

ユーザー指定初期輪郭からの距離情報に基づく動的輪郭モデル

3P-3

松岡 篤郎 高羽 洋樹 船山 竜士 紺矢 峰弘 斗谷 充宏
シャープ株式会社 情報商品開発研究所

1.はじめに

自然画像からユーザーが所望する対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出処理技術は、画像合成や画像検索等において処理範囲を確定するために必要となる技術であり、より簡単でかつ安定した処理手法が望まれている。

Kassらが提案した動的輪郭モデル(Snakes)^[1]を適用する方法は途切れのない輪郭線を求められる利点がある。しかし、自然画像では輪郭近辺のノイズなどの影響により、ユーザーの所望する輪郭を安定に抽出できない場合も多い。これは、輪郭検出に用いる画像エネルギーとしてエッジポテンシャルを利用しているために、画像ノイズなどの影響を受けて輪郭が誤ったエッジに収束することがあるためと考えられる。

上記の問題を解決する手段として、本論文では、ユーザーの指定した初期輪郭情報に基づいて対象物/背景の領域分割を行い、得られた領域情報を動的輪郭モデルのエネルギー項に組み込むことにより、輪郭近傍のノイズに対してより安定な輪郭抽出を行なう手法を提案する。

2. 領域情報を利用した輪郭抽出法

本手法は、均等色空間での色差による領域分割、初期輪郭から分割領域内の各画素までの距離値による領域判定、領域判定結果（領域情報）を組み込んだエネルギー関数を最小化する動的輪郭モデルを用いた輪郭抽出の3つの手順により構成される。

2.1. 均等色空間上の色差による領域分割

最初に、画像に対して近傍画素間のマンセル色

空間における色差を用いた領域拡張法による領域分割を行なう。均等色空間を用いることにより、より人間の色知覚に適合した分割を行ない^[2]、領域の境界を輝度の差ではなく、色空間内の差として検出する。これにより、輝度勾配が低く不明瞭な輪郭の検出にも対応できる。また、画素空間の連続性を生かすことが出来るので、陰影などによる影響を軽減できる。

2.2. 初期輪郭からの距離値に基づく領域判定

上記領域分割により、 C 個の分割領域が得られたとする。ここで、分割領域 Q_i ($1 \leq i \leq C$) に含まれる各画素 p に対し、ユーザーの指定した初期輪郭からの距離 r_p に対応して求まる係数値 $W(r_p)$ を求め、領域ごとに S_i を次式のように算出する。

$$S_i = \sum_{p \in Q_i} W(r_p) \quad (\text{式1})$$

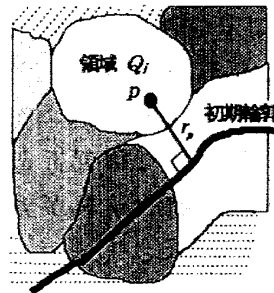


図1. 初期輪郭と領域分割

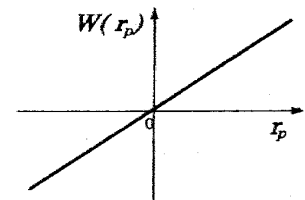


図2. 距離による重み付け

なお、距離 r_p は正負の符号をもち、画素 p が初期輪郭により囲まれる領域内にある場合は正、領域外にある場合は負とする。また本手法では、図2に示すように初期輪郭からの距離 r_p から求まる係数値の関数 $W(r_p)$ を、距離 r_p に対して単調増加と定義している。したがって、例えば、初期輪郭からより内部の位置にある領域ほど係数値の合計は増加する。

このようにして得られた係数値の合計 S_i を予め設定した閾値 Th と比較することにより、領域を対象物/背景領域のいずれかに分類し、画素ご

Active Contour Models Based on Distance Information from an Initial Contour

Atsuro Matsuoka, Hiroki Takaha, Ryuji Funayama,
Minehiro Konya, Mitsuhiro Hakaridani,
Information Systems Product Development Labs, Information
systems Group, SHARP Corp., 492 Minosho,
Yamatokooryama, Nara 639-11 JAPAN

とに領域情報を与える。いま画像中の座標 (x,y) にある画素が領域 Q_i に含まれるとき、領域情報 $R_{(x,y)}$ は以下の式で与えられる。

$$R_{(x,y)} = \begin{cases} 1 & S_i \geq Th \\ 0 & S_i < Th \end{cases} \quad (\text{式2})$$

2.3. 領域判定結果の動的輪郭モデルへの適用

動的輪郭のエネルギー E_{snake} を次式のように定義する。

$$E_{snake} = E_{int} + E_{image} + E_{area} \quad (\text{式3})$$

E_{int} は輪郭線が滑らかを保ちつつ収縮しようとする力を示し、 E_{image} は輪郭線が画像特徴に適合しようとする力を示し、 E_{area} は面積項³⁾を示す。

従来、画像特徴として輝度を用いる場合は、 E_{image} にエッジポテンシャルを適用する。それに対し本手法では、画像特徴として上述の領域分割・判定結果による領域情報 $R_{(x,y)}$ を用いる。 E_{image} は w をエネルギー全体に対する重みを表わすパラメータとしたとき、次式で表される。

$$E_{image} = -w \cdot |\nabla(R_{(x,y)})| \quad (\text{式4})$$

すなわち E_{image} は前節で判定された対象物/背景領域の境界線上で最小となるエネルギー関数として定義される。これにより、 E_{image} をエッジポテンシャルとする手法にみられた輪郭近辺のノイズによるエネルギー極値へ動的輪郭が誤って収束してしまう問題点を解消する。

3. 実験と考察

図3に示すサイズ420x400のRGB各8bitのカラー画像に対し、本手法を適用した。ここで、図中の点線は用いた初期輪郭を表わす。本手法により得られた輪郭の内部の結果画像を図4に示す。また従来手法として E_{image} にエッジポテンシャル $(-|\nabla(I_{(x,y)})|)$ を適用した場合の結果を図5に示す。

エッジポテンシャルを用いた場合の結果では、動的輪郭が抽出対象である幼児の洋服の輪郭にフィットせず、輪郭近傍の芝生などのノイズのエッジに誤って収束してしまい、正確な輪郭線を抽出できていない。

これに対し本手法では、動的輪郭は基本的に領域分割による境界線に収束するため、芝生などの輪郭近傍のエッジに収束することなく、良好な輪郭抽出が行われていることがわかる。

また、髪の毛と暗い背景のように輪郭付近に輝度の変化があまりみられない領域も、本手法では色による領域分割結果を利用しているため、あまり違和感のない輪郭線が抽出されている。



図3. 原画と初期輪郭



図4. 本手法による結果



図5. 従来手法による結果

4. おわりに

本論文では、領域情報を動的輪郭モデルのエネルギー項に組み込むことにより、輪郭近傍のノイズに対してより安定な輪郭抽出を行なう手法を提案した。画像を領域分割することによる客観的な情報に加えて、ユーザーの指定した初期輪郭からの距離情報を領域判定に用いることにより、ユーザーの主観的な意図を生かすことができる。今後は領域分割の精度向上とともに、ユーザーの意図をよりインタラクティブに反映できるインターフェースの検討も行いたい。

[1] Kass M., Witkin A. and Tezopoulos D., "SNAKES: Active Contour Models", Proc. IJCV, pp. 321-331 (1988)

[2] 堀田, 宮原, 小谷, "均等色空間におけるカラー画像の領域分割法", PRU90-145, pp. 1-8 (1990)

[3] 坂口, 大山, "面積項を持つスネーク", 信学会 春季全大, D-555 (1991)