

# 気管支部位ごとの分岐特性に基づいた枝名対応付け手法の検討

江間慎弥<sup>a</sup>, 北坂孝幸<sup>a</sup>, 森健策<sup>a</sup>, 目加田慶人<sup>b</sup>, 井手一郎<sup>a</sup>, 村瀬洋<sup>a</sup>,  
長谷川純一<sup>b</sup>, 鳥脇純一郎<sup>b</sup>, 高島博嗣<sup>c</sup>, 森雅樹<sup>d</sup>, 名取博<sup>e</sup>

<sup>a</sup>名古屋大学大学院情報科学研究科, <sup>b</sup>中京大学生命システム工学部,  
<sup>c</sup>札幌南三条病院, <sup>d</sup>札幌厚生病院, <sup>e</sup>札幌医科大学

A study on anatomical labeling of bronchial branches based on branching features

S. Ema<sup>a</sup>, T. Kitasaka<sup>a</sup>, K. Mori<sup>a</sup>, Y. Mekada<sup>b</sup>, I. Ide<sup>a</sup>, H. Murase<sup>a</sup>,

J. Hasegawa<sup>b</sup>, J. Toriwaki<sup>b</sup>, H. Takabatake<sup>c</sup>, M. Mori<sup>d</sup>, and H. Natori<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Graduate School of Information Science, Nagoya University,

<sup>b</sup> School of Life System Science and Technology, Chukyo University, <sup>c</sup> Sapporo-Minami-Sanjo Hospital,

<sup>d</sup> Sapporo-Kosei General Hospital, <sup>e</sup> School of Medicine, Sapporo Medical University

**Abstract:** This paper describes a method for improving the accuracy of anatomical labeling of bronchial branches based on branching features for each bronchial part. The previous method automatically assigned anatomical names to the bronchial branches extracted from a three-dimensional (3-D) chest CT image by comparing them with bronchial tree models prepared beforehand. However, when branching patterns are slightly different among the models, incorrect model may be selected during labeling process. This is because evaluation values calculated for these models show mostly similar values. Therefore, we improve the evaluation method for selecting an appropriate model by deselecting model candidates according to branching level. We applied the proposed method to bronchial branches extracted from seventeen cases of chest CT images. The experimental results showed that the proposed method improved the accuracy of anatomical labeling in all bronchial parts.

**Keywords:** bronchial tree model, anatomical labeling, chest CT image, tree structure, bronchial part

1. はじめに 胸部の画像診断において、医師は腫瘍などの異常陰影を読影する際、気管支などの正常構造を用いて診断している。気管支の各枝には解剖学的名称が付いており、この名称を用いて肺野における異常陰影の位置を同定する。そのため、胸部の画像診断を計算機により支援するシステムを考えた場合、気管支の各枝に解剖学的名称を自動的に対応付ける機能は不可欠である。

従来の枝名対応付け手法[1,2,3]は、CT像から抽出された気管支領域を細線化・木構造化することで気管支の分岐構造を表すグラフ表現(木構造データと呼ぶ)を求め、それに対して気管支枝名の対応付けを行うものであった。これまでに我々は、実際の気管支枝を基に作成した分岐パターンの異なるモデルを複数用意し、部位ごとに最適なモデルを適用して枝名を同定していた[3](従来法と呼ぶ)。最適なモデルとは各モデルを入力木構造データに沿うように変形した際に、枝の平均変形量が最小となるモデルとして定義されている。この際、部分的に分岐パターンが等しいモデル同士では、平均変形量に差がなく、間違っただけのモデルが選択されてしまう問題があった。本稿では、この問題を解決する方法として、枝の分岐ごとにモデル候補をふるい落とし手法と、従来法において分岐バリエーションに対応しきれなかった右上葉支におけるモデル選択法を改善したもの、の2つを提案し、それぞれの手法の枝名対応付け精度の評価を行ったので報告する。

2. 気管支部位と気管支枝モデル 本研究では、気管支を5つの部位(気管と左右主気管支、右

主気管支より末梢の右上葉部、右中下葉部、左主気管支より末梢の左上葉部、左下葉部)に分割し、各部位に気管支枝モデルを用意する。モデルとは、各部位に存在する枝の分岐パターンを表すグラフ表現であり、Fig.1のように定義される。グラフの各辺は各気管支枝に対応し、解剖学的名称などの属性を持つ。気管支の分岐パターンには複数の分岐パターンが存在するため、各部位において複数のモデルを用意する[4]。

## 3. 提案手法

### [手法 A] 分岐ごとのモデルふるい落とし法

主気管支より末梢の各部位に対して(1)~(6)の処理を実行する。

- (1) 主気管支の子枝に、対応する解剖学的名称を付与し、この枝とモデル候補集合(右上葉部であれば右上葉枝に対応する枝と右上葉部の全モデル集合)の組をスタックに追加する。
- (2) スタックが空なら処理を終了する。スタックから

$p$ -th model of bronchial part  $q$ :  $M_q^p = (v_i, e_i)$

$p$ : Model number (1,2,...N)  
 $q$ : Part number(1,2,...5)  
 $v_i$ :  $i$ -th branch  
 $e_i$ : End point of  $i$ -th branch

Property of  $i$ -th branch  $e_i$

Index :  $i$   
Name : "anatomical name"  
Parent name : "parent name"  
Direction :  $\mathbf{D}^{e_i}$

Fig.1: Model definition

枝とモデル候補集合の組を取り出し、その枝を処理対象枝  $O$  とする。

- (3)  $O$  に子枝が無ければ(2)に戻る。各モデル  $M_q^p$  の中で  $O$  と同名の枝を探索し、 $E_p$  とする。 $E_p$  の走行方向が  $O$  の走行方向に沿うように  $O$  とその末梢枝を  $O$  の始点を中心に回転させる。 $O$  の子枝の、 $E_p$  の子枝への全単射となる全ての組み合わせを考え、対応する 2 本の枝の走行方向の余弦をそれぞれの組み合わせにおいて足し合わせる。余弦の和が最大となる組み合わせをそのモデルの最適な組み合わせとする。
- (4) 各モデルの最適な組み合わせの中で、余弦の和が最大となるモデルを最適モデルとして採用し、枝  $O$  の子枝に対して枝名を対応付ける。
- (5) スタックから取り出したモデル候補集合において、 $E_p$  から分岐する子枝の数と子枝の全ての名称が、最適モデルと等しいモデルの集合を  $O$  の子枝に対するモデル候補集合とする。その他は以降の子枝に対するモデル候補集合から除外する(ふるい落とし)。
- (6)  $O$  の各子枝と(5)で得られた新たなモデル候補集合の組をスタックに追加し、(2)に戻る。

**[手法 B] 右上葉部におけるモデル再選択**

- (1) 従来法[3]を用いて右上葉支に対して枝名対応付け処理を実行し、選択されたモデル(モデルの変形量が最小となったモデル。詳しくは文献[4]参照)を  $M$  とする。
- (2) 右上葉支の始点から  $B1, B2, B3$  と割り当てられた枝の終点へのベクトルと、 $M$  の右上葉支の始点から  $B1, B2, B3$  の終点へのベクトルを計算し、同名の枝間で余弦を計算する。
- (3) (2)で計算した全ての余弦が閾値を上回れば、 $M$  が正しいモデルであるとして、対応付け終了。それ以外の場合、 $M$  は右上葉支における間違っただモデルであるとして、(1)での変形量が  $M$  の次に小さなモデルを新たに  $M$  として、右上葉支のみ再度枝名割り当てを行い、(2)に戻る。

**4 . 実験** 3次元胸部 X 線 CT 像から抽出した気管支の木構造データ 17 例に対して枝名対応付けを行った。モデルは Leave-one-out 法により、分岐パターンの異なるモデルを自動生成した[4]。正解対応付けの基準は手入力により作成した正解データと本手法による対応付け結果を比較して判定した。

(1)全部位で手法 A を利用、(2)右上葉部のみ手法 B、それ以外の部位は手法 A を利用、(3)従来法[3]のみの三通りの方法を用いて枝名対応付けを行った。なお、気管・主気管支には従来法を適用した。

**5 . 結果・考察** 枝名対応付けの結果を Table 1 に示す。右上葉部を除いた部位では手法 A により、正解対応付け枝数が従来法に比べ増加した。これは、分岐ごとに正しいモデルが選択されるようになったためである。従来法での間違っただ対応付けが、手

法 A により正しく対応付けできるようになった例を Fig.2 に示す。右上葉部は、上葉支の分岐パターンのバリエーションが多いため、モデルの選択が難しかったと考えられる。しかし、手法 B では、 $B1, B2, B3$  の走行方向からモデルを再選択することにより、間違っただモデル選択が減少したと考えられる。

**6 . むすび** 本稿では気管支枝の分岐ごとにモデルを選択する枝名対応付け手法を提案した。本手法を CT 像から得られた 17 の気管支の木構造データに対して適用し、全ての部位において対応付け精度が向上したことを確認した。今後の課題として、分岐ごとにモデルを選択する際に、分岐する枝とその末梢枝までを利用することが考えられる。

**謝辞**: 日頃ご検討頂く名古屋大学村瀬・末永両研究室諸氏に感謝する。本研究の一部は、文部科学省・日本学術振興会科学研究費補助金、文部科学省 21 世紀 COE プログラム、及び厚生労働省がん研究助成金等によった。

**文献**

[1] H. Kitaoka, Y. Park, J. Tschirren et al.:Automated Nomenclature Labeling of the Bronchial Tree in 3D-CT Lung Images. T.Dohi and R.Kikinis (Eds.) MICCAI2002, LNCS2489, pp.1-11, 2002

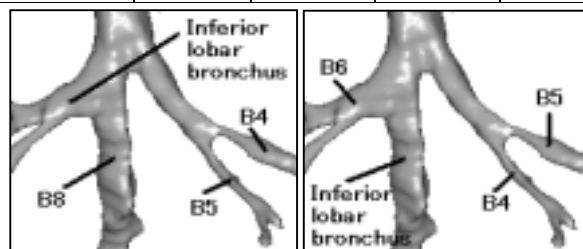
[2] K. Mori, J. Hasegawa, Y. Suenaga et al.: Automated Anatomical Labeling of the Bronchial Branch and Its Application to the Virtual Bronchoscopy System. IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol19, 2000

[3] 江間慎弥, 北坂孝幸, 森健策, 他: 気管支木構造モデルの変形に基づく気管支枝名対応付けの検討, 第 13 回コンピュータ支援画像診断学会, 2003

[4] 江間慎弥, 北坂孝幸, 森健策, 他: 気管支枝名対応付け手法における複数モデル導入の検討, 第 22 回日本医用画像工学会大会抄録集, 2003

**Table 1: Comparison of number of correct labeling branches for each part**

	Number of correct branch	Method A	Method A + Method B	Previous method
Trachea and main bronchi	51	51(100%)		
Right upper	69	50(72.5%)	66(95.7%)	60(87.0%)
Right middle and lower	114	103(90.4%)		75(65.8%)
Left upper	100	92(92.0%)		82(82.0%)
Left lower	75	75(100%)		69(92.0%)
Total	409	371(90.7%)	387(94.6%)	337(82.4%)



**Previous method                      Method A**

**Fig.2: Comparison of labeling result**