

ポジション式似顔絵に基づく
似顔絵下描きの自動生成に関する研究

東京工科大学大学院

バイオ・情報メディア研究科

メディアサイエンス専攻

戴 旭東

ポジション式似顔絵に基づく
似顔絵下描きの自動生成に関する研究

指導教員 渡辺 大地

東京工科大学大学院
バイオ・情報メディア研究科
メディアサイエンス専攻

戴 旭東

論文の要旨

| | |
|-------|------------------------------------|
| 論文題目 | ポジション式似顔絵に基づく 似顔絵下描きの自動生成に関する研究 |
| 執筆者氏名 | 戴 旭東 |
| 指導教員 | 渡辺 大地 |
| キーワード | 似顔絵、顔検出、 特徴点、顔ポジション、パーツ、配置 |

[要旨]

近年、インターネットの普及およびスマホ機能の上昇と共に、SNSなどのソーシャルアプリが流行している。その中で用いられるプロフィールはネット上の名刺のような存在になったと言える。自分の個性、性格などの説明はもちろん、工夫をすれば、趣味やスタイルなどもアピールできる。一方、自分の顔をそのままSNSに出すと、個人情報漏洩の心配をしている人が大勢いる。そこで、本人の顔写真を出さず、自分自身の特徴だけを捉えた似顔絵を描きたいという要望が増えている。しかし、絵を描く経験が少ない人にとって、いきなり似顔絵を描くことは簡単ではない。その原因として顔特徴を上手く捉えていないからである。また、顔の特徴を弄ることは似顔絵の面白さであるが、同時にやり過ぎると似顔絵は似なくなるという問題点もある。その問題を明確するため、似顔絵師が似顔絵の制作過程を参考した。本研究における似顔絵の制作過程は大きく3つの段階に分けている。第1段階では、観察により、被写体の顔を分析し、顔パーツの特徴を抽出する。第2段階では、抽出した顔特徴を分析し、パーツの配置バランスを考慮した上で、新しいパーツの位置確定し、描き換える下描き作業を行う。最後段階では、立体感を強調するため、着色、陰影付け、背景制作などの加工を行う。本研究は似顔絵の制作過程の第1、第2段階までの支援を行う。特徴抽出のため、顔識別技術を使用し、顔情報のデジタル化を行い、特徴抽出方法をパターンにまてめた。それを元に、顔パーツの再配置および誇張化をすることで、似顔絵の下描きを自動生成するプログラムを実装した。

提案手法が有用であることを証明するため、複数の被験者が「下描きなし」、「下描きあり」の条件のもとで、同一人物の似顔絵を描いてもらった。描画の効果、時間の方面で比較し、分析した結果、似顔絵下描きの自動生成を実現した。

A b s t r a c t

| | |
|-----------|---|
| Title | Based on portraits of position rough sketch for portrait |
| Author | Xudong Dai |
| Advisor | Taichi Watanabe |
| Key Words | portrayal, face recognition feature points,face position,parts,configuration |

[summary]

In recent years, with the popularity of the Internet and smart phones, social Application such as SNS have become popular. In these Application, avatars are a kind of business card on the Internet, with the function of self-introduction and individuality. On the other hand, in order to prevent the leaking of personal information and not want to use real photographs. As a result, to draw a cartoon portrait has become a new need. In order for anyone to make a cartoon portrait, The best way is to imitate the caricature cartoonist's production process. Then the image processing technology is used to achieve the goal. so the three steps of cartoon portrait is, observe, redraw parts and color. But in this paper, We're only done until we redraw the parts. First at all, We use the method of dlib, Detect facial features, Then, through calculation, the "position" information of the face is obtained. Finally redraw each of these parts based on this information.

目次

| | | |
|-------|--------------|----|
| 第1章 | はじめに | 1 |
| 1.1 | 研究背景、目的 | 2 |
| 1.2 | 論文構成 | 7 |
| 第2章 | 提案手法 | 8 |
| 2.1 | サポートライン | 13 |
| 2.2 | 判断基準 | 14 |
| 2.2.1 | 眼と口の上中下判定 | 15 |
| 2.2.2 | 眼の内外 | 16 |
| 2.3 | 似顔絵座標系 | 17 |
| 2.4 | 下描き輪郭の生成 | 17 |
| 2.4.1 | 顔縦横比 | 18 |
| 2.4.2 | 輪郭の描画 | 19 |
| 2.5 | 下描き眼の生成 | 21 |
| 2.5.1 | 眼中心点の確定 | 21 |
| 2.5.2 | 眼パーツの位置確定 | 22 |
| 2.5.3 | 眼パーツの描画 | 23 |
| 2.6 | 下描き眉の生成 | 24 |
| 2.6.1 | 眉パーツの確定 | 24 |
| 2.6.2 | 眉山の確定 | 25 |
| 2.6.3 | 眉パーツの描画方法 | 26 |
| 2.7 | 下描き口の生成 | 27 |
| 2.7.1 | 口パーツの位置確定 | 27 |
| 2.7.2 | 口パーツの描画 | 28 |
| 2.8 | 下描き鼻の生成 | 31 |
| 2.8.1 | 鼻の長さ と T 字法則 | 31 |

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 2.8.2 | 鼻先の位置確定 | 32 |
| 2.8.3 | 鼻パーツの描画 | 33 |
| 第3章 | 考察と評価 | 38 |
| 3.1 | 実装 | 39 |
| 3.2 | 検証内容 | 39 |
| 3.3 | 分析 | 41 |
| 3.4 | 分析結果 | 45 |
| 3.5 | 下描きの効果比較 | 45 |
| 3.6 | 評価 | 48 |
| 第4章 | まとめ | 50 |
| 4.1 | 今後の課題 | 51 |
| | 謝辞 | 52 |
| | 参考文献 | 54 |

目次

| | | |
|------|------------------|----|
| 1.1 | 手描き似顔絵の過程 | 3 |
| 1.2 | ポジション式似顔絵の例 | 3 |
| 1.3 | 顔ポジションの5つのパターン | 4 |
| 2.1 | dlib の応用事例 | 9 |
| 2.2 | 顔識別指標、評価 | 13 |
| 2.3 | 特徴点とサポートライン | 14 |
| 2.4 | 平均型顔の判断基準 | 15 |
| 2.5 | 眼の内外 | 16 |
| 2.6 | 似顔絵座標系 | 17 |
| 2.7 | 顔縦横比の楕円 | 18 |
| 2.8 | 輪郭特徴点と顔縦横比の楕円の関係 | 19 |
| 2.9 | 輪郭の描画 | 20 |
| 2.10 | 右眼パーツの中心点確定図示 | 21 |
| 2.11 | 右眼パーツの特徴点確定図示 | 23 |
| 2.12 | 眼パーツの描画図示 | 24 |
| 2.13 | 眉パーツの配置 | 25 |
| 2.14 | 眉パーツの眉山判断方法 | 25 |
| 2.15 | 眉パーツの描画 | 26 |
| 2.16 | 口パーツの中心点確定図示 | 27 |
| 2.17 | 口パーツの描画意図図示 | 28 |
| 2.18 | 上唇の上側の描画図示 | 29 |
| 2.19 | 上唇の下側の描画図示 | 29 |
| 2.20 | 下唇の上側の描画図示 | 30 |
| 2.21 | 下唇の下半部の描画図示 | 31 |
| 2.22 | T 字法則による印象の差 | 31 |

| | | |
|------|-------------------|----|
| 2.23 | T 字法で鼻の長さを測量 | 32 |
| 2.24 | 鼻先の位置決定 | 32 |
| 2.25 | 鼻柱の描き方 | 34 |
| 2.26 | 鼻下部分の形状 | 35 |
| 2.27 | 鼻下部分の描き方 | 36 |
| 2.28 | 小鼻の描き方 | 37 |
| | | |
| 3.1 | 似顔絵下描き作成システム | 39 |
| 3.2 | 検証様子 | 40 |
| 3.3 | 被験者 1 の作成結果及び使用時間 | 41 |
| 3.4 | 被験者 2 の作成結果及び使用時間 | 41 |
| 3.5 | 被験者 3 の作成結果及び使用時間 | 42 |
| 3.6 | 被験者 4 の作成結果及び使用時間 | 42 |
| 3.7 | 被験者 5 の作成結果及び使用時間 | 43 |
| 3.8 | 被験者 6 の作成結果及び使用時間 | 43 |
| 3.9 | 被験者 7 の作成結果及び使用時間 | 44 |
| 3.10 | 被験者 8 の作成結果及び使用時間 | 44 |
| 3.11 | 2 回の似顔絵作成の結果 1 | 46 |
| 3.12 | 2 回の似顔絵作成の結果 2 | 46 |
| 3.13 | 2 回の似顔絵作成の結果 3 | 47 |
| 3.14 | 2 回の似顔絵作成の結果 4 | 47 |

表 目 次

| | | |
|-----|------------------------------|----|
| 1.1 | 顔ポジションの見極め方と印象 | 5 |
| 2.1 | dlib で検出した顔各特徴点の説明 | 10 |
| 3.1 | 2 回似顔絵作成の評価 | 48 |

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景、目的

近年、インターネットの普及およびスマホ機能の上昇と共に、SNSなどのソーシャルアプリが流行している。その中で用いられるプロフィールはネット上の名刺のような存在になったと言える。自分の個性、性格などの説明はもちろん、工夫をすれば、趣味やスタイルなどもアピールできる。一方、自分の顔をそのままSNSに出すと、個人情報漏洩の心配をしている人が大勢いる。そこで、本人の顔写真を出さず、自分自身の特徴だけを捉えた似顔絵を描きたいという要望が増えている。

しかし、似顔絵の制作は一般人にとって簡単なことではない。大西ら [1] は、40名の被験者が7分間で同一人物の顔に対し、大体な似顔絵を描いてもらった。描いた作品に対し、絵が上手か下手か、特徴を捉えたかどうか2つのアンケートを専門家に評価してもらった。描く中、モデル画像と描画キャンパスの間に被験者視線の移動率について、高評価群と低評価群に分け、比較と検討を行った。その結果、似顔絵の上手な人の1分あたりの視線移動回数が、似顔絵の下手な人より大きいことが判明した。似顔絵の上手な人は輪郭及びパーツの特徴やそれらの相対的位置関係を獲得し、模写の要領で修正しながら描いていた。似顔絵の下手な人は描画する際、注意力が散漫になり、集中力が欠損する傾向がある。そして、ある部位だけをハネし、見落としている特徴が多いという問題が存在している。また、絵の上手な人が観察したパーツを適切に漫画に変換する場合と、絵の下手な人が観察したパーツを不適切な既存概念のものに置き換える場合、両方とも処理時間が必要の結論を得た。

以上のことから、本研究は顔特徴の自動抽出部分を着目した。



図 1.1 手描き似顔絵の過程

図 1.1 が似顔絵の制作過程である。似顔絵を描く際に大きく 3 つの段階に分けている。第 1 段階では、観察により、被写体の顔を分析し、顔パーツの特徴を抽出する。第 2 段階では、抽出した顔特徴を分析し、パーツの配置バランスを考慮した上で、新しいパーツの位置確定し、描き換える下描き作業を行う。最後の段階では、立体感を強調するため、着色、陰影付け、背景制作などの加工を行う。これらが一般的な手描き似顔絵を描く手順である。

小河原 [2] は自身の著書で顔の特徴はパーツ自身の特徴とパーツ配置の特徴の 2 つの部分に分けていると述べた。特にパーツ配置に対し、目、鼻、口、眉などパーツの形状を似せるより、パーツそれぞれの位置関係を見極めることが重要なポイントである。

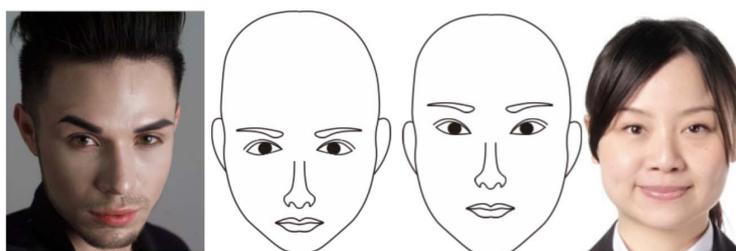


図 1.2 ポジション式似顔絵の例

図 1.2 で簡易なポジション式似顔絵例を示す。同じ 5 つのパーツイラストを利用し、配置だけを調整することで、異なる 2 つの顔を制作した。このようなパーツ並び方に対し、小河原は「顔ポジション」という概念を提案した。その概念を利用して、描く似顔絵は「ポジション式似顔絵」である。図 1.3 で顔ポジションの基本パターンを示す。「上型」、「下型」、「平均型」、「内型」、「外

型」という5つのパターンが存在している。

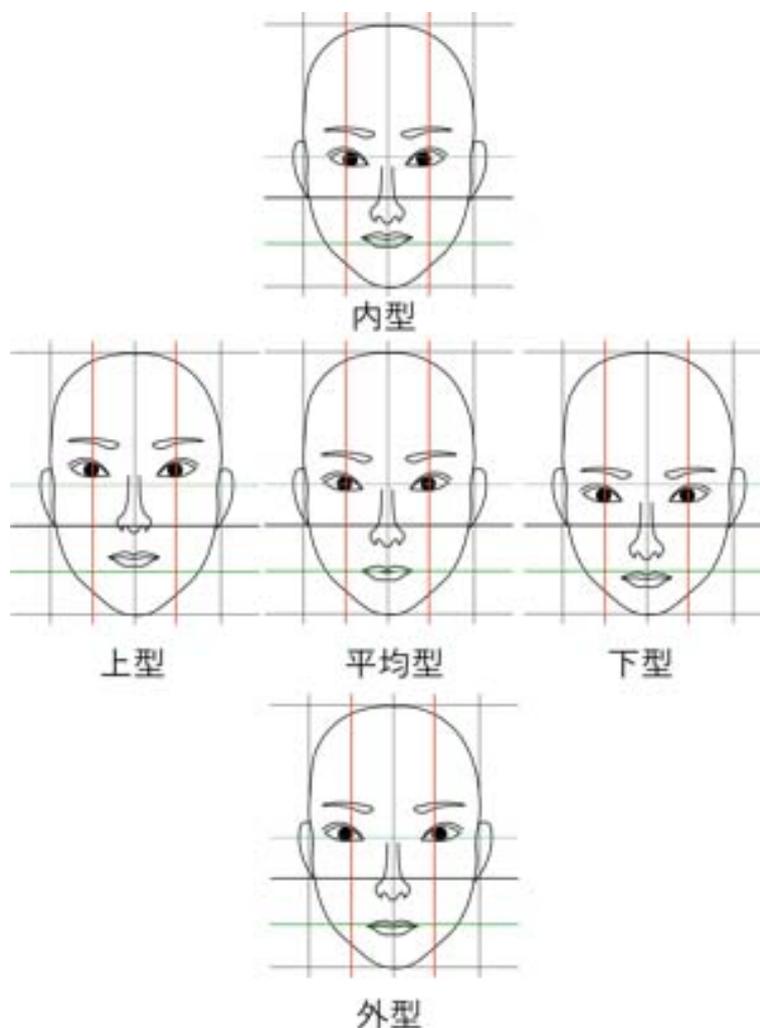


図 1.3 顔ポジションの5つのパターン

顔ポジションを確定した上で、顔輪郭の縦横比を加え、顔に対する独特な印象を制作できる。本研究は小河原の顔ポジションパターンを用いてパーツ配置の特徴を確保した上で、パーツ形状の誇張を行う。表 1.1 は大河原による著書 [2] の 17 ページより引用、5つの顔ポジションにそれぞれ見極め方と印象のまとめである。

表 1.1 顔ポジションの見極め方と印象

| 顔ポジション | 見極め方 | 印象 |
|--------|------------------|---------------|
| 上型 | 目の位置が高い | 大人っぽい |
| | 顔の形が長い | 上品なイメージ |
| | 額が狭い | 地味な印象 |
| | 鼻が長い | 真面目そう |
| | 顎が長い | ちょっと古風 |
| 下型 | 顔の形が短い | 子供っぽい |
| | 額が広い | 可愛らしい |
| | 目の位置が顔の真ん中 | 若々しい |
| | 顎が短い | 親しみやすい雰囲気 |
| | 鼻の下が短い | |
| 平均型 | 顔の形は大きくもなく小さくない | しっかりしている印象 |
| | 目と目の間には目が1個くらい入る | 安定している |
| | 鼻の下は唇ひとつくらいの長さ | 落ち着いた雰囲気を醸し出す |
| 内型 | 目と目の間は狭い | 活発 |
| | 額が広い | 知的なイメージ |
| | 顎が長い | 現代的な印象 |
| | 鼻の下が短い | 派手 |
| | 輪郭の近くにパーツがない | かっこいい |
| 外型 | 目と目は離れている | 大らか |
| | 顔の幅が広い | おっとり |
| | 顎が短い | ぼんやり |
| | 鼻の下が長い | 温和な印象 |
| | 輪郭の近くにパーツがある | のんびり屋さん |

手描き似顔絵を模倣、あるいは支援する研究は、大きく分けてパーツ描き替え、画風変換、機械学習の3種類が存在している。

まず、パーツ描き替えの方法は、顔の特徴を解析し、理想な形を持つパーツを選択することで似顔絵を作る方法である。この方法は似顔絵を作成が容易であるという特徴を持つ。しかしながら、特徴的な似顔絵を実現するには、多くの描き替え用のパーツイラストを事前に用意する必要がある。

り、かつユーザー側の選択が大変になるという問題がある。小松ら [3] も小河原 [2] の顔ポジションを分析した。分析した特徴点をモーフィング手法でパーツを描き替え、似顔絵を生成する研究を行った。しかし、特徴抽出の精度は低いといったツール上の問題がある。そして描画する際に、パーツイラストが有限のため、全ての顔に対応するのは難しいといった問題が存在している。その点に関し、本研究は幾何学を使用し、複数の線、曲線でパーツを描画する手法を提案する。

第2に、画風変換があり、これは特定なスタイル画像をもう1枚の画像に融合し、鉛筆絵や油絵風などに色のスタイルを変換する手法である。Xu ら [4] は非写実的レンダリングの方法で、画像辺縁をシャープし、一定範囲内の色を統一し、漫画のように変換する手法を提案した。H.Winne ら [5] は顔特徴を取得し、色塗りや陰影部分を鉛筆風に描き換える方法である。

A.Selim ら [6] は画風変換のアルゴリズムを畳み込みニューラルネットワークに運用し、顔画像の構成を維持する同時、絵画スタイルを変換できる。さらに、特定のスタイルの制約は不要、顔の輪郭、表情、髪、性別、明るさ、肌の色など、様々な絵のスタイルや入力写真を分析し、画像シーケンスの拡張を提示し、様々な顔全体および局所表情の変化を表現出来る。入力フレーム間の動き情報を利用することによって、時間的に一貫した結果を生成した。

Carlos ら [7] が芸術風を画像内の単一のオブジェクトに移すための方法を提案した。セマンティックセグメンテーションによるスタイル変換と、MRF を用いた結果の融合を組み合わせたものである。結果、MRF モデルによって与えられたオブジェクト境界の改善を実証した。上記の画風変換の研究は元画像のスタイルを漫画のように変わった。しかし、スタイルの変化だけで、似顔絵特有の誇張表現を実現することができない。

第3に、機械学習による手法がある。その手法を用いた研究として、杉山ら [8] は個人差や撮影条件により抽出精度が左右されやすい髪の毛と眉を区別する自動抽出手法を提案した。機械学習の手法はある程度特徴抽出し変化する理論もしくは既存したシステムを必要があり、独立で似顔絵を描くことができない。

本研究は手描き似顔絵の制作過程の第 1、第 2 段階の特徴抽出とパーツ再配置までの支援を行い、似顔絵下描き画像の自動生成であることを目的とする。IT 技術の発展に伴い、セキュリティのための顔識別技術も進歩している。本研究では、その技術を似顔絵に応用し、顔認識を用いたプログラムで顔をスキャンして、複数枚の被写体顔特徴を数値化分析し、特徴抽出のパターンにまとめる。それを元に、顔パーツの再配置および誇張化をする手法を提案し、似顔絵の土台となる下描きの制作支援を行う。この下描きを利用することで、第 3 段階の着色や陰影付けの目印となり、似顔絵の制作作業を簡単にする。そして、提案手法が有用であることを証明するため、複数の被験者が「下描きなし」、「下描きあり」の条件のもとで、同一人物の似顔絵を描いてもらった。描画の効果、時間の方面で比較し、分析した結果、似顔絵下描きの自動生成を実現した。

1.2 論文構成

本論文の構成は以下の通りである。第 1 章では、伝統的な似顔絵のように作るのを調査し、特に顔特徴の判断、誇張化処理の方法の探求である。第 2 章では、本研究で提案する顔ポジションの判定及び、異なるポジションにより、顔パーツの再配置と、パーツ自身の特徴の表現方法を述べる。第 3 章では、本研究で開発した似顔絵を生成するプログラムにより、その結果の検証と考察を行う。第 4 章では、本研究の成果と意義をまとめ、今後の展望について述べる。

第 2 章

提案手法

本章では、本研究は小河原 [2] が提唱する「ポジション式似顔絵」手法を基づき、手描き似顔絵作成を前半観察部分と後半の描画部分に分けて実現していく。

まず前半の観察部分では、入力顔画像における各顔パーツの形状と配置の特徴を抽出し、平均的な顔形状に対し各部位が上下内外のいずれに寄っているかを事前に判断する。後半の描画部分では、観察結果をより強調することにより誇張表現を実現する。最終的、誇張した特徴をベクトルにより下描きを完成する。

上記した特徴の抽出に用いたのは dlib という顔認識の機械学習アルゴリズムやツールであり、最初に King ら [9] が開発した。その後、V.Kazemi ら [10] は、大量な顔の特徴点を持続検出による変化を記録・訓練した結果、顔認識の精度が大きく向上した。現在 dlib は、産業や学術の広いドメインに適用でき、オープンソースで無料で使用可能である。図 2.1 で dlib 実際の効果を示す。

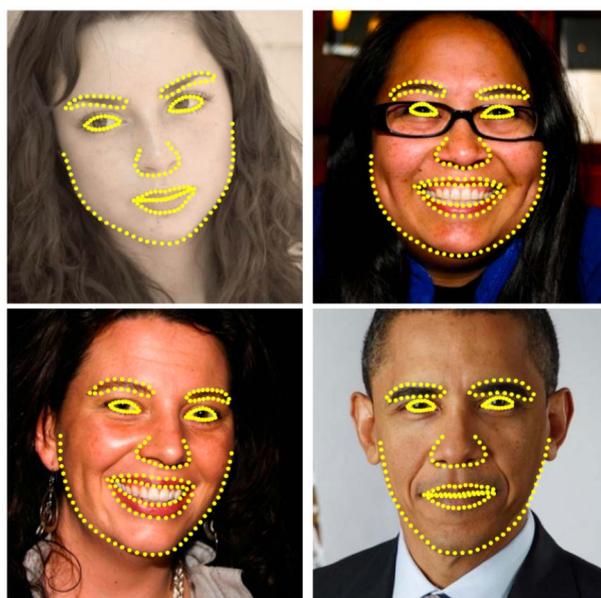


図 2.1 dlib の応用事例

文献 [10] fig. 1 より引用

Face++、OpenPose などのような既存顔認識システムは精密に顔特徴を捉えることが出来る。実際、それらシステムの内部にも dlib を内蔵している。また、dlib を利用し、様々な領域におけ

る研究を行なっている。X.Zhu ら [11] は dlib を利用し、顔特徴による表情の変化を検出できるシステムを開発した。このシステムを用いることで、表情の識別精度が向上した。宮田ら [12] は 3D キャラクターを用いて、セルアニメーションの振り向き動作の特徴点の抽出と分析を行った。そして山川ら [13] が宮田らの研究を元に、3D キャラクター顔の傾きの計算を行った。有澤ら [14] が顔の部分特徴の位置情報を利用した認識手法の検討を行った。実験結果より、顔に瞳間距離のような基準パターンを設け、基点間の距離に基づく相対比較をすることで、各部分特徴点の座標データのみによる認識でも、精度を保って個人を特定できることが分かった。

そして、本研究も同様に、dlib 顔識別プログラムを似顔絵研究に応用し、入力画像の顔特徴を検出し、68 個の特徴点で表示する。表 2.1 は dlib で検出した顔各特徴点の説明である。

表 2.1: dlib で検出した顔各特徴点の説明

| 特徴点番号 | 特徴点意味 | 別称 |
|-------|--------------|----|
| 0 | 右顔輪郭始点 | A |
| 1 | 右顔輪郭 | |
| 2 | 右顔輪郭 | |
| 3 | 右顔輪郭 | |
| 4 | 右顔下顎骨による突出部分 | |
| 5 | 右顔輪郭 | |
| 6 | 右顔輪郭 | |
| 7 | 右顔輪郭顎 | |
| 8 | 中央顔輪郭顎 | F |
| 9 | 左顔輪郭特徴点 | |
| 10 | 左顔輪郭 | |
| 11 | 左顔輪郭 | |
| 12 | 左顔下顎骨による突出部分 | |
| 13 | 左顔輪郭 | |
| 14 | 左顔輪郭 | |
| 15 | 左顔輪郭 | |
| 16 | 左顔輪郭終点 | B |

| 特徴点番号 | 特徴点意味 | 別称 |
|-------|--------|----|
| 17 | 右眉外側端点 | |
| 18 | 右眉 | |
| 19 | 右眉 | |
| 20 | 右眉 | |
| 21 | 右眉内側端点 | |
| 22 | 左眉内側端点 | |
| 23 | 左眉 | |
| 24 | 左眉 | |
| 25 | 左眉 | |
| 26 | 左眉外側端点 | |
| 27 | 鼻柱始点 | |
| 28 | 鼻柱 | |
| 29 | 鼻柱 | |
| 30 | 鼻先 | |
| 31 | 小鼻右端点 | |
| 32 | 小鼻右 | |
| 33 | 小鼻中央点 | |
| 34 | 小鼻左 | |
| 35 | 小鼻左端点 | |
| 36 | 右眼外側端点 | |
| 37 | 右眼上まぶた | |
| 38 | 右眼上まぶた | |
| 39 | 右眼内側端点 | |
| 40 | 右眼下まぶた | |
| 41 | 右眼下まぶた | |
| 42 | 左眼内側端点 | |
| 43 | 左眼上まぶた | |
| 44 | 左眼上まぶた | |
| 45 | 左眼外側端点 | |
| 46 | 左眼下まぶた | |
| 47 | 左眼下まぶた | |
| 48 | 上唇右口角 | |

| 特徴点番号 | 特徴点意味 | 別称 |
|-------|---------|----|
| 49 | 上唇上半部右 | |
| 50 | 上唇人中右 | |
| 51 | 上唇人中 | |
| 52 | 上唇人中左 | |
| 53 | 上唇上半部左 | |
| 54 | 上唇左口角 | |
| 55 | 下唇下半部左 | |
| 56 | 下唇下半部左 | |
| 57 | 下唇下半部中央 | |
| 58 | 下唇下半部右 | |
| 59 | 下唇下半部右 | |
| 60 | 下唇右口角 | |
| 61 | 上唇下半部右 | |
| 62 | 上唇下半部中央 | |
| 63 | 上唇下半部左 | |
| 64 | 下唇左口角 | |
| 65 | 下唇上半部左 | |
| 66 | 下唇上半部中央 | |
| 67 | 下唇上半部右 | |

以降、これらの特徴点を $\{P_0, P_1, \dots, P_{67}\}$ と呼称する。

次に、顔ポジションの見極め方法 [2] を再現するため、平均的顔基準を設定する。心理学で顔パーツ配置より印象の変化に関して、九島ら [15] はパーツ配置により原型顔を 4 つの顔を生成し、形美、成熟性、性差方面でそれぞれの顔が持っている「印象」の変化を考察した。図 2.2 は文献 [15] より引用した顔識別指標、評価である。

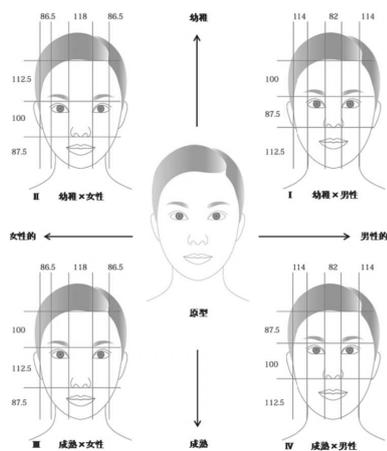


Figure 4 顔の識別指標のモデル
原型顔を基準とした各顔のパーツ配置比率

Table 3 4つの顔の作成条件

| (%) | 顔上部 | 顔中央部 | 顔下部 | 目と目の間 | 目尻から 生際 |
|--------|-------|-------|-------|-------|------------|
| 原型顔 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 幼稚×女性的 | 112.5 | 100 | 87.5 | 118 | 86.5 |
| 幼稚×男性的 | 100 | 87.5 | 112.5 | 82 | 114 |
| 成熟×女性的 | 100 | 112.5 | 87.5 | 118 | 86.5 |
| 成熟×男性的 | 87.5 | 100 | 112.5 | 82 | 114 |

Table 5 5つの顔の印象評価の違い

| | 幼女 | 成女 | 原型 | 幼男 | 成男 | F値 | 下位決定 |
|---------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------|--|
| 若々しい n=159 | M 4.11 SD 1.15 | 2.87 1.19 | 3.44 0.88 | 2.76 1.14 | 2.16 0.98 | F(4, 632)=70.796 *** | 幼女>原型 成女 幼男 成男 原型>成女 幼男 成男 成女>成男 幼男>成男 |
| 男性的 n=159 | M 1.89 SD 1.11 | 2.87 1.20 | 2.62 1.07 | 3.53 1.10 | 3.99 1.00 | F(4, 632)=89.881 *** | 成男>幼男 成女 原型 幼女 幼男>成女 原型 幼女 成女>幼女 |
| キュート n=159 | M 3.87 SD 1.26 | 2.70 1.16 | 3.55 1.01 | 2.28 1.03 | 1.77 0.94 | F(4, 632)=111.140 *** | 幼女>原型 成女 幼男 成男 原型>成女 幼男 成男 成女>幼男 成男 成男>成男 |
| 活発な n=159 | M 2.91 SD 1.26 | 2.60 1.11 | 3.61 0.83 | 3.83 1.06 | 3.42 1.20 | F(4, 632)=32.748 *** | 幼男>成男 幼女 成女 原型>成女 成女 成男>幼女 成女 |
| 老けた n=159 | M 1.91 SD 1.03 | 3.15 1.15 | 2.56 0.86 | 3.26 1.12 | 3.94 0.95 | F(4, 632)=87.876 *** | 成男>幼男 成女 原型 幼女 幼男>原型 幼女 成女>原型 幼女 原型>成女 |
| クール n=159 | M 2.87 SD 1.45 | 3.41 1.25 | 3.41 0.96 | 2.52 1.11 | 2.83 1.27 | F(4, 632)=15.253 *** | 原型>幼女 成男 幼男 成女>幼女 成男 幼男 |

図 2.2 顔識別指標、評価

文献 [15] fig.4、tab.3、tab.5 より引用

そのデータにより、本研究は異なる顔ポジションにおける、パーツ間の位置関係差を参照する。

断定用のパラメータを調整することにより、顔のパターンの自動判断を実現する。各パーツのデータおよび判断結果によって、パーツの再配置を行う。

2.1 サポートライン

本研究では顔輪郭の特徴点を基づき、似顔絵下描きの生成エリアを確定している。どの顔ポジションになるかの判定は、各パーツと輪郭との位置関係で決定する。位置関係を求める準備として、輪郭特徴点の P_0 と P_{16} は顔輪郭の左右両端であり、こめかみ部分である。この2点を繋ぎ、眼部位のサポートラインを作る。同様に、 P_4 、 P_{12} 番特徴点は下顎骨による突出部分であり、この2点を繋ぎ、口部位のサポートラインを作る。最後に、その2本のサポートラインの直線方程式 $ax + by + c = 0$ の各係数を求めておく。図 2.3 で特徴点とサポートラインを表示した画像を示す。



図 2.3 特徴点とサポートライン

2.2 判断基準

本節では各パーツのポジションや局所的な特徴の求め方を述べる。本手法では、平均型顔の判断基準はマジェリン&かつと [16] の著書によるものとした。図 2.4 は平均型顔の判断基準を示す。

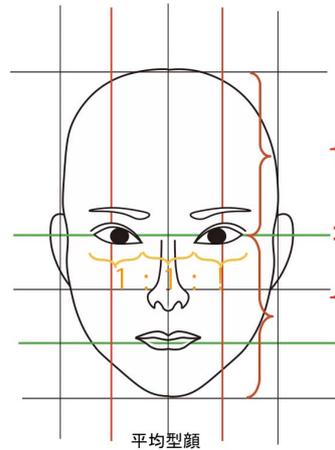


図 2.4 平均型顔の判断基準

平均型の顔は上と下の幅、眼の長さ、両眼の間隔など、それぞれ均等なバランスを維持している。この中のどちらかのバランスが崩れた時、顔のポジションは別型になる。本節では、部位一つずつの情報より崩れの程度の測定を行う。つまり、本研究の顔ポジション判断基準は、被写体顔と平均顔がどの程度異なるのかの度合いである。

2.2.1 眼と口の上中下判定

眼と口の高さは顔ポジションの第一要素である。まず、右眼の特徴点である P_{36} から P_{41} の重心を求め、この座標を (x_r, y_r) とする。更に、眼の上端と下端の幅を P_{38} と P_{40} の距離及び P_{43} と P_{47} の距離の平均より求める。これを D_e とおく。眼のポジションの判定を以下の手順で行う。

1. 以下の式が成り立つ場合、中ポジションとする。

$$D_e < \left| \frac{ax_r + by_r + c}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right| \quad (2.1)$$

2. 式 (2.1) が成り立たない場合、 $ax_r + by_r + c$ が正の場合上ポジション、負の場合下ポジションとする。

口部位のパーツも同様に口特徴点 P_{48} から P_{67} の重心と、 P_{51} と P_{57} の距離による口幅、及び口

部位のサポートラインとの関係より、上中下を設定する。

2.2.2 眼の内外

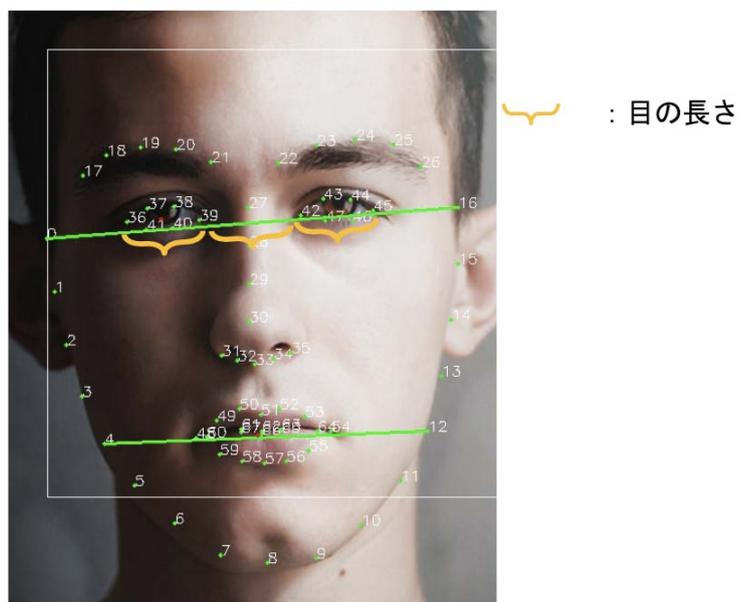


図 2.5 眼の内外

図 2.5 は眼の内外の判断基準を示す。眼の特徴点 P_{36} と P_{39} 点はそれぞれ右眼の左端点と右端点であり、この 2 点の距離を右眼の長さとする。左右両眼の平均長さを L_e とする。両眼の内側端点である P_{39} と P_{42} の距離を眼間距離 L_w とする。本手法は九島ら [15] による原型顔作成条件のデータにより、平均的な顔の場合に眼の長さ L_e と眼間距離 L_w はほぼ同じと想定した。しかしながら、実際には平均型の顔であっても、眼の長さは眼間距離より僅かに長い。眼間距離 L_w と眼の長さ L_e の差を埋めるため、調整係数 k を使用する。本研究が実装したプログラムでは、 k を 1.1 に設定した。そして、2 つの長さが完全一致の理想状態になる可能性は非常に低いため、更に、 L_2 の調整係数を設定し、平均型になれる範囲を設定した。具体的には、

$$L_e > 1.1kL_w \quad (2.2)$$

を満たす場合、内型である。また

$$L_e < 0.9kL_w \quad (2.3)$$

を満たす場合、外型である。両方とも満たさない場合は平均型であると設定した。

2.3 似顔絵座標系

本節では、画像座標系における顔の回転角度を補正した似顔絵座標系について述べる。この座標系での y 軸は顔中心を通り、左右に分割するものである。

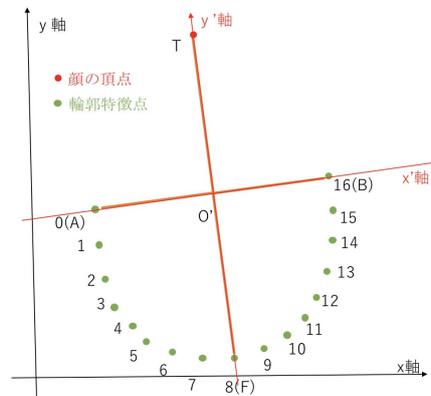


図 2.6 似顔絵座標系

図 2.6 は似顔絵座標系を示す。 $\{P_0, P_1, \dots, P_{16}\}$ は顔輪郭の特徴点である。A 点 (P_0)、B 点 (P_{16}) を繋いで取得した線分を眼のサポートラインとし、線分 AB 及びその延長線を横軸 x' 軸とする。さらに、 x' 軸に対し、顎の端点 F(P_8) の対称点 T を作る。F と T 点を通る直線を y' 軸とし、 $x'y'$ 座標系を定め、以後「似顔絵座標系」と呼称する。 $x'y'$ 軸の交点を似顔絵中心点 O' とする。 x' 軸と x 軸のなす角を θ とする。

2.4 下描き輪郭の生成

小河原 [2] のポジション式似顔絵は「顔ポジション」と「顔輪郭の縦横比」で顔を表現している。

本節では「顔輪郭の縦横比」に基づく輪郭生成方法について述べる。

2.4.1 顔縦横比

まず、顔の縦横比を把握するため、第 2.3 節の座標系中に顔基本形の縦楕円を作る。0 から 16 番の点は顔輪郭の特徴点である。 O' は顔中心であるが、顔の傾きにより、 $O'A$ 、 $O'B$ の長さは異なっている。 O' を楕円中心 (x_0, y_0) に、 $O'T$ を長半径 a 、 $O'A$ 、 $O'B$ をそれぞれ短半径 b にして、左右に半分ずつの楕円を作る。さらに、2 つ座標の回転角 θ により、楕円の回転を行う。2 つの形状を組み合わせると、顔基本形を生成し、被写体顔の太さや長さにより、自然に丸く、長く、短くに見えることができる。図 2.7 は回転後の顔縦横比の楕円である。

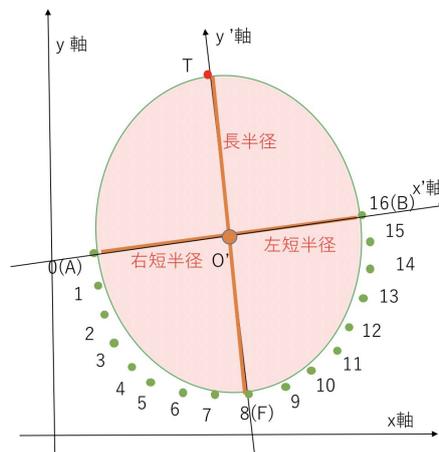


図 2.7 顔縦横比の楕円

2.4.2 輪郭の描画

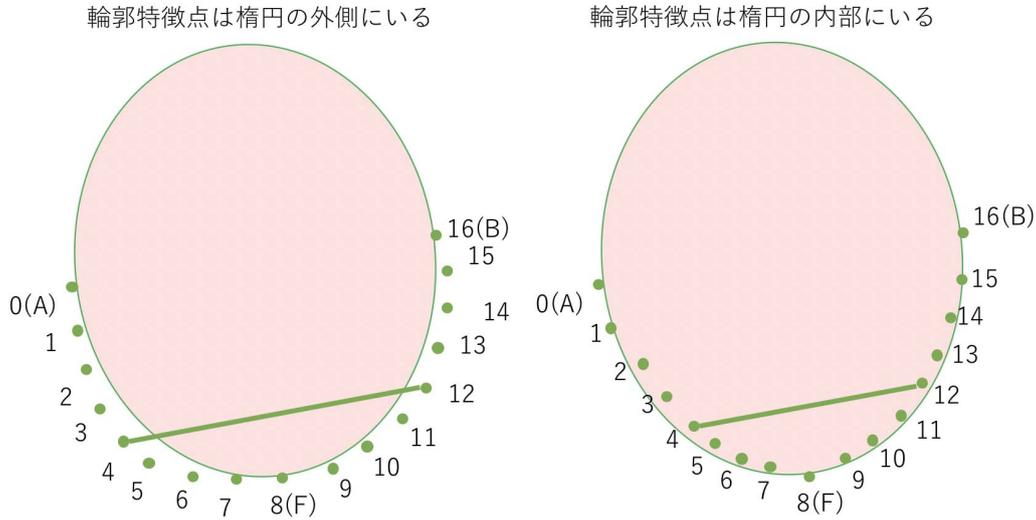


図 2.8 輪郭特徴点と顔縦横比の楕円の関係

図 2.8 は輪郭特徴点と輪縦横比の楕円の関係を示す。口部位サポートラインの上部にあたる P_3 と P_{13} 、下部にあたる P_5 と P_{11} のそれぞれの座標に対し、顔縦横比の楕円との内外関係判断を行う。 $X = x - x_0, Y = y - y_0$ としたとき、

$$\frac{(X \cos \theta + Y \sin \theta)^2}{a^2} + \frac{(-X \sin \theta + Y \cos \theta)^2}{b^2} > 1 \quad (2.4)$$

を満たす場合、楕円の外側にいる。

$$\frac{(X \cos \theta + Y \sin \theta)^2}{a^2} + \frac{(-X \sin \theta + Y \cos \theta)^2}{b^2} \leq 1 \quad (2.5)$$

を満たす場合は楕円の内側にいる。

そして、左右の顔および上下に 4 つの部分に分け、顔の輪郭描画を行う。以降、特徴点 i の位置ベクトルを \mathbf{P}_i とする。本研究では下描きの輪郭線を以下の 4 本の Bézier 曲線で表す。

$$\mathbf{C}_0(t) = \mathbf{P}_1(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_2t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_3t^2(1-t) + \mathbf{P}_4t^3, t \in [0, 1] \quad (2.6)$$

$$\mathbf{C}_1(t) = \mathbf{P}_4(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_5t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_6t^2(1-t) + \mathbf{P}_7t^3, t \in [0, 1] \quad (2.7)$$

$$\mathbf{C}_2(t) = \mathbf{P}_{15}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{14}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{13}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{12}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.8)$$

$$\mathbf{C}_3(t) = \mathbf{P}_{12}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{11}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{10}t^2(1-t) + \mathbf{P}_9t^3, t \in [0, 1] \quad (2.9)$$

C_0 が右顔上部、 C_1 が右顔下部、 C_2 が左顔上部、 C_3 が左顔下部となる。

ここで、Bézier 曲線 C_0 の特徴点 P_2, P_3 に対し、楕円との内外関係により移動を行う。これは以下の式により求められる。

$$\mathbf{P}'_2 = \mathbf{P}_2 \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_x \\ N_y \end{pmatrix}, \quad \mathbf{P}'_3 = \mathbf{P}_3 \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \end{pmatrix} \quad (2.10)$$

ここで、特徴点 P_3 が内側の場合は正、外側の場合は負となる。また、 $\mathbf{N} = (10, 0), \mathbf{M} = (20, 0)$ である。これを各曲線において行う。ただし、 C_1 の時は、特徴点 P_5 が内側の場合は正、外側の場合は負となり、動かす点は P_5, P_6 となる。 $\mathbf{N} = (10, 10), \mathbf{M} = (15, 15)$ である。 C_2 の時は、特徴点 P_{13} が内側の場合は正、外側の場合は負となり、動かす点は P_{14}, P_{13} となる。 $\mathbf{N} = (-10, 0), \mathbf{M} = (-20, 0)$ である。 C_3 の時は、特徴点 P_{11} が内側の場合は正、外側の場合は負となり、動かす点は P_{11}, P_{10} となる。 $\mathbf{N} = (-10, 10), \mathbf{M} = (-15, 15)$ である。

4本の Bézier 曲線および線分 $\overline{P_0P_1}, \overline{P_7P_8}, \overline{P_8P_9}, \overline{P_{15}P_{16}}$ によって、顔輪郭線を構成する。

図 2.9 で輪郭の描画を示す。



図 2.9 輪郭の描画

2.5 下描き眼の生成

2.5.1 眼中心点の確定

本項では、2.2.1 項で判定した眼の上、中、下の結果より、画像座標系における移動した眼の中心点の座標について述べる。図 2.10 は右眼パーツの中心点確定図示である。線分 $O'T$ もしくは $O'F$ 上に存在している点 U を想定する。

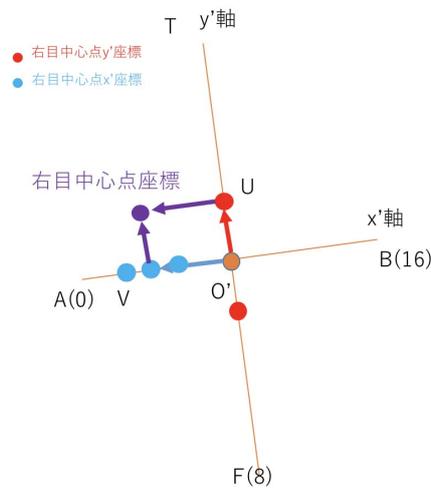


図 2.10 右眼パーツの中心点確定図示

点 U は眼のポジションにより移動を行う。これは以下の式により求められる。眼は上の場合、

$$\mathbf{U} = (1 - t)\mathbf{O}' + t\mathbf{T}, \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.11)$$

である。眼は中の場合は点 U と点 O' と重複する。眼は下の場合、

$$\mathbf{U} = (1 - t)\mathbf{O}' + t\mathbf{F}, \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.12)$$

である。ここで、 U 点の移動幅を 1 つ目の縦幅を制御するため、眼の上端と下端の幅を P_{38} と P_{38} の距離 l_a 、線分 $O'T$ 、 $O'F$ の長さ l_u を求める。以下の式により、 t の値を設定する。

$$t = 1 - \frac{l_a}{l_u} \quad (2.13)$$

その後、ベクトル $\overrightarrow{O'U}$ を作る。次に、第 2.2.2 項で判断した眼の内、中、外の結果により、眼パーツの横幅を確定する。右眼を例として説明とすると、線分 $O'A$ 上に存在している点 \mathbf{V} を想定する。以下の式より、点 \mathbf{V} の座標を求められる。 \mathbf{V} 点の座標計算を示す。

$$\mathbf{V} = (1 - t)\mathbf{O}' + t\mathbf{A}, \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.14)$$

ここで、 t の値は眼の内、中、外により、0.3、0.4、0.5 に設定している。その後、ベクトル $\overrightarrow{O'V}$ を作る。また、 $\overrightarrow{O'U}$ 、 $\overrightarrow{O'V}$ は $\overrightarrow{O'T}$ 、 $\overrightarrow{O'A}$ と平行しているため、 $\overrightarrow{O'U}$ と $\overrightarrow{O'V}$ もお互い垂直している。平行四辺形法則を利用でき、以下の式により、移動後の右眼パーツの中心点 \mathbf{E}'_r を求める。

$$\overrightarrow{O'E'_r} = \overrightarrow{O'U} + \overrightarrow{O'V} \quad (2.15)$$

移動後の左眼中心点の座標も同様に求められる。

2.5.2 眼パーツの位置確定

図 2.11 は右眼パーツの特徴点確定図示である。まず、以下式により、移動前後両眼座標 \mathbf{E}_r 、 \mathbf{E}'_r の偏移量 $\mathbf{H}_{\Delta e}$ を求める。

$$\mathbf{H}_{\Delta e} = \mathbf{E}'_r - \mathbf{E}_r \quad (2.16)$$

以降、眼特徴点 i の位置ベクトルを \mathbf{P}_i とする。眼特徴点 \mathbf{P}_{36} から \mathbf{P}_{41} 番と \mathbf{P}_{42} から \mathbf{P}_{47} 番は眼中心点と同じ偏移量 $\mathbf{H}_{\Delta e}$ の移動を行う。

$$\mathbf{P}'_i = \mathbf{P}_i + \mathbf{H}_{\Delta e} \quad (2.17)$$

移動した眼特徴点 \mathbf{P}'_{36} から \mathbf{P}'_{41} 番と \mathbf{P}'_{42} から \mathbf{P}'_{47} 番を確定する。

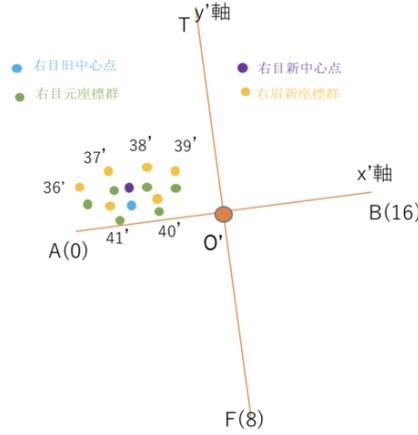


図 2.11 右眼パーツの特徴点確定図示

2.5.3 眼パーツの描画

まず、移動した眼パーツの特徴点 $\mathbf{P}_{i'}$ の高低差を利用し、眼角度を表現し、まぶたは眼の形状を制御する。図 2.12 は眼パーツの描画図示である。片眼につき上まぶたと下まぶたに分けて 4 本の Bézier 曲線を描画する。

$$\mathbf{E}_0(t) = \mathbf{P}_{39'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{38'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{37'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{36'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.18)$$

$$\mathbf{E}_1(t) = \mathbf{P}_{39'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{40'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{41'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{36'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.19)$$

$$\mathbf{E}_2(t) = \mathbf{P}_{42'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{43'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{44'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{45'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.20)$$

$$\mathbf{E}_3(t) = \mathbf{P}_{42'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{47'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{46'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{45'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.21)$$

ここで $\mathbf{E}_0(t)$ は右眼上まぶた、 $\mathbf{E}_1(t)$ は右眼下まぶた、 $\mathbf{E}_2(t)$ は左眼上まぶた、 $\mathbf{E}_3(t)$ は左眼下まぶたである。そして、Bézier 曲線 \mathbf{E}_0 は、特徴点 $\mathbf{P}_{38'}$, $\mathbf{P}_{37'}$ により、まぶたの形状調整を行う。同時に、本研究は微笑み表情の似顔絵を作成するよう、各特徴点を以下の式により調整する。

$$\mathbf{P}_{38''} = \mathbf{P}_{38'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} N_x \\ N_y \end{pmatrix}, \quad \mathbf{P}_{37''} = \mathbf{P}_{37'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_x \\ M_y \end{pmatrix} \quad (2.22)$$

ここで、 $\mathbf{N} = (5, 20)$, $\mathbf{M} = (-5, 20)$ である。これを各曲線において行う。ただし、下まぶた曲線 \mathbf{E}_1 の時は、「S」型を作るため、 $\mathbf{N} = (5, -10)$, $\mathbf{M} = (5, 20)$ である。同様に \mathbf{E}_2 の時は、 $\mathbf{N} = (-5, 20)$, $\mathbf{M} = (5, 20)$ である。 \mathbf{E}_3 の時は、 $\mathbf{N} = (-5, 10)$, $\mathbf{M} = (5, 20)$ である。 N , M の与

えをそれぞれ式に入れて計算する。眼部分の描画を完成した。

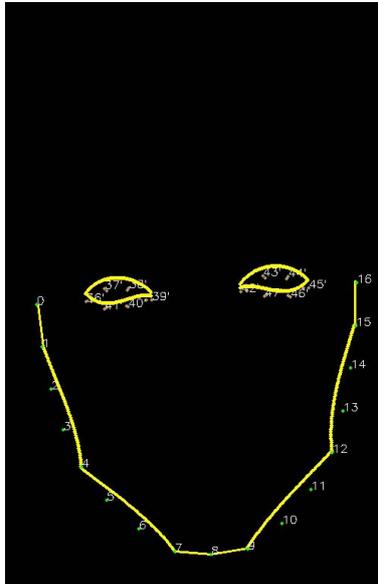


図 2.12 眼パーツの描画図示

2.6 下描き眉の生成

2.6.1 眉パーツの確定

眉パーツの位置は眉と眼の位置関係に基づき、取得するので、位置確定方法は眼パーツ部分と同様。図 2.13 で眉パーツの配置を示す。まず、眉を眼の一部として、眼パーツの中心点 \mathbf{E}_r 、 \mathbf{E}_l を眉パーツの中心点とする。眼の中心点移動量 $\mathbf{H}_{\Delta e}$ を、元眉の特徴点 \mathbf{P}_i (i は 17、18、19、20、21 と 22、23、24、25、26) の偏移量とし、調整を行う。

$$\mathbf{P}'_i = \mathbf{P}_i + \mathbf{H}_{\Delta e} \quad (2.23)$$

新しい眉パーツの座標 $\mathbf{P}_{17'}$ から $\mathbf{P}_{21'}$ 番と $\mathbf{P}_{22'}$ から $\mathbf{P}_{26'}$ 番となる。

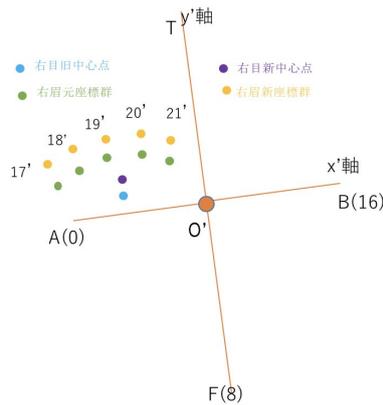


図 2.13 眉パーツの配置

2.6.2 眉山の確定

眉山とは眉に一番高いところであり、片眉パーツを左右に分断している。人によって、眉山の位置は異なるので、眉の重要な特徴である。図 2.14 で眉パーツの眉山の判断方法を示す。右眉パーツは $P_{21'}$ 、 $P_{17'}$ 番の 2 つ端点、と中央部の $P_{20'}$ 、 $P_{19'}$ 、 $P_{18'}$ 番、5 つ特徴点を持っている。眉の両端点を引いだ線分に対し、中央 3 つの特徴点と最短距離をそれぞれ計算し、一番長い特徴点は右眉山 P_{Br} となる。同様に、左眉の眉山座標 P_{Bl} は $P_{23'}$ 、 $P_{24'}$ 、 $P_{25'}$ 番 3 点の中で確定する。

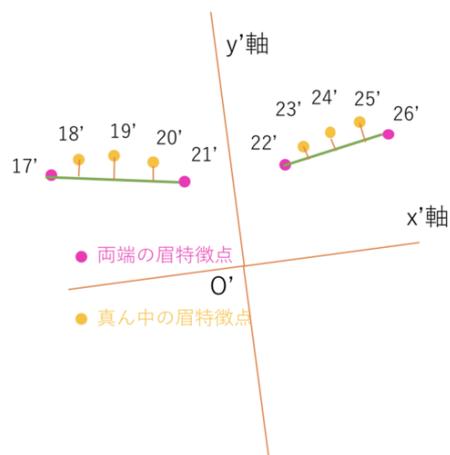


図 2.14 眉パーツの眉山判断方法

2.6.3 眉パーツの描画方法

さらに、眉パーツを上と下に2本の曲線に分けて描画する。上の眉線は形を制御し、下の眉線は全体の太さと角度を表現する。図 2.15 で眉パーツの描画方法を示す。

$$\mathbf{B}_0(t) = \mathbf{P}_{21'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{Br}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{Br}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{17'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.24)$$

$$\mathbf{B}_1(t) = \mathbf{P}_{21'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{20'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{18'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{17'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.25)$$

$$\mathbf{B}_2(t) = \mathbf{P}_{22'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{Bl}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{Bl}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{26'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.26)$$

$$\mathbf{B}_3(t) = \mathbf{P}_{22'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{23'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{25'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{26'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.27)$$

右眉を例として、 $P_{21'}$ 、 $P_{17'}$ 番点は両側の端点に、眉山を強調するため、2つ制御点とも眉山で点を共用した Bézier 曲線を作り、上半部の眉線となる。内側の端点 $P_{21'}$ と中央の $P_{20'}$ 、 $P_{18'}$ 2点を y' 軸の負方向に移動する。外側の端点 $P_{17'}$ を加え、Bézier 曲線を作り、下半部の眉線となる。移動した前後の内側端点 $P_{21'}$ を繋ぐと、右眉パーツは完成する。以上の処理を左眉の特徴点 $P_{22} \sim P_{26}$ についても行う。

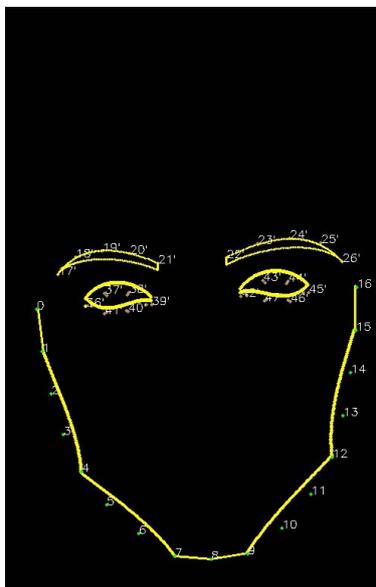


図 2.15 眉パーツの描画

2.7 下描き口の生成

2.7.1 口パーツの位置確定

第 2.2.1 項で測量した口と口サポートラインの関係により、口パーツ平均点の y' 軸座標を確定する。図 2.16 は口パーツ中心点の確定図示である。まず、口サポートラインが $O'F$ と交差していて、交点は \mathbf{L} である。 $(LO' \neq LF)$ 点 \mathbf{L} は口と口サポートライン関係により、 LO' 、もしくは LF 方向に、移動している。もし口は上の場合、

$$\mathbf{L}' = (1 - t)\mathbf{L} + t\mathbf{O}', \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.28)$$

である。もし口は下の場合、

$$\mathbf{L}' = (1 - t)\mathbf{L} + t\mathbf{F}, \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.29)$$

である。口は中の場合、点 \mathbf{L} を移動する必要はないが、

$$\mathbf{L}' = \mathbf{L} \quad (2.30)$$

となる。

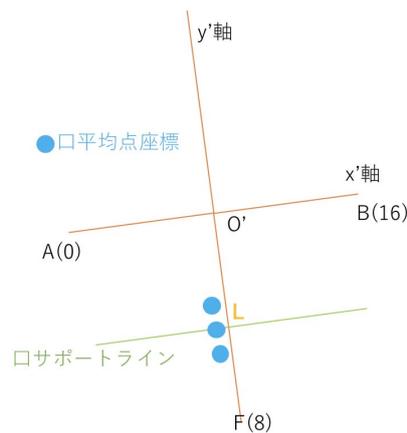


図 2.16 口パーツの中心点確定図示

2.7.2 口パーツの描画

元口パーツの中心点 \mathbf{M} と移動後の口パーツの中心点 \mathbf{L}' との移動量 $\mathbf{H}_{\Delta m}$ を算出する。口パーツの特徴点 \mathbf{P}_i (i は 48 から 67 番) を同じ偏移量で移動し、新しい口パーツの座標 $\mathbf{P}_{48'}$ から $\mathbf{P}_{67'}$ 番となる。

$$\mathbf{P}'_i = \mathbf{P}_i + \mathbf{H}_{\Delta m} \quad (2.31)$$

図 2.17 は口パーツの描画意図図示である。口パーツは上唇と下唇に分けている。さらに、一枚の唇につき上下 2 本の曲線で描画する。また、 $P_{48'}$ 、 $P_{54'}$ は共用の口角特徴点である。その口角特徴点を y' 軸の正方向に、僅かに移動したら、簡単に微笑みの表情に変更すること可能である。他の表情も好み次第、相応の特徴点を調整することで変更可能だが、似顔絵で微笑みの表情は一般的なので、本研究では各パーツをその表情に設定した。 $P_{51'}$ 、 $P_{62'}$ 、 $P_{66'}$ 、 $P_{57'}$ は唇の midpoint であり、各唇を左右に分けている。外側の曲線は口の形を表現でき、内側の線分は口の表情を制御できる。口の特徴を活かして描画していく。

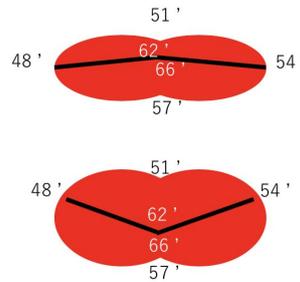


図 2.17 口パーツの描画意図図示

図 2.18 は上唇の上半部の描画図示である。上唇の上側は、2 本の Bézier 曲線

$$\mathbf{L}_0(t) = \mathbf{P}_{48'}(1-t)^3 + 3\frac{\mathbf{P}_{48'} + \mathbf{P}_{49'}}{2}t(1-t)^2 + 3\frac{\mathbf{P}_{49'} + \mathbf{P}_{50'}}{2}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{50'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.32)$$

$$\mathbf{L}_1(t) = \mathbf{P}_{52'}(1-t)^3 + 3\frac{\mathbf{P}_{52'} + \mathbf{P}_{53'}}{2}t(1-t)^2 + 3\frac{\mathbf{P}_{53'} + \mathbf{P}_{54'}}{2}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{54'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.33)$$

及び線分 $\overline{P_{50'}P_{51'}}$ 、 $\overline{P_{50'}P_{51'}}$ で中央の人中部分を表現する。

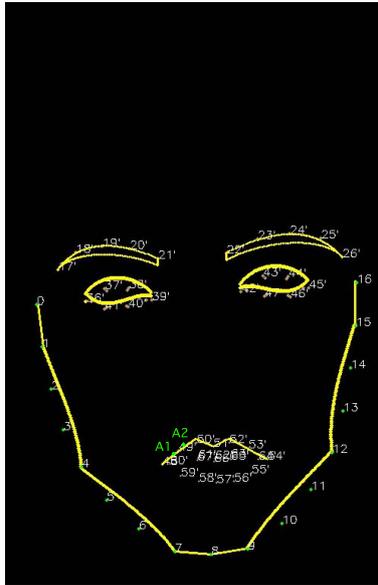


図 2.18 上唇の上側の描画図示

図 2.19 は上唇の下側の描画図示である。逆に、線分と線分のなす角で口角にある表情を表現するため、上唇の下側は左右両端部分は線分 $\overline{P_{48'}P_{60'}}$ 、 $\overline{P_{60'}P_{61'}}$ 及び Bézier 曲線

$$L_2(t) = P_{61'}(1-t)^3 + 3P_{62'}t(1-t)^2 + 3P_{62'}t^2(1-t) + P_{63'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.34)$$

により作成する。

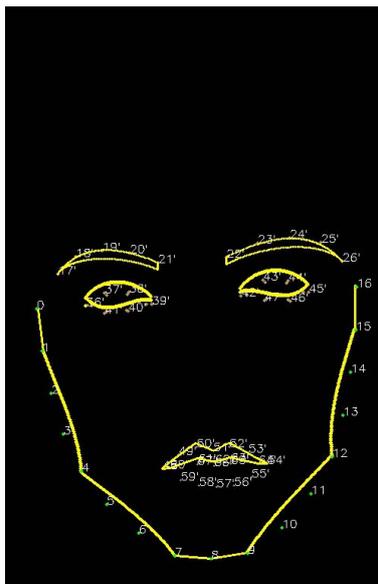


図 2.19 上唇の下側の描画図示

図 2.20 は下唇の上半部の描画図示である。下唇同様に上、下側に分けている。また、上側は左中右 3 部に分け、両端に線分で口角の表情を表す。ただし、下唇の口角は $\mathbf{P}_{48'}$ 、 $\mathbf{P}_{54'}$ ではなく、 $\mathbf{P}_{60'}$ 、 $\mathbf{P}_{64'}$ である。線分 $\overline{\mathbf{P}_{60'}\mathbf{P}_{67'}}$ 、 $\overline{\mathbf{P}_{64'}\mathbf{P}_{65'}}$ 及び Bézier 曲線

$$\mathbf{L}_3(t) = \mathbf{P}_{67'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{66'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{66'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{65'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.35)$$

で下唇の上側を構成する。

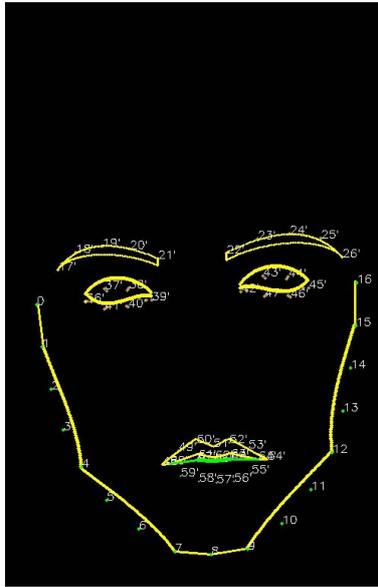


図 2.20 下唇の上側の描画図示

図 2.21 は下唇の下側の描画図示である。下唇の下側は左右端点 $\mathbf{P}_{60'}$ 、 $\mathbf{P}_{64'}$ から中央に

$$\mathbf{L}_4(t) = \mathbf{P}_{60'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{59'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{58'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{57'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.36)$$

$$\mathbf{L}_5(t) = \mathbf{P}_{64'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}_{55'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}_{56'}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{57'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.37)$$

で Bézier 曲線を作ることにより、下唇の下側を完成する。

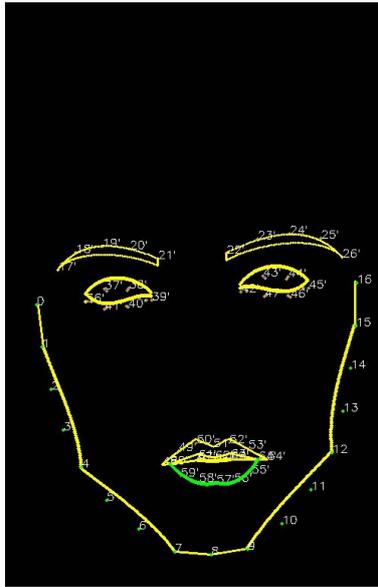


図 2.21 下唇の下半部の描画図示

2.8 下描き鼻の生成

2.8.1 鼻の長さと T 字法則

鼻パーツを一番最後に処理する理由として、鼻パーツの位置を確定するのは眼、口、肩パーツとの位置関係が必要である。本節では改めて、鼻配置確定を行い、測量方法は「T 字法則」である。

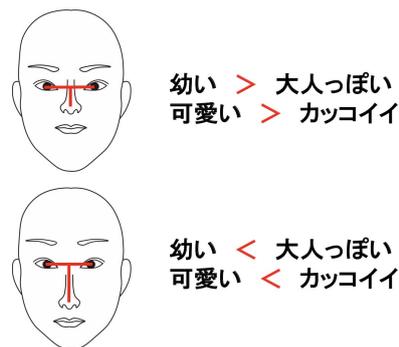


図 2.22 T 字法則による印象の差

T 字法則とは、両眼の横幅が鼻柱の長さとの縦横比ということである。その縦横比を意識して描くと、人物顔の印象は大きく変化することが可能である。図 2.22 は T 字法則による印象の差で

ある。

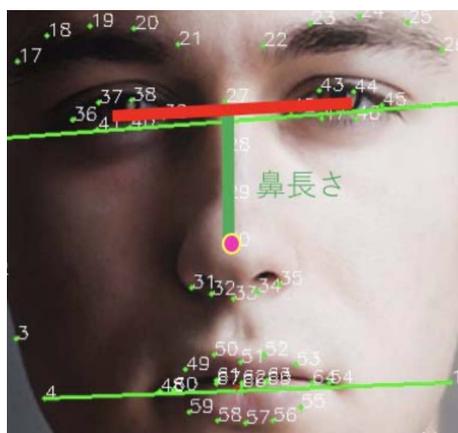


図 2.23 T 字法で鼻の長さを測量

図 2.23 は T 字法で鼻の長さを測量である。両眼の元中心点を繋ぎ、距離 L_g を獲得する。また、両眼の元中心を通る直線と、鼻先 NP_{30} との距離を鼻柱の長さ L_n を算出する。

$$\frac{1}{2} \cdot L_g - 1.1 \cdot L_n > 0 \quad (2.38)$$

を満たす場合、鼻柱は短く、

$$\frac{1}{2} \cdot L_g - 0.9 \cdot L_n < 0 \quad (2.39)$$

を満たす場合、鼻柱は長いものとした。どちらでも満たない場合、鼻柱は普通とした。

2.8.2 鼻先の位置確定

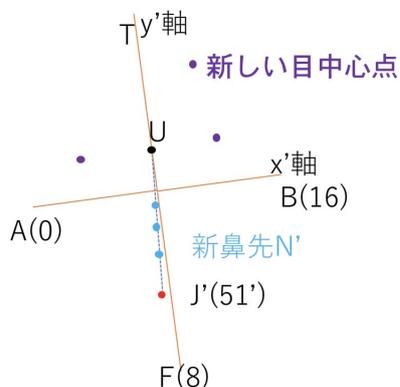


図 2.24 鼻先の位置決定

図 2.24 で鼻先の位置決定を示す。第 2.5 節で眼中心点高度を決定したベクトル \mathbf{U} と、確定した口パーツの人中 $\mathbf{J}'(\mathbf{P}_{51'})$ を利用して、以下のように似顔絵上の鼻先 \mathbf{N}' を決定する。

$$\mathbf{N}' = (1 - t)\mathbf{H} + t\mathbf{J}', \quad (0 \leq t \leq 1) \quad (2.40)$$

事前判断した鼻柱長さの短い、普通、長いの結果により、式 (2.40) パラメータ t にそれぞれ 0.45、0.6、0.75 を代入することにより、新しい鼻先 \mathbf{N}' の座標を計算する。新旧鼻先の特徴点の移動ベクトル $\mathbf{H}_{\Delta n}$ を計算し、以下の式により、新たな鼻特徴点を確定する。

$$\mathbf{P}_{i'} = \mathbf{P}_i + \mathbf{H}_{\Delta n}, \quad (i = 27, 28, \dots, 35) \quad (2.41)$$

2.8.3 鼻パーツの描画

次に、鼻パーツを鼻柱、鼻下、小鼻に分け、それぞれ描画する。図 2.25 で T 字法則により、印象の差を示す。鼻柱部分の特徴点は $\mathbf{P}_{27'}$ 、 $\mathbf{P}_{28'}$ 、 $\mathbf{P}_{29'}$ 、 $\mathbf{P}_{30'}$ 4 点である。一見、中央の一直線だが、本研究の研究対象は真正面の顔に限らず、斜めで左右向く状況にも対応しなければならない。骨から観察すると、人間の鼻は頂点の部分が眉骨内側端点と繋がっているため、鼻柱の Bézier 曲線の始点を眉の 2 つ端点 $\mathbf{P}_{21'}$ 、 $\mathbf{P}_{22'}$ のどちらかとする。そして、鼻柱特徴点 $\mathbf{P}_{27'}$ 、 $\mathbf{P}_{30'}$ を通る直線の傾き k を計算する。以下の式より、鼻柱の特徴点 $\mathbf{P}_{27'}$ 、 $\mathbf{P}_{28'}$ 、 $\mathbf{P}_{29'}$ 、 $\mathbf{P}_{30'}$ を顔の左右方向に調整する。

$$\mathbf{P}'_{27'} = \mathbf{P}_{27'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (2.42)$$

$$\mathbf{P}'_{28'} = \mathbf{P}_{28'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (2.43)$$

$$\mathbf{P}'_{29'} = \mathbf{P}_{29'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 10 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (2.44)$$

$$\mathbf{P}'_{30'} = \mathbf{P}_{30'} \pm \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2.45)$$

ここで、傾き $k \geq 0$ の場合、符号は正、始点は眉の $\mathbf{P}_{21'}$ となり、鼻柱の Bézier 曲線を

$$\mathbf{N}_0(t) = \mathbf{P}_{21'}(1 - t)^3 + 3\mathbf{P}'_{27'}t(1 - t)^2 + 3\mathbf{P}'_{28'}t^2(1 - t) + \mathbf{P}'_{29'}t^3, \quad t \in [0, 1] \quad (2.46)$$

で描画する。続いて、もう一本の Bézier 曲線

$$\mathbf{N}_1(t) = \mathbf{P}'_{29'}(1-t)^3 + 3\mathbf{P}'_{30'}t(1-t)^2 + 3\mathbf{P}'_{30'}t^2(1-t) + \mathbf{P}'_{33'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.47)$$

を作り、鼻柱と鼻下部分を繋げる。傾き $k < 0$ の場合、符号は負、始点は眉の $\mathbf{P}_{22'}$ となり、鼻柱の Bézier 曲線を描画する。

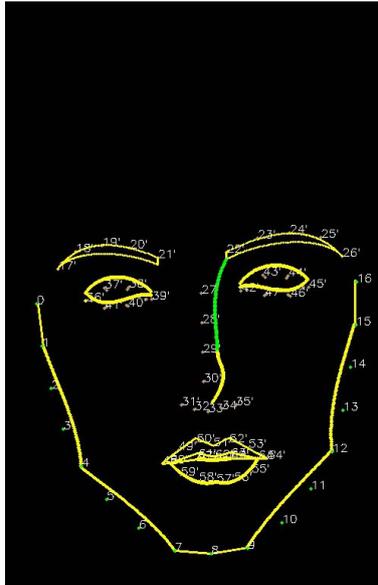


図 2.25 鼻柱の描き方

鼻下部分の特徴点は $\mathbf{P}_{31'}$ 、 $\mathbf{P}_{32'}$ 、 $\mathbf{P}_{33'}$ 、 $\mathbf{P}_{34'}$ 、 $\mathbf{P}_{35'}$ である。両側鼻穴を沿って中央までの流線は鷗のスケッチと似ているので、カモメ線の由来である。カモメ線だけで鼻を表現する漫画も少なくなく、鼻特徴の中で最も重要な部分である。これによって、鼻穴の形はカモメ線構成の重要な部分となる。図 2.26 は鼻下部分の形である。

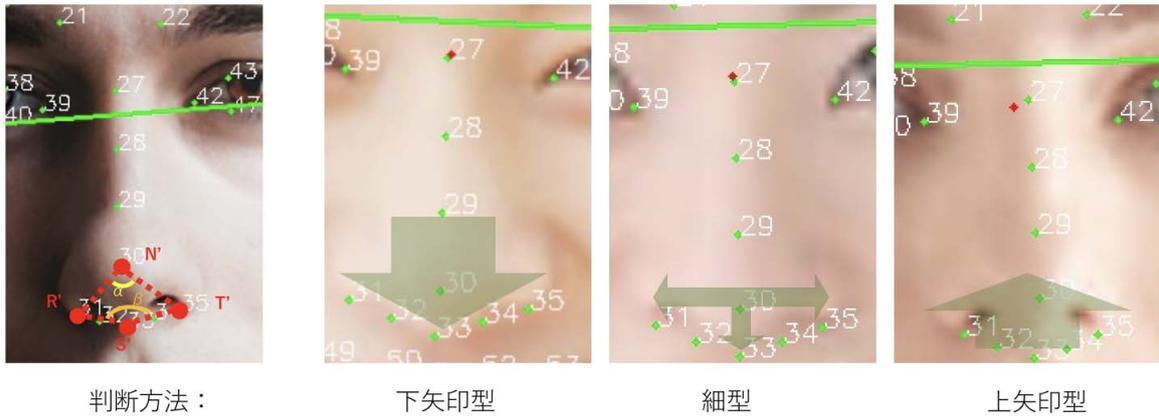


図 2.26 鼻下部分の形状

まず鼻の先 N 、下端 P_{33} 、右端 P_{31} 、左端 P_{35} を用いて、鼻の形の判定を行う。 $\overrightarrow{P_{35}P_{30}}$ と $\overrightarrow{P_{31}P_{30}}$ のなす角を α 、 $\overrightarrow{P_{35}P_{33}}$ と $\overrightarrow{P_{31}P_{33}}$ のなす角を β とする。このとき、

- $\alpha - \beta > \frac{\pi}{12}$ の場合は「上矢印形」
- $\beta - \alpha > \frac{\pi}{12}$ の場合「下矢印形」
- いずれでもない場合は「細形」

とした。調整値 k と基底ベクトル $\mathbf{X} = (1, 0)$ 、 $\mathbf{Y} = (0, 1)$ によって新たな制御点 \mathbf{G} 、 \mathbf{H} を以下の

ように定める。

$$\mathbf{G} = \begin{cases} \frac{\mathbf{P}_{31'} + \mathbf{P}_{32'}}{2} + 4k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(上矢印形)} \\ \frac{\mathbf{P}_{31'} + \mathbf{P}_{32'}}{2} - 2k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(下矢印形)}, \\ \frac{\mathbf{P}_{31'} + \mathbf{P}_{32'}}{2} + k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(細形)} \end{cases}$$

$$\mathbf{H} = \begin{cases} \frac{\mathbf{P}_{32'} + \mathbf{P}_{33'}}{2} + 4k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(上矢印形)} \\ \frac{\mathbf{P}_{32'} + \mathbf{P}_{33'}}{2} - 2k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(下矢印形)} \\ \frac{\mathbf{P}_{32'} + \mathbf{P}_{33'}}{2} - k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} & \text{(細形)} \end{cases} \quad (2.48)$$

これにより，右側カモメ線を描画する。

$$\mathbf{N}_2(t) = \mathbf{P}_{31'}(1-t)^3 + 3\mathbf{G}t(1-t)^2 + 3\mathbf{H}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{33'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.49)$$

同様の処理を左側に対しても行う。図 2.27 は鼻下部分の描き方である。

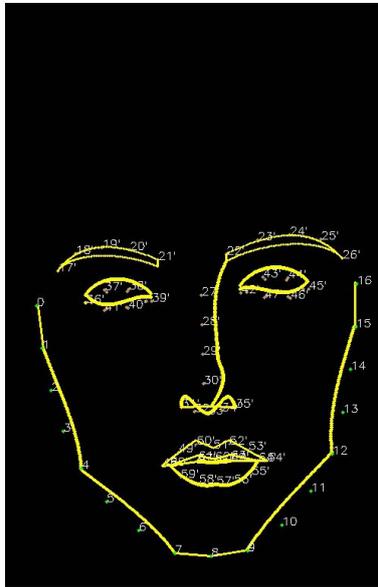


図 2.27 鼻下部分の描き方

最後は左右二枚の小鼻の描画である。図 2.28 は小鼻の描き方である。この部位はほぼ既存特徴点はないので、周りの特徴点からしサポート点を用意する。まず、鼻下の端点 $\mathbf{P}_{31'}$ 、 $\mathbf{P}_{35'}$ それぞ

れの x 座標と、鼻柱特徴点 $\mathbf{P}_{29'}$ と $\mathbf{P}_{30'}$ の中点 y 座標を取得することにより、 \mathbf{D}_1 、 \mathbf{D}_2 を獲得する。次に、 \mathbf{D}_1 と $\mathbf{P}_{31'}$ 、 \mathbf{D}_2 と $\mathbf{P}_{35'}$ を利用し、小鼻の両側に 2 点ずつのサポート点を作り出す。調整値 k と基底ベクトル $\mathbf{X} = (1, 0)$ 、 $\mathbf{Y} = (0, 1)$ によって 4 つの制御点を以下のように定める。

$$\mathbf{D}_{1u} = \frac{\mathbf{D}_1 + \mathbf{P}_{33'}}{2} - 2k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} + k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (2.50)$$

$$\mathbf{D}_{1d} = \frac{\mathbf{D}_1 + \mathbf{P}_{33'}}{2} - 2k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} - k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (2.51)$$

$$\mathbf{D}_{2u} = \frac{\mathbf{D}_2 + \mathbf{P}_{35'}}{2} + 2k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} + k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (2.52)$$

$$\mathbf{D}_{2d} = \frac{\mathbf{D}_2 + \mathbf{P}_{35'}}{2} + 2k\mathbf{X} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} - k\mathbf{Y} \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \quad (2.53)$$

最後に、2 本 Bézier 曲線

$$\mathbf{N}_3(t) = \mathbf{D}_1(1-t)^3 + 3\mathbf{D}_{1u}t(1-t)^2 + 3\mathbf{D}_{1d}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{33'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.54)$$

$$\mathbf{N}_4(t) = \mathbf{D}_2(1-t)^3 + 3\mathbf{D}_{2u}t(1-t)^2 + 3\mathbf{D}_{2d}t^2(1-t) + \mathbf{P}_{35'}t^3, t \in [0, 1] \quad (2.55)$$

を作る。小鼻部分の描画を完成する。

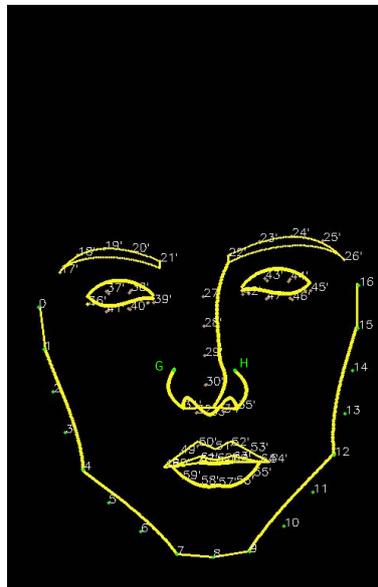


図 2.28 小鼻の描き方

第 3 章

考察と評価

3.1 実装

本章では、本研究が提案した手法の効果検証を述べる。本研究が実装した似顔絵下描き自動生成システムは、Python 3.6、OpenCV ([17]) により実装した。このプログラムに単一顔を含めた写真画像を入力するだけで、顔部分の似顔絵下描きを自動に出力できる。図 3.1 は似顔絵下描き作成システムの工程である。左は入力画像、右は出力画像を示した。処理時間は 1 秒以内である。



図 3.1 似顔絵下描き作成システム

図 3.1 の様な 1 枚の入力画像と 1 枚の出力画像を 1 セットのモデル画像にとし、自動で生成した下描きを基に似顔絵を描けるかどうかの検証を行った。モデル画像の入力画像は Adobe.stock[18] のフリー画像から性別、年齢、国籍を問わず、選択して使用した。

3.2 検証内容

検証に用いたデバイスは iPad Pro 及び Apple Pencil で、使用したソフトは「Procreate」である。20 代男女 8 名の被験者が、8 セットのモデル画像から 1 セットを選択し、2 回首以上の似顔絵作成を行った。図 3.2 で検証の際の様子を示す。



下描きなし、1回目の描画

下描きあり、2回目の描画

図 3.2 検証様子

1 回目はモデル画像のみを見ながら似顔絵 a を描く。2 回目の描画は 1 回目の上で、本手法で生成した下描きを使用して行う。下描き画像の透明度を下がって、その下に新規レイヤー作成して似顔絵 b を描く。描く際に特徴を見出し、顔大体の様子を描いてもらう。ただし 2 回目の時、下描きの特徴は自分が思っていた特徴と異なる場合、下描きが示した特徴を優先にして描いていく。そして、下描きを使わず描いてきた画像を a グループとし、下描きを基に描いてきたのを b グループとする。

3.3 分析

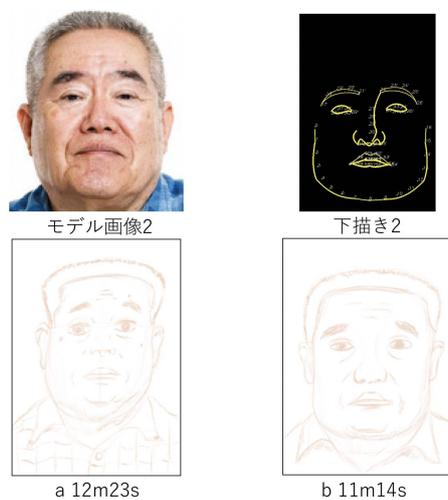


図 3.3 被験者 1 の作成結果及び使用時間

図 3.3 は被験者 1 の作成結果である。下描きがなくても、特徴の把握ができています。更に、下描きがある場合は、パーツの配置部分よりよく完成した。



図 3.4 被験者 2 の作成結果及び使用時間

図 3.4 は被験者 2 の作成結果である。a の場合、パーツの形状を描けていたが、顔の縦横比は間違っていて、短く描いた。しかしこの状況は、b を描く時に改善した。



図 3.5 被験者 3 の作成結果及び使用時間

図 3.5 は被験者 3 の作成結果である。a の場合は、パーツの形状も配置も、特徴を捉えていなかった。b の場合は、下描きによりパーツ配置を確定でき、パーツの着色も簡単に行えた。もう一つの改善点として、同じ A4 サイズの画面に対する絵のバランスが良くなった。

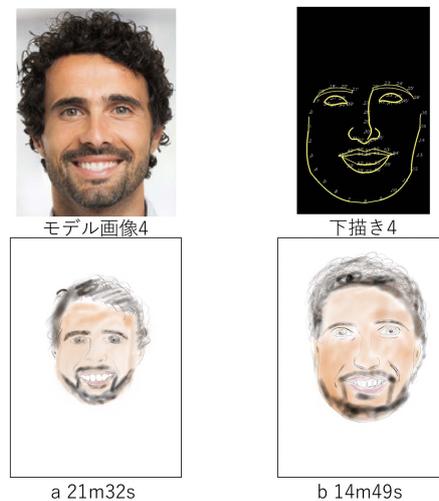


図 3.6 被験者 4 の作成結果及び使用時間

図 3.6 は被験者 4 の作成結果である。次に、a はパーツの形状を表現したが、配置を間違っただけで似なくなった典型的な事例である。そして、b を描く際に、下描きのパーツ配置の上で、顔部分が良くなった。しかし、今回下描きで反映していない髪形部分は、参考にならず、理想な結果となら

なかった。



図 3.7 被験者 5 の作成結果及び使用時間

図 3.7 は被験者 5 の作成結果である。a におけるパーツは歪んで描いていたが、顔全体のパーツ配置は正しい傾向にあり、結果的に下描きがなくても似たものとなった。b の下描きの元に、パーツ部分の歪みを改善した。時間的にも大幅に短縮した。

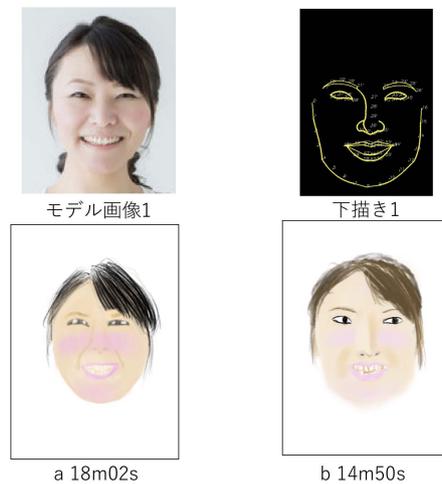


図 3.8 被験者 6 の作成結果及び使用時間

図 3.8 は被験者 6 の作成結果である。a、b 両方とも特徴を捉えなかったと判定した。a が似たなかった原因はパーツ全体が上がりすぎたためである。b の配置部分は下描きがあってから、

確定していた。しかし下描きが線のない目玉、歯の部分は元画像と大部違い、結果的に似ていなかった。

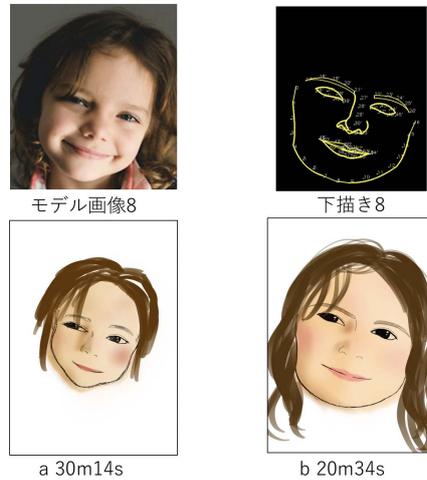


図 3.9 被験者 7 の作成結果及び使用時間

図 3.9 は被験者 7 の作成結果である。a における口パーツの配置がやや下に並べ、顔の印象が変わった。b は自動生成した下描きが形状的に正しくないので、輪郭下部分は似ていなかった。



図 3.10 被験者 8 の作成結果及び使用時間

図 3.10 は被験者 8 の作成結果である。明暗の表現が上手くできている。しかし、a を描く際に、有意識に顔縦横比を誇張化したが、少し長過ぎた。b の場合、配置のバランスを取り、パーツ形状も上手く捉えた。

3.4 分析結果

作成時間の比較について述べる。a グループの似顔絵を描画するには平均 20 分を使用した。一方、b グループの描画には平均 15 分で完成した。本手法で生成した下描き画像は似顔絵の作成時間を節約できたことは確実である。パーツ配置と形状とも、似顔絵における重要な判定要素だと判明した。本手法が生成した似顔絵下描きは、パーツ配置による特徴を捉えた。これによって、経験のない方は似顔絵を描画する際に、配置部分の特徴をしっかりと捉えようになった。個別パーツに対し、パーツ型の判定には、係数の設定はまだ不完全である。パーツの形状を全て正しく表現できなかった。

3.5 下描きの効果比較

本研究が生成した下描きを基に描いた似顔絵を、下描きを使わず作成した似顔絵と、どちらがより似ているかの検証を行った。描く方の変数を抑えるため、絵が上手だと判定した被験者 8 番の方のみを検証の対象とした。全 8 セットのモデル画像に対し、それぞれ 2 回首以上の似顔絵作成を行い、他の条件は前回の検証と同様とした。

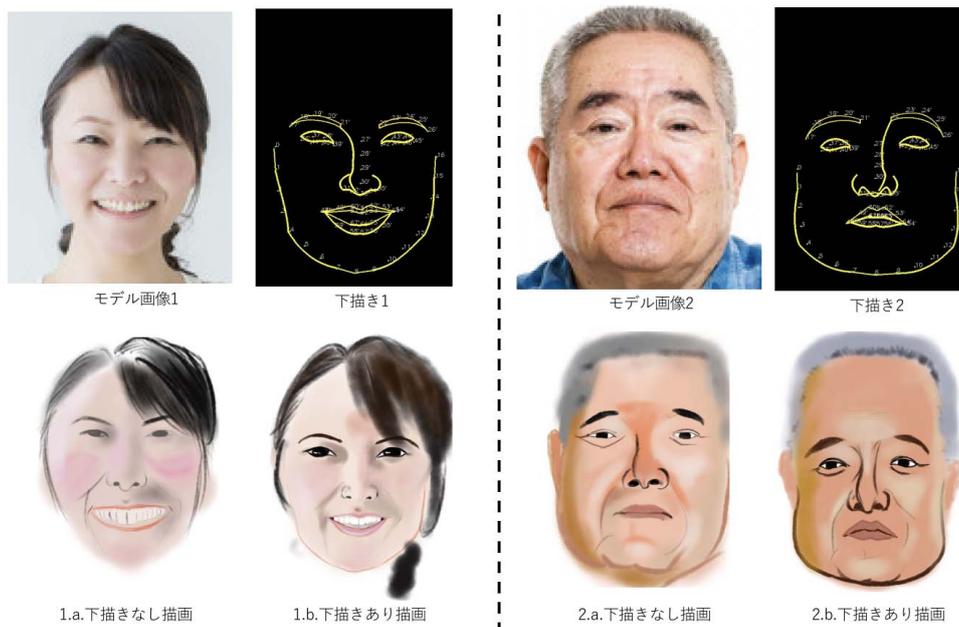


図 3.11 2 回の似顔絵作成の結果 1



図 3.12 2 回の似顔絵作成の結果 2



図 3.13 2回の似顔絵作成の結果 3



図 3.14 2回の似顔絵作成の結果 4

3.6 評価

図 3.11、3.12、3.13、3.14 は被験者 8 による似顔絵作成の結果である。a、b グループの画像がそれぞれのモデル画像に対し、1. 全然似ていない、2. あまり似ていなかった、3. 少々似ている、4. 大体似ている、5. よく似ているの 5 段階評価で、10 名のアンケート回答者に採点をしてもらった。採点結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 2 回似顔絵作成の評価

| モデル画像 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 平均点 | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|------|------|
| グループ | a | b | a | b | a | b | a | b | a | b | | | | | | | | |
| 被験者 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 3 | 2.00 | 2.75 |
| 被験者 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2.88 | 3.38 |
| 被験者 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2.13 | 3.00 |
| 被験者 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3.13 | 3.38 |
| 被験者 5 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3.50 | 3.00 |
| 被験者 6 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1.88 | 2.63 |
| 被験者 7 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3.63 | 3.38 |
| 被験者 8 | 3 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 2 | 4 | 5 | 5 | 3.88 | 4.00 |
| 被験者 9 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2.38 | 3.13 |
| 被験者 10 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 2 | 3 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2.25 | 3.13 |
| 平均得点 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2.76 | 3.18 |

a グループの平均得点は 2.76 点、b グループの平均得点は 3.18 点であり、a グループより b グループの方が得点は高いと分かった。そして、平均得点高いのは図 3.12 の 4.b、図 3.13 の 5.b、図 3.14 の 8.a である。a グループはともかく、b グループにおける得点が 3 点とそれ以上の画像は多い。4.b は色の選択がモデル画像と近い以外、眉と眼、鼻と口などパーツ配置の特徴を捉えた。5.b は眉の角度、鼻の長さ、唇の厚さのパーツの特徴を捉えて、似ていた。本手法で生成した下描き画像は、配置による特徴をよく捉える特徴を持つ。

次に、結果画像で得点が明らかに低いのは図 3.11 の 1.a、図 3.13 の 5.a、6.b である。1a は大笑う時の細い眼と広い口を表現する意図がある。しかし、パーツ誇張した反面、パーツ配置を崩し、特に口パーツが低く見えた。5.a は眼パーツの角度を間違えて描いた。それだけで、表情が完全に変わった。以上の 2 枚は下描きなしで作成した似顔絵である。しかしながら、同様な問題は b グループにも存在している。6.b はメガネのため、眼を内型に判断し、両目が近寄りすぎて、配置的に似ていなかった。

結論として、本手法で生成した下描き画像を基に、似顔絵を描くことによる質の向上はある程度認められたと判断した。

第 4 章

まとめ

本研究では、似顔絵下描きを自動生成するため、手法を提案し、検証を行った。顔画像を入力するだけで、その顔なりの似顔絵下描きを生成することができた。また、従来似顔絵を作るには、作成側が大量なパーツを用意する必要があり、かつユーザー側の選択が大変になるという問題があった。そして一番大きな問題は、ユーザーは似顔絵におけるパーツ配置の意識が足りないことである。これに対し、本研究はパーツの位置関係を分析し、複数の条件によりパターンをまとめた。配置による特徴を捉えた上で、自由曲線によって、パーツの形状を表現することによって、似顔絵の下描きを自動生成する手法を実現し、同時に問題を解消することができた。

4.1 今後の課題

本研究の実装部分には、パーツ型の判定には係数の設定がまだ不完全である。それにより、特定のパーツを自動選択し、激しく調整する部分も不完全である。今回で実装しなかった部分には、髪型を始め、目玉、耳、歯のパーツを追加する予定がある。そして、今回の検証中、被験者が手動で描いてもらった似顔絵色の部分も、今後一番大きな課題として挙げられる。その中、平均色の自動抽出、明暗付け、パーツの着色の項目は実現する予定がある。

謝辭

最初に渡辺大地先生へ感謝します。

私をプログラミングの世界へ連れてから、色々なものを触ることができて、
ありがとう ございます！

一緒に研究室で奮闘した仲間たちに、
プログラムを書く辛い時期で、大変迷惑かけました、
すみません、感謝します。

参考文献

- [1] 大西巖, 柏尾俊樹, 依藤周, 河内綾香, 正司強. 注視点計測による似顔絵を上手に描くための特
徴量抽出. 日本感性工学会論文誌, Vol. 15, No. 4, pp. 553–561, 2016.
- [2] 小河原智子. 小河原智子の似顔絵入門. 主婦の友社, 2012.
- [3] 小松璃子, 伊藤貴之. パーツ単位のモーフィングによる似顔絵生成. 芸術科学会論文誌,
Vol. 14, No. 5, pp. 180–187, 2015.
- [4] Li Xu, Cewu Lu, Yi Xu, and Jiaya Jia. Image smoothing via L_0 gradient minimization.
ACM Trans. Graph., Vol. 30, No. 6, pp. 174:1–174:12, 2011.
- [5] Holger Winnemöller, Jan Eric Kyprianidis, and Sven C. Olsen. XDoG: An eXtended
difference-of-gaussians compendium including advanced image stylization. *Comput.
Graph.*, Vol. 36, No. 6, pp. 740–753, 2012.
- [6] Ahmed Selim, Mohamed Elgharib, and Linda Doyle. Painting style transfer for head
portraits using convolutional neural networks. *ACM Trans. Graph.*, Vol. 35, No. 4, pp.
129:1–129:18, 2016.
- [7] Carlos Castillo, Soham De, Han Xintong, and Singh Bharat. Son of zorn’s lemma:
Targeted style transfer using instance-aware semantic segmentation. *ICASSP2017*, pp.
1348–1352, 2017.
- [8] 杉山公治, 金子正秀. 個人差及び撮影条件による変動に頑健な顔特徴の自動抽出手法. 映像情
報メディア学会技術報告 Vol.38, No. 9, pp. 69–72, 2014.
- [9] Davis E. King. Dlib-ml: A machine learning toolkit. *J. Mach. Learn. Res.*, Vol. 10, pp.
1755–1758, 2009.
- [10] V.Kazemi and J.Sullivan. One millisecond face alignment with an ensemble of regression
trees. *CVPR*, pp. 1867–1874, 2014.
- [11] Xiangxin Zhu and Deva Ramanan. Face detection, pose estimation, and landmark lo-

calization in the wild. *ieeexplore*, 2012.

- [12] 宮田愛, 真野航, 齋藤豪. 3DCG アニメーションとの比較による日本のセルアニメーションの顔描画分析. 情報処理学会論文誌, Vol. 76, No. 1, pp. 343–344, 2014.
- [13] 山川圭介, 齋藤豪. 顔の特徴点に基づく手描きと 3DCG アニメーションの顔の特徴比較. *VC2018*, p. 78, 2018.
- [14] 有澤嘉洋. 顔部品の位置情報を用いた顔認識. 修士学位論文, 高知工科大学大学院, 2009.
- [15] 九島紀子, 齊藤勇. 顔パーツ配置の差異による顔印象の検討. 立正大学心理学研究年報, Vol. 11, pp. 35–52, 2015.
- [16] マジェリン&かっと. 似顔絵って難しいよね. 株式会社インプレス情報社, 日本, 2018.
- [17] 毛星雲. OpenCV3 プログラミング入門. 電子工業出版社, 北京, 2015.
- [18] Adobe Systems Co.,Ltd. Adobe stock. <https://stock.adobe.com/jp/images>. 参照:2018.9.20.