

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7337761号
(P7337761)

(45)発行日 令和5年9月4日(2023.9.4)

(24)登録日 令和5年8月25日(2023.8.25)

(51)国際特許分類	F I
G 0 9 B 9/00 (2006.01)	G 0 9 B 9/00 Z
A 6 1 B 17/3201(2006.01)	A 6 1 B 17/3201
A 6 1 B 17/29 (2006.01)	A 6 1 B 17/29
G 0 9 B 23/28 (2006.01)	G 0 9 B 23/28

請求項の数 13 外国語出願 (全16頁)

(21)出願番号 特願2020-149690(P2020-149690)	(73)特許権者 520344899 イノヴァス リミテッド グレートブリテン及び北アイルランド連 合王国 WA 9 5 A A マージーサイド セントヘレンズ シェドリーロード イン ダストリアル エステート ウォートン通 り ユニット 1 4
(22)出願日 令和2年9月7日(2020.9.7)	(74)代理人 100080182 弁理士 渡辺 三彦
(65)公開番号 特開2021-43443(P2021-43443A)	(74)代理人 100142572 弁理士 水内 龍介
(43)公開日 令和3年3月18日(2021.3.18)	(72)発明者 ジョーダン ルーク ヴァン フルート グレートブリテン及び北アイルランド連 合王国 WA 8 4 N Q ウィッドネス パ ークランズ通り 3 9
審査請求日 令和4年9月12日(2022.9.12)	
(31)優先権主張番号 1912903.0	
(32)優先日 令和1年9月6日(2019.9.6)	
(33)優先権主張国・地域又は機関 英国(GB)	
早期審査対象出願	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 腹腔鏡シミュレータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

腹腔鏡手術訓練のための装置であって、
物理シミュレータユニットと、
物理組織モデルと、
計算及び表示ユニットと
を備え、
前記物理シミュレータユニットが、少なくとも1つの側壁と、取り外し可能な内部ベースプレートとを備え、
前記側壁が、
前記取り外し可能な内部ベースプレートを見るために内部を通過してカメラが配置される中央開口部と、
2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部と、を備え、
前記内部ベースプレートが、前記物理組織モデルを前記カメラの視野内に、及び腹腔鏡手術ツールが前記2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部に挿入されたときに前記腹腔鏡手術ツールがアクセスできる位置に保持するように配置され、
前記計算及び表示ユニットが、前記カメラからのビデオデータ及び前記物理組織モデルからの信号データを取得し、次に、前記ビデオデータ及び前記信号データを利用して、カスタマイズされた複合現実又は拡張ビデオをリアルタイムで生成及び表示するように配置され、

前記物理組織モデルが、内部配線が埋め込まれた組織模倣材料と、前記計算及び表示ユニットにさらに接続される、電子回路に接続されるように配置されたセンサとを備え、前記カメラによって取得された前記ビデオデータが、リアルタイムで拡張され、前記計算及び表示ユニットに表示されて、実際の腹腔鏡手術のビデオフィードがシミュレートされ、前記腹腔鏡手術ツールによる前記物理組織モデルの前記内部配線及び前記センサの物理的操作が前記信号データとして取得され、次に、前記信号データを使用して、前記カメラによって取得された前記ビデオフィードに対するカスタマイズされたビデオ拡張がリアルタイムで生成され、結合されたビデオが、前記計算及び表示ユニットに表示される、装置。

【請求項 2】

前記腹腔鏡手術ツールによる前記物理組織モデルの操作が、リアルタイムで拡張され、前記計算及び表示ユニットに表示される、請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 3】

前記カメラの主軸の角度が、前記内部ベースプレートの平面に対して垂直になるように配置される、請求項 1 または 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記カメラの主軸の角度が、前記側壁の平面に対して実質的に 30 度である、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】

前記内部ベースプレートが傾斜しており、前記内部ベースプレートの仮想連続平面が、前記側壁の平面に対して実質的に 30 度である、請求項 4 に記載の装置。

20

【請求項 6】

前記内部ベースプレートが、着色されたシリコン背景を備え、次に、前記シリコン背景を前記拡張ビデオで使用して、身体のいくつかの領域で行われる様々なシミュレートされた手術中に、前記身体の背景が前記シリコン背景の表面に投影される、請求項 1 ~ 5 のいずれかに記載の装置。

【請求項 7】

前記物理組織モデルが、交換可能かつ前記電子回路に再接続可能であり、前記物理組織モデルが、様々な人間又は動物組織の形状、サイズ及び密度を表すように構成され、前記計算及び表示ユニットが、前記組織と互換性のある拡張ビデオを表すようにプログラム可能である、請求項 2 ~ 6 のいずれかに記載の装置。

30

【請求項 8】

前記カメラが、前記物理組織モデルの変位のデータを追跡及び抽出するように配置され、次に、前記データを使用して、前記拡張ビデオにおける前記組織の視覚的表現が生成される、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の装置。

【請求項 9】

前記カメラが、前記腹腔鏡手術ツール入口開口部に挿入されたカスタマイズされた前記腹腔鏡手術ツールの 3 次元移動のデータを追跡及び抽出するように配置され、次に前記データを使用して、前記拡張ビデオにおける前記腹腔鏡手術ツールの視覚的表現が生成される、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 10】

2 つ以上のカメラが、前記カメラの視野から立体又は他の形態の深度関連情報を取得するように配置される、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の装置。

40

【請求項 11】

前記カメラがカメラハウジング内にあり、前記ハウジングが前記物理シミュレータユニットの内部を照らすように配置された照明をさらに備え、前記照明が、可視スペクトル、赤外線、上記の組み合わせ、又は前記物理組織モデルのカメラ要素、前記腹腔鏡手術ツールの背景を強調又は破棄するように構成された色の組み合わせである、請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の装置。

【請求項 12】

前記物理シミュレータユニットが、箱の形状であり、上部パネルと、底部パネルと、2

50

つの平行な固定側面パネルと、取り外し可能で互いに平行な別の2つの側面パネルとを備え、前記側壁が前記上部パネルである、請求項1～11のいずれかに記載の装置。

【請求項13】

腹腔鏡手術訓練のための方法であって、

物理組織モデルをカメラの視野内に、及び腹腔鏡手術ツールにアクセスできる位置に保持するステップと、

前記カメラからビデオデータ及び前記物理組織モデルから信号データを取得するステップと、

前記ビデオデータ及び前記信号データからカスタマイズされた複合現実又は拡張ビデオをリアルタイムで生成及び表示するステップと

10

を含む方法において、

前記物理組織モデルが、内部配線が埋め込まれた組織模倣材料と、前記計算及び表示ユニットにさらに接続される、電子回路に接続されるように配置されたセンサとを備え、

前記カメラによって取得された前記ビデオデータをリアルタイムで拡張し、前記計算及び表示ユニットに表示して、実際の腹腔鏡手術のビデオフィードをシミュレートするステップと、

前記腹腔鏡手術ツールによる前記物理組織モデルの前記内部配線及び前記センサを物理的に操作するステップと、

前記信号データを取得し、次に、前記信号データを使用して、前記カメラによって取得された前記ビデオフィードに対するカスタマイズされたビデオ拡張をリアルタイムで生成するステップと、

20

前記ビデオ拡張及び前記ビデオフィードを前記計算及び表示ユニットに結合及び表示するステップと

を含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、腹腔鏡手術訓練のための拡張複合現実シミュレータに関する。より具体的には、本発明は、センサを埋め込んだ組織模倣モデル又はファントムに対して外科手術を行う現実世界と、より現実的な外科手術経験を達成するための強化されたデジタルオブジェクトの拡張とを組み合わせる。本発明は、デジタルテクスチャを実際の物理モデルに重ねるプロセスを通じて、ユーザが実際の組織と関わり、人工器具のフィードバックの必要性をなくすことを可能にする。

30

【背景技術】

【0002】

腹腔鏡手術は、腹壁の小さな切開を介して行われる。手順は、カメラ視野下でのみ、細長いツール又は器具を使用して実行される。低侵襲手術の外科医は、この方法に適応することが難しいと感じることが多く、深度の知覚と3次元の視点との両方に苦勞する。これは、望ましいレベルの能力を達成するのに何年もかかる外科医の間では珍しいことではない。特定の訓練機器を使用してプロセスを高速化することができるが、この選択肢は、コストが高いために取り入れられていないことが多い。

40

【0003】

伝統的に外科的訓練は、患者に対する繰り返しの実践を通して研修生の外科医によって習得される。このプロセスは、時間、費用がかかり、効果の変動し得る。その結果、仮想現実と模擬練習との使用は、標準的な訓練を補足する選択肢となっている。2009年の研究では、仮想現実が標準的な外科的訓練（すなわち、見て学ぶ）に対して訓練を改善できるという証拠が見出された。再調査に含まれる試験では、タスクを完了するまでの時間の短縮、精度の向上、エラーの減少が報告された。

【0004】

技術の進歩により、シミュレーションは臨床経験に代わる一般的なアプローチとなって

50

きた。しかしながら、模擬教育体験は、多くの場合、訓練提供者及び臨床専門家にとって多大な費用がかかる。2013年のレポートでは、シミュレーション機器を評価する場合、コストは見逃されることが多いことが示唆されている。

【0005】

腹腔鏡手術シミュレーション市場は、低忠実度カテゴリと高忠実度カテゴリとの2つのセクションに分割され得る。これは、基本的に、各シミュレータが使用する技術によって定義される。低忠実度シミュレータは、通常、ボックストレーナとして説明され、すなわち、より簡単にはウェブカメラをボックスに入れる。これにより、外科医はシミュレータをコンピュータ又はモニタに接続し、器具を挿入し、手術室で経験したようなカメラ視野下で操作することが可能になる。対照的に、高忠実度シミュレータは、仮想現実と触覚フィードバックとを使用して、操作中の外科医により高度なゲーミフィケーション体験を提供する。ほとんどの場合、ユーザは操作全体を最初から最後まで行うことができる。場合によっては、客観的なメトリックデータを生成することもでき、ユーザは長期間にわたって評価することができる。多くの場合、これらのシミュレータは、はるかに高い予算の訓練センターにとっては明らかな選択肢であるが、自宅で訓練する個人の外科医にとってはまったく手が届かない。

10

【0006】

提案された解決策は、低コストのボックストレーナ環境内の実際の物理的医療モデルと重ね合わせたデジタル画像とを組み合わせることである。このような手頃な価格の製品がさらに開発されれば、理論的には、O'Sullivanら2010による研究などで以前に観察されたものよりも、手術成績はさらに大幅に改善されるはずである。

20

【0007】

この技術の進歩により、先行投資を大幅に削減することができる。最終的には、教育予算のより大きいセンターで十分に訓練できる数少ない幸運な外科医だけでなく、すべての外科医にこの製品を提供することが可能になる。世界中の外科的訓練へのアクセスが民主的になる。

【0008】

本発明者らは、手頃な価格の複合現実（現実及びデジタル）腹腔鏡手術訓練プラットフォームシミュレータを開発した。非常に現実的で手頃な価格のシステムは、術前の手術シミュレーション及びウォームアップに使用される手順ベースの手術シミュレーションへのアクセスを民主的なものにする可能性を秘める。外科医が、低忠実度の価格で、高忠実度の現実的シミュレーションにアクセスできるようにする。

30

【0009】

本発明は、複合現実プラットフォーム及びパフォーマンス追跡へのアクセスを備えた模擬腹腔鏡手順を実行するために必要なすべての周辺機器を含む。

【0010】

本装置は、シミュレーション訓練ツールとして使用した場合、外科研修生の学習体験を改善し、それによって、最終的にパフォーマンスが向上し、手術プロセスがスピードアップして患者の利益となる。

【発明の概要】

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の第1の側面によれば、腹腔鏡手術訓練のための装置であって、

物理シミュレータユニットと、

物理組織モデルと、

計算及び表示ユニットとを備え、

物理シミュレータユニットが、少なくとも1つの側壁と、取り外し可能な内部ベースプレートとを備え、

側壁が、

取り外し可能な内部ベースプレートを見るために内部を通過してカメラが配置される中央

50

開口部と、

2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部とを備え、

内部ベースプレートが、物理組織モデルをカメラの視野内に、及び2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部に挿入されたときに腹腔鏡手術ツールがアクセスできる位置に保持するように配置され、

計算及び表示ユニットが、カメラからのビデオデータ及び物理組織モデルからの信号データを取得し、次に、データセットを利用して、カスタマイズされた複合現実又は拡張ビデオをリアルタイムで生成及び表示するように配置され、

好ましくは、物理組織モデルが、内部配線が埋め込まれた組織模倣材料と、計算及び表示ユニットにさらに接続される電子回路に接続されるように配置されたセンサとを備える、装置を備える。

10

【0012】

好ましくは、カメラによって取得されたビデオデータが、リアルタイムで拡張され、計算及び表示ユニットに表示されて、実際の腹腔鏡手術のビデオフィードがシミュレートされてもよい。

【0013】

好ましくは、腹腔鏡手術ツールによる物理組織モデルの内部配線及びセンサの物理的操作が信号データとして取得されてもよく、次に、信号データを使用して、カメラによって取得されたビデオフィードに対するカスタマイズされたビデオ拡張がリアルタイムで生成されてもよく、結合されたビデオが、計算及び表示ユニットに表示される。

20

【0014】

好ましくは、腹腔鏡手術ツールによる物理組織モデルの操作が、リアルタイムで拡張され、計算及び表示ユニットに表示されてもよい。

【0015】

好ましくは、カメラの主軸の角度が、内部ベースプレートの平面に対して垂直になるように配置されてもよい。

【0016】

好ましくは、カメラの主軸の角度が、側壁の平面に対して実質的に30度であってもよい。

【0017】

好ましくは、内部ベースプレートが傾斜しており、内部ベースプレートの仮想連続平面が、側壁に対して実質的に30度であってもよい。

30

【0018】

好ましくは、内部ベースプレートが、着色されたシリコン背景を備え、次に、背景を拡張ビデオで使用して、身体のいくつかの領域で発生する様々な手順中に表面に複数の背景が投影されてもよい。

【0019】

好ましくは、物理組織モデルが、交換可能かつ回路に再接続可能であり、物理組織モデルが、様々な人間又は動物組織の形状、サイズ及び密度を表すように構成され、計算及び表示ユニットが、組織と互換性のある拡張ビデオを表すようにプログラム可能であってもよい。

40

【0020】

好ましくは、カメラが、物理組織モデルの変位のデータを追跡及び抽出するように配置され、次に、データを使用して、拡張ビデオにおける前記組織の視覚的表現が生成されてもよい。

【0021】

好ましくは、カメラが、手術ツール入口開口部に挿入されたカスタマイズされた腹腔鏡手術ツールの3次元移動のデータを追跡及び抽出するように配置され、次にデータを使用して、拡張ビデオにおける腹腔鏡ツールの視覚的表現が生成されてもよい。

【0022】

50

好ましくは、2つ以上のカメラが、カメラの視野から立体又は他の形態の深度関連情報を取得するように配置されてもよい。

【0023】

好ましくは、カメラがカメラハウジング内にあり、ハウジングが、物理シミュレータユニットの内部を照らすように配置された照明をさらに備え、照明が、可視スペクトル、赤外線、上記の組み合わせ、又は物理組織モデルのカメラ要素、腹腔鏡ツールの背景を強調又は破棄するように構成された色の組み合わせであってもよい。

【0024】

好ましくは、物理シミュレータユニットが、箱の形状であり、上部パネル、底部パネル、2つの平行な固定側面パネル、取り外し可能で互いに平行な別の2つの側面パネルを備え、側壁が上部パネルであってもよい。

10

【0025】

本発明は、添付の図面のみを参照して例として説明されている。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】高度にシミュレータされた外科的手順を可能にする高忠実度、高コストなVRシミュレータを示す。

【図2】低忠実度、低コストの腹腔鏡ボックストレーナを示す。

【図3】本発明による高忠実度、低コストシミュレータの図面を示し、手術ツール入口開口部を有する物理シミュレータユニットおよび手順のライブ拡張視覚的表現を表示するために配置されたディスプレイを示す。

20

【図4】本発明による高忠実度、低コストシミュレータの携帯可能な実施形態を示し、手術ツール入口開口部を有する物理シミュレータユニットおよび手順のライブ拡張視覚的表現を表示するために配置されたディスプレイを示す。

【図5】物理シミュレータユニットのより明確な図面を示し、側面パネルは取り外し可能であり、ユニット内部の物理組織モデルを視ることが可能になり、さらに、本発明による手術ツール入口開口部およびカメラハウジングを示す。

【図6a】取り外し可能な物理組織モデルおよびその電子および機械コネクタを示す。

【図6b】画像取得トレースとカバーとを有する組織モデルを示す。

【図7】本発明の実施形態に従って、埋め込まれたセンサの追跡を強調している物理組織モデルを示す。

30

【図8】本発明の第2の実施形態に従って、より複雑に埋め込まれたセンサまたはセンサ類の追跡を強調している物理組織モデルを示す。

【図9】シミュレーション手術中の物理組織モデルを近接図面で示し、さらに腹腔鏡ツールの追跡マークを示す。

【図10】埋め込まれたセンサの切断トラックを強調している物理組織モデル上で手術結果を示す。

【図11a】物理シミュレータユニットの図面であり、開位置において取り外し可能な側面パネルと、取り外し可能な物理組織モデルが挿入されていることを示す。

【図11b】物理シミュレータユニットの図面であり、閉位置において取り外し可能な側面パネルと、取り外し可能な物理組織モデルが挿入されていることを示す。

40

【発明を実施するための形態】

【0027】

本発明は、腹腔鏡手術訓練のための拡張複合現実シミュレータに関する。より具体的には、本発明は、センサを埋め込んだ組織模倣モデル又はファントムに対して外科手術を行う現実世界と、より現実的な外科手術経験を達成するための強化されたデジタルオブジェクトの拡張とを組み合わせる。本発明は、デジタルテクスチャを実際の物理モデルに重ねるプロセスを通じて、ユーザが実際の組織と関わり、人工器具のフィードバックの必要性をなくすことを可能にする。デジタルテクスチャを使用して、出血、穿孔など、さらには他の無生物物体上の合併症を作成することもできる。

50

【 0 0 2 8 】

図 1 は、S i m b i o n i x 社 の L a p M e n t o r などの、高忠実度、高コストのシミュレータを示す。これは、各ユーザに対して生成されたパフォーマンスメトリック出力を用いて完全な外科的手順を実行できる V R システムである。これらのシミュレータは、モータ駆動の触覚部の性質により、器具を介して感じられる触覚フィードバックの現実感の欠如について批判を受けることが多い。

【 0 0 2 9 】

図 2 は、内部にユーザが様々なタスクを配置してそれらを実際の腹腔鏡器具で操作できる、低コスト、低忠実度の腹腔鏡ボックストレーナを示す。この場合、画像はラップトップにストリーミングされ、訓練中の外科医は、支点効果、三角測量、及び深度の知覚などの問題に関して非常によく理解することができる。これらのシミュレータは、リアリズム及び客観的なフィードバックの欠如について批判を受けることが多い。

10

【 0 0 3 0 】

図 3 及び図 4 は、提案された発明を示す。本発明は、リアルな感触の組織モデルをデジタル環境と融合させて、現実に近い触覚、没入型環境、及びシンプル、アクセス可能で手頃な価格の腹腔鏡手順トレーナでの全手順訓練を提供する。

【 0 0 3 1 】

より具体的には、図 3 は、ボックストレーナ 2 とも呼ばれる物理シミュレータユニットと、計算及び表示ユニット 3 とを含む腹腔鏡手術訓練装置 1 を示す。

【 0 0 3 2 】

図 4 は、図 3 の本発明のより携帯可能な実施形態を示す。

20

【 0 0 3 3 】

次に図 5 を参照すると、物理シミュレータユニット 2 の拡大斜視図が示されている。物理シミュレータユニット 2 は、箱の形状であり、上部パネル、底部パネル、2 つの平行な固定された側面パネル、及び取り外し可能な別の 2 つの平行な側面パネルを含む。

【 0 0 3 4 】

上部パネルにはカメラハウジング 4 が設置されている。カメラハウジングは、カメラ（図では見えない）を含む。上部パネルの中央開口部によって、カメラは物理シミュレータユニットの内部を見ることができる。カメラハウジング 4 は、ボックストレーナ 2 の内部を照らすように配置された照明をさらに備えてもよい。照明は、完全な可視スペクトル、赤外線、又は上記の組み合わせであり得る。

30

【 0 0 3 5 】

この実施形態では、カメラの視線は、上部パネルの平面に対して実質的に 3 0 度の角度になるように配置される。カメラ、カメラボックス、カメラハウジング 4 内の照明及び他の光学センサは、電子及び計算ケーブル配線 8 を介して計算及び表示ユニット 3 に接続される。

【 0 0 3 6 】

計算及び表示ユニット 3 は、ビデオ及び画像データを取得、処理、及び表示することができ、さらには、照明、電源、及びスリープモードなど、電子機器を制御することができるデスクトップ、ラップトップ、タブレット、又はカスタムユニットなどの任意の既知の計算装置であり得る。

40

【 0 0 3 7 】

再び図 5 を参照すると、2 つの腹腔鏡手術ツール入口開口部 5 が、上部パネルの隣接する角の近くに示されている。

【 0 0 3 8 】

訓練手順中、腹腔鏡手術ツールは、図 2 に示すのと同様の様式でツール入口開口部 5 に挿入される。

【 0 0 3 9 】

すべての腹腔鏡又は画像案内による手順と同様に、シミュレータは、内部にある物理モデルに対する外科医の視野を遮断し、外科医にモニタ又は画面を介して各タスクを実行す

50

ることを要求する。器具は、シミュレータの上部にある入口ポートを介して挿入される。

【 0 0 4 0 】

物理シミュレータユニット 2 は、取り外し可能な内部ベースプレート 6 をさらに備える。取り外し可能な物理組織モデル 7 は、取り外し可能な内部ベースプレートに取り付けることができる。カメラは、中央開口部を介して取り外し可能な内部ベースプレートを見るために配置されている。

【 0 0 4 1 】

カメラは USB などの有線カメラ、又は画像データの取得であってもよく、30度の角度で配向され、シミュレータ内部の取り外し可能な磁気ベースに対して垂直である。カメラは実際のままに画像を観察し、次に、マーカベースの拡張現実と背景との組み合わせを使用して、ユーザがモニタで見る画像を合成し、複合現実体験に変換する。

10

【 0 0 4 2 】

物理組織モデル 7 の位置及び角度は調整可能である。同様に、内部ベースプレート 6 の位置及び角度も調整可能である。

【 0 0 4 3 】

図 6 a は、取り外し可能な物理組織モデル 7 の図を示す。物理組織モデル 7 は、実際の解剖学的構造の感触を模倣するように設計された現実的なシリコン又は合成組織モデルから作製される。伸縮性のあるシリコンから作製された 1 つ以上のリテーナ 9 と物理組織モデル 7 の一部とが、モデルをモデルベース 1 2 に接続して保持する。ねじ 1 1 は、モデルベース 1 2 を内部ベースプレート 6 に固定する。

20

【 0 0 4 4 】

組織モデル 7 は、ラテックス若しくはシリコン又は他の材料若しくはプラスチック製であってもよく、異なるタイプの解剖学的組織の弾性を模倣するために異なる層で構築される。

【 0 0 4 5 】

実際の解剖学的構造の感触を模倣するために、いくつかのケースでは電子手術器具を用いて機能するように設計された現実的なシリコン又は合成組織モデルの本発明による使用は、外科医が手術室で通常使用する同じ器具で練習できるようにすることにより、模擬練習を次のレベルに引き上げる。

【 0 0 4 6 】

物理組織モデル 7 には、配線及び/又は電子センサを埋め込んでもよい。電気コネクタ 1 0 は、組織モデル 7 を電気回路に、次に、計算及び表示ユニット 3 に接続する。

30

【 0 0 4 7 】

図 6 b は、モデルベース 1 2 と対になって、ねじ及びコネクタを覆うモデルカバー 1 3 を示す。画像取得トレース 1 4 は、モデルカバー 1 3 にスケッチ、打ち出し、又は印刷される。この実施形態では、トレースは、引き伸ばされた五角形である。トレースはカメラによって取得される。他の形状を使用して、計算ユニット 3 に組織モデルタイプを識別してもよい。モデルカバー 1 3 は、例えば、バーコード、英数字などの、他の識別可能な情報を含んでもよく、例えば、カメラで読み取られ、外科学生の名前及び外科手術シミュレーションのパフォーマンスをタグ付けする。

40

【 0 0 4 8 】

コンピュータビジョンはすべてのシステム機能にわたって完全に信頼することができるが、物理組織モデル 7 の埋め込みセンサは、シミュレータ内部の物理モデルとの相互作用中に発生する合併症のより信頼できる堅牢なトリガとして機能する。

【 0 0 4 9 】

図 7 は、物理組織モデル 7 の別の実施形態を示し、電気コネクタ 1 0 a、1 0 b 及びリテーナ 9 を示す。図 7 はさらに、組織モデル 7 の本体に埋め込まれた配線 1 5 を示す。

【 0 0 5 0 】

この実施形態では、銅のマグネットワイヤが使用される。しかしながら、様々な導電特性を有する様々な導電性ワイヤを使用して、組織応答シミュレータをシミュレート及びブ

50

ログラムできることが理解されよう。

【 0 0 5 1 】

この実施形態では、配線 1 5 の一端は電気コネクタ 1 0 a に接続され、配線の他端は電気コネクタ 1 0 b に接続され、したがって 2 つのコネクタ 1 0 a、1 0 b を電氣的にループする。

【 0 0 5 2 】

配線 1 5 は、例えば、血管又は他の靭帯を表すために、組織モデル 7 の内部に異なる形状及びループで埋め込まれてもよい。この実施形態では、配線 1 5 は、1 つの細長い血管トラックを形成するように曲げられている。

【 0 0 5 3 】

図 8 は、配線 1 5 の別の実施形態を示し、これは、2 次元メッシュであってもよく、2 D の切断場所を識別する。

【 0 0 5 4 】

組織モデル 7 の成形可能な材料は、例えば、構造及び組織モデル若しくはファントムのインピーダンス及びノ又は磁気特性を変化させる金属又は炭素粒子でドーブされていてもよい。

【 0 0 5 5 】

組織モデル 7 はまた、力に敏感な抵抗器、加速度計、又は張力センサを使用してもよい。

【 0 0 5 6 】

次に図 9 を参照すると、腹腔鏡グリッパ 1 6 及びシザー 1 7 を使用した腹腔鏡シミュレーション中に、組織モデルを切断すると、配線 1 5 が切断されて、信号データの取得と計算及び表示ユニットとによって識別される開回路が作成され得る。次に、出血の拡張表現が、切断の領域で、表示ユニット上に示され得る。このように、実際の手術イベントがシミュレートされる。

【 0 0 5 7 】

腹腔鏡器具で切断すると、マグネットワイヤの接続が失われ、出血は、AR ソフトウェアと通信するシステム状態の変化によって引き起こされる。上記のリグマーカは、デジタル環境での出血点を決定する。この解決策は、無数の手順にわたって使用することができ、様々な術中合併症（出血、腸穿孔、穿孔された一般的な胆樹）を引き起こすために使用することができる。そのため、合併症を引き起こす個別の解決策は必要なく、このアプローチを使用して、シミュレータのこの側面をすべての手順にわたって標準化することができる。

【 0 0 5 8 】

コンピュータビジョン及び物理センサ両方への組み合わせさせた依存により、システムがより安定し、どちらか一方のみに依存するプログラムに見られる通常のバグがない。

【 0 0 5 9 】

触覚フィードバック及びリアリズムに関する問題を解決するだけでなく、システムは実際の腹腔鏡ツールを使用して正確な客観的パフォーマンスフィードバックを生成することもできる。

【 0 0 6 0 】

図 1 0 は、切断された内部配線 1 5 を有する組織モデル 7 を示し、配線の切断場所 1 5 a を示す。

【 0 0 6 1 】

より詳細には、最初の解放の場合、血管センサは、操作の間中、ブリッジに接続される。このセンサは、低電圧装置用に設計された、被覆銅マグネットワイヤで形成されている。ソフトウェアプラットフォームは、起動時に接続の検索を実行し、確認されると、手順を実行することができる。血管センサが切開を検出した場合、情報は即座にソフトウェアにフィードバックされ、その結果、関連する合併症、例えば出血が発生する。次に、ユーザは出血を修正するように求められ、合併症を解決するために必要なステップを介して案内される。より上級のユーザは、切開を行う前に、外科結びノループを使用して血管を結

10

20

30

40

50

び縛るように判断してもよい。この場合、ユーザは一連のループが正しく配置されていることを確認できるため、残りの手順中、出血トリガをオフにすることができる。

【0062】

再び図9を参照すると、グリッパトレーサ18及びシザートレーサ19がカメラに対して可視となり、カメラは読み取り、計算ユニット3を介して腹腔鏡ツールの3次元位置を計算し、これは次に、表示装置に拡張画像として生成及び表示される。

【0063】

図11を参照すると、物理シミュレータユニットは、取り外し可能な側面パネル20がa)の開位置及びb)の閉位置にある状態で示されている。内側パネル6及び交換可能な物理組織モデル7は、側面パネル20から作成された開口部から挿入される。

10

【0064】

したがって、本発明は、物理シミュレータユニットと、物理組織モデルと、計算及び表示ユニットとを備える腹腔鏡手術訓練のための装置であって、物理シミュレータユニットが、少なくとも1つの側壁と、取り外し可能な内部ベースプレートとを備え、側壁が、取り外し可能な内部ベースプレートを見るために内部を通してカメラが配置される中央開口部と、2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部とを備え、内部ベースプレートが、物理組織モデルをカメラの視野内に、及び2つ以上の腹腔鏡手術ツール入口開口部に挿入されたときに腹腔鏡手術ツールがアクセスできる位置に保持するように配置され、計算及び表示ユニットが、カメラからのビデオデータ及び物理組織モデルからの信号データを取得し、次に、データセットを利用して、カスタマイズされた複合現実又は拡張ビデオをリアルタイムで生成及び表示するように配置される、装置について説明する。

20

【0065】

物理組織モデルは、内部配線が埋め込まれた組織模倣材料と、計算及び表示ユニットにさらに接続される電子回路に接続されるように配置されたセンサとを備える。

【0066】

カメラによって取得されたビデオデータは、リアルタイムで拡張され、計算及び表示ユニットに表示されて、実際の腹腔鏡手術のビデオフィードがシミュレートされる。

【0067】

腹腔鏡手術ツールによる物理組織モデルの内部配線及びセンサの物理的操作が信号データとして取得され、次に、その信号データを使用して、カメラによって取得されたビデオフィードに対するカスタマイズされたビデオ拡張がリアルタイムで生成され、結合されたビデオが、計算及び表示ユニットに表示される。

30

【0068】

腹腔鏡手術ツールによる物理組織モデルの操作は、リアルタイムで拡張され、計算及び表示ユニットに表示される。

【0069】

カメラの主軸の角度は、内部ベースプレートの平面に対して垂直になるように配置される。

【0070】

カメラの主軸の角度は、側壁の平面に対して実質的に30度である。

40

【0071】

内部ベースプレートは傾斜しており、その仮想連続平面は、上部パネルとも呼ばれる側壁に対して実質的に30度である。この装置は、角度の付いたプラットフォームを有し、カメラ視野を手術野の平面に対して垂直にすることができる。これは、ソフトウェアの器具追跡の側面が正確であることを保証するために非常に重要である。ソフトウェアを最適に機能させるためにカメラ位置は変更されている。システム内の照明条件を標準化し、ソフトウェアのパフォーマンスを最適化するのを助けるために、いくつかの任意選択のサイドスカートが追加されている。

【0072】

50

シミュレータの設計は、ユーザの複合現実体験において不可欠な役割を果たし、手順全体を通して中断なく品質及びリアリズムが保証されるようにする。側面パネル及びプラスチック表面テクスチャは、とりわけ、シミュレータ内部の光の外乱を防ぐために変更が必要とされる。これらの変更により、手順中にリアルタイムで器具を追跡するシミュレータの能力も最適化される。

【0073】

表面の安定した合成を目的として、シミュレータにシリコンの背景を形成するために、独自の顔料配合物が使用されている。これは、身体のいくつかの領域で発生する様々な手順中に、複数の背景を表面に投影するために使用される。この色は、シミュレータ内での特定の使用のために開発されたもので、器具やツールを塞がないようになっている。

10

【0074】

内部ベースプレートは、着色されたシリコン背景を備え、次に、その背景を拡張ビデオで使用して、身体のいくつかの領域で発生する様々な手順中に表面に複数の背景を投影することができる。

【0075】

物理組織モデルは、交換可能かつ回路に再接続可能であり、物理組織モデルは、様々な人間又は動物組織の形状、サイズ及び密度を表すように構成され、計算及び表示ユニットは、組織と互換性のある拡張ビデオを表すようにプログラム可能であり得る。

【0076】

カメラは、物理組織モデルの変位のデータを追跡及び抽出するように配置されてもよく、次に、そのデータを使用して、拡張ビデオにおける上記組織の視覚的表現が生成される。

20

【0077】

カメラは、手術ツール入口開口部に挿入されたカスタマイズされた腹腔鏡手術ツールの3次元移動のデータを追跡及び抽出するように配置されてもよく、次に、そのデータを使用して、拡張ビデオにおける腹腔鏡ツールの視覚的表現が生成される。

【0078】

2つ以上のカメラを配置して、それらの視野から立体又は他の形態の深度関連情報を取得することができる。

【0079】

カメラはカメラハウジング内であってもよく、ハウジングは、物理シミュレータユニットの内部を照らすように配置された照明をさらに備え、照明は、可視スペクトル、赤外線、上記の組み合わせ、又は物理組織モデルのカメラ要素、腹腔鏡ツールの背景を強調又は破棄するように構成された色の組み合わせである。

30

【0080】

物理シミュレータユニットは、箱の形状であってもよく、上部パネル、底部パネル、2つの平行な固定側面パネル、取り外し可能で互いに平行な別の2つの側面パネルを備え、側壁は上部パネルである。

【0081】

以下の表は、低忠実度シミュレータ及び高忠実度シミュレータの特徴と、本発明によって提案されたシミュレータの特徴とを比較する。

40

	低忠実度	高忠実度	Inovus LAP AR
入手性	YES	NO	YES
手順な権秘	YES	NO	YES
完全な手順 シミュレーション	NO	YES	YES
パフォーマンス 追跡	NO	YES	YES
機能済み カリキュラム	NO	NO	YES
現実的な触覚	YES	NO	YES
没入型、可搬型	NO	YES	YES

50

【 0 0 8 2 】

本発明は、コンピュータビジョンを使用して、操作するための安定した動的環境を提供する。本発明は、マーカのない3次元器具追跡に独自のアプローチを使用する。これにより、ユーザに対して非常に正確な移動測定基準を作成することができ、多数の手順で経時的にパフォーマンスを評価するためのプラットフォームが提供される。そのような製品への参入障壁を下げることにより、高忠実度システムを使用してこれまで可能であったよりもはるかに大規模なデータ収集が可能になる。これは、キャニーエッジ検出やハフライン追跡を含むがこれらに限定されない、いくつかのコンピュータビジョンベースの技術を利用することによって可能になる。独自のソフトウェアアルゴリズムを使用してパフォーマンスデータを生成する。

10

【 0 0 8 3 】

本発明のマーカのない追跡は、仮想アクションボタンとの画面上の相互作用を可能にする。これにより、操作中の外科医は、ツールを置くことなく「インプレイ」アクションを実行し、手順のステップを処理し終わることができる。

【 0 0 8 4 】

シミュレータのコア機能は以下のとおりである。

- ・合成軟部組織モデルを介した現実に近い触覚フィードバック
- ・軟部組織モデルと完全に統合された現実的なデジタル解剖
- ・術中合併症を作成及び管理する能力
- ・単眼カメラレンズによって達成された外科的パフォーマンスの主要な測定基準に関する客観的なフィードバックを備えた、術野内の器具のマーカのない3D移動追跡
- ・オンラインユーザアカウントにより、ユーザは、外科的訓練の進行状況の保存及び追跡が可能
- ・オンライン訓練ポータルにより、研修生は、自分の専門分野に固有の外科的手順の実行及び記録が可能
- ・一般的な（小児科を含む）外科手術、O & G及び泌尿器科全体にわたる完全な手順のシミュレーション
- ・一般的なスキル、タスク及びL a p P a s sプログラムなどの検証済みカリキュラムと互換性のあるパフォーマンス追跡及びフィードバック
- ・本発明は、デジタル解剖の一貫した画像登録を達成する。
- ・本発明は、胆嚢摘出術、腸吻合術、幽門筋切開術、子宮外妊娠、筋腫摘出術、膣蓋閉鎖及び腎摘出術が含まれるがこれらに限定されない、一般、小児科、O & G及び泌尿器科の外科手術について、拡張現実手順を提供するように適合させることができる。

20

30

【 0 0 8 5 】

IPはコードベース内で難読化されており、製品が製品化されると、必要なレベルの保護を提供する保護されたソースファイルにアクセスしないとアクセスできない。

【 0 0 8 6 】

本装置によって提案される技術的解決策は、現在の最先端技術の大きな進歩である。腹腔鏡シミュレーションのパフォーマンス追跡を検討する場合、既存のボックストレーナ製品は、基本的な「一般的タスク」のみに関連するパフォーマンスを追跡するように設計されている。既存の技術には、「手順固有」の完全な外科的タスクに関連するパフォーマンスを追跡する機能はない。

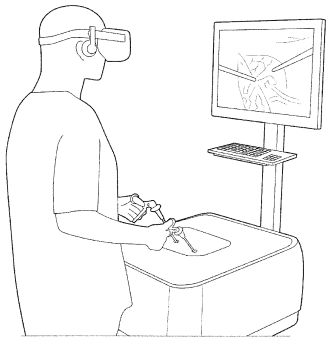
40

【 0 0 8 7 】

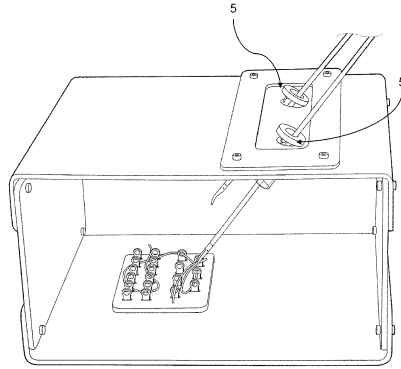
完全な外科的手順におけるパフォーマンスを追跡する唯一の方策は、非常に高価なVRシミュレータを使用することであり、そのため、提案された発明は、形態及び機能の点で独自性がある。

50

【図面】
【図 1】

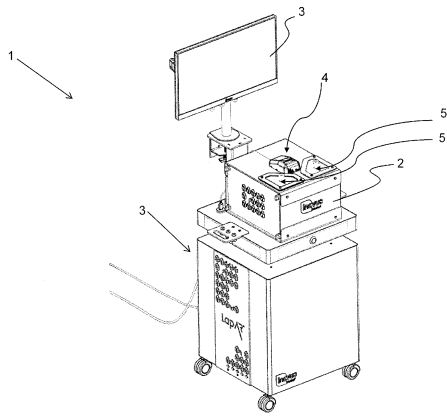


【図 2】

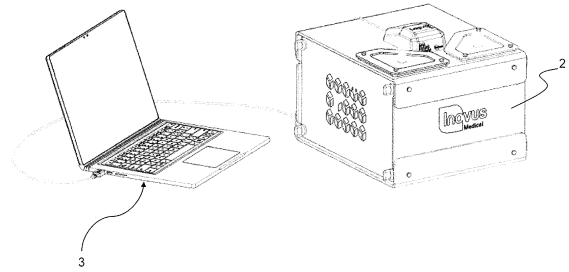


10

【図 3】



【図 4】



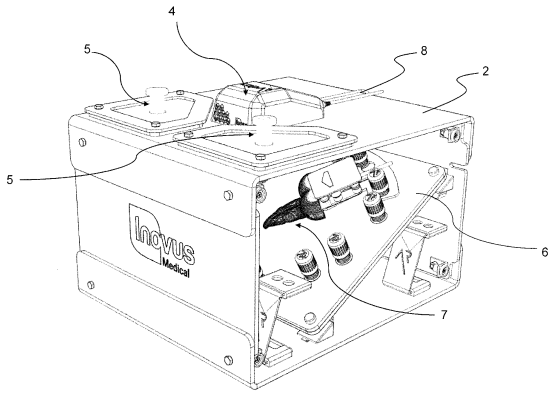
20

30

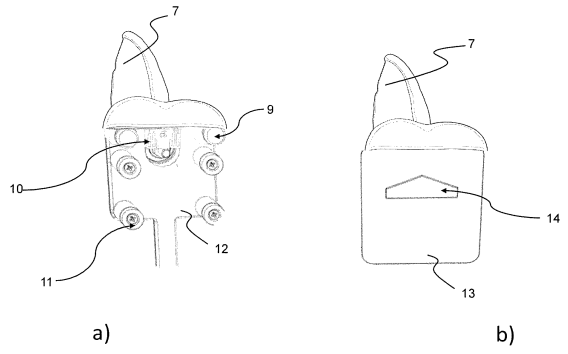
40

50

【 図 5 】

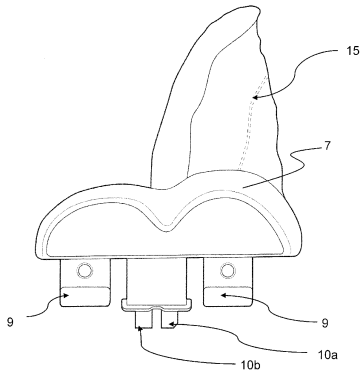


【 図 6 】

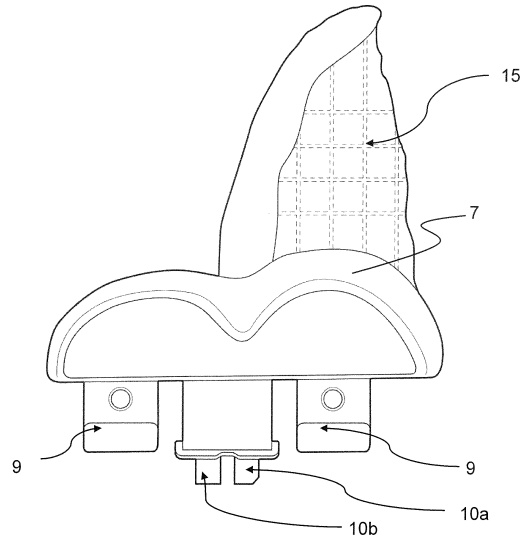


10

【 図 7 】



【 図 8 】



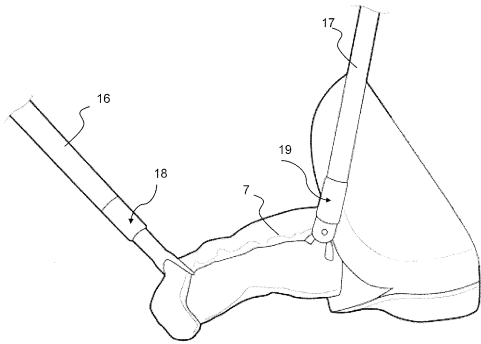
20

30

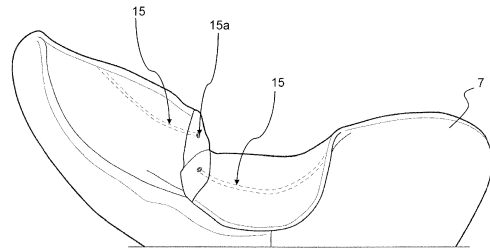
40

50

【 図 9 】

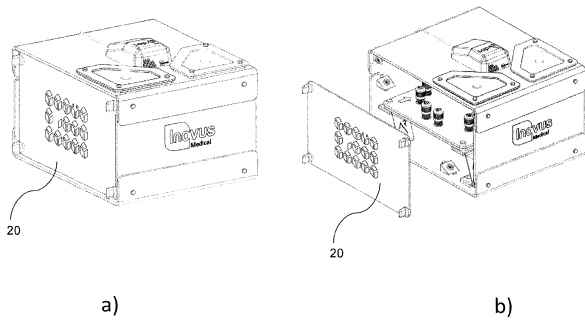


【 図 10 】



10

【 図 11 】



20

a)

b)

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 エリオット ロイ ストリート
グレートブリテン及び北アイルランド連合王国 M5 3 F Y サルフォード キーズ タイラーソン
通り南 X Q 7ビルディング アパートメント 1 2 1 4

審査官 池田 剛志

(56)参考文献 韓国公開特許第10 - 2011 - 0029313 (KR, A)
特開2016 - 148765 (JP, A)
特開2011 - 133830 (JP, A)
特開2001 - 005378 (JP, A)
特表2016 - 512349 (JP, A)
米国特許出願公開第2013 / 0085736 (US, A1)
国際公開第2018 / 218175 (WO, A1)
韓国登録特許第10 - 1275938 (KR, B1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G09B 1 / 00 - 9 / 56 ,
17 / 00 - 19 / 26 ,
23 / 00 - 29 / 14