

# スマートフォンでのファンデーションの塗りムラ可視化システムの実現とその検証

梶田美帆<sup>1</sup> 中村聡史<sup>1</sup> 伊藤貴之<sup>2</sup>

**概要:**化粧のファンデーションは、色が素肌と同化しやすいこともあり、塗りムラが起りやすい。我々は塗りムラをなくすための化粧支援システムの実現を目指し、これまでの研究で、素肌とファンデーションを塗布した肌の画像についての機械学習を用いた二値分類や、塗りムラを自身の顔写真の上に可視化する際に嫌悪感を覚えない手法を提案してきたが、システムとして利用できるものではなかった。そこで本稿では、スマートフォンを鏡のように利用してリアルタイムに塗りムラを検出・可視化するプロトタイプシステムを実装し、そのシステムを実際にユーザに利用してもらった。その結果、プロトタイプシステムはユーザに不快感をさほど感じさせずに塗りムラを可視化することができたが、その精度や速度などの課題が明らかになった。

**キーワード:** ファンデーション, 塗りムラ, 可視化, 機械学習

## 1. はじめに

顔は年齢や性別、感情などの個人の印象を捉えやすい部位[1]であり、人々は顔の印象を理想に近づける手段のひとつとして化粧を施している[2]。2019年のポーラ社によるインターネット調査[3]によると、15~64歳の女性の約80%が化粧をしていることが明らかになった。また、女性のみならず男性の化粧需要も増えてきており、男性用化粧品を販売するブランドも増加している。こうした背景もあり、日本国内の化粧品市場規模は2018年度には2兆6490億円までに成長している[4]。

化粧については一般的に、雑誌などの特集や、化粧品を買う際に受けるビューティーアドバイザーからのアドバイスなどで学ぶことができる。また、近年では芸能人やインフルエンサーらが、YouTubeなどの動画配信サイトやInstagramなどのSNSを通じて、メイクアップ動画などを公開しており、気軽に化粧について学ぶ機会も増えつつある。ここで、2014年のASMARQ社の調査[5]において、一般のユーザの化粧の腕前の自己評価は、100点満点中平均で約51点と低く、自身が施した化粧に満足している人は少ない。これは既存の学習法によって、個人の体質や好みにあった化粧品の選択方法や自身の顔に施す技術を身につけることが難しいためであると考えられる。

化粧には目的によって様々な工程が存在する。ベースメイクにおいて、ファンデーション、下地、コンシーラーは主にシミや毛穴などの気になる点を隠すために、ハイライト、シェーディングは顔を立体的に魅せるために用いられる。ここで、ファンデーションは任意の位置に適切に塗らないとシミや毛穴などの肌の難点を綺麗に隠すことが難しいものである。しかし、何度もファンデーションを重ねると、重ねた部分から化粧が崩れやすくなるため、適切な量を塗る必要がある。

こうした問題を解決するため、我々は化粧時に手軽にファンデーションの塗布状態を可視化することによって、自分がどこにファンデーションを塗り忘れたのかを確認しやすくし、塗りムラをなくす化粧支援システムの実現(図1)を目指してきた。そのなかで、スマートフォンで撮影した素肌とファンデーションを塗布した肌の画像についての機械学習を用いた二値分類[6]を検討し、塗りムラを自身の顔の上に不快感なく可視化する手法の評価[7]を行ってきた。またその結果を踏まえ、実験協力者に日常的に利用しているファンデーションを使って塗りムラを作ってもらい撮影した顔画像の塗りムラを可視化したところ、「ムラの位置を大まかに囲んで示す」方法が最もユーザが塗りムラを自身で解消するために役立つということがわかった[8]。

そこで本稿では、これまでの結果をもとにして、化粧時に塗りムラをチェックできるようにするため、スマートフォンを用いてリアルタイムに塗りムラを検出・可視化するシステムを開発する(図2)。また、そのシステムを実際にユーザに利用してもらい、塗りムラのわかりやすさ・化粧の直しやすさなどの観点から有用性を評価してもらう。

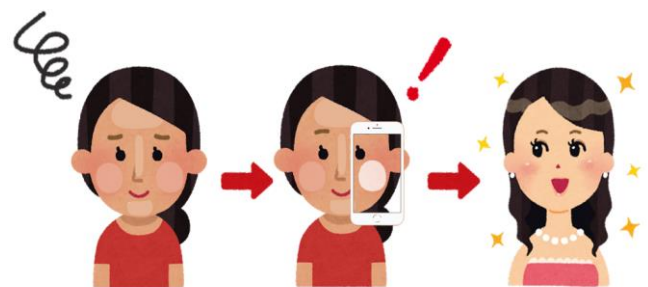


図1: システムの利用イメージ

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University  
<sup>2</sup> お茶の水女子大学  
Ochanomizu University



図 2：システムによる可視化イメージ

## 2. 関連研究

化粧は自身の顔を理想の印象に近づけるための手段のひとつであるが、人によって好みや理想の仕上がり、肌質などが異なるため、個人のニーズに合った方法を学ぶことは難しい。そのため、写真から検出したユーザの顔に化粧を施すシミュレーションシステム[9]-[11]など、化粧技術の向上支援やシミュレーションなどに関する研究が盛んに行われてきた。なかでも、高木ら[12]はユーザが自身の顔に施した実際の化粧に対してアドバイスするシステムを提案している。このシステムはまず、デジタルカメラで撮影したユーザの顔画像から、化粧の各段階におけるシミュレーション結果と施し方を提示する。ユーザはそのアドバイをもとに自身で化粧を施したのち、システムにより、シミュレーション結果と実際にユーザが施した化粧の比較によるアドバイスを受けることができる。しかしこの研究ではファンデーションの塗りムラについては考慮されていない。また神武ら[13]は、ユーザ個人の好みの顔画像に近づけるための化粧をユーザの顔画像からシミュレーションし、その実現のために使用すべき商品の提示をするシステムの提案をしている。その他にも画像から顔の色に最適なファンデーションの色を提案するシステム[14]も存在する。しかし、皮膚は表皮と真皮の2層から成り、光反射の計算が複雑であるため、静止画を用いたシミュレーション結果は照明条件などに左右される可能性がある。

静止画像のシミュレーションの問題を踏まえ、より精度の高いシミュレーションを、CGを用いることで実現した研究も存在する。Tsumuraら[15]はユーザの肌の質感に近い顔モデルを作成し、化粧についてシミュレーションを行った。また、Huangら[16]は肌の光学的特性を考慮するため、Kubelka-Munkモデル[17][18]とスクリーン空間スキレンダリングアプローチを組み合わせることで、異なる化粧材料とスタイルを柔軟に適用し、リアルタイムに化粧をシミュレートしている。

一方で、これまで塗りムラの検出にまつわる研究としては、ファンデーション肌と素肌と比較して光をより効率的

に吸収する[19]ことに着目し、素肌とファンデーション肌の反射の波長特性の差異を強調する光学フィルタを用いたファンデーション量の定量化・分布計測システムが開発されている[20]。しかしこれは高精度な判定が可能であるが、実験により分光透過特性を最適化した光学フィルタが必要であり、一般ユーザが利用することは容易ではない。

## 3. 塗りムラ検出のためのデータセット構築

### 3.1 概要

これまでの研究において、ファンデーションや人、カメラを統制しないと塗りムラ検出の適合率は低かった。そのため、撮影環境などを統制してデータセットを新しく構築し、精度向上を目指す。

### 3.2 ファンデーション肌と素肌画像の収集実験

データセット構築のため、素肌とファンデーション肌の画像を収集するファンデーション塗布実験を行った。実験協力者は大学生、大学院生の10名(A~J)であった。撮影にはOPPO Reno 5aに内蔵されているインカメラを用いた。なお設定で画素数は約1600万画素、F値は2.0とした。撮影は以下の手順で行った。

実験協力者にはまず、自身が日常的に利用している下地とファンデーションなどを持参してもらった。また、撮影を開始する前に実験協力者には洗顔をして皮脂や化粧などを落としてもらい、化粧水・乳液などで肌を整えてもらった。その後、下地やファンデーションなどを塗布しない素肌状態の顔写真を撮影させてもらった。このとき、実験協力者自身がインカメラを起動させた状態でスマートフォンを持ち、顔の角度を少しずつ変更しながら複数枚撮影してもらった。ここで、カメラと実験協力者の距離は、画像内に顔全体が映ることと、スマートフォンを手鏡として見立てた際に化粧をチェックしやすい距離にすることを前提として伝え、各々の判断に任せた。

次に、下地・ファンデーションを顔全体に塗りムラがないように丁寧に塗布してもらい、同様の手順でファンデーション肌の顔写真を撮影した。

### 3.3 画像データセット構築

前節で撮影した画像について、100px四方で分割し、その中から、背景の壁や髪、眉毛や眼、唇など、肌以外の部位が写っているものを手作業で取り除いた後10px四方に分割し肌画像だけの訓練用データセットを作成した。素肌画像は一人あたり平均110570枚、ファンデーション肌画像は同じく一人あたり平均104260枚となった。

### 3.4 特徴量の設定

前節で構築した画像データセットについて、学習に利用する特徴量を生成する。ファンデーションが塗布された肌の色は、素肌の色と比較して赤みや黄みが抑えられると予測されることから、我々は過去の研究において、画像の色

の傾向を表した特徴量を採用した[6]. 具体的には、画像を RGB 色空間から HSV 色空間に変換したのち、色相、彩度、明度の平均と標準偏差を取得・計算し、 $2 \times 3 = 6$ 次元の特徴量を生成した(図3).

### 3.5 学習の結果とデータセットの評価

ファンデーション肌と素肌の二値分類を行うため学習アルゴリズムとして、ランダムフォレストを利用した. 機械学習には Python のライブラリである scikit-learn を利用し、適合率を求めた. 正を素肌(ファンデーションを塗っていない肌), 負をファンデーション肌(ファンデーションを塗っている肌)とした. 学習の際には、アンダーサンプリングを行い、素肌とファンデーション肌の枚数をそれぞれ一致させた. 1枚の画像に対する適合率の期待値は50%である. ここで、評価に適合率を採用したのは、塗りムラはある程度の大きさがあり、すべての塗りムラを推定しようとしてファンデーション肌を素肌と判定してしまうよりも、その一部でも正しく推定できる方が好ましいと考えたためである. 我々のシステムは、顔全体のなかからムラを正しく検出することを目的としているため、以降では適合率に注目している.

表1は各データセットを個人ごとに学習した際の二値分類の精度の結果である. このときデータセットの75%を訓練データ, 25%をテストデータとし、四分割交差検証を行った. この結果、平均適合率は73%とやや精度は低いが、80%を超える結果も得られた. 以降ではこのデータセットを塗りムラの可視化に利用する.

## 4. プロトタイプシステムの実装

本稿では、化粧時に塗りムラをチェックできるよう、リアルタイムに塗りムラを検出・可視化するスマートフォン向けのプロトタイプシステムを開発した. 以降では、そのシステム構成と利用法について述べる.

### 4.1 システムの必要要件

本システムは、ファンデーションの塗りムラを可視化することで、自身で塗りムラをなくすための支援を目的としたものである.

これまで開発されてきたファンデーション可視化システムは、高精度ではあるものの、特殊な機材が必要となっており、一般のユーザの利用は困難である[20]. そのため、我々は一般のユーザが化粧中に容易に塗りムラをチェックできるように、スマートフォン上で利用できるシステムを

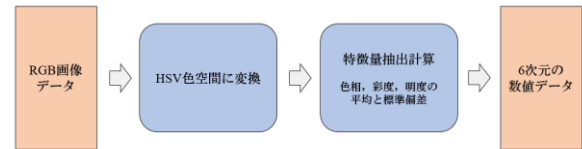


図3: 特徴量処理概略図

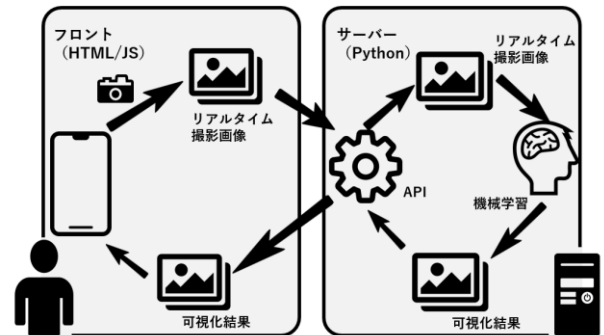


図4: システム構成図

開発した.

ここで、可視化においてはファンデーションの塗りムラという嫌な印象のものをユーザの顔の上に表示する必要がある. そこで、なるべく不快感をユーザに与えずにわかりやすく塗りムラを提示することが重要である.

我々の過去の研究[8]より、可視化においては「ムラの位置をだまかに囲んで示す」方法が好ましいこと、また、赤・黄・青・緑の中ではもっとも緑色が適していることがわかっていて. そのため実装においては、ムラについて正確な位置そのままではなく、位置の近い塗りムラをまとめて緑の枠の円で囲って提示する方法を採用した.

### 4.2 実装

我々は、塗りムラ可視化システムを JavaScript および Python を用いた Web サービスとして実装した.

システムの構成は図4の通りである.

まずフロント側でインカメラから画像を取得し、取得した画像をサーバサイドに送る. その後 Python により、画像について顔認識を行い、検出された領域を 10px 四方単位で分割し、そのエリアごとに HSV それぞれの値について平均・標準偏差を計算する. その後、計算された値を特徴量として、3章で構築した個別のモデルによって機械学習を行う. その結果、素肌と判定された部分についてその中心座標を特徴量としてクラスタリングし、各クラスターの重

表1: 適合率と再現率

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	平均
適合率	0.68	0.81	0.70	0.74	0.70	0.72	0.79	0.64	0.70	0.83	0.73
再現率	0.71	0.78	0.74	0.84	0.60	0.75	0.76	0.59	0.68	0.87	0.73

心を中心に、クラスタ内において最も重心から遠いデータの重心との距離の半分を半径とした円を描画する (図 5)。

その画像データをフロントへと送信し、受け取った画像を表示する。

#### 4.3 使用方法

実験協力者はスマートフォンで指定の URL にアクセスするとログイン画面が表示される。ここで、実験協力者が名前を入力と実験における情報提供へ同意すると、画面の遷移とともにカメラへのアクセスが求められる。このカメラへのアクセスを許可すると、システムはインカメラから画像を取得し、取得した画像について顔認識を行い、認識されたエリアについて塗りムラの検出・可視化を行う。このとき、ユーザがインカメラに自身の顔が写るようにスマートフォンを顔の前に掲げると、システム上には可視化結果が重畳されたユーザの顔写真が表示される。この画像はリアルタイムに更新されていき、ユーザにはこの結果を参考に鏡などで塗りムラを確認して、化粧直し (ムラの部分にファンデーションを塗布しなおす) を行ってもらい。そしてユーザが自身の化粧の仕上がりに満足した時点で、システムを終了するようにした。

図 6 はプロトタイプシステムが実際に出力している様子である。鼻やおでこに塗りムラがあったことが実際に緑色の円で可視化されており修正しやすいようになっている。

図 7 は実際に実装したシステムを利用している様子である。ユーザは手鏡のようにスマートフォンを利用しながら自身の顔を確認しつつ、塗りムラ部分を確認することが可能となっている。

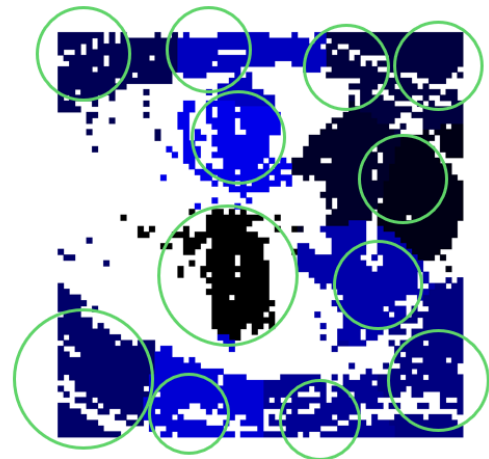


図 5: クラスタリング例

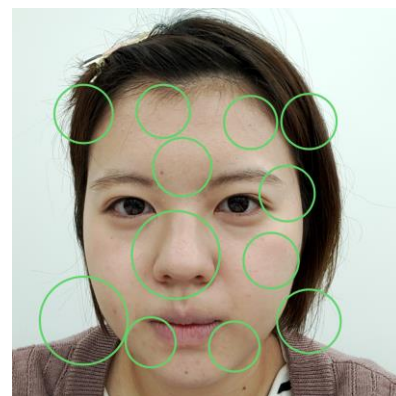


図 6: 可視化結果例

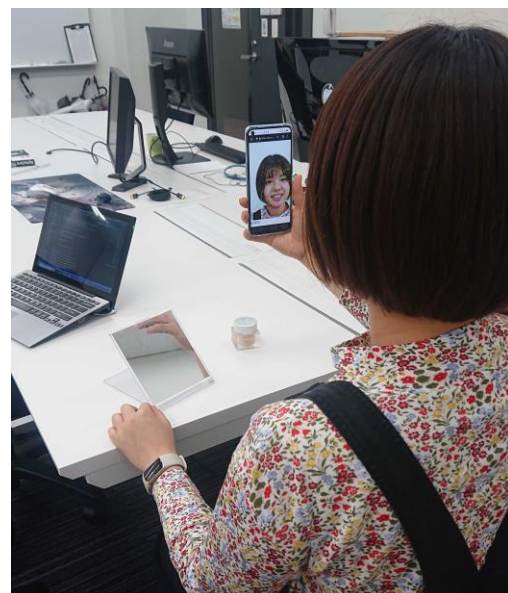


図 7: システムを使用している様子

## 5. システム利用実験

前章で作成したシステムを実際に使用してもらい、その有用性を検証する実験を行った。実験協力者は 3 章でファンデーション肌と素肌のデータセット構築に協力してくれた 10 名のうち、事情により実験継続ができなくなった 1 名を除いた 9 名である。

### 5.1 実験手順

3 章と同様に、実験協力者には、自身が日常的に利用している下地とファンデーションなどを持参してもらった。まず、実験協力者には洗顔を行い皮脂や化粧などを落としてもらい、化粧水・乳液などで肌を整えてもらった。その後、下地やファンデーションなどを塗布してもらった。このとき、3 章での実験とは異なり、丁寧さを意識しすぎることなく、普段日常的な化粧をする際と同じ速度でファンデーションを塗布するように指示した。

次に、スマートフォンでシステムを起動し、ログイン画面で任意のユーザ名を入力、および情報提供への同意を行ってもらった。画面が遷移したら顔が画面の中央に映るようにスマートフォンを掲げてもらい、システムが提示した

塗りムラの大まかな位置を確認しながら、化粧直し (ムラのある位置へのファンデーションの塗布) を行うように指示した。また実験協力者が自身の化粧 (ファンデーション塗布状態) に満足した段階で、システムを終了してもらい、実験終了とした。

実験後には、簡単なアンケートに回答してもらった。内容は以下の通りである。

- Q1. 塗りムラはどの程度わかりやすかったですか (7段階評価)
- Q2. このような方法で塗りムラが提示されることにどのくらい不快感がありましたか (7段階評価)
- Q3. 塗りムラの指摘はどの程度正しかったと思いますか? %で回答してください (記述式)
- Q4. 塗りムラの指摘誤りについて気になった点がありましたら教えてください (記述式)
- Q5. 今の精度の塗りムラの提示で、塗りムラを自分で修正するのにどの程度参考になりましたか (7段階評価)
- Q6. その理由を教えてください (記述式)
- Q7. このシステムは塗りムラをなくすのにどのくらい役立ちましたか (7段階評価)
- Q8. このシステムをまた利用したいと思いますか (7段階評価)
- Q9. システムの良かった点を教えてください (記述式)
- Q10. システムの改善点を教えてください (記述式)
- Q11. その他なにかご意見がありましたら教えてください (記述式)

## 5.2 結果

Q1～Q3, Q5, Q7, Q8の結果を図8に示す。

まず提示手法に関する評価について、Q1のシステムにおける塗りムラのわかりやすさの平均評価値は0.78、Q2のシステムにおいて塗りムラを提示された際に生じる不快感の程度についての平均評価値は-2.2であった。

続いてシステムの有用性に関する評価について、Q3のシステムの提示結果に対する信頼性への平均評価は69.0%であり、その認識のもとで、システムを利用した際に、塗りムラを自分で修正するためにどの程度役立ったかについての評価平均は1.2であった (Q5)。

また、これらすべてを踏まえたいうでの本システムの塗りムラ解消に対する有用性についての平均評価値は1.3 (Q7)、システムの再度の利用への意欲についての平均評価値は1.3 (Q8)であった。

以上より、本提案手法は塗りムラという嫌な印象のものを可視化するにあたり、塗りムラのわかりやすさと不快感の低減の両立をある程度叶えていることがわかる。また提示結果の精度に関しては高くはないものの、ユーザはファンデーションの塗りムラ解消を支援する手段として本システムにある程度満足していることが示された。

## 5.3 考察

本稿で提案したシステムは、ファンデーションの塗りムラを可視化することで、ユーザ自身が塗りムラの解消を可能のように支援することを目的としたものであった。図8

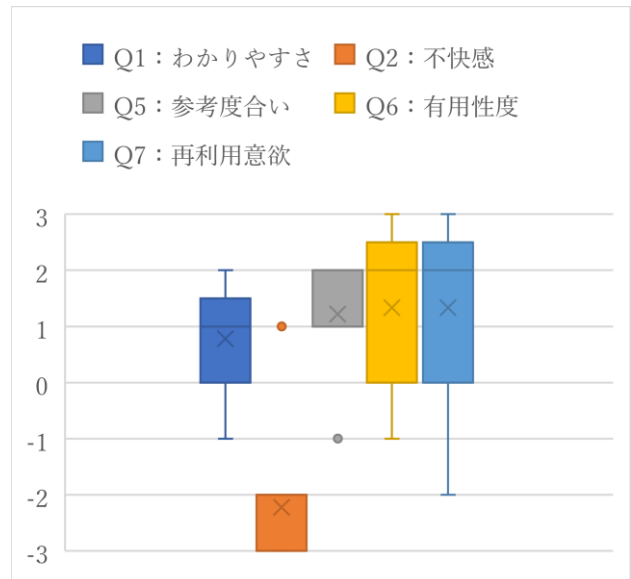


図8：アンケート結果

の結果より、本提案手法は、塗りムラという嫌な印象のものを可視化するにあたり、まだ改善点はあるものの、塗りムラのわかりやすさと不快感の低減をある程度両立しているといえる。一方で、Q3よりシステムの提示結果に対する信頼性は、さほど高くなかった。図8のQ6, Q7より、ユーザが塗りムラをなくすための手段として本システムに満足していることがわかるが、研究室及び同一学科の学生に実験依頼したため、実験者効果が出た可能性が高いと考えられる。

以降では、提案手法の具体的にどういったところがそれぞれの評価につながったのか、アンケートの自由記述などからその要因について考察する。

まず図8より、塗りムラの提示手法における不快感の程度は-2.2と低く、ほとんどなかったことがわかる。実際に、システムの良かった点として、Q8において、「(複数の塗りムラが提示されていても)丸が大きいから不快ではなかった」という意見が得られた。これらのことから、塗りムラの位置をひとつひとつ正確に提示するのではなく、大まかに提示する本手法は、塗りムラという嫌な印象のものをユーザに不快感なく提示することが可能であるといえる。

次に、塗りムラのわかりやすさについては、システムの良かった点として「塗りムラの位置が顔の角度に合わせて表示されていてとても分かりやすく、また塗りムラの表示形式と色が見やすかった」という意見が得られたように、ポジティブな結果となった。しかしマイナスの評価をした実験協力者もあり、その平均評価値は、0.78と低かった。

平均評価値が高くなかった原因は、まず画像表示におけるタイムラグが挙げられる。本システムでは1秒に約3枚の速度で画像を提示していたが、塗りムラと判定された箇所が多かった場合、可視化結果の提示に5秒以上の時間がかかったこともあった。実際、Q9のシステムの改善点で

「現在の顔の角度とラグが生じる」や「顔の前に手が被っていて見づらい」などのフィードバックがあった。

また、精度も大きく影響したと考えられる。今回判別に用いたモデルの適合率は平均で73%であり、実際にシステムを使ってみた実験協力者自身の手評価(Q3)も平均69%の正確さで塗りムラの可視化が行われていたように感じていた。精度に関しては、「自分の塗り広げ方から考えると塗りムラがありそうだなと思う部分はちゃんと指摘されていた」というポジティブな意見もある一方で、Q4においてシステムの指摘誤りとして「塗り直しても同じ箇所が指摘され続けていた」ことや、顔の角度などにより「同じ箇所でも塗りムラと指摘される時とされない時があった」ことが指摘されていた。

また今回、塗りムラと判定した箇所の位置を正確に可視化するのではなく、すべての判定箇所をクラスタリングした結果に基づき大まかに可視化していた。そのため、「塗るべき箇所は分かったが、その中でもどの部分を重点的に塗ると良いかは分からなかった」や「塗り直しても同じ箇所が指摘され続けていた場合に、自分の塗り方の問題かシステムの精度の問題なのか分からなかった」というフィードバックが得られた。また、顔を動かすことによってブレや光の当たり方が変わったりしたことで、同じ顔の同じ位置であっても、フレームごとに判定が異なってしまったこともあった。さらに「明らかに誤っているところ(髪の毛部分など)が表示されていた」との指摘もあり、顔認識の精度が十分ではなく、顔より少し大きい範囲を取ることがあるなどの問題も考えられる。

これらのことから塗りムラのわかりやすさを向上させるためには、判別の速度・精度および可視化のアルゴリズムにおいてさらなる改善が必要であると考えられる。

しかし、システム自体の有用性に関しては、Q6より、1.3とややポジティブな結果が得られている。実際にシステムの良かった点においても、「塗りムラがリアルタイムで見られることでなんとなくファンデーションを塗るのではなく、ちゃんと綺麗に塗れる感じがした」ことや「このシステムを使うことで意識できていなかった塗りムラが可視化されてとても良い」という意見が得られた。

ここで、システムの有益度合い(Q6)に-1とネガティブな評価をしており、システムの再利用(Q7)にも-1の評価が低かった実験協力者Bに注目すると、不快感に関しては全く感じないとして-3の評価をし、塗りムラ提示の精度に関しても体感で85%はあると感じている。しかし、塗りムラのわかりやすさに関しては-1とネガティブな評価をしており、システムが塗りムラを自分で修正するためにどのくらい参考になるかという質問に対しても+1と評価は控えめである。

このことから塗りムラの可視化システムにおいては、わかりやすさも重視されるということが考えられる。そのた

め、今後はこうした課題点を改善することで、より有用なシステムにしていく予定である。

## 6. システムの改善点と展望

前章より、システムの問題は現在大きく分けて、精度の低さと可視化に掛かる時間のふたつがあると考えられる以降ではこの改善のための手段について考察する。

### 6.1 精度に関するシステムの改善点

精度の低さの改善においては、3つの手段が考えられる。

ひとつはデータセット構築方法の変更である。今回システムで用いた素肌とファンデーション肌を判別するモデルの、その作成においては、スマートフォンのインカメラで撮影した画像データセットを使用した、しかし本システムでは、リアルタイムに取得した画像について、塗りムラを判別・可視化する。そのため、データセット用に撮影した際よりも、ブレや光の加減の影響が大きくなっていると考えられる。そこで、今後は動画から切りだした画像を用いてデータセットを作成し、実験を行う予定である。

もうひとつは、顔認識の性能改善である。現在、顔認識をしたエリアについて判別・可視化を行っているが、認識された顔エリアは矩形に切りだされているため、顔以外の背景や服もその判別対象として認識されてしまう。また、リアルタイム処理では目や唇などの部位も除外することができていないため、そういった箇所について誤った判別が行われてしまっている。そのため、今後は顔の輪郭およびパーツを検出し、肌のみを判別できるように改善する予定である。

最後に、可視化アルゴリズムの変更である。今回、可視化においては、定期的に取得した画像それぞれについて学習した結果をそのまま可視化していた。しかし前述の通り、少し顔を動かすとブレや光の加減の影響で、すぐに判定が変わってしまうことが多くあった。そこで1フレームごとに判定・可視化を行うのではなく、前後数フレームで塗りムラであると判定されたもののみを最終的に可視化するなど、工夫を行いたい。

### 6.2 可視化時間に関するシステムの改善点

可視化に掛かる時間の改善には、通信料の低減およびクライアント上での処理御減らすこと、また、大まかな可視化を実現するためのアルゴリズムの改善が必要であると考えられる。

まず、現在スマートフォンのカメラ画像に対する可視化結果は、リアルタイム画像としてサーバに送られ、サーバ上で画像の分割および機械学習による判定を行って可視化結果を画像として返すものとなっている。ここで、クライアントから画像を送るのではなく、単純に特徴量だけを送信し、また可視化結果を表示する際も判定結果だけを受信し、クライアント上で描画を行うことができれば、速度面

は大幅に改善できると考えられる。

また、塗りムラと判定した箇所を正確に可視化するのではなく、すべての判定箇所をクラスタリングした結果に基づき大まかに可視化している。この方法は、塗りムラと判定された箇所が多いほどクラスタリングに時間がかかり、結果表示のタイムラグが大きくなってしまう。そのため、もっと簡易的な実装が可能な手法を実装し、またその結果をクライアント上で実施することにより問題の改善がはかれると考えられる。

### 6.3 今後の展望

実験より、実験者効果はあると考えられるものの、ユーザはファンデーションの塗りムラ解消を支援する手段として本システムにある程度満足していることが示された。実際に「自分の顔に直接塗りムラを示されるため、どこにムラがあるか実感しやすかった。次回以降塗る時も提示された箇所を意識しようと思えた」などの意見が得られた。このことから、本システムを使うことで、ユーザが自身の塗りムラのできやすい位置を学習し、システムの非使用時にも、塗りムラへの意識が高まることで塗りムラの解消につながる可能性が示唆された。今後は長期実験を行い、最終的にシステムを利用せずとも塗りムラなくファンデーションを塗布することが可能かについて調査していく予定である。

今回はインカメラから取得した画像について塗りムラの検出・可視化を行っていた。そのため、自分の顔をみて化粧直しをしようと思った際に、端末に反射した自分の顔を見るか鏡を使う必要があり、そのことを問題視している実験協力者もいた。実際、「動画だと化粧直しをする際に顔が動いてしまって位置の確認がしにくかった」という意見も得られた。また、改善点として「提示用の写真を撮るタイミングを自分で決めたい」という意見も得られていた。これらのことから、常に提示結果が更新されるリアルタイムの可視化以外にも、ユーザが任意のタイミングで撮影した写真について、塗りムラの検出・可視化を行い、それを参考に鏡などを見ながら修正する手法を実装し、ユーザの好みによって機能を使い分けてもらうことができるようにしていく予定である。

## 7. まとめ

本稿では人の目では見落としがちなファンデーションの塗りムラに気づくことができるように、リアルタイムでファンデーションの塗りムラを可視化するスマートフォン用のプロトタイプシステムを実装し、実際に日常の化粧を意識して下地・ファンデーションを塗布してもらった状態で、プロトタイプシステムを使って化粧直しをしてもらった。

その結果、提案手法は、塗りムラを自身でなくすための支援システムとして高評価が得られたものの、精度や可視

化方法などに課題があることが明らかになった。今後はデータセットの構築方法および可視化アルゴリズムの改善を行い、システムの改良を行う予定である。

また、今回、常に提示結果が更新されるリアルタイムの可視化方法を採用したが、静止画の方が塗りムラの確認がしやすいというような意見も得られた。このことから、ユーザが任意のタイミングで撮影した写真について塗りムラの検出・可視化を行い、それを参考に鏡などを見ながら修正する手法を実装し、ユーザの好みによって機能を使い分けてもらうことができるようにしていく予定である。

また、長期実験を行うことでシステムの有用性を検討していく予定である。

## 参考文献

- [1] Leslie, Z.. "Reading Faces: Window To The Soul?", Westview Press, 1997.
- [2] J. A. Graham and A. J. Jouhar. The effects of cosmetics on person perception. *International Journal of Cosmetic Science*, 1981, vol. 3, no. 5, pp. 199-210.
- [3] ポーラ文化研究所, "ポーラ文化研究所化粧品調査 2019", <https://www.cosmetic-culture.holdings.co.jp/report/pdf/191212kitai.pdf>, (参照 2022-7-03) .
- [4] 株式会社矢野経済研究所, "化粧品市場に関する調査を実施(2019年)", [https://www.yano.co.jp/press-release/show/press\\_id/2355](https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2355), (参照 2022-7-03) .
- [5] ASMARQ, "メイクに関するアンケート調査", <https://www.asmarq.co.jp/data/mr201404makeup/>, (参照 2022-7-09) .
- [6] Kajita, M., Nakamura, S.. Basic Research on How to Apply Foundation Makeup Evenly on Your Own Face, 20th IFIP TC14 International Conference on Entertainment Computing (IFIP ICEC 2021), 2021, pp.402-410.
- [7] 梶田 美帆, 中村 聡史. ファンデーションの塗りムラをなくすための基礎調査, 第13回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2021), 2021, no.C14-4, pp.1-8.
- [8] 梶田 美帆, 中村 聡史, 伊藤 貴之. ファンデーションの塗りムラの検出と不快感のない可視化手法の実現, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), vol.2022-HCI-199, No.19, pp.1-8, 2022.
- [9] 古川貴雄, 塚田章. 魔法の化粧鏡—実時間顔画像認識に基づくメイクアップシミュレーション. 画像ラボ, 2002, vol. 13, no. 10, pp. 34-38.
- [10] Liu, L., Xu, H., Xing, J., Liu, S., Zhou, X. and Yan, S.. "Wow! You Are So Beautiful Today!", Proceedings of the 21st ACM International Conference on Multimedia (MM '13), 2013, pp. 3-12.
- [11] Wang, S., Wang, Y. and Li, B.. "Face Decorating System Based on Improved Active Shape Models", Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '06), 2006, pp. 65-es.
- [12] 高木佐恵子. メイクアップ技能上達のためのアドバイシステム. 芸術科学会論文誌, 2013, vol. 2, no. 4, pp. 156-164.
- [13] 神武里奈, 星野准一. 好みの顔画像の色に基づくメイクアップ支援システム. 日本感性工学会論文誌, 2017, vol. 16, no. 3, pp. 299-306.
- [14] Jhilmil J. and Nina T. B.. Snap and match: a case study of virtual color cosmetics consultation. CHI Extended Abstracts 2010, pp. 4743-4754.

- [15] Tsumura, N., Ojima, N., Sato, K., Shiraishi, M., Shimizu, H., Nabeshima, H., Akazaki, S., Hori, K. and Miyake, Y.. Image-Based Skin Color and Texture Analysis/Synthesis by Extracting Hemoglobin and Melanin Information in the Skin. SIGGRAPH '03, 2003, vol. 22, no. 3, pp. 770-779.
- [16] Huang, C. G., Lin, W. C., Huang, T. S. and Chuang, J. H.. Physically-based Cosmetic Rendering. Proceedings of the ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (I3D '13) , p. 190.
- [17] 土居元紀, 大槻理恵, 富永昌治, 池田直子, 引間理恵, 丹野修. クベルカ-ムンク理論に基づいたファンデーション塗布肌の分光反射率の推定. 電子情報通信学会論文誌, 2009, vol. 92, no. 9, pp. 1602-1612.
- [18] Kubelka, P. and Munk, F.. Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche. Z. tech. Physik, 1931, pp. 593-601.
- [19] 五十嵐崇訓. 肌の質感をコントロールする化粧品の研究開発. 応用物理学会分科会日本光学会, 2014, vol. 43, no. 7, pp. 318-324.
- [20] 西野顕, 中村睦子, 宮下京子. 機能性分光フィルタを用いたファンデーション定量・分布計測システムの開発と応用. 日本色彩学会誌, 2013, vol. 37, no. 3, pp. 202-203.