

色ずれを考慮したノンローカルミーンフィルタにおけるノイズ除去法

A NL-means for denoising scheme without undesirable color effects for color images

山口貴之
Takayuki Yamaguchi

貴家仁志
Hitoshi kiya

首都大学東京 システムデザイン学部 情報通信システムコース
Department of Information and Communications Systems, Tokyo Metropolitan University

1 まえがき

NL-means フィルタは、ノイズ除去において代表的な非線形性フィルタである [1]。しかしカラー画像においてノイズ除去を行う場合、各 RGB 成分に対して独立に処理を行うと処理後の画像に色ずれが生じてしまう。そこで、本論文では重みの計算を輝度信号のみで行う方法を提案する。その結果、従来の方法と比べほぼ同程度の PSNR を有し、かつ色ずれの発生を抑えることが CIEDE2000 の尺度評価の下で確認された。さらに NL-means フィルタの処理時間を約 1/3 に低減することができる。

2 NL-means フィルタ

本稿では、NL-means フィルタを用いて、重み w_{ij} を後述する式から求める。推定画素 \bar{x}_i は、式 (1) から求められる。

$$\bar{x}_i = \frac{1}{z_i} \sum_{j \in R_i} w_{ij} y_j \quad (1)$$

ここで、 R_j は探索領域の集合、 y_j は観測されたノイズ画像の画素値である。重み w_{ij} 及び z_i は式 (2)、(3) によって計算される。

$$w_{ij} = \exp\left(-\frac{\|y_{N_i} - y_{N_j}\|_2^2}{h^2}\right) \quad (2)$$

$$z_i = \sum_j \exp\left(-\frac{\|y_{N_i} - y_{N_j}\|_2^2}{h^2}\right) \quad (3)$$

ここで h^2 はノイズ除去パラメータである。 N_k は x_k を中心とした四角形の近接領域であり、 y_{N_i} は近接領域 N_k 内の画素値を要素にもつベクトルを表している。NL-means フィルタでは、この w_{ij} の計算に主に時間を要する。カラー画像において従来法では \bar{x}_i 、 w_{ij} は R、G、B の各要素でそれぞれ独立に計算されるため、合成時に色ずれが生じる。またこれよりカラー画像では、グレースケール画像より 3 倍近くの処理時間を要する問題がある。

3 提案法

提案法では R、G、B の輝度値から得られる共通の重みを使用することで、これらの問題を改善する。具体的にはまず画像を ITU-R BT. 601-5[2] に従い、RGB 空間から輝度値 Y を得る。Y 空間上における重み w_{ij} を、 $w_{y_{ij}}$ と表現する。RGB における各色空間での推定画素 \bar{x}_i を式 (1) から、式 (4) のようにして求める。

$$\bar{x}_i = \frac{1}{z_i} \sum_{j \in R_i} w_{y_{ij}} y_j \quad (4)$$

これにより従来法では RGB 空間からそれぞれ重み w_{ij} を算出していたのに対し、提案法では Y 空間から算出された $w_{y_{ij}}$ を共通に使用することで、色ずれを抑え、処理時間を大幅に減らすことを図る。

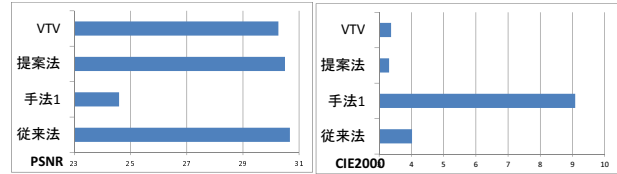


図 1 PSNR 値 [dB]

図 2 CIEDE2000 値

4 シミュレーション

解像度 256×256 [pixels]、12 枚のカラー画像に平均 0、標準偏差 $\sigma = 16$ となる加法的白色ガウスノイズを加えた画像を用いて、表 1 に示す NL-means フィルタの処理と、別のノイズ除去法として正規化項である VTV (Vectorial Total Variation) [3] をほどこした画像の結果を、PSNR と CIEDE2000 [4] で評価し図 1、図 2 にそれぞれ示す。NL-means フィルタの探索領域 R_i は 13×13 、近接領域 N_k を 7×7 、パラメータ h は $12/256$ とした。VTV のパラメータは $\lambda = 0.47$ 、計算回数は 200 回としている。

実験結果より提案法では、従来法より PSNR 値をほとんど変化させることなく、CIEDE2000 の値を最も低減させており、画像の劣化を防ぎつつ色ずれを抑えることができた。VTV による手法は数値としては良い値が出ているものの、見た目が NL-means フィルタよりも不自然に出来上がる傾向があった。また処理時間を計算したところ従来法では 1876 [s] なのに対し、提案法では 649 [s] と約 1/3 に減らすことが確認できた。

表 1 NL-means フィルタの処理方法

手法名	処理方法
従来法	RGB 毎に w_{ij} を算出 → RGB 毎に処理
手法 1	YCbCr に変換 → Y から $w_{y_{ij}}$ を算出 → Y のみに処理
提案法	YCbCr に変換 → Y から $w_{y_{ij}}$ を算出 → RGB に $w_{y_{ij}}$ を使用して処理

参考文献

- [1] Milanfar, Peyman. "A tour of modern image filtering: new insights and methods, both practical and theoretical." Signal Processing Magazine, IEEE 30.1 (2013): 106-128.
- [2] Rec. ITU-R BT.601-5, Studio Encoding Parameters of Digital Television for Standard 4:3 and Wide-screen 16:9 Aspect Ratios, (1982-1986-1990-1992-1994-1995), Section 3.5.
- [3] Rodriguez, P., & Wohlberg, B. (2009, November). A generalized vector-valued total variation algorithm. In Image Processing (ICIP), 2009 16th IEEE International Conference on (pp. 1309-1312). IEEE.
- [4] Sharma, G., Wu, W., & Dalal, E. N. (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. Color Research & Application, 30(1), 21-30.