

似顔絵作成における髪領域抽出および髪型選択

田畑 尚弘* 細井 聖 秋間 正道 川出 雅人
オムロン(株) 新事業開発センタ
〒617 京都府 長岡京市 下海印寺
*E-mail: taba@zoo.ncl.omron.co.jp

自然なヒューマン・マシン・インタフェースを目指して、われわれは視覚による顔の意味理解技術、および顔の表現技術の研究開発を進めている。この技術の応用例として、似顔絵クリエーション技術を開発した。開発したシステムではコンピュータビジョン技術を用いて様々な人種や顔・髪の種類に対してロバストに特徴抽出し、ファジィ推論による部品選択・部品配置・部品変形ルールにより複数のイラストレータや漫画家などのタッチ(画風)で似顔絵を自動的に描画することができる。本発表では似顔絵作成技術の概要説明とその中で重要となる髪領域抽出およびクラスタリングによる髪型の選択の手法について述べる。髪領域抽出においては黒い髪以外にも対応できるように色成分を用いた領域抽出法について述べる。またイラストレータや漫画家などのタッチで髪型を表現するための髪部品選択手法についても説明する。

キーワード: コンピュータ・ビジョン、顔画像、ファジィ推論、似顔絵、髪領域抽出、ヒューマン・インタフェース

Extraction of the hair region and classification of the hair type for automatic facial caricaturing

Naohiro Tabata* Satoshi Hosoi Masamichi Akima Masato Kawade

New Business Development Division Headquarters
Omron Corporation
Shimokaiinji, Nagaokakyou, Kyoto, 617 Japan.
*E-mail: taba@zoo.ncl.omron.co.jp

Aiming at a flexible human-machine interface, we are advancing the research and development about the understanding technology of the face and expression technology of the face. As an example of applying this technology, we have developed the facial caricaturing technology. The facial feature is extracted robustly by the computer vision technology for the kind of various races and the face and hairs, and it is possible to draw in the likeness automatically by the style of drawing such as two or more caricaturists, illustrators, and comic artists.

We explain abstract of this technology and especially important method to choice a hair style using classification and extraction of the hair region. On the extraction of the hair region, we will describe the method for the extraction of the region using the color in order to process not only black hair but also another color. We will also describe the method to choice the parts of a hair. Owing to this method, it is possible to draw a hair style as if illustrators or comic artists draw.

Key words: Computer Vision, Facial Image, Fuzzy Inference, Extraction of Hair Region, Facial Caricature, Human Interface

1. はじめに

近年、人間とコンピュータの自然な対話の実現が求められてきており、ビジュアルなコミュニケーションが重要になってきている。デジタルカメラなどの流行や、プリント倶楽部などの顔シールの流行もそのひとつである。人と人の対話で顔が重要な役割を果たしているように、ビジュアルなコミュニケーションの中でも顔は重要な役割を果たす。自然なヒューマン・マシン・インタフェースを目指す中で、われわれはこの人間の顔に注目し、視覚による顔の意味理解技術、および顔の表現技術の研究・開発を進めている。この技術の応用例として似顔絵クリエーション技術を開発した。

従来、コンピュータ上の似顔絵クリエーション技術は大学などでも研究されてきた¹⁾²⁾。われわれはよりビジュアルな似顔絵を目指して、似顔絵画家、イラストレータや漫画家のタッチ（画風）を実現する似顔絵クリエーション技術を開発したので、ここに報告する。

また、似顔絵において髪型はその人の個性を表す重要な要素である。ここでは髪型の特徴をとらえ、似顔絵に反映させるための髪領域抽出と髪型選択の手法についても述べる。

2. 全体の構成

2.1 システム構成

似顔絵クリエーション・システムが動作するシステム構成を図1に示す。CCDカメラやスキャナ・デジタルカメラ・画像ファイルなどから顔画像を入力し、似顔絵を自動的に作成し、シールプリンタや画像ファイルなどに出力する。

2.2 ソフトウェア構成

似顔絵クリエーション・システムのソフトウェア構成を図2に示す。出力される似顔絵に対して、メガネ・髭・アクセサリ・帽子・胴体・背景などを付加・合成する機能もある。

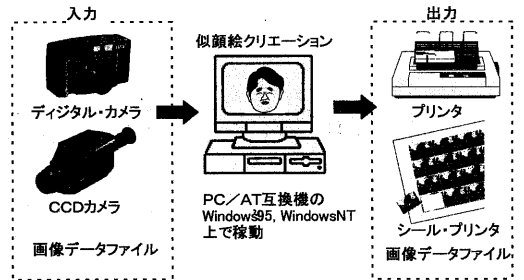


図1 似顔絵クリエーションシステム構成

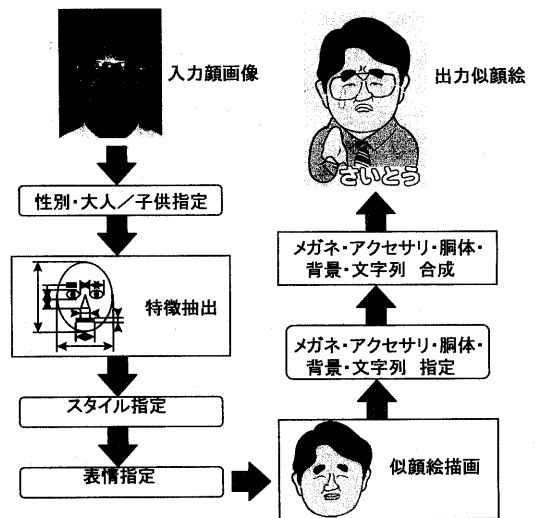


図2 ソフトウェア構成

3. 目標と課題

ユーザーにとっていかにおもしろい・欲しいと感じる似顔絵を作成するかが最も重要なKFSである。そのためには単に似ている似顔絵を描画するだけではなく、似顔絵画家・イラストレータや漫画家などの持つタッチ（画風）を実現する事が重要である。すなわち、似顔絵画家・イラストレータや漫画家の持つ顔の表現空間に、被写体の顔の特徴を写像する技術が必要である（図3）。それにより、例えばこの漫画の中に自分が登場したらどういう絵になるか、というようなことを楽しむことも出来る。これらを実現するには、絵がきれいであり、ユ

一々が面白い、欲しいと感じるタッチが必要である。さらに、好みに応じて複数の絵のタッチが選べるなどの機能が必要である。

この目標に対する課題として、「髪や輪郭のスムーズな描画」、「イラストタッチを実現する部品選択・部品配置・部品変形ルール化」、「金髪・茶髪・白髪、黒い肌などにおけるロバストな髪領域・特徴の抽出」などがあげられる。

特に髪型はその人の個性をあらわす重要な要素であり、その似顔絵の善し悪しが決まってしまうといっても過言ではない。

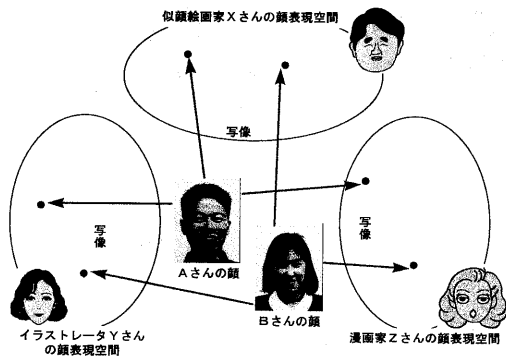


図3 画風の顔表現空間へのユーザの顔の写像

4. 特徴抽出

特徴抽出の主な流れを図4に示す。ここでは主に髪領域抽出処理について説明する。顔器官および顔輪郭の特徴抽出についてはすでに報告⁴⁾されているのでここでの説明は省略する。

4. 1 髪領域の抽出

人の顔の中で最も個性的なのは髪型である。髪の毛の領域／特徴をいかに正確に抽出するかが似た似顔絵を作成する最重要課題である。金髪・白髪や黒い肌にも対応できるように、髪領域抽出は色成分を用いて行なう。まず背景領域と肌色強度マップを抽出し、この2つの情報から髪の色成分を特定するための髪サンプル領域を切り出し、特定した色成分をもとに髪領域を抽出する。

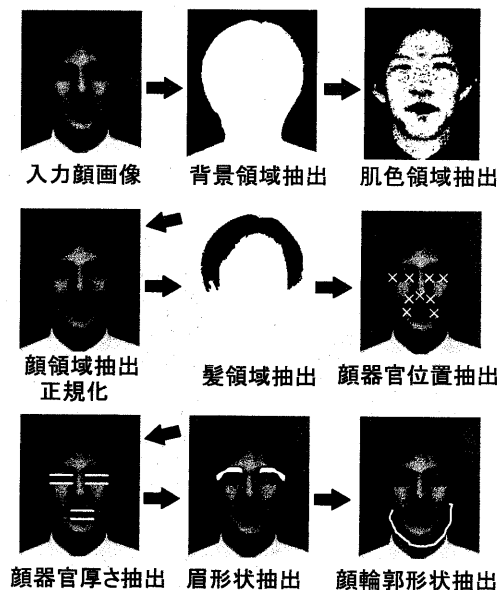


図4 特徴抽出の流れ

4. 1. 1 背景領域の抽出

背景領域の抽出方法を図5に示す。背景は単色の無地と限定している。まず大雑把に背景色を推定し、3段階の階層によって順に詳細に背景領域を求める。最後にノイズ除去のため平滑化とセグメンテーションを行っている。

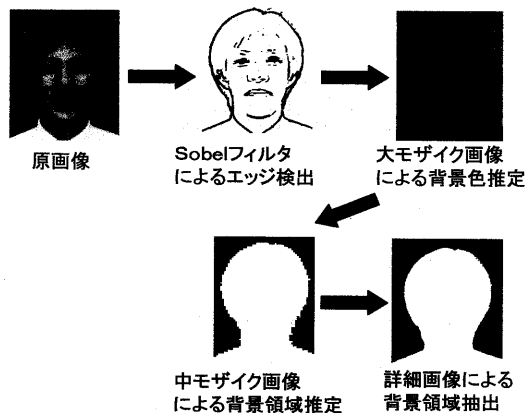


図5 背景領域の抽出

$$\text{肌色/髪色強度} = \exp \left\{ -A \times \left[\left(\frac{L_m - L_t}{W_L} \right)^2 + \left(\frac{a_m - a_t}{W_a} \right)^2 + \left(\frac{b_m - b_t}{W_b} \right)^2 \right] \right\}$$

L_t, a_t, b_t : 対象の画素のL a bの値

L_m, a_m, b_m : サンプル領域のL a bの重心値

W_L, W_a, W_b : 重み係数 (サンプル領域の標準偏差 σ ×係数 p)

(7) 色強度評価式

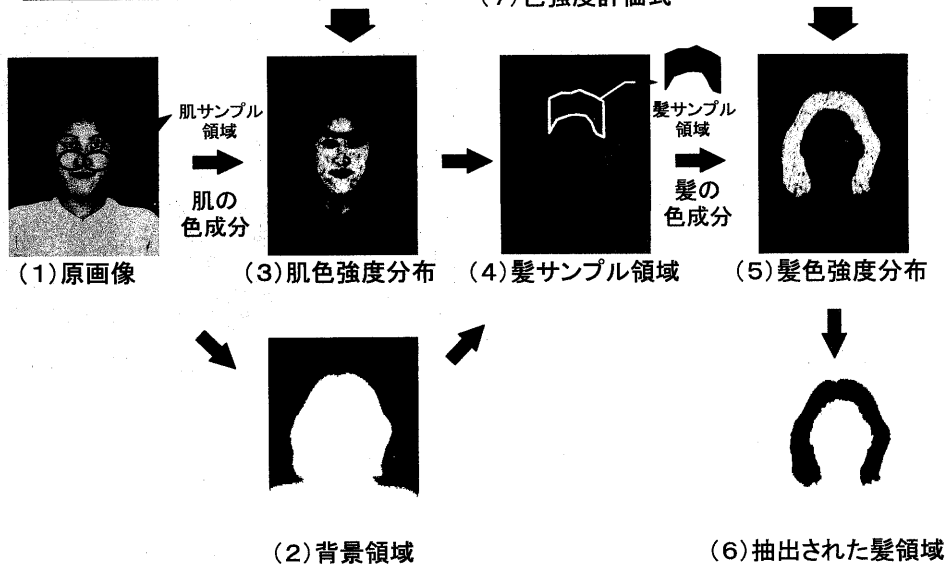


図6 髪領域の抽出

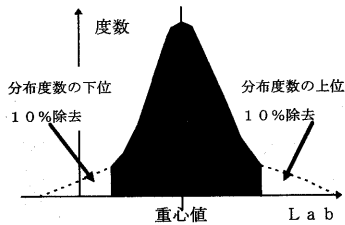


図7 色分布からのノイズ成分除去

4. 1. 2 髪領域の抽出

1) 肌色強度分布の抽出

顔の中心座標および顔の縦横幅から顔のある特定の領域 (肌サンプル領域と呼ぶ (図 6-(1))) を切り出し、その人の肌の色成分を推定する。色成分はL a b表色系で表し、肌マスク領域のL a bの重心値および標準偏差を求めこれを肌の

色成分として推定する。なお、ノイズ成分を除去するためL a bの各成分ごとに重心からの偏差が大きい値を、分布度数に対して上下10%除去した後、再度重心値と標準偏差を求め直した値を用いる (図 7)。

次に図 6-(7)に示す色強度評価式を用いて色強度分布を求める。各分母の W_L, W_a, W_b は標準偏差 $\sigma_L, \sigma_a, \sigma_b$ に定数係数 p をかけたものであり、L a bの各成分の分散の違いによる重みのばらつきを均等にするための重み補正係数である。この評価式は0~1の範囲の値をとり、1に近いほど与えられた色成分に近いことを示しており、画像で表すと図 6-(3)のように表現できる。

2) 髪の色成分の特定

肌色強度分布をもとに、顔の中心座標および顔の縦横幅から顔の上境界 (額と髪の上境界) を求めることができる。また、背景領域から髪の上境界 (背景と髪の上境界) も求めることができる。この2つの境界と顔の横幅に囲まれる領域を髪サ

ンプル領域として切り出し、この領域の色成分を髪の色成分として推定する(図6-(4))。この時も同様にノイズ成分を除去するために重心からの偏差が大きいのも上下10%を除去した後、重心と標準偏差を求め直す。

3) 髪領域のセグメント

特定した髪の色成分から前述の色強度評価式を用いて髪色強度分布(図6-(5))を求め、適当なしきい値により2値化し髪領域を抽出する。2値化しきい値は背景領域および肌色領域に髪領域が出てこないように、逐次的に可変して決定する。

眉や目なども髪の色成分に近いことが多く、髪領域として抽出されてしまう。これらを除くために領域のセグメンテーションを行ない、除去する(図6-(6))。

4. 1. 3 前髪領域の抽出

前髪は髪領域に接する肌色領域を9区画に分け、各区画において、前髪の存在・おおよその方向・密度を濃淡画像のテクスチャ解析を用いて高速に求める。

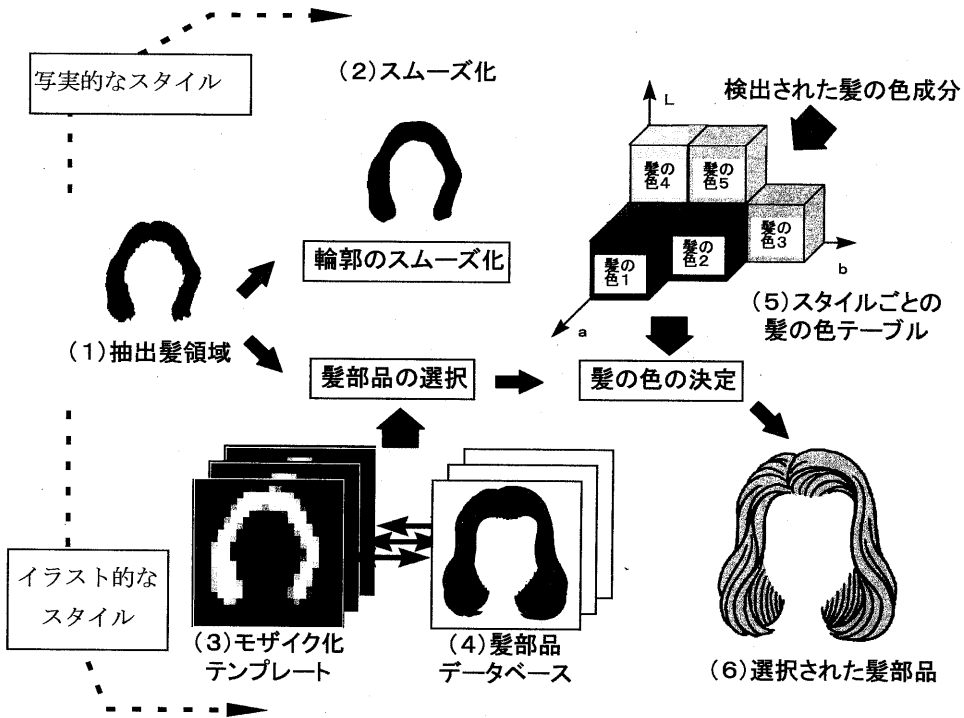


図8 髪の描画

5. 似顔絵描画

5. 1 髪の描画

髪の描画の流れを図8に示す。髪の描画はスタイルにより以下の2方法を開発した。

5. 1. 1 写実的なスタイル

髪領域の輪郭のスムーズングを行ない、丸みを持たせたものをそのまま描画に用いる(図8-(2))。丸み処理は円形のウィンドウを走査し円内に黒画素が半分以上を占める場合は中心点を黒に置き換え、また白画素が半分以上占める場合は白に置き換える。丸み処理を行うと細い前髪などは省略されてし

まうので、前髪がある程度検出されている場合は、前髪の位置・角度・密度に応じて前髪を描画する。

5. 1. 2 イラスト的なスタイル

まず最初に髪の一部のボリューム・肌色と背景領域の距離・外形輪郭形状などの様々な髪領域の特徴量より、ロング系・ショート系に分類し、さらにロング・ミドル・ショート・アップの4種類に分類する。これにより後述のモザイク化テンプレート・マッチングの精度が向上する。

次に各髪の種類の中で、あらかじめ用意された髪部品の中から抽出された髪領域に一番近いものを選択する。スタイルごとの髪部品の一例を図9に示す。髪部品の選択はモザイク化テンプレートマッチングで行なう。あらかじめ髪部品に対応付けられたモザイク化テンプレートを用意し、抽出された髪領域に一番マッチング度の高いものを選択する(図8-(3),(4))。モザイク化テンプレートは実画像から抽出した髪領域を正規化モザイク処理しグレースケール化した画像である。モザイク化処理は以下の式のように行う。

$$M[y_m][x_m] = \left\{ \sum_{y=y_m*Q}^{y_m*(Q+1)-1} \sum_{x=x_m*P}^{x_m*(P+1)-1} H[y][x] \right\} / (P*Q) \quad (1)$$

- $H[y][x]$: 髪領域画像 (0か1の2値)
- $M[y_m][x_m]$: モザイク画像 (0から1のグレイの値)
- P : モザイク対象となる領域のX方向の1辺の画素数
- Q : モザイク対象となる領域のY方向の1辺の画素数

また髪領域のモザイク化画像Mとあらかじめ用意されたモザイクテンプレートTとのマッチング度合いEは以下の式で評価する。Eの値が大きいはほどマッチ度合いは大きい。

$$E = (E_{and} - E_{sub}) / E_{or} \quad (2)$$

$$E_{and} = \sum_{y_m=0}^{Q-1} \sum_{x_m=0}^{P-1} \min(M[y_m][x_m], T[y_m][x_m])$$

$$E_{sub} = \sum_{y_m=0}^{Q-1} \sum_{x_m=0}^{P-1} \text{abs}(M[y_m][x_m] - T[y_m][x_m])$$

$$E_{or} = \sum_{y_m=0}^{Q-1} \sum_{x_m=0}^{P-1} \max(M[y_m][x_m], T[y_m][x_m])$$

- $M[y_m][x_m]$: 対象となる髪モザイク画像
- $T[y_m][x_m]$: モザイクテンプレート画像
- $\min()$: 最小値、 $\text{abs}()$: 絶対値、 $\max()$: 最大値

描画の際、髪に色をつけるために髪の色を決定する必要がある。本システムでは抽出した髪の色成分をそのまま描画に用いるのではなく、スタイルごとに髪の色に対応テーブルを用意し、スタイルに適した色を表現できるようにしている(図8-(5))。





	男性	女性
スタイルA		
スタイルB		

図9 髪部品の例

部品選択ルール、および部品配置ルールは日本人の平均特徴量からの差を誇張するように行う。

5. 2 複数のタッチと表情の描画

あらかじめ顔部品を似顔絵画家・イラストレータや漫画家に事前に特徴別／表情別に似顔絵を書いてもらい、部品データベース化する。

まず検出された特徴量をファジィ推論で日本人の平均特徴量を参考に「やや狭い」「かなり丸い」などのように言語化する。

各タッチ・各表情ごとの部品選択ルールに基づき特徴の言語より部品を選択する。選択された部品を、部品配置ファジィ・ルールにより得られた部品位置に配置する。

6. 結果

6. 1 髪領域抽出

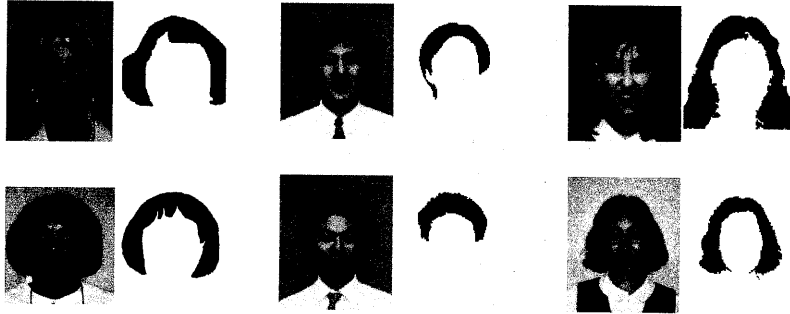
髪領域抽出の実験結果を図 10 に示す。この結果のように、髪の色、顔の色が異なる種類に対して精度の高い特徴抽出を実現できた。髪領域抽出時間は P e n t i u m 1 3 3 M H z のパソコンにて約 1 秒を実現した。

(1) 髪領域 抽出精度

日本人の黒髪・茶髪	90%以上の精度で抽出
アメリカ人の金髪・白髪・黒い肌	70%以上の精度で抽出

※評価は主観評価で、似顔絵に直接用いてもよいと判断できるものを正解とした

(2) 髪領域 抽出結果例



(左側：現画像、右側：髪領域抽出結果)

図10 髪領域および顔器官特徴点抽出の実験結果

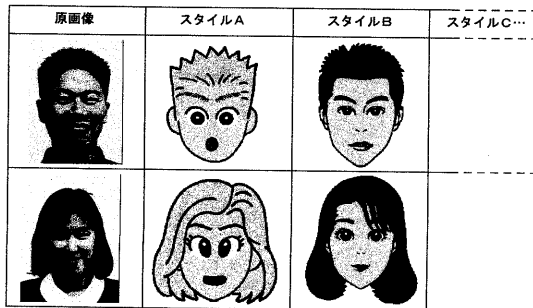


図11 複数のスタイルの似顔絵出力例

6. 2 似顔絵描画

似顔絵の描画結果を図 11 に示す。複数の似顔絵画家・イラストレータや漫画家の方に似顔絵部品を作成していただき、複数のタッチを実現できた。1 つのタッチ・1 つの表情の似顔絵描画時間は P e n t i u m 1 3 3 M H z のパソコンにて約 0. 5 秒を実現した。

7. むすび

今回、ファジィ技術を応用することにより、複

数の似顔絵画家・イラストレータや漫画家のタッチを実現し、複数の表情の描画が可能な似顔絵クリエーション技術を開発した。また似顔絵作成時に重要となる髪領域抽出および髪型選択の手法を開発した。しかしながら現在のシステムには以下のような制限がある。

- 1) 正面顔であること。
- 2) 背景は単一色の無地であること。
- 3) 出力される似顔絵も正面顔のみ。

今後は、特徴抽出の精度向上を目指すとともに、複雑な背景からの自動顔・髪切り出し技術を検討し、一般の写真や動画から任意方向の顔の似顔絵描画技術などを検討していきたい。またこの似顔絵クリエーション技術を応用し、表情認識・ジェスチャ認識・音声認識／合成技術などと統合して、自然なヒューマン・マシン・インタフェース技術を構築していきたいと考えている。

8. 参考文献

- 1) 村上和人、奥水大和ほか：“似顔絵師システムPICASSO”：テレビジョン学会技術報告, Vol.14, No.36, pp.13-18(1990)
- 2) 塩野充ほか：“特徴強調による顔画像からの似顔絵作成システム”：テレビジョン学会技術報告, Vol.11, No.21, pp.7-12(1987)
- 3) 李元中、小畑秀文：“顔のスケッチ画像の抽出と復元”：信学技報, PRMU96-49(1996-09)
- 4) 川出雅人ほか：“イラストレータの画風を実現する似顔絵自動作成技術”：電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会技術報告, Vol.97, No.117, pp.33-40(1997)