

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-170412

(P2019-170412A)

(43) 公開日 令和1年10月10日(2019.10.10)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 6/03 (2006.01) A 6 1 B 6/03 3 7 7 4 C 0 9 3
 A 6 1 B 6/03 3 6 0 G

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2018-58895 (P2018-58895)	(71) 出願人	513096761 コニカミノルタメディカルソリューションズ株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(22) 出願日	平成30年3月26日(2018.3.26)	(74) 代理人	110001900 特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所
		(72) 発明者	竹村 知晃 大阪府門真市元町2番6号 コニカミノルタメディカルソリューションズ株式会社 内
		F ターム (参考)	4C093 AA22 AA25 CA16 FD09 FF15 FF22 FF42 FG05 FG13 FH07

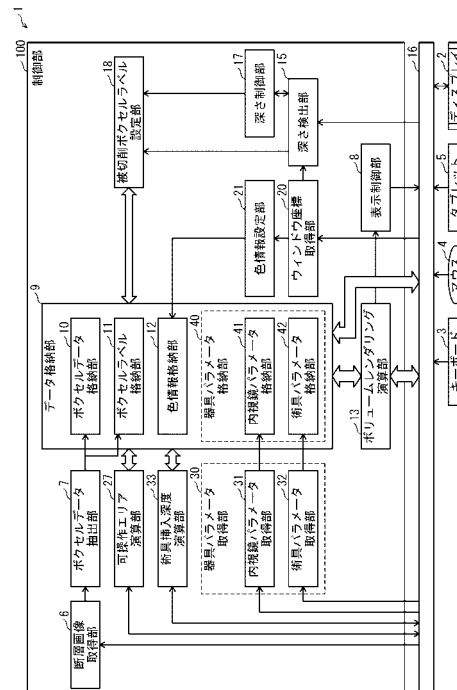
(54) 【発明の名称】 手術シミュレーション装置及び手術シミュレーションプログラム

(57) 【要約】

【課題】処置具の先端が到達可能であるときに切削シミュレーションを実行する。

【解決手段】器具パラメータ取得部40と、複数枚の断面画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成するボクセルデータ抽出部7と、ボクセルデータ及び器具パラメータに基づき、レトラクタに内挿された処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを含むエリアを算出する可操作エリア演算部27と、処置具の先端との距離が所定の距離以下である操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、そのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定部18と、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリング演算部13とを備えた。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術のシミュレーション画像を表示する手術シミュレーション装置であって、

処置具、内視鏡及びレトラクタを含む器具に関する器具パラメータを取得する器具パラメータ取得部と、

操作者による切削指示を受付ける切削指示受付部と、

複数枚の被検体の断層画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成するボクセルデータ抽出部と、

前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、前記レトラクタに内挿された前記処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出する可操作エリア演算部と、

切削指示に基づき、前記処置具の先端との距離が所定の距離以下である前記操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、当該被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定部と、

前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、前記対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリング演算部と、

前記仮想内視鏡画像を表示部に表示させる表示制御部とを備えた

手術シミュレーション装置。

10

20

【請求項 2】

前記ボリュームレンダリング演算部は、前記仮想内視鏡画像において前記被切削ボクセルより視線方向の下流側を投影することにより、前記被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする

請求項 1 に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 3】

前記ボリュームレンダリング演算部は、前記仮想内視鏡画像において前記操作可能ボクセルが含まれるエリアをマーキングする

請求項 1 又は 2 に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 4】

前記ボリュームレンダリング演算部は、前記操作可能ボクセルに対応するボクセルラベルデータを前記操作可能ボクセル以外の対象ボクセルに対応するボクセルラベルデータと異ならせることにより、前記操作可能ボクセルが含まれるエリアをマーキングする

請求項 3 に記載の手術シミュレーション装置。

30

【請求項 5】

前記被切削ボクセルラベル設定部は、前記被切削ボクセルを非表示とするように前記被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更し、

前記ボリュームレンダリング演算部は、変更されたボクセルラベルデータに基づき被切削ボクセルを非表示として、前記被切削ボクセルより視線方向の下流側のボクセルを投影する

請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

40

【請求項 6】

前記器具パラメータは、操作入力部から入力されたパラメータ、又は記憶部に保存されているパラメータである

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 7】

前記器具パラメータは、処置具、内視鏡又はレトラクタの形状、位置及び大きさに関するパラメータである

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 8】

50

前記ボクセルデータ抽出部は、記憶部から複数枚の被検体の断層画像データを読み出しボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成する

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 9】

前記ボクセルデータ及び前記ボクセルラベルデータは記憶部に保存される

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 10】

前記表示部を、さらに備えている、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 11】

前記内視鏡は、斜視内視鏡である、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 12】

操作入力部はマウスであり、

前記マウスの 2 次元移動によって前記表示部に表示される仮想内視鏡画像の向きが調整可能である、

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 13】

前記処置具は、鉗子、ドリル、ノミ、メスの何れかである

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の手術シミュレーション装置。

【請求項 14】

被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術中シミュレーション画像を表示部に表示させる処理をコンピュータに実行させる手術支援プログラムであって、

前記処理は、

処置具、内視鏡及びレトラクタを含む器具に関する器具パラメータを取得する器具パラメータ取得ステップと、

操作入力部を介して操作者による切削指示を受付ける切削指示受付ステップと、

記憶部から取得した複数枚の被検体の断層画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成するボクセルデータ抽出ステップと、

前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、前記レトラクタに内挿された前記処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出する可操作エリア演算ステップと、

切削指示に基づき、前記処置具の先端との距離が所定の距離以下である前記操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、当該被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定ステップと、

前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、前記対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリングステップと、

前記仮想内視鏡画像を前記表示部に表示させる表示ステップとを有する

手術シミュレーションプログラム。

【請求項 15】

前記ボリュームレンダリングステップでは、前記仮想内視鏡画像において前記被切削ボクセルより視線方向の下流側を投影することにより、前記被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする

請求項 14 に記載の手術シミュレーションプログラム。

【請求項 16】

前記ボリュームレンダリングステップでは、前記仮想内視鏡画像において前記操作可能ボクセルが含まれる範囲をマーキングする

請求項 14 又は 15 に記載の手術シミュレーションプログラム。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本開示は、例えば、医療従事者が手術のシミュレーションを行う際に活用する手術シミュレーション装置及び手術シミュレーションプログラムに関する。

【背景技術】**【0002】**

医療現場において、より適切な手術を行うために、手術のシミュレーションを行うことが可能な手術支援装置が活用されている。

【0003】

10

従来の手術支援装置は、例えば、X線CT画像や核磁気共鳴画像（MRI画像）、PET（陽電子放射断層法）によって取得された画像等の断層画像情報を取得する断層画像情報取得部と、断層画像情報に基づき生成された3次元ボリュームデータに基づき任意の視点からレイキャスティングして内部組織を可視化した画像を生成するボリュームレンダリング演算部と、ボリュームレンダリング演算部の演算結果を表示するディスプレイ等の表示部とを備え、シミュレーション表示された表示対象物に入力部から切削指示等を行うことができた。

【0004】

例えば、特許文献1には、MRI装置やCT装置等の撮像装置によって取得された断層画像を用いてボリュームレンダリング演算を行い、操作者の切削指示入力に基づいて切削後の切削対象物の状態を表示画像に表示し、切削対象物の内部に含まれる非切削部分は切削実行後も切削前の状態を表示することにより、内視鏡手術を支援する切削シミュレーション装置が提案されている。

20

【0005】

また、例えば、特許文献2には、内視鏡が挿入されるレトラクタ（術具）によって内視鏡の視野が制限され画像部分を識別して表示画像中に表示することにより、実際に手術における表示態様に近似した画像を表示する手術支援装置が提案されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0006】**

30

【特許文献1】国際公開第2013/014868号

【特許文献2】特開2013-202312号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかしながら、上記した従来の手術シミュレーション装置によれば、処置具の先端が被検体の手術対象部位に到達不可能な位置にあるときでも、操作者から切削指示に基づき被検体の一部の切削シミュレーション動作が行われ、実際の手術における切削とは異なるシミュレーション動作が行われるという課題があった。

【0008】

40

本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする切削シミュレーションを実行する構成を実現することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

本開示の一態様に係る手術シミュレーション装置は、被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術のシミュレーション画像を表示する手術シミュレーション装置であって、処置具、内視鏡及びレトラクタを含む器具に関する器具パラメータを取得する器具パラメータ取得部と、操作者による切削指示を受付ける切削指示受付部と、複数枚の被検体の断層画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを

50

生成するボクセルデータ抽出部と、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、前記レトラクタに内挿された前記処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出する可操作エリア演算部と、切削指示に基づき、前記処置具の先端との距離が所定の距離以下である前記操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、当該被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定部と、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、前記対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリング演算部と、前記仮想内視鏡画像を表示部に表示させる表示制御部とを備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本開示の一態様に係る手術シミュレーション装置によれば、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする切削シミュレーションを行う。そのため、処置具の先端が到達不可能な部位に対して切削シミュレーションが行われるという動作を抑制し、実際の手術における切削動作に近似したシミュレーションを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態1に係るパーソナルコンピュータ（手術シミュレーション装置）1を示す斜視図である。

【図2】図1の手術シミュレーション装置1のシステム構成図である。

【図3】図2のデータ格納部9に構成される内視鏡パラメータ格納部41の構成を示す機能ブロック図である。

【図4】図2のデータ格納部9に構成される術具パラメータ格納部42の構成を示す機能ブロック図である。

【図5】手術シミュレーション装置1における切削シミュレーション処理のフローチャートである。

【図6】図5のステップS7における術具挿入深度決定の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図7】筒状の術具（レトラクタ）の挿入深度の検出方法を説明するための模式図である。

【図8】図5のステップS10における可操作エリア決定の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図9】（a）は、可操作エリア演算部27における術具（処置具）の先端が到達可能な操作可能ボクセルが含まれる可操作エリアの算出方法を説明するための模式図、（b）は計算結果の例示である。

【図10】図5のステップS12における切削実行の処理の詳細を示すフローチャートである。

【図11】（a）は、手術シミュレーション装置1における可操作エリアA3の範囲を示す模式断面図、（b）従来の手術シミュレーション装置における可操作エリアA3Xの範囲を示す模式断面図である。

【図12】（a）は、手術シミュレーション装置1の表示画像における可操作エリアA3の範囲を示す模式図、（b）従来の手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリアA3Xの範囲を示す模式図である。

【図13】手術シミュレーション装置1における表示画面図の一例である。

【図14】斜視内視鏡を用いた実施の形態2に係る手術シミュレーション装置1における、任意の斜視角を反映させたボリュームレンダリング演算方法を説明するための模式図である。

【図15】（a）～（c）は、筒状の術具（レトラクタ）を用いた場合のマウス操作による2次元入力から内視鏡3次元操作へのマッピング方法を説明するための模式図である。

10

20

30

40

50

【図 16】(a) は、実施の形態 2 に係る斜視内視鏡を用いた手術シミュレーション装置における可操作エリア A 3 の範囲を示す模式断面図、(b) 従来の手術シミュレーション装置における可操作エリア A 3 X の範囲を示す模式断面図である。

【図 17】(a) は、実施の形態 2 に係る斜視内視鏡を用いた手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリア A 3 の範囲を示す模式図、(b) 従来の手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリア A 3 X の範囲を示す模式図である。

【図 18】術具パラメータ及び内視鏡パラメータと可操作エリア A 3 の大きさとの関係を示す図である。

【図 19】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 1 であるときの表示画面図である。

【図 20】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 2 であるときの表示画面図である。

【図 21】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 3 であるときの表示画面図である。

【図 22】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 4 であるときの表示画面図である。

【図 23】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 5 であるときの表示画面図である。

【図 24】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 6 であるときの表示画面図である。

【図 25】手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータが図 19 の条件 7 であるときの表示画面図である。

【図 26】内視鏡を用いた椎間板ヘルニア摘出術の模式断面図である。

【図 27】従来の内視鏡椎間板ヘルニア摘手術の手術シミュレーション装置において生成された手術対象部位を含む被検体のボリウムレンダリング像である。

【図 28】図 27 における内視鏡 4 1 1 により取得される表示画像の範囲 I M 1 の拡大図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本開示を実施するための形態に至った経緯

内視鏡を用いた手術は、開腹手術等と比較して傷口が小さく、患者への負担を大幅に軽減することができる。このため、近年、例えば、腰部脊椎管狭窄症に対する手術等、様々な手術において内視鏡を活用した手術が行われるようになってきている。

【0013】

図 26 は、内視鏡を用いた椎間板ヘルニア摘出術の模式断面図である。図 26 に示すよう内視鏡椎間板ヘルニア摘出術では、筒状の開創器（以下「レトラクタ」4 2 1 とする）と呼ばれる筒状の部材を被検体に挿入し、レトラクタ 4 2 1 にカメラ等の撮像装置 4 1 2 が接続された内視鏡 4 1 1 の鏡筒部と鉗子等の処置具 4 2 2 とを挿入することで、手術対象部位の画像をディスプレイ 2 に表示させて、手術対象部位の画像を確認しながら処置具 4 2 2 により切削対象部分（例えば、骨切削部 B O からヘルニアの部分）の切除等を行う。したがって、手術の前段階で行う切削シミュレーションにおいても、実際の手術中にディスプレイ 2 に表示される画像の形態にできるだけ近似した画像の表示がなされることが好ましい。

【0014】

これに対し、上記した特許文献 1、2 に開示された従来の手術支援装置は、表示画面において手術対象部位の位置を術者に提供することで手術対象部位と内視鏡との位置関係を認識して手術を行うことは可能である。図 27 は、従来の内視鏡椎間板ヘルニア摘手術の手術シミュレーション装置において生成された手術対象部位を含む被検体のボリウムレンダリング像である。当該像に、レトラクタ 4 2 1 が挿入される位置、レトラクタ 4 2 1 における内視鏡 4 1 1 の位置、内視鏡 4 2 1 により取得される表示画像の範囲 I M 1 を示

10

20

30

40

50

したものである。また、図 28 は、図 27 における内視鏡 421 により取得される表示画像の範囲 IM1 の拡大図である。

【0015】

しかしながら、従来の手術シミュレーション装置における表示画面や切削シミュレーションの動作は、処置具が到達可能な範囲を考慮したものではないため、手術前のシミュレーションにおいて予め計画された術具や内視鏡の位置や大きさ等の条件に基づいて処置具の到達可能な範囲と手術対象部位との位置関係を正確に把握することは困難であった。

【0016】

その結果、手術シミュレーションにおいて、処置具の先端の位置が被検体の手術対象部位に到達不可能な範囲にあるときでも、操作者から切削指示がされた場合には被検体の一部の切削シミュレーション動作が行われ、実際の手術における切削とは異なるシミュレーション動作が行われる場合があるという課題があった。

【0017】

また、被検体の手術対象部位のうち処置具の先端が到達可能な範囲について明示されていないために、操作者は処置具の先端を可操作エリアに移動させるための案内がなく、効率的に手術シミュレーションを行うことの障害であった。

【0018】

この課題を改善するためには、被検体の手術対象部位のうち処置具の先端が到達可能な範囲を算出し、処置具の位置との関係を把握することが必要となる。そこで、発明者は、被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術中のシミュレーションにおいて、被検体の手術対象部位のうち処置具の先端が到達可能な可操作エリアを算出する方法について鋭意検討し、実施の形態 1 に係る手術シミュレーション装置、手術シミュレーション方法及び手術シミュレーションプログラムに想到するに至ったものである。

【0019】

実施の形態 1

< 装置の全体構成と動作概要 >

以下、実施の形態 1 に係る手術シミュレーション装置 1 について、図面を用いて詳細に説明する。図 1 は、実施の形態 1 に係る手術シミュレーション装置 1 が構成されるコンピュータ PC を示す斜視図である。図 1 に示すように、手術シミュレーション装置 1 は、表示部（ディスプレイ）2 と、各種の操作入力部（キーボード 3、マウス 4、およびタブレット 5（図 2 参照））とを備えたコンピュータ PC から構成されている。

【0020】

ディスプレイ 2 には、X 線 CT 画像等の複数の断層画像から形成される臓器、間接、骨等、被検体の手術対象部位（図 1 の例では、内視鏡画像を表示）の状態を表す表示画像が表示される。操作者は、ディスプレイ 2 に表示される手術対象部位の表示画像を見ながら、操作入力部から内視鏡や術具の挿入位置や挿入角度、切削指示等を入力して手術対象部位の切削シミュレーションを行い、切削後の手術対象部位の状態を表す表示画像が切削シミュレーションの結果としてディスプレイ 2 に表示される。

【0021】

図 2 は、図 1 の手術シミュレーション装置 1 のシステム構成図である。手術シミュレーション装置 1 のハードウェアは、バス 16 に接続された、ディスプレイ 2、キーボード 3、マウス 4、タブレット 5、及びコンピュータ PC の CPU（Central Processing Unit）と記憶手段（メモリ、ハードディスク等）から構成される制御部 100 からなる。手術シミュレーション装置 1 は、制御部 100 において記憶手段に読み込まれた本開示に係る手術シミュレーションプログラムが、キーボード 3、マウス 4、タブレット 5 等の操作入力部からの操作入力に基づいて、CPU 上で動作して仮想内視鏡画像を生成して表示画像等をディスプレイ 2 に表示することにより実現される。

【0022】

< 各部構成 >

制御部 100 は、図 2 に示すように、断層画像取得部 6、ボクセルデータ抽出部 7、データ格納部 9、ボリュームレンダリング演算部 13、深さ検出部 15、深さ制御部 17、被切削ボクセルラベル設定部 18、ウィンドウ座標取得部 20、色情報設定部 21、可操作エリア演算部 27、及び器具パラメータ取得部 30 等の機能ブロックを有する。

【0023】

断層画像取得部 6 は、C T (コンピュータ断層撮影装置) あるいは M R I (磁気共鳴診断装置)、P E T (Positron Emission Tomography)、超音波診断装置等の被検体の断層画像を撮影するための各種モダリティから供給された断層画像データを、バス 16 を介して取得する部分である。

【0024】

ボクセルデータ抽出部 7 は、複数毎フレームの断層画像データを入力としてボクセルデータ、ボクセルラベルデータを抽出してデータ格納部 9 に出力する部分である。

【0025】

データ格納部 9 は、コンピュータ P C の記憶手段 (メモリ、ハードディスク等) から構成されており、ボクセルデータ抽出部 7、ボリュームレンダリング演算部 13、被切削ボクセルラベル設定部 18、色情報設定部 21、可操作エリア演算部 27、及び器具パラメータ取得部 30 との間でデータの入出力を行う。データ格納部 9 は、ボクセルデータ格納部 10、ボクセルラベル格納部 11、および色情報格納部 12、内視鏡パラメータ格納部 41 と術具パラメータ格納部 42 からなる器具パラメータ格納部 40 を有している。

【0026】

ボクセルデータ格納部 10 は、ボクセルデータ抽出部 7 から出力されたボクセルデータを格納している。

【0027】

ボクセルラベル格納部 11 は、第 1 ボクセルラベル格納部、第 2 ボクセルラベル格納部、第 3 ボクセルラベル格納部を有している。第 1、第 2 及び第 3 ボクセルラベル格納部は、表示対象となる臓器にそれぞれ対応して後述する予め設定された C T 値の範囲に対応している。各ボクセルラベル格納部における C T 値の範囲は、例えば、第 1 ボクセルラベル格納部は肝臓を表示するための C T 値の範囲に、第 2 ボクセルラベル格納部は血管を表示するための C T 値の範囲に、第 3 ボクセルラベル格納部は骨を表示するための C T 値の範囲に対応して構成されていてもよい。ここで、表示対象となる骨や血管、神経、臓器ごとに設定される C T 値とは、人体における X 線吸収の程度を、水を 0 とする相対値 (単位: H U) として数値化したものである。具体的には、例えば、骨が表示される C T 値の範囲は 500 ~ 1000 H U、血液が表示される C T 値の範囲は 30 ~ 50 H U、肝臓が表示される C T 値の範囲は 60 ~ 70 H U、腎臓が表示される C T 値の範囲は 30 ~ 40 H U である。

【0028】

色情報格納部 12 は、複数の色情報に対応した格納部を有している。各格納部は、表示対象となる骨、血管、神経、臓器等にそれぞれ対応して予め設定された C T 値の範囲に対応している。各格納部における色情報は、例えば、肝臓を表示する C T 値の範囲に対応する色情報、血管を表示する C T 値の範囲に対応する色情報、骨を表示する C T 値の範囲に対応する色情報等であってもよい。また、各格納部には、表示対象となる骨、血管、神経、臓器ごとにそれぞれ異なる色情報が設定されている。例えば、骨に対応する C T 値の範囲には白色の色情報、血管に対応する C T 値の範囲には赤色の色情報がそれぞれ格納されている。

【0029】

図 3 は、図 2 のデータ格納部 9 に構成される内視鏡パラメータ格納部 41 の構成を示す機能ブロック図である。内視鏡パラメータ格納部 41 は、図 3 に示すように、第 1 内視鏡パラメータ格納部 41 a、第 2 内視鏡パラメータ格納部 41 b、第 3 内視鏡パラメータ格納部 41 c を有している。第 1、第 2 及び第 3 内視鏡パラメータ格納部 41 a、41 b、41 c には、例えば、内視鏡 411 の斜視角、視野角、位置、姿勢等の内視鏡パラメータ

10

20

30

40

50

情報がそれぞれ格納されている。これらの内視鏡パラメータ情報は、内視鏡パラメータ取得部 3 1 から出力され内視鏡パラメータ格納部 4 1 に保存される。

【 0 0 3 0 】

図 4 は、図 2 のデータ格納部 9 に構成される術具パラメータ格納部 4 2 の構成を示す機能ブロック図である。術具パラメータ格納部 4 2 は、図 4 に示すように、第 1 術具パラメータ格納部 4 2 a、第 2 術具パラメータ格納部 4 2 b、及び第 3 術具パラメータ格納部 4 2 c を有している。第 1、第 2 及び第 3 術具パラメータ格納部 4 2 a、4 2 b、4 2 c には、例えば、術具としてレトラクタ 4 2 1、鉗子やドリル、ノミ、メス等の処置具 4 2 2 (図 2 6 参照) の形状、長さ、直径、位置、姿勢等の術具パラメータ情報がそれぞれ格納されている。これらの術具パラメータ情報は、術具パラメータ取得部 3 2 及び術具挿入深度演算部 3 3 から出力され術具パラメータ格納部 4 2 に保存される。

10

【 0 0 3 1 】

内視鏡パラメータ取得部 3 1 は、操作者よりキーボード 3 やマウス 4 を介して入力される内視鏡パラメータを取得し、データ格納部 9 における内視鏡パラメータ格納部 4 1 へ出力する。

【 0 0 3 2 】

術具パラメータ取得部 3 2 は、操作者よりキーボード 3 やマウス 4 を介して入力されるレトラクタ、処置具等の術具パラメータを取得し、データ格納部 9 における術具パラメータ格納部 4 2 へ出力する。

【 0 0 3 3 】

術具挿入深度演算部 3 3 は、レトラクタ 4 2 1 等の術具の挿入深度 (手術部位における深さ位置) を演算し、データ格納部 9 における術具パラメータ格納部 4 2 へ出力する。

20

【 0 0 3 4 】

可操作エリア演算部 2 7 は、ボクセルデータ及び器具パラメータに基づき、処置具 4 2 2 の先端が到達可能な操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A 3 を算出し、データ格納部 9 におけるボクセルラベル格納部 1 1 に出力する。

【 0 0 3 5 】

ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、ボクセルデータ格納部 1 0 に格納されているボクセルデータと、ボクセルラベル格納部 1 1 に格納されているボクセルラベルと、色情報格納部 1 2 に格納されている色情報、術具パラメータ格納部に格納されている器具パラメータとに基づき、レトラクタ 4 2 1 の軸に垂直であってレトラクタ 4 2 1 前方に位置し、当該方向の間隔が一定の複数枚の断面画像 (スライス画像) を取得する。そして、複数の断面画像に含まれる対象ボクセルを特定し、当該対象ボクセル中のボクセルデータ、ボクセルラベルデータに基づき、対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成する。この仮想内視鏡画像は実際の手術において内視鏡に入射する画像を近似したものである。

30

【 0 0 3 6 】

このとき、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、内視鏡パラメータ格納部 4 1 に格納されている内視鏡パラメータと、術具パラメータ格納部 4 2 に格納されている術具パラメータとに基づいて、内視鏡によって得られる仮想内視鏡画像に対してレトラクタ 4 2 1 等の術具によって視野が制限される画像部分をマスキングした仮想内視鏡画像を生成する。具体的には、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、内視鏡パラメータ格納部 4 1 に格納された内視鏡に関するパラメータ (斜視角、視野角、位置等) と、術具パラメータ格納部 4 2 に格納されたレトラクタ 4 2 1 に関するパラメータ (径、長さ等) とに基づいて、内視鏡 4 1 1 によって取得される全視野角に対応する仮想内視鏡画像表示エリア (第 1 表示エリア) A 1 と、内視鏡 4 1 1 によってレトラクタ 4 2 1 の内壁部分等の画像が取得され手術対象部位の画像の取得が制限される表示制限エリア (第 2 表示エリア) A 2 とを設定する。ここで、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 とは、実際の内視鏡手術において内視鏡 4 1 1 によって取得され、ディスプレイ 2 のモニタ画面上に表示される表示エリアである。表示制限エリア A 2 とは、実際の内視鏡手術においてはレトラクタ 4 2 1 の内壁部分が表

40

50

示され、内視鏡手術シミュレーションではマスキングされて表示される領域を意味している。

【 0 0 3 7 】

さらに、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、ボクセルデータ、ボクセルラベルデータ、術具パラメータに基づき、切削指示により、処置具 4 2 2 の先端の位置と可操作エリア（第 3 表示エリア）A 3 に含まれる操作可能ボクセルとの距離が所定の距離以下である操作可能ボクセルを被切削ボクセルと認定して、被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とした仮想内視鏡画像を生成する。具体的には、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、被切削ボクセルに対応するボクセルラベルを変更して、被切削ボクセルを非表示にすることにより、被切削ボクセルより視線方向の下流側を投影することにより被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする。

10

【 0 0 3 8 】

また、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A 3 をマーキングした仮想内視鏡画像を生成してもよい。このとき、ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、操作可能ボクセルに対応するボクセルラベルデータを操作可能ボクセル以外の対象ボクセルに対応するボクセルラベルデータと異ならせることにより、仮想内視鏡画像における操作可能ボクセルを含む範囲を可操作エリア A 3 としてマーキングする構成としてもよい。

【 0 0 3 9 】

ポリウムレンダリング演算部 1 3 は、生成した仮想内視鏡画像を表示制御部 8 に出力する。

20

【 0 0 4 0 】

ウィンドウ座標取得部 2 0 は、バス 1 6 を介して、キーボード 3、マウス 4、タブレット 5 等から入力された表示画面上のウィンドウ座標を色情報設定部 2 1 に出力する。

【 0 0 4 1 】

色情報設定部 2 1 は色情報を設定して、データ格納部 9 内の色情報格納部 1 2 に出力する。ウィンドウ座標取得部 2 0 の情報が色情報設定部 2 1 を介して色情報格納部 1 2 に伝達されることで、ポリウムデータに任意の色を与えることができる。ここで、色情報設定部 2 1 とは、いわゆるルックアップテーブルを用いた変換部を意味する。つまり、本実施形態の手術シミュレーション装置 1 では、 $I(x, y, z, \alpha)$ で構成される点の情報を保有しており、CT 値または特定の領域に対して色情報設定部 2 1 によって異なる透明度情報と色情報とが設定されている。これにより、CT 値に応じた色付け、または特定の領域に対して異なる色付けで表示される。

30

【 0 0 4 2 】

深さ検出部 1 5 は、操作者よりキーボード 3 やマウス 4 を介して入力されるレトラクタ等の術具の挿入深度（手術部位における深さ位置）をバス 1 6 を介して取得し、レトラクタ 4 2 1 のレイキャスティング走査距離を測定するとともに、深さ制御部 1 7 と被切削ボクセルラベル設定部 1 8 とに出力する。深さ検出部 1 5 及び深さ制御部 1 7 は、器具を挿入した際に、器具とボクセルとの衝突を検出した場合に、進行方向へのそれ以上の移動を防ぐ。例えば、レトラクタ 4 2 1 を挿入した際に、骨と接触するまでレトラクタ 4 2 1 を挿入し、接触した位置をレトラクタ 4 2 1 の挿入位置として、その位置から各パラメータを反映した仮想内視鏡画像を表示することができる。

40

【 0 0 4 3 】

被切削ボクセルラベル設定部 1 8 は、ウィンドウ座標取得部 2 0 には、深さ検出部 1 5 から出力される処置具 4 2 2 の位置に関するパラメータ、ボクセルラベル格納部 1 1 に格納されている操作可能ボクセルの情報を取得し、これらの情報に基づき、処置具 4 2 2 の先端の位置が操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A 3 内に存在するか否かを判定する。さらに、切削指示に基づき処置具 4 2 2 の先端との距離が所定の距離以下である操作可能ボクセルを被切削ボクセルと認定して、ボクセルラベル格納部 1 1 における非切削ボクセルに対応するボクセルラベルを被切削状態に変更することにより、切削を実行する。

50

【 0 0 4 4 】

表示制御部 8 は、ボリュームレンダリング演算部 1 3 から出力された仮想内視鏡画像をディスプレイ 2 に表示させる。

【 0 0 4 5 】

< 動 作 >

(手術シミュレーション動作)

以上の構成からなる手術シミュレーション装置 1 における手術シミュレーション動作について説明する。

【 0 0 4 6 】

図 5 は、手術シミュレーション装置 1 における切削シミュレーション処理のフローチャートである。

10

【 0 0 4 7 】

先ず、ステップ S 1 において、断層画像取得部 6 は、被検体の断層画像データを、バス 1 6 を介して取得し、ボクセルデータ抽出部 7 に供給する。

【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 では、ボクセルデータ抽出部 7 は、複数毎フレームの断層画像データを入力としてボクセルデータ、ボクセルラベルデータを抽出してデータ格納部 9 に出力し、ボクセルデータ格納部 1 0、ボクセルラベル格納部 1 1 にそれぞれを格納する。ボクセルデータは、例えば、 $I(x, y, z, \alpha)$ で構成される点の情報である。ここで、 I は当該ボクセルの輝度情報であり、 x, y, z は座標点を示し、 α は透明度を表す情報である。

20

【 0 0 4 9 】

次に、ステップ S 3 では、ボリュームレンダリング演算部 1 3 が、ボクセルデータ格納部 1 0 に格納されているボクセルデータに基づいて、視線に対して垂直であって、当該方向の間隔が一定の複数枚の断面画像（スライス画像群）からなるレンダリング像を生成する（ボリュームレンダリング処理）。そして、スライス画像群は、ボリュームレンダリング演算部 1 3 内に一時的に格納される。なお、上述した視線に対して垂直なスライス情報とは、視線に対して直交する面を意味している。例えば、ディスプレイ 2 を鉛直方向に沿って立てた状態で、これと顔の面とを平行にした状態で見た場合に、スライス画像が視線に対して垂直な面となる。複数のスライス画像は、 $I(x, y, z, \alpha)$ で構成される点のボクセルデータを保有している。また、各ボクセルに対応してボクセルラベルが設定され、ボクセルラベルデータも視線方向に複数枚配置されている。

30

【 0 0 5 0 】

次に、表示制御部 8 は、ボリュームレンダリング演算部 1 3 から出力されたボリュームレンダリング像（以後、「レンダリング像」とする）をディスプレイ 2 に表示させる（ステップ S 4）。このとき、ディスプレイ 2 では、マウス 4 等を用いて CT 値の範囲が指定されることで、切削対象物となる骨や血管等が選択されて表示される。

【 0 0 5 1 】

次に、ステップ S 5 において、キーボード 3、マウス 4、タブレット 5 等の操作入力部から、内視鏡の挿入方向・位置の指示が制御部 1 0 0 に入力される。内視鏡表示を行う場合には、さらに、操作入力部から内視鏡表示をするよう指示が入力される。

40

【 0 0 5 2 】

ステップ S 6 では、操作者から内視鏡表示をするように指示を受け付けたか否かを判定し、内視鏡表示の指示を受け付けていない場合にはステップ S 3 に戻り、内視鏡表示の指示を受け付けた場合にはステップ S 7 に進む。

【 0 0 5 3 】

次に、ステップ S 7 では、キーボード 3 やマウス 4 を介して入力された操作入力に基づいてレトラクタ 4 2 1 の挿入深度を決定する。図 6 は、図 5 のステップ S 7 における術具挿入深度決定の処理の詳細を示すフローチャートである。図 6 に示すように、先ず、術具挿入深度演算部 3 3 が、術具パラメータ格納部 4 2 からレトラクタ 4 2 1 の形状に関する術具パラメータ情報を取得する（ステップ S 7 1）。次に、術具挿入深度演算部 3 3 が、

50

ボリュームレンダリング演算部 13 において生成されたレンダリング像におけるレトラクタ 421 挿入位置に関する情報（例えば、レトラクタの中心の位置、レトラクタの内径等）を取得する（ステップ S72）。さらに、術具挿入深度演算部 33 が、ステップ S72 において取得された情報に基づいて、レトラクタ 421 を挿入に伴いレンダリング像に含まれる骨等の部位とレトラクタ 421 の先端が接触するときのレトラクタ 421 の深さ位置（レトラクタ挿入限界深度）を検出する（ステップ S73）。

【0054】

ここで、レトラクタ 421 の挿入深度を決定する方法について、図 7 を用いて説明する。図 7 は、筒状の術具（レトラクタ）の挿入深度の検出方法を説明するための模式図である。

10

【0055】

術具挿入深度演算部 33 は、術具パラメータ格納部 42 に格納されているレトラクタ 421 の直径、長さ、移動方向（挿入方向）等の術具パラメータに基づいて、図 7 に示すように、術具の先端の外周縁上に複数点のサンプリング点 SP を配置するモデリングを行う。そして、術具挿入深度演算部 33 は、ボリュームレンダリング演算部 13 において生成されたレンダリング像からボクセルラベルデータに基づき骨 BO を抽出し、レトラクタ 421 の全てのサンプリング点 SP がレトラクタ 421 の挿入方向に移動したときの骨 BO との接触位置を算出する。そして、レトラクタ 421 先端のサンプリング点 SP が骨 BO に接触する深さのうち、最小の深さをレトラクタ 421 の挿入限界位置として設定する。挿入限界位置において骨 BO と接触しているサンプリング点 SP を衝突部位 421a とする。

20

【0056】

このように、実際の内視鏡手術と近似したレトラクタ 421 が挿入限界深度を正確に把握することにより、レトラクタ 421 が現実の挿入限界深度より深い位置まで挿入された状態で手術シミュレーションが行われることを回避できる。

【0057】

次に、図 5 に戻り、ステップ S8 において、ボリュームレンダリング演算部 13 は、術具パラメータ格納部 42 からレトラクタ 421 及び処置具 422 に関する術具パラメータを取得する。さらに、ボリュームレンダリング演算部 13 は、内視鏡パラメータ格納部 41 から内視鏡に関するパラメータを取得する（ステップ S9）。

30

【0058】

次に、ステップ S10 では、可操作エリア演算部 27 は、術具パラメータ、内視鏡パラメータ、ボクセルデータに基づき、処置具 422 の先端が到達可能な操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A3 を決定する。

【0059】

図 7 は、図 5 のステップ S10 における可操作エリア決定処理の詳細を示すフローチャートである。図 7 に示すように、可操作エリア演算部 27 は、術具パラメータ格納部 42 からレトラクタ 421 及び処置具 422 の形状・挿入位置に関する術具パラメータを取得する（ステップ S101、S102）。さらに、可操作エリア演算部 27 は、内視鏡パラメータ格納部 41 から内視鏡の形状・位置に関するパラメータを取得する（ステップ S103、S104）。そして、ステップ S105 では、可操作エリア演算部 27 は、術具パラメータ、内視鏡パラメータ、ボクセルデータに基づき、処置具 422 の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出し、操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A3 を決定する。

40

【0060】

ここで、可操作エリア A3 の決定方法について、図 9 を用いて説明する。図 9（a）は、可操作エリア演算部 27 における術具（処置具 422）の先端が到達可能な操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A3 の算出方法を説明するための模式図、（b）は計算結果の例示である。

【0061】

50

図 9 に示すように、被検体の手術対象部位表面の可操作エリア A 3 の直径 $a r e a$ は、レトラクタ 4 2 1 の内部で処置具 4 2 2 を左右に最大に傾けたときに、被検体の手術対象部位表面において処置具 4 2 2 の先端が到達可能な範囲として表される。図 9 (a) において、レトラクタ 4 2 1、処置具 4 2 2 に関するパラメータを、

O : レトラクタ 4 2 1 の中心点

A : レトラクタ 4 2 1 の先端中心点

B : レトラクタ 4 2 1 の先端の端点

C : 線分 O A と被写体表面の交点

D : 線分 O B と被写体表面の交点

φ : レトラクタ 4 2 1 の直径

$d r$: レトラクタ 4 2 1 の長さ

θ : レトラクタ 4 2 1 の内部で処置具 4 2 2 を左右に最大に傾けたときのなす角度

$d i s t$: レトラクタ 4 2 1 の先端と被写体表面の距離

$a r e a$: 被検体の手術対象部位表面の可操作エリア A 3 の直径

と規定したとき、式 (1) の関係が導かれる。

【 0 0 6 2 】

【 数 1 】

$$\tan \theta / 2 = \frac{\varphi}{d r} = \frac{O A}{2 d i s t + d r} \quad (式1)$$

10

20

そして、被検体の手術対象部位表面の可操作エリア A 3 の直径 $a r e a$ は、式 (2) により規定される。

【 0 0 6 3 】

【 数 2 】

$$O A = \frac{\varphi(2 d i s t + d r)}{d r} \quad (式2)$$

図 9 (b) に、実際の手術に用いるパラメータを用いた計算例を示す。

30

【 0 0 6 4 】

図 8 に戻り、ボリュームレンダリング演算部 1 3 は、操作可能ボクセルに対応するボクセルラベルデータを、操作可能ボクセル以外のボクセルに対応するボクセルラベルデータと異なるようにボクセルラベルデータを更新する (ステップ S 1 0 6) 。

【 0 0 6 5 】

図 5 に戻り、ステップ S 1 1 では、操作者からの切削指示を受け付けたか否かを判定し、切削指示を受け付けていない場合にはステップ S 3 に戻り、内視鏡画像の生成と表示を行う。すなわち、ステップ S 3 では、ボリュームレンダリング演算部 1 3 が、ボクセルデータ格納部 1 0 に格納されているボクセルデータに基づいて、レトラクタ 4 2 1 の軸に垂直であってレトラクタ 4 2 1 前方に位置し、当該方向の間隔が一定の複数枚の断面画像 (スライス画像群) からなるレンダリング像を生成し、対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して内視鏡画像に近似した仮想内視鏡画像を生成する。ステップ S 4 では、表示制御部 8 は仮想内視鏡画像を表示画面としてディスプレイ 2 に表示する。

40

【 0 0 6 6 】

ステップ S 1 1 の判定において、内視鏡表示の指示を受け付けた場合にはステップ S 1 2 に進み切削実行を行う。

【 0 0 6 7 】

操作者から切削指示は、キーボード 3、マウス 4、あるいはタブレット 5 等の操作入力部を介してなされる。具体的な切削指示の入力方法としては、マウス 4 を机の上で水平方向に移動させることで、ディスプレイ 2 に表示されるカーソルを、表示画面の手術対象部

50

位上において左右あるいは上下に往復させる方法が挙げられる。このとき、マウス 4 の左右方向、上下方向における動きは、ウィンドウ座標取得部 20 において検出される。検出された情報が、深さ検出部 15、深さ制御部 17 を介して被切削ボクセルラベル設定部 18 へ出力される。

【0068】

ステップ S 12 では、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、処置具位置に関するパラメータ、操作可能ボクセルの情報に基づき被切削ボクセルを算出して、ボクセルラベル格納部 11 における非切削ボクセルに対応するボクセルラベルを被切削状態に変更することにより、切削を実行する。

【0069】

図 10 は、図 5 のステップ S 12 における切削実行の処理の詳細を示すフローチャートである。まず、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、深さ検出部 15 から処置具 422 の位置に関するパラメータを取得する（ステップ S 121）。同時に、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、ボクセルラベル格納部 11 から操作可能ボクセルの情報を取得する。そして、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、処置具 422 の先端の位置が操作可能ボクセルが含まれる可操作エリア A 3 内に存在するか否かを判定し（ステップ S 122）、存在しない場合には、切削実行の処理を中止してステップ S 3 に戻る。これにより、処置具 422 の先端の位置が可操作エリア A 3 内に存在しない場合に切削実行の処理が行われることを防止できる。

【0070】

ステップ S 122 の判定において、処置具 422 の先端の位置が可操作エリア A 3 内に存在する場合にはステップ S 123 に進む。ステップ S 123 では、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、深さ検出部 15 から処置具 422 の先端の深さに関するパラメータを取得し、処置具 422 の先端が操作可能ボクセルと接触しているか否かを判定する（ステップ S 124）。ここで、接触しているか否かの判定は、例えば、処置具 422 の先端と操作可能ボクセルとの距離が所定の距離以下であるか否かを判定することにより行う。ステップ S 124 の半定において、処置具 422 の先端が操作可能ボクセルと接触していない場合にはステップ S 3 に戻り、接触している場合にはステップ S 125 に進む。ステップ S 125 では、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、処置具 422 の先端との距離が所定の距離以下である操作可能ボクセルを被切削ボクセルと認定して、被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する。このとき、被切削ボクセルラベル設定部 18 は、被切削ボクセルのボクセルラベルデータを、被切削ボクセルを非表示とするような種別のボクセルラベルデータに変更する。変更されたボクセルラベルデータはボクセルラベル格納部 11 に保存され、ステップ S 3 へ移行する。

【0071】

ステップ S 3 では、ボリュームレンダリング演算部 13 が、ボクセルデータ格納部 10 に格納されているボクセルデータに基づいて、レトラクタ 421 の軸に垂直であってレトラクタ 421 前方に位置し、当該方向の間隔が一定の複数枚の断面画像（スライス画像群）からなるレンダリング像を生成し（ボリュームレンダリング処理）、対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して内視鏡画像に近似した仮想内視鏡画像を生成する。

【0072】

このとき、ボリュームレンダリング演算部 13 は、変更されたボクセルラベルデータに基づき被切削ボクセルを非表示として、被切削ボクセルより視線方向の下流側のボクセルを投影したレンダリング像を生成し、被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする仮想内視鏡画像を生成する。

【0073】

また、ステップ S 3 では、ボリュームレンダリング演算部 13 は、操作可能ボクセルに対応するボクセルラベルデータを操作可能ボクセル以外の対象ボクセルに対応するボクセルラベルデータと異ならせて、生成される仮想内視鏡画像において操作可能ボクセルが含

10

20

30

40

50

まれる可操作エリア A 3 の範囲をマーキングして識別してもよい。

【0074】

さらに、ステップ S 3 では、ボリュームレンダリング演算部 1 3 が、ステップ S 8 およびステップ S 9 において取得された術具パラメータおよび内視鏡パラメータに基づいて、ボリュームレンダリング演算部 1 3 において生成された内視鏡画像に近似した仮想内視鏡画像のうち、内視鏡によって取得される全視野範囲に相当する仮想内視鏡画像表示エリア A 1 と表示制限エリア A 2 とを設定し、ディスプレイ 2 の表示画面に表示させてもよい。

【0075】

ステップ S 4 では、表示制御部 8 は仮想内視鏡画像を表示画面としてディスプレイ 2 に表示する。

10

【0076】

< 効果 >

以下、手術シミュレーション装置 1 における効果について説明する。

【0077】

図 1 1 (a) は、手術シミュレーション装置 1 における可操作エリア A 3 の範囲を示す模式断面図、(b) 従来の手術シミュレーション装置における可操作エリア A 3 X の範囲を示す模式断面図である。また、図 1 2 (a) は、手術シミュレーション装置 1 の表示画像における可操作エリア A 3 の範囲を示す模式図、(b) 従来の手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリア A 3 X の範囲を示す模式図である。

【0078】

20

従来の手術シミュレーション装置では、図 1 1 (b) 及び図 1 2 (b) に示すように、手術対象部位表面において処置具 4 2 2 の先端が到達可能な範囲を超えて仮想内視鏡画像表示エリア A 1 と等価な範囲が可操作エリア A 3 とされた。そのため、処置具 4 2 2 の先端の位置が可操作エリア A 3 内に存在しない場合に切削実行の処理が行われ、実際の手術における切削とは異なるシミュレーション動作が行われる場合があった。

【0079】

これに対し、実施の形態 1 に係る手術シミュレーション装置 1 では、図 1 1 (a) 及び図 1 2 (a) に示すように、レトラクタ 4 2 1 の内部で処置具 4 2 2 を左右に最大に傾けたときに、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 の内部において被検体の手術対象部位表面において処置具 4 2 2 の先端が到達可能な範囲を手術対象部位表面の内部に可操作エリア A 3 として算出し、処置具 4 2 2 の先端の位置が可操作エリア A 3 内に存在する場合に、処置具 4 2 2 の先端との距離が所定の距離以下である操作可能ボクセルを被切削ボクセルと認定する。そして、ボクセルラベル格納部 1 1 における非切削ボクセルに対応するボクセルラベルを被切削状態に変更することにより切削を実行する。そのため、操作者は、処置具 4 2 2 の先端の位置が可操作エリア A 3 内において切削シミュレーションを行うことができ、操作者は実際の手術における切削と近似したシミュレーションを行うことができる。

30

【0080】

図 1 3 は、手術シミュレーション装置 1 において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータの基準値としたときの表示画面図の一例である。図 1 3 に示すように、手術シミュレーション装置 1 では、表示画面に表示された仮想内視鏡画像表示エリア A 1 (第 1 表示エリア) の内部に処置具 4 2 2 の先端の位置が可操作エリア A 3 (第 3 表示エリア) がマーキングされて識別された状態で表示されている。

40

【0081】

これにより、操作者には、被検体の手術対象部位のうち処置具 4 2 2 の先端が到達可能な範囲が明示されるので、操作者は処置具 4 2 2 の先端を可操作エリア A 3 に容易に移動させることができ、効率的に手術シミュレーションが可能となる。

【0082】

さらに、表示画面には、内視鏡によって取得される全視野範囲に相当する仮想内視鏡画像表示エリア A 1 とともに、レトラクタ 4 2 1 の内壁等によって手術対象部位の画像の入射が制限される表示制限エリア A 2 (第 2 表示エリア) が表示されている。

50

【 0 0 8 3 】

これにより、実際に内視鏡手術によって取得可能な範囲を表示することができ、操作者は実際の手術における内視鏡画像に近似した仮想内視鏡画像を見て手術シミュレーションを行うことができる。

【 0 0 8 4 】

以上のとおり、実施の形態 1 に係る手術シミュレーション装置 1 では、内視鏡手術のシミュレーションを実施する際に、実際の内視鏡手術によって表示される状態に近似した表示態様でシミュレーションを行うことができ、効果的な手術支援を行うことができる。

【 0 0 8 5 】

実施の形態 2

10

上記した実施の形態では、手術シミュレーション装置の実施の形態を例に挙げて説明した。例えば、実施の形態 1 では、内視鏡に直視内視鏡及を用いた例を示して手術シミュレーション装置の説明を行った。しかしながら、内視鏡の構成は直視内視鏡に限定されるものではなく、例えば、より広い範囲の仮想内視鏡画像表示エリア A 1 が得られる斜視内視鏡を用いた構成としてもよい。以下、仮想内視鏡パラメータ変更例である実施の形態 2 について説明する。

(斜視内視鏡の斜視角を反映させたレンダリング像の生成)

以下、斜視内視鏡を用いた実施の形態 2 に係る構成において、斜視内視鏡の任意の斜視角を反映させたレンダリング像を生成するための方法について、図面を用いて説明する。図 1 4 は、斜視内視鏡を用いた実施の形態 2 に係る手術シミュレーション装置 1 における、任意の斜視角を反映させたボリュームレンダリング演算方法を説明するための模式図である。

20

【 0 0 8 6 】

実施の形態 2 に係る手術シミュレーション装置では、斜視内視鏡 4 1 1 A ごとに設定される斜視角に応じて視野ベクトルに回転行列を適用することにより、斜視角を反映させたレンダリング像を生成する。具体的には、先ず、レトラクタ 4 2 1 の軸方向に対応する鏡軸ベクトル V_s と斜視内視鏡 4 1 1 A の斜視方向に対応する垂直ベクトル V_u の外積 V_c を算出する。次に、 V_c 周りを θ 回転する回転行列 R_s を算出する。そして、斜視角を反映した視野ベクトル V_e は、 $V_e = R_s * V_s$ として求めることができる。これにより、斜視内視鏡 4 1 1 A ごとに斜視角度が異なる場合でも、内視鏡パラメータ格納部 4 1 に格納された内視鏡パラメータ等に基づいて視野ベクトル V_e を算出して手術に使用される斜視内視鏡 4 1 1 A ごとの視野範囲を設定することができる。

30

(マウス 4 の操作による 2 次元入力から内視鏡 3 次元操作へのマッピング)

次に、図 1 5 (a) ~ (c) を用いて、マウス 4 の操作による 2 次元入力から内視鏡 3 次元操作へのマッピングについて説明する。

【 0 0 8 7 】

通常、レトラクタ 4 2 1 内に挿入された斜視内視鏡 4 1 1 A (図 1 5 (a) 等参照) は、レトラクタ 4 2 1 と一体化された図示しないアタッチメントに固定されることで、レトラクタ 4 2 1 内における周方向における移動が制限されている。

【 0 0 8 8 】

40

ここで、図 1 5 (a) に示すように、斜視内視鏡 4 1 1 A をアタッチメントごと回転させたと仮定して、図 1 5 (c) に示すように、レトラクタ 4 2 1 の長さ d_r 、レトラクタ 4 2 1 内における斜視内視鏡 4 1 1 A の挿入深度 d_e とすると、レトラクタ 4 2 1 の中心 R_o から斜視内視鏡 4 1 1 A の中心 E_o までの距離 $R_o E_o$ の奥行き方向の軸 R_z に対して、角度 θ 回転した場合の回転行列 R_θ を算出する。

【 0 0 8 9 】

次に、ベクトル $R_o E_o' = R_\theta \times R_o E_o$ であるから、内視鏡先端位置は、内視鏡の挿入深度 d_e を用いて、内視鏡先端位置 $E_c = E_o' + R_z * d_e$ の式によって算出することができる。

【 0 0 9 0 】

50

これにより、２次元のマウス操作によって、３次元の内視鏡先端位置を算出することができる。なお、斜視内視鏡４１１Ａの挿入深度 d_e は、マウス（例えば、マウスホイール）操作によって変更することができる。

【００９１】

（効果）

図１６（ａ）は、実施の形態２に係る斜視内視鏡を用いた手術シミュレーション装置における可操作エリアＡ３の範囲を示す模式断面図、（ｂ）従来の手術シミュレーション装置における可操作エリアＡ３の範囲を示す模式断面図である。また、図１７（ａ）は、実施の形態２に係る斜視内視鏡４１１Ａを用いた手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリアＡ３の範囲を示す模式図、（ｂ）斜視内視鏡４１１Ａ従来の手術シミュレーション装置の表示画像における可操作エリアＡ３の範囲を示す模式図である。

10

【００９２】

従来の手術シミュレーション装置では、図１６（ｂ）及び図１７（ｂ）に示すように、手術対象部位表面において処置具４２２の先端が到達可能な範囲を超えて斜視内視鏡４１１Ａにより取得されるより広い範囲な仮想内視鏡画像表示エリアＡ１と等価な範囲が可操作エリアＡ３とされた。

【００９３】

これに対し、実施の形態２に係る手術シミュレーション装置１では、図１６（ａ）及び図１７（ａ）に示すように、斜視内視鏡４１１Ａにより取得される仮想内視鏡画像表示エリアＡ１の内部において手術対象部位表面において処置具４２２の先端が到達可能な範囲を可操作エリアＡ３の内部に処置具４２２の先端の位置が存在する場合に限り切削を実行する。そのため、操作者は、斜視内視鏡４１１Ａにより、より広い範囲の仮想内視鏡画像表示エリアＡ１が得られる場合においても、処置具４２２の先端の位置が可操作エリアＡ３内に限り切削シミュレーションを行うことができる。

20

【００９４】

表示画面の例

手術シミュレーション装置１において、術具パラメータ及び内視鏡パラメータを基準値としたときの図１３に示した表示画面の状態から、術具パラメータ及び内視鏡パラメータを変更したときの、仮想内視鏡画像表示エリアＡ１上の可操作エリアＡ３の大きさの変化について説明する。

30

【００９５】

図１８は、術具パラメータ及び内視鏡パラメータと仮想内視鏡画像表示エリアＡ１上の可操作エリアＡ３の大きさとの関係を示す図である。図１９～図２５は、術具パラメータ及び内視鏡パラメータを図１９の条件１～７に変更したときの、手術シミュレーション装置１における表示画面図の例である。

【００９６】

まず、図１９（図１８における条件１）に示すように、レトラクタ４２１の直径を小径化したとき、可操作エリアＡ３は縮小する。同時に仮想内視鏡画像表示エリアＡ１も縮小する。

【００９７】

次に、図２０（図１８における条件２）に示すように、レトラクタ４２１の長さを長軸化したとき、可操作エリアＡ３は縮小する。仮想内視鏡画像表示エリアＡ１の大きさに変化はない。可操作エリアＡ３は縮小するのは、レトラクタ４２１の内部で処置具４２２を左右に最大に傾けたとき角度が減少するためである。

40

【００９８】

次に、図２１（図１８における条件３）に示すように、直視内視鏡４１１から斜視内視鏡４１１Ａに変更したとき、可操作エリアＡ３の大きさは変化せず、仮想内視鏡画像表示エリアＡ１内において斜視方向と反対方向に可操作エリアＡ３が相対的に移動する。仮想内視鏡画像表示エリアＡ１の大きさに変化はない。

【００９９】

50

次に、図 2 2 (図 1 8 における条件 4) に示すように、内視鏡 4 1 1 の視野角を減少したとき、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 内における可操作エリア A 3 の大きさが相対的に拡大する。図 2 2 に示す例では、視野角を 1 2 0 度から 9 0 度にした場合、撮影範囲が狭くなり、内視鏡画像においてレトラクタ 4 2 1 の内壁により遮られる領域が減少する。そして、9 0 度の内視鏡画像をディスプレイ 2 に表示すると、1 2 0 度の内視鏡画像よりも拡大されて表示される。すなわち、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 はディスプレイ 2 の表示画面では 1 2 0 度の表示時より大きく表示される。しかしながら、9 0 度に視野角が狭まっても実際に操作できる可操作エリア A 3 の大きさは変わらない。よって、図 2 2 では、表示画面上の仮想内視鏡画像表示エリア A 1 が大きくなることで可操作エリア A 3 も相対的に大きく表示されている。

10

【 0 1 0 0 】

次に、図 2 3 (図 1 8 における条件 5) に示すように、内視鏡 4 1 1 の挿入深さを深くしたとき、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 内における可操作エリア A 3 の大きさが相対的に拡大する。すなわち、内視鏡 4 1 1 の挿入深度を深くすると、内視鏡先端と被写体との距離が縮まり、撮影範囲が狭くなる。また、内視鏡 4 1 1 の先端とレトラクタ 4 2 1 との位置関係が変わり、内視鏡画像においてレトラクタ 4 2 1 の内壁により遮られる表示制限エリア A 2 が減少する。その結果、表示制限エリア A 2 が小さくなることにより、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 は大きくなる。図 2 3 に示す例は、内視鏡 4 1 1 の位置変動による処置具 4 2 2 への影響を考慮しない条件であるため、内視鏡 4 1 1 の先端の位置が変化しても、処置具 4 2 2 を実際に操作できる可操作エリア A 3 の大きさは変わらない。したがって、図 2 3 では、可操作エリア A 3 の大きさは変わらないが、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 に対応する撮影範囲が狭くなっているため、表示画面上では可操作エリア A 3 は大きく表示される。

20

【 0 1 0 1 】

次に、図 2 4 (図 1 8 における条件 6) に示すように、レトラクタ 4 2 1 の挿入深さを浅くして被写体との距離を増加したとき、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 の大きさは増加し、可操作エリア A 3 の大きさも増加する。すなわち、図 2 4 に示す例では、内視鏡 4 1 1 で撮影される範囲は広がるため、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 に映る被写体の範囲は広がっている。その一方で、レトラクタ 4 2 1 と内視鏡 4 1 1 の先端との位置関係に変化はなく表示制限エリア A 2 の変化はない。レトラクタ 4 2 1 の先端と被写体表面の距離 (図 9 における $d i s t$) が大きくなると、レトラクタ 4 2 1 の内部で処置具 4 2 2 を左右に最大に傾けたときのなす角度 (図 9 における θ) に変化は無くても、被検体の手術対象部位表面の可操作エリア A 3 の直径 (図 9 における $a r e a$) は広がり、可操作エリア A 3 は拡大する。図 2 4 では、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 の全範囲が可操作エリア A 3 となっている。

30

【 0 1 0 2 】

次に、図 2 5 (図 1 8 における条件 7) に示すように、処置具 4 2 2 を湾曲させたとき、可操作エリア A 3 の大きさは増加する。仮想内視鏡画像表示エリア A 1 の大きさは変化しない。図 2 5 では、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 の全範囲が可操作エリア A 3 となっている。

40

【 0 1 0 3 】

以上のとおり、実施の形態 1、2 に係る手術シミュレーション装置 1 では、内視鏡手術のシミュレーションを実施する際に、術具パラメータ及び内視鏡パラメータを基準値としたときの図 1 3 に示した表示画面の状態から、術具パラメータ及び内視鏡パラメータを変更することにより、仮想内視鏡画像表示エリア A 1 上の可操作エリア A 3 の大きさの変化させることができる。これにより、実際の内視鏡手術によって表示される状態によい一層近似させた表示態様としてシミュレーションを行うことができ、より一層効果的な手術支援を実施することができる。

【 0 1 0 4 】

その他の変形例

50

以上、本開示を実施の形態 1、2（以後、「実施の形態」とする）に基づいて説明したが、本開示は上記実施の形態に限定されるものではなく種々の変更が可能である。

（１）上記した実施の形態では、手術シミュレーション装置の実施の形態を例に挙げて説明した。しかしながら、例えば、手術シミュレーション装置をコンピュータＰＣに実行させる手術シミュレーションプログラムとしてもよい。

（２）上記した実施の形態では、直視内視鏡及び斜視内視鏡を用いた例を示して説明を行った。しかしながら、内視鏡の構成はこれに限定されるものではなく、各種内視鏡に適用可能である。また、術具として、レトラクタ及び鉗子、ドリル、ノミ又はメスからなる処置具を用いた例を示して説明を行った。しかしながら、術具の構成はこれに限定されるものではなく、各種手術に用いる器具にも適用可能である。

10

（３）上記した実施の形態では、手術シミュレーション装置として、内視鏡画像を見ながら切削シミュレーションを実施する例を挙げて説明した。しかしながら、実際の手術中に表示される内視鏡画像に近い画像を表示させる表示シミュレーションに適用してもよい。これにより、可操作エリア A 3 を明示した内視鏡画像により手術中の対象部位の状態を再現して、効果的な表示シミュレーションを行うことができる。

（４）上記した実施の形態では、手術シミュレーションの一例として、内視鏡を用いた椎間板ヘルニア摘出術を例を示して説明を行った。しかしながら、本開示はこれに限定されるものではなく、各種疾患に対する手術のシミュレーションに適用してもよい。

（５）上記した実施の形態では、被検体の断層画像を撮影するための各種モダリティとして X 線 C T 画像を用いた例を挙げて説明した。3 次元画像を形成するための断層画像情報として、C T（コンピュータ断層撮影装置）あるいは M R I（磁気共鳴診断装置）、P E T（Positron Emission Tomography）、超音波診断装置等の被検体の断層画像を撮影するための各種モダリティによって取得された断層画像情報等を用いて 3 次元画像を形成してもよい。

20

【０１０５】

（６）なお、本開示を上記実施の形態に基づいて説明してきたが、本開示は、上記の実施の形態に限定されず、以下のような場合も本発明に含まれる。

【０１０６】

例えば、本発明は、マイクロプロセッサとメモリを備えたコンピュータシステムであって、上記メモリは、上記コンピュータプログラムを記憶しており、上記マイクロプロセッサは、上記コンピュータプログラムにしたがって動作するとしてもよい。例えば、本開示の手術シミュレーション方法のコンピュータプログラムを有しており、このプログラムに従って動作する（又は接続された各部位に動作を指示する）コンピュータシステムであってもよい。

30

【０１０７】

また、上記手術シミュレーション装置の全部、もしくは一部、またビームフォーミング部の全部又は一部を、マイクロプロセッサ、ROM、RAM等の記録媒体、ハードディスクユニットなどから構成されるコンピュータシステムで構成した場合も本発明に含まれる。上記 RAM 又はハードディスクユニットには、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロプロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、各装置はその機能を達成する。

40

【０１０８】

また、上記の各装置を構成する構成要素の一部又は全部は、１つのシステム L S I（Large scale Integration（大規模集積回路））から構成されているとしてもよい。システム L S I は、複数の構成部を１個のチップ上に集積して製造された超多機能 L S I であり、具体的には、マイクロプロセッサ、ROM、RAMなどを含んで構成されるコンピュータシステムである。これらは個別に１チップ化されてもよいし、一部又は全てを含むように１チップ化されてもよい。なお、L S I は、集積度の違いにより、I C、システム L S I、スーパー L S I、ウルトラ L S I と呼称されることもある。上記 RAM には、上記各装置と同様の動作を達成するコンピュータプログラムが記憶されている。上記マイクロ

50

ロセッサが、上記コンピュータプログラムにしたがって動作することにより、システム L S I は、その機能を達成する。例えば、本発明の手術シミュレーション方法が L S I のプログラムとして格納されており、この L S I がコンピュータ内に挿入され、所定のプログラム（手術シミュレーション方法）を実施する場合も本発明に含まれる。

【 0 1 0 9 】

なお、集積回路化の手法は L S I に限るものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現してもよい。L S I 製造後に、プログラムすることが可能な F P G A（Field Programmable Gate Array）や、L S I 内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なりコンフィギュラブル・プロセッサ（Reconfigurable Processor）を利用してもよい。

【 0 1 1 0 】

さらには、半導体技術の進歩または派生する別技術により L S I に置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行ってもよい。

【 0 1 1 1 】

また、各実施の形態に係る、手術シミュレーション装置の機能の一部又は全てを、C P U 等のプロセッサがプログラムを実行することにより実現してもよい。上記手術シミュレーション装置の動作を実施させるプログラムが記録された非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体であってもよい。プログラムや信号を記録媒体に記録して移送することにより、プログラムを独立した他のコンピュータシステムにより実施するとしてもよい、また、上記プログラムは、インターネット等の伝送媒体を介して流通させることができるのは言うまでもない。

【 0 1 1 2 】

また、上記実施形態に係る手術シミュレーション装置の各構成要素は、C P U（Central Processing Unit）や G P U（Graphics Processing Unit）やプロセッサなどのプログラマブルデバイスとソフトウェアにより実現される構成であってもよい。後者の構成は、いわゆる G P G P U（General-Purpose computing on Graphics Processing Unit）である。これらの構成要素は一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。また、複数の構成要素を組合せて一個の回路部品とすることができるし、複数の回路部品の集合体にすることもできる。

【 0 1 1 3 】

上記実施の形態に係る手術シミュレーション装置では、記憶装置であるデータ格納部を手術シミュレーション置内に含む構成としたが、記憶装置はこれに限定されず、半導体メモリ、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ、磁気記憶装置、等が、手術シミュレーション装置に外部から接続される構成であってもよい。

【 0 1 1 4 】

また、ブロック図における機能ブロックの分割は一例であり、複数の機能ブロックを一つの機能ブロックとして実現したり、一つの機能ブロックを複数の分割したり、一部の機能を他の機能ブロックに移してもよい。また、類似する機能を有する複数の機能ブロックの機能を単一のハードウェア又はソフトウェアが並列又は時分割に処理してもよい。

【 0 1 1 5 】

また、上記のステップが実行される順序は、本発明を具体的に説明するために例示するためのものであり、上記以外の順序であってもよい。また、上記ステップの一部が、他のステップと同時（並列）に実行されてもよい。

【 0 1 1 6 】

また、各実施の形態に係る手術シミュレーション装置、及びその変形例の機能のうち少なくとも一部を組み合わせてもよい。更に上記で用いた数字は、全て本発明を具体的に説明するために例示するものであり、本発明は例示された数字に制限されない。

【 0 1 1 7 】

さらに、本実施の形態に対して当業者が思いつく範囲内の変更を施した各種変形例も本発明に含まれる。

【 0 1 1 8 】

10

20

30

40

50

まとめ

実施の形態に係る手術シミュレーション装置は、被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術のシミュレーション画像を表示する手術シミュレーション装置であって、処置具、内視鏡及びレトラクタを含む器具に関する器具パラメータを取得する器具パラメータ取得部と、操作者による切削指示を受付ける切削指示受付部と、複数枚の被検体の断層画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成するボクセルデータ抽出部と、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、前記レトラクタに内挿された前記処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出する可操作エリア演算部と、切削指示に基づき、前記処置具の先端との距離が所定の距離以下である前記操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、当該被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定部と、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、前記対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリング演算部と、前記仮想内視鏡画像を表示部に表示させる表示制御部とを備えたことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【0119】

係る構成により、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする切削シミュレーションを行う。そのため、処置具の先端が到達不可能な部位に対して切削シミュレーションが行われるという動作を抑制し、実際の手術における切削動作に近似したシミュレーションを実現することができる。

【0120】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボリュームレンダリング演算部は、前記仮想内視鏡画像において前記被切削ボクセルより視線方向の下流側を投影することにより、前記被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする構成としてもよい。

【0121】

係る構成により、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき仮想内視鏡画像における可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする構成を実現できる。

【0122】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボリュームレンダリング演算部は、前記仮想内視鏡画像において前記操作可能ボクセルが含まれるエリアをマーキングする構成としてもよい。

【0123】

係る構成により、操作者には、被検体の手術対象部位のうち処置具422の先端が到達可能な範囲が明示されるので、操作者は処置具422の先端を可操作エリアA3に容易に移動させることができ、効率的に手術シミュレーションが可能となる。

【0124】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボリュームレンダリング演算部は、前記操作可能ボクセルに対応するボクセルラベルデータを前記操作可能ボクセル以外の対象ボクセルに対応するボクセルラベルデータと異ならせることにより、前記操作可能ボクセルが含まれるエリアをマーキングする構成としてもよい。

【0125】

係る構成により、仮想内視鏡画像において操作可能ボクセルが含まれる可能操作エリアをマーキングする構成を実現できる。

【0126】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記被切削ボクセルラベル設定部は、前記被切削ボクセルを非表示とするように前記被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更し、前記ボリュームレンダリング演算部は、変更されたボクセルラベルデータに基づき被切削ボクセルを非表示として、前記被切削ボクセルより視線方向の下流側のボク

セルを投影する構成としてもよい。

【0127】

係る構成により、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき仮想内視鏡画像における可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする構成を具体的に実現することができる。

【0128】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記器具パラメータは、操作入力部から入力されたパラメータ、又は記憶部に保存されているパラメータである構成としてもよい。また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記器具パラメータは、処置具、内視鏡又はレトラクタの形状、位置及び大きさに関するパラメータである構成としてもよい。また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボクセルデータ抽出部は、記憶部から複数枚の被検体の断層画像データを読み出しボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成する構成としてもよい。また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボクセルデータ及び前記ボクセルラベルデータは記憶部に保存される構成としてもよい。また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記表示部を、さらに備えている構成としてもよい。

10

【0129】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記内視鏡は、斜視内視鏡である構成としてもよい。

【0130】

20

係る構成により、操作者は、斜視内視鏡411Aにより広い範囲の仮想内視鏡画像表示エリアA1が得られる場合においても、処置具422の先端の位置が可操作エリアA3内に限り切削シミュレーションを行うことができる。

【0131】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、操作入力部はマウスであり、前記マウスの2次元移動によって前記表示部に表示される仮想内視鏡画像の向きが調整可能である構成としてもよい。また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記処置具は、鉗子、ドリル、ノミ、メスの何れかである構成としてもよい。

【0132】

30

実施の形態に係る手術シミュレーションプログラムは、被検体に挿入されたレトラクタに内視鏡及び処置具を挿入して行う手術中シミュレーション画像を表示部に表示させる処理をコンピュータに実行させる手術支援プログラムであって、前記処理は、処置具、内視鏡及びレトラクタを含む器具に関する器具パラメータを取得する器具パラメータ取得ステップと、操作入力部を介して操作者による切削指示を受付ける切削指示受付ステップと、記憶部から取得した複数枚の被検体の断層画像データに基づきボクセルデータ及びボクセルラベルデータを生成するボクセルデータ抽出ステップと、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、前記レトラクタに内挿された前記処置具の先端が到達可能な操作可能ボクセルを抽出する可操作エリア演算ステップと、切削指示に基づき、前記処置具の先端との距離が所定の距離以下である前記操作可能ボクセルを被切削ボクセルとし、当該被切削ボクセルのボクセルラベルデータを変更する被切削ボクセルラベル設定ステップと、前記ボクセルデータ及び前記器具パラメータに基づき、レトラクタの軸に垂直であってレトラクタ前方に位置する複数の断面に含まれる対象ボクセルを特定し、前記対象ボクセル中のボクセルデータを視線方向に積算投影して仮想内視鏡画像を生成するボリュームレンダリングステップと、前記仮想内視鏡画像を前記表示部に表示させる表示ステップとを有することを特徴とする。

40

【0133】

係る構成のプログラムをコンピュータPCにて動作させることにより、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする切削シミュレーションを行う手術シミュレーション装置を実現できる。

50

【 0 1 3 4 】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボリュームレンダリングステップでは、前記仮想内視鏡画像において前記被切削ボクセルより視線方向の下流側を投影することにより、前記被切削ボクセルを被切削状態を表す態様とする構成としてもよい。

【 0 1 3 5 】

係る構成により、処置具の先端の位置が可操作エリアに含まれるときに、切削指示に基づき仮想内視鏡画像における可操作エリアの一部を被切削状態を表す態様とする構成を実現する手術シミュレーションプログラムを提供できる。

【 0 1 3 6 】

また、別の態様では、上記の何れかの態様において、前記ボリュームレンダリングステップでは、前記仮想内視鏡画像において前記操作可能ボクセルが含まれる範囲をマーキングする構成としてもよい。

【 0 1 3 7 】

係る構成により、操作者には、被検体の手術対象部位のうち処置具 4 2 2 の先端が到達可能な範囲が明示されるので、操作者は処置具 4 2 2 の先端を可操作エリア A 3 に容易に移動させることができ、効率的に手術シミュレーションが可能となるプログラムを提供できる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 1 3 8 】

本開示の実施の形態に係る手術シミュレーション装置、手術シミュレーション方法、および、手術シミュレーションプログラムは、内視鏡を用いた実際の手術中に表示される内視鏡画像に近似した表示して効果的な手術支援を実施できることから、内視鏡を用いた各種手術のシミュレーション装置に広く適用可能である。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 9 】

1 手術シミュレーション装置（コンピュータ P C ）

2 ディスプレイ 2 （表示部）

3 キーボード（操作入力部）

4 マウス（操作入力部）

5 タブレット（操作入力部）

6 断層画像取得部

7 ボクセルデータ抽出部

8 表示制御部

9 データ格納部

1 0 ボクセルデータ格納部

1 1 ボクセルラベル格納部

1 2 色情報格納部

1 3 ボリュームレンダリング演算部

1 5 深さ検出部

1 6 バス

1 7 深さ制御部

1 8 被切削ボクセルラベル設定部

2 0 ウィンドウ座標取得部

2 1 色情報設定部

3 3 器具パラメータ取得部

3 1 内視鏡パラメータ取得部

3 2 術具パラメータ取得部

3 3 術具挿入深度演算部

4 0 器具パラメータ格納部

4 1 内視鏡パラメータ格納部

10

20

30

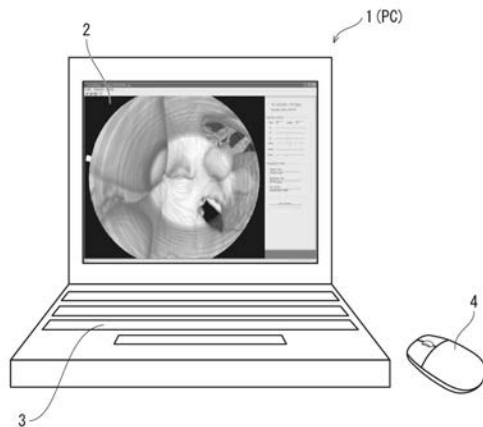
40

50

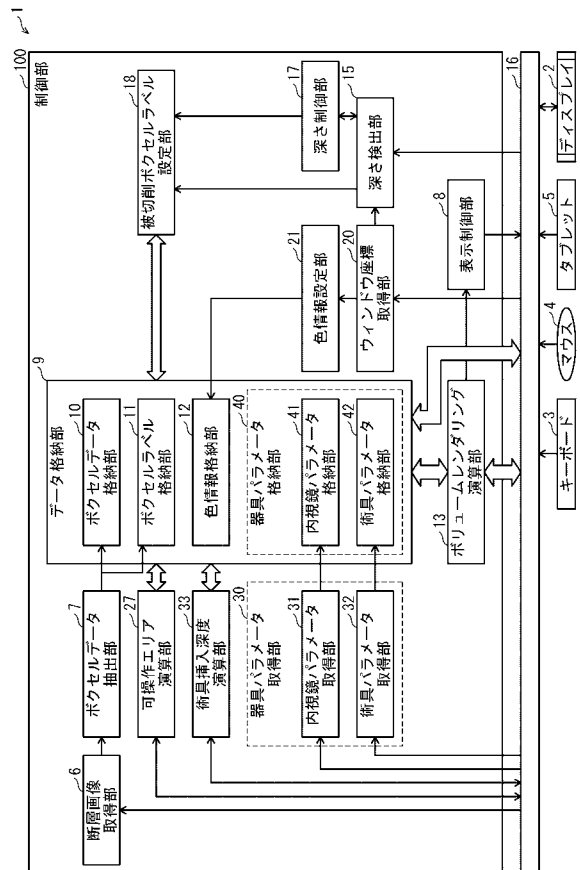
- 4 1 a 第 1 内視鏡パラメータ格納部
- 4 1 b 第 2 内視鏡パラメータ格納部
- 4 1 c 第 3 内視鏡パラメータ格納部
- 4 2 術具パラメータ格納部
- 4 2 a 第 1 術具パラメータ格納部
- 4 2 b 第 2 術具パラメータ格納部
- 4 2 c 第 3 術具パラメータ格納部
- 4 1 1 内視鏡
- 4 1 1 A 斜視内視鏡
- 4 1 2 撮像装置 (カメラ)
- 4 2 1 レトラクタ (術具)
- 4 2 2 処置具 (術具)
- 3 1 a 衝突部位
- A 1 仮想内視鏡画像表示エリア (第 1 表示エリア)
- A 2 表示制限エリア (第 2 表示エリア)
- A 3 可操作エリア (第 3 表示エリア)

10

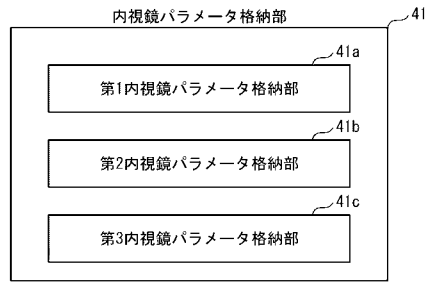
【 図 1 】



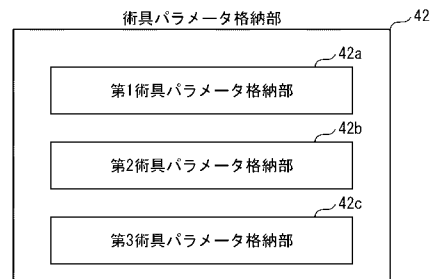
【 図 2 】



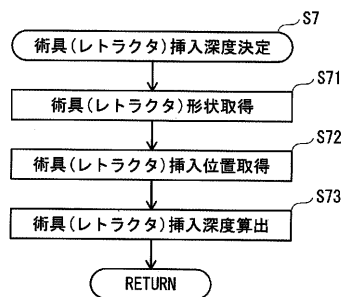
【図 3】



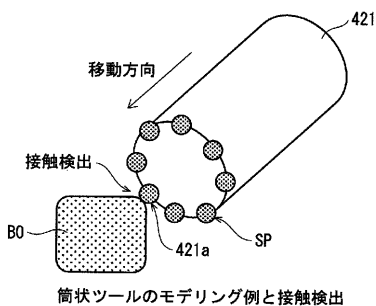
【図 4】



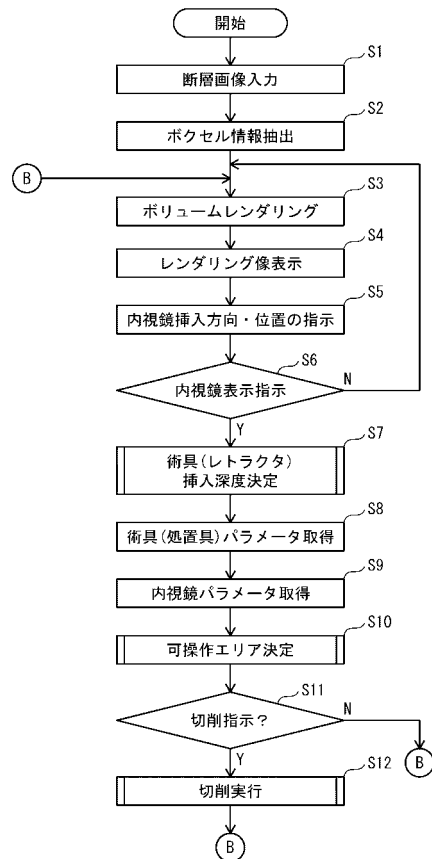
【図 6】



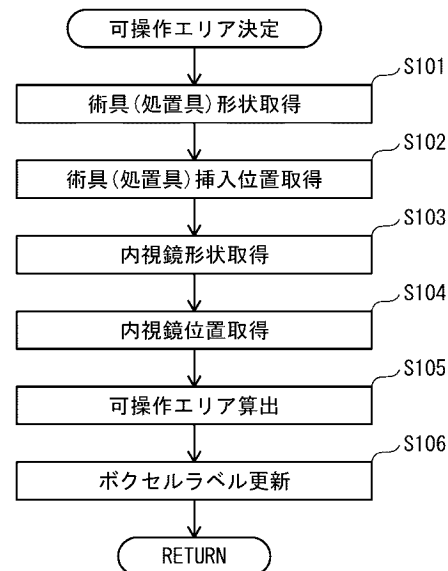
【図 7】



【図 5】

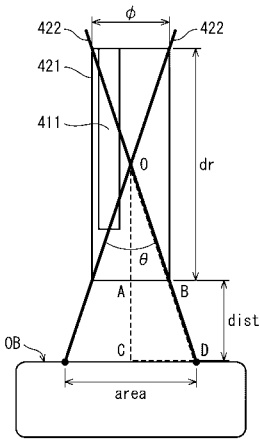


【図 8】



【図 9】

(a)

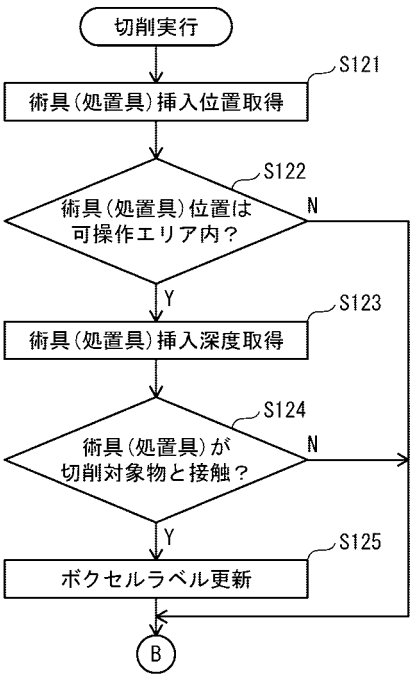


(b)

(単位:mm)

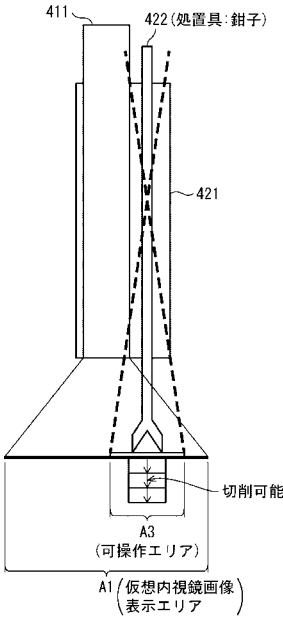
φ	dr	dist	area
15	100	30	24
10	100	30	16

【図 10】

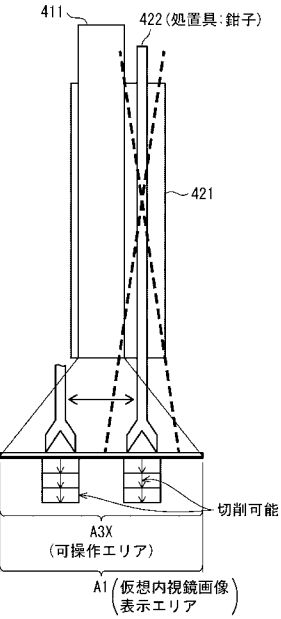


【図 11】

(a)

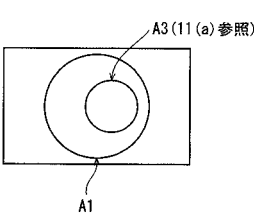


(b)

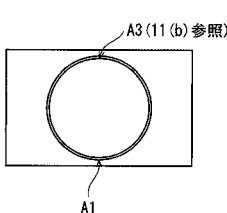


【図 12】

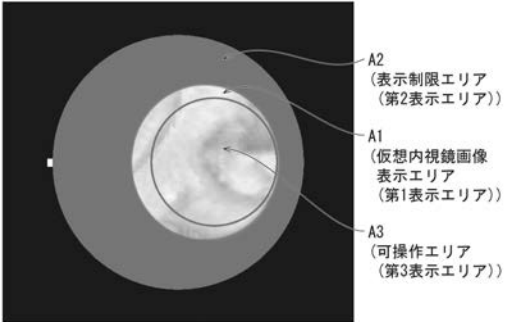
(a)



(b)

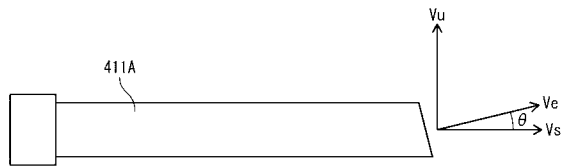


【図 13】

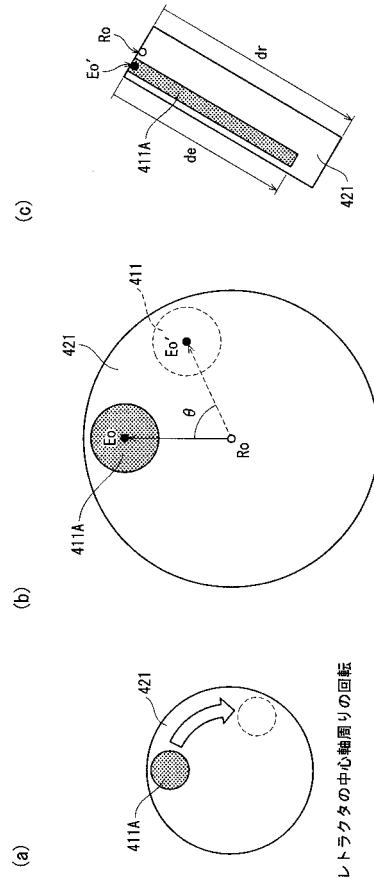


(射視角:0度、レトラクタ直径:15mm、視野角:120度)

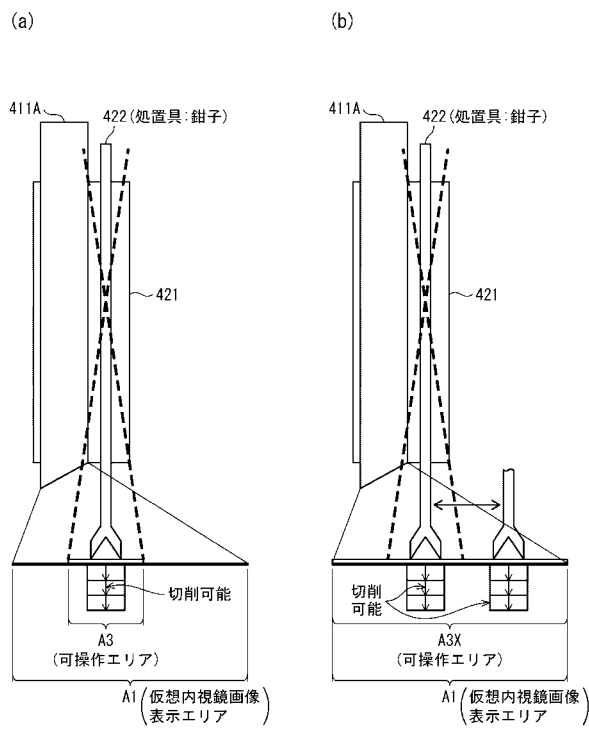
【図 14】



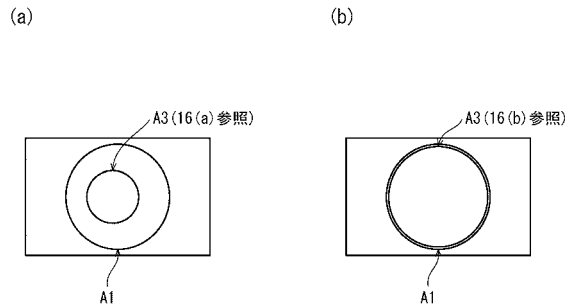
【図 15】



【図 16】



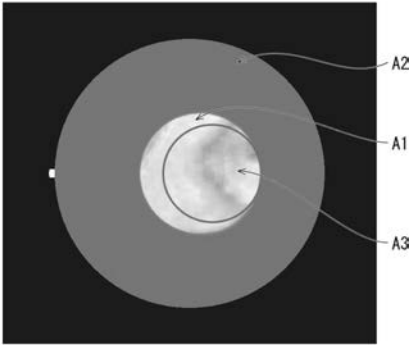
【図 17】



【図 1 8】

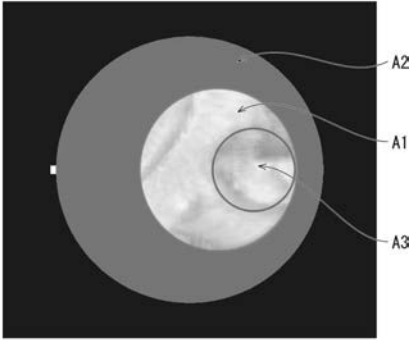
条件	パラメータ	パラメータと仮想内視鏡画像上の可操作エリアとの関係
1	レトラクタ直径	大 → 可操作エリア：大
		小 → 可操作エリア：小
2	レトラクタ長さ	長 → 可操作エリア：小
		短 → 可操作エリア：大
3	内視鏡斜視角	大 → 可操作エリア：大きさは変わらず、平行移動量：大
		小 → 可操作エリア：大きさは変わらず、平行移動量：小
4	内視鏡視野角	大 → 可操作エリア：大きさは変わらず、表示される大きさ：小
		小 → 可操作エリア：大きさは変わらず、表示される大きさ：大
5	内視鏡挿入位置	深 → 可操作エリア：大きさは変わらず、表示される大きさ：大
		浅 → 可操作エリア：大きさは変わらず、表示される大きさ：小
6	被写体距離	遠 → 可操作エリア：大
		近 → 可操作エリア：小
7	術具形状	湾曲 → 可操作エリア：直線形状に比較し操作エリア広い

【図 1 9】



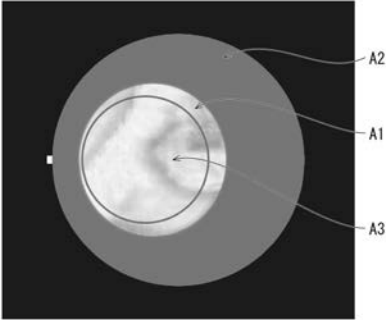
(射視角：0 度、レトラクタ直径：10mm)

【図 2 0】



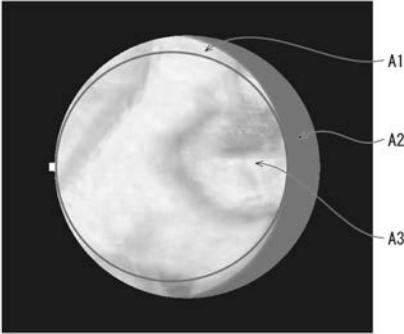
(射視角：0 度、レトラクタ直径：15mm
レトラクタ長軸：基準画像条件の 2 倍)

【図 2 1】



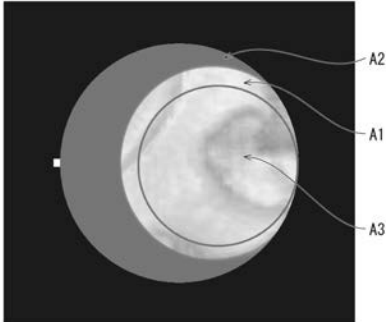
(射視角：25 度 (画面右方向へ +25 度)、レトラクタ直径：15mm)

【図 2 3】



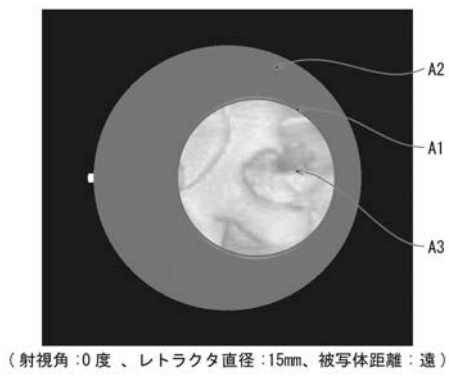
(射視角：25 度 (画面右方向へ +25 度)、
レトラクタ直径：15mm、内視鏡挿入位置：深)

【図 2 2】

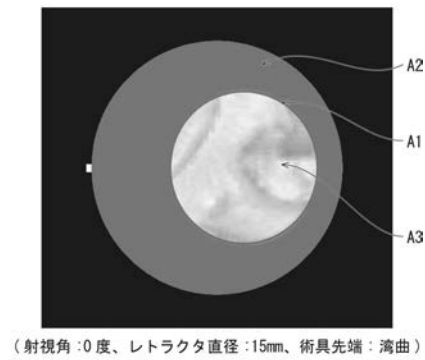


(射視角：0 度、レトラクタ直径：15mm、視野角：90 度)

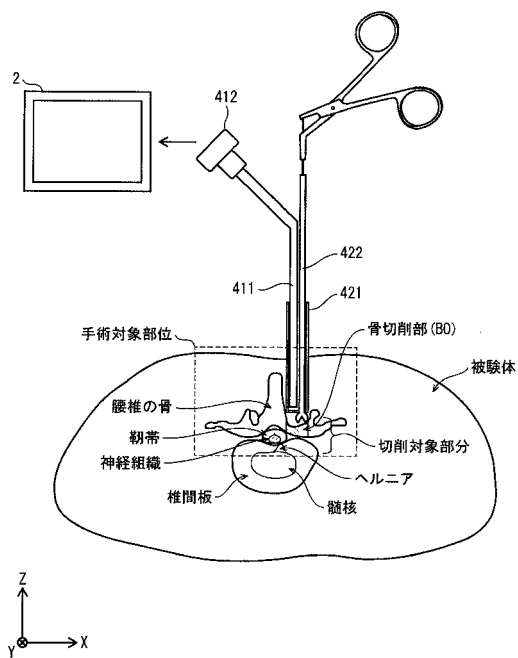
【図 2 4】



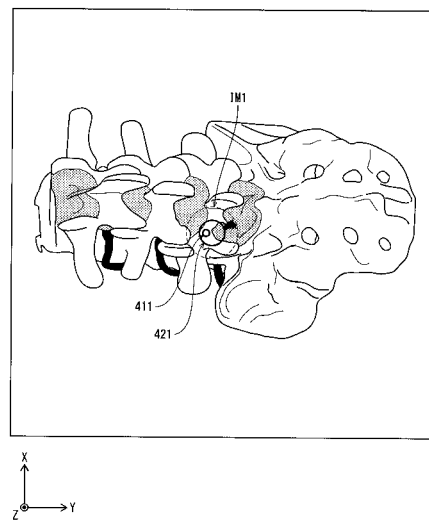
【図 2 5】



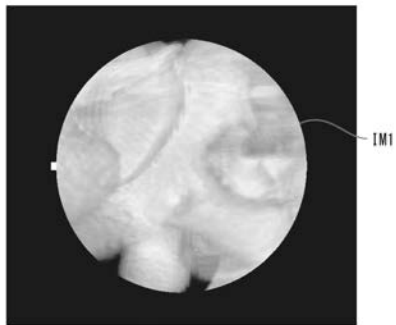
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 28】



(射視角:0度、レトラクタ直径:15mm)

专利名称(译)	手术模拟装置和手术模拟程序		
公开(公告)号	JP2019170412A	公开(公告)日	2019-10-10
申请号	JP2018058895	申请日	2018-03-26
[标]发明人	竹村知晃		
发明人	竹村 知晃		
IPC分类号	A61B6/03		
FI分类号	A61B6/03.377 A61B6/03.360.G		
F-TERM分类号	4C093/AA22 4C093/AA25 4C093/CA16 4C093/FD09 4C093/FF15 4C093/FF22 4C093/FF42 4C093/FG05 4C093/FG13 4C093/FH07		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

当治疗仪器的尖端可以到达可操作的体素时执行切割模拟。解决方案：外科手术模拟设备包括：仪器参数获取单元40；体素数据提取单元7，用于基于多个断层图像数据生成体素数据和体素标签数据。可操作区域计算单元27，用于基于体素数据和器械参数来计算包括可操作体素的区域，所述可操作体素被插在牵开器中的处置器械的末端可以到达。切割体素标签设置单元18，用于以距治疗仪的尖端的距离为预定距离以下的可操作体素来改变体素标签数据。体绘制计算单元13，用于指定包括在垂直于牵开器轴线的多个横截面中并且位于牵开器的前方的对象体素，将对象素在视线方向上投影，并且生成虚拟内窥镜图像。选定的图纸：图2

