

## 解析的な手法を用いたトップダウン顎輪郭抽出 Analytical Method for Extracting Jaw Contour and Preliminary Consideration

星野 喬之† 藤原 孝幸† 奥水 大和† 秦野 やす世†  
Takayuki Hoshino Takayuki Fujiwara Hiroyasu Koshimizu Yasuyo Hatano

### 1. はじめに—COOPERの概要と課題

似顔絵生成システム PICASSO[1]の研究・開発を行っているがその一環で、愛知万博に出展した似顔絵ロボット COOPER[2]の似顔絵生成システムも開発した。

COOPERは、海老せんべい表面を半導体レーザーで焦がし線画で顔を描画することにより体験者の似顔絵を図1に示すように出力する。人の顔画像を取得し似顔絵を自動生成するシステムは他の事例[3-4]でも見られるが、本事例のように万博パビリオンという大舞台上でフィールドテストを行った報告は他に無く、様々な人種年代の顔画像を得ることを含めての総合的意義は非常に大きいと考えられる。

COOPERの外観は図2であり、その画像処理部は、CCDカメラを用いて図3のような正面の顔画像を撮像し、その画像から顔特徴抽出を行い、PICASSOシステムと同様のデフォルメ方式にて似顔絵を作成するものである。入力顔画像に対して、最初に肌色抽出を行い(図4)、瞳、鼻孔認識をし、それらより階層的に目、鼻、口、耳の存在領域を抽出する(図5)[5]。顔の器官部品の他に髪の毛領域(図6)を定義し、それぞれの特徴量が検出される。得られた顔特徴量より、新たに設計されたPICASSO-2システムのデータフォーマットによる顔部品の定義を行い、顔データとして作成し、任意の顔表情にて誇張処理を行う(図7)。最終的には、似顔絵を描画する線画を構成する251特徴点を抽出し、出力の際には似顔絵の品質(顔形状としての妥当性)をfail-safeモジュールにおいて、判定・顔データ修正が施される。本システムの最後にfail-safeのモジュールを用意した。これは、似顔絵品質の多少の劣化を犠牲にしても、顔画像処理システムとして似顔絵の出力を「破綻することなく完遂する」ことをシステム設計の絶対条件としたためである。このモジュールの導入により、似顔絵作成の成功率は90%を超えた。10%の失敗事例の多くは顎領域からの顎特徴点の抽出の失敗に起因することが分かった。成功例は、図8に示すように顎領域が適正に抽出され、顎部分が正しく認識される。一方、喉との境界や髪の色が肌の色に近い場合、図9のように顎領域が特定できない結果が得られる。その他、男性の場合においては髭が原因して顎部抽出が失敗する事例も散見された。



図1 似顔絵出力例



図2 COOPER 外観



図3 原画像



図4 肌色抽出



図5 顔部品抽出



図6 髪領域

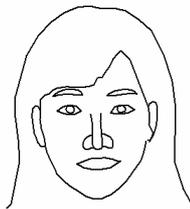


図7 似顔絵出力



図8 顎部分抽出



図9 顎抽出失敗

### 2. 解析的トップダウン処理

#### 2.1 ボトムアップ処理による画像処理と問題点

顔画像に対し、輪郭抽出のための様々な画像処理研究が行われている。[6-7]。

顎検出に応用しうる画像処理基本技法の中で、特に輪郭線抽出に対しては形状認識のsnakesがある。snakesは動的に輪郭線を抽出する技術である。しかし、処理実装において実行時間と計算に要する記憶容量を多く必要とする。これらの要因により、リアルタイムに処理することが困難になると考えられる。

顎輪郭のような多様な任意形状の輪郭線を抽出するためには、一般化Hough変換があげられる。Hough変換原理は円検出と直線検出には多用されているが、一般化Hough変換は、同様に計算時間もメモリコストも実用的でない。

#### 2.2 トップダウン処理による提案手法の概要

上記の従来手法に加えて、部品認識技術のようなボトムアップな部品認識処理のみでは解決困難な問題に対する解決策として、部品形状の解析的性質を基礎においたトップダウン処理手法を提案する。

具体的には、特徴点抽出までは従来のボトムアップ処理を行い、得られた特徴点の解析と輪郭線の描画をトップダウン型の数値解析的な手法を適用する。

#### 2.3 予備実験処理とシステム前処理の概要

顎の形状は人によって非常に異なるが、主な形状は3種類に分類できる。一つは図10のような形状である。次に図11は、頬部分のえらが張った形であり、両端で特徴点が横方向で密集しているのが特徴である。図11の形状の場合、特徴点が横方向で疎な部分と密な部分に分かれているため、解析が困難な場合が観察された。最後に図12は頬の部分が円弧状になっている場合である。図12の場合

は、縦・横方向に見た場合、一価関数によっては特徴点を抽出順番に解析することが出来ない難点が発生する。このような難点を避けて、様々な顎形状解析に対応するため、以下のような手法を導入した。

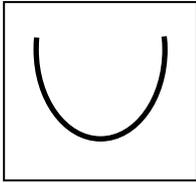


図 10 顎形状 1

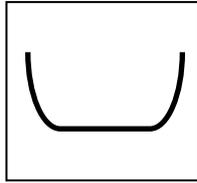


図 11 顎形状 2

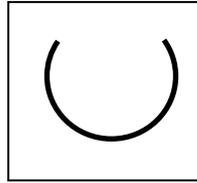


図 12 顎形状 3

与えられた顎部分の特徴点を用いて、 $x-y$ の直交座標系から $\theta-\rho$ 曲座標系に変換する。そのために、全ての特徴点から $x$ の最大と最小の値の平均値を求め、またその最大と最小の $x$ の値に対応する2点の $y$ 座標値の平均値を求める。この $x$ と $y$ の値を原点とするように各特徴点を平行移動すると図13の位置から図14の位置になる。さらに全ての特徴点を $\pm 1$ の範囲にスケール変換する。変換された特徴点を曲座標系にする。極座標系に変換すると、顎輪郭部分の特徴点は図15のようになる。極座標系で表現することにより一価関数による解析が容易となる。図15は図10の場合であり、このように座標系を変換し、正規化することで顎の形状をより容易に解析が行える。

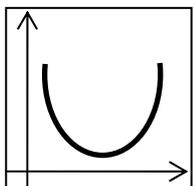


図 13 平行移動前

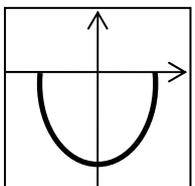


図 14 平行移動後

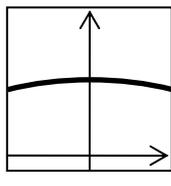


図 15 座標系変換後

### 3. 実験と考察

#### 3.1 実験方法

HOIP 顔データベースの PICASSO データ[9]を用いて実験を行い、顔輪郭の曲線の推定を行った。実験に用いたデータは、比較的顎境界が判別しやすい20代の女性のデータで、顎部分のみを対象にして実験を行った。抽出された顎輪郭データは直交座標系で表現されており、これを上記の手法で極座標系に変換して実験に供した。実験で用いた曲線推定の手法は線形最小二乗法である。次数は固定値では行わずに、特徴点数に対応した最小次数から最大次数までを解析し、それぞれ推定された曲線のパラメータを用いて、AICによる解析を行った。その結果で最適次数を自動決定するようにした。AICは式(1)で評価される。 $n$ は次数、 $S$ は残差二乗和である。

$$AIC_n = n \cdot \log(S_n) \quad (1)$$

最小の値となったAICの次数を採用するようにした。

#### 3.2 実験結果と考察

実験結果は、直交座標系のまま解析したときは形状に関係なく次数が2であった。正規化し極座標系に変換してからの結果は形状によって選ばれる次数が変化した結果が得

られた。これによって、より顎形状の解析がしやすくなったといえる。次数は最大で8次、最小で1次、平均で2次である。1次は傾きが小さいため、中心点から各特徴点までの距離がほぼ等しいときに選択された。2次の場合は中心点から顎の頂点までの距離に特徴があるときに選択された。8次や2次よりも大きい次数は図11のような特徴の多い形状の場合に選択された。

図16は図11の形状の例である。図17は特徴点抽出した結果である。図18は図14までの処理をして曲線推定した結果である。図19は極座標系で曲線推定をし、直交座標系に変換した結果である。図18と図19を比較すると図19の方が曲線と特徴点の差が小さいことが分かった。

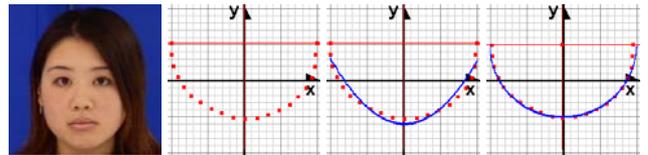


図 16 原画像 図 17 特徴点 図 18 結果 1 図 19 結果 2

### 4. むすび

不十分な顎輪郭特徴点を与えられた場合でも、顎の概形状を解析曲線にて良好に表現できた。また、今後は顎サンプルを増やした実験を行い、提案手法の性能向上を図る。更に、提案手法を顎以外の顔部品輪郭抽出にも適用する。また、平均顔データに対しても提案手法を適用し、似顔絵生成におけるデフォルメの新しい機構の導入する。

### 参考文献

- [1] 奥水大和: 似顔絵のコンピュータ生成, 映像メディア学会誌 (小特集: 人体と顔の画像処理), Vol. 51, No. 8, pp.1140-1146 (1997)
- [2] 藤原孝幸, 渡辺隆, 舟橋琢磨, 奥水大和, 鈴木勝也: 似顔絵ロボット COOPER の愛知万博におけるフィールドテストと今後の技術的課題, 第12回画像センシングシンポジウム SSII06, L-39 (2006)
- [3] 瀧川えりな, 細井聖, 川出雅人: 顔による性別・年代自動推定技術@face, 日本顔学会誌, 2002, Vol.2, No.1, p.171 (2002)
- [4] NTT 東日本: きゃらフェース, <http://www.ntt-east.co.jp/Lmode/release/campaign.html>
- [5] T.Funahashi, T.Fujiwara, M.Tominaga, and H.Koshimizu: Hierarchical Face and Facial Parts Tracking and Some Applications, Prod. of 7th International Conference on Quality Control by Artificial Vision, pp.305-310, Japan (2005)
- [6] 仲尾望, 大山航, 若林哲史, 木村文隆: 一般化 Hough 変換を用いた正面顔画像からの正中線検出, 平成 18 年度電気関係学会東海支部連合大会, O-507 (2006)
- [7] 鈴木雄仁, 斎藤英雄, 小沢慎治: GA によるだ円当てはめと SNAKES を用いた任意背景からの顔輪郭抽出法, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J80-D2, No. 8, pp. 2186-2193 (1997)
- [8] 藤原孝幸, 牛木里奈, 多賀真理子, 奥水大和: 顔部品間の関係の統計的分析による顔の属性判別手法の提案, 日本顔学会誌, Vol.2, No.1, pp.25-38 (2002)