

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6785362号  
(P6785362)

(45) 発行日 令和2年11月18日(2020.11.18)

(24) 登録日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>G06T</b>	<b>19/00</b>	<b>(2011.01)</b>	G06T	19/00	A
<b>G06T</b>	<b>15/00</b>	<b>(2011.01)</b>	G06T	15/00	501
<b>A61B</b>	<b>5/055</b>	<b>(2006.01)</b>	A61B	5/055	380
G01B	11/24	(2006.01)	G01B	11/24	A
G01B	11/25	(2006.01)	G01B	11/25	H

請求項の数 19 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-507783 (P2019-507783)  
 (86) (22) 出願日 平成29年8月9日(2017.8.9)  
 (65) 公表番号 特表2019-533218 (P2019-533218A)  
 (43) 公表日 令和1年11月14日(2019.11.14)  
 (86) 国際出願番号 PCT/KR2017/008609  
 (87) 国際公開番号 W02018/030781  
 (87) 国際公開日 平成30年2月15日(2018.2.15)  
 審査請求日 平成31年2月12日(2019.2.12)  
 (31) 優先権主張番号 10-2016-0102070  
 (32) 優先日 平成28年8月10日(2016.8.10)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関 韓国 (KR)

(73) 特許権者 506414749  
 コー・ヤング・テクノロジー・インコーポ  
 レーテッド  
 大韓民国 08588 ソウルクムチョン  
 -グ カサン デジタル2ロ 53、14  
 F  
 (73) 特許権者 512009953  
 キュンボク ナショナル ユニバーシティ  
 インダストリー-アカデミック コーオ  
 ペレーション ファウンデーション  
 大韓民国 702-701 テグ プサー  
 ク テハク-ロ 80  
 (74) 代理人 100079049  
 弁理士 中島 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元データ整合装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

3次元データ整合装置の処理部が、ターゲットの3次元モデルの表面を表す第1の3次元データの中心座標に基づいて算出された基準距離を用いて、前記第1の3次元データを2次元変換して第1の2次元データを生成する段階と、

前記処理部が、前記第1の3次元データの前記中心座標に基づいて算出された前記基準距離を用いて、前記ターゲットの3次元表面の少なくとも一部を表す第2の3次元データを2次元変換して第2の2次元データを生成する段階と、

前記処理部が、前記第1の2次元データに前記第2の2次元データをマッチングして前記第1の2次元データ上の第1のマッチング領域、及び前記第2の2次元データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階と、

前記処理部が、前記第1のマッチング領域に対応する前記第1の3次元データの複数のポイント、及び前記第2のマッチング領域に対応する前記第2の3次元データの複数のポイントを初期位置として設定する段階と、

前記処理部が、前記初期位置を用いて前記第1の3次元データ及び前記第2の3次元データを整合する段階とを含む3次元データ整合方法。

【請求項2】

前記第1のマッチング領域及び第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階は、前記処理部が、前記第1の2次元データ及び前記第2の2次元データをそれぞれ偏微分して第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データを生成する段階と、

10

20

前記処理部が、前記第1の2次元曲率データ及び前記第2の2次元曲率データをマッチングして前記第1の2次元曲率データ上の第1のマッチング領域、及び前記第2の2次元曲率データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階とを含む、請求項1に記載の3次元データ整合方法。

【請求項3】

前記第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データを生成する段階は、前記処理部が、前記第1の2次元データ上の各ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて前記第1の2次元曲率データを生成する段階と、前記処理部が、前記第2の2次元データ上の各ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて前記第2の2次元曲率データを生成する段階とを含む、請求項2に記載の3次元データ整合方法。

10

【請求項4】

前記第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データを生成する段階は、前記処理部が、前記第1の2次元曲率データとして、前記第1の2次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたは前記第1の2次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データを生成する段階と、前記処理部が、前記第2の2次元曲率データとして、前記第2の2次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたは前記第2の2次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データを生成する段階とを含む、請求項2に記載の3次元データ整合方法。

【請求項5】

前記第1の3次元データを2次元変換して第1の2次元データを生成する段階は、前記処理部が、前記第1の3次元データの前記中心座標を決定する段階と、前記処理部が、前記中心座標から前記第1の3次元データの各ポイントまでの距離の平均値を算出する段階と、前記処理部が、前記算出された平均値を前記基準距離にして前記第1の3次元データを前記第1の2次元データに球形アンラッピング(spherical unwrapping)する段階(ここで、前記第1の2次元データの各ポイントの値は、前記第1の2次元データの各ポイントに対応する前記第1の3次元データのポイントから前記中心座標までの距離を表す)とを含む請求項1に記載の3次元データ整合方法。

20

【請求項6】

前記第2の3次元データを2次元変換して前記第2の2次元データを生成する段階は、前記処理部が、前記第2の3次元データが前記基準距離を半径として有する球の表面上に位置するように前記第2の3次元データを移動させる段階と、前記処理部が、前記基準距離に基づいて前記第2の3次元データを前記第2の2次元データに球形アンラッピングする段階(ここで、前記第2の2次元データの各ポイントの値は、前記第2の2次元データの各ポイントに対応する前記第2の3次元データのポイントから前記球の中心座標までの距離を表す)とを含む請求項5に記載の3次元データ整合方法。

30

【請求項7】

前記第1のマッチング領域及び第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階は、前記処理部が、前記第1の2次元データにおいて前記第2の2次元データの所定の領域と最大の類似度を有する領域を決定する段階と、前記処理部が、前記第1の2次元データで決定された領域内で前記第1のマッチング領域を決定する段階と、前記処理部が、前記第2の2次元データの所定の領域内で前記第2のマッチング領域を決定する段階とを含む、請求項1に記載の3次元データ整合方法。

40

【請求項8】

前記初期位置を設定する段階は、前記処理部が、前記第1の3次元データで前記第1のマッチング領域に対応する複数のポイント、及び前記第2の3次元データで前記第2のマッチング領域に対応する複数のポイントを前記初期位置として設定する段階を含む、請求項1に記載の3次元データ整合方法。

【請求項9】

前記処理部が、前記ターゲットの3次元モデルを示すCTデータまたはMRIデータを受信する段階と、前記処理部が、前記CTデータまたは前記MRIデータから前記CTデ

50

ータの表面データまたは前記MRIデータの表面データを前記第1の3次元データとして抽出する段階とをさらに含む、請求項1に記載の3次元データ整合方法。

【請求項10】

ターゲットの3次元モデルの表面を表す第1の3次元データの中心座標に基づいて算出された基準距離を用いて、前記第1の3次元データを2次元変換して第1の2次元データを生成する第1変換部と、前記第1の3次元データの前記中心座標に基づいて算出された前記基準距離を用いて、前記ターゲットの3次元表面の少なくとも一部を示す第2の3次元データを2次元変換して第2の2次元データを生成する第2変換部と、前記第1の2次元データに前記第2の2次元データをマッチングして前記第1の2次元データ上の第1のマッチング領域、及び前記第2の2次元データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定し、前記第1のマッチング領域に対応する前記第1の3次元データの複数のポイント、及び前記第2のマッチング領域に対応する前記第2の3次元データの複数のポイントを初期位置として設定する初期位置設定部と、前記初期位置を用いて前記第1の3次元データ及び前記第2の3次元データを整合するデータ整合部とを含む3次元データ整合装置。

10

【請求項11】

前記第1の2次元データ及び前記第2の2次元データをそれぞれ偏微分して第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データを生成する曲率変換部をさらに含み、前記初期位置設定部は、前記第1の2次元曲率データ及び前記第2の2次元曲率データをマッチングして前記第1の2次元曲率データ上の第1のマッチング領域、及び前記第2の2次元曲率データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定する、請求項10に記載の3次元データ整合装置。

20

【請求項12】

前記曲率変換部は、前記第1の2次元データ上の各ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて前記第1の2次元曲率データを生成し、前記第2の2次元データ上の各ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて前記第2の2次元曲率データを生成する、請求項11に記載の3次元データ整合装置。

【請求項13】

前記曲率変換部は、前記第1の2次元曲率データとして、前記第1の2次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたは前記第1の2次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データを生成し、前記第2の2次元曲率データとして、前記第2の2次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたは前記第2の2次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データを生成する、請求項11に記載の3次元データ整合装置。

30

【請求項14】

前記第1変換部は、前記第1の3次元データの前記中心座標を決定し、前記中心座標から前記第1の3次元データの各ポイントまでの距離の平均値を算出し、前記算出された平均値を前記基準距離にして前記第1の3次元データを前記第1の2次元データに球形アンラッピングし、前記第1の2次元データの各ポイントの値は、前記第1の2次元データの各ポイントに対応する前記第1の3次元データのポイントから前記中心座標までの距離を表す、請求項10に記載の3次元データ整合装置。

【請求項15】

前記第2変換部は、前記第2の3次元データが前記基準距離を半径として有する球の表面上に位置するように前記第2の3次元データを移動させ、前記基準距離に基づいて前記第2の3次元データを前記第2の2次元データに球形アンラッピングし、前記第2の2次元データの各ポイントの値は、前記第2の2次元データの各ポイントに対応する前記第2の3次元データのポイントから前記球の中心座標までの距離を表す、請求項14に記載の3次元データ整合装置。

40

【請求項16】

前記初期位置設定部は、前記第1の2次元データにおいて前記第2の2次元データの所定の領域と最大の類似度を有する領域を決定し、前記第1の2次元データで決定された領域内で前記第1のマッチング領域を決定し、前記第2の2次元データの所定の領域内で前

50

記第2のマッチング領域を決定する、請求項10に記載の3次元データ整合装置。

【請求項17】

前記初期位置設定部は、前記第1の3次元データで前記第1のマッチング領域に対応する複数のポイント、及び前記第2の3次元データで前記第2のマッチング領域に対応する複数のポイントを前記初期位置として設定する、請求項10に記載の3次元データ整合装置。

【請求項18】

前記ターゲットの3次元モデルを表すCTデータまたはMRIデータを受信する通信部と、前記CTデータまたは前記MRIデータから前記CTデータの表面データまたは前記MRIデータの表面データを前記第1の3次元データとして抽出する表面抽出部とをさらに含む、請求項10に記載の3次元データ整合装置。

10

【請求項19】

請求項1ないし請求項9のうちいずれか1項に記載の方法の各段階を行う命令語を含むプログラムを格納するコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元データ整合装置及び方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

医療分野で検診と治療を目的に、患者の患部のような対象に対してそれぞれ異なる装置によって複数の3次元データが取得され得る。これらの3次元データそれぞれは当該データを生成した装置による固有座標系を有し得る。例えば、MRI装置を用いて患者の患部をモデリングして生成されたMRIデータと、3次元測定装置を用いて該当患部を撮影して生成された3次元測定データは相異なる座標系を有する。

20

【0003】

相異なる座標系を有する複数の3次元データが検査または治療の目的で共に用いられる場合には、これらの3次元データを適切な方法で結合することができる。例えば、医師が患者を手術するとき、患者の患部とその患部を囲んだ外部の構造及び形状を正確に把握するために、その患部を予めモデリングして生成されたMRIデータと、その患部の外部を撮影して生成された3次元測定データが共に用いられ得る。相異なる座標系を有するデータを結合して用いるためには、これらのデータに関わる座標系を1つの座標系に変換ないし整列する必要がある。例えば、MRIデータの座標系を3次元測定データの座標系に変換したり、3次元測定データの座標系をMRIデータの座標系に変換したり、MRIデータ及び3次元測定データの座標系を第3の座標系に変換することができる。

30

【0004】

一方、相異なる座標系を有するデータ間の整合のために様々な整合アルゴリズムが用いられる。整合アルゴリズムの一例によれば、データ間の類似度が高まる方向でデータ間の相対的な位置が変化し、最大の類似度を有するデータ間の相対的な位置が決定され得る。このような整合アルゴリズムは、整合のためにデータで初期位置を指定することができる。この場合、整合するデータで初期位置が間違っ指定される場合、整合されたデータ間の類似度は初期位置の周辺でローカル的に最大になるだけであり、データの全領域で最大にならないこともある。換言すれば、整合するデータで初期位置が間違っ指定される場合、データ間に不正確な整合が行われ得る。また、このように整合するデータで初期位置が間違っ指定される場合、最適の整合を行うまで多くの時間が必要であるという問題がある。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、3次元データから変換された2次元データに基づいて当該3次元データ上に

50

整合のための初期位置を設定することにより、データ整合の正確性と効率性を向上することができる、3次元データ整合方法及び装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一側面は、3次元データを整合する方法を提供する。例示的な実施例による方法は、ターゲットの3次元モデルの表面を表す第1の3次元データを2次元変換して第1の2次元データを生成する段階と、ターゲットの3次元表面の少なくとも一部を表す第2の3次元データを2次元変換して第2の2次元データを生成する段階と、第1の2次元データに第2の2次元データをマッチングして第1の2次元データ上の第1のマッチング領域、及び第2の2次元データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階と、第1のマッチング領域に対応する第1の3次元データの複数のポイント、及び第2のマッチング領域に対応する第2の3次元データの複数のポイントを初期位置として設定する段階と、初期位置を用いて第1の3次元データ及び第2の3次元データを整合する段階とを含む。

10

【0007】

また、例示的な実施例によれば、前記第1のマッチング領域及び第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階は、第1の2次元データ及び第2の2次元データをそれぞれ偏微分して第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データを生成する段階と、第1の2次元曲率データ及び第2の2次元曲率データをマッチングして第1の2次元曲率データ上の第1のマッチング領域、及び第2の2次元曲率データ上の第2のマッチング領域をそれぞれ決定する段階とを含む。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明の少なくとも一実施例によれば、3次元データの整合のための初期位置を指定するために、整合の対象である3次元データ間の直接マッチングを実行する代わりに、3次元データから変換された2次元データ間のマッチングを実行する。このようにマッチングされた領域のデータを再び3次元変換して整合のための初期位置を設定する。その結果、適切な初期位置の設定が可能となり、3次元データ間の整合の正確性と効率性が向上する効果を得ることができる。

【0009】

また、本発明の少なくとも一実施例によれば、3次元データから変換された2次元データをマッチングすることにおいて、当該2次元データをそれぞれ偏微分して生成された曲率データ間のマッチングを実行する。その結果、初期位置がさらに正確に設定されることにより、3次元データ間の整合の正確性と効率性がさらに向上する効果を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施例による表面整合システムを概略的に示す図である。

【図2】本発明の一実施例による3次元データ整合装置の詳細な構成を示すブロック図である。

40

【図3】本発明の一実施例によりモデル表面データから2次元変換されたモデル表面2次元データを示す図である。

【図4】本発明の一実施例により測定表面データから2次元変換された測定表面2次元データを示す図である。

【図5】本発明の一実施例により測定表面データから2次元変換された測定表面2次元データを示す図である。

【図6】本発明の一実施例によりモデル表面2次元データにマッチングされた測定表面2次元データを示す図である。

【図7】本発明の一実施例によりモデル表面2次元データにマッチングされた測定表面2次元データを示す図である。

50

【図 8】本発明の一実施例によりモデル表面 2 次元曲率データを偏微分して生成した測定表面 2 次元曲率データを示す図である。

【図 9】本発明の一実施例によりモデル表面 2 次元曲率データを偏微分して生成した測定表面 2 次元曲率データを示す図である。

【図 10】本発明の一実施例によりモデル表面 2 次元曲率データを偏微分して生成した測定表面 2 次元曲率データを示す図である。

【図 11】本発明の一実施例により初期位置が設定されたモデル表面データ及び測定表面データを示す図である。

【図 12】本発明の一実施例により初期位置が設定されたモデル表面データ及び測定表面データを示す図である。

【図 13】本発明の実施例により 3 次元データを整合する方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の実施例は本発明を説明するための目的で例示されたものである。本発明の実施例は様々な形態で実施され得、本発明が下記に提示された実施例やこれらの実施例に関する具体的な説明に限定されると解釈してはならない。

【0012】

本明細書で使われる用語「部」はソフトウェア、FPGA (field-programmable gate array)、ASIC (application specific integrated circuit) のようなハードウェア構成要素を意味する。しかし、「部」はハードウェア及びソフトウェアに限定されるものではない。「部」はアドレッシングできる保存媒体にあるように構成され得、1つまたはそれ以上のプロセッサを再生させるように構成され得る。よって、一例として「部」はソフトウェア構成要素、オブジェクト指向ソフトウェア構成要素、クラス構成要素及びタスク構成要素のような構成要素と、プロセッサ、関数、属性、プロシージャ、サブルーチン、プログラムコードのセグメント、ドライバー、ファームウェア、マイクロコード、回路、データ、データベース、データ構造、テーブル、アレイ及び変数を含む。構成要素と「部」内で提供される機能はさらに小さい数の構成要素及び「部」に結合されたり、追加的な構成要素と「部」にさらに分離され得る。

【0013】

本明細書で使われる全ての技術的な用語及び科学的な用語は、異なって定義されていない限り、本発明が属する技術分野で通常の知識を有する者に一般的に理解される意味を有する。本明細書で使われる全ての用語は本発明をさらに明確に説明するための目的で選択されたものであり、本発明の範囲を制限するために選択されたものではない。

【0014】

本願の明細書で記述された単数形の表現は、別途に言及しない限り複数形の表現も共に含めることができ、これは請求項に記載された単数形の表現にも同様に適用される。

【0015】

本発明の様々な実施例で使われる「第 1」、「第 2」などの表現は複数の構成要素を相互に区分するために使われるだけであり、当該構成要素の順序または重要度を限定するものではない。

【0016】

本明細書で使われる「含む」及び「有する」のような表現は、当該表現が含まれる文句または文章で特に異なって言及されない限り、他の実施例を含む可能性を内包する開放型用語 (open-ended terms) として理解されるべきである。

【0017】

本明細書で「～に基づいて」という表現は、当該表現が含まれる文句で記述される決定または判断の行為または動作に影響を与える 1 つ以上の因子を記述するのに使われ、この表現は決定または判断の行為または動作に影響を与える追加的な因子を排除するわけではない。

10

20

30

40

50

## 【0018】

本明細書で、ある構成要素が他の構成要素に「連結されて」いたり「接続されて」いると言及されたときは、上記ある構成要素が上記他の構成要素に直接的に連結されていたりまたは接続されている可能性もあるものの、上記ある構成要素と上記他の構成要素の間に新しい他の構成要素が存在し得ると理解すべきである。

## 【0019】

以下、添付の図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。図面上の同一の構成要素については同一の参照符号を使い、同一の構成要素について重複する説明は省略する。

## 【0020】

図1は、本発明の一実施例による表面整合システム100を概略的に示す図である。図1に示すように、表面整合システム100は、3次元データ整合装置120、3次元スキャナ140及びオプティカルトラッカー160を含む。

## 【0021】

本実施例で3次元データ整合装置120は、患者20の患部のようなターゲットをモデリングして生成したモデルデータを格納及び表示することができる。ここで、「モデルデータ」とは、ターゲットの3次元形状または構造をモデリングする、CT装置やMRI装置のようなモデリング装置（図示せず）によって生成された、ターゲットの3次元データを意味することができる。モデルデータはモデリング装置に関する固有座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$ 座標系）を有することができる。図1に示す例で、モデルデータは、CT装置やMRI装置のようなモデリング装置が、患者20の身体の一部をターゲットにしてモデリングして生成したCT/MRIデータ10であり得る。この場合、CT/MRIデータ10はCT/MRI装置に関する固有座標系を有する。

## 【0022】

3次元スキャナ140は、ターゲットの表面を写真測量法（photogrammetry）、構造化パターン光測定法（structured light 3D scanning）、変調光測定法（Modulated light 3D scanning）、ステレオ撮影法（stereo photography）、ライダー（LIDAR）、超音波TOF（Ultrasonic Time-of-Flight）またはレーザーTOFなどのような様々な技法を用いて3次元で測定して測定表面データを生成することができる。図1に示すように、3次元スキャナ140は患者20の身体表面の一部をターゲットにして測定して測定表面データを生成することができる。3次元スキャナ140が測定したターゲットは、先にモデルデータとしてモデリングされたターゲットの外部表面またはその一部であり得る。例えば、モデルデータが患者20の頭の3次元形状をモデリングしたデータである場合、測定表面データは患者20の頭の表面にある目、鼻、口、耳などの外部形状を測定したデータであり得る。測定表面データは3次元スキャナ140に関する固有座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$ 座標系）を有することができる。測定表面データの座標系は、モデルデータの座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$ 座標系）とも相異し、オプティカルトラッカー160の座標系（例えば、 $x_0$   $y_0$   $z_0$ 座標系）とも相異し得る。

## 【0023】

本発明の一実施例による表面整合システム100は、モデルデータの座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$ 座標系）と測定表面データの座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$ 座標系）をオプティカルトラッカー160の座標系（例えば、 $x_0$   $y_0$   $z_0$ 座標系）に変換ないし整列することができる。3次元データ整合装置120は座標系が相異なるモデルデータと測定表面データの整合を実行することができる。モデルデータと測定表面データの整合を実行するために、3次元データ整合装置120はモデルデータから表面データ（以下、「モデル表面データ」という）を抽出し、モデル表面データと測定表面データの間の整合を実行することができる。ここで、モデル表面データの座標系は、モデルデータの座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$ 座標系）と同一であり得る。また、オプティカルトラッカー160は、3次元スキャナ140に装着されたマーカー142を媒介に、測定表面データの座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$ 座標系）をオプティカルトラッカー160の座標系（例え

10

20

30

40

50

ば、 $x_0$   $y_0$   $z_0$ 座標系)に変換することができる。その結果、3次元データ整合装置120によって測定表面データと整合されたモデルデータ及びモデル表面データの座標系(例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$ 座標系)もオプティカルトラッカー160の座標系(例えば、 $x_0$   $y_0$   $z_0$ 座標系)に変換される。

#### 【0024】

3次元データ整合装置120は様々な整合アルゴリズムを用いてモデル表面データと測定表面データの間の実行することができる。例えば、3次元データ整合装置120は、ICP(Iterative Closest Point)アルゴリズムを用いて整合を実行することができる。3次元データ整合装置120は整合のために3次元データで初期位置を設定し、設定された初期位置に基づいて整合アルゴリズムを実行することができる。例えば、3次元データ整合装置120は、初期位置としてモデル表面データと測定表面データ上の所定の領域または所定のポイントに基づいてモデル表面データと測定表面データの間の類似度を計算し、類似度が高まる方向にモデル表面データの測定表面データに対する相対的な位置を変化させることができる。例えば、3次元データ整合装置120は、モデル表面データと測定表面データで最短距離にあるポイント等に対応点セットと定義し、対応点セット間の距離の和で類似度を計算することができる。

#### 【0025】

3次元データ整合装置120は、整合に用いられる初期位置を設定するために、モデル表面データを2次元的に変換したモデル表面2次元データと測定表面データを2次元的に変換した測定表面2次元データを用いることができる。3次元データ整合装置120は、モデル表面データ(または測定表面データ)の各ポイントの3次元座標を、モデル表面2次元データ(または測定表面2次元データ)の各ポイントの2次元座標及び当該ポイントの値(例えば、明るさ値)でマッピングすることができる。一実施例によれば、3次元データ整合装置120は、球形アンラッピング(spherical unwrapping)を通じて2次元データ変換を行うことができる。球形アンラッピングによれば、2次元データの各ポイントの2次元座標は、3次元球座標系で対応するポイントの2つの角度成分から決定され得る。また、2次元データの各ポイントの値は、3次元球座標系で対応するポイントから原点までの距離によって決定され得る。他の実施例によれば、3次元データ整合装置120は、円筒形アンラッピング(cylindrical unwrapping)変換、等長方形アンラッピング(equirectangular unwrapping)のような様々な形態の2次元データ変換アルゴリズムを用いることができる。

#### 【0026】

一実施例によれば、3次元データ整合装置120は、モデル表面2次元データ及び測定表面2次元データのそれぞれの曲率を算出してモデル表面2次元曲率データ及び測定表面2次元曲率データを生成することができる。一実施例によれば、3次元データ整合装置120は、モデル表面2次元データ(または測定表面2次元データ)で対応するポイントの値と隣り合う複数のポイントの値との差からモデル表面2次元曲率データ(または測定表面2次元曲率データ)の各ポイントの値を決定することができる。一実施例によれば、3次元データ整合装置120は、2次元データの値を偏微分して2次元曲率データを生成することができる。

#### 【0027】

3次元データ整合装置120は、モデル表面2次元データと測定表面2次元データをマッチングし、マッチング領域を決定することができる。また、3次元データ整合装置120は、3次元データであるモデル表面データと測定表面データにおいて、モデル表面2次元データのマッチング領域に対応するモデル表面データの表面領域を整合(registration)のための初期位置として設定することができ、測定表面2次元データのマッチング領域に対応する測定表面データの表面領域を整合のための初期位置として設定することができる。一実施例によれば、3次元データ整合装置120は、マッチング領域を決定するために、モデル表面2次元データと測定表面2次元データをマッチングする代わりに、モデル表面2次元曲率データと測定表面2次元曲率データをマッチングすることもできる。モデ

10

20

30

40

50

ル表面データ及び測定表面データの初期位置の設定に関しては、図2～図8を参照してさらに詳細に説明する。

【0028】

一方、オプティカルトラッカー160は、3次元スキャナ140に装着されたマーカー142を撮影してマーカーイメージを生成することができる。オプティカルトラッカー160は、マーカーイメージに示されたマーカー144の大きさ及び位置を分析して3次元スキャナ140の位置と姿勢を判断することができ、これにより、3次元スキャナ140に関する座標系とオプティカルトラッカー160に関する座標系の変換関係を確立することができる。

【0029】

先に3次元スキャナ140に関する座標系上の測定表面データがモデルデータのための座標系上のモデル表面データと整合されたので、オプティカルトラッカー160は、モデルデータの座標系と3次元スキャナ140に関する座標系の変換関係を確立することができる。オプティカルトラッカー160は、3次元スキャナ140に関する座標系とオプティカルトラッカー160に関する座標系の変換関係及びモデルデータの座標系と3次元スキャナ140に関する座標系の変換関係を用いて、モデルデータの座標系とオプティカルトラッカー160に関する座標系の変換関係を取得することができ、モデルデータをオプティカルトラッカー160に関する座標系内で取り扱うことができる。

【0030】

図1には、モデルデータ及び測定表面データのターゲットとして患者20が示されているが、本発明はこれに限定されるものではない。本発明によるターゲットは、例えば、3次元形状の任意の物、人または動物であり得る。

【0031】

図2は、本発明の一実施例による3次元データ整合装置200の詳細な構成を示すブロック図である。複数の実施形態によれば、図2の3次元データ整合装置200は、図1の3次元データ整合装置120の全ての技術的な特徴を含むことができる。図2に示すように、3次元データ整合装置200は、通信部210、処理部220及びデータベース240を含む。

【0032】

通信部210は、外部装置、例えば、モデルデータを生成するモデリング装置（図示せず）、図1の3次元スキャナ140及びオプティカルトラッカー160と通信することができる。通信部210において、これらの外部装置と通信するための下位構成要素は1つのハードウェア装置で統合して構成され得る。

【0033】

処理部220は、3次元データ整合に関わる情報を処理することができる。処理部220は、表面処理部222、第1変換部224、第2変換部226、初期位置設定部228、曲率変換部230及びデータ整合部232を含む。また、データベース240は、3次元データ整合に関わるデータを格納することができる。データベース240は、モデルデータDB242、測定表面データDB244、モデル表面データDB246、モデル表面2次元データDB248、測定表面2次元データDB250、モデル表面2次元曲率データDB252及び測定表面2次元曲率データDB254を含むことができる。図2には、データベース240を構成する下位構成要素がそれぞれ独立的な構成として示されているが、本発明はこれに限定されない。例えば、データベース240の下位構成要素の少なくとも一部は統合して構成され得る。

【0034】

モデルデータDB242には、ターゲットの3次元モデルを示すモデルデータが格納される。一実施例によれば、モデルデータはCT/MRI装置を用いて患者20の頭の形状をモデリングして生成されたCT/MRIデータ10であり得る。この場合、モデルデータは、CT/MRI装置から通信部210を通じて受信されてモデルデータDB242に格納され得る。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 5 】

測定表面データDB244には、ターゲットの3次元表面の少なくとも一部を示す測定表面データが保存され得る。一実施例によれば、測定表面データは、図1の3次元スキャナ140を用いて患者20の目、耳、鼻などの外部形状を測定したデータであり得る。この場合、測定表面データは3次元スキャナ140から通信部210を通じて測定表面データDB244に格納され得る。

## 【 0 0 3 6 】

表面処理部222は、モデルデータDB242に格納されたモデルデータからモデル表面データを抽出することができる。モデル表面データは、ターゲットの3次元モデルの表面を示すデータであって、モデルデータと同一の座標系（例えば、 $x_1, y_1, z_1$ 座標系）を有し得る。例えば、モデルデータが患者20の頭の3次元形状を示すCT/MRIデータ10である場合、モデル表面データは、患者20の頭の3次元表面を示すデータである。表面処理部222は、モデル表面データをモデル表面データDB246に格納することができる。

10

## 【 0 0 3 7 】

第1変換部224は、モデル表面データDB246に格納されたモデル表面データを2次元変換することができる。第1変換部224は、アンラッピングを通じてモデル表面データを2次元変換することができる。ここで、アンラッピングとは、例えば、論文「Unwrapping highly-detailed 3D meshes of rotationally symmetric man-made objects (Rieck, Bastian, Hubert Mara, and Susanne Kromker ; (2013) : 259-264)」に定義された2次元データ変換アルゴリズムであり得る。アンラッピングとして、球形アンラッピング (spherical unwrapping)、円筒形アンラッピング (cylindrical unwrapping)、等長方形アンラッピング (equiarectangular unwrapping) 等が用いられ得る。第1変換部224は、モデル表面データが示す3次元形状に基づいてアンラッピングの種類を選択することができる。一例として、モデル表面データが頭のように球形である場合、第1変換部224は、球形アンラッピングを選択することができる。他の例として、モデル表面データが腕、足のよう円筒形である場合、第1変換部224は円筒形アンラッピングを選択することができる。

20

## 【 0 0 3 8 】

球形アンラッピングが選択された場合、第1変換部224は、モデル表面データの中心座標を決定することができる。一実施例によれば、第1変換部224は、モデル表面データの全てのポイントの平均値を中心座標として決定することができる。また、第1変換部224は、モデル表面データの中心座標が座標系（例えば、 $x_1, y_1, z_1$ 座標系）の原点になるように、モデル表面データを平行移動することができる。また、第1変換部224は、中心座標からモデル表面データの各ポイントまでの距離の平均値を基準距離として算出することができる。その後、第1変換部224は、算出した基準距離に基づいて、下の数式1を用いてx軸、y軸及びz軸からなる3次元座標系（例えば、 $x_1, y_1, z_1$ 座標系）をx軸及びy軸からなる2次元座標系（例えば、 $x_1, y_1$ 座標系）に変換することができる。その結果、第1変換部224は、モデル表面データから2次元変換されたモデル表面2次元データを得ることができる。

30

40

## 【 0 0 3 9 】

## 【 数 1 】

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

## 【 0 0 4 0 】

## 【数 2】

$$\phi_i = \arctan\left(\frac{y_i}{x_i}\right) \quad \theta_i = \arcsin\left(\frac{z_i}{r_i}\right)$$

## 【0041】

数式 1 は、y 軸を基準にモデル表面データを球形アンラッピングする場合を仮定したものである。ここで、 $r_i$  は、中心座標（例えば、3次元座標系の原点）からモデル表面データの各ポイントまでの距離を意味する。一実施例によれば、モデル表面 2次元データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、当該ポイントに対応するモデル表面データのポイントから中心座標までの距離を示すことができる。例えば、モデル表面データの所定のポイントから中心座標までの距離が長いほど（すなわち、中心座標から遠いほど）、対応するモデル表面 2次元データのポイントの明るさ値が大きくなり得る。第 1 変換部 224 は、モデル表面データから変換されたモデル表面 2次元データをモデル表面 2次元データ DB 248 に格納することができる。モデル表面 2次元データへの変換については図 3 を参照して後述する。

10

## 【0042】

第 2 変換部 226 は、測定表面データ DB 244 に格納された測定表面データを 2次元変換することができる。第 2 変換部 226 は、アンラッピングを通じて測定表面データを 2次元変換することができる。アンラッピングとして、球形アンラッピング、円筒形アンラッピング、等長方形アンラッピング等が用いられ得る。第 2 変換部 226 は、第 1 変換部 224 によって選択されたアンラッピングと同じ種類の変換を選択することができる。例えば、第 1 変換部 224 によってモデル表面データが球形アンラッピングされた場合、第 2 変換部 226 も測定表面データを球形アンラッピングすることができる。

20

## 【0043】

ターゲットの表面を示すモデル表面データが頭のように球形の形状であってもターゲットの表面の一部をスキャンして取得した測定表面データは、目または耳のように、球形の形状でない場合もある。第 2 変換部 226 は、このように球形でない測定表面データを球形アンラッピングするために、例えば、論文「Unwrapping highly-detailed 3D meshes of rotationally symmetric man-made objects (Rieck, Bastian, Hubert Mara, and Susanne Kromker ; (2013) : 259-264)」で使われたアンラッピングアルゴリズムが使用され得る。例えば、第 2 変換部 226 は、第 1 変換部 224 によってモデル表面データの 2次元変換に使われた基準距離（例えば、中心座標からモデル表面データの各ポイントまでの距離の平均値）を半径として有する仮定の球を生成することができる。第 2 変換部 226 は、測定表面データが仮定の球の表面上に位置するように測定表面データを平行移動または回転移動することができる。その後、第 2 変換部 226 は、基準距離に基づいて、上記数式 1 を用いて x 軸、y 軸及び z 軸からなる 3次元座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を x 軸及び y 軸からなる 2次元座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$  座標系）に変換することができる。その結果、第 2 変換部 226 は、測定表面データから 2次元変換された測定表面 2次元データを得ることができる。

30

40

## 【0044】

一実施例によれば、測定表面 2次元データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、該当ポイントに対応する測定表面データのポイントから仮定の球の中心座標までの距離を示すことができる。例えば、測定表面データの所定のポイントから仮定の球の中心座標までの距離が長いほど（すなわち、中心座標から遠いほど）、対応する測定表面 2次元データのポイントの明るさ値が大きくなり得る。第 2 変換部 226 は、測定表面データから変換された測定表面 2次元データを測定表面 2次元データ DB 250 に格納することができる。測定表面 2次元データへの変換については、図 4 及び図 5 を参照して後述する。

## 【0045】

初期位置設定部 228 は、モデル表面 2次元データ DB 248 に格納されたモデル表面

50

2次元データと測定表面2次元データDB250に格納された測定表面2次元データをマッチングすることができる。一実施例によれば、初期位置設定部228は、NCC(Normalized Cross Correlation)アルゴリズムを用いてモデル表面2次元データ及び測定表面2次元データをマッチングする。初期位置設定部228は、モデル表面2次元データにおいて測定表面2次元データの所定の領域と最大の類似度を有する領域を決定することにより、モデル表面2次元データ及び測定表面2次元データをマッチングすることができ、そのようにマッチングされたモデル表面2次元データ及び測定表面2次元データの領域によりマッチング領域を決定することができる。例えば、初期位置設定部228は、モデル表面2次元データで測定表面2次元データの所定の領域の位置を所定の距離だけ継続して変化させながらモデル表面2次元データと測定表面2次元データの類似度を計算する。また、初期位置設定部228は、最大の類似度を有するモデル表面2次元データ及び測定表面2次元データの領域によりマッチング領域をそれぞれ決定する。

10

**【0046】**

実施例により、初期位置設定部228は、モデル表面2次元データで決定されたマッチング領域を複数のポイントにより表現することができる。例えば、決定されたマッチング領域が長方形である場合、初期位置設定部228は、当該マッチング領域の向き合う2つの頂点であって、または当該領域の4つの頂点であって、そのような長方形領域を表すことができる。また、初期位置設定部228は、測定表面2次元データのマッチング領域を複数のポイントにより表現することができる。初期位置設定部228によって特定された複数のポイントそれぞれは座標系(例えば、 $1$ 座標系と $2$ 座標系)を有し得る。また、モデル表面2次元データ及び測定表面2次元データ間のマッチングについては、図6及び図7を参照して後述する。

20

**【0047】**

初期位置設定部228は、モデル表面2次元データで決定されたマッチング領域に対応するモデル表面データの領域、及び測定表面2次元データで決定されたマッチング領域に対応する測定表面データの領域をそれぞれ初期位置として設定することができる。例えば、初期位置設定部228は、モデル表面2次元データのマッチング領域の座標に対応する複数の座標をモデル表面データ内で決定して、決定された複数の座標によって定義される領域を初期位置として設定することができる。また、初期位置設定部228は、測定表面2次元データのマッチング領域の座標に対応する複数の座標を測定表面データ内で決定し、決定された複数の座標によって定義される領域を初期位置として設定することができる。

30

**【0048】**

初期位置設定部228は、モデル表面データの初期位置を設定するために、第1変換部224によって2次元変換時に用いられたアンラッピングの逆変換を用いることができる。例えば、第1変換部224が球形アンラッピングを通じてモデル表面データを2次元変換した場合、初期位置設定部228は、球形アンラッピングの逆変換を通じてモデル表面データの初期位置を設定することができる。この場合、初期位置設定部228は、第1変換部224が球形アンラッピング時に用いていた基準距離に基づいて3次元変換を行うことができる。モデル表面データに対する初期位置は、 $x y z$ 座標系(例えば、 $x_1 y_1 z_1$ 座標系)を有する。

40

**【0049】**

初期位置設定部228は、測定表面データの初期位置を設定するために、第2変換部226によって2次元変換時に用いられたアンラッピングの逆変換を用いることができる。例えば、第2変換部226が球形アンラッピングを通じて測定表面データを2次元変換した場合、初期位置設定部228は、球形アンラッピングの逆変換を通じて測定表面データの初期位置を設定することができる。この場合、初期位置設定部228は、第2変換部226が球形アンラッピング時に用いていた基準距離に基づいて3次元変換を行うことができる。測定表面データに対する初期位置は、 $x y z$ 座標系(例えば、 $x_2 y_2 z_2$ 座標系)を有する。モデル表面データ及び測定表面データに対する初期位置の設定については

50

、図 1 1 及び図 1 2 を参照して後述する。

【 0 0 5 0 】

複数の実施例によれば、モデル表面 2 次元データ及び測定表面 2 次元データをそれぞれ偏微分したデータに基づいてモデル表面データ及び測定表面データの初期位置を設定することができる。このために、曲率変換部 2 3 0 は、モデル表面 2 次元データ及び測定表面 2 次元データをそれぞれ偏微分してモデル表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データを生成することができる。この場合、初期位置設定部 2 2 8 は、モデル表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データをマッチングして、マッチング領域を決定することができる。

【 0 0 5 1 】

曲率変換部 2 3 0 は、モデル表面 2 次元データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて、モデル表面 2 次元曲率データを生成することができる。一実施例によれば、モデル表面 2 次元曲率データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、モデル表面 2 次元データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイント（例えば、4 個、8 個、1 4 個など）の平均値の差を表すことができる。モデル表面 2 次元曲率データは、モデル表面 2 次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたはモデル表面 2 次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データであり得る。

【 0 0 5 2 】

曲率変換部 2 3 0 は、測定表面 2 次元曲率データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの値に基づいて測定表面 2 次元曲率データを生成することができる。一実施例によれば、測定表面 2 次元曲率データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、測定表面 2 次元データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイント（例えば、4 個、8 個、1 4 個など）の平均値の差を表すことができる。測定表面 2 次元曲率データは、測定表面 2 次元データの平均曲率を示す平均曲率データまたは測定表面 2 次元データのガウシアン曲率を示すガウシアン曲率データであり得る。

【 0 0 5 3 】

一実施例によれば、曲率変換部 2 3 0 は、モデル表面 2 次元データに対する平均曲率データ及びガウシアン曲率データをそれぞれ生成し、測定表面 2 次元データに対する平均曲率データ及びガウシアン曲率データをそれぞれ生成することができる。この場合、初期位置設定部 2 2 8 は、モデル表面 2 次元データに対する平均曲率データと測定表面 2 次元データに対する平均曲率データをマッチングしてモデル表面 2 次元データで測定表面 2 次元データがマッチングされた第 1 領域を識別することができる。また、初期位置設定部 2 2 8 は、モデル表面 2 次元データに対するガウシアン曲率データと測定表面 2 次元データに対するガウシアン曲率データをマッチングしてモデル表面 2 次元データで測定表面 2 次元データがマッチングされた第 2 領域を識別することができる。その後、初期位置設定部 2 2 8 は、第 1 領域及び第 2 領域の中間値をマッチング領域と判断して初期位置を設定することができる。

【 0 0 5 4 】

一実施例によれば、曲率変換部 2 3 0 は、マスク演算を用いて偏微分を行う。例えば、3 × 3 大きさのマスクを用いる場合、曲率変換部 2 3 0 は、所定のポイントの値、及び隣り合う 8 個のポイントの値の差を算出することにより、該当ポイントの曲率を算出する。例えば、曲率変換部 2 3 0 は、曲率が大きいほど該当ポイントの明るさ値を小さく示すことができる。曲率変換部 2 3 0 によって生成されたモデル表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データはそれぞれモデル表面 2 次元曲率データ DB 2 5 2 及び測定表面 2 次元曲率データ DB 2 5 4 に保存され得る。モデル表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データへの変換については、図 8 ~ 図 1 0 を参照して後述する。

【 0 0 5 5 】

少なくとも一実施例によれば、曲率変換部 2 3 0 によって生成されたモデル表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データは、モデル表面 2 次元データ及び測定表面 2 次元データよりもデータの値の変化をさらに明確に表すことができる。これにより、モデル

10

20

30

40

50

表面 2 次元曲率データ及び測定表面 2 次元曲率データをマッチングして整合のための初期位置を設定する場合、データ間の整合の正確性と効率性が向上するという効果を得ることができる。

【 0 0 5 6 】

データ整合部 2 3 2 は、初期位置設定部 2 2 8 によって設定された初期位置に基づいてモデル表面データ及び測定表面データの間を整合することができる。一実施例によれば、データ整合部 2 3 2 は、I C P ( Iterative Closest Point ) アルゴリズムを用いてデータ間の整合を行うことができる。整合されたモデル表面データ及び測定表面データは、互いに同一の座標系を有する。例えば、測定表面データは、モデル表面データの座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系）に整列される。

10

【 0 0 5 7 】

図 3 は、本発明の一実施例によりモデル表面データ 3 0 0 から 2 次元変換されたモデル表面 2 次元データ 3 1 0 を示す図である。モデル表面データ 3 0 0 からモデル表面 2 次元データ 3 1 0 への変換プロセスは、図 2 の第 1 変換部 2 2 4 によって実行され得る。

【 0 0 5 8 】

図 3 に示されるように、モデル表面データ 3 0 0 は、人の頭の表面を示す。一実施例によれば、モデル表面データ 3 0 0 は、人の頭をモデリングして生成されたモデルデータ（例えば、C T / M R I データ 1 0）から表面データを抽出して生成されたデータであり得る。モデル表面データ 3 0 0 の各ポイント  $P_i$  は、 $x$  軸、 $y$  軸及び  $z$  軸座標値（ $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ ）を有する。

20

【 0 0 5 9 】

第 1 変換部 2 2 4 は、モデル表面データ 3 0 0 の全てのポイントの平均値を算出して中心座標（ $C_0$ ）を決定する。第 1 変換部 2 2 4 は、中心座標（ $C_0$ ）が座標系の原点（0、0、0）になるようにモデル表面データ 3 0 0 を平行移動する。第 1 変換部 2 2 4 は、図 2 で説明した数式 1 を用いて  $x y z$  座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系）を座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$  座標系）に変換して、3 次元データであるモデル表面データ 3 0 0 から 2 次元データであるモデル表面 2 次元データ 3 1 0 を生成する。モデル表面 2 次元データ 3 1 0 の幅座標は  $r_i$  であり、高さ座標は  $z_i$  である。図 3 に示されるように、モデル表面データ 3 0 0 の所定のポイント  $P_i$ （ $x_i$ 、 $y_i$ 、 $z_i$ ）は、モデル表面 2 次元データ 3 1 0 の所定のポイント  $P_i$ （ $r_i$ 、 $z_i$ ）に対応する。

30

【 0 0 6 0 】

モデル表面データ 3 0 0 において、 $r_i$  は中心座標から所定のポイント  $P_i$  までの距離を表す。モデル表面 2 次元データ 3 1 0 では、モデル表面データ 3 0 0 の所定のポイント  $P_i$  における  $r_i$  が該当ポイント  $P_i$  の明るさ値として示される。例えば、モデル表面データ 3 0 0 において、中心座標から距離が比較的遠い鼻、顎、耳、額及び後頭部付近のポイントが 2 次元変換されれば、明るさ値が大きいデータを有する。また、モデル表面データ 3 0 0 において、中心座標から距離が比較的近い目、頬付近のポイントが 2 次元変換されれば、明るさ値が小さいデータを有する。

【 0 0 6 1 】

図 4 は、本発明の一実施例により測定表面データ 4 0 0 から 2 次元変換された測定表面 2 次元データ 4 1 0 を示す図である。また、図 5 は、本発明の一実施例により測定表面データ 5 0 0 から 2 次元変換された測定表面 2 次元データ 5 1 0 を示す図である。測定表面データ 4 0 0、5 0 0 から測定表面 2 次元データ 4 1 0、5 1 0 への変換プロセスは、図 2 の第 2 変換部 2 2 6 によって実行され得る。

40

【 0 0 6 2 】

図 4 に示されるように、測定表面データ 4 0 0 は人の目と鼻の表面を示し、測定表面データ 5 0 0 は人の耳の表面を示す。一実施例によれば、測定表面データ 4 0 0、5 0 0 は、図 1 の 3 次元スキャナ 1 4 0 がスキャンして生成されたデータであり得る。測定表面データ 4 0 0、5 0 0 の各ポイントは、 $x$  軸、 $y$  軸及び  $z$  軸座標値を有する。

【 0 0 6 3 】

50

第2変換部226は、測定表面データ400、500をそれぞれ球形アンラッピングして測定表面2次元データ410、510を生成する。図3のモデル表面データ300と図4の測定表面データ400、500の間の3次元整合を行う場合、第2変換部226は、第1変換部224によって用いられたモデル表面データ300に対する2次元変換と同じ種類の変換（例えば、球形アンラッピング）を用いることができる。

【0064】

第2変換部226は、モデル表面データ300の2次元変換に使用された基準距離を半径として有する仮想の球を生成する。第2変換部226は、測定表面データ400、500がそれぞれ仮想の球の表面上に位置するように、測定表面データ400、500をそれぞれ平行または回転移動させる。その後、第2変換部226は、基準距離（例えば、仮想の球の半径）に基づいて、図2で説明した数式1を用いて $x_1 y_1 z_1$ 座標系（例えば、 $x_2 y_2 z_2$ 座標系）を座標系（例えば、 $x_1 y_1 z_1$ 座標系）に変換する。その結果、3次元データである測定表面データ400、500から2次元データである測定表面2次元データ410、510が生成される。測定表面2次元データ410、510の幅座標はであり、高さ座標はである。

10

【0065】

図6は、本発明の一実施例によりモデル表面2次元データ600にマッチングされた測定表面2次元データ610を示す図である。また、図7は、本発明の一実施例によりモデル表面2次元データ700にマッチングされた測定表面2次元データ710を示す図である。モデル表面2次元データ600、700は、図3のモデル表面2次元データ310であり得る。また、測定表面2次元データ610は、図4の測定表面2次元データ410の少なくとも一部であり得、測定表面2次元データ710は、図5の測定表面2次元データ510の少なくとも一部であり得る。図6及び図7におけるマッチングプロセスは、図2の初期位置設定部228によって実行され得る。

20

【0066】

図6を参照すれば、初期位置設定部228は、モデル表面2次元データ600で測定表面2次元データ610の位置を所定の距離だけ平行移動したり所定の角度だけ回転しながらモデル表面2次元データ600に対して測定表面2次元データ610の類似度を計算する。初期位置設定部228は、最大の類似度を有するモデル表面2次元データ600の位置を決定することにより、モデル表面2次元データ600と測定表面2次元データ610をマッチングすることができる。また、初期位置設定部228は、モデル表面2次元データ600と測定表面2次元データ610の間のマッチング領域を定義するための4つの頂点に対応するポイント620、630、640、650を決定することができる。これと同様に、初期位置設定部228は、図7に示されるように、モデル表面2次元データ700と測定表面2次元データ710をマッチングし、マッチング領域を定義するための4つの頂点に対応するポイント720、730、740、750を決定することができる。

30

【0067】

このように、本発明の少なくとも一つの実施例によれば、3次元データの整合に使用される初期位置を指定するために、整合対象である3次元データ間の直接マッチングを実行する代わりに、3次元データから変換された2次元データ間のマッチングを実行することができる。実施例によっては、本発明は3次元データから変換された2次元データを加工してそれぞれ生成される新しい2次元データ間でマッチングを実行することができる。

40

【0068】

また、マッチング領域を再び3次元変換して3次元データ上で整合のための初期位置を設定する。その結果、適切な初期位置の設定が可能となり、3次元データ間の整合の正確性と効率性が向上する効果を得ることができる。

【0069】

図8は、本発明の一実施例により図3のモデル表面2次元データ310を偏微分して生成したモデル表面2次元曲率データ800を示す。また、図9は、図4の測定表面2次元データ410を偏微分して生成した測定表面2次元曲率データ900を示す。また、図1

50

0 は、図 5 の測定表面 2 次元データ 5 1 0 を偏微分して生成した測定表面 2 次元曲率データ 1 0 0 0 を示す。図 8 ~ 図 1 0 における曲率変換プロセスは、図 2 の曲率変換部 2 3 0 によって実行され得る。

【 0 0 7 0 】

図 8 を参照すれば、モデル表面 2 次元曲率データ 8 0 0 において、互いに隣り合うデータとの差が大きいポイント（例えば、大きい耳、目、鼻及び口の輪郭線付近のポイント）は大きい曲率値を有する。これに対して、互いに隣り合うデータとの差が小さいポイント（例えば、頬または額付近のポイント）は小さい曲率値を有する。図 9 及び図 1 0 を参照すれば、測定表面 2 次元曲率データ 9 0 0、1 0 0 0 においても互いに隣り合うポイントとの差が大きいほど大きい曲率値を有する。

10

【 0 0 7 1 】

図 8 に示されるモデル表面 2 次元曲率データ 8 0 0 は、図 3 のモデル表面 2 次元データ 3 1 0 に比べてデータの値の変化がさらに明確に示される。また、図 9 及び図 1 0 に示す測定表面 2 次元曲率データ 9 0 0、1 0 0 0 は、図 4 及び図 5 の測定表面 2 次元データ 4 1 0、5 1 0 に比べてデータの値の変化がさらに明確に示される。このように、本発明の少なくとも一つの実施例によれば、3 次元データから変換された 2 次元データをマッチングするにおいて、当該 2 次元データをそれぞれ偏微分した曲率データ間のマッチングを実行する。その結果、初期位置がさらに正確に設定されることにより、3 次元データ間の整合の正確性と効率性がさらに向上する効果を得ることができる。

【 0 0 7 2 】

20

図 1 1 は、本発明の一実施例により初期位置が設定されたモデル表面データ 1 1 0 0 及び測定表面データ 1 1 5 0 を示す図である。また、図 1 2 は、本発明の一実施例により初期位置が設定されたモデル表面データ 1 2 0 0 及び測定表面データ 1 2 5 0 を示す図である。図 1 1 及び図 1 2 における初期位置設定プロセスは、図 2 の初期位置設定部 2 2 8 によって実行され得る。

【 0 0 7 3 】

図 1 1 を参照すれば、初期位置設定部 2 2 8 は、図 6 でマッチング領域を表すことができるように決定されたポイント 6 2 0、6 3 0、6 4 0、6 5 0 に対応するモデル表面データ 1 1 0 0 のポイント 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0、1 1 4 0 及びポイント 6 2 0、6 3 0、6 4 0、6 5 0 に対応する測定表面データ 1 1 5 0 のポイント 1 1 6 0、1 1 7 0、1 1 8 0、1 1 9 0 をそれぞれ初期位置として決定する。ポイント 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0、1 1 4 0 及びポイント 1 1 6 0、1 1 7 0、1 1 8 0、1 1 9 0 は、それぞれ 2 次元座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系及び  $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を有するポイント 6 2 0、6 3 0、6 4 0、6 5 0 が球形アンラッピングの逆変換を通じて 3 次元座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系及び  $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を有するように変換されたものである。

30

【 0 0 7 4 】

ポイント 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0、1 1 4 0 及びポイント 1 1 6 0、1 1 7 0、1 1 8 0、1 1 9 0 は、それぞれモデル表面データ 1 1 0 0 及び測定表面データ 1 1 5 0 間の整合のための初期位置として用いられる。換言すれば、ポイント 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0、1 1 4 0 及びポイント 1 1 6 0、1 1 7 0、1 1 8 0、1 1 9 0 に基づいて、モデル表面データ 1 1 0 0 及び測定表面データ 1 1 5 0 は 3 次元整合される。例えば、ポイント 1 1 1 0、1 1 2 0、1 1 3 0、1 1 4 0 及びポイント 1 1 6 0、1 1 7 0、1 1 8 0、1 1 9 0 に基づいて、ICP 整合アルゴリズムが行われた結果、モデル表面データ 1 1 0 0 の座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系）が測定表面データ 1 1 5 0 の座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を有するように整合される。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 2 を参照すれば、初期位置設定部 2 2 8 は、図 7 でマッチング領域を表すことができるように決定されたポイント 7 2 0、7 3 0、7 4 0、7 5 0 に対応するモデル表面データ 1 2 0 0 のポイント 1 2 1 0、1 2 2 0、1 2 3 0、1 2 4 0、及びポイント 7 2 0

50

、730、740、750に対応する測定表面データ1250のポイント1260、1270、1280、1290をそれぞれ決定する。ポイント1210、1220、1230、1240及びポイント1260、1270、1280、1290は、それぞれ2次元座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$  座標系及び  $x_2$   $y_2$  座標系）を有するポイント720、730、740、750が球形アンラッピングの逆変換を通じて3次元座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系及び  $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を有するように変換されたものである。

【0076】

ポイント1210、1220、1230、1240及びポイント1260、1270、1280、1290は、それぞれモデル表面データ1200及び測定表面データ1250間の整合のための初期位置として用いられる。換言すれば、ポイント1210、1220、1230、1240及びポイント1260、1270、1280、1290に基づいて、モデル表面データ1200及び測定表面データ1250は3次元整合される。例えば、ポイント1210、1220、1230、1240及びポイント1260、1270、1280、1290に基づいて、ICP整合アルゴリズムが行われた結果、モデル表面データ1200の座標系（例えば、 $x_1$   $y_1$   $z_1$  座標系）が測定表面データ1250の座標系（例えば、 $x_2$   $y_2$   $z_2$  座標系）を有するように整合される。

【0077】

本発明によれば、初期位置が正確に設定されることにより、3次元データ間の整合の正確性と効率性が向上する効果を得ることができる。

【0078】

図13は、本発明の実施例により3次元データを整合する方法を示すフローチャートである。図13に示す段階の少なくとも一部は、図1及び図2に示す構成によって行われ得る。

【0079】

まずは、段階S1300では、モデル表面データを2次元変換してモデル表面2次元データを生成する。例えば、図2の第1変換部224は、3次元座標系を有するモデル表面データの各ポイントを平均して中心座標を決定した後、当該中心座標にモデル表面データを平行移動することができる。第1変換部224は、中心座標からモデル表面データの各ポイントまでの距離の平均値を基準距離にしてモデル表面データを2次元座標系を有するモデル表面2次元データに球形アンラッピングすることができる。モデル表面2次元データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、該当ポイントに対応するモデル表面データのポイントから中心座標までの距離を表すことができる。

【0080】

次に、段階S1310では、測定表面データを2次元変換して測定表面2次元データを生成する。例えば、第2変換部226は、段階S1300で算出した基準距離を半径として有する仮想の球を生成することができる。第2変換部226は、仮想の球の表面に測定表面データが位置するように測定表面データを移動させることができる。その後、第2変換部226は、測定表面データを測定表面2次元データに球形アンラッピングすることができる。測定表面2次元データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は該当ポイントに対応する測定表面データのポイントから仮想の球の中心座標までの距離を表すことができる。

【0081】

次に、段階S1320では、モデル表面2次元データ及び測定表面2次元データの曲率をそれぞれ計算する。例えば、曲率変換部230は、段階S1300で生成されたモデル表面2次元データ及び段階S1310で生成された測定表面2次元データを、それぞれ偏微分してモデル表面2次元曲率データ及び測定表面2次元曲率データを生成することができる。モデル表面2次元曲率データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、モデル表面2次元データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの平均値の差を表すことができる。また、測定表面2次元曲率データの各ポイントの値（例えば、明るさ値）は、表面測定2次元データの該当ポイントの値、及び隣り合う複数のポイントの平均値の差

10

20

30

40

50

を表すことができる。

【0082】

次に、段階S1330では、モデル表面2次元曲率データ及び測定表面2次元曲率データをマッチングしてマッチング領域を決定する。例えば、初期位置設定部228は、段階S1320で生成されたモデル表面2次元曲率データ及び測定表面2次元曲率データに基づいて、モデル表面2次元曲率データで測定表面2次元曲率データの所定の領域と最大の類似度を有する領域を決定することができる。初期位置設定部228は、モデル表面2次元曲率データで決定された領域内でマッチング領域を決定することができる。また、初期位置設定部228は、マッチングに使用された測定表面2次元曲率データの所定の領域内でマッチング領域を決定することができる。

10

【0083】

次に、段階S1340では、モデル表面データ及び測定表面データに対する初期位置をそれぞれ設定する。例えば、初期位置設定部228は、球形アンラッピングの逆変換を通じて段階S1330で決定されたモデル表面2次元曲率データのマッチング領域に対応するモデル表面データのポイント、及び段階S1330で決定された測定表面2次元曲率データのマッチング領域に対応する測定表面データのポイントにより初期位置を設定することができる。

【0084】

次に、段階S1350では、モデル表面データ及び測定表面データを整合する。例えば、データ整合部232は、段階S1340で設定されたモデル表面データの初期位置及び測定表面データの初期位置を用いてモデル表面データ及び測定表面データを整合することができる。

20

【0085】

また、図13に示す段階において、一部の段階が省略されたり、2つ以上の段階が同時に行われたり、段階間の実行の順が変更され得る。一実施例によれば、段階S1320が省略されて段階S1330でモデル表面2次元データ及び測定表面2次元データをマッチングしてモデル表面2次元データ及び測定表面2次元データ上のマッチング領域をそれぞれ決定することができる。他の実施例によれば、段階S1330の前に、ターゲットの3次元モデルを示すCTデータまたはMRIデータを受信する段階、及び当該CTデータまたはMRIデータからCTデータの表面データまたはMRIデータの表面データをモデル表面データとして抽出する段階がさらに含まれ得る。

30

【0086】

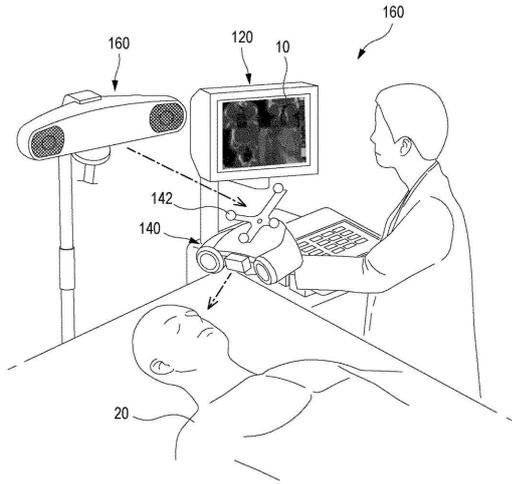
3次元データを整合する方法は特定の実施例を通じて説明されたが、上記方法はさらにコンピュータ読み取り可能な記録媒体にコンピュータ読み取り可能なコードとして実現することが可能である。コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、コンピュータシステムによって読み取られるデータが格納される全ての種類の記録装置を含む。コンピュータ読み取り可能な記録媒体の例としては、ROM、RAM、CD-ROM、磁気テープ、フロッピーディスク、光データ格納装置などがあり、さらにキャリアウェーブ（例えば、インターネットによる転送）の形で実現されることも含む。また、コンピュータ読み取り可能な記録媒体は、ネットワークで連結されたコンピュータシステムに分散され、分散方式でコンピュータ読み取り可能なコードが格納されて実行され得る。また、上記実施例を実現するための機能的な（functional）プログラム、コード及びコードセグメントは、本発明が属する技術分野におけるプログラマーによって容易に推論され得る。

40

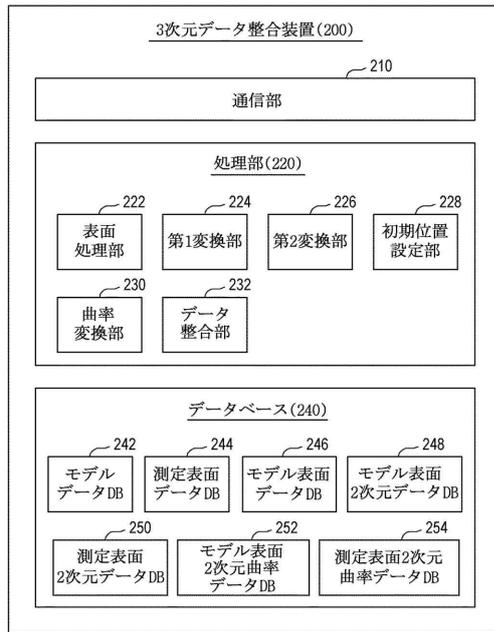
【0087】

本発明は、好適な実施例を通じて説明されて例示されたが、当業者であれば添付の請求の範囲の事項及び範疇を逸脱せずに様々な変形及び変更がなされることが分かるであろう。

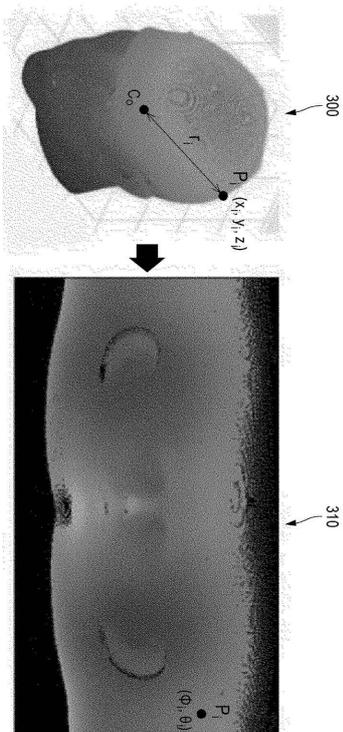
【図1】



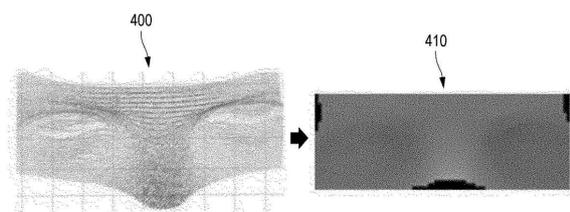
【図2】



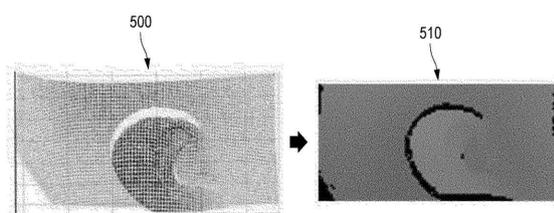
【図3】



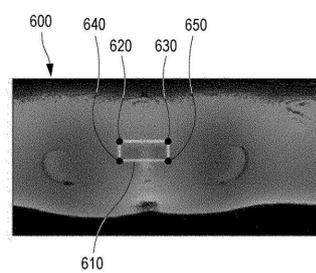
【図4】



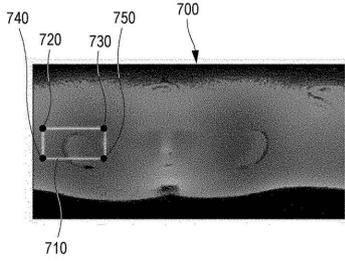
【図5】



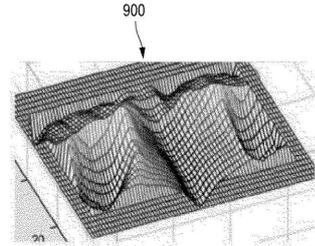
【図6】



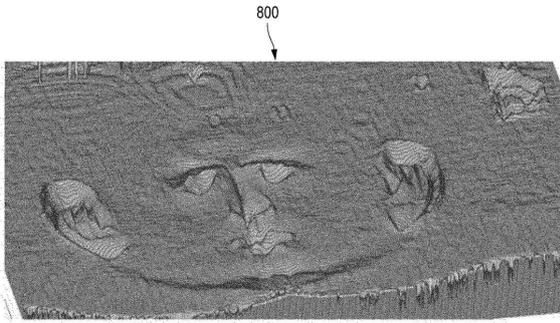
【図7】



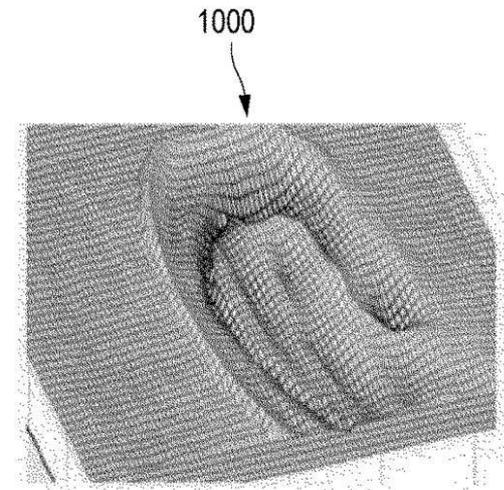
【図9】



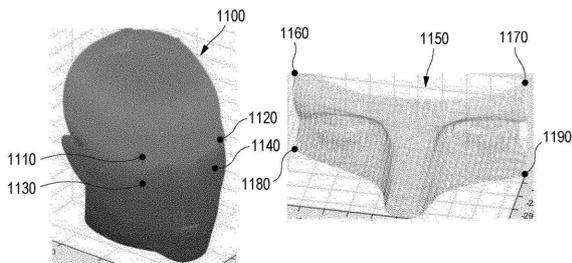
【図8】



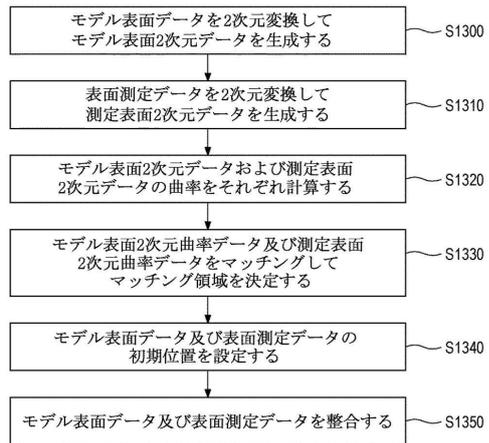
【図10】



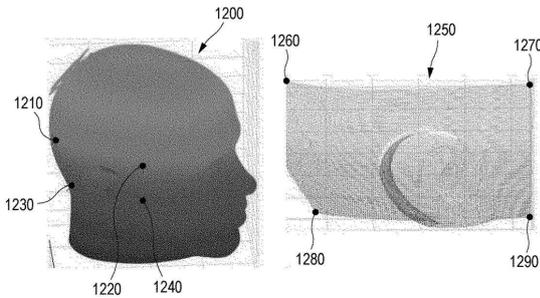
【図11】



【図13】



【図12】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 1 B 11/245 (2006.01) G 0 1 B 11/245 H

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(72)発明者 クォン、 キフン

大韓民国 4 2 6 3 9 テグ ダルソ - グ ジュクジョン 1 - ギル 8 2 1 0 1 - 7 0 5

(72)発明者 イ、 スンヒョン

大韓民国 0 8 5 8 8 ソウル グムチョン - グ カサン デジタル 2 - 口 5 3 1 4 階

(72)発明者 キム、 ミンヨン

大韓民国 4 2 0 8 1 テグ スソン - グ チョンホ - 口 4 2 6 1 0 2 - 5 0 5

審査官 真木 健彦

(56)参考文献 特表2009 - 501609 (JP, A)

国際公開第2012 / 121341 (WO, A1)

特許第2950340 (JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 6 T 1 9 / 0 0

G 0 6 T 1 5 / 0 0 - 1 5 / 8 7

A 6 1 B 5 / 0 5 5

G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0