OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Registration of linear structures in 3-D medical images
Author(s)	朴, 鎔夑
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43521
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【152】

氏名	朴　鎔　燮（ぱく　よん　そっぷ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　17125　号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科情報数理系専攻
学位論文名	Registration of linear structures in 3-D medical images （3次元医用画像における線状構造のレジストレーション）
論文審査委員	（主査） 教授　田村　進一 （副査） 教授　北橋　忠宏　　教授　柏原　敏伸

論文内容の要旨

This thesis deals with the problem of linear structure registration in 3D medical images. Linear structures refers to objects whose lengths are several times longer than their widths or diameters such as rib, bronchus, and blood vessel. The author represents linear structures using their centerlines, and performs registration of centerlines. This thesis covers both rigid and nonrigid registration methods of linear structures.

For rigid registration, the author proposed an iterative closest point method for curved linear structures, and targeted rib registration between inspiratory and expiratory CT images. Rotation axis and rotation angle were calculated from registration result. Centerline extraction accuracy,registration accuracy, and convergence for the proposed error function were evaluated by image simulation. The proposed rigid registration method was also tested on CT images of four normal volunteers.

For nonrigid registration, the author proposed a branching linear structure registration method using"tree association graph", and targeted the registration of the airway trees. This study presents a method of"3D tree matching using association graph" for nonrigid registration of branching linear structures in 3D medical images. Matching of branching linear structures in 3D medical images such as bronchus and blood bessels should cope with displacement by body motion, physiological deformation such as respiration, and topological errors such as pseudo branches or missings occuring during image processing process.In this study, the relation between an arbitrary tree node and its parent, children, and sibling nodes was adopted as node attributes to construct a similarity measure reflecting rate of volume change of a tetrahedron which is spread between parent, children, and sibling nodes of an arbitrary tree node. The proposed similarity is based on the general characteristic of displacement and deformation that it can possibly cope with every displacement and deformation occuring in organs. Furthermore, weights in adjacent edges in"tree association graph" was changed to prevent mismatch occurred by topological errors. The proposed nonrigid registration method was verified through matching of trees generated using the 3D airway tree model and trees from real CT images.

（本論文は3次元医用画像における線状構造のレジストレーションの問題を扱う。線状構造は肋骨、気管支、血管などのように幅や半径よりも数倍以上の長さを持つ物体を意味する。著者は線状構造を中心線を利用して表現し、中心

線のレジストレーションを行う。本論文は剛体と非剛体の両方とものレジストレーションを扱う。

剛体レジストレーションとして、著者は「繰り返し最近点」アルゴリズムを利用して、吸気と呼気のCT画像における肋骨のレジストレーションを目指した。レジストレーション結果から各肋骨の回転軸や回転角度が計算された。画像シミュレーションにより、中心線抽出精度、レジストレーション精度、提案した誤差関数の収束性の評価を行った。提案手法を四人の健康ボランティアのCT画像に適用することにより評価した。

非剛体レジストレーションとして、著者は「木連合グラフ」を利用した分岐線状構造のレジストレーション方法を提案し、気管支のレジストレーションを目指した。木のマッチングは、「木連合グラフ」において最大クリークを探索する問題と等価である。本研究では、3次元医用画像における木構造の非剛体レジストレーションを行うための「木連合グラフを用いた木構造マッチング手法」を提案する。気管支や血管など、3次元医用画像の木構造のマッチングは、体位の変化に伴う変位や、呼吸運動のような生理学的な変形に対応出来かつ画像処理過程で生ずる偽枝などのトポロジーエラーを認識する必要がある。本研究では、木ノードの属性として、当該ノードの親子兄弟の位置関係に着目し、親子兄弟で張られる四面体の体積変化率を用いて類似度を構成した。提案した類似度は変位変形の一般的な性質に着目したものであり、体内のいかなる変位変形にも適用しうる一般性の高いものである。また、トポロジーエラーによるミスマッチを回避する方法として、隣接エッジの重みを類似度により変更することを追加した。提案手法を、計算機内に生成された気管支モデルとCT画像からの木構造に適用し、検証した。

論文審査の結果の要旨

マルチスライスCTの登場により、3次元医用画像が日常的に取り扱われるようになってきた。本論文はそのような3次元医用画像をもとに肺の呼吸運動を解析することを最終目標として、そのための肺血管や気管支などの線状構造の剛体および非剛体の位置合わせ問題を取り扱ったものである。

本論文では、まず剛体レジストレーションとして、「繰り返し最近点」アルゴリズムを利用した手法を提案し、呼吸時相の異なる3次元CT画像から抽出した肋骨のレジストレーション、および、それに基づく運動解析に応用している。提案手法の新規性は、物体の運動の性質に応じて、繰り返しレジストレーションのための誤差関数を変更する方式を提案したことであり、これにより、結果が局所解に落ちることを回避しながら、より高速で、かつ、精度の高いレジストレーションが可能になることを示している。レジストレーション誤差は平均1ボクセル未満、回転角度の誤差は平均1度未満であり、臨床で十分使える精度を得ている。

次に非剛体レジストレーションとして、木連合グラフを用いた3次元木構造のマッチング法を提案している。提案手法の新規性は木連合グラフの重みを生成するために、発散類似度と方向体積の概念を導入して類似度を構成したことにある。提案した類似度は変位変形の一般的な性質に着目したものであり、体内の広い範囲の変位変形に適用しうる一般性の高いものである。また、画像処理過程で起こりうる木構造のトポロジーエラーに対処するために、木連合グラフの重みを変更したことにある。提案手法を、計算機内に生成された気管支モデルとCT画像からの木構造に適用し、93%以上の高精度のマッチングが出来ることを検証している。

以上の研究成果は、医用画像に存在する3次元木構造のレジストレーションを高精度で行うとともに、学際的応用の観点からいえば、「画像情報を用いた呼吸運動の解析方法」を世界に先駆けて提案したものであり、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。