

明 細 書

発明の名称： マニピュレータ

技術分野

[0001] 本発明は、マニピュレータに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、体内に挿入可能な細長い挿入部を備え、該挿入部に搭載された処置具を体外から遠隔操作して体内を処置する医療用のマニピュレータが知られている（例えば、特許文献1参照。）。このようなマニピュレータの挿入部には、カメラや処置具などが搭載された先端面の方向を変更するための湾曲部が設けられている。

[0003] また、湾曲部の湾曲角度を精度よく制御するために、湾曲部を湾曲させるための主湾曲機構に減速機構が利用されている。すなわち、挿入部の基端側で発生させたシャフトの大きな回転運動を、シャフトと共に回転するねじ軸と該ねじ軸に締結されるナットとによって小さな直線運動に変換し、この直線運動を利用して挿入部の先端に接続されたワイヤを押し引きすることにより、湾曲部を湾曲させる構成が採用されている。

[0004] このような減速機構を用いた挿入部において、ワイヤの直線運動からシャフトの回転運動を発生させるためには、ワイヤが十分に大きな外力によって直線運動される必要がある。すなわち、ワイヤの押し引きによって湾曲した湾曲部の形状は外力に対して十分に安定したものとなる。

一方、湾曲部を、外力に逆らって同一の角度を維持する硬直した状態から、外力に応じて湾曲する柔軟な状態へ切り替えるために、減速機構とワイヤとの間に設けられこれらを分離可能なクラッチが利用されている（例えば、特許文献2参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-61176号公報

特許文献2：特開2002-125919号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1において、牽引機構に故障が発生した場合、湾曲部は体内の組織形状に逆らって一定の湾曲形状を維持し続けるため、挿入部を体内から抜去することが困難になるという問題がある。この問題への対策として、特許文献2のクラッチを特許文献1の減速機構の前段に設け、クラッチによって故障した牽引機構からワイヤを分離することが考えられるが、挿入部の先端部にクラッチを設けると挿入部が大径化してしまうという問題がある。

[0007] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、細径な構造としつつ、湾曲部を湾曲させる機構に故障が発生したとしても体内から滑らかに抜去することができるマニピュレータ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

[0008] 上記目的を達成するために、本発明は以下の手段を提供する。

本発明は、細長い本体部、該本体部の先端側に配置された先端部、および前記本体部と前記先端部との間に設けられた湾曲可能な湾曲部と、前記先端部に接続され前記湾曲部を通して前記本体部まで延びる主線材と、動力を発生する主動力発生部と、前記本体部に設けられ、前記主動力発生部によって発生された前記動力を前記主線材の基端に前記本体部の長手方向の直線運動として伝達する主動力伝達部とを有する複数の主湾曲機構と、各該主湾曲機構と対をなして並列に設けられ、各前記主線材と同一位置または近傍において前記先端部に前記長手方向の押圧力および牽引力を作用させる複数の予備湾曲機構と、対をなす前記主湾曲機構と前記予備湾曲機構とを択一的に作動させる切替部とを備えるマニピュレータを提供する。

[0009] 本発明によれば、主動力発生部が発生した動力が主動力伝達部によって直線運動として主線材の基端部に伝達され、主線材が先端側に押し出され、または、基端側に牽引される。これにより、先端部と連結部との間に配置され

ている湾曲部が湾曲する。

[0010] この場合に、牽引機構が故障した場合に、切替部の作動によって、故障した牽引機構に代えて予備牽引機構が先端部を押圧および牽引することが可能となる。これにより、牽引機構が故障したとしても、体内に挿入される先端部から本体部までを体内から滑らかに抜去することができる。また、先端部から本体部までの間にクラッチ機構のような大径の部材を配置する必要が無いので、細径な構造とすることができる。

[0011] 上記発明においては、前記主動力伝達部が、前記主動力発生部によって発生された前記動力によってその中心軸回りに回転させられる主シャフト部材と、該主シャフト部材の回転運動を前記長手方向の直線運動に変換するとともに前記主線材の基端部に連結される動力変換部材とを備え、前記予備湾曲機構が、前記主シャフト部材と同軸に配置されて前記動力変換部材に接続された予備シャフト部材と、該予備シャフト部材を回転させる予備動力発生部とを備える構成であってもよい。

このようにすることで、単一の主線材に対して並列に接続された主シャフト部材および予備シャフト部材を同軸に配置することにより、主湾曲機構と共通の主線材を用いて予備湾曲機構によって湾曲部の動作を制御することができ、また、本体部を効果的に細径化することができる。

[0012] 上記構成においては、前記主シャフト部材が、前記長手方向に沿って配置された筒状の部材からなり、前記予備シャフト部材が、前記主シャフト部材の内部に収容されたワイヤ状の部材からなる構成であってもよい。

このようにすることで、主シャフト部材および予備シャフト部材を簡易な構成にすることができる。

[0013] 上記発明においては、前記予備湾曲機構が、前記主線材の近傍において前記先端部に接続されて基端側に延びる予備線材と、該予備線材に前記長手方向の直線運動を伝達する予備牽引機構とを備える構成であってもよい。

このようにすることで、予備湾曲機構を簡易な構成にすることができる。

[0014] 上記構成においては、前記予備牽引機構が、前記長手方向の直線運動を発

生する予備動力発生部と、前記主線材に接続され前記予備動力発生部によって発生された直線運動を前記主線材に伝達する伝達部材とを備えていてもよい。

このようにすることで、予備動力発生部によって発生された直線運動が伝達部材によって主湾曲機構と共通の主線材に伝達される。これにより、主線材と予備線材とを共通化することができる。

[0015] 上記構成においては、前記予備牽引機構が、前記主湾曲機構の前記主動力発生部および前記主動力伝達部と並列に設けられた、動力を発生する予備動力発生部および該予備動力発生部によって発生された前記動力を前記予備線材の基端に前記長手方向の直線運動として伝達する主動力伝達部を備えていてもよい。

このようにすることで、予備湾曲機構に切り替えられた後も主湾曲機構と同様の精度で湾曲部の湾曲動作を制御することができる。

[0016] 上記構成においては、前記予備牽引機構が、前記予備線材の基端に接続され、前記長手方向の直線運動を発生して該直線運動を前記予備線材に伝達する予備動力発生部を備えていてもよい。

このようにすることで、予備牽引機構を簡易な構成にすることができる。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、細径な構造としつつ、湾曲部を湾曲させる機構に故障が発生したとしても体内から滑らかに抜去することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の一実施形態に係る手術マニピュレータシステムの全体構成図である。

[図2]図1の手術マニピュレータシステムが備えるマニピュレータの先端側の一部の構成を示す斜視図である。

[図3A]真っすぐな湾曲部を概略的に示す図である。

[図3B]湾曲した湾曲部を概略的に示す図である。

[図4A]マニピュレータが備える主湾曲機構の構成図である。

[図4B]図4Aの主湾曲機構の作用を説明する図である。

[図5]シャフト従動プーリとの接続部分の構成を示す図である。

[図6]牽引機構の故障時における切替部の動作を説明する図である。

[図7]切替部の変形例を示す側面図（上図）およびV I I - V I I 断面図（下図）である。

[図8]切替部のもう1つの変形例を示す図である。

[図9]切替部のもう1つの変形例を示す図である。

[図10]マニピュレータが備える故障検出部の構成を示すブロック図である。

[図11]予備湾曲機構の変形例を示す構成図である。

[図12A]図11の予備湾曲機構が備える接続部材によってワイヤと牽引機構とが接続されている状態を示す斜視図である。

[図12B]図11の予備湾曲機構が備える接続部材によってワイヤと牽引機構とが切断されている状態を示す斜視図である。

[図13A]図11の予備湾曲機構が備える接続部材の変形例によってワイヤと牽引機構とが接続されている状態を示す斜視図である。

[図13B]図11の予備湾曲機構が備える接続部材の変形例によってワイヤと牽引機構とが切断されている状態を示す斜視図である。

[図14A]予備湾曲機構のもう1つの変形例を示す構成図である。

[図14B]図14Aの予備湾曲機構の動作を説明する図である。

[図15A]図14Aの切替制御部の構成および動作を示す図である。

[図15B]図14Aの切替制御部の構成および動作を示す図である。

[図16]予備湾曲機構のもう1つの変形例を示す構成図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下に、本発明の一実施形態に係るマニピュレータ1およびこれを備えた手術マニピュレータシステム100について、図面を参照して説明する。

図1は、本実施形態に係る手術マニピュレータシステム100の概略を示す図である。手術マニピュレータシステム100は、図1に示されるように

、患者Xを寝かせるベッド40の周囲に配置されるマニピュレータ1と、該マニピュレータ1に接続される制御装置60と、制御装置60に対しマニピュレータ1の操作信号を入力する操作装置80とを備えている。

[0020] 図2は、本実施形態に係るマニピュレータ1の先端側の一部を示している。マニピュレータ1は、図2に示されるように、先端面2aに設けられた、照明光を出射するライト30および体内を撮影するカメラ31と、先端面2aから出沒可能に設けられた処置具32とを備えている。先端面2aから突出した処置具32は、カメラ31の視野内に配置されるようになっている。また、マニピュレータ1は、後で詳述するように、湾曲部5が湾曲することによって先端面2aの方向を変更することができ、患者Xの術部の撮影範囲を任意に変更することができるようになっている。

[0021] 操作装置80は、術者Yが操作するジョイスティック等の入力部81と、カメラ31によって取得された映像を表示する表示部82とを備えている。

制御装置60は、入力部81からの入力に応じて、マニピュレータ1の各部に対して指令信号を出力する。この指令信号に従って、処置具32の出沒動作や各関節32aの回転動作が制御され、また、湾曲部5の湾曲動作が制御されるようになっている。

[0022] 術者Yは、カメラ31によって撮影された体内および処置具32の映像を表示部82において観察しながら、操作装置80の入力部81を介してマニピュレータ1の湾曲部5および処置具32を遠隔操作し、患者Xの体内を処置することができる。

[0023] 次に、本実施形態に係るマニピュレータ1について詳しく説明する。

マニピュレータ1は、例えば、患者Xの口腔から体内に挿入される細長い挿入部2を備えている。この挿入部2は、細長い本体部3と、該本体部3の先端側に配置された先端部4と、本体部3と先端部4との間に配置されてこれらを接続する湾曲部5とを備えている。

[0024] 本体部3は、患者Xの体内の組織形状に沿って湾曲可能な可撓性を有する部分である。

先端部４は、上述したライト３０、カメラ３１および処置具３２などが搭載される硬質で十分に小型な部分である。

[0025] 湾曲部５は、本体部３の長手方向に対して交差する方向に湾曲することにより、上述したように、先端面２aを任意の方向に指向させる部分である。湾曲部５は、図３Aに示されるように、挿入部２の中心軸（以下、単に軸ともいう。）Aに沿って配列された円筒状の複数の節輪５aを備えている。各節輪５aは、隣接する節輪５aと、軸Aに直交する２つの軸回りに揺動可能に連結されている。これにより、湾曲部５は、図３Bに示されるように、任意の方向に湾曲可能となっている。なお、湾曲部５の構成は、節輪５a（湾曲コマ）を用いた構造に限定されるものではなく、例えば、多関節構造の屈曲機構であってもよい。

[0026] マニピュレータ１は、この湾曲部５の湾曲動作を制御する湾曲機構（主湾曲機構）６として、図４に示されるように、先端部４に先端が接続され本体部３まで軸A方向に延びるワイヤ（主線材）７と、本体部３に設けられワイヤ７を牽引する牽引機構８とを備えている。

[0027] ワイヤ７の材質は、基端の運動を先端まで伝達可能な剛性を有するものであればよく、例えば、金属または樹脂が好ましい。また、本実施形態においては、線材としてワイヤ７を採用しているが、線材の形態はこれに限定されるものではなく、例えば、ロッド、チューブまたは金属コイルなどであってもよい。

[0028] 牽引機構８は、軸A方向に配置された筒状のシャフト（主シャフト部材）９と、該シャフト９の基端側に設けられシャフト９を回転させる駆動機構と、シャフト９と同軸に設けられ該シャフト９とワイヤ７の基端部とを連結するねじ軸（動力変換部材）１０と、該ねじ軸１０が締結されるナット（動力変換部材）１１とを備えている。

[0029] 駆動機構は、軸A方向に配置された回転軸１２aを有するモータ１２と、回転軸１２aと同軸で配置された駆動プーリ１３１と、シャフト９と同軸で配置され該シャフト９の外周面に固定された従動プーリ１３２と、駆動プー

リ 1 3 1 と従動プーリ 1 3 2 とに架け渡されたベルト 1 4 とを備えている。
モータ 1 2 の回転軸 1 2 a と駆動プーリ 1 3 1 の回転軸 1 3 1 a との間には、
これらを接続および切断する結合機構（切替部） 1 5 1 が備えられている。
。

[0030] 結合機構 1 5 1 によって回転軸 1 2 a と回転軸 1 3 1 a とを接続している
状態でモータ 1 2 を作動させると、回転軸 1 2 a と一体で駆動プーリ 1 3 1
が回転し、該駆動プーリ 1 3 1 の回転力がベルト 1 4 を介して従動プーリ 1
3 2 およびシャフト 9 に伝達され、シャフト 9 がその中心軸回りに回転する。
シャフト 9 が正転または反転すると、シャフト 9 と一体でねじ軸 1 0 が正
転または反転する。

[0031] ナット 1 1 は、4 つのねじ軸 1 0 が締結される 4 つの雌ねじ 1 1 a を有し
、4 つのねじ軸 1 0 を共通に保持している。また、ナット 1 1 は、牽引機構
8 を收容する本体部 3 の筒状の外套管に対して固定されており、回転するね
じ軸 1 0 を本体部 3 に対して軸 A 方向に沿って先端側または基端側に送る。
ねじ軸 1 0 が先端側に前進すると、先端側に押し出されたワイヤ 7 が先端部
4 を先端側に押圧し、ねじ軸 1 0 が基端側に後退すると、基端側に牽引され
たワイヤ 7 が先端部 4 を基端側に牽引するようになっている。

[0032] ここで、ワイヤ 7 および牽引機構 8 は、図 4 A の左図に示されるように、
軸 A を中心とする円周上に間隔を空けて 4 組備えられている。参照する他の
図面において、図を簡略にするために、ワイヤ 7 および牽引機構 8 が 2 組の
み示されている。4 つのワイヤ 7 のうち一部が押し出され、他の一部が牽引
されることにより、図 4 B に示されるように、湾曲部 5 が湾曲する。このと
きのワイヤ 7 の押し出し量および牽引量を調整することによって、湾曲部 5
の湾曲角度が制御されるようになっている。なお、図 4 A 以降の図面におい
て、湾曲部 5 は簡略化して示されている。

[0033] また、マニピュレータ 1 は、各湾曲機構 6 と対をなして並列に設けられた
予備湾曲機構 1 6 を備えている。予備湾曲機構 1 6 は、ワイヤ 7 に対して牽
引機構 8 と並列に設けられ、牽引機構 8 と同様にワイヤ 7 を軸 A 方向に操作

する予備牽引機構 17 を備えている。

[0034] 具体的には、予備牽引機構 17 は、牽引機構 8 のシャフト 9 と同軸に配置される予備シャフト（予備シャフト部材）18 と、該予備シャフト 18 の基端側に設けられた予備モータ 19 とを備えている。予備シャフト 18 は、基端側の回転運動を先端側まで効率的に伝達する適切な剛性を有しつつ、体内の組織形状に沿って湾曲可能な可撓性を有するワイヤからなり、シャフト 9 の内部に收容されている。予備シャフト 18 の先端は、ねじ軸 10 の基端に連結され、予備シャフト 18 の基端は、シャフト 9 の基端から突出している。

[0035] 予備モータ 19 は、予備シャフト 18 と同軸に配置された回転軸 19a を有している。予備シャフト 18 と回転軸 19a との間には、これらを接続および切断する結合機構（切替部）152 が備えられている。結合機構 152 によって予備シャフト 18 と回転軸 19a とを接続している状態で予備モータ 19 を作動させると、回転軸 19a と一体で予備シャフト 18 が回転し、牽引機構 8 を作動させたときと同様に、ねじ軸 10 が軸 A 方向に移動することによってワイヤ 7 が湾曲するようになっている。

[0036] ここで、通常状態において、予備シャフト 18 は、結合機構 15 によって予備モータ 19 から切断され、軸 A 方向に移動可能となっている。これにより、牽引機構 8 は、予備牽引機構 17 によって阻害されることなく作動可能となっている。

[0037] 図 5 は、シャフト 9 と従動プーリ 132 との接続部分を示している。シャフト 9 の外周面には、周方向の一部に凸部 9a が形成されている。従動プーリ 132 には、シャフト 9 が長手方向に移動可能に挿入される穴 132a が形成され、該穴 132a は、凸部 9a が嵌合する凹部 132b を有している。符号 50 は、プーリ 132 の回転軸 132c を、図示しないベアリングによって回転可能に支持する支持台である。これにより、従動プーリ 132 が回転したときに、シャフト 9 も従動プーリ 132 と一体的に回転しつつ、ねじ軸 10 の前進または後退に伴ってシャフト 9 も前進または後退するように

なっている。

[0038] 次に、このように構成されたマニピュレータ 1 を備える手術マニピュレータシステム 100 の作用について説明する。

本実施形態に係る手術マニピュレータシステム 100 を用いて患者 X の術部を処置するには、まず、術者 Y は、入力部 8 1 を操作してマニピュレータ 1 を作動させ、湾曲部 5 の湾曲方向および湾曲角度を変更することによってカメラ 3 1 の視野に術部が入るように先端面 2 a の位置および姿勢を調節する。

[0039] 次に、術者 Y は、入力部 8 1 を操作し、処置具 3 2 を先端面 2 a から突出させてカメラ 3 1 の視野まで移動させる。術者 Y は、表示部 8 2 に表示されている映像において、術部と処置具 3 2 との位置関係を観察しながら、入力部 8 1 を介して処置具 3 2 を遠隔操作して術部を処置することができる。

[0040] ここで、図 6 に示されるように、マニピュレータ 1 を操作している最中にいずれかの牽引機構 8 のシャフト 9 が破断するなどしてモータ 1 2 からの動力がワイヤ 7 の基端部に伝達されなくなると、術者 Y が入力部 8 1 に入力した通りに湾曲部 5 の湾曲角度が変化しなくなり、表示部 8 2 に表示されているカメラ 3 1 の視野が正常に移動しなくなる。したがって、術者 Y は牽引機構 8 の故障を容易に認識することができる。

[0041] ここで、モータ 1 2 による比較的大きな回転運動をねじ軸 1 0 およびナット 1 1 を介して比較的小さな直線運動に変換してワイヤ 7 を駆動する構成において、ワイヤ 7 の直線運動によってねじ軸 1 0 およびシャフト 9 を回転運動させるためには、ワイヤ 7 が十分に大きな力で直線運動される必要がある。すなわち、先端部 4 および湾曲部 5 に体内の組織から押圧力が作用したとしても、この押圧力はワイヤ 7 を軸 A 方向に移動させて湾曲部 5 を変形させるには足らず、湾曲部 5 は体内の組織形状に逆らって一定の形状を維持し続ける。

[0042] そこで、術者 Y は、牽引機構 8 の故障の発生を判断した後、2 つの結合機構 1 5 1, 1 5 2 を作動させる。すなわち、図 6 に示されるように、故障し

た牽引機構 8 のシャフト 9 を結合機構 15 によってモータ 12 から切断し、当該牽引機構と対をなす予備牽引機構 17 の予備シャフト 18 を結合機構 15 によって予備モータ 19 に接続する。これにより、故障した牽引機構 8 に接続されていたワイヤ 7 を予備牽引機構 17 によって故障前と同様に操作可能な状態に復帰する。したがって、術者 Y は、正常な牽引機構 8 と予備牽引機構 17 とによって湾曲部 5 の湾曲角度を制御しながら、挿入部 2 を体内の組織形状に沿って滑らかに移動させて抜去することができる。

[0043] このように、本実施形態によれば、牽引機構 8 が故障した場合に、当該牽引機構 8 を予備牽引機構 17 に切り替えることによって、湾曲部 5 の湾曲角度を制御可能な状態に復帰することができる。したがって、術者 Y は、マニピュレータ 1 を体内から滑らかに抜去することができるという利点がある。また、シャフト 9 と予備シャフト 18 とを同軸に配置して 2 層構造とすることにより、挿入部 2 を細径な構造とすることができる。

[0044] なお、本実施形態においては、予備牽引機構 17 が、牽引機構 8 のモータ 12 とは別体の予備モータ 19 を備え、故障時には予備モータ 19 を用いてワイヤ 7 を駆動することとしたが、これに代えて、予備牽引機構 17 が、牽引機構 8 と共通のモータ 12 を用いてもよい。このようにすることで、モータ 12 が 1 つで済み、装置構成を簡易にすることができる。

[0045] この場合、切替部は、モータ 12 の回転軸 12a をシャフト 9 および予備シャフト 18 に択一的に接続することにより、牽引機構 8 および予備牽引機構 17 を択一的に作動させる。例えば、切替部は、図 7 に示されるように、回転軸 12a とシャフト 9 および予備シャフト 18 との間に配置され、回転軸 12a に対して固定された中間部材 20 と、該中間部材 20 とシャフト 9 または予備シャフト 18 とを連結する連結部材 21 とを備える。

[0046] 中間部材 20 は、シャフト 9 および予備シャフト 18 の基端部を収容する筒状の部材である。連結部材 21 は、中間部材 20 とシャフト 9 および予備シャフト 18 とを連通する穴 20a, 20b に挿入されるピンであり、連結部材 21 をいずれかの穴 20a, 20b に挿入することにより、回転軸 12

aを中間部材20を介してシャフト9または予備シャフト18に連結することができる。穴20a, 20bが雌ねじであり、中間部材20が雄ねじであってもよい。中間部材20は、ねじ軸10の前進または後退に伴って、回転軸12aに対して長手方向に移動可能に設けられている。すなわち、回転軸12aは、外周面に凸部12bが設けられ、中間部材20は、基端面から長手方向に穴20cが形成され、該穴20cは、凸部12bに嵌合する凹部20dを有している。

[0047] 連結部材21は、図8に示されるように、ピン21aにばね21bを介して接続されたスイッチ21cを備え、該スイッチ21cの作動によってピン21aがいずれかの穴20a, 20bに挿入されるように構成されていてもよい。

[0048] あるいは、切替部は、牽引機構8の故障時に、モータ12の回転軸12aに固定されたシャフト9に対して予備シャフト18を固定することにより、予備シャフト18とシャフト9とを一体的に回転させてもよい。例えば、切替部は、図9に示されるように、先端をシャフト9の外周面に向けて配置された楔状の締付部材22と、該締付部材22をシャフト9の半径方向内方に付勢するばねのような付勢部材23とを備える。同図において二点鎖線で示されるように、締付部材22によってシャフト9の外周面を半径方向内方に締め付けることにより、シャフト9が予備シャフト18に対して固定されるようになっている。

[0049] また、本実施形態においては、術者Yが牽引機構8の故障の発生を判断して手動で結合機構151, 152を作動させることとしたが、これに代えて、図10に示されるように、マニピュレータ1が、牽引機構8の故障を検出する故障検出部24を備えていてもよい。このようにすることで、牽引機構8の故障をより確実に検出することができるとともに、術者Yの負担を軽減することができる。

[0050] 故障検出部24は、例えば、湾曲部5の湾曲角度を検出する曲率センサ241と、曲率センサ241によって検出された湾曲角度を、制御装置60か

らモータ 1 2 に送信される指令信号が規定する湾曲角度と比較する故障判定回路 2 4 2 とを備えている。

[0051] 曲率センサ 2 4 1 は、検出された湾曲部 5 の湾曲角度を故障判定回路 2 4 2 に送信する。故障判定回路 2 4 2 は、制御装置 6 0 からモータ 1 2 に出力される指令信号を受信し、曲率センサ 2 4 1 からの湾曲角度と指令信号が規定している湾曲角度との差が所定の閾値よりも大きい場合に、当該モータ 1 2 が属する牽引機構 8 が故障していると判定し、判定結果を制御装置 6 0 に送信する。

[0052] 曲率センサ 2 4 1 としては、例えば、湾曲部 5 に軸 A 方向に配置されて湾曲部 5 と一体的に湾曲させられる光ファイバが利用される。光ファイバは、長手方向の複数の位置において外周面に切り込みが形成され、湾曲した状態において切り込みから光が漏れるようになっている。この光の漏れ量は、光ファイバの湾曲角度と相関している。したがって、光ファイバからの光の漏れ量から湾曲部 5 の湾曲角度を検出することができる。

[0053] また、光ファイバに代えて、ワイヤセンサまたは画像センサが利用されてもよい。

ワイヤセンサは、湾曲機構 6 のワイヤ 7 と略平行に配置された検出用ワイヤを備え、湾曲部 5 の湾曲によって発生する検出用ワイヤの軸 A 方向の移動量から、湾曲部 5 の湾曲角度を検出する。

画像センサは、処置具 3 2 に付された所定のマーカをカメラ 3 1 によって撮影し、取得された映像を解析することによって、マーカの撮影角度から湾曲部 5 の湾曲角度を検出する。

[0054] また、故障検出部 2 4 は、曲率センサ 2 4 1 に代えて、電流センサまたは歪みセンサを利用して牽引機構 8 の故障を検出してもよい。

電流センサは、モータ 1 2 に流れる電流を検出し、故障判定回路 2 4 2 は、正常時にモータ 1 2 に流れ得る電流に対して過大または過小な電流が電流センサによって検出された場合に、牽引機構 8 の故障を判定する。

歪みセンサは、シャフト 9 に発生する応力を測定し、故障判定回路 2 4 2

は、正常時にシャフト 9 に発生する応力に対して過大または過小な応力が歪みセンサによって検出された場合に、牽引機構 8 の故障を判定する。

[0055] このように、牽引機構 8 の故障を故障検出部 24 によって自動で検出する場合には、制御装置 60 が、故障検出部 24 からの判定結果を受けて結合機構 151, 152 を作動させることにより、故障した牽引機構 8 の予備牽引機構 17 への切り替えを実行してもよい。

[0056] また、制御装置 60 は、故障検出部 24 によって牽引機構 8 の故障が検出されたときに、故障の発生を術者 Y に報知してもよい。

術者 Y への報知は、例えば、表示部 82 への警告表示、ランプの点灯、警告音の鳴動などによって行われる。制御装置 60 は、これらの報知に代えて、またはこれに加えて、入力部 81 を介した術者 Y によるマニピュレータ 1 の制御を禁止したり、術者 Y による入力部 81 の操作に対して負荷を発生させてマニピュレータ 1 の動作を遅くしたりするなど、術者 Y によるマニピュレータ 1 の操作に対して制限を加えてもよい。

[0057] 次に、上述した本実施形態に係るマニピュレータ 1 の変形例について説明する。各変形例において、予備湾曲機構 16 の構成が主に相違するので、予備湾曲機構 16 の構成について主に説明し、その他の共通する構成については同一の符号を付して説明を省略する。

[0058] (第 1 の変形例)

本実施形態の第 1 の変形例に係るマニピュレータ 1 において、予備牽引機構 17 は、図 11 に示されるように、接続部材 (切替部) 25 を介してワイヤ 7 の途中位置に接続されて本体部 3 の基端側へ延びる予備ワイヤ (伝達部材) 26 と、回転軸 19a が軸 A に交差して配置された予備モータ 19 と、予備ワイヤ 26 の基端部が巻かれ予備モータ 19 の回転運動を軸 A 方向の直線運動に変換するプーリ (予備動力発生部) 27 とを備え、牽引機構 8 と共通のワイヤ 7 を駆動する。シャフト 9 の基端は、モータ 12 の回転軸 12a に直接連結されている。

[0059] 図 12A および図 12B は、接続部材 25 の詳細な構成を示している。同

図に示されるように、ねじ軸 10 は、半径方向外方に突出した頭部 10 a を基端に有し、接続部材 25 は、頭部 10 a が本体部 3 の半径方向に嵌合する溝 25 c を有している。図 12 A に示されるように、頭部 10 a が溝 25 c に嵌合することによってワイヤ 7 が牽引機構 8 に接続される。一方、図 12 B に示されるように、頭部 10 a が溝 25 c から外れることによってワイヤ 7 が牽引機構 8 から切断される。つまり、予備ワイヤ 26 が牽引されることによって接続部材 25 が斜めになり、頭部 10 a が溝 25 c の開口部から図 12 B に示される矢印方向に外れ、ワイヤ 7 が牽引機構 8 から切断される。

[0060] 図 13 A および図 13 B に示されるように、予備ワイヤ 26 がプーリ 25 b に掛け回されていてもよい。このようにすることで、予備ワイヤ 26 が牽引されたときの接続部材 25 の移動が安定するので、より容易に接続部材 25 と頭部 10 a とを切断することができる。

[0061] このように構成された本変形例に係るマニピュレータ 1 によれば、牽引機構 8 が故障した場合に、結合機構 15 によって予備ワイヤ 26 を予備モータ 19 に接続し、接続部材 25 からねじ軸 10 の頭部 10 a を外すことによってワイヤ 7 を牽引機構 8 から切断することにより、予備牽引機構 17 によって湾曲部 5 の湾曲動作を制御可能な状態に復帰することができる。また、挿入部 2 の内部に收容される部材はいずれも細径であるので、挿入部 2 を細径な構造とすることができる。

[0062] (第 2 の変形例)

本実施形態の第 2 の変形例に係るマニピュレータ 1 において、予備湾曲機構 16 は、図 14 A に示されるように、第 1 の変形例の湾曲機構 6 と同一の構成を備えている。すなわち、予備湾曲機構 16 は、ワイヤ 7、ねじ軸 10、シャフト 9 およびモータ 12 と並列に設けられた、予備ワイヤ（予備線材）26、予備ねじ軸（予備動力伝達部）28、予備シャフト 18 および予備モータ 19 を備えている。予備ねじ軸 28 は、ねじ軸 10 と同様に、ナット（予備動力伝達部）11 に追加して形成された雌ねじ 11 a に締結されている。通常時において、予備湾曲機構 16 は、図 14 B に示されるように、湾

曲機構 6 と共に作動する。

[0063] 本変形例において、切替部として、ワイヤ 7 とねじ軸 10 との間および予備ワイヤ 26 と予備ねじ軸 28 との間に設けられた前述の接続部材 25 と、該接続部材 25 とねじ軸の頭部 10a または予備ねじ軸 28 の頭部との接続および切断を制御する切替制御部 29 とが備えられている。切替制御部 29 は、図 15A に示されるように、接続部材 25 に接続されるワイヤ 25a が巻き付けられたプーリ 29a とモータ 29b との間を接続または切断する電磁クラッチ 29c を備えている。ワイヤ 25a は、図 13A および図 13B の予備ワイヤ 26 に対応している。図 15A は、電磁クラッチ 29c がオン状態であり、モータ 29b とプーリ 29a とが接続されている状態を示し、図 15B は、電磁クラッチ 29c がオフ状態であり、モータ 29b とプーリ 29a とが切断されている状態を示している。

[0064] このように構成された本変形例に係るマニピュレータ 1 によれば、牽引機構 8 が故障した場合に、当該牽引機構 8 の電磁クラッチ 29c をオフ状態からオン状態に切り替えることにより、モータ 29b によってプーリ 29a を回転させ、ワイヤ 25a を牽引する。これにより、故障した牽引機構 8 をワイヤ 7 から分離し、当該牽引機構 8 と対をなす予備牽引機構 17 によって湾曲部 5 の湾曲動作を制御することができる。また、挿入部 2 の内部に収容される部材はいずれも細径であるので、挿入部 2 を細径な構造とすることができる。

[0065] (第 3 の変形例)

本実施形態の第 3 の変形例に係るマニピュレータ 1 において、予備湾曲機構 16 は、図 16 に示されるように、先端部 4 に先端が接続されて本体部 3 の基端側まで延びる予備ワイヤ（予備線材）26 と、予備モータ（予備牽引機構）19 とを備えている。本変形例において、予備モータ 19 は、軸 A 方向の直線運動を発生させて該直線運動を予備ワイヤ 26 に伝達する。予備ワイヤ 26 と予備モータ 19 との間には、これらを接続および切断する結合機構 152 が設けられている。

[0066] 本変形例において、切替部として、第2の変形例と同様に、接続部材25と切替制御部29とが、ワイヤ7とねじ軸10との間に備えられている。

このように構成された本変形例に係るマニピュレータ1によれば、牽引機構8が故障した場合に、当該牽引機構8の電磁クラッチ29cをオフ状態からオン状態に切り替えることにより、モータ29bによってプーリ29aを回転させ、ワイヤ25aを牽引する。これにより、故障した牽引機構8をワイヤ7から分離する。そして、結合機構152によって予備ワイヤ26と予備モータ19とを接続することにより、予備牽引機構17によって湾曲部5の湾曲動作を制御することができる。また、挿入部2の内部に收容される部材はいずれも細径であるので、挿入部2を細径な構造とすることができる。

[0067] なお、本実施形態およびその変形例においては、ねじ軸10の前進または後退に伴ってシャフト9または中間部材20が前進または後退する機構を備えるマニピュレータ1について説明したが、この機構に代えて、シャフト9が、ねじ軸10の移動量よりも十分に長い長さを有するとともに可撓性を有することとしてよい。このようなシャフト9を用いることによっても、ねじ軸10が前進または後退可能となる。

また、本実施形態およびその変形例においては、カメラ31および処置具32を備えるマニピュレータ1について説明したが、必要に応じてカメラ31を省略してもよい。

符号の説明

- [0068] 1 マニピュレータ
2 挿入部
3 本体部
4 先端部
5 湾曲部
5a 節輪
6 湾曲機構（主湾曲機構）
7 ワイヤ（主線材）

- 8 牽引機構
- 9 シャフト（主シャフト部材、主動力伝達部）
- 10 ねじ軸（動力変換部材、主動力伝達部）
- 11 ナット（動力変換部材、主動力伝達部、予備動力伝達部）
- 12 モータ（主動力発生部）
- 12 a 回転軸
- 13 1 駆動プーリ
- 13 1 a 回転軸
- 13 2 従動プーリ
- 14 ベルト
- 15 1, 15 2 結合機構（切替部）
- 16 予備湾曲機構
- 17 予備牽引機構
- 18 予備シャフト
- 19 予備モータ（予備動力発生部）
- 19 a 回転軸
- 20 中間部材（切替部）
- 21 連結部材（切替部）
- 22 締付部材（切替部）
- 23 付勢部材（切替部）
- 24 故障検出部
- 24 1 曲率センサ
- 24 2 故障判定回路
- 25 接続部材（切替部）
- 25 c 溝
- 25 b プーリ
- 26 予備ワイヤ（伝達部材、予備線材）
- 27 プーリ（予備動力発生部）

- 2 8 予備ねじ軸（予備動力伝達部）
- 2 8 プーリ
- 2 9 切替制御部
- 3 0 ライト
- 3 1 カメラ
- 3 2 処置具
- 3 2 a 関節
- 4 0 ベッド
- 6 0 制御装置
- 8 0 操作装置
- 8 1 入力部
- 8 2 表示部
- 1 0 0 手術マニピュレータシステム
- X 患者
- Y 術者

請求の範囲

- [請求項1] 細長い本体部、該本体部の先端側に配置された先端部、および前記本体部と前記先端部との間に設けられた湾曲可能な湾曲部と、
- 前記先端部に接続され前記湾曲部を通して前記本体部まで延びる主線材と、動力を発生する主動力発生部と、前記本体部に設けられ、前記主動力発生部によって発生された前記動力を前記主線材の基端に前記本体部の長手方向の直線運動として伝達する主動力伝達部とを有する複数の主湾曲機構と、
- 各該主湾曲機構と対をなして並列に設けられ、各前記主線材と同一位置または近傍において前記先端部に前記長手方向の押圧力および牽引力を作用させる複数の予備湾曲機構と、
- 対をなす前記主湾曲機構と前記予備湾曲機構とを択一的に作動させる切替部とを備えるマニピレータ。
- [請求項2] 前記主動力伝達部が、前記主動力発生部によって発生された前記動力によってその中心軸回りに回転させられる主シャフト部材と、該主シャフト部材の回転運動を前記長手方向の直線運動に変換するとともに前記主線材の基端部に連結される動力変換部材とを備え、
- 前記予備湾曲機構が、前記主シャフト部材と同軸に配置されて前記動力変換部材に接続された予備シャフト部材と、該予備シャフト部材を回転させる予備動力発生部とを備える請求項1に記載のマニピレータ。
- [請求項3] 前記主シャフト部材が、前記長手方向に沿って配置された筒状の部材からなり、
- 前記予備シャフト部材が、前記主シャフト部材の内部に收容されたワイヤ状の部材からなる請求項2に記載のマニピレータ。
- [請求項4] 前記予備湾曲機構が、前記主線材の近傍において前記先端部に接続されて基端側に延びる予備線材と、該予備線材に前記長手方向の直線運動を伝達する予備牽引機構とを備える請求項1に記載のマニピレ

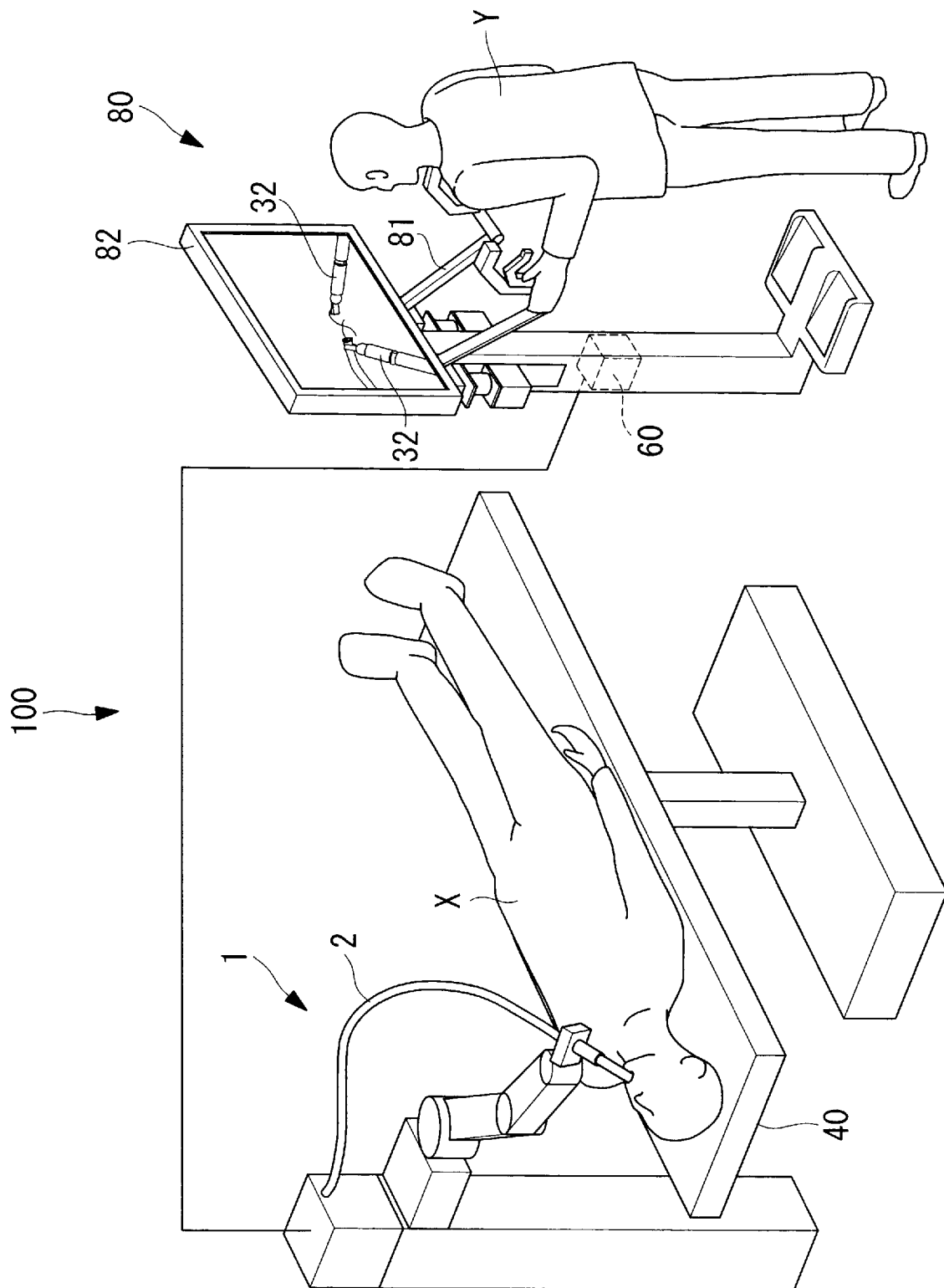
ータ。

[請求項5] 前記予備牽引機構が、前記長手方向の直線運動を発生する予備動力発生部と、前記主線材に接続され前記予備動力発生部によって発生された直線運動を前記主線材に伝達する伝達部材とを備える請求項4に記載のマニピレータ。

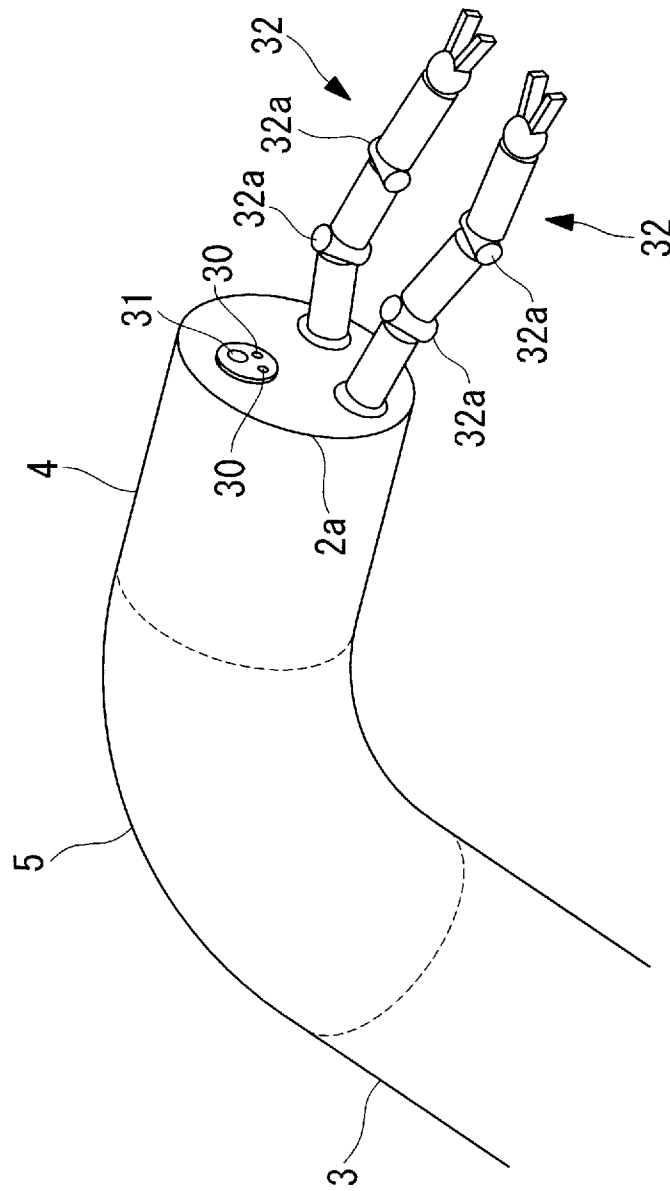
[請求項6] 前記予備牽引機構が、前記主湾曲機構の前記主動力発生部および前記主動力伝達部と並列に設けられた、動力を発生する予備動力発生部および該予備動力発生部によって発生された前記動力を前記予備線材の基端に前記長手方向の直線運動として伝達する予備動力伝達部を備える請求項4に記載のマニピレータ。

[請求項7] 前記予備牽引機構が、前記予備線材の基端に接続され、前記長手方向の直線運動を発生して該直線運動を前記予備線材に伝達する予備動力発生部を備える請求項4に記載のマニピレータ。

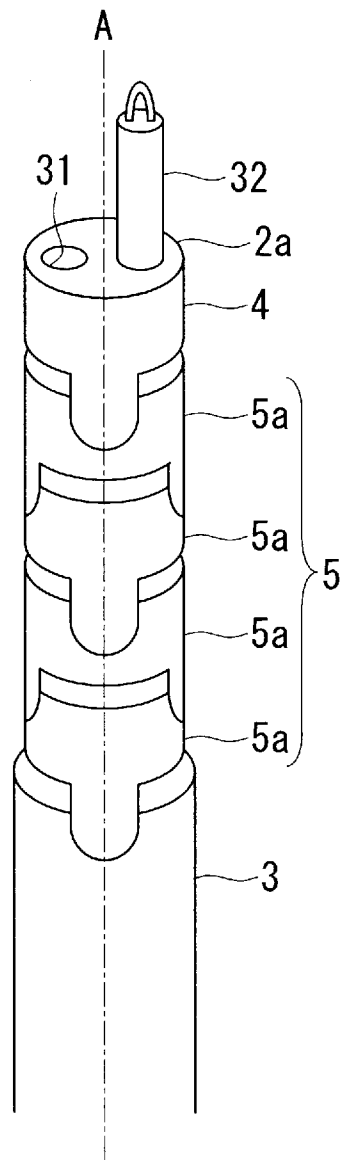
[図1]



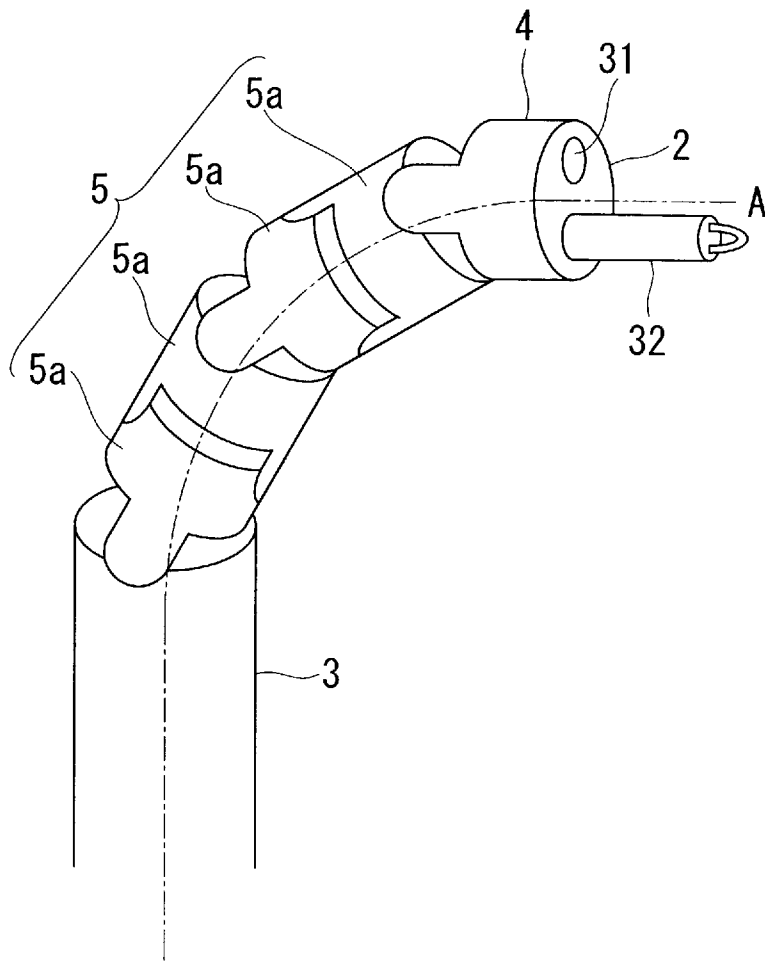
[図2]



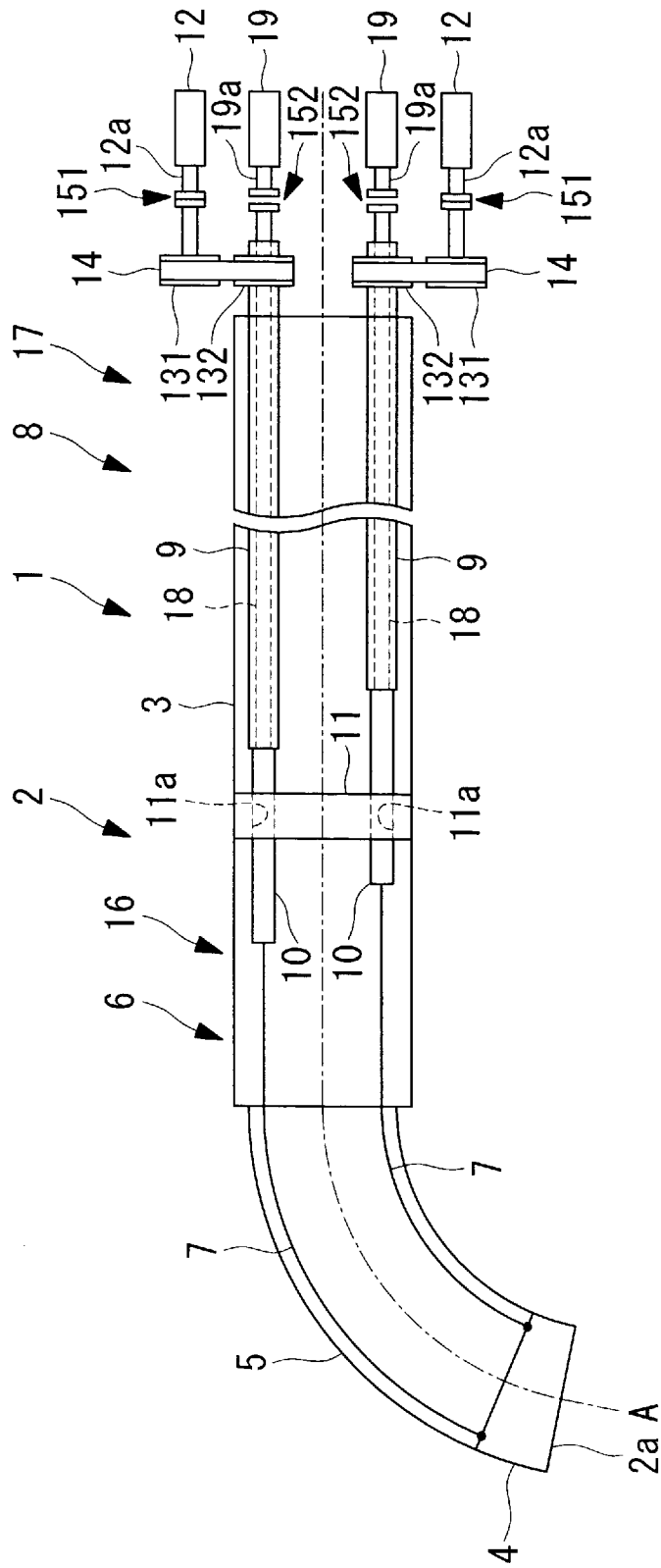
[図3A]



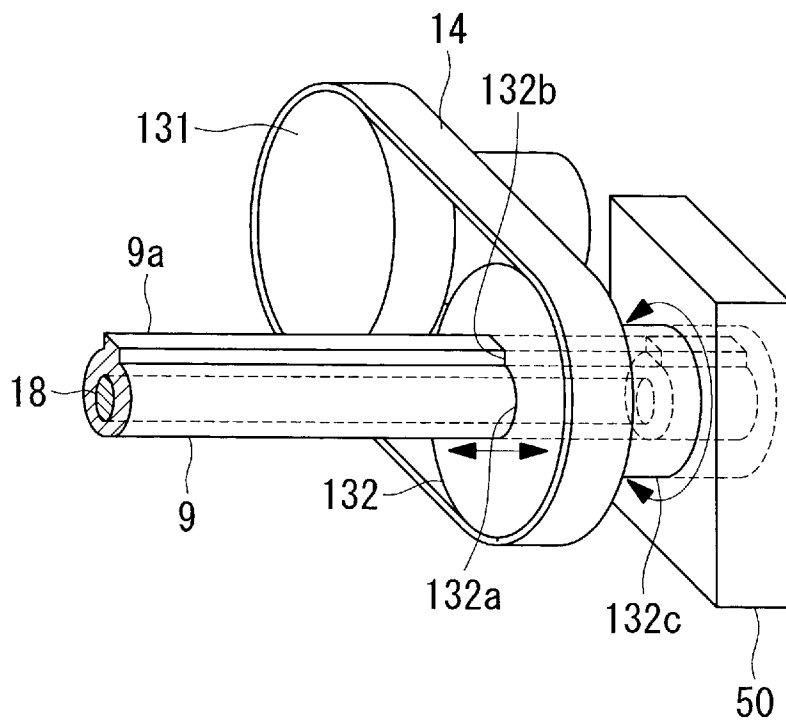
[図3B]



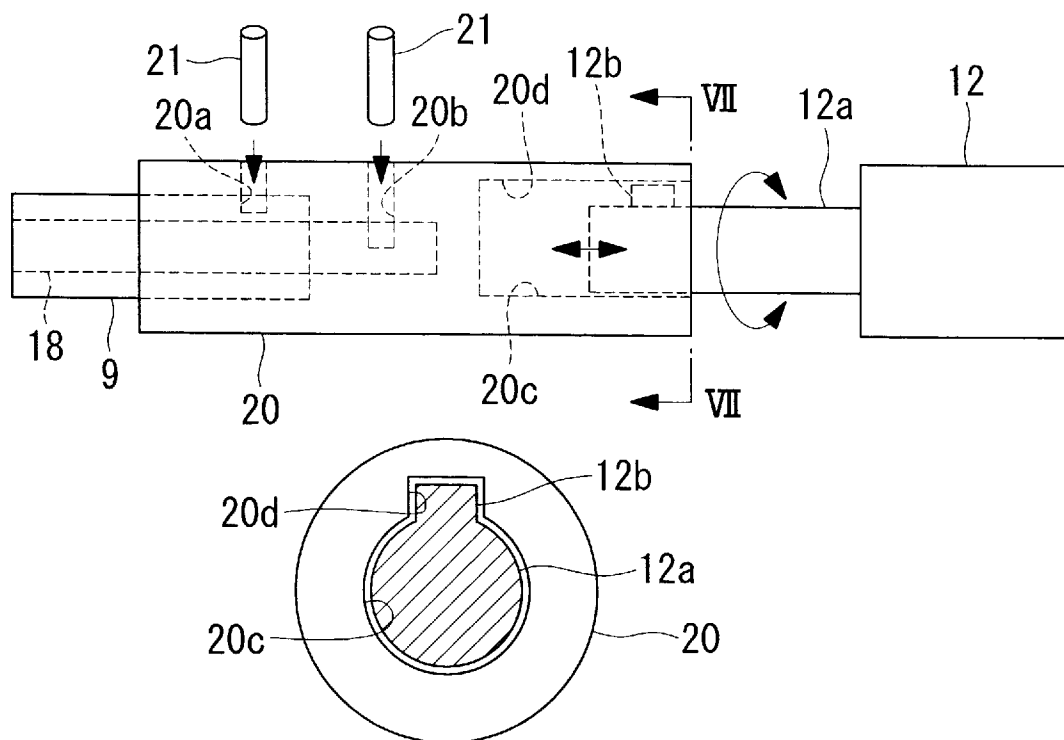
[図4B]



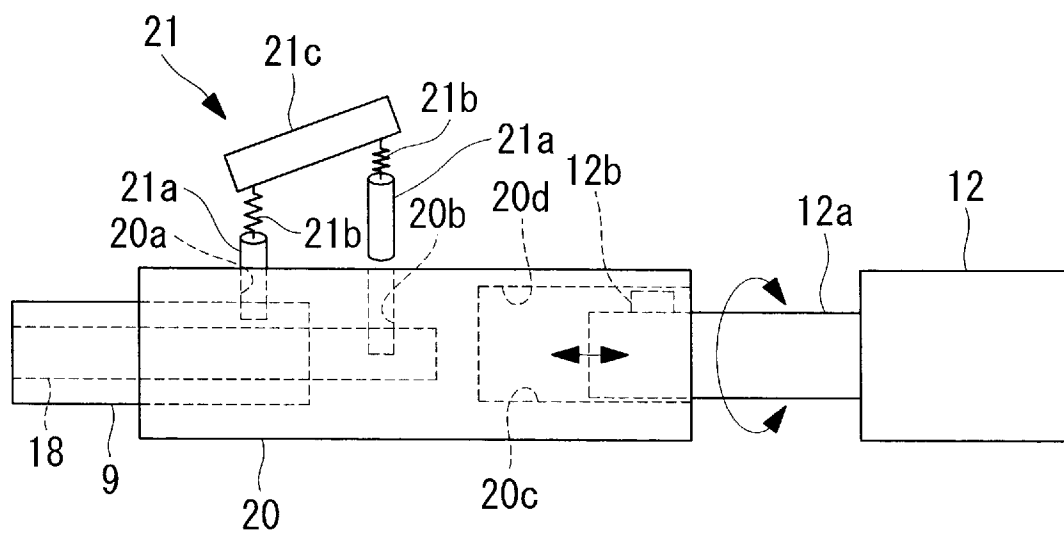
[図5]



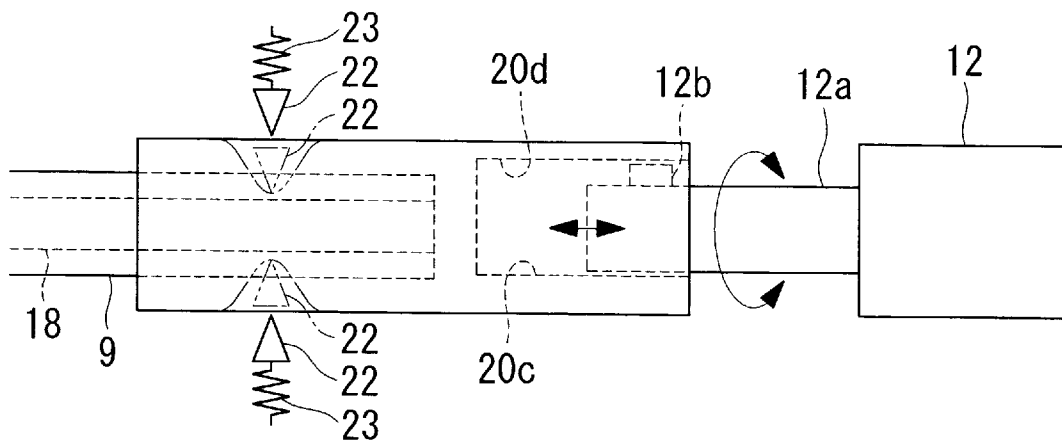
[図7]



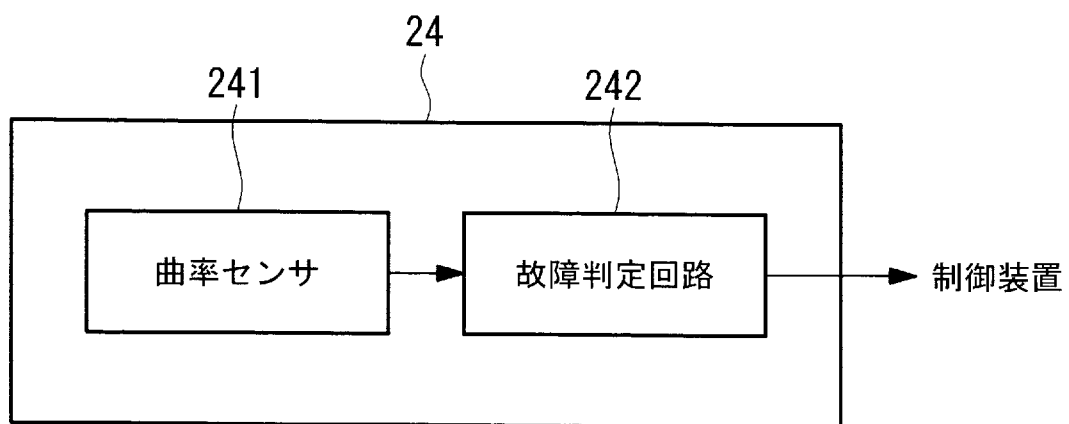
[図8]



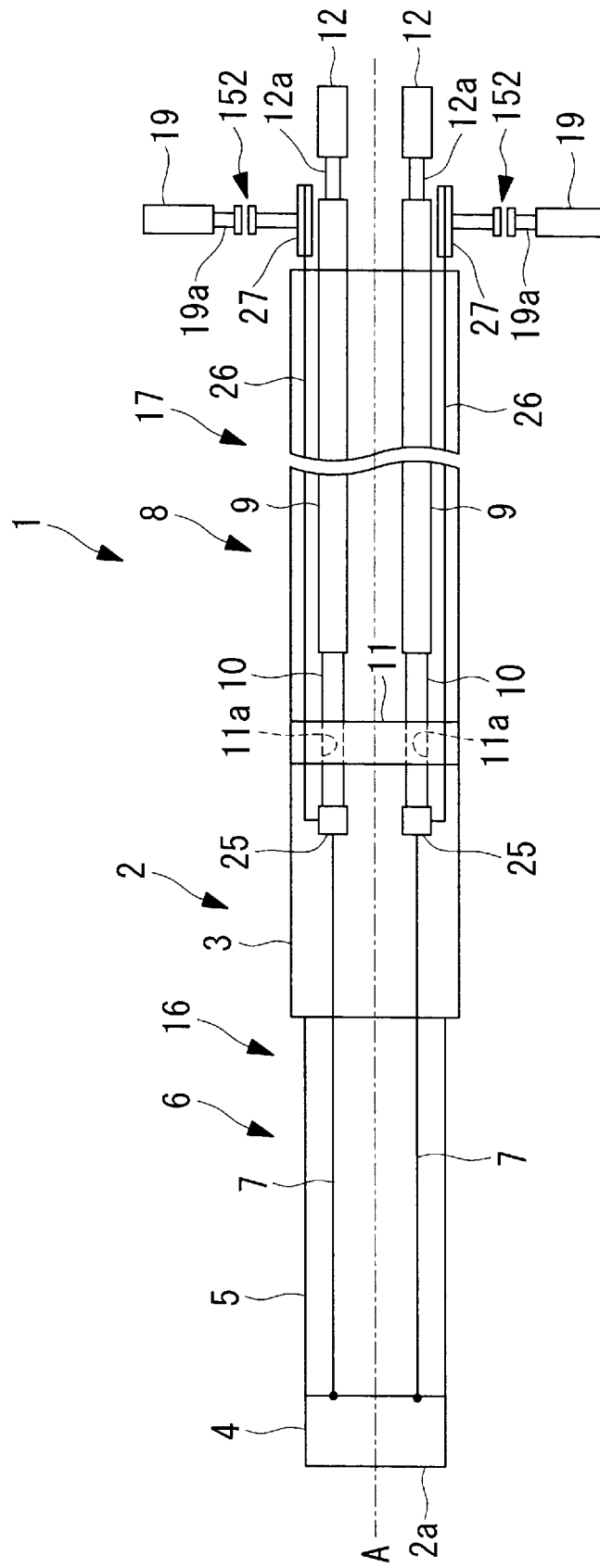
[図9]



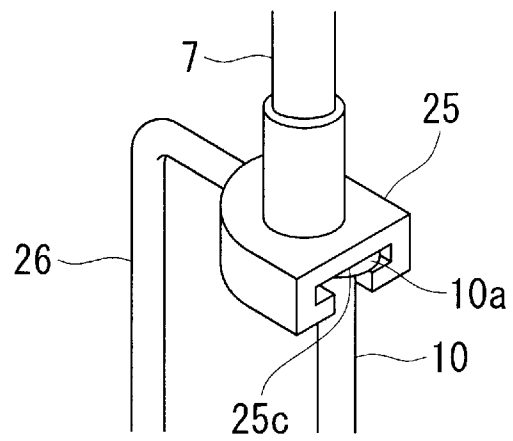
[図10]



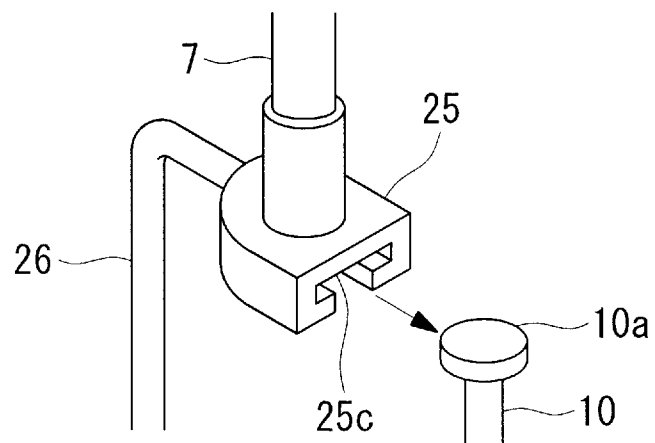
[図11]



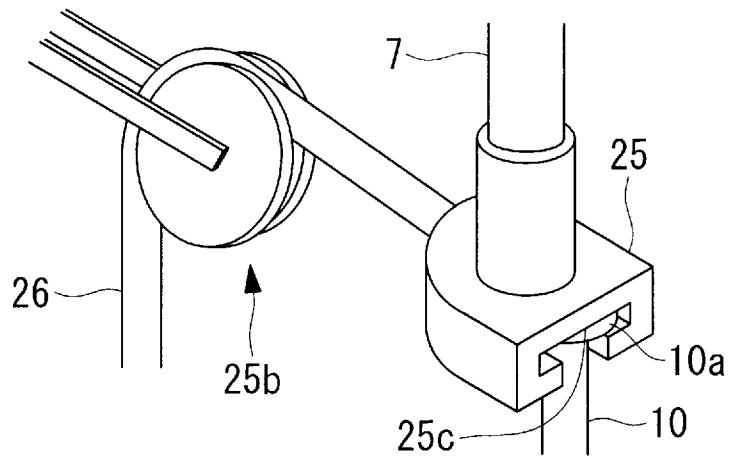
[図12A]



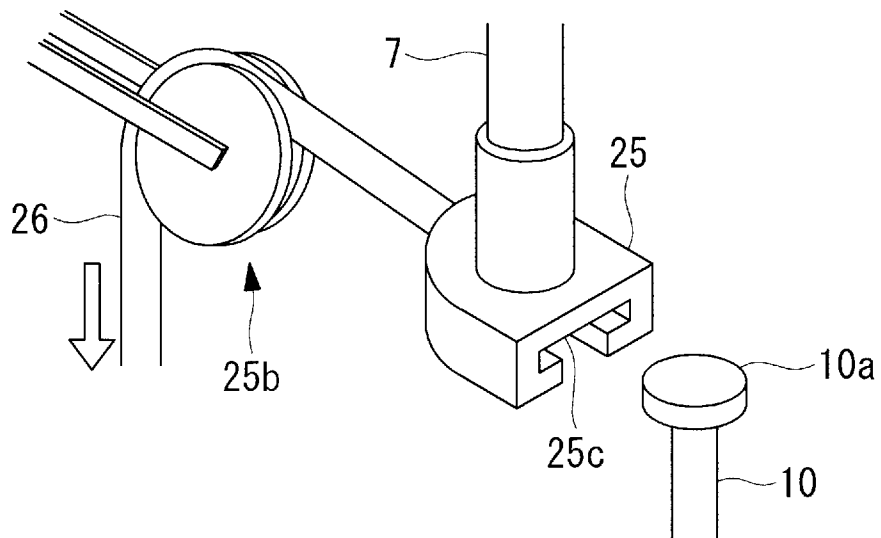
[図12B]



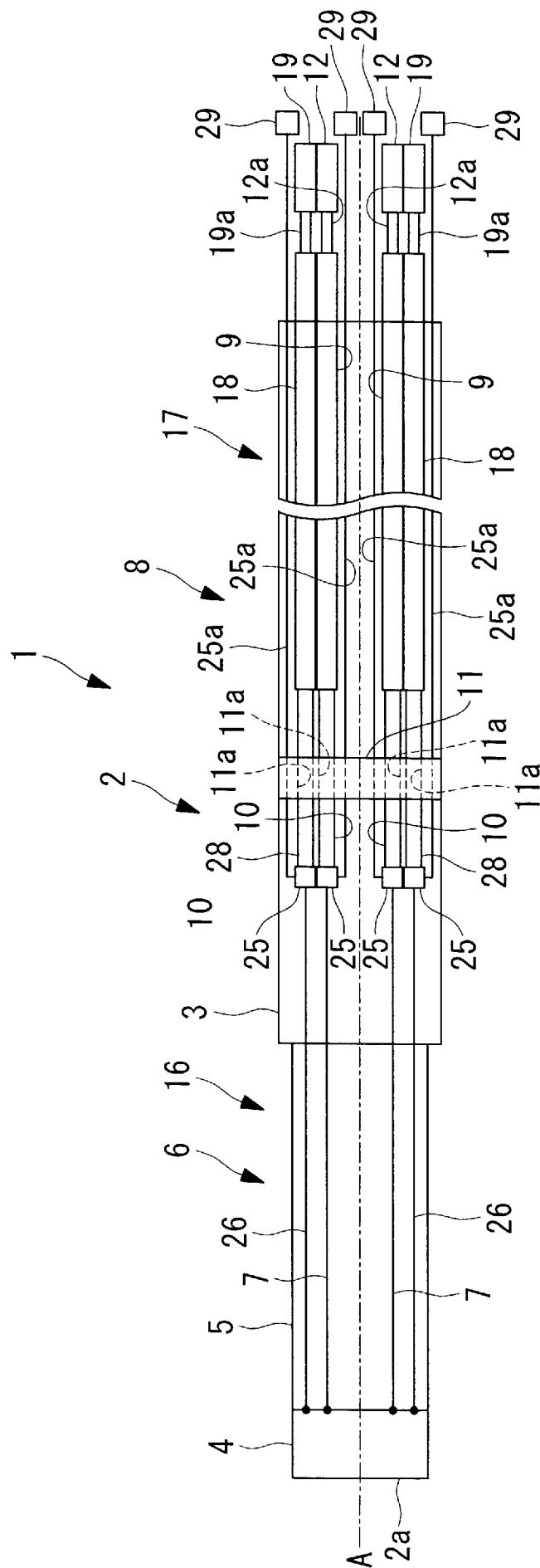
[図13A]



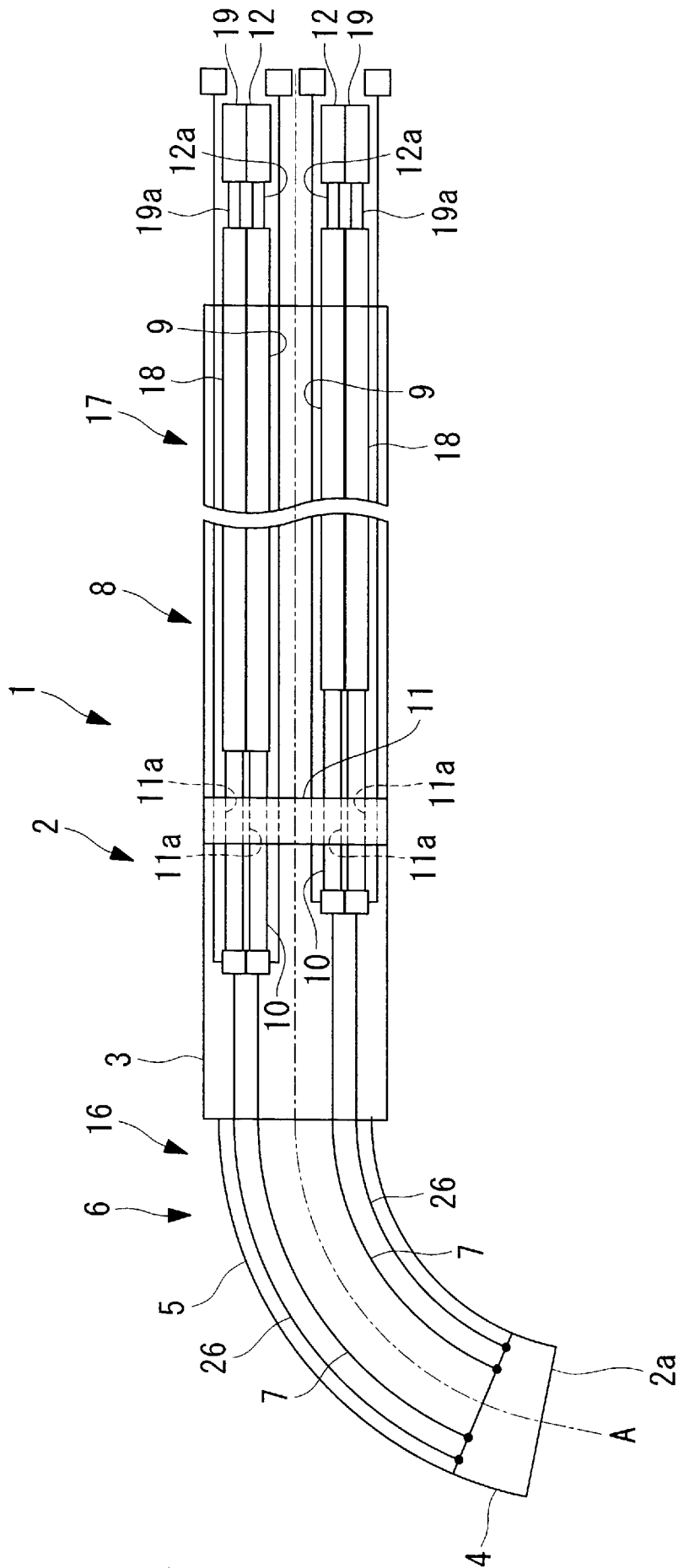
[図13B]



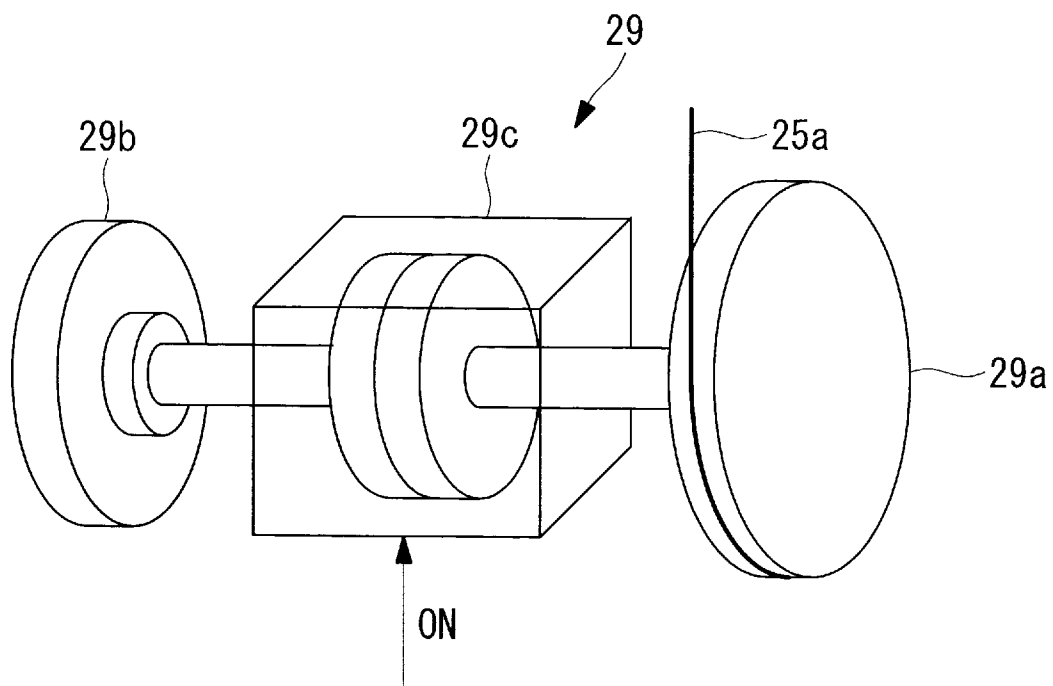
[図14A]



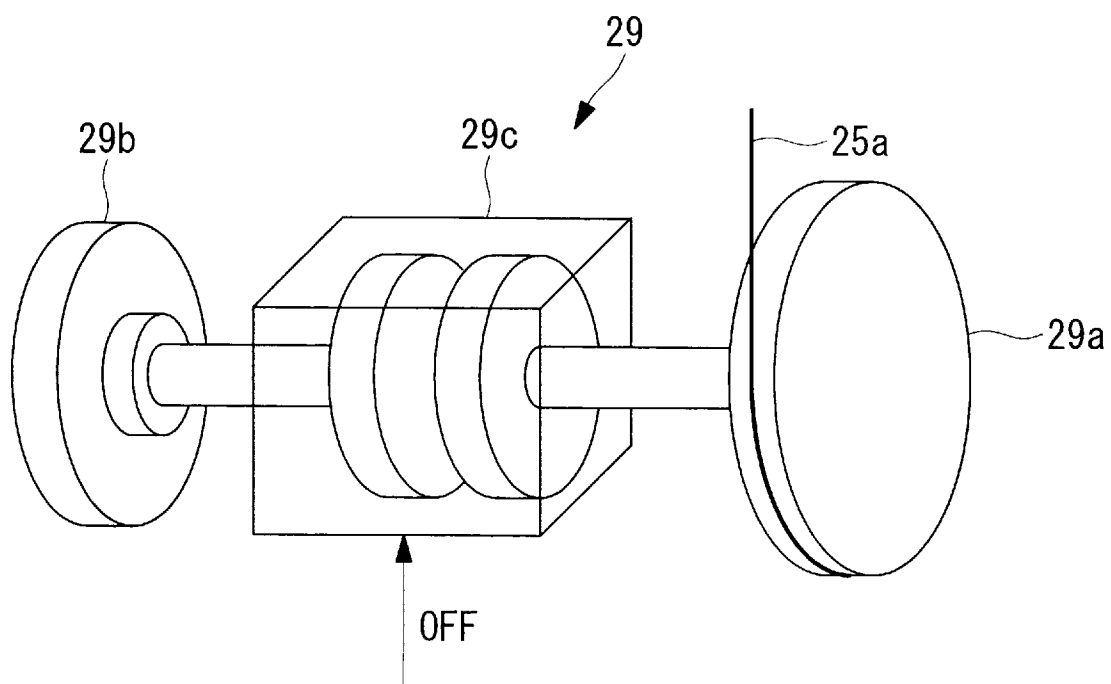
[図14B]



[図15A]



[図15B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/050296

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B19/00(2006.01) i, B25J17/00(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, B25J17/00

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y A	WO 2011/145533 A1 (Olympus Medical Systems Corp.), 24 November 2011 (24.11.2011), paragraphs [0016], [0017], [0020], [0029], [0031]; fig. 1 & JP 5059231 B2 & US 2012/0065628 A1 & EP 2529658 A1	1, 2, 4-7 3
Y A	JP 4-122592 A (Hitachi, Ltd.), 23 April 1992 (23.04.1992), page 4, upper right column, lines 6 to 11; fig. 5 (Family: none)	1, 2, 4-7 3

☒ 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
03 April, 2014 (03.04.14)

Date of mailing of the international search report
15 April, 2014 (15.04.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/050296

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 2001-353675 A (Toshiba Corp.), 25 December 2001 (25.12.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B19/00(2006.01)i, B25J17/00(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（I P C））

Int.Cl. A61B19/00, B25J17/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y A	WO 2011/145533 A1（オリンパスメディカルシステムズ株式会社） 2011.11.24, [0016], [0017], [0020], [0029], [0031], 第1図 & JP 5059231 B2 & US 2012/0065628 A1 & EP 2529658 A1	1, 2, 4-7 3
Y A	JP 4-122592 A（株式会社日立製作所）1992.04.23, 第4頁右上欄第 6-11行, 第5図（ファミリーなし）	1, 2, 4-7 3
A	JP 2001-353675 A（株式会社東芝）2001.12.25, 全文, 全図（ファ ミリーなし）	1-7

☐ 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

0 3 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 5 . 0 4 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

佐藤 智弥

3 I

3 7 3 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 8 6