

1F-10 医用画像データベースシステムの推移的閉包を利用した検索

大賀 正幸 國井 利泰 品川 嘉久 国枝 悦夫
東京大学 慶応義塾大学附属病院

1 はじめに

近年、X線CT(X-ray Computed Tomography)やMRI(Magnetic Resonance Imaging)などをはじめとして、コンピュータを利用した各種の医療診断機器による診断が行なわれるようになってきている。これらの装置から得られる大量の医用画像データを対象に、さまざまな医用画像管理システムや、医用画像データベースシステムが実現されている。[1][2]

2 既存の医用画像データベースの問題点

上記のようなシステムでは、画像そのもの及び患者名、検査日、検査条件といったわずかな付帯情報のみがデータとして蓄えられているだけの場合が多い。

そのようなシステムでは、一枚の画像に現れている医学的に意味のある構造要素についての情報や、連続した断層画像間に存在する関連性についての情報が記述されていないため、医用画像データベースに蓄えられているデータを利用して、診断に有益な検索をコンピューターに実行させるということは不可能である。

3 本研究の目的

本研究では、グラフデータモデルに基づく画像データベースを構築する。そして各画像に現れている構造要素同士の関連に基づいた検索を実行し、診断に有益な情報を得ることを目的とする。

前節で指摘したように、医用画像データベース上で有益な検索を行なうには、画像そのものだけでなく、

1. 各画像に現れている構造的要素に関する情報
2. 複数の画像に現れている構造的要素同士の関係についての情報

を医用画像データベースに与えておく必要があり、さらに多数のCTやMRIの連続断層画像の性質を考えると、多数の画像にわたってある構造要素を追跡していく機能が必要と考えられる。

具体的な応用としては、まず肺に関するCT画像をそこに現れている血管の断面を構造的要素として、付随する情報を画像データベース上に蓄えておく。ここではグラフデータモデルに基づいた(株)リコーのデータベースG-BASEを用いる。G-BASEは、二つのレコード型の二項関係であるリンク型を持っており、リンクにフィールドを設定し、値を持たせることが可能である。ある一枚の画像に現れている肺内部の血管が、他の画像のどの血管とつながっているかは、リンクの推移的閉包を計算することによって調べることが可能であり、これを利用してその血管が静脈なのか動脈なのかの特定を行なう。[3]この血管の特定という作業は、肺癌などの診断に不可欠であるが、かなり熟練した専門医に頼らざるを得ないのが現状である。上述のようにデータベース上での検索によって可能になれば、正確な診断が行なえることになる。

4 推移的閉包の計算

前節で取り上げた、多数の画像にわたってある構造要素を追跡していくという機能は、グラフ理論における推移的閉包をとる、という操作に相当するものである。

すなわち、あるレコードからある特定の結び付きを持ったレコードを次々と再帰的に求めていく操作を可能にすることによって、有益な情報を得る。

一般にこの種の問題は、「部品展開問題」「先祖問題」などと称され、現実のデータベースのアプリケーションでは頻繁に出現する。ところが従来の関係データベース言語ではサポートされていなかったが、近年ISO(国際標準化機構)で開発が行われているデータベース言語SQL3において標準としてサポートする動きが見られる。[4]しかしここで対象となっているのは、単にレコード間に結び付きがあるかないかという単純なものであり、その結び付きに属性や値を持たせることができない。そこで本研究では、G-BASEを用い、データベースの親言語(C言語)を用いて、推移的閉包の計算を実現する。

5 CTデータの性質

X線CTスキャナーから得られた画像の例を図1に示す。X線CTスキャナーは、体内の各組織のX線吸収率の差を濃淡の差として映像化する装置である。本研究では肺内部の血管を各画像における構造要素として取り上げるので、それが鮮明に現れるよう調節して画像を二値化する。

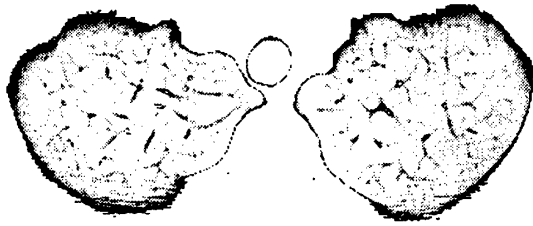


図 1: X線CTスキャナーから得られた画像

6 血管網を表すためのデータ構造

前節で得られた二値化画像にさらに細線化などの処理をほどこして得られたのが図2である。

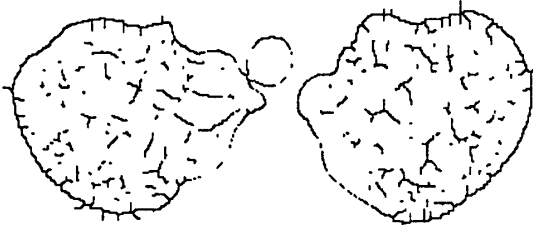


図 2: 細線化により得られた画像

この図からわかる通り、血管は線分状の像として各画像に現れており、分岐・交差・だ行といった走行状態を示している。線分として現れている血管の端点・節点・分岐点・交差点(以後まとめて特徴点と呼ぶ)に注目する。

具体的には、各特徴点の位置及び、その点における線分の方向といった情報を画像から抽出し、データベース上に蓄える。さらに、各画像に現れているそれぞれの血管が、となりあった次の画像のどの血管とつながっているのか、ということ表現するために、同一の血管である可能性のある特徴点の間にはリンクを張り、そのリンクに同一の可能性の大小を表すフィールドを設け、以下の方針に従って計算される値を書き込む。

1. 同一の画像に現れている、線分セグメントによってつながっている二つの特徴点は、互いに同じ血管である可能性が非常に高いと考えられるので、初期値として1.0を与える。
2. となりあった画像に現れている各線分セグメントをHough変換で基準点からの距離と基準線に対する角度を軸とする (ρ, θ) 空間の一点にうつし、そこでの距離が一定値以下のセグメント同士は同一の血管である可能性が高いとみなすことができるので、その特徴点の間にリンクを張る。その際、特徴点のタイプ(端点、交差点、分岐点、節点)及び特徴点の座標を考慮して対応づけを行なう。
3. 点状の血管像については絶対的な位置の距離の差を基準として、対応づけを行なう。

ただし、交差点・分岐点の場合は、対応する点が存在しない場合もあり、また対応する線分セグメントそのものが隣の画像には存在しない場合もある。

一通り線分セグメントの対応づけが終わった後に、一定以上の太さの血管はループを作らない、という物理的性質を考慮して、そのような矛盾した対応づけがなされていないかを検証し、もしなされていれば正しく対応づけし直す。

7 動脈・静脈のラベルづけ

1. 静脈(V)か動脈(A)かはっきりしている、血管セグメント*i*にラベル($\lambda=A, V$)づけを行ない、その確率を $p_i(\lambda) = 1.0$ とおく
2. 上記の血管セグメント*i*と同一の血管である可能性のあるセグメント*j*に対し、*i*と同じラベルをつけ、その確率 $p_j(\lambda)$ を $p_j(\lambda) = p_i(\lambda) * f(i, j)$ で与える。ただし、 $f(i, j)$ は前節の過程で得られる、セグメント*i, j*が同じ血管である確率。

以後2.を再帰的に繰り返すことにより肺血管全体にAまたはVのラベルづけを行なえる。ただし上記の方法では、一つの線分セグメントにAとVの両方のラベルがつく可能性がある。そのような場合は、その確率を比較し、どちらか一方のラベルのみを有効にするか、線分セグメントの対応づけの訂正を行なうか、あるいは、そこから先の線分セグメントには、判別不可能というラベルUをつけるかのいずれかを行なう。

8 結果

上記のように構築したデータベース上で、リンクのフィールドの値が一定値以上の場合にのみ、つながっているものとみなして、推移的閉包を求める。これにより、動脈あるいは静脈である可能性が一定値以上である血管をすべての画像にわたって求めることができる。今後の課題としては、今回使用しなかった血管の太さに関する情報を利用して、線分セグメントの対応づけをより正確に行なうことや、実際の診断により役立て易くするために、ここで得られた結果を三次元表示することがあげられる。

参考文献

- [1] 山本 神崎 平木 他. MRI 画像データベースシステム. 電子通信学会技術研究報告 MBE, 88(126):107-112, 1988.
- [2] 西原 栄太郎. 医用画像データベースの現状と将来. 情報処理学会誌, 33(5):478-485, May 1992.
- [3] 秋田興一郎 久家秀樹. 眼底画像における血管パターンの認識方法. 電子通信学会論文誌, J64-D(8):729-736, 1981.
- [4] 芝野 林田 佐藤. 再帰的 UNION. 情報研報 DBS 71-8, 89(37), 1989.