

審査の結果の要旨

氏名 刘学术

刘学术提出の本論文は「**Size Aware Contouring based on Level Set Method and Its Applications** (レベルセットに基づく形体サイズ依存の輪郭抽出法とその応用)」と題し、全5章よりなり、2次元及び3次元の形状に対して特徴を認識したの輪郭抽出を行う問題を扱っている。

第1章ではこの問題の背景として、従来手法では輪郭上の特徴(凸部や凹部)を削除・簡略化し、輪郭の概形を抽出するようなことができないことを指摘し、その解決を研究の目的として設定している。そのためには輪郭抽出の過程で特徴のサイズを認識する必要があることを述べている。その一方で従来手法として **Active Contour** や **Level Set Method** などの輪郭を動的に制御する方法が有効であることを述べ、それらにサイズの概念を導入することによってこの問題に適用できることを議論している。また関連する先行研究についてのサーベイも行っている。

第2章では、この論文の基本的なアイデアを提示し、2次元問題にそれを適用して有効性を示している。ここでの問題設定としては、2次元の画像上に初期輪郭が与えられた時に、その輪郭に含まれるあるサイズ以下の特徴(凸部や凹部)を削除して輪郭を簡略化することである。基本的な手法としては、2次元領域に符号付距離場を生成し、そのゼロ等値面を考え、それを **Level Set Method** によって進展(移動)させるものである。この進展は速度関数とよばれるものによって制御される。ただし一般の速度関数では特徴のサイズを認識することができないために、ここではゼロ等値面が輪郭に接触した時に、その部分で進展を停止し、近傍の接触状態を判定しながら、ある一定時間停止することができれば、その待ち時間が特徴のサイズと相関をもつというアイデアである。これに基づいてアルゴリズムを設計し、実際にプログラムとして実装することによって2次元問題に適用している。これによって、サイズによる特徴の削除が可能となった。

第3章では、この手法を3次元の多面体(三角形メッシュ)に適用して、いわゆるセグメンテーションを行っている。三角形メッシュは、コンピュータグラフィックスにおいて3次元形状を表現するための最も一般的な表現手法であるが、例えば人間のアニメーションを作成するなどのためには、各部分に分解さ

れていると利便性が高く、セグメンテーションに関する要求は大きい。基本的な考えは第 2 章と同じであるが、三角形メッシュの特徴部分として、例えば人間の全身を表すメッシュの手足や頭などのような部分を抽出することができることを示している。手法としては、入力された三角形メッシュを等値面としてもつような符号付距離場を 3 次元格子状に生成し、その上で第 2 章の方法を適用する。しかし、3 次元では待ち時間と特徴のサイズの関係が複雑であった。ここでは特徴のサイズをまず定義し、それを元にして等値面を進展させる速度関数のアルゴリズムを提案している。この方法によるプログラムを作成し、ベンチマークを行ったところ、他の手法に比べてもより正解に近いセグメンテーションを行えることを示している。

第 4 章では、本研究で提案している輪郭抽出法の応用として、人体の骨の CT データを用いて、外科手術用のロッキングプレートの設計問題を扱っている。ここではダメージを受けた骨を想定して、その CT 画像から、骨の表面の抽出、微小穴の削除などの処理を行い、患部に装着するロッキングプレートの 3 次元設計を行い、実際に模型の作成まで行っている。この例題は人工的なものであるが、提案手法の応用可能性をしめすものとして位置づけられる。

この処理の中では、ロッキングプレートの形状には関係のない骨内部の海綿骨などの部分を削除することや、骨に存在する微小穴を削除すること、ROI によって切り取られた骨の両端の欠損部を埋めること、患部を削除したギャップを補間することなどが提案手法に基づいて統一的に実行できることを示している。

第 5 章では結論として、以上の成果を総括するとともに、手法の限界についても議論している。例えば 3 次元メッシュの場合には、サイズだけでなく特徴の高さや深さが十分ないと抽出ができないことがある。またゼロ等値面は一つしか用意されていないために、それに接触しない特徴は抽出できないなどである。これらはそのまま今後の課題として位置づけられる。

以上を要約するに、本研究により、従来手法では考慮されていなかった特徴のサイズを与えた輪郭の特徴抽出法として、Level Set Method をベースにして、速度関数を輪郭との接触によって制御するという考え方を提案し、2 次元画像、3 次元メッシュに適用している。Level Set Method は本分野においては強力な手法として認識されており、本手法はそれと親和性が高いことも特徴として上げられる。この論文では、一つの新しいアプローチが提案されたと言え、本分野に関して大きな貢献をしたと言える。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる.