

# CT画像を対象とした知識ベースの複数臓器・疾病 知的診断支援システムに関する研究

Toward Developing Multiple Organs and Diseases Diagnosing Intellectual System referring to Knowledge Base and CT Images

佐藤 徹哉†  
Tetsuya Sato

安部 憲広†  
Norihiro Abe

田中 和明†  
Kazuaki Tanaka

木下 良正‡  
Yoshimasa Kinoshita

Shoujie He††  
Shoujie He

## 1. まえがき

近年、放射線診断装置の性能向上から、詳細な医用画像を得ることが可能になっている。X線CT装置では人体内部を1mm以下の解像度で撮影できる。詳細で大量のデータを有効に活用できれば、読影医師の診断負担を軽減可能な知的診断や外科医の技術向上を支援する手術シミュレーションなどの効果が期待できる。

こうした背景から文部科学省特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」において、人体の全横断型診断支援に関する研究が行われている。横断型とは、臓器や疾病に係わらず、1つの医用画像データからあらゆる診断が可能であることを指す。

本研究では、横断型診断支援の実現に必要な横断型の臓器抽出および可視化を目的としている。容易に各システムへのアクセスを可能とし、異なる臓器を統一に取り扱えるインタフェースとして音声とタッチパネルを採用した。画像処理には高速な共有メモリを利用した並列処理を行う。将来的には任意複数臓器の同時処理による異常部位の発見と医師への教示を目指す。対象とした医用画像は、マルチスライスヘリカルCTで撮影されたCT画像である。

本論文では、体軸方向上の臓器位置推定のためのランドマークとなる脊椎重心の特定方法、知的診断の一例として行っている肺領域の診断支援について言及する。

## 2. システム構成

本システムは、仮想空間にモデルを3次元的に描画する高速処理ボード、VolumePro1000を搭載した描画用PC、画像処理を行う複数台のPC、及び音声解析を行うPCから構成する。描画用PCにはタッチパネルを備え付ける。各PC間のデータ共有には光ケーブルを要する高速シェアードメモリ、SCRAMNet+を用いて通信する(図1)。

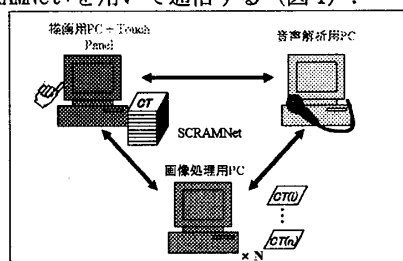


図1 システム構成図

† 九州工業大学, Kyushu Institute of Technology

‡ 産業医科大学, University of Occupational and Environmental Health

†† イーストマンコダック社, Eastman Kodak I.N.C.

## 3. 脊椎をランドマークとした臓器位置の推測

横断型の診断支援を行うには、全身の画像データの中から診断すべき臓器にあった診断法を適宜行うこととなる。すなわち臓器の抽出が必要である。しかし、大量のデータに対して臓器抽出アルゴリズムを適用することは処理時間の遅延を招き、さらに他の似通った臓器と誤認識してしまう可能性がある。そこで各臓器が全身のどの位置に存在するのかを把握し、その後全身データへ並列的に各々の臓器抽出処理を行う([4], [5], [6])。

体軸方向の位置推定のランドマークとして脊柱に着目した。脊柱と各臓器の位置は対応しており、特定臓器の抽出の際に脊柱を参照することによって処理対象の限定と処理時間の軽減が可能であると思われる。

### 3.1 方法

#### 3.1.1 脊柱の特徴

脊柱は一般的に7個の頸椎、12個の胸椎、5個の腰椎、仙椎および尾椎から形成されている。第二頸骨は頭部を回転させるために球状の接合突起を形成している。この接合突起は第一頸骨とジョイントする。本研究ではこれを「ボールジョイント」と呼ぶ。各脊椎の間には椎間円板と呼ばれる軟骨で形成される組織がある。これらの医学的知識を利用して、画像処理を行った。

#### 3.1.2 脊柱開始点の検出

脊椎を確定するには数え上げるための基準となる部位を定める必要がある。その基準として上に記述した第二頸骨のボールジョイントを選択した。

ボールジョイントの検出には、体軸方向の断面画像を利用する。図2に示すように、検出過程は二つの工程から成っている。最初は全身の断面データから二分探索的にボールジョイントが見られる断面画像を探していく。頸部に近付くと画像からボールジョイントとの位置関係を把握することが困難になる。そこで次工程では頸部周辺に対して順次探索的にボールジョイントを探していく。

この基準を採用する上で、頭部から下半身に至るCTデータを保持している、すなわち全脊柱情報があるという条件下を想定している。第二頸骨のボールジョイントは第一頸骨の中央部に位置し、体軸方向の断面画像からは円形状を確認できる。このような特徴を持つ脊椎は他にはないため誤認識の可能性の小さな検出が可能である。

#### 3.1.3 脊椎の位置検出

各脊椎の位置を検出する際には人体側面の断面画像(デジタル面)を利用する。最初に閾値処理・膨張処理・特徴量抽出によって関心領域を背骨部分に絞り込む。次に関心領域の中で長方形形状と輝度値から椎骨と判断される部分に領域分割する。前節で示した脊柱の開始点を基準に、次

の脊椎であると推測される領域を位置関係を基に順次選択し、求めた脊椎の重心を計算する。

脊椎の位置検出処理では、本研究室に参照するだけのデータが備わっていないことから領域の特徴量と位置関係のみを利用した。別のデータを参照しないため従来よりも高速に脊椎を検出できるものとする ([7], [8])。

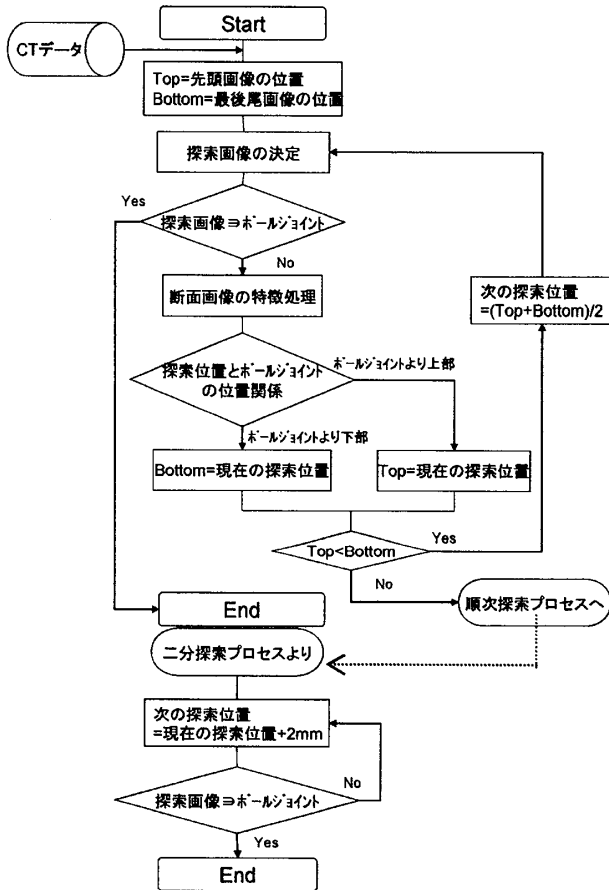


図2 脊柱開始点検出のフローチャート

### 3.2 検出結果

上記の方法の実現に、スクリプト型プログラミング形式の画像処理ソフトウェアを利用した。CTデータはマルチスライスヘリカルCTで撮影されたスライス厚1mm、ボクセルサイズは512\*512\*766[Voxel]である。椎骨の検出結果を図3に示す。画像はWindowLevel-600, WindowWidth1500の濃度レベルで作成している。

(株)AZEの製品である「AZE Virtual Place」によって各臓器の存在範囲を求め、脊椎の位置と照合することによって対象臓器を含むCT画像を推定した。画像処理部と3次元描画を行うサブシステムとを連携させ、インタフェースからの命令によって脊椎の位置や臓器の位置推定の結果を3次元仮想空間に視覚化した。入力から出力までの時間は約8[Sec]であった。

本論文では肺領域のみの視覚化を行ったが脊椎と臓器の位置関係を統計的に求めることによって、多臓器の位置推測が可能であると思われる。

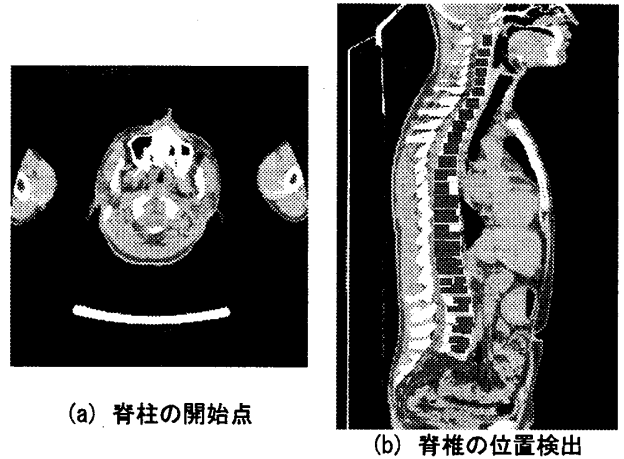


図3 脊椎の画像処理結果

## 4. 肺領域の診断支援

脊柱をランドマークとした臓器の存在範囲の推定に基づいた臓器の抽出を行うと同時に、本研究では肺領域の抽出と肺がんの検出を行っている。医療統計によると、他のがんに比べて、肺がんは大腸がんの増加が著しく、これらに対する自動診断の開発が望まれている。特に、肺がんに関しては、石綿による中皮腫など精密な診断が期待されていることから、研究対象として選定した。

肺がんは、肺野にできるものと気管支内にできるものがある。本論文では肺野に発生したがんの検出について述べる。肺野部の肺がんとしては、肺領域の変形を伴うもの・結節を伴うもの・すりガラス陰影を伴うものがあるが、本研究では結節を伴う肺がんの検出に注力する。

### 4.1 結節を伴う肺野型の肺がん検出

#### 4.1.1 肺領域の抽出

肺がん検出を行う前処理として、画像の関心領域を肺領域に絞り込む。この処理で求めた肺領域画像を3次元可視化に利用した。3次元可視化された肺領域は周囲の肺壁が排除されており、鮮明な肺内部を提示できた(図4)。肺の側面に結節が接触している場合、結節部分が肺領域に含まれないことから、一旦検出された肺領域に拡大縮小法を適用した。



図4 肺領域の視覚化

#### 4.1.2 異常領域の検出

抽出した肺領域に対して、雑音除去のためにメディアンフィルタをかける([9])。悪性腫瘍の可能性が高いCT値である15[HU]にしきい値を設定し、二値化する([10])。

ラベル付けされた領域の全ての重心点に対して、Region Growing を適用し、一定の面積以上に成長した領域を選択する。Region Growing の結果選択された領域のうちで、設定した腫瘍半径を満たしかつ、真円度が 0.45 以上の領域を異常領域とみなす。

各断面画像から求めた異常領域を体軸方向に積み重ね、3 次元的に連結させる。連結の見受けられなかった異常領域は誤検出として排除する。また連結長が腫瘍径に比べて長い場合も腫瘍でないものとして連結のあった異常領域から排除する。これらの処理によっても排除されなかった領域を最終的な検出結果とする。

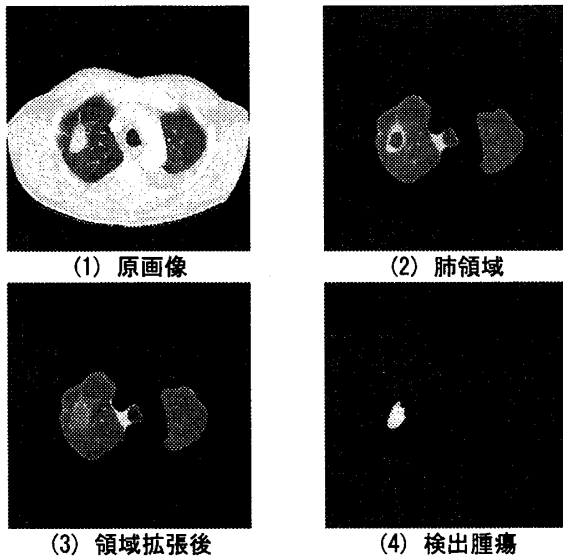


図5 腫瘍径 [20mm] 以上の肺がん検出過程

## 4.2 肺がんの検出結果

表1に結節を認める肺がんの検出結果を示す。本結果はスライス枚数を基準に作成している。使用したCTデータは13患者の1150枚のCT画像である。各データは良性腫瘍または悪性腫瘍を含む胸部の画像である。スライス厚は患者データによって異なる。画像サイズはいずれも512\*512[pixel]である。全部で30個の腫瘍が確認されており、そのうち処理によって検出された腫瘍は28個であった。

表1 結節を認める肺がんの検出結果

	True	False
Positive	177	232
Negative	171	570

## 5. 結言

本論文では、医用画像の横断型診断支援を目的に脊椎をランドマークとした臓器位置の推測方法および肺領域の結節の認められる肺がんの診断支援について述べた。これらの達成によって、多臓器の画像処理アルゴリズムの統合への土台の構築を実現できたと思われる。

臓器の位置推測では、脊椎の検出精度の向上や全ての臓器を網羅する脊椎と臓器の対応関係を明らかにしなければならない。これらを実現するためには数多くのCTデータ

の参照が必要であるが、データ不足が問題となった。

詳細な医用画像の応用分野は診断支援に留まらず、仮想手術シミュレーションシステムの構築が可能である。正確で詳細な人体情報を生かし、ハプティック・インタフェースを用いることによって、視覚・力覚の両感覚の実際の手術との差異を小さくすることができる。

## 謝辞

本研究は、文部科学省特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」におけるA03公募研究3「診断対象臓器の3次元可視化とB-prologを用いた知的診断支援インタフェース」に関連していることを記します。

また本論文の執筆および研究にあたり、細部にわたる御指導を頂いた安部憲広教授、的確な御助言をしてくださった田中和明講師をはじめ、安部・田中研究室の皆様へ感謝いたします。

## 参考文献

- [1]安部憲広, 佐藤徹哉, 田中和明, 木下良正, Shoujie He: 診断対象臓器の3次元可視化とB-prologを用いた知的診断支援インタフェース, 文部科学省 科学研究費補助金 特定領域研究「多次元医用画像の知的診断支援」, 第三回シンポジウム資料, Jan. 2006
- [2]佐藤徹哉, 安部憲広, 田中和明, 医用画像診断における可視化と対象部位抽出, 日本バーチャルリアリティ学会第10回大会論文集, Sept. 2005
- [3]Yasuhiro Watanabe, Daisuke Tokumochi, Norihiro Abe, Kazuaki Tanaka, Hirokazu Taki, Yoshimasa Kinoshita: Cutting Virtual Organ Model with Haptic Feedback Device, The First International Conference on Complex Medical Engineering-CME2005, pp.255-260
- [4]X Zhou, T Kitagawa, K Ono, et al.: Construction of a probabilistic atlas for automated liver segmentation in non-contrast torso CT images, Proc. CARS 2005, pp.1169-1174, 2005
- [5]大野玲奈, 桜井博紀, Daniel Smutek, 他: 特徴量分布のパラメータ推定に基づく複数臓器の同時抽出法の改良, 信学技報, MI2005-106, 159-162, 2006
- [6]C. Yao, T. Wada, A. Shimizu, et al.: Proposal of Atlas-guided Eigen-organ Method for Location Detection of Multi-organs in Three Dimensional Medical Images, 信学技報, MI2005-48, 97-102, 2005
- [7]上原理宏, 財田伸介, 久保 満, 他: マルチスライスCT画像を用いた骨粗鬆症診断支援アルゴリズム, 信学技報, MI2005-62, pp.69-73, 2005
- [8]本間俊樹, 清水昭伸, 小畑秀文, 他: 電子アトラスを利用した3次元胸部CT像上の骨の分類, 信学技報, MI2005-61, p.63-68, 2005
- [9]山本眞司: 肺がん診断支援システムの高度化に関する研究, 豊橋技術科学大学 平成12, 13年度教育研究活性化経費 成果報告書
- [10]村田喜代史, 上甲 剛, 池添 潤平: 胸部のCT, メディカル・サイエンス・インターナショナル, 2004.
- [11]大島新治: 図説人体の構造と機能, 新潮社, 1962.