

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5890537号
(P5890537)

(45) 発行日 平成28年3月22日 (2016. 3. 22)

(24) 登録日 平成28年2月26日 (2016. 2. 26)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 6/03 (2006. 01)	A 6 1 B 6/03 3 6 0 G
G 0 6 T 17/20 (2006. 01)	G 0 6 T 17/20
G 0 6 F 17/50 (2006. 01)	G 0 6 F 17/50 6 2 2 C
A 6 1 B 6/12 (2006. 01)	A 6 1 B 6/12

請求項の数 19 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2014-550295 (P2014-550295)	(73) 特許権者	506257180
(86) (22) 出願日	平成24年11月15日 (2012. 11. 15)		セント・ジュード・メディカル・エイトリ
(65) 公表番号	特表2015-508309 (P2015-508309A)		アル・フィブリレーション・ディヴィジョン・インコーポレーテッド
(43) 公表日	平成27年3月19日 (2015. 3. 19)		アメリカ合衆国、5 5 1 1 7-9 9 1 3、
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/065201		ミネソタ州、セント・ポール、セント・ジ
(87) 国際公開番号	W02013/101352		ュード・メディカル・ドライブ 1
(87) 国際公開日	平成25年7月4日 (2013. 7. 4)	(74) 代理人	110000110
審査請求日	平成26年8月22日 (2014. 8. 22)		特許業務法人快友国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	13/338, 381	(72) 発明者	カルボネラ カルロス
(32) 優先日	平成23年12月28日 (2011. 12. 28)		アメリカ合衆国、5 5 1 1 6 ミネソタ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		州、セント・ポール、フェアビュー
(31) 優先権主張番号	13/338, 374		アベニュー サウス 1 0 1 9
(32) 優先日	平成23年12月28日 (2011. 12. 28)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するための方法及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

幾何学的構造の三次元表面モデルを生成するためのシステムであって、
 処理装置を備え、当該処理装置は、
 前記幾何学的構造の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含む場所データ点の集合を獲得し、
 前記場所データ点の集合の各場所データ点を含む境界ボックスを画定し、
 前記境界ボックス内にボクセル格子を構築し、前記ボクセル格子は複数のボクセルを含み、
 前記ボクセル格子の前記複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから多面化表面モデルを抽出する、
 ように構成されるシステム。

【請求項 2】

前記多面化表面モデルは、前記複数のボクセルのうちの前記いくつかのボクセルのアルファ包近似を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記処理装置は、
 前記多面化表面モデルの表面をデシメーションして、前記多面化表面モデルの表面から余分な小面を削除すること、及び
 前記多面化表面モデルの前記表面を平滑化すること、

10

20

の少なくとも一方を実行するように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記処理装置は、前記多面化表面モデルの前記表面をデシメーションするように構成され、当該処理装置はさらに、

少なくとも一つの所定のデシメーション基準を満たす前記多面化表面モデルの各頂点を含むデシメーションキューを作成し、

前記デシメーションキュー内の前記頂点に優先順位を付け、

前記デシメーションキュー内の最高優先順位の頂点を選択し、

前記最高優先順位の頂点を含む最高優先順位エッジを決定し、当該最高優先順位エッジは前記最高優先順位の頂点と隣接する頂点とを含み、

前記多面化表面モデルから前記最高優先順位の頂点を消去し、前記最高優先順位の頂点に付随する前記多面化表面モデルの全てのエッジを前記隣接する頂点に移動することによって、前記最高優先順位エッジをコラプスする、

ように構成される、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記処理装置は、マーチングキューブ法のアルゴリズムを用いて、前記多面化表面モデルを抽出するように構成される、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 6】

前記場所データ点の集合の各場所データ点を含む境界ボックスを画定する際、前記処理装置は、

複数の測定された場所データ点を獲得し、

前記場所データ点の集合内の各測定された場所データ点について、少なくとも一つの算出された場所データ点を当該場所データ点の集合に追加し、

前記場所データ点の集合内の前記測定された場所データ点と前記算出された場所データ点のそれぞれを含む三次元境界ボックスを画定する、

ように構成される、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 7】

前記処理装置は、前記境界ボックスを、前記境界ボックスの一つ以上の軸に沿って所定距離だけ拡張するようにさらに構成される、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記処理装置は、前記境界ボックスの寸法が前記ボクセル格子のボクセルの寸法の整数倍となるように、前記境界ボックスを拡張するように構成される、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記処理装置は、前記場所データ点の集合内の前記測定された場所データ点のうちの少なくとも一つについて、複数の算出された場所データ点を当該場所データ点の集合に追加するようにさらに構成される、請求項 6 から 8 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 10】

前記処理装置は、前記複数の算出された場所データ点を、前記測定された場所データ点に対応する少なくとも一つの軸に沿って追加するように構成される、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記処理装置は、前記ボクセル格子内の前記複数のボクセルを特定するように構成される、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 12】

前記ボクセル格子内の前記複数のボクセルを特定する際、前記処理装置は、

各場所データ点について、当該場所データ点と前記ボクセル格子内の各ボクセルとの間の距離を算出し、

前記場所データ点のうちの少なくとも一つからの距離が、第 1 の所定距離未満であるボクセルを含むボクセルの第 1 のサブ集合を作成し、

10

20

30

40

50

前記第 1 のサブ集合にないボクセルであって、前記第 1 のサブ集合内の前記ボクセルのうちの少なくとも一つに隣接するボクセルを含むボクセルの第 2 のサブ集合を作成し、

前記第 2 のサブ集合内の各ボクセルについて、当該ボクセルと前記第 1 のサブ集合内の各ボクセルとの間の距離を計算し、

第 2 の所定距離を超える、前記第 2 のサブ集合内の前記ボクセルのそれぞれから離れた距離にある、前記ボクセルの第 1 のサブ集合内の各ボクセルを特定する、

ように構成される、請求項 1 1 に記載のシステム。

【請求項 1 3】

幾何学的構造の三次元表面モデルを生成する、コンピュータを用いて実施される方法であって、

場所データ点の第 1 及び第 2 の集合を獲得するステップであって、当該第 1 の集合は、前記幾何学的構造の第 1 の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含み、当該第 2 の集合は、前記幾何学的構造の第 2 の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含むステップと、

前記場所データ点の第 1 及び第 2 の集合にそれぞれ対応する第 1 及び第 2 のボクセル格子を構築するステップであって、各ボクセル格子は複数のボクセルを含むステップと、

前記第 1 の領域についての第 1 の三次元表面モデルを、前記第 1 のボクセル格子の前記複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成し、前記第 2 の領域についての第 2 の三次元表面モデルを、前記第 2 のボクセル格子の前記複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成するステップと、

前記第 1 及び第 2 の表面モデルを結合して、複合三次元表面モデルを形成するステップと、を含む方法。

【請求項 1 4】

前記獲得するステップは、センサによって、前記場所データ点の前記第 1 及び第 2 の集合を前記幾何学的構造の前記第 1 及び第 2 の領域の表面から収集するサブステップを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記結合するステップは、

前記第 1 及び第 2 の表面モデルに対応し且つ当該モデルを含む第 3 のボクセル格子を構築し、当該第 3 のボクセル格子は複数のボクセルを含むサブステップと、

前記複合表面モデルを前記第 3 のボクセル格子の前記複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成するサブステップと、を含む、請求項 1 3 又は 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記複合表面モデルは、多面化表面を含み、

前記多面化表面をデシメーションして、前記多面化表面から余分な小面を削除するステップと、

前記多面化表面を平滑化するステップと、

の少なくとも一方をさらに含む、請求項 1 3 から 1 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記第 1 及び第 2 の三次元表面モデルのそれぞれは、多面化表面を含み、

前記第 1 及び第 2 の表面モデルの前記多面化表面をデシメーションして、前記第 1 及び第 2 の表面モデルの多面化表面から余分な小面を削除するステップと、

前記第 1 及び第 2 の表面モデルの多面化表面を平滑化するステップと、

の少なくとも一方をさらに含む、請求項 1 3 から 1 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記第 1 及び第 2 の三次元表面モデルを生成するステップは、アルファ包近似を、前記第 1 のボクセル格子の前記複数のボクセルのうちの前記いくつかのボクセルと前記第 2 のボクセル格子の前記複数のボクセルのうちの前記いくつかのボクセルとから、それぞれ算出することを含む、請求項 1 3 から 1 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 9】

前記第 1 及び第 2 の表面モデルを結合して複合表面モデルを形成するステップは、前記第 1 及び第 2 の表面モデルのブールユニオン近似を計算するステップを含む、請求項 1 3 から 1 8 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願の相互参照)

本出願は、2011年12月28日に出願された米国特許出願第13/338,381号('381出願)及び2011年12月28日に出願された米国特許出願第13/338,374号('374出願)に対する優先権を主張する。 '381出願及び '374出願は、参照によってその全体が本明細書に記載されているように組み込まれる。

10

【0002】

本開示は、一般的には幾何学的構造の多次元モデルを生成するためのシステム及び方法に関する。さらに詳細には、本開示は、例えば心臓内構造といった幾何学的構造の多次元モデルを、当該幾何学的構造の異なる領域に対応する複数の個別表面モデルであって、結合されて単一の複合表面モデルを形成する複数の個別表面モデルから生成するための、コンピュータで実施されるシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0003】

例えば解剖学的構造などの幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するために、様々なコンピュータによるシステム及びコンピュータで実施される方法が用いられ得ることが知られている。さらに詳細には、心臓及び/又は心臓の特定の部分の多次元表面モデルを生成するために、様々なシステム及び方法が用いられてきた。

20

【0004】

一つの従来する方法又は技術では、特定の構造の異なる対象領域に対応する複数の個別表面モデルを生成し、複数の個別表面モデルを結合することによって、単一の複合多次元表面モデルを形成する。複数の個別表面モデルの生成では、それぞれの対象領域の表面から場所データ点を収集し、これら場所データ点を用いることによって、各対象領域の個別表面モデルがそれぞれ生成されることが知られている。

【0005】

30

それぞれの場所データ点から個別表面モデルを生成するために、例えば、凸包、星形領域近似及びアルファ形状技術などを含む、様々な技術が用いられ得る。個別表面モデルが生成されると、それらは結合されて、単一の複合表面モデルを形成する。個別表面モデルが結合され得る一つの公知の方法として、ブール演算を行う(例えば、ブールユニオン(Boolean Union)技術を用いる)ことが挙げられる。

【0006】

しかしながら、場所データ点の集合を用いて生成された複数の個別表面モデルから複合表面モデルを生成するための従来技術には、欠点がないわけではない。例えば、場所データ点の集合を用いて生成された個別表面モデルを結合して形成された複合表面モデルが、対象とする構造を最も正確に表現するものにならない場合もある。例えば、個別表面モデルが、所望の詳細度又は精度で、対応する対象領域を反映しない場合もあるし、又は、個別表面モデルが多次元ブール演算にとって理想的でない場合もある。これらの欠点のうちのいずれか一つによって、所望の精度で対象の構造を反映しない複合表面モデルが生じる場合もある。

40

【0007】

さらに詳細には、凸包技術及び星形領域近似技術のような技術は、多次元ブール演算に適した水密面を提供できるが、これらの技術を用いて作り出されたモデルは、場所データ点が収集される実際の領域を不正確に表す間違っただけの正体積を含む場合がある。したがって、これらの技術を用いて生成された個別表面モデルから構成される複合表面モデルは、所望の精度又は詳細度を有さない場合がある。

50

【 0 0 0 8 】

同様に、アルファ形状技術のような技術は、凸包又は星形領域のいずれかと比較して、場所データ点が収集される領域のより正確な近似を提供できるが、この技術を用いて作り出された個別表面モデルは、隙間があり非多様な面を提供する場合がある。よって、このタイプの技術を用いて生成された個別表面モデルは、多次元ブール演算にとって理想的ではなく、許容できる複合表面モデルの生成において非多様な面にするためには追加の処理が必要となる。

【 0 0 0 9 】

よって、基本的に場所データ点の集合を用いて形成された複合表面モデルは、所望の精度を提供しない場合があり、且つ / 又は、複合表面モデル生成プロセスの複雑さ及び当該複合表面モデル生成プロセスを行うのに要する時間を増加させる、望ましくない量の追加の処理を必要とする場合がある。

10

【 0 0 1 0 】

したがって、発明者らは、従来のシステムにおける欠陥のうちの一つ以上を最小限に抑える、及び / 又はそれらを排除する、幾何学的構造の多次元モデルを生成するためのシステム及び方法の必要性をここにおいて認識した。

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明は、一般的には、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するためのシステム及び方法に向けられる。

20

【 0 0 1 2 】

本発明及び本教示の一側面により、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するためのシステムが提供される。システムは、処理装置を備える。処理装置は、幾何学的構造の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含む場所データ点の集合を獲得するように構成される。処理装置は、場所データ点の集合の各場所データ点を含む境界ボックスを画定するようにさらに構成される。処理装置は、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するようにさらに構成され、当該ボクセル格子は複数のボクセルを含む。処理装置は、ボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから多面化表面モデルを抽出するようにさらに構成される。例示的な実施形態において、多面化表面モデルは、複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルのアルファ包近似を含む。

30

【 0 0 1 3 】

例示的な実施形態において、処理装置は、多面化表面モデルの表面をデシメーションして多面化表面モデルの表面から余分な小面を削除する、及び / 又は多面化表面モデルの表面を平滑化するように構成される。処理装置が表面をデシメーションするように構成される例示的な実施形態において、処理装置は、少なくとも一つの所定のデシメーション基準を満たす多面化表面モデルの各頂点を含むデシメーションキューを作成するように構成される。処理装置は、デシメーションキュー内の頂点に優先順位をつけ、キュー内の最高優先順位の頂点を選択するようにさらに構成される。処理装置は、最高優先順位の頂点を含む最高優先順位エッジを決定するようにさらに構成され、当該最高優先順位エッジは最高優先順位の頂点と、隣接する頂点とを含む。処理装置は、多面化表面モデルから最高優先順位の頂点を消去し、最高優先順位の頂点に付随する多面化表面モデルの全てのエッジを隣接する頂点に移動することによって、最高優先順位エッジをコラプス (collapse) するようにさらに構成される。

40

【 0 0 1 4 】

本発明の別の側面に従って、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成する、コンピュータを用いて実施される方法が提供される。方法は、幾何学的構造の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含む場所データ点の集合を獲得するステップを含む。方法は、場所データ点の集合の各場所データ点を含む境界ボックスを画定するステップをさらに含む。方法は、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するステップを

50

さらに含み、当該ボクセル格子は複数のボクセルを含む。方法は、ボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから多面化表面モデルを抽出するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、抽出ステップは、複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルのアルファ包近似を抽出するステップを含む。

【0015】

例示的な実施形態において、方法は、多面化表面モデルの表面をデシメーションして多面化表面モデルの表面から余分な小面を削除するステップ、及び/又は、多面化表面モデルの表面を平滑化するステップをさらに含む。方法が、表面をデシメーションすることを含む例示的な実施形態において、方法は、少なくとも一つの所定のデシメーション基準を満たす多面化表面モデルの各頂点を含むデシメーションキューを作成するステップをさらに含む。方法は、デシメーションキュー内の頂点に優先順位をつけるステップと、キュー内の最高優先順位の頂点を選択するステップとをさらに含む。方法は、最高優先順位の頂点を含む最高優先順位エッジを決定するステップをさらに含み、当該最高優先順位エッジは最高優先順位の頂点と、隣接する頂点とを含む。方法は、多面化表面モデルから最高優先順位の頂点を消去し、最高優先順位の頂点に付随する多面化表面モデルの全てのエッジを隣接する頂点に移動することによって、最高優先順位エッジをコラプスするステップをさらに含む。

10

【0016】

本発明の別の側面に従って、複数の多面化表面から幾何学的構造の複合表面モデルを生成するためのシステムが提供される。システムは、処理装置を備える。処理装置は、複数の多面化表面の各頂点を含む境界ボックスを画定するように構成される。処理装置は、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するようにさらに構成され、当該ボクセル格子は複数のボクセルを含む。処理装置は、ボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから複合表面モデルを抽出するようにさらに構成される。例示的な実施形態において、処理装置は、マーチングキューブ法のアルゴリズムを用いて、複合表面モデルを抽出するように構成される。

20

【0017】

一実施形態において、処理装置は、複数の多面化表面を生成するようにさらに構成されてもよい。例示的な実施形態において、処理装置は、多面化複合表面モデルの表面をデシメーションして多面化複合表面モデルの表面から余分な小面を削除する、及び/又は多面化複合表面モデルの表面を平滑化するようにさらに構成される。処理装置が、表面をデシメーションするように構成される実施形態において、処理装置は、少なくとも一つの所定のデシメーション基準を満たす多面化複合表面モデルの各頂点を含むデシメーションキューを作成するように構成される。処理装置は、キュー内の頂点に優先順位をつけ、キュー内の最高優先順位の頂点を選択するようにさらに構成される。処理装置は、最高優先順位の頂点を含む最高優先順位エッジを決定するようにさらに構成され、当該最高優先順位エッジは最高優先順位の頂点と、隣接する頂点とを含む。処理装置は、多面化複合表面モデルから最高優先順位の頂点を消去し、最高優先順位の頂点に付随する多面化複合表面モデルの全てのエッジを隣接する頂点に移動することによって、最高優先順位エッジをコラプスするようにさらに構成される。

30

40

【0018】

本発明の別の側面に従って、複数の多面化表面から幾何学的構造の複合表面モデルを生成する方法が提供される。方法は、複数の多面化表面の各頂点を含む境界ボックスを画定するステップを含む。方法は、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するステップをさらに含み、当該ボクセル格子は複数のボクセルを含む。方法は、ボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから複合表面モデルを抽出するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、方法は、マーチングキューブ法のアルゴリズムを用いて複合表面モデルを抽出するステップを含む。

【0019】

一実施形態において、方法は、複数の多面化表面を生成することをさらに含んでもよい

50

。例示的な実施形態において、方法は、多面化複合表面モデルの表面をデシメーションして多面化複合表面モデルの表面から余分な小面を削除するステップ、及び／又は、多面化複合表面モデルの表面を平滑化するステップをさらに含む。方法が、表面をデシメーションすることを含む実施形態において、方法は、少なくとも一つの所定のデシメーション基準を満たす多面化複合表面モデルの各頂点を含むデシメーションキューを作成するステップをさらに含む。方法は、キュー内の頂点に優先順位をつけるステップと、キュー内の最高優先順位の頂点を選択するステップとをさらに含む。方法は、最高優先順位の頂点を含む最高優先順位エッジを決定するステップをさらに含み、当該最高優先順位エッジは最高優先順位の頂点と、隣接する頂点とを含む。方法は、多面化複合表面モデルから最高優先順位の頂点を消去し、最高優先順位の頂点に付随する多面化複合表面モデルの全てのエッジを隣接する頂点に移動することによって、最高優先順位エッジをコラプスするステップをさらに含む。

10

【 0 0 2 0 】

本発明のさらに別の側面に従って、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するための、コンピュータを用いて実施される方法が提供される。方法は、場所データ点の第 1 及び第 2 の集合を獲得するステップを含み、場所データ点の第 1 の集合は、幾何学的構造の第 1 の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含み、場所データ点の第 2 の集合は、幾何学的構造の第 2 の領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含む。例示的な実施形態において、獲得するステップは、センサによって、場所データ点の第 1 及び第 2 の集合を幾何学的構造の第 1 及び第 2 の領域の表面から収集するステップを含む。方法は、場所データ点の第 1 及び第 2 の集合にそれぞれ対応する第 1 及び第 2 のボクセル格子を構築するステップをさらに含み、各ボクセル格子は複数のボクセルを含む。方法は、第 1 の対象領域についての第 1 の多次元表面モデルを、第 1 のボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成し、第 2 の対象領域についての第 2 の多次元表面モデルを、第 2 のボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、生成するステップは、アルファ包近似を、第 1 のボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセル及び第 2 のボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルからそれぞれ算出するステップを含む。方法は、第 1 及び第 2 の表面モデルを結合して複合多次元表面モデルを形成するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、結合するステップは、第 1 及び第 2 の表面モデルのブールユニオン近似を計算するステップを含む。

20

30

【 0 0 2 1 】

例示的な実施形態において、結合するステップは、第 1 及び第 2 の表面モデルに対応し且つ当該モデルを含む第 3 のボクセル格子を構築するステップであって、当該第 3 のボクセル格子は複数のボクセルを含むステップと、複合表面モデルを第 3 のボクセル格子の複数のボクセルのうちのいくつかのボクセルから生成するステップとを含む。

【 0 0 2 2 】

複合表面モデルが多面化表面を含む例示的な実施形態において、方法は、多面化表面をデシメーションして多面化表面から余分な小面を削除するステップ、及び／又は、多面化表面を平滑化するステップをさらに含む。第 1 及び第 2 の多次元表面モデルのそれぞれが、多面化表面を含む例示的な実施形態において、方法は、第 1 及び第 2 の多次元表面モデルの多面化表面をデシメーションして第 1 及び第 2 の表面モデルの多面化表面から余分な小面を削除するステップ、及び／又は、第 1 及び第 2 の表面モデルの多面化表面を平滑化するステップをさらに含む。

40

【 0 0 2 3 】

本発明に関する上記や他の局面、特徴、詳細、有用性、及び利点は、以下の記載や特許請求の範囲の閲読、及び添付の図面の概観により明らかになる。

【 0 0 2 4 】

本発明及び本教示の一側面に従って、複数の場所データ点に対応する境界ボックスを構

50

築する、コンピュータを用いて実施される方法が提供される。方法は、複数の測定された場所データ点を含む場所データ点の集合を獲得するステップを含む。方法は、各測定された場所データ点について、少なくとも一つの算出された場所データ点を場所データ点の集合に追加するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、追加するステップは、測定された場所データ点のうち少なくとも一つについて、複数の算出された場所データ点を場所データ点の集合に追加するステップを含む。こうした実施形態において、追加された算出された場所データ点は、測定された場所データ点に対応する第1の軸に沿って、又は、測定された場所データ点に対応する複数の軸に沿って追加されてもよい。いずれの場合も、方法は、場所データ点の集合内の測定及び算出された場所データ点のそれぞれを含む三次元境界ボックスを画定するステップをさらに含む。

10

【0025】

例示的な実施形態において、方法は、境界ボックスを、境界ボックスの少なくとも一つの軸に沿って所定距離だけ拡張するステップをさらに含む。例示的な実施形態において、拡張するステップは、境界ボックスを、境界ボックスの複数の軸に沿って所定距離だけ拡張するステップを含む。境界ボックスは、境界ボックスの寸法が、境界ボックスに対応するように構築されたボクセル格子のボクセルの寸法の整数倍となるように、拡張されてもよい。

【0026】

本発明の別の側面に従って、複数の場所データ点に対応する境界ボックスを構築するためのシステムが提供される。システムは処理装置を備える。処理装置は、複数の測定された場所データ点を含む場所データ点の集合を獲得するようにさらに構成される。処理装置は、各測定された場所データ点について、少なくとも一つの算出された場所データ点を場所データ点の集合に追加するようにさらに構成される。例示的な実施形態において、処理装置は、測定された場所データ点のうち少なくとも一つについて、複数の算出された場所データ点を場所データ点の集合に追加するように構成される。こうした実施形態において、処理装置は、算出された場所データ点を、測定された場所データ点に対応する第1の軸に沿って、又は、測定された場所データ点に対応する複数の軸に沿って追加するように構成されてもよい。いずれの場合も、処理装置は、場所データ点の集合内の測定及び算出された場所データ点のそれぞれを含む三次元境界ボックスを画定するようにさらに構成される。

20

30

【0027】

例示的な実施形態において、処理装置は、境界ボックスを、境界ボックスの少なくとも一つの軸に沿って所定距離だけ拡張するように構成される。例示的な実施形態において、処理装置は、境界ボックスを、境界ボックスの複数の軸に沿って所定距離だけ拡張するように構成される。境界ボックスは、境界ボックスの寸法が、境界ボックスに対応するように構築されたボクセル格子のボクセルの寸法の整数倍となるように、拡張されてもよい。

【0028】

本発明の別の側面に従って、多面化表面モデルを抽出するための複数の場所データ点に対応するボクセル格子内のボクセルを特定する、コンピュータを用いて実施される方法が提供される。方法は、各場所データ点について、場所データ点とボクセル格子内の各ボクセルとの間の距離を算出するステップを含む。方法は、場所データ点のうちの少なくとも一つからの距離が、第1の所定距離未満であるボクセルを含むボクセルの第1のサブ集合を作成するステップをさらに含む。方法は、第1のサブ集合にないボクセルであって、第1のサブ集合内のボクセルのうちの少なくとも一つに隣接するボクセルを含むボクセルの第2のサブ集合を作成するステップをさらに含む。方法は、第2のサブ集合内の各ボクセルについて、ボクセルと第1のサブ集合内の各ボクセルとの間の距離を計算するステップと、そして、第2の所定距離を超える、第2のサブ集合内の各ボクセルから離れた距離にある、ボクセルの第1のサブ集合内の各ボクセルを特定するステップとをさらに含む。

40

【0029】

例示的な実施形態において、方法は、複数の場所データ点を獲得するステップと、複数

50

の場所データ点に対応するボクセル格子を構築するステップと、をさらに含む。こうした実施形態において、方法は、場所データ点のそれぞれを含む境界ボックスを画定するステップをさらに含んでもよく、ボクセル格子を構築するステップは、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するステップを含む。

【0030】

本発明のさらに別の側面に従って、多面化表面モデルを抽出するための複数の場所データ点に対応するボクセル格子内のボクセルを特定するためのシステムが提供される。システムは処理装置を備える。処理装置は、各場所データ点について、場所データ点とボクセル格子内の各ボクセルとの間の距離を算出するように構成される。処理装置は、場所データ点のうちの少なくとも一つからの距離が、第1の所定距離未満であるボクセルを含むボクセルの第1のサブ集合を作成するようにさらに構成される。処理装置は、第1のサブ集合にないボクセルであって、第1のサブ集合内のボクセルのうちの少なくとも一つに隣接するボクセルを含むボクセルの第2のサブ集合を作成するようにさらに構成される。処理装置は、第2のサブ集合内の各ボクセルについて、ボクセルと第1のサブ集合内の各ボクセルとの間の距離を計算し、そして、第2の所定距離を超える、第2のサブ集合内の各ボクセルから離れた距離にある、ボクセルの第1のサブ集合内の各ボクセルを特定するようにさらに構成される。

10

【0031】

例示的な実施形態において、処理装置は、複数の場所データ点を獲得し、複数の場所データ点に対応するボクセル格子を構築するようにさらに構成される。こうした実施形態において、処理装置は、場所データ点のそれぞれを含む境界ボックスを画定し、境界ボックスに対応するボクセル格子を構築するようにさらに構成されてもよい。

20

【0032】

本発明に関する上記や他の局面、特徴、詳細、有用性、及び利点は、以下の記載や特許請求の範囲の閲読、及び添付の図面の概観により明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本教示に基づく、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するためのシステムの概略図である。

【0034】

30

【図2】図1に示すシステムのモデル構築システムの簡略化した概略的模式図である。

【0035】

【図3】場所データ点の集合を含む点群の模式図である。

【0036】

【図4】図4A - 4Dは、図2に示すモデル構築システムで使用するのに適した、駆動されたパッチ電極の例示的なダイポール対の模式図である。

【0037】

【図5】本教示に基づく、幾何学的構造の多次元表面モデルを生成する方法の例示的な実施形態を示すフローチャートである。

【0038】

40

【図6】ボクセル格子内の複数のボクセルからアルファ包近似を算出又は計算する方法の例示的な実施形態を示すフローチャートである。

【0039】

【図7】図3に示す点群の場所データ点を含む境界ボックスの模式図である。

【0040】

【図8】図3に示す点群の全ての場所データ点を含むボクセル格子の模式図である。

【0041】

【図9】図8に示すボクセル格子の模式図であって、図3に示す点群の場所データ点のうちの少なくとも一つから所定距離内にある、ボクセル格子のボクセルを示す。

【0042】

50

【図 10】図 8 に示すボクセル格子の模式図であって、図 3 に示す点群の場所データ点のうちの少なくとも一つから所定距離内にある、図 9 に示すボクセルに加えて、図 9 に示すボクセルに隣接する、ボクセル格子のボクセルを示す。

【0043】

【図 11】図 8 に示すボクセル格子の模式図であって、ボクセル格子内の他のボクセルと区別され、対応する表面モデルの生成に用いられる内部ボクセルとみなされるボクセルと共に、図 10 に示すボクセルを示す。

【0044】

【図 12】例示的な表面モデルの多面化表面の一部の模式図である。

【0045】

【図 13A】表面モデルの多面化表面をデシメーションするための例示的な技術を示すフローチャートである。

【図 13B】表面モデルの多面化表面をデシメーションするための例示的な技術を示すフローチャートである。

【0046】

【図 14】中心頂点と、当該中心頂点を囲み当該中心頂点と共に小面エッジを形成する頂点とから構成される頂点の近隣の模式図である。

【0047】

【図 15】多面化表面を平滑化する例示的な技術のフローチャートである。

【0048】

【図 16】一対の簡略化した例示的な表面モデルを含むボクセル格子の模式図であり、当該ボクセル格子のどのボクセルがこれらの表面モデルの境界内にあるかを判定するレイキャスティング技術を示す。

【0049】

【図 17】複数の表面モデルを結合して複合表面モデルを形成する例示的な技術のフローチャートである。

【0050】

【図 18】例示的な複合表面モデルの多面化表面の一部の模式図である。

【0051】

【図 19】収集又は測定された所定の場所データ点に基づく、新たな算出される場所データ点の作成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0052】

ここで、同じ参照番号が様々な図面において同一の構成要素を識別するために使用される図面を参照して、図 1 は、一つ以上の幾何学的構造の多次元表面モデルを生成するためのシステム 10 の一例示的な実施形態を示す。以下に記載するように、例示的な実施形態において、システム 10 によって生成されたモデルは、三次元モデルである。しかし、以下の記載は、一般的に三次元モデルの生成に限定されるが、本開示はそのように限定されることを意図していないことが理解される。むしろ、他の例示的な実施形態において、システム 10 は、三次元以外の多次元モデルを生成するように構成されてもよく、そのような実施形態は、本開示の精神と範囲の中にある。

【0053】

以下の記載は、主に解剖学的構造、特に心構造のモデルの生成におけるシステム 10 の使用に焦点を合わせるが、本開示はそのように限定されることを意図していないことに留意されたい。むしろ、システム 10 と、システム 10 が使用する方法及び技術とが、心構造以外の解剖学的構造を含む、様々な幾何学的構造の三次元モデルの生成に適用されてもよい。しかし、例示と説明を容易にする目的のために、以下の記載は、心構造の三次元モデルの生成におけるシステム 10 の使用に限定される。

【0054】

続けて図 1 を参照すると、例示的な実施形態において、システム 10 は、数ある構成要

10

20

30

40

50

素の中でも、医療デバイス 12 とモデル構築システム 14 とを備える。例示的な実施形態において、医療デバイス 12 は、カテーテル（カテーテル 12）を備える。モデル構築システム 14 は、その一部として処理装置 16 を備える。処理装置 16 は、電子制御ユニットの形態を採ってもよく、その電子制御ユニットは、例えば、カテーテル 12 によって収集されたデータを使用して、心臓内の構造三次元モデルを構築する。

【0055】

図 1 に示されるように、カテーテル 12 は、患者の身体 18、より詳細には患者の心臓 20 の中に挿入されるように構成される。カテーテル 12 は、ケーブルコネクタ又はインターフェース 22 と、ハンドル 24 と、近位端 28 及び遠位端 30（本明細書において使用されるように、「近位」は、臨床医に近いカテーテル 12 の部分に向かう方向を指し、
「遠位」は、臨床医から離れた、患者の身体の（概ね）内側の方向を指す）を有するシャフト 26 と、カテーテル 12 のシャフト 26 の中や表面に取り付けられた一つ以上のセンサ 32（例えば、321、322、323）とを含むことができる。例示的な実施形態において、センサ 32 はシャフト 26 の遠位端 30 又はその近くに配置される。カテーテル 12 は、他の従来の構成要素を含んでもよく、特に限定されない例であるが、温度センサと、追加のセンサ又は電極と、焼灼要素（例えば、RF 焼灼エネルギーを送達するための焼灼先端電極、高密度焦点式超音波焼灼要素など）と、対応する導体又はリード線とをさらに含んでもよい。

【0056】

コネクタ 22 は、例えば、モデル構築システム 14 及び / 又はシステム 10 の他の構成要素（例えば、（モデル構築システム 14 とは別個で異なる場合には）視覚化システム、ナビゲーションシステム、及び / 又はマッピングシステム、焼灼ジェネレータ、灌注源など）に延びるケーブル 34、36 などのケーブルに対して、機械的接続、流体的接続、及び電気的接続を提供する。コネクタ 22 は、当該分野における従来のものであり、カテーテル 12 の近位端、特にカテーテル 12 のハンドル 24 に配置される。

【0057】

シャフト 26 の近位端 28 に配置されたハンドル 24 は、臨床医がカテーテル 12 を保持する位置を提供し、また患者の身体 18 内でシャフト 26 を操作又は誘導するための手段をさらに提供してもよい。例えば、ハンドル 24 は、シャフト 26 を操作するために、シャフト 26 の遠位端 30 までカテーテル 12 を通って延びる操作ワイヤの長さを変えるための手段を含んでもよい。ハンドル 24 もまた当該分野における従来のものであり、ハンドル 24 の構造は変わってもよいことを理解されたい。別の例示的な実施形態において、カテーテル 12 はロボット操作で駆動又は制御されてもよい。したがって、そのような実施形態では特に、臨床医がハンドルを操作してカテーテル 12 及びカテーテル 12 のシャフト 26 を操作又は誘導するのではなく、カテーテル 12 を操作するロボットが使用される。

【0058】

シャフト 26 は、身体 18 の中で動くように構成された細長く、管状で、柔軟性のある部材である。シャフト 26 は、例えば、センサ 32、関連付けられる導体、及び場合により信号処理や調整のために使用される追加の電子機器などのセンサ及び / 又はセンサに取り付けられる電極などを支持するが、それらには限定されない。シャフト 26 はまた流体（灌注流体、低温焼灼流体、及び体液を含む）、医薬品、及び / 又は手術道具もしくは手術器具の輸送、送達、及び / 又は除去を可能にしてもよい。シャフト 26 は、ポリウレタンなどの従来の材料から作られてもよく、導電体、流体、又は手術道具を収容及び / 又は輸送するように構成された一つ以上の管腔を画定する。シャフト 26 は従来のイントロデューサを通じて身体 18 内の血管又は他の構造の中に導入されてもよい。そしてシャフト 26 は、当該分野で周知の手段を使用して、心臓 20 などの所望の位置まで身体 18 を通って操作又は誘導されてもよい。

【0059】

カテーテル 12 のシャフト 26 の中や表面に設置されたセンサ 32 は、モデル構築シス

10

20

30

40

50

テム 14、特にモデル構築システム 14 の処理装置 16 に電氣的に接続される。センサ 32 は、様々な診断や治療の目的のために提供されてもよく、様々な診断や治療の目的とは、例えば、電気生理学の研究、ペーシング、心臓マッピング、及び焼灼を含むが、それらに限定されない。例示的な実施形態において、センサ 32 のうちの一つ以上が場所又は位置の検知機能を果たすように提供される。さらに詳細には、以下でさらに詳細に記載されるように、センサ 32 のうちの一つ以上が、特定の時点における、カテーテル 12、特にカテーテル 12 のシャフト 26 の遠位端 30 の場所（位置及び向き）に関する情報を提供する位置決めセンサであるように構成される。したがって、こうした実施形態においては、カテーテル 12 が、心臓の対象の構造の表面に沿って、及び / 又は、構造の内部で動かされるので、センサ 32 は、対象の構造の表面及び / 又は対象の構造内の他の場所に対応する場所データ点を収集するために使用することができる。これらの場所データ点は、対象の三次元モデルの構築において、例えばモデル構築システム 14 によって使用されることができる。これについては、以下でさらに詳細に記載する。明確性と例示との目的のために、以下の記載では、カテーテル 12 の複数のセンサ 32 が位置センサを有する実施形態について説明する。しかしながら、他の例示的な実施形態では、これも本開示の精神と範囲に含まれるが、カテーテル 12 は、一又は複数の位置センサに加えて、他の診断及び / 又は治療の機能を発揮する他のセンサを有してもよい。

【0060】

簡潔に上述され、また詳細に後述されるように、モデル構築システム 14 は、カテーテル 12 で収集された場所データを一部使用して、心臓内の構造の三次元モデルを構築するように構成される。より詳細には、モデル構築システム 14 の処理装置 16 は、センサ 32 によって収集又は測定された場所データ点を獲得し、次いで、場所データ点に対応する構造のモデルの生成又は構築において、それらの場所データ点を使用するように構成される。例示的な実施形態において、モデル構築システム 14 は、場所データ点を収集するためにセンサ 32 と共に機能することによって場所データ点を獲得する。しかし、別の例示的な実施形態において、モデル構築システム 14 は、場所データ点の収集に積極的に参加することなく、センサ 32 又はシステム 10 における別の構成要素、例えば、モデル構築システム 14 の一部であるメモリもしくは他の記憶装置、又はモデル構築システム 14 がアクセス可能なメモリもしくは他の記憶装置などから場所データ点を単に獲得してもよい。いずれの実施形態においても、モデル構築システム 14 は、収集された場所データ点の一部又は全部に基づいて三次元モデルを構築するように構成される。例示と明確性との目的のために、以下の記載は、モデル構築システム 14 が、場所データ点の収集において、センサ 32 と共に機能することによって、モデルを構築することと、場所データ点を獲得することとの両方を行うように構成される実施形態に限定される。しかし、モデル構築システム 14 が、単に、センサ 32 又はシステム 10 の別の構成要素から場所データ点を獲得して、それから、場所データ点に基づいて三次元モデルを構築する実施形態は、本開示の精神と範囲の中にあることが理解される。

【0061】

したがって、例示的な実施形態において、モデル構築システム 14 は、構造のモデルを構築することに加えて、モデルの構築において使用される場所データ点を収集するためにセンサ 32 と共に機能するように構成される。こうした実施形態において、モデル構築システム 14 は、例えば、エンサイト (EnSite) NavX (商標) システムなどの電場ベースのシステムを備えてもよく、EnSite NavX (商標) システムは、セント・ジュード・メディカル社 (St. Jude Medical, Inc.) から市販されており、「Method and Apparatus for Catheter Navigation and Location and Mapping in the Heart」と題される米国特許第 7,263,397 号を参照して概略的に示される。米国特許第 7,263,397 号の全開示は参照により本明細書に組み込まれる。しかし、他の例示的な実施形態において、モデル構築システム 14 は、例えば以下の他の種類のシステムを備えてもよいがそれらに限定されない。例えば他の種類のシステム

は、バイオセンス・ウェブスター社 (Biosense Webster) から入手可能であり、「 Intrabody Measurement 」と題される米国特許第 6 , 4 9 8 , 9 4 4 号、「 Medical Diagnosis , Treatment and Imaging Systems 」と題される米国特許第 6 , 7 8 8 , 9 6 7 号、及び「 System and Method for Determining the Location and Orientation of an Invasive Medical Instrument 」と題される米国特許第 6 , 6 9 0 , 9 6 3 号のうちの一つ以上を参照して概略的に示されるような Carto (商標) システムなどの磁場ベースのシステムなどである。これらの文献の全開示は参照により本明細書に組み込まれる。あるいは他の種類のシステムは、メディガイド社 (MediGuide Ltd .) から入手可能であり、「 Medical Positioning System 」と題される米国特許第 6 , 2 3 3 , 4 7 6 号、「 System for Determining the Position and Orientation of a Catheter 」と題される米国特許第 7 , 1 9 7 , 3 5 4 号、及び「 Medical Imaging and Navigation System 」と題される米国特許第 7 , 3 8 6 , 3 3 9 号のうちの一つ以上を参照して概略的に示されるような g M P S システムで、これら文献の全内容が参照により本明細書に組み込まれる。あるいは他の種類のシステムは、やはり Biosense Webster から入手可能な Carto 3 (商標) システムなどの電場ベースのシステムと磁場ベースのシステムとの組み合わせである。また、他のインピーダンスベースの位置特定システム、音声又は超音波ベースのシステム、X線透過コンピュータ断層撮影 (C T) 、磁気共鳴映像法 (M R I) ベースのシステムも同様である。

【 0 0 6 2 】

簡潔に上述されたように、例示的な実施形態において、カテーテル 1 2 のセンサ 3 2 は位置センサを備える。センサ 3 2 はカテーテルの場所 (位置及び / 又は向き) 情報を示す信号を作り出す。モデル構築システム 1 4 が電場ベースのシステムである実施形態において、センサ 3 2 は一つ以上の電極を備えてもよい。あるいは、モデル構築システム 1 4 が磁場ベースのシステムである実施形態において、センサ 3 2 は、低強度磁場の一つ以上の特性を検出するように構成された一つ以上の磁気センサを備えてもよい。例えば、一例示的な実施形態において、センサ 3 2 はカテーテル 1 2 のシャフト 2 6 の表面又は中に配置された磁気コイルを備えてもよい。

【 0 0 6 3 】

明確性と例示との目的のために、以下では、モデル構築システム 1 4 は、例えば、上で特定された En Site Nav X (商標) システムなどの電場ベースのシステムを備えるものとして記載される。以下の記載は主に、センサ 3 2 が一つ以上の電極を備える実施形態に限定されるが、他の例示的な実施形態においては、センサ 3 2 は一つ以上の磁場センサ (例えば、コイル) を備えてもよいことが理解される。したがって、以下に記載されるセンサ又は電極以外の位置センサを含むモデル構築システムも依然本開示の精神と範囲の中にある。

【 0 0 6 4 】

図 2 を参照すると、処理装置 1 6 に加えて、モデル構築システム 1 4 は、考えられる他の構成要素の中でも、複数のパッチ電極 3 8 と、多重化スイッチ 4 0 と、信号生成器 4 2 と、ディスプレイデバイス 4 4 とを含んでもよい。別の例示的な実施形態において、これらの構成要素のうちの一部又は全部が、モデル構築システム 1 4 とは別個で異なっているが、モデル構築システム 1 4 に電氣的に接続されて、モデル構築システム 1 4 と通信するように構成される。

【 0 0 6 5 】

処理装置 1 6 は、プログラマブルマイクロプロセッサもしくはプログラマブルマイクロコントローラを備えてもよく、又は特定用途向け集積回路 (A S I C) を備えてもよい。処理装置 1 6 は、中央演算装置 (C P U) と入力 / 出力 (I / O) インターフェースとを

含んでもよく、入力/出力(I/O)インターフェースを通じて、処理装置16は、例えば、パッチ電極38やセンサ32によって生成された信号を含む複数の入力信号を受信し、例えば、ディスプレイデバイス44やスイッチ40を制御するために使用される出力信号、及び/又はディスプレイデバイス44やスイッチ40にデータを提供するために使用される出力信号を含む複数の出力信号を生成してもよい。処理装置16は、適切なプログラミング命令又はプログラミングコード(すなわち、ソフトウェア)を用いて、さらに詳細な上述及び後述の機能などの様々な機能を行うように構成されてもよい。したがって、処理装置16は、本明細書において記載される機能を行うための、コンピュータ記憶媒体で符号化された一つ以上のコンピュータプログラムでプログラミングされる。

【0066】

「腹パッチ」とと呼ばれるパッチ電極38_Bの可能性を除いて、パッチ電極38は、例えば、カテーテル12の位置と向きとを決定する際に使用される電気信号を生成するために提供される。一実施形態において、パッチ電極38は、身体18の表面上に、直交して配置され、身体18内に軸固有電場を作るために使用される。例えば、一例示的な実施形態において、パッチ電極38_{x1}、38_{x2}は、第1(x)の軸に沿って配置されてもよい。パッチ電極38_{y1}、38_{y2}は、第2(y)の軸に沿って配置されてもよく、パッチ電極38_{z1}、38_{z2}は、第3(z)の軸に沿って配置されてもよい。パッチ電極38のそれぞれが、多重化スイッチ40に結合されてもよい。例示的な実施形態において、処理装置16は、適切なソフトウェアを通じてスイッチ40に制御信号を提供して、信号生成器42に電極38の対を順次結合するように構成される。電極38の各対の励起が、身体18内で、そして心臓20などの対象となる部分内で電場を発生させる。腹パッチ38_Bに対する基準となる、励起されていない電極38における電圧レベルがフィルタリングされ変換されて、基準値として使用するために処理装置16に提供される。

【0067】

例示的な実施形態において、カテーテル12のセンサ32は処理装置16に電氣的に接続され、位置検知機能を果たすように構成される。さらに詳細には、センサ32は、パッチ電極38を励起させることによって身体18(例えば、心臓の中)において作られる電場内に配置される。明確性と例示の目的のためだけに、以下の記載は、単一のセンサ32が電場内に配置される実施形態に限定される。しかし、本開示の精神と範囲の中にある他の例示的な実施形態において、複数のセンサ32が電場内に配置され得、次いで各センサの位置と向きが以下に記載される技術を使用して決定され得ることが理解される。

【0068】

電場内に配置された時に、センサ32は、パッチ電極38間の場所と組織に対するセンサ32の位置とに依存する電圧を受ける。センサ32とパッチ電極38との間で行われた電圧測定の比較を使用して、組織に対するセンサ32の場所を特定できる。したがって、カテーテル12を、対象となる特定の部分又は表面の周囲で、又はそれに沿って掃引すると、処理装置16は、センサ32上の電圧レベルの変化を反映するセンサ32から信号(場所情報)を受信し、また電圧を加えられていないパッチ電極38から信号(場所情報)を受信する。処理装置16は次いで、様々な公知のアルゴリズムを使用して、センサ32の場所(位置及び向き)を特定し、それを、センサ32の場所に対応する、即ち、モデル化の対象である構造の表面上の点に対応する測定された場所データ点46(本明細書において「データ点46」とも呼ばれ、図3に例示される)として、処理装置16と関連付けられるか、又は処理装置16がアクセス可能なメモリ47などのメモリ又は記憶装置に記録する。例示的な実施形態において、場所データ点として場所を記録する前に、処理装置16が受信した信号が提示する生の場所データは、公知の技術又は今後開発される技術を使用して、呼吸、心臓の活動、及び他のアーチファクトを明らかにするために処理装置16で補正されてもよい。いずれにしても、経時的に取得した場所データ点46(46₁、46₂...46_n)の集合は、メモリ又は記憶装置に格納される(図3に最も良く示される)点群48を形成することになる。

【0069】

上の記載は、これまでのところ、概して、パッチ電極 38 の直交する配置に関するものであるが、本開示はそのように限定されることを意図していない。むしろ、他の例示的な実施形態においては、直交しない配置を用いて、センサ 32 の場所座標を特定してもよい。例えば、一般的には、図 4A ~ 図 4D は、座標系 50 に設定された複数の例示的な直交しない双極子 D_0 、 D_1 、 D_2 、及び D_3 を示す。図 4A ~ 図 4D において、X 軸のパッチ電極は、 X_A 及び X_B と指定され、Y 軸のパッチ電極は、 Y_A 及び Y_B と指定され、Z 軸のパッチ電極は、 Z_A 及び Z_B と指定される。あらゆる所望の軸に関して、駆動（ソースシンク）構成の所定の組に起因する、センサ 32 などの心臓内センサにわたって測定された電位を代数的に組み合わせ、直交する軸に沿って均一な電流を単に流すことによって取得されるものと同じ有効電位を生み出すようにしてもよい。パッチ電極 38 x_1 、38 x_2 、38 y_1 、38 y_2 、38 z_1 、及び 38 z_2 （図 2 を参照）のうちの任意の 2 つが、例えば、腹パッチ 38 B などの基底基準に対して、双極子のソース及びドレーンとして選択されてもよく、他方励起されていないパッチ電極は基底基準に対する電圧を測定する。心臓 20 に配置されたセンサ 32 はまた、電流パルスに対する場にさらされ、例えば、腹パッチ 38 B などの基底に対して測定される。

【0070】

別の例示的な実施形態において、複数のパッチ電極 38 が、共通の軸に沿って直線的に配置されてもよい。こうした実施形態において、パッチ電極 38 のうちのひとつと、カテーテルに取り付けられた電極とから構成される電極対の励起が、電場を発生させる。そして、励起されていない電極 38 は、センサ 32 の位置を決定するために用いられ得る電位を測定してもよい。したがって、実施形態において、異なるパッチ電極 38 と、カテーテルに取り付けられた電極とを含む複数の電極対の励起が、センサ 32 の位置を決定するために用いられてもよい。

【0071】

それぞれのパッチ電極 38 及びセンサ 32 からのデータセットを全て使用して、心臓 20 内のセンサ 32 の場所を特定する。電圧測定が行われた後、異なる対のパッチ電極が電流源によって励起され、残りのパッチ電極と内部のセンサとの電圧測定プロセスが生じる。センサ 32 の場所がされると、上記のように、その場所は上記と同じ方法でデータ点 46 として記録されてもよい。例示的な実施形態において、場所データ点として場所を記録する前に、処理装置 16 が受信した信号が提示する生の場所データは、公知の技術又は今後開発される技術を使用して、呼吸、心臓の活動、及び他のアーチファクトを明らかにするために処理装置 16 で補正されてもよい。したがって、センサ 32 の場所を特定するために、したがって、センサ 32 の場所に対応するデータ点を収集するために、様々な技術が使用されてもよいことが理解され、それらの技術のそれぞれが、本開示の精神と範囲の中にある。

【0072】

図 3 は、モデル化される特定の対象の構造に対応する場所データ点 46 $_1$ ~ 46 $_3$ を含む点群 48 を示す。図 3 に示す点群 48 は、3 つの場所データ点 46 だけを含むが、実際は、点群 48 は、一般的に、数百 ~ 数十万ものデータ点 46 を含むものであることが理解される。しかし、例示と説明を容易にする目的のために、以下の記載は、限定された数の場所データ点を有する点群、例えば、3 つの場所データ点 46 から構成される点群 48 に限定される。対象の構造の異なる領域に対応する場所データ点 46 が、収集されてもよいことがさらに理解される。こうした実施形態において、処理装置 16 は、データ点 46 が収集された対象の構造の領域に対応するデータ点 46 をグループ分けするように構成されてもよい。よって、対象の構造に 2 つの領域がある場合、第 1 の領域に対応する全ての場所データ点が、一緒にグループ分けされて第 1 の点群を形成し、一方、第 2 の領域に対応する全てのデータ点が、同様に一緒にグループ分けされて第 2 の点群を形成する。

【0073】

一例示的な実施形態において、そして、図 5 を参照すると、処理装置 16 は、一般的には、まず、対象の解剖学的構造の一つ以上の個別領域の一つ以上の表面モデルを生成する

(ステップ100)ように構成される。2つ以上の対象の個別領域の2つ以上の表面モデルが生成される例示的な実施形態において、処理装置16は、複数の個別表面モデルを結合して、対象の構造の複合表面モデルを形成する(ステップ102)ようにさらに構成されてもよい。明確性及び例示の目的のために、複数の対象領域の複数の表面モデルが生成され、そして結合される実施形態を、対象の解剖学的構造の2つの領域を表す三次元複合表面モデルの生成に関して、以下に記載する。よって、複合表面モデルは、それぞれが対象の構造の2つの異なる領域の各一つに対応する2つの結合された表面モデルから構成される。しかし、本開示は、処理装置16が2つの結合された表面モデルから構成される複合表面モデルを生成する実施形態に限定されないことが理解される。むしろ、処理装置16は、以下に記載の技術を用いて結合された3つ以上の個別表面モデルから構成される複合表面モデルを生成するように構成されてもよく、したがって、この能力を有する処理装置が、本開示の精神及び範囲の中にあることを、当業者は理解するであろう。

10

【0074】

表面モデル(すなわち、複合表面モデルを生成するために用いられる各表面モデル)が、様々な方法で生成されてもよい。図5に示すような例示的な実施形態において、一般的に、処理装置16は、初めに、第1の対象領域に対応する場所データ点46の第1の集合を獲得するように構成される。処理装置はさらに、第2の対象領域に対応する場所データ点46の第2の集合を収集してもよい。上述のように、場所データ点の第1の集合内の各場所データ点46は、対象の解剖学的構造の第1の領域の表面上の各位置に対応し、一方、場所データ点の第2の集合内の各データ点46は、対象の解剖学的構造の第2の領域の表面上の各位置に対応する。

20

【0075】

本明細書中の他の箇所で記載するように、処理装置16は、様々な方法で場所データ点を獲得するように構成される。例示的な実施形態において、処理装置16は、構造の表面から場所データ点を収集するセンサ32から場所データ点を獲得する。別の例示的な実施形態において、処理装置16は、処理装置16の一部である、あるいは処理装置16に電氣的に接続され処理装置16と通信するように構成された、メモリ又は記憶装置から、場所データ点の集合を取得することによって、場所データ点の集合を獲得する。したがって、処理装置16は、それぞれが本開示の精神及び範囲の中にある様々なソースのうちの一つから、場所データ点の集合(及びその場所データ点)を獲得してもよい。場所データ点46のそれぞれの集合を用いて、処理装置16は、各対象領域の表面モデルを生成するように構成される。

30

【0076】

場所データ点46の一つ以上の集合が獲得されると、処理装置16は、場所データ点46のそれぞれの集合内の場所データ点46に基づいて、各対象領域の一つ以上の個別表面モデルを生成するように構成される。そうするために、一般的に、処理装置16は、場所データ点46の第1及び第2の集合のそれぞれについて、各ボクセル領域又はボクセル格子を算出あるいは構築する(ステップ106)ように構成される。各ボクセル格子は、当該ボクセル格子に対応する場所データ点の集合の全ての場所データ点46を含み、各ボクセル格子は、複数のボクセルを含む。

40

【0077】

場所データ点46の各集合についてボクセル格子が構築されると、処理装置16は、各ボクセル格子内のどのボクセルが、個別表面モデルの生成に用いられるか決定又は特定する(ステップ108)ように構成される。それから、処理装置16は、それらには限定されないが例えば、アルファ包技術又はアルゴリズムなどの、当該分野において公知の様々な三角面再構築技術のうちの一つを用いて表面モデルを生成するために、これら特定されたボクセルを用いる(ステップ110)。

【0078】

個別表面モデルの生成についての記載は、これまでのところ、一般的なものであるが、個別表面モデルを生成するための処理の例示的な実施形態を、ここでより詳細に記載する

50

。この例示的な実施形態において、個別表面モデルは、以下に記載する特定のアルファ包技術又はアルゴリズムを用いて生成される。しかし、他の例示的な実施形態において、異なる技術、又は技術の組み合わせが、ボクセルに基づいた表面モデルを生成するために用いられてもよいことが理解される。一つのそのような例示的な技術は、マーチングキューブ法の技術又はアルゴリズムである。別のそのような例示的な技術は、2011年8月16日に発行され「System and Method for Surface Reconstruction from an Unstructured Point Set」と題される米国特許第8,000,941号に記載されているものであり、当該米国特許は、全内容が参照により本明細書に組み込まれる。したがって、ボクセルに基づく表面モデルが、本明細書中において詳細に具体的に記載される技術以外の技術を用いて生成される実施形態は、本開示の精神及び範囲の中にある。

10

【0079】

さらに、例示と、明確性と、説明を容易にする目的のために、以下の記載は、解剖学的構造の単一の対象領域（例えば、第1の対象領域）に対応する表面モデルの生成のみに限定される。しかし、第1の対象領域の表面モデルの生成に関して記載される技術が、第2の対象領域又は対象の解剖学的構造の他の対象領域の表面モデルを生成するために、処理装置16によって実施されてもよい。したがって、第2の対象領域（及び他の対象領域）の表面モデルは、以下に記載の技術と同じ技術を用いて生成されてもよい。

【0080】

したがって、図6を参照すると、上述のように、例示的な実施形態において、処理装置16は、対象領域に対応するデータ点46の集合を獲得する（ステップ104）ように構成される。処理装置16は、それらには限定されないが、例えば、メモリ47などの、処理装置16と関連付けられたもしくは処理装置16がアクセス可能なメモリ又は記憶装置などの様々なソースから、あるいは、システム10又はモデル構築システム14内の他のソース（例えば、センサ32）から、データ点46を獲得するように構成されてもよい。上記でも記載したように、処理装置16は、獲得した場所データ点の集合について、ボクセル格子を算出又は構築する（ステップ106）ように構成される。図6に示す例示的な実施形態において、ボクセル格子を構築するために、処理装置16は、まず、場所データ点の集合のデータ点46のそれぞれを含む境界ボックス又はボリューム52を画定する（ステップ112）ように構成される。例えば、図7は、図3に示すデータ点46₁～46₃に対応する境界ボックス52を示す。

20

30

【0081】

境界ボックス52が画定されると、境界ボックス52のユークリッド座標が決定される。さらに詳細には、x、y、z軸のそれぞれに沿った最小値及び最大値が決定され、境界ボックス52の座標として用いられる。したがって、境界ボックス52のx座標を決定するために、処理装置16は、データ点の集合内の全てのデータ点46のうちの最小の「x値」を有する場所データ点46と、データ点の集合内の全てのデータ点46のうちの最大の「x値」を有する場所データ点46とを、決定するように構成される。そして、処理装置16は、これら各最小値及び最大値を、境界ボックス52の最小及び最大のx座標として用いる。境界ボックス52の最小及び最大のy座標とz座標が、x座標に関して上述した方法と同じ方法で決定される。

40

【0082】

境界ボックス52の座標（すなわち、 (MIN_x, MIN_y, MIN_z) 及び (MAX_x, MAX_y, MAX_z) ）が決定されると、例示的な実施形態において、境界ボックス52は、x、y及びz方向に所定距離アルファ（ α ）だけ拡張することによって、パディングされ（padded）、拡張された境界ボックス52の座標（すなわち、 (min_x, min_y, min_z) 及び (max_x, max_y, max_z) ）が決定される。拡張された境界ボックス52の座標は、以下の等式（1）～（6）を用いて決定されてもよい。

【数 1】

- (1) $\min_x = \text{MIN}_x - \alpha$
- (2) $\min_y = \text{MIN}_y - \alpha$
- (3) $\min_z = \text{MIN}_z - \alpha$
- (4) $\max_x = \text{MAX}_x + \alpha$
- (5) $\max_y = \text{MAX}_y + \alpha$
- (6) $\max_z = \text{MAX}_z + \alpha$

例示的な実施形態において、 α の値は、システム 10、特に、処理装置 16 のセットアップの一部として（すなわち、システム 10 の製造中又はシステム 10 の初期化中かつ使用前に）設定されてもよい、約数ミリメートルの距離の尺度である。別の実施形態において、 α は、医療デバイスの大きさによって、規定されてもよく、例えば、 α は、カテーテル 12、センサ 32 の半径もしくは直径、又はその分数もしくは倍数であってもよい。さらに当該値は、調整不可能でもよく、あるいは、例えば、タッチスクリーン、キーボード、キーパッド、スライダコントロール、一つ以上のユーザ選択可能なもしくはユーザ入力可能なフィールドを有するグラフィカルユーザインターフェース、又はユーザが α の値を設定もしくは調整できるように処理装置 16 に電氣的に接続された他のユーザ制御可能な入力デバイスなどのユーザインターフェース 53（図 1 に最も良く示される）を、システム 10 のユーザが用いることによって、調整可能であってもよい。

【0083】

別の実施形態において、 α 、又は他の所定値が、各場所データ点 46 に付加されて、一つ以上の新たな又は付加的な場所データ点 46' を作成できる。さらに詳細には、処理装置 16 は、各場所データ点 46 について、当該場所データ点 46 の位置に基づいて、一つ以上の付加的な場所データ点 46' に対する位置を計算し、そして、一つ以上の場所データ点 46' をその又はそれらの計算した位置に追加するように構成されてもよい。このようにして追加された場所データ点 46' を、「測定された」場所データ点である、センサ 32 によって収集された場所データ点 46 と区別するために、「算出された」場所データ点 46' と呼ぶ場合がある。例えば、図 19 を参照して、 α を (1) として設定すると、例えば、8 個の新たな「算出された」場所データ点 46' が、一つの軸上の位置 (x, y, z) における測定された点から作成され得て、これらの点は、点 46' ₁ ~ 46' ₈（すなわち、(x + 1, y, z)、(x + 1, y + 1, z)、(x, y + 1, z)、(x - 1, y + 1, z)、(x - 1, y, z)、(x - 1, y - 1, z)、(x, y - 1, z) 及び (x + 1, y - 1, z)）である。同様に、8 個の新たな、すなわち、算出されたデータ点が、他の各軸上において、点がいくつか重複して、作成され得て、又は合計で以下の 26 個の新たな点 46' が作成され得る。

(x - 1, y - 1, z)、(x, y - 1, z - 1)、(x + 1, y - 1, z - 1)、
(x - 1, y, z - 1)、(x, y, z - 1)、(x + 1, y, z - 1)、
(x - 1, y + 1, z - 1)、(x, y + 1, z - 1)、(x + 1, y + 1, z - 1)

,
(x - 1, y - 1, z)、(x, y - 1, z)、
(x + 1, y - 1, z)、(x - 1, y, z)、(x + 1, y, z)、
(x - 1, y + 1, z)、(x, y + 1, z)、(x + 1, y + 1, z)、
(x - 1, y - 1, z + 1)、(x, y - 1, z + 1)、(x + 1, y - 1, z + 1)

,
(x - 1, y, z + 1)、(x, y, z + 1)、(x + 1, y, z + 1)、
(x - 1, y + 1, z + 1)、(x, y + 1, z + 1)、(x + 1, y + 1, z + 1)

そして、これらの算出された場所データ点 46' は、上記の式を用いて又は用いずに境界ボックス 52 を画定するために、場所データ点 46（すなわち、測定された場所データ点 46）と共に、用いられてもよい。

【 0 0 8 4 】

特定の例において、（最小）及び（最大）の座標の決定に続いて、さらなる境界ボックス 5 2 のパディングが必要な場合がある。さらに詳細には、例示的な実施形態において、各方向における境界ボックス 5 2 の寸法が、ボクセル格子を構成するボクセルの寸法の整数倍となる必要がある場合がある。しかし、境界ボックス 5 2 を 値でパディングした後、境界ボックス 5 2 の寸法が、（例えば、 値自体がボクセル寸法の整数倍でないため）ボクセル寸法の整数倍でない場合、この要件を満たすために、さらなる境界ボックス 5 2 のパディングが必要である。例えば、ボクセルの寸法が $1 \times 1 \times 1$ （ミリメートル）であり、 値によるパディング後の境界ボックス 5 2 の寸法が、 $128.4 \times 1296.0 \times 417.9$ （同様にミリメートル）であるとする。この例において、処理装置 1 6 は、この例においてパディングされた寸法が $129 \times 1296 \times 418$ となるように、寸法を各方向の隣のボクセル境界にまで拡張することによって、境界ボックス 5 2 をパディングする。よって、境界ボックスの寸法は、各側面上又は各方向においてボクセル寸法の整数倍となる。そのような例において、（最小）及び（最大）の座標の一部又は全ては、さらなる境界ボックスのパディングの大きさに応じて調整される必要がある。

10

【 0 0 8 5 】

図 6 及び 8 を参照すると、境界ボックス 5 2 のパディング又は拡張と、拡張された境界ボックス 5 2 の座標の決定とに続いて、処理装置 1 6 は、図 8 に示すように、境界ボックス 5 2 内にボクセル格子 5 4 を構築する（ステップ 1 1 4）ように構成される。ボクセル格子 5 4 は、ボクセル格子 5 4 内の各ボクセル 5 6（ボクセル 5 6 を構成する、図 8 に

20

【 0 0 8 6 】

ボクセル格子 5 4 は、x 方向における I セル、y 方向における J セル及び z 方向における K セルによって与えられる寸法を有する。I、J 及び K の実際の値は、等式（7）～（9）を用いて計算される。

30

【 数 2 】

$$(7) \quad I = \frac{(\max_x - \min_x)}{v}$$

$$(8) \quad J = \frac{(\max_y - \min_y)}{v}$$

$$(9) \quad K = \frac{(\max_z - \min_z)}{v}$$

40

ボクセル格子 5 4 内の各ボクセル 5 6 は、格子内の指数（i, j, k）によって、特定され、各ボクセル 5 6 の座標は、 $(\min_x + i, \min_y + j, \min_z + k)$ となる。

【 0 0 8 7 】

簡潔に上述したように、ボクセル格子 5 4 が構築されると、処理装置 1 6 は、格子 5 4 のどのボクセル 5 6 が、対象領域の表面モデルの生成に用いられるかを決定する（ステップ 1 0 8）ように構成される。例示的な実施形態において、これは、以下により詳しく記載するように、「内部ボクセル」とみなされるボクセル 5 6 を特定することによって、行われる。「内部ボクセル」を特定する例示的な技術を、ここで記載する。

50

【 0 0 8 8 】

例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、評価中の場所データ点 4 6 の集合に対して、拡大処理を行うように構成される。さらに詳細には、評価中のデータ点の集合内の各場所データ点 4 6 について、処理装置 1 6 は、当該データ点 4 6 と格子内の各ボクセル 5 6 との間の距離「d」を算出するように構成される。例示的な実施形態において、距離「d」は、等式（10）を用いて計算され得る。

【数 3】

$$(10) \quad d = \sqrt{[(x_n - (\min_x + i\nu))^2 + (y_n - (\min_y + j\nu))^2 + (z_n - (\min_z + k\nu))^2]}$$

10

式中、「n」は、評価中の場所データ点 4 6（例えば、4 6₁、4 6₂、...、4 6_n）の数に対応する。データ点 4 6 の一つとの距離が所定の値（境界ボックス 5 2 の拡張に関して簡易に上述された）未満である各ボクセル 5 6 について、当該ボクセル 5 6 は、「内部ボクセル」として表される。したがって、境界ボックス 5 2 内の各データ点 4 6 は、どのボクセル 5 6 のサブ集合が、データ点 4 6 のうちの少なくとも一つから距離 内にあり、よって内部ボクセルとみなされるかを判定するために評価される。例えば、図 9 においてボックスで表される各ボクセル 5 6 は、処理装置 1 6 によって、データ点 4 6 のうちの少なくとも一つから所定距離 内にあると判定され、よって、内部ボクセル（ボクセル 5 6_I）であると判定される。内部ボクセルと判定されない他の全てのボクセル 5 6 は、「外部ボクセル」とみなされ、特定される。

20

【 0 0 8 9 】

どのボクセル 5 6 が内部ボクセルであるかが判定されると、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、内部ボクセル 5 6_I と外部ボクセルのいくつかとで構成されるボクセルのサブ集合に対して、エロージョン（erosion）プロセスを行うように構成される。さらに詳細には、処理装置 1 6 は、外部ボクセルとして特定されるが内部ボクセル 5 6_I に隣接する各ボクセル 5 6 の指数を含む指数の集合を構築するように構成される。例えば、図 10 においてボクセル 5 6_E として特定された各ボクセル 5 6 は、内部ボクセル 5 6_I に隣接もする外部ボクセルであると判定されている。各ボクセル 5 6_E について、処理装置 1 6 は、当該ボクセル 5 6_E と各ボクセル 5 6_I との間の距離を算出するように構成される。処理装置 1 6 は、算出した距離に基づいて、一つ以上のボクセル 5 6_E への距離が、等式（11）で表される距離「dist.」未満であるボクセル 5 6_I のサブ集合を決定するように構成される。

30

【数 4】

$$(11) \quad dist. = \alpha - \frac{\nu}{2}$$

一つ以上のボクセル 5 6_E から距離 dist. 内にあると判定された各ボクセル 5 6_I について、当該ボクセルの識別が、「内部ボクセル」から「外部ボクセル」に変更され、よって、図 11 に示すように、これらボクセルの表示が「ボクセル 5 6_I」からボクセル「5 6_{I E}」に変わる（記号「5 6_{I E}」は、前に内部ボクセルとみなされた外部ボクセルを、常に外部ボクセルとみなされる外部ボクセルと区別するように意図される）。

40

【 0 0 9 0 】

上述のエロージョンプロセスに続いて、処理装置 1 6 は、ボクセル 5 6_I（すなわち、内部ボクセル）を処理してボクセル 5 6_I に基づく表面モデルを生成するように構成される。例示的な実施形態において、これは、内部ボクセル 5 6_I からアルファ包近似を算出／計算又は抽出すること（ステップ 110）を含む。上述のように、例示及び明確性の目的のために、アルファ包技術のみを、ボクセル 5 6_I からの表面モデルの生成に関して、本明細書中において詳細に記載するが、他の例示的な実施形態において、アルファ包技術以外の技術又はアルゴリズムが用いられてもよいことが理解される。例えば、簡易に上述

50

したように、別の例示的な実施形態において、マーチングキューブ法の技術又はアルゴリズムが、表面モデルを生成するために用いられ得る。よって、アルファ包技術以外の技術が表面モデル生成処理に用いられる実施形態は、本開示の精神及び範囲の中にある。

【0091】

アルファ包技術が用いられる実施形態において、上述の抽出によって、多面化表面（例えば、複数の小面60と頂点62とを含む）を有するアルファ包近似（表面モデル又はアルファ包近似58）の形態の表面モデルが生じ、例示的な実施形態において、当該多面化表面は、三角面を含む。生じた表面モデルすなわちアルファ包近似58において、各ボクセル56_Iは、アルファ包近似58の多面化表面の頂点62に対応する。例示の目的のために、図12は、例示的なアルファ包近似58の多面化表面の一部を示す。図11に示す内部ボクセル56_Iは、二次元で示されているため、図12に示すアルファ包近似は、必ずしも内部ボクセル56_Iに対応せず、むしろ、その多面化表面の頂点62及び小面60を示すだけの例示の目的のために単に提供される、例示的なアルファ包近似であることに留意されたい。

【0092】

図5を参照すると、多面化表面を有する表面モデル58が生成されると、その生成が上述のアルファ包近似を行うことによってなされようとは又は別の方法でなされようとは、例示的な実施形態において、処理装置16は、多面化表面内の小面60及び頂点62の数を減らすために、多面化表面から余分な小面60をデシメーションする（ステップ116）ように構成される。さらに詳細には、表面モデル58の表面がデシメーションされる実施形態において、処理装置16は、表現の精度を維持しながら、小面60及び頂点62の数を減らすデシメーションアルゴリズムを実行するように構成される。例示的な実施形態において、これは、多面化表面のより広い範囲の特徴に対してほとんど影響を与えない頂点62を統合することによって、達成される。一般的に、小面60の数の低減は、頂点62の評価と、頂点62の評価に基づく、当該分野で周知の技術である、エッジコラプスの工程とによって達成される。内部ボクセル56_Iから導き出される頂点62は、例えば、形態的かつ幾何学的基準などの要素に基づいて貪欲アルゴリズムの様式で選択され、そして、本明細書中において記載するように評価される。

【0093】

図13Aを参照して、処理装置16によって実行され得る例示的なデシメーションアルゴリズムを、ここで記載する。まず始めに、処理装置16は、多面化表面の小面60/頂点62の基本的な隣接関係を確立する（ステップ118）ように構成される。そうするために、処理装置16は、所定の頂点62及び/又は小面エッジ64（図12に示すように、各小面60は、複数のエッジ64を含む）を別の小面60と共有する小面60を、表にまとめる。したがって、所定の頂点62及び/又はエッジ64を別の小面60と共有する各小面60は、今後の処理又は評価のためにリストに入れられる。

【0094】

適切な小面60がリストに入れられると、例示的な実施形態において、処理装置16は、リスト内の各小面60に対する小面法線及び各頂点62に対する頂点法線を計算する（ステップ120）ように構成される。小面法線は、小面60の平面に垂直な、単位長さのベクトルであり、小面60が一部となる面によって囲まれたボリュームから外へ向かう。頂点法線は、評価中の頂点62に直接隣接する小面60の小面法線の加重平均である。重み係数は、より大きな小面60が、隣接するより小さな小面60より、比例的により頂点法線に寄与するように、小面60の対応するエリアに関連する。小面法線及び頂点法線は、当該分野で周知の技術を用いて計算されてもよく、したがって、小面法線及び頂点法線を計算する技術を記載しない。

【0095】

小面法線及び頂点法線が、それぞれリスト内の各小面60及び頂点62に対して計算されると、処理装置16は、特定のデシメーション基準に関して、リスト内の各頂点62を評価し（ステップ122）、そして、この評価に基づいてデシメーションキューを作成す

る（ステップ124）ように構成される。一般的に、デシメーション基準では、考慮中の頂点62の近隣が相対的に平坦であり、多面化表面の全体形状に重要でない（すなわち、頂点の近隣が、解剖学的構造の重要な形態的特徴を表すかもしれないピーク又は谷（でこぼこの領域）を含まない）ことが要求される。本開示の目的のために、「近隣」という用語は、評価又は考慮中の頂点62（すなわち、中心頂点）と、評価中の頂点62と共にエッジ64を形成する全ての隣接又は周囲の頂点62とを含む、多面化表面のエリアとして定義される。この点をより適切に示すために、頂点62₁の近隣を示す図14を参照する。頂点62₁の近隣は、各周囲の頂点62₂～62₇が、中心頂点62₁と共にエッジを形成するため、頂点62₂～62₇のそれぞれを含む。

【0096】

より具体的には、例示的な実施形態において、処理装置16は、考慮中の頂点62の近隣における各小面60の小面法線ベクトルを評価して、当該ベクトルが、整列している又は略同じ方向を指し示しているか否かを確認する（すなわち、ベクトルが、互いに少なくとも略平行又は許容できるように平行であるかどうか判定する）。したがって、図14中の頂点62₁が、評価中の頂点である場合、各隣接する小面60（すなわち、図14中の小面60₁～60₆）の法線ベクトルが、互いに整列しているかどうかを確認するために評価される。所定の近隣において法線ベクトルが整列していると、当該近隣が多面化表面の少なくとも略平坦なエリアを構成している予備的な証拠となる。一方、法線ベクトルが不整列であると、当該近隣が多面化表面の平坦でないでこぼこのエリアを構成する予備的な証拠となる。

【0097】

処理装置16が、法線ベクトルが不整列であると判定すると、処理装置16は、評価中の頂点62の近隣が、多面化表面の全体形状にとって重要でない相対的に平坦なエリアを含むというデシメーション基準を満たさないため、当該頂点62を捨てるように構成される。評価された頂点62が捨てられると、処理装置16は、リスト内の次の頂点62に進み、上述の処理を繰り返す。しかし、処理装置16が、法線ベクトルが実際に整列し、よって、デシメーション基準が満たされると判定すると、処理装置16はその後、評価された頂点62をデシメーションキューに入れる（ステップ124）ように構成される。

【0098】

リスト内の各頂点62が評価され、デシメーションキューが作成されると、キュー内の頂点62が、デシメーションに関して評価される順番を決定するために、デシメーションキュー内の頂点62には、互いに優先順位が付けられる（ステップ126）。さらに詳細には、キュー内の頂点62及びそれらの対応する近隣には、多面化表面の最も平坦なエリアが最初にデシメーションされるように、優先順位が付けられる必要がある。

【0099】

例示的な実施形態において、処理装置16は、キュー内の各頂点62を考慮して、特定の所定計量に対応する値をそれぞれに割り当て、そして割り当てた計量値に従って、頂点62を並び換える。

【0100】

例示的な目的のためだけに提供される一実施形態において、用いられた計量は、デシメーションキュー内のこれら頂点62の近隣内の頂点62とそれぞれの近隣に対応する平均平面との間の距離に関連する。こうした実施形態において、処理装置16は、考慮中のデシメーションキューから、頂点62の近隣に対する平均平面を決定するように構成される。これは、当該近隣内の頂点62（しかし、考慮された頂点62を除く）の全てに対して平面を適合させることによって行われてもよい。そして、処理装置16は、平均平面からの、当該近隣内の各頂点62の距離を測定又は算出する。そして、処理装置16は、当該近隣に対する平均平面からの最大絶対距離を決定する。例えば、当該近隣内に3つの頂点62があり、これら頂点62が、それぞれ、平均平面から、平面の上に2ミリメートル（+2mm）、ゼロミリメートル（0mm）、及び平面の下に2ミリメートル（-2mm）の距離を有する場合、考慮された頂点62に対応する近隣に対する最大絶対距離、したが

10

20

30

40

50

って、優先順位付けの目的のために、考慮された頂点 6 2 に割り当てられる最大絶対距離は、2 ミリメートル (2 mm) である。キュー内の所定の頂点 6 2 に対する最大絶対距離が決定されると、処理装置 1 6 は、デシメーションキュー内の次の頂点 6 2 に進み、当該頂点 6 2 に対する最大絶対距離を決定する同様の処理を行うように構成される。

【0101】

キュー内の各頂点 6 2 が考慮され、その各近隣に対応する最大絶対距離が割り当てられると、処理装置 1 6 は、最も小さい最大絶対距離から最も大きい最大絶対距離の順に、頂点 6 2 を並び換えるように構成される。最も小さい最大絶対距離を有する頂点 6 2 は、(多面化表面の「最も平坦」又は最も共平面なエリアを表すので) 最高優先順位とみなされ、一方、最も大きい最大絶対距離を有する頂点 6 2 は、デシメーションの目的のために最低優先順位とみなされる。上述のような計量 (例えば、近隣の平均平面からの最大絶対距離) に基づいた頂点の優先順位付けを基準として使用することに加え、例示的な実施形態において、最低度の頂点、すなわち、特定数の隣接小面 (例えば、3 又は 4 個の小面) のみを有する頂点 6 2 の優先順位が、当該頂点 6 2 がブリエンプティブデシメーションの対象となるように、人為的に高くされてもよい。

【0102】

上の記載は、近隣の平均平面からの最大絶対距離を、デシメーションキューに優先順位を付けるための計量として用いることに限定したが、本開示はそのように限定されることを意図していないことが理解される。むしろ、他の計量が、デシメーションキューに優先順位を付けるために用いられてもよく、そのような他の計量は本開示の精神及び範囲の中にあることを、当業者は理解するであろう。

【0103】

デシメーションキューが作成され、その中の頂点 6 2 に優先順位が付けられると、処理装置 1 6 は、実際のデシメーションプロセスを開始するように構成される。例示的な実施形態において、図 1 3 A に示すように、処理装置 1 6 は、表面モデル 5 8 の多面化表面内の最高優先順位エッジ 6 4 をコラプスする (ステップ 1 3 0) ように構成される。さらに詳細には、処理装置 1 6 は、キュー内の最高優先順位の頂点 6 2 を選択し (ステップ 1 2 7)、当該最高優先順位の頂点 6 2 に基づいて、多面化表面の最高優先順位エッジ 6 4 を決定する (ステップ 1 2 8)。そうするために、処理装置 1 6 は、最高優先順位の頂点 6 2 に隣接する頂点 6 2 (すなわち、最高優先順位の頂点 6 2 と共に、小面 6 0 のエッジ 6 4 を形成する頂点) のうちのどれが、最高優先順位の頂点 6 2 に対して距離が最も近いかを判定する。最高優先順位の頂点 6 2 と最も近い隣接する頂点 6 2 とで形成されたエッジ 6 4 が、最高優先順位エッジ 6 4 である。そして、処理装置 1 6 は、評価中の頂点 6 2 (キューから取得された最高優先順位の頂点) を多面化表面から消去し、付随する全てのエッジ 6 4 を最高優先順位エッジ 6 4 の残りの頂点 6 2 (すなわち、評価中の頂点 6 2 に最も近い隣接する頂点であった頂点 6 2) に移動させることによって、最高優先順位エッジ 6 4 をコラプスする (ステップ 1 3 1)。よって、現在、残りの頂点 6 2 は、消去された頂点が前にその一部となっていた全てのエッジ 6 4 の一部となっている。その結果、最高優先順位エッジ 6 4 がもう存在しないため、今しがたコラプスされた最高優先順位エッジ 6 4 を共有した 2 つの小面が、多面化表面から排除される。

【0104】

図 1 3 B に示すような例示的な実施形態において、最高優先順位の頂点 6 2 を消去して最高優先順位エッジ 6 4 をコラプスする前に、処理装置 1 6 は、一つ以上の所定条件を評価して、実際に、デシメーションプロセスが、評価中の最高優先順位の頂点 6 2、又は最高優先順位の頂点 6 2 とそれに最も近い隣接する頂点 6 2 とがその一部である最高優先順位エッジ 6 4 に対して実行されるべきかを判定する (図 1 3 B 中のステップ 1 3 2) ように構成される。

【0105】

例えば、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、最も近い隣接する頂点 6 2 (すなわち最高優先順位の頂点 6 2 と共にエッジ 6 4 を形成する最も近い頂点 6 2) が、最高

10

20

30

40

50

優先順位の頂点 6 2 から所定の閾値距離を超えていると、処理装置 1 6 によって判定される場合、デシメーションキューから評価中の最高優先順位の頂点 6 2 を削除する（すなわち、デシメーション処置を、当該頂点 6 2 に対して行わない）ように構成される。そのような例において、最高優先順位の頂点 6 2 は拒絶され、デシメーションキューから削除される。閾値距離は、システム 1 0、特に処理装置 1 6 のセットアップの一部として（すなわち、システム 1 0 の製造中又はシステム 1 0 の初期化中かつ使用前に）設定されてもよい。さらに閾値距離は、調整不可能でもよく、又は、システム 1 0 のユーザが、例えば、図 1 に最も良く示される上述のユーザインターフェース 5 3 を用いることによって、調整可能であってもよい。閾値距離は、約数ミリメートルである。例えば、例示的な目的のためだけに提供される一実施形態において、閾値距離は、4 ミリメートル（4 mm）である。しかし、閾値距離が 4 mm より大きい又は小さい実施形態が、本開示の精神及び範囲の中にあることが理解される。例示的な実施形態において、頂点 6 2 がデシメーションキューから上述のように削除されると、処理装置 1 6 は、デシメーションプロセスの現在の反復を停止し、そして以下に記載するように、次の反復のための処理を再開するように構成される。

10

【0106】

さらに、あるいは代替的に、処理装置 1 6 は、評価中の最高優先順位の頂点 6 2 が、アルゴリズムの現在の反復中（すなわち、デシメーションキュー内の頂点を通じた現在の進行の間）に、前にコラプスされたいずれかのエッジ 6 4 の一部であったか否かを判定するように構成されてもよい。もしそのような場合、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、評価中の最高優先順位の頂点 6 2 をデシメーションキューから削除し、キュー内の次の最高優先順位の頂点 6 2 に対して上述の処理を繰り返す。逆に、評価中の最高優先順位の頂点 6 2 が、前にコラプスされたエッジ 6 4 の一部ではない場合、その後、処理を上述のように続けてもよい。そのような条件の目的は、デシメーションアルゴリズムの単一の反復の効果を、近隣毎に多くとも一つのコラプスされたエッジ 6 4 に制限するためである。

20

【0107】

処理装置 1 6 が、エッジ 6 4 をコラプスする前に、任意の所定条件を評価するように構成されようとされまいと、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、頂点 6 2 の削除及びその結果生じたエッジ 6 4 のコラプスが、多面化表面に与える影響を評価する（図 1 3 B 中のステップ 1 3 6）ように構成される。例えば、処理装置 1 6 は、周囲の小面の向きのいずれかが、所定の閾値又は許容量を超えて摂動されるかどうかを判定するように構成されてもよい。もしそのような場合、処理装置 1 6 は、コラプスを取り消すように構成されてもよい。さらに詳細には、表面のエッジ 6 4 のコラプスによって、例えば小面 6 0 が反転され、狭められ、又は広げられるなどのアーチファクトを生じる場合があり、これらアーチファクトの全てがデシメーションプロセスの望ましくない影響となる場合がある。したがって、後処理ルーチンが行われ、それによって、エッジ 6 4 のコラプスの影響を、当該コラプスによって生じた摂動が許容できるか否かを判定するために、評価してもよい。一つのそのようなルーチンが、影響を受けた小面 6 0 の向きを考慮に入れるものであってもよい。さらに詳細には、小面 6 0 の向きが、当該小面 6 0 に対する小面法線ベクトルを再計算し、そして再計算された小面法線をその以前の方向と比較することによって、測定される。この比較によって、処理装置 1 6 は、いずれかの摂動が上記所定の閾値を超えるか否かを判定し、もしそのような場合、場合によってはコラプスを取り消すように構成される。

30

40

【0108】

評価され満たさなければならない前述の条件がない場合、又は、そのような条件が存在し満たされている場合、エッジ 6 4 がコラプスされると、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、当該コラプスは取り消される必要がないと判定し、処理装置 1 6 は、消去された頂点 6 2 を、デシメーションキューから、そして簡易に上述したように表面モデル 5 8 の多面化表面から、削除する（ステップ 1 3 1）ように構成される。さらに、処理装

50

置 1 6 は、そして、影響を受けた全ての隣接関係情報を更新し、コラプスされたエッジ 6 4 の近隣内の影響を受けた全ての頂点法線を再計算する（ステップ 1 3 1 のサブステップ 1 3 4）ように構成され、以下に記載するように、これら頂点法線は、デシメーションアルゴリズムの次の反復において処理装置 1 6 に用いられる場合がある。したがって、この情報は、例えば、図 1 に示すメモリ 4 7 などの、処理装置 1 6 と関連付けられた又は処理装置 1 6 がアクセス可能なメモリに格納されてもよい。

【 0 1 0 9 】

上述のデシメーションプロセスが、所定の頂点 6 2 に対して完了すると、処理装置 1 6 は、上述のステップ 1 2 7 で始まる処理を、上記と同じ方法で、デシメーションキュー内の次の最高優先順位の頂点 6 2 に対して繰り返すことによって、デシメーションプロセスの現在の反復を続けるように構成される。

10

【 0 1 1 0 】

デシメーションキュー内の全ての頂点 6 2 に対して上述の処理が完了する（すなわち、処理の反復が完了する）と、又は、デシメーションプロセスの現在の反復が、（上述の理由で）終了すると、処理装置 1 6 は、デシメーションプロセスの現在の反復を終了し、上記と同じ方法で、全体の処理を繰り返す。しかし、例示的な実施形態において、処理のステップの一部は、直前の反復中に既に行われているため、反復する必要がないことに留意されたい。

【 0 1 1 1 】

例えば、例示的な実施形態において、頂点 6 2 がデシメーションキュー及び表面モデル 5 8 の多面化表面から消去されると、処理装置 1 6 は、影響を受けた全ての隣接関係情報を更新し、コラプスされたエッジ 6 4 の近隣内の影響を受けた全ての頂点法線を再計算するように構成される。よって、隣接関係情報及び頂点法線は、前の反復中に隣接関係情報及び頂点法線が更新された特定の近隣について、更新される又は再計算される必要がない。むしろ、処理装置 1 6 は、例えば、処理装置 1 6 と関連付けられた又は処理装置 1 6 がアクセス可能で、且つ隣接関係情報が格納されたメモリから、必要な情報を獲得するように構成される。同様に、デシメーションプロセスの前の反復による影響を受けていない表面モデル 5 8 のエリア又は近隣についての隣接関係情報及び頂点法線も、デシメーションプロセスの前の反復の結果、これらエリア又は近隣についての隣接関係情報及び頂点法線に変更がないため、更新又は再計算される必要がない。よって、こうした実施形態において、処理装置 1 6 は、図 1 3 A 及び 1 3 B に示される、上述のステップ 1 2 2 で始まる処理を繰り返す。

20

30

【 0 1 1 2 】

上述のデシメーションプロセスは反復型プロセスであり、デシメーション基準を満たす多面化表面内の頂点 6 2（例えば、でこぼこであるか又は少なくとも十分に平坦でないといみなされるエリアに配置された全ての頂点 6 2）がなくなるまで、任意の回数又は反復が繰り返され得る。多面化表面を構成する小面 6 0 の数が、所定の最小小面数を満たす、あるいは、小面が、デシメーションが有益でない又は望ましくないほど大きい（すなわち、他ではデシメーション基準を満たしている全ての頂点 6 2 から生じる全てのエッジが、所定の長さ（例えば、4 mm）を超える）と判定されると、デシメーションプロセスは、終了してもよい。

40

【 0 1 1 3 】

図 5 に示すように、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、表面モデル 5 8 の多面化表面の小面 6 0 に対して平滑化工程を行う（ステップ 1 3 8）ように構成される。平滑化工程は、上述のデシメーションプロセスが多面化表面に対して行われるかどうかに関わらず行われてもよい。しかし、多面化表面がデシメーションされる例示的な実施形態において、平滑化工程は、デシメーションプロセスの完了後に行われる。一般的に、平滑化工程は、例えば、表面モデル 5 8 の多面化表面をより均一且つ規則的にし、そして、小面 6 0 をより正確で且つ歪みが少なくなるように機能する。図 1 5 を参照して、例示的な実施形態において、多面化表面は、当該分野に公知の簡易ラプラシアン緩和技術を用いて平

50

滑化される。しかし、要するに処理装置 16 は、多面化表面内の各頂点 62 を評価し、それに対応する平滑化された座標を算出するように構成され、これによって多面化表面を平滑化する。

【0114】

さらに詳細には、例示的な実施形態において、処理装置 16 は、評価される頂点 62 を選択し（ステップ 139）、選択された頂点 62 と小面 60 を共有する頂点 62 のリストと、当該頂点 62 の各（ x , y , z ）座標（すなわち、各頂点 62 が、整数座標の三次元空間に変換される）とを作成する（ステップ 140）ように構成される。したがって、選択された頂点 62 についての頂点 62 のリスト（例えば、座標（ x_1 , y_1 , z_1 ））は、選択された頂点 62 と小面 60 を共有する頂点 62（例えば、座標（ x_2 , y_2 , z_2 ））、・・・、（ x_L , y_L , z_L ）、「 L 」は、リスト内の頂点 62 の数である）を含む。頂点のリストが作成されると、処理装置 16 は、選択された頂点について、平滑化された座標を算出する（ステップ 142）ように構成される。

10

【0115】

例示的な実施形態において、処理装置 16 は、以下の等式（12）を用いて、平滑化された座標を算出するように構成される。

【数 5】

$$(12) \quad (x, y, z) = \sum_{i=1}^L w_i (x_i, y_i, z_i)$$

20

【0116】

等式（12）中、項「 w_1 」は、加算演算の一部（ステップ 141）である、各頂点 62 に割り当てられる重み値である。重み値は、常に正の値であり、全ての重みの合計は、常に 1 に等しい。重み値は、リスト内のどの頂点 62 が、選択された頂点 62 に対してより大きな「引力」（pull）を有するか、よって、選択された頂点 62 が、どの頂点すなわちリスト内のどの頂点 62 に対してより強く引っ張られるかを示す。したがって、重みが等しいか又は均一である場合、リスト内の各頂点 62 の引力が等しくなる。一方、一部の頂点 62 が他より大きな重みを有する場合、より大きな重みを有する頂点 62 の引力は、より小さい重みを有する頂点 62 の引力より強くなる。

【0117】

30

重みの特定の値は、様々な要因に依存してもよい。一つの要因は、リスト内にあり、よって選択された頂点 62 と小面 60 を共有する、頂点 62 の数であってもよい。例えば、図 14 中の頂点 62₁ が、座標が平滑化される選択された頂点であるとする。したがって、図 14 に示すように、選択された頂点 62₁ と小面 60 を共有する頂点は 6 個（頂点 62₂ ~ 62₇）あり、よってリスト内に 6 個の頂点がある。リスト内の頂点 62₂ ~ 62₇ のそれぞれは重みが割り当てられ、これら重みの合計は値 1 に等しい。リスト内の各頂点と同じ面の一部である（すなわち、同じ表面モデル 58 内にある）例示的な実施形態において、頂点 62 の重みは均一である。したがって本例において、6 個の頂点 62₂ ~ 62₇ のそれぞれは、「1/6」すなわち（0.167）の重みを有する。

【0118】

40

平滑化された座標が、一つの頂点 62 について決定されると、処理装置は、多面化表面の評価される他の頂点 62 があるかどうかを判定し（ステップ 144）、上述の平滑化プロセスを、表面モデル 58 の多面化表面内の残りの各頂点 62 に対して、全ての頂点 62 が評価されそれらの平滑化された座標が決定されるまで、繰り返すように構成される。

【0119】

簡易に上述したように、そして、図 5 に示すように、上述の技術を用いて、対象の構造の所望の領域について、表面モデルが生成されると、例えば、処理装置 16 は、個別表面モデルを結合して、対象の構造の複合表面モデルを形成する（ステップ 102）ように構成される。例示的な実施形態において、処理装置 16 は、対象の構造の所望の対象領域の多面化表面に対応するブールユニオン近似を計算又は算出することによって、個別表面モ

50

デルを結合するように構成される。言い換えると、対象領域の表面モデル 5 8 は、表面モデル 5 8 の三次元ブールユニオン近似を算出又は計算することによって結合される。

【 0 1 2 0 】

一般的に、処理装置 1 6 は、上述の個別表面モデル 5 8 の生成とほぼ同じ方法で、ブールユニオン近似を計算 / 算出するように構成される。さらに詳細には、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、まず、対象の個別領域に対応する多面化表面から、ボクセルの格子を算出又は構築するように構成される。言い換えると、2 つ以上の個別表面モデルの 2 つ以上の多面化表面が組み合わされて、一つの共通のボクセル格子となる。例示の目的のために、図 1 6 は、対象の構造の異なる領域に対応し、且つ結合されて複合表面モデルを作成する一対の簡略化した長円形の表面モデルについて算出されたボクセル格子 6 6 を示す。ボクセル格子 6 6 が算出又は構築されると、処理装置 1 6 は、例えば、マーチングキューブ法のアルゴリズムを用いて、ボクセル格子 6 6 から、多面化単一の複合表面モデルを抽出するように構成される。例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は次いで、個別表面モデル 5 8 の生成に関して上述した方法と同じ又は類似の方法で、結果として生じた多面化表面をデシメーション及び / 又は平滑化するように構成される。

【 0 1 2 1 】

したがって、図 1 7 を参照すると、処理装置 1 6 は、複数のボクセル 6 8 を含む二元のボクセル格子 6 6 を算出又は構築し (ステップ 1 4 6) 、個別表面モデル 5 8 のボクセル格子の構築に関して上述した方法とほぼ同じ方法で、ボクセルの値のソースを特定する指数を維持するように構成される。しかしさらに詳細には、例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、結合される各個別表面モデル 5 8 の多面化表面を読み出し (ステップ 1 4 8) 、例示的な実施形態において、各個別表面モデルの各小面に、当該小面が属する対象領域の識別子をつけるように構成される。処理装置 1 6 は、個別の多面化表面内の小面 6 0 の頂点 6 2 のそれぞれを、整数座標の三次元空間に変換する (ステップ 1 5 0) ように構成される。例示的な実施形態において、各整数座標は、以下に記載するような理由で、その値が偶数となるように摂動される。処理装置 1 6 はそして、結合される表面モデル 5 8 の全ての頂点 6 2 を含む境界ボックスを画定する (ステップ 1 5 2) ように構成される。

【 0 1 2 2 】

例示的な実施形態において、境界ボックスが画定されると、境界ボックスのユークリッド座標 (すなわち、 (MIN_x, MIN_y, MIN_z)) 及び (MAX_x, MAX_y, MAX_z)) が、決定される。さらに詳細には、 x 、 y 、 z 軸のそれぞれに沿った最小値及び最大値が決定され、境界ボックスの座標として用いられる。したがって、境界ボックスの x 座標を決定するために、処理装置 1 6 は、表面モデル 5 8 の全ての頂点 6 2 のうち、最小の「 x 値」を有する個別表面モデル 5 8 の頂点 6 2 と、表面モデル 5 8 内の全ての頂点 6 2 のうち、最大の「 x 値」を有する頂点 6 2 とを決定するように構成される。そして、処理装置 1 6 は、各最小値及び最大値を、境界ボックスの最小及び最大の x 座標として用いる。境界ボックスの最小及び最大の y 座標と z 座標が、 x 座標に関して上述された方法と同じ方法で、決定される。

【 0 1 2 3 】

例示的な実施形態において、境界ボックスは、境界ボックス 5 2 に関して上述した方法と同じ又は類似の方法で、パディング又は拡張されてもよい (例えば、境界ボックスは、その寸法が、境界ボックスに対応するボクセル格子を構成するボクセルの寸法の整数倍となるように、又は寸法を一つ以上のボクセルだけ単に拡張するように、パディングされてもよい) 。そのような例において、拡張された境界ボックスの座標は、境界ボックス 5 2 に関して上述した方法とほぼ同じ方法で決定される。

【 0 1 2 4 】

境界ボックスの座標の決定に続いて、処理装置 1 6 は、境界ボックス内にボクセル格子 6 6 を構築する (ステップ 1 5 3) ように構成される。ボクセル格子 6 6 は、ボクセル格子 6 6 内の各ボクセル 6 8 (ボクセル 6 8 を構成する、図 1 6 において水平及び垂直格子

10

20

30

40

50

線が交差する各点)間の距離に対応する所定の値「 Δ 」を有する。値 Δ は、システム10、特に処理装置16のセットアップの一部として(すなわち、システム10の製造中又はシステム10の初期化中かつ使用前に)設定されてもよい。さらに、当該値は、調整不可能でもよく、又は、システム10のユーザが、例えば、上述のユーザインターフェース53を用いることによって調整可能であってもよい。例示的な実施形態において、値 Δ は、約0.75mmであるが、本開示はそのように限定されることを意図していない。

【0125】

結合される両方(又は全て)の個別表面モデル58を含むボクセル格子66が算出されると、処理装置16は、格子66のどのボクセル68が、結合される多面化表面の内部にあるか、そしてどのボクセル68が外部にあるかを判定する(ステップ154)ように構成される。例示的な実施形態において、これは、当該分野で周知のレイキャスティング技術を用いて行われる。しかし要するに、ボクセル格子66は、x方向におけるIセル、y方向におけるJセル及びz方向におけるKセルによって与えられる寸法を有する。よって、ボクセル格子54及びそのボクセル56に関して上述したように、各ボクセル68は、(i, j, k)指数を有する。例示的な実施形態において、レイキャスティング技術は、「i」方向に複数の光線を放つことを含む。各光線は、j-k面内の各点に中心があり、j-k面は、 $i = 0$ となるボクセル格子66の側面にあるボクセル空間自体の断面である。したがって、光線の起点は、座標(0, MIN_y + j, MIN_z + k)を有する。例示的な実施形態において、個別表面モデルの頂点62の座標は(簡易に上述したように)偶数であるため、各光線の起点は奇数にされる。これは、光線が確実に表面モデルの小面60の頂点62を含まないようにするために行われる。

【0126】

各光線は、当該光線が $i = I$ (格子の「i」方向におけるボクセルの数である)となるボクセル格子の他の側面に到達するまで、 $i = 0$ となるj-k面上の各点から放たれる。光線のJ座標及びk座標は、光線の長さに沿って一定のままである。放たれる光線の最大数は、ボクセル格子66の寸法の関数である。したがって、ボクセル格子66は寸法J-Kを有するため、レイキャスティング技術中に放たれる光線の可能な最大数は、 $J \times K$ である。

【0127】

各光線は、個別表面モデル58の多面化表面によってその境界が画定される立体内にある、「i」方向に沿うボクセル68の集合を決定するために用いられる。図16は、レイキャスティングプロセスを示し、ボクセル格子66(ボクセル68_I)内に含まれる一つ以上の立体の境界内にあると判定されたボクセル68を、当該立体の外にあると判定されたボクセル68と区別して示す。立体のうちの少なくとも一つの内にあると判定されたボクセル68は、以下に記載するように、複合表面モデルを生成するために用いられる。これらボクセル68_Iのそれぞれの値は1に設定され、各立体に対応するボクセル68_Iのそれぞれの集合は、ボクセル68_Iの集合を含む立体の指数で特定される。

【0128】

レイキャスティングプロセスの間、光線は、2つの小面60によって共有されるエッジと交差する場合がある。このことによって生じる問題は、この交点、両方の小面60の一部となり得ないことである。したがって、そのような例において、交差が生じる点、どちらの小面60に属するかについて、決定又は指示がなされる必要がある。いずれの場合も、この決定又は指示を行うプロセスは、一貫性を確保するために均等に適用される必要がある。この決定を行うために適用され得る一つの例示的な技術では、摂動を光線の位置に導入する。さらに詳細には、例示的な実施形態において、例えば微少の摂動が光線のz位置に加えられてもよい。光線の位置を摂動することによって、光線は、共有されたエッジと交差しなくなり、むしろ当該光線は当該エッジからずれて、そして当該光線が当初交差したエッジを共有する2つの小面60のうちの一つだけの一部となる。光線の位置への摂動は、エッジと光線との外積の符号を分析し、それに従って摂動を行うことによってなされてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 9 】

上の記載は、光線の中心を $j - k$ 面内の点に置き、「 i 」方向に光線を放つことに関するものであるが、他の例示的な実施形態において、光線は、 $i - j$ 、 $i - k$ 又は $j - k$ 面のいずれかの面上に中心が置かれてもよく、あるいは光線が非軸状に並んでもよく（例えば、データが別の座標システムに変換され得る）、よってこれら実施形態は本開示の精神及び範囲の中にあることが理解される。

【 0 1 3 0 】

処理装置 16 が、どのボクセル 68（すなわち 68_I）を複合表面モデル（すなわち、プールユニオン近似）の生成に用いるかを決定するように構成され、例示的な実施形態において、処理装置 16 は、個別表面モデル 58 が生成された方法とほぼ同じ方法で、複合表面モデルを生成する（ステップ 156）ように構成される。

10

【 0 1 3 1 】

したがって、例示的な実施形態において、処理装置 16 は、ボクセル 68_I を処理して、ボクセル 68_I に対応する複合表面モデル 70 を抽出する（ステップ 158）ように構成される。図 18 は、例示的な複合表面モデル 70 の多面化表面の一部を示す。複合表面モデル 70 は、ボクセル格子 66 の各ボクセル 68_I が、複合表面モデル 70 内の頂点 72 を含む、多面化表面を有する。例示的な実施形態において、多面化表面の小面 74 は、三角形であるが、本開示はそのように限定されることを意図していない。

【 0 1 3 2 】

例示的な実施形態において、処理装置 16 は例えば、マーチングキューブ法の技術を用いてボクセル 68_I から複合表面モデル 70 を抽出するように構成される。しかし、マーチングキューブ法の技術以外の技術が、ボクセル 68_I から複合表面モデル 70 を抽出又は生成するために用いられてもよく、これら技術は本開示の精神及び範囲の中にあることが理解される。

20

【 0 1 3 3 】

上述の個別表面モデル 58 の生成と同様に、例示的な実施形態において、処理装置 16 は、抽出後の又は生成後の処理工程を、複合表面モデル 70 の多面化表面に対して行うように構成される。例えば、処理装置 16 は、複合表面モデル 70 の多面化表面から、余分な小面 74 をデシメーションする（ステップ 160）ように構成されてもよい。処理装置 16 が、デシメーションプロセスを行うように構成される実施形態において、処理装置 16 は、個別表面モデル 58 の多面化表面のデシメーションに関して詳細に上述した特定の技術を用いてもよい。したがって、複合表面モデル 70 の多面化表面の各頂点 72 及び/又は小面 74 は、個別表面モデル 58、特にその多面化表面のデシメーションに関して上述した方法と同じ方法で、評価又は考慮される。よって、上記の説明が、ここで同様に適用され、繰り返されずにむしろ参照により組み込まれる。

30

【 0 1 3 4 】

複合表面モデル 70 の多面化表面がデシメーションされようとされまいと、例示的な実施形態において、処理装置 16 は、複合表面モデル 70 の多面化表面に対して、平滑化工程を行う（ステップ 162）ように構成される。上述のように、平滑化工程は、例えば、複合表面モデル 70 の多面化表面をより均一に且つ規則的にし、そして小面 74 をより正確で且つ歪みが少なくなるようにし、さらに、個別表面モデル 58 となるものの間で複合表面モデル 70 が遷移するエリアを操作する（massage）ように機能する。

40

【 0 1 3 5 】

図 15 を参照し、そして個別表面モデル 58 の多面化表面の平滑化に関して上述したように、例示的な実施形態において、多面化表面は、それには限定されないが例えばラブラシアン緩和技術などの、当該分野で公知の様々な技術を用いて平滑化されてもよい。しかし要するに、処理装置 16 は、多面化表面内の各頂点 72 を評価し、それに対応する平滑化された座標を算出するように構成され、これによって多面化表面を平滑化する。

【 0 1 3 6 】

さらに詳細には、処理装置 16 は、評価される頂点 72 を選択し（ステップ 139）、

50

選択された頂点 7 2 と小面 7 4 を共有する頂点 7 2 のリストと、当該頂点 7 2 の各 (x, y, z) 座標（すなわち、各頂点 7 2 が、整数座標の三次元空間に変換される）とを作成する（ステップ 1 4 0）ように構成される。したがって、選択された頂点 7 2 についての頂点 7 2 のリスト（例えば、座標 (x_1, y_1, z_1) ）は、選択された頂点 7 2 と小面 7 4 を共有する頂点 7 2（例えば、座標 (x_2, y_2, z_2) 、 \dots 、 (x_L, y_L, z_L) 、「L」は、リスト内の頂点 7 2 の数である）を含む。頂点のリストが作成されると、処理装置 1 6 は、選択された頂点について平滑化された座標を算出する（ステップ 1 4 2）ように構成される。

【0137】

例示的な実施形態において、処理装置 1 6 は、上述の等式（12）を用いることによって、平滑化された座標を算出するように構成される。上述のように、等式（12）の項「 w_1 」は、加算演算の一部（ステップ 1 4 1）である各頂点 7 2 に割り当てられる重み値である。重み値は常に正の値であり、全ての重みの合計は常に 1 に等しい。上述のように、重み値は、リスト内のどの頂点 7 2 が選択された頂点 7 2 に対して最大の「引力」を有するか、よって選択された頂点 7 2 が、リスト内のどの頂点又は複数の頂点 7 2 に対してより強く引っ張られるかを示す。したがって、重みが等しいか又は均一である場合、リスト内の各頂点 7 2 の引力が等しくなる。一方、一部の頂点 7 2 が他より大きな重みを有する場合、より大きな重みを有する頂点 7 2 の引力は、より小さい重みを有する頂点 7 2 の引力より強くなる。

【0138】

重みの特定の値は、様々な要因に依存してもよい。一つの要因は、リスト内にあって、よって選択された頂点 7 2 と小面 7 4 を共有する頂点 7 2 の数であってもよい。例えば、例示のために、図 1 8 中の頂点 7 2₂ が、座標が平滑化される選択された頂点であるとする。したがって、図 1 8 に示すように、選択された頂点 7 2₂ と小面 7 4 を共有する頂点は 6 個（頂点 7 2₁ 及び 7 2₃ ~ 7 2₇）あり、よってリスト内に 6 個の頂点がある。リスト内の頂点 7 2₁ 及び 7 2₃ ~ 7 2₇ のそれぞれは重みが割り当てられ、これら重みの合計は値 1 に等しい。リスト内の各頂点が、同じ面の一部である（すなわち、同じ表面モデル 5 8 からのものである）例示的な実施形態において、頂点 7 2 の重みは均一である。したがって本例において、6 個の頂点 7 2₁ 及び 7 2₃ ~ 7 2₇ のそれぞれは、 $1/6$ （すなわち 0.167）の重みを有する。

【0139】

複合表面モデルに対する平滑化工程の実行にのみ適用可能な別の要因は、選択された頂点 7 2 が、結合される 2 つの異なる面に共有される（すなわち、両方の表面モデル 5 8 が、結合して複合表面モデル 7 0 を形成する場合に、頂点 7 2 が当該表面モデル 5 8 に共有される）か否かである。そのような例において、結合される 2 つの異なる面に共有される頂点リスト内の頂点 7 2 は、2 つの面に共有されない頂点 7 2 より大きい重みが割り当てられる。

【0140】

例えば、例示のために、図 1 8 中の頂点 7 2₂ が、座標が平滑化される選択された頂点であるとする。したがって、図 1 8 に示すように、選択された頂点 7 2₂ と小面 7 4 を共有する頂点は 6 個（頂点 7 2₁ 及び 7 2₃ ~ 7 2₇）あり、よって、リスト内に、6 個の頂点がある。リスト内の頂点 7 2₁ 及び 7 2₃ ~ 7 2₇ のそれぞれは、重みが割り当てられ、これら重みの合計は値 1 に等しい。さらに複合表面モデル 7 0 の小面 7 4₁ ~ 7 4₃ は、一つの個別表面モデルからのものであり、一方小面 7 4₄ ~ 7 4₆ は、別の個別表面モデルからのものであるとする。したがって、頂点 7 2₁ ~ 7 2₃ のそれぞれは、結合され複合表面モデル 7 0 を形成する両方の表面モデルに共有される。よって、頂点 7 2₁ ~ 7 2₃ のそれぞれは、残りの頂点 7 2（頂点 7 2₄ ~ 7 2₇）の重みと異なり且つこれら重みより大きい重みが割り当てられる。例えば、一例示的な実施形態において、頂点 7 2₁ ~ 7 2₃ のそれぞれは、「48/100」すなわち（0.48）の重みが割り当てられ、一方、リスト内の残りの頂点 7 2 は、それぞれ（「1/100」）すなわち（0.01

10

20

30

40

50

）の重みが割り当てられてもよい。これらの重みを考慮して、選択された頂点 72_2 は、ピンと張ったラインになるように頂点 72_1 及び 72_3 の両方に向かってより強く引っ張られ、平滑な境界を形成する。上述の特定の重みは、単に例示的なものであり、限定的なものであることを全く意図しないことが理解される。実際、重みは、境界が多少ピンと張るように調整されてもよい。

【0141】

いずれにしても、適切な重みが割り当てられると、所定の選択された頂点 72 について、平滑化された座標を決定するために、等式(12)が実行されてもよい。一つの頂点 72 について、平滑化された座標が決定されると、処理装置16は、多面化表面の評価される他の頂点 72 があるかどうかを判定し(ステップ144)、上述の平滑化プロセスを、複

10

【0142】

合表面モデル70の多面化表面内の残りの各頂点 72 に対して、全ての頂点 72 が評価されそれらの平滑化された座標が決定されるまで、繰り返すように構成される。

【0143】

平滑化工程が完了すると、複合表面モデル70の生成も完了し、その結果が、対象の構造の三次元複合表面モデルである。

【0143】

上述のシステム10の構造に加えて、本開示の別の局面は、一つ以上の幾何学的構造の三次元表面モデルを生成するための方法であることが理解される。例示的な実施形態において、上述のように、システム10のモデル構築システム14、特にモデル構築システム14の処理装置16は、当該方法を行うように構成される。しかし他の例示的な実施形態

20

【0144】

において、処理装置16は、方法の全てではなく一部を行うように構成される。こうした実施形態において、システム10、特にシステム10のモデル構築システム14の一部分である別の構成要素、又はシステム10、特にシステム10の処理装置16と通信するように構成された別の構成要素は、方法の一部を行うように構成される。

30

【0145】

いずれの例においても、図5を参照すると、例示的な実施形態において、方法は、最も一般的な形態で、対象の構造の各対象領域について、三次元表面モデルを生成するステップ100を含む。複数の対象領域の複数の表面モデルが生成される例示的な実施形態において、方法は、個別表面モデルを結合して対象の構造の複合表面モデルを形成するステップ102を含んでもよい。

【0145】

例示的な実施形態において、生成するステップ100は、対象の構造の各対象領域について、場所データ点の集合を獲得するサブステップ104を含む。場所データ点の各集合は、場所データ点の当該集合が対応する各対象領域の表面上のそれぞれの位置に対応する複数の場所データ点を含む。場所データ点は、様々な方法で獲得されてもよい。一例示的な実施形態において、獲得するステップは、メモリ又は記憶装置から場所データ点を取得することを含んでもよい。別の例示的な実施形態において、獲得するステップは、例えば、カテーテルに取り付けられたセンサを用いて、対象領域のそれぞれの表面から場所データ点を収集することを含んでもよい。例示と説明を容易にする目的のために、そして簡潔さのために、以下の記載は、場所データ点の単一の集合に関するものである。しかし以下の記載は、対象の構造の対象領域の表面モデルを生成するために用いられる場所データ点の各集合に適用されることが理解される。したがって、以下に説明する方法のステップは、場所データ点の獲得された各集合に対して行われる。

40

【0146】

場所データ点の集合が獲得されると、生成するステップ100は、場所データ点の獲得された集合に対応するボクセル格子を構築するサブステップ106を含む。ボクセル格子は、複数のボクセルを含み、生成するステップ100は、ボクセル格子のどのボクセルが、対象領域の表面モデルを生成するのに用いられるかを決定又は特定するサブステップ108を含む。例えば、表面モデル58の生成に関して上述した技術を含むがそれらには限定されない様々な技術が、表面モデルの生成に用いられるボクセルを決定又は特定するた

50

めに用いられてもよい。サブステップ108のボクセルの特定に続いて、生成するステップ100は、対象領域について、多面化表面モデルを生成するサブステップ110を含む。例示的な実施形態において、サブステップ10は、サブステップ108で特定されたボクセル格子のボクセルからアルファ包近似を計算／算出又は抽出することによって、多面化表面モデルを生成することを含んでもよい。しかし、当該分野に公知の他の技術が用いられてもよく、そのような技術は本開示の精神及び範囲の中にあることが理解される。

【0147】

対象領域の表面モデルが生成されると、複数の生成後の工程が、表面モデルの多面化表面に対して行われてもよい。例えば、例示的な実施形態において、方法は、表面モデルの多面化表面をデシメーションして、多面化表面から余分な小面を削除するステップ116を含む。デシメーションステップ116は、例えば、表面モデル58の多面化表面のデシメーションに関して上述し図13A及び13Bに示したステップを含んでもよいが、それらには限定されない。よって上記の説明は繰り返されず、むしろここに参照により組み込まれる。

10

【0148】

ステップ100で生成された表面モデルの多面化表面がデシメーションされてもされなくても、表面モデルの多面化表面に対して行われ得る別の生成後の工程は、平滑化工程である。したがって、例示的な実施形態において、方法は平滑化するステップ138を含む。平滑化するステップは、例えば表面モデル58の多面化表面の平滑化に関して上述し図15に示したステップを含むが、それらには限定されない。よって上記の説明は繰り返されず、むしろここに参照により組み込まれる。

20

【0149】

例示的な実施形態において、表面モデルが対象の構造の各対象領域について生成されると、個別表面モデルを結合して複合表面モデルを生成するステップ102が行われてもよい。例示的な実施形態において、結合するステップ102は、個別表面モデルのブルユニオン近似を算出又は計算することを含む。

【0150】

結合するステップ102は、複数のサブステップを含んでもよい。複合表面モデル70の生成に関して上述した図17に示すような例示的な実施形態において、比較的一般的に、結合するステップ102は、対象の構造の対象領域の個別表面モデルに対応し且つ当該モデルを含む、複数のボクセルから構成されるボクセル格子を算出又は構築するサブステップ146を含む。例示的な実施形態において、サブステップ146は、個別表面モデルの多面化表面を読み出すステップ148と、各個別表面モデルの頂点を整数座標の三次元空間に変換するステップ150と、これら頂点を含む境界ボックスを画定するステップ152と、最後に、画定された境界ボックスに対応するボクセル格子を計算又は算出するステップ153とを含む。

30

【0151】

ボクセル格子が構築されると、例示的な実施形態において、結合するステップ102は、ボクセル格子のどのボクセルが、複合表面モデルの生成に用いられるかを決定又は特定するサブステップ154を含む。例えば、複合表面モデル70の生成に関して上述したレイキャ스팅技術を含むがそれには限定されない様々な技術が、表面モデルの生成に用いられるボクセルを決定又は特定するために用いられてもよい。サブステップ154のボクセルの特定に続いて、結合するステップ102は、対象の構造について、多面化複合表面モデルを生成するサブステップ156を含む。例示的な実施形態において、サブステップ156は、例えば、それには限定されないがマーチングキューブ法の技術を用いて、サブステップ154で特定されたボクセル格子のボクセルから多面化表面モデルを抽出するステップ158を含んでもよい。しかし、当該分野に公知の他の技術が用いられてもよく、そのような技術は、本開示の精神及び範囲の中にあることが理解される。

40

【0152】

上述の個別表面モデルと同様に、対象の構造の複合表面モデルが生成されると、複数の

50

生成後の工程が、複合表面モデルの多面化表面に対して行われてもよい。例えば、例示的な実施形態において、方法は、表面モデルの多面化表面をデシメーションして、多面化表面から余分な小面を削除するステップ 160 を含む。デシメーションステップ 160 は、例えば、表面モデル 58 及び複合表面モデル 70 の多面化表面のデシメーションに関して上述し図 13A 及び 13B に示したステップを含んでもよいが、それらには限定されない。よって上記の説明は繰り返されず、むしろここに参照により組み込まれる。

【0153】

複合表面モデルの多面化表面がデシメーションされようとされまいと、行われ得る別の生成後の工程は、平滑化工程である。したがって、例示的な実施形態において、方法は、平滑化するステップ 162 を含む。平滑化するステップ 162 は、例えば、表面モデル 58 及び複合表面モデル 70 の多面化表面の平滑化に関して上述し図 15 に示したステップを含むが、それらには限定されない。よって上記の説明は繰り返されず、むしろここに参照により組み込まれる。

【0154】

システム 10 に関して、先に詳述された追加の機能、ならびにモデル構築システム 14、及び特にモデル構築システム 14 の処理装置 16 もまた、発明の方法の一部であってもよいことが理解される。したがって、こうした機能が方法に関して明示的に記載されていない範囲において、機能に関する上記の説明はここに参照により組み込まれる。

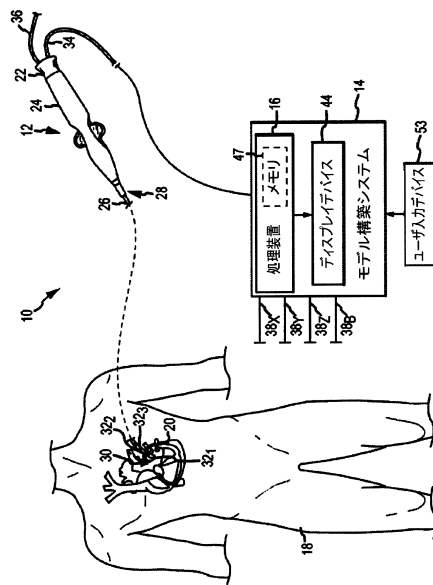
【0155】

上述のような、モデル構築システム 14、及び特に処理装置 16 は、関連付けられるメモリに格納された事前にプログラミングされた命令を実行できる、当該分野において公知の従来の処理装置を含んでもよく、事前プログラミングされた命令は全て本明細書に記載された機能に従って行うものであることが理解されるべきである。本発明の実施形態の方法のステップを含むがそれらには限定されない、本明細書に記載された方法は、好適な実施形態においてプログラミングされ、結果として生じるソフトウェアは、関連付けられるメモリに格納され、またそのように記載される場合においては、こうした方法を行うための手段を構成してもよいことが企図される。上記の可能にする記載を鑑みると、ソフトウェアでの本発明の実装は、当業者によるプログラミング技術の日常的な利用を必要とするにすぎない。こうしたシステムはさらに、ソフトウェアを格納でき、かつ動的に作り出されたデータ及び／又は信号の格納及び処理を可能にできるような、ROM、RAM、不揮発性及び揮発性（修正可能）のメモリの組み合わせの全てを有する種類のものであってもよい。

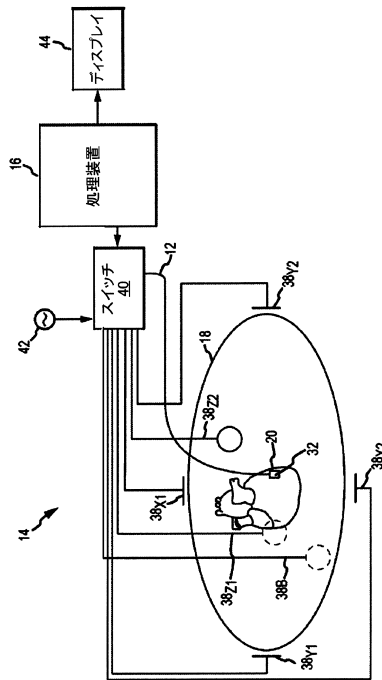
【0156】

特定の実施形態のみを、ある程度詳細に上述したが、当業者は、本開示の範囲を逸脱することなく、開示された実施形態に対して様々な変更を行える。結合に関する言及（例えば、添付された、結合された、接続された、など）は広く解釈され、要素の接続間の中間の部材や、要素間の相対的な動きを含んでもよい。したがって、結合に関する言及は、その 2 つの要素が直接的に接続／結合され、互いに固定した関係にあることを必ずしも暗示しない。さらに、電氣的に接続される、通信するという用語は、有線接続及び有線通信と無線接続及び無線通信との両方を含むように広く解釈されることを意図する。上記の説明に含まれる、又は添付の図面に示された全ての事項は、単なる例示として解釈され、限定として解釈されないことが意図される。詳細又は構造の変更が、添付の特許請求の範囲に定義される本発明を逸脱することなく行われてもよい。

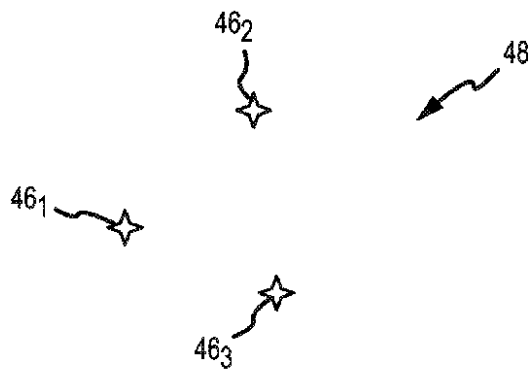
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4 A - 4 D】

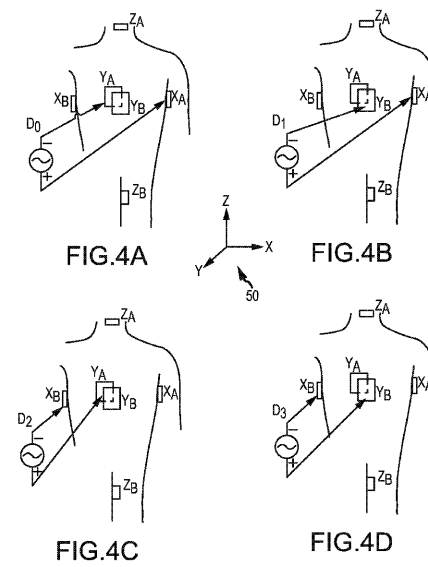
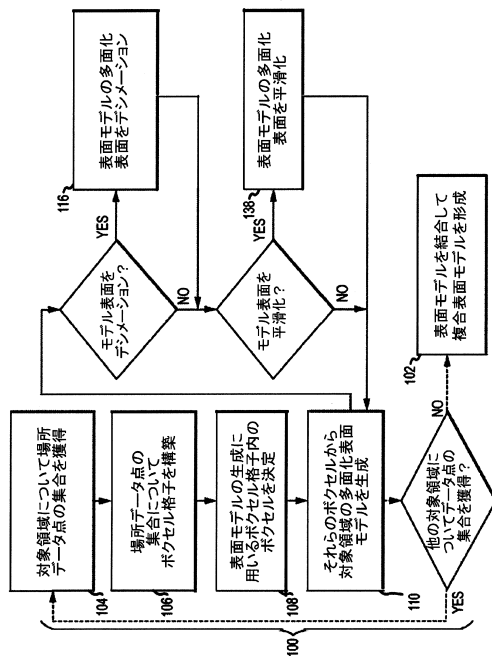
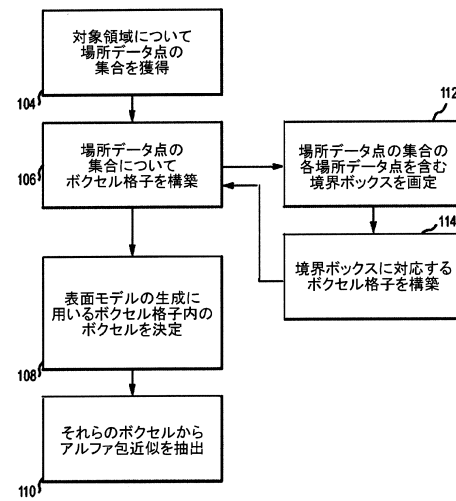


FIG.3

【図 5】



【図 6】



【図 7】

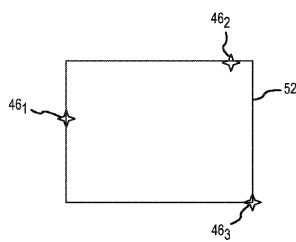


FIG.7

【図 9】

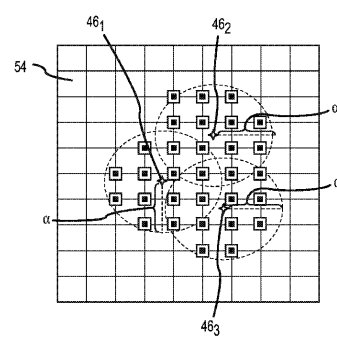
□ 56_i

FIG.9

【図 8】

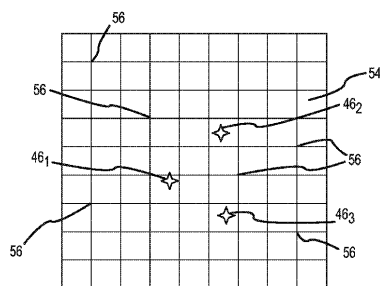


FIG.8

【図 10】

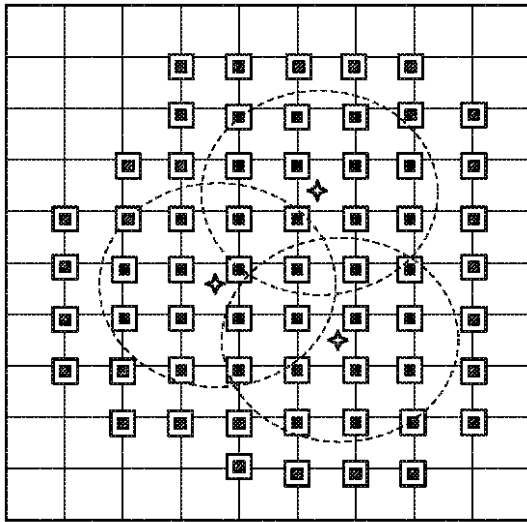
■ 56_I■ 56_E

FIG.10

【図 11】

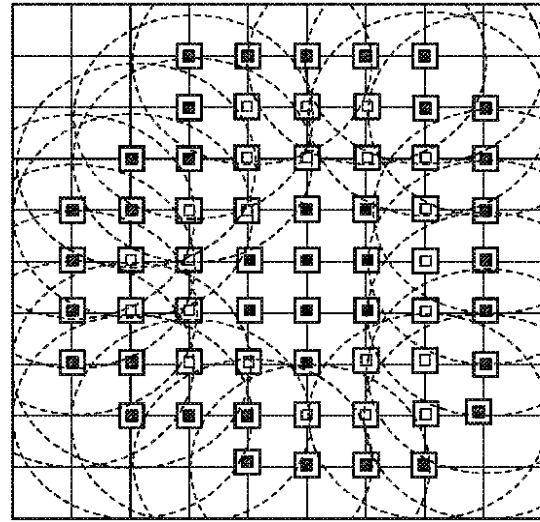
■ 56_I■ 56_E□ 56_E

FIG.11

【図 12】

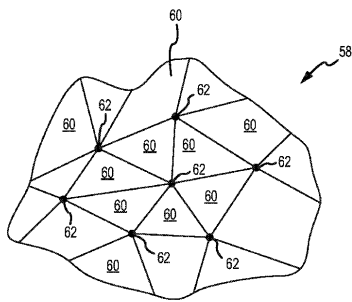
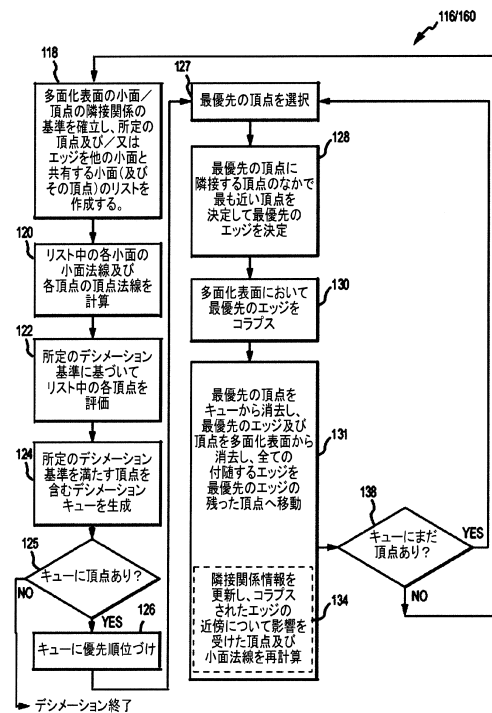
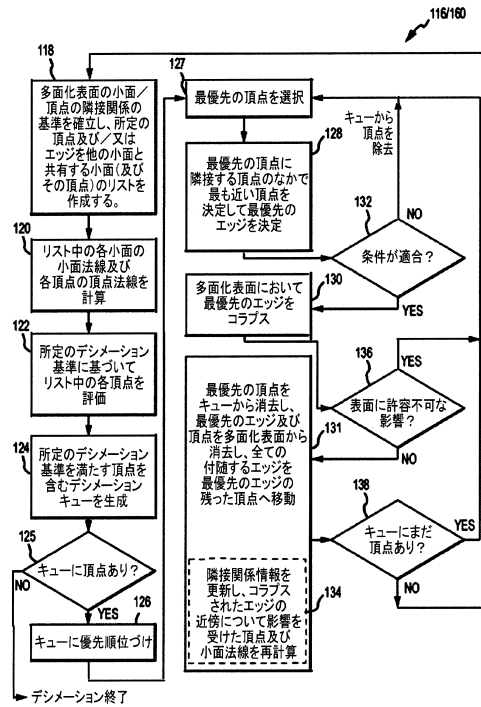


FIG.12

【図 13 A】



【図 13B】



【図 14】

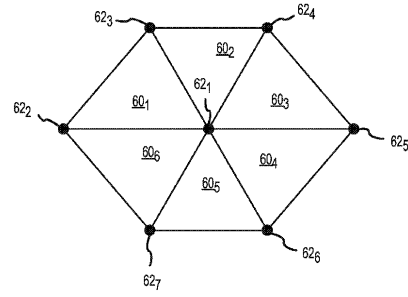
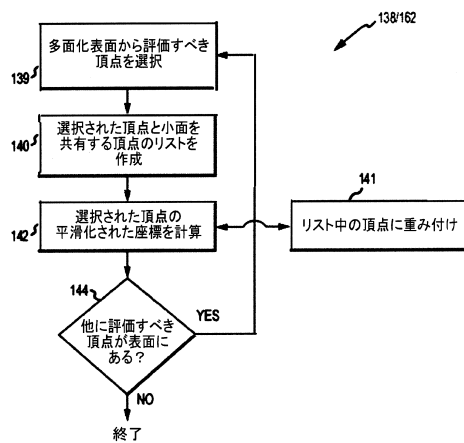


FIG.14

【図 15】



【図 16】

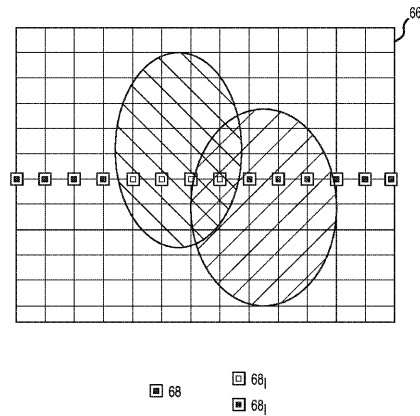
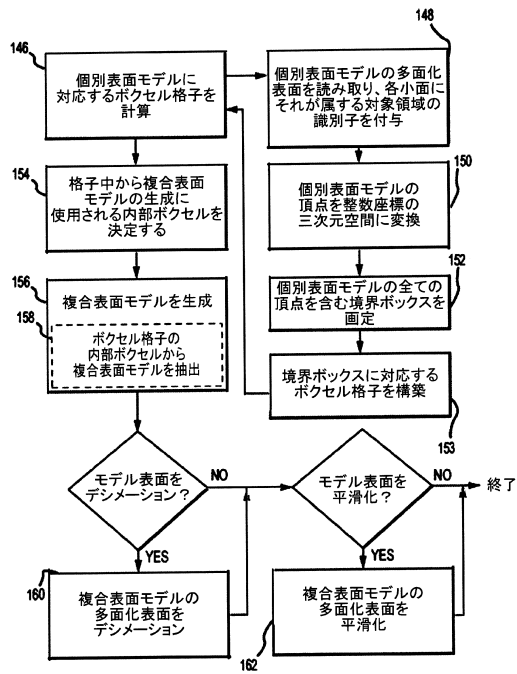


FIG.16

【図 17】



【図 18】

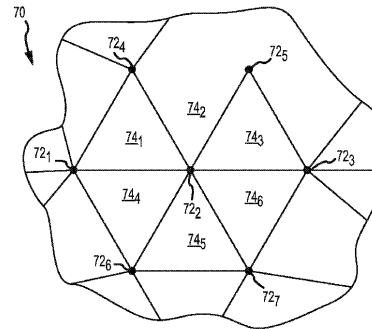


FIG.18

【図 19】

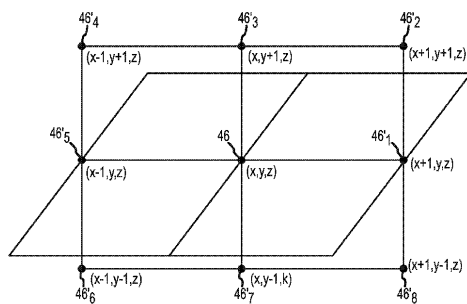


FIG.19

フロントページの続き

- (72)発明者 ヴィルコフ ヴァシリー
アメリカ合衆国、 5 5 4 2 4 ミネソタ州、 ブレイン、 4 番 シーティー ノースウェスト
1 2 2 1 6
- (72)発明者 スタークス ダニエル アール .
アメリカ合衆国、 5 5 0 4 2、 ミネソタ州、 レイク エルモ、 アイル アベニュー ノー
ス 5 0 6 5
- (72)発明者 キアン ジアン
アメリカ合衆国、 5 5 2 4 2、 ミネソタ州、 エディナ 6 2 番ストリート ウェスト 4 1
0 0
- (72)発明者 ボス エリック ジェー .
アメリカ合衆国、 5 5 1 0 9 ミネソタ州、 マーブルウッド、 エドワード ストリート 2 9 6 8

審査官 安田 明央

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 7 1 6 2 7 (U S , A 1)
特開 2 0 0 1 - 0 6 1 7 8 9 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 2 5 9 6 9 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 2 1 2 7 9 5 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 B 6 / 0 0 - 6 / 1 4
G 0 6 F 1 7 / 5 0
G 0 6 T 1 7 / 2 0