

## 様々な冗長変換とシフト不変 Haar ウェーブレット変換を用いた ハイブリッド型カラー画像雑音除去

### Hybrid color-image denoising methods with the shift-invariant Haar wavelet transform and another redundant transform

上田 康隆<sup>†</sup>  
Yasutaka Ueda

小松 隆<sup>†</sup>  
Takashi Komatsu

齊藤 隆弘<sup>†</sup>  
Takahiro Saito

#### 1. はじめに

筆者らは、先に冗長 DCT とシフト不変 Haar ウェーブレット変換を階層的に組み合わせたハイブリッド型カラー画像雑音除去法を提案し、その優れたカラー画像雑音除去能力を明らかにした<sup>[1]</sup>。

本研究では、DCT 以外の他の直交変換、ここではウォルシュ・アダマール変換<sup>[2]</sup> (WHT)、スラント変換<sup>[2]</sup> (ST)、離散ルジャンドル変換<sup>[2]</sup> (DLT)、離散ハートレー変換<sup>[3]</sup> (DHT) を冗長化した変換をシフト不変 Haar ウェーブレット変換と階層的に組み合わせたハイブリッド型カラー画像雑音除去法の雑音除去能力を比較検討した。

#### 2. 非階層型冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去

画像を互いに重複しないブロックに分割し、各ブロックに DCT を適用して雑音除去を行うと、雑音除去画像はブロック歪みの目立つものとなる。ブロック歪みの発生を抑えるため、通常の DCT とは異なる冗長 DCT を採用し、雑音除去を行う。ここで、冗長 DCT とは、画像をブロック分割する位置をずらすことで、ブロックの分割パターンを複数に増やし、各ブロックに対し DCT を行うことである。この冗長 DCT を用いて雑音除去を行うと、ブロック分割パターンが一つである通常の DCT を用いる雑音除去とは異なり、雑音除去画像でブロック歪みが抑制できるとともに、冗長にすることによって雑音除去画像の画質が向上する。以下に、非階層型の冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の処理手順を示す。

[非階層型冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の処理手順]

- 1) 雑音が混入した入力画像を周期的拡張して環状シフトした画像（以下、環状シフト画像）を複数枚用意する。なお、ブロックサイズが  $8 \times 8$  の DCT の場合、環状シフトのパターンは計 64 通りとなる。
- 2) 各環状シフト画像を互いに重複しないブロックに分割し、各ブロックに DCT を適用する。
- 3) 3 原色信号 R, G, B の DCT 係数に Hard Color-Shrinkage を適用し、雑音除去を行い、IDCT を適用する。なお、DC 成分に対応した DCT 係数（以下、DC 成分）には Hard Color-Shrinkage を適用しない。
- 4) 雑音除去後の各環状シフト画像を周期的拡張し、これに上記 1) と逆の環状シフトを適用し、元の位置に戻す。
- 5) 元の位置に戻した複数枚の雑音除去カラー画像の平均カラー画像を求め、これを最終的な雑音除去カラー画像として出力する。

[処理手順終]

上記の処理手順において、 $8 \times 8$  の DCT を他の  $8 \times 8$  の直交

変換 (WHT, ST, DLT, DHT) に置き換えることで、その直交変換を冗長化したカラー画像雑音除去が実現できる。

#### 3. 冗長 DCT とシフト不変 Haar ウェーブレット変換を用いたハイブリッド型カラー画像雑音除去

階層化しない冗長 DCT を用いた場合での雑音除去カラー画像には、色斑が残存するという問題があった。この色斑を除去するには、画像全体で DC 成分を集めたものをさらに雑音除去する必要がある。

図 1、図 2 にそれぞれ、シフト不変 Haar ウェーブレット変換 (5 階層) を用いた雑音除去法、 $8 \times 8$  の冗長 DCT と 2 階層のシフト不変 Haar ウェーブレット変換を階層的に組み合わせた雑音除去法（以下、ハイブリッド画像雑音除去法）の概略図を示した。図 2 のハイブリッド画像雑音除去法では、冗長 DCT の DC 成分を画像全体で集めて走査順に書き並べた二次元配列に、さらにシフト不変 Haar ウェーブレット変換 (2 階層) が適用され、赤い点線で囲まれた全ての変換係数に Hard Color-Shrinkage が適用される。

ハイブリッド画像雑音除去法は、5 階層のシフト不変 Haar ウェーブレット変換の 1, 2, 3 階層目を  $8 \times 8$  の冗長 DCT で置き換えた方式に相当する。

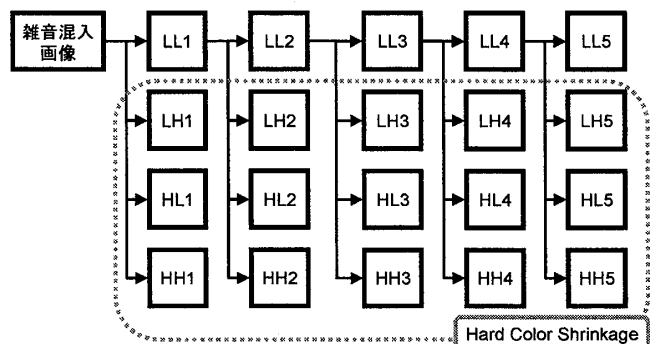


図 1 シフト不変 Haar ウェーブレット変換 (5 階層)

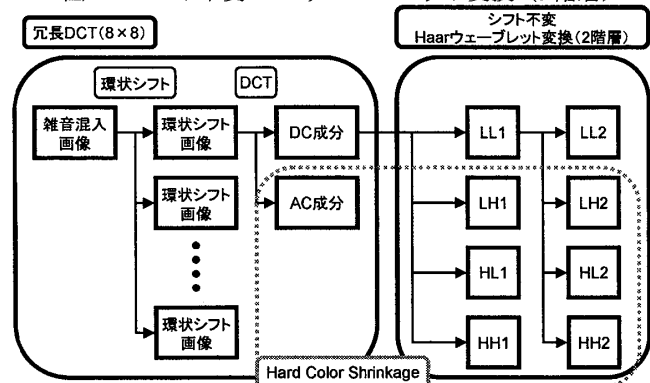


図 2 ハイブリッド画像雑音除去法 (DCT を用いた方式)

<sup>†</sup> 神奈川大学, Kanagawa University

#### 4. Hard Color-Shrinkage

入力カラー画像の3原色の変換係数をまとめた3次元カラーベクトルを  $\mathbf{p}_0 = (r_0, g_0, b_0)^T$  とし, 出力カラーベクトルを  $\mathbf{p} = (r, g, b)^T$  とすると, Hard Color-Shrinkage は,  $\mathbf{p}$  に関する次式のエネルギー関数  $E(\mathbf{p})$  を最小化する問題の解として得られる<sup>[4]</sup>.

$$E(\mathbf{p}) = |r|^0 + |g|^0 + |b|^0 + \alpha|r - g|^0 + \beta|r + g|^0 + \alpha|g - b|^0 + \beta|g + b|^0 + \alpha|b - r|^0 + \beta|b + r|^0 + \lambda_r(r - r_0)^2/2 + \lambda_g(g - g_0)^2/2 + \lambda_b(b - b_0)^2/2 \quad (1)$$

$$(\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \lambda_r > 0, \lambda_g > 0, \lambda_b > 0)$$

なお, 式(1)の最適化問題の可能解(最適解の候補)は24個存在する.  $E(\mathbf{p})$  を最小とする最適解  $\mathbf{p}^*$  として, 24個の可能解の中から最小の  $E(\mathbf{p})$  を与える一つの可能解が選択され, 出力される.

また, 本研究では Hard Color-Shrinkage のパラメータ  $\lambda$  を,  $\lambda \propto 1/\sigma_N^2$  と設定した. ここで,  $\sigma_N$  は雑音の標準偏差の推定値であり, そのブロック内の DC 成分または, LL 成分を変数とした“信号依存性雑音のモデル”から決定される.

#### 5. 実験結果

Kodak の標準カラー画像 24 枚に ISO1600 相当の信号依存性雑音を加え, 雑音付加カラー画像を作成した. また, 各変換での Hard Color-Shrinkage のパラメータは, 画像ごとに最適化せずに, 全 24 枚の画像に対し良好な処理結果となるようなパラメータを 1 組探索した.

図 3 に雑音付加カラー画像と, 従来法である 5 階層のシフト不変 Haar ウェーブレット変換 (SIHWT) による雑音除去カラー画像と, 各直交変換 (WHT, DHT, ST, DLT, DCT) から構成した冗長変換を用いたハイブリッド画像雑音除去法の雑音除去カラー画像の PSNR [dB] を示した.

図 3 において, PSNR の高い順で示すと, それぞれ冗長 DCT, 冗長 DLT, 冗長 ST, 冗長 DHT, 冗長 WHT を用いたハイブリッド画像雑音除去法, シフト不変 Haar ウェーブレット変換 (5 階層) の順となっている. 冗長 DCT を用いたハイブリッド画像雑音除去法が, 他の冗長変換を用いたハイブリッド画像雑音除去法よりも, 全ての雑音除去カラー画像で最も高い PSNR が得られた.

#### 6. むすび

DCT や WHT, ST, DLT, DHT などの直交変換を冗長化した変換とシフト不変 Haar ウェーブレット変換を階層的に組み合わせたハイブリッド画像雑音除去法の雑音除去能力を比較検討した. 様々な直交変換を冗長化したもの内, 冗長 DCT を用いたハイブリッド画像雑音除去法の雑音除去能力が最も優れていることが示された.

#### 参考文献

- [1] 上田 康隆, 小松 隆, 齊藤 隆弘, “冗長 DCT とシフト不変 Haar ウェーブレット変換を用いたハイブリッド画像雑音除去法,” 2010 年映像情報メディア学会年次大会, 2010 年 9 月. (発表予定)
- [2] 宮原 誠, “系統的画像符号化,” アイピーシー, 1990 年.
- [3] K.R. Rao, P. Yip 著, 安田 浩, 藤原 洋 訳, “画像符号化技術—DCT とその国際標準—,” オーム社, 1992 年.
- [4] 齊藤 隆弘, 上田 康隆, 小松 隆, “カラー画像処理のための  $l_1$ - $l_2$  Color Shrinkage,” 第 8 回情報科学技術フォーラム (FIT2009), 1-020, 2009 年 9 月.

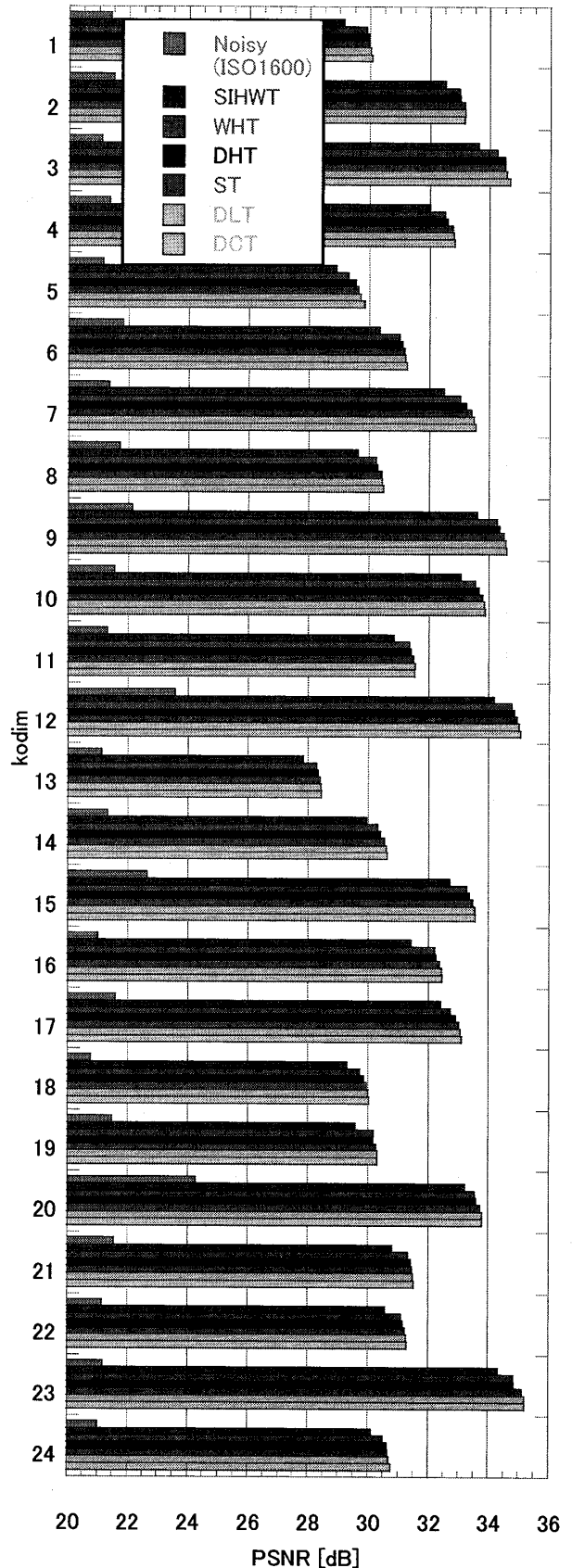


図 3 雑音付加画像と雑音除去画像の PSNR