研究論文：論文

似顔絵の描き手の画風に基づいた表情生成手法

佐藤美恵, 大園 恵美*, 春日 正男, 羽島 一夫**, 白松 直樹**

宇都宮大学大学院工学研究科, *宇都宮大学工学部, **三菱電機(株) 先端技術総合研究所

Facial Expression Generation for Portraits Based on Painters' Brushwork

Mie Sato, Emi Ozono*, Masao Kasuga, Kazuo Hashima** and Naoki Shiramatsu**

Graduate School of Engineering, Utsunomiya University, 7-2-1 Yoto, Utsunomiya, Tochigi, 321-8585, Japan

*Faculty of Engineering, Utsunomiya University, 7-2-1 Yoto, Utsunomiya, Tochigi, 321-8585, Japan

**Advanced Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corp., 8-1-1 Tsukaguchi-honmachi, Amagasaki, Hyogo, 661-8661, Japan

Abstract: Facial expression is one of important elements in conveying information in communication. Portraits directly express features of an individual face, and portraits of a person exist as many as the number of painters' brushwork. Most of the previous work on portrait generation with facial expressions and painters' brushwork combines facial-part illustrations. However, the number of facial-part illustrations is limited, which does not exactly express features of each individual face. We propose a portrait-generation system with facial expressions and painters' brushwork. The system can depict features of an individual face by adjusting characteristic points on facial parts. Also, we evaluate the system, based on results of a questionnaire survey.

Keyword: Characteristic points, Brushwork, Facial Expressions, Portraits

1. はじめに

人間がコミュニケーションを図るとき、言葉による情報伝達は1割程度に過ぎず、残る9割は表情や身振りなどの言葉によらない感性情報に頼っているという報告がある。またこの報告によれば、これらノンバーバルな情報手段の中でもとりわけ表情によるコミュニケーションは約6割にも及ぶという[注1]。

表情の特徴をどのように記述するかは、表情に関する研究の大きなテーマである。当人の特徴を際立たせ、少ない情報量で感情を伝えることのできる似顔絵は、極めて有効な記述手段である。だが、一口に似顔絵と言っても、世の中には描き手の数だけ似顔絵の画風が存在する。同じ1人の人物を対象にしても、そこから得られる似顔絵は様々ではない。それは、異なる手法による、描き手の個性を反映したものとなる。似顔絵とは、人の心理的な側面も考慮した表現豊かなコミュニケーションメディアである。

従来提案されてきた、画風に基づいた似顔絵生成手法は、表情生成に着目していないものや、着目していてもイラストに制約があるものであった。そこで本研究では、描き手の画風に基づいた表情を自動的に付加する、制約のない個人の特徴を活かせる、似顔絵生成システムの構築を目指す。ここでは、先行研究である、表情生成における顔器官の変化に柔軟な、顔特徴点を利用した似顔絵生成手法[注2]を用いて描いた似顔絵を基に、描き手の画風を反映した表情生成手法を提案する。この先行研究では、有名な似顔絵師システムPICASSO[注3]の特徴点の

抽出方法を参考に、処理を軽量化している。本研究では、この先行研究で抽出された顔特徴点を効果的に操作することにより、表情生成における画風の定量化を行う。

本論文では、'怒'の表情を例に挙げて、1人の描き手の画風の定量化を説明する。次いで、実際に画風の定量化を応用した結果、自動生成された表情のある似顔絵を実験により評価する。

2. 描き手の画風に基づいた表情生成手法

少ない特徴点を利用した似顔絵生成手法[注2]を用いて、無表情の対象人物を写実的に描いた似顔絵と、その似顔絵を基に1人の描き手が描いた表情のある似顔絵を比較する。この比較を基に、描き手が表情を付加する際の特徴を解析し、無表情の似顔絵から表情のある似顔絵への変化を定量化して、描き手の画風に基づいた表情生成の自動化を試みる。

2.1. 無表情の似顔絵生成

描き手の画風に基づいた表情生成を行う前に、処理対象となる、無表情の顔を写実的に描いた似顔絵を生成する。その際、前述した先行研究である、少ない特徴点を利用した似顔絵生成手法[注2]を用いる。この手法では、顔特徴点を選定して、選定した特徴点を顔輪郭、眉、目、鼻、口、耳ごとに手動で抽出し、B-spline 補間を用いて顔器官ごとに特徴点を連結することにより似顔絵を描画する。図1に顔特徴点の選定箇所を、表1にその個数を示す。また、この手法により生成された似顔絵の一例を図2に示す。

図1 顔特徴点

表1 顔特徴点の個数

顔パーツ	特徴点の数
輪郭	11点
眉	8×2点
目	10×2点
鼻	3点
口	9点
耳	5×2点

(a) 無表情の顔画像

(b) 無表情の似顔絵

(a) 無表情の顔画像

(b) 無表情の似顔絵

図2 顔画像とその似顔絵の一例

次節では、生成された無表情の似顔絵に対して描き手が表情を付加する。

2.2. 描き手の画風に基づいた表情生成

顔には様々な特徴があり、似顔絵の描き手はこれらの特徴を意識的にあるいは無意識に読み取り、それに応じた何らかの描画技法を施していると考えられる。この描画技法という絵の表現の仕方や特徴の傾向を、本研究では画風と呼ぶ。以降では、「怒」の表情において描き手の画風の定量化を説明する。1人の描き手による「怒」の表情の似顔絵の一例を図3に示す。図3(a)は、無表情の顔画像とその似顔絵であり、図3(b)は、描き手が肉筆で表情を変化させた「怒」の表情の似顔絵である。

(a) 無表情の顔画像とその似顔絵

(b) 描き手の画風

図3 1人の描き手による「怒」の表情の似顔絵の一例

2.3. 表情生成に必要な顔器官の変化

描き手が表情を付加する際に、どのような特徴があるかを解析するために、AU(Action Unit)と表情筋の動き特徴を参考にする。AUとは、解剖学的に独立した視覚的に識別可能な表情動作の最小単位であり、AUの組み合わせにより人間のあらゆる表情を記述することができる。また、表情筋は顔面の皮膚下にあり、ある種の刺激を受けたとき、表情筋の収縮・弛緩が顔面の動きとなり表情を表出する。この顔面の動作の単位がAUである。

下田らによる筋肉モデルを用いた表情合成システムに関する基礎研究[注4]によると、表情筋とAUの動き特徴により、「怒」の表情生成では、眉付近、口周りにおいて変化が大きい。今回の描き手においても、眉、口周りには変化が大きく、特に、眉先、眉の角度と形状、眉間の皺、唇において顕著な動きが見られた。次節では、これらの変化を解析して、「怒」の表情生成を例として、描き手の画風の特徴を定量的に表す方法について述べる。

2.4. 表情生成における画風の定量化

定量化を行うためには、描き手の画風を解析する必要がある。そこで、この描き手が描いた5人の表情のある似顔絵を用意する。そして、前節で着目した領域において、顔特徴点の変化量を比率や角度などを計算することにより求め、表情生成時の描き手の画風の特徴を解析する。ここで、全ての似顔絵において同様な変化量は、表情生成時に、この描き手が常に施す独特の特徴、この描き手の画風であると考えられる。そこで、この変化量の全ての似顔絵における平均値を定量化の値として用いる。

以下に前節で着目した眉付近、口周りの変化の解析結果を説明し、対応する図を示す。なお、白色で示した眉や唇は無表情時、灰色は「怒」の表情時のものである。

- (1) 眉先の移動 図4に示す、aとb、cとdの比率より垂直方向の移動量を定め、eとf、gとhの比率より水平方向の移動量を定める。

図4 眉先の移動

- (2) 眉の角度変化 無表情の眉頭の角度を X として、眉先と眉尻を結んだ直線に対する「怒」の表情時の眉頭の角度の X からの増分を α 、尻の角度変化量を β とする。図5に X 、 α 、 β の関係と、このときの眉の各特徴点の移動量を示す。

- (3) 眉の形状補正 図6に示す, R1 と a~e の比率と R2 と f~j の比率を用いて, 眉先, 眉頭, 眉尻以外の特徴点の移動量を求める。

図5 眉角度的变化

図6 眉の形状補正

- (4) 眉間の皺の描画 この描き手の画風では, 眉間の皺が3つの特徴点から描かれている. 図7に示すように, 中点はmとnの比率を, 下点は眉先からの距離rを, 上点は角度θと中点からの距離sを用いて求める。

図7 眉間の皺の描画

- (5) 唇の変化 図8(a)に示す, aとb, cとdの比率と, gとh, iとjの比率より, 点Qr, Qlの位置を定める. 図8(b)では, aとb, cとdの比率より点C, Uの位置を定める。

図8 唇の変化

2.5. 描き手の画風に基づいた表情自動生成の結果

前節で述べた表情生成における画風の定量化を利用して, この描き手の画風に基づいて表情を自動生成した結果を図9に示す. 図9(a.1), (b.1), (c.1)は無表情の似顔絵であり, 図9(a.2), (b.2), (c.2)は描き手の肉筆による‘怒’の表情の似顔絵である. そして, 図9(a.3), (b.3), (c.3)は本手法により, 描き手の画風に基づき自動生成した‘怒’の表情の似顔絵である。

3. 評価実験

無表情の似顔絵と画風の定量化を適用した表情のある似顔絵に対して, 計4種類の評価実験を行う. まず, 表情生成を行う以前の無表情の似顔絵が本人であると識別できるかを調べるために, 無表情の似顔絵に対して本人識別評価実験を行う. 次に, 画風の定量化を適用した表

図9 描き手の画風に基づいた表情自動生成の結果

情のある似顔絵に対して, 本人識別, 表情識別, 画風識別の観点より評価実験を行う。

3.1 無表情の似顔絵に対する評価実験

表情を付加していく似顔絵として有用であるかを調べるために, 2.1節で説明した無表情の似顔絵を基にして, 本人であると識別できるかを調査する. そこで, 生成した無表情の似顔絵1枚に対して, 似顔絵の人物と他の人物の顔画像計8枚を載せた評価シートを用意する. そして, 似顔絵の人物であると思われる顔画像を選択するアンケート方式の調査を実施し, 無表情の似顔絵を評価する。

3.2 表情を付加した似顔絵に対する評価実験

画風の定量化を適用した表情のある似顔絵に対して, 3種類の評価実験を行う. まず, 本手法により生成した似顔絵が似顔絵として成立するかを調べるために, 本人識別評価実験を行う. 次に, 付加した表情が正しく識別されるかを調べるために, 表情識別評価実験を行う. この2つの評価実験では, 見本となる描き手の肉筆による似顔絵も同様に実験し, 本手法により生成した似顔絵の評価結果と比較検討する. さらに, 描き手の画風が再現されているかを調べるために, 画風識別評価実験を行う。

(1) 本人識別評価実験 画風の定量化を適用した表情のある似顔絵1枚に対して, 似顔絵の人物と他の人物の顔画像計8枚を載せた評価シートを用意する. そして, 似顔絵の人物であると思われる顔画像を選択

するアンケート方式の調査を実施し、本手法により生成した似顔絵を評価する。

- (2) **表情識別評価実験** 画風の定量化を適用した表情のある似顔絵 5 枚と描き手の肉筆やその他の方法で生成した表情のある似顔絵 11 枚を載せた評価シートを用意する。そして、それぞれの似顔絵の表情を‘喜び’、‘怒り’、‘悲しみ’、‘驚き’の 4 種類の表情から選択するアンケート方式の調査を実施し、生成した似顔絵に付加された表情を評価する。
- (3) **画風識別評価実験** 画風の定量化を適用した表情のある似顔絵 1 枚に対して、似顔絵の人物の同じ表情について、定量化した画風の基である描き手の肉筆による似顔絵 1 枚と定量化した画風の描き手とは異なる描き手による似顔絵 5 枚を載せた評価シートを用意する。そして、画風の定量化を適用した似顔絵と同じ画風であると思われる似顔絵を選択するアンケート方式の調査を実施し、生成した似顔絵に適用された描き手の画風を評価する。

4. 実験結果と考察

評価実験の結果より、本手法の有効性を検討する。

4.1 無表情の似顔絵に対する実験結果と考察

1 人の評価者に 5 種類の評価シートを提示し、評価シートの似顔絵や顔画像の人物を知らない男女計 20 人から回答を得た。その結果、98%という高い確率で本人と識別された。これにより、本手法で用いる無表情の似顔絵は、表情を付加していく似顔絵として有用であると言える。

4.2 表情を付加した似顔絵に対する実験結果と考察

本人識別評価実験と表情識別評価実験では、画風の定量化を適用した表情のある似顔絵は、描き手の肉筆による似顔絵よりも高い識別率を得た。また、画風識別評価実験においても 93%の識別率を得た。以上より、本手法により生成した似顔絵は、高い確率で表情と画風を再現できると言える。

- (1) **本人識別評価実験** 計 10 種類の評価シートを用いて、5 種類の評価シートを 1 セットとし、各セット 10 人ずつで、評価シートの似顔絵や顔画像の人物を知らない男女計 20 人から回答を得た。また、本手法により生成した似顔絵を、描き手の肉筆による似顔絵に置き換えて同様の評価実験を行い、さらに 20 人から回答を得た。その結果、本手法により生成した似顔絵に対する評価実験では 94%、描き手の肉筆による似顔絵に対する評価実験では 86%と、共に高い確率で本人と識別された。また、誤認識の傾向の有無を調査したところ、同一の誤認識が多数見られることはなく、誤認識に特定の傾向は認められなかった。したがって、2 つの評価実験における値の違いは、評価者それぞれの個人差によるものであると考えられる。
- (2) **表情識別評価実験** 2 種類の評価シートを用いて、各 10 人ずつで、評価シートの似顔絵の人物を知らない

男女計 20 人から回答を得た。また、本手法により生成した似顔絵を、描き手の肉筆による似顔絵に置き換えて同様の評価実験を行い、さらに 20 人から回答を得た。その結果、本手法より生成した似顔絵に対する評価実験では 99%、描き手の肉筆による似顔絵に対する評価実験では 97%と、共に高い確率で表情を識別できた。また、誤認識の傾向の有無を調査したところ、誤認識される似顔絵は両方の評価において全て同じものであった。したがって、2 つの評価実験における値の違いは、描き手の肉筆の似顔絵自体が表情を顕著に表していなかったことによるものと考えられる。

- (3) **画風識別評価実験** 5 種類の評価シート各々に対して、評価シートの似顔絵の人物を知らない男女計 20 人から回答を得た。その結果、93%という高い確率で描き手の画風を識別できた。また、誤認識の傾向の有無を調査したところ、誤認識の約 70%が同一の画風であった。よって、誤認識された理由は、定量化に用いた描き手の画風と特に似ている画風が評価シートに存在したためであると考えられる。

5. おわりに

本研究では、少ない情報量を用いて生成された似顔絵に対して、描き手の画風に基づいた表情生成手法を提案した。そして、本手法により生成した‘怒’の表情を例として、画風の定量化を適用した表情のある似顔絵を、本人識別、表情識別、画風識別の観点から評価した。その結果、全評価において 90%以上の高い識別率を得た。これにより、本手法は、描き手の画風と表情の付加を組み込んだ似顔絵生成の一手法として有効であり、表現豊かなコミュニケーションメディアの将来的な開発に有用であると考えられる。今後は、‘喜び’、‘怒り’、‘悲しみ’、‘驚き’の 4 種類の表情生成において、多数の描き手の画風を定量化しデータベースを構築する。そして、構築したデータベースを利用して描き手の画風の特徴を自動的に解析し、最終的には、描き手の画風を反映した表情のある似顔絵の自動生成手法を確立する。

なお、本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(若手研究(B), No.15700178)の援助に基づき行われた。

注

- 1) W. フォン・ラフラー=エンゲル編著:ノンバーバル・コミュニケーション,大修館書店,1981
- 2) 西郷木綿子,他:少ない特徴点を利用した似顔絵生成,日本感性工学会年次大会,E12,2001
- 3) 藤原孝幸,他:人にあわせてくれるスマートな 3D 似顔絵生成手法,芸術科学会論文誌,2,1,15-20,2003
- 4) 下田宏,他:筋肉モデルによる顔表情合成システムと筋肉パラメータの決定,ヒューマンインタフェース学会研究報告集,2,3,66-72,2000