

福岡工業大学 機関リポジトリ

FITREPO

Title	全画像内のレンジブロック間相関に着目したフラクタル画像符号化
Author(s)	浜辺隆二
Citation	福岡工業大学研究論集 第39巻第1号 P27-P32
Issue Date	2006-9
URI	http://hdl.handle.net/11478/839
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

Fukuoka Institute of Technology

全画像内のレンジブロック間相関に着目した フラクタル画像符号化

石丸善隆 (大学院工学研究科情報工学専攻)*
浜辺隆二 (情報工学部情報工学科)

Fractal Image Coding Using Rangeblock Correlation in a Whole Image

Yoshitaka ISHIMARU (Graduate School of Engineering)

Ryuji HAMABE (Faculty of Information Engineering)

Abstract

The major fault of the Fractal image coding is the large numbers of encoding calculations for finding the best matching similar patterns. In order to resolve this issue, several fast algorithms have been presented that reduce the search space of the domain pool. In this paper, a new method to reduce encoding time is presented. By sorting the range blocks to numerous groups based on their locally high correlation of encoding parameters and applying the identical parameter to a corresponding group, it is possible to shorten the encoding time. Experimental results show that this proposed method reduces the encoding time in comparison with other fast algorithms.

Key word: fractal image compression, rangeblock correlation, still image compression.

1. はじめに

フラクタル画像符号化は低・中程度の圧縮においてDCT (Discrete Cosine Transformation) とほぼ同等の復号画質で、高圧縮時にはDCTやウェーブレット変換よりも高い復号画質を示すことが報告されている¹⁻³⁾。フラクタル画像符号化によって得られた符号化データは原画像の解像度に依存せず、仮に依存したとしても依存度は非常に弱い。この特徴により拡大や縮小などの解像度変換を復号と同時に容易に実行

することが可能で、これは他の画像符号化方法には無い特徴である。しかし、このような利点を持ちながらフラクタル画像符号化が普及しない大きな理由として符号化に膨大な計算時間を必要とする点があげられる。

符号化時間を短縮する方法として、適切なパラメータを探索する際の探索サイズをQuad-treeを用いて可変とする方法⁴⁾、オブジェクトを認識することで適切なパラメータを探索する領域の範囲を削減する方法⁵⁾、探索領域毎の分散値を求め、それをソートすることで探索範囲を予め絞る方法⁶⁾及びその他にも様々な高速化の手法が提案されており、どの手法においても従来のフラクタル画像符号化の計算時間を大きく削減することを目的としている。また、自然画像を均等にブロック分割した場合、隣接するブロック間や背景のブロッ

平成18年5月30日受付

現在の所属 *アイシン精機株式会社

ク間は相関の高いことが知られており、隣接するレンジブロック間の相関にのみ着目した手法も報告されている^{7,8)}。

本稿では計算時間を更に削減する方法の一つとして、隣接したブロックのみの相関だけでなく、画像全体からの相関のあるレンジブロックの探索によって、より多くの相関のあるレンジブロックを探索する事が可能であることに着目し、高速化及び高圧縮化を図る手法を提案する。

2. フラクタル画像符号化

フラクタル画像符号化は自然画像が持つ自己相似性を利用した画像符号化方法である^{9,10)}。この画像符号化方法はコラージュ定理により近似度の高い縮小写像が検出できるならば近似度の高い収束画像が復号画像として得られることが保証されている。しかし、一般の自然画像からは適切な縮小写像の検出が困難で、一般的には原画像を均等に分割したレンジブロックを縮小写像とする。

符号化アルゴリズムの概念図を図1に示す。レンジブロック R_{ij} と異なるサイズのドメインブロック D_{kl} を切り出して最もよく R_{ij} を近似する D_{kl} の位置とアフィンパラメータを算出して保存する。 i, j, k, l は画像内の座標を示す。また、図中 D_{kl} の復号画像 R_{ij}' への変換は式(1)を用いる。

$$R_{ij}' = \alpha_{ij} \cdot \varepsilon (l (D_{kl}(x,y) - \bar{D}_{kl})) + \bar{R}_{ij} \quad (1)$$

但し、 R_{ij}' は変換後のドメインブロック、 ε は等長変換、 l は縮小変換、 \bar{R}_{ij} はレンジブロックの平均画素値、 \bar{D}_{kl} はドメインブロックの平均画素値を示す。また、 α_{ij} はスケーリング係数で式(2)により得られる。

$$\alpha_{ij} = \frac{\sum_{x,y \in Block} (R_{ij}(x,y) - \bar{R}_{ij}) \cdot (D_{kl}(x,y) - \bar{D}_{kl})}{\sum_{x,y \in Block} (D_{kl}(x,y) - \bar{D}_{kl})^2} \quad (2)$$

但し、 $R_{ij}(x,y)$ 、 $D_{kl}(x,y)$ はそれぞれレンジブロック、ドメインブロックの座標 (x,y) の画素値を示す。

復号化アルゴリズムでは、保存したアフィンパラメータを任意の初期画像に複数回適用することで復号画像が得られる。

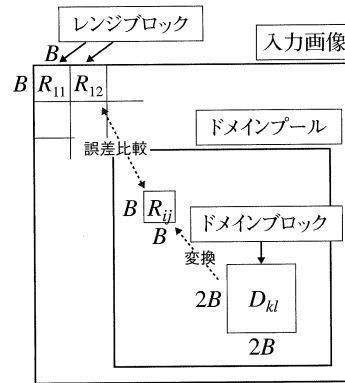


図1. 符号化アルゴリズムの概念図

3. 全画像内のレンジブロック間相関に着目したフラクタル画像符号化

フラクタル画像符号化において符号化時間が膨大となる最大の要因は、各レンジブロックに対して適切なドメインブロック（以下、適切ドメインブロックと呼ぶ）を探索する際にドメインプールを全探索している点にある。そこで、本稿ではドメインプールを全探索する回数の削減に着目して高速化及び高圧縮化を行う。

3.1 従来法

本稿ではレンジブロック間相関に着目した文献⁹⁾を従来法と呼ぶ事とする。自然画像においては、対象とするレンジブロックとその近傍のレンジブロックは原画像を重ねる領域に分割するのでブロック間相関が大である確率が高い。同様に近傍の適切ドメインブロックとも相関が高いことが予測される。そこで、各レンジブロックに対して、毎回ドメインプール内を全探索するのではなく、まず近傍の適切ドメインブロックに対して、対象とするレンジブロックとグループ化可能な是非を調べ、グループ化可能であれば同じドメインブロックを共用する。グループ化不可能であれば通常のフラクタル符号化と同様にドメインプール内を全探索する。その概念図を図2に示す。

図2に示すように対象とする中央の黒いレンジブロックに対して、図中00~11で示すレンジブロックの適切ドメインブロックが、対象とするレンジブロックとグループ化可能かを調べる。通常レンジブロックは左上から右に探索を行っていくので00~11で示すレンジブロックはすでに適切ドメインブロックを探索

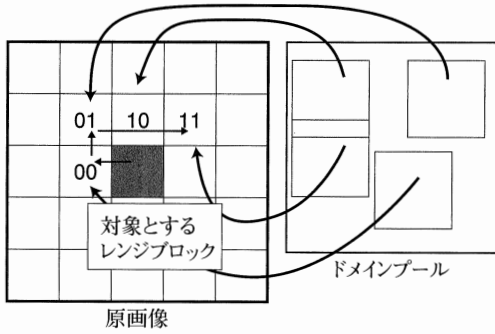


図2 従来法概念図

したレンジブロックである。また、00~11で示すレンジブロックの順番に意味は無く、どの順番に処理しても精度に変化は無い。00~11で示すレンジブロックの適切ドメインブロックがグループ化可能であるかの判定には閾値を用いる。ここで、閾値は復号画像の誤差の許容度合いを示す。対象とするレンジブロックと周囲の適切ドメインブロックとの平均2乗誤差が閾値以下であれば相関のあるレンジブロックと判定してグループ化する。相関のあるレンジブロックと判定されればドメインプール内を全探索する必要が無く、高速化される。閾値を変化させることで目的に応じた符号化速度と復号画像の画質を提供することが可能である。さらに、閾値以下のレンジブロックに関しては符号化パラメータの一つであるドメインブロックの位置を示す部分に通常14bitを割り当てるが図2の00~11の符号に置き換えることで2bitでの表現が可能となる。これにより符号量も削減される。

3.2 提案手法

本提案手法では従来法より更に高速化、高圧縮化をするために画像全体から相関のあるブロックを探索する手法を提案する。自然画像においては隣接したレンジブロック以外にも相関のあるレンジブロックが存在する可能性があり、これらの相関のあるブロックをグループ化して1つのアフィンパラメータを共用する事によりドメインブロックの探索回数が削減し、高速化が可能である。また、アフィンパラメータを共用する事により保存する符号量が削減され、高圧縮化される。ここで相関のあるブロックとは、従来法と同様に誤差が閾値以下となるブロックである。提案手法の概念図を図3に示し、符号化手順を次に示す。

手順1：基本的なフラクタル画像符号化の手法に基づき適切ドメインブロックをドメインプールより全探索

する。

手順2：手順1で探索したドメインブロックとアフィンパラメータを各レンジブロックに適用してすべてのレンジブロックとの相関を求める。相関のあるレンジブロックの評価には式(3)を用いる。

$$MSE(R, R_{ij}') = \frac{1}{B \times B} \sum_{0 \leq i, j < B} (R(i, j) - R_{ij}'(i, j))^2 \quad (3)$$

式(3)の結果が閾値以下であれば相関のあるブロックと判定する。

手順3：閾値以下であるブロックに関してはスケーリ

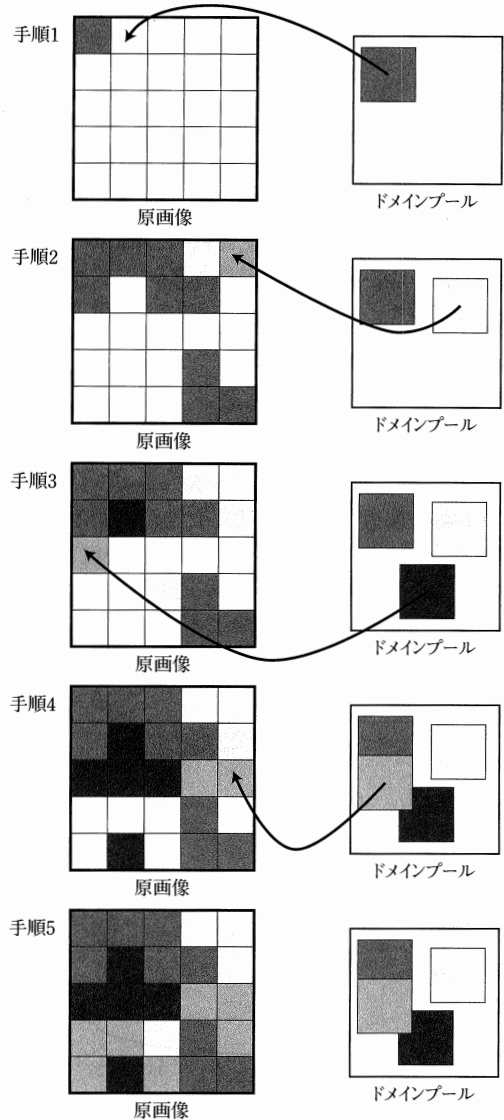


図3 提案手法概念図

ング係数, レンジブロックの平均値, どの適切ドメインブロックを共用するかを示す番号を保存する。閾値以上である場合は通常のフラクタル画像符号化と同様の手順でスケーリング係数, レンジブロックの平均値, 等長変換, 適切なドメインブロックの位置を保存する。手順4: 残りのレンジブロックに手順1と同じ操作を行う。但し, 手順2で閾値以下と判定したレンジブロックでもドメインブロック探索を行い誤差がすでに割り振られたドメインブロックより小さくなる場合は, より誤差の小さくなるドメインブロックを選択する。手順5: すべてのレンジブロックにアフィンパラメータを割り当てて符号化を終了する。

4. シミュレーション

4.1 符号化時間と復号画像の画質の比較

符号化時間と復号画像の画質 (PSNR: Peak Signal to Noise Ratio) の比較を行う。比較の基準は同一の画質を得るために必要な符号化時間とする。レンジブロックサイズは4とし, 閾値を1~512まで変化させる。図4.1に lenna (512×512), 図4.2に goldhill (512×512) に対する実行結果を示す。実線は提案手法, 点線は従来法の実行結果である。また, 縦軸は符号化時間 (秒), 横軸は PSNR (dB) を示す。

図4.1, 図4.2において実線, 点線共にグラフ右上終端が閾値1, グラフ左下終端が閾値512の場合である。2つの画像の実行結果より同一の復号画像の画質において提案手法のほうが高速に符号化される事が分かる。これは画像全体から相関のあるレンジブロックを探索することにより, ドメインブロック探索

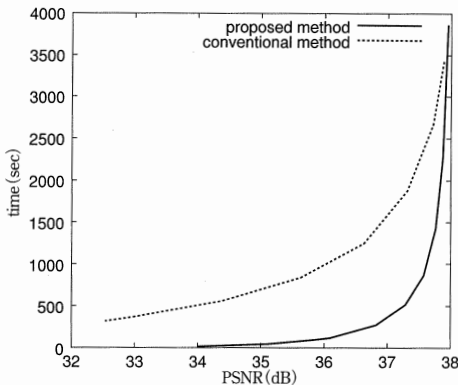


図4.1 lenna (512×512) 画像の符号化時間と復号画像の画質

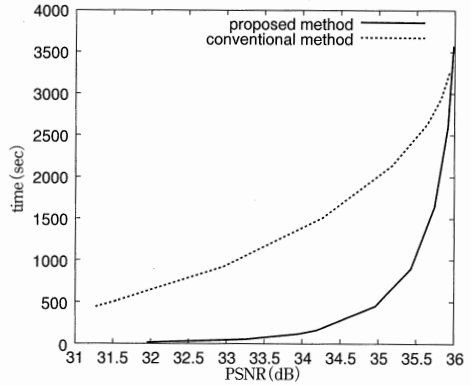


図4.2 goldhill (512×512) 画像の符号化時間と復号画像の画質

回数をより削減できるからである。また, 図4.1において提案手法では画質が急激に低下を始める直前の閾値56 (PSNR: 37dB) 以下で良好な復号画像が得られると考える。しかし, 最大の閾値512 (PSNR: 34dB) でも視覚上大きな劣化は見られない。この傾向は図4.2においても同様である。

4.2 符号化効率と復号画像の画質の比較

画質と符号化効率の比較を行う。同一の符号量でより良好な画質の得られる方が符号化効率が良好であると判断する。レンジブロックサイズを4とし, 閾値を1~512まで変化させて比較を行う。また, 符号化効率 (bpp) の算出には, 提案手法は式(4), 従来法は式(5)を用いる。

$$bpp = \frac{[(R_{ALL} - C) \times A_P] + [(R_{ave} + \alpha + A_N) \times C] + R_{ALL}}{W \times H} \quad (4)$$

$$bpp = \frac{[C \times (2 + R_{ave} + \alpha)] + [(R_{ALL} - C) \times A_P] + R_{ALL}}{W \times H} \quad (5)$$

但し, R_{ALL} は総レンジブロック数, C は相関処理可能なブロック数, A_P はアフィンパラメータ (I, α, R_{ave}, P_D), A_N は相関のあるレンジブロックを示す番号の総数, $W \times H$ は全画素数を示す。また, アフィンパラメータ (I, α, R_{ave}, P_D) の符号長の割り当てを表1に示す。

図4.3に lenna (512×512), 図4.4に goldhill (512×512) に対する実行結果を示す。実線は提案手法, 点線は従来法の実行結果である。また, 縦軸は PSNR (dB), 横軸は符号化効率 bpp (bit/pixl) を示す。

図4.3, 図4.4において実線, 点線共にグラフ

表1 アフィンパラメータに対する符号長の割り当て (レンジブロックサイズ4)

等長変換	I_m	: 3 bit
スケーリング係数	α_n	: 4 bit
±0.2, ±0.3, ..., ±0.8, ±0.9		
レンジブロックの平均値	R_{ave}	: 7 bit
ドメインブロックの位置	P_o	: 14bit
		{ x 軸 : 7 bit
		y 軸 : 7 bit
合計		: 28bit

右上終端が閾値1, グラフ左下終端が閾値512の場合である。2つの画像の実行結果より bpp が1.5から1.8bit/pixl の高い間は提案手法が従来法より優れた符号化効率を示すが, bpp が1.5bit/pixl 以下では僅かに従来法より劣っている。これはそれぞれの手法で符号量の割り当て方が異なる事が原因と考えられる。符号量の割り当て方の違いは, 従来法では対象とするレンジ

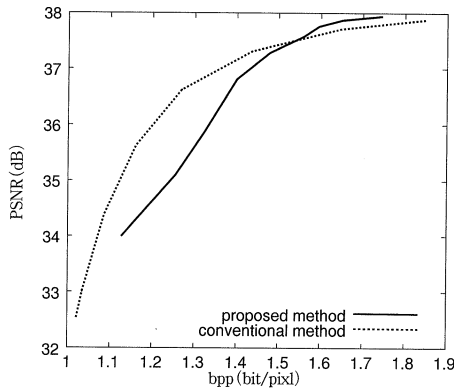


図4.3 lenna (512×512) 画像の符号化効率と復号画像の画質

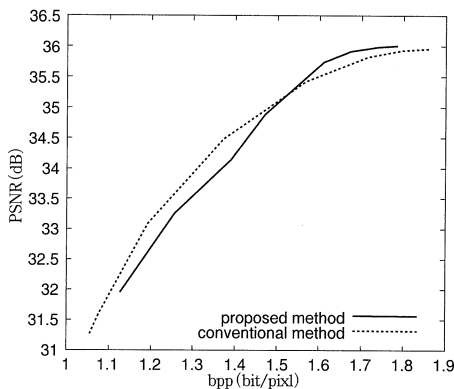


図4.4 goldhill (512×512) 画像の符号化効率と復号画像の画質

ブロックの周囲4ブロックのみに限定し, 4ブロックを2bit (00~11) で表現する。一方, 提案手法は画像全体から探索を行うので相関処理可能と判断されるレンジブロックのアフィンパラメータの割り当てに4bit~10bitが必要である。その結果, 従来法より符号化効率が低下することが考えられる。図4.3において提案手法では, 従来法のグラフと交差する閾値20 (1.55bit/pixl) 程度が良好な符号化効率であるといえるが, それ以上の閾値においても視覚上の大きな劣化は見られない。この傾向は図4.4においても同様である。

5. まとめ

本稿では, フラクタル画像符号化の問題点の一つである膨大な符号化時間に対する高速化, 高圧縮化の一手法を提案した。従来法と提案手法を比較した結果, 符号化時間を lenna, goldhill 共に平均で1/7に削減し高速化が可能である事がわかった。また, 同じ符号化効率で再現される復号画像の画質が1.5bit/pixl 以上で lenna は平均で0.2dB, goldhill は平均で0.12dB 向上し高圧縮化が可能である事がわかった。しかし, 1.5bit/pixl 以下の場合において同じ符号化効率で再現される復号画像の画質が lenna は平均で1.3dB, goldhill は平均で0.43dB 劣化する。この符号化効率の劣化に関してはハフマン符号化との相性が良いことが報告¹¹⁾されており, この手法と組み合わせることで従来法と同程度, またはそれ以上の符号化効率を得られると考えられる。今後の課題は, 他的高速化アルゴリズム^{3,4,10,11)}と組み合わせることにより, 現在得られた符号化時間, 符号化効率を更に高速化, 高圧縮化することである。

参考文献

- 1) E. W. Jacobs, Y. Fisher, R. Boss : Image Compression ; A Study of the Iterated Transform Method, Signal Process., Vol.29, No.3, PP.251-263 (1992. 12)
- 2) Chen. S. S, Yang C. B, K. S. Huang : Fractal Image Compression Based on Intra-block Variance Distribution and Vector Quantization, Opt.Eng., Vol.41, No.11, PP.2824-2830 (2002.11)
- 3) 大槻盛一, 中川匡弘 : ブロック領域分割を用いたフラクタル画像符号化, 信学論, Vol.J87-A, No. 7, PP.1027-1033 (2004. 7)

- 4) Y. Fisher : Fractal Image Compression Theory and Application, Springer-Verlag, NEWYORK, (1993)
- 5) L. Thomas : Region-Based Fractal Image Compression Using Heuristic Search, IEEE Trans., Image Process., Vol.4, No.6, PP832-838 (1995. 6)
- 6) C. K. Lee, W. K. Lee : Fast Fractal Image Block Coding Based on Local Variances, IEEE Trans., Image Process., Vol.7, No.6, PP888-891 (1998. 6)
- 7) Y. Fisher, E. W. Jacobs, R. Boss : Iterated Transform Image Compression NOSC Tech. Report, TR-1408, Naval Oceans System San Diego (1991)
- 8) C. C. Wang, C. H. Hsie : An Efficient Fractal Image Coding Method Using Intra-block Correlation Search, IEEE Trans., Circuits Syst. Video Technol., Vol.11, No.2, PP257-261 (2001. 2)
- 9) M. F. Barnsley, L. P. Hard : Fractal Image Compression, A. K. Peters, (1993)
- 10) A. E. Jacquin : Image Coding Based on a Fractal Theory of Iterated Contractive Image Transformations, IEEE Trans. on image processing, Vol.1, No.1, PP.18-30 (1992. 1)
- 11) C. S. Tong, M. Pi : Analysis of a Hybrid Fractal Predictive Coding Compression Scheme, Signal Process Image Commun., Vol.18, No.6, PP.483-495 (2003. 7)