

## フルフレーム DCT を用いた静止画像符号化についての考察

季平 浩治<sup>†</sup> 長谷山 美紀<sup>†</sup> 北島 秀夫<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 北海道大学 工学研究科

〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目

TEL (011)706-7260

E-mail suehira@media.eng.hokudai.ac.jp

本文は、フルフレーム DCT を用いての静止画像符号化を提案する。DCT を画像符号化に用いる時は、小ブロックに分割してから各ブロックに DCT を用いる方法がよく取られる。ところが、低ビットレート下ではブロック歪が存在してしまう。

一方、フルフレーム DCT を用いた場合ブロック歪は存在しないが、適応的な量子化が困難である。本文では、フルフレーム DCT を用いて、変換領域においてのブロック単位での適応的な量子化法を検討する。

## Image Coding Using Full-Frame DCT

Kouji Suehira<sup>†</sup>, Miki Haseyama<sup>†</sup>, and Hideo Kitajima<sup>†</sup>

<sup>†</sup>School of Engineering, Hokkaido University

Kita-ku Kita-13 Nishi-8 Sapporo, 060-8628 Japan

TEL 81-11-706-7260

E-mail suehira@media.eng.hokudai.ac.jp

This paper proposes image coding using full-frame DCT. Conventionally an image divided into small blocks of pixels ; DCT is applied to each block. However, block distortion arises under a low bit-rate. Block distortion is completely removed by using full-frame DCT ,but it is difficult to adapt quantization to local image structure. This paper proposes a quantization strategy that adapts to transform-domain image features.

### 1 まえがき

DCT(離散コサイン変換)[1] は、直交変換であること、統計的に最適変換である KLT(カールネン・

レーベ変換)に近い性質を持つこと、また、高速アルゴリズムが存在することなどの理由により、国際規格である JPEG[2] を含め広く画像符号化に用いられている。

16 × 16 画素を越える画像のブロック処理においては、MSE は大きく減少しないことや、ハードウェアの複雑さの低減などの理由により、DCT を画像符号化に用いる場合、8 × 8 および 16 × 16 のブロックサイズがよく用いられている。また、小ブロックに分割して符号化する場合、原画像の特徴に基づいて適応的に量子化器を設計できるなどのメリットも存在する。しかし、低ビットレート下でのブロック符号化は、DC 成分を含めた低周波成分の量子化歪により、ブロック境界のような画像劣化であるブロック歪が現れる傾向にある。

一方、全画面に DCT を行うフルフレーム DCT を用いた場合、ブロック歪は現れることはない。フルフレーム DCT を用いた場合の量子化器は多くのテスト画像に基づいて統計的に設計している。しかし、統計に基づき量子化器を設計している為、個々の画像に対して適応的な量子化が行えないという問題点が存在する。

本文では、フルフレーム DCT を用いて、変換領域においてブロック単位での適応的な量子化法を検討する。また、シミュレーション結果を示す。

## 2 DCT について

### 2.1 変換について

順変換

$$X(m) = \sqrt{\frac{2}{N}} k_m \sum_{n=0}^{N-1} \cos\left[\frac{(2n+1)m\pi}{2N}\right] \quad (1)$$

$$m = 0, \dots, N-1$$

逆変換

$$x(n) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{m=0}^{N-1} k_m \cos\left[\frac{(2n+1)m\pi}{2N}\right] \quad (2)$$

$$n = 0, \dots, N-1$$

ただし、

$$k_m = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & m = 0 \text{ のとき} \\ 1 & \text{その他} \end{cases} \quad (3)$$

### 2.2 DCT の性質

ここでは、DCT の信号領域と変換領域での信号の関係を挙げる。画像のエネルギーは直交変換のもとで保存されるため、次式が成り立つ。

$$\sum_{n=0}^{L-1} [x(n)]^2 = \sum_{m=0}^{L-1} [X(m)]^2 \quad (4)$$

ここで、 $x(n)$  は原信号、 $X(m)$  は変換係数である。

さらに、変換係数に量子化誤差が付加された信号を  $\hat{X}(m)$ 、 $\hat{X}(m)$  の逆変換により再生される誤差信号を  $\hat{x}(n)$  と置くと、次式が成り立つ。

$$\sum_{n=0}^{L-1} [x(n) - \hat{x}(n)]^2 = \sum_{m=0}^{L-1} [X(m) - \hat{X}(m)]^2 \quad (5)$$

つまり、変換領域での誤差は信号領域でも保存される。さらに、上式の左辺は平均自乗誤差 (MSE) に等しい。

## 3 フルフレーム DCT を用いた静止画像符号化について

### 3.1 符号化方法

以下にフルフレーム DCT を用いての符号化の流れを示す。

- 原画像に全画面 (256 × 256) の二次元 DCT を行う
- 計算された変換係数を小ブロック (8 × 8) に分割する
- 各ブロック毎に分散を求める
- 閾値を定め分散が閾値以上のブロックは変換係数を線形量子化する、閾値以下のブロックは符号化を行わず受信側で値を 0 とする
- 受信側には各ブロックが閾値以上か以下かを示すフラグテーブルと閾値以上のブロックの量子化係数、及び、量子化ステップをエントロピー符号化し伝送する

ここで、量子化係数とは変換係数を量子化ステップで割り、丸めた値をいうものとする。

### 3.2 復号化方法

- 受信したフラグテーブルより、閾値以上のブロックと閾値以下のブロックに分ける
- 閾値以下のブロックは全ての値を 0 とする
- 閾値以上のブロックは受信した量子化ステップと量子化係数より、逆量子化を行う。この時、逆量子化は量子化ステップ×量子化係数とする
- 逆 DCT を行い、整数化を行い再生完了

量子化ステップは

$$\Delta = \sqrt{12 * T} \quad (6)$$

にする。ここで、 $\Delta$ は量子化ステップ、 $T$ は閾値である。

### 3.3 エントロピー符号化について

まず、閾値より大きいブロックの量子化係数を一次元に並べる。次に、連続する 0 の係数の長さを表すラン長と 0 以外の係数の値を用いて符号化を行った。0 以外の係数は表 1 のグループ番号と付加ビットの形で表した。エントロピー符号化としてハフマン符号化を用いた。

また、16 の無効係数ランを別に割り当てた。16 個以上の 0 が連続する場合には、無効係数ランを繰り返すことにより、ラン長を 16 未満にした。

### 3.4 実験結果

実験には Lena, Girl, Moon(全て 256 × 256, 8bits/pixel) を用いた。

図 1 に各画像の閾値と MSE の関係を、図 2 に閾値と符号量の関係を示しているのが確認される。

また、図 3 に原画像を図 4 に閾値を 50 とした時の Lena の再生画像を、図 5 に図 4 の再生画像の一部を拡大した画像を載せる。図 5 より画像の平坦部分には目立ち易いノイズが発生しているのが確認される。

表 1: 係数のグループ化

グループ番号	係数値	付加ビット
1	-1,1	1
2	-3,-2,2,3	2
3	-7,-6,-5,-4,4,5,6,7	3
4	-15,⋯,-8,8,⋯,15	4
5	-31,⋯,-16,16,⋯,31	5
⋮	⋮	⋮
14	-16383,⋯,-8192,8192,⋯,16383	14
15	-65535,⋯,-16384,16384,⋯,65535	15

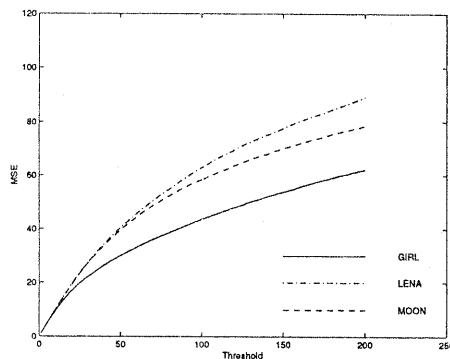


図 1: 閾値-MSE

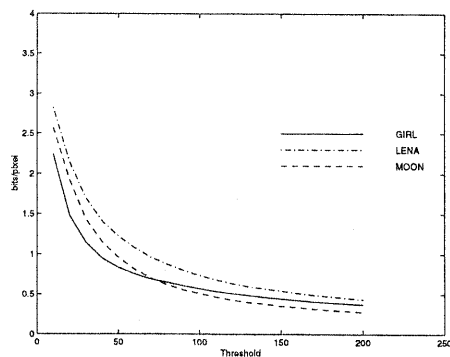


図 2: 閾値-符号量

## 4 逆量子化を考慮した符号化

### 4.1 逆量子化を考慮した符号化



図 3: 原画像



図 4: 閾値 50 の再生画像 (MSE=40.3, PSNR=32.1dB, 1.22bits/pixel)

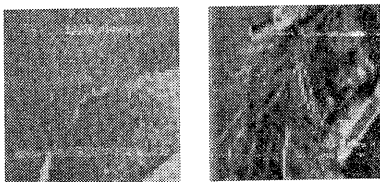


図 5: 再生画像の一部拡大画像

前章の手法では、逆量子化には量子化係数×量子化ステップを用いている。各ブロックの変換係数が平均値 0 の正規分布すると仮定した場合 (DC 成分からは一定値を引いておく)、ブロックの分散と閾値の差が大きい場合には、量子化係数×量子化ステップを用いても最適値 (量子化誤差を最小にする値) とは大きな差は存在しない。ところが、ブロックの分散と閾値の差が小さいときには、最適値と量子化係数×量子化ステップとの差は大きくなる。そこで、量子化を行うブロックを分散の大きいブロックと分散の小さいブロックに分け、逆量子化を変える手法を検討する。

実際には、分散の大きいブロックを閾値の 3 倍以上の分散を持つブロック、分散の小さいブロックを閾値から閾値の 3 倍未満のブロックとした。各ブロックを平均値 0 の正規分布と仮定すると、分散が閾値の 3 倍未満のブロックは、ほぼ全ての量子化係数が  $-1, 0, 1$  のどれかになる。分散の大きいブロックは逆量子化に量子化係数×量子化ステップを、分散の小さいブロックには、 $0.70 \times$  量子化係数×量子化ステップを用いる。符号量の増加は、 $0.009\text{bits/pixel}$  位である。

### 4.2 実験結果

図 6 に Lena の前述までの手法との比較を載せる。結果が良好になっているのが確認される。

また、図 7 と図 8 に閾値を 50 とした時の再生画像と一部拡大画像を載せる。平坦部分のノイズが軽減されているのが確認される。

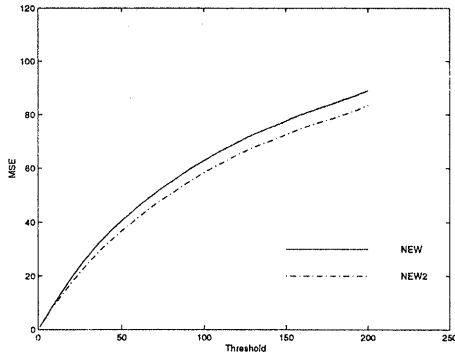


図 6: 前章までの手法との比較



図 7: 閾値値 50 の再生画像 (MSE=36.5, PSNR=32.5dB)



図 9: 閾値値 264, 量子化ステップ 10 (MSE=60.11, PSNR=30.3dB, 0.85bits/pixel)



図 8: 再生画像の一部拡大画像



図 10: 図 9 の一部拡大画像

## 5 量子化ステップを可変にした符号化

前章までの手法は、量子化ステップを閾値により一意に求まる値に固定し符号化を行っていた。ここでは、量子化ステップの値を可変にして符号化を行った。

### 5.1 実験結果

図 9 ~ 図 14 にほぼ同 MSE 下での画像と一部拡大画像を載せる。また、各画像の閾値と量子化ステップも載せる。

閾値が大きい場合は、全体的にはやけた画像が再生される。閾値を小さくするとエッジ部分がはっきりするが、平坦部分でのノイズが目立つことが確認される。



図 11: 閾値 230、量子化ステップ 20(MSE=60.36, PSNR=30.3dB, 0.72bits/pixel)

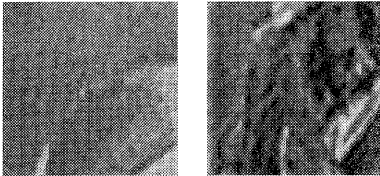


図 12: 図 11 の一部拡大画像



図 13: 閾値 153、量子化ステップ 30(MSE=60.10, PSNR=30.3dB, 0.70bits/pixel)

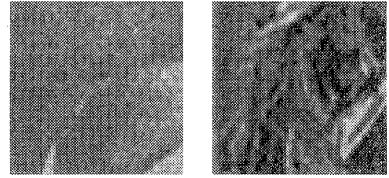


図 14: 図 12 の一部拡大画像

## 6 まとめ

本文では、フルフレーム DCT を用い変換領域でブロックに分割することにより変換領域での適応的な量子化を可能とする手法について検討した。また、逆量子化の際の工夫により再生画像を改善する手法も挙げた。最後に量子化ステップを可変にした場合の実験結果を示した。本手法には、ブロック歪が存在しないことも確認された。

本文では、適応的な量子化法を主題としたが、今後の課題としては、符号化テーブルの作成法や、平坦部分で目立つノイズの除去法などが挙げられる。また、古くから検討されているゾーンサンプリング [3] との比較を検討する予定である。

## 参考文献

- [1] N.Ahmed,T.Natarajan,and,K.R.Rao, “Discrete cosine transform” IEEE Trans.Comput.,vol.C-23,pp.90-93,Jan.1974
- [2] ISO/IEC 10918-1, “Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines” Feb.1994
- [3] Paul.A.Wintz “Transform Picture Coding” Proc.IEEE.,vol.60,No.7,pp.809-821,Jul.1972