

膨張分裂型動的輪郭モデルにおける格子分割処理法

1 はじめに

輪郭抽出法の 1 つである動的輪郭モデルは、面積項の導入によって発生する自己交差の検知に基づいて分裂させる手法によって、複数物体を抽出することが可能になった。また、元収縮による抽出のみであったが、同じく面積項の導入によって膨張による抽出も可能となった。しかしこの膨張型では、輪郭モデルの対象物体への回り込みや無駄な膨張による離散点増加による処理時間増大の問題点が指摘されている。

本論文では、膨張型動的輪郭モデルによって複数物体の抽出を実現する膨張分裂型を提案するとともに、膨張の際の無駄な離散点の追加生成による処理時間の増大を防ぐために入力画像を格子分割し、それぞれの格子について独立に膨張分裂型動的輪郭モデルによる処理を行い、最終的にそれらを統合することで対象物体の輪郭抽出を可能とする手法を提案する。また、この膨張分裂型動的輪郭モデルの応用例の一つとして、円盤形状物の計数を行う手法も合わせて提案する。

2 従来の動的輪郭モデル

動的輪郭モデルとは、制御点の集合として表される閉曲線に対して、あらかじめ定義されたエネルギー関数の和 E_{snakes} を最小化するように変形し、エネルギー関数の極小状態において対象物の輪郭に一致させる輪郭抽出法である [1]。 E_{snakes} は形状エネルギー関数 E_{int} と画像エネルギー関数 E_{image} の和を輪郭モデルに沿って積分したものと式 (1) で定義される。エネルギー関数の最小値を求める方法として動的計画法を用いて更新を行う。なお、動的輪郭モデルはエッジ画像に対して輪郭抽出を行い、エッジ画像作成には、Sobel フィルタを用いる。

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

このエネルギー関数に対して、式 (2) で定義される面積項 [2] を導入すると、このエネルギーに正の重みを与えた場合には輪郭モデルは収縮し、負の重みを与えた場合には膨張する。こうして実現された膨張型を用いる最大の利点は初期輪郭の設定が容易になることが挙げられる。

$$E_{area}(\mathbf{v}(s)) = \kappa \int_0^1 \{x(s)y_s(s) - x_s(s)y(s)\} ds \quad (2)$$

3 格子分割による高速な

膨張分裂型動的輪郭モデル

本論文で膨張型動的輪郭モデルによって複数物体を抽出するために膨張分裂型動的輪郭モデルを提案する。また、膨張を続ける離散点をできるだけ少なくして無駄な処理時間を軽減するために、画像を格子分割し、膨張分裂型輪郭モデルを用いて、複数の初期離散点から複数物体を抽出する手法を提案する。

3.1 膨張分裂型動的輪郭モデル

膨張分裂型動的輪郭モデルによって輪郭を抽出する様子を図 1 に示す。面積項エネルギーによる自己交差

により分裂し、分裂した外側の輪郭モデルには膨張する重み係数を与え、分裂した内側の輪郭モデルには収縮し定着させるための重み係数を与える。この膨張型動的輪郭モデルを用い、複数の初期離散点から輪郭抽出する方法を提案する。

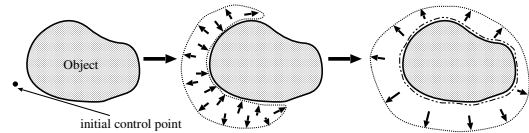


図 1: 膨張分裂型の輪郭抽出法。

3.2 入力画像の格子分割および統合処理

輪郭モデルが膨張を続ける際、無駄な離散点増加による処理時間の増大を防ぐため、あらかじめ入力画像を格子状に分割し、入力画像の枠と同様に、画像分割ラインにおいても離散点を停止させることとして膨張型輪郭モデルによる輪郭抽出をそれぞれの分割領域毎に独立に行う。

ここで、それぞれの分割領域がドーナツ形状の内側輪郭の大きさと同程度またはそれ以下の大きさとなるように分割を行ったとき、その内側輪郭を含む領域内の輪郭は自動的に抽出できる。次に、分割領域それぞれにおける輪郭抽出が完了したのち、図 2 に示すように、それぞれ抽出対象物体の輪郭の一部を抽出している輪郭モデルの離散点群を統合し、求める閉曲線に再構成する。

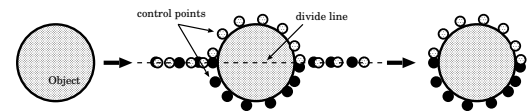


図 2: 分断された動的輪郭モデルの結合。

まず、輪郭を抽出し終わったそれぞれの輪郭モデルに対し、画像の枠及び分割ライン上にある離散点を消滅させ、輪郭モデルを対象物体の輪郭に沿った複数の離散点からなる線分に分裂させる。図 3 に示すように、その線分を構成する離散点列の最初となる点を始点とし、最後となる点を終点とする。次に、それぞれの線分の始点に対し、その線分自身または他の線分の終点との距離を比較し、2 点間の距離が最小となる線分同士を結合することで分断された輪郭モデルを一つに統合する。

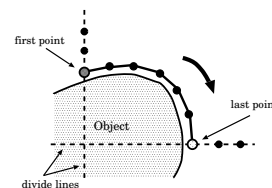


図 3: 始点及び終点の定義。

4 円盤状物の計数

医療分野において、血液検査を例にとると、血球を含む画像からの特定血球の計数は輻輳などの問題があり正しい抽出と計数は比較的難しい。現在は目視によって計数が行われている。

この問題点を解決するために、本論文で提案する膨張分裂型動的輪郭モデルの応用例として、円盤形状物の計数を行う手法を提案する。

4.1 円盤状物の計数を行う手法の概要

円盤状物の計数を行うアルゴリズムを以下に示す。

- (1) 対象の形状抽出に膨張分裂型動的輪郭モデルを適用し、可能性のある対象輪郭を抽出する。
- (2) 膨張分裂型動的輪郭モデルにより得られる輪郭形状を、4 次の P 型フーリエ記述子によってその形状特徴を数値化する。
- (3) P 型記述子によって 4 次に数値化されたデータを入力として、自己組織化マップ (SOM) において分類および計数を行う。

5 検証実験

5.1 膨張分裂型における格子分割処理

提案手法を用いて輪郭抽出を行い、その処理時間と抽出精度の評価を行った。4 分割、16 分割、64 分割、さらに収縮型を用いる荒木らの方法 [3] の抽出結果をそれぞれ図 4~7 に示す。内側輪郭をほぼ完全に抽出しているのは 64 分割の手法のみである。また、処理時間は順に約 16 秒、約 11 秒、約 11 秒、約 15 秒であった。分割数増加によって処理時間短縮を実現できていることがわかるが、16 分割と 64 分割の処理時間からわかるように、16 分割以降の処理時間は収束していく傾向がみえる。また、式 (3) によって定義される抽出精度を示す評価値は順に 0.54、0.40、0.28、0.55 となった。

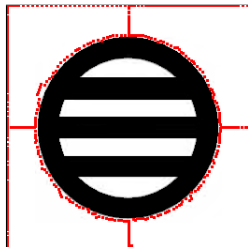


図 4: 4 分割の出力画像。

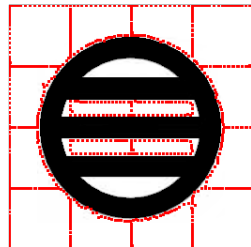


図 5: 16 分割の出力画像。

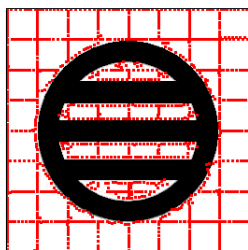


図 6: 64 分割の出力画像。

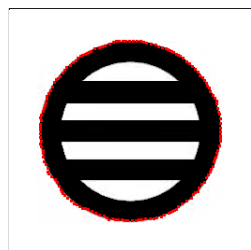


図 7: 収縮型の出力画像。

$$\text{評価値} = \frac{\text{面積 (理想的な物体領域} \oplus \text{抽出領域)}}{\text{面積 (理想的な物体領域)}} \quad (3)$$

5.2 円盤状物の抽出

次に提案手法の応用例をして円盤状物の抽出実験を行った。対象として培養中のクロレラの画像 (420×320 [pixel]) を用いた。膨張型動的輪郭モデルにより抽出している画像の一例を図 8 に示す。

この結果から得られる輪郭形状を表す 4 次の P 型フーリエ記述子を求め、これを入力ベクトルとして生成された SOM のマップを図 9、判別結果を表 1 に示す。円形および 2 重輻輳円形に対しては画像中に含まれるそれぞれを過不足なく判別されているが、異物

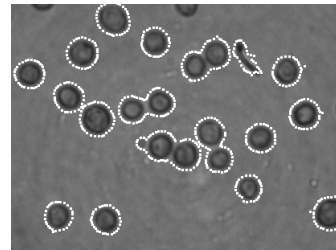


図 8: 円盤状物の抽出例。

に対しては良好な結果が得られなかった。円形および 2 重輻輳円形はそれぞれがほぼ一定の形をしているのに対し、異物はその形状が一定であることを仮定することは不可能であるため、限られた数を学習するだけでは異物に対応する学習にはばらつきが大きく、判別が困難であったと考えられる。

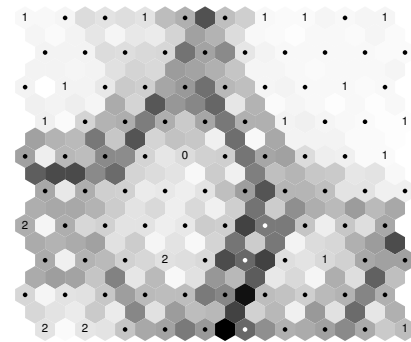


図 9: SOM により生成されたマップ。

表 1: SOM による判別結果。

	円形	2 重輻輳	異物
判別率 (%)	100.0	100.0	11.1

6 おわりに

本論文ではまず、膨張型動的輪郭モデルに対して複数物体の抽出を可能とする膨張分裂型動的輪郭モデルと提案した。また、入力画像を分割することでそれぞれの領域で独立に輪郭を抽出し、それぞれの輪郭線を的確に統合することで最終的な抽出結果とする手法を提案した。

検証実験の結果、より少ない離散点により処理を行う分割ありの膨張分裂型が処理時間の短縮において分割なしの膨張型および収縮型より有利であることを確認した。

さらに、膨張分裂型動的輪郭モデルの応用の一例として、円盤状物の計数を行う手法を提案し、輻輳状態にあるクロレラ画像に対して良好な抽出・計数が行えることを確認した。

参考文献

- [1] M. Kass, A. Witkin and D. Terzopoulos: "Snakes: Active contour models," International Journal of Computer Vision, Vol. 1, No. 4, pp. 321-331, 1988.
- [2] 坂口俊文, 大山公一: "面積項をもつスネーク," 電子情報通信学会春季全国大会, D-555, 1991.
- [3] 荒木昭一, 横矢直和, 岩佐英彦, 竹村治雄: "複数物体の抽出を目的とした交差判定により分裂する動的輪郭モデル," 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol. J79, No. 10, pp. 1704-1711, 1996.