

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4460823号
(P4460823)

(45) 発行日 平成22年5月12日 (2010.5.12)

(24) 登録日 平成22年2月19日 (2010.2.19)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 6/03 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 6 0 D

A 6 1 B 6/00 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 6 0 G

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 6/03 3 6 0 Q

A 6 1 B 6/02 (2006.01)

A 6 1 B 6/00 3 5 0 D

G O 1 R 33/54 (2006.01)

A 6 1 B 5/05 3 8 0

請求項の数 6 (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-356102 (P2002-356102)
 (22) 出願日 平成14年12月9日 (2002.12.9)
 (65) 公開番号 特開2003-225232 (P2003-225232A)
 (43) 公開日 平成15年8月12日 (2003.8.12)
 審査請求日 平成17年12月6日 (2005.12.6)
 (31) 優先権主張番号 10/012954
 (32) 優先日 平成13年12月10日 (2001.12.10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 300019238
 ジーイー・メディカル・システムズ・グロ
 ーバル・テクノロジー・カンパニー・エル
 エルシー
 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53
 188・ワウケシャ・ノース・グランドヴ
 ユー・ブルーバード・ダブリュー・710
 ・3000
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 血管解析を支援し促進する方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

患者 (22) の管構造をコンピュータ (36) が解析する方法 (60) であって、
 前記患者の前記管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を前記コンピ
 ュータ (36) が受け取る工程 (62) と、
 前記管構造に沿った方向を前記コンピュータ (36) が受け取る工程と、
 該受け取ったカーソル第一の位置及び該受け取った方向にのみ基づいて前記管構造内で経
 路を決定する工程 (64) と、
 カーソル第二の位置まで所定の距離だけ前記経路に沿ってカーソルを移動させる工程 (6
 6) とを備え、
 前記経路の決定が、初期シード点から目標点に伝播する波であって、1段階毎にいずれか
 の座標方向に所定単位の距離だけ伝播し、前記波が伝播する前の座標に対応付けられた値
 に基づいて前記波が伝播した後の座標に対応付けられた値を更新する前記波による最小の
 値を有する直前点までの複数の方向符号を決定することと、前記目標点から前記初期シ
 ード点までの方向符号を展開することにより最良の経路を算出することを含む、方法。

【請求項 2】

三次元データ集合を用いて前記管構造の1以上の画像を形成する工程をさらに含んでい
 る請求項1に記載の方法 (60)。

【請求項 3】

前記カーソル第二の位置からの内部三次元ビューを表示する工程をさらに含んでいる請

求項 1 に記載の方法 (6 0)。

【請求項 4】

患者 (2 2) の管構造を解析する医用イメージング・システム (1 0) であって、
検出器アレイ (1 8) と、
1 以上の放射線源 (1 4) と、
前記検出器アレイ及び前記放射線源に結合されているコンピュータ (3 6) とを備えており、
該コンピュータ (3 6) は、
前記患者の前記管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取り (6 2)、
前記管構造に沿った方向を受け取り、
該受け取ったカーソル第一の位置及び該受け取った方向に基づいて前記管構造内で終点を含む経路を決定し (6 4)、
カーソル第二の位置まで所定の距離だけ前記経路に沿ってカーソルを移動させ (6 6)、
前記経路の決定を、初期シード点から目標点に伝播する波であって、1 段階毎にいずれかの座標方向に所定単位の距離だけ伝播し、前記波が伝播する前の座標に対応付けられた値に基づいて前記波が伝播した後の座標に対応付けられた値を更新する前記波による最小の値を有する直前点までの複数の方向符号を決定することと、前記目標点から前記初期シード点までの方向符号を展開することにより最良の経路を算出することにより行うように構成されている、医用イメージング・システム (1 0)。

10

20

【請求項 5】

患者 (2 2) の管構造を解析するために、前記コンピュータ (3 6) は、三次元データ集合を用いて前記管構造の 1 以上の画像を形成するようにさらに構成されている請求項 4 に記載の医用イメージング・システム (1 0)。

【請求項 6】

患者の管構造を解析するために、前記コンピュータ (3 6) は、前記カーソル第二の位置からの内部三次元ビューを表示する (2 2 2) ようにさらに構成されている請求項 4 に記載の医用イメージング・システム (1 0)。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30

【発明の背景】

本発明は一般的には、血管画像の解析の方法及び装置に関し、さらに具体的には、計算機式断層写真法撮像、MR 撮像、及び 3 D 放射線撮像から得られた画像による放射線学的検査時に放射線科医師等の医療従事者が測定及び報告を準備するのを支援する方法及び装置に関する。

【0002】

少なくとも幾つかの計算機式断層写真法 (CT) イメージング・システム構成においては、X 線源がファン (扇形) 形状のビームを投射し、このビームは、デカルト座標系の X Y 平面であって、一般に「イメージング (撮像) 平面」と呼ばれる平面内に位置するようにコリメートされる。X 線ビームは患者等の被撮像物体を透過する。ビームは物体によって減弱された後に放射線検出器のアレイに入射する。検出器アレイで受光される減弱したビーム放射線の強度は、物体による X 線ビームの減弱量に依存している。アレイ内の各々の検出器素子が、検出器の位置でのビーム減弱の測定値である別個の電気信号を発生する。すべての検出器からの減弱測定値を別個に取得して透過プロファイル (断面) を形成する。

40

【0003】

公知の第 3 世代 CT システムでは、X 線源及び検出器アレイは、X 線ビームが物体と交差する角度が定常的に変化するように撮像平面内で被撮像物体の周りをガントリと共に回転する。X 線源は典型的には、焦点において X 線ビームを照射する X 線管を含んでいる。X 線検出器は典型的には、検出器で受光した X 線ビームをコリメートするコリメータ、コリ

50

メータに隣接して設けられているシンチレータ、及びシンチレータに隣接して設けられている光検出器を含んでいる。

【 0 0 0 4 】

計算機式断層写真法 (C T) 撮像、並びに磁気共鳴 (M R) 撮像及び 3 D X 線撮像 (3 D X R) の一つの応用に管解析がある。血管病状の X 線による定量化及び解析は、長さ、断面寸法、角度、及び関連するパラメータを定量化して狭窄又は動脈瘤パラメータを評価することを求められている放射線科医師にとって重要である。幾つかの公知のイメージング・システムでは、C T、M R 又は 3 D X R のような三次元データを用いて血管病状の解析を行なう。

【 特 許 文 献 1 】

米国特許第 5 6 3 0 0 3 4 号

【 0 0 0 5 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

視覚的な病状解析は、操作者が彎曲している可能性のある構造を追跡しなければならないため困難な場合がある。上述のイメージング・システムは、始点と終点との間の経路を位置決定するための方法を含むことができ、すると操作者はスライダー又はスクロールバーのような単純なインタフェイス装置の助けを借りて算出経路に沿って追跡を行なうが、この方法では経路を画定して算出するのに必要な計算機時間が長くなる可能性がある。さらに、閉塞又は不連続な経路がある場合には、構造を視覚化するのに追加の工程が必要とされることもある。

【 0 0 0 6 】

【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

一実施形態では、患者の管構造を解析する方法を提供する。この方法は、患者の管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取る工程と、受け取ったカーソル第一の位置にのみ基づいて管構造内で経路を決定する工程と、カーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ経路に沿ってカーソルを移動させる工程とを含んでいる。

【 0 0 0 7 】

もう一つの実施形態では、時間の経過にわたって管構造を再表示する方法を提供する。この方法は、同じ管構造を表わす少なくとも第一の時刻での第一の三次元データ集合及び第二の時刻での第二の三次元データ集合を形成する工程と、第一の三次元データ集合の第一のビュー及び第二の三次元データ集合の第二のビューを形成する工程と、第一のビュー内で第一の三次元位置に第一のカーソルを配置すると共に、第一のビューにおける第一のカーソル位置に対応する第二のビュー内での第一の三次元位置に第二のカーソルを配置する工程とを含んでいる。この方法はまた、管構造内で経路を決定する工程と、第一のビュー及び第二のビューの少なくとも一方においてカーソル位置からの方向を画定する工程と、第一のカーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ上述の決定した経路に沿って第一のカーソルを移動させると共に、第二のカーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ上述の決定した経路に沿って第二のカーソルを移動させる工程とを含んでいる。

【 0 0 0 8 】

さらにもう一つの実施形態では、患者の管構造を解析するためのコンピュータにより実行可能なプログラムで符号化されているコンピュータ読み取り可能な媒体を提供する。このプログラムは、患者の管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取り、受け取ったカーソル第一の位置に基づいて管構造内で経路を決定し、ここで決定される経路は決定される終点を含んでおり、カーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ経路に沿ってカーソルを移動させるべくコンピュータに指示するように構成されている。

【 0 0 0 9 】

さらにもう一つの実施形態では、患者の管構造を解析する医用イメージング・システムを提供する。この医用イメージング・システムは、検出器アレイと、1以上の放射線源と、検出器アレイ及び放射線源に結合されているコンピュータとを含んでいる。コンピュータ

10

20

30

40

50

は、患者の管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取り、受け取ったカーソル第一の位置に基づいて管構造内で終点を含む経路を決定し、カーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ経路に沿ってカーソルを移動させるように構成されている。

【 0 0 1 0 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の一実施形態では、計算機式断層写真法画像を用いる。図 1 及び図 2 には、計算機式断層写真 (C T) イメージング・システム 1 0 が、「第 3 世代」 C T スキャナに典型的なガントリ 1 2 を含むものとして示されている。ガントリ 1 2 は X 線源 1 4 を有しており、X 線源 1 4 は、X 線ビーム 1 6 をガントリ 1 2 の対向する側に設けられている検出器アレイ 1 8 に向かって投射する。検出器アレイ 1 8 は検出器素子 2 0 によって形成されており、検出器素子 2 0 は一括で、患者 2 2 等の物体を透過する投射 X 線を感知する。各々の検出器素子 2 0 が、入射 X 線ビームの強度を表わし従って物体又は患者 2 2 を透過する際のビームの減弱を表わす電気信号を発生する。X 線投影データを取得するための一回の走査の間に、ガントリ 1 2 及びガントリ 1 2 に装着されている構成部品は、回転中心 2 4 の周りを回転する。一実施形態では、図 2 に示すように、検出器素子 2 0 は、一回の走査の間に単一の画像スライスに対応する投影データが取得されるように一行に配列されている。もう一つの実施形態では、検出器素子 2 0 は複数の平行な行を成して配列されているので、一回の走査の間に複数の平行なスライスに対応する投影データを同時に得ることができる。

【 0 0 1 1 】

ガントリ 1 2 の回転及び X 線源 1 4 の動作は、C T システム 1 0 の制御機構 2 6 によって制御されている。制御機構 2 6 は X 線制御器 2 8 とガントリ・モータ制御器 3 0 とを含んでおり、X 線制御器 2 8 は X 線源 1 4 に電力信号及びタイミング信号を供給し、ガントリ・モータ制御器 3 0 はガントリ 1 2 の回転速度及び位置を制御する。制御機構 2 6 内に設けられているデータ取得システム (D A S) 3 2 が検出器素子 2 0 からのアナログ・データをサンプリングして、後続の処理のためにこのデータをデジタル信号へ変換する。画像再構成器 3 4 が、サンプリングされてデジタル化された X 線データを D A S 3 2 から受け取って高速画像再構成を実行する。再構成された画像はコンピュータ 3 6 への入力として印加され、コンピュータ 3 6 は大容量記憶装置 3 8 に画像を記憶させる。

【 0 0 1 2 】

コンピュータ 3 6 はまた、キーボードを有するコンソール 4 0 を介して操作者から指令及び走査用パラメータを受け取る。液晶表示器 (L C D) 及び陰極線管のような付設されている表示器 4 2 によって、操作者は再構成された画像及びコンピュータ 3 6 からのその他のデータを観測することができる。操作者が供給した指令及びパラメータはコンピュータ 3 6 によって用いられて、D A S 3 2、X 線制御器 2 8 及びガントリ・モータ制御器 3 0 に制御信号及び情報を供給する。加えて、コンピュータ 3 6 は、モータ式テーブル 4 6 を制御するテーブル・モータ制御器 4 4 を動作させて、患者 2 2 をガントリ 1 2 内で配置する。具体的には、テーブル 4 6 は患者 2 2 の各部分をガントリ開口 4 8 を通して移動させる。コンピュータ 3 6、コンソール 4 0、及び表示器 4 2 は、以下に述べる方法においてポインティング・デバイス及びキーボードと共に用いられる。ポインティング・デバイスは例えば、コンソール 4 0 上に設けられている制御器、又はマウスのような別個の装置 (図示されていない) である。

【 0 0 1 3 】

一実施形態では、コンピュータ 3 6 は着脱式媒体 5 2 に読み書きを行なう装置 5 0 を含んでいる。例えば、装置 5 0 はフロッピー (商標) ・ディスク・ドライブ、C D - R / W ドライブ又は D V D ドライブである。これに対応して、媒体 5 2 は、フロッピー (商標) ・ディスク、コンパクト・ディスク又は D V D となる。一実施形態では、装置 5 0 及び媒体 5 2 を用いて、イメージング・システム 1 0 から他のコンピュータへ取得された投影データを転送してさらなる処理を行ない、或いは他の実施形態では、コンピュータ 3 6 によ

て処理される機械読み取り可能な命令を入力する。

【 0 0 1 4 】

図 3 は、患者 2 2 (図 1 に示す) の管構造を解析する方法 6 0 の実施形態の一例の流れ図である。方法 6 0 は、1 以上の検査において、結腸のような管構造の中心線に沿って 1 以上のカーソルをガイドする方法を記述している。カーソルは三次元位置を示す視覚的標識であり、利用者によって三次元ビュー及び再編成済スライスのような管構造の内部の選択された位置に配置されてよい。方法 6 0 は、カーソル位置の周囲で管構造の中心線である局所的経路を算出することを容易にする。カーソルの位置は三次元ビューに表示される。次いで、カーソルを含むアキシャル・スライス、サジタル・スライス、コロナル・スライス及び斜方スライスを表示することができる。さらに、ビューを回転させる場合には、カレントのカーソル位置における接平面から構造の中心線までの角度を記憶して、新たな接平面から同じ角度でさらに内部三次元ビューを表示するようにし、これにより、構造に対して同じ配向を保持する。

10

【 0 0 1 5 】

方法 6 0 は、患者の管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取る工程 6 2 と、管構造内で経路を決定する工程 6 4 と、カーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ経路に沿ってカーソルを移動させる工程 6 6 とを含んでいる。方法 6 0 はまた、カーソル第二の位置を示す三次元ビュー、並びにカーソル第二の位置を示すアキシャル・スライス、サジタル・スライス、コロナル・スライス、及び 1 以上の斜方スライスの 1 以上を表示する工程を含んでいる。尚、斜方スライスはカーソル第二の位置において管構造に垂直とする。方法 6 0 はまた、カーソル第二の位置からの内部三次元ビューを表示する工程を含んでおり、ここで内部ビューは「内視鏡様」ビューである。

20

【 0 0 1 6 】

カーソル第一の位置を受け取る工程 6 2 は、第一のカーソル位置を入力する工程と、第一のカーソル位置が管構造の内部に位置するか否かを判定する工程と、コンピュータ 3 6 にインストールされているコンピュータ・プログラムを初期化する工程とを含んでいる。

【 0 0 1 7 】

利用時には、操作者がコンピュータ 3 6 に、管構造内のカーソル第一の位置、及び操作者が検査したい管構造に沿った方向を入力する。一実施形態では、カーソル第一の位置は、操作者がポインティング・デバイスを用いることにより入力され、また方向は、操作者が前方矢印キー及び後方矢印キー等であるがこれらに限定されないキーボード上の 1 以上のキーを押すことにより入力される。もう一つの実施形態では、カーソル第一の位置及び方向は、操作者が他の従来のデータ入力方法を用いることにより入力される。コンピュータ 3 6 は操作者入力を受け取って、カレントのカーソル位置の値 ($CtxCurPos$) 及びベクトル方向成分 ($CtxMoveDir$) を含む三次元ベクトルを生成する。カーソル第一の位置は $CtxCurPos$ として割り当てられ、すなわち表示器 4 2 に表示されている例えば結腸 (図示されていない) のような三次元管構造の内部に位置するカレントのカーソル位置として割り当てられる。コンピュータは、利用者が選択した方向入力を $CtxMoveDir$ として割り当て、すなわちコンピュータ 3 6 は、 $CtxCurPos$ に原点を有し $CtxMoveDir$ の方向にある三次元ベクトルを生成する。加えて、コンピュータ 3 6 は $CtxCurPos$ にグレイ・レベル値 (Val) を割り当てる。コンピュータ 3 6 は受け取ったカーソル位置にのみ基づいてベクトルを生成する。すなわちコンピュータ 3 6 は受け取った始点及び受け取った終点の両方を用いてベクトル (すなわち経路) を算出するのではない。そうではなく、コンピュータ 3 6 はベクトルに従って終点を決定する。

30

40

【 0 0 1 8 】

次いで、コンピュータ 3 6 はカーソルが管構造内に位置するか否かを判定する。 $CtxCurPos$ に割り当てられているグレイ・レベル値が、管構造を画定する最小ボクセル値 ($CtxMinVoxelValue$) と管構造を画定する最大ボクセル値 ($CtxMaxVoxelValue$) との間にある、すなわち $CtxMinVoxelValue <$

50

$CtxCurPos < CtxMaxVoxelValue$ であるならば、コンピュータ36はコンピュータ36にインストールされているプログラムを初期化する工程に進む。或いは、 $CtxCurPos$ が $CtxMinVoxelValue$ と $CtxMaxVoxelValue$ との間にないならば、コンピュータ36は不正の出力を生成して、操作者に $CtxCurPos$ 及び $CtxMoveDir$ を入力し直すように要求する。次いで、コンピュータ36は、コンピュータ36にインストールされているプログラムが初期化されているか否かを判定する。プログラムが初期化されていたならばコンピュータ36は方法60を続行し、プログラムが初期化されていないならばコンピュータ36はプログラムを初期化して方法60を続行する。

【0019】

10

図4は、コンピュータ36を初期化する工程70を含む方法60の一部を示す流れ図である。コンピュータ36を初期化する工程70は、管構造内で複数の候補ボクセルを選択する工程と、複数の候補ボクセルを連結する工程とを含んでいる。

【0020】

利用時には、管構造内で複数の候補ボクセルを選択する工程は、初期グレイ・レベル空間にある候補ボクセルに閾値を適用する工程すなわち管構造を画定する工程と、管構造以外を除去して管構造内に位置していないすべての点を消去する工程とを含んでいる。選択されないボクセルが、以降で記載する計算工程のいずれにも用いられなければ初期化70は有効である。或いは、初期化70は具現化形態に依存しており、操作者が迂回させてもよい。一実施形態では、操作者は二つのピクセルの三次元膨張を適用することにより管構造の境界を視覚化することができる。

20

【0021】

図5は、管構造内で経路を決定する工程64を含む方法60の一部を示す流れ図であり、工程64は、新たな軌跡を決定する工程72と、軌跡内でNextPoint点を得る工程74とを含んでいる。軌跡を決定する工程72は、コンテキストを初期化する工程と、カレントの $CtxCurPos$ を用いて新たな軌跡を開始する工程と、初期探索方向を設定する工程とを含んでいる。

【0022】

コンピュータ36はまず、軌跡コンテキスト($CtxTraj$)が空であるか、又は $CtxCurPos$ が手動で移動させられたかを判定する。 $CtxTraj$ は、方向情報を有する点の二重連鎖リストである。 $CtxTraj$ が空でなく、且つ $CtxCurPos$ が手動で移動させられていなければ、コンピュータ36は方法60を続行して、次の点($NextPoint$)を得る工程74に進む。 $CtxTraj$ が空であるか又は $CtxCurPos$ が手動で移動させられていたならば、コンピュータ36は管構造内で新たな経路を決定する。

30

【0023】

利用時には、コンピュータ36は軌跡点リストを空にして、カレントの $CtxCurPos$ を軌跡に加え、すなわち $CtxCurPoint = CtxCurPos$ と設定する。コンピュータ36は軌跡終点をロック解除して、コンピュータ36が追加点を加えられるようにする。軌跡終点をロックしていると、コンピュータ36は追加軌跡点を入力することが禁止される。次いで、コンピュータ36は回転行列($CtxRelativeRotMat$) = 三次元単位行列と設定する。 $CtxRelativeRotMat$ はコンピュータ36によって用いられて、本書に記載するように $CtxCurPos$ を用いて $CtxMoveDir$ の方向で初期探索方向を得る。一実施形態では、 x 及び y の回転すなわち二次元画面座標を用いて三次元回転行列を生成する。次いで、コンピュータ36は、予め定義されている管構造の位相幾何学的特徴が利用可能であるか否かを判定する。コンピュータ36は初期探索方向を決定し、すなわち図5に従って前方($FwDir$)又は後方($BkDir$)を決定する。

40

【0024】

図6は、NextPoint点を得る工程74を含む方法60の一部を示す流れ図である。

50

N e x t P o i n t 点を得る工程 7 4 は、軌跡終点がロックされているか否かを判定する工程を含んでいる。一実施形態では、軌跡終点がロックされているならば、コンピュータ 3 6 は、軌跡終点が C t x M o v e D i r の方向に前方 3 点未満に位置するか否かを判定し、軌跡終点が移動方向に前方 3 点未満に位置するならば、コンピュータ 3 6 は次の点 (N e x t P o i n t) をヌルに設定して続行する。軌跡終点がロックされており、且つ軌跡点が C t x M o v e D i r の方向に前方 3 点未満に位置していないならば、コンピュータ 3 6 は N e x t P o i n t を C t x M o v e D i r の方向に C t x C u r P o i n t に続く軌跡点に等しく設定して、プログラムを続行する。或いは、軌跡終点がロックされていないならば、コンピュータ 3 6 は N e x t P o i n t を C t x M o v e D i r の方向に C t x C u r P o i n t に続く軌跡点に等しく設定する。目標の軌跡が軌跡終点から 3 点未満に位置する場合に軌跡を再計算するようにすると、軌跡が管構造の中心に近接した状態に留まることを保証することが容易になる。

10

【 0 0 2 5 】

ここで図 3 を再び参照すると、コンピュータ 3 6 は次いで、C t x T r a j がロックされておらず、且つ N e x t P o i n t がヌルに等しいことを確認する。Y e s である、すなわち C t x T r a j がロックされておらず、且つ N e x t P o i n t がヌルに等しいならば、コンピュータ 3 6 は後に詳述する大局的アプローチを用いて新たな点を算出する。或いは、コンピュータ 3 6 は N e x t P o i n t に問い合わせた N e x t P o i n t がヌルに等しいか否かを確認する。N o である、すなわち次の点がヌルに等しくないならば、コンピュータ 3 6 は方法 6 0 を進める。Y e s である、すなわち N e x t P o i n t がヌルであるならば、前方への進行を停止して、操作者は後方に移動するか又は他の点から開始し直すことができる。或いは、終点まで 3 点未満のままであるならば軌跡を再計算する。軌跡を再計算すると、軌跡が管構造の中心に近接した状態に留まることを保証することが容易になる。加えて、軌跡 (C t x T r a j) をロックし且つ / 又は N e x t P o i n t がヌルであるか否かを検査することにより、コンピュータ 3 6 は前方又は後方のいずれかへの進行をいつ停止すべきかを判定することができる。

20

【 0 0 2 6 】

図 7 は、大局的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 8 0 を含む方法 6 0 の一部を示す流れ図である。大局的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 8 0 は、関心のある球面を設定する工程 8 2 と、C t x C u r P o i n t までの距離を算出する工程 8 4 と、管構造境界までの距離を算出する工程 8 6 と、最遠中心点 (F i n a l P o i n t) を得る工程 8 8 と、C t x C u r P o i n t から F i n a l P o i n t (すなわち終点) までの最良の経路を算出する工程 9 0 とを含んでいる。

30

【 0 0 2 7 】

図 8 は、関心のある球面を設定する工程 8 2 を含む方法 6 0 の一部の見取り図である。関心のある球面を設定する工程 8 2 は、C t x C u r P o i n t 、及び C t x M o v e D i r の方向に複数の点を含む小空間を選択する工程を含んでいる。ここで、C t x C u r P o i n t について C t x M o v e D i r の方向にある方向ベクトルを定義する。

【 0 0 2 8 】

利用時には、図 7 及び図 8 を参照して述べると、操作者は C t x C u r P o i n t すなわち三次元点と、D i r T o G o すなわち三次元ベクトルとを含む小空間を選択する。一実施形態では、球の半径 (C t x S p h e r e R a d i u s) は固定されている。D i r T o G o ベクトルが正規化されているならば、C e n t e r o f S p h e r e は下記の式に従って決定される。

40

【 0 0 2 9 】

$$C e n t e r O f S p h e r e = C t x C u r P o i n t + 4 \times (C t x S p h e r e R a d i u s / 5) \times D i r T o G o$$

図 7 を再び参照すると、次いで、前述の図 5 に従って空間を再び初期化して、コンピュータ 3 6 は以下に記載するようにして C t x C u r P o i n t までの距離を算出する 8 4 ようにプログラムに指示する。

50

【0030】

図9は、C t x C u r P o i n tまでの距離を算出する工程84を含む方法60の一部の流れ図である。利用時には、軌跡上のカレントの点(C t x C u r P o i n t)までの距離を算出する工程84は、すべての点(P)について、距離マップ(D i s t M a p (P)) = 6 5 5 3 5を生成する工程を含んでいる。目標点を与えられているならば、初期値(I n i t v a l u e) = 6 5 5 3 5とする。目標点を与えられていないならば、I n i t v a l u e = 0とする。次いで、コンピュータ36は前方伝播プログラム及び後方伝播プログラムの少なくとも一方を初期化する。

【0031】

図10は、前方に伝播させる工程92及び後方に伝播させる工程94を含む方法60の一部の流れ図である。伝播方向が前方であるか又は伝播方向が後方であるならば、コンピュータ36は図10に示す方法を実行する。次いで、コンピュータ36は管構造の境界までの距離を算出する。

10

【0032】

図11は、管構造の境界までの距離を算出する工程86を含む方法60の一部の流れ図である。一実施形態では、コンピュータ36は、C t x C u r P o i n tまでの距離を算出するのに用いられたものと同じ方法、すなわち図11に示すような方法を用いて管構造の境界までの距離を算出する。次いで、コンピュータ36は最遠点を得る工程88に進む。

【0033】

図7を再び参照すると、大局的アプローチを用いて新たな点を算出する工程80はまた、最遠点(F i n a l P o i n t)を得る工程88を含んでいる。図11は、下記の式に従って最遠点を得る工程88を含む方法60の一部の流れ図である。

20

【0034】

D m i n = C t x C u r P o i n tまでの最短距離

D m a x = C t x C u r P o i n tまでの最長距離

D f a r = [(4 × D m a x) + (1 × D m i n)] / 5

ここで、C t x C u r P o i n tまでの距離(D ())及び管構造の境界までの距離は、前述の距離マップを用いて決定される。

【0035】

最遠中心点(F i n a l P o i n t)を得る工程はまた、「候補」= D (C t x C u r P o i n t , P) > D f a rとなるような点Pと設定する工程を含んでいる。次いで、F i n a l P o i n tを、F i n a l P o i n t = 管構造の境界までの距離が最大の「候補」に含まれる点、に従って算出する。

30

【0036】

図12は、C t x C u r P o i n tからF i n a l P o i n tまでの最良の経路を算出する工程90(図7に示す)を含む方法60の一部の流れ図であり、工程90は、図13に示すように、距離を前方に伝播させる工程100と距離を後方に伝播させる工程102とを含んでいる。前方に伝播させる工程100及び後方に伝播させる工程102は、第一の線から伝播させる工程104及び第二の線から伝播させる工程106、すなわち線の間での距離伝播と、x軸に沿って伝播させる工程108すなわち線の内部での距離伝播とを含んでいる。第一の線から伝播させる工程104及び第二の線から伝播させる工程106を図14に示す。x軸に沿って伝播させる工程108を図15に示す。

40

【0037】

図12～図15に示すように、下記に従ってc o s t ()関数を構築する。

【0038】

C o s t (P_{n+1}) = M i n i m u m (C o s t (P_{n+1}) , C o s t (P_n) + V (P_{n+1}))

ここで、nは構築経路に沿った段階であり、P_nは段階nにおける点を表わしており、V (P_n)は対応する点から管の境界までの距離であり、経路は所与のボクセルの六つの面に沿って位置している。非等方的なボクセルについては、ボクセルの六つの面は平行六面

50

体を形成する。等方的なボクセルについては、ボクセルの六つの面は立方体を形成する。

【 0 0 3 9 】

この関数を用いて、逐次的工程を適用して最終の結果を算出する。cost (0) における点 0 すなわち始点から開始する。他のすべての点は有限の cost () を有する。次いで、線の内部で左の点又は右の点まで値を伝播させ、次いで線を横断して y , z から y + 1 又は z + 1 の線まで前方に進める。次いで、工程を y , z から y - 1 又は z - 1 の線まで他方の方向に繰り返す。一旦、伝播した「波」が目標点に到達したら所与の最大繰り返し回数の後に工程を停止する。最良の直前点までの方向符号を値と共に記憶する。

【 0 0 4 0 】

性能を高めるために、アクティブ線の配列も用いる。配列は各々の線毎に 2 ビット語を含んでおり、新たな値が所与の線に割り当てられた直後に 2 からデクリメントし、次いで、線が前方及び後方の二回処理された後に 0 となり、値には一切変更を加えない。この配列を用いて、伝播工程によって到達しなかった線又は収束した線をスキップする。

【 0 0 4 1 】

この工程は、フィードバック機能を用いて操作者が中止させてもよい。また、スケーリング特徴を設けて、オーバフローを防ぐ(雑音の多い物体の極めて長い経路について cost (t) を 13 ビット値に記憶させる)。オーバフローは、目標に達したことを検出するのに失敗したことになる。このことは報告され、誤った識別結果に帰することがないようにする。最良の経路は、目標点から初期シードまでの方向符号を展開することにより算出される。

【 0 0 4 2 】

図 3 を再び参照すると、一旦、コンピュータ 36 が大局的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 80 を完了したら、コンピュータ 36 は管構造の転回部 (half turn) について検査する。図 16 は、管構造の転回部について検査する工程 110 を含む方法 60 の一部を示している。図 17 は、管構造の転回部について検査する工程 100 の例図である。転回部について検査する工程 110 は、軌跡を検査して軌跡が図 17 に示すような転回部又はループを含んでいるか否かを確認して、転回部又はループのいずれかが検出されたならば軌跡を切断する。

【 0 0 4 3 】

コンピュータ 36 が転回部について検査する工程 110 を完了した後に、コンピュータ 36 は前述したような軌跡内で Next Point 点を得る工程 74 に戻る。Next Point がヌルでないならば、コンピュータ 36 は後述のようにして Next Point に向かって移動する。Next Point がヌルであるならば、コンピュータ 36 は局所的アプローチを用いて新たな点を算出する。

【 0 0 4 4 】

図 18 は、局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 120 を示す流れ図である。局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 120 は、Ctx Move Dir の方向で Ctx Cur Point に続く軌跡点を削除する工程と、Prev Point 及び Ctx Move Dir についてベクトル・データを算出する工程 122 と、Point 及び Ctx Move Dir についてベクトル・データを算出する工程 124 とを含んでいる。

【 0 0 4 5 】

図 19 及び図 20 は、局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 120 の方法を示す見取り図である。局所的アプローチは、連結点が存在しないすなわち唯一の枝しか存在しない、管の直径の変化が「十分に」平滑である、及び転回が滑らかである等の管の位相幾何学的特徴に対する仮定に基づいている。従って、局所的アプローチを用いて、所与の点において、前方半平面の方向にベクトルを投射 (レイ・キャスティング) する。管の境界に位置するベクトルの終点及びベクトルの長さをコンピュータ 36 に記憶させる。一実施形態では、得られる方向ベクトルは、ある方向で境界が遠いほど得られるベクトルに当該方向が大きな寄与をするように、ベクトルの長さによって重み付けした (ponderated

10

20

30

40

50

）投射ベクトルの和となり、これが通例の場合である。投射ベクトルの平均長に減少が検出される場合には、直進前方に直径の減少が存在する。次いで、長いベクトルにはより多くの加重を与えて、「視角」を収縮させて転回部を回避すると、得られるベクトルは、ベクトルの長さの冪で重み付けされた投射ベクトルから選択したベクトル（視角に含まれるもの）の和となる（減少が急速であるほど冪が大きくなるようにしている）。これが、得られるベクトルを強制的に管内で最も長い投射ベクトルとする手段である。

【 0 0 4 6 】

図 3 を再び参照すると、局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程 1 2 0 の後に、コンピュータ 3 6 は前述のような転回部について検査する工程 1 1 0 を開始する。次いで、コンピュータ 3 6 は、前述のような次の点を得る工程 7 4 を開始する。そして、コンピュータ 3 6 は `N e x t P o i n t` =ヌルであるか否かを検査する。`N e x t P o i n t` がヌルに等しければ、コンピュータ 3 6 はプログラムを終了させる。`N e x t P o i n t` がヌルに等しくなければ、コンピュータ 3 6 は `N e x t P o i n t` に向かって移動させる工程 6 6 を開始する。

10

【 0 0 4 7 】

図 2 1 は、次の点（`N e x t P o i n t`）に向かって移動させる工程 6 6 を含む方法 6 0 の一部である。軌跡コンテキストにおいてカレントの点及び次の点を与えられ、またカレントのカーソル位置が与えられると、コンピュータ 3 6 は図 2 1 に従って新たなカーソル位置を算出する。

【 0 0 4 8 】

図 2 2 は、視線方向を算出する工程 1 3 0 を含む方法 6 0 の一部である。一旦、軌跡コンテキスト及びカレントのカーソル位置が決定されたら、図 2 2 に従って視線方向を算出する工程 1 3 0 が開始する。利用時には、操作者がカーソルを移動させると、新たな軌跡が開始して、相対回転行列が再初期化される。さらに、操作者が内視鏡ビューの配向を変更する度毎に、相対回転行列を算出して、追跡されている軌跡に対してビューが同じ角度を保つようにする。

20

【 0 0 4 9 】

一実施形態では、方法 6 0 は、検査時に管構造に沿って操作者をガイドすることを促進する。さらに、方法 6 0 はローカル計算に頼っているので、設定時間の短縮を促進する。方法 6 0 はまた、始点及び終点の画定を回避しているため、操作者が検査を行なうのに必要な時間を短縮する。加えて、同じ構造について多数回の取得を行なう場合には、すべてのデータ集合について同じ始点が正確に識別され、従ってすべてのカーソルが構造の中心線に沿って同じ距離を走行するので、カーソルは当該構造内の同じ位置を識別するものとなる。この場合に要求される利用者入力、全検査についての始点の画定のみである。

30

【 0 0 5 0 】

もう一つの実施形態では、時間の経過にわたって管構造を再視覚化する方法 2 0 0 が、同じ管構造を表わす少なくとも第一の時刻での第一の三次元データ集合及び第二の時刻での第二の三次元データ集合を形成する工程 2 0 2 を含んでいる。方法 2 0 0 は、患者の検査時に、操作者がコンピュータ 3 6 において同時に前回の検査の結果と現在の検査の結果とを比較して、これらの結果の差に基づいて処置を調整することを可能にすることにより、操作者を支援することを促進する。方法 2 0 0 はまた、第一の三次元データ集合の第一のビュー及び第二の三次元データ集合の第二のビューを生成する工程 2 0 4 と、第一のビュー内で第一の三次元位置に第一のカーソルを配置すると共に、第二のビュー内で第一の三次元位置に第二のカーソルを配置する工程 2 0 6 とを含んでいる。方法 2 0 0 はまた、第一の管構造及び第二の管構造内で経路を決定する工程 2 0 8 と、第一のビュー及び第二のビューの少なくとも一方においてカーソル位置からの方向を画定する工程 2 1 0 と、第一のカーソル第二の位置まで所定の方法に所定の距離だけ上述の決定した経路に沿って第一のカーソルを移動させると共に、第二のカーソル第二の位置まで所定の方法に所定の距離だけ上述の決定した経路に沿って第二のカーソルを移動させる工程 2 1 2 とを含んでいる。

40

。

50

【 0 0 5 1 】

方法 2 0 0 はまた、第一のカーソル第二の位置を示す三次元ビュー、第一のカーソル第二の位置を示すアキシャル・ビュー、第一のカーソル第二の位置を示すサジタル・ビュー、第一のカーソル第二の位置を示すコロナル・ビュー、及び第一のカーソル第二の位置を示す 1 以上の斜方スライスの 1 以上を表示する工程 2 2 0 と、第一のカーソル第二の位置及び第二のカーソル第二の位置の少なくとも一方からの内部三次元ビューを表示する工程 2 2 2 とを含んでいる。方法 2 0 0 はさらに、方向入力を受け取って、第一のカーソル及び第二のカーソルの少なくとも一方を受け取った方向入力に従って所定の経路に沿って所定の距離だけ移動させる工程 2 2 4 と、それぞれのカーソル第二の位置において管構造の軸に沿った方向に向けて第一のカーソル第二の位置及び第二のカーソル第二の位置の少なくとも一方からの管構造の 1 以上の内部三次元ビューを表示する工程 2 2 6 とを含んでいる。

10

【 0 0 5 2 】

本発明の実施形態は、脈管構造、冠状動脈及び気管を含めた多くの形式の管構造の選択及び解析に応用可能である。加えて、本発明の実施形態を C T イメージング・システム 1 0 と共に説明したが、本発明は他の形式のイメージング・システム及びかかるシステムから得られた画像にも同様に適用可能であることが理解されよう。本発明の他の実施形態に用いられるかかる他の形式のイメージング・システムの実例には、M R イメージング・システム、及び 3 D X 線イメージング・システムがある。加えて、本発明の幾つかの実施形態は、それ自体ではいずれのイメージング・システムの一部でもないデータ・コンピュータ及び表示器を用いている。これらの場合には、テープ、ディスク若しくは他の記憶媒体、又はネットワーク等を介してコンピュータが 1 以上の別個のイメージング・システムからデータを得る。1 以上のかかる実施形態が、1 よりも多い形式のイメージング・システムからデータを受け取り、操作して処理するように構成される。

20

【 0 0 5 3 】

本書に記載した方法は、計算機式断層写真法システムの例におけるものであるが、これらの方法は計算機式断層写真法システムによって実施されることに限定されておらず、多くの異なる撮像モダリティで用いることができる。例えば、これらの方法を X 線、磁気共鳴、陽電子放出断層写真法、超音波、及び他の撮像モダリティと共に用いることができる。

【 0 0 5 4 】

様々な特定の実施形態によって本発明を説明したが、当業者であれば、特許請求の範囲の要旨及び範囲に含まれる改変を施して本発明を実施し得ることを理解されよう。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】 C T イメージング・システムの見取り図である。

【図 2】 図 1 に示すシステムのブロック概略図である。

【図 3】 患者の管構造を解析する方法の実施形態の一例の流れ図である。

【図 4】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 5】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 6】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 7】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 8】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 9】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 0】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 1】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 2】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 3】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 4】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 5】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 6】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 1 7】 管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

40

50

【図 18】管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 19】管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 20】管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

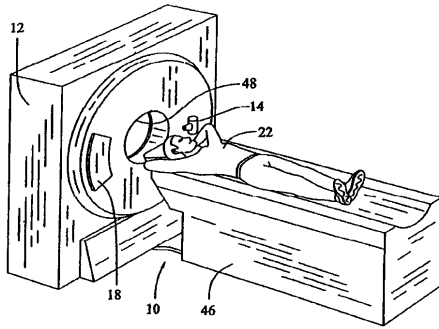
【図 21】管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

【図 22】管構造を解析する図 3 に示す方法の一部の図である。

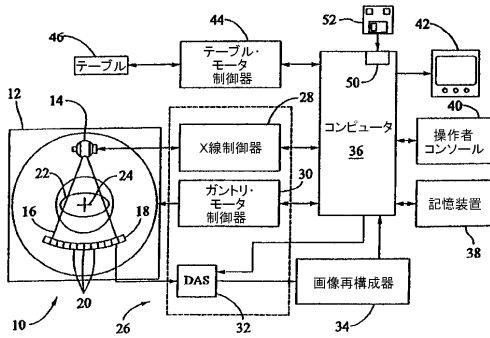
【符号の説明】

10	CTシステム	
12	ガントリ	
14	X線源	
16	X線ビーム	10
18	検出器アレイ	
20	検出器素子	
22	患者	
24	回転中心	
26	制御機構	
42	表示器	
46	モータ式テーブル	
48	ガントリ開口	
50	読み書き装置	
52	着脱式媒体	20
60	患者の管構造を解析する方法	
62	患者の管構造を表わす表示管構造の内部でカーソル第一の位置を受け取る工程	
64	管構造内で経路を決定する工程	
66	カーソル第二の位置まで所定の方向に所定の距離だけ経路に沿ってカーソルを移動させる工程	
120	局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程	

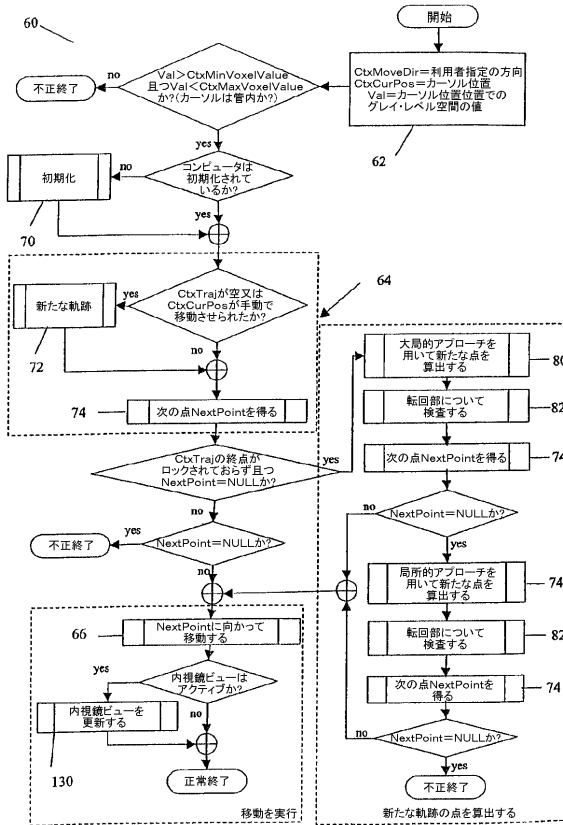
【図 1】



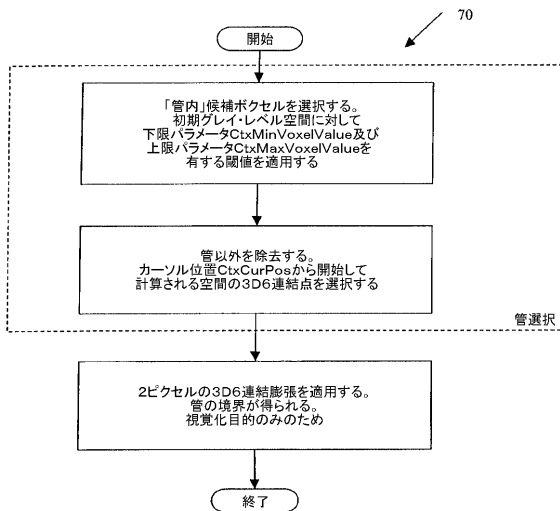
【図 2】



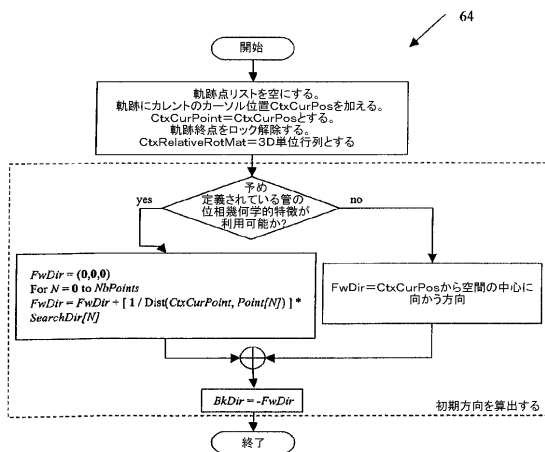
【図 3】



【図 4】



【図 5】



ここで、

• $FwDir = CtxDirToGo(CtxCurPoint, Forward)$ = カレントの軌跡点において前方への探索方向 point,

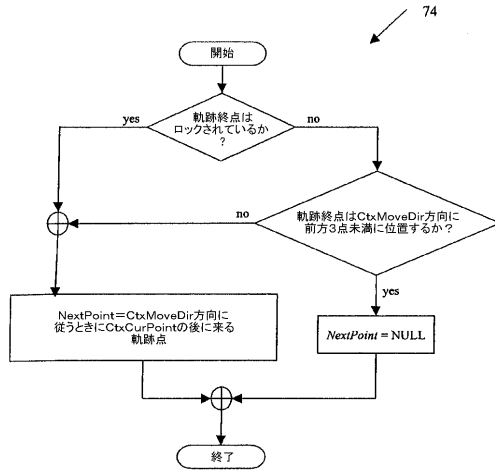
• $BkDir = CtxDirToGo(CtxCurPoint, Backward)$ = カレントの軌跡点において後方への探索方向

• $NbPoints$ = 予め定義されている管の位相幾何学的特徴を定義する点の数

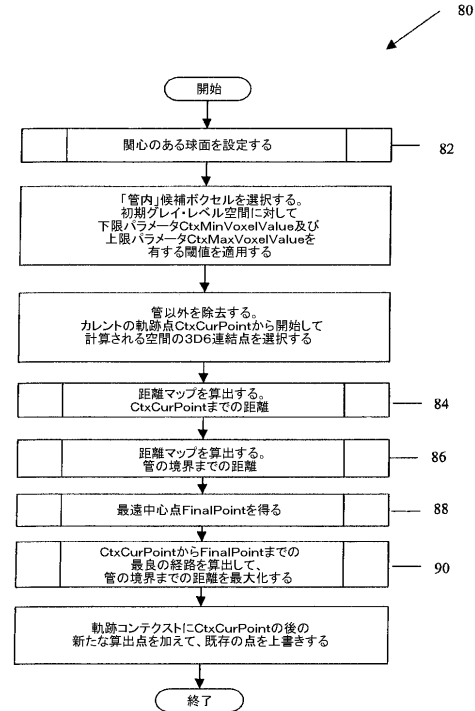
• $Point[N]$ = 予め定義されている位相幾何学的特徴の第Nの点 (3Dベクトル)

• $SearchDir[N]$ = 第Nの点の位置における予め定義されている探索方向 (3Dベクトル)

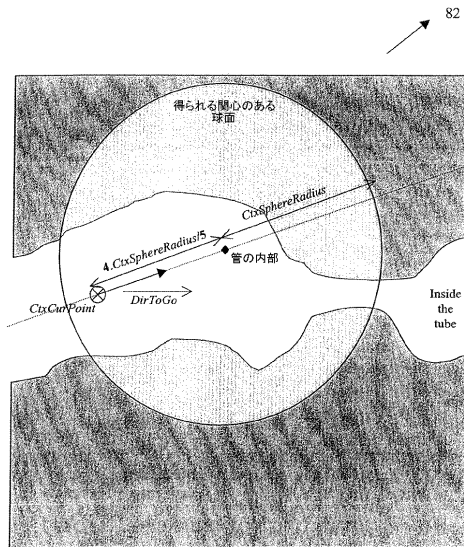
【図 6】



【図 7】

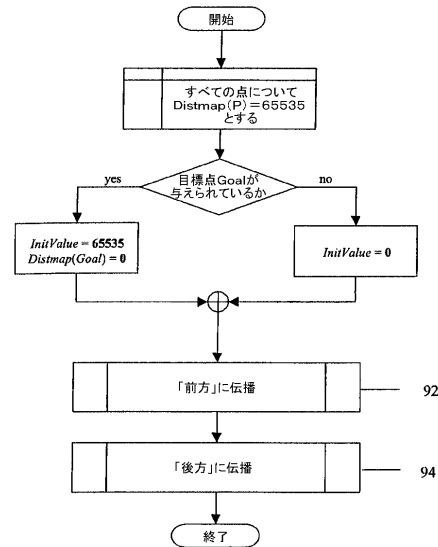


【図 8】

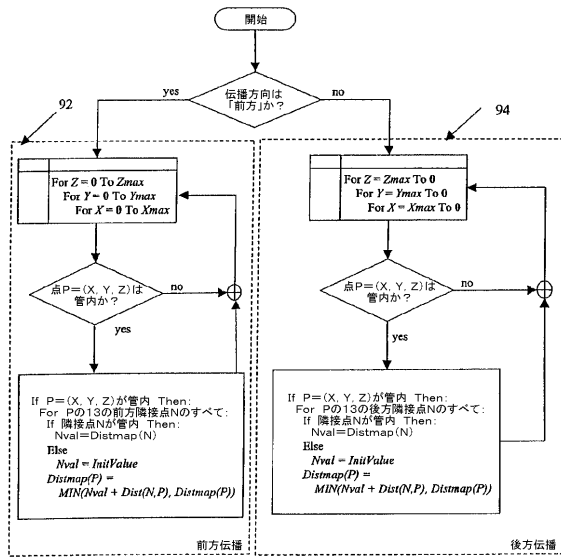


与えられるデータはCtxCurPoint(3D点)及びDirToGo(3Dベクトル)。
球の半径CtxSphereRadiusは固定。
DirToGoが正規化されているならば、
CenterOfSphere = CtxCurPoint + (4 * CtxSphereRadius / 5) * DirToGoとなる

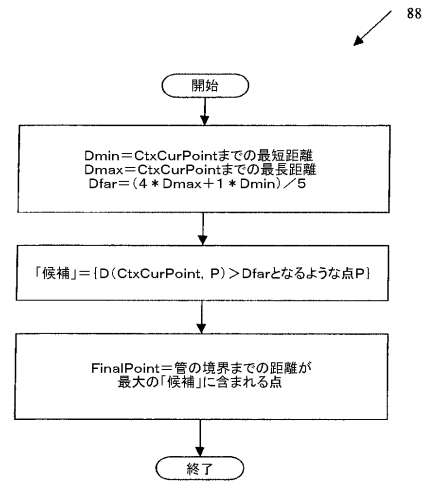
【図 9】



【図 10】

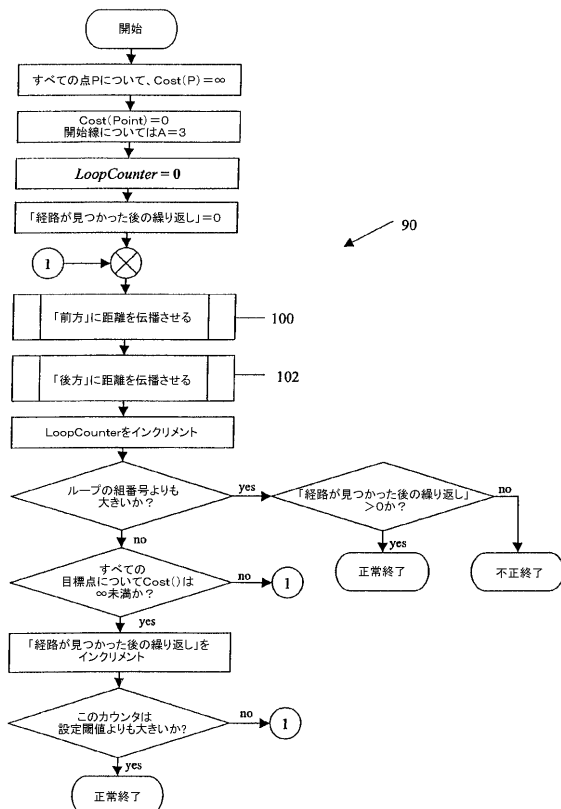


【図 11】

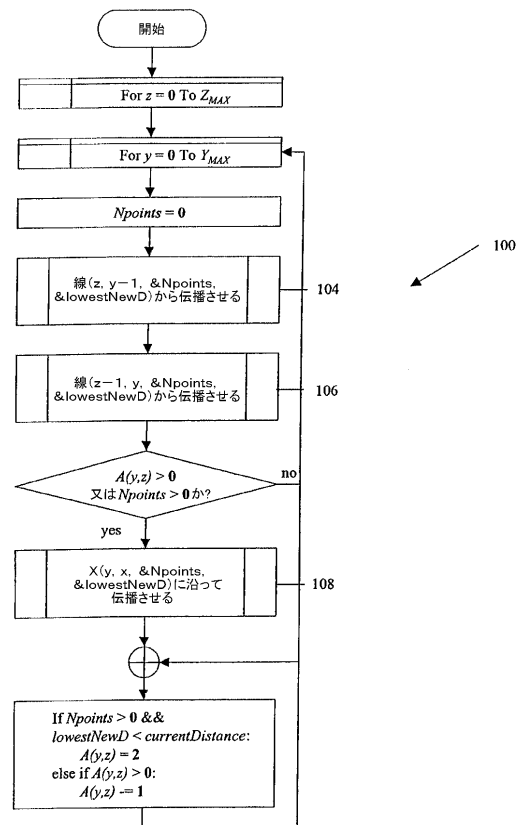


CtxCurPointまでの距離(D())及び管の境界までの距離は距離マップから採用する

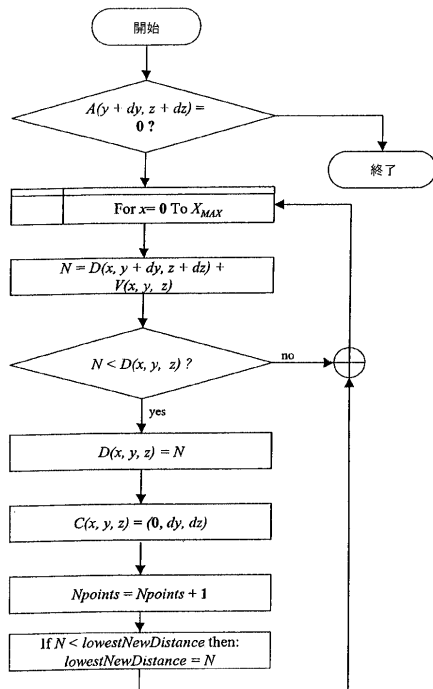
【図 12】



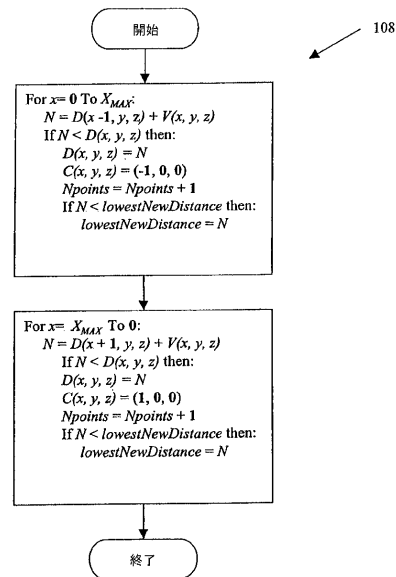
【図 13】



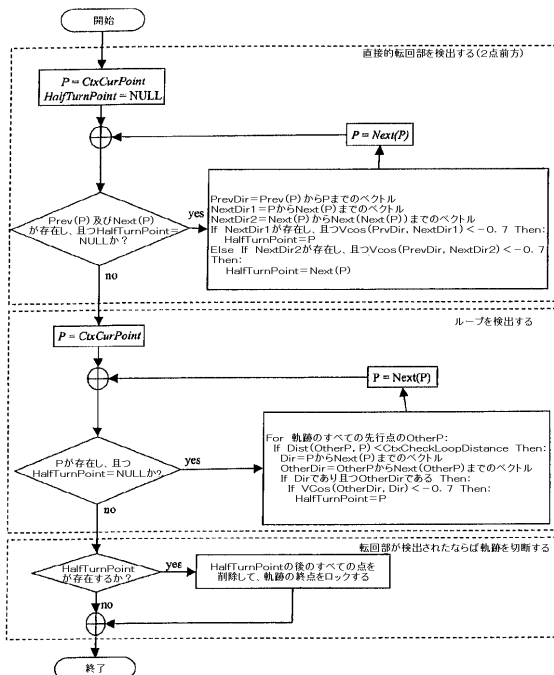
【図 14】



【図 15】

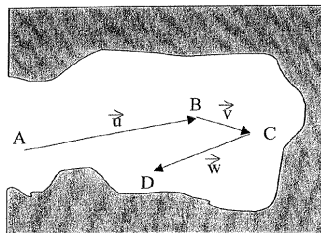


【図 16】



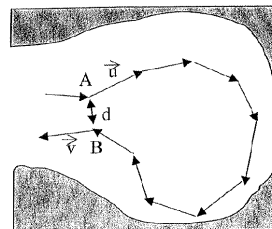
【図 17】

• 直接的転回部を検出する



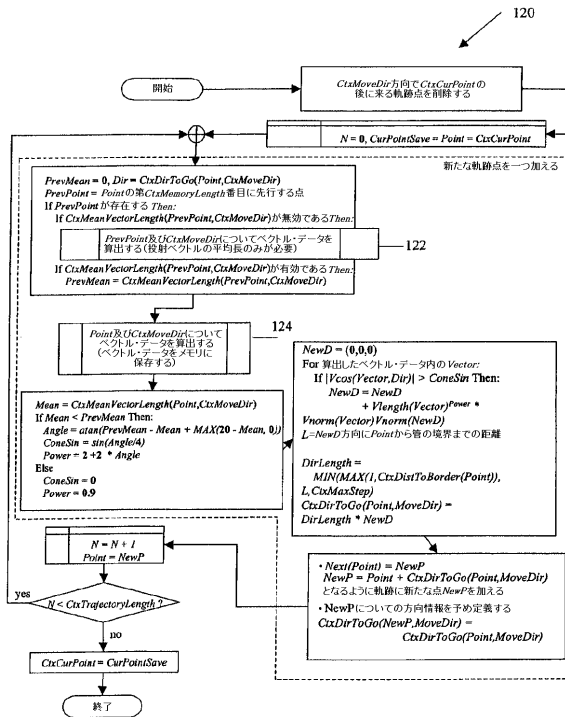
$\cos(u, v) < -0.7$ 又は
 $\cos(u, w) < -0.7$
 ↓
 転回部が検出された。
 軌跡を切断して点Cでロックする

• ループを検出する

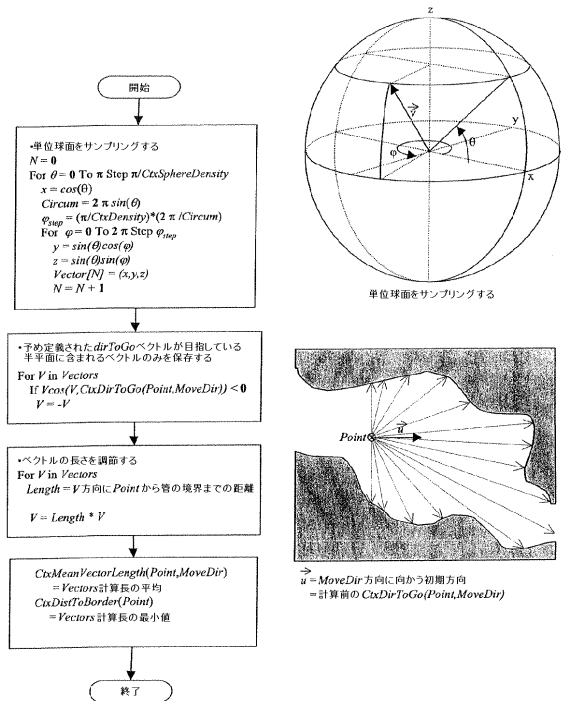


$d < CtxCheckLoopDistance$ 且つ
 $\cos(u, v) < -0.7$
 ↓
 ループが検出された。
 軌跡を切断して点Bでロックする

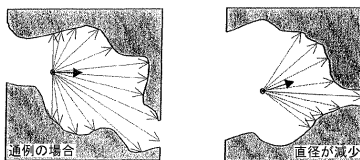
【図 18】



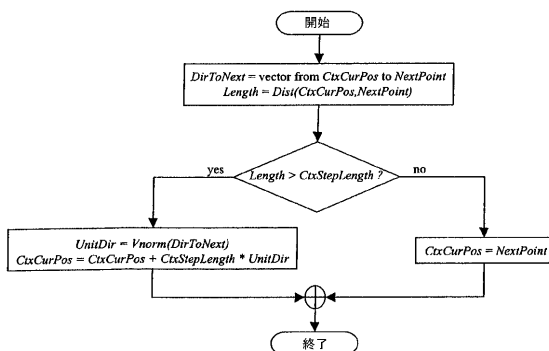
【図 19】



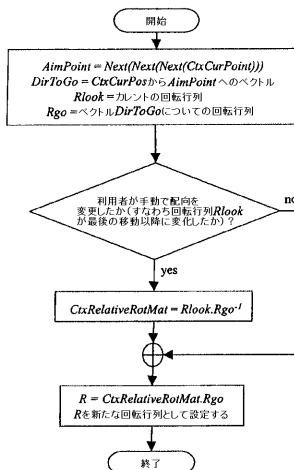
【図 20】



【図 21】



【図 22】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 6 T	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	6/00	3 6 0 B
A 6 1 B	5/00	(2006.01)	A 6 1 B	6/02	3 5 3 C
			G 0 1 N	24/02	5 3 0 Y
			G 0 6 T	1/00	2 9 0 A
			A 6 1 B	5/00	G

- (72)発明者 ジェローム・フランソワ・ノプリッチ
フランス、ヌイイ・シュル・セヌ・9 2 2 0 0、リュ・ジャック・デュル、5 2・ビス(番地なし)
- (72)発明者 ジャイルズ・エル・モリス
フランス、ブーローニュ・ビヤンクール・9 2 1 0 0、クール・アキテーヌ、2 1 2 番
- (72)発明者 ジェームズ・ドナルド・マークビッカ
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ニュー・ベルリン、ブレントウッド・ロード、3 6 2 5・サウス(番地なし)
- (72)発明者 ロバート・ジェームズ・ヤング
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ウォーワトサ、ウエスト・グラントサ・ドライブ、1 0 6 5 3 番
- (72)発明者 ベス・アン・ヘッケル
アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、スターテバント、9 1 エスティー・ストリート、3 2 2 0 番

審査官 松谷 洋平

- (56)参考文献 特表平 1 0 - 5 0 7 9 5 4 (J P , A)
国際公開第 0 0 / 0 4 1 1 3 4 (W O , A 1)
国際公開第 0 1 / 2 6 0 5 5 (W O , A 2)
特開平 0 8 - 2 8 0 6 5 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A61B 6/03
A61B 5/055
A61B 6/00
A61B 6/02
G01R 33/54
G06T 1/00
A61B 5/00