

実写画像に基づく非写実的顔画像生成手法

岡部 めぐみ 瀬川 大勝 宮村 (中村) 浩子 斎藤 隆文

東京農工大学 大学院生物システム応用科学教育部

本論文では、多重スケール解析を用いて非写実的顔画像を生成する手法を提案する。サイズの異なる Gaussian フィルタを複数組み合わせることで周波数分解を行い、複数の異なる周波数帯域の情報を得る。そして、各帯域の詳細度を考慮し、それぞれに重み付けを行なうことで、輪郭などの局所的な情報や、陰影などの大域的な濃淡情報を得ることができる。これにより、輪郭線で表現できるフラットな情報だけでなく、陰影によって顔の凹凸情報も同時に表現する。さらに、色の情報を組み合わせることによって、よりアトラクティブな画像を得ることを可能としている。この手法の特長は、少ないパラメタで描画結果を制御でき、また、照明条件に依らず、安定した結果が得られることである。

Non-Photorealistic Facial Rendering from Captured Image

Megumi OKABE, Hirokatsu SEGAWA

Hiroko Nakamura MIYAMURA, and Takafumi SAITO

Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering
Tokyo University of Agriculture and Technology

We propose a new method to create non-photorealistic facial images. Our method is based on a multi scale analysis which uses Gaussian filters for frequency decomposition. By recomposing with proper weight for each band-pass image, we can get non-photorealistic facial images which include both local edge information and rough shading information of the source image. Furthermore, color information is added to create more attractive images. This method has the robustness against lighting conditions. Also, a user can control the drawing result with a few parameters.

1. はじめに

イラストや絵画による表現は、実写画像と比べ、人間味があり、親和性の向上やアミューズメント性の付加といった効果を持つ。また、視覚的情報を取捨選択して描画するので、効果的な情報伝達を可能とするほか、顔画像を対象とした場合には個人情報の保護にも役立つ。これらの特徴から、コミュニケーションをとる上で重要な要素のひとつである顔画像に、絵画的・イラスト的な非写実的画像を用いる場面が多々あり、近年、通信機器の進化に伴い、これらを生成する手法の開発が盛んに行われている。特に実写の顔画像に基づいて生成する手法は、絵画やイラストの専門的技術をもたない人でも、原画像さえ用意すれば効果的な描画結果を容易に得られることから、幅広い利用が見込まれる。また、アバターとは異なり、その人固有の顔の特徴を明確に表現することができる。

実写画像に基づいた非写実的な顔画像の生成には、顔の各要素の認識を用いて形状の変形による誇

張表現を行う手法[1]、ストロークベースで種々の絵画風表現を実現する手法[2]、空間フィルタリングや2値化などの画像処理の組み合わせによりイラスト風顔画像を生成する手法[3,4]などがある。認識を用いる手法では、良好な結果を得るには顔の向きや照明条件などに制約を伴う。ストロークベースの手法では、結果を得るのに要するユーザの手間が多い。幅広い利用者を対象とする場合、入力画像の制約やユーザの操作はなるべく少ない方がよい。そこで、本論文では画像処理に基づく手法に着目する。

Goochらは、人間の視覚特性を考慮した空間フィルタリングによって、イラスト風の顔画像生成を実現している[4]。この手法は、一種の周波数分解を用いたものといえる。また、高周波強調によって輪郭線を得ることができ、低周波強調によって陰影などの大域的な情報を得ることができる。著者は、周波数分解によって得られた多重スケール成分の合成方法の工夫により、より幅広い非写実的表現に対応する顔画像生成手法を提案した[5]。この手法は、入力画像にかかる

制約を減らすことに成功しており、照明条件に依存せずに比較的安定した結果が得られる。さらに、少ないパラメタだけで表現の制御を可能とする特長も持つ。

そこで、本論文では、よりアトラクティブな顔画像を得るための手法を提案する。顔の絵をイラストで描く一般的な手順を真似て、輪郭線、陰影、および着色を、先行研究[5]の手法と簡単な画像処理とを組み合わせることによって実現する。

2. 多重スケール解析による非写実表現

著者らは、多重スケール解析に基づく統一的な枠組みを用いて、実写画像から様々な非写実表現を施した画像を生成する手法を提案した[5]。この手法は、サイズの異なるGaussianフィルタを複数組み合わせることによって、周波数分解を行い、各周波数帯域別に重み付けをしたものを再合成することで、帯域ごとの系統的な詳細度の制御を可能としている。以下にその概要を記す。

1. 入力画像から色成分を取り除き、輝度を[0,1]の範囲に正規化
2. スケールの異なる平滑化画像列を生成
3. 隣接するスケールの平滑化画像の差分から帯域通過画像を取得
4. 帯域通過画像に適切な重みを乗じて再合成
5. 適切なバイアス値を加算(輝度値をプラスまたはマイナス方向にシフト)
6. 得られた輝度地を表示上の輝度の範囲にマッピング

$f(x, y)$ を入力画像、 $G_i(x, y)$ をガウス関数列としたとき、この処理は以下の式で表せる。

$$F_i(x, y) = G_i(x, y) * f(x, y) \quad \dots (1)$$

$$D_i(x, y) = F_{i+1}(x, y) - F_i(x, y) \quad \dots (2)$$

$$\left(\sum_i w_i D_i(x, y) + F_n(x, y) \right) + b \quad \dots (3)$$

なお式(1)は平滑化画像列、式(2)は帯域通過画像列、式(3)は結果画像を表す。式(1)-(3)中で用いるパラメタは次の通りである。

・ガウス関数のサイズ： $\sigma_i = 2^{(i-3)/2}$

・帯域数： $n = 14$

・重み付け係数列： $w_i = a\sigma_i^p$

(a は定数、 σ_{i-1} は隣接帯域間の上限での σ の値)

$P = 0$: 原画像のまま

$P < 0$: 高域強調画像

$P > 0$: 低域強調画像

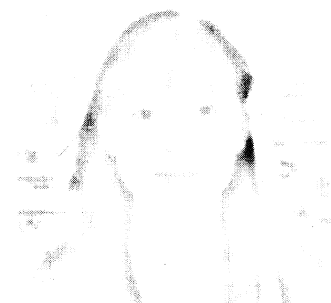
この手法による高域強調の結果は、Goochらの手法[4]での人間の視覚特性を考慮したbrightnessの効果を表現している。また、パラメタの変更により効果の調節が可能であるほか、低域強調も同じ枠組みの中で実現する。さらに、重み付けやバイアス値を変えることによって、表現に変化をつけることを可能とする[5]。この手法を顔画像に適用したとき、高周波強調によって主要な顔パーツの輪郭線を抽出することができ(図1(b))。低周波強調によって顔の凹凸情報を表現することができる(図1(c))。しかし、人物の髪が黒い場合は、撮影の照明条件により、髪の毛の部分が黒く潰れて輝度勾配が失われ、線を抽出できないため、白っぽく表現されてしまう。Goochら[4]はこの問題を解決するために、原画像を2値化して真黒に近い部分を黒領域とし、brightnessで作成



(a) 原画像



(b) 高周波強調



(c) 低周波強調

図1：手法[5]による結果画像

した線画画像と合成している。しかし、この方法では輪郭線以外の黒領域を表現できるが、白と黒の境目において違和感が生じたり、黒領域の割合が適切でなかったりといった問題がある。

3. 提案手法

3.1 提案手法の概要

本手法では、2 節で述べた手法[4.5]の性質を考慮し、以下のような流れで処理をする。

- (1) Gaussian フィルタを用い、原画像よりぼかし画像を作成
- (2) 高周波強調より線画画像を作成
- (3) 低周波強調により影の塗りを作成
- (4) 減法混色を用いて(2)と(3)を合成

- (5) 原画像の輝度を一定にし、面の塗りを作成
- (6) 減法混色を用いて(4)と(5)を合成
- (7) 原画像の色相・彩度情報と(3)の輝度情報を用い、色のついた影を作成

- (8) 減法混色を用いて(6)と(7)を合成
- (9) (1)の画像に処理を施し、黒領域を作成
- (10) 減法混色を用いて(8)と(9)を合成
- (11) (1)の画像に処理を施し、白領域を作成
- (12) マスク処理を用いて(10)と(11)を合成

面の塗りに陰影と白領域を付加することにより、顔の凹凸を表現できる。また、黒領域を付加することにより、髪の毛など、本来黒でなければならない部分を補うことを可能とする。



図2：手順ごとの結果画像

このように、輪郭線の表現と凹凸および色情報の表現を分けて処理し合成することにより、輪郭線だけでは表現できなかった情報を表す。以下、提案手法のアルゴリズムと適用結果を示す。

3.2 提案手法のアルゴリズム

入力画像の色相・輝度・彩度を $H(x, y)$, $L(x, y)$, $S(x, y)$ し、各処理で得られる画像の色相・輝度・彩度を $H_i(x, y)$, $L_i(x, y)$, $S_i(x, y)$ 、色情報を $R_i(x, y)$, $G_i(x, y)$, $B_i(x, y)$ ($i=1\sim 12$: 手順番号と一致)とし、最終的に出力される画像の色情報を $R_o(x, y)$, $G_o(x, y)$, $B_o(x, y)$ とする。なお、 L_i, R_i, G_i, B_i は、 $[0, 255]$ の値とする。

(1) ぼかし画像の作成

ガウス関数を用いて、原画像の平滑化画像を作成する。 $(\sigma=4.0)$

(2) 線画画像の作成

手法[5]において、実験により、パラメタ調整によって予想される画像を得ることを可能としている。

それに基づき、今回はパラメタを以下のように固定し、原画像(図2(a))から線画画像を得る(図2(b))。

$$a = 2^{1/2}, \quad p = -1, \quad b = 1.0, \quad w_i = 0 \quad (i \leq 2)$$

(3) 影の塗りの作成

(2)と同様にパラメタを以下のように固定し、陰影画像を得る(図2(c))。

$$a = 2^{1/6}, \quad p = 1, \quad b = 0.5, \quad w_i = 0 \quad (i \geq 13)$$

(4) (2)と(3)の減法混色合成

この処理により、線画に影のついた画像を得る(図2(d))。

$$L_4(x, y) = L_2(x, y)L_3(x, y)/255$$

(5) 面の塗りの画像の作成

原画像の輝度情報を全てのピクセルにおいて一定にした画像を作成する(図2(e))。

$$L_5(x, y) = k_c \quad (k_c : \text{任意の定数})$$

(6) (4)と(5)の減法混色合成

この操作により、各領域をあたかも満遍なく塗ったような表現を得る(図2(f))。

$$R_6(x, y) = R_4(x, y)R_5(x, y)/255$$

$$B_6(x, y) = B_4(x, y)B_5(x, y)/255$$

$$G_6(x, y) = G_4(x, y)G_5(x, y)/255$$

(7) 色つきの陰影画像の作成

(3)で得た陰影画像に原画像の色相情報と彩度情報を持たせた画像を作成する(図2(g))。

$$H_7(x, y) = H(x, y), \quad L_7(x, y) = L_3(x, y), \quad S_7(x, y) = S(x, y)$$

(8) (6)と(7)の減法混色合成

この操作により、面の塗りに影を馴染ませることができる(図2(h))。

$$R_8(x, y) = R_6(x, y)R_7(x, y)/255$$

$$B_8(x, y) = B_6(x, y)B_7(x, y)/255$$

$$G_8(x, y) = G_6(x, y)G_7(x, y)/255$$

(9) 黒領域の作成

2節にて、2値化では白と黒の境目において違和感が生じたり、閾値を決定しにくかったりという問題があると述べた。本手法においては、原画像の輝度値を関数の利用によって変化させることを考えた。

以下に関数に必要な条件を示す。

- ・ 黒の領域の境界部分をなだらかに変化
- ・ 黒として欲しい領域以外は白

これらの条件を満たす関数の一つとして、今回は二次関数を利用した。だが、原画像への適用では、実写の情報が多く残りすぎてしまうため、(1)で得たぼかし画像を利用する(図2(i))。

$$L_9(x, y) = \{L_1(x, y)\}^2 / 255 k_b \quad (k_b : \text{任意の定数})$$

(10) (8)と(9)の減法混色合成

これにより、白抜きの髪の毛を黒くすることができる(図2(j))。

$$R_{10}(x, y) = R_8(x, y)R_9(x, y)/255$$

$$B_{10}(x, y) = B_8(x, y)B_9(x, y)/255$$

$$G_{10}(x, y) = G_8(x, y)G_9(x, y)/255$$

(11) 白領域の作成

(9)と同様の理由から、ここでも、(1)の輝度値を二次関数によって変化させる(図2(k))。

$$L_{11}(x, y) = 255 - (L_1(x, y) - 255)^2 / k_w$$

(k_w : 任意の定数)

(12) (10)と(11)のマスク処理を用いた合成

これにより、白領域を表現できる(図2(l))。

$$R_o(x,y) = R_{10}(x,y) + R_{11}(x,y) - R_{10}(x,y)R_{11}(x,y)/255$$

$$G_o(x,y) = G_{10}(x,y) + G_{11}(x,y) - G_{10}(x,y)G_{11}(x,y)/255$$

$$B_o(x,y) = B_{10}(x,y) + B_{11}(x,y) - B_{10}(x,y)B_{11}(x,y)/255$$

4. 適用結果

図 3(a)の画像に対して提案手法を適用した結果を図 3(b)に示す(パラメタ $k_c=180$, $k_b=20$, $k_w=20$). パラメタが固定であるにも関わらず, 異なる照明条件において良好な結果を得た. また, k_b と k_w の値を調整することにより, 好みに合わせたバリエーションを得ることができる(図 3(b)上: $k_b=40$, $k_w=20$, 中: $k_b=10$, $k_w=5$, 下: $k_b=20$, $k_w=15$). さらに, 手順(4)~(12)の組み合わせを変更することによって図 3(c)に示す結果を得られる. 別の画像に対する結果の例を, 図 4 に示す.

5. 提案手法の評価・考察

パラメタについては, 黒領域・白領域の抽出における, 二次関数の係数, および白領域画像の明度を微調整するだけで概ね良好な結果を得ることができた.

結果画像に対する評価として, アンケートによる調査を行った結果, 高周波強調だけの結果画像よりも, 着色を施した画像, あるいは, 図 3(c)のような黒領域と陰影だけを線画に付加した画像の方が, 人に見せるという場面を想定した場合において, 印象がよいという意見を多数得た.

一方, 色彩に関して, 照明条件によっては, 肌の色が実際のものとは異なるため印象が悪いといった意見があった. また, 白領域が付加されたことにより, 凹凸情報が詳細に表現され, 写真に近い印象を与えるという意見もあった.



(a) 原画像

(b) 結果画像: パラメタ統一

(b) 結果画像: パラメタ調整

(c) 結果画像: 手順の変更

(4)と(9)を組み合わせで作成

図 3: 提案手法を適用した結果画像

6. おわりに

本研究では、実写の顔画像に簡易な画像処理を組み合わせることによって、非写實的顔画像を生成する手法を提案した。著者らの先行研究による多重スケール解析を用いた手法を拡張し、輪郭線などの局所的情報、大局的な陰影情報とともに、色情報を付加することにより、概ね良好な結果を得ることができた。

今後は色彩の扱いを中心に、その表現の向上と発展を目指す。また、輪郭と陰影の画像に用いた高周波強調と低周波強調の固定パラメタの設定や、処理(4)~(12)の組み合わせの変更によって、表現のバリエーションを増やすことを検討している。さらに、使用者の好みによりバリエーションを手軽に選択できるようにシステムの構築を目指す。

参考文献

- [1] 村上和人, 奥水大和, 中山晶, 福村晃夫: 似顔絵師システム PICASSO における顔データ記述について, 信学技報, PRU92-13, May 1992
- [2] Durand, F., Ostromoukhov, V., Miller, M., Duranleau, F., and Dorsey, J.: Decoupling Strokes and High-level Attributes for Interactive Traditional Drawing. *Rendering Techniques 2001: Proc. 12th Eurographics Workshop on Rendering*, pp.71-82, ISBN 3-211-83709-4, June 2001.
- [3] Pearson, D. E. and Robinson, J. A.: Visual Communication at Very Low Data Rates. *Proc. IEEE*, Vol.73, No.4, pp.795-812, April 1985.
- [4] Gooch, B., Reinhard, E., and Gooch, A.: Human Facial Illustrations: Creation and Psychophysical Evaluation, *ACM Trans. On Graphics*, Vol. 23, No.1, pp.27-44, January 2004.
- [5] 瀬川大勝, 岡部めぐみ, 白倉健太郎, 斎藤隆文, 宮村(中村)浩子: 多重スケール分解を用いた非写實的画像生成, FIT2004, September 2004 (発表予定)



図4: 提案手法を適用した結果画像