

# 動画像の動き補償予測サブバンド・フラクタル符号化

## Fractal Video Coding Combined with Motion Compensation Prediction and Sub-band Decomposition

太田 知明<sup>1)</sup> 中村 栄治<sup>2)</sup> 沢田 克敏<sup>2)</sup>

Tomoaki OHTA<sup>1)</sup>, Eiji NAKAMURA<sup>2)</sup>, Katsutoshi SAWADA<sup>2)</sup>

**Abstract :** This paper proposes a new efficient fractal coding scheme for video sequences and demonstrates its computer simulation results. The proposed scheme combines fractal coding with motion compensation (MC) prediction and sub-band decomposition. MC prediction with variable MC block size is carried out for an input video sequence. An MC prediction error image is divided into 7 sub-band images. The fractal block coding with adaptive range block size is performed only for the lowest frequency sub-band image. On the other hand, scalar quantization and entropy coding are carried out for the other 6 sub-band images. The computer simulation results show that the proposed coding scheme attains higher SNR (Signal-to-Noise Ratio) values and better reconstructed image qualities compared to the conventional fractal block coding scheme and MPEG1 scheme.

### 1. はじめに

近年、デジタル形式の動画像を保存した Video CD や DVD 等の普及、デジタルビデオカメラの普及、さらにはテレビ放送のデジタル化の動き等に見られるように、動画像のデジタル化が急速に進んできている。インターネットにおいても、ブロードバンド通信の発達によるデジタル動画像ストリーミングのコンテンツが増加している。ところで、これらデジタル動画像の情報量は非常に大きく、この伝送や蓄積のためには情報圧縮(符号化)技術が必要不可欠となっている。

現在、動画像符号化には主に MPEG<sup>[1]</sup>方式が使用されている。MPEG は動き補償予測(MC)と DCT(Discrete Cosine Transform)を組み合わせた方式であり、入力画像と MC 予測画像の差分画像(MC 予測誤差画像)に対して DCT、量子化、可変長符号化を行っている。

一方、最近では MPEG 以外の画像符号化方式も注目されており、たとえばストリーミング形式の動画像符号化では、RealPlayer において SureStream<sup>[2]</sup> Video Codec に Real Video Fractal<sup>[3]</sup>と呼ばれる圧縮方式がある。そして、その方式にはフラクタル符号化<sup>[4][5]</sup>が使用されている。フラクタル符号化は、画像の自己相似性を利用して圧縮を行うものであり、DCT で問題となるブロック歪みのような画質劣化を生じることなく、より自然な形で画像を再生することが可能である。

本稿ではフラクタル符号化の持つ優位性に着目し、動き補償予測とフラクタル符号化を組み合わせた動画像符号化について検討する。具体的には MC 予測誤差画像に対してフラクタル符号化を適用する。符号化性能の向上を図るため、MC 予測誤差画像をサブバンド<sup>[6]</sup>分割し、最低周波数成分のサブバンド画像にはフラクタル符号化を、その他の周波数成分のサブバンド画像にはスカラー量子化と可変長符号化を行う。

以下、2章では動き補償予測のあらましを、3章ではフラクタル符号化のあらましを、4章ではサブバンド分割・合成のあらましを、それぞれ説明する。5章では動き補償予測およびサブバンド分割と組み合わせたフラクタル符号化方式を提案し、シミュレーション実験によりその符号化性能を評価する。最後に6章では本論文のまとめと今後の課題を述べる。

### 2. 動き補償予測のあらまし

#### 2・1 MC 予測の基本アルゴリズム

図1に動き補償(Motion Compensation : MC)予測の方法を示す。符号化対象の現フレーム画像を  $m \times n$  の大きさの互いに重なり合わないブロックに分割する。これを MC ブロックと呼ぶ。次に、予測対象 MC ブロックと空間的に同位置に当たる前フレーム画像のブロックを取り囲む探索範囲から  $m \times n$  のブロックを次々と切り出し、

1)愛知工業大学大学院 電気電子工学専攻

2)愛知工業大学 情報通信工学科

式(1)の評価関数により対象ブロックと最も近い参照ブロックを探し出す。 $A_{ij}$  は現フレーム画像の MC ブロックにおける画素値を、 $B_{ij}$  は前フレームの MC ブロックにおける画素値を示す。

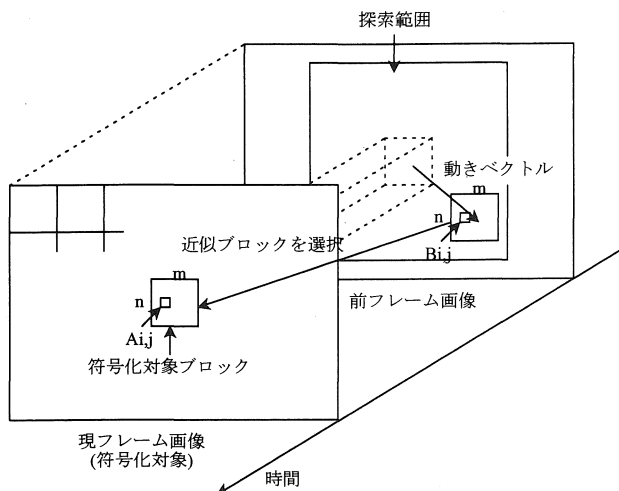


図1 動き補償予測の方法

$$D = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (A_{i,j} - B_{i,j})^2 \quad (1)$$

そして、符号化対象ブロックに対して最も良い近似を与える参照ブロックの相対位置座標を求める。これを動きベクトルと呼ぶ。この動きベクトルに基づいて、前フレーム画像から参照ブロックを切り出し、現フレーム画像の符号化対象ブロックの位置にそれを当てはめることによって予測画像を作成する。

図2に動画のMC予測符号化の基本的な構成を示す。符号化・復号化済みの前フレーム画像から上に説明した動きベクトルを用いて MC 予測画像を作成し、現フレーム画像との差分誤差画像(MC 予測誤差画像)を求める。MC 予測誤差画像を量子化した後、可変長符号化を施す。この符号化された MC 予測誤差画像と動きベクトルが符号化データとなる。

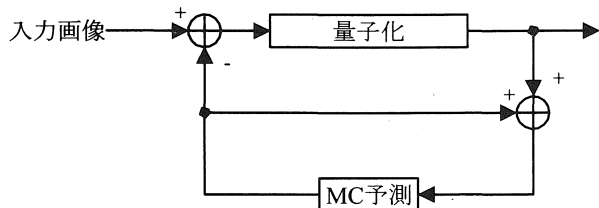


図2 動画符号化の基本構成

復号化処理では、まず符号化データに示された動きベクトルに基づいて、符号化・復号化済みの前フレーム画像

から参照ブロックを切り出し、現フレーム画像の符号化対象ブロックの位置にそれを当てはめることによって予測画像を作成する。そして、符号化された MC 予測誤差画像を復号化し、予測画像に足し合わせるによって再生画像を得る。

### 2・2 可変ブロックサイズMC予測のアルゴリズム

一般に複雑な動きの領域では1つのMCブロック内に異なった動き部分が生じるため、MCブロックサイズが大きいとMC予測精度は低下する。精度を上げるためにはブロックサイズを小さくする必要があるが、ブロック数が増えるためMCベクトルの符号量は増加する。一方、均一な動き領域ではMCブロックサイズは大きい方が有利である。そこで、領域毎にMCブロックサイズを可変にしてMC予測精度を向上させる可変ブロックサイズMC予測が考えられている。ここでは3段階可変ブロックサイズのMCについて説明する。

図3に3段階可変ブロックサイズMCの流れを示す。まず、ブロックサイズ  $m \times n$  でMCを行う。式(1)の評価関数により対象ブロックに対して最も良い近似を与える参照ブロックを探し出す。そのブロックでの最小となるMC予測誤差電力  $D$  と可変ブロックサイズ閾値  $T_1$  を比較し、 $D$  が  $T_1$  より大きければブロックを4分割してブロックサイズ  $m/2 \times n/2$  の4個のMCブロックで再びMC予測を行う。ここでも最小となるMC予測誤差電力  $D$  が可変ブロックサイズ閾値  $T_2$  より大きかったらブロックをさらに分割してブロックサイズ  $m/4 \times n/4$  でMC予測を行う。

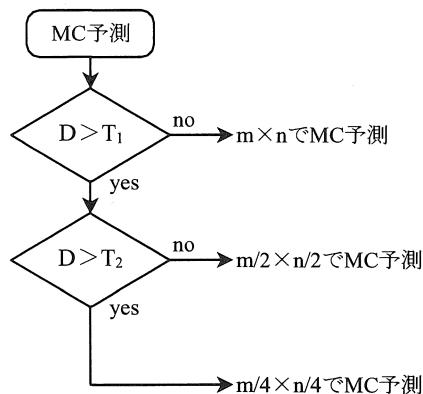


図3 3段階可変ブロックサイズMC予測の流れ

## 3. フラクタル画像符号化のあらまし

### 3・1 フラクタル符号化の基本アルゴリズム

図4にフラクタル符号化の基本的な手法を示す。まず、入力画像をサイズ  $x \times y$  の互いに重なりあわないレンジブロック  $R$  に分割する。入力画像中からサイズ  $2x \times 2y$  のドメインブロック  $D$  を切り出し、これを空間的に縮小して

サイズ  $x \times y$  にした後、輝度値を  $a$  倍に縮小変換する。この縮小変換写像(空間的縮小と輝度値の縮小)から得られた画像ブロックに対しさらに回転・鏡像変換を行って生成された  $x \times y$  のブロックを  $D'$  とする。原画像のレンジブロック  $R$  と  $D'$  との間で式(2)に示す平均 2 乗誤差電力を計算し、これが最少となるような写像を探索する。回転鏡像変換では  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$  の 4 種類の回転変換および  $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  方向の中心軸に対する鏡像変換を行う。表 1 に回転・鏡像変換パターン  $P_0 \sim P_7$  を示す。

$$e^2 = \frac{1}{x \times y} \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y (R_{i,j} - D'_{i,j} - \bar{R} + \bar{D}')^2 \quad (2)$$

- $e^2$ : レンジブロックに対する縮小変換ドメインブロックの 2 乗誤差電力
- $x, y$ : レンジブロックのサイズ
- $R_{i,j}$ : レンジブロック内の画素値
- $D'_{i,j}$ : 縮小変換ドメインブロック内の画素値
- $\bar{R}$ : レンジブロックの平均輝度値
- $\bar{D}'$ : ドメインブロックの平均輝度値

表 1 回転・鏡像変換における変換パターン

$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	$P_7$
$0^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$270^\circ$	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$
回転変換				鏡像変換			

最終的に得られた輝度値の縮小率  $a$ 、ドメインブロックの位置情報、レンジブロックの平均輝度値、および回転・鏡像パターン情報をフラクタル符号化データとする。

復号側では任意画像に対してブロック単位で左上から右下に向かって、符号化側と同じ縮小写像変換を適用することにより第 1 回目の復号画像を得る。この復号画像に対して上と同様な処理を再度適用し、以下、これを繰り返すことにより最終的に収束した復号画像を得る。

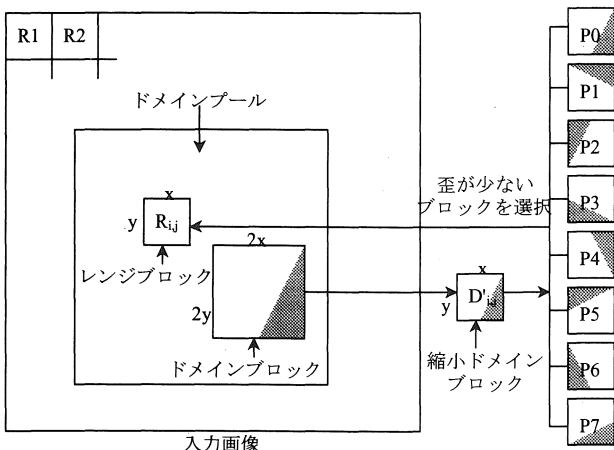


図 4 フラクタル画像符号化

### 3・2 可変レンジブロックサイズフラクタル符号化アルゴリズム

フラクタル符号化ではレンジブロック単位で符号化を行う。このとき、ブロックサイズが大きいと輝度変化の激しいブロックに対しては歪(式(2)の誤差電力)の少ない写像を探すことが出来ないことがある。この対策としてはブロックサイズを小さくすれば良いが、この場合には符号量が增大する。一方、輝度値変化の少ないブロックに対しては大きなブロックサイズでも歪みを少なくできるので小さなブロックサイズでは効率悪い。したがって、固定ブロックサイズで符号化をすると効率的な情報圧縮があまり期待できない。そこで、あるレンジブロックサイズでフラクタル符号化を行ったときに歪みが一定値より大となった場合には、レンジブロックを分割してサイズを小さくして再度符号化を行うことにする。このような方法を可変レンジブロックサイズフラクタル符号化という。

可変レンジサイズブロックフラクタル符号化の処理の流れを図 5 に示す。まず、サイズ  $x \times y$  のレンジブロックに対してフラクタル符号化を行う。式(2)の  $e^2$  の最小値を求め、これを定められた閾値によって判定しブロックサイズを変更して再度符号化を行う。

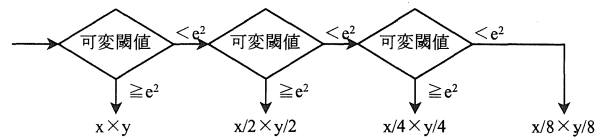


図 5 可変レンジブロックの処理の流れ

平均 2 乗誤差電力  $e^2$  が閾値より小さい場合は設定値より歪が少なかったことになるので、そのブロックサイズで符号化を行う。閾値より大きい場合はブロックサイズを縦横それぞれ半分にしてサイズ  $x/2 \times y/2$  で再び符号化を行う。もし、それでも  $e^2$  が閾値より大ならばブロックを再度縦・横ともにさらに半分に分割し、 $x/4 \times y/4$  のブロックサイズで再び符号化を行う。 $e^2$  が最後まで閾値以下にならなかった場合は最小ブロックサイズ( $x/8 \times y/8$ )で符号化を行う。

## 4. サブバンド分割・合成のあらまし

本論文の提案方式では MC 予測誤差画像に対してサブバンド処理を行う。そこで、ここではサブバンド分割・合成のあらましを説明する。

### 4・1 サブバンド分割

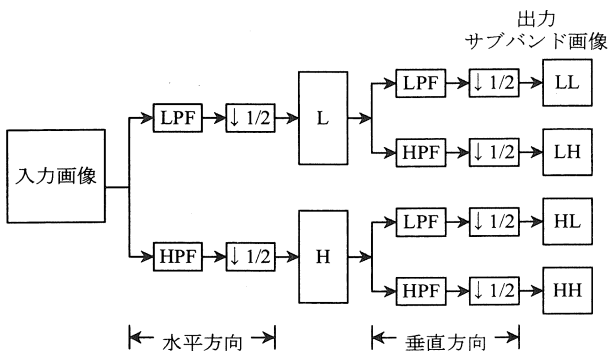
サブバンド分割とは、画像を周波数帯域毎に分割する処理のことである。サブバンド分割の手順を図 6 に示す。

まず、原画像の水平方向の画素値に対し低域通過フィルタ(LPF)と高域通過フィルタ(HPF)を適用する。さらに、

それぞれに対して水平方向に 1/2 ダウンサンプリングを行う。1/2 ダウンサンプリングとは現在のサンプリング周波数の 1/2 でサンプリングすることである。具体的には、画素値を 1 画素おきに間引くことである。

このフィルタリングとダウンサンプリングにより得られた周波数帯域別に分割された低周波数成分と高周波数成分に対して、今度は垂直方向の画素値に対して LPF と HPF を適用する。さらに 1/2 ダウンサンプリングを垂直方向に対して行う。

以上の操作を行うことにより、水平・垂直方向ともに原画像の 1/2 サイズの 4 つのサブバンド画像に分割される。すなわち、LL(水平：低周波数成分、垂直：低周波数成分)画像、LH(水平：低周波数成分、垂直：高周波数成分)画像、HL(水平：高周波数成分、垂直：低周波数成分)画像、HH(水平：高周波数成分、垂直：高周波数成分)画像を得ることができる。



↓1/2 : 1/2 ダウンサンプリング

図 6 サブバンド分割

#### 4・2 サブバンド合成

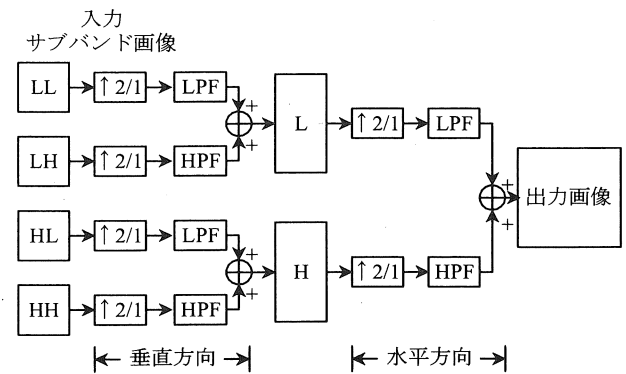
サブバンド合成とは、周波数帯域毎に分割されたサブバンド画像をもとの 1 つの画像に復元させる処理のことである。サブバンド合成の手順を図 7 に示す。

まず、LL 画像、LH 画像、HL 画像、HH 画像に対し、垂直方向に 2/1 アップサンプリングを行う。アップサンプリングとは、現在のサンプリング周波数の倍の周波数でサンプリングすることである。具体的には、単純に 1 画素おきに 0 を挿入して画素数を 2 倍にする。

次にアップサンプリングした画像に対してフィルタリングを行う。LL 画像と HL 画像に対しては LPF を適用し、LH 画像と HH 画像に対しては HPF を適用する。そして、フィルタリング後の LL 画像と LH 画像、HL 画像と HH 画像をそれぞれ足し合わせることで、縦のサイズが 2 倍になった L 画像と H 画像を作成する。

次に、L 画像と H 画像に対して、今度は水平方向に対し 2/1 アップサンプリングを行い、フィルタリング後の L 画像と H 画像を足し合わせることで元のサイズの再

生画像を得る。



↑2/1 : 2/1 アップサンプリング

図 7 サブバンド合成

### 5. 動き補償予測サブバンド・フラクタル符号化

前章までに説明した MC 予測、フラクタル符号化、およびサブバンド分割を組み合わせた新しい動画像符号化方式を提案し、シミュレーション実験によりその特性を評価する。

#### 5・1 符号化アルゴリズム

##### (1) 基本構成

提案方式は、MC 予測誤差画像をサブバンド分割し、フラクタル符号化を行うことを基本としている。図 8 に提案方式の符号化部の構成を示す。まず、ブロックサイズ可変 MC 予測を行い、入力画像と予測画像の差分をとって MC 予測誤差画像を作成する。

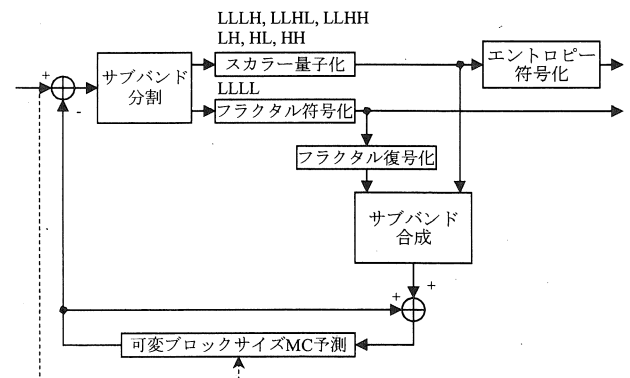


図 8 可変ブロックサイズ MC 予測サブバンド・フラクタル符号化の構成

次に MC 予測誤差画像に対し図 9 のようなサブバンド 7 分割を行う。水平・垂直方向とも最低周波数の LLLL 成分に対しフラクタル符号化を、それ以外の成分に対しスカラー量子化を適用する。

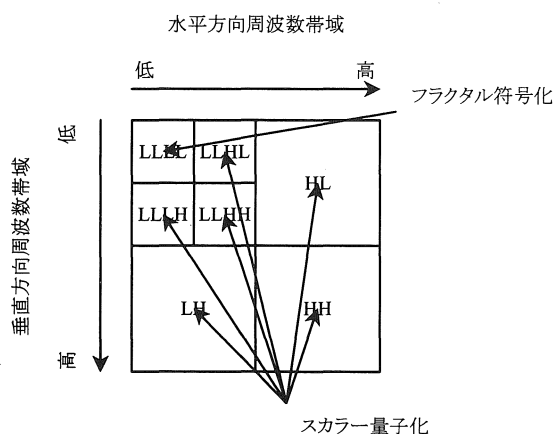


図9 サブバンド7分割の構成

フラクタル符号化された LLLL 成分は復号され、スカラー量子化されたそれ以外の成分以外とともにサブバンド合成され、これと MC 予測画像と足し合わせることで復号画像が得られる。この復号画像は次のフレームの入力画像を MC 予測するために使用される。

(2) 0 閾値処理

フラクタル符号化の性能の向上を狙って本方式では 0 閾値処理とよぶ方法を用いる。図 10 にこれを示す。まず、MC 予測誤差画像のレンジブロックごとに式(3)に示す平均電力を求め、これを定められた閾値(0に置き換えるブロックを判定する閾値)と比較する。もし、平均電力が閾値よりも小さければ、そのブロックの値を全て 0 に置き換える。逆に、平均電力が閾値以上であればフラクタル符号化を行う。

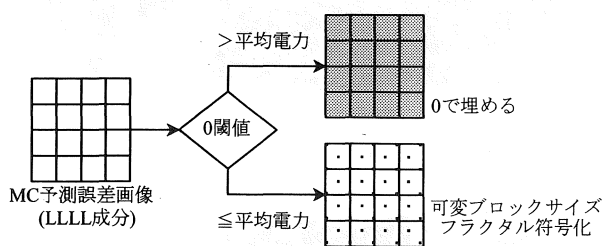


図10 0 閾値処理

$$P = \frac{1}{x \times y} \sum_{i=1}^x \sum_{j=1}^y E_{i,j}^2 \quad (3)$$

- P : 平均電力
- x : レンジブロックの横のサイズ
- y : レンジブロックの縦のサイズ
- $E_{i,j}$  : レンジブロックの MC 予測誤差値

5・2 シミュレーション実験 (1)

— 2 フレーム間での処理 —

動画像の連続する 2 つのフレームを用いてシミュレーション実験を行う。

5・2・1 実験条件

入力画像として Football(720×480、30[fps]、8[bpp])を用い以下の条件でシミュレーション実験を行った。

(1) 提案方式の実験条件

- ・可変ブロックサイズ MC 予測
  - MC ブロックサイズ: 16×16、8×8、4×4 の 3 段階可変
  - 探索範囲: 水平、垂直ともに -16~15 画素
  - 閾値  $T_1$ (図 3 参照): 10~500
  - 閾値  $T_2$ (図 3 参照):  $T_2=T_1$  ( $T_1 \square 50$ )
  - $T_2=2 \times T_1$  ( $50 < T_1 \square 200$ )
  - $T_2=4 \times T_1$  ( $200 < T_1$ )

・フラクタル画像符号化

- レンジブロックサイズ: 4×4、2×2 の 2 段階可変
- 探索範囲: 水平、垂直ともに -16~15 画素
- 回転・鏡像パターン: 8 パターン
- 縮小率 a : 0.5、1.0
- ブロックサイズ可変閾値: LLLH・LLHL における量子化ステップサイズの 1/2 の 2 乗値
- 0 閾値: ブロックサイズ可変閾値と同じ値

・高周波サブバンド量子化ステップサイズ

- LLLH、LLHL の量子化ステップサイズ: 2~20
- LLHH、LH、HL の量子化ステップサイズ: 4~40
- HH の量子化ステップサイズ: 8~80

(2) 固定ブロックサイズ MC 予測サブバンド・フラクタル符号化の実験条件

- ・固定ブロックサイズ MC 予測
  - MC ブロックサイズ: 16×16
  - 探索範囲: 水平、垂直ともに -16~15 画素
- ・フラクタル画像符号化
  - レンジブロックサイズ: 4×4、2×2 の 2 段階可変
  - 探索範囲: 水平、垂直ともに -16~15 画素
  - 回転・鏡像パターン: 8 パターン
  - 縮小率 a : 0.5、1.0
  - ブロックサイズ可変閾値: LLLH・LLHL における量子化ステップサイズの 1/2 の 2 乗値
  - 0 閾値: ブロックサイズ可変閾値と同じ値

・高周波サブバンド量子化ステップサイズ

- LLLH、LLHL の量子化ステップサイズ: 2~20
- LLHH、LH、HL の量子化ステップサイズ: 4~40
- HH の量子化ステップサイズ: 8~80

(3) 固定ブロックサイズ MC 予測フラクタル符号化の実験条件

- ・固定ブロックサイズ MC 予測

- MC ブロックサイズ : 16×16
- 探索範囲 : 水平、垂直ともに -16~15 画素
- ・フラクタル画像符号化の仕様
- レンジブロックサイズ : 16×16, 8×8, 4×4, 2×2  
の4段階可変
- 探索範囲 : 水平、垂直ともに -16~15 画素
- 回転・鏡像パターン : 8 パターン
- 縮小率 a : 0.5, 1.0
- ブロックサイズ可変閾値 : 0~500
- 0 閾値 : ブロックサイズ可変閾値と同じ値

符号化効率の評価として符号化ビットレートと SNR を用いた。符号化ビットレートはエントロピーで評価する。事象  $i$  の発生確率を  $P_i$  とするとエントロピー  $H$  は式(6)で与えられる。  $H$  は 1 画素当りの情報量となる。

$$H = -\sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i \quad [\text{bpp}] \quad (6)$$

$P_i$  : 事象の発生確率  
 $N$  : 事象の数

原画像と再生画像の画素値の差を雑音とすると、SNR は式(7)で与えられる。  $S_{PP}(=255)$  は画像信号(0~255)の pp 値で、  $N_{rms}$  は雑音実効値である。

$$\text{SNR} = 20 \log_{10} \frac{S_{PP}}{N_{rms}} \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

$S_{PP} : 255$

$$N_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (x_{ij} - y_{ij})^2}{I \times J}}$$

$I \times J$  : 総画素数 (本実験では 720×480)  
 $x_{ij}$  : 原画像の画素値  
 $y_{ij}$  : 再生画像の画素値

### 5・2・2 実験結果と考察

提案方式の符号化シミュレーション実験を行った。比較のために固定ブロックサイズで MC 予測を行い、MC 予測誤差に対してフラクタル符号化のみを適用した方式および MC 予測誤差に対してサブバンド・フラクタル符号化を適用した方式についてもシミュレーション実験を行った。

実験結果を図 11 に示す。横軸は現フレーム画像の符号化に要したビットレートで縦軸は現フレーム画像に対する復号フレーム画像の SNR を示す。

本方式は、同ビットレートにおいて固定 MC 予測とフラクタル符号化を組み合わせた方式より SNR が 1~2[dB] 程度向上した。

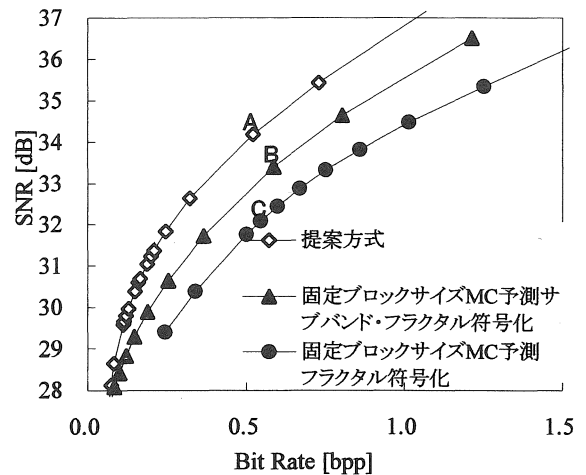


図 11 復号画像の SNR とビットレート

図 11 において点 A、点 B、点 C で符号化を行ったときの再生画像をそれぞれ図 12、図 13、図 14 に示す。図 12 は図 13 や図 14 よりもブロック歪が減少している。特に大きな動きをする部分でブロック歪が無くなり、視覚的に画質が良くなっている。



図 12 提案方式の再生画像

Bit Rate : 0.52[bpp]                      SNR : 34.18[dB]

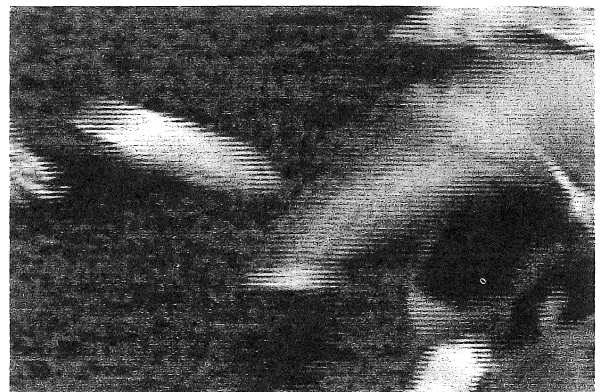


図 13 固定ブロックサイズ MC 予測

サブバンド・フラクタル符号化の再生画像

Bit Rate : 0.58[bpp]                      SNR : 33.39[dB]



図 14 固定ブロックサイズ MC 予測  
フラクタル符号化の再生画像

Bit Rate : 0.54[bp] SNR : 32.08[dB]

5・3 シミュレーション実験 (2)  
- 連続フレームでの処理 -

動画像の連続する複数のフレームを用いてシミュレーション実験を行う。2 フレーム目以降では復号されたフレーム画像を用いて次のフレーム画像を予測・符号化する。

5・3・1 実験条件

入力画像として Football(720×480、30[Frame/sec]、8[bp]、1~19Frame)を用いて、提案方式と MPEG1 においてシミュレーション実験を行った。

・可変ブロックサイズ MC 予測

- MC ブロックサイズ : 16×16、8×8、4×4
- 探索範囲 : 水平、垂直ともに -16~15 画素
- 閾値  $T_1$ (図 3 参照) : 200
- 閾値  $T_2$ (図 3 参照) : 400

・フラクタル画像符号化の仕様

- レンジブロックサイズ : 4×4、2×2
- 探索範囲 : 水平、垂直ともに -16~15 画素
- 回転・鏡像パターン : 8 パターン
- 縮小率  $a$  : 0.5、1.0
- ブロックサイズ可変閾値 : 100
- 0 閾値 : ブロックサイズ可変閾値と同じ値

・高周波帯域の量子化ステップサイズ

- LLLH、LLHL の量子化ステップサイズ : 20
- LLHH、LH、HL の量子化ステップサイズ : 40
- HH の量子化ステップサイズ : 80

5・3・2 実験結果と考察

表 2 に連続フレーム符号化におけるビットレートを示し、図 15 に SNR を示す。図の横軸は再生フレーム画像のフレーム番号を表し縦軸は現フレーム画像に対する再生フレーム画像の SNR を示す。

表 2 符号化ビットレート

	Bit Rate [bp]
MPEG1 (1.5Mbps)	0.145
提案方式	0.144

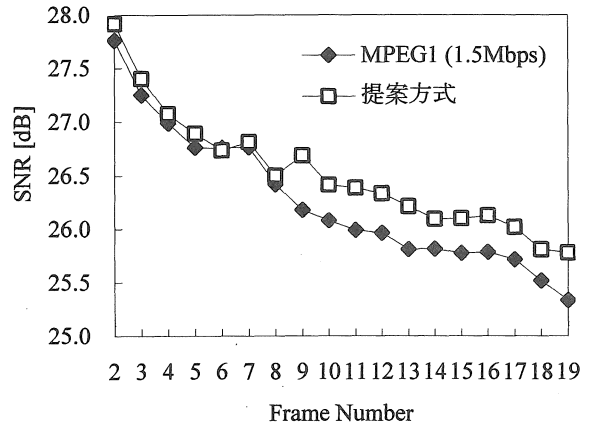


図 15 連続フレーム符号化における SNR

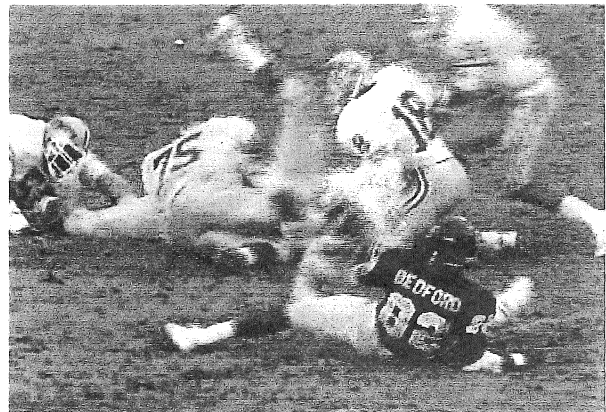


図 16 MPEG1 (1500kbps) の第 19 フレームの再生画像  
SNR : 25.33[dB]



図 17 提案方式の第 19 フレームの再生画像  
SNR : 25.78[dB]

図より提案方式は MPEG1 よりも符号化効率が良いことが分かる。特に後半部分のフレームにおいては約 0.5[dB]ほど画質が良い結果となった。

図 16 と図 17 に MPEG1 と可変ブロックサイズ MC 予測サブバンド・フラクタル符号化の第 19 フレームにおける再生画像を示す。図より MPEG1 ではブロック歪があり、視覚的にも劣化していることが良く分かる。MPEG1 では MC 予測誤差に対して DCT を適用しているため、ブロック歪が生じている。これに対して提案方式ではブロック歪みを軽減することができた。

## 6. むすび

本論文では、可変ブロックサイズ MC 予測誤差画像に対しサブバンド分割と組み合わせたフラクタル画像符号化を行う方式を提案し、計算機シミュレーション実験によりその特性を検討した。提案した方式では、MC 予測誤差画像に対しサブバンド分割を行い、まず 4 つのサブバンドに分割し、分割された LL 成分に対し再びサブバンド分割を行い 7 つのサブバンド画像(LLLL、LLLH、LLHL、LLHH、LH、HL、HH)を作成する。そして、LLLL 成分のサブバンド画像に対してのみ可変レンジブロックサイズフラクタル符号化を行い、他のサブバンド画像に対してはスカラー量子化とエントロピー符号化を行う。従来の固定ブロックサイズ MC 予測誤差に対してフラクタル符号化を組み合わせた方式より同ビットレートで画品質が高い出力画像を得ることができた。また、連続フレームの符号化シミュレーション実験においても MPEG1 と同等のビットレートでより高い SNR を得ることができた。提案

方式はブロック歪を減少することができ、視覚的にも MPEG1 よりも符号化性能の向上ができた。

今後の課題としては、符号化性能の一層の向上と符号化処理の高速化が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 小野定康、鈴木純司:「わかりやすい JPEG/MPEG の技術」, オーム社, 2001 年
- [2] <http://service.jp.real.com/help/faq/surestream.html>
- [3] <http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/video/architectures/RealMedia.html>
- [4] Barnsley, M. F.: "Fractals Everywhere, 2nd ed.", Academic Press, 1993.
- [5] A. E. Jacquin: "Image Coding Based On a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations", IEEE Transactions on Image Processing, Vol.1, No.1, Jan. 1992.
- [6] 貴家仁志:「よくわかるデジタル画像処理」, CQ 出版株式会社
- [5] 坂下, 沢田:「動画像フラクタル符号化の研究」, 1998 年電気通信普及財団, 13-2.
- [6] 坂下義典:「動画像フラクタル符号化の研究」, 平成 9 年度修士論文
- [7] 永井進也:「解像度分割と組み合わせたフラクタル画像符号化」, 平成 12 年度修士論文
- [8] 越智宏、黒田英夫:「JPEG&MPEG 図解でわかる 画像圧縮技術」, 株式会社 日本実業出版社, 1999 年
- [9] 原島博:「画像情報圧縮」, オーム社, 1991 年

(受理 平成15年 3月19日)