

(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 1

A61B 6/03	(2006.01)	A 61 B 6/03	3 6 O D
A61B 6/00	(2006.01)	A 61 B 6/03	3 6 O G
A61B 5/055	(2006.01)	A 61 B 6/03	3 6 O Q
A61B 6/02	(2006.01)	A 61 B 6/00	3 5 O D
G01R 33/54	(2006.01)	A 61 B 5/05	3 8 O

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

ジーアー・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・53188・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・710
・3000

(74) 代理人 100137545

弁理士 荒川 智志

(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(66)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) 。

【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】

【 0 0 0 1 】

【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3D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。

【 0 0 0 2 】

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XY
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
つ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
。

【 0 0 0 3 】

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

10

20

30

40

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。

【0004】

計算機式断層写真法(CT)撮像、並びに磁気共鳴(MR)撮像及び3DX線撮像(3DXR)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、CT、MR又は3DXR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】

10

米国特許第5630034号

【0005】

【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。

20

【0006】

【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。

【0007】

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。

30

【0008】

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。

40

【0009】

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

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。

【0010】

【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(CT)イメージング・システム10が、「第3世代」CTスキャナに典型的なガントリ12を含むものとして示されている。ガントリ12はX線源14を有しており、X線源14は、X線ビーム16をガントリ12の対向する側に設けられている検出器アレイ18に向かって投射する。検出器アレイ18は検出器素子20によって形成されており、検出器素子20は一括で、患者22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20が、入射X線ビームの強度を表わし従って物体又は患者22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12及びガントリ12に装着されている構成部品は、回転中心24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20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20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。

10

【0011】

ガントリ12の回転及びX線源14の動作は、CTシステム10の制御機構26によって制御されている。制御機構26はX線制御器28とガントリ・モータ制御器30とを含んでおり、X線制御器28はX線源14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30はガントリ12の回転速度及び位置を制御する。制御機構26内に設けられているデータ取得システム(DAS)32が検出器素子20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34が、サンプリングされてデジタル化されたX線データをDAS32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36への入力として印加され、コンピュータ36は大容量記憶装置38に画像を記憶させる。

20

【0012】

コンピュータ36はまた、キーボードを有するコンソール40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(LCD)及び陰極線管のような付設されている表示器42によって、操作者は再構成された画像及びコンピュータ36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36によって用いられて、DAS32、X線制御器28及びガントリ・モータ制御器30に制御信号及び情報を供給する。加えて、コンピュータ36は、モータ式テーブル46を制御するテーブル・モータ制御器44を動作させて、患者22をガントリ12内で配置する。具体的には、テーブル46は患者22の各部分をガントリ開口48を通して移動させる。コンピュータ36、コンソール40、及び表示器42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40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。

30

【0013】

一実施形態では、コンピュータ36は着脱式媒体52に読み書きを行なう装置50を含んでいる。例えば、装置50はフロッピー(商標)・ディスク・ドライブ、CD-R/Wドライブ又はDVDドライブである。これに対応して、媒体52は、フロッピー(商標)・ディスク、コンパクト・ディスク又はDVDとなる。一実施形態では、装置50及び媒体52を用いて、イメージング・システム10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36によっ

40

50

て処理される機械読み取り可能な命令を入力する。

【0014】

図3は、患者22(図1に示す)の管構造を解析する方法60の実施形態の一例の流れ図である。方法60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60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

【0015】

方法60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62と、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66とを含んでいる。方法60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60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

【0016】

カーソル第一の位置を受け取る工程62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36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。

【0017】

利用時には、操作者がコンピュータ36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36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42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たられる。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36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36は $CtxCurPos$ にグレイ・レベル値(Val)を割り当てる。コンピュータ36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36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36はベクトルに従って終点を決定する。
30
40

【0018】

次いで、コンピュータ36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` 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、コンテク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】

30

コンピュータ 36 は先ず、軌跡コンテクスト (`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。

【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 (`FwdDir`) 又は後方 (`BackDir`) 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

Next Point 点を得る工程 74 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 36 は、軌跡終点が CtxMoveDir 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 36 は次の点(Next Point)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 CtxMoveDir 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 36 は Next Point を CtxMoveDir の方向に CtxCurPoint 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 36 は Next Point を CtxMoveDir の方向に CtxCurPoint 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

【0025】

ここで図 3 を再び参照すると、コンピュータ 36 は次いで、 CtxTraj がロックされておらず、且つ Next Point がヌルに等しいことを確認する。 Yes である、すなわち CtxTraj がロックされておらず、且つ Next Point がヌルに等しいならば、コンピュータ 36 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 36 は Next Point に問い合わせて Next Point がヌルに等しいか否かを確認する。 No 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 36 は方法 60 を進める。 Yes である、すなわち Next Point 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(CtxTraj)をロックし且つ / 又は Next Point 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 36 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

【0026】

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 80 を含む方法 60 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 80 は、関心のある球面を設定する工程 82 と、 CtxCurPoint までの距離を算出する工程 84 と、管構造境界までの距離を算出する工程 86 と、最遠中心点(Final Point)を得る工程 88 と、 CtxCurPoint から Final Point (すなわち終点)までの最良の経路を算出する工程 90 とを含んでいる。30

【0027】

図 8 は、関心のある球面を設定する工程 82 を含む方法 60 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 82 は、 CtxCurPoint 、及び CtxMoveDir 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、 CtxCurPoint について CtxMoveDir の方向にある方向ベクトルを定義する。

【0028】

利用時には、図 7 及び図 8 を参照して述べると、操作者は CtxCurPoint すなわち三次元点と、 DirToGo 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(CtxSphereRadius)は固定されている。 DirToGo ベクトルが正規化されているならば、 CenterOfSphere は下記の式に従って決定される。40

【0029】

$$\text{CenterOfSphere} = \text{CtxCurPoint} + 4 \times (\text{CtxSphereRadius} / 5) \times \text{DirToGo}$$

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 36 は以下に記載するようにして CtxCurPoint までの距離を算出する 84 ようにプログラムに指示する。50

【0030】

図9は、`CtxCurPoint`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(`CtxCurPoint`)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(`DistMap(P)`) = 65535を生成する工程を含んでいる。目標点が与えられているならば、初期値(`InitValue`) = 65535とする。目標点が与えられていないならば、`InitValue` = 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、`CtxCurPoint`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(`FinalPoint`)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】

`Dmin = CtxCurPoint`までの最短距離

`Dmax = CtxCurPoint`までの最長距離

`Dfar = [(4 * Dmax) + (1 * Dmin)] / 5`

ここで、`CtxCurPoint`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(`FinalPoint`)を得る工程はまた、「候補」 = `D(CtxCurPoint, P) > Dfar`となるような点Pと設定する工程を含んでいる。次いで、`FinalPoint`を、`FinalPoint` = 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、`CtxCurPoint`から`FinalPoint`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`cost()`関数を構築する。

【0038】

`Cost(P_{n+1}) = Minimum(Cost(P_{n+1}), Cost(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。

【0039】

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。

【0040】

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。

10

【0041】

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。

20

【0042】

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。

【0043】

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NextPoint点を得る工程74に戻る。NextPoint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NextPointに向かって移動する。NextPointがヌルであるならば、コンピュータ36は局的アプローチを用いて新たな点を算出する。

30

【0044】

図18は、局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。局的アプローチを用いて新たな点を算出する工程120は、Ct x MoveDirの方向でCt x CurPointに続く軌跡点を削除する工程と、PrevPoint及びCt x MoveDirについてベクトル・データを算出する工程122と、Point及びCt x MoveDir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。

40

【0045】

図19及び図20は、局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

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、ベクトルの長さの幕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幕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。

【0046】

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120の後に、コンピュータ36は前述のような転回部について検査する工程110を開始する。次いで、コンピュータ36は、前述のような次の点を得る工程74を開始する。そして、コンピュータ36はNext Point = ヌルであるか否かを検査する。Next Point 10
がヌルに等しければ、コンピュータ36はプログラムを終了させる。Next Point
がヌルに等しくなければ、コンピュータ36はNext Pointに向かって移動させる工程66を開始する。

【0047】

図21は、次の点(Next Point)に向かって移動させる工程66を含む方法60の一部である。軌跡コンテクストにおいてカレントの点及び次の点が与えられ、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36は図21に従って新たなカーソル位置を算出する。

【0048】

図22は、視線方向を算出する工程130を含む方法60の一部である。一旦、軌跡コンテクスト及びカレントのカーソル位置が決定されたら、図22に従って視線方向を算出する工程130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とする。

【0049】

一実施形態では、方法60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60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60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は、全検査についての始点の画定のみである。

【0050】

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200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202を含んでいる。方法200は、患者の検査時に、操作者がコンピュータ36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200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204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206とを含んでいる。方法200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208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210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212とを含んでいる。

【0051】

方法200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220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222とを含んでいる。方法200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224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226とを含んでいる。10

【0052】

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CTイメージング・システム10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、MRイメージング・システム、及び3DX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

【0053】

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。30

【0054】

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。

【図面の簡単な説明】

【図1】CT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10】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図11】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図12】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図13】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図14】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図15】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図16】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【図17】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。

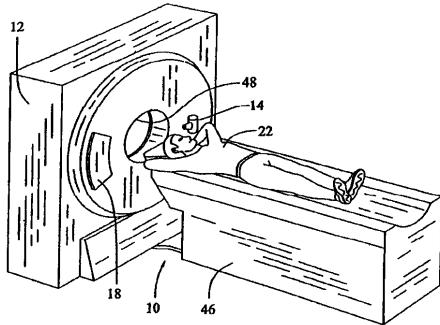
【図21】管構造を解析する図3に示す方法の一部の図である。

【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。

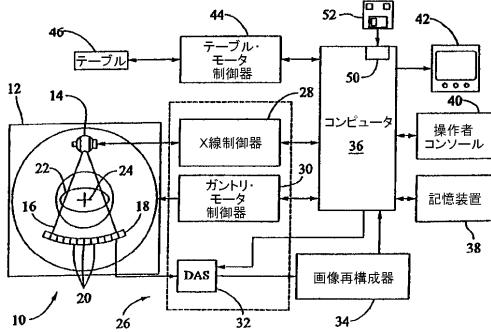
【符号の説明】

1 0	CTシステム	
1 2	ガントリ	
1 4	X線源	
1 6	X線ビーム	10
1 8	検出器アレイ	
2 0	検出器素子	
2 2	患者	
2 4	回転中心	
2 6	制御機構	
4 2	表示器	
4 6	モータ式テーブル	
4 8	ガントリ開口	
5 0	読み書き装置	
5 2	着脱式媒体	20
6 0	患者の管構造を解析する方法	
6 2	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 4	管構造内で経路を決定する工程	
6 6	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	
1 2 0	局所的アプローチを用いて新たな点を算出する工程	

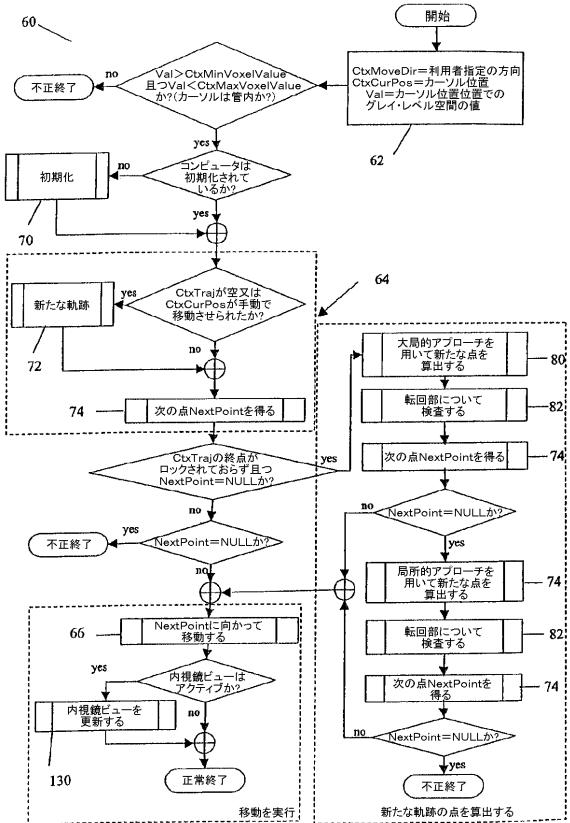
【図1】



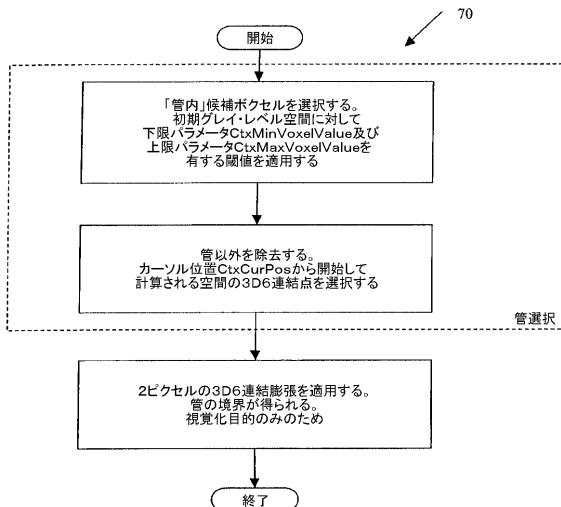
【図2】



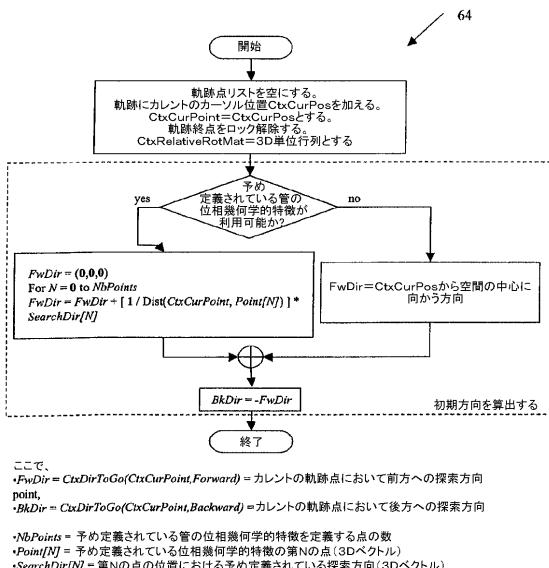
【図3】



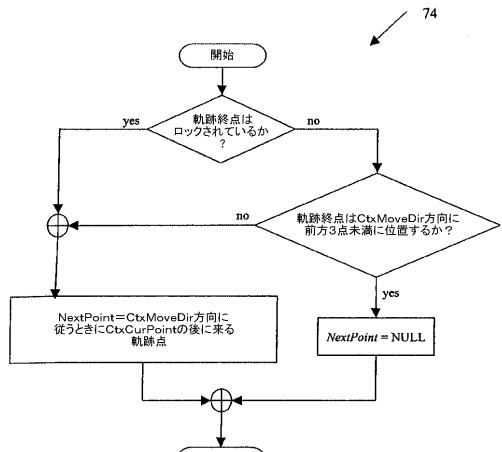
【図4】



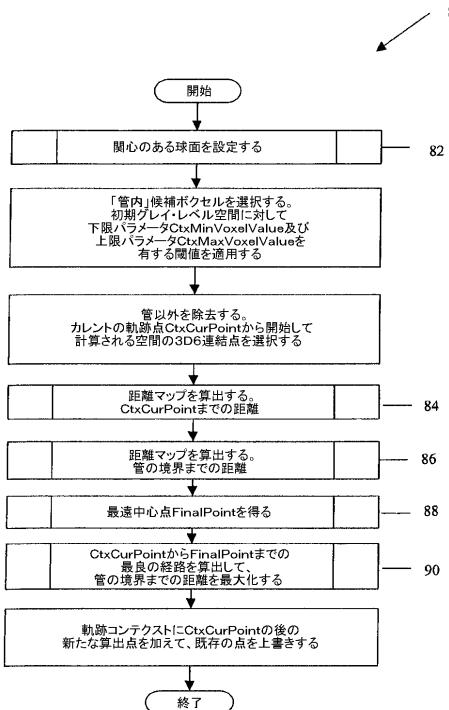
【図5】



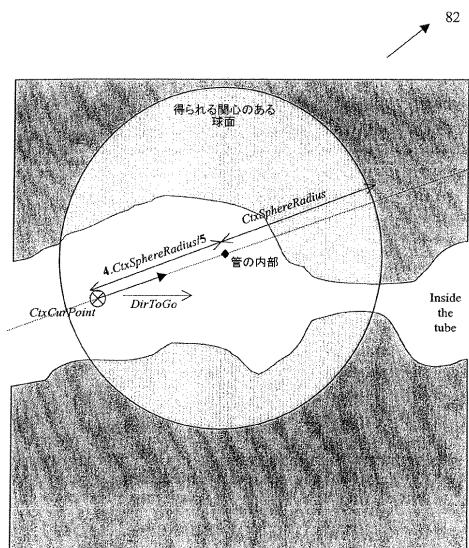
【図6】



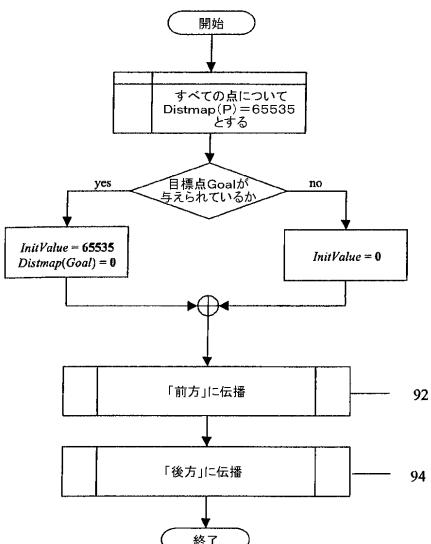
【図7】



【図8】

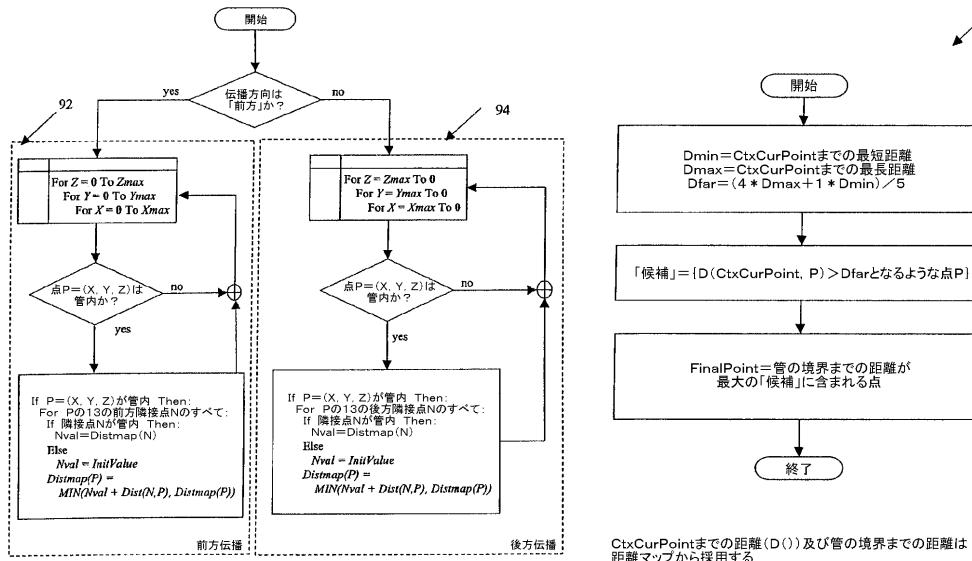


【図9】

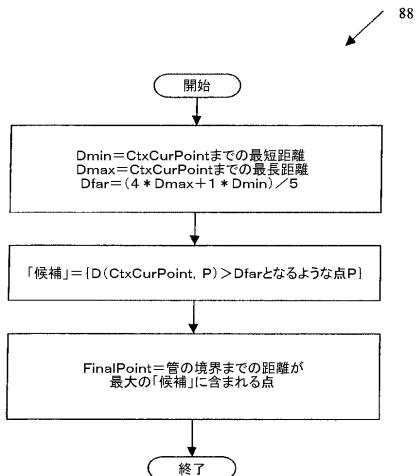


与えられるデータは $CtxCurPoint$ (3D点) 及び $DirToGo$ (3Dベクトル)。
球の半径 $CtxSphereRadius$ は固定。
 $DirToGo$ が正規化されているならば、
 $CenterOfSphere = CtxCurPoint + (4 \cdot CtxSphereRadius / 5) \cdot DirToGo$ となる

【図10】

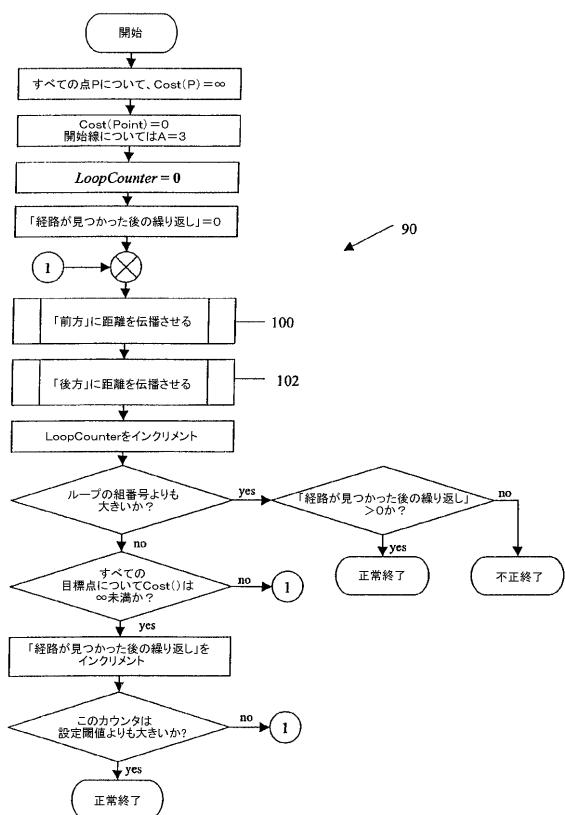


【図11】

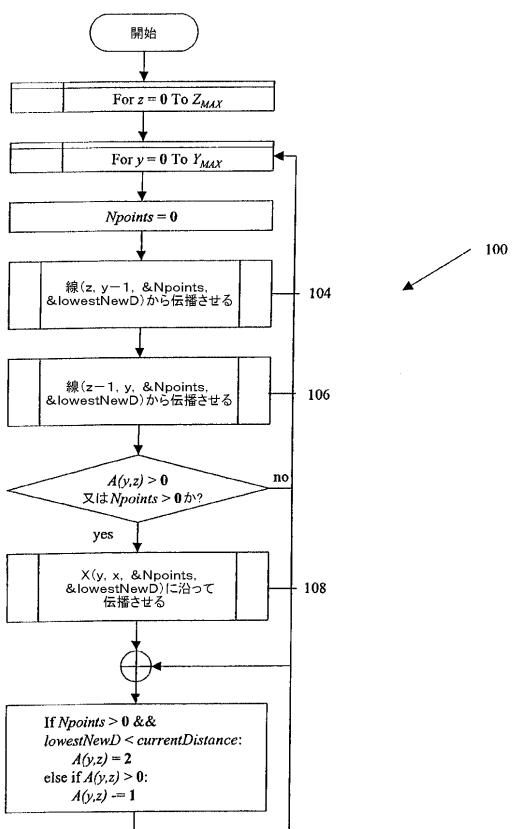


88

【図12】



【図13】



100

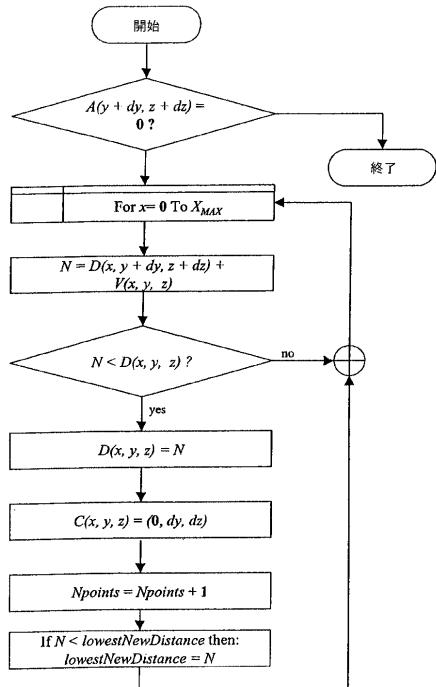
104

106

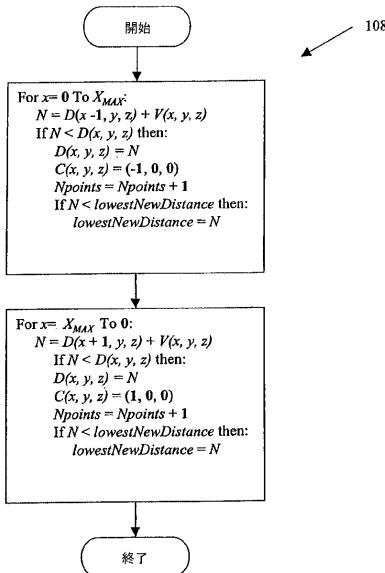
no

108

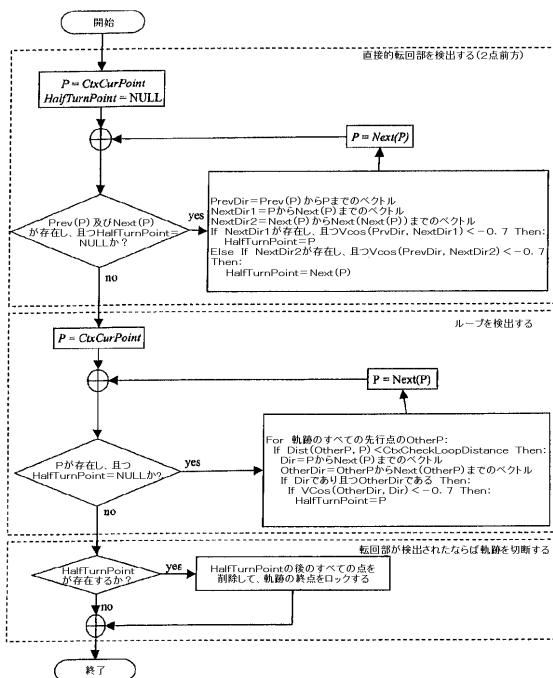
【図14】



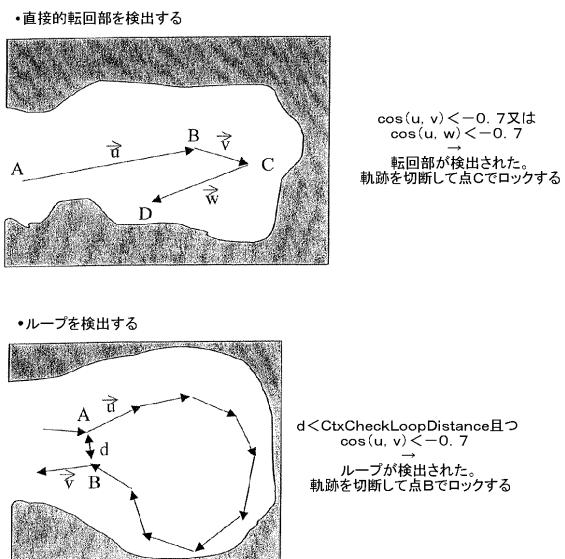
【図15】



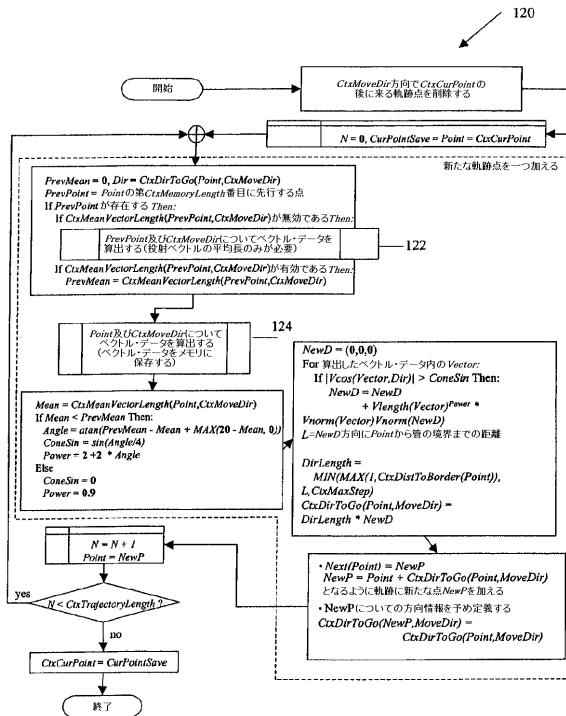
【図16】



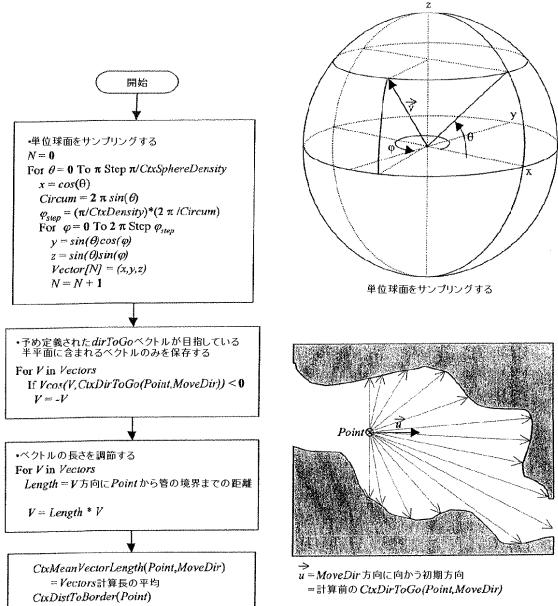
【図17】



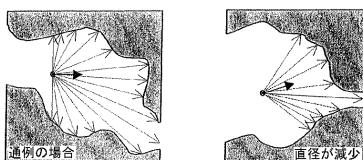
【図18】



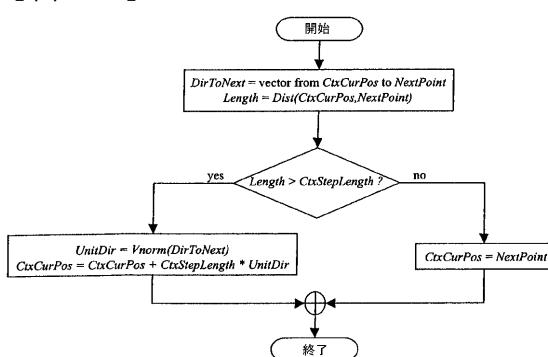
【図19】



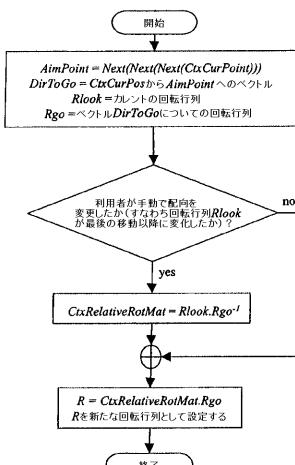
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(51)Int.CI.

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・ノプリッヂ

フランス、ヌイイ・シュル・セーヌ・92200、リュ・ジャック・ドュル、52・ビス(番地なし)

(72)発明者 ジャイルズ・エル・モリス

フランス、ブローニュ-ビヤンクール・92100、クール・アキテーヌ、212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、プレントウッド・ロード、3625・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、ウォーウトサ、ウエスト・グラントサ・ドライブ、1065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、91エスティー・ストリート、3220番

審査官 松谷 洋平

(56)参考文献 特表平10-507954(JP,A)

国際公開第00/041134(WO,A1)

国際公開第01/26055(WO,A2)

特開平08-280655(JP,A)

(58)調査した分野(Int.CI., DB名)

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