

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	肝臓画像分割のためのレベルセットに基づく能動的輪郭法に関する研究
Title(English)	Study of a Level-Set Based Active Contour Method for Liver-Image Segmentation
著者(和文)	Narkbuakaew Walita
Author(English)	Walita Narkbuakaew
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9878号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:長橋 宏,熊澤 逸夫,小池 康晴,山口 雅浩,小尾 高史
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9878号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Walita Narkbuakaew	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	長橋 宏	教授	小尾 高史	准教授
	審査員	熊澤 逸夫	教授		
		小池 康晴	教授		
山口 雅浩		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study of a Level-Set Based Active Contour Method for Liver-Image Segmentation (肝臓画像分割のためのレベルセットに基づく能動的輪郭法に関する研究)」と題し、英文7章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、肝臓癌診断における肝臓部の可視化の重要性について述べるとともに、その可視化技法を概説している。また、その治療法においても複数の選択肢があり、いずれの場合も形状や解剖学的特徴を得るための可視化に基づく肝臓領域部の定量化処理が不可欠であることを述べている。そして、本研究の目的が、代表的な可視化システムの1つであるCT装置で得られる低被爆X線4次元CT画像から、レベルセット法に基づいて肝臓領域部の効率的分割手法を提案することであると述べている。

第2章「Level-Set Image Segmentation (レベルセット画像分割法)」では、レベルセット画像分割法の基本的概念について述べている。この方法は、ある目的関数を異なるレベルのカット面で表すとともに、ゼロレベル面におけるレベルセット関数(ゼロレベルセット関数あるいは輪郭線と呼ぶ)が、目的とする状態に収束するようにレベルセット関数を進化させる手法であることを述べている。また、この進化の過程でレベルセット関数の再初期化が不要な方法として、距離正則化レベルセット進化法(Distance Regularized Level-Set Evolution; DRLSE)と反応拡散法(Reaction-Diffusion; RD)があることを述べ、さらに輪郭線の伝搬を制御する代表的手法であるGeodesic Active Contour法(GAC)、Edge-based法、Chan-Vese法(CV)について概説している。また、これらの伝搬制御法とDRLSEおよびRD法との組み合わせについて論じたうえで、本論文ではRD法を基本とする新たなレベルセット画像分割法を提案すると述べている。

第3章「Liver-Image Segmentation System(肝臓画像分割システム)」では、提案手法が3つのモジュールから構成されていることを述べている。第一のモジュールでは、肝臓の解剖学的構造境界を表すSRG(Seed-Region-Growing)画像と、境界の存在度合いを表すCR(Confident Region)画像の2種類の画像表現を生成している。第二のモジュールでは、多重解像度技術を取り入れた2段階レベルセット法によって画像分割を行っている。まず、第一モジュールで作成されたSRG画像とCR画像を基に初期ゼロレベルセット関数を生成する。そして、分割処理の第一段階で画像サイズ1/4倍の低解像度画像に対してレベルセット法を行い、得られた分割結果を2段階目の原画像分割における初期ゼロレベルセット関数として用いている。この2段階分割法によって、計算コストの低減と安定な分割が可能になったと述べている。さらに、輪郭線伝搬を制御する方法として用いられているChan-Vese法の問題点を指摘し、その問題を改善した改良Chan-Vese法(Modified Chan-Vese; MCV)を提案している。最後に、分割結果改善のために、肝臓領域の外郭境界を得る孔埋め処理が第三のモジュールで行われると述べている。

第4章「Experiment and Results (実験と結果)」では、CT画像中の肝臓領域の切出しに関する実験とその結果について述べている。始めに、実験で使用する4次元CT画像データセットの仕様について述べた後、画像分割結果を評価するための3種類の類似尺度、すなわち差分絶対値体積類似度(Absolute-difference Volume Similarity; AVS)、体積重複係数(Volume Overlapped Coefficient; VOC)、そしてダイス類似度係数(Dice Similarity Coefficient)を導入している。そして、第3章で提案した初期レベルセット関数の作成法、2段階レベルセット法、および改良CV法を評価するために、それぞれの提案手法の個別評価が可能な従来手法との組み合わせシステムを構築することによって、画像分割実験を行っている。上記3種類の類似尺度の下で評価を行った結果、いずれの提案手法とも従来手法を上回る分割精度が得られたことを示している。

第5章「Integration of Level-Set and Clustering Method (レベルセット法とクラスタリング手法との統合)」では、肝臓領域内の癌領域分割をレベルセット法とクラスタリング手法とを統合して行う方法について述べている。雑音を多く含む肝臓領域中の癌領域を分割するために、空間ファジーC平均法(Fuzzy C-Means; FCM)によるクラスタリングによって初期ゼロレベルセット関数を決定する方法と、第3章で提案したMCV法とを組み合わせた新たな領域分割法FCMMCVCVを提案している。そして、異なる雑音強度の評価用画像に対して領域分割実験を行い、その性能評価を行っている。その結果、従来手法と比較して、最も安定かつ高精度な分割が可能であ

たと述べている。また、実際の2次元肝臓領域画像に対する分割の比較実験により、肝臓癌領域の分割においても有効な手法であることを示している。

第6章「Visualization Application (可視化応用)」では、肝臓領域の分割結果を可視化処理の中で有効利用するための技術について述べている。そして、3次元画像に対するボリュームレンダリング技術と肝臓領域分割結果とを組み合わせた視覚的に見易い表示法について考察を行っている。また、時間的な肝臓の変動を加味した着色法についても論じている。

第7章「Conclusion (結論)」では、本論文を総括するとともに、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、雑音を多く含む4次元CT画像からの肝臓領域の安定かつ高精度での分割を行う新たな手法を提案し、その有効性を示したものであり、工学上寄与する所が大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認められる。