

逆線集中度平均フィルタによる石垣模様風画像の生成

平岡透¹⁾(正会員) 熊野稔²⁾(非会員) 浦浜喜一³⁾(非会員)

- 1) 大分工業高等専門学校情報工学科 2) 宮崎大学地域資源創成学部 3) 九州大学大学院芸術工学研究院

Generating Stone-Wall-Pattern-like Images by Inverse Line-Convergence-Index-Average Filter

Toru Hiraoka¹⁾ Kumano Minoru²⁾ Kiichi Urahama²⁾

- 1) Department of Civil Engineering and Architecture, National Institute of Technology, Oita College
2) Department of Regional Innovation, Faculty of Regional Innovation, University of Miyazaki
3) Department of Communication Design Science, Faculty of Design, Kyushu University
hiraoka@oita-ct.ac.jp, kumano@tokuyama.ac.jp, urahama@design.kyushu-u.ac.jp

概要

写真画像に石垣の境界線を発生させたような石垣模様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手法を提案する。提案法は、逆線集中度平均フィルタを用いた反復処理によって石垣模様風画像を生成する。提案法の有効性を検証するために、レナのカラー画像を用いた実験を行い、提案法で必要となるパラメータの値を変えた場合に生成される石垣模様風画像の見栄えを視覚的に評価する。また、石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるように、カラー画像の画素値を変換する手法とその実験の結果も示す。

Abstract

We propose a non-photorealistic rendering method for generating stone-wall-pattern-like images from input color images. Inverse line-convergence-index-average filter is applied to an input color image for transforming it to a stone-wall-pattern-like image. To validate the effectiveness of the proposed method, we conduct experiments on the color image of Lena by changing the values of the parameters. To generate stone-wall pattern in the region where stone-wall pattern is less likely to generate, we also show a method for converting the pixel values of the color image and a result of experiments.

1 はじめに

ノンフォトリアリスティックレンダリングは、コンピュータグラフィックスの分野において非写実的な画像を生成する手法であり、油絵や鉛筆画、版画などのような画像を生成する多くの手法 [1, 2, 3, 4, 5] が提案され、Adobe Photoshop や Clip Studio Paint Pro などの多くのソフトウェアにも実装されている。これらのソフトウェアは専門家以外の多くの人も気軽に使えるようになっていることもあり、これまで以上に多種多様なノンフォトリアリスティックレンダリングの手法が求められている。

本稿では、写真画像に石垣の境界線を発生させたような石垣模様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手法を提案する。本稿での石垣模様風画像とは、図 1 に示すような不規則で丸みのある多角形を並べた石垣模様で構成され、原画像の輪郭線部が保存されているものである。このような石垣模様風画像は、テレビや雑誌の特殊効果、ウェブ上でのデザイン、パーソナルコンピュータやスマートフォン上でのアミューズメントツールとしての活用が考えられる。写真画像に流れ模様 [6] や迷路模様 [7]、格子模様 [8] などを重ね合わせる手法（以下、従来法）が提案されており、提案法は従来法の表現の幅を広げるものであり、従来法とは異なる表現が可能となる。提案法のような石垣模様風画像を生成できるノンフォトリアリスティックレンダリングの手法は、筆者らの調べる限りでは見当たらない。

提案法は、逆線集中度平均フィルタを用いた反復処理によって石垣模様風画像を生成する。逆線集中度平均フィルタは、逆フィルタの反復処理 [9] と線集中度フィルタ [10] を組み合わせた新しいフィルタである。線集中度フィルタは勾配ベクトルが線に集中するような領域を抽出するものであるが、逆線集中度平均フィルタでは勾配ベクトルの平均を用いる。提案法では原画像に逆線集中度平均フィルタをかける。提案法の特徴は、石垣模様が写真画像のエッジや濃淡勾配によって自動的に生成されることである。

提案法の有効性を検証するために、レナのカラー画像（図 2 参照）を用いた実験を行い、提案法で必要となるパラメータの値を変えた場合に生成される石垣模様風画像の見栄えを視覚的に評価する。また、石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるように、カラー画像の画素値を変換する手法とその実験の



図 1: 石垣模様の例。

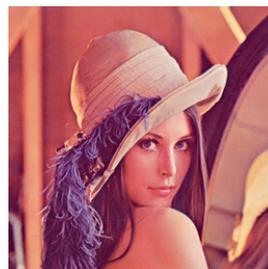


図 2: レナの画像。

結果も示す。さらに、レナ以外のいくつかのカラー画像にも提案法を適用して生成される石垣模様風画像を示す。

2 提案法

$I \times J$ 画素で 256 階調のカラー画像の画素値を $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$) とし、線集中度平均フィルタをかけた後の画素値をそれぞれ $LF(f_{R,i,j})$, $LF(f_{G,i,j})$, $LF(f_{B,i,j})$ とする。以下、赤、緑、青の画素値は同様な処理を行うため、赤の場合のみを示す。

本稿での線集中度平均フィルタは、次のように処理する。注目画素 (i, j) の x 方向から θ_m ($m = 1, 2, \dots, M$) ($= 0, \pi/M, 2\pi/M, \dots, (M-1)\pi/M$) 度傾いた M 個の直線 l_m ($m = 1, 2, \dots, M$) を考える。図 3 に示すように、直線 l_m の長さを注目画素 (i, j) を中心にそれぞれの方向に W_1 pixel とする。直線 l_m の両側の幅 W_2 pixel に含まれる N 個の周辺画素 (k, l) について、濃度変化量から求めたベクトル $((f_{R,k+2,l+2} + f_{R,k+2,l+1} + f_{R,k+2,l} + f_{R,k+2,l-1} + f_{R,k+2,l-2}) - (f_{R,k-2,l+2} + f_{R,k-2,l+1} + f_{R,k-2,l} + f_{R,k-2,l-1} + f_{R,k-2,l-2}), (f_{R,k+2,l+2} + f_{R,k+1,l+2} + f_{R,k,l+2} + f_{R,k-1,l+2} + f_{R,k-2,l+2}) - (f_{R,k+2,l-2} + f_{R,k+1,l-2} + f_{R,k,l-2} + f_{R,k-1,l-2} + f_{R,k-2,l-2}))$ と、周辺画素 (k, l) から直線 l_m に垂直なベクトルとのなす角の \cos の値を計算し、直線 l_m ごとに N 個の周辺画素の \cos の値の平均の絶対値 $C_{R,m}$ ($m = 1, 2, \dots, M$) を求める。直線 l_m のうちで最大となる $C_{R,m}$ を $g_{R,i,j}$ ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$) とする。すべての画素で計算された $g_{R,i,j}$ の中の最小値を $g_{R,min}$ 、最大値を $g_{R,max}$ とし、 $g_{R,i,j}$ を式 (1) で 0 から 255 の値を持つ $h_{R,i,j}$ ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$) に変換する。

$$h_{R,i,j} = 255 \frac{g_{R,i,j} - g_{R,min}}{g_{R,max} - g_{R,min}} \quad (1)$$

$LF(f_{R,i,j}) = h_{R,i,j}$ である。
逆線集中度平均フィルタを

$$f_{R,i,j}^{(t+1)} = f_{R,i,j}^{(t)} - LF(f_{R,i,j}^{(t)}) + f_{R,i,j} \quad (2)$$

で計算する。ここで、 t は反復回数である。初期値 $f_{R,i,j}^{(0)}$ を $f_{R,i,j}$ とし、式 (2) から $f_{R,i,j}^{(1)}, f_{R,i,j}^{(2)}, \dots$ を求め

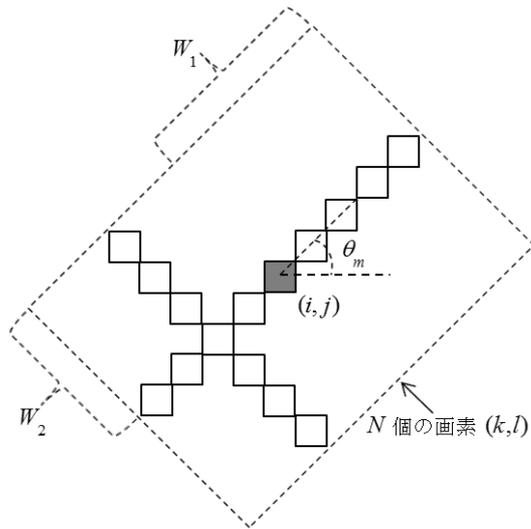


図 3: W_1 , W_2 , N の概念図.

る. $f_{R,i,j}^{(t)}$ が 0 より小さい値になった場合は 0, $f_{R,i,j}^{(t)}$ が 255 より大きい値になった場合は 255 とする.

逆線集中度平均フィルタを T 回かけた画像が石垣模様風画像である.

3 実験と結果

512 × 512 画素で 256 階調のレナのカラー画像に提案法を適用して, パラメータの値を変えた場合に生成される石垣模様風画像の見栄えを視覚的に評価する. 次に, 石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるように, カラー画像の画素値を変換する方法とその実験の結果も示す. 最後に, レナ以外の 512 × 512 画素で 256 階調のいくつかのカラー画像にも提案法を適用して生成される石垣模様風画像を示す.

3.1 パラメータの値を変えた実験

提案法のパラメータ T を 10, 20, 30, 40 と変えて, レナのカラー画像から石垣模様風画像を生成した. このとき, $M = 8$, $W_1 = 4$, $W_2 = 4$ とした. この結果を図 4 を示す. 図 4 より, T の値が大きくなるにつれて, 画像の右側の円弧の柱など石垣模様が強調され, 石垣模様のコントラストが向上し, T の値が 30 から 40 くらいで石垣模様風画像がほとんど変化しなくなることがわかる.

パラメータ M を 2, 4, 8, 12 と変えて, 石垣模様風画像を生成した. このとき, $T = 40$, $W_1 = 4$, $W_2 = 4$ とした. この結果を図 5 を示す. 図 5 より, M の値が小さい ($M = 2$) 場合, 帽子の上の領域など石垣模様の境界線が途切れて, 石垣模様を形成できないことがわかる. また, M の値が小さいほど, 画



図 4: 反復回数 T による石垣模様風画像の変化.



図 5: M による石垣模様風画像の変化.

像の左側など石垣模様が明瞭になっていることもわかる.

パラメータ W_1 を 2, 3, 4, 5 と変えて, 石垣模様風画像を生成した. このとき, $T = 40$, $M = 8$, $W_2 = 4$ とした. この結果を図 6 を示す. 図 6 より, W_1 の値が小さいほど, 画像の右側など石垣模様が多く発生するが, 画像の左側など石垣模様が不明瞭に

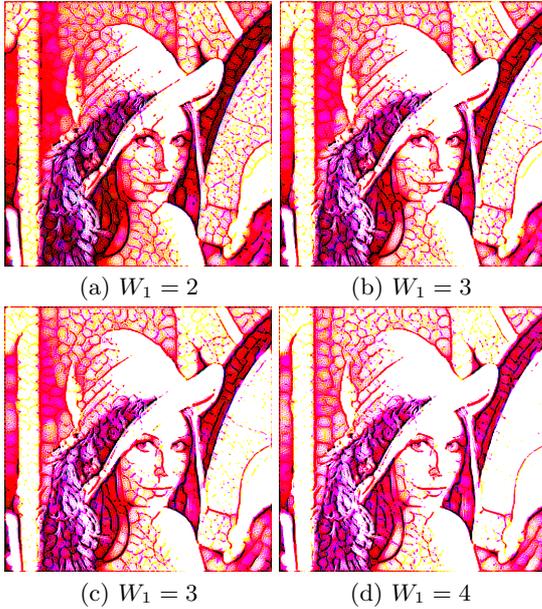


図 6: W_1 による石垣模様風画像の変化 .

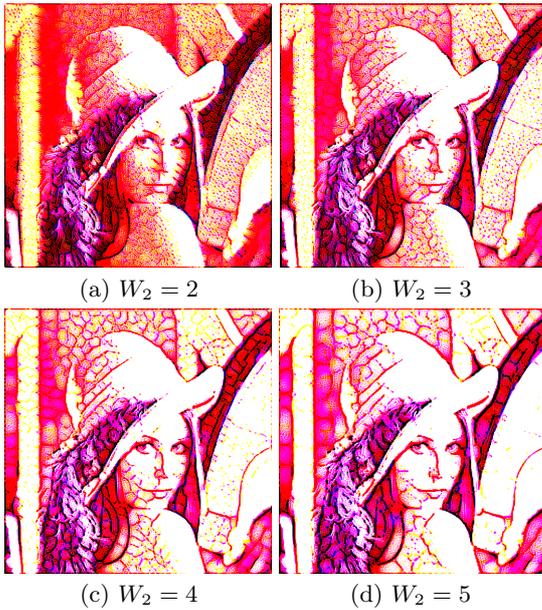


図 7: W_2 による石垣模様風画像の変化 .

なっていることもわかる .

パラメータ W_2 を 2, 3, 4, 5 と変えて, 石垣模様風画像を生成した . このとき, $T = 40, M = 8, W_1 = 4$ とした . この結果を図 7 を示す . 図 7 より, W_2 の値が大きいくほど, 帽子の上の領域など石垣模様が大きくなることがわかる .

以上より, 512×512 pixel の大きさの画像におい



図 8: 画素値の変換後の石垣模様風画像 .

て, 提案法のパラメータ T, M, W_1, W_2 の値はそれぞれ 40, 8, 4, 4 前後が良いと考えられる . しかし, 画像の左側の柱や右下の白っぽい領域のように, 画素値が小さくまたは大きく, かつ画素値の変化の小さい領域では, 石垣模様が発生していない場合もある . 提案法は, 同じパラメータの値を設定しても画像の大きさを変えると, 異なる石垣模様風画像が生成される . 512×512 pixel の画像よりも画像の大きさが大きい場合, 512×512 pixel の画像の場合と類似した石垣模様を生成するためには, M の値は同程度で, T, W_1, W_2 の値は画像の大きさに比例させて 40, 4, 4 よりも大きくする必要があると考えられる .

3.2 画素値を変えた実験

画像が暗くまたは明るく, かつ画素値の変化が小さい石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるように, 画像の明暗を変えて提案法を適用する . ここでは, 入力画素値 $f_{R,i,j}, f_{G,i,j}, f_{B,i,j}$ を式 (3) でそれぞれ $F_{R,i,j}, F_{G,i,j}, F_{B,i,j}$ に変換する . 式 (3) は赤の場合のみであるが, 緑と青の場合も同様な処理である .

$$F_{R,i,j} = a + b \frac{f_{R,i,j}}{255} \quad (3)$$

ここで, a と b は 0 から 255 の実数であり, 以下の実験では経験的に $a = 32, b = 128$ とした . これによって, 変換後の画素値は 32 から 160 の値となる . 明るい領域の方の画素値の範囲を暗い領域の画素値の範囲よりも狭くした理由は, 明るい領域の方が暗い領域よりも石垣模様が発生しにくかったからである . a と b の値は, 画像に応じて最適な値があると考えられる . 例えば, 画像中に暗い領域が多く, 明るい領域が少ない場合, a の値は 32 よりも大きくした方がよいと考えられる . レナのカラー画像から画素値の変換後に提案法を適用して生成された石垣模様風画像を図 8 に示す . このとき, $T = 40, M = 8, W_1 = 4, W_2 = 4$ とした . 図 8 と図 4 の右下の石垣模様風画像を比較すると, 画素値の変換後の石垣模様風画像の方がより多くの石垣模様が発生していることがわかる .



図 9: 入力カラー画像と石垣模様風画像 (Balloon) .

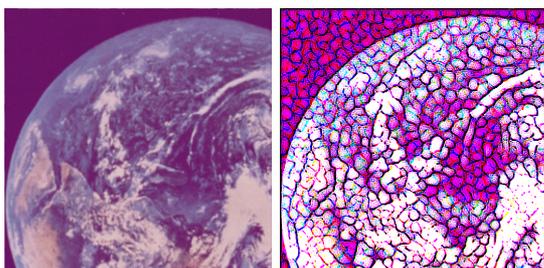


図 10: 入力カラー画像と石垣模様風画像 (Earth) .

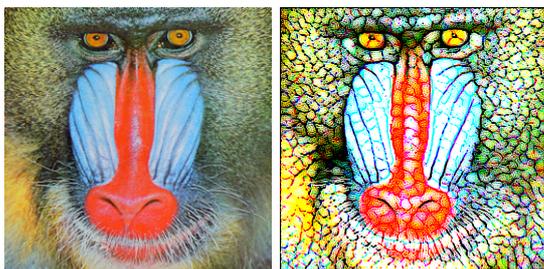


図 11: 入力カラー画像と石垣模様風画像 (Mandrill) .

3.3 レナ以外のカラー画像での実験

レナ以外の 3 枚のカラー画像に 3.2 節と同じ条件で提案法を適用した。この結果を図 9 から図 11 に示す。図 9 から図 11 の左の画像が入力カラー画像、右の画像が石垣模様風画像である。図 9 から図 11 より、生成された石垣模様風画像は、図 9 の白い服や図 10 の右下の雲などのように、画素値が小さく、画素値の変化の小さい領域では石垣模様の発生が若干少ないが、全体的に石垣模様が発生していることがわかる。また、輪郭線部が保存されていることもわかる。

4 まとめ

本稿では、逆線集中度平均フィルタを用いて写真画像に石垣の境界線を発生させたような石垣模様風画

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方法を提案した。提案法の有効性を検証するために、レナのカラー画像を用いて、提案法が必要となるパラメータの値を変えた場合に生成される石垣模様を視覚的に調べた。この結果は、提案法のパラメータの値を設定する際の指標になると考える。また、石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるようにカラー画像の画素値を変換する手法とその実験の結果も示した。

今後の課題は、石垣模様が発生しにくい領域にも石垣模様を発生できるようにする際、カラー画像の画素値を変換するパラメータの値を画像に応じて自動的に最適な値に設定できるようにすることと、画像の明暗だけでなくコントラストも変えるようにすることである。また、カラー画像のエッジや濃度勾配に応じた石垣模様の発生の方を調べることも今後の課題である。

参考文献

- [1] P. DECAUDIN, Cartoon-looking Rendering of 3D-scenes, Research Report INRIA, 2919, 1996.
- [2] 川崎敬二, 中丸幸治, 大野義夫, NPR におけるストローク方向の決定と水墨画調レンダリングへの適用, 芸術科学会論文誌, Vol. 3, No. 4, pp. 235-243, 2004.
- [3] ヘンリー・ジョハン, 橋本良太, 西田友是, 描画技法を考慮した水彩画風画像の生成, 芸術科学会論文誌, Vol. 3, No. 4, pp. 207-215, 2004.
- [4] 景琳琳, 井上光平, 浦浜喜一, 均一色セル分割タイプの非写実的画像の生成, 芸術科学会論文誌, Vol. 6, No. 3, pp. 98-105, 2007.
- [5] 渡邊賢悟, 宮岡伸一郎, 「スーラブラシ」: 新印象主義的点描画ブラシの実装, 芸術科学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 48-56, 2013.
- [6] J. Weickert, Coherence-Enhancing Shock Filters, Pattern Recognition Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2781, pp. 1-8, 2003.
- [7] A. Sparavigna and B. Montrucchio, Non-photorealistic Image Rendering with a Labyrinthine Tiling, CoRR, abs/cs/0609084, 2006.
- [8] 平岡透, 熊野稔, 浦浜喜一, 逆アイリスフィルタによるチェッカー模様画像の生成, 芸術科学会論文誌, Vol. 14, No. 4, pp. 165-169, 2015.
- [9] J. M. Ortega and W. C. Rheinboldt, Iterative Solutions of Nonlinear Equations in Several Variables, Society for Industrial and Applied Mathematics, 1987.
- [10] 吉永幸靖, 小畑秀文, 集中度評価法とベクトル集中度フィルタ, 医用画像情報学会誌, Vol. 19, No. 3, pp. 154-160, 2001.

- [11] 平岡透, 浦浜喜一, 逆線集中度フィルタによる縞模様画像の生成, 映像情報メディア学会誌, Vol. 68, No. 11, pp. J492-J494, 2014.

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興味を持つ。芸術科学会, 映像情報メディア学会, 画像電子学会会員。

熊野 稔



1981年豊橋技術科学大学工学部建設工学課程卒業。1982年同大学院建設工学専攻博士前期課程修了。現在宮崎大学地域資源創成学部教授。博士(工学)。地域都市計画, 建設情報に関する研究に興味を持つ。日本建築学会会員。

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。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興味を持つ。電子情報通信学会会員。