

## 多重解像度画像と動的輪郭モデルを用いた顔画像からの目領域の自動抽出

5 E - 2

小田竜也† 大野勝士‡ 森健策† 末永康仁†  
 †名古屋大学大学院工学研究科計算理工学専攻  
 ‡日立中部ソフトウェア

## 1. はじめに

近年、顔画像から人間の意志、興味等を計算機で推測し、計算機と人間との間の新しいインタフェースに利用する研究が多く行われている[1]。顔画像から得られる人間の意志、興味には様々なものがあるが、顔画像から計算機により視線を抽出することができれば、カーソルの操作などに応用可能となる。視線を顔画像から検出する場合、目領域の抽出処理が重要である。これまでに顔画像からの目領域の推定には、様々な手法が提案されており、テンプレートマッチングによる手法[2]、顔の知識を利用した手法が代表的なものとしてあげられる[3]。テンプレートマッチングによる手法では、照明条件や表情の変化、画像中の顔のサイズなどの問題に対処できず、また処理時間を要す。顔の知識を利用した手法では、背景は拘束されているが、正面顔に対しては有効性がある[3]。そこで本報告では、計算処理時間短縮のため、多重解像度画像と動的輪郭モデルを用いた顔画像からの目領域の自動抽出手法について述べる。

## 2. 提案手順の概要

## 2.1. 概要

本手順は処理の高速化のために、低解像度画像で大まかな目の位置を求め、次に精密な目領域抽出を行うことで実現される。目の大まかな位置を求めるには画像中の細かな情報は不必要であり、解像度の低い画像でも抽出可能である。目領域の精密抽出では、細かな情報が必要なため元の解像度画像を用いる。低解像度画像から大まかな目の位置が抽出されているため、動的輪郭モデルを用いた精密抽出処理において目領域探索範囲が限定されることになり、処理の高速化が期待できる。

## 2.2. 具体的な処理手順

## 1) 目領域の粗推定処理

目領域の推定には、画像中の肌色領域内で暗い画素を目領域とする。また、計算時間短縮のために入力画像の解像度を1/2にした低解像度画像を用いる。具体的には以下の(Step1)から(Step7)の処理により行われる。

(Step1)入力画像中から背景、肌色の性質を予め測定する。

(Step2)低解像度画像を生成する。

(Step3)(Step1)を基にして同じ環境下での入力画像からHSV色情報を用い、背景、肌色領域、その他の領域に分離する。

(Step4)その他の領域をラベリングし、それぞれラベ

Extraction eyes shape from a face image with a low resolution image and active contour models

Tatsuya ODA †, Katsushi OHNO ‡, Kensaku MORI †, and Yasuhito SUENAGA †

† Dept. of Computational Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya University ‡ Hitachi Chubu Software

リングされた領域を包括する長方形領域を与える。

(Step5)上記の長方形領域の中から、次式を満たす2つの長方形領域の組を求める。

$$y_1 < s_1 \quad (1) \quad y_2 < s_2 \quad (2) \quad x < s_3 \quad (3)$$

ここで、 $y_1$ は2つの長方形の左上のy座標の差、 $y_2$ は右下のy座標の差、 $x$ はそれぞれの長方形の中心座標のx座標の差を表し、 $s_1, s_2, s_3$ は定数である。

(1)(2)式は、左右目の垂直方向に対する、(3)式は、左右目の水平方向に対する顔の知識による目の幾何学的制約である。

(Step6)長方形領域の組を組の最上端の座標値によって、画像の上端から順にソートする。

(Step7)画像の上端から1つ目の長方形領域の組を眉領域とし、上端から2つ目にある長方形領域の組を目領域とする。

## 2) 動的輪郭モデルを用いた精密推定

ここでは目の輪郭モデルを図2に示すような制御点とそれらを結ぶ線で構成される閉曲線モデルとする。目の輪郭線モデルCは、

$$C = \{v_i = (x_i, y_i)\}, 1 \leq i \leq 12 \quad (4)$$

のように定義され、 $v_i$ は*i*によって順序付けられた制御点であり、 $(x_i, y_i)$ は、制御点*i*の位置を表す。次に、Cのエネルギーを

$$E_{total}(v) = \sum_{i=1}^{12} (E_{elastic}(v_i) + E_{field}(v_i)) \quad (5)$$

と定義する。

ここで、 $E_{elastic}$ は制御点間の弾性力を示し、次式で表される。

$$E_{elastic}(v_i) = \frac{1}{2} (a_1 (|v_{i+1} - v_i| - |v_{i+1}^0 - v_i^0|)^2 \quad (6)$$

$$+ a_2 (\text{ang}(v_i, v_{i+1}, v_{i+2}) - \text{ang}(v_i^0, v_{i+1}^0, v_{i+2}^0))^2)$$

$\text{ang}(v_i, v_{i+1}, v_{i+2})$ は辺 $v_i v_{i+1}$ と $v_{i+1} v_{i+2}$ のなす角である。

$a_1, a_2$ は正定数とする。 $v_i^0$ は初期輪郭モデルを示す。

$E_{field}$ は、画像に含まれるエッジ情報から導かれるポテンシャル力であり(Step8)から(Step10)からなる。

(Step8)入力画像を2値化する。

(Step9)2値画像において境界線抽出を行う。

ここでいう境界線とは、以下のようにする。

注目画素が黒、その上の画素が白のとき

(図2の制御点a)

注目画素が黒、その下の画素が白のとき

(図2の制御点b)

(Step10)(Step9)の画像の境界線に対して、距離変換を

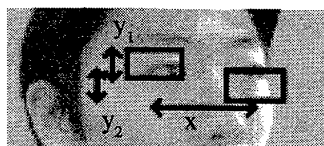


図1 目領域の長方形領域の位置関係

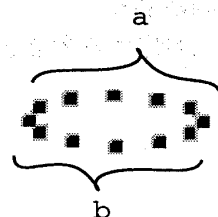


図2 目の形状モデル

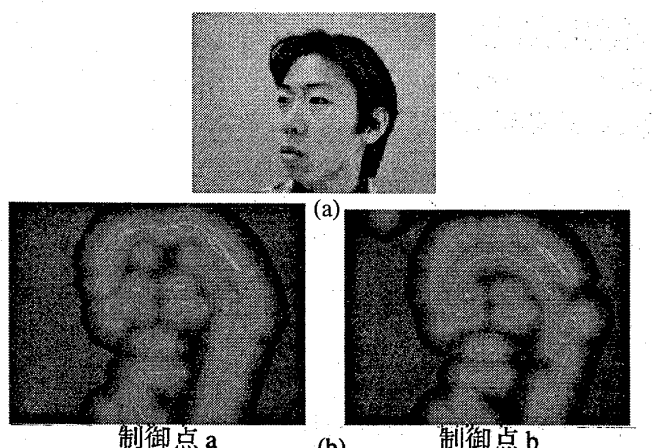


図3 顔画像と2.2の2)で述べたポテンシャル画像の例  
(a)顔画像 (b)ポテンシャル画像 画像中の濃度が高い画素程  $E_{field}(v_i)$ は小さい。

する。

図3にポテンシャル画像の一例を示す。

目の精密抽出は、 $C$ のエネルギーが最小になるように文献[4]に示される動的計画法を用いて各制御点を移動させ、輪郭モデルを変形させることにより行う。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 実験結果

本報告で示す手法を実際の顔画像に対して適用し、手法の有効性を調べた。顔画像は、35枚(640画素×480画素,RGB各8bit)である。低解像度画像は、320画素×240画素とする。比較実験のため目領域粗推定処理に用いる画像として、高解像度画像(ここでは640×480)を利用して一連の実験を行った。なお、使用した計算機は、PentiumPro200MHzである。

実験結果を表1に、また画像の一例を図4に示す。表1の評価基準は、目領域の位置推定は抽出された領域内に目が含まれているか否かを目視により判定し、目形状の精密推定は、目視により目の形状に近いかなかで判定した。

#### 3.2 考察

多重解像度画像を利用した場合としない場合の比較実験の結果から、計算時間が短縮され、なおかつ抽出結果はそれほど変化しないことが確認された。これは、目領域の位置推定をするには、高い解像度を必要としないことを意味している。

全体の計算時間については、画像1枚当たり数秒であり、比較的高速である。同じ顔画像から目領域を手作業で切り出したものをテンプレートとし、テンプレートマッチングにより目領域位置推定を行うと、片目に対し平均20秒要した。このことから、テンプレートを用いた手法に比べて優れていると言える。

しかしながら、2.1で述べた目領域の位置抽出の精度は、35枚中13枚しか成功しておらず、改善を要す。原因としては、本手法は、目領域を顔領域のラベリングされた2つの位置関係のみを用いており、目と同じような位置関係を持つ、眉や鼻孔と区別ができないことが考えられる。目領域を眉、鼻孔に誤抽出した例を図4に示す。これを解決するには、位置関係ではない顔部品の特徴を利用する必要がある。

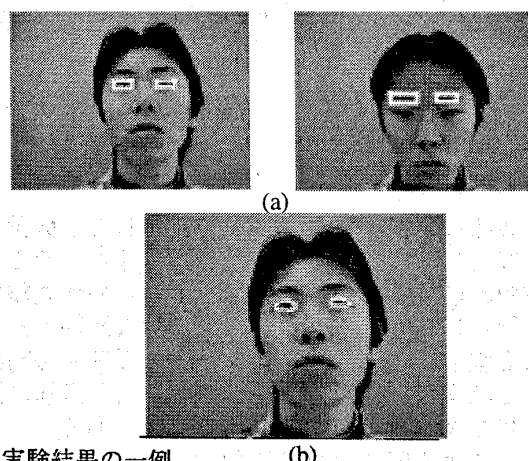


図4 実験結果の一例  
(a)2.2の1)での中間結果 左は選択した2つの領域が正しく推定されたもの、右は誤って眉領域を推定した例  
(b)(a)の成功したものに對し、2.2の2)を適応した結果長方形領域から目の形状に近づいていることが確認できる

また、粗推定後の精密推定については、目領域の位置推定が正確であれば、目領域探索範囲が限定されるため反復計算が数回で終わり、かつ所望する目の精密な形状を抽出可能であり、多重解像度画像を利用することの有効性が確認された。

#### 4. 結び

本報告では、多重解像度と動的輪郭モデルを用いて顔画像から目領域および形状を精密に抽出する手法を提案した。その結果、目領域の推定が良好な画像については、動的輪郭モデルにより目形状が抽出可能であることを確認した。今後の課題として、

- (1)目の粗推定手法の改善
  - (2)様々な背景にも処理できるような手法
  - (3)口などの他の顔部品の抽出手法の開発
- があげられる。

表1. 実験結果

	320×240	640×480
目領域の位置推定	13(37%)	17(48%)
目形状の精密推定	13	17
全体の計算時間	7秒	15秒

#### 謝辞

日頃、ご指導頂く名古屋大学鳥脇純一郎教授、齋藤豊文助教授ならびに日頃ご討論頂く同大末永研究室、鳥脇研究室の諸氏に感謝する。本研究の一部は、文部省科研費、第7回堀情報科学振興財団研究助成によった。

#### 参考文献

- [1]Ikuko Shimizu,Zhengyou Zhang,Shigeru Akamatsu,Koichiro Deguchi, "Head Pose Determination from One Image Using a Generic Model", International Conference On Automatic Face And Gesture Recognition,pp.100-105,1998
- [2]青山晃治,山村毅,大西昇,杉江昇, "一台のカメラによる顔と視線方向の推定", 信学技法,PRMU95-233,1996-03
- [3]太田肇,小沢慎治, "顔部品の位置検出に基づく顔の輪郭線画作成", 信学技報,PRMU95-211,1996.2
- [4]上田修功,間瀬健二,末永康仁, "弾性輪郭モデルとエネルギー最小化原理による輪郭追跡手法", 信学論(D-2),J75D-2,11,pp.110-120,1992