

# 輝度・色差成分間の相関を利用したカラー画像の サブバンド・フラクタル符号化

## Subband Fractal Coding of Color Images using Correlations between Y and C Components

中根 勇樹<sup>1)</sup> 中村 栄治<sup>2)</sup> 沢田 克敏<sup>2)</sup>

Yuki NAKANE<sup>1)</sup>, Eiji NAKAMURA<sup>2)</sup>, Katsutoshi SAWADA<sup>2)</sup>

**Abstract** : This paper proposes a new efficient fractal coding scheme for color images and demonstrates its simulation experimental results. The proposed scheme utilizes the correlation between a luminance component (Y) and two color difference components ( $C_b, C_r$ ) in the fractal coding. It also employs subband decomposition and vector quantization. Each input component (Y,  $C_r$ , or  $C_b$ ) is first divided into 7 subband images. The fractal block coding for Y,  $C_r$  and  $C_b$  is carried out only for the lowest frequency subband images. For the other higher frequency subband images, vector quantization (VQ) is carried out. The fractal coded data of Y, except for the range block average pixel values, are applied to fractal coding of  $C_r$  and  $C_b$ . Therefore only the range block average pixel values are coded for  $C_r$  and  $C_b$ . In order to enhance the coding performance further more, the residual differences between the original and reconstructed low frequency subband images are quantized and entropy coded. Computer simulation experiments were carried out in order to evaluate the proposed coding scheme. The results show that the proposed scheme gives better performance compared to the conventional fractal block coding scheme which encodes Y,  $C_r$  and  $C_b$  independently. The proposed scheme also outperforms the JPEG coding scheme.

### 1. はじめに

画像圧縮は、膨大な情報量を持つデジタル画像データの情報量を低減する技術であり、今日ではデジタル画像の伝送や蓄積などにおいて非常に重要な不可欠の技術となっている。静止画の画像圧縮には JPEG 方式が広く使われているが、この JPEG では圧縮率が高い場合にブロック歪みが生じるという問題点がある。このブロック歪みを低減できる符号化方式の一つとして、より自然な形で画像を再生できるフラクタル符号化<sup>[1]</sup>が注目されており、盛んに検討がなされてきている。しかし、これまで、モノクロ画像に対するフラクタル符号化の検討は数多く行われてきたが、カラー画像に対する検討はまだ少ない。そこで本稿では、カラー画像に対する効率的なフラクタル符号化について検討を行う。

カラー画像に対してフラクタル符号化を適用する最も単純な方法は赤 (R)、緑 (G)、青 (B) 3つの色成分に対してそれぞれ独立にフラクタル符号化を行うことであるが、これでは符号化データ量が大きくなってしまい、極めて効率が悪い。この点を改善するために、R、G、B成分

間の色の相関性を用いたフラクタル符号化が提案されている<sup>[9]</sup>が、その符号化性能はまだ十分とは言えない。本稿では、符号化性能をさらに向上させるために、輝度成分 (Y) と色差成分 ( $C_b, C_r$ ) の間の相関を用いたフラクタル符号化を検討し、さらにこれとサブバンドおよびベクトル量子化を組み合わせた方式を提案し、シミュレーション実験によってその特性を明らかにする。

以下、2. ではフラクタル符号化のあらましを説明し、3. では輝度・色差成分間の相関を利用したカラー画像のフラクタル符号化について述べる。4. ではこれとサブバンドおよびベクトル量子化を組み合わせた方式を提案し、その実験結果を述べ、最後に5. で本稿のむすびを述べる。

### 2. フラクタル画像符号化<sup>[1]</sup>の概要

#### 2・1 符号化手順

##### (1) 符号化

図1にフラクタル画像符号化の方法を示す。符号化対象画像を  $N \times N$  の大きさの互いに重なり合わない領域 (レンジブロック) に分割し、レンジブロック単位に符号化を行う。

まず、レンジブロックを中心とした任意の定められた範囲の領域 (ドメインプール) から  $2N \times 2N$  のブロック (ド

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

メインブロック)を切り出し、それを水平・垂直方向に対して1/2のサイズに縮小し、N×Nの縮小ドメインブロックを作成する。縮小は4点の画素値を平均し、それを縮小ドメインブロックの画素値とする。次に表1のように、縮小ドメインブロックの中心点を原点として0°・90°・180°・270°回転を行ったパターンと、0°・45°・90°・135°方向の中心軸に対する鏡像を行ったパターンの計8パターンを作成する。さらに、それぞれのパターンに画素振幅方向の縮小率をかける。(縮小率の値は任意であり、通常は1前後である。)そして以下の式(1)を用い、レンジブロックと縮小ドメインブロックの2乗平均誤差を求め、値が最も小さいパターンを選択する。ここで、その選択したドメインブロックの座標位置(x, y)、回転・鏡像のパターン、縮小率の値、レンジブロックの平均輝度値を符号化データとし、それに対応する2乗平均誤差とともにメモリに保存しておく。この操作をドメインプール内でドメインブロックの位置を変えながら繰り返し行い、保存してある2乗平均誤差より小さい値を示すものが現れたらそれと置き換えを行うことで、最適な符号化データを求める。

$$\overline{e^2} = \frac{1}{N \times N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [R_{i,j} - (a \times D'_{i,j} + d)]^2 \quad (1)$$

- $\overline{e^2}$  : 2乗平均誤差
- N : レンジブロックサイズ
- $R_{i,j}$  : レンジブロック内の点(i,j)の輝度値
- $D'_{i,j}$  : 回転鏡像変換した後の縮小ドメインブロックにおける点(i,j)の輝度値
- $\overline{R}$  : レンジブロックの平均値
- $\overline{D'}$  : 回転鏡像変換後の縮小ドメインブロックの平均値
- $d = \overline{R} - a \times \overline{D'}$
- a : 縮小率
- d : 平均値シフト量

表1 8種類の回転・鏡像変換パターン

	1	2	3	4	5	6	7	8
回転	0°	90°	180°	270°				
鏡像					0°	45°	90°	135°

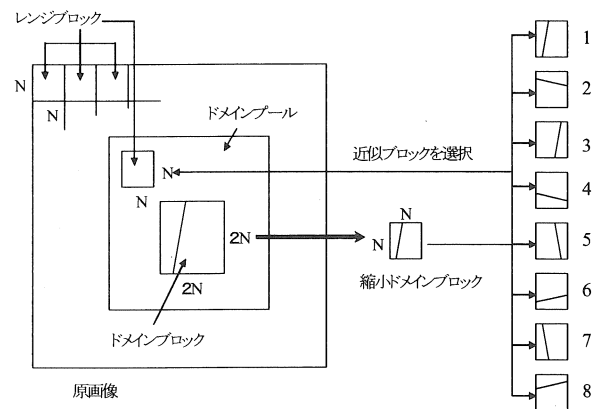


図1 フラクタル画像符号化

(2) 復号化

復号化では、任意の初期画像を用意し、これを符号化側と同じレンジブロックに分割する。レンジブロック単位に符号化データの位置情報にもとづいて2N×2Nのドメインブロックを切り出し、符号化側と同じ処理で縮小ドメインブロックを作成する。次に、その縮小ドメインブロックに対して符号化データにもとづき回転・鏡像変換と縮小率変換を行う。最後に、縮小ドメインブロックの平均輝度値とレンジブロックの平均輝度値の差を縮小変換ドメインブロックに加え、対応するレンジブロックの位置に格納する。以上の処理を全てのレンジブロックに対し行うことにより第一回目の復号画像を得る。この画像に対して再び上と同様な処理を行う。以上の操作を複数回繰り返すことによって、最終的に収束した復号画像を得る。

2・2 可変レンジブロックサイズフラクタル符号化

(1) 概要

通常の画像は、その中に輝度変化の単純な形の部分・複雑な形の部分などのいろいろな部分を有している。フラクタル符号化を行う場合、輝度変化の単純な形の部分では精度の高い近似ブロックを探索することは比較的容易であるが、複雑な形の部分では困難であり、復元したときに再現性が悪くなってしまうことがある。復元画像の再現性を良くするためにはレンジブロックサイズを小さくする必要はあるが、画像全体を小さいレンジブロックでフラクタル符号化を行うと符号化情報量が増えて効率が悪くなる。この問題を改善する方法として、可変レンジブロックフラクタル符号化がある。これは複雑な形の部分ではブロックサイズを小さく分割し、一方、単純な形の部分では大きいブロックサイズのままフラクタル符号化を行う方法であり、より効率の良い符号化を行うことができる。

(2) 符号化手順

まずはレンジブロックサイズ N×N の大ききでフラクタル符号化処理を行う。そのブロックの2乗平均誤差(式

1) が、定められた閾値以下である場合は符号化処理を終了し、次のブロックへ移る。しかし、2乗平均誤差が閾値より大きい場合には、図2に示すようにブロックサイズを水平・垂直方向に対して1/2サイズの4つのブロックに分割し、それぞれのブロックで同様のフラクタル符号化処理を行う。分割したそれぞれのブロックで、再び2乗平均誤差が閾値より大きくなった場合はさらにブロックを分割する。ただし、ブロック分割する前よりも2乗平均誤差が逆に大きくなった場合は元のブロックサイズに戻る。このようにして、ブロックの2乗平均誤差が閾値以下になるか、定められた最小ブロックサイズになるか、または定められたブロック分割回数になるまで繰り返し分割処理を行う。

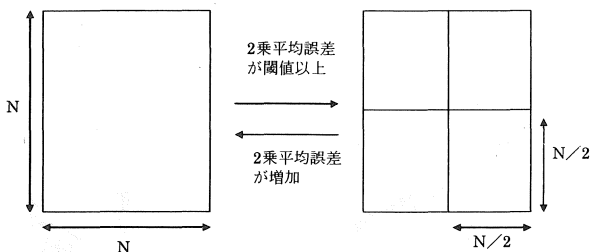


図2 可変レンジブロックの分割方法

### 3. 輝度・色差成分間の相関を利用したフラクタル符号化

一般にカラー画像<sup>[7]</sup>は R、G、B の3つの色成分から構成されているが、今回はこれを輝度成分 Y と2つの色差成分  $C_b$ 、 $C_r$  に変換し、各成分に対してフラクタル符号化を行う。

従来方式のカラー画像のフラクタル符号化では Y、 $C_b$ 、 $C_r$  成分に対して独立にフラクタル符号化を行っていたために情報量が増大してしまっただ。この改善方法としてここでは Y、 $C_b$ 、 $C_r$  成分間の相関を利用したカラー画像のフラクタル符号化を提案する。

#### 3・1 輝度・色差成分間の相関の利用

カラー画像の成分を輝度・色差信号に変換した場合、Y 成分は明るさ、 $C_b$ 、 $C_r$  成分は色合いを示し、符号化を行うときは Y 成分が符号量の大部分を占めている。ここで、Y、 $C_b$ 、 $C_r$  のそれぞれの成分は色の明るさや色合いの違いを示すものであり、各成分の画像形状は互いに類似している。フラクタル符号化データのうちで平均輝度値を除く、位置情報・レンジブロックサイズの情報・回転鏡像パターン情報の符号化データは画像形状に対応するものである。このことを利用し、 $C_b$ 、 $C_r$  成分では平均輝度値のみを符号化し、それ以外の符号化データは Y 成分の

符号化データを利用することで情報量の削減を行い、符号化性能の向上を図る。

#### 3・2 符号化手順

ここで提案する輝度・色差成分間の相関を用いたフラクタル符号化では、Y 成分に対してはレンジブロック毎に従来と同じフラクタル符号化を行う。一方、 $C_b$ 、 $C_r$  成分に対しては、図3に示すように対応する同じ位置における Y 成分のブロックサイズ情報を用いて同じブロックに分割し、それぞれのブロックの平均輝度値のみ符号化を行う。復号化では、Y 成分は従来と同じ方法でフラクタル復号化を行い、 $C_b$ 、 $C_r$  成分は符号化された平均輝度値と Y 成分の平均輝度値以外のフラクタル符号化データを用いて、フラクタル復号化を行う。図4に輝度・色差成分間の相関を利用した方式の符号化・復号化の流れを示す。

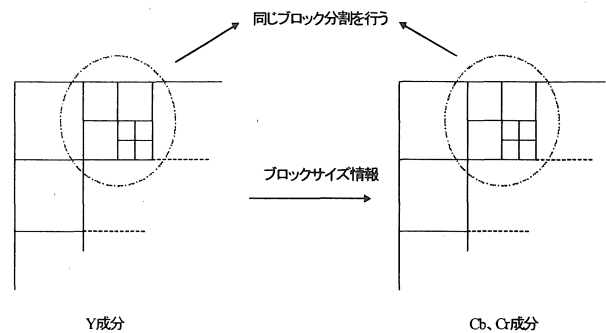


図3 輝度・色差成分間の相関を利用した時の各成分のブロック構成

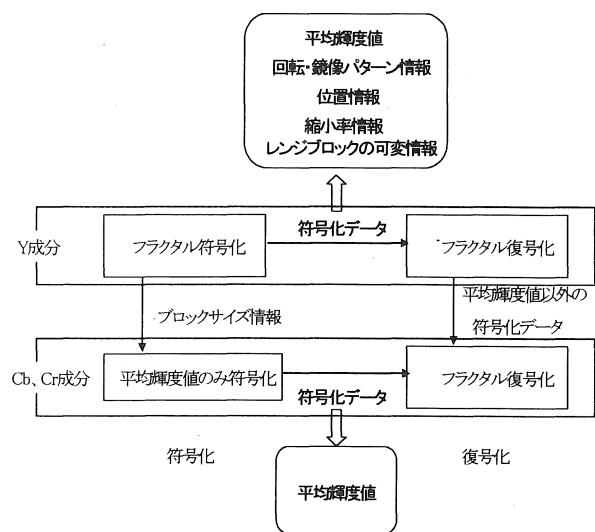


図4 輝度・色差成分間の相関を利用したカラー画像のフラクタル符号化・復号化の流れ

### 3・3 輝度・色差成分間の相関を利用した方式のシミュレーション実験

#### (1) 実験内容

輝度・色差成分間の相関を用いたカラー画像のフラクタル符号化の符号化性能を調べる。本方式と従来方式 (Y、C<sub>b</sub>、C<sub>r</sub>成分を独立にフラクタル符号化) 及び JPEG 方式との比較を行い、効果を検証する。

#### (2) 実験条件

評価画像は Lenna である。フラクタル符号化の共通の実験条件を表 2 に示す。輝度・色差成分間の相関を用いた方式の実験条件を表 3 に、従来方式の実験条件を表 4 に示す。

##### 1) 符号化性能評価

本稿では、シミュレーション実験での性能評価として、偏りのある符号化データに対してエントロピー  $H$  を用いて情報量を表しており、画質は SNR で評価している。これらの計算式を以下の式 (2)、(3) に示す。

・エントロピー

$$H = -\sum_{i=0}^n P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

$P_i$  : 各画素値の発生頻度  $n$  : 画素の数

・SNR

$$SNR = 20 \log_{10} \frac{S_{p-p}}{N_{rms}} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

$$S_{p-p} = 255$$

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

$x_{ij}$  : 原画像の画素値

$x'_{ij}$  : 復号画像の画素値

$I \times J$  : 総画素数

##### 2) フラクタル符号化に追加した方法

本稿のフラクタル符号化では 2 画素精度探索と平均輝度値に対して DPCM を用いている。

##### ・2 画素精度探索

従来のフラクタル符号化ではドメインプール内の探索でドメインブロックの位置を水平・垂直方向に 1 画素ごとにずらしながら行う方式が多い。これに対して本実験では 2 画素ごとにずらし行う 2 画素精度探索を用いる。予備実験の結果、1 画素精度より符号化効率が良いことが確かめられている。

##### ・平均輝度値への DPCM の適用

隣接するレンジブロック間での平均輝度値の類似性を利用し、平均輝度の符号化には DPCM を適用し、量子化・可変長符号化を行うことで情報量の削減をする。

・評価画像 (図 5 参照)

Lenna 画像サイズ : 512×512

ビット数 : 24 [bit / color pixel]

使用画像はカラー画像であるので総画素数はモノクローム画像の 3 倍となり、1 画素あたり 24 [bit / color pixel] となる。



図 5 評価画像 (Lenna)

表 2 共通の実験条件

ドメインプールサイズ	-8 ~ +7	
ドメインブロックの探索精度	2 画素精度	
回転鏡像パターン	8 パターン	
復号回数	10 回	
縮小率	0.5 、 1.0	
ブロックサイズ可変閾値	10 ~ 400	
平均輝度値の DPCM 量子化ステップサイズ	Y 成分 C <sub>b</sub> 、C <sub>r</sub> 成分	4

表 3 輝度・色差成分間の相関を用いた方式のレンジブロックサイズ

レンジブロックサイズ	8×8、4×4、2×2
------------	-------------

表 4 従来方式のレンジブロックサイズ

レンジブロックサイズ	Y 成分	16×16、8×8、4×4
	C <sub>b</sub> 、C <sub>r</sub> 成分	8×8、4×4、2×2

### (3) 実験結果と考察

実験によって得られた符号化特性を図 6 に示す。輝度・色差成分間の相関を利用した方式の方が従来方式に比べ、同一ビットレートに対して SNR を約 1 [dB] 向上させることができ、この方式が有効であることがわかる。しかし、JPEG 方式と比較すると符号化性能が少し及ばなかった。

図 7 に輝度・色差成分間の相関を利用した方式の再生画像を、図 8 に JPEG 方式の再生画像を示す。二つを比較すると JPEG 方式の方が肌の細かい部分がきれいに復元されていることがわかる。

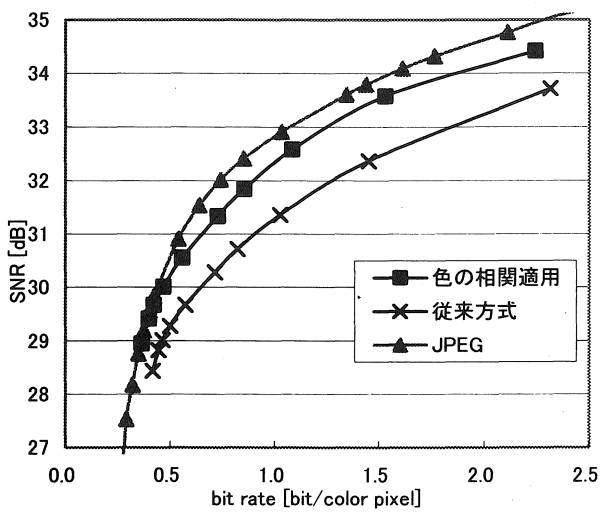


図 6 輝度・色差成分間の相関を利用した方式と従来方式、JPEG 方式との比較



図 7 輝度・色差成分間の相関を利用した方式の再生画像  
bit rate : 1.53 [bit / color pixel]  
SNR : 33.58 [dB]



図 8 JPEG 方式の再生画像  
bit rate : 1.44 [bit / color pixel]  
SNR : 33.79 [dB]

## 4. 輝度・色差成分間の相関を利用したサブバンド・フラクタル符号化<sup>[10]</sup>

前章で検討した  $Y$  と  $C_b$ 、 $C_r$  成分間の相関を用いたフラクタル符号化方式は 3 成分を独立に符号化する従来方式よりも符号化性能を向上させることができたが、JPEG 方式の符号化性能にはわずかに達することはできなかった。そこで、さらに符号化性能の向上を図るためにサブバンド分割、高周波サブバンド領域へのベクトル量子化の適用、さらに低周波領域への差分データ符号化の適用を検討する。

### 4・1 サブバンド<sup>[5]、[6]</sup>分割の適用

前章では  $Y$ 、 $C_b$ 、 $C_r$  成分全てに対して同一画像サイズでフラクタル符号化を行っていた。しかし、JPEG 方式では  $C_b$ 、 $C_r$  成分の画素を間引いて水平、垂直方向のサイズを  $1/2$  にしているため、前章の方式では JPEG 方式の符号化性能には及ばなかった。この点を改善するために符号化対象画像を低周波領域と高周波領域に分割するサブバンド分割を適用し、 $C_b$ 、 $C_r$  成分の画素サイズを  $1/2$  に縮小する。低周波領域には画像の電力が集中しているため、低周波領域の符号化情報量の比重を大きくし、高周波領域の符号化情報量を小さくすることで全体としての符号化効率を上げることができる。また、 $Y$ 、 $C_b$ 、 $C_r$  成分間では  $Y$  成分に電力が集中しているため、高周波領域の符号化データとして  $Y$  成分の割合を多くすることでさらに符号化効率を向上させることができる。今回は低周波領域に対してのみ前章で示した輝度・色差成分間の相関を利

用したフラクタル符号化を適用する。なお、サブバンド分割について今回は図9のサブバンド7分割を行う。図9のそれぞれ領域の記号については次の通りである。

- ・ LL 領域 : 水平、垂直方向両方ともに低周波領域
- ・ HL 領域 : 水平方向が高周波領域  
垂直方向が低周波領域
- ・ LH 領域 : 水平方向が低周波領域  
垂直方向が高周波領域
- ・ HH 領域 : 水平、垂直方向ともに高周波領域

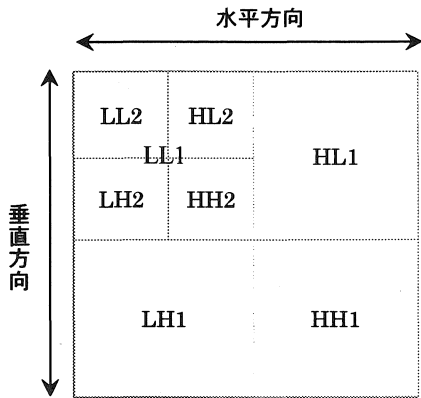


図9 サブバンド7分割

4・2 高周波領域へのベクトル量子化の適用

通常のベクトル量子化 (VQ) [3], [4], [8]は画像の全てのブロックに対して処理を行う。しかし、サブバンド分割により抽出した高周波領域は輪郭やエッジの部分以外は画像の変化が少なく、画素値も0を中心とした頻度分布になっているため、通常のVQを行うと符号化効率が悪い。そこで高周波領域に対してはブロックの平均電力が閾値より大きい場合はVQを適用し、一方、閾値以下の場合にはVQを適用せずに全て0の値とする。そして、VQのインデックスの値に変長符号を用いる。こうすることで符号化効率を向上させることができる。またVQではレベル数が大きくなると符号化時間が増大するが、今回の方法では閾値以下のブロックにはVQを行わないため、符号化時間を低減させることができる。以上の手順を図10に示す。

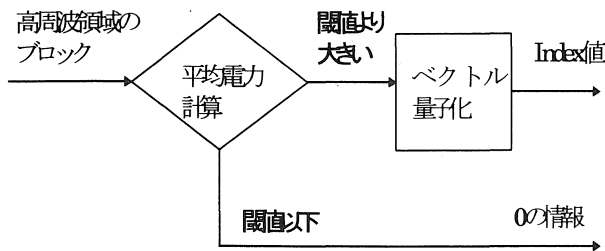


図10 閾値判定を用いたベクトル量子化の手順

復号化側ではVQを行う／行わないの判定のために各ブロックに対し1ビットの情報量が必要となる。この情報量の削減を行うために、コードブックの変更を行う。通常のコードブックは次元数、レベル数に応じた構成になっており、コードブックの中身は作成したときの学習系列によるものとなる。今回は、コードブックの最初の代表ベクトルの要素をすべて0に置き換え、これをVQを行わないブロックに対して用いる。こうすることで判定条件の情報量1ビットを削減できる。コードブックの変更例を図11に示す。なお、この方法では4、8などの小さいレベル数のコードブックを変更してベクトル量子化を行った場合、コードブックの代表ベクトル1つにかかる比重が大きいため符号化性能が悪くなってしまいます。しかし、このような小さいレベル数のコードブックを使用することがほとんどない。大きいレベル数では1つの代表ベクトルに対する比重は小さいためこの変更による影響はそれほどなく、今回の方法が可能となる。

1		2		1024	
0	0	81.2	-16.2	21.9	20.9
0	0	82.8	-16.8	-118.0	-116.0

すべてに変更する

図11 コードブックの変更 (次元数4、レベル数1024の場合)

4・3 低周波領域への差分データ符号化の適用

サブバンド分割によって抽出された低周波領域には電力が集中しており、この領域の復号画像によって画像の品質の良し悪しが大きく左右される。前節までは最低周波領域に可変レンジブロックフラクタル符号化を行ってきたが、復号画像の再現性に限界がある。そこで、さらに画像の品質向上を行うために原画像と復号画像との差分データを追加して符号化する方式を検討した。原画像のサイズでは差分データが大きくなってしまいが、低周波領域だけならば差分データ量も小さくなる。

まず通常通り符号化を行い、次に符号化側で低周波領域のみ復号化を行う。そこで、原画像の低周波領域と復号した低周波領域の差分データを求め、これに対してスカラー量子化、可変長符号化を行う。

4・4 提案方式の符号化手順

提案方式の符号化部の構成を図12に示す。

$Y$ 、 $C_b$ 、 $C_r$ 、それぞれの成分に対し図9に示したよう

にサブバンド7分割を行う。Y成分については、LL2領域に対して可変レンジブロックフラクタル符号化を行う。それ以外の全ての領域に対しては閾値を適用したベクトル量子化と可変長符号化を行う。次に、LL1領域を符号化側で復号化し、原画像のLL1領域との差分データを求める。この差分データに対してスカラー量子化と可変長符号化を行う。

$C_b$ 、 $C_r$ 成分については、LL2領域に対してY成分の可変レンジブロックサイズ情報を用い、対応するブロックに対して平均輝度値のみの符号化を行う。HL2、LH2、HH2領域には閾値を適用したベクトル量子化と可変長符号化を行い、それ以外のHL1、LH1、HH1領域はカットする。カットした部分は復号化側では0の値を入れて再生する。次にLL2領域を符号化側で復号化し、原画像のLL2領域との差分データを求め、この差分データに対してスカラー量子化と可変長符号化を行う。

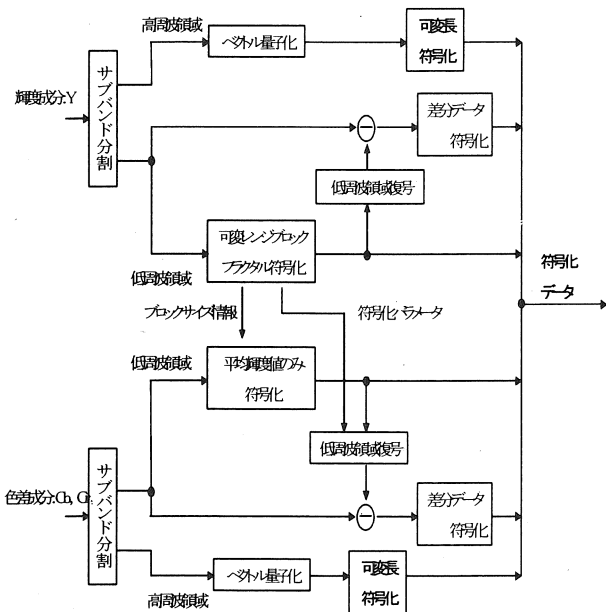


図12 提案方式の符号化部の構成

4・5 シミュレーション実験

(1) 実験内容

輝度・色差成分間の相関を利用し、さらにサブバンド分割と低周波領域に差分データ符号化を用いた方式の効果をシミュレーション実験により検証する。前章のサブバンドを用いない方式及びJPEG方式との比較も行う。

(2) 実験条件

評価画像はLenna画像である。提案方式の実験条件を表5、6、7に示す。従来の方式および輝度・色差成分間の相関だけを利用した方式の実験条件は3.3と同じである。

・評価画像 (図5参照)

Lenna 画像サイズ: 512×512

ビット数: 24 [bit / color pixel]

表5 フラクタル符号化の実験条件

レンジブロックサイズ	4×4、2×2	
ドメインプールサイズ	-8 ~ +7	
ドメインブロックの探索精度	2画素精度	
回転鏡像パターン	8パターン	
復号回数	10回	
ブロックサイズ可変閾値	25	
縮小率	0.5、1.0	
平均輝度値のDPCM量子化ステップサイズ	Y成分	4
	$C_b$ 、 $C_r$ 成分	

表6 ベクトル量子化の実験条件

次元数 : 4		レベル数	閾値
HL1、LH1、HH1領域	Y成分	64 ~ 1024	10 ~ 100
	$C_b$ 、 $C_r$ 成分	カット	
HL2、LH2、HH2領域	Y成分	64 ~ 1024	10 ~ 100
	$C_b$ 、 $C_r$ 成分	64 ~ 1024	10 ~ 100

表7 差分データの量子化

		量子化ステップサイズ
Y成分	LL1領域	1 ~ 100
$C_b$ 、 $C_r$ 成分	LL2領域	1 ~ 1500

(3) 実験結果

実験によって得られた符号化性能を図13に示す。提案方式では前章で示した輝度・色差成分間の相関を用いた方式に比べ、さらに符号化性能を向上させることができ、従来方式と比較するとSNRを約2[dB]向上させることができた。また、JPEG方式と比較しても提案方式の方が符号化性能を上回ることができた。

図14に提案方式の再生画像を、図15に従来方式の再生画像を示す。従来方式に比べ提案方式の方が肌の部分が細かく復元されたことがわかる。

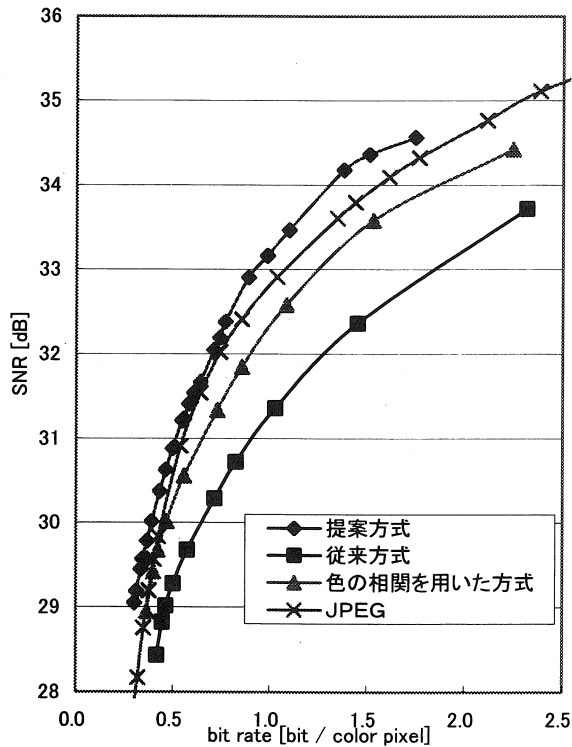


図13 提案方式、従来方式と JPEG 方式の比較

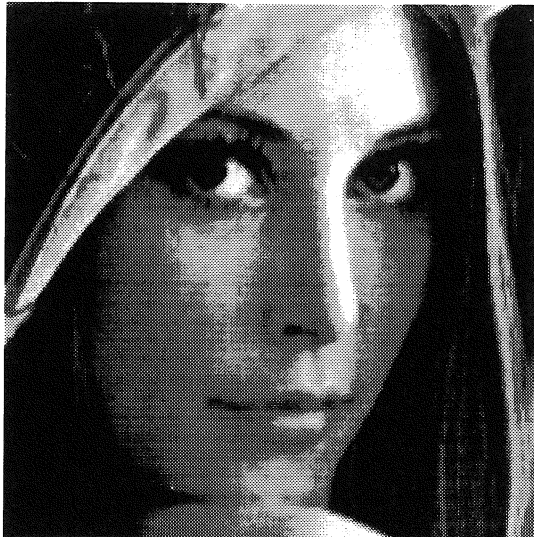


図14 提案方式の再生画像  
bit rate : 1.15 [bit / color pixel]  
SNR : 34.36 [dB]



図15 従来方式の再生画像  
bit rate : 1.45 [bit / color pixel]  
SNR : 32.36 [dB]

## 5. むすび

カラー画像に対するフラクタル符号化の性能向上を目的として新しい符号化方式を提案し、計算機シミュレーション実験によってその特性を検討した。まず  $Y$ 、 $C_b$ 、 $C_r$  成分間の相関を利用したフラクタル符号化を行った。 $Y$  成分に対しては可変サイズレンジブロックのフラクタル符号化を行い、 $C_b$ 、 $C_r$  成分に対しては  $Y$  成分の可変サイズ情報を平均輝度値だけを符号化している。本方式により各成分を個別に符号化する従来方式と比べ符号化性能が向上する結果が得られたが、JPEG 方式の符号化性能には及ばなかった。そこで、さらに符号化性能を向上させるためにサブバンド7分割を適用した。 $C_b$ 、 $C_r$  成分は情報を削減するために、画素サイズを  $1/2$  にした。最低周波領域に対して輝度・色差成分間の相関を利用したフラクタル符号化を行い、高周波領域には閾値を用いたベクトル量子化を行った。また、画像の品質をさらに向上させるために低周波成分に対して差分データ符号化を適用した。実験の結果、サブバンドを用いない方式に比べ、提案方式の方が符号化性能をさらに向上させることができた。さらに JPEG 方式よりも良い特性が得られた。

今後の課題としては、提案方式の有効性を確かめるためにさまざまな画像で実験を行う必要がある。また、さらなる符号化特性の向上と、フラクタル符号化の問題点である符号化時間の削減の検討も必要である。



## 参考文献

- [1] Arnaud E. Jacquin, "Fractal Image Coding : A Review", Proceeding of The IEEE, vol. 81. no. 10 Oct. 1993, pp.1451-1465.
- [2] Y. Zhang and L. Po "Fractal color image compression using vector distortion measure. "In International Conference on Image Processing, vol.3. pp.276-279, 1995.
- [3] Y. Linde, A. Buzo, and R. Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans. Commun., vol.COM-28, no.1, pp.84-95, Jan.1980.
- [4] N. M. Nasrabadi and R. A. King, "Image Coding Using Vector Quantization: A Review", IEEE Trans. Commun. vol.COM-36, no.8, pp.957-971, Aug.1988.
- [5] J. W. Woods and Sean D. O'Neil, "Subband Coding of Images," IEEE Trans. on Acoust, Speech and Signal Processing, vol.ASSP-34, pp.1278-1288, Oct 1986.
- [6] H. Gharavi and A. Tabatabai, "Sub-band Coding of Monochrome and Color Images, " IEEE Trans. Acoust, Speech and Signal Processing, vol. ASSP-34, pp.178-1288, ct. 1986.
- [7] 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1月
- [8] 原島 博、「画像情報圧縮」オーム社、1992年
- [9] 郭 有成、佐藤 和弘:「色の相関性とフラクタル符号化を用いた画像圧縮」、電子情報通信学会 2001年度総合大会、D-11-5、2001-3
- [10] 中根 勇樹、中村 栄治、沢田 克敏:「輝度・色差成分間の相関を利用したカラー画像のサブバンド・フラクタル符号化」、電気情報通信学会 2003年度総合大会、D-11-50、2003-3

(受理 平成15年3月19日)