

四分木を用いたウェーブレット帯域分割画像の フラクタル圧縮

木村 貴文

篠原 克幸

淀川 英司

工学院大学大学院 情報学専攻
〒163-93 新宿区西新宿 1-24-2

Abstract

フラクタル圧縮は高圧縮で符号化できるため新しい符号化の1つとして注目されている。しかし、この符号化は符号化時間が長く、復元された画像の画質に問題がある。自然画像の自己相似性には限界があり、そのまま符号化しても効率があがらないため、画像をウェーブレット変換で自己相似性が高い帯域分割の画像に変換し、それを四分木を用いたフラクタル圧縮するという符号化法を提案する。この手法により再生画像が視覚的に良好な画像を得ることを示す。

On Fractal Coding Using Quadtree for Wavelet Transform Coefficients

Takafumi Kimura

Katsuyuki Shinohara

Eiji Yodogawa

Graduate Course of Informatics, Kogakuin University
1-24-2 Nishi-shinjuku Shinjuku-ku, Tokyo 163-91 Japan

Abstract

The fractal coding offers high compression ratios. However, because this coding method is based on the assumption that images possess some form of self-similarity, a disadvantage lies in long search time for domain blocks. In this paper, a fractal coding using quadtree for wavelet transform coefficients of images is examined and some properties of reconstructed images are investigated, and it is shown that the proposed method is very effective.

1 はじめに

新しい画像の符号化法としてフラクタル圧縮やウェーブレット変換による符号化法が注目されている。フラクタル圧縮は画像を高エネルギーに符号化することができ、ウェーブレット変換による符号化は、従来のDCTを用いた符号化で問題になっているモスキート雑音やゆがみなどが現れないため視覚的に優れた復元特性を得ることができる。

また、超低速、アナログ電話回線および携帯電話対応の動画の伝送には、従来の技術では映像の提供が困難なため、かなり高い圧縮をかけなくてはならず、高エネルギー圧縮ができるフラクタル符号化の動画への適用について研究が現在行われている。

ウェーブレット変換によって分割された帯域は高周波帯域が原画像の輪郭部分を表していて、低周波帯域は画像全体の情報を表している。高周波帯域の絶対値の大きな部分を忠実に再生することにより復元された画像の特性は良好なものになる。そこで、低周波帯域には予測符号化を使い、高周波帯域は絶対値の大きな部分を抽出し、それに従い四分木によるフラクタル圧縮を行う符号化方式を検討する。それにより、本方式が視覚的特性が良好な再生画像を得ることができることを示す。

2 ウェーブレット変換帯域分割の特性

ウェーブレットフィルタによって入力画像を幾つかの帯域に分割する。これらの帯域分割された信号の特徴は以下のようなものである。

- 最も低い周波数帯域は画像の全体的情報を含み、その他の高周波帯域は輪郭の情報を含んでいる。
- 視覚的特性は低周波帯域ほど再生画像に与える影響が大きい。

LL2	HL2	HL1
LH2	HH2	
LH1		HH1

図 1: 帯域分割

- 高周波帯域では変換係数の絶対値の大きなものほど視覚的特性に与える影響は大きい。
- HL成分には縦方向の輪郭の情報が、LH成分には横方向の輪郭の情報が、HH成分には斜めの輪郭成分が現れている。

図 1 に示しているのが、周波数帯域ごとに分割されたものであり、このときHH1,HL1,LH1が属しているのがレベル1であり、HH2,HL2,LH2が属しているのがレベル2であるとする。

3 フラクタル画像符号化の一般的方法

フラクタル圧縮の考え方はM.F.Barnsleyによって自然画像の自己相似性を利用して、圧縮したのをきっかけに発展したものである。まず、画像を $B \times B$ の重ならないブロックに分割する(ドメインブロック)。また、 $2B \times 2B$ のブロックに分割し(レンジブロック)、ドメインブロックとレンジブロックからIFS(反復関数システム)パラメータを見つける。各レンジブロックに対して、ドメインブロックはできる範囲の集合の中から最適なブロックを探索する。

フラクタル符号化の特徴は解像度に依存しないということである。符号化のときに用いた解像度と復元時における解像度は必ずしも一致しなくてもよい。拡大しながら復元しても

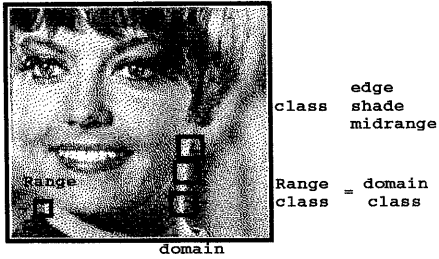


図 2: 符号化の方法 (A.E.Jaquin の方法)

視覚的に受け入れられるほどの特性をもっている。

この方法は符号化に非常に時間がかかるといふ欠点があり、改善するためにブロックのクラス分けが提案されている。A.E.Jaquinはこのクラス分けにエッジ、シェードおよびミッドレンジというクラスを使っている。ドメインブロックの探索には、レンジブロックと同じクラスのブロックだけを用いて符号化する。(図 2)

4 本方式の概要

本方式は図 3 に示すようにウェーブレット変換による画像の帯域分割をして、最も低い周波数帯域で予測符号化、残りの帯域に対してはフラクタル画像圧縮を用い、符号化するという過程からなっている。ウェーブレット変換によって分割された帯域の高周波領域においては変換係数の絶対値の大きな部分が重要な情報であると考えられるため、その部分をあらかじめ抽出し、それをもとに四分木を適用し、それら情報の集まっている部分を忠実に再生するようにしている。

符号化は以下に示すプロセスに分けることができる。

- 1) 原画像をウェーブレット変換で周波数帯域ごとに 7 つ帯域に分割。
- 2) 各レベル、各帯域ごとに閾値により、信号の絶対値が大きな部分を抽出。

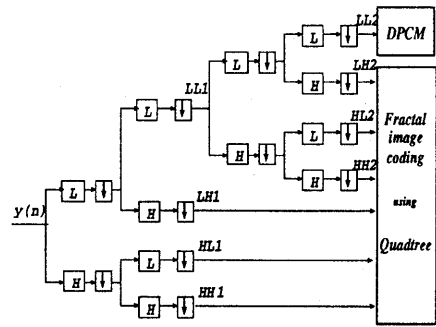


図 3: 符号化の手順

- 3) 抽出された情報に従い、帯域分割画像を四分木で分割。

- 4) フラクタル圧縮。

以下それぞれの手法について述べることにする。

4.1 帯域分割

本方式ではウェーブレット変換には直交フィルタである Daubechies の 4 タップを用いて、以下のような処理を行い帯域分割をする。

- 1) まず画像を水平方向にサンプリングしてフィルタ処理を行い 2 つの帯域に分割する。それを 2 : 1 にダウンサンプリングを行う。
- 2) さらに垂直方向に対してフィルタ処理し、それを 2 : 1 にダウンサンプリングを行う。
- 3) これによって 4 つの帯域に分割される。次に低周波領域の帯域 (LL 画像) について、1) と 2) の操作を繰り返す。7 帯域に分割する。

4.2 輪郭部分の抽出

分割された帯域の高周波成分には輪郭の情報が含まれている。変換係数上の絶対値の大

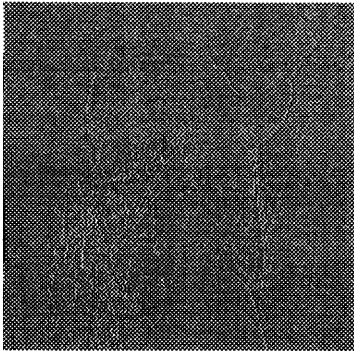


図 4: 分割された帯域 (HL1)



図 6: 輪郭画像

きな部分がそれである。ウェーブレット変換を用いた符号化ではこの部分を忠実に復元することにより再生された画像は視覚的特性の良好な画像になる。ここではこれを抽出するためにある閾値 t を設定し、図 4 のような帯域から図 5 のように絶対値が閾値 t 以上となる部分を抽出する (輪郭画像 (図 6) とする)。

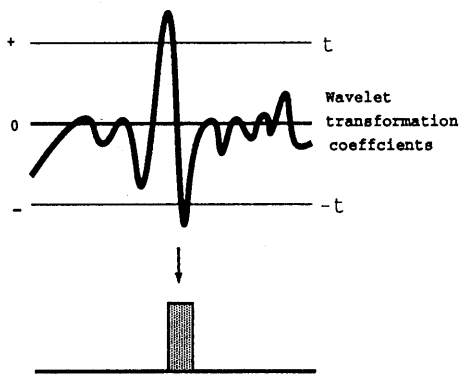


図 5: 輪郭部分の抽出

のブロックの中にある輪郭情報の画素数が q 以下になるように四分木によって分割していく。このことにより、抽出された画像の輪郭の込み具合の程度によって、四分木に分割していく。これにより、フラクタル圧縮では輪郭が混み合っている部分ではレンジブロックのサイズが小さいものとなるので忠実な符号化を行うことができると思われる。図 6 を用いて四分木に分割した様子を図 7 に示す。

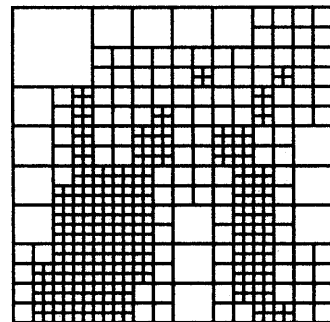


図 7: 四分木による分割

4.3 四分木

四分木に分割するため別の閾値 q を用意する。4.2 で抽出された輪郭画像において一つ

4.4 フラクタル符号化

フラクタル符号化について述べる。四分木に分割された状態でひとつのブロックをレン

ジブロックとする。このときレンジブロックのサイズを $B \times B$ で分割する。次に、画像を $2B \times 2B$ のドメインブロックに分割し、アフィン変換を施し、その写像をレンジブロックと比較する。このときの誤差が最小になるドメインブロックの位置情報およびそのとき用いた変換式のパラメータを符号として格納する。画像全体に対してこの処理を行う。このとき符号化時間の短縮のためレンジブロックがある帯域に応じてドメインブロックの探索対象となる帯域を決めておくことにする。

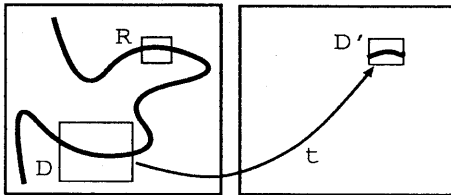


図 8:ドメインブロックのアフィン変換写像(例)

5 実験結果と考察

本研究では画像 lenna(512 × 512 256 階調)を用いて実験を行った。レンジブロックの分割に用いる四分木は 32×32 から 4×4 のサイズとしている。本方式において得られた再生画像の特性を各パラメータごとの影響を以下に述べる。

5.1 変換係数, 四分木に対する閾値

変換係数の絶対値の大きな部分を抽出するために使った閾値 t を表 1 にあるように変化させた時、レベル 1 に当たる部分を変化させても再生画像に与える影響はほとんどなかった。これはレベル 1 に当たる部分の情報量が少ないためであると考えられる。レベル 2 に当たる部分のしきい値を大きな値にすると劣化が激しくなる。これは、情報量の大きい部分をうまく抽出できなかったためであると考えられる。また閾値を小さくしすぎても劣化が大きくなり、また符号化に時間を要する。このことは情報量が少ない部分も抽出していること

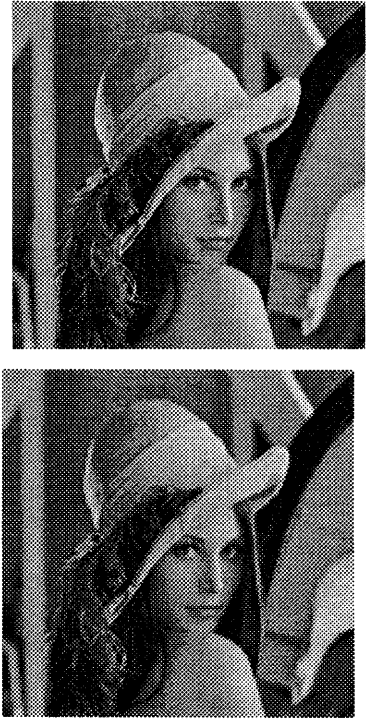


図 9: 原画像(上)と再生画像(下)
($t(\text{level}1):20, t(\text{level}2):20$)

になる。閾値が適度に小さいときには四分木に分割したときのブロックの数が増えることによって、情報量が多い部分の再生画質(忠実性)を向上させることができる。

四分木を構成するときに使う閾値 q は小さくすることにより、四分木に分けるブロックの数が増え、符号化時における写像の選択をうまくすることができるため、再生画質(忠実性)を向上させることができる。閾値が大きいと、そのサイズブロックでは良好な写像を選択することができないため再生画像に劣化が増す。

表 1 閾値 t を変化させた時の再生画像の SNR

t(level1)	t(level2)	SNR
50	20	31.7[dB]
10	20	32.7[dB]
20	20	32.7[dB]
20	10	31.5[dB]
20	50	28.7[dB]

(閾値 q は 3 に固定, 表 3 の case(1) の場合)

表 2 閾値 q を変化させた時の再生画像の SNR

q	SNR
3	32.7[dB]
10	30.6[dB]
15	28.5[dB]
20	27.6[dB]

(閾値 t(level1):10,t(level2):20, 表 3 の case(1) の場合)

5.2 レンジブロックの帯域によるドメインブロックの探索領域

レベル 1 およびレベル 2 においてレンジブロックの帯域でドメインブロックの探索する帯域を選んだときの再生画像の特性を調べる。結果、ドメインブロックの探索を狭くする場合レベル 2 はレベル 1 に比べて多くの有用な情報を含んでいるため、レベル 2 のドメインブロックの探索対象を狭くしてしまうと再生画像の特性は悪化してしまう。レベル 1 の探索対象を狭くする場合レベル 1 に含まれる情報は少ないと考えられるため、この部分が再生画像に影響することは少ないと考えられる。表 3 は符号化を行う (例えば図 1 の HL1) 帯域に対するドメイン領域の選択のしかたを示したものである。



図 10:再生画像 (case(5))

表 3 再生画像の SNR

符号化に用いるドメイン領域を以下のように分類する。

- (a) 全帯域をドメイン領域とする ;
HL1+HH1+LH1+HL2+HH2+LH2
- (b) 2帯域をドメイン領域とする ;
 - 1 HL1+HL2
 - 2 HH1+HH2
 - 3 LH1+LH2
- (c) 符号化帯域と同じ帯域をドメイン領域とする (例 HL1 には HL1 自身)

	Range Block						SNR [dB]
	HL1	HH1	LH1	HL2	HH2	LH2	
case(1)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	32.7
case(2)	(b) - 1	(b) - 2	(b) - 3	(b) - 1	(b) - 2	(b) - 3	30.0
case(3)	HL1	HH1	LH1	HL2	HH2	LH2	28.3
case(4)	HL1	HH1	LH1	(a)	(a)	(a)	31.7
case(5)	HL1	HH1	LH1	(b) - 1	(b) - 2	(b) - 3	29.7

case(1) では再生品質は良好であるが探索領域が広い時間がかかる。case(3) では時間が短縮できるが再生画像には劣化が生じる。case(1) と case(4) ではほとんど再生画像に変わりがないことからレベル 2 の探索領域に狭いこと劣化の差になっていることがわかる。そこで、case(5) のようにレベル 2 を探索領域を広げることにより、再生品質を向上させることができる。

7 まとめ

本研究ではウェーブレット変換によって得られた帯域分割画像にたいして四分木を用いたフラクタル圧縮を適用する方式の検討をおこなった。

この方式ではレベル 2 に当たる部分をどれだけ忠実に復元することができるかで再生された画像の品質に影響を与えることになる。ここを符号化するときにはドメインブロックの探索領域を広げ、より四分木で分割されるブロックを多く設定する方が再生された画像の品質は向上する。レベル 1 のしきい値 t よりレベル 2 のしきい値 t は小さい値にすると再生品質が向上する。また、しきい値 q は小さくしたほうがよいがその分時間がかかることになる。しきい値 q の方が再生画像に与える影響が大きい。

今後フラクタル圧縮を行う時レンジブロックおよびドメインブロックのクラス分けを適用し符号化時間の短縮化をおこないたい。今回は符号量および符号化時間についての検討はしていませんでしたが今後はそれを含めた検討を行いたい。また超低速用の低ビットレートで高圧縮の動画像圧縮技術が必要であることからこのような分野への応用について検討していきたい。

参考文献

- [1] A.E.Jacquin, "Image coding based on fractal theory of iterated contractive image transformation", IEEE Trans.on Image Processing, Vol.1, No.1, pp.18-30, Jan.1992.
- [2] A.Pentland,B.Horowitz, "A Practical Approach to Fractal-Base Image Compression," in Proc.Data Compression Conference, Snowbird, Utah, IEEE, Computer Society Press,1991.
- [3] M.F.Barnsley, Fractal Everywhere, Academic Press, 1988.
- [4] 源野 広和,河田 宏,"フラクタル符号化を用いた画像圧縮の高速化",第 23 回画像工学コンファレンス,pp.11-14 1992.