

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年3月23日(23.03.2017)



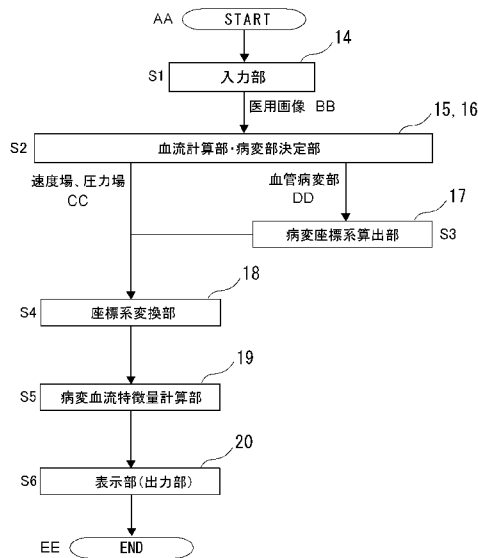
(10) 国際公開番号
WO 2017/047820 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 6/03 (2006.01) *A61B 5/055* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/077755
- (22) 国際出願日: 2016年9月20日(20.09.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
62/220,602 2015年9月18日(18.09.2015) US
- (71) 出願人: イービーエム株式会社 (EBM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1430013 東京都大田区大森南四丁目6番15号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 八木 高伸 (YAGI, Takanobu); 〒1430013 東京都大田区大森南四丁目6番15号 イービーエム株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 矢口 太郎 (YAGUCHI, Taro); 〒1010063 東京都千代田区神田淡路町二丁目105番地 ワテラスアネックス1205 恵泉国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: LESION BLOOD FLOW FEATURE VALUE VISUALIZATION DEVICE, METHOD, AND COMPUTER SOFTWARE PROGRAM

(54) 発明の名称: 病変血流特徴量可視化装置、その方法、及びそのコンピュータソフトウェアプログラム



S1 Input unit
S2 Blood flow calculation unit, lesion area determining unit
S3 Lesion coordinate system calculation unit
S4 Coordinate system conversion unit
S5 Lesion blood flow feature value calculation unit
S6 Display unit (output unit)
AA START
BB Medical images
CC Velocity field, pressure field
DD Blood vessel lesion area
EE END

(57) Abstract: [Solution] This device is provided with: an input unit in which a computer reads in medical images that include a target blood vessel site, and, from said medical images, reads in the pressure field and velocity field at each position of the target blood vessel site calculated in a prescribed coordinate system with numerical fluid analysis; a lesion area determining unit in which a computer determines a blood vessel lesion site from the medical images; a lesion coordinate system calculation unit in which a computer calculates a lesion coordinate system on the basis of geometric information about the acquired blood vessel lesion site; a coordinate system conversion unit in which a computer converts the calculated pressure field and velocity field from the aforementioned prescribed coordinate system to the aforementioned calculated lesion coordinate system; a lesion blood flow feature value calculation unit in which a computer calculates a lesion blood flow feature value on the basis of the velocity field and pressure field converted to the lesion coordinate system; and an output unit in which a computer outputs the lesion blood flow feature value.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/047820 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

【解決手段】 この装置は、コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力部と、コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定部と、コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出部と、コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換部と、コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算部と、コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力部とを有する。

明 細 書

発明の名称：

病変血流特徴量可視化装置、その方法、及びそのコンピュータソフトウェアプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、血管病変をコンピュータにより自動分析する装置、その方法、及びそのコンピュータソフトウェアプログラムに関し、特に、動脈瘤の血流流入部における流れの状態を可視化する血流特徴量可視化装置、その方法、及びそのコンピュータソフトウェアプログラムに関する。

背景技術

[0002] 血管病変の1つに脳動脈瘤が挙げられる。脳動脈瘤とは脳動脈の血管壁の一部が局所的に隆起して瘤状に変化したものをいう。この脳動脈瘤が破裂すると、クモ膜下出血を来し死に至ることも少なくない。従って、破裂する可能性の高い脳動脈瘤については、ステントやコイル治療等の適切な予防治療を行う必要がある。しかしながら、その破裂リスクは従来の臨床研究から1%程度であると言われており、むしろ上述したような予防治療自体にも生命の危険を伴うことを考慮すると、必ずしも積極的に治療を行うことが適切とは言えず、医療現場では、破裂する可能性の高い脳動脈瘤のみを適正に判別して治療対象とすることが求められている。

[0003] 破裂する可能性の高い脳動脈瘤を判別するのに脳動脈瘤が破裂するメカニズムを解明することは重要である。近年の研究より、この破裂に関連する要素に脳動脈瘤内の血流があることが知られている。例えば、破裂した脳動脈瘤ではその破裂前の瘤内において血流の衝突が頻繁に観察されたという報告がある。また、特許第5596865号には、脳動脈瘤等の対象血管部位における血流の性状をコンピュータシミュレーションにより自動解析する技術が開示されている。脳動脈瘤内の血流の状態と瘤破裂との因果関係については未だ不明な点が多いが、当該因果関係については、脳動脈瘤に関するビッ

クデータのデータベース化や特許第5596865号のような自動解析技術の活用・進展により、明らかにできることが期待される。

[0004] しかしながら、動脈瘤内の血流は極めて複雑であり、そのため、流体力学に精通していない一般の医学者等にとって上記のような血流解析結果が得られたとしてもその理解が困難な場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5596865号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 本発明は、上述した事情に鑑みて成されたものであり、その目的は、コンピュータが、血管病変、特に脳動脈瘤における血流の状態量を直観的に容易に理解することを可能とする装置、その方法、及びそのコンピュータソフトウェアプログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本発明の第1の主要な観点によれば、コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力部と、コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定部と、コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出部と、コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換部と、コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算部と、コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力部とを有する血流可視化装置が提供される。

- [0008] ここで、この発明の一の実施態様によれば、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面上の点を原点とする。この場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点とすることが望ましい。さらに、この場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点として、瘤発生方向を法線方向とした局所座標系であることが望ましい。
- [0009] また、別の一実施態様によれば、この装置は、さらに、コンピュータが、前記圧力場および速度場を算出する血流計算部を有するものである。
- [0010] また、更なる別の一実施態様によれば、前記病変血流特徴量は、瘤内流入速度、瘤内流入流量、瘤内速度等値面、瘤内流入および流出速度分布、瘤内流線、瘤内壁面せん断応力、瘤内圧力、瘤内エネルギー損失の1若しくはそれ以上の情報を含むものである。
- [0011] また、更なる別の一実施形態によれば、前記病変部決定部は、前記医用画像から構築された3次元血管形状から前記血管病変部位を決定するものである。
- [0012] この発明の第2の主要な観点によれば、コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力工程と、コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定工程と、コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出工程と、コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換工程と、コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算工程と、コンピュータが、前記病変血流特徴量を入力する出力工程とを有する血流可視化方法が提供される。
- [0013] また、この発明の第3の主要な観点によれば、血流を可視化するためのコンピュータソフトウェアプログラムであって、以下の工程：コンピュータが

、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力工程と、コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定工程と、コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出工程と、コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換工程と、コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算工程と、コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力工程とを実行させる命令を含むことを特徴とするコンピュータソフトウェアプログラムが提供される。

[0014] なお、この発明の上記述べた以外の他の特徴については、次に説明する「発明を実施するための形態」及び図面を参照することにより当業者にとって容易に理解することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、本発明の一実施形態が示す病変血流特徴量可視化装置10の概略構成図である。

[図2]図2は、本発明の一実施形態における病変血流特徴量可視化フローを示す図である。

[図3]図3(a)～(h)は、血流計算部における処理を説明する図である。

[図4]図4は、病変部の決定を説明する図である。

[図5]図5は、ネック面の決定を説明する図である。

[図6]図6(a)および(b)は、病変座標系を説明する図である。

[図7]図7は、座標系変換を説明する図である。

[図8]図8は、ユーザーグラフィカルインターフェースの一例を示す図である。

[図9]図9(a)および(b)は、座標変換前後での瘤ネック面における速度分布を示す図である。

[図10]図10は、本発明の他の実施形態における病変血流特徴量可視化フローを示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、以下では好適な例として、脳動脈瘤の場合をもって説明する。

[0017] まず、本発明の基礎となる概念について説明する。前述したように、本発明の第1の側面は、血流特徴量可視化装置であり、この装置は、血管病変部の血流の状態、例えば患者の脳にある脳動脈瘤内の血流の状態をユーザーが容易に理解するためのインターフェースを提供するものである。本発明は、正常な血管内を流れる血液の流れと脳動脈瘤内に流れる血液の流れを分離して表示する。この「流れ」を表すための基礎となる物理値としては速度と圧力を用いる。ベクトル量である速度は設置する座標軸に応じて成分が変化するが、本発明はこの特性を利用して脳動脈瘤内の流れを分離して表示するものである。より具体的には、この発明の装置は、コンピュータシミュレーションによる血流解析結果である速度場・圧力場の情報を病変座標系に自動変換し、当該病変座標系における病変血流特徴量を自動計算する。上記病変座標系は、脳動脈瘤の場合には、瘤ネック面の重心を原点とし、瘤発生方向を法線方向とした局所座標系であることが好ましい。例えば、脳動脈瘤ネック面を定義し、ネック面重心から当該脳動脈瘤の頭頂部を法線とする脳動脈瘤座標系を設定することができる。

[0018] 以下、本発明の一実施形態について具体的に説明する。

[0019] 図1は、本発明の一実施形態における病変血流特徴量可視化装置10の概略構成図である。

[0020] 病変血流特徴量可視化装置10は、CPU11、RAM12及び入力／出力IF13が接続されたバス50に、プログラム格納部60とデータ格納部70、71が接続されている。この装置10は、さらに、各種外部参照データを格納するその他の機器および／または通信ポートに前記バス50が接続されてもよい。また、この装置10の入力／出力IF13には、マウスやキ

ーボード、タッチスクリーンなどの入力デバイス（不図示）や、ディスプレイ（不図示）又はその他の出力デバイスを接続することができる。

[0021] プログラム格納部 60 は、入力部 14、血流計算部 15、病変部決定部 16、病変座標系算出部 17、座標系変換部 18、病変血流特徴量計算部 19、及び表示部 20 を備えている。

[0022] データ格納部 70 は入力デバイスまたは通信ポートから入力された医用画像を格納する。データ格納部 71 は、速度場・圧力場 25 と、血管病変部 26 と、病変特徴量 27 とを格納する。

[0023] 前記構成（入力部 14、血流計算部 15 と、病変部決定部 16 と、病変座標系算出部 17 と、座標系変換部 18 と、病変血流特徴量計算部 19 と、表示部 20）は、実際にはハードディスクの記憶領域に格納されたコンピュータソフトウェアによって構成され、前記 CPU 11 によって呼び出され RAM 12 上に展開され実行されることによって、本実施形態の各構成要素として構成され機能するようになっている。

[0024] 図 2 は、本実施形態における装置 10 の病変血流特徴量可視化フローを示す図である。入力は医用画像とする。装置 10 は、医用画像が入力されると、血流計算を行うと共に病変座標系を決定し、座標変換を行い、その後、病変血流特徴量を自動計算し出力する。以下に、前記構成の各部の機能についてそれぞれの受け持つ工程とともに述べる。

[0025] （入力部）

入力部 14 は医用画像等を読み込む（ステップ S1）。この実施形態において、入力される医用画像は、例えば MRA（磁気共鳴画像）、CTA（X線コンピュータ断層撮影画像）、DSA（血管造影画像）などの対象血管部位の断層画像を取得可能な装置の他、US（超音波画像）、IVUS（血管内超音波画像）、OCT（近赤外画像）など、対象血管部位における画像データを取得可能な種々の装置により得られたものであってよい。また、対象血管部位としては、例えば脳動脈、冠動脈、頸動脈、大動脈、または被験者のその他の対象血管部位であってよい。

[0026] 当該医用画像は、入力／出力 I F 1 3 を介して、または不図示の通信ポートやその他の転送手段により一旦データ格納部 7 0 に記録された後、血流計算部 1 5 に入力される。

[0027] (血流計算部)

血流計算部 1 5 は、数値流体力学 (C F D) を用いて血流シミュレーションを行う (ステップ S 2)。この実施形態では、血流シミュレーションの流れは図 3 に示す一般化した方法を採用している。以下に具体的な流れを説明する。

[0028] 血流計算部 1 5 は、対象血管部位を含む前記医用画像を取得すると、まず当該医用画像から血管形状 (サーフェスメッシュ) を構築する (図 3 (b))。次に、内部に計算格子 (ボリュームメッシュ) を生成する (図 3 (c))。次に、血液物性と境界条件 (壁面、入口、出口) を設定する (図 3 (d))。次に、あらかじめ規定された計算条件に基づいて、支配方程式である (1) 連続の式、(2) ナビエ・ストークス方程式を連立逐次演算することで各メッシュにおける血流の圧力場および流速場 (速度場) の近似解を取得し出力する (図 3 (e) ~ (g))。以下の工程では、ここで取得された圧力場および速度場の数値情報から特徴量を抽出して流れの可視化を行う。

[0029] 尚、血流計算部 1 5 は、上記医用画像から構築された血管形状を修正処理して、当該修正された血管形状に対してその血流の圧力場および速度場の近似解を取得することもできる。修正処理の一例としては、治療後の血管形状を再現するための修正が挙げられる。修正処理をする場合、後工程 (ステップ S 2 ~ ステップ S 6) は、当該修正された血管形状に対して行う。

[0030] (病変部決定部)

病変部決定部 1 6 は、医用画像から構築した血管形状を用いて血管病変部を決定する (ステップ S 2)。

[0031] 本実施形態では、血管病変部が脳動脈瘤の場合、対象血管の血管形状およびその中心線を分析して、当該中心線に沿って血管形状の変化率が正常範囲にあるものを正常部と判定し、前記正常部に入らない血管領域を異常部と判

定することで、正常部と異常部の分割を行う。ここで示す脳動脈瘤は局所的な血管形状の拡大であり異常部となる。すなわち、脳動脈瘤は、親血管からの曲率の反転を伴うものであり、この曲率反転箇所をトラッキングすることで異常部（病変部）を特定する。図4を参照して説明すると、脳動脈瘤Aを含む血管について、中心線1に沿って血管形状の変化率を分析すると、正常血管である親血管Bは凸型の曲率となる一方、瘤化した部分Aは凹型の曲率を伴うものであり、この境界面をトラッキングすることで脳動脈瘤の部分を決定する。

[0032] 他の実施例では、上記分割処理後、さらに、分割された異常部の形状を分析して、前記異常部の形状が所定の基準を満たす場合にのみ脳動脈瘤と判定するようにしてもよい。この形状の分析は、異常部の体積、表面積、球形状、代表長さ、および異常部が位置する血管部位、またはその他の幾何学的形状パラメータの幾つかまたは全てを計測し幾何学的特徴を算出することで行うことができる。

[0033] 一方、病変部決定部16の上記処理で血管病変部が特定されない場合は、この装置はその旨を表示して処理を終了し、以下に説明する座標系変換部18および病変血流特徴量計算部19の各処理を行わない。代替的に、病変部決定部16は、血管病変部を特定するための更なる情報の入力を受け付けて、当該更なる情報に基づいて上記病変部の決定を行なってもよい。

[0034] 尚、この血管病変部の決定は、図3(b)に示す血管形状の構築後、上記血流計算部15におけるその後の計算処理（図3(c)～(h)）と並行して行うことができるが、これに限られるものではない。

[0035] (病変座標系算出部)

病変座標系算出部17は、取得した血管病変部情報をもとに病変座標系を算出する（ステップS3）。以下、この病変座標系算出部17の処理を詳しく説明する。

[0036] 本実施形態において、病変部決定部16で取得された血管病変部のデータは3次元絶対座標系(X, Y, Z)に基づいている。絶対座標系とは画像座

標系に相当する。すなわち、上記画像データを取得可能な装置、例えばCT等の医用画像撮像装置のもつ機械座標系である。多くの機械座標系は体軸方向にZ軸を配置し、それと直行方向に、前後、左右に対してY軸、X軸を設定している。機械座標系の原点は撮像機器の原点であり機器固有なものである。そこで、病変座標系算出部17は、前記絶対座標系で表現されている血管病変部の情報をもとに3次元病変座標系(X' , Y' , Z')を算出する。

[0037] 例えば脳動脈瘤の場合、図5に示すように、病変座標系算出部17は、まず病変部決定部16で決定された血管病変部すなわち脳動脈瘤Aに対してネック面Nを決定する。この決定は、上述した正常部と異常部の境界面をネック面Nとして検知することで自動的に行う。

[0038] 病変座標系算出部17は、上記自動設定の他に、さらに、ユーザーに手でネック面を設定させる手段を有してもよい。一実施例として、手動設定は、ユーザーにネック面を含む3点を選択させることにより行う。

[0039] その後、図6(a)(b)に示すように、決定した脳動脈瘤Aのネック面Nに対して、その重心(G)を原点とし、瘤ネック面Nに対して垂直方向を Z' 軸、ネック面短軸方向を X' 軸、当該 X' 軸を起点として90度の位置にある軸を Y' 軸とするように法線ベクトルを配置することで、病変座標系(脳動脈瘤座標系)を算出する。本実施形態では、法線ベクトルの向きは、瘤発生方向を法線方向とする。これにより、脳動脈瘤座標系において、後述する流入法線速度はプラス成分を、流出法線速度はマイナス成分を持つ。尚、この実施形態では、好適な病変座標系算出としてネック面の重心を原点とする場合を説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、例えばネック面上のその他の位置を原点としてもよい。

[0040] (座標系変換部)

座標系変換部18は、図7に示すように、血流計算部15で取得された絶対座標系に基づく速度場および圧力場を、病変座標系算出部17で算出された病変座標系へ変換する(ステップS4)。すなわち、脳動脈瘤の場合では、対象とする瘤に対応した脳動脈瘤座標系を設定する。この脳動脈瘤座標系

は、後工程において対象の脳動脈瘤の流れ性質を当該瘤の視点から算出するために設定するものである。

[0041] 具体的には、座標系変換部 18 は、座標系変換行列を算出して上記血流計算部 15 で取得された速度場、圧力場との乗算を行うことで、座標系変換後の速度場、圧力場を出力する。座標系変換行列は、平行移動と回転移動から構成される。この実施形態において、絶対座標系での速度（ U ， V ， W ）から病変座標系での速度（ U' ， V' ， W' ）への変換は、座標系変換行列 M を用いて下式で表される。尚、 U ， V ， W は、絶対座標系 X ， Y ， Z のそれぞれの方向の速度成分であり、 U' ， V' ， W' は病変座標系 X' ， Y' ， Z' のそれぞれの方向の速度成分である。

$$\begin{pmatrix} U' \\ V' \\ W' \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} U \\ V \\ W \end{pmatrix}$$

[0042] （病変血流特徴量計算部）

病変血流特徴量計算部 19 は、座標系変換部 18 で取得された病変座標系に基づく速度場および圧力場より病変血流特徴量を計算する（ステップ S5）。計算対象は血管病変の種別に応じて決められており、あらかじめコンピュータ内部に記憶されている。本実施形態では、脳動脈瘤の場合には以下の特徴量を計算する。

- （１）瘤内流入速度
- （２）瘤内流入流量
- （３）瘤内速度等値面
- （４）瘤内流入・流出速度分布
- （５）瘤内流線
- （６）瘤内壁面せん断応力
- （７）瘤内圧力
- （８）瘤内エネルギー損失

病変血流特徴量計算部 19 は、例えば脳動脈瘤座標系すなわち病変座標系

に基づく速度場および圧力場により流入速度を計算する場合、脳動脈瘤への流入成分をプラス、流出成分をマイナスに表現する。

[0043] (表示部)

表示部20は、病変血流特徴量計算部19で取得された特徴量などの必要な情報を表示するための表示画面を生成し、ディスプレイ上に表示されたユーザーインターフェースに表示する(S6)。

[0044] 図8は、ユーザーグラフィカルインターフェース40の一例を示す。図8の左上41には、動脈瘤を含む血管3次元形状に座標変換後の速度分布が重ねられて表示されている。また、図8の左上42には、その動脈瘤のネック面における座標系変換後の速度分布が表示されている。また、図8の下方43、44、45、46にはそれぞれ、圧力分布、壁面せん断応力の向き、壁面せん断応力の大きさ、壁面せん断応力の方向の変動値が表示されている。

[0045] このように、ユーザーグラフィカルインターフェース40上には、上記特徴量(1)～(8)およびその他の対象動脈瘤に関する情報のうちの1またはそれ以上の情報を一括表示することができる。これらの表示は、例えば、ユーザーインターフェース40上に表示形式選択ボタンを表示してユーザーが所望の表示形式を選択できるようにしてもよく、当該選択された表示形式に従ってユーザーインターフェース40に諸情報を表示するようにすることができる。

[0046] ここで、図9を参照して、座標変換前と座標変換後での瘤ネック面における速度分布の違いを説明する。座標変換前(機械絶対座標系)における速度は、大きさのみが評価可能となる。すなわち、速度はベクトル量であるが、動脈瘤における血流の状態を分析するに当たり、上記機械絶対座標系での速度ベクトルの成分分析は有効でない状態にある。図9(a)に、前記機械絶対座標系での速度分布(U Magnitude [m/s])の一例を示す。図9(a)では、P1、P2の領域は共にP3領域に比べて大きい値を示している。

[0047] 一方、図9(b)は、座標変換後(脳動脈瘤座標系)での速度分布、具体

的にはネック面に直交し流入方向をプラスとする方向 Z' の速度成分($U_{Z'}$ [m/s])を示す。図9(b)において、速度 $U_{Z'}$ は、 $P3'$ 領域ではほぼ0を示しているのに対して、 $P1'$ 領域では $P3'$ 領域に比べて低い負の値(-0.1 を下回る値)すなわち流出を、 $P2'$ 領域では $P3'$ 領域に比べて高い正の値($+0.05$ を上回る値)すなわち流入を示している。このように、脳動脈瘤座標系では、各位置における速度ベクトルを成分分析することによって、座標変換前に観察することができなかった脳動脈瘤における流入、流出の場所を確実に容易に特定・視認することができる。

[0048] 以上によれば、血管病変部に視点を置き病変座標系における病変血流特徴量の算出・可視化を行うことにより、脳動脈瘤における流入、流出の場所の特定をはじめ、瘤内の血流の状態を容易に直感的に理解することができる。これは、動脈瘤破裂と血流の状態との因果関係を解明する上で有効であろう。また、コイル塞栓術等の治療方針の検討、例えばどのような種類のコイルを用いるか、またはどのような姿勢でコイルを配置するかなどの検討においても、有用な手段であろう。

[0049] 尚、上記実施形態においては、病変血流特徴量可視化装置10が血流計算処理15・病変部決定部16を有し、速度場・圧力場の算出および病変部の決定を行う場合を説明したが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、他の一実施形態では、別の装置で計算・特定した速度場・圧力場および血管病変部の少なくともいずれか一方を本発明の可視化装置の入力としても良い。例えば、図10に示すように、別の装置で医用画像に基づいて血流解析された速度場・圧力場、および特定された病変部または当該病変部を含む血管形状等を、この装置への入力とすることができる。この場合、例えば入力部14に上記入力データが読み込まれると(ステップS11)、病変座標系算出部17、座標系変換部18、病変血流特徴量計算部19、表示部20は、各処理(ステップS12~S15)を上記病変血流特徴量可視化装置10と同様の様態で行う。また、他の実施例では、別の装置で医用画像に基づいて血流解析された速度場・圧力場と当該血流解析の元となった医用画像ま

たは血管形状とを入力とすることができる。この場合、例えば入力部 14 に上記入力データが読み込まれると（ステップ S 11）、病変部決定部 16、病変座標系算出部 17、座標系変換部 18、病変血流特徴量計算部 19、表示部 20 は、各処理を上記病変血流特徴量可視化装置 10 と同様の様態で行う。

[0050] また、上記実施形態においては、動脈瘤の場合を説明してきたが、これに限られるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、その他の病変部に適用することが可能である。

[0051] また、上記実施形態においては、速度場および圧力場の両方を算出し、座標変換し、上記（１）～（８）の特徴量を計算する場合を説明したが、本発明はこれに限られるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて所望の特徴量を算出することができる。例えば少なくとも速度場および圧力場の何れか一方を算出、座標変換し、上述したような（１）～（８）の病変部血流特徴量のうちの幾つかの所望の病変部血流特徴量を算出することができる。

[0052] その他、本発明における装置各部の構成は図示構成例に限定されるものではなく、実質的に同様の作用を奏する限りにおいて、種々の変更が可能である。

請求の範囲

- [請求項1] コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力部と、
- コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定部と、
- コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出部と、
- コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換部と、
- コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算部と、
- コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力部と
- を有する血流可視化装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の血流可視化装置において、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面上の点を原点とすることを特徴とする、装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の血流可視化装置において、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点とすることを特徴とする、装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の血流可視化装置において、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点として、瘤発生方向を法線方向とした局所座標系であることを特徴とする、装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の血流可視化装置において、この装置は、さらに、コンピュータが、前記圧力場および速度場を算出する血流計算部を有することを特徴とする、装置。

- [請求項6] 請求項1に記載の血流可視化装置において、前記病変血流特徴量は、瘤内流入速度、瘤内流入流量、瘤内速度等値面、瘤内流入および流出速度分布、瘤内流線、瘤内壁面せん断応力、瘤内圧力、瘤内エネルギー損失の1若しくはそれ以上の情報を含むものであることを特徴とする、装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の血流可視化装置において、
前記病変部決定部は、前記医用画像から構築された3次元血管形状から前記血管病変部位を決定することを特徴とする、装置。
- [請求項8] コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力工程と、
 コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定工程と、
 コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出工程と、
 コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換工程と、
 コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算工程と、
 コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力工程と
 を有する血流可視化方法。
- [請求項9] 請求項8に記載の血流可視化方法において、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面上の点を原点とすることを特徴とする、方法。
- [請求項10] 請求項9に記載の血流可視化方法において、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点とすることを特徴とする、方法。

- [請求項11] 請求項8に記載の血流可視化方法において、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点として、瘤発生方向を法線方向とした局所座標系であることを特徴とする、方法。
- [請求項12] 請求項8に記載の血流可視化方法において、この方法は、さらに、コンピュータが、前記圧力場および速度場を算出する血流計算工程を有することを特徴とする、方法。
- [請求項13] 請求項8に記載の血流可視化方法において、前記病変血流特徴量は、瘤内流入速度、瘤内流入流量、瘤内速度等値面、瘤内流入および流出速度分布、瘤内流線、瘤内壁面せん断応力、瘤内圧力、瘤内エネルギー損失の1若しくはそれ以上の情報を含むものであることを特徴とする、方法。
- [請求項14] 請求項8に記載の血流可視化方法において、前記病変部決定工程は、前記医用画像から構築された3次元血管形状から前記血管病変部位を決定することを特徴とする、方法。
- [請求項15] 血流を可視化するためのコンピュータソフトウェアプログラムであって、以下の工程：
- コンピュータが、対象血管部位を含む医用画像と、当該医用画像から数値流体解析により所定の座標系で算出された前記対象血管部位の各位置における圧力場および速度場とを読み込む入力工程と、
- コンピュータが、前記医用画像から血管病変部位を決定する病変部決定工程と、
- コンピュータが、取得された前記血管病変部位の幾何学的情報に基づいて病変座標系を算出する病変座標系算出工程と、
- コンピュータが、前記算出された圧力場および速度場を前記所定の座標系から前記算出された病変座標系に変換する前記座標系変換工程と、
- コンピュータが、前記病変座標系に座標系変換された速度場および

圧力場に基づいて病変血流特徴量を計算する病変血流特徴量計算工程と、

コンピュータが、前記病変血流特徴量を出力する出力工程と
を実行させる命令を含むことを特徴とするコンピュータソフトウェアプログラム。

[請求項16] 請求項15に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面上の点を原点とすることを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

[請求項17] 請求項16に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点とすることを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

[請求項18] 請求項15に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて、前記血管病変部位が動脈瘤である場合、前記病変座標系は、該動脈瘤の瘤ネック面重心を原点として、瘤発生方向を法線方向とした局所座標系であることを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

[請求項19] 請求項15に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて、さらに、コンピュータが、前記圧力場および速度場を算出する血流計算工程を有することを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

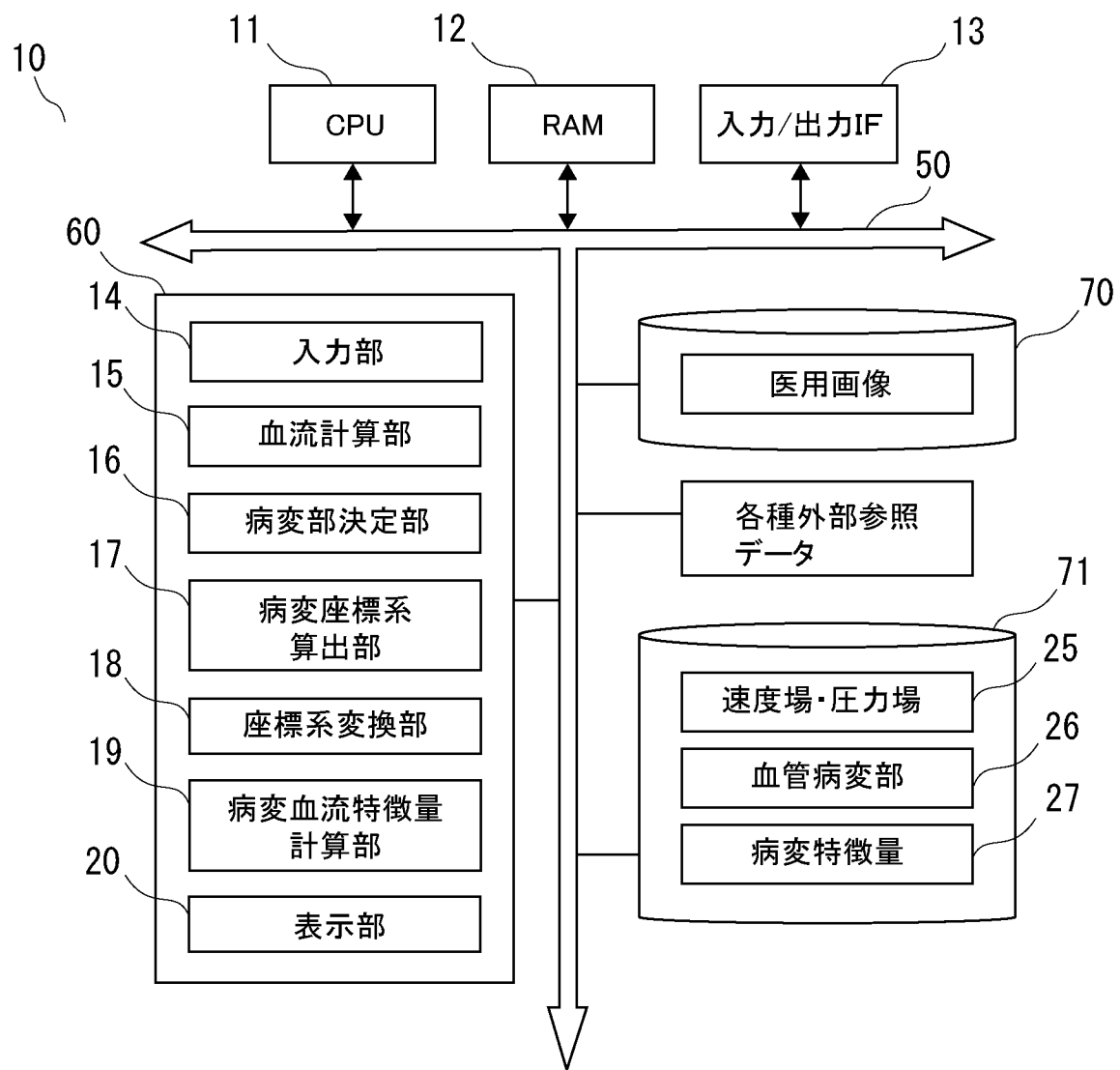
[請求項20] 請求項15に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて、前記病変血流特徴量は、瘤内流入速度、瘤内流入流量、瘤内速度等値面、瘤内流入および流出速度分布、瘤内流線、瘤内壁面せん断応力、瘤内圧力、瘤内エネルギー損失の1若しくはそれ以上の情報を含むものであることを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

[請求項21] 請求項15に記載のコンピュータソフトウェアプログラムにおいて

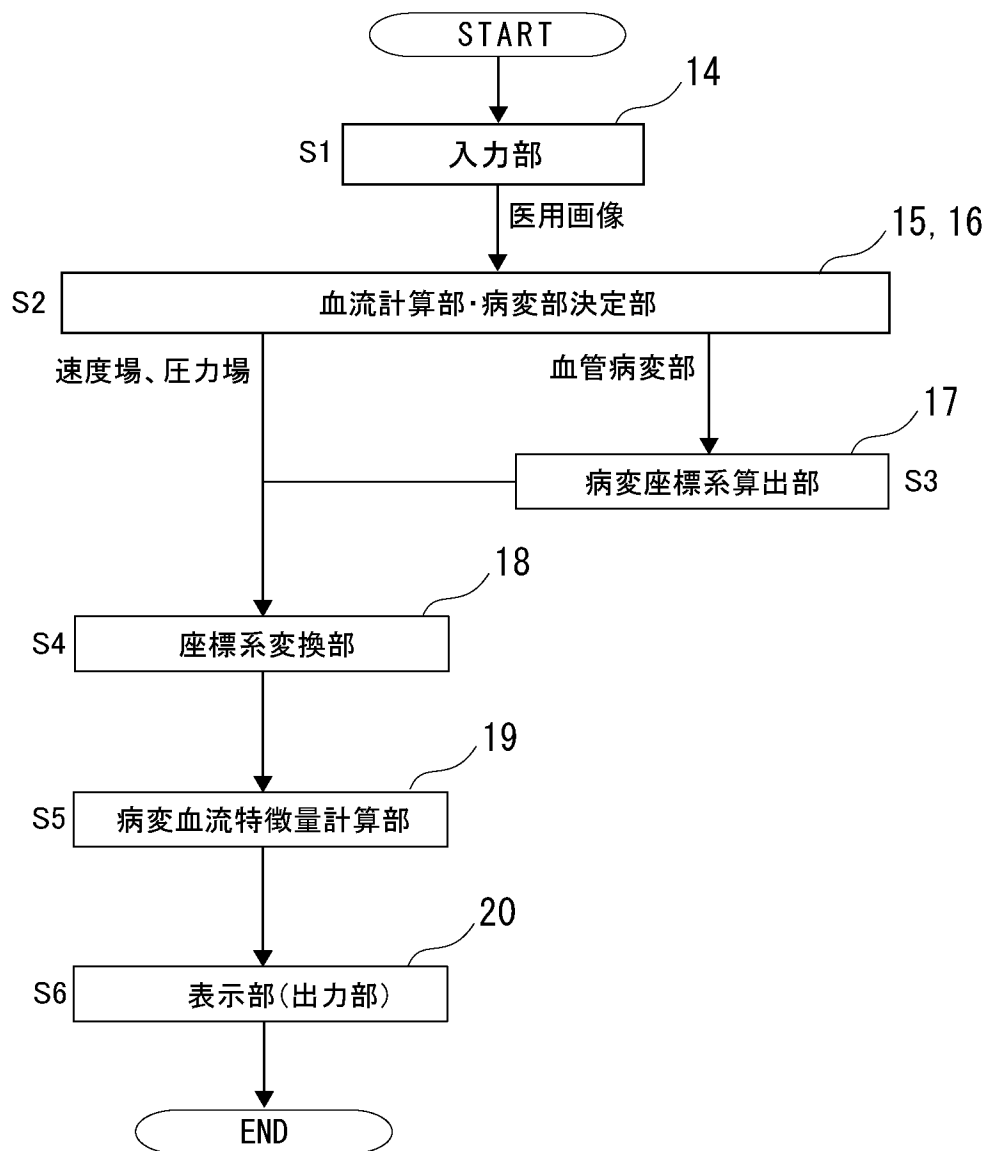
、

前記病変部決定工程は、前記医用画像から構築された３次元血管形状から前記血管病変部位を決定することを特徴とする、コンピュータソフトウェアプログラム。

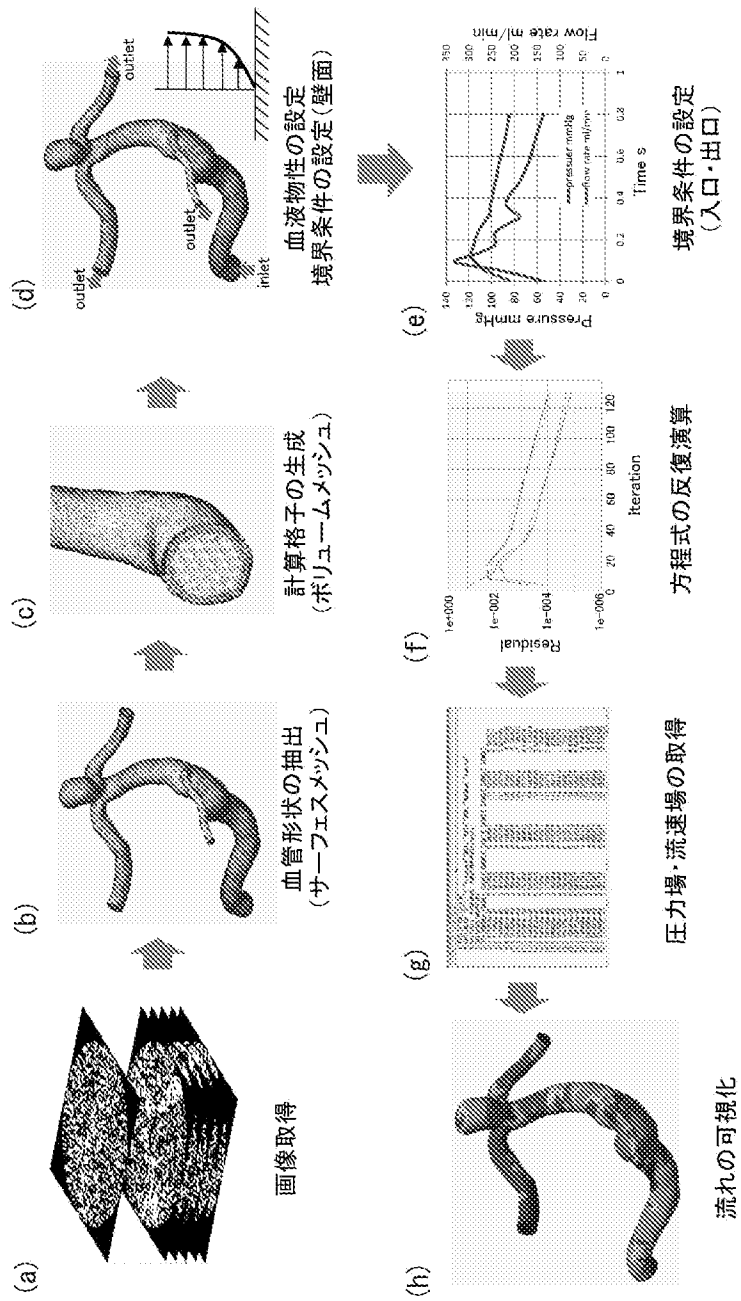
[図1]



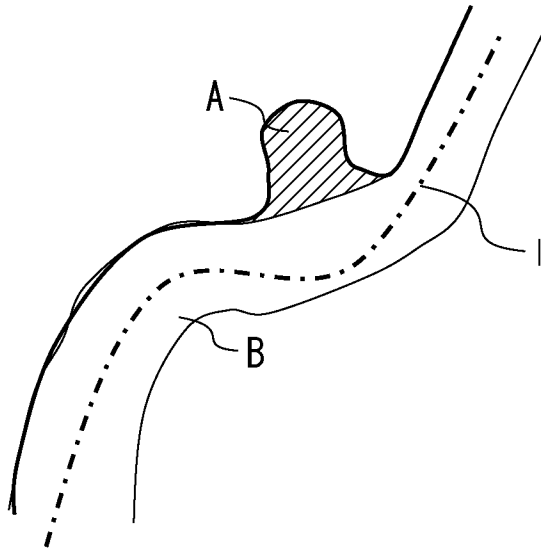
[図2]



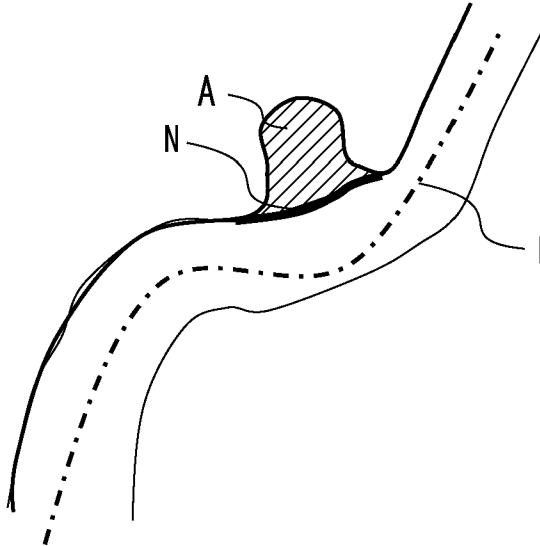
[図3]



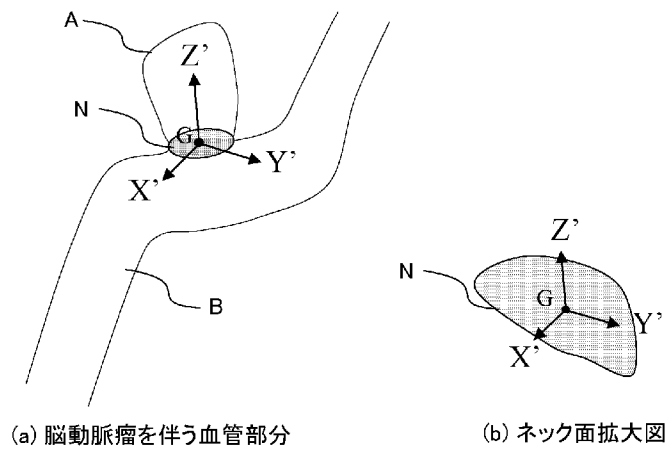
[図4]



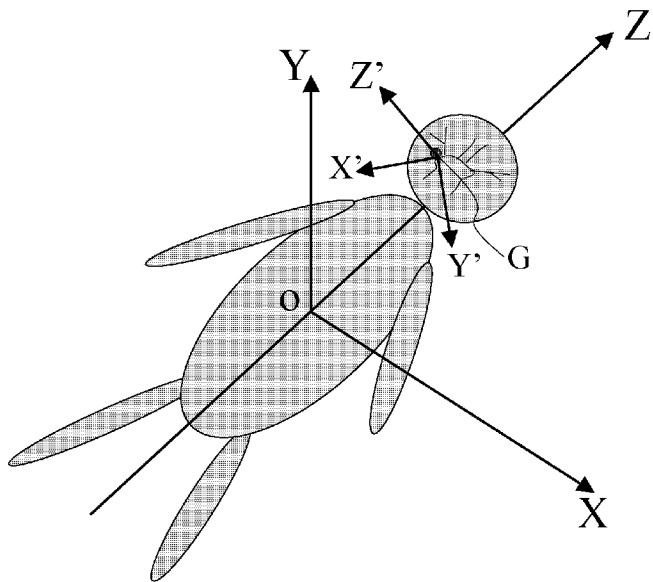
[図5]



[図6]

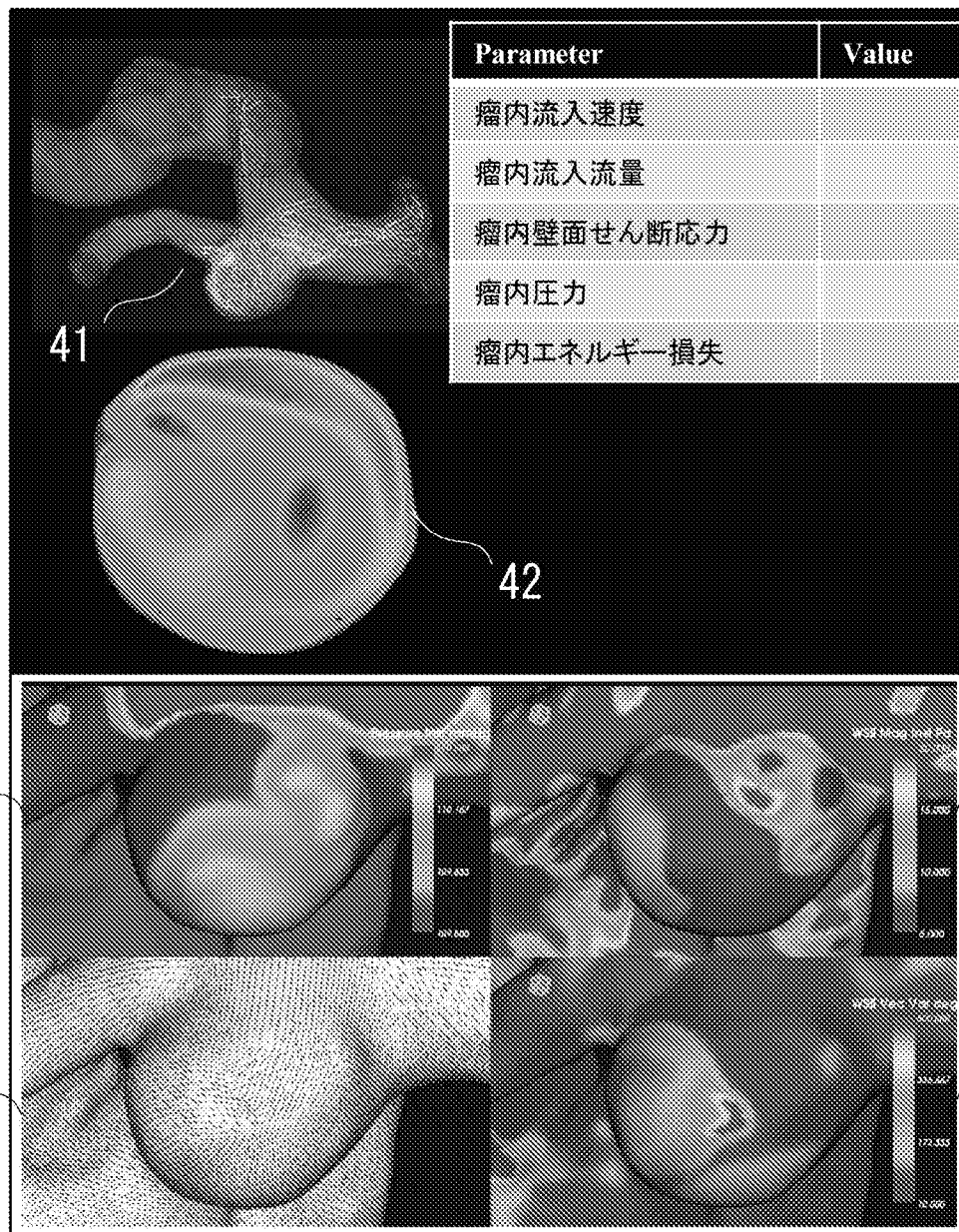


[図7]

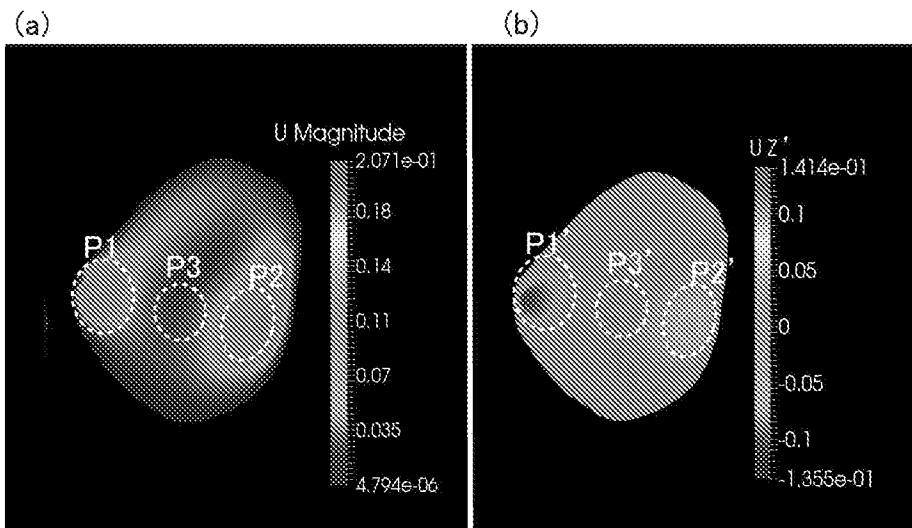


[図8]

40



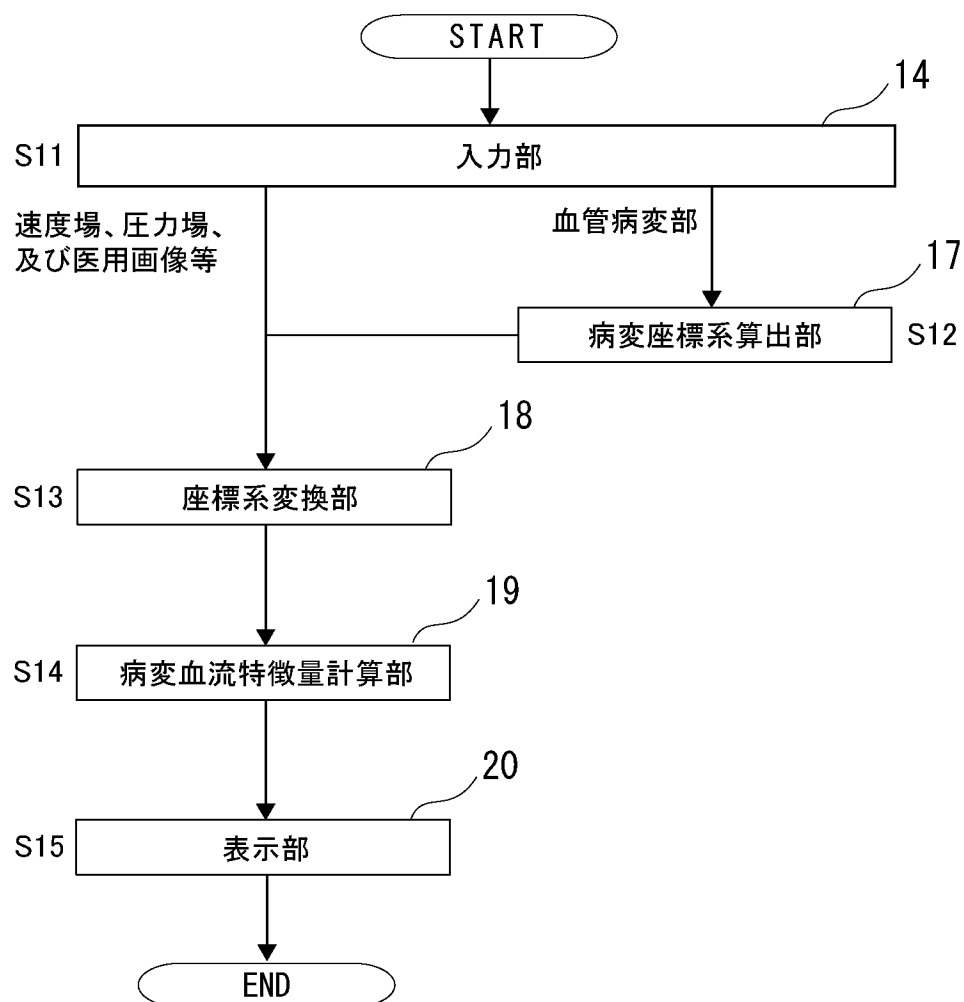
[図9]



座標変換前
(機械絶対座標系)

座標変換後
(脳動脈瘤座標系)

[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077755

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER A61B6/03(2006.01)i, A61B5/055(2006.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B6/03, A61B5/055 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/031741 A1 (EBM Corp.), 07 March 2013 (07.03.2013), paragraphs [0039] to [0141] & US 2014/0316758 A1 paragraphs [0085] to [0207] & CA 2850189 A1 & EP 2749223 A1 & CN 103917165 A	1-21
A	JP 2015-097759 A (Toshiba Corp., Toshiba Medical Systems Corp.), 28 May 2015 (28.05.2015), entire text; all drawings (Family: none)	1-21
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 November 2016 (16.11.16)		Date of mailing of the international search report 29 November 2016 (29.11.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/077755

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-207531 A (Toshiba Corp., Toshiba Medical Systems Corp.), 24 September 2010 (24.09.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-21

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B6/03(2006.01)i, A61B5/055(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B6/03, A61B5/055

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	WO 2013/031741 A1（イービーエム株式会社） 2013.03.07, 段落 [0039] - [0141] & US 2014/0316758 A1(pars. [0085]-[0207]) & CA 2850189 A1 & EP 2749223 A1 & CN 103917165 A	1-21
A	JP 2015-097759 A（株式会社東芝、東芝メディカルシステムズ株式会社） 2015.05.28, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-21

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16.11.2016

国際調査報告の発送日

29.11.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

亀澤 智博

2U

4746

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-207531 A (株式会社東芝、東芝メディカルシステムズ株式会社) 2010.09.24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-21