(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第5597429号
(P5597429)
(45)発行日　平成26年10月1日(2014.10.1)　(24)登録日　平成26年8月15日(2014.8.15)

(51)Int.Cl.　F I
A61B 6/03 (2006.01)　A61B 6/03 360D
A61B 6/03 360G
A61B 6/03 360Q

請求項の数 13　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願2010-84389(P2010-84389)
(22)出願日　平成22年3月31日(2010.3.31)
(65)公開番号　特開2011-212313(P2011-212313A)
(43)公開日　平成23年10月27日(2011.10.27)
審査請求日　平成24年12月20日(2012.12.20)

(73)特許権者　306037311
富士フイルム株式会社
東京都港区西麻布２丁目２６番３０号
(74)代理人　100073184
弁理士　柳田　征史
(74)代理人　100090468
弁理士　佐久間　剛
(72)発明者　水野　修
東京都港区赤坂９丁目７番３号　富士フイルム株式会社内

審査官　九鬼　一慶

最終頁に続く

(54)【発明の名称】医用画像処理装置および方法、並びにプログラム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
分枝構造と、該分枝構造の周辺の構造であって、該分枝構造と物質のやり取りを行う周辺構造とを有する被検体内構造物を表す３次元医用画像から前記分枝構造を抽出する分枝構造抽出手段と、
前記３次元医用画像から前記周辺構造が存在する周辺構造領域を抽出する周辺構造領域抽出手段と、
前記分枝構造中に注目部分である注目分枝構造を設定する注目分枝構造設定手段と、
前記分枝構造に基づいて、前記周辺構造領域のうち前記注目分枝構造と物質のやり取りを行う注目周辺構造領域を推定する注目周辺構造領域推定手段と、
推定された前記注目周辺構造領域における、前記被検体内構造物の機能および／または形態に関する評価値を取得する評価値取得手段と、
前記３次元医用画像から生成された、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域の少なくとも一方の形態を表す形態画像に、前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成するマップ画像生成手段とを備えたことを特徴とする医用画像処理装置。
【請求項２】
前記マップ画像は、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域を一部として含む前記被検体内構造物中の領域の形態を表す広域形態画像に前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたものであることを特徴とする請求項１に記載の医用画像処理装置。

【請求項３】
前記評価値取得手段は、前記注目周辺構造領域を一部として含む前記被検体内構造物中の領域を構成する小領域毎に前記評価値を取得するものであり、
前記マップ画像は、前記広域形態画像上において、前記評価値取得手段によって前記評価値が取得された領域に該評価値をマッピングしたものであって、前記注目周辺構造領域と該注目周辺構造領域以外の周辺構造領域との境界を識別可能な態様にしたものであることを特徴とする請求項２に記載の医用画像処理装置。
【請求項４】
前記評価値取得手段は、前記注目周辺構造領域を構成する複数の小領域毎に前記評価値を取得するものであり、
前記マップ画像生成手段は、前記注目周辺構造領域内の前記評価値を該注目周辺構造領域の表面画素に投影することによって、前記マッピングを行うものであることを特徴とする請求項１から３のいずれか１項に記載の医用画像処理装置。
【請求項５】
前記マップ画像生成手段は、前記注目分枝構造の少なくとも一部と前記注目周辺構造領域の表面画素の各々とを結ぶ複数の直線の各々について、該直線上の前記小領域の評価値に基づいて該直線上の前記表面画素にマッピングする画素値を決定するものであることを特徴とする請求項４に記載の医用画像処理装置。
【請求項６】
前記被検体内構造物は肺であることを特徴とする請求項１から５のいずれか１項に記載の医用画像処理装置。
【請求項７】
前記周辺構造は肺実質であることを特徴とする請求項６に記載の医用画像処理装置。
【請求項８】
前記周辺構造領域は肺野領域であることを特徴とする請求項７に記載の医用画像処理装置。
【請求項９】
前記分枝構造は血管であることを特徴とする請求項１から８のいずれか１項に記載の医用画像処理装置。
【請求項１０】
前記分枝構造は肺動脈または肺静脈のいずれか一方であることを特徴とする請求項９に記載の医用画像処理装置。
【請求項１１】
注目周辺構造領域推定手段は、前記３次元医用画像に表された前記被検体内構造物を所与の複数の肺区域に分割し、前記分割された肺区域のうちの１つの区域内に属するように、前記注目周辺構造領域を推定するものであることを特徴とする請求項６から８、１０のいずれか１項に記載の医用画像処理装置。
【請求項１２】
分枝構造と、該分枝構造の周辺の構造であって、該分枝構造と物質のやり取りを行う周辺構造とを有する被検体内構造物を表す３次元医用画像から前記分枝構造を抽出する分枝構造抽出手段が作動し、
前記３次元医用画像から前記周辺構造が存在する周辺構造領域を抽出する周辺構造領域抽出手段が作動し、
前記分枝構造中に注目部分である注目分枝構造を設定する注目分枝構造設定手段が作動し、
前記分枝構造に基づいて、前記周辺構造領域のうち前記注目分枝構造と物質のやり取りを行う注目周辺構造領域を推定する注目周辺構造領域推定手段が作動し、
推定された前記注目周辺構造領域における、前記被検体内構造物の機能および／または形態に関する評価値を取得する評価値取得手段が作動し、
前記３次元医用画像から生成された、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域の

少なくとも一方の形態を表す形態画像に、前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成するマップ画像生成手段が作動することを特徴とする医用画像処理装置の作動方法。

【請求項１３】

コンピュータに、

分枝構造と、該分枝構造の周辺の構造であって、該分枝構造と物質のやり取りを行う周辺構造とを有する被検体内構造物を表す３次元医用画像から前記分枝構造を抽出するステップと、

前記３次元医用画像から前記周辺構造が存在する周辺構造領域を抽出するステップと、

前記分枝構造中に注目部分である注目分枝構造を設定するステップと、

前記分枝構造に基づいて、前記周辺構造領域のうち前記注目分枝構造と物質のやり取りを行う注目周辺構造領域を推定するステップと、

推定された前記注目周辺構造領域における、前記被検体内構造物の機能および／または形態に関する評価値を取得するステップと、

前記３次元医用画像から生成された、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域の少なくとも一方の形態を表す形態画像に、前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成するステップとを実行させることを特徴とする医用画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、例えば肺のように、分枝構造と周辺構造とからなる被検体内構造物を表す３次元医用画像に対して画像処理を行う装置および方法、並びにプログラムに関するものである。

【背景技術】

【０００２】

胸部を表す３次元医用画像に基づいて肺の血管の塞栓の診断を行うための画像処理手法が知られている。

【０００３】

例えば、肺の造影ＣＴ画像に対して肺の血管系の分節を行い、分節後の肺の血管系内における塞栓部位を手動または自動で識別し、識別された塞栓によって冒されている血管のサブツリーを分析し、塞栓によって冒されている肺の領域を特定し、その領域を視覚的に表示することが提案されている（特許文献１）。

【０００４】

また、両肺のＣＴ画像に対して肺実質組織のセグメント化を行い、セグメント化された画像の灌流マップを作成し、異常な灌流不足領域を比較的不透明にレンダリングして表示することが提案されている（特許文献２）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２００６－８１９０６号公報

【特許文献２】特開２００６－５１３６５号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献１に記載の手法では、肺の血管の塞栓の影響を受ける肺の領域を視覚化するだけであり、その領域において肺機能がどのように変化しているかを知ることはできない。

【０００７】

一方、特許文献２に記載の手法では、肺全体の灌流マップを視覚化するため、肺の血管

の塞栓の影響を受ける肺の領域のように、肺の局所的な機能評価を行うことは困難である。

【０００８】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、分枝構造と周辺構造とからなる被検体内構造物を表す３次元医用画像に基づいて、分枝構造中の注目部分と機能的に関連する周辺構造領域の機能的および／または形態的特性をより容易に観察・評価することを可能にする医用画像処理装置および方法、並びにプログラムを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明の医用画像処理装置は、分枝構造と、該分枝構造の周辺の構造であって、該分枝構造と機能的に関連する周辺構造とを有する被検体内構造物を表す３次元医用画像から前記分枝構造を抽出する分枝構造抽出手段と、前記３次元医用画像から前記周辺構造が存在する周辺構造領域を抽出する周辺構造領域抽出手段と、前記分枝構造中に注目部分である注目分枝構造を設定する注目分枝構造設定手段と、前記分枝構造に基づいて、前記周辺構造領域のうち前記注目分枝構造と機能的に関連する注目周辺構造領域を推定する注目周辺構造領域推定手段と、推定された前記注目周辺構造領域における、前記被検体内構造物の機能および／または形態に関する評価値を取得する評価値取得手段と、前記３次元医用画像から生成された、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域の少なくとも一方の形態を表す形態画像に、前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成するマップ画像生成手段とを設けたことを特徴とする。

【００１０】

本発明の医用画像処理方法は、分枝構造と、該分枝構造の周辺の構造であって、該分枝構造と機能的に関連する周辺構造とを有する被検体内構造物を表す３次元医用画像から前記分枝構造を抽出し、前記３次元医用画像から前記周辺構造が存在する周辺構造領域を抽出し、前記分枝構造中に注目部分である注目分枝構造を設定し、前記分枝構造に基づいて、前記周辺構造領域のうち前記注目分枝構造と機能的に関連する注目周辺構造領域を推定し、推定された前記注目周辺構造領域における、前記被検体内構造物の機能および／または形態に関する評価値を取得し、前記３次元医用画像から生成された、前記注目分枝構造および前記注目周辺構造領域の少なくとも一方の形態を表す形態画像に、前記注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成することを特徴とする。

【００１１】

本発明の医用画像処理プログラムは、コンピュータに上記方法を実行させるためのものである。

【００１２】

本発明において、「分枝構造」とは、枝分かれ構造を有する被検体内の構造物を意味する。具体例としては血管が挙げられる。

【００１３】

「周辺構造」は、分枝構造とともに被検体内構造物の何らかの機能を果たす構造である。ここで、「何らかの機能」の具体例としては、周辺構造と分枝構造との間で、分枝構造中を流れる流体によって運搬される所定の物質のやり取りを行うことが挙げられる。

【００１４】

「被検体内構造物」の具体例としては肺が挙げられる。この場合、分枝構造は血管や気管支、周辺構造は肺実質、周辺構造領域には肺野領域とすることができる。また、肺血管は、肺動脈または肺静脈のいずれか一方としてもよい。

【００１５】

「注目分枝構造」の具体例としては、分枝構造中の塞栓箇所から分枝構造の末梢までの部分が挙げられる。

【００１６】

また、「注目分枝構造」の設定は、３次元医用画像から生成された画像上でのユーザの

手動操作による指定に基づいて行われてもよいし、画像解析・認識手法を用いて自動的に行われてもよいし、両者の組合せによって行われてもよい。両者の組合せによる方法の具体例としては、ユーザの手動操作により注目分枝構造の基準となる点（例えば塞栓箇所）を指定した後、その基準となる点に基づいて所定の画像解析・認識手法によって注目分枝構造を自動的に抽出する方法や、所定の画像解析・認識手法によって自動的に抽出された注目分枝構造の候補からユーザが手動操作によって注目分枝構造を選択したり、注目分枝構造の候補をユーザが手動操作によって修正したりする方法が挙げられる。

【００１７】

「注目周辺構造領域」の推定は、分枝構造中の注目分枝構造と非注目分枝構造との位置関係や分枝構造の管径等の形態的特徴に基づいて行うことが考えられる。また、被検体内構造物を肺とした場合には、３次元医用画像に表された肺を所与の複数の肺区域に分割し、分割された肺区域のうちの１つの区域内に属するように、注目周辺構造領域を推定してもよい。

【００１８】

「評価値」は、注目周辺構造領域全体に対して１つの値を有するものであってもよいし、注目周辺構造領域を構成する複数の小領域の各々に対して１つの値を有するものであってもよい。この小領域は、複数の画素からなる領域であってもよいし、１画素の領域であってもよい。

【００１９】

また、「評価値」は、本発明の画像処理対象である３次元医用画像に基づいて算出してもよいし、同じ被検体の構造物を表す他の医用画像に基づいて算出されたものを取得してもよい。ここで、「他の医用画像」は、本発明の画像処理対象である３次元医用画像と同じモダリティで異なる時点に取得されたものでもよいし、異なるモダリティで取得されたものであってもよい。また、同じ被検体の構造物についての何らかの計測データに基づいて算出されたものを取得してもよい。特に他の医用画像や計測データに基づく評価値を用いる場合は、評価値の表す被検体内構造物中の位置がマッピング先の形態画像中での対応する位置と一致するように位置合わせを行うことが好ましい。

【００２０】

「マップ画像」は、注目分枝構造および注目周辺構造領域を一部として含む被検体内構造物中の領域の形態を表す広域形態画像に注目周辺構造領域における評価値をマッピングした広域マップ画像としてもよい。また、注目周辺構造領域を一部として含む被検体内構造物中の領域を構成する小領域毎に評価値を取得するようにしておき、広域形態画像上の評価値が取得された領域に評価値をマッピングするとともに、注目周辺構造領域と注目周辺構造領域以外の周辺構造領域との境界を識別可能な態様にした広域マップ画像としてもよい。

【００２１】

評価値のマッピング手法の具体例としては、注目周辺構造領域を構成する複数の小領域毎に評価値を取得しておき、注目周辺構造領域内の評価値を注目周辺構造領域の表面画素に投影することが挙げられる。この場合、注目分枝構造の少なくとも一部と注目周辺構造領域の表面画素の各々とを結ぶ複数の直線の各々について、その直線上の小領域の評価値に基づいてその直線上の表面画素にマッピングする画素値を決定するようにしてもよい。

【発明の効果】

【００２２】

本発明によれば、被検体内構造物を表す３次元医用画像から分枝構造および周辺構造領域を抽出し、分枝構造中に注目分枝構造を設定し、周辺構造領域のうち注目分枝構造と機能的に関連する注目周辺構造領域を分枝構造に基づいて推定し、推定された注目周辺構造領域における評価値を取得し、注目分枝構造および注目周辺構造領域の少なくとも一方の形態を表す形態画像に、注目周辺構造領域における評価値をマッピングしたマップ画像を生成するので、注目分枝構造と機能的に関連する周辺構造領域の機能的および／または形態的特性をより容易に観察・評価することが可能になり、診断精度や効率の向上に資する

。
【００２３】
例えば、分枝構造中の塞栓箇所から末梢までを注目分枝構造に設定した場合であれば、形態画像中のその注目分枝構造と機能的に関連する周辺構造領域に評価値をマッピングすることにより、分枝構造の塞栓による周辺構造への局所的な影響をより容易に観察・評価することが可能になる。
【００２４】
また、注目分枝構造および注目周辺構造領域を一部として含む被検体内構造物中の領域の形態を表す広域形態画像に注目周辺構造領域における評価値をマッピングした広域マップ画像を生成するようにした場合には、注目分枝構造や注目周辺構造とその周辺の構造物との位置関係を把握しながら、注目周辺構造領域の機能的／形態的特性を観察・評価できる。
【００２５】
さらに、注目周辺構造領域を一部として含む被検体内構造物中の領域を構成する小領域毎に評価値を取得し、評価値が取得された広域形態画像上の領域に評価値をマッピングした広域マップ画像であって、注目周辺構造領域と注目周辺構造領域以外の周辺構造領域との境界を識別可能な態様にした画像を生成するようにした場合には、注目分枝構造や注目周辺構造とその周辺の構造物との機能的／形態的特性の比較がより容易になるので、注目周辺構造の機能的／形態的特性をより容易に観察・評価することが可能になる。
【００２６】
また、注目周辺構造領域を構成する複数の小領域の評価値を注目周辺構造領域の表面画素に投影することによって、マップ画像を生成するようにすれば、注目周辺構造領域の機能的および／または形態的特性を３次元的に把握することが可能になる。
【図面の簡単な説明】
【００２７】
【図１】本発明の実施の形態となる医用画像処理装置が導入された医用画像診断システムの概略構成図
【図２】本発明の実施形態における医用画像処理機能を実現する構成および処理の流れを模式的に示したブロック図
【図３】肺血管枝毎の支配領域を模式的に表した図
【図４Ａ】注目肺実質領域中の各点での評価値を注目肺実質領域の表面上の各点にマッピングする第１の方法を模式的に表した図
【図４Ｂ】注目肺実質領域中の各点での評価値を注目肺実質領域の表面上の各点にマッピングする第２の方法を模式的に表した図
【図４Ｃ】注目肺実質領域中の各点での評価値を注目肺実質領域の表面上の各点にマッピングする第３の方法を模式的に表した図
【図５Ａ】本発明の実施形態で生成されるマップ画像の第１の例を表した図
【図５Ｂ】本発明の実施形態で生成されるマップ画像の第２の例を表した図
【図５Ｃ】本発明の実施形態で生成されるマップ画像の第３の例を表した図
【図６】本発明の実施形態における医用画像診断システムを用いた画像処理の流れを表したフローチャート
【発明を実施するための形態】
【００２８】
以下、人体の胸部のＣＴ画像に基づいて肺血管の塞栓による周辺の肺実質領域への影響を観察・評価する場合を例にして、本発明の実施の形態となる医用画像処理装置が導入された医用画像診断システムについて説明する。
【００２９】
図１は、この医用画像診断システムの概要を示すハードウェア構成図である。図に示すように、このシステムでは、モダリティ１と、画像保管サーバ２と、画像処理ワークステーション３とが、ネットワーク９を経由して通信可能な状態で接続されている。

【００３０】
モダリティ１には、被検体の検査対象部位を撮影することにより、その部位を表す３次元医用画像の画像データを生成し、その画像データにＤＩＣＯＭ（Digital Imaging and Communications in Medicine）規格で規定された付帯情報を付加して、画像情報として出力する装置が含まれる。具体例としては、ＣＴ、ＭＲＩなどが挙げられる。本実施形態では、ＣＴで被検体である人体の体軸方向にスキャンすることによって人体の胸部の３次元画像データを生成する場合について説明する。
【００３１】
画像保管サーバ２は、モダリティ１で取得された医用画像データや画像処理ワークステーション３での画像処理によって生成された医用画像の画像データを画像データベースに保存・管理するコンピュータであり、大容量外部記憶装置やデータベース管理用ソフトウェア（たとえば、ＯＲＤＢ（Object Relational Database）管理ソフトウェア）を備えている。
【００３２】
画像処理ワークステーション３は、読影者からの要求に応じて、モダリティ１や画像保管サーバ２から取得した医用画像データに対して画像処理（画像解析を含む）を行い、生成された画像を表示するコンピュータであり、ＣＰＵ，主記憶装置、補助記憶装置、入出力インターフェース、通信インターフェース、入力装置（マウス、キーボード等）、表示装置（ディスプレイモニタ）、データバス等の周知のハードウェア構成を備え、周知のオペレーティングシステム等がインストールされたものである。本発明の医用画像処理は、この画像処理ワークステーション３に実装されており、この処理は、ＣＤ－ＲＯＭ等の記録媒体からインストールされたプログラムを実行することによって実現される。また、プログラムは、インターネット等のネットワーク経由で接続されたサーバの記憶装置からダウンロードされた後にインストールされたものであってもよい。
【００３３】
画像データの格納形式やネットワーク９経由での各装置間の通信は、ＤＩＣＯＭ等のプロトコルに基づいている。
【００３４】
図２は、画像処理ワークステーション３の機能のうち、本発明の実施形態となる医用画像処理に関連する部分を示すブロック図である。図に示すように、本発明の実施形態となる医用画像処理は、肺野領域抽出部３１、肺血管抽出部３２、注目血管設定部３３、注目肺実質領域推定部３４、評価値算出部３５、マップ画像生成部３６によって実現される。また、３次元医用画像Ｖ、注目箇所（塞栓箇所）PE、肺野領域LF、肺血管構造LV、注目血管構造$LV_I$、血管毎の支配領域$RV_n$、注目肺実質領域$RV_I$、評価値EV、マップ画像$I_M$は、各々、上記各処理部によって、画像処理ワークステーション３の所定のメモリ領域に対して読み書きされるデータである。
【００３５】
肺野領域抽出部３１は、３次元医用画像Ｖを構成する複数のアキシャル断面画像の各々を入力として被検体の肺野領域LFを抽出する。例えば、肺野領域LFは空気のＣＴ値に対応する画素値を有する領域となるので、各アキシャル断面画像に対して閾値処理を行うことによって、被検体の周辺の空気領域と被検体内の領域とを識別した後、被検体内の空気領域を肺野領域として抽出することができる。
【００３６】
肺血管抽出部３２は、３次元医用画像Ｖを入力として被検体の肺血管構造LVを抽出する。具体的には、領域拡張法により肺血管領域内の画素の集合を抽出し、抽出された肺血管領域に対して細線化処理を行い、得られた肺血管を表す細線の連結関係に基づいて細線上の各画素を端点・エッジ（辺）・分岐点に分類することによって、肺血管を表す木構造データを得ることができる。さらに、必要に応じて、細線上の各画素における血管径や各エッジ（血管枝）の長さ等の特徴量も木構造データとして格納することができる（詳細については、小林 大祐、他5名、「血管形状記述のための枝ベース木構造モデル構築の試み」

、[online]、2005年3月9日、理化学研究所、理研シンポジウム 生体形状情報の数値化及びデータベース構築研究、pp.84-92、［2010年1月6日検索］、インターネット〈URL：http://www.comp-bio.riken.jp/keijyo/products/2005_1_files/kobayashi_print.pdf〉、中村 翔、他4名、「木構造解析による胸部X線CT像からの肺動脈・肺静脈の自動分類」、電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像、日本、社団法人電子情報通信学会、2006年1月21日、Vol.105, No.580、pp.105-108、［2009年11月20日検索］、インターネット〈URL：http://www.murase.nuie.nagoya-u.ac.jp/~ide/res/paper/J05-kenkyukai-snaka-1.pdf〉（以下、参考文献１）等参照）。

【００３７】

注目血管設定部３３は、肺血管構造LV中に注目血管構造$LV_I$を設定する。ここで、注目血管構造$LV_I$は肺血管の塞栓箇所から末梢までの血管構造を表す。具体的には、注目血管設定部３３は、３次元医用画像Ｖから生成された２次元画像を画像処理ワークステーション３のディスプレイに表示させ、ユーザによる肺血管構造LV中の注目箇所（塞栓箇所）PEの指定操作を受け付ける。そして、注目血管設定部３３は、肺血管構造LVの木構造に基づいて、指定された注目箇所PEから末梢までの血管構造を注目血管構造$LV_I$として設定する（詳細については、特許文献１等参照）。

【００３８】

注目肺実質領域推定部３４は、支配領域算出部３４ａと注目肺実質領域決定部３４ｂとからなり、肺血管構造LVに基づいて、肺血管の周辺の肺実質領域のうち注目血管構造$LV_I$と機能的に関連する注目肺実質領域$RV_I$を推定する。

【００３９】

支配領域算出部３４ａは、肺血管構造を母点集合として３次元ボロノイ分割を行い、肺血管構造LVを構成する血管枝毎の支配領域$RV_n$を求める。具体的には、図３に模式的に表したように、支配領域算出部３４ａは、肺野領域LF内の各画素が肺血管構造LVを構成する血管枝のうちのどの血管枝に最も近いか、すなわち、肺野領域LF内の各画素がどの血管枝に支配されているかを求め、同じ血管枝に支配されている領域をその血管枝の支配領域とすることによって、血管枝毎の支配領域$RV_n$を求める（詳細については、平野 靖、他5名、「３次元ボロノイ分割を用いた胸部ＣＴ像における肺葉収縮の定量化と腫瘤影鑑別への応用」、［online］、2001年7月、日本医用画像工学会第20回大会講演論文集、pp.315-316、［2009年11月20日検索］、インターネット〈URL：http://mase.itc.nagoya-u.ac.jp/~hirano/Papers/JAMIT2001.pdf〉等参照）。

【００４０】

一方、注目肺実質領域決定部３４ｂは、支配領域$RV_n$のうち注目血管構造$LV_I$に支配される領域を注目肺実質領域$RV_I$に決定する。

【００４１】

評価値算出部３５は、３次元医用画像Ｖに基づいて肺の機能や形態についての評価値EVを算出する。ここでは、評価値算出部３５は、３次元医用画像Ｖを入力として公知の肺灌流(perfusion)解析を行い、肺実質領域内の各画素における局所周辺平均密度を算出する。具体的には、評価値算出部３５は、肺野領域LFから気管支と肺血管構造LVを除去することによって肺実質領域を抽出し、３次元ガウシアンカーネルを平滑化演算子として使用して局所平均化を行う（詳細については、特許文献２等参照）。

【００４２】

マップ画像生成部３６は、３次元医用画像Ｖに基づいて、注目血管構造$LV_I$とその周辺の肺血管構造LVを表す形態画像に、注目肺実質領域$RV_I$における評価値EVをマッピングしたマップ画像$I_M$を生成する。図５Ａはマップ画像$I_M$の一例であり、注目血管構造$LV_I$とその周辺の肺血管構造LVを表すボリュームレンダリング画像に、注目血管構造$LV_I$（注目箇所PEから肺血管構造LVの末梢まで）によって支配される注目肺実質領域$RV_I$における評価値EVを注目肺実質領域$RV_I$の表面に投影した評価値画像を半透明化して重ね合わせた画像となっている。ここで、注目肺実質領域$RV_I$の表面に投影される輝度値は、図４Ａに模式的に表したように、注目箇所PEから注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点まで、評価値EVを

放射状にサンプリングすることによって求められる。すなわち、注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点は、注目箇所PEと注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点とを結ぶ複数の直線の各々において、その直線上の各点における評価値EVの代表値（例えば平均値）を求め、その代表値に応じた色や濃度を表す輝度値が割り当てられる。また、ボリュームレンダリング画像と評価値画像とを重ね合わせた画像は、３次元医用画像Ｖ中の注目血管構造$LV_I$とその周辺の肺血管構造LVとを表す各画素に所与の輝度値を割り当てておくとともに、評価値画像の各画素に不透明度を割り当てておき、３次元医用画像Ｖと評価値画像の対応する各位置に、評価値画像に割り当てられた不透明度に基づいてアルファ値を設定し、各位置における３次元医用画像Ｖに割り当てられた輝度値と前記評価値画像の輝度値に対してアルファブレンド処理を用いてボリュームレンダリングを実行することによって得られる（詳細は、本出願人が提案する特開2008-259696号公報等参照）。

【００４３】

次に、本発明の実施形態となる医用画像処理を用いた画像診断の流れについて説明する。図６は、本発明の実施形態となる医用画像処理ソフトウェアの実行下でのユーザの操作や、演算処理、表示処理等の流れを示したフローチャートである。

【００４４】

まず、３次元医用画像Ｖの画像データが取得される(#1)。ここで、３次元医用画像データＶは、依頼元の診療科の医師からの検査オーダーに基づいてモダリティ１で撮影され、画像保管サーバ２に保管されたものである。ユーザは、画像処理ワークステーション３に実装された公知のオーダリングシステムの操作端末インターフェースを操作し、処理対象の３次元医用画像データＶの取得を要求する。この操作に応じて、画像処理ワークステーションは画像保管サーバ２に対して３次元医用画像データＶの検索要求を送信し、画像保管サーバ２は、データベース検索により、処理対象の３次元医用画像データＶを取得し、画像処理ワークステーション３に送信する。そして、画像処理ワークステーション３は、画像保管サーバ２から送信されてきた３次元医用画像データＶを取得する。

【００４５】

画像処理ワークステーション３では、評価値算出部３５が肺実質領域内の各画素における局所周辺平均密度（評価値EV）を算出するとともに(#2)、肺野領域抽出部３１が３次元医用画像Ｖを構成する複数のアキシャル断面画像の各々を入力として被検体の肺野領域LFを抽出し(#3)、肺血管抽出部３２が３次元医用画像Ｖを入力として被検体の肺血管構造LVを抽出する(#4)。そして、注目肺実質領域推定部３４の支配領域算出部３４ａが３次元医用画像Ｖを入力とし、肺野領域抽出部３１で抽出された肺野領域LFおよび肺血管抽出部３２で抽出された肺血管構造LVに基づき、肺血管構造LVを構成する血管枝毎の支配領域$RV_n$を求める(#5)。

【００４６】

次に、注目血管設定部３３がユーザによる肺血管構造LV中の注目箇所（塞栓箇所）PEの指定操作を受け付け(#6)、肺血管構造LVの木構造に基づいて、指定された注目箇所PEから末梢までの血管構造を注目血管構造$LV_I$として設定する(#7)。

【００４７】

注目肺実質領域推定部３４の注目肺実質領域決定部３４ｂは、支配領域算出部３４ａによって算出された支配領域$RV_n$のうち、注目血管設定部３３によって設定された注目血管構造$LV_I$に支配される領域を注目肺実質領域$RV_I$に決定する(#8)。

【００４８】

そして、マップ画像生成部３６は、３次元医用画像Ｖに基づいて、注目血管構造$LV_I$とその周辺の肺血管構造LVを表す形態画像に、注目肺実質領域$RV_I$における評価値EVをマッピングしたマップ画像$I_M$を生成し(#9)、生成されたマップ画像$I_M$は画像処理ワークステーション３のディスプレイに表示される(#10)。

【００４９】

本発明の実施形態では、上記の一連の処理により、注目血管構造$LV_I$とその周辺の肺血管構造LVを表す形態画像に、その注目血管構造$LV_I$と機能的に関連する注目肺実質領域$RV_I$

における評価値EVをマッピングしたマップ画像$I_M$が生成されるので、肺血管構造LVの塞栓による周辺の肺実質領域への局所的な影響をより容易に観察・評価することが可能になり、診断精度や効率の向上に資する。

【００５０】

また、形態画像には、注目血管構造$LV_I$だけでなく、その周辺の肺血管構造LVも表されているので、注目血管構造$LV_I$や注目肺実質領域$RV_I$と、その周辺の肺血管構造LVとの位置関係を把握しながら、塞栓による局所的な影響を観察・評価できる。

【００５１】

さらに、マップ画像生成部３６は、注目肺実質領域$RV_I$内の各画素の評価値を注目肺実質領域$RV_I$の表面画素に投影することによって、マップ画像$I_M$を生成するので、注目肺実質領域$RV_I$の機能的および／または形態的特性を３次元的に把握することが可能になる。

【００５２】

また、評価値EVの投影の際、図４Ａに示したように、注目箇所PEから放射状にサンプリングすることによって、表面画素の輝度値が決定されるので、注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点には、マップ画像$I_M$の視線とは異なる方向に評価値EVが投影されることになり、生成されたマップ画像$I_M$は、注目血管$LV_I$の周辺における評価値EVの分布の観察に適したものとなる。

【００５３】

上記の実施形態はあくまでも例示であり、上記のすべての説明が本発明の技術的範囲を限定的に解釈するために利用されるべきものではない。

【００５４】

この他、上記の実施形態におけるシステム構成、処理フロー、モジュール構成や具体的処理内容等に対して、本発明の趣旨から逸脱しない範囲で様々な改変を行ったものも、本発明の技術的範囲に含まれる。

【００５５】

例えば、システム構成については、上記の実施形態では、図２に示された各処理が１台の画像処理ワークステーション３で行われるように説明したが、複数台のワークステーションに各処理を分散して協調処理するように構成してもよい。

【００５６】

処理フローについては、図６のフローチャートにおいて、ステップ#2は、ステップ#1の後からステップ#9の前までのどのタイミングで行ってもよいし、ステップ#3から#8と並行して行ってもよい。

【００５７】

具体的処理内容については、肺野領域抽出部３１は、例えば、本出願人が特開2008-253293号公報で提案している方法等の他の公知の抽出方法で肺野領域LFの抽出を行ってもよい。

【００５８】

同様に、肺血管抽出部３２についても、前述の方法以外の種々の公知の血管抽出方法を採用することができる。その際、肺血管領域の抽出と同時に木構造が得られる場合には、細線化処理を行わずに得られた木構造をそのまま後続の処理で取り扱えばよい。さらに、肺血管の抽出のより好ましい変形例としては、肺血管抽出部３２が、肺血管のうちの肺動脈または肺静脈のいずれかのみを抽出するようにすることが挙げられる。具体的には、肺動脈と気管支は肺の各区域の中心付近を並行して走行するのに対して、肺静脈は肺の各区域の境界付近、すなわち、気管支と気管支の間を走行することに着目し、肺血管抽出部３２は、抽出された血管構造を血管同士の接触関係に基づいて複数の血管枝グループに分解するとともに、公知の手法を用いて気管支も抽出し、さらに、抽出された気管支を母点集合として３次元ボロノイ分割を行うことによって肺区域の境界面を推定しておき、血管枝グループ毎に、気管支からの平均距離と肺区域の境界面からの平均距離を算出し、気管支に近く、肺区域の境界面から遠い血管枝グループを肺動脈、気管支から遠く、肺区域の境界面に近い血管枝グループを肺静脈に分類し、肺動脈と肺静脈の一方のみを抽出する（詳

細については前述の参考文献１等参照）。肺実質では肺動脈と肺静脈の両方と血液中のガス交換が行われるので、上記実施形態のように、肺血管抽出部３２が肺動脈と肺静脈の両方を区別せずに抽出し、支配領域算出部３４ａが肺動脈と肺静脈の両方を用いて支配領域を算出すると、肺実質領域は肺動脈による支配領域と肺静脈による支配領域とに分割されてしまい、肺実質の機能にそぐわない分割結果となってしまう。そこで、本変形例のように、肺血管抽出部３２が肺動脈と肺静脈の一方のみを抽出するようにすれば、肺動脈と肺静脈とは別々に注目肺実質領域の観察・評価を行う必要が生じるものの、肺実質の機能と整合性の高い肺実質領域の分割が可能になり、注目肺実質領域のより適切な観察・評価が可能になる。

【００５９】

注目血管設定部３３では、公知の手法により肺血管構造LV中の塞栓箇所PEを自動認識するようにしてもよい。例えば、肺血管抽出部３２で抽出された肺血管構造LV内において、血管のサイズ、モフォロジーフィルタを用いた局所コントラスト、２次微分を用いた曲率、体積や長さ等の幾何学的特徴等の３次元的特徴量の解析を行うことによって塞栓箇所PEを抽出する手法が知られている（詳細については、Yoshitaka Masutani et al.、「Computerized Detection of Pulmonary Embolism in Spiral CT Angiography Based on Volumetric Image Analysis」、IEEE Transactions on Medical Imaging、2002年、Vol.21, No.12, pp.1517-1522等参照）。

【００６０】

上記実施形態において、注目肺実質領域推定部３４の支配領域算出部３４ａは、支配領域$RV_n$を血管枝毎に求めずに、複数の血管枝からなるグループに対して１つの支配領域$RV_n$を求めたり、１つの血管枝をさらに細分化して、細分化された血管枝の部分毎に支配領域$RV_n$を求めたりしてもよい。また、支配領域$RV_n$は、肺野領域LF中の画素と血管枝の間の距離だけでなく、肺血管構造LVの木構造データに格納された血管径等の特徴量や画素値にも基づいて求めてもよい。

【００６１】

また、肺野領域LF全体に対してボロノイ分割を行って支配領域$RV_n$を求めると、肺葉の境界を越えてしまうことがあるので、支配領域算出部３４ａは、肺野領域LFを予め肺葉単位（右上葉・右中葉・右下葉・左上葉・左下葉の５つ）に分離し、各肺葉内で支配領域$RV_n$を計算するようにしてもよい。ここで、肺葉の分離方法は自動・手動を問わない。肺葉の自動的な分離方法としては、気管、気管支、肺血管の構造情報を用いて大まかに葉間裂の存在位置を特定し、濃度値情報を利用して葉間裂の抽出を行い、抽出された葉間裂に基づいて肺葉を分離する方法等の公知の方法を採用することができる（詳細については、林 達郎、他6名、「胸部マルチスライスCT 画像における葉間裂の自動抽出手順の開発と性能評価」、電子情報通信学会技術研究報告. MI, 医用画像、日本、社団法人電子情報通信学会、2003年10月31日、Vol.103, No.409、pp.39-44、［2010年1月8日検索］、インターネット〈URL：http://www.fjt.info.gifu-u.ac.jp/publication/328.pdf〉等参照）。肺血管は、２以上の肺葉内の区域中の肺実質とやり取りが行われることはないので、このように支配領域$RV_n$の範囲を各区域内に限定することにより、肺の解剖学的構造に合致した、より診断に適したマップ画像が得られる。また、肺動脈は各区域の境界から離れているので、血管の情報のみに基づいて決定された支配領域$RV_n$に基づいて注目肺実質領域$RV_I$を推定すると、肺静脈の場合よりも推定精度が低くなる可能性があるが、上記区域も利用して注目肺実質領域$RV_I$を推定することにより、推定精度を向上させることが可能になる。

【００６２】

評価値算出部３５によって算出される評価値としては、上記実施形態で用いた肺灌流解析の局所周辺平均密度の他に、例えば以下の公知のものが挙げられ、診断目的等に応じて適宜採用することができる。

【００６３】

(a) 肺血流量、肺血液量、平均通過時間等の、ＣＴによる肺灌流解析において複数の関心領域で求めた時間濃度曲線から得られる灌流パラメータ

(b) ＣＴ等の１つの装置で得られる、エネルギー分布の異なる複数のパターンの放射線の各々の被検体中の透過・減衰の程度を表す複数の放射線画像の画素値、または、複数の画像間での画素値の差（　複数の放射線源からそれぞれ異なるエネルギーを放出して撮像するものや、　１つの放射線源でエネルギーを切り替えながら撮像するもの、エネルギー分離フィルタ等の付加フィルタを介して重ねられた複数の放射線検出手段に放射線を１度曝射することによって、１回の曝射で被検体を透過した放射線のエネルギー分布を変更させ、上記複数の放射線検出手段で互いにエネルギー分布の異なる放射線が検出されるようにしたもの）
(c) ＣＴや、ＰＥＴ、ＭＲＩ、肺血流シンチグラフィ、肺換気シンチグラフィ等の他モダリティで得られた肺機能画像の画素値
(d) 造影剤投与前後や投与後の経過時間が異なる複数の画像間での画素値の差
(e) 吸気・呼気間や所定のガス吸入前後等で得られた複数の換気画像間での画素値の差等の局所換気量（詳細は、特開2005-28121号公報参照）
(f) 吸気・呼気間で肺野領域内の各位置の変位量（本出願人が出願した特開2005-20719号公報等参照）。気管支または支配領域内のすべての画素について変位量を求め、変位量の平均値・最大値などを評価値としてもよい
(g) 支配領域内の肺実質領域に対する肺気腫の体積比
　例えば、肺野領域のうち画素値が所定の閾値（非造影のＣＴ画像に対して閾値は-960HU程度が望ましい）以下の領域を肺気腫と判定し（詳細は、M Kinsella, et al.、「Quantitation of emphysema by computed tomography using a “density mask” program and correlation with pulmonary function tests.」、Chest、1990年、97、p.p.315-321参照）、決定された肺気腫領域の体積に基づいて、
　　肺気腫率＝支配領域内の肺気腫領域の体積／支配領域の体積
により、肺気腫率を評価値として求める
(h) 支配領域内の肺気腫クラスターサイズ
　上記(g)と同様に肺気腫領域を閾値処理で決定し、肺気腫領域の各連結成分（クラスター）の体積を求める。また、その連結成分に対してフラクタル次元Dを算出する（詳細は、M Mishima, et al.、「Complexity of terminal airspace geometry assessed by lung computed tomography in normal subjects and patients with chronic obstructive pulmonary disease.」、Proc Natl Acad Sci USA、1999年96;、p.p.8829-8834参照）
(i) 上記各項目で得られた評価値の経時変化量
　撮影・検査時点の異なる複数の画像・計測値から得られた上記各項目の評価値の前記時点間での差を評価値とする
(j) 上記各項目で得られた評価値の、非塞栓領域全体におけるその評価値の平均値に対する比
　なお、上記各項目の評価値のうち、呼気・吸気間等、撮影時点の異なる複数の画像やモダリティの異なる複数の画像間での演算を伴うものについては、撮影時の被検体の体位のずれや、肺や心臓の収縮等により、被検体や構造物の位置が画像間で異なるので、画像間での位置関係の対応づけを行うために位置合わせ処理が必要となる。この位置合わせ処理としては公知の剛体または非剛体位置合わせの手法を用いることができる。非剛体位置合わせについては、対応する２点をユーザに指定させるものや、ランドマークなしで画像のコントラストに基づいて行うもの等が挙げられる（詳細については、特開2005-28121号公報や、Rueckert D Sonoda LI, Hayes C, et al.、「Nonrigid Registration Using Free-Form Deformations：Application to Breast MR Images」、IEEE Transactions on Medical Imaging、1999年、Vol.18, No.8, pp.712-721等参照）。また、非剛体位置合わせの際に、気管支を抽出しておき、抽出された気管支をランドマークとして用いてもよい。
【００６４】
　上記実施形態において、マップ画像生成部３６は、図４Ａに模式的に表したように、注目箇所PEから注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点まで、評価値EVを放射状にサンプリングすることによって、注目肺実質領域$RV_I$の表面に投影される画素値を求めているが、

注目肺実質領域$RV_I$の重心等から注目肺実質領域$RV_I$の表面上の各点までサンプリングするようにしてもよい。

【００６５】

また、サンプリング方法については、図４Ｂに模式的に表したように、注目肺実質領域$RV_I$の表面上の点から最も近い注目血管構造$LV_I$上の点を特定し、その２点間の各点における評価値EVをサンプリングするようにしてもよい。また、図４Ｃに模式的に表したように、注目肺実質領域$RV_I$内の全画素について、画素毎に最も近い注目肺実質領域$RV_I$の表面上の点を特定し、その表面から一定半径範囲内の表面上の点に、その画素における評価値EVをマッピングするようにしてもよい。

【００６６】

上記実施形態では、サンプリングされた各点から対応する注目肺実質領域$RV_I$の表面上の点の輝度値を決定する際に、サンプリングされた各点の評価値EVの平均値を求めているが、最大値、最小値、中央値、重みづけ総和等の種々の代表値を用いてもよい。

【００６７】

また、評価値EVが、３次元医用画像Ｖの座標軸と被検体との位置関係が異なる位置関係の下で得られたものである場合には、マップ画像生成部３６は、前述の剛体または非剛体の位置合わせ処理を行うことによって、３次元医用画像Ｖと評価値画像との位置の対応関係を求めるようにすればよい。

【００６８】

さらに、３次元医用画像Ｖから生成される形態画像は、ボリュームレンダリング画像以外の画像、例えば、ＭＩＰ画像やＭＰＲ画像等であってもよい。

【００６９】

３次元医用画像Ｖに基づく形態画像と評価値画像とを重ね合わせる際に、評価値画像の各画素に割り当てられた不透明度をユーザ操作によって変更できるようにすれば、注目肺実質領域$RV_I$の表面を半透明化することによって注目肺実質領域$RV_I$内の注目血管構造$LV_I$等が観察できるようにしたり、逆に、注目肺実質領域$RV_I$の表面を不透明化することによって注目肺実質領域$RV_I$内の注目血管構造$LV_I$等が観察できないようにしたりすることが可能になる。

【００７０】

また、形態画像と評価値画像の重ね合わせ手法は、上記実施形態のように両画像のアルファブレンド処理ではなく、両画像の対応する各位置において、その位置の両画像の輝度値を単純に加算・減算・乗算等することによって、マップ画像中のその位置における輝度値を算出してもよい。あるいは、マップ画像の各画素には、形態画像と評価値画像の対応する各位置の輝度値を交互に割り当てることによって、両画像を市松模様状に合成するようにしてもよいし、マップ画像の各ラインに、形態画像と評価値画像の対応する各ラインの輝度値を交互に割り当てることによって、両画像を合成するようにしてもよい。

【００７１】

また、図５Ｂに例示したように、マップ画像生成部３６は、注目肺実質領域$RV_I$および注目血管構造$LV_I$からなる領域よりも広い領域について評価値画像を生成するようにし、３次元医用画像Ｖに基づく形態画像と評価値画像を重ね合わせた際に、注目肺実質領域$RV_I$と肺野領域LF内の注目肺実質領域$RV_I$以外の領域との境界に境界線等を付加するようにしてもよい。

【００７２】

さらに、図５Ｃに例示したように、マップ画像生成部３６は、注目肺実質領域$RV_I$の一部を３次元的にクリッピングし、そのクリッピングされた境界表面に画像（元画像のモノクロ表示、非剛体位置合わせ後の別画像等）や評価値を貼り付けるようにしてもよい。

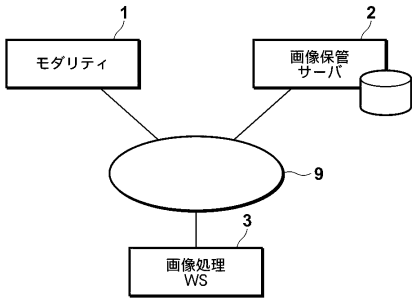
【００７３】

なお、上記実施形態では、人体の肺を観察・評価対象としたが、分枝構造と機能的に関連する周辺構造とを有する他の構造物の観察・評価を行うようにしてもよい。

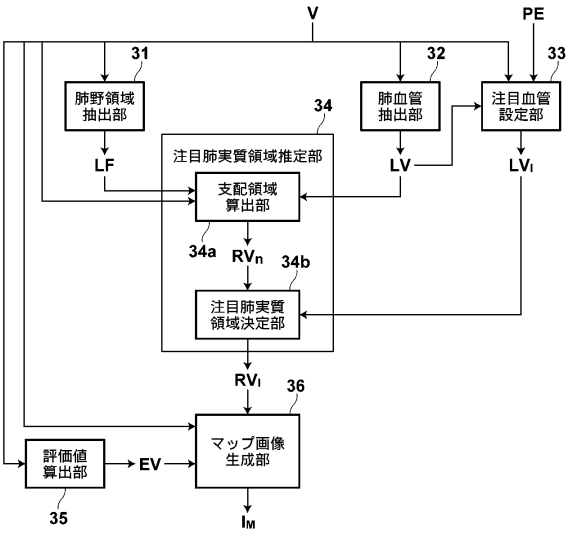
【符号の説明】

【００７４】
１　モダリティ
２　画像保管サーバ
３　画像処理ワークステーション
９　ネットワーク
３１　肺野領域抽出部
３２　肺血管抽出部
３３　注目血管設定部
３４　注目肺実質領域推定部
３４ａ　支配領域算出部
３４ｂ　注目肺実質領域決定部
３５　評価値算出部
３６　マップ画像生成部

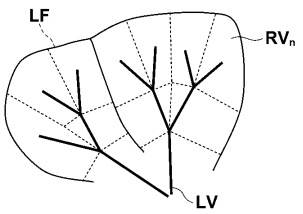
【図１】



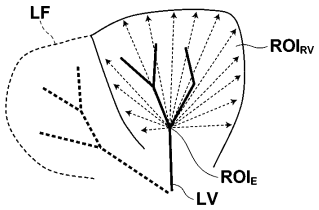

【図２】



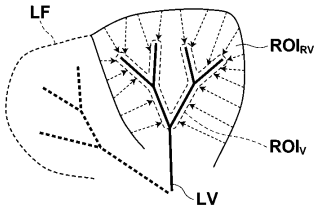

【図３】



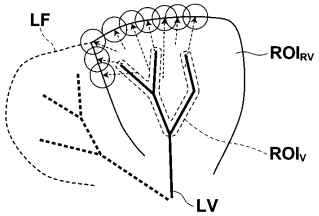
【図４Ａ】



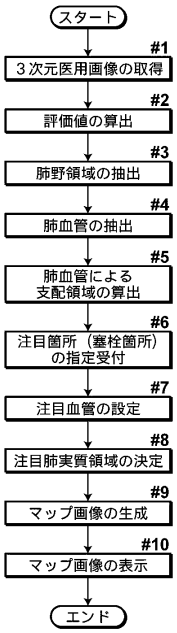

【図４Ｂ】



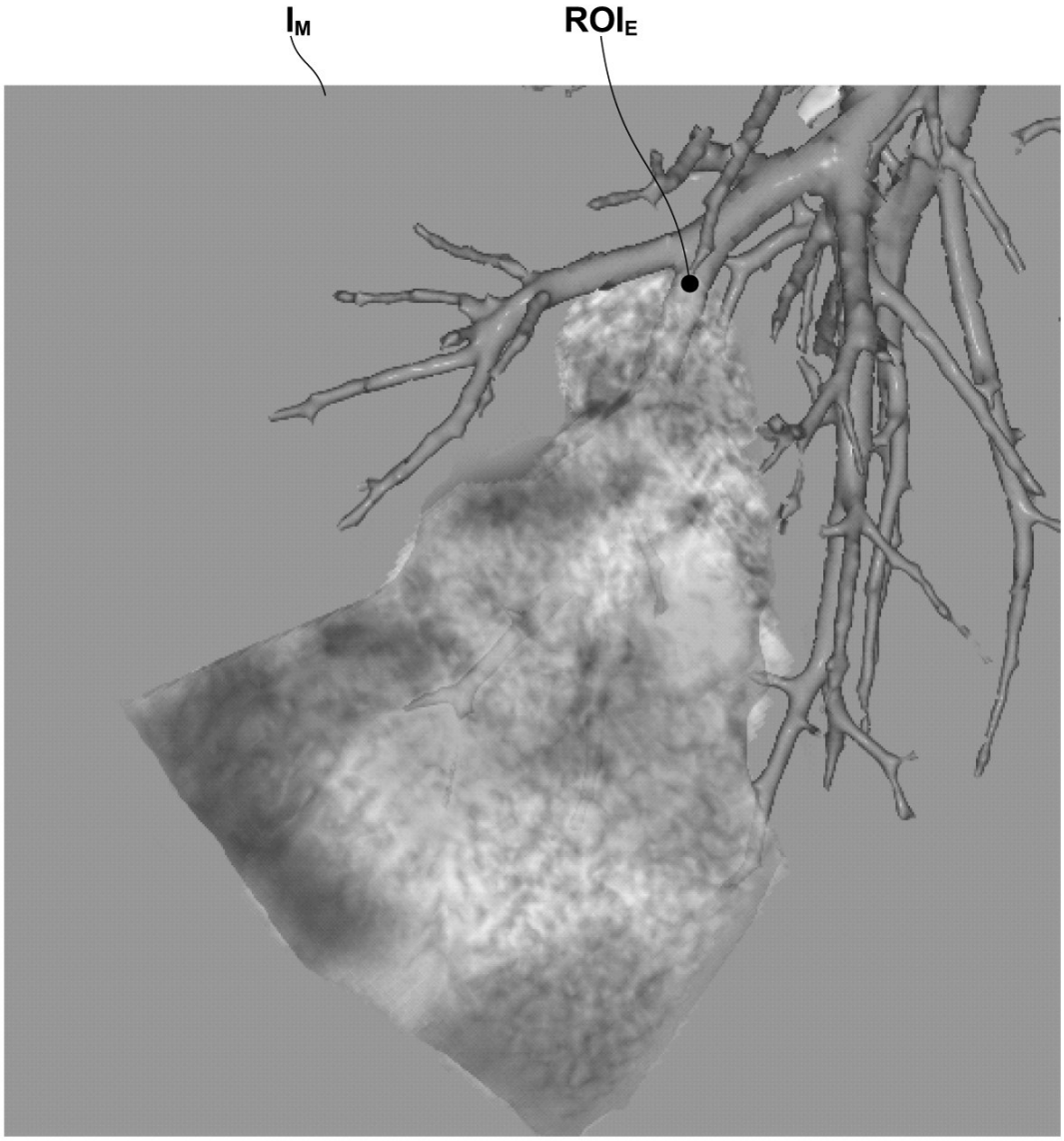

【図４Ｃ】



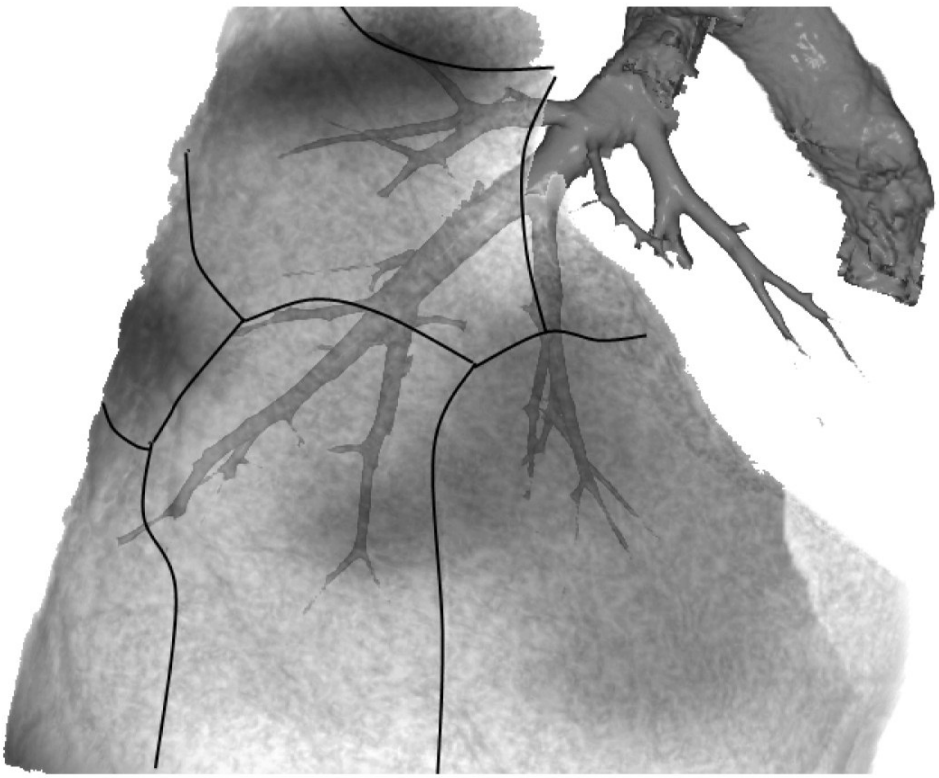

【図６】



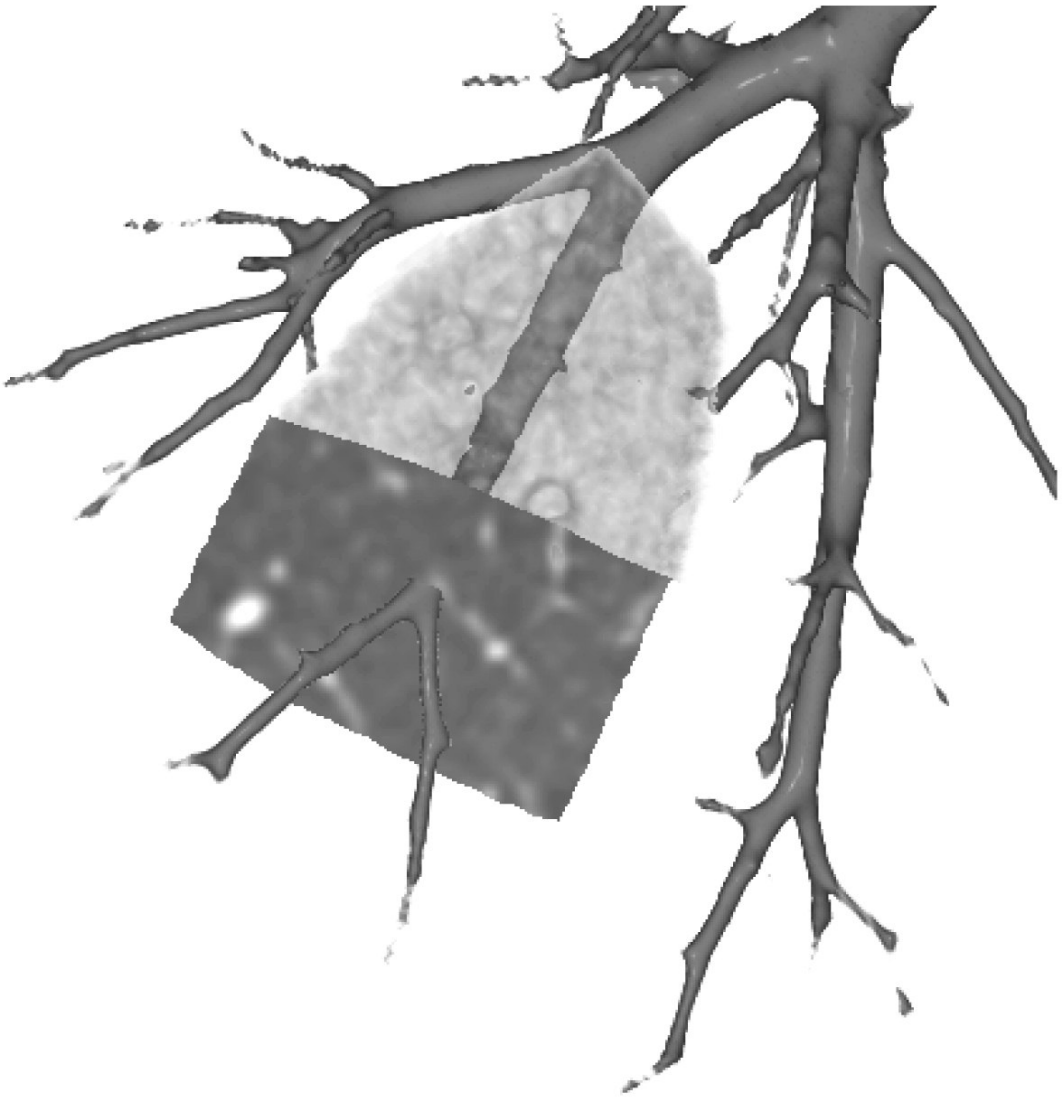
【図５Ａ】



【図５Ｂ】



【図５Ｃ】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０１０－０００１４４（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－３３７２５７（ＪＰ，Ａ）
特開２００８－２７２４８３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ　　６／０３