

(様式 11)

平成 28 年 2 月 17 日

学位論文審査要旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員	主査	清水 昭伸	印
	副査	北澤 仁志	印
	副査	田中 聡久	印
	副査	榊田 晃司	印
	副査	近藤 敏之	印
	副査	堀田 政二	印

学位申請者	電子情報工学専攻 平成 25 年度入学 学籍番号 13834203
	氏名 齊藤 篤
申請学位	博士 (工学)
論文題目	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
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>本論文は、3 次元 CT 像内の腹部臓器領域を画像処理によって自動認識 (セグメンテーション) することを目的とし、そのための統計的形状モデル (statistical shape model; SSM) と画像処理アルゴリズムに関する研究について述べている。この論文の重要な貢献は二点ある。一点目は、オートプシー・イメージング (死亡時画像診断) にコンピュータ支援診断を世界で初めて導入したことである。提案する死亡時画像内の肝臓の SSM や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生成型学習を利用して死体用 SSM の学習に活用するなど、医用画像処理の方法論としても新しい点がある。二点目の貢献は、SSM から生成可能なすべての 3 次元形状 (10^9 個以上) を考慮しながらセグメンテーションの目的関数を真に最適化可能な新しいアルゴリズムを提案した点である。これは、1995 年に Cootes が提案した Active shape model 以来、SSM を利用したセグメンテーションアルゴリズムにおいて未解決の重要な問題の一つであったが、これに厳密解を与えた画期的な方法である。</p> <p>以下では各章について審査要旨を述べる。</p>	

論文審査要旨

Chapter 1 Introduction (はじめに) では, 研究の背景と目的について触れている. 過去の SSM やそれを用いた臓器セグメンテーションの研究と問題点, オートプシー・イメージングが今世紀に入って日本の医学界で始まった背景と, そこに臓器認識処理を適用する際の問題点などがまとめてある. さらに, それを踏まえて研究の目的が設定されている.

Chapter 2 Statistical shape model of the postmortem liver (死後肝臓の統計的形狀モデル) では, 死亡後の肝臓のための最適な SSM の学習法について検討している. 具体的には, 死体の肝臓ラベルに加えて, 生体の肝臓ラベルから作成する擬似死体肝臓ラベルも用いる方法を採用し, その擬似死体肝臓ラベルの作成法として, 統計的変換と幾何学的変換, および, それらの組み合わせからなる複数の方法を提案している. また, 実際の画像を用いた実験により, それぞれの方法によって学習した SSM の間の優劣を評価している.

Chapter 3 Liver segmentation from PMCT volumes (死亡時 CT 像からの肝臓セグメンテーション) では, 2 章で提案した SSM を用いて死亡時 CT 像から肝臓をセグメンテーションするアルゴリズムを提案している. このアルゴリズムは, 最大事後確率法(MAP)に基づく粗抽出, SSM を用いた形状推定, グラフカットに基づく精密抽出の三つのステップからなる. 特に, 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に位置を変えるダイナミック確率アトラスを提案し, それを用いている点が新しい. また, Chapter2 で提案した複数の SSM による形状推定を行い, 最終的な臓器抽出精度を評価することで, モデルの間の優劣についても評価している.

Chapter 4 Joint optimization of the segmentation and shape prior from an SSM (セグメンテーションと SSM からの事前形状の同時最適化) では, SSM から生成され得る 10^9 個以上の膨大な全ての制約形状を考慮しながら, 2 値セグメンテーション問題のための目的関数を最適化するアルゴリズムを提案している. これまでの方法では SSM から生成可能な全ての形状を扱うことができなかったが(最新の方法でも 2[PB]強のメモリと通常の PC では 1000 万年以上かかる), その限界を越えた点 (1[GB]強のメモリと 3~4 分の計算時間で解ける) で画期的なアルゴリズムと言える. また, 従来最新の方法を実際に 3 次元に拡張して実画像を用いた比較実験を行っており, 精度とコストの観点から提案法が優れていることを証明している. また, 3 次元 CT 像からのすい臓のセグメンテーションに適用した結果も示しているが, 現在比較可能な全ての学術論文における結果よりも提案法の性能が優れ, 世界最高の性能を持っていることを示している.

Chapter 5 Summary, Conclusions and Future Works (まとめ, むすび, 今後の課題) では, 本論文の内容についての要約を示し, そこから導き出される結論について述べた後で, 今後の課題について触れている.