

医用画像のモダリティ統合のための 3次元胸部CT像の構造解析システム

岩男 悠真[†] 韋 鶯鶯[†] 後藤 敏行[†] 影井 清一郎[†] 岩澤 多恵[‡]

横浜国立大学環境情報 学府/研究院[†]

神奈川県立循環器呼吸器病センター放射線科[‡]

1 はじめに

高分解能なマルチスライス CT 像は、有用な情報を医師に提供する一方で、読影負担が問題となっている。そのため、近年では医師の負担軽減や診断精度向上を目的としたコンピュータ支援診断システム (Computer Aided Diagnosis :CAD) の開発が重要な課題としてあげられている。

我々はこれまでに、胸部 CT を対象とした間質性肺炎病巣領域分類システムに関する研究を進めてきた[1]。このシステムは、対象となる CT 像と、あらかじめ分類された病巣パターンのテクスチャを比較評価することで、肺野内部の病巣種別を分類する。ただし、肺気腫や気管支内部といった空気を多く含む領域の識別は困難であり、精度低下の一因となっていた。さらに分類された病巣領域と肺野の解剖学的構造との対応も課題となっていた。

本稿では、胸部 CT 画像からの肺野の内部構造の抽出および解剖学的見地に基づいた分類手法、ならびに、マルチモダリティ解析結果との統合システムについて検討する。

2 領域抽出処理

CT 像からの気管支や肺血管領域の抽出には、領域拡張法をもとにした手法が広く用いられている。領域拡張法では、注目画素と類似条件を満たす近傍画素に再帰的にラベルを付与することで、連続した領域を得ている。処理が単純なため、高速である一方で、境界が不明瞭な領域に弱く、ノイズの影響を受けやすいという問題がある。

気管支抽出の多くは、気管支内部の空気領域を追跡することによって行われる。このとき、空気領域と肺実質は類似の CT 値を持ち、これらを区切るのが気管支壁である。しかし、気管支壁は末梢部分で極めて薄い膜構造となるため、パーシャルボリューム効果や肺疾患による壁の薄化等の要因により、領域抽出に失敗するケースが多くみられる。

こうした問題への対応として、従来の気管支抽出手法では、領域の拡張処理ごとに形状や濃度分布などの特徴判定による最適条件を決定する手法が取られてきた[2]。これにより、可能な限り処理の失敗を抑えた上で、安定に抽出処理を進めることは可能になるが、手法が複雑になり計算コストも増大する。

3 領域拡張の応用手法の提案

本研究では、従来の画像処理を良好に行うための予防的な処理概念とは逆に、処理自体は単純化し、発生する画像処理の失敗という事象を検出する。さらに、破綻時の処理の巻き戻しを可能にすることにより、妥当な計算量で安定な画像処理を実現する。具体的には領域拡張時の各段階の構造情報を保持する機構を備えることで、過去に遡った領域抽出結果の巻き戻しを実現する。また、通常は固定パラメータで抽出処理を行うことで計算量の軽減を図り、画像処理の失敗を検出した際には直前の状態に復帰させ、画像処理パラメータの最適探索を行う。

本手法では、画像処理モジュールと破たん検出・処理モジュールを独立して動作させ、必要に応じて最適化を行うことで、計算量と検出精度の両立を実現する。手法の考え方を図1に示す。

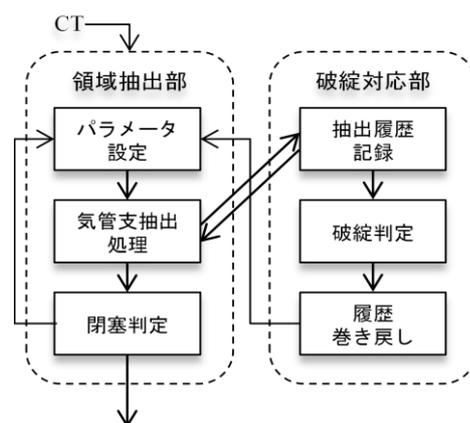


図1 提案手法概要

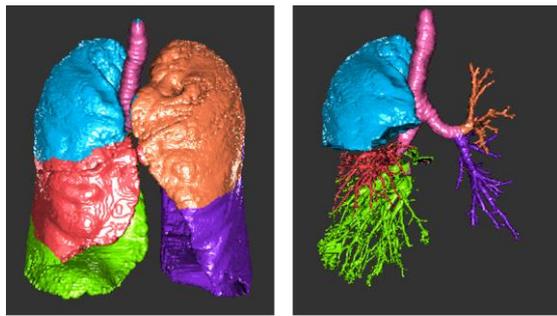
4 領域分類処理

肺野内部において、気管支と肺動脈は並走して肺葉肺区域内に内包され、また、肺静脈はそれらの領域境界に並走する形で分布している。いずれも肺葉、肺区域を同定する母集合として捉えることができる。

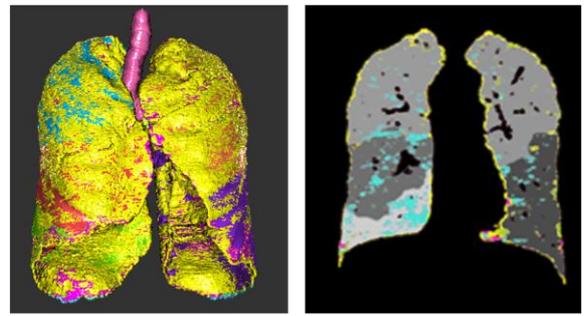
Analytical System of 3D Chest CT Images based on Medical Image Multi-Modality Integration

[†]Y. Iwao, Y. Wei, T. Gotoh, S. Kagei: Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501

[‡]T. Iwasawa: Department of Radiology, Kanagawa Cardiovascular and Respiratory Center, Tomiokahigashi, Kanazawa-ku, Yokohama 236-0004



(a) 領域分類 (b) 構造抽出
図2 肺野構造解析結果



(a) 解析3次元構造 (b) 病巣断面表示
図3 病巣分割との統合結果

そのため従来研究として、葉間裂を直接に抽出する手法の他に、各枝の支配領域を利用した領域の分類法が提案されている。

一般に直接抽出手法の方が高精度な分類結果を期待できるが、区域境界はCT像上に現れないため区域の同定には利用できない。さらに間質性肺炎等の病巣をとともなう場合には、肺野に特有の陰影が生じるため、区域境界の直接的な抽出はさらに困難である。以上の理由より、本研究では枝の支配領域をポロノイ分割によって求め、解剖学的な領域との対応付けによる分類処理を行った。

5 提案手法による構造解析手法

提案手法による構造解析処理の概要について簡単に述べる。初めに単純領域拡張法による肺野領域の抽出、提案手法による気管支と肺血管の抽出を行う。続いて気管支枝ごとに分岐数、存在位置に着目して肺葉と区域枝の分類を行い、近傍気管支枝との距離に応じて気管支枝と同一のラベルを血管枝にも付与する。この両枝領域の保持する領域ラベルを母点としてポロノイ分割を行うことによって、各領域の支配領域に基づいた肺野分類を行う。

6 実験結果

画素間隔 $0.625 \times 0.625 \text{mm}$ 、撮像間隔 0.5mm および 1mm で撮像されたマルチスライスCT像*を処理対象として、領域抽出と分類実験を行った。実験には Core i7 2600, RAM 8GB 搭載の計算機を用いた。図2はその結果の一例であり、(a)は肺野全域の分類図、(b)は左葉に抽出された気管支、右葉には血管枝と上葉領域を示した肺野内部の構造図である。また、病巣部分類システム[1]を用いて病巣領域の分割を行うとともに、3次元肺野構造と合わせて表示した結果を図3に示す。さらにシステムによって取得した各肺葉単位の病巣の分布を表1に示す。また、図4に28例のデータについて気管支抽出数と処理時間の関係をまとめて示す。以上の結果から、提案手法により、病巣を有する場合にも比較的良好な構造分類結果が得られることがわかる。また抽出処理時間のオーダーはいずれも数 $100 \sim 1000 \text{ms}$ 程度であり、実用的に十分な速度が得られたと考えられる。

*いずれの画像も、共著者の所属機関の倫理委員会の承認と患者の紙面による了承のもとで使用している。

表1 領域構成 (%)

	右上葉	右中葉	右下葉	左上葉	左下葉
正常部	83.9	76.4	81.1	85.4	84.3
病巣部	16.1	23.6	18.9	14.6	15.7
肺気腫	9.2	20.0	5.2	4.8	3.4
すりガラス陰影	2.6	0.5	7.4	3.3	6.4
融合影	4.1	2.8	4.7	6.2	4.8
繊維化	0.2	0.3	1.6	0.3	1.1

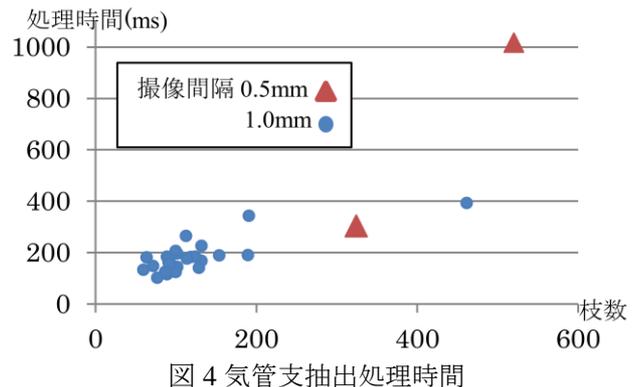


図4 気管支抽出処理時間

7 まとめ

画像処理モジュールと処理の失敗を検知し救済する破たん検出・処理モジュールを用いた安定かつ高速な領域抽出手法について述べた。本手法を肺野構造分割に応用するとともに、これまで開発した病巣部分類システムと統合することで、病巣部の解剖学的な分布情報を取得できるシステムを試作した。今後は抽出精度の向上、分類結果の評価に取り組む予定である。

参考文献

[1] 朝倉輝, 他, 「非特異性間質性肺炎 X線 CT 像の病巣領域分割手法」, 画像電子学会誌, 33(2), pp.180-188, 2004.
 [2] 井関文一, 他, 「胸部 CT 画像からの気管支 3 次元木構造抽出の一手法」, 電子情報通信学会論文誌, 80-DII(10), pp.2841-2847, 1997.