

機関番号：33903

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700404

研究課題名(和文) オンラインで学習するCADのためのオンライン学習型臓器認識アルゴリズムの開発

研究課題名(英文) Development of on-line learning algorithm of organ recognition for on-line CAD

研究代表者

北坂 孝幸(KITASAKA TAKAYUKI)

愛知工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：00362294

研究成果の概要(和文): 本研究では, 医用画像からの臓器自動認識や病気自動検出をより高性能にするために, オンラインで学習する認識方法について検討した. 気管支および血管を対象として, それらの特徴量の記述方法とその組み合わせを組織的に検討し, 気管支では約 70%、血管では 80%以上の精度で抽出可能とした。また, 気管支および血管の解剖学的名称の自動対応付けでは, データベースから分岐パターンを学習する手法を開発し, それぞれ約 90%の精度を得た。

研究成果の概要(英文): We studied about a on-line learning algorithm for automatic organ recognition and disease detection from medical images. Our main targets were the bronchus and blood vessels. We research their feature description and their combinations to make recognition accuracy higher. In our experiments, the recognition accuracies were approx. 70% for the bronchus and 80% for the blood vessels. Also, recognition of anatomical structure of the bronchus and blood vessels could achieve approx. 90% accuracy.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：医用システム

キーワード：画像診断システム

1. 研究開始当初の背景

CTやMRIなどの医用画像撮像装置の普及および高性能化に伴い, 臨床の現場で膨大な量の3次元医用画像が生成されるようになった. そのため, これらの画像を読影する医師の負担は急増している. 診断の負担軽減・客観化を目的として, 医用画像の計算機による診断支援(Computer Aided Diagnosis; CAD)に関する研究が現在さかん行われている. その中の国家レベルのプロジェクトとし

て, 文部科学省科研費特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」(H15-H18, 研究代表者: 小畑秀文)が行われた. この特定領域は, 多臓器・多疾病に対応可能な汎用CADの開発を目的とし, 9つのグループが参画した計画班と公募班から構成された, 世界的にも先駆的な大型プロジェクトである. このプロジェクトの重要なキーワードとして, (1) 電体新書(人体アトラス), および, (2) 電脳医学大全(診断アルゴリズム辞典)がある.

申請者は主に、(1)のアトラスに基づく臓器・異常認識を精力的に進めた。電体新書(人体アトラス)は、個体とその多様性を表現したものであり、人体における各臓器の存在確率を表した確率マップや、臓器形状を主成分解析することにより得る固有臓器モデル等の統計データの集合を指す。アトラスにより、どこがどの程度ばらつきやすいのかという情報を利用することで、個人差に対してロバストな臓器認識が可能となる。海外に目を向けると、上記特定領域研究と同様の多臓器・多疾病を対象とした大規模プロジェクトはまだ無いようであるが、アトラスベースの臓器抽出や異常検出等は熱心に研究されている。

アトラスを利用することの利点は、サンプルデータが蓄積されればされるほど統計データが真の分布に近づくため、臓器認識や異常検出の精度の向上および安定化が期待されることにある。医療の現場では日々多くの画像が生成されるため、日常業務でCADを使うことを考えた場合、生成される画像を逐次処理して統計データを更新し、CADアルゴリズムに自動的に反映させることで徐々に賢くなっていくCADが実現できる。また、間違いや正解を教え込んでいけばそれを学習するため、医師の知識と同等とはいかないまでも、医師の“右腕”的CADを作ることでも可能かもしれない。しかしこれまでの研究では、オンラインで学習するCADに関する研究は行われていない。

2. 研究の目的

本申請課題は、臓器認識・異常検出等の画像処理アルゴリズムのうち、本研究期間内では臓器認識に対象を絞り、以下の事項を明らかにすることを目標とする。

(1) 臓器の多様性の記述

これまで用いられているアトラス(統計データ)は、肝臓などの塊状臓器であれば、臓器の存在確率や形状変化の主軸(PCA解析)、濃度分布(平均と分散)により、凹凸の違いや部分的な大きさの違いを表現できた。一方、木構造臓器では、枝の分岐する順序や分岐する枝の本数が異なるという分岐バリエーションが存在する。そのため、存在確率や濃度分布では、何本の枝がどの方向に分岐するかという分岐パターンの多様性は表せないし、形状変化の主軸では枝の長さや方向の多様性は表現できても、分岐パターンの多様性はそのままでは表現できない。そこで本研究では木構造に適した多様性の記述法について検討し、分岐バリエーションに有効な統計データを明らかにする。

(2) 統計データに基づくオンライン学習型臓器認識アルゴリズム

オンライン学習型臓器認識アルゴリズム

に関する研究はまだほとんど行われていない。肝臓などの塊状の実質臓器に対するオフライン学習型アルゴリズムは文献[2,3]のように既に提案されており、その多様性の記述法が提案されているので、オンライン学習型への拡張は比較的容易と思われる。一方、木構造臓器においては、上述したように多様性の記述法が確立されていないためオンライン学習型への拡張はそう単純ではない。認識率を上げるために必要な付加情報について多面的に検討し、オフライン学習型臓器認識アルゴリズムの課題を明らかにする。

3. 研究の方法

まず気管支を対象として、その分岐バリエーションの記述法およびその統計データを利用したオンライン学習型臓器認識アルゴリズムについて検討・評価を行った。

(1) 気管支の分岐バリエーション記述法

分岐のバリエーションを記述の方法として、有りうるパターンを調べ上げ、そのパターン数だけモデルを用意するアプローチと、枝ごとに分岐数や分岐方向、その頻度などを特徴量として学習するアプローチが考えられる。前者は合致するモデルがあれば精度よく認識できるが、モデルと異なるパターンが入力された時や候補となる類似パターンがいくつか存在する時などに認識性能が低下する可能性がある。後者に関して、枝の分岐方向に関する特徴量は、絶対座標よりも親枝に対する相対方向で表現した方が認識性能が高くなることが分かってきた。しかし、親と子枝との関連のみの特徴量では大局的なバリエーションに対処することは難しい。そこでまず、この二つのアプローチの認識精度について検討・評価を繰り返し、その長短をまとめた。その後、お互いの長所を融合した、局所的バリエーションと大局的バリエーションの両方を対処可能な分岐パターンモデルについて検討した。

(2) オンライン学習型臓器認識アルゴリズムについて

気管支領域抽出および気管支枝名対応付け手法を開発した。ここでは、高い判別能力を有し、かつロバストな手法としてオンラインAdaBoost法を利用した。特徴量として、上記モデルの統計データ、濃度値に関する統計データ、気管支らしさの画像特徴量(類円筒形等)など多面的に検討し、オンライン学習型臓器認識に有効な特徴量および課題を調査した。

(3) 画像データ収集と気管支木構造正解データ作成

名大医学部において日々撮影される画像データのうち、使用許可の下りたものから患者の個人情報削除してデータを収集した。また、手法を評価するための木構造正解デー

タを作成した。ただし、労力削減のため、自動抽出した結果に修正を加えた。

(4) 手法評価

気管支拡張症等の気管支の構造に変化が見られない画像データを用いて、まず、N1 例を学習した後、1 例ずつデータを更新したときの認識精度を測った。

4. 研究成果

本研究では、オンラインで学習する CAD(計 算機支援画像診断システム) のためのオンライン学習型臓器認識アルゴリズムの開発を目的とし、気管支分岐バリエーションの記述法およびその統計データを利用したオンライン学習型認識アルゴリズムに関して以下の課題について検討した。

(1) 気管支の分岐バリエーション記述法

分岐のバリエーションを記述の方法として、枝ごとに分岐数や分岐方向、その頻度などを特徴量として学習するアプローチについて検討した。100 例のデータ解析の結果、右上・中・下葉，左上・下葉それぞれで 5~20 パターンのバリエーションがあり、全体としてみるとおよそ 1 万個のバリエーションがありうることが分かった。

また、機械学習アプローチでは、学習パターンが増えるほど認識性能が向上・安定するが、統計的にどちらとも判別しがたい場合に認識性能が低下することがあった(国際会議 IFMIA2009 にて発表)。一方、有りうるパターンを調べ上げ、そのパターン数だけモデルを用意するアプローチはモデルパターンに合致する場合には正確に認識できるという利点がある。そこで、お互いの長所を融合した、局所的バリエーションと大局的バリエーションの両方を対処可能な分岐パターンモデルについて検討した。また、腹部血管に関しても、それぞれについてバリエーション記述法を検討し、特徴量の平均と分散を用いてバリエーションを記述した。

(2) オンライン学習型臓器認識アルゴリズムについて

気管支領域の認識では、気管支の画像特徴(円柱形、木構造)に着目した気管支領域候補抽出法とグラフカットによる精密抽出アルゴリズムを開発した。

また、枝名対応付けでは、AdaBoost に基づく気管支枝名対応付け手法を開発した。特徴量として、肺野における位置、支配領域に関する特徴量が有効であることが分かった。同様の手法を腹部の主要血管構造に応用した。腹部血管では、解剖学の名前のない細かい分枝があるが、これにも対処できるようにアルゴリズムを工夫した。

(3) 画像データ収集と気管支木構造正解データ作成

名大医学部において日々撮影される画像

データを収集し、研究期間内に約 200 例のデータが集まった。このうち、手入力により 100 例の気管支木構造で正解データを作成した。

(4) 手法評価

気管支領域認識精度の評価では、手入力により正解領域を作成し、抽出結果と比べた。その結果、約 70% の精度で認識可能であった。これは、目視で判別できる小さな気管支枝を含む領域の 70% であり、臨床応用上、十分高精度に認識できた。

また、気管支拡張症等の気管支の構造に変化が見られない画像データ 100 例を用いて、気管支枝名対応付け手法を手法により評価した。認識性能は、区域支までの枝に対して約 91%、亜区域支までの枝に対して約 86% と従来に比べて約 5% の向上を達成した。また、腹部血管枝名称対応付け手法は約 88% という精度が得られた。

(5) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクトと今後の展望

気管支認識について、認識性能約 70% は、適用したデータベースが異なるため直接的には比較できないが、世界的にも高精度の認識性能である。学習アルゴリズムの工夫等によりさらなる精度および頑健性の向上が望まれる。

気管支枝名対応付けについて、分岐パターンの特徴量記述方法の工夫により、約 90% という高い認識性能を得た。これは、我々の知る限り世界的に最高のパフォーマンスである。今後は、特異的な分岐パターンの記述方法の検討および認識アルゴリズムの工夫を行う予定である。

血管名対応付けについても約 90% という高い認識性能を得た。これも我々の知る限り最高のパフォーマンスである。今後の検討課題は上記と同じである。

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 9 件)

Huy Hoang Bui, Masahiro Oda, Zhengang Jiang, et. al.(4 番目), A study on automated anatomical labeling to arteries concerning with colon from 3D abdominal CT images, Proceedings of SPIE2011, 査読有, 7962, 2011, 7962-1-10.

Kensaku Mori, Masahiro Oda, Tomohiko Egusa et. al.(5 番目), Automated Nomenclature of Upper Abdominal Arteries for Displaying Anatomical Names on Virtual Laparoscopic Images, MIAR2010, 査読有, LNCS6326, 2010, 353-362.

Takayuki Kitasaka, Hiroaki Yano, Marco Feuerstein et. al., ``Bronchial region extraction

from 3D chest CT image by voxel classification based on local intensity structure, Bronchial region extraction from 3D chest CT image by voxel classification based on local intensity structure, Third International Workshop on Pulmonary Image Analysis, 査読有, 2010, 22-29.

北坂孝幸, 医用画像を処理してみませんか? - CT像を対象とした画像の認識・理解・生成を中心として -, 情報処理学会学会誌「情報処理」, 51, 2010, 435-445.

Kensaku Mori, Shunsuke Ota, Daisuke Deguchi, et. al.(4 番目), Automated Anatomical Labeling of Bronchial Branches Extracted from CT Datasets Based on Machine Learning and Combination Optimization and Its Application to Bronchoscope Guidance, MICCAI2009, 査読有, LNCS 5762, 2009, 707-714.

Marco Feuerstein, Takayuki Kitasaka, Kensaku Mori, Adaptive Branch Tracing and Image Sharpening for Airway Tree Extraction in 3-D Chest CT, The Second International Workshop on Pulmonary Image Analysis EXACT'09, 査読有, 2009, 273-284.

Shunsuke Ota, Daisuke Deguchi, Takayuki Kitasaka, et. al., Augmented display of anatomical names of bronchial branches for bronchoscopy assistance, MIAR 2008, 査読有, 2008

二村 幸孝, 出口 大輔, 北坂 孝幸他, 計算機支援医用画像診断のための共通基盤システムの開発, Med. Img. Tech., 査読有, 26, 5, 2008, 327-337.

江間 慎弥, 北坂 孝幸, 森 健策他, 複数モデルの動的選択に基づく気管支枝名自動対応付け手法, 信学論 D, 査読有, J91-D, 7, 2008, 1851-1861.

〔学会発表〕(計 28 件)

Bui Huy Hoang, 多クラス AdaBoost を用いた 3 次元腹部 CT 像における下腹部血管領域への血管名自動対応付けに関する研究, 信学会医用画像研究会, 2010/9/3, 埼玉.

Takayuki Kitasaka, A method for nomenclature of abdominal arteries extracted from 3D abdominal CT images based on optimizing combinations of candidate anatomical names, CARS2010, 2010/6/24, Geneva.

江種 友彦, 血管分岐情報に基づく腹部動脈に対する血管名自動対応付け, 信学会医用画像研究会, 2010/1/28, 那覇市ぶんかテンプス館.

Takayuki Kitasaka, An improved method for automated recognition of bronchial tree structure by optimizing combinations of candidate anatomical names, CARS2009, 2009/6/22, Berlin.

北坂 孝幸, CARS2009, CAOS2009 参加報告 ~ 研究動向調査 ~, 2009/9/16, 九州工業大学.

Bin Chen, Pulmonary Vessel Region Extraction from 3D Chest CT Images and Its Application to reduction of false positive regions in lung nodule detection, 信学会医用画像研究会, 2009/1/20, 台北.

Shunsuke Ota, A method for extracting pancreas regions from four-phase contrasted 3D abdominal CT images, CARS2008, 2008/6/23, Barcelona.

〔図書〕(計 1 件)

北坂孝幸(分担執筆), オーム社, 医用画像ハンドブック, 2010, 1571 (309-312).

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北坂 孝幸 (KITASAKA TAKAYUKI)
愛知工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号: 00362294

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: