研究速報

係数シフトバイラテラルフィルタによるローラ風画像の生成

Generating Roller Picture-like Images by Weight-Shifted Bilateral Filter

正会員 平岡 透[†], 浦浜 喜一^{††}Toru Hiraoka[†] and Kiichi Urahama^{††}

Abstract We propose a non-photorealistic rendering method for generating roller picture-like images from photographs. Roller picture-like images are artistic images painted using a roller. Our proposed method utilizes a modified bilateral filter (BF) called the weight-shifted BF. We validate the effectiveness of the proposed method by conducting experiments using the image of Lenna and other example images.

キーワード：ノンフォトリアリスティックレンダリング, バイラテラルフィルタ, 係数シフト, ローラ風画像

1. ま え が き

現在, 写真画像を貼り絵や油絵, 鉛筆画などのような非写実的画像に変換するノンフォトリアリスティックレンダリングの研究¹⁾が数多く行われている. しかし, 図1に示すようなペンキをローラで塗ったようなローラ風画像を生成するノンフォトリアリスティックレンダリングの研究は, 筆者らの調べる限りでは見当たらない. ローラ風画像は, テレビや雑誌などでの特殊効果としての使用が考えられる.

そこで本稿では, ローラ風画像を生成する方法を提案する. 本稿でのローラ風画像とは, 写真画像のエッジに沿ってペンキをローラで塗ったような模様を有し, 細かいテクスチャの部分を残して元の写真画像を想起しやすくしたものである. 提案法は, バイラテラルフィルタ²⁾の係数を変えたフィルタ (以下, 係数シフトバイラテラルフィルタ) を写真画像にかけることによって, ローラ風画像を生成するものであり, 係数シフトバイラテラルフィルタで用いるウィンドウサイズを変えることによって, ローラの太さを変えることができるという特徴がある. 提案法の有効性を検証するために, レナの画像 (図2参照) を用いた実験を行い, ウィンドウサイズによって生成されるローラの幅を確認する. また, レナの画像以外のいくつかの画像にも提

図1 ローラ模様の例
Example of roller pattern.

図2 レナの画像
Image of Lenna.

2012年10月30日受付, 2012年12月21日再受付, 2013年1月9日採録

[†] 大分工業高等専門学校 情報工学科

(〒870-0152 大分市大字牧 1666 番地, TEL 097-552-7548)

^{††} 九州大学 大学院芸術工学研究院 コミュニケーションデザイン科学部門

(〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1, TEL 092-553-4510)

[†] Department of Information Engineering, Oita National College of Technology

(1666, Maki, Oita-shi, 870-0152, Japan)

^{††} Department of Communication Design Science, Faculty of Design, Kyushu University

(4-9-1, Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka-shi 815-8540, Japan)

案法を適用して, ローラ風画像で生成される帯状の模様を確認する.

2. 方 法

空間座標 (i, j) での入力画素値を $d_{i,j}^{(0)} \in [0, 255]$ とし, ローラ風画像を生成する係数シフトバイラテラルフィルタでの出力画素値 $d_{i,j}^{(t)} \in [0, 255]$ (t は反復回数) を式 (1) で計算する.

$$d_{i,j}^{(t)} = \frac{\sum_{k=i-w}^{i+w} \sum_{l=j-w}^{j+w} e^{-\alpha D_{i,j,k,l} - \beta I_{i,j,k,l}^{(t-1)}} d_{k,l}^{(t-1)}}{\sum_{k=i-w}^{i+w} \sum_{l=j-w}^{j+w} e^{-\alpha D_{i,j,k,l} - \beta I_{i,j,k,l}^{(t-1)}}} \quad (1)$$

$$D_{i,j,k,l} = (i-k)^2 + (j-l)^2$$

$$I_{i,j,k,l}^{(t-1)} = (255 - |d_{i,j}^{(t-1)} - d_{k,l}^{(t-1)}|)^2$$

ここで、 α と β は正定数、 w はウィンドウサイズである。 α は座標 (i, j) からの距離の影響を調節するパラメータであり、 α の値が大きいくほど座標 (i, j) から離れている画素 ($D_{i,j,k,l}$ の値が大きい画素) の影響を受けにくくなる。 β は座標 (i, j) の画素値 $d_{i,j}^{(t)}$ との差の絶対値の影響を調整するパラメータであり、 β の値が大きいくほど画素値 $d_{i,j}^{(t)}$ との差の絶対値の小さい画素 ($I_{i,j,k,l}^{(t-1)}$ の値が大きい画素) の影響を受けにくくなる。 w の値は α の値が小さいほど小さくすることができ、計算処理を高速化することができる。

式 (1) の係数シフトバイラテラルフィルタを T (正整数) 回かけることで、ローラ風画像が生成される。

式 (1) は、入力画像の輝度差が小さい滑らかなテクスチャの部分のスミージングする。また、輝度差の大きい細かいテクスチャの部分では、輝度差の大きい画素の影響を受けて、反復計算を繰り返す毎に白黒反転しながら、細かいテクスチャを残す。さらに、エッジなどのような輝度差の大きい部分では、輝度差の大きい画素の影響を受けて、反復計算を繰り返す毎に白黒反転しながら、エッジ部からエッジに沿ってローラ模様が発生していく。 α の値が大きいくほど、また β と w の値が小さいほど、発生するローラの幅が狭くなる。

3. 実験

まず、 256×256 pixel のサイズのレナの画像を用いた実験を行い、提案法の反復回数によって現れてくるローラ風画像の帯状の模様の変化を確認する。このとき、 $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 0.01$ 、 $w = 10$ とした。反復回数 T が 1 回から 4 回で得られたローラ風画像を図 3 に示す。図 3 の左上の画像が $T = 1$ 、右上の画像が $T = 2$ 、左下の画像が $T = 3$ 、右下の画像が $T = 4$ の場合のローラ風画像である。図 3 より、反復計算を繰り返す毎に、白黒反転しながら、ローラ風画像が鮮明になっていき、反復計算の奇数回および偶数回でそれぞれ収束することがわかる。反復回数 T が 30 回および 31 回の収束したローラ風画像をそれぞれ図 4 に示す。図 4 の左側の画像が $T = 30$ 、右側が $T = 31$ の場合のローラ風画像である。図 4 より、エッジに沿ってペンキをローラで塗ったようなローラ風画像が生成できていることがわかる。また、髪の毛のような細かいテクスチャのある部分はローラ模様が発生せずに、元のレナの画像を想起しやすくなっている。

次に、レナの画像を用いてウィンドウサイズ w を 5, 10,

図 3 反復回数によるローラ風画像の変化
Variation in roller picture-like image with iterations.

図 4 収束した反復回数が偶数および奇数のローラ風画像
Roller picture-like image of converged even-number and odd-number iterations.

図 5 ウィンドウサイズによるローラ風画像の変化
Variation in roller picture-like image with window size.

15, 20 としてそれぞれ実験を行った。このとき、 $\alpha = 1.0$ 、 $\beta = 0.01$ 、 $T = 30$ とした。実験の結果を図 5 に示す。図 5 の左上の画像が $w = 5$ 、右上の画像が $w = 10$ 、左下の画像が $w = 15$ 、右下の画像が $w = 20$ の場合のローラ風画像である。図 5 より、ウィンドウサイズが大きいくほど、ロー

図 6 β によるローラ風画像の変化 ($\alpha = 10.0, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$)

Variation in roller picture-like image with β ($\alpha = 10.0, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$).

図 8 β によるローラ風画像の変化 ($\alpha = 0.1, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$)

Variation in roller picture-like image with β ($\alpha = 0.1, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$).

図 7 β によるローラ風画像の変化 ($\alpha = 1.0, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$)

Variation in roller picture-like image with β ($\alpha = 1.0, \beta = [0.1, 0.01, 0.001]$).

ラの幅が広くなることがわかる。

さらに、レナの画像を用いて α を 10.0, 1.0, 0.1, β を 0.1, 0.01, 0.001 とした 9 通りの組合せで実験を行った。このとき、 $w = 10, T = 30$ とした。実験の結果を図 6 から図 8 に示す。図 6 が $\alpha = 10.0$, 図 7 が $\alpha = 1.0$, 図 8 が $\alpha = 0.1$ の場合のローラ風画像である。図 6 から図 8 の左上の画像が $\beta = 0.1$, 右上の画像が $\beta = 0.01$, 下の画像が $\beta = 0.001$ の場合のローラ風画像である。図 6 から図 8 より、 $\beta = 0.1$ の場合は、レナの画像の細かいテクスチャの部分がなくなり、レナの画像として認識できなくなることがわかる。また、 β の値が小さいほど、ローラの幅が狭くなることもわかる。一方、 α の値が小さいほど、ローラの

図 9 様々な画像のローラ風画像
Roller picture-like images from various images.

幅が広くなることがわかる。

最後に、レナの画像以外の別の画像（画像サイズ 256 × 256pixel）に提案法を適用した。このとき、 $\alpha = 1.0, \beta = 0.01, w = 5, T = 30$ とした。実験の結果を図 9 に示す。図 9 の左側が原画像、右側がローラ風画像である。図 9 より、どの画像もペンキをローラで塗ったような帯状の模様が生じていることがわかる。

4. む す び

係数シフトバイラテラルフィルタを用いて、写真画像からペンキをローラで塗ったようなローラ風画像を生成する方法を提案した。また、係数シフトバイラテラルフィルタのパラメータの値を変えることによって生成されるローラ風画像の変化を実験を通して示した。提案法によって生成されたローラ風画像には、エッジに沿ってローラが発生し、細かいテクスチャも残せることがわかった。ただし、細かいテクスチャを残しつつローラをかけるには適切なパラメータを設定する必要があることもわかった。

今後の課題は、より多くの画像に適用して、より綺麗なローラ風画像を生成できるように提案法を改良することである。また、提案法をカラー画像に適用することも今後の課題である。

〔文 献〕

- 1) 浦浜喜一: “画像の本質を引き出すバイラテラルフィルタによるノイズ除去とイラスト風画像の生成”, 映像学誌, **62**, 8, pp.1268-1273 (2008)
- 2) C. Tomasi and R. Manduchi: “Bilateral Filtering for Gray and Color Images,”, Proc. ICCV, pp.839-846 (1998)

ひらおか とおる
平岡 透 1995 年, 九州芸術工科大学芸術工学部画像設計学科卒業。1997 年, 同大学大学院芸術工学研究科博士前期課程修了。2005 年, 同大学大学院芸術工学研究科博士後期課程修了。現在, 大分工業高等専門学校情報工学科准教授。博士(工学)。地理情報処理, 画像処理, 地域防災に関する研究に従事。正会員。

うらはま きいち
浦浜 喜一 1980 年, 九州大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年, 同大学助手。1989 年, 九州工業大学助教授。現在, 九州大学大学院芸術工学研究院教授。工学博士。パターン認識, 画像処理, ノンフォトリアリスティックレンダリングに関する研究に従事。