(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6733745号
(P6733745)
(45)発行日　令和2年8月5日(2020.8.5)　(24)登録日　令和2年7月13日(2020.7.13)

(51)Int.Cl.　F I
A61B 5/055 (2006.01)　A61B 5/055 380
G06T 7/00 (2017.01)　G06T 7/00 612
G06T 1/00 (2006.01)　G06T 1/00 290B
A61B 6/03 (2006.01)　A61B 6/03 360D
　　A61B 6/03 360G
請求項の数 18　(全 24 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2018-560433 (P2018-560433)
(86)(22)出願日　平成29年1月27日 (2017.1.27)
(65)公表番号　特表2019-512361 (P2019-512361A)
(43)公表日　令和1年5月16日 (2019.5.16)
(86)国際出願番号　PCT/US2017/015408
(87)国際公開番号　WO2017/139110
(87)国際公開日　平成29年8月17日 (2017.8.17)
審査請求日　平成30年8月8日 (2018.8.8)
(31)優先権主張番号　15/018,442
(32)優先日　平成28年2月8日 (2016.2.8)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100092093
弁理士　辻居　幸一
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚　文昭
(74)代理人　100109070
弁理士　須田　洋之
(74)代理人　100109335
弁理士　上杉　浩
(74)代理人　100120525
弁理士　近藤　直樹

最終頁に続く

(54)【発明の名称】体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
体積画像データセットをセグメント化する方法であって、
画像処理デバイスによって入力体積画像データセットの初期セグメント化を実行して主血管構造と複数の分割セグメントとを取得する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路を該複数の分割セグメントの該分割セグメントの第１のボクセルと該主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づいて演算する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の有効加重経路を前記演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて決定する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記決定された有効加重経路に基づいて勾配場に対して最終セグメント化を実行することによって出力体積画像データセットを発生させる段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記入力体積画像データセットを濾過して平滑化された体積画像データセットを取得する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記平滑化された体積画像データセットを事前定義された閾値に基づいてバイナリ体積画像データセットに変換する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記平滑化された体積画像データセットに対応する第１

の勾配ベクトルと前記バイナリ体積画像データセットに対応する第２の勾配ベクトルとの間のベクトル差を決定する段階と、　を含むことを特徴とする方法。

【請求項２】

前記画像処理デバイスにより、トップハット変換、ボトムハット変換、オープニング・モルフォロジー（opening morphology）、クロージング・モルフォロジー（closing morphology）、及びヒストグラム等化を含む１又は２以上の画像強化技術を使用することによって前記入力体積画像データセットを強化する段階を更に含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項３】

前記画像処理デバイスにより、頭部境界までの距離判断基準に基づいて前記入力体積画像データセットに対して頭皮除去演算を実行する段階を更に含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項４】

前記決定されたベクトル差に基づいて前記勾配場を発生させる段階を更に含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項５】

前記画像処理デバイスにより、複数の第１のノードと、複数の第２のノードと、複数のエッジとを含むグラフを発生させる段階を更に含み、

前記複数の第１のノードからの第１のノードが、前記複数の分割セグメントのうちの前記分割セグメントの前記第１のボクセルに対応し、

前記複数の第２のノードからの第２のノードが、前記主血管構造の前記第２のボクセルに対応し、

前記複数のエッジの各々が、前記演算された加重経路に対応する、

ことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項６】

前記１又は２以上のパラメータは、前記第１のボクセルの強度、前記第２のボクセルの強度、及び該第１のボクセルと該第１のボクセルに関連付けられた１又は２以上の近傍ボクセルとの間の類似性の尺度を含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項７】

前記演算された有効加重経路は、前記主血管構造の前記第１のボクセルと前記分割セグメントの前記第２のボクセルとの間の最短経路であることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項８】

前記複数の分割セグメントのうちの前記分割セグメントは、前記演算された有効加重経路を通じて前記主血管構造に接続されることを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項９】

前記１又は２以上の事前指定された条件は、前記分割セグメントの長さが前記演算された加重経路の長さを超えるという第１の条件を含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１０】

前記１又は２以上の事前指定された条件は、前記演算された加重経路と前記主血管構造の間の角度が事前定義された閾値角度値よりも小さいという第２の条件を更に含むことを特徴とする請求項１に記載の方法。

【請求項１１】

体積画像データセットのセグメント化のためのシステムであって、

画像処理デバイス内の１又は２以上の回路、

を含み、

前記１又は２以上の回路は、

入力体積画像データセットの初期セグメント化を実行して主血管構造と複数の分割セグメントとを取得し、

前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路を該複数の分割セグメントのうちの該分割セグメントの第１のボクセルと該主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づいて演算し、
前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の有効加重経路を前記演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて決定し、
前記決定された有効加重経路に基づいて勾配場に対して最終セグメント化を実行することによって出力体積画像データセットを発生させ、
前記入力体積画像データセットを濾過して平滑化された体積画像データセットを取得し、
事前定義された閾値に基づいて、前記平滑化された体積画像データセットを閾値分析してバイナリ体積画像データセットを取得し、かつ
前記平滑化された体積画像データセットに対応する第１の勾配ベクトルと前記バイナリ体積画像データセットに対応する第２の勾配ベクトルとの間のベクトル差を決定する、
ように構成される、
ことを特徴とするシステム。
【請求項１２】
前記１又は２以上の回路は、
１又は２以上の画像強化技術を使用することによって前記入力体積画像データセットを強化し、かつ
頭部境界までの距離条件に基づいて前記入力体積画像データセットに対して頭皮除去演算を実行する、
ように構成される、
ことを特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１３】
前記１又は２以上の回路は、前記決定されたベクトル差に基づいて前記勾配場を発生させるように構成されることを特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１４】
前記１又は２以上の回路は、複数の第１のノードと、複数の第２のノードと、複数のエッジとを含むグラフを発生させるように構成され、
前記複数の第１のノードからの第１のノードが、前記複数の分割セグメントのうちの前記分割セグメントの前記第１のボクセルに対応し、
前記複数の第２のノードからの第２のノードが、前記主血管構造の前記第２のボクセルに対応し、
前記複数のエッジの各々が、前記演算された加重経路に対応する、
ことを特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１５】
前記演算された有効加重経路は、前記分割セグメントの前記第１のボクセルと前記主血管構造の前記第２のボクセルとの間の最短経路であり、
前記複数の分割セグメントのうちの前記分割セグメントは、前記演算された有効加重経路を通じて前記主血管構造に接続される、
ことを特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１６】
前記１又は２以上の事前指定された条件は、前記分割セグメントの長さが前記演算された加重経路の長さを超えるという第１の条件を含むことを特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１７】
前記１又は２以上の事前指定された条件は、前記演算された加重経路と前記主血管構造の間の角度が事前定義された閾値角度値よりも小さいという第２の条件を更に含むことを

特徴とする請求項１１に記載のシステム。
【請求項１８】
画像処理デバイスによって入力体積画像データセットの初期セグメント化を実行して主血管構造と複数の分割セグメントとを取得する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路を該複数の分割セグメントの該分割セグメントの第１のボクセルと該主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づいて演算する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記主血管構造と前記複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の有効加重経路を前記演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて決定する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記決定された有効加重経路に基づいて勾配場に対して最終セグメント化を実行することによって出力体積画像データセットを発生させる段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記入力体積画像データセットを濾過して平滑化された体積画像データセットを取得する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記平滑化された体積画像データセットを事前定義された閾値に基づいてバイナリ体積画像データセットに変換する段階と、
前記画像処理デバイスにより、前記平滑化された体積画像データセットに対応する第１の勾配ベクトルと前記バイナリ体積画像データセットに対応する第２の勾配ベクトルとの間のベクトル差を決定する段階と、
を含む段階をコンピュータに実行させるための１組のコンピュータ実行可能命令を格納した非一時的コンピュータ可読ストレージ媒体。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
〔関連出願への相互参照／引用による組み込み〕
なし
【０００２】
本発明の開示の様々な実施形態は、体積画像データセット内の血管構造のセグメント化に関する。より具体的には、本発明の開示の様々な実施形態は、ヒト被験者の解剖学的部分の体積画像データセット内の血管構造のセグメント化に関する。
【背景技術】
【０００３】
最近の医療科学の進歩により、３次元（３Ｄ）磁気共鳴血管撮影（ＭＲＡ）体積データのような様々な進歩した医療画像化モダリティを発生させるために解剖学的構造に様々な自動化放射線診断手段を実行することができる。ＭＲＡは、解剖学的構造の血管の３Ｄ画像を生成する非侵襲性医療画像化モダリティである。
【０００４】
このように取得される医療画像化モダリティは、３Ｄ体積データから取得されたチューブ様解剖学的構造に利用される２次元（２Ｄ）及び／又は３Ｄ画像セグメント化手順の使用によって後処理することができる。そのような画像セグメント化手順は、狭窄又は奇形のような様々な血管異常を診断するために医師のようなユーザによって利用することができる解剖学的領域の微細血管構造を発生させることができる。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
ある一定のシナリオでは、画像セグメント化手順は、ＭＲＡ体積データのような入力体積データ内のシード点の初期化のためのユーザ介入を必要とする場合がある。そのような初期化は、シード点及び閾値の手動選択を含む場合がある。更に、この選択は、入力体積

データから解剖学的領域の微細血管構造を抽出するために複数通過で実行される場合がある。解剖学的領域からの微細血管構造の抽出は、困難で不正確な処理である場合がある。複数通過でシード点及び閾値の複数の選択を提供するためのそのようなユーザ介入は、ユーザにとって面倒であると考えられる。

【０００６】

他のシナリオでは、抽出された微細結果構造の詳細な視野は、解剖学的領域内の血管セグメントの複数の重複事例に起因して隠蔽される場合がある。抽出された微細血管構造は、他の非血管構造のノイズ成分及び類似な強度値を含む場合がある。従って、シード点及び閾値を自動的に初期化し、かつ血管構造の臨床診断及び定量分析のために単一通過で微細血管構造を抽出することができる強化されて正確な血管セグメント化手順の必要性が存在する。

【０００７】

慣例的かつ従来的な手法の更に別の制限及び欠点は、本出願の残りにかつ図面を参照して示す説明するシステムの本発明の開示の一部の態様との比較を通して当業者には明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

特許請求の範囲により完全に示すように実質的に図の少なくとも１つに示すような及び／又はそれに関して説明するような体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステムを提供する。

【０００９】

本発明の開示のこれら及び他の特徴及び利点は、同じ参照番号が全体を通じて同じ部分を指す添付図面と共に本発明の開示の以下の詳細説明を精査することから認めることができる。

【図面の簡単な説明】

【００１０】

【図１】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のためのネットワーク環境を示すブロック図である。

【図２】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための例示的画像処理サーバのブロック図である。

【図３Ａ】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステムの実施のための例示的シナリオを他の図３と共に集合的に示す図である。

【図３Ｂ】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステムの実施のための例示的シナリオを他の図３と共に集合的に示す図である。

【図３Ｃ】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステムの実施のための例示的シナリオを他の図３と共に集合的に示す図である。

【図３Ｄ】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化のための方法及びシステムの実施のための例示的シナリオを他の図３と共に集合的に示す図である。

【図４】本発明の開示の実施形態による体積画像データセット内の血管構造のセグメント化の例示的方法の実施のための流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【００１１】

以下に説明する実施は、体積画像データセット内の血管構造のセグメント化の開示する方法及びシステムに見出すことができる。本発明の開示の例示的態様は、画像処理サーバによって入力体積画像データセットの初期セグメント化を実行する方法を含むことができる。初期セグメント化は、主血管構造及び複数の分割セグメントを取得するために実行す

ることができる。本発明の方法は、主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路の演算を更に含むことができる。演算は、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第１のボクセルと主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づくことができる。本方法は、演算加重経路及び１又は２以上の事前指定条件に基づく主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の有効加重経路の決定を更に含むことができる。出力体積画像データセットを発生させるために、最終セグメント化を実行することができる。

【００１２】

実施形態により、入力体積画像データセットの強化は、１又は２以上の画像強化技術の使用によって実行することができる。１又は２以上の画像強化技術は、トップハット変換、ボトムハット変換、オープニング・モルフォロジー（opening morphology）、クロージング・モルフォロジー（closing morphology）、及び／又はヒストグラム等化を含むことができる。頭部境界までの距離判断基準に基づいて、入力体積画像データセットに対して頭皮除去演算を更に実行することができる。

【００１３】

実施形態により、入力体積画像データセットは、濾過されて平滑化体積画像データセットを取得することができる。閾値を平滑化体積画像データセットに適用し、事前定義閾値に基づいてバイナリ体積画像データセットを取得することができる。第１の勾配ベクトルと第２の勾配ベクトルの間のベクトル差を決定することができる。第１の勾配ベクトルは、平滑化体積画像データセットに対応することができ、第２の勾配ベクトルは、バイナリ体積画像データセットに対応することができる。決定されたベクトル差に基づいて、勾配場を発生させることができる。

【００１４】

実施形態により、複数の第１のノード、複数の第２のノード、及び複数のエッジを含むグラフを発生させることができる。そのような場合に、複数の第１のノードからの第１のノードは、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第１のボクセルに対応することができる。複数の第２のノードからの第２のノードは、主血管構造の第２のボクセルに対応することができる。複数のエッジの各々は、演算加重経路に対応することができる。演算有効加重経路は、主血管構造の第１のボクセルと分割セグメントの第２のボクセルとの間の最短経路とすることができる。

【００１５】

実施形態により、演算加重経路は、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第１のボクセルと主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づくことができる。複数の分割セグメントのうちの分割セグメントは、決定演算加重経路を通じて主血管構造に接続することができる。

【００１６】

実施形態により、１又は２以上のパラメータは、第１のボクセルの強度、第２のボクセルの強度、及び第１のボクセルと第１のボクセルに関連付けられた１又は２以上の近傍ボクセルとの間の類似性の尺度を含む。実施形態により、１又は２以上の事前指定条件は、分割セグメントの長さがそれに基づいて演算加重経路の長さを超える第１の条件を含むことができる。実施形態により、１又は２以上の事前指定条件は、演算加重経路と主血管構造の間の角度が事前定義閾値角度値よりも小さい第２の条件を更に含む。

【００１７】

図１は、本発明の開示の実施形態による体積画像データセット（ＶＩＤ）内の血管構造のセグメント化のためのネットワーク環境を示すブロック図である。図１を参照すると、ネットワーク環境１００が示されている。ネットワーク環境１００は、医療撮像デバイス１０２、画像処理サーバ１０４、画像データベース１０６、ユーザ端末１０８、及び通信ネットワーク１１０を含むことができる。医療撮像デバイス１０２は、通信ネットワーク１１０を通じて画像処理サーバ１０４、画像データベース１０６、及びユーザ端末１０８に通信的に結合することができる。

【００１８】
医療撮像デバイス１０２は、捕捉された入力ＶＩＤの視覚表現を発生させるように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。捕捉された入力ＶＩＤは、臨床分析及び医療介入のための人体のような被験者の解剖学的部分に対応することができる。医療撮像デバイス１０２の例は、以下に限定されるものではないが、医療共鳴血管撮影（ＭＲＡ）スキャナ、コンピュータ断層撮影（ＣＴ）スキャナ、及び／又は通常のＸ線スキャナを含むことができる。
【００１９】
画像処理サーバ１０４は、ユーザ端末１０８及び／又は医療撮像デバイス１０２のような１又は２以上の加入電子デバイスに画像処理サービスを提供するように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。実施形態により、画像処理サーバ１０４は、医療撮像デバイス１０２によって捕捉された入力ＶＩＤを分析するように構成することができる。実施形態により、画像処理サーバ１０４は、当業者に公知のいくつかの技術を使用して複数のクラウドベースのリソースとして実施することができる。画像処理サーバ１０４は、単一又は複数のサービスプロバイダに関連付けることができる。１又は２以上のサーバの例は、以下に限定されるものではないが、Ａｐａｃｈｅ（登録商標）ＨＴＴＰサーバ、Ｍｉｃｒｏｓｏｆｔ（登録商標）インターネット情報サービス（ＩＩＳ）、ＩＢＭ（登録商標）アプリケーションサーバ、Ｓｕｎ Ｊａｖａ（登録商標）システムウェブサーバ、及び／又はファイルサーバを含むことができる。
【００２０】
当業者は、本発明の開示の範囲が別々のエンティティとして画像処理サーバ１０４と医療撮像デバイス１０２の実施に制限されないことを理解するであろう。実施形態により、画像処理サーバ１０４の機能は、本発明の開示の範囲から逸脱することなく医療撮像デバイス１０２内に実施することができる。
【００２１】
画像データベース１０６は、医療撮像デバイス１０２によって捕捉された１又は２以上の画像フレームのリポジトリを格納することができる。実施形態により、画像データベース１０６は、画像処理サーバ１０４に通信的に結合することができる。画像データベース１０６は、医療撮像デバイス１０２が入力ＶＩＤを捕捉した時に画像処理サーバ１０４を通じて入力ＶＩＤを受信することができる。実施形態により、画像データベース１０６は、当業技術で公知の様々なデータベース技術の使用によって実施することができる。画像データベース１０６の例は、以下に限定されるものではないが、Ｍｉｃｒｏｓｏｆｔ（登録商標）ＳＱＬサーバ、Ｏｒａｃｌｅ（登録商標）、ＩＢＭ ＤＢ２（登録商標）、ＭｉｃｒｏｓｏｆｔＡｃｃｅｓｓ（登録商標）、ＰｏｓｔｇｒｅＳＱＬ（登録商標）、ＭｙＳＱＬ（登録商標）、及び／又はＳＱＬｉｔｅ（登録商標）を含むことができる。実施形態により、画像処理サーバ１０４は、１又は２以上のプロトコルに基づいて画像データベース１０６に接続することができる。そのような１又は２以上のプロトコルの例は、以下に限定されるものではないが、開放データベース接続性（ＯＤＢＣ）（登録商標）プロトコル及びＪａｖａデータベース接続性（ＪＤＢＣ）（登録商標）プロトコルを含むことができる。
【００２２】
当業者は、本発明の開示の範囲が別々のエンティティとして画像処理サーバ１０４と画像データベース１０６の実施に制限されないことを理解するであろう。実施形態により、画像データベース１０６の機能は、本発明の開示の範囲から逸脱することなく画像処理サーバ１０４によって実施することができる。
【００２３】
ユーザ端末１０８は、医師のようなユーザに入力ＶＩＤを表示するためのユーザインタフェース（ＵＩ）を提示するように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。実施形態により、ユーザ端末１０８は、

手術又は診断手順が患者の解剖学的領域に行われる間、リアルタイムで入力ＶＩＤを表示するように構成することができる。ユーザ端末１０８は、画像処理サーバ１０４によって入力ＶＩＤの各画像内に局在化された１又は２以上の手術ツールを表示するように更に構成することができる。ユーザ端末１０８の例は、以下に限定されるものではないが、スマートフォン、カメラ、タブレットコンピュータ、ラップトップ、ウェアラブル電子デバイス、テレビジョン、インターネットプロトコルテレビジョン（ＩＰＴＶ）、及び／又は携帯情報端末（ＰＤＡ）デバイスを含むことができる。

【００２４】

当業者は、本発明の開示の範囲が別々のエンティティとしてユーザ端末１０８と画像処理サーバ１０４の実施に制限されないことを理解するであろう。実施形態により、画像処理サーバ１０４の機能は、本発明の開示の範囲から逸脱することなくユーザ端末１０８を用いて実施することができる。例えば、画像処理サーバ１０４は、ユーザ端末１０８上で実行される及び／又は上にインストールされるアプリケーションプログラムとして実施することができる。当業者は、実施形態により、ユーザ端末１０８を医療撮像デバイス１０２に一体化することができることを理解するであろう。これに代えて、ユーザ端末１０８は、医療撮像デバイス１０２に通信的に結合することができ、ユーザ端末１０８の医師のようなユーザは、ユーザ端末１０８を通じて医療撮像デバイス１０２を制御することができる。

【００２５】

通信ネットワーク１１０は、医療撮像デバイス１０２及び／又はユーザ端末１０８が画像処理サーバ１０４のような１又は２以上のサーバとそれを通じて通信することができる媒体を含むことができる。通信ネットワーク１１０の例は、以下に限定されるものではないが、インターネット、クラウドネットワーク、長期進化（ＬＴＥ）ネットワーク、無線フィデリティ（Ｗｉ－Ｆｉ）ネットワーク、無線ローカルエリアネットワーク（ＷＬＡＮ）、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）、旧式電話サービス（ＰＯＴＳ）、及び／又は都市エリアネットワーク（ＭＡＮ）を含むことができる。ネットワーク環境１００の様々なデバイスは、様々な有線及び無線通信プロトコルに従って通信ネットワーク１１０に接続するように構成することができる。そのような有線及び無線通信プロトコルの例は、以下に限定されるものではないが、送信制御プロトコル及びインターネットプロトコル（ＴＣＰ／ＩＰ）、ユーザデータグラムプロトコル（ＵＤＰ）、ハイパーテキスト転送プロトコル（ＨＴＴＰ）、ファイル転送プロトコル（ＦＴＰ）、ＺｉｇＢｅｅ、ＥＤＧＥ、赤外線（ＩＲ）、「ＩＥＥＥ　８０２」．１１、８０２．１６、セルラー通信プロトコル、及び／又はＢｌｕｅｔｏｏｔｈ（ＢＴ）通信プロトコルを含むことができる。

【００２６】

作動中に、ユーザは、キーボード、マウス、及び／又はタッチ感応表示画面のような１又は２以上の入力デバイスを通じてユーザ端末１０８で入力を提供することができる。受信した入力に基づいて、ユーザ端末１０８で要求を発生させることができる。発生された要求は、通信ネットワーク１１０を通じてユーザ端末１０８によって医療撮像デバイス１０２に送信することができる。ユーザ端末１０８から受信した要求に基づいて、人体のような被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤを捕捉するように医療撮像デバイス１０２を起動することができる。実施形態により、ローカルメモリに捕捉した入力ＶＩＤを格納するように医療撮像デバイス１０２を構成することができる。実施形態により、捕捉された入力ＶＩＤを通信ネットワーク１１０を通じて画像データベース１０６に送信するように医療撮像デバイス１０２を構成することができる。実施形態により、通信ネットワーク１１０を通じて画像処理サーバ１０４に捕捉した入力ＶＩＤを送信するように医療撮像デバイス１０２を構成することができる。

【００２７】

通信ネットワーク１１０を通じて医療撮像デバイス１０２から人体のような被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤを受信するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。そのような場合に、通信ネットワーク１１０を通じてユーザ端末１０８のユーザから受

信した要求に基づいて入力ＶＩＤを捕捉するように医療撮像デバイス１０２を構成することができる。そのような捕捉した入力ＶＩＤは、セグメント化誤差を導入すると考えられるノイズを含む場合がある。

【００２８】

実施形態により、通信ネットワーク１１０を通じて画像データベース１０６から入力ＶＩＤを受信するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。そのような場合に、入力ＶＩＤは、画像データベース１０６において事前格納することができ、かつユーザ端末１０８のユーザによって提供されるユーザ入力に基づいて受信することができる。

【００２９】

実施形態により、被験者の解剖学的領域の受信した入力ＶＩＤに初期セグメント化を実行するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。この初期セグメント化により、画像処理サーバ１０４は、血管強化演算に基づいて血管構造を強化することができる。血管強化演算は、トップハット変換のような当業技術で公知の１又は２以上の画像強化技術を含むことができる。初期セグメント化により、強化された血管構造を有する入力ＶＩＤを処理して、強化された血管を有する入力ＶＩＤ内で頭皮を取り除くように画像処理サーバ１０４を構成することができる。

【００３０】

初期セグメント化の結果として、画像処理サーバ１０４は、処理されたＶＩＤから最大接続血管セグメントを発生させることができる。最大接続血管セグメントを以下では「主血管構造」と呼ぶ場合がある。最大接続血管セグメントは別にして、ＶＩＤの残余部分は、主血管構造に接続されない場合がある１又は２以上の血管セグメントを含む場合がある。そのようなＶＩＤの残余部分は、複数の分割セグメントとして分類することができる。

【００３１】

実施形態により、入力ＶＩＤは、セグメント化誤差をもたらす場合がある被験者の脳のような解剖学的構造の境界で大きい勾配を含む場合がある。そのような場合に、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤに存在する大きい勾配を取り除くように画像処理サーバ１０４を構成することができる。ガウスフィルタ技術のような１又は２以上の平滑化技術に基づいて入力ＶＩＤに平滑化演算を実行するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。平滑化演算は、入力ＶＩＤから１又は２以上の高周波成分を低減するために入力ＶＩＤを濾過することができる。１又は２以上の高周波成分は、勾配除去のような１又は２以上の画像処理演算が入力ＶＩＤに行われる間にノイズを生成する場合がある。

【００３２】

予め決められた閾値に基づいて平滑化ＶＩＤからバイナリＶＩＤを発生させるように画像処理サーバ１０４を更に構成することができる。平滑化ＶＩＤ及びバイナリＶＩＤ内で勾配計算演算を実行するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。この結果、平滑化ＶＩＤ及びバイナリＶＩＤの両方の個々の勾配ベクトル量を発生させることができる。画像処理サーバ１０４は、勾配ベクトル量の間の差を計算することができ、「勾配フロー」と同義に呼ばれる計算ベクトル差に基づいて勾配場を決定する。

【００３３】

実施形態により、画像処理サーバ１０４は、入力ＶＩＤの初期セグメント化の結果を精緻化するように構成することができる。入力ＶＩＤの初期セグメント化の結果は、主血管構造及び複数の分割セグメントを含むことができる。画像処理サーバ１０４は、加重経路演算及びそのような血管精緻化のための接続経路検証を実行することができる。

【００３４】

血管精緻化により、複数の第１のノード、複数の第２のノード、及び複数のエッジを含むことができるグラフを発生させるように画像処理サーバ１０４を構成することができる。複数の第１のノードからの第１のノードは、主血管構造の第１のボクセルに対応することができる。複数の第２のノードからの第２のノードは、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第２のボクセルに対応することができる。実施形態により、主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間の複数の最短加重経路

を推測及び演算するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。この結果、画像処理サーバ１０４は、加重ＶＩＤを発生させるように構成することができる。経路の重みは、ボクセルに関連付けられた１又は２以上のパラメータに基づいて事前決定することができる。１又は２以上のパラメータは、ボクセルの第１及び第２のセットの強度、及び／又は第２のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルに関連付けられた１又は２以上の近傍ボクセルとの間の類似性の尺度を含むことができる。

【００３５】

加重ＶＩＤに対して接続経路検証演算を実行するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。画像処理サーバ１０４は、複数の最短加重経路から１又は２以上の無効最短加重経路を取り除くように更に構成することができ、最短加重経路の有効セットを発生させることができる。加重経路の有効セットは、演算加重経路と１又は２以上の事前指定条件とに基づいて、主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間で決定することができる。複数の最短加重経路からの１又は２以上の有効最短加重経路は、図２に説明されているように第１の条件及び第２の条件のような１又は２以上の事前定義条件を満足させることができる。実施形態により、発生かつ精緻化されたＶＩＤは、主血管構造と分割セグメントの間の接続の有効セットを表すことができる。そのような精緻化されたＶＩＤは、被験者の解剖学的領域の微細血管構造の成功したセグメント化の表現とすることができる。

【００３６】

実施形態により、制約として接続の有効セットを利用し、かつ勾配場にグラフ切断アルゴリズムのような当業技術で公知の１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズムを適用するように画像処理サーバ１０４を構成することができる。これは、出力ＶＩＤを発生させるために実行することができる。従って、出力ＶＩＤは、最短加重経路の有効セットによって接続された緻密で正確なノイズのない主血管構造及び複数の分割セグメントを含むことができる。

【００３７】

図２は、本発明の開示の実施形態による体積画像データセット（ＶＩＤ）内の血管構造のセグメント化のための例示的画像処理サーバのブロック図を示している。図２を参照すると、プロセッサ２０２、ユーザインタフェース（ＵＩ）マネージャ２０４、及び初期セグメント化ユニット２０６を含むことができる画像処理サーバ１０４が示されている。初期セグメント化ユニット２０６は、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８、及び接続構成要素分析ユニット２１０を更に含むことができる。画像処理サーバ１０４は、血管精緻化ユニット２１２を更に含むことができる。この血管精緻化ユニット２１２は、加重経路演算ユニット２１４及び接続経路検証ユニット２１６を更に含むことができる。平滑化ユニット２１８ａ、画像変換ユニット２１８ｂ、及び勾配演算ユニット２１８ｃを含む勾配除去ユニット２１８が示されている。画像処理サーバ１０４は、最終セグメント化ユニット２２０、制御ユニット２２２、メモリユニット２２４、及び送受信機ユニット２２６を更に含むことができる。実施形態により、通信ネットワーク１１０を通じて医療撮像デバイス１０２、画像データベース１０６、及びユーザ端末１０８のような他のユニットに画像処理サーバ１０４を通信的に結合することができる。

【００３８】

プロセッサ２０２は、入力ＶＩＤを処理するように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。プロセッサ２０２は、メモリユニット２２４から入力ＶＩＤを受信するように構成することができる。プロセッサ２０２は、通信ネットワーク１１０を通じて医療撮像デバイス１０２のような外部ユニットから入力ＶＩＤを受信するように更に構成することができる。事前定義画像処理アルゴリズムに基づいて、受信した入力ＶＩＤを処理するようにプロセッサ２０２を構成することができる。プロセッサ２０２は、初期セグメント化ユニット２０６及び血管精緻化ユニット２１２と通信的に結合して入力ＶＩＤを処理することができる。プロセッサ２０２は、ＵＩマネージャ２０４、並びに制御ユニット２２２と通信的に結合することができる

。
【００３９】
ＵＩマネージャ２０４は、プロセッサ２０２、血管精緻化ユニット２１２、最終セグメント化ユニット２２０、送受信機ユニット２２６、及び／又はメモリユニット２２４から受信した入力ＶＩＤを表示するように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。制御ユニット２２２によって発生された制御信号を表示するようにＵＩマネージャ２０４を更に構成することができる。
【００４０】
初期セグメント化ユニット２０６は、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤから決定された血管構造の初期セグメント化を実行するように構成することができる適切な論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。初期セグメント化ユニット２０６は、入力ＶＩＤからセグメント化主血管構造及び複数の分割セグメントを発生させることができる。
【００４１】
血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤ内の血管構造を強化するように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、解剖学的領域の入力ＶＩＤ内の血管構造から頭皮を除去するように更に構成することができる。
【００４２】
接続構成要素分析ユニット２１０は、解剖学的領域の入力ＶＩＤ内の最大接続血管セグメントを発生させるように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。入力ＶＩＤの残りの血管構造を複数の分割セグメントと呼ぶ場合がある。
【００４３】
血管精緻化ユニット２１２は、主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間の複数の最短加重経路を決定するように構成することができる適切な論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。血管精緻化ユニット２１２は、複数の最短加重経路から１又は２以上の無効最短加重経路を取り除き、最短加重経路の有効セットを含むことができるＶＩＤを発生させるように更に構成することができる。１又は２以上の事前定義条件を満足させることができない複数の最短加重経路からの１又は２以上の最短加重経路は、無効最短加重経路に対応することができる。
【００４４】
加重経路演算ユニット２１４は、主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間の複数の最短加重経路を決定するように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。加重経路演算ユニット２１４は、決定された複数の最短加重経路に基づいて主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間のグラフを発生させることができる。複数の最短加重経路の決定は、第１のボクセルと第２のボクセルの間の距離、及び／又は第１のボクセル及び第２のボクセルに関連付けられた加重経路の重みのような様々なパラメータに基づくことができる。
【００４５】
実施形態により、接続経路検証ユニット２１６は、１又は２以上の事前定義条件に基づいて複数の最短加重回路から１又は２以上の無効最短加重経路を取り除くように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。接続経路検証ユニット２１６は、「接続の有効セット」と以下で合間合間に呼ぶ場合がある最短加重経路の有効セットを含むことができるＶＩＤを更に発生させることができる。
【００４６】
勾配除去ユニット２１８は、受信した入力ＶＩＤ内の勾配除去演算を実行するように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。この勾配除去演算は、入力ＶＩＤから勾配場を発生させることができる。勾配除去演算

は、受信した入力ＶＩＤ内の様々な機能を実行することができる。勾配除去演算機能は、平滑化演算、画像変換演算、及び勾配計算及びベクトル差演算を含むことができる。

【００４７】

平滑化ユニット２１８ａは、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤから１又は２以上の高周波成分を取り除くように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。１又は２以上の高周波成分は、勾配場のノイズを生じる場合がある。画像変換ユニット２１８ｂは、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤからバイナリＶＩＤを発生させるように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。勾配演算ユニット２１８ｃは、平滑化ＶＩＤの第１の勾配ベクトル及びバイナリＶＩＤの第２の勾配ベクトルを決定するように構成することができる論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。勾配演算ユニット２１８ｃは、第１の勾配ベクトルと第２の勾配ベクトル間のベクトル差を決定し、被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤから大きい勾配を取り除くように更に構成することができる。

【００４８】

最終セグメント化ユニット２２０は、出力ＶＩＤ３２０を発生させるために被験者の解剖学的領域の勾配場に基づいて最終セグメント化を実行するように構成することができる適切な論理部、回路、コード及び／又はインタフェースを含むことができる。最終セグメント化ユニット２２０は、制約として接続の有効セットを保存することができる。実施形態により、最終セグメント化ユニット２２０は、グラフ切断アルゴリズムのような当業技術で公知の１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズムを伴う場合がある。最終セグメント化ユニット２２０は、勾配場に基づいて境界を決定して１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズムを適用することができる。この境界は、被験者の解剖学的領域の勾配場内の最大勾配フローによって通過された部分に対応することができる。

【００４９】

制御ユニット２２２は、プロセッサ２０２、ＵＩマネージャ２０４、初期セグメント化ユニット２０６、血管精緻化ユニット２１２、最終セグメント化ユニット２２０、メモリユニット２２４、及び／又は送受信機ユニット２２６のような１又は２以上の通信的に結合されたユニットの現在の状態に基づいて１又は２以上の制御信号を発生させるように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェース、及び／又はコードを含むことができる。制御ユニット２２２は、１又は２以上の通信的に結合されたユニット間の作動を同期するのに使用することができる。１又は２以上の通信的に結合されたユニットの現在の状態は、例えば、ユニットが作動を実行するのに待機しているか否かとすることができる。１又は２以上の制御信号は、ビジー信号、待機信号、及び／又は開始信号などのような信号を含むことができる。

【００５０】

メモリユニット２２４は、プロセッサ２０２によって実行可能な少なくとも１つのコードセクションを有する機械コード及び／又はコンピュータプログラムを格納するように構成することができる適切な論理部、回路、及び／又はインタフェースを含むことができる。実施形態により、メモリユニット２２４は、送受信機ユニット２２６を通じて医療撮像デバイス１０２によって捕捉された入力ＶＩＤを格納するように更に構成することができる。メモリユニット２２４のタイプの例は、以下に限定されるものではないが、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読取専用メモリ（ＲＯＭ）、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）、及び／又はセキュアデジタル（ＳＤ）カードを含むことができる。

【００５１】

送受信機ユニット２２６は、プロセッサ２０２、ＵＩマネージャ２０４、初期セグメント化ユニット２０６、血管精緻化ユニット２１２、最終セグメント化ユニット２２０、及び／又はメモリユニット２２４のような１又は２以上の通信的に結合されたユニットに入力体積画像データを送信、並びに１又は２以上の通信的に結合されたユニットから入力体積画像データを受信するように構成することができる適切な論理部、回路、インタフェー

ス、及び／又はコードを含むことができる。送受信機ユニット２２６は、図１に示すように通信ネットワーク１１０を通じてユーザ端末１０８及び／又は医療撮像デバイス１０２と通信するように構成することができる。送受信機ユニット２２６は、通信ネットワーク１１０との画像処理サーバ１０４の有線又は無線通信を支援するために当業技術で公知の技術によって実施することができる。送受信機ユニット２２６の様々な構成要素は、以下に限定されるものではないが、アンテナ、無線周波数（ＲＦ）送受信機、１又は２以上のアンプ、チューナ、１又は２以上の発振器、デジタル信号プロセッサ、コーダ－復号器（ＣＯＤＥＣ）チップセット、加入者識別モジュール（ＳＩＭ）カード、及び／又はローカルバッファを含むことができる。

【００５２】

作動中に、画像処理サーバ１０４内の送受信機ユニット２２６は、通信ネットワーク１１０を通じて医療撮像デバイス１０２から人体のような被験者の解剖学的領域の入力ＶＩＤを受信するように構成することができる。そのような場合に、医療撮像デバイス１０２は、通信ネットワーク１１０を通じてユーザ端末１０８のユーザから受信した要求に基づいて入力ＶＩＤを捕捉するように構成することができる。そのような捕捉された入力ＶＩＤは、セグメント化誤差をもたらすと考えられるノイズを含む場合がある。

【００５３】

実施形態により、送受信機ユニット２２６は、通信ネットワーク１１０を通じて画像データベース１０６から入力ＶＩＤを受信するように構成することができる。そのような場合に、入力ＶＩＤは、画像データベース１０６に事前格納することができ、かつユーザ端末１０８のユーザによって提供されるユーザ入力に基づいて受信することができる。

【００５４】

実施形態により、送受信機ユニット２２６は、受信した入力ＶＩＤをプロセッサ２０２に通信するように構成することができる。実施形態により、プロセッサ２０２は、メモリユニット２２４から入力ＶＩＤを受信するように構成することができる。そのような場合に、入力ＶＩＤは、メモリユニット２２４に一時的に格納することができる。プロセッサ２０２は、受信した入力ＶＩＤを初期セグメント化ユニット２０６に通信することができる。

【００５５】

実施形態により、プロセッサ２０２は、初期セグメント化ユニット２０６と平滑化ユニット２１８ａの両方に捕捉した入力ＶＩＤを通信する。初期セグメント化ユニット２０６は、プロセッサ２０２と共に、入力ＶＩＤを受信するように構成することができる。初期セグメント化ユニット２０６は、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８及び接続構成要素分析ユニット２１０を含むことができる。

【００５６】

血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、被験者の解剖学的領域の受信入力ＶＩＤを処理して血管構造を強化するように構成することができる。実施形態により、血管強化演算は、トップハット変換、ボトムハット変換、オープニング・モルフォロジー（opening morphology）、クロージング・モルフォロジー（closing morphology）、及びヒストグラム等化のような当業技術で公知の１又は２以上の画像強化技術を含むことができる。血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、強化された血管構造を有する入力ＶＩＤを処理し、強化された血管を有する入力ＶＩＤ内で頭皮を除去するように更に構成することができる。実施形態により、頭皮除去演算は、当業技術で公知の１又は２以上の頭皮除去技術を含むことができる。頭皮除去演算は、解剖学的ランドマーク又は放射線ベースラインへの参照、頭皮に置かれた外部放射線不透過マーカ、立体フレーム、及びフレームレス手術ナビゲータのような当業技術で公知の様々な画像ベースの方法に基づく頭皮局在化を含むことができる。頭皮が局在化された状態で、頭皮除去演算は、入力ＶＩＤから頭皮ボクセルを取り除くための当業技術で公知の形態的演算のシーケンスを実施することができる。頭皮除去演算は、頭部境界までの距離のような１又は２以上のパラメータに更に基づくことができる。

【００５７】
接続構成要素分析ユニット２１０は、プロセッサ２０２と共に、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８から処理されたＶＩＤを受信するように構成することができる。接続構成要素分析ユニット２１０は、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８から受信した処理されるＶＩＤ内の最大接続血管セグメントを決定するように更に構成することができる。接続構成要素分析ユニット２１０は、２回通過アルゴリズムのような１又は２以上のアルゴリズムを利用して、受信したＶＩＤ内の最大接続血管セグメントを識別することができる。最大接続血管セグメントは、以下「主血管構造」と呼ぶ場合がある。実施形態により、主血管構造に接続することができない１又は２以上の血管セグメントは、以下「複数の分割セグメント」と呼ぶ場合がある。

【００５８】
実施形態により、入力ＶＩＤは、被験者の脳のような解剖学的構造の境界での大きい勾配を含む場合がある。同じく、解剖学的構造に事前設定された脳脊髄液は、セグメント化誤差を生じる場合がある。そのような場合に、人体のような被験者の所与の解剖学的領域の入力ＶＩＤに存在する大きい勾配を取り除くように勾配除去ユニット２１８を構成することができる。平滑化ユニット２１８ａは、プロセッサ２０２と共に、入力ＶＩＤ内の平滑化演算を実行するように構成することができる。平滑化ユニット２１８ａは、ガウスフィルタ技術のような当業技術で公知の１又は２以上の平滑化技術に基づいて平滑化演算を実行することができる。実施形態により、平滑化演算は、入力ＶＩＤを濾過して入力ＶＩＤから１又は２以上の高周波成分を低減することができる。勾配除去のような１又は２以上の画像処理演算が入力ＶＩＤに実行される間、１又は２以上の高周波成分は、ノイズを生じる場合がある。

【００５９】
画像変換ユニット２１８ｂは、プロセッサ２０２と共に、平滑化ユニット２１８ａから平滑化ＶＩＤを受信するように構成することができる。実施形態により、画像変換ユニット２１８ｂは、平滑化ＶＩＤからバイナリＶＩＤを発生させるように更に構成することができる。以下のように式（１）によって数学的に表すことができるバイナリＶＩＤを事前決定された閾値に基づいて発生させることができる。

$$Th=t_2+(t_{98}-t_2)\times 0.4 \qquad (1)$$

ここで、「t_2」は、累積ヒストグラムの「２パーセント」がその下にある強度であり、「t_{98}」は、累積ヒストグラムの「９８パーセント」がその下にある強度である。実施形態により、勾配演算ユニット２１８ｃは、平滑化ユニット２１８ａから受信した平滑化ＶＩＤに勾配計算演算を実行するように構成することができる。勾配演算ユニット２１８ｃは、画像変換ユニット２１８ｂから受信したバイナリＶＩＤに勾配計算演算を実行するように更に構成することができる。勾配演算ユニット２１８ｃは、平滑化ＶＩＤ及びバイナリＶＩＤの両方に対して個々の勾配ベクトル量を発生させることができる。事例では、平滑化ＶＩＤとバイナリＶＩＤとに対して発生された個々の勾配ベクトル量間の角度は小さい値である。そのような発生された個々の勾配ベクトル量は、解剖学的領域の脳組織及び脳脊髄液の境界に位置付けられる場合があり、かつセグメント化誤差をもたらす場合がある。平滑化ＶＩＤに対する勾配ベクトル量は、「

$\bar{V}1$

」のような第１の勾配ベクトルによって表すことができる。バイナリＶＩＤに対する勾配ベクトル量は、「θ」が勾配ベクトル量「

$\bar{V}1$

」と「

$\bar{V}2$

」の間の方向差の角度を表す場合に、第１の勾配ベクトル「

$\bar{V}1$

」上へのその投影が「ｃｏｓθ」として数学的に表すことができる「

$\bar{V}2$

」のような第２の勾配ベクトルによって表すことができる。従って、勾配演算ユニット２１８ｃは、以下のように式（２）によって表される「

$\bar{V}$

」のような勾配場を発生させることができる。

$$\bar{V} = (1-\cos\theta)\,\bar{V}1 \qquad (2)$$

【００６０】

実施形態により、プロセッサ２０２は、勾配演算ユニット２１８ｃと共に、最終セグメント化のための勾配場を発生させることができる。血管精緻化ユニット２１２は、プロセッサ２０２と共に、初期セグメント化ユニット２０６から主血管構造及び複数の分割セグメントを含むセグメント化ＶＩＤを受信するように構成することができる。血管精緻化ユニット２１２は、加重経路演算ユニット２１４及び接続経路検証ユニット２１６を更に含むことができる。

【００６１】

実施形態により、加重経路演算ユニット２１４は、複数の第１のノード、複数の第２のノード、及び複数のエッジを含むことができるグラフを発生させるように構成することができる。複数の第１のノードからの第１のノードは、主血管構造の第１のボクセルに対応することができる。複数の第２のノードからの第２のノードは、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第２のボクセルに対応することができる。ボクセルの第１及び第２のセットは、３次元空間の点を定義することができるグラフィック情報の単位に対応することができる。実施形態により、加重経路演算ユニット２１４は、主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間の複数の最短加重経路を推測及び演算するように更に構成することができる。実施形態により、ダイクストラのアルゴリズムのような当業技術で公知の１又は２以上の最短経路アルゴリズムによって最短加重経路を決定することができる。

【００６２】

主血管構造のボクセルの第１のセットと複数の分割セグメントの各分割セグメントのボクセルの第２のセットとの間の複数のエッジは、最短加重経路に基づくことができる。実施形態により、最短加重経路は、最小長さ及び最大割り当て重みを有する経路を含むことができる。重みは、ボクセルに関連付けられた１又は２以上のパラメータに基づいて事前決定することができる。１又は２以上のパラメータは、ボクセルの第１及び第２のセットの強度を含むことができる。１又は２以上のパラメータは、第２のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルに関連付けられた１又は２以上の近傍ボクセルとの間の類似性の尺度を含むことができる。

【００６３】

接続経路検証ユニット２１６は、プロセッサ２０２と共に、加重経路演算ユニット２１４から加重ＶＩＤを受信して精緻化ＶＩＤを発生させるように構成することができる。実施形態により、接続経路検証ユニット２１６は、加重経路演算ユニット２１４から受信した加重ＶＩＤに接続経路検証演算を実行するように更に構成することができる。接続経路検証ユニット２１６は、複数の最短加重経路から１又は２以上の無効最短加重経路を取り除き、かつ最短加重経路の有効セットを発生させるように更に構成することができる。加重経路の有効セットは、同義で接続の有効セットと呼ぶ場合がある。演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて、主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路の有効セットを決定することができる。複数の

最短加重経路からの１又は２以上の有効最短加重経路は、第１の条件及び第２の条件のような１又は２以上の事前定義条件を満足させることができる。第１の条件により、分割セグメントの長さは、演算された加重経路の長さを超える。この第１の条件は、以下のように「条件１」として数学的に表すことができる。

条件１：$L_b > L_{wp}$

ここで「L_b」は複数の分割セグメントの１又は２以上の分割セグメントの長さとすることができ、「L_{wp}」は、複数の分割セグメントの１又は２以上の分割セグメントと主血管構造とに関連付けられた１又は２以上の最短加重経路の長さとすることができる。

【００６４】

第２の条件により、演算加重経路と主血管構造の間の角度は、事前定義閾値角度値よりも小さい。この第２の条件は、以下のように「条件２」として数学的に表すことができる。

条件２：θ＜θｔｈ

ここで「θ」は、１又は２以上の最短加重経路と主血管構造の間の角度に対応し、「θｔｈ」は、予め決められた閾値角度値とすることができる。従って、接続経路検証ユニット２１６は、「条件１」及び「条件２」のような１又は２以上の条件を満足しない最短加重経路を無効にするように構成することができる。実施形態により、接続経路検証ユニット２１６によって発生された精緻化ＶＩＤは、主血管構造と分割セグメントの間の接続の有効セットを表すことができる。そのような精緻化ＶＩＤは、被験者の解剖学的領域の微細血管構造の成功したセグメント化の表現とすることができる。

【００６５】

最終セグメント化ユニット２２０は、プロセッサ２０２と共に、血管精緻化ユニット２１２によって発生された最短加重経路の有効セットを受信するように構成することができる。最終セグメント化ユニット２２０は、プロセッサ２０２と共に、グラフ切断アルゴリズムのような当業技術で公知の１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズムを適用して出力ＶＩＤ３２０を発生させるように構成することができる。最終セグメント化ユニット２２０は、制約として最短加重経路の有効セットを利用し、最大勾配フローによって通過された境界を見出すことにより、勾配除去ユニット２１８の勾配演算ユニット２１８ｃによって出力される勾配場にグラフ切断を適用することができる。従って、出力ＶＩＤ３２０は、最短加重経路の有効セットによって接続されたノイズなしの主血管構造及び複数の分割セグメントを含むことができる。

【００６６】

図３Ａから図３Ｄは、本発明の開示の実施形態による体積画像データセット（ＶＩＤ）内の血管構造の開示する例示的セグメント化の実施のための例示的シナリオを示している。図３Ａから図３Ｄは、図１及び図２に関して説明される。図３Ａ及び図３Ｂを参照すると、図２に説明されているように画像処理サーバ１０４の様々な構成要素の配置３００ａ及び３００ｂが示されている。ヒトの脳のような解剖学的構造の入力ＶＩＤ３０２も示されている。入力ＶＩＤ３０２は、解剖学的構造の血管に対応する領域３０２ａのような１又は２以上の領域を含むことができる。主血管構造３０４ａ及び複数の分割セグメント３０４ｂも示されている。ボクセルの第１及び第２のセットに対応する複数のノードを含むグラフ３０６が示されている。ボクセルの第１のセットは、主血管構造３０４ａに対応することができ、ボクセルの第２のセットは、複数の分割セグメント３０４ｂに対応することができる。ボクセルの第１及び第２のセットは、複数のボクセルを含むことができる。ボクセルの第１のセットからのボクセルは、３０６ａによって表すことができ、ボクセルの第２のセットからの別のボクセルは、３０６ｂによって表すことができる。グラフ３０６は、複数の最短加重経路を更に含むことができ、これらの複数の最短加重経路の１つが３０６ｃとして表されている。第１の事前指定された条件を示す第１のＶＩＤ３０８と第２の事前指定された条件を示す第２のＶＩＤ３１０が示されている。最短加重経路の有効セットを含む精緻化ＶＩＤ３１２も示されている。

【００６７】

例示的シナリオにより、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８と接続構成要素分析ユニット２１０の組合せによって解剖学的構造の受信入力ＶＩＤ３０２に初期セグメント化を実行することができる。特に、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、解剖学的構造の血管に対応する領域３０２ａの強度を強化するためにトップハットフィルタリングのような１又は２以上の画像強化技術を使用するように構成することができる。実施形態により、血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、図２に示すように１又は２以上の頭皮除去技術に基づいて血管強化の後に受信入力ＶＩＤ３０２から頭皮部分を取り除くように更に構成することができる。

【００６８】

血管強化及び頭皮除去ユニット２０８から受信した強化されたＶＩＤに基づいて、２回通過アルゴリズムのような１又は２以上のアルゴリズムに基づいて主血管構造３０４ａを決定するように接続構成要素分析ユニット２１０を構成することができる。実施形態により、複数の分割セグメント３０４ｂを決定するように接続構成要素分析ユニット２１０を更に構成することができる。

【００６９】

微細血管構造の血管精緻化を実行することができる。微細血管構造の血管精緻化により、接続構成要素分析ユニット２１０から主血管構造３０４ａ及び複数の分割セグメント３０４ｂを受信するように加重経路演算ユニット２１４を構成することができる。主血管構造３０４ａに対応するボクセルの第１のセット（少なくとも第１のボクセル３０６ａを含む）と複数の分割セグメント３０４ｂに対応するボクセルの第２のセット（少なくとも第２のボクセル３０６ｂを含む）の間のグラフ３０６を発生させるように加重経路演算ユニット２１４を構成することができる。実施形態により、グラフ３０６は、複数のノードと複数のエッジによって表すことができる。複数のノードは、ボクセルの第１及び第２のセットに対応することができる。複数のエッジは、第１のボクセル３０６ａと第２のボクセル３０６ｂの間の最短加重経路３０６ｃのような複数の最短加重経路に対応することができる。実施形態により、複数の最短加重経路は、ダイクストラのアルゴリズムのような１又は２以上の最短経路アルゴリズムによって決定することができる。実施形態により、各最短加重経路に関連付けられた重みは、近傍ボクセル間の強度及び／又は類似性のような１又は２以上のパラメータに基づいて事前決定することができる。

【００７０】

複数の最短加重経路の各々は、図２に説明されているように１又は２以上の事前指定された条件に基づいて有効又は無効のいずれかとすることができる。接続経路検証ユニット２１６は、演算された最短加重経路のそのような有効性又は無効性を決定することができる。第１の条件により、接続経路検証ユニット２１６は、プロセッサ２０２と共に、分割セグメントの長さが領域３１０ａに示すように演算された加重回路の長さを超えたと決定するように構成することができる。従って、演算された加重経路３１０ｂは、有効演算加重経路とすることができる。第２の条件により、接続経路検証ユニット２１６は、プロセッサ２０２と共に、演算された加重経路３１０ｂと主血管構造３０４ａの間の角度が、領域３０８ａに示すように「６０度」のような事前定義閾値角度値よりも小さいと決定するように構成することができる。従って、演算された加重経路３１０ｂは、有効演算加重経路とすることができる。従って、第１及び第２の条件を満足する演算加重経路３１０ｂのような最短加重経路を検証するように接続経路検証ユニット２１６を構成することができる。第１及び第２の条件の両方を満足しなかった演算加重経路３０８ｂのような最短加重経路を無効にするように接続経路検証ユニット２１６を構成することができる。実施形態により、接続経路検証ユニット２１６によって発生された精緻化ＶＩＤ３１２は、主血管構造３０４ａと複数の分割セグメント３０４ｂの間の接続の有効セットを表すことができる。そのような精緻化ＶＩＤ３１２は、解剖学的構造の微細血管構造の成功したセグメント化の表現とすることができる。

【００７１】

図３Ｃを参照すると、図２に説明されているような画像処理サーバ１０４の様々な構成

要素の配置３００ｃが示されている。配置３００ｃは、平滑化ＶＩＤ３１４、バイナリＶＩＤ３１６、及び勾配場３１８を示している。バイナリＶＩＤ３１６は、影の領域３１６ａ及び影以外の領域３１６ｂを含む。勾配場３１８は、勾配場の一部分を示す領域３１８ａを含む。

【００７２】

例示的シナリオにより、平滑化ユニット２１８ａは、入力ＶＩＤ３０２がノイズを含有する時に入力ＶＩＤ３０２を受信する場合がある。入力ＶＩＤ３０２内の高周波成分に対応するノイズは、ハロー効果、医療撮像デバイス１０２、被験者の突然の動き、過度の照明のような様々な内因性及び外因性ファクタによって誘発される場合がある。平滑化ユニット２１８ａは、ガウスフィルタリングアルゴリズムのような１又は２以上の平滑化技術に基づいて受信入力ＶＩＤ３０２からこれらの高周波成分を取り除くように構成することができる。平滑化ユニット２１８ａは、平滑化ＶＩＤ３１４を発生させるように構成することができる。実施形態により、平滑化ＶＩＤ３１４内の領域３１４ａの勾配は、近傍ピクセルの強度又は色の有向変化を表す場合がある。

【００７３】

その後、図２に説明されているように予め決められた閾値に基づいて平滑化ＶＩＤ３１４をバイナリＶＩＤ３１６に変換するように画像変換ユニット２１８ｂを構成することができる。第１の事前定義強度値を有する影の領域３１６ａに対応する当該の領域のボクセル強度を決定するように画像変換ユニット２１８ｂを構成することができる。画像変換ユニット２１８ｂは、影以外の領域３１６ｂに対応する残りの領域のボクセル強度を決定するように構成することができる。影以外の領域は、第２の事前定義強度値で示すことができる。影の領域３１６ａは、血管構造を位置付けることができる平滑化ＶＩＤ３１４の１又は２以上の部分に対応することができる。

【００７４】

平滑化ＶＩＤ３１４に基づいて、勾配演算ユニット２１８ｃは、第１の勾配ベクトルを決定することができる。同様に、バイナリＶＩＤ３１６に基づいて、勾配演算ユニット２１８ｃは、第２の勾配ベクトルを決定することができる。プロセッサ２０２は、勾配演算ユニット２１８ｃと共に、２つの勾配ベクトル間の角度を決定して最終セグメント化ユニット２２０への入力として勾配場３１８を演算することができる。

【００７５】

図３Ｄを参照すると、図２に説明されているような画像処理サーバ１０４の様々な構成要素の配置３００ｄが示されている。配置３００ｄは、勾配場３１８及び精緻化ＶＩＤ３１２に基づいて最終セグメント化ユニット２２０によって発生された出力ＶＩＤ３２０を示している。最終セグメント化ユニット２２０は、最大勾配フローによって通過される境界を見出すことにより、勾配場３１８にグラフ切断アルゴリズムのような１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズムを適用して出力ＶＩＤ３２０を発生させることができる。更に、最終セグメント化ユニット２２０は、制約として最短加重経路の有効セットを適用して出力ＶＩＤ３２０を発生させることができる。出力ＶＩＤ３２０は、被験者の解剖学的構造の微細血管構造を含むことができる。

【００７６】

図４は、本発明の開示の実施形態による体積画像データセット（ＶＩＤ）内の血管構造のセグメント化のための例示的方法の実施の流れ図を示している。図４は、図１、図２２、及び図３Ａから図３Ｄの要素に関して説明される。図４の流れ図４００による本方法は、図１に示すように医療撮像デバイス１０２及び画像データベース１０６に通信的に結合することができる画像処理サーバ１０４を用いて実施することができる。

【００７７】

図４を参照すると、流れ図４００による本方法は、段階４０２で開始されて段階４０４に進む。段階４０４では、入力ＶＩＤ３０２が医療撮像デバイス１０２によって捕捉される。入力ＶＩＤ３０２は、被験者（人体など）の解剖学的部分を含むことができる。制御は、段階４０６と４１４の両方に同時に渡される。

【００７８】
段階４０６では、入力ＶＩＤ３０２の捕捉された血管構造を血管強化及び頭皮除去ユニット２０８によって強化することができる。血管強化及び頭皮除去ユニット２０８は、ＶＩＤから頭皮を取り除くことができる。
【００７９】
段階４０８では、主血管構造のような最大接続血管セグメント及び複数の分割セグメントを接続構成要素分析ユニット２１０によって決定することができる。段階４１０では、複数の第１のノード、複数の第２のノード、及び複数のエッジを含むことができるグラフを加重経路演算ユニット２１４によって発生させることができる。複数の第１のノードからの第１のノードは、主血管構造の第１のボクセルに対応することができる。複数の第２のノードからの第２のノードは、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第２のボクセルに対応することができる。加重経路演算ユニット２１４は、主血管構造の第１のボクセルと複数の分割セグメントの第２のボクセルとの間の複数の最短加重経路を推測及び演算するように更に構成することができる。
【００８０】
段階４１２では、加重経路演算ユニット２１４から受信した加重ＶＩＤ内の接続経路検証演算を接続経路検証ユニット２１６によって実行することができる。接続経路検証ユニット２１６は、複数の最短加重経路から１又は２以上の無効最短加重経路を取り除き、かつ最短加重経路の有効セットを発生させるように更に構成することができる。図２に示すように、演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて、主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路の有効セットを決定することができる。制御は、段階４２２に渡される。
【００８１】
段階４１４では、入力ＶＩＤを濾過して、平滑化ユニット２１８ａによって入力ＶＩＤから１又は２以上の高周波成分を取り除く又は低減することができる。勾配除去のような１又は２以上の画像処理演算が入力ＶＩＤに行われる間、１又は２以上の高周波成分はノイズを生じる。段階４１６では、バイナリＶＩＤを平滑化ＶＩＤから発生させることができる。バイナリＶＩＤは、図２に示すように式（１）によって数学的に表すことができる事前決定された閾値に基づいて発生させることができる。段階４１８では、平滑化ユニット２１８ａから受信した平滑化ＶＩＤに勾配演算ユニット２１８ｃによって勾配計算演算を実行することができる。バイナリＶＩＤに勾配計算演算を実行して平滑化ＶＩＤとバイナリＶＩＤの両方の個々の勾配ベクトル量を発生させるように勾配演算ユニット２１８ｃを構成することができる。
【００８２】
段階４２０では、２つの個々のベクトル量の差である勾配場を勾配演算ユニット２１８ｃによって発生させることができる。勾配場は、最終セグメント化ユニット２２０に入力することができる。段階４２２では、グラフ切断アルゴリズムのような１又は２以上の画像セグメント化アルゴリズム、及び制約としての最短加重回路の有効セット（段階４１４から）を勾配場（段階４１２から）に適用して出力ＶＩＤを発生させることができる。出力ＶＩＤは、最短加重経路の有効セットによって接続されたノイズなしの主血管構造と複数の分割セグメントを含むことができる。制御は、終了段階４２４に渡される。
【００８３】
本発明の開示の実施形態により、ＶＩＤのセグメント化のためのシステムは、医療撮像デバイス１０２（図１）に通信的に結合された画像処理サーバ１０４（図１）を含むことができる。画像処理サーバ１０４は、プロセッサ２０２（図２）のような１又は２以上のプロセッサ、初期セグメント化ユニット２０６（図２）、血管精緻化ユニット２１２（図２）、及び最終セグメント化ユニット２２０（図２）を含むことができる。初期セグメント化ユニット２０６は、入力ＶＩＤ３０２の初期セグメント化を実行して主血管構造３０４ａ及び複数の分割セグメント３０４ｂを取得することができる。血管精緻化ユニット２１２は、複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第１のボクセルと主血管構造の

第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づいて主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路を演算することができる。血管精緻化ユニット２１２は、演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて、主血管構造３０４ａと複数の分割セグメントのうちの分割セグメント３０４ｂとの間の有効加重経路を更に決定することができる。最終セグメント化ユニット２２０は、勾配場３１８（図３Ｃ）の最終セグメント化を実行し、決定された有効加重経路に基づいて出力ＶＩＤ３２０（図３Ｄ）を発生させることができる。

【００８４】

本発明の開示の様々な実施形態は、機械コード及び／又は少なくとも１つのコードセクションを有するコンピュータプログラムがそこに格納されて体積画像データセット（ＶＩＤ）のセグメント化のためにコンピュータ及び／又は機械によって実行可能である非一時的コンピュータ又は機械可読媒体及び／又はストレージ媒体を提供することができる。画像処理デバイスの少なくとも１つのコードセクションは、入力ＶＩＤ３０２の初期セグメント化の実行を含む段階を機械及び／又はコンピュータに実行させて主血管構造３０４ａ及び複数の分割セグメント３０４ｂを取得することができる。複数の分割セグメントのうちの分割セグメントの第１のボクセルと主血管構造の第２のボクセルとに関連付けられた少なくとも１又は２以上のパラメータに基づいて、主血管構造と複数の分割セグメントのうちの分割セグメントとの間の加重経路を演算することができる。演算された加重経路と１又は２以上の事前指定された条件とに基づいて、主血管構造３０４ａと複数の分割セグメントのうちの分割セグメント３０４ｂとの間の有効加重経路を決定することができる。決定された有効加重経路に基づいて、勾配場３１８の最終セグメント化（図３Ｃ）を実行して出力ＶＩＤ３２０（図３Ｄ）を発生させることができる。

【００８５】

本発明の開示は、ハードウエア又はハードウエアとソフトウエアの組合せに実現することができる。本発明の開示は、集中化様式に、少なくとも１つのコンピュータシステムに、又は異なる要素をいくつかの相互接続コンピュータシステムにわたって分散することができる分散様式に実現することができる。本明細書に説明する方法を実行するようになったコンピュータシステム又は他の装置が適切であると考えられる。ハードウエアとソフトウエアの組合せは、ロードされて実行された時にコンピュータシステムをそれが本明細書に説明する方法を実行するように制御することができるコンピュータプログラムを有する汎用コンピュータシステムとすることができる。本発明の開示は、他の機能も実行する集積回路の一部分を含むハードウエアに実現される場合がある。

【００８６】

本発明の開示はまた、本明細書に説明する方法の実施を可能にし、かつコンピュータシステムにロードされた時にこれらの方法を実施することができる特徴の全てを含むコンピュータプログラム製品に具現化することができる。コンピュータプログラムは、本発明の関連では、直接に又はａ）別の言語、コード、又は注釈への変換、ｂ）異なる材料形態での再生のいずれか又は両方の後で情報処理機能を有するシステムに特定の機能を実行させるように意図された１組の命令のあらゆる言語、コード、又は注釈内のあらゆる表現を意味する。

【００８７】

本発明の開示をある一定の実施形態に関して説明したが、本発明の開示の範囲から逸脱することなく様々な変更を行うことができること及び均等物で置換することができることは当業者によって理解されるであろう。これに加えて、本発明の開示の教示にその範囲から逸脱することなく特定の状況又は内容を適応させるために多くの修正を行うことができる。従って、本発明の開示は、開示した特定の実施形態に制限されず、むしろ本発明の開示は、添付の特許請求の範囲に該当する全ての実施形態を含むことになるように意図している。

【符号の説明】

【００８８】

４００　本発明の方法の流れ図
４０４　入力体積画像データセットを捕捉する段階
４１２　事前指定条件に基づいてグラフから無効加重経路を取り除く段階
４１４　入力体積画像データセットを濾過する段階
４２２　出力体積画像データセットを発生させる段階

【図１】

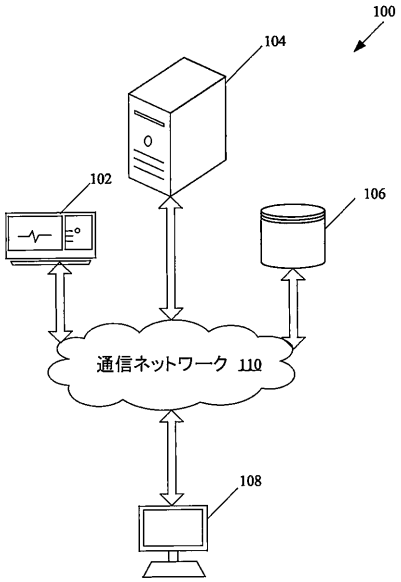

FIG. 1

【図２】

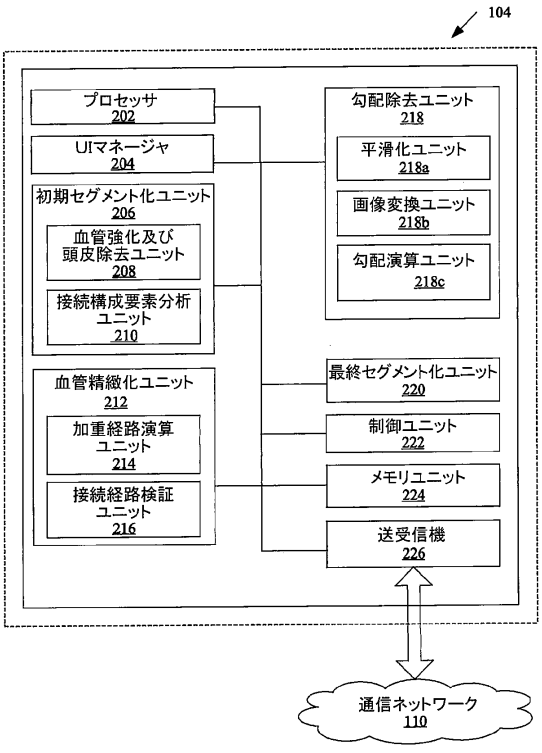

FIG. 2

【図３Ａ】

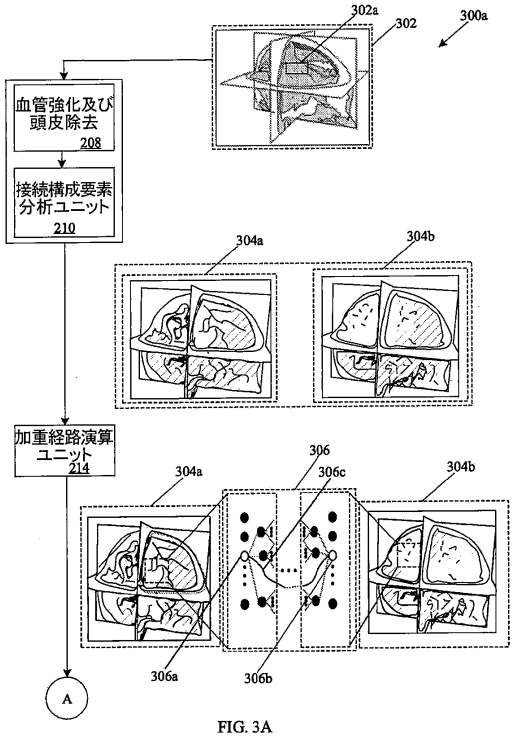

FIG. 3A

【図３Ｂ】

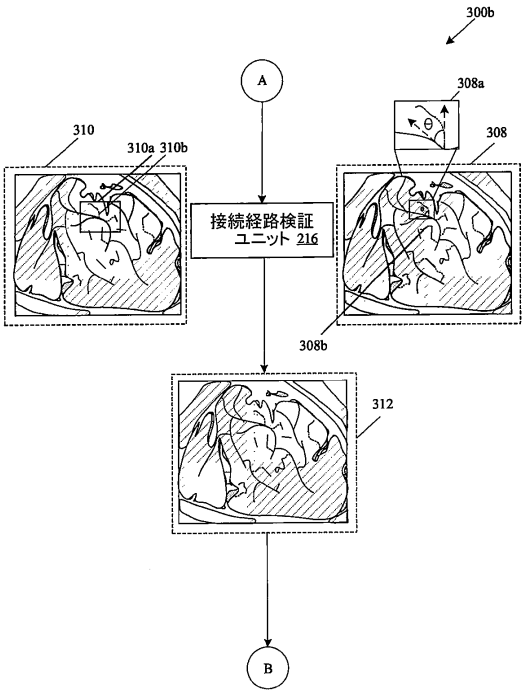

FIG. 3B

【図３Ｃ】

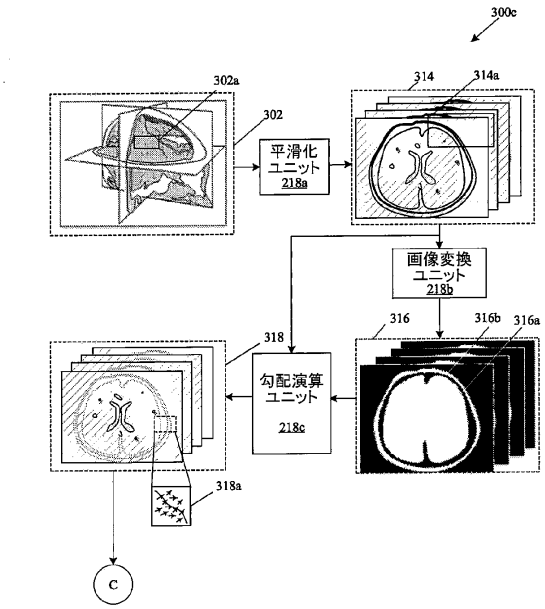

FIG. 3C

【図３Ｄ】

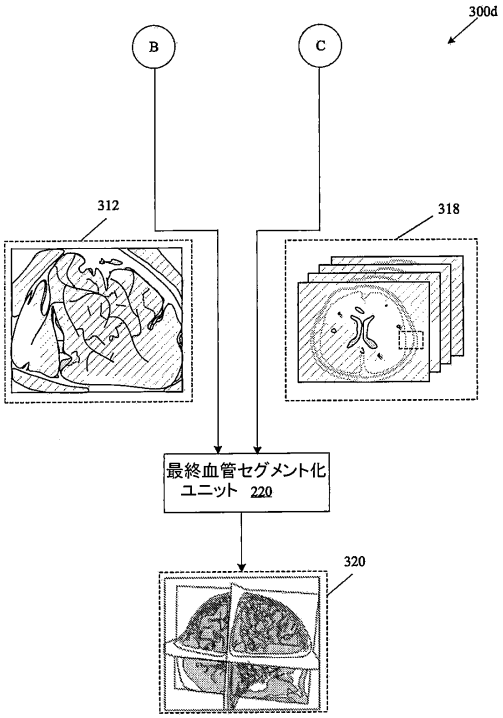

FIG. 3D

【図４】

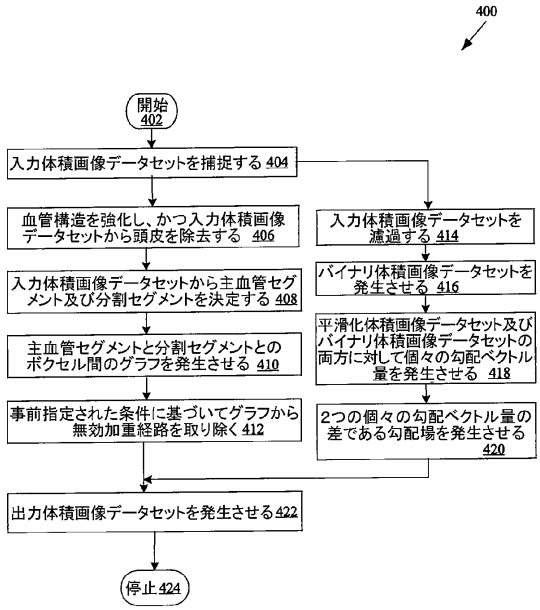
400
開始 402
入力体積画像データセットを捕捉する 404
血管構造を強化し、かつ入力体積画像データセットから頭皮を除去する 406
入力体積画像データセットから主血管セグメント及び分割セグメントを決定する 408
主血管セグメントと分割セグメントとのボクセル間のグラフを発生させる 410
事前指定された条件に基づいてグラフから無効加重経路を取り除く 412
入力体積画像データセットを濾過する 414
バイナリ体積画像データセットを発生させる 416
平滑化体積画像データセット及びバイナリ体積画像データセットの両方に対して個々の勾配ベクトル量を発生させる 418
2つの個々の勾配ベクトル量の差である勾配場を発生させる 420
出力体積画像データセットを発生させる 422
停止 424

FIG. 4

フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
Ａ６１Ｂ 6/03 ３６０Ｊ

(72)発明者 ソン ビ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５１３１ サンノゼ クラッセン ウェイ ２１０２
(72)発明者 リウ ミン－チャン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５１３０ サンノゼ ハミルトン パーク ドライヴ ４１６２

審査官 相川 俊

(56)参考文献 米国特許出願公開第２０１０／０３１６２７７（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２００８／０１７０７６３（ＵＳ，Ａ１）
特表２００９－５０４２９７（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－０５３１０２（ＪＰ，Ａ）
渡辺 顕夫，“カラー眼底画像の構成要素分離符号化”，画像符号化シンポジウム，第６回シンポジウム資料，１９９１年１０月 ９日，p.223-226

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ａ６１Ｂ ５／０５５
Ａ６１Ｂ ６／００ － ６／１４
Ｇ０６Ｔ １／００
Ｇ０６Ｔ ７／００