

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7610880号
(P7610880)

(45)発行日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(24)登録日 令和6年12月25日(2024.12.25)

(51)国際特許分類 F I
G 0 6 T 7/33 (2017.01) G 0 6 T 7/33

請求項の数 22 (全30頁)

(21)出願番号	特願2023-528692(P2023-528692)	(73)特許権者	523177012
(86)(22)出願日	令和3年10月28日(2021.10.28)		スーチョウ・パルス・ロンイン・メディカル・テクノロジー・カンパニー、リミテッド
(65)公表番号	特表2023-550068(P2023-550068A)		SUZHOU PULSE RONGYI NG MEDICAL TECHNOLOGY CO., LTD
(43)公表日	令和5年11月30日(2023.11.30)		中華人民共和国, ジアンス, スーチョウ, クンジャン・デヴェロップメント・ゾーン, ジャンジ・ロード ナンバー 135, アクセラレータ 4, オグジリアリー・ビルディング, ルーム 301
(86)国際出願番号	PCT/CN2021/127049	(74)代理人	100099623
(87)国際公開番号	WO2022/121546		弁理士 奥山 尚一
(87)国際公開日	令和4年6月16日(2022.6.16)	(74)代理人	100129425
審査請求日	令和5年5月19日(2023.5.19)		
(31)優先権主張番号	202011418428.X		
(32)優先日	令和2年12月7日(2020.12.7)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法、装置及びコンピューティングデバイス

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法であって、
血管腔内画像において関心血管セグメント内各所の血管内径及び血管内側長さを含んだ内部輪郭情報と前記関心血管セグメントの内部分枝情報とを含む第一特徴情報を取得する第一取得ステップと、

血管外部画像において前記関心血管セグメントの所在する血管全体である参照血管内各所の血管外径及び血管外側長さを含んだ外部輪郭情報と前記参照血管の外部分枝情報とを含む第二特徴情報を取得する第二取得ステップと、

前記第一特徴情報及び前記第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、前記血管外部画像中の前記関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報及び外部分枝情報を含む第三特徴情報を得る一次レジストレーションステップと、

前記第一特徴情報及び前記第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得る二次レジストレーションステップと、
を含むことを特徴とする血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項2】

前記一次レジストレーションステップは、
前記血管外部画像において、前記参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、前記参照血管の外部輪郭情報に基づいて、前記血管外部画像において取得された前記参照血管の外部輪郭上の各点の血管外径と前記各点から前記参照血管近位端までの血管外

10

20

側長さを含む参照血管輪郭特徴点集合を得るステップと、

前記血管腔内画像において、前記関心血管セグメントの血管腔内画像に対して均一にサンプリングを行い、前記関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて、前記関心血管セグメントの腔内画像中の各フレーム画像に対応する血管位置点での血管内径と血管内側長さを含む関心血管輪郭特徴点集合を得るステップであって、各血管位置点での血管内側長さは該点と起点との間の距離であり、前記起点は前記血管腔内画像からサンプリングした前記関心血管セグメント近位端に接近する端点であるステップと、

前記参照血管輪郭特徴点集合と前記関心血管輪郭特徴点集合に基づいて前記第三特徴情報を得るステップと、を含む、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。 10

【請求項 3】

前記参照血管輪郭特徴点集合と前記関心血管輪郭特徴点集合に基づいて前記第三特徴情報を得るステップは、

前記参照血管輪郭特徴点集合によって参照領域を構築し、前記関心血管輪郭特徴点集合によってスライディングウィンドウを構築するステップと、

前記スライディングウィンドウを前記参照領域でスライドさせ、前記参照血管輪郭特徴点集合、前記関心血管輪郭特徴点集合、前記参照血管の外部分枝情報及び前記関心血管セグメントの内部分枝情報に基づいて前記参照領域中の各領域と前記スライディングウィンドウとの間のマッチ度を計算して得るステップと、

各前記マッチ度を比較して、前記第三特徴情報を得るステップと、 20

を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 4】

前記参照血管の外部分枝情報は、前記血管外部画像において取得された前記参照血管の各分枝血管の番号と、前記各分枝血管分岐点から前記参照血管近位端までの分枝血管外側長さと、を含み、前記関心血管セグメントの内部分枝情報は、前記血管腔内画像において取得された前記関心血管セグメントの各分枝血管の番号と、前記各分枝血管から前記起点までの分枝血管内側長さと、を含むことを特徴とする請求項 3 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 5】 30

前記参照領域における各領域と前記スライディングウィンドウとの間のマッチ度の計算方法は、

前記参照血管輪郭特徴点集合のうちの血管外径と前記関心血管輪郭特徴点集合のうちの血管内径に基づき、直径マッチングスコアを計算するステップと、

前記参照血管の外部分枝情報と前記関心血管セグメントの内部分枝情報に基づき、分枝マッチングスコアを計算するステップと、

前記直径マッチングスコアと前記分枝マッチングスコアに基づき、マッチング関数を構築し、前記マッチング関数によって前記マッチ度を計算するステップと、

を含むことを特徴とする請求項 4 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。 40

【請求項 6】

前記直径マッチングスコアは、

【数 1】

$$S_d = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_{si} - d_{ti}|$$

であり、ここで、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 N は、スライディングウィンドウにおける特徴点総数を表し、 d_{si} は、スライディングウィンドウにおける第 i 個特徴点に対応する血管内径を表し、 d_{ti} は、参照領域における第 i 個特徴点に対応する血管外径を表すことを特徴とする請求項 5 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方 50

法。

【請求項 7】

前記分枝マッチングスコアは、

【数 2】

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M dist_i$$

であり、ここで、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 M は、スライディングウィンドウにおける分枝総数を表し、 $dist_i$ は、スライディングウィンドウにおける第 i 個分枝血管と参照領域における該分枝血管に最も近い分枝血管との間の距離を表すことを特徴とする請求項 5 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

10

【請求項 8】

前記マッチング関数は、

【数 3】

$$S = \frac{1}{\beta S_d + (1-\beta)S_b}$$

であり、ここで、 S は、マッチング関数を表し、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 β は、重み係数を表し、 $0 < \beta < 1$ であることを特徴とする請求項 5 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

20

【請求項 9】

前記 β の取りうる値の範囲は $0.3 \sim 0.7$ であることを特徴とする請求項 8 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 10】

前記参照領域中の前記スライディングウィンドウとのマッチ度が最大の領域に対応する血管セグメントは、前記目標血管セグメントであることを特徴とする請求項 8 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 11】

前記血管外部画像において、前記参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、前記参照血管の外部輪郭情報に基づいて参照血管輪郭特徴点集合を得るステップは、

30

前記血管外部画像中の参照血管の外部輪郭曲線に対して均一にサンプリングを行い、前記参照血管の外部輪郭を各点に離散させるステップと、

各点から参照血管近位端までの血管外側長さを一次元目の特徴とし、該点の血管外径を二次元目の特徴として、各点の外部輪郭特徴点を構築するステップと、

あらゆる前記外部輪郭特徴点に基づき、前記参照血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 12】

前記血管腔内画像において、前記関心血管セグメントの血管腔内画像に対して均一にサンプリングを行い、前記関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて関心血管輪郭特徴点集合を得るステップは、

40

前記血管腔内画像シーケンス画像中の各フレームを 1 つの検出点として、前記血管腔内画像を検出するステップと、

各フレーム画像に対応する血管位置点と前記起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築するステップと、

あらゆる前記内部輪郭特徴点に基づき、前記関心血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 13】

50

前記参照領域と前記スライディングウィンドウを構築する前に、前記一次レジストレーションステップは、

前記関心血管輪郭特徴点集合のうちのいずれか隣接する2点の間の距離に基づき、前記血管外部画像において前記参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行うステップをさらに含むことを特徴とする請求項3に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項14】

前記一次レジストレーションステップは、

前記第三特徴情報に基づき、前記血管外部画像中の前記目標血管セグメントの外部輪郭曲線上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを確定し、及び、前記目標血管セグメントの外部分枝情報を確定するステップと、

前記血管外側長さを一次元目の特徴とし、前記血管外径を二次元目の特徴として、前記目標血管セグメント上の各点に対応する外部輪郭特徴点を構築するステップと、

あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、且目標血管輪郭特徴点集合を得るステップと、をさらに含むことを特徴とする請求項2に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項15】

前記目標レジストレーション結果は、前記関心血管輪郭特徴点集合と前記目標血管輪郭特徴点集合との間の目標レジストレーション関係であることを特徴とする請求項14に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項16】

前記二次レジストレーションステップは、順次実行される以下のステップ、即ち、

a) 前記関心血管輪郭特徴点集合Sと前記目標血管輪郭特徴点集合Tに対してそれぞれ正規化処理を行い、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'を得るステップと、

b) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'の間の特徴誤差を計算するステップと、

c) 前記特徴誤差が予め設定された値より小さいか否かを判断し、そうであると、前記関心血管輪郭特徴点集合S'が目標特徴情報であると確定して、前記目標特徴情報と正規化処理後の前記目標血管輪郭特徴点集合T'に基づいて前記目標レジストレーション関係を計算し、でないと、次のステップを実行するステップと、

d) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'の間の特徴誤差を計算して得て、前記レジストレーション変換関係によって前記関心血管輪郭特徴点集合S'をレジストレーション変換した後の新たな関心血管輪郭特徴点集合S''を得るステップと、

e) 関心血管輪郭特徴点集合S'を新たな関心血管輪郭特徴点集合S''に更新し、ステップb)へ戻って実行するステップと、

を含むことを特徴とする請求項15に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項17】

ステップc)の後に、ステップd)の前に、

前記特徴誤差が前記予め設定された値以上である場合、繰り返し回数が予め設定された回数より大きいか否かを判断し、そうであると、前記関心血管輪郭特徴点集合S'が前記目標特徴情報であると確定して、前記目標特徴情報と正規化処理後の前記目標血管輪郭特徴点集合T'に基づいて前記目標レジストレーション関係を計算し、でないと、前記繰り返し回数に1を加えて、次のステップを実行するステップをさらに含むことを特徴とする請求項16に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項18】

ステップb)の前に、前記繰り返し回数をゼロとするステップをさらに含むことを特徴とする請求項17に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

10

20

30

40

50

【請求項 19】

前記二次レジストレーションステップは、反復最近傍点アルゴリズム又はコヒーレント点ドリフトアルゴリズム又はロバスト性点マッチングアルゴリズムにより前記第一特徴情報と前記第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、前記目標レジストレーション結果を得るステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法。

【請求項 20】

血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置であって、

血管腔内画像において関心血管セグメント内各所の血管内径及び血管内側長さを含んだ内部輪郭情報と前記関心血管セグメントの内部分枝情報とを含む第一特徴情報を取得するための第一取得モジュールと、

血管外部画像において前記関心血管セグメントの所在する血管全体である参照血管内各所の血管外径及び血管外側長さを含んだ外部輪郭情報と前記参照血管の外部分枝情報とを含む第二特徴情報を取得するための第二取得モジュールと、

前記第一特徴情報と前記第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、前記血管外部画像中の前記関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報と外部分枝情報を含む第三特徴情報を得るための一次レジストレーションモジュールと、

前記第一特徴情報と前記第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得るための二次レジストレーションモジュールと、を備えることを特徴とする血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置。

【請求項 21】

コンピューティングデバイスであって、

各種の指令を実現するためのプロセッサと、

前記プロセッサによりロードされて、請求項 1 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行する複数の指令が記憶されるためのメモリと、

を備えることを特徴とするコンピューティングデバイス。

【請求項 22】

記憶媒体であって、プロセッサによりロードされて請求項 1 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行する複数の指令が記憶されることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

本願は、2020年12月07日に中国特許局に出願された、出願番号が202011418428.Xであり、出願名称が「血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法、装置及びコンピューティングデバイス」である中国特許出願の優先権を主張し、その開示内容の全ては参照により本願に組み込まれる。

【0002】

本発明は医療分野に関し、特に、血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法、装置及びコンピューティングデバイスに関する。

【背景技術】

【0003】

冠状動脈心臓病の臨床診療に用いる主なイメージング方式には、冠状動脈造影法等の腔外撮像技術及び光干渉断層撮影 (Optic Coherence Tomography, OCT)、血管内超音波 (Intravenous Ultrasound, IVUS) 等の血管腔内画像がある。冠状動脈造影法は、冠状動脈の二次元解剖形態を反映できることによって、冠状動脈心臓病の具体的な位置と狭窄度を判断できるが、血管壁中の異常位置をはっきり表示し難く、プラークの形態や性質などの情報を提供できない。血管腔内画

10

20

30

40

50

像は、血管の横断面をはっきり表示し、血管壁の組織構造と微細の幾何学的解剖形態を反映できるが、血管腔内画像は、血管のトポロジー構造情報をよく表すことができない。冠動脈造影法と血管腔内画像の機能上の相補性に基づき、冠動脈造影画像と腔内画像をレジストレーションし融合させると、冠動脈血管の空間位置を観察できるばかりでなく、関心のある血管セグメントの内外膜及びプラークの量化データを得ることができることによって、臨床医の冠動脈心臓病への臨床評価をよりよく補助できる。

【0004】

現在、冠動脈造影画像と腔内画像へのレジストレーションは、主に冠動脈造影画像に対して三次元再構築する方法により実現したものである。例えば、Rotger D、Radeva P及びCanero Cらは、2001年にComputers in Cardiologyに発表されたタイトルが「Corresponding IVUS and angiogram image data」の論文において双平面の血管造影装置により、カテーテルの後退経路の終始点で2対の造影画像を撮影する方法を用いて血管の三次元モデルを再構築し、それから、カテーテルの後退速度に基づいてIVUSと融合されて冠動脈の三次元モデルを得ることを提出した。Tu S、Holm N R及びKoning Gらは、2011年に『International Journal of Cardiovascular Imaging』に発表されたタイトルが「Fusion of 3D QCA and IVUS/OCT」の論文において、2つの異なる体位における造影図から関心のある血管セグメントを選び出して三次元再構築を行って、三次元再構築を基にして、距離マッチングアルゴリズム（主に血管長さや曲率に係る）に基づいてOCT/IVUSシーケンスとレジストレーションを行う方法を提出した。

【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、上記方法のいずれも手動でOCT/IVUS画像平面の冠動脈造影図における終始点をマークする必要があり、手動で血管造影とOCT/IVUSデータとの間を探すことには、専門知識を有することを操作員に要求し、又、三次元再構築は、2つの造影体位に血管異常位置が露出する必要があり、造影体位に対する要求が比較的高く、かつアルゴリズムには比較的に長い時間がかかる。

【0006】

前記2つの方法による再構築の問題、即ち造影体位への要求が比較的高く、比較的に長い時間がかかるという問題を克服するために、Wang P、Chen T、Ecabert O及びPrummer Sらは、2011年にMed Image Comput Assist Intervに発表された「Image-based device Tracking for the co-registration of angiography and intravascular ultrasound images」の論文において、造影画像上でIVUSセンサー先端を自動的に検出し追跡する方法によりIVUS画像の造影画像における位置を連続して識別して、血管造影画像とIVUS画像との制約なしのレジストレーションを実現することを提出した。

【0007】

しかし、該方法は、再構築する過程において体位造影に対する要求が比較的高く、比較的に長い時間がかかるという問題を解決したものの、別途に蛍光画像を取得する必要があり、IVUSセンサー先端の検出と追跡の正確率もレジストレーション精度に対して比較的に大きな影響を与えることになる。

【0008】

本発明の目的は、従来技術ではレジストレーションの簡便性と正確性を両立できない課題を解決するように、血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

10

20

30

40

50

上記の技術課題を解決するために、本発明の実施形態は血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法であって、血管腔内画像に関心血管セグメント内各所の血管内径及び血管内側長さを含んだ内部輪郭情報と関心血管セグメントの内部分枝情報とを含む第一特徴情報を取得する第一取得ステップと、血管外部画像において関心血管セグメントの所在する血管全体である参照血管内各所の血管外径及び血管外側長さを含んだ外部輪郭情報と前記参照血管の外部分枝情報とを含む第二特徴情報を取得する第二取得ステップと、第一特徴情報及び第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、血管外部画像中の関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報及び外部分枝情報を含む第三特徴情報を得る一次レジストレーションステップと、第一特徴情報及び第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得る二次レジストレーションステップと、を含む血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を開示している。

10

【0010】

上記技術案に係る血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を用いることで、血管の直径と分枝情報を十分に利用し、複数回のレジストレーションの方法により直接自動的に冠動脈造影画像と腔内画像のレジストレーションを実現できる。該方法は、フレームの冠動脈造影画像に対して検出し分割するだけでよく、手動でマークや三次元再構築をする必要がなく、快速で簡便であり、正確性が高く、ロバスト性が高い等の利点を有する。

【0011】

好ましくは、一次レジストレーションステップは、血管外部画像において、参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭情報に基づいて、血管外部画像において取得された参照血管の外部輪郭上の各点の血管外径と各点から参照血管近位端までの血管外側長さを含む参照血管輪郭特徴点集合を得るステップと、血管腔内画像において、関心血管セグメントの血管腔内画像に対して均一にサンプリングを行い、関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて、関心血管セグメントの腔内画像中の各フレーム画像に対応する血管位置点での血管内径と血管内側長さを含む関心血管輪郭特徴点集合を得て、そのうち、各血管位置点での血管内側の長さは該点と起点との間の距離であり、起点は血管腔内画像からサンプリングした関心血管セグメント近位端に接近する端点であるステップと、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に基づいて第三特徴情報を得るステップと、を含む。

20

30

【0012】

好ましくは、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に基づいて第三特徴情報を得るステップは、参照血管輪郭特徴点集合に基づいて参照領域を構築し、関心血管輪郭特徴点集合に基づいてスライディングウィンドウを構築するステップと、スライディングウィンドウを参照領域でスライドさせ、参照血管輪郭特徴点集合、関心血管輪郭特徴点集合、参照血管の外部分枝情報及び関心血管セグメントの内部分枝情報に基づいて参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度を計算して得るステップと、各マッチ度を比較して、第三特徴情報を得るステップと、を含む。

【0013】

好ましくは、参照血管の外部分枝情報は、血管外部画像において取得された参照血管の各分枝血管の番号と、各分枝血管分岐点から参照血管近位端までの分枝血管外側長さと、を含み、関心血管セグメントの内部分枝情報は、血管腔内画像に取得された関心血管セグメントの各分枝血管の番号と、各分枝血管から起点までの分枝血管内側長さと、を含む。

40

【0014】

好ましくは、参照領域における各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度の計算方法は、参照血管輪郭特徴点集合のうちの血管外径と関心血管輪郭特徴点集合のうちの血管内径に基づき、直径マッチングスコアを計算するステップと、参照血管の外部分枝情報と関心血管セグメントの内部分枝情報に基づき、分枝マッチングスコアを計算するステップと、直径マッチングスコアと分枝マッチングスコアに基づき、マッチング関数を構

50

築し、マッチング関数によってマッチ度を計算するステップと、を含む。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、直径マッチングスコアは、

【数 1】

$$S_d = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_{si} - d_{ti}|$$

であり、ここで、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 N は、スライディングウィンドウ特徴点総数を表し、 d_{si} は、スライディングウィンドウにおける第 i 個特徴点に対応する血管内径を表し、 d_{ti} は、参照領域における第 i 個特徴点に対応する血管外径を表す。

10

【 0 0 1 6 】

好ましくは、分枝マッチングスコアは、

【数 2】

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M dist_i$$

であり、ここで、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 M は、スライディングウィンドウにおける分枝総数を表し、 $dist_i$ は、スライディングウィンドウにおける第 i 個分枝血管と参照領域中の該分枝血管に最も近い分枝血管との間の距離を表す。

【 0 0 1 7 】

20

好ましくは、マッチング関数は、

【数 3】

$$S = \frac{1}{\beta S_d + (1 - \beta) S_b}$$

であり、ここで、 S は、マッチング関数を表し、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 β は、重み係数を表し、 $0 < \beta < 1$ である。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、 β の取りうる値の範囲は $0.3 \sim 0.7$ である。

【 0 0 1 9 】

30

好ましくは、参照領域中のスライディングウィンドウとのマッチ度が最大の領域に対応する血管セグメントは目標血管セグメントである。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、血管外部画像において、参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭情報に基づいて参照血管輪郭特徴点集合を得るステップは、血管外部画像中の参照血管の外部輪郭曲線に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭を各点に離散させるステップと、各点から参照血管近位端までの血管外側長さを一次元目の特徴とし、該点の血管外径を二次元目の特徴として、各点の外部輪郭特徴点を構築するステップと、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、参照血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含む。

40

【 0 0 2 1 】

好ましくは、血管腔内画像において、関心血管セグメントの血管腔内画像に対して均一にサンプリングを行い、関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて関心血管輪郭特徴点集合を得るステップは、血管腔内画像のシーケンス画像中の各フレームを1つの検出点として、血管腔内画像を検出するステップと、各フレーム画像に対応する血管位置点と起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築するステップと、あらゆる内部輪郭特徴点に基づき、関心血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含む。

【 0 0 2 2 】

好ましくは、参照領域とスライディングウィンドウを構築する前に、一次レジストレー

50

ションステップは、関心血管輪郭特徴点集合のうちのいずれか隣接する2点の間の距離に基づき、血管外部画像において参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行うステップをさらに含む。

【0023】

好ましくは、一次レジストレーションステップは、第三特徴情報に基づき、血管外部画像中の目標血管セグメントの外部輪郭曲線上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを確定し、及び、目標血管セグメントの外部分枝情報を確定するステップと、血管外側長さを一次元目の特徴とし、血管外径を二次元目の特徴として、目標血管セグメント上の各点に対応する外部輪郭特徴点を構築するステップと、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、目標血管輪郭特徴点集合を得るステップと、をさらに含む。

10

【0024】

好ましくは、目標レジストレーション結果は、関心血管輪郭特徴点集合と目標血管輪郭特徴点集合との間の目標レジストレーション関係である。

【0025】

好ましくは、二次レジストレーションステップは、順次実行される以下のステップ、即ち
a) 関心血管輪郭特徴点集合Sと目標血管輪郭特徴点集合Tに対してそれぞれ正規化処理を行い、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'を得るステップと、

b) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'との間の特徴誤差を計算するステップと、

20

c) 特徴誤差が予め設定された値より小さいか否かを判断し、そうであると、関心血管輪郭特徴点集合S'が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合T'に基づいて目標レジストレーション関係を計算し、でないと、次のステップを実行するステップと、

d) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'との間のレジストレーション変換関係を計算して得て、レジストレーション変換関係によって関心血管輪郭特徴点集合S'をレジストレーション変換した後の新たな関心血管輪郭特徴点集合S''を得るステップと、

e) 関心血管輪郭特徴点集合S'を新たな関心血管輪郭特徴点集合S''に更新し、ステップb)へ戻って実行するステップと、を含む。

30

【0026】

好ましくは、ステップc)の後に、ステップd)の前に、特徴誤差が予め設定された値以上である場合、繰り返し回数が予め設定された回数より大きいか否かを判断し、そうであると、関心血管輪郭特徴点集合S'が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合T'に基づいて目標レジストレーション関係を計算し、でないと、繰り返し回数に1を加えて、次のステップを実行するステップをさらに含む。

【0027】

好ましくは、ステップb)の前に、繰り返し回数をゼロとするステップをさらに含む。

【0028】

好ましくは、二次レジストレーションステップは、反復最近傍点アルゴリズム又はコヒーレント点ドリフトアルゴリズム又はロバスト性点マッチングアルゴリズムにより第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得るステップを含む。

40

【0029】

好ましくは、血管腔内画像は、OCT画像又はIVUS画像である。

【0030】

相応に、本発明は血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置であって、血管腔内画像において関心血管セグメント内各所の血管内径及び血管内側長さを含んだ内部輪郭情報と前記関心血管セグメントの内部分枝情報とを含む第一特徴情報を取得するための第一取得モジュールと、血管外部画像において関心血管セグメントの所在する血管全体であ

50

る参照血管内各所の血管外径及び血管外側長さを含んだ外部輪郭情報と前記参照血管の外部分枝情報とを含む第二特徴情報を取得するための第二取得モジュールと、第一特徴情報と第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、血管外部画像中の関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報と外部分枝情報を含む第三特徴情報を得るための一次レジストレーションモジュールと、第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得るための二次レジストレーションモジュールと、を備える血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置を更に提供する。

【0031】

好ましくは、一次レジストレーションモジュールは、血管外部画像において、参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭情報に基づいて、血管外部画像において取得された参照血管の外部輪郭上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを含む参照血管輪郭特徴点集合を得るための第一サンプリングユニットと、血管腔内画像において、関心血管セグメントの血管腔内画像に対してサンプリングを行い、関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて、関心血管セグメントの腔内画像中の各フレーム画像に対応する血管位置点での血管内径と血管内側長さを含む関心血管輪郭特徴点集合を得るためのものであって、そのうち、各血管位置点での血管内側長さは該点と起点との間の距離であり、起点は血管腔内画像からサンプリングした関心血管セグメント近位端に接近する端点である第二サンプリングユニットと、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に基づいて第三特徴情報を得るための取得ユニットと、を備える。

【0032】

好ましくは、取得ユニットは、参照血管輪郭特徴点集合に基づいて参照領域を構築し、関心血管輪郭特徴点集合に基づいてスライディングウィンドウを構築するためのウィンドウ構築ユニットと、スライディングウィンドウを参照領域でスライドさせ、参照血管輪郭特徴点集合、関心血管輪郭特徴点集合、参照血管の外部分枝情報及び関心血管セグメントの内部分枝情報に基づいて参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度を計算して得るためのマッチ度計算ユニットと、各マッチ度を比較し、第三特徴情報を得るための比較ユニットと、を備える。

【0033】

好ましくは、参照血管の外部分枝情報は、血管外部画像において取得された参照血管の各分枝血管の番号と、各分枝血管分岐点から参照血管近位端までの外側血管長さと、を含み、関心血管セグメントの内部分枝情報は、血管腔内画像において取得された関心血管セグメントの各分枝血管の番号と、各分枝血管から起点までの血管内側長さと、を含む。

【0034】

好ましくは、マッチ度計算ユニットによる参照領域における各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度の計算方法は、参照血管輪郭特徴点集合のうちの血管外径と関心血管輪郭特徴点集合のうちの血管内径に基づき、直径マッチングスコアを計算するステップと、参照血管の外部分枝情報と関心血管セグメントの内部分枝情報に基づき、分枝マッチングスコアを計算するステップと、直径マッチングスコアと分枝マッチングスコアに基づき、マッチング関数を構築し、マッチング関数によってマッチ度を計算するステップと、を含む。

【0035】

好ましくは、直径マッチングスコアは、

【数4】

$$S_d = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_{si} - d_{ti}|$$

であり、ここで、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 N は、スライディングウィンドウ特徴点総数を表し、 d_{si} は、スライディングウィンドウにおける第*i*個特徴点に対応する血管内径を表し、 d_{ti} は、参照領域における第*i*個特徴点に対応する血管外径を表す。

【 0 0 3 6 】

好ましくは、分枝マッチングスコアは、

【数 5】

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M dist_i$$

であり、ここで、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 M は、スライディングウィンドウにおける分枝総数を表し、 $dist_i$ は、スライディングウィンドウにおける第 i 個分枝血管と参照領域における該分枝血管に最も近い分枝血管との間の距離を表す。

【 0 0 3 7 】

好ましくは、マッチング関数は、

【数 6】

$$S = \frac{1}{\beta S_d + (1 - \beta) S_b}$$

であり、ここで、 S は、マッチング関数を表し、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 β は重み係数を表し、 $0 < \beta < 1$ である。

【 0 0 3 8 】

好ましくは、 β の取りうる値の範囲は $0.3 \sim 0.7$ である。

【 0 0 3 9 】

好ましくは、参照領域中のスライディングウィンドウとのマッチ度が最大の領域に対応する血管セグメントは、目標血管セグメントである。

【 0 0 4 0 】

好ましくは、第一サンプリングユニットは、血管外部画像中の参照血管の外部輪郭曲線に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭を各点に離散させるための第一離散サブユニットと、各点から参照血管近位端までの血管外側長さを一次元目の特徴とし、該点の血管外径を二次元目の特徴として、各点の外部輪郭特徴点を構築し、及び、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、参照血管輪郭特徴点集合を得るための第一構築サブユニットと、を備える。

【 0 0 4 1 】

好ましくは、第二サンプリングユニットは、血管腔内画像のシーケンス画像中の各フレームを1つの検出点として、血管腔内画像を検出するための第二フレーミングサブユニットと、各フレーム画像に対応する血管位置点と起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築し、及び、あらゆる前記内部輪郭特徴点に基づき、関心血管輪郭特徴点集合を得るための第二構築サブユニットと、を備える。

【 0 0 4 2 】

好ましくは、一次レジストレーションモジュールは、ウィンドウ構築ユニットが前記参照領域と前記スライディングウィンドウを構築する前に、前記関心血管輪郭特徴点集合のうちの隣接する2点の間の距離を計算するための距離計算ユニットをさらに備え、第一サンプリングユニットは、さらに、血管外部画像において、距離に基づいて参照血管の外部輪郭に対して改めて均一にサンプリングを行うのに用いられる。

【 0 0 4 3 】

好ましくは、第一サンプリングユニットは、さらに、第三特徴情報に基づき、血管外部画像中の目標血管セグメントの外部輪郭曲線上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを確定し、及び、目標血管セグメントの外部分枝情報を確定し、血管外側長さを一次元目の特徴とし、血管外径を二次元目の特徴として、目標血管セグメント上の各点に対応する外部輪郭特徴点を構築し、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、目標血管輪郭特徴点集合を得るのに用いられる。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

好ましくは、目標レジストレーション結果は、関心血管輪郭特徴点集合と目標血管輪郭特徴点集合との間の目標レジストレーション関係である。

【0045】

好ましくは、二次レジストレーションモジュールは、関心血管輪郭特徴点集合 S と目標血管輪郭特徴点集合 T に対してそれぞれ正規化処理を行い、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' を得るための正規化ユニットと、正規化ユニットから出力された正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' を受信して関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差を計算するための誤差計算ユニットであって、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差が予め設定された値以上になった場合、更新ユニットから出力された更新後の関心血管輪郭特徴点集合 S' を受信し、更新後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の前記特徴誤差を計算するための誤差計算ユニットと、誤差計算ユニットで計算された特徴誤差が予め設定された値より小さいか否かを判断するための誤差判断ユニットと、誤差判断ユニットは特徴誤差が予め設定された値より小さいと判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合 T' に基づいて前記目標レジストレーション関係を計算するためのレジストレーション関係計算ユニットと、誤差判断ユニットは特徴誤差が前記予め設定された値以上であると判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間のレジストレーション変換関係を得て、レジストレーション変換関係により関心血管輪郭特徴点集合 S' をレジストレーション変換した後の新たな関心血管輪郭特徴点集合 S'' を得るための変換関係計算ユニットと、関心血管輪郭特徴点集合 S' を変換関係計算ユニットで得られた新たな関心血管輪郭特徴点集合 S'' に更新するための更新ユニットと、を備える。

【0046】

好ましくは、二次レジストレーションモジュールは、誤差判断ユニットは特徴誤差が前記予め設定された値以上であると判断した場合、繰り返し回数が予め設定された回数より大きいか否かを判断するための繰り返し回数判断ユニットと、繰り返し回数判断ユニットは繰り返し回数が前記予め設定された回数より小さいと判断した場合、繰り返し回数に1を加えるための累加ユニットと、をさらに備え、レジストレーション関係計算ユニットは、さらに、繰り返し回数判断ユニットは繰り返し回数が前記予め設定された回数より大きいと判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合 T' に基づいて目標レジストレーション関係を計算するのに用いられる。

【0047】

好ましくは、二次レジストレーションモジュールは、誤差計算ユニットが正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差を計算する前に、繰り返し回数をゼロとするための初期ユニットをさらに備える。

【0048】

好ましくは、二次レジストレーションモジュールは、反復最近傍点アルゴリズム又はコヒーレント点ドリフトアルゴリズム又はロバスト性点マッチングアルゴリズムにより、第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得る。

【0049】

好ましくは、血管腔内画像は、OCT画像又はIVUS画像である。

【0050】

相応に、本発明はコンピューティングデバイスであって、各種の指令を実現するためのプロセッサと、プロセッサによりロードされて上記の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行する複数の指令を記憶するためのメモリと、を備えるコンピューティングデバイスをさらに提供する。

【0051】

10

20

30

40

50

上記の技術手段を用いたコンピューティングデバイスは、血管外部画像と腔内画像の快速で、正確なレジストレーションを実現できる。相応に、本発明は、プロセッサによりロードされて上記の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行するための複数の指令が記憶される記憶媒体をさらに提供する。

【0052】

上記の技術手段を用いた記憶媒体は、血管外部画像と腔内画像の快速で、正確なレジストレーションを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を示すフローチャートである。

10

【図2】本発明の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法中の一次レジストレーションステップを示すフローチャートである。

【図3】本発明の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法中の二次レジストレーションステップを示すフローチャートである。

【図4】本発明の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置を示す構造ブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0054】

以下、特定の具体的な実施例で本発明の実施形態を説明し、当業者は本明細書によって開示された内容から本発明のほかの利点及び効果を容易に理解できる。本発明の記述は好ましい実施例と合わせて一緒に紹介するが、これはこの発明の特徴が該実施形態のみに限定されることを表したのではない。まさしく逆であり、実施形態と合わせて発明を紹介する目的は、本発明の特許請求の範囲に基づいて拡張可能なほかの選択又は改造をカバーするためである。本発明を深く理解させるために、以下の記述には、多くの具体的な細部が含まれる。本発明はこれらの細部を使用せずに実施をしてもよい。また、本発明の重点を混乱させ又は曖昧にさせることを避けるために、ある一部の具体的な細部は記述において省略される。なお、コンフリクトがない場合には、本発明中の実施例及び実施例中の特徴を互いに組み合わせることができる。なお、本明細書では、似ている符号やアルファベットは次の図面において類似の項目を表し、したがって、ある項目が1つの図面に定義されると、以降の図面にそれをさらに定義及び解釈する必要がない。「第一」、「第二」等の用語は、単に説明を区別するためのものであり、相対的な重要性を指し示す又は暗示すると理解することができない。「近位端」、「遠位端」という用語は相対位置であり、血管の主動脈からの遠近によるものであって、主動脈から近い端が近位端であり、主動脈から遠い端が遠位端である。

20

【0055】

本発明の目的、技術手段及び利点をより明確にするために、以下、図面を参照しながら本発明の実施形態についてさらに詳しく記述する。

【0056】

図1に示すように、本発明は血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を開示し、次のステップを含む。

40

第一取得ステップS1：血管腔内画像において関心血管セグメントの第一特徴情報を取得し、第一特徴情報は関心血管セグメントの内部輪郭情報及び内部分枝情報を含む。

具体的には、関心血管セグメントは正常な血管に対して異常が現れたあるセグメントの血管であってもよい。本発明の実施例では、血管腔内画像はOCT画像であってもよく、IVUS画像であってもよい。即ち、内部輪郭情報と内部分枝情報はOCT/IVUS等の腔内画像から取得される。内部輪郭情報は血管内各所の血管内径と血管内側長さを含んでも良い。その中で、血管内径とは腔内画像に基づいて得た血管直径を指す。血管内側長さは血管内のある1箇所から起点までの血管軸線に沿った長さである。具体的には、起点は血管腔内画像においてサンプリングした関心血管セグメントの近位端に接近する端点であ

50

る。又、OCTは遠位端から近位端へ後退して画像形成したため、該起点はOCTの後退終点だと言って良い。内部分枝情報は内部分枝の番号（該番号は該分枝が血管上の何個目の分枝に属する情報を含む）及び該分枝の関心血管セグメントに対する位置情報を含んでもよい。

【0057】

血管腔内画像において取得された関心血管セグメントの第一特徴情報の取得について、該腔内画像は直接取得した既に分離した関心血管セグメントのみを含んだ画像であってもよく、1セグメントの血管の腔内画像から選出された関心血管セグメントに対応する画像であってもよい。本発明はこれについて制限されない。腔内画像の出处は直接導入した関連データであってもよく、その他の資源ライブラリからリアルタイムに配置接続して取得してもよく、さらに記憶した画像データベースからユーザの名前等の情報に基づいて検索した後取得してもよい。本発明はこれについても制限されない。腔内画像データはDICOM（医用デジタル画像と通信）フォーマットであることが好ましい。DICOMは、次の優勢を有する。医用デジタル画像の収集、アーカイブ、通信、表示及び照会等の殆どあらゆる情報交換のプロトコルをカーバしている。オープンインターコネクションのアーキテクチャとオブジェクト指向の方法で、一まとまりの各種類の医学診断画像及びその関連する分析、報告等の情報を含むオブジェクト集合を定義している。情報伝達、交換に用いるサービスクラスと命令集合、及びメッセージの標準応答を定義している。各類の情報オブジェクトをマークする技術を詳しく述べている。ネットワーク環境（OSI又はTCP/IP）に用いるサービスサポートを提供している。製造メーカの適合性宣言（Conformance Statement）を構造的に定義している。DICOMフォーマットを用いることで、医用画像情報の交換の実現を大いに簡素化でき、ほかの医用アプリケーションシステムHIS、RIS等との関連協同作用が容易になる。

【0058】

第二取得ステップS2：血管外部画像において参照血管の第二特徴情報を取得し、参照血管は関心血管セグメントの所在する血管全体であり、第二特徴情報は参照血管の外部輪郭情報及び外部分枝情報を含む。

【0059】

具体的には、血管外部画像は冠動脈造影画像であってもよく、血管外部の輪郭情報を反映している。当業者は、勿論、直接関心血管セグメントに対応する血管セグメントの外部画像を収集してもよいと理解できるが、出願人は、直接収集して取得した関心血管セグメントに対応する血管セグメントに対し、本実施例の本ステップで収集したのが関心血管セグメントの所在する血管全体（即ち血管の近位端点から血管の遠位端点までの血管全体）の外部画像情報であり、表面上は冗長な情報を収集したが、実際に続いてくる処理ステップと合わせて、全体的にさらに処理効率の向上に有利であると発見した。

【0060】

具体的には、外部輪郭情報は血管各所の血管外径と血管外側長さを含んでもよい。その中で、血管外径とは血管外部画像に基づいて得た血管直径である。血管外側長さは血管外部輪郭上のある1箇所から該血管近位端までの血管軸線に沿った長さである。外部分枝情報は外部分枝血管の番号（該番号は該分枝が血管上の何個目の分枝に属する情報を含む）と該外部分枝血管の参照血管に対する位置情報を含んでもよい。

【0061】

一次レジストレーションステップS3：第一特徴情報及び第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、第三特徴情報を得、第三特徴情報は血管外部画像中の関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報及び外部分枝情報を含む。但し、文章中に言及した関心血管セグメントが血管内部に位置し、目標血管セグメントとは関心血管セグメントに対応する血管外部に位置する血管セグメントを指す。

【0062】

即ち、関心血管セグメントの状況をより全面的に把握するために、関心血管セグメントの血管内部と血管外部の情報をそれぞれ知る必要があり、第二特徴情報は参照血管全体の

10

20

30

40

50

外部輪郭情報であり、したがって、第一特徴情報と第二特徴情報に対してレジストレーションを行って所要の目標血管セグメントの外部輪郭情報を得ることができる。

【0063】

二次レジストレーションステップS4：第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得る。

【0064】

好ましくは、目標レジストレーション結果は、第三特徴情報との間の特徴誤差が予め設定された条件を満たす目標特徴情報であってもよい。又は、目標レジストレーション結果は、第一特徴情報と第三特徴情報との間の目標レジストレーション関係であってもよい。又は、目標レジストレーション結果は、上記の目標特徴情報を含むと共に、上記の第一特徴情報と第三特徴情報との間の目標レジストレーション関係も含む。

10

【0065】

一次レジストレーションステップでは、ただ大ざっぱに第一特徴情報と第二特徴情報に対してレジストレーションを行って所要の関心血管の外部輪郭情報を得ただけなので、第一特徴情報とステップS3で得られた第三特徴情報にはマッチングミス又は比較的大きいずれが存在し得るため、二次レジストレーションにより第一特徴情報と第三特徴情報に対してさらにマッチングを行う必要がある。但し、本発明が提供した血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法において、第一取得ステップと第二取得ステップの順序は交換可能であり、即ち、関心血管セグメントの第一特徴情報をまず取得してから、関心血管セグメントの所在する血管全体の第二特徴情報を取得しても良いし、関心血管セグメントの所在する血管全体の第二特徴情報をまず取得してから、関心血管セグメントの第一特徴情報を取得しても良い。さらに、関心血管セグメントの第一特徴情報と関心血管セグメントの所在する血管全体の第二特徴情報を同時に取得しても良い。本発明は関心血管セグメントの第一特徴情報と関心血管セグメントの所在する血管全体の第二特徴情報の取得順序について制限されない。

20

【0066】

具体的には、本発明に言及した血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法は、例えば、左回転枝、左前下行枝冠状動脈、右冠状動脈等の冠状動脈血管の外部画像と腔内画像のレジストレーションに適用できる。

【0067】

本発明が提供した血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法は、血管の直径と分枝情報を十分に利用し、複数回のレジストレーションの方法により直接全自動の冠動脈造影画像と腔内画像のレジストレーションを実現した。該方法は、一フレームの冠動脈造影画像に対して検出し分割するだけでよく、手動によるマークや三次元再構築をする必要がなく、快速で簡便であり、正確性が高く、ロバスト性が高い等の利点を有する。このロバスト性とは、主に計算に必要なデータによる該方法への影響度を指す。ロバスト性が高いことは、データのばらつきによる該レジストレーション方法への影響が小さいことを表し、即ち該レジストレーション方法の安定性が高い。

30

【0068】

さらに、具体的に実施する時、OCT/IVUS腔内画像を収集する過程の中で、各種の生理又は物理要素がOCT/IVUSプローブの摂動を引き起こし得るため、OCT/IVUS画像の収集平面が血管面に垂直するものではなく、さらには続いてくる一次レジストレーションと二次レジストレーションの精度度に影響を与えることになる。該影響を避けるために、さらに一次レジストレーションを行う前に、取得したOCT/IVUS画像に対して角度校正を行って、粗レジストレーション及び精レジストレーションの精度率を高めることができる。具体的には、趙海昇、楊豊、林慕丹らは、『科学技術及び工程』2015、15(36)：84～90に発表された「冠状動脈CAG三次元再構築モデルを融合した角度校正の研究」をテーマにした論文に提出された方法を用いてOCT/IVUS画像の角度を校正しても良い。

40

【0069】

50

具体的には、図 2 に示すように、一次レジストレーションステップ S 3 は、具体的に、下記ステップを含む：

【 0 0 7 0 】

ステップ S 3 1：血管外部画像において、参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭情報に基づいて参照血管輪郭特徴点集合を得、参照血管輪郭特徴点集合は血管外部画像に取得された参照血管の外部輪郭上の各点の血管外径と各点から参照血管近位端までの血管外側長さを含む。

【 0 0 7 1 】

具体的には、該ステップでは、参照血管輪郭特徴点集合を得る過程は、血管外部画像中の参照血管の外部輪郭曲線に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭を各点から参照血管近位端までの血管外側長さを一次元目の特徴とし、該点の血管外径を二次元目の特徴として、各点の外部輪郭特徴点を構築するステップと、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、参照血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含んでも良い。

【 0 0 7 2 】

好ましくは、血管外部画像をサンプリングする時、外部画像中の各画素点を 1 つのサンプリング点として、外部画像に対して均一にサンプリングを行い、血管外部輪郭曲線上の各画素点に対応する血管外径と血管外側長さを取得しても良い。勿論、1 つ又は 2 つ或いはより多くの画素点の間隔をとって外部画像に対して均一にサンプリングを行っても良い。ここで制限されない。

【 0 0 7 3 】

さらに、従来の分割アルゴリズム又は深層学習アルゴリズム或いは深層学習で得られた予測結果と従来の方法に基づいて設計して得られた先験的知識とを融合する方法により外部画像中の冠動脈血管を分割し、分割の結果によって血管外側長さ、血管外径等の情報を計算してもよい。例えば、出願番号が CN 202010134217.7 である特許において、深層学習モデルの方法により冠動脈血管を切断して長さや直径などの情報を得た。

【 0 0 7 4 】

ステップ S 3 2：血管腔内画像において、関心血管セグメントの血管腔内画像に対して均一にサンプリングを行い、関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて関心血管輪郭特徴点集合を得、関心血管輪郭特徴点集合は関心血管セグメントの腔内画像中の各フレーム画像に対応する血管位置点での血管内径と血管内側長さを含む。

【 0 0 7 5 】

具体的には、血管腔内画像はシーケンス画像であり、その一フレームの画像が血管内部のある 1 箇所の血管断面画像に対応し、即ち、血管腔内画像は血管内部各所の血管断面画像からなる。一般に、OCT/IVUS 血管腔内画像の撮影頻度は、100 frame/s 又は 180 frame/s であり、カテーテルの後退速度は、18 mm/s 又は 20 mm/s 或いは 36 mm/s であり、カテーテルを血管内部において後退させることにより、血管内部の構造を撮影したのである。腔内画像に対して均一にサンプリングを行う時、フレーム毎の腔内画像を 1 つのサンプル点として、各フレームの腔内画像に対応する血管内部各位置点での血管内径と血管内側長さを取得してもよい。

【 0 0 7 6 】

具体的には、関心血管輪郭特徴点集合を得る過程は、血管腔内画像のシーケンス画像中の各フレームを 1 つの検出点として、血管腔内画像を検出するステップと、各フレーム画像に対応する血管位置点と起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築するステップと、あらゆる内部輪郭特徴点に基づき、関心血管輪郭特徴点集合を得るステップと、を含んでも良い。但し、上記のフレーム毎の血管腔内画像を検出することにより関心血管輪郭特徴点集合を得る方法を除き、1 フレーム置きに検出する又は固定間隔のフレームを検出する方法により関心血管輪郭特徴点集合を得ることもできる。具体的には、一つのフレーム、二つのフレーム又は複数のフレームの間隔をとって、血管腔内画像シーケンス画

10

20

30

40

50

像に対して均一に検出し、各検出点の画像に対応する血管位置点と起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、該血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築し、あらゆる内部輪郭特徴点に基づき、関心血管輪郭特徴点集合を得る。

【0077】

さらに、特許出願番号がCN201710438256.4である中国特許に言及した方法を利用して血管を分割することによって、血管内側長さと血管内径等の輪郭情報を得ることができる。

【0078】

言い換えれば、即ち、参照血管輪郭特徴点集合を構築する時、先ず、参照血管の外部輪郭曲線を離散化し、参照血管輪郭曲線上の点毎に1つの二次元ベクトルで示され、該二次元ベクトルの一次元目の特徴は該点の血管外側長さであり、該二次元ベクトルの二次元目の特徴は該点の血管外径であり、それから点毎に対応する二次元ベクトル集合を参照血管輪郭特徴点集合とする。同様に、関心血管輪郭特徴点集合の構築過程は大体類似しているが、OCT/IVUS腔内画像がもともと離散したフレーム毎のシーケンス画像であるため、腔内画像に対して離散化処理を行う必要がなく、直接各フレーム画像を直接1つのサンプル点として、同様に、各フレーム画像に対応する血管位置情報は二次元ベクトルで示されてもよく、その一次元目の特徴が相応のフレーム画像に対応する血管点の血管内側長さであってもよく、その二次元目の特徴が該点の血管内径であってもよく、それから、各フレーム画像に対応する二次元ベクトル集合を関心血管輪郭特徴点集合としてもよい。なお、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合中の各点は、二次元ベクトルで示されてよいばかりでなく、三次元ベクトル又はより多くの次元ベクトルで示されてよい。三次元以上のベクトルで示される場合、そのベクトル中の各次元特徴は、それぞれ長さ、直径、血管横断面積、分枝血管直径、分枝開口方向等の特徴情報であってもよい。

【0079】

ステップS33：参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に基づいて第三特徴情報を得る。

【0080】

さらに、スライディングウィンドウによる快速目標検出方法に基づき、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に対して一次レジストレーションを行って第三特徴情報を得ても良い。具体的には、該一次レジストレーションプロセスは、次のステップを含んでもよい。

【0081】

ステップS331：参照血管輪郭特徴点集合に基づいて参照領域を構築し、関心血管輪郭特徴点集合に基づいてスライディングウィンドウを構築する。

【0082】

好ましくは、腔内画像中の関心血管セグメントの開始点（即ち参照血管近位端点に接近する端点）をスライディングウィンドウの左境界とし、腔内画像中の関心血管セグメントの終止点（即ち参照血管遠位端点に接近する端点）をスライディングウィンドウの右境界としてもよい。スライド領域の境界はそれぞれ参照血管の近位端点と遠位端点である。

【0083】

ステップS332：スライディングウィンドウを参照領域でスライドさせ、参照血管輪郭特徴点集合、関心血管輪郭特徴点集合、参照血管の外部分枝情報及び関心血管セグメントの内部分枝情報によって参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度を計算する。

【0084】

具体的には、参照血管の外部分枝情報は、血管外部画像において取得された参照血管の各分枝血管の番号と、各分枝血管分岐点から参照血管近位端までの血管外側長さと、を含み、関心血管セグメントの内部分枝情報は、血管腔内画像において取得された関心血管セグメントの各分枝血管の番号と、各分枝血管から起点までの血管内側長さと、を含んでも

10

20

30

40

50

良い。参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合のうちの各特徴点が順序に配列されたため、分枝番号も各分枝の血管輪郭線における位置によって自動的にソートされる。

【0085】

具体的には、スライドする過程の中で、スライディングウィンドウの左境界を参照領域の近位端点に重なり合わせ、それから、スライディングウィンドウを次第に参照領域の近位端点からその遠位端点にスライドさせてもよい。スライディングウィンドウの右境界を参照領域の遠位端点に重なり合わせ、それから、スライディングウィンドウを次第に参照領域の遠位端点から参照領域の近位端点にスライドさせてもよい。ここで、スライド方向について限定されない。

【0086】

具体的には、スライドする過程の中で、スライディングウィンドウに参照領域において1点を移動させるたびに、スライディングウィンドウと参照領域中のスライディングウィンドウに対応するサブ領域とのマッチ度を一回計算してもよい、即ち、スライドする過程の中で、マッチ度の総計算回数が参照血管輪郭特徴点集合のうちの総点数と関心血管輪郭特徴点集合のうちの総点数との差値に等しい。勿論、スライディングウィンドウに参照領域において2点以上を移動させるたびに、スライディングウィンドウと参照領域中のスライディングウィンドウに対応するサブ領域とのマッチ度を一回計算してもよい。即ち、本発明では、計算した各マッチ度により第一特徴情報と第二特徴情報の一次レジストレーションを実現できればよい。具体的にどれだけのマッチ度を利用するについて要求されない。

【0087】

さらに、目標評価関数を用いて現参照領域の外部画像中の冠動脈参照血管セグメントとOCT/IVUS腔内画像中の冠動脈関心血管セグメントとのマッチ度を計算してもよい、該マッチ度は直径情報と分枝情報によって算出されてもよい。勿論、上記のマッチ度の計算は、特徴点集合のうちの各点が二次元ベクトルである場合についてのものであり、特徴点集合のうちの各点が三次元以上のベクトルである場合、該マッチ度は、さらに、直径情報、分枝情報及びベクトルに含まれるその他の情報によって算出されてもよい、ここで、限定されない。

【0088】

さらに、スライドする過程の中で、スライディングウィンドウと相応の領域内の各サブ領域とのマッチ度をより計算し易くするために、スライディングウィンドウ内各点の間隔を参照領域内各点の間隔に等しくするように設置してもよい。したがって、本発明では、参照領域とスライディングウィンドウを構築する前に、関心血管輪郭特徴点集合のうちのいずれか隣接する2点の間の距離に基づき、血管外部画像中の参照血管の外部輪郭に対して改めて均一にサンプリングを行うステップをさらに含んでもよい。具体的には、腔内画像がOCT又はIVUS画像である場合、カテーテルの後退速度とOCT/IVUSの撮影頻度によって関心血管輪郭特徴点集合のうちの隣接する2点の間の距離を計算し、それから、該距離をサンプリング刻み幅として、改めて血管外部画像において参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行ってもよい。具体的には、関心血管輪郭特徴点集合のうちの隣接する2点の間の距離がカテーテルの後退速度と一フレームの腔内画像の撮影に要した時間との積に等しい。一フレームの腔内画像の撮影に要した時間が撮影頻度の逆数に等しいから、該距離がカテーテルの後退速度を撮影頻度で割った値になる。

【0089】

さらに、参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度の計算方法は、次のステップを含む。

【0090】

参照血管輪郭特徴点集合のうちの血管外径と関心血管輪郭特徴点集合のうちの血管内径に基づき、直径マッチングスコアを計算する。該直径マッチングスコアは、

【数7】

$$S_d = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_{si} - d_{ii}| \quad (1)$$

10

20

30

40

50

であってもよい。式(1)中、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 N は、スライディングウィンドウ特徴点総数、即ち関心血管輪郭特徴点集合のうちの各点の総数を表し、 d_{s_i} は、スライディングウィンドウにおける第*i*個特徴点に対応する血管内径を表し、 d_{t_i} は、参照領域における第*i*個特徴点に対応する血管外径を表す。より具体的には、 d_{t_i} は、参照領域中のスライディングウィンドウの所在するサブ参照領域内の第*i*個特徴点に対応する血管外径である。即ち、式(1)に言及した参照領域の第*i*個特徴点は、実際には参照領域中の現スライディングウィンドウの所在するサブ参照領域内の第*i*個特徴点であり、スライディングウィンドウの移動過程において変化するものである。

【0091】

参照血管の外部分枝情報と関心血管セグメントの内部分枝情報に基づき、分枝マッチングスコアを計算する。分枝マッチングスコアは、

10

【数8】

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M dist_i \quad (2)$$

であってもよい。式(2)中、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 M は、スライディングウィンドウにおける分枝総数、即ち関心血管セグメント中のあらゆる分枝血管の総数を表し、 $dist_i$ は、スライディングウィンドウ中の第*i*個分枝血管と参照領域中の該分枝血管に最も近い分枝血管との間の距離を表す。具体的には、距離 $dist_i$ は、分枝の血管における位置(即ち血管起点からの分枝血管長さ)によって計算可能であり、例えば、スライディングウィンドウの第*i*個分枝の所在する位置の分枝血管内側長さを l_1 とし、参照領域中の該分枝に最も近い分枝の所在する位置の分枝血管外側長さを l_2 とした場合、距離 $dist_i = |l_1 - l_2|$ である。

20

【0092】

直径マッチングスコアと分枝マッチングスコアに基づき、マッチング関数を構築し、マッチング関数によってマッチ度を計算する。

具体的には、マッチング関数は、

【数9】

$$S = \frac{1}{\beta S_d + (1 - \beta) S_b} \quad (3)$$

30

であってもよい。ここで、 S は、マッチング関数を表し、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 β は、重み係数を表し、 $0 < \beta < 1$ である。ここで、 β を、直径情報と分枝情報の重要度又は取得した両者の精度に基づいて設置してもよい。例えば、直径情報と分枝情報が同じ重要であると認めた場合、 β を0.5に設置してもよい。もしそのうちの一方の検出精度又は正確率が低ければ、当該一方の重み係数を下げること考慮してもよい。式(3)中、 β を直径情報の重み係数と見なしてもよい、 $1 - \beta$ を分枝情報の重み係数と見なしても良い。好ましくは、本発明では、 β の取りうる値の範囲を0.3~0.7に設置した。

【0093】

ステップS333：各マッチ度を比較し、第三特徴情報を得る。
具体的には、式(3)によってスライディングウィンドウと参照領域中の各サブ領域との間のマッチ度を計算し、ここで、参照領域中のスライディングウィンドウとのマッチ度の最大のサブ領域に対応する血管セグメントは目標血管セグメントであり、第三特徴情報は該目標血管セグメントに対応する目標血管輪郭特徴点集合である。

40

【0094】

即ち、本発明中の一実施例では、一次レジストレーションステップは、直径情報と分枝情報を合わせて、スライディングウィンドウによる快速目標検出方法を用いて外部画像及びOCT/IVUS腔内画像に対して粗レジストレーションを行ったものであり、この方法は計算過程が簡単で、冠動脈外部造影画像において手動で対応のOCT/IVUS画像

50

血管の終始点を位置決める必要があるという課題を解決し、人工操作ステップを減らし、アルゴリズムの自動化程度を高めた。

【0095】

さらに、一次レジストレーションステップS3では、目標血管輪郭特徴点集合を確立するステップをさらに含んでもよい。具体的には次の通りである。

【0096】

第三特徴情報に基づき、血管外部画像中の目標血管セグメント外部輪郭曲線上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを確定し、及び、目標血管セグメントの外部分枝情報を確定し、血管外側長さを一次元目の特徴とし、血管外径を二次元目の特徴として、目標血管セグメント上の各点に対応する外部輪郭特徴点を構築し、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、目標血管輪郭特徴点集合を得る。

10

【0097】

さらに、二次レジストレーションステップS4は、一次レジストレーションステップS3の粗マッチング結果に基づき、直径情報と分枝情報を融合したレジストレーションアルゴリズムを用いて関心血管輪郭特徴点集合と目標血管輪郭特徴点集合に対して繰り返し計算することで、2つの輪郭特徴点集合の差異が最小になるようにすることによって、精レジストレーションの目的を達成する。好ましくは、目標レジストレーション結果を第一特徴情報と第三特徴情報との間の対応レジストレーション関係として選び取ってもよい。具体的には、該対応レジストレーション関係は、目標血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合によって計算してもよい、即ち第一特徴情報と第三特徴情報との間の対応レジストレーション関係は、具体的に目標血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合との間の目標レジストレーション関係であってもよい。

20

【0098】

具体的には、図3に示すように、二次レジストレーションプロセスにおいて、OCT/IVUS腔内画像中の関心血管輪郭特徴点集合をSとし、外部造影画像中の目標血管輪郭特徴点集合をTとして、該二次レジストレーションステップS4は、次のステップを含んでもよい。

【0099】

a) 関心血管輪郭特徴点集合Sと目標血管輪郭特徴点集合Tに対してそれぞれ正規化処理を行い、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'を得る。

30

b) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'との間の特徴誤差を計算し、具体的には、特徴誤差の計算式は、

【数10】

$$E = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N m_{ij} \|t_i - s_j\|^2$$

であってもよく、ここで、 t_i は、目標血管輪郭特徴点集合のうちの第*i*個特徴点、 s_j は、関心血管輪郭特徴点集合のうちの第*j*個特徴点、 m_{ij} は、点 t_i と s_j との間のマッチ度、Nは、目標血管輪郭特徴点集合又は関心血管輪郭特徴点集合のうちの特徴点の総数である。

40

c) 特徴誤差が予め設定された値より小さいか否かを判断し、そうであると、既にレジストレーションしたと認められ、関心血管輪郭特徴点集合S'が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合T'に基づいて目標レジストレーション関係を計算し、でないか、次のステップを実行し、具体的には、予め設定された値を実情に応じて設定してもよい、一般的には、0.01に設置してもよく、即ち特徴誤差が0.01未満の場合、既にレジストレーションしたと認められる。

d) 関心血管輪郭特徴点集合S'と目標血管輪郭特徴点集合T'との間のレジストレーション変換関係を計算して得て、レジストレーション変換関係によって関心血管輪郭特徴点集合S'をレジストレーション変換した後の新たな関心血管輪郭特徴点集合S''を得、具体

50

的には、レジストレーション変換関係 f は、非剛体変形の空間変換関数： $f = S d + w$ であり、ここで、 d は、アフィン変換行列、 w は、非アフィン変換項である。

e) 関心血管輪郭特徴点集合 S' を新たな関心血管輪郭特徴点集合 S'' に更新し、ステップ b) へ戻って実行する。

【0100】

具体的に実施する時、予め設定された値を小さく設置したため、上記の繰り返しプロセスがどのように繰り返しても、計算した特徴誤差はいつも予め設定された値以上になり、さらに無限ループに陥り、さらにはレジストレーション効率に影響を与えてしまう。この課題を解決するために、出願人は繰り返しプロセスにおいて、更新後の関心血管輪郭特徴点集合と目標血管輪郭特徴点集合との間の特徴誤差が繰り返し回数の増加につれて次第に小さくなることを発見し、したがって、本発明の一実施例では、最大繰り返し回数を設置することで、繰り返しプロセスに無限ループが出てくるのを避けることができる。即ち、たとえ繰り返しプロセスにおいて、特徴誤差が予め設定された値より小さくなくても、最終的な繰り返し回数の累計が一定の数値に達した時、この時に精レジストレーションの目的が達成したと認められる。

10

【0101】

具体的には、ステップ c) とステップ d) との間に 1 つの判断条件を添加してもよい、該判断条件は、次の内容を含んでもよい。特徴誤差が予め設定された値以上である場合、繰り返し回数が予め設定された回数より大きいかなかを判断し、そうであると、既にレジストレーションしたと認められ、関心血管輪郭特徴点集合 S' が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合 T' によって目標レジストレーション関係を計算し、でないか、繰り返し回数に 1 を加えて、次のステップを実行する。具体的には、予め設定された回数を実情に応じて設定してもよい、例えば、100 回に設置する。

20

【0102】

さらに、繰り返し回数の計算と判断を容易にするために、さらに、ステップ b) の前に繰り返し回数をゼロに設置してもよい。上記の繰り返し計算によって解を求めるプロセスにより、2 つの輪郭特徴点集合の差異を最小にさせることによって、目標血管セグメントの外部画像と関心血管セグメントの腔内画像にそれぞれ対応する特徴点集合のうちの各点との間の 1 対 1 対応を実現する。

30

【0103】

上記から分かるように、以上のステップにより二次レジストレーションを行った後、第一特徴情報と第三特徴情報との間の対応レジストレーション関係を得ることができるだけでなく、第三特徴情報との間の特徴誤差が予め設定された条件を満たす目標特徴情報をさらに得ることができる。

【0104】

さらに、二次レジストレーションステップでは、さらに、反復最近傍点アルゴリズム又はコヒーレント点ドリフトアルゴリズム又はロバスト性点マッチングアルゴリズムにより、第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得ることができる。

40

【0105】

二次レジストレーションステップは、直径情報と分枝情報を融合した非剛体レジストレーションアルゴリズムを用い、繰り返しによって最適化するプロセスにより 2 つの点集合間の特徴の差異を最小にさせ、2 つの点集合間のマッピングパラメータを得、2 つの点集合間の対応関係を探り出すことによって、レジストレーションを実現する。直径と分枝情報は、直接血管組織の輪郭トポロジー特徴を反映することができ、IVUS センサー先端に対して位置決めることによりレジストレーションを行う方法と比べて、該方法はより高い安定性を有する。

【0106】

本発明が提供した血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法は、冠動脈外部画

50

像及びOCT/IVUS腔内画像に基づく輪郭情報により、複数回のレジストレーション（粗レジストレーション及び精レジストレーション）の方法でマルチモダリティ血管画像に対する精確なレジストレーションを実現した。該方法は、ワン・ストップ式の全自動のマルチモダリティ画像レジストレーションを実現し、人工操作ステップを減らし、かなりの程度で人為的な要素による誤差を避けた。また、該レジストレーションプロセスは、血管外部画像に対して三次元再構築を行う必要がなく、レジストレーションアルゴリズムの複雑さ及び時間消費を下げた。

【0107】

相応に、図4に示すように、本発明は、第一取得モジュール1、第二取得モジュール2、一次レジストレーションモジュール3及び二次レジストレーションモジュール4を備える血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置をさらに提供した。第一取得モジュール1は、血管腔内画像において関心血管セグメントの第一特徴情報を取得するのに用いられ、第一特徴情報が関心血管セグメントの内部輪郭情報と内部分枝情報を含む。第二取得モジュール2は、血管外部画像において参照血管の第二特徴情報を取得するのに用いられ、参照血管が関心血管セグメントの所在する血管全体であり、第二特徴情報が参照血管の外部輪郭情報と外部分枝情報を含む。一次レジストレーションモジュール3は、第一特徴情報と第二特徴情報に対して一次レジストレーションを行い、第三特徴情報を得るのに用いられ、第三特徴情報が血管外部画像中の関心血管セグメントに対応する目標血管セグメントの外部輪郭情報と外部分枝情報を含む。二次レジストレーションモジュール4は、第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得るのに用いられる。

10

20

【0108】

好ましくは、目標レジストレーション結果は、第三特徴情報と間の特徴誤差が予め設定された条件を満たす目標特徴情報であってもよい。又は、目標レジストレーション結果は、第一特徴情報と第三特徴情報と間の目標レジストレーション関係であってもよい。さらに、目標レジストレーション結果は、さらに、上記の目標特徴情報を含むと共に、上記の第一特徴情報と第三特徴情報と間の目標レジストレーション関係を含んでもよい。

【0109】

具体的には、一次レジストレーションモジュール3は、血管外部画像では、参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭情報に基づいて、血管外部画像に取得された参照血管の外部輪郭上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを含む参照血管輪郭特徴点集合を得るための第一サンプリングユニット31と、血管腔内画像では、関心血管セグメントの血管腔内画像に対してサンプリングを行い、関心血管セグメントの内部輪郭情報に基づいて、関心血管セグメントの腔内画像中の各フレーム画像に対応する血管位置点での血管内径と血管内側長さを含む関心血管輪郭特徴点集合を得るための第二サンプリングユニット32であって、各血管位置点での血管内側長さが該点と起点との間の距離であり、起点が血管腔内画像から収集された関心血管セグメント近位端に接近する端点である第二サンプリングユニット32と、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合に基づいて第三特徴情報を得るための取得ユニット33と、を備えてもよい。

30

40

【0110】

好ましくは、第一サンプリングユニット31は血管外部画像に対してサンプリングを行う時、外部画像中の各画素点を1つのサンプリング点として、外部画像に対して均一にサンプリングを行い、血管外部輪郭曲線上の各画素点に対応する血管外径と血管外側長さ取得してもよい。

【0111】

好ましくは、血管腔内画像はOCT画像又はIVUS画像である。一般に、OCT/IVUS血管腔内画像の撮影頻度は100frame/s又は180frame/sであり、カテーテルの後退速度は18mm/s又は20mm/s或いは36mm/sであり、カテーテルを血管内部において後退させることにより、血管内部の構造を撮影したものであ

50

る。第二サンプリングユニット 3 2 は腔内画像に対して均一にサンプリングを行う時、フレーム毎の腔内画像を 1 つのサンプル点として、各フレームの腔内画像に対応する血管内部各位置点での血管内径と血管内側長さを取得してもよい。

【 0 1 1 2 】

好ましくは、取得ユニット 3 3 は、具体的に、参照血管輪郭特徴点集合に基づいて参照領域を構築し、関心血管輪郭特徴点集合に基づいてスライディングウィンドウを構築するためのウィンドウ構築ユニット 3 3 1 と、スライディングウィンドウを参照領域にスライドさせ、参照血管輪郭特徴点集合、関心血管輪郭特徴点集合、参照血管の外部分枝情報及び関心血管セグメントの内部分枝情報によって参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度を計算するためのマッチ度計算ユニット 3 3 2 と、各マッチ度を比較し、第三特徴情報を得るための比較ユニット 3 3 3 と、を備えてもよい。

10

【 0 1 1 3 】

好ましくは、参照血管の外部分枝情報は、血管外部画像に取得された参照血管の各分枝血管の番号と、各分枝血管分岐点から参照血管近位端までの分枝血管外側長さと、を含み、関心血管セグメントの内部分枝情報は、血管腔内画像に取得された関心血管セグメントの各分枝血管の番号と、各分枝血管から起点までの血管内側長さと、を含む。

【 0 1 1 4 】

好ましくは、マッチ度計算ユニットが参照領域中の各領域とスライディングウィンドウとの間のマッチ度に対する計算方法は、参照血管輪郭特徴点集合のうちの血管外径と関心血管輪郭特徴点集合のうちの血管内径に基づき、直径マッチングスコアを計算するステップと、参照血管の外部分枝情報と関心血管セグメントの内部分枝情報に基づき、分枝マッチングスコアを計算するステップと、直径マッチングスコアと分枝マッチングスコアに基づき、マッチング関数を構築し、マッチング関数によってマッチ度を計算するステップと、を含む。

20

【 0 1 1 5 】

好ましくは、直径マッチングスコアは、

【数 1 1】

$$S_d = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |d_{si} - d_{ti}|$$

30

であり、ここで、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 N は、スライディングウィンドウ特徴点総数、即ち関心血管輪郭特徴点集合のうちの各点の総数を表し、 d_{si} は、スライディングウィンドウにおける第 i 個特徴点に対応する血管内径を表し、 d_{ti} は、参照領域における第 i 個特徴点に対応する血管外径を表す。より具体的には、 d_{ti} は、参照領域中のスライディングウィンドウの所在するサブ参照領域内の第 i 個特徴点に対応する血管外径である。即ち、上記式に言及した参照領域の第 i 個特徴点は、実際には参照領域中のスライディングウィンドウの所在するサブ参照領域内の第 i 個特徴点であり、スライディングウィンドウの移動過程において変化するものである。

【 0 1 1 6 】

好ましくは、分枝マッチングスコアは、

【数 1 2】

$$S_b = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M dist_i$$

40

であり、ここで、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 M は、スライディングウィンドウにおける分枝総数を表し、 $dist_i$ は、スライディングウィンドウにおける第 i 個分枝血管と参照領域中の該分枝血管に最も近い分枝血管との間の距離を表す。具体的には、距離 $dist_i$ は、分枝の血管における位置（即ち血管起点からの分枝血管長さ）によって計算可能であり、例えば、スライディングウィンドウにおける第 i 個分枝の所在する位置の分枝血管内側長さを l_i とし、参照領域中の該分枝に最も近い分枝の所在する位置の分枝血

50

管外側長さを l_2 とした場合、距離 $dist_i = |l_1 - l_2|$ である。

【0117】

好ましくは、マッチング関数は、

【数13】

$$S = \frac{1}{\beta S_d + (1 - \beta) S_b}$$

であり、ここで、 S は、マッチング関数を表し、 S_d は、直径マッチングスコアを表し、 S_b は、分枝マッチングスコアを表し、 β は、重み係数を表し、 $0 < \beta < 1$ である。ここで、

β を、直径情報と分枝情報の重要度又は取得した両者の精度に基づいて設置してもよい。例えば、直径情報と分枝情報が同じ重要であると認めた場合、 β を 0.5 に設置してもよい。もしそのうちの一方の検出精度又は正確率が低ければ、当該一方の重み係数を下げることができる。上記のマッチング関数では、 β を直径情報の重み係数と見なしてもよい、 $1 - \beta$ を分枝情報の重み係数と見なしてもよい。

10

【0118】

好ましくは、 β の取りうる値の範囲は、 $0.3 \sim 0.7$ である。

【0119】

好ましくは、参照領域中のスライディングウィンドウとのマッチ度が最大の領域に対応する血管セグメントが目標血管セグメントである。

【0120】

好ましくは、第一サンプリングユニット31は、血管外部画像中の参照血管の外部輪郭曲線に対して均一にサンプリングを行い、参照血管の外部輪郭を各点に離散させるための第一離散サブユニットと、各点から参照血管近位端までの血管外側長さを一次元目の特徴とし、該点の血管外径を二次元目の特徴として、各点の外部輪郭特徴点を構築するための第一構築サブユニットと、あらゆる外部輪郭特徴点に基づき、参照血管輪郭特徴点集合を得るものと、を備える。

20

【0121】

好ましくは、第二サンプリングユニット32は、血管腔内画像シーケンスの画像中の各フレームを1つの検出点として、血管腔内画像を検出するための第二フレーミングサブユニットと、各フレーム画像に対応する血管位置点と起点との間の血管内側長さを一次元目の特徴とし、血管位置点での血管内径を二次元目の特徴として、各フレーム画像の内部輪郭特徴点を構築するための第二構築サブユニットと、あらゆる内部輪郭特徴点に基づき、関心血管輪郭特徴点集合を得るものと、を備える。但し、第二フレーミングサブユニットは、第二構築サブユニットが関心血管輪郭特徴点集合を得るように、フレーム毎の血管腔内画像を検出してよいし、第二構築サブユニットが関心血管輪郭特徴点集合を得るように、血管腔内画像に対して1フレーム置きに検出し、又は固定間隔のフレームに対して検出してよい。

30

【0122】

具体的には、第一サンプリングユニット31が参照血管輪郭特徴点集合を構築する時、第一離散サブユニットは参照血管の外部輪郭曲線を離散化し、第一構築サブユニットは参照血管輪郭曲線上の各点を1つの二次元ベクトルで示し、該二次元ベクトルの一次元目の特徴は該点の血管外側長さであり、該二次元ベクトルの二次元目の特徴は該点の血管外径であって、各点に対応する二次元ベクトル集合を参照血管輪郭特徴点集合とする。同様に、第二サンプリングユニット32は、関心血管輪郭特徴点集合の構築過程が大体類似しているが、 $OCCT/IVUS$ 腔内画像がもともと離散したフレーム毎のシーケンス画像であるため、もう腔内画像に対して離散化処理を行う必要がなく、第二フレーミングサブユニットは、直接各フレーム画像を直接1つのサンプル点とする。第二構築サブユニットは、各フレーム画像に対応する血管位置情報を二次元ベクトルで示してもよく、その一次元目の特徴が相応のフレーム画像に対応する血管点の血管内側長さであってもよく、その二次元目の特徴が該点の血管内径であってもよく、それから、第二構築サブユニットは、各フ

40

50

レーム画像に対応する二次元ベクトル集合を関心血管輪郭特徴点集合としてもよい。

【 0 1 2 3 】

なお、参照血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合のうちの各点は、二次元ベクトルで示されてよければかりでなく、三次元ベクトル又はより多くの次元ベクトルで示されてよい。三次元以上のベクトルで示される場合、そのベクトル中の各次元目の特徴は、それぞれ長さ、直径、血管横断面積、分枝血管直径、分枝開口方向等の特徴情報であってもよい。

【 0 1 2 4 】

好ましくは、一次レジストレーションモジュール 3 は、ウィンドウ構築ユニットが参照領域とスライディングウィンドウを構築する前に、関心血管輪郭特徴点集合のうちの隣接する 2 点の間の距離を計算するための距離計算ユニットをさらに備え、第一サンプリングユニット 3 1 は、さらに、血管外部画像において、距離に基づいて参照血管の外部輪郭に対して改めて均一にサンプリングを行うのに用いられる。

10

【 0 1 2 5 】

具体的には、腔内画像が OCT 又は IVUS 画像である場合、距離計算ユニットは、カテーテルの後退速度と OCT / IVUS の撮影頻度によって関心血管輪郭特徴点集合のうちの隣接する 2 点の間の距離を計算してもよい、該距離がカテーテルの後退速度を撮影頻度で割った値になる。第一サンプリングユニット 3 1 は、さらに該距離をサンプリング刻み幅として、改めて血管外部画像において参照血管の外部輪郭に対して均一にサンプリングを行ってもよい。こうして、スライディングウィンドウ内の各点の間隔を参照領域内各点の間隔に等しくするように設置することで、スライドする過程におけるスライディングウィンドウと対応の領域内の各サブ領域とのマッチ度をより計算し易い。

20

【 0 1 2 6 】

好ましくは、第一サンプリングユニット 3 1 は、さらに、第三特徴情報に基づき、血管外部画像中の目標血管セグメントの外部輪郭曲線上の各点に対応する血管外径と血管外側長さを確定し、及び、目標血管セグメントの外部分枝情報を確定し、血管外側長さを一次元目の特徴とし、血管外径を二次元目の特徴として、目標血管セグメント上の各点に対応する外部輪郭特徴点を構築し、あらゆる外部輪郭特徴点に基づいて、目標血管輪郭特徴点集合を得るのに用いられる。

【 0 1 2 7 】

好ましくは、目標レジストレーション結果を第一特徴情報と第三特徴情報との間の対応レジストレーション関係として選び取ってもよい。具体的には、該対応レジストレーション関係は、目標血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合によって計算してもよい、即ち第一特徴情報と第三特徴情報との間の対応レジストレーション関係は、具体的に目標血管輪郭特徴点集合と関心血管輪郭特徴点集合との間の目標レジストレーション関係であってもよい。

30

【 0 1 2 8 】

好ましくは、二次レジストレーションモジュール 4 は、関心血管輪郭特徴点集合 S と目標血管輪郭特徴点集合 T に対してそれぞれ正規化処理を行い、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' を得るための正規化ユニット 4 1 と、正規化ユニットから出力された正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' を受信して関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差を計算するため誤差計算ユニット 4 2 であって、正規化処理後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差が予め設定された値以上になった場合、更新ユニットから出力された更新後の関心血管輪郭特徴点集合 S' を受信し、更新後の関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差を計算するための誤差計算ユニット 4 2 と、誤差計算ユニット 4 2 で計算された特徴誤差が予め設定された値より小さいか否かを判断するための誤差判断ユニット 4 3 と、誤差判断ユニット 4 3 は特徴誤差が予め設定された値より小さいと判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭

40

50

特徴点集合 T' に基づいて目標レジストレーション関係を計算するためのレジストレーション関係計算ユニット 46 と、誤差判断ユニット 43 は特徴誤差が予め設定された値以上であると判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間のレジストレーション変換関係を得て、レジストレーション変換関係により関心血管輪郭特徴点集合 S' をレジストレーション変換した後の新たな関心血管輪郭特徴点集合 S'' を得るための変換関係計算ユニット 44 と、関心血管輪郭特徴点集合 S' を前記変換関係計算ユニット 44 で得られた新たな関心血管輪郭特徴点集合 S'' に更新するための更新ユニット 45 と、を備える。

【0129】

具体的には、予め設定された値は実情に応じて設定可能であり、一般的には、0.01 に設置してもよく、即ち、特徴誤差が 0.01 より小さい場合、既にレジストレーションしたと認められる。

10

【0130】

好ましくは、二次レジストレーションモジュール 4 は、誤差判断ユニットは特徴誤差が予め設定された値より大きい又は小さいであると判断した場合、繰り返し回数が予め設定された回数より大きいか否かを判断するための繰り返し回数判断ユニットと、繰り返し回数判断ユニットは繰り返し回数が予め設定された回数より小さいと判断した場合、繰り返し回数に 1 を加えるための累加ユニットと、をさらに備えてもよい。

【0131】

レジストレーション関係計算ユニット 46 は、さらに、繰り返し回数判断ユニットが繰り返し回数が予め設定された回数より大きいと判断した場合、関心血管輪郭特徴点集合 S' が目標特徴情報であると確定して、目標特徴情報と正規化処理後の目標血管輪郭特徴点集合 T' に基づいて目標レジストレーション関係を計算するのに用いられる。具体的には、予め設定された回数は実情に応じて設定可能であり、例えば、100 回に設置する。

20

【0132】

好ましくは、二次レジストレーションモジュール 4 は、誤差計算ユニットが正規化処理後の関心のある血管輪郭特徴点集合 S' と目標血管輪郭特徴点集合 T' との間の特徴誤差を計算する前、繰り返し回数をゼロとするための初期ユニットをさらに備える。

【0133】

好ましくは、二次レジストレーションモジュール 4 は、反復最近傍点アルゴリズム又はコヒーレント点ドリフトアルゴリズム又はロバスト性点マッチングアルゴリズムにより、第一特徴情報と第三特徴情報に対して二次レジストレーションを行い、目標レジストレーション結果を得る。

30

【0134】

本発明が提供した血管外部画像と腔内画像のレジストレーション装置を用いることで、血管の直径と分枝情報により、複数回のレジストレーションの方法で直接全自動の冠動脈造影画像と腔内画像のレジストレーションを実現できる。該装置はただ一フレームの冠動脈造影画像に対して検出・分割を行うだけでよく、手動でマークや三次元再構築をする必要がなく、快速で簡便であり、正確性が高く、ロバスト性が高い等の利点を有する。

【0135】

本発明は、各種の指令を実現するためのプロセッサと、プロセッサによりロードされて上記の血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行する複数の指令を記憶するためのメモリと、を備えるコンピューティングデバイスをさらに提供した。上記の技術案に係るコンピューティングデバイスによれば、血管外部画像と腔内画像の快速、正確なレジストレーションを実現可能である。

40

【0136】

本発明の実施例は、プロセッサによりロードされて上記に言及された血管外部画像と腔内画像のレジストレーション方法を実行する、複数の指令が記憶される記憶媒体をさらに開示した。上記の技術案に係る記憶媒体によれば、血管外部画像と腔内画像の快速、正確なレジストレーションを実現可能である。

50

【 0 1 3 7 】

本願に開示された各実施形態は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア又はこれらの実現方法の組合せで実現されることができる。本願の実施例は、プログラマブルシステムに実行されるコンピュータプログラム又はプログラムコードとして実現可能であり、該プログラマブルシステムが少なくとも1つのプロセッサ、記憶システム（発揮性と不揮発性メモリ及び／又は記憶素子を備える）、少なくとも1つの入力装置及び少なくとも1つの出力装置を備える。プログラムコードを入力指令に用いることで、本願に記載の各機能を実行して出力情報を生成することができる。既知の方式で出力情報を1つ又は複数の出力装置に用いることができる。本願の目的を達成するために、処理システムは、例えば、デジタル信号プロセッサ（DSP）、マイクロコントローラ、専用集積回路（ASIC）又はマイクロプロセッサのようなプロセッサを有する如何なるシステムを備える。

10

【 0 1 3 8 】

処理システムと通信するように、プログラムコードは、高級プログラム言語又はオブジェクト指向のプログラミング言語で実現してもよい。必要な場合、アセンブラ言語又は機械語でプログラムコードを実現してもよい。事実上、本願に記載のメカニズムは、如何なる特定のプログラミング言語の範囲に限定されない。いずれの場合でも、該言語は、コンパイラ言語又はインタプリタ言語であってもよい。

【 0 1 3 9 】

ある場合には、開示された実施形態は、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア又はその如何なる組合せで実現することができる。開示された実施例は、さらに1つ又は複数の一時的又は非一時的な機械可読（例えば、コンピュータ可読）記憶媒体にロードされ又はその上に記憶された指令により実現されることができ、それは1つ又は複数のプロセッサで読み取られ、実行されてもよい。例えば、指令は、ネットワークにより又はほかのコンピュータ可読媒体により配信されても良い。したがって、機械可読媒体は、機械（例えば、コンピュータ）可読の形で情報を記憶又は転送するための如何なるメカニズムを含んでもよく、フロッピーディスク、レーザーディスク、光ディスク、読み出し専用メモリ（CD-ROMs）、光磁気ディスク、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、消去可能プログラマブル読み出し専用メモリ（EPROM）、電氣的に消去可能なプログラマブル読み出し専用メモリ（EEPROM）、磁気カード又は光カード、フラッシュメモリ、又はインターネットにより電気、光、音声又はその他の形の伝播信号で情報（例えば、キャリア、赤外線信号デジタル信号等）を転送するための有形の機械可読メモリを含むが、これらに限らない。したがって、機械可読媒体は、機械（例えば、コンピュータ）可読の形で電子指令又は情報を記憶又は転送するための如何なる種類の機械可読媒体を含む。

20

30

【 0 1 4 0 】

図面において、特定の配置及び／又は順序で幾つかの構造又は方法特徴を示してもよい。しかし、このような特定の配置及び／又はソートは必要とされない可能性がある。ある実施例では、これらの特徴は、説明的な図に示される方式及び／又は順序とは異なって配置されてもよい。また、特定の図において構造又は方法特徴を含むことは、決してあらゆる実施例においてもこのような特徴が必要であることを暗示したことを意味しているものではない。かつ、ある実施例では、これらの特徴を含まないか、又はほかの特徴と組み合わせるようにしてもよい。但し、本願の各装置実施例に言及された各モジュール／ユニットのいずれも、ロジックモジュール／ユニットであり、物理的には、1つのロジックモジュール／ユニットは、1つの物理モジュール／ユニットであってもよく、1つの物理モジュール／ユニットの一部であってもよく、さらに複数の物理モジュール／ユニットの組合せで実現されてもよい。これらのロジックモジュール／ユニットそれ自体の物理的な実現方式は、最も重要なものではなく、これらのロジックモジュール／ユニットに実現される機能の組合せこそが本願に提出された技術課題を解決するキーポイントである。また、本願の革新的な部分を際立たせるために、本願の上記各装置実施例では、本願に提出される技術課題の解決に関係がそれほど緊密でないモジュール／ユニットを引き入れておらず、

40

50

上記の装置実施例にはほかのモジュール/ユニットが存在しないことを表明するものではない。

【 0 1 4 1 】

本発明の幾つかの好ましい実施形態を参照することで、本発明について図示と記述を行ったが、当業者は、以上の内容が具体的な実施形態を合わせて本発明について行われた更なる詳細な説明であることをはっきり理解すべきであり、本発明の具体的な実施はこれらの説明のみに限定されていると認定することができない。当業者は、本発明の主旨と範囲から逸脱することなく、形式上と細部上においてそれに対して、若干の簡単な推断演繹又は置換をすることを含む、さまざまな変更を行うことができる。

10

20

30

40

50

【 図 面 】

【 図 1 】

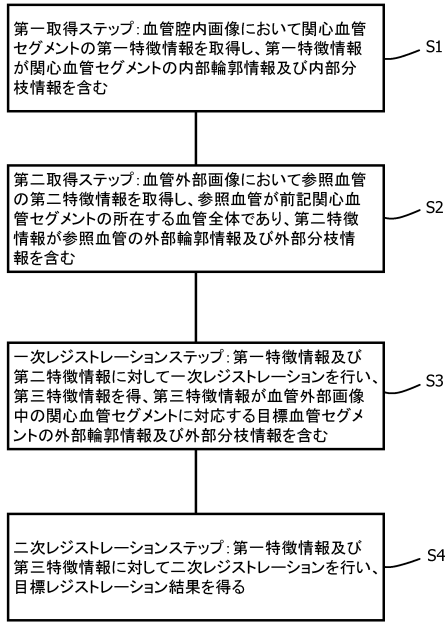


図1

【 図 2 】

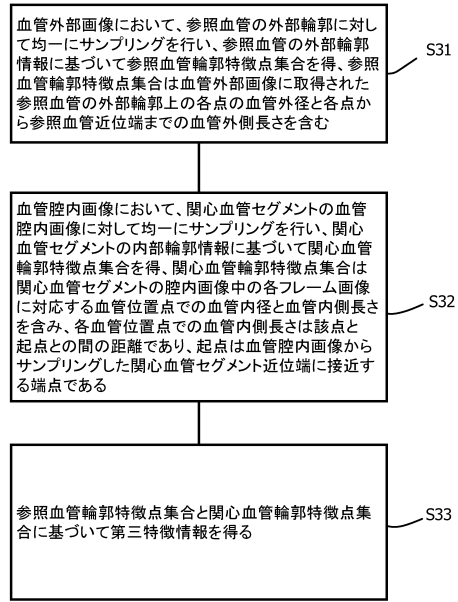


図2

【 図 3 】

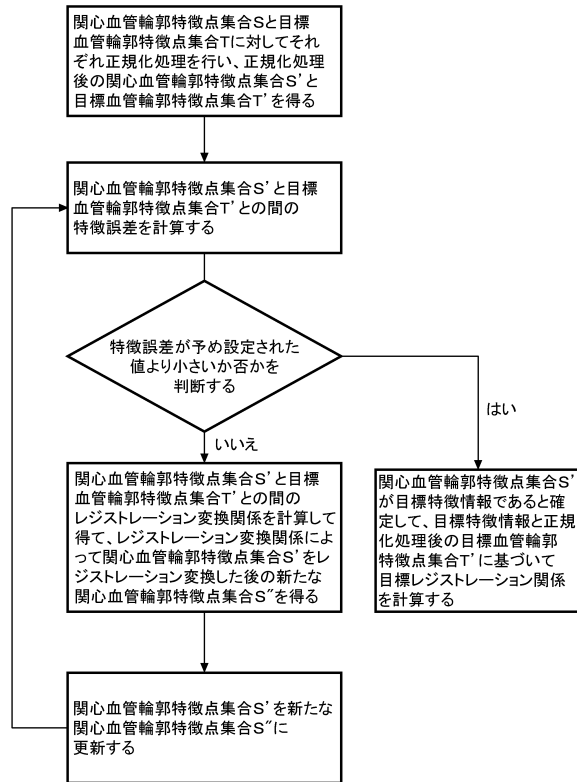


図3

【 図 4 】

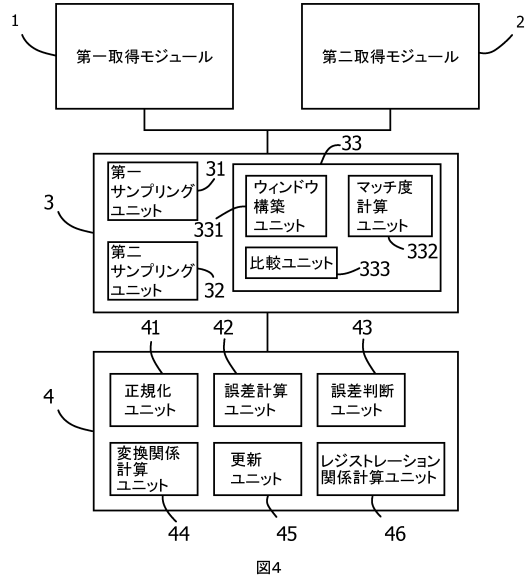


図4

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 弁理士 小川 護晃
(74)代理人 100168642
弁理士 関谷 充司
(74)代理人 100217076
弁理士 宅間 邦俊
(74)代理人
- 池本 理絵
(72)発明者 リー, イングアン
中華人民共和国, ジアンス, スーチョウ, クンシャン・シティー, ユシャン・タウン, ズチョンジ
・サウス・ロード ナンバー 1699, コンプレックス・ビルディング, ノース・ビルディング,
ルーム 1009
(72)発明者 チン, フウイ
中華人民共和国, ジアンス, スーチョウ, クンシャン・シティー, ユシャン・タウン, ズチョンジ
・サウス・ロード ナンバー 1699, コンプレックス・ビルディング, ノース・ビルディング,
ルーム 1009
(72)発明者 トウ, シャンシェン
中華人民共和国, ジアンス, スーチョウ, クンシャン・シティー, ユシャン・タウン, ズチョンジ
・サウス・ロード ナンバー 1699, コンプレックス・ビルディング, ノース・ビルディング,
ルーム 1009
- 審査官 藤原 敬利
(56)参考文献 特開2015-039578(JP, A)
特表2013-543786(JP, A)
特表2004-518488(JP, A)
米国特許出願公開第2012/0059253(US, A1)
米国特許出願公開第2017/0018116(US, A1)
米国特許出願公開第2012/0130243(US, A1)
RFA治療のための3次元超音波像およびCT像の非線形位置合わせ法の提案, 電子情報
通信学会技術研究報告 Vol. 110 No. 364 MI2010-92, 2011年01月1
2日
単純2値化頭部CTA画像を用いた血管追跡による血管芯線および径の推定, 電子情報通
信学会技術研究報告 Vol. 111 No. 389 MI2011-142, 2012年01月1
2日
Suhaili Beeran Kutty;Rahmita Wirza O.K. Rahmat;Sazzli Kassim;Hizmawati Madzin;Hazlina H
amdan, A Review of 3D Reconstruction of Coronary Arteries Based on the Co-registration
of IVUS and Coronary Angiogram, 2014 International Conference on Computer Assisted S
ystem in Health, IEEE, 2014年12月19日, 1~5, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7286660>
Chenxi Huang;Yuan Xie;Yisha Lan;Yongtao Hao;Fei Chen;Yongqiang Cheng;Yonghong Peng
, A New Framework for the Integrative Analytics of Intravascular Ultrasound and Optical C
oherence Tomography Images, IEEE Access, IEEE, 2018年05月22日, Volume: 6, 3640
8-36419, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8362608>
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G06T 1/00 - 7/90
G06V 10/00 - 20/90