減色モードフィルタによるステンドグラス風画像の生成

Generation of Stained-Glass-Like Image Using Quantized Mode Filter

正会員 井上 光平[†],浦 浜 喜 一[†]Kohei Inoue[†] and Kiichi Urahama[†]

Abstract Voronoi tessellations are widely used in an artistic filter plugged into photoretouch software for transforming an input photograph into a stained-glass-like image. However, real stained glass is usually composed of smoothly curved lead lines instead of straight line segments in the Voronoi tessellations. In this paper, we present a method for transforming a photograph into such a realistic stained-glass-like image. Colors in the input image are quantized by using the median cut scheme and the boundaries of color segments are smoothed by quantized mode filter steps. Textures imitating frosted glass and bumps in glass near lead lines are attached by using an emboss filter.

キーワード: ノンフォトリアルスティックレンダリング, ステンドグラスフィルタ, 減色モードフィルタ

1. ま え が き

フォトレタッチソフトのステンドグラスフィルタの多くは図1のようにボロノイ分割を利用している。図1のように母点をランダムに配置するのは計算は速いが原画像の再現性が低いので、原画像からの誤差が小さくなるように母点を再配置する手法¹⁾が提案されているが、反復計算を要し、計算時間がかかる。

一方、実物のステンドグラスの多くでは、図2のように鉛線は滑らかな曲線(格子は窓のサン)であり、図1のような多角形のセル状ではない。図2ようなステンドグラス風画像の生成法としてMould²⁾はセグメンテーションとモルフオロジカルフィルタに基づく手法を提案したが、計算量が多く、原画像の再現性は必ずしもよくない。

そこで本論文では、ボロノイ分割やセグメンテーションなどを用いない簡便なステンドグラス風画像の生成法を提案する。本提案法では、画像を減色し、減色モードフィルタで境界線を平滑化した後、境界線を引き、エンボスフィルタにより擬似的に境界付近の凹凸感と擦りガラス風テクスチャを付ける。

本方法で生成されるステンドグラス画像の鉛線は滑らかな曲線であり、ボロノイ分割の最適化やセグメンテーションなどの煩雑な処理のない簡便な手順であるので、処理が高速である。

2. 減色モードフィルタ

提案法の説明に入る前に、図2の特徴をまとめておく。

図1 フォトショップのステンドグラスフィルタの例
Example of stained glass filter in Photoshop.

図2 実際のステンドグラスの例
Example of real stained glass window.

2004年6月16日受付, 2004年8月27日再受付, 2004年9月3日採録

[†]九州大学 大学院芸術工学研究院

(〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1, TEL 092-553-4512)

[†]Faculty of Design, Kyushu University

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

まず色ガラスの各領域では基本的に色は一定である。また各領域の境界線は滑らかである。これは、境界の総延長すなわち鉛の総量が小さいともいえる。また、同じ色の広い領域はいくつかの小さな領域に細分されている。この再分割が通常のセグメンテーションとは異なる点である。

2.1 メディアンカット法による減色

このような領域分割を得るために、ここでは減色モードフィルタ³⁾を用いる。まず、各領域では色が一定とするため、色を量子化する。ここでは、メディアンカット法を用いる。この量子化法は、処理が簡便で高速であるが量子化誤差が大きいので、より複雑な改良法が提案されているが、後で見るようにメディアンカット法の欠点(擬似輪郭)は本論文の目的にはむしろ有用であるので、高速性と加味してメディアンカットを用いる。

2.2 モードフィルタによる境界線の平滑化

色を量子化すると画像はいくつかの領域に分割されるが、そのままでは領域の境界は入組んだ複雑な形状をしているので、モードフィルタ⁴⁾によって境界を平滑化する。モードフィルタは、ウインドウのなかで最も多い色に中心画素を塗り替える処理であり、色の分布が局所的に一樣になる。フルカラー画像でのモードフィルタは計算量が多いが、ここでは量子化画像に用いるので、高速に処理できる。量子化画像では色の平滑化の結果として境界線が滑らかになる。このように、Mouldらの手法²⁾のように煩雑なセグメンテーションの後、領域の境界線を平滑化するという2段の手順でなく、量子化画像を単純に平滑化するだけで境界線が滑らかになる点が本方法の特徴である。なお、本方法では輪郭の再現性があまりよくないが、概略は保たれ、面白い効果の領域分割が得られる。このように、擬似輪郭や境界の変位など画像セグメンテーションでは、通常好ましくないとされる現象を逆に有効利用するのが本方法の特徴である。

2.3 モードフィルタの反復

画像サイズを m 画素とし、量子化後の色数を n とする。以下の実験では $n = 64$ とした。各画素 $i \in \{1, \dots, m\}$ の周りのウインドウの中の色 $j \in \{1, \dots, n\}$ の数を N_{ij} とする。このウインドウ中の画素値のモード(最頻値)は $\arg \max_j \{N_{ij}\}$ であるから、モードフィルタは $\max_j \sum_i N_{ij}$ と表せる。この解を求めるには、各画素の値をウインドウ中のモード値に置き換えるのを全画素について反復すればよい。この反復では明らかに $\sum_i \max_j \{N_{ij}\}$ は単調に増加するので、解は $\max_j \sum_i N_{ij}$ の局所最適解に収束する。画像“Lena”のこの反復での変化の様子を図3(左から順に5,50,100ステップ目の画像)に、またこのときの領域の境界線の総延長の変化を図4に示す。ウインドウサイズは 7×7 である。このように、この反復によって境界の総延長が短い画像に変換され、これは上記のステンドグラスの特徴とも合致する。

なお、この反復が完全に収束するには図4のように数百

ステップかかるが、ステンドグラス風画像生成では10ステップ程度で充分であり、計算時間はそれほどかからない。

3. 境界線とテクスチャの付加

この減色モードフィルタ10ステップめの出力に、領域の境界を黒く描き、境界付近にガラスの凹凸感と全体に擦りガラス風のテクスチャを付加する。減色モードフィルタの出力画像を $f = [f_1, \dots, f_m]$ とする。

まず、 f の各画素 i の8近傍を調べ、 i と異なる色の画素があれば、画素 i は領域の境界であるとする。

次に、擦りガラス風のテクスチャと境界付近での凹凸感を出すために、 f にノイズを加え、上で得た境界画素を白くする。この画像をモノクロにして、エンボスフィルタをかけ、得られたモノクロ画像を g とする。全画素値が128のモノクロ画像を b とする。 f をYIQに変換し、Y成分 f_Y を $f'_Y = f_Y + \alpha(g - b)$ に変え、IとQは変えずにRGBに戻す。その画像を f' とする。Y成分をこのように変換するのは、テクスチャを強調するためであり、 α はテクスチャの強さを調節するパラメータで、以下の実験では1.5とした。この処理は単純なエンボスフィルタだけを用い、3次元CG処理は使っていないが、擦りガラス風のテクスチャと境界近傍での凹凸感がある程度擬似的に生成できる。

最後に、画像 f' の境界画素を黒くすればでき上がりである。

以上、提案法の手順をまとめると次のようになる。

- 1) 原画像をメディアンカット法で減色する。
- 2) モードフィルタを10ステップかける。
- 3) エンボスフィルタにより擬似的な擦りガラス風テクスチャと凹凸感を付け加え、境界線を黒くする。

本方法の特徴は、単純で高速な処理だけを用いている点

図3 反復途中の画像(左から順に5,50,100ステップ目の画像)
Images at 5th, 50th, 100th iterations.

図4 境界の総延長の変化
variation in total length of boundaries.

図 5 入力写真の例
Example of input photograph.

図 6 図 5 の変換結果
Transformed image of Fig. 5.

図 7 入力写真の例
Example of input photograph.

図 8 図 7 の変換結果
Transformed image of Fig. 7.

である。よって調整や拡張などが容易である。

4. 実験

図 5(図 1 の原画像もこれ) を本手法で変換した結果を図

研究速報 □ 減色モードフィルタによるステンドグラス風画像の生成

6 に、同じく図 7 の変換結果を図 8 に示す。これらの画像の特徴をいくつかあげる。まず、量子化から当然であるが各領域の色は一定であり、モードフィルタの効果により境界線は滑らかである。また、図 2 のステンドグラスと同じように、同じ色の領域もいくつかの領域に細分されている所がある。これは、図 6 や図 8 では色の違いが視認できないほど近い色の領域が隣接しており、これは画像処理では擬似輪郭と呼ばれ、好ましくない現象であるが、本論文の目的にはむしろ有用な効果をもたらしている。このように、単純で高速な処理を用い、前にも述べたように通常では不適とされる現象を逆に有効に利用している点が本方法の特徴である。

後処理のエンボスフィルタで付加された擦りガラス風テクスチャや境界付近の凹凸感が図 6 や図 8 で部分的に確認できる。これらのテクスチャや立体感は弱いですが、エンボスフィルタで擬似的に生成しているので、処理が単純で速い。計算時間は、図 6 が 0.61 秒、図 8 が 0.67 秒であり、Photoshop などと同程度に高速である。計算環境は、Pentium 4 CPU 2.2GHz, 512MB RAM, Windows XP, C++ である。

5. む す び

減色モードフィルタによって領域分割して境界を平滑化し、エンボスフィルタでテクスチャを付加するステンドグラス風画像生成法を提案した。モードフィルタの反復回数を場所で適応的に変えることによって輪郭の再現性を高め、小さな領域を減らし、境界線を単純化して実際のステンドグラスに近づけるのが今後の課題である。また実物のステンドグラスでは、曲線だけでなく、格子状の直線も背景部に配置された構成のものも多く、そのような構成の画像に拡張することやテクスチャや立体感、ガラスの光沢などの質感を向上させるのも今後の課題である。

〔文 献〕

- 1) 芳賀俊之, 西田友是: “ボロノイ図を用いた画像のステンドグラス化手法”, 情報グラフィクスと CAD 研究会, CG-104, pp.13-16 (2001)
- 2) D. Mould, “A stained glass image filter,” Proc. Eurographics Symposium on Rendering (2003)
- 3) 井上光平, 浦浜喜一: “減色モードフィルタによる平滑境界セグメンテーション,” 信学論, J87-A, 5, pp.701-703 (2004)
- 4) 岡田正之, 浦浜喜一: “モードフィルタによるカラー画像のエッジ保存平滑化”, 信学論, J81-A, 8, pp.1189-1191 (1998)

井上 光平 1996 年, 九州芸術工科大学画像設計学科卒業。2000 年, 同大学大学院博士後期課程修了。現在, 九州大学大学院芸術工学研究院助手。パターン認識, 画像処理, コンピュータビジョンに関する研究に従事。

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。パターン認識, 画像情報処理の研究に従事。