研究速報

係数シフトバイラテラルフィルタによるラビリンズ風画像の生成

Generation of Labyrinthine Picture-like Images by Weight-Shifted Bilateral Filter

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

Abstract In this letter, we propose a non-photorealistic rendering method for generating labyrinthine picture-like images from photographs. 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, ラビリンズ風画像

1. ま え が き

ラビリンズ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 (NPR) 法¹⁾²⁾が提案されている。ラビリンズ風画像とは、迷路のように入り組んだ線をほぼ等間隔に敷き詰めたような画像である。Pedersenらは微分方程式による方法¹⁾を, Sparavignaらはタイリングによる方法²⁾を提案している。これらの方法は、処理手順が複雑で計算の手間が多い。

そこで本稿では、従来法と似た直線的な模様のラビリンズ風画像を生成する簡単な NPR 法を提案する。簡単なラビリンズ風画像を生成する NPR 法として非等方フィルタを用いる方法³⁾⁴⁾が提案されているが、これらの方法で生成されるラビリンズ模様は文献1)2)で得られる直線的なものではなく曲線的なものであり、またラビリンズ模様の間隔が広い。提案法は、バイラテラルフィルタ⁵⁾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) の反復計算を用いる。提案法の有効性を検証するために、レナの画像 (図1参照) を用いた実験を行い、生成されるラ

図1 レナの画像
Image of Lenna.

ビリンズ模様を確認する。また、レナの画像以外のいくつかの画像にも提案法を適用して、生成されるラビリンズ風画像の見栄えを確認する。ラビリンズ風画像の見栄えの評価は、直線的なラビリンズ模様が生成され、ラビリンズ模様の間隔が狭いものであれば、良好とする。

2. 方 法

提案法は、大きく二つの処理で実行される。一つ目の処理は、原画像に係数シフトバイラテラルフィルタを複数回かけて、ラビリンズ模様を生成するというものである。二つ目の処理は、一つ目の処理で得られた画像 (以下、処理1後の画像) のラビリンズ模様として残さない画素を、閾値処理で原画像の画素値に置き換えることによって、最終的なラビリンズ風画像を作成する。

2012年11月5日受付, 2012年12月18日再受付, 2012年12月26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 Computer and Control 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)

図 2 処理 1 後の画像 ($\alpha = 10.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$)

Image after processing 1 ($\alpha = 10.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$).

図 3 処理 1 後の画像 ($\alpha = 1.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$)

Image after processing 1 ($\alpha = 1.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$).

2.1 係数シフトバイラテラルフィルタ

空間座標 (i, j) での入力画素値を $d_{i,j}^{(0)} \in [0, 255]$ とし、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。ラビリンス風画像では、ラビリンス模様の間隔を狭く表現した方が良いため、 α の値は大きく、 β の値は小さく設定する。 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 S (正整数) 回かけることで、ラビリンス模様が生成される。

2.2 閾値処理

処理 1 後の画像の画素値の出現頻度のヒストグラム (濃度ヒストグラム) には、明確な二つの山と一つの谷が存在する。濃度ヒストグラムの谷の画素値を閾値 T (正整数) として、閾値以下の画素値は処理 1 後の画像の画素値に、閾値より大きい画素値は係数シフトバイラテラルフィルタをかける前の原画像の画素値にすることで、最終的なラビリンス風画像が生成される。閾値 T は画像ごとに処理 1 の結果において最適と考えられる値が設定される。

図 4 処理 1 後の画像 ($\alpha = 10.0$, $\beta = 0.01$, $w = 10$, $S = 50$)

Image after processing 1 ($\alpha = 10.0$, $\beta = 0.01$, $w = 10$, $S = 50$).

図 5 濃度ヒストグラム
Density histogram.

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った。ここで、係数シフトバイラテラルフィルタの各種パラメータを $\alpha = 10.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$ と設定した。 $\alpha = 10.0$ と設定した理由は、ラビリンス模様の間隔を狭くするためである。 $\alpha = 10.0$ と $\alpha = 1.0$ ($\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$) として、処理 1 後の画像をそれぞれ図 2 と図 3 に示す。図 2 は図 3 よりもラビリンス模様の間隔が

図 6 ラビリンス風画像
Labyrinthine picture like image.

図 7 ラビリンス風画像 (Airplane)
Labyrinthine picture like image (Airplane).

狭いことがわかる。 $\beta = 0.001$ と設定した理由は、ラビリンス模様の間隔を狭くするためである。 $\beta = 0.01$ ($\alpha = 10.0$, $w = 10$, $S = 50$) として、処理 1 後の画像を図 4 に示す。

図 8 ラビリンス風画像 (Boat)
Labyrinthine picture like image (Boat).

図 2 は図 4 よりもラビリンス模様の間隔が狭いことがわかる。 $w = 10$ と設定した理由は、 $\alpha = 10.0$ と設定すれば隣接画素以外の影響はほとんど受けなくなるため、 $w = 1$ と設定すれば良いが、図 3 の $\alpha = 1.0$ と設定した場合も考慮して余裕を持ってここでは $w = 10$ とした。 $S = 50$ と設定した理由は、実験において 50 回の反復計算で画像の変化がほとんどなくなったためである。

係数シフトバイラテラルフィルタをかけた処理 1 後の画像を図 2 に、処理 1 後の画像の濃度ヒストグラムを図 5 に示す。図 5 より、閾値 T を二つの山の間の谷の画素値 130 とした。最終的に生成されたラビリンス風画像を図 6 に示す。図 6 より、ラビリンス模様が明瞭に表れており、比較的綺麗なラビリンス風画像が生成されていることがわかる。

次に、レナの画像以外の 3 枚の画像 (256×256 pixel) に提案法を適用した。このとき、 $\alpha = 10.0$, $\beta = 0.001$, $w = 10$, $S = 50$ として、閾値 T はそれぞれの処理 1 後の画像の濃度ヒストグラムの谷の画素値とした。実験の結果を図 7 から図 9 に示す。図 7 から図 9 の上の画像が原画像、下の画像がラビリンス風画像である。図 7 から図 9 より、どのラビリンス風画像にもラビリンス模様が明瞭に表

図 9 ラビリンス風画像 (Building)
Labyrinthine picture like image (Building).

れていることがわかる。バイラテラルフィルタを使用しているので、原画像において画素値があまり変化のない領域では、ラビリンス模様の間隔が若干大きくなってしまいうことが確認できる。

4. む す び

係数シフトバイラテラルフィルタを用いて、写真画像からラビリンス風画像を生成する簡単な方法を提案した。提案法を用いることで、良好なラビリンス風画像を生成できることがわかった。しかし、提案法よりも文献 1)2) の方法で得られたラビリンス風画像の方がラビリンス模様が規則正しく生成されている。今後の課題は、より多くの画像に適用して、より綺麗なラビリンス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、原画像の画素値の変化が小さい領域のラビリンス模様の間隔を小さくするようにすることも今後の課題である。さらに、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) H. Pedersen and K. Singh: "Organic Labyrinths and Mazes," NPAR'6, pp.76-86 (2006)
- 2) A. Sparavigna and B. Montrucchio: "Non-photorealistic Image

Rendering with a Labyrinthine Tiling," CoRR, abs/cs/0609084 (2006)

- 3) 常セン, 井上光平, 浦浜喜一: "非等方ショックフィルタによる迷路風スクラッチ画の生成", 映情学誌, **61**, 10, pp.1463-1466 (2007)
- 4) 胡忠英, 浦浜喜一: "バイラテラル距離に基づく非等方 TSP アート", 信学論, **J94-D**, 4, pp.746-749 (2011)
- 5) 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ックレンダリングに関する研究に従事。