

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-544383

(P2009-544383A)

(43) 公表日 平成21年12月17日(2009.12.17)

(51) Int.Cl.

A 61 B 19/00

(2006.01)

F 1

A 61 B 19/00

502

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2009-521282 (P2009-521282)
 (86) (22) 出願日 平成19年7月18日 (2007.7.18)
 (85) 翻訳文提出日 平成21年3月23日 (2009.3.23)
 (86) 國際出願番号 PCT/ES2007/000442
 (87) 國際公開番号 WO2008/012386
 (87) 國際公開日 平成20年1月31日 (2008.1.31)
 (31) 優先権主張番号 P200602091
 (32) 優先日 平成18年7月28日 (2006.7.28)
 (33) 優先権主張國 スペイン(ES)

(71) 出願人 509027272
 ユニベルシダット デ マラガ
 スペイン国, イエ29071 マラガ, プ
 ラザ デ エル エジド エス/エヌ (番
 地なし)
 (74) 代理人 100105647
 弁理士 小栗 昌平
 (74) 代理人 100105474
 弁理士 本多 弘徳
 (74) 代理人 100108589
 弁理士 市川 利光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】手術台への取り付けや挿入点の事前較正を伴うことなく、外科医からの指示に応じて手術器具を位置決めできる非侵襲性外科手術を支援するロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】外科医からの指示に応じて手術器具を配置できる最小侵襲性外科手術を支援するロボット工学システムで、手術台に取り付けず、挿入点の事前較正を必要としない。

【解決手段】このシステムは、2個の受動的自由度を有するアクチュエータを備える3個の能動的自由度を有する操作ロボットで、前記アクチュエータを手術器具の取り付けに用いるロボットと、その構造内に組み込んだロボットコントローラで、前記担持する手術器具に分与される動きを計算し、事前較正を必要とせずかつ手術台への組立の取り付けを強いられることなく、器具が所望位置に到達できるようにする方法を実行することのできるコントローラと、前記所望の動作を遂行させるようシステムに命ずるインターフェースシステムとを含む。ロボットとコントローラとインターフェースシステムとを含むこの組立を、電池動作させる。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

手術台に装着せず、挿入点の事前較正を必要とせず、外科医からの指示に応じて手術器具を位置決めることのできる最小侵襲性外科手術を支援するロボットシステムあって、3個の能動的自由度と2個の受動的自由度を有し（うち3個は能動的）、第1のものが角柱であり、第2と第3のものが回動式であり、それらは図2に示す如く互いに配置して見出されるよう配置したロボットアームと、2個の受動的なものが回動式で図3に示す如く互いに垂直にして配置してあり、施術に必要な内視鏡をシステム内で使用するよう保持できるようにする端部アクチュエータと、その機械的構造内に一体化したロボットアーム用で、手術台にシステムを物理的に固定することを要求したり、器具の挿入点箇所を推定する事前較正を必要とすることなく、保持された手術器具を精度をもって所望場所へ到達させる所与の動きを計算する方法を実施することのできるコントローラと、前記システムに所望の動作を指示するインターフェースシステムで、前記ロボットコントローラに付加したモジュールと前記指示を与える手段もまた含むインターフェースシステムとを有し、前記組立体全体を電池動作させ、ブレーキ或いはそれを安全に移動不能とできるようにする類似の装置の付いた車輪を有する可動装着体上に据え、前述の方法が前述手術器具に与える動きを計算するシステムあって、

a) 最初の時点で前記器具を入口点（すなわち、支点）内に挿入し、その外端部を既知の向きをもって既知の位置に置き、

b) 外科医が指示を与えたときに、これが内端部の新規所望位置へ招き、そのことがひいては患者外部の端部の新規所望位置とその新規所望の向きとを意味し、それらの到達が前記挿入点の場所をどの程度正確に知っているかに依存し、

c) 前記所望の向きから、適応制御則が初期位置と対象を到達させる最終位置との間の経路の各瞬間に必要な弧の長さを計算し、またカバーした実際の弧長及び計算された旋回半径（すなわち、挿入点までの器具の軸に従う推定距離）もまた用い、全てを各瞬間にごとに計算し、

d) この所要弧を推定旋回半径と合わせて動的経路発生器内で使用し、かくして各瞬間にごとに継手基準値をロボットアームの電動継手ごとに生成し、それを新規計算に従って補正し、最終的に被装着器具に動きを与え、この器具が受動的継手を介して所望の向きに至ることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

前記ロボットアーム用の前記コントローラの組立体と電池と前記インターフェースシステムの内部モジュールを、前記ロボットアームの基部に装着したボックス内に配置し、該ボックスを残りのロボットと同様の接続を有する別のものにより完全に分解置換したり、或いは前述の要素の異なる実施形態間の切り換えを容易にすることができる、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項 3】

前記ロボットアームはその中に、システムを作動させるのに必要な全ての配線をそこに通過させてコネクタを隠し、かくしてシステムの機能不全を招くことのある手術室からの他の材料或いは他の物体或いは手術室内で作業する人さえ何物も引っかけないようにする空間を有する、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1又は2に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項 4】

それを接続したときに前記ロボットアームの前記初期位置が特定できるようにする手段で、これらがシステムの通常の挙動に障害とならず、或いは外部からアクセス可能とする前記手段を備え、前記手段は、第2（b）の移動不能とされた継手（第1の外旋継手）にあっては、継手回動の平行軸に配置されたセンサからなり、これが前記軸に垂直な平面内に位置しロボットアーム（前記第2の継手（b）に前記第3（d）の継手を接合する）の第2の部材（c）に一体の円形部分の一部を検出し、第3の電動継手（d）（第2の外旋

10

20

30

40

50

継手)の場合、前記第3の継手(d)のエンジンからその継手軸まで行く伝達ベルト内の所定点にセンサが一体的に固定してあることを検出する部分を除く同様の構成が設けてあり、前記センサが前記第2と第3の動作継手を接合するロボット部材内部の既知の位置に固定してあり、かくして前記センサと該センサ自体の場所を検出する前記要素の場所を知り、該継手の場所を下記の

・前記ロボットアームを始動させたときに、前記センサが前記継手軸上に装着された部分の個々の扇形部(本発明の好適な実施形態では、ディスクの一部がより大きな半径を有する)の存在を検出したかどうか照査し、

・検出した場合、この継手をそれがもはや検出されなくなるまで動かし、

・検出されなかった場合、この継手をそれが他の場合に動く方とは反対の方向を向くまで動かす

方法を用いて見出すことができる、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1, 2, 3のいずれか1項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項5】

前記ロボットアームの前記初期位置を知る手段は、第2の電動継手(b)内にある実在検出器と、残りの部分よりも大きな半径を有する部分を有するディスクと、第3(d)の電動継手とで構成され、前記センサを検出する前記要素は前記伝達ベルトに取り付けた側面を有するL形状部分であり、前記センサは実在検出器とした、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項4記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項6】

前記ロボットアームコントローラは階層的アーキテクチャを有しており、これが各能動的自由度ごとのコントローラと、外科医が与え前記インタフェースシステムを介して受信した指示に従い、その初期位置と向きから最終位置への直線を記述する被装着器具がカバーする必要のある一連の位置で、各継手をその目標に到達させることを担うコントローラへ送信する前記一連の位置だけでなく、前記ロボットの電動継手が被装着器具を前記所望場所に到達させるよう採用しなければならない最終位置もまた計算する監視装置とを備え、前記ロボットアームの前記コントローラ内に介在する前記異なる要素間の通信を専用バスを介して達成する、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1, 2, 3, 5のいずれか1項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項7】

前記コントローラは、監視レベルに合わせた電子回路と同様の他の3個の電子回路とを介して実装し、電動継手のコントローラごとに相互交換可能としてあり、それらと合わせ前記端部アクチュエータに装備させた異なるセンサが送信する信号の受信とそれの監視装置への送信とを担う第4の電子回路もまた設けた、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項6記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項8】

前記ロボットアームに取り付けたジョイスティックや制御レバーとマイクロフォンを指示入力手段として使用する、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1, 2, 3, 4, 6のいずれか1項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項9】

前記入力手段を介して外科医からの指示の受信を担う前記コントローラに付属する前記モジュールは、そのセットアップを可能にするシステムの状態に関する言葉或いは音声の形態をとる音声情報を返すことができる、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項8記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項10】

入力手段としてユーザがそれをより好都合な位置に配置できるようにする関節付き機構を用いて前記ロボットの構造に取り付けたタッチスクリーンを設け、そこに腹腔鏡検査画像を載せ、その上に手術に関するヘルプ記号やシステムの状態や手術室の他の器具の挙動に関する情報等の異種情報を示せるようにした、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項1, 2, 3, 4, 6のいずれか1項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

10

20

30

40

50

ットシステム。

【請求項 1 1】

入力手段としてロボットが保持する手術器具の形を再生する主操作器を設け、該主操作器の位置の修正が前記インタフェースシステムの内部モジュールが行う適切な変換を介して前記操作器に装着された前記手術器具内の同様の動きを意味するようにした、手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項 1, 2, 3, 4, 6 のいずれか 1 項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【請求項 1 2】

前記手術の準備期間中（で、手術器具を端部アクチュエータに固定する前）に、入力手段としての操作アームの直接的取り扱いを設け、それを最も好都合な点へ持って行き、該器具を前記端部アクチュエータに固定する、ことを特徴とする手術台に装着せず挿入点の事前較正を必要としない請求項 1, 2, 3, 4, 6 のいずれか 1 項に記載の最小侵襲性外科手術用ロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、外科手術とロボット工学の分野、特に外科手術向け支援システムの分野に係り、より正確には特に手術器具として設計された操作ロボットに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

腹腔鏡検査技術を用いる外科手術は、患者の腹部の小さな切開箇所を介する施術からなる。具体的な手術に必要な器具は、施術箇所の領域を外科医が視認できるようにするカメラの光学系と同様これらの切開箇所から挿入される。必要な切開の大きさはこの技術により劇的に低減でき、そのことが審美的により小さな影響だけでなく患者に対するより少ない危険やより短い術後期間やより低コストの手術もまたもたらす。

【0 0 0 3】

今日、これらの手術における通常の措置は、外科医が患者の腹部に挿入された手術器具群を用いつつ助手の助けを借りてのカメラの保持からなる。これは、助手と外科医との間の大きな協応を必要とし、これが首尾よく行えるようにするには三つの基本的な課題を有する。

1) 外科医は、自らが助手にして欲しいことが何であるかを刻々と明確に伝達しなければならない。このことは口頭伝達のあらゆる課題にさらされ、必ずしも外科医が期待する結果が達成されるとは限らない。外科医と自らの助手との間の理解が深まるほど、外科医が自らの欲する内容を明確に説明しなかったり或いは助手が外科医の指示を誤解するときが存在する。

2) 画像は、カメラを人が支えているため、全体的に安定しておらず、かくしてそれを扱う助手の律動による影響を受ける。この影響は、手術時間が延びるにつれ増大する。

3) 助手は、居心地の悪い位置にいるため、特に疲労により影響を受けているときにカメラを精度よく動かすのに難渋する。これにより、一部内臓をカメラ光学系が時に擦過し、そのことでひいてはその除去と清掃が必要となる。この課題は手術時間と、かくして患者が麻酔下にある時間を引き延ばし、そのことが麻酔に固有の危険を増大させる。

【0 0 0 4】

さらに、外科医が同時に 3 個以上の器具を使用する必要のあるときが何回かあり、そのことが副外科医の手術への参加を要求する。これが、前述の第 1 項の協応課題をさらに悪化させる。

【0 0 0 5】

さらに、腹部への外科器具の挿入点は側方に変更はできず、そのことが挿入点周りの二方向の回動と器具の軸周りの一方向の回動と該軸に沿う移動に対する前記器具の可動性を制限する。これらの動きの特性が、取り扱いに一連の問題を課す。

1) 動きの反転。挿入点は支点として機能し、器具をその周りに揺動させる（挿入 - 引

10

20

30

40

50

き抜きの動作を除く）。かくして、外科医の手の右方への動きは器具の端部の左方への動きを生ずる。

2) 規模。まるでレバーの如く、術具は挿入に応じて外科医の動きを増幅或いは縮減する。特定値を上回る挿入については増幅が存在し、その値未満では縮減が存在する。この効果が動きに対しそれ自体を制限するだけでなく作用力もまた含むことは、指摘に値することである。

3) タッチ感覚の喪失。切開手術措置において外科医に極めて役立つ組織の手触りや労力は、組織との直接的接触が失われるが故に内視鏡検査技術では極めて限定された仕方で伝達される。その上、套管針に対する梃子及び摩擦の影響は外科医がアクセスするこの種僅かな情報を歪めたり遮ったりする。

10

【0006】

視覚的課題（視野の低減や画像深度の喪失や照明変化等）同様、最小侵襲性手術における手際が課す課題は集中訓練を通じて大幅に克服することができる。しかしながら、同様にこれがしかるべき外科医にこれらの技法の組み込みを促す。

【0007】

これらの不便さに対する少なくとも部分的解決策として、その後に腹腔鏡検査カメラの取り扱い等の彼又は彼女の仕事の一部において外科医を支援すべく、腹腔鏡検査手術用の異なるロボット化支援システムが提案（例えば、特許文献1や特許文献2）されている。これらのシステムは、下記戦略の一つに従って設計されている。

1) その運動学的力が被保持手術器具を患者の腹部内の器具の挿入点に一致させる遠端回転中心周りに動かすよう強制するような特性の機械構造。これは、手術開始時ロボット化システムの関与前に較正措置を用いて達成される（例えば、特許文献2）。

20

2) 受動的継手に基づく端部アクチュエータで、かくしてこの端部アクチュエータと患者の腹部内の術具の挿入点が意味する支持点とを位置決めすることで、前記器具は固定されたままとなり、理想的には所望の如く位置決めされ配向される。受動的継手の存在が、器具に対し指示された動きにも拘わらず、たとえ前記点の位置の不正確な知識にも拘わらず、側方力が挿入点に一切作用しないよう保証する。しかしながら、術具の向きは直接制御されず、むしろそれを保持する端部アクチュエータにより空間内でとる位置によってのみ制御されるため、それを外科医が望む如く正確に配置できるようにすべく術具の挿入点の場所を知る必要がある。前記位置は幾何学的方法を用い、ロボットを手術台に物理的に固定して推定誤差を制限し、手術中のロボットと挿入点との相対的位置における変化を防止することで計算される（例えば、特許文献1）。

30

【0008】

外科診療を改善する目的をもって先の戦略の一つに従って設計された外科手術用の先行する幾つかのロボットシステムが存在する。例えば、特許文献3は、腹腔鏡検査手術に貢献するよう改変された工業ロボットの操作を提示している。ロボットの改変は、それを手術室内に都合よく配置できるようにする車輪と人-機械インターフェースとして機能するコンピュータと合わせ二つの受動的継手を用いる端部アクチュエータとを有する可動組立体に存する。加えて、それは初期較正を通じて揺動点（保持された腹腔鏡検査具の挿入点）の計算手順を有する。しかしながら、組立体の容積と複雑さとが本システムの適用を制限する。

40

【0009】

特許文献4は、遠端回転中心に基づくロボット外科手術システムを提示している。この種のものは、ロボット機構の遠端回転中心に術具の挿入点を一致させることを保証するための慎重な初期較正を必要とする不便さを有する。この不便さは、例えば手術が2以上の疾患（頻発する症例を挙げるに、鼠蹊部ヘルニアや胆囊切除）向けてあるときに被保持術具の挿入点を変更する必要がある場合の手術におけるロボットの使用を大幅に妨げるものである。

【0010】

特許文献5では、特許の目的は引っ張りロープを用いた動きの伝達と計7自由度（たつ

50

た3個のアクチュエータでもって)とに基づく具体的設計を有する外科手術ロボットにある。それは、基本的な遠隔外科システムを必然的に伴うインターネット(Internet)上で指示を受け取る可能性もまた含むものである。さらに、それは手術中にロボットがとる位置を見当合わせする可能性を提供している。これら全てにも拘わらず、かつケーブルを介する動き伝送システムの複雑さに加え、それは依然として特許文献3に示されたものと全く同様の揺動点の初期較正手順を必要とするのである。

【0011】

特許文献6には、受動的継手に基づく外科手術用のロボットシステムが記載されており、それは4個の能動的継手(及びかくして4個のエンジン)を有している。それは、二つの重要な制約を有しており、ロボットを手術台に繋ぎ止めておかねばならず、術具の挿入点の位置を割り出すべく手術前に初期較正措置を遂行しなければならない。同じ制約が特許文献7に見出すことができ、そこには特許文献6に提示された操作ロボットに基づく遠隔外科手術システムが提示されている。

10

【0012】

特許文献8には双系外科手術システムが記述されており、そこではロボットに装着した術具と人的オペレータが取り扱うジョイティックとの間に直接的な対応が確立されている。このシステムは顕微鏡検査手術に用いられ、ここでは遠隔外科手術は患者から離れた場所の外科医の介入を可能にする手段としてではなく、手術室に居る外科医の技量を増す手段として用いられる。その遠隔外科手術のアーキテクチャはこの可能性を熟慮するものではなく、システムの異なる要素間の実時間通信に大幅に依存するものであり、このことは前述の遠隔外科手術の場合には非現実的となる筈である。

20

【0013】

特許文献9には特許文献8と同様の手法を用いるテレプレゼンスからなる外科手術システムが記述されており、ここでは外科医は侵襲効果を探る過程で手術現場のより多量の情報を受け取る。それは、システムの通信要件が専用ネットワークの使用を必要とし、インターネット等の汎用ネットワークの使用を退ける限り、外科医が遠隔場所に居る場合を部分的にしか熟慮しないものである。

30

【0014】

特許文献10は、ロボット構成要素が特許文献3と特許文献5のものとは異なる構成を有する特別な設計からなる操作装置(この場合、3個の能動的自由度に2個の受動的自由度を加えたものからなる)であるロボット遠隔外科医手術システムを提示している。操作装置はまた無線特徴(電池やマイクロフォン)を有しており、それは異なる機能と物理的場所とを有するモジュールを介し、かつ手術室の外科医と遠隔場所の外科医との間の図形情報の交換を伴う遠隔外科手術システム内に組み込まれている。同様のシステムながら、操作型工業ロボットに基づく前立腺の経尿道切除専用であるシステムが、特許文献11に記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】米国特許第5815640号明細書

【特許文献2】米国特許第6371952号明細書

【特許文献3】スペイン公開特許第2150880号明細書

【特許文献4】欧州特許出願公開第0571827号明細書

【特許文献5】スペイン公開特許第2181526号明細書

【特許文献6】国際公開第9403113号パンフレット

【特許文献7】国際公開第9729690号パンフレット

【特許文献8】米国特許第5784542号明細書

【特許文献9】国際公開第9825666号パンフレット

【特許文献10】スペイン公開特許第2203318号明細書

【特許文献11】スペイン公開特許第2200679号明細書

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0016】**

要約するに、現行技術水準は幾つかの限界を呈するものである。

1) 手術台への支援ロボットの固定は該台の修正を必要とし、そのことがロボット化支援システムとその拡張の効果を制限する。

2) 手術台への支援ロボットの固定が、その機能不全の場合或いはその使用が不要である場合(外科措置を腹腔鏡検査から開腹術或いは従来の「切開」手術へ転換する場合等)に、その引き抜きを妨げたり或いは阻むことすらある。

3) システムが挿入点を知る手術前の較正手順の要件(両戦略における)には、外科手術における追加の作業が含まれ、それが手術時間(その間患者は麻酔下にある)を引き延ばしたり、或いは支援ロボットの使用から引き出すことのできる利点を低減することがある。

4) 事前較正の必要性は、手術中に初期位置以外の挿入点を介して器具を挿入する必要がある場合(これは患者が同じ手術中に2以上の外科手術を受けるときに普通である)、前記較正を反復して新たな挿入点箇所を見出す必要があり、そのことがさらに手術を引き延ばし、ロボットシステムの融通性を制限する。

【課題を解決するための手段】**【0017】**

本文献は、自由度の異なるロボットアームの汎用構成と全体的なロボット化システム自体の汎用構成とを介して、システムを手術台に物理的に固定したり患者の腹部内のカメラ挿入点を事前に較正したりすることなく、最小侵襲性外科手術にて腹腔鏡検査カメラを確実に取り扱うことができるロボットシステムと、手術台に対しそれを物理的に固定する必要性或いは外科手術においてシステムを介在させ始める前の較正措置を伴うことなく、所望場所に到達させるのにカメラに対し与えるべき動きを計算する適切な方法とを記述するものである。

【0018】

本システムは、3個の能動的自由度を有する操作ロボットと、腹腔鏡検査手術用のカメラを保持するよう特別に設計された2個の受動的自由度を有する端部アクチュエータと、事前較正や或いは手術台への組立体の固定を必要とすることなくカメラを所望場所へ到達させる上で与えるべき動きを計算する方法を実施することのできるその構造内的一体化ロボット用コントローラと、システムに対し所望の動作を指示するインターフェースシステムとを備えるものである。

【0019】

端部アクチュエータは、それが二つの受動的自由度をロボットに対し付加するよう設計してある。このことで患者の腹部内の腹腔鏡検査具の動きがより安全になり、何故なら腹腔鏡検査に通常使用される(外科医が直接使用するときの)手術器具の使用は揺動点が患者の皮膚内に挿入された箇所で構成される揺動点周りの動きに依拠するからである。これら二つの受動的継手の使用により揺動点が術具の動きにより当然に確立できるようになり、何故ならそれは人が術具を扱うときに、器具がロボットの手首に直接固定した場合に起き得ることに対して行われるからであり、揺動点の確立はそれを予測する計算によって決まる筈だからである。この場合、どんな誤差もロボットシステム内で揺動点をその実際の場所から患者の皮膚を押す予測場所へ付勢しがちとする結果を招く筈である。この誤差の大きさに応じ、この揺動点の計算における失敗が患者の皮膚の裂傷等の危険な状況を引き起しかねない。対照的に、受動的継手を含むシステムの場合、揺動点の計算時の誤差がシステムの性能を制限し、手術の必要性に従って端部アクチュエータを配置する限り、揺動点或いは挿入点により与えられる追加の支持点に従ってその位置を計算する必要がある。本発明では、スリップすなわち手術台に対するロボットの物理的固定を用いてロボットと患者の相対的位置を固定したり、或いは揺動点の場所の事前の計算を行う代りに、先の代替案の双方を排除する所望位置へカメラを到達させるのに与えるべき動きを計算する方法

10

20

30

40

50

が存在する。かくして、手術室内へのシステムの組み込みが容易となり（何故なら、それはそれを固定する手術台の改変を必要としないから）、手術の安全性が増す（何故なら、それは必要に応じて簡単かつ迅速に取り除くことができ、手術台での患者位置を変えたり手術中に必要とされるカメラの挿入点を変えたりする場合のシステムの弱点を取り除くからである）。

【0020】

システム全体が電池を介して給電され、手術中に組立体を移動不能にできるブレーキ付き車輪を有しており、同時に手術中に手術台との間での移送或いは撤去のいずれも行えるよう把手を用いてその動きを促進する。

【図面の簡単な説明】

10

【0021】

【図1】外科医からの指示に応じて手術器具を位置決めすることのできる最小侵襲性手術を支援するロボットシステムの概略図で、手術器具は手術台に取り付けておらず、挿入点の事前較正は必要なく、手術台に隣接配置したアダプタを用いて組み込んだ手術器具と合わせ操作手術装置の簡単な図を示すものである。

【図2】手術器具（矢印にて表示）を保持する端部アクチュエータを含むロボットアームの継手の略図である。

【図3】手術器具を保持する端部アクチュエータの継手の略図であり、手術器具（i）を二次元自由度でもって動かせるようにする2個の受動的継手（g），（h）を含み、第1の継手はその回転軸を操作装置の被操作継手のそれに平行に配置し、第2の継手はその回転軸をそれらに垂直に配置してある。

20

【図4】端部アクチュエータ内の手術器具のアダプタを示すもので、略図にて腹腔鏡検査カメラの光学系（j）（その全長を図示せず）を保持する状態で図示してあり、受動的継手は（g）、（h）と呼ぶ。

【図5】直接的な運動学モデルをそこから入手するのに用いる基準システムの図を含むロボットアームの継手の略図であり、これらシステムはデナビット・ハルテンベルグ（D e n a v i t - H a r t e n b e r g ）法に従って選択し配置してある。

【図6】端部アクチュエータ内の受動的継手を有するロボット内でその動きを策定したときに手術器具の挿入点の位置が正確に判らない場合に生ずる影響を表わす図であり、図6（a）は平面図を示し、図6（b）は側面図を示し、実際の挿入点（l）が誤計算され、（k）をその代りに用いた場合、システムは点（m）から出発して所望の目標としての（n）に達するが、実際の支持点すなわち実際の旋回半径が最終位置の計算用と考えられるものとは異なるために、計算された目標位置は（n）ではなく（o）となり、このことがシステムの性能を減退させる不適切な向きと最終位置とをもたらす。

30

【図7】本発明に用いられて初期位置から最終位置への移動期間中に器具の目標位置を動的に計算し、術具の挿入点の位置を再送し、かくしてロボットを手術台に繋ぎ止めたり或いはそれを事前較正する必要をなくす方法のブロック線図であり、目標に達すべく所望の向きから適応制御則が初期位置と最終位置との間の遷移の各瞬間ごとに必要な弧長を計算し、またカバーする実際の弧長と実際の向きと算出旋回半径（すなわち、器具の軸に沿う挿入点までの推定距離）を用い、各瞬間ごとにその全てを計算し、所要弧を推定旋回半径と合わせ動的経路発生器内で用い、かくして各瞬間ごとに継手基準値をロボットアームの電動継手ごとに生成し、それを新たな計算に従って補正し、それが最終的に被装着器具に動きを与え、受動的継手を介して所望の向きに達する。

40

【図8】本発明のロボットアームのコントローラに用いる制御アーキテクチャのブロック線図であり、外科医はその目的に合わせ配置された手段を介して指示を与え、この手段がロボットアームのコントローラに付属するインタフェースシステムの内部モジュールへ指示を送り込み、この要素がこれらの指示を監視装置へ送信し、これが前述の方法に従ってロボットの電動継手が器具を所望場所に到達させるよう適合させねばならない最終位置を計算し、この位置がその目標へ各継手を到達させる役割を担うコントローラへ送信され、端部アクチュエータのセンサが送信する信号を受信し、それらを監視装置へ送信する方法

50

がコントローラと合わせ設けてある。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本システムは、3個の能動的自由度を有する（換言すれば、電動化された）ロボットアームと、2個の受動的自由度（エンジンを持たない）が組み込まれ、一般に腹腔鏡検査手術に用いられる種の標準的カメラを固縫するよう特別に設計された端部アクチュエータと、その構造内に組み込まれ、事前較正や或いは手術台への組立体固定の必要なくカメラを所望場所へ到達させるのに与える必要のある動きを計算する方法を実行することのできるロボットアーム用コントローラと、外科医の指示を解釈し、ユーザに対しシステム情報を提供するだけでなくそれらを前述のコントローラへ送信することもするインターフェースシステムとを備える。インターフェースシステムは片や、コントローラに付属する内部モジュールと、外科医にロボットを介して自らが望む如く手術器具を動かせるようにする指示を入力する手段とを備える。この内部モジュールは、入力手段を介し表明される外科医の指示に応答してロボットに適した動きの指示を生成する。

10

【0023】

ロボットアームは、手術台近くに配置することのできる車輪付きの可動装着体上に実装してある（図1）。この装着体はシステムを不動化できるようにするブレーキ或いは類似のシステムを有しており、それはそれを簡単に移動させて可動装着体上方にロボットアームを案内させる把手もまた有する。装着体もアーム自体も共に、殺菌されたカバーでもって覆うことができる。前記マウントの基部には、コントローラと組立体へ電力を供給する電池システムとが存在する。操作アームの構造内にはインターフェースシステムの内部モジュールが存在し、指示入力手段を用いて外科医が述べた要望に従い被装着手術器具を動かすようロボットにとって適切な動き指示を生成する役割を担っている。インターフェースシステムのコントローラと電池と内部モジュールの組立体はロボットアームの基部に装着したボックス内に配置してあり、このロボットアームは残りのロボットとの類似の接続を用いて互いに完全に分解交換して修理或いは前述の要素の異なる実施形態間の切り換えを容易にことができる。

20

【0024】

ロボットアーム（図2）は、第1の角柱継手（a）を有する。角柱継手は、第1の座標系のZ軸を移動する。第2の外旋継手（b）は、第1の座標系が規定するX-Y平面に対し平行な面内でロボットの第2の部材（c）を動かす。

30

【0025】

ロボット（c）の第2の部材は第3の継手（d）、すなわち同じく外旋継手に接合しており、この継手がロボット（e）の第3の部材を継手（b）と同一平面内で動かす。この部材（c）は端部アクチュエータ（f）に接合され、このアクチュエータが内視鏡を確実に固縫できるようにし、それが組立体に対し二つの受動的自由度を付加する。これらの二つの受動的自由度により内視鏡は確実に使用できるようになり、何故ならたとえ誤った動きが行われるとの事実にも拘わらず、それらがこの器具を動かしたときに患者の皮膚を傷めないようにするからである。好適な実施形態では、継手（a）は残りのロボットアームを固定した可動凹字楔を有する垂直直線変位装置の軸に結合されたエンジンを介して動作する。この継手（b）は、継手軸と同軸のエンジンを介して直接的に作動させることができる。一方、継手（d）は継手の一つ（b）と同じ軸上に位置するエンジンから継手（d）へ動きを伝達する伝達ベルトを介して動く。前記伝達ベルトはロボットアームの第2の部材の構造内部に隠してあり、それが外部からアクセスできないようにしてある。

40

【0026】

前述した端部アクチュエータは、ロボットの手首に固定される（図3）。それは2個の受動的継手（g）、（h）を備えており、患者の腹部内に挿入していないときにそれらが手術器具を2個の自由度をもって動かせるようにしている。これらの2個の自由度により、それらが人がそれを操作したときと同じ仕方で器具の動きにより揺動点が当然に確立できるようにする限り、システムをより確実なものにできる。加えて、両継手はそれらが回

50

動した角度（図3の図式には図示せず）の大きさを見出す手段を有していて、この値をシステムが利用可能にできるようにしてある。これらのセンサは、必ずしも後述する如くカメラに分与する動きを計算してそれを所望場所へ到達させる方法が適用できるようにする解決策ではなく、例えば電位差計や角度エンコーダとすることができる。計測時の冗長性を可能にする2個のセンサを軸ごとに設けることができ、それら二つの平均値を見出したり或いは起き得るセンサ故障を検出したりするかのいずれをも可能にするものである。両受動的継手は、第1の継手（g）をアーム回転の二つの継手と平行とし、一方で第2の継手（h）を第1の継手に垂直とし、両方がロボットに装着された手術器具の軸内で切断されるよう配置してある。この配置により、適切な配向をもって手術器具の作業空間全体に達する能力をシステムに与える必要のある第3の外旋継手及びそのアクチュエータを不要にできる。これは、システムのより大きな単純さと経済性とをもたらす。さらに、外科手術要素を保持するアダプタは該要素を確実かつ堅固に固締する手段を有しており、この手段が同時にどんな工具も用いずに内視鏡から光学系を素早く取り除けるようにする。図4は考え得るアダプタの実施形態を示すものであり、ここで受動的継手（g）、（h）と腹腔鏡検査カメラの光学系（j）を評価することができる。

10

【0027】

安全性を改善するため、ロボットアームはシステムを作動させるのに必要な配線全体をそこに通過させてコネクタを隠し、かくしてシステムの機能不全を招くことのある手術室からの他の材料や他の物体或いは手術室内で作業する人さえも一切引っかけないようにする一定の空間をその中に有する。

20

【0028】

それを接続したときのロボットアームの初期位置を知るべく、システムの通常の性能に対する障害を伴うことなく或いは外部からアクセス可能とすることなく継手の前記初期位置を特定できるようにする手段が設けてある。これらの手段は、継手の平行軸内に位置するセンサ（或いは角柱（a）内では利用可能なアクチュエータの軸に平行）内で第1（a）と第2（b）の電動継手（角柱継手と第1の外旋継手）で出来ていて、それらが前記軸に対し垂直な平面内に位置し、ロボットアームの第2の部材（c）（これが第2の継手（b）を第3の継手（d）に接合させる）に一体の円形部分の一部を検出する。本発明の好適な実施形態では、前記部品はその一部が残りの部分よりも大きな半径を有するディスクで出来てあり、前記センサを実在センサとし、これにより継手の回動空間の一部において、前記センサがより大径を有する部分を検出し、それ以外は何も検出しないようにしてある。本発明の他の代替実施形態では、センサは（一例で、限定はしない）画像センサや磁気センサ或いは接触センサとすることができます。それ故、継手軸上に装着された部分は例えば所与のセンサの特性に適したものとしなければならず、それぞれ異色の二つの扇形部や異なる磁気特性からなる二つの材料や或いは前述の接触センサに接触或いは接触させない二つの異なる高さを有するディスクを有する。

30

【0029】

継手の初期位置を特定するため、前述の構成には所定の方法が組み合わされる。

1) ロボットアームを始動させると、センサが継手軸上に装着された部分の個々の扇形部の存在を検出しているかどうか照査する（本発明の好適な実施形態では、ディスクの一部がより大きな半径を有する）。

40

2) 検出された場合、継手はそれがもはや検出されなくなるまで動かす。

3) 検出されなかった場合、継手はそれが他の事例において動く向きとは逆の向きで検出されるまで動かす。

【0030】

この方法を用い、その部分の個々の扇形部の幅を知ることで、ロボットアームの初期位置を見出すことが可能である。

【0031】

第3の電動継手（d）（第2の外旋継手）の場合、同様の構成が存在するが、センサを検出する部分は第3の継手（d）のエンジンからその継手軸まで延びる伝達ベルト内の一

50

点に一体的に固定してあり、このセンサは作動させた第2と第3の継手（それぞれ（b）と（d））を接合するロボットの部材（c）内部の既知の位置に固定してある。かくして、ロボットアームを接続すると、第3の電動継手（d）が前述した方法に従って動き、同様に、伝達チェーンに対するセンサ及び一体型要素の位置を知ることで継手の初期位置を知ることが可能である。本発明の好適な実施形態では、センサを検出する要素は伝達ベルトに取り付けた側面を有するL形状部分であり、センサは実在センサである。

【0032】

ロボットアームのコントローラは、その可動装着体の基部に配置してある。コントローラはロボット（かくして、端部アクチュエータを含む）の能動的継手と受動的継手のそれぞれに配置された位置センサから入来する信号を受信し、これによりデナビット・ハルテンベルグ規約（図5参照）に従ってロボットアームに沿う幾つかの座標系を確立して得られるものから順運動学モデルを介して常時その位置を知ることができるようになる。

10

【0033】

同様に、ロボットアームの逆運動学モデルと経路立案（位置と速度と加速度）とロボット内に配置された角度センサが提供する情報とを用い、前記したコントローラが後述する方法を用いて表明された外科医の指示に従って被装着器具を所望位置に到達させるのに必要な動作を計算する。

【0034】

ロボットアームのコントローラは、初期位置から最終位置への移動期間中に器具の目標位置を動的に計算する方法で、事前の較正或いは手術台への組立体の固定の必要性を取り除く方法を実行する十分な容量を有していなければならない。さらに、端部アクチュエータの受動的継手上に装着されたセンサには、前述の方法が効果的に適用できるようにする十分な分解能を持たせなければならない。

20

【0035】

理想的には、挿入点の位置が精度をもって既知である場合、外科医が一旦指示を与えると、器具の外端部の所望の位置が術具の現在の向きと位置と旋回半径（すなわち、外端部から挿入点までの術具の軸に沿う距離）とに従って計算され、一旦目標位置に達すると、受動的継手と術具の挿入点により定まる支持点とを通じ、前記術具は所望の向きと位置とを取る。しかしながら、挿入点が正確に判らない場合、これは図6に示す状況を招く。図6aは平面図を示し、図6bは側面図を示す。実際の挿入点（1）は誤計算され、それに代えて（k）が用いられる。このシステムは点（m）から始め所望目標としての（n）に達するが、指示点と方向半径が異なるため、計算される目標位置は（n）ではなく（o）となり、誤った旋回半径を用いて計算される回動を器具にもたらす。これらは不適切な向きと最終位置を招き、そのことがシステムの性能を減退させたり、或いはロボットアームを手術台に物理的に固定するよう強制したり、或いはロボットアームに関する挿入点の場所を初期計算させる。

30

【0036】

本発明では、初期位置から最終位置へのその遷移期間中に器具の目標位置を動的に計算する一つの方法が用いられ、挿入点（1）の位置を再送し、装置を手術台に繋ぎ止めたり或いはロボットアームが外科手術に参加する前に較正したりすることなく、目標位置と向きに達する過程での誤差を除去する。

40

【0037】

初期時点では、器具は挿入点（1）（支点）内に挿入され、その外端部は同様に公知の向きを有する既知の位置にある。外科医が指示を与えると、これが内端部の新規所望位置をもたらし、それがひいては患者外部の端部の新規所望位置とその新規の所望の向きを意味する。そこへの到達は、挿入点（1）の位置を正確に知る方法に依存する。図7の線図によれば、目標に到達できるよう制御適応則が初期位置から最終位置へ移行する各瞬間に弧の所要値を計算し、またカバーされた実際の弧の長さを用い、実際の向きと推定旋回半径（すなわち、器具の軸に沿う挿入点（1）までの推定距離）これら全てを各瞬間に計算する。この所要弧は推定旋回半径を有する動的な経路発生器に用いられ、各瞬間

50

ごとに継手基準値を新規計算に従って補正するロボットアームの伝達継手について作製され、この計算が受動的継手を介して所望の向きに達する被装着器具の所定の動きを最終的に分与する。

【0038】

前述の方法を、ここでより詳細に説明する。システムへの入力は器具の所望の向きであり、それは垂直旋回軸に従うか或いは水平旋回軸に従うかのいずれかとすることができる（いずれの場合も、角度のうちの一つだけであり、何故ならそれらは止めることができる問題であって、それらは同一の方法を用いて個別に計算されるからである）。この所望の向きに合わせ、第1の指示の時間則はこの種向きに達するよう器具の端部がカバーする直線中の長さに従って関連付けられる。

10

【0039】

【数1】

$$\dot{L}(t) = -\frac{1}{\tau}L(t) + \frac{K}{\tau}u(t)$$

【0040】

ここで、 $L(t)$ は時間に応じて器具端部が達する直線長であり、 τ はシステムの時定数であり、 K はシステムの静的ゲインであり、 $u(t)$ は器具の向きとその旋回半径（すなわち、受動的継手の軸が器具内で交差する点から患者内の前記器具の挿入点までの距離）の関数である所望の弧長である。

20

【0041】

離散時間における前述の式は、下記の形式を有する。

【0042】

【数2】

$$L(k+1) = e^{-T/\tau}L(k) + K(1 - e^{-T/\tau})u_r$$

30

【0043】

ここで、 $L(k)$ は時刻 k において器具端部がカバーする直線長であり、 τ はシステムの時定数であり、 T は離散化サンプリング周期であり、 K はシステムの静的ゲインであり、 u_r は器具の向きとその旋回半径（すなわち、受動的継手の軸が器具内で交差する点から患者内の前記器具の挿入点までの距離）の関数である所望の向きに達する上でカバー対象となる弧長である。この後半の旋回半径は未知であり、このことが被装着器具を配置する向きと位置の精度に影響を及ぼす。

40

【0044】

前述した知識の欠落により生ずる誤差を取り除くため、二つの状態変数を用いて状態空間内に制御則を確立するが、それらは器具の端部により直線にてカバーする長さ L と、生じた角度誤差を表わす状態変数である。前記制御則を得るため、下記を状態式を用いる。

【0045】

【数3】

$$\begin{pmatrix} L(k+1) \\ v(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{-T/\tau} & 0 \\ -1/k_p & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L(k) \\ v(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K \cdot (1 - e^{-T/\tau}) \\ 0 \end{pmatrix} \cdot u(k)$$

50

【0046】

ここで、 $L(k)$ は時刻 k において器具端部が直線にてカバーする長さであり、 $v(k)$ は時刻 k における器具の向きに生ずる角度誤差であり、 τ はシステムの時定数であり、 T は離散化サンプリング周期であり、 k_p は旋回半径であり、 K はシステムの静的ゲインであり、 $u(k)$ は各瞬間 k における所望の向きに達する上でカバー対象となる弧長である。

【0047】

この点から、下記の適応制御則が得られる。

【0048】

【数4】

10

$$u(k) = k_p \cdot \left(\begin{pmatrix} r(k) \\ 0 \end{pmatrix} - H(k) \cdot \begin{pmatrix} L(k) \\ v(k) \end{pmatrix} \right)$$

【0049】

ここで、 $u(k)$ は各時刻 k ごとに所望の向きに達する上でカバー対象となる弧長であり、 k_p は旋回半径であり、水平軸に沿う向きの場合は k_p 値 = p (ここで、 p は推定旋回半径) であり、垂直軸に沿う向きの場合は k_p 値 = $\sin(\theta)$ (ここで、 θ は垂直に對する器具の角度である) であり、 $r(k)$ は各時刻 k ごとの所望の向きで、鋭く展開しないよう前述の時間則に従って記述される第1の指示システムに関する台形輪郭に従い各時刻ごとに修正され、 $H(k)$ はシステムがその目標に到達するための選択されたゲイン行列であり、 $L(k)$ は時刻 k において器具端部がカバーする直線長であり、 $v(k)$ は時刻 k において器具の向きに生じた角度誤差である。それ故、適応制御則には光学系の向き(端部アクチュエータ上に装着されたセンサを用いて計測)と誤差の計算に望まれる向きと推定旋回半径 p とカバーされた弧長 $L(k)$ とが必要となる。

20

【0050】

適応制御の結果は所要の弧長であり、これが先に示した下記の状態式で構成される状態の予測器を介して器具の端部に共に關係する弧長と速度を計算する時点まで、カバーした実際の弧長の推定と合わせ用いられる。

30

【0051】

【数5】

$$\begin{pmatrix} L(k+1) \\ v(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{-T/\tau} & 0 \\ -1/k_p & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L(k) \\ v(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K \cdot (1 - e^{-T/\tau}) \\ 0 \end{pmatrix} \cdot u(k)$$

【0052】

ここで、異なる大きさは先に説明したのと同じ意味を有する。

40

【0053】

この二重の結果は速度変化図計算用の入口及び端部アクチュエータが追従する経路として用いられ、その両方の場合ともその瞬間まで実際の弧長の推定を入口として用い、加えて経路の場合には、推定旋回半径 p の裏付けと共に用いる。得られた端部アクチュエータのデカルト座標系速度と経路からロボットアームの逆運動学モデルを用いることで、継手基準値が導出され、それがロボットアームの継手に伝えられて目標場所に達する。この動きが端部アクチュエータを動かし、これが受動的継手と(実際の)挿入点である支持点とを介して被装着器具を新たな向きに到達させる。ロボットアームの継手に新たな継手基準値が送信されるのと同時に、ロボットアームの前記継手基準値と直接的な運動学モデルを介し、かつ先に示した状態式(ここでは状態推定器として機能する)に従い、これまでに

50

カバーした実際の弧の推定が第1のステップにおいて得られ、次のステップにおいて旋回半径推定器の助けを借り、この場合も端部アクチュエータのセンサを介する光学系の実際の向きを入口として用い、前記推定旋回半径 p が得られる。ロボットアームコントローラは、各能動的自由度のためのコントローラと、外科医が与えインタフェースシステムを介して受信した指示に従うとともに前述の方法に従い、その初期位置及び向きから最終位置及び向きまでの直線を記述する被装着器具がカバーする必要のある一連の位置だけでなく、所望場所に到達する上で被装着器具用にロボットの電動継手が採用しなければならない最終位置もまた計算する監視装置とを含む階層的アクチュエータ（図8参照）を有する。この一連の継手位置は、各継手をその目標に到達させることを担うコントローラへ送信される。ロボットアームのコントローラ内に介在する異なる要素間の通信は、専用バスを介して達成される。好適な実施形態では、コントローラは監視レベルに合わせた電子回路や同様の他の3個の電子回路を介して実装され、電動継手のコントローラごとに相互交換可能としてある。コントローラと合わせ、端部アクチュエータが装備する異なるセンサが送信する信号を受信してそれらを監視装置へ送信する手段もまた存在する。これらの手段は、好適な実施形態にあっては、電子回路を介して同様に実装される。

10

【0054】

コントローラに付属し、さらにロボットアームの基部にさえ、外科医の指示を受け取り、それらに応答してロボットに適した動きの指示を発生するモジュールが設けてある。同様に、この内部モジュールが指示入力手段との通信を担っている。この内部モジュールの実施形態は、ユーザが選択する指示入力手段に応じて可変することができる。好適な実施形態では、それはマイクロフォンを介してユーザが与える被发声指示の認識を担う特化された電子回路で出来ているが、それはまたデジタル信号プロセッサや個人向け携帯情報端末（PDA）や或いはアームの機械構造に一体化されたミニコンピュータ等の汎用目的を有する機械内で実行されるプログラムの形を取らせることもできる。

20

【0055】

同様に、口頭指示が選択されないか或いはロボットと相互作用することがユーザにとっての唯一の可能性でないシステムの別の実施形態では、前述のモジュールはタッチスクリーン（ただし、これに限定はされない）等の他の指示入力手段の制御を担う。前述の追加の制御手段の信号と音声インタフェースを介して受信した支持の両方が、内部モジュール内でロボットコントローラに送信する指示へ変換される。これらは、アームが行う必要のある動きを示す。

30

【0056】

指示入力手段として、本システムの好適な実施形態では、ロボットアームに装着したジョイスティックや制御レバーとロボットアーム内の構造に配置され或いは外科医が保持する好ましくは無線（ただし、従来のものにもできる）のマイクロフォンが設けてある。しかし、これにはユーザがそれをより好都合な位置に配置できるようにする関節機構を用いてロボット構造に装着するタッチスクリーン等の他の入力手段を持たせることもできる。このスクリーン内には腹腔鏡検査画像が存在し、その頂部に手術に関するヘルプ記号やシステムの状態や手術室の他の器具の性能に関する情報や或いは他の関心のある情報等の異種情報を示すことができる。他の制御手段は、例えば（これに限定はされないが）ロボットが保持する手術器具の形を再生する主操作器で、該主操作器の位置の修正がインタフェースシステムの内部モジュールが行う適切な変換を介し、操作器に装着された手術器具における同様の動きを意味する主操作器を含めることができる。この主操作器には、ユーザが動き変換時にゲイン K 或いは減衰 K^{-1} を特定できるようにする手段を持たせ、かくして所定方向の長さ L の動きが対応する方向に実際の術具を大きさ $K \cdot L$ 或いは $K^{-1} \cdot L$ でそれぞれ動かせるようにする手段を持たせることができる。別の可能性は、手術の準備（端部アクチュエータに未だ固定されていない手術器具を用いる）に限定されるが、ロボットに対し器具を固定するより好都合な点に配置されるまで手で直接的にロボットアームを動かすことからなり、それは第2と第3の操作継手（b），（d）を非被制御とし、器具の固定時にユーザからの特別な指示をもって制御を回復することで達成される。

40

50

【0057】

コントローラに付属するインターフェースの内部モジュールは、これに限定はしないが例えば手術器具の実際の位置を表わす線図や動きが危険である領域等の異なる情報をユーザに提示する役割もまた担うものである。同様に、ロボットがとった動きの記録とシステムが占有した位置の記録を保存し、必要に応じてその後の言葉或いは音声の再構成を可能にできる。それは、システムのセットアップを可能にするシステムの状態に関し言葉或いは音声の形で音声情報を返すこともできる。かくして、例えば行おうとする手術の留意内容に従ってロボットアームに「左アーム」又は「右アーム」の初期構成を選択し、第3の電動継手（第2の外旋継手）を外科医から遠ざけて彼又は彼女を邪魔しないようにすることが可能である。別の例は、手術中に外科医が与える指示に応じて患者内部の手術器具の端部に与える動きの大きさの外科医の必要ないしは嗜好に従った選択からなる。

10

【0058】

組立体（コントローラ付き操作アームとインターフェースシステムの内部モジュールと手術室内に在る指示入力手段が含まれる）を電池動作させ、そのことがそれを使用する手術室の電装に独立性をもたらし、その用途ならびに開発を簡単化する。

【産業上の利用可能性】

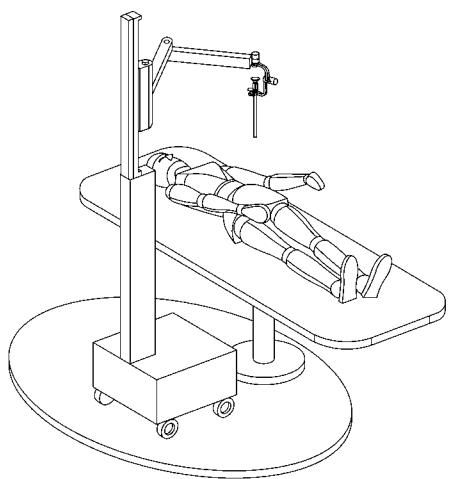
【0059】

本システムは、外科手術分野、特に最小侵襲性外科手術に対しロボットの正確かつ安全な特徴を適用できるようにする。腹腔鏡検査カメラの移動に用いたときに、より安定した画像（それ無しでは手術時間に影響する）や医局員間のより良き調整や手術時間の低減（それがひいては患者が麻酔下にある時間を低減する）等の一連の利点が得られる。さらに、ロボットシステムに対し外科医が指示を与える手段としての音声認識システムの使用が彼又は彼女が助手の助け無しで追加の器具を扱えるようにし、そのことが最小侵襲性手術の技術内で複雑な仕事を簡単に行えるようにする。器具の追従場所を計算するのに用いる方法のお陰で、ロボットアームは手術室内により低いコストでもって簡単に組み込むことができ、何故ならロボットアームを繋ぎ止めるよう手術台を修正（或いはその変更すら）する必要はなく、器具の挿入場所を見出すために手術前に較正を行う必要もなく、そのことが手術の持続時間を短縮してシステムの償却を改善し、何故ならそれが同じ手術においてさえ一つの外科措置から別の措置への素早い変更を可能にするからである。この容易さの品質と組み込み経済性は、電池動作とすることに強化される。

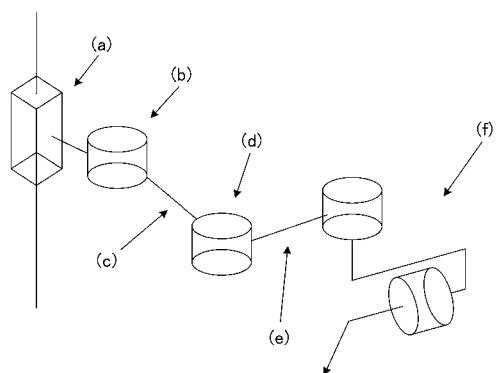
20

30

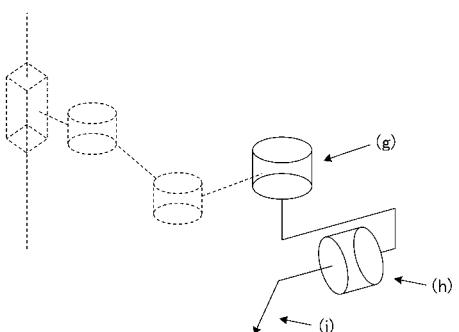
【図1】



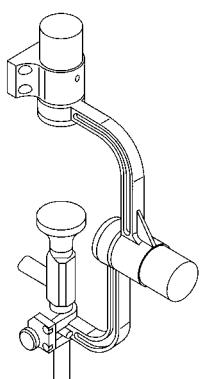
【図2】



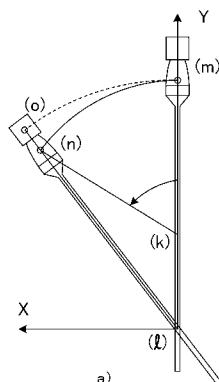
【図3】



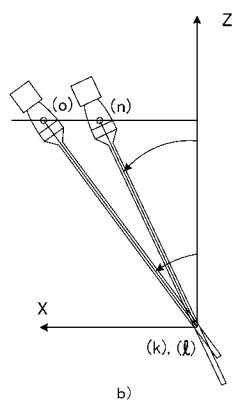
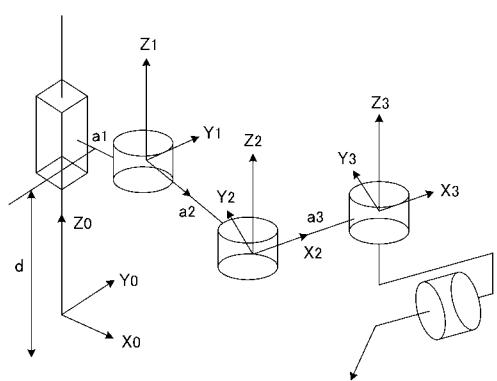
【図4】



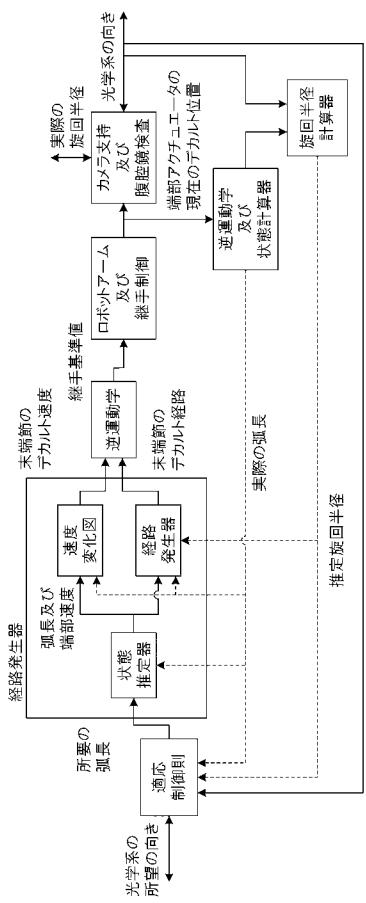
【図6】



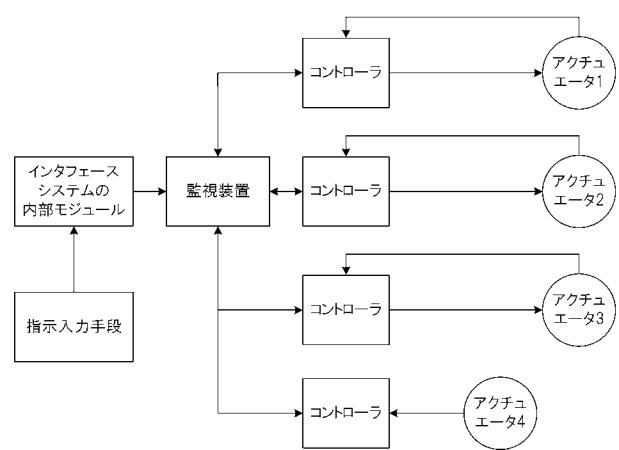
【図5】



【図7】



【図8】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/ES 2007/000442
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER see extra sheet According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) A61B17,19, A61B1		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CIBEPAT,EPODOC,WPI,LATIPAT		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2006016390 A1 (CALABRIAN HIGH TECH SRL) 16.12.2006, the whole document.	1 - 12
A	WO 2006052375 A1 (LIPOW) 18.05.2006, the whole document.	1 - 12
A	WO 2006079108 A1 (INTUITIVE SURGICAL) 27.07.2006, the whole document.	1 - 12
A	US 2005027397 A (NIEMEYER) 03.02.2005, the whole document.	1 - 12
A	US 2005256371 A (SCHARA et al.) 17.11.2005, the whole document.	1 - 12
A	WO 2004032752 A1 (CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL) 22.04.2004, the whole document.	1 - 12
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance. "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition, or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 26 November 2007 (26.11.2007)		Date of mailing of the international search report (28/11/2007)
Name and mailing address of the ISA/ O.E.P.M. Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España. Facsimile No. 34 91 3495304		Authorized officer A. Cárdenas Villar Telephone No. +34 91 349 53 93

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 2007/000442

C (continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of documents, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004261179 A (BLUMENKRANZ) 30.12.2004, the whole document	1 - 12
A	ES 2200679 A (UNIVERSIDAD DE MÁLAGA) 01.03.2004, the whole document.	1 - 12
A	ES 2181526 A (UNIVERSIDAD DE MÁLAGA) 16.02.2003, the whole document.	1 - 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No.	
Information on patent family members		PCT/ ES 2007/000442	
Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006016390 A	16.02.2006	WO 2006016391 A EP 1843713 A EP 20050778903 EP 1843876 A EP 20050778744	16.02.2006 17.10.2007 08.08.2005 17.10.2007 08.08.2005
WO 2006052375 A	18.05.2006	US 2006155263 A	13.07.2006 13.07.2006 13.07.2006
WO 2006079108 A	27.07.2006	US 2006167440 A US 2007156122 A EP 1841379 A EP 20060719471	27.07.2006 05.07.2007 10.10.2007 24.01.2006
US 2005027397 A	03.02.2005	US 6493608 B US 2003029463 A US 6772053 B	10.12.2002 13.02.2003 03.08.2004 03.08.2004 03.08.2004
US 2005256371 A	17.11.2005	NONE	-----
WO 2004032752 A	22.04.2004	MX P AU 2003267853 A	28.04.2004 04.05.2004
US 2004261179 A	30.12.2004	US 6246200 B US 2001013764 A US 6441577 B US 6788018 B US 6933695 B	12.06.2001 16.08.2001 27.08.2002 07.09.2004 23.08.2005 23.08.2005
ES 2200679 A B	01.03.2004	NONE	-----
ES 2181526 A B	16.02.2003	NONE	-----

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES 2007/000442

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 17/00 (2006.01)*A61B 19/00* (2006.01)

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº PCT/ ES 2007/000442

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver hoja adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)
A61B17,19, A61B1

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

CIBEPAT,EPODOC,WPI,LATIPAT

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	WO 2006016390 A1 (CALABRIAN HIGH TECH SRL) 16.12.2006, todo el documento.	1 - 12
A	WO 2006052375 A1 (LIPOW) 18.05.2006, todo el documento.	1 - 12
A	WO 2006079108 A1 (INTUITIVE SURGICAL) 27.07.2006, todo el documento.	1 - 12
A	US 2005027397 A (NIEMEYER) 03.02.2005, todo el documento.	1 - 12
A	US 2005256371 A (SCHARA et al.) 17.11.2005, todo el documento.	1 - 12
A	WO 2004032752 A1 (CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL) 22.04.2004, todo el documento.	1 - 12

En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos

Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

- * Categorías especiales de documentos citados:
- "A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.
- "E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.
- "L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).
- "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.
- "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.
- "T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
- "X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
- "Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
- "&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 26 Noviembre 2007 (26.11.2007)	Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional 28 de noviembre de 2007 (28/11/2007)
Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M. Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España. Nº de fax 34 91 3495304	Funcionario autorizado A. Cárdenas Villar Nº de teléfono +34 91 349 53 93

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº
PCT/ES 2007/000442

C (continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
A	US 2004261179 A (BLUMENKRANZ) 30.12.2004, todo el documento	1 - 12
A	ES 2200679 A (UNIVERSIDAD DE MÁLAGA) 01.03.2004, todo el documento.	1 - 12
A	ES 2181526 A(UNIVERSIDAD DE MÁLAGA) 16.02.2003, todo el documento.	1 - 12

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ES 2007/000442

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
WO 2006016390 A	16.02.2006	WO 2006016391 A EP 1843713 A EP 20050778903 EP 1843876 A EP 20050778744	16.02.2006 17.10.2007 08.08.2005 17.10.2007 08.08.2005
WO 2006052375 A	18.05.2006	US 2006155263 A	13.07.2006 13.07.2006 13.07.2006
WO 2006079108 A	27.07.2006	US 2006167440 A US 2007156122 A EP 1841379 A EP 20060719471	27.07.2006 05.07.2007 10.10.2007 24.01.2006
US 2005027397 A	03.02.2005	US 6493608 B US 2003029463 A US 6772053 B	10.12.2002 13.02.2003 03.08.2004 03.08.2004 03.08.2004
US 2005256371 A	17.11.2005	NINGUNO	-----
WO 2004032752 A	22.04.2004	MX P AU 2003267853 A	28.04.2004 04.05.2004
US 2004261179 A	30.12.2004	US 6246200 B US 2001013764 A US 6441577 B US 6788018 B US 6933695 B	12.06.2001 16.08.2001 27.08.2002 07.09.2004 23.08.2005 23.08.2005
ES 2200679 A B	01.03.2004	NINGUNO	-----
ES 2181526 A B	16.02.2003	NINGUNO	-----

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES 2007/000442

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

*A61B 17/00 (2006.01)**A61B 19/00 (2006.01)*

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MT,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SV,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ムノス マルチネス, ピクトル フェルナンド
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 ガルシア モラレス, イザベル
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 フェルナンデス ロザノ, ジーサス
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 ゴメス デ ガブリエル, ジーサス マニュエル
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 ガルシア セレツツオ, アルフォンソ
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 ペレス デル ブルガー, カルロス ジーサス
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 セロン バルバ, ジャビエル
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 ドミンゲス フェルマンデス, フランシスコ
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ エル エジド エス/エヌ, イ-ティ-エスアイ インダストリアレス, ドプト インゲニクリア デ システマス ワイ オートマチカ内

(72)発明者 バラ トルベック, カルロス
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ テアチノス エス/エヌ, ファカルタッド デ メディシナ, オブステトリカ ワイ ジネコロジア, ドプト シルジア内

(72)発明者 トスカノ メンデス, ラファエル
スペイン国, イ-29071 マラガ, キャンパス デ テアチノス エス/エヌ, ファカルタッド デ メディシナ, オブステトリカ ワイ ジネコロジア, ドプト シルジア内

专利名称(译)	一种机器人系统，支持无创外科手术，可根据外科医生的指示定位手术器械，无需连接手术台或预先校准插入点		
公开(公告)号	JP2009544383A	公开(公告)日	2009-12-17
申请号	JP2009521282	申请日	2007-07-18
[标]申请(专利权)人(译)	UNI-贝尔乳木果爸马拉加		
申请(专利权)人(译)	Yuniberushidaddo马拉加		
[标]发明人	<p>ムノスマルチネスピクトルフェルナンド ガルシアモラレスイザベル フエルナンデスロザノジーサス ゴメスデガブリエルジーサスマニュエル ガルシアセレツツオアルフォンソ ベレスデルプルガーカルロスジーサス セロンバルバ,ジャビエル ドミンゲスフェルマンデスフランシスコ バラトルベックカルロス トスカノメンデスラファエル</p>		
发明人	<p>ムノスマルチネス,ビクトル フエルナンド ガルシアモラレス,イザベル フエルナンデスロザノ,ジーサス ゴメスデガブリエル,ジーサス マニュエル ガルシアセレツツオ,アルフォンソ ベレスデルプルガー,カルロス ジーサス セロンバルバ,ジャビエル ドミンゲスフェルマンデス,フランシスコ バラトルベック,カルロス トスカノメンデス,ラファエル</p>		
IPC分类号	A61B19/00		
CPC分类号	A61B34/30 A61B17/00234 A61B90/361 A61B90/37 A61B2017/00115 A61B2017/00203 A61B2017/00734 A61B2034/305 A61B2034/742		
FI分类号	A61B19/00.502		
优先权	2006002091 2006-07-28 ES		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

发明内容用于辅助微创手术的机器人系统，其可以响应于来自外科医生的命令定位手术器械，不附接到手术台并且不需要预先校准插入点。该系统包括：具有三个活动自由度的机械手机器人，其设置有具有两个被动自由度的端部致动器，所述致动器用于连接手术器械；机器人控制器内置于其结构中，该机器人控制器可以执行计算被传递给携带的手术器械的运动的方法，使得其到达期望的位置而无需预校准并且不需要将组件连接到手术台；以及用于命令系统执行所需动作的接口系统。包括机器人，控制器和接口系统的组件是电池操作的。

$$\begin{pmatrix} L(k+1) \\ V(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \theta^{-1/2} & 0 \\ -1/k & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L(k) \\ V(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} K \cdot (1 - \theta^{-1/2}) \\ 0 \end{pmatrix}.$$