



(様式 5)

指導教員 承認印	
-------------	---

平成 28 年 12 月 8 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 平成 26 年度入学 学籍番号 14834203	電子情報工学 専攻 氏名 花岡 昇平	
主指導教員 氏 名	清水 昭伸		
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)		
論文要旨 (2000 字程度)			
<p>本論文は、医用画像処理における解剖学的ランドマークの自動検出、自動定義およびその応用である脊柱・骨盤骨領域抽出、脳動脈瘤の自動検出アプリケーションについての研究を編纂したものである。197 個のランドマークを CT 画像から自動検出するシステムを提示した後、多数の CT 画像群から解剖学的に意味のあるランドマークを自動定義するアルゴリズムを提案する。ランドマーク検出システムの応用例として、マルチアトラス法を用いた脊柱・骨盤骨領域の自動抽出アルゴリズムを提示する。最後に、新しいグラフ構造特徴量を用いた脳動脈瘤の自動検出システムについて報告する。</p> <p>第 1 章 "Introduction" では、医用画像処理における解剖学的ランドマークの定義・分類について論じ、その基礎的な検出手法および主たる応用（レジストレーション、セグメンテーション）について述べる。</p> <p>第 2 章 "Automatic detection of landmarks" では、計 187 個のランドマークを CT 画像から自動検出するシステムを提案する。まず、個々のランドマークの位置候補がそれぞれの検出器により検出される。検出器はスライディングウィンドウにより画像の各部位ごとに特徴量を抽出し識別器により尤度を出力する。最終的に尤度の最も高い 100 点が出力される。次に、187 個のランドマークごとに 100 個の候補点から 1 つを選び取る組み合わせ最適化問題が解かれる。そこではランドマーク点の空間分布の統計学的モデルであるランドマーク点分布モデル(L-PDM)を用いて、事後確率最大化(MAP)法によって最も人体の形態としてふさわしい候補点の組み合わせが検索される。検索には Markov chain Monte Carlo (MCMC)法と焼きなまし法が用いられる。提案手法は 109 例の CT 画像により評価され、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</p>			

できた。

第3章 “Automatic definition of landmarks” では、解剖学的に意味があるランドマークを自動定義することを試みる。そのために、triangular consistency criterion (TCC) と呼ばれる量を導入する。TCC は3つの画像 A、B、C を相互に非剛体位置あわせ(レジストレーション)した際に、注目画素が画像 A から B、B から C、C から A へと変形場に従って移されたとき、元の点から生じたずれの絶対距離として定義される。多数の CT 画像を相互レジストレーションしてすべての画像の3つ組みで TCC を計算し、統合することにより、1つのランドマーク性評価画像を得る。その極大点をランドマークの候補点とし、そこからルールベースにランドマーク点を決定する。提案手法は50例の体幹部 CT 画像を用いて評価され、計48個の新しいランドマーク点を自動定義することに成功した。

第4章 “ ” では、ランドマーク検出システムの応用例として、脊柱骨および骨盤骨の領域抽出(セグメンテーション)アルゴリズムを提案する。既存のレジストレーションアルゴリズムである diffeomorphic demons algorithm を改変し、ランドマーク位置情報を位置あわせに用いることができる landmark-guided diffeomorphic demons algorithm を提案する。この手法を用いて、マルチアトラス法により未知画像から脊柱骨・骨盤骨を抽出する。具体的には、脊柱骨・骨盤骨の領域が既知であるような症例(アトラス)群を準備し、これを未知症例に位置あわせすることにより未知症例の脊柱骨・骨盤骨領域を得る。この位置あわせには、第2章で提案した手法により検出されたランドマークの位置情報と元画像の情報の両方を同時に用いる。提案手法は50例の体幹部 CT 画像を用いて評価され、他の最新の手法に匹敵するセグメンテーション精度をもつことが確認された。

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である HoTPiG を提案し、その応用としての MR angiography(MRA)画像からの脳動脈瘤検出を行う。HoTPiG は任意の二値画像においてその各ボクセルで計算される特徴量であり、2値画像の前景画素をつないだグラフ構造上の3点の道のり距離を数え上げた3次元ヒストグラムとして計算される。この HoTPiG 特徴量は、分枝状構造の各点における局所のグラフ構造をコンパクトにエンコードする性質をもっている。これを利用して、MRA 画像から抽出した血管構造2値化画像から各ボクセルで HoTPiG 特徴量を抽出し、サポートベクトルマシンを使って脳動脈瘤の検出を行う。提案手法は300例のデータセットで評価され、疑陽性数3および10のときの感度が81.8%および89.2%と良好な成績を示した。

第6章 “Conclusion” では、全体の総括を行う。