

# 左右対称の眉を描くための矢印ガイドシステムの提案

田中 佑芽<sup>1</sup> 高野 沙也香<sup>1</sup> 中村 聡史<sup>1</sup>

**概要:** 多くの人が日常的に化粧を行っているが、化粧の技術を習得するのは容易ではない。特に眉毛は左右差が分かりやすい部位であり、化粧を施しても左右対称ではなく不自然に見えてしまうことがある。眉毛を左右対称に描くことが難しい原因の一つとして左右で手の動かし方が異なることが挙げられる。そこで本研究では、眉毛を描くためのアイテムの先端をリアルタイムに認識し、鏡を模したディスプレイ上に手を動かすべき方向を示した矢印ガイドを提示する手法を提案し、システムの実装を行った。また、実際にユーザに使用してもらうことで矢印のガイドによって左右対称の眉毛を描くことができるのか、ガイドなし、既存手法である囲いガイドと比較して検証を行った。その結果、矢印で動かすべき方向を示すことによって、化粧後の眉毛の左右対称性が向上することが明らかになった。特に眉毛の化粧に慣れている人に効果的である可能性が示唆された。

## 1. はじめに

他者とのコミュニケーションにおいて、視覚的な要素が重要な役割を果たす。特に顔は第一印象を形成する上で極めて重要な要素 [1] であり、信頼性や魅力の評価に影響を与える [2]。

化粧は顔の特徴を強調し、魅力を高める手段として広く用いられている。実際に化粧を施すことによって、化粧を施していない時よりも魅力的であると判断されることが知られている [3]。また、マナーや身だしなみとして化粧を施す女性は多い。さらに、化粧は男性の顔の魅力も高めることが明らかになっており [4]、年齢や性別を問わず、多くの人々に受け入れられるようになっている。

化粧を学ぶための手法は様々ある。化粧品ブランドや美容スクールが提供するレッスンでは、プロのメイクアップアーティストから直接アドバイスを受けることができ、実践的なスキルを習得することができる。また、化粧の基礎知識やトレンドを紹介する書籍や美容雑誌も化粧を学ぶための有益な情報源である。さらに YouTube や Instagram などの SNS 上でメイクチュートリアルが提供されており、気軽に学ぶことができる。このように化粧を学ぶ手段が多様である一方で、その技術を習得することは難しく、満足のいく化粧を施すことができず、化粧を苦手と感じている人は多くいる。特に、眉毛は左右差の分かりやすい部位 (図 1) であり、その差を埋めるために化粧を施すことが重要であるが、眉毛に化粧を施すのは容易ではない。化粧に関す

る書籍 [5][6] やチュートリアルなどで眉毛を左右対称に描くためのテクニックが紹介されているが、眉毛は個人差が大きく、他の人のやり方を自身の化粧に落とし込むことは難しい。

眉毛に化粧を施すための支援として、眉毛スタンプ<sup>\*1</sup>や眉毛テンプレート<sup>\*2</sup>といったものが販売されている。眉毛スタンプは眉毛の形状をかたどったスポンジで、パウダーを付けて眉毛に押しあてるだけで化粧を施すことができる。また、眉毛テンプレートは眉毛の形にくり抜かれたプレートのことであり、眉毛にあて、プレートの中を塗りつぶすだけで簡単に眉毛を描くことができる。しかし、これらのものは形がひとつに決まっており、個人の特徴を反映することや流行りに応じて変化させることもできない。また、眉毛サロン等で整えてもらうことで、自分で整えるより理想的な眉毛を実現できるが、綺麗な眉毛を保つには頻繁に通う必要があり、時間的・金銭的負担がかかるといった問題がある。さらに、眉毛が部分的に生えていない場合

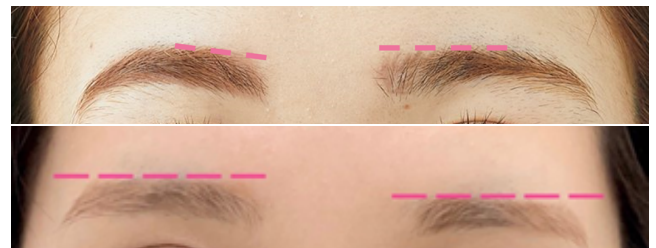


図 1: 化粧後左右差のある眉毛例

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University

<sup>\*1</sup> <https://kissnewyork.jp/lp3/>

<sup>\*2</sup> <https://www.kai-group.com/products/brand/eyebrow/>

は、その部分を化粧で補う必要がある。

眉毛に化粧を施すことが難しい原因として、鏡越しで化粧を行うため、左右反転して見え、手を動かすべき方向を正確に把握することが容易ではないことが挙げられる。また、眉毛を描くときに横をむくことも原因の1つであり、反対側の眉毛を確認できないことや正面を向いた時と見え方が異なるといった問題が生じてしまう。これらの問題に加えて、左右で手の動かし方が異なり、特に非利き手側の動きが困難であることが、眉毛を描くことの難しさをさらに増加させる要因となっている。利き手側の眉毛は手が近く制御がしやすいのに対して、非利き手側の眉毛は手が遠いうえ、鏡を確認しながら描くためには非利き手側に手を倒さなければならず、描く動作が不安定になる。

そこで本研究では、非利き手側の手の動きが難しいという問題に着目し、非利き手側の眉毛を描く際に手の動きのガイドを提示する手法を提案する。具体的には、鏡を模したディスプレイ上に、リアルタイムで眉毛を描くためのアイテム（アイブロウペンシルやアイブロウブラシ）を動かすべき方向、角度を矢印で提示するものである。本研究ではこのシステムを実装するとともに、矢印のガイドによって左右対称の眉毛を描くことができるのかについて、ガイドなし、既存手法である囲いガイドと比較して検証を行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 顔の対称性と魅力

左右対称な顔が魅力的であるかについて多くの議論がなされている。Rhodes[7]は、男女の顔の対称性を操作した画像を比較し、より魅力的な顔を選択する実験を行っている。その結果、顔の対称性は魅力を判断するうえで重要な指標であり、対称性が高いほど魅力的に見えることを明らかにしている。また、Rhodesら[8]は顔の対称性に加え、平均性と性的二形性も男性と女性の両方の顔における魅力に影響を与えることを示している。さらにFinkら[9]は、顔の対称性は健康的であると判断され、魅力を高めることや、人々は顔の対称性を特定の性格特性を判断する手がかりとしていることを示唆している。

一方Kleisnerら[10]は、顔の魅力は独自性と負の相関があり、女性らしさと正の相関があるものの、顔の対称性は顔の魅力に影響を及ぼさないことを明らかとしている。またZaidelら[11]は、自然な顔とコンピュータによって左右対称に整えられた顔の魅力度を比較した結果、完全に対称な顔は自然な顔よりも魅力が低く評価される傾向があることを明らかとし、魅力は微妙な非対称性に依存している可能性を示している。

このように左右対称な顔が魅力的であると結論付けた研究とそうでないと結論付けた研究が存在する。一方で眉毛の化粧においては、化粧に関する書籍[5][6]やYouTubeな

どのプラットフォームに公開されたチュートリアル動画で対称に描くためのアドバイスが紹介されているように、一般的に左右対称に眉毛を描くことが推奨されている。そのため、本研究では矢印で手を動かすべき方向や角度を提示し、左右対称に眉毛を描くことを支援する。

### 2.2 眉毛が与える印象への影響

眉毛が印象に与える影響について調査を行った研究は様々存在する。加藤ら[12]は、目と眉毛の距離によって顔の印象がどのように変化するか調べるため、女子大学生の顔画像41枚を組み合わせて平均顔を作成し、その画像の目と眉毛の距離を変化させ評価させている。その結果、目と眉の距離が短い顔は「積極的な」「力強い」「動的な」印象が強まり、目と眉の間隔を広げた画像は「都会的な」「大人っぽい」「色気のある」印象が弱まること示されている。Feserら[13]は、眉毛の形の好みは年齢によって異なることを示している。実験では、12歳から85歳の実験協力者357人に眉のバリエーションを変化させた女性の肖像画についてランク付けを行ってもらった。その結果、30歳以下の若い実験協力者は眉毛の位置が低いことを好み、アーチ型の眉毛は好まない一方で、50歳以上の実験協力者は対照的な好みを示すなど、その年代のトレンドを反映している可能性があることを明らかにしている。Salamone[14]は、眉毛の濃さや太さが顔の魅力の知覚に与える影響の調査を行っている。その結果、全体として自然な眉毛が最も好まれたが、若年層では濃い眉、高齢層では太い眉毛がより魅力的と評価される傾向があることを明らかにしている。また、眉毛の特性による魅力の知覚は性別や年齢によって異なっており、これらの傾向はその年代のトレンドを反映している可能性が高いことを示している。Zengら[15]は、アジア人と白人女性における眉毛の位置、形状、および頂点位置の美的嗜好について調査を行っている。その結果、一般的に適度にカーブした眉毛が好まれる一方で、眉毛の美的嗜好は民族的背景と性別の両方に影響される可能性があることを明らかにしている。

これらの研究より、眉毛は印象形成において重要な役割を担っているほか、眉毛の高さや形などの好みは個人に影響される可能性が高いことが明らかになっている。そのため、個人の好みやなりたい印象に合わせて眉毛に化粧を施すことを支援する必要がある。本研究はユーザの描いた利き手側の眉毛に合わせて非利き手側の眉毛を描くことを支援するものであり、個人の好みやトレンドに柔軟に対応することができる。

### 2.3 化粧の支援システム

満足のいく化粧を施すためにリアルタイムで支援を行うシステムを提案している研究も多く存在する。Iwabuchi

ら [16] は、化粧を楽しみながら満足のいく仕上がりになるような電子的な鏡台を提案している。例えば、自動ズーム機能によって細かい作業を必要とするときに自然な体勢のまま化粧を施すことができる。またリバーサルミラーを活用することや照明を変更することにより、普段とは違った見方を体験することが可能である。吉川ら [17] は、ファンデーションを塗布する圧力の調整が難しい問題に対して、リアルタイムでパフが肌に及ぼす力を可視化する手法を提案している。Kajita ら [18] は、ファンデーション塗布時に塗りムラがでやすいことに着目し、化粧時にリアルタイムでファンデーション塗布状態を可視化する手法を提案している。

Wang ら [19] は、自身の目にあったスタイルのアイラインを引けるように支援するため、アイラインを引くべき箇所をディスプレイに表示させるインタラクティブシステムを提案しており、このシステムがアイラインを引くスキルを向上させるのに役立つことが確認されている。Xiong ら [20] は、中国オペラのアイメイクを施すべき箇所を AR で映し出す手法を提案している。提案手法はビデオチュートリアルに比べ、少ない学習時間で高品質のアイメイクを実現できることを明らかにしている。また Xiong ら [21] は、舞台化粧を完全に落とすことが難しいことにも着目し、メイク残りを可視化するシステムである EyeVis も提案している。このシステムによって、ユーザーのメイク落としに対する意識を高めることを明らかにしている。宇於崎ら [22] は理想の眉毛の形をトレースする手法を提案しており、眉毛の形をかたどったシールを顔に貼りその中を塗りつぶす実験を行っている。実験の結果、トレースを用いた化粧は化粧眉の位置決定において有効であることを明らかにしている。

このように化粧最中における研究は様々あるが、眉毛を描く際の支援を行っている研究は少ない。また、手の動きが難しいことに着目し、それを直接支援する研究も少なく、その技術を習得するのは依然として容易ではない。本研究では非利き手側の眉毛を描く際の手の動きのガイドを提示することで化粧を支援する手法を提案している。

### 3. 提案システム

#### 3.1 システム概要

本研究では、非利き手側の眉毛を描く動作が難しいことに着目し、手の動きをガイドする手法を提案する。具体的には利き手側の眉毛を描いた後、顔のランドマークを検出し、化粧済みの眉毛を抽出する。次に抽出した眉毛を左右反転したものを非利き手側の理想形とし、その領域内にアイテムの先端が入ったとき、鏡を模したディスプレイ上に、アイテムを動かすべき方向と角度を示した矢印ガイドをリアルタイムに提示する。

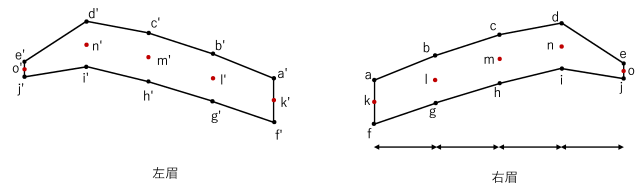


図 2: 特徴点

#### 3.2 システム必要条件

3.1 節のシステムを実現するための必要条件を示す。まず、化粧済みの利き手側の眉毛と左右対称に非利き手側の眉毛を描くには、化粧済みの利き手側の眉毛を検出する必要がある。そこで、3.3 節で後述するように、顔のランドマークから眉毛部分を抽出し、特徴点を算出する方法で実現する。また、リアルタイムで動きをガイドするには使用アイテムの先端の位置を検出する必要がある。ここで、アイテムの先端の色を検出する方法が考えられるが、眉毛を描いた部分とアイテムの先端の色が同色である場合が多く、アイテムの先端を検出するのは困難である。そのため、本システムではアイテムの先端周辺に黄色のビニールテープを巻き付け、HSV カラー空間を利用して色を検出する手法を採用する。

#### 3.3 アルゴリズム

利き手が右手の場合におけるシステムの特徴点反転アルゴリズムについて説明する。まずカメラで取得した映像から顔のランドマークを抽出し、そのランドマークを基準に右側の眉毛部分の画像を切り取る。次に切り取った眉毛部分の画像に対して適応的 2 値化をし、その結果から図 2 に示す点 a~o を決定する。各点の決定方法は以下の通りである。

- (1) 2 値化画像において黒画素の x 座標の最小値と最大値を求め、それぞれに対応する y 座標の最小値と最大値を点 a, e, f, j と定義する。
- (2) 点 a と点 e の座標を 4 等分する 3 つの中間 x 座標を計算し、それらに対応する y 座標の最小値と最大値を点 b~d, g~i として定義する。最後に、x 座標が一致する 2 点の y 座標の中間点である点 k, l, m, n, o を求める。

算出した特徴点それぞれにおいて、最も近い 4 点の顔のランドマークからの相対距離を計算し、それらのランドマークと対応する左側のランドマークと求めた相対距離を用いて、特徴点を反転させる。

次に矢印描画アルゴリズムについて説明する。

- (1) アイテムの先端に巻きつけられた黄色のビニールテープを HSV 色空間で検出する。
- (2) 黄色の範囲に対して輪郭を検出し、面積が最大のものについて、その最小外接円の中心をアイテムの先端とする。



図 3: システム利用の様子

- (3) 検出したアイテムの先が反転させた眉毛の範囲内に存在するか判定する。
- (4) 眉毛内 (a'~i') にアイテムの先端が存在していた場合、その点から中間点 (k'~o') のうち最も近い 2 点を求める。
- (5) その 2 点同士を結ぶ直線と等しい傾きを持った 30px の長さの緑色の矢印をアイテムの先端を始点として描画する。例えば、図 2 に示す四角形 (点 a', b', f', g' を頂点とする領域) 内にアイテムの先端が存在する場合、点 k' と点 l' を結ぶ直線の傾きの矢印をアイテムの先端を始点として描画する。

### 3.4 実装

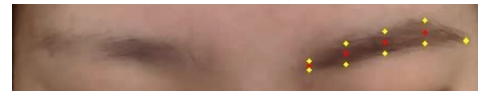
3.3 節のアルゴリズムのシステムを Python を用いて実装した。画像処理、顔のランドマーク抽出にはそれぞれ Python のライブラリである OpenCV[23], MediaPipe[24] を利用した。また、カメラは Logicool の BRIO500 を使用し、解像度は 1920 × 1080、フレームレートは 30fps であった。カメラで撮影した映像は、27 インチのディスプレイに表示される。システムを利用している様子を図 3 に示す。

### 3.5 利用方法

ユーザはまず通常通り利き手側の眉毛に化粧を施し、その後システムを使用する。システムでは、まずユーザの利き手側の眉毛の上に抽出された特徴点が表示される (図 4 (a)) ため、ユーザは理想とする眉毛の特徴点が得られるまで特徴点の抽出を繰り返し行う。満足のいく特徴点になったら、表示されている特徴点を非表示にし、ガイドに従いながら非利き手側の眉毛を描く (図 4 (b))。

## 4. 実験

前章で実装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う。

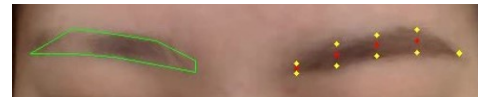


(a) 特徴点描画

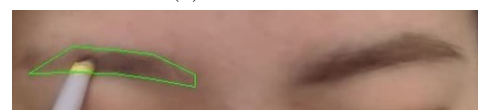


(b) 矢印ガイド描画

図 4: 矢印ガイドの流れ



(a) 特徴点描画



(b) 囲いガイド描画

図 5: 囲いガイドの流れ

### 4.1 比較手法

眉毛の化粧支援手法として利用されている眉毛テンプレートや既存の眉毛トレース手法 [22] を参考に、比較手法の囲いガイド条件を設定した。具体的にはまず、矢印ガイドと同じように化粧を施した利き手側の眉毛を抽出し、その特徴点を算出、反転させる (図 5(a))。次に、反転した特徴点において、隣り合う点同士を 1px の緑色の線で結んで眉毛を描くべき箇所を示す (図 5(b))。ユーザはこの枠内に塗りつぶすように、眉毛を描くことができる。

### 4.2 実験デザイン

本実験では、矢印ガイドの有用性を検証するため、以下に示す 3 つの条件で眉毛を描くタスクをそれぞれ 3 回ずつ行う。条件の実施順序による影響を排除するため、実施する条件の順番は各実験協力者にランダムに割り当てる。

- ベースライン条件：ディスプレイを鏡として使用し、ガイドなしの状態でも眉毛を描く条件
- 矢印ガイド条件：アイテムを動かすべき方向、角度を示した矢印のガイドに従い眉毛を描く条件
- 囲いガイド条件：化粧を施すべき箇所を線で囲ったガイドに従い眉毛を描く条件

眉毛を描くためのアイテムとして、図 6 に示すなぎなた芯の ORBIS のペンシルアイブロー N02 を用意した。

### 4.3 実験手順

実験開始に先立ち、なぎなた芯のアイブローペンシルに慣れてもらうため、鏡を見ながら両眉を描く練習を 1 度行う。その後、利き手と反対側の眉毛のみの化粧を落とし



図 6: 繰り出し式のなぎなた芯のアイブロウペンシル

てもらい、以降の手順では非利き手側の眉毛のみを描く。また、眉毛を描く前にはその都度化粧のりをよくするためルースパウダーを眉毛に塗布するよう指示する。

その後指定の手順で行い、各条件ごとに休憩を5分程度挟み、作業負担を軽減する。また、自身が描いた眉毛について後日比較評価をしてもらうため、眉毛を描き終えたらその都度、正面の顔画像を保存する。矢印ガイド条件および囲いガイド条件において、3回のタスク終了後にはガイドの使いやすさや満足度を評価するために SUS (System Usability Scale) [25] アンケートに回答してもらう。

実験終了から1日以上開けて、実験協力者が描いた9つの眉毛について、2つの眉毛のペアをランダムに提示し、より左右対称であると感じた眉毛を選択するタスクを行う。ここでは、眉毛を描き終えたタイミングで取得したカメラ画像から眉毛部分のみを切り取った写真を提示する。

## 5. 結果

実験協力者は女子大学生・大学院生12名で、右利き11名、左利き1名であった。

### 5.1 眉毛の左右対称性の評価

3つの条件でそれぞれ3回ずつ描いた9つの眉毛に対して、実験協力者の左右対称性に基づく相対評価に加え、著者2名も同様の基準で実験協力者の眉毛を評価した。これらの評価結果をもとに、眉毛をノード、選好関係をエッジとするネットワークを構築し、ページランクを算出した。ネットワークのエッジには評価者1人につき1の重みが付与されており、より多くの評価者から選択された眉毛が高い値のページランクを持つように調整した。表1は各条件のページランクの平均値を示している。なお自己評価は実験協力者が行った評価、他者評価は著者2名が行った評価をもとにして算出しており、自己評価+他者評価は、すべての評価者の評価結果を統合して算出した。ここで、実験協力者はベースライン条件と比較して、矢印ガイドと囲いガイドを使い慣れていないため、これらの条件において相対評価で選ばれた回数が低いものを除外し、平均を求めた。なお、選ばれた回数と同じものが複数ある場合は、その中でページランクが最も低いものを1つ除外した。その結果、自己評価、他者評価ともに矢印ガイドが他の条件を上回る評価を得た。一方、囲いガイドの評価は最も低かった。

次に、眉毛の化粧への慣れが眉毛の左右対称性に影響を与える可能性があるため、眉毛の化粧頻度の高さごとに

表 1: 各条件のページランクの平均値

|          | 自己評価  | 他者評価  | 自己評価+他者評価 |
|----------|-------|-------|-----------|
| ベースライン条件 | 0.121 | 0.128 | 0.122     |
| 矢印ガイド条件  | 0.142 | 0.143 | 0.136     |
| 囲いガイド条件  | 0.110 | 0.091 | 0.098     |

表 2: 眉毛の化粧頻度が高いグループの平均ページランク

|          | 自己評価  | 他者評価  | 自己評価+他者評価 |
|----------|-------|-------|-----------|
| ベースライン条件 | 0.114 | 0.123 | 0.120     |
| 矢印ガイド条件  | 0.141 | 0.145 | 0.134     |
| 囲いガイド条件  | 0.110 | 0.102 | 0.106     |

表 3: 眉毛の化粧頻度が低いグループの平均ページランク

|          | 自己評価  | 他者評価  | 自己評価+他者評価 |
|----------|-------|-------|-----------|
| ベースライン条件 | 0.123 | 0.135 | 0.124     |
| 矢印ガイド条件  | 0.134 | 0.149 | 0.142     |
| 囲いガイド条件  | 0.100 | 0.075 | 0.088     |

表 4: なぎなた芯アイブロウペンシルを使いやすいと評価したグループの平均ページランク

|          | 自己評価  | 他者評価  | 自己評価+他者評価 |
|----------|-------|-------|-----------|
| ベースライン条件 | 0.121 | 0.124 | 0.118     |
| 矢印ガイド条件  | 0.150 | 0.152 | 0.140     |
| 囲いガイド条件  | 0.109 | 0.086 | 0.098     |

表 5: なぎなた芯アイブロウペンシルを使いにくいと評価したグループの平均ページランク

|          | 自己評価  | 他者評価  | 自己評価+他者評価 |
|----------|-------|-------|-----------|
| ベースライン条件 | 0.122 | 0.133 | 0.128     |
| 矢印ガイド条件  | 0.139 | 0.136 | 0.128     |
| 囲いガイド条件  | 0.116 | 0.103 | 0.098     |

ページランクを算出した。週5日以上眉毛に化粧を施す7名を眉毛の化粧頻度が高いグループ、週4日以下の5名を眉毛の化粧頻度が低いグループとしている。結果を表2および表3に示す。どちらのグループにおいても、自己評価および他者評価で矢印ガイドが最も高い評価を得ているが、眉毛の化粧頻度が高いグループでは、矢印ガイド条件とベースライン条件の差が大きい、眉毛の化粧頻度が低いグループではその差が小さい。

さらに、実験で用いたなぎなた芯のアイブロウペンシルの使いやすさとページランクの関係を表4および表5に示す。ペンシルの使いやすさを5段階(1:非常に使いにくい~5:とても使いやすい)で評価してもらい、4または5と回答した実験協力者7名を使いやすいと評価したグループ、1~3のいずれかを回答した実験協力者5名を使いにくいと評価したグループとした。表4より、使いやすいと評価したグループでは矢印ガイドが最も高く評価され、化粧頻度が高いグループよりも他の条件との差が顕著であるこ

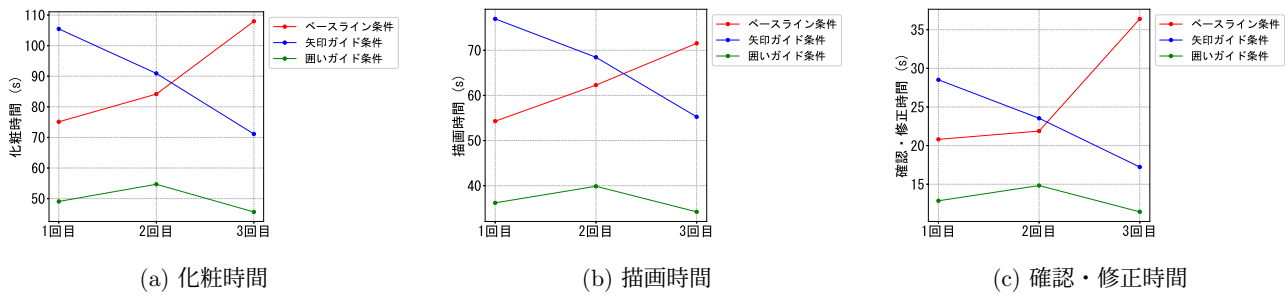


図 7: 1つのタスクにかかる平均時間

とが分かる。一方で、使いにくいグループでは矢印ガイドが高く評価されたものの、ベースライン条件との評価差は小さいことが分かる。

## 5.2 システム評価

SUS アンケートにて、矢印ガイドシステムと囲いガイドシステムについて評価を行った。その結果、矢印ガイドシステムのスコアは 73.96、囲いガイドシステムは 70.00 であり、いずれのシステムも比較的高い評価を得た。

## 5.3 時間効率

1つのタスクにかかった時間を図7に示す。化粧時間(図7(a))は、アイブロウペンの先端が眉毛内に最初に入った時点から最後に存在した時点までの時間を指す。さらに、アイブロウペンの先端が眉毛内に存在していた時間を描画時間(図7(b))とし、眉毛内から外れていた時間を確認・修正時間(図7(c))としている。ここで、アイブロウペンを顔に対して垂直に近い角度で使用していたため、ペン先の検出が困難であった2名の実験協力者のデータは分析から除外した。図7の結果より、囲いガイド条件では、タスク全体の時間が他の条件と比較して最も短いことが分かる。また、矢印ガイド条件は1回目において時間がかかっていたものの、回数を重ねるごとに化粧時間が短縮されている。一方、ベースライン条件では、化粧時間が全体を通して長く、回数を重ねるごとにさらに長くなる傾向があることが家訓された。特に、3回目は1回目、2回目と比較して確認・修正時間が長くなっている。

## 6. 考察

### 6.1 慣れと評価の関係

表2および表3に示すように、眉毛の化粧頻度にかかわらず矢印ガイドが最も高く評価されていたが、眉毛の化粧頻度が高いグループの方が他の条件との差が大きかった。

また、表4に示すように、なぎなた芯のアイブロウペンシルを使いやすいと評価したグループでも、矢印ガイド条件が最も高く評価されており、他のガイドとの差が特に大きい。使いやすいと評価した人はこのペンシルの使用に慣

れており、ペンの操作が容易で、矢印ガイドに正確に沿って描くことができたと考えられる。

一方で、表5に示すように、使いにくいと評価したグループでは、矢印ガイドが最も高く評価されていたものの、ベースライン条件との差は大きくなかった。これは、使いにくいと評価した人はなぎなた芯のアイブロウペンシルの使用に慣れておらず、ペンシルの操作が困難であったため、矢印ガイドの効果を十分に発揮できなかったと考えられる。

以上のことから矢印ガイドは左右対称に眉毛を描くことに有効であり、特に眉毛を描くことや使用アイテムの操作に慣れている人にとって有効である可能性が示唆された。

### 6.2 化粧行動の変化

図7に示すように、ベースライン条件では、化粧時間が全体的に長く、回数を重ねるにつれてさらに長くなる傾向が見られた。特に3回目では確認・修正時間がより増加しており、疲労や集中力の低下により、ミスが増加した可能性がある。また、ベースライン条件では、左右のバランスをとるため利き手側の眉毛を何度も確認する必要があることから、確認・修正時間が長くなったと考えられる。

矢印ガイドでは1回目において、使用に慣れていないため時間がかかっているものの、回数を重ねるにつれて描画時間や確認・修正時間が短縮されている。このことから、ガイド提示手法やユーザの習熟度が向上することによって、今後さらなる化粧時間の短縮が期待できる。

囲いガイドは他の条件と比較して、描画時間および確認・修正時間が他の条件より短い結果となった。これは、描くべき範囲が明確で、ユーザが迷うことなく描画できていたためであると考えられる。また、左右のバランスを逐一確認する必要がなかったため、化粧時間が短縮したと考えられる。

実験後のアンケートでは、「ガイドがあったときは反対側の眉はあまり見なかった」「眉毛を見ながら調節していたが、矢印ガイドを使うときは反対の眉毛をそこまで気にしなかった」という意見が得られ、ガイドによって確認作業の負担が軽減されたことが明らかになった。

これらの結果から、ガイドを利用することで化粧時間の

短縮や修正回数の減少が確認され、特に矢印ガイドは使い慣れることでその効果が向上する可能性が示唆された。

### 6.3 矢印ガイド

矢印ガイドの SUS スコアは 73.96 と比較的高い値であった。ガイド使用後アンケートでは、「角度が切り替わるタイミングがわかりやすかった」や「どのあたりから眉尻を下げていけばよいか分かりやすい」といった意見が得られた。このことから、矢印ガイドによって描画方向が明確になり、特に眉尻のような角度が切り替わる部分に関して効果的に働いていたと考えられる。また、囲いガイドに比べて現状が把握しやすく、左右対称性の向上に寄与したと考えられる。

一方、アンケートでは改善すべき点がいくつか挙げられた。これらの意見をもとに、以下に具体的な改善点を示す。本システムでは、アイテムの先端に貼付した黄色のテープを検出し、それが眉毛の範囲内にある場合に矢印を表示するアルゴリズムを採用している。しかし、システム利用後のアンケートでは、「矢印が表示されない場面があった」という指摘が複数の実験協力者から得られた。この原因について、次の 3 つが考えられる。

1 つ目の原因は背景の色の干渉である。本システムでは HSV 空間に基づく色の閾値を設定し、アイテムの先端に巻き付けた黄色を検出しているが、背景にも同じ色が存在する場合、アイテムの先端よりも背景の色が優先的に検出されてしまう問題があった。この問題を解決するために、眉毛領域を拡大し、その部分に限定して色を検出する方法が有効であると考えられる。

2 つ目の原因は眉毛の範囲の狭さである。特に眉尻は眉頭と比べ細いうえ、本システムでは取得している特徴点が 10 点のみのため、眉尻の面積が小さくなりやすくなっていた。そのため、アイテムの先端が眉毛の範囲内に無いと判断され、矢印が描画されない問題が発生したと考えられる。また、眉毛自体が極端に細い実験協力者の場合、眉毛全体の面積が狭くなり、矢印の描画範囲は小さくなるため、矢印が表示されにくくなる。この問題には、取得する特徴点を増やし、眉尻部分の面積を大きくすることが有効であると考えられる。

3 つ目の原因として自分の眉毛の位置を誤認識していることである。本システムでは反転後の特徴点を表示していないため、ユーザは最終的な描画の完成像を把握できない。これにより、ユーザが描くべきだと考えている位置と、システムが描くべきとしている位置が異なる場合、ユーザは誤った位置にペンを置き、矢印が表示されない可能性がある。この問題に対して、最初に囲いガイドや特徴点を描画することで、完成像を把握してもらうことが有効であると考えられる。実際にアンケートで矢印の不便だと思ふ点に

ついて「完成したらどんな形になるのかわからない状態でメイクする必要があった」という意見が得られたように、矢印ガイドでも最終的なゴールを最初に示すことが必要である。

また、矢印自体の改善点も挙げられた。現在の矢印ガイドは一律 30px の長さで提示していたが、アンケートでは、「矢印の長さを伸ばしてほしい」「矢印で引く長さまでわかるともっと分かりやすくなりそう」といった意見があった。これに対応するため、アイテムの先端の位置に応じて矢印の長さを動的に調節する機能を追加することを検討する。これによって、ユーザがどこまで書けばよいか分かりやすくなる考えている。

### 6.4 囲いガイド

囲いガイドの SUS スコアは矢印ガイドに少し劣るが、70.00 と比較的高い値であった。ガイド利用後のアンケートにおいて、改善して欲しい点として、「緑の線で自分の書いている部分がわかりづらかった。また、眉毛と地肌の境目がどうなっているのか確認できず、結果的に薄くなってしまった気がする」といった意見が得られたように、囲いガイドには眉毛の輪郭がさえぎられて現状を確認することができないという欠点があることが明らかとなった。そのため、囲いガイドを用いて描いた眉毛は他の条件と比較し、劣ってしまったと考えられる。しかし、同アンケートにて囲いガイドの良かった点を挙げてもらったところ「眉毛の概観がわかるので、完成像をイメージしながら描きやすかった。」という意見が得られたように最終的なゴールが分かりやすく、囲いガイドはどこに描けばよいか直感的に分かりやすいという利点がある。そのため、宇崎ら [22] が示したように、位置決定に囲いガイドを表示するのは効果的である可能性がある。

## 7. おわりに

本研究では、非利き手側の眉毛を利き手で描く動作が難しいため、左右対称の眉毛を描くことが困難である点に着目した。この問題を解決するため、非利き手側の眉毛を描く際に手の動きを矢印でガイドする手法を提案し、システムの実装を行った。また、矢印ガイドを提示することによって眉毛の左右対称性が向上するか検証するために、ガイドなしのベースライン条件、既存手法である囲いガイド条件と比較した。

実験の結果、矢印ガイド条件で描いた眉毛が最も左右対称であると評価され、特に眉毛の化粧頻度が高い人や、本実験で使用したアイテムに慣れている人が矢印ガイドを用いて描いた眉毛がより高く評価されていた。このことから、化粧経験が豊富な人にとって効果的な支援方法である可能性が示唆された。また、ガイドを使用することにより、確

認・修正時間を短縮できることが明らかとなった。

しかし、アイテムの先端の検出や提示した矢印の長さの調整などガイドの提示に課題があることが明らかとなった。今後はそれらの問題を見直し、改善していく予定である。また、現在のシステムでは上から撮影された映像がディスプレイに表示されるが、アンケートでは「ディスプレイを見ながら描くことが難しかった」という意見が得られた。この原因として、普段使用してる鏡とは見え方が異なることが考えられる。この問題を解決するために、スマートミラーを活用して、より使いやすいシステムの構築を検討する。

## 参考文献

- [1] Zebrowitz, L.: *Reading faces: Window to the soul?*, Routledge (2018).
- [2] Willis, J. and Todorov, A.: First impressions: Making up your mind after a 100-ms exposure to a face, *Psychological science*, Vol. 17, No. 7, pp. 592–598 (2006).
- [3] Aguinaldo, E. R. and Peissig, J. J.: Who's behind the makeup? The effects of varying levels of cosmetics application on perceptions of facial attractiveness, competence, and sociosexuality, *Frontiers in Psychology*, Vol. 12, p. 661006 (2021).
- [4] Batres, C. and Robinson, H.: Makeup increases attractiveness in male faces, *Plos one*, Vol. 17, No. 11, p. e0275662 (2022).
- [5] あやんぬ: メイクでもっときれいになれる最新美容大全 似合わせ力を磨く100のレッスン, "株式会社KADOKAWA" (2021).
- [6] かじえり: メイクやパーツへの悩みが一気に解決! 知りたいこと全部知ってかわくなる メイクの教科書, "株式会社KADOKAWA" (2022).
- [7] Rhodes, G., Proffitt, F., Grady, J. M. and Sumich, A.: Facial symmetry and the perception of beauty, *Psychonomic Bulletin & Review*, Vol. 5, pp. 659–669 (1998).
- [8] Rhodes, G.: The evolutionary psychology of facial beauty, *Annu. Rev. Psychol.*, Vol. 57, No. 1, pp. 199–226 (2006).
- [9] Fink, B., Neave, N., Manning, J. T. and Grammer, K.: Facial symmetry and judgements of attractiveness, health and personality, *Personality and Individual Differences*, Vol. 41, No. 3, pp. 491–499 (2006).
- [10] Kleisner, K., Tureček, P., Saribay, S. A., Pavlovič, O., Leongómez, J. D., Roberts, S. C., Havlíček, J., Valentova, J. V., Apostol, S., Akoko, R. M. et al.: Distinctiveness and femininity, rather than symmetry and masculinity, affect facial attractiveness across the world, *Evolution and Human Behavior*, Vol. 45, No. 1, pp. 82–90 (2024).
- [11] Zaidel, D. W. and Deblieck, C.: Attractiveness of natural faces compared to computer constructed perfectly symmetrical faces, *Int Neurosci*, Vol. 117, No. 4, pp. 423–431 (2007).
- [12] 加藤徹也, 青木滉一郎, 菅原徹, 村上智加, 宮崎正己: 目と眉の間隔の違いが顔の印象に及ぼす影響, 日本感性工学会論文誌, Vol. 14, No. 3, pp. 419–424 (2015).
- [13] Feser, D. K., Gründl, M., Eisenmann-Klein, M. and Prantl, L.: Attractiveness of eyebrow position and shape in females depends on the age of the beholder, *Aesthetic Plastic Surgery*, Vol. 31, pp. 154–160 (2007).
- [14] Salamone, R.: Beauty is in the Eye(brow) of the Beholder: Perceived Attractiveness Related to Eyebrow Characteristics (2022).
- [15] Zeng, R., Moellhoff, N., Cotofana, S., Giunta, R., Wiggerhauser, S., Glaue, E., Yi, K. H., Philipp-Dormston, W. G., Merkel, C. and Frank, K.: A Gaze into the Eyebrow Standards of Asian Versus Caucasian Women, *Aesthetic Plastic Surgery*, Vol. Advance online publication (online), available from <<https://doi.org/10.1007/s00266-024-04240-6>> (2024).
- [16] Iwabuchi, E., Nakagawa, M. and Siio, I.: Smart makeup mirror: Computer-augmented mirror to aid makeup application, *Human-Computer Interaction. Interacting in Various Application Domains: 13th International Conference, HCI International 2009, Proceedings, Part IV 13*, Springer, pp. 495–503 (2009).
- [17] 吉川理帆, 大西鮎美, 寺田努, 塚本昌彦: 化粧道具にかかる圧力から肌への圧力を間接推定することによる化粧支援システム, 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, No. 7, pp. 1–7 (2022).
- [18] Kajita, M., Nakamura, S. and Itoh, T.: Research on how to present images showing uneven foundation application that do not cause unfavorable impressions to the viewer, *Proceedings of the 34th Australian Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 67–73 (2022).
- [19] Wang, H., Xie, H. and Miyata, K.: ILoveEye: Eyeliner Makeup Guidance System with Eye Shape Features, pp. 238–254 (2022).
- [20] Xiong, Z., Fu, S. and Fan, M.: OperARTistry: An AR-based Interactive Application to Assist the Learning of Chinese Traditional Opera (Xiqu) Makeup, *Proceedings of the Eleventh International Symposium of Chinese CHI*, pp. 158–168 (2023).
- [21] Xiong, Z., Fu, S., Zhu, Y., Zhu, C., Ma, X. and Fan, M.: "It is hard to remove from my eye": Design Makeup Residue Visualization System for Chinese Traditional Opera (Xiqu) Performers, *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–16 (2024).
- [22] 宇崎月香, 東孝文: トレースによる眉メイクの上達支援に関する研究, インタラクション2023 論文集, Vol. 2P-60, pp. 726–729 (2023).
- [23] Bradski, G. and Kaehler, A.: *Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library*, "O'Reilly Media, Inc." (2008).
- [24] Lugaresi, C., Tang, J., Nash, H., McClanahan, C., Uboweja, E., Hays, M., Zhang, F., Chang, C. L., Yong, M. G., Lee, J. et al.: Mediapipe: A framework for building perception pipelines, *arXiv preprint arXiv:1906.08172* (2019).
- [25] Brooke, J.: SUS: A quick and dirty usability scale, *Usability Evaluation in Industry* (1996).