

## 人にあわせてくれるスマートな 3D 似顔絵生成手法

### Novel System for 3D Facial Caricaturing Friendly to Users

藤原孝幸<sup>†</sup> 輿水大和<sup>†</sup> 藤村恒太<sup>‡</sup> 藤田悟朗<sup>‡</sup> 野口孔明<sup>‡</sup> 石川猶也<sup>‡</sup>  
Takayuki Fujiwara<sup>†</sup>, Hiroyasu Koshimizu<sup>†</sup>,  
Kouta Fujimura<sup>‡</sup>, Gorou Fujita<sup>‡</sup>, Yoshiaki Noguchi<sup>‡</sup> and Naoya Ishikawa<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>: 中京大学情報科学部    <sup>‡</sup>: 三洋電機株式会社

<sup>†</sup>: School of Computer and Cognitive Sciences, Chukyo University,

<sup>‡</sup>: SANYO Electric Co.

fuji@koshi-lab.sccs.chukyo-u.ac.jp, hiroyasu@sccs.chukyo-u.ac.jp,  
{ kouta\_fujimura, g\_fujita, ys\_noguchi, n\_ishikawa }@rd.sanyo.co.jp

**概要** : ユーザインタフェースとして顔メディアを用いる可能性が示唆され、顔の認識・生成技術が注目されている。顔に対する人の印象を造形する手法として似顔絵、とりわけ立体で構成される似顔絵が意味を持ち始めている。我々は3次元空間上の顔特徴を抽出して似顔絵化する技術について提案してきたが、生成結果には局所的な、あるいは、全体的に顔の形が不自然にくずれる現象が見られた。

平均顔と入力顔の差ベクトルを入力顔の個人性特徴とする基本手法において、本論文では平均顔生成で標本平均を算出するだけでなく、特徴点列における値のばらつきも平均顔に付随する情報とすることで、新しい似顔絵生成手法を提案し、また実験的に考察を行った。結果として、似顔絵モデルにあわせて、視覚感性的な顔らしさから逸脱することなく誇張をする、スマートな似顔絵生成システム実現の可能性を示した。

**Abstract**: Facial caricature has a potential for realizing a new media of man-machine interface and for modeling facial impression. We have been proposing a method of 3D caricature generation which is based the shape features of facial parts for the 3D facial image. Our method generates a caricature by using the individual feature vector that is defined by the difference between the input face and the mean face which is prepared from many input faces. This method is sometimes likely to suffer from fatal inadequate deformations both of the local and global shapes of the face. This fatal deformation is caused by the fact that the variances of the feature points of the mean face are not uniform among facial parts. Taking this fact in consideration, in this paper, we propose a new caricaturing method by introducing sample variances inherent in the mean face into the deformation process. Experimental results will show the novelty of the proposed method which is friendly adapted to the respective user.

**キーワード** : 3次元画像処理, 顔特徴抽出, 似顔絵生成, 平均顔の分散, 視覚感性

**Keywords**: 3D image processing, facial feature extraction, caricature generation, variance of the mean face, visual KANSEI

## 1. はじめに

ユーザインタフェースとして顔メディアを用いる可能性が示唆され、顔の認識・生成技術が注目されている<sup>[1]</sup>。顔に対する人の印象を造形する手法として似顔絵、とりわけ 3D で構成される似顔絵が意味を持ち始めている。我々も顔の特徴点を抽出してデフォルメする技術について提案してきた<sup>[2, 3]</sup>。3次元の顔データを対象にした似顔絵生成システム、3D-PICASSO では、自動抽出可能な 44 特徴点から構成される 82 パッチにより頭部を 3次元モデル化し、全周 3D 似顔絵を生成し、その顔データを用いて、人工木材などの肖像を製作した。しかし、生成結果には局所的な、あるいは全体的な、顔の形が不自然にくずれる現象が見られ、そのような肖像は、いびつな個所を粘土で埋めるなどの対処を必要としてきた。複数のデータ間の平均を取った平均顔を基準顔として生成し、それを比較対照とする似顔絵生成手法においては、平均顔と、入力顔の差異を入力顔の個人性特徴ベクトルとみなす。しかし、髪などの特徴点は分散が大きいが、顔に対する人の視覚感性としての感度は大きくないと考えられ、目、鼻、口の分散は小さいが、視覚感性の感度は非常に大きい。本論文の提案では平均顔生成で標本平均を算出するだけでなく、特徴点列における値のばらつきも平均顔の情報とすることで、新しい似顔絵生成法を示し、被験者(似顔絵のモデル)に合わせ、さらに顔らしさを逸脱することなく誇張処理をするスマートな似顔絵生成手法を提案する。

以下、本論文では 2 章で似顔絵生成システムの原理を概説し、従来のシステムにおける問題点を示す。3 章にて平均顔生成で得られる情報に関して述べ、4 章で従来手法に対する、安定した誇張手法を実験的に考察する。

## 2. 似顔絵生成の基本原則と課題

### 2.1 似顔絵生成原理

コンピュータが人物の特徴的な部分を捉え、誇張させ似顔絵を呈示するというシステムが、本論文で用いる PICASSO である。3次元顔データを用いる 3D-PICASSO システムでは、顔特徴を記述するフォーマットを 44 個の特徴点列で定義し、複数の顔データ間における比較を容易としている。同様な 3D 顔画像解析の試みもこれまでも行われてきたが<sup>[4]</sup>、個人性特徴抽出と似顔絵に注目した

ものはなく、特徴点抽出の自動化に成功した例もない。また、顔の 3D モデルの生成や平均顔生成を試みた例もあるが<sup>[5, 6]</sup>、特徴点は人手でドラッグして決めていて、画像解析による自動化を行っていない。顔のテクスチャに着目して自動化された手法<sup>[7]</sup>もあるが、この手法では、後頭部などを含む頭部全体のモデルへ対しての応用は成されておらず、正面の顔(額から顎まで)を処理の対象としている。

3D-PICASSO の似顔絵生成例を図 1 に示す。この図は、複数の特徴点データ間で座標値の平均をとって生成した平均顔三角パッチ  $S$  (図 1(a))と入力顔三角パッチ  $P$  (図 1(b))から、似顔絵三角パッチ  $Q$  (図 1(c))を生成し、その変形を入力顔サーフェスデータ図 1(d)に反映させることで、似顔絵サーフェスデータの図 1(e)を生成した例である。似顔絵  $Q$  は、入力顔  $P$  に平均顔  $S$  との差ベクトル( $P - S$ )を個人性特徴と考え、それに誇張率  $b$  倍(スカラー)したものを加えることで生成する。この PICASSO の似顔絵生成は、式(1)のようにモデル化される。

$$Q = P + b \cdot (P - S) \quad (1)$$

### 2.2 似顔絵生成手法における問題点

本手法における問題点の一例を図 2 に示す。これは、似顔絵生成結果に局所的な過度の誇張があることを示している。このような結果となる要因として、

- ・髪や額などの特徴点は分散が大きいが、顔全体に対する人の視覚感性としての感度は比較的小さい
- ・目、鼻、口など顔の内部部品の分散は小さいが、顔全体に対するそれら顔内部部品における人の視覚感性の感度は非常に大きい

という、相反する二つの条件を一つの似顔絵生成式で計算しているためであると考えられる。すなわち、|平均顔 - 入力顔|としている個人性特徴において、平均顔ベクトル内における値の信頼性、有効性を一律に扱った、処理としていることが問題であると考えられる。

3. 平均顔生成で取得可能な情報

3.1 複数の顔属性における分散の違い

我々は、平均顔生成時に取得できる情報として、2次元上の線画で似顔絵を表現する 2D-PICASSO システムにおける顔データを対象とした、顔特徴点間の平均距離と距離分散の統計量に基づいて、図 3 に示す特徴行列を設計した。この属性行列を用いたパターンマッチングにより、人の属性の違いによる顔部品の関係に現れる特徴を分析する方法を提案している<sup>[8]</sup>。この手法では、特徴点列の平均値だけではなく、この平均値に対する特徴点列の分散も平均顔が有する特別な情報であることが示された。また、顔の属性を判別することで、入力顔に適した、年齢、性別の平均顔を自動選択する試みを行ったところ、図 4 の似顔絵生成例のような良好な結果が得られた。このように似顔絵個々のモデルに適合した似顔絵生成手法を実現している。この試みは、3次元の似顔絵システムへの適用も可能である。

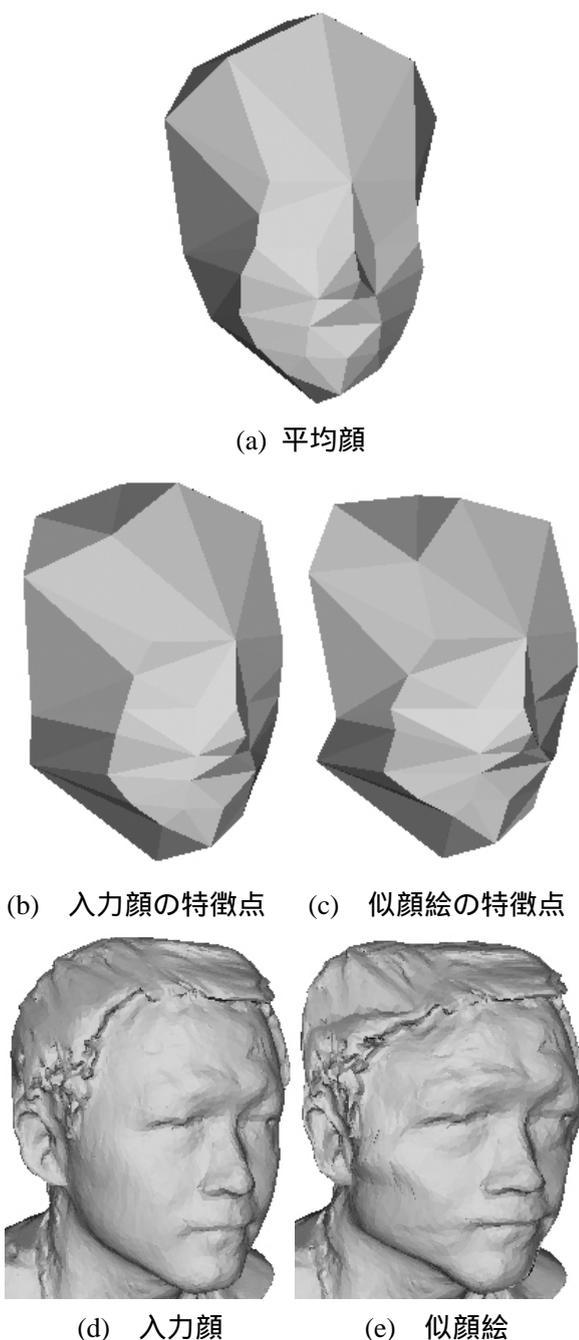
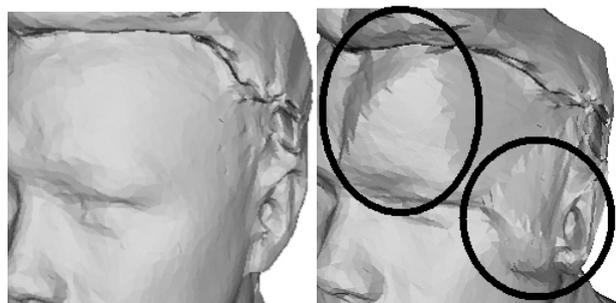


図 1 3D-PICASSO システムの似顔絵生成例



(a) 入力顔 (b) 似顔絵  
図 2 局所的な過度の誇張

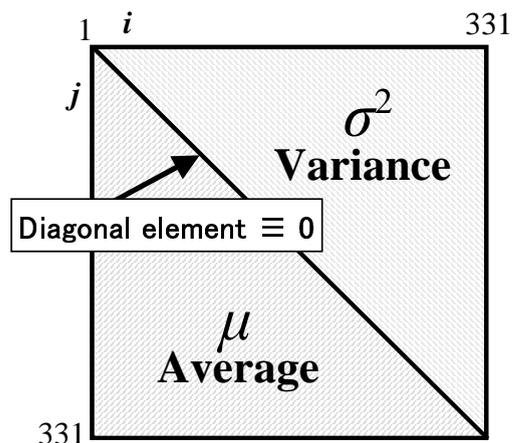


図 3 属性行列の概念図

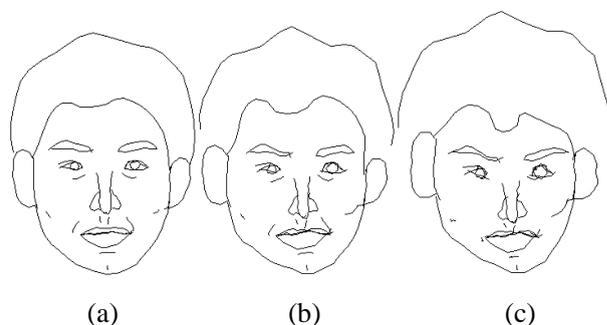


図 4 似顔絵生成結果の例

(a)の入力顔に対し、(a)に最も高い一致度となる平均顔をシステムが選択し似顔絵生成した結果が(b)であり、(c)はシステムが最も低い一致度とした平均顔で似顔絵生成した結果である

### 3.2 個々の顔部品における分散の違い

本論文においても、個人性特徴を導出する際の指標として、分散値の適用を試みる。属性分析の手法<sup>[8]</sup>では、平均顔間における属性の差異を算出したが、本論文においては、特徴点列内における分散の違いを、視覚感性における感度の違いとすることとした。実測値に見られる形状の差と、視覚感性の検出器が示す形状の差を明確にすることが望ましい。ここで、着目できる分散値として、

- 特徴点列の座標値
- 特徴点三角パッチの面積
- 特徴点三角パッチ面の法線

などが考えられる。それぞれの分散値を、

- 平均顔に対する特徴点列の分散値
- 平均顔に対する三角パッチの面積における分散値
- 入力顔の三角パッチに対する式(1)の計算における誇張率を 0 b 2.0 とした分散値

として検証した。の分布は図 5 のようになり、目、鼻、口などの顔内部部品では分散値が低くなり、顔輪郭部の特徴点においては分散値が高くなる傾向が確認された。の分布は顔内部部品において全体的に低い分散値となったが、顔輪郭部の分散値の分布には傾向が見られなかった。また、においては顔内部部品、顔輪郭ともに分散値に傾向は見られなかった。そこで、顔内部部品と顔輪郭部でそれぞれ傾向が見られた、の特徴点列の座標値を 4 章において導入し、実験的に考察を行うこととした。

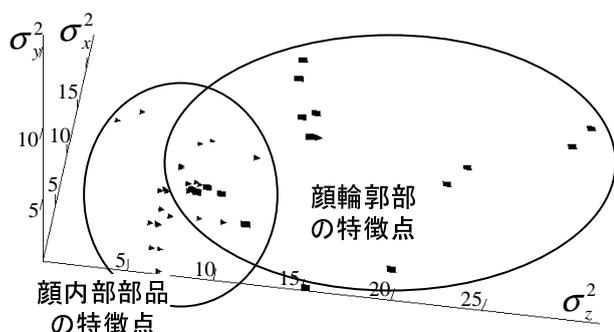


図 5 特徴点列における分散値の分布  
 ( : 顔内部部品の特徴点,  
 : 顔輪郭部の特徴点 )

### 4. 似顔絵生成式の改善

2 章で述べたように、本似顔絵生成システムでは似顔絵生成のための個人性特徴を、平均顔と入力顔の差分から抽出する。しかし、従来の手法では平均顔の特徴点列が、必ずしも統計的な意味で均一な性質が保証された値ではなかったと考えられる。

#### 4.1 分散を用いた似顔絵生成方式の補整

式(1)の特徴ベクトルに与える重みを、誇張率  $b$  だけではなく、 $S$  に付随する標準偏差ベクトルを  $V$  として、

$$Q = P + \xi(V) \cdot b \cdot (P - S) \quad (2)$$

(0 (V) 1)

とする。式(2)はその特徴点列に対する、信頼性を重みベクトル  $(V)$  として与えることで、従来の似顔絵生成手法での問題に対処する。 $(V)$  は標準偏差より、式(3)のように求められる、任意の特徴点列に対する有効値を求める関数とする。式(2)における  $(V) = 0$  の時は任意の特徴点を信頼できないとして、 $(P - S)$  の個人性特徴を加算せず、 $(V) = 1$  の時に個人性特徴の有効度が最大となる。また、顔データごとで抽出される特徴は 3 次元の全ての方向で考えられるため、 $x, y, z$  それぞれの軸で標準偏差の最大値ベクトル  $V_{\max}^{(D)}$  を求めた後、これを 0 から 1 へ正規化することで  $\xi^{(D)}(V)$  を得るものとした。

$$\xi^{(D)}(V) = 1 - \frac{V^{(D)}}{V_{\max}^{(D)}} \quad (3)$$

( $D = x, y, z; V$  は 44 次元ベクトル)

また、3 次元で独立に補整値  $(V)$  を与えるため、似顔絵生成の式(2)は

$$Q^{(D)} = P^{(D)} + \xi^{(D)}(V) \cdot b \cdot (P^{(D)} - S^{(D)}) \quad (4)$$

( $D = x, y, z; P, Q, S, V$  は 44 次元ベクトル)

に変更した。

#### 4.2 実験と考察

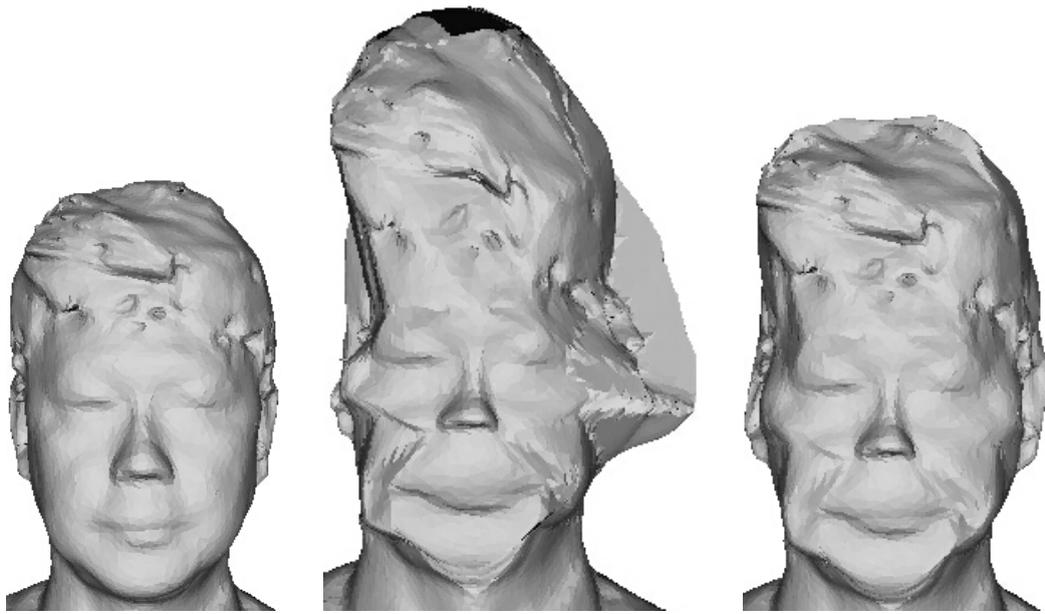
図5に従来の似顔絵生成と、式(4)に示される似顔絵生成式を用いた実験結果を示す。これら似顔絵生成では、本手法の有効性を明確に示すため、誇張率 $b$ を2.0とやや高い値とした。図3(b), (e)において右頬などに、亀裂が見られ、また、頭頂部の誇張は明らかに極端すぎると考えられる。さらに、右後頭部を占める凸部なども、この誇張結果を肖像として使用するためには、フィギュア製作後に粘土で埋める作業だけでは対処が困難であることを示している。一方、本提案手法による結果、図5(c), (f)では、図5(b), (e)にも見られる入力顔(図5(a), (d))の特徴(ほおやあご)を印象的に誇張すると同時に、頭部全体のバランスを失うことのないスマートな処理プロセスが実現されている。さらに、図5(b), (e)に見られるような、部分的に極度な誇張処理ではなく、似顔絵のモデルに合わせた安定した誇張の処理が示された。分散統計量を用いることにより、視覚感性的な意味から極めて良好な結果を得られたと考えられる。

#### 5. おわりに

本論文では、従来手法にあった似顔絵生成の問題点を、平均顔とこれに付随する分散に関する情報を使用することにより、品質が向上された。とりわけ、似顔絵のモデルに合わせ、顔らしさを逸脱することなく誇張処理をする手法の提案することができ、新しい顔メディアとして要請される視覚感性的な意味において非常に重要な結果を得ることができた。更に、オペレータが平均顔を選択し、誇張率を決定している現状に対して、似顔絵のモデルにあわせた年齢、性別の平均顔を選択し、視覚感性的に有効な誇張率が、自動的に決定できる手法の可能性を示すことができた意義も大きい。この意味から、今後の似顔絵生成システムの質的充実が図れると期待される。

#### 参考文献

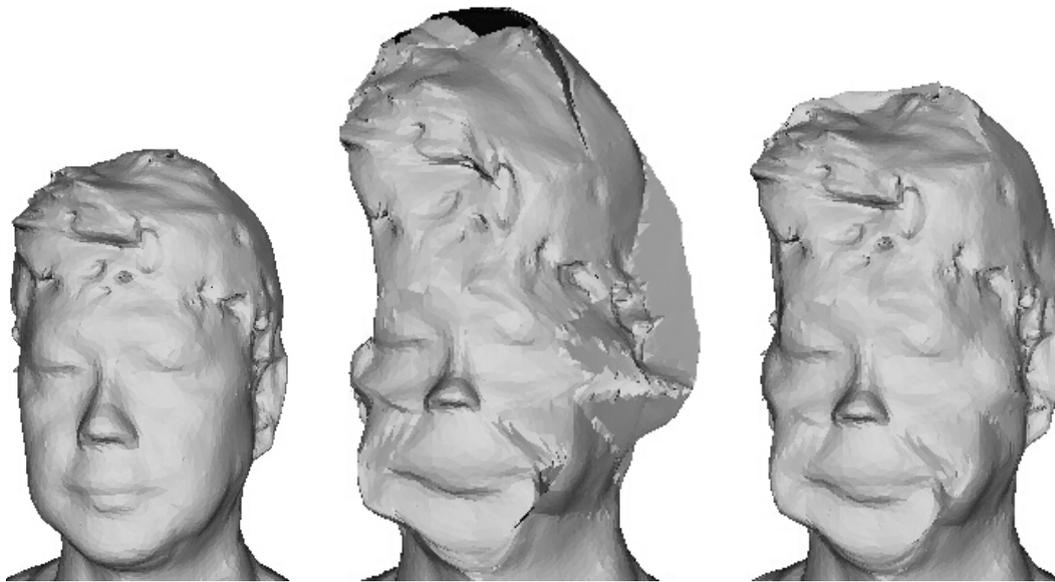
- [1] 輿水大和, 坂上勝彦: 画像処理検査技術の今後の趨勢 - 町に出るマシンビジョン -, 画像ラボ, (創刊 100 号特大号, 特集: これからの画像処理技術), Vol.9, No.4, pp.1-8 (1998)
- [2] 藤原孝幸, 輿水大和, 藤村恒太, 藤田悟郎, 野口孔明, 石川猶也: 3D 似顔絵メディアのフィギュア製作技法, 第 18 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, pp.47-52 (2002)
- [3] 藤原孝幸, 輿水大和, 藤村恒太, 藤田悟郎, 野口孔明, 石川猶也: 3D 似顔絵フィギュア製作の実用化の試み, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No. SIG 4(CVIM 4), pp.85-94 (2002)
- [4] 顔特集, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.8 (1997)
- [5] 金子正秀, 長谷川修: 顔画像処理技術とその応用に関する最近の研究動向, テーマセッション「顔画像処理技術とその応用」, 平成 11 年電気学会, 電子・情報・システム部門大会 (1999)
- [6] IPA 研究成果: 感性擬人化エージェントのための顔情報処理システムの開発,  
<http://www.tokyo.image-lab.or.jp/aa/ipa/>
- [7] Volker Blanz and Thomas Vetter: A Morphable Model For The Synthesis of 3D Faces, Proc. SIGGRAPH'99, pp.187-194 (1999)
- [8] 藤原孝幸, 牛木里奈, 多賀真理子, 輿水大和: 顔部品間の関係の統計的分析による顔の属性判別手法の提案, 日本顔学会誌, Vol.2, No.1, pp.25-38 (2002)



(a) 入力顔

(b) 従来手法の誇張

(c) 提案手法の誇張



(d) (a)を斜めで表示

(e) (b)を左斜めから表示

(f) (c)を左斜めから表示

図5 似顔絵生成実験の例