

電子透かし技術を用いた画像符号化の画像処理への発展について

黒田 英夫[†] 藤村 誠[‡] 今村 弘樹^{†‡}

[†]長崎大学大学院生産科学研究科 〒852-8521 長崎市文教町 1-14

[‡]長崎大学工学部 〒852-8521 長崎市文教町 1-14

E-mail: [†] {kuroda,makoto,imamura}@cis.nagasaki-u.ac.jp

あらまし 著作権保護を目的として、著作権情報を大きな画品質劣化を伴うことなく画像コンテンツの中に埋込み、後でその著作権情報を抽出することにより、著作権を主張する電子透かし技術がある。この電子透かし技術を用いて、著作権情報の代わりに符号化データの一部を、自画像内の他の符号化データの部分に埋め込むことにより伝送データ量を圧縮し、復号時に、埋め込まれている一部の符号化データを抽出した後、画像の復号を行う新たな画像符号化方式を先に提案している。符号化データを埋め込む領域については制御が可能であり、このことを利用することにより、他の情報を埋め込むことも可能である。本報告では、埋め込み領域の一部を利用して、画像処理のための制御信号を埋め込み、所定の画像処理を行う画像処理への発展について考察するものである。

キーワード 画像電子透かし、画像符号化、画像処理

A Study on Expansion to Image Processing from Image Coding Schemes Using Digital Watermark Techniques

Hideo KURODA[†] Makoto FUJIMURA[‡] and Hiroki IMAMURA^{†‡}

[†] Graduate School of Science and Technology, NAGASAKI University 1-14 Bunkyo, Nagasaki, 852-8521 Japan

[‡] Faculty of Engineering, NAGASAKI University 1-14 Bunkyo, Nagasaki, 852-8521 Japan

E-mail: [†] kuroda@cis.nagasaki-u.ac.jp

Abstract The digital watermarking technique is a technique which embeds the information of copyrighter into the own image without image quality degradation for the purpose of copyrights. Former a novel image coding scheme which embeds parts of image coding parameters into the other image coding data instead of the information of copyrighter are proposed by authors. In the coding system, the area embedding the parts of image coding parameters are controlled by way of use. In this paper, the expansion to image processing from former proposed image coding schemes is studied.

Keyword Digital water marking, Image coding, Fractal image coding

1. まえがき

著作権情報を画像信号に埋め込む電子透かし技術[1]-[6]や、秘密情報をカバーイメージと呼ばれる見せ掛けの画像信号に埋め込むステガノグラフィ技術[7][8]がある。これらはそれらの目的に応じた情報を画像に埋め込んでいるが、技術的な観点からは埋め込む情報が何であっても良い。このことから、筆者らは、先に、画像の符号化時に、符号化パラメータの一部を抽出して、自画像の他の符号化データの中に埋め込むことにより、伝送する符号化データ量を削減し、復号に際して、一部の情報の中に埋め込まれている符号化パラメータを抽出して、本来の符号化パラメータを再構成し、画像の復号を行う、新たな画像符号化方式を提案している。[9]

この符号化方式において、埋め込み領域は一般に制御可能であり、このことを利用すれば他の情報を埋め込むことも可能である。本稿では埋め込み領域の一部を利用して、画像処理のための制御信号を埋め込み、所定の画像処理を行う画像処理への発展を考察する。

2で電子透かし技術を用いたフラクタル画像符号化方式、3で電子透かし技術を用いた画像符号化の画像処理への発展形態の一例について述べ、4でまとめる。

2. 電子透かし技術を用いたフラクタル画像符号化方式[9]

本稿で考察する、電子透かし技術を用いた画像符号化の画像処理への発展について、画像処

理のための制御情報を埋め込む方法等についての概要を紹介するために、筆者らが先に提案した電子透かし技術を用いたフラクタル画像符号化方式について紹介する。

2.1. フラクタル画像符号化方式の概要

フラクタル画像符号化では、図1に示すように、まず画像を相互に重なりあわないレンジブロック R_i (ブロックサイズ: $R \times R$) に分割する。また、符号化処理に先だち、相互に重なるドメインブロック D_j (ブロックサイズ: $D \times D$, $D > R$) を画像内から抽出し、ドメインブロック群でドメインプールを作成する。

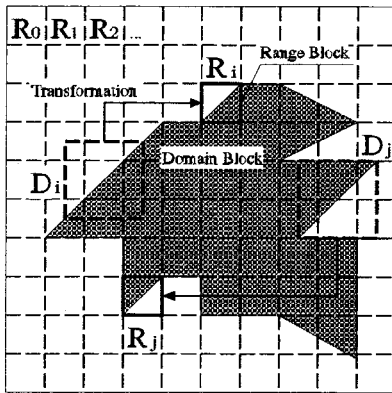


図1 フラクタル画像符号化の概要

符号化処理では、まずレンジブロックの画素値の標準偏差を計算する。この標準偏差の値が小さいレンジブロックはフラットブロックに分類する。フラットブロックに分類されたレンジブロックでは、平均値のみを伝送し、最適ドメインブロックの探索は行わない。復号化時には平均値のみで近似する。また、標準偏差の値が大きいレンジブロックはノンフラットブロックと分類され、作成したドメインプールの中から、もっともブロックマッチングの良い最適ドメインブロックを探索する。

最適ドメインブロックの探索は、まずレンジブロックとドメインプール内のブロックを正規化し、一般に式(1)の条件の下で、式(2)の δ を計算する。ここで正規化とは、ブロックの各画素値から、平均値を引き、標準偏差で割るという処理である。そして、計算された δ の値が、もっとも小さいドメインブロックを最

適ドメインブロックとして選択する。

$$sclf = \frac{\sigma(r_p)}{\sigma(d_q)} \leq T_s = 1 \quad (1)$$

$$\delta = \sigma(r_p) \cdot \sqrt{\frac{1}{n^2} \cdot \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \{d_q(i, j) - r_p(i, j)\}^2} \quad (2)$$

$sclf$: スケーリングファクタ

$\sigma(r_p)$: p 番目のレンジブロックの標準偏差

$\sigma(d_q)$: q 番目のドメインブロックの標準偏差

T_s : スケーリングファクタに対するしきい値

n : レンジブロックサイズ

τ : 8種類のアフィン変換

$d_q(i, j)$: q 番目の縮小・正規化されたドメイン

ブロックの位置 (i, j) の画素値

$r_p(i, j)$: p 番目の正規化されたレンジブロック

の位置 (i, j) の画素値

この符号化処理により、画像データを、各レンジブロックの平均値、標準偏差、最適ドメインブロックの画像中の位置(アドレス情報)、ドメインブロックに加えられたアフィン変換情報等に変換し、復号化側に伝送する。

フラクタル画像符号化の復号化処理では、まず受信したレンジブロックの平均値のみを用いて、低解像度の初期画像を生成し、これをフレームメモリに記録しておく。この初期画像をもとに、以下の復号化処理を繰り返し行う。

復号化処理では、伝送された各種情報と、フレームメモリに記録された初期画像を用いて、全てのレンジブロックの画素値を式(3)により再生する。

$$r_p(i, j) = \{ \hat{d}_q(i, j) - \hat{M}(d_q) \} \frac{\sigma(r_p)}{\sigma(d_q)} + M(r_p) \quad (3)$$

ここで、 $\hat{*}$ は受信側で再生される信号を表す。

また、 M は平均値を表す。

この復号化処理は、十分な解像度の画像が得られるか、画像の変化が収束するまで行う。

2.2. アドレス情報への埋め込み方法

フラクタル画像符号化における符号化データとしては、レンジブロックの平均値、標準偏差、ドメインブロックを回転等させるアフィン変換情報、そして最適ドメインブロックのアドレス情報がある。ここでは、平均値あるいは標準偏差を、最適ドメインブロックのアドレス情報に埋め込む場合について述べる。

図2に、前処理において、2ビットのデータを埋め込む場合のドメインプールの作成を示す。原画像の中から相互に重なってよいドメインブロックを順次読み出し、3ビットのアフィン変換情報 A_f を用いて、各ドメインブロックに回転等8種類のアフィン変換を施し、ドメインプールに登録する。この際、各ドメインブロック

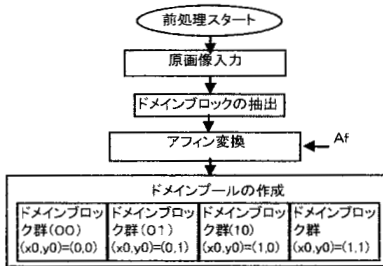


図2. ドメインプールの作成

のアドレスを示す x 座標、 y 座標の最下位ビット (x_0, y_0) の組合せが、(0,0) の場合はドメインブロック群 (00) に、(0,1) の場合はドメインブロック群 (01) に、(1,0) の場合はドメインブロック群 (10) に、(1,1) の場合はドメインブロック群 (11) に登録する。

次に、符号化処理のうち、ノンフラットブロックに対する符号化処理を図3に示す。ここでは、埋め込むデータとして、当該レンジブロックの平均値 m と標準偏差 σ のそれぞれ最下位ビット (m_0, σ_0) を採用した場合を例として示している。(m_0, σ_0) が (0,0) の場合はドメインプールに含まれる、ドメインブロック群 (00) の中から、(0,1) の場合はドメインブロック群 (01) の中から、(1,0) の場合はドメインブロック群 (10) の中から、(1,1) の場合はドメイ

ンブロック群 (11) の中から最適ドメインブロックを探索する。そして、フラット/ノンフラット識別フラグと、 m の残りビット、 σ の残りビット、最適ドメインブロックのアドレスおよびアフィン変換情報 A_f を送信する。

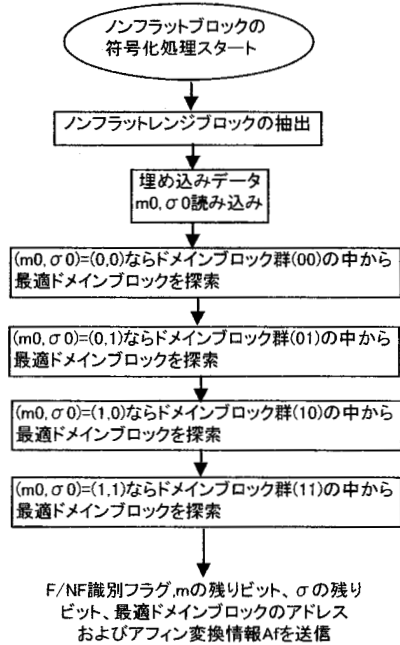


図3. ノンフラットブロックに対する符号化処理

2.3 符号化データ埋め込みに関する実験

2.3.1 実験条件

以下のような実験条件でフラクタル画像符号化を行った。

(1) テスト画像

- ・ Lenna
- ・ Girl
- ・ Airplane
- ・ Mandrill
- ・ Earth

サイズはいずれも 256×256

(2) ブロックサイズ

- ・ レンジブロック 4×4 画素
- ・ ドメインブロック 8×8 画素
- ・ ドメインブロックの基本取り出し 1画素ずつシフトした全ブロック

(3) フラットレンジブロック判定しきい値 4

この場合の各画像におけるノンフラットレ

ンジの測定結果は以下の通りである。

- Lenna : 53.5 % • Girl : 76.3 %
- Airplane : 50.7 % • Mandrill : 95.7 %
- Earth : 76.3 %

(4) スケーリングファクターに対するしきい値

式(1)に示したスケーリングファクタに対するしきい値 T_s は通常 1 と考えられているが、この場合、実際はパターンマッチングの良いドメインブロックを採用できない場合がある。文献[10]によれば、 T_s が 2.76 の時が復号画像の PSNR が最も良い結果が得られている。これより、本実験においても $T_s = 2.76$ を用いることとする。

2.3.2 アドレス情報への埋め込みに関する実験

狭義の意味での埋め込み法として、最適ドメインブロックのアドレス情報に埋め込む場合について、埋め込むビット数と PSNR、PSNR の低下およびデータ削減率の関係を測定した(図4)。この場合、埋め込むデータの選択は、平均値のデータでも、標準偏差のデータでも可能である。そこで、本実験では、埋め込みビット数に着目し、乱数を用いて発生したデータを埋め込みデータとして用い、データ量については、符号化後のデータ量から(埋め込みビット数×ノンフラットブロック数)の値を引くことで求めた。図4において、横軸は埋め込みビット数を表す。0は埋め込み無しの場合である。偶数の場合は、アドレス情報のx座標とy座標に同じビット数を埋め込む場合であり、2の場合はそれぞれ1ビットずつ、4の場合はそれぞれ2ビットずつ埋め込む場合である。奇数の場合は、x座標nビット、y座標にn+1ビット埋め込む場合である。左の縦軸はPSNRを示す。右の縦軸はデータ削減率を示し、レンジブロックのフラット/ノンフラット識別フラグ1[bit]、平均値8[bits]、標準偏差7[bits]、アフィン変換情報3[bits]、最適ドメインブロックアドレス情報16[bits](x,y座標各8[bits])の場合である。

3. 電子透かし技術を用いた画像符号化方式の画像処理への発展例

図4から分かるように、埋め込みビット数の

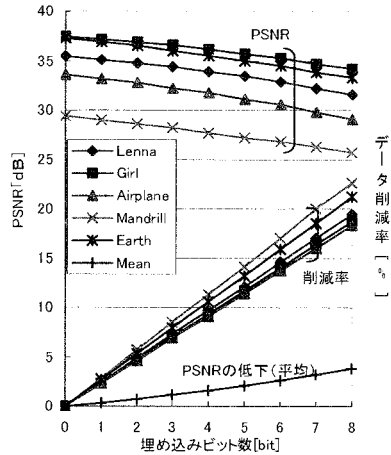


図4 埋め込みビット数とPSNR、埋め込みによるPSNRの低下及びデータ削減率の関係

一部を画像処理のための制御情報に割り振ることにより、画像符号化としてのデータ削減率は犠牲になるものの、画像品質は同じPSNRの値を保持したまま、埋め込み領域の一部に画像処理のための制御情報を埋め込むことにより、画像処理への発展が期待でき。

図5は、1枚の写真の風景から擬似3次元空間を構成し、その中をウォークスルーするシステムにおいて、ウォークスルー画像の一部に他のウォークスルーシステムのURL情報を埋め込んでおき、このURL情報を抽出することによりそのURL情報が示すサイトに飛び、ウォークスルー中に他のシステムの擬似3次元空間の中をウォークスルーするシステムの例である。従来のこの種の例では、ウォークスルー中に他の道路に曲がって進行するためのシステムとして、道路の両サイドで3次元の奥行き方向に並べた建物と建物の間に曲がって進んでいくシステムを構成する方法として、曲がった方向に進んでいくために建物と建物の間を広くしておく必要があり、このため進行方向を曲げずに直進する場合でも空間が開き過ぎていて、不自然さが生じるという欠点があった。図5に示す方法によれば、画像の中に埋め込んでいるURL情報を取り出すことにより、所定の方向の擬似3次元空間を構成することができるため、直進す

るウォークスルーの場合にも必要以上に空間を広くしておく必要がなく、不自然さを改善できる可能性がある。

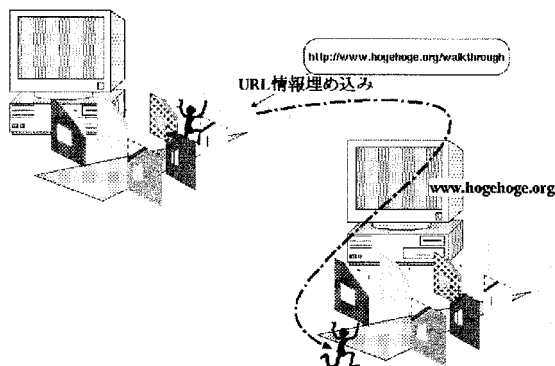


図5 ウォークスルーする画像中に他のウォークスルーシステムのURL情報を埋め込む例

5.むすび

筆者らは、先に、符号化パラメータを用いて符号化を行う画像符号化において、符号化パラメータの一部を自画像の他の部分に埋め込んで高能率符号化を実現する新たな画像符号化技術を提案していた。本稿では、この符号化技術を用いて、埋め込み領域の一部を画像処理のための制御情報に割り振ることにより、画像符号化としてのデータ削減率は犠牲になるものの、画像品質は同じPSNRの値を保持したまま、埋め込み領域の一部に画像処理のための制御情報を埋め込むことにより、画像処理への発展が期待できることを考察した。

今後、具体的にシステム構成等について検討する予定である。

文 献

- [1] Motoi IWATA, Kyosuke MIYAKE and Akira SHIOZAKI, Digital Watermarking Method to Embed Index Data into JPEG Images, IEICE, Trans. Fundamentals, vol.E85-A, no.10, pp.2267-2271, Oct.2002.
- [2] 小川裕一, 尾川浩一, ウェブレット変換を用いた画像の電子透かし法の提案, 信学論, vol.J88-D2, no.1, pp.142-147, Jan 2005.
- [3] 太田正哉, 佐藤晃久, 山下勝己, DCT 係数を考慮したフラクタル符号化に基づく電子透かし, 信学論, vol.J87-A, no.6, pp.797-804, June 2004.
- [4] 木野将人, 和田成夫, ビットデータを埋込み可能なウェブレット画像透かし法, 信学論, vol.J86-A, no.2, pp.160-167, Feb. 2003.
- [5] 安藤勝俊, 小林弘幸, 貴家仁志, レイヤ構造を利用したJPEG2000符号化画像へのバイナリーデータ埋込み法, 信学論, vol.J85-D2, no.10, pp.1522-1530, Oct. 2002.
- [6] 竹田宣広, 浜辺隆二, ドメインブロックの探索位置を用いたフラクタル符号化による電子透かし法, 平成17年度電気関係学会九州支部連合大会, 09-2P-06
- [7] Motoi IWATA, Kyosuke MIYAKE and Akira SHIOZAKI, "Digital Steganography Utilizing Features of JPEG Images," IEICE, Trans. Fundamentals, vol.E87-A, no.4, pp.929-936, (April 2002)
- [8] 新見道治, 野田秀樹, 河口英二, BPCS ステガノグラフィにおける視覚的アタックを考慮した埋込み方法, 信学論, vol.J87-D2, no.2, pp.767-770, (Oct. 2004)
- [9] 黒田英夫, 藤村誠, 今村弘樹, 電子透かし技術を用いた新しい高能率符号化, 画像電子学会, 第37巻, 第1号, pp63-68(2008)