

連写画像におけるノイズ除去のための三次元 NL-Means 法

Three Dimensional NL-Means method for denoising of continuous shooting photography

小堀 寛和† 黒木 修隆† 廣瀬 哲也† 沼 昌宏†

Hirokazu Kobori Nobutaka Kuroki Tetduya Hirose Masahiro Numa

1. はじめに

現在発売されているほとんどのデジタルカメラには連写機能が搭載されており、決定的瞬間を撮影できる環境が整いつつある。しかし、連写画像は図 1 に示すような高感度ノイズが発生しやすい。そのため、連写画像のノイズ除去技術の必要性が増している。



図 1 画像に発生するノイズ例

1.1 重ねあわせ処理

重ね合わせ処理は連写画像の代表的なノイズ除去手法である。この手法は、位置ズレ補正した複数枚の画像を加算平均することでノイズ除去を行い、高速な処理が可能である。しかし、被写体や背景に動きがある場合、図 2 に示すように情報が消失する。

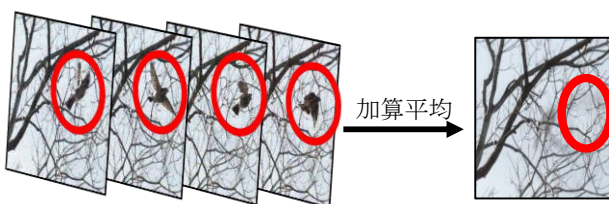


図 2 情報の消失例

1.2 三次元 NL-Means 法

三次元 NL-Means 法 [1] は静止画像に用いられる NL-Means 法を動画などの複数枚の画像に対応させた手法である。この手法は重ね合わせ処理では消失する可能性のある情報を保持しつつノイズを除去できる。この手法の処理の流れを図 3 に示す。初めに、動画フレームの中からノイズ除去するフレームを基準画像 p とし、その前後 K フレームを比較画像 $p_1 \sim p_K$ とする。その後、基準画像からノイズ除去する画素 (注目画素) を決定し、その周辺を探索領域 A_p とする。比較画像の同じ座標に対しても探索領域を設け、その領域内の任意の画素を比較画素とする。そして、注目画素の周辺領域と比

較画素の周辺領域の類似度を平均二乗誤差で計算する。この計算を探索領域内の全ての比較画像に対して行い重みを求め、加重平均をとることで注目画素のノイズ除去が完了する。これを基準画像中の全ての画素に対して行うことで、ノイズ除去画像 g を得る。

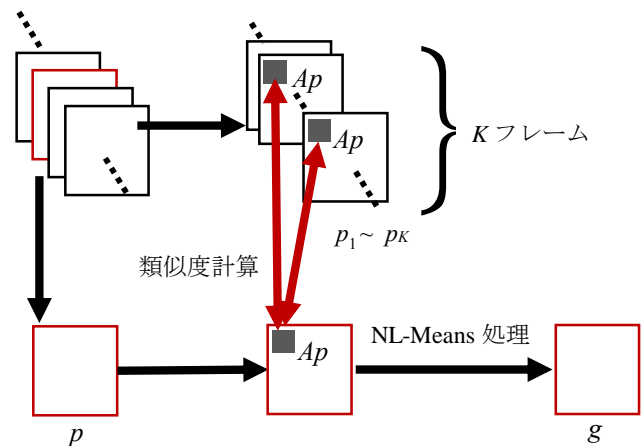


図 3 従来の三次元 NL-Means 法

2. 提案手法

三次元 NL-Means 法は多くの画像と類似度計算を行うため、計算コストが高い。そこで、ノイズ除去の品質を維持しつつ処理時間を削減することを目的に、重ね合わせ処理を用いて類似度計算処理の回数を削減する手法を提案する。この手法の処理の流れを図 4 に示す。

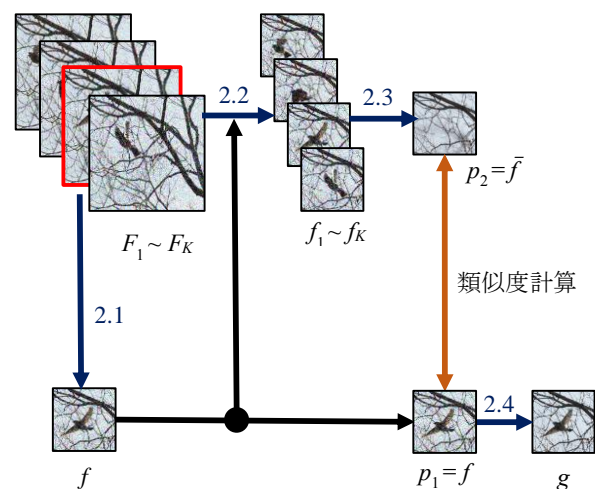


図 4 提案手法の流れ

2.1 所望の画像の選択

提案手法ではまず、連写画像 $F_1 \sim F_K$ の中から所望の画像 F を選択し、適当なサイズのテンプレートを切り抜く。これをテンプレート画像 f とする。ただし、画像のサイズは (所望の画像) \geq (テンプレート画像) とする。

2.2 位置あわせ処理

本手法では、テンプレートマッチングにより位置合わせ処理を行った。連写画像中の一枚を入力画像とし、テンプレート画像 f と最も類似する領域を類似度の尺度である相互相関係数 (ZNCC) を用いて検出し、切り抜く。これを、全ての連写画像 $F_1 \sim F_K$ に対して行い、切り抜き後の画像を $f_1 \sim f_K$ とする。

2.3 重ねあわせ処理

位置合わせ処理を行った画像 $f_1 \sim f_K$ に対して重ね合わせ処理

$$\bar{f} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K f_k \quad (1)$$

を行う。

2.4 三次元 NL-Means 法

入力の基準画像を $p_1 = f$ 、比較画像を $p_2 = \bar{f}$ とし、以下の三次元 NL-Means 処理を行う。従来手法では比較画像は複数枚存在したが、提案手法では 1 枚である点が異なる。

- i) 基準画像 p_1 における注目画素の輝度値を $p_1(x, y)$ とする。
- ii) 基準画像 p_1 および比較画像 p_2 において座標 (x, y) を中心とする周辺 $M \times M$ 画素を探索領域 A_p とする。
- iii) 注目画素を中心とする周辺 $N \times N$ 画素を注目領域 N_p とする。
- iv) 基準画像 p_1 または比較画像 p_2 を画像 p_t (ただし、 $t = 1, 2$) とする。
- v) 画像 p_t の探索領域内の座標 (a, b) における比較画素の輝度値を $p_t(a, b)$ とする。
- vi) 比較画素を中心とする周辺 $N \times N$ 画素を比較領域 N_p' とする。
- vii) 注目領域 N_p と比較領域 N_p' の類似度を平均二乗誤差 (MSE) から求める。式は、

$$\text{MSE}(t, a, b) = \frac{1}{N \cdot N} \sum_{(m, n) \in N_p} \{p_1(x+m, y+n) - p_t(a+m, b+n)\}^2 \quad (2)$$

と表される。

- viii) 式 (2) で求めた MSE から、重みの計算を行う。重み w は、

$$w(t, a, b) = \frac{1}{c} \exp\left(-\frac{\text{MSE}(t, a, b)}{h^2}\right) \quad (3)$$

と表される。また、正規化係数 c は、

$$c(t) = \sum_{(a, b) \in A_p} \exp\left(-\frac{\text{MSE}(t, a, b)}{h^2}\right) \quad (4)$$

と表される。

表 1 従来手法と提案手法による処理時間の比較

処理時間 [s]	従来手法	提案手法
平均値	1,422	100

- ix) $p_t(a, b)$ と式 (3) で求めた重みの加重平均を計算する。加重平均の計算結果 g は、

$$g(x, y) = \sum_{t=1}^2 \sum_{(a, b) \in A_p} w(t, a, b) \cdot p_t(a, b) \quad (5)$$

と表される。この $g(x, y)$ がノイズ除去後の注目画素の輝度値となる。

3. 評価実験と考察

連写画像 9 セットに対し従来手法と提案手法を用いてノイズを除去後、比較を行う。ただし、 $K=40$ である。評価項目は処理時間および画質とする。

平均処理時間結果を表 1 に示す。提案手法は従来手法と比べ、処理時間を約 14 分の 1 に短縮できた。これは、類似度計算処理の計算量を大幅に削減できたためだと考えられる。

処理結果画像を図 5 に示す。窓ガラスに発生している高感度ノイズを提案手法は従来手法と同程度にノイズ除去できている。これは、重ね合わせ処理によりノイズ除去された画像を参照したためだと考えられる。

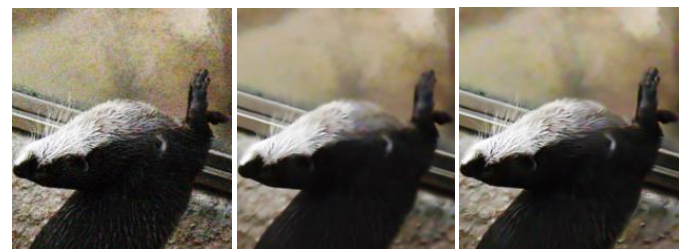


図 5 ノイズ除去効果の比較

4. まとめ

本研究では、デジタルカメラで撮影された連写画像に対して高品質かつ高速なノイズ除去を行うことを目的に、重ね合わせ処理を用いた三次元 NL-Means 法を提案した。提案手法は、重ね合わせ処理を用いることで、類似度計算の処理回数を削減した。評価実験を行った結果、従来手法と比べ、処理時間が約 14 分の 1 に短縮され、同程度のノイズ除去効果が得られることを確認できた。このことから提案手法の有効性を確認できた。

参考文献

- [1] A. Buades, B. Coll, J-M Morel, "Denoising image sequences does not require motion estimation," Advanced Video and Signal Based Surveillance, pp. 70-74, (2005).