

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5269604号
(P5269604)

(45) 発行日 平成25年8月21日 (2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月17日 (2013.5.17)

(51) Int.Cl.	F I		
A 6 1 B 19/00	(2006.01)	A 6 1 B	19/00 5 0 2
G 0 6 F 19/00	(2011.01)	G 0 6 F	19/00 1 1 0
G 0 6 Q 50/22	(2012.01)	G 0 6 F	17/60 1 2 6 Z
G 0 6 F 3/01	(2006.01)	G 0 6 F	3/01 3 1 0 A
G 0 9 B 9/00	(2006.01)	G 0 9 B	9/00 Z

請求項の数 31 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2008-540285 (P2008-540285)	(73) 特許権者	399047149
(86) (22) 出願日	平成18年11月14日 (2006.11.14)		イマージョン コーポレーション
(65) 公表番号	特表2009-515602 (P2009-515602A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5
(43) 公表日	平成21年4月16日 (2009.4.16)		1 3 4 サンノゼ リオ ロブルズ 3 0
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/044266	(74) 代理人	100083806
(87) 国際公開番号	W02007/059172		弁理士 三好 秀和
(87) 国際公開日	平成19年5月24日 (2007.5.24)	(74) 代理人	100095500
審査請求日	平成21年11月4日 (2009.11.4)		弁理士 伊藤 正和
(31) 優先権主張番号	60/736, 753	(74) 代理人	100111235
(32) 優先日	平成17年11月14日 (2005.11.14)		弁理士 原 裕子
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	コナシェル、 ヒュー
前置審査			アメリカ合衆国 2 1 7 8 8 メリーラン ド州 サーモント サンハイ ドライブ 1 0 4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シミュレーション用の物理システムのモデルを編集するためのシステムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

医学的モデルに関連する少なくとも1つのパラメータを表示し、かつ
前記医学的モデルのグラフィック表現と相互作用することにより変更された前記少なくとも1つのパラメータの変更を受け取る、

ように構成されたグラフィカルユーザインタフェースと、

前記グラフィカルユーザインタフェースから前記少なくとも1つのパラメータの前記変更を受け取り、

前記少なくとも1つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの一部分を、前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーション中に前記医学的モデルの前記一部分の前記グラフィック表現との相互作用が前記医学的モデルの別の部分に影響を与えないように分離し、かつ

前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションが前記医学的モデルの残りの部分によって影響を受けないように、前記医学的モデルの全体のシミュレーションを実行せずに、前記少なくとも1つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションを表示および実行する、

ように構成されたプロセッサと、

を備える、物理システムの医学的モデルを変更するためのシステム。

【請求項 2】

前記プロセッサは、前記少なくとも1つのパラメータの変更を含む前記物理システムの

モデルを格納するように構成された、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記プロセッサと連絡している入力装置であって、前記入力装置の状態に関連する入力信号を前記プロセッサに送信するように構成された入力装置をさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

アクチュエータ信号を受け取り、かつ少なくとも部分的に前記入力信号および前記シミュレーションに基づく力を前記入力装置に加えるように構成されたアクチュエータをさらに備える、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記物理システムは生物有機体の一部を備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記シミュレーションは血管内シミュレーションを備える、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記入力装置は腹腔鏡装置を備える、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記モデルはヒトの心臓のモデルを備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのパラメータは大きさ、形状、厚さ、または病理の 1 つ以上を備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

物理システムの医学的モデルを変更するための方法であって、

物理システムの前記医学的モデルに関連する少なくとも 1 つのパラメータを表示するステップと、

前記医学的モデルのグラフィック表現と相互作用することにより変更された前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を受け取るステップと、

前記少なくとも 1 つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの一部分を、前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーション中に前記医学的モデルの前記一部分の前記グラフィック表現との相互作用が前記医学的モデルの別の部分に影響を与えないように分離するステップと、

前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションが前記医学的モデルの残りの部分によって影響を受けないように、前記医学的モデルの全体のシミュレーションを実行せずに、前記少なくとも 1 つのパラメータの前記変更を含む前記物理システムの前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションを実行するステップと、
を備える、方法。

【請求項 11】

入力装置の状態に関連する入力信号を受け取るステップをさらに備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

少なくとも部分的に前記入力信号および前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を含む前記物理システムのモデルの少なくとも一部分の前記シミュレーションに基づく力を、前記入力装置に出力するステップをさらに備える、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を含む前記物理システムのモデルを格納するステップを備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 14】

前記物理システムは生物有機体の一部を備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 15】

前記シミュレーションは血管内シミュレーションを備える、請求項 14 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 16】

前記入力装置は腹腔鏡装置を備える、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 17】

前記モデルはヒトの心臓のモデルを備える、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 18】

前記少なくとも 1 つのパラメータは大きさ、形状、厚さ、または病理の 1 つ以上を含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 19】

物理システムの医学的モデルを変更するためのプログラムコードを備えるコンピュータ可読媒体であって、

前記物理システムの前記医学的モデルに関連する少なくとも 1 つのパラメータを表示するためのプログラムコードと、

前記医学的モデルのグラフィック表現と相互作用することにより変更された前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を受け取るためのプログラムコードと、

前記少なくとも 1 つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの一部分を、前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーション中に前記医学的モデルの前記一部分の前記グラフィック表現との相互作用が前記医学的モデルの別の部分に影響を与えないように分離するためのプログラムコードと、

前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションが前記医学的モデルの残りの部分によって影響を受けないように、前記医学的モデルの全体のシミュレーションを実行せずに、前記少なくとも 1 つのパラメータの前記変更を含む前記物理システムの前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションを表示および実行するためのプログラムコードと、を備える、コンピュータ可読媒体。

【請求項 20】

入力装置の状態に関連する入力信号を受け取るためのプログラムコードをさらに備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 21】

少なくとも部分的に前記入力信号および前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を含む前記物理システムのモデルの一部分のシミュレーションに基づく力を、前記入力装置に出力するためのプログラムコードをさらに備える、請求項 20 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 22】

前記少なくとも 1 つのパラメータの変更を含む前記物理システムのモデルを格納するためのプログラムコードをさらに備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 23】

前記物理システムは生物有機体の一部を備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 24】

前記シミュレーションは血管内シミュレーションを備える、請求項 23 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 25】

前記入力装置は腹腔鏡装置を備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 26】

前記モデルはヒトの心臓のモデルを備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 27】

前記少なくとも 1 つのパラメータが大きさ、形状、厚さ、または病理の 1 つ以上を備える、請求項 19 に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項 28】

物理システムの医学的モデルを変更するためのシステムであって、

10

20

30

40

50

前記医学的モデルに関連する少なくとも1つのパラメータを表示するための手段と、
前記医学的モデルのグラフィック表現と相互作用することにより変更された前記少なくとも1つのパラメータの変更を受け取るための手段と、

前記少なくとも1つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの一部を、前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーション中に前記医学的モデルの前記一部分の前記グラフィック表現との相互作用が前記医学的モデルの別の部分に影響を与えないように分離するための手段と、

前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションが前記医学的モデルの残りの部分によって影響を受けないように、前記医学的モデルの全体のシミュレーションを実行せずに、前記少なくとも1つのパラメータの前記変更を含む前記医学的モデルの前記一部分のシミュレーションを表示および実行するための手段と、
 を備えるシステム。

10

【請求項29】

前記少なくとも1つのパラメータの変更を含む前記物理システムのモデルを格納するための手段をさらに備える、請求項28に記載のシステム。

【請求項30】

前記シミュレーションを実行するための手段と連絡している入力装置であって、前記シミュレーションを実行するための手段に対し、前記入力装置の状態に関連する入力信号を送信するように構成された入力装置をさらに備える、請求項28に記載のシステム。

【請求項31】

20

アクチュエータ信号を受け取り、かつ少なくとも部分的に前記入力信号および前記シミュレーションに基づく力を前記入力装置に加えるように構成されたアクチュエータをさらに備える、請求項30に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般的にコンピュータソフトウェアのためのエディタに関し、さらに詳しくはコンピュータシミュレーションのためのエディタに関する。

【0002】

(関連出願の相互参照)

30

本特許出願は、2005年11月14日出願の「Editor for an Endovascular Simulation Training Device」と称する米国特許仮出願第60/736,753号に優先権を主張し、その内容全体を参照によって本明細書に援用する。

【背景技術】

【0003】

物理システムのシミュレータは、これまで、実際の活動を実行することによって学習するには経費が掛かりすぎるかあるいは危険すぎる物理システムの訓練環境を提供するために使用されてきた。例えばフライトシミュレータは、実際の航空機が損傷するかあるいはパイロットが負傷する危険にパイロットをさらすことなく、航空機を飛行させるときに使用されるパイロット技術を指導するために使用することができる。しかし、シミュレータで使用するための航空機または航空機の一部のモデルを編集するには、従来、モデルを編集し、完全シミュレーションを実行する必要無く変更した構成要素だけを試験するのではなく、むしろ、変更後のモデルを完全シミュレータ内で試験することが要求される。さらに、従来のコンピュータシミュレータは、シミュレートされるモデルの離散要素の変更および試験ができない。

40

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の1つの例示的实施形態は、物理システムのモデルに関連する少なくとも1つの

50

パラメータを表示し、かつ少なくとも1つのパラメータの変更を受け取るように構成されたグラフィカルユーザインタフェースを備えた、物理システムのモデルを変更するためのシステムを含む。例示的实施形態はさらに、グラフィカルユーザインタフェースから少なくとも1つのパラメータの変更を受け取り、かつ少なくとも1つのパラメータの変更を含む物理システムのモデルの一部分のシミュレーションを実行するように構成されたプロセッサを含む。入力装置はプロセッサと連絡することができ、入力装置は、入力装置の状態に関連する入力信号をプロセッサに送信するように構成することができる。例示的实施形態はさらに、アクチュエータ信号を受け取り、かつ入力装置に力を加えるように構成されたアクチュエータを含むことができ、力は少なくとも部分的に、入力信号、および少なくとも1つのパラメータの変更を使用した物理システムのモデルの一部分のシミュレーションに基づく。

10

【0005】

本発明の別の実施形態は、物理システムのモデルに関連する少なくとも1つのパラメータを表示するステップと、少なくとも1つのパラメータの変更を受け取るステップと、少なくとも1つのパラメータの変更を含む物理システムのモデルの一部分のシミュレーションを実行するステップとを含む、物理システムのモデルを編集するための方法を含む。別の実施形態では、コンピュータ可読媒体が、そのような方法を実行するためのコードを含む。

【0006】

これらの例示的实施形態は、本発明を限定または定義するためではなく、その理解を助ける実施例を提供するために示す。例示的实施形態については「発明を実施するための最良の形態」で論じ、本発明のさらなる説明は、そこに提示する。本発明の様々な実施形態によってもたらされる利点は、本明細書を検討することによってさらによく理解することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】**【0007】**

本発明の実施形態は、シミュレーション用の物理システムのモデルを編集するためのシステムおよび方法を提供する。

【0008】

(例示的血管内シミュレーションエディタ)

30

本発明の一実施形態では、シミュレーションプログラムで使用するための血管内システムの1つ以上の特性を編集するために、ユーザはエディタを使用する。ユーザが特性の1つまたはそれ以上を変更した後、ユーザは、模擬環境内でモデル全体を使用する完全シミュレーションを実行することなく、モデルの変更部分のシミュレーションを実行することができる。例えばユーザは、ヒトの心臓の心腔の壁に関連する厚さ特性を変更することができる。ユーザは次いで、変更された壁だけのシミュレーションを実行し、入力装置を介して表示または相互作用して、心臓の変更された部分を分離し、試験することができる。これにより、変更された特性について、シミュレーションの文脈内でモデル全体のシミュレーションで現実的であるより高速で、より焦点を絞った試験をユーザに提供することができる。

40

【0009】

この例証的实施例は、本明細書で論じる一般的主題を読者に紹介するために提示するものである。本発明はこの実施例に限定されない。以下の節では、シミュレーション用の物理システムのモデルを編集するためのシステムおよび方法の様々な実施形態について記載する。

【0010】

(シミュレーションプログラムの例示的システム)

本発明の一実施形態では、物理システムのモデルは、物理システムの様々な特性を記述する構成体を含む。例えばヒトの心臓のモデルは、心臓の大きさおよび形状、心腔の大きさおよび形状、心臓の様々な箇所(心室、心房、大動脈、大静脈、冠動脈、冠静脈)の壁の厚さ、または他の特性をはじめ、心臓の特性を包

50

含するデータファイルを含むことができる。モデルの構成体の特性は、構造特性、電気特性、振動特性、および他の特性をはじめ、モデル化された物理システムの多くの異なる様相を含むことができる。例えば心臓のモデルは、構造特性のみならず、心臓に関連する血管、神経、組織、および他の生体システムに関連する情報をも含むことができる。

【0011】

そのようなモデルはシミュレーションプログラム内で使用され、ユーザが物理システムの使用または操作を訓練するために、シミュレーションプログラムのユーザがモデルと相互作用することを可能にする。例えばヒトの心臓のモデルを使用するシミュレーションプログラムは、医学生が心臓について学び、あるいは、実際の心臓手術を実行する必要無く、モデル化された心臓に模擬外科処置を実行することを可能にする。

10

【0012】

そのようなモデルはまた、低侵襲手術(MIS)のシミュレーションにも使用することができる。MISは、全ての医学分野にまたがる外科手術の分野である。MISでは、手術は、1つ以上の大きい切開を通してではなく、小さい穿刺を通して身体内に収まるように設計された特殊器具を使用して実行される。今日の全外科手術の半分近くが外来であり、あるいは外来患者ベースで実行されるという事実は、大部分がMIS技術のおかげであると考えられている。MISは通常、結果的に患者の痛み、瘢痕、および回復時間が少ないだけでなく、(より短期の入院のため)医療コストも低減する。

【0013】

これまで10年以上にわたって、経皮的(皮膚を介して行なわれる血管へのアクセス)冠動脈形成術(PCI)は開心術に取って代わるようになってきた。バルーンおよびステント(小金網管)が粥状動脈硬化症の治療におけるPCIに組み込まれるようになり、経皮経管冠動脈形成術(PTCA)として知られる。ここで、経管とは血管内で行われる処置を指す。細い可撓管であるカテーテルは、患者の解剖学的組織の様々な部分に到達するために、ガイドワイヤと共に使用される。バルーンおよびステントは次いで、閉塞部を開通し、標的器官または身体システムの再灌流をもたらすために使用される。バルーンおよびステントは心臓、脳、腎臓、腹部、脚、および頸部に配置することができる。

20

【0014】

多種多様な訓練シナリオを提供するために、物理システムの複数の異なるモデルを提供することが有利であり得る。例えば、医学生に幅広い訓練シミュレーションを提供するために、様々な大きさ、形状、年齢、および様々な病理の心臓をモデル化することができる。ヒトの心臓の多種多様なモデルを提供するために、所望の各異形に対し新しいモデルを再び最初から始めるのではなく、後で変更またはカスタマイズすることのできる、ヒトの心臓の基本モデルを形成することが有利である可能性がある。

30

【0015】

本発明の一実施形態では、シミュレーション用の物理システムのモデルのエディタは、コンピュータソフトウェアを実行するコンピュータシステムを含む。コンピュータソフトウェアは、グラフィカルユーザインタフェースを含む。グラフィカルユーザインタフェースは、ユーザがヒトの心臓の医学的モデルのような物理システムのモデルのグラフィック表現を観察し、かつ操作することを可能にする。モデル化することのできる物理システムの実施例としてヒトの心臓を使用するが、物理システムの医学的モデルは、人体の他の器官もしくは部分、他の植物もしくは動物の器官もしくは部分、または細菌、ウイルス、および胚のような他の生体組織を含むことができる。医学的モデルに加えて、機械システムもしくは電気システムもしくはサブシステム、または機械、電気、もしくは他の型の物理システムの部分のモデルのような、他の物理システムをモデル化することができる。一実施形態では、エディタのユーザは、モデルの一部を回転、ズーム、選択し、モデルの特定の層もしくはサブシステムを選択し、あるいはモデルに関連する所望の属性またはパラメータをユーザが正確に編集することを可能にする同様の操作を実行することができる。加えて、ユーザが模擬環境でモデルの完全シミュレーションを実行することなく、変更を分離して試験することができることが有利であり得る。さらに、モデルに行われた変更を

40

50

より綿密に精査するために、ユーザが修正されたモデルもしくはモデルの一部と相互作用することを可能にすることが有利であり得る。

【0016】

ユーザはまた、例示的实施形態を使用してモデルの1つ以上の特性またはパラメータを変更することもできる可能性がある。例えばユーザは、大きさまたは形状のようなモデルの構造特性を変更することができる可能性がある。ユーザは、モデル内の電気サブシステム、油圧サブシステム、筋肉サブシステム、または他のサブシステムもしくはサブセクションのような、モデルのサブシステムまたはサブセクションを変更することができる可能性がある。

【0017】

例えばモデルはヒトの心臓を表わし得る。本発明の一実施形態は、ユーザがメニュー、ウィンドウ、スライダバー、ダイヤル、または他の道具のような1つ以上のインタフェース要素を使用して、心臓の大きさ、心臓の壁の厚さ、心臓内の1つ以上の心腔の配置もしくは形状、または心臓の形状を調整することを可能にすることができる。例えばユーザは、心臓の形状に関連するウィンドウを開くことができ、ウィンドウは1つ以上のパラメータおよび対応する値を含む。ユーザは1つ以上のパラメータの値を変化させることができ、それは次いでヒトの心臓のモデルの対応する変化を生じさせ得る。パラメータの変化はまたモデルのグラフィック表現をも変化させ、変更の視覚的フィードバックをユーザに提供し得る。さらに、変更は、モデルに関連する感覚または触覚効果の変化を引き起こし得る。例えば心臓の壁の厚さの変更は、変更された壁と相互作用する入力装置または外科器具に対する抵抗を増大させ得る。一実施形態では、心臓の電気的特性の変化は、心臓の収縮の強度の増大に対応して入力装置の振動を増大させ得る。抵抗触覚効果、能動的触覚効果、および振動触覚効果のような、多種多様な他の触覚効果も提供され得る。

【0018】

物理システムのモデルを編集するための1つの例示的システムは、コンピュータまたは他のプロセッサをベースとする装置と連絡している入力装置をも含む。入力装置は、コンピュータと相互作用するために使用される任意の装置とすることができる。例えば入力装置はキーボード、マウス、ジョイスティック、またはタッチスクリーンとすることができる。入力装置はまた、シミュレーションと相互作用するために使用されるシミュレーション装置とすることもできる。例えばシミュレーション装置は、編集されるモデルに係するシミュレーションで使用されるツールであるかもしれず、モデルに行なわれた変更を試験するために使用される可能性がある。例えばシミュレーション装置は、ヒトの心臓に係する模擬処置に関連するカテーテルのような医療器具であるかもしれず、心臓に栄養素を供給する血管の大きさの変化を試験するために使用される可能性がある。本発明の他の実施形態では、シミュレーション装置は、腹腔鏡、シリンジ、静脈注射用の針、外科用メス、または外科処置または他の医療処置に使用される他の器具でもよい。一部の実施形態では、シミュレーション装置はまた、ジョイスティック、ステアリングホイール、ヨーク、スロットル、または同様の道具のような、他の型のシミュレーションに適した装置または道具でもよい。

【0019】

1つの例示的実施形態では、入力装置は触覚的に使用可能にすることができる。そのような実施形態では、入力装置に触覚効果を提供するために、アクチュエータを入力装置に結合することができ、それはモデルとのより現実感のある模擬的相互作用をもたらすことができる。例えばユーザは、直径が変更された血管内へのカテーテルの挿入をシミュレートすることによって、心臓のモデルへの変更を試験することができる。試験中に、プロセッサは、入力装置に対する力を出力させるように、信号をアクチュエータに送信することができる。例えば、試験対象の血管の直径がエディタ内で低減された場合、プロセッサはアクチュエータに信号を送り、アクチュエータをしてシミュレーション器具に抵抗力を加えさせ、より小さい血管内のカテーテルの移動をシミュレートさせることができる。

【0020】

したがって、この例示的实施形態は、コンピュータまたは他のプロセッサをベースとする装置によって実行される、グラフィカルユーザインタフェース内で物理システムのモデルを編集するためのシステムを提供する。該システムは、ユーザがグラフィカルユーザインタフェースと相互作用して、モデルのグラフィック表現を回転させ、あるいはズームインもしくはズームアウトさせることを可能にし得る。該システムはさらに、ユーザがメニュー、ウィンドウ、または他のインタフェース要素を通して、モデルを定義するモデルの1つ以上のパラメータを変更することを可能にし得る。システムはさらに、ユーザが触覚的に使用可能になる入力装置を使用して、モデルの変更された部分と、またはモデル全体と相互作用することによって、モデルの変更を試験することを可能にし得る。したがって該例示的システムは、物理システムの基本モデルから生成することのできる様々なシミュレーションシナリオの展開の容易さおよび速度を向上させ得る。特定の触覚的応答または感覚を生じるように、より容易にモデルを調整することができるので、上記システムはさらに、より正確なモデルを提供することができる。

10

【0021】

例示的システム

今、図を参照しながら説明するが、幾つかの図を通して、類似の番号は類似の要素を指している。図1は、シミュレーション用の物理システムのモデルを編集するためのシステム100の一実施形態のブロック図を示す。図1に示す実施形態は、コンピュータ102に結合されたディスプレイ101を含む。本明細書では外科用器具とも呼ばれる入力装置104は、コンピュータ102およびアクチュエータ105と連絡している。コンピュータ102は、ディスプレイ101に表示することのできるグラフィカルユーザインタフェースを含む、エディタ103を実行するように構成される。コンピュータはまた、モデルのシミュレーション106を実行するようにも構成される。

20

【0022】

一実施形態では、コンピュータ102は単数または複数のプロセッサを含むことができる(図示せず)。プロセッサは、プロセッサに結合されたランダムアクセスメモリ(RAM)のようなコンピュータ可読媒体107を含む。プロセッサは、物理システムのモデルを編集するための1つ以上のコンピュータプログラムを実行するような、メモリに格納されたコンピュータ実行可能なプログラム命令を実行する。そのようなプロセッサは、マイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ(DSP)、特定用途向け集積回路(ASIC) 30、フィールドプログラマブルゲートアレイ(FPGA)、および状態機械を含むことができる。そのようなプロセッサはさらに、PLC、プログラマブル割込みコントローラ(PIC)、プログラマブル論理デバイス(PLD)、プログラマブル読出し専用メモリ(PROM)、電子的プログラマブル読出し専用メモリ(EPROMまたはEEPROM)、または他の同様のデバイスのような、プログラマブル電子デバイスを含むことができる。

30

【0023】

そのようなプロセッサは、プロセッサによって実行されたときに、プロセッサによって実行または支援されると本明細書に記載するステップをプロセッサに実行させることのできる命令を格納する媒体、例えばコンピュータ可読媒体を含むことができ、あるいはそれと連絡することができる。コンピュータ可読媒体の実施形態は、ウェブサーバにおけるプロセッサのようなプロセッサにコンピュータ可読命令を提供することのできる、電子的、光学的、磁氣的、または他の記憶装置または送信装置を含むことができるが、それらに限定されない。媒体の他の例は、フロッピー(登録商標)ディスク、CD-ROM、磁気ディスク、メモリチップ、ROM、RAM、ASIC、構成されたプロセッサ、全ての光媒体、全ての磁気テープもしくは他の磁気媒体、またはコンピュータプロセッサをそこから読み出すことのできるいずれかの他の媒体を含むが、それらに限定されない。また、ルータ、公衆網もしくは私設網、または他の送信装置もしくはチャネルのような様々な他の形のコンピュータ可読媒体が、コンピュータに命令を送信または搬送することができる。記載するプロセッサおよび処理は、1つ以上の構造内で行なうことができ、かつ1つ以上の

40

50

構造を介して分散することができる。プロセッサは、本明細書に記載する方法（または方法の一部）の1つまたはそれ以上を実行するためのコードを含むことができる。

【0024】

図1に示す実施形態では、コンピュータ102は、ハードドライブのような不揮発性メモリデバイスからデータを格納、ロード、インポート、および他の方法で保存かつロードするように構成される。

【0025】

一実施形態では、コンピュータ102は、エディタ103を実現するためのプログラムコードを格納するように構成されたメモリ、例えばハードドライブを含むことができる。コンピュータ102は、ディスプレイ101と連絡することができる。一実施形態では、コンピュータ102はエディタ103を実行し、グラフィカルユーザインタフェース（GUI）をディスプレイ101上に表示させることができる。ユーザは、例えばキーボード、マウス、または他の入力装置によりグラフィカルユーザインタフェースと相互作用することができる。例えばユーザは、メモリデバイスから物理システムのモデルをロードし、モデルを変更し、変更されたモデルをメモリデバイスに格納することができる。ユーザはさらに、モデルに行なわれた変更を含め、モデルまたはモデルの一部分のシミュレーションを、コンピュータ102に実行させることができる。

【0026】

ユーザがコンピュータ102にシミュレーション106を実行させる場合、コンピュータは入力装置104から信号を受け取ることができる。これらの信号を本明細書では入力信号と呼ぶことがある。コンピュータ102はさらに、入力装置104および/またはアクチュエータ105に信号を送信し得る。コンピュータ102から入力装置104に送信される信号を本明細書では、出力信号と呼ぶことがある。コンピュータ102からアクチュエータ105に送信される信号を本明細書では、アクチュエータ信号と呼ぶことがある。例えばコンピュータはアクチュエータ105に信号を送信して、入力装置104に対する力を出力させることができる。そのような力は触覚効果を生じるように構成することができ、下でさらに詳しく説明するように、抵抗力、能動的力、振動力、または別の型の力とすることができる。

【0027】

ディスプレイ101は多種多様なディスプレイ装置の1つを含むことができる。例えばディスプレイ101は、コンピュータ102から信号を受信しかつ信号の可視表現を生成することのできる、ブラウン管（CRT）モニタ、液晶ディスプレイ（LCD）、または他のディスプレイ装置を含むことができる。一実施形態では、ディスプレイ101はタッチスクリーンまたは他の接触感知ディスプレイスクリーンを含むことができる。

【0028】

シミュレーション装置104は、入力装置104の状態を示す信号をコンピュータ102に送信することのできるデバイスを含むことができる。例えば一実施形態では、入力装置104は、入力装置104の位置を示す信号をコンピュータ102に送信し得る。一実施形態では、入力装置104は、入力装置104の速度を示す信号をコンピュータ102に送信し得る。一実施形態では、入力装置104は、向き、回転、平行移動、加速、または入力装置104の状態に関する他の情報を示す信号をコンピュータ102に送信し得る。

【0029】

一部の実施形態では、入力装置104は、医療処置をシミュレートするように構成された装置を含むことができる。例えば入力装置104は、血管内へのカテーテルの挿入をシミュレートするように構成された装置を含むことができる。一実施形態では、入力装置104は、シリンジをシミュレートするように構成された装置を含むことができる。一実施形態では、入力装置104は腹腔鏡入力装置を含むことができる。「Method and Apparatus for Providing High Bandwidth, Low Noise Mechanical I/O for Computer Systems」と称する米国特許第5,731,804号に記載された装置のような、

10

20

30

40

50

医療処置をシミュレートするのに適した他の装置も使用することができ、その内容全体を参照によって本明細書に援用する。

【0030】

実施形態では、入力装置104はまた、マネキン、血管造影用/ガイディングカテーテル、診断/治療ワイヤ、バルーン/ステントカテーテル、造影剤および薬物のマニホールド/注入、バルーン膨張装置、蛍光透視機器、Cアームコントロール、デュアルスクリーンインタフェース、シネおよび蛍光コントロール用の足踏みペダル、ならびに/または自由流動デブリを捕獲する塞栓防止装置およびバスケットをも含むことができるが、それらに限定されない。入力装置104は、ユーザの動きを追跡して、ステント、ペースメーカーリード、またはデブリの下流への流動を阻止するのに使用されるカテーテルおよびバルーン閉塞遠位保護装置のような種々の介入装置の挿入をシミュレートするように構成することができる。

10

【0031】

一部の実施形態では、入力装置104は、車両またはビデオゲームの制御をシミュレートするように構成された装置を含むことができる。例えば一実施形態では、入力装置104は、ステアリングホイール、ジョイスティック、ジョイパッド、ゲームパッド、ボタン、スイッチ、トラックボール、または他の適切な装置を含むことができる。

【0032】

一実施形態では、入力装置104は、ユーザに触覚的応答を提供することができる。触覚的応答は、入力装置104の位置、速度、向き、または他の状態に基づく触感的(接触)感覚をユーザに提供することができる。入力装置104を入力/出力装置として使用しながら、ユーザは、ユーザの手またはユーザの身体の他の部分を感じる感覚の形で、コンピュータ102からのフィードバックを受け取ることができる。視覚的ディスプレイ101と組み合わせて、エディタ103は、ユーザがモデルに関連するパラメータを変更し、次いで、触覚的に使用可能になる入力装置104を使用してモデルの変更部分と相互作用して、変更がモデルの「感触」にどのように影響したかを決定することを可能にする。

20

【0033】

一部の実施形態では、入力装置104はアクチュエータ105と連絡することができる。一実施形態では、アクチュエータはコンピュータ102からアクチュエータ信号を受け取り、入力装置104に力を出力することができる。一実施形態では、アクチュエータ105は抵抗触覚効果を入力装置104に提供するように構成することができる。例えばアクチュエータ105は、1度またはそれ以上の自由度の入力装置104の運動に抵抗するように構成することができる。一実施形態では、アクチュエータ105は、能動的な触覚的フィードバックを提供するように構成することができる。例えばアクチュエータ105は、振動効果を入力装置104に提供するように構成することができる。例えば、一実施形態では、アクチュエータ105は、振動効果を入力装置に提供するように構成することができ、そこで、振動効果は心拍の感触または入力装置104を横切りまたは通過流動する流体の感触を与えるように構成される。

30

【0034】

一実施形態では、アクチュエータ105は複数のアクチュエータを含むことができる。例えば、一実施形態では、アクチュエータ105は2つのアクチュエータ、すなわち能動的な触覚的フィードバックを提供するように構成された第1アクチュエータ、および抵抗性触覚フィードバックを提供するように構成された第2アクチュエータを含むことができる。一部の実施形態では、能動的触覚効果または抵抗性触覚効果を提供する複数のアクチュエータを、種々の組合せで使用することができる。例えば一実施形態では、入力装置104は3自由度で運動可能とすることができる。そのような実施形態では、アクチュエータ105は6つのアクチュエータを含むことができる。1対のアクチュエータを3自由度の各々のために使用することができ、その場合、各対のアクチュエータは、抵抗性触覚効果を提供するように構成されたアクチュエータ、および能動的触覚効果を提供するように構成されたアクチュエータを含むことができる。一実施形態では、アクチュエータ105

40

50

は抵抗性および能動的触覚効果の両方を提供するように構成することができる。1つのさらなる実施形態では、アクチュエータは振動触覚応答を提供するように構成することができる。

【0035】

アクチュエータ105は、多数の異なる型のアクチュエータの1つまたはそれ以上を含むことができる。例えば一実施形態では、アクチュエータ105は圧電アクチュエータを含むことができる。一実施形態では、アクチュエータ105は電磁アクチュエータを含むことができる。他の実施形態は、モータ、ブレーキ、ソレノイド、偏心回転質量、および/または多機能アクチュエータを含むことができる。例えば一実施形態では、カテテルを含む入力装置は、入力装置に制動力を提供するように構成された電磁アクチュエータを含むことができる。アクチュエータが付勢されると、アクチュエータはブレーキ表面を入力装置に接触させることができ、それによって入力装置の運動に抵抗を生じさせることができる。別の実施形態では、リニア共鳴アクチュエータを使用して、例えば血流または心拍をシミュレートするような、振動効果を提供することができる。本発明の1つ以上の実施形態で、さらに別の型のアクチュエータを使用することができる。

10

【0036】

一実施形態では、システム100は、例えば手術が行なわれる患者の体内器官のモデル（本明細書では「仮想器官」と呼ぶ）のような、エディタ103を用いて編集することのできる物理システムのモデルを形成するように構成することができる。一実施形態では、システム100は患者の心臓の磁気共鳴撮像（MRI）データを評価して、心臓の心腔の3次元表現を生成することができる。心静脈解剖学的組織の経路の3次元表現をシステムに構成することもできる。外科医はデータを評価し、かつシステムのシミュレーションで使用するために患者の心臓の適正な近似物を形成するのに、システムを利用することができる。したがって、システム100は、患者の解剖学的組織の検査から取り出したデータをインポートし、患者の器官の形状をディスプレイ上に提供することができる。システムはこうして、外科医が事前に外科手術を練習したり、特定の事例に存在する困難を克服するための様々な方法を検討したりすることができるように、患者の器官の仮想複製を外科医に提供することができる。本明細書で論じるモデルは心臓であるが、本発明の実施形態は、生体システム、機械システム、電気システム、または他のシステムを含め、任意の物理システムのモデルの編集を可能にすることに留意されたい。

20

30

【0037】

一実施形態では、システムは、手術中に発生し得る事故または他の合併症をシミュレートするために、患者の仮想器官を変更することができる。例えば既存の仮想器官をシステム内のエディタで変更することができ、それにより、外科医にとってより困難なカニューレの挿入を行なうために、冠静脈洞周辺の形状が変更される。別の実施例では、最も可能性の高い標的血管へのアクセスをより難しくするように、心静脈の構造および形状を操作することができる。さらに別の実施例では、合併症を引き起こすおそれのある器官の領域をシステムで評価および変更し、外科医に自分の経験的事実認識に基づく意思決定スキルを再評価させ、その結果、ペーシングリードの標的位置を変更させることができる。これらの問題は全て、実際の状況で発生し得ることであり、それは訓練プロセスをより効果的にする可能性がある。

40

【0038】

（例示的ユーザインタフェース）

図2は、本発明の一実施形態における物理システムのモデルのエディタ103内のグラフィカルユーザインタフェース（GUI）200を示す。図示する実施形態では、GUIは、物理システム、ヒトの心臓のモデル201のグラフィック表現を含む。図2に示すGUIはまたウィンドウ202をも含み、それは、複数のタブのみならず、図面全体を通して示すヒトの心臓201のモデル、様々なグラフィック表現、および表示に関連する項目のリストをも含む。ユーザは、1つ以上の項目をリストから選択することによって、1つ以上のタブを選択することによって、文脈感応（context-sensitive）

50

メニュー 204 と相互作用することによって、またはドロップダウンメニュー 205 から選択肢を選択することによって、図 2 に示す GUI と相互作用することができる。一部の実施形態は追加のインタフェース要素を含むことができ、あるいは GUI と相互作用するための追加的方法を含むことができる。例えば一実施形態では、カーソルで選択し、カーソルを動かすことによってモデルを回転させるなど、GUI はユーザがモデルのグラフィック表現と直接相互作用することを可能にする。本発明の一部の実施形態で有利であり得る他の GUI 要素は、当業者には公知であろう。

【0039】

図 2 に示す通り、複数のタブ 203 の 1 つであるモデルタブは、アクティブ状態で図示されている。モデルタブは、モデルの基本的形状、例えば心臓の形状の形成および / または変更を可能にする。図示する実施形態では、このタブ内で実行される操作により、ユーザは新しい仮想器官を形成するか、あるいは既存の仮想器官を変更することができる。モデルタブの機能性は、基本形状（例えば心腔および血管解剖学的組織のような）をインポートすること、または形状をエクスポートすること、独自仕様のフォーマット（つまり「.evm」ファイル）で形状を保存 / 作成すること、基本形状の問題点を是正すること（非多様体エッジ、穴、不正法線、平滑化）、モデル点だけの移動および / または回転、モデル点およびスプライン制御点の一緒に移動および / または回転、ならびに関連モデル情報の表示を含むことができるが、それらに限定されない。

【0040】

図 2 に示す他のタブは、電気モデルタブ、蛍光タブ、電気マッピングタブ、伝導経路タブ、およびデータマッピングタブを含む。これらのタブはモデルの他の様相の編集を可能にし得る。本発明のさらに別の実施形態は、追加タブ、異なるタブ、またはより少数のタブを含み得る。例えば図 6 は、本発明の一実施形態に係る変形タブを示す。そのようなタブは、モデルまたはモデルの部分の動きに関連するパラメータの編集を可能にし得る。別の実施例では、図 4 に示す実施形態は、ヒトの心臓のグラフィック表現を示す。そのような実施形態は、心収縮の位置、大きさ、および数値安定性のような心臓の動きを駆動するパラメータをユーザが変更することを可能にし得る。

【0041】

ユーザは、1 つ以上のインタフェース要素を介して、GUI 200 と相互作用することができる。例えば図 3 は、ユーザがモデルの編集モードを選択することを可能にする、ダイアログボックス 300 および文脈感応メニュー 301 を示す。例えばユーザは、ユーザがモデル 201 の一部または全体を回転させることを可能にする、「回転」ラジオボタンを選択することができる。ユーザは次いで、モデル 201 の一部分を選択して、該部分を操作することができる。例えば、図 2 に示すモデル 201 は多角形フレームを含む。ユーザは、移動、削除、またはその他の操作対象の多角形モデル内の 1 つの点を選択し、それによってモデルの形状を変化させることができる。ユーザはさらに、多角形モデル内に点を追加してモデルの形状を変化させるか、あるいは該点に関連する情報またはパラメータを変更させることができる。

【0042】

図 4 は、本発明の一実施形態に係る物理システムのモデルを編集するための GUI コンポーネント 400 を示す。図 4 に示す実施形態は、ユーザが物理システムのモデル 201 の領域を作成し、再命名し、かつ選択することを可能にする。図示する実施形態では、モデル 201 は心臓のそれであるが、本発明の様々な実施形態では他のモデルを操作することができる。図 4 に示す通り、ユーザは心臓の解剖学的領域 401、生理学的領域 402、病理学的領域 403、および / または隠れた領域 404 を形成し、再命名し、または選択することができる。一実施形態では、ユーザはモデルの 1 つ以上の領域を移動し、削除し、大きさを変更し、あるいは他の方法で変更することができる。ユーザは、メニュー 405 と相互作用することによって作成または変更すべき領域を選択し得る。例えば図示する実施形態では、ユーザは、新しい領域を選択し、既存領域を（解剖学的、生理学的、病理学的、または他の役割のような）役割に割り当て、あるいは領域を心臓の心腔に割り

10

20

30

40

50

当てることのできる可能性がある。他の実施形態では、他の変更が利用可能であり得る。例えば一実施形態では、ユーザはモデルから領域を削除することができる可能性がある。一実施形態では、GUIコンポーネント400は、別の体内器官もしくはシステム（例えば循環系）のような患者の解剖学的組織の別の部分、または車両、ビデオゲーム内の環境もしくはキャラクタ、または他の型のモデルのような、別の型の物理システムのモデルに関連する選択肢または変更を持ち得る。

【0043】

一実施形態では、ユーザはモデルの一部分だけを表示および/または変更することができ得る。そのような特徴は、モデルの編集の容易さを向上するために提供することができる。例えばユーザが心臓の特定の心腔だけを編集したい場合、本発明の一実施形態に係るエディタは、ユーザがモデルのサブセクションを選択し、選択されたサブセクションを表示させることを可能にし得る。ユーザは次いで、選択されたサブセクションだけを修正することができ得る。同様の実施形態で、ユーザは、表示および/または編集されるサブセクションをカスタマイズすることができ得る。例えばユーザは、表示および/または編集されるモデルのサブセクションの境界を画定するモデル上の点を選択することができ得る。

10

【0044】

図5は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント500を示す。図5のモデル201のグラフィック表現は、物理システムのモデルの構造の一部分を画定するスプラインのグラフィック表現を含む。例えば図5に示す心臓201のモデルでは、スプラインは心臓201に関連する1つ以上の血管510の形状を表わす。他の実施形態では、スプラインは物理システムのモデルの特徴を表わし得る。例えば一実施形態では、1つ以上のスプラインは、燃料管路、エンジンブロック内の気筒、または車両もしくはエンジンの他の特徴を画定する可能性がある。さらなる実施形態では、1つ以上のスプラインはビデオゲーム環境における地形の形状および/または質感を定義し得る。

20

【0045】

図5に示す実施形態では、ユーザは、GUIコンポーネント500によって提供されるインタフェース要素を用いて、スプラインを変更し得る。例えばユーザは、1つ以上のスプラインによって表わされる血管の半径を変化させるか、あるいはスプラインの形状に関連する1つ以上の点を動かすことによってスプラインの幾何形状を変化し得る。

30

【0046】

図6は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント600を示す。図6におけるモデル201のグラフィック表現は、物理モデルの変形特性に関連する情報およびパラメータを含む。例えば図6のモデル201は、ヒトの心臓201を含む。ヒトの心臓に関する変形情報は、心収縮の1つ以上の期間中の心臓201の1つ以上の心腔の形状の変化を記述する情報を含み得る。変形情報はさらに、心臓の個々の部分がどのように動くかを定義し得る。例えば、心臓の一部は心臓のその部分が容易に変形可能であるが、非常に迅速に非変形状態に戻ることを示すデータを含み得る。

40

【0047】

図7および8は、図6に示す変形タブおよびパラメータを変更するためのウィンドウの表示700、800を示す。図7に見えるグラフィック表現は、心臓201の構造の多角形表現を示す。該グラフィック表現はさらに質点701、および「ばね」702とラベル表示された質点間の関係を示す。本発明の一実施形態では、質点701は2つのパラメータ、すなわち質点701の質量および復旧ばね定数を含むことができる。そのような実施形態では、質点701の質量は、1つ以上のばねに沿って質点に力が加えられた場合の質点701の移動に対する抵抗を示すことができる。例えばユーザは、図8に示すウィンドウ801およびパラメータ802を使用して、質点701を実質的に静止させる高い質量値を持つように、質点701を変更することができる。ユーザが低い質量値を持つように

50

質点701を変更した場合、質点701は容易に動き、あるいはシステムを不安定にさせる。復旧ばね定数は、心収縮期間中のように、移動後にいかに迅速かつ/または確実に質点701をその初期位置に戻すことができるかの指標を提供することができる。ユーザは、質点701が迅速に、またはゆっくりとその初期位置に戻るように、復旧ばね定数を変更することができる。一実施形態では、質量は、変更対象の追加の関連パラメータを、または変更対象のより少数の関連パラメータを持つ可能性がある。例えば一実施形態では、質点701は、ユーザ変更可能な質量および/または復旧ばね定数を持たない可能性がある。一実施形態では質量は、質点701の最大変位のような追加のパラメータ、または質点701を記述するパラメータの異なる組合せを持つ可能性がある。

【0048】

図7および8に示す実施形態では、ユーザはさらに、1つ以上のばね702を変更し得る。図7に示す実施形態では、ばね702はばね定数および収縮率を持つことができる。ばね定数は、質点に接続するばね702の強度を示す値を有することができる。例えば、高いばね定数を持つように変更されたばね702は、低いばね定数を持つように変更されたばね702より強く、移動に抵抗する。

【0049】

図9および10は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント900、1000を示す。図9および10に示すGUIコンポーネント900、1000は、ユーザがモデル201の領域にデータをマッピングすることを可能にする。例えばユーザは、小柱度(degree of trabeculae)901に対応する値をモデル201の幾何形状にマッピングすることによって、心内膜の特定の様相の表面上の小柱度901を制御することができる。図10に示すGUIコンポーネント1000は、データがマッピングされるモデル201の一部分の質感を示す一方、図9は、データがマッピングされるモデル201の一部分を示す。こうして、図示する実施形態は、モデル201の複数の異なるグラフィック表現を提供し、ユーザが物理システムのモデルをより正確に変更し、物理システムのモデルに変更を適用することを可能にするという利点をもたらすことができる。

【0050】

図11および12は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント1100、1200を示す。図示する実施形態では、ユーザはシミュレートされる外科用装置に関連する特性を変更することができる。例えば図11は、カテーテルの遠位端のモデル1101およびカテーテル先端の走査画像1102を示す。モデル1101は、モデル1101の1つ以上の物理的特性に対応する1つ以上のデータ点1103を含む。ユーザは、データ点1103を変化、移動、変更、削除、または追加作成することによって、器具のモデル1101を変更することができる。例えばカテーテル先端のモデル1101は、モデル1101内の1つ以上のデータ点1103の位置を調整することによって、図12に示すように走査されたカテーテル1102をより正確に表わすように変更することができる。そのような実施形態では、ユーザは、シミュレートされる1つ以上の器具のモデルを作成または変更することができる。

【0051】

本発明の一実施形態では、ユーザは、器具の所望の形状の走査画像をメモリにロードし、かつ走査画像に示されたものと同様の器具のモデルをロードすることによって、器具のモデルを変更することができ、モデルは1つ以上の点を含む。ユーザは次いで、走査画像の形状と一致するように1つ以上の点を変更し、変更されたモデルを格納することができる。ユーザは次いで、格納されたモデルを解析することによって、モデルの精度を検証することができる。

【0052】

図13は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント1300を示す。図13に示すGUIコンポーネント1300は、ヒトの心臓、ならびに複数の肋骨および2つの肺のような周囲の解剖学的組織システムのモデル

10

20

30

40

50

1301の蛍光透視図のグラフィック表現を含む。ユーザは、例えばモデル1301の一部の透明度に関連するデータを調整することによって、モデル1301の蛍光透視図に関連する1つ以上のパラメータを変更することができる。例えば、モデル1301に関連する1つ以上の肋骨は、透明度パラメータを含むことができる。各肋骨の透明度は別々に変更可能であり、あるいは全ての肋骨が同一透明度パラメータを共有することができる。例えば、本発明の一実施形態では、複数の肋骨は、モデルの編集を容易にするために、共通の透明度パラメータを持つことができる。そのような実施形態では、モデルの焦点は心臓であり得るので、肋骨に関するパラメータに対する制御の微細なレベルは、あまり望ましくない可能性がある。一実施形態では、モデルの各部分が1つ以上の均等に変更可能なパラメータを有する可能性がある。例えば心臓のモデルは、透明度に関連するパラメータ、焦点のレベルもしくは不明瞭さに関連するパラメータ、色に関連するパラメータ、およびモデルの部分の変形性に関連するパラメータを含むことができる。

10

【0053】

図14および15は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネント1400および1500を示す。本発明の一実施形態は、物理システムのモデル201に関連する情報を、モデル201の点または部分にマッピングすることができる。例えば図示する実施形態では、心臓に関連する伝導経路に関連する情報および/またはパラメータ1401は、心臓の構造を記述するデータとは別個に取得することができる。

【0054】

20

本発明の一実施形態では、ユーザは、伝導経路を画定する1つ以上のデータ点に関連するデータをデータファイルからインポートし、データ点をヒトの心臓のモデル201にマッピングすることができる。例えば図15は、ヒトの心臓のモデル201のグラフィック表現上の点にマッピングされた伝導経路に関連するデータ点のマッピングを示す。本発明の一実施形態では、物理システムに関する情報は例えばMRIまたはデジタルまたはスキャナを使用して取り込むことができる。例えば、自動車のような3次元物体の構造はデジタル化し、コンピュータ可読フォーマットで格納することができる。次いで、自動車内のシステムに関する情報を取り込み、追加データファイルに格納することができる。例えば電気配線に関する情報は、モデルの3次元構造に関連するデータとは独立に、ファイルに格納することができる。本発明の一実施形態では、3次元構造に関連するデータは、エディタによってロードすることができる。加えて、電気配線に関連するデータも、エディタによってロードすることができる。エディタを使用して、電気配線に関連するデータを3次元構造に関連するデータにマッピングして、物理システムのより頑健なモデルを提供することができる。上述の実施形態は自動車の構成部品に関するものであるが、他の型の物理システムは、解剖学的組織システム、機械システム、電気システム、建築計画、または本発明の1つ以上の実施形態によって有利に編集することのできる他の物理システムのように、物理システムのより完全な単一のモデルを形成するためにマッピングすることのできるデータの複数の供給源を含むことができる。

30

【0055】

図16~21は、本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す。図16~21の各々は、変更ができない可能性がある物理システムのモデルの異なるグラフィック表現を提示する。例えば一実施形態では、エディタは、モデルに関連する1つ以上のパラメータに基づいて動作中のモデルの可視化を可能にする。例えば図18は、ヒトの心臓のモデル201の電気生理学的表現を示す。図18のグラフィック表現は、ヒトの心臓201の電気システムの動作のグラフィック表現を提示する。本発明の一実施形態は、少なくとも部分的にモデルに関連するパラメータに基づいて、物理システムのモデルの様相をユーザが観察することを可能にする、1つ以上のシステムの可視化をもたらすことができる。例えば図16は、ヒトの心臓201の電気システムのグラフィック表現を示す一方、図19は、心臓201に関連する複数の血管内の血流を示す造影剤流動システムのグラフィック表現を示す。ユーザはグラフィック表現と相互作用して、モデルに関するデ

40

50

ータおよびパラメータを表示させることができるが、一実施形態では、ユーザは、ヒトの心臓201のモデルに関連するパラメータを変更することができない可能性がある。

【0056】

(モデルを編集するための例示的方法)

図22は、本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するための方法2200を示すフローチャートを示す。例えばコンピュータ102はエディタ103を実行し、ユーザが物理システムのモデルを編集しながら相互作用するためのGUIをディスプレイ103上に提供することができる。該方法はブロック2201で開始され、一実施形態では、コンピュータ102が物理システムのモデルに関連する少なくとも1つのパラメータを表示する。コンピュータ102はパラメータをテキストとして表示することができる。例えばコンピュータ102は、パラメータ名がスライダ、テキストボックス、またはユーザ入力を受け取るように構成された他の要素と共に表示される、ウィンドウを表示することができる。一実施形態では、モデルの一部、またはモデルの強調表示部分のような、パラメータのグラフィック表現を表示することができる。

10

【0057】

ブロック2202で、ユーザは物理システムのモデルに関連するパラメータを変更する。ユーザは、上述した本発明の実施形態に記載したGUIを使用して、あるいは他の実施形態では他の手段を介して、パラメータを変更することができる。例えばユーザは、少なくとも1つのパラメータを表示するウィンドウに、パラメータに関連する値を入力することができる。一実施形態では、ユーザはモデルのグラフィック表現と相互作用し、それによってモデルに関連するパラメータを変更することができる。例えばユーザはモデルと相互作用し、モデルの一部をドラッグして、走査画像と対応させることができる。ユーザは、点をドラッグすることによって、モデルに関連するパラメータを変化させることができる。一実施形態では、ユーザは、スライダバーを動かす、ダイヤルを回す、あるいはデジタル計、電圧計、熱電対、または他のセンサのような外部装置から入力を提供することによって、モデルに関連するパラメータを変更することができる。

20

【0058】

ブロック2203で、変更されたパラメータを組み込んだモデルの少なくとも一部分のシミュレーションが実行される。例えば一実施形態では、モデルはヒトの心臓および心臓に栄養素を供給する1つ以上の血管を含む。心臓のモデルを編集する間に、ユーザは血管の1つの直径のようなモデルの一部を変更することができる。次いで血管の分離シミュレーションを実行することができるので、物理モデル全体のシミュレーションは実行されない。例えばシミュレーションは、入力装置と、心臓全体ではなく血管との相互作用を計算するだけである可能性がある。これは、血管と相互作用する追加システム無しに、血管に行なわれた変化にユーザが焦点を絞ることができるという利点をもたらすことができる。例えばユーザは、入力装置104の動きがモデルの別の部分に対し、血管の変更の試験を妨げ得る反応を引き起こすかどうかについて考慮することなく、血管との相互作用をシミュレートすることができる。したがってユーザは、心臓のモデル全体のシミュレーションを実行する必要無く、血管径の変化に関連するカテーテル上の触覚効果をより迅速かつ容易に感じることができる。

30

40

【0059】

一実施形態で、ユーザは、モデルのサブシステム、サブセクション、ユーザ定義領域、コンポーネント、または他の機械特性もしくは電気特性であるモデルの一部をシミュレートすることができる。一実施形態で、ユーザは、モデルの期間、反復動作の単一サイクル、2つのコンポーネントの相互作用、またはモデルの他の時間特性もしくは空間特性であるモデルの一部をシミュレートすることができる。一実施形態で、ユーザは刺激へのインパルス応答、刺激への定常状態応答、変化する刺激への応答の変化速度、またはモデルへの別の分離された入力をシミュレートすることができる。さらなる実施形態では、モデルの一部はモデルの視覚的またはグラフィック表現、モデルの聴覚的表現、またはモデルの触覚的表現を含む。さらなる表現では、モデルの一部は、モデルの前述部分、または本明

50

細書に列挙しないモデルの追加的部分の組合せを含む可能性がある。

【0060】

ブロック2204で、ユーザは、カテータルのような入力装置104を操作することができ、それはコンピュータ102に、入力装置104からの入力信号を受信させる。例えばユーザがカテータルを操作すると、カテータルの位置、向き、速度、加速度、または他の状態が変化する。そのような変化はコンピュータ102に送信することができる。

【0061】

ブロック2205で、コンピュータ102は、少なくとも部分的に入力信号に基づき、入力装置104に出力される力を決定することができる。例えばコンピュータ102は、速度を示す入力信号を入力装置104から受け取る。一実施形態でコンピュータ102は、速度および変更されたパラメータに基づき、力を決定することができる。一実施形態で、コンピュータ102は、入力信号および変更されていないパラメータに基づき、力を決定することができる。一実施形態でコンピュータ102は、入力信号、変更されていないパラメータ、および変更されたパラメータに基づき、力を決定することができる。コンピュータは次いで、アクチュエータ105に入力装置104への力を出力させる。

【0062】

本発明の実施形態の上記説明は、例証および説明のために提示しただけであって、全てを網羅すること、あるいは開示した厳密な形に本発明を限定することを意図するものではない。本発明の精神および範囲から逸脱することなく、その多数の変形例および適応例が当業者には明白であろう。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1】シミュレーション用の物理システムのモデルを編集するためのシステムの本発明の一実施形態のブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態における物理システムのモードのエディタ内のグラフィカルユーザインタフェース(GUI)を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態でユーザがモデルの編集モードを選択することを可能にするダイアログボックスおよび文脈感応メニューを示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図11】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図12】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図13】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図14】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図15】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するためのGUIコンポーネントを示す図である。

【図16】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図17】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図18】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図19】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図20】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図21】本発明の一実施形態に係るエディタのGUIコンポーネントを示す図である。

【図22】本発明の一実施形態に係る、物理システムのモデルを編集するための方法を示すフローチャートを示す図である。

【図1】

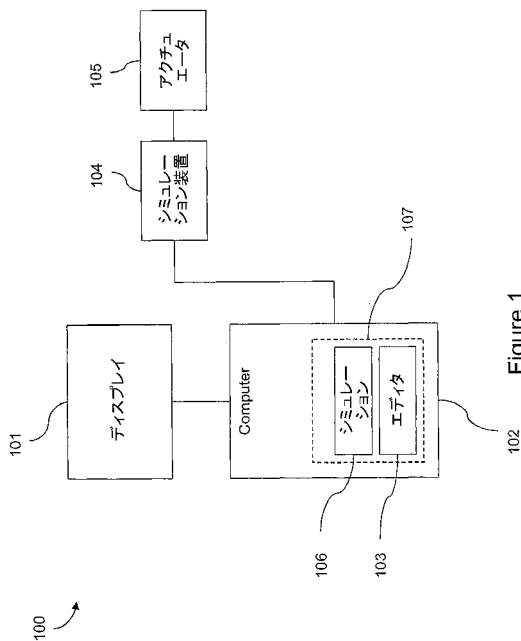
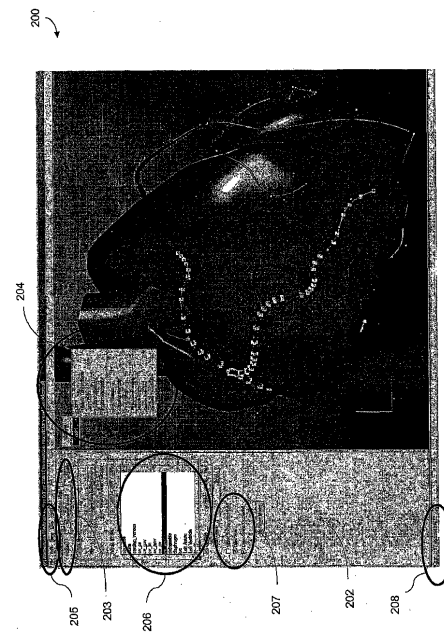


Figure 1

【図2】



【図3】

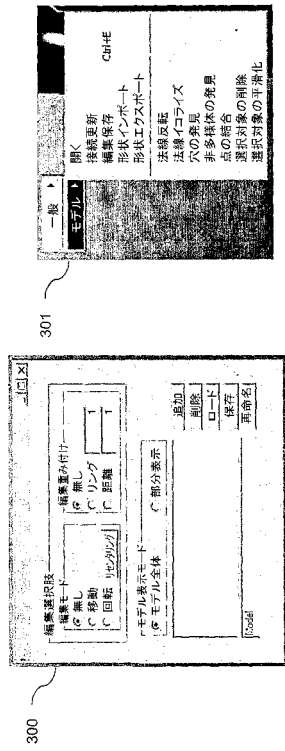


Figure 3

【図4】

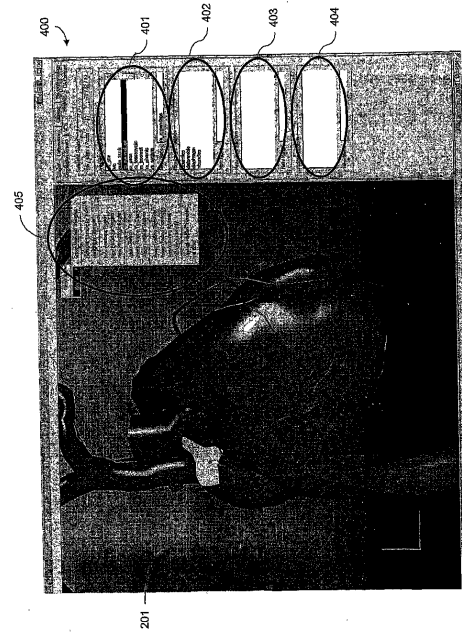


Figure 4

【図5】

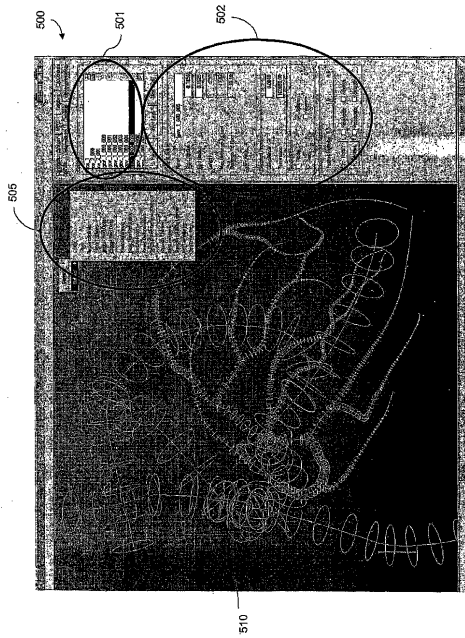


Figure 5

【図6】

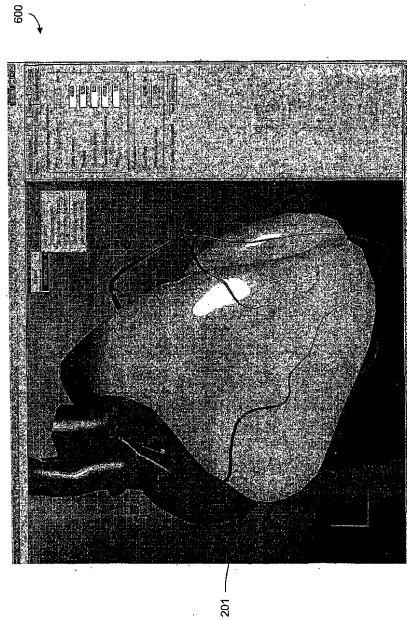


Figure 6

【図7】

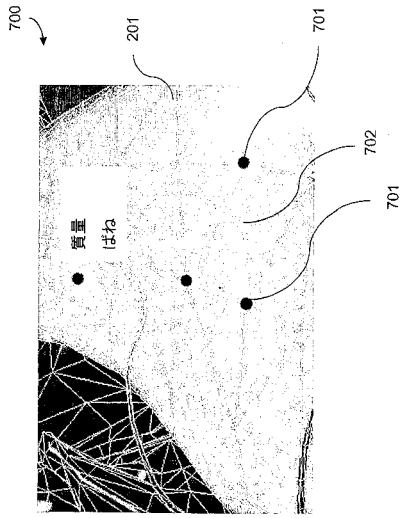


Figure 7

【図8】

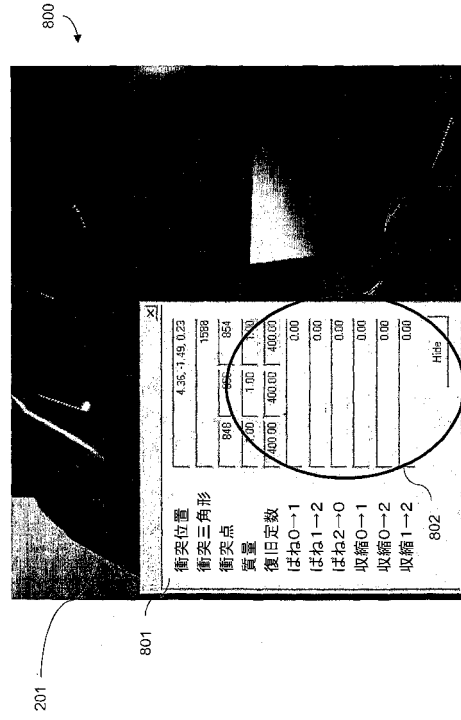


Figure 8

【図9】

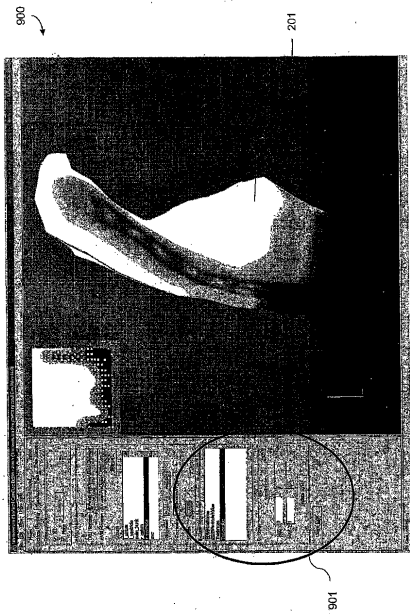


Figure 9

【図10】

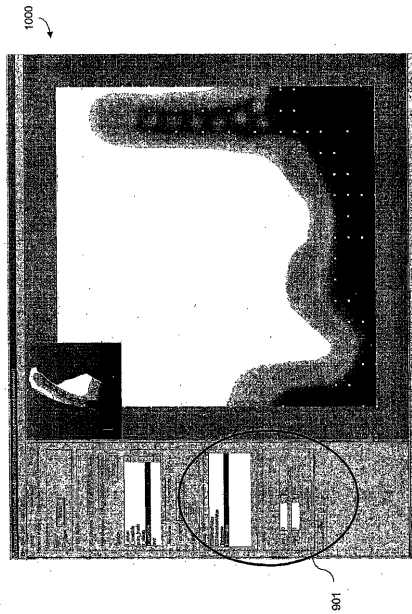


Figure 10

【 1 1 】

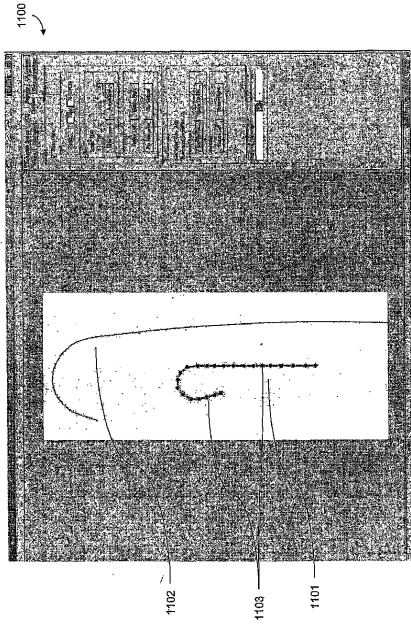


Figure 11

【 1 2 】

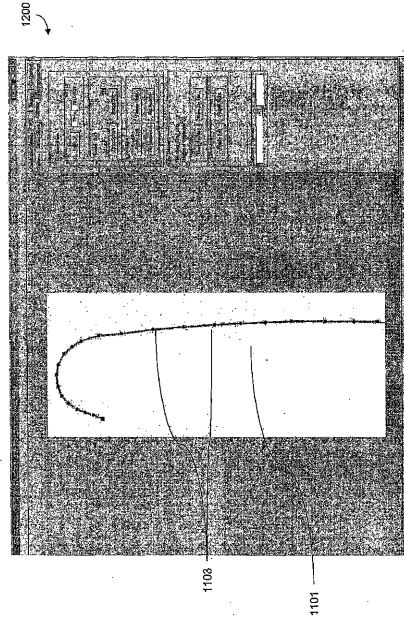


Figure 12

【 1 3 】

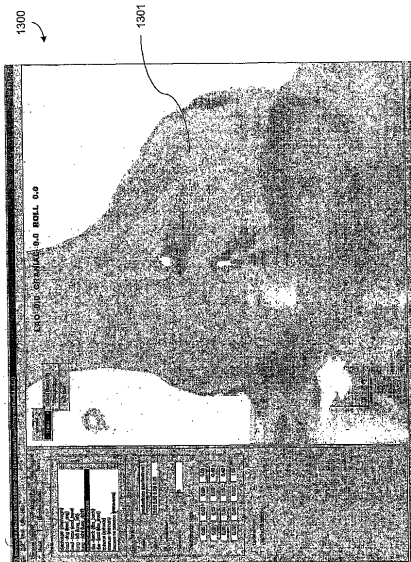


Figure 13

【 1 4 】

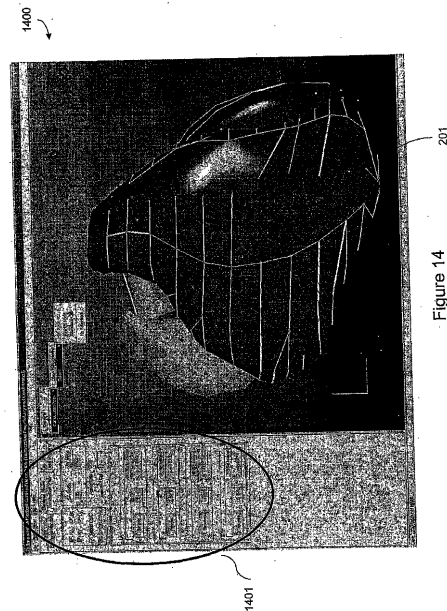


Figure 14

【 15 】

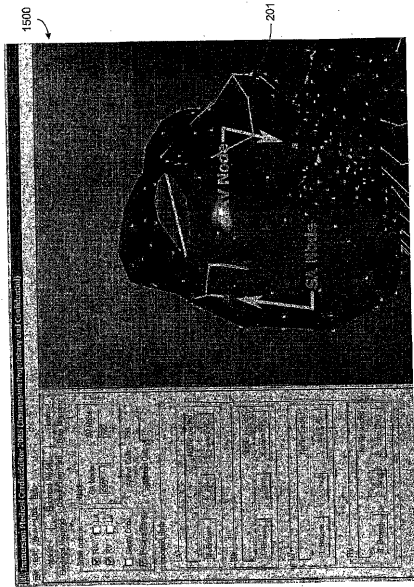


Figure 15

【 16 】

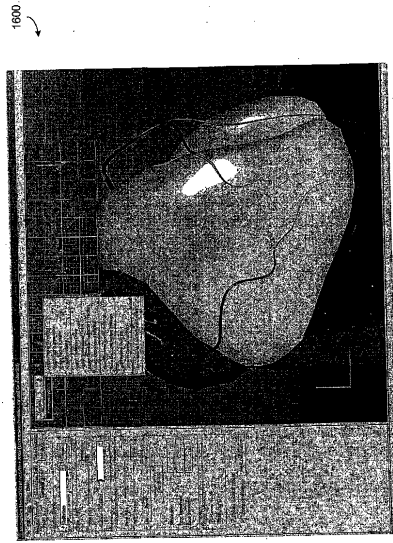


Figure 16

【 17 】

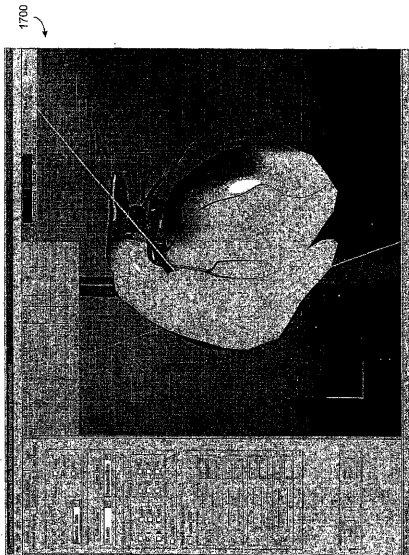


Figure 17

【 18 】



Figure 18

【図 19】

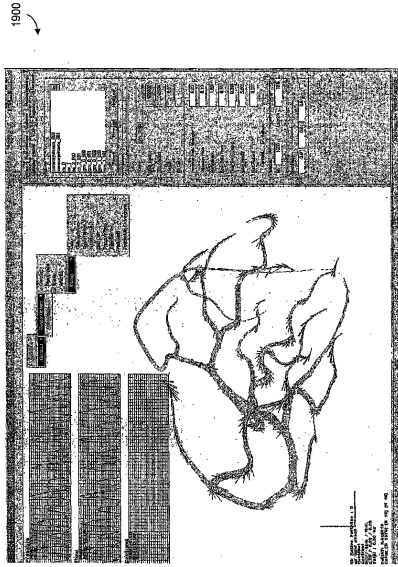


Figure 19

【図 20】

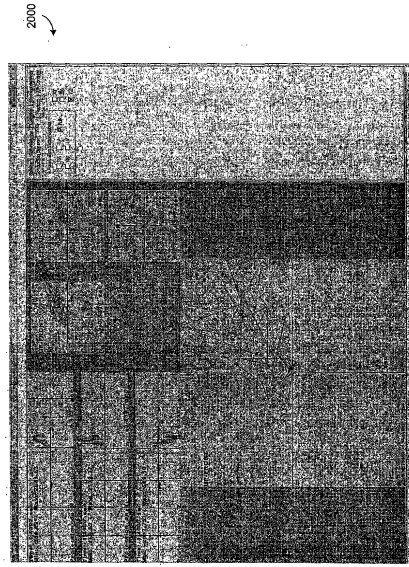


Figure 20

【図 21】

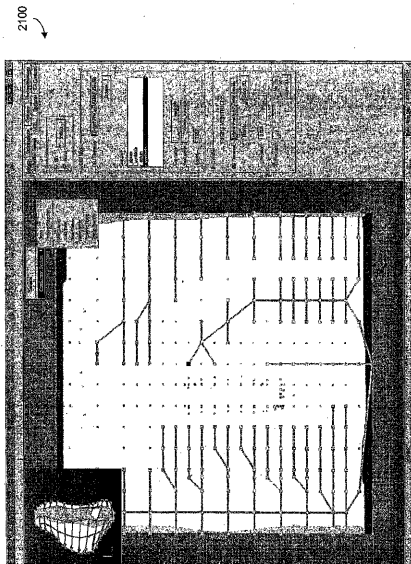


Figure 21

【図 22】

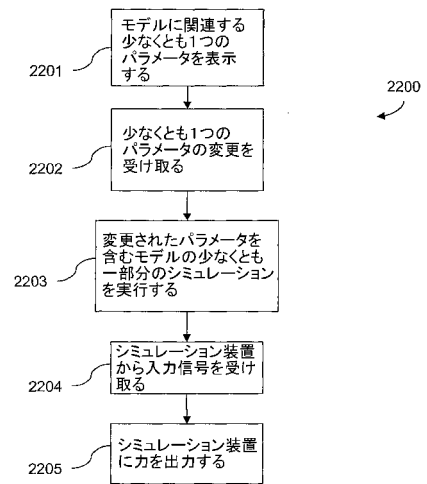


Figure 22

フロントページの続き

- (72)発明者 フォーク、 ロバート ビー .
アメリカ合衆国 20912 メリーランド州 タコマ パーク リンカーン アベニュー 50
4
- (72)発明者 イキッツ、 ミラン
アメリカ合衆国 20878 メリーランド州 ゲイサースバーグ クロッパー ロード 957
アパートメント ビー3
- (72)発明者 ディクッチオ、 マイケル
アメリカ合衆国 20853 メリーランド州 ロックビル レッド クローパー ドライブ 1
5005
- (72)発明者 ネルソン、 ドナルド ディ .
アメリカ合衆国 20886 メリーランド州 モンゴメリー ビレッジ ダッファー ウェイ
9716
- (72)発明者 アドハミ、 ローアイ
アメリカ合衆国 20878 メリーランド州 ゲイサースバーグ クロッパー ロード 975
アパートメント ビー1
- (72)発明者 ポナンベルマ、 イヤンカ
アメリカ合衆国 20855 メリーランド州 ロックビル ファウンダーズ ミル ドライブ
17344
- (72)発明者 ジョシ、 ダーナンジャイ
アメリカ合衆国 20874 メリーランド州 ジャーマンタウン スイートガム サークル 1
9908 アpartment 22
- (72)発明者 グルニエ、 ライオネル
フランス国 エフ-92120 モントルージュ リュ ド'アルキュール 25

審査官 石川 薫

- (56)参考文献 特開平10-111958(JP,A)
特開平11-053347(JP,A)
特開平11-085820(JP,A)
特開平11-197159(JP,A)
特開平10-323335(JP,A)

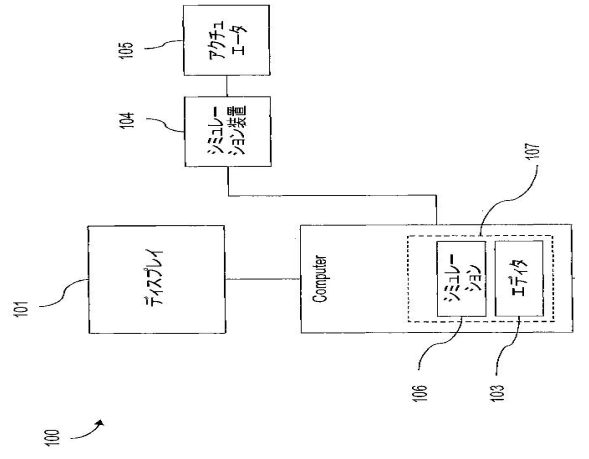
(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 19/00
G09B 9/00
G06F 17/50

专利名称(译)	用于编辑物理系统的模型以进行模拟的系统和方法		
公开(公告)号	JP5269604B2	公开(公告)日	2013-08-21
申请号	JP2008540285	申请日	2006-11-14
[标]申请(专利权)人(译)	伊梅森公司		
申请(专利权)人(译)	Immersion公司		
当前申请(专利权)人(译)	Immersion公司		
[标]发明人	コナシエルヒュー フォークロバートビー イキッツミラン ディクッチオマイケル ネルソンドナルドデイ アドハミローアイ ポナンベルマイヤンカ ジョシダーナンジャイ グルニエライオネル		
发明人	コナシエル、ヒュー フォーク、ロバートビー、 イキッツ、ミラン ディクッチオ、マイケル ネルソン、ドナルドデイ、 アドハミ、ローアイ ポナンベルマ、イヤンカ ジョシ、ダーナンジャイ グルニエ、ライオネル		
IPC分类号	A61B19/00 G06F19/00 G06Q50/22 G06F3/01 G09B9/00		
CPC分类号	G06F3/016 G06F3/04847 G09B23/28 G09B23/30 G16H50/50		
FI分类号	A61B19/00.502 G06F19/00.110 G06F17/60.126.Z G06F3/01.310.A G09B9/00.Z		
代理人(译)	三好秀 伊藤雅一 原裕子		
审查员(译)	石川馨		
优先权	60/736753 2005-11-14 US		
其他公开文献	JP2009515602A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了用于修改物理系统的医学模型的系统和方法。一个公开的系统包括图形用户界面，该图形用户界面被配置为显示与医学模型相关联的至少一个参数并且接收对至少一个参数的修改。该系统还包括处理器，该处理器被配置为从图形用户界面接收对至少一个参数的修改，并执行包括修改至少一个参数的医学模型的一部分的模拟。



100