

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5904544号
(P5904544)

(45) 発行日 平成28年4月13日 (2016. 4. 13)

(24) 登録日 平成28年3月25日 (2016. 3. 25)

(51) Int. Cl. F 1
G 0 6 T 13/40 (2011.01) G O 6 T 13/40
A 6 1 B 5/00 (2006.01) A 6 1 B 5/00 D

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2012-146127 (P2012-146127)	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成24年6月28日 (2012. 6. 28)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2014-10579 (P2014-10579A)	(73) 特許権者	504137912 国立大学法人 東京大学
(43) 公開日	平成26年1月20日 (2014. 1. 20)		東京都文京区本郷七丁目3番1号
審査請求日	平成27年2月5日 (2015. 2. 5)	(74) 代理人	100104190 弁理士 酒井 昭徳
		(72) 発明者	渡邊 正宏 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	浏上 聡 福岡県福岡市早良区百道浜二丁目2番1号 株式会社富士通九州システムズ内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可視化プログラム、可視化方法、および可視化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

臓器を描画する可視化プログラムにおいて、
コンピュータに、

入力された前記臓器の表面または内周面を構成するテトラ要素が有する、前記臓器の内部から外への方向の法線ベクトルに沿って所定の立体的形状を生成させ、

前記生成された所定の立体的形状と前記臓器の形状とが重複する重複部分を算出させ、
前記算出した重複部分の透過率を変更させ、

前記透過率を変更した重複部分を含む臓器の形状を描画させることを特徴とする可視化プログラム。

【請求項 2】

前記臓器の形状が変化する場合、
前記可視化プログラムはさらに、
前記コンピュータに、

前記臓器の形状の変化に関わらず、前記生成された所定の立体的形状と前記臓器の形状とが重複する重複部分を再算出させ、

前記再算出した重複部分の透過率を変更させ、

前記透過率を変更した重複部分を含む臓器の形状を描画させることを特徴とする請求項1記載の可視化プログラム。

【請求項 3】

前記臓器の形状が変化する場合、
 前記可視化プログラムはさらに、
 前記コンピュータに、
 変化前の臓器の形状の重複部分を変化後の臓器の形状に写像させることにより、変化後の臓器の重複部分を算出させ、
 前記変化後の臓器の重複部分の透過率を変更させ、
 前記透過率を変更した前記変化後の臓器の重複部分を含む臓器の形状を描画させることを特徴とする請求項 1 記載の可視化プログラム。

【請求項 4】

前記臓器の形状が変化する場合、
 前記可視化プログラムはさらに、
 前記コンピュータに、
 変化前の臓器の形状に基づいて、変化後の臓器において前記所定の立体的形状を再生成させ、
 前記再生成された所定の立体的形状と前記変化後の臓器の形状とが重複する重複部分を算出させ、
 前記変化後の臓器の重複部分の透過率を変更させ、
 前記透過率を変更した前記変化後の臓器の重複部分を含む臓器の形状を描画させることを特徴とする請求項 1 記載の可視化プログラム。

【請求項 5】

前記所定の立体的形状の生成では、
 前記コンピュータに、
 視点からの視線方向に沿って前記所定の立体的形状を生成させることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の可視化プログラム。

【請求項 6】

前記可視化プログラムはさらに、
 前記コンピュータに、
 前記所定の立体的形状に隣接する部分の物理値を表示させることを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一つに記載の可視化プログラム。

【請求項 7】

臓器を描画する可視化方法において、
 コンピュータが、
入力された前記臓器の表面または内周面を構成するテトラ要素が有する、前記臓器の内部から外への方向の法線ベクトルに沿って所定の立体的形状を生成し、
 前記生成された所定の立体的形状と前記臓器の形状とが重複する重複部分を算出し、
 前記算出した重複部分の透過率を変更し、
 前記透過率を変更した重複部分を含む臓器の形状を描画することを特徴とする可視化方法。

【請求項 8】

臓器を描画する可視化装置において、
 前記臓器の形状データを記憶する記憶部と、
入力された前記臓器の表面または内周面を構成するテトラ要素が有する、前記臓器の内部から外への方向の法線ベクトルに沿って所定の立体的形状を生成する生成部と、
 前記記憶された臓器の形状データを用いて、前記生成された所定の立体的形状と前記臓器の形状とが重複する重複部分を算出する算出部と、
 前記算出した重複部分の透過率を変更する変更部と、
 前記透過率を変更した重複部分を含む臓器の形状を描画する描画部と、
 を有することを特徴とする可視化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、可視化プログラム、可視化方法、および可視化装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、電気的な信号により収縮する心臓の心筋により全身に向けて血液が拍出される心臓の現象を再現する数値解析が行われている。一般的には、数値解析の結果は、3次元のコンピュータグラフィックス技術を用いてカラー分布により表示される。心筋内部の仕事や仕事率などの物理値の分布については、断面や等値面による領域表示により把握される。心臓に限らず、胃、小腸、大腸、膀胱等の臓器に関する数値シミュレーションを計算機で行い、その数値シミュレーションの結果を可視化装置に表示することにより、臓器に関する数値シミュレーションの可視化を行う技術が従来から知られている。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】Will Schroeder, Ken Matrin, Bill Lorenson 著 The Visualization Toolkit 2nd Edition, 1997年1月 Prentice Hall PTR pp.360-362

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述した従来技術では、内部が空洞である心臓、胃、小腸、大腸、膀胱等の臓器の内部を観察したい場合には、再度、臓器のモデルを作成する必要がある。すなわち、臓器のモデリング工程に戻り、内部を観察したい箇所に穴を開けた臓器のモデルを作成してから、再度レンダリングを行う必要がある。したがって、臓器の内部を高速に描画することは困難である。たとえば、心臓内部の血流分布を確認する場合、観察したい箇所に穴を開けた心臓のモデルを作成してから、再度レンダリングを行う必要があり、心臓内部の血流の移動方向を高速に描画することは困難である。

【0005】

30

本発明は、臓器内部の描画速度の高速化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面によれば、臓器を描画する可視化プログラム、可視化方法、および可視化装置において、入力された法線ベクトルに沿って所定の立体的形状を生成し、前記生成された所定の立体的形状と前記臓器の形状とが重複する重複部分を算出し、前記算出した重複部分の透過率を変更し、前記透過率を変更した重複部分を含む臓器の形状を描画する可視化プログラム、可視化方法、および可視化装置が提案される。

【発明の効果】

【0007】

40

本発明の一側面によれば、臓器内部の描画速度の高速化を図ることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、実施の形態1にかかる心臓モデルの可視化例を示す説明図である。

【図2】図2は、心臓モデルの断面図である。

【図3】図3は、実施の形態1にかかる可視化装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図4】図4は、時刻 $t_1 \sim t_n$ ごとのテトラ要素群のデータ構造 $D_1 \sim D_n$ の一例を示す説明図である。

50

【図5】図5は、データ構造 D_i におけるテトラ要素 $E_j(t_i)$ を示す説明図である。

【図6】図6は、時刻 $t_1 \sim t_n$ ごとの血流ベクトルのデータ構造 $G_1 \sim G_n$ の一例を示す説明図である。

【図7】図7は、実施の形態1にかかる可視化装置の機能的構成例を示すブロック図である。

【図8】図8は、実施の形態1にかかる可視化装置700による可視化処理手順例を示すフローチャートである。

【図9】図9は、図8に示した表面要素群検出処理(ステップS804)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。

【図10】図10は、図8に示した背面要素群検出処理(ステップS805)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。

10

【図11】図11は、実施の形態2にかかる心臓モデルの可視化例を示す説明図である。

【図12】図12は、実施の形態2にかかる可視化装置700による可視化処理手順例を示すフローチャートである。

【図13】図13は、図12に示した表面要素群検出処理(ステップS1204)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。

【図14】図14は、図12に示した背面要素群検出処理(ステップS1205)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。

【図15】図15は、実施の形態2にかかる可視化装置700による可視化処理手順の他の例を示すフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に添付図面を参照して、この発明にかかる可視化プログラム、可視化方法、および可視化装置の実施の形態を詳細に説明する。心臓などの臓器は、時刻ごとに物理値が変動する。このような臓器を表現するため、本実施の形態では、臓器の3次元モデルが採用される。臓器の3次元モデルは、テトラ要素と呼ばれる四面体の非構造格子データの集合である。各テトラ要素は、当該テトラ要素の配置位置に応じた物理値を持つ。物理値は、テトラ要素に対応する心筋の挙動を示す値であり、たとえば、仕事力[KPa]や、仕事[J/ml]、仕事率[$J/s \cdot ml$]が物理値として採用される。

【0010】

30

なお、本実施の形態では、臓器の一例として心臓の3次元モデルを用いて説明するが、心臓以外の他の臓器の3次元モデルでも実現可能である。以下、心臓の3次元モデルを「心臓モデル」と称す。心臓モデルは、時刻ごとに存在するが、モデル元的心臓は同一人物の心臓である。

【0011】

(実施の形態1)

<心臓モデルの可視化例>

図1は、実施の形態1にかかる心臓モデルの可視化例を示す説明図である。図1では、時系列な心臓の挙動を示すため、ある時刻 t_1 での心臓モデルと時刻 t_1 以降の時刻 t_2 での心臓モデルとを用いて、心臓モデルの内部可視化例を説明する。

40

【0012】

図1において、(A)は、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ である。なお、時刻 t_i ($1 \leq i \leq n$) での心臓モデルを $M(t_i)$ と表記する。可視化装置は、マウスなどの入力装置の操作入力により、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ の表面において、領域となる面を指定する。指定された領域となる面を「指定領域R」と称す。指定領域Rは矩形でも円形でもよい。また、入力装置を操作することにより描かれる自由な閉曲線が示す領域でもよい。

【0013】

(B)可視化装置は、指定領域Rから奥行き方向の心筋部分を透過処理する。このように、心筋部分を削り貫くのではなく、心筋部分はそのままにして透過させることにより、

50

透過した心筋部分から、心臓モデルの内部を視認することができる。心臓内部には、血液の流れである血流を示す時刻 t_1 での血流ベクトルがモデル化されている。したがって、指定領域 R に対応する心筋部分を透過処理するだけで、時刻 t_1 での血流ベクトルの方向を視認することができる。

【0014】

(C) は、時刻 t_2 の心臓モデル $M(t_2)$ での指定領域 R に対応する心筋部分を透過処理した状態を示す。時刻 t_1 と比べると、時刻 t_2 では、血流ベクトルの方向が変化している。このように、時刻ごとに、指定領域 R に対応する心筋を透過処理した心臓モデルを描画することにより、内部の血流ベクトルの方向を時系列で視認することができる。

【0015】

このように、図1では、心筋部分のデータを除外するのではなく、心筋部分のデータをそのままにして透過するため、心筋部分が割り貫かれた心臓モデルの再作成や再レンダリングが不要となり、描画速度の高速化を図ることができる。

【0016】

図2は、心臓モデルの断面図である。図2では、(A) ~ (E) の順に、心臓モデル $M(t_i)$ の断面が時系列に示される。また、(A) ~ (E) において、左側が心臓モデル $M(t_i)$ の表面側であり、右側が心臓モデル $M(t_i)$ の内部である。心臓モデル $M(t_i)$ の内部には血流ベクトルが存在するが、図2では省略する。また、図2中、テトラ要素からの矢印は、そのテトラ要素が持つ法線ベクトルである。法線ベクトルは、表面や内周面などの面を構成するテトラ要素が持つ属性であり、それ以外のテトラ要素は法線ベクトルを持たない。また、図2中、 VP は視点、 VD は視点 VP からの視線方向ベクトルである。

【0017】

(A) 指定領域 R が設定されると、可視化装置は、指定領域 R を含むテトラ要素群を検出する。つぎに、可視化装置は、検出されたテトラ要素群の中から、法線ベクトルを持つテトラ要素群を抽出する。そして、可視化装置は、抽出されたテトラ要素群の各テトラ要素が持つ法線ベクトルと視線方向ベクトル VD とのなす角度から、視線方向ベクトル VD と反対方向を向いている法線ベクトルを持つテトラ要素群を特定する。特定されたテトラ要素群を「表面要素群」と称す。(A) において、表面要素群は、塗りつぶしたテトラ要素群である。反対方向とは、 180 度逆向きである必要はなく、たとえば、 $90^\circ <$

【0018】

(B) (A) において表面要素群が決まると、可視化装置は、指定領域 R を、心臓モデルの奥行き方向に所定距離押し出し、立体的形状 S を生成する。ここで、奥行き方向とは、心臓モデル $M(t_i)$ の外から内部への方向であり、たとえば、表面要素群の各テトラ要素群が持つ法線ベクトルが示す方向の逆方向である。また、視線方向ベクトル VD の向きである視線方向でもよい。可視化装置は、指定領域 R を押し出して形成された立体的形状 S の奥行き側の面に含まれるテトラ要素群を検出する。

【0019】

(B) において、塗りつぶしたテトラ要素群が、検出されたテトラ要素群である。奥行き側の面を「押し出し面 X 」と称す。つぎに、可視化装置は、検出されたテトラ要素群の中から、法線ベクトルを持つテトラ要素群を抽出する。(B) では、押し出し面 X に含まれるテトラ要素は、いずれも法線ベクトルを持たないため、可視化装置は、押し出し面 X をさらに奥行き方向に所定距離押し出す。

【0020】

(C) (B) により、押し出し面 X が押し出された後、可視化装置は、再度、押し出し面 X に含まれるテトラ要素群を検出する。つぎに、可視化装置は、検出されたテトラ要素群の中から、法線ベクトルを持つテトラ要素群を抽出する。(C) では、押し出し面 X に含まれるテトラ要素群の中に、法線ベクトルを持つテトラ要素群が存在する。可視化装置は、このテトラ要素群の各テトラ要素が持つ法線ベクトルと視線方向ベクトル VD とのなす角度

10

20

30

40

50

から、視線方向ベクトル $V D$ に沿う方向に向いている法線ベクトルを持つテトラ要素群を特定する。特定されたテトラ要素群を「背面要素群」と称す。

【0021】

(C)において、背面要素群は、塗りつぶしたテトラ要素群である。視線方向ベクトル $V D$ に沿う方向とは、視線方向ベクトル $V D$ と同方向である必要はなく、たとえば、 $0^\circ < 90^\circ$ であればよい。可視化装置は、視線方向ベクトル $V D$ に沿う方向の法線ベクトルを持つテトラ要素が検出されなくなるまで、押し出し面 X を所定距離奥行き方向に押し出す。

【0022】

(D)(C)による押し出しにより、視線方向ベクトル $V D$ に沿う方向の法線ベクトルを持つテトラ要素が検出されなくなる。(D)において、背面要素群は、塗りつぶしたテトラ要素群である。可視化装置は、立体的形状 S に重複するテトラ要素群を特定する。ここでは、特定されたテトラ要素群を、「透過対象要素群」と称す。透過対象要素群は、表面要素群、背面要素群、および、表面要素群から背面要素群までの間に存在するテトラ要素群の集合である。可視化装置は、透過対象要素群に隣接するテトラ要素の物理値分布を表示することとしてもよい。

【0023】

(E)(D)により透過対象要素群が特定されると、可視化装置は、たとえば、レンディングにより、透過対象要素群の透過処理を実行する。(E)において、透過された透過対象要素群を、点線で示す。これにより、視点 $V P$ からみた場合に、透過対象要素群が透過されるため、透過対象要素群から心臓モデル内部の血流ベクトルや、心臓モデルの内壁面を視認することができる。また、奥行き側の内壁面については、透過も割り貫きもされないため、ユーザは、透過対象要素群のみがあたかも割り貫かれた状態で心臓内部を視認することができる。

【0024】

(可視化装置のハードウェア構成例)

図3は、実施の形態1にかかる可視化装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。図3において、可視化装置は、CPU(Central Processing Unit)301と、ROM(Read Only Memory)302と、RAM(Random Access Memory)303と、磁気ディスクドライブ304と、磁気ディスク305と、光ディスクドライブ306と、光ディスク307と、ディスプレイ308と、I/F(Interface)309と、キーボード310と、マウス311と、スキャナ312と、プリンタ313と、を備えている。また、各構成部はバス300によってそれぞれ接続されている。

【0025】

ここで、CPU301は、可視化装置の全体の制御を司る。ROM302は、ブートプログラムなどのプログラムを記憶している。RAM303は、CPU301のワークエリアとして使用される。磁気ディスクドライブ304は、CPU301の制御にしたがって磁気ディスク305に対するデータのリード/ライトを制御する。磁気ディスク305は、磁気ディスクドライブ304の制御で書き込まれたデータを記憶する。

【0026】

光ディスクドライブ306は、CPU301の制御にしたがって光ディスク307に対するデータのリード/ライトを制御する。光ディスク307は、光ディスクドライブ306の制御で書き込まれたデータを記憶したり、光ディスク307に記憶されたデータをコンピュータに読み取らせたりする。

【0027】

ディスプレイ308は、カーソル、アイコンあるいはツールボックスをはじめ、文書、画像、機能情報などのデータを表示する。このディスプレイ308は、たとえば、液晶ディスプレイ、プラズマディスプレイなどを採用することができる。

【0028】

10

20

30

40

50

インターフェース(以下、「I/F」と略する。)309は、通信回線を通じてLAN(Local Area Network)、WAN(Wide Area Network)、インターネットなどのネットワーク314に接続され、このネットワーク314を介して他の装置に接続される。そして、I/F309は、ネットワーク314と内部のインターフェースを司り、外部装置からのデータの入出力を制御する。I/F309には、たとえばモデムやLANアダプタなどを採用することができる。

【0029】

キーボード310は、文字、数字、各種指示などの入力のためのキーを備え、データの入力をおこなう。また、タッチパネル式の入力パッドやテンキーなどであってもよい。マウス311は、カーソルの移動や範囲選択、あるいはウィンドウの移動やサイズの変更などをおこなう。ポインティングデバイスとして同様に機能を備えるものであれば、トラックボールやジョイスティックなどであってもよい。

10

【0030】

スキャナ312は、画像を光学的に読み取り、可視化装置内に画像データを取り込む。なお、スキャナ312は、OCR(Optical Character Reader)機能を持たせてもよい。また、プリンタ313は、画像データや文書データを印刷することができる。なお、例えば、レーザプリンタやインクジェットプリンタを採用することができる。なお、光ディスクドライブ306、光ディスク307、ディスプレイ308、キーボード310、マウス311、スキャナ312、およびプリンタ313の少なくともいずれか1つは、なくてもよい。

20

【0031】

<データベースの記憶内容例>

つぎに、可視化装置が有するデータベース(Data Base。以下、「DB」)の記憶内容について説明する。DBは、テトラ要素群のデータ構造と、血流ベクトルのデータ構造と、を有する。DBは、図3に示したROM302、RAM303、磁気ディスク305、光ディスク307などの記憶装置によりその機能を実現する。

【0032】

図4は、時刻 $t_1 \sim t_n$ ごとのテトラ要素群のデータ構造 $D_1 \sim D_n$ の一例を示す説明図である。 n はタイムステップ数である。時刻 t_i での心臓モデル $M(t_i)$ は、時刻 t_i のテトラ要素群のデータ構造 D_i により構成される。 i は、 $1 \leq i \leq n$ を満たす整数である。ここで、時刻 t_i のテトラ要素群のデータ構造 D_i は、ID項目と、第1頂点項目～第4頂点項目と、重心項目と、物理値項目と、法線ベクトル項目と、透過項目と、を有し、テトラ要素ごとに、各項目の値を有するデータ構造である。

30

【0033】

ID項目には、テトラ要素のID: $i(1 \leq j \leq m)$ が格納される。 m はテトラ要素の総数である。 j は、 $1 \leq j \leq m$ を満たす整数である。IDとは、テトラ要素を一意に識別する識別情報である。ID: j のテトラ要素を、テトラ要素 $E_j(t_i)$ とする。第1頂点項目～第4頂点項目には、テトラ要素 $E_j(t_i)$ の第1頂点 $v_1(E_j(t_i)) \sim$ 第4頂点 $v_4(E_j(t_i))$ の頂点座標値が格納される。便宜上、座標値についても、 $v_1(E_j(t_i)) \sim v_4(E_j(t_i))$ と表記する。第1頂点 $v_1(E_j(t_i)) \sim$ 第4頂点 $v_4(E_j(t_i))$ とは、四面体であるテトラ要素の各頂点である。

40

【0034】

重心項目には、テトラ要素 $E_j(t_i)$ の重心 $g(E_j(t_i))$ となる重心座標値が格納される。便宜上、座標値についても、 $g(E_j(t_i))$ と表記する。物理値項目には、テトラ要素 $E_j(t_i)$ の重心 $g(E_j(t_i))$ に割り当てられた物理値 $p(E_j(t_i))$ が格納される。上述したように、物理値 $p(E_j(t_i))$ は、テトラ要素に対応する心筋の拳動を示す値であり、たとえば、仕事力[KPa]や、仕事[J/ml]、仕事率[J/s·ml]が採用される。

【0035】

法線ベクトル項目には、法線ベクトルが格納される。法線ベクトルは、どのテトラ要素

50

も持つ属性ではなく、表面や内周面などの面を構成するテトラ要素が持つ属性であり、それ以外のテトラ要素は法線ベクトルを持たない。透過項目には、そのテトラ要素が透過対象要素であるか否かを示す透過フラグが格納される。透過フラグの初期値は「0」である。「0」は非透過対象であることを示し、「1」は透過対象であることを示す。透過フラグは、そのテトラ要素が表面要素群や背面要素群、表面要素群から背面要素群までの間の要素群になった場合、すなわち、立体形状に重複する場合に、「1」に設定される。

【0036】

図5は、データ構造 D_i におけるテトラ要素 $E_j(t_i)$ を示す説明図である。テトラ要素 $E_j(t_i)$ の形状は第1頂点 $v_1(E_j(t_i))$ ～第4頂点 $v_4(E_j(t_i))$ を有する四面体である。また、重心 $g(E_j(t_i))$ には、物理値 $p(E_j(t_i))$ が割り当てられる。

10

【0037】

図6は、時刻 $t_1 \sim t_n$ ごとの血流ベクトルのデータ構造 $G_1 \sim G_n$ の一例を示す説明図である。時刻 t_i での心臓モデル内の血流は、時刻 t_i の血流ベクトルのデータ構造 G_i により構成される。ここで、時刻 t_i の血流ベクトルのデータ構造 G_i は、ID項目と、第1頂点項目～第4頂点項目と、第1血流項目～第4血流項目と、を有し、血流ベクトルを有するテトラ要素ごとに、各項目の値を有するデータ構造である。

【0038】

ID項目には、血流ベクトルを有するテトラ要素のIDが格納される。IDとは、テトラ要素を一意的に識別する識別情報である。たとえば、ID: $B_1(t_i)$ は、血流ベクトルを有する時刻 t_i のテトラ要素 B_1 である。以下、任意の血流ベクトルを有する時刻 t_i でのテトラ要素をテトラ要素 $B(t_i)$ と表記する。

20

【0039】

第1頂点項目～第4頂点項目には、テトラ要素 $B(t_i)$ の第1頂点 $v_1(B(t_i))$ ～第4頂点 $v_4(B(t_i))$ の頂点座標値が格納される。便宜上、座標値についても、 $v_1(B(t_i)) \sim v_4(B(t_i))$ と表記する。第1頂点 $v_1(B(t_i)) \sim$ 第4頂点 $v_4(B(t_i))$ とは、四面体であるテトラ要素 $B(t_i)$ の各頂点である。

【0040】

第1血流項目～第4血流項目には、テトラ要素 $B(t_i)$ の第1頂点 $v_1(B(t_i))$ ～第4頂点 $v_4(B(t_i))$ が持つ血流ベクトル $bs_1(B(t_i)) \sim bs_4(B(t_i))$ が格納される。なお、テトラ要素 $B(t_i)$ の頂点は、他のテトラ要素 $B(t_i)$ の頂点と共通する場合があります、その場合は、血流ベクトルも共通である。

30

【0041】

<可視化装置の機能的構成例>

図7は、実施の形態1にかかる可視化装置の機能的構成例を示すブロック図である。可視化装置700は、生成部701と、算出部702と、変更部703と、描画部704と、DB705と、を有する。生成部701、算出部702、変更部703および描画部704は、具体的には、たとえば、図3に示したROM302、RAM303、磁気ディスク305、光ディスク307などの記憶装置に記憶されたプログラムをCPU301に実行させることにより、または、I/F309により、その機能を実現する。DB705には、心臓モデル $M(t_1) \sim M(t_n)$ のデータ構造 $D_1 \sim D_n$ と血流のデータ構造 $G_1 \sim G_n$ が格納されている。

40

【0042】

生成部701は、DB705を参照して、入力された法線ベクトルに沿って所定の立体的形状 S を生成する。具体的には、生成部701は、指定部710と、第1の検出部711と、第2の検出部712とを有する。指定部710は、臓器モデルの表面領域を指定する。指定された表面領域が、図1および図2に示した指定領域 R である。第1の検出部711は、図2の(A)に示したように、表面要素群を検出する。第2の検出部712は、図2の(B)～(D)に示したように、背面要素群を検出する。指定部710、第1の検出部711、および第2の検出部712により、立体的形状 S が生成されることになる。

50

【 0 0 4 3 】

算出部 7 0 2 は、生成部 7 0 1 によって生成された所定の立体的形状 S と臓器の形状とが重複する重複部分を算出する。具体的には、たとえば、図 2 の (D) に示したように、算出部 7 0 2 は、立体的形状 S に重複するテトラ要素群を透過対象要素群として特定する。

【 0 0 4 4 】

変更部 7 0 3 は、算出部 7 0 2 によって算出された重複部分の透過率を変更する。具体的には、たとえば、変更部 7 0 3 は、図 2 の (E) に示したように、重複部分である透過対象要素群の透過率の値を低下させる。値とは透明度を表す数値である。最大値が 2 5 5 である場合、2 5 5 から数値が小さくなるにつれ透明度が上がり、値が 0 になると、完全な透明になる。どの程度まで値を低下させるかは、あらかじめ設定される。

10

【 0 0 4 5 】

描画部 7 0 4 は、変更部 7 0 3 による透過率の変更後の臓器モデルを描画する。具体的には、たとえば、描画部 7 0 4 は、時刻 $t_1 \sim t_n$ ごとに、心臓モデル $M(t_i)$ のデータ構造 D_i を用いて、透過対象要素群については変更後の透過率を適用して描画し、それ以外のテトラ要素については、あらかじめ設定された色により公知のレンダリング処理で描画する。また、描画部 7 0 4 は、血流ベクトルについても、血流のデータ構造 B_i を参照して描画する。これにより、図 1 および図 2 の (E) に示したように、透過対象要素群の位置から心臓モデルを覗いた形状を描画することができる。これにより、ユーザは、心臓モデル内部の血流ベクトルを透過対象要素群の位置から視認することができる。また、描画部 7 0 4 は、透過対象要素群に隣接するテトラ要素の物理値分布を描画することとしてもよい。

20

【 0 0 4 6 】

< 可視化処理手順 >

図 8 は、実施の形態 1 にかかる可視化装置 7 0 0 による可視化処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置 7 0 0 は、タイムステップ数 n を指定し (ステップ S 8 0 1)、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ のデータ構造 D_1 を用いて、心臓モデル $M(t_1)$ で領域の指定をおこなう (ステップ S 8 0 2)。これにより、指定領域 R が設定される。

【 0 0 4 7 】

つぎに、可視化装置 7 0 0 は、タイムステップのインデックス i を $i = 1$ とし (ステップ S 8 0 3)、第 1 の検出部 7 1 1 により表面要素群検出処理を実行する (ステップ S 8 0 4)。表面要素群検出処理 (ステップ S 8 0 4) は、図 2 の (A) に示したように表面要素群を検出する処理である。表面要素群検出処理 (ステップ S 8 0 4) の詳細については、図 9 で後述する。

30

【 0 0 4 8 】

つぎに、可視化装置 7 0 0 は、第 2 の検出部 7 1 2 により背面要素群検出処理を実行する (ステップ S 8 0 5)。背面要素群検出処理 (ステップ S 8 0 5) は、図 2 の (B) ~ (D) に示したように背面要素群を検出する処理である。背面要素群検出処理 (ステップ S 8 0 5) の詳細については、図 1 0 で後述する。

40

【 0 0 4 9 】

表面要素群および背面要素群が検出されると、可視化装置 7 0 0 は、表面要素群から背面要素群までのテトラ要素群に重複する立体的形状 S を生成したことになる。可視化装置 7 0 0 は、図 2 の (D) に示したように、この立体的形状 S に重複するテトラ要素群を透過対象要素群として特定する (ステップ S 8 0 6)。

【 0 0 5 0 】

このあと、可視化装置 7 0 0 は、透過対象要素群の透過率を低下させ (ステップ S 8 0 7)、透過対象要素群の透過率の低下後の心臓モデルを描画する (ステップ S 8 0 8)。これにより、図 1 の (B) に示したように、時刻が t_1 の場合は、透過対象要素群があたかも割り貫かれたような心臓モデルの形状が描画され、透過対象要素群から透過された心

50

臓モデルの内部の血流ベクトルを視認することができる。

【0051】

このあと、可視化装置700は、タイムステップ数のインデックス i をインクリメントし(ステップS809)、 $i > n$ であるか否かを判断する(ステップS810)。 $i > n$ でない場合(ステップS810: No)、可視化装置700は、時刻 t_i の心臓モデル $M(t_i)$ で指定面領域を再設定し(ステップS811)、ステップS804に戻る。具体的には、たとえば、時刻 t_1 から時刻 t_2 にうつる場合でも、心臓モデル $M(t_1)$ の指定領域 R と心臓モデル $M(t_2)$ の指定領域 R とは同一位置となる。

【0052】

これにより、可視化装置700は、心臓モデル $M(t_i)$ の形状が経時的に変化する場合でも、時刻ごとに描画される心臓モデル $M(t_i)$ において透過される透過対象要素群の位置に変化はないため、ユーザは、固定された位置から心臓モデル $M(t_i)$ 内部の血流ベクトルを観察することができる。また、ステップS810において、 $i > n$ である場合(ステップS810: Yes)、可視化装置700は、一連の可視化処理を終了する。

10

【0053】

図9は、図8に示した表面要素群検出処理(ステップS804)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置700は、指定領域 R を含むテトラ要素群を検出する(ステップS901)。検出したテトラ要素群を「検出テトラ要素群」と称す。可視化装置700は、時刻 t_i のデータ構造 D_i を参照して、検出テトラ要素群の中から法線ベクトルを有するテトラ要素群を抽出する(ステップS902)。抽出したテトラ要素群を「抽出テトラ要素群」と称す。

20

【0054】

そして、可視化装置700は、抽出テトラ要素群に未選択のテトラ要素があるか否かを判断する(ステップS903)。未選択のテトラ要素がある場合(ステップS903: Yes)、可視化装置700は、抽出テトラ要素群の中から未選択のテトラ要素を1つ選択する(ステップS904)。選択したテトラ要素を「選択テトラ要素」と称す。つぎに、可視化装置700は、視線方向ベクトル VD とのなす角度 θ について $\cos \theta$ を算出する(ステップS905)。そして、可視化装置700は、 $\cos \theta < 0$ であるか否かを判断する(ステップS906)。

【0055】

$\cos \theta < 0$ でない場合(ステップS906: No)、ステップS903に戻る。一方、 $\cos \theta < 0$ である場合(ステップS906: Yes)、可視化装置700は、選択テトラ要素を表面要素に決定する(ステップS907)。具体的には、可視化装置700は、選択テトラ要素の透過フラグを「1」に変更する。そして、ステップS907に移行する。このあと、未選択のテトラ要素がない場合(ステップS903: No)、表面要素群検出処理(ステップS804)を終了する。これにより、図2の(A)に示したように、表面要素群が検出されることになる。

30

【0056】

図10は、図8に示した背面要素群検出処理(ステップS805)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置700は、指定領域 R を奥行き方向に d シフトして押し出し面 X を生成する(ステップS1001)。つぎに、可視化装置700は、押し出し面 X に含まれるテトラ要素群を検出する(ステップS1002)。検出したテトラ要素群を「検出テトラ要素群」と称す。可視化装置700は、検出テトラ要素群から法線ベクトルを有するテトラ要素群を抽出する(ステップS1003)。抽出したテトラ要素群を「抽出テトラ要素群」と称す。

40

【0057】

そして、可視化装置700は、抽出テトラ要素群に未選択のテトラ要素があるか否かを判断する(ステップS1004)。未選択のテトラ要素がある場合(ステップS1004: Yes)、可視化装置700は、抽出テトラ要素群の中から未選択のテトラ要素を1つ選択する(ステップS1005)。選択したテトラ要素を「選択テトラ要素」と称す。つ

50

ぎに、可視化装置700は、視線方向ベクトルVDとのなす角度について \cos を算出する(ステップS1006)。そして、可視化装置700は、 $\cos > 0$ であるか否かを判断する(ステップS1007)。

【0058】

$\cos < 0$ でない場合(ステップS1006:No)、ステップS1004に戻る。一方、 $\cos > 0$ でない場合(ステップS1007:No)、ステップS1004に戻る。一方、 $\cos > 0$ である場合(ステップS1007:Yes)、可視化装置700は、選択テトラ要素を背面要素に決定する(ステップS1008)。具体的には、可視化装置700は、選択テトラ要素の透過フラグを「1」に変更する。そして、決定フラグFが $F = 0$ であるか否かを判断する(ステップS1009)。ここで、決定フラグFについて説明する。

10

【0059】

決定フラグFとは、時刻 t_i のデータ構造 D_i において、背面要素に決定されたテトラ要素が最初に出現してから、押し出し面Xを d シフトし続けて、押し出し面Xがテトラ要素群に含まれなくなるまでの状態を観測するためのフラグである。決定フラグFの初期値は $F = 0$ とする。 $F = 0$ は、未決定状態を示す。すなわち、背面要素が始めて決定された場合、決定フラグFが $F = 0$ から $F = 1$ に変化する。そして、決定フラグFが $F = 1$ のときに、抽出テトラ要素群から1個も背面要素が決定されなかった場合は、押し出し面Xが心筋を通り越して心臓モデルの内部空間に移動したと判断する。

【0060】

20

すなわち、ステップS1009において、可視化装置700は、決定フラグFが $F = 0$ である場合(ステップS1009:Yes)、背面要素がはじめて出現したとして、決定フラグFを $F = 1$ に変更する(ステップS1010)。そして、ステップS1004に移行する。一方、可視化装置700は、決定フラグFが $F = 1$ である場合(ステップS1009:No)、ステップS1004に移行する。

【0061】

また、ステップS1004において、未選択のテトラ要素がない場合(ステップS1004:No)、可視化装置700は、決定フラグFが $F = 1$ であるか否かを判断する(ステップS1011)。 $F = 1$ でない場合(ステップS1011:No)、まだ、背面要素が1個も決定されていないため、ステップS1002に移行する。

30

【0062】

一方、 $F = 1$ の場合(ステップS1011:Yes)、可視化装置700は、現在の抽出テトラ要素群において背面要素が1つも決定されなかったか否かを判断する(ステップS1012)。背面要素が1つでも決定された場合(ステップS1012:No)、ステップS1002に移行する。一方、背面要素が1つも決定されなかった場合(ステップS1012:Yes)、押し出し面Xが心筋を通り越して心臓モデルの内部空間に移動したと判断して、背面要素群検出処理(ステップS805)を終了する。これにより、図2の(D)に示したように、立体的形状Sに重複するテトラ要素群の特定が可能になる。

【0063】

このように、実施の形態1によれば、心筋部分のデータを除外するのではなく、心筋部分のデータをそのままにして透過するため、心筋部分が割り貫かれた心臓モデルの再作成や再レンダリングが不要となり、描画速度の高速化を図ることができる。

40

【0064】

(実施の形態2)

つぎに、実施の形態2について説明する。実施の形態1では、時刻 t_i ごとの心臓モデル $M(t_i)$ において指定領域Rを固定した状態で、時刻 t_i ごとの心臓モデル $M(t_i)$ を時系列で可視化する例について説明した。これに対し、実施の形態2では、時刻 t_1 での指定領域Rを含むテトラ要素群を固定した状態で、時刻 t_i ごとの心臓モデル $M(t_i)$ を時系列で可視化する例について説明する。

【0065】

50

すなわち、実施の形態 1 では、指定領域 R に相当する透過対象要素群の形状はほぼ同一形状であるが、実施の形態 2 では、時刻 t_1 での指定領域 R を含むテトラ要素群を、時刻 t_2 以降追跡することになるため、時刻 t_i ごとの透過対象要素群の形状が異なる。たとえば、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ に対して、ユーザがある疾患部位を指定領域 R に設定した場合、時間の経過とともに、疾患部位となるテトラ要素群から覗いた心臓モデルの内部の状態や血流を観測することができる。

【0066】

これより、心臓内部が疾患部位によりどのような影響をうけているかといったことが観測可能となる。また、時刻 t_i ごとにユーザは疾患部位を指定する必要がないため、利便性の向上を図ることができる。なお、実施の形態 2 では、実施の形態 1 と異なる箇所についてのみ説明し、それ以外については、実施の形態 1 と同様とするため、説明を省略する。

10

【0067】

<心臓モデルの可視化例>

図 11 は、実施の形態 2 にかかる心臓モデルの可視化例を示す説明図である。図 11 では、時系列な心臓の挙動を示すため、ある時刻 t_1 での心臓モデルと時刻 t_1 以降の時刻 t_2 での心臓モデルとを用いて、心臓モデルの内部可視化例を説明する。図 11 において、(A) および (B) は、実施の形態 1 で示した図 1 の (A) および (B) と同一内容であるため説明を省略する。

【0068】

(C) は、時刻 t_2 での透過状態を示す。時刻 t_1 と比べると、時刻 t_2 の透過部分は、時刻 t_1 の透過部分と位置が異なる。すなわち、時刻 t_1 の指定領域 R を含むテトラ要素群が、時刻 t_2 では (C) の透過部分に示した位置に移動したためである。このように、時刻 t_1 の指定領域 R が疾患部位である場合、時間の経過とともに、疾患部位となるテトラ要素群から覗いた心臓モデルの内部の状態や血流を観測することができる。

20

【0069】

また、実施の形態 1 と同様、心筋部分のデータを除外するのではなく、心筋部分のデータをそのままにして透過するため、心筋部分が割り貫かれた心臓モデルの再作成や再レンダリングが不要となり、描画速度の高速化を図ることができる。

【0070】

<可視化処理手順>

図 12 は、実施の形態 2 にかかる可視化装置 700 による可視化処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置 700 は、タイムステップ数 n を指定し (ステップ S1201)、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ のデータ構造 D1 を用いて、心臓モデル $M(t_1)$ で領域の指定をおこなう (ステップ S1202)。これにより、指定領域 R が設定される。

30

【0071】

つぎに、可視化装置 700 は、タイムステップのインデックス i を $i = 1$ とし (ステップ S1203)、第 1 の検出部 711 により表面要素群検出処理を実行する (ステップ S1204)。表面要素群検出処理 (ステップ S1204) は、図 2 の (A) に示したように表面要素群を検出する処理である。表面要素群検出処理 (ステップ S1204) の詳細については、図 13 で後述する。

40

【0072】

つぎに、可視化装置 700 は、第 2 の検出部 712 により背面要素群検出処理を実行する (ステップ S1205)。背面要素群検出処理 (ステップ S1205) は、図 2 の (B) ~ (D) に示したように背面要素群を検出する処理である。背面要素群検出処理 (ステップ S1205) の詳細については、図 14 で後述する。

【0073】

表面要素群および背面要素群が検出されると、可視化装置 700 は、表面要素群から背面要素群までのテトラ要素群に重複する立体的形状 S を生成したことになる。可視化装置

50

700は、図2の(D)に示したように、この立体的形状Sに重複するテトラ要素群を透過対象要素群として特定する(ステップS1206)。

【0074】

このあと、可視化装置700は、透過対象要素群の透過率を低下させ(ステップS1207)、透過対象要素群の透過率の低下後の心臓モデルを描画する(ステップS1208)。これにより、図1の(B)に示したように、時刻が t_1 の場合は、透過対象要素群があたかも割り貫かれたような心臓モデルの形状が描画され、透過対象要素群から透過された心臓モデルの内部の血流ベクトルを視認することができる。

【0075】

このあと、可視化装置700は、タイムステップ数のインデックス i をインクリメントし(ステップS1209)、 $i > n$ であるか否かを判断する(ステップS1210)。 $i > n$ でない場合(ステップS1210: No)、ステップS1204に戻る。一方、 $i > n$ である場合(ステップS1210: Yes)、可視化装置700は、一連の可視化処理を終了する。

【0076】

図13は、図12に示した表面要素群検出処理(ステップS1204)の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置700は、指定領域Rがあるか否かを判断する(ステップS1301)。具体的には、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ については指定領域Rが存在し、時刻 t_2 以降の心臓モデルについては、指定領域Rが存在しない。したがって、時刻 t_1 の場合は、指定領域Rがあることになり(ステップS1301: Yes)、時刻 t_2 以降の場合は、指定領域Rがない(ステップS1301: No)ことになる。

【0077】

可視化装置700は、指定領域Rがある場合(ステップS1301: Yes)、指定領域Rを含むテトラ要素群を検出する(ステップS1302)。検出したテトラ要素群を「検出テトラ要素群」と称す。可視化装置700は、検出テトラ要素群の要素IDを保存して(ステップS1303)、ステップS1305に移行する。要素IDとは、異なる時刻で共通して検出テトラ要素を一意に特定する識別情報である。たとえば、テトラ要素 $E_j(t_i)$ の「 E_j 」である。

【0078】

また、ステップS1301において、可視化装置700は、指定領域Rがない場合(ステップS1301: No)、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ についてステップS1303で保存した要素IDと同一IDのテトラ要素群を、時刻 t_i の心臓モデル $M(t_i)$ のデータ構造 D_i から検出して(ステップS1304)、ステップS1305に移行する。これにより、時刻ごとに同一のテトラ要素の追跡が可能となる。

【0079】

ステップS1305において、可視化装置700は、時刻 t_i のデータ構造 D_i を参照して、検出テトラ要素群の中から法線ベクトルを有するテトラ要素群を抽出する(ステップS1305)。抽出したテトラ要素群を「抽出テトラ要素群」と称す。

【0080】

そして、可視化装置700は、抽出テトラ要素群に未選択のテトラ要素があるか否かを判断する(ステップS1306)。未選択のテトラ要素がある場合(ステップS1306: Yes)、可視化装置700は、抽出テトラ要素群の中から未選択のテトラ要素を1つ選択する(ステップS1307)。選択したテトラ要素を「選択テトラ要素」と称す。つぎに、可視化装置700は、視線方向ベクトル V_D とのなす角度 θ について $\cos \theta$ を算出する(ステップS1308)。そして、可視化装置700は、 $\cos \theta < 0$ であるか否かを判断する(ステップS1309)。

【0081】

$\cos \theta < 0$ でない場合(ステップS1309: No)、ステップS1306に戻る。一方、 $\cos \theta < 0$ である場合(ステップS1309: Yes)、可視化装置700は、

10

20

30

40

50

選択テトラ要素を表面要素に決定する（ステップS1310）。具体的には、可視化装置700は、選択テトラ要素の透過フラグを「1」に変更する。そして、ステップS1306に移行する。このあと、未選択のテトラ要素がない場合（ステップS1306：No）、表面要素群検出処理（ステップS1204）を終了する。これにより、図2の（A）に示したように、表面要素群が検出されることになる。

【0082】

すなわち、時刻 t_1 の場合は、実施の形態1と同様にして、表面要素群が検出されるが、時刻 t_2 以降では、時刻 t_1 の指定領域Rを含むテトラ要素群と同一要素IDのテトラ要素群が検出テトラ要素群として扱われる。したがって、表面要素群の位置が時々刻々と変化するようになる。

10

【0083】

図14は、図12に示した背面要素群検出処理（ステップS1205）の詳細な処理手順例を示すフローチャートである。まず、可視化装置700は、指定領域Rがあるか否かを判断する（ステップS1401）。具体的には、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ については指定領域Rが存在し、時刻 t_2 以降の心臓モデルについては、指定領域Rが存在しない。したがって、時刻 t_1 の場合は、指定領域Rがあることになり（ステップS1401：Yes）、時刻 t_2 以降の場合は、指定領域Rがない（ステップS1401：No）ことになる。

【0084】

可視化装置700は、指定領域Rがある場合（ステップS1401：Yes）、ステップS1403に移行する。一方、指定領域Rがない場合（ステップS1401：No）、領域を生成する（ステップS1402）。具体的には、たとえば、可視化装置700は、時刻 $t(i-1)$ での表面要素群により特定される心臓モデル表面を構成する面を領域とする。

20

【0085】

そして、可視化装置700は、領域を奥行き方向に d シフトして押し出し面Xを生成する（ステップS1403）。つぎに、可視化装置700は、押し出し面Xに含まれるテトラ要素群を検出する（ステップS1404）。検出したテトラ要素群を「検出テトラ要素群」と称す。可視化装置700は、検出テトラ要素群から法線ベクトルを有するテトラ要素群を抽出する（ステップS1405）。抽出したテトラ要素群を「抽出テトラ要素群」と称す。

30

【0086】

そして、可視化装置700は、抽出テトラ要素群に未選択のテトラ要素があるか否かを判断する（ステップS1406）。未選択のテトラ要素がある場合（ステップS1406：Yes）、可視化装置700は、抽出テトラ要素群の中から未選択のテトラ要素を1つ選択する（ステップS1407）。選択したテトラ要素を「選択テトラ要素」と称す。つぎに、可視化装置700は、視線方向ベクトルVDとのなす角度 θ について $\cos\theta$ を算出する（ステップS1408）。そして、可視化装置700は、 $\cos\theta > 0$ であるか否かを判断する（ステップS1409）。

40

【0087】

$\cos\theta > 0$ でない場合（ステップS1409：No）、ステップS1406に戻る。一方、 $\cos\theta > 0$ である場合（ステップS1409：Yes）、可視化装置700は、選択テトラ要素を背面要素に決定する（ステップS1410）。具体的には、可視化装置700は、選択テトラ要素の透過フラグを「1」に変更する。そして、決定フラグFが $F = 0$ であるか否かを判断する（ステップS1411）。ここで、決定フラグFについては、実施の形態1と同一であるため、説明を省略する。

【0088】

可視化装置700は、決定フラグFが $F = 0$ である場合（ステップS1411：Yes）、背面要素がはじめて出現したとして、決定フラグFを $F = 1$ に変更する（ステップS1412）。そして、ステップS1406に移行する。一方、可視化装置700は、決定

50

フラグFがF = 1である場合（ステップS 1 4 1 1 : N o）、ステップS 1 4 0 6に移行する。

【 0 0 8 9 】

また、ステップS 1 4 0 6において、未選択のテトラ要素がない場合（ステップS 1 4 0 6 : N o）、可視化装置7 0 0は、決定フラグFがF = 1であるか否かを判断する（ステップS 1 4 1 3）。F = 1でない場合（ステップS 1 4 1 3 : N o）、まだ、背面要素が1個も決定されていないため、ステップS 1 4 0 3に移行する。

【 0 0 9 0 】

一方、F = 1の場合（ステップS 1 4 1 3 : Y e s）、可視化装置7 0 0は、現在の抽出テトラ要素群において背面要素が1つも決定されなかったか否かを判断する（ステップS 1 4 1 4）。背面要素が1つでも決定された場合（ステップS 1 4 1 4 : N o）、ステップS 1 4 0 3に移行する。一方、背面要素が1つも決定されなかった場合（ステップS 1 4 1 4 : Y e s）、押し面Xが心筋を通り越して心臓モデルの内部空間に移動したと判断して、背面要素群検出処理（ステップS 1 2 0 5）を終了する。これにより、図2の（D）に示したように、立体的形状Sに重複するテトラ要素群の特定が可能になる。

【 0 0 9 1 】

実施の形態2によれば、時刻 t_1 の心臓モデル $M(t_1)$ での指定領域Rを含むテトラ要素群の経時的な位置の変化を追跡する。すなわち、変化前の心臓モデル $M(t_1)$ での表面要素群を、変化後の心臓モデル $M(t(i))$ に写像することになる。したがって、変化前の心臓モデル $M(t_1)$ での表面要素群と同一のテトラ要素群を用いて、変化後の心臓モデル $M(t(i))$ の表面要素群を検出することになる。

【 0 0 9 2 】

このように、時刻 t_i ごとの表面要素群を時刻 t_1 での表面要素群を用いて検出することにより、時刻 t_1 の指定領域Rが疾患部位である場合、ユーザは、時々刻々と移動する疾患部位となるテトラ要素群から覗いた心臓モデルの内部の状態や血流を、疾患部位に起因する挙動として観測することができる。

【 0 0 9 3 】

また、可視化装置は、時刻 t_i の表面要素群の各テトラ要素の要素IDを保存するのではなく、時刻 t_i の透過対象要素群を特定することとしてもよい。具体的には、時刻 t_1 において透過対象要素群が特定されると、時刻 t_1 の透過対象要素群の各テトラ要素群の要素IDが保存される。そして、時刻 t_2 以降は、時刻 t_1 の透過対象要素群の各テトラ要素群の要素IDを流用して、透過対象要素群を特定すればよい。以下、具体的にフローチャートを示す。

【 0 0 9 4 】

図15は、実施の形態2にかかる可視化装置7 0 0による可視化処理手順の他の例を示すフローチャートである。なお、図15において、図12と同一処理には、同一ステップ番号を付し、その説明を省略する。ステップS 1 2 1 0において、 $i > n$ でない場合（ステップS 1 2 1 0 : N o）、可視化装置7 0 0は、ステップS 1 2 0 6で特定された時刻 t_1 の透過対象要素群と同一要素IDのテトラ要素群を時刻 t_i の透過対象要素群として特定する（ステップS 1 5 1 1）。そして、ステップS 1 2 0 7に移行する。すなわち、時刻 t_1 により透過対象要素群が決まると、時刻 t_2 以降は、時刻 t_1 の透過対象要素群を時刻 t_i の心臓モデル $M(t_i)$ に写像されることになる。

【 0 0 9 5 】

これにより、時刻 t_2 以降は、図12に示したような表面要素群検出処理（ステップS 1 2 0 4）および背面要素群検出処理（ステップS 1 2 0 5）が不要となる。したがって、透過対象要素群を特定するための演算量の低減化を図ることができ、描画処理の高速化を図ることができる。

【 0 0 9 6 】

また、実施の形態1と同様、心筋部分のデータを除外するのではなく、心筋部分のデータをそのままにして透過するため、心筋部分が割り貫かれた心臓モデルの再作成や再レン

10

20

30

40

50

ダリングが不要となり、描画速度の高速化を図ることができる。

【 0 0 9 7 】

また、上述した実施の形態 1 , 2 では、指定領域 R の法線ベクトルの方向と反対方向に押し出し面 X を押し出すことにより、立体的形状 S を生成することとしたが、視線方向ベクトル V D の方向に沿って押し出し面 X を押し出すことにより、立体的形状 S を生成することとしてもよい。これにより、ユーザは、視線方向ベクトル V D の方向に沿って、透過処理された透過対象要素群の位置から、心臓モデル M (t i) の内部を観察することができる。

【 0 0 9 8 】

以上のことから、本実施の形態によれば、臓器内部の描画速度の高速化を図ることができるという効果を奏する。

10

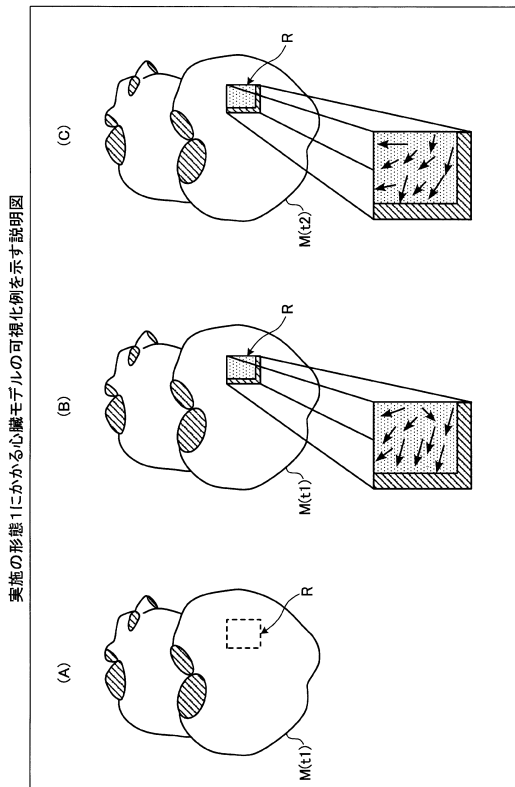
【符号の説明】

【 0 0 9 9 】

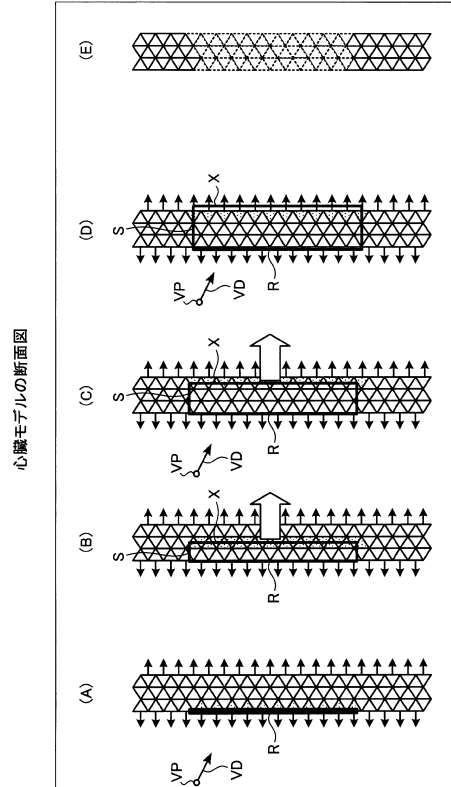
- 7 0 0 可視化装置
- 7 0 1 生成部
- 7 0 2 算出部
- 7 0 3 変更部
- 7 0 4 描画部
- 7 1 0 指定部
- 7 1 1 第 1 の検出部
- 7 1 2 第 2 の検出部

20

【 図 1 】

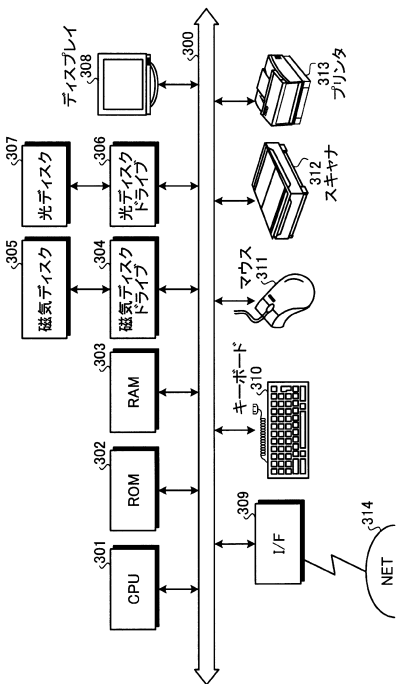


【 図 2 】



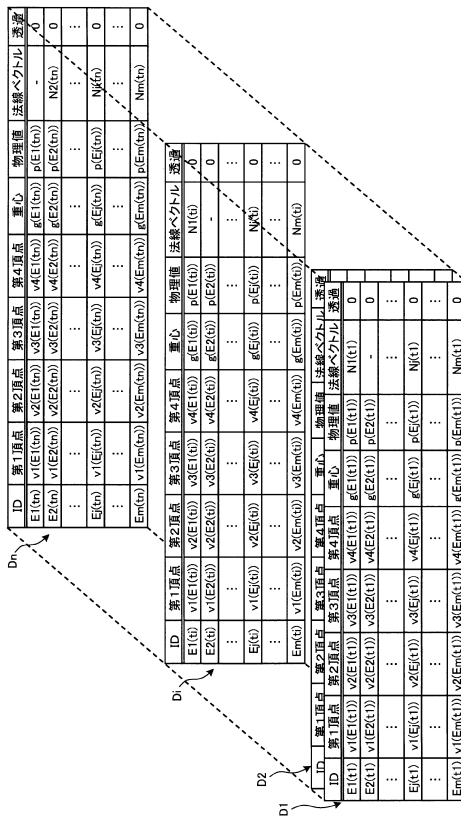
【 図 3 】

実施の形態1にかかる可塑性装置のハードウェア構成例を示すブロック図



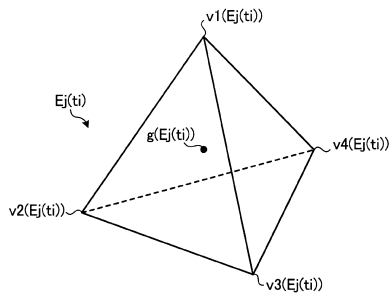
【 図 4 】

時刻1~tnごとのテトラ要素群のデータ構造D1~Dnの一例を示す説明図



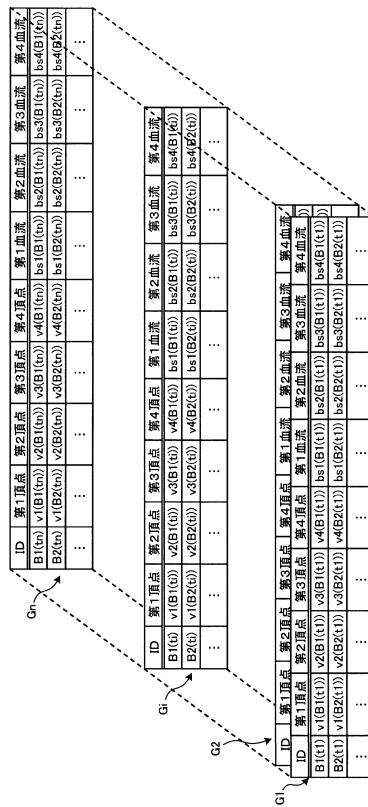
【 図 5 】

データ構造D1におけるテトラ要素Ej(ti)を示す説明図



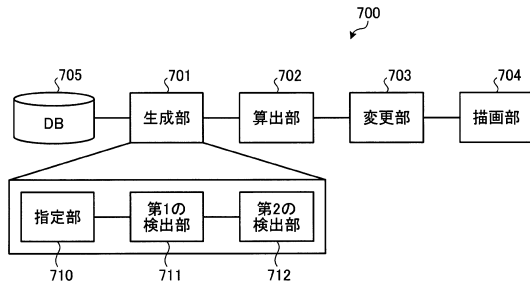
【 図 6 】

時刻1~tnごとの血流ベクトルのデータ構造G1~Gnの一例を示す説明図



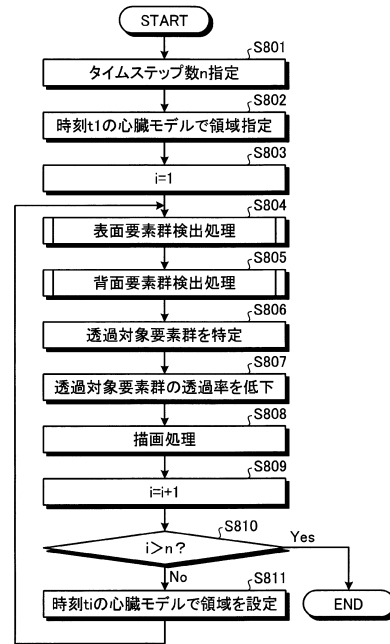
【 図 7 】

実施の形態1にかかる可視化装置の機能的構成例を示すブロック図



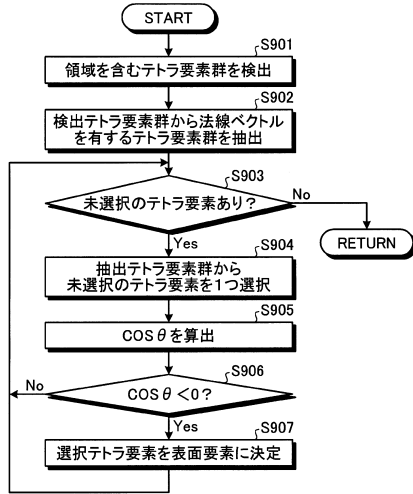
【 図 8 】

実施の形態1にかかる可視化装置700による可視化処理手順例を示すフローチャート



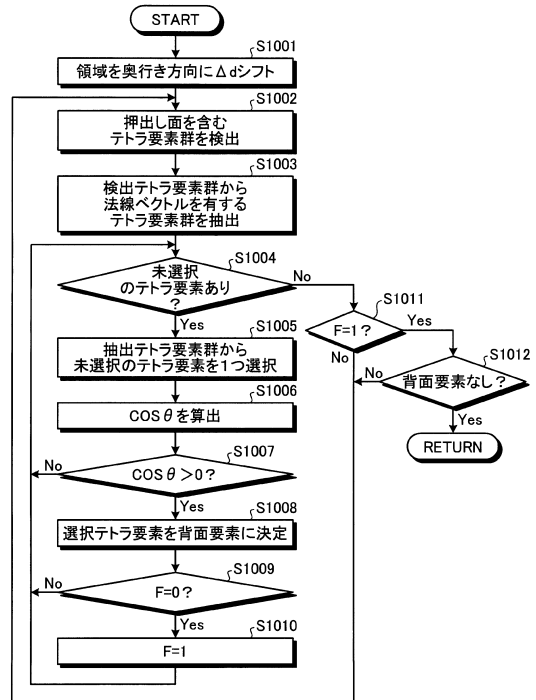
【 図 9 】

図8に示した表面要素群検出処理(ステップS804)の詳細な処理手順例を示すフローチャート



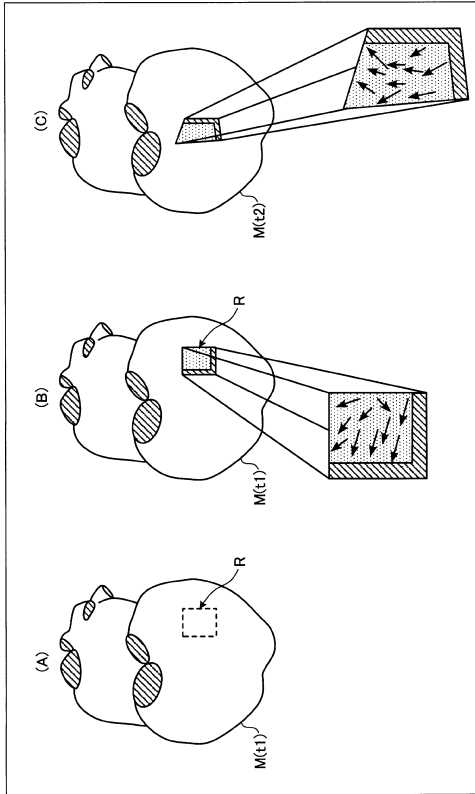
【 図 10 】

図8に示した背面要素群検出処理(ステップS805)の詳細な処理手順例を示すフローチャート



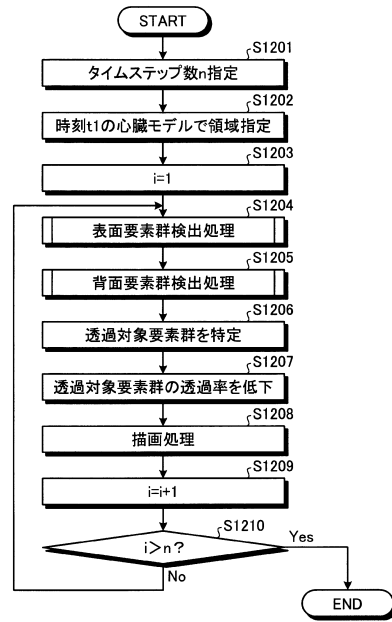
【図11】

実施の形態2にかかる心臓モデルの可視化例を示す説明図



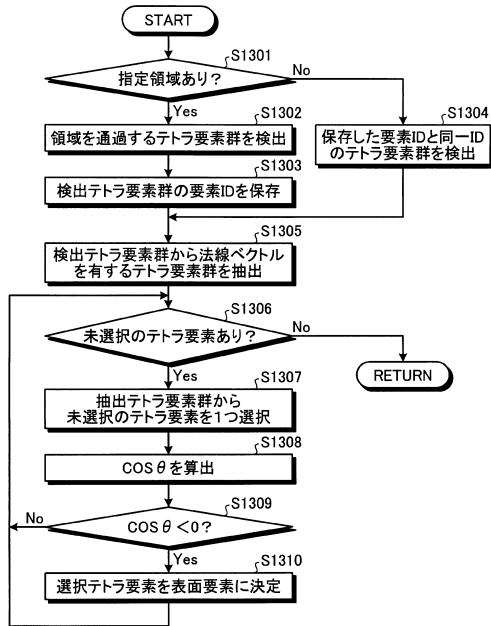
【図12】

実施の形態2にかかる可視化装置700による可視化処理手順例を示すフローチャート



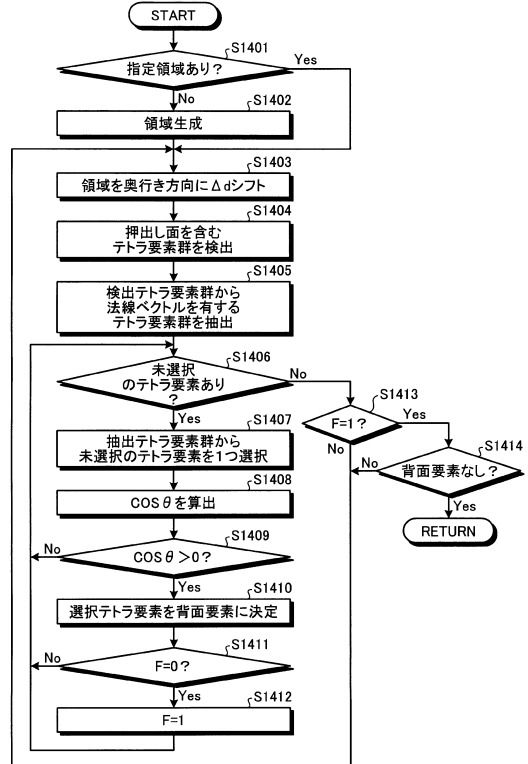
【図13】

図12に示した表面要素群検出処理(ステップS1204)の詳細な処理手順例を示すフローチャート



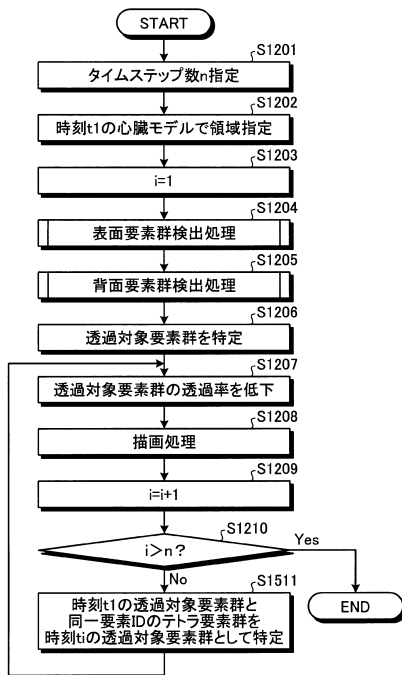
【図14】

図12に示した背面要素群検出処理(ステップS1205)の詳細な処理手順例を示すフローチャート



【図15】

実施の形態2にかかる可視化装置700による
可視化処理手順の他の例を示すフローチャート



フロントページの続き

- (72)発明者 大和田 昭彦
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 門岡 良昌
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
- (72)発明者 久田 俊明
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 杉浦 清了
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 鷲尾 巧
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内
- (72)発明者 岡田 純一
東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内

審査官 真木 健彦

- (56)参考文献 特開2001-084409(JP,A)
特開2007-135843(JP,A)
特開2012-110443(JP,A)
米国特許出願公開第2005/0219238(US,A1)
特表2005-532861(JP,A)
山本 強, みせるためのコンピューティング, 電子情報通信学会技術研究報告 第96巻 第172号,
日本, 社団法人 電子情報通信学会, 1996年 7月23日, SS96-9, P.33-40

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G06T 13/00 - 19/20
G06T 1/00
A61B 5/00 - 5/22

专利名称(译)	可视化程序，可视化方法和可视化设备		
公开(公告)号	JP5904544B2	公开(公告)日	2016-04-13
申请号	JP2012146127	申请日	2012-06-28
[标]申请(专利权)人(译)	富士通株式会社 国立大学法人 东京大学		
申请(专利权)人(译)	富士通株式会社 东京大学		
当前申请(专利权)人(译)	富士通株式会社 东京大学		
[标]发明人	渡邊正宏 渊上聡 大和田昭彦 門岡良昌 久田俊明 杉浦清了 鷺尾巧 岡田純一		
发明人	渡邊 正宏 渊上 聡 大和田 昭彦 門岡 良昌 久田 俊明 杉浦 清了 鷺尾 巧 岡田 純一		
IPC分类号	G06T13/40 A61B5/00		
CPC分类号	G06T19/20 G06T2210/62 G06T17/00		
FI分类号	G06T13/40 A61B5/00.D		
F-TERM分类号	4C117/XD24 4C117/XG13 4C117/XG14 4C117/XG15 4C117/XK04 5B050/BA08 5B050/DA10 5B050/EA07 5B050/EA24 5B050/EA27 5B050/EA28 5B050/FA02 5B050/FA09		
代理人(译)	酒井 昭徳		
审查员(译)	武彦希		
其他公开文献	JP2014010579A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

可视化程序呈现内部器官并且使得计算机执行：沿着输入法向量生成给定的立体形状；计算与所述给定立体形状和所述内脏器官的形状重叠的重叠部分；改变重叠部分的透明度；以及使所述脏器的形状包括所述透明度已经改变的重叠部分。

(21) 出願番号	特願2012-146127 (P2012-146127)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成24年6月28日 (2012. 6. 28)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2014-10579 (P2014-10579A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成26年1月20日 (2014. 1. 20)	(73) 特許権者	504137912
審査請求日	平成27年2月5日 (2015. 2. 5)		国立大学法人 東京大学
			東京都文京区本郷七丁目3番1号
		(74) 代理人	100104190
			弁理士 酒井 昭徳
		(72) 発明者	渡邊 正宏
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	河上 聡
			福岡県福岡市早良区百道浜二丁目2番1号 株式会社富士通九州システムズ内
			最終頁に続く