

スパース表現によるポアソンノイズの除去

齊藤 美緒* 今村 幸祐** 松田 吉雄** 藤村 誠***
(金沢大学 *自然科学研究科 **理工研究域)(***長崎大学 工学研究科)

1 はじめに

近年、医療画像に対するノイズ除去技術が注目されている。医療画像には線量に応じたポアソンノイズが含まれるため、従来のガウスノイズを前提としたノイズ除去法は適切ではない。そこで本稿では、画像のスパース表現を用いたノイズ除去法において、ポアソンノイズ除去のために、局所輝度平均に基づく補正項を導入した手法を提案する。

2 画像のスパース表現とノイズ除去

画像のスパース表現[1]では、画像を表現するための基底辞書選択と基底に対する係数の値を式(1)から求める。

$$\min \|X - D\alpha\|_2^2 \quad \text{subject to} \quad \|\alpha\|_0 \leq T_0 \quad (1)$$

ここで X は入力画像、 D は基底辞書、 α は係数、 T_0 は表現時に用いる基底数の上限を表す。本研究では、基底辞書の選択と係数の算出のために OMP 法を用いる。また、基底辞書は K-SVD 法を用いた学習により構築する。

これをノイズ除去に適用する場合は式(2)となる。

$$\min \|\alpha\|_0 \quad \text{subject to} \quad \|y - D\alpha\|_2^2 \leq \varepsilon \quad (2)$$

ここで、 ε は表現誤差であり、 ε の値を除去するノイズ量として設定することで指定した量のノイズ除去が可能となる。

ガウスノイズは、画像全体において平均0、分散 σ となるノイズで画像内容に依存しない。従って、ノイズの除去量を、画像全体において単一の値に設定できる。通常、画像に含まれるノイズ量は不明であるため、本研究では文献[2]の手法により画像に含まれるノイズの標準偏差 σ を推定する。ガウスノイズ除去に適用する際には、式(2)の ε を 1.15σ に設定してノイズを除去する。本稿では、このガウスノイズのためのノイズ除去手法を従来法と呼ぶこととする。

3 画像のスパース表現を用いたポアソンノイズ除去

ポアソンノイズは、各画素の輝度値に依存するので、除去する誤差量は画素ごとに設定するべきである。輝度値 $I(i)$ と光子量 $\lambda(i)$ の間に、 $\lambda(i) = rI(i)$ の関係があるとき、画像全体に亘るポアソンノイズの分散 σ_n^2 と輝度値の平均 $\langle I_{ALL} \rangle$ には、 $r = \langle I_{ALL} \rangle / \sigma_n^2$ が成立つ。加えて、ポアソンノイズの分散は光子量と等しいという特性を考慮すると、注目画素のポアソンノイズの分散 σ_p^2 は式(3)で表される。

$$\sigma_p^2 = \frac{I_0(i)}{\langle I_{ALL} \rangle} \sigma_n^2 \quad (3)$$

ここで、 $I_0(i)$ はノイズを含まない真の輝度値を示す。しかし、 $I_0(i)$ は不明であるため、推定のため画像パッチ x_i の平均輝度値 $\langle I_x \rangle$ で $I_0(i)$ を近似すると、式(2)はポアソンノイズに対応した式として次のように書き換えることができる。

$$\min \|\alpha\|_0 \quad \text{subject to} \quad \|y - D\alpha\|_2^2 \leq 1.15 \sqrt{\frac{\langle I_x \rangle}{\langle I_{ALL} \rangle}} \sigma_n \quad (4)$$

式(4)に従ってノイズ除去を行う手法が、ポアソンノイズに対応した提案法である。

4 シミュレーション結果

ポアソンノイズを付加した、Bridge, Lenna, Mandrill, Peppers の 4 種類の画像を用いて、提案手法のノイズ除去

性能を評価した。付加したポアソンノイズは画像全体で $\sigma = 5, 10, 15, 20, 25, 30$ になるようにそれぞれ設定した。また、基底辞書選択時のパッチのサイズは 8×8 、最大選択辞書数は 10 である。

$\sigma = 20$ の時のノイズ除去画像 4 種類の原画像に対する平均 PSNR 値を表 1 に示す。表1の結果より、提案手法では、従来法に対して PSNR 値が 0.69 [dB] 向上している。

表 1 実験結果の平均 PSNR

	ノイズ画像	従来法	提案手法
PSNR	22.19[dB]	27.29[dB]	27.98[dB]

ノイズ除去画像の主観的な評価のために Lenna の処理画像を図 1 に示す。図 1 は全て Lenna 画像の一部分を拡大したものである。(a)は元画像、(b)は $\sigma = 20$ のポアソンノイズ付加画像、(c)は従来法によるノイズ除去結果、(d)は提案手法によるノイズ除去結果である。図1より、従来法に比べて、提案手法では、帽子の毛の部分の特徴が保持されており、帽子のツバ部分のノイズも良好に除去されていることが確認できた。

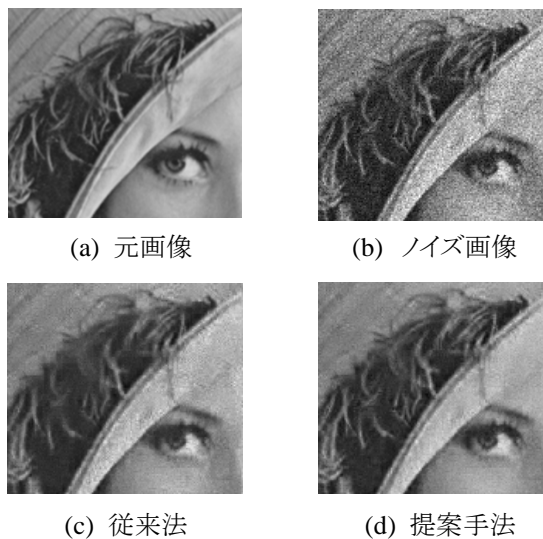


図 1 Lenna 画像

5 まとめ

画像のスパース表現を用いたノイズ除去法において、ポアソンノイズ除去のために、局所輝度平均に基づく補正項を導入した手法を提案した。実験により、全ての画像において従来の手法と比べてノイズ除去後の PSNR 値が向上し、主観による画質の向上も確認できた。よって、提案法のポアソンノイズ除去手法が有効であることが確認できた。

謝辞

本研究の一部は科研費 26420350 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] M. Elad, and M. Aharon, IEEE Trans. Image Processing, vol. 15, no. 12, pp. 3736-3745, 2006.
- [2] J. Immerkær, CVIU, vol. 64, no. 2, pp. 300-302, 1996.