



(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	---

平成 27 年 12 月 9 日

学位（博士）論文の和文要旨

論文提出者	工学府博士後期課程 電子情報工学 専攻 平成 25 年度入学 学籍番号 13834203 氏名 斉藤 篤 
主指導教員 氏 名	清水 昭伸
論 文 題 目	Abdominal organ segmentation based on a statistical shape model (統計的形状モデルに基づく腹部臓器セグメンテーション)

本論文では、統計的形状モデル (statistical shape model; SSM) を用いた腹部臓器セグメンテーションに着目する。本研究の貢献は大きく 2 つに大別される。1 つ目は、世界初となるコンピュータ支援診断のオートプシー・イメージングへの応用である。提案する死亡時画像用の肝臓セグメンテーションアルゴリズムは、処理対象の新しさだけでなく、生体用データの膨大な蓄積を死体用 SSM 学習に活用するなど、医用画像処理の方法論としても画期的である。2 つ目の貢献は、SSM から生成可能なすべての形状 (制約形状) を考慮しながら、セグメンテーションと制約形状からなる目的関数の同時かつ大局的最適化を可能にした点である。近年類似の目的関数を対象とした手法がいくつか提案されているが、大局的最適性と同時最適性を両立した手法はこれまでに存在しなかった。本論文の構成は以下のとおりである。

第 1 章 “Introduction” では研究の背景と目的、本論文の概要を述べる。

第 2 章 “Statistical shape model of the postmortem liver” では、死亡時の肝臓のための最適な SSM 構築法を明らかにする。提案する SSM は、死体の肝臓ラベルに加えて、生体の肝臓ラベルの変換によって作成した擬似死体肝臓ラベルから学習される。変換方法として、統計的変換 (T および TR) と幾何学的変換 (A) およびそれらの組み合わせ (AT および ATR) からなる計 5 つの変換方法を提案する。異なる変換方法によって構築された 5 つの SSM と、変換を用いない場合の SSM の性能を、代表的な評価指標である generalization と specificity によって比較した。変換 T および TR を用いて構築された SSM は、generalization と specificity の両方において従来の SSM よりも優れており、提案手法の有効性が示された。

第 3 章 “Liver segmentation from PMCT volumes” では、これらの SSM が死亡時 3 次元 CT 像からの肝臓セグメンテーション精度の観点から比較された。提案するセグメンテーシ

ョンアルゴリズムは生体用に従来提案されていた手法に基づいており、EM アルゴリズムと最大事後確率法(MAP)に基づく「粗抽出」、SSM からの「形状推定」、グラフカットに基づく「精密抽出」の3つのステップからなる。生体用の手法との違いは、死後変化による空間的標準化の難しさに対処するために、「粗抽出」において動的確率アトラスを用いる点である。前章において優れた性能を示した SSM は、死後の肝臓のセグメンテーションにも最適であることがわかった。特に、統計的変換 T を用いて構築した SSM がセグメンテーションにおいて最良であることがわかった。このときの平均 Jaccard index (JI) は 0.806 であり、従来の SSM と比較して統計的に有意に優れていることがわかった。

第4章 “Joint optimization of the segmentation and shape prior from an SSM” では、SSM から生成され得る制約形状と2値セグメンテーションラベルの同時かつ大局的最適化法を提案する。提案手法は、多時相3次元腹部CT像に対する脾臓および脾臓セグメンテーションに適用された。提案手法は、固有形状空間のサンプリングによって生成した形状群から事前に構築した探索木上で branch-and-bound 法を適用する従来手法と比較された。提案手法は従来手法と比較して平均 JI において有意な向上がみられ、脾臓において 0.610 から 0.623 に、脾臓において 0.895 から 0.900 に向上した。提案手法は従来手法と比較し、葉ノード数に対する探索ノード数が減少し、計算効率においても優れていることがわかった。さらに、提案手法は、他の最新の脾臓および脾臓セグメンテーションに匹敵する性能を示した。最後に、本手法の拡張可能性について議論した。

最後に、第5章 “Summary, Conclusions and Future Works” では本論文の要約と結論、今後の課題を述べる。