

B-Spline 当てはめを用いた形状誇張空間の導入 Introduction of Shape Deformation Space by B-Spline Fitting

星野 喬之† 舟橋 琢磨‡ 藤原 孝幸‡ 輿水 大和‡ 秦野 やす世†

Takayuki Hoshino Takuma Funahashi Takayuki Fujiwara Hiroyasu Koshimizu Yasuyo Hatano

1. はじめに

筆者らは似顔絵生成システム(以下 PICASSO-2)の研究、開発を行っている。顔認識の自動化に成功した PICASSO-2 の顔部品データを用いて、筆者らは更に顔部品形状認識と新しい誇張法導入の研究を行っている。この処理はボトムアップのみでは限界があり、本研究では得られた顔部品の輪郭データから解析的に曲線を推定し、連続した輪郭エッジデータを得ることにより、顔部品という枠組みでのトップダウン機構を導入して、自然で滑らかな輪郭を再現と誇張することを提案する。本論文では、顔部品の中でもとりわけ検出し難い顎を対象にした。具体的には、トップダウン処理機構として解析曲線の当てはめ手法を提案して実験的検証を行ったので、その結果と共に報告する。

2. PICASSO-2 の概要

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]も開発した。PICASSO-2 は、CCD カメラを用いて顔画像を撮像し、画像処理を用いて顔特徴抽出を行い、似顔絵を自動生成し提示する。似顔絵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。

2.1 PICASSO-2 の顔部品認識

顔画像処理システムでは、撮像された顔画像より最初に瞳、鼻孔認識をし、それらより階層的に目、鼻、口、耳の存在領域を定義する^[5]。顔の器官部品の他に髪の毛領域、肌色領域を定義し、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。最終的には、似顔絵を描画する線画を構成する 251 特徴点を抽出する。また、出力の際には似顔絵の品質(顔形状としての妥当性)を判定し顔データに修正を施すために、本システムの最後に fail-safe 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。

2.2 似顔絵の生成

前節までで得られた顔器官部品、および顔輪郭特徴点列を用い、PICASSO-2 フォーマットによる 251 点の顔特徴点により COOPER の顔を定義する。この入力顔データ P に対し、予め用意してある平均顔 S との比較計算し、PICASSO システムにおける似顔絵生成式(1)を用いて図 9

に示すような似顔絵を生成する。

$$Q_i = P_i + b \cdot (P_i - S_i) \quad (1)$$

ここで誇張率 b は予備実験において、似顔絵として誇張が認識され、かつ顔の形状(顔としての妥当性)が良好であった 0.28 とした。 i は特徴点の番号である。また、2.1 節で得た、出力される 3 種の表情に対応する平均顔を用いた似顔絵を生成するため、平均顔のデータセットは 3 種類とした。

2.3 従来誇張法の問題点

従来手法では、顔写真の撮影された距離から顔の大きさに依存しているため、顔全体の大きさからの誇張はできるが、顔部品ごとにおける誇張、および部品内における特徴の誇張が困難である。

顔画像に対し、輪郭抽出と形状認識のための様々な画像処理技術を用いた研究が行われている^[6-8]。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し、形状を決定する技術である。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。また、二次関数による当てはめ^[8]による研究も存在するが区分ごとに二次関数を作成するために、関数の係数から形状全体の特徴を把握しにくい問題がある。

3. B-Spline 曲線を用いた誇張法

PICASSO-2 の似顔絵は直線で構成されている。新しい似顔絵の表現方法は滑らかな B-Spline 曲線を用いて表現する。画像の大きさによって描画に必要な点数は異なってくる。また、顔部品特徴点データの大きさを圧縮するためである。B-Spline 曲線は、節点と曲線のパラメータによって復元される。本論文では、あごを対象としている。

3.1 B-Spline 曲線の概要

B-spline 曲線は以下の式で定義される。

$$f(t) = \sum_{j=-k+1}^{n-1} c_j B_{j,k}(t) \quad (2)$$

係数 c は、曲線のパラメータとなり、 k は階数であり(次数は $k-1$ である)、 $n+1$ は節点の数、 B はスプラインの基底関数である。 B は唯一に決定される。しかし、 c を決定するにはいくつか方法がある。ここでは最小二乗基準により定める。

3.2 B-Spline 曲線の誇張への応用

PICASSO-2 における誇張法は、特徴点を用いて式(1)で行う。提案する新しい誇張法は B-Spline 曲線のパラメータと

†中京大学大学院情報科学研究科, SCCS

‡中京大学情報理工学部, SIST

節点を用いる。以下の二つの式を用いる。式(3)は係数 c の誇張式であり、式(4)は節点の誇張式である。

$$C_j = c_j + \alpha(c_j - v_j) \quad (3)$$

$$T_j = t_j + \alpha(t_j - w_j) \quad (4)$$

パラメータ α は誇張の度合いを決定する誇張率であり、 v は平均顔における曲線パラメータと、 w は節点の位置情報である。総パラメータ数は節点の数と階数に依存する。

3.3 曲線の評価

当てはめた曲線と特徴点との評価には残差二乗和(式(5))を用いた。また、統計量による評価を二通り行った。一つは AIC(式(6))による評価、もう一つは式(7)である。

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^p (y_i - f(x_i))^2 \quad (5)$$

$$AIC = p \cdot \log \delta^2 + 2(n + k - 1) \quad (6)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^p \delta^2 / (p - n - k) \quad (7)$$

式(5)のパラメータ p は使用した顔部品における特徴点の数である。

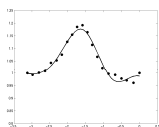
4. 実験結果と考察

実験は、次の3条件で行った。誇張率 α を 1.0 とし、節点の数は 5 とし、曲線の次数は 3 次とした。(a) Polar は極座標系で解析した結果である。(b) Original は極座標からデカルト座標系に変換した結果である。(c) Deformation は誇張された曲線である。表 1 の c は、式(2)の c と同じである。error は式(5)の δ^2 である。この値より、求められた曲線の当てはめに対する推定誤差は $\pm 0.3\%$ 程度である。

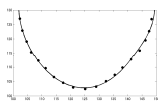
提案手法は顎形状ごとの誇張された。誇張するべき部分が誇張できた。従来の顎部品の特徴点データは x - y で構成され、42 個あるが、提案手法では c と節点の個数となる。本実験ではデータの大きさは 12 である。データサイズを半分以下に減らすことに成功した。

表 1 Experimental Results

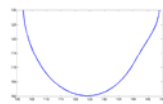
	Oval	Square	Round
c_3	0.9983	0.9953	0.9977
c_2	0.9920	1.0232	0.9894
c_1	1.0081	1.0702	0.9455
c_0	1.2885	1.0356	1.0583
c_1	0.8811	1.0368	0.9515
c_2	0.9982	1.0451	1.0286
c_3	0.9878	0.9901	0.9900
error	3.29e-3	4.18e-3	2.90e-3



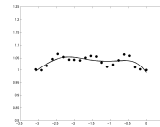
(a) Polar



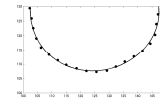
(b) Original
図 1 Oval



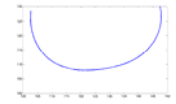
(c) Deformation



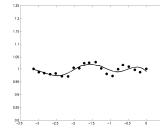
(a) Polar



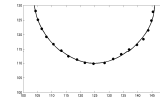
(b) Original
図 2 Square



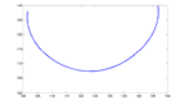
(c) Deformation



(a) Polar



(b) Original
図 3 Round



(c) Deformation

5. 総括

表 1 における c_1 , c_0 , c_1 から形状の特徴が発見された。もし、形状が Oval 型ならば、 c_0 に他の値よりも大きくなる特徴がある。Square 型ならば、 c_1 または、 c_1 が c_0 よりも大きな値になっている。Round 型は全ての c 値ごとの差が他の型よりも小さくなる。我々の従来の形状認識法に加えて、より形状認識の精度を向上させることができる。また、形状の特徴が節点から把握できることは、非常に有意である。本論文では 5 つの節点を等間隔に設置したが、より特徴を誇張するには、極座標系に変換したときに極大点や極小点に節点を自動的に追加設置することが望ましい。

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] 佐藤秀明, 坂元克博, 満倉靖恵, 赤松則男: 二次関数当てはめによる定量的な顎輪郭抽出, 日本顔学会誌, Vol.4, No.1, 25-32 (2004)