

平成21年 3月 22日現在

研究種目：「基盤研究（C）」  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18560380  
 研究課題名（和文） 一部符号化パラメータの透かし埋込型超高能率画像符号化方式と実験的  
 検証に関する研究  
 研究課題名（英文） Research on high efficiency image coding method and experimental  
 verification which embed a part of encoding parameter into own image  
 研究代表者  
 黒田 英夫 (KURODA HIDEO)  
 長崎大学・大学院生産科学研究科・教授  
 研究者番号：90215111

研究成果の概要：電子透かし技術を用いた新しい高能率画像符号化方式を提案した。この技術を、ブロックマッチング処理を含むフラクタル符号化、ベクトル量子化、MPEGの各方式への適用と、直交変換処理を含むJPEG、H264/AVC、アダマール変換の各方式への適用について検討を行った。その結果、対象となるブロックの数が多いフラクタル符号化への適用と、対象となる直交変換係数の数が多いJPEG方式への適用で良好な結果が得られることが判明した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	540,000	3,840,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：情報システム、情報通信学、画像符号化

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 画像符号化技術のブレークスルーが必要  
 老若男女を問わず、画像伝送を含むインターネット利用が爆発的に増大している。このことによる伝送情報量の増大は、通信回線容量の増大を遥かに上回っており、通信回線の効果的利用の必要性がますます高まっている。これまでもJPEG、MPEG等の符号化技術が実用に供され、その改良版として、JPEG2000やMotionJPEG等が開発されているが、更なる超高能率化のためには、符号化技術のブレークスルーが必要である。

(2) 符号化効率の明確な比較が必要

従来から、多種多様な符号化技術が提案されている。一般に、符号化技術はその特徴に一長一短があり、画像の種類に対して得手不得手がある場合が多く、各種符号化技術の比較は非常に難しい。このため、符号化国際標準の検討に際して、世界中の研究者が、符号化技術の比較のために大変な労力を費やした。したがって、新しい符号化技術の提案に際しては、他方式に対して符号化効率の明確な比較ができることが必要である。

## 2. 研究の目的

(1) 効率の明確な符号化技術のブレークスルー

### 一の提案

画像符号化パラメータの一部を自画像の中に埋め込むことにより、情報量を削減する新たな符号化技術を提案することを目的とする。

#### (2) ブレークスルーによる超高能率符号化方式の開発

ここで提案する、画像符号化パラメータの一部を自画像の中に埋め込む符号化技術を適用するためには、まず、何を埋め込むパラメータとして選択するか、また、それ以外のどの部分に埋め込むかを明らかにする必要がある。これが明らかになれば、符号化パラメータを有する符号化方式であれば、どのような符号化方式にも適用できるものである。科学研究費の交付を希望する期間内において、まず、この新しい符号化技術を適用しやすい符号化方式を取り上げ、その方式を用いて、提案技術の適用可能性の見通しを得、さらにJPEG、JPEG2000、MotionJPEG、MPEG等符号化国際標準への適用を検討し、現存する国際標準方式より大幅に符号化効率の良い超高能率符号化方式を開発することを目的とする。

#### (3) 超高能率符号化方式の試作による符号化実験

提案する超高能率符号化方式をソフトウェアにより試作し、実用に供し得ることを確認することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### 18年度

##### (1) 符号化技術のブレークスルーの提案

画像符号化パラメータの一部を自画像の中に埋め込むことにより、情報量を削減する新たな符号化技術を提案する。提案する符号化技術の適用の可能性について検討する。

##### (2) ブレークスルー技術を導入したフラクタル画像符号化方式の開発

###### ① フラクタル画像符号化における符号化パラメータの種類と期待される圧縮率

フラクタル画像符号化では、入力画像を符号化の単位である小さなレンジブロック（ブロックサイズ $R \times R$ ）に分割し、各レンジブロックに対して、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（ブロックサイズ $D \times D$ 、 $D > R$ ）を自身の画像の中から探索する。探索された最適ドメインブロックの位置を表すアドレス情報（ $A_x$ 、 $A_y$ ）を得る。また、符号化特性向上を目的として、探索されるドメインブロックのパターンの種類を多くするために各ドメインブロックを回転させるアフィン変換情報 $\tau$ を用いる。これにより、各レンジブロック毎に伝送される符号

化パラメータの種類は、該レンジブロックの平均値 $m$ 、標準偏差 $\sigma$ 、該レンジブロックに対する最適ドメインブロックのアドレス情報 $A_x$ 、 $A_y$ および回転情報 $\tau$ の5種類となる。これらの情報のビット数は、 $m$ 、 $\sigma$ は各8ビット、 $A_x$ 、 $A_y$ は画像サイズにより異なるが、一般に各9ビット、また $\tau$ は3ビットで合計37ビットとなる。埋め込む画像として何を選ぶかにより異なるが8ビットの情報を埋め込む場合、提案技術による圧縮率は約21%となる。

###### ② 埋め込む符号化パラメータと埋め込まれる符号化パラメータの選択

一部の符号化パラメータが他のパラメータに埋め込まれることにより、埋め込まれたパラメータには雑音が生じることになり、復号画像の品質が劣化することになる。したがって、画品質上、雑音の影響を受け難い符号化パラメータの選択と、その中にどの程度のビット数を埋め込むことができるかを検討する必要がある。結果は、申請期間中の詳細な検討を待つことになるが、申請者の経験によると、 $\sigma$ 、 $A_x$ および $A_y$ に各2ビット、合計6ビット（ $\tau$ は3ビットのみであるので、埋め込む余地はないことが推測できる）の情報であれば埋め込むことができると考えられる。したがって、そこに埋め込む情報は6ビットである。そこで、 $m$ をDPCM等で6ビットまで圧縮する必要があるが、提案するブレークスルー技術の導入の可能性が期待できる。

###### ③ フラクタル画像符号化方式の設計

上記のように選択された埋め込む符号化パラメータと埋め込まれる符号化パラメータや、最適ドメインブロックとして判定するための閾値等に関する方式設計を行い、フラクタル画像符号化方式の仕様を決定する。

###### ④ フラクタル画像符号化システムの試作及び符号化実験

試作したフラクタル画像符号化システムを用いて、下記の符号化実験を行う。

- 符号化データの圧縮率の測定
- 画品質 (Peak Signal to Noise Ratio) の測定
- 画品質評価者約10名による画品質の主観評価実験

#### 19年度

18年度と同様な方法で下記の研究を行う。

- (1) ブレークスルー技術を導入したJPEG画像符号化方式の開発
- (2) ブレークスルー技術を導入したベクトル量子化方式の開発
- (3) ブレークスルー技術を導入したMPEG

## 画像符号化方式の開発

20年度

19年度に引き続き、下記の研究を行う。

- (1) ブレークスルー技術を導入した H264/AVC 画像符号化方式の開発
- (2) ブレークスルー技術を導入した JPEG2000 符号化方式に関する研究

### 4. 研究成果

- (1) ブレークスルー技術を導入したフラクタル画像符号化方式の開発

#### ① フラクタル符号化の原理

入力画像を符号化の単位であるレンジブロック (ブロックサイズ:  $R \times R$ ) に分割する。レンジブロック毎に、同入力画像の中で相互に重なって良いドメインブロック群 (ブロックサイズ:  $D \times D$ ,  $D > R$ ) の中から、パターンマッチングが最良の最適ドメインブロックを探索し、そのアドレス情報を当該レンジブロックの平均値、標準偏差とともに、ブロック内の画素値の代わりに伝送する。

復号側では、受信した平均値のみを用いて復号処理の初期画像を作成する。この初期画像を用いて、受信したアドレス情報で指定されるドメインブロックを読み出し、これを  $R/D$  に縮小したブロック画像に対し、その平均値を引き算し、受信した当該レンジブロックの平均値を加え、さらに、その標準偏差で割り算し、受信した当該レンジブロックの標準偏差を掛け算し、得られたレンジブロック再生画像を当該レンジブロックの場所に書き込む。この処理を全てのレンジブロックに対して行い、初期画像を更新し、次の処理の初期画像として保存する。上記の処理を、復号画像の精度が収束した時点で終了する。

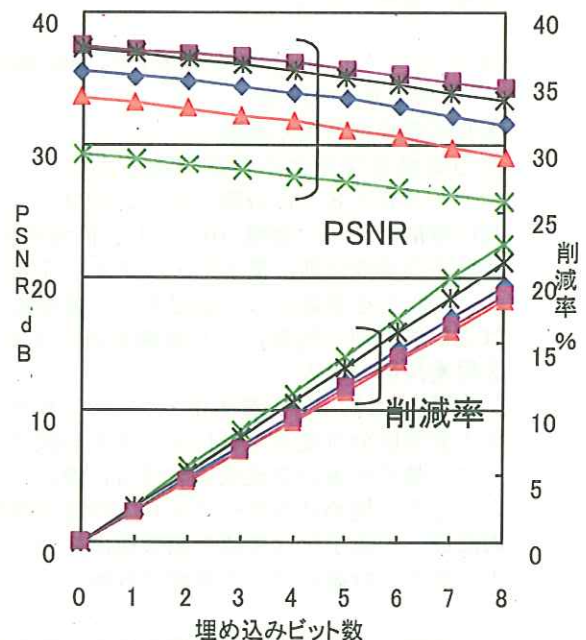
#### ② 提案技術の導入

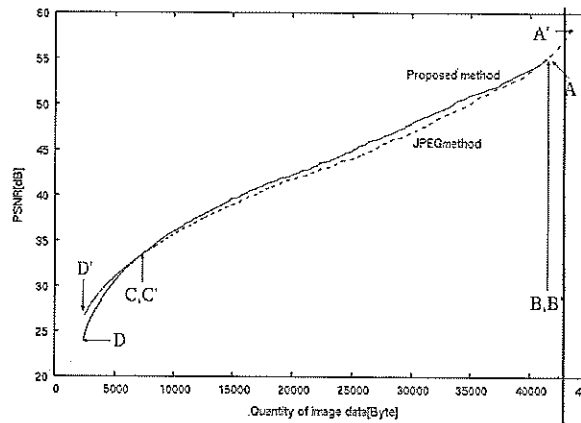
本研究では、レンジブロックの平均値データを、当該レンジブロックの最適ドメインブロックのアドレス情報に埋め込むこととした。埋め込むデータが0の時は偶数番地のドメインブロックのみを探索し、1を埋め込む場合は、奇数番地のドメインブロックのみを探索することとした。受信側では受信した最適ドメインブロックのアドレスの偶奇をチェックすることにより、埋め込まれたデータの0、1を抽出できる。このことにより、埋め込まれた平均値データ分が伝送される必要がなくなり、データ量の削減が可能となる。

#### ③ 実験結果

図1に、フラクタル画像符号化における埋め込みビット数とPSNR・データ削減率の関係を示す。テスト画像は比較的平坦な領域

図1 フラクタル画像符号化における埋め込みビット数とPSNR・データ削減率の関係 (テスト画像5種類)





	Method	Quantization scale factor
A	Proposed	0.015
A'	JPEG	0.015
B	Proposed	0.015
B'	JPEG	0.022
C	Proposed	0.875
C'	JPEG	1.043
D	Proposed	7.000
D'	JPEG	7.000

図2 ブレークスルー技術を導入した JPEG 画像符号化方式の適用領域

の多い画像から複雑な画像までの5種類を用いた。平均値3ビットを埋込んだ場合、画像品質のPSNR約1.5dB犠牲で約8%データ圧縮が達成できた。

## (2) ブレークスルー技術を導入した JPEG 画像符号化方式の開発

### ① JPEG画像符号化の原理

入力画像を符号化の単位である小ブロック(サイズ8×8)に分割する。このブロック毎に離散コサイン変換(DCT)し、直流成分及び各交流成分別に量子化・ハフマン符号化し、これらを多重化して送出する。復号側では送信側と逆の処理により画像を再生する。

### ② 提案技術の導入

本研究では、DCTの量子化・ハフマン符号化後の直流成分可変長符号化データを当該ブロックの量子化後の交流低周波成分に埋込むこととした。埋め込むデータが0の時は当該低周波成分の量子化代表値を偶数値に変換し、1を埋め込む場合は、奇数値に変換することとした。

受信側では、埋め込み処理を施され低周波成分の値の偶奇をチェックすることにより、埋め込まれたデータの01を抽出することができる。また、埋め込み処理を施されている低周波成分に対して、所定の順番で埋め込まれているデータの01を抽出し、一意復号可

能な可変長符号化データが検出された時点で、当該ブロックの直流成分符号化データの抽出が終了する。このことにより、埋め込まれた直流成分の符号化データ分が伝送される必要がなくなり、データ量の削減が可能となる。

### ③ 実験結果

図2に JPEG方式と比較した場合の提案方式の適用領域を示す。画像品質が同じ、即ち縦軸上で同じPSNRの時、横軸の画像データ量が小さい方が有利となる領域である。

## (3) ブレークスルー技術を導入したベクトル量子化方式の開発

ベクトル量子化を用いた画像符号化においては、(1)で述べたフラクタル画像符号化とほぼ同様に、入力画像を符号化の単位である小ブロック(サイズは例えば8×8)に分割する。このブロック毎に当該ブロックの平均値、標準偏差と、入力ブロックのパターンと類似のベクトル量子化パターンを探索し、その最適なインデックス情報を伝送する。

データ埋込方法については、フラクタル画像符号化の場合と同様に、あるブロックの平均値データを最適ベクトルのインデックス情報に埋め込むことができる。従って、埋め込まれた平均値データ量の削減が可能となる。ベクトル量子化では全体のベクトルの数が多くないため、フラクタル画像符号化の場合より符号化効率の改善度は低い。

## (4) ブレークスルー技術を導入した MPEG 画像符号化方式の開発

フラクタル画像符号化と同様な埋め込み方法が可能であるが、探索する動きベクトルの全体数が多くないため、フラクタル画像符号化の場合より符号化効率の改善度は低い。

## (5) ブレークスルー技術を導入した H264/AVC 画像符号化方式の開発

H264/AVCはMPEG画像符号化方式とほぼ同様な符号化方式であるので、フラクタル画像符号化と同様な埋め込み方法が可能であるが、探索する動きベクトルの全体数が多くないため、フラクタル画像符号化の場合より符号化効率の改善度は低い。

## (6) ブレークスルー技術を導入した JPEG2000 符号化方式に関する研究

JPEG2000はウェーブレット変換を用いた画像符号化方式であり、電子透かしに使われている方法と同様にデータを埋め込み可能である。しかし、符号化処理過程の最終段階で画像品質が最適となるように、再量子化

するため、符号化過程における埋め込み処理は困難であることが判明した。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

(1)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画像符号化”, 画像電子学会, Vol. 37, No. 1, pp. 63-68, 2008

〔学会発表〕(計6件)

(1)Hideo Kuroda, Shin'ich Miyata, Makoto Fujimura and Hiroki Imamura, “A Novel Image Compression Method Using Watermarking in JPEG Coding Process”, Proc. of Advanced Concepts for Intelligent Vision System, pp. 1072-1083, 2007

(2)黒田 英夫, 藤村 誠, 今村 弘樹, “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”, 情報処理学会研究報告オーディオビジュアル複合情報処理, 2008-AVM-60, Vol. 2008, No22, pp. 27-3, 2008.

(3)宮田 慎一, 黒田 英夫, 藤村 誠, 今村 弘樹, “電子透かし技術を用いた JPEG 画像符号化”, 情報処理学会オーディオビジュアル複合情報処理研究会, No. 58, pp. 61-66, 2007.

(4)黒田 英夫, 藤村 誠, 今村 弘樹, “電子透かし技術を用いたフラクタル画像符号化”, 平成 19 年度電気関係学会九州支部連合大会, 09-2A-01, 2007.

(5)黒田 英夫, 宮田 慎一, 藤村 誠, 今村 弘樹, “JPEG 圧縮過程において電子透かし技術を用いた新しい画像符号化方式”, 平成 19 年度電気関係学会九州支部連合大会, 09-2A-04, 2007.

(6)黒田 英夫, “画像符号化国際標準 JPEG 方式等の高効率化”, イノベーション・ジャパン 2007

〔産業財産権〕

○出願状況 (計2件)

(1)特願 2006-23532

画像符号化方法、画像復元化方法、画像符号化装置及び画像復号化装置

(2)PCT/JP2007/051645

画像符号化方法、画像復元化方法、画像符号化装置及び画像復号化装置

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

黒田 英夫 (KURODA HIDEO)

長崎大学・大学院生産科学研究科・教授

研究者番号：90215111

(2)研究分担者

藤村 誠 (FUJIMURA MAKOTO)

長崎大学・工学部・准教授

研究者番号：30229041

(3) 研究分担者

今村 弘樹 (IMAMURA HIROKI)

長崎大学・工学部・助教

研究者番号：20363468