

パーツ単位のモーフィングによる似顔絵生成

小松璃子¹⁾ (学生会員) 伊藤貴之²⁾ (正会員)

1)2) お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科

Cartoon Face Generation based on Parts-by-parts Morphing

Akiko Komatsu¹⁾(Student Member) Takayuki Itoh²⁾(Member)

1)2) Humanities and Sciences Advanced Sciences, Ochanomizu University

1) akiko@itolab.is.ocha.ac.jp 2) itot@is.ocha.ac.jp

アブストラクト

SNSをはじめとするさまざまな場面において、似顔絵アイコンが使用される機会が増えている。似顔絵を電子的に作成する手法として、自身の顔の特徴に似ていると感じるパーツイラストを選択し、これらを組み合わせる手法が広く普及している。この手法は、あらかじめ用意される有限数のサンプルの中からパーツイラスト選択をするため、ユーザの特徴を適切に表したパーツが見当たらない場合、ユーザの特徴を捉えた似顔絵の作成が困難であると考えられる。本論文では、あらかじめ用意されるサンプルパーツイラストにモーフィング技術を適用することで、実写画像の特徴を適切に表現するパーツイラストを合成し、これらを組み合わせて似顔絵を生成する手法を提案する。これにより、似顔絵生成結果の質がサンプルパーツイラストの充実度に依存することを軽減し、また顔を構成する各パーツの特徴を的確にイラストに反映できるようになる。

Abstract

Portrait icons have been increasingly used in various scenes including social networking services (SNS). Popular commercial systems to electronically create cartoons require users to select “part illustration images” similarly looking to the users’ faces. These systems provide sample images to be selected by the users, and synthesize the selected images to complete the cartoon generation. However, this approach is often difficult to create cartoons similarly-looking to the input real face images when there are no sample images which appropriately represent the features of input faces. In this paper, we propose the technique which generates cartoons applying a morphing method to multiple sample part illustration images. As a result, this technique relieves the dependency of quality on the adequacy of sample part illustration images. Also, the technique realizes to generate part illustration images that well reflect characteristics of the input real face images.

1. はじめに

SNSの普及に伴い、人物の特徴を表した似顔絵を使用する機会が増加している。似顔絵は、SNS上のアバターとして、写真加工によるスタンプとして、顔の特徴を伝える媒体として、その他にもさまざまな用途で使われている。本論文では、このような場面で使われる、いわゆるアイコンのような実写画像の等身を下げたデフォルメした手描き風顔画像を「似顔絵」と称する。そして本論文では、このような似顔絵を自動生成する一手法を提案する。

似顔絵を電子的に作成する手法として、目や口といった顔のパーツごとに用意された複数のイラスト画像の中から、ユーザ自身のパーツの特徴を捉えていると思うものを手動選択し、これらを合成する、という手順を採用したシステムが商用的に普及している。さらに、このパーツ選択と画像合成を自動化することで似顔絵を自動作成する手法[1,2,3]が多数研究されている。この自動生成手法では、あらかじめ用意される有限数のサンプルの中からパーツを自動選択しなければならない。そのため、ユーザの特徴を適切に表したパーツが見当たらない場合、ユーザの特徴を捉えた似顔絵の作成が困難な場合がある。

一方で顔の認識技術が向上したことにより、顔写真から特徴点を抽出することで各パーツの位置関係を認識し、それに沿って顔写真の輪郭線をデッサン風になぞることで似顔絵を自動生成する手法[4,5,6,7,8]が多数提案されている。また、実写画像の原色や輪郭線を強調することにより、油絵風やデッサン風の画像に加工する手法[9,10]も提案されている。これらの手法により、実写画像の特徴をある程度適切に表現する似顔絵を自動生成できる。しかし、色、ストローク、テクスチャなどの使い方が限定されるため、生成される似顔絵の画風が限られてしまう場合がある。またこれらの手法では画像全体に加工を施すため、パーツ単位で調整を加えることができない。また、実写画像を加工して似顔絵を生成するため、本論文の目的であるデフォルメのような極端な画風の表現が困難であると考えられる。

そこで本論文では両者の問題点を解決する手法として、実写画像の特徴を適切に表現するパーツイラストを合成し、これらを組み合わせて似顔絵を生成する手法を提案する。本手法では、あらかじめ顔の各パーツに対していくつか（現在の我々の実装では目、口パーツに対して4種類、眉、鼻、輪郭パーツに対して2種類）のサンプルパーツイラストを用意しておくことを想定する。そして入力された実写画像の特徴にもとづき、サンプルパーツイラストにモーフィング技術を適用して変形することで、実写画像の特徴を捉えたパーツイラストを生成する。これにより、似顔絵生成結果の質がサンプルパーツイラストの充実度に依存することを軽減し、また顔を構成する各パーツの特徴を的確にイラストに反映できるようになる。

本論文は以下の構成をとる。まず2章で関連研究をまとめ、3章で提案手法の内容について述べる。4章で本手法の評価実験についての考察を行い、5章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 関連研究

前章にて紹介した似顔絵自動生成手法のうち、本章では著者らの提案手法に直接関係ある手法として、パーツイラストの合成にもとづく手法と、モーフィング技術を適用した手法について詳細を紹介する。

画家の画風を考慮したパーツイラスト選択による似顔絵生成手法として、川出ら[2]の手法がある。この手法では、複数の似顔絵画家・イラストレータや漫画家などのタッチを選択して似顔絵を生成することにより、似顔絵の表現の幅を広げ、例えばある漫画の中に自分が登場したらどういった絵になるか、ということを楽しむことができる。一方で川出らの手法では、あらかじめ定めた特徴や表情に該当するパーツイラストをすべて用意する必要があり、各パーツの部品データベースを作成する際に画家への負担が大きくなることが考えられる。また、パーツの拡大・縮小により誇張表現を加えているため、パーツイラストの形状自体を誇張することが難しいと考えられる。

Liuら[3]は、実写画像の特徴を細かに抽出し、その特徴値とパーツイラストの対応関係にもとづき似顔絵を生成する手法を実現した。Liuらの手法では、実写画像から目や眉といった顔の各パーツの輪郭線を抽出し、その形状を最も的確に表現するイラストを、あらかじめ用意されたサンプルパーツイラスト群から選択する。この手法は、顔の各パーツの形状にもとづく似顔絵の生成に成功しているが、唇の色や肌の色といった色情報を似顔絵に反映できていない。また、生成される似顔絵の品質は、あらかじめ用意される各パーツのサンプルイラストの品揃えに制限される。より細かな特徴を表現するには、サンプルパーツイラストの品揃えに制限されずに、より柔軟に似顔絵を生成する必要がある。

似顔絵自動生成のためにモーフィング技術を適用した例として、Zhaoら[11]の手法がある。この手法では、複数の実写画像とその似顔絵の対応関係を表す関数を算出し、この関数を入力された実写画像に適用し、複数の似顔絵を選出する。選出された似顔絵をモーフィングにより組み合わせることで、入力画像の似顔絵を生成する。この手法を用いることで、サンプルイラスト等の品揃えに制限されることなく多様な似顔絵を生成できる。しかし顔全体にモーフィングを適用するため、目や眉といった各パーツの特徴を詳細に表現することが難しい。

本論文ではこれらの問題点を解決するために、モーフィング技術を顔の各パーツに適用する手法を提案する。これによって、似顔絵生成結果がサンプルパーツイラストの充実度に依存するという問題点を軽減し、かつ顔の各パーツにおける詳細な特徴を逃さずに表現する。

3. 提案手法

本章では、モーフィング技術によって合成されたパーツイラストを組み合わせることに伴う似顔絵自動生成手法を提案する。本手法ではまず、顔写真の入力画像を認識し、目や口といった

複数のパーツ画像に分割する。続いて、各々のパーツ画像に近い特徴を有する複数のサンプルパーツイラストを自動選択する。そしてこれらに対してモーフィングを適用することにより、入力画像の特徴に近いパーツイラストを合成する。最後にこれらを輪郭イラストの上に配置することで、似顔絵を生成する。

なお、本手法では顔が正面向きであり、眼鏡や帽子などの装飾品を身につけていない人物実写画像を入力画像として扱う。

3.1 代表点の取得と入力画像の分割

この処理では、入力画像から各パーツの代表点を取得し、これにもとづき入力画像をパーツごとに分割する。我々の実装では detectFace();[12]の API を適用することにより、図 1 に示す点群の x, y 座標値を取得し、これを代表点とする。続いて代表点のうち F1 と F6 の y 座標の差分として「顔の高さ」を求め、これがあらかじめ設定された固定値となるように画像を拡大縮小する。また、F1 と F6 を結ぶ直線を描き、この直線が垂直になるよう画像に回転を加える。以上の処理により、入力実写画像の大きさと角度を正規化する。また、得られた代表点にもとづき、目、眉、鼻、口、輪郭を囲む矩形を作成し、入力実写画像をパーツに分割する。

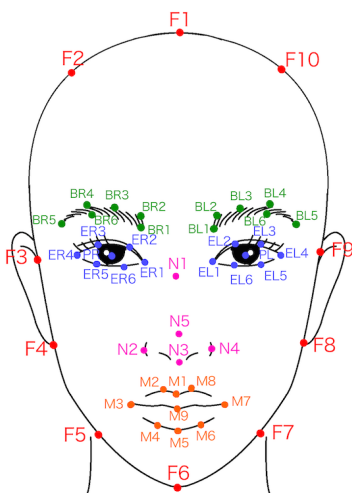


図 1. API により得られる座標点の位置と名称 ([12]より転載)

3.2 特徴該当度の算出

続いて本節では、入力実写画像を分割して得られた各パーツの特徴算出手法を示す。本手法で用いる各パーツの「特徴」を表 1 に示す。これらの特徴は、似顔絵アーティストの書籍[13]に定義されている各パーツの特徴から、鼻孔や鼻のてっぺん、歯の形状など、画風によっては描く必要がないと判断した特徴を除外し、それ以外の中から著者らの主観で選定したものである。本手法では、表 1 に示した特徴のうちモーフィングを適用する特徴について、その特徴を適切に表現するパーツイラスト画像を用意するものとする。現時点での実装では、表 1 に示される特徴のうち「輪郭のあごの丸み」「目の上下アイライン」、「眉山の位置」「鼻先の形状」「口の上下唇の形状」に対してモーフィングを適用する。これらの各特徴を表現するパーツイラスト画像を図 2 に示す。また、表 1 に示される特徴のうちモー

フィングを適用しない特徴については、モーフィングで合成された各パーツイラスト画像に拡大縮小、回転を加えることにより表現する。

著者らの実装では、「曲線入力」と「スライダ操作」の 2 通りのユーザインタフェースによって、各特徴への該当度を対話的に指定できる。入力実写画像から自動取得できる代表点を用いて該当度を自動算出することも試みたが、現時点では採用していない。主な理由は以下のとおりである。

- 著者らの経験上、日常生活における携帯電話等での撮影写真からは、信頼性の高い代表点を得ることが困難な場合がしばしば起こる。
- 髪型によっては眉や目の代表点を適切に取得できない。
- ユーザ自らの意思で特徴を多少デフォルメして似顔絵を生成した場合もあり、その意思を入力できる手段を提供することが本手法のアプリケーションとしての面白みにつながると考えた。

本手法が提供するユーザインタフェースのうち、曲線入力はユーザが該当度の数値を直接操作しないため、自身の特徴を明確に把握していなくても適切に似顔絵を作成できる。一方でスライダ操作では、ユーザが生成された似顔絵を見ながら細かな該当度を調整することができる。各々の概要を次項で示す。

3.2.1 曲線入力による特徴該当度の算出

この処理ではユーザの手描き入力形状から、各特徴への該当度を算出する。ユーザは、3.1 節で分割された各パーツの実写画像に対して曲線を手描き入力し、その曲線の形状から各特徴に対する該当度を求める。入力する曲線の例を図 3 に示す。現時点での実装では、輪郭パーツについて顔領域を囲む曲線、目パーツについて上下アイラインの曲線、眉パーツについて眉領域を囲む曲線、鼻パーツについて鼻先の輪郭線、口パーツについて唇領域の輪郭線の描画をユーザに求める。続いて入力された曲線を囲む最小矩形を作成し、その矩形の縦横比や面積から各パーツの大きさと太さ、鼻先への該当度を求める。また、入力された曲線の x 座標が最小となる点と最大となる点を結び、その傾きから目と眉の傾きへの該当度を求める。その他の特徴への該当度は、以下の処理により算出する。

- 入力された曲線の y 座標が最小となる点を抽出し、これを曲線の頂点とする。頂点と曲線の x 座標が最小となる点を結んだ距離を上アイラインと眉山の位置への該当度とする。
- 入力された曲線の x 座標が最小となる点と最大となる点の y 座標の平均値を端点の高さとする。y 座標が最小となる点と端点の高さとの差分を上唇と下唇、下アイラインへの該当度とする。
- 入力された曲線の y 座標が最大となる点を抽出し、これを曲線の最下点とする。最下点から画像の垂直方向に一定値 y 座標を移動し、この点を通る水平線を描く。描いた水平線と曲線の交わる 2 点を最下点と結び、この角度をあごの丸みへの該当度とする。

以上の処理により特徴該当度を算出し、次節で示すモーフィング処理の重み付け係数として用いる。

表 1. 各パーツの特徴の要素

部位名	特徴名	具体例	
目	上アイライン	内寄り	外寄り
	下アイライン	上向き	下向き
	傾き	つり目	たれ目
	大きさ	大きい	小さい
眉	眉山の位置	内寄り	外寄り
	太さ	太い	細い
	傾き	つり眉	たれ眉
	大きさ	大きい	小さい
口	上唇	上向き	下向き
	下唇	上向き	下向き
	太さ	太い	細い
	大きさ	大きい	小さい
鼻	鼻先	丸い	細い
	大きさ	大きい	小さい
輪郭	あごの丸み	丸い	細い
	太さ	太い	細い
	大きさ	大きい	小さい

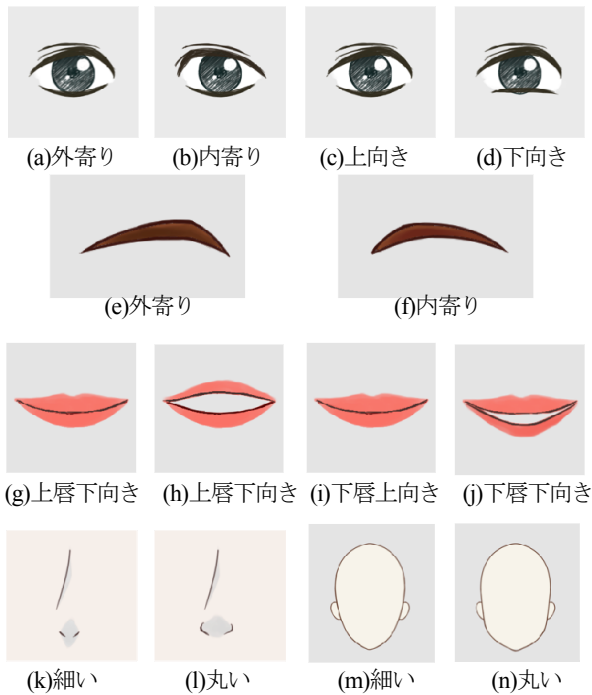


図 2. パーツイラスト画像



図 3. パーツ画像への曲線の入力例

3.2.2 スライダー操作による特徴該当度の操作

この処理では、ユーザのスライダー操作によって特徴該当度を指定し、それに沿って似顔絵を作成する。インタフェースの概観を図 4 に示す。ユーザは 3.2 節で示した特徴該当度に対応するスライダー (図 4 左端) を操作し、各パーツの加工結果を見ながら似顔絵を作成する。

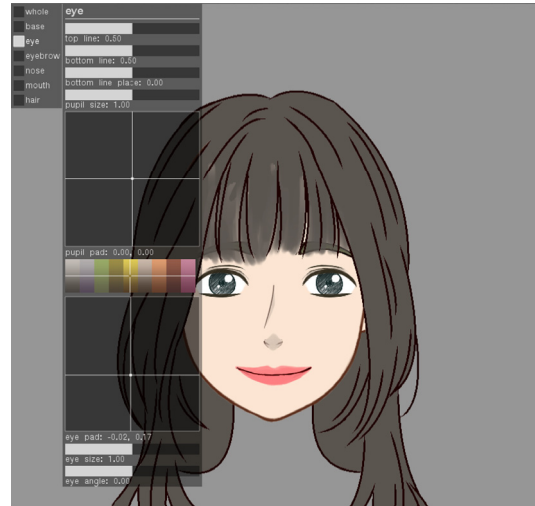


図 4. スライダー操作による似顔絵作成インタフェース概観

3.3 モーフィング

本手法では 3.2 節で求めた各パーツの特徴該当度をモーフィング時の重み付けに用いて、入力画像の特徴をよく表現するパーツイラスト画像を合成する。本手法ではパーツイラストの線のタッチやテクスチャを保持するために、パーツイラスト画像にはラスター画像を採用している。そのためイラスト画像のモーフィングには後述するメッシュ変形処理が必要である。パーツイラスト画像にベクタ画像を採用した場合には、メッシュ変形に頼らずに各パーツの輪郭線に沿ったモーフィングが可能となる。これによって、さらにパーツ形状表現の幅が拡大する可能性もある。ただし、著者らの現時点での実装ではベクタ画像はまだ想定していない。ここで著者らの経験では、目パーツのような複雑なイラスト画像にモーフィングを適用すると曖昧な線を生じることがあった。そこで著者の実装では、これを防ぐためにイラスト画像を複数のレイヤーに分けて用意している。また著者の実装では、モーフィング時にイラスト画像間の対応点として与える点群を、イラスト画像の輪郭線上から代表 20 点を抽出して取得する。本手法では、これらの点群にもとづき三角形メッシュを形成し、各メッシュを参照して画素値を移動して複数のイラスト画像をモーフィングする。モーフィング時の対応点とメッシュの例を図 5 に示す。

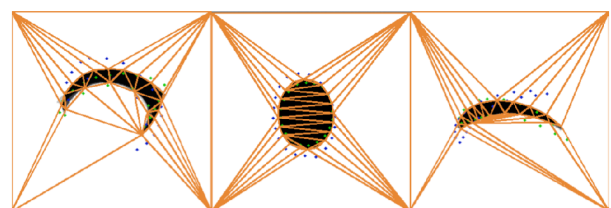


図 5. モーフィング時のメッシュ形成例

3.4 髪型の判別

続いて本手法では、入力画像から髪領域を抽出する。髪領域の抽出には色情報にもとづいた以下の手順を採用している。

- Step1. 3.1 節で取得した代表点のうち F1, F2, F10 (図 1 参照) の点における RGB 値を参照し、この平均値を髪の基準色とする。
- Step2. 実写画像の左上端から順に、各画素の RGB 値を参照する。当該画素の RGB 値と髪の基準色の差が一定値より小さい画素を集め、その平均色を算出する。
- Step3. step2. で算出された平均色から、髪領域を抽出する。髪領域を表す画像の例を図 6 に示す。

以上の処理により得られた髪領域にもとづき、髪型を判別する。現時点では、前髪の分け目、前髪の重み、後ろ髪の長さの 3 項目について判別する。本手法で判別する髪型の種類を表 2 に示す。前髪のおもみは、3.1 節で取得した代表点 (図 1 参照) F3 と F9 を結ぶ直線を横、N1 と F1 を結ぶ直線の半分を高さとする矩形を作成し、この矩形内で髪領域が占める割合が閾値 (現時点では 0.5) 以上である場合、前髪が重いと判定する。また、代表点 F3 から髪領域画像の底辺に垂線を下ろし、直線を作成する。この直線を画像左端から順に走査し、各 x 座標において直線の上端から下方に向けて髪領域が連続する画素数を数え上げ、この値の最大値を顔の高さで正規化した値を髪の長さとする。本手法では、髪型のすべての組み合わせ (18 通り) に対してサンプルイラストを用意しておく。そして髪型の判別結果にしたがって、対応するサンプルイラストを選択する。

表 2. 髪型の種類

部位名	分類		
前髪のおもみ	重い		軽い
前髪の分け目	右分け	中央分け	左分け
後ろ髪の長さ	ショート	ミディアム	ロング



図 6. 髪領域画像

3.5 パーツの配置

本節では、3.3 節において生成されたパーツイラスト画像と、3.4 節において選択された髪型サンプル画像および輪郭画像と合成する手法を示す。この処理では、まず輪郭画像の肌の色を加工し、続いて各パーツの配置座標を決定する。

3.5.1 輪郭画像の生成

本手法では、実写画像の肌の色を反映した輪郭パーツイラストにあらかじめ用意した耳パーツイラストを配置することにより、最終的な輪郭画像を生成する。著者の実装では鼻先付近の画素値から肌の色を推定する。鼻先付近を選んだ理由は、髪や

顔の凹凸により生じる影の影響を受けにくい部位であると判断したからである。

この処理では、まず 3.1 節で取得した特徴点 N1 (図 1 参照) を中心とした 10×10 の矩形を作成し、この矩形内の RGB 値の平均を肌色として算出する。ただし、実写画像の撮影環境による影響によってイラストらしさが失われるのを避けるために、取得した肌色の HSV 値を一定の閾値内に収まるよう再計算する。例えば色相が暖色の範囲を外れる場合、あらかじめ定めた色相の上限値、下限値のうち近い値を肌色の色相として採用する。明度に関しても同様に閾値より小さい場合には、あらかじめ定めた下限値を明度として採用する。なお「鼻先の画素値が大きく肌色から外れている場合には、鼻先以外の部位の画素値から肌の色を推定する」という手段をとることも、今後の課題として考えられる。

以上によって算出した色を輪郭画像の肌の色とする。なお、著者らの実行環境では画像処理ライブラリ OpenCV[14]を用いており、色相の範囲を [0,360] とした場合、暖色系の範囲とは 0 から 45, 330 から 360 を指すとしている。

3.5.2 パーツの配置

本手法では似顔絵アーティストの書籍[13]を参考にして 5 つの配置パターンを定め、このいずれかを選択することで最終的なパーツの配置座標を決定する。配置パターンを図 7 に示す。パターンの選択は、3.1 節で取得した代表点を平均座標点と比較し、各パーツの位置関係を算出することで決定する。平均代表点には、あらかじめ detectFace();[12] の API を 80 人の実写画像に対して適用して得られた代表点群の平均座標値を用いている。位置関係と配置パターンの決定基準を表 3 に示す。

表 3. 配置パターンの決定基準

パターン名	決定基準
外型	口と鼻が離れていて、左右の目が離れている
内型	口と鼻が近く、左右の目が中心に寄っている
上型	口、鼻、目、眉が平均より上側にあり
下型	口、鼻、目、眉が平均より下側にあり
平均型	上記の 4 種類に属さない

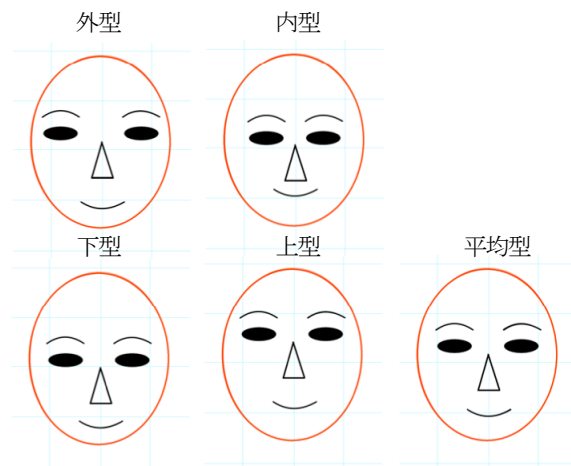


図 7. 配置パターン

4. 評価実験

本章では、提案手法を用いて作成した似顔絵に関する評価実験結果を示す。本実験では20代女性の被験者9名に、3.2節で示したユーザインタフェースを操作してもらい、自分自身の似顔絵を生成してもらった。なお、現時点の実装では男性のサンプルパーツイラストを用意していないため、女性を対象とした生成結果のみを用いて評価実験を行った。また提案手法の比較対象として、あらかじめ用意されたパーツイラストの中から自身の特徴に類似するものを選択し、それらを組み合わせて似顔絵を作成するシステム（以後、パーツ選択システムと呼ぶ）を採用した。これらを用いて著者らは、似顔絵の作成、生成結果、既存手法との比較の3つに関する評価実験を実施した。各節でこれらの評価実験の概要とその結果を示し、これに対する考察を述べる。本実験の回答者は69名であった。アンケートで使用した似顔絵の一部を図8に示す。また、アンケート回答者の内訳を図9に示す。

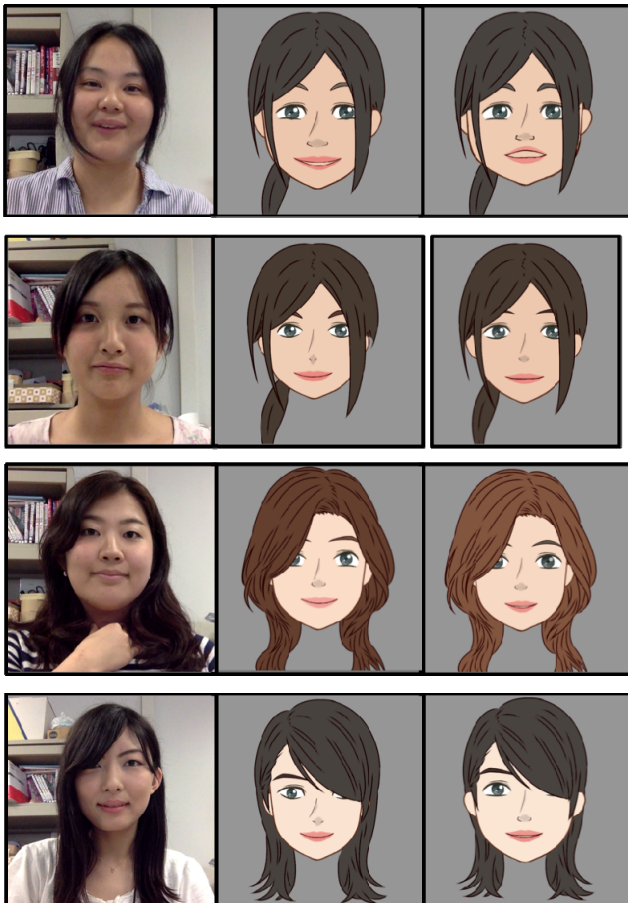
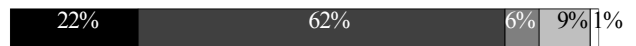
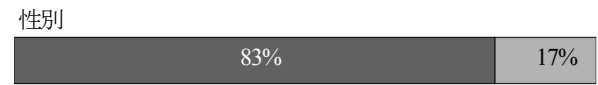


図8. 被験者による似顔絵生成結果（左：入力画像，中央：パーツ選択システムによる似顔絵，右：提案手法による似顔絵）

年代



性別



面識の有無



■ ほぼ全ての被験者と面識あり ■ 一部の被験者と面識あり
□ 被験者との面識なし

図9. アンケート回答者の内訳

4.1 似顔絵作成に関する満足度評価

本節では、提案手法を実際に使用した被験者の満足度を評価する。本実験では被験者9名に対して、提案手法を用いて自分自身の似顔絵を作成してもらった。そして、その結果および過程に関する以下の質問に、5段階で回答してもらった。

- 1) モーフィングにより自分の欲しいパーツイラスト画像を作成できるようになったと感じたか
- 2) モーフィングにより満足する似顔絵を作成できたか
- 3) 作成した似顔絵を実際に使ってみたく感じたか

これらの回答に関する集計結果を図10に示す。被験者の多くがモーフィングにより自分が満足できるパーツイラストを作成し、自分が満足して使える似顔絵を作成できていることがわかった。一方で、まだ特徴を定義していない髪について、具体的には髪質や髪型の広がりについて、微調整を加えたいといった意見があった。

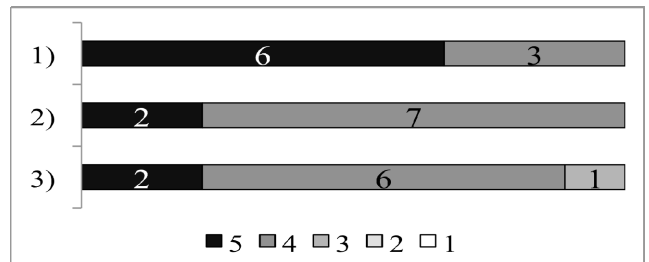


図10. 被験者へのアンケート結果

4.2 入力画像と似顔絵の比較評価

本節では、提案手法を用いて作成した似顔絵が入力実写画像の特徴を十分に捉えられているかを評価する。入力実写画像と提案手法を用いて作成した似顔絵を並べ、似顔絵が入力実写画像の特徴を十分に表現できているかについて評価を行った。集計結果を図11に示す。回答者のうち、ほぼすべての被験者と面識がある人の評価が高いことがわかる。この一因として、被験者の性格や雰囲気など、入力画像だけでは判断できない要素が似顔絵生成に反映されていたことが考えられる。このことから本手法のような似顔絵生成手法は、面識のある人どうしによるクローズドなコミュニケーションでの使用には特に効果的であると考えられる。

さらに本実験では、入力実写画像と似顔絵4枚を並べ、その中から入力実写画像から生成した似顔絵であると思われる画像を選択するクイズも実施した。なお、似顔絵4枚のうち1枚は入力画像をもとに作成した似顔絵であり、残り3枚は他者の顔画像をもとに作成した似顔絵である。この結果を図12に示す。回答者のうち半数以上が、正しい似顔絵を選択することができた。また、図11に示す絶対主観評価と同様に、被験者と面識のある回答者の正解率が高い結果となっており、面識のある人どうしのコミュニケーションには特に効果的であると考えられる。一方で被験者と面識のない回答者のコメントとして「被験者の顔のパーツの特徴や配置位置よりも実写画像の髪型や表情の影響で判断した」という意見が多くあった。このことから、面識のない人に公開するオープンなコミュニケーションにおける似顔絵生成では、現時点で我々がまだ着手していない髪型や表情の表現が重要であると考えられる。また、パーツの特徴を誇張表現することで、その特徴に気づきやすくする、といった機能拡張も試みたい。

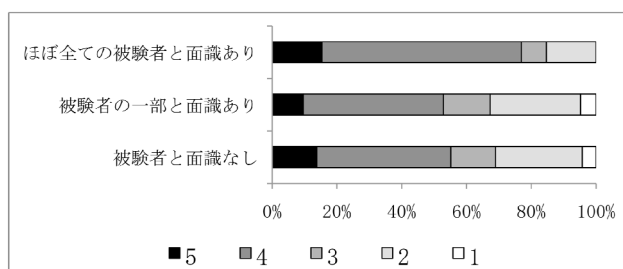


図 11. 似顔絵の絶対主観評価

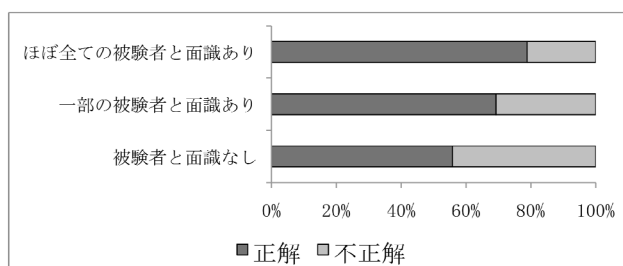


図 12. 似顔絵の客観評価

4.3 提案手法とパーツ選択システムの比較評価

本節では、提案手法により作成した似顔絵と、モーフィングを伴わない単純なパーツ選択システム（文献[15]に類似するシステム）を用いて作成した似顔絵を比較し、どちらがより入力実写画像の特徴を捉えているかを評価する。なお前節までの評価では回答者に5段階評価での回答を求めてきたが、本節に示す比較評価に限り、提案手法と既存手法との優劣を明確に評価してもらうために、あえて「どちらも同程度」という評価を認めさせない4段階評価での回答を求めた。

本実験では、入力実写画像1枚と、提案手法・パーツ選択システムの両者で作成した似顔絵を並べ、提案手法による似顔絵の方がより特徴を捉えていると感じるかを4段階で回答してもらった。集計結果を図13に示す。回答のうち6割以上が提案手法の方がより特徴を捉えられていると評価した。続いて、提案

手法・パーツ選択システムにより生成された似顔絵をランダムに並べ、どちらの似顔絵がより特徴を捉えていると感じるかを調査した。集計結果を図14に示す。回答者のうち8割が、提案手法により生成した似顔絵の方がより特徴を捉えていると評価した。

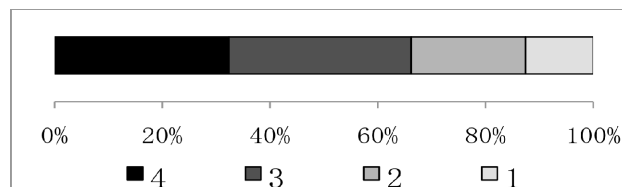


図 13. 主観的な比較評価結果

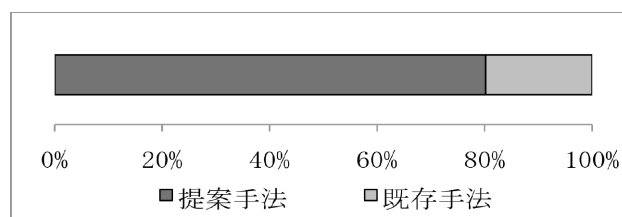


図 14. 客観的な比較評価結果

5. まとめと今後の課題

本論文では、顔を構成する各パーツに対して実写画像にもとづく特徴該当度を与え、その値に沿ってサンプルパーツイラスト画像に重み付けしてモーフィングを適用することで、似顔絵を生成する手法を提案し、実行結果を示した。ユーザインタフェースによる生成結果を用いた評価実験では、既存手法と比べてモーフィングの適用によりユーザの欲しいパーツイラストを生成できていることがわかった。

今後の課題として、特徴該当度の算出手法の改良があげられる。現時点での実装では、ユーザの手描き入力やパラメタの操作により特徴該当度を算出しているが、顔の特徴点検出技術[16,17,18]を導入することにより該当度算出の自動化を試みたい。自動化に伴い生じると考えられる照明条件の変化による誤差や前髪による眉の誤検出については、制約部分空間の学習[19]やrectangle filter[20]を用いることで解決したい。また、モーフィングを適用できていない髪型については、髪の毛の輪郭線の誇張[21]を適用することで入力画像の髪の特徴を似顔絵に反映したい。しかし一方で、4.1節に示した評価結果からは、ユーザインタフェースを介して被験者自身が特徴該当度を調節したことが高い満足度につながっている可能性も示唆される。よって、該当度算出の自動化が実現されればユーザインタフェースが不要になると一概に言えるものではなく、むしろ両者を相補的に併用することが望ましいと考えられる。

その他の課題として、男性を含めた被写体層の拡大や、さまざまな画風のイラスト画像を対象とした似顔絵生成に取り組み、その結果に対する評価を進めたい。

本論文では似顔絵の自動生成手法を提案し関連手法と比較議論してきたが、それとは別に手描き風画像制作のためのペインティング支援ツールの研究[22]も進んでおり、このようなツールとの融合も今後の展開として考えられる。

参考文献

- [1] 岩下, 鬼沢, 主観的印象を考慮した言語表現による似顔絵描写, 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理 J83-D-1(8), pp.891-900, 2000.
- [2] 河出, 細井, 田畑, 秋間, イラストレータの画風を実現する似顔絵自動作成技術, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理 97(117), pp.33-40, 1997.
- [3] Y. Liu, Y. Su, Y. Shao, Z. Wu, Y. Yang, A Face Cartoon Producer for Digital Content Service, Workshop of Mobile Multimedia Processing, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 5960, pp. 188-202, 2010.
- [4] 村上, 輿水, 中山, 福村, 錯視を用いた似顔絵生成システム PICASSOについて, 情報処理学会論文誌 34(10), pp.2106-2116, 1993.
- [5] H. Chen, Y.-Q. Xu, Heung-Yeung Shum, Song-Chun Zhu, Nan-Ning Zheng, Example-based Facial Sketch Generation with Non-Parametric Sampling, IEEE International Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp.433-438, 2001.
- [6] H. Chen, N.-N. Zheng, L. Liang, Y. Li, Y.-Q. Xu, H.-Y. Shum, PicToon: a Personalized Image-based Cartoon System, ACM International Conference on Multimedia (MM'02), pp. 171-178, 2002.
- [7] I. Berger, A. Shamir, M. Mahler, Style and abstraction in portrait sketching, ACM Transactions on Graphics (TOG) - SIGGRAPH 2013 Conference Proceedings Volume 32 Issue 4, Article No. 55, 2013.
- [8] J. Xie, A. Hertzmann, W. Li, H. Winnemöller, PortraitSketch: face sketching assistance for novices, Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology, pp. 407-417, 2014.
- [9] M. Meng, M. Zhao, S.-C. Zhu, Artistic Paper-Cut of Human Portraits, ACM International Conference on Multimedia (MM'10), pp. 931-934, 2010.
- [10] N. Ji, X. Chai, S. Shan, X. Chen, Local Regression Model for Automatic Face Sketch Generation, International Conference on Image and Graphics, pp. 412-417, 2011.
- [11] M. Zhao, X. Yang, Sketch-style Face Image Synthesis via Constrained Least Squares Estimation, International Conference on Computational Problem-Solving, pp. 529-532, 2011.
- [12] detectFace(), <http://detectface.com/>
- [13] 小河原智子, “小河原智子の似顔絵入門”, 五十嵐優 (編), 主婦の友社, 東京, 2012.
- [14] OpenCV, <http://opencv.jp/>
- [15] 西野, 金子, 形状と配置特徴を独立に制御可能な顔画像のインタラクティブ操作システム—顔特徴の解析と似顔絵生成への応用—, 情報学インタラクション2005, B-225, 2005
- [16] T. F. Cootes, G. J. Edwards, C.J. Taylor, Active Appearance Models, 5th European Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 484-498, 1998.
- [17] T. F. Cootes, C. J. Taylor, D. Cooper, J. Graham, Active Shape Models - Their Training and Application, Computer Vision and Image

Understanding., Vol. 61, No. 1, pp. 38-59, 1995.

- [18] 松田, 原, 前島, 森島, 顔形状の制約を付加したLinear Predictorsに基づく特徴点自動検出, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, J95-D(8), pp. 1530-1540, 2012.
- [19] 福井, 山口, 鈴木, 前田, 制約相互部分空間法を用いた環境変動にロバストな顔画像認識: 照明変動の影響を抑える制約部分空間の学習, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理, J82-D-II(4), pp. 613-620, 1999.
- [20] 李, 小畑, 顔のスケッチ画像の抽出, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理, J80-D-2(8), pp.2161-2169, 1997
- [21] 吉澤, 坂本, 漫画的似顔絵における髪型の表現・強調についての考察, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 105(609), pp. 121-126, 2006.
- [22] R. Shilkrot, P. Maes, J. A. Paradiso, A. Zoran, Augmented Airbrush for Computer Aided Painting (CAP), ACM Transactions on Graphics, Vol. 34, No. 2, pp. 1-11, 2015.

小松 璃子



2014 年お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業. 現在お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科理学専攻博士前期課程在学中.

伊藤 貴之



1990 年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業. 1992 年早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了. 同年日本アイ・ビー・エム(株) 入社. 1997 年博士(工学). 2000 年米国カーネギーメロン大学客員研究員. 2003年から2005年まで京都大学大学院情報学研究科COE研究員(客員助教授担当). 2005 年日本アイ・ビー・エム(株) 退職, お茶の水女子大学理学部情報科学科助教授. 2011年同大学教授, 同大学シミュレーション科学教育研究センター長, ACM, IEEE Computer Society, 芸術科学会, 他会員.