博士学位論文

似顔絵作成における誇張表現の分析および コンピュータ支援システムの開発

2009 年 1 月 30 日

指導教員　原島　博　教授

東京大学大学院 学際情報学府
学際理数情報学コース　67303

中洲 俊信

目次

第 1 章　序論 **1**
1.1　本研究の背景 2
1.2　本研究の目的 3
1.3　本論文の構成 4
参考文献 7

第 2 章　関連研究 **8**
2.1　はじめに 9
2.2　従来の似顔絵作成システム 9
2.2.1　モンタージュ方式による似顔絵作成 9
2.2.2　コンピュータの情報処理技術を用いた似顔絵作成 11
2.2.3　本項のまとめと本研究の位置づけ 14
2.3　対話型 GA の概要 14
2.4　髪型表現に関する従来研究 15
2.4.1　CG 分野での髪型表現に関する従来研究 16
2.4.2　従来の似顔絵作成システムにおける髪型表現 16
2.5　本研究の位置づけ 16
参考文献 18

第 3 章　似顔絵作成システム体系化の枠組み **23**
3.1　はじめに 24
3.2　似顔絵の多様性 24
3.2.1　様々な似顔絵の定義 24
3.2.2　似顔絵表現の多様化 25
3.2.3　最近の似顔絵画家の表現 26
3.3　似顔絵作成支援に向けて 27
3.3.1　似顔絵作成過程に関する考察 30
3.3.2　本論文における似顔絵に対するスタンス 37
3.3.3　似顔絵解釈過程に関する考察 41
3.4　本章のまとめ 41
参考文献 43

第 4 章　似顔絵作成システム NIGAO **44**
4.1　はじめに 45
4.2　関連研究 46
4.3　似顔絵モデルの設計 46

4.3.1 顔部分の設計 49
4.3.2 髪型の設計 49
4.4 似顔絵作成インタフェースの設計 55
4.4.1 顔部品選択・位置形状調節モードの設計 55
4.4.2 対話型 GA による似顔絵進化モードの設計 55
4.5 似顔絵作成結果 57
4.5.1 似顔絵モデルの表現力についての考察 58
4.5.2 NIGAO の実装 62
4.6 「対話型 GA による似顔絵進化モード」の評価 68
4.6.1 実験の目的 68
4.6.2 準備 68
4.6.3 実験方法 69
4.6.4 実験結果および考察 72
4.7 似顔絵における印象の個人差に関する検討 75
4.7.1 実験方法 76
4.7.2 実験結果および考察 76
4.8 本章のまとめ 76
参考文献 77

第 5 章 似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現に関する分析 79
5.1 はじめに 80
5.2 関連研究 80
5.3 似顔絵作成実験 81
5.4 特徴量の定義 85
5.5 実験結果および考察 85
5.5.1 似顔絵作成結果 85
5.5.2 経験者と初心者における誇張表現の比較 88
5.5.3 経験者同士における誇張表現の比較 92
5.6 本章のまとめ 94
参考文献 94

第 6 章 似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した似顔絵作成システム 96
6.1 はじめに 97
6.2 関連研究 97
6.3 システムの設計 99
6.3.1 似顔絵画家の誇張規則による似顔絵誇張手法 99
6.3.2 似顔絵画家の誇張表現の学習 100
6.3.3 初期顔集団の設計 102
6.3.4 対話型 GA による似顔絵作成インタフェース 103
6.4 実装結果 103
6.4.1 似顔絵画家の誇張規則による似顔絵誇張結果 103
6.4.2 初期顔集団の自動生成結果 105
6.4.3 本システムの実装結果 105

6.5 ユーザ評価実験 107
6.5.1 実験方法 108
6.5.2 実験結果および考察 109
6.6 本章のまとめ 111
参考文献 112

第 7 章 考察 **114**
7.1 はじめに 115
7.2 本論文の似顔絵作成支援システムについての考察 115
7.2.1 本論文の似顔絵作成支援システムの概要 115
7.2.2 本論文の似顔絵作成支援システムについての考察 116
7.3 経験者と初心者の誇張表現比較を経て 117
7.4 本章のまとめ 120
参考文献 121

第 8 章 結論 **122**
8.1 本論文の主たる成果 123
8.2 今後の課題と展望 125
8.2.1 似顔絵モデルの表現力向上 125
8.2.2 印象可視化ツールとしての応用 126
8.2.3 似顔絵画家の誇張表現データの応用 127
8.2.4 「似顔絵学」の構築 127

付録 A 第 5 章の似顔絵作成実験で経験者および初心者が作成した似顔絵 **129**

発表文献 **140**

謝辞 **142**

図目次

1.1 本論文で目標とする似顔絵 4
1.2 本論文の章構成 6

2.1 似顔絵イラストメーカーの選択画面 10
2.2 似顔絵イラストメーカーで生成された作品例 11
2.3 Yahoo!アバター の画像選択画面 12
2.4 Yahoo!アバター で生成された作品例 12
2.5 従来の線画似顔絵作成システムによって生成された作品例 13
2.6 Chen らの研究と Liang らの研究で生成された作品例 13
2.7 対話型 GA の概要 15
2.8 Scheuermann の研究による髪型表現 17
2.9 Ward らの研究による髪型表現 17

3.1 NCN ミニコンベンション東京大会の様子 27
3.2 NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（アート系） 28
3.3 NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（カリカチュア・実写系） 28
3.4 NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（マンガ・イラスト系） 29
3.5 NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（デザイン系） 29
3.6 似顔絵画家が水彩で描いた似顔絵 30
3.7 似顔絵作成過程の簡易フローチャート 31
3.8 似顔絵作成過程のフローチャート 32
3.9 似顔絵作成過程のフローチャート（対象人物の印象を取得する部分） 33
3.10 似顔絵作成過程のフローチャート（取得した対象人物の印象から脳内印象表現を生成する部分） 35
3.11 プロの似顔絵画家が描いた一般人の似顔絵例 38
3.12 似顔絵作成過程と本研究との対応 40
3.13 似顔絵解釈過程のフローチャート 42

4.1 対話型 GA を用いた似顔絵作成の概要 45
4.2 レイヤー構造による似顔絵表現 47
4.3 特徴点 48
4.4 似顔絵に利用する線と顔部品 49
4.5 目の詳細パターン 49
4.6 髪の分割 50
4.7 生え際付近の髪と細かい髪要素による髪型表現 51
4.8 線画で描きおこしたスケッチの例 51

4.9 髪領域 52
4.10 生え際付近の髪の特徴点 53
4.11 細かい髪要素の近似表現 54
4.12 細かい髪要素を表現する四つの特徴点パターン 54
4.13 図 4.12(b) の特徴点パターンで表現できる細かい髪要素の例 54
4.14 似顔絵遺伝子 57
4.15 生え際付近の髪のみ表示（選択パターンを固定して変形させた例） 59
4.16 生え際付近の髪のみ表示（同じ特徴点座標値で選択パターンを変化させた例） . . 59
4.17 生え際付近の髪を固定し，付着する細かい髪要素を変化させた例 60
4.18 図 1.1 の手描き似顔絵を似顔絵モデルでなぞらせた例 61
4.19 細かい髪要素無しの場合と有りの場合での似顔絵の比較 61
4.20 NIGAO の概観 63
4.21 ウィンドウサイズを変化させたときの表示状況 63
4.22 顔部品選択・位置形状調節モードの表示画面 64
4.23 ステータスバーによる情報提示 64
4.24 位置形状調節 65
4.25 特徴点の移動と線の表示・非表示切り替え 65
4.26 対話型 GA による似顔絵進化モードの表示画面 66
4.27 ステータスバーによる情報提示 66
4.28 NIGAO で作成した似顔絵例 67
4.29 図 4.26 の顔集団を平均した顔 71
4.30 実験の様子 71
4.31 似顔絵作成インタフェースの違いによる印象反映度の比較 72
4.32 実験参加者が作成したえなりかずきの似顔絵例 73
4.33 実験参加者が作成した堀江貴文の似顔絵例 74

5.1 4 人の対象人物および線画似顔絵 84
5.2 実験画面 85
5.3 経験者および初心者が作成した対象人物 D の似顔絵例 87
5.4 対象人物 D の似顔絵の特徴量比較 89
5.5 各対象人物での「目の最大縦幅」と「目の最大横幅」の比較 91
5.6 顔動画中における表情の例 91
5.7 経験者が実験で作成した似顔絵と手描き似顔絵との比較 93

6.1 本システムの似顔絵作成プロセス 98
6.2 目の誇張距離の自動生成 100
6.3 似顔絵比較 101
6.4 過剰学習により失敗した似顔絵の例 104
6.5 トレース線画および平均顔をもとに自動生成した似顔絵の例 106
6.6 本システムの概観 107
6.7 実験参加者が作成した似顔絵例 110
6.8 初期顔集団の生成に用いた誇張タイプの違いによる，そこから作成した似顔絵の評価の比較 111

7.1 本研究での似顔絵作成システムが似顔絵作成過程で支援している箇所 118

8.1 NIGAO の展示会の様子 124
8.2 髪の表現の可能性 126
8.3 同じ線で表現された目 126
8.4 3 次元ワイヤーフレームモデル 127

A.1 第 5 章の似顔絵作成実験および実験前練習で使用した初期顔 129
A.2 経験者が作成した対象人物 A の似顔絵 130
A.3 初心者が作成した対象人物 A の似顔絵 131
A.4 経験者が作成した対象人物 B の似顔絵 132
A.5 初心者が作成した対象人物 B の似顔絵 133
A.6 経験者が作成した対象人物 C の似顔絵 134
A.7 初心者が作成した対象人物 C の似顔絵 135
A.8 経験者が作成した対象人物 D の似顔絵 136
A.9 初心者が作成した対象人物 D の似顔絵 137
A.10 経験者が作成した対象人物 E の似顔絵 138
A.11 初心者が作成した対象人物 E の似顔絵 139

表目次

4.1 生え際付近の髪の属性 53
4.2 NIGAO で設定されている顔部品 56
4.3 NIGAO で用意されている二つのモードの評価 75
4.4 作者自身と他人からの似顔絵印象評価の相違 76

5.1 設計した特徴量 86
5.2 似顔絵描画ツールの評価 88

第1章

序論

1.1　本研究の背景

相手に対して抱いている印象をより具体的な形として表現する際に，似顔絵はとても身近で親しみやすいメディアである．最近では，雑誌や新聞などのマスメディアだけでなく，名刺などの個人的な媒体でも目にするようになった．また，任天堂ゲーム機 Wii[1]，ソーシャルネットワークサービス mixi[2]，Linden Lab が開発した 3 次元仮想世界の Second Life[3] にも代表されるように，アバタとしての活用もあり，コミュニケーションを促進するメディアとして広く活用されている．巷には，観光地などで見かける似顔絵屋のように，自分の似顔絵を他人に描いてもらうことを楽しむツールがある一方で，Wii やインターネットの似顔絵作成システムのように，自らが作者となって似顔絵作成を楽しむツールも多く存在している．このように，現在では，表現や用途が多様化し，大衆に根付いたメディアになっている．現在，日本のアニメや漫画が世界的に評価され，日本の誇るべき文化として認知されているが，似顔絵も将来的にそのようになる可能性を充分に秘めており，重要な文化であると考えられる．

日本には，平安時代から鎌倉時代にかけて描かれた「鳥獣人物戯画」に代表されるように，古くから戯画が存在していた．現在の「似顔絵」も，古くはそのような戯画や漫画などを起源として発展してきた．ここでは，肖像画なども含め,「人物の顔を対象にした絵」を似顔絵とする．江戸時代に版画技術が成熟したことにより，一般の人々が戯画・風刺画などを観賞できるようになった．明治十年に創刊された時局風刺週刊誌『団団珍聞』が漫画や風刺画を売り物にして成功したことで，新聞・雑誌にこれらが積極的に使われるようになったと言われている [4]．そして，明治二十年代から三十年代にかけて，新聞各社は漫画の描ける画家を専属にして活動の場を与えていき，さらに似顔絵が広く大衆の目に触れるようになっていった．現在も多くのマスメディアで似顔絵を目にすることができる．しかしながら，ここでは，描かれる対象となる人物（以下，対象人物）は主に有名人であり，似顔絵が「作者」「対象人物」「第三者」の 3 つの関係で成り立つとすると，一般市民は「第三者」として参加するだけであった．

一方で，観光地などで一般人を対象に似顔絵を描く，いわゆる「席描き」の似顔絵画家も増えてきた．もともとは漫画家の副業として行われることが多かったが，1990 年頃から席描きを専門とした似顔絵画家を抱えるプロダクション [5]-[10] が登場し，席描き似顔絵画家の地位も向上した．現在は，活動拠点が全国各地にわたり，観光地のみならず，ショッピングモールや企業のイベントなどでも見受けられるようになった．つまり，一般市民が「対象人物」として気軽に似顔絵に触れることができるようになったのである．このように席描きが広まった背景には,「似顔絵を描かれたい」という需要が社会の中に多く存在していたからであるとも言える．席描きの似顔絵が全国に広まるとともに，似顔絵画家の表現も多様になり，様々な表現で描かれることを楽しむ人が増えてきた．テレビ東京系の番組「TV チャンピオン」では，席描きの似顔絵画家による選手権が企画され，10 回以上にわたって放送された．このようなマスメディアの影響もあって，似顔絵の多様な表現が一般にも認知されるようになったと言える．ちなみに，現在約 50 人の席描き似顔絵画家が所属している（株）星の子プロダクション [5] は，全国に約 20 箇所の営業場所を持っており，日本一の規模となっている．筆者もそこに所属し，似顔絵画家として活動しているが，最近では結婚式で飾るボードや両親へのプレゼント用としての依頼も増えており，似顔絵の用途や楽しみ方が多様になっていることを肌で感じている．

また，このように似顔絵が身近になったことで，似顔絵を見たり描いてもらったりするだけでなく,「自らが作者となって似顔絵を描きたい」という需要も増えてきた．似顔絵の描き方に関する書籍 [11]-[18] も数多く出版され，NHK のテレビ番組「趣味悠々」でも似顔絵講座がここ 5 年間で 2 度 [19][20] 放送されており，需要の多さを物語っている．週刊朝日誌上の似顔絵投稿コーナー

「山藤章二の似顔絵塾」[21] も，1981 年から現在まで続く長期連載として有名である．また，インターネットの進歩に伴い，YouTube[22] をはじめとして，ユーザーが自分でコンテンツを作成し，他の人と共有する「ユーザージェネレイテッドコンテンツ」が世界的に台頭している．これまではメディア側がユーザーにコンテンツをプッシュする形であったが，今はユーザーが自分で見たいものを見たり，作ったりするようになっている [23]．以下のような要因により，自らが作者となって似顔絵を作成するという需要が急速に高まっている．

- 描く描かれるという行為を通したコミュニケーションツールとしての似顔絵の浸透
- 似顔絵による自己表現の機会の増加
- ユーザジェネレイテッドコンテンツの台頭

「人間は，自分の心に描いた思いや願いを他人に伝達したり表出したりする欲望をもっている」[24] と言われているが，対象人物に対して抱いている印象をうまく似顔絵に表現できた時には独特の喜びが生じる．似顔絵作成には，以下のように様々な楽しさが含まれていると考えられる．

- 対象人物から印象を捉える楽しさ
- 自分が頭の中で思い描いていたものを表現し，他人と共有する楽しさ
- 作成前に予想していた似顔絵との違いを考察する楽しさ

プロの似顔絵画家は自分が抱いた印象を似顔絵として表現する能力に長けているが，絵心の無い人にとっては，敷居の高さも感じるだろう．誰にでも「プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵」を作ることができるようになれば，似顔絵を通じたコミュニケーションがより活性化されると期待できる．

1.2　本研究の目的

本論文では，誰にでも「プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵」を作ることができるような支援を目指す．まずは，似顔絵作成過程をモデル化し，作者によってどの部分に個人差が生じるのかを整理する．これをもとに，主に工学的な立場から以下のアプローチで支援を行う．

- コンピュータによる似顔絵作成支援システムの開発
- 似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現の分析

前者では，表現技術のない初心者の支援を想定した似顔絵作成システムを開発する．後者では，似顔絵作成の経験者と初心者とで誇張表現を比較し考察することで，誇張表現に関する一つの指針を示す．これは，似顔絵作成ノウハウという面での支援だとみなすことができる．

本研究で似顔絵作成システムを設計する際は，できるだけ作者の個性が出せるような似顔絵作成になるように考慮する．そのため，似顔絵作成を「対象人物の印象を捉える部分」と「その印象を似顔絵として表現する部分」に分けたとき，前者をユーザに任せ，後者をコンピュータで支援する．また，似顔絵作成システムは「複数のパラメータで似顔絵を記述する部分（以下，似顔絵モデル）」と「似顔絵モデルから所望の似顔絵を導き出すインタフェース部分（以下，似顔絵作成インタフェース）」から構成されるが，本研究では，それぞれ以下の条件を考慮する．

似顔絵モデル：表現範囲が広く，絵としての完成度が高い

似顔絵作成インタフェース：印象を反映できるように似顔絵モデルの表現力を引き出すことができる

なお，似顔絵モデルに関しては，筆者が描いた似顔絵（図 1.1）の質の実現を目標とする．また，多くの人に使用してもらうことを想定し，使いやすいユーザインタフェース設計も念頭に置いて進めていく．

これをふまえ，本研究では，似顔絵作成支援システム開発として以下のことを行う．

- 対話型似顔絵作成システム NIGAO の開発として，豊かな似顔絵表現を記述できるような似顔絵モデル，および，ユーザが考えている対象人物の印象を似顔絵に反映できるように似顔絵モデルを変形させる似顔絵作成インタフェースを設計する．なお，ここでは似顔絵作成アルゴリズムに対話型 GA を用いる．ここでは，似顔絵の候補をコンピュータがいくつか提示し，気に入ったものをユーザが選択するという形で似顔絵作成をすすめる．
- ユーザに最初に提示される似顔絵候補（初期顔集団）を NIGAO よりも多様にすることで，よりユーザの嗜好に合った誇張表現が実現できるような似顔絵作成システムの設計を試みる．ここでは，似顔絵画家が作成した誇張表現を教師として機械学習をする．これにより，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画（以下，トレース線画）を入力として，そこから自動で多様な誇張を施すアルゴリズムを設計する．これを適用して初期顔集団を生成し，そこから対話型 GA によって似顔絵を作成するシステムを実装する．

また，本研究では，似顔絵作成の経験者と初心者とで誇張表現の違いについて検討する．ここでは，特に「誇張」に注目する.「目の角度」や「目頭の間の距離」のように顔の特徴を定量的に記述した特徴量を定義し，それを用いて誇張の大きさを比較する．また,「誇張の大きさ」以外の視点からも，似顔絵作成における経験者および初心者の違いについて考察を深める．

図 1.1: 本論文で目標とする似顔絵（左：武田鉄矢，中：松岡修造，右：間寛平）

1.3　本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである．また，各章の関係を図 1.2 に示す．

第 1 章：序論　本章である．本研究の背景・目的および，本論文の構成について述べる．

第 2 章：関連研究　本研究に関連する従来研究を挙げる．まず，従来の似顔絵作成システムについて紹介する．さらに，本研究で用いた技術として，対話型 GA の概要とその応用例を紹介する．また，似顔絵モデルの設計にあたっては髪型表現についても検討したため，髪型表現に関する従来研究も紹介する．

第 3 章：似顔絵作成システム体系化の枠組み　本研究では似顔絵作成支援を行うため，まずは「似顔絵作成過程」をフローチャートとしてモデル化する．これをもとに，似顔絵に多様性をもたらす要素を整理する．ここでの考察をふまえ，本研究での似顔絵に対するスタンス，および，どのような似顔絵作成支援を目指すのかについて説明する．

第 4 章：対話型似顔絵作成システム NIGAO　「対象人物の印象を捉える」部分を人間に任せ，「その印象を似顔絵として表現する」部分をコンピュータによって支援することでユーザがインタラクティブに似顔絵を作成していく似顔絵作成システム NIGAO を開発する．豊かな似顔絵表現を記述できるような「似顔絵モデル」，および，ユーザが考えている対象人物の印象を似顔絵に反映できるように似顔絵モデルを変形させる「似顔絵作成インタフェース」を設計する．なお，ここでは似顔絵作成アルゴリズムに対話型 GA を用いる．さらに，NIGAO の似顔絵モデルの表現力についての考察，および，ユーザによる似顔絵作成実験についてもふれる．

第 5 章：似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現に関する分析　似顔絵作成の経験者と初心者それぞれ 13 名を実験参加者として似顔絵作成実験をおこない,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説を検証する．ここでは，対象人物のトレース線画をスタートとし，似顔絵描画ツールを用いて「対象人物の特徴を表現した似顔絵」を作成してもらう．その際，対象人物の顔動画を参照する．また,「目の角度」や「目頭の間の距離」のように顔の特徴を定量的に記述した「特徴量」を定義し，それを用いて誇張の大きさを比較する．ここでは，トレース線画からの変化を「誇張」とみなす．さらに,「誇張の大きさ」以外の視点からも，似顔絵作成における経験者および初心者の違いについて考察を深める．

第 6 章：似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した似顔絵作成システム　ユーザに最初に提示される似顔絵候補（初期顔集団）を NIGAO よりも多様にすることで，よりユーザの嗜好に合った誇張表現が実現できるような似顔絵作成システムの設計を試みる．まず，第 5 章で似顔絵画家が作成した誇張表現を教師として機械学習をする．これにより，対象人物のトレース線画を入力として，そこから自動で 13 通りの多様な誇張を施す誇張アルゴリズムを設計する．これを適用して初期顔集団を生成し，そこから対話型 GA によって似顔絵を作成するシステムを実装する．

第 7 章：考察　第 4 章〜第 6 章の結果を通じて明らかになった点を，第 3 章で作成した似顔絵作成過程フローチャートをもとに議論する．本論文の似顔絵作成支援システムがどの程度目的を達成できたのかについて考察し，第 5 章で得られた知見をもとに，今後の似顔絵作成支援の形を探る．

第 8 章：結論　本論文の成果についてまとめるとともに，今後の課題および展望に触れ，全体の結論とする．

第1章：序論
第2章：関連研究
第3章：似顔絵作成システム体系化の枠組み
似顔絵作成支援システム
誇張表現の分析
第4章：対話型似顔絵作成システムNIGAO
第6章：似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した似顔絵作成システム
第5章：似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現に関する分析
第7章：考察
第8章：結論

図 1.2: 本論文の章構成

参考文献

[1] “ Wii ”, 任天堂, http://www.nintendo.co.jp/wii/（2009.1.30 現在）.

[2] “ mixi ”, ミクシィ, http://mixi.co.jp/（2009.1.30 現在）.

[3] “ Second Life ”, Linden Lab, http://secondlife.com/index.php（2009.1.30 現在）.

[4] 湯本 豪一, 清水 勲 :“ 漫画と小説のはざまで–現代漫画の父・岡本一平– ”, 文藝春秋（1994）.

[5] “ 株式会社 星の子プロダクション ”, http://www.hoshinoko.co.jp/（2009.1.30 現在）.

[6] “ カリカチュアジャパン株式会社 ”, http://www.caricature-japan.com/（2009.1.30 現在）.

[7] “ お絵かき隊 ”, http://www.pleasure-p.co.jp/oekaki/index.html（2009.1.30 現在）.

[8] “ ビーエム・プロ ”, http://www.bm-p.co.jp/（2009.1.30 現在）.

[9] “ 似顔絵工房 ”, http://homepage2.nifty.com/yukiyanosuke/（2009.1.30 現在）.

[10] “ 有限会社マスタージーベック ”, http://www.master-xebec.com/（2009.1.30 現在）.

[11] 那須 良輔 :“ 似顔絵教室 ”, 鶴書房（1968）.

[12] 岡本 一平 :“ 一平漫画講座 ”, 双柿舎（1981）.

[13] トリノ まさる :“ 5 分でにがおえ ”, ビジョン企画出版社（2000）.

[14] 小河原 智子 :“ ワンポイントで楽しむ！似顔絵 18 のテクニック ”, 日貿出版社,（2002）.

[15] 小河原 智子 :“ これはそっくり！子ども「にがおえ」教室 ”, PHP 研究所（2004）.

[16] 小河原 智子 :“ 小河原智子のだれでもカンタン!「ポジション式」似顔絵入門 ”, 河出書房新社（2005）.

[17] 小河原 智子 :“ 大好きな人の似顔絵があっというまに描ける本 ”, KK ベストセラーズ（2006）.

[18] 小河原 智子 :“ 10 歳若返る！似顔絵練習帳 ”, KK ベストセラーズ（2007）.

[19] NHK 趣味悠々 テキスト“ 覚えて楽しい！似顔絵教室 ”, 日本放送出版協会（2003）.

[20] NHK 趣味悠々 テキスト“ 簡単！ソックリ！似顔絵塾 ”, 日本放送出版協会（2007）.

[21] 山藤 章二 :“ 山藤章二の似顔絵塾 ”, 朝日新聞社（1982）.

[22] “ YouTube ”, http://jp.youtube.com/（2009.1.30 現在）.

[23] 島田 和大：CNET Japan 記事“「何でもダメではメディアが死ぬ」–ニコニコ動画と手を組むバイアコムの狙い ”,
http://japan.cnet.com/interview/media/story/0,2000055959,20358540,00.htm
（2007.10.12 掲載）.

[24] 東山 明, 東山 直美 :“ 子どもの絵は何を語るか ”, NHK ブックス（1999）.

第2章

関連研究

2.1　はじめに

前章では，社会の中での似顔絵の重要性について述べた．さらに，似顔絵が大衆的なものであり，自らが作者となって似顔絵を作成することへの需要が多いことを指摘した．これにより,「似顔絵作成」を対象とする本研究の社会的意義を示した．

本章では，本研究に関連する従来研究として，2.2 でこれまでに実装されてきた似顔絵作成システムをいくつか紹介し，その動向を探る．また，それらの利点と欠点について考察したうえで，従来研究に対して本研究を位置づける．

本研究で開発する似顔絵作成システムでは，コンピュータと対話的に似顔絵を作成するインタフェースとして，対話型 GA を用いている．2.3 では，対話型 GA について概要を説明し，その応用例を紹介する．

また，本論文では，NIGAO の似顔絵モデル設計にあたって，髪型の表現も検討した．髪型の表現に関する研究は，特に CG の分野で盛んに行われている．2.4 では，CG 分野での髪型表現に関する従来研究について触れた後，従来の似顔絵作成システムにおける髪型表現についてみていくことにする．

2.2　従来の似顔絵作成システム

最もプリミティブな似顔絵作成システムの一つに，あらかじめ用意された顔部品をユーザが選択し，それらを組み合わせることによって対話的に似顔絵を作成するもの [1]-[9] がある．これらはインターネットでも多数公開されており，我々にとって馴染み深いシステムである．本論文では，モンタージュ方式による似顔絵作成システムと呼ぶことにする．

一方で，コンピュータの情報処理技術を用いて似顔絵作成をするシステム [10]-[29] も多く存在する．コンピュータの情報処理技術を用いて似顔絵作成支援をするシステムは，1982 年に Brennan が発表したシステム [10] に端を発しているといわれている．

本項では，ユーザとの対話によって似顔絵を作成するシステムとして，モンタージュ方式による似顔絵作成システムについて 2.2.1 で触れた後，コンピュータの情報処理技術を用いた似顔絵作成システムについて 2.2.2 で述べる．最後に，本項のまとめとして，似顔絵作成システムに対する考察を 2.2.3 で述べる．なお，モンタージュ方式による似顔絵作成システムにはコンピュータの情報処理技術を用いたものもあるが， 2.2.1 では，ユーザが直接操作して似顔絵作成をするシステムに焦点をあてることにする．

2.2.1　モンタージュ方式による似顔絵作成

モンタージュ方式を用いた似顔絵作成システムでは，顔部品ごとにあらかじめ複数用意された画像の中からユーザが適当なものを選択することによって似顔絵を作成する．すなわち，似顔絵モデルは「用意された画像」，似顔絵作成インタフェースは「ユーザによる直接操作」とみなすことができる．

似顔絵作成インタフェースについては，ユーザが直接操作することができるので，第 1 章で挙げた「印象を反映できるように似顔絵モデルの表現力を引き出すことができる」という条件を満たしている．しかしながら，顔部品単位の操作になるため,「パーツごとで見ると似ているが，全体として見ると似ていない」ということもしばしば起こりうる．

一方，似顔絵モデルについては，すでに用意された画像を使うため，プロが描いた画像を用い

れば絵として完成度の高い似顔絵を作成することができる反面，表現範囲は顔部品データベースの大きさに依存するという問題点がある．犯罪捜査としてのモンタージュが衰退したのは，このような理由があるからだとも言われている [31]．また，充分に印象を反映できるようにするためには多くの顔部品データベースが必要となるが，データベースを増やすと，ユーザが顔部品選択をする際にかかる負担が増加してしまう．

以下では，モンタージュ方式の似顔絵作成システムの中でも，選択肢の数が多く，用意されている画像の完成度が高いと思われるものを紹介する．

似顔絵イラストメーカー [1]

似顔絵イラストメーカーはインターネットで公開されており，16 種類の部品について，用意された選択肢からユーザが選択することによって似顔絵を作成する．

選択画面を図 2.1 に示す．図 2.1 左の画面で部品を指定すると，その部品の画像一覧が図 2.1 右のように表示される．

部品は,「目」「りんかく」「髪型」「メガネ」などの他に,「服装」「アクセサリー」「背景」のように顔以外のものも用意されている．各部品に用意されている画像は主に若者を対象にしており，その数は多いもので 90 種類を超える．また，髪や肌の色を変更することもできるようになっている．なお，これらは 2005 年 1 月の時点でのデータである．

このシステムで生成された作品例を図 2.2 に挙げる．これを見ると，絵としての完成度の高さが伺える．しかしながら，画像の種類（表現パターン）は多いが変形などの微調整がきかないため，表現範囲は限られている．

図 2.1: 似顔絵イラストメーカーの選択画面（右は「りんかく」の画像表示状況）

図 2.2: 似顔絵イラストメーカーで生成された作品例

Yahoo!アバター [2]

Yahoo!アバターも似顔絵イラストメーカー同様，インターネットで公開されているが，自分の代役としてのキャラクターを作成するのが主な目的であり，必ずしも似顔絵に特化したものではない．このシステムは，目や鼻などの顔部品が別々に選択できるシステムとは異なり，それらの顔部品は「顔」として一つの部品にまとめられている．しかしながら,「顔」や「髪形，頭」だけではなく,「アクセサリー」「服装」「背景」など，おおまかに分けて全部で 9 種類の部品が用意されており，その中でもさらに各部品が細分化されている．例えば,「顔」は,「顔つき」「ほくろ，そばかす」「メイク」「状態」「メガネ，サングラス」に分けられている．

画像選択画面を図 2.3 に示す．用意されている画像は絵として完成度が高く，髪や肌の色，および，表情を変更することもできる．また，画像の数も多く用意されており，例えば,「顔つき」は男女合わせて 30 種類にとどまっているが,「服装」の中の「ボトムス」は男女合わせて 800 種類以上も用意されている．なお，これらは 2005 年 1 月の時点でのデータである．

このシステムで作成した作品例を図 2.4 に挙げる.「顔つき」の画像の種類が少ないため，顔の表現範囲は広くないが，絵としての完成度と選択肢の多さという点では優れている．

2.2.2　コンピュータの情報処理技術を用いた似顔絵作成

従来の似顔絵作成システムには，何らかの入力に対してコンピュータが自動で似顔絵生成をするものがみられる．その多くは入力として顔写真を使用し，様々な形状の顔に対応できるように特徴点を用いて顔を記述している．

中でも，Brennan のシステム [10]，村上らのシステム（「PICASSO」）[11]-[13]，徐らのシステム [16] に代表されるように，平均的な顔からの差分を拡大することによって似顔絵を作成する手法が広く利用されている．この 3 つのシステムは，各特徴点を線で結ぶことによって似顔絵が表現されており，パラメータには特徴点の座標値を用いている．図 2.5 は上に挙げた 3 つのシステムで生成した作品例である．左からそれぞれ，Brennan のシステム，PICASSO，徐らのシステムで作成されている．特徴点を線で結ぶという手法は共通しているが，どのような特徴点パターンを使用するか，つまり，どのような似顔絵モデルを使用するかによって顔の表現方法に差異がみられる．

特徴点を線で結んで表現する方法の他に，特徴点と顔画像を併せて用いる方法がある．顔画像に特徴点パターンを適用し，特徴点の動きに連動させて画像を変形させることで， 2.2.1 で紹介したシステムのように画像のみを用いる方法と比べてより表現の自由度が大きくなる．最近では，顔写真と，プロのアーティストがその上からトレースした画像をセットとして複数用意し，それらの変換規則を入力顔写真（図 2.6A）に適用することで図 2.6B のような完成度の高い線画画像

図 2.3: Yahoo!アバター の画像選択画面（「髪型」の選択画面）

図 2.4: Yahoo!アバター で生成された作品例

図 2.5: 従来の線画似顔絵作成システムによって生成された作品例（左：Brennan のシステム，中：PICASSO，右：徐らのシステム）

図 2.6: Chen らの研究と Liang らの研究で生成された作品例 [21]
（A：入力顔写真，B：Chen らの研究で生成されたもの，C：Liang らの研究で生成されたもの）

を自動生成する研究が Chen ら [17] によって行われている．Liang ら [21] は，顔写真と，それをプロのアーティストがデフォルメして描いた画像をセットとして複数用意し，それらの変換規則を図 2.6B に適用することで，図 2.6C のように表現力豊かな似顔絵生成をしている．

上で挙げたように，コンピュータによる情報処理技術を用いた似顔絵作成システムの多くは，一枚の顔写真を入力として，そこからほとんどユーザを介さずに似顔絵を作成している．

しかしながら，一般的には，対象人物の雰囲気を充分に反映した写真を用意するのは困難である．また，対象人物に対して抱く印象は見る人によって異なるため，ユーザをほとんど介さず一義的に似顔絵を作成する手法では，ユーザが抱いた印象を反映するのは難しい．これらをふまえると，印象を反映した似顔絵作成システムを実現するには，必ずしも顔写真に依存しすぎず，ユーザとの対話を通じて似顔絵を作成することが必要であると考えられる．あくまでもユーザが主体であるという認識が重要であり，最近では，上に挙げたシステムでもユーザの意思をより積極的に取り入れようとする研究も出てきている [25]．

2.2.3　本項のまとめと本研究の位置づけ

本項では，従来の似顔絵作成システムとして，モンタージュ方式による対話型似顔絵作成システムとコンピュータの情報処理技術を用いた似顔絵作成システムを，それぞれ 2.2.1， 2.2.2 で紹介した．

2.2.1 では，ユーザの直接操作によって印象を反映することが可能となっている一方で，似顔絵モデルとして画像のみを使用している場合には表現範囲がデータベースに依存してしまうという問題点も述べた．

2.2.2 では，似顔絵モデルに特徴点を使用する場合には画像のみを使用する場合と比べて表現の自由度を大きくすることができると指摘した．一方で，似顔絵作成時にユーザの介入がほとんど必要とされないシステムでは，印象反映が困難になることも述べた．

本論文で提案する似顔絵作成システム NIGAO は,「特徴点」と，線の結び方や表示・非表示を切り替える「属性」で構成された似顔絵モデルを使用しており，広い探索空間を備えている．また，そこからの解の探索はコンピュータとインタラクティブに行うようになっており，そのインタフェースの一部に対話型 GA を用いている．2.3 では，対話型 GA の概要およびその応用例について述べていく．

2.3　対話型 GA の概要

対話型 GA（対話型遺伝的アルゴリズム）はインタラクティブ性を備えた進化的手法であり，3 次元 CG のライティングデザイン支援 [32],「柔和な顔」「怖い顔」といった顔画像を作るもの [33], CG によるアート作品を作るもの [34]，画像検索をするもの [35]，T シャツをデザインするもの [36] など様々な研究に応用されている [37]-[41]．

図 2.7 に対話型 GA の過程を示す．

1. まず，初期集団を用意する．
2. その中からユーザが適切と判断したものをいくつか選ばせる．
3. 選ばれた個体の中から任意の 2 つを選び，それらを交叉させて子供を作っていく．各個体は，自分の特徴を形成する遺伝子を持っている．交叉というのは，2 個体の遺伝子を組み合わせ

図 2.7: 対話型 GA の概要

て新たな遺伝子を作ることである．できた子供は，両親の特徴をあわせ持つことになる．

4. その子供達に突然変異をかける．突然変異とは，各個体の遺伝子にある確率（突然変異率）で変化を加えることである．
5. できあがった集団の中にユーザの要望に適うものがあれば，作業完了となる．もし，その集団の中に無ければ，2（選択をするところ）から再びやり直す．

一般の GA において遺伝子を選択していく最適化関数の部分を，人間の感性に委ねている点がこの手法の特徴である．ユーザが選んだ個体の遺伝子を受け継いで進化していくので，これを繰り返していけば集団全体がユーザの要望に適ったものになっていく．

対話型 GA を用いて似顔絵作成をする研究もいくつか報告されている [42]-[45]．しかしながら，これらの研究では，各顔の記述は，あらかじめ用意された顔部品画像を組み合わせる，もしくは，あらかじめ決められた特徴点どうしを線で結ぶことによってなされている．

本論文でも，似顔絵モデルからユーザと対話的に似顔絵を導き出すインタフェースに対話型 GA を用いているが，従来のものよりも似顔絵モデルに表現力をもたせるため，プロの似顔絵画家が描いた複数の似顔絵から，頻繁に用いられる線やパターンを分析し,「属性」を設けて線の結び方や表示・非表示を切り替えることによってそれらのパターンを表現できるように工夫している．

2.4　髪型表現に関する従来研究

髪型表現に関する研究は，特に CG の分野で盛んに行われている．一方，似顔絵作成システムに関する従来研究では，個人差が大きく扱いが困難であるという理由から，髪を簡易的に扱うものがほとんどである [46]．

本項では，CG 分野における従来の髪型表現について 2.4.1 で触れた後，似顔絵作成システムにおける従来の髪型表現について 2.4.2 で紹介する．

2.4.1　CG 分野での髪型表現に関する従来研究

CG 分野での髪型表現に関する従来研究では，頭の形状をしたポリゴンモデルに髪のテクスチャを貼り付けることによって表現するもの [47] や，髪の毛の束をモデル化して頭部に付着させることによって表現するもの [48]-[50] など，様々な方法が検討されている．それぞれの例を図 2.8，図 2.9 に示す．

しかしながら，これらの研究の多くはリアルな髪型表現や架空のキャラクターへの応用を目的としており，対話型似顔絵作成システムに導入することを想定した，特定の人物の髪をリアルタイムで端的に表現するモデルとして適当であるとは言えない．

2.4.2　従来の似顔絵作成システムにおける髪型表現

似顔絵作成システムに関する従来研究での髪型表現に関しては，個人差が大きく扱いが困難である [46] という理由から，髪を簡易的に扱うものがほとんどである．

例えば，髪の扱いに関して，以下のような方法が実装されている．

(a) 既に用意しておいた髪画像を貼り付ける [1]-[9],[19],[15].
(b) 対象人物の写真をもとに髪型を合成する [16][20][24][51].
(c) 髪の毛の外側の輪郭線のみを表示する [11][44].

上記の（a）の方法は，選択肢の数が多ければ多いほど表現範囲が広がり，絵心のある人が描いた髪画像を用いれば完成度の高い髪型表現ができる．しかし，髪が画像として扱われているため，個体によって頭の大きさや形状が異なる似顔絵への対応が困難である．

（b）の方法は，対象人物の髪型を正確に表現できる．しかし，対象人物の顔写真が必要となるため，必ずしも顔写真入力を必要としない本論文のシステムには適さない．

（c）の方法は，髪の外側の輪郭線がモデル化されているため，個体によって頭の大きさや形が異なる似顔絵にも対応できる．Baker らが開発した対話型 GA を用いたシステム [44]（Brennan の研究で使用していた似顔絵モデルを用いている）でもこの方法が用いられており．特徴点で髪型を記述することができるので，本研究での使用に適している．しかしながら，常に外側の輪郭線が表示されるだけなので表現範囲には限界がある．

本論文では，広い探索空間を備えた髪型表現を目指し，髪の輪郭線を記述するのに必要な特徴点の座標値，及び，髪部品の表示・非表示の切り替えなどをする属性をパラメータとした髪モデルを用いることにした．

2.5　本研究の位置づけ

2.2 では，従来の似顔絵作成システムとして最も代表的なモンタージュ方式による対話型似顔絵作成システムと，コンピュータの情報処理技術を用いた似顔絵作成システムを紹介した．さらに，ユーザが抱いた印象を反映できるような似顔絵作成システムについて考察した．

従来研究と比較したときの本研究の新規性を以下に示す．

似顔絵作成過程をモデル化し，個人差が生じる要素を整理したこと

- 一般的な似顔絵作成過程のモデル化を考慮している従来研究は見当たらない．また，様々な部分で個人差が生じることに注目している研究も少ない．

図 2.8: Scheuermann の研究による髪型表現 [47]

図 2.9: Ward らの研究による髪型表現 [50]

- 本研究では，似顔絵作成過程の様々な箇所で個人差が生じることを示し，それを考慮した上で研究を進めた．
- 一方，誇張表現比較の実験では，似顔絵作成で生じる余計な個人差を抑える工夫もした．

作者によって生じる個人差が似顔絵の本質だと考え，個人差をできるだけ生かすような似顔絵作成方法を考えたこと

- 従来は，対象人物の顔写真入力から一意に似顔絵を作成する研究が多かったが，本研究では，できるだけユーザが介入できるような似顔絵作成を重視した．
- 対象人物からの印象取得や誇張表現の決定はユーザに任せている．
- 「対象人物から印象を取得する部分」で作者による個人差が出るように，対象人物を参照する際は顔写真を用いず，顔動画や作者の頭の中のイメージをもとに似顔絵を作成してもらった．
- 従来の似顔絵作成システムでの「誇張」は，対象人物のトレースと平均顔との差分を一定割合で変形するという「平均顔からの変化」として捉えられていた．本研究では，作者が介入した「誇張」の概念として,「対象人物のトレース線画からの変化」と捉えた．

似顔絵作成のためのインフラ設計

- 表現力豊かな似顔絵モデルの設計．
- ユーザの捉えた印象が反映できるような似顔絵作成インタフェースの設計．
- 誰にでも使えるようなユーザインタフェース設計．実際に複数のユーザに使ってもらっての評価実験もおこなった．
- 誇張表現比較の実験では，似顔絵画家の表現力をできるだけ損なわずに反映できるような描画ツール設計．

似顔絵画家の視点やノウハウを入れたこと

- 筆者自体が似顔絵画家としても活動しており，その経験をもとに研究を進めている．
- 研究に協力してもらう似顔絵画家の数は，従来研究ではせいぜい 2 人であり，その画家固有の議論にとどまっていた．本研究では 13 人に協力してもらうことで，各画家を相対的に捉えた議論が可能となった．

参考文献

[1] “ 似顔絵イラストメーカー ”, http://illustmaker.abi-station.com/（2009.1.30 現在）.

[2] “ Yahoo!アバター ”, http://avatar.yahoo.co.jp/（2009.1.30 現在）.

[3] “ Ultimate Flash Face ”, http://flashface.ctapt.de/（2009.1.30 現在）.

[4] “ モンタージュ似太郎 ” , http://www1.mahoroba.ne.jp/~matumoto/nitaroS.html（2009.1.30 現在）.

[5] “ キューティーアバター ”, http://avatar.coara.or.jp/（2009.1.30 現在）.

[6] “ Face Maker ”, http://www.vector.co.jp/vpack/browse/pickup/pm0/pm000314.html（2009.1.30 現在）.

[7] “ Mii ”, http://www.joystiq.com/media/2006/10/mii.swf（2009.1.30 現在）.

[8] “ かおかおぱれっと ”, http://www.vector.co.jp/vpack/browse/pickup/pw4/pw004736.html（2009.1.30 現在）.

[9] “ 似てま専科 ”, http://www.csenet.co.jp/products/nigaoe/index.html（2009.1.30 現在）.

[10] S.E.Brennan :“ Caricature generator: the dynamic exaggeration of faces by computer ”, Leonardo, vol.18, no.3, pp.170–178（1985）.

[11] 村上 和人，中山 晶，輿水 大和，福村 晃夫 :“ 部品選択的誇張法による似顔絵生成法について ”，電子情報通信学会技術研究報告，PRU89-3，pp.15–22（1989）.

[12] 村上 和人，中山 晶，輿水 大和，福村 晃夫 :“ 似顔絵システム PICASSO –空間次元における任意角度の顔パターンデータの生成– ”，電子情報通信学会技術研究報告，HC91-17，pp.41–48（1991）.

[13] 輿水 大和 :“ コンピュータ似顔絵生成と感性とメディア ”，情報処理学会研究報告，93-IM，No.012-004，pp.25–32（1993.7）.

[14] 花岡 悟一郎，金子 正秀，原島 博 :“ 描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-II，No.8，pp.2110–2118（1997.8）.

[15] 岩下 志乃，鬼沢 武久 :“ 主観的印象を考慮した言語表現による似顔絵描写 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J83-D，No.8，pp.891–900（2000.8）.

[16] 徐 光哲，金子 正秀，榑松 明 :“ 固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D，No.7，pp.1279–1288（2001.7）.

[17] Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum, Song-Chun Zhu, Nan-Ning Zheng: “ Example-based Facial Sketch Generation with Non-parametric Sampling ”, IEEE International Conference on Computer Vision, II, pp. 433 – 438（2001.7）.

[18] 井澤 克俊 :“ 連想に基づく顔印象の分類と似顔絵合成の基礎検討 ”，東京大学工学部電子情報工学科 卒業論文（2002.2）.

[19] “ Microsoft Office Home Style+ ”, http://www.microsoft.com/japan/office/previous/2003/homestyle/prodinfo/overview.mspx（2009.1.30 現在）.

[20] Wan Chi Luo, Pin Chou Liu, Ming Ouhyoung :“ Exaggeration of Facial Features in Caricaturing ”，Proceedings of ICS2002, Hualien, R.O.C（2002.12）.

[21] Lin Liang, Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum :“ Example-based Caricature Generation with Exaggeration ”, Pacific Conference on Computer Graphics and Applications 2002, pp.386–393（2003）.

[22] Zhenyao Mo, J. P. Lewis, Ulrich Neumann :“ Improved Automatic Caricature by Feature Normalization and Exaggeration ”, ACM SIGGRAPH'03 Sketches and Applications, San Diego（2003.7）.

[23] Pei-Ying Chiang, Wen-Hung Liao, Tsai-Yen Li :“ AUTOMATIC CARICATURE GENERATION BY ANALYZING FACIAL FEATURES ”, Proceedings of 2004 Asia Conference on Computer Vision, Korea（2004）.

[24] Hong Chen, Ziqian Liu, Chuck Rose, Yingqing Xu, Heung-Yeung Shum, David Salesin :“ Example-based Composite Sketching of Human Portraits ”, The 3rd International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, France（2004.6）.

[25] 冨永 将史，藤原 孝幸，輿水 大和 :“ 鑑賞者の視覚感性によるコンピュータ似顔絵生成 ”，日本顔学会誌 4 巻 1 号，vol.4，no.1，pp.67–74（2004.9）.

[26] 沙 秀，今井 順一，金子 正秀 :“ 個々の似顔絵画家の描画スタイルを反映したコンピュータによる似顔絵作成 ”，第 4 回情報科学技術フォーラム，K-063，pp.497（2005.9）.

[27] 榎本 誠，大谷 淳，楜沢 順 :“ 顔の特徴を分類化および言語表現可能とした似顔絵システムの検討 ”，電子情報通信学会技術報告，MVE2005-72，pp.19–24（2006.3）.

[28] R. N. Shet, K. H. Lai, E. A. Edirisinghe, P. W. H. Chung :“ Use of Neural Networks in Automatic Caricature Generation: An Approach Based on Drawing Style Capture ”, IEE International Conference on Visual Information Engineering, pp.23–29（2005.4）.

[29] K. H. Lai, P. W. H. Chung, E. A. Edirisinghe :“ Novel Approach to Neural Network Based Caricature Generation ”, IET International Conference on Visual Information Engineering, pp.88–93（2006.9）.

[30] 西松 豊典，安井 聡，鳥羽 栄治，村上 和人，輿水 大和 :“ ヒューマンインタフェースへの似顔絵画像の応用–似顔絵における性別・年齢の推定– ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-A，No.8，pp.1260–1265（1997.8）.

[31] 坂本 啓一 :“ 犯罪と人相 –似顔絵捜査覚書 ”，DHC（1995）.

[32] 青木 研，高木 英行 :“ 対話型 GA による 3 次元 CG ライティングデザイン支援 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J81-D-II， No.7，pp.1601–1608（1998.7）.

[33] 磯野 勝宣，尾田 政巨，赤松 茂 :“ 遺伝的アルゴリズムを用いた顔画像生成システム ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J82-D， No.3，pp.483–493（1999.3）.

[34] Penousal Machado, Amilcar Cardoso:“ NEvAr – The Assessment of an Evolutionary Art Tool ”, Proceedings of the AISB'00 Symposium on Creative & Cultural Aspects and Applications of AI & Congnitive Science（2000）.

[35] 加藤 宗子 :“ ユーザの主観的な心で制御する遺伝的アルゴリズムを用いた画像検索手法 ”，通信総合研究所季報，Vol.47，No.2，pp.65–78（2001）.

[36] 吉田 昌太：“ 対話型遺伝的アルゴリズムを用いた T シャツデザイン作成支援システム ”，知的システムデザイン研究室（2001.11）.

[37] 伊庭 斉志：“ 遺伝的アルゴリズムの基礎 ”，オーム社（1994）.

[38] Hideyuki Takagi:“ Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation ”, Proceedings of IEEE, vol.89, No.9, pp.1275–1296（2001.9）.

[39] 長尾 智晴：“ 進化的画像処理 ”，昭晃堂（2002）.

[40] 柳澤 秀吉，福田 収一：“ 顧客の主観評価を考慮した対話型意匠設計支援システムの開発 ”，日本機械学会論文集，C 編，68-675，pp. 295-302（2002）.

[41] 西野 浩明，高木 英行，宇都宮 孝一：“ 対話型進化計算を用いた創作支援型 3 次元モデラ ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J85-D-II， No.9，pp.1473–1483（2002.9）.

[42] Fang Cheng Hsu, Jiah-Shing Chen:“ A Study on Multi Criteria Decision Making Model: Interactive Genetic Algorithms Approach ”, Proceedings of IEEE International Conference on Syst.,Man&Cybern., Vol.3，pp.634–639（1999.10）.

[43] 佐藤 嘉洋，栢菅 彩，有田 隆也：“ 適応度予測に基づく対話型進化計算とその似顔絵生成への応用 ”，第 32 回知能システムシンポジウム論文集，pp.199–204（2005）.

[44] Ellie Baker, Margo Seltzer:“ Evolving Line Drawings ”, Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms（1993.10）.

[45] F.Sugimoto, M.yoneyama:“ ROBUSTNESS AGAINST INSTABILITY OF SENSORY JUDGMENT IN A HUMAN INTERFACE TO DRAW A FACIAL IMAGE USING A PSYCHOMETRICAL SPACE MODEL ”, IEEE International Conference on Multimedia and Expo., Vol.2，pp.635–638（2000.7）.

[46] イメージ情報科学研究所：“ 独創的情報技術育成事業に係わる「感性擬人化エージェントのための顔情報処理システムの開発」”（1997）.

[47] Thorsten Scheuermann, “ Practical Real-Time Hair Rendering and Shading ”, ACM SIGGRAPH’04 Sketch（2004.8）.

[48] Johnny T. Chang, Jingyi Jin, Yizhou Yu, “ A Practical Model for Hair Mutual Interactions ”, Proceedings of the 2002 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation（2002）.

[49] Tae-Yong Kim, Ulrich Neumann,“ Interactive Multiresolution Hair Modeling and Editing ”, Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques（2002）.

[50] Kelly Ward, Ming C. Lin, Joohi Lee, Susan Fisher, Dean Macri, “ Modeling Hair Using Level-of-Detail Representations ”, Proceedings of Computer Animation and Social Agents（2003）.

[51] Hong Chen, Song Chun Zhu:“ A Generative Model of Human Hair for Hair Sketching ”, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Vol.2, pp.74–81（2005.6）.

第3章

似顔絵作成システム体系化の枠組み

3.1　はじめに

本章では，本論文で目指す似顔絵作成支援の形について検討する．それに先立ち，最近の似顔絵画家の作品などを例に，似顔絵が多様になってきていることを示す．似顔絵に多様性が生じる要因としては，似顔絵を作成する際に，個人差を生み出す要素が多く絡んでくるからであると考えられる．研究を進めるにあたって，余分な要素を抑えて似顔絵作成に統制をとる必要が出てくるため，似顔絵に絡んでくる様々な要素を整理する．具体的には，似顔絵作成過程に注目し，これをフローチャートにして整理する．

以下，3.2 では，筆者なりに似顔絵を定義し，その表現方法について変遷を概説する．また，現在の似顔絵画家の作品例を紹介する．さらに，3.3 で似顔絵作成過程をモデル化し，本研究での似顔絵に対するスタンス，および，どのような似顔絵作成支援を目指すかを説明する．

3.2　似顔絵の多様性

3.2.1　様々な似顔絵の定義

人物の顔をモチーフにした絵は日本にも昔から存在していた．例えば，現在のように写真技術が発達する前から，人物の顔を記録する役割として肖像画が用いられていた．鎌倉時代の似絵もその一つであると言われている．また，江戸時代以降，浮世絵の役者絵や，新聞雑誌などでの漫画や風刺画といった形でも一般大衆に広まっていった．当時は「似顔絵」という言葉はまだ存在しておらず，これらの絵の中でも特に対象人物の顔に焦点を当てたものとして，次第に定着していったのだと考えられる．このように，人物の顔をモチーフとした絵といっても,「肖像画」「似絵」「役者絵」「漫画」「風刺画」「戯画」「人物画」「似顔絵」など，様々な呼び方が存在している．時代が進むに従って新しい表現が次々に生まれているため，明確な分類が難しく，似顔絵の定義も人によって曖昧になっている．本論文では，特に顔に焦点を当てた絵として似顔絵を捉え，特に対象を顔に限定しない「漫画」「風刺画」「人物画」などとは区別する．

また,「描画」という行為について研究している藤幡は,「人間の発達にとって描画行為が持つより重要な作用は，写実的に対象を描く能力ではなく，対象の特徴を捉えて，対象を抽象化しシンボルを作り出すことなのである.」[1] と述べている．これを似顔絵に置き換えると，対象人物から「その人の本質」を見出すことが重要なのではないかと考えられる．本論文では，似顔絵を「その対象をその人たらしめていると作者が考える要素を表現した絵」と定義する．つまり，特に作者の意図もなく対象人物をただ描き写した絵（トレース）は似顔絵として考えない．以上の議論をまとめると，本論文で定義する「似顔絵」は，以下の条件を満たすものとなる．

- 特に顔に焦点を当てた絵
- その対象をその人たらしめていると作者が考える要素を表現した絵

ここで,「その対象をその人たらしめている要素を表現する」と述べたが，対象人物のどのような印象をどのような表現方法で表すかによって似顔絵の本質を定義する見方もある．例えば，似顔絵画家の山藤は，江戸時代の浮世絵師の東洲斎写楽が現代の似顔絵の先駆者であると述べている [2]．当時は役者絵を描くときは，その本人を描くというよりも，彼らが扮した役の姿を美しく描くのが決まりだった．それに対し，写楽は，それを演じている役者本人の人間性を描いたとのことである．また，似顔絵画家の岡本も，多くは役者の長所美点を理想化して描いたが，たった一人写楽が現実のままの役者を逃がすところなく描いたと述べ,「日本漫画史上唯一の似顔画画家」

であると評している [3]．山藤は，似顔絵とは「『オレにはこう見える』という『人物論』」であると述べており，似顔絵と肖像画は方向性は全く逆のものであると捉えている．例えば，以下のような性質を挙げている．

- 肖像画
  - 王侯貴族，政治家，会社の創業者などが，自分の業績やら地位やら権力やらを記録しておきたいために，絵描きに命じて描かせたもの．原寸大ではなく，立派で偉大に見えるように描く．上昇の方向で造形する．
  - 描かれた本人が喜ぶ.
  - 基本的に写実描写.
  - 絵描きの主観を極力抑えて描く（記録だから，必要なのは技術であって主観ではない）.
- 似顔絵
  - 偉い人のポロッとこぼれ出た人間味をとらえる．そそっかしさ，欲深さ，ずるがしこさなどを好んで描く．引きおろす方向で描く.
  - 描かれた本人は，怒るとまではいかなくても苦笑する.
  - 写実描写ではなく，誇張描写.
  - 主観の固まりほどおもしろい（似顔絵は諷刺画だから）.

つまり，対象人物の「表向きの顔」を美化する方向で表現するのではなく，その対象の人間味を滑稽に誇張して表現するのが，肖像画とは違う似顔絵の本質だと捉えたのであろう．これに対して，本論文では，対象人物の「どのような印象を表現するか」「どのような表現方法で描くか」の性質いかんに関わらず，これらを作者が選択している時点で作者の意図が入っていると考え，似顔絵とみなす．つまり，対象人物の「表向きの顔」を美化する方向で表現するのも作者の意図を含んでいると考え，上述の肖像画も似顔絵に含めて捉える．実際，大橋 [4] のように，肖像画も「広義の似顔絵」として捉える立場も存在している．

ところで,「対象人物のどのような印象を表現するか」と「どのような表現方法で描くか」とは互いに影響し合っていると考えられる．例えば,「対象人物の面白い部分を表現したいので大胆に誇張する」「対象人物の厳かな雰囲気を表現したいので無表情な顔にする」などのように，似顔絵にとって表現方法は重要な役割を担っている．以下，3.2.2 では，似顔絵表現の変遷について述べる．

3.2.2　似顔絵表現の多様化

似顔絵は，もともとは画家や漫画家の仕事として描かれていたこともあり，現在の似顔絵も漫画の影響を強く受けていると考えられる．マンガコラムニストの夏目は，漫画を「近代社会において成立した混交文化,『西洋の衝撃』による異文化衝突的な現象のひとつ」としてとらえるべきだと述べている．つまり,「近代漫画の成立には近代化過程の社会的諸条件の整備（印刷技術，新聞の流通，教育による標準的読解力の成立，市民層の成立など）が不可欠だし，大衆社会的な説話媒体である複数コマによる物語化は，米国コミックや映画文化の影響，日本社会の欧米化が不可欠だった」[5] とのことである．また，現在の数多くの漫画家に影響を与えた手塚治虫もディズニーアニメの影響を受けたと言われている [6].

現在の日本の似顔絵表現も，海外から入ってきたスタイルと日本の文化スタイルとが融合し，多様性を増していった．明治時代に人物をモチーフとした漫画や風刺画を描いていた小林清親や北沢楽天は,『パンチ』などの外国漫画雑誌から近代的な漫画の表現スタイルを学び，積極的に取り

入れた．漫画史研究者の清水らは,「彼らが西欧諷刺画から学んだものの一つに，諷刺対象者たちの顔における『豊かな表情』があった」と述べている [7]．このような活気に満ちた諷刺画の一方で，朝日新聞で政治家の諷刺似顔絵を描いていた岡本一平のように,「表情は豊かとは言えないがよく似ていて，人物の内面をも描写しようとする『余韻』を楽しませる」表現もあったとのことである．

漫画やアニメにおける表現の多様化にともない，日本の「席描き」の似顔絵表現も多様化していった.（株）星の子プロダクションの小河原によれば，似顔絵に使用する画材や似顔絵の用途の多様化もその要因であるとのことである．そこで，長年席描きの仕事に携わってきた小河原への取材を行い，氏が肌で感じた「席描きの似顔絵表現が多様化していく様子」について回答を得た．以下にまとめる．

- 1980 年以前は，下描きせずに描くのが主流．墨や筆を使用しており，水墨画風．男性の似顔絵画家が多かったこともあり，太い線，男性的な絵．筆さばきの良さが評価されていた．
- その後，筆ペンが出回って，細かい部分も描けるようになった．全体として優しい感じの絵になってきた．
- アメリカの似顔絵画家の影響もあり，1990 年頃から，下描きをしてマーカーで主線をなぞる方法が取り入れられた．これにより，ややデザイン性のある似顔絵が描けるようになった．
- 女性の似顔絵画家が増え始め，少女漫画風の似顔絵が出てきた．
- 企業が主催するイベントでの席描きが増加したのに伴い，イベント場が盛り上がるようなデフォルメ（誇張）似顔絵が出てきた．
- TV 東京系の「TV チャンピオン」で様々なデフォルメの似顔絵が紹介され，デフォルメ似顔絵が一般に認識され始めた．
- マスコミによって似顔絵が広く認知され，客層が広がった．以前は子供が多かったが，カップルが増え始め，それに伴い,「可愛い」「明るい」「笑える」などをベースにした似顔絵が増えてきた．

以上のように，ここ数年で似顔絵表現が多様になってきたことがわかる．現在では，従来からの筆と墨による似顔絵を売りにしている似顔絵画家や，アメリカンスタイルを積極的に取り入れた似顔絵画家など，各人が独自の似顔絵表現を追求している．

様々な表現方法に触れることの重要性は世界的にも叫ばれており，1989 年に NCN(National Caricature Network)[8] という団体が発足した．これは，世界中の似顔絵描きが集まって情報交換や技術向上を目指すネットワークであり，現在の会員数は 550 人以上にのぼる．また，NCN 主催の世界大会が年に一度アメリカで開催され，最近では 200 人以上が参加している．ミニコンベンションも複数の地域で開催されており，2007 年 2 月にはアジア初として東京で開催され，8ヶ国から約 120 名が参加した．筆者もこの大会に参加し，似顔絵表現の多様性を実感した．以下，3.2.3 では，この大会での作品を中心に，最近の似顔絵画家の表現を紹介する．

3.2.3　最近の似顔絵画家の表現

以下では，最近の似顔絵画家の似顔絵表現例として，2007 年 2 月 19 日〜22 日に浅草で行われた NCN ミニコンベンションの作品を紹介する．8ヶ国から約 120 名が参加しており，NCN 本大会の優勝経験者や上位入賞者，テレビ東京系「TV チャンピオン」似顔絵選手権の出場者など，似顔絵業界の中でもトップクラスの実力者も多く参加した．ここでは，それぞれの似顔絵画家が 2 日間に渡って似顔絵を描き，最終的に 4 枚まで作品を展示した．それらの中から，参加者による

図 3.1: NCN ミニコンベンション東京大会の様子

投票で「総合」「白黒テクニック」「カラーテクニック」の 3 部門の受賞者が選ばれた．また，過去の大会での上位入賞経験者によるセミナーも開かれた．大会の様子を図 3.1 に紹介する．

参加者の作品例を図 3.2〜図 3.5 に示す．CG，アクリル，水彩，油絵，切り絵，版画，マジック，コピックなど，使用する画材も参加者によって様々であった．また，表現方法も多様であったため，ここでは，おおまかに以下の 4 つに分類して紹介する．

アート系　主にテクスチャの面白さでアート的に表現しているもの（図 3.2）．

カリカチュア・実写系　細かい陰影など，変化のあるテクスチャによって表現しているもの（図 3.3）．

マンガ・イラスト系　特徴を絞り，テクスチャをある程度単純化して表現したもの（図 3.4）．

デザイン系　単純な線のみで表現しており，色による凹凸表現のないもの（図 3.5）．

これらを見ると，似顔絵画家の似顔絵表現が非常に多様であることがわかる．

また，画材を水彩に限定し，複数の似顔絵画家に描いてもらった筆者の似顔絵を図 3.6 に示す．画材を限定してある程度テクスチャを統一し，さらに，同一の人物を対象としていても，作者によって表現の多様性が見てとれる．

本項では，最近の似顔絵画家の表現を紹介した．似顔絵表現だけ見ても，画材や構図やテクスチャなど，多くの要素が絡んでおり，学問として統一的に扱うことは簡単ではない．3.3 では，似顔絵を学問として扱うにあたり，似顔絵作成過程のフローチャートを作成し，そこに絡んでくる要素を整理する．これにより，本論文での似顔絵に対するスタンスを説明する．

3.3　似顔絵作成支援に向けて

3.2 では，似顔絵表現が多様化してきていることを述べ，最近の似顔絵画家の作品を紹介した．さらに，対象人物や画材を統一した状態でも，作者によって似顔絵表現が多様になることを示した．実際，似顔絵を描く過程で以下のように多くの要素が絡んでくるため，表現方法だけに限らず，様々な部分で似顔絵に多様性が生じてくると考えられる．

- 目的（対象人物を喜ばせるため，笑わせるため etc）
- 表現方法（誇張・崩し，ジョーク・ユーモア，全身，顔の向き，3D，抽象 etc）
- 画材（PC，水彩，油彩，鉛筆，パステル，切り絵，アクリル etc）

図 3.2: NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（アート系）

図 3.3: NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（カリカチュア・実写系）

図 3.4: NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（マンガ・イラスト系）

図 3.5: NCN ミニコンベンション東京大会での作品例（デザイン系）

図 3.6: 似顔絵画家が水彩で描いた似顔絵（対象人物は筆者）

- 役割（趣味，商売，自己主張，セラピー etc）
- 応用（アバター，ウェディングボード，顔写真の代替，心理実験 etc）

このように多くの要素が絡んでくる似顔絵を扱うにあたり，本項では，特に「似顔絵作成過程」について考察した．具体的には，似顔絵作成過程のフローチャートを作成し，そこに絡んでくる要素を整理した．これにより，多様な似顔絵を一つの枠組みとして捉えることを試みた．

この考察により，本論文で研究対象とする「似顔絵作成」が体系化され，余分な要素を抑えることで似顔絵同士の統制をとることができると考えられる．このように，似顔絵作成過程を体系的に考えることは，工学的に似顔絵を扱ううえで重要である．また，本研究が似顔絵作成過程のどの部分を支援するのかを位置づけるうえでも欠かせない．さらには，本研究の範囲にとどまらず,「顔学」[9] のように様々な学問が絡んでくる分野において，各学問を関連づける際にも有効であると考えられる．

以下，3.3.1 で似顔絵作成過程に関する考察について，3.3.2 で本論文で扱う似顔絵について説明する．

3.3.1　似顔絵作成過程に関する考察

似顔絵作成過程について整理するため，フローチャートを作成し，そこに絡んでくる要素を挙げた．以下で似顔絵作成フローチャートの説明をする．なお，フローチャート作成にあたっては（株）星の子プロダクション所属の似顔絵画家である小河原 智子 氏にも議論していただいた．氏は，TV チャンピオン似顔絵選手権優勝，NCN 主催の世界大会優勝，読売新聞似顔絵大賞受賞という経歴をもっており，世界でもトップクラスの似顔絵画家である．

まず，似顔絵作成過程は,「対象人物から印象を捉える部分（印象取得部分）」と「その印象を似顔絵として表現する部分（似顔絵作成部分）」に分けられる．ここで，後者は，3.2.1 で議論したとおり,「対象人物のどのような印象をどのような表現方法で描くか」を考える（アイデアを練る）過程を経てからそれを描画するという流れになっている．つまり，以下のような 3 工程に分けられる（図 3.7）．

- 対象人物から印象を捉える部分
- 取得した印象をもとに似顔絵の完成イメージ（以下，脳内印象表現）を作り上げる部分
- それを似顔絵として具現化する部分（描画）

図 3.7: 似顔絵作成過程の簡易フローチャート

なお，図 3.7 に示した似顔絵作成手順は上から下への一方通行ではなく,「似顔絵という具体的な形にしてみることで頭の中のイメージが整理され，それをもとに脳内印象表現を練り直す」という循環も起こりうる．また，対象人物を見ながら似顔絵を描くときには,「一度似顔絵を描き，それと対象人物を見比べ，修正する」といった行為を繰り返すことになるだろう．このように，似顔絵を描きながら対象人物から印象を取得するという循環も起こりうる．ちなみに，最初の 2 工程は，作者の頭の中で行われる．

図 3.7 をベースとして作成した似顔絵作成過程フローチャートを図 3.8 に示す．これについて，以下，図 3.7 に示した 3 工程のそれぞれに照らし合わせながら詳しく見ていく．

対象人物の印象を取得する部分

同じ対象人物からでも見る人によって異なる印象を取得する．また，例えば以下のように，1 人の対象人物からでも複数の印象を受け取っている．この過程では，認知心理学，社会学，メディア学などの学問が関連してくるだろう．

・目が離れている
・マイペース
・豪快な笑い方をする
・最近マスコミを騒がせている
・ゆったりとした話し方
・会社の同僚に似ている

対象人物の印象を取得する部分に焦点を当てたフローチャートを図 3.9 に示す．ここでは，これをもとに議論する．

図 3.8: 似顔絵作成過程のフローチャート

図 3.9: 似顔絵作成過程のフローチャート（対象人物の印象を取得する部分）

一般に，対象人物から受け取る印象・特徴というのは,「平均からの差分」であると考えられる．それは，その対象の姿形やしぐさなど，外見から受ける印象であり，対象人物を初めて見た場合ならそれを「対象人物から取得した印象」とみなすことができる．なお,「目は他の顔部品と比べてその特徴が目立ちやすく，顔の知覚や記憶において重要である」[10][11] とも言われるように，注意の向きやすい特徴とそうでない特徴が存在する．

さらに，対象人物が作者にとって既知の場合，対象人物との関係性によって印象も変わってくる．例えば，同じ人物でも，交友関係が長くなると印象も変わって見えてくる．このように，平均からの差分だけではなく，そこに作者の主観的なバイアスがかかったものを対象人物の印象として認識することになる．つまり，以下の 2 つの工程を経て対象人物の印象を取得すると考えられる．

- 平均からの差分をとる部分
- 主観的なバイアスを加える部分

同じ対象人物から取得する印象が見る人（ここでは似顔絵の作者）によって異なる理由として，これらの過程で個人差が生じているからだと考えられる．以下，それぞれの工程で生じうる個人差について考察する．

- 「平均からの差分をとる部分」
  - 作者がこれまでにどのような人間を見てきたかによって「平均」が異なってくる．例えば，外国人の顔になると細かい違いが判別しづらくなるのは，外国人のデータベースが少ないからだと言われている．
  - 直前に見た人物によって「平均」が異なってくる．例えば，平均的な形状の顔の対象人物でも，直前に丸顔の人を見た後に見れば面長な印象を受ける．また，似顔絵を描く際に何度か対象人物を見ているうちに，その印象がダイナミックに変化していく可能性もある．
  - 「平均」と比較する際に，どの特徴に注目するかも作者によって異なる．目に注目する傾向のある作者もいれば眉に注目する傾向のある作者もいる．また，顔の知覚にも「形態」からと「動き」からがあるとも言われており [12]，その優先度にも個人差が出るだろう．他にも，文化による違いも考えられる．例えば，アメリカ人は目や髪の色が多様なので，目の色や髪の色に注目する人が多いとのことだが，日本ではそこに注目する人は少ない [4].

- 「主観的なバイアスを加える部分」
  - 対象人物との関係性によって，主観的バイアスの質が異なってくる．例えば，親密さ，会社での上下関係の他にも，お客様か身内かといったような立場の違いなどの要素もある．
  - 外部からの情報の有無によっても主観的バイアスの質が異なってくる．例えば，対象人物のマスコミでの扱われ方（パブリックイメージ），どのような噂を知っているかなどによっても異なる．

また，対象人物から取得する印象にも以下のように複数の種類が考えられる．

- 顔部品の位置形状（例：目が細い，口が大きい etc）
- 顔全体の雰囲気（例：眠そうな顔，おっとりした顔 etc）
- 顔以外の部分の特徴　（例：しぐさ，表情，髪の色 etc）
- 連想による印象（例：狸に似ている etc）
- 社会的要因（例：性格，身分 etc）

図 3.10: 似顔絵作成過程のフローチャート（取得した対象人物の印象から脳内印象表現を生成する部分）

どのような印象を取得するかについては，作者によって個性が出てくる．これは，対象人物から取得する際に注目すべきポイントを，作者がどれだけ知っているかにも依存するだろう．特に，似顔絵作成の経験者はそのようなデータベース（以下，印象取得データベース）が大きいと考えられるため，対象人物から多くの印象を取得することができるのではなかろうか．彼らは，似顔絵を描いてきた経験を通じて，対象人物から印象を取得する際に注目すべきポイントを多く学んでいるのだと思われる．例えば，同じ対象人物からでも，初心者が顔の形状だけに注目するところで，経験者は表情にも注目するかもしれない．さらには,「笑ったときに口が左右非対称になる」という，より粒度の細かい印象取得をしているかもしれない．これは，無意識に行われている場合もあるだろう．このような印象取得データベースの性質にも個人差が生じてくる．

なお，無意識のうちに印象を取得していることもある．例えば，ふとしたきっかけで「あの対象人物はこういう印象もあったなあ」と思い出すことがあるが，これは，無意識のうちに取得していた印象が意識に上ったということである．

取得した対象人物の印象から脳内印象表現を生成する部分

取得した対象人物の印象から脳内印象表現を生成する部分に焦点を当てたフローチャートを図 3.10 に示す．ここでは，この図をもとに議論する．なお，指名手配用の似顔絵などのように対象人物を見ないで似顔絵作成をする場合は，目撃者からの証言などによって作者が想像して作り上げた「印象」がもとになる．

上述のとおり，1 人の対象人物からでも複数の印象を取得することがわかった．これらの中から，どのような印象を表現するか，および，どのような表現方法で描くかを考えることで，脳内印象表現を作り出している．つまり，以下の 2 工程を経て脳内印象表現が作られると考えられる．

- どのような印象を表現するかを検討する部分
- どのような表現方法で描くかを検討する部分

ここで，どのような印象を表現するかを検討する部分では，対象人物から取得した複数の印象の全てが同じ重要度で表現されるのではなく,「ある印象は抑えてある印象を強く出す」など，優劣をつけることになると考えられる．ここも個人差が生じる部分であり，その作者の好みや癖などのような作者個人の要因だけでなく,「お客様なので，悪い印象は表現しない」「犯人捜査用の似顔絵なので，悪そうな印象を押し出して表現する」といったように社会的な要因も絡んでくる．

対象人物から取得したそれぞれの印象は，以下のようなフィルタを通して表現される．

- 捉えた印象そのまま
- 印象の制限，誇張（例：他の印象に焦点を当てたいので印象を抑える，その印象を前面に押し出す etc）
- 新たな印象の追加（例：明るい絵にしたいので暗い対象人物も明るい印象にする etc）

また，どのような表現方法で描くかを検討する部分についても，以下のような項目で個人差が生じうる．

- 表現スタイル（例：イラスト風，マンガ風，デザイン風 etc）
- ステレオタイプの利用（例：おっとりした雰囲気を表現する場合でも，両目の間隔を離す，目じりを下げる，口を開けるなど方法がいくつかある）
- 構図
- 視点（例：正面顔，横顔，斜め顔 etc）
- 光の当て方

これらは，表現方法（例：笑った顔を表現するためのシワの描き方，対象人物をドラキュラに見立てた描き方 etc）をどれだけ多く知っているか，つまり，作者が備えている表現方法データベースの大きさにも依存してくるだろう．これが大きければ，どのような表現方法で描くかという選択肢も多くなり，作者の個性が出やすくなると考えられる．

ここで，どのような印象を表現するかを検討する部分とどのような表現方法で描くかを検討する部分は互いに関連し合っていると考えられる．例えば,「対象人物のユーモラスな印象を表現するために大げさに誇張する」のように前者が後者に影響を与える場合もあれば,「ポップなイラスト風の絵にしたいので，怖い雰囲気の人物でも少し明るい雰囲気に表現する」のように後者が前者に影響を与える場合もある．

また，表現方法データベースと，前述の印象取得データベースも互いに関連し合っていると考えられる．例えば,「大きくデフォルメした似顔絵を描くためには，表情に特徴を捉えると効果的である」というように，使いたい表現方法によって，対象人物の注目すべき部分がある程度定まることがある．一方,「豊かな表情に特徴をとらえた場合，それを活かすためには大きくデフォルメして表現すると良い」というように，どのような特徴に注目するかによって，それを活かせるような表現方法が定まることがある．

似顔絵は，作者の脳内印象表現を具現化したものだと定義することもできるため，脳内印象表現を作り上げるこの工程は，似顔絵作成の本質的な部分であるとも考えられる．

脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分

似顔絵の完成イメージとなる脳内印象表現をうまく似顔絵として具現化するには，線を描く技術や着色技術などのような描画技術が必要になる．この部分はデッサンなどの訓練で上達することができる．また，画材や線によって似顔絵の見た目も大きく変わるため，似顔絵に個性を出し

やすい部分でもある．例えば，3.2.3 では，脳内印象表現を作成するまでの過程（主に，どのような表現方法で描くかという部分）によって 4 タイプに分類したが，同じタイプに属していても画材やタッチなどによって全く見た目が変わってくる．

この工程では，以下のような要素によって個人差が生じうる．

- 描画技術（例：線を描く技術，着色技術 etc）
- タッチ（例：太い線，勢いのある線，べた塗り，点描 etc）
- 身体動作（例：手先で描く，腕全体で大きく描く etc）
- 画材（例：PC，水彩，油彩，鉛筆，パステル，切り絵，アクリル etc）
- 描く媒体（例：画用紙，色紙，ダンボール，和紙 etc）

この工程によって初めて外に見える形となるため，この工程が似顔絵の品質に大きく関わってくると言える．似顔絵の評価基準も多様ではあるが,（株）星の子プロダクション社長の秋久は「色味，迷いの無い線，細部の表現などがプロの絵には必要である.」とも述べており，絵として評価する際には重視されがちな部分であると考えられる．

3.3.2　本論文における似顔絵に対するスタンス

3.3.1 では，似顔絵作成過程フローチャートを作成し，そこで絡んでくる要素を整理した．これをふまえ，以下では，本論文での似顔絵に対するスタンスを説明し，どのような似顔絵作成支援を目指すのか，フローチャートのどの部分を支援するのかを明確にする．

「似ている」ということに対するスタンス

一般に，似顔絵の評価基準としては「対象人物に似ているかどうか」が用いられることが多い．「『似』顔絵」である以上，対象人物に似ているというのは大前提であると考えられる．以下では，「似ている」とはどういうことかを定義し，似顔絵が似ているということに対する本論文でのスタンスについて述べる．

まず，似顔絵を観る人は,「その似顔絵から解釈した対象人物の印象」と「自分の頭の中にある対象人物の印象」とを照らし合わせ，そこからその似顔絵の感想を得ていると考えられる．つまり，似ているというのは，以下の 2 つが近い状態であると定義できる．

- 作者 A が描いた似顔絵から観察者 B が解釈した対象人物の印象
- 観察者 B が捉えた対象人物の印象

なお，前者は，B が解釈したものであり，作者 A が捉えた対象人物の印象とは異なっている可能性がある．そのため，B の解釈次第では，対象人物から捉えた印象が作者 A と観察者 B で近かったとしても「似てない」となりうるし，逆に，捉えた印象が A と B で異なっていても「似ている」と判断されることもある．つまり，以下の部分で誤差が絡んでくると考えられる．

- 作者 A が捉えた対象人物の印象を似顔絵として具現化する部分（A の似顔絵作成時の誤差）
- A が捉えた対象人物の印象を観察者 B が似顔絵から解釈する部分（B の似顔絵解釈時の誤差）

また，上で述べたとおり，対象人物から捉える印象には個人によって差ができると考えられるので，必ずしも A と B が捉えた対象人物の印象が近くなるとも限らない．このように，様々な部分で個人差が出てきてしまうため，経験年数の長い似顔絵画家であっても，観た人全員が似ていると感じるような似顔絵は描けない．

図 3.11: プロの似顔絵画家（小河原）が描いた一般人の似顔絵例 [13]

従来の似顔絵作成システムでは,「一般的に『似ている』似顔絵」を目指しているものが多かった．しかしながら，上での議論のとおり，観る人によって差が生じてくるため，本論文では,「一般的に『似ている』似顔絵」ではなく，まずは「作者からみて『似ている』似顔絵」を目指した似顔絵作成支援を考える．つまり,「作者」「対象人物」「第三者」の 3 者ではなく，まずは「作者」「対象人物」の 2 者が関わる似顔絵作成を考える．そのため，作成した似顔絵の評価も，ユーザによる自己評価で行うことにする．

なお,「第三者」の立場も考慮した似顔絵作成（一般的に「似ている」似顔絵の作成）も重要であると考えられるが，そこは今後の課題とする．

似顔絵作成支援に対するスタンス

「良い似顔絵」の基準は，観る人によっても違うし，時代によっても変わってくるだろう．似顔絵のコンテストや通信講座などでは，経験のある似顔絵画家の主観評価で良い似顔絵が決定されることが多い.「特徴を上手く掴んでいる」「表現が斬新」「視点が斬新」など様々な基準があるだろうが，そこに共通しているのは,「観る人に何かしらの感動を与える」ということなのではなかろうか．そして，見慣れたものよりも新しく斬新なもののほうが感動を起こす可能性が高いと思われる．実際，似顔絵を描くときは，誰を対象人物にするか，対象人物のどこに注目するか，あるいは，どう描くかなどは基本的に自由である．自由だからこそ新しい見方や表現が出てくるのであり，そこに作者のセンスが出てくるのだと考えられる．これが似顔絵文化の発展にもつながるのであろう．

以上の議論により，本研究では，できるだけ作者の個性が出せるような似顔絵作成支援を意識する．一方で，誰にでも「プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵」を作成できるように支援することも考えると，ユーザに任せる部分とコンピュータによる支援が必要な部分の切り分け方が重要になる．

ここで，筆者なりに「プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵」として必要な条件を考えた．以下に示す．

- 対象人物に対する作者の印象が反映されている
  - 上述のとおり，全ての人にとって似ていると評価される似顔絵を作ることはできない．逆に

考えると，描く人によって違う観点からの似顔絵ができあがるところが魅力でもある．似顔絵画家の山藤も「自分にはこう見えたと主張してくる似顔絵が面白い」[2] と述べているように，対象人物に対して作者自身が感じた印象を反映していることが面白い似顔絵には必要であると考えられる．

- 表現が豊かで絵としての完成度が高い
  - プロの似顔絵画家が描いた似顔絵は，ただ似ているだけではなく，表現が豊かで絵としての完成度の高さが感じられる．（株）星の子プロダクション [5] 社長の秋久は,「色味，迷いの無い線，細部の表現などがプロの絵には必要である」とも言っている．例えば，図 3.11 を見ると，全ての部分に影をつけるのではなく，全体のバランスを考えたうえでアクセントとして光と影を入れていることがわかる．このように豊かな表現があることで，たとえ誰を描いたのかがわからなくても楽しめる似顔絵になっている．

これをふまえ，本研究では，似顔絵作成の（図 3.7）の 3 工程について，それぞれ以下のように支援する．

- 対象人物の印象を捉える部分
  - この部分の個人差が似顔絵の本質的な面白さであると考えられる．そのため，本論文の似顔絵作成支援システムでは，ここを全てユーザに任せる．
- 取得した印象から脳内印象表現を生成する部分
  - ここは，ユーザのアイデアを引き出す部分であり，アイデアを引き出すための候補をコンピュータで生成し，それをユーザに提示することによって支援することができる．特に初心者は「どのような表現方法で描くか」という部分で，似顔絵画家に比べてデータベースが小さいと考えられる．
  - 個人差が面白い部分であるので，最終的にはユーザの判断に任せる．
- 脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分
  - 似顔絵の経験者と初心者とで技術に最も差ができる部分だと考えられる．技術的支援が必要であるため，個人差よりも技術的支援を優先する．
  - 線のタッチや色彩表現のような似顔絵のテクスチャ部分は，あらかじめ用意した似顔絵モデルで表現する．つまり，見た目の品質は似顔絵モデルによって制限されることになるため，似顔絵モデルには完成度の高さや表現力が必要となる．
  - ユーザの脳内印象表現に沿うように筆を動かす部分は，あらかじめ用意した似顔絵作成インタフェースによって似顔絵モデルを変形することで代替する．

ここで，脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分について整理すると，似顔絵作成システムに以下の条件が必要であると考えられる．本研究では，これらを指針として似顔絵作成支援システムを設計する．

- 似顔絵モデル
  - 様々な脳内印象表現に対応できる必要があるため，表現範囲が広いこと．
  - 絵としての完成度が高いこと．具体的には，図 1.1 を目標にする．
- 似顔絵作成インタフェース
  - ユーザが捉えた印象を反映できるように似顔絵モデルを変形できること．
  - ユーザの負担にならないような簡単な操作であること．

本論文の各章と似顔絵作成過程フローチャートとの対応

図 3.12 は，本論文の第 4 章〜第 6 章がそれぞれ似顔絵作成過程のどの工程に注目しているかを示している．まず，似顔絵作成支援システムに関する第 4 章，第 6 章について述べ，その後で第 5 章について述べる．

第 4 章では，似顔絵の描画支援を目的としており，脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分の支援であると言えるだろう．ここでは，あらかじめ設計された似顔絵モデルをユーザが変形させることで似顔絵を作成する．ユーザのマニュアル操作だけではなく，コンピュータが提示したいくつかの候補の中からの選択によっても似顔絵を作成できる．コンピュータが提示した候補を見たユーザが,「こういう特徴もあるなあ」と対象人物の他の特徴に意識が移ったり,「こういう表現もいいなあ」と他の表現方法に変えることもあるため，取得した印象から脳内印象表現を生成する部分の支援も担っていると考えられる．逆に，ここで使用している似顔絵モデルは，顔の向きや線の種類など，テクスチャ面での制限もあるため，その部分で個性を出す方法については今後の課題である．

第 6 章では，第 4 章のシステムよりもさらに多様な候補をユーザに提示することを目的としている．つまり，取得した印象から脳内印象表現を生成する部分を支援している．ただし，その誇張表現は，提示される候補に限定されることになる．なお，最終的に選択する部分をユーザに任せているため，個人差は出やすくなっている．

第 5 章では，似顔絵作成の経験者と初心者とで誇張表現の比較をした．つまり，取得した印象から脳内印象表現を生成する部分に焦点を当てている．この部分については,「どのような構図にするか」「どのような顔の向きにするか」など他にも比較すべき項目が考えられるが，今回は「誇張」に注目するため，それらは今後の課題に回す．なお，初心者と比較することにより，似顔絵画家ならではの脳内印象表現の作り方について一つの指針を導くことにもなるため,「取得した印象から脳内印象表現を生成する部分」の支援にもつながるのではないかと考えられる．ちなみに，そこでは,「似顔絵画家は対象人物の表情に注目する傾向がある」という知見が得られた．これは，対象人物から印象を取得する際のノウハウとして，印象を取得する部分の支援にもつながると考えられる．

図 3.12: 似顔絵作成過程と本研究との対応

3.3.3　似顔絵解釈過程に関する考察

同じ対象人物でも作者によって異なる似顔絵ができてくるし，作者が同じでも対象人物によって似顔絵も変わってくる．つまり，似顔絵の個性は「作者の個性」と「対象人物の個性」が混ざり合ったものだと考えられる．また，似顔絵を観る人によっても捉え方が違うため，さらに「観る人の個性」も混ざったものになる．本論文では，第三者が捉えた対象人物の印象については考えないが，将来的にはこの部分も考慮した似顔絵作成を検討する必要がある．その際，似顔絵作成過程だけでなく，似顔絵を観る人がそこからどういう解釈をしていくかという過程（以下，似顔絵解釈過程）も絡んでくると考えられる．ここでは，今後に向けて，似顔絵解釈過程のフローチャートも作成し，そこに絡んでくる要素を整理した．図 3.13 に示す．3.3.1 で説明したものと重なる部分も多いため，ここでは概説にとどめる．

似顔絵を観る人は，似顔絵をヒントに，自分の持っている顔のデータベース（記憶）を参照しながら対象人物に近いものを連想していると考えられる．似顔絵の解釈において，見かけ上，対象人物と似顔絵がどれだけ近いかということはそれほど重要ではなく，たとえ，似顔絵が対象人物とは一見かけ離れていても，観る人が似顔絵を見たときに，元の対象人物を連想できればいいのだと考えられる [4]．そして，観る人が似顔絵から解釈した対象人物の印象，あるいは，似顔絵で用いられている表現方法について，観る人があらかじめ期待していたものと比較することで，その似顔絵に対する感想が生まれると考えられる．つまり，作品と観る人との合作がその作品の感想なり印象なりであるともいえる．鈴木らも，似顔絵を観る人があらかじめ対象人物を知っている場合では，もともと抱いていた対象人物の印象と似顔絵から受け取った対象人物の印象を比較することで似顔絵観賞を楽しんでいると考察している [14]．つまり，似顔絵を観る際には，想像力を働かせることになる[1]．

また，そこでの比較により,「この作者にはこういうふうに見えているのか」「確かにこういう印象もあるなあ」という新たな発見も起こりうる．つまり，似顔絵は,「多様な読者に対して，対象人物の印象を作者が考えたものへと誘導するもの・伝えるものである」という見方もでき，単に見て楽しむだけのものではなく，作者から観る人へ伝えるメディアとして似顔絵を捉えることもできる．

3.4　本章のまとめ

本章では，筆者なりに似顔絵を定義し，最近では似顔絵が多様になってきていることを述べた．また，似顔絵画家の作品を例として紹介した．さらに，似顔絵を体系的に扱うために，似顔絵作成過程をフローチャートとしてモデル化し，似顔絵に個人差を生じる要素を整理した．そのフローチャートをもとに，本研究で行う似顔絵作成支援の形を議論した．その結果，以下のような項目が挙げられた．

- ユーザからみて「似ている」似顔絵を目指す
- できるだけユーザの個性が出せるような支援を目指す
- 対象人物の印象を捉える部分をユーザに任せ，他の部分をコンピュータで支援する．

なお，似顔絵作成システムに必要な条件として以下のものが考えられた．

[1] 観る人が都合のいいように補うことを利用し,「目や鼻などの顔部品を敢えて簡略化して描く」という似顔絵ノウハウも存在している [15][16].

図 3.13: 似顔絵解釈過程のフローチャート

- 似顔絵モデル
  – 様々な脳内印象表現に対応できる必要があるため，表現範囲が広いこと．
  – 絵としての完成度が高いこと．具体的には，図 1.1 を目標にする．
- 似顔絵作成インタフェース
  – ユーザが捉えた印象を反映できるように似顔絵モデルを変形できること．
  – ユーザの負担にならないような簡単な操作であること．

次章からは，これらを指針として似顔絵作成システムを設計する．

参考文献

[1] 藤幡 正樹：“ プロジェクトの目的と方向性「デジタルメディアを基盤とした 21 世紀の芸術創造」”，Crest 21 Art シンポジウム「『描く』を科学する」，pp.4–5（2006.1）．

[2] 山藤 章二：“ カラー版似顔絵 ”，岩波新書（2000）．

[3] 岡本 一平：“ 一平漫画講座 ”，双柿舎（1981）．

[4] 大橋 慶一：映像情報インダストリアル連載 ビジョン探検隊がゆく“ 第 6 回 似顔絵–究極の顔の記号化 ”，ソニー株式会社（2006.9）．

[5] 夏目 房之介：“ マンガ学への挑戦 ”，NTT 出版（2004）．

[6] 夏目 房之介：“ 手塚治虫の冒険 ”，小学館（1998）．

[7] 湯本 豪一，清水 勲：“ 漫画と小説のはざまで–現代漫画の父・岡本一平– ”，文藝春秋（1994）．

[8] “ NCN (National Caricaturist Network) ”，http://www.caricature.org/

[9] 伊藤 学而，島田 和幸（編著）：“ かお・カオ・顔　顔学へのご招待 ”，あいり出版（2007）．

[10] V. ブルース（著），吉川 左紀子（訳）：“ 顔の認知と情報処理 ”，サイエンス社 （1990）．

[11] 吉川 左紀子，益谷 真，中村 真（編）：“ 顔と心—顔の心理学入門— ”，サイエンス社（1993）．

[12] 野村 理朗，竹原 卓真（編）：“『顔』研究の最前線 ”，北大路書房（2004）．

[13] 小河原 智子：“ ワンポイントで楽しむ！似顔絵 18 のテクニック ”，日貿出版社,（2002）．

[14] 鈴木 健一郎，武川 直樹，湯浅 将英：“ 似顔絵におけるおもしろさの要因分析 〜「じわじわ」と「Aha!」のおもしろさ〜 ”，第 12 回日本顔学会大会，O-6-3，pp.256（2007.9）．

[15] 小河原 智子：“ 小河原智子のだれでもカンタン!「ポジション式」似顔絵入門 ”，河出書房新社（2005）．

[16] マイコミジャーナル“ 似顔絵がなぜ似ないのか？ ”，
http://journal.mycom.co.jp/articles/2006/07/05/nigaoe/（2006.7.5）

第4章

似顔絵作成システム NIGAO

4.1　はじめに

第 3 章では，似顔絵作成支援の形について議論した．本章では，これをふまえて似顔絵作成システム「NIGAO」を開発する．NIGAO の設計にあたっては,「似顔絵モデル」，および，似顔絵モデルから所望の似顔絵を導き出す「似顔絵作成インタフェース」の点から検討する．

前者に関しては，表現範囲が広く，絵としての完成度が高い似顔絵作成の実現に向け，似顔絵画家が描いた複数の似顔絵から，頻繁に用いられる線やパターンを分析し，特徴点，および，線の結び方や表示・非表示を切り替える「属性」を設計する．

後者に関しては，ユーザが捉えた印象を反映できるように似顔絵モデルを変形できることを目指し，以下の二つの機能を適宜切り替えて似顔絵を作成するインタフェースを設計する．

顔部品選択・位置形状調節機能　ユーザが目や鼻などの顔部品を直接操作できる機能（データベースからの顔部品選択，顔部品の移動・拡大縮小など）．

対話型 GA による似顔絵進化機能　まず，線画で表現された似顔絵をいくつか提示し，その中から作りたい似顔絵に近いものを複数，ユーザに選ばせる．選ばれた似顔絵に対して，交叉（crossover）や突然変異（mutation）をかけて新しい顔集団を合成し，再びユーザに提示する．所望の似顔絵が出てくるまでこのサイクルを繰り返すことによって所望の似顔絵に近づけていく機能（図 4.1）．

似顔絵モデルと似顔絵作成インタフェースの設計については，それぞれ，4.3，4.4 で説明する．4.5 では，似顔絵モデルの表現力に対する考察および NIGAO の実装結果について述べる．また，NIGAO の似顔絵作成インタフェースの評価として，4.6 では，対話型 GA による似顔絵進化機能の有効性に関する評価実験について述べる．さらに，NIGAO を印象可視化ツールとして用いた応用例として，4.7 で，似顔絵における印象の個人差に関して検討する．

図 4.1: 対話型 GA を用いた似顔絵作成の概要

4.2　関連研究

従来の似顔絵作成システムとしては，平均的な顔との差分を強調することによって対象人物の特徴をデフォルメする手法 [1]-[4] や，対象人物の写真とそれをもとにプロのアーティストが描いた似顔絵のセットから学習したアルゴリズムを適用する手法 [5][6] が報告されている．これらは，顔写真を入力とし，そこからほぼ全自動で似顔絵を生成している．しかしながら，対象人物の印象を捉える部分は人間の感性に基づくものである．そのため，上記の方法では，対象人物の顔を一定のアルゴリズムで変形することはできても,「ユーザが捉えた対象人物に対する印象」を反映させることは難しい．ユーザが捉えた印象を反映するには，印象を捉える部分は人間に任せるのが好ましいと考えられる．

一方，人間の感性に基づく「対象人物の印象を捉える部分」を人間に任せ,「その印象を似顔絵として表現する部分」をコンピュータで実現するシステムも実装されている [7]-[12]．これらのシステムでは，必ずしも写真入力は必要とせず，ユーザが抱いた印象をもとにユーザと対話的に似顔絵を作成する．似顔絵モデルから所望の似顔絵を導き出す似顔絵作成インタフェースには，あらかじめ画像として用意されたデータベースからの選択 [7][8] や，対話型 GA[9]-[12] などが用いられている．対話型 GA は，広い探索空間の中からユーザの主観的評価に基づいて解を探していく手法であり，似顔絵作成以外にも様々な支援システムで利用されている [13]-[15].

文献 [7]-[12] の研究では，各顔の記述は，あらかじめ用意された顔部品画像を組合せる，もしくは，あらかじめ決められた特徴点どうしを，常に一定の結び方で線で繋ぐことによってなされている．本研究では，これらの研究よりも似顔絵モデルに表現力をもたせるため，プロの似顔絵アーティストが描いた複数の似顔絵から頻繁に用いられる線やパターンを分析し，属性を設けて線の結び方や表示・非表示を切り替えることによってそれらのパターンを表現できるような試みを行う．なお，特徴点の座標値と属性を似顔絵モデルのパラメータ（以下，似顔絵パラメータ）とする．

また，文献 [9]-[11] の研究は，対話型 GA を似顔絵に適用した先駆的なものであり，似顔絵作成における対話型 GA の可能性の一端を示している．しかし，これらの研究では，似顔絵作成のほとんどを対話型 GA によって行っており，ユーザによる明示的な位置調節機能などのようにユーザの意思を直接反映させられるような機能は実装されていない．さらに，ユーザインタフェースの評価や比較実験も行われていない．本研究では，顔部品選択・位置形状調節機能を設計し，対話型 GA による似顔絵進化機能と適宜切り替えて似顔絵を作成する形をとることにより，文献 [9]-[11] のシステムよりもユーザの意思を積極的に反映することを可能にする．さらに，ユーザ評価実験を行い，NIGAO の似顔絵作成インタフェースの有効性を示す.

4.3　似顔絵モデルの設計

従来の似顔絵作成システム [1]-[12] では，主に，あらかじめ用意された顔部品画像を組み合わせる，もしくは，特徴点を線で結ぶことによって顔が記述されている．前者は表現範囲がデータベースに依存してしまうのに対し，後者は特徴点の位置によって自由に形状を変形できる．しかしながら，特徴点を用いて顔を記述している従来の似顔絵モデルは，線の表示・非表示ができるものはあっても，線の結び方や特徴点パターンを切り替えることができるものはほとんどない．本研究では，従来の似顔絵モデルよりも高い表現力をもたせるため，プロの似顔絵画家が描いた複数の似顔絵や髪型サンプル集を参考にして頻繁に使用される線やパターンを分析した．さらに,「属性」を設け，線の結び方や表示・非表示などを切り替えることによってそれらのパターンを表現

図 4.2: レイヤー構造による似顔絵表現

図 4.3: 特徴点

図 4.4: 似顔絵に利用する線と顔部品

図 4.5: 目の詳細パターン

できるようにした．各似顔絵は図 4.2 のようなレイヤー構造で表現されており，それぞれの要素はスプライン曲線（複数の点を滑らかに結ぶ曲線）で描かれている．それを記述するために必要な特徴点（図 4.3）の座標値，および，属性をパラメータとしている．具体的には，以下のように似顔絵モデルを設計した．

4.3.1　顔部分の設計

まず，似顔絵で頻繁に使用される線を選出し，顔を 11 の顔部品（目，眉，鼻，口，額，鼻横，鼻下，頬，顎，耳，輪郭）に分けた（図 4.4）．なお，簡単のため，メガネ，髭などは今後の課題とした．また，似顔絵で頻繁に使用される線，および，各顔部品について詳細なパターンのいくつかを列挙した．例として，目の詳細パターンを図 4.5 に示す（例えば，図 4.5(d)：目頭部分で上の線がはみ出して接続する，図 4.5(f)：上と下が離れる，図 4.5(h)：上の線のみ表示される）．さらに，各顔部品について全てのパターンを網羅できるように特徴点パターンおよび各属性が担う機能を設計した．属性の例としては,「8 番の属性の値が 0 なら目尻の皺を表示せず，1 なら表示する」のような線の表示・非表示切り替えや「3 番の属性の値が 0 なら目の上の線と下の線を離しておき，1 なら上の線と下の線の間を別の線で結ぶようにし，2 なら上の線を構成する特徴点まで含めて下の線を結ぶことで上下の線を接続して表示する」のような線の結び方切り替えなどを用意した．

似顔絵モデルのパラメータは，特徴点の相対座標値および属性の値とした．相対座標値とは，各顔部品（目，鼻，口など）ごとに代表的な 1 点（基本点）を決め，それぞれの特徴点について，それが属する顔部品の基本点との相対的な位置を座標値として表したものである．なお，基本点の位置は絶対座標で与えるものとする．これをパラメータとして使うことで，点の座標値に意味を持たせ，顔部品ごとにまとめて扱えるようになり，例えば，目の「位置（絶対座標で記述）」と「形（相対座標で記述）」を別々に扱うことが可能になっている．

4.3.2　髪型の設計

髪型モデルを設計するにあたって，まず，機能の違いによって髪を図 4.6 のような複数のカテゴリーに分割した．その後，各カテゴリーについて，特徴点パターン，及び，属性によって変化

図 4.6: 髪の分割

する機能を設計した．なお，図 4.6 のカテゴリー分割は,「レイヤー」「個人差の大小」「領域」という 3 つの視点から行った．

以下で，レイヤーによる分割，個人差の大小による分割，領域による分割についてふれた後，髪型モデルの設計について説明する．

レイヤーによる髪の分割

髪を含めた似顔絵の場合，髪以外の顔部分，前髪，後ろ髪などの相互関係によって隠れて見えなくなる部分が出てくる．そこで，本論文では，図 4.2 のように複数のレイヤーの重ね合わせによって似顔絵を表現することにした．その際，レイヤーの違いから，髪を「前髪」「もみあげ」「後ろ髪」に分けて考えることにした．ここでは，顔より上のレイヤーにくる髪を前髪と定義している．

個人差の大小による髪の分割

髪型部分に関しては，個人によって大きく形状が異なるため，すべての似顔絵に同じ特徴点パターンを共有することができない．そのため，特徴点で髪を表現している従来の似顔絵作成システムでは，髪の毛の外側の輪郭線のみを表示することなどにより簡易的に髪型を扱うもの [1][2] が多かった．本システムでは,「髪の生え際が顔部分と接触している」という全ての人に共通する事実に注目し，髪型を

- 顔部分と接触する「生え際付近の髪」
- 髪の長さに応じてアレンジされる「細かい髪要素」

に分けて扱い，図 4.7 のように，生え際付近の髪の上に細かい髪要素を付加させることで髪型を表現することにした．これにより，髪の毛の外側の輪郭線のみで髪型を表現する従来の手法 [1][2] よりもより詳細な髪型を表現することができる．

図 4.7: 生え際付近の髪と細かい髪要素による髪型表現

図 4.8: 線画で描きおこしたスケッチの例

生え際付近の髪は，従来の似顔絵モデル同様，全ての個体に共通した特徴点パターンで表現でき，細かい髪要素は，個体によって使用する特徴点パターンが異なってくる．そのため,「前髪」や「後ろ髪」などのレイヤーごとに生え際付近の髪モデルと細かい髪要素のモデルが存在することになる．

領域による髪の分割

細かい髪要素は，個体によって使用する特徴点のパターンが異なってくる．ここでは，Yahoo! アバター [8] を参考に，頻繁に現れる細かい髪要素を調べることにした．これは，第 2 章でも述べたとおり，モンタージュ方式によってアバターを作成するシステムであり，2004 年 9 月の時点で約 170 種類の髪型のサンプルが揃っている．なお，この髪型サンプルは若者を対象にしたものに限られているが，ここでは，細かい髪要素として，一定の毛のまとまりを想定したため，若者の髪型から選出したものでも他の年代の髪型表現に適用できると思われる．

まず，本研究で扱う似顔絵の画風に近い状態で髪要素を選出するために，髪型サンプルを全て線画で描きおこし（図 4.8），頻繁に用いられる髪要素，及び，髪要素が頻繁に現れる領域を調べた．その結果，髪要素が現れる領域は，前髪については「フロント」「サイド（左右 2 箇所）」，後ろ髪については「トップ」「サイド（左右 2 箇所）」「ボトム（左右 2 箇所）」となり，もみあげについては特に髪要素は見られなかった．なお，それぞれの領域については図 4.9 に示すとおりである．

また，頻繁に見られる髪要素は，各領域の合計で 40 種類になった．生え際付近の髪に関しては，レイヤーの違いによって，前髪，もみあげ，後ろ髪に分類されるが，ヘアスタイルの書籍では前

図 4.9: 髪領域

髪をフロントとサイドに分けて扱うことが多い [17][18] ことから，前髪に関してはフロントとサイドに分けて扱うことにした（図 4.6）.

髪型モデルの設計

上での考察をふまえて髪モデル（線を記述する特徴点と，線の表示・非表示や線の結び方を切り替える属性）を設計した．特徴点は髪型の変形に，属性は髪型の選択パターンの決定に影響するパラメータである．属性については，上で分けたカテゴリー（図 4.6）ごとに機能を設定した．本論文では，生え際付近の髪と細かい髪要素についてそれぞれモデルを設計した．

生え際付近の髪の属性による機能を設計する際には，Yahoo!アバターに載っているものに限らず，他の年代の髪型も表現できるように考慮した．属性による機能を表 4.1 に示す．以上の結果，すべての個体に共通する部分（顔部分と生え際付近の髪）の特徴点は 260 個，属性は 80 種類となった．顔部分，生え際付近の髪の前髪部分，もみあげ部分の特徴点を図 4.10 に示す．

なお，選出されたそれぞれの細かい髪要素に対応する特徴点パターンを用意すると，ユーザが把握する際に負担になると考えられたため，選出された細かい髪要素を図 4.11 のようにおおまかに表現することで,「根元の閉じた毛先（図 4.12(a)）」「根元の開いた毛先（図 4.12(b)）」「お団子形の髪（図 4.12(c)）」「前に垂れた髪（図 4.12(d)）」の 4 種類の特徴点パターンによって細かい髪要素を表現することにした．図 4.13 は図 4.12(b) の特徴点パターンの特徴点座標値を変化させた例である．このように，一つの特徴点パターンでも様々な形状を表現することができる．

なお，ここでは，各似顔絵に対して，以下の細かい髪要素を用意した．

- 前髪フロント部にある毛先 1 ペア
- 前髪サイド部にある毛先 1 ペア
- 後ろ髪トップ部にある毛先またはお団子 1 ペア
- 後ろ髪サイド部にある毛先またはお団子 1 ペア
- 後ろ髪ボトム部にある毛先またはお団子 1 ペア
- 前に下ろした髪
- モヒカン（前髪フロント部にある毛先）

さらに，上で分類したカテゴリーごとに，髪要素を表現する特徴点パターンの切り替えや髪要素の表示・非表示を切り替える属性を用意し，全部で 29 種類になった．

図 4.10: 生え際付近の髪の特徴点

表 4.1: 生え際付近の髪の属性

カテゴリー	属性番号	効果
前髪（フロント部分）	1	前髪フロント部分の表示・非表示
	2	一番外側の線の結び方（曲線か直線か等）
	3	生え際の線の結び方（曲線か直線か等）
	4	一番外側の線を頭蓋骨と一致させるか否か
	5	前髪フロント部分を後髪のレイヤーとして扱うか否か
前髪（サイド部分）	11	前髪サイド部分の表示・非表示
	12	一番外側の線の結び方（曲線か直線か等）
	13	生え際の線の結び方（曲線か直線か等）
	14	一番外側の線を頭蓋骨と一致させるか否か
	15	前髪サイド部分を後髪のレイヤーとして扱うか否か
前髪（フロントとサイドの間）	21	前髪フロント部分とサイド部分の境界線の表示・非表示
もみあげ	26	もみあげの表示・非表示
後ろ髪	31	後ろ髪の表示・非表示

図 4.11: 細かい髪要素の近似表現

図 4.12: 細かい髪要素を表現する四つの特徴点パターン

図 4.13: 図 4.12(b) の特徴点パターンで表現できる細かい髪要素の例

4.4　似顔絵作成インタフェースの設計

似顔絵画家の小河原は,「顔が似ている」というときには以下の二つの場合があると述べている [16].

- 顔部品の形や位置関係が似ている場合
- かもし出される雰囲気が似ている場合

つまり，相手に対して印象を抱く時には,「目が大きい顔」などのように「顔部品の形や位置関係に特徴を捉える場合」と,「眠そうな顔」などのように「全体の雰囲気に特徴を捉える場合」の二つがからんでくると考えられる．似顔絵モデルを変形して所望の似顔絵に導く際，前者の場合はどのように似顔絵モデルを変形すべきかがある程度明確であるため，手作業で直接変形させることによって表現可能である．一方，後者の場合,「顔部品の形状や位置関係は正しいのに全体として見ると印象が違う」という状況もありうるため，どのように似顔絵モデルを変形すべきかが明確であるとは限らない.

このような観点から，NIGAO では似顔絵作成インタフェースとして二つの機能（モード）を用意した．ユーザが直接顔部品の形や位置関係を操作できる顔部品選択・位置形状調節モードでは，ユーザが抱いた顔部品の形や位置形状の特徴を直接似顔絵に反映することが可能である．一方，対話型 GA による似顔絵進化モードは，ユーザが顔全体を見て選択する方法であり,「対象人物からかもし出される全体の雰囲気」のように，どのように似顔絵モデルを変形すべきかが明確でないときに効果的であると考えられる．NIGAO では，これらのモードを切り替えることにより，顔部品選択・位置形状調節モードで操作した顔を対話型 GA による似顔絵進化の際の顔集団に取り入れたり，顔集団の中の個体に対して顔部品選択・位置形状調節機能を施したりすることができるように設計した．各機能によるインタフェース設計については，以下で詳細を述べる.

4.4.1　顔部品選択・位置形状調節モードの設計

顔部品選択・位置形状調節モードでは，以下の操作を用意した.

- データベースから顔部品を選択して組み合わせる操作
- 顔部品の位置を移動する操作
- 顔部品を拡大縮小する操作
- 似顔絵を構成している特徴点の位置を移動する操作
- 各線に対して表示・非表示を切り替える操作

特徴点レベルで似顔絵モデルを操作できるため，どのように似顔絵モデルを変形すれば所望の似顔絵を導けるかがわかっている場合に効果的であると考えられる．なお，顔部品（ここでは，髪の部品も含める）は表 4.2 のように設定した（21 種類）．なお，属性の操作は，データベースからの顔部品選択，および，各線に対する表示・非表示の切り替えを通じて行うことにした.

4.4.2　対話型 GA による似顔絵進化モードの設計

対話型 GA による似顔絵進化モードでは，以下のようなプロセスで似顔絵を作成することにした（図 4.1）.

表 4.2: NIGAO で設定されている顔部品

	顔部品（ここでは，髪の部品も含める）
顔部分について	目
	眉
	鼻
	口
	額
	鼻横
	鼻下
	頬
	顎
	耳
	輪郭
生え際付近の髪について	前髪
	もみあげ
	後ろ髪
細かい髪要素について	下ろし髪
	モヒカン
	前髪フロント部に付く毛先
	前髪サイド部に付く毛先
	頭頂部に付く毛先
	後ろ髪サイド部に付く毛先
	後ろ髪下から下りる毛先

図 4.14: 似顔絵遺伝子

1. まず，線画で表現された初期顔集団を提示する．なお，各個体は自分の特徴を形成する遺伝子配列を持っている．
2. その中から作りたい似顔絵に近い個体をユーザに複数選択させる．
3. 選択された個体の中から任意の二つを交叉させて 1 個体を作成し，これを 1 世代の個体数分だけ繰り返して新しい顔集団を合成する．なお，交叉とは複数の個体の遺伝子を組合せて新たな個体を作ることであり，作成された子供は親の特徴を併せ持つことになる．
4. その子供達の一部に突然変異をかける．突然変異とは各個体の遺伝子に変化を加えることであり，交叉のみの進化によって局所解に陥ってしまう危険性を防ぐ目的で用いられる．
5. できあがった集団の中にユーザの要望に適うものがあれば作業完了となる．それ以外の場合は，2（ユーザによる選択）から再びやり直す．ユーザが選択した個体の遺伝子を受け継いで進化していくので，これを繰り返すことによって集団全体がユーザの要望に適ったものになっていく．

似顔絵の候補をコンピュータが作成してユーザに提示する形で似顔絵作成が行われるため，どのように似顔絵モデルを変形すればいいかが曖昧な時に効果があると考えられる．また，対象人物に対する新たな見方が提示される可能性もあるため，どのように似顔絵モデルを変形すればいいかがはっきりイメージできている状況でも効果が期待できる．なお，ユーザが 1 個体のみを選択した場合は，それに突然変異をかけて次世代集団を作成した．

また，遺伝方法の詳細は以下のように設定した．

- 各個体（各似顔絵）に対応する遺伝子配列には，似顔絵パラメータ，つまり，特徴点座標値（x と y）と属性が埋め込まれている（図 4.14）．
- 交叉は，それぞれの遺伝子ごとに 2 個体の親からランダムにとることにした（一様交叉）．
- 特徴点座標の突然変異に関しては，特定の範囲内の値を無作為に加えることによって行った．
- 属性に関しては，各属性毎に決められたパターンの出現確率をあらかじめ設定しておき，それにしたがった突然変異が起こるようにした．
- 突然変異率は，特徴点と属性で別々に設定できるようにした．
- 変異をかける部分は,「顔部分のみ」「生え際付近の髪のみ」「細かい髪要素のみ」「髪部分（髪全体）のみ」「顔と髪（全体）」の 5 通り用意した．

4.5　似顔絵作成結果

ここまでの考察をふまえ，Windows 上で NIGAO を実装した．その際，実際に複数のユーザによる操作実験を通して得られたコメントを反映しながらユーザインタフェースを設計した．顔部品選択・位置形状調節モードや対話型 GA による似顔絵進化モードでの操作，および，これらの

切り替えは，全てマウスおよびキーボードによって簡単に行えるようになっている．
以下で，NIGAO のユーザインタフェースなどについての詳細を説明する．

4.5.1　似顔絵モデルの表現力についての考察

ここでは，4.3 で設計した似顔絵モデルの表現力について，以下のような実験を通して考察する．

- 髪型モデルのパラメータを直接操作したときの髪型変化を見ることで，髪型モデルの表現範囲の広さを確認する．
- パラメータを直接操作して目標とする手描き似顔絵（図 1.1）をなぞらせることによって，似顔絵モデルの表現力について考察する．

髪型モデルの表現範囲の広さを確認するため，パラメータを直接操作したときの髪型変化をみることにした．
まず，生え際付近の髪のみを表示した状態で，選択パターン（属性によって記述される）を固定して変形（特徴点によって記述される）させた時（図 4.15）と，同じ特徴点座標値で選択パターンを変化させた時（図 4.16）の髪型の変化を見た．さらに，生え際付近の髪を同じものに固定した状態で，細かい髪要素を切り替えた時（図 4.17）の髪型の変化を見た．以下に詳細を示す．
図 4.15 は，図 4.15(a) を基本として特徴点座標値を変化させていった例である（図 4.15(b)(c) は前髪，図 4.15(d) は後ろ髪の特徴点座標値を変化させたもの）．
図 4.16 は，図 4.16(a) を基本として前髪の選択パターンを変化させていった例である．図 4.16(b) は，前髪の外側を頭蓋骨に沿わせたものである．これによって，坊主頭などのような短い髪を表現している．図 4.16(c) は，前髪フロントのレイヤーのみを顔のレイヤーの後に表示したものである．これによって，額の生え際が後退し，頭の後ろから見えている髪を表現している．図 4.16(d) は，前髪フロントを非表示にしたものである．これによって，頭頂部の禿げた髪型を表現している．図 4.15，図 4.16 により，生え際付近の髪のみの表示でもパラメータを変化させることで様々な髪型を表現できていることがわかる．
図 4.17 は，生え際付近の髪を固定した状態で，異なる髪要素を付加させた例である．図 4.17(a) は，ボリュームのある髪束を前髪フロントに付加させたもの，図 4.17(b) は，少量の髪束を前髪フロントに付加させたもの，図 4.17(c) は，お団子形の髪を後ろ髪トップに付加させたもの，図 4.17(d) は，前に降ろした髪を前髪フロントに付加させたものである．図 4.17(e) は，左右対称の髪束を前髪フロントに配置したもの，図 4.17(f) は，後ろ髪サイドにボリュームのある毛束を付加させたものである．図 4.17(g) は，前髪サイドに毛束，後ろ髪サイドにお団子形の髪を付加させたもの，図 4.17(h) は，前髪フロントに短い毛束，後ろ髪ボトムに細い毛束を付加したものである．
図 4.17 により，生え際付近の髪が固定されていても，そこに付加するわずかな髪要素によって印象が大きく変わることがわかる．つまり，細かい髪要素は，その人に不可欠であると同時に個体による差が大きいということであり，髪全体を一つのモデルで表現するのではなく，生え際付近の髪と細かい髪要素に分けて髪を扱う手法の有効性を示すことができた．
次に，実際に目標とする手描き似顔絵（図 1.1）をなぞらせた例を図 4.18 に示す．本論文の似顔絵は特徴点で表現されているため，既存の部品を並べるだけの手法に比べて，高い再現性を有していることがわかる．さらに，表現パターンを属性で切り替えるようにしたことにより，どの似顔絵も決められた特徴点を同じように結んで表現する従来の似顔絵モデルに比べ，似顔絵によって顔部品の表現に差異が見られるようになった．

図 4.15: 生え際付近の髪のみ表示（選択パターンを固定して変形させた例）
（(a) を基本とし，(b)(c) は前髪，(d) は後ろ髪の特徴点座標値を変化させたもの）

図 4.16: 生え際付近の髪のみ表示（同じ特徴点座標値で選択パターンを変化させた例）
（(a) を基本とし，(b) は髪の外側の輪郭を頭蓋骨に沿わせたもの，(c) は前髪フロントのレイヤーのみをレイヤーの後に表示したもの，(d) は前髪フロントのレイヤーを非表示にしたもの）

図 4.17: 生え際付近の髪は固定し，付着する細かい髪要素を変化させた例
（(a) ボリュームのある髪束，(b) 少量の髪束，(c) お団子，(d) 前に降ろした髪，(e) 正面分け，(f) 束ねた髪，(g) お団子＋サイドから下ろした髪，(h) モヒカン＋襟足から伸びた髪）

図 4.18: 図 1.1 の手描き似顔絵を似顔絵モデルでなぞらせた例（左：手描き似顔絵，右：左の手描き似顔絵を似顔絵モデルでなぞらせたもの）

図 4.19: 細かい髪要素無しの場合と有りの場合での似顔絵の比較
（左：細かい髪要素無し，右：細かい髪要素有り）

また，図 4.7 のように，生え際付近の髪の上に細かい髪要素を付加させるという髪型表現の工夫により，図 4.18 右上の似顔絵では斜めに下りた毛束が表現できている．また，細かい髪要素が無い場合との比較を図 4.19 に示す．髪型の表現を図 4.7 のように工夫したことにより，一番外側の髪輪郭のみを表示する従来手法では表現できない，より詳細な髪型表現ができるようになった．本論文では，Yahoo!アバターから選出した 40 種類の髪要素をおおまかな形状に近似して 4 つの特徴点パターンに絞ったが，特徴点パターンを増やすことによって，より詳細な髪型表現ができると思われる．

4.5.2　NIGAO の実装

ここまでの考察をふまえて，システムを実装した．顔部品選択・位置形状調節機能，および，対話型 GA による似顔絵進化機能での操作，これらの機能の切り替えは，すべてマウスおよびキーボードによって簡単に行えるようになっている．

NIGAO の表示画面は図 4.20 のように 2 つのウィンドウ（ウィンドウ 1，2）から構成されている．また，ステータスバーには現在閲覧している画像の情報が表示されるようになっている．

また，同じ似顔絵でもサイズや線の太さによって印象が変わってくるため，ユーザの望むサイズで似顔絵を見ることができるようにウィンドウサイズを変更できるようにした（図 4.21）．

顔部品選択・位置形状調節モード

顔部品選択・位置形状調節モードの表示画面を図 4.22 に示す．

ウィンドウ 1 には顔部品ごとに選択肢が表示されるようになっている（顔部品は全部で表 4.2 に示した 21 種類）．なお，各顔部品の選択肢の種類が 1 画面に表示できる数をこえる場合には，複数のページに分けて表示している．画面に表示する顔部品およびページはキーボード操作で切り替えることができる．選択肢の中から適当なものを選択すると，ウィンドウ 2 に表示されている顔に対して選択されたパーツが適用される．

また，画面に表示されている顔部品の種類とページ番号はステータスバーに表示されるようになっている（図 4.23）．ちなみに，図 4.23 は,「目」の選択肢が画面に表示されている場合である．なお，ここでは，簡単のため，各顔部品データベースは 20 種類とした．データベースは，筆者があらかじめ作成した．

また，ウィンドウ 2 に表示されている顔に対して，簡単なキーボード操作でユーザが自由に顔部品の位置および形状を変化させることもできる．顔部品の位置変化はその顔部品の基本点を変化させることによって，顔部品の形状変化はその顔部品の基本点以外の点を縦横に拡大縮小させることによって行っている．

顔部品を移動および拡大縮小した例を図 4.24 に示す．図 4.24 中央の顔は，図 4.24 左の顔の顔部品位置を変化させたものである．そこからさらに顔部品の拡大縮小を施したものが図 4.24 右の顔である．

また，ウィンドウ 2 に表示されている顔の上で顔部品をダブルクリックすると，その顔部品を構成している特徴点を表示させることができる．さらに，指定した特徴点の位置を移動したり，線の表示・非表示を切り替えたりすることも可能である．

特徴点の移動と線の表示・非表示切り替えの例を図 4.25 に示す．図 4.25 中央の顔は，図 4.25 左の顔の目尻の特徴点位置を変化させたものである．そこからさらに目の下の線を「表示」にしたものが図 4.25 右の顔である．

図 4.20: NIGAO の概観

図 4.21: ウィンドウサイズを変化させたときの表示状況

図 4.22: 顔部品選択・位置形状調節モードの表示画面

図 4.23: ステータスバーによる情報提示

特徴点レベルで操作できるようにしたことで，ユーザの意思を細部まで似顔絵モデルに反映させることが可能となった．

対話型 GA による似顔絵進化モード

対話型 GA による似顔絵進化モードの表示画面を図 4.26 に示す．

ウィンドウ 1 にはその世代の顔集団が表示され，マウスカーソルで指定された顔はウィンドウ 2 に表示される．表示画面のスペースの都合上，ここでは 1 画面に表示する個体数を 20 個とした．1 世代の顔集団が 20 個を超える場合には，複数のページに分けて表示している．また，初期世代以降の全ての世代の顔集団を保存しており，前の世代の顔集団からも個体を選択することができるようにした．画面に表示する世代およびページはキーボード操作で切り替えることができる．

画面に表示されている顔集団の世代数とページ数，および，進化させている（変異をかけている）部分がステータスバーに表示されるようになっている（図 4.27）．ちなみに，図 4.27 は,（第 7 世代まで進化が進んでいる状態で,）第 4 世代目の（全 3 ページ中）第 1 ページ目の顔集団が表示されていて，個体全体（顔部分と髪部分）について進化させている場合である．ここでは，1 世代の顔集団は 60 個体とし，3 つのページで表示することにした．

初期顔集団には，あらかじめ一人の似顔絵画家が描いた多様な似顔絵を用いた．そのうちの 20 個体を図 4.26 に示す．なお，似顔絵パラメータを与えれば，顔集団の中に別の似顔絵を加えることも可能である．ユーザが選択した個体は，エリート個体として次世代に残すことにし，次世代集団は，エリート個体のほか，10 個体は交叉のみ，残りは交叉と突然変異から作成された個体とした（10 個体は交叉のみで作成された個体としたため，ユーザが 50 個体以上選択した場合のエ

図 4.24: 位置形状調節（中：左の顔の顔部品位置を移動した例，右：中央の顔の顔部品を拡大縮小した例））

図 4.25: 特徴点の移動と線の表示・非表示切り替え
（中：左の顔の目尻の特徴点を移動した例，右：中央の顔の目の下の線を「表示」に切り替えた例）

図 4.26: 対話型 GA による似顔絵進化モードの表示画面

図 4.27: ステータスバーによる情報提示

リート個体は任意の 50 個体とした）．突然変異として特徴点を動かす最大範囲は，各個体の縦の長さの 3%に相当する距離とした．また，初期世代以降のすべての世代の顔集団を保存しており，前の世代の顔集団からも個体を選択することができるようにした．なお，ユーザが選択できる個体数に制限は設けていないが，選択個体数が多くなると，エリート個体も多くなるため生成された個体を表示できる数が少なくなり，進化効率悪化につながる．また，引き継がれる可能性のある特徴も多くなるため，ユーザが所望する特徴が残る可能性が少なくなる．一方，選択個体数が少ない場合は，選択された個体の特徴が次世代集団に強く影響することになり，局所解に陥る可能性が出てくる．効果的な選択個体数は，世代が進むにつれて変わる可能性もあるが，本システムでは経験上 2〜4 個であった．

NIGAO による似顔絵作成実験

NIGAO では，これら二つの機能を切り替えることにより，顔部品選択・位置形状調節機能で操作した顔を対話型 GA による似顔絵進化の際の顔集団に取り入れたり，顔集団の中の個体に対して顔部品選択・位置形状調節機能を施したりすることができるようになっている．

本システムを用いて作成した似顔絵例を図 4.28 に示す（上段左から，アーノルド・シュワルツネッガー，朝青龍，井上和香．中段左から，松井秀喜，青木さやか，小沢一郎．下段左から，安倍晋三，中村俊輔，マイケル・ジャクソン）．写真などの入力を必要とせず，1 作品あたり 10〜30 分程で完成に至った．マウスおよびキーボードによる簡単な操作によって，対話的に似顔絵モデルの表現力を引き出すことができていることがわかる．

なお，髪などの色については，似顔絵作成の前にあらかじめ設定しておいた．

図 4.28: NIGAO で作成した似顔絵例（上段：左から，アーノルド・シュワルツネッガー，朝青龍，井上和香．中段：左から，松井秀喜，青木さやか，小沢一郎．下段：左から，安倍晋三，中村俊輔，マイケル・ジャクソン）

4.6 「対話型 GA による似顔絵進化モード」の評価

印象反映という面から NIGAO の似顔絵作成インタフェースの有効性を検証するために，ユーザ評価実験を行った．ここでは，似顔絵モデルを 3 章で提案したものに統一し，似顔絵作成インタフェースの違いよって印象反映度合いがどのように変わってくるかを調べた．

顔部品選択・位置形状調節モードでは，似顔絵を構成する特徴点レベルでの操作が可能である．そのため，どのように似顔絵モデルを変形したら所望の似顔絵に導けるかが明確な場合には効果的であると言える．本論文では，どのように似顔絵モデルを変形すればよいかが明確ではない状況下での，対話型 GA による似顔絵進化モードによる効果について検討する．ここでは，そのような状況として，似顔絵作成過程で対象人物の顔写真などの資料を見ずに，頭の中のイメージだけをもとに似顔絵を作成してもらうことにした．具体的には，まず，顔部品選択・位置形状調節モードのみを用いて，ユーザの抱いた印象をできる限り反映した似顔絵を作成してもらう．そこからさらに対話型 GA による似顔絵進化モードを用いることで，より印象を反映させることができるかどうかを実験により検討した．

4.6.1 実験の目的

頭の中のイメージだけをもとに似顔絵を作成する際に，顔部品選択・位置形状調節機能のみを用いた場合よりも，そこからさらに対話型 GA による似顔絵進化機能を用いることによって，より印象を反映させることができるかどうか，その効果について検討する．

4.6.2 準備

対象人物の選出

実験では，実験参加者の頭の中のイメージをもとに似顔絵を作成してもらうため，似顔絵作成の対象となる人物には実験参加者全員がよく知っている人を選出する必要がある．さらに，特徴があってイメージしやすい対象人物が好ましい．

まずは，本研究室所属の学部生・大学院生 18 名（うち男性 15 名，女性 3 名）を対象に，有名人認知度アンケートをとった．リストに挙げた有名人 46 名について，それぞれ以下の 4 段階で評価してもらった．

◎：写真を見なくても，おおまかな似顔絵が描ける．
○：写真を見なくてもイメージできる．
△：だいたいのイメージはあり，一目写真を見れば思い出せる．
×：写真を見てもイメージできない．もしくは，そのタレントを知らない．

なお，ここで挙げた有名人は，ウェブ上で似顔絵を描かれている頻度の多いものを選んだ．特徴があってイメージしやすく，似顔絵に描きやすいのではないかと考えられたためである．

アンケートの結果をもとに，多くの回答者が○か◎をつけている有名人を選出した．数名の有名人が選出されたが，以下の条件を考慮し，対象人物として,「えなりかずき」と「堀江貴文」の 2 人を最終的に選んだ．

- 髭やメガネをつけていない
- 髪型や雰囲気などが頻繁に変わらない

ここで，実験参加者には，これら 2 人の有名人に対して○か◎をつけた人を採用することにした．

NIGAO 操作マニュアル作成

NIGAO の操作学習をスムーズにするため，NIGAO 操作マニュアルを作成した．さらに，複数の人を対象として，操作マニュアルを見ながら NIGAO を操作してもらい，そこで出たコメントを反映させながら改良した．

その後，NIGAO 操作マニュアルに関しての簡単な評価実験を行った．初めて NIGAO を使用する実験参加者 3 人を対象に，操作マニュアルを見ながら NIGAO を操作してもらい，学習してもらった．筆者が実験参加者に対し，操作課題（例えば,「顔部分は固定して，髪部分のみを対話型 GA で進化させる」など）をいくつか出し，実験参加者がきちんと操作できているかを見た．その結果，どの実験参加者も，NIGAO で用意されている操作がほぼ全て使える程度にまで学習できていることがわかった．

操作学習

実験では，実験参加者全員が NIGAO を操作できることが条件となる．ここでは,「操作マニュアルを見ながらでもいいので，NIGAO で用意されている全ての機能を使えるレベル」に到達することを条件とし，実験参加者全員を対象に，NIGAO の操作学習をした．

操作学習は以下の手順で行った．人によって学習速度に差があるが，かかった時間は全工程 1 時間程度となった．

1. NIGAO で有名人の似顔絵を作成している状況を映した動画を見せて，NIGAO による似顔絵作成のイメージをつかんでもらう．
2. 操作マニュアルを見ながら実際に NIGAO を操作して機能の確認をしてもらう．その後，筆者が実験参加者に対して操作課題（例えば,「顔部分は固定して，髪部分のみを対話型 GA で進化させる」など）をいくつか出し，きちんと操作できていると判断されるまで繰り返す．
3. NIGAO で実際に似顔絵を作る感覚を身に付けてもらうため，実際に特定の人物の似顔絵を納得いくまで作成してもらう．ここでは，筆者自身が対象人物となり，対象人物を前にした状態で似顔絵を作成してもらった．

なお，操作学習は以下のような条件のもとで行った．

- 実験参加者間で周辺環境は特に統一せず，各人所有のノート PC（Windows XP 搭載）上で NIGAO を操作することにした．
- 手順 2 と手順 3 については，筆者が付き添っている状態で，一度に 1 名から 3 名の実験参加者を対象として行った．
- 実験参加者からの質問も受けつけ，NIGAO に関する疑問点はその場で解決してもらうようにした．

4.6.3　実験方法

実験参加者

学生 15 名（うち男性 13 名，女性 2 名）．

対象人物

えなりかずき，堀江貴文

似顔絵作成課題

課題として，以下の二つを用意した．

課題 1　顔部品選択・位置形状調節モードのみで似顔絵作成．最初の顔には，図 4.26 の顔集団を平均した顔（図 4.29）を用いた．なお，平均の方法として，特徴点座標については平均値を，属性については最も多く使用されている値を採用した．

課題 2　課題 1 で作成された似顔絵を初期顔集団に含め，対話型 GA による似顔絵進化モードで似顔絵作成．このことは，あらかじめ実験参加者に説明しておいた．

手続き

実験は，課題 1 の後に課題 2 を実行してもらい，これを 1 セットとして，対象人物 2 人分で 2 セットの似顔絵作成をしてもらった．その際，操作マニュアルを見ることは許可した．似顔絵作成には東芝製ノート PC TECRA（OS:WindowsXP, CPU:Pentium M 1.80GHz）を用い，1〜3 名の実験参加者をグループとして，落ち着いた会議室で行った（図 4.30）．また，課題の実施順序の効果が予想されたため，似顔絵を作成する対象人物の順序を 2 パターン用意し，以下のように実験参加者を割当てた．ここで，同じ実験グループの実験参加者は全員同じ順序として割当てた．

- 「えなりかずき → 堀江貴文」（6 名）
- 「堀江貴文 → えなりかずき」（9 名）

それぞれの課題に取り掛かる前には，そこで作成するモデルをイメージしてもらう時間を設けた．実験参加者全員のイメージが充分に膨らんだところで，確認のため，モデルの顔写真（写真サイズは 8cm × 9cm 程度で，顔の部分は 5cm × 7cm 程度）を 3 秒程度見せ，一斉に課題を開始してもらった．実験室に置いた時計で開始から 10 分経過したら合図をし，自分で操作する限りではこれ以上印象を反映させることができないと感じた実験参加者には終了を認めた． 開始から 15 分経過後，すべての実験参加者の操作を終了させ，次の手順に移った（つまり，本実験の似顔絵作成時間は全部で約 30 分となる）．この制限時間は，事前の予備実験をもとに設定した．

似顔絵作成実験から 1ヶ月後，実験参加者全員に対し，各自が作成した 2 枚の似顔絵（課題 1，課題 2 で作成したもの）のうち，どちらが印象をより反映しているかを選択してもらった．ここでは，似顔絵作成に使用したノート PC の画面に 2 枚の似顔絵を左右ランダムに並べて実験参加者に提示した．なお，ここでは，似顔絵評価の前に 1ヶ月の期間をおいたが，似顔絵作成直後に評価をした場合，各実験参加者がどちらの課題でどちらの似顔絵を作成したかを明確に記憶していることや順序効果なども評価に影響すると考えられたため，各実験参加者が冷静で客観的な作品評価ができるようになるための期間として 1ヶ月と設定した．また，作成された似顔絵の評価をその作者自身に任せた理由は，同じ対象人物でも見る人によって受け取る印象が異なるので，その作者が抱いた印象を反映できたかどうかを他人が評価することは困難であると考えられたためである．

図 4.29: 図 4.26 の顔集団を平均した顔

図 4.30: 実験の様子

図 4.31: 似顔絵作成インタフェースの違いによる印象反映度の比較
（どちらが印象をより反映しているかを実験参加者が回答）

4.6.4　実験結果および考察

実験参加者から得られた回答の分布を図 4.31 に示す（課題 1 で作成された似顔絵を「手作業」，課題 2 で作成された似顔絵を「手作業後 GA」と記した）.「手作業」および「手作業後 GA」と答えた人数は，対象人物がえなりかずきの場合には，それぞれ 5 人，10 人となった．また，対象人物が堀江貴文の場合には，それぞれ 4 人，9 人となり，2 人が同じくらいと答えた．つまり，顔部品選択・位置形状モードのみでできる限り印象を反映して作成された似顔絵に，対話型 GA による似顔絵進化機能を適用することによって，より印象を反映させることができたと言える．実験参加者からは「対話型 GA による似顔絵進化モードは，思いもよらない似顔絵が出てくるので，インスピレーションがわいた」という意見も聞かれ，これら二つのモードからなる NIGAO の似顔絵作成インタフェースの有効性を示せたと言える．なお，実験参加者が作成した似顔絵例を図 4.32，図 4.33 に示す．それぞれ，モデルはえなりかずき，堀江貴文であり，左が課題 1 で生成された似顔絵（「手作業」と表示），右が課題 2 で生成された似顔絵（「手作業後 GA」と表示）である．

ただ，えなりかずきと比較して，堀江貴文のほうが若干難しいという意見も耳にし，図 4.31 でもそれが反映された形となった.「顔が脂ぎっているのが特徴」という意見や「髪がツンツン立った表現ができなかった」といったコメントもあり，本似顔絵モデルで対応しきれない特徴が存在したこともその理由だと考えられる．

また，NIGAO がユーザの使用に耐えうるかどうかをみるために，NIGAO が備えている二つのモードについて，以下の項目を 7 段階評価（-3〜3）してもらった．これは，似顔絵作成実験の直後にアンケートとして実施した．

・用意されている操作のわかりやすさ
・かかった負担の小ささ（負担がかかるほど評価値が低くなる）

その結果を表 4.3 に示す．前者については，顔部品選択・位置形状調節モードと対話型 GA による似顔絵進化モードの評価の平均値がそれぞれ 1.13，1.38 となった．また，後者については，そ

(a) 実験参加者 A が作成した似顔絵

(b) 実験参加者 B が作成した似顔絵

図 4.32: 実験参加者が作成したえなりかずきの似顔絵例（左：手作業，右：手作業後 GA）

(a) 実験参加者 C が作成した似顔絵

(b) 実験参加者 D が作成した似顔絵

図 4.33: 実験参加者が作成した堀江貴文の似顔絵例（左：手作業，右：手作業後 GA）

表 4.3: NIGAO で用意されている二つのモードの評価

	手作業モード	対話型 GA モード
用意されている操作のわかりやすさ （-3：わかりにくい　3：わかりやすい）	平均値 1.13 標準偏差 1.41 レンジ -2〜3	平均値 1.38 標準偏差 1.41 レンジ -1〜3
かかった負担の小ささ （-3：負担大　3：負担小）	平均値 0.25 標準偏差 1.29 レンジ -2〜3	平均値 1.60 標準偏差 1.60 レンジ -2〜3

れぞれ 0.25，1.60 となった．いずれも 7 段階（-3〜3）における平均が正の値となっており，良好な評価を得ていると言える．アンケートの自由記述欄を見ると，顔部品選択・位置形状調節モードについては，

- 部品を探すのがつかれる
- 地道…
- 点を操作するのが難しい

などのように，自分自身で操作して似顔絵を作り上げるということに負担がかかっているようである．逆に，対話型 GA による似顔絵進化モードでは，

- 欲しい顔がなかなか出てこないとフラストレーションが溜まる

という意見がある一方，コンピュータが描いてくれた似顔絵を評価するだけであり，様々な顔が出てくるのを楽しみながら操作していた人も多かったようだ．

顔部品選択・位置形状調節モードの後に対話型 GA による似顔絵進化モードを用意した際の NIGAO の有効性が示された．

なお，あらかじめ実験参加者を対象に行った NIGAO の操作学習では，実際に目の前にいるモデルの似顔絵を作成してもらった．そこでは実験参加者のほとんどが「顔部品選択・位置形状調節モード」を頻繁に使用しており,「思った通りに直接特徴点を動かせるので『対話型 GA による似顔絵進化モード』よりも似させやすい」という意見が得られた．これは，どのように似顔絵モデルを変形すればよいかがある程度明確な状況下では,「顔部品選択・位置形状調節機能」が有効であるということを示唆しており，二つのモードを切り替えて使用できる NIGAO の有効性を示す意見と考えられる．

4.7　似顔絵における印象の個人差に関する検討

NIGAO は「印象をとらえる部分」をユーザに任せており，ユーザならではの視点で似顔絵を作ることができる．筆者らは，印象可視化ツールとして，NIGAO の心理学への応用を考えている．ここでは，その一つの実験として,「同じ対象人物でも，見る人によって捉える印象が異なってくる」ということを検証した．具体的には,「印象が反映されているか否かという観点で似顔絵を評価するとき，作者自身の自己評価が他者による評価を上まわるか否か」について検討した．この実験は，前章の実験に引き続き行った．

表 4.4: 作者自身と他人からの似顔絵印象評価の相違（-3：印象を反映していない　3：印象を反映している）

対象人物：えなりかずき

作者自身からの評価	作者以外の人からの評価の平均
平均値 1.37　標準偏差 1.52	平均値 -0.49　標準偏差 1.19

対象人物：堀江貴文

作者自身からの評価	作者以外の人からの評価の平均
平均値 -0.33　標準偏差 1.54	平均値 -0.94　標準偏差 1.07

4.7.1　実験方法

前章の実験で似顔絵を作成してもらってから 1ヶ月後，実験参加者全員に対し,「印象を反映しているかどうか」という観点から，実験で作成された全ての似顔絵を 7 段階（-3〜3）で評価してもらった．それぞれの対象人物について実験参加者は 2 作品（課題 1，課題 2）作成しており，各対象人物の似顔絵の合計は，えなりかずき，堀江貴文ともに 30 枚である．

4.7.2　実験結果および考察

表 4.4 に結果を示す．えなりかずきの似顔絵については，作者自身からの評価と作者以外の人からの評価の平均値はそれぞれ 1.37，-0.49，堀江貴文についてはそれぞれ-0.33，-0.94 となった．平均値の比較では作者自身のほうが高い評価を与えていることがわかる．さらに，t 検定によって，作者自身がつけた点数の平均値と作者以外の人がつけた点数の平均値に差があるかどうかを調べた．その結果，えなりかずき（$t(29)=7.82,\ p \prec .001$），堀江貴文（$t(29)=2.32,\ p \prec .05$）ともに有意な差があった．この結果より，作者自身のほうが作者以外の人よりも自分の作品に高い評価を与えることがわかった．これは，同じ対象人物でも人によって捉えている印象に差があることを示唆している．

4.8　本章のまとめ

誰にでも「対象人物の印象をうまく表現した似顔絵」が描けるようなシステムを目指し，顔部品選択・位置形状調節機能と対話型 GA による似顔絵進化機能によって似顔絵を作成するシステム “NIGAO” を実装した．特に，従来研究で使用されていたものよりも自由度の高い似顔絵パラメータを設計することにより，従来研究の似顔絵合成と比べてより多くの表現パターンが実現でき，似顔絵の表現力を向上させることができた．

また，NIGAO の印象反映インタフェースの評価実験として，実験参加者 15 人に対し，NIGAO を用いて頭の中のイメージをもとに似顔絵を作成してもらった．その結果，顔部品選択・位置形状調節機能のみを用いてユーザの直接操作によって作成した似顔絵よりも，その後さらに対話型 GA による似顔絵進化機能を用いることでよりイメージに近づくことがわかり，NIGAO の似顔絵作成インタフェースの有効性が示された．また，アンケートにより，NIGAO がユーザ操作に耐えうるシステムであることも示された．さらに，NIGAO の心理学への応用として，そこで作成された似顔絵を作者以外の人にも評価してもらうことにより，作者自身の評価のほうが作者以外

の人の評価の平均値よりも高いことがわかった．

今後は，似顔絵を作成するうえでの人間の特性調査なども行う予定である．例えば，自己イメージと他人から見た自分のイメージの差の検討などが挙げられる．心理実験に NIGAO を用いることも考えられるが，その際には，実験参加者間での似顔絵作成技術の差をどのように抑えるかが課題となってくると考えられる．

参考文献

[1] S.E.Brennan :“ Caricature generator: the dynamic exaggeration of faces by computer ”, Leonardo, vol.18, no.3, pp.170–178（1985）.

[2] 村上 和人，中山 晶，輿水 大和，福村 晃夫 :“ 部品選択的誇張法による似顔絵生成法について ”，電子情報通信学会技術研究報告，PRU89-3，pp.15–22（1989）.

[3] 花岡 悟一郎，金子 正秀，原島 博 :“ 描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-II，No.8，pp.2110–2118（1997.8）.

[4] 徐 光哲，金子 正秀，榑松 明 :“ 固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D，No.7，pp.1279–1288（2001.7）.

[5] Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum, Song-Chun Zhu, Nan-Ning Zheng: “ Example-based Facial Sketch Generation with Non-parametric Sampling ”, IEEE International Conference on Computer Vision, II, pp. 433 – 438（2001.7）.

[6] Lin Liang, Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum :“ Example-based Caricature Generation with Exaggeration ”, Pacific Conference on Computer Graphics and Applications 2002, pp.386–393（2003）.

[7] “ 似顔絵イラストメーカー ”，`http://illustmaker.abi-station.com/`（2009.1.30 現在）.

[8] “ Yahoo!アバター ”，`http://avatar.yahoo.co.jp/`（2009.1.30 現在）.

[9] Ellie Baker, Margo Seltzer:“ Evolving Line Drawings ”, Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms（1993.10）.

[10] Fang Cheng Hsu, Jiah-Shing Chen:“ A Study on Multi Criteria Decision Making Model: Interactive Genetic Algorithms Approach ”, Proceedings of IEEE International Conference on Syst.,Man&Cybern., Vol.3，pp.634–639（1999.10）.

[11] F.Sugimoto, M.yoneyama:“ ROBUSTNESS AGAINST INSTABILITY OF SENSORY JUDGMENT IN A HUMAN INTERFACE TO DRAW A FACIAL IMAGE USING A PSYCHOMETRICAL SPACE MODEL ”, IEEE International Conference on Multimedia and Expo., Vol.2，pp.635–638（2000.7）.

[12] 佐藤 嘉洋，栢菅 彩，有田 隆也 :“ 適応度予測に基づく対話型進化計算とその似顔絵生成への応用 ”，第 32 回知能システムシンポジウム論文集，pp.199–204（2005）.

[13] Hideyuki Takagi:“ Interactive Evolutionary Computation: Fusion of the Capabilities of EC Optimization and Human Evaluation ”, Proceedings of IEEE, vol.89, No.9, pp.1275–1296（2001.9）.

[14] 青木 研，高木 英行：“ 対話型 GA による 3 次元 CG ライティングデザイン支援 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J81-D-II， No.7，pp.1601–1608（1998.7）.

[15] 西野 浩明，高木 英行，宇都宮 孝一：“ 対話型進化計算を用いた創作支援型 3 次元モデラ ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J85-D-II， No.9，pp.1473–1483（2002.9）.

[16] 小河原 智子：“ ワンポイントで楽しむ！似顔絵 18 のテクニック ”，日貿出版社,（2002）.

[17] 永岡書店編集部：“ 似合う髪型がぜったいみつかる！ヘアオーダー BOOK ”，永岡書店（2003）.

[18] 内藤 朗：“「ヘアカッター」や「はさみ」でここまでできるヘアスタイル Cut Menu ”，ブティック社（2003）.

第5章

似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現に関する分析

5.1　はじめに

似顔絵は，作成対象となる人物の特徴を端的に表現したものである．また，同じ対象人物でも，作者によって表現が様々である [1]．つまり,「似顔絵の個性」は,「対象人物の個性」と「作者の個性」が融合されたものであると考えられる．似顔絵に関する従来研究としては，コンピュータによる似顔絵作成システムの研究 [2][3] が挙げられる．これらの研究では,「対象人物の特徴をどのように表現するか」に重点が置かれており,「作者の個性」は考慮されていない．しかしながら，作者ひとりひとり，捉える特徴も違えば表現の仕方も違う．むしろ,「作者の個性」こそが似顔絵の本質的な面白さであるとも考えられる．本章では,「作者の個性」として，似顔絵作成における誇張表現の個人差に焦点を当てる．特に，似顔絵作成の経験者と初心者という観点からその誇張表現の違いを分析する．

似顔絵作成の経験者は,「線の綺麗さ」のような描画技術のみならず,「対象人物の特徴をどのように表現するか」を頭の中に描き出す能力にも長けていると考えられる．例えば，初心者と比べ，対象人物の特徴をより効果的に誇張する傾向にあるのではないだろうか．本章では,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説のもと，似顔絵作成の経験者と初心者それぞれ 13 名を実験参加者として似顔絵作成実験をおこない，そこで得られた似顔絵を経験者と初心者とで比較することにより仮説を検証する．似顔絵作成実験では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画（以下，初期顔）をスタートとし，似顔絵描画ツールを用いて「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵」を作成してもらう．物理的には初期顔が最も正確な線画であるため，ここでは，初期顔からの変化を「誇張」とみなした．

以下，5.2 では関連研究について述べ，本研究の新しさを明らかにする．5.3，5.4 でそれぞれ，似顔絵作成実験方法，および，誇張を定量的に記述する「特徴量」の定義をする．5.5 で実験結果と考察について延べ，5.6 で本章をまとめる．

5.2　関連研究

似顔絵作成の経験者が携わっている従来研究としては，以下のものが挙げられる．

- 形状および印象に関して複数の経験者が描いた手描き似顔絵を比較する研究 [4]
- アイカメラを用いることで似顔絵作成時に経験者が対象人物のどこを見ているかを調べる研究 [5]
- 顔写真とそれをもとに経験者が描いた似顔絵のセットを学習データとした似顔絵作成システムの研究 [6]-[8]
- 経験者自身が自分の似顔絵作成過程を振り返ることで得られた知見を取り入れた似顔絵作成システムの研究 [9]

しかし，これらはせいぜい 2 人の経験者によるものであり，その経験者の似顔絵作成スタイルに大きく依存している．本研究では 13 人の経験者を実験参加者とするため，経験者についてのより一般的な議論が可能になる．さらに，各経験者を相対化した議論も可能となる．

また，本実験では，複数の作者による似顔絵を統一的・定量的に扱えるようにするために，実験参加者間で共通の似顔絵描画ツールを用いて似顔絵を作成してもらう．実験参加者が似顔絵描画ツールを使用して似顔絵を作成する実験としては，自分自身の顔の視覚表象の特徴を調べる研究 [10] や，既知顔と未知顔とで記憶表象に違いがあるかどうかを調べる研究 [11] などが挙げられ

る．これらは，あらかじめ画像として用意されたデータベースからの選択によって似顔絵が合成されるため，表現の自由度に限界がある．一方，本実験では特徴点で構成された線画を用いており，表現の自由度が高い．そのため，似顔絵描画ツールを使うことによる表現の制約が少ない．また，似顔絵形状などについての定量的分析も容易である．

5.3　似顔絵作成実験

3 章では，一般的な似顔絵作成手順について考えた．その結果，以下のような 3 つの部分に分けられた（図 3.7）．以下，これを参考にして実験方法を設計した．

- 対象人物から印象を捉える部分
- 取得した印象をもとに似顔絵の完成イメージ（以下，脳内印象表現）を作り上げる部分
- それを似顔絵として具現化する部分（描画）

ここで，例えば似顔絵作成技術や表現スタイルなど，図 3.7 の各部分において作者の個性が含まれると考えられる．本研究で注目する「誇張表現」は，図 3.7 の「取得した印象をもとに似顔絵の完成イメージを作り上げる部分」に相当する．本実験では，それ以外の部分（対象人物から印象をとらえる部分，脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分）について，作者間で生じる相違を抑える工夫をした．それについて，以下に記述する．

同じ対象人物を見る場合でも，見る人によっては「対象人物との親密度」のような社会的要因によって捉える印象が異なってくると考えられる．そこで，対象人物には，実験参加者にとって初見の人物を選定した．これにより，実験参加者間での「対象人物から印象をとらえる部分」，特に，図 3.7 における主観的バイアス部分を統制した．対象人物との関係性という社会的な部分は実験参加者で共有できないため統制する必要があるが，どのように認知するかという認知的な部分であれば実験参加者間で共通なため，制限する必要は無い．むしろ，自由度を出すためには，そこで個人差が出るようにするのが望ましい．ここでは，所見の対象人物からでも多くの印象を取得できるような工夫として，顔写真ではなく，顔動画を用いた．

また，複数の実験参加者が作成した似顔絵を比較する場合，似顔絵を手で描いてもらうことにすると，描画技術や絵のタッチなどの描画部分に関する作者間の相違が大きく影響してしまう．そのため，描画部分の差異を抑えて似顔絵を統一的に扱えるような枠組みが必要となる．従来研究では，複数の特徴点から構成される線画似顔絵モデルを用いるものがあるが，似顔絵を統一的に扱う方法としては，以下のようなものが考えられる．

- 手描き似顔絵に線画似顔絵モデルを整合することで線画似顔絵を作成 [4][8][4]
- 線画似顔絵モデルを直接操作して線画似顔絵を作成

前者の手法では手描き似顔絵と整合後の線画似顔絵とでテクスチャが異なるため，似顔絵の見た目や印象にもギャップが生じると考えられる．そこで，本実験では後者の手法を採用した．具体的には，図 4.3 の特徴点からなる線画似顔絵モデルを自由に変形することができる似顔絵描画ツールを用いて似顔絵を作成する．これにより，実験参加者間での「脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分」を統制した．

以上の検討をふまえ，本論文では以下の条件で実験をおこなった．

実験参加者

似顔絵を生業としている経験者 13 名と初心者 13 名の計 26 名．経験者は毎週継続的に似顔絵を描いており，これまでに描いた似顔絵の枚数は，経験者は 3 千枚〜10 万枚，初心者は 5 枚以下という状況であった．

対象人物

実験参加者とは面識のない男性 4 名．年齢の内訳は，20 代 2 名，50 代 1 名，60 代 1 名である．また，以下の条件も考慮した．

- メガネや髭は無く，髪型が複雑でない（実験で使用した図 4.3 の線画似顔絵モデルではこれらを表現できないため）
- 肌や髪の色に関して，互いに大きな差が無い（今回の実験では，線画似顔絵の色は対象人物間で統一するため）

本実験では，対象人物の顔動画（30 秒）を参照しながらの似顔絵作成とした．顔動画は，文献 [11] に倣って以下のように作成した．まず，対象人物と実験者（筆者）との間に三脚でデジタルビデオカメラ（SONY Handycam DCR-PC350）を固定し（対象人物と実験者との間は 2m，対象人物とカメラの距離は 1.5m），実験者と対話中の対象人物の頭部（肩より上）を正面から 10 分間撮影した．その後，以下の条件を満たすように 30 秒に編集した．

- 発話している場面と，話を聞いている場面とが混在
- 基本的に正面へ視線が向いている
- 笑顔を含む表情がある

なお，対象人物以外のものは動画には含まれていない．

似顔絵描画ツール

本実験では，似顔絵を記述する似顔絵モデルとして，図 4.3 の似顔絵モデルを用いた．特徴点を spline 曲線で結んで似顔絵を表現しており，第 4 章において，表現力や自由度の高さという面での有効性が示されている．

本実験では，あらかじめ用意された初期顔に対して線の表示・非表示の切り替えや線の結び方を変更することはせず，特徴点移動のみでの似顔絵作成とした．また，コンピュータに不慣れな人でも扱えるように，以下のようなパーツ単位での簡潔で直感的な操作を用意した．

- 顔部品（目や鼻・口など）の移動
- 顔部品の変形（拡大縮小，回転，個々の特徴点の移動による変形）

なお，ここでは，口とその付近のシワおよび髪の一部を除いて左右対称に制限した．左右対称な仕様にすることで，操作すべき部分が似顔絵の左右どちらか半分で済むことになり，実験参加者にかかる負担の低減につながると考えられる．左右対称制限によって表現の自由度が制限されてしまう可能性もあるが，表情によって非対称性が顕著に表れる部分である口元については制限をはずしており，最低限必要となる自由度は確保されていると考えられる．

似顔絵作成課題

対象人物の顔写真を似顔絵モデルでトレースした線画を初期顔とし，その対象人物の顔動画（連続再生される）を見ながら，似顔絵描画ツールで修正・編集する作業を実験参加者に取り組んでもらった．

似顔絵作成過程の「取得した印象から脳内印象表現を生成する部分」における経験者と初心者との違いを調べる場合，この部分で実験参加者を誘導しないような指示をする必要がある．

- 「似せてください」という指示をした場合．
  実物に忠実な似顔絵のほうが似ていると感じる実験参加者もいるし，特徴を強調した似顔絵のほうが似ていると感じる実験参加者もいると考えられる．つまり，実験参加者によって，似顔絵を作る際のスタンスが大きく異なると考えられ,「どのような印象を表現するか」という部分で統制が取れないと考えられた．
- 「面白く」「そっくりに」「笑えるように」「特徴を誇張して」などの指示をした場合．
  実験参加者が大きく誇張する方向に誘導されてしまうと考えられた．つまり，経験者と初心者という集団間の差が生じにくくなると考えられた．

よって，ここでは，最初に「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵を作成してください」という指示を与えた．

なお，初期顔は，実験者が以下の条件であらかじめ作成しておいた．実験者は図 4.3 の似顔絵モデルについて熟知しており，顔写真のトレース経験も豊富である．

- 無表情で口を閉じた対象人物を正面から撮影した写真（顔動画とは別に撮影した）をトレース
- 初期顔に表示するシワや髪などは，実験者が顔写真から判断し，対象人物ごとに設定

実験で使用した初期顔を図 5.1 に示す．図 5.1 上段から対象人物 A，B，C，D とし，各対象人物の無表情顔写真を図 5.1 左列に，それをトレースして作成した初期顔を図 5.1 中列に示した．また，実験画面を図 5.2 に示す．画面右上に対象人物の顔動画を，似顔絵編集画面を画面左に配置した．

手続き

まず，実験参加者に対し，実験前に 1 時間程度，似顔絵描画ツールについての操作学習を行った．操作マニュアルに従い，図 4.3 の特徴点の仕様を理解し，似顔絵描画ツールの全ての操作を習得してもらった．その後，練習として，図 5.1 の 4 人以外の人物を対象として顔動画を参照しながら実際に似顔絵を作る作業を体験してもらった．

実験では，4 人の対象人物についてそれぞれ上記の課題を実行した．その際，操作マニュアルを見ることは許可した．作成時間は無制限であり，各自が自分の作成した似顔絵に満足した段階で終了とした．また，1 人作成するたびに適宜休憩を挟んだ．なお，課題の実施順序の効果が予想されたため，作成してもらう対象人物の順序はカウンターバランスをとった．似顔絵作成には lenovo 製ノート PC ThinkPad R60（OS:WindowsXP, CPU:Core2 T5500 1.66GHz）を用い，1〜3 名の実験参加者をグループとして，落ち着いた室内で行った．なお，初期顔が顔写真のトレースであることは実験参加者には教えなかった．

図 5.1: 4 人の対象人物および線画似顔絵（左：無表情顔写真，中：左の顔写真をトレースした初期顔，右：経験者が作成した似顔絵例）

図 5.2: 実験画面

5.4　特徴量の定義

似顔絵の特徴を定量的に記述する値として，特徴量を定義した．似顔絵には，目や鼻などの顔部品の位置関係および形状が重要だと言われており [12]，それをふまえて以下のような特徴量を 88 個定義した．

- 位置関係を表現するもの（顔部品の座標値，顔部品同士の間隔）
- 形状を表現するもの（顔部品の角度，縦幅，横幅）

ここでは簡単のため，シワを除く顔部品（対象人物間で共通に表示されている部分）の特徴点のみから算出できるものを選出した．例えば,「目中心」は，目を構成する全ての特徴点の重心位置とし,「目下点」は目を構成する最下点の位置とした．位置に関しては，絶対座標だけでなく，顔の中央（頭上点とあご下点の中点）からの相対座標も用意した．また,「目の角度」は「目の上縁線の両端点を結んだ直線の傾き」とし,「目の最大縦幅」は「目の角度を 0 度に補正した状態で，目の縁を構成する最上点と最下点の高さの差」とした．詳細は表 5.1 を参照されたい．なお，ここでは，顔部品の特徴を幅広く網羅することを目的として特徴量を選出しており，1 つの顔部品の中には互いに強い依存関係をもつような特徴量も存在している．

5.5　実験結果および考察

5.5.1　似顔絵作成結果

各対象人物について，経験者が作成した似顔絵例を図 5.1 右列に示す．また，経験者および初心者が作成した対象人物 D の似顔絵例をそれぞれ図 5.3(a)，図 5.3(b) に示す（他の似顔絵例は本論文の付録 A にまとめた）．物理的には初期顔が最も正しい似顔絵ということになるはずだが，作成された似顔絵には作者によって異なる誇張表現がなされた．なお，平均似顔絵作成時間は，似顔絵 1 枚につき経験者 24 分 41 秒（11 分 26 秒〜45 分 38 秒），初心者 14 分 36 秒（4 分 54 秒〜25 分 11 秒）であった．

表 5.1: 設計した特徴量（経験者が初心者よりも有意に大きく誇張した特徴量には○，◎を表示）

位置関係を表現する特徴量			対象人物 A	B	C	D
＜位置＞	【全体】	顔中央位置（x 座標）				
〃	〃	〃（y 座標）				○
〃	【目】	目中心（重心 ）の絶対座標（x 座標）	○		◎	○
〃	〃	〃（y 座標）		○	○	○
〃	〃	目中心の顔中央からの相対座標（x 座標）	○		◎	○
〃	〃	〃（y 座標）	◎		◎	○
〃	【眉】	眉中心の絶対座標（x 座標）	◎			
〃	〃	〃（y 座標）	◎	○	○	◎
〃	〃	眉中心の顔中央からの相対座標（x 座標）	◎			
〃	〃	〃（y 座標）		○		○
〃	【鼻先】	鼻先中心の絶対座標（x 座標）				
〃	〃	〃（y 座標）	○			
〃	〃	鼻先中心の顔中央からの相対座標（x 座標）				
〃	〃	〃（y 座標）	○			○
〃	【口】	口中心の絶対座標（x 座標）		○	◎	
〃	〃	〃（y 座標）		◎		○
〃	〃	口中心の顔中央からの相対座標（x 座標）		○	◎	
〃	〃	〃（y 座標）		◎	○	◎
〃	【耳】	耳中心の絶対座標（x 座標）				○
〃	〃	〃（y 座標）		○		○
〃	〃	耳中心の顔中央からの相対座標（x 座標）				○
〃	〃	〃（y 座標）	○			
〃	【鼻筋】	鼻筋中心の絶対座標（x 座標）		○		
〃	〃	〃（y 座標）	◎	○	○	◎
〃	〃	鼻筋中心の顔中央からの相対座標（x 座標）		○		
〃	〃	〃（y 座標）	◎		○	○
〃	【瞳】	瞳の目中心からの相対座標（x 座標）				◎
〃	〃	〃（y 座標）		○	◎	◎
＜間隔＞	【目】	［横方向］目頭の間			○	○
〃	【眉】	［　〃　］眉頭の間	○	◎	○	◎
〃	—	［縦方向］生え際点－眉中心				
〃	—	［　〃　］眉中心－目中心	◎	○		◎
〃	—	［　〃　］目中心－鼻中心			◎	
〃	—	［　〃　］鼻中心－口中心			◎	◎
〃	—	［　〃　］口中心－あご下点		○	○	○
〃	—	［　〃　］生え際点－眉上線（線 の重心）				○
〃	—	［　〃　］眉下線－目上線	○	○		○
〃	—	［　〃　］目下線－小鼻の上点			◎	○
〃	—	［　〃　］鼻先下点－口上点	○		○	○
〃	—	［　〃　］口下点－あご下点	◎	○	◎	◎

（注）◎: 有意水準 1% で有意差あり、○: 5% で有意差あり

形状を表現する特徴量			対象人物 A	B	C	D
＜角度＞	【目】	目の角度		◎		◎
〃	【眉】	眉の角度	◎	◎		
〃	【口】	口の角度	◎		◎	
＜縦・横幅＞	【輪郭】	［縦幅］生え際点－あご下点				
〃	〃	［　〃　］生え際点－頬骨上点				◎
〃	〃	［　〃　］頬骨上点－頬骨下点		◎		◎
〃	〃	［　〃　］頬骨下点－あご上点				
〃	〃	［　〃　］あご上点－あご下点		○		
〃	〃	［横幅］生え際幅				○
〃	〃	［　〃　］頬骨上幅				○
〃	〃	［　〃　］頬骨中幅				○
〃	〃	［　〃　］頬骨下幅	◎	○		
〃	〃	［　〃　］あご上幅		○		
〃	【髪】	［縦幅］髪中央分け目－生え際		○	○	◎
〃	〃	［横幅］もみあげ上部				○
〃	【目】	目の縦幅（目上線と目下線の重心の距離）		○	○	◎
〃	〃	〃 横幅				◎
〃	〃	目の最大縦幅（目上点と目下点の距離）			○	◎
〃	〃	〃 最大横幅				◎
〃	〃	白目部分の縦幅			◎	◎
〃	〃	〃　横幅				◎
〃	【眉】	眉の縦幅	◎	○	◎	◎
〃	〃	〃 横幅	○		○	◎
〃	〃	眉の最大縦幅	◎	○	◎	◎
〃	〃	〃 最大横幅	○		◎	◎
〃	【鼻筋】	鼻筋の縦幅	◎	◎		◎
〃	〃	〃　横幅	○		○	
〃	【鼻先】	鼻先の縦幅				○
〃	〃	〃　横幅	○	○	◎	
〃	〃	鼻先の最大縦幅			○	○
〃	〃	〃　最大横幅			○	
〃	【口】	口の最大縦幅	◎	◎	○	◎
〃	〃	〃 最大横幅	○	○	○	○
〃	〃	上唇の縦幅	○	◎	◎	◎
〃	〃	〃　横幅	○	○	◎	
〃	〃	上唇の最大縦幅	○		◎	○
〃	〃	〃　最大横幅	○	○	◎	
〃	〃	下唇の縦幅	○	○	◎	○
〃	〃	〃　横幅	○	○	◎	
〃	〃	下唇の最大縦幅	◎	◎	◎	◎
〃	〃	〃　最大横幅	○		◎	○
〃	〃	口中の縦幅	○	◎	◎	○
〃	〃	〃　横幅	○	○	◎	
〃	〃	口中の最大縦幅	◎	○	◎	◎
〃	〃	〃　最大横幅	○	○	◎	
〃	【耳】	耳の縦幅				
〃	〃	〃 横幅	○	◎		◎
〃	【瞳】	瞳の半径	◎	○	◎	◎

(a) 経験者が作成した似顔絵例

(b) 初心者が作成した似顔絵例

図 5.3: 経験者および初心者が作成した対象人物 D の似顔絵例

表 5.2: 似顔絵描画ツールの評価

	経験者による評価	初心者による評価
操作の理解のしやすさ （-3：理解しにくい　3：理解しやすい）	平均値 1.92 標準偏差 0.64	平均値 1.85 標準偏差 1.07
使いやすさ （-3：使いにくい　3：使いやすい）	平均値 0.69 標準偏差 1.32	平均値 1.23 標準偏差 1.36
備えている表現力 （-3：低い　3：高い）	平均値 0.85 標準偏差 1.68	平均値 1.54 標準偏差 0.97

また，実験参加者は似顔絵描画ツールを使いこなせており，実験後に行った描画ツールに関するアンケートで「用意されている操作の理解のしやすさ」「使いやすさ」「備えている表現力」について 7 段階（-3〜3）で評価してもらったところ，表 5.2 のようになった．経験者においても平均が正の値となっており，似顔絵作成に描画ツールを用いたことによる表現の制約は大きくなかったと考えられる．つまり，絵のタッチなどの描画部分の個人差を抑えつつ各人の表現力を出せたと言える．

さらに，初期顔と実験で作成した顔のそれぞれについて，対象人物の特徴反映度を各自で 7 段階評価してもらった．これは，各対象人物について似顔絵作成直後にアンケートで行った．経験者と初心者でそれぞれ 52 枚（実験参加者 13 ×対象人物 4 人）の似顔絵のうち，実験で作成した顔の方を高く評価したのは，経験者 46 枚，初心者 45 枚となった．9 割近くの場合で，初期顔よりも対象人物の特徴を表現できたという結果になっている．つまり，実験で作成してもらった似顔絵の誇張表現は，各実験参加者にとって満足できるものであると考えられ，誇張表現の考察をするうえでの本似顔絵の信頼性が示された．

5.5.2　経験者と初心者における誇張表現の比較

経験者と初心者における誇張表現の定性的比較

実験で作成してもらった似顔絵（図 5.3）を視覚的に比較した結果，経験者と初心者とで以下のような違いが挙げられた．

- 経験者は，初心者よりも誇張が大きく，作者間での表現のばらつきも大きい．特に，輪郭，眉，目，口に関して顕著である．
- 経験者は，シワの表現力が豊かである．
- 初心者が作成した似顔絵は全体的に無表情であるのに対し，経験者が作成した似顔絵には表情が反映されている．

図 5.3 にも示されているとおり,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説が示唆された．なお，経験者と初心者とで誇張の大きさに差がみられた顔部品は，人間が表情を作る際に大きく動く部分である．これにより，経験者が顔動画における対象人物の表情に着目していたのではないかと考えられる．

(a)　(b)

図 5.4: 対象人物 D の似顔絵の特徴量比較（原点は初期顔の特徴量）

経験者と初心者における誇張表現の定量的比較

誇張を定量的に表現するため，特徴量による分析をおこなった．実験で作成された似顔絵に対し，上で定義した特徴量の値を算出した．例として，対象人物 D の似顔絵に対し,「眉の最大縦幅」と「目の最大縦幅」,「眉頭の間の距離」と「口下点 - あご下点の縦距離」についてプロットしたものをそれぞれ図 5.4(a)，図 5.4(b) に示す．ここで，初期顔の値を軸の交点とした．つまり，初期顔からの変化を「誇張」とみなしたとき，原点からのずれが大きいほど誇張が大きいと言える．なお，初期顔の顔長は 624pixel とした．

図 5.4 のように，2 つの特徴量を軸とした空間上にプロットすることにより，各実験参加者の誇張の分布を視覚的に認識することができた．定性的分析では「経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」ことが示唆されたが，図 5.4 もそれを反映した結果となっている．また，図 5.4(a) のように顔部品形状だけでなく，図 5.4(b) のように顔部品の位置関係についても誇張されていることもわかった．

さらに，t 検定によって，全ての対象人物の全ての特徴量について「経験者の誇張の大きさ（初期顔からの変化量）の平均値が初心者のそれよりも大きいかどうか」を調べた．その結果を表 1 に示す．経験者のほうが初心者よりも有意水準 5%で有意に大きく誇張したと判断された特徴量は○で，さらに有意水準 1%でも有意差が見られた特徴量は◎で示した．どの対象人物についても様々な顔部品の特徴量で有意差が見られており,「経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」ことが示唆されたと言える．また，縦方向の特徴量で有意差が顕著になるということもわかった．これは，人が表情を表出する際に縦方向の動きが横方向の動きよりも大きくなることに関係していると考えられる．実験では無表情顔写真を初期顔としてトレースしており，それに表情を加えようとすると縦方向への操作を行うことになる．初心者に比べて経験者が横方向よりも縦方向で有意差のある変形を施しているという表 5.1 の結果は，経験者が表情に注目して似顔絵を描く傾向にあるためだと考えることができる．なお，今回の実験で作成された似顔絵では，特

徴量の値が初心者とそれほど変わらない経験者もいた．これは，普段手で描く際に線のタッチや色のつけ方などで主に表現しているためだと考えられる．

定性的分析により，経験者と初心者とで誇張の大きさに差が出るのは，表情に関わる顔部品であると述べた．一方，表 5.1 では，他の部品ほど目の形状には有意差が見られなかった．この理由として，以下の 2 つが考えられた．

- 目の形状を誇張する初心者が他の顔部品よりも多かったこと
- 対象人物の表情によって，経験者の「目を大きく誇張するかどうか」の判断が左右されたこと

まず，前者について議論する．顔部品の中でも，特に目はその特徴が目立ちやすく，顔の知覚や記憶において重要であると言われている [13][14]．つまり，似顔絵作成の初心者も，対象人物の特徴を捉える際に目に注目する人が多く，他の顔部品よりも重点的に目を誇張したのだと考えられる．その結果，他の顔部品ほど経験者と初心者の誇張の大きさに差ができなかったのだと考えられる．

次に，後者に関して議論する．まず，図 5.5 に，各対象人物について「目の最大縦幅」と「目の最大横幅」をプロットしたものを示す．初心者のばらつきは対象人物間でそれほど変わらないのに対し，経験者は対象人物によって分布が異なっている．これは，動画の中での対象人物の表情による影響が考えられる．図 5.6 に各対象人物の動画中における表情の例を示す．目を細めて笑っている対象人物 A，B と目を見開いている C，D に関して，図 5.5 より，目の最大縦幅において差が生じているのがわかる．すなわち，対象人物 A，B では経験者と初心者の間で有意差は無く，C，D では有意差が生じている．

経験者と初心者における似顔絵作成の違いに関する考察

経験者と初心者の誇張表現に上述のような違いが生じる要因を考えた結果，似顔絵作成における違いとして以下のものが挙げられた．

- 対象人物から特徴を捉える段階での違い
- 表現方法に関して作者が頭の中に備えているデータベース（以下，表現データベース）の違い
- 表現のための目的意識の違い

それぞれについて以下で説明する．

まず,「対象人物から特徴を捉える段階での違い」について述べる．経験者の似顔絵（図 5.1 右列，図 5.3(a)）では，表情が表現されるような変形がなされており，無表情顔写真のみを参照した場合では作成できない似顔絵になっている．それに対して，初心者が作成した似顔絵（図 5.3(b)）には表情が乏しい．つまり，両者で「対象人物のどこに特徴を捉えているか」が異なっているのではないかと考えられる．本実験では，似顔絵作成の際に対象人物の顔動画を参照してもらったが，経験者が作成した似顔絵に表情が含まれていることから，経験者は，対象人物の顔の形状だけではなく，顔動画の中のある一瞬の表情や動きからも特徴・印象を捉えていると考えられる．図 5.1 右列の似顔絵は図 5.6 のそれぞれの表情をよく表現しており，経験者が顔動画の中のある一瞬の表情から特徴を捉えていることが示唆された．一方，初心者が作成した似顔絵は無表情に近い．初心者は，時間によって変化する動きや表情よりも，時間によらず共通している形状などから対象人物の特徴を捉える傾向にあると考えられる．以上の考察より，同じ顔動画を参照していても，経験者と初心者とで捉える特徴には差が生じていると考えられる．

図 5.5: 各対象人物での「目の最大縦幅」と「目の最大横幅」の比較

図 5.6: 顔動画中における表情の例（左から，対象人物 A，B，C，D）

次に,「作者が備えている表現データベースの違い」について述べる．図 5.3 より，初心者は初期顔を微調整するような変形なのに対し，経験者は初期顔をもとに新しく描き変えるような変形をしていることがわかる．経験者は，似顔絵描画の豊富な経験を持ち，表情のつけ方（表情を表現するときに顔部品がどのように連携して動くか）などの知識が頭の中でデータベースとして構築されているものと考えられる．そのため，経験者は自分の表現しやすい方向・スタイルへともっていくことができるが，初心者はそのような独自のスタイルを持った操作ができないと考えられる．例えば，初心者からは「シワの表現が難しかった」という意見も出ている．

最後に,「表現のための目的意識の違い」について述べる．経験者は表現データベースが豊富なため,「自身が捉えた特徴をどのように表現するか，どのように自身の表現データベースの中にある表現方法とマッピングさせるか」を考えることができる．一方，初心者は表現データベースが乏しいため,「与えられた初期顔をどのように変形させるか」を意識していると考えられる．初心者が初期顔を微調整するような変形なのに対し，経験者は初期顔を新しく描き変えるような変形をしているのも，それを示唆していると言える．中には大きく誇張する初心者もいたが，特徴点を直接操作して自由に作成するというよりは，主に「顔部品の拡大縮小」「顔部品の移動」「顔部品の回転」の機能を用いて作成していた．

5.5.3　経験者同士における誇張表現の比較

これまでの考察により，経験者が作成した似顔絵には，作者がもっている表現データベースが影響していると考えられた．表現データベースは，作者がこれまで影響を受けてきた絵や表現スタイルなどによってその作者なりの共通性が含まれていると考えられる [1]．以下では，経験者同士で似顔絵を比較することで，経験者の表現スタイルについて考察する．ここでは，簡単な考察にとどめ，今後の課題とする．

経験者のうち 3 人の作品例を図 5.7 に示す．作者によって，上段，中段，下段に分けた．また，左 4 つは実験で作成した似顔絵，右端は普段仕事として描いている手描き似顔絵である．図 5.7 の対象人物は，左列から順に，それぞれ図 5.1 の A，B，C，D である．ここで，実験で作成された似顔絵と手描き似顔絵とを比較してみると，実験で作成された似顔絵には，手描き似顔絵との共通点も多く，作者の表現スタイルが反映されていると考えられる．実験で作成してもらった似顔絵と手描き似顔絵との主な共通点を以下に挙げる．

図 5.7 上段の作者については，共通点として，

- 丸い目
- 各顔部品が大きい
- 幾何学的記号のような顔部品の表現
- 笑顔の表情が多い
- 端点がしっかり固定されたような線

などがあり，可愛らしいキャラクターのような似顔絵になっている．

図 5.7 中段の作者については，共通点として，

- 小さい目
- 口の開きが小さい
- 眉と目の間隔が広い
- 表情を大きく表現しない

図 5.7: 経験者が実験で作成した似顔絵と手描き似顔絵との比較（左 4 つは実験で作成した似顔絵，右端は手描き似顔絵，上段，中段，下段でそれぞれ同じ作者による作品.

- 流れるように表現された線

などがあり，落ち着いた品のある似顔絵になっている.

図 5.7 下段の作者については，共通点として，

- 大きく誇張された輪郭
- 顔部品の誇張にメリハリがある
- 大きな耳
- 大胆な線

などがあり，大胆で迫力のある似顔絵になっている.

なお，他の似顔絵画家からも,「実験で作成された似顔絵には普段手描きで描いている似顔絵のスタイルが出ている」という意見が聞かれた．経験者は様々な表現方法を知っているため表現データベースが大きい一方，独自のスタイルとして，誇張表現がある一定の領域に偏っていると考えられる．このような理由としては，経験者が表現方法を習得して表現データベースを大きくしていく過程で，頻繁に使用する表現方法を各自の好みに従って取捨選択してきたからであると考えられる.（株）星の子プロダクションの小河原は,「スタイルの可能性は無限にあるが，自分なりのスタイルをもつのが素晴らしいこと.」とも述べており，似顔絵作成支援を考えていく上でも表現スタイルは重要事項であると考えられる．今後，表現スタイルについてのさらなる考察も進める予定である.

なお，本実験で経験者が作成した似顔絵も，おおまかに以下のような 3 タイプに分けることができた．図 5.7 の作者については，上段から順に，それぞれのタイプに対応している.

- 可愛く記号的に描くタイプ
- 顔部品の位置形状を大きく誇張をせずに描くタイプ
- 大胆に誇張して描くタイプ

5.6　本章のまとめ

本章では,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説のもと，似顔絵作成の経験者と初心者を実験参加者として似顔絵作成実験をおこなった．また，そこで得られた似顔絵に対し，定性的比較および特徴量による定量的比較をおこない，仮説を示唆する結果を得た．さらに，経験者と初心者の誇張表現の違いについても考察した．その結果，以下の項目が挙げられた．

- 対象人物から特徴を捉える段階での違い
- 表現データベースの違い
- 表現のための目的意識の違い

ここでは，経験者が対象人物から印象を取得する際に，動き，特に,「表情」が大きな手がかりになっていると考えられる．そして，それを表現するためには，多くの表現方法を知っている必要があるとも考察できた．さらに，似顔絵作成において，経験者は一から作ることができるのに対し，初心者は提示されたものを頼りにしていることも考えられた．この議論をふまえると，似顔絵作成の初心者を支援する一つの指針として，

- ユーザが備えている表現方法データベースを強化する（ユーザがより多くの表現方法を発想できるような支援）
- コンピュータからユーザにアイデアを提示する

という形が考えられる．次章では，多様な誇張表現をユーザに提示する似顔絵作成システムの開発を行う．

なお，本章での考察は，似顔絵作成技術向上に向けての一つの指針となるだけでなく，コミュニケーションロボットやエージェントなどの分野でも役立つのではないかと期待される．

また，今回は誇張表現の個人差について考察したが，誇張表現は対象人物の特徴にも依存すると考えられる．今後は対象人物の特徴も考慮に入れた誇張表現分析を行うことも考えている．

参考文献

[1] 山藤 章二：“ カラー版似顔絵 ”，岩波新書（2000）.

[2] 村上 和人，中山 晶，輿水 大和，福村 晃夫：“ 部品選択的誇張法による似顔絵生成法について ”，電子情報通信学会技術研究報告，PRU89-3，pp.15–22（1989）.

[3] 徐 光哲，金子 正秀，榑松 明：“ 固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D，No.7，pp.1279–1288（2001.7）.

[4] 鈴木 健一郎，武川 直樹，湯浅 将英：“ 顔部品の形状・配置に基づく似顔絵画家の個性と印象の分析 ”，第 12 回画像センシングシンポジウム講演論文集，L-40，pp.575–578（2006.6）.

[5] 冨永 将史，藤原 孝幸，輿水 大和：“ 鑑賞者の視覚感性によるコンピュータ似顔絵生成 ”，日本顔学会誌 4 巻 1 号，vol.4，no.1，pp.67–74（2004.9）.

[6] Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum, Song-Chun Zhu, Nan-Ning Zheng: “ Example-based Facial Sketch Generation with Non-parametric Sampling ”, IEEE International Conference on Computer Vision, II, pp. 433 – 438（2001.7）.

[7] Lin Liang, Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum：“ Example-based Caricature Generation with Exaggeration ”, Pacific Conference on Computer Graphics and Applications 2002, pp.386–393（2003）.

[8] 沙 秀，今井 順一，金子 正秀：“ 個々の似顔絵画家の描画スタイルを反映したコンピュータによる似顔絵作成 ”，第 4 回情報科学技術フォーラム，K-063，pp.497（2005.9）.

[9] 榎本 誠，大谷 淳，楜沢 順：“ 顔の特徴を分類化および言語表現可能とした似顔絵システムの検討 ”，電子情報通信学会技術報告，MVE2005-72，pp.19–24（2006.3）.

[10] 平岡 斉士，吉川 左紀子：“ 自己の顔イメージの特性 –似顔絵構成課題を用いて– ”，日本心理学会，2AM112，pp.622（2002.9）.

[11] 平岡 斉士，吉川 左紀子：“ 似顔絵構成課題を用いた顔の記憶表象の検討 –既知顔と未知顔の比較– ”，電子情報通信学会技術報告，HIP2005-135，pp.93–98（2006.1）.

[12] 小河原 智子：“ 小河原智子のだれでもカンタン!「ポジション式」似顔絵入門 ”，河出書房新社（2005）.

[13] V. ブルース（著），吉川 左紀子（訳）：“ 顔の認知と情報処理 ”，サイエンス社 （1990）.

[14] 吉川 左紀子，益谷 真，中村 真（編）：“ 顔と心—顔の心理学入門— ”，サイエンス社（1993）.

第6章

似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した似顔絵作成システム

6.1　はじめに

第 4 章で開発した NIGAO では，初期顔集団に，一人の似顔絵画家があらかじめ描いた複数の似顔絵を用いていた．本章では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画（以下，トレース線画）に似顔絵画家の誇張規則を適用することで複数の似顔絵を自動生成し，それを初期顔集団として対話型 GA（IGA）でユーザと対話的に似顔絵を作成するシステムを提案する（図 6.1）．これにより,「対象人物の個性」と「作者の個性」を考慮した似顔絵作成支援を目指す．つまり，トレース線画をもとにすることで，対象人物の特徴をある程度捉えた状態で探索空間を絞る．一方で，似顔絵画家の誇張規則を適用することで多様な誇張表現を備えた似顔絵をユーザに提示し，ユーザが所望の誇張表現を反映できるように支援することを目指す.

システムの設計にあたり，まず，複数の似顔絵画家の誇張規則を学習する．ここでは，第 5 章で似顔絵画家に作成してもらったものを用いる．ここで得られた 13 人の似顔絵画家の誇張表現を教師として機械学習することにより，任意の対象人物のトレース線画に対し，13 通りの誇張表現を加えた似顔絵を自動生成する．なお，ここでは，学習アルゴリズムとしてニューラルネットワーク（NN）を採用する．本システムでは，ここで学習した似顔絵画家の誇張規則を含め，以下の 3 タイプの誇張によって初期顔集団を自動生成する.

- 似顔絵画家の誇張規則
- 平均顔からの差分操作（平均顔[1]とトレース線画との間を線形的に内挿・外挿する [1][2]）
- 突然変異（入力顔の特徴点座標値を一定の範囲内で変動させる）

本章では，ユーザによる評価実験についても述べる．実験参加者 13 人に対し，似顔絵画家の誇張規則で生成した初期顔集団と，平均顔からの差分操作で生成した初期顔集団とで同一人物の似顔絵を作成してもらう．これらを比較することにより，両者の誇張の特徴を明らかにする．具体的には，前者は「個性的な似顔絵」「面白みのある似顔絵」に，後者は「対象人物を忠実に表現した似顔絵」になることを明らかにし，両者の誇張を採用している本システムが，ユーザの嗜好に応じた誇張表現を実現できるという可能性を示す.

以下，6.2 では，似顔絵作成システムに関する従来研究および本研究の位置づけについて述べる．6.3 では，本システムの設計として，まず，似顔絵画家の誇張表現手法を反映した多様な似顔絵の自動生成手法について述べる．その後，3 タイプの誇張手法で生成された初期顔集団から対話型 GA で似顔絵を生成するシステムの設計について説明する．6.5 で実装結果について，6.4 でユーザ評価実験について述べた後，6.6 で本章をまとめる.

6.2　関連研究

従来の似顔絵作成システムには，似顔絵作成を全自動で行うものと，ユーザと対話的に行うものがある．対象人物の印象を捉える部分は人間の感性に基づくものであるため，筆者は，対象人物の印象を捉える部分を人間に任せ，その印象を似顔絵として表現する部分を対話型 GA によってコンピュータで実現するシステムとして，第 4 章で NIGAO を実装した．NIGAO では，初期顔集団として，一人の似顔絵画家があらかじめ描いた複数の似顔絵を用いている．一方，本章では，対象人物のトレース線画を入力として，そこから多様な誇張表現をもった似顔絵を自動生成し，それらを初期顔集団として用いる．初期顔集団が多様な誇張表現を有していれば，ユーザの

[1] ここでは，多数の顔画像から導いた平均的な顔形状データとする.

図 6.1: 本システムの似顔絵作成プロセス

好みの誇張表現を取り入れることが可能になると考えられる．以下，トレース線画を入力として，そこから全自動で誇張する似顔絵生成システムについて述べる．

従来の自動似顔絵生成システムとしては，平均的な顔との差分を一定の割合で強調することによって対象人物の特徴をデフォルメする手法が挙げられる [1]-[3]．これらの研究では，対象人物の特徴をどのように表現するかということに重点が置かれており,「作者の個性」は考慮されていない．しかしながら，作者ひとりひとり，捉える特徴も違えば表現の仕方も違う．むしろ，作者の個性こそが似顔絵の本質的な面白さであるとも考えられる．

一方，作者の個性を考慮した自動似顔絵生成システムとしては，描き手の誇張表現手法を反映することにより,「演算処理的ではない」誇張を試みたものがある [4]-[8]．特に，似顔絵画家は表現能力に長けていると考えられるため，主成分分析 [5]，PLS 回帰 [6]，ニューラルネットワーク [7][8] などによって似顔絵画家の誇張表現手法を学習した自動似顔絵生成システムも試みられている．これらの研究は，画家の誇張表現手法を機械学習する可能性の一端を示してはいるが，せいぜい 2 人の画家によるものであり，多様な誇張表現が実現されているとはいえない．本研究では，13 人の似顔絵画家から誇張表現を学習するため，多様な誇張表現を提示できると考えられる．また，それぞれの画家の誇張表現を相対化して捉えることも可能となる．

ところで，第 5 章で似顔絵画家を対象に筆者らが行った似顔絵作成実験では，似顔絵画家がそれぞれ独自のスタイルで誇張していた．そのため，これらの誇張を線形的に記述するのは困難であると考えられた．そこで，本研究では，多様な誇張表現を実現するための手法として，学習アルゴリズムにニューラルネットワークを採用する．ニューラルネットワークは優れた非線形マッピング特性が知られており，音声と感情のマッピング [9] や表情と感情のマッピング [10] など，様々な研究で用いられている．さらに，未学習の入力に対しても適用できるという一般化能力も報告されている [11]．本研究では，トレース線画と誇張似顔絵とをニューラルネットワークによってマッピングすることにより，多様な誇張表現手法を反映しつつ汎用性のある自動似顔絵生成が可能になると期待できる．

6.3　システムの設計

以下，図 6.1 の初期顔集団生成部分について 6.3.1〜6.3.3 で述べた後，6.3.4 で対話型 GA による似顔絵作成インタフェースについて説明する．

6.3.1　似顔絵画家の誇張規則による似顔絵誇張手法

本研究では，似顔絵を記述する線画似顔絵モデルとして，NIGAO で使用されているものを用いた．特徴点（図 4.3）を spline 曲線で結んで似顔絵を表現しており，表現力や自由度の高さの面で有効性が示されている．なお，簡単のため，口とその付近のシワおよび髪の一部を除いて左右対称とした．本節では，対象人物の無表情顔写真から取得した図 4.3 の特徴点の座標値を入力とし，全自動で誇張を施した特徴点座標値を出力する手法について説明する．なお，似顔絵画家の誇張規則の学習については，6.3.2 で説明する．

顔を認識する際には，目や鼻などの個々の顔部品の特徴を把握する「部分的処理」と顔部品の位置関係を把握する「全体的処理」が行われていると言われている [12]．似顔絵を描く際には，このような処理を経て対象人物の特徴を認識し，そこから「どのように誇張すべきか」ということを導き出していると考えられる．そこで，本システムでは，入力された顔を，個々の顔部品およびそれらの位置情報に分離し，これらを別々に処理することにした．その際，入力された顔の情報から「どのように誇張すべきか」を導く部分には単純なアルゴリズムで記述できない似顔絵画家のセンスが含まれると考えられたので，この処理をニューラルネットワークで行った．なお，ここでは，トレース線画からの変化を「誇張」とみなした．文献 [7] ではニューラルネットワークの入力として,「トレース線画と平均顔との差分」を用いていたが，本研究では，それぞれの似顔絵画家で平均的だと感じる顔が異なると考え，トレース線画のみを入力の情報に使うことにした．つまり，それぞれの似顔絵画家が考える平均顔もニューラルネットワークに取り込んでいることに相当する．

具体的には，以下の手順で似顔絵を作成する．

1. 入力された顔を 12 個の顔部品[2]（髪，目，眉，鼻，口，額，鼻横，鼻下，頬，顎，耳，輪郭）に分離.
2. 顔部品ごとに用意されたニューラルネットワークによって，特徴点座標値入力に対し，誇張成分を出力（図 6.2）.
3. 12 個の顔部品のニューラルネットワークで出力された誇張成分を入力顔に加えることで，誇張似顔絵を作成.

本研究では，各顔部品に 1 つ「位置を表す点（基本点）」を決めておき，そこからの相対的な座標値をそれぞれの顔部品の特徴点座標値とすることによって，顔部品の位置と形状を分離して扱えるようにした．つまり，顔部品位置は基本点の絶対座標値で，顔部品形状は特徴点の相対座標値で示される．本システムでは，輪郭以外のニューラルネットワークについては相対座標値を入力とし，輪郭のニューラルネットワークについては輪郭の絶対座標値および各顔部品の基本点の座標値を入力とした．これは，輪郭の中での顔部品の位置関係を表している．なお，ニューラルネットワークの出力は，各入力値からの誇張差分を 0〜1 の実数になるように正規化した．

各顔部品のニューラルネットワークは，3 層構成の階層型（3 層パーセプトロン）とした．例として，目のニューラルネットワークの構成を図 6.2 に示す．特徴点の座標値 x1, y1, ⋯, xn, yn

[2] ここでは，髪も含めて「顔部品」と呼ぶことにする．

図 6.2: 目の誇張距離の自動生成

（n：その顔部品を構成する特徴点数）が入力されるため，入力層と出力層のユニット数は共に 2n 個である（図 6.2 の例では 54 個）．中間層のユニット数は特定の値に固定しなかったが，簡単のため，中間層と入力層のユニット数の比は，各顔部品に用意された 12 個のニューラルネットワークで統一した．なお，各ユニットの非線形関数にはシグモイド関数を使用した．

6.3.2　似顔絵画家の誇張表現の学習

教師データの取得

教師データ取得のため，似顔絵画家 13 名に 5 人の対象人物（対象人物ア～オとする）の似顔絵を作成してもらった．詳しくは 5.3 を参照されたい[3]．ここでは，筆頭著者があらかじめ対象人物の顔写真から図 4.3 の特徴点を手動でトレースしておき，そこで得られた線画（図 6.3(a)）をスタートの顔とした．なお，無表情で口を閉じた状態で正面から撮影した顔写真を使用し，スタートの顔に表示するシワや髪などは，筆頭著者が顔写真から判断して対象人物ごとに設定した（以下，対象人物の顔写真からのトレースはこの方法に従う）.「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵を作成してください」という指示のもと，その対象人物の顔動画を見ながら，スタートの顔を修正・編集することで似顔絵を作成してもらった．この操作は似顔絵描画ツールで特徴点を直接操作することにより行った．なお，顔動画には，対象人物が発話している場面と，話を聞いている場面とが混在しており，笑顔を含む表情があった．

例として，画家 A，B，C が作成した 5 人の対象人物の似顔絵を図 6.3(b) に示す．本システムでは，4 人の対象人物（対象人物ア～エ）のトレース線画（図 6.3(a)）および，そこから作成してもらった似顔絵（図 6.3(b)）を教師データとして使用した．なお，作成してもらった似顔絵のいくつかには表情が含まれていた．これは，似顔絵画家が表情を重要な要素だと捉えたためだと考えられる．本システムでは，表情も含めて「誇張」とみなした．

[3]第 5 章とは対象人物の呼び方が異なるが，便宜上，本章では対象人物ア～オとする

図 6.3: 似顔絵比較．(a)：対象人物 5 名のトレース線画．(b)：(a) をスタートとして似顔絵画家 13 名が作成した似顔絵のうち，3 名（画家 A，B，C）の作品例．(c)：画家 A，B，C から学習した誇張規則（対象人物ア〜エで学習した）を用いて，入力 (a) から自動生成した似顔絵．

学習によるニューラルネットワークの構築

図 6.2 のようなニューラルネットワークでは，各ノードの結合荷重度が決まることで入出力の対応関係が一意に定まる．本研究では，13 人の似顔絵画家それぞれについて対応関係を決定することにより，13 通りの似顔絵誇張規則を作成した．図 6.3(a) の特徴点座標値を入力層に，図 6.3(b) に示されたような似顔絵画家が作成した似顔絵と図 6.3(a) との特徴点座標値の差を出力層に代入し，それを対応づけるような荷重度を求めることにより，その画家の似顔絵誇張規則を作成することができる（バックプロパゲーション法）．これをもって学習とした．なお，荷重度は探索的に求めた．まず，ランダムな値からスタートし，対象人物 4 人分の教師データの入出力対応がより適切に行われるように補正する．これを何度か（学習回数）繰り返していくことで，徐々に適切な荷重度が求まっていく．ここでは最急降下法を用いた．

6.3.3　初期顔集団の設計

第 4 章で説明した NIGAO では，図 4.3 の似顔絵モデルを変形して所望の似顔絵に導くインタフェースに対話型 GA を用いていた．初期顔集団には，一人の似顔絵画家があらかじめ描いた複数の似顔絵を用いており，以下のような問題点もみられた．

様々な対象人物に対応しており汎用性は高いが，探索空間が広く設定されているため，似顔絵作成の際にユーザに負担がかかる．

一人の似顔絵画家が描いているため，提示される似顔絵の画風や表現の幅が小さい．

本システムでは，対象人物の顔写真を利用することにより，対象人物の特徴をある程度捉えた状態で探索空間を絞る．対象人物の無表情顔写真を図 4.3 の特徴点でトレースしたものを入力とし，そこから自動で変形を加える（誇張する）ことにより，多様な表現を有した初期顔集団を自動生成する．

従来の似顔絵誇張手法としては，対象人物のトレース線画と平均顔との特徴点座標値の差分を一定割合で変化させるものがある [1][2]．これは，対象人物の顔の形状的特徴を忠実に表現することができるという利点はあるが，一様なアルゴリズムで誇張するため，演算処理的で面白みに欠けた似顔絵になると考えられる．一方，6.3.1 で述べた誇張手法は，似顔絵作成の初心者には表現できないような似顔絵画家の誇張表現を学習したものであり，多様で面白みのある似顔絵が生成されると考えられる．しかしながら，非線形で独特な誇張が施されるため，対象人物の形状的特徴を完全に表現できるとは限らない．つまり，前者は「対象人物の形状的特徴を反映すること」に，後者は「多様で面白みのある誇張表現を施すこと」に長けていると考えられる．ユーザや対象人物によって，似顔絵作成の際にどちらを優先するかが異なると考えられるため，本研究では両方の誇張手法を取り入れることにした．

ところで，NIGAO では，誇張の方向性をもたないランダムな変形を突然変異として用いていた．ここでは，特徴点座標値を一定の範囲内で変動させることによって，もとの似顔絵と形状的に近い似顔絵を生成する．本システムでは，この誇張手法も含めた以下の 3 タイプの誇張で生成した似顔絵を初期顔集団とした．

- 似顔絵画家の誇張規則
- 平均顔からの差分操作
- 突然変異

6.3.4　対話型 GA による似顔絵作成インタフェース

本システムでは，6.3.3 で設計した初期顔集団をもとに，ユーザが対話型 GA で掛け合わせることによって好みの誇張表現を反映する．ここでは，NIGAO に従い，以下のようなプロセスで似顔絵を作成することにした（図 4.1）．

1. まず，線画で表現された初期顔集団を提示する．なお，各個体は自分の特徴を形成する遺伝子配列を持っている．
2. その中から作りたい似顔絵に近い個体をユーザに複数選択させる．
3. 選択された個体の中から任意の二つを交叉させて 1 個体を作成し，これを 1 世代の個体数分だけ繰り返して新しい顔集団を合成する．なお，交叉とは複数の個体の遺伝子を組合せて新たな個体を作ることであり，作成された子供は親の特徴を併せ持つことになる．
4. その子供達の一部に突然変異をかける．突然変異とは各個体の遺伝子に変化を加えることであり，交叉のみの進化によって局所解に陥ってしまう危険性を防ぐ目的で用いられる．
5. できあがった集団の中にユーザの要望に適うものがあれば作業完了となる．それ以外の場合は，2（ユーザによる選択）から再びやり直す．ユーザが選択した個体の遺伝子を受け継いで進化していくので，これを繰り返すことによって集団全体がユーザの要望に適ったものになっていく．

なお，ユーザが 1 個体のみを選択した場合は，それに突然変異をかけて次世代集団を作成した．また，遺伝方法の詳細は以下のように設定した．

- 各個体（各似顔絵）に対応する遺伝子配列には，似顔絵パラメータ，つまり，特徴点座標値（x と y）と属性が埋め込まれている（図 4.14）．
- 交叉は，それぞれの遺伝子ごとに 2 個体の親からランダムにとることにした（一様交叉）．
- 特徴点座標の突然変異に関しては，特定の範囲内の値を無作為に加えることによって行った．

6.4　実装結果

6.4.1　似顔絵画家の誇張規則による似顔絵誇張結果

6.3.1，6.3.2 での考察をふまえ，似顔絵画家の誇張規則を実装した．ニューラルネットワークの学習精度は中間層のユニット数や学習回数によって変わってくるが，これらのパラメータは経験的に選ばれることが多い．また，過剰に学習をしてしまうと，教師データ以外の入力に対する汎化能力が失われる危険性もある．学習する似顔絵画家の誇張の強さや癖によってこれらのパラメータの最適値は異なると考えられたため，ここでは，中間層と入力層のユニット数の比，および，学習回数についていくつか値を変えて試行し，一人の似顔絵画家の判断で最適値を決めた．

最適なパラメータ値を選定するにあたり，以下のパターンで試行した．

- 中間層と入力層のユニット数の比：1.0，1.5，2.0
- 学習回数：200 × n 回（n=1,2,⋯,80）

この条件のもと，以下の基準を加味した上で最も適当だと思われた値を採用した．

- 教師データに使用した入力（図 6.3(a) の対象人物ア〜エ）を入力したときの出力が上手に復元されている

図 6.4: 過剰学習により失敗した似顔絵の例

- 教師データ以外の入力（図 6.3(a) の対象人物オ）に対する出力画像が，対象人物の特徴を保持しつつ誇張されている

例えば，図 6.3(b) の画家 A，B，C の誇張表現を学習したニューラルネットでは，中間層と入力層のユニット数の比はそれぞれ 1.5，1.5，1.0 となり，学習回数はそれぞれ 4200 回，1800 回，1800 回となった．

図 6.3(b) の画家 A，B，C の誇張表現を教師として学習した似顔絵画家の誇張規則によって自動生成した似顔絵を図 6.3(c) に示す．なお，ここでは簡単のため，両分けの髪型を表現している前髪の束については，トレース線画の特徴点座標値をそのまま用いた．学習に用いた対象人物ア〜エに注目すると，画家 A から学習した誇張規則では，教師データをほぼ再現できていると言える．一方，画家 B に関しては，図 6.3(c) の対象人物ア，イについて，図 6.3(b) の教師データが再現しきれていない．また，画家 C に関しても再現しきれていない．これは，図 6.3(b) の教師データが画家 B，C では大胆に誇張されており，対象人物によって誇張の方向が異なっているためだと考えられる．学習回数を増やせばこのように極端な顔も再現できるようになると考えられるが，一方で，新しい入力画像に対する汎用性は失われ，顔の構造を逸脱した似顔絵（図 6.4）が出力される危険があった．ここでは，中間層のユニット数と学習回数を抑えて汎用性を確保することを優先したため，充分な学習はできなかった．本研究では，トレース線画から多様な誇張表現を生成することが目的であるため，教師信号をより正確に再現する手法については今後の検討課題にまわす．しかしながら，現時点でも，教師データとなる対象人物 4 人に共通して現れる似顔絵画家の誇張の特徴は反映できていると考えられる．例えば，画家 A の図 6.3(b)(c) の対象人物ア〜エに関しては，以下のような傾向が共通している．

- 小さい目
- 少し開いた口
- 眉と目の間が離れている

画家 B に関して，図 6.3(b)(c) の対象人物ア〜エは，以下のような傾向が共通している．

- 垂れ目
- 横に広い鼻
- 口角の上がった口

また，画家 C の図 6.3(b)(c) の対象人物ア〜エは，以下のような傾向が共通している．

- 黒目が目の中でも上に位置している
- への字型の口
- 各パーツが大きい
- 目と鼻の間が近い

学習に用いていない対象人物　に関しては，図 6.3(c) を図 6.3(b) と比較したとき，いわゆる「正解」を導けたかどうかを証明するのは難しい．図 6.3(b) の対象人物オの似顔絵は，各画家の 1 つの「正解」であり，似顔絵表現の場合，同じ画家でも解が複数存在しうる．一方で，図 6.3(c) の対象人物　の似顔絵は，上で議論したような図 6.3(c) の対象人物ア〜エに共通した特徴を反映しており，未学習の入力に対しても各画家の誇張表現手法を反映した誇張を施すことができると考えられる．

6.4.2　初期顔集団の自動生成結果

対象人物のトレース線画を入力とし，3 タイプの誇張によって自動で初期顔集団を生成した．例として，平均顔からの差分操作および似顔絵画家の誇張規則によって生成した似顔絵を図 6.5 に示す．図 6.5(a)〜(c) の対象人物は，それぞれ，東国原英夫，えなりかずき，北島康介である．なお，トレース線画および平均顔は図に表示したものを使用した．平均顔からの差分操作では，平均顔を 0，トレース線画を 1.0 として，線形的に内挿・外挿することで複数の似顔絵を生成した．似顔絵画家の誇張規則では，トレース線画を入力とし，各画家から学習した誇張規則を適用することで生成した（図 6.5 の画家 A，B，C は図 6.3 の画家 A，B，C に対応している）．

図 6.5 の例により，平均顔からの差分操作で生成された似顔絵は，トレース線画に忠実な形で特徴を反映している一方，表現が一様であることがわかる．それに対し，似顔絵画家の誇張規則では，1 つの入力に対し，単純な線形変換では表現できないような多様な誇張が施されていることがわかる．似顔絵画家が作成した教師データには表情が含まれているものがあったため，無表情入力であっても出力のいくつかは表情が付加され，多様で親しみやすい似顔絵となっている．その一方，学習に用いた画家の表現の個性が強く，対象人物の形状的特徴が忠実に表現されてはいない．

なお，突然変異で生成した似顔絵は，トレース顔の特徴点座標値を一定範囲内でランダムに変動させたものであるため再現性が無く，図 6.5 には表示しなかったが，上の 2 つの誇張タイプの中間的な性質となった．

6.4.3　本システムの実装結果

以上の考察をふまえ，本システムを実装した．ここでは，1 世代の顔集団は 24 個体とし，1 つの画面に全て表示されるようにした．システムの概観を図 6.6 に示す．あらかじめ入力しておいた対象人物のトレース線画をもとに初期顔集団が生成される．ここでは，多様な個体が表示されることを加味し，似顔絵画家の誇張規則，平均顔からの差分操作，突然変異によって生成される個体をそれぞれ，12 個，6 個，6 個とした．これらをランダムに並べ替えてユーザに提示した．なお，似顔絵画家の誇張規則については，設計した 13 通りのうち誇張の大きさが多様になるような 12 通りで生成した．また，平均顔からの差分操作については，平均顔からの差分を 0.6，0.8，1.0（トレース線画），1.2，1.4，1.6 倍に変化させたものを使用した．対話型 GA による進化方法に関しては，NIGAO に倣った．ユーザが選択した個体は，エリート個体として次世代に残すことに

(a) 対象人物：東国原英夫

(b) 対象人物：えなりかずき

(c) 対象人物：北島康介

図 6.5: トレース線画および平均顔をもとに自動生成した似顔絵の例．平均顔からの差分操作では，平均顔を 0，トレース線画を 1.0 として内挿・外挿をして生成．似顔絵画家の誇張規則では，トレース線画を入力としてニューラルネットワークによって生成（誇張規則の学習に用いた画家 A，B，C は図 6.3 に対応）．

図 6.6: 本システムの概観

し，次世代集団は，エリート個体のほか，10 個体は交叉のみ，残りは交叉と突然変異から作成された個体とした．突然変異として特徴点を動かす最大範囲は，各個体の縦の長さの 3%に相当する距離とした．また，初期世代以降のすべての世代の顔集団を保存しており，前の世代の顔集団からも個体を選択することができるようにした．なお，操作は全てマウスおよびキーボードによって簡単に行えるようになっている．

また，複数のユーザに本システムを使用してもらったところ，15 分程で操作を習得できていた．さらに，ユーザがよく知っている人物達の似顔絵を作成してもらった．ここでは，あらかじめ頭の中に思い描いてもらったイメージをもとに「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵」を作ってもらった．4 個体を選択するという制約のもとで，どの誇張タイプで生成した個体が初期顔集団から選択されるかを調べたところ，ユーザや対象人物によってばらつきはあったが，全体的にどの誇張タイプも選択されていた．この結果から，各誇張タイプに魅力があったのだと考えられ，3 つの誇張タイプで初期顔集団を生成する本システムの有効性が示唆された．

6.5　ユーザ評価実験

6.3.3 では，ユーザの嗜好に合った誇張表現を実現できるように，初期顔集団の作成に 3 タイプの誇張を採用した．本実験では，初期顔集団を生成する誇張タイプの違いによって，そこから作成される似顔絵の性質がどのように変わってくるかを調べた．なお，突然変異は誇張の方向性をもたないランダムな変形で再現性に乏しいと考えられたため，ここでは，他の 2 つの誇張タイプで比較した．

具体的には，まず，平均顔からの差分操作で生成した初期顔集団と似顔絵画家の誇張規則で生

成した初期顔集団とでそこからそれぞれ同一人物の似顔絵を作成してもらう．ここで作成した似顔絵を各自で評価してもらい，その結果を比較することにより，前者は「対象人物を忠実に表現した似顔絵」に，後者は「個性的な似顔絵」「面白みのある似顔絵」になるという仮説を検証した．

6.5.1　実験方法

実験参加者

学生 13 名（うち男性 12 名，女性 1 名）．年齢は，21〜27 歳であった．

対象人物

以下の条件を考慮し，対象人物には「東国原英夫」「えなりかずき」「北島康介」の 3 人を選んだ．

・実験参加者が全員，写真を見なくてもイメージできる
・メガネや髭は無く，髪型が複雑でない
・肌や髪の色に関して，互いに大きな差が無い
・表情を含む印象がある

似顔絵作成課題

課題として，以下の二つを用意した．実際に使用した似顔絵例については，図 6.5 を参照されたい．

課題 1　似顔絵画家の誇張規則で生成した 12 個の似顔絵を初期顔集団とし，そこから対話型 GA で似顔絵作成．

課題 2　平均顔からの差分操作で生成した 12 個の似顔絵を初期顔集団とし，そこから対話型 GA で似顔絵作成．なお，ここで提示した 12 個体は，平均顔との差分を倍率 0.5 から 1.6 まで 0.1 刻みで変化させて生成した．

本実験では，1 世代の個体数を 12 個に統一し，交叉のみで次世代の似顔絵を作成した．突然変異を加えると似顔絵にランダムな変形が施されてしまい，実験の再現性が失われると考えられたためである．また，生成される似顔絵が実験参加者にもある程度予想できるように，交叉は目や鼻などのパーツ単位で行うことにした．つまり，選択された個体同士のパーツを入れ替えることによって次世代集団が作成される．なお，ここで述べた似顔絵の進化方法は実験参加者にあらかじめ教えておいた．

手続き

本実験では，似顔絵作成過程で対象人物の顔写真などの資料を見ずに，頭の中のイメージだけをもとに似顔絵を作成してもらうことにした．まず，実験前にあらかじめ本システムの操作学習を行い，対話型 GA による似顔絵作成に慣れてもらった．操作学習では，ツールで用意されているすべての機能を使えるレベルに到達してもらった後，実際に似顔絵を作る感覚を身につけてもらった．

実験では,「自由に似顔絵を作成してください」という指示のもと，上述の 2 課題を実行してもらった．なお，実験参加者には初期顔集団の生成方法は教えなかった．課題 2 の初期顔集団にはトレース線画に近い個体が複数含まれているため，そちらを先に行うと，対象人物のイメージが

固定されてしまい，課題 1 での似顔絵作成に支障をきたす危険性があった．そのため，課題 1 の後に課題 2 を実行することにし，これを 1 セットとして，対象人物 3 人分（3 セット）の似顔絵作成をしてもらった．その際，操作マニュアルを見ることは許可した．実験参加者は毎回 2 個以上の個体を同じ世代から選択するものとした．また，作成時間は無制限であり，各自が自分の作成した似顔絵に満足した段階で終了とした．なお，課題の実施順序の効果が予想されたため，作成してもらう対象人物の順序はカウンターバランスをとった．似顔絵作成には lenovo 製ノート PC ThinkPad R60（OS:WindowsXP, CPU:Core2 T5500 1.66GHz）を用い，1〜3 名の実験参加者をグループとして，落ち着いた室内で行った．

さらに，実験で作成した似顔絵について，以下の観点から 7 段階（-3〜3）の自己評価をしてもらった．これは，それぞれの似顔絵が作成された直後に，アンケートとして実施した．

- 対象人物を忠実に表現した作品になったかどうか
  - 3：対象人物を忠実に表現した作品になった
  - -3：対象人物を忠実に表現していない作品になった
- 面白みのある作品になったかどうか
  - 3：面白みのある作品になった
  - -3：面白みのない作品になった
- 個性的な作品になったかどうか
  - 3：個性的な作品になった
  - -3：個性的でない作品になった

なお，これらの項目は，似顔絵の評価で一般に用いられる言葉の中から選出した（以下，忠実度，面白み，個性と表記する）．他の候補として,「対象人物の印象を表現した作品になったかどうか」「作品に満足しているかどうか」なども挙げられた．しかしながら，これらは，その作者がどちらの誇張タイプを好むかという要因が大きく影響してしまい,「初期顔集団を生成する誇張タイプによってそこから作成される似顔絵がどう変わるか」を調べる本実験には適さないと考えたため，除外した．

6.5.2　実験結果および考察

本実験で実験参加者が作成した似顔絵例を図 6.7 に示す．実験参加者によってばらつきはあったものの，平均して 4 世代ほどで完成に至っており，1 回に選択した個体数は 2〜6 個であった．

実験参加者が作成した似顔絵に対する，忠実度，面白み，個性の自己評価結果を図 6.8 に示す．棒グラフの値は 13 人の実験参加者の平均値を記しており，エラーバーは標準偏差である．対象人物によって値にばらつきはあるものの，どの対象人物においても，忠実度は平均顔からの差分操作のほうが，面白みと個性は似顔絵画家の誇張規則のほうが高い値になっていることがわかる．

また，誇張タイプと対象人物を独立変数とした 2 要因の実験参加者内分散分析をしたところ，忠実度に関しては，誇張タイプの主効果が認められ（$F(1,12)=8.79$, $p \prec .05$），対象人物との交互作用は認められなかった（$F(2,24)=0.86$, ns）．面白みに関しては，誇張タイプの主効果は認められなかった（$F(1,12)=2.09$, ns）．個性に関しては，誇張タイプの主効果が認められ（$F(1,12)=6.03$, $p \prec .05$），対象人物との交互作用も認められた（$F(2,24)=2.66$, $p \prec .01$）．また，下位検定の結果，対象人物が東国原のときには誇張タイプによる有意差が見られ（$F(1,12)=8.96$, $p \prec .05$），北島のときには有意傾向が見られた（$F(1,12)=4.35$, $p \prec .10$）．以上をまとめると,「忠実度」については「平均顔からの差分操作」のほうが有意に高くなり ($p \prec .05$),「個性」については,「似顔絵画家の

(a) 対象人物：東国原英夫

(b) 対象人物：えなりかずき

(c) 対象人物：北島康介

図 6.7: 実験参加者が作成した似顔絵例（左：平均顔からの差分操作で生成した初期顔集団から作成したもの，右：似顔絵画家の誇張規則で生成した初期顔集団から作成したもの）

図 6.8: 初期顔集団の生成に用いた誇張タイプの違いによる，そこから作成した似顔絵の評価の比較（13 名の実験参加者が自ら作成した似顔絵を-3〜3 の 7 段階で評価）．棒グラフの値は全実験参加者の平均値，エラーバーは標準偏差（*p≺.05）．

誇張規則」のほうが対象人物が東国原のときには有意に高く (p≺.05)，北島のときには高くなる傾向が見られた (p≺.10)．全ての項目で統計的に有意であるとは言えなかったが，平均値の単純比較では仮説が指示される結果となっており，それぞれの誇張タイプの利点が明らかになったと考えられる．実験参加者からは,「初期世代のパーツが課題 1 のほうがばらけていた．このため，誇張を重視するときはこちらのほうが適していると感じた.」という意見が得られた一方,「課題 2 のほうが最初に似た顔が多く作りやすかった.」という意見も得られ，どのような似顔絵を作りたいかによって好みが分かれた．本システムでは両方の誇張タイプを採用することにより，ユーザの嗜好に合わせた似顔絵作成支援ができると考えられる．

6.6　本章のまとめ

本章では，第 4 章で紹介した NIGAO の初期顔集団に対する改良を行った．NIGAO の初期顔集団では，一人の似顔絵画家があらかじめ描いた複数の似顔絵を用いていた．本章では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画を用いることで，ある程度特徴を捉えた状態で探索空間を絞りつつ，そこから多様な誇張表現を備えた似顔絵を自動生成することで，ユーザが所望の誇張表現を反映できるような似顔絵作成支援を目指した．まず，第 5 章において 13 人の似顔絵画家が作成した似顔絵の誇張表現をニューラルネットワークで学習することにより，似顔絵画家の誇張規則を実装した．さらに，平均顔からの差分操作，突然変異を加えた 3 タイプの誇張によって初期顔集団を作成し，そこから対話型 GA で似顔絵を作成するシステムを実装した．

また，平均顔からの差分操作と似顔絵画家の誇張規則の特徴を明らかにするため，13 人の実験参加者を対象に，それぞれの誇張で自動生成した初期顔集団から似顔絵を作成してもらった．その結果，前者は「対象人物を忠実に表現した似顔絵」に，後者は「個性的な似顔絵」「面白みのある似顔絵」になることがわかり，両方の誇張を用いることでユーザの嗜好に柔軟に対応できることが示唆された．

似顔絵画家の誇張規則の応用としては，顔からの特徴点抽出を自動化することにより，カメラ

で取得した顔から全自動で複数の似顔絵を生成するエンタテインメントツールへの展開も考えられる．また，似顔絵画家から学習した誇張規則を解析することにより，各画家の誇張表現において本質的な要素が発見できるとも考えられる．これは，似顔絵作成技術向上に向けての一つの指針となるだけでなく，コミュニケーションロボットやエージェントなどの分野でも役に立つのではないかと期待される．

今回は，同じ対象人物でも作者によって誇張表現が多様であるという考えのもとで研究を進めた．一方で，同じ画家でも対象人物の特徴によって誇張の仕方が変わってくるのも事実である．ここでは，各画家につき 4 人の対象人物の誇張データを教師として学習したが，今後は対象人物の数を増やして学習することにより，対象人物の特徴の違いによってさらに多様な誇張を実現できるようなアルゴリズムを実装する予定である．

参考文献

[1] S.E.Brennan :“ Caricature generator: the dynamic exaggeration of faces by computer ”, Leonardo, vol.18, no.3, pp.170–178（1985）.

[2] 村上 和人，中山 晶，輿水 大和，福村 晃夫 :“ 部品選択的誇張法による似顔絵生成法について ”，電子情報通信学会技術研究報告，PRU89-3，pp.15–22（1989）.

[3] 徐 光哲，金子 正秀，榑松 明 :“ 固有空間を利用した計算機による似顔絵の生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D，No.7，pp.1279–1288（2001.7）.

[4] 花岡 悟一郎，金子 正秀，原島 博 :“ 描き手の画調に基づく似顔絵の自動生成 ”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J80-D-II，No.8，pp.2110–2118（1997.8）.

[5] 沙 秀，今井 順一，金子 正秀 :“ 個々の似顔絵画家の描画スタイルを反映したコンピュータによる似顔絵作成 ”，第 4 回情報科学技術フォーラム，K-063，pp.497（2005.9）.

[6] Lin Liang, Hong Chen, Ying-Qing Xu, Heung-Yeung Shum :“ Example-based Caricature Generation with Exaggeration ”, Pacific Conference on Computer Graphics and Applications 2002, pp.386–393（2003）.

[7] R. N. Shet, K. H. Lai, E. A. Edirisinghe, P. W. H. Chung :“ Use of Neural Networks in Automatic Caricature Generation: An Approach Based on Drawing Style Capture ”, IEE International Conference on Visual Information Engineering, pp.23–29（2005.4）.

[8] K. H. Lai, P. W. H. Chung, E. A. Edirisinghe :“ Novel Approach to Neural Network Based Caricature Generation ”, IET International Conference on Visual Information Engineering, pp.88–93（2006.9）.

[9] 柿本 正憲，土佐 尚子，森 淳一，真田 麻子 :“ ニューロベビー：音声から感情を認識して反応する表情合成システム ”，テレビジョン学会技術報告，VAI’92-18, Vol.16, No.33, pp.7–12（1992.6）.

[10] 上木 伸夫，森島 繁生，山田 寛，原島 博 :“ 多層ニューラルネットによって構成された感情空間に基づく感情の分析・合成システムの構築 ”，電子情報通信学会論文誌，vol.J77-D-II, no.3，pp.573–582（1994.3）.

[11] 甘利 俊一，森 晃徳（監修）:“ 入門 ニューラルネットワークス ”，トリケップス（1988）.

[12] 吉川 左紀子，益谷 真，中村 真（編）:“ 顔と心—顔の心理学入門— ”，サイエンス社（1993）.

第7章

考察

7.1　はじめに

本章では，第 4 章〜第 6 章の結果を通じて明らかになった点を，第 3 章で作成した似顔絵作成過程フローチャートをもとに議論する．まず，本論文の似顔絵作成支援システムがどの程度目的を達成できたのかについて 7.2 で考察する．さらに，7.3 では，第 5 章の経験者および初心者の誇張表現比較を通じて得られた知見をもとに，今後の似顔絵作成支援の形を探る．最後に 7.4 で本章をまとめる．

7.2　本論文の似顔絵作成支援システムについての考察

本項では，7.2.1 で本論文の似顔絵作成支援システム（第 4 章，第 6 章）の概要を振り返り，7.2.2 でそれが目標をどの程度達成できたかについて考察する．

7.2.1　本論文の似顔絵作成支援システムの概要

本論文で目標とする似顔絵は，プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵，つまり，以下の要件を満たすものであった．

- 対象人物に対する作者の印象が反映されている
- 表現が豊かで絵としての完成度が高い（図 1.1 程度の品質）

ここで，ユーザが個性を出しつつ，このような似顔絵が作れるようにするために，似顔絵作成過程（図 3.12）の 3 工程で以下のように支援した．

- 「対象人物の印象を捉える部分」：全てユーザに任せる
- 「取得した印象から脳内印象表現を生成する部分」：誇張表現のアイデアをユーザに提示しユーザがそれをもとに想像する
- 「脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分」：作者間で共通の似顔絵モデルを使用する

具体的には，似顔絵作成支援システムの開発に関する第 4 章，第 6 章では，以下のことを行った．

第 4 章では，似顔絵モデルおよび似顔絵作成インタフェースの点から検討し，似顔絵作成システム NIGAO を設計・実装した．似顔絵モデルに関しては，従来研究で使用されていたものよりも自由度の高い似顔絵パラメータを設計することにより，従来研究の似顔絵合成と比べてより多くの表現パターンが実現でき，似顔絵の表現力を向上させることができた．また，似顔絵作成インタフェースに関しては，主に顔全体の雰囲気を操作する対話型 GA を用いた似顔絵進化機能の他に，ユーザが顔部品の位置形状を直接操作できる顔部品選択・位置形状調節機能を導入し，これら 2 つを適宜組み合わせるという似顔絵作成方法を提案した．

第 6 章では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画を用いることで，ある程度特徴を捉えた状態で探索空間を絞りつつ，そこから多様な誇張表現を備えた似顔絵を自動生成することで，ユーザが所望の誇張表現を反映できるような似顔絵作成支援を目指した．まず，第 5 章の実験で 13 人の似顔絵画家が作成した似顔絵を教師とし，その誇張規則をニューラルネットワークで学習することにより，似顔絵画家の誇張規則を実装した．さらに，平均顔からの差分操作，突然変異を加えた 3 タイプの誇張によって初期顔集団を作成し，そこから対話型 GA で似顔絵を作成するシステムを実装した．

7.2.2　本論文の似顔絵作成支援システムについての考察

ここでは，上述の目標とする似顔絵をどのくらい達成できたのかを考察する．

まず,「表現が豊かで絵としての完成度が高い」という点について考える．目標とする似顔絵（図 1.1）を似顔絵モデルでなぞらせた結果（図 4.18）を見ると，背景や体などのパーツは無いが，顔に限って言えば，目標とする品質の似顔絵は達成できたと考えられる.「表現の豊かさ」についての議論は，後に回す.

次に,「対象人物に対する作者の印象が反映されている」という点について考える．NIGAO では，マニュアル操作により似顔絵モデルの特徴点が自由に操作できるようになっている．そのため，実際には線をうまく描く技術がなくても，対象人物から取得した印象を自由に似顔絵に反映することができるユーザならば，目的は達成できたと言えるだろう．しかしながら，対象人物から取得した印象をうまく似顔絵に反映できないユーザならば，対話型 GA，もしくは，第 6 章で生成した初期顔集団によって支援を受けることになる．ここで，似顔絵作成フローチャートと照らし合わせて考察していくことにする．

ここでは，脳内印象表現を似顔絵として具現化する部分の支援については目標を達成できたとみなし，取得した印象から脳内印象表現を生成する部分のみについて考える（図 3.10）．この工程では，どのような印象を表現するか，および，どのような表現方法で描くかについて検討することになる．本研究で目標とする似顔絵を作ることができるような支援とは，これらの自由度が大きくなるような支援であると捉えられる．例えば，対象人物の印象が数多く意識に上っているならば，どのような印象を表現するかという候補の数が増え，似顔絵も描きやすくなる．それらの自由度を大きくする（つまり，選択肢を多くする）支援は，以下の 2 つが考えられる．

- 表現方法データベースを大きくする
- 意識に上っている「対象人物の印象」の数を増やす

以下，それぞれについて述べる．対話型 GA では，複数の候補の提示によって，新たな発想を誘発すると言われている [1]．第 6 章で生成した初期顔集団も多様な候補を提示することによってユーザの発想を支援するものである．新しい表現方法が提示されることで新しい表現のアイデアが浮かび，表現データベースを大きくすることにつながる．一方，意識に上っている「対象人物の印象」の数を増やす部分に関しては，以下の 2 通りの支援ができる．

- 無意識に取得した「対象人物の印象」を意識に上らせる
- 対象人物から新たに印象を取得する

前者の例としては，候補の提示により,「ああ，こんな印象もあったなあ」とユーザに思い出させることである．これは，意識に上っている対象人物の印象の数を増やすことになり，似顔絵がより描きやすくなると考えられる．また，後者の例としては，第 6 章の初期顔集団において，対象人物の顔写真トレースに近い候補も提示されるため，形状の印象に関しては対象人物から新たに取得することが可能になる．つまり，図 3.10 の範囲にとどまらず，対象人物の印象を捉える部分の支援になっていると捉えることができる．

ここまでの議論をもとに，本論文での似顔絵作成システムが似顔絵作成過程のどの部分を支援しているのかを関連づけたものを図 7.1 に示す．支援は，以下のとおりである．

- トレースなどの提示によって，対象人物から新たに形状の印象を取得する

- 候補を提示することで，無意識に取得した「対象人物の印象」を意識に上らせる
- 候補を提示することで，表現データベースを大きくする
- NIGAO によって描画部分を支援する（目標とする品質を達成できた）

ここで，上手く描けないユーザが「上手く描けない」理由を，以下のように簡単に分類してみる．それぞれについて，本論文でのシステムでできる支援を整理する．

A　意識しても印象が捉えられない

B　無意識のうちに取得している印象が意識に上らない

C　印象が意識できていても描けない

A に関しては，すでに取得している印象は意識されているうえに少ない状態であり，第 6 章の初期顔集団でトレース線画に近い候補を見ることで，対象人物の形状という点だけではあるが，印象を取得することができる．B に関しては，候補をユーザに提示することによって，対象人物の新しい印象に気づかせることができる．C に関しては，表現方法データベースが欠如しているので，第 6 章で生成した多様な誇張表現[1]を備えた初期顔を提示することで発想を刺激することができる．以上より，本論文の似顔絵作成システムは，どのような場合であっても，何らかの支援は施されることがわかった．ただし，コンピュータが候補を提示し，最終的にはユーザが選択するという形をとっている以上,「良い候補が出てくる」という偶然性を期待することになる．ここでは，いかにユーザの発想を刺激する候補を提示するかというだけでなく，ユーザがいかに気づけるか・想像力をもって似顔絵作成に臨めるかが重要になってくると思われる．

7.3　経験者と初心者の誇張表現比較を経て

第 5 章では,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説のもと，似顔絵作成の経験者と初心者を実験参加者として似顔絵作成実験をおこなった．また，そこで得られた似顔絵に対し，定性的比較および特徴量による定量的比較をおこない，仮説を示唆する結果を得た．さらに，両者の誇張表現の違い[2]についても考察し，以下の項目が挙げられた．

- 対象人物から特徴を捉える段階での違い
  - 経験者は対象人物の一瞬の表情を捉える傾向がある一方，初心者は時間によって変化する動きや表情よりも，時間によらず共通している形状などから対象人物の特徴を捉える傾向にあった．
- 表現方法のデータベースの違い
  - 経験者は表情を表現するときに顔部品がどのように連携して動くかといった知識が頭の中でデータベースとして構築されている．
- 表現のための目的意識の違い
  - 経験者は，自身が捉えた特徴をどのように表現するか，つまり，どのように自身の表現データベースの中にある表現方法とマッピングさせるかを考えている．一方，初心者は，与えられた顔をどのように変形させるかを意識している．

本項では，初心者には何が足りなかったのかという観点でこれらを考察する．これにより，今後の似顔絵支援システムのあり方を探る．以下，それぞれについて言及していく．

[1] 誇張の大きさだけでなく,「忠実」「面白み」「個性」という点でも多様である．
[2] なお，ここでは経験者も初心者も同じ似顔絵描画ツールを用いたため，脳内印象表現生成までの過程に原因がある．

図 7.1: 本研究での似顔絵作成システムが似顔絵作成過程で支援している箇所

「対象人物から特徴を捉える段階での違い」について

ここでは，対象人物の印象を取得する部分のフローチャート（図 3.9）をもとに議論する．第 5 章では，実験参加者にとって初見の対象人物を用いたため，主観的なバイアスは省かれる．つまり，経験者も初心者も顔動画の情報のみから印象を取得することになる．表情に注目していた初心者もいたので全員に当てはまるわけではないが，経験者と比べて初心者に足りなかった要因として，対象人物からの印象取得の粒度が挙げられる．つまり，同じ対象人物から取得する印象の数が初心者は少ないということである．

初心者が取得する印象の数が少なかった理由としては，以下の 2 つが考えられる．

- 瞬間的に印象を取得する能力が低い
- 印象取得データベースが小さい

まずは，前者について述べる．初心者は瞬間的に印象を取得する経験に慣れていないと思われる．本実験で用いた顔動画では対象人物が動いていたため，表情表出時の口の動きに加えて，頭自体も動いていることが多かった．似顔絵を描くためには，対象人物の形状にも注目しなくてはならない．そのため，初心者は，ある瞬間の形状ではなく,「時間によらず共通している形状」に注目せざるを得なかったのだろう．

次に，後者について述べる．似顔絵経験年数が長いと，似顔絵に描くために対象人物を観察する経験も多いと考えられる．つまり，対象人物のどこに注目するかというデータが初心者よりも多いだろう．初心者でも「表情」の印象は捉えていたかもしれないが,「表情が付加された対象人物の顔形状」のように粒度の細かい印象まで捉えることが必要なのだと考えられる．

「表現方法のデータベースの違い」について

ここでは，取得した印象から脳内印象表現を生成する部分のフローチャート（図 3.10）をもとに議論する．第 5 章では,「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵を作ってください」という指示のもと実施した．これにより,「滑稽に」とか「誇張して」などのように誘導することなしに，純粋に「どこに本人らしさを捉えるか」が反映されることとなったはずである．しかし，たとえ，初心者が対象人物の表情に印象を捉えたとしても，それを表現するデータベースが無かったが故に，形状の印象を反映しようと思ったのかもしれない．初心者は表現データベースが小さいことによって，反映できる印象も制限される可能性もあったのだろう[3]．

「表現のための目的意識の違い」について

この考察により，経験者は「ある程度の目標とする顔を思い描き，それに向かって作成する」というのに対し，初心者は,「与えられたものをベースに，修正・発想していく」という形の似顔絵作成であることがわかった．つまり，初心者は，大まかなゴールを思い描けるほどの想像力がないと考えられる．

以上の議論から，脳内印象表現を生成するまでの過程で初心者にとって必要なる支援は，以下のようになる（要件 A とする）．

- 対象人物から多くの印象を取得できるような支援

[3]第 5 章の実験では，経験者が初心者と違う部分として「表情に注目すること」と「大きく誇張すること」というのが考察されたが，どちらの要素がより本質的なのかを知ることは今後の似顔絵作成支援を考えるうえでは重要であろう．

- 表現方法のデータベースを大きくする支援
- 想像力を刺激する支援

ちなみに，7.2 では，本論文のシステムで目標となる似顔絵を作るために必要な支援について検討し，以下のようになっていた（要件 B とする）.

- 意識に上っている「対象人物の印象」の数を増やす支援
- 表現方法データベースを大きくする支援

ここで，本論文のシステムによる支援で必要と考えられた要件 B と，経験者と初心者との誇張表現比較から導かれた「初心者にとって必要となる支援（要件 A)」を比較する．それにより，今後の似顔絵作成支援のあり方について考察する．

まず，一つ目を比較する．どちらも,「どのような印象を表現するかを決める際の選択肢を増やす」という意味ではあるが，要件 A では対象人物を見ながらの似顔絵作成実験から導かれたのに対し，要件 B では対象人物を見ないで似顔絵を作成するシステムを想定して導いていたため，前者では「対象人物から多くの印象を取得する」というのに対し，後者では「（以前すでに取得した）対象人物の印象を多く意識に上らせる」ということに相当する．これは，今後「対象人物を見ながら似顔絵を作成する状況」で支援システムを考えたとき，今までの要件に加えて対象人物からの印象取得の粒度を細かくするような支援も必要になるということである．例えば，目の前の対象人物の「ここに注目するといいよ」という候補を提示するなどである．

二つ目の「表現方法データベースを大きくする支援」はどちらも共通している．

要件 A の「想像力を刺激する支援」というのは，似顔絵作成支援システムに置き換えて考えると，ユーザが提示されたものを単に組み合わせるだけではなく，提示されたものに発想を得て,「どういう似顔絵を作りたいか」という大まかな目標を掲げながら似顔絵作成をできるようにする支援だとみなすことができる．

7.4　本章のまとめ

本章では，本論文の似顔絵作成システム（第 4 章，第 6 章）の結果を通じて明らかになった点を，第 3 章で作成した似顔絵作成過程フローチャートをもとに議論し，本論文の似顔絵作成支援システムが似顔絵作成過程のどの部分を支援しているのか考察した．その結果，以下のような支援をしていることが明らかになった（図 7.1）.

- トレースなどの提示によって，対象人物から新たに形状の印象を取得する
- 候補を提示することで，無意識に取得した「対象人物の印象」を意識に上らせる
- 候補を提示することで，表現データベースを大きくする
- NIGAO によって描画部分を支援する（目標とする品質を達成できた）

また，経験者と初心者との誇張表現比較（第 5 章）から導かれた結果をふまえ，今後どのような似顔絵作成支援システムの可能性があるかを検討した．その結果，対象人物を見ながら似顔絵を作成する状況で支援を考えるときは，対象人物からの印象取得の粒度を細かくするような支援が必要になるということがわかった．また，ユーザが提示されたものを単に組み合わせるだけではなく，提示されたものに発想を得て,「どういう似顔絵を作りたいか」という大まかな目標を掲げながら似顔絵作成をできるようにする支援も必要であると考えられた．

参考文献

[1] 伊庭 斉志 :“ 遺伝的アルゴリズムの基礎 ”, オーム社（1994）.

第8章

結論

8.1　本論文の主たる成果

本論文での主たる成果についてまとめる．

本論文では，誰にでも「プロの似顔絵画家が描いたような面白みのある似顔絵」を作ることができるような支援を目指し，主に工学的な立場から以下の方法で支援を試みた．

- コンピュータによる似顔絵作成支援システムの開発（第 4 章，第 6 章）
- 似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現の分析（第 5 章）

なお，研究を進めるにあたって，似顔絵作成過程をモデル化し，作者によって個人差が生じる部分を整理した（第 3 章）．

以下，本論文での成果を簡単にまとめる．

似顔絵作成過程のモデル化

第 3 章では，似顔絵を学問として扱うために，似顔絵作成過程をフローチャートとしてモデル化し，似顔絵に個人差を生じる要素を整理した．さらに，そのフローチャートをもとに，本研究で行う似顔絵作成支援の形を議論した．その結果，以下のような項目が挙げられた．

- 「ユーザからみて『似ている』似顔絵」を目指す
- できるだけユーザの個性が出せるような支援を目指す
- 対象人物の印象を捉える部分をユーザに任せ，他の部分をコンピュータで支援する．

なお，似顔絵作成システムに必要な条件としては，以下のものが考えられた．本研究では，これを指針として似顔絵作成システムを設計した．

- 似顔絵モデル：表現範囲が広く，絵としての完成度が高い
- 似顔絵作成インタフェース：印象を反映できるように似顔絵モデルの表現力を引き出すことができる

コンピュータによる似顔絵作成支援システムの開発

第 4 章では，似顔絵モデル，および，似顔絵モデルから所望の似顔絵を導き出すインタフェースの点から検討し，似顔絵作成システム NIGAO を設計・実装した．

似顔絵モデルに関しては，従来研究で使用されていたものよりも自由度の高い似顔絵パラメータを設計することにより，従来研究の似顔絵合成と比べてより多くの表現パターンが実現でき，似顔絵の表現力を向上させることができた．

似顔絵作成インタフェースに関しては，顔の印象には「顔部品の位置形状」と「（形状だけでは表現できない）顔全体の雰囲気」が影響しているという観点から，主に顔全体の雰囲気を操作する「対話型 GA を用いた似顔絵進化機能」の他に，ユーザが顔部品の位置形状を直接操作できる「顔部品選択・位置形状調節機能」を導入し，これら 2 つを適宜組み合わせるという似顔絵作成方法を提案した．

また，NIGAO の印象反映インタフェースの評価実験として，実験参加者 15 人に対し，NIGAO を用いて頭の中のイメージをもとに似顔絵を作成してもらった．その結果，顔部品選択・位置形状調節機能のみを用いてユーザの直接操作によって作成した似顔絵よりも，その後さらに対話型 GA による似顔絵進化機能を用いることでよりイメージに近づくことがわかり，NIGAO の似顔絵

図 8.1: NIGAO の展示会の様子（東京大学コミュニケーションセンターにて）

作成インタフェースの有効性が示された．また，アンケートにより，NIGAO がユーザ操作に耐えうるシステムであることも示された．

第 6 章では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画を用いることで，ある程度特徴を捉えた状態で探索空間を絞りつつ，そこから多様な誇張表現を備えた似顔絵を自動生成することで，ユーザが所望の誇張表現を反映できるような似顔絵作成支援を目指した．まず，13 人の似顔絵画家が作成した似顔絵の誇張表現をニューラルネットワークで学習することにより,「似顔絵画家の誇張規則」を実装した．さらに,「平均顔からの差分操作」「突然変異」を加えた 3 タイプの誇張によって初期顔集団を作成し，そこから対話型 GA で似顔絵を作成するシステムを実装した．

また，似顔絵画家の誇張規則と平均顔からの差分操作の特徴を明らかにするため，13 人の実験参加者を対象に，それぞれの誇張で自動生成した初期顔集団から似顔絵を作成してもらった．その結果，前者は「個性的な似顔絵」「面白みのある似顔絵」に，後者は「対象人物を忠実に表現した似顔絵」になることがわかり，両方の誇張を用いることでユーザの嗜好に柔軟に対応できることが示唆された．

NIGAO およびその似顔絵作品は何度か展示会にも出展されており，研究用ツールというだけではなく，作品としての価値も評価されている．また，商業誌のイラストの仕事も依頼された．多くの実力あるイラストレーターがひしめく現在，マスコミのイラスト制作の仕事を獲得するのは非常に困難であり，本研究の似顔絵の質の高さが社会的に認められたのだと考えられる．今後はこのような展示会などを通して多くの人に親しんでもらうと同時に，そこでのコメントを反映させながら，多くの人が使いやすいシステムにしていく必要があると感じている．なお，図 8.1 は展示会の様子である．

似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現の分析

第 5 章では,「似顔絵作成の際，経験者は初心者よりも大きく誇張する傾向にある」という仮説のもと，似顔絵作成の経験者と初心者を実験参加者として似顔絵作成実験をおこなった．また，そこで得られた似顔絵に対し，定性的比較および特徴量による定量的比較をおこない，仮説を示唆する結果を得た．さらに，経験者と初心者の誇張表現の違いについても考察した．その結果，以

下の項目が挙げられた．

- 対象人物から特徴を捉える段階での違い
- 表現データベースの違い
- 表現のための目的意識の違い

ここでは，経験者が対象人物から印象を取得する際に，動き，特に，表情が大きな手がかりになっていると考えられる．そして，それを表現するためには，多くの表現方法を知っている必要があるとも考察できた．さらに，似顔絵作成において，経験者は一から作ることができるのに対し，初心者は提示されたものを頼りにしていることも考えられた．

考察

第 7 章では，本論文の似顔絵作成システム（第 4 章，第 6 章）の結果を通じて明らかになった点を，第 3 章で作成した似顔絵作成過程フローチャートをもとに議論し，本論文の似顔絵作成支援システムが似顔絵作成過程のどの部分を支援しているのか考察した．その結果，以下のような支援をしていることが明らかになった（図 7.1）．

- トレースなどの提示によって，対象人物から新たに形状の印象を取得する
- 候補を提示することで，無意識に取得した「対象人物の印象」を意識に上らせる
- 候補を提示することで，表現データベースを大きくする
- NIGAO によって描画部分を支援する（目標とする品質を達成できた）

また，経験者と初心者との誇張表現比較（第 5 章）から導かれた結果をふまえ，今後どのような似顔絵作成支援システムの可能性があるかを検討した．その結果，対象人物を見ながら似顔絵を作成する状況で支援を考えるときは，対象人物からの印象取得の粒度を細かくするような支援が必要になるということがわかった．また，ユーザが提示されたものを単に組み合わせるだけではなく，提示されたものに発想を得て,「どういう似顔絵を作りたいか」という大まかな目標を掲げながら似顔絵作成をできるようにする支援も必要であると考えられた．

8.2　今後の課題と展望

本節では，本研究によって明らかになった今後の課題をまとめ，将来の展望について述べる．

8.2.1　似顔絵モデルの表現力向上

本論文では，目標とする似顔絵の質をほぼ再現することができた．しかし，より様々な表現ができるようにすることで，よりユーザの嗜好や個性を反映できると考えられる．ここでは，より豊かな表現力をもった似顔絵モデル設計に向けて，いくつかのアプローチを挙げる．

より詳細な髪型表現

本論文では，髪型サンプル集から描きおこして選び出した 40 種類の「細かい髪要素」を，図 4.11 のように近似することで 4 種類の特徴点パターンで表現した．ここでは髪型をおおまかに表現したが，プロが描いたような完成度の似顔絵を作成するためにはより詳細な髪型の表現が必要になっ

図 8.2: 髪の表現の可能性

図 8.3: 同じ線で表現された目（(a)：白目なし，(b) 白目あり）

てくる．今後，特徴点パターンを増やすことにより，さらに詳細な髪型表現が可能になると思われる．

色の表現についての工夫

本論文では，簡単のため，ベタ塗りで似顔絵の色を表現した．今後，図 8.2 のように様々なパターンでの表現や，特徴点が用意されていない部分の色（髪の光やほっぺたの赤い部分など）の表示ができれば，より個性のある似顔絵作成が可能になる．また，すでに特徴点が用意されている部分についても，属性で切り替えることによって様々な色の付け方を表現することが可能である．例えば，図 8.3 のように，同じ線（つまり，同じ特徴点座標値）で表現されていても，彩色の仕方が変わることによって印象も変わってくる．

正面顔以外への対応

現在の似顔絵モデルは正面に限ったものである．しかし，似顔絵画家としての経験から，正面以外からのほうが特徴を表現しやすいと感じることが多かった．現在の似顔絵モデルだけではなく，例えば図 8.4 のような 3 次元ワイヤーフレームモデルを組み合わせることなどによって，正面以外の表現もできるようにすることが考えられる．

8.2.2　印象可視化ツールとしての応用

経験上，同じ似顔絵に対する評価が見る人によって全く異なることがしばしばある．同じ対象人物に対しても，抱く印象は人それぞれである．また，その印象や対象人物との交流などを通じて，好き嫌いなどのように，その人に対する感情にも影響が出てくる．自分自身で気付いていなくても，無意識のうちに様々な印象を抱いているかもしれない．

実際，似顔絵にしてみると，作者自身も気付いていなかった無意識に抱いている印象が似顔絵に表れるのではないだろうか．NIGAO で作成された似顔絵を分析することにより，作者が無意識に抱いている印象も読み取れるのではないだろうか．このように NIGAO を似顔絵可視化ツー

図 8.4: 3 次元ワイヤーフレームモデル

ルとして用いることで，様々な研究に応用できると考えられる．

例えば，見る人の立場の違いによって同じ相手から受ける印象がどのように変わるかを考察することができる．例を以下に挙げる．

- 関係の深さによって印象が変わってくるか
- 子供と老人では捉える印象が変わるか
- 自分自身に対する印象と他人が見た自分の印象は変わってくるか

8.2.3　似顔絵画家の誇張表現データの応用

第 5 章では，13 人の似顔絵画家から 4 人の対象人物について誇張表現データを取得した．これほどの人数の似顔絵画家から定量的な誇張表現データを取得した例は，従来研究には見当たらない．このデータを用いた研究は新規性が伴うため，他にも様々な応用・分析ができるのではないかと期待できる．

例えば，以下のようなものが考えられる．

- 経験者同士での誇張表現の定量的比較
- 主成分分析などの統計的手法を用いて，経験者と初心者とを判別する「軸」を探す
- 経験者の誇張表現を機械学習した誇張規則を複数の典型的な顔に適用し，その出力を分析することで，各経験者の誇張の「本質」を探る．
- エンタテインメント分野や教育への応用

8.2.4　「似顔絵学」の構築

似顔絵は以下のように様々な学問に関連する．

- 認知心理学
- 感性工学
- 社会心理学
- 社会学

- 美術・芸術学
- メディア学
- 教育学
- 顔学
- コミュニケーション工学
- 哲学

第 3 章では似顔絵作成過程のモデル化を行なったが，このような作業をするうえでは広い視点が求められる．今後，似顔絵を学問としてとらえ，数多くの分野の研究者が議論し交流する媒介として「似顔絵学」なるものを構築していくことが，似顔絵画家であり研究者でもある筆者の役割であると感じている．似顔絵作成過程フローチャートが似顔絵学構築に向けての一つの役割を担えれば幸いである．

付録 A

第 5 章の似顔絵作成実験で経験者および初心者が作成した似顔絵

第 5 章では，対象人物の無表情顔写真をトレースした線画を初期顔とし，そこから似顔絵描画ツールを用いて「対象人物の特徴を上手に表現した似顔絵」を作成してもらった．ここでは，似顔絵作成実験で経験者および初心者が作成した似顔絵を紹介する．

以下，似顔絵作成実験（対象人物 A〜D）および実験前練習（対象人物 E）で使用した初期顔を図 A.1 に示す．また，経験者および初心者が作成した似顔絵を図 A.2〜 A.11 に示す（それぞれの対象人物で作者の順序が同じになるように配置した）．

(a) 対象人物 A　(b) 対象人物 B　(c) 対象人物 C

(d) 対象人物 D　(e) 対象人物 E

図 A.1: 第 5 章の似顔絵作成実験および実験前練習で使用した初期顔

図 A.2: 経験者が作成した対象人物 A の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.3: 初心者が作成した対象人物 A の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.4: 経験者が作成した対象人物 B の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.5: 初心者が作成した対象人物 B の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.6: 経験者が作成した対象人物 C の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.7: 初心者が作成した対象人物 C の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.8: 経験者が作成した対象人物 D の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.9: 初心者が作成した対象人物 D の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.10: 経験者が作成した対象人物 E の似顔絵（左上は初期顔）

図 A.11: 初心者が作成した対象人物 E の似顔絵（左上は初期顔）

発表文献

[1] 中洲 俊信，チャンドラシリ N.P.，苗村 健，原島 博：“ 対話型似顔絵作成システム NIGAO ”，映像情報メディア学会論文誌，Vol.61，No.6，pp.779–788（2007.6）.
［ 丹羽高柳賞 論文賞 受賞 ］

[2] 中洲 俊信，苗村 健，崔 昌石，原島 博：“ 似顔絵作成における経験者および初心者の誇張表現の違いに関する基礎検討 ”，日本顔学会論文誌，Vol.8，No.1，pp.65–75 （2008.10）.

[3] 中洲 俊信，苗村 健，原島 博：“ 似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した対話型似顔絵作成システムに関する基礎検討 ”，映像情報メディア学会論文誌（2009.9）.（投稿中）

[4] Toshiaki Nakasu，Naiwala P. Chandrasiri，Takeshi Naemura，Hiroshi Harashima，“ NIGAO:Interactive Facial Caricature Drawing System using Genetic Algorithm ”，ACM SIGGRAPH2005 Posters，No.33（2005.8）.
［ selected for Student Research Competition (SRC) ］

[5] 中洲 俊信，N. P. Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ 対話型遺伝的アルゴリズムを用いた似顔絵作成 ”，電子情報通信学会技術報告，HIP2002-68，Vol.102，No.735，pp.31–36（2003.3）.

[6] 中洲 俊信，N. P. Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ 対話型 GA を用いた似顔絵作成システムの検討 ”，第 8 回日本顔学会大会，O-1-3，pp.144（2003.9）.

[7] 中洲 俊信，N. P. Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ 対話型 GA を用いた似顔絵作成におけるユーザ意思反映の検討〜顔部品選択・位置形状調節機能の導入〜 ”，第 9 回日本顔学会大会，O-5-1，pp.194（2004.9）.

[8] 中洲 俊信，チャンドラシリ N. P.，苗村 健，原島 博：“ 対話型 GA を用いた似顔絵作成における髪モデルの検討 ”，電子情報通信学会技術報告，CQ2004-115（MVE2004-55），Vol.104，No.632，pp.7–12（2005.1）.

[9] 中洲 俊信，N.P. Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ 対話型似顔絵作成システム NIGAO〜髪要素モデルの導入〜 ”，第 10 回日本顔学会大会，O-5-4，pp.185（2005.9）.
［ ベストアピール賞（一般講演の部）受賞 ］

[10] 中洲 俊信，チャンドラシリ N.P.，苗村 健，原島 博：“ 対話型似顔絵作成システム NIGAO における印象反映インタフェースの評価 ”，第 2 回デジタルコンテンツシンポジウム，5-1（2006.6）.

[11] 中洲 俊信，苗村 健，崔 昌石，原島 博：“ 似顔絵作成における誇張の個人差に関する基礎検討 ”，第 12 回日本顔学会大会，O-5-4，pp.227（2007.9）.

[12] 中洲 俊信，苗村 健，原島 博：“ 似顔絵画家の多様な誇張表現手法を反映した似顔絵作成システムに関する基礎検討 ”，電子情報通信学会技術報告，IE2008-49（MVE2008-43），Vol.108，No.127，pp.95–100（2008.7）.

[13] 中洲 俊信，苗村 健，原島 博：“ 似顔絵画家の多様な誇張表現を遺伝的アルゴリズムで掛け合わせる似顔絵作成システム ”，第 13 回日本顔学会大会，O-3-3，pp.182（2008.10）.

[14] 中洲 俊信：“ nIGAoe ”，学際情報学府制作展 iii exhibition 1（2004.7）.（作品展示）

[15] 中洲 俊信：“ NIGAO ”，学際情報学府制作展 iii exhibition 3（2005.7）.（作品展示）

[16] 中洲 俊信，N.P.Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ NIGAO ”，東京大学コミュニケーションセンター企画展（2005.12–2006.3）.（作品展示）

[17] 中洲 俊信，N.P.Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ NIGAO：対話型 GA を用いた似顔絵作成システム ”，第 11 回日本顔学会大会，特別企画展示 1「似顔絵生成にみる顔学の魅力」（2006.9）.（作品展示）

[18] 中洲 俊信，N.P.Chandrasiri，苗村 健，原島 博：“ NIGAO：対話型 GA を用いた似顔絵作成システム ”，文の京・大いなる学びシリーズ第 1 回 文京区制 60 周年記念事業 東京大学 130 周年記念事業「ひとの顔／まちの顔」トーク＆ショーイング,「似顔絵体験ワークショップ 〜ぼくの顔，わたしの顔〜」（2007.8）.（作品展示）

[19] 中洲 俊信：“ 映像現場訪問記「国立天文台」 ”，映像情報メディア学会誌，Vol.58，No.4，pp.494–497（2004.4）.

[20] 中洲 俊信，チャンドラシリ N.P.，苗村 健，原島 博：“ 対話型似顔絵作成システム NIGAO ”，画像ラボ（日本工業出版），Vol.19，No.1，pp.25–28（2008.1）.

[21] 中洲 俊信 & 似顔絵作成システム NIGAO：“ 編集後記イラスト ”，週刊サッカーダイジェスト（（株）日本スポーツ企画出版社），Vol.917〜（2007.10〜）.

[22] 中洲 俊信：“ 特集記事内イラスト ”，月刊宝島（（株）宝島社），No.677，pp.52–57（2008.10）.

謝辞

本研究を進めるにあたり，学部時代から 7 年間にわたって終始ご指導をいただいた原島 博 教授に，この場を借りて深く感謝の意を表させていただきます．お忙しい中にもかかわらず，熱心に議論してくださり，幅広い視野から的確なご助言をいただきました．また，素晴らしい研究環境を与えていただき，充実した研究生活を送ることができました．

また，いつも親身になって支えてくださった苗村 健 准教授に深く感謝致します．研究の詳細に至るまでご指導をいただき，研究テーマや評価実験のアイデアを形にするうえでの詰め方を教えていただきました．また，学会原稿執筆や学会発表のいろはも手取り足取り教えていただきました．

崔 昌石 教授には，1 年間という短い期間でしたが，熱心に議論してくださり，情報処理工学に限らず顔学の見地からもご助言をいただきました．改めて御礼申し上げます．

東京大学の佐々木 正人 教授，佐藤 隆夫 教授，荒川 忠一 教授，山口 泰 教授には，博士コロキウムや中間審査会を通じて，博士論文をまとめるうえで本質的な側面からご指摘をいただきました．また，輿水 大和 教授（中京大），金子 正秀 教授（電気通信大），山田 寛 教授（日本大）には，筆者のために長い時間を割いていただき，顔研究の立場からご助言をいただきました．ありがとうございました．

（株）星の子プロダクションの秋久 幸士 社長には，似顔絵アーティストとして活動する機会を与えていただきました．似顔絵アーティストとしての活動ができたことは，本研究の発想を得るうえで非常に重要なものとなりました．また同プロダクションの小河原 智子 氏をはじめ，多くの似顔絵アーティストの方たちには，熱心な議論や実験への参加などを通じて多大な協力をいただきました．これが本研究の強みであると確信しています．この場を借りて感謝いたします．

そして，原島･苗村研究室の皆様，OB の皆様にもお世話になりました．Naiwala Pathirannehelage Chandrasiri 博士（現・トヨタ自動車株式会社）には，学部・修士過程の 4 年間にわたり面倒をみていただき，大変お世話になりました．大谷 智子 氏，東山 薫 氏には，心理学的見地から評価実験に関するアドバイスをいただきました．また，すべての方のお名前を挙げることはできませんでしたが，研究に関する議論だけでなく研究生活全体を盛り上げていただいた皆様に，この場をお借りしまして心から御礼申し上げます．

最後に，研究のみならず私生活の面でも筆者を支えてくださった友人，そして家族への感謝の言葉をもって本論文の結びとさせていただきます．

2009 年 1 月 30 日

中洲 俊信