

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月11日現在

機関番号：14401
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21300068
 研究課題名（和文） 統計アトラスに基づく3次元医用画像からの線状・面状構造の自動抽出と解剖学的同定
 研究課題名（英文） Atlas-based automated segmentation and anatomical identification of tubular and sheet structures from 3D medical images
 研究代表者
 佐藤 嘉伸（SATO YOSHINOBU）
 大阪大学・大学院医学系研究科・准教授
 研究者番号：70243219

研究成果の概要（和文）：多数患者データの統計解析により人体解剖構造の制約条件を表現した統計アトラスに基づき、臓器に付随する線状構造（腹部動静脈、門脈）、面状構造（肺葉間裂、関節軟骨）を、3次元医用画像から自動的に抽出および解剖学的同定を行うシステムを開発した。具体的には、臓器および付随する線状・面状構造の統計モデリングと自動抽出への応用（門脈本幹、肺葉間裂、関節軟骨）、および、解剖学的知識に基づく血管自動抽出と解剖学的認識（腹部動静脈、門脈）を行った。

研究成果の概要（英文）：A fully-automated segmentation system for anatomical identification of tube-like and sheet-like structures from 3D medical images has been developed based on statistical atlas representing the constraints of shapes and interrelations of the anatomical structures, which is constructed by statistical analysis of a number of patient anatomical ground truth datasets. Using the system, abdominal arteries/veins and portal veins as tube-like structures and interlobar fissure and articular cartilage as sheet-like structures were automatically segmented and identified from 3D CT images.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：統計形状モデル、確率アトラス、CT画像、セグメンテーション、解剖学的ラベル付け、腹部血管、肺葉間裂、関節軟骨

1. 研究開始当初の背景

3次元医用画像中の臓器形状については大局的・統計的な制約条件がモデル化され、一方、血管などの線状構造、膜や関節軟骨などの面状構造については局所的・解析的な制

約条件でモデル化されてきた。両者を融合し、線状構造・面状構造のセグメンテーションの高精度化、さらには、解剖学的認識の自動化を行う研究は十分に行われていなかった。従来から臓器領域の統計表現として用いられ

てきた確率アトラス（解剖構造の存在確率分布）を脳領域内の血管に応用し、セグメンテーションの精度向上に効果があったとしているが、本研究が対象とする（臓器外も含む）腹部血管（臓器外も含む）の走行は形状・トポロジーの個体差が大きく、従来の確率アトラスの適用のみでは不十分であった。

2. 研究の目的

統計アトラスにより、臓器に付随する線状・面状構造の解剖学的制約条件を、臓器毎（関節部位毎）にモジュール化し、臓器や部位に依らない方法論の構築を目指す。

(1) 臓器に付随する線状・面状構造の解剖学的同定

既存の臓器表面形状の統計アトラスを拡張して、臓器表面に加え、臓器に付随する線状・面状構造の制約条件を統計アトラスとしてモデル化する。基盤研究B(H15-17,H18-20年度)で開発された線状・面状構造抽出の要素技術を組合せ、途切れや接触などに対処した全自動セグメンテーションおよび解剖学的認識手法を開発する。

(2) 統計アトラス・プラグインシステムの構築

以上で述べた、線状・面状構造の自動セグメンテーション・解剖学的同定の実装において、対象臓器・部位に依存しない汎用解析システム（例えば、臓器に依存しない血管系解析システム）を構築し、依存する部分を、対象臓器・部位毎に統計アトラス・プラグインとして実装する。プラグインを入れ替えることにより異なる臓器・部位への適用が可能な統計アトラス・プラグインシステムを構築する。

3. 研究の方法

(1) 線状・面状構造の統計アトラス構築のための学習用データベース構築

線状構造解析においては、木構造とみなせる（ループの無い）血管系を対象とし、学習用画像データベースは、腹部造影CT画像を用いて、腹部血管（肝臓・脾臓・腎臓に関わる動静脈枝、門脈・脾静脈）のラベル画像を作成する。（なお、大動脈、下大静脈、肝臓、脾臓、腎臓のラベル画像については、過去の研究において、作成済みである。）。面状構造については、CT画像から、肺分葉（葉間裂）、股関節軟骨のラベル画像を作成する。症例数は、各30例程度を目指す。

(2) 線状・面状構造の統計アトラス構築法と利用法の開発

線状構造・面状構造の分布に関する情報を統計アトラスに埋め込み、表現する方法およびその構築法を開発する。統計アトラスの利用については、（既存手法を用いた）臓器領域抽出後に、統計アトラスに埋め込まれた解剖

学的位置情報を利用して、線状・面状構造の探索開始点・探索範囲や初期値を自動決定する。次に、統計アトラスにおける大局的解剖学的制約条件、および、線状・面状構造解析における局所的解析的制約条件を組合せ、自動的にセグメンテーション・解剖学的認識を行う。

(3) 統計アトラス・プラグインシステムの開発

以上の手法において臓器に依存する解剖学的情報を統計アトラスとして集約し、個々の臓器に依存しない線状・面状構造の汎用解析ソフトウェアを分離して実装する。これにより、アトラスをプラグインとして組み込むことにより、自動セグメンテーション・解剖学的認識を増強するシステムを開発する。

4. 研究成果

(1) データベース構築

すでに肝臓、脾臓、左右腎臓、大動脈、下大静脈のラベル画像が作成されている腹部3時相造影CT画像20症例から、腹腔動脈、肝動脈、左右腎動脈・腎静脈、脾動脈、門脈、脾静脈のラベル画像を作成した。また、股関節造影CT画像40例から軟骨ラベル画像、胸部単純CT画像30例から分葉ラベル画像（境界が葉間裂）を作成した。

(2) アトラス構築と利用

肺葉間裂について、肺領域に対して相対的に確率アトラスおよび統計形状モデルと呼ばれるアトラスを構築し、CT画像からのセグメンテーションを行うシステムを開発した。30症例の交差検定で平均抽出誤差2mm以下であることを確認した（図1）。股関節軟骨について、統計形状モデルを構築した（図2）。

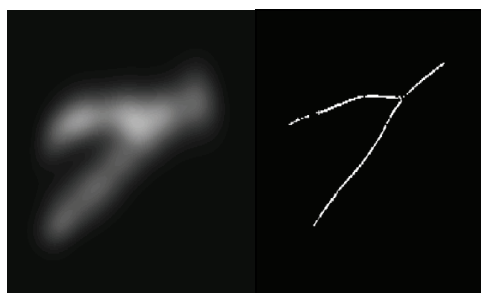
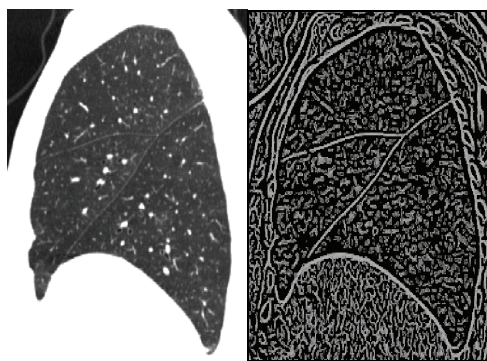


図1 肺葉間裂のセグメンテーション。上段左：原画像、右：面強調画像。下段左：確率アトラス、右：葉間裂抽出結果



図2 股関節軟骨（骨盤側）の統計形状モデル。中央が平均形状で、第一主成分の変化を示している。

腹部血管については、特に動脈系に関して、トポロジーも含めて個体差が大きいいため、臓器への流入部（流出部）のみについて位置の制約条件を与えるアトラスを構築した。解剖学的制約条件として、上記アトラスとトポロジカルな臓器と大血管の間の連結性を用いて、線状構造の解析的制約条件を組み合わせて、最適化問題として定式化し、血管枝とラベル付けを行うシステムを開発した。図3に典型的なセグメンテーション・ラベル付け結果（肝動脈、脾動脈、左右腎動脈）を示す。また、図4には、20例に対する精度評価の結果を示す。

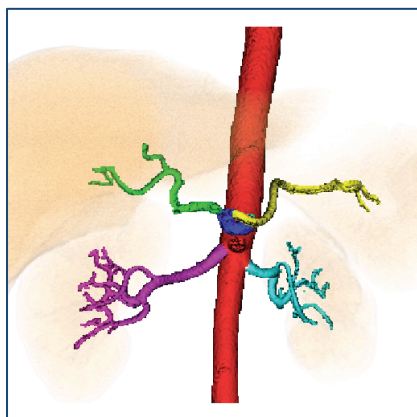


図3 腹部動脈の自動セグメンテーションと解剖学的認識結果

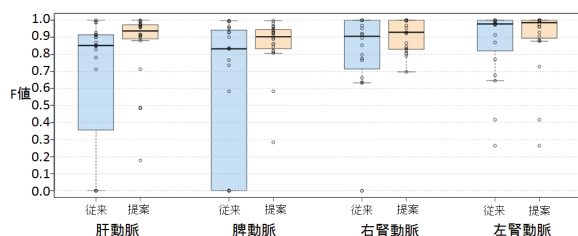


図4 腹部動脈のセグメンテーション・認識率の精度評価。「従来」は、開発初期の手法、「提案」は、開発後期の手法の結果である。

(3) アトラス・プラグインシステム

腹部血管について、アトラス（臓器情報、血管の流入位置の情報、動静脈などの血管種別情報）をプラグインし、汎用血管セグメンテーションシステムを組み合わせることにより、血管枝のセグメンテーション・解剖学的認識を行えるシステムを開発した。股関節軟骨、肺葉間裂については、このようなモジュール化したシステムに至らなかった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

1. A. Baniasadipour, R.A. Zoroofi, Y. Sato, T. Nishii, Automated Knowledge-Based Segmentation and Analysis of the Hip Bones and Cartilages using Multi-Slice CT Data, Int. J. Imaging Science, 59(5), 2011, 査読有, 253-266.
2. Mahdieh Khanmohammadi, R.A. Zoroofi, T. Nishii, H. Tanaka, Y. Sato, A Hybrid Technique for Thickness-map Visualization of the Hip Cartilages in MRI, IEICE Transactions, 92(11), 2009, 査読有, 2253-2263.

〔学会発表〕（計9件）

1. Y. Suzuki, Automated anatomical labeling of abdominal arteries from CT data based on optimal path finding between segmented organ and aorta regions, 26th International Congress and Exhibition (CARS2012), June 27-30, 2012, Pisa, Italy.
2. P.R. Tabrizi, Statistical Thickness Map Construction of the Hip Joint Cartilages in MR and CT Images, 26th International Congress and Exhibition (CARS2012), June 27-30, 2012, Pisa, Italy.
3. 松尾奈緒美, 葉間裂強調処理と分葉統計形状モデルに基づく三次元胸部 CT 画像からの肺葉自動分割, 電子情報通信学会, 2012年1月19日~20日, 那覇.
4. 岡田俊之, 大血管と臓器領域間の最短経路探索に基づく多時相三次元腹部 CT 画

像からの血管名自動対応付け, 電子情報通信学会, 2012年1月19日~20日, 那覇.

5. 木西 基, 肝血管本幹の統計アトラス構築とその自動血管識別への応用, 電子情報通信学会医用画像研究会, 2010年9月3日, 理化学研究所(埼玉県)
6. Hirayama S, Optimal shape determination of guidewire for liver catheterization based on 3D vessel structure, 2nd International Conference on Software Engineering and Data Mining (SEDM), 23-25 June, 2010, Chengdu, China.
7. Yoshida Y, Representation and evaluation of statistical prediction powers of neighboring organ shapes for construction of multi-organ statistical atlas, 2nd International Conference on Software Engineering and Data Mining (SEDM), 23-25 June, 2010, Chengdu, China.
8. 木西 基, 3次元スケール空間における血管構造抽出の解析 -肝動脈血管分岐部における血管中心線の抽出-, 電気関係学会関西支部連合大会, 2009年11月7-8日, 大阪
9. Motoi Kinishi, Analysis of Centerline Extraction in Three-Dimensional Scale Space -Extracting Centerline of Vessels in Hepatic Artery-, ICNC'09, FSKD'09, 2009年8月14日, Tianjin, China

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 嘉伸 (SATO YOSHINOBU)
大阪大学・医学系研究科・准教授
研究者番号: 70243219

(2) 研究分担者

中本 将彦 (NAKAMOTO MASAHIKO)

大阪大学・医学系研究科・助教
研究者番号: 00380634

堀 雅敏 (HORI MASATOSHI)
大阪大学・医学系研究科・助教
研究者番号: 00346206

富山 憲幸 (NORIYUKI TOMIYAMA)
大阪大学・医学系研究科・教授
研究者番号: 50294070

菅野 伸彦 (NOBUHIKO SUGANO)
大阪大学・医学系研究科・寄附講座教授
研究者番号: 70273620

西井 孝 (NISHII TAKASHI)
大阪大学・医学系研究科・寄附講座准教授
研究者番号: 70304061

(3) 連携研究者
()

研究者番号: