

iMake: 派手なアイメイクデザインを モチーフから作成するシステムの提案と評価

西村綾乃¹⁾(非会員) 上村卓也²⁾(非会員) 伊藤貴之¹⁾(正会員) 椎尾一郎¹⁾(非会員)

1) お茶の水女子大学 2) NTT コミュニケーション科学基礎研究所

iMake: implementation and evaluation of a system to create fancy eye makeup designs from motifs

Ayano Nishimura¹⁾ Takuya Koumura²⁾ Takayuki Itoh¹⁾
Itiro Siio¹⁾

1) Ochanomizu University

2) NTT Communication Science Laboratories

{nishimura.ayano, itot}@is.ocha.ac.jp

概要

アイメイクには通常の化粧方法の他に、キャラクターをモチーフにした派手なアイメイク、いわゆるアイメイクアートが存在する。しかしながら、自分で派手なアイメイクアートを施す際には、メイクの技量によって仕上がりに個人差が生まれること、使用できる色が所持している化粧品によって制限されること、そしてモチーフからデザインを考案する技量に個人差があることの3つの課題が存在する。それらの課題を解決するために、モチーフからアイメイクアートのデザインを作り出すシステム“iMake”を提案、実装した。本システムは、ユーザが選択したモチーフから色や特徴を抽出し、アイメイクアートのデザインに反映する。さらに、出来上がったデザインを転写シールに印刷することで、システム上で生成したデザインをそのまま顔に貼り付けて使用することが可能である。本論文では、提案手法によって作成されたアイメイクアートのデザイン要素について、35名に対してアンケートを実施し評価を行った。さらに、被験者8名に対し、iMakeを用いたアイメイクアートと従来の化粧法でのアイメイクアートを実施してもらい、アイメイクアートを施す際の課題が解決できているかについて評価および考察を行った。

Abstract

In addition to the usual eye makeup methods, fancy eye makeup called eye makeup art incorporates motifs like anime characters. However, three problems arise when applying fancy eye makeup art by oneself: the result varies depending on one's skill; the colors can be used are limited by the cosmetics that one owns; and individual differences exist in the skill of devising a design from a motif. We proposed and implemented a system called “iMake” for creating eye makeup art designs from motif images to solve these problems. This system extracts colors and features from motif images selected by the user and reflects them in eye makeup art designs. Furthermore, the eye makeup art design created on iMake can be directly applied to the face by printing on a temporary tattoo sticker. In this paper, we evaluated the design elements of eye makeup art created by the proposed method by conducting a survey to thirty-five people. In addition, we invited eight participants to perform eye makeup art using both iMake and conventional makeup methods, and evaluated and discussed whether the problems in applying eye makeup art have been solved through the use of iMake.

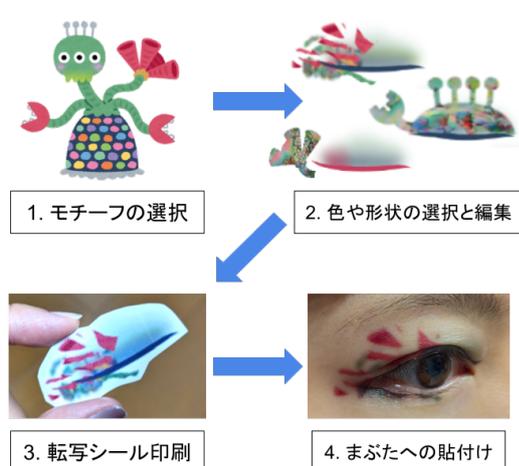


図1 iMake を用いて転写シールで化粧をした例

1 はじめに

アニメやゲームのキャラクターから、特徴となる色や形状をグッズや衣服のデザインに抽象的に反映し身につける文化が存在する。アイメイクの領域にも、通常の化粧とは異なる、特定のキャラクターをモチーフにして色や形状をデザインに取り入れる分野がある [1][2]。本論文では、これをアイメイクアートと呼ぶ。

通常の化粧の場合、ピンクや茶色などの色を使うことが多いが [3][4]、アイメイクアートでは、モチーフの色によっては赤や緑、紫など、通常の化粧ではあまり使わない色を用いる。さらに、モチーフの形状や模様を取り入れることで、アイメイクアートは通常の化粧と比較して派手なデザインになる。

本論文では、モチーフとなる画像から派手なアイメイクのデザインを生成し、転写シールに印刷することで、瞼に貼って実際に利用することができるシステム「iMake」を提案する。iMake で作成したデザインを転写シールに印刷し、実際にまぶたに貼り付けるまでの流れを図1に示す。ユーザーは PC のアプリケーション上でモチーフから自動で生成された色や形などを選択・編集して、アイメイクアートのデザインを作成する。その後、家庭用のインクジェットプリンタを用いて転写シールに印刷し、瞼に貼り付けることで、アプリケーション上でデザインしたアイメイクアートのデザインを実際に化粧として用いることができる。

なお、本論文は筆者らの先行研究 [5] の手法を改良し、新たに実装および実験を実施したものである。

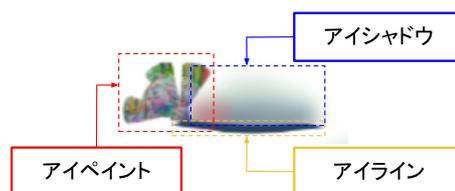


図2 アイメイクアートデザインの3つの要素

2 アイメイクアートの課題

アイメイクアートを自身の顔に施す際、いくつかの課題が存在する。通常の化粧と比べ、アイメイクアートのデザインには細かなグラデーションや複雑な模様が含まれるため、線が不揃いになりやすく想定した仕上がりにならない場合がある (課題1)。また、モチーフによっては、通常の化粧では使用しない色を使うため、アイメイクアートを施す際に必要なアイシャドウやアイライナーの色を持っていない可能性がある (課題2)。さらに、アイメイクアートのデザインを考える際には、モチーフに応じた色彩や形状の表現を反映した、独自性の高いデザインを創造する必要がある。このようなモチーフに基づくデザインの考え方は、個人差が大きく、得手不得手があると考えられる (課題3)。

各課題に対して、次のように解決を目指す。アプリケーション上で作成したデザインをそのまま転写シールに印刷することで、従来のメイク方法と比較して個人の技量に関係なく、仕上がりに対して一定の水準を担保し課題1を解決する。また、カラーインクジェットプリンタを利用することで、ユーザーが所持している化粧品の色に制限されることなくアイメイクアートの色彩の自由度を高め、課題2を解決する。さらに本システムでは、アイメイクアートのデザインを「アイシャドウ」「アイライン」「アイペイント」の3つの要素に分類した (図2)。アイシャドウ、アイラインはアイメイクの用語として一般に使われる単語である。これに加えて、本論文では図2に示すような、モチーフの特徴となる形状や模様を表すデザイン部位を「アイペイント」と定義した。アプリケーションがモチーフに応じて、アイシャドウ、アイライン、アイペイントそれぞれの要素の色彩や形状を提案することで、ユーザーのデザイン作成を補助し、課題3を解決する。

以上より、本論文では、モチーフからアイメイクアートのデザイン作成を補助するシステムを提案し、転写シールを用いたメイクアップと組み合わせることで、3

つの課題を解決を目指す。特に課題3においては、アイメイクアートの要素をアイシャドウ、アイライン、アイペイントの3つに分解し、それぞれデザインを提案することでユーザのデザイン作成を補助する。

3 関連研究

Rahman らの提案したスマートミラーシステムは、化粧品につけた RFID を読むことで、その製品を使って化粧した結果を、ユーザの顔画像にシミュレーションする [6]。また、中川らの提案したシステムは、ユーザが化粧をしたときの写真と使用した化粧品情報の記録を Web 上で他者と共有することで、化粧のバリエーション増加を支援するシステムである [7]。神武らは好みの顔画像とユーザの顔画像を入力し、好みの顔画像にユーザが近づくためのメイクアップシミュレーション画像と化粧品の候補を提示するシステムを提案している [8]。

“ChromoSkin” は電気制御や周囲の温度条件によって変化するサーモクロミック顔料で作られたアイシャドウタトゥーを用いて、インタラクティブに色を変化させる化粧を提案している [9]。

“COLOR MACHINE” [10] は、アイシャドウ、チーク、リップによるメイクのシミュレーション結果を高速カラープロジェクタを用いてユーザの顔に追従して投影する。

このように、化粧の技術向上やデザインのバリエーションを増やす研究は多数存在するが、本システムでは、画面上でシミュレーションしたデザインの結果を転写シールを用いて、そのまま化粧として使用できるようにすることを目的としている。

4 提案システム

本実装で用いるモチーフ画像は、中心部にキャラクターやアイコンなどが描かれた背景が存在しない png 形式の画像とする。モチーフ画像を入力すると、デザイン作成用のインターフェースとして図3が表示される。

インターフェースの左側 (図3-(a)) は、ユーザが作成しているアイメイクアートのデザインの全体像を表示するキャンバスである。インターフェースの右側 (図3-(b)) には、アイシャドウ、アイライン、アイペイントの3つのタブが表示され、タブを切り替えることで、それぞれの要素を編集することができる。

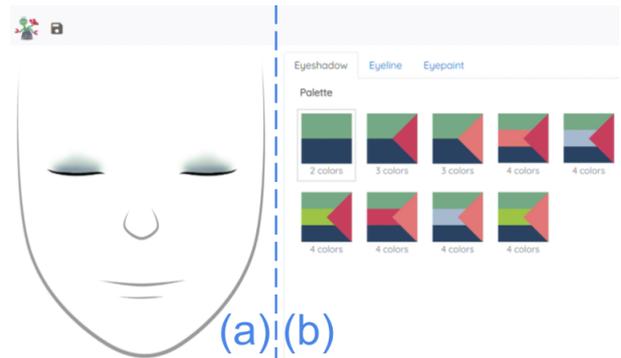


図3 システムインターフェース

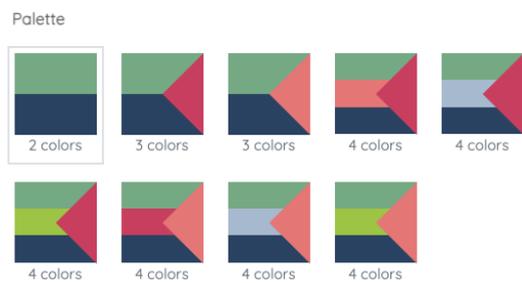


図4 アイシャドウのタブの内容

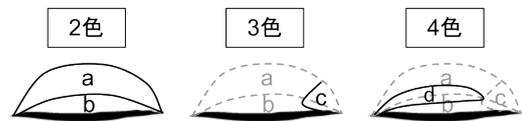


図5 パレットの色数とグラデーション形状

4.1 アイシャドウ

アイシャドウのタブには、モチーフ画像から自動で作成した2色、3色、4色から構成されるアイシャドウの色の組み合わせ候補が複数表示される (図4)。本論文では、この正方形で表された色の組み合わせ候補をパレットと呼ぶ。

図5にパレットの色数に対応するグラデーションの形状を示す。現在の実装では、アイシャドウは上瞼のみをターゲットとした。2色の場合、上下2色のグラデーションとし、上瞼の眼球と骨の間にあるくぼみ部分の領域を a、瞼の縁に近い領域を b とする。3色の場合、領域 a、領域 b に加えて目尻部分の領域 c に色を追加した3色のグラデーションとなる。4色の場合、領域 a、領域 b、領域 c に加えて、領域 a と領域 b に挟まれた領域 d に色を追加した4色のグラデーションとなる。今回の実装では、アイラインの色より薄くなるようアルファ値を

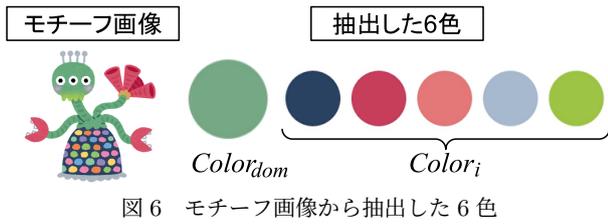


図6 モチーフ画像から抽出した6色

設定した領域 a, b, c, d の形状に合わせたテンプレート画像を事前に用意し、指定した色と合成することで、グラデーションを作成する。

領域 a, b, c, d にモチーフから抽出した色を適用するアルゴリズムについて説明する。まず、モチーフ画像をメディアンカット法を用いて6色に減色し、色を抽出する。減色によって取得した6色をRGB色空間からHSV色空間へと変換し、最も色面積が大きい色を支配色 $Color_{dom}$ とする。このとき、6色のうち、 $Color_{dom}$ 以外の5色を $Color_i (1 \leq i \leq 5)$ とする (図6)。

図5の領域 a は顔の上を覆う最も広い領域であるため、モチーフ画像に使われている最も色面積が大きい色である $Color_{dom}$ を選択するのが最適であると考えた。領域 a の色を A とし、 $A = Color_{dom}$ とする。

図5の領域 b は目の際に近い領域であり、領域 a よりも暗い色を使うのが一般的である。 $Color_i$ の明度を V_i とし、 A の明度を V_A としたとき、 $V_i < V_A$ となるすべての $Color_i$ を領域 b の色の候補とする。このとき選択された領域 b の色を B とする。

図5の領域 c は領域 a, b を引き立たせるための色として反対色に近い色を選択する。 A, B の組み合わせに対する領域 c の色を C とし、候補を $Color_i$ から選択するとき、 A の色相を H_A とし、 B の色相を H_B とする。

$$H_{med} = \frac{(H_A + H_B)}{2} \quad (1)$$

として、 A, B の組み合わせに対する色相の中間点を求める。 $Color_i$ の色相を H_i とし、

$$H_{med} + \frac{2\pi}{3} < H_i < H_{med} + \frac{4\pi}{3} \quad (2)$$

の範囲に含まれる色相を持つ $Color_i$ を C の候補とする。 C として選択し得る候補が存在しない場合、領域 c は色を持たず3色のアイシャドウは生成されない。

図5の領域 d は領域 a, b の上に重ねるハイライトとして色を選択するため、支配色よりも十分に明度が高



図7 アイラインのタブの内容

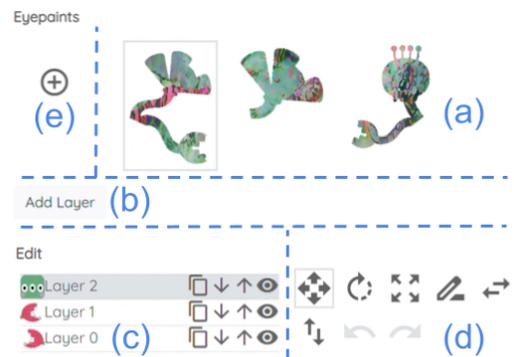


図8 アイペイントのタブの内容

い色を配置する。また、領域 c と領域 d が同じ色になることを避けるため、 C を選択しないこととする。領域 d の色を D とし、 $Color_{dom}$ と $Color_i$ の明度をそれぞれ V_{dom}, V_i としたとき、

$$Color_i \neq C \wedge V_{dom} + a < V_i \quad (3)$$

を満たす全ての $Color_i$ を D の候補として選択する。現時点の実装では $a = 0.1$ とした。また、 D として選択し得る候補が存在しない場合、領域 d は色を持たず4色のアイシャドウは生成されない。

アイシャドウの形状および配色アルゴリズムは、通常の化粧方法を参考に作成した [11][12][13][14]。

4.2 アイライン

アイラインのタブの内容を図7に示す。タブの上部 (図7-(a)) には、アイラインの形状の候補が3つ並ぶ。

タブの下部 (図7-(b)) では、アイラインの色を選択できる。表示される色は、モチーフ画像の減色によって取得された6色に黒色を加えた7色とした。

4.3 アイペイント

アイペイントはモチーフ画像の一部をマスク画像として切り取り、模様画像をマスク画像の形状に合わせて合



図9 アイペイント作成インターフェース

成することで生成する。アイペイントのタブの内容を図8に示す。アイペイントの一覧(図8-(a))から1つを選択し、(図8-(b))のボタンを押すと、キャンバスにアイペイントが追加される。図8-(c)には、追加されたアイペイントの一覧がレイヤー形式で表示されている図8-(d)に並ぶアイコン群は、アイペイントをキャンバス上で編集するための機能群である。

アイペイントのマスク画像生成には、ユーザが手動で生成する方法とシステムが自動的に生成する方法の2種類が存在する。ユーザが手動で生成する場合、図8-(e)を押すと専用のインターフェースが開き、編集後に図8-(a)にアイペイントが追加される。自動作成によるマスク画像を使用したアイペイントは、モチーフ画像入力後、あらかじめ図8-(a)に表示されている。どちらの生成手法においてもマスク画像に対する模様画像としてスタイル変換[15]を用いた画像と合成を行う。手動で生成する場合は、さらに、ユーザがモチーフ画像から選択した領域を模様画像として合成し、合計で2つのアイペイントを作成する。

4.3.1 アイペイントの手動生成

アイペイントを手動で作成するためのインターフェースを図9に示す。図9-(a)でアイペイントの形となるマスク画像の領域を選択し、図9-(b)で模様画像となる領域を選択する。図9-(c)には、マスク画像と模様画像として選択した領域を重ね合わせて合成した結果が表示される。出力されるアイペイントの大きさはマスク画像に合わせて、模様画像のサイズが調整される。

4.3.2 マスク画像の自動生成

通常のアイメイクでは目を大きく見せるために、アイシャドウやアイラインを目尻方向に延ばし、実際の目の大きさより長めに描く。そのため、目尻方向に配置しやすいように、モチーフ画像から細長く伸びた部分をアイ

ペイントの形状として用いることにした。

はじめに、モチーフ画像が 512×512 ピクセルより大きい場合、画像を収まるサイズに縮小する。画像フォーマットが各チャンネル1バイトのRGBAであると仮定し、アルファチャンネルの値が200以上である点をモチーフ画像領域として二値化した上で、モチーフ画像領域から8連結成分を全て抽出し、連結成分の内部に含まれる穴もその成分に含まれるとした。ここで、8連結成分とは、二値化画像中の8隣接で隣接している画素の集合のことである。本節では、各8連結成分の領域をモチーフ画像のパーツと呼ぶ。抽出した全てのパーツの面積を計算し、面積が(全成分の合計面積) $\times 0.2$ 未満であるパーツを除外した。これは、小さいパーツはアイペイントの形状として適していないと考えたためである。

それぞれのパーツについて、画像からのボトルネック検出方法[16]を用いて、画像領域から外に飛び出している部分を検出した。この方法では、画像の境界上の、境界に沿った長さが大きく、ユークリッド距離が小さくなるような2点を選び、その2点をつなぐ線分で画像領域を切断する。成分の境界の長さを N とし、境界上を時計回りまたは反時計回りの任意の方向に一周するように点 p_1 から点 p_N を定義する。画像の境界上の2点 p_i と p_j について、次のスコアを計算した[16]。

$$score(p_i, p_j) = \frac{D(p_i, p_j)}{\min\{L(p_i, p_j), L(p_j, p_i)\}} \quad (4)$$

ただし D はユークリッド距離、 L は境界に沿った距離である。 p_i と p_j をつなぐ線分が背景を横切った場合、そのような p_i と p_j は除外した。

式(4)のスコアが小さくなる点のペア (i, j) を選び、これらの点をつなぐ線分で領域を切断し、面積の小さい方をマスク形状候補とする。ただし、単純にスコアが最小となるペアを複数個選ぶと、 i や j が僅かにしか異ならない点のペアが選ばれ、ほぼ同じ形状のマスク候補が複数個出力されてしまう。これを避けるため、次の操作を繰り返し、複数の点のペアを決定した。まず、式(4)のスコアが最小となる2点 \hat{i}, \hat{j} を、

$$\hat{i}, \hat{j} = \operatorname{argmin}_{i, j} score(p_i, p_j) \quad (5)$$

として選んだ。 \hat{i} と \hat{j} をつなぐ線分で領域を切断し、面積の小さい方をマスク形状候補として出力した。次に、

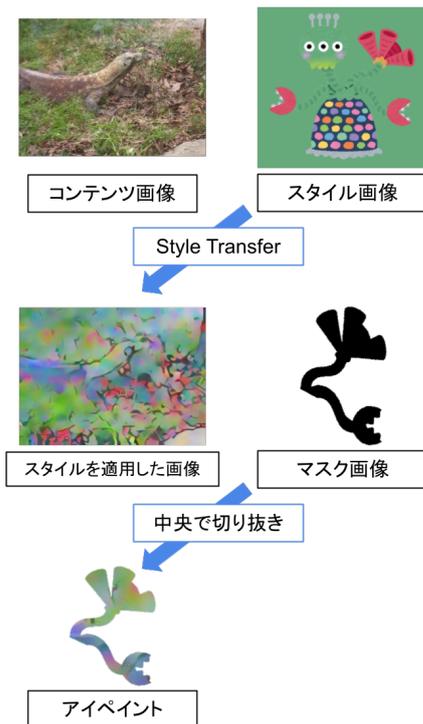


図 10 スタイル変換を利用したアイペイントへの模様付け

\hat{i}, \hat{j} の近傍の点

$$\begin{aligned} \hat{i} - aN \leq i \leq \hat{i} + aN \\ \wedge \hat{j} - aN \leq j \leq \hat{j} + aN \end{aligned} \quad (6)$$

となる点のペア (i, j) を除外した。また、現時点の実装では $a = 0.1$ としている。この操作を、出力されたマスク形状が上限 (3 個) に達するか、候補となる点のペアが無くなるまで繰り返した。

4.3.3 スタイル変換による模様づけ

モチーフ画像内に存在する柄や模様を、模様画像として使用する場合は、手動作成によって実現可能である。一方で、形状を保持しつつ画像内の柄や模様は使用せず、モチーフの雰囲気だけを表現したい場合がある。本実装ではモチーフ画像を抽象的に表現するために、スタイル変換を用いることにした。

本システムでスタイル変換^{*1}を用いたときのアイペイントの作成方法を図 10 に示す。スタイル変換を行うときには、スタイル画像とコンテンツ画像が必要になる。

スタイル画像には、モチーフ画像を用いる。このとき、

^{*1} <https://deepai.org/machine-learning-model/fast-style-transfer>

表 1 デザイン評価実験のアンケート内容

[質問 1] 図のアイシャドウの配色はまぶたの上のアイメイクとして良い配色だと思いますか？ (36 枚の画像に対して)
[質問 2] 図に示した色のついた円形の個数は、左のモチーフを表現できていると思いますか？ (15 枚の画像に対して)
[質問 3] 図のパーツは左のモチーフを抽象的に表現したアイペイントのパーツとして良いパーツだと思いますか？ (36 枚の画像に対して)

モチーフ画像の背景色は白色となり、出力結果に白色が反映されてしまうため、背景をモチーフ画像から抽出した支配色で塗りつぶした画像をスタイル画像とした。

多くのスタイル変換に関するモデルは自然画像をコンテンツ画像として学習している。そのため、コンテンツ画像には、ImageNet[17] の画像を使用した。モチーフ画像を表す単語 1 語とコサイン類似度が最も高い単語を持つラベルの画像群から、毎回ランダムに 1 枚画像を選出し、コンテンツ画像とすることでスタイル変換を行う。現在の実装では、モチーフ画像を表す単語 1 語は筆者が手動でラベル付けを行った。コサイン類似度の計算には、100 万語の学習済み単語ベクトルを使用した [18]。

5 デザイン評価実験

アイシャドウ、アイライン、アイペイントの生成結果に対して web アンケートによるデザイン評価実験を実施した。実験には、アイシャドウの 4 色パレットが生成できるモチーフを 3 種類使用した^{*2*3*4}。

回答者にはまず、アイメイクアートの例を提示したのちに、アンケートに回答してもらった。質問の内容を表 1 に示す。それぞれの質問に対して、1 を「全くそう思わない」、5 を「とてもそう思う」として、5 段階のリッカートスケールで評価を行ってもらった。また、質問項目内の画像は、順序効果の影響を軽減するため、回答者ごとにランダムな順番で提示した。

^{*2} <https://zukan.pokemon.co.jp/zukan-api/up/images/index/72c82f8be362d1b53ae308d706728411.png>

^{*3} https://toy.bandai.co.jp/assets/tamagotchi/images/chopper/img_chara01.png

^{*4} https://www.toei-anime.co.jp/tv/precure/assets/img/character/p_03_style1-2.sp.png

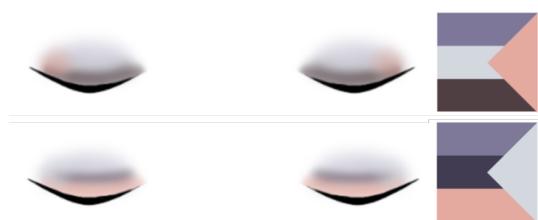


図 11 (上) システムが提案した配色 (下) ランダムな配色



図 12 抽出した 10 色を円形で表現した例

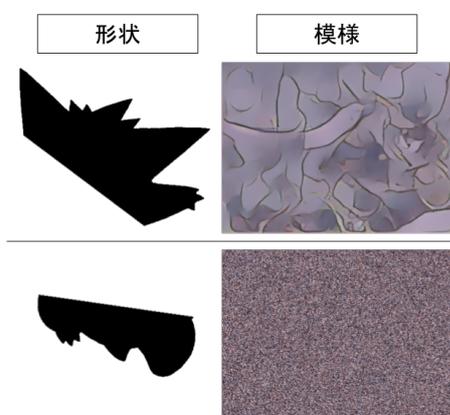


図 13 質問用のアイペイントを合成するための形状と模様の画像例 (上) システム生成 (下) ランダム生成

質問 1 はアイシャドウの配色に関する質問であり、システムが提案したパレットの配色と、メディアンカット法を用いて得た 6 色を重複なくランダムに配色したアイシャドウの画像 (図 11) を提示して評価してもらった。それぞれ、2 色、3 色、4 色のパレットをモチーフから 2 種類ずつ生成し、合計で 36 枚の画像を用意した。

質問 2 はアイラインの色の選択肢の個数に関する質問であり、メディアンカット法を用いてモチーフから 2 色、4 色、6 色、8 色、10 色を抽出し、合計で 15 枚の画像を用意した。用意した画像の左側にはモチーフの画像を配置し、右側にはアイラインのタブに表示される色の選択肢と同様、抽出した色を円形で表現した画像 (図-12) を配置した。

質問 3 はアイペイントの形状と模様に関する質問である。アイペイントの設定に回答してもらう前に、アイペ

表 2 アイシャドウ配色評価結果

	平均値	標準誤差	中央値
iMake	3.77	0.10	3.78
ランダム配色	3.13	0.10	2.94

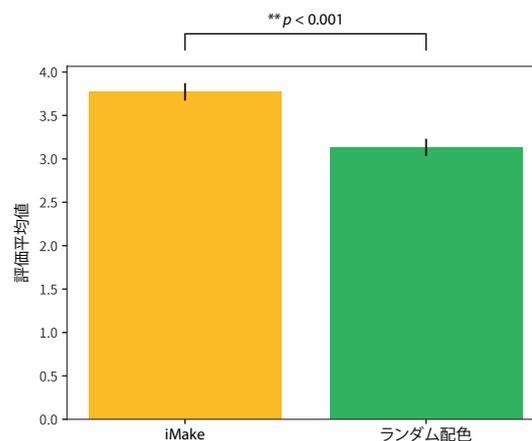


図 14 配色に対する回答者ごとの評価平均値

イントについて説明を記載し使用例を提示した。形状について、システムが提案した 3 種類のマスク画像、および、4.3.2 節で提案したアルゴリズムのうち i, j をランダムに決定した 3 種類のマスク画像を、3 種類のモチーフから合計 18 種類生成した。模様画像は、スタイル変換を用いた模様画像と、各ピクセルに対してモチーフから抽出した 6 色をランダムに選択して着色した模様画像の 2 種類を生成した。マスク画像の形状と模様画像の一例を図 13 に示す。形状と模様をかけ合わせると、合計で 36 枚の画像を用意した。用意した画像の左側にはモチーフの画像を配置し、右側には形状と模様を合成したアイペイントの図を配置した。

今回の実験では、スタイル変換^{*5}で使用するコンテンツ画像はモチーフごとに差が出ないように、ImageNet からランダムに選択した 1 枚の画像をすべてのアイペイントに適用した。

5.1 結果

アンケートの回答者は、35 名の 10 代から 30 代の女性であり、アイシャドウ、アイラインを使用したことがある経験者に限定した。

表3 アイラインの色数評価結果 (数値)

	平均値	標準誤差	中央値
2色	3.15	0.13	3.33
4色	3.58	0.14	3.67
6色	3.60	0.12	3.67
8色	3.54	0.16	3.67
10色	3.47	0.21	3.67

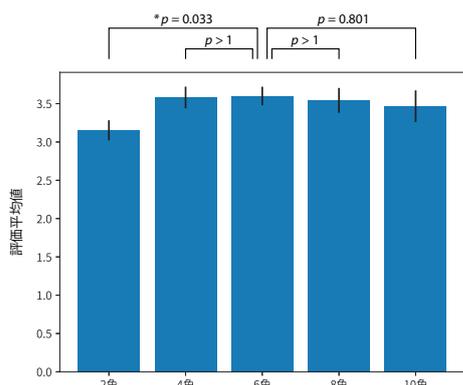


図15 アイラインの色数評価結果 (グラフ)

表4 アイペイント評価結果

	平均値	標準誤差	中央値
システム形状	2.63	0.10	2.56
ランダム形状	2.34	0.11	2.39
スタイル変換	2.43	0.11	2.33
ランダム模様	2.53	0.11	2.44

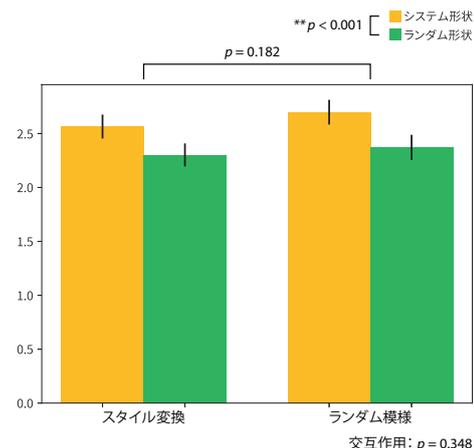


図16 アイペイントの形状と模様に対する回答者ごとの評価平均値

5.1.1 アイシャドウ

質問1の評価結果を表2と図14に示す。表2に示す数値は、ユーザごとにシステムとランダムの配色に対する評価の平均値を算出し、ユーザごとの平均値に対して、平均値、標準誤差、中央値を求めた結果である。平均値、中央値ともに、システムによる配色が高い数値を示した。

加えて、t検定における片側検定を行い、有意差があるかを検証した。その結果、p値は 1.81×10^{-11} であり、システムの配色とランダムの配色の評価に有意に差があることが認められた。

5.1.2 アイライン

質問2の評価結果を表3と図15に示す。表3に示す数値は、ユーザごとに2色、4色、6色、8色、10色に対する評価の平均値を算出し、ユーザごとの平均値に対して、平均値、標準誤差、中央値を求めた結果である。平均値は6色が最も高く、中央値は2色以外は変わらない結果となった。

また、本システムで用いた色数である6色と、その他の色数に対して、t検定における片側検定を行い、有

意差があるかを検証した。その結果、2色に対してはBonferroni補正後のp値が $p = 0.033$ となり有意差が認められたが、その他の色数では認められなかった。

5.1.3 アイペイント

質問3の評価結果を表4と図16に示す。表4に示す数値は、システムが生成した形状と*i, j*をランダムに決定した形状、および、スタイル変換を用いた模様と、各ピクセルごとにランダムに色を決定した模様に対する評価の平均値をユーザごとに算出し、ユーザごとの平均値に対して、平均値、標準誤差、中央値を求めた結果である。平均値ではシステムが生成した形状が、*i, j*をランダムに決定した形状よりも高い数値を示した。一方で、スタイル変換を用いた模様の平均値は、各ピクセルごとにランダムに色を決定した模様よりも低い結果となった。

加えて、形状と模様について、二要因分散分析による検定を行い、有意差があるかを検証した。その結果、形状の主効果においてはp値は 2.14×10^{-7} であり、システムが生成した形状とランダムに生成された形状の評価に有意に差があることが認められた。一方で、模様的主効果においてはp値は 1.82×10^{-1} であり、スタイル変換を用いた模様とランダムに生成した模様の評価に有

*5 <https://tfhub.dev/google/magenta/arbitrary-image-stylization-v1-256/2>



図 17 実験に用いた 2 種類のモチーフ画像 (出典: いらすとや)

意差は認められなかった. 交互作用についても p 値は 3.48×10^{-1} であり, 有意差は認められなかったため, 形状の評価値の差は模様依存しないといえる.

5.2 考察

アイシャドウに関して, 本論文で提案したアルゴリズムは, ランダムな配色と比較して有意に良い評価を得られた. アイシャドウの配色には一定の規則性が存在し, iMake でユーザのデザイン作成補助をする項目として妥当であったと言える.

アイラインの色数に関して, 平均値は現在採用している 6 色が最も良い評価を得たが, 4 色, 8 色, 10 色との有意差は認められなかった. モチーフから抽出する色の個数はアイシャドウの配色にも関わるため, ユーザが個数を選択できるような機能を組み込むと, デザインのバリエーションがより豊かになると考えられる.

アイペイントに関して, 形状は本論文で提案したアルゴリズムが有意に良い評価を得られた. 一方で, すべての項目において中央値は 2 を示しており, 全体的に低い評価となった. 原因として, モチーフから形状を切り出す際, 特に人間のモチーフに今回のアルゴリズムを適用すると, 髪の毛の端や手などがマスク画像として生成される点が挙げられる. 今後, 改良していく上で, モチーフの輪郭を見るだけでなく, 境界検出などによりモチーフ画像をより意味のある領域に分割すると, 直感と一致した形状を切り出すことができる可能性がある. また, 模様については, スタイル変換とランダム生成の間に有意差は認められず, どのような模様がアイペイントとして適しているのか, さらに模索する必要がある.

6 システム評価実験

3 つの課題が解決できているか調査するため, 被験者に従来のメイク方法と iMake を使用したアイメイクア

表 5 システム評価実験の作業後アンケート内容

2 択設問
[質問 1] デザインを考えやすかったのはどちらですか? (iMake・従来のメイク)
[質問 2] メイク (肌に対して施す過程) が簡単だったのはどちらですか? (iMake・従来のメイク)
[質問 3] iMake に表示されていたアイシャドウの色は適切でしたか? (はい・いいえ)
[質問 4] iMake に表示されていたアイラインの種類と色は適切でしたか? (はい・いいえ)
[質問 5] iMake に表示されていたアイペイントは適切でしたか? (はい・いいえ)
[質問 6] 転写シールは目の形に合っていましたか? (はい・いいえ)
[質問 7] 転写シールの貼り付けは簡単でしたか? (はい・いいえ)
[質問 8] アイメイクアートとしての出来が良かったのはどちらですか? (iMake・従来のメイク)
[質問 9] メイクが完了した時の満足度が高かったのはどちらですか? (iMake・従来のメイク)
自由記述
従来のメイクの良かった点を挙げてください
従来のメイクの改善点を挙げてください
iMake の良かった点を挙げてください
iMake の改善点を挙げてください
実験の内容について自由に感想を述べてください

トの両方を実施してもらい, その結果を比較する実験を行った. モチーフは従来のメイク方法と iMake でそれぞれ使用する 2 種類の画像を monster, kirin として用意した (図 17). 順序効果の影響を軽減するため, 従来のメイク方法と iMake を実施する順序, および, 使用する 2 種類のモチーフを入れ替えた 4 種類の組み合わせに関して被験者数を均等にした.

最初に, 被験者に対してアイメイクアートについて説明し, 一例を提示した.

従来のメイク方法によるアイメイクアートを行う場合, 被験者に紙に印刷したモチーフ画像を提示し, モチーフをもとにデザインを考え, アイシャドウとペンシルタイプのアイライナーを用いてメイクを実施するよう



図 18 iMake を用いて化粧をした結果

指示した。実験においては、アイシャドウ 50 色とアイライナー 12 色を用意した。

iMake によるアイメイクアートを行う場合、まず被験者にシステムの使用方法を説明した。その後、実験用に用意した 2 種類のモチーフとは別のモチーフ画像を使用して、被験者にアプリケーションを実際に触ってもらいながら、分からない部分について質問を受け付けた。被験者からの質問が終了した後、紙に印刷したモチーフ画像を提示し、アプリケーション上で同様の画像を読み込み、アイメイクアートのデザインを開始してもらった。デザインが完成した後、転写シールに出来上がったアイメイクアートを印刷し、被験者に使用方法を説明した。説明中、使用方法を確認してもらうため、一度だけ腕の内側に転写シールを貼り付けてもらった。その後、被験者に転写シールからアイメイクアートを切り抜き、瞼に貼るよう指示した。

実験中は時間制限を設けず、従来のメイクと iMake で化粧が終わったあと、アンケートに回答してもらった。

作業後のアンケートの内容を表 5 に示す。2 択質問のうち [質問 3]-[質問 6] については、いいえと回答した場合、その理由を自由記述で述べてもらった。

6.1 結果

アイシャドウ、アイラインの化粧品を使用した経験がある被験者 8 名に実験に参加してもらった。被験者は 8 名全員が 20 代から 30 代の女性であった。図 18 に iMake を用いて化粧をした結果を示す。

表 6 作業時間の結果

	平均値	標準誤差	中央値
(a) iMake	823.00 秒	121.70 秒	780.00 秒
(b) 従来のメイク	683.88 秒	122.13 秒	614.00 秒
(c) デザイン	420.63 秒	111.20 秒	359.50 秒
(d) 貼り付け	402.38 秒	29.17 秒	420.50 秒

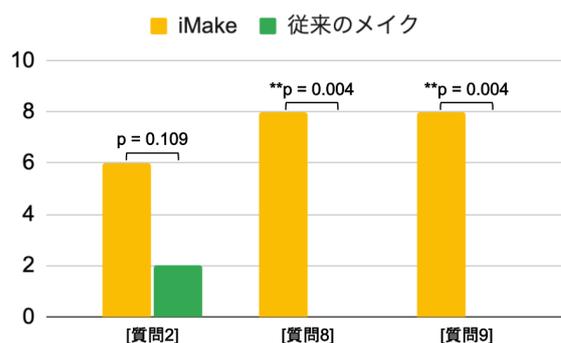


図 19 課題 1 に関する設問の結果

従来のメイク方法の作業時間と iMake を用いた作業時間を比較した結果を表 6 に示す。iMake の作業時間の内訳として、アプリケーションを用いてデザインした作業時間を表 6-(c) に、転写シールを瞼に貼り付けるための作業時間を表 6-(d) に示す。

次に各課題について、設問および回答結果に関する報告を行い、また自由記述による回答についても、著者が各課題ごとに分類した結果を記述していく。2 択で回答してもらった設問に対しては、発生率 0.5 を帰無仮説として二項検定における片側検定を行った結果をそれぞれの図中に示す。

6.1.1 課題 1

課題 1 と関連する設問は表 5 のうち、[質問 2][質問 8][質問 9] の 3 つである。これらの設問を被験者に評価してもらうことで、提案システムが従来のメイク方法と比較して、簡単にメイクができるかどうか、仕上がりに個人差があるアイメイクアートにおいて一定の水準を担保できるかどうかを検証する。

課題 1 の設問に対する結果を図 19 に示す。全員が提案システムの方がアイメイクアートとしての出来が良く、完成した時の満足度が高いと回答した。一方で、転写シールを施す過程が簡単であるかは回答が分かれた。

自由記述による回答をまとめた結果を表 7 に示す。

表7 課題1に関する自由記述の回答

従来のメイクの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・慣れているためメイク作業そのものはやりやすかった ・一般的なメイク道具を使用する点
従来のメイクの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・複雑なメイクは当人の技術や器用さに依存するため、メイクに慣れていない人には難しいと感じた ・想定したデザインに辿り着けないことがあると感じた ・鏡越しデザインに慣れていないと難しい
iMakeの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・シールゆえ崩れにくいので、細かい複雑なデザインでも長時間キープしやすい ・手書きだと書ききれない細かい表現ができる ・想像以上に手軽にシールを貼ることができて驚いた
iMakeの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・貼り付け時に台紙を裏返すため、デザインの位置が確認しづらい(2人) ・数回の練習が必要、慣れるともっと素早くできそう

表8 課題2に関する自由記述の回答

従来のメイクの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・ラメなど立体感のあるアイシャドウがあった(2人)
従来のメイクの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・発色が悪い(2人) ・アイシャドウやアイラインを重ねると滲んだり色が混ざったりしてしまう(3人) ・見た目の色と実際に肌に乗せたときの色が違う
iMakeの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・発色が良い ・色の感じや発色が思い通りの仕上がりになる(2人)
iMakeの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・ラメなどの立体感を出すのは難しいと感じた

6.1.2 課題2

個人が所有する化粧品の色の種類と比較して、プリンタが出力できる色の種類が多いのは明らかである。そのため、設問として2択で評価することはせず、自由記述の設問のみとした。自由記述による回答をまとめた結果を表8に示す。

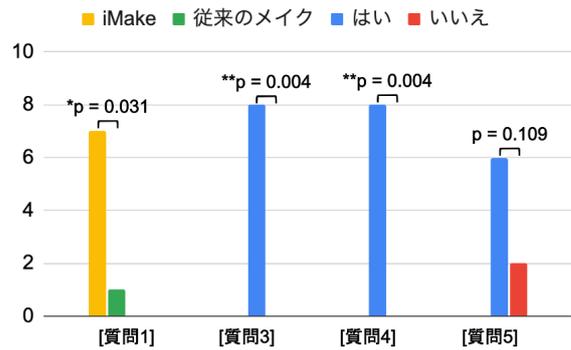


図20 課題3に関する設問の結果

表9 課題3に関する自由記述の回答

従来のメイクの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・目の形に応じてグラデーションやラインをデザインできるところ(2人) ・モチーフからデザインへの落としこみをメイクしながら考えられる(2人)
従来のメイクの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・デザインのアイディアが思い浮かばなかった(2人) ・デザインセンスや器用さがないと描けない(2人)
iMakeの良かった点
<ul style="list-style-type: none"> ・デザインを事前にシミュレーションできる(2人) ・パソコン上でデザインするので皮膚への負担がないまま、やり直しや微調整が何度でも自由にできる(3人) ・リコメンドを見て更にアイディアを思いつくなど、アイメイクの創作の幅が広がりそうだった(2人) ・自分がデザインしているという主体感を残しつつ、システムの提案を取り入れて試行錯誤できる点(2人)
iMakeの改善点
<ul style="list-style-type: none"> ・消しゴムで消すだけだと難しいので、細かい部分を付け足して描いたりできる(3人) ・画像切り抜きをカーブがあるとデザインしやすい ・マスク機能が使いにくい

6.1.3 課題3

課題3と関連する設問は表5のうち、[質問1]、[質問3]、[質問4]、[質問5]である。これらの設問を被験者に評価してもらうことで、提案システムがアイメイクアートのデザイン作成を補助できているかどうかを検証する。

課題3の設問に対する結果を図20に示す。従来のメイクと比較して、iMakeの方がデザインが考えやすいと

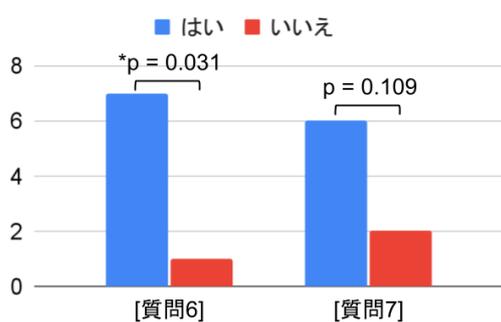


図 21 転写シールに関する設問の結果

表 10 実験の感想

- ・転写シールが想像以上に楽かつ綺麗でびっくりした
- ・メイクオフがしやすい点も実用性があると感じた
- ・デザインとメイクの両方を支援する提案システムは有用であると感じた
- ・メイクの習熟度、例えば、普段どれくらいメイクをするか、普段のメイクがどれくらい複雑か、派手なデザインメイクをしたことがあるか、などにもよって、iMakeへの印象が異なりそうだなと感じた

回答した被験者が多かった。また、全員がアイシャドウ、アイラインの候補が適切であったと回答した。一方で、アイペイントの候補が適切かどうかについては回答が分かれた。いいえと回答した理由について「細かい切り抜きが困難だった」「アーティスティックなデザインの使いどころが難しかった。自分でデザインするときのマスク処理が使いにくかった」という理由が挙がった。

自由記述による回答をまとめた結果を表9に示す。

6.1.4 その他

先に挙げた3つの課題とは別に、転写シールに関する設問に2択で回答してもらった。関連する設問は表5のうち、[質問6]、[質問7]である。これらの設問に対する結果を図21に示す。転写シールは目の形に合っていたと回答した被験者が多かったが、1名が「いいえ」を選択した。いいえ、と回答した理由については「奥二重のため、アイラインが二重幅に持っていかれた」という理由が挙がった。また、転写シールの貼り付けが簡単だったかについては回答が分かれた。

表5の質問に加えて、後日、被験者の目の形について一重、二重、奥二重から回答をしてもらった。被験者のうち1人が「一重」と回答し、3人が「二重」と回答し、

4人が「奥二重」と回答した。

実験の感想をまとめた結果を表10に示す。

6.2 考察

課題1において、iMakeの方がアイメイクアートとしての出来が良く、被験者の満足度も高いことが示された。課題1の解決手段として転写シールを用いることは有用であると考えられる。一方で、課題1の自由記述にあるように、転写シールを顔に貼り付ける過程については、慣れが必要であることが分かった。また、貼り付け時に裏返すため、デザインを確認するために何度か表に戻して見る必要があり、作業時間が増加してしまう場面も見受けられた。このような課題を解決するためには、顔に貼り付ける作業を補助するような工夫が必要である。

課題2において、インクジェットプリンタは個人が所有する化粧品よりも多くの色を出力できる。一方で、ラメなどのキラキラした質感を再現できない点や、プリンタによって色の出力が変わってしまう問題があることが分かった。ラメの質感については、今後、システム上でアイシャドウの部分にラメのテクスチャを取り入れることで質感を再現できるかどうかを検討していきたい。

課題3において、提案システムが適切にアイシャドウ、アイラインの候補を提示しており、iMakeの方がデザインを作成しやすいことが分かった。しかしながら、アイペイントの候補の提示に関しては改善の余地がある。矩形での切り抜きや不要な部分の削除をするツールだけではアイペイントの形状を作成するのに不十分である。カーブによる切り抜きや細かい部分の付け足しなどの機能拡張が必要であるとともに、現状の機能の使いにくさやアイペイント作成の手順の煩雑さを解消するようなインターフェースの改善が必要である。

転写シールが目の形に合っているかどうかについて、合っていると回答した被験者が多かった。この結果から、個人の目の大きさや幅の違いは転写シールを使用したアイメイクアートにおいて大きな問題にはならないと考えられる。一方で、課題3の自由記述のコメントに、目の形に応じてデザインできるところを従来のメイクの良い点として挙がっている。これより、個人差が大きく出ることはないが、目の形や特徴を考慮した方がより洗練されたデザインになることが示唆された。

7 まとめ

本論文では、アイメイクアートをアイシャドウ、アイライン、アイペイントの要素に分解し、モチーフからそれぞれのデザイン候補を出力することで、ユーザのデザイン補助を行い、転写シールに印刷することで、実際に化粧として使用するシステムを提案した。

今後の展望として、ユーザの正面の顔画像に合わせてアイメイクアートのデザイン結果をシミュレーションする機能を追加したい。また、ペイントツールなど既存のデザイン作成システムとの比較実験を行うことも重要である。メイクアップ段階で転写シールは使用しつつ、デザインするツールを比較、評価することで、より実用的なアイメイクアートのシステムを構築することができるだろう。

参考文献

- [1] https://izismile.com/2012/07/07/eye_makeup_for_pokemon_enthusiasts_27_pics.html. Accessed on 2023-10-13.
- [2] https://twitter.com/Why_so_sadbunny/status/505251200816513024. Accessed on 2023-10-13.
- [3] ARINA 株式会社. <調査結果>デートメイクでよく使うアイシャドウカラーは？ 1位『ピンク』！. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000127.000076895.html>. Accessed on 2023-10-13.
- [4] ARINA 株式会社. <調査結果>仕事メイクでよく使うアイシャドウカラーは？ 1位『ブラウン』！. <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000129.000076895.html>. Accessed on 2023-10-13.
- [5] Ayano Nishimura and Itiro Sii. imake: Eye makeup design generator. In *Proceedings of the 11th Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, 2014.
- [6] A. S. M. Mahfujur Rahman, Thomas T. Tran, Sk Alamgir Hossain, and Abdulmoteleb El Sadik. Augmented rendering of makeup features in a smart interactive mirror system for decision support in cosmetic products selection. In *2010 IEEE/ACM 14th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications*, 2010.
- [7] Maki Nakagawa, Koji Tsukada, and Itiro Sii. Smart makeup system: Supporting makeup using lifelog sharing. In *Proceedings of the 13th International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '11*, p. 483–484, 2011.
- [8] 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, Vol. 16, No. 3, pp. 299–306, 2017.
- [9] Hsin-Liu (Cindy) Kao, Manisha Mohan, Chris Schmandt, Joseph A. Paradiso, and Katia Vega. Chromoskin: Towards interactive cosmetics using thermochromic pigments. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '16*, p. 3703–3706, 2016.
- [10] Peng Hao-Lun, Mai Weijun, Sugai Ruka, Qu Jiawen, and Watanabe Yoshihiro. COLOR MACHINE. <http://www.vision.ict.e.titech.ac.jp/projects/ColorMachine/index.html>. Accessed on 2023-10-13.
- [11] Beauty Brands Kao. KATE | PRODUCTS | EYESHADOW. https://www.nomorerules.net/all_products/eye_shadow/. Accessed on 2023-10-13.
- [12] Corporation Chifure. 【アイシャドウ】ラクラク！グラデーションで目もとに立体感. <https://www.chifure.co.jp/beauty/lesson/makeup/eyeshadow.html>. Accessed on 2023-10-13.
- [13] Ai TERANAGANE. 補色の関係をメイクに応用しよう. <https://www.ai-teranagane.jp/logic/6659/>. Accessed on 2023-10-13.
- [14] Netnative Inc. 補色メイクでオシャレ度格上げ！ <https://mdpr.jp/beauty/detail/1877138>. Accessed on 2023-10-13.
- [15] Leon A. Gatys, Alexander S. Ecker, and Matthias Bethge. Image style transfer using convolu-

tional neural networks. In *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2016.

- [16] Hui Wang, Hong Zhang, and Nilanjan Ray. Clump splitting via bottleneck detection. In *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*, 2011.
- [17] Jia Deng, Wei Dong, Richard Socher, Li-Jia Li, Kai Li, and Li Fei-Fei. Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2009.
- [18] Tomas Mikolov, Edouard Grave, Piotr Bojanowski, Christian Puhersch, and Armand Joulin. Advances in pre-training distributed word representations. In *Proceedings of the International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018)*, 2018.

西村 綾乃



2013 年お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業。2015 年お茶の水女子大学人間文化創生科学研究科理学専攻修士課程修了。2016 年同研究科博士後期課程入学。修士(理学)。オペラやミュージカルなどの舞台芸術に興味を持つ。

上村 卓也



2011 年東京大学理学部生物情報科学科卒業。2015 年日本学術振興会特別研究員 DC2 (2016 年まで)。2016 年東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻博士課程修了。同年 NTT コミュニケーション科学基礎研究所入社。博士(学術)。科学技術の芸術への応用に興味を持つ。日本神経回路学会, 日本音響学会会員。

伊藤 貴之



1992 年早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年より日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所研究員。1997 年早稲田大学にて博士(工学)。2003 年から 2005 年まで京都大学研究員(助教授相当)兼職。2005 年お茶の水女子大学理学部情報科学科助教授。2011 年同大学教授。2019 年から同大学文理融合 AI・データサイエンスセンター長兼任。情報可視化, マルチメディア, インタラクション, コンピュータグラフィックスなどの研究に従事。

椎尾 一郎



1979 年名古屋大学理学部物理学科卒業。1984 年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。同年, 日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所研究員。1997 年玉川大学工学部助教授をへて 2002 年教授。2001 年ジョージア工科大学客員研究員。2005 年お茶の水女子大学理学部情報科学科教授, 2022 年同名誉教授。情報処理学会フェロー。工学博士。