

魅力的な顔になるためのメイクアップ支援システム

孫啓譜^{†1} 浦野幸^{†2} 星野准一^{†1}

顔の魅力は様々な研究分野でも興味の対象となっており、社会的な活動においても対人的に好ましい印象を与えることが重要であることが多い。女性誌でも魅力を向上させるための様々な化粧術が特集されたり、化粧専門の雑誌が発売されたりしている。しかし、メイクのテクニックは膨大で、顔の形状には個人差があるため、どのようなメイクがその個人に適切なかを判断することは、日頃からメイクを行っている女性にとっても容易ではない。本稿では、個人の顔の形状分析に基づいて魅力的な顔になるためのメイクアップ支援システムを提案する。本手法では、平均顔は魅力的な印象を与えると仮定して、ユーザの顔画像から顔の各顔パーツの大きさや位置関係、顔の輪郭特徴を分析して、平均顔に近づけるメイク手順を推薦する。プロトタイプシステムを実装して、ユーザがシステムを利用する前後でのメイクの効果について自己と他者の視点から見た評価を行ったところ、顔の魅力度が向上することを確認した。

Makeup assistance system for making attractive face

QIPU SUN^{†1} SACHI URANO^{†2} JUNICHI HOSHINO^{†1}

Facial attractiveness plays an important role in social activity. Make-up of women can be said to be an attempt to make a face attractive. However, to make an attractive face that fits the individual user is not sufficient. Furthermore, it is not only generating the image, but also supporting the process to become an attractive face is not performed. Many studies have proven through experiments that images of faces were manipulated to make their shapes closer to the average which are perceived as more attractive. In this paper, we propose a system to synthesize the virtual makeup to make an attractive face. An attractive face is assumed to be an average face in this paper. And after analyzing the shape and arrangement of each part of the user's facial image, two synthesized images will be shown as the output of the system. One is the image close to the average face by face morphing to arouse the potential psychological consciousness to be beautiful. And the other one is the image, which performed the makeup simulation with the advice of covering the complex of the face. Then we took the experiment to verify the system.

1. はじめに

近年、顔の魅力は様々な研究分野でも興味の対象となっているとともに、社会的な活動においても対人的に好ましい印象を与えることが重要であることが多い。特に顔は、人らしさを十分に映し出す部位として注目されている。そのため、人はより自分の魅力をアピールするために、自分の顔に人工的に手を加えて飾ろうとする。魅力的な顔をつくるための手段としては、メイクアップが広く利用されている。メイクアップにより、自分の顔の悩み部分をカバーし、自分の魅力を引き出すことで、よりポジティブな気持ちを持つことができる。大坊[1]の報告では、化粧をする頻度が高い人ほど、対人関係に積極的かつ適応的であることが指摘されている。

また、メイクアップは経済的にも大きな影響力を持っている。日本の最大のコスメサイトにおいてはメイクアップに関するクチコミは1000万を超えている。近年の女性誌でも、顔の悩み部分をカバーするための化粧術が特集されたり、化粧専門の雑誌が発売されたりする。しかし、メイクのテクニックは膨大で、顔の形状には個人差があるため、どのようなメイクがその個人に適切なかを判断すること

は、日頃からメイクを行っている女性にとっても容易ではない。

本稿では、個人の顔の形状分析に基づいて魅力的な顔になるためのメイクアップ支援システムを提案する。本手法では、平均顔は魅力的な印象を与えると仮定して、ユーザの顔画像から顔の各顔パーツの大きさや位置関係、顔の輪郭特徴を分析して、平均顔に近づけるメイク手順を推薦する。

本システムを利用することで、個人が自分に合うメイク方法を容易に見つけることができ、他人に良い印象を与えることへ繋がる可能性が期待できる。プロトタイプシステムを実装して、ユーザがシステムを利用する前後でのメイクの効果について自己と他者の視点から見た評価を行ったところ、顔の魅力度が向上することを確認した。

1.1 従来研究

顔の魅力については様々な研究が行われている。Little[2]は顔の魅力に影響する顔の対称性、性的輪郭、平均性、肌色などの因子と顔の好みに重要な情報源を確認した。Eisenthal[3]は被験者による魅力度の評価結果を機械学習することによって顔画像から「魅力度」を自動的に推定する手法について示している。また、Leyvand[4]らは、顔の魅力度を学習するとともに、入力した画像を自動的に魅力的な顔に変形する手法を示している。これらの研究では、実際に個人の魅力度をどのように向上させることができるか

^{†1} 筑波大学
University of Tsukuba

^{†2} 東京大学
University of Tokyo

については検討が行われていない。

メイクアップに関する研究では、Guo[5]は顔を構造層、スキン層と着色層3つの層に分解した構造モデルを用いて、参照するメイクした顔画像からメイクパターンを分解してユーザの顔に描画した。高木ら[6]のメイク画像の生成によりメイクを支援するシステムでは、手動で顔の特徴点を取得してメイクアップテクニックの説明を提示し、ユーザが模倣して実際にメイクする。しかし、これらのシステムでは、個々のユーザの顔の特徴に合ったメイクの推薦や、ユーザの魅力度の向上については十分ではない。

顔についてはコンピュータグラフィクスやコンピュータビジョンの分野で、顔のモデリング[7]やアニメーション[8]、顔認識[9]などの研究が行われている。顔のモーフィングについては、T. Beier [10]は手動的な2Dのモーフィング法を提案した。このモーフィング法では、原画像と目的画像領域に、対応する制御線を配置することで、画像の変形を実現する。Pighin[11]は2Dのモーフィングと可変形3Dモデルを組み合わせて、顔の表情アニメーションシステムを実現した。また、顔写真の合成システムが製品化されており、[12]は心理実験で用いる顔刺激画像の作成、平均顔の作成やアミューズメントに利用されている。

2. 魅力的な顔の分析

魅力分野の研究では、Jhonston と Franklin[13]が、合成写真を被験者に見せたときに、その写真が魅力的だと判断されるという結果を発表した。このとき2枚より4枚、4枚より8枚、8枚より16枚と合成する顔写真が増えるほど、魅力的だと評価される。また、Rhodes Gら[14]の研究において、個々の顔が平均顔に近づくことによって、より魅力的になることが報告されている。このように、平均顔に近づけることによって魅力度が向上することが予想されるが、Perrett[15]の研究によって、大規模な母集団からランダムに抽出した被験者から作成した平均顔より、美人顔を素材としての平均顔が魅力的と評価されている。そこで本章ではどの平均顔が魅力的な印象を与えるか実験によって検証する。

2.1 平均顔の選定実験

本稿では個人の顔を平均顔に近づけたときの印象を検証するため、平均顔をベースに利用して、入力された被験者の顔を対象とする平均顔に近づけるようにモーフィングを行う。このとき、平均顔に近づけすぎると個人の特徴が失われるため、入力された顔画像のパーツ位置・形状からどのくらいの割合で平均顔に近づけるかの割合をウェイト値で表現する。

図1は、実験で利用する4つの平均顔の候補画像と、平均顔に近づけるモーフィング用の顔画像である。平均顔の候補画像は A) : 理想的な顔の割合によるメイクのバランス顔, B) : アジア女性の平均顔, C) : 日本20代女性の平均顔, D) : Rhee[16]から得た日本人の美人顔の平均顔である。5つのモーフィング用の顔画像は、JAFPE 顔データベース(Japanese Female Facial Expression)[17]からランダムで選択した。肌色による実験結果への影響を避けるために、今回はグレーケール画像を使うことにした。

平均顔, D) : Rhee[16]から得た日本人の美人顔の平均顔である。5つのモーフィング用の顔画像は、JAFPE 顔データベース(Japanese Female Facial Expression)[17]からランダムで選択した。肌色による実験結果への影響を避けるために、今回はグレーケール画像を使うことにした。

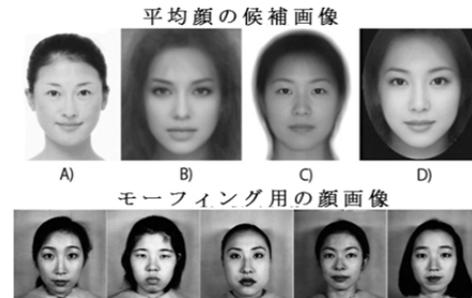


図1 平均顔の選定実験の使用画像

被験者は、21~27歳 (SD: 1.69) の日本人の大学生9名であり、実験手順は以下のようである。

a) 事前処理 実験準備段階で4つの平均顔の候補画像を1つのモーフィング用の顔画像とモーフィングする。モーフィングした4つの合成画像とモーフィング用の顔画像は1つの実験セットとする。

b) 実験A 実験セットから2つの画像を2秒間表示し、被験者に直感的にどちらの画像が良いか選ばせる。

c) 実験B 与えられたすべての画像を表示し、被験者に好きな順序で選ばせる。時間は無制限とする。

実験A、実験Bの結果はそれぞれ図2、図3に示す。図2、図3の横軸は、左からメイクのバランス顔、アジア女性の平均顔、日本人20代女性の平均顔、日本人美人顔の平均顔と合成した合成画像、被験画像である。図2の縦軸は対応する画像が選ばれた回数である。図3の縦軸は順位による点数であり、1=5位, 2=4位, 3=3位, 4=2位 and 5=1位である。青色はウェイト25%の場合を表す。赤色はウェイト50%の場合を表す。

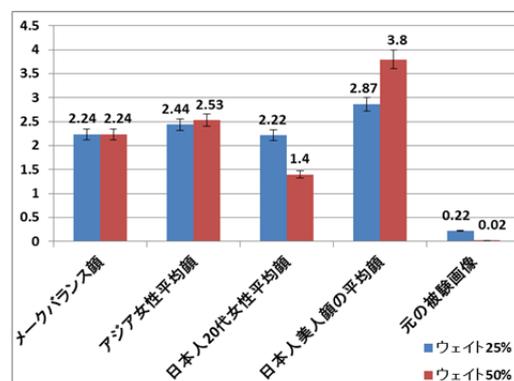


図2 実験Aの結果

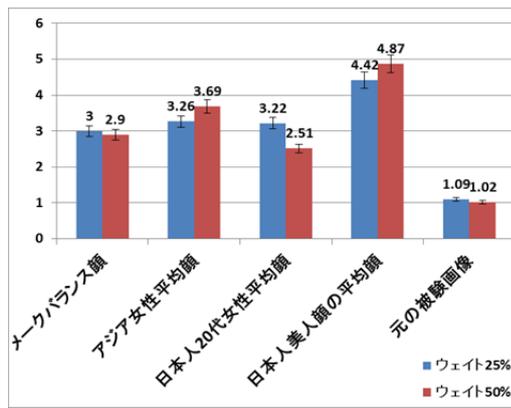


図 3 実験 B の結果

実験結果により、ウェイト 25%と 50%の間で母平均に差がないことを帰無仮説とした有意差検定($p < 0.05$)を行った。実験 A と実験 B は帰無仮説を採択し、D)の日本人の美人顔の平均顔と合成した画像が、最も高い値を示していることが分かった。そこで、以下の章では、魅力的な顔を平均顔と仮定して、日本人の美人顔の平均顔を基準としたメイク支援システムを構築し、その効果を検証する。

3. 顔の特徴と平均顔に近づけるメイクの構成

本章では、顔の部位の構成と平均顔に近づけるメイクの構成について述べる。

3.1 顔の部位の構成

入力したユーザの顔画像から、平均顔に近づけるメイク手順を生成するためには、各顔パーツとメイク要素の対応関係を求めることが必要である。図 4 に顔の部位とメイク要素の対応関係を示す。メイク要素は各顔パーツに対するメイク方法によって定義する。例えば、フェイスラインでのハイライト、シェーディング、目でのアイライン、つけまつげ、ハイライト、鼻：ハイライト、シェーディング、リップ：ボリューム、色、輪郭、チーク：ハイライト、シェーディング

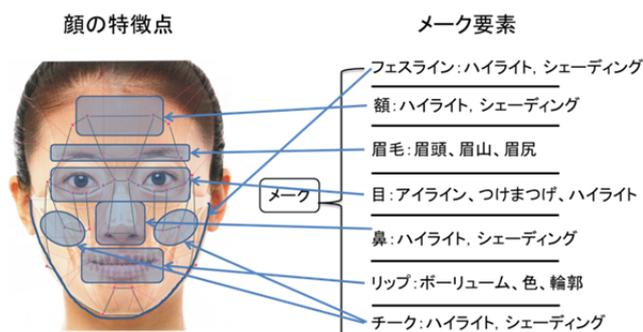


図 4 顔の部位とメイク要素の対応

3.2 メイクの種類と効果の分類

Russell[18]は顔の各パーツに対して、コントラストとの関係を研究し、化粧品による輝度の変化が女性の顔により効果的であることを示した。これにより、平均顔に近づく

方法は主にハイライトとシェーディングを利用する。ハイライトの効果により、肌に明るい色を入れた部分には光が集まり、前に出ているように見せることができる。シェーディングの効果により、肌に暗い色を入れると、その部分は影になり、遠く離れて見え、奥行き感が強調される。表 1 にこのような陰影による見かけ上の形状変化の知覚を利用して平均顔に近づけるためのメイク手順を示す。

また、顔型が異なると、顔パーツの配置や顔のスペースが違ってくことから、顔パーツの角度、大きさや太さを変形させることで、顔のスペースの見え方を変えることができる。例えば、チークは横長に入れると頬が分断され短く、斜めの楕円形に入れると縦長に見える。本システムは 5 つの顔型を用い、ユーザの顔を分類した。5 つの顔型は「丸型」「面長」「四角型」「ベース型」「卵型」である。各顔型には、各顔パーツに対する適切なお勧めのメイク手順がある。さらにお勧めのメイク手順によって、平均顔に近づける。

表 1 平均顔に近づけるためのメイク手順

パーツ及び特徴	メイク手順
フェイスライン： えらの張り、 顔が大きい	額と顎先の台形を避けたひし形部分にシェーディングをのせる
鼻が長い	眉間で鼻筋までの楕円形にハイライトを入れる
鼻が短い	眉頭から鼻先まで小鼻にまっすぐハイライトを入れる
目が離れている	目頭に「く」を描くようにハイライトをのせる
目が寄っている	目頭に「く」を描くようにシェーディングをのせる
眉： 左右の高さが違う、 眉間が広い、 眉間が狭い	適切な位置にカットする
リップの ボリューム	インカーブとアウトカーブで変わる
リップの バランス	上唇：下唇=1.5 のようにハイライトで輪郭を補正する

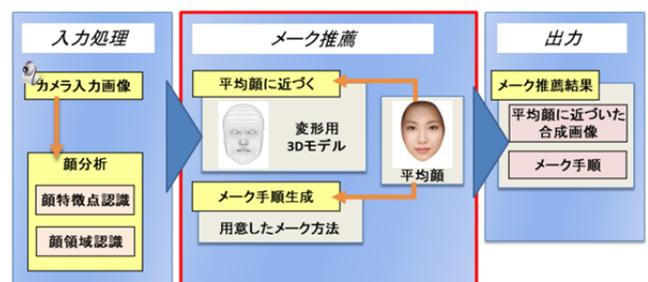


図 5 メイク推薦システムの構成

4. メイク推薦システムの構成

前述した顔の構造特徴とメイクの対応付けを利用して、

魅力的な顔をつくるシステムを開発した。本システムでは、図 5 のように、入力した顔画像を分析して各パーツの位置と形状を求めて、平均からの距離の違いや、顔形状の違いにより個人に適したメイクを求めるとともに、メイクの手順に分解して提示する。

4.1 顔特徴点と顔領域の検出

顔パーツの位置関係や顔の領域は個人の顔を特定するための重要な情報である。本システムでは、画像処理を用いて入力画像から顔の特徴点と顔領域を検出している。

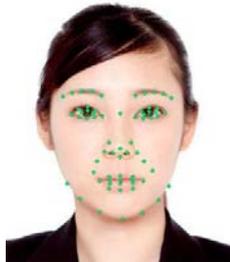


図 6 顔特徴点の検出結果

4.1.1 顔特徴点の検出

顔の割合を測定し、メイクパターンを合成するために、入力した顔画像を分析することが必要である。本システムでは、Face SDK という API を用いて、顔の位置、大小や顔の 66 個の特徴点を検出する。図 6 のように顔の各パーツの座標が視覚特徴モデルに保存される。これらの情報は顔の割合を測定する段階、及びメイクパターンの合成段階で利用する。

4.1.2 顔領域の検出

メイクシミュレーションする時、画像の背景や人物の首、髪が影響するため、顔の領域をフォーカスする必要がある。そのため、RGB から YCbCr へ色空間の変換を行い、この色空間における画素分布から閾値を決定し、顔の領域を抽出することができる。

4.2 平均顔に近づけるフェイスモーフィング

ユーザの顔を平均顔に近づける機能を実現するために、Figure 5 中のフェイスモーフィング用の 3D モデルを導入した。滑らかな顔画像の変形が必要となるため、ある程度ポリゴン数が多い 3D モデルを用いる必要がある。今回は約 2500 ポリゴンの顔モデルを用いた。

この 3D モデルに対してユーザの顔画像から得た目・鼻・口・眉毛の位置や大きさ、輪郭の形状の情報を用いて変形を適用することで、ユーザの顔を平均顔に近づける。目・鼻・口・眉毛の位置や大きさの情報は前述した顔の特徴点の検出によって取得した。輪郭の形状を取得するのは動的輪郭モデルであるスネークのアルゴリズムを用いる。3D モデルには目・鼻・口・眉毛の顔パーツに各一点、輪郭付近に 20 点の制御点が配置されており、これらの制御点を画像処理で得られた位置情報に合わせて移動させる。

4.3 顔形状を参照したメイク手順の導出

顔形状を参照したメイク手順の生成は次のように行う。まず、平均顔からずれ量の大きな顔パーツを求めて、平均顔に近づけるためのメイク手順を選択する。入力した顔画像の各顔パーツの比率と、予め分析して記録した平均顔の各顔パーツの比率の比較によって、平均顔への差を求める。例えば、両眼の間隔と顔の横幅の比率によって、目が離れていること（寄っていること）を決める。鼻の長さや顔の縦幅の比率によって、鼻が短いこと（長いこと）を決める。

顔型によるお薦めメイク手順について、入力した顔画像の顔型によって、その顔型に対応する予め用意したメイク手順を選択する。顔型の判定は図 7 で示した手法を用いる。本手法では、「横幅と縦幅の比例」と「えらの張り」により、顔型を決める。横幅は顔の左右のこめかみを結んだ横のラインであり、縦幅は眉山と眉山を結んだラインから顎先までの部分である。えらの張りは手動的に判断する。

メイク手順を生成した後に、本システムでは、図 8 のように、2 つの画像をユーザに提示する。1 つは前節述べた平均顔に近づけるフェイスモーフィングした画像、もう 1 つは提示するメイク手順である。ユーザが容易にメイク手順を理解できるように、イラスト化した顔に補正すべき区域を表示する。

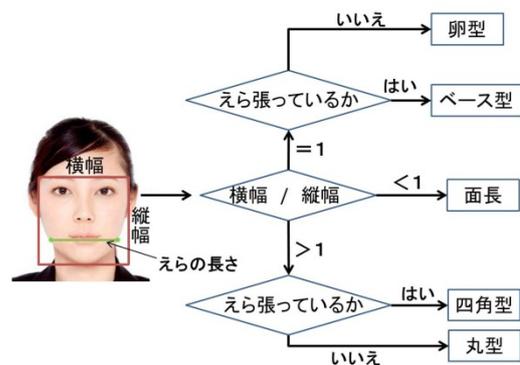


図 7 顔型の判定の流れ

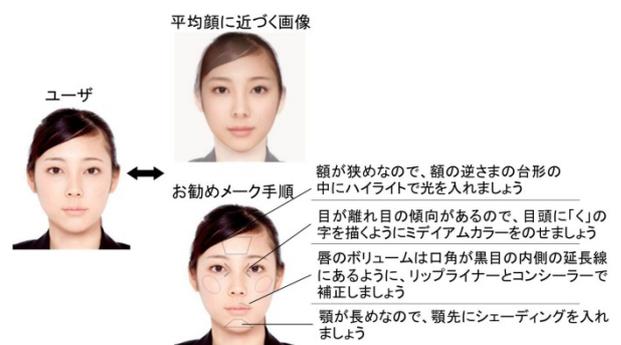


図 8 システムの出力結果

5. 評価実験

提案システムの有効性を検証するために、5名の被験者にシステムを利用してもらい、システムの支援効果の評価実験を行った。また、被験者がシステムを使用する前後のメイク画像に対し、他人の視点から見える印象変化についての実験を行った。被験者には、実験後のアンケートの設問に対して、1点から5点の5段階評価で回答して貰う。

5.1 システムの支援効果の検証

実験手順は、まず被験者に今回の評価実験の趣旨とシステムの使用方法を説明して、被験者の年齢、習熟度（上手ではない1-上手5）および、被験者が自身で認識している顔に対する悩みを調査する。

次に、被験者にシステムを使って貰いアンケートに回答をもらう。その後、被験者が3日後もう一度実際にメイクした顔画像を取得して事後アンケートの回答をもらう。

実験用のアンケートを表2に示す。事前調査際と事後アンケートのQ8は5つの印象語（明るい—暗い、積極的な—消極的な、愉快的な—不愉快的な、元気な—疲れた、楽しい—苦しい）を利用し、被験者の気持ちを測定する。

表2 システムの支援効果の検証実験用のアンケート

アンケート	
Q1	自分の顔にお勧めメイク手順に参考になりましたか？
Q2	提示されている魅力顔に近づいた顔画像は役に立ったか？
Q3	これからシステムが提示したメイク手順によってメイクしますか？
事後アンケート	
Q4	提示されていたメイク手順は役に立ったか？
Q5	提示されていたメイク手順の指示通り、うまくできましたか？
Q6	提示されていたメイク手順によるメイクは、自分に似合うか？
Q7	普段のメイク画像により魅力だと思うか？
Q8	現在自分の気持ちについて、以下の形容詞5段階で最も当てはまると思う数字に○を付けてください
Q9	自由記述

事前調査によって、被験者は、22~25歳（SD: 1.02）の日本の女子大学生5名である。メイクの習熟度2の人は3人、習熟度3の人は2人である。

習熟度の異なる被験者のシステム利用結果の分析を容易に行うために、習熟度2と習熟度3の被験者の2グループに分けて分析を行った。実験後に行ったアンケートの結果を図9に示す。縦軸は各設問に対する回答の平均値である。

結果より、両グループ共に良い傾向のフィードバックを得ることができた。また、Q3以外の項目では以下の観点において違いが見られた。習熟度2のグループは、Q1、Q6、Q7の項目に対して習熟度3のグループより良い結果を得ている。これは、システムを利用することで、以前より自分に合うメイクができたためであると考えられる。Q1では、

習熟度が高い組は自身の顔の特徴に対する認識が高いため、メイク方法によって自分に適したメイクを行うことができる。そのため、システムによるお勧め補正部分に対して正確に判断できると考えられる。Q2とQ5の結果によって、習熟度が高い組はシステムでの提示画像を参考にして、提示されていたメイク手順の指示通り行うことができたと考えられる。

Q9の自由記述では、「自分の顔のコンプレックスを分かり易く説明して貰い、その克服する方法が書かれてあるから自分で試してやることもできて良かった」、「以前発見できなかった顔のコンプレックスが分かりました」、「提示された画像は綺麗で、実際にメイクしてやってみたい」といった、お勧めメイク手順や提示した魅力顔に近づいた顔画像に関する記述が見られた。「お勧めメイク手順があるけど、メイクの流れの図がほしい」などのシステムのメイク手法の伝え方に関する要望もあった。

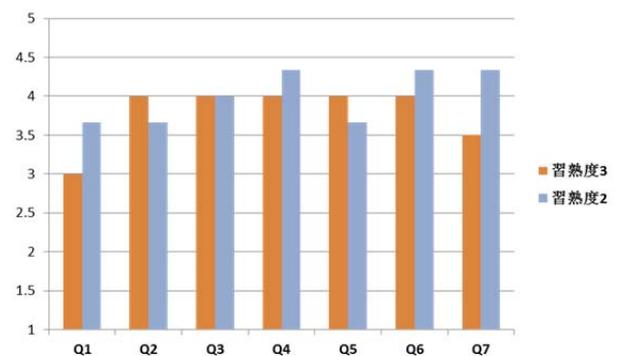


図9 システムの支援効果の実験結果

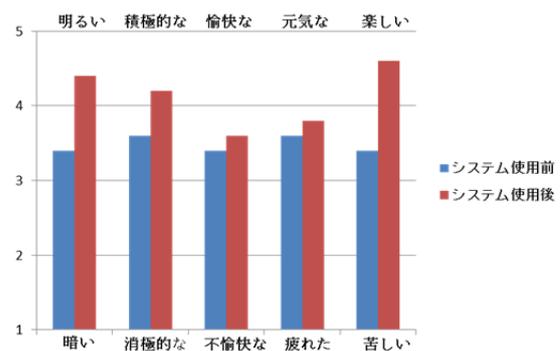


図10 気分測定の結果

また、被験者の気分を測定した結果を図10に示す。実験に参加した3日後の気分を測定した結果によると、実験する前に比べて被験者の気分が良くなることが確認できた。その中で、「明るい—暗い」、「積極的な—消極的な」、「楽しい—苦しい」では有意差が見られたが（ $p < 0.05$ ）、「愉快的な—不愉快的な」、「元気な—疲れた」では有意差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。これは、メイク練習中の苦勞などによる

ネガティブな影響があると考えられる。

5.2 他者の視点から見た魅力度の検証

他者から見たときのメイク前後の魅力度を検証した。被験者は9名（男性4名，女性5名）の22~27歳（SD: 1.47）である。5.1での被験者を対象として，システムの利用前に普段と同じようにメイクして貰った画像と，システムを3日間使用してメイクの練習をした後のメイク画像の2枚を利用した。実験手順としては，まずどちらの画像も知らない状態でより魅力的なメイク画像を選んでもらう。その後，前後のメイク画像を説明し，印象変化について回答をもらう。

選択結果を図11に示す。縦軸は画像が選ばれた回数（人数）である。赤色はシステム使用前メイク画像であり，青色はその後システムを利用して3日間練習してメイクした画像である。

図11の実験結果から，5名のメイク対象者の全員がシステムを利用した後のメイクの方が選ばれる回数が多かった。つまり平均顔に近づけるメイクを施すことによって，魅力度が向上したと考えられる。

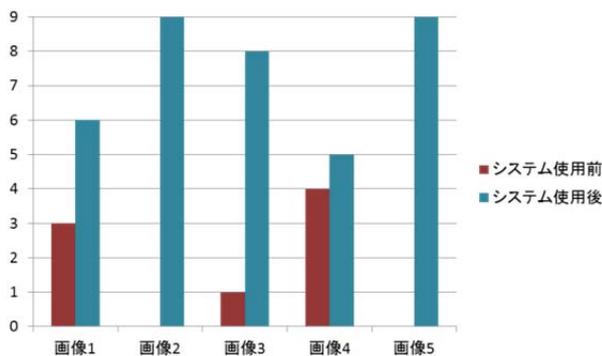


図11 他人の視点から見た魅力度の実験結果

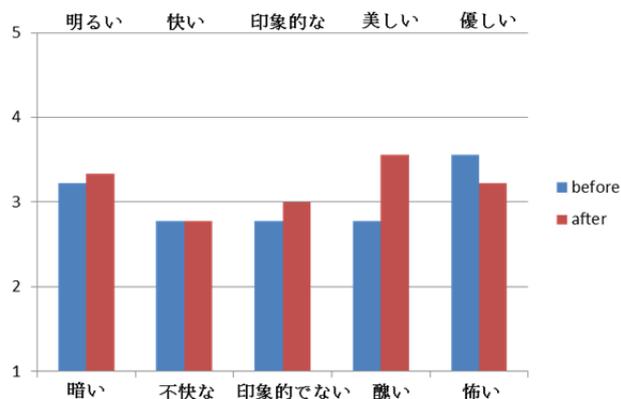


図12 画像1のシステム使用前後の印象変化

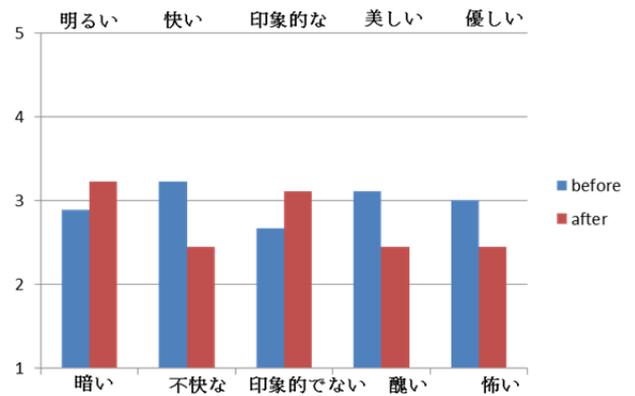


図13 画像4のシステム使用前後の印象変化

魅力度の向上の差について考察すると，画像2と画像5に対しては全員がシステムを利用してメイクをした画像を選択したが，自己申告による習熟度が低い利用者による画像1と画像4では魅力度の向上が相対的に低い。ここで，画像1と画像4の印象変化の結果に着目すると，図12，図13に示すように，両者とも印象にあまり変化が見られなかった。このように，メイクの習熟度も魅力度の向上に影響すると考えられる。

5.3 考察

以上の2つの実験から，提案システムに対して以下の2点を検証することができた。

システムの支援効果の検証結果から，システムにより提示された魅力顔に近づいた顔画像とメイク手順を参考にし，自身に適したメイクができることが分かった。

他人の視点から与える魅力度の検証結果から，画像2と画像5に対しては，全ての被験者がシステム利用後のメイク画像を選択しているが，画像1と画像4に対してはシステム利用前後で，同程度の選択数であり大きな差が見られない。これは，個々のメイクの習熟度と経験の違いが評価結果に影響したと考えられる。実際に，画像1と画像4の利用者は習熟度が低くメイク経験が浅い。習熟度が高い利用者と同程度の評価を得るためには，今後，習熟度が低い女性でもより効率良くメイクスキルを向上させることができる支援機能が必要であると考えられる。

6. まとめ

本稿では，個人のメイクアップ支援に着目し，魅力的なメイクを仮想的に合成するシステムを提案した。本システムでは，魅力的な顔を平均顔と仮定し，選定する実験を行った。日本人の美人顔の平均顔を基準として合成に利用し，ユーザの顔の各部位の形状や配置を分析し，ユーザの顔を平均顔に近づけた。また，平均顔の比率を用いて生成したメイク手順をユーザに提示する。その後，評価実験により，提案システムの有効性を確認することができた。長期的に他人に与えた良い印象を検証するための実験も必要と考え

られた。

今後の展望としては、将来的に自由に変形できるシステムを構築し、個々のユーザの好みを分析したり、逐次的に学習したり、ユーザ自身でメイクシミュレーションを調整したりする機能の実現が挙げられる。これにより、様々な実用サービスを展開できる可能性がある。

また、目的や相手などのオケーションを考慮に入れたり、ユーザが痩せたときの顔を生成したりするなどのヘルスケアとの関連について検討する。

謝辞 本研究は、本学システム情報系白川友紀教授、星野聖教授のご助言を頂きました。ここに記して衷心より感謝申し上げます。また、本研究を進めるにあたって数多のご助言いただいた研究室の皆様にご感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 化粧行動の社会心理学：化粧する人間のこころと行動，大坊郁夫，(2006)，北大路書房
- 2) Little A C, Jones B C, DeBruine L M. Facial attractiveness: evolutionary based research[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 2011, 366(1571): 1638-1659
- 3) Eishenthal Y, Dror G, Ruppim E. Facial attractiveness: Beauty and the machine [J]. Neural Computation, 2006, 18(1): 119-142
- 4) Leyvand T, Cohen-Or D, Dror G, et al. Data-driven enhancement of facial attractiveness [C], ACM Transactions on Graphics (TOG). ACM, 2008, 27(3): 38
- 5) Guo D, Sim T. Digital face makeup by example [C], Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on. IEEE, 2009: 73-79
- 6) 高木佐恵子, 波川千晶, 吉本富士市. メイクアップ技能上達のためのアドバイザーシステム[J]. 芸術科学会論文誌, 2003, 2(4): 156-164
- 7) B. Guenter, C. Grimm, D. Wood, H. Malvar, and F. Pighin. Making faces. Proc. of ACM SIGGRAPH'98, pages 55-66, 1998
- 8) F. Ulgen. A step toward universal facial animation via volume morphing. In 6th IEEE International Workshop on Robot and Human Communication, pages 358-363, 1997
- 9) Hjelmas E, Low B K. Face detection: A survey [J]. Computer vision and image understanding, 2001, 83(3): 236-274
- 10) T. Beier and S. Neely. Feature-based image metamorphosis. In SIGGRAPH Proceedings, pages 35-42. ACM Press, 1992
- 11) F. Pighin, J. Auslander, D. Lischinski, D.H. Salesin, and R. Szeliski. Realistic facial animation using image-based 3D morphing, Technical report UW-CSE-97-01-03, 1997
- 12) ATR-Promotions: 顔画像合成システム FUTON
- 13) Johnston, V. S., & Franklin, M. (1993). Is beauty in the eye of the beholder? Ethology and Sociobiology, 14, 183-199
- 14) Rhodes G, Tremewan T. Averageness, exaggeration, and facial attractiveness [J]. Psychological science, 1996: 105-110
- 15) Perrett, D. I., May, K. A., & Yoshikawa, S. (1994). Facial shape and judgments of female attractiveness. Nature, 368, 239-242
- 16) Rhee S C, Lee S H. Attractive composite faces of different races [J]. Aesthetic plastic surgery, 2010, 34(6): 800-801
- 17) Kamachi M, Lyons M, Gyoba J. The Japanese female facial expression (jaffe) database [J]. 1998, 21
- 18) Russell R. Sex, beauty, and the relative luminance of facial features [J]. Perception, 2003, 32(9)