

# 軸対称性拘束を持つ動的輪郭モデルを用いた 顔輪郭自動抽出

横山 太郎<sup>†</sup>    八木 康史<sup>†</sup>    谷内田 正彦<sup>†</sup>    吳 海元<sup>††</sup>  
<sup>†</sup>大阪大学大学院基礎工学研究科、<sup>††</sup>京都工芸繊維大学工学学部

## 1. はじめに

近年コンピュータとネットワークの発展において、コンピュータと人間との間のインターフェースの重要性が増し、従来のキーボードやマウスによるものから、より自然な形態を追求したインターフェースが望まれるようになってきた。そして顔やジェスチャの認識は、これからの新しいヒューマンインターフェースのための基本要素技術と言える。顔認識の課題の一つに、如何に安定に正しく滑らかな顔領域を抽出できるかという顔輪郭形状の自動抽出がある。滑らかな輪郭形状を抽出する有効な手法にKassら[1]により提案された動的輪郭モデル (Snakes) がある。

本研究においては、Cohenら[2]により拡張されたモデルを用い、全体形状の拘束として顔輪郭の一般特徴である左右対称性を利用したエネルギー項の設定を行う。以下、提案する顔輪郭抽出のための動的輪郭モデル、実顔画像データに対する評価実験結果について報告する。

## 2. 軸対称性拘束を用いた動的輪郭モデル

### 2.1 動的輪郭モデル

動的輪郭モデルでは、輪郭の連結性と滑らかさを表現する内部エネルギーと輪郭線を表現する画像特徴に相当する画像エネルギー、そして輪郭の移動方向を決める外部エネルギーの3つにより定義されている。動的輪郭モデルの持つエネルギー関数は、以下の(1)式のように定義される。

$$E_{snake} = \int_0^1 E_{int}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{con}(v(s)) ds \quad (1)$$

ここで、 $E_{int}$  は内部エネルギー項、 $E_{image}$  は画像エネルギー項、 $E_{con}$  は外部エネルギー項である。輪郭の動きを決める外部エネルギー項は、Cohenら[2]によるモデルではここで法線方向にかかる力として、圧力エネルギー項  $E_{press}$  を定義したなおは  $w_{press}$  重み係数である。

Face contour extraction by using Active Contour Model based on Axis symmetry

<sup>†</sup>Taro Yokoyama, <sup>†</sup>Yasushi Yagi, <sup>†</sup>Masahiko Yachida, <sup>††</sup>Haiyuan Wu

<sup>†</sup>Graduate School of Engineering Science, Osaka University

<sup>††</sup>Dept. of Mec. and System Eng., Kyoto Institute of Technology

$$\begin{cases} \frac{\partial E_{press}}{\partial x} = w_{press} \frac{-v_x(s)}{\sqrt{v_x(s)^2 + 1}} \\ \frac{\partial E_{press}}{\partial y} = w_{press} \frac{1}{\sqrt{v_x(s)^2 + 1}} \end{cases} \quad (2)$$

### 2.2 非固定軸対称性エネルギー項

我々は、緩やかな全体形状拘束として、軸対称性による拘束方法を提案する。このエネルギー項を求めるために、まず対称軸  $S_t$  と、各制御点  $v_{(t,i)}$  の対応点  $v_{(t,i)}^*$  とする。  $v_{(t-1,i)}^*$  は、前時間の対応軸  $S_{t-1}$  へ、 $v_{(t,i)}$  から下ろした垂線と輪郭点列がもう一度交わる点である。  $v_{(t-1,i)}^*$  と、  $v_{(t,i)}$  の中点を  $M_{(t-1,i)}$  とする。

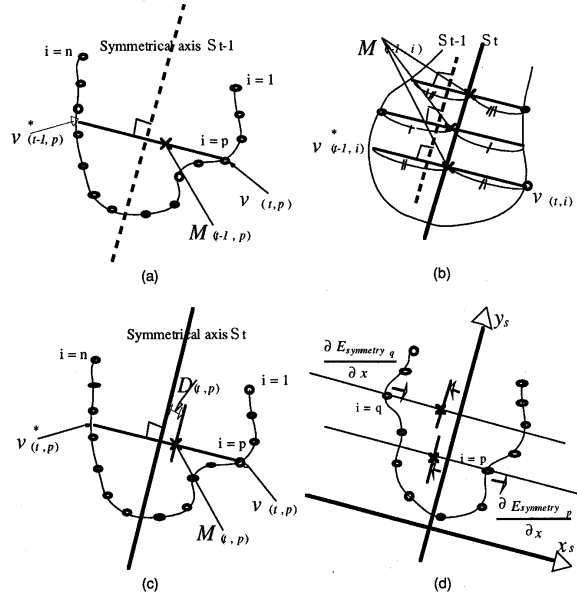


図1 軸対称エネルギー  $E_{symmetry}$

$S_t$  を制御点列と、その対応点列の midpoint 列  $M_{(t-1,i)}$  の最小 2 乗近似直線とする。  $S_t$  に関して、  $v_{(t-1,i)}^*$  と  $M_{(t-1,i)}$  を求めた時と、同様に制御点列  $v_{(t,i)}$  とその対応点列  $v_{(t,i)}^*$ 、 midpoint 列  $M_{(t,i)}$  を導出する。さらに、  $M_{(t,i)}$  の  $S_t$  に対するずれの大きさを  $D_{(t,i)}$  とする。ここで、  $E_{symmetry_q}$  を  $D_{(t,i)}$  から、図 1(c) のように定義する。軸  $y_s$  は、対称軸  $S_t$  に対応し、  $x_s$  は、対称軸  $S_t$  に直行する軸とすると、

$$D_{(t,i)} = \left| \left( \vec{M}_{(t,i)} \cdot \vec{x}_s \right) \right| \quad (3)$$

となる。(  $\vec{x}_s$  は、軸  $x_s$  の単位ベクトルとする。) 各制御点における対称性エネルギー項は、対称軸に対し内側に対称性を崩すような形に対しては押し出す力を、外側に対称性を崩すような形に対しては引き戻す方向の力を発生させるよう

$$\frac{\partial E_{\text{symmetry}}}{\partial x_s} = -\text{sign} \left( (\vec{v}_{(i)} \cdot \vec{x}_s) \cdot (M_{(i,d)} \cdot \vec{x}_s) \right) \cdot D_{(i,d)} \quad (4)$$

$$\frac{\partial E_{\text{symmetry}}}{\partial y} = 0$$

とした。ここで、 $\text{sign}$  は符号を表す関数とする。

### 2.3. 初期位置

動的輪郭モデルの初期位置は、各顔器官及びそれら全体を囲む合計7つの矩形領域から決定する。複雑な背景下でも適用できるために、動的輪郭モデルの初期位置は、図2左の黒線に示すように、顔器官を外側から囲む顔内側に設定する。

## 3. 実験と考察

実験では、ほぼ正面から撮影され顔器官のオクルージョンのない総計約60例の顔画像を用いた。初期位置は、文献[4]で示す方法を用いた。入力画像から顔器官の発見が成功した顔画像に対しては、ほぼ正しく顔輪郭線を抽出することができた。結果の一例を図2右に示す。

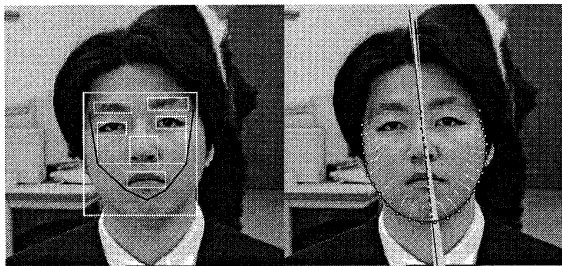


図2 動的輪郭モデルの初期位置と収束過程。

本手法と従来法による顔輪郭の自動抽出を行った60例に対して、人の感覚によりどちらの輪郭がよりよい輪郭であるか一対比較法により評価した。15人の被験者に対して行った結果、平均で19例の画像に関して本手法がよいと感じられ、8例の画像に関しては、従来法がよいと感じられた。残りの33例は、強いてどちらがよいかの質問に対して、本手法を示したものが20例、従来法が13例であった。以上の評価実験により本手法の方が、適切な輪郭が検出されたといえる。また、定量的な精度比較を行うために、人の感じる輪郭との比較実験を行った。22の画像に対し5人の被験者に輪郭線と思う場所を指示してもらいその平均から人の感じる輪郭線位置を決めた。

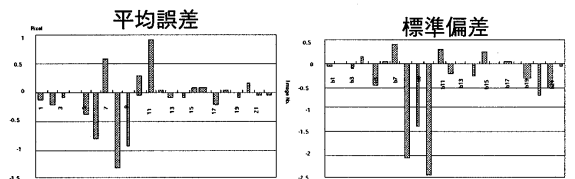


図3 誤差の平均と標準偏差。(本手法)―(従来法)

図3に、従来法の平均誤差及びその標準偏差に対する本提案手法の平均誤差とその標準偏差の大きさを比較した結果を各々示す。図3左より、平均誤差は、従来方法に比べやや改善したがほぼ同程度であった。しかし図3右に示すように平均誤差の標準偏差は、軸対称性を評価することで小さくなった。つまり、従来法では輪郭の一部で誤りを持つような場合(即ち、いびつな形に収束した場合)、特に本手法を用いることで改善できた。Cootesらは文献[3]において、顔輪郭並びに顔器官の推定結果に対する平均誤差が6.5画素と報告している。本手法では、顔輪郭のみのため単純に比較できないが、平均推定誤差は2.4画素であった。

## 4. おわりに

本研究では、顔輪郭の全体形状をモデル化したエネルギー項を持つ動的輪郭モデルによる滑らかな顔輪郭線抽出方法を提案した。本手法と軸対称エネルギーを用いないモデルと比較、また人の手入力により得られた輪郭線との比較実験を通じ、本提案手法の方が、精度のよい滑らかな顔輪郭形状を検出する上で適していることが確認できた。今後は、顔輪郭だけでなく、顔器官輪郭線の抽出を含め、総合的に対称性を考慮することで、安定な顔及び顔器官輪郭線が抽出できるシステムを構築する予定である。

謝辞 本研究の一部は、情報処理振興事業協会(IPA)「独創的情報技術育成事業」の一環として行われたものである。

### 参考文献

- [1] M. Kass, A.P. Witkin and D. Terzopoulos: Snakes: Active Contour Models, Int. J. Comp. Vision(1), No.4, pp.321-331, 1988.
- [2] L. Cohen and I. Cohen: A fine element method applied to new active contour models and 3D reconstruction from cross sections, Proc. 3rd Int. Conf. Comp. Vision, pp.587-591,1990
- [3] T.F. Cootes, C.J. Taylor: Locating Faces Using Statistical Feature Detectors, Proc. 2nd Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp.204-209, 1996
- [4] H. Wu, Q. Chen, and M. Yachida: Facial Feature Extraction and Face Verification, Int. Conf. on Pattern Recognition (13th-ICPR), Volum C, pp.484-488, 1996
- [5] T. Yokoyama, H. Wu, M. Yachida: Automatic Detection of Facial Feature Points and Contours, Proc. 5th Int. Workshop on Robot and Human Communication, pp.335-340, 1996