(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2007 年12 月21 日 (21.12.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/145327 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 19/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2007/062147

(22) 国際出願日: 2007 年6 月15 日 (15.06.2007)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

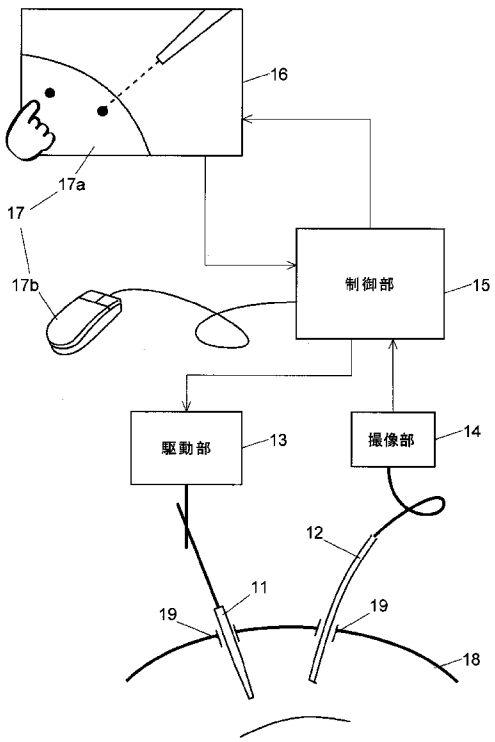
(30) 優先権データ:
特願2006-166381 2006 年6 月15 日 (15.06.2006) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘１番１号 Osaka (JP).

(71) 出願人 (アラブ首長国連邦, アンティグア・バーブーダ, アルバニア, アルメニア, オーストリア, オーストラリア, アゼルバイジャン, ボスニア・ヘルツェゴヴィナ, バルバドス, ベルギー, ブルキナ・ファソ, ブルガリア, バーレーン, ベナン, ブラジル, ボツワナ, ベラルーシ, ベリーズ, カナダ, 中央アフリカ, コンゴー, スイス, コートジボアール, カメルーン, 中国, コロンビア, コスタリカ, キューバ, キプロス, チェッコ, ドイツ, デンマーク, ドミニカ, アルジェリア, エクアドル, エストニア, エジプト, スペイン, フィンランド, フランス, ガボン, 英国, グレナダ, グルジア, ガーナ, ガンビア, ギニア, 赤道ギニア, ギリシャ, グアテマラ, ギニア・ビサオ, ホンジュラス, クロアチア, ハンガリー, インドネシア, アイルランド, イスラエル, インド, アイスランド, イタリア, ケニア, キルギス, コモロ, セントキッツ・ネーヴィス, 北朝鮮, 韓国, カザフスタン, ラオス, セントルシア, スリランカ, リベリア, レソト, リトアニア, ルクセンブルグ, ラトヴィア, 大リビア・アラブ社会主義人民ジャマーヒリーヤ国, モロッコ, モナコ, モルドヴァ, モンテネグロ, マダガスカル, マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国, マリ, モンゴル, モーリタニア, マル
[続葉有]

(54) **Title:** REMOTE OPERATION SYSTEM

(54) **発明の名称:** 遠隔操作システム



15 CONTROL UNIT
13 DRIVE UNIT
14 IMAGING UNIT

(57) Abstract: Provided is a remote operation system capable of bringing a visual recognition portion and an operation portion as close to each other as possible for natural actions and performing a precise operation. The remote operation system comprises a) an imaging device (12) for taking the image of an object, b) an operation tool (11) provided at its leading end with a spot light irradiating portion for irradiating the object, c) a drive unit (13) for changing the position of the operation tool (11), d) an outside display unit (16) for displaying an image taken by the imaging device (12), e) an input unit (17) for an operator to indicate a position corresponding to the display of the outside display unit, f) a distance calculating unit for calculating the distance between the position indicated through the input unit (17) and the position of a spot light made to irradiate the object by the spot light irradiating portion, and g) a control unit (15) for controlling the drive unit (13) on the basis of the distance so that the leading end of the operation tool (11) may approach the indicated position.

(57) 要約: 本発明の課題は、視認箇所と操作箇所をできるだけ近づけて自然な動作を可能とし、しかも正確な施術を行うことのできる遠隔操作システムを提供することにある。本発明の遠隔操作システムは、a)前記対象物を撮影する撮影具１２と、b) 前記対象物を照射するスポット光照射部を先端に有する操作具１１と、c)前記操作具１１の位置を変化させる駆動部１３と、d)撮影具１２により撮影された映像を表示する外部表示部１６と、e)操作者が、外部表示部の表示に対応した位置を指示するための入力部１７と、f) 入力部１７を介して指示された位置と、前記スポット光照射部により前記対象物に照射されたスポット光の位置の間の距離を計算する距離計算部と、g)前記距離に基づき、操作具１１先端が前記指示位置に近づくように駆動部１３を制御する制御部１５と、を備える。

WO 2007/145327 A1

タ, マラウイ, メキシコ, マレーシア, モザンビーク, ナミビア, ニジェール, ナイジェリア, ニカラグア, オランダ, ノールウェー, ニュージーランド, オマーン, パプアニューギニア, フィリピン, ポーランド, ポルトガル, ルーマニア, セルビア, ロシア, セーシェル共和国, スーダン, スウェーデン, シンガポール, スロヴェニア, スロヴァキア, シエラレオーネ, サン・マリノ, セネガル, エルサルバドル, シリア・アラブ共和国, スワジランド, チャード, トーゴー, タジキスタン, トルクメニスタン, テュニジア, トルコ, トリニダッド・トバゴ, タンザニア, ウクライナ, ウガンダ, ウズベキスタン, セント・ヴィンセント及びグレナディーン諸島, ヴィエトナム, セルビア共和国, 南アフリカ共和国, ザンビア, ジンバブエについてのみ): 関西ティー・エル・オー株式会社 (KANSAI TECHNOLOGY LICENSING ORGANIZATION CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6008216 京都府京都市下京区西洞院通塩小路下る東塩小路町９３９番地 Kyoto (JP).

(71) 出願人 および
(72) 発明者 (日本, 米国についてのみ): 島田 順一 (SHIMADA, Jun-ichi) [JP/JP]; 〒6078112 京都府京都市山科区小山中の川町３１－３ Kyoto (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 西川 敦 (NISHIKAWA, Atsushi) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘１番１号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 小林 良平 (KOBAYASI, Ryohei); 〒6008091 京都府京都市下京区東洞院通四条下ル元悪王子町３７番地 豊元四条烏丸ビル７階 小林特許商標事務所 Kyoto (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

２文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

遠隔操作システム

技術分野

[0001] 本発明は、隔壁の向こう側の空間内にある対象物に対して操作を行う遠隔操作システムに関する。この遠隔操作システムは、人体への侵襲をできるかぎり少なくし、しかも正確に手術を行うことのできる手術システムに好適に適用することができる。

背景技術

[0002] 人に対する外科的治療(手術)においては、長い間、医師が目で見ながら、メス等の術具を手で操作して対象箇所の開創、切除等の処置を行っていた。

[0003] しかし、対象器官等に関する生物学的及び解剖学的情報の蓄積及び医療技術の向上に伴い、手術対象が小範囲且つ微細となってきた。一方、電子技術の進歩に伴い撮像システムも小型化、高精細化が進み、色再現性の点でも医療現場での使用に十分堪えうるようになってきた。その結果、外科手術においても光ファイバを用いて体内を撮影し、それを大画面に投影しつつ、医師がその画面を見ながら術具を操作するという内視鏡手術も近年広く行われるようになってきた。

[0004] 更には、術具の操作についても、マニピュレータにより遠隔的に行うことが模索され、各種の具体的方法が提案されている。例えば、特許文献1には、内視鏡を組み込んだマニピュレータを駆動するシステムが開示されている。このシステムでは、マニピュレータの操作は、制御用スティック又は音声認識装置を介して行われる。

[0005] 特許文献2には、患者への侵襲を最小限に抑えるため、棒状のマニピュレータを、体壁の挿入孔を支点として動作させるポイントロックシステムが開示されている。このシステムでは、操作者がフェイスマウンテッドディスプレイ(FMD)を装着し、そこに映し出される映像を見ながら操作入力装置を操作して処置用マニピュレータを駆動する。また、観察用マニピュレータは、医師の頭部の動きをFMDに設けられた3次元デジタイザが検出し、それにより動き及び位置が制御される。

[0006] 特許文献3には、操作者の負担を軽減するため、マニピュレータの支持機構に工夫を加えたシステムが開示されている。従って、このシステムにおいては操作者はマ

ニピュレータを直接操作する。なお、内視鏡映像は外部画面で見るようになっている。

[0007] 非特許文献1には、手術具先端の側面に3点の発光点を設け、その3点の映像に基づいて、手術具の先端から照射されるレーザ光の体内照射点(レーザスポット)と手術具先端の間の距離を測定し、その距離が所定値となるように手術具を制御する方法が開示されている。

[0008] 特許文献1:特開平06-030896号公報

特許文献2:特開平08-215205号公報

特許文献3:特開2003-052716号公報

非特許文献1:"Autonomous 3-D Positioning of Surgical Instruments in Robotized Laparoscopic Surgery Using Visual Servoing", A. Krupa, et al., IEEE Trans. on Robotics and Automation, Vol. 19 (2003), No. 5, pp. 842-853

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] 以上説明した通り、従来の手術システムではいずれもマニピュレータの操作は、操作者(施術者、医師)が直接行う(特許文献3)か、操作入力装置を用いて行う(特許文献1、2)ようになっている。一方、内視鏡による術部の映像は、外部画面で見る(特許文献1、3)か、或いはFMD又はHMD(ヘッドマウンテッドディスプレイ)で見るようになっている(特許文献2)。

[0010] しかし、FMDやHMDを装着すると、周囲の状況が全く或いは不完全にしか視認できない。通常、手術は複数人でチームを組んで行うことが多いが、施術者(医師)が周囲の状況を十分に把握していないとチームメンバー間の意思疎通が不十分となり、スムーズな手術遂行が困難となる。

[0011] 一方、外部画面を見ながら操作入力装置を操作するという動作は、従来から行われていた目視しつつ術具を操作するという動作と比べると、視認箇所と操作箇所が異なるという点で不自然なものであり、十分に細かい動作を行うことができないという欠点があった。

[0012] 非特許文献1では、手術具を対象臓器の表面から所定の距離に近づけるまでのプ

ロセスが扱われ、それ以降は操作者が外部画面を見ながら手動で又は操作入力装置を用いて手術具を操作して手術を行うことが予定されている。

[0013] また、上述のように対象物を目視せずにその対象物に対して操作を行うことは、手術装置以外の遠隔操作装置においても行われる。例えば、酸素、水、埃等を排除した環境下で対象物の加工を行う必要がある場合、それらを排除した容器内に対象物を収容し、加工に用いる工具を容器外から遠隔操作することがある。このように、容器などの隔壁により操作者と対象物が隔てられており、それにより操作者が対象物を目視で十分に確認することができない場合には、上述の手術装置と同様の問題が発生しうる。また、操作者が対象物から遠い場所に居る場合、対象物が肉眼では確認することができないほど小さい場合、あるいは肉眼では確認することができない微細な加工を行う場合などにも同様の問題が発生しうる。

[0014] そこで本発明が解決しようとする課題は、視認箇所と操作箇所をできるだけ近づけて自然な動作を可能とし、しかも正確な操作を行うことができる手術システムなどの遠隔操作システムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0015] 上記課題を解決するために成された本発明に係る遠隔操作システムは、対象物に対して操作を行う遠隔操作システムにおいて、

a) 前記対象物を撮影する撮影具と、

b) 前記対象物を照射するスポット光照射部を先端に有する操作具と、

c) 前記操作具の位置を変化させる駆動部と、

d) 前記撮影具により撮影された映像を表示する外部表示部と、

e) 操作者が、外部表示部の表示に対応した位置を指示するための入力部と、

f) 入力部を介して指示された位置と、前記スポット光照射部により前記対象物に照射されたスポット光の位置の間の距離を計算する距離計算部と、

g) 前記距離に基づき、操作具先端が前記指示位置に近づくように駆動部を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする。

[0016] 前記制御部は、前記距離が小さくなるように手術具を移動させ、前記距離が所定値

以下になった後に、手術具の先端を指示位置に近づけるように駆動部を制御する機能を有するようにしてもよい。

[0017] 本発明に係る遠隔操作システムは、隔壁の向こう側の空間内にある対象物に対して操作を行う場合に好適に用いることができる。そのような遠隔操作システムは、

a) 前記対象物を撮影する撮影具と、

b) 前記隔壁に設けられた単孔を通して前記空間に挿入される、先端にスポット光照射部を有する棒状の操作具と、

c) 前記操作具の位置を変化させる駆動部と、

d) 撮影具により撮影された映像を表示する外部表示部と、

e) 操作者が、外部表示部の表示に対応した位置を指示するための入力部と、

f) 入力部を介して指示された位置と、前記スポット光照射部により前記対象物に照射されたスポット光の位置の間の距離を計算する距離計算部と、

g) 前記距離に基づき、操作具先端が前記指示位置に近づくように駆動部を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする。

[0018] 前記隔壁がある場合において、前記制御部は、

まず前記距離が小さくなるように操作具を前記単孔を中心として回動させ、

前記距離が所定値以下になった後に、操作具をその軸方向に移動させる、

ように駆動部を制御する機能を有するようにしてもよい。

[0019] 前記制御部は、前記指示位置が移動したときに前記距離が所定値以下である状態が維持されるように前記駆動部を制御する機能を有するようにしてもよい。このような機能は隔壁の有無に関わらず用いることができる。

[0020] 本発明に係る遠隔操作システムは、前記操作具を手術具とすることにより、手術システムとして用いることができる。この場合、前記対象物は患者の患部に該当する。また、隔壁がある場合に用いるシステムにおいては、前記隔壁は患者の体壁に該当する。

発明の効果

[0021] 本発明に係る遠隔操作システム(手術システムを含む)では、操作者(施術者)は外

部表示部の画面を見ながら、入力部を用いてその画面の表示に対応した位置を指示することにより、制御部が操作具(手術具)先端から発せられるスポット光照射点と指示点との距離を近づけるように制御を行う。このため、操作者が見なければならないのは外部表示部の画面だけとなる。外部表示部は、操作者以外の者も見ることができる。また、操作者は外部表示部以外に周囲の状況を適宜見ることにより、周囲の状況を判断して適切なチームプレイを行うことができる。

[0022] 操作者は、入力部を用いて操作を行うことにより、制御部及び駆動部の働きにより操作具(手術具)を意のままに動かせることができる。

以下、手術システムを例として、従来の手術システムと比較しつつ、本発明の遠隔操作システムの操作性の良い点を説明する。従来の手術システムでは、操作入力装置で操作した結果は手術具の動きとして画面に現れるだけであるが、本発明では、それに加えて、入力部を用いた操作の結果も画面上に現れる。従来の手術システムでは、施術者が操作入力部で入力を行うと、その結果がそのまま手術具の動きとなってしまうため、慎重な操作が必要であったが、本発明では手術具の動きの目標点(指示点)と実際の位置の双方が画面上に表示されるため、手術具の実際の動きが不適切な場合には、目標点(指示点)を変更することにより、適切な対応を行うことができるようになる。

[0023] 本発明は、操作者が対象物の近くで操作をする場合に限らず、操作者が対象物から遠く離れた場所にいる場合にも適用することができる。その場合、少なくとも外部表示部及び入力部は操作者側に配置し(操作者側装置)、撮影具、操作具及び駆動部は対象物側に配置する(対象物側装置)。距離計算部及び制御部は操作者側装置、対象物側装置のいずれに設けてもよい。そして、操作者側装置と対象物側装置をLANやインターネットなどの通信回線を用いて接続する。この通信回線を通して、撮影具からの撮影データを外部表示部へ、また、入力部からの入力情報を(制御部、距離計算部を通して)駆動部へ伝達する。これにより、操作者は対象物の近くで操作をするのと同じ感覚で、遠く離れた場所にある対象物に対して操作をすることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の第1実施形態である手術システムの概略構成図。

[図2]本発明の第2実施形態である手術システムの概略構成図。

[図3]本発明の一実施例におけるツールと手術対象の関係を示す概略構成図。

[図4]上記実施例におけるツール駆動の方法を示す説明図。

[図5]上記実施例におけるツール駆動の別の方法を示す説明図。

符号の説明

[0025] 11…手術具(ツール)

12…撮影具(内視鏡)

13…駆動部

14…撮像部

15…制御部

16…外部表示部

17…入力部

17a…タッチパネル

17b…マウス

18…患者

19…手術具挿入単孔

21…患者側装置

22…施術者側装置

23…インターネット

発明を実施するための最良の形態

[0026] 本発明に係る遠隔操作システムの第1の実施形態である手術システムを図1に示す。本システムは、棒状の手術具(操作具)11、撮影具12、駆動部13、撮像部14、制御部15、外部表示部16、入力部17等を備えている。本システムでは、入力部は、外部表示部の画面上に取り付けられたタッチパネル17aと、制御部に接続されたマウス17b、及び図示せぬキーボード等から成る。手術具11と撮影具12は患者18の体腔にそれぞれ単孔19を介して挿入され、手術具11は駆動部13により回動、進退移動等の動きが付与される。撮影具12は撮像部14によりその動きが制御され、また、撮

影した映像は撮像部14で信号化され、制御部15に送られる。制御部15は、撮影具12で撮影された映像を外部表示部16に表示するとともに、入力部17を介した施術者の指示に基づき、駆動部13を用いて手術具11の動き及び処理を制御する。手術具11による処理とは、例えば手術具11がレーザーメスである場合には、レーザーによる照射、切除、切断、焼灼等であり、手術具11が電気メスである場合には切除、切断、焼灼等である。

[0027] このシステムの動作の一例は次の通りである。施術者が撮影具12を体内に挿入すると、その映像が外部表示部16に表示される。その状態で手術具11を体内に挿入し、駆動部13をセットすることにより、駆動部13による手術具11の駆動を可能とする。外部表示部16の画面を見ながら施術者が画面上のタッチパネル17aで目標点を指示すると、制御部15は画面上で、指示された目標点と手術具11の先端点との位置の差を検出し、手術具11の先端が目標点に近づくように、手術具11の動きを計算する。計算結果は駆動部13に送られ、駆動部13はそれに従って手術具11の動きを制御する。この制御により手術具11の先端点が目標点に近づき、一致すると、施術者は手術具11に対して、タッチパネル17a上で必要な処理を指示する。この指示を受けた制御部15は、駆動部13を介して手術具11にその処理を実行させる。こうして、施術者は、画面16を見ながら、画面16上で指示をするだけで、所望の手術を行うことができる。

[0028] なお、ここでは入力部17としてタッチパネル17aの例で説明したが、マウス17bを用いた場合も全く同様であり、施術者は専ら画面16を見ながら、画面16上で指示を与えることができる。

[0029] 本発明に係る遠隔操作システムの第2の実施形態を図2に示す。本実施形態では、施術者が患者から遠く離れた場所にいる場合に使用できるように、以下のように構成されている。患者側には、第1の実施形態のものと同様の手術具11、撮影具12、駆動部13、撮像部14及び患者側制御部15Aを患者側装置21として配置する。一方、施術者側には、第1の実施形態のものと同様の外部表示部16及び入力部17並びにそれらを制御するための施術者側制御部15Bを施術者側装置22として配置する。そして、患者側装置21と施術者側装置22をインターネット23により接続する。

[0030] 第2実施形態のシステムは、情報の伝送に通信回線(LAN, インターネット等)を使用する点を除いて第1実施形態のシステムと同じ構成を有するため、第2実施形態のシステムの動作は第1実施形態のものと同様である。そのため、施術者は患者がすぐ近くに居る場合と同じ感覚で、遠く離れた場所に居る患者に対して手術をすることができる。

[0031] ここまでは手術システムを例に説明したが、本発明はもちろん手術システム以外の遠隔操作システムに適用することができる。例えば、上述のように酸素、水、埃等を排除した環境下で対象物の加工を行う場合、それらを排除した容器内に対象物を収容したうえで、本発明のシステムを用いて容器外から工具を遠隔操作することができる。本発明によれば、対象物を収容可能な比較的小さい容器を用いることができるため、建設、維持及び運転に多額のコストを要するクリーンルームを用いる場合よりもコストを抑えることができる。

[0032] また、体壁や容器などの隔壁がない場合においても、本発明に係る遠隔操作システムを好適に用いることができる。例えば、肉眼では確認することができないほど小さい対象物を加工する場合や、肉眼では確認することができない微細な加工を行う場合には、外部表示部において対象物あるいは加工部分を拡大表示することにより、操作者が操作具の動きを入力部から精密に指示することができ、それにより精密な加工が可能となる。

実施例

[0033] 本発明の具体的実施例を図3～図5を用いて説明する。本実施例のシステムの基本的構成は前記第1実施形態及び第2実施形態の手術システムと同じである。以下では、その制御方法について、順を追って説明する。なお、以下では上記手術具をツール、駆動部をロボット、撮影具を内視鏡、外部表示部をディスプレイと呼ぶ。

[0034] [1]問題設定

ディスプレイ上に表示される画像には、3種の点座標がある(図4(a))。

(1) 操作者より指示される画面上の目標点座標$D(x_d, y_d)$

(2) ツール先端点の画像座標$S(x_s, y_s)$

(3) ツール11に装着されたレーザスポット点の画像座標$P(x_p, y_p)$

ここで注意すべきことは、操作者が画面上で目標点を与えても、奥行きの座標z_dが決定できないので、対応する対象物(体内)の3D座標は決まらないということである。従って、この状態ではツール先端を目標点に3D位置決めすることはできない。

そこで、ツール11の先端にレーザポインタ(レーザ発射部)を取り付け、画像上でそのレーザスポット点を目標点に位置決めすることで、ツール先端を目標点に3D位置決めすることが可能になる。

[0035] [2] ツールの移動速度とレーザスポット点の画像速度の関係

ツール11はロボットで把持され、制御されるが、前記の通り、ツール11は体表に穿孔された単孔に挿入されているため(図3)、その挿入点Aによる運動学的拘束を受け、運動学的自由度は次の通り4となる。

・挿入点Aを中心とする球面(回動)運動　2自由度

・ツール軸まわりの回転　　1自由度

・ツール軸に沿った並進　　1自由度

よって、ツール11を制御するロボットには4つの関節があればよい。

[0036] ここで、ロボットの速度制御について考える。いま、挿入点Aを中心とするツール先端の2自由度の回動速度を(ω_x, ω_y)、ツールの軸まわりの回転速度をω_z、ツールの軸に沿った並進速度をv_zとすると、レーザスポット点$P(x_p, y_p)$は(ω_z, v_z)に無関係であり、(ω_x, ω_y)のみに依存する。すると、レーザスポット点$P(x_p, y_p)$の画像速度

[数1]

$$\left(\dot{x}_p, \dot{y}_p\right) = \left(\frac{dx_p}{dt}, \frac{dy_p}{dt}\right)$$

と、ツール先端の回動速度の関係(ω_x, ω_y)の関係は、

[数2]

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_p \\ \dot{y}_p \end{pmatrix} = J \begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \end{pmatrix}$$

となる。ここに、Jはイメージヤコビ行列(ヤコビアン)であり、

[数3]

$$J = \begin{pmatrix} J_{11} J_{12} \\ J_{21} J_{22} \end{pmatrix}$$

と表される。

[0037] 一般に、ヤコビ行列Jは、カメラ(内視鏡)パラメータ、カメラ(内視鏡)12とツール11の位置関係、ツール11とターゲット(レーザスポット点)間の距離に依存して変動するが、本実施例の場合、ほぼ固定して制御することが可能であるため、事前のキャリブレーションによりJを固定することが可能となる。すなわち、ロボット(ツール)の回動速度(ω_x, ω_y)を変化させたとき、レーザスポット点P(x_p, y_p)がどのように変化するかを予め校正しておけばよい。

[0038] [3]レーザスポット点P(x_p, y_p)を目標点D(x_d, y_d)に近づける手順

P(x_p, y_p)をD(x_d, y_d)に近づけるには、

[数4]

$$\begin{pmatrix} k_1(x_d - x_p) \\ k_2(y_d - y_p) \end{pmatrix}$$

(但し、k_1, k_2>0)

という画像速度でレーザスポット点P(x_p, y_p)を動かせばよい。そのためには、

[数5]

$$\begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} k_1(x_d - x_p) \\ k_2(y_d - y_p) \end{pmatrix}$$

という回動速度をロボット(ツール)の手先に与えればよい。

[0039] そこで、次の(1)～(4)の手順により近づけることになる。

(1) 画像処理により、レーザスポット点P(x_p, y_p)を検出する。

(2) ロボット(ツール)の回動速度(ω_x, ω_y)を、

[数6]

$$\begin{pmatrix} \omega_x \\ \omega_y \end{pmatrix} = J^{-1} \begin{pmatrix} k_1(x_d - x_p) \\ k_2(y_d - y_p) \end{pmatrix}$$

により計算する。

(3) 計算された回動速度(ω_x, ω_y)を実現するように、ロボットの各関節の角速度を制御する。

(4) 終了条件

レーザスポット点P(x_p, y_p)と目標点D(x_d, y_d)の間の距離

[数7]

$$d_{pd} = \sqrt{(x_d - x_p)^2 + (y_d - y_p)^2}$$

が所定の値ε_p以下になったとき、すなわち、

[数8]

$$d_{pd} < \varepsilon_p$$

を満たせば終了する(図4(b))。さもなければ(1)に戻る。

[0040] [4]ツール先端点S(x_s, y_s)を目標点D(x_d, y_d)に近づける手順

S(x_s, y_s)を目標点D(x_d, y_d)に近づけるには、両者間の距離

[数9]

$$d_{sd} = \sqrt{(x_d - x_s)^2 + (y_d - y_s)^2}$$

に比例した速度、すなわち$k_3 \cdot d_{sd}$(但し、$k_3 > 0$)という速度でツールを体内に挿入(軸に沿って並進)すればよい。

[0041] そこで、上記同様、次のような手順で近づけることになる。

(1) 画像処理により、ツール先端点S(x_s, y_s)を検出

(2) ツールの並進速度v_zを

[数10]

$$v_z = k_3 d_{sd}$$

により計算する。

(3) 計算された並進速度v_zを実現するように、ロボットの各関節の角速度を制御する。

(4) 終了条件

[数11]

$$d_{sd} < \varepsilon_3$$

が満たされれば終了する(図4(c))。さもなければ(1)に戻る。

[0042] 実際には、レーザスポット点P(x_p,y_p)と目標点D(x_d,y_d)の間の距離d_{pd}が所定値ε_{p0}(ただし、$\varepsilon_{p0} > \varepsilon_p$)以下になったときは、[3]と[4]の処理(動き)は同時並行的に行うことができる(図5(b)→(c)(d))。

[0043] 本発明のシステムでは、ツール先端点Sが目標点Dに近づいた後、或いは、ツール先端点Sが目標点Dに近づく間、更にはレーザスポット点Pが目標点Dに近づく間であっても、操作者(施術者)が画面上で指示点Dを移動させると、ツール先端点S(及びレーザスポット点P)もそれに追従して移動する。従って、その間、ツールを手術可能状態にしておく(すなわち、照射、切除、切断、焼灼等が可能な状態にしておく)ことにより、施術者が画面上で指示するのみで照射、切除、切断、焼灼等の施術が可能となる。

[0044] [5]制御プログラムの構成

上記のようなツール(ロボット)の制御を行うためのプログラムは、次のような要素で構成することができる。

(1) 画像処理パート

画像からレーザスポット点P(x_p,y_p)及びツール先端点S(x_s,y_s)を検出する(リアルタイム)プログラム

(2) ロボット制御パート

ツールの4自由度の回動・並進速度(ω_x,ω_y,ω_z,v_z)を実現するように、ロボットの各関節角速度を制御するプログラム

(3) タッチパネル ユーザインタフェース パート

目標点を検出するプログラム、校正プロセス、オンライン制御プロセスの切替、各パラメータの設定などのユーザインタフェース(すべてタッチパネルで設定)

(4) 校正によりヤコビ行列Jを作成するプログラム

(5) レーザスポット点P(x_p,y_p)を目標点D(x_d,y_d)に近づけるための制御プログラム

(6) ツール先端点S(x_s,y_s)を目標点D(x_d,y_d)に近づけるための制御プログラム

なお、入力部をマウスとした場合には、(3)は、マウス ユーザインタフェース パート

となる。

[0045] 本実施例ではツールが単孔に拘束されるという条件の下でツールの運動学的自由度を4としたが、ツールが単孔に拘束されない場合には、ツールの運動学的自由度を5以上として解析を行い、その結果に基づいてツールを操作することができる。また、本実施例では上記条件下での運動学的自由度に合わせてロボットの関節の数を4としたが、ロボット若しくはツールの関節の数又は両者を合わせた数を5以上とすることも、もちろん可能である。

請求の範囲

[1] 対象物に対して操作を行う遠隔操作システムにおいて、

a) 前記対象物を撮影する撮影具と、

b) 前記対象物を照射するスポット光照射部を先端に有する操作具と、

c) 前記操作具の位置を変化させる駆動部と、

d) 前記撮影具により撮影された映像を表示する外部表示部と、

e) 操作者が、外部表示部の表示に対応した位置を指示するための入力部と、

f) 入力部を介して指示された位置と、前記スポット光照射部により前記対象物に照射されたスポット光の位置の間の距離を計算する距離計算部と、

g) 前記距離に基づき、操作具先端が前記指示位置に近づくように駆動部を制御する制御部と、

を備えることを特徴とする遠隔操作システム。

[2] 前記制御部が、前記距離が小さくなるように手術具を移動させ、前記距離が所定値以下になった後に、手術具の先端を指示位置に近づけることを特徴とする請求項1に記載の遠隔操作システム。

[3] 前記対象物が患者の患部であり、前記操作具が手術具であることを特徴とする請求項1又は2に記載の遠隔操作システム。

[4] 隔壁の向こう側の空間内にある対象物に対して操作を行う遠隔操作システムにおいて、

a) 前記対象物を撮影する撮影具と、

b) 前記隔壁に設けられた単孔を通して前記空間に挿入される、先端にスポット光照射部を有する棒状の操作具と、

c) 前記操作具の位置を変化させる駆動部と、

d) 撮影具により撮影された映像を表示する外部表示部と、

e) 操作者が、外部表示部の表示に対応した位置を指示するための入力部と、

f) 入力部を介して指示された位置と、前記スポット光照射部により前記対象物に照射されたスポット光の位置の間の距離を計算する距離計算部と、

g) 前記距離に基づき、操作具先端が前記指示位置に近づくように駆動部を制御す

る制御部と、

を備えることを特徴とする遠隔操作システム。

[5] 前記制御部が、

まず前記距離が小さくなるように操作具を前記単孔を中心として回動させ、

前記距離が所定値以下になった後に、操作具をその軸方向に移動させる、

ように駆動部を制御することを特徴とする請求項4又は10に記載の遠隔操作システム。

[6] 更に、前記制御部が該操作具を軸まわりにも回転させることを特徴とする請求項4～5のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[7] 前記撮影具によって撮影された画像上の前記スポット位置の情報を前記駆動部の回動に係わる駆動パラメータに変換するヤコビ行列に基づいて前記駆動パラメータを変化させることにより前記操作具の動きを制御することを特徴とする請求項4～6のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[8] 前記制御部が、前記撮影具によって撮影された画像上の操作具先端部の位置情報に基づいて前記操作具の進入・後退にかかわる前記駆動部の駆動パラメータを変化させることにより前記操作具の動きを制御することを特徴とする請求項4～7のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[9] 前記対象物が患者の患部であり、前記隔壁が患者の体壁であって、

前記操作具が手術具である、

ことを特徴とする請求項4～8のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[10] 前記入力部が、前記外部表示部に装着されたタッチパネルであることを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[11] 前記制御部が、前記指示位置が移動したときに前記距離が所定値以下である状態が維持されるように前記駆動部を制御する機能を備えることを特徴とする請求項1～10のいずれかに記載の遠隔操作システム。

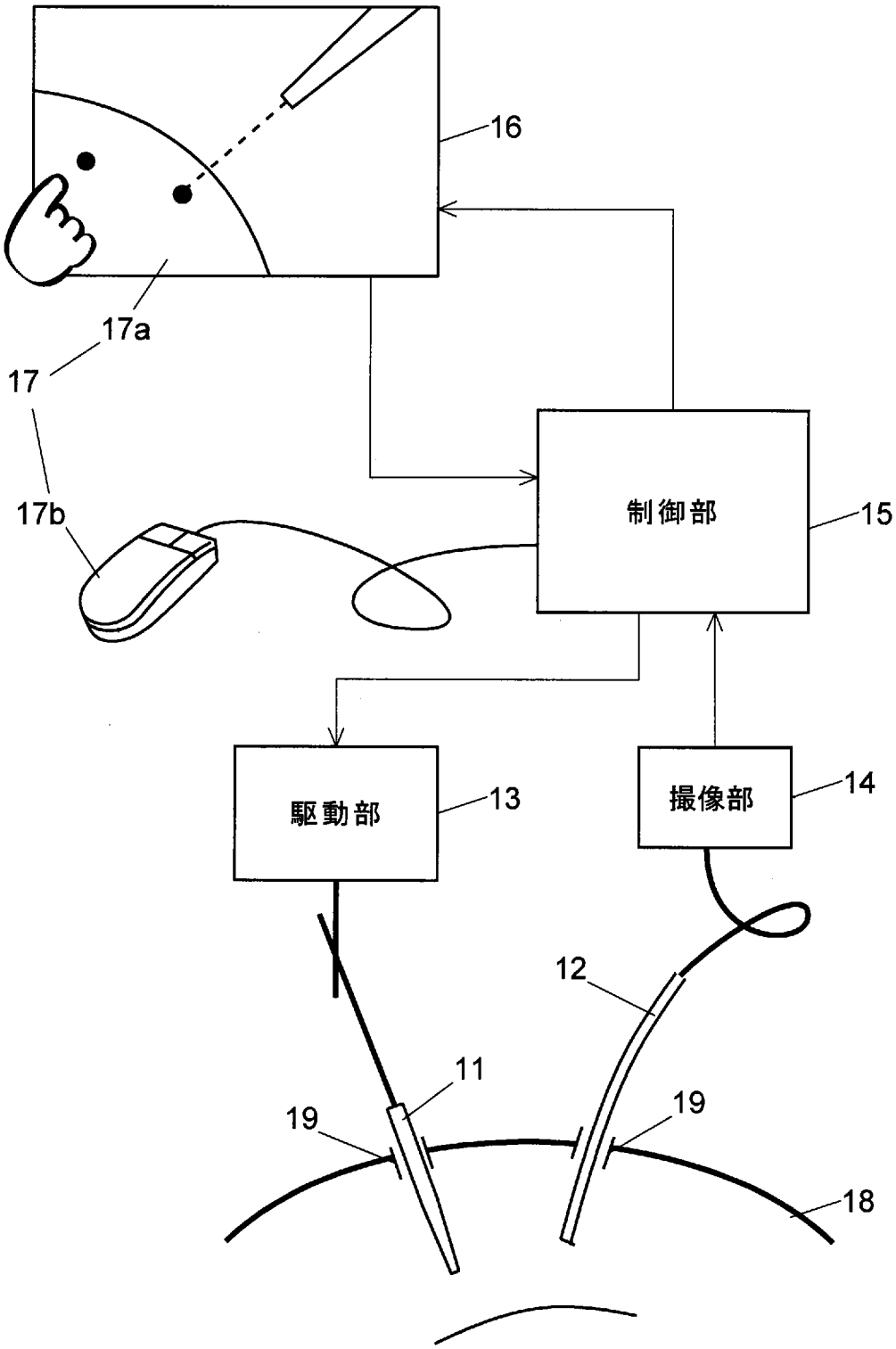
[12] 前記制御部が、前記操作具の動きを速度制御により制御することを特徴とする請求項1～11のいずれかに記載の遠隔操作システム。

[13] 請求項1～12のいずれかに記載の遠隔操作システムのうち少なくとも前記外部表

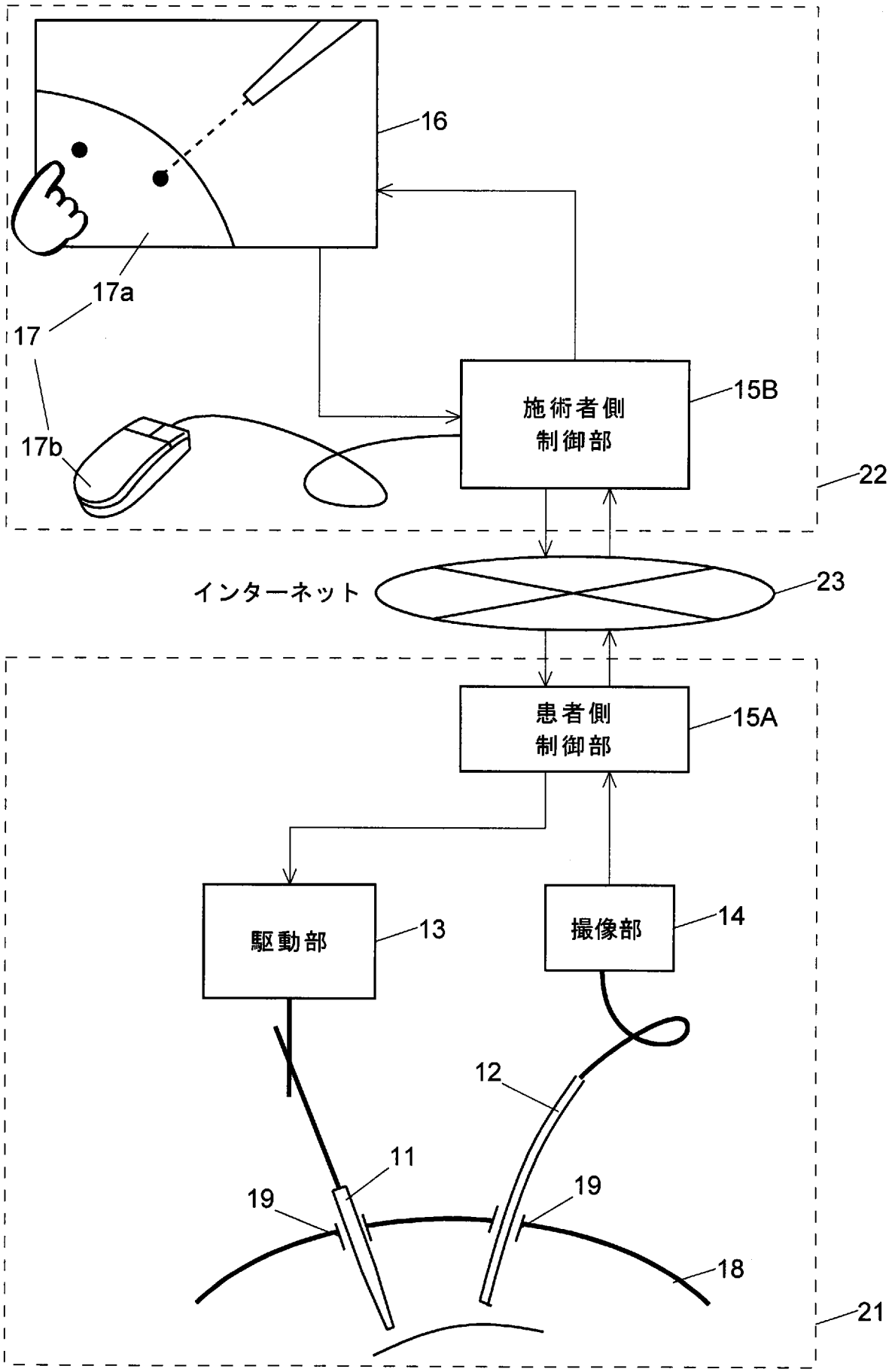
示部及び前記入力部を有することを特徴とする遠隔操作システム用操作者側装置。

[14] 請求項1～13のいずれかに記載の遠隔操作システムのうち少なくとも前記撮影具、前記操作具及び前記駆動部を有することを特徴とする遠隔操作システム用対象物側装置。

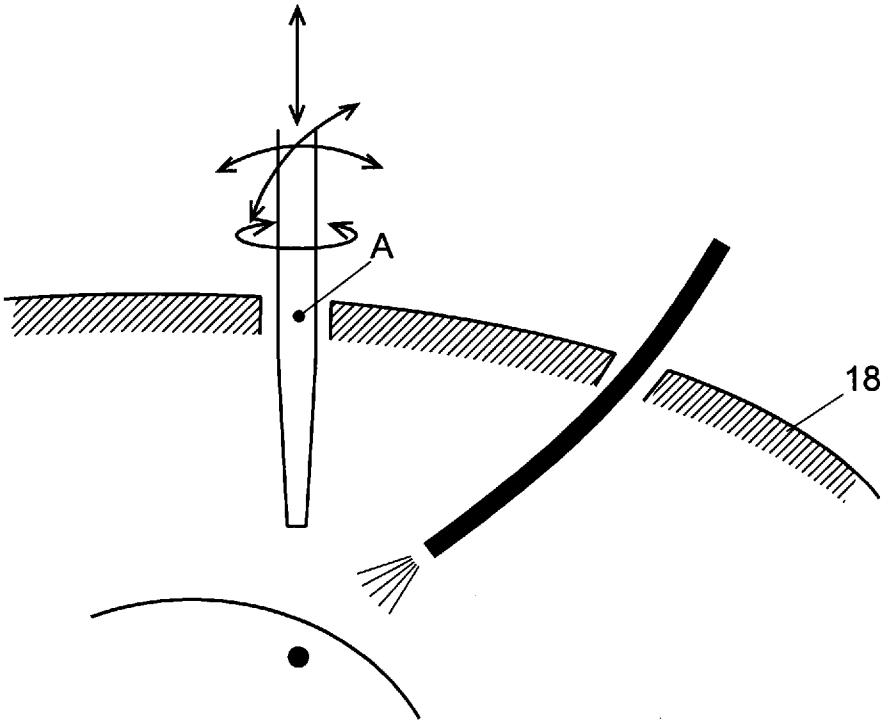
[図1]



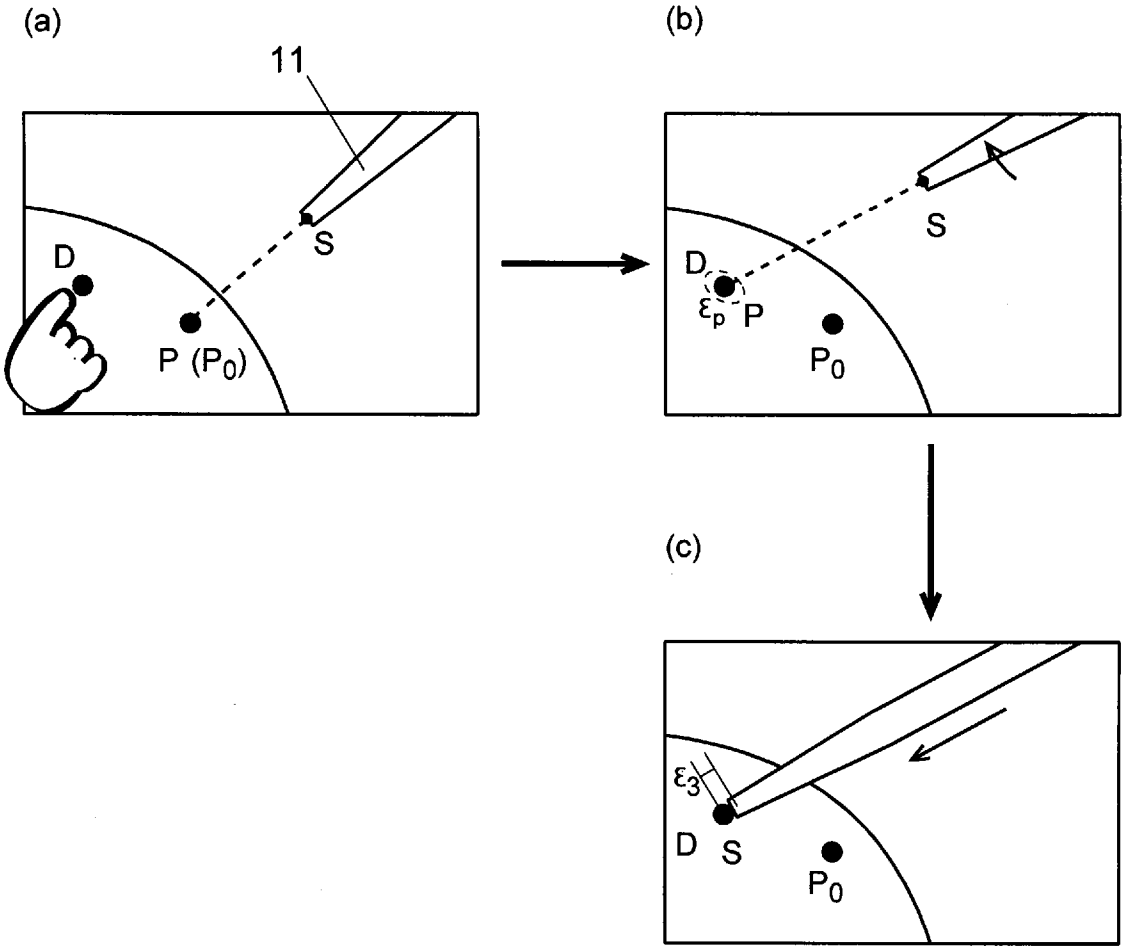
[図2]


16
17a
17
17b
施術者側
制御部
15B
22
インターネット
23
患者側
制御部
15A
駆動部
13
撮像部
14
12
11
19
19
18
21

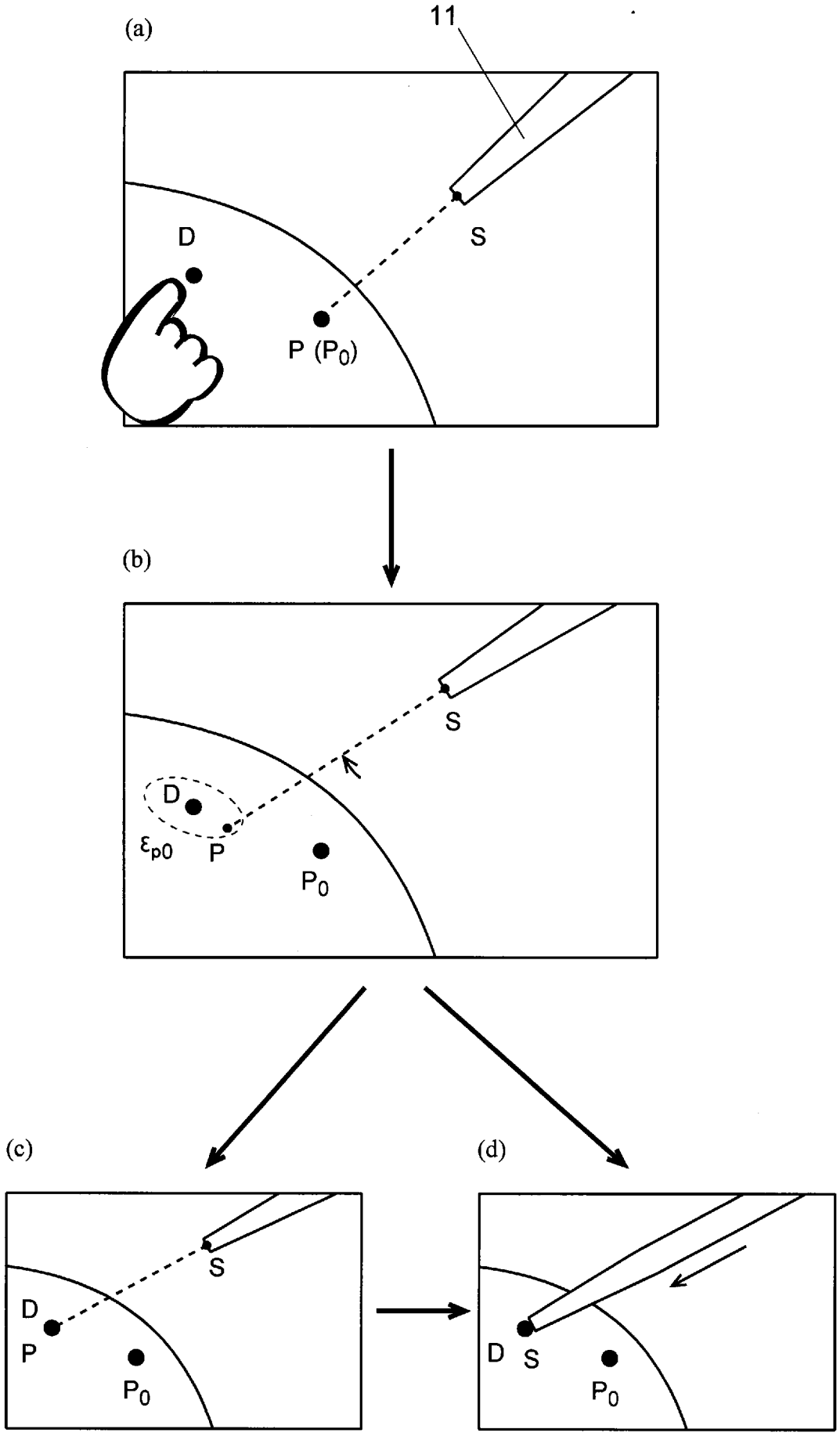
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2007/062147

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
A61B19/00(2006.01)i

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)
A61B19/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2007 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	A.Krupa, et al.,'Autonomous 3-D Positioning of Surgical Instruments in Robotized Laparoscopic Surgery Using Visual Servoing',IEEE Trans. on Robotics and Automation,Vol.19(2003),No.5, pp.842-853	1-14
A	JP 2-198784 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 August, 1990 (07.08.90), Full text (Family: none)	1-14
A	JP 2002-253574 A (Hitachi, Ltd.), 10 September, 2002 (10.09.02), Full text (Family: none)	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ 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 application or patent 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 such 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	Date of mailing of the international search report
27 August, 2007 (27.08.07)	04 September, 2007 (04.09.07)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００７／０６２１４７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B19/00(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　A61B19/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００７年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

IEEE

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
X	A.Krupa, et al.,'Autonomous 3-D Positioning of Surgical Instruments in Robotized Laparoscopic Surgery Using Visual Servoing',IEEE Trans. on Robotics and Automation,Vol.19(2003), No.5,pp.842-853	1-14
A	JP 2-198784 A（日産自動車株式会社）1990.08.07, 全文　（ファミリーなし）	1-14

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２７．０８．２００７	国際調査報告の発送日 ０４．０９．２００７
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｉ　９４３０ 神山　茂樹 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３４６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
A	JP 2002-253574 A (株式会社日立製作所) 2002.09.10, 全文　(ファミリーなし)	1-14