

個々の似顔絵画家の描画スタイルを反映した コンピュータによる似顔絵生成

Automatic Synthesis of Facial Caricatures Considering an Individual Artist's Painting Style

沙 秀十
Xiu Sha

今井 順一
Jun-ichi Imai

金子 正秀十
Masahide Kaneko

1. はじめに

似顔絵においては、描かれる人物の顔の特徴（個性）が端的に表現されると同時に、似顔絵を描く画家の描画スタイル（個性）が反映される。すなわち、同一人物に対してであっても、個々の画家によって異なる似顔絵が描かれ、なおかつ、いずれの似顔絵もその人物の顔特徴を良く表している。このような観点から、描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成に関する研究[1]が報告されている。[1]では、実写顔と似顔絵各々にワイヤフレームモデルを当てはめ、頂点座標値をもとに、各々の基底を求め、基底間での対応関係を定めている。顔全体の座標値群に対して一括で基底間の関係付けをしているため、顔特徴の強調の仕方に対する自由度が少ない。また、実写顔に近い似顔絵であるため、似顔絵に良く見られる極端な誇張表現が反映されていないなど、改良の余地が残されていた。これに対し、本論文では、同一人物に対する顔写真と似顔絵画家が描いた似顔絵の各々から抽出した顔特徴点に基づき、各顔部品形状と配置の各々について主成分分析を行う。主成分に基づいて、実写顔と似顔絵の各々を再構築した後に、両者の特徴点座標間での変換行列を求める。任意の実写入力顔に対し、この変換行列を用いて特定の似顔絵画家の描画スタイルを反映した似顔絵を自動的に生成する。

2. 似顔絵画家の描画スタイルを反映した似顔絵生成の枠組み

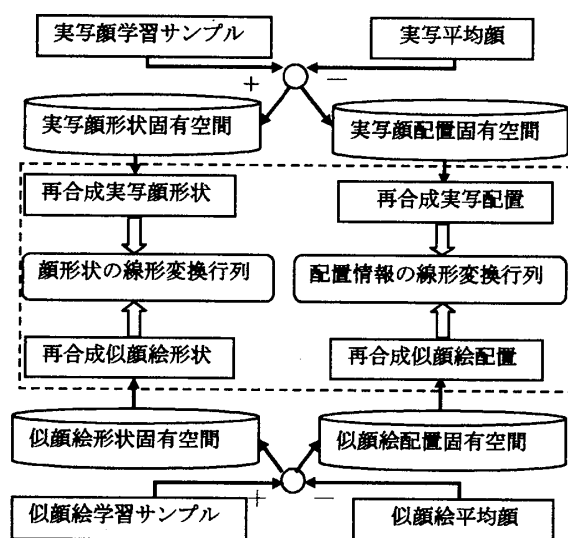


図1. 実写顔と似顔絵の間での線形変換行列の算出

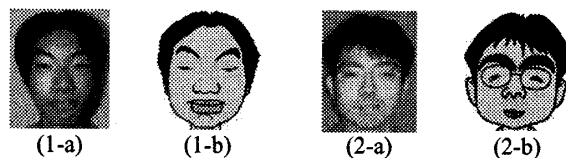


図2. 顔写真と似顔絵の組

図1に実写顔と似顔絵の間での線形変換行列の算出方法を示す。20代前半の若い男性35人に対する、顔写真と似顔絵の組を学習サンプルとする（図2に例を示す）。各々の顔部品（口、鼻、右目、左目、右眉、左眉、顔輪郭）の形状と配置情報について、平均顔との差をとった上で実写顔固有空間と似顔絵固有空間を求める。固有空間を用いて実写顔学習サンプルと似顔絵学習サンプルの各々について顔部品形状と配置情報を再合成した上で、前者から後者への線形変換行列を求める。図3に示すように、任意の入力顔に対し、各顔部品形状と配置の各々について実写顔学習サンプルの平均顔部品形状、平均配置との差分を求めた後に線形変換を行い、その結果を統合する。似顔絵学習サンプルの平均顔部品形状、平均配置を足すことによって似顔絵画家の描画スタイルを反映した似顔絵を生成する。

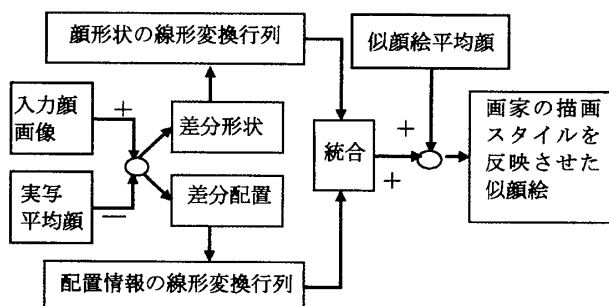


図3. 画家の描画スタイルを反映した似顔絵生成

3. 線形変換

再合成した似顔絵形状（配置）と実写顔形状（配置）について、各々の平均顔との差分ベクトルに対し、式(1)により、顔形状（配置）の線形変換行列 L を求める。

$$[\Delta F_c(1) \dots \Delta F_c(K)] = L [\Delta F_p(1) \dots \Delta F_p(K)] \quad (1)$$

ここで、 ΔF_c は再合成した似顔絵形状（配置）の差分ベクトル、 ΔF_p は再合成した実写顔形状（配置）の差分ベクトル、 K は学習サンプルの個数である。文献[2]の形状（配置）の再合成方法に従って式(1)を展開すると、式(2)となる。 U 、 β 、 M と V 、 α 、 N は、似顔絵固有空間と実写顔固有空間それぞれの、固有ベクトル、展開係数、固有ベクトルの使用個数である。

$$[U(1) \dots U(M)] \begin{bmatrix} \beta_1(1) \dots \beta_K(1) \\ \vdots \\ \beta_1(M) \dots \beta_K(M) \end{bmatrix} = L [V(1) \dots V(N)] \begin{bmatrix} \alpha_1(1) \dots \alpha_K(1) \\ \vdots \\ \alpha_1(N) \dots \alpha_K(N) \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)から、以下のように、顔形状(配置)の線形変換行列 L を推定できる。

$$U\beta = LV\alpha$$

$$U\beta\alpha^T = LV\alpha\alpha^T$$

$$U\beta\alpha^T[\alpha\alpha^T]^{-1}V^T = LVV^T$$

$$L = U\beta\alpha^T[\alpha\alpha^T]^{-1}V^T[VV^T]^{-1}$$

ここで、 α^T と V^T は α と V の転置行列である。
 $[\alpha\alpha^T]^{-1}$ と $[VV^T]^{-1}$ は $[\alpha\alpha^T]$ と $[VV^T]$ の逆行列である。
 $[VV^T]$ は単位行列であるので、線形変換行列 L の推定式は、式(3)となる。

$$L = U\beta\alpha^T[\alpha\alpha^T]^{-1}V^T \quad (3)$$

4. 累積寄与率と線形変換結果

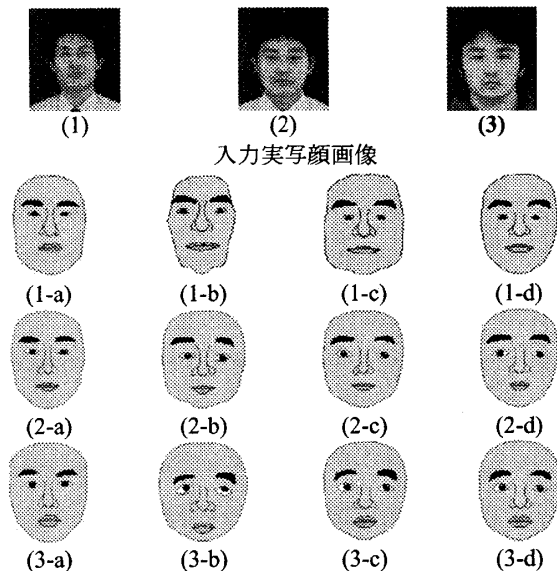
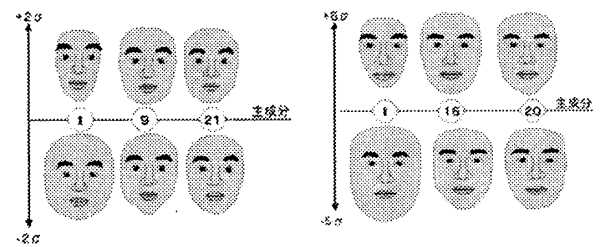


図4. 対応する線形変換行列で変換させた似顔絵。

(a) は入力顔形状、(b) ~ (d) は累積寄与率が 99%、95%、90% の場合の似顔絵。

線形変換を行う場合、似顔絵固有空間と実写顔固有空間の各々について、寄与率の高い上位何個の固有ベクトルを採用するかによって、どのように変換結果(似顔絵)が異なるかを調べる。最も効果的な線形変換行列を推定するため、入力顔画像に対し、累積寄与率が 99%、95%、90% となる固有ベクトルを用いて似顔絵の生成を行った結果の例を図4に示す。累積寄与率が 90% の場合、変換結果の似顔絵は、顔形状の大きさと配置情報については本人と合っているが、顔の特徴を必ずしもうまく表現できていない。累積寄与率が 99% の場合、変換結果の似顔絵では顔特徴が強調されているが、入力顔によっては強調されすぎて絵が崩れ気味になってくる場合がある。変換結果の似顔絵が本人の顔特徴をよく表現できている累積寄与率は 95% 付近であると考えられる。

5. 似顔絵と実写顔の固有空間の分析



(a) 似顔絵固有空間 (b) 実写顔固有空間

図5. 顔輪郭に対する主成分が表す形状

(σ は各主成分の標準偏差)

顔輪郭形状を例にとって、実写顔固有空間と似顔絵固有空間の性質を調べる。似顔絵の平均顔から似顔絵顔輪郭固有空間の各主成分の重みを $\pm 2\sigma$ に変化した時の顔形状と、実写顔の平均顔から実写顔顔輪郭固有空間の各主成分の重みを $\pm 5\sigma$ に変化した時の顔形状を図5に示す。図5では、累積寄与率として 90% までに入る上位の主成分、90% ~ 99% に入る中位の主成分、99% ~ 100% に入る下位的主成分の中から代表的なものを示している。線形変換によって得られる似顔絵の結果(図4)も勘案すると、上、中、下位の主成分について大きく次の傾向が見られる。上位の主成分は、顔輪郭の基本的な特徴に主に関わっている。輪郭の大小(図5の第1主成分)、長短などの大まかな傾向を表現するが、個性的な形状の表現には十分ではない。下位的主成分は、顔輪郭の細かい凹凸変化を表す雑音的な成分である。線形変換時に、これらの成分が強調されると輪郭形状が崩れてくる傾向がある。これらに対し、中位的主成分は、上位の主成分によって決まる基本的な輪郭形状に、各個人の顔輪郭形状における個性的な特徴を加えているととらえることができる。

6. むすび

本論文では、実写顔と画家の描いた似顔絵の各々について、各顔部品形状と配置の各々に対する主成分分析を行った上で、実写顔から似顔絵への線形変換行列を求め、画家の描画スタイルを反映した似顔絵を生成する方法を提案した。今後、画家の描画スタイル(極端な誇張表現も含めて)をより良く反映させるための方法について更に検討を進めていく予定である。

本研究に用いた似顔絵を描いて頂いた小河原智子氏(星の子プロダクション)に感謝する。また、図4の入力顔写真としては、(財)ソフトピアジャパン(HOIP)における顔画像データベース[3]を使用した。

【参考文献】

- [1] 花岡, 金子, 原島, “描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成,” 信学論(D-II), vol.J80-D-II, no.8, pp.2110-2118, 1997.8.
- [2] 徐, 金子, 樽松, “固有空間を利用した計算機による似顔絵の作成,” 信学論(D-II), vol.J84-D-II, no.7, pp.1279-1288, 2001.7.
- [3] (財)ソフトピアジャパン, 顔画像データベース, <http://www.hoip.jp/web.catalog/top.html>