

## 例に基づくヘアスタイルアドバイザー

楊 薇（非会員） 豊浦 正広（非会員） 茅 暁陽（正会員）

山梨大学

## Example-Based Hairstyle Advisor

Wei Yang(Non-member) Masahiro Toyoura(Non-member) Xiaoyang Mao(Member)

University of Yamanashi

xaviera860110@gmail.com, {mtoyoura, mao}@yamanashi.ac.jp

### アブストラクト

ヘアスタイルは人の外見を決める上でもっとも重要な要素の一つであり、ヘアスタイルを変えるだけで人に与える印象は大きく変わる。本研究では、ノンパラメトリックサンプリングに基づく似合うヘアスタイルの自動探索法を提案する。「似合う」とは感性的な概念であり、その数理モデルを作成することは困難である。提案手法では、ヘアスタイルが似合うかどうかを決めるもっとも重要な要因が顔の形状特徴であることに着目した。ヘアスタイルの成功例から顔の形状特徴とヘアスタイルとの関係を学習することにより、利用者の顔にもっとも似合うヘアスタイルを得ることができる。さらに、利用者の顔写真から顔の形状特徴を自動抽出、マッピングを利用した写実的なヘアスタイル画像の合成、利用者に応じたデータベース構築について、提案・実装する。実験では、他者評価と自己評価の二つの評価を通して、提案手法の有効性を確かめることができた。

### Abstract

Hairstyle is one of the most important features people use to characterize one's appearance. Since whether a hairstyle is suitable or not is relied on the aesthetic sense of human, mathematical model could not represent the suitability. We focused on the fact that the suitable hairstyle is related to one's shape. This paper proposes a new technique for automatically retrieving a suitable hairstyle from a collection of hairstyle examples through learning the relationship between facial shapes and suitable hairstyles. A method of hair-face image composition utilizing matting technique was also developed to synthesize realistic hairstyle images. A database depending on users' preference was constructed to retrieve more suitable hairstyles. The effectiveness of the proposed technique was validated through evaluation experiments by themselves and the others.

## 1. はじめに

ヘアスタイルは外見を決める重要な特徴の一つである。ヘアスタイルの違いにより、人に与える印象は変化する。多くの人にとって、自分に似合うヘアスタイルを見つけることは大きな関心事である。一方で、新しいヘアスタイルを試すために髪を切ってしまうと、すぐには元に戻らない。画像処理によるシミュレーションは、髪を切ることなく新しいヘアスタイルを試すことができるので、自分に似合うヘアスタイルを見つけるのに有用である。

しかしながら、無数にあるヘアスタイルの中から利用者にもっとも似合うヘアスタイルを見つけることは困難である。何らかの数理モデルによって判定したり合成したりすることで、似合うヘアスタイルを探索するアプローチが考えられるが、「似合う」とは人間の感性に関わるものであり、これをモデル化することは難しい。さらには、利用者や場面によって似合うヘアスタイルが異なることも考えられる。加えて、あるヘアスタイルが似合うかどうかを利用者が最終的に判断するためには、直感的に判断できる形で提示する必要がある。これらの問題に対して、本研究では以下の3点の提案を行い、被験者実験によってその有用性を検証する。

1. 成功例に基づいた似合うヘアスタイル探索の実現
2. 利用者の顔画像に対する自然なヘアスタイルの合成
3. 利用者に応じた成功例のデータベースの作成

以下、2.では関連研究を挙げ、本研究への応用について述べる。3.では提案手法について述べ、4.で手法の有効性を検証する実験について示す。5.で本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

あらかじめ用意されたヘアスタイル画像を利用者の顔写真に合成させるシステム[1-2]が複数開発され、一部は無償でサービスが提供されている。これらのシステムでは、ユーザが自分に似合うヘアスタイルをたくさんのヘアスタイルから一枚ずつ合成しなければならない。また、合成のために顔の輪郭上の点を手動で調整する必要があり、利用者にとって大きな負担となる。

3DCG キャラクタに対する三次元ヘアスタイルモデリングに関する研究[3-6]も多くなされている。しかし、これらの研究を現実の利用者に対して適用することは難しい。

利用者に似合うヘアスタイルの自動探索の試みとして、今井ら[7]の顔の印象分類に基づくヘアスタイルの探索がある。今井らは、顔の物理的特徴に基づいて個人の顔の印象を定量的に評価し、似合うヘアスタイルの傾向を調べた。顔とヘアスタイルの印象を *warm*, *cool*, *soft*, *hard* に分類し、顔とヘアスタイルが同じ分類がされるときに、被験者は似合うと判断することを確かめた。たとえば、顔の印象が *warm* であると判定された場合、*warm* のヘアスタイルが最もよく似合うことがわかった。顔の印象についての判別は目の丸みや口唇の厚みなど 15 個の特徴で行い、ヘアスタイルについては 4 つの印象分類を代表するようなヘアスタイルを手動で選択した。この研究では、特徴ベク

トルによる顔の印象分類法について示されたものの、4 種類のヘアスタイルのうちいずれが似合うかしか調べることができなかった。もっとも似合うヘアスタイルを探索するまでは至らなかった。

似合うヘアスタイルを探索するためには、人間の感性の数理的なモデル化が必要となる。ヘアスタイルの特徴やその特徴に合った顔特徴の直接的なモデル化に成功した研究は、著者らの知る限り存在しない。顔特徴を間接的にモデル化した研究には、Chen ら[8]の顔写真からのスケッチ自動生成がある。Chen らは、アーティストが描いたスケッチとスケッチの元となる顔写真をあらかじめ学習データとして用意した。顔写真とスケッチは目や鼻などの各パーツに分割しておく。入力として顔写真が与えられると、パーツごとに学習データから特徴が似ているものと対応するスケッチのパーツを貼り合わせ、スケッチを合成する。合成の際には顔全体の構造を表す特徴ベクトルを計算し、各パーツの大きさや位置の調整を行った。この研究では、目や鼻の特徴を直接モデル化するのではなく、与えられる目や鼻に対応するスケッチを貼り合わせることで、間接的に人間の感性モデルに従った合成結果を得た。このような方法は例に基づいた(Example-based)手法と呼ばれ、ノンパラメトリックサンプリングに基づくベイズ推論の枠組みで扱うことができ、近年注目されてきている。テキスト合成[9]や写真からの絵画画像生成[10-11]にも応用例がある。

本研究でも、ヘアスタイルを直接的にモデル化するのではなく、顔特徴と合わせて間接的にモデル化することを試みる。具体的には、ヘアカタログから成功例を集めておき、入力画像に対して最も顔特徴の近いものを探索する。その顔特徴によく似合うヘアスタイルは、成功例から得ることができる。

## 3. 提案手法

本研究では、入力された顔写真に最も似合うヘアスタイルを自動的に探索できるようにすることを目指す。これは、プロのヘアスタイリストが作ったヘアスタイルの成功事例から、似合うヘアスタイルと顔特徴との関係を学習することで実現する。また、探索結果は入力された顔写真に合成することで利用者に直感的な形で提示できるようにする。

自動的に似合うヘアスタイルを探索できるようにすることで、携帯端末を用いたサービスも可能になる。例えば、美容室に行く前に自分に似合うヘアスタイルを見つけるような利用が考えられる。試行錯誤や手動調整が必要であった従来のヘアスタイルシミュレーションシステムよりも、一般の利用者が利用できる形でサービスを提供することができるようになる。

提案するシステムの概要を図1に示す。システムは大きく分けてデータベース構築と出力画像合成の2つに分かれる。データベース構築では、ヘアスタイルカタログに掲載されているヘアスタイルを成功例とみなし、顔特徴とその顔に合ったヘアスタイルとをデータベース化する。顔特徴抽出は 3.1 で述べ、ヘアスタイルの抽出は 3.2 で述べる。他方、出力画像合成では、入力される利用者の顔画像に対し、データベース構築のときと同

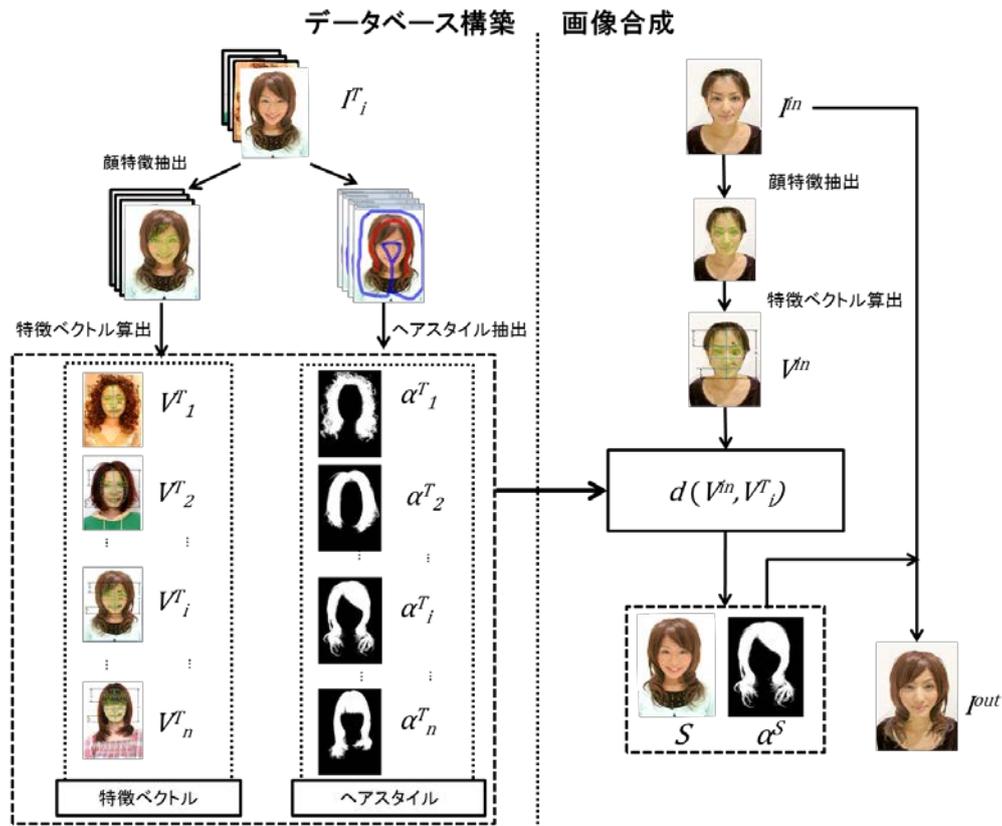


図1 提案システムの概要

様の方法で顔特徴抽出を行う。顔特徴空間で距離の近い画像をデータベース上のサンプルから探索し、それと対になるヘアスタイルを似合うヘアスタイルとして出力する。出力は入力顔画像にヘアスタイルを合成する形で提示する。画像の合成方法については、3.2で述べる。

さらに、利用者や利用場面の違いにより似合うヘアスタイルが異なる問題について、データベースを構築するためのデータを選択することで解決することを試みる。この一例について、3.3で説明する。

### 3.1 顔特徴抽出

個人の顔を特徴づけるものは多くあるが、その中でも似合うヘアスタイルの決定に関わるものを特定する必要がある。そこで、予備調査としてヘアスタイルリストへの聞き取りを実施した。この結果、顔型がもっとも大きく関わるとの知見を得た。

人間の顔は、図2に示すような4種類(卵型、丸型、逆三角、およびホームベース型)に大きく分類することができるといわれている。ヘアスタイルと顔を合わせて卵型に見えるようなものが、似合うヘアスタイルとなるとされている[12]。図3に示す丸型の顔の例では、トップにボリュームを持たせたり、前髪を横に流したりすることによって、顔型が縦長く見える効果が得られる。逆にヘアスタイル自体も丸みを帯びたものにする、丸型の顔が強調されてしまい、似合わないと感じる。

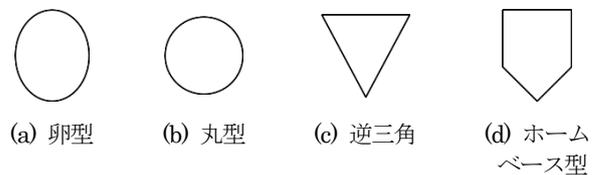


図2 人間の顔型の分類

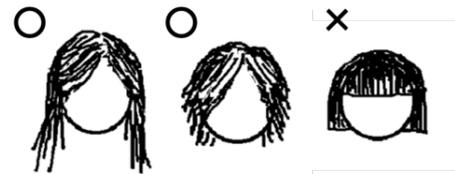


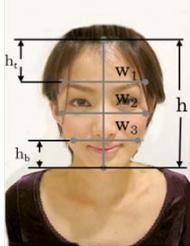
図3 丸型に似合うヘアスタイルと似合わないヘアスタイル

この知見に基づいて、顔特徴を表す特徴ベクトルを設計する。図2に示した顔型を表現するために、顔画像から図4(a)に示す以下の6つの量を求める。

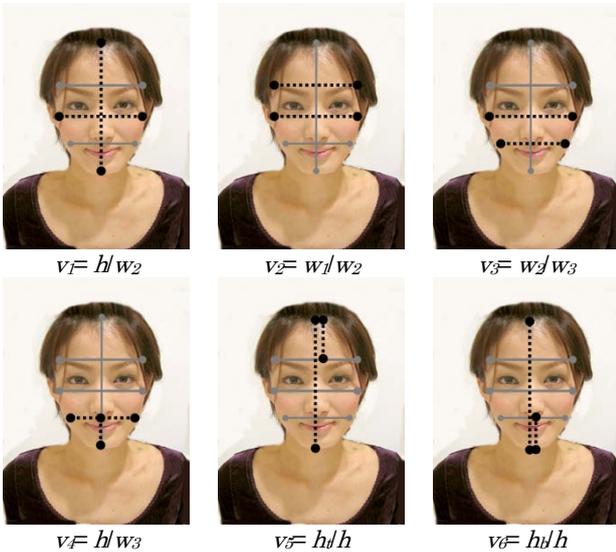
- $h$  : 顔の長さ
- $w_1$  : 眉の高さでの顔の幅
- $w_2$  : 顔の中心での顔の幅
- $w_3$  : 口の高さでの顔の幅
- $h_t$  : 額の長さ
- $h_b$  : 顎の長さ

これらの量を用いて、図4(b)に示す6次元の顔特徴ベクトル

$V(v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6)$ を定義する. 顔特徴ベクトルの各要素は, 上述の6つの量の比で構成されている.  $v_1$ は $h$ と $w_2$ の比であり,  $v_1$ の値が1に近ければ, 顔型は卵型ではないことが分かる.  $v_2, v_3, v_4, v_6$ は額の幅やの角度, 顎の長さを表すベクトルであり, 顔型がホームベースか逆三角形なのかを知ることができる.  $v_5$ は前髪に関連する特徴ベクトルとなる.



(a) 顔画像から得られる6つの量



(b) 各特徴ベクトルの定義  
図4 顔特徴ベクトルの設計

図4(a)に示す6つの量を顔画像から求めるために, ASM(Active Shape Model)[13]を利用する. ASMはテクスチャを持つメッシュの変形によって, 顔のような変形を伴う物体の追跡を実現する手法である. ASMを利用するためには, 図5に示すように学習用の顔画像に対して, 顔に三角形メッシュを手動で割り当て, それぞれの三角形がどのような形状およびテクスチャを持つかを調べておく. これを複数枚の顔画像に対して行い, 平均メッシュを求めておく.

新たな入力顔画像が与えられたときには, 平均メッシュをフィッティングすることで, それぞれのメッシュに相当する部分が入力顔画像のどこにあたるかを求めることができる. メッシュを構成するそれぞれの頂点は制御点と呼ばれるが, 図4(a)に示す6つの量を求めるためには, ある制御点の入力顔画像上での座標値を求めればよいことになる. 本研究で用いるASM平均メッシュはあらかじめ手動で作成し, どの制御点が顔特徴ベクトルを求めるのに必要なのかもあらかじめ与えておいた.

以上により, 図1に示すようにヘアカタログの顔画像  $I^i(i=1, \dots, n)$ から顔特徴ベクトル  $V^i(i=1, \dots, n)$ を, 入力顔画像

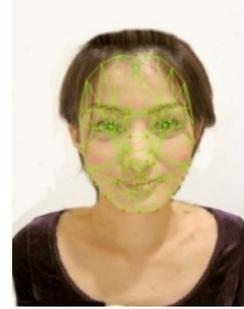


図5 ASM(Active Shape Model)の作成例[13]

$I^m$ から顔特徴ベクトル  $V^m$ を求めることができる.

入力顔画像の顔特徴ベクトル  $V^m$ とデータベース中の顔特徴ベクトル  $V_i^T$ の距離  $d(V^m, V_i^T)$ は, 各次元の大きさの重み付き二乗和を求めることで計算する.

$$d(V^m, V_i^T) = \sum_{j=1}^6 k_j (v_j^m - v_{i,j}^T)^2 \quad (1)$$

重み付けの係数  $k_j(j=1, \dots, 6)$ により, それぞれの特徴ベクトルの重要度を調整することができる. どの係数に大きな重みをもたせるかは機械学習などによって獲得可能であると考えられるが, 本研究では単に  $k_j=1(j=1, \dots, 6)$ とした.

顔特徴ベクトルの距離が定義できれば, 入力顔画像に対してもっとも近いデータベース上の画像  $S$ を探索することができる.

$$S = \{I_i^T \mid \operatorname{argmin}_i d(V^m, V_i^T)\} \quad (2)$$

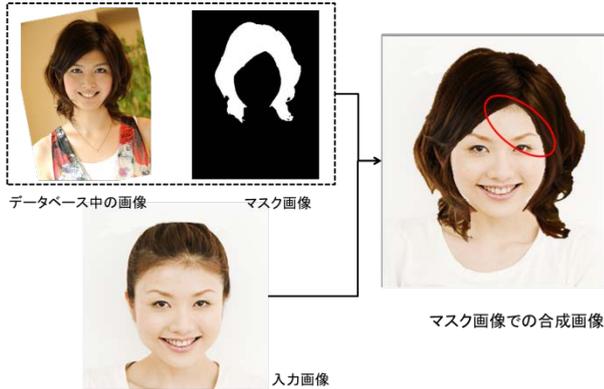
また, 距離の近い  $k$ 個のサンプルを探索することもできる.

### 3.2 ヘアスタイル抽出と出力画像合成

探索されたヘアスタイルが利用者に似合うものになっているかどうかを利用者自身が判断できるように, 入力顔画像に対する自然なヘアスタイルの合成を行う. そのためにはまず, データベース上の画像からヘアスタイル領域を抽出しておく必要がある.

2枚の画像の合成には, 2値マスク画像が広く一般に利用される. 図6(a)に例を示す. マスク画像の各画素は0と1の2値を取る. ヘアスタイル領域には1, それ以外の部分には0を割り当てる. 入力顔画像と合成するときには, 1の領域はデータベース中の画像の画素値を, 0の領域には入力画像の画素値を用いる. しかし, 2値であるマスク画像を用いた合成結果では, 0と1の境界付近で不自然な結果となる. 図6(a)の例では, 赤丸で囲んだ生え際で画像を貼り合わせたことがわかるような境界を生じてしまっている.

本研究では, 2値マスク画像の代わりに図6(c)に示すような $\alpha$ マットを利用する.  $\alpha$ マットでは, 前景を1, 背景を0とし, これらが混ざりあった画素にはその割合に応じて0から1までの値を定義する.  $\alpha$ マットを利用した合成では, 図6(d)に示すように境界付近でも良好な結果を得ることができる.



(a) 2 値マスク画像による合成



図 6 マットニングによる合成結果の比較

1枚の画像から $\alpha$ マットを推定する技術はマッティングとよばれ、近年、多くの手法が提案されてきている。本研究ではその中でも、良好な結果を得ることができるロバストマッティング [14]を採用する。ロバストマッティングでは、図 6(b)に示すように画像の一部に前景領域(赤で表示)と背景領域(青で表示)の一部を教示することで、残りの画素の $\alpha$ の値を推定し、画像全体の $\alpha$ マットを生成することができる。

データベース上の画像に対して $\alpha$ マットを求めるために、データベース登録時に上述の $\alpha$ マット生成の手順を加えるものとする。つまり、ヘアスタイルの顔画像  $I^L(i=1, \dots, n)$  に対して、前景領域および背景領域の教示を与え、 $\alpha$ マット  $\alpha^T(i=1, \dots, n)$  を求めておく。もっとも入力顔画像に近いデータベース画像の $\alpha$ マット  $\alpha^S$  は、以下の式で求めることができる。

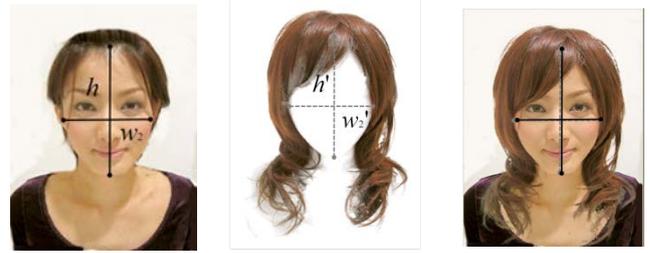
$$\alpha^S = \{\alpha_i^T \mid \operatorname{argmin}_i d(V^{in}, V_i^T)\} \quad (3)$$

入力顔画像  $I^L$ 、 $\alpha$ マット  $\alpha^S$ 、および、入力顔画像にもっとも近いデータベース中の画像  $S$  の座標位置  $p$  での画素値をそれぞれ  $I_p^L$ 、 $\alpha_p^S$ 、 $I_p^{out}$ 、とすると、出力画像  $I^{out}$  の座標位置  $p$  での画素値を  $S_p$  は以下の式で求められる。

$$I_p^{out} = (1 - \alpha_p^S) S_p + \alpha I_p^{in} \quad (4)$$

入力顔画像  $I^L$  にデータベース画像  $S$  を合成するために、位置合わせとスケール変換を行う必要がある。図 7 に示すように、 $I^L$  の  $h$  と  $w_2$ 、および、 $S$  の  $h$  と  $w_2$  の長さを合わせることでスケール変換を行う。

スケール変換を行っただけでは、図 8(a)に示すように中央位置がずれている場合に対応できない。中央位置がずれたまま合成を行うと、図 8(b)のような顔とヘアスタイルがずれた結



(a) 入力顔画像 (b) データベース画像 (c) 合成結果  
図 7 スケール変換

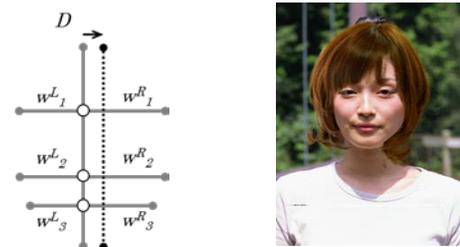
果となる。これを解決するため、図 8(c)に示すように  $I^L$  および  $S$  の  $w_1$ 、 $w_2$ 、 $w_3$  を顔の長さ  $h$  を求める直線で分断して、それぞれ長さ  $w_1^L$ 、 $w_1^R$ 、 $w_2^L$ 、 $w_2^R$ 、 $w_3^L$ 、 $w_3^R$  とする。これらの長さから、図 8(c)に示す  $h$  を求める直線の移動量  $D$  を計算する。

$$D = \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times \left( (w_1^L - w_1^R) + (w_2^L - w_2^R) + (w_3^L - w_3^R) \right) \quad (5)$$

$h$  を求める直線を  $D$  だけ移動することによって、図 8(d)に示すように位置ずれのない合成結果を得ることができる。



(a) 中央位置のずれ (b) 位置ずれのあるまま合成した結果



(c) 移動量  $D$  の算出 (d) 位置ずれのない合成結果

図 8 位置ずれを調整した画像合成

なお、画像を合成するとき、入力顔画像に利用者の髪が写っていると、データベース上のヘアスタイルと共に利用者の髪が写ってしまい、違和感のある画像が出力される。このことは、利用者に対して髪の毛を後ろに束ねるなどして入力顔画像を撮影することを制約として課す必要がある。

このとき、データベースに登録する画像は手動で水平になるように回転し、利用者の入力顔画像については水平を保って撮影されているとみなして、回転は行わないものとした。利用者の入力顔画像についても、ASM のメッシュフィッティングによって水平からのずれを計算することが原理的には可能であるが、メッシュのフィッティングがうまくいかないことがあり、

かえって不自然な合成結果を生じさせることがあるため、このような処理を行っている。自動での回転補正については、今後さらに検討する必要がある。

データベース画像に登録するときには、メッシュフィッティングの結果を修正することで、合成結果に違和感が生じることを避けた。入力顔画像では、利用者に対して髪の毛を後ろに束ねるなどして、ASM のメッシュフィッティングが成功しやすいようにすることができる一方で、データベース画像では、髪が顔を覆うものを避けられず、メッシュフィッティングに失敗することがあるためである。

### 3.3 データベース構築

本研究では、ヘアスタイリストが作ったヘアスタイル画像をデータベースに登録することでシステムを構築する。登録するヘアスタイルは利用者や利用場面に応じて変更することができる。

我々はまず、髪の毛の量と髪質、髪の毛の長さを属性値として与え、それぞれに対するデータベースを構築した。これは似合うと判断されたヘアスタイルでも、利用者の持つ髪の毛の量、髪質および髪の毛の長さによって実現できないヘアスタイルが提示されないようにするものである。髪の毛の量、髪質および髪の毛の長さをそれぞれ以下の3段階に分けてデータベースを構築した。

- ・髪の毛の量： 多い、普通、少ない
- ・髪質： かたい、普通、やわらかい
- ・髪の毛の長さ： ロング、ミディアム、ショート

これらの属性値は一般的なヘアカタログで利用者への情報として記載されるものであり、これらの情報の記載があれば、これをそのまま属性値を与えることができる。画像から自動で判別することができるが、撮影環境の違いや解像度の違いなどによって困難であった。本研究では、ヘアカタログに情報があるものについてはそのまま属性値として利用し、情報がないものについてはデータベース作成時に手動で属性値を与えた。

図9は髪の毛の量が普通、髪質が普通、髪の毛の長さはミディアムのときに得られるデータベースの例である。

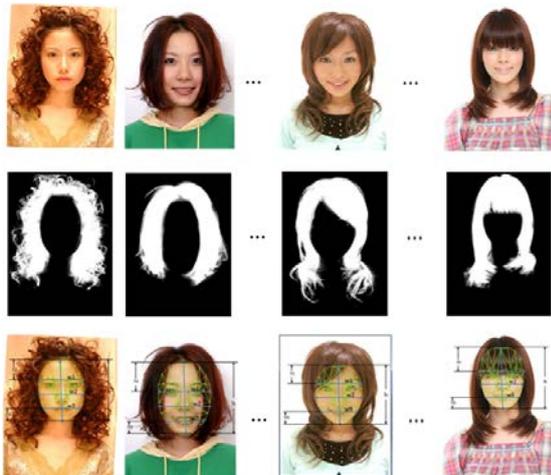


図9 属性値を基に構築したデータベース例

我々はさらに、性差による好みの違いがあることを想定して、男性に生まれやすいヘアスタイルのみを集めたデータベースを構築した。これを以降、**男性向けデータベース**と記述し、この選別を行わなかったものを**一般向けデータベース**と記述するものとする。

このように利用者や利用場面によってサンプルを変更することで、利用者や利用場面の数理モデルを直接的に記述することなく対応することができる。これは例に基づいた手法の大きな利点である。

一般向けデータベースはプロのヘアスタイリストが作った84枚のヘアスタイル画像によって構築した。男性向けデータベースでは、まずインターネット上のヘアスタイル画像283枚を集めた。属性値は手動で与えた。男性に生まれやすいヘアスタイルを選ぶために、15名の男性被験者にそれぞれのヘアスタイルについて好みであるかどうかを答えてもらった。このとき、顔によってヘアスタイルの好みが左右されないように、顔にぼかしを加えた画像を提示した。顔型はヘアスタイルが似合うかどうかの判断に必要であると考え、顔の輪郭にはぼかしを加えなかった。図10は実験に用いた回答画面の例である。15名の被験者のうち、半数以上に好まれた画像は160枚であった。



図10 男性に生まれやすいヘアスタイルの選出実験で用いた回答画面例

## 4. 実験

### 4.1 似合うヘアスタイル探索と画像合成

図11は提案手法による結果の例である。データベースには一般向けデータベースを利用した。それぞれ左の入力顔画像に対して、ロング、ミディアム、ショートの中でもっとも似合うとされるヘアスタイルを合成した結果が右の画像である。それぞれの画像で顔と髪型の関係を確認できる程度には、違和感なくヘアスタイルを合成できていることがわかる。4.2.6で被験者実験による合成結果に関する評価実験について述べる。

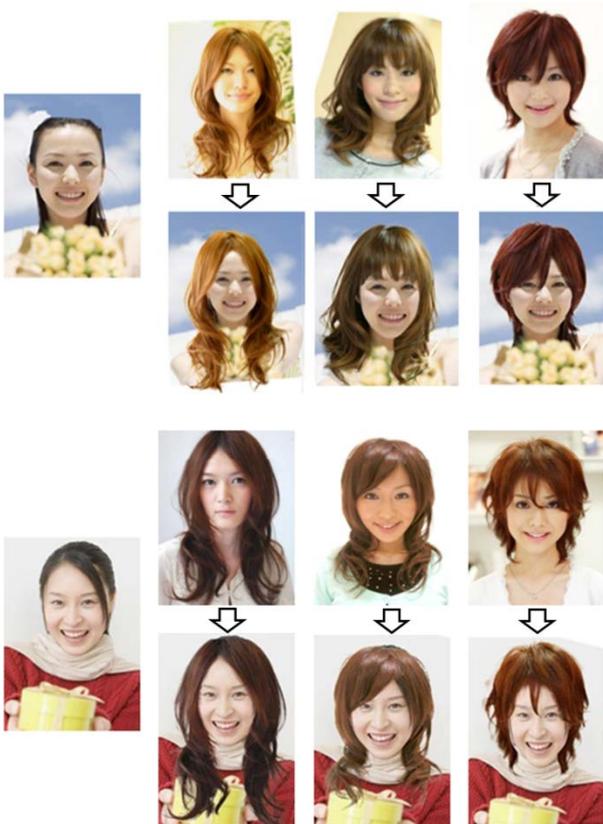


図 11 似合うヘアスタイルの合成結果例

## 4.2 被験者実験

提案手法が似合うヘアスタイルの探索を実現できているかを確かめる被験者実験を行った。利用者本人が判断する似合うヘアスタイルと、利用者以外が判断する似合うヘアスタイルには違いがあることが予想されたため、自己評価と他者評価の2つの評価実験を行った。自己評価の実験では利用者自身を被験者として、提示されたヘアスタイルについて評価を行った。他者評価の実験では利用者以外の被験者によって、提示されるヘアスタイルの評価を行った。

なお今回の実験では、髪の色による影響を無視するために、カラー画像をグレースケール画像に変換して実験を行った。髪の色も似合うかどうかの判断に重要な影響を与えられられるが、個人の好みによるものが大きいこと、提案手法でもっとも似合う髪の色に関する考慮がないことから、髪の色については無視して実験を行った。この点については、今後の課題としたい。また、画像合成の段階で生じた違和感が評価に影響することを避けるため、手動でメッシュフィッティングの結果を修正したものを作成し実験に使用した。

### 4.2.1 一般向けデータベースでの自己評価実験

この実験では「利用者自身に似合うと思うヘアスタイル」と「提案システムから提示されるヘアスタイル」が一致しているかどうかを調べることを目的とする。被験者は女子大学生 10名とした。10枚を1セットとする画像集を3セット用意する。それぞれの画像集には本研究で似合うと判断したヘアスタイルの画像が2枚と無作為に選んだヘアスタイル画像8枚が含まれ

ている。被験者は各画像集から自分に似合うと思う画像を上位3枚選択する。図12に示すように、被験者は自分に1番目、2番目、3番目に似合うと思うヘアスタイルの画像の上に順に番号を選択する。10名の被験者が3セットの画像集に対して回答を行ったので、総試行回数は30回となる。



図 12 評価用画像セット

以下の3つのケースについて、回答に有意な偏りがあるかを調べた。

- ケース 1: 被験者が 1 番に選んだヘアスタイルは、提案手法が似合うと判断するヘアスタイルである。
- ケース 2: 被験者が 1 番と 2 番に選んだヘアスタイルのうち、少なくとも 1 枚は提案手法が似合うと判断するヘアスタイルである。
- ケース 3: 被験者が 1 番、2 番と 3 番に選んだヘアスタイルのうち、少なくとも 1 枚は提案手法が似合うと判断したヘアスタイルである。

画像集に含まれる 10 枚のすべての画像が選ばれる確率は同じであることを帰無仮説として、2 項検定を行った。結果を表 1 に示す。

表 1 一般向けデータベースの自己評価実験の結果  
(\*\*: 1%有意, \*: 5%有意)

	選択された回数 (10名×3セット)	選択された割合
ケース 1	4	0.134
ケース 2	16	0.533*
ケース 3	26	0.867**

30 回の試行に対して、ケース 1 は 4 回、ケース 2 は 16 回、ケース 3 は 26 回満たされた。ケース 2 は 5%有意で、ケース 3 は 1%有意で帰無仮説を棄却することができた。つまり、被験者は 2 枚か 3 枚を選ぶときに、少なくとも 1 枚は提案するシステムが似合うと判断するヘアスタイルを選ぶことがわかった。この結果から、提案するシステムがもっとも似合うとまではいえないまでも、よく似合うヘアスタイルを探索することができるといえる。

### 4.2.2 一般向けデータベースでの他者評価実験

この実験では「被験者以外の利用者が似合うと思うヘアスタ

イル」と「提案システムから提示されるヘアスタイル」が一致しているかどうかを調べた。被験者を13名の大学生(男性6名, 女性7名)とし, 10枚の画像を1セットとする画像集12セットを用意した。総試行回数は156回である。男女を区別しない実験結果を表2に示す。

表2 一般向けデータベースでの他者評価実験の結果 (\*\*: 1%有意)

	選択された回数 (13名×12セット)	選択された割合
ケース1	34	0.218
ケース2	80	0.513**
ケース3	102	0.654**

156回の試行で, ケース1は34回, ケース2は80回, ケース3は102回満たされた。ケース2とケース3は1%有意で帰無仮説を棄却することができた。

しかし, 13名の被験者の中で男性と女性の評価結果(表3, および表4)を分けてみると, 男性の評価結果は全てで有意差がなく, 女性の評価結果では全て有意であることがわかった。このことから, 女性のヘアスタイルを判断するとき, 男性と女性で似合うかどうかの判断が異なることがわかった。

表3 一般向けデータベースでの他者評価実験の結果 (男性被験者のみ)

	選択された回数 (6名×12セット)	選択された割合
ケース1	12	0.167
ケース2	30	0.417
ケース3	40	0.556

表4 一般向けデータベースでの他者評価実験の結果 (女性被験者のみ, \*\*: 1%有意)

	選択された回数 (7名×12セット)	選択された割合
ケース1	32	0.381**
ケース2	50	0.595**
ケース3	62	0.738**

#### 4.2.3 男性向けデータベースでの他者評価実験

男性に好まれるヘアスタイルのみでデータベースを構築した場合に, 一般向けデータベースと比べてよい結果が得られるかを調べた。被験者は男子大学生19名と20代男性会社員6名, 計25名とした。4.2.2の実験と同様に, 10枚の画像を含む画像集12セットを用意した。各画像集には提案システムが似合うと判断したヘアスタイル画像が2枚含まれている。被験者は各画像集から似合うと思う画像を上位3枚まで選択する。総試行回数は300回である。実験結果を表5に示す。

表5 男性向けデータベースでの他者評価実験の結果 (\*\*: 1%有意)

	選択された回数 (12名×3セット)	選択された割合
ケース1	50	0.347**
ケース2	74	0.514**
ケース3	101	0.701**

男性向けデータベースの評価では, ケース1から3まですべてで1%有意で帰無仮説を棄却することができた。このことにより, 利用者応じたデータベースを構築することにより, より似合うヘアスタイルを探索できることが確かめられた。

#### 4.2.4 順位づけの妥当性の検証

提案手法では顔特徴ベクトル間の距離によって, 似合うヘアスタイルを選択している。この距離が似合うヘアスタイルをよく表現できているかを検証するために, 順位相関を調べた。

実験では, 利用者以外の被験者6名(いずれも大学生, 男性3名, 女性3名)に, 一般向けデータベースから得られる上位20枚の似合うヘアスタイル画像を提示した。被験者には20枚の画像を似合うと思う順に選択してもらった。図13に評価に用いた画像を示す。



図13 順位づけの妥当性検証のための提示画像

実験により求められたスピアマンの順位相関係数 $\rho$ を求め、自由度 18 の t 検定によって評価を行った。結果を表 6 に示す。

表 6 順位づけに対する順位相関係数  
(\*\*：1%有意，\*：5%有意，+：10%有意)

被験者	男性			女性		
	1	2	3	4	5	6
$\rho$	0.40 <sup>+</sup>	0.46 <sup>*</sup>	0.26 <sup>+</sup>	0.61 <sup>**</sup>	0.46 <sup>*</sup>	0.37 <sup>*</sup>

被験者 6 人の結果からは、1 名で 1%、3 名で 5%、2 名で 10% の有意水準で有意に相関が高いことが確かめられた。男女で比べると、女性でやや順位相関が高かった。この結果から、もっとも似合うヘアスタイルだけでなく、提案手法が与える距離が似合うヘアスタイルをよく表現できているといえる。

#### 4.2.5 ヘアスタイリストによる他者評価実験

さらに、ヘアスタイリストによる評価実験を行った。被験者は美容師 4 名（男性 2 名、女性 2 名）とした。4.2.2 の実験と同じ画像集 12 セットを提示し、各画像集から似合うと思う画像を上位 3 枚まで選択してもらった。総試行回数は 48 回である。実験結果を表 7 に示す。

表 7 ヘアスタイリストによる他者評価実験の結果  
(\*：5%有意)

	選択された回数 (4 名×3 セット)	選択された割合
ケース 1	13	0.271
ケース 2	22	0.458
ケース 3	31	0.646 <sup>*</sup>

実験結果では、ケース 3 についてのみ 5% 有意で帰無仮説を棄却することができた。この結果は一般人による結果よりも悪くなったものの、本提案手法で選んだヘアスタイルが被験者に選ばれやすい結果は得られた。

被験者のうち 1 名からは「髪型を細分化してパーツごとに似合うものを選びたい」というコメントを得た。このコメントから、ヘアスタイリストは、3.1 節で述べた顔と髪型の全体のバランスのほかに、顔と髪型の各部位ごとのバランスを見ていることがわかる。本提案手法では、全体のバランスのみによって似合うかどうかを判断しており、このことが、ヘアスタイリストの結果を一般人の結果よりも悪くしているのではないかと考察する。

#### 4.2.6 画像合成についての評価実験

提案手法がより違和感なく画像を合成できたかどうかを調べるため、画像合成結果についての評価実験を行った。被験者は大学生 10 名とした。2 値マスクによる合成した画像を 5 枚、 $\alpha$  マスクによって合成した画像を 5 枚、合成していない撮影したままの写真を 5 枚、計 15 枚を用意した。これらの画像に写った髪型および顔はそれぞれ異なる。15 枚の画像をランダムで並び替え、被験者が「1. とても違和感を感じる」、「2. 違和感を感じる」、「3. どちらでもない」、「4. 違和感を感じない」、「5. まったく違和感を感じない」の 5 段階で評価を行ってもらった。

実験結果を表 8 に示す。表中の値は、各種類の 5 枚の画像に対する 10 名の評価値の平均値である。

表 8：画像合成についての評価実験結果

	非合成画像	$\alpha$ マスクによる合成画像	2 値マスクによる合成画像
平均値	4.70	2.96	1.38

t 検定によって、各項目間の平均値に差があるかを調べたところ、非合成画像と  $\alpha$  マスクによる合成画像、 $\alpha$  マスクによる合成画像と 2 値マスクによる合成画像、非合成画像と 2 値マスクによる合成画像のそれぞれの間に 1% 有意で差があることがわかった。この結果により、提案した  $\alpha$  マスクによる画像合成結果は、撮影したままの非合成画像よりも違和感があるものの、2 値マスクによる合成画像よりも違和感がないといえる。

## 5. まとめ

本研究では、ユーザに最も似合うヘアスタイルを自動的に探索し合成する手法を提案した。ヘアカタログから得られる成功例に基づいて似合うヘアスタイルのデータベースを構築し、顔型を基に似合うヘアスタイルを探索した。この結果が被験者に似合うか似合わないかの判断とよく一致することを確認した。また、探索した結果は入力顔画像に対して  $\alpha$  マットを用いた合成を行った。さらに、評価実験を通して男性が好むヘアスタイルのみでデータベースを構築することで、男性に対して良好な結果が得られることを確認した。また、ヘアスタイリストの評価実験から、顔と髪型の各部位ごとのバランスも専門家が似合うかどうかを判断するための要因となっていることがわかった。部位ごとのバランスに基づいた特徴ベクトルの設計することで、システムの性能をさらに高められると考えられる。

今後の課題として、顔型以外の要因による似合うヘアスタイルの探索を挙げる。本研究では顔型の一部の特徴のみに焦点を当てて似合うヘアスタイルの探索を行ったが、顔の各部分の形状や髪の色も似合うかどうかの判断に影響を与えているものと考えられる。主成分分析や、機械学習の手法を用いて、もっとも適切な顔特徴ベクトルを設計することが必要である。

さらに、外見を決める上で服装も重要な要因の一つである。本研究で提案したノンパラメトリックサンプリングによる人間感性の間接的なモデル化は、服装の決定にも応用できるものと考えられる。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(基盤研究(B) No. 21300033)によった。

## 参考文献

- [1] Vritual Hairstudio: <http://en.virtual-hairstudio.com/>.
- [2] Beauty Wizard: <http://www.vi-soft.com/beauty/>.
- [3] Z. Xu, X.D. Yang, V-hairstudio: Anteractive tool for hair design, IEEE Computer Graphics and Applications, vol.21, no. 3, pp.36-43, 2001.
- [4] Y. Yu, Modeling realistic virtual hairstyles, Pacific Conference on Comp, Graphics and Applications, pp.295-304, 2001.
- [5] S. Paris, W. Chang, W. Jarosz, O. Kozhushnyan, W. Matusik, W. Zwicker, and F. Durand, Hair Photobooth: Geometric and photometric acquisition of real hairstyles, ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH), vol.27, no. 3, Article 30, 2008.
- [6] L. Wang, Y. Yu, K. Zhou, and B. Guo, Example based hair geometry synthesis, ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH), vol.28, no.3, Article 56, 2009.
- [7] 今井 康博,小沢 慎治, 似合うヘアスタイル探しのための顔の印象分類, 情報処理研究会, pp.1-5, 2005.
- [8] H. Chen, Z.Q. Liu, C. Rose, Y.Q. Xu, H.Y. Shum, D. Salesin, Example-Based composite sketching of human portraits, International symposium on Non-photorealistic animation and rendering, pp.7-9, 2004.
- [9] A. Efros and T. K. Leung, Texture synthesis by nonparametric sampling, International Conference on Computer Version, pp. 20-27, 1999.
- [10] A. Hertzmann, C. E. Hacoabs, N. Oliver, B. Curless, and D. H. Salesin, Image analogies, ACM SIGGRAPH, pp.327-340, 2001.
- [11] C.Chang, Y.Peng, Y.Chen, and S.Wang, Artistic painting style transformation using example-based sampling method, Journal of information science and engineering, vol.26, no.4, pp.1443-1458, 2010.
- [12] SHUFUNOTOMO Co., Ltd, Best Hairsyle by Face Shape, 2007.
- [13] T.F. Cootes, C.J. Taylor, D.H. Cooper and J. Graham, Active shape models - their training and application, Computer Vision and Image Understanding, vol.61, no.1, pp.38-59, 1995.
- [14] J. Wang, M.F. Cohen, Optimized Color Sampling for Robust Matting, CVPR, pp. 1-8, 2007.

## 楊 薇



2010年山梨大学工学部コンピュータ・メディア工学卒業。2012年山梨大学大学院医学工学総合教育学部コンピュータ・メディア工学専攻修士課程修了。

## 豊浦 正広



2003年京都大学工学部情報学科卒業。2007年日本学術振興会特別研究員 DC2。2008年京都大学大学院情報学研究科博士後期課程修了。2008年日本学術振興会特別研究員 PD。カリフォルニア大学サンタバーバラ校訪問研究員。2009年山梨大学大学院医学工学総合研究部 助教。拡張現実感, コンピュータビジョンの研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, IEEE 各会員。博士(情報学)。

## 茅 曉陽



1990年東京大学大学院理学系研究科修了。理学博士。米国ニューヨーク州立大学 Stony Brook 校客員研究員, 山梨大学工学部コンピュータメディア工学科准教授, 米国カリフォルニア州立大学 Berkeley 校客員研究員を経て, 現在山梨大学大学院医学工学総合研究部教授。CG, 画像処理, および情報可視化に関する研究に従事。ACM, IEEE CS, 芸術科学会, 情報処理学会, 画像電子学会, 電子情報通信学会 各会員