

# 色も誇張された3次元似顔絵生成システム

武本 征士<sup>†</sup> 高木 佐恵子<sup>‡</sup> 吉本 富士市<sup>‡</sup>

和歌山大学大学院システム工学研究科<sup>†</sup> 和歌山大学システム工学部<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

似顔絵をコンピュータで生成する研究は盛んに行われている[1~6]。2次元の似顔絵生成においては、輿水らの似顔絵師システム PICASSO[1]が先駆的な研究例である。しかし、2次元では顔の凹凸の表現が不十分であり、顔の描画方向も限られてしまう。そこで最近、3次元で似顔絵を生成する研究が行われている[3][6]。

ところで、山藤の似顔絵[7]を見ると、巧みに肌色を表現している。写実的ではない色を使用することで、モデルの雰囲気をもよく表現している場合が多い。このように似顔絵生成において、顔の色は重要な役割を占めている。しかし、コンピュータによる似顔絵生成において、色の誇張も考慮したものは今のところない。ここで、人間の顔の色の誇張は、主として色白、色黒、赤みがかかるということを目的にして行うこととする。

我々はすでに顔の色も誇張された3次元似顔絵の生成手法を提案している[8]。誇張対象として、顔パーツの形と配置および顔の色に着目した。顔パーツとは、両眉、両目、鼻、口を指す。また、配置の誇張を行うのは、似顔絵のコツはレイアウトにある[9]からである。提案手法では、部分的な誇張が行えるように顔パーツごとに異なる誇張率を設定できる。しかし、文献[8]で色の誇張に使用した画像データは質が悪く、誇張に用いた表色系も一つだけであった。また、テクスチャもモデルの特徴を十分に捉えたものではなかった。

本稿では、それらの問題点を改良するために、色情報としてデジタルカメラで撮影した顔画像を用いる。また、色の誇張を行う上で、HSV表色系に加えて、均等色空間であるL\*a\*b\*表色系についても実験を行う。さらに、テクスチャに改良を加えた結果を報告する。

## 2. 3次元似顔絵の生成

### 2.1 3次元似顔絵生成システムの概要

提案システムの全体図を図1に示す。3次元ディジタイザから得られた形状データを読み込み、特徴

点、中心点の抽出を行う。続いて、正規化処理を行い、誇張の際に使用する顔パーツデータを作成する。

また、計測時に得られる画像データとデジタルカメラの画像からテクスチャを作成し、それを顔モデルにマッピングできるようにする。続いて、デジタルカメラの画像から肌と唇の色情報を取得する。

最後に、各データを平均化した平均データを作成し、個人データと平均データの差を誇張することによって3次元似顔絵を生成する。

### 2.2 顔データの取得と特徴点、中心点の抽出

顔データの取得には、非接触式3次元ディジタイザを用いて行う。計測により、顔の3次元形状データと顔画像データが取得される。

続いて、3次元形状データから特徴点抽出を手動で行う。特徴点は196点である。そのうち、両眉は10点、両目は38点、鼻は32点、口は28点である。加えて、各顔パーツの中心点、左目と右目の間の中心点、両目の中心を通る直線と顔輪郭との交点(この交点を顔幅基準点と呼ぶ)も算出する。図2(a)に特徴点の配置、同図(b)に中心点の配置を示す。

### 2.3 個人データの作成

#### 2.3.1 ポリゴンの細分化

Delaunay三角形を用いて、抽出した特徴点から三角形ポリゴンを生成する。この特徴点のみで作成した顔モデルでは図3(a)のように、目や鼻、口といった各部分の形が不明確になっている。よって、ポリゴンを細分化することによって顔モデルを明確化する。まず、三角形ポリゴンの各辺の中点を計算する。続いて、そこに対応する奥行きデータを計測データから算出し、その点を補間点とする。そして、各辺

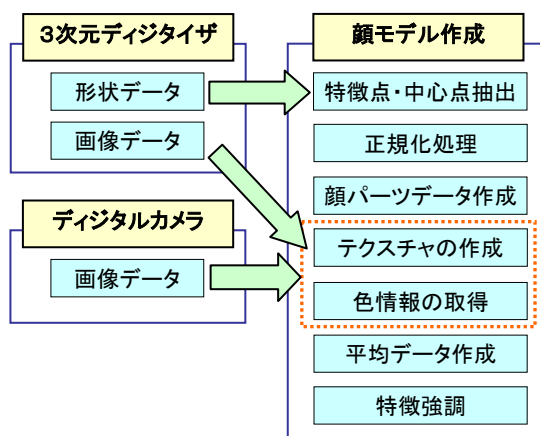
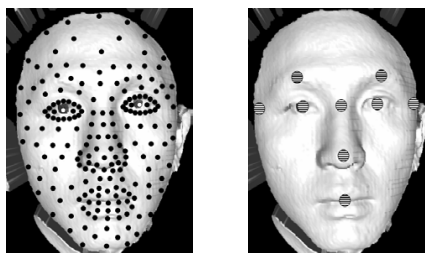


図1 3次元似顔絵生成システム

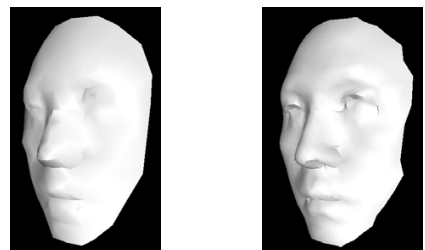
3-D Facial Caricature Generation System with Exaggeration of Colors

<sup>†</sup> Seiji Takemoto, Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

<sup>‡</sup> Saeko Takagi, Fujiichi Yoshimoto, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University



(a) 特徴点 (b) 中心点  
図2 特徴点と中心点の配置



(a) 特徴点のみ (b) 細分化したものの  
図3 顔モデルの作成例

の補間点を用いて元の1つのポリゴンをも4つの三角形ポリゴンに分割する。細分化したものが図3(b)である。これらの処理は自動で行うことができる。必要であればさらに細分化を行い、より詳細な顔モデルを作成することも可能である。

### 2.3.2 正規化処理

正規化処理は、測定のずれを軽減し、位置や大きさなどをできるだけ同じ条件にするために行う。まず、各特徴点を両目の間の中心点が原点にくるように平行移動し、位置を揃える。次に、顔幅基準点間の長さが一定になるようにスケール変換を行い、顔の大きさを揃える。

### 2.3.3 顔パーツデータの作成

顔パーツの形を誇張するための顔パーツ形状データと、顔パーツの配置を誇張するための顔パーツ配置データを作成する。顔パーツ形状データは、その顔パーツの中心点から各特徴点へのベクトルで表す。また、配置データについても、右目と左目の間の中心点から各顔パーツの中心点へのベクトルで表す。ただし、口の配置データは鼻の中心点から口の中心点へのベクトルである。

### 2.3.4 似顔絵テクスチャの作成

3次元ディジタイザを用いた測定時に得られる顔画像データとデジタルカメラで撮影した顔画像より、顔モデルにマッピングするテクスチャを作成する。まず、3次元ディジタイザを用いた測定時の画像データから両目の輪郭上の点を適当な間隔で手動抽出する。その点間を3次Bスプライン曲線で補間することで目の輪郭線を生成する。次に、デジタルカメラで撮影した顔画像より、適当な閾値で2値化を行い、眉の領域を取り出し、それを目の輪郭

線と組み合わせてテクスチャを作成する。また、鼻と口の輪郭データは取らない。背景はテクスチャの色が顔モデルに影響しないように白とする。似顔絵テクスチャの作成例を図4に示す。

### 2.3.5 色情報の取得

デジタルカメラで撮影した顔画像より、肌と唇の色情報を取得する。肌の色情報は、左右の頬の一番盛り上がっている部分と額の中央部の計3箇所を取得する。また、唇の色情報については、上唇の中央付近2点、下唇の中央部1点の計3箇所取得する。目については色情報の取得は行わない。取得した色情報は、肌と唇とも3箇所の平均を取り、それをそれぞれ個人の肌と唇の色情報とする。

## 2.4 平均データの作成

特徴強調に使用するために平均顔モデルのデータを作成する。個人顔モデルの特徴点、補間点について、各座標値をそれぞれ平均し、それを平均顔モデルのデータとする。また、顔パーツデータも同様に平均を取り、顔パーツ形状の平均データ、顔パーツ配置の平均データを作成する。肌と唇の色情報についても平均を取る。図5に平均顔モデルの例を示す。

## 2.5 特徴強調

### 2.5.1 顔全体の誇張

顔パーツを誇張する前に、頬の膨らみなどを強調するために顔全体の誇張を行う。まず、顔モデルの特徴点、補間点をベクトルとして考える。そこで、個人顔ベクトルを  $P$ 、平均顔ベクトルを  $H$ 、特徴強調後の個人顔ベクトルを  $P'$ 、 $a$  を誇張率とすると、顔全体の特徴強調は(1)式ようになる。

$$P'_j = P_j + a(P_j - H_j) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

ここで、 $n$  は特徴点と補間点の数の合計である。

### 2.5.2 顔パーツの形と配置の誇張

個人顔の顔パーツデータと平均顔のそれとの差を誇張することで特徴強調を行う。個人顔ベクトルを  $P$ 、特徴強調後の個人顔ベクトルを  $P'$ 、顔パーツの形状ベクトルを  $V$ 、配置ベクトルを  $U$  とする。また、顔パーツの形の誇張率を  $s$ 、配置の誇張率を  $t$  とすると、顔パーツの形と配置の特徴強調は(2)式となる。

$$P'_{i,j} = P_{i,j} + s_i(V_{p_{i,j}} - V_{h_{i,j}}) + t_i(U_{p_i} - U_{h_i}) \quad (i=1, 2, \dots, 6; j=1, 2, \dots, m_i) \quad (2)$$

ここで、添え字の  $p$  は個人のデータ、 $h$  は平均のデータを表す。また、 $i$  は顔パーツの種類(6個)に対応しており、 $m_i$  は各顔パーツに属する特徴点と補間点の数の合計である。

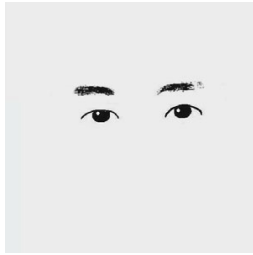
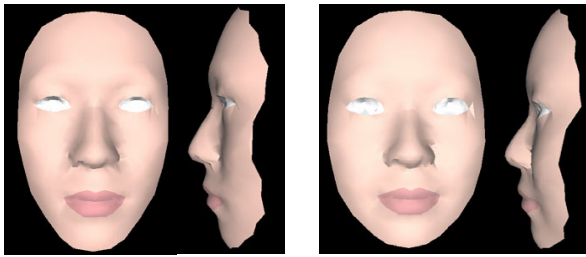


図4 似顔絵テクスチャの作成例



(a) 男性 (b) 女性  
図5 平均顔モデルの作成例

### 2.5.3 色の誇張

色情報についてもベクトルで考える．個人顔の色ベクトルを  $C$ ，平均顔の色ベクトルを  $D$ ，特徴強調後の個人顔の色ベクトルを  $C'$  とする．また，色情報の誇張率を  $b$  とすると，色情報の特徴強調は(3)式となる．

$$C'_i = C_i + b_i(C_i - D_i) \quad (i=1, 2) \quad (3)$$

ここで， $i$  は肌と唇を表すものとする．この色情報を使って，ポリゴンに色をつける．

## 3. 3次元似顔絵の生成実験

### 3.1 顔の形状の誇張

顔全体の誇張と顔パーツの形と配置の誇張を行った．図6に作成例を示す．同図(a)には改良前のテクスチャを用い，それ以外の図は改良後のテクスチャを用いた．同図(a)，(c)では，口以外のすべてのパーツの形，配置の誇張率を一律にしたが，同図(d)のように，ある一部のパーツのみを誇張したり，パーツごとに違う誇張率を組み合わせることが可能である．

### 3.2 HSV表色系による色の誇張

肌と唇について，HSV表色系を用いて，色の誇張を行った．誇張のパラメータとして， $H$ ， $S$ ， $V$ がある．これらのパラメータについて，それぞれ誇張の有無の組み合わせを考え，全部で8通りの誇張を行った．誇張するものについては，誇張率を3.0とした．

実験を行った結果， $H$ のみ誇張の場合は，色味が変化し，モデルによっては元の色から大きく変化することがあった． $S$ や $V$ のみの誇張の場合は，色白の人は明るく，色黒の人は暗くなる傾向があった．

また，顔に赤みがある人は $S$ の誇張率を上げるとより赤みがかかった．パラメータが2つに増えると，それぞれのパラメータの特徴を反映した色になり，よりモデルの特徴を表したものになった．

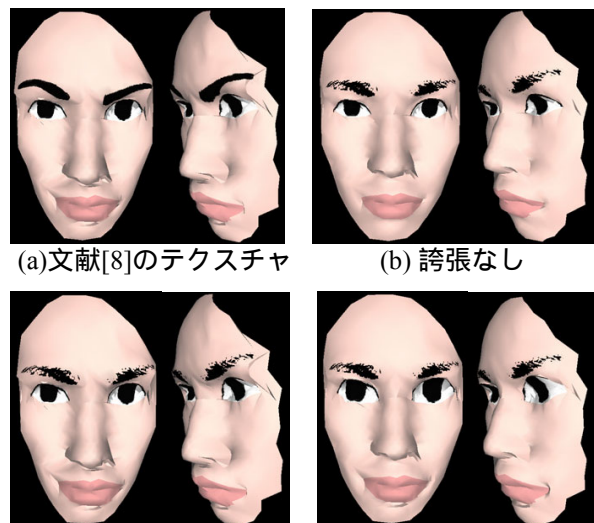
総合的に見ると， $S$ と $V$ を誇張したものがどのモデルについてもおおむね結果が良好であった．すなわち，色白の人はより白く，色黒の人はより日焼けするような傾向が見られた．唇は肌に比べて色の変化が大きくなる傾向があった．図7に色の誇張例を示す．ここで，同図(b)は無着色のため，文献[8]のテクスチャに唇の輪郭線を加えたものである．

### 3.3 L\*a\*b\*表色系による色の誇張

均等色空間であるL\*a\*b\*表色系を用いた色の誇張も実験した．これを用いた理由は，画像を扱う場合に広く用いられているからである．パラメータとしては $L^*$ ， $a^*$ ， $b^*$ がある．実験方法は，HSV表色系の場合と同様である．実験の結果， $L^*$ のみを誇張した場合は， $V$ と同様の結果が得られた．しかし， $a^*$ や $b^*$ のみの誇張の場合， $H$ の誇張と同じように色味がかなり変化するものがあった．また，一つのパラメータでの変化が大きいものは，その他のパラメータと組みあわせても，そのパラメータの影響を受けるのはHSV表色系と同様だった．図8にそれぞれのパラメータにおける色の誇張例を示す．

## 4. 考察

3節で示した似顔絵の生成例では，誇張率をほぼ一律にしたが，図6(d)に示したように，提案システムではパーツごとに誇張率を変えられるので，さまざまな似顔絵を生成可能である．形状と色のそれぞれについて，自分の嫌なところは誇張しないで，長所と感じているところだけを誇張して，自分好みの似顔絵を生成するというようなこともできる．



(a) 文献[8]のテクスチャ (b) 誇張なし  
(c) 一律の誇張率 (d) 異なる誇張率  
図6 顔の形状の誇張例

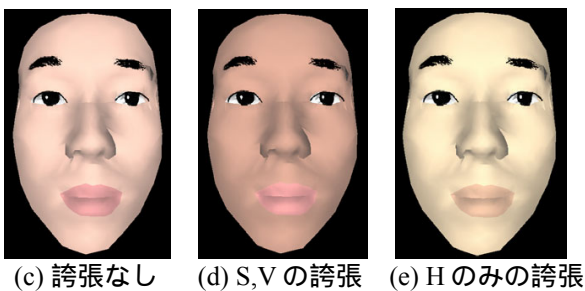
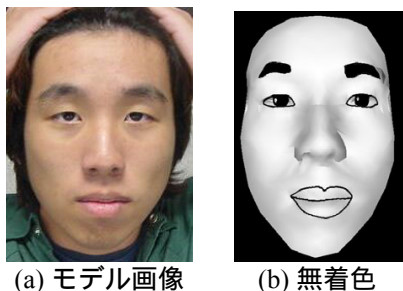


図7 HSV表色系を用いた色の誇張例

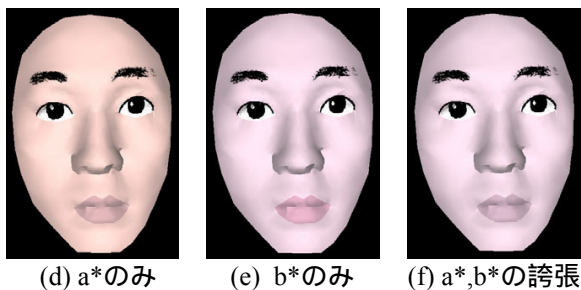
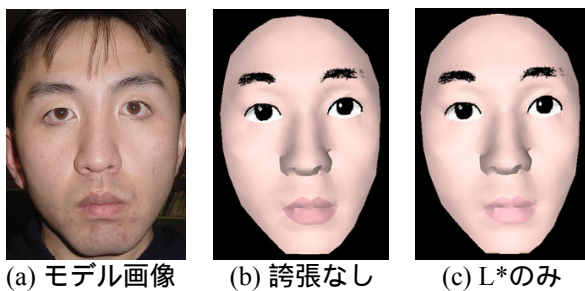


図8 L\*a\*b\*表色系を用いた色の誇張例

テクスチャについて、眉をデジタルカメラの画像から作成したので、文献[8]のテクスチャの黒く塗りつぶした眉と比べて、より特徴を捉えたものとなった。

色の誇張について、HSV表色系の場合、肌の色白、色黒に効果があるのは、S、Vをパラメータに含んだ誇張である。また、肌の赤みに効果的なのはSである。HSV表色系は直感的に操作しやすく、色白、色黒、肌の赤みを誇張することに適していると考えられる。ただし、Hについては、誇張することにより顔の色として適切でなくなる場合もあるため、誇張のパラメータとして含めない方が良いと考えられる。

L\*a\*b\*表色系については、L\*は色白、色黒に効果がある。しかし、a\*とb\*については、Hと同様

の結果となっており、色味の変化も予想しづらい。そのため、直感的に制御するのが難しくなり、誇張のパラメータとして含めるのは適切でないと考えられる。

これまで10人以上のモデルについて、似顔絵の生成実験を行ったが、顔の形状と色の誇張の両方を通して、適切な誇張率とパラメータの組み合わせのガイドラインは未知である。

## 5. おわりに

非接触式3次元ディジタイザで測定された3次元データと画像データ、およびデジタルカメラの画像を用いて、顔パーツの形と配置、および肌と唇の色を誇張した3次元似顔絵生成システムを提案した。特に、従来のコンピュータ似顔絵では扱われなかった色の誇張を可能とした。その結果、色白、色黒であるなど、その人らしい色を表現することができ、色の誇張は似顔絵生成において重要であることが分かった。また、提案システムでは、必要に応じて各誇張方法を組み合わせることができる。

今後の課題として、特徴点の自動抽出が挙げられる。また、より個人の特徴を反映したテクスチャにする必要がある。色の誇張についても、どの誇張方法が適切であるかを考える必要がある。現在肌も唇も単色であるが、色を増やすことが考えられる。例えば、頬の赤みを表現することなどが挙げられる。

## 参考文献

- [1] H.Koshimizu, K.Murakami, A.Nakayama, T.Fukumura: Computer Generation of Facial Caricature: PICASSO Project - A Step toward the Description & Generation of Non-verbal information -, Proc. PRICAI'90, 1990.
- [2] 花岡悟一郎, 金子正秀, 原島博: 描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成, 電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol.J80-D-II, No.8, pp. 2110-2118, 1997.
- [3] T.Fujiwara, T.Nishihara, M.Tominaga, K.Kato, K.Murakami, H.Koshimizu: On the Detection of Feature Points of 3D Facial Image and Its Application to 3D Facial Caricature, Proc. 3DIM'99, pp. 490-496, 1999.
- [4] 宮崎光二, 中山弘隆: 似顔絵における表情作成について, 計測自動制御学会論文集(D-II), Vol.36, No.5, pp. 448-455, 2000.
- [5] 岩下志乃, 鬼沢武久: 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), Vol.J83-D-I, No.8, pp. 891-900, 2000.
- [6] 藤原孝幸, 奥水大和, 藤原恒太, 藤田悟朗, 野口孔明, 石川猶也: 3D 似顔絵フィギュア製作の実用化の試み, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.SIG(CVIM4), pp.85-94, 2002.
- [7] 山藤章二: 山藤章二のブラックアングル 25年全体重, 朝日新聞社, 2002.
- [8] 武本征士, 高木佐恵子, 吉本富士市: 色も誇張された3次元似顔絵の生成, 平成14年度情報処理学会関西支部支部大会, A-16, pp. 63-66, 2002.
- [9] 和田誠: 似顔絵物語, 白水社, 1998.