

Color Shrinkage と 2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像の雑音除去法
Color-image denoising method with the two-layered redundant DCT and the Color Shrinkage

上田 康隆† 小松 隆† 齊藤 隆弘†
Yasutaka Ueda Takashi Komatsu Takahiro Saito

1. はじめに

筆者らは、先に提案した l^1 - l^2 Color Shrinkage^[1]を用いることで、冗長 Wavelet 変換領域だけでなく、冗長 DCT 領域においても効率的なカラー画像雑音除去が実現できることを示した^[2]。しかしながら、冗長 DCT 領域でのカラー画像雑音除去法では、ブロックサイズが 4×4 , 8×8 の DCT を用いた場合、その雑音除去画像には全体的に色斑が残り、目立ってしまった。この色斑を目立たなくさせるには、ブロックサイズが 16×16 以上の DCT を用いて雑音除去を行う必要があった^[2]。一方、ブロックサイズが 16×16 の DCT を用いて雑音除去を行うと、エッジ付近の雑音が除去されず、またブロックサイズが 4×4 , 8×8 の DCT を用いた場合と比較し、処理時間がより長くなってしまふ。本研究では、ブロックサイズが 16×16 の DCT を用いずとも、ブロックサイズが 4×4 の DCT を 2 階層化することで、全体的に残る色斑を除去できるとともに、処理時間を短縮できることを実験的に明らかにしている。

2. 2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法

2.1 冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法

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が目立つものとなる。ブロック歪の発生を避けるため、通常の DCT とは異なる冗長 DCT を採用し、雑音除去を行う。冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の処理手順を以下に示す。

- [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、環状シフトしたもの（以降、環状シフト画像と呼ぶこととする）を複数枚用意する。なお、ブロックサイズが $N \times N$ の DCT の場合、環状シフトパターンは計 N^2 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) RGB の 3 つの DCT 係数に 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 係数には 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 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]

2.2 冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の問題点

文献[2]の“非階層型の通常の冗長 DCT”を用いたカラ

ー画像雑音除去法では、DC 成分に対応した DCT 係数（以下、DC 成分）に対して、特に処理は適用していなかった。そのため、DC 成分に含まれている雑音の低周波数成分は除去されずに残ってしまい、これが色斑として目立ってしまう。そこで、DC 成分を集めたものを 2 階層目の雑音が混入した入力画像と見なし、再び冗長 DCT を用いて雑音除去することによって、この色斑の問題を改善する。

2.3 2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の処理手順

2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の概要を図 1 に示した。

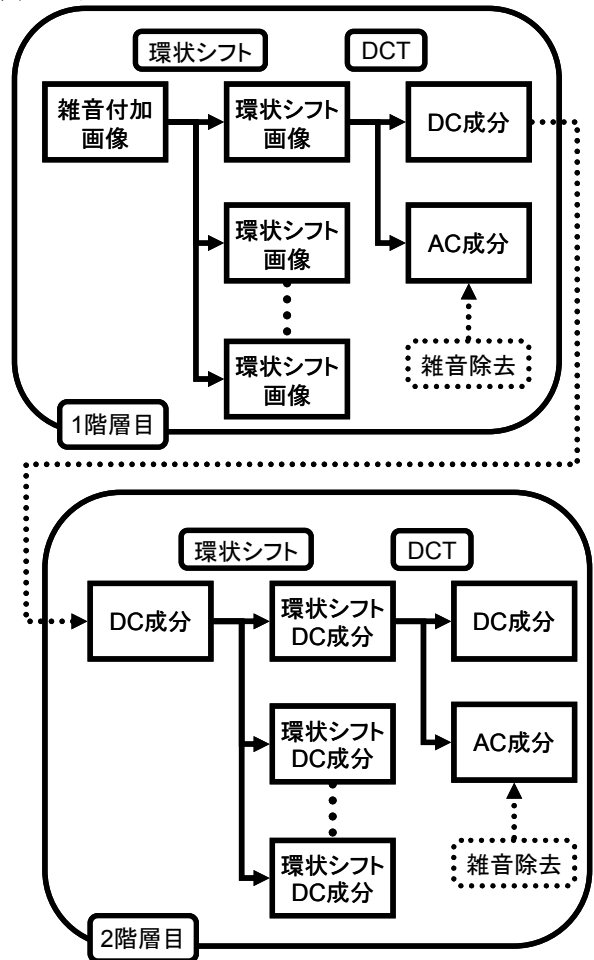


図 1. 2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の概要

[2 階層化冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の処理手順]

1. 冗長 DCT を用いたカラー画像雑音除去法の 1), 2) の処理を行う。

† 神奈川大学, Kanagawa University

- II. 1階層目の環状シフト画像の“DC成分に対応したDCT係数”のみを集めたものを2階層目の入力画像とし、冗長DCTを用いたカラー画像雑音除去法の1)~5)の処理を適用し、その雑音除去結果を1階層目の環状シフト画像の“DC成分に対応したDCT係数”へと戻す。この処理を1階層目の全ての環状シフト画像に対して行う。
- III. 1階層目の各環状シフト画像に対して冗長DCTを用いたカラー画像雑音除去法の3)~5)の処理を適用する。
[処理手順終]

3. l^1 - l^2 Color Shrinkage とそのパラメータ制御

入力カラー画像の3原色信号のDCT係数をまとめたカラーベクトルを $\mathbf{p}_0 = (r_0, g_0, b_0)^T$ とし、出力カラーベクトルを $\mathbf{p} = (r, g, b)^T$ とすると、 l^1 - l^2 Color Shrinkage 法は、出力カラーベクトル \mathbf{p} に関する次式のエネルギー関数 $E(\mathbf{p})$

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

を最小化する問題の反復解法として導出される^[1]。

各ブロックにおいて、パラメータ λ を $\sigma_s/(\sigma_n)^2$ に比例するように設定する。ただし、 σ_n はブロック内の雑音の標準偏差であり、そのブロック内平均値を変数とした“信号依存性雑音の標準偏差モデル”から決定される。また、 σ_s は信号の標準偏差であり、ブロック内データの標準偏差 σ_x と σ_n から、 $\sigma_s = [\max\{(\sigma_x)^2 - (\sigma_n)^2, 0\}]^{1/2}$ と推定される。

4. 実験結果

図2のKodakの標準カラー画像にISO1600相当の信号依存性雑音を加え、図3の雑音付加カラー画像を作成した。図4には、図3の雑音付加カラー画像を1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTを用いて雑音除去したカラー画像の一部を拡大して示した。一方、図5、図6、図7には、それぞれブロックサイズが 4×4 、 8×8 、 16×16 の非階層型の冗長DCTを用いて雑音除去したカラー画像の一部を拡大して示した。

表1には、雑音付加画像と、1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTおよび非階層型の冗長DCTを用いた際の雑音除去カラー画像のPSNR [dB]を示した。

1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTを用いた際の雑音除去カラー画像(図4)には、ブロックサイズが 4×4 の非階層型の冗長DCTを用いた際の雑音除去カラー画像(図5)に見られる色斑が、ブロックサイズが 16×16 の非階層型の冗長DCTを用いた際の雑音除去カラー画像(図7)程度にまで改善された。また、処理時間は、ブロックサイズが 16×16 の非階層型の冗長DCTを用いた場合は約63秒、1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTを用いた場合は約5秒であった。PSNRの点でも1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTを用いた方が、ブロックサイズが 4×4 の非階層型の冗長DCTを用いた場合に比べて、改善されている。

しかしながら、1階層、2階層ともにブロックサイズが 4×4 の2階層化冗長DCTを用いた場合、図5~図7ほど目立たないが、若干エッジ付近に色斑と雑音が残ってしまう

ている。これらを軽減するには、エッジ付近での処理を工夫する必要があると考えられる。

表1. 雑音付加画像と雑音除去画像のPSNR [dB]

雑音付加カラー画像 (ISO1600相当)	PSNR [dB]
2階層化冗長DCT (1階層: 4×4 , 2階層: 4×4)	33.5
非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 4×4)	32.4
非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 8×8)	33.5
非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 16×16)	33.2



図2. 原カラー画像



図3. 雑音付加カラー画像 (ISO1600相当)

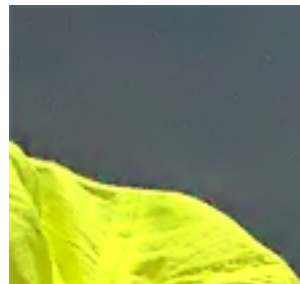


図4. 2階層化冗長DCT (1階層・2階層: 4×4)



図5. 非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 4×4)



図6. 非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 8×8)



図7. 非階層型の冗長DCT (ブロックサイズ: 16×16)

5. むすび

カラー画像の雑音除去にブロックサイズが 16×16 の冗長DCTを用いなくても、2階層化冗長DCTを用いることにより、画像全体に残る色斑をブロックサイズが 16×16 の冗長DCTと同程度除去できることが確認された。

参考文献

- [1] 齊藤隆弘, 小松 隆, “色間相関を利用した新しい Wavelet Shrinkage 雑音除去法の提案,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J91-D, no.8, pp. 2005-2008, Aug. 2008.
- [2] 上田康隆, 小松 隆, 齊藤隆弘, “Color Shrinkage と冗長 DCT を用いたカラー画像の雑音除去法,” 電子情報通信学会 2009 年総大会, D-11-49, Mar. 2009.