

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5373263号
(P5373263)

(45) 発行日 平成25年12月18日 (2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日 (2013.9.27)

(51) Int. Cl.	F 1
A 6 1 B 1/04 (2006.01)	A 6 1 B 1/04 3 7 0
A 6 1 B 19/00 (2006.01)	A 6 1 B 19/00 5 0 2

請求項の数 11 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2006-335952 (P2006-335952)	(73) 特許権者	506410453
(22) 出願日	平成18年12月13日 (2006.12.13)		インテュイティブ サージカル, インコ
(65) 公開番号	特開2007-181670 (P2007-181670A)		ーボレイテッド
(43) 公開日	平成19年7月19日 (2007.7.19)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 940
審査請求日	平成21年11月25日 (2009.11.25)		86, サニーベール, カイファー ロ
(31) 優先権主張番号	11/322, 879	(74) 代理人	100078282
(32) 優先日	平成17年12月30日 (2005.12.30)		弁理士 山本 秀策
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100062409
			弁理士 安村 高明
		(74) 代理人	100113413
			弁理士 森下 夏樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元テレストレーションを提供する医療ロボットシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

3次元テレストレーションを提供する医療ロボットシステムであって、該医療ロボットシステムは、3次元ディスプレイを有する外科医コンソールを含み、該外科医コンソールは、外科医によって操作されることが可能であり、

該外科医コンソールは、

解剖学的構造の立体画像の対に関連付けられたテレストレーショングラフィック入力を受信することと、

該テレストレーショングラフィック入力の3次元ビューが生成されるように、該立体画像の対に対応する不一致マップを使用して、該立体画像の対のもう一方における対応するテレストレーショングラフィック入力を決定することであって、該テレストレーショングラフィック入力の深さマップは、それが配置される該解剖学的構造と同一である、ことと、

該解剖学的構造の該3次元ビューに対するオーバーレイとして、該テレストレーショングラフィック入力の該3次元ビューを該3次元ディスプレイ上に表示することと

を行うように構成されている、医療ロボットシステム。

【請求項 2】

ある場所から前記テレストレーショングラフィック入力を受信する前に該場所に前記立体画像の対のうちの前記1つに対する情報を送信する手段をさらに含む、請求項1に記載の医療ロボットシステム。

10

20

【請求項 3】

前記医療ロボットシステムは、エキスパート外科医によって操作されるエキスパートコンソールをさらに含み、前記場所は、該エキスパートコンソールである、請求項 2 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 4】

前記外科医コンソールは、前記立体画像の対のうちの前記 1 つに対する情報を前記場所に送信する前に、該立体画像の対に対する該情報を受信するようにさらに構成されている、請求項 2 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 5】

前記医療ロボットシステムは、立体内視鏡をさらに含み、

10

前記立体画像の対に対する前記情報は、前記外科医コンソールによって前記患者の前記体内に挿入された立体内視鏡から受信される、請求項 4 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 6】

前記立体画像の対は、前記立体内視鏡の対応する右および左のカメラビューを含む、請求項 5 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 7】

前記外科医コンソールは、

前記立体画像の対のうちの前記 1 つに対する情報を前記場所に送信した後、時間的に後の立体画像の対に対する情報を受信することと、

該立体画像の対に対する前記解剖学的構造の動きを決定するために、該立体画像の対に対する該情報を該時間的に後の立体画像の対の該情報と関連させることと、

20

該解剖学的構造の該動きを追跡するために、該時間的に後の立体画像の対における該解剖学的構造の 3 次元位置に対して前記テレステレショングラフィック入力の前記 3 次元位置を移動させることと

を行うようにさらに構成されている、請求項 4 に記載医療ロボットシステム。

【請求項 8】

前記外科医コンソールは、

前記立体画像の対に対する前記情報と前記時間的に後の立体画像の対に対する情報との前記相関を使用して信頼測定を決定することと、

該信頼測定の大きさに比例する明るさを用いて前記テレステレショングラフィック入力を表示することと

30

を行うようにさらに構成されている、請求項 7 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 9】

前記外科医コンソールは、前記テレステレショングラフィック入力の前記 3 次元ビューが時間の経過とともに衰退するように、該テレステレショングラフィックの該 3 次元ビューを表示するようにさらに構成されている、請求項 1 に記載の医療ロボットシステム。

【請求項 10】

3 次元テレステレションを提供する医療ロボットシステムであって、

侵襲最小外科的処置の間に患者の解剖学的構造の立体画像の対をキャプチャするために該患者の体に挿入可能である立体カメラアセンブリと、

40

該立体カメラアセンブリによってキャプチャされた該立体画像の対の右または左のビューを受信するように構成された受信器と、該受信された右または左のビューを 2 次元で表示するためのディスプレイと、エキスパートコンソールのオペレータからの該 2 次元で表示された右または左のビューの上のテレステレショングラフィック入力を受信するように構成されたテレステレションデバイスと、該テレステレショングラフィック入力を送信するように構成された送信器とを有するエキスパートコンソールと、

3 次元ディスプレイと、該立体カメラアセンブリによってキャプチャされた該立体画像の対を受信するように構成された第 1 の受信器と、該エキスパートコンソールの該送信器によって送信された該テレステレショングラフィック入力を受信するように構成された

50

第2の受信器とを有する外科医コンソールであって、
該外科医コンソールは、

該テレステレショングラフィック入力 of 3次元ビューが生成されるように、該立体画像の対に対応する不一致マップを使用して、該立体画像の対のもう一方における対応するテレステレショングラフィック入力を決定することであって、該テレステレショングラフィック入力の深さマップは、それが配置される該解剖学的構造と同一である、ことと、

該解剖学的構造の該3次元ビューに対するオーバーレイとして、該テレステレショングラフィック入力の該3次元ビューを該3次元ディスプレイ上に表示することと

を行うように構成されている、外科医コンソールと

を含む、医療ロボットシステム。

10

【請求項11】

前記外科医コンソールは、

前記立体画像の対のうちの前記1つに対する情報のある場所に送信した後、時間的に後の立体画像の対に対する情報を受信することと、

該立体画像の対に対する前記解剖学的構造の動きを決定するために該立体画像の対に対する該情報を該時間的に後の立体画像の対の情報と相関させることと、

該解剖学的構造の該動きを追跡するために、該時間的に後の立体画像の対における該解剖学的構造の3次元位置に対して前記テレステレショングラフィック入力の前記3次元位置を移動させることと

20

を行うようにさらに構成されている、請求項10に記載の医療ロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(連邦委託研究または開発に関する記述)

本発明は、National Institutes of Healthによって授与された契約第1 R41 EB004177-01号の下における政府支援によってなされた。政府は、本発明において所定の権利を有する。

【0002】

(技術分野)

30

本発明は、一般に、侵襲最小ロボット手術システムに関し、より詳細には、3次元テレステレションを提供する医療ロボットシステムに関する。

【背景技術】

【0003】

腹腔鏡検査法および胸腔鏡検査法のような侵襲最小外科の方法は、劇的に、病的状態を減らし得、看護の鋭敏さを減らし得、回復時間を早め得、かつより多くの満足した患者につながり得る。従来の腹腔鏡検査法および胸腔鏡検査法を行う外科医は、しかしながら、急な学習曲線に直面し、開手術(open surgery)と比較して彼らの器用さの劇的な減少とともに、手術現場を見て触れられることの深刻な低下に対処しなければならない。

40

【0004】

外科的テレロボットは、高忠実度3次元(3D)ビジョンおよび工具シャフトの端にある直観(intuitive)間接手首を外科医に与え得、それによって外科的分野における対象物を感知および操作する外科医の能力を根本的に改良する。テレロボットは、外科医の手の動作を減らすこともでき、より正確な操作のために震えを除去することもできる。これらの進歩は、外科医が、従来不可能であったような全内視鏡冠動脈バイパス手術および全内視鏡根治的前立腺切除術のような困難な処置の速い採用を達成することを可能にする。

【0005】

様々な種類の外科的処置に対する基準の手法としての侵襲最小手術(MIS)の出現は

50

、外科研修医のためのおよび外科開業医のための腹腔鏡検査法の技術習得の重要性を増加させた。現行の外科的トレーニングモデルは、進歩したM I Sにおける十分な経験を提供せず、複雑なM I S処置に対する学習曲線は、未経験の外科医に対する更なる複雑性につながり得る。

【 0 0 0 6 】

進歩した腹腔鏡検査法における、外科研修医レジデントの挑戦は、M I S処置が更に複雑になるとともに、より困難になった。侵襲最小外科的教育は、外科的操作および視覚化スキルの新しいセットの発展を必要とする。この必要性に応ずるために、現行のゴールドスタンダードは、専用のレジデンシー後のM I Sフェローシップである。無生命の実験室およびシミュレーショントレーニングのようないくつかのストラテジーも、初期のトレーニングの間における進歩した腹腔鏡検査法の手術に対するレジデントの関与を増加させるために、異なる成功率によって発展された。

10

【 0 0 0 7 】

より大きな挑戦は、進歩した侵襲最小手術を行うことに関心を抱いている既に関業している外科医に直面する。より少ない侵襲手法に向かう外科的看護の基準における進行中のシフトとともに、M I S処置に対する患者の強い要求は、動機付けを提供する。しかしながら、これらの外科医にとって、彼らのオープンまたは基本的なM I Sスキルを進歩したM I S処置に変えることはしばしば困難であり、不満足な外科的結果および増加した複雑さにつながる。

【 0 0 0 8 】

20

開業医のための現行のトレーニングパラダイムは、無生物または動物の実験室において非常に限定されたハンドオン経験を備える処置特定短コースに集中していた。そのようなストラテジーは、適切な知識および経験ベースを広めることに対してかなり乏しく、本質的に、人間の実際の手術における経験を提供しない。生徒は、多数の初期処置において、彼らの外科的指導者の存在を頻繁に必要とする。少なくとも1つの研究は、共通の腹腔鏡検査法のトレーニングコースが、外科医を熟練させることに対して不十分であり、かつ訪問指導者による単一の監督セッションが十分であり得ないことを示した。

【 0 0 0 9 】

従来の指導は、経験のある外科医の物理的存在を要求する。多数の新しい処置に対して、非常に少ない外科医が、一症例を監督または指導するための十分な経験を習得している。これは、その小グループの外科医に対する要求を増加させる。一症例を指導するために移動することは、指導者の実践および個人の人生から時間を取り、かつ学んでいる外科医および患者によって負担される費用を有する。

30

【 0 0 1 0 】

テレストレーション (t e l e s t r a t i o n) (「 テ レ イ ラ ス ト レ ー シ ョ ン (t e l e - i l l u s t r a t i o n) 」 を省略) は、効果的習得ツールとして示された。ここにおいて、指導者は、生徒の2次元外科的ビュー (v i e w) にオーバーレイされた図示を生成することができる。外科研修医が実権を握ったままであり得る一方、テレストレーションは、言語通信より更に明示的になり得、かつ機械的表示よりあまり不便にならない事がある指導の方法を提供する。テレストレーションは、指導者が、明瞭および有用なビジュアルキューを、同じ部屋またはある距離にわたって存在する、学んでいる外科医に提供することを可能にする。テレストレーションは、ロボット手術トレーニング機会のアクセシビリティを改良し、かつロボット補助手術に対する採用率を増加させる可能性を有す。

40

【 0 0 1 1 】

ロボット外科的システムの一例は、Intuitive Surgical, Inc., Sunnyvale, Californiaのda Vinci (登録商標) Surgical Systemである。da Vinci (登録商標) Surgical Systemは、僧帽弁修復、GERD病の治療のためのNissen Fundoplication、肥満に対するガスティックバイパス手術、前立腺の除去のための根治的前立腺切除術 (da Vinci (登録商標) 前立腺切除術)、食道手術、重症筋無力症の

50

ための胸腺切除、および双心室 (bi V e n t r i c u l a r) 再同期のための心外膜ペースメーカーリードのような様々な種類の外科的処置のために使用され得る。

【0012】

da Vinci (登録商標) Surgical Systemのユニークな特徴は、手術を行っている外科医に対して優れたテレプレゼンスを提供するその3次元ディスプレイである。da Vinci (登録商標) Surgical Systemは、3次元シーンの錯覚を生成するために2つ陰極線管、一連のミラーおよび対物レンズを使用して右および左のステレオ画像を外科医に提供する。

【0013】

実の双眼3Dラパロスコピック環境における生徒へのテレストレーションは、いくつかの決定的な方法において、従来の2D腹腔鏡検査法の視覚化に対する多大な改良を表す。2D操作画像を3D精神解剖学的モデルに変えることを必要とする学習曲線は、MIS初心者および経験豊かな外科医等に対して重大な挑戦をもたらす。3次元における本来の立体視覚化を回復することが、一般に、外科的精度を大きく強化する一方、そのようなイメージングが患者の成功の結果に対して絶対的に重大である、多数の特定状況がある。血管茎の制御、神経スペアリング (n e r v e - s p a r i n g) 解剖、微小血管吻合、ならびに心臓解剖および吻合のような技術的手技は、それぞれの解剖構造の各局面の詳細な理解を必要とする。

【0014】

そのような3次元ディスプレイにおけるテレストレーティングに対する一課題は、しかしながら、タッチスクリーンを用いる指導者が、2次元 (2D) 画像においてのみテレストレートできることである。それによって、指導者は、手術をする外科医がフットペダルに触れることを必要とするか、またはテレストレーションを見るために3Dビューから2Dビューにスイッチするための他のスイッチングデバイスを必要とする。これは、外科医にテレストレーションの便益を与えるが、処置の流れを妨げ、かつ3Dビジョンの便益を除去する。

【0015】

指導者からの通信を効率的に理解し、それらを3Dの手術現場に適用するために、被訓練者は、指導者の図を見るために、低下した2Dディスプレイにスイッチするための彼のまたは彼女の流れを中断することなく、3Dにおけるそれらの通信を知覚できるべきである。モードを2Dにスイッチすることを被訓練者に要求することより、むしろ、手術中に被訓練者の3Dディスプレイに生で指導者のテレストレーションを生じさせることが、指導者と被訓練者間のより頻繁および即興の通信を奨励する。3Dテレストレーションを提供するための1つの選択は、指導者に3D入力デバイスおよびステレオディスプレイを使用させることである。しかしながら、含まれるコストおよびロジスティクスは、解決策の魅力およびスケーラビリティを激しく制限する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

従って、本発明の一目的は、指導外科医のために3D入力デバイスおよびステレオディスプレイを必要としない解剖学的構造の3D画像上にテレストレートする方法を提供することである。

【0017】

本発明の他の目的は、実質的にリアルタイムにて動作し、かつ侵襲最小外科的処置においてローカルおよびリモートに指導するために適した解剖学的構造の3D画像上にテレストレートする方法を提供することである。

【0018】

本発明の更なる他の目的は、カメラに対して相対的に動いている解剖学的構造の3D画像上にテレストレートする方法を提供することである。

【0019】

10

20

30

40

50

本発明の更なる他の目的は、解剖学的構造の３Ｄ画像上に３Ｄテレステレージョンを提供する医療ロボットシステムである。

【課題を解決するための手段】

【００２０】

これらのおよび更なる目的は、本発明の様々な局面によって達成される。手短に述べると、一局面は、解剖学的構造の立体画像の対のうちの１つに関連するテレステレージョングラフィック入力を受信することと、テレステレージョングラフィック入力の３Ｄビューが解剖学的構造の３次元ビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、立体画像の対のもう一方における対応するテレステレージョングラフィック入力を決定することとを包含する、解剖学的構造の３Ｄ画像においてテレステレイトする方法である。

10

【００２１】

他の局面は、解剖学的構造の立体画像の一对に関連するテレステレージョングラフィック入力を受信するように構成され、かつテレステレージョングラフィック入力の３Ｄビューが解剖学的構造の３Ｄビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、立体画像の対のもう一方における対応するテレステレージョングラフィック入力を決定するように構成される外科医コンソールを備える、３Ｄテレステレージョンを提供する医療ロボットシステムである。

【００２２】

他の局面は、侵襲最小外科的処置の間に患者の解剖学的構造の立体画像の対をキャプチャするために患者の体に挿入可能である立体カメラアセンブリ；立体カメラアセンブリによってキャプチャされた立体画像の対の右または左のビューを受信するように構成された受信器と、受信された右または左のビューを２次元で表示するためのディスプレイと、エキスパートコンソールのオペレータによる２次元で表示された右または左のビューの上のテレステレージョングラフィック入力の生成を容易するように構成されるテレステレージョンデバイスと、テレステレージョングラフィック入力を送信するように構成される送信器とを有するエキスパートコンソール；および、立体カメラアセンブリによってキャプチャされた立体画像の対を受信するように構成される第１の受信器と、エキスパートコンソールの送信器によって送信されたテレステレージョングラフィック入力を受信するように構成される第２の受信器とを有する外科医コンソールであって、立体画像の受信された対から不一致マップを生成するように構成され、かつテレステレージョングラフィック入力の３Ｄビューが解剖学的構造の３Ｄビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、不一致マップを使用して立体画像の対のもう一方における対応するテレステレージョングラフィック入力を決定するように構成される、外科医コンソールとを備える、３Ｄテレステレージョンを提供する医療ロボットシステムである。

20

30

【００２３】

本発明はさらに、以下の手段を提供する。

【００２４】

（項目１）

解剖学的構造の３次元画像においてテレステレイトする方法であって、

解剖学的構造の立体画像の対のうちの１つに関連するテレステレージョングラフィック入力を受信することと、

40

該テレステレージョングラフィック入力の３次元ビューが該解剖学的構造の３次元ビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、該立体画像の対のもう一方における対応するテレステレージョングラフィック入力を決定することと

を包含する、方法。

【００２５】

（項目２）

上記解剖学的構造が、患者の体の外側である、項目１に記載の方法。

【００２６】

（項目３）

50

上記解剖学的構造が、患者の体内の肉体部分である、項目 1 に記載の方法。

【 0 0 2 7 】

(項目 4)

ある場所から上記テレストレーショングラフィック入力を受信する前に該場所に上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を送信することをさらに包含する、項目 3 に記載の方法。

【 0 0 2 8 】

(項目 5)

上記場所が、エキスパート外科医によって動作されるコンピュータである、項目 4 に記載の方法。

10

【 0 0 2 9 】

(項目 6)

上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を上記場所に送信する前に、該立体画像の対に対する該情報を受信することをさらに包含する、項目 4 に記載の方法。

【 0 0 3 0 】

(項目 7)

上記立体画像の対に対する上記情報が、上記患者の上記体内に挿入された立体内視鏡から受信される、項目 6 に記載の方法。

【 0 0 3 1 】

(項目 8)

上記立体画像の対が、対応する右および左のカメラビューを含む、項目 7 に記載の方法。

20

【 0 0 3 2 】

(項目 9)

上記立体画像の対に対する上記受信された情報から不一致マップを生成することをさらに包含する、項目 6 に記載の方法。

【 0 0 3 3 】

(項目 1 0)

上記立体画像の対の上記もう一方における上記対応するテレストレーショングラフィック入力を決定することが、上記不一致マップを使用する、項目 9 に記載の方法。

30

【 0 0 3 4 】

(項目 1 1)

上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を上記場所に送信した後、時間的に後の立体画像の対に対する情報を受信することと、

該立体画像の対に対する上記解剖学的構造の動きを決定するために、該立体画像の対に対する該情報を該時間的に後の立体画像の対の該情報と相関させることと、

該解剖学的構造の該動きを追跡するために、上記テレストレーショングラフィック入力の上記 3 次元ビューを位置づけることと

をさらに包含する、項目 6 に記載の方法。

【 0 0 3 5 】

(項目 1 2)

上記立体画像の対に対する上記情報と上記時間的に後の立体画像の対に対する上記情報との上記相関を使用して信頼測定を決定することと、

該信頼測定の大きさに比例する明るさを用いて、上記テレストレーショングラフィック入力を表示することと

を包含する、項目 1 1 に記載の方法。

40

【 0 0 3 6 】

(項目 1 3)

上記テレストレーショングラフィック入力の上記 3 次元ビューを、上記解剖学的構造の 3 次元ビューに対する非破壊グラフィックオーバーレイとして表示することをさらに包含す

50

る、項目 1 に記載の方法。

【 0 0 3 7 】

(項目 1 4)

上記テレストレーショングラフィック入力の上記 3 次元ビューを上記表示することは、該テレストレーショングラフィック入力の該 3 次元ビューが時間の経過とともに衰退するように実行される、項目 1 3 に記載の方法。

【 0 0 3 8 】

(項目 1 5)

3 次元テレストレーションを提供する医療ロボットシステムであって、該医療ロボットシステムは、外科医コンソールであって、解剖学的構造の立体画像の対に関連するテレストレーショングラフィック入力を受信するように構成されており、かつ該テレストレーショングラフィック入力の 3 次元ビューが該解剖学的構造の 3 次元ビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、該立体画像の対のもう一方における対応するテレストレーショングラフィック入力を決定するように構成されている外科医コンソールを備える、医療ロボットシステム。

10

【 0 0 3 9 】

(項目 1 6)

上記解剖学的構造が、患者の体の外側である、項目 1 5 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 4 0 】

(項目 1 7)

上記解剖学的構造が、患者の体内の肉体部分である、項目 1 5 に記載の医療ロボットシステム。

20

【 0 0 4 1 】

(項目 1 8)

ある場所から上記テレストレーショングラフィック入力を受信する前に該場所に上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を送信する手段をさらに備える、項目 1 7 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 4 2 】

(項目 1 9)

上記場所が、エキスパート外科医によって動作されるコンソールである、項目 1 8 に記載の医療ロボットシステム。

30

【 0 0 4 3 】

(項目 2 0)

上記外科医コンソールが、上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を上記場所に送信する前に、該立体画像の対に対する該情報を受信するようにさらに構成される、項目 1 8 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 4 4 】

(項目 2 1)

上記立体画像の対に対する上記情報が、上記外科医コンソールによって上記患者の上記体内に挿入された立体内視鏡から受信される、項目 2 0 に記載の医療ロボットシステム。

40

【 0 0 4 5 】

(項目 2 2)

上記立体画像の対が、上記立体内視鏡の対応する右および左のカメラビューを含む、項目 2 1 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 4 6 】

(項目 2 3)

上記外科医コンソールが、上記解剖学的構造の上記立体画像の対に対する上記受信された情報から不一致マップを生成するようにさらに構成される、項目 2 0 に記載の医療ロボットシステム。

50

【 0 0 4 7 】

(項 目 2 4)

上記外科医コンソールが、上記立体画像の対の上記もう一方における上記対応するテレ
ストレーショングラフィック入力決定するために、上記不一致マップを使用するように
さらに構成される、項目 2 3 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 4 8 】

(項 目 2 5)

上記外科医コンソールが、上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報を上記場所
に送信した後、時間的に後の立体画像の対に対する情報を受信するようにさらに構成され
ており、該立体画像の対に対する上記解剖学的構造の動きを決定するために、該立体画像
の対に対する該情報を該時間的に後の立体画像の対の該情報と関連させるようにさらに構
成されており、かつ該解剖学的構造の該動きを追跡するために、上記テレストレーション
グラフィック入力の上記 3 次元ビューを位置づけるようにさらに構成されている、項目 2
0 に記載医療ロボットシステム。

10

【 0 0 4 9 】

(項 目 2 6)

上記外科医コンソールが、上記立体画像の対に対する上記情報と上記時間的に後の立体
画像の対に対する情報との上記相関を使用して信頼測定を決定するようにさらに構成され
ており、該信頼測定の大きさに比例する明るさを用いて上記テレストレーショングラフィ
ック入力を表示するようにさらに構成されている、項目 2 5 に記載の医療ロボットシステ
ム。

20

【 0 0 5 0 】

(項 目 2 7)

上記外科医コンソールは、3次元ディスプレイを含んでおり、かつ上記テレストレーシ
ョングラフィック入力の上記 3 次元ビューを、該 3 次元ディスプレイにおいて、上記解剖
学的構造の 3 次元ビューに対するグラフィックオーバーレイとして表示するようにさらに構
成されている、項目 1 5 に記載の医療ロボットシステム。

【 0 0 5 1 】

(項 目 2 8)

上記外科医コンソールが、上記テレストレーショングラフィック入力の上記 3 次元ビ
ューが時間の経過とともに衰退するように、該テレストレーショングラフィック入力の該 3
次元ビューを表示するようにさらに構成されている、項目 2 7 に記載の医療ロボットシス
テム。

30

【 0 0 5 2 】

(項 目 2 9)

3次元テレストレーションを提供する医療ロボットシステムであって、
侵襲最小外科的処置の間に患者の解剖学的構造の立体画像の対をキャプチャするために
該患者の体に挿入可能である立体カメラアセンブリと、

該立体カメラアセンブリによってキャプチャされた該立体画像の対の右または左のビ
ューを受信するように構成された受信器と、該受信された右または左のビューを 2 次元で表
示するためのディスプレイと、エキスパートコンソールのオペレータによる該 2 次元で表
示された右または左のビューの上のテレストレーショングラフィック入力の生成を容易す
るよう構成されたテレストレーションデバイスと、該テレストレーショングラフィック
入力を送信するように構成された送信器とを有するエキスパートコンソールと、

40

該立体カメラアセンブリによってキャプチャされた該立体画像の対を受信するように構
成された第 1 の受信器と、該エキスパートコンソールの該送信器によって送信された該テ
レストレーショングラフィック入力を受信するように構成された第 2 の受信器とを有する
外科医コンソールであって、該立体画像の受信された対から不一致マップを生成するよ
うに構成されており、かつ該テレストレーショングラフィック入力の 3 次元ビューが該解剖
学的構造の 3 次元ビューに対するオーバーレイとして表示され得るように、該不一致マップ

50

を使用して該立体画像の対のもう一方における対応するテレステレーショングラフィック入力を決定するように構成されている、外科医コンソールと
を備える、医療ロボットシステム。

【 0 0 5 3 】

(項目 3 0)

上記外科医コンソールが、上記立体画像の対のうちの上記 1 つに対する情報がある場所に送信した後、時間的に後の立体画像の対に対する情報を受信するようにさらに構成されており、該立体画像の対に対する上記解剖学的構造の動きを決定するために該立体画像の対に対する該情報を該時間的に後の立体画像の対の情報と相関させるように構成されており、かつ該解剖学的構造の該動きを追跡するために上記テレステレーショングラフィック
10 入力の上記 3 次元ビューを位置づけるようにさらに構成されている、項目 2 9 に記載の医療ロボットシステム。

【 発明の効果 】

【 0 0 5 4 】

本発明により、指導外科医のために 3 D 入力デバイスおよびステレオディスプレイを必要としない解剖学的構造の 3 D 画像上にテレステレートする方法が提供され得る。

【 0 0 5 5 】

また、本発明により、実質的にリアルタイムにて動作し、かつ侵襲最小外科的処置においてローカルおよびリモートに指導するために適した解剖学的構造の 3 D 画像上にテレステレートする方法が提供され得る。
20

【 0 0 5 6 】

また、本発明により、カメラに対して相対的に動いている解剖学的構造の 3 D 画像上にテレステレートする方法が提供され得る。

【 0 0 5 7 】

また、本発明により、解剖学的構造の 3 D 画像上に 3 D テレステレーションを提供する医療ロボットシステムが提供され得る。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 5 8 】

本発明の更なる目的、特徴および利点は、その好ましい実施形態の添付の図面を考慮すべき以下の説明から明らかになるであろう。
30

【 0 0 5 9 】

図 1 は、例として、3 次元テレステレーションを提供する医療ロボットシステム 1 0 0 を示す。この例においては、手術をする外科医 (S) は、患者 (P) に侵襲最小外科的処置を行っている。更に、侵襲最小外科的処置におけるエキスパートであるか、または少なくともより経験がある指導外科医 (M) は、処置のときに手術をする外科医 (S) に指導またはアドバイスをする。患者 (P) サイトに位置する一人以上のアシスタント (A) も、処置のときに手術をする患者 (S) を補助し得る。

【 0 0 6 0 】

システム 1 0 0 は、手術をする外科医 (S) によって操作される外科医マスター制御ステーション 1 5 1 (明細書中において「外科医コンソール」とも呼ばれる)、3 つのスレーブロボットメカニズム 1 2 1 ~ 1 2 3 を有するスレーブカート 1 2 0、および指導外科医 (M) によって操作される指導者マスター制御ステーション 1 3 1 (明細書中において「指導者コンソール」とも呼ばれる) を含む。指導者マスター制御ステーション 1 3 1 は、点から成る曲線によって外科医マスター制御ステーション 1 5 1 から離れて示される。なぜなら、指導者マスター制御ステーション 1 3 1 は、外科医マスター制御ステーション 1 5 1 に対してローカル (すなわち、手術室環境内) であり、または外科医マスター制御ステーション 1 5 1 からリモート (すなわち、手術室環境からリモート) のいずれかになり得るからである。
40

【 0 0 6 1 】

スレーブロボットメカニズム 1 2 1 ~ 1 2 3 の遠位端に結合される手術関連デバイス (50

手術関連デバイス 167 のような) が、患者 (P) に侵襲最小外科的処置を実行するために患者 (P) 内の切開 (切開 166 のような) を介して挿入され得、かつ手術をする外科医 (S) によってマスター制御ステーション 151 において操作され得るように、スレーブカート 120 は、患者 (P) に沿って配置される。スレーブロボットメカニズム 121 ~ 123 の各々は、好ましくは、リンケージであって、互いに結合され、かつ従来の様式においてモータ制御された継手を介して操作されているリンケージを含む。

【0062】

1つのスレーブカート 120 のみが本例において使用されるものとして示されるが、必要に応じて追加のスレーブカートも使用され得る。更に、カート 120 において、3つのスレーブロボットメカニズム 121 ~ 123 が示されるが、必要に応じて1つのスレーブカートに対してより多く、またはより少ないスレーブロボットメカニズムが使用され得る。スレーブカート 120 のようなスレーブカートの追加の詳細は、本明細書中に参考に援用される、同一出願人に係る米国特許第 6,837,883 号の「Arm Cart for Telerobotic Surgical System」において見出され得る。

10

【0063】

立体内視鏡は、好ましくは、スレーブロボットメカニズムの遠位端に結合される手術関連デバイスの1つである。他の手術関連デバイスは、クランプ、捕捉器具 (grasper)、はさみ、ホッチキス、および持針器のような、侵襲最小外科的処置を実行するための操作可能エンドエフェクタを備える様々な工具になり得る。

20

【0064】

一度に使用される手術関連デバイスの数、結果的に、システム 100 におけるスレーブロボットメカニズムの数は、一般に、診断用または外科的処置、ならびに他の要因との手術室内における空間制限による。処置の間に使用される1つ以上の手術関連デバイスを変更する必要がある場合、複数のアシスタント (A) のうちの1つは、もう必要ではない手術関連デバイスをそのスレーブロボットメカニズムの遠位端から除去し得、かつ手術室内の一盛りのそのようなデバイスからの他の手術関連デバイスと置き換え得る。代替的に、ロボットメカニズムは、手術をする外科医 (S) の複数のマスター入力デバイスのうちの1つを使用して工具交換を実行するために、手術をする外科医 (S) に提供され得る。

30

【0065】

侵襲最小外科的処置における外科医のコラボレーションおよび/または指導を容易にするために、参加する外科医の各々は、手術部位を見るための関連ディスプレイおよび他の参加する外科医と通信するためのマイクロホンおよびイヤホンセットのような通信手段を有する。この場合における立体内視鏡の使用は、手術部位のリアルタイム、3次元画像の生成および表示を可能にする。

【0066】

より詳細には、3Dディスプレイ 152 は、外科医マスター制御ステーション 151 に結合または統合され、3Dディスプレイ 132 および2Dタッチスクリーン 135 は、指導者マスター制御ステーション 131 に結合または統合され、かつ2Dディスプレイ 142 は、ビジョンカート 141 上に提供される。その結合または統合は、手術をする外科医 (S)、指導外科医 (M)、および一人以上のアシスタント (A) が、侵襲最小外科的処置の間、手術部位を見ることが可能であるようになされる。

40

【0067】

参加者の各々に提供される通信手段は、従来のオーディオシステムの一部として、個々のマイクロホンおよびイヤホン (またはスピーカ) 構成要素、または代替的に、手術をする外科医 (S) の頭の上に配置されて示されるヘッドホンセット 153 のような個々のヘッドホンセットを含み得る。好ましくは、二重オーディオ通信システム (マイクロホンおよびスピーカの対) は、各外科医のマスター制御ステーションに組み入れられる。代替的に、ヘッドセットのユーザに最大の快適および自由な動きを提供するためにワイヤレス通信を使用するもの、あるいはそれぞれのマスター制御ステーションまたはスレーブカート

50

にワイヤを通じて接続され得、次いで、手術をする外科医（Ｓ）、指導外科医（Ｍ）および一人以上のアシスタント（Ａ）の間の音声通信のためにライン１１０およびライン１１２を通じて一緒に接続されるものも含む、ヘッドセットが使用され得る。

【００６８】

図２は、簡略化した例として、外科医コンソールまたはマスター制御ステーション１５１の正面斜視図を示す。外科医コンソール１５１に含まれるものは、右および左の眼窩２２３および２２４を有する３Ｄディスプレイ１５２である。ここにおいて、眼窩は、外科医コンソール１５１の前に着席している外科医がその眼窩を通して下を見て、それによってそこで見られた手術部位がそのような位置にあるという感覚を外科医に与えるように位置される。右および左のマスター入力デバイス２０３および２０４も含まれる。ここにおいて、マスター入力デバイスは、外科医が３Ｄディスプレイ１５２を通じて見られるように手術部位における関連器具を直接操作しているという感覚を外科医が有するように、外科医コンソール１５１の凹所領域２１０内に位置される。プロセッサ２４０は、処理能力を提供するために外科医コンソール１５１に結合または統合される。テレストレーションをターンオンおよびターンオフするため、テレストレーションを隠し表示して後でリコールするため、または３Ｄディスプレイ１５１において３Ｄと２Ｄビュー間をスイッチするためのようなスイッチング能力を提供するために、フットペダル２３１も外科医コンソール１５１に含まれる。代替的に、そのようなスイッチング能力は、テレストレーションデバイス、入力デバイス、または制御コンソールディスプレイ上のボタンを使用してインプリメントされ得るか、または音声入力によってインプリメントされ得る。

【００６９】

外科医マスター制御ステーション１５１のようなマスター制御ステーションの追加の詳細は、本明細書中に参考に援用される、同一出願人に係る米国特許第６，７１４，８３９号の「Master Having Redundant Degrees of Freedom」および同一出願人に係る米国特許第６，６５９，９３９号の「Cooperative Minimally Invasive Telesurgical System」において見出され得る。指導者マスター制御ステーション１３１は、外科医コンソール１５１に類似して構成され得るか、または代替的に、単に、手術部位（例えば、外科医マスター制御ステーション１５１から提供されるように）の２Ｄビューイングのための取り付けられたタッチスクリーンおよびデジタルペンを備える従来のパーソナルコンピュータ、およびそこに見られる解剖学的構造におけるテレストレーションになり得る。

【００７０】

侵襲最小外科的処置を実行するために、手術をする外科医（Ｓ）は、右および左のマスター入力デバイス２０３および２０４のうちの１つまたは両方を操作し得る。それによって、スレーブロボットメカニズム１２３のような関連スレーブロボットメカニズムは、手術をする外科医（Ｓ）が彼または彼女の３Ｄディスプレイ１５２を通じて手術部位を見る間、患者（Ｐ）の体内にある切開１６６のような侵襲最小切開を介して外科的デバイス１６７のようなそれぞれの手術関連デバイスを操作する。

【００７１】

好ましくは、手術をする外科医（Ｓ）が関連する手術関連デバイスを直接制御しているという強い認識力を有するように、マスター入力デバイスは、手術をする外科医（Ｓ）に、テレプレゼンス、またはマスター入力デバイスがそれらに関連する手術関連デバイスと統合しているという知覚を提供するために、それらの関連する手術関連デバイスと同じ自由度において移動可能になる。このために、位置、力、および触覚フィードバックセンサは、好ましくは、位置、力、および触覚感覚をデバイス（またはそれらのスレーブロボットメカニズム）からそれらの関連するマスター入力デバイスに送信し戻すように使用される。それは、手術をする外科医（Ｓ）が、マスター入力デバイスを動作するとともに、彼または彼女の手によってそのように感じ得るようにである。

【００７２】

前述したように、テレプレゼンス経験を更に拡張するために、マスター制御ステーション151の3Dディスプレイ152上に表示される手術部位の3D画像（およびそこに見られる解剖学的構造）は、手術をする外科医（S）が手術部位を実際に下に直接向いて見ていると感じるように適応される。このために、手術をする外科医（S）によって操作される手術関連デバイスの画像は、観測点（すなわち、内視鏡またはビューイングカメラ）が画像の視点からではない場合もあり得るにも関わらず、彼または彼女の手が位置している場所を実質的に配置されるように見える。

【0073】

医療ロボットシステム100および3Dディスプレイ152のようなテレプレゼンスシステムおよび3Dディスプレイの追加の詳細は、本発明の譲受人によって排他的にライセンスされ、本明細書中に参考に援用される米国特許第5,808,665号の「Endoscopic Surgical Instrument and Method for Use」、および本明細書中に参考に援用され、同一出願人に係る米国特許第6,424,885号の「Camera Referenced Control in a Minimally Invasive Surgical Apparatus」において見出され得る。

【0074】

図3は、一例として、3Dテレステーションを提供する医療ロボットシステムの一部のブロック図を示す。この例において、手術をする外科医（S）が患者（P）に沿ってローカルに配置（すなわち、手術室内にて）される一方、指導外科医（M）は、リモートに配置（すなわち、手術室内ではない）されると仮定される。

【0075】

患者内における手術部位に挿入された立体内視鏡（スレーブロボットメカニズム122に結合される手術関連デバイスのような）によってキャプチャされた右（R）および左（L）のカメラビュー（または立体画像の対）の情報は、外科医コンピュータ302（マスター制御ステーション151のプロセッサ240のような）によって立体内視鏡301から受信される。同時に、立体画像の各対のうちの1つのカメラビュー（例えば、右のカメラビューのような）は、映像通信インターフェース306および316を介してエキスパートまたは指導者コンピュータ312（指導者マスター制御ステーション131に結合されまたは統合されるプロセッサのような）に送信される。そのような目的のために適した映像通信インターフェースの例としては、Pleasanton, CaliforniaのPolycom Inc.によって配布されるPolycom VS4000またはVSX 7000eが挙げられる。手術部位における解剖学的構造のうちの1つのカメラビューを送信するためのそれらの使用に追加して、映像通信インターフェース306および316は、それぞれが外科医コンピュータ302およびエキスパートコンピュータ312を動作する手術をする外科医とエキスパート外科医との間のオーディオを通信するためにも使用され得る。

【0076】

外科医コンピュータ302は、立体画像の対に対する受信された情報を処理し、それらを手術をする外科医（S）による3次元ビューイングのために3Dディスプレイ303（マスター制御ステーション151の3Dディスプレイ152のような）に提供する。手術をする外科医（S）は、次いで、スレーブロボットメカニズム305（スレーブカート120のスレーブロボットメカニズム121および123のような）、結果的にはそれらの取り付けられた手術関連デバイスを駆動するようにマスター操作器304（右および左のマスター入力デバイス203および204）を操作する。

【0077】

その間、エキスパートコンピュータ312は、受信されたカメラビューを処理し、それを指導外科医（M）による2次元ビューイングのためにタッチスクリーン313（指導者マスター制御ステーション131に結合されるタッチスクリーン135のような）に提供する。そのような目的のために適したタッチスクリーンの一例は、Vancouver,

WashingtonのWacom Technology Corp.によって配布されるWacom Cintiq 15 Xである。指導者外科医(M)は、次いで、デジタルペン(指導者マスター制御ステーション131に結合されるデジタルペン136のような)を使用してタッチスクリーン313の表面にテレステレショングラフィックを描き得る。テレステレショングラフィックは、典型的に、手書きの線、円、矢印等になり得る。

【0078】

指導外科医(M)がテレステレショングラフィック入力の情報を描く一方、エキスパートコンピュータ312は、次いで、例えば、TCP/IP接続を介して部分的にリアルタイムに外科医コンピュータ302にテレステレショングラフィック入力情報を自動的に送信し得る。あるいは、エキスパートコンピュータ312は、例えば、タッチスクリーン313またはそのデジタルペン上の適切なボタンまたはスイッチをクリックすることによって、指導外科医(M)が送信が行われるべきであること示した後にだけTCP/IP接続を介してテレステレショングラフィック入力の全体を送信し得る。

【0079】

外科医コンピュータ302は、次いで、エキスパートコンピュータ312から受信されたテレステレショングラフィック入力を処理する。それは、テレステレショングラフィック入力の3Dビューが、図6を参照して説明される方法に従い、3Dディスプレイ303内のテレステレショングラフィック入力に対応する解剖学的構造の3Dビューに対するオーバレイとして表示され得るようにである。本明細書中に説明されるように、それぞれのタスクを実行するように外科医コンピュータ302およびエキスパートコンピュータ312にそれぞれ構成されるモジュールについての追加の詳細は、図4および図5を参照して更に下述される。

【0080】

図4は、一例として、3Dテレステレション能力を外科医コンピュータ302に提供するモジュールおよび外科医コンピュータ302のこれらのモジュールと相互作用するハードウェア構成要素のブロック図を示す。図5は、一例として、テレステレショングラフィック入力を生成し、それをそのようなグラフィック入力の3Dテレステレションのために外科医コンピュータ302に送信する能力を指導者またはエキスパートコンピュータ312に提供するモジュール、およびエキスパートコンピュータ312のこれらのモジュールと相互作用するハードウェア構成要素のブロック図を示す。

【0081】

初めに図4を参照すると、カナダのMatrox Electronic Systems Ltd.によって配布されるMatrox Orionフレームグラバーボードのような画像取得モジュール401は、内視鏡カメラからの左および右のNTSC信号においてのように、立体内視鏡301からの立体画像の対の情報をキャプチャする。更に、その情報を画像取得モジュール401によってキャプチャされる、対応する右および左のカメラビュー(またはフレーム)を使用して不一致マップを定期的に生成または更新する画像相関モジュール402に提供する。

【0082】

画像取得モジュール401の出力は、タッチスクリーン412上に2Dにて表示される、Wacom Cintiq 15 Xのようなローカルタッチスクリーン412に立体画像の対のうちの選択された1つのために情報を提供するローカルユーザインターフェース411にも提供され得る。ローカルエキスパートまたは指導外科医は、次いで、レンダリングユニット404に提供されるテレステレショングラフィックユニットを生成するために、デジタルペンを使用してタッチスクリーン412上にてテレステレートし得る。

【0083】

画像取得モジュール401の出力は、立体画像のキャプチャされた対をレンダリングユニット404によって生成される3Dテレステレショングラフィックユニットと組み合わせ、その組み合わせを手術をする外科医(S)による3次元ビューイングのために3D

10

20

30

40

50

ディスプレイ 303 に提供するグラフィックオーバーレイモジュール 405 にも提供される。レンダリングユニット 404 は、ローカルユーザインターフェース 411 を介してローカル指導者から、またはテレステレショングラフィック受信ユニット 403 を介してリモート指導者のいずれかから、立体画像の対のうちの 1 つに関連する 2D テレステレショングラフィック入力を受信し得る。

【0084】

図 5 を参照すると、Matrox Orion フレームグラバのような画像取得モジュール 501 は、内視鏡カメラからの右の NTSC 信号においてのように、映像通信インターフェース 316 によって受信される立体画像の対のうちの選択された 1 つの情報をキャプチャする。更に、その情報をタッチスクリーン 313 上の 2D に表示されるように、Wacom Cintiq 15X のようなタッチスクリーン 313 に、リモートユーザインターフェース 502 を介して提供する。

【0085】

エキスパートまたは指導外科医は、次いで、リモートユーザインターフェース 502 を介してテレステレショングラフィック送信ユニット 503 に提供されるテレステレショングラフィック入力を生成するために、デジタルペンを使用してタッチスクリーン 313 上にテレステレイトし得る。テレステレショングラフィック送信ユニットは、次いで、TCP/IP を通じてリアルタイムにて自動的にまたはユーザコマンドによって、外科医コンピュータ 302 内のテレステレショングラフィック受信ユニット 403 に、テレステレショングラフィック入力をメタデータ（選択されたグラフィック言語形式であり得る）として送信する。

【0086】

図 6 は、立体内視鏡 301 から受信された立体画像の対の情報において動作する外科医コンピュータ 302 内のモジュールによって一般的に実行される解剖学的構造の 3D 画像上にテレステレイトするための方法のフロー図を示す。テレステレションはリモート指導者外科医（すなわち、手術室環境からリモートである）によって実行されることがこの例の目的に対して仮定されるが、この方法が、テレステレションがローカル指導者外科医（すなわち、手術室環境内において）によって実行される場合に対しても同様に適用可能であることが理解される。

【0087】

方法を実行する前、立体内視鏡 301 は、好ましくは、その内因性および外因性パラメータの両方に対して完全に較正される。それは、光学的ひずみが除去され、結果の透視画像は、アライメントへと直されるようにである。より詳細には、図 9 における例に示されるように、この様式において立体内視鏡 301 を較正することは、左および右のカメラビュー画像における相関点の間の不一致が水平のエピポーラ（epipolar）線に沿っており、誤った一致に対してより少ないチャンスを備える 1 次元サーチを可能にし、それによって、解像度および正確度を改良する。この非リアルタイムカメラ較正は、一般に、California Institute of Technology (Caltech) のウェブサイトからダウンロード可能である Camera Calibration Toolbox for Matlab（登録商標）を用いてのように、従来技術を使用して実行される。

【0088】

601 において、画像取得モジュール 401 は、立体内視鏡 301 から立体画像の対の情報を連続して受信する。同時に、映像通信ユニット 306 は、リモートエキスパートタッチスクリーン 313 への送信のために、立体内視鏡 301 から立体画像の対のうちの選択された 1 つ（例えば、立体内視鏡 301 内の右および左のカメラのうちの 1 つに対応する）のみに対する情報を連続して受信し得る。

【0089】

602 において、画像取得モジュール 401 は、601 にて受信された情報から右および左のカメラビュー（すなわち、右および左の 2D フレーム）のセットをキャプチャまた

10

20

30

40

50

は取得する。更に、画像取得モジュール401は、そのカメラビューを、好ましくは、リアルタイム動作に対して十分に速く、かつ侵襲最小外科的処置に適した手術部位の3Dビューを提供するために十分に正確である画像関連アルゴリズムを使用して右および左のカメラビューから不一致マップを構成する画像関連モジュール402に提供する。そのような画像関連アルゴリズムの一例は、本明細書中に参考に援用される、Douglas P. Hartに公布されMassachusetts Institute of Technologyに譲渡された米国特許第6,108,458号の「Sparse Array Image Correlation」に説明される。

【0090】

603において、レンダリングユニット404は、第一に、リモート指導者またはローカル指導者から受信されるテレステレショングラフィック入力 of 3Dビューをレンダリングする。グラフィックオーバーレイモジュール405は、次いで、601にて受信されたステレオ画像の対によって提供されたように、手術部位の3Dビューの上にテレステレショングラフィック入力のレンダリングされた3Dビューをオーバーレイする。最後に、グラフィックオーバーレイモジュール405は、オーバーレイされた3Dテレステレショングラフィック入力を手術部位の3Dビューに提供する。それは、3Dディスプレイ303が、それらを手術をする外科医(S)に表示し得るようにである。

【0091】

604において、立体内視鏡301から立体画像の対の情報を連続して受信する画像取得モジュール401は、前にキャプチャされたものの時間的に後に受信される情報から右および左のカメラビュー(すなわち、右および左の2Dフレーム)の他のセットをキャプチャまたは取得する。

【0092】

605において、後に受信された情報の右および左のフレームは、適切な画像関連アルゴリズムを使用してそれらの前にキャプチャされた対応物と関連される(すなわち、時間 $t+1$ にてキャプチャされる右のフレームは、時間 $t+0$ にて前にキャプチャされた右のフレームと関連され、時間 $t+1$ にてキャプチャされる左のフレームは、時間 $t+0$ にて前にキャプチャされた左のフレームと関連される)。このように、右および左のフレームをそれらの前にキャプチャされた対応物と関連させることによって、手術部位にあり、カメラビュー内の解剖学的構造の動きは決定され得る。更に、テレステレショングラフィック入力の3Dポジションは、それが描かれたものの上で、解剖学的構造の追跡動きに従って動かされ得る。更に、信頼測定は相関値のように計算され得、表示されたテレステレショングラフィック入力の明るさは、信頼測定の大きさに比例し得る。

【0093】

606において、ロールオーバーカウンタはインクリメントされ、607において、カウンタはロールオーバーしたか否かをチェックされる。ロールオーバーをしていない場合、この方法は、内側ループ603~607を繰り返すためにループバックする。ロールオーバーした場合、この方法は、外側ループ602~607を繰り返すためにループバックする。このようにして、602における不一致マップの生成は、604~605にて実行された解剖学追跡と比較して低頻度にて実行され得る。例えば、ロールオーバーカウンタのためのクロック周波数およびロールオーバー値を適切に選択することによって、内側ループ603~607は、30Hzの周波数において実行され得る。その一方、外側ループ602~607は、1Hzのレートのように、より低頻度に行われる。ロールオーバーカウンタがこの目的のために使用されるように説明されるが、同じまたは類似した機能を達成するための他の従来技術が代わりに使用され得、それらは本発明の範囲内にあるように十分に考えられる。

【0094】

図7は、一例として、図6を参照して説明される方法の機能603を実行するときにレンダリングユニット404およびグラフィックオーバーレイモジュール405によって実行されるタスクを詳しく述べるフロー図を示す。立体画像の対の右のカメラビューが、ビュ

10

20

30

40

50

ーイングおよびテレステレーションのためにリモート指導外科医に送信されたことがこの例において仮定されるが、明細書中に説明される以下および他の方法は、代わりに左のビューが送信される場合に対しても同様に適用可能である。

【0095】

701において、レンダリングユニット404は、テレステレショングラフィック受信ユニット403を通じてリモート指導外科医から、立体画像の対の右のカメラビューに対応するテレステレショングラフィック入力のための情報を受信する。受信された情報が、好ましくは、テレステレショングラフィック入力を選択されたグラフィック言語に規定するので、レンダリングユニット404は、受信された情報を不一致マップと一致するように必要に応じて変換する。

10

【0096】

好ましくは、テレステレショングラフィック入力の深さは、右のカメラビューに位置する解剖学的構造と同じである。従って、右のカメラビューに対応する受信されたテレステレショングラフィック入力の位置から、テレステレショングラフィック入力の深さは、不一致マップを使用して容易に決定可能である。なぜなら、不一致マップは、立体内視鏡301のための較正処理の間、非リアルタイムにおいて決定され得る深さマップに直接関連するからである。

【0097】

702において、レンダリングユニット404は、次いで、右のカメラビュー内の受信されたテレステレショングラフィック入力位置に対応する左のカメラビュー内のテレステレショングラフィック入力位置を決定する。これは、右および左のカメラビューのために前に生成された不一致マップを使用することによって行われる。より詳細に、右のカメラビューに対応する受信されたテレステレショングラフィック入力の選択された点に対して、不一致値は読み取られる。読み取られない場合、これらの点の場所における不一致マップから決定される。それらの点に対する左のカメラビュー内の対応する場所は、次いで、不一致値によって右のカメラビュー内の場所を調節することによって決定される。

20

【0098】

703において、グラフィックオーバーレイモジュール405は、右のカメラビューに対して位置されたテレステレショングラフィック入力を右のカメラビューの上にオーバーレイするか、または右のカメラビューとブレンドする。更に、左のカメラビューに対して位置されたテレステレショングラフィック入力を左のカメラビューの上にオーバーレイするか、または左のカメラビューとブレンドする。好ましくは、両方のオーバーレイは、内在するカメラビュー情報が保存されるように、非破棄様式において実行される。グラフィックオーバーレイモジュール405は、次いで、オーバーレイされた3Dテレステレショングラフィック入力を備える立体の右および左のカメラビュー情報を3Dディスプレイ303に提供する。それは、手術をする外科医(S)が、3D解剖学的構造上に適切に位置される3Dテレステレショングラフィック入力で見得るようにである。必要に応じて、情報は、3Dテレステレショングラフィック入力にリアルタイムに手によって描かれたように現れるか、または一度に全体において現れるかのどちらかの方法において、3Dディスプレイ303に提供され得る。更に、必要に応じて、情報は、3Dテレステレショングラフィック入力が1つの端からもう一方の端まで徐々に消えるか、または全ての点を一緒に衰退させるかのどちらかによって、ある期間の後に衰退するような方法において、3Dディスプレイ303に提供され得る。更に、前述されたように、信頼測定は相関値のように計算され得、表示されたテレステレショングラフィック入力の明るさは、信頼測定の大きさに比例し得る。

30

40

【0099】

図8は、一例として、図6を参照して説明される方法の解剖学的構造追跡機能605を実行するときにレンダリングユニット404およびグラフィックオーバーレイモジュール405によって実行されるタスクを詳しく述べるフロー図を示す。801において、レンダリングユニット404は、画像関連モジュール402に、(a)画像取得モジュール40

50

1によって、最も最近キャプチャされた右のカメラビューをその直前にキャプチャされた右のカメラビューと関連させ、(b)画像取得モジュール401によって、最も最近キャプチャされた左のカメラビューをその直前にキャプチャされた左のカメラビューと関連させることによってフレーム-フレーム(F/F)画像相関を実行する。このF/F画像相関を実行することによって、立体内視鏡の3D空間内の新しい位置が、テレステレショングラフィック入力の上にオーバーレイされる解剖学的構造のために決定される。

【0100】

仮に、立体内視鏡301に対して相対的であったとしても、手術部位において見られる解剖学的構造はゆっくりと動くことだけを期待されているため、801にて実行されるF/F画像相関は、不一致マップを構成するために602にて実行される画像相関より速く実行され得る。なぜなら、画像相関が実行される領域が減少され得るからである。領域のこの減少は、特に有用である。なぜなら、右および左のカメラビューにおける識別特性の位置が、水平のエピポーラ線に沿うそれらの不一致値によってのみ異なることが期待される不一致マップ決定とは違って、解剖学追跡目的のためには、垂直および深さの動きを考慮することも有用であるからである。

10

【0101】

802において、レンダリングユニット404は、次いで、最も最近のキャプチャされた右および左のカメラビュー内のテレステレショングラフィック入力の位置を更新する。それによって、テレステレショングラフィック入力の上にオーバーレイされる解剖学的構造の動きを追跡する。特に、解剖学的構造およびテレステレショングラフィック入力の共有された(すなわち、オーバーレイされた)点の各々のために、テレステレショングラフィック入力点は、F/F画像相関を通じて決定されたように、右および左の両方のカメラビューにおけるその対応する解剖学的構造点の新しい位置に移動される。

20

【0102】

本発明の様々な局面が好ましい実施形態に対して説明されたが、本発明に、添付の特許請求の範囲の全範囲内の完全な保護が与えられることが理解される。

【0103】

医療ロボットシステムは、指導外科医から解剖学的構造の立体画像の対のうちの1つに関連する2Dテレステレショングラフィック入力を受信することと、不一致マップを使用して立体画像の対のもう一方における対応する2Dテレステレショングラフィック入力を決定することと、テレステレショングラフィック入力をそれぞれの立体画像の対のうちの1つにブレンドすることと、テレステレショングラフィック入力の3Dビューが解剖学的構造の3Dビューに対するオーバーレイとして手術をする外科医に表示され得るように、ブレンドされた結果を3Dディスプレイに提供することとによって、解剖学的構造の3Dビューの上に3Dテレステレシェーションを提供する。

30

【0104】

以上のように、本発明の好ましい実施形態を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。本明細書において引用した特許、特許出願および文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されているのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

40

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明の局面を使用して、3Dテレステレシェーションを提供する医療ロボットシステムを備える手術室の平面図を示す。

【図2】本発明の局面を使用するように構成されるプロセッサを含むマスター制御ステーションの正面斜視図を示す。

【図3】本発明の局面を使用して、3Dテレステレシェーションを提供する医療ロボットシ

50

テムのブロック図を示す。

【図４】本発明の局面を使用して、外科医コンピュータ内のモジュールおよび外科医コンピュータに結合された構成要素のブロック図を示す。

【図５】本発明の局面を実施するために有用である、エキスパートコンピュータ内のモジュールおよびエキスパートコンピュータに結合された構成要素のブロック図を示す。

【図６】本発明の局面を使用して、解剖学的構造の３Ｄ画像上にテレストレートする方法のフロー図を示す。

【図７】本発明の局面を使用して、３Ｄ解剖学的構造の上に３Ｄテレストレーショングラフィック入力 オーバレイする方法のフロー図を示す。

【図８】本発明の局面を使用して、解剖追跡および追跡された解剖学的構造の上の３Ｄテレストレーションのための方法のフロー図を示す。

10

【図９】本発明の局面を実施するために有用である、３Ｄ座標フレームにおける点の立体画像の対に対するエピソードラジオメトリの一例を示す。

【符号の説明】

【０１０６】

- １００ 医療ロボットシステム
- １２０ スレーブカート
- １３１ 指導者マスター制御ステーション
- １３２、１５２ ３Ｄディスプレイ
- １３５ ２Ｄタッチスクリーン
- １３６ デジタルペン
- １４１ ビジョンカート
- １４２ ２Ｄディスプレイ
- １５１ 外科医マスター制御ステーション
- １５３ ヘッドホンセット
- １６６ 切開
- １６７ 手術関連デバイス

20

【図 1】

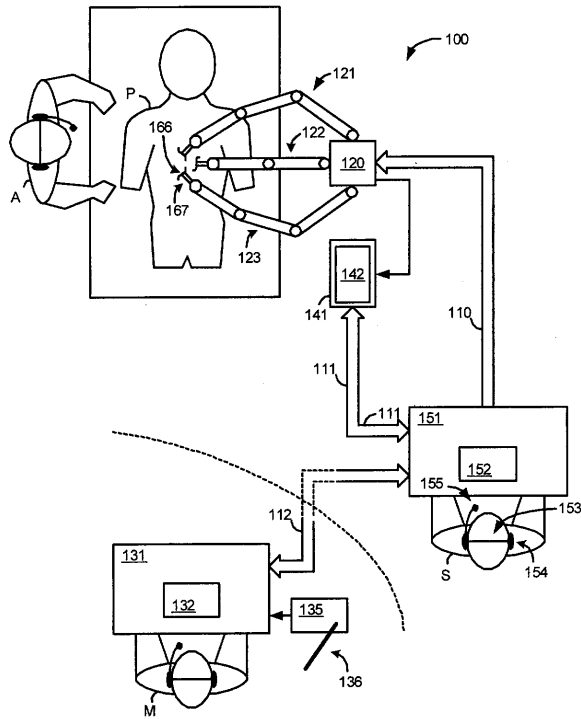


fig.1

【図 2】

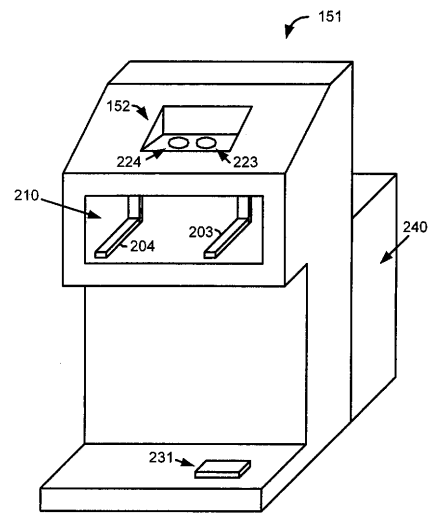


fig.2

【図 3】

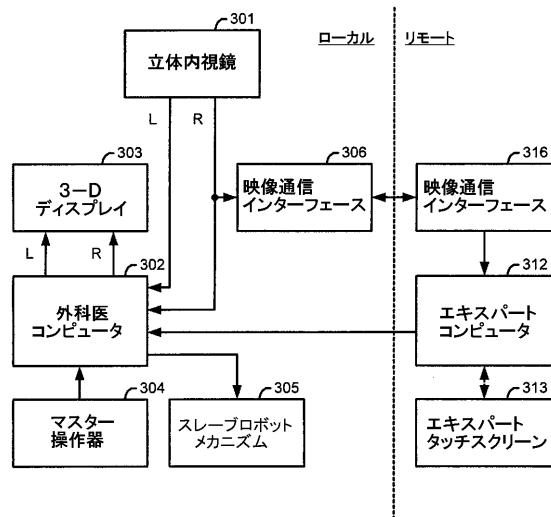


fig.3

【図 4】

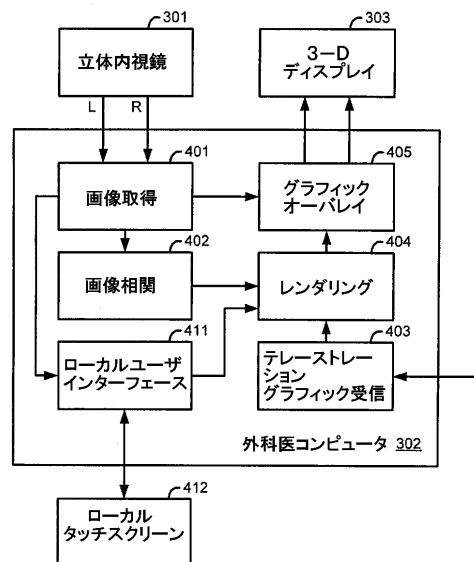


fig.4

【図 5】

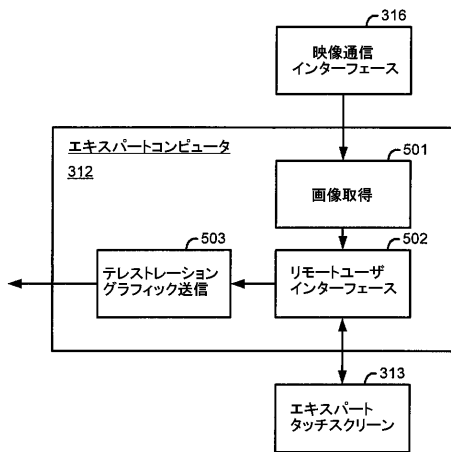


fig.5

【図 6】

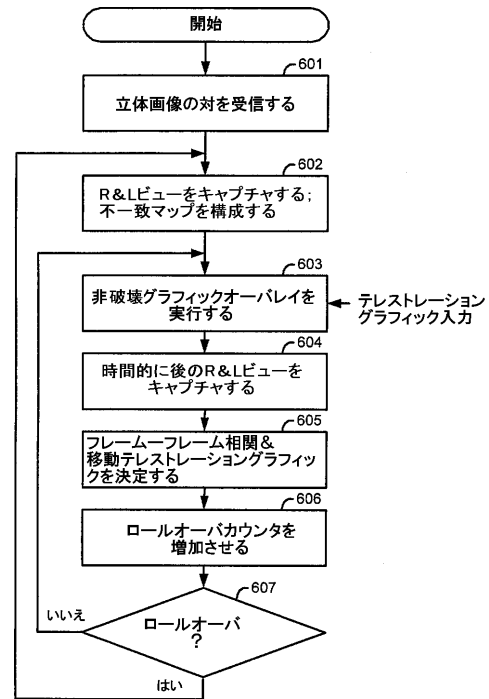


fig.6

【図 7】

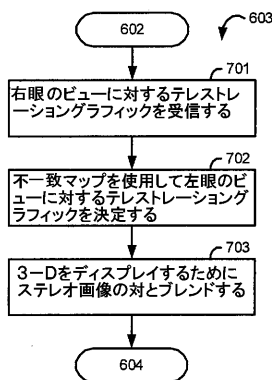


fig.7

【図 9】

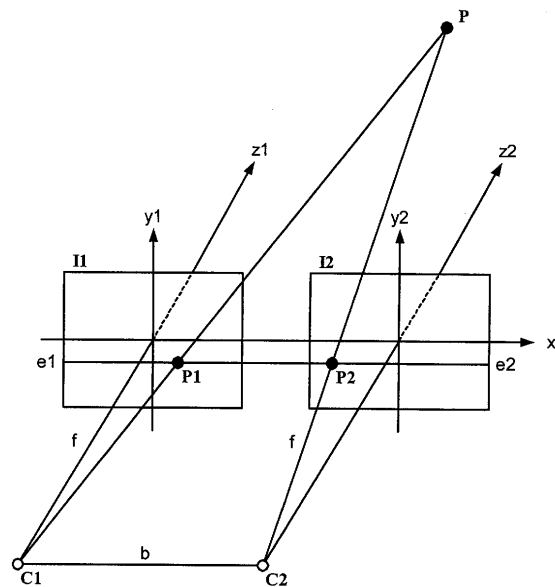


fig.9

【図 8】

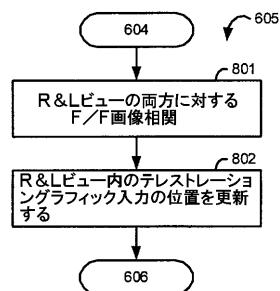


fig.8

フロントページの続き

- (72)発明者 クリストファー ジェイ． ハッサー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94024, ロスアルトス, クリスティーナ ドライブ
1676
- (72)発明者 デイビッド キュー． ラーキン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94025, メンロ パーク, ウッドランド アベニュー
913
- (72)発明者 ブライアン イー． ミラー
アメリカ合衆国 ネブラスカ 68512, リンカーン, サウス パス ドライブ 6645
- (72)発明者 グアンファ ジー． チャン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95129, サンノゼ, スプリングウッド ドライブ 7
99
- (72)発明者 ウィリアム ノーラン
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94024, ロスアルトス, オーク アベニュー 175
1

審査官 門田 宏

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2002/0082612(US, A1)
特開2005-118232(JP, A)
特開2002-336188(JP, A)
特開平9-19441(JP, A)
特開平6-30896(JP, A)
小澤壯治 外5名, 特集 新たな展開 映像による手術支援システム, 手術, 日本, 金原出版株
式会社, 2002年 9月15日, Vol.56, No10, pp.1461-1469
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 1/00 - 1/32
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)