

統計的学習による「似合う」への計算論的アプローチの確立 — 一個人に似合う髪型の自動提示技術の開発を通して —

山梨大学大学院医学工学総合研究部

茅 暁 陽

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, it is difficult to model the suitability mathematically. We focused on the fact that the suitable hairstyle is related to one's face shape. This research proposes a new technique for automatically retrieving a suitable hairstyle from a collection of hairstyle examples through learning the relationship between face shapes and suitable hairstyles. We first designed the facial feature vector that are relevant to hairstyle. Aesthetic knowledge on face and hair stylists' ideas are used to design the facial features. And for producing realistic hairstyle images, we use matting and thin-plate-spline interpolation to improve the synthesis result. The four major contributions of this project can be summarized as follows: 1. A new framework for retrieving suitable hairstyles through learning the relationship between facial shapes and hairstyles from successful hairstyle examples. 2. The design of a compact feature vector space enabling fast non-parametric sampling in statistical learning. 3. A method of hair-face image composition utilizing modern matting techniques for synthesizing realistic hairstyle images automatically. 4. An evaluation experiment demonstrating the validity of the feature vector and the effectiveness of the example-based approach. Experiments have been conducted to investigate how different features of face shape can influence the results. The effectiveness of the proposed technique was validated through subject studies.

1. 緒 言

ヘアスタイルは人の外見を決める上で最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¹⁻⁴⁾。「似合う」とは感性的な概念であり、その数値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最も重要な要因が顔の形状特徴であることに着目し、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、利用者の顔に似合うヘアスタイルを得る。図1に提案システムのフレームワークを示す。システムは大きく分けて学習と実行の2つの部分から構成される。学習では、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のペアを学習データとしてデータベースに格納する。実行時は、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様の方法で顔特徴抽出を行う。そして、平均顔と比較し、個人の顔の特徴の強調を行い、顔特徴空間で距離の近い画像をデータベースから探索し、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。Matting⁵⁾やThin-Plate-Spline⁶⁾補間技術を利用し、写実的なヘアスタイル画像の呈示が可能である。顔の形状特徴として、①顔の形や額の高さなど顔の基本形状を表す6次元のベクトル $V1 = (v1, v2, v3, v4, v5, v6)$ 、②基本形状に加えて顔の魅力度の知覚にもっとも寄与されている目間の距離と顔の幅の比及び鼻の長さとの顔の長さの比を加えた黄金比⁷⁾を考慮する10次元のベクトル $V2 = (v1, v2, \dots, v10)$ 、そして、③これらの特徴の平均顔からの差分、つまり利用者の顕著な特徴を表す12次元のベクトル $V3 = (v1, v2, \dots, v12)$ の3種類を用いて、それぞれの有効性について、評価実験を通して検証を行った。

2. 実験・結果

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種類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、提示される利用者の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、提案手法では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。



A Computational Approach to Hairstyle Fitting Based on Statistic Learning

Xiaoyang Mao

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

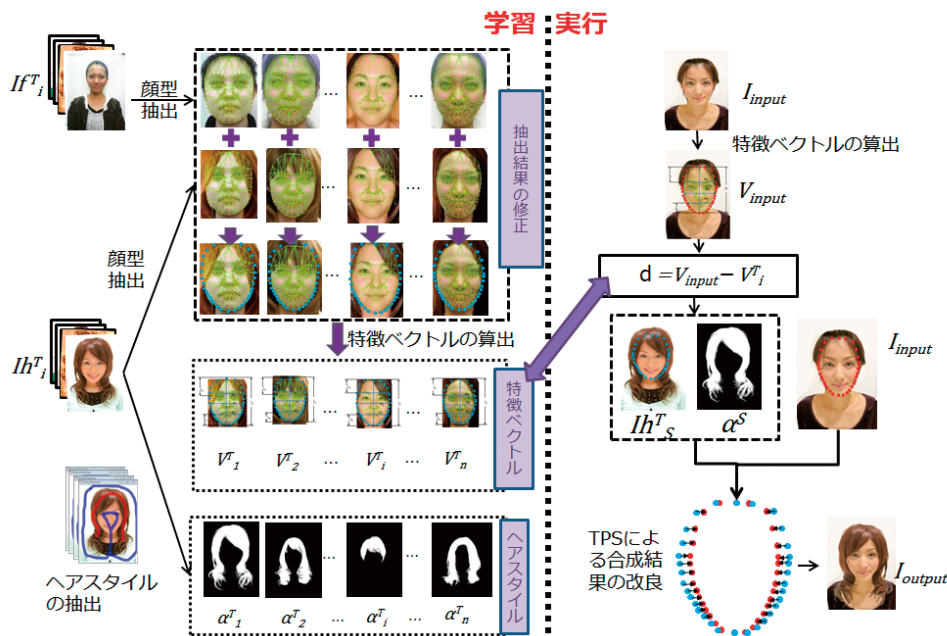


図1 提案システムのフレームワーク

2. 1. データベースの構築

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、ヘアカタログにこれらの情報の記載があれば、これをそのまま属性値として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ればより多くの画像をデータベースに登録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、情報が無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。

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。男性に好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



図2 評価用画像セット

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は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。

2. 2. 一般向けデータベースでの自己評価実験 (特徴ベクトル \$V_1\$)

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2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番号を順に選択する。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、総試行回数は30回となる。

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。

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ているといえる。

2.3. 一般向けデータベースでの他者評価実験 (特徴ベクトルV1)

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。

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基準が異なることがうかがえる。

2.4. 男性向けデータベースでの他者評価実験 (特徴ベクトルV1)

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。2.3.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。

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

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)	割合
ケース1	4	0.134
ケース2	16	0.533*
ケース3	26	0.867**

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)	割合
ケース1	34	0.218
ケース2	80	0.513**
ケース3	102	0.654**

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)	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)	割合
ケース1	32	0.381**
ケース2	50	0.595**
ケース3	62	0.738**

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)	割合
ケース1	50	0.347**
ケース2	74	0.514**
ケース3	101	0.701**

のことに、利用者に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。

2. 5. 順位づけの妥当性の検証 (特徴ベクトル①)

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3に評価に用いた画像を示す。

実験により求められたスピアマンの順位相関係数 ρ 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。

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。

2. 6. ヘアスタイリストによる他者評価実験 (特徴ベクトルV1)

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。2.3.の実



図3 順位づけの妥当性検証のための提示画像

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。

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、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。

2. 7. 個人特徴の強調及び黄金比の導入に関する評価実験 (V2, V3)

この実験は個人特徴の強調および黄金比の導入した合成結果について提案システムの有効性を検証するための実験である。本実験で利用した画像データセットは4種類(1: V2, 誇張なし; 2: V2, 誇張あり; 3: V3, 誇張なし; 4: V3, 誇張あり)である。

2. 7. 1. システムの有効性

被験者を20名の大学生(男性10名、女性10名)とし、10枚の画像を1セットとするそれぞれの実験用データベースからの画像集48セット(12セット×4種類)を用意した。総試行回数はそれぞれの画像データセットで240回である。また同様にヘアスタイリスト10名(男性7名、女性3名)を被験者とした実験も行った。総試行回数はそれぞれの画像データセットで120回である。

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
ρ	0.40 ⁺	0.46*	0.26	0.61**	0.46*	0.37*

表7 ヘアスタイリストによる評価の結果
(*: 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*

表8に示すように、一般人の結果では、240回の試行で、ケース1が満たされたのは53, 56, 57, 60回であった。個人特徴を誇張し、黄金比の特徴量も含めて合成した結果の方が5%有意である結果になった。ケース2とケース3では5%有意である結果となり、誇張した黄金比の特徴量を含めた合成結果の方が選ばれる確率は比較的高いことが分かった。一方、ヘアスタイリストの評価結果では、総試行回数は120回で、ケース1が満たされたのは15, 21, 16, 25回であった。すべて有意ではない結果となった。一般人の結果より悪いが、個人特徴を誇張し、黄金比の特徴量を含めた合成結果の方が良いと分かった。ヘアスタイリストは、2.6.の実験と同様に顔のパーツごとに似合うものを選ぶという観点を持っている。一般の人と違い、専門家はそれに関する知識と経験を踏まえて判断しているため、顔のパーツについての注目度が高いことが分かった。

2.7.2. 順位づけの妥当性

2.5.の実験と同じように個人特徴を強調し、黄金比の特徴ベクトルを導入し、最適なヘアスタイルをよく表現できるかを検証するために、順位相関を調べた。

この実験の被験者は20名(大学生, 男性10名, 女性10名)である。図4 (a) (b) (c) (d)はそれぞれの評価用画像データセットを示す。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。

実験により求められたスピアマンの順位相関係数 ρ 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9に示す。相関が高いことが確かめられた。個人特徴を強調し黄金比を含めた特徴ベクトルで最も良い結果が得られた。

表8 個人特徴の誇張及び黄金比の導入システムの有効性に関する評価実験の結果 (*: 5%有意)

被験者	case	割合							
		強調なし		強調あり		強調なし		強調あり	
		実験結果	確立	実験結果	確立	実験結果	確立	実験結果	確立
一般人 (20人)	1	53	0.221	56	0.233	57	0.238	60	0.250*
	2	110	0.458*	113	0.471*	112	0.467*	120	0.500*
	3	154	0.642*	160	0.667*	153	0.638*	165	0.688*
美容師 (10人)	1	15	0.125	21	0.175	16	0.133	25	0.208
	2	44	0.367	50	0.417	49	0.408	56	0.467*
	3	65	0.542	79	0.658*	67	0.558	75	0.625*



図4 順位づけの妥当性検証のための提示画像セット

表9 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	順位相関係数 平均値	輪郭特徴(V10)		輪郭特徴+黄金比特徴(V12)	
		実験結果	確立	実験結果	確立
一般人 (20人)	ρ	0.51** (3人)	0.58** (2人)	0.51** (5人)	0.61** (6人)
		0.41* (12人)	0.47* (15人)	0.43* (13人)	0.49* (13人)
		0.32+ (5人)	0.35+ (3人)	0.34+ (2人)	0.40+ (1人)

3. 考 察

2.3. 節で紹介した実験では、男女被験者の評価結果が大きく異なることが分かった。また一部の男性被験者になぜこのヘアスタイルが似合うと思われたか聞いてみると、ロングがすきだからという回答があり、個人の好みが評価結果に大きく影響していることが分かった。男性がよいと評価したヘアスタイルで構築した事例データベースを使用することで、よい結果が得られた。似合うとは非常に主観的な概念であり、すべての人に適用できるような数理モデルを作成することが困難であるが、対象を考慮して適切な事例データを準備することにより、事例ベースアプローチが有効であることを確認することができた。

4. 総 括

本研究では、事例に基づく最適なヘアスタイルの生成技術を提案した。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。探索した結果は入力顔画像に対して最新の画像合成手法を用いて合成することで、ユーザに自然なヘアスタイル画像を呈示することができた。さらに個人特徴を誇張し、黄金比を表す特徴ベクトルを導入することにより、結果をさらに改善させることができた。

今後の課題として、顔型以外の特徴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、顔の各部品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。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。本研究で提案した技術は個人の特徴を考慮したファッション推奨にも応用できると考えられる。

(引用文献)

- 1) Wei Yang, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, Example-Based Hairstyle Advisor, International Symposium on Computational Aesthetics (CAe), Poster, 2011-8.
- 2) Wei Yang, Masahiro Toyoura, Xiaoyang Mao, Hairstyle Suggestion Using Statistical Learning, International Conference on MultiMedia Modeling (MMM2012), 2012-1.
- 3) 楊 薇, 豊浦 正広, 茅 曉陽, : 例に基づくヘアスタイルアドバイザー, 芸術科学会論文誌, Vol.11, No.4, pp.195-204
- 4) 楊 薇, 豊浦 正広, 茅 曉陽, : 顔特徴分析によるヘアスタイルアドバイザー, VCWS2013
- 5) Wang, M. Cohen, Optimized Color Sampling for Robust Matting, CVPR, 2007
- 6) Bookstein F.L. (1979). Shape Models II: The Thin Plate Spline. The Palaeontological Association.
- 7) P.M. Pallett Link, K. Lee S. (2010). New "Golden" Ratios for Facial Beauty. Vision Research 50, 149-154