

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6343606号
(P6343606)

(45) 発行日 平成30年6月13日(2018.6.13)

(24) 登録日 平成30年5月25日(2018.5.25)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 34/10 (2016.01)

A 6 1 B 34/10

請求項の数 28 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2015-514221 (P2015-514221)	(73) 特許権者	514272885
(86) (22) 出願日	平成25年5月24日(2013.5.24)		サージカル シアター エルエルシー
(65) 公表番号	特表2015-527090 (P2015-527090A)		アメリカ合衆国, オハイオ州 44143
(43) 公表日	平成27年9月17日(2015.9.17)		, メイフィールド ヴィレッジ, 781
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/042654		ペータ ドライブ
(87) 国際公開番号	W02013/177520	(74) 代理人	100114775
(87) 国際公開日	平成25年11月28日(2013.11.28)		弁理士 高岡 亮一
審査請求日	平成28年4月15日(2016.4.15)	(74) 代理人	100121511
(31) 優先権主張番号	61/651,775		弁理士 小田 直
(32) 優先日	平成24年5月25日(2012.5.25)	(74) 代理人	100191086
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 高橋 香元
		(72) 発明者	ゲリ, アロン, ヤコブ
			アメリカ合衆国, オハイオ州 44122
			, オレンジ ビレッジ, 4001 ホワイト
			オーク トレイル

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド画像／ハンズフリー制御によるシーンレンダラー

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

医療処置を実施するためのモデリングシステムであって、前記システムが、
ソフトウェア命令を実行するために構成された1つ以上のコンピュータと、
前記1つ以上のコンピュータに接続されたディスプレイと、
を含み、

前記1つ以上のコンピュータが、前記ディスプレイに組織を表示して、対応する実際の
生体組織を現実的に表現するために、前記組織の動的画像を前記ディスプレイへの表示用
に作成する画像ジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記1つ以上のコンピュータが、前記ディスプレイにグラフィックツール画像を表示す
るためのユーザーインターフェースへのユーザー入力によりもたらされる操作を通して組
織の前記動的画像と動的にインタラクトするために構成された前記ツール画像を提供する
ためのユーザーツールのツールモデルを作成するユーザーツールジェネレータを提供する
ための命令を実行し、

前記1つ以上のコンピュータが、前記実際の生体組織内には存在するが最初に表示され
た組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の動的画像を、次に追加または改
良された特色と共に前記ディスプレイに表示する、解剖学的構造を補正するために前記組
織の特色を追加または改良することにより前記ディスプレイに表示された組織の前記動的
画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースを提供するための命令を実行
し、ここで、

10

20

前記 1 つ以上のコンピュータが、医療処置を現実的にシミュレートするために、前記追加または改良された特色を含む前記組織の前記動的画像と動的にインタラクトするグラフィックツール画像を示す前記ディスプレイでの表示のためのツール画像を作成するように構成されたツールモデルを提供する命令を実行する、モデリングシステム。

【請求項 2】

前記ユーザーインターフェースが、タッチスクリーンディスプレイを含む、請求項 1 に記載のモデリングシステム。

【請求項 3】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像上で任意の幾何学的形状を描写する能力を提供するツールを含む、請求項 1 ~ 2 のいずれかに記載のモデリングシステム。

10

【請求項 4】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の不完全な解剖学的構造を完全にする能力を提供するツールを含む、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 5】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の一部のテクスチャ、照光、陰影および / または濃淡を改良する能力を提供する、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 6】

20

組織の前記動的画像が、解剖学的構造の画像を含み、前記ユーザーツールが、前記解剖学的構造と動的にインタラクトするための機器を含む、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 7】

異なる移植片の複数のモデルのライブラリを保存するデータベースと、
組織の前記動的画像と動的にインタラクトする前記ユーザーツールのツールモデルを用いて、使用のために前記複数のモデルから一つのインプラントモデルを選択するためのユーザーインターフェースと、
を更に含む、請求項 1 ~ 6 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 8】

30

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の 1 つ以上の部分とインタラクトするツールをコマンドする能力を提供する前記ツールを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 9】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、前記表示された画像から除去される、ツールのモデルの要素および / または組織の前記動的画像を選択する能力を提供する前記ツールを含む、請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 10】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、対象を選択して、前記対象を組織の前記動的画像の表示に望ましい位置にドラッグすることにより、前記表示された画像内の前記対象を再配置する能力を提供するツールを含む、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載のモデリングシステム。

40

【請求項 11】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、前記動的画像内の解剖学的構造を増強および統合する能力を提供するツールを含む、請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 12】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像に付加するために任意の幾何学的形状を描写する能力を提供するツールを含む、請求項 1 ~ 11 のいずれかに記載のモデリングシステム。

50

【請求項 13】

ユーザーによるハンズフリー操作のためのユーザーインプットを提供するカメラを更に含む、請求項 1 ~ 12 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 14】

シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムであって、前記システムが、

ソフトウェア命令を実行するために構成された 1 つ以上のコンピュータと、
ユーザーに画像を表示するために前記 1 つ以上のコンピュータに接続されたディスプレイと、

特定患者の組織の物理的特徴を保存するデータベースと、

医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリを含むデータベースと、
を含み、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記特定患者の組織の動的現実的画像を前記ディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行する前記コンピュータを 1 つ以上用いて、前記特定患者の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す前記組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ユーザーツールモデルの 1 つを選択するために前記ユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ディスプレイに表示するための前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なグラフィックツール画像を作成するためのソフトウェアを実行する前記コンピュータを 1 つ以上用いるユーザーツールジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ユーザーに実時間で前記ディスプレイに表示するために、シミュレートされた医療処置の間に組織の前記現実的画像と動的にインタラクトするための前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なグラフィックツール画像を動的に操作するための入力を前記ユーザーから受け取るためのユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記特定患者の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の前記動的画像を、次に追加または改良された特色と共に前記ディスプレイに表示する、表示用に前記組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することにより前記ディスプレイに表示された組織の前記動的画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、ここで、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ディスプレイに表示されて、保存された物理的特徴に基づくユーザーグラフィックツール画像と前記組織の画像との現実的な機械的インタラクションを呈する現実的な視覚的特色を提供する、前記グラフィックツール画像と前記追加または改良された特色を含む前記組織の画像との動的インタラクションを提供するように構成されたツールモデルを提供する命令を実行する、モデリングシステム。

【請求項 15】

前記ユーザーインターフェースが、タッチスクリーンディスプレイを含む、請求項 14 に記載のモデリングシステム。

【請求項 16】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像上で任意の幾何学的形状を描写する能力を提供するツールを含む、請求項 14 に記載のモデリングシステム。

【請求項 17】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の不完全な解剖学的構造を完全にする能力を提供するツールを含む、請求項 14 ~ 16 のいずれかに記載のモデリングシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 18】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の一部のテクスチャ、照光、陰影および/または濃淡を改良する能力を提供するツールを含む、請求項 14 ~ 17 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 19】

前記特定患者の医療画像が、動脈瘤の画像を含み、前記動的画像が、前記動脈瘤の画像を含み、更に前記ユーザーツールが、組織の画像と動的にインタラクトする動脈瘤用クリップモデルを適用するための動脈瘤用クリップアプライヤーを含む、請求項 14 ~ 18 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 20】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、組織の前記動的画像の 1 つ以上の部分とインタラクトするツールをコマンドする能力を提供する前記ツールを含む、請求項 14 ~ 19 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 21】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、前記表示された画像から除去される、ツールモデルの要素および/または組織の前記動的画像を選択する能力を提供するツールを含む、請求項 14 ~ 20 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 22】

組織の前記動的画像を調節する前記ツールが、対象を選択して、前記対象を前記画像の表示に望ましい位置にドラッグすることにより、前記表示された画像内の前記対象を再配置する能力を提供するツールを含む、請求項 14 ~ 21 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 23】

少なくとも 1 つのユーザーインターフェースが、前記ユーザーによるハンズフリー操作のためのカメラを含む、請求項 14 ~ 22 のいずれかに記載のモデリングシステム。

【請求項 24】

手術のシミュレーションを実施するモデリングシステムであって、前記システムが、ソフトウェア命令を実行するために構成された 1 つ以上のコンピュータと、特定患者の医用画像から取得または誘導された患者組織画像情報を保存するデータベースと、

前記特定患者の組織の特徴を保存するデータベースと、

前記 1 つ以上のコンピュータに接続されたディスプレイと、
を含み、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記患者組織画像情報を利用し、組織の動的画像を前記ディスプレイに表示して前記特定患者の対応する実際の組織を現実的に表現する、前記特定患者の組織の前記動的画像を前記ディスプレイへの表示用に作成する画像ジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ディスプレイへの表示のためにユーザーによりもたらされる操作を通して組織の前記動的画像と動的にインタラクトするユーザーツールのツールモデルを作成するユーザーツールジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記特定患者の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の前記動的画像を、次に追加または改良された特色と共に前記ディスプレイに表示する、表示用に前記組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することにより前記ディスプレイに表示された組織の前記動的画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、ここで、

前記 1 つ以上のコンピュータが、医療処置を現実的にシミュレートするために、前記追加または改良された特色を含む組織の前記動的画像と動的にインタラクトするグラフィックツール画像を示す前記ディスプレイでの表示のためのツール画像を作成するように構成されたツールモデルを提供する命令を実行する、モデリングシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 25】

シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムであって、前記システムが、

ソフトウェア命令を実行するために構成された1つ以上のコンピュータと、

ユーザーに画像を表示するために前記1つ以上のコンピュータに接続されたディスプレイと、

特定患者の組織の特徴を保存するデータベースと、

医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリを保存するデータベースと、
を含み、

10

前記1つ以上のコンピュータが、前記特定患者の保存された特徴に基づく前記特定患者の組織の動的現実的画像を前記ディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行する前記コンピュータを1つ以上用いて、前記特定患者の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す前記組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記1つ以上のコンピュータが、前記ユーザーツールモデルの1つを選択するために前記ユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、

前記1つ以上のコンピュータが、前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像を前記ディスプレイへの表示用に作成するソフトウェアを実行するために前記コンピュータを1つ以上用いるユーザーツールジェネレータを提供するための命令を実行し、

20

前記1つ以上のコンピュータが、前記ユーザーに実時間で前記ディスプレイに表示するために、シミュレートされた医療処置の間に前記組織の現実的画像と動的にインタラクトするための前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像および/または前記組織の画像を動的に操作するためのハンズフリー入力を前記ユーザーから受け取るためのカメラに対するインターフェースを含むユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、ここで、

前記1つ以上のコンピュータが、現実的な機械的インタラクションを呈する現実的な視覚的特色のある画像を利用して前記ディスプレイに表示される、ユーザーツール画像と追加または改良された特色を含む前記組織の画像との動的インタラクションを示す命令を実行する、モデリングシステム。

30

【請求項 26】

前記特定患者の医用画像が、解剖学的構造の画像を含み、前記動的現実的画像が、前記解剖学的構造の画像を含み、更に前記ユーザーツールが、前記解剖学的構造と動的にインタラクトするための機器を含む、請求項25に記載のモデリングシステム。

【請求項 27】

手術のシミュレーションを実施する方法であって、

ソフトウェア命令を実行するために構成されたコンピュータシステムを準備するステップと、

前記コンピュータシステムに接続されたディスプレイを準備するステップと、

40

前記コンピュータシステムに保存する特定患者の生体組織についての患者画像情報を得るステップと、

命令を実行するコンピュータシステムを利用して、前記特定患者の生体組織の動的画像を前記ディスプレイへの表示用に前記患者画像情報を用いて作成することにより、組織の動的画像を前記ディスプレイに表示して、前記特定患者の対応する実際の組織を現実的に表現するステップと、

前記命令を実行するコンピュータシステムを利用して、前記ディスプレイに表示するためにユーザーによる操作入力を介して組織の前記動的画像と動的にインタラクトするグラフィックツール画像を作成するためのユーザーツールモデルを作成するステップと、

前記命令を実行するコンピュータシステムへのユーザー入力を利用して、前記特定患者

50

の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の前記動的画像を、次に追加または改良された特色と共に前記ディスプレイに表示する、組織の画像の一部として前記ディスプレイでの表示用に前記組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することにより前記ディスプレイに表示された組織の前記動的画像を調節するステップと、

前記命令を実行するコンピュータシステムを利用して、組織の前記動的画像と前記ユーザーによる前記コンピュータシステムへの入力による前記グラフィックツール画像とのインタラクションを示す医療処置の現実的なシミュレーションを前記ディスプレイへの表示用に作成するステップと、

を含む、方法。

10

【請求項 28】

シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムであって、前記システムが、

ソフトウェア命令を実行するために構成された 1 つ以上のコンピュータと、

ユーザーに画像を表示するために前記 1 つ以上のコンピュータに接続されたディスプレイと、

医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリを保存するデータベースと、
を含む、

前記 1 つ以上のコンピュータが、特定患者の組織の動的現実的画像を前記ディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行する前記コンピュータを 1 つ以上用いて、実際の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す前記組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータを提供するための命令を実行し、

20

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記ユーザーツールモデルの 1 つを選択するために前記ユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像を前記ディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行する前記コンピュータを 1 つ以上用いるユーザーツールジェネレータを提供するための命令を実行し、

前記 1 つ以上のコンピュータが、前記特定患者を伴う、前記ユーザーにより使用されている実際の手術用機器の運動を追跡することができるユーザーインターフェースを提供するための命令を実行し、それにより、シミュレートされた医療処置の間に、前記ユーザーに実時間で前記ディスプレイに表示するために、前記選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像および / または前記組織の画像を前記組織の現実的画像と動的にインタラクトするように動的に操作するための命令を実行する前記 1 つ以上のコンピュータにより前記運動が利用される、モデリングシステム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

40

本願は、2012年5月25日に出願され、参照により本明細書に組み入れられる、米国特許仮出願第 61 / 651, 775 号の利益を主張するものである。

【背景技術】

【0002】

背景

本願は一般に、外科処置をシミュレートするためのシステムおよび方法に関する。より詳細には、本願は、ハンズフリー制御を利用して組織動態モデルを患者特有の映像に結び付けることにより、静態 / 静止医用画像を動的でインタラクティブな映像に変換して、医療器具（例えば手術器具、プローブ、および / または移植可能な医療デバイス）とインタラクトするためのシステムおよび方法に関する。

50

【 0 0 0 3 】

外科医は、身体組織の性質を有する現実的な視覚モデルをもたらしリハーサルおよび準備のツールを持たない。最も重要なこととして、(i) 患者特有の手術領域 (例えば、動脈瘤) の現実的な「本物そっくりの」2 Dおよび/または3 Dディスプレイ; (ii) 手術の幾何学的配置の局所的な患者特有領域および身体特性のモデリング; (iii) 手術モデルの患者特有領域の操作と、切断、移動および締付などの手術上の行動の仮想的実践と、を可能にするインターフェース; ならびに (iv) 外科医にフィードバックキューを提供するインターフェース、をはじめとする「全没入型の」外科的ツールを有することが望ましい。

【 0 0 0 4 】

更に、外科医にハンズフリー制御を利用したシミュレーションを実施させるツールも、組織モデルのグラフィック画像の欠陥を修正する手段、さもなければそれを改良する手段と共に、有用となるう。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

概要

非限定的に、ディスプレイと; ディスプレイに組織を表示して、対応する実際の生体組織を現実的に表現するために、組織の動的画像をディスプレイへの表示用に作成する画像ジェネレータと; ディスプレイへの表示のためにユーザー入力によりもたらされる操作を通して組織の動的画像と動的にインタラクトするユーザーツールのツールモデルを作成するユーザーツールジェネレータと; 実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の動的画像を、次に追加または改良された特色と共にディスプレイに表示する、解剖学的構造を補正するために組織の特色を追加または改良することによりディスプレイに表示された組織の動的画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースと、を含む、医療処置を実施するためのモデリングシステムをはじめとする複数の例示的实施形態が提供される。このツールモデルは、ディスプレイに表示され、医療処置を現実的にシミュレートするために組織の動的画像と動的にインタラクトする。

【 0 0 0 7 】

1 つ以上のコンピュータと; ユーザーに画像を表示するディスプレイと; 特定患者の組織の物理的特徴を保存するデータベースと; 特定患者の組織の動的現実的画像をディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行するコンピュータを1 つ以上用いて、特定患者の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータと; 医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリと; ユーザーツールモデルの1 つを選択するためにユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースと; ディスプレイに表示するための選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像を作成するためのソフトウェアを実行するコンピュータを1 つ以上用いるユーザーツールジェネレータと; ユーザーに実時間でディスプレイに表示するために、シミュレートされた医療処置の間に組織の現実的画像と動的にインタラクトするための選択されたユーザーツール画像を動的に操作するための入力をユーザーから受け取るためのユーザーインターフェースと; 特定患者の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の動的画像を、次に追加または改良された特色と共にディスプレイに表示する、表示用に組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することによりディスプレイに表示された組織の動的画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースと、を含む、シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムも提供される。ユーザーツール画像と組織の画像との動的インタラクションは

10

20

30

40

50

、保存された物理的特徴に基づく現実的な機械的インタラクションを呈する現実的な視覚的特色のある画像を利用してディスプレイに表示される。

【0008】

更に、特定患者の医用画像から取得または誘導された患者組織画像情報を保存し、該組織の標準的特徴も保存するデータベースと；ディスプレイと；患者画像情報を利用し、組織の動的画像をディスプレイに表示して特定患者の対応する実際の組織を現実的に表現する、特定患者の組織の動的画像をディスプレイへの表示用に作成する画像ジェネレータと；ディスプレイへの表示のためにユーザーによりもたらされる操作を通して組織の動的画像と動的にインタラクトするユーザーツールのツールモデルを作成するユーザーツールジェネレータと；特定患者の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の動的画像を、次に追加または改良された特色と共にディスプレイに表示する、表示用に組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することによりディスプレイに表示された組織の動的画像を調節するツールを提供するユーザーインターフェースと、を含む、手術のシミュレーションを実施するモデリングシステムが提供される。ツールモデルは、医療処置を現実的にシミュレートするために、ディスプレイに表示されて、組織の動的画像と動的にインタラクトする。

10

【0009】

1つ以上のコンピュータと；ユーザーに画像を表示するディスプレイと；特定患者の組織の特徴を保存するデータベースと；特定患者の保存された特徴に基づく特定患者の組織の動的現実的画像をディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行するコンピュータを1つ以上用いて、特定患者の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータと；医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリと；ユーザーツールモデルの1つを選択するためにユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースと；選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像をディスプレイへの表示用に作成するソフトウェアを実行するためにコンピュータを1つ以上用いるユーザーツールジェネレータと；ユーザーに実時間でディスプレイに表示するために、シミュレートされた医療処置の間に組織の現実的画像と動的にインタラクトするための選択されたユーザーツール画像および/または組織画像を動的に操作するためのハンズフリー入力をユーザーから受け取るためのカメラを含むユーザーインターフェースと、を含む、シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムも提供される。ユーザーツール画像と組織の画像との動的インタラクションは、現実的な機械的インタラクションを呈する現実的な視覚的特色のある画像を利用してディスプレイに表示される。

20

30

【0010】

1つ以上のコンピュータと；ユーザーに画像を表示するディスプレイと；特定患者の組織の動的現実的画像をディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行するコンピュータを1つ以上用いて、実際の組織を示す付影およびテクスチャなどの外観を示す組織の現実的画像を提供する画像ジェネレータと；医療処置で用いられる実際のユーザーツールの複数のユーザーツールモデルを提供するユーザーツールライブラリと；ユーザーツールモデルの1つを選択するためにユーザーからの入力を受け取るユーザーインターフェースと；選択されたユーザーツールモデルの現実的なツール画像をディスプレイへの表示用に作成するためのソフトウェアを実行するコンピュータを1つ以上用いるユーザーツールジェネレータと；特定の患者を伴う、ユーザーにより使用されている実際の手術用機器の運動を追跡することができ、それにより前記運動を利用して、シミュレートされた医療処置の間に、ユーザーに実時間でディスプレイに表示するために、選択されたユーザーツール画像および/または組織画像を組織の現実的画像と動的にインタラクトするように動的に操作するユーザーインターフェースと、を含む、シミュレートされた医療処置をユーザーに実施させるモデリングシステムも提供される。

40

【0011】

更に、

50

コンピュータシステムを準備するステップと；
コンピュータデバイスに接続されたディスプレイを準備するステップと；
コンピュータシステムに保存する特定患者の生体組織についての患者画像情報を得るステップと；

コンピュータシステムを利用して、特定患者の生体組織の動的画像をディスプレイへの表示用に患者画像情報を用いて作成することにより、組織の動的画像をディスプレイに表示して、特定患者の対応する実際の組織を現実的に表現するステップと；

コンピュータシステムを利用して、ディスプレイに表示するためにユーザーによる操作入力を介して組織の動的画像と動的にインタラクトするユーザーツールモデルを作成するステップと；

10

コンピュータシステムへのユーザー入力を利用して、特定患者の実際の生体組織内には存在するが最初に表示された組織の動的画像には存在しないため、表示された組織の動的画像を、次に追加または改良された特色と共にディスプレイに表示する、表示用に組織の特色を追加または改良して解剖学的構造を補正することによりディスプレイに表示された組織の動的画像を調節するステップと；

コンピュータシステムを利用して、組織の動的画像とユーザーの入力によるユーザーツールモデルとのインタラクションを示す医療処置の現実的なシミュレーションをディスプレイへの表示用に作成するステップと、
を含む、手術のシミュレーションを実施する方法が提供される。

【 0 0 1 2 】

20

追加の例示的实施形態も示し、その全てではないが一部をより詳細に以下に記載する。

【 0 0 1 3 】

本明細書に記載された本発明の実施例の特色および利点は、添付の図面を参照しながら以下の説明を読むことにより、本発明が関係する当業者に明白となろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】例示的サージカルシアター (S u r g i c a l T h e a t e r) システムの高レベルの略図を示す。

【図 1 A】例示的サージカルシアターシステム構造を実行するための例示的コンピュータシステム構造を示す。

30

【図 2】共にネットワーク化された複数のサージカルシアターを用いたコラボレイティブシアター (C o l l a b o r a t i v e T h e a t e r) コンセプトの実施例の高レベル図である。

【図 3】例示的サージカルシアターの実施形態の分散型シミュレーションネットワークコンセプトの例示的作業構成を示す。

【図 4】例示的サージカルシアターシステムの例示的ソフトウェア機能を示すブロック図である。

【図 5】高レベルの現実的画像ジェネレータ (R e a l i s t i c I m a g e G e n e r a t o r) (R I G) プラットフォームを示す図である。

【図 6】例示的サージカルシアターシステムのサージカルリハーサルプラットフォーム (S u r g e r y R e h e a r s a l P l a t f o r m) (S R P) の高レベルアーキテクチャおよびワークフローを示す。

40

【図 7】例示的 S R P の例示的コンピュータアーキテクチャを示す。

【図 8】動的組織画像を調節する例示的ツールを示すフローチャートである。

【図 9】例示的インタラクションツールおよび組織要素を示すスクリーンショットである。

【図 1 0 A - 1 0 B】例示的ハンズフリーの入力インタラクションを示す画像である。

【図 1 1】ユーザーによりドラッグされ得る例示的マーカおよびツールを示すスクリーンショットである。

【図 1 2 A - 1 3 B】マジック組織ワンドツールを用いて改良され得る例示的構造を示す

50

スクリーンショットである。

【図 1 4 A - 1 4 B】組織ペインティングツールを用いて改良され得る例示的構造を示すスクリーンショットである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

例示の実施形態の詳細な説明

図 1 は、患者特有のスキャン画像（CT、MRI など）（14）がシステムのコンソール（10）に送られ、三次元の現実的な解剖学的表示（18）を作成するアルゴリズムが、テクスチャ、陰影、付影および他のキュー（Cue）を画像に加え、機械的性質のアルゴリズム（16）が機械的挙動特性を画像に割り付けて、画像を静止 / 静態画像から動的なインタラクティブ画像 / モデルに転換する、システム 1 の一適用例の例示の実施形態を示している。フォースフィードバック（20）を有する、または有さないインターフェースが、システムに接続されて、システムが作成する画像 / モデルを外科医 / オペレータ（12）に操作させることができ；外科医は、それらのツールおよびインプラントの特徴を含むツールおよびインプラントのライブラリからツールおよびインプラントを選択することができる。その後、外科医は、現実的で動的な手法で患者の生体の操作可能で動的なインタラクティブ三次元画像 / モデルで仮想手術を実施する。

【0016】

該システムは、システムの要素全てを運用および管理し、外科医 / オペレーター（12）の行動に従って従属要素の状態をアップデートするエグゼクティブプログラムを含む。例えば、外科医がインターフェース（20）を利用して、ディスプレイ（18）で見る組織を押圧する場合、機械的性質モデル（16）が、加えられた力に関する情報、例えば力の方向、材料および形状などの用いられているツール、ならびにツールの他の機械的特徴を受け取り、その後、機械的性質を利用して、加えられた力に従う三次元方向の新規状態および画像のセットアップを計算して、エグゼクティブプログラムが計算された三次元マトリックスを機械的性質アルゴリズム（16）により作成された現実的な解剖学的表示（18）に送信し、現実的な解剖学的表示が、新規画像を計算し、画像変更によるキュー、例えば画像要素の新しい方向による新しい陰影および付影が決定される。同時に、機械的性質モデル（16）は、外科医 / オペレーター（12）が臓器とのインタラクションにより感じる必要のある力（外科医が組織を押圧した後、または組織とインタラクトした後に、臓器が戻る力）の情報を含む一組のパラメータを、フォースフィードバックインターフェース（20）に送信する。システムの要素（14、16、18、20）の互いの新しい段階を計算するこのプロセスは、周期的手法で迅速かつ連続的に実行され、各サイクルは、ミリ秒のフレーム時間内で完了されて、実時間の現実的なキューおよび彼らの行動への実時間反応を外科医 / オペレーターに受け取らせることができる。

【0017】

サージカルシアターは、図 1 A に示される通り、1 つ以上のコンピュータ（PC）2 A ~ 2 n、1 つ以上のデータベース 3 A ~ 3 n、ならびに他のハードウェア要素（例えば、ネットワーク 5、6）および所有権付きのソフトウェアを、小さなウォークインクローゼットほどのサイズの没入型チャンバー / コンソール（図 1 のコンソール 10 参照）中に構築された 1 つの完全なシステム 1（図 1 および 1 A の両方を参照）に統合したシステムである。外科医 12 がシステムを始動すると、外科医は患者の詳細を含む患者のセットアップパラメータをロードして、システムに関連データをアップロードさせて、その後、サージカルシアターが患者画像 14 から得た患者の利用可能な CT および MRI 画像の全てを、データベース（複数可）3 および患者の年齢、性別などのシミュレートされたモデルに関係する他の情報にロードする（それらの一部または全ては、例えば医用データベースなどの外部団体 8 から得てもよい）。該システムは、システムデータベースからの組織情報パラメータ 16 を利用する。システム 1 は、セグメント化プロセスを実施し、臓器のエンティティ（血管、組織、腫瘍など）を認識して、デバイスのディスプレイで外科医に示されたシミュレートされた画像モデル 18 を作成する。該システムは、フィードバック機

構を通して現実的な触覚フィードバック 20 を提供して、シミュレーションに更なる現実性を加える。

【 0 0 1 8 】

該システムは、現実的な視覚、システムデータベース（複数可）から得た機械的性質および他の関連パラメータ 16、ならびに症例に関連する特徴の層を適用し、その全てが、患者の画像データベース（複数可）3 からの C T および M R I 画像 14 の最上に加えられ、それらの画像と同調される。その同調により、例えば血管画像などに「締付られる」または「付着される」血管の機械的性質を生成して、現実的なシミュレーション能力をもたらす。外科医は、モデルを「微調整」して、臓器の特定領域の機械的性質を調節する能力を提供され得る。例えば外科医は、そのエンティティの挙動の弾性および他の機械的特徴を調節することができる。

10

【 0 0 1 9 】

次に、そのようなセットアップの後、サージカルシアターは、現実的な特色、例えばテクスチャ、付影、および他の特色がシミュレートされた画像に現実性を加えている、現実的な視覚的忠実性が存在する三次元臓器モデル 18 を映し出す。視覚的モデル 18 の各セグメントは、具体的症例のシステムデータベース 16 および他の関連の性質から得た適切な機械的性質モデルと整合されて調和される。

【 0 0 2 0 】

この段階では、該システムは、手術（または他の処置）を実施するのに必要となり得る関連の手術器具および他の要素（システムソフトウェアの用語ではそれらのツールおよび要素も「エンティティ」である）を、システムデータベース内のシステムの視覚的ライブラリ 16 から外科医に閲覧および選択させる。そのような要素としては、各症例に適したセイザー（*Seizers*）およびクランプ、動脈瘤用クリップ、人工心臓弁、および他の要素を挙げることができる。（インターネットまたはプライベートネットワークなどにより、ネットワーク 9 を通してシステム 1 に接続された追加のシステム 1'、1'' を加えることで、本開示の後により詳細に記載される、コラボレイティブシアタープラットフォームを得ることができる。）

20

【 0 0 2 1 】

様々なエンティティの全てが、高忠実性分散モデル内のシステムおよび分散型アーキテクチャ内の機能により表され、例えば各エンティティは、典型的には別個のサブエンティティを有し、サブエンティティは、例えば「視覚的エンティティ」または「機械的エンティティ」などである。各サブエンティティは、複数のコンピュータの間に分布する異なる環境（例えば、以下により詳細に記載される、視覚的システム環境、機械的モデリング環境など）の 1 つに存在する。そのような各サブエンティティは、それ自体のパフォーマンス（例えば、エンティティの現実的な視野を表すこと、またはエンティティの機械操作を実演すること）を担う。

30

【 0 0 2 2 】

サブエンティティは、分散型ネットワークを介して通信を行って（以下により詳細に記載）、サブエンティティを 1 つの統合されたエンティティコンパウンドモデルに整合して調和する。例えば組織が手術器具により圧迫されている時に、手術器具の圧力特性（例えば、圧力の配置、方向および量など）が、ネットワークを介して分散され、サブエンティティの各 1 つは、この手術器具の圧力により影響を受けているならば、「リスニング（*listening*）」およびコンクルーディング（*concluding*）を担い；サブエンティティが影響を受けていることを決定すれば、それぞれのそのようなサブエンティティ（例えば、組織エンティティ）モデル、つまりそれらのサブエンティティモデル、例えば視覚サブエンティティへの影響は、視覚的影響（組織の出血状態など）を表し、機械的性質モデルは、組織の移動を表す。それぞれのサブエンティティは、ネットワークを通して変動（例えば組織の配置および寸法の変動）を分散し、それにより他のサブエンティティが、この変動により影響を受けているかどうかを決定することができる。そのような行動の終了時に、先の実施例に関する組織のサブエンティティ

40

50

全て（および他のエンティティ）が、順応するようになり、そして必要に応じてそれらの状況に適合し、モデルは、先の例では手術器具から起こり、開始する新しい行動に適合する。

【0023】

つまり様々な機能（サブエンティティ）は、分散されたデータおよび状態の複製を利用してピアツーピアネットワーク内で接続された様々なコンピュータ間に分散させることができ（シミュレーションの状態のローカルコピーを維持するために）、全てがシミュレーションのそれらの部分に影響を与える任意の行動に関してネットワーク上でリスニングし、その場合、ネットワークを通してパラメータをアップデートしてシステムを正確に保ち、もちろん他のサブエンティティ内の他の機能に影響を及ぼす場合があり、それゆえその事実をネットワークのモニタリングにより取得して、更なるアップデートに誘導するなどである。この方法では、該システムは、多くのコンピュータ間の機能性を並行して分散し、それによりアップデートをコンピュータが1つだけ用いられる場合よりもかなり迅速に行うことができる。変動により影響を受けたそれらのサブエンティティのみが、応答を必要とし、つまりネットワークトラフィックを必要最小限まで減らすことができる。

10

【0024】

サージカルシアターは、外科医に行動を記録させ、後に再生するためにそれを保存して、外科医の責任者もしくはレジデントに手術計画を示して、または他の外科医と情報を共有して、外科医が取り組んでいる新しい技術を示し、手術を実践するなどである。該システムの、外科医へのインターフェースは、外科医に行動のフォースフィードバックキューを感知させて実際の処置を現実的にシミュレートするためのツールに送達されるフォースフィードバックを含む。

20

【0025】

手術器具および他のエンティティが、外科医により選択されたら、それらが仮想手術シーンに統合されて、現実的な視覚特性と、選択された項目の各1つに適用される機械的性質および操作的性質をはじめとする、シミュレートされたシナリオの統合された要素に変換する。例えばシミュレートされたはさみは、実物のはさみの機械的特徴を反映し、実物のはさみが切断するようにシミュレーションにおいて切断し、シミュレートされた血管に配置された場合の動脈瘤用クリップは、血流の遮断をシミュレートする。

30

【0026】

次に外科医は、仮想手術の任意の段階で手術の行動を実施するが；外科医は、シミュレーションを「フリーズ」して臓器を回転させ、異なる方位および遠近感から該当する領域を観察することができる。外科医は、仮想手術の「時点を標識する」ことができ、「標識された時点に戻す」をコマンドすることができる。例えば外科医は、動脈瘤を締付ける前にその時間を標識して、この時点の後に実行された行動全てを「復元」しながら、この時点に戻すことができる。この方式では、外科医は、本来の開始点から手術全体を再開することなく、手術の選択された時期の異なる手術アプローチを評価することができる。複数のそのような「標識ポイント」を利用でき、外科医に行動を回復および「再現」させて、手術の複数の選択された時期に検査／リハーサルすることができる。サージカルシアターの使用は、外科医の手術に向けたリハーサル；外科医責任者および研修医への手術のデモンストレーション；手術の実践および発展、ツールおよび方法のテストおよび検証、ならびに知識の共有を含むことができる。以下に記載されたハンズフリー操作は、この特色のために利用することができる。

40

【0027】

コラボレイティブシアター

図2は、サージカルシアターにより導入されたコラボレイティブシアターコンセプトの高レベルの例示的实施を示す。次世代のブロードバンドインフラストラクチャー25を活用することにより、異なる病院のSRP21、22、23・・・を利用している個人が連携して、国中および世界中の外科医に、例えば2つ以上に分散された場所からSRPに、外科症例を共同的に計画させて、手術に向けて一緒に患者症例でリハーサルすることがで

50

きる。このコラボレイティブシアターで、過去のサージカルシアター症例を観察するだけでなく遠隔教育および指導を提供することにより、外科医に最良の実践方法を研究させることができる。コラボレイティブシアターは、連携していてSRPを利用している全ての病院で、最新の知識および最近の「最良実践法」へのアクセスを増加させることができる。更に、以下に記載されるハンズフリー操作は、コラボレイティブシアターコンセプトに用いることができる。

【0028】

システムレベルデザイン

システムレベルデザインの説明は、先行の区分に概説されている。視覚レンダリングエンジンで、3D MRIおよびCTの患者特有の画像を分析して、特定の画像の解剖学的構造および特色を表すコンピュータ化されたセグメント化モジュールを作成する。医療市場は、膨大な数の先進的デジタル・イメージング・アンド・コミュニケーション・イン・メディシン(Digital Imaging and Communication in Medicine) - DICOM(1)ビューワを有する。それらの特色を組み合わせれば、相互参照し得る3枚の異なるパネルの層状白黒断面から、患者の臓器の3D画像の静態サブセットをフリスルーする完全な能力まで様々である。加えて、臓器の様々な機能的および動的变化をムービークリップの形態で記録する4Dおよび5D機能も存在する。取込み画像または動画と同様に見事なことは、それらが、決められた時間内での一定のスナップショット画像セットということである。

【0029】

サージカルシアターは、既存の3D変換プロセスを受けて、物理的および機械的性質に基づくヒト組織および構造に特有の性質を加え、それは後にシステムデータベースに保存される。この患者に基づくモデルが、仮想世界で運動に設定されると、サージカルシアターは、仮想手術器具セットを導入しており、現実の手術での組織操作と同様のモデルを外科医に操作させて(押圧、切断、締付を行わせるなど)、外科医に直観的経験を積ませる。

【0030】

図3は、例示的サージカルシアターの分散型シミュレーションネットワーク(サージカルシアターDIS(ST-DIS))が提示される)の作業構成を示す。図の要素(即ちブロック)のそれぞれは、設計された機能を有する隔離型演算ステーション(独立型コンピュータまたは集合型コンピュータで実行され得る)である。該ステーションは、膨大な量のDICOMデータを転送させるのと同様に、緩やかな変則的トラフィックを取り扱うレギュラーサポートネットワーク31(例えば、イーサネット(登録商標)のネットワークなど)に適宜、接続される。より強いデータ処理要求の際には、該ステーションは、優先性の高いシミュレーションデータ(例えば、高帯域幅のイーサネット(登録商標)で実行され得るもの)のみに用いられるハードウェア隔離型ネットワークである専用の分散型インタラクティブシミュレーション(ST-DIS)ネットワーク(Distributed Interactive Simulation(ST-DIS)Network)32によりサポートされる。ST-DISネットワーク32は、非持久性シミュレーション情報を伝え、そのような精巧なシミュレーション負荷分散を可能にする。

【0031】

サージカルシアターのST-DISは、独立した一組のシミュレータノードから大規模な仮想世界を構築するためのネットワークアーキテクチャである。シミュレータノード33~38は、ネットワークにより連結され、共通のネットワークプロトコル(例えば、TCP/IPなど)を介して通信を行う。ST-DISインフラストラクチャーは、様々なシミュレータを時間的および空間的にコヒーレントな環境で一緒に使用することができる。サージカルシアターのST-DIS ST-DISシステムでは、仮想世界が、誘発するイベントにより互いにインタラクトする一組の「エンティティー」としてモデル化される。シミュレータノード33~38は、それぞれ独立して、シミュレーションの仮想世界でエンティティーの1つ以上の活動をシミュレートし、ネットワーク上のメッセージを介

して他のシミュレータノードに該当する属性および行動を報告する。ネットワーク上の他のシミュレータノードは、ネットワークメッセージの「リスニング」を担い、どれがそれらに該当するか（それらがシミュレートしているエンティティに基づく）を決定し、適宜、応答する。

【 0 0 3 2 】

分散型インタラクティブシミュレーションに係る S T - D I S ネットワークおよびシミュレーションアーキテクチャの特色の 1 つが、中央サーバーまたはプロセッサを全く必要としないことである。各シミュレーションアプリケーションが、独自のメモリまたはデータベース内で共通の仮想環境の独自コピーを維持する。この環境の表示が、任意の実時間操作の前に、様々な手段で全てのシミュレーションアプリケーションに分散される。S T - D I S は、基本的にはピアツーピアアーキテクチャであり、そこでデータは、全てのシミュレータに利用可能に伝送されて、受信者の要求に応じて拒絶または受信され得る。全てのメッセージが通過する中央サーバーを排除することにより、S T - D I S では、シミュレータが重要な情報を別のシミュレータに送信するタイムラグが減少する。待機時間として知られるこのタイムラグは、現実性と、それに応じ、ネットワーク化されたシミュレータの有効性を、大きく低下させる可能性がある。有効な分散型シミュレーションは、新しい状態 / イベントがシミュレートされたエンティティについて起こる時間から、その状態 / イベントが反応しなければならない別のエンティティにより認知される時間までの非常に短い待機時間に依存する。トレーニングデバイスにより導入された任意の遅延は、トレーニング受講者に負の強化をもたらす可能性がある。

【 0 0 3 3 】

再度、図 3 を参照すると、アーカイブサーバー (A r c h i v e S e r v e r) 3 4 は概ね、シミュレーションに必要な多量のデータを、データベース内にダウンロードおよび保存するタスクを実施するために用いられる。加えて、アーカイブサーバー 3 4 は、シミュレーションの更なる使用のために、得られたデータを準備するのに用いることができる。そのデューティは典型的には世界全体のことであり、シミュレーション活動に重要でないため、アーカイブサーバー 3 4 が典型的にはサポートネットワーク 3 1 のみに接続される、ということに留意されたい。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、オフライン「サポート」ネットワーク (3 1) と、データベースに保存された医用画像 (C T / M R I) および追加の初期化データ (例えば、患者の名前、年齢など、および手術器具ライブラリなどのシナリオに含まれるファイル) をロードする「アーカイブサーバー」(3 4) と、制御入力を記録し、そのシナリオおよびタイムライン情報の行動全てを保存して、シナリオおよび行動の再生を可能にする「デブリーフサーバー (D e b r i e f S e r v e r) 」(3 8) と、を含むネットワークアーキテクチャを示す。実時間ネットワーク (3 2) は、実時間フュージョンでのシミュレーションの間にシステムノード間でメッセージを転送するネットワークであり、このネットワークを実行する 1 つの方法が、分散型インタラクティブシミュレーション (D I S) ネットワーク (3 2) であってもよく、このネットワークに接続された要素が、外科医 / オペレータシステムインターフェースに接続された制御入力 (C o n t r o l l I n p u t) (3 3) であり、このノードは、システムの実時間の要求が D S I ネットワーク、および必要となるノード間の直接的な物理的接続により満たされ得ない場合に実行され得る、ホストコンピュータ (H o s t C o m p u t e r) (3 5) への任意の直接的な物理的接続を有する。ホストコンピュータ (3 5) は、エグゼクティブマネージャプログラム、ならびに他のモデルおよびシミュレーションの要素を含み、システム全体の実時間同調およびタイミングを担う。

【 0 0 3 5 】

シアター初期化システム (T h e a t e r I n i t i a l i z a t i o n S y s t e m s) (T I S) (3 6) は、ノードの各 1 つについてシステムの配分およびセットアップを実行し、例えば、外科医が専用の使用ツールを選択する場合に、T I S は、ノード

の全てについて正確なツールシミュレーションを作成するために（データベース内に保存されたツールの特徴により）、このツールの適切なモデルを配分／活性化して、ノードの全てが確実に同じ初期化でセットアップされるようにする。画像ジェネレータ（36）は、シナリオのレンダリングおよび可視化のタスクを実行する。ホストコンピュータ（35）、TIS（36）、画像ジェネレータ（36）およびデブリーフサーバーは、サポートネットワーク（Support Network）（31）からの初期化についてオフラインで情報を受信および交換し、「オンライン」および実時間シミュレーションについては、実時間ネットワーク（32）により情報を受信および交換する。

【0036】

必要とされる臓器表面および体積のデータは、既存のMRI/CTスキャンから抽出されて、データベース内に保存される。3D臓器表面データを得るために、該システムでは、DICOMビューワと、例えばアップルマッキントッシュコンピュータ用に実行されるオープンソースソフトウェアであるOsiriX（または同等品）などのデータ管理システムと、を利用することができる。Objective Cソースコードでボクセル密度値に基づく臓器および臓器群の3D表面を作成するOsiriXの能力に「トラップすること」により、サージカルシアターは、記載する3D表面および臓器タイプについての情報を保存する能力をデータベース内のフラットファイルに追加する。この研究の部分的組み合わせ全体が、この手法でシステムデータベースに保存されて、後に臓器の標準的特徴に基づく患者特有画像を再現する画像ジェネレータステーション（Image Generator Station）37に転送される。必要なレンダリングデータが得られたら、画像ジェネレータステーション37のレンダリングプラットフォームが、画像に適用される。このため所有権付きの画像ジェネレータアルゴリズムが、視覚化ツールキット（Visualization Tool Kit）と統合される（フライトIGなど；現実的な画像ジェネレータ-RIGに関する別の項目にある特色を参照されたい）

【0037】

IGは、視覚モデルに割り付けられ、RIGの区分に更に詳述された、付影、テクスチャ、および材料特性などの微細なキューを送達す独特の性質を有する。IGがそれらの特色を利用することにより現実的で全没入型環境を生成するだけでなく、厳しい実時間拘束の下で多量の視覚データベースモデルを処理することもできる。DISアーキテクチャと「エンティティー」設計との組み合わせにより可能になるため、ネットワークトラフィックが最小限に抑えられ、ピアツーピアノードで高効率の実時間システムが作成される。

【0038】

患者特有の画像が、有効にレンダリングされた後、適切なシミュレーションを作成するために、様々な物理演算ライブラリが加えられる。脳組織の押圧および用手操作は、入手可能なライブラリのOpenTissue（または同等の）コレクションなどのモデリングプラットフォーム内で具現化される広範囲の研究を利用してシミュレートされる。例えばOpenTissueは、例えば三次元形状のポリュメトリックシェルおよび他の複雑な挙動をモデル化するライブラリのオープンソースコレクションである。カスタマイズされたライブラリを、使用のために開発することもできる。例えば、緊張した脳組織の機械的性質の調査から得られた脳組織の物理学および機械学的性質の特殊性を利用することができる。動物脳試料の機械的操作の数学モデルを提供する実験論文が、入手可能である。シミュレートされた手術器具とシミュレートされた組織との動的および現実的インタラクションは、2012年3月30日に出願された同時係属の特許出願PCT/US12/31514号および2010年10月19日に出願された米国特許第8,311,791号（参照により本明細書に組み入れられる）に記載されたアルゴリズムおよびアプローチで実行されている。その研究では、様々なツールおよび組織タイプを検査して、特に手術のシミュレーションを実行するために、現実的なシミュレーションを作成している。

【0039】

例示的サージカルシアターのソフトウェアコードは、C++などの商業的環境に記載され、そのコードは、ウィンドウズ（登録商標）オペレーティングシステムのLinux（

10

20

30

40

50

登録商標)システム、または互換性のあるシステムで実施されるように設計されている。コーディングの開発プロセスでは、コードの実時間実行およびコード効率に重点が置かれているが、それらは全て待機時間を最小限に抑えながら、実時間システムのパフォーマンスを維持することを目的としている。

【0040】

画像ジェネレータ(37)内に配置された視覚システムドライバーは、OpenGLまたはその同等物などのオプティマイザ環境と共に設計され、要求された高いモデル忠実性を維持しながら高性能のレンダリングおよび大きなモデルとのインタラクションを可能にして、クロスプラットフォーム環境において高性能を維持しながら細部に注意を払うことができる。

10

【0041】

計算効率の目的のために、視覚モデルのエンティティのそれぞれは、複数のレベルオブディテール(Level of Details)(LOD)表現を有し;高いLODは、外科医が高い解像度を必要とするシミュレーションシーンの領域で提示され、低いLODは、外科医が即座に関心またはインタラクションを有さないシミュレーションシーンの領域で提示される。例えば組織の視覚モデルは、外科医インタラクションの周辺領域では高いLODで提示され、外科医が即座にインタラクションを有さない領域では低いLODで提示される。LODは、動的に適合することができ、手術器具を特定領域に向けるなどの外科医の行動を、視覚モデルの特定区分についてのLODの動的配分のためのLOD最適化アルゴリズムにより利用することができる。

20

【0042】

典型的なシステムのコンピュータは、柔軟性および成長能力をもたらすマルチプルコア(マルチプルプロセッサ)を有するPCである。コンピュータシステムは、ランダムアクセスメモリ、イーサネット(登録商標)ポート、システムディスク、およびデータディスクを含む。

【0043】

サージカルシアターの妥当性検証(画像品質、現実性、画像コントローラおよび操作)のために、古参の外科医の技術および経験が利用される。外科医が、特定の手術処置を、膨大な神経手術経験と、既に手術を終えていてサージカルシアターでシミュレートされている特定の症例と、に比較しながら実践することにより、システムを評価するために利用される。

30

【0044】

図4のサージカルシアターのブロック図は、生データをセグメント化する(軟組織、血管などを同定するため)プロセスを通してスキャンされた画像DICOM 41の生データからプロセスの機能および流れを記載している(図3の実際のネットワーク接続と対比させて)。その後、画像ジェネレータは、各セグメントの視覚表示を割り付けて(陰影、テクスチャなど)、この画像をDIA 44ネットワークを介してプロジェクションインターフェース46およびホスト45に接続し、外科医インターフェース(Surgeon Interface)47を通して接続された外科医の行動と、機械的性質と、ホストが含む他のモデリングと、により画像ジェネレータ43をアップデートすれば、全てが、各シミュレーションサイクルの間にホストがIG 43に送信する新しい状態を反映することになる。

40

【0045】

全てのメッセージが通過する中央サーバーを排除することにより、ST-DISは、1つのシミュレータ(コンピュータ)が重要な情報を別のシミュレータ(コンピュータ)に送信する際のタイムラグを劇的に減少させる。待機時間として知られるこのタイムラグは、過度に大きければ現実性と、それに応じ、ネットワーク化されたシミュレータの有効性を大きく低下させる可能性がある。有効な分散型シミュレーションは、新しい状態/イベントがシミュレートされたエンティティについて起こる時間から、その状態/イベントが反応しなければならない別のエンティティにより認知される時間までの非常に短い待

50

機時間に依存する。トレーニングデバイスにより導入された任意の遅延は、オペレータ（例えば、外科医）に負の強化をもたらす。

【 0 0 4 6 】

通信アーキテクチャ（IEEE 1278.2）の推奨される実践法に従えば、潜在的通信構造は、実時間でシミュレートされたエンティティーの間でインタラクションを綿密に連携するために、パケット交換の待機時間が100ms以下になるよう支援しなければならない（例えば、空中戦で高性能航空機をシミュレートするか、または外科医が実践する脳の手術をシミュレートする）。この要件は、長年にわたりヒューマン・イン・ザ・ループ（Human-In-The-Loop）（HITL）フライトシミュレータデザインの基礎をなしてきたヒトの反応時間に基づいている。

10

【 0 0 4 7 】

ST-DISシステム内では、仮想世界が、誘発するイベントにより互いにインタラクトする一組の「エンティティー」（これまで記載された）としてモデル化される。エンティティーは、「組織エンティティー」のサブグループを作成する組織、特定の特徴（組織の機械的性質など）など、シミュレートされたシナリオにおける従属要素である。別のエンティティーは、例えば血管などであってもよい。各エンティティーは、分散的手法で（異なるシミュレータ/コンピュータなどで）動作する複数のサブエンティティーを有することができる。総括すると、それらのサブエンティティーは、一緒になって完全なエンティティーモデルを作成する。それらのエンティティーは、例えばエンティティーの視覚的特色および特徴を保持およびシミュレートする視覚サブエンティティー、またはエンティティーの機械的特色および特徴を保持およびシミュレートする機械的性質サブエンティティーである。サブエンティティーモデルコードのそれぞれが、PCなどの異なるコンピュータ（またはコンピュータ群）で動作することができ、それらは、ST-DISネットワークを通して互いに、そして他のエンティティーと通信を行う。シミュレータノードは、独立して、シミュレーションの仮想世界で1つ以上のエンティティー（またはサブエンティティー）の活動をシミュレートし、ST-DISネットワーク上のメッセージを介して他のシミュレータノードに該当する属性および行動を報告する。ネットワーク上の他のシミュレータノードは、ネットワークメッセージの「リスニング」を担い、どれがそれに該当するかを（それらがシミュレートしているエンティティーに基づき）決定し、適宜、応答する。

20

30

【 0 0 4 8 】

先に記載されたサージカルシアターアーキテクチャは、この分散型シミュレーションコンセプトに基づいており、そのため直接的なヒトの感覚により外科医（複数可）が臓器（複数可）とインタラクトする直視下手術/従来の手術のリハーサルに不可欠の没入型シナリオを作成するための必須要件である最高忠実性（premier fidelity）を送達する先駆的で独占的な能力を与える。各エンティティーは、従属要素（視覚的性質、機械的性質など）に分割され、それらの従属要素/エンティティーのシミュレーションコードのそれぞれが、別個のコンピュータで動作するため、これが、フライトシミュレーション（Flight Simulation）テクノロジーのコア能力である実時間性能（例えば、100ミリ秒未満の待機時間）を維持しながら、「実時間」拘束の下で数テラバイトの情報を取り扱うと同時にコンピュータの能力と、それによる独特で卓越した最高忠実性の生成、微細なキュー、および計算能力を最大にすることができる。

40

【 0 0 4 9 】

サージカルシアターは、3D MRIおよびCTの患者特有画像を分析して、特定画像の解剖学的構造および特色を表すコンピュータ化されたセグメント化モジュールを作成する視覚レンダリングエンジンを促進した。医療市場は、膨大な数の先進的DICOMビューを有するが、取込み画像または動画と同様に見事なことは、それらは、決められた時間内での一定のスナップショットということである。サージカルシアターは、既存の3D変換アルゴリズムを受けて、物理的および機械的性質に基づくヒト組織および構造に特有の性質を加えて、外科医が行った行動に従い患者特有のCT/MRI画像を再形成する

50

モデルを用いて、画像の各ピクセルの機械的性質をシミュレートするモデルおよび現実的な視覚特性モデルに基づいて、「生きた」画像を作成する。この患者に基づくモデルが、仮想世界で移動を設定されると、一組の仮想手術器具（動脈瘤用クリップおよびクリップアプライヤー、インプラント、例えば関節インプラントまたは他のデバイスを含み得る）が導入されて、現実の手術での組織操作と同様のモデルを外科医に操作させる（押圧、切断、締付などを行わせる）。こうしてサージカルシアターは、ユーザに直観的経験を積ませる。

【 0 0 5 0 】

画像ジェネレータでは、例示的实施形態のサージカルシアターで、所有権付きのフライトシミュレーション画像ジェネレータ（Flight Simulation Image Generator）アルゴリズムを、可視化ツールキット（VTK）などの可視化コードと統合する。以下の区分に詳述される通り、サージカルシアターの現実的画像ジェネレータは、視覚モデルに割り付けられる付影、テクスチャおよび機械的性質などの微細なキューを送達する特色を有する。

10

【 0 0 5 1 】

現実的な視覚サブシステム

この区分では、衛星画像を現実的な三次元画像にレンダリングすることが可能なフライトシミュレーション画像ジェネレータの改良であるサージカルシアターの「現実的視覚」セグメント、サージカルシアターの現実的画像ジェネレータ（RIG）に変換してCT/MRI DICOM画像を取扱い、患者特有の現実的活動的なCT/MRI画像に実時間レンダリングするモデル、および外科医が直接的な人の間隔により臓器とインタラクトする直視下手術／従来の手術に不可欠なモデル、に焦点を当てる。

20

【 0 0 5 2 】

ヒューマンファクターエンジニアリングの分野で、没入型シミュレーションシステムの作製における視覚システムの使用は重要であり；複数の研究で、高い割合での没入が構築され、オペレータ（例えば、パイロットまたは外科医）がインタラクトする視覚システムの忠実性および現実性のレベルに寄与されることが実証されている。忠実性の高い視覚システムでリハーサルするオペレータが、忠実性の低い群よりも有意に高レベルで、信頼および認知状態の自己報告をはじめとするメモリータスクを完了したことを、複数の知見が示している。正しい「覚える」という応答と「知る」という応答との間にある有意な正の相関、および信頼性スコアが、忠実性の高い現実的シミュレーションを利用した場合に見出される。

30

【 0 0 5 3 】

先に概説された通り、サージカルシアターは、手術部位および組織／構造周辺の現実的な「本物そっくりの」デジタルレンディションを作成する。このデジタルレンディションは、患者特有で「本物そっくり」であるため、それは、手術部位の近似的なレンディションを作成する一般画像を使用する他のシミュレータ、または外科医／オペレータがカメラ（外科医が目の直接の感覚で生物体とインタラクトする直視下手術／従来の手術でありのままに直接見た場合の視覚的特色とは非常に異なり、カメラの仕様により画定および限定される独自の視覚特性を有する）と生物体をインターフェースする内視鏡処置、血管処置および類似の処置などの非侵襲的処置をシミュレートする他のシステムとは別のサージカルシアターを設定する。しかし、生きた生体組織の性質が複雑であることから、現実的な「本物そっくりの」レンダリングでは、克服可能な課題になる。そのように高度の現実性を生成するために、サージカルシアターは、手術部位の患者特有画像が周囲組織と共に現実的に表示され、このため多用途に操作することができる視覚システムである、リアル画像ジェネレータ（Real Image Generator）アドオン（RIG）を含む。

40

【 0 0 5 4 】

図5は、RIGアーキテクチャのブロック図を示す。データベースのボックス - 患者特有のCT/MRI、3Dおよびセグメント化画像に基づくメッシュモジュールの回収

50

、画像の前処理、平滑化、マスキング、拡大縮小。グラフィッククリエータのボックス
 - グラフィックスカードへのインターフェース。S T - D I S インターフェースのボックス
 - S T - D I S ネットワークへのインターフェース。図は、視覚システムの階層図を示す。該システムは、システムコンポーネント全てを運営および管理するエグゼクティブプログラムを含み、外科医 / オペレータによる従属要素の状態、および D I S ネットワーク (5 0 2) を通して読み取る従属要素全ての状態をアップデートする。オペレーティング / エグゼクティブエンジン (O p e r a t i n g / E x e c u t i v e E n g i n e) (5 0 1) は、システムの要素全てが同じデータベース (例えば、外科医が選ぶツールの組み合わせ) で運用しているような方法で、ソフトウェアおよびハードウェア要素全ての初期化を担う。シナリオが始動したら、オペレーティング / エグゼクティブエンジン (5 0 2) は、サイクルおよびタイミングの制御を実行し、各要素を管理するタスクを実行して、システムの従属要素の全てが他の従属要素からの情報を受け取ってシステム全体に所定の時間フレーム内のシミュレーションサイクルを完了させるような方法で、計画された時間フレーム内で計算サイクルを完了する。例えば、ある行動が外科医により起こされて、D I S ネットワーク (5 0 2) により伝送されると、フィーチャージェネレータ (F e a t u r e G e n e r a t o r) (5 0 4) が、機械的性質アルゴリズムにより計算されたこの行動の関連部分 / この行動の結果を読み取り、グラフィッククリエータ (G r a p h i c C r e a t o r) (5 0 3) が、この行動により画像を変化させて (例えば、外科医により押圧された血管を移動させて)、その後、この変化の結果として画像に加えられる必要のある変化を計算し、例えば血管の配置および方向の変化により得られた陰影を作成する。このサイクルは、各サイクルがミリ秒のフレーム時間内に完了されて外科医 / オペレータに実時間の現実的なキューを受け取らせるような方法で、周期的手法でオペレーティング / エグゼクティブエンジン (5 0 1) により迅速に実行され、連続して管理される。

【 0 0 5 5 】

S R P の概説 :

S R P では、手術部位および組織 / 構造周辺の患者特有 D I C O M データを動的でインタラクティブな 3 D モデルに変換することによる脳の動脈瘤クリッピング手術を計画して、物理的にリハーサルするために、神経手術用の現実的な「本物そっくりの」全没入型実習が作成される。既存の手術の準備用デバイスとは異なり、S R P は、(i) 患者特有の組織の外観、感触および機械的挙動の微細なキュー、(ii) 患者特有の解剖学的構造の 3 D ディスプレイ、(iii) 3 D 組織モデルの実時間手術と同様の操作、そして将来的には (iv) 「全没入型」実習のための外科医へのハプティックフィードバック、を提供することができる。生きた生体組織の構成および機械的性質が複雑であるため、そのような現実的で「本物そっくりの」レンディションを開発するには、以下のサブデベロップメント (s u b - d e v e l o p m e n t) が求められる (図 6) : ビルトインのセグメント化関心体積 (V o l u m e o f I n t e r e s t) (V O I) モデルジェネレータ (M o d e l G e n e r a t o r) (6 1 1) を有する D I C O M 画像体積リーダー (D I C O M I m a g e V o l u m e R e a d e r) (6 0 2) およびビューワ、(ii) 3 D 画像ジェネレータ (I G) (6 0 4)、(iii) 実時間軟組織変形エンジン (R e a l T i m e S o f t T i s s u e D e f o r m a t i o n E n g i n e) (R T T D E) (6 1 2)、(iv) 手術の分散型インタラクティブシミュレーション (S D I S) ネットワーク (6 1 0)、(v) シミュレーションエグゼクティブアプリケーション (S i m u l a t i o n E x e c u t i v e A p p l i c a t i o n) (S i m E x e c) ソフトウェア (6 0 1)、(vi) 外科医ユーザーインターフェース (S u r g e o n U s e r I n t e r f a c e) (S U I) (6 0 5)、および (vii) ユーザーインタープリターエンジン (U s e r I n t e r p r e t e r E n g i n e) (U I I E) (6 1 3)、(vi) ツールライブラリの心拍数、血流などの視覚用 V i s C H a s D B データベース。

【 0 0 5 6 】

一組の2D患者特有DICOMデータの、正確な患者特有組織属性を有するセグメント化3D VOIモデルへの変換は、DICOMポリュームビューワ(611)(サージカルシアターLLC(Surgical Theater LLC))により開発された所有権付きのソフトウェアを用いて実施される。最初、患者特有のDICOMデータセットが、3Dデータセット(603)に適合された数学アルゴリズムを用いて画像増強ステージを受ける。この増強ステージは、異なる組織タイプ間で識別させる能力に影響を及ぼさずに、画像の平滑性を上昇させて画像ノイズを減少させる。

【0057】

次に、DICOMポリュームビューワ(602)内のマルチパネルビューウィンドウを用いて、外科医が、VOI、即ち動脈瘤および周辺の欠陥および構造を含む手術部位を画定する。次のステップは、組織のセグメント化であり、即ち最初の組織特有の強度範囲が、DICOMポリュームビューワのトップビュー(Top View)ウィンドウを用いて組織に割り付けられて、高解像度、高品質でカスタマイズ可能なデータ構造を有する3D VOIモデル、および組織特有のセグメント化が得られる。3D VOIモデルは、患者特有のレポジトリに保存され、以下のような操作サイクルの間にアクセスされる：(I)3D画像ジェネレータ(IG)(604)がグラフィックインターフェースを通してモデルの高忠実性視覚表示を外科医に提示する；(II)外科医は、サージカルユーザーインターフェース(SUI)(605)の内部の現実的な手術器具を用いてモデルを操作する；(III)ユーザーインターフェースインタープリターエンジン(UIIE)が、外科医の操作を一組の数学的値に翻訳し、他の患者特有入力(例えば、心拍数、血流など)と共に、実時間組織変形エンジン(RTTDE)(612)によりモデルに適用される。モデルが変化すると、IG(604)が、それらの変化を外科医に実時間で反映させ、こうして1つのシミュレーションサイクルが完了する。なめらかで連続した「本物そっくりの」SRPフローは、IGにより1秒あたり60回以上、およびRTTDE(612)により1秒あたり20回の反復サイクルにより実現される。

【0058】

SDISに基づくアーキテクチャ

SDISに基づくアーキテクチャは、フライトシミュレーションテクノロジーのコア能力である実時間性能を維持しながら、厳密な「実時間」拘束の下で多量の情報を取り扱うと同時に、最高忠実性、微細なキューおよび計算能力についての独特の卓越した可能性を促す。SDISネットワークの特色の1つが、中央サーバーまたはプロセッサが全く存在せず、各シミュレーションノード(ノードは、画像ジェネレータ、ユーザーインターフェース、機械的モデリングコンピュータなどであってもよい)が、共通の仮想環境、つまり血管、組織およびシミュレーションノードのそれぞれで受け留められ維持される他のモデルの独自コピーを維持し；そのようなモデルのそれぞれが別個の「エンティティ」として取り扱われること、である。このアーキテクチャは、厳密な実時間拘束の下で同調的手法で複数のPCを動作させて、シミュレートされたシーンの最高忠実性を送達するSRPの先駆的で独特の能力を実現することができる。これは、外科医が直接のヒトの感覚により臓器とインタラクトする直視下手術/従来の手術のリハーサルを可能にする没入型シナリオを作成する。

【0059】

手術器具および他のエンティティが外科医により選択されると、それらは仮想手術シーンに統合されて、現実的な視覚的特色と、選択された物品の各1つに適用される機械的性質および操作的性質と、を含むシミュレートされたシナリオの統合された要素に変わり、例えばはさみは、現実の機械的性質を有し、現実のはさみが切断するように切断し、動脈瘤用クリップは、血管に配置されると、血流を遮断する。

【0060】

SRPシステムは、構成、シミュレートされるのに必要な体積、および特有の適用例に応じて、以下のユニット、またはユニットのサブパートの組み合わせにより構成される。これらは、図4に示すサージカルシアターシステムのものと同様しているが、この区分で

記載される通り改良されている。従属要素は、複数のPC内の複数の分離された計算プロセッサユニットで実行することができる(図7)。

【0061】

外科医が働くワークステーションは、ユーザーインターフェース101である。画像ジェネレータ102は、サージカルシアター内の類似デバイスと同様に動作する。シミュレーションエグゼクティブマネージャ(Simulation Executive Manager)103 - システムの実時間動作を同調して、モデリングプログラムを実行する。STDEワークステーション(STDE Workstation)104 -

このPCは、STDE(軟組織変形エンジン)を取り扱う。アーカイブサーバー105 - このステーションは、関連のファイルおよびデータの全てを受け取り、将来のデブリーフィングおよびデータ回収のための処置を記録することができ、このPCは、ネットワークドメインコントローラとしても働く。IOS(インストラクターオペレーションステーション(Instructor Operation Station))106は、トレーニングセッションをモニタリングおよび制御し、インストラクターにイベントを「注入」させるためのものである。それに司会者としても働き、トレーニングセッション全体を活性化する。1つ以上のユーザーインターフェース107が、以下に記載される通り、ハンズフリー制御のため、そして/または現実の手術器具を追跡するために、提供される。

【0062】

これらの計算プロセッサユニットのそれぞれが、SDISを介して、ネットワークをネットワークスイッチ(図示しない)に接続する。

【0063】

サージカルインターフェース

先に、そして関連出願において議論された通り、アップデートされたサージカルシアターは、複数の形式(例えば、デジタル・イメージング・アンド・コミュニケーション・イン・メディシン-DICOM)のシーンファイル(例えば、医用スキャンファイル)からインタラクティブ画像/シーンへの画像のハイブリッドレンダリング(体積および表面)のための方法を提供する。アウトプット画像/シーンは、二次元または三次元にすることができ、幾何学的配置、ビューポイント、テクスチャ、照光、陰影、および濃淡の情報、ならびに仮想シーンの説明の他の要素を含む。図8は、本明細書の以下に議論される具体的詳細と共にアップレートされた特色を示すフローチャートを示す。

【0064】

インタラクティブ画像/シーンは、体積測定用のレンダリング要素と、表面レンダリング要素の両方の要素から構成される。更に各要素、体積または表面は、体積(図9に示された画像の112参照)および/または表面の要素(図9の111参照)である1つ以上の要素とインタラクトする。

【0065】

要素間のインタラクションとしては、非限定的に、物理的インタラクション、例えば圧力、要素の材料(弾性、粘着性など)などの物理的条件およびコリジョン角などのコリジョン条件および要素の方向により要素の実際の物理的移動を複製する要素の移動および/または再形成と共に生じる要素間のインタラクションを表すために実行されるコリジョンモデルなどの物理的インタラクションが挙げられる。

【0066】

レンダリング処理の方程式は、照明装置の影および付影現象の全てを説明しており、視覚要素全てを組み入れた最終的なアウトプット流れを生成する。

【0067】

サージカルシアターのレンダリングソフトウェアは、アウトプット画像/シーン/モデルの現実的な外観を維持しながら要素間の物理的インタラクションを反映し、同時に実時間でレンダリング方程式を解く。

【0068】

10

20

30

40

50

例えば図 9 において、クリップ 1 1 2 は、血管（体積レンダリング要素）を圧迫して、血管 1 1 1 の再形成をもたらす。ユーザーは、以下に記載されるマウスコントローラ、タッチスクリーン、3 D もしくは 6 D コントローラ、またはハンズフリーコントローラのいずれかによりインタラクションを制御する。

【 0 0 6 9 】

ハンズフリーコントローラまたはタッチスクリーン：ユーザーの身体要素を実時間で取り込み、認識するカメラを基にしたデバイスを統合することにより（Microsoft による Kinect システム（例えば、www.xbox.com/en-US/kinect/kinect-effect 参照）と類似のテクノロジー、および別の実施例である Leap Motion による Leap テクノロジー（live.leapmotion.com/about.html 参照）を利用し得る手法で、両者とも参照により本明細書に組み入れられる。図 7 の項目 1 0 7 参照）、またはタッチスクリーンもしくは任意の他のインターフェースにより、ユーザーは、所定の方法により手を振り（waving）、画像 / シーンを制御することにより、画像 / シーンとインターフェースおよびインタラクトすることができる（図 1 0 A および 1 0 B）。ユーザーは、中でも、以下の行動を行うことができる：

画像 / シーンを回転、運動および移動させる（図 1 0 A ~ 図 1 0 B に示された手の動きと、画像 1 2 1 および 1 2 2 のそれぞれ移動および再配向を参照）

ズームインおよびズームアウトする

ライブラリから要素を選択して、それを画像 / シーンに追加する

画像 / シーン内の要素をドラッグおよびドロップする

1 つ以上の要素をコマンドして、1 つ以上の他の要素とインタラクトする、例えば動脈瘤用クリップを配置させて、それを動脈瘤上で閉じさせるようコマンドし、その後、「閉じる」をコマンドして、クリップ（表面要素）を動脈瘤（体積要素）とインタラクトさせて、動脈瘤の物理的圧搾およびクリップの運動（開いたブレードから閉じたブレードへ）を行う

要素を選択し、それを画像 / シーンから取り出す

画像 / シーンが複数のスライスで積層 / 構築されている場合（CT / MRI など）、スライス間でスクロールする

シーンの対象物を選択し、その後、それを所望の 3 D 位置にドラッグすることにより、対象物を再配置する。これにより、非限定的にツールと組織のインタラクション（図 1 1 においてドラッグされている具 1 3 2 の場合）またはシーンの測定を実施すること（測定マーカ 1 3 1 をドラッグする場合、図 1 1 参照）が可能になる。

【 0 0 7 0 】

「ペイント付組織」

概説：スキャナー（MRI、CT など）から作成された医用画像は、スキャンされた解剖学的構造に関する物理的、機能的構造または他の情報を提供する。様々な理由、中でもスキャナーの制約により、解剖学的構造で、得られた画像において明瞭に見ることができるのは、全てではない。この現象 / 限定についての 2 つの例は、以下の通りである：

1 - MR では、スキャンがいつも可視であるとは限らない。具体的例は、微小血管圧迫の処置に対する脳スキャンの画像に見出される場合があり、そこでは脳血管は神経に接触していて、神経への物理的圧力を生じており、それらのスキャンでは、血管がスキャンされた画像で可視であることが多いが、神経は観察できない。

2 - MR、CT、または他のスキャンでは、解剖学的構造の一部が可視の場合があるが、様々な理由、とりわけスキャナーの制約により、解剖学的構造の一部しか可視にならない。一例は、CT または MRI スキャンの画像であり、血管構造の一部が可視であり、他の部分が可視でない場合がある。この例では、血管の画像は、歪曲し、そして / または完全なものにならない。

【 0 0 7 1 】

「組織ペインティング」 - 開発されたアルゴリズムおよびソフトウェアツールは、任意の

10

20

30

40

50

幾何学的形状またはフリーハンド描写の形状（例えば、線、円、病院、ボールなど）を二次元または三次元で描写するためのインターフェースをユーザーに提供する。得られたペイント用インターフェースは、ユーザーに、線または曲面の壁、および三次元形状の壁の太さを決定させる。ユーザーは、形状、色、透明性などの視覚的特色を決定することもできる。新たに作成された形状を、スキャンの一部にさせて（マジック組織（Magic Tissue））スキャン画像と統合させるような方法で、新しい形状を医用画像内に作成させる。例えばユーザーは、神経を表す線を引くことができる。この神経は、ユーザーが選択した長さ、形状、色、透明性、配置および方向で作成することができる。ユーザーは、スキャン画像内で観察された既存の解剖学的構造の付近の既存の解剖学的構造にそれを「連結して」、該形状を配置させる。ユーザーは、新たに描写された形状を特有の組織タイプにも割り付ける。この新しい形状が作成されたら、レンダリングして、三次元解剖学的モデルに加える。新しい形状をレンダリングして、体積のあるモデルとして、またはマッシュ（mash）/多角形モデルとして再構成させることができる。図14Aおよび14Bは、それぞれ181、182の組織ペインティングの例を示す。

【0072】

「マジック組織ワンド（Magic Tissue Wand）」-様々な理由、とりわけスキャナーの制約により、解剖学的構造で得られた画像内で可視になるのは、全てではない。多くの場合、解剖学的構造（例えば、血管）が、画像に一部しか現れず、構造全体が可視化されるわけではなく；解剖学的構造の映っていない部分が生じ、解剖学的構造が、全体として連続したもの/完全なものにならない。解剖学的構造を完成させて画像を再構成し、より完全な解剖学的構造を作成するアルゴリズムおよびソフトウェアツールが、提供される。再構成アルゴリズムは、解剖学的構造の映っていない部分を完成させるために、解剖学的な幾何学計算、およびスキャン画像上で実施される計算を利用して、スキャン画像内の既存の「暗示」、「キュー」および他のサインに基づいて、解剖学的構造を分析および再生成する。これは、ハウンスフィールド単位（HU）で類似のボクセルの幾何分布および球面分布、ならびに解剖学的構造の映っていない部分を分析および再構成する分布のベクトルの作成を含む（HUのスケールは、元の線減衰係数測定値を、標準の圧力および温度（STP）の蒸留水の放射線濃度を0ハウンスフィールド単位（HU）と定義して、例えばSTPでの空気の放射線濃度を-1000HUと定義した場合の測定値に線形変換したものである）。

【0073】

マジック組織ワンドアルゴリズムは、補足的な方法で球面分布ボクセルに結合しており、即ち、ボクセルは、一緒に加えることで解剖学的構造がより完全になるならば（例えば、全体的な/完全な解剖学的構造に連続し、結合するならば。図12B5の項目151、および図13Bの項目161を参照）、元の不完全な解剖学的構造に加えられる（図12Bの項目152、および図13Aの項目162を参照）。例えば組織ワンドアルゴリズムが適用された後、画像の特定部分の可視でない血管は、完全なものになり、より連続した解剖学的構造として現れる（例えば、図13Bの項目161を参照）。

【0074】

体積および/またはマッシュ/多角形の再構成 - 組織ペイントおよびマジック組織ワンドアルゴリズムの両方で作成されて、スキャン画像と統合された解剖学的構造は、任意の実践的判断のために、画像の統合された部分となる。例えば、元々、部分的で完成された解剖学的構造である血管は、マジック組織ペイントおよび組織ワンドアルゴリズムを適用した後に、本来のスキャン画像に新たに作成された構造を合わせた構造を有する完全な解剖学的構造になる。更に制御（チェックボックス）により、新たに作成された構造を選択し、オン（新たに作成された構造を示す）とオフ（新たに作成された構造を隠す）とで切り替えることが可能になる。加えて、体積および/またはマッシュ/多角形のレンダリング/再構成において、新たに作成された構造をレンダリングすることを選択するオプションが設けられている。

【0075】

標識された領域 (Marked Region) - 開発されたアルゴリズムおよびソフトウェアツールは、任意の幾何学的形状またはフリーハンド描写の形状 (例えば、線、円、病院、ボールなど) を二次元または三次元で描写するためのインターフェースをユーザーに提供する。前記幾何学的形状 (二次元または三次元) で包含 / 封入 / 取得された領域は、「標識された領域」と定義される。そのためユーザーは、任意の視覚的特色および任意の機械的性質を定義して、「標識された領域」に割り付ける能力を有する。

【0076】

視覚的特色 ; 色 / 透明性 / 濃淡 - 新たに作成された構造、またはマジック組織ペイントと組織ワンドアルゴリズムと標識領域のいずれかを用いて、利用可能な色のライブラリから選択され得る色と、1 ~ 100 の任意のレベルで選択され得る透明性と、の任意の選択された視覚的特色で表すことができる。更に、仮想光源の特徴を調整することにより、新たに作成された構造の濃淡および付影の特徴を改良することができる。仮想光源の特徴としては、空間における球面配置、光の色、光の強さ、縦横比、仮想光源の幾何学的形状などが挙げられる。

【0077】

機械的性質 - 新たに作成された構造、またはマジック組織ペイントと組織ワンドアルゴリズムと標識領域のいずれかを用いて、機械的性質の特徴で割り付けることができる。即ち、特有の組織の機械的モデルを、新たに作成された構造に結び付けることができ、それゆえ、新たに作成された構造は、そのような機械的性質を本来備えており、それらの機械的性質に従って動的および静的に反応する。例えば、「軟組織の」機械的性質は、新たに作成された構造に割り付けられると、それが軟組織に従って反応する。例えばそれが仮想手術機器により押圧される場合、加えられた力および組織の機械的モデルに従って圧搾および再形成する。更に新たに作成された構造と他の新たに作成された構造とのインタラクション、本来通りスキャニングされた構造と新たに作成された構造とのインタラクション、および新たに作成された構造と本来通りスキャニングされた構造とのインタラクションは、継ぎ目がない。任意の解剖学的構造の機械的性質係数 (剛性、弾性など) は、ティラメイドの機械的挙動を作成するように、ユーザーが調整することができる。

【0078】

実時間追跡およびフィードバック (Real Time Tracking and Feedback) - 手術の際に実際の手術機器を追跡するシステム。追跡システムは、手術機器の配置、ならびに実際の解剖学的構造 (例えば、患者の頭部の具体的箇所) の配向および配置に対する空間的整合性を転送する。機器の配置および配向はその後、手術のシミュレーティングシステムに送信される。フィードバックは、患者特有のシミュレーション、ならびに機器の配置および配向に基づき、外科医に提供される。そのようなフィードバックの一例として、システムが外科医が解剖している組織のタイプについて外科医にフィードバックを行い、腫瘍の代わりに健常な脳組織を解剖している場合には外科医に警告する、が考えられる。追加の例として、外科医が実際の解剖学的構造に器具 (例えば、実際の患者の動脈瘤に適用された動脈瘤用クリップ) を適用した後、システムは、追跡に基づいた実際の解剖学的構造として堂々と (princely) 配向されたシミュレート画像 / モデルを外科医に回転させて、留置されたインプラントの配置および効率を観察および評価することができる。

【0079】

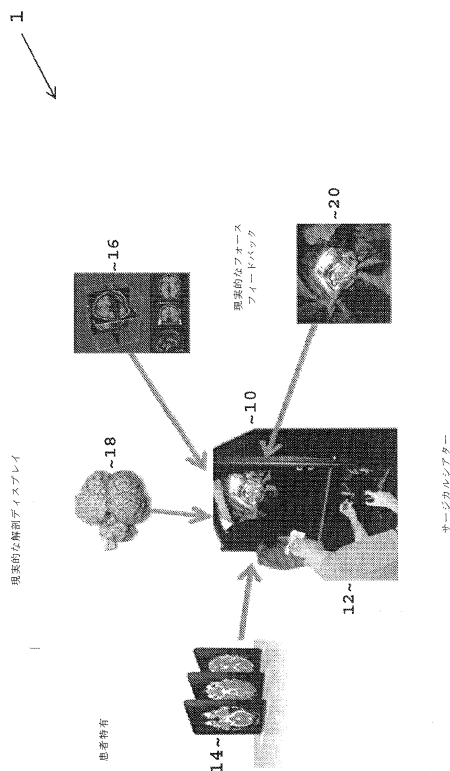
実際の機器のこの追跡およびフィードバックは、機器の配置および運動、ならびに患者の特色を追跡するために、ビデオシステムを用いるなど複数の方法で遂行することができる。あるいは (またはビデオ追跡に加えて)、手術機器は、例えばGPS、加速度計、磁気検出器、または他の配置および運動検出デバイスおよび方法を用いることなどにより、追跡するように改良されてもよい。そのような改良された機器は、例えばワイファイ (WiFi)、ブルートゥース、MICS、または他の通信方法を用いて、サージカルシアターと通信してもよい。例えば図7のインターフェース107を、この特色のために用いることができる。

【 0 0 8 0 】

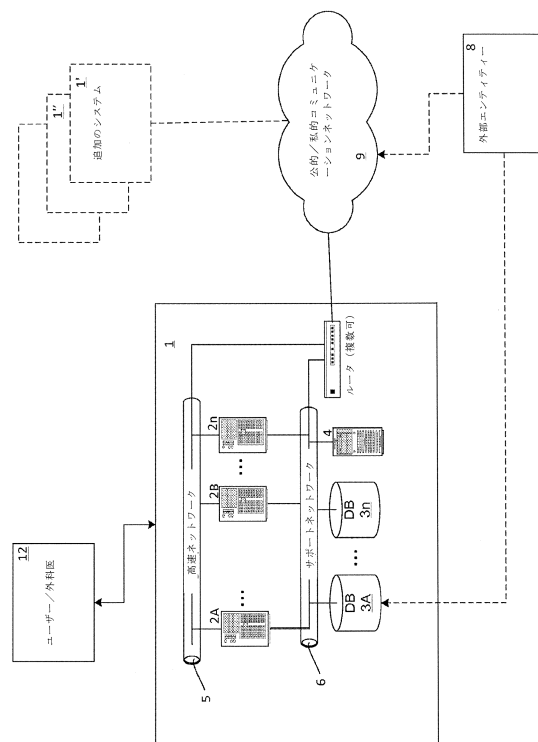
本発明の多くの例示的实施形態は、先に記載された特色の様々な実施形態を通して提供することができる。本発明を、具体的な実施例および実施形態を用いて本明細書の先に記載したが、本発明の意図する範囲を必ずしも逸脱せずに、様々な代替法が用いられ得ること、ならびに均等物が本明細書に記載された要素および／またはステップの代わりに用いられ得ることは、当業者に理解されよう。改良は、本発明の意図する範囲を逸脱せずに、本発明を特定の状況または特定の要件に適合させるために必須となり得る。本発明が本明細書に記載された特定の実施および実施形態に限定されず、特許請求の範囲が、それにより開示された、または開示されていない、または網羅された、全ての新規で非明白な実施形態を網羅する最も広範の合理的解釈を与えられるものとする。

10

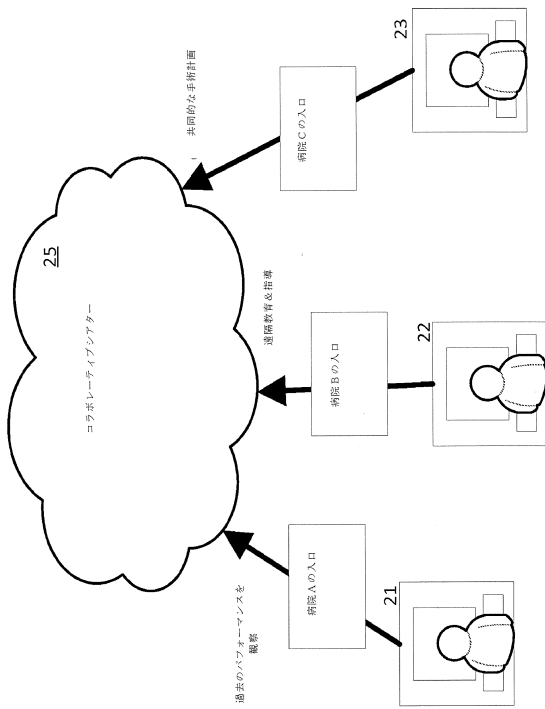
【 図 1 】



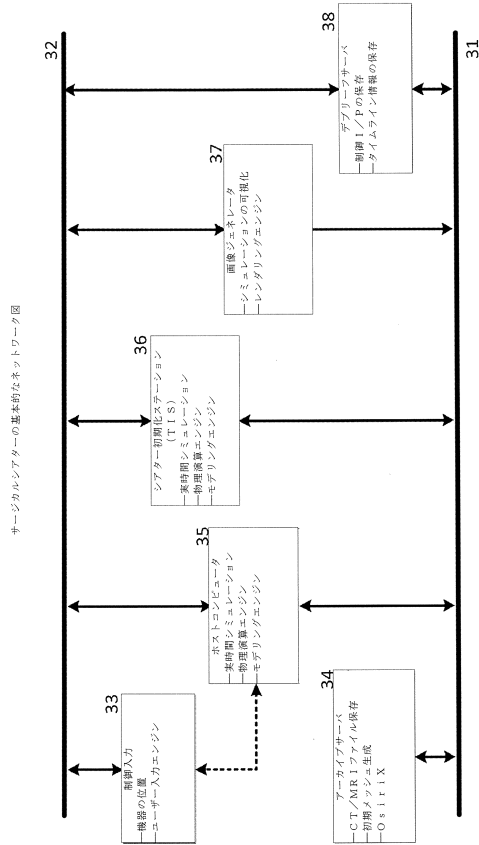
【 図 1 A 】



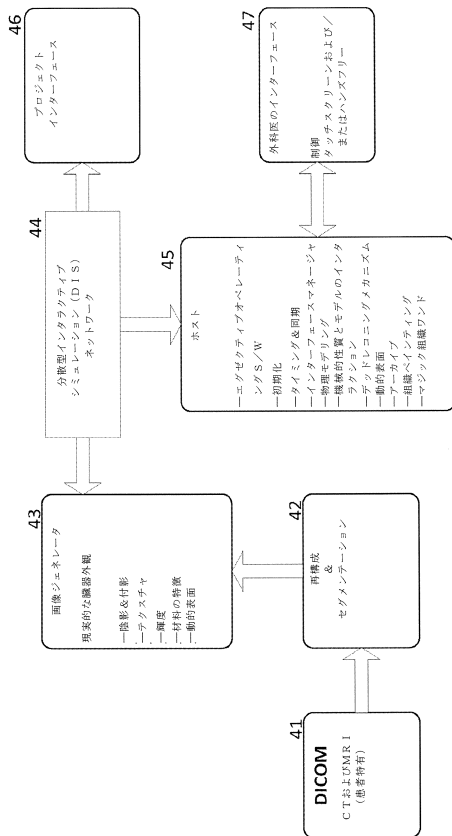
【図 2】



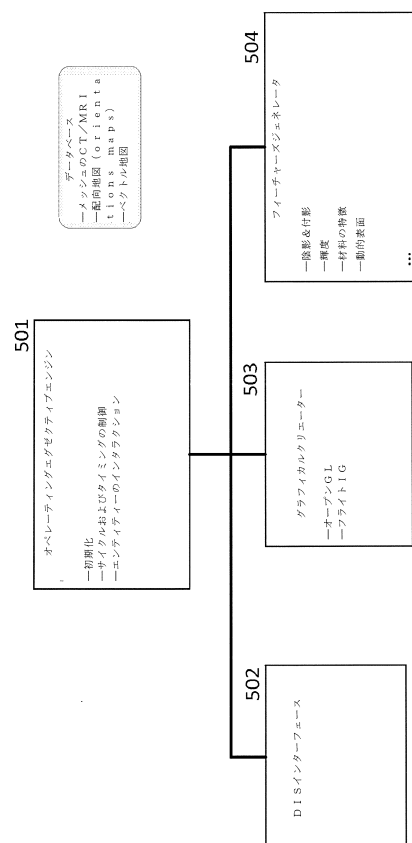
【図 3】



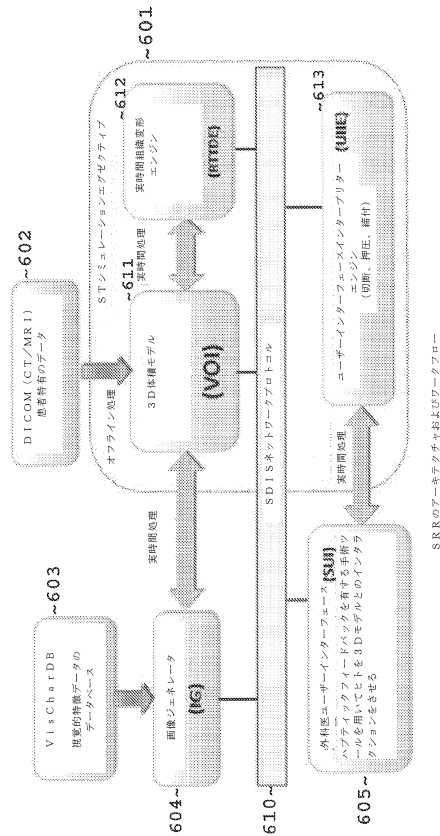
【図 4】



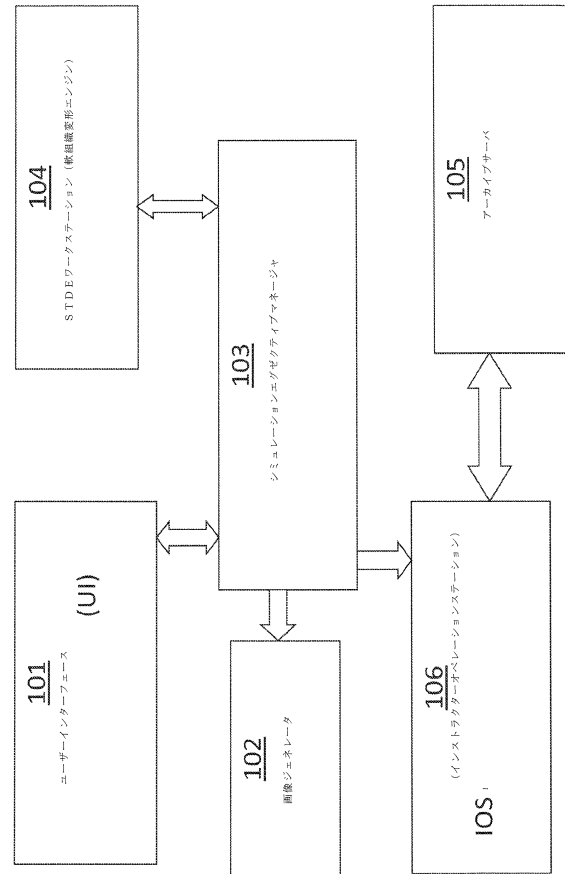
【図 5】



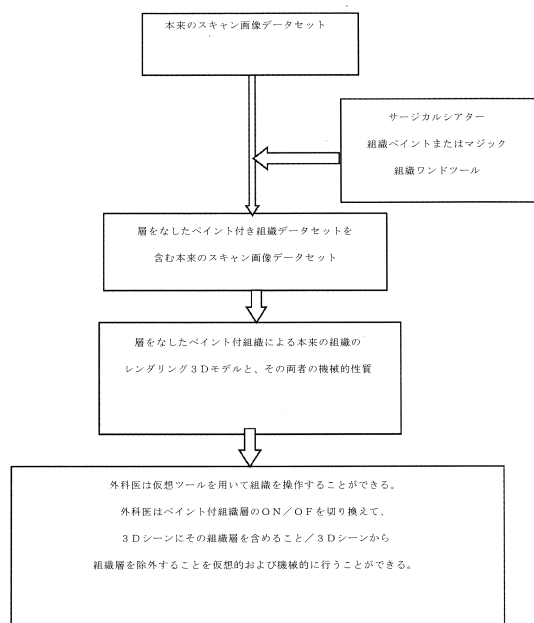
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図 9】



FIG. 9

112

111

【図 10 A】

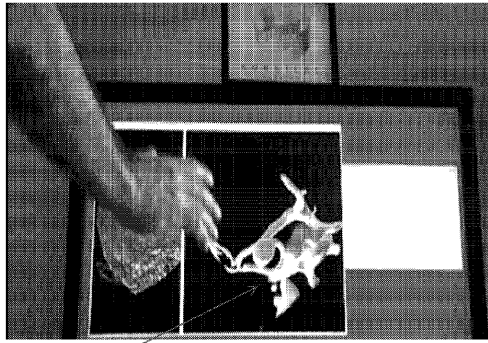


FIG. 10A

【図 10 B】

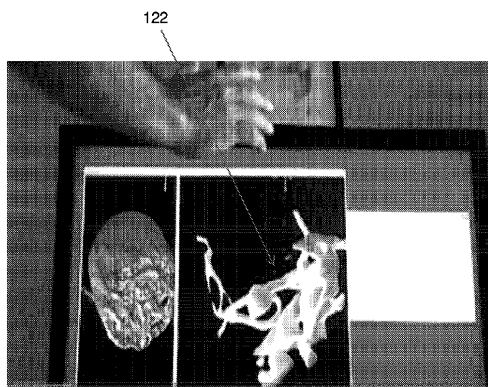


FIG. 10B

【図 11】



FIG. 11

【図 12 A】

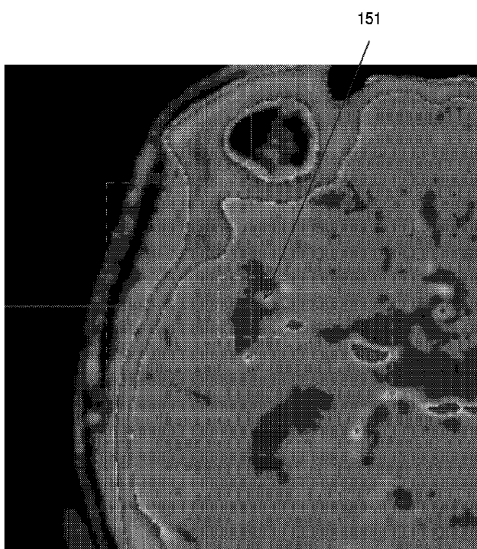


FIG. 12A

【図 12 B】



FIG. 12B

【図 13 A】



FIG. 13A

【図 13 B】

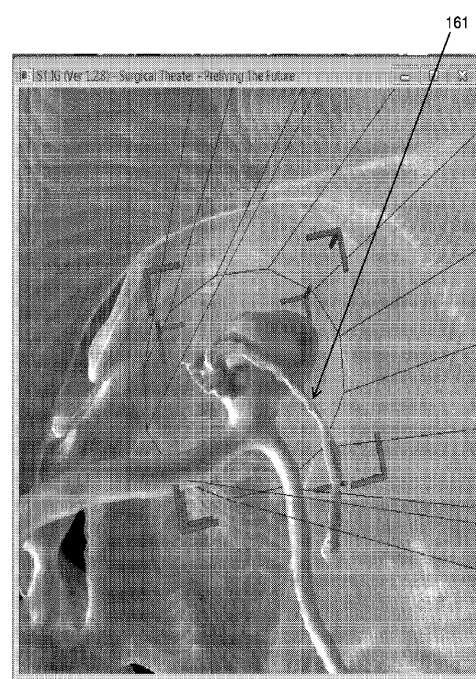
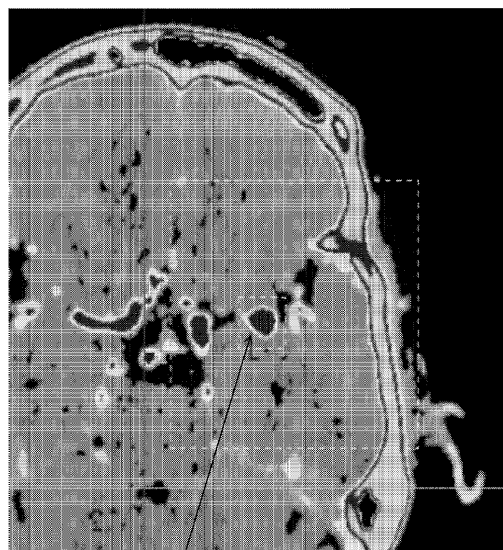


FIG. 13B

【図 14 A】



181

FIG. 14A

【図 14 B】



182

FIG. 14B

フロントページの続き

(72)発明者 アヴィザル, モルデチャイ
アメリカ合衆国, オハイオ州 44143, ハイランド ハイツ, 368 レベレット レイン

審査官 槻木澤 昌司

(56)参考文献 米国特許出願公開第2004/0009459(US, A1)
米国特許出願公開第2011/0236868(US, A1)
米国特許出願公開第2010/0217336(US, A1)
特開2010-131047(JP, A)
国際公開第2010/106532(WO, A1)
特開2006-223374(JP, A)
特表2014-522248(JP, A)
特表2014-525764(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 34/10