などが1990年の総会で勧告された。しかしながら、他の重要なパラメータである走査線数やフィールド周波数は決定されておらず、今後の問題となっている⁴⁾。

日本ではBTA (Broadcasting Technology Association of Japan) がすでに表-3の日本標準を勧告化している。これによると、標準化周波数は74.25MHzであり、現行テレビ用周波数である13~14MHzに比べ、約5~6倍の周波数になっている。その原信号の伝送速度は $(74.25 + 37.125 + 37.125) \text{ MHz} \times 8 \text{ ビット} = 1.192 \text{ G ビット/秒}$ となる。

3. 伝送レート削減技術

このような大容量HDTV信号の伝送レート削減法としては、同期信号の除去、サブナイキスト

表-2 HDTV パラメータ

| 項 目 | 日・米・加方式 | ヨーロッパ方式 |
|---------------|-------------------------|-------------------------|
| 走査線数 (本) | 1125 | 1250 |
| 有効走査線数 (本) | 1035 | 1152 |
| フィールド周波数 (Hz) | 60.00 | 50 |
| インタレース比 | 2:1 | 1:1 |
| アスペクト比 | 16:9 | 16:9 |
| 一走査線中の有効画素数 | 輝度信号 1920点 色差信号 960点 | 輝度信号 1920点 色差信号 960点 |

表-3 BTAによるハイビジョンスタジオ規格

| 項 目 | 規 格 |
|-----------------------|---|
| 走 査 線 数 | 1125本 |
| インタレース比 | 2:1 |
| アスペクト比 | 16:9 |
| フィールド周波数 | 60.00 Hz |
| ライン周波数 | 33.75 kHz |
| 映 像 帯 域 | 30 MHz |
| サンプリング周波数 | Y: 74.25 MHz C: 37.125 MHz |
| 水 平 画 素 数 (含: プランキング) | Y: 2200 C: 1100 |
| 有 効 画 素 数 | Y: 1920画素 × 1035ライン C: 960画素 × 1035ライン |

標準化、画像信号の冗長度削減の三つが基本である。

(1) 同期信号の除去

HDTV信号は、映像信号のほか固有の水平・垂直同期信号をもつ。デジタル伝送では、デジタル同期符号(20-30ビット/フィールド)により、固有の同期信号に代えることができる。HDTV信号では、これら同期信号の除去により、約20%のレート削減が可能となる。

(2) サブナイキスト標準化

スタジオ規格として、30MHzの映像帯域に対し、標準テレビ信号に関するCCIR勧告601で定められた13.5MHzの5.5倍に相当する74.25MHzの標準化周波数がBTAで規格化されている。一方、番組分配を目標として、これまで開発されたコーデックでは、40~50MHzの標準化周波数を用いており、スタジオ規格の74.25MHzに比べ30~40%の符号化画素数の低減を行っている。これを1/2サブサンプルにより、実効標準化周波数をさらに低下させ、発生情報量の低減あるいは処理速度低下を行うことが多い。

(3) 画像信号の冗長度削減

画像の冗長性を除去する高能率符号化は、画素間相関が高いことを利用する。これまで、標準テレビに関する相関係数は数多く測定されてきており、一般的な画像の輝度成分で、0.95~0.98程度である。色成分は0.97~0.99程度と高い相関をもつ。

HDTV信号では、標準テレビに比べ、5~6倍の高い標準化周波数を用いるため、その分画素間隔は縮まり、さらに高い相関係数をもつように思われるが、所要帯域の2倍程度の標準化周波数であるかぎり、標準テレビと同様0.95~0.98程度の値をもつことが報告されている。これらのことから、HDTVの符号化アルゴリズムにおいても、標準テレビ用と特に変わらない方式が用いられる。ただし、標準化間隔が標準テレビのそれと比べ1/5~1/6となるため、処理時間の制限上、従来方式をそのまま用いることができず、なんらかの工夫が必要となる。

以下に、これまで開発されたHDTV信号符号化で用いられている基本技術であるサブサンプリングと、冗長度削減法の基本手法について述べる。

3.1 サブサンプリングとその特性

サブサンプリングは、発生情報量の低減のほか、処理速度対策として有効である。図-1に示すように、サンプル間引きの方法により、空間的なフィールド内処理では(1)オーソゴナルと(2)ラインオフセットがあり、時間方向までいれると(3)フィールドオフセットの三つに分類できる。

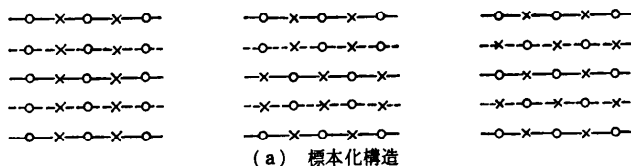
これらは、画素数を1/2にし、このため、処理時間を2倍まで伸ばせるといふ共通点があるが、その得失の評価については、保存される画像の周波数帯域および、符号化特性の二つの観点からの評価が重要となる^{5),6)}。

まず折返し歪なしに保存できる2次元周波数領域に関しては、図-1に示すように、オーソゴナル構造では、水平解像度が原信号の半分に低下してしまう。

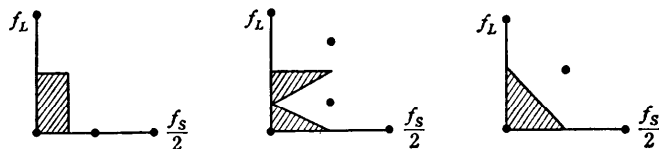
一方、ラインオフセット構造では、水平解像度は原信号と同一なものが保持できるが、垂直解像度が原信号の周波数領域の中間値付近で大きく低下してしまう。これら両構造に対して、フィールドオフセット構造は、斜め方向の解像度は大きく低下するものの水平・垂直の両解像度は原信号と同一なものが保持できる。人間の視覚特性は、斜め方向の解像度低下が水平・垂直両方向のそれより検知しにくいものとなっているため、フィールドオフセット構造が最もバランスのとれた標準化構造と言える。しかしながらこれは、あくまでもTV画面が静止している場合に限ってのことであり、画面が動いた場合には、フィールドオフセット構造では、時間方向の折返し歪除去用のフィルタ処理を行う必要があるため、前のフィールドの画像が次のフィールドに残る、特有の画質劣化を生じる。このため、フィールドオフセット構造では、動き検出などのなんらかの補償を必要とする。

一方、オーソゴナル、ラインオフセットの両構造では、フィルタ処理がフィールド内で完了するため、画面の動きに関係なく解像度が一定に保持される安定性を有している。

符号化特性に関して、予測符号化の場合用いる標本点の位置の違いによりこれら三つの構造で特



(a) 標準化構造
実線：奇数フィールドライン，破線：偶数フィールドライン，
○：標本画素，×：非標本画素



(1) オーソゴナル (2) ラインオフセット (3) フィールドオフセット
(b) 折返し歪なしの2次元周波数領域 (●：高次キャリア)
 f_s : 標準化周波数, f_L : フレーム当りの走査線数

図-1 各種標準化構造と2次元周波数領域

性差を生じる。フィールド内、フィールド間の2次元予測符号化を例にとり比較すると、垂直方向に真上の画素を予測に用いることができるオーソゴナル構造が最も高い符号化効率を与える。一方、ラインオフセット構造はフィールド内予測で、フィールドオフセット構造は、フィールド間予測で、それぞれオーソゴナル構造より符号化効率は低下してしまう⁶⁾。このように三つの標準化構造では、解像度、符号化特性でおのおの特徴をもつ。

3.2 DPCM および直交変換方式による冗長度削減

冗長性を除去する方式として、現在画素間の差分をとるDPCMと画像を適当なブロックに分割、これをDiscrete Cosine (DCT)を中心とした直交変換を行うことにより冗長度を削減する方式が主流である。どちらも画像信号のもつ高い画素間相関を利用する。HDTV信号は、標準テレビと特に異なる統計的性質をもつわけではないので、すでに述べた処理速度に関する制約条件のほかは、まったく同様に応用できる。

(1) DPCM

このDPCM演算においては、常に過去の情報を現在の画像符号化に用いるため、処理速度の高速化をはかるための並列処理においては、工夫を要する。この際、

①予測する画素の直前の画素値を用いる前置予測とし、ライン単位で並列化する。

②適当な画素(たとえば10画素ごと)をPCM伝送し、これらブロック単位で並列化する。

などが行われる。そのため、①ではフィールド内

予測として効率の優れた2次元予測などは応用できない。また②ではPCM値(たとえば8ビット/画素)を数多く伝送しなければならないため、伝送路エラーに強くなるものの140Mbps伝送方式すなわち1画素平均1~2ビット伝送用では特性の低下はまぬがれない。

また、サブサンプルと組み合わせ、図-8のようにすでに通常のDPCMで符号化された画素を用い、サブサンプルされた画素を内挿符号化する③内外挿予測方式、がある^{7),9)}。

DPCMでは、標本化周波数を f_s とすると、 $1/f_s$ 内に、予測誤差の計算、量子化演算をそれぞれ行う必要がある。この予測をたとえばフレーム間、フィールド間、フィールド内などでの適応予測を行う場合、さらに予測器選択に関する演算も必要となる。このため、高速処理が要求されるHDTVの符号化では予測器の設計に加え、さらに予測誤差の計算や予測器選択に関する演算量低減を図る必要がある。

(2) 直交変換方式

一方DCTを中心とする直交変換方式では、画像を 4×4 から 16×16 の数十画素からなるブロックに分割し、このブロックごとに画素値を直交変換し、変換係数を量子化して送信する。受信側では直交逆変換を行い画像を復元している。

変換された信号の電力は入力画像のもつ高い相関のために互いに大きな偏りを生じ、特定の成分に電力が集中する。この偏りを利用して、大きな電力成分には多いビット数を、小さな電力成分には少ないビット数を割り当てることにより、平均ビット数を低減させる。このDCTでは各ブロックを独立に処理できるため、特に並列処理しやすい方式である。

この最も基本的であり、また効率的にも優れているDPCMとDCTを中心とした直交変換方式には、次のような特性差がある⁹⁾。

①相関関係がおよそ0.70~0.80を境に、より高い相関をもつ画像ではDPCMが良い特性を示す。

②DPCMは、フィードバックループをもつので、符号化ノイズの影響を受けやすい。1ビット/画素以下(固定長符号化を仮定)のレートでは、このフィードバックノイズのないDCTが優れた特性を示す。

よって、これら二つの方式の得失を考慮に入れて、さらに優れた方式が実現できる。その一つが次に述べるDPCM/DCTハイブリッド方式である。

3.3 適応符号化方式

(1) フィールド内、フィールド間、フレーム間符号化方式とその特性

日本のHDTV信号は、1秒間30フレームからなり、各フレームの1125本の走査線はさらに二つのフィールドに分割される。よって符号化に用いる画素は、空間的な位置関係にあるフィールド内画素と、時間的な位置にあるフィールド間とフレーム間画素の三つに分類できる。

この三つの画素関係を基本とする符号化方式である、フィールド内、フィールド間、フレーム間符号化は図-2に示す特徴をもつ。すなわち、フレーム間符号化は静止画で高い符号化効率を示すが、動きが大きくなるに従いその効率は低下する。フィールド内符号化は静止画に対し、もちろん画素間相関値にもよるが、一般に効率は低く、動きが速くなるに従いテレビカメラの蓄積効果により空間相関が高くなり、符号化効率は向上する。フィールド間符号化は、これらの二つの符号化方式の中間的特性を示し、特に中間的な動き速度の画像に対しては、三つのうち最も良い特性を示す。これらの符号化特性を考慮し、画像の動きに応じてこれら三つの予測方式を切り替えることにより、高い符号化効率が達成できる。

一方、このような適応方式では、通常のDPCM

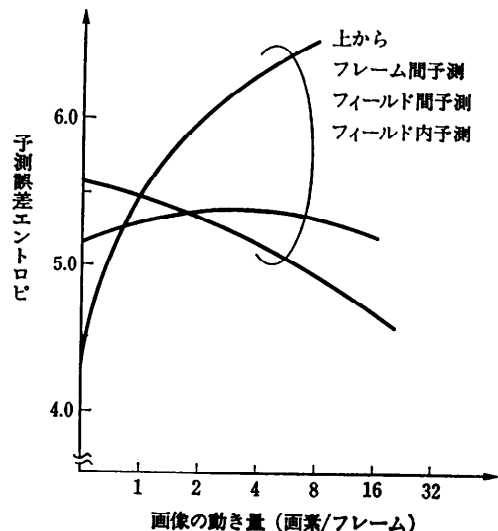


図-2 フレーム間、フィールド間、フィールド内予測特性

での予測誤差, 量子化演算に加え, 予測器の良さを比較するため, 複数の予測誤差間の大小比較をしなければならない. 予測器が三つの場合, この大小比較が2回必要となり演算量は増大する. このような複数の予測器を用いる場合, 符号化効率をほとんど低下させず, 演算量の減少を可能とする中央値適応予測方式がある¹⁰⁾.

この方式では, 三つの予測値, P_1, P_2, P_3 と真値 x との間の三つの予測誤差, P_1-x, P_2-x, P_3-x の大小比較を行わず, その中央値を常に選択, 伝送する. 中央値を常に選択するという規範を導入することにより, 予測器選択に関するモード情報(予測器が三つの場合2ビット)を伝送する必要はないというメリットに加え, 予測値の大小関係だけで等価的に予測誤差値の中央値を選択できる. すなわち, 予測誤差演算をはぶくことができる. これにより最適な予測器を常には選択しないが, シミュレーションによると50%近いかなりの確度で最適値を選ぶことができる. また最悪値を選ぶことはない.

(2) DPCM/DCT ハイブリッド方式

ここでは, 符号化アルゴリズムの中に, DCT と

DPCM を組み込んだものを広義な意味で DPCM/DCT ハイブリッド方式として以下説明する.

図-3の構成のように, DPCM ループ内に DCT 処理を行う DPCM/DCT ハイブリッド方式は, テレビ電話から標準テレビまでの国際標準方式に採用されている^{11),12)}.

この方式では, 2次元フィールド内 DCT (たとえば 8×8) 信号, 動き補償フレーム間 DPCM, フィールド間 DPCM の三つのモードのうち, 一つを選択しその量子化代表値を可変長符号化し, 選択情報とともに伝送する. このようにブロック単位で符号化することにより, DPCM の優れた特性を生かしつつ, 符号化処理速度に関する制限を緩和している.

このモード選択に関する規範は, 先に述べた CCIR での勧告 723 では規定されていないが, 一般的に, 8×8 の DCT ブロックのなかで,

- (1) 最も予測誤差の小さいものなどの情報により, 図-3のA点でモードを決定する,
- (2) 最も伝送エントロピが低い, あるいは量子化誤差が小さい, などの情報により, B点でモードを決定する, などの方法がある¹³⁾.

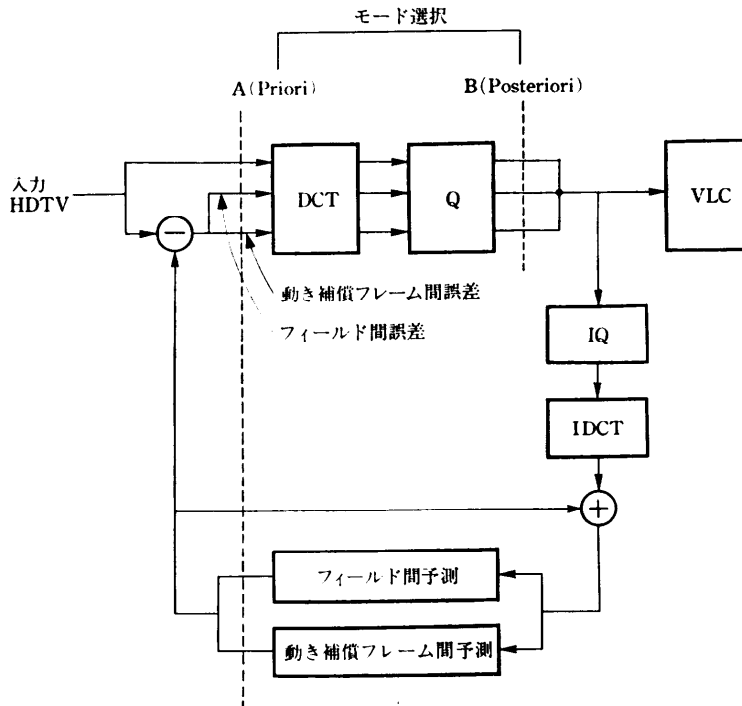


図-3 DPCM ループ内に DCT がある DPCM/DCT ハイブリッド符号化方式と "Posteriori" と "Priori" モード選択
Q: 量子化, IDCT: 逆 DCT, IQ: 逆量子化, VLC: 可変長符号化

(1)の A 点でモード決定する方式は“Priori”方式であり、実際の発生情報量を計算し点 B でモード選択する(2)は“Posteriori”方式となる。Posteriori 方式は Priori 方式に比べハードウェア規模の増大をともなうが、5~10% 高い符号化効率を実現することができる¹⁴⁾。

この方式のように DPCM ループ内に DCT が含まれている場合、DCT の演算誤差が蓄積し符号化特性の低下をもたらすという問題がある。これに対する一つの方式として、図-4 のように DCT と DPCM を分離させ、DCT 係数の低域成分を DPCM で、高域成分をそのまま符号化する DPCM/DCT ハイブリッド方式がある。

一方、最近画像信号を周波数領域で、低域から高域までいくつかに分け、おのおのの分割画像に適した符号化方式を用いるサブバンド符号化方式が開発されている。たとえば表-4 のように画像を4つに分割(LL LH, HL, HH)すると高域画像の統計的性質は原画像と大きく異なり、その相関は非常に低いものとなる¹⁵⁾。これを利用し図-5 のように、高い相関をもつ LL の画像には、従来の DPCM を中心にした方式、相関の低い画像 LH, HL, HH に対しては、低い相関の画像に対し優れた特性を示す直交変換符号、あるいは PCM そのままで伝送する。これにより、処理時間が削減されるとともに、単一符号化方式でしばしば生じる符号化ミスマッチによる特性低下を防ぐことも可能となる。

4. 符号化装置と符号化技術

実際の符号化装置は前述した基本技術を組み合わせ、目的に応じた画像品質をリーゾナブルな装置規模で実現すべく、いろいろな工夫がなされている^{8),16)~19)}。これまで開発された装置の一覧を表-5 に示す。

4.1 サブサンプルフィールド内 DPCM 方式

この方式は、インテルサット衛星による 120Mb/s 伝送、あるいは、光海底ケーブルによる 140 Mbps 伝送などの HDTV の国際間伝送への適用を目的とし、フィールド内 DPCM 方式を採用してい

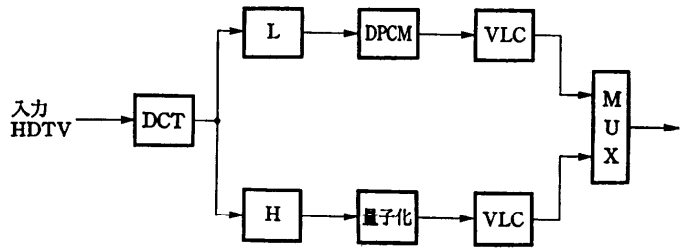


図-4 DPCM/DCT ハイブリッド符号化の例 (DCT が DPCM ループ外にある方式)
L: Low pass フィルタ, H: High pass フィルタ, VLC: 可変長符号化, MUX: 多重化

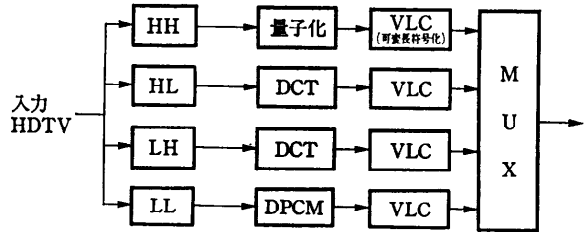


図-5 DPCM/DCT ハイブリッド符号化の1例 (サブバンド符号化方式)

表-4 サブバンド信号の相関係数の例

| 項目 | 相関の種類 | Y信号 | V信号 | U信号 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 画像の分類 | 縦相関 | 0.88 | 0.91 | 0.93 |
| | 横相関 | 0.86 | 0.89 | 0.92 |
| 原 画 | 縦相関 | 0.82 | 0.86 | 0.89 |
| | 横相関 | 0.84 | 0.86 | 0.89 |
| L L | 縦相関 | -0.61 | -0.50 | -0.53 |
| | 横相関 | 0.18 | 0.26 | 0.29 |
| L H | 縦相関 | 0.12 | 0.24 | -0.27 |
| | 横相関 | -0.33 | -0.26 | -0.28 |
| H L | 縦相関 | -0.58 | -0.53 | -0.57 |
| | 横相関 | -0.29 | -0.19 | -0.21 |
| H H | 縦相関 | | | |
| | 横相関 | | | |

LL: 水平・垂直とも Low pass
LH: 水平 Low pass, 垂直 High pass
HL: 水平 High pass, 垂直 Low pass
HH: 水平・垂直とも High pass

る¹⁸⁾。この方式は、実用的な観点から符号化装置の小型化を主眼とし、アルゴリズムが簡単でフレームメモリやバッファメモリの不要なフィールド内前値予測、4ビット/サンプルの固定長符号化を用いている。この構成を図-6 に示す。ラインオフセットサブサンプリングにより画素数を1/2 とし、量子化レベル数が少ないことにより生じる画質劣化であるエッジビジネスや過負荷対策としては、4ビットのまま量子化レベル数を16から27へ増大させることのできる Reflected 量子

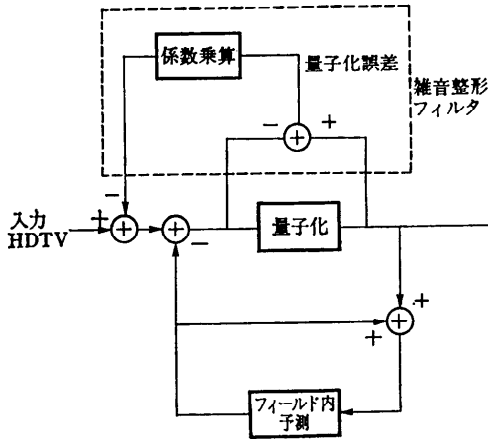


図-6 雑音整形フィルタ付きフィールド内 DPCM 方式

化を、また一般的な量子化誤差による画質劣化であるグラニューラ雑音対策としては、低域雑音を高域に変換して視覚的に目立たせないようにする雑音整形フィルタを採用している。

処理速度対策として、ライン単位で並列化できるように前置予測を用い、また図-7のように、サブサンプルおよび3相展開することにより、実効的に 8 MHz の標準化周波数での演算で、必要な処理を実行している。

本方式は、インテルサット衛星を用いた日米間対向伝送実験により、その特性が確認されている²⁰⁾。

4.2 フレーム間、フィールド内、内・外挿符号化方式

本方式は、広帯域 ISDN の H4 チャンネルレート (140 Mbps) あるいは、我が国のデジタルハイ

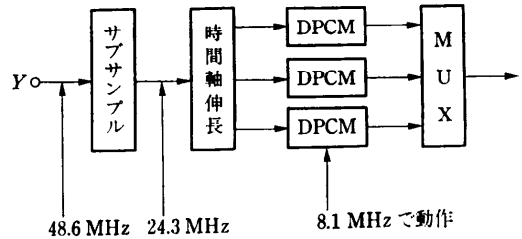
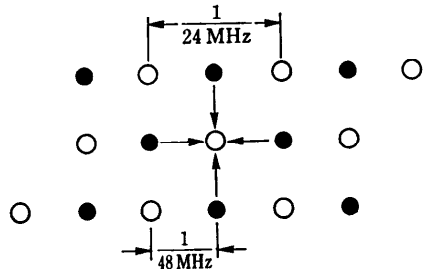


図-7 サブサンプルフィールド内 DPCM での信号処理過程 (標準化周波数の実効的低減法)



- : フレーム間・フィールド内適応 DPCM により符号化される画素
- : ●画素値を用い、内挿予測により符号化される画素

図-8 内・外挿符号化方式での画素関係

アラキー4次群レート (100 Mbps) による HDTV 伝送を目的として、フレーム間、フィールド内予測内挿外挿符号化方式を用いている²¹⁾。

符号化部では、図-8 に示すように画素を互いに適応的にフレーム間、フィールド内予測を行うグループと、ここで符号化された画素を用い、フィールド内予測により内挿予測する二つのグルー

表-5 開発された HDTV コデックとその特長

| 参考文献 | 18) | 8) | 16) | 21) | 17) | 19) |
|-----------|---|--|---|---|--|--|
| 項目 | | | | | | |
| 方式 | フィールド内 DPCM | フレーム間/フィールド内 DPCM | フレーム間/フィールド内 DPCM | フィールド内・フレーム間 DPCM/DCT ハイブリッド | 動き補償フレーム間・フィールド内・フィールド内 DPCM/DCT ハイブリッド | サブバンド DPCM/DCT ハイブリッド |
| 帯域 | $Y/C_w/C_N$ (20, 7, 7 MHz) | $Y/C_w/C_N$ (20, 7, 7 MHz) | $Y/C_w/C_N$ (20, 7, 7 MHz) | $Y/C_w/C_N$ (20, 7, 7 MHz) | | $Y/C_w/C_N$ (30, 15, 15 MHz) |
| 標準化周波数 | Y: 48 MHz C_w/C_N : 16 MHz | Y: 48 MHz C_w/C_N : 16 MHz | Y: 48 MHz C_w/C_N : 16 MHz | Y: 45 MHz C_w/C_N : 15 MHz | Y: 54 MHz/72 MHz C_w/C_N : 27 MHz/ 36 MHz | Y: 74.25 MHz C_w/C_N : 37.125 MHz |
| 符号化アルゴリズム | <ul style="list-style-type: none"> 前置予測 4ビット固定長符号化 Reflected 量子化 雑音整形フィルタ | <ul style="list-style-type: none"> フレーム間・フィールド内内外挿予測 (画素単位) 可変長符号化 スカラ量子化 | <ul style="list-style-type: none"> フレーム間・フィールド内内外挿予測 (ブロック単位) 可変長符号化 ベクトル/スカラ量子化 | <ul style="list-style-type: none"> 8×8 DCT 低域信号に対しハイブリッド 高域は DCT | <ul style="list-style-type: none"> 8×8 DCT CCIR 勧告 723 可変長符号 (B₂コード) | <ul style="list-style-type: none"> 低域信号に対し適応 DCT 高域信号は PCM |
| 伝送レート | 120/140 Mbps | 100/140 Mbps | 44*/100/140 Mbps | 100/140 Mbps | 70/140 Mbps | 150 Mbps |

* テレビ会議用, Y: 輝度信号, C_w, C_N : 色信号

ブで全画素を処理する。この内挿処理により予測効率の向上とともに、48 MHz の標準化周波数をさらに実効的に 1/2 の 24 MHz にしている。さらに 4 相に並列化し、処理速度の低減を行っている。

4.3 DPCM/DCT ハイブリッド方式

この方式は、欧州における EUREKA 256 計画により、イタリア、スペインが開発したシステムである。その符号化方式は放送テレビの 32~45Mbps 用 CCIR 勧告 723 に基づき、これを HDTV に拡張したフィールド間予測、動き補償フレーム間予測、フィールド内 DCT による DPCM, DCT のハイブリッド方式を用いている。DCT のブロックサイズは 8×8 である。

伝送レートは 70 Mbps と 140 Mbps の 2 方式をもち、そのサンプリング周波数は、70 Mbps は $Y/C=54/27$ MHz (有効画素: 1440/720 画素/ライン), 140 Mbps で $Y/C=72/36$ MHz (有効画素: 1920/960 画素/ライン) である。本方式では、54 MHz の標準化された信号を 3 相に並列展開し、処理速度の制限を等価的に 18 MHz まで低減させている。

5. あとがき

HDTV 信号の統計的性質は、現行テレビとはほぼ同一であり、これまで開発された現行テレビ用符号化技術はそのまま適応できる。しかしながら、HDTV 信号用標準化周波数は現行テレビに比べ、数倍という高速なため、処理速度の制限から従来技術をそのままでは使うことができない。並列処理技術が重要となり、逆に、この並列処理化に適した技術、あるいは、既存技術の特性を低下させず、並列化する工夫が重要となる。本文は、この観点から、HDTV 符号化技術の現状を紹介した。今後、ハードウェア技術の進展により、逐次この並列化によるデメリットを克服する新しい技術の開発が進められよう。

今後数年のうちに HDTV が放送のみならず、医用、教育などの分野で幅広く実用化されてくるものと思われるが、これと並行して、この HDTV の数倍の帯域をもつ Super HDTV の研究が活発になるであろう。その際、本稿で紹介した、並列処理的な符号化技術が多方面から再度検討されよう。

参考文献

- 1) 藤原他: 動画像高能率符号化用チップセットを開発, 日経エレクトロニクス, 1990年6月号 (No. 503).
- 2) 沢田, 村上: HDTV (ハイビジョン) 講座, 第4回信号形態と伝送, TV 学会誌, Vol. 42, No. 9 (1988, 9月).
- 3) 大塚: 放送テレビ・HDTV 符号化技術, TV 学会誌 (1991年9月号).
- 4) 西沢: CCIR の HDTV スタジオ規格勧告, NHK 技研 R&D, No. 10 (1990, 8月).
- 5) 松本, 村上: 動画像信号のサブナイキスト標準化構造のスペクトラム解析, 信号論 (D), Vol. J68-D, No. 4 (昭60-04).
- 6) 松本, 村上: サブナイキスト標準化構造の予測効率に関する理論検討, 信学論 (A), Vol. J69-D, No. 2 (昭61-02).
- 7) 松本, 羽鳥, 村上: 内・外挿並列符号化方式, 信学研資, 1 E 82-38 (昭57-08).
- 8) 八島他: HDTV 信号 100 Mbit/s 高能率符号化装置の構成と伝送実験, 信学技報 IE88-98 (1989).
- 9) Murakami, H. et al.: Comparison between DPCM and Hadamard Transform Coding in the Composite Coding of the NTSC Color TV Signal, IEEE Trans. Commun., Vol. COM-30, No. 3 (Mar. 1982).
- 10) 松本, 羽鳥, 村上: テレビジョン信号の中央値予測方式, フレーム間・フィールド間・フィールド内適応予測符号化への応用一, 信号論 (B), Vol. J66-B, No. 4 (昭58-04).
- 11) CCITT 勧告 H261 Video Codec for Audio-visual Services at px 64 Kbit/s, COMXV-R 37-E (1990).
- 12) CCIR 勧告 723 Transmission of Component-Coded Digital Television Signals for Contribution-Quality Applications at the Third Hierarchical Level of CCITT Recommendation G. 702.
- 13) Guichard, J. et al.: Hybrid Variable Blocksize Coding Scheme Based upon 3 DCTs and Motion Compensation Technique at 64 Kbit/s, PCS87.
- 14) IWP CMTT 文書, IWP CMTT/Q-148, 1990 "Comparison of the "A Posteriori" and "A Priori" Prediction Mode Selection Methods".
- 15) 滝嶋, 和田: サブバンド符号化の画質評価法と統計的性質に関する検討, 電子情報通信学会研究会, 1 E 91-4 (1991年4月).
- 16) Okazaki, T. et al.: Implementation of a HDTV Codec Using a Hybrid Quantizer, Proc. GLOBECOM '87 (1987).
- 17) Barbero, M. et al.: A System for the Transmission of HDTV Based on the Discrete Cosine Transform, ISCAS '90 Vol. 3/4 (1990).
- 18) 松本他: 雑音整形フィルタを応用した 120/140 Mb/s HDTV 用デジタル符号化方式, TV 誌, Vol. 42, No. 12 (1988).
- 19) Irie, K. and Kishimoto, R.: Adaptive Sub-band Coder Design for HDTV Signal Transmission, ICASSP '90, M 6.10 (Apr. 1990).
- 20) 齊藤他: 日米間ハイビジョンデジタル伝送実験, PCSJ '89, 5-7 (1989). (平成3年5月27日受付)



村上 仁己

昭和 49 年北海道大学大学院博士課程修了。同年, KDD に入社。研究所にて, デジタル衛星通信方式, 画像の高効率符号化方式の研究に従事。現在, 同所映像伝送グループリーダー。工学博士。



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。現在, 同社研究所映像伝送グループ担当主任研究員。放送 TV, HDTV のデジタル符号化システムの研究・開発に従事。工学博士。

