

(様式 11)

平成 29 年 2 月 14 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	瀧山 健	印
	副査	清水 郁子	印
	副査	本谷 秀堅	印

学位申請者	電子情報工学 専攻 平成 26 年度入学 学籍番号 14834203
	氏 名 花岡昇平
申請学位	博 士 (工学)
論文題目	Detection, definition and application of anatomical landmarks in medical images 医用画像における解剖学的ランドマークの検出、定義とその応用
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>本論文は、人体の解剖学的ランドマーク (LM) の統計モデルを用いた 3 次元 CT 像中の LM の自動検出, LM の自動定義, および, 検出された LM を利用した脊柱・骨盤骨の自動認識アルゴリズムなどについてまとめたものである. LM 検出については, 多数の LM 間の関係を考慮しながら高精度に自動検出可能であり, 世界最高のレベルにある. また, LM の自動定義は, 新規性の非常に高い研究であり, LM ベースの画像処理を大きく変えうる可能性を秘めた研究である. さらに, 脊柱・骨盤骨の自動認識アルゴリズムについては, 最近主流の微分同相写像を用いた処理に LM を組合せることで, 汎化性の向上に成功している. さらに, 新しいグラフ特徴量を提案し, MR 造影画像から脳腫瘍を高精度に自動認識できることも示している. 以下では各章について審査要旨を述べる.</p> <p>第 1 章 "Introduction" では, 医用画像処理における解剖学的 LM の定義・分類について論じ, その検出手法と応用, すなわちレジストレーションとセグメンテーションについて述べており, 俯瞰的かつ簡潔に論点が整理され, 本論文で取り組むべき問題が明確に示されている.</p> <p>第 2 章 "Automatic detection of landmarks" では, 200 個近い LM を CT 画像から自動検出するアルゴリズムについて提案している. そこでは, 候補となる LM を検出して</p>	

論文審査要旨

尤度を求めた後で、候補の中から最適な LM の組み合わせを求めている。具体的には、LM の空間分布の統計モデルを用いて、事後確率最大化の枠組みによって最適化している。膨大な組み合わせの中から効率よく解を見つけるために、Markov chain Monte Carlo (MCMC)法と焼きなまし法を用いている。109 例の実際の CT 画像を用いて性能を評価し、96.5%のランドマークを正解点から 20mm 以内の点として検出することができることが示されている。この性能は、世界最高レベルにあり、その成果は、この分野のトップジャーナルである、Medical Image Analysis に採択された。

第 3 章 “Automatic definition of landmarks” では、解剖学的に意味がある LM を自動定義している。同種の試みはほぼ皆無であり、世界初の挑戦的な試みである。注目すべき点は、triangular consistency criterion (TCC)と呼ばれる数値を新しく導入した点である。50 例の体幹部 CT 画像を用いて評価し、48 個の新しい LM 点の自動定義に成功している。工学的な意義のみならず、医学的な意義も高い研究であり、代表的な国際会議である Computer Assisted Radiology and Surgery で発表している。

第 4 章 “Multiatlas-based segmentation of the vertebral and pelvic bones” では、検出された LM の応用例として、マルチアトラス法による脊柱骨および骨盤骨のセグメンテーションアルゴリズムを提案している。特徴は、最近よく用いられている diffeomorphic demons algorithm に LM の情報を組合せて拡張した点にある。具体的には、脊柱骨・骨盤骨のラベル画像を未知症例に位置あわせする際に、提案する LM を用いた diffeomorphic demons algorithm を用いることで精度向上を目指した。実際の臨床で撮影された 50 例の体幹部 CT 画像を用いて評価し、世界最高レベルのセグメンテーション精度をもつことを実証している。この成果は、この分野の代表的なジャーナルである、International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery に採択された。

第 5 章 “HoTPiG: A novel geometrical feature for vessel morphometry and its application to cerebral aneurysm detection” では、新しいグラフ構造特徴量を提案し、MR angiography(MRA)画像からの脳動脈瘤が高精度に検出できることを示している。グラフ構造上の 3 点の道のり距離を数え上げた 3 次元ヒストグラムを用いて計算されるこの特徴量は、特に分枝状構造の特徴を捉えることに成功している。300 症例の MRA 画像から求めた血管構造に適用し、サポートベクトルマシンを使って脳動脈瘤の検出を行った結果、症例あたりの疑陽性数が 3 個の時の検出感度が 81.8%という世界最先端の性能であることを実証している。この成果は、本分野のトップカンファレンスである、Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention で発表している。

第 6 章 “Conclusion” では、全体の総括を行っている。

上で述べたとおり、いずれの成果もこの分野のトップ、あるいは代表的なジャーナルやカンファレンスで発表されており、極めて注目度の高い研究である。