

Title	Organ shape recovery from three-dimensional medical images based on anatomical knowledge
Author(s)	岡田, 俊之
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57616
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、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【11】				
氏 名	おか	だ	とし	ゆき
	岡	田	俊	之
博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)			
学 位 記 番 号	第	2 3 9 1 5	号	
学 位 授 与 年 月 日	平 成 22 年 3 月 23 日			
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻			
学 位 論 文 名	Organ shape recovery from three-dimensional medical images based on anatomical knowledge (解剖学的知識に基づく三次元医用画像からの臓器形状復元)			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 萩原 兼一 (副査) 教 授 八木 康史 准教授 清川 清 准教授 佐藤 嘉伸 (大学院医学系研究科)			

論 文 内 容 の 要 旨

The anatomy atlas is the standard anatomical structure of the human body, and atlas-based organ shape recovery is useful for the diseased datasets. We focus on the statistical atlas and the contralateral model based on symmetry of human body in the anatomy atlases. The statistical atlases include statistical shape model (SSM), probabilistic atlas (PA), and multi-organ atlas. In this study, the organ shape is recovered using these atlases from 3D medical images.

Accuracy of shape approximation using statistical shape models (SSMs) is essentially limited. To overcome the limit, multi-level SSM (ML-SSM) is proposed. One problem of ML-SSM is, however, inconsistency among patches. In this paper, we propose a new method to avoid intra-level inconsistency in ML-SSM. We assume that the patches overlap around boundaries at each intra-level. To maintain the intra-level consistency, we introduce the following shape stabilization terms. (1) The overlapping region between patches adhere each other. (2) Each patch shape is not far from the shape estimated at the upper level. In our experiments for the proximal femur and the liver, ML-SSM can approximate the unknown shape more accurately by combining the stabilization terms into the cost function.

An atlas-based automated liver segmentation method from three-dimensional computed tomography (3D CT) images has been developed. The method utilizes two types of atlases, a probabilistic atlas (PA) and ML-SSM. Voxel-based segmentation with PA is first performed to obtain a liver region, then the obtained region is used as the initial region for subsequent ML-SSM fitting to 3D CT images. On average, volumetric overlap of 89.2 ± 1.4 % and average distance of 1.36 ± 0.19 mm were obtained.

Hierarchical multi-organ statistical atlases are constructed with the aim of

achieving fully automated segmentation of the liver and related organs from CT images. Hierarchical PAs are constructed based on the hierarchical nature of inter-organ relationships. Multi-organ SSMs (MO-SSMs) are combined with single-organ ML-SSMs. A hierarchical segmentation procedure is formulated using the constructed hierarchical atlases.

The procedures for repositioning calculations of fractured bone fragments using 3D-CT, aimed at preoperative planning for computer-guided fracture reduction of the proximal femur, are described. Fracture boundaries of the bone fragments, as “fracture lines”, and the mirror-transformed contralateral femur shape extracted from 3D-CT were used for repositioning of the fragments. We formulate repositioning methods based on registration of bone fragments using contralateral femur shape and fracture lines. On average, 6.0 ± 0.8 degrees in rotation error and $89 \pm 3\%$ in contact ratio were obtained.

In this paper, we described the atlas-based organ shape recovery. The proposed segmentation method using ML-SSM was shown to improve segmentation accuracy for datasets including highly deformed livers. The method using MO-SSM was shown that segmentation accuracy of the liver boundaries was improved by incorporating constraints on inter-organ relationships. In the fracture reduction, using both mirror-transformed contralateral femur shape and fracture lines, experimental results showed that good accuracy and stability were attainable without providing precise initial values.

論文審査の結果の要旨

近年、飛躍的に高精細化している三次元医用画像の定量解析とその自動化が強く望まれている。そのためには、人体固有の解剖学的知識の利用が不可欠と考えられる。本論文では、医用画像解析への応用を目的として、解剖学的知識の表現と利用に関して、多数の臓器形状を統計解析することにより得られる統計形状モデルに基づく方法、および人体構造の左右対称性に着目する方法について述べている。前者については、解剖学的知識の階層化の方法論を追究し、(1) 多階層モデルの定式化、(2) CT画像からの臓器領域抽出への応用、(3) 複数臓器表現への拡張に取り組んでいる。後者の方法については、(4) 骨折整復計画への応用に取り組んでいる。

(1) 多階層統計形状モデルの構築

従来の統計形状モデルでは、変形の大きい形状に対して十分な近似精度を得ることは難しかった。形状を部分領域に分割・階層化した統計形状モデルが提案されているが、階層化により、領域間の不整合が生じる可能性がある。本論文では、領域間の不整合を解消するための安定化項を導入した多階層統計形状モデルを提案している。肝臓および近位部大腿骨の正常および疾患データを用いた評価実験では、提案した安定化項を導入することで、領域間の不整合により形状が乱れることなく、精度の良い近似ができることを示している。

(2) 多階層統計形状モデルを用いた三次元CT画像からの臓器領域自動抽出

多階層統計形状モデルを用いて三次元CT画像からの臓器領域自動抽出を行うため、確率アトラス法を用いて抽出された臓器領域を初期値として、多階層統計形状モデルにより精密抽出を行う方法を提案している。腹部CT画像を用いた評価実験では、肝臓領域の抽出誤差が、従来法の2.3mmから1.3mmに減少し、要求精度とみなされるマニュアル抽出のばらつき(1mm弱)に近い性能が示されている。

(3) 階層的臓器統計形状モデルの構築と三次元CT画像からの多臓器領域抽出への応用

単一臓器モデルによる臓器領域の抽出では、他の臓器との境界部分で抽出に失敗することが多い。本論文では、複数臓器の階層的な形状関係性に着目し、単一臓器の多階層モデルを拡張した階層的臓器統計形状モデルを提案している。肝臓とそれに隣接している胆嚢および下大静脈を対象とした評価実験において、肝臓領域境界部分での抽出制度が向上することを示している。

(4) 三次元CT画像を用いた骨折整復計画

三次元CT画像において、骨折した骨の境界である骨折線の整合性、および反対側鏡像による左右対称性の制約条件を統合的に用いた骨折整復計画法を提案している。近位部大腿骨骨折を対象として、実際の骨折CT画像を用いた評価実験において、安定かつ高精度な整復計画が行えることを示している。

以上の研究成果は、人体解剖に関する知識を利用して、医用画像の定量解析とその自動化を実現しているという点で、医療における情報技術の実用化に貢献している。また、本論文で提案している臓器内、臓器間の階層化の方法論は、計算解剖学における、全身の統計モデル構築に向けての出発点となる考えを示した点で有用である。

よって、博士(情報科学)の学位論文として価値のあるものと認める。