

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6353827号
(P6353827)

(45) 発行日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(24) 登録日 平成30年6月15日(2018.6.15)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 6/03 (2006.01) A 6 1 B 6/03 3 6 0 J

請求項の数 4 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-502868 (P2015-502868) (86) (22) 出願日 平成26年2月18日(2014.2.18) (86) 国際出願番号 PCT/JP2014/053678 (87) 国際公開番号 W02014/132829 (87) 国際公開日 平成26年9月4日(2014.9.4) 審査請求日 平成29年1月26日(2017.1.26) (31) 優先権主張番号 特願2013-38513 (P2013-38513) (32) 優先日 平成25年2月28日(2013.2.28) (33) 優先権主張国 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 (74) 代理人 110000350 ポレール特許業務法人 (72) 発明者 後藤 良洋 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 株式会社日立メディコ 審査官 後藤 順也</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

画像データを入力する入力部と、
前記入力部により入力された画像データから第1領域を抽出する第1領域抽出部と、
前記第1領域内の濃度値に基づく閾値により前記第1領域を閾値処理し、前記第1領域内から第2領域を抽出する第2領域抽出部と、
前記第1領域と前記第2領域との差分領域内にある2画素の組み合わせである画素対を設定し、各画素対の間にある画素を注目画素とし、前記注目画素の画素値と前記画素対の少なくともいずれか一方の画素値との差が所定の値より大きい場合に、前記注目画素を第3領域として抽出する第3領域抽出部と、
前記第2領域と前記第3領域とを合わせた領域を対象領域として得る対象領域設定部と、
を備え、
前記画像データは3次元原画像であり、
前記3次元原画像に基づいて前記対象領域とその周囲を含む範囲の2次元画像を生成する画像生成部と、
前記画像生成部により生成された2次元画像を表示する表示部と、を更に備え、
前記画像生成部は、
前記対象領域の周囲について参照用2次元画像を生成するとともに前記対象領域の陰影付け画像を生成し、前記参照用2次元画像上に前記対象領域の陰影付け画像を重畳または合成した合成画像を生成し、

10

20

前記合成画像の任意の位置を指定する位置指定部と、
 前記位置指定部により指定された位置での前記第1領域に直交する断面画像に前記対象領域を重畳表示する断面画像表示部と、
 を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】

画像データを入力する入力部と、
 前記入力部により入力された画像データから第1領域を抽出する第1領域抽出部と、
 前記第1領域内の濃度値に基づく閾値により前記第1領域を閾値処理し、前記第1領域内から第2領域を抽出する第2領域抽出部と、
 前記第1領域と前記第2領域との差分領域内にある2画素の組み合わせである画素対を設定し、各画素対の間にある画素を注目画素とし、前記注目画素の画素値と前記画素対の少なくともいずれか一方の画素値との差が所定の値より大きい場合に、前記注目画素を第3領域として抽出する第3領域抽出部と、
 前記第2領域と前記第3領域とを合わせた領域を対象領域として得る対象領域設定部と、
 を備え、
 前記画像データは3次元原画像であり、
 前記3次元原画像に基づいて前記対象領域とその周囲を含む範囲の2次元画像を生成する画像生成部と、
 前記画像生成部により生成された2次元画像を表示する表示部と、を更に備え、
 前記対象領域の形状を評価する形状評価部を更に備え、
 前記画像生成部は、前記形状評価部による評価の結果、前記対象領域が前記第1領域の内周部と接していない場合に前記対象領域が優先的に表示されるように表示優先度を設定し、前記3次元原画像に基づく2次元画像を生成し、
 前記画像生成部は、更に、視点と前記対象領域との位置関係に基づいて前記表示優先度を設定することを特徴とする画像処理装置。

10

20

【請求項3】

画像から血管領域を抽出する血管領域抽出部と、
 前記血管領域内のソフトブランク領域を抽出するソフトブランク領域抽出部と、
 前記ソフトブランク領域の形状を評価する形状評価部と、
 前記ソフトブランク領域の形状評価結果に基づいてソフトブランク領域の表示優先度を設定する表示優先度設定部と、
 前記表示優先度に基づいて前記血管領域の2次元画像を生成する画像生成部と、を備え、
 前記形状評価部は、前記血管領域の断面画像に基づいて前記ソフトブランク領域が血管壁に接しているか否かを判定し、
 前記形状評価部は、更に、前記血管領域の3次元原画像に基づいて前記ソフトブランク領域の周囲の各方向を3次元に探索し、前記ソフトブランク領域が前記血管壁に延伸し、到達するか否かを判定することを特徴とする画像処理装置。

30

【請求項4】

画像から血管領域を抽出する血管領域抽出部と、
 前記血管領域内のソフトブランク領域を抽出するソフトブランク領域抽出部と、
 前記ソフトブランク領域の形状を評価する形状評価部と、
 前記ソフトブランク領域の形状評価結果に基づいてソフトブランク領域の表示優先度を設定する表示優先度設定部と、
 前記表示優先度に基づいて前記血管領域の2次元画像を生成する画像生成部と、を備え、
 前記表示優先度設定部は、
 前記ソフトブランク領域が血管壁と接していない場合は、接している場合より高い表示優先度を設定することを特徴とする画像処理装置。

40

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像処理装置、及び領域抽出方法に係り、詳細には、CT画像またはMR画像における血管ソフトプラークの抽出及び描画に関する。

【背景技術】

【0002】

血管中に存在するソフトプラークは不安定で血管壁から離脱しやすく、血栓化を引き起こすリスクが大きいと言われている。そのため、ソフトプラークが存在することやその分布を視認しやすく表示することが望まれる。

【0003】

例えば特許文献1には、血管に付随するプラークを解析する画像解析装置について記載されている。この画像解析装置では、画像上の所望の領域を指定すると、指定された領域内の画像の画素値分布に応じてプラークの不安定さを表す指標を表示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-115481号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、血管からソフトプラークを正確に抽出することは困難であった。特にCT画像の場合、ソフトプラークのCT値と周囲の血液のCT値は近い。ソフトプラークは局所的に存在する微小な濃度変化として表れるため、周囲の血管から分離して抽出することが困難であった。また、臓器の平均CT値は撮影装置の特性やスライス位置にも依存して変化する。そのため、外部から閾値を設定しにくく、単純な閾値処理で血管とソフトプラークとを分離するのは困難であった。

【0006】

本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであり、局所的に存在する微小な濃度値変化に基づいて対象領域を抽出するとともに、抽出された対象領域を明確に表示することが可能な画像処理装置、及び領域抽出方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前述した目的を達成するために本発明は、画像データを入力する入力部と、前記入力部により入力された画像データから第1領域を抽出する第1領域抽出部と、前記第1領域内の濃度値に基づく閾値により前記第1領域を閾値処理し、前記第1領域内から第2領域を抽出する第2領域抽出部と、前記第1領域と前記第2領域との差分領域内にある2画素の組み合わせである画素対を設定し、各画素対の間にある画素を注目画素とし、前記注目画素の画素値と前記画素対の少なくともいずれか一方の画素値との差が所定の値より大きい場合に、前記注目画素を第3領域として抽出する第3領域抽出部と、前記第2領域と前記第3領域とを合わせた領域を対象領域として得る対象領域設定部と、を備えることを特徴とする画像処理装置である。

【0008】

また、画像から血管領域を抽出する血管領域抽出部と、前記血管領域内のソフトプラーク領域を抽出するソフトプラーク領域抽出部と、前記ソフトプラーク領域の形状を評価する形状評価部と、前記ソフトプラーク領域の形状評価結果に基づいてソフトプラーク領域の表示優先度を設定する表示優先度設定部と、前記表示優先度に基づいて前記血管領域の2次元画像を生成する画像生成部と、を備えることを特徴とする画像処理装置である。

【0009】

また、コンピュータを用いて画像データから対象領域を抽出する領域抽出方法であって、画像データを入力するステップと、入力された画像データを閾値処理して第1領域を抽

10

20

30

40

50

出するステップと、前記第1領域内の濃度値に基づく閾値により前記第1領域を閾値処理し、前記第1領域内から第2領域を抽出するステップと、前記第1領域と前記第2領域との差分領域内にある2画素の組み合わせである画素対を設定し、各画素対の間にある画素を注目画素とし、前記注目画素の画素値と前記画素対の少なくともいずれか一方の画素値との差が所定の値より大きい場合に、前記注目画素を第3領域として抽出するステップと、前記第2領域と前記第3領域とを合わせた領域を対象領域として得るステップと、を含むことを特徴とする領域抽出方法である。

【0010】

また、コンピュータを用いた画像処理方法であって、被検体の画像から血管領域を抽出するステップと、前記血管領域内のソフトブランク領域を抽出するステップと、前記ソフトブランク領域の形状を評価するステップと、前記ソフトブランク領域の形状評価結果に基づいてソフトブランク領域の表示優先度を設定するステップと、前記表示優先度に基づいて前記血管領域の2次元画像を生成するステップと、を含むことを特徴とする画像処理方法である。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明により、局所的に存在する微小な濃度値変化に基づいて対象領域を抽出するとともに、抽出された対象領域を明確に表示することが可能な画像処理装置、及び領域抽出方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0012】

【図1】画像処理装置100の全体構成を示す図

【図2】画像処理装置100の機能構成を示すブロック図

【図3】(a)血管領域A、(b)ソフトブランク領域Bの抽出について説明する図

【図4】(a)画素対(Pi、Pk)の設定例、(b)局所的な画素値の微小な変化を表すグラフ

【図5】操作画面3の一例

【図6】画素対を用いた領域抽出条件判定について説明する図

【図7】対象領域(ソフトブランク領域B、C)の分布例

【図8】抽出した対象領域41pを断層像411上に重畳表示した画像41

【図9】抽出した対象領域42pを骨抜きMIP画像421に重畳または合成表示した2次元画像42及びソフトブランクの面積割合表示42aの例

30

【図10】抽出した対象領域43pをMIP画像431に重畳または合成表示した2次元画像43、断面表示43c、及びソフトブランクの面積割合表示43aの例

【図11】本発明に係る領域抽出処理の手順を説明するフローチャート

【図12】血管5内のソフトブランクの形状と種類について説明する図

【図13】画像生成処理の手順を説明するフローチャート

【図14】形状評価処理(1)の手順を説明するフローチャート

【図15】表示優先度設定処理の手順を説明するフローチャート

【図16】ソフトブランクの形状に基づいて設定された表示優先度に応じた描画について説明する図(非接触ブランク53と接触ブランク52とが存在する場合)

40

【図17】ソフトブランクの形状に基づいて設定された表示優先度に応じた描画について説明する図(複数の接触ブランク52a、52bが存在する場合)

【図18】ソフトブランクの形状に基づいて設定された表示優先度に応じた描画について説明する図(非接触ブランク53と接触ブランク52とが存在する場合)

【図19】ソフトブランクの形状に基づいて設定された表示優先度に応じた描画について説明する図(複数の接触ブランク52a、52bが存在する場合)

【図20】視点70を血管内に設定した描画例

【図21】ソフトブランクの形状に応じた色分け表示例。(a)MIP画像451に合成表示(b)骨抜きMIP画像461合成表示

【図22】片側固定非接触ブランク53Aについて説明する図

50

【図23】両側固定非接触ブランク53Bについて説明する図

【図24】両側固定非接触ブランク53Bの別の例について説明する図

【図25】形状評価処理(2)の手順を説明するフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下図面に基づいて、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0014】

[第1の実施の形態]

まず、図1を参照して、本発明の画像処理装置100を適用した画像処理システム1の構成について説明する。

【0015】

図1に示すように、画像処理システム1は、表示装置107、入力装置109を有する画像処理装置100と、画像処理装置100にネットワーク110を介して接続される画像データベース111と、医用画像撮影装置112とを備える。

【0016】

画像処理装置100は、画像生成、画像解析等の処理を行うコンピュータである。画像処理装置100は、図1に示すように、CPU(Central Processing Unit)101、主メモリ102、記憶装置103、通信インタフェース(通信I/F)104、表示メモリ105、マウス108等の外部機器とのインタフェース(I/F)106を備え、各部はバス113を介して接続されている。

【0017】

CPU101は、主メモリ102または記憶装置103等に格納されるプログラムを主メモリ102のRAM上のワークメモリ領域に呼び出して実行し、バス113を介して接続された各部を駆動制御し、画像処理装置100が行う各種処理を実現する。

【0018】

CPU101は、画像から血管のソフトブランク領域を抽出する領域抽出処理(図3参照)を実行する。領域抽出処理の詳細については後述する。

【0019】

主メモリ102は、ROM(Read Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等により構成される。ROMはコンピュータのブートプログラムやBIOS等のプログラム、データ等を恒久的に保持している。また、RAMは、ROM、記憶装置103等からロードしたプログラム、データ等を一時的に保持するとともに、CPU101が各種処理を行う為に使用するワークメモリ領域を備える。

【0020】

記憶装置103は、HDD(ハードディスクドライブ)や他の記録媒体へのデータの読み書きを行う記憶装置であり、CPU101が実行するプログラム、プログラム実行に必要なデータ、OS(オペレーティングシステム)等が格納される。プログラムに関しては、OSに相当する制御プログラムや、アプリケーションプログラムが格納されている。これらの各プログラムコードは、CPU101により必要に応じて読み出されて主メモリ102のRAMに移され、各種の手段として実行される。

【0021】

通信I/F104は、通信制御装置、通信ポート等を有し、画像処理装置100とネットワーク110との通信を媒介する。また通信I/F104は、ネットワーク110を介して、画像データベース111や、他のコンピュータ、或いは、X線CT装置、MRI装置等の医用画像撮影装置112との通信制御を行う。

【0022】

I/F106は、周辺機器を接続させるためのポートであり、周辺機器とのデータの送受信を行う。例えば、マウス108やスタイラスペン等のポインティングデバイスをI/F106を介して接続させるようにしてもよい。

【0023】

表示メモリ105は、CPU101から入力される表示データを一時的に蓄積するバッファであ

10

20

30

40

50

る。蓄積された表示データは所定のタイミングで表示装置107に出力される。

【0024】

表示装置107は、液晶パネル、CRTモニタ等のディスプレイ装置と、ディスプレイ装置と連携して表示処理を実行するための論理回路で構成され、表示メモリ105を介してCPU101に接続される。表示装置107はCPU101の制御により表示メモリ105に蓄積された表示データを表示する。

【0025】

入力装置109は、例えば、キーボード等の入力装置であり、操作者によって入力される各種の指示や情報をCPU101に出力する。操作者は、表示装置107、入力装置109、及びマウス108等の外部機器を使用して対話的に画像処理装置100を操作する。

10

【0026】

ネットワーク110は、LAN(Local Area Network)、WAN(Wide Area Network)、イントラネット、インターネット等の各種通信網を含み、画像データベース111やサーバ、他の情報機器等と画像処理装置100との通信接続を媒介する。

【0027】

画像データベース111は、医用画像撮影装置112によって撮影された画像データを蓄積して記憶するものである。図1に示す画像処理システム1では、画像データベース111はネットワーク110を介して画像処理装置100に接続される構成であるが、画像処理装置100内の例えば記憶装置103に画像データベース111を設けるようにしてもよい。

【0028】

次に、図2を参照して画像処理装置100の機能構成について説明する。

20

【0029】

図2に示すように、画像処理装置100は、入力部21、第1領域抽出部22、閾値算出部23、第2領域抽出部24、第3領域抽出部25、対象領域設定部26、画像生成部27、及び表示部28を有する。

【0030】

入力部21は、画像データを入力する。画像データは、被検体をX線CT装置やMRI装置等を用いて撮影した複数の断層像である。これらの複数の断層像を積み上げたものを3次元原画像データと呼ぶ。以下、入力画像がCT画像である場合を例として説明する。

【0031】

第1領域抽出部22は、入力部21により入力された画像データから第1領域を抽出する。本実施形態では、第1領域を血管領域とする。第1領域抽出部22は血管領域を抽出するために適切な閾値による閾値処理を行い、複数の血管を含む二値画像を得る。更に領域の円形度等や所在位置等を指定して特定の血管を抽出する。なお、この血管領域の抽出方法は一例であり、その他の方法を用いて血管領域を抽出してもよい。

30

【0032】

例えば、操作者のマウス指示により特定の血管を抽出してもよい。図3(a)は第1領域抽出部22により抽出された血管領域(第1領域)Aの一例である。血管領域(第1領域)Aには、血液の領域とソフトプラーク等の領域とが混在することがあるため、濃度値は必ずしも一様ではない。

40

【0033】

閾値算出部23は、第1領域抽出部22により抽出した血管領域A内の濃度値に基づいて第2領域を抽出するための閾値を算出する。本実施の形態では、ソフトプラーク(第2領域)を抽出するための閾値として、血管領域Aの平均濃度値を算出する。なお、算出する閾値は、血管領域Aの平均濃度値に限定されず、血管領域A内の濃度値から求められるその他の統計値としてもよい。

【0034】

第2領域抽出部24は、閾値算出部23によって算出された閾値(平均濃度値)により第1領域(血管領域A)を閾値処理し、第2領域を抽出する。例えば、閾値(平均濃度値)より画素値が小さい画素を第2領域として抽出する。図3(b)に示すようなソフトプラーク領域Bが第2領

50

域として抽出される。なお、ソフトブランクの濃度値はムラがあるため、上述の閾値処理ではソフトブランクであっても抽出されない画素が残る。

【 0 0 3 5 】

第3領域抽出部25は、第2領域抽出部24により抽出しそこなったソフトブランク領域(第3領域)を抽出する。第3領域抽出部25は、図2に示すように、差分領域算出部251、画素対設定部252、比較部253を含む。

【 0 0 3 6 】

差分領域算出部251は、第1領域(血管領域A)と第2領域(ソフトブランク領域B)との差分領域を求める。画素対設定部252は、差分領域内にある2画素の組み合わせである画素対(P_i 、 P_k)を設定する。比較部253は、画素対設定部252により設定された各画素対(P_i 、 P_k)の間にある画素 P_j を注目画素とし、注目画素 P_j の画素値 G_j と、画素対(G_i 、 G_k)の画素値よりわずかに小さい値 $G_i - G$ 、 $G_k - G$ とを比較する。注目画素 P_j の画素値 G_j の方が小さい場合に、この注目画素をソフトブランク領域として抽出する。

【 0 0 3 7 】

すなわち、第3領域抽出部25は、以下の式(1)、(2)を判定して、少なくともいずれか一方の式を満たす場合に、当該注目画素 P_j を第3領域(ソフトブランク領域C)として抽出する。

【 0 0 3 8 】

$$G_j < G_i - G \quad \dots (1)$$

$$G_j < G_k - G \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 9 】

図4(a)に、画素対(P_i 、 P_k)と注目画素 P_j の例を示す。

図4(a)に示すように画素対(P_i 、 P_k)を設定した場合、図4(b)に示すように、画素対(P_i 、 P_k)の間にある注目画素 P_j の画素値 G_j が、周囲(画素対)の画素値よりわずかに小さい値 $G_i - G$ 、 $G_k - G$ より小さい場合に、注目画素 P_j を第3領域(ソフトブランク領域)Cとして抽出する。

【 0 0 4 0 】

G の値は、一般的な造影CT画像の場合は約20~30程度とすると好適な結果が得られる。なお、この値は一例である。画像の種類や撮影の仕方、或いは表示装置107への出力レベルの設定に応じて最適な値を設定することが好ましい。

【 0 0 4 1 】

G の値は、操作者により設定可能としてもよい。表示部28は、例えば、図5に示す操作画面3を表示装置107に表示する。図5の操作画面3には、処理対象とする画像(断層像)を表示する画像表示エリア31、微小量 G の値を調整するための入力欄32、領域抽出処理の開始を指示する開始ボタン33、領域抽出処理の終了を指示する終了ボタン34等が設けられている。

【 0 0 4 2 】

第3領域抽出部25は、差分領域内の各画素対について、上述の条件式(1)、(2)による画素値の比較を繰り返す。

【 0 0 4 3 】

図6(a)は注目画素 P_j が第3領域(ソフトブランク領域)Cとして抽出されない例を示す。差分領域Rに設定した画素対間の注目画素 P_j の画素値 G_j が $G_j > G_i - G$ または $G_j > G_k - G$ となる場合には、注目画素 P_j はソフトブランク(第3領域C)として抽出されない。

【 0 0 4 4 】

図6(b)、(c)は注目画素 P_j が第3領域(ソフトブランク領域)Cとして抽出される例である。差分領域Rに設定した画素対間の注目画素 P_j の画素値 G_j が、

$$G_j < G_i - G \text{ または } G_j < G_k - G \text{ となる場合、及び}$$

$$G_j < G_i - G \text{ かつ } G_j < G_k - G \text{ となる場合}$$

は、注目画素 P_j はソフトブランク(第3領域C)として抽出される。

【 0 0 4 5 】

10

20

30

40

50

注目画素P_jの画素値を周囲(画素対)の画素値と比較することにより、局所的な微小な画素値の変化を相対的にとらえることができる。その結果、ソフトブランク領域Cと周囲の血液とを細密に峻別して抽出できる。また、差分領域内に画素対を設定して走査することで、対象を漏れなく探索できる。

【0046】

なお、上述の条件式(1)、(2)は、造影CT画像を入力画像とした場合の例である。造影CT画像では、ソフトブランクの画素値が血液の領域の画素値より小さく表れるため、上述の条件式(1)、(2)を適用する。

【0047】

これに対し、MR画像の場合は、撮影の仕方に応じて血液の領域の画素値とソフトブランクの画素値との大きさの関係が反転することがある。ソフトブランクの画素値が、血液の領域の画素値より大きく表れる画像では、上述の条件式(1)、(2)に代えて、以下の条件式(3)、(4)を適用する。

【0048】

$$G_j > G_i + G \quad \dots (3)$$

$$G_j > G_k + G \quad \dots (4)$$

【0049】

また、図4(b)のグラフは、縦軸(画素値軸)のプラス方向が逆向きになる。また、第2領域抽出部24では、閾値(平均濃度値)より大きい画素値を持つ領域を第2領域Bとして抽出する。

【0050】

図2の対象領域設定部26は、第2領域Bと第3領域Cとを合わせた領域を対象領域として得る。対象領域はソフトブランク領域である。図7は、血管領域A内の対象領域(B、C)の分布を模式的に示した図である。

【0051】

なお、上述の第1領域抽出部22、第2領域抽出部24、第3領域抽出部25は抽出した各画素について、各領域A、B、Cを区別する符号をメモリ内に書き込むが、各領域抽出部22、24、25がそれぞれ別のメモリを持つものとしてもよいし、ひとつのメモリに順次上書きしてもよい。上書きする場合は、例えば、第2領域Bとして抽出されていた画素が、第3領域抽出部25の処理により第3領域Cとして上書きされることがある。最終的には第2領域B及び第3領域Cを合わせた領域が対象領域として設定される。

【0052】

画像生成部27は、抽出された対象領域をその周囲の2次元画像上に描画して表示部28に出力する。表示部28は、対象領域が描画された2次元画像を表示装置107に表示する。図8の2次元画像41は、被検体の頸部の断層像411に対象領域41pを色づけ表示した例である。

【0053】

また、画像生成部27は合成画像生成部271を備えるようにしてよい。合成画像生成部271は、まず3次元原画像データに基づいて、対象領域の周囲の参照用2次元画像421を生成する。図9に示す参照用2次元画像421は、被検体の頸部を左右方向に投影した骨抜きMIP画像である。更に、合成画像生成部271は、対象領域(ソフトブランク領域)の陰影付け画像42pを生成する。そして、参照用2次元画像421上に対象領域の陰影付け画像42pを重畳または合成した合成画像42を生成する。

【0054】

図10の参照用2次元画像431は、被検体の頸部を前後方向にMIP(Maximum Intensity Projection)処理したMIP画像である。図10の合成画像43は、参照用2次元画像431上に対象領域の陰影付け画像43pが重畳または合成されている。

【0055】

なお、参照用2次元画像421、431は、MIP画像や骨抜きMIP画像に限定されない。MPR(Multi-Planar Reconstruction)画像、CPR(Curved Planar Reconstruction)画像、3D画像、ray sum画像、MinIP画像等、3次元原画像から生成可能なその他の種類の2次元画像としても

10

20

30

40

50

よい。

【0056】

また画像生成部27は、割合表示部272を備えるようにしてもよい。割合表示部272は、第1領域(血管領域A)に対して対象領域(ソフトブランク領域B、C)が占める面積の割合を断面毎に求め、グラフ表示する。図9の割合表示42aや図10の割合表示43aは縦軸を断面位置、横軸を%とする。割合表示42a、43aの断面位置は合成画像42、43の断面位置と一致する。

【0057】

また画像生成部27は、断面画像表示部273を備えるようにしてもよい。断面画像表示部273は、図10に示すように、合成画像43の任意の位置がマウスポインタ43m等で指定されると、指定された位置における第1領域(血管領域)の芯線に直交する断面画像43cを生成し、表示する。更に、断面画像表示部273は、断面画像43c内に抽出した対象領域を色づけ表示する。

10

【0058】

また、画像生成部27はソフトブランク形状評価部274及び表示優先度設定部275を備えてもよい。ソフトブランク形状評価部274及び表示優先度設定部275については、第2の実施の形態で説明する。

【0059】

次に、第1の実施の形態の画像処理装置100が実行する領域抽出処理の流れを図11のフローチャートを参照して説明する。

【0060】

CPU101(第1領域抽出部22)は、記憶装置103または通信I/F104を介して接続される画像データベース111から処理対象とするCT画像等の画像データを入力する(ステップS101)。そして、入力画像から血管領域A(第1領域)を抽出する(ステップS102)。血管領域Aの抽出は公知の手法により行えばよい。血管を抽出するための閾値は入力装置109等により外部から入力するものとしてもよいし、予め設定されている値としてもよい。閾値処理により、例えば、図3(a)に示す領域Aが抽出される。

20

【0061】

なお、閾値処理で得られる二値画像には複数の血管が含まれることがある。その場合は、CPU101は複数の血管の中から特定の血管を抽出する。例えば、領域の円形度や所在位置等を指定して複数の血管の中から特定の血管を抽出したり、マウス等により指示した領域を特定血管として抽出する。

30

【0062】

次に、CPU101(閾値算出部23)はステップS102で抽出した血管領域A内の画素値に基づいて、ソフトブランク領域を抽出するための閾値を求める。例えば、血管領域A内の平均CT値を求める(ステップS103)。CPU101(第2領域抽出部24)は、平均CT値より小さい画素値となる領域を第2領域(ソフトブランク領域)Bとして抽出する(ステップS104)。例えば、図3(b)の斜線で示す第2領域Bが抽出される。

【0063】

ステップS104の閾値処理ですべてのソフトブランクを抽出することは困難である。

そこで、次のステップでは、抽出し損なったソフトブランクを局所的な濃度値変化を見つけてることにより抽出する。

40

【0064】

CPU101(第3領域抽出部25)は、血管領域Aと抽出済みのソフトブランク領域Bとの差分領域Rから周囲のCT値よりもわずかに低いCT値を示す画素を探索する。CPU101は、まず血管領域AとステップS104で抽出したソフトブランク領域Bとの差分領域Rに画素対を設定する(ステップS105)。そしてCPU101は、画素対(P_i、P_k)の間にある画素P_jに注目し、注目画素P_jのCT値G_jが、以下の条件(1)、(2)を満たすか否かを判定する(CT画像の場合)。以下の条件(1)、(2)のうち少なくともいずれか一方の条件を満たす場合は、注目画素P_jをソフトブランク領域Cとして抽出する(ステップS106、ステップS107)。

【0065】

50

$G_j < G_i - G \quad \dots (1)$

$G_j < G_k - G \quad \dots (2)$

CPU101は、差分領域内に設定する画素対の位置をずらしながら、ステップS106～ステップS107の処理を繰り返し行う(ステップS108; No ステップS106)。

【0066】

ステップS106、ステップS107によるソフトブランク領域Cの抽出結果を図7に示す。

【0067】

ステップS104で抽出されたソフトブランク領域B(血管の平均CT値よりCT値が小さい領域)の一部は、領域Cとして抽出される。図7において、領域B及び領域Cを含む領域がソフトブランク領域(対象領域)である(ステップS109)。

【0068】

CPU101は、断層像や血管断面画像、或いは抽出した対象領域の周囲の参照用画像を生成する。更に、抽出した対象領域を色づけしたり陰影付けしたりして参照用画像上に明確に表示する(ステップS110、ステップS111)。図8は、断層像41上に、抽出したソフトブランク領域41pを色づけ表示した例である。

【0069】

また例えば図9、図10に示すように、3次元原画像に基づいて骨抜きMIP画像421やMIP画像431等の参照用二次元画像を生成し、抽出した対象領域(ソフトブランク領域)については陰影付け二次元画像42pを生成し、これらを重畳または合成して表示してもよい。

【0070】

また、図10に示すように、マウスポインタ43mで指定した位置での血管断面画像43cを同一表示画面内に表示してもよい。血管断面画像43cにはソフトブランク領域が明確となるように識別表示(例えば、色づけ表示)される。

【0071】

また、図9、図10に示すように、CPU101は、血管断面におけるソフトブランクの面積の割合を表示してもよい。各断面位置での血管中ソフトブランクの面積の割合が、横軸を%、縦軸を断面位置とする座標領域内にプロットされる。これにより、操作者はソフトブランクの分布を画像上で観察したり、定量的に観察したりできる。

【0072】

以上説明したように、第1の実施の形態の画像処理装置100によれば、CPU101は、画像から抽出した血管領域Aから、血管領域Aの平均濃度値よりCT値が小さい領域をソフトブランク領域Bとして抽出する。また、未抽出のソフトブランクについては、血管領域Aとソフトブランク領域Bとの差分領域Rに画素対を設定して、画素対間の各画素P_jについて、画素対のCT値よりわずかに小さい値(微小値)よりさらに小さい画素値であるか否かを判定する。これにより、CPU101は画素値の局所的な微小変化を抽出することが可能となる。よって、血管領域からの分離抽出が困難であったソフトブランク領域を細密に抽出できる。

【0073】

[第2の実施の形態]

次に、抽出したソフトブランクの形状評価と表示態様について説明する。

【0074】

まず図12を参照して、状態の異なる2種類のソフトブランクについて説明する。

【0075】

血管5内のソフトブランクには、断面 内で血管壁51に接していないソフトブランクと、接しているソフトブランクとがある。以下、血管壁51に接しているソフトブランクを接触ブランク52、血管壁51に接していないソフトブランクを非接触ブランク53と呼ぶ。

【0076】

非接触ブランク53は、着目断面 において周囲がすべて血液領域となっているソフトブランク領域である。この種のソフトブランクは剥がれたり折れたりしやすく、病理上のリスクが大きい。

【0077】

10

20

30

40

50

接触プラーク52は、血管壁51に接着しているので比較的安定であり、剥がれるリスクが小さい。

【0078】

第2の実施の形態では、画像処理装置100の画像生成部27は、ソフトプラークの形状を評価して、病理上のリスクが大きい非接触プラーク53を優先的に描画するように画像生成を行う。

【0079】

第2の実施の形態の画像処理装置100の画像生成部27は、図2に示すソフトプラーク形状評価部274と表示優先度設定部275の機能を用いる。なお、その他の機能構成(入力部21、第1領域抽出部22、閾値算出部23、第2領域抽出部24、第3領域抽出部25、対象領域設定部26)は第1の実施の形態の画像処理装置100と同様であるため、重複する説明を省略する。また、画像処理装置100のハードウェア構成も第1の実施の形態と同様である。

【0080】

ソフトプラーク形状評価部274は、第1の実施の形態の領域抽出処理により抽出した対象領域が第1領域Aの内周部と接しているか否かを判定する。すなわち、血管内のソフトプラーク領域が血管壁51に接しているか否かを判定する。

【0081】

表示優先度設定部275は、ソフトプラーク形状評価部274の評価結果に基づいて表示優先度を設定する。対象領域(ソフトプラーク領域)が第1領域Aの内周部(血管壁51)と接していない場合は、対象領域(ソフトプラーク領域)が優先的に描画されるように表示優先度が設定される。例えば、通常のMIP画像等では、投影線上で最大画素値が投影されるが、第2の実施の形態では、非接触プラーク53の表示を優先する。更に、表示優先度設定部275は、視点と対象領域(ソフトプラーク領域)との位置関係を考慮して表示優先度を設定してもよい。例えば、投影線上に非接触プラーク53が2か所ある場合は、視点に近い方の非接触プラーク53の表示を優先する。

【0082】

次に、図13～図20を参照して、第2の実施の形態の画像処理装置100における画像生成処理について説明する。

【0083】

なお、図13の画像生成処理の対象とする画像は、例えば、第1の実施の形態の領域抽出処理(図11のステップS101～ステップS109)と同様の手順で血管領域やソフトプラーク領域が抽出されているものとする。

【0084】

CPU101は、ソフトプラーク領域の形状評価処理を実行する(ステップS201)。形状評価処理は、例えば図14に示す手順(形状評価処理(1))に従って行うものとする。

【0085】

図14に示す形状評価処理(1)において、CPU101(ソフトプラーク形状評価部274)は、まず血管5に直交する断面を設定する(ステップS301)。CPU101は、断面内のソフトプラーク領域が血管壁51に接するか否かを判定する(ステップS302)。血管壁51に接しているか否かは、ソフトプラーク領域の周囲の画素値に基づいて判定する。周囲に血液の画素値でない画素がある場合は、当該ソフトプラーク領域が接触プラーク52であるという結果を返す(ステップS302; Yes ステップS303)。ソフトプラーク領域の周囲の画素がすべて血液の画素値である場合は、非接触プラーク53であるという結果を返す(ステップS302; No ステップS304)。

【0086】

図13の画像生成処理のステップS202に戻る。ステップS202において、CPU101はソフトプラークの形状評価結果に基づいて表示優先度設定処理を行う。表示優先度設定処理は、例えば、図15に示す手順で行うものとする。

【0087】

なお、図15の表示優先度設定処理の開始に際し、投影面と視点位置とが設定されている

10

20

30

40

50

ものとする。

【 0 0 8 8 】

CPU101は、投影線69上に非接触ブランク53が存在するか否かを判定する(ステップS401)。投影線69上に非接触ブランク53が存在する場合は(ステップS401; Yes)、更に、投影線69上に非接触ブランク53と接触ブランク52とが混在するか否かを判定する(ステップS402)。投影線69上に非接触ブランク53と接触ブランク52とが混在する場合は(ステップS403; Yes)、非接触ブランク53の表示を優先する(ステップS403)。また、非接触ブランク53のみの場合は(ステップS402; 非接触ブランクのみ)、視点に近い非接触ブランク53の表示を優先する(ステップS404)。

【 0 0 8 9 】

投影線69上に非接触ブランク53がなく、接触ブランク52のみが存在する場合は(ステップS401; 接触ブランクのみ)、視点に近いソフトブランクの表示を優先する(ステップS404)。

【 0 0 9 0 】

このような手順で各血管直交断面 について表示優先度設定処理を行うと、図13のステップS203の処理へ戻る。CPU101は、設定された表示優先度に基づいて2次元画像を生成する(ステップS203)。

【 0 0 9 1 】

図16~図19は、図12に示す血管5の直交断面 (1~ 4)におけるソフトブランクの配置と投影像との関係を示す。投影面60は、血管直交断面 (1~ 4)に対して、例えば垂直な面とする。視点は、投影面60に対して血管5を介して対向する位置に配置する。血管5を投影面60に平行投影する例を示す。投影方法はMIPでもよいし、3Dでもよいし、ray-sumでもよいし、その他の方法でもよい。

【 0 0 9 2 】

血管壁51に接触していない非接触ブランク53の表示優先度は他の領域よりも高く設定されている。CPU101は、投影面60に対してソフトブランクを所定の投影方向から投影して投影画像を作成する。

【 0 0 9 3 】

図16に示す断面 1には非接触ブランク53と接触ブランク52とが混在する。この場合、非接触ブランク53を接触ブランク52より優先的に投影面60に投影する。また、非接触ブランク53の投影像63は、病理上リスクの高さを示すため赤系の表示色を使用することが好ましい。具体的には、非接触ブランク53に対応する投影像63を赤系、接触ブランク52に対応する投影像62を緑系で色分け表示する。

【 0 0 9 4 】

通常MIP処理では投影線上の最大画素値が投影されるため、ソフトブランクより造影血液が描画され、ソフトブランクの存在を投影像上は確認できなかったが、本実施の形態の画像生成処理により、非接触ブランク53が描画されるようになる。操作者は非接触ブランク53の存在をMIP画像上で確認できる。また色分け表示により、病理上のリスクを直感的に察知しやすくなる。

【 0 0 9 5 】

図17に示す断面 2には非接触ブランク53が存在せず、複数の接触ブランク52a、52bが存在する。この場合は、視点に近い方の接触ブランク52aの表示優先度が高く設定される。具体的には、CPU101は、視点に近い接触ブランク52aの投影像62aをもう一つの接触ブランク52bに対応する投影像62bより前面となるように投影する。また、各投影像62a、62bの色は、同じ緑系でも彩度や明度が異なる配色とすれば、複数の領域が重なって投影されていることを表現できる。

【 0 0 9 6 】

図18に示す断面 3には非接触ブランク53と接触ブランク52とが存在する。また投影線69上で接触ブランク52が非接触ブランク53よりも視点寄りの位置に存在する。この場合は、接触ブランク52の投影像62内に非接触ブランク53の投影像63を半透明カラーや破線等で

10

20

30

40

50

表示する。これにより、視点位置からは隠れているが、投影線上に非接触ブランク53が存在していることを示すことができる。

【0097】

図19に示す断面4には非接触ブランク53が存在しない。接触ブランク52a、52bが2か所に存在する。この場合は、図17の例と同様に、視点に近い方の接触ブランク52aの表示優先度を、他の接触ブランク52bより高くする。また、視点に近い接触ブランク52aの投影像62aを他方の接触ブランク52bに対応する投影像62bより前面となるように投影する。各投影像62a、62bの色は、同じ緑系でも彩度や明度が異なる配色とすれば、複数の領域が存在し、重なっていることを表現できる。

【0098】

図20は中心投影の例を示す。中心投影では、CPU101は血管内部に視点70を設定し、血管の周囲に血管形状に沿った曲円筒状投影面60aを設定する。更に、曲円筒状投影面60aの画像を平面状投影面60bに展開する。

【0099】

中心投影の場合も図16と同様に、非接触ブランク53に対応する投影像63を赤系で描画し、接触ブランク52に対応する投影像62を緑系で描画する。これにより、非接触ブランク53の存在とその危険度が視認しやすくなる。

【0100】

投影線69上に接触ブランク52と非接触ブランク53とが混在する場合は、非接触ブランク53の表示優先度が他より高く設定される。

【0101】

図21に第2の実施の形態において生成された画像の例を示す。

図21(a)の画像45は、原CT画像(3次元原画像)を用いて作成したMIP画像451に、ある特定の血管(静脈)45b内のソフトブランク領域45cを陰影付けして合成表示している。ソフトブランク領域45cのうち一部の領域45dは他領域とは異なる表示色または表示形式で表示される。この領域45dが非接触ブランク53を示す。実際の画像では、例えば赤系の表示色で描画することが好ましい。他のソフトブランク領域45cは、接触ブランク52であり、実際の画像では、緑系で描画することが好ましい。

【0102】

図21(b)の画像46は、原CT画像(3次元原画像)を用いて作成した骨抜きMIP画像461に、ある特定の血管(静脈)46b内のソフトブランク領域46cを陰影付けして合成表示している。ソフトブランク領域46cのうち一部の領域46dは他領域とは異なる表示色または表示形式で表示される。この領域46cが非接触ブランク53を示す。実際の画像では、例えば赤系で描画することが好ましい。他のソフトブランク領域46cは、接触ブランク52であり、実際の画像では、緑系で描画することが好ましい。骨抜きMIP画像461では動脈血管の石灰化領域46e等も描画される。画像46により、石灰化領域46eとソフトブランク領域46c、46dとを同時に観察できる。

【0103】

以上説明したように、第2の実施の形態の画像処理装置100は、ソフトブランク領域の形状を判定し、非接触ブランク53については表示優先度を高くして2次元画像を生成する。また、非接触ブランク53を赤系、接触ブランク52を緑系の配色で描画するなど、表示色を変える。これにより、リスクが大きい非接触ブランク53が存在することを明確かつ直感的に示すことができる。

【0104】

[第3の実施の形態]

第3の実施の形態では、第2の実施の形態のソフトブランクの形状評価処理(2)(図14参照)に代えて、図25に示すソフトブランク形状評価処理(2)を行う。

【0105】

第3の実施の形態のソフトブランクの形状評価処理(2)では、非接触ブランク53の3次元形状を分析する。具体的には、ある断面で非接触ブランク53と判定されたソフトブランク

10

20

30

40

50

が別の断面で、血管壁や別のソフトプラークに接着しているか否かを判定する。

【0106】

図22～図24を参照して、ソフトプラークの形状について説明する。

図22に示す非接触プラークは、一端が接触プラーク52に到達し付着するが、他端側では非接触である。以下、このような形状のソフトプラークを片側固定非接触プラーク53Aと呼ぶ。

【0107】

図23に示す非接触プラークは、両端が接触プラーク52に到達し付着する。以下、このような形状のソフトプラークを両側固定非接触プラーク53Bと呼ぶ。図24に示すソフトプラークのように、接触プラーク52a、52bが2か所に分離して存在し、非接触プラークは一端が接触プラーク52aに付着し、他端側が接触プラーク52bに付着する場合もある。このような形状も両側固定非接触プラーク53Bと呼ぶ。

【0108】

ソフトプラークの3次元形状を解析するために、第3の実施の形態では図25に示す形状評価処理(2)を実行する。

【0109】

以下、形状評価処理(2)について説明する。

まず、CPU101は血管直交断面内でソフトプラークが血管壁51に接触か否かを判定する(ステップS501)。接触する場合は(ステップS501; Yes)、接触プラーク52と判定する(ステップS502)。血管直交断面内でソフトプラークが血管壁51に接触しない場合は(ステップS501; No)、ステップS503へ移行する。

【0110】

CPU101は、着目しているソフトプラーク内の任意の画素を始点7として、異方性3次元リージョン Growing 処理を行う。異方性3次元リージョン Growing 処理により領域拡張し、全ての方向(少なくとも2方向以上)で血管壁または接触プラーク52に接触するか否かを判定する(ステップS503)。

【0111】

例えば、図22のように、始点7からある方向に領域拡張処理すると非接触のまま拡張処理が終了するが、始点7から別の方向に領域拡張処理すると接触プラークに到達する。このように、ある断面では非接触ソフトプラーク52であるが3次元でみると片方固定(接触)で片方非接触となる場合は、片側固定非接触プラーク53Aであるという結果を得る(ステップS505)。

【0112】

また、図23、図24に示すように、始点7から反対2方向に領域拡張処理した場合に、2方向とも接触プラーク52に到達する場合は(ステップS503; Yes)、両側固定非接触プラーク53Bであるという結果を得る(ステップS504)。図23と図24の違いは、図23では非接触プラーク53が一塊の接触プラーク52に固定されるが、図24では、非接触プラーク53が別の塊の接触プラーク52a、52bにそれぞれ固定されている。

【0113】

図23、図24に示すように、複数の方向に異方性3次元リージョン Growing 処理を行った場合に、少なくとも2方向以上で接触プラーク52に到達すれば、非接触プラークであっても剥がれ落ちるリスクが小さい。そのため、両側固定非接触プラーク53Bについては、CPU101は、例えば、黄系の表示色で描画する。

【0114】

一方、複数の方向に異方性3次元リージョン Growing 処理を行った場合に、いずれかの方向で接触プラーク52に到達しないまま拡張処理が終わった場合(図23の片側固定非接触プラーク53A)、剥がれ落ちるリスクが最も大きい。そのため片側固定非接触プラーク53Aについては、例えば赤系の表示色で描画する。

【0115】

以上説明したように、第3の実施の形態では、非接触プラーク53の3次元形状を解析し、

10

20

30

40

50

端部が接触ブランクに固定されているか否かを判定する。そして、片側で固定されている場合と両側で固定されている場合とで、異なる表示カラー等で描画する。ソフトブランクが剥がれ落ちるリスクが大きい形状であるか否かを評価して、その形状に応じて色分け表示できる。

【0116】

以上、添付図面を参照しながら、本発明に係る画像処理装置等の好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。例えば、上述の実施の形態では、血管からソフトブランクを抽出する処理について説明したが、その他の臓器の画像を対象としてもよい。当業者であれば、本願で開示した技術的思想の範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

10

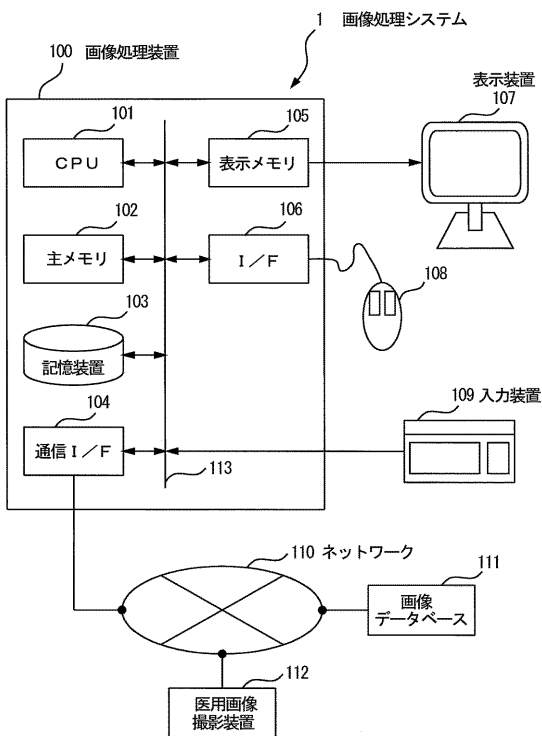
【符号の説明】

【0117】

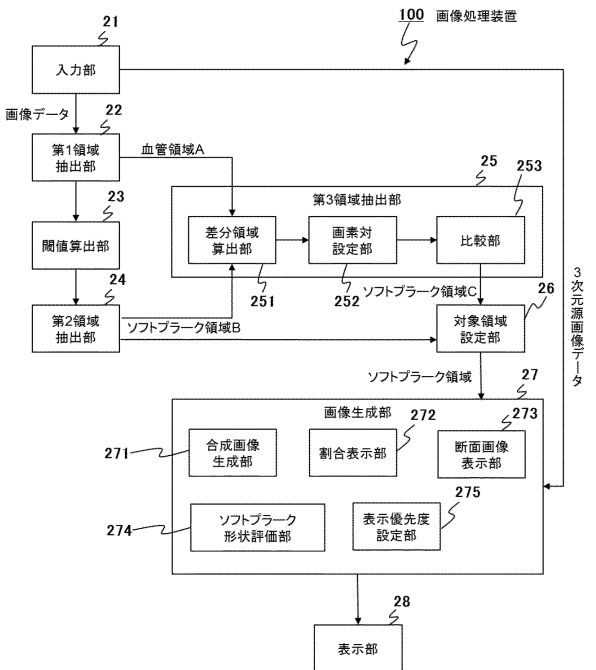
1 画像処理システム、100 画像処理装置、101 CPU、102 主メモリ、103 記憶装置、104 通信I/F、105 表示メモリ、106 I/F、107 表示装置、108 マウス、109 入力装置、110 ネットワーク、111 画像データベース、112 医用画像撮影装置、113 バス、21 入力部、22 第1領域抽出部、23 閾値算出部、24 第2領域抽出部、25 第3領域抽出部、251 差分領域算出部、252 画素対設定部、253 比較部、26 対象領域設定部、27 画像生成部、271 合成画像生成部、272 割合表示部、273 断面画像表示部、274 ソフトブランク形状評価部、275 表示優先度設定部、28 表示部、A 血管領域(第1領域)、B ソフトブランク領域(第2領域)、C ソフトブランク領域(第3領域)、52 接触ブランク、53 非接触ブランク、53A 片側固定非接触ブランク、53B 両側固定非接触ブランク、60 投影面

20

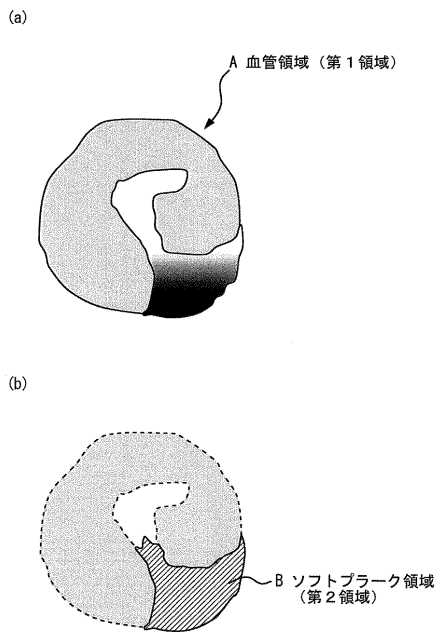
【図1】



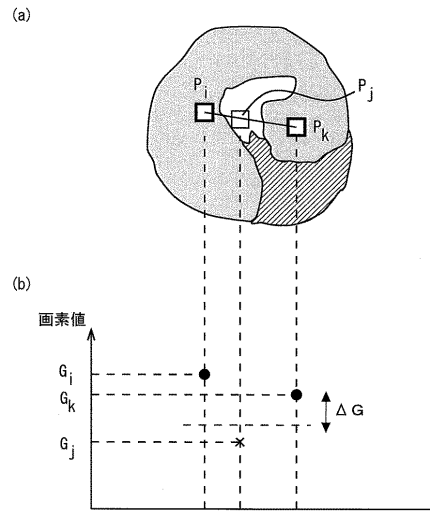
【図2】



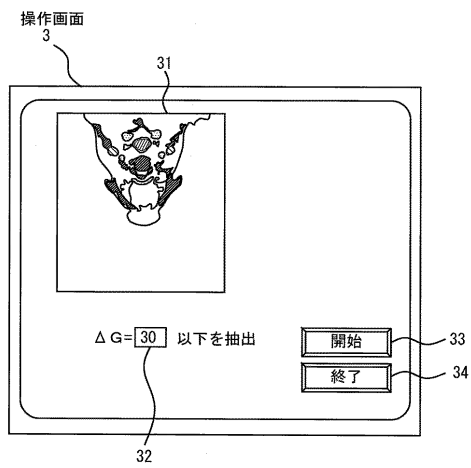
【図3】



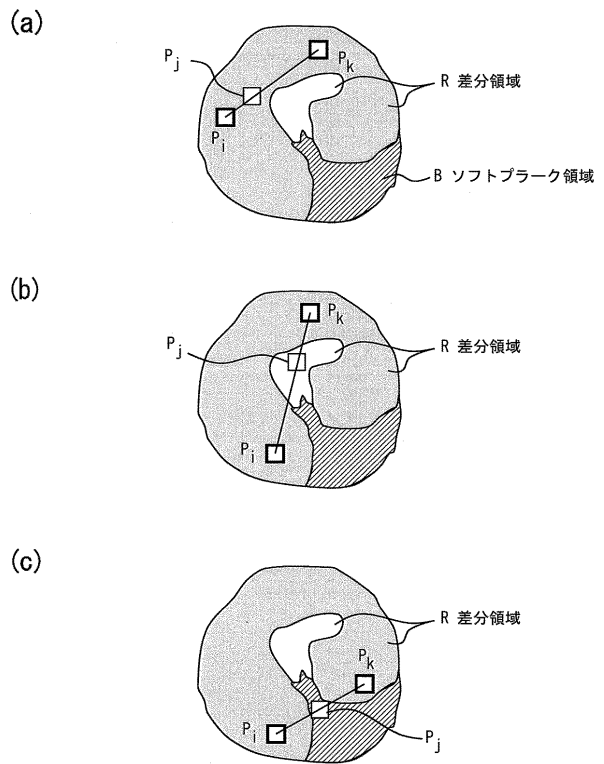
【図4】



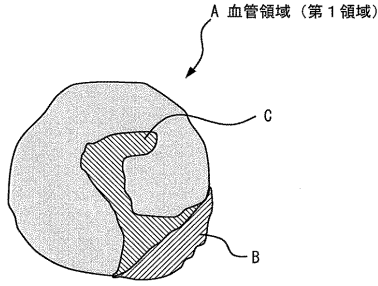
【図5】



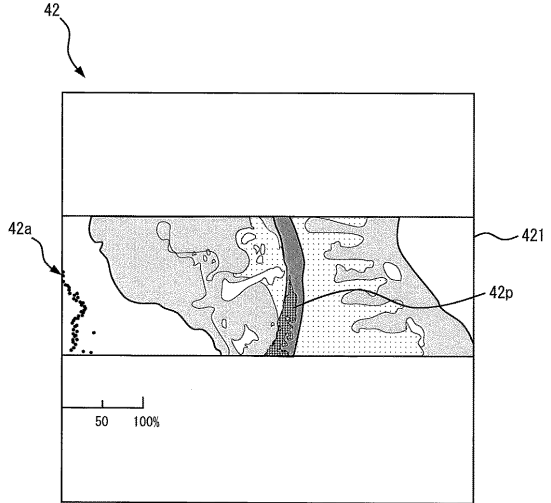
【図6】



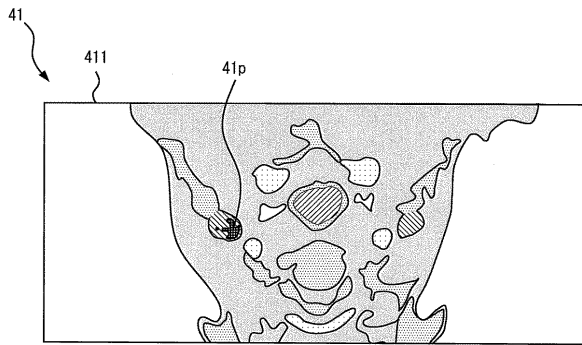
【図7】



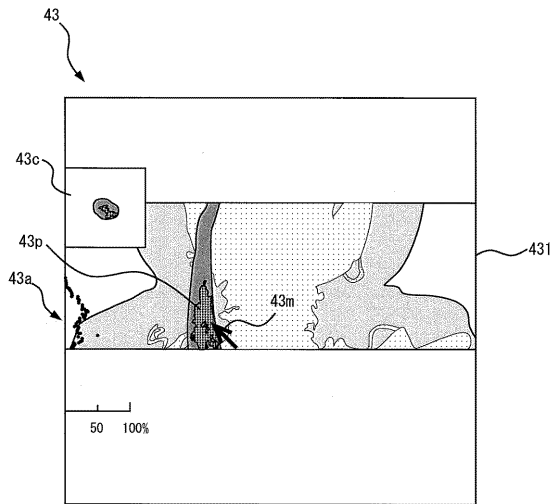
【図9】



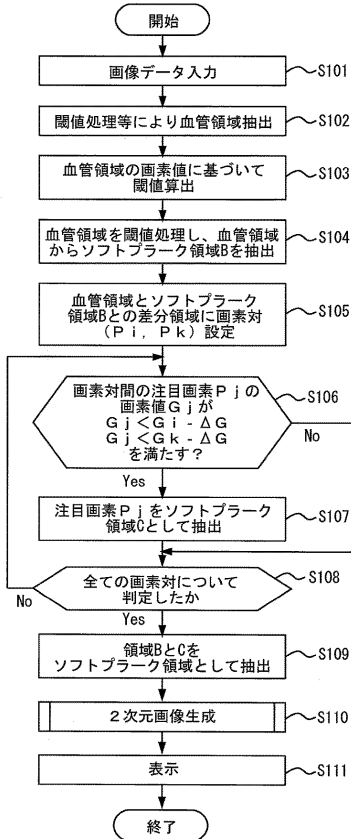
【図8】



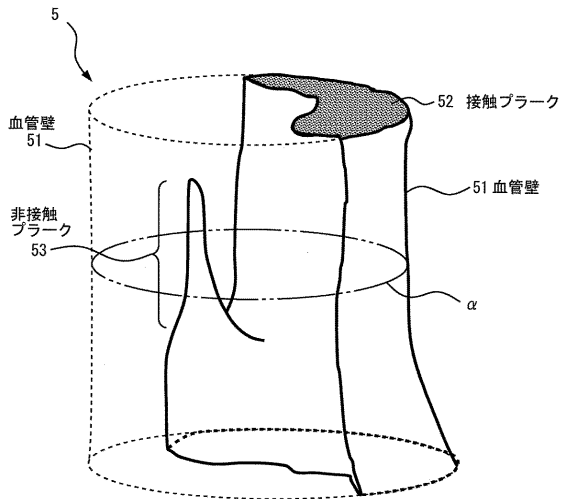
【図10】



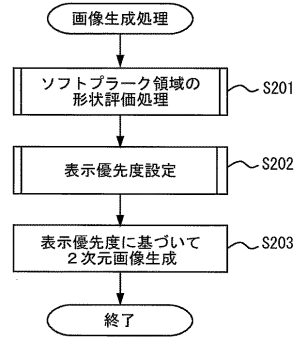
【図11】



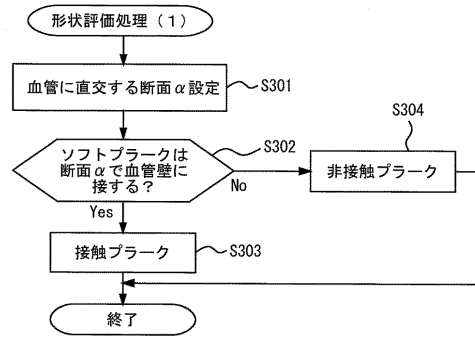
【図12】



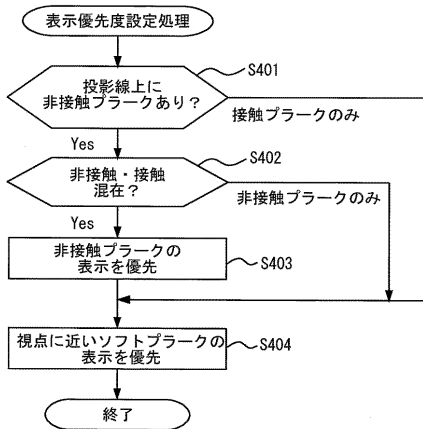
【図13】



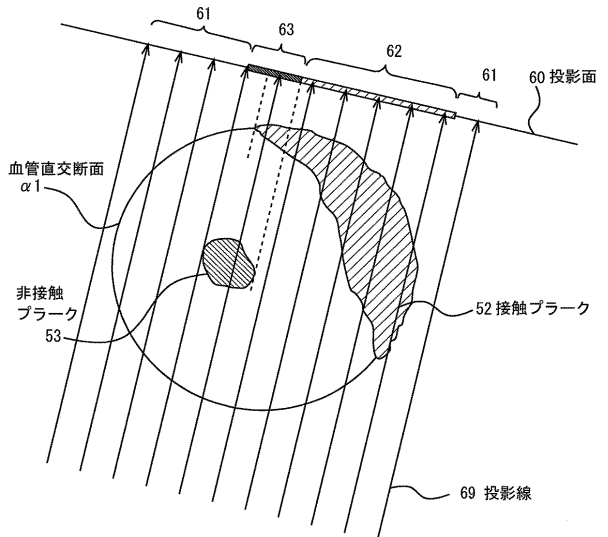
【図14】



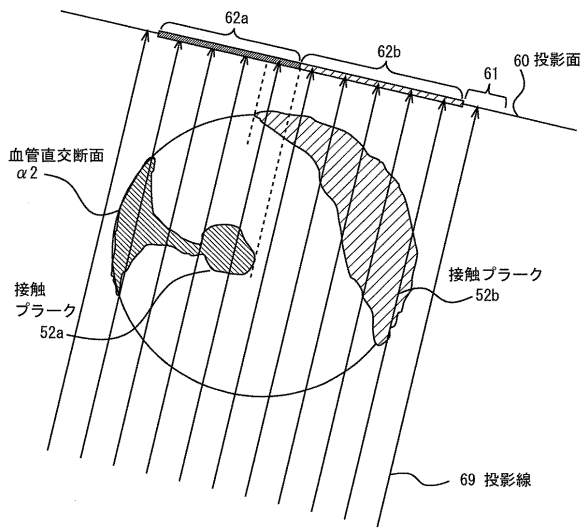
【図15】



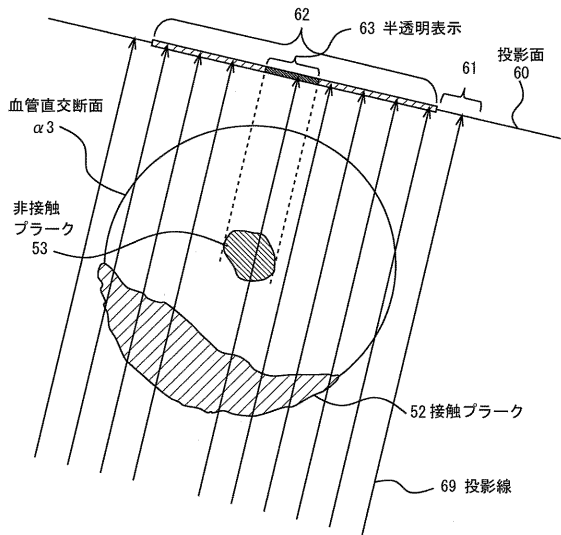
【図16】



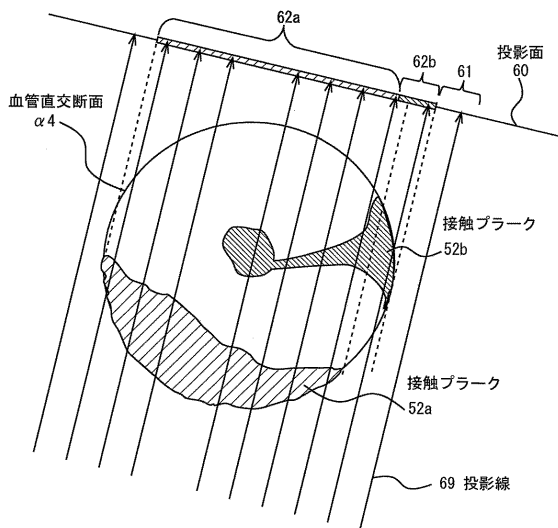
【図17】



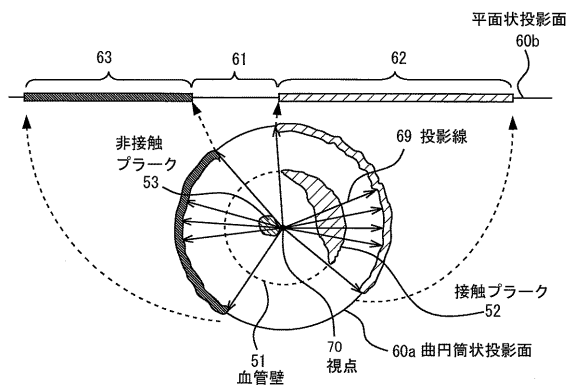
【図18】



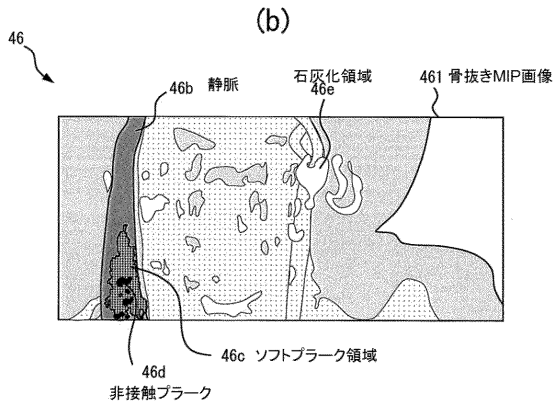
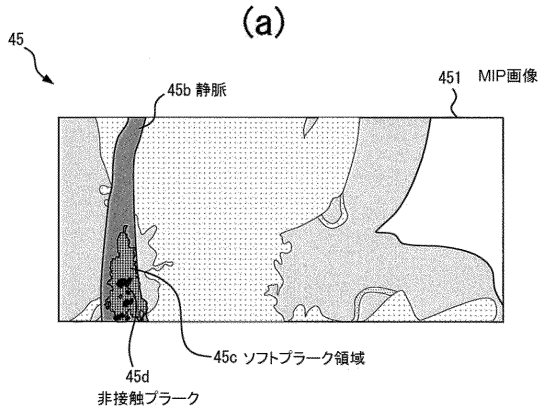
【図19】



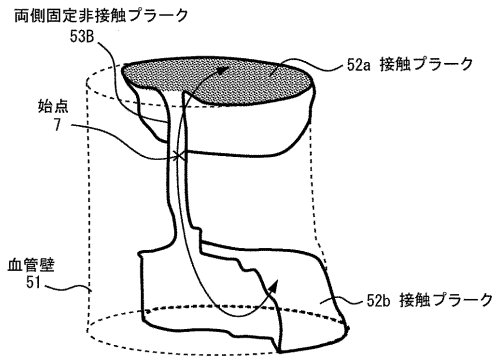
【図20】



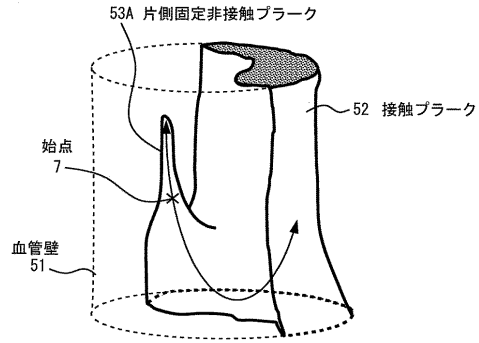
【図 2 1】



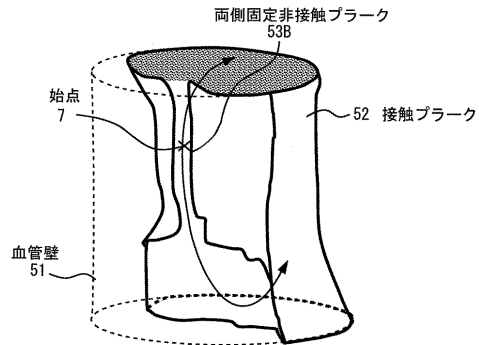
【図 2 4】



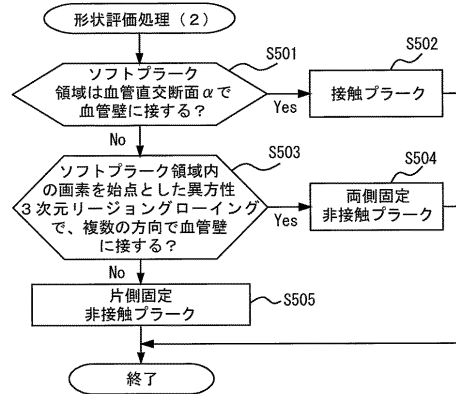
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-126070(JP,A)
特開2003-175022(JP,A)
特開2009-082407(JP,A)
特開2012-200371(JP,A)
特開2011-024826(JP,A)
特開2011-072500(JP,A)
特開2012-011137(JP,A)
米国特許出願公開第2004/0133094(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 6/00 - 6/14