

ノンフォトリアリスティックレンダリングのための 逆線集中度フィルタによる縞模様画像

平岡 透¹・野中 尋史¹

¹情報工学科

写真画像の上に縞模様を重ねた縞模様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する。提案法は、逆線集中度フィルタを用いた反復処理によって縞模様画像を生成する。提案法の有効性を検証するために、レナのグレースケール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縞模様画像の見栄えを視覚的に評価する。

キーワード：ノンフォトリアリスティックレンダリング、縞模様、逆線集中度フィルタ

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、写真画像を油絵やイラスト画、スケッチ画などのような非写実的な画像に変換する画像処理の一手法であり、これまでに種々の方法^{1) 2) 3) 4)}が提案されてきている。近年では、このような種々の方法で生成された非写実的な画像や映像をインターネットやテレビなどでも日常よく見かけるようになってきている。

本稿では、写真画像の上に縞模様を重ねた縞模様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する。提案法は、逆線集中度フィルタを用いた反復処理⁵⁾によって縞模様画像を生成する。逆線集中度フィルタは線集中度フィルタ⁶⁾で勾配ベクトルが線に集中するような領域を抽出した画像を元に復元するものであるが、提案法では原画像に逆線集中度フィルタをかける。提案法の特徴は、縞模様の向きが写真画像のエッジや濃淡勾配によって自動的に適応することである。提案法の有効性を検証するために、図-1に示すレナのグレースケール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縞模様画像の見栄えを視覚的に評価する。

縞模様を生成する方法として、ショックフィルタを用いた方法^{7) 8)}(以下、従来法)がある。従来法によって生成された縞模様は角が尖った湾曲の多い線で表現されるが、提案法によって生成された縞模様は角が丸まった湾曲の少ない線で表現されるため、提案法と従来法を用いた方法によって生成された縞模様は異なる印象を与えるものとなる。



図-1 レナの画像

2. 方法

256階調で $I \times J$ 画素の画像の画素値を $f_{i,j}$ ($i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J$)とし、線集中度フィルタをかけた後の画素値を $LF(f_{i,j})$ とする。

本稿での線集中度フィルタは、次のように処理する。注目画素 (i, j) のx方向から θ_m ($=0, \pi/M, 2\pi/M, \dots, (M-1)\pi/M$)度傾いた M 個の直線 l_m ($m=1, 2, \dots, M$)を考える。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 画素とする。直線 l_m の両側の幅 W_2 画素に含まれる 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 $((f_{k+2,l+2} + f_{k+2,l+1} + f_{k+2,l} + f_{k+2,l-1} + f_{k+2,l-2}) - (f_{k+2,l+2} + f_{k+2,l+1} + f_{k+2,l} + f_{k+2,l-1} + f_{k+2,l-2}), (f_{k+2,l+2} + f_{k-1,l+2} + f_{k,l+2} + f_{k-1,l+2} + f_{k-2,l+2}) - (f_{k+2,l-2} + f_{k-1,l-2} + f_{k,l-2} + f_{k-1,l-2} + f_{k-2,l-2}))$ 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 の値の絶対値の平均

$C_m (m=1,2,\dots,M)$ を求める. 直線 l_m のうちで C_m が最大となる場合の \cos の値の平均を $g_{i,j} (i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J)$ とする. すべての画素で計算された $g_{i,j}$ 中の最小値を g_{\min} , 最大値を g_{\max} として, $g_{i,j}$ を式(1)で 0 から 255 の値を持つ $h_{i,j} (i=1,2,\dots,I; j=1,2,\dots,J)$ に変換する.

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

$LF(f_{i,j}) = h_{i,j}$ である.
逆線集中度フィルタを

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

で計算する. ここで, a は正定数, t は反復回数である. 初期値 $f_{i,j}^{(0)}$ を $f_{i,j}$ として, 式(2)から $f_{i,j}^{(1)}, f_{i,j}^{(2)}, \dots$ を求める. $f_{i,j}^{(t)}$ が 0 より小さい値になった場合は 0, $f_{i,j}^{(t)}$ が 255 より大きい値になった場合は 255 とする.

逆線集中度フィルタを T 回かけた画像が縞模様画像である.

3. 実験

256 階調で 512×512 画素のレナの画像に提案法を適用し, パラメータの値を変えた場合に生成される縞模様画像の見栄えを視覚的に評価する.

$T = 5, 10, 15, 20$ と変えて, 生成される縞模様画像の見栄えを評価した. このとき, $M = 8, W_1 = 4, W_2 = 4, a = 0.4$ とした. この結果を図-2 に示す. 図-2 の左上の画像が $T = 5$, 右上の画像が $T = 10$, 左下の画像が $T = 15$, 右下の画像が $T = 20$ の場合に生成された縞模様画像である. 図-2 より, T の値が大きいほど, 縞模様が滑らかかつ明瞭になり, 収束していく様子がわかる.

$M = 4, 8, 12, 16$ と変えて, 生成される縞模様画像の見栄えを評価した. このとき, $T = 20, W_1 = 4, W_1 = 4, a = 0.4$ とした. この結果を図-3 に示す. 図-3 の左上の画像が $M = 4$, 右上の画像が $M = 8$, 左下の画像が $M = 12$, 右下の画像が $M = 16$ の場合に生成された縞模様画像である. 図-3 より, M の値が大きいほど, 角ばった縞模様が若干多くなることがわかるが, 多くの計算コストを要することになる.

$W_1 = 2, 4, 6, 8$ と変えて, 生成される縞模様画像の見栄えを評価した. このとき, $T = 20, M = 8, W_2 = 4, a = 0.4$ とした. この結果を図-4 に示す. 図-4 の左上の画像が $W_1 = 2$, 右上の画像が $W_1 = 4$, 左下の画像が $W_1 = 6$, 右下の画像が $W_1 = 8$ の場合に生成された縞模様画像である. 図-4 より, W_1 の値が小さいほど, 縞模様が濃くなり, 縞模様画像のコントラストが高くなることをわかる.

$W_2 = 2, 4, 6, 8$ と変えて, 生成される縞模様画像の見栄え



図-2 反復回数 $T (= 5, 10, 15, 20)$ による縞模様画像の変化



図-3 $M (= 4, 8, 12, 16)$ による縞模様画像の変化

を評価した. このとき, $T = 20, M = 8, W_1 = 4, a = 0.4$ とした. この結果を図-5 に示す. 図-5 の左上の画像が $W_2 = 2$, 右上の画像が $W_2 = 4$, 左下の画像が $W_2 = 6$, 右下の画像が $W_2 = 8$ の場合に生成された縞模様画像である. 図-5 より, W_2 の値が大きいほど, 縞模様の幅が大きくなり, 縞模様のエッジが不明瞭になることがわかる.

$a = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ と変えて, 生成される縞模様画像の見栄えを評価した. このとき, $T = 20, M = 8, W_1 = 4, W_2 = 4$ とした. この結果を図-6 に示す. 図-6 の左上の画



図-4 $W_1 (= 2, 4, 6, 8)$ による縞模様画像の変化



図-6 $a (= 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)$ による縞模様画像の変化



図-5 $W_2 (= 2, 4, 6, 8)$ による縞模様画像の変化

像が $a = 0.2$ ，右上の画像が $a = 0.4$ ，左下の画像が $a = 0.6$ ，右下の画像が $a = 0.8$ の場合に生成された縞模様画像である。図-6より， a の値が大きいくほど，画像全体として二値画像に近づき，縞模様が発生しない領域が増加し，縞模様以外の領域のコントラストが高く，原画像からかけ離れたものになることがわかる。

以上より，おおよそ 512×512 画素の大きさの画像において，提案法のパラメータの値 T ， M ， W_1 ， W_2 ， a はそれぞれ 20，8，4，4，0.4 前後が良いと考えられる。また，

各パラメータに依存関係があると考えられる場合を次に示す。注目画素を中心に一定間隔で傾いた直線の個数を表す M の値が大きいくほど，各直線を異なる画素で表現するためには， W_1 と W_2 の値をある程度大きくする必要がある。また， a の値が小さいほど，縞模様画像を収束させるために， T の値を大きくする必要がある。

最後に，提案法と従来法によって生成された縞模様を比較した。従来法は，図-7の左の画像のようにノイズを加え，ショックフィルタをかけることによって縞模様画像を生成する。従来法によって生成された縞模様画像を図-7の右に示す。従来法によって生成された縞模様は，提案法よりも角が尖った湾曲の多いものであることが視覚的にわかる。次に，提案法と従来法の違いを定量的に評価するために，提案法によって生成された図-2の右上の画像と従来法によって生成された図-7の右の画像から黒色の弧状の柱の右下の 70×70 画素の領域を切り出して，この領域に対して評価を行った。この領域は，背景の色が薄い灰色で縞模様を識別しやすい。図-8の左の画像が提案法，右の画像が従来法によって生成された縞模様画像から切り出した領域である。これらの画像を二値化して，ウィンドウサイズが 3×3 のメディアンフィルタをかけて，変化した画素値の数（以下，変化画素数）をそれぞれカウントした。参考のため，図-8の二枚の画像を二値化した画像を図-9に示しておく。また，注目画素とその8近傍の画素の一つでも異なる画素値が存在すれば，その注目画素の数（以下，対象画素数）もカウントした。変化画素数を対象画素数で割った値（以下，評価値）を求めた。この評価値が大きいくほど，縞模様の角が尖っており，湾曲の多いことを意味する。提案法は，変化画素数が 98，対象画素数が 2,630，評価値が



図-6 ノイズを加えたレナの画像 (左) と従来法によって生成された縞模様画像 (右)

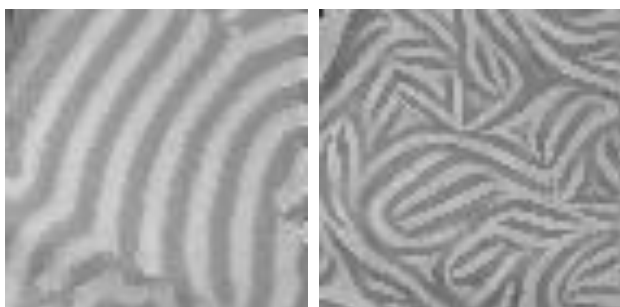


図-7 切り出した領域 (左：提案法, 右：従来法)

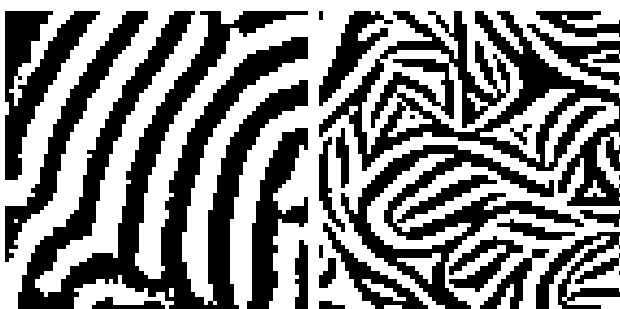


図-8 二値化した画像 (左：提案法, 右：従来法)

0.037 であった。従来法は、変化画素数が 288, 対象画素数が 4,439, 評価値が 0.065 であった。つまり、従来法の方が提案法よりも評価値が大きいことから、従来法の縞模様は提案法よりも角が尖った湾曲の多いものであることがわかる。

4. まとめ

写真画像の上に縞模様を重ねた縞模様画像を生成するノンフォトリアル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、レナのグレースケール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縞模様画像の見栄えを視覚的に評価した。今後の課題は、写真画像のエッジや濃度勾配に応じた縞模様の発生の仕方を調べることである。また、提案法をカラー画像に適用できるように拡張することも今後の課題である。

参考文献

- 1) 高木佐恵子：ノンフォトリアルスティックの研究動向，映像情報メディア学会誌，Vol.23，No.6，pp.1-6，1999.
- 2) 宮田一乗：レンダリング技術の動向(最新のCG技術)(<小特集>CG最前線)，映像情報メディア学会誌，Vol.57，No.4，pp.442-443，2003.
- 3) 浦浜喜一：第8回 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(講座次世代デジタルカメラ/デジタルムービーを予測する)，映像情報メディア学会誌，Vol.62，No.8，pp.1268-1273，2008.
- 4) 萩原正宏，牛田啓太，鶴見智：描き方の特徴モデルに基づくベクタ画像のラフスケッチ風変換，映像情報メディア学会誌，Vol.64，No.9，pp.1385-1388，2010.
- 5) J.M.Ortega and W.C.Rheinboldt: Iterative Solutions of Nonlinear Equations in Several Variables, *Society for Industrial Mathematics*, 1987.
- 6) 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.154-160，2010.
- 7) J.Weickert: Coherence-Enhancing Shock Filters, *Pattern Recognition Lecture Notes in Computer Science*, Vol.2781，pp.1-8，2003.
- 8) 井上光平，浦浜喜一：非等方ショックフィルタによる非写実的流れ模様の強調と生成，映像情報メディア学会誌，Vol.59，No.11，pp.1709-1713，2005.

(2014.9.30受付)