

(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
2017年7月27日(27.07.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/126101 A1

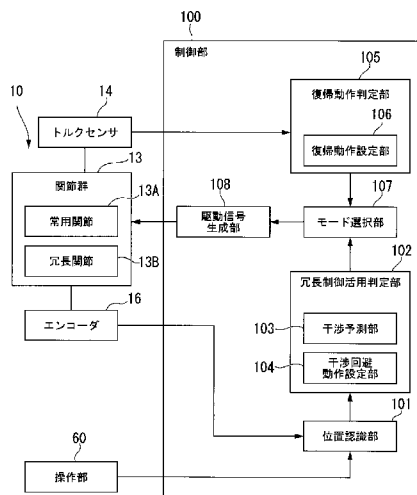
- (51) 国際特許分類:
A61B 34/30 (2016.01) B25J 9/06 (2006.01)
A61B 90/00 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/051833
- (22) 国際出願日: 2016年1月22日(22.01.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: オリンパス株式会社(OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 満彰(HASEGAWA Mitsuaki); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 磯田 卓未(ISODA Takumi); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外(TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) Title: MEDICAL MANIPULATOR SYSTEM

(54) 発明の名称: 医療用マニピュレータシステム

[図3]



- 13... JOINT GROUP
13A... REGULARLY USED JOINT
13B... REDUNDANT JOINT
14... TORQUE SENSOR
16... ENCODER
60... OPERATION UNIT
100... CONTROL UNIT
101... POSITION RECOGNITION UNIT
102... REDUNDANT CONTROL USE DETERMINATION UNIT
103... INTERFERENCE PREDICTION UNIT
104... INTERFERENCE AVOIDANCE OPERATION SETTING UNIT
105... RESET OPERATION DETERMINATION UNIT
106... RESET OPERATION SETTING UNIT
107... MODE SELECTION UNIT
108... DRIVE SIGNAL GENERATION UNIT

(57) Abstract: A control unit (100) in a medical manipulator system (1) has a position recognition unit (101) for recognizing the positions of a first manipulator and a second manipulator, an interference prediction unit (103) for predicting whether or not moving the first manipulator along a first movement path will interfere with the second manipulator, and a mode selection unit (107) which: selects a first mode or a second mode in a manner such that the first mode is selected when the interference prediction unit (103) predicts that the first manipulator will not interfere with the second manipulator, and the second mode is selected when the interference prediction unit (103) predicts that the first manipulator will interfere with the second manipulator; and selects one mode from among a plurality of operation modes so as to transition from the first or second mode to a third mode, when a torque sensor (14) detects contact between the first manipulator and an obstacle during an interval when the control unit (100) is operating in the first or second mode.

(57) 要約: 医療用マニピュレータシステムの制御部(100)は、第一マニピュレータ及び第二マニピュレータの位置を認識する位置認識部(101)と、第一移動経路に沿って第一マニピュレータを移動させた場合に第二マニピュレータに干渉するかどうかを予測する干渉予測部(103)と、第一マニピュレータが第二マニピュレータに干渉しないと干渉予測部(103)が予測した場合には第一モード、第一マニピュレータが第二マニピュレータに干渉すると干渉予測部(103)が予測した場合には第二モードとなるように第一モードと第二モードとのいずれか一方を選択し、第一モード又は第二モードで制御部(100)が動作している間にトルクセンサ(14)が第一マニピュレータと障害物との接触を検知した場合に第一モード又は第二モードから第三モードへ移行するように複数の動作モードから1つのモードを選択するモード選択部(107)と、を有する。



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：医療用マニピュレータシステム

技術分野

[0001] 本発明は、医療用マニピュレータシステムに関する。

背景技術

[0002] 従来、複数のアームを動作させることにより外科手術を行う医療用マニピュレータシステムが知られている。たとえば特許文献1には、術具を装着可能な複数のアームを有し、術具を体内に導入するための切開位置を中心（遠隔中心）として術具を揺動させるようにアームを移動させることができる医療用マニピュレータシステムが開示されている。

特許文献1に開示された医療用マニピュレータシステムは、遠隔中心の位置を維持しながらアームを自動又は手動で移動させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2013／325031号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 医療用マニピュレータシステムの複数のアーム同士が干渉した場合には、医療用マニピュレータシステムの操作者等がアーム同士の干渉を手動で解消させるために処置を一時中断させることがある。アーム同士の干渉による処置の中断を起こりにくくするために、アーム同士の干渉を予測して干渉を回避するようにアームを自動的に動作させることが考えられる。しかしながら、特許文献1に記載のマニピュレータでは、マニピュレータの周辺に位置する障害物（術者、助手、患者、他の医療機器等）を認識できないので、アームの干渉を回避するようにアームを自動的に動作させると、アームの移動経路に障害物があった場合にアームが障害物に衝突する可能性がある。

[0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、アーム同士の干

渉を回避するための移動経路に障害物があってもアーム同士の干渉を迅速に回避できる医療用マニピュレータシステムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、関節群を有する第一マニピュレータと、前記第一マニピュレータを操作するための指令を発する第一操作部と、前記指令を受け付けて複数の動作モードのうちの1つの動作モードに応じて前記第一マニピュレータを制御する制御部と、前記第一マニピュレータと障害物とが接触したことを検知する接触検知部と、前記第一マニピュレータとは独立して又は協働して動作可能な第二マニピュレータと、を備え、前記関節群は、第一グループに属する1以上の関節と、第二グループに属する1以上の関節と、を有し、前記複数の動作モードは、前記第一グループに属する関節のみを用いて前記第一マニピュレータを動作させる第一移動経路に沿って前記第一マニピュレータが移動するように前記第一マニピュレータを制御する第一モードと、前記第一グループに属する関節及び前記第二グループに属する関節を用いて前記第一マニピュレータを移動させる第二移動経路に沿って前記第一マニピュレータが移動するように前記第一マニピュレータを制御する第二モードと、前記接触検知部が前記第一マニピュレータと前記障害物との接触を検知したときに前記接触を解消するように前記第一マニピュレータを動作させる第三モードと、を含み、前記制御部は、前記第一マニピュレータ及び前記第二マニピュレータの位置を認識する位置認識部と、前記第一移動経路に沿って前記第一マニピュレータを移動させた場合に前記第二マニピュレータに干渉するか否かを予測する干渉予測部と、前記第一マニピュレータが前記第二マニピュレータに干渉しないと前記干渉予測部が予測した場合には第一モード、前記第一マニピュレータが前記第二マニピュレータに干渉すると前記干渉予測部が予測した場合には第二モードとなるように前記第一モードと前記第二モードとのいずれか一方を選択し、前記第一モード又は前記第二モードで前記制御部が動作している間に前記接触検知部が前記第一マニピュレータと前記障害物との接触を検知した場合に前記第一モード又は前記第二モード

から前記第三モードへ移行するように複数の動作モードから1つのモードを選択するモード選択部と、を有し、前記制御部は、前記第二モードにおいて、前記第二マニピュレータの位置を迂回する経路を前記第二移動経路として設定することを特徴とする医療用マニピュレータシステムである。

[0007] 前記第二グループに含まれる関節は前記第一グループに含まれる関節と冗長関係にある冗長関節を含んでいてもよい。

[0008] 前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として、前記指令に基づく前記第一マニピュレータの制御を停止する指令停止ステップと、前記障害物との接触を解消するための前記第一マニピュレータの移動量を算出する移動量算出ステップと、前記移動量算出ステップにおいて算出された移動量だけ前記第一マニピュレータを移動させる移動ステップと、前記第一モードと前記第二モードとのうち前記第三モードへの移行前のモードに復帰する復帰ステップと、を含み、前記制御手順に沿って前記第一マニピュレータを制御してもよい。

[0009] 前記第一マニピュレータは、前記第一マニピュレータを操作可能であり前記第一操作部とは異なる第二操作部をさらに有し、前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として、前記指令に基づく前記第一マニピュレータの制御を停止する指令停止ステップと、前記第二操作部による前記第一マニピュレータの操作を許可する許可ステップと、を含み、前記制御手順に従って前記第一マニピュレータを制御してもよい。

[0010] 前記第二操作部は、前記第二操作部による操作の終了を検知する終了検知部を有し、前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として、前記終了検知部が前記第二操作部による操作の終了を検知した場合に前記第三モードへの移行前のモードに復帰する復帰ステップをさらに有し、前記制御手順に従って前記第一マニピュレータを制御してもよい。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、アーム同士の干渉を回避するための移動経路に障害物が

あってもアーム同士の干渉を迅速に回避できる医療用マニピュレータシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の第1実施形態の医療用マニピュレータシステムを示す模式図である。

[図2]同医療用マニピュレータシステムの第一マニピュレータを示す模式図である。

[図3]同医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。

[図4]同医療用マニピュレータシステムの制御部における制御手順を示すフローチャートである。

[図5]同医療用マニピュレータシステムを使用した操作の流れを示すフローチャートである。

[図6]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図7]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図8]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図9]同実施形態の医療用マニピュレータシステムの変形例における第一マニピュレータを示す模式図である。

[図10]本発明の第2実施形態の医療用マニピュレータシステムの模式図である。

[図11]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図12]本発明の第3実施形態の医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。

[図13]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図14]同医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[図15]本発明の第4実施形態の医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。

[図16]同医療用マニピュレータシステムを使用した操作の流れを示すフローチャートである。

[図17]同実施形態の医療用マニピュレータシステムの変形例における第一マニピュレータを示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] (第1実施形態)

本発明の第1実施形態について説明する。図1は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムを示す模式図である。図2は、医療用マニピュレータシステムの第一マニピュレータを示す模式図である。図3は、医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。

[0014] 図1に示す本実施形態の医療用マニピュレータシステム1は、マスタースレーブ方式のマニピュレータシステムである。医療用マニピュレータシステム1は、複数のスレーブマニピュレータ（第一マニピュレータ10、第二マニピュレータ20、第三マニピュレータ30、第四マニピュレータ40）と、手術台50と、操作部60と、入力処理回路70と、画像処理回路80と、表示部90と、制御部100と、を有している。

[0015] 複数のスレーブマニピュレータ10、20、30、40は、患者Pが載置される手術台50の近傍に設置される。なお、スレーブマニピュレータ10、20、30、40を手術台50に設置するようにしてもよい。

[0016] 以下では、第一マニピュレータ10の構成について詳述する。第二マニピュレータ20、第三マニピュレータ30、第四マニピュレータ40は、第一マニピュレータ10と同様の構成を有しているので、詳細な説明は省略する。

[0017] 図2に示すように、第一マニピュレータ10は、アーム11と、術具19を取り付けるためのアダプタ18とを有している。

[0018] アーム11は、リンク群12と、関節群13と、トルクセンサ14と、アクチュエータ15と、エンコーダ16を有している。

[0019] リンク群12は、複数のリンク12a、12b、12c、12d、12e、12fを有している。複数のリンク12a、12b、12c、12d、12e、12fは、関節群13に含まれる後述する各関節によって、これらの

関節に固有の回動軸を回動の中心として移動可能である。複数のリンク 12 a, 12 b, 12 c, 12 d, 12 e, 12 f のうち最も遠位側に位置するリンク 12 f には、術具 19 を取り付けるためのアダプタ 18 が配されている。

[0020] 関節群 13 は、第一グループ（常用関節 13 A）に属する関節 13 A 1, 13 A 2, 13 A 3 と、第二グループ（冗長関節 13 B）に属する関節 13 B 1, 13 B 2, 13 B 3 とを有している。

第一マニピュレータ 10 の関節群 13 のうち、常用関節 13 A に含まれる関節 13 A 1, 13 A 2, 13 A 3 は、例えばヨー、ピッチ、ロールの少なくとも 1 つの駆動軸となり、第一マニピュレータ 10 の動作時において優先的に使用される。常用関節 13 A に含まれる関節の数は、第一マニピュレータ 10 に必要な自由度を考慮して適宜選択されてよい。

第一マニピュレータ 10 の関節群 13 のうち、冗長関節 13 B に含まれる関節 13 B 1, 13 B 2, 13 B 3 は、それぞれ、上記の常用関節（関節 13 A 1, 13 A 2, 13 A 3）に対して冗長関係を有している。冗長関節 13 B は、常用関節 13 A が第一マニピュレータ 10 に与える自由度より多くの冗長自由度を第一マニピュレータ 10 に与える。本実施形態では、常用関節 13 A に属するすべての関節に対して冗長関節 13 B が割り当てられている。

[0021] トルクセンサ 14 は、関節群 13 を構成する各関節にかかるトルクの大きさを検知するセンサである。トルクセンサ 14 は、制御部 100 に接続されている。

[0022] アクチュエータ 15 は、関節群 13 を動作させる。アクチュエータ 15 は、制御部 100 による制御に従って、常用関節 13 A に含まれる関節のみを動作させたり、常用関節 13 A 及び冗長関節 13 B をともに動作させたりすることができる。

[0023] エンコーダ 16 は、関節群 13 の動作量を検知する。エンコーダ 16 は、制御部 100 に接続されている。これにより、関節群 13 の動作量を制御部

１００が認識可能である。

[0024] 第一マニピュレータ１０に取り付けられる術具１９は、細長のシャフト１９ｂの遠位端にエンドエフェクタ１９ａを備えている。術具１９のエンドエフェクタ１９ａは、アダプタ１８に設けられた不図示の駆動部によって、操作部６０（図１参照）における操作に対応して動作する。他のスレーブマニピュレータ２０、３０、４０に取り付けられる術具２９、３９、４９も上記の術具１９と同様の構成であってよい。

[0025] 詳細は省略するが、図１に示す第二マニピュレータ２０、第三マニピュレータ３０、及び第四マニピュレータ４０も、第一マニピュレータ１０と同様に、アーム２１、３１、４１及びアダプタ２８、３８、４８をそれぞれ有し、アダプタ２８、３８、４８を介して術具２９、３９、４９を接続可能である。

[0026] 図１に示すように、操作部６０は、複数のスレーブマニピュレータ１０、２０、３０、４０及び術具１９、２９、３９、４９を動作させるための操作が入力される。操作部６０は、操作者が手に持って操作するように構成されたマスターアーム６１を有する。マスターアーム６１の操作量は入力処理回路７０において検出される。

[0027] 入力処理回路７０は、操作部６０からの操作信号を解析し、操作信号の解析結果に従って本医療用マニピュレータシステム１を制御するための制御信号（指令）を生成して制御部１００に入力する。

[0028] 画像処理回路８０は、制御部１００から入力された画像信号を表示させるための各種の画像処理を施して、表示部９０における表示用の画像データを生成する。

[0029] 表示部９０は、例えば液晶ディスプレイで構成され、観察器具を介して取得された画像信号に従って画像処理回路８０において生成された画像データに基づく画像を表示する。

[0030] 図１及び図３に示す制御部１００は、例えばＣＰＵやメモリ等を有して構成されたコンピュータである。制御部１００は、複数のスレーブマニピュレ

ータ１０，２０，３０，４０の制御を行うための所定のプログラムを記憶しており、入力処理回路７０からの制御信号（指令）に従って、複数のスレーブマニピュレータ１０，２０，３０，４０及び術具１９，２９，３９，４９の動作を制御する。

[0031] 制御部１００は、複数の動作モードのうちの１つの動作モードに応じて複数のスレーブマニピュレータ１０，２０，３０，４０を制御する。以下では、第一マニピュレータ１０と第二マニピュレータ２０との関係に注目して、制御部１００が第一マニピュレータ１０を動作させる場合に使用される複数の動作モードについて説明する。

[0032] 制御部１００が第一マニピュレータ１０を動作させるための複数の動作モードは、第一モード，第二モード，及び第三モードを含む。

[0033] 第一モードは、図２に示す常用関節１３Ａに属する関節のみを用いて第一マニピュレータ１０を動作させるモードである。第一モードにおいて、制御部１００（図１参照）は、操作部６０に対する操作者の操作に基づいて、常用関節１３Ａに属する関節のみを用いて第一マニピュレータ１０を移動させることができる経路（第一移動経路）を設定し、第一移動経路に沿って第一マニピュレータ１０が移動するように第一マニピュレータ１０を制御する。本実施形態では、操作部６０における操作に基づいて生成される指令によって規定される第一マニピュレータ１０の到達目標位置までの最短経路（関節群１３の動作量が全体として最小となる経路）が第一移動経路の候補として採用され、後述する干渉が予測されなければ第一移動経路が第一マニピュレータ１０の移動経路として決定される。

[0034] 第二モードは、図２に示す常用関節１３Ａに属する関節及び冗長関節１３Ｂに属する関節を用いて第一マニピュレータ１０を動作させるモードである。第二モードにおいて、制御部１００（図１参照）は、操作部６０に対する操作者の操作に基づいて、常用関節１３Ａに属する関節及び冗長関節１３Ｂに属する関節の両方を用いて第一マニピュレータ１０を移動させることができる経路（第二移動経路）を設定し、第二移動経路に沿って第一マニピュレ

ータ１０が移動するように第一マニピュレータ１０を制御する。第二モードにおける第二移動経路の選択は、第二マニピュレータ２０の位置に応じた制限を受ける。すなわち、第二移動経路として設定される経路は、第二マニピュレータ２０の位置を含まない経路に設定される。これにより、第二移動経路は、第二マニピュレータ２０の位置を迂回する経路として設定される。なお、第二モードにおける第二移動経路の設定は、第二マニピュレータ２０のアーム２１の形状も考慮して、第二マニピュレータ２０に第一マニピュレータ１０が接触せずに移動できるように行われる。

[0035] 第三モードは、トルクセンサ１４（図２，３参照）が第一マニピュレータ１０と障害物との接触を検知したときに障害物との接触を解消するように第一マニピュレータ１０を動作させるモードである。本実施形態では、第三モードにおいて、制御部１００は、障害物から第一マニピュレータ１０が離間する方向に第一マニピュレータ１０を移動させる。

[0036] 次に、制御部１００の構成について説明する。図３に示すように、制御部１００は、位置認識部１０１と、冗長制御活用判定部１０２と、復帰動作判定部１０５と、モード選択部１０７と、駆動信号生成部１０８とを有している。本実施形態では、制御部１００に記憶されたプログラムは、位置認識部１０１、冗長制御活用判定部１０２、復帰動作判定部１０５、モード選択部１０７、及び駆動信号生成部１０８として制御部１００を機能させるためのプログラムを含む。

[0037] 位置認識部１０１は、第一マニピュレータ１０及び第二マニピュレータ２０の位置を認識する。第一マニピュレータ１０及び第二マニピュレータ２０の位置は、医療用マニピュレータシステム１における所定の原点を基準とした座標系における座標として制御部１００に記憶される。本実施形態の位置認識部１０１は、第一マニピュレータ１０及び第二マニピュレータ２０の位置に加えて、第一マニピュレータ１０及び第二マニピュレータ２０の姿勢を認識してもよい。

[0038] 冗長制御活用判定部１０２は、干渉予測部１０３と、干渉回避動作設定部

104とを有している。冗長制御活用判定部102は、第二モードへの移行の可否を判定する。さらに、冗長制御活用判定部102は、第二モードへ移行すると判定したときに、第二モードにおける第一マニピュレータ10の移動経路（第二移動経路）を特定する情報をモード選択部107に引き渡す。

[0039] 干渉予測部103は、上記の第一移動経路に沿って第一マニピュレータ10を移動させた場合に第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉するか否かを予測する。干渉予測部103は、第一移動経路上に第二マニピュレータ20が位置している場合には、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉し得ると予測する。干渉予測部103は、第一移動経路外に第二マニピュレータ20が位置している場合には、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉しないと予測する。たとえば、本実施形態では、干渉予測部103は、第二マニピュレータ20のアーム21の形状を考慮して、第二マニピュレータ20の位置を示す座標を含む所定の領域を、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉し得る領域として認識する。そして、干渉予測部103は、この領域の少なくとも一部が第一移動経路上に位置している場合に、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉し得ると予測する。

[0040] 干渉回避動作設定部104は、操作部60から制御部100へ入力された指令に基づいた第一マニピュレータの始点と終点との間の移動経路を、第二マニピュレータ20の位置を迂回する条件下で算出し、第一マニピュレータの移動経路（第二移動経路）として設定する。

[0041] 復帰動作判定部105は、トルクセンサ14における負荷の大きさを参照して、第一マニピュレータ10が障害物に接触したか否かを検知し、第三モードへの移行の可否を判定する。また、復帰動作判定部105は、第三モードにおける第一マニピュレータ10の動作量を設定する復帰動作設定部106を有している。

[0042] モード選択部107は、制御部100を動作させるための複数の動作モード（第一モード、第二モード、及び第三モード）から1つのモードを選択し

、選択されたモードに応じて制御部１００を動作させる。本実施形態のモード選択部１０７は、第一マニピュレータ１０が第二マニピュレータ２０に干渉しないと干渉予測部１０３が予測した場合には第一モードを選択する。また、第一マニピュレータ１０が第二マニピュレータ２０に干渉すると干渉予測部１０３が予測した場合には、冗長制御活用判定部１０２が第二モードへの移行が必要であると判定するので、モード選択部１０７は、第二モードを選択する。さらに、第一モード又は第二モードで制御部１００が動作している間にトルクセンサ１４が第一マニピュレータ１０と障害物との接触を検知した場合には、復帰動作判定部１０５が第一モード又は第二モードから第三モードの移行が必要であると判定するので、モード選択部１０７は第三モードを選択する。

[0043] 本実施形態では、モード選択部１０７が第三モードを選択する場合には、制御部１００は、以下の各ステップに示す制御手順で動作する。図４は、本実施形態の医療用マニピュレータシステム１の制御部１００における制御手順を示すフローチャートである。

[0044] 図３に示す制御部１００は、まず、第一モード及び第二モードによる第一マニピュレータ１０の制御を中断する（ステップＳ１，指令停止ステップ，図４参照）。このとき、モード選択部１０７は、操作部６０に対する操作に基づいた入力処理回路７０から制御部１００へ出力された指令を制御部１００の不図示のバッファ（一次記憶）に保存する。これにより、制御部１００は、指令に基づく第一マニピュレータ１０の制御を停止する。制御部１００のバッファに保存された指令は、第三モードから移行前の動作モード（第一モード又は第二モード）に復帰したときに読み出され、第一マニピュレータ１０を動作させるための制御部１００への指令として引き続き使用される。

[0045] ステップＳ１の後、制御部１００の復帰動作設定部１０６は、障害物との接触を解消するための第一マニピュレータ１０の移動量を算出する（ステップＳ２，移動量算出ステップ）。このとき、制御部１００は、例えば第一マニピュレータ１０が障害物に接触した方向とは反対側へ向けて第一マニピュ

レータ 10 が移動するように第一マニピュレータ 10 の移動量を算出する。

[0046] ステップ S 2 の後、制御部 100 は、ステップ S 2 で算出された移動量に基づいて駆動信号生成部 108 から第一マニピュレータ 10 へ駆動信号を出力することにより、上記の移動量だけ第一マニピュレータ 10 を移動させる（ステップ S 3，移動ステップ）。

[0047] ステップ S 3 の後、制御部 100 は、第一モードと第二モードとのうち、第三モードへの移行前のモードに復帰する（ステップ S 4，復帰ステップ）。このとき、制御部 100 は、上記のバッファに保存された指令を読み出すことで第一マニピュレータ 10 の移動目標位置を設定し、移動目標位置へ第一マニピュレータ 10 を移動させるように第一マニピュレータ 10 を制御する。

[0048] 制御部 100 は、指令に基づいて、操作部 60 の操作対象となるスレーブマニピュレータ 10 等の動作を制御する。この際、制御部 100 は、対応したスレーブマニピュレータ 10 等へ駆動信号を出力するとともに、対応したスレーブマニピュレータ 10 等の動作に応じてトルクセンサ 14 及びエンコーダ 16 から入力されてくる検出信号に応じて、操作対象のスレーブマニピュレータ 10 等の駆動量及び負荷を検知しながら操作対象のスレーブマニピュレータ 10 等を動作させることができる。

[0049] 制御部 100 による第一マニピュレータ 10 の制御について図 1 から図 3 並びに図 5 を参照して詳述する。図 5 は、本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 を使用した操作の流れを示すフローチャートである。

[0050] 図 3 に示す制御部 100 は、モード選択部 107 によって選択された動作モードに応じて第一マニピュレータ 10 を制御する。モード選択部 107 における初期の動作モードは第一モードである（ステップ S 11，図 5 参照）。ステップ S 11 において制御部 100 を第一モードで動作開始させたらステップ S 12 へ進む。

[0051] ステップ S 12 は、モード選択部 107 が干渉予測部 103 における予測結果を参照して、予測結果に応じて処理を分岐するステップである。ステッ

プS 1 2では、第一モードにおいて設定された経路（第一移動経路）上に第二マニピュレータ20（図2参照）が位置している（すなわち、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが干渉し得ると予測される）と判定されたら、ステップS 1 3へ進む。ステップS 1 2において、第一モードにおいて設定された経路（第一移動経路）外に第二マニピュレータ20が位置していると判定されたら、ステップS 1 1へ戻って第一モードが継続される。

[0052] ステップS 1 3は、モード選択部107が第二モードを選択して、制御部100を第二モードで動作させるステップである。第二モードでは、第二マニピュレータ20の位置を考慮した第二移動経路に沿って第一マニピュレータ10が移動することにより、第一マニピュレータ10が第二マニピュレータ20と干渉せずに移動可能である。ステップS 1 3において制御部100を第二モードで動作開始させたらステップS 1 4へ進む。

[0053] ステップS 1 4は、図3に示すトルクセンサ14が検知する負荷の大きさを復帰動作判定部105が参照して、負荷の大きさに応じて処理を分岐するステップである。ステップS 1 4では、トルクセンサ14が検知する負荷の大きさが規定の閾値を超える場合に、医療用マニピュレータシステム1が認識していない障害物に第一マニピュレータ10が接触したと判定されステップS 1 5へ進む。ステップS 1 4では、トルクセンサ14が検知する負荷の大きさが規定の閾値以下の場合に、第一マニピュレータ10は障害物に接触していないと判定されステップS 1 2へ戻る。

[0054] ステップS 1 5は、モード選択部107が第三モードを選択して、制御部100を第三モードで動作させるステップである。第三モードでは、第一マニピュレータ10と障害物との接触を解消する方向へ制御部100が第一マニピュレータ10を移動させる。ステップS 1 5では、復帰動作設定部106によって設定された動作量に基づいて第一マニピュレータ10を移動させてステップS 1 4へ戻る。

ステップS 1 4及びステップS 1 5の繰り返しにより、第一マニピュレー

タ１０の動作量が不足していて障害物との接触が解消しなかった場合にも、障害物との接触が解消するまで第一マニピュレータ１０が移動し、障害物との接触が解消した後にステップＳ１２へ戻る。なお、ステップＳ１４とステップＳ１５との繰り返し動作では、復帰動作設定部１０６によって設定された動作量に限らず、第一マニピュレータ１０と障害物との接触を解消する方向へ所定の微小量だけ第一マニピュレータ１０を移動させてもよい。

[0055] 上記のステップＳ１１からステップＳ１５までの各ステップにより、制御部１００は、第一モード、第二モード、及び第三モードを遷移して、各動作モードのうちのいずれか１つの動作モードに応じて第一マニピュレータ１０を制御する。

なお、第一モードで移動中に第一マニピュレータ１０と障害物との接触を検知した場合は第一モードから第三モード（復帰モード）に直接遷移してもよい。その場合は、第一マニピュレータ１０と障害物との接触が解消すると第一モードに戻る。

[0056] 詳細は省略するが、図１に示す制御部１００による第一マニピュレータ１０の制御は、第二マニピュレータ２０の位置に加えて、第三マニピュレータ３０及び第四マニピュレータ４０の位置も考慮して行われる。また、第二マニピュレータ２０が制御対象である場合には、第一マニピュレータ１０、第三マニピュレータ３０、及び第四マニピュレータ４０の位置を考慮して第二マニピュレータ２０が制御部１００により制御される。第三マニピュレータ３０及び第四マニピュレータ４０が制御部１００の制御対象である場合にも同様である。すなわち、本実施形態では、４つのスレーブマニピュレータが、互いの位置に基づいて相互に干渉を回避するように制御部１００により制御され、さらに、障害物に対して接触したときにその接触を自動的に解消するように制御部１００により制御される。

[0057] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム１の作用について説明する。図６から図８までは、本実施形態の医療用マニピュレータシステム１の作用を説明するための図である。

[0058] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 は、第一マニピュレータ 10 及び第二マニピュレータ 20 に術具 19, 29 が取り付けられた状態で使用される。なお、必要に応じて、本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 に内視鏡が組み合わされてもよい。この場合、内視鏡は、制御部 100 によって動作制御されるようになっていてもよい。本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 に組み合わされる内視鏡は、第一マニピュレータ 10 及び第二マニピュレータ 20 に取り付けられた術具（第一術具 19, 第二術具 29）を用いて処置を行う対象となる体内の部位を撮像し、内視鏡画像を表示部 90（図 1 参照）に表示させる。

[0059] 図 1 及び図 6 に示す医療用マニピュレータシステム 1 の使用時には、第一マニピュレータ 10 及び第二マニピュレータ 20 を用いて各術具 19, 29 を移動させながら処置対象部位に対して処置を行う。ここで、例えば第一マニピュレータ 10 に取り付けられた第一術具 19 を移動させるためには、操作者が、操作部 60 に対して、第一術具 19 を移動させるための操作を行う。操作部 60 を操作する操作者は、表示部 90 に表示された内視鏡画像を見て第一術具 19 の遠位端のエンドエフェクタ 19a の位置及び姿勢を把握しているが、第一マニピュレータ 10 のアーム 11 の位置を把握していない場合がある。この場合、第一マニピュレータ 10 のアーム 11 の一部が第二マニピュレータ 20 に干渉する可能性を考慮しないで操作部 60 に対する操作が行われる。

[0060] 本実施形態では、操作部 60 における操作に基づいて生成された指令を制御部 100 が受け付けると、制御部 100 は、指令に基づいて、常用関節 13A（図 2 参照）のみを用いて第一マニピュレータ 10 を移動させるための第一移動経路を算出する。さらに、上記のステップ S11 からステップ S15 までに示すように、制御部 100 は、第一マニピュレータ 10 と第二マニピュレータ 20 との干渉可能性の有無を予測し、第一モードあるいは第二モードで第一マニピュレータ 10 を制御する。

[0061] 第一モードでは、図 2 に示す常用関節 13A のみを用いて第一マニピュレ

ータ１０が指令に応じた位置及び姿勢となるように移動される。その結果、第一術具１９のエンドエフェクタ１９ａは操作部６０に対する操作に対応した位置及び姿勢（たとえば図７参照）となる。このときの第一術具１９のエンドエフェクタ１９ａの移動後の位置及び姿勢は、例えば第一術具１９の刺入点を遠隔中心とするピボット動作したものであってもよいし、平行移動や回転移動したものであってもよい。

[0062] 第二モードでは、図２に示す常用関節１３Ａに加えて冗長関節１３Ｂも用いて、第二マニピュレータ２０の位置を迂回するように第一マニピュレータ１０が移動する。その結果、第一術具１９のエンドエフェクタ１９ａは、操作部６０（図１参照）に対する操作に対応した位置及び姿勢となる。第二モードでは、操作部６０に対する操作が上記の第一モードにおける操作と同じであれば、移動後の第一マニピュレータ１０のアーム１１の姿勢は第一モードと異なるが、移動後の第一術具１９のエンドエフェクタ１９ａの位置及び姿勢は第一モードと略同じにすることができる。

[0063] このように、本実施形態では、第一モードであっても第二モードであっても、第一マニピュレータ１０と第二マニピュレータ２０との干渉は起こらず、第一術具１９は操作部６０に対する操作に対応した位置及び姿勢となる。

[0064] ところで、第一モード及び第二モードでは、第一マニピュレータ１０を移動させるので、本実施形態の医療用マニピュレータシステム１が認識していない障害物Ｘ（図８参照）に第一マニピュレータ１０が接触する可能性が考えられる。たとえば、図８に示すように、第一マニピュレータ１０が患者Ｐの腹壁（障害物Ｘ）に接触する可能性が考えられる。本実施形態の医療用マニピュレータシステム１が設置された空間における患者Ｐの位置、医療用マニピュレータシステム１以外の不図示の医療機器の位置、あるいは本実施形態の医療用マニピュレータシステム１の操作を補助する助手の位置などは、術中に変化する可能性があり、リアルタイムでこれらのすべての位置を把握することが困難である。

[0065] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム１は、医療用マニピュレータ

システム 1 があらかじめ認識している物体以外の物体に第一マニピュレータ 10 が接した場合に、接触検知部であるトルクセンサ 14（図 3 参照）がその物体の存在を検知し、制御部 100 がその物体を障害物として認識する。そして、第一マニピュレータ 10 が障害物に接したときに、モード選択部 107 による選択に応じて制御部 100 が第一モードまたは第二モードから第三モードへと移行して、障害物との接触を解消するように第一マニピュレータ 10 を動作させる。

[0066] 第三モードでは、障害物から第一マニピュレータ 10 が離れるように制御部 100 が第一マニピュレータ 10 を移動させる（図 4 に示すステップ S 1 からステップ S 4 まで参照）。本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 では、トルクセンサ 14 が第一マニピュレータと障害物との接触を検知しなくなったら、第三モードから、移行前のモード（第一モード又は第二モード）へと自動的に復帰することができる。

[0067] たとえば第三モードから第一モードへと復帰した場合には、常用関節 13A（図 2 参照）のみを用いて、図 1 に示す操作部 60 に対する操作に基づいて第一マニピュレータ 10 を最短経路で移動させる制御が行われる。

[0068] たとえば第三モードから第二モードへと復帰した場合には、常用関節 13A と冗長関節 13B との両方（図 2 参照）を用いて、図 1 に示す操作部 60 に対する操作に基づいて、第二マニピュレータ 20 の位置を考慮した経路で第一マニピュレータ 10 を移動させる制御が行われる。

[0069] 以上に説明したように、本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 によれば、第一モードと第二モードとのどちらが選択されても、第一マニピュレータ 10 は第二マニピュレータ 20 と干渉することなく第一術具 19 を所望の位置及び姿勢とすることができる。さらに、本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 によれば、第一マニピュレータ 10 の移動時に第一マニピュレータ 10 が障害物に接触しても第一マニピュレータ 10 と障害物との接触を自動的に解消して第一術具 19 を所望の位置及び姿勢とすることができる。その結果、本実施形態の医療用マニピュレータシステム 1 によれば、

第一マニピュレータ１０のアーム１１と第二マニピュレータ２０のアーム２１との干渉を回避するための移動経路に障害物があっても干渉を迅速に回避できる。このように干渉が自動的に回避されるので、操作部６０を操作する操作者は、アーム１１、２１の存在やその移動及び干渉を考慮することなく、表示部９０に表示されるエンドエフェクタ１９ａを操作して処置対象部位に対して適切な処置をすることに注力することができる。

[0070] （変形例）

上記第１実施形態の変形例について説明する。図９は、本変形例における第一マニピュレータを示す模式図である。

本変形例では、接触検知部として、第１実施形態に開示されたトルクセンサ１４（図２参照）に代えて、図９に示すように接触センサ１７を有している。

[0071] 接触センサ１７は、第一マニピュレータ１０のアーム１１の外面に配されている。また、接触センサ１７は制御部１００に接続されている。医療用マニピュレータシステム１の使用開始時点で認識されていない物体が接触センサ１７に接触することにより、接触センサ１７及び制御部１００によってこの物体は障害物と認識される。

本変形例では、接触センサ１７に障害物が接触した場合に、上記第１実施形態と同様に障害物と第一マニピュレータ１０との接触を解消するように第一マニピュレータ１０を動作させることができる。

[0072] なお、本変形例の接触検知部としてトルクセンサ１４と接触センサ１７との両方を備えていてもよい。この場合、第一マニピュレータ１０のアーム１１のうち接触センサ１７が取り付けられていない領域でも第一マニピュレータ１０と障害物との接触をトルクセンサ１４により検知することができ、接触センサ１７が取り付けられた領域では、第一マニピュレータ１０のアクチュエータ１５によるトルクをかけずに障害物との接触を検知することができる。

[0073] （第２実施形態）

本発明の第2実施形態について説明する。図10は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムの模式図である。図11は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[0074] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム2は、第三モードにおける制御部100の動作が上記の第1実施形態と異なっている。

本実施形態の医療用マニピュレータシステム2は、第三モードにおいて、第一マニピュレータ10に加えて第二マニピュレータ20が移動する。すなわち、制御部100による制御によって、第二マニピュレータ20は、第一マニピュレータ10とは独立して、又は第一マニピュレータ10と協働して動作可能である。

[0075] たとえば、図10に示すように第三モードにおいて第一マニピュレータ10が障害物Xから離れる方向へ移動しているときに、図11に示すように、第一マニピュレータ10から第二マニピュレータ20が離れる方向へ、第二マニピュレータ20が移動する。これにより、本実施形態では、第三モードにおいて第一マニピュレータ10と障害物との接触が解消したときに、第一マニピュレータ10と第二マニピュレータ20とが離れた位置にあるので、その後の第一マニピュレータ10の移動により第一マニピュレータ10が第二マニピュレータ20に干渉する確率を下げることができる。

[0076] また、操作部60に対して操作者が行った操作による指令を制御部100が解析し、第三モードの終了後における第一マニピュレータ10の移動経路外に第二マニピュレータ20を退避させてもよい。この場合、第二モードから第三モードに移行した後に、第二モードに復帰せずに第一モードへ復帰することとなる。

[0077] 本実施形態では、第二マニピュレータ20が第一マニピュレータ10と協働することにより、第一マニピュレータ10の移動経路の選択肢が広がるので、干渉を回避するためのアーム11の移動により別の干渉が生じるような可能性を低く抑えることができる。

[0078] (第3実施形態)

本発明の第3実施形態について説明する。図12は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。図13及び図14は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムの作用を説明するための図である。

[0079] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム3は、図12に示すように、制御部100が、医療用マニピュレータシステム3の使用開始時点で認識されていない物体に第一マニピュレータ10が接触した時に、その物体の障害物として認識して位置を記憶する記憶部109を有している点で上記第1実施形態と構成が異なっている。

また、本実施形態の医療用マニピュレータシステム3の制御部100は、記憶部109に記憶された障害物の座標を、第一マニピュレータ10の進入禁止位置として利用する。

[0080] たとえば、第一マニピュレータ10の進入禁止位置となる座標が記憶部109に記憶されていない場合には、第一マニピュレータ10は、アーム11による術具19の最大可動範囲（たとえば一例として図13に符号A1で示す）の全域で移動可能である。

[0081] ここで、第一マニピュレータ10が移動して図14に示すように障害物X（本実施形態では患者Pの体壁）に接触すると、第一マニピュレータ10の進入禁止位置となる座標が記憶部109に記憶されて、アーム11による術具19の最大可動範囲A1のうち、第一マニピュレータ10が障害物Xに接触した位置までの範囲A2に第一マニピュレータ10の可動域が制限される。これにより、第一マニピュレータ10の進入禁止位置が設定され、進入禁止位置の設定以後は第一マニピュレータ10の可動域は制限され続ける。

[0082] 第一マニピュレータ10の進入禁止位置が設定されている状態において、本実施形態の制御部100（図12参照）は、第一モードに応じた制御として、進入禁止位置を迂回するように第一移動経路を設定する。常用関節13A（図2参照）のみの使用では進入禁止位置を迂回できない場合（第一移動経路の設定ができない場合）には、第二モードへ移行する。また、第一マニ

ピュレータ 10 の進入禁止位置が設定されている状態において、本実施形態の制御部 100 は、第二モードに応じた制御として、進入禁止位置及び第二マニピュレータ 20 の位置を迂回するように第二移動経路を設定する。

[0083] 記憶部 109 における進入禁止位置の座標の記憶は、医療用マニピュレータシステム 3 の使用終了まで保持される。また、必要に応じて、任意の進入禁止位置の座標を消去することで進入禁止位置であった位置に第一マニピュレータ 10 を再度進入可能としてもよい。例えば、医療用マニピュレータシステム 3 の使用時の第一マニピュレータ 10 のそばにいる助手の位置が進入禁止位置として記憶された場合に、助手がその位置から移動した後にその座標を記憶部から消去することで、第一マニピュレータ 10 の可動範囲の制限を解消することができる。

[0084] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム 3 は、上記第 1 実施形態と同様の効果を奏する。また、本実施形態では、医療用マニピュレータシステム 3 の使用開始時以降に認識された障害物にはその後接触しないので、第一マニピュレータ 10 の無駄な動作が削減される。

[0085] なお、本実施形態において、障害物に接触しても大きな問題とならないような場合には、第一マニピュレータ 10 の移動経路の選定時に通過する座標に進入禁止位置を含むことを許容してもよい。この場合、進入禁止位置を含む移動経路は、進入禁止位置を含まない移動経路よりも優先度を下げる。これにより、制御部 100 は、進入禁止位置を含まない移動経路を設定できない場合にのみ第一マニピュレータ 10 が進入禁止位置を通過することを許容する。

[0086] (第 4 実施形態)

本発明の第 4 実施形態について説明する。図 15 は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムの要部を示すブロック図である。図 16 は、本実施形態の医療用マニピュレータシステムを使用した操作の流れを示すフローチャートである。

[0087] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム 4 (図 15 参照) は、上記第

1 実施形態に開示された医療用マニピュレータシステム 1 と比較して、第三モードの内容が異なっている。

[0088] 本実施形態における第三モードは、第一マニピュレータ 10（図 2 参照）を自動的に動作させるのではなく、第一マニピュレータ 10 の近くで助手が第一マニピュレータ 10 を手動操作により動作させることを可能とするダイレクトドライブモードである。

[0089] 本実施形態では、図 15 に示すように、第一マニピュレータ 10 のアーム 11 及びトルクセンサ 14 が、操作部 60 とは別の方法で第一マニピュレータ 10 を操作可能な第二操作部 62 となっている。本実施形態では、制御部 100 の復帰動作判定部 105 が、復帰動作設定部 106 に代えて、第二操作部 62 を用いた操作の可否を判定するダイレクトドライブ活用判定部 112 を有している。

[0090] 一例として、第三モードが選択された状態の本実施形態の制御部 100 は、まず、第 1 実施形態と同様に指令をバッファに保存することで指令に基づく第一マニピュレータ 10 の制御を停止させる（指令停止ステップ）。

[0091] さらに、制御部 100 のダイレクトドライブ活用判定部 112 は、第一マニピュレータ 10 の関節群 13 のブレーキを解除し、アーム 11 のトルクセンサ 14 に対して入力があった場合に第一マニピュレータ 10 を倣い動作させるのを許可する。

すなわち、本実施形態の第三モードでは、第一マニピュレータ 10 のアーム 11 を助手が押し引きしたり回転させたりすることがトルクセンサ 14 に対する操作である。トルクセンサ 14 に対する操作は、アーム 11 を助手が押し引きした方向へとアクチュエータ 15 によってアーム 11 を移動させるための指令である。このように、本実施形態では、関節群 13 のブレーキの解除及び第一マニピュレータ 10 の倣い動作制御によって、制御部 100 は、第二操作部 62 による第一マニピュレータの操作を許可する（許可ステップ）。

[0092] 本実施形態の制御部 100 は、必要に応じて、第一術具 19 の刺入点（遠

隔中心 R C，図 2 参照）を拘束してもよいし、アーム 11 のリンク群 12 を繋ぐ関節群 13 のうちの一部の関節を拘束してもよいし、全ての関節を自在に移動可能としてもよい。

[0093] また、図 15 に示すように、トルクセンサ 14 に対する無入力時間をカウントするタイマ 110 が制御部 100 に設けられている。トルクセンサ 14 に対する入力がなくなってから一定時間経過後に、第一マニピュレータ 10 を助手が移動させる操作が終了したと制御部 100 が判定する。すなわち、トルクセンサ 14 及びタイマ 110 によって、第二操作部 62 による操作の終了を検知する終了検知部 111 が構成されている。

[0094] 終了検知部 111 が第二操作部 62 による操作の終了を検知した後、制御部 100 は、第三モードを終了して第一モードまたは第二モードに復帰する（復帰ステップ）。

[0095] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム 4 の動作について図 16 に示すフローチャートに沿って詳述する。

[0096] 本実施形態では、医療用マニピュレータシステム 4 の開始後は、まず、第一モードに移行して制御部 100 が第一モードで動作する（ステップ S21，図 16 参照）。続いて、冗長制御活用判定部 102 が第一マニピュレータ 10 と第二マニピュレータ 20 との干渉発生の予測を行う（ステップ S22）。ステップ S22 において干渉しないと予測された場合には、第一モードが継続され（ステップ S23），手技完了か否かが判定される（ステップ S24）。ステップ S24 では、手技中であればステップ S21 へ戻って第一モードがさらに継続され、手技が完了していれば一連のステップが終了する。

[0097] 上記のステップ S22 において干渉し得ると予測された場合には、第一モードから第二モードへ移行する（ステップ S25）。ステップ S25 により第二モードへ移行した後は、第一マニピュレータ 10 は、第二マニピュレータ 20 に対する干渉を回避するように制御部 100 により制御される。

[0098] ステップ S25 の後、第一マニピュレータ 10 が障害物に接触したか否か

の検知が行われる（ステップS 2 6）。ステップS 2 6では、第一マニピュレータ 1 0 と障害物との接触が検知されていない場合には、ステップS 2 7 へ進んで第二モードが継続され、第二マニピュレータ 2 0 との干渉を回避しつつ第一マニピュレータ 1 0 が到達目標位置に達して干渉回避が完了したか否かが判定される（ステップS 2 8）。ステップS 2 8において干渉回避が完了していなければステップS 2 6 へ戻り、ステップS 2 8において干渉回避が完了していればステップS 2 1 へ戻る。

[0099] 上記のステップS 2 6 において、第一マニピュレータ 1 0 と障害物との接触が検知されている場合には、ステップS 2 9 へ進み、第二モードから第三モードへ移行する。本実施形態における第三モードは、助手が第一マニピュレータ 1 0 のアーム 1 1 を直接移動させて手動操作により障害物から離間させる点で、操作部 6 0 を使用するよりも直接的にアーム 1 0 を移動させることができるモードである。

[0100] ステップS 2 9 において助手がアーム 1 1 の手動操作を行っている間、終了検知部 1 1 1 が、手動操作が終了したか否かを判定し続けている（ステップS 3 0）。本実施形態では、アーム 1 1 に対する移動操作が一定時間以上行われなことを持って終了検知部 1 1 1 が手動操作の完了と判定する。手動操作が完了したと終了検知部 1 1 1 が判定したらステップS 2 1 に戻って第一モードで動作を開始する。

[0101] 本実施形態の医療用マニピュレータシステム 4 によれば、障害物と第一マニピュレータ 1 0 との接触を解消させるためのアーム 1 1 の移動が複雑であって自動的に解消できない場合であっても、助手の裁量でアーム 1 1 を移動させることができるので、障害物と第一マニピュレータ 1 0 との接触を解消しやすい。

[0102] （変形例 1）

上記第 4 実施形態の変形例 1 について説明する。図 1 7 は、本変形例における第一マニピュレータを示す模式図である。

本変形例では、図 1 7 に示すように、第一マニピュレータ 1 0 が、各関節

がどのように制御されているかを示すインジケータ 120 を有している。

[0103] たとえば、第一マニピュレータ 10 は、「拘束されている（動かない）」、「第一操作部による操作に従って動作する」、「他のマニピュレータとの干渉を回避するために自動制御される」という 3 状態をそれぞれ別の色で示すランプ 121 ～ 126 をインジケータとして関節群 13 の各関節に有する。

[0104] 関節群 13 の各関節に配されたランプ 121 ～ 126 は、ランプ 121 ～ 126 の色によって、関節の現在の状態を助手に容易に把握させる。これにより、本変形例では、どの関節が今動き得るのかを事前に助手が把握することができ、アーム 11 と助手とが接触しないように助手が容易に退避できるようになる。

なお、インジケータ 120 は他のマニピュレータ 20, 30, 40（図 1 参照）にも設けられていてもよい。

[0105] （変形例 2）

上記第 4 実施形態の変形例 2 について説明する。

本変形例では、図 17 に示すように、第一マニピュレータ 10 が、第三モードにおいて助手がアーム 11 をどの方向に移動させるのが好ましいのかを示すナビゲーター 130 を有している。また、本変形例では、制御部（不図示）は、第一マニピュレータ 10 と第二マニピュレータと障害物との位置関係に基づいてナビゲーター 130 を制御する。

[0106] 本変形例において、制御部は、障害物の位置と第二マニピュレータの位置とに基づいて、障害物と第二マニピュレータとの概ね中間に第一マニピュレータ 10 を移動させるように、第一マニピュレータ 10 の移動推奨方向を示す信号をナビゲーター 130 に出力する。

[0107] ナビゲーター 130 は、例えば矢印形状のランプや液晶モニタ等を有し、第一マニピュレータ 10 の移動推奨方向を、たとえば矢印で表示させる。

[0108] 本変形例では、障害物と第二マニピュレータとの間で障害物及び第二マニピュレータから最も離れた位置に第一マニピュレータ 10 を移動させるのを

ナビゲーター１３０が補助するので、助手は、ナビゲーター１３０に表示された通りに第一マニピュレータ１０を移動させればよく、操作を簡便とすることができる。

[0109] 以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計変更等も含まれる。

[0110] また、上述の各実施形態及び各変形例において示した構成要素は適宜に組み合わせて構成することが可能である。

産業上の利用可能性

[0111] 本発明は、マニピュレータシステムに利用できる。

符号の説明

- [0112] １，２，３，４ 医療用マニピュレータシステム
- １０ 第一マニピュレータ（スレーブマニピュレータ）
 - １１ アーム
 - １２ リンク群
 - １３ 関節群
 - １３Ａ 常用関節
 - １３Ｂ 冗長関節
 - １４ トルクセンサ（接触検知部）
 - １５ アクチュエータ
 - １６ エンコーダ
 - １７ 接触センサ（接触検知部）
 - １８ アダプタ
 - １９ 術具（第一術具）
 - １９ａ エンドエフェクタ
 - ２０ 第二マニピュレータ（スレーブマニピュレータ）
 - ２１ アーム
 - ２８ アダプタ

- 2 9 術具（第二術具）
- 3 0 第三マニピュレータ（スレーブマニピュレータ）
- 3 1 アーム
- 3 8 アダプタ
- 3 9 術具
- 4 0 第四マニピュレータ（スレーブマニピュレータ）
- 4 1 アーム
- 4 8 アダプタ
- 4 9 術具
- 5 0 手術台
- 6 0 操作部
- 6 1 マスターアーム
- 6 2 第二操作部
- 7 0 入力処理回路
- 8 0 画像処理回路
- 9 0 表示部
- 1 0 0 制御部
- 1 0 1 位置認識部
- 1 0 2 冗長制御活用判定部
- 1 0 3 干渉予測部
- 1 0 4 干渉回避動作設定部
- 1 0 5 復帰動作判定部
- 1 0 6 復帰動作設定部
- 1 0 7 モード選択部
- 1 0 8 駆動信号生成部
- 1 0 9 記憶部
- 1 1 0 タイマ
- 1 1 1 終了検知部

1 1 2 ダイレクトドライブ活用判定部

1 2 0 インジケータ

1 2 1 ～ 1 2 6 ランプ

1 3 0 ナビゲーター

請求の範囲

[請求項1]

関節群を有する第一マニピュレータと、
前記第一マニピュレータを操作するための指令を発する第一操作部と、
と、
前記指令を受け付けて複数の動作モードのうちの1つの動作モードに応じて前記第一マニピュレータを制御する制御部と、
前記第一マニピュレータと障害物とが接触したことを検知する接触検知部と、
前記第一マニピュレータとは独立して又は協働して動作可能な第二マニピュレータと、
を備え、
前記関節群は、
第一グループに属する1以上の関節と、
第二グループに属する1以上の関節と、
を有し、
前記複数の動作モードは、
前記第一グループに属する関節のみを用いて前記第一マニピュレータを動作させる第一移動経路に沿って前記第一マニピュレータが移動するように前記第一マニピュレータを制御する第一モードと、
前記第一グループに属する関節及び前記第二グループに属する関節を用いて前記第一マニピュレータを移動させる第二移動経路に沿って前記第一マニピュレータが移動するように前記第一マニピュレータを制御する第二モードと、
前記接触検知部が前記第一マニピュレータと前記障害物との接触を検知したときに前記接触を解消するように前記第一マニピュレータを動作させる第三モードと、
を含み、
前記制御部は、

前記第一マニピュレータ及び前記第二マニピュレータの位置を認識する位置認識部と、

前記第一移動経路に沿って前記第一マニピュレータを移動させた場合に前記第二マニピュレータに干渉するか否かを予測する干渉予測部と、

前記第一マニピュレータが前記第二マニピュレータに干渉しないと前記干渉予測部が予測した場合には第一モード、前記第一マニピュレータが前記第二マニピュレータに干渉すると前記干渉予測部が予測した場合には第二モードとなるように前記第一モードと前記第二モードとのいずれか一方を選択し、前記第一モード又は前記第二モードで前記制御部が動作している間に前記接触検知部が前記第一マニピュレータと前記障害物との接触を検知した場合に前記第一モード又は前記第二モードから前記第三モードへ移行するように複数の動作モードから1つのモードを選択するモード選択部と、

を有し、

前記制御部は、前記第二モードにおいて、前記第二マニピュレータの位置を迂回する経路を前記第二移動経路として設定する

ことを特徴とする医療用マニピュレータシステム。

[請求項2] 前記第二グループに含まれる関節は前記第一グループに含まれる関節と冗長関係にある冗長関節を含む請求項1に記載の医療用マニピュレータシステム。

[請求項3] 前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として

前記指令に基づく前記第一マニピュレータの制御を停止する指令停止ステップと、

前記障害物との接触を解消するための前記第一マニピュレータの移動量を算出する移動量算出ステップと、

前記移動量算出ステップにおいて算出された移動量だけ前記第一

マニピュレータを移動させる移動ステップと、

前記第一モードと前記第二モードとのうち前記第三モードへの移行前のモードに復帰する復帰ステップと、

を含み、前記制御手順に沿って前記第一マニピュレータを制御する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の医療用マニピュレータシステム。

[請求項4]

前記第一マニピュレータは、前記第一マニピュレータを操作可能であり前記第一操作部とは異なる第二操作部をさらに有し、

前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として、

前記指令に基づく前記第一マニピュレータの制御を停止する指令停止ステップと、

前記第二操作部による前記第一マニピュレータの操作を許可する許可ステップと、

を含み、前記制御手順に従って前記第一マニピュレータを制御する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の医療用マニピュレータシステム。

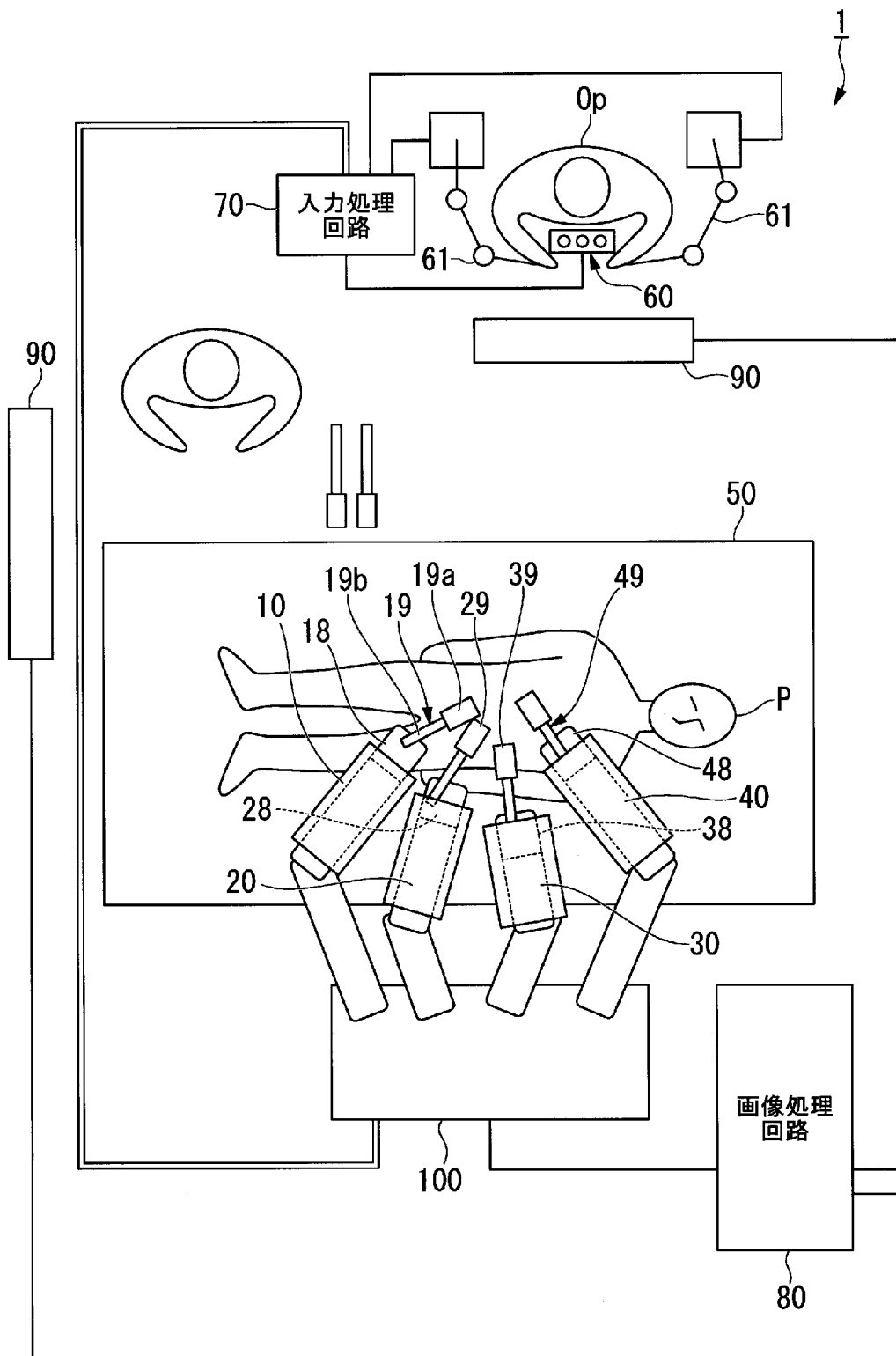
[請求項5]

前記第二操作部は、前記第二操作部による操作の終了を検知する終了検知部を有し、

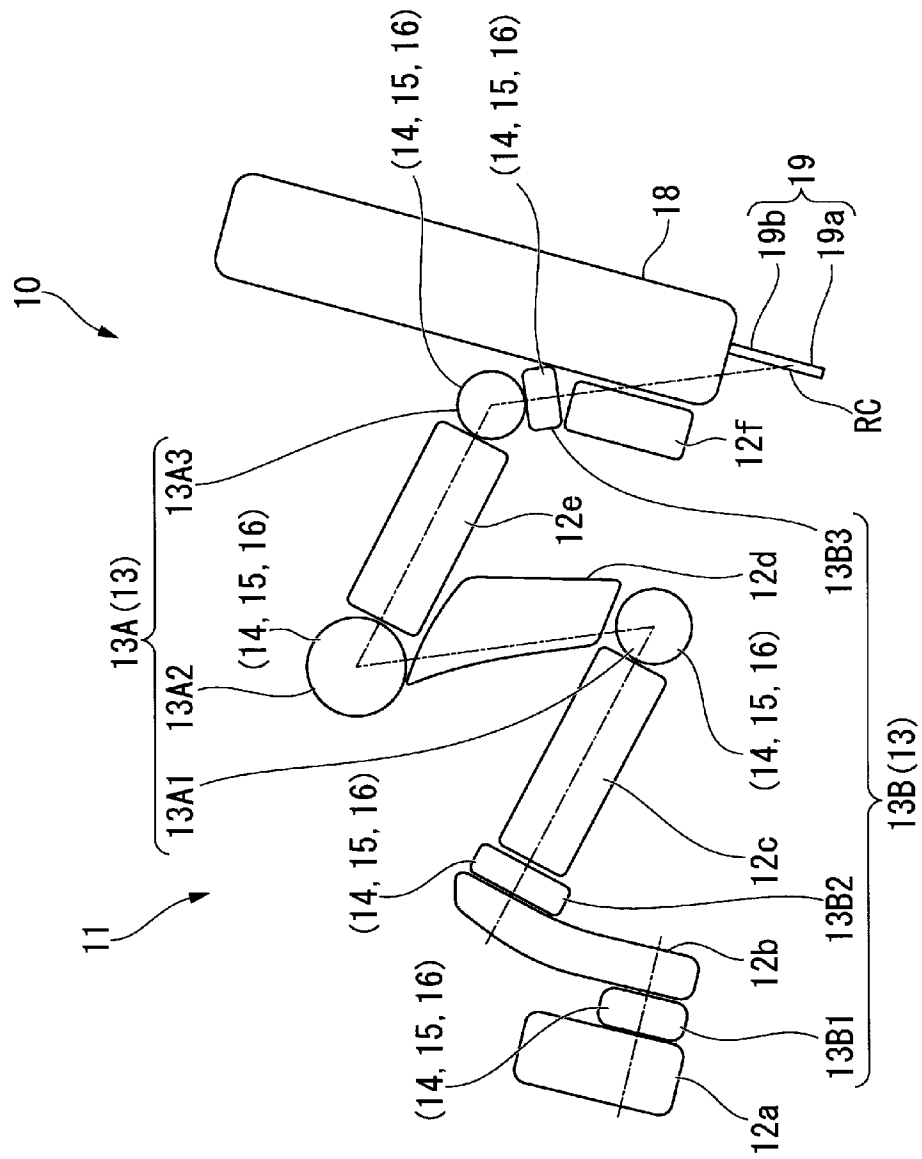
前記制御部は、前記第三モードにおける前記第一マニピュレータの制御手順として、前記終了検知部が前記第二操作部による操作の終了を検知した場合に前記第三モードへの移行前のモードに復帰する復帰ステップをさらに有し、前記制御手順に従って前記第一マニピュレータを制御する

ことを特徴とする請求項 4 に記載の医療用マニピュレータシステム。

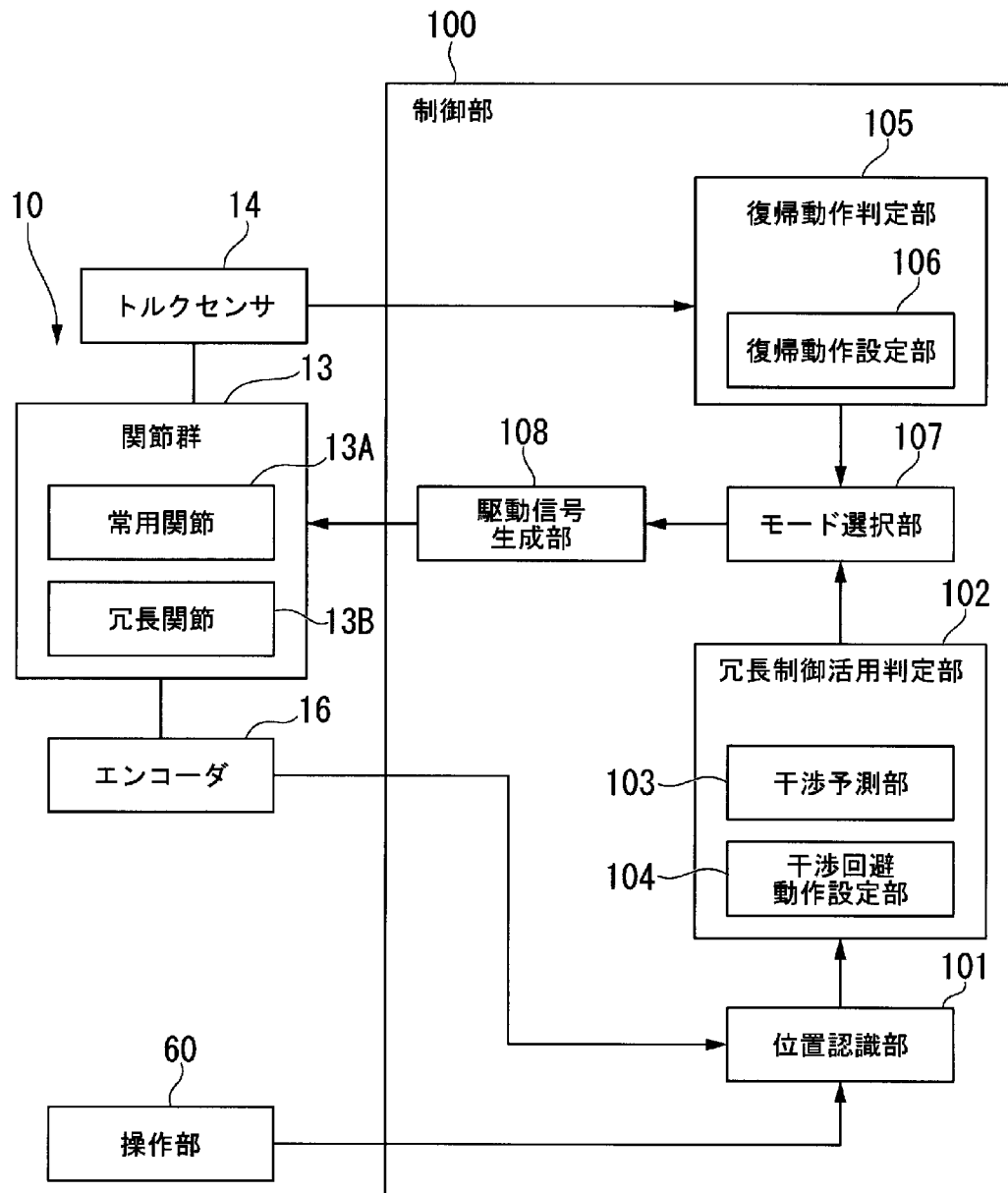
[図1]



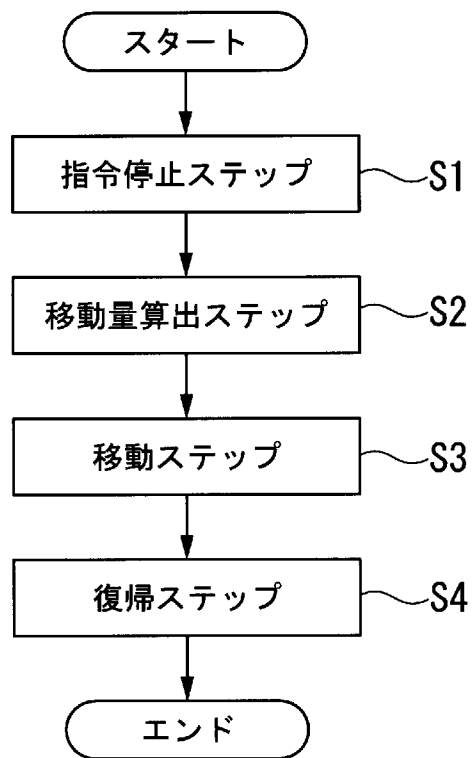
[図2]



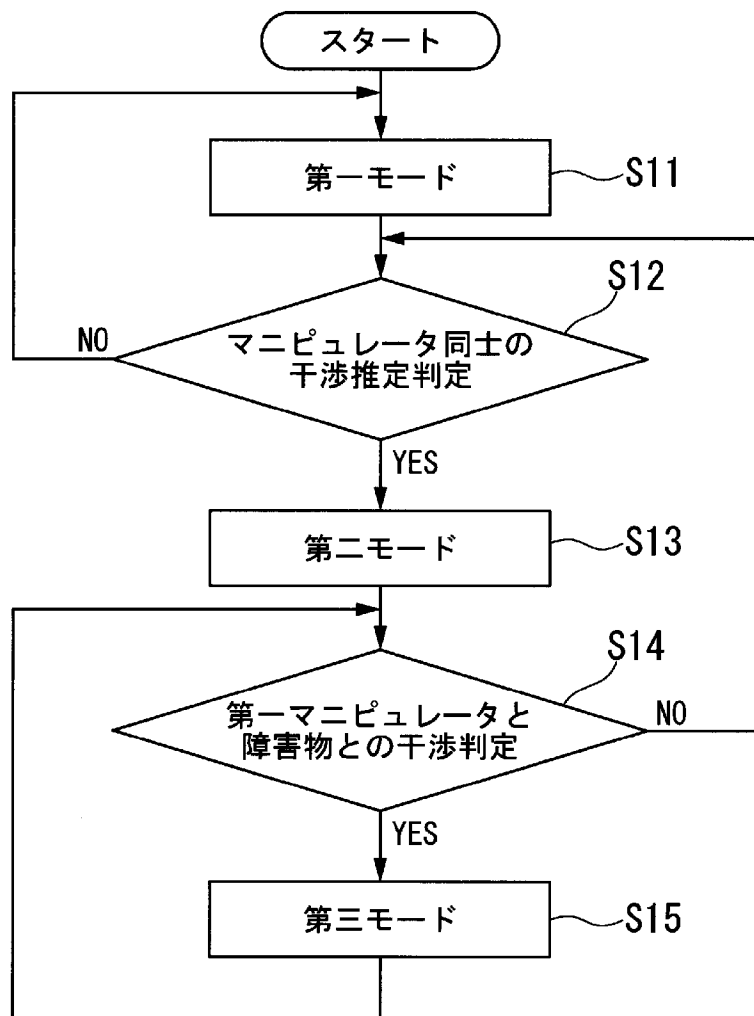
[図3]



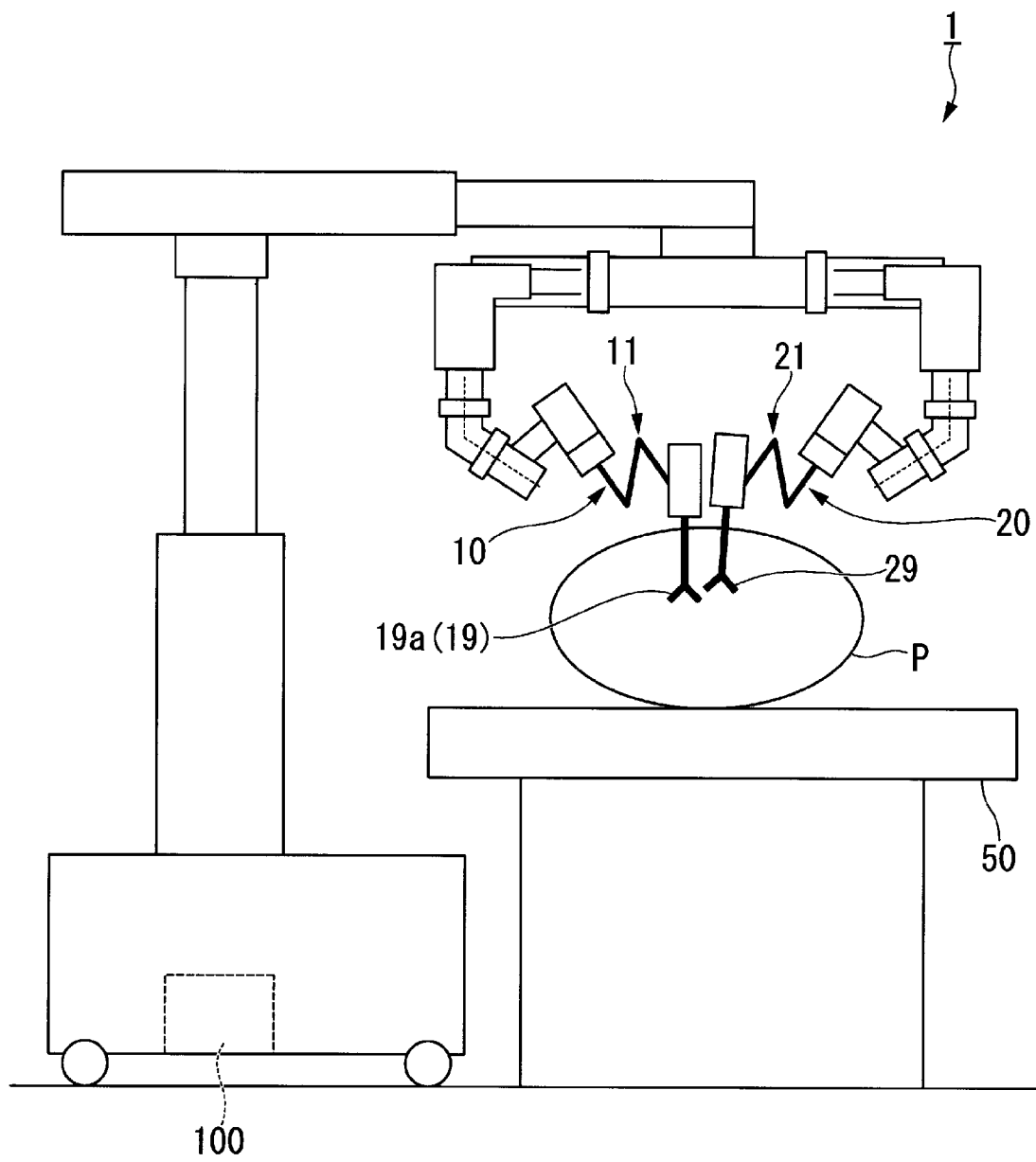
[図4]



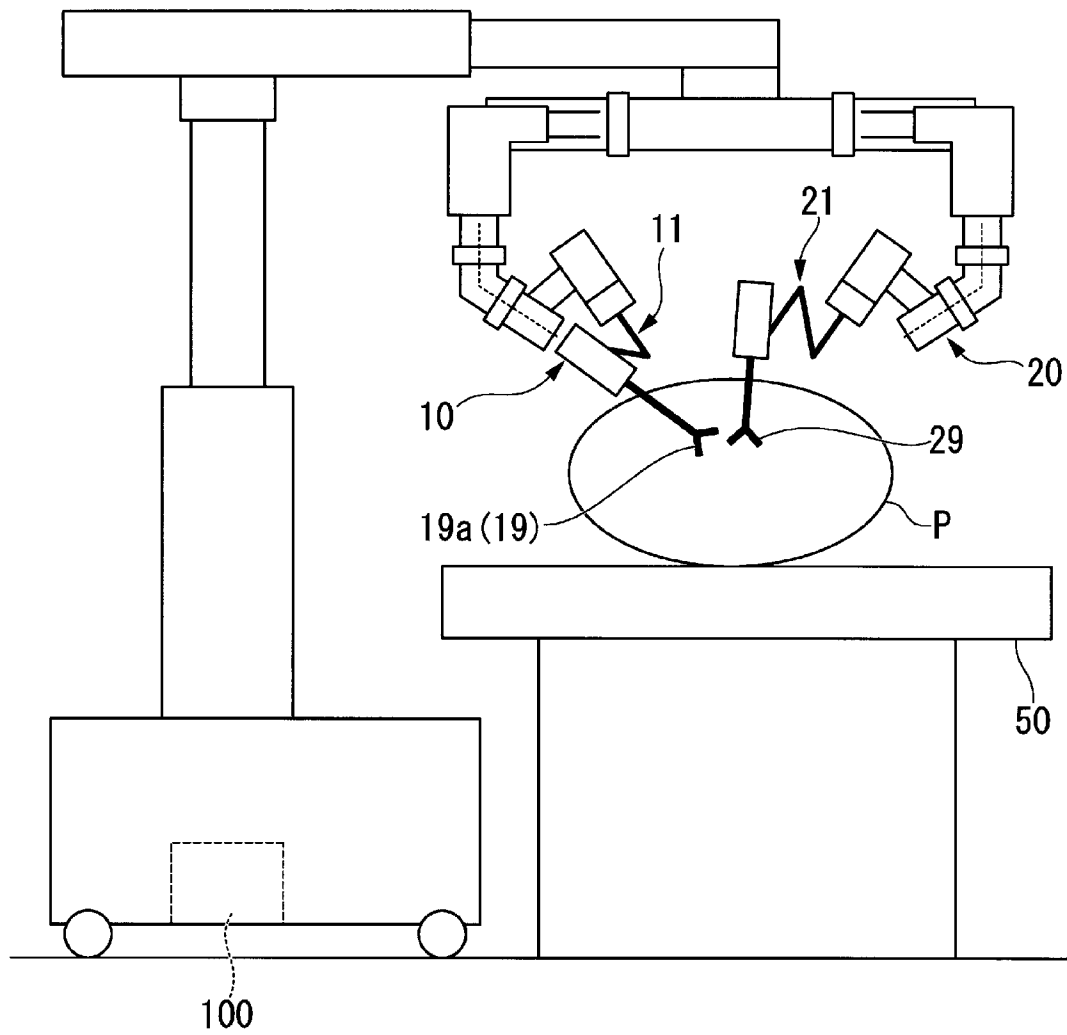
[図5]



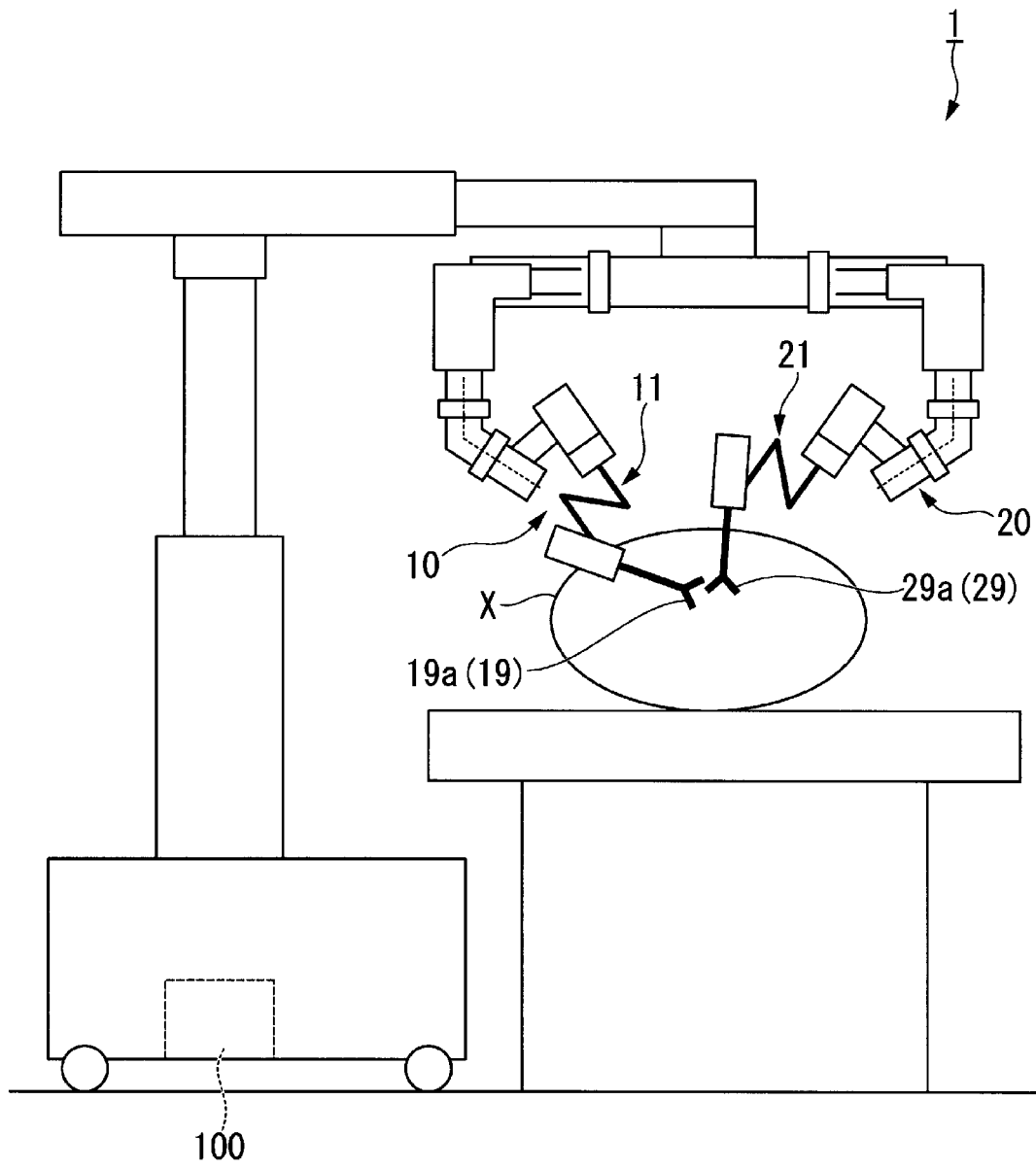
[図6]



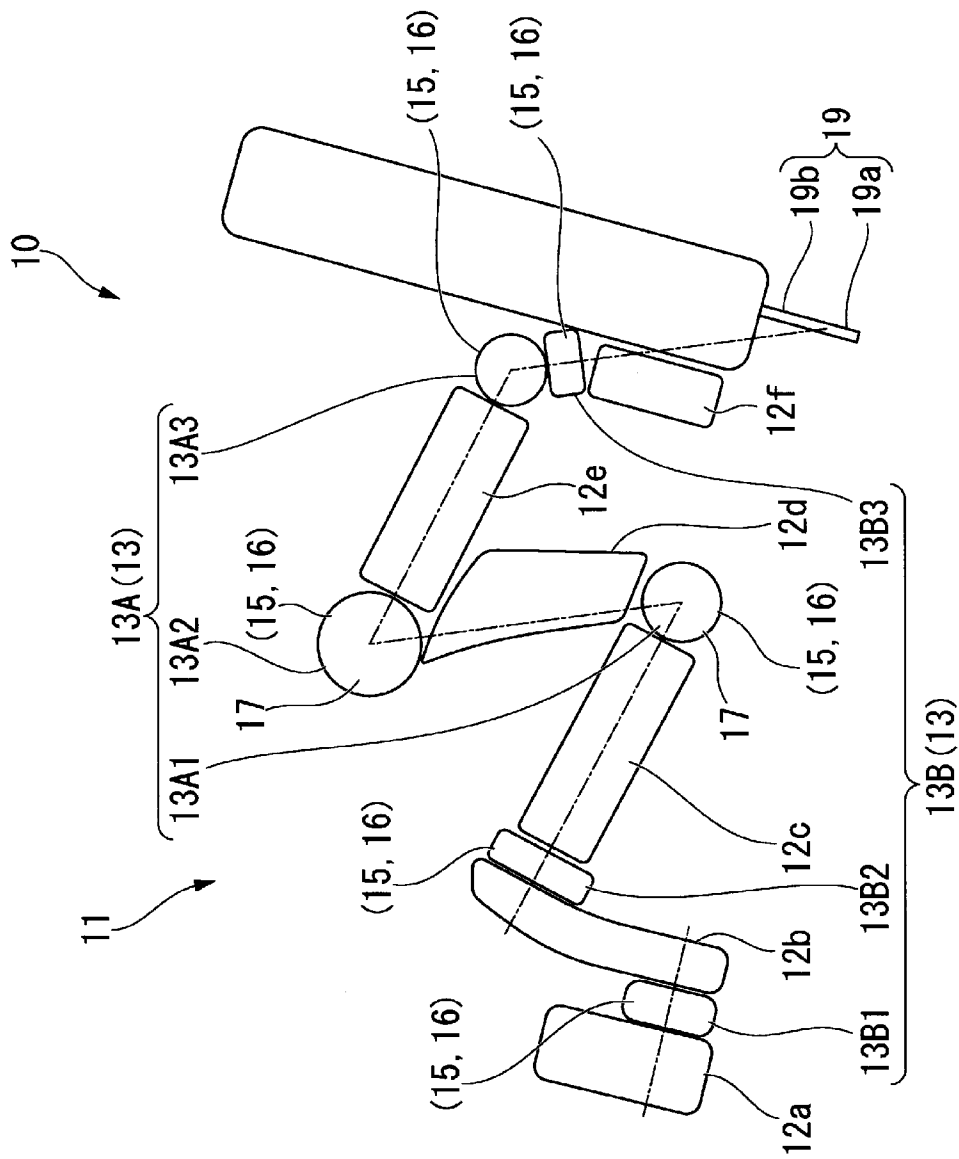
[図7]



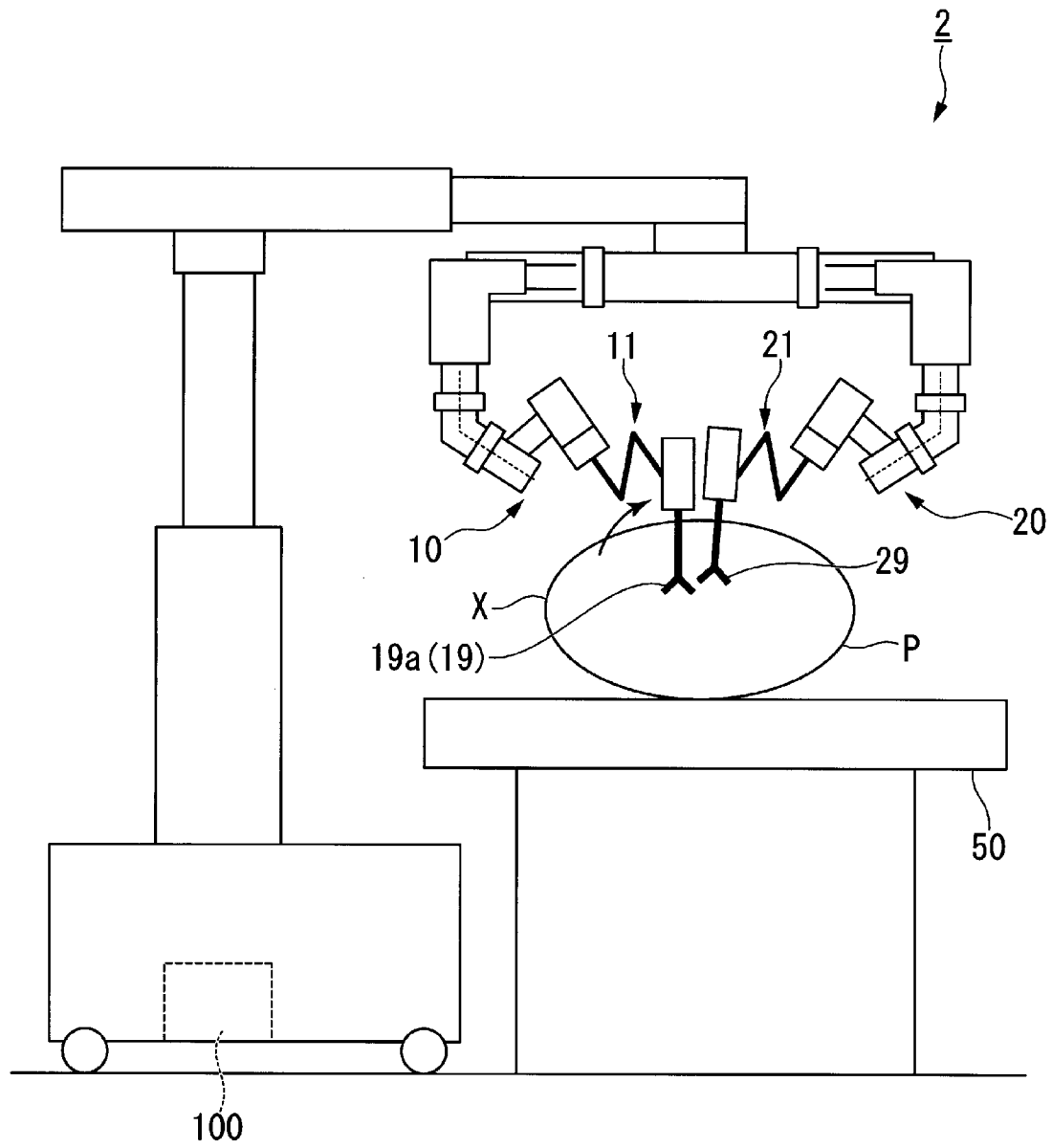
[図8]



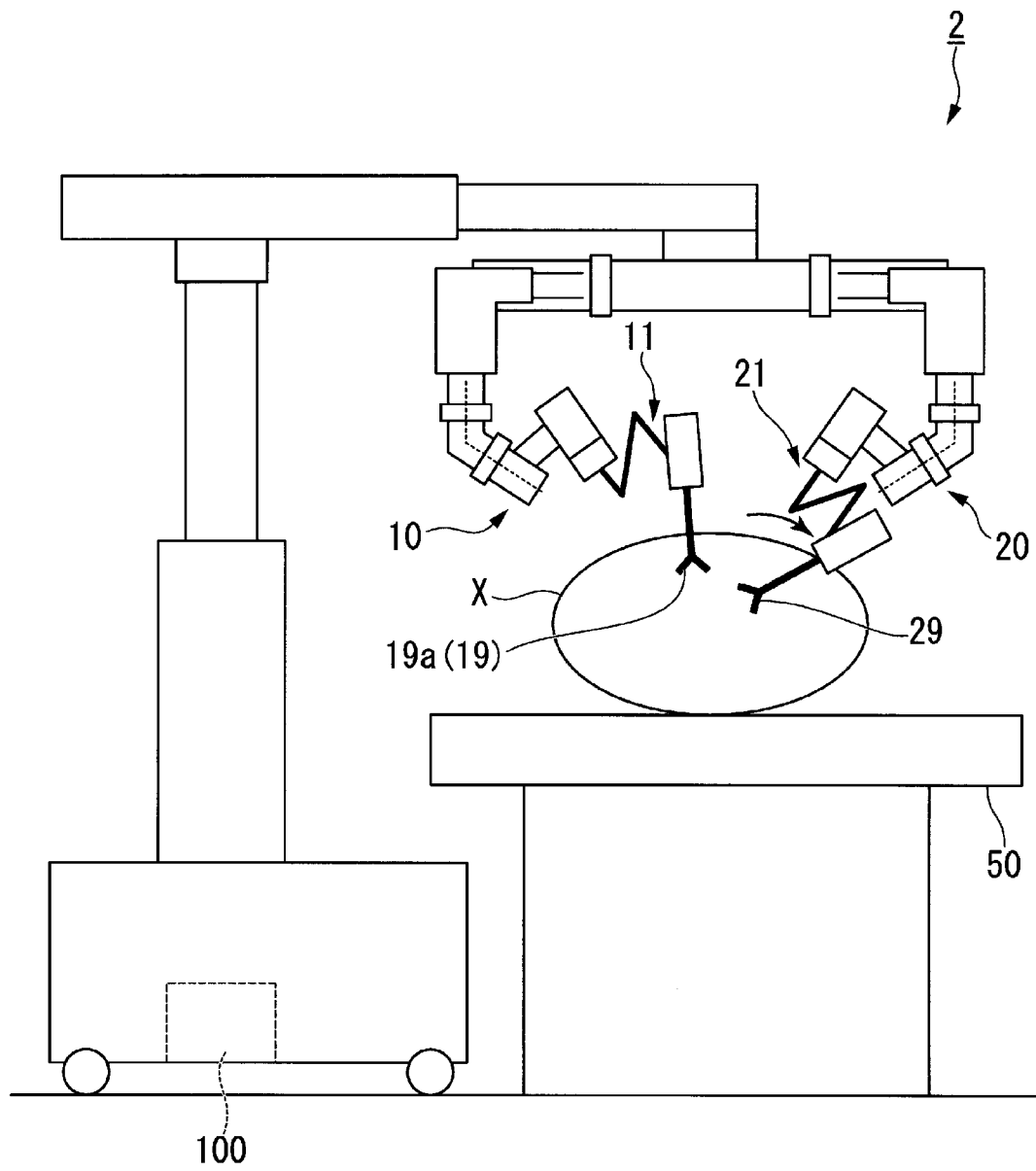
[図9]



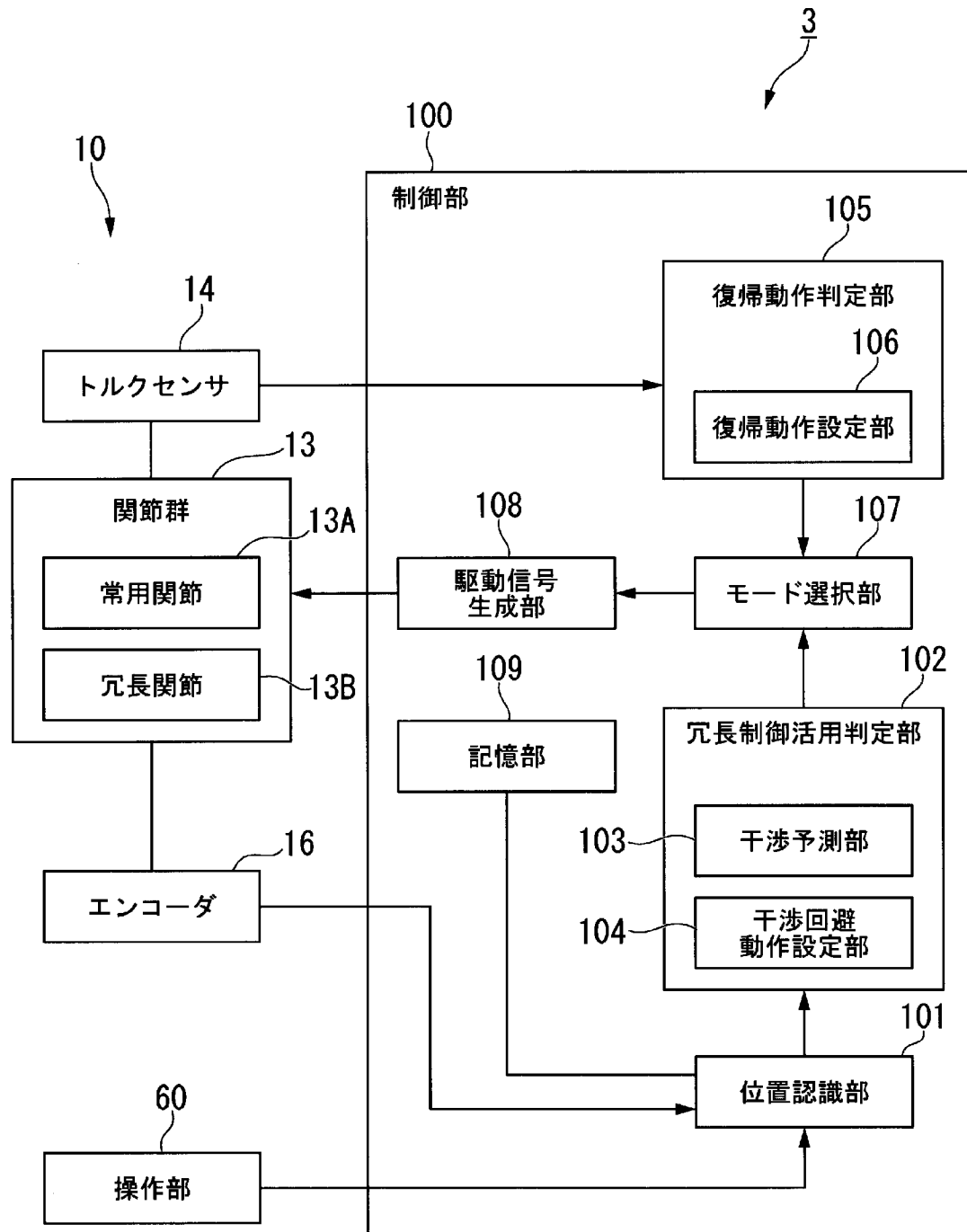
[図10]



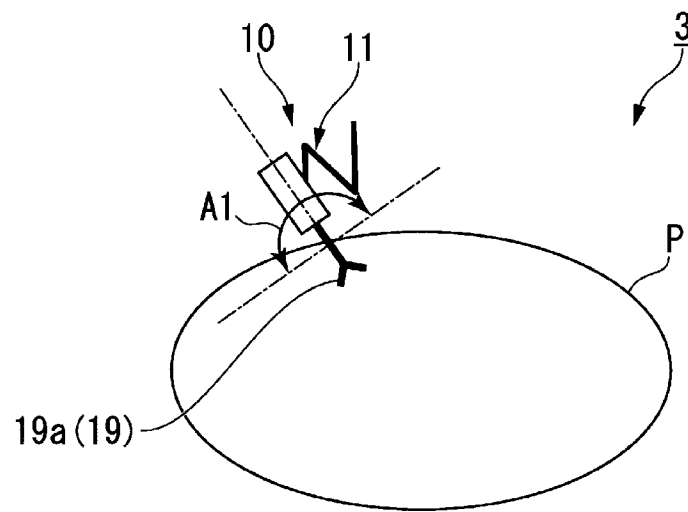
[図11]



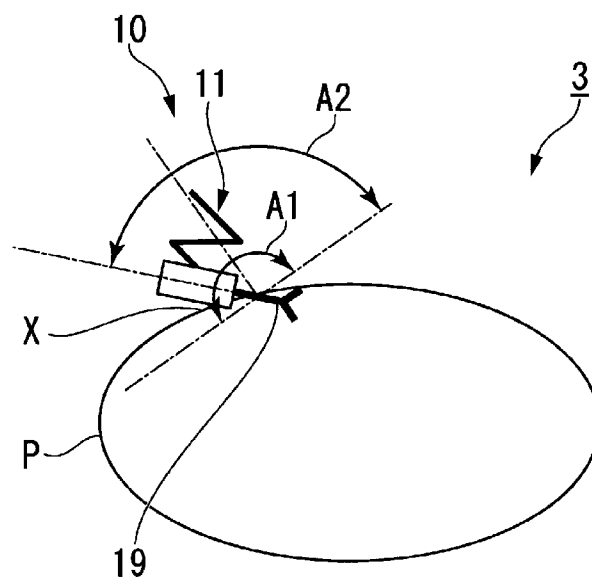
[図12]



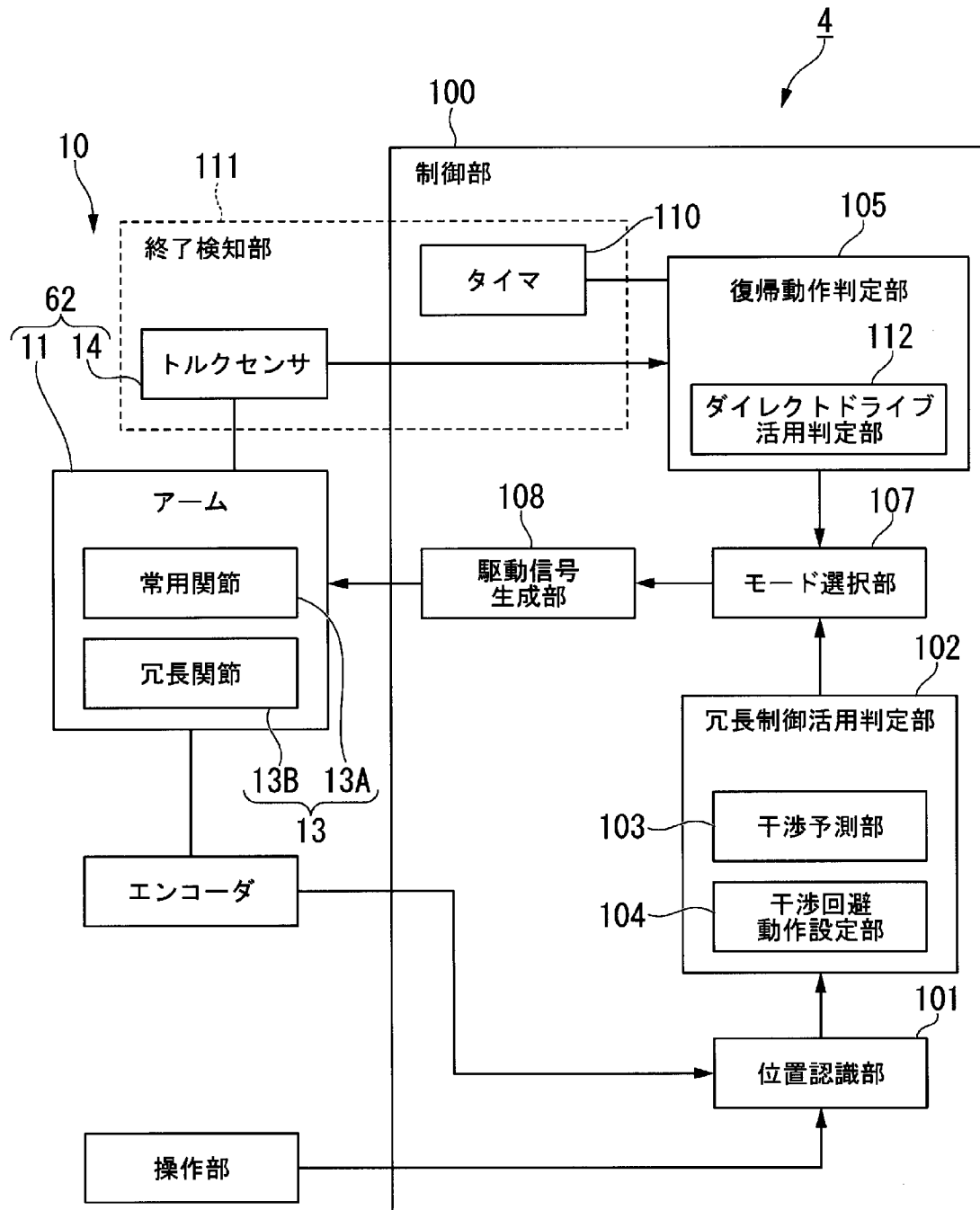
[図13]



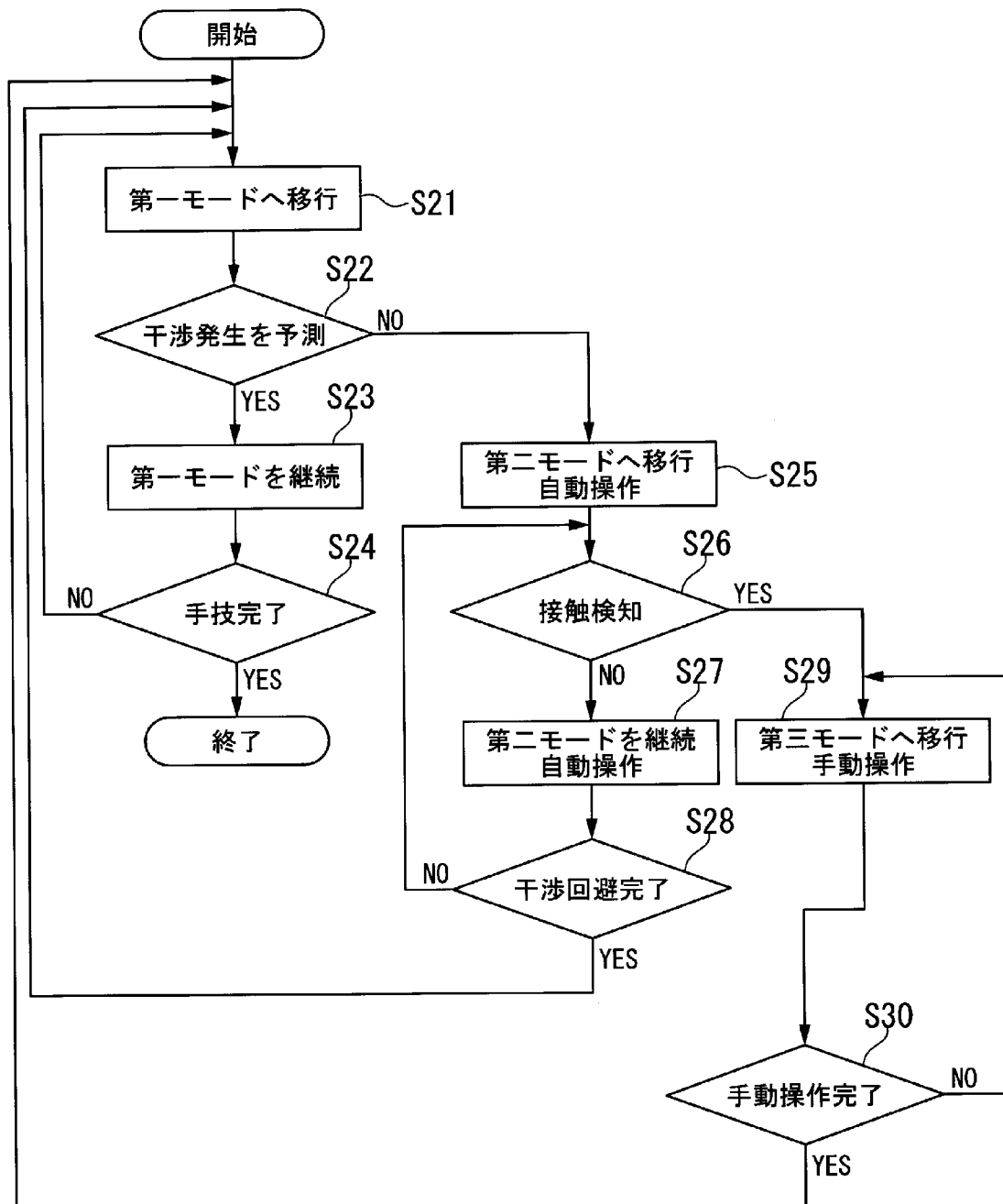
[図14]



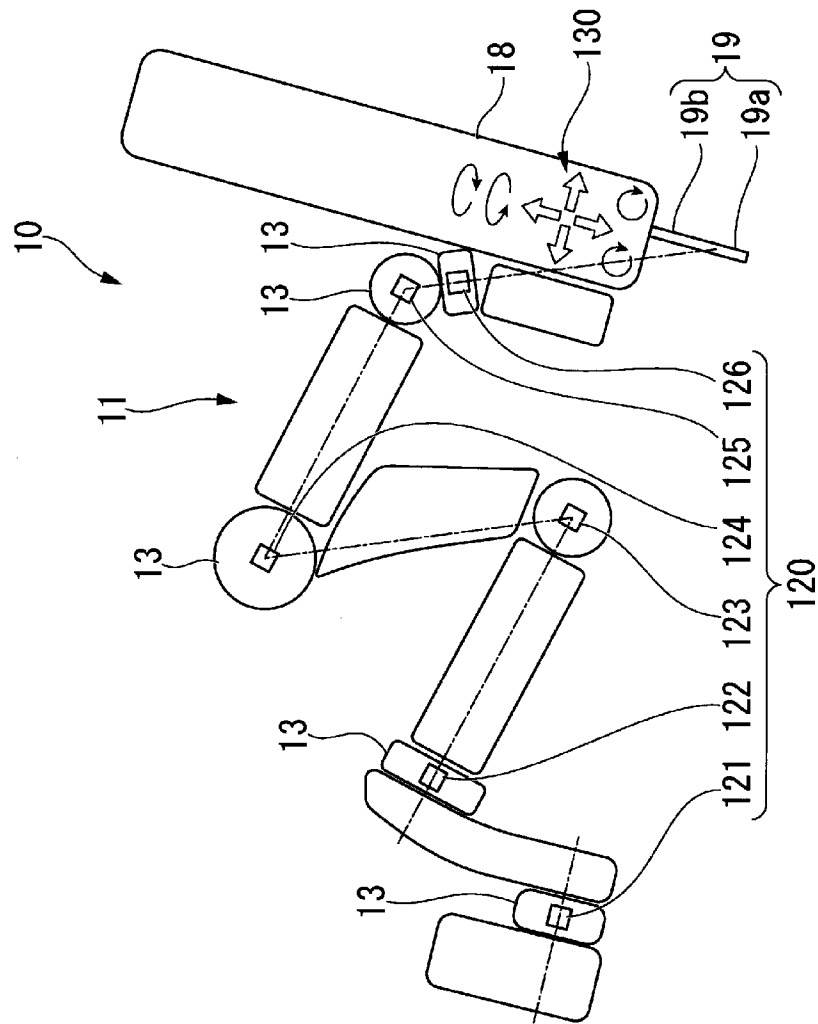
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B34/30(2016.01)i, A61B90/00(2016.01)i, B25J9/06(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)

A61B34/30, A61B90/00, B25J9/06

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-521086 A (Intuitive Surgical Operations, Inc.), 27 July 2015 (27.07.2015), paragraphs [0033] to [0077]; fig. 6 to 23 & US 2013/0325031 A1 paragraphs [0058] to [0108]; fig. 6 to 23 & WO 2013/181522 A1	1-5
A	JP 2015-519146 A (Intuitive Surgical Operations, Inc.), 09 July 2015 (09.07.2015), paragraphs [0031] to [0075]; fig. 6 to 23 & US 2013/0325032 A1 paragraphs [0056] to [0102]; fig. 6 to 23 & WO 2013/181526 A1	1-5

☒ 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
01 April 2016 (01.04.16)

Date of mailing of the international search report
19 April 2016 (19.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051833

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-531624 A (Intuitive Surgical Operations, Inc.), 05 November 2015 (05.11.2015), paragraphs [0043] to [0081]; fig. 5A to 16B & US 2014/0052155 A1 paragraphs [0062] to [0091]; fig. 5A to 16B & US 2016/0045270 A & WO 2014/028703 A1	1-5
A	JP 2011-206312 A (Terumo Corp.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraphs [0037] to [0079]; fig. 6 to 12 & US 2011/0245844 A1 paragraphs [0058] to [0100]; fig. 6 to 12	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B34/30(2016.01)i, A61B90/00(2016.01)i, B25J9/06(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. A61B34/30, A61B90/00, B25J9/06

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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）

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 請求項の番号
A	JP 2015-521086 A（インテュイティブ サージカル オペレーショ ンズ、インコーポレイテッド） 2015.07.27, 段落[0033]-[0077], 第6-23 図 & US 2013/0325031 A1, 段落[0058]-[0108], 第6-23 図 & WO 2013/181522 A1	1-5

☒ 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

01.04.2016

国際調査報告の発送日

19.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
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）

中村 一雄

31

3324

電話番号 03-3581-1101 内線 3386

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 請求項の番号
A	JP 2015-519146 A (インテュイティブ サージカル オペレーショ ンズ, インコーポレイテッド) 2015.07.09, 段落[0031]-[0075], 第6-23 図 & US 2013/0325032 A1, 段落[0056]-[0102], 第6-23 図 & WO 2013/181526 A1	1 - 5
A	JP 2015-531624 A (インテュイティブ サージカル オペレーショ ンズ, インコーポレイテッド) 2015.11.05, 段落[0043]-[0081], 第5A-16B 図 & US 2014/0052155 A1, 段落[0062]-[0091], 第5A-16B 図 & US 2016/0045270 A & WO 2014/028703 A1	1 - 5
A	JP 2011-206312 A (テルモ株式会社) 2011.10.20, 段落[0037]-[0079], 第6-12 図 & US 2011/0245844 A1, 段落[0058]-[0100], 第6-12 図	1 - 5