

I-003

構造要素を用いた動的輪郭モデルによる3次元物体の輪郭抽出法

Contour Extraction Method for 3D Object using Active Contour Model with Structuring Element

小西 勇人†

坂本 雄児†

Hayato Konishi

Yuji Sakamoto

1 まえがき

対象物体に対する輪郭抽出は重要な画像処理の一つであり、様々な手法が提案されており、その中で代表的な手法の一つとして動的輪郭モデル Snakes がある [1]。しかし、Snakes はモデル化した関数の重み係数の決定が困難、凹凸領域のような複雑な形状の物体に対する輪郭抽出が困難、などの欠点を持っている。また、胃壁ひだのような凹領域を強調するという研究も報告されているが、定量的評価などの問題がある [2]。

本研究ではこれまでに、2次元物体に対し、動的輪郭モデルに棒状の構造要素を用いることによって、従来手法では困難であった凹領域を除く輪郭抽出法を提案した [3]。この2次元物体を対象とした手法は、Snakes と比較し、より良好な輪郭抽出ができることを確認した。

本論文では、2次元物体を対象とした手法を3次元物体に対して処理できるように拡張し、凹領域を除く輪郭抽出法を提案する。提案手法では、初期輪郭として与えた制御点を用いて面の構造要素を作成し、その面を法線方向に移動させることによって、凹領域を除く輪郭抽出を実現する。また、面の大きさを変更することにより、除くべき凹領域の大きさを変更することができる。本論文では提案手法の詳細とその有効性を報告する。

2 提案手法

2.1 概要

本研究で提案する領域抽出法は、初期輪郭として与える各制御点に対し、周辺の制御点との傾きベクトルを求め、対象とする制御点を中心とした面（以降、移動面とする）を作成する。その後、移動面の法線方向を調べ、対象物体に接触した位置へ制御点を移動し、輪郭抽出を行う（図1(a)参照）。

2.2 アルゴリズム

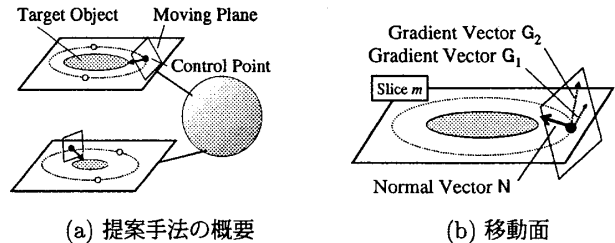
提案手法は大きく分けて、以下の4つの処理を用いて輪郭抽出を行う。

1. 初期制御点の生成
2. 移動面の生成
3. 移動面の移動
4. 制御点の追加・削除

以下に詳細を述べる。

1) 初期制御点の生成

対象物体の重心ベクトル $\mathbf{G} = (G_x, G_y, G_z)$ を求め、その $\mathbf{G}$ を中心に半径がそれぞれ R_x, R_y, R_z となるような、楕円球を



(a) 提案手法の概要

(b) 移動面

図1 3次元物体における凹領域を除く輪郭抽出法

考える。楕円球の表面上に、間隔が D となるように、制御点 $\mathbf{P}_{(n,m)} = (P_x, P_y, P_z)$ ($n = 1, \dots, N_{max}, m = 1, \dots, 128$) を作成する。ここで、 n, m はそれぞれ、各スライス画像における制御点数、スライス画像の枚数とする。

2) 移動面の作成

各制御点に対して、同一スライス画像上の、隣接する制御点間の傾きベクトル $\mathbf{G}_1 = \mathbf{P}_{(n+1,m)} - \mathbf{P}_{(n-1,m)}$ を求める。

次に、上下のスライス画像上に生成した制御点に対し、現在対象としている制御点との距離を求める。その距離が最短となる制御点（上下それぞれ）を探し、その制御点間を結ぶ傾きベクトル $\mathbf{G}_2 = \mathbf{P}_{(n,next)} - \mathbf{P}_{(n,prev)}$ を求める。ここで、 $\mathbf{P}_{(n,next)}, \mathbf{P}_{(n,prev)}$ はそれぞれ、一つ後のスライス画像、一つ前のスライス画像とする。

そして、以下の式 (1) より、移動面（法線ベクトル $\mathbf{N}_{(n,m)}$ ）を作成する（図1(b)参照）。

$$\mathbf{N}_{(n,m)} = \mathbf{G}_1 \times \mathbf{G}_2 \quad (1)$$

ここで作成する面は、縦と横の長さを L とする矩形領域とした。また、法線ベクトル $\mathbf{N}_{(n,m)}$ の方向は、対象物体へ向かう方向にし、距離を一定とするために正規化した。

3) 移動面の移動

各制御点に対して、2) で作成した移動面を法線ベクトルの方向を調べ、対象物体に移動面の一部が接触した場合は、その位置で停止し、そうでない場合は、制御点を移動させる。

4) 制御点の追加・削除

各制御点を移動させていくと、制御点間の距離にばらつきが生じてくるため、これを防ぐために、制御点間の距離が D_{max} よりも大きくなった場合、中点に制御点を追加し、 D_{min} よりも小さくなった場合、制御点を削除する。

† 北海道大学大学院情報科学研究科

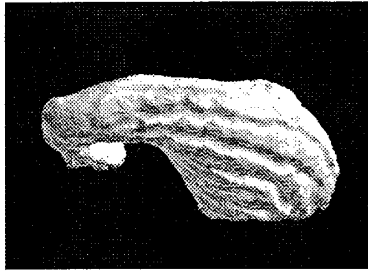


図2 元画像の3次元表示

2), 3), 4) の処理を複数回実行し, 制御点の移動が停止するまで繰り返す。

2.3 特徴

提案手法において, 輪郭抽出を行うために必要なパラメータの一つとして移動面の大きさを決める L がある。これは, 抽出すべき凹領域の大きさを決定づけるものであり, 利用者が抽出したい領域を直感的に決めることができる。

また, この L を大きくすると, 移動面が対象物体に接触する範囲が多くなり, 非常に大きな凹領域の抽出や対象物体のおおまかな輪郭を抽出することができる。逆に L を小さくすると, より細かな凹領域の抽出やより正確な輪郭を抽出することができる。

3 実験

3.1 概要

本研究の提案手法の有効性を確認するために, 胃の CT 画像から胃壁ひだを抽出する実験を行った。対象物体は2値の胃の CT スライス画像 ($512 \times 512 \times 128$) とした (図2参照)。

3.2 実験結果

図2の胃の CT 画像に対し, 提案手法を適応した結果を図3に示す。白く波のように表示されている部分が胃壁ひだとなる。

また, 実験を行うために用いたパラメータを表1に示す。ここで, 反復回数を $n = 200$ としたのは, 初期輪郭と対象物体との距離が最大でおよそ 150[pixel] 離れていることや途中, 制御点を追加する処理を行うため, このような値に設定した。また, D_{max} , D_{min} は, 初期の制御点の間隔は $D = 10$ としているが, 次第に輪郭は収縮されていくため, D_{max} は初期の間隔の半分, D_{min} は制御点の重複を防ぐために 1 とした。制御点の追加は, 収縮して制御点間の距離が短くなっていくのを考慮して, 50 回反復するごとに行っており, 削除は 1 回の処理ごとに行っている。

この実験の結果より, 図3(a), (b) ともに, 胃壁ひだとなる凹領域を抽出できたことを確認した。図3(a) の方は, $L = 10$ としているため, 凹領域に入り込みやすくなり, 抽出される胃壁ひだの領域が小さくなっている。一方, 図3(b) の方は, $L = 20$ としているため, 図3(a) よりも抽出される胃壁ひだの領域が大

表1 輪郭抽出における各種パラメータ

	反復回数	n	L	D	D_{max}	D_{min}
図3(a)	200	100	10	10	5	1
図3(b)	200	100	20	10	5	1

(a) $L = 10$ (b) $L = 20$

図3 凹領域の抽出結果

きくなっていることがわかる。この結果から, 移動面の大きさ L を変更することによって, 抽出される凹領域を変えることができるということを確認した。

計算時間は, 図3(a), (b) ともに, Pentium 4 CPU 2.53 GHz, 2GB のメモリで, およそ 2 分かかった。

問題点として, 胃には胃角部という領域が存在し, 提案手法ではその領域を胃壁ひだのような凹領域として抽出することが挙げられる。これに対して, 胃角部を含むスライス画像では初期輪郭を処理途中で複数に分割することで, 改善できるのではないかと考えられ, 現在検討中である。

4 まとめ

本研究では3次元物体に対する, 構造要素を用いた動的輪郭モデルによる輪郭抽出手法を提案した。その提案手法に対し, 実験・考察を行った結果, 3次元物体における凹領域を除く輪郭抽出が可能であることを確認した。

今後は, より高精度な抽出, グレースケール画像への適応などが課題となる。

参考文献

- [1] M.Kass, A.Witkin, D.Terzopoulos, "Snakes : Active Contour Model", International Journal of Computer Vision, pp.321-331, 1998.
- [2] 増井大祐, 坂本雄児, "腹部 X 線 CT 像における胃壁ひだ領域の強調表示", FIT2005, H-028, Sep. 2005.
- [3] 小西勇人, 坂本雄児, "構造要素を用いた動的輪郭モデルによる輪郭抽出法", 画像工学研究会 (IE), No. 489, pp 61-65, Feb. 2008.