

Gabor Wavelet と Snake Edge を用いた 顔画像のセグメンテーション

齊藤 英樹[†] 則武 樹郎[†] SANDOVAL Hector[†] 千種 康民[†] 服部 泰造[‡]

[†]東京工科大学 工学研究科 [‡]東京国際大学

1 はじめに

本研究では顔画像認証の精度向上のために、入力画像の撮影環境に左右されない高精度な顔の輪郭抽出を提案する。顔の輪郭を抽出することにより顔認証の際ノイズとなりうる背景を取り除くことを目的とする。

本研究では Gabor Wavelet により鼻の特徴点抽出を行ない、この結果を用いて輪郭線抽出を行なう Snake Edge の初期値を与える新しい手法を提案し、その実用性を示す。

2 Gabor Wavelet

Gabor Wavelet 変換による特徴点抽出を行なうには、入力画像 $I(\vec{x})$, $\vec{x} = (x, y)$ として次の式 (1) より Gabor Wavelet 変換を行なう。

$$J_j(\vec{x}) = \int I(\vec{x}') \psi_j(\vec{x} - \vec{x}') d^2 \vec{x}' \quad (1)$$

ただし、Gabor カーネル $\psi_j(x)$ は

$$\psi_j(\vec{x}) = \frac{\vec{k}_j^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\vec{k}_j^2 x^2}{2\sigma^2}\right) \left[\exp(i\vec{k}_j \vec{x}) - \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right) \right] \quad (2)$$

とする。ここで、 $\sigma = 2\pi$ とし、ベクトル k_j は $v = 2, \dots, 4$ $\mu = 0, \dots, 9$ $j = \mu + 10(v - 2)$ として次式により与えられる。

$$k_j = \begin{pmatrix} k_{jx} \\ k_{jy} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2^{\frac{v+2}{2}} \pi \cos \varphi_\mu \\ 2^{\frac{v+2}{2}} \pi \sin \varphi_\mu \end{pmatrix} \quad (3)$$

式 (1) は複素数値として求められる。したがって、 J_j は実部と虚部に分けられる。(式 (4))

$$J_j = R_j + i \cdot I_j \quad (4)$$

Segmentation for faces using Snake Edge and Gabor Wavelet
Hideki SAITO[†], Taturou NORITAKE[†], SANDOVAL Hector[†],
Yasutami CHIGUSA[†], Taizou HATTORI[‡],
[†]Tokyo University of Technology, [‡]Tokyo International University

E-Mail chigusa@cc.teu.ac.jp

URL <http://www.teu.ac.jp/chiit/>

ここで、式 (4) は J と J' とよばれ、 v, μ を変化させていくことで 1 画素に対し、様々な成分を計算することができる。

2 組の J と J' 間の類似度 $S(J, J')$ は次式より求められる。

$$S(J, J') = \frac{\sum_j J_j \cdot J'_j}{\sqrt{\sum_j |J_j|^2 \cdot \sum_j |J'_j|^2}} \quad (5)$$

ここで、 $J_j \cdot J'_j = R_j R'_j + I_j I'_j$, $|J_j|^2 = R_j^2 + I_j^2$ とする。

3 Snake Edge

本研究では輪郭の抽出に動的輪郭モデル Snakes を用いて輪郭のエッジ抽出を試みている。ここで挙げた動的輪郭モデルとは画像平面上 (x, y) で媒介変数表示した閉曲線 $v(s) = (x(s), y(s))$ を内部エネルギーと画像エネルギーを用いてそれらのエネルギーの総和を最小にするように変形させていき、エネルギーが最小のときに画像上の対象物の輪郭が抽出できる輪郭モデルである。

内部エネルギーとは輪郭の滑らかさを表すエネルギーで、輪郭の 1 次差分および 2 次差分に関するエネルギーの和を用いることが多い。

$$E_i(v(s)) = \alpha |v'(s)|^2 + \beta |v''(s)|^2 \quad (6)$$

α, β はパラメータであり正の実数。

画像エネルギーとは輪郭を対象物の端 (edge) に引き寄せるエネルギーで、通常は画像濃度の 1 次差分を用いる。

$$E_p(v(s)) = -\frac{1}{2} |\nabla f(v(s))|^2 \quad (7)$$

$$|\nabla f(v(s))|^2 = \left(\frac{\partial}{\partial x(s)} f \right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial y(s)} f \right)^2$$

$f(v(s))$ は $v(s)$ での画像の輝度を表す。

SNAKE Edge による輪郭抽出を行なう際は初期値として $v(s)$ を与える。内部エネルギーを $E_i(v(s))$, 画像エネルギーを $E_p(v(s))$, 各エネルギーの総和を E_s とすると、

$$E_s = \int_0^1 \{E_i(v(s)) + E_p(v(s))\} ds \quad (8)$$

で表され E_s が最小になるように初期値 $v(s)$ を変化させていくことで輪郭を求める。

4 実行手順

4.1 肌色領域の抽出

入力画像 (図 1(a)) に対し $RGB \rightarrow YCbCr$ 変換を行なう。 $YCbCr$ 変換された画像の Cr 成分に対して閾値 132 で 2 値化を行ない肌色領域を決定する (図 1(b))。

4.2 Gabor Wavelet による特徴点抽出

次に抽出された肌色領域内において鼻の抽出を行なう。 Gabor Wavelet による特徴点抽出の手順としてまず、複数のテンプレート画像から (1) 式により鼻の特徴量 J_i を計算する。 さらに、肌色領域内のすべての画素における特徴量 J_j を計算しテンプレート画像の鼻の特徴量 J_i と各々の画素における特徴量 J_j との類似度 S を計算 (式 5) する。 類似度 S が最大値を示した座標を鼻として決定する。

4.3 Snake Edge の初期値算出

Snake Edge に与える初期値を肌色領域と Gabor Wavelet によって抽出した鼻の座標をもとに算出する。 まず鼻の Y 座標から肌色領域の上端までの幅 (y_0) を求める。 鼻から顎までの幅を (y_1) とし複数の顔画像より y_1/y_0 を計算しその値を y_0 にかけることで鼻から顎までの幅を求めることができる。 次に鼻の X 座標から肌色領域の左右の端までの幅 (x_0, x_1) を求める。 そして Snake Edge に与える初期値として初期値の下半分は $y_0 + y_1$ を長軸, $x_0 + x_1$ を短軸とした楕円の中心より下の値を初期値とし, 初期値の上半分は鼻の X 座標より上の領域に存在する肌色領域のエッジを初期値として与える (図 1(d))。

4.4 Snake Edge による輪郭線抽出

Snake Edge による輪郭線抽出をするために入力画像に対し Canny フィルタによるエッジ抽出を行なう。 求められたエッジ画像に対し 4.3 でもとめた初期値を用いて Snake Edge による輪郭線抽出を行なう (図 1(e))。

5 実行結果とその評価

今回, 4.1 から 4.4 の一連の処理を実行するために 120×160 pixel の入力画像 1 枚につき約 5 分の時間を要した。 処理時間の増大した原因の 1 つとして Gabor Wavelet の計算量が挙げられる。 また, 背景に段ボールなどの肌色に酷似した領域が存在する場合, Snake Edge に与える初期値が輪郭と大きく異なってしまうため, Snake Edge による輪郭線抽出が失敗することがある。

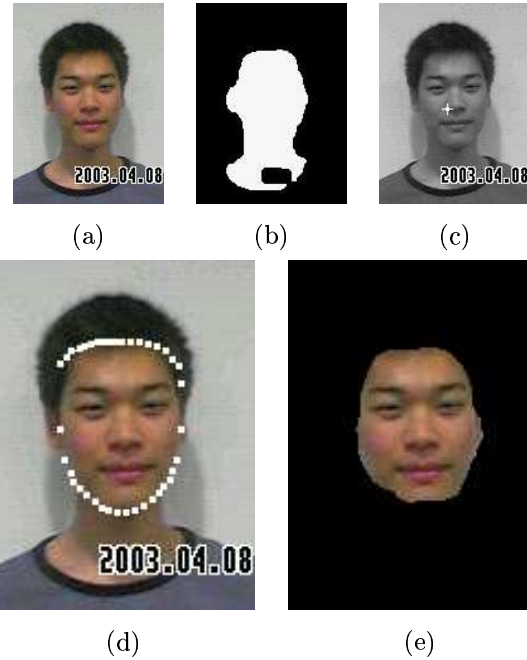


図 1: (a) 入力画像 (b) 肌色領域抽出結果 (c) 鼻の特徴点抽出結果 (d) Snake Edge に与える初期値 (e) Snake Edge による輪郭抽出結果

6 まとめと今後の課題

輪郭線抽出の結果として図 1(e) が得られた。 この結果から顔の輪郭線抽出に Gabor Wavelet と Snake Edge を併用することが効果的であるといえる。 またこの輪郭線抽出の結果より, 入力画像に存在する顔領域の特定と抽出ができていているといえる。 これは顔認証の際, 前処理として本研究を使用することでノイズ除去の役割を果たすことができ, より高精度な顔認証が実現できる。

今後の課題として処理時間の短縮, 輪郭線の抽出精度の向上が挙げられる。 処理時間を短縮する方法として Gabor Wavelet 変換の計算量を軽減する必要がある。 これは現在のアルゴリズムでは肌色領域全てにおいて Jet の計算を行なっている部分を改善することで解消される。 また輪郭線の抽出精度の向上については現在の $YCbCr$ 変換による肌色領域の抽出方法とは別に新たなアルゴリズムを考える必要がある。

参考文献

- [1] Xiang Cao, Baining Guo, “Real-time tracking and imitation of facial expression”
<http://www.cs.toronto.edu/caox/T001.pdf>.
- [2] Chenyang Xu, Jerry L.Prince “Gradient Vector Flow:A New External Force for Snakes”, IEEE Proc. Conf. on Comp. Vis Patt. Recog. (CVR'97).