

逆ロバーツフィルタによるクレープ紙風画像の生成

平岡透¹⁾(正会員) 浦浜喜一³⁾(非会員)

1) 長崎県立大学情報システム学部 2) 九州大学大学院芸術工学研究院

Generating Crepe-Paper-like Images by Inverse Roberts Filter

Toru Hiraoka¹⁾ Kiichi Urahama²⁾

1) Department of Information Systems, Faculty of Information Systems, University of Nagasaki

2) Department of Communication Design Science, Faculty of Design, Kyushu University

hiraoka@sun.ac.jp, urahama@design.kyushu-u.ac.jp

概要

写真画像をクレープ紙に描いたようなクレープ紙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、逆ロバーツフィルタとヒストグラム均等化を用いた反復処理によってクレープ紙風画像を生成する。また、クレープ紙風模様が発生しにくい領域にもクレープ紙風模様を発生できるように、画像の画素値を前もって変換させる手法も提案する。提案法の有効性を検証するために、レナの画像を用いた実験を行い、生成されるクレープ紙風画像の見栄えを視覚的に評価し、他の画像の処理例も示す。

Abstract

We propose a non-photorealistic rendering method for generating crepe-paper-like images for depicting photographic images on crepe papers. Inverse Roberts filter and histogram equalization are applied to an input photographic image for transforming it to a crepe-paper-like image. To generate crepe-paper-like pattern in region where crepe-paper-like pattern is less likely to be generated, we propose a method for converting the pixel values of the photographic image before transforming it to a crepe-paper-like image. To validate the effectiveness of the proposed method, we conduct experiments on the image of Lena and evaluate the outputs of our method visually. Experimental results are also shown for other images.

1 はじめに

近年、コンピュータを用いて非写実的な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 [1] という技術が注目されている。ノンフォトリアリスティックレンダリングは、例えば、産業や工業の分野ではテクニカルイラストレーション、芸術の分野では油絵や水彩画、鉛筆画、水墨画風の画像の生成 [2, 3, 4, 5, 6], 娯楽映像の分野ではコンピュータグラフィックスの拡張表現として活用されている。また、ノンフォトリアリスティックレンダリングの入力として、3次元データや画像、マウスのような入力装置などが用いられている。

本稿では、画像を入力とした芸術分野での活用に注目し、写真画像をクレープ紙に描いたようなクレープ紙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。クレープ紙とは、図1に示すような細かいしわのある紙のことで、和紙のような風合いを持たすこともできる。クレープ紙風画像は、細かいしわのあるクレープ紙に写真画像を描いたような画像で、しわの細かい凹凸が表現されたものである。関連研究として、写真画像を布地のキャンバスに描いたような模様を生成する手法 [7] が提案されているが、提案法とは異なる手法であり、生成される模様も異なっている。

提案法は、逆ロバーツフィルタとヒストグラム均等化を用いた反復処理によってクレープ紙風画像を生成する。逆ロバーツフィルタは、逆フィルタ [8] とロバーツフィルタを組み合わせた新しいフィルタである。提案法は、写真画像に逆ロバーツフィルタとヒストグ



図 1: クレープ紙の例。

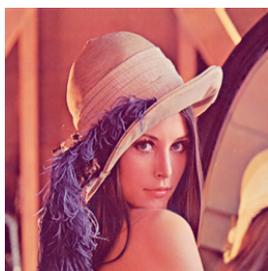


図 2: レナの画像。

ラム均等化の反復処理をかけ、この反復処理が進むにつれて細かい凹凸のしわが次第に表現され、最終的にクレープ紙風画像が生成される。提案法の特徴は、細かい凹凸のしわが写真画像のエッジや濃淡勾配に沿って形成され、自動的にクレープ紙風模様が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、図2に示すレナの画像を用いた実験を行い、生成されるクレープ紙風画像の見栄えを視覚的に評価する。また、クレープ紙風模様が発生しにくい領域にもクレープ紙風模様を発生できるように、画像の画素値を前もって変換させる手法とその結果も示す。さらに、レナ以外の写真画像にも提案法を適用して、生成されるクレープ紙風画像を示す。

2 提案法

写真画像の横と縦方向の画素数をそれぞれ I と J とし、画素の位置を (i, j) とする。256 階調で $I \times J$ 画素の大きさの写真画像の画素値 (赤, 緑, 青) を $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$) とする。写真画像の赤, 緑, 青の画素値の平均を $f_{RGB,i,j}$ とする。

$$f_{RGB,i,j} = \frac{f_{R,i,j} + f_{G,i,j} + f_{B,i,j}}{3} \quad (1)$$

ロバーツフィルタの計算は、まず式 (2) と式 (3) で $RF_1(f_{RGB,i,j})$ と $RF_2(f_{RGB,i,j})$ をそれぞれ求め、 $RF_1(f_{RGB,i,j})$ と $RF_2(f_{RGB,i,j})$ の和を $RF_s(f_{RGB,i,j})$ とする。一般的には式 (4) は式 (2) と式 (3) のユークリッド距離や市街地距離で計算するが、提案法では式 (2) と式 (3) の和としている。

$$RF_1(f_{RGB,i,j}) = f_{RGB,i,j} - f_{RGB,i+1,j+1} \quad (2)$$

$$RF_2(f_{RGB,i,j}) = f_{RGB,i+1,j} - f_{RGB,i,j+1} \quad (3)$$

$$RF_s(f_{RGB,i,j}) = RF_1(f_{RGB,i,j}) + RF_2(f_{RGB,i,j}) \quad (4)$$

ロバーツフィルタをかけた後の画素値 $RF_s(f_{RGB,i,j})$ を 256 階調に変換してからヒストグラム均等化を行い、その結果の画素値を $RF_{ss}(f_{RGB,i,j})$ とする。ヒストグラム均等化は、画像の濃度ヒストグラム (画素値の度数分布) を平坦化する手法である。

ヒストグラム均等化した画像に対して、逆ロバーツフィルタを式 (5) から式 (7) で計算する。

$$f_{R,i,j}^{(t)} = f_{RGB,i,j}^{(t-1)} - RF_{ss}(f_{RGB,i,j}^{(t-1)}) + f_{R,i,j} \quad (5)$$

$$f_{G,i,j}^{(t)} = f_{RGB,i,j}^{(t-1)} - RF_{ss}(f_{RGB,i,j}^{(t-1)}) + f_{G,i,j} \quad (6)$$

$$f_{B,i,j}^{(t)} = f_{RGB,i,j}^{(t-1)} - RF_{ss}(f_{RGB,i,j}^{(t-1)}) + f_{B,i,j} \quad (7)$$

ここで、 t は反復回数であり、初期値 $f_{RGB,i,j}^{(0)}$ を $f_{RGB,i,j}$ とする。 $f_{R,i,j}^{(t)}$, $f_{G,i,j}^{(t)}$, $f_{B,i,j}^{(t)}$ が 0 より小さい値になった場合は 0, 255 より大きい値になった場合は 255 とする。

逆ロバーツフィルタを T 回かけた画像がクレープ紙風画像である。

3 実験と結果

レナの画像に提案法を適用して、生成されるクレープ紙風画像の見栄えを視覚的に評価する。次に、クレープ紙風模様が発生しにくい領域にもクレープ紙風模様を発生できるように、画像の画素値を前もって変換させる手法とその結果を示す。最後に、レナ以外のいくつかの写真画像にも提案法を適用して、生成されるクレープ紙風画像を示す。

3.1 レナの画像を用いた実験

提案法の反復回数 T を 1, 2, 3, 4, 5, 6 と変えて、 512×512 画素で 256 階調のレナの画像からクレープ紙風画像を生成した。この結果を図 3 に示す。図 3 より、 T の値が大きくなるにつれて、しわの細かい凹凸が強調されていく様子がわかる。また、 T の値が大きくなるにつれて、クレープ紙風画像の彩度が落ちていく様子もわかる。 T の値が 5 前後でしわの細かい凹凸が明瞭になることから、提案法を用いる場合、



図 3: 反復回数 T によるクレープ紙風画像の変化。

反復回数 T の値は 5 を使用するとよいと考える。しかしながら、図 3 の (e) を見ると、画像中の髪の毛や右側の円弧の柱、帽子の右側、額、肩の右側、右下の白い部分などのように、暗いまたは明るい領域や画素値の変化の小さい領域ではクレープ紙風模様が発生していないことがわかる。

3.2 画素値を変換した実験

画像中の暗いまたは明るい領域や画素値の変化の小さい領域にもクレープ紙風模様を発生できるように、写真画像の画素値 $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ を前もって変換させる。まず、 $f_{RGB,i,j}$ の八近傍平均を求めて $g_{RGB,i,j}$ とする。次に、 $f_{RGB,i,j} < 128$ かつ $g_{RGB,i,j} < 128$ の条件 (条件 1) を満たす場合、 $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ を式 (8) から式 (10) でそれぞれ変換して $f'_{R,i,j}$, $f'_{G,i,j}$, $f'_{B,i,j}$ とする。

$$f'_{R,i,j} = f_{R,i,j} + \text{rand}(128 - f_{RGB,i,j}) \quad (8)$$

$$f'_{G,i,j} = f_{G,i,j} + \text{rand}(128 - f_{RGB,i,j}) \quad (9)$$

$$f'_{B,i,j} = f_{B,i,j} + \text{rand}(128 - f_{RGB,i,j}) \quad (10)$$

$f_{RGB,i,j} > 128$ かつ $g_{RGB,i,j} > 128$ の条件 (条件 2) を満たす場合、 $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ を式 (11) から式 (13) でそれぞれ変換する。

$$f'_{R,i,j} = f_{R,i,j} - \text{rand}(f_{RGB,i,j} - 128) \quad (11)$$

$$f'_{G,i,j} = f_{G,i,j} - \text{rand}(f_{RGB,i,j} - 128) \quad (12)$$

$$f'_{B,i,j} = f_{B,i,j} - \text{rand}(f_{RGB,i,j} - 128) \quad (13)$$

ここで、 $\text{rand}(a)$ (a は自然数) は 0 から a の自然数をランダムに計算する関数である。変換した $f'_{R,i,j}$, $f'_{G,i,j}$, $f'_{B,i,j}$ がそれぞれ 0 より小さい値になった場合は 0, 255 より大きい値になった場合は 255 とする。条件 1 と条件 2 に当てはまらない場合は、 $f'_{R,i,j} = f_{R,i,j}$, $f'_{G,i,j} = f_{G,i,j}$, $f'_{B,i,j} = f_{B,i,j}$ とする。最後に、 $f_{R,i,j}$, $f_{G,i,j}$, $f_{B,i,j}$ から変更があった画素値 $f'_{R,i,j}$, $f'_{G,i,j}$, $f'_{B,i,j}$ に対して八近傍平均を計算し、変



図 4: 画素値を変換して生成したクレープ紙風画像。

更がなかった画素値はそのままとして、 $f''_{R,i,j}$, $f''_{G,i,j}$, $f''_{B,i,j}$ とする。以上のように画像を変換することで、画像中の暗い領域を明るくし、明るい領域を暗くして、また画素値の変化の小さい領域を画素値の変化を大きくすることができる。

変換した画素値 $f''_{R,i,j}$, $f''_{G,i,j}$, $f''_{B,i,j}$ を用いてク

レーブ紙風画像を生成した結果を図4を示す。このとき、反復回数 T を5とした。図4より、画像中の暗いまたは明るい領域や画素値の変化の小さい領域にもクレーブ紙風模様が発生できていることがわかる。

3.3 レナ以外の写真画像での実験

レナ以外の5枚の512×512画素で256階調の写真画像に3.2節と同じ条件で提案法を適用した。この結果を図5に示す。図5の左側が写真画像、右側がクレーブ紙風画像である。図5より、すべての画像において細かい凹凸のしわを表現したクレーブ紙風模様が画像全体に生成されていることがわかる。

4 まとめ

逆ローパスフィルタとヒストグラム均等化を用いた反復処理によってクレーブ紙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した。提案法の有効性を検証するために、レナの画像を用いた実験を行い、生成されるクレーブ紙風画像の見栄えを視覚的に評価した。また、クレーブ紙風模様が発生しにくい領域にもクレーブ紙風模様を発生できるように、画像の画素値を前もって変換させる手法とその結果も示した。さらに、レナ以外の写真画像にも提案法を適用して、生成されるクレーブ紙風画像を示した。この結果、画像全体に細かい凹凸のしわを表現したクレーブ紙風模様を生成できることがわかった。

今後の課題は、反復回数を大きくしてもクレーブ紙風画像の彩度を保存するようにすることである。また、一般的にクレーブ紙はしわの向きが揃っていることから、写真画像のエッジや濃淡勾配に沿って形成されるクレーブ紙風模様の発生の仕方を調べて、クレーブ紙風模様の向きを揃えることも今後の課題である。さらに、提案法を動画像に拡張することも今後の課題である。

参考文献

- [1] 社団法人映像情報メディア学会, 映像情報メディア工学大辞典 基礎編, pp. 247-251, 2010.
- [2] 村上恭子, 鶴野玲治, 顔料及び支持体の特性を考慮したパステル画風レンダリング, 芸術科学会論文誌, Vol. 1, No. 2, pp. 89-96, 2002.
- [3] 川寄敬二, 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.
- [4] 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.

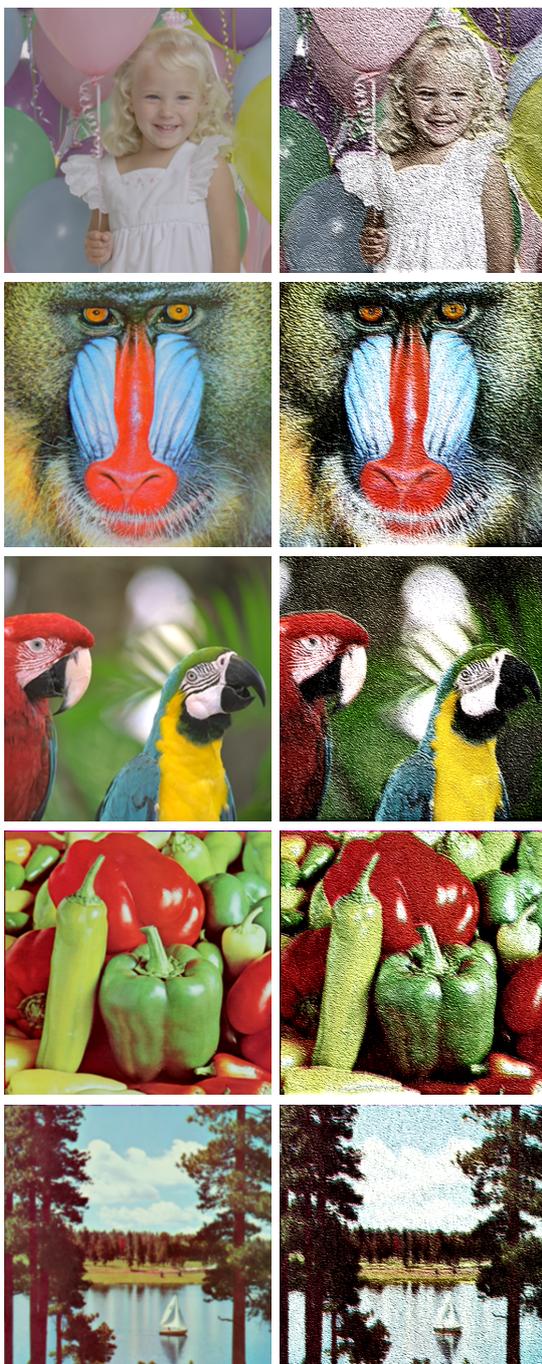


図5: レナ以外の写真画像でのクレーブ紙風画像。

- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 井上光平, 浦浜喜一, 画像のサンプリングと補間によるキャンパス地テクスチャの生成, 映像情報メディア学会誌, Vol. 59, No. 10, pp. 48-56, 2005.
- [8] J. M. Ortega and W. C. Rheinboldt, Iterative Solutions of Nonlinear Equations in Several Variables, Society for Industrial and Applied Mathematics, pp. 181-239, 1987.

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。2011年大分工業高等専門学校准教授。現在長崎県立大学情報システム学部教授。博士（工学）。画像処理, 地理情報処理, 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。同年同大学助手。1989年九州芸術工科大学助教授。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興味を持つ。電子情報通信学会会員。