

(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
2010年6月3日(03.06.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/061567 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 17/16 (2006.01) B23B 39/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/006286
- (22) 国際出願日: 2009年11月20日(20.11.2009)
- (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 2008-302091 2008年11月27日(27.11.2008) JP
特願 2009-013002 2009年1月23日(23.01.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): NTN株式会社(NTN CORPORATION) [JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 磯部浩(ISOBE, Hiroshi) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP). 西尾幸宏(NISHIO, Yukihiko) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP). 永野佳孝(NAGANO, Yoshitaka) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐

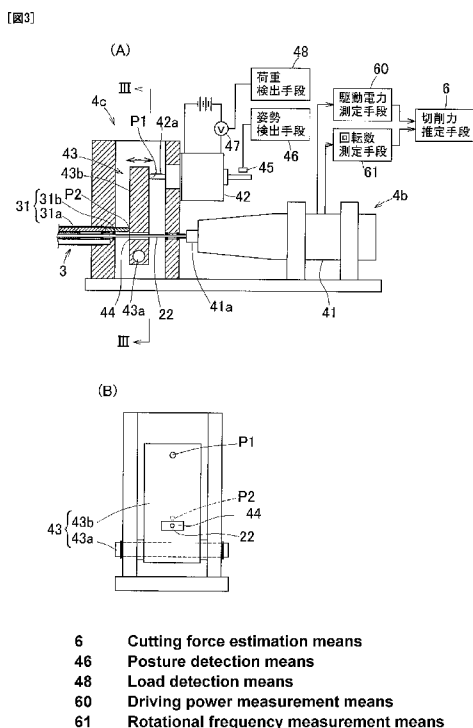
田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP). 尾崎孝美(OZAKI, Takayoshi) [JP/JP]; 〒4380037 静岡県磐田市東貝塚1578番地 NTN株式会社内 Shizuoka (JP).

- (74) 代理人: 杉本修司, 外(SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀1丁目10番2号 肥後橋ニッタイビル Osaka (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, 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, IS, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, 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,

[続葉有]

(54) Title: REMOTE CONTROL ACTUATOR

(54) 発明の名称: 遠隔操作型アクチュエータ



(57) Abstract: Disclosed is a remote control actuator which is capable of changing the posture of a tool provided on the tip of a narrow pipe part by remote control and is capable of processing with optimal processing conditions at all times. The actuator is equipped with: a spindle guide unit (3) having a long, slender shape; a tip member (2) which is attached on the tip of the spindle guide unit in a manner such that the posture can be changed freely and rotatably supports a tool; and a drive unit housing (4a) to which the base end of the spindle guide unit (3) is connected. The interior of the spindle guide unit (3) is provided with a rotary shaft (22) which transfers to the tool the rotation of a tool rotation drive source (41) in the drive unit housing (4a), and a posture manipulation member (31) which changes the posture of the tip member by driving a posture change drive source (42) in the drive unit housing (4a). A cutting force estimation means (6) is provided to estimate the size of at least one component force of the feed force (Pf), the thrust force (Fr), and the primary force (Fc), of the cutting force applied by the tool to the object being processed.

(57) 要約: 細長いパイプ部の先端に設けられた工具の姿勢を遠隔操作で変更することができ、しかも常に最適な加工条件で加工することが可能な遠隔操作型アクチュエータを提供する。細長形状のスピンダルガイド部(3)と、その先端に姿勢変更自在に取付けられ工具を回転自在に支持する先端部材(2)と、スピンダルガイド部(3)の基端が結合された駆動部ハウジング(4a)とを備える。スピンダルガイド部(3)は内部に、駆動部ハウジング(4a)内の工具回転用駆動源(41)の回転を工具に伝達する回転軸(22)と、駆動部ハウジング(4a)内の姿勢変更用駆動源(42)の駆動により先端部材を姿勢変更させる姿勢操作部材(31)とを有する。工具が被加工物に与える切削力にお

ける主分力(Fc)、背分力(Fr)、および送り分力(Pf)のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定する切削力推定手段(6)を設ける。

WO 2010/061567 A1

GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, 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 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：遠隔操作型アクチュエータ

関連出願

[0001] 本出願は、2008年11月27日出願の特願2008-302091、および2009年1月23日出願の特願2009-013002の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

[0002] この発明は、工具の姿勢を遠隔操作で変更可能で、医療用、機械加工等の用途で用いられる遠隔操作型アクチュエータに関する。

背景技術

[0003] 医療用として骨の加工に用いられ、機械加工用としてドリル加工や切削加工に用いられる遠隔操作型アクチュエータがある。遠隔操作型アクチュエータは、直線形状や湾曲形状をした細長いパイプ部の先端に設けた工具を遠隔操作で制御する。ただし、従来の遠隔操作型アクチュエータは、工具の回転のみを遠隔操作で制御するだけであったため、医療用の場合、複雑な形状の加工や外からは見えにくい箇所での加工が難しかった。また、ドリル加工では、直線だけではなく、湾曲状の加工が可能なが求められる。さらに、切削加工では、溝内部の奥まった箇所での加工が可能なが求められる。以下、医療用を例にとって、遠隔操作型アクチュエータの従来技術と課題について説明する。

[0004] 整形外科分野において、骨の老化等によって擦り減って使えなくなった関節を新しく人工のものに取り替える人工関節置換手術がある。この手術では、患者の生体骨を人工関節が挿入できるように加工する必要があるが、その加工には、術後の生体骨と人工関節との接着強度を高めるために、人工関節の形状に合わせて生体骨を精度良く加工することが要求される。

[0005] 例えば、股関節の人工関節置換手術では、大腿骨の骨の中心にある髓腔部

に人工関節挿入用の孔を形成する。人工関節と骨との接触強度を保つには両者の接触面積を大きくとる必要があり、人工関節挿入用の孔は、骨の奥まで延びた細長い形状に加工される。このような骨の切削加工に用いられる医療用アクチュエータとして、細長いパイプ部の先端に工具を回転自在に設け、パイプ部の基端側に設けたモータ等の回転駆動源の駆動により、パイプ部の内部に配した回転軸を介して工具を回転させる構成のものがある（例えば特許文献1）。この種の医療用アクチュエータは、外部に露出した回転部分は先端の工具のみであるため、工具を骨の奥まで挿入することができる。

[0006] 人工関節置換手術では、皮膚切開や筋肉の切断を伴う。すなわち、人体に傷を付けなければならない。その傷を最小限に抑えるためには、前記パイプ部は真っ直ぐでなく、適度に湾曲している方が良い場合がある。このような状況に対応するためのものとして、次のような従来技術がある。例えば、特許文献2は、パイプ部の中間部を2重に湾曲させて、パイプ部の先端側の軸心位置と基端側の軸心位置とをずらせたものである。このようにパイプ部の軸心位置が先端側と基端側とでずれているものは、他にも知られている。また、特許文献3は、パイプ部を180度回転させたものである。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特開2007-301149号公報
特許文献2：米国特許第4,466,429号明細書
特許文献3：米国特許第4,265,231号明細書
特許文献4：特開2001-017446号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 生体骨の人工関節挿入用孔に人工関節を嵌め込んだ状態で、生体骨と人工関節との間に広い隙間があると、術後の接着時間が長くなるため、前記隙間はなるべく狭いのが望ましい。また、生体骨と人工関節の接触面が平滑であ

ることも重要であり、人工関節挿入用孔の加工には高い精度が要求される。しかし、パイプ部がどのような形状であろうとも、工具の動作範囲はパイプ部の形状の制約を受けるため、皮膚切開や筋肉の切断をできるだけ小さくしながら、生体骨と人工関節との間の隙間を狭くかつ両者の接触面が平滑になるように人工関節挿入用孔を加工するのは難しい。

[0009] 一般に、人工関節置換手術が行われる患者の骨は、老化等により強度が弱くなっていることが多く、骨そのものが変形している場合もある。したがって、通常考えられる以上に、人工関節挿入用孔の加工は難しい。

[0010] そこで、本出願人は、人工関節挿入用孔の加工を比較的容易にかつ精度良く行えるようにすることを目的として、先端に設けた工具の姿勢を遠隔操作で変更可能とすることを試みた。工具の姿勢が変更可能であれば、パイプ部の形状に関係なく、工具を適正な姿勢に保持することができるからである。しかし、工具は細長いパイプ部の先端に設けられているため、工具の姿勢を変更させる機構を設ける上で制約が多く、それを克服するための工夫が必要である。さらに、工具の姿勢を遠隔操作する場合でも、常に被加工物の状態に合った最適な加工条件で加工できることが求められる。

[0011] なお、細長いパイプ部を有しない医療用アクチュエータでは、手で握る部分に対して工具が設けられた部分が姿勢変更可能なものがある（例えば特許文献4）が、遠隔操作で工具の姿勢を変更させるものは提案されていない。

[0012] この発明の目的は、細長いパイプ部の先端に設けられた工具の姿勢を遠隔操作で変更することができ、しかも常に最適な加工条件で加工することが可能な遠隔操作型アクチュエータ、さらに異常があった場合に工具を回転停止または回転させないようにできる遠隔操作型アクチュエータを提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] この発明にかかる遠隔操作型アクチュエータは、細長形状のスピンドルガイド部と、このスピンドルガイド部の先端に先端部材連結部を介して姿勢変更自在に取付けられた先端部材と、前記スピンドルガイド部の基端が結合さ

れた駆動部ハウジングとを備え、前記先端部材は、工具を保持するスピンドルを回転自在に支持し、前記スピンドルガイド部は、前記駆動部ハウジング内に設けられた工具回転用駆動源の回転を前記スピンドルに伝達する回転軸と、両端に貫通したガイド孔とを内部に有し、先端が前記先端部材に接して進退動作することにより前記先端部材を姿勢変更させる姿勢操作部材を前記ガイド孔内に進退自在に挿通し、前記姿勢操作部材を進退させる姿勢変更用駆動源を前記駆動部ハウジング内に設け、前記工具が被加工物に与える切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定する切削力推定手段を設けた。

- [0014] この構成によれば、先端部材に設けた工具の回転により、骨等の切削が行われる。その場合に、姿勢変更用駆動源により姿勢操作部材を進退させると、この姿勢操作部材の先端が先端部材に対し作用することにより、スピンドルガイド部の先端に先端部材連結部を介して姿勢変更自在に取付けられた先端部材が姿勢変更する。姿勢変更用駆動源は、スピンドルガイド部の基端側の駆動部ハウジング内に設けられており、上記先端部材の姿勢変更は遠隔操作で行われる。姿勢操作部材はガイド孔に挿通されているため、姿勢操作部材が長手方向と交差する方向に位置ずれすることがなく、常に先端部材に対し適正に作用することができ、先端部材の姿勢変更動作が正確に行われる。
- [0015] 切削力推定手段により、切削力における主分力 F_c 、背分力 F_r 、および送り分力 F_f のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定する。この推定された分力の大きさに応じて、工具の回転数、送り速度等の加工条件を最適に設定することにより、被加工物の状態に合ったきめ細かい加工を実現できる。例えば、骨の切削加工では、被切削面の温度が 50°C 以上になると骨組織が壊れると言われている。そこで、医療用として骨の加工に用いる場合、切削力推定手段により切削力を監視しながら加工条件を変更することで、被切削面の温度が高くなるのを抑えることができる。
- [0016] この発明において、前記工具回転用駆動源の駆動電力および回転数をそれぞれ測定する駆動電力測定手段および回転数測定手段を設け、前記切削力推

定手段は、前記駆動電力測定手段で測定された駆動電力と、前記回転数測定手段で測定された回転数とから、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとするのが良い。

[0017] この場合、切削力推定手段により、切削力における工具の接線方向の力である主分力 F_c [N]の大きさが推定される。駆動電力を P [W]、工具の回転数を N [rpm]、工具に作用するトルクを T [Nm]とした場合、 $P = (2\pi N T) / 60$ の関係式であらわされる。工具の半径を r [m]とすると、 $T = r F_c$ であるため、 $F_c = (60 P) / (2\pi N r)$ となり、これより主分力 F_c の大きさを推定できる。主分力 F_c 、背分力 F_r 、および送り分力 P_f の各大きさの比率が決まっている場合には、主分力 F_c の大きさが求められれば、他の分力 F_r 、 P_f の大きさも推定できる。各分力の大きさの比率が変動する場合は、他の分力 F_r 、 P_f の大きさを推定する切削力推定手段を併用するのが良い。

[0018] この発明において、前記スピンドルガイド部の撓み量を測定する撓み量測定手段を設け、前記切削力推定手段は、前記撓み量測定手段で測定された撓み量から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとしても良い。

[0019] この場合、切削力推定手段により、主に切削力における工具の径方向の力である背分力 F_r の大きさが推定される。工具から被加工物に背分力 F_r が作用するとスピンドルガイド部が撓むため、撓み量測定手段でスピンドルガイド部の撓み量を測定することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができるのである。主分力 F_c 、背分力 F_r 、および送り分力 P_f の各大きさの比率が決まっている場合には、背分力 F_r の大きさが求められれば、他の分力 F_c 、 P_f の大きさも推定できる。各分力の大きさの比率が変動する場合は、他の分力 F_c 、 P_f の大きさを推定する切削力推定手段を併用するのが良い。

[0020] 前記撓み量測定手段は、前記スピンドルガイド部の周面に貼った1つ以上

の歪みセンサとすることができる。

スピンドルガイド部が撓むとスピンドルガイド部の周面に歪みが生じるため、歪みセンサの検出値からスピンドルガイド部の撓み量を測定することができる。撓み量測定手段として歪みセンサを使用した場合、工具から被加工物に背分力 F_r が作用すると、スピンドルガイド部の周面にある歪みセンサの検出信号が、撓み方向に応じて圧縮方向や引張方向に変動するため、背分力 F_r の大きさが推定できる。また、工具から被加工物に送り分力 P_f が作用すると、スピンドルガイド部の周面のどの周方向位置にある歪みセンサも検出信号が圧縮方向に変動するため、送り分力 P_f の大きさも推定できる。

[0021] この発明において、前記姿勢変更用駆動源の駆動力を測定する駆動力測定手段を設け、前記切削力推定手段は、前記駆動力測定手段で測定された駆動力から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとしても良い。

[0022] この場合、切削力推定手段により、主に切削力における工具の径方向の力である背分力 F_r の大きさが推定される。工具から被加工物に背分力 F_r が作用すると、姿勢操作部材を介して姿勢変更用駆動源にも力が伝達され、姿勢変更用駆動源の駆動力が増減するため、駆動力測定手段で駆動力を測定することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができるのである。

[0023] 前記姿勢変更用駆動源の駆動力を前記姿勢操作部材へ伝達するレバー機構を有する場合、このレバー機構の歪みを検出する歪み検出手段を設け、前記切削力推定手段は、前記歪み検出手段の検出値から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとするることができる。

[0024] この場合、切削力推定手段により、主に切削力における工具の径方向の力である背分力 F_r の大きさが推定される。工具から被加工物に背分力 F_r が作用すると、姿勢操作部材を介してレバー機構にも力が伝達され、レバー機構に歪みが生じるため、歪み検出手段で歪みを検出することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができるのである。

- [0025] この発明において、前記スピンドルガイド部内の前記回転軸を回転自在に支持する複数の転がり軸受を設ける場合、隣合う転がり軸受間に、これら転がり軸受に対して予圧を与えるばね要素を設けるのが望ましい。
- [0026] 加工の仕上がりを良くするには、スピンドルを高速回転させて加工するのがよい。スピンドルを高速回転させると、工具に作用する切削抵抗を低減させる効果もある。スピンドルはワイヤ等からなる細い回転軸を介して回転力が伝達されるので、スピンドルの高速回転を実現させるため、回転軸を支持する転がり軸受に予圧をかけておくことが必要となる。この予圧のためのばね要素を隣合う転がり軸受間に設ければ、スピンドルガイド部の径を大きくせずにはばね要素を設けられる。
- [0027] この発明において、前記スピンドル回転時または非回転時の異常を検出する異常検出手段と、この異常検出手段が異常を検出した場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる工具回転制御手段とを設けても良い。
- [0028] この構成によれば、切削加工中、何らかの異常が生じた場合、その異常を異常検出手段が検出して、工具回転制御手段が工具回転用駆動源の回転を停止させる。また、切削加工前に、異常検出手段により何らかの異常が発見された場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源を回転させない。
- [0029] この発明において、前記異常検出手段として、前記先端部材の姿勢が固定状態にあるか否かを検出する固定検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記固定検出手段により前記先端部材の姿勢が固定状態でないと検出された場合に前記工具回転用駆動源を回転させない構成とするのがよい。前記固定検出手段は、例えば、前記姿勢変更用駆動源と前記姿勢操作部材との間に設けたレバー機構の歪みを検出する歪みセンサ、および前記姿勢変更用駆動源の動作位置を検出するエンコーダのいずれか、または両方とすることができる。
- [0030] 先端部材に外力が作用していない状態で、先端部材を初期姿勢に姿勢変更する際に、姿勢操作部材に過剰な力が作用する場合、姿勢操作部材と先端部材との間に異物が挟まっている可能性がある。また、先端部材が初期姿勢に

ある状態で、姿勢操作部材を先端部材に押付けた際、姿勢操作部材が前進する場合は、姿勢操作部材の一部が欠落している可能性がある。このような場合、先端部材の姿勢を正しく固定することができないため、スピンドルを回転させるのは危険である。そこで、固定検出手段により先端部材の姿勢が固定状態にあるか否かを検出し、固定状態でない場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源を回転させないようにする。これにより、危険を回避することができる。

先端部材に外力が作用していない状態で、先端部材を初期姿勢に姿勢変更する際に、姿勢操作部材に過剰な力が作用したことは、歪みセンサの出力から推定できる。また、先端部材が初期姿勢にある状態で、姿勢操作部材を先端部材に押付けた際、所定の位置を超えて姿勢操作部材が前進したことは、エンコーダの出力から推定できる。このように、歪みセンサおよびエンコーダの出力を利用することにより、実際に先端部材の姿勢を測定しなくても、先端部材の姿勢が固定状態にあるか否かを検出することができる。

[0031] この発明において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記先端部材に作用する力の大きさを検出する作用力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記作用力検出手段により検出された作用力が規定作用力よりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる構成とするのがよい。前記作用力検出手段は、例えば、前記姿勢変更用駆動源と前記姿勢操作部材との間に設けたレバー機構の歪みを検出する歪みセンサとすることができる。

[0032] スピンドル回転時に先端部材に過剰な力が作用すると、遠隔操作型アクチュエータの各部に変形等が生じたり破損したりする可能性である。そこで、作用力検出手段により先端部材に作用する力の大きさを検出し、この検出された作用力が規定作用力よりも大きい場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源の回転を停止させる。これにより、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を防げる。実際に先端部材の作用力を検出しなくても、歪みセンサでレバー機構の歪みを検出することにより、先端部材の作用力を容易に

求められる。

[0033] この発明において、前記異常検出手段として、前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の回転数を検出する回転検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記回転検出手段により検出された回転数と規定回転数との差が所定の範囲外にある場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる構成とするのがよい。前記回転検出手段は、例えば、前記工具回転用駆動源の回転数を検出する回転センサとすることができる。

[0034] 工具回転用駆動源の出力軸や、工具回転用駆動源の回転をスピンドルに伝達する回転軸を支持する軸受が故障した場合、スピンドルの回転数が異常に高くなったり低くなったりする。このような状態でスピンドルを回転させるのは危険である。そこで、回転検出手段によりスピンドルの回転数を検出し、検出された回転数と規定回転数との差が所定の範囲外にある場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源の回転を停止させる。これにより、危険を回避することができる。実際にスピンドルの回転数を検出しなくても、回転センサで工具回転用駆動源の回転数を検出することにより、スピンドルの回転数を容易に求められる。

[0035] この発明において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時の前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の振動の大きさを検出する振動検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記振動検出手段により検出された振動の大きさが規定大きさよりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる構成とするのがよい。前記振動検出手段は、例えば、振動センサとすることができる。

[0036] 先端部材の姿勢保持力の低下、工具回転用駆動源や軸受の故障、遠隔操作型アクチュエータ各部の組付け不良等があると、スピンドルが振動する。このような状態でスピンドルを回転させるのは危険である。そこで、振動検出手段によりスピンドルの振動の大きさを検出し、この検出された振動の大きさが規定大きさよりも大きい場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源の回転を停止させる。これにより、危険を回避することができる。

- [0037] この発明において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時の前記スピンドルの温度を検出する温度検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記温度検出手段により検出された温度が規定温度よりも高い場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる構成とするのがよい。
- [0038] 軸受を潤滑する潤滑剤の不足、軸受の故障等により、スピンドルの温度が上昇することがある。そのような場合、そのままスピンドルの回転を続けると、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を招く。そこで、温度検出手段によってスピンドルの温度を検出し、この検出された温度が規定温度よりも高い場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源の回転を停止させる。これにより、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を防げる。
- [0039] この発明において、前記スピンドルガイド部内の前記回転軸を回転自在に支持する軸受と、この軸受を潤滑する潤滑用流体を前記スピンドルガイド部に供給する潤滑用流体供給装置とを有し、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時の前記潤滑用流体供給装置により前記スピンドルガイド部に供給される潤滑用流体の圧力を検出する潤滑用流体圧力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記潤滑用流体圧力検出手段により検出された潤滑用流体の圧力と規定圧力との差が所定の範囲外である場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる構成とするのがよい。
- [0040] スピンドルガイド部内の回転軸を回転自在に支持する軸受を、潤滑用流体供給装置によってスピンドルガイド部に供給される潤滑用流体で潤滑する場合、潤滑用流体が不足すると、潤滑用流体の圧力が低下し、また潤滑用流体の経路に目詰まりが生じると、潤滑用流体の圧力が上昇する。潤滑用流体の不足や経路の目詰まりがあると、軸受の潤滑が良好に行われず、軸受が損傷する可能性がある。そこで、潤滑用流体圧力検出手段によって潤滑用流体の圧力を検出し、この検出された圧力と規定圧力との差が所定の範囲外である場合は、工具回転制御手段により工具回転用駆動源の回転を停止させる。これにより、軸受の損傷を防げる。

図面の簡単な説明

[0041] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明瞭に理解されるであろう。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は請求の範囲によって定まる。添付図面において、複数の図面における同一の符号は、同一または相当する部分を示す。

[図1] この発明の第1実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの概略構成を示す図である。

[図2] (A) は同遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B) はそのII-II線断面図、(C) は先端部材と回転軸との連結構造を示す図である。

[図3] (A) は同遠隔操作型アクチュエータの工具回転用駆動機構および姿勢変更用駆動機構の断面図に制御系を組み合わせ表示した図、(B) はそのI-I線断面図である。

[図4] (A) は切削加工時の工具と被加工物の斜視図、(B) はそのIV矢視図である。

[図5] 同遠隔操作型アクチュエータに冷却手段を設けた場合の概略構成を示す図である。

[図6] (A) は切削力推定手段の異なる例を示す遠隔操作型アクチュエータの部分図、(B) はそのVI-VI線断面図である。

[図7] (A) は切削力推定手段のさらに異なる例を示す遠隔操作型アクチュエータの部分図、(B) はそのVII-VII線断面図である。

[図8] (A) は切削力推定手段のさらに異なる例を示す遠隔操作型アクチュエータの部分図、(B) はそのVIII-VIII線断面図である。

[図9] 切削力推定手段のさらに異なる例を示す工具回転用駆動機構および姿勢変更用駆動機構の断面図である。

[図10] (A) は切削力推定手段のさらに異なる例を示す工具回転用駆動機構および姿勢変更用駆動機構の断面図、(B) はそのX-X線断面図である。

[図11] (A)はこの発明の第2実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B)はそのXI-XI線断面図である。

[図12] (A)はこの発明の第3実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B)はそのXII-XII線断面図である。

[図13]同遠隔操作型アクチュエータの工具回転用駆動機構および姿勢変更用駆動機構の正面図に制御系を組み合わせて表示した図である。

[図14] (A)はこの発明の第4実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B)はそのXIV-XIV線断面図、(C)は先端部材のハウジングを基端側から見た図である。

[図15] (A)はこの発明の第5実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B)はそのXV-XV線断面図である。

[図16]スピンドルガイド部の形状が異なる遠隔操作型アクチュエータの概略構成を示す図である。

[図17]この発明の第6実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの概略構成を示す図である。

[図18] (A)は同遠隔操作型アクチュエータの先端部材およびスピンドルガイド部の断面図、(B)はそのXVIIII-XVIIII線断面図、(C)は先端部材と回転軸との連結構造を示す図、(D)は先端部材のハウジングを基端側から見た図である。

[図19]同遠隔操作型アクチュエータの主に駆動部ハウジング内の構造を示す断面図である。

[図20]図17のXX矢視図である。

[図21]同遠隔操作型アクチュエータの制御系のブロック図である。

[図22] (A), (B), (C)はそれぞれ先端部材およびスピンドルガイド部の異なる状態を示す説明図である。

[図23]初期姿勢制御のフローチャートである。

[図24]異常停止制御のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0042] この発明の第1実施形態を図1～図3(A)、(B)と共に説明する。図1において、この遠隔操作型アクチュエータは、回転式の工具1を保持する先端部材2と、この先端部材2が先端に姿勢変更自在に取付けられた細長形状のスピンドルガイド部3と、このスピンドルガイド部3の基端が結合された駆動部ハウジング4aと、この駆動部ハウジング4a内の工具回転用駆動機構4bおよび姿勢変更用駆動機構4cを制御するコントローラ5と、加工時の切削力を推定する切削力推定手段6とを備える。駆動部ハウジング4aは、内蔵の工具回転用駆動機構4bおよび姿勢変更用駆動機構4cと共に駆動部4を構成する。

[0043] 図2(A)～(C)に示すように、先端部材2は、略円筒状のハウジング11の内部に、一対の軸受12によりスピンドル13が回転自在に支持されている。スピンドル13は、先端側が開口した筒状で、中空部に工具1のシャンク1aが嵌合状態に挿入され、回り止めピン14によりシャンク1aが回転不能に結合される。この先端部材2は、先端部材連結部15を介してスピンドルガイド部3の先端に取付けられる。先端部材連結部15は、先端部材2を姿勢変更自在に支持する手段であり、球面軸受からなる。具体的には、先端部材連結部15は、ハウジング11の基端の内径縮径部からなる被案内部11aと、スピンドルガイド部3の先端に固定された抜け止め部材21の鏝状部からなる案内部21aとで構成される。両者11a、21aの互いに接する各案内面F1、F2は、スピンドル13の中心線CL上に曲率中心Oが位置し、基端側ほど径が小さい球面とされている。これにより、スピンドルガイド部3に対して先端部材2が抜け止めされるとともに、姿勢変更自在に支持される。この例は、曲率中心Oを通るX軸回りに先端部材2が姿勢変更する構成であるため、案内面F1、F2が、曲率中心Oを通るX軸を軸心とする円筒面であってもよい。

- [0044] スピンドルガイド部 3 は、駆動部ハウジング 4 a 内の工具回転用駆動源 4 1 (図 3 (A), (B)) の回転力を前記スピンドル 1 3 へ伝達する回転軸 2 2 を有する。この例では、回転軸 2 2 はワイヤとされ、ある程度の弾性変形が可能である。ワイヤの材質としては、例えば金属、樹脂、グラスファイバー等が用いられる。ワイヤは単線であっても、撚り線であってもよい。図 2 (C) に示すように、スピンドル 1 3 と回転軸 2 2 とは、自在継手等の継手 2 3 を介して回転伝達可能に接続されている。継手 2 3 は、スピンドル 1 3 の閉塞した基端に設けられた溝 1 3 a と、回転軸 2 2 の先端に設けられ前記溝 1 3 a に係合する突起 2 2 a とで構成される。上記溝 1 3 a と突起 2 2 a との連結箇所の中心は、前記案内面 F 1, F 2 の曲率中心 O と同位置である。
- [0045] スピンドルガイド部 3 は、このスピンドルガイド部 3 の外郭となる外郭パイプ 2 5 を有し、この外郭パイプ 2 5 の中心に前記回転軸 2 2 が位置する。回転軸 2 2 は、それぞれ軸方向に離れて配置された複数の転がり軸受 2 6 によって回転自在に支持されている。各転がり軸受 2 6 間には、これら転がり軸受 2 6 に予圧を発生させるためのばね要素 2 7 A, 2 7 B が設けられている。ばね要素 2 7 A, 2 7 B は、例えば圧縮コイルばねである。転がり軸受 2 6 の内輪に予圧を発生させる内輪用ばね要素 2 7 A と、外輪に予圧を発生させる外輪用ばね要素 2 7 B とがあり、これらが交互に配置されている。前記抜け止め部材 2 1 は、固定ピン 2 8 により外郭パイプ 2 5 のパイプエンド部 2 5 a に固定され、その先端内周部で転がり軸受 2 9 を介して回転軸 2 2 の先端部を回転自在に支持している。パイプエンド部 2 5 a は、外郭パイプ 2 5 と別部材とし、溶接等により結合してもよい。
- [0046] 外郭パイプ 2 5 の内径面と回転軸 2 2 の間には、両端に貫通する 1 本のガイドパイプ 3 0 が設けられ、このガイドパイプ 3 0 の内径孔であるガイド孔 3 0 a 内に、ワイヤ 3 1 a とその両端の柱状ピン 3 1 b とでなる姿勢操作部材 3 1 が進退自在に挿通されている。先端部材 2 側の柱状ピン 3 1 b の先端は球面状で、先端部材 2 のハウジング 1 1 の基端面 1 1 b に当接している。

先端部材 2 のハウジング 1 1 の基端面 1 1 b は、外径側ほどスピンドルガイド部 3 側に近い傾斜面とされている。駆動部ハウジング 4 a 側の柱状ピン 3 1 b の先端も球面状で、後記レバー 4 3 b (図 3 (A), (B)) の側面に当接している。柱状ピン 3 1 b を省いて、1本のワイヤ 3 1 a のみで姿勢操作部材 3 1 を構成してもよい。

[0047] 上記姿勢操作部材 3 1 が位置する周方向位置に対し 180 度の位相の位置には、先端部材 2 のハウジング 1 1 の基端面とスピンドルガイド部 3 の外郭パイプ 2 5 の先端面との間に、例えば圧縮コイルばねからなる復元用弾性部材 3 2 が設けられている。この復元用弾性部材 3 2 は、先端部材 2 を所定姿勢側へ付勢する作用をする。

[0048] また、外郭パイプ 2 5 の内径面と回転軸 2 2 の間には、前記ガイドパイプ 3 0 とは別に、このガイドパイプ 3 0 と同一ピッチ円 C 上に、複数本の補強シャフト 3 4 が配置されている。これらの補強シャフト 3 4 は、スピンドルガイド部 3 の剛性を確保するためのものである。ガイドパイプ 3 0 と補強シャフト 3 4 の配列間隔は等間隔とされている。ガイドパイプ 3 0 および補強シャフト 3 4 は、外郭パイプ 2 5 の内径面におよび前記転がり軸受 2 6 の外径面に接している。これにより、転がり軸受 2 6 の外径面を支持している。

[0049] 図 3 (A), (B) は、駆動部ハウジング 4 a 内の工具回転用駆動機構 4 b および姿勢変更用駆動機構 4 c を示す。

工具回転用駆動機構 4 b は、コントローラ 5 により制御される工具回転用駆動源 4 1 を備える。工具回転用駆動源 4 1 は、例えば電動モータであり、その出力軸 4 1 a を前記回転軸 2 2 の基端に結合させてある。

[0050] 工具回転用駆動源 4 1 の駆動電力および回転数は、駆動電力測定手段 6 0 および回転数測定手段 6 1 でそれぞれ測定される。駆動電力測定手段 6 0 は、工具回転用駆動源 4 1 の電源系 (図示せず) に設けられた電力計等からなる。回転数測定手段 6 1 は、ロータリエンコーダやタコジェネレータ等からなる。これら駆動電力測定手段 6 0 および回転数測定手段 6 1 の出力信号は、切削力推定手段 6 に送信される。切削力推定手段 6 は、上記駆動電力測定

手段60および回転数測定手段61の出力信号から、工具1の切削力を推定する。この切削力推定手段6は、マイクロコンピュータ等のコンピュータや電子回路等により構成されて、各入力信号と出力信号となる推定値との関係を演算式またはテーブル等により定めた関係設定手段（図示せず）を有し、入力信号を上記関係設定手段に照らして推定値を推定する。なお、この明細書で以下に述べる各種の切削力推定手段6も、上記と同様に関係設定手段を用いて推定を行うコンピュータや電子回路等により構成される。

[0051] この実施形態の場合、切削力推定手段6により、工具1が被加工物Wに与える切削力Fにおける工具1の接線方向の力である主分力 F_c [N]の大きさが推定される（図4（A）、（B）参照）。駆動電力をP [W]、工具1の回転数をN [rpm]、工具1に作用するトルクをT [Nm]とした場合、 $P = (2\pi NT) / 60$ の関係式であらわされる。工具1の半径をr [m]とすると、 $T = r F_c$ であるため、 $F_c = (60P) / (2\pi Nr)$ となり、これより主分力 F_c の大きさを推定できる。主分力 F_c 、背分力 F_r 、および送り分力 P_f の各大きさの比率が決まっている場合には、主分力 F_c の大きさが求められれば、他の分力 F_r 、 P_f の大きさも推定できる。各分力の大きさの比率が変動する場合は、他の分力 F_r 、 P_f の大きさを推定する切削力推定手段を併用するのが良い。切削力推定手段6は、図1のようにコントローラ5の外部に設けても、あるいは内部に設けてもよい。

[0052] 姿勢変更用駆動機構4cは、コントローラ5により制御される姿勢変更用駆動源42を備える。姿勢変更用駆動源42は、例えば電動リニアアクチュエータであり、図3（A）の左右方向に移動する出力ロッド42aの動きが、力伝達機構であるレバー機構43を介して前記姿勢操作部材31に伝達される。姿勢変更用駆動源42は、回転モータであってもよい。

[0053] レバー機構43は、支軸43a回りに回動自在なレバー43bを有し、このレバー43bにおける支軸43aからの距離が長い作用点P1に出力ロッド42aの力が作用し、支軸43aからの距離が短い力点P2で姿勢操作部材31に力を与える構成であり、姿勢変更用駆動源42の出力が増力して姿

勢操作部材 3 1 に伝達される。レバー機構 4 3 を設けると、小さな出力のリニアアクチュエータでも姿勢操作部材 3 1 に大きな力を与えることができるので、リニアアクチュエータの小型化が可能になる。回転軸 2 2 は、レバー 4 3 b に形成された開口 4 4 を貫通させてある。なお、姿勢変更用駆動源 4 2 等を設ける代わりに、手動により先端部材 2 の姿勢を遠隔操作してもよい。

[0054] 姿勢変更用駆動機構 4 c には、姿勢変更用駆動源 4 2 の動作量を検出する動作量検出器 4 5 が設けられている。この動作量検出器 4 5 の検出値は、姿勢検出手段 4 6 に出力される。姿勢検出手段 4 6 は、動作量検出器 4 5 の出力により、先端部材 2 の X 軸（図 2（A）～（C））回りの傾動姿勢を検出する。姿勢検出手段 4 6 は、上記傾動姿勢と動作量検出器 4 5 の出力信号との関係を演算式またはテーブル等により設定した関係設定手段（図示せず）を有し、入力された出力信号から前記関係設定手段を用いて傾動姿勢を検出する。この姿勢検出手段 4 6 は、コントローラ 5 に設けられたものであっても、あるいは外部の制御装置に設けられたものであってもよい。

[0055] また、姿勢変更用駆動機構 4 c には、電動アクチュエータである姿勢変更用駆動源 4 2 に供給される電力量を検出する供給電力計 4 7 が設けられている。この供給電力計 4 7 の検出値は、荷重検出手段 4 8 に出力される。荷重検出手段 4 8 は、供給電力計 4 7 の出力により、先端部材 2 に作用する荷重を検出する。荷重検出手段 4 8 は、上記荷重と供給電力計 4 7 の出力信号との関係を演算式またはテーブル等により設定した関係設定手段（図示せず）を有し、入力された出力信号から前記関係設定手段を用いて荷重を検出する。この荷重検出手段 4 8 は、コントローラ 5 に設けられたものであっても、あるいは外部の制御装置に設けられたものであってもよい。

[0056] コントローラ 5 は、前記姿勢検出手段 4 6 および荷重検出手段 4 8 の検出値に基づき姿勢変更用駆動源 4 2 を制御するとともに、前記切削力推定手段 6 の出力に基づき工具回転用駆動源 4 1 を制御する。

[0057] この遠隔操作型アクチュエータの動作を説明する。

工具回転用駆動源 4 1 を駆動すると、その回転力が回転軸 2 2 を介してスピンドル 1 3 に伝達されて、スピンドル 1 3 と共に工具 1 が回転する。工具 1 を回転させて骨等を切削加工する際に先端部材 2 に作用する荷重は、供給電力計 4 7 の検出値から、荷重検出手段 4 8 によって検出される。このように検出される荷重の値に応じて遠隔操作型アクチュエータ全体の送り量や後記先端部材 2 の姿勢変更を制御することにより、先端部材 2 に作用する荷重を適正に保った状態で骨の切削加工を行える。

[0058] 使用時には、姿勢変更用駆動源 4 2 を駆動させて、遠隔操作で先端部材 2 の姿勢変更を行う。例えば、姿勢変更用駆動源 4 2 により姿勢操作部材 3 1 を先端側へ進出させると、姿勢操作部材 3 1 によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されて、先端部材 2 は図 2 (A) において先端側が下向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。逆に、姿勢変更用駆動源 4 2 により姿勢操作部材 3 1 を後退させると、復元用弾性部材 3 2 の弾性反発力によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押し戻され、先端部材 2 は図 2 (A) において先端側が上向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。その際、先端部材連結部 1 5 には、姿勢操作部材 3 1 の圧力、復元用弾性部材 3 2 の弾性反発力、および抜け止め部材 2 1 からの反力が作用しており、これらの作用力の釣り合いにより先端部材 2 の姿勢が決定される。先端部材 2 の姿勢は、動作量検出器 4 5 の検出値から、姿勢検出手段 4 6 によって検出される。そのため、遠隔操作で先端部材 2 の姿勢を適正に制御できる。

[0059] 先端部材 2 のハウジング 1 1 の基端面 1 1 b が外径側ほどスピンドルガイド部 3 側に近い傾斜面とされているため、姿勢操作部材 3 1 がハウジング 1 1 の基端面 1 1 b を押したときに、姿勢操作部材 3 1 に対してハウジング 1 1 の基端面 1 1 b が滑りやすく、ハウジング 1 1 の円滑な姿勢変更ができる。ハウジング 1 1 の基端面 1 1 b は、傾斜面でなく、姿勢操作部材 3 1 の進退方向と垂直な面であってもよい。

[0060] 姿勢操作部材 3 1 はガイド孔 3 0 a に挿通されているため、姿勢操作部材

31が長手方向と交差する方向に位置ずれすることがなく、常に先端部材2に対し適正に作用することができ、先端部材2の姿勢変更動作が正確に行われる。また、姿勢操作部材31は主にワイヤ31aからなり可撓性であるため、スピンドルガイド部3が湾曲した状態でも先端部材2の姿勢変更動作が確実にされる。さらに、スピンドル13と回転軸22との連結箇所が案内面F1、F2の曲率中心Oと同位置であるため、先端部材2の姿勢変更によって回転軸22に対して押し引きする力がかからず、先端部材2が円滑に姿勢変更できる。

[0061] また、切削加工時、切削力推定手段6により、切削力Fにおける主分力Fcの大きさを推定する。この推定された主分力Fcの大きさに応じて、工具1の回転数、送り速度等の加工条件を最適に設定することにより、被加工物W(図4(A)、(B))の状態に合ったきめ細かい加工を実現できる。例えば、骨の切削加工では、被切削面の温度が50℃以上になると骨組織が壊れると言われている。そこで、医療用として骨の加工に用いる場合、切削力推定手段6により切削力を監視しながら加工条件を変更することで、被切削面の温度が高くなるのを抑えることができる。

[0062] この遠隔操作型アクチュエータは、例えば人工関節置換手術において骨の髓腔部を削るのに使用されるものであり、施術時には、先端部材2の全部または一部が患者の体内に挿入して使用される。このため、上記のように先端部材2の姿勢を遠隔操作で変更できれば、常に工具1を適正な姿勢に保持した状態で骨の加工をすることができ、人工関節挿入用孔を精度良く仕上げることができる。

[0063] 細長形状であるスピンドルガイド部3には、回転軸22および姿勢操作部材31を保護状態で設ける必要があるが、図2(B)に示すように、外郭パイプ25の中心部に回転軸22を設け、外郭パイプ25と回転軸22との間に、姿勢操作部材31を収容したガイドパイプ30と補強シャフト34とを円周方向に並べて配置した構成としたことにより、回転軸22および姿勢操作部材31を保護し、かつ内部を中空して軽量化を図りつつ剛性を確保でき

る。また、全体のバランスも良い。

[0064] 回転軸 22 を支持する転がり軸受 26 の外径面を、ガイドパイプ 30 と補強シャフト 34 とで支持させたため、余分な部材を用いずに転がり軸受 26 の外径面を支持できる。また、ばね要素 27A, 27B により転がり軸受 26 に予圧がかけられているため、ワイヤからなる回転軸 22 を高速回転させることができる。そのため、スピンドル 13 を高速回転させて加工することができ、加工の仕上がりが良く、工具 1 に作用する切削抵抗を低減させられる。ばね要素 27A, 27B は隣合う転がり軸受 26 間に設けられているので、スピンドルガイド部 3 の径を大きくせずにはばね要素 27A, 27B を設けることができる。

[0065] この遠隔操作型アクチュエータは、スピンドルガイド部 3 が中空状であることを利用して、工具 1 等を冷却する冷却手段 50 を図 5 のように設けることができる。すなわち、冷却手段 50 は、遠隔操作型アクチュエータの外部に設けた冷却液供給装置 51 と、この冷却液供給装置 51 からスピンドルガイド部 3 の基端に続き、スピンドルガイド部 3 および先端部材 2 の内部を通過して工具 1 に冷却液を導く冷却液供給管 52 とでなる。冷却液供給管 52 におけるスピンドルガイド部 3 を通る部分 52a は外郭パイプ 25 自体が冷却液供給管 52 であり、外郭パイプ 25 の内部を冷却液が通過するようにしてある。工具 1 まで導かれた冷却液は、工具 1 の外周へ吐出される。スピンドルガイド部 3 と駆動部ハウジング 4a との間には、駆動部ハウジング 4a 内への冷却液の浸入を防止するシール手段（図示せず）を設けるのが良い。

[0066] このような冷却手段 50 を設ければ、冷却液により、工具 1、被加工物 W、スピンドル 13、回転軸 22、転がり軸受 26, 29 等の発熱箇所を冷却することができる。外郭パイプ 25 内に冷却液を通過させるため、冷却液供給用の管を別に設ける必要がなく、スピンドルガイド部 3 を簡素化および小径化できる。また、前記冷却液を転がり軸受 26, 29 の潤滑に兼用させてもよい。そうすれば、軸受に一般的に使用されているグリス等を使用しなくてもよく、しかも別に潤滑装置を設けなくて済む。なお、工具 1 まで導かれ

た冷却液を工具 1 の外周へ吐出させずに、冷却液供給装置 5 1 へ戻す循環型の構成としてもよい。ただし、外郭パイプ 2 5 内に通過させる冷却液の流量が少ない場合は、さらにスピンドルガイド部 3 の外部から冷却液を供給し、工具 1 や被加工物 W を冷却してもよい。

[0067] 上記冷却液は、水または生理食塩水であるのが望ましい。冷却液が水もしくは生理食塩水であれば、先端部材 2 を生体内に挿入して加工を行う場合に冷却液が生体に悪影響を与えないからである。冷却液を水もしくは生理食塩水とする場合、冷却液と接する部品の材質は、耐腐食性に優れたステンレスであるのが望ましい。この遠隔操作型アクチュエータを構成する他の各部品も、ステンレス製であってもよい。

[0068] 図 6 (A), (B) は切削力推定手段 6 の異なる例を示す。この例は、図 6 (B) に示すように、スピンドルガイド部 3 の撓み量を測定する撓み量測定手段 6 3 が設けられており、切削力推定手段 6 は、前記撓み量測定手段 6 3 で測定された撓み量から、切削力における主に背分力 F_r (図 4 (A), (B)) の大きさを推定する。工具 1 から被加工物に背分力 F_r が作用すると、スピンドルガイド部 3 が撓むため、撓み量測定手段 6 3 でスピンドルガイド部 3 の撓み量を測定することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができるのである。

[0069] 図 6 (A), (B) の場合、撓み量測定手段 6 3 は歪みセンサであり、スピンドルガイド部 3 の外郭パイプ 2 5 の根元部外周面に周方向等配で 4 箇所貼られている。外郭パイプ 2 5 の歪みは根元部で最も大きくなるため、歪みセンサを外郭パイプ 2 5 の根元部に貼り付けるのが良い。撓み量測定手段 6 3 として歪みセンサを使用した場合、工具 1 から被加工物 W に背分力 F_r が作用すると、スピンドルガイド部 3 の周面にある歪みセンサの検出信号が、撓み方向に応じて圧縮方向や引張方向に変動するため、背分力 F_r の大きさが推定できる。また、工具 1 から被加工物 W に送り分力 P_f (図 4 (A), (B)) が作用すると、外郭パイプ 2 5 の周面のどの周方向位置にある歪みセンサも検出信号が圧縮方向に変動するため、送り分力 P_f の大きさも推

定できる。

[0070] 主分力 F_c 、背分力 F_r 、および送り分力 P_f の各大きさの比率が決まっている場合には、背分力 F_r の大きさが求められれば、他の分力 F_c 、 P_f の大きさも推定できる。各分力の大きさの比率が変動する場合は、他の分力 F_c 、 P_f の大きさを推定する切削力推定手段6を併用するのが良い。

[0071] 図7(A)、(B)に示すように、撓み量測定手段63が、スピンドルガイド部3の任意箇所の変位を測定する変位センサであってもよい。その場合も、上記同様、切削力推定手段6により背分力 F_r の大きさを推定することができる。図7(A)、(B)の例は、図7(A)のようにスピンドルガイド部3の根元部の外周に円筒状のセンサハウジング64を設け、図7(B)のようにこのセンサハウジング64の内周に周方向等配で4箇所、光学式の変位センサからなる撓み量測定手段63を設けている。撓み量測定手段63により、スピンドルガイド部3の外郭パイプ25の変位を測定する。

[0072] また、図8(A)、(B)に示すように、撓み量測定手段63が、被検出部としてのエンコーダ63aとホールセンサ63bとでなる磁気式の変位センサであってもよい。図8の例は、スピンドルガイド部3の外郭パイプ25の根元部に円環状のエンコーダ63aを嵌合させ、前記同様のセンサハウジング64の内周に周方向等配で4箇所にホールセンサ63bを設けている。ホールセンサ63bの個数は限定しない。撓み量測定手段63により、スピンドルガイド部3の外郭パイプ25の変位を測定する。

撓み量測定手段63は、渦電流式の変位センサとしてもよい。

[0073] 図9は切削力推定手段6のさらに異なる例を示す。この例は、姿勢変更用駆動源42の駆動力を測定する駆動力測定手段65が設けられており、切削力推定手段6は、前記駆動力測定手段65で測定された駆動力から、切削力における主に背分力 F_r の大きさを推定する。駆動力測定手段65として、姿勢変更用駆動源42に供給される電力量を検出する供給電力計47(図3(A)、(B))を利用してよい。

[0074] 工具1から被加工物に背分力 F_r が作用すると、姿勢操作部材31を介し

て姿勢変更用駆動源 4 2 に力が伝達され、姿勢変更用駆動源 4 2 の駆動力が増減するため、駆動力測定手段 4 2 で駆動力を測定することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができる。

[0075] 図 10 (A), (B) は切削力推定手段 6 のさらに異なる例を示す。この例は、姿勢変更用駆動源 4 2 の駆動力を姿勢操作部材 3 1 へ伝達するレバー機構 4 3 の歪みを検出する歪み検出手段 6 6 が設けられており、切削力推定手段 6 は、前記歪み検出手段 6 6 の検出値から、切削力における主に背分力 F_r の大きさを推定する。図例の歪み検出手段 6 6 は、レバー機構 4 3 のレバー 4 3 b の中間部に肉厚の薄い起歪部 4 3 b a (図 10 (A)) を設け、この起歪部 4 3 b a の両側に起歪部 4 3 b a に発生する歪みを検出する歪みセンサ 6 6 U, 6 6 L, 6 6 R を貼り付けてある (図 13)。

[0076] 工具から被加工物に背分力 F_r が作用すると、その力が姿勢操作部材 3 1 を介してレバー機構 4 3 に伝わり、レバー機構 4 3 のレバー 4 3 b に歪みが生じるため、歪み検出手段 6 6 で歪みを検出することにより、背分力 F_r の大きさを推定することができる。

[0077] 図 11 (A), (B) は第 2 実施形態を示す。この遠隔操作型アクチュエータは、外郭パイプ 2 5 内の互いに 180 度の位相にある周方向位置に 2 本のガイドパイプ 3 0 を設け、そのガイドパイプ 3 0 の内径孔であるガイド孔 3 0 a 内に前記同様の姿勢操作部材 3 1 が進退自在に挿通してある。2 本のガイドパイプ 3 0 間には、ガイドパイプ 3 0 と同一ピッチ円 C 上に複数本の補強シャフト 3 4 が配置されている。復元用弾性部材 3 2 は設けられていない。案内面 F_1 , F_2 は、曲率中心が点 O である球面、または点 O を通る X 軸を軸心とする円筒面である。

[0078] 駆動部 4 (図示せず) には、2 つの姿勢操作部材 3 1 をそれぞれ個別に進退操作させる 2 つの姿勢変更用駆動源 4 2 (図示せず) が設けられており、これら 2 つの姿勢変更用駆動源 4 2 を互いに逆向きに駆動することで先端部材 2 の姿勢変更を行う。

例えば、図 11 (A), (B) における上側の姿勢操作部材 3 1 を先端側

へ進出させ、かつ下側の姿勢操作部材 3 1 を後退させると、上側の姿勢操作部材 3 1 によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されることにより、先端部材 2 は図 1 1 (A) において先端側が下向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。逆に、両姿勢操作部材 3 1 を逆に進退させると、下側の姿勢操作部材 3 1 によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されることにより、先端部材 2 は図 1 1 (A) において先端側が上向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。その際、先端部材連結部 1 5 には、上下 2 つの姿勢操作部材 3 1 の圧力、および抜け止め部材 2 1 からの反力が作用しており、これらの作用力の釣り合いにより先端部材 2 の姿勢が決定される。

この構成では、2 つの姿勢操作部材 3 1 で先端部材 2 のハウジング 1 1 に加圧されるため、1 つ姿勢操作部材 3 1 だけで加圧される前記第 1 実施形態に比べ、先端部材 2 の姿勢安定性を高めることができる。

[0079] 図 1 2 (A), (B) は第 3 実施形態を示す。この遠隔操作型アクチュエータは、外郭パイプ 2 5 内の互いに 1 2 0 度の位相にある周方向位置に 3 本のガイドパイプ 3 0 を設け、そのガイドパイプ 3 0 の内径孔であるガイド孔 3 0 a 内に前記同様の姿勢操作部材 3 1 が進退自在に挿通してある。3 本のガイドパイプ 3 0 間には、ガイドパイプ 3 0 と同一ピッチ円 C 上に複数本の補強シャフト 3 4 が配置されている。復元用弾性部材 3 2 は設けられていない。案内面 F 1, F 2 は曲率中心が点 O である球面であり、先端部材 2 は任意方向に傾動可能である。

[0080] 駆動部 4 には、3 つの姿勢操作部材 3 1 (3 1 U, 3 1 L, 3 1 R) をそれぞれ個別に進退操作させる 3 つの姿勢変更用駆動源 4 2 (4 2 U, 4 2 L, 4 2 R) (図 1 3) が設けられており、これら 3 つの姿勢変更用駆動源 4 2 を互いに連係させて駆動することで先端部材 2 の姿勢変更を行う。

例えば、図 1 2 (B) における上側の 1 つの姿勢操作部材 3 1 U を先端側へ進出させ、かつ他の 2 つの姿勢操作部材 3 1 L, 3 1 R を後退させると、上側の姿勢操作部材 3 1 U によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押される

ことにより、先端部材 2 は図 1 2 (A) において先端側が下向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。このとき、各姿勢操作部材 3 1 の進退量が適正になるよう、各姿勢変更用駆動源 4 2 が制御される。各姿勢操作部材 3 1 を逆に進退させると、左右の姿勢操作部材 3 1 L, 3 1 R によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されることにより、先端部材 2 は図 1 2 (A) において先端側が上向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。

また、上側の姿勢操作部材 3 1 U は静止させた状態で、左側の姿勢操作部材 3 1 L を先端側へ進出させ、かつ右側の姿勢操作部材 3 1 R を後退させると、左側の姿勢操作部材 3 1 L によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されることにより、先端部材 2 は右向き、すなわち図 1 2 (A) において紙面の裏側向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。左右の姿勢操作部材 3 1 L, 3 1 R を逆に進退させると、右の姿勢操作部材 3 1 R によって先端部材 2 のハウジング 1 1 が押されることにより、先端部材 2 は左向きとなる側へ案内面 F 1, F 2 に沿って姿勢変更する。

このように姿勢操作部材 3 1 を円周方向の 3 箇所 に設けることにより、先端部材 2 を上下左右の 2 軸 (X 軸、Y 軸) の方向に姿勢変更することができる。その際、先端部材連結部 1 5 には、3 つの姿勢操作部材 3 1 の圧力、および抜け止め部材 2 1 からの反力が作用しており、これらの作用力の釣り合いにより先端部材 2 の姿勢が決定される。この構成では、3 つの姿勢操作部材 3 1 で先端部材 2 のハウジング 1 1 に加圧されるため、さらに先端部材 2 の姿勢安定性を高めることができる。姿勢操作部材 3 1 の数をさらに増やせば、先端部材 2 の姿勢安定性をより一層高めることができる。

[0081] 姿勢操作部材 3 1 が周方向の 3 箇所 に設けられている場合、姿勢変更駆動機構 4 c を例えば図 1 3 のように構成することができる。すなわち、各姿勢操作部材 3 1 (3 1 U, 3 1 L, 3 1 R) をそれぞれ個別に進退操作させる 3 つの姿勢変更用駆動源 4 2 (4 2 U, 4 2 L, 4 2 R) を左右並列に配置すると共に、各姿勢変更用駆動源 4 2 に対応するレバー 4 3 b (4 3 b U,

4 3 b L, 4 3 b R) を共通の支軸 4 3 a 回りに回動自在に設け、各レバー 4 3 b における支軸 4 3 a からの距離が長い作用点 P 1 (P 1 U, P 1 L, P 1 R) に各姿勢変更用駆動源 4 2 の出力ロッド 4 2 a (4 2 a U, 4 2 a L, 4 2 a R) の力が作用し、支軸 4 3 a からの距離が短い力点 P 2 (P 2 U, P 2 L, P 2 R) で姿勢操作部材 3 1 に力を与える構成としてある。これにより、各姿勢変更用駆動源 4 2 の出力が増力して対応する姿勢操作部材 3 1 に伝達させることができる。なお、回転軸 2 2 は、上側の姿勢操作部材 3 1 U 用のレバー 4 3 b U に形成された開口 4 4 を貫通させてある。

[0082] また、レバー機構 4 3 の歪みを検出する歪み検出手段 6 6 を設ける場合、各レバー 4 3 (4 3 b U, 4 3 b L, 4 3 b R) に、それぞれのレバー 4 3 b に発生する歪みを検出する歪み検出手段 6 6 としての歪みセンサ 6 6 U, 6 6 L, 6 6 R を貼り付ける。切削力推定手段 6 は、各歪みセンサの検出値から、切削力における主に背分力 F_r の大きさを推定する。

[0083] 図 1 4 (A) ~ (C) は第 4 実施形態を示す。この実施形態は、先端部材 2 のハウジング 1 1 の基端面に径方向の溝部 1 1 c (同図 (C)) を形成し、この溝部 1 1 c の底面に、姿勢操作部材 3 1 の球面状をした先端を当接させている。溝部 1 1 c および姿勢操作部材 3 1 で回転防止機構 3 7 を構成し、溝部 1 1 c に挿入された姿勢操作部材 3 1 の先端部が溝部 1 1 c の側面に当たることで、先端部材 2 がスピンドルガイド部 3 に対して先端部材 2 の中心線 C L 回りに回転するのを防止している。

[0084] このような回転防止機構 3 7 を設けることにより、姿勢操作部材 3 1 の進退を制御する姿勢操作用駆動機構 4 c やその制御装置の故障等により工具 1 を保持する先端部材 2 が制御不能となった場合でも、先端部材 2 が中心線 C L 回りに回転して加工箇所を傷付けたり、先端部材 2 自体が破損したりすることを防止できる。

[0085] この実施形態は、姿勢操作部材 3 1 を周方向の 1 箇所にした例であるが、姿勢操作部材 3 1 を互いに 1 8 0 度の位相にある 2 箇所の周方向位置に設けた構成や、姿勢操作部材 3 1 を互いに 1 2 0 度の位相にある 3 箇所の周方

向位置に設けた構成にも適用できる。

- [0086] 図15(A), (B)は第5実施形態を示す。この遠隔操作型アクチュエータのスピンドルガイド部3は、外郭パイプ25の中空孔24が、中心部の円形孔部24aと、この円形孔部24aの外周における互いに120度の位相をなす周方向位置から外径側へ凹んだ3つの溝状部24bとでなる。溝状部24bの先端の周壁は、断面半円形である。そして、円形孔部24aに回転軸22と転がり軸受26とが收容され、各溝状部24bに姿勢操作部材31が收容されている。
- [0087] 外郭パイプ25を上記断面形状としたことにより、外郭パイプ25の溝状部24b以外の箇所の肉厚tが厚くなり、外郭パイプ25の断面2次モーメントが大きくなる。すなわち、スピンドルガイド部3の剛性が高まる。それにより、先端部材2の位置決め精度が向上させられるとともに、切削性を向上させられる。また、溝状部24bにガイドパイプ30をそれぞれ配置したことにより、ガイドパイプ30の円周方向の位置決めを容易に行え、組立性が良好である。
- [0088] この実施形態は、姿勢操作部材31を互いに120度の位相にある3箇所の周方向位置に設けた例であるが、姿勢操作部材31を互いに180度の位相にある2箇所の周方向位置に設けた構成や、周方向の1箇所に設けた姿勢操作部材31とこれに対応する復元用弾性部材32とを組み合わせた構成にも適用できる。例えば、姿勢操作部材31を周方向の1箇所に設けた構成において、図15(A), (B)の外郭パイプ25と同様に中空孔24の溝状部24bを周方向の3箇所に設け、1つの溝状部24bには姿勢操作部材31を收容し、他の溝状部24bには補強シャフト34(図2(A)~(C)等を参照)を收容してもよい。
- [0089] 上記各実施形態はスピンドルガイド部3が直線形状であるが、この発明の遠隔操作型アクチュエータは、姿勢操作部材31が可撓性であり、スピンドルガイド部3が湾曲した状態でも先端部材2の姿勢変更動作が確実に行われるので、図16のようにスピンドルガイド部3を初期状態で湾曲形状として

もよい。あるいは、スピンドルガイド部3の一部分のみを湾曲形状としてもよい。スピンドルガイド部3が湾曲形状であれば、直線形状では届きにくい骨の奥まで先端部材2を挿入することが可能となる場合があり、人工関節置換手術における人工関節挿入用孔の加工を精度良く上げることが可能になる。

[0090] スピンドルガイド部3を湾曲形状とする場合、外郭パイプ25、ガイドパイプ30、および補強シャフト34を湾曲形状とする必要がある。また、回転軸22は変形しやすい材質を用いるのが良く、例えば形状記憶合金が適する。姿勢操作部材31は、ワイヤ31aからなるものの他に、複数のボールからなるものとしてもよく、あるいはガイドパイプ30の湾曲形状に合わせて湾曲させた複数の柱状体からなるものとしてもよい。後者の場合、湾曲させた柱状体は、長さが短めであり、面取り等により角部が落とされた形状であるのが好ましい。

[0091] この発明の第6実施形態を図17～図24と共に説明する。以下に示す図面において、前記実施形態と同一または相当する部分には同一の符号を付して詳しい説明は省略する。図17はこの発明の第6実施形態にかかる遠隔操作型アクチュエータの概略構成を示す。この実施形態では、第1実施形態の遠隔操作型アクチュエータで要件とした切削力推定手段6に加えて、後で詳しく説明する異常検出手段16, 55, 56, 57, 66および82を備えている。この実施形態の切削力推定手段6は、第1実施形態の図10(A), (B)に示したようなレバー機構43のレバー43bに生じる歪みを歪み検出手段(歪みセンサ)66で検出することにより、切削力における背分力 F_r の大きさを推定するものである(図19)。図17において、この遠隔操作型アクチュエータは、アクチュエータ本体8と、このアクチュエータ本体8と電気ケーブル9で結ばれたコントローラである制御ボックス7と、アクチュエータ本体8に潤滑用流体を供給する潤滑用流体供給装置51Aとでなる。アクチュエータ本体8は既述の第1実施形態で説明したものと基本的に同様の構成である。

- [0092] 図18(A)～(D)は第3実施形態を示す図12(A), (B)に対応するものであって、同一または相当する部分には同一の符号を付して詳しい説明は省略するが、この図18(A)～(D)では、先端部材2のハウジング11には、このハウジング11の温度を検出する異常検出手段である温度検出手段としての温度センサ16が設けられている。また、この第3実施形態の姿勢操作部材31を構成するワイヤ31aと柱状ピン31bのうち、前記ワイヤ31aに代えて、ボール31cを用いている。
- [0093] この第6実施形態においても、前記第4実施形態(図14(A)～(C))の場合と同様の構成からなる回転防止機構37を採用し、これにより、必要時における先端部材2の回転防止を図っている。
- [0094] 図19に示すように、工具回転用駆動機構4bは、工具回転用駆動源41を備える。工具回転用駆動源41は、例えば電動モータであり、その出力軸41aが前記回転軸22の基端に結合させてある。回転軸22は、後記レバー43bに形成された開口44を貫通している。工具回転用駆動源41の回転数は、回転センサ55により検出される。この回転センサ55は、スピンドル13の回転数を検出する回転検出手段である。また、工具回転用駆動源41には、この工具回転用駆動源41の振動の大きさを検出する振動センサ56が取付けられている。この振動センサ56は、スピンドル13の振動の大きさを検出する振動検出手段である。
- [0095] 姿勢変更用駆動機構4cは、各姿勢操作部材31(31U, 31L, 31R)にそれぞれ対応する3個の姿勢変更用駆動源42(42U, 42L, 42R)を備える。姿勢変更用駆動源42は、例えば電動リニアアクチュエータであり、図19の左右方向に移動する出力ロッド42aの動きが、姿勢変更用駆動源41と姿勢操作部材31との間に設けたレバー機構43を介して前記姿勢操作部材31に伝達される。出力ロッド42aの進退位置、すなわち姿勢変更用駆動源42の動作位置が、エンコーダ57(57U, 57L, 57R)により検出される。これらエンコーダ57は、先端部材2の姿勢が固定状態にあるか否かを検出する固定検出手段である。

[0096] 前記レバー機構 4 3 は、支軸 4 3 a 回りに回動自在なレバー 4 3 b を有し、このレバー 4 3 b における支軸 4 3 a からの距離が長い作用点 P 1 に出力ロッド 4 2 a の力が作用し、支軸 4 3 a からの距離が短い力点 P 2 で姿勢操作部材 3 1 に力を与える構成であり、姿勢変更用駆動源 4 2 の出力が増力して姿勢操作部材 3 1 に伝達される。第 1 実施形態の図 1 3 と同様に、レバー 4 3 b の中間部には肉厚の薄い起歪部 4 3 b a が設けられ、この起歪部 4 3 b a の両側に起歪部 4 3 b a に発生する歪みを検出する歪みセンサ 6 6 (6 6 U, 6 6 L, 6 6 R) が取付けられている。これら歪みセンサ 6 6 は、切削力推定手段 6 に用いられる他、先端部材 2 の姿勢が固定状態にあるか否かを検出する固定検出手段であり、かつ先端部材 2 に作用する力の大きさを検出する作用力検出手段として用いられる。

[0097] 図 1 7 および図 2 0 に示すように、駆動部ハウジング 4 a の左右両側面には、左右一对の把手 8 0 L, 8 0 R が取付けられている。そして、左側の把手 8 0 L の先端には、スピンドル 1 3 を回転および回転停止させる回転オン・オフ操作具 8 4 が設けられている。回転オン・オフ操作具 8 4 は、例えば押しボタン式スイッチである。また、右側の把手 8 0 R の先端には、先端部材 2 の姿勢を変更させる姿勢変更操作具 8 3 が設けられている。姿勢変更操作具 8 3 は、例えば、十字に配された 4 つの操作部 8 3 a, 8 3 b, 8 3 c, 8 3 d を有する十字スイッチであり、各操作部 8 3 a, 8 3 b, 8 3 c, 8 3 d がそれぞれ、先端部材 2 を下向きに傾動させる下傾動操作部 8 3 a、上向きに傾動させる上傾動操作部 8 3 b、左向きに傾動させる左傾動操作部 8 3 c、および右向きに傾動させる右傾動操作部 8 3 d になっている。図 2 0 に二点鎖線で示すように、両手で把手 8 0 L, 8 0 R をつかんでアクチュエータ本体 5 を保持する。この状態において、左手で回転オン・オフ操作具 8 4 を操作し、右手で姿勢変更操作具 8 3 を操作することができる。

[0098] 制御ボックス 7 には、各種制御を行うコンピュータ 7 0 (図 2 1) が内蔵されている。各種制御については後で説明する。制御ボックス 7 の外正面には、図 1 7 に示すように、液晶表示式等の表示機 8 5、表示ランプ 8 6、お

よび初期姿勢操作具 87 が設けられている。初期姿勢操作具 87 は、例えば押しボタン式スイッチである。

[0099] 潤滑用流体供給装置 51A は、第 1 実施形態の図 5 の冷却液供給装置 51 と同様に、潤滑用流体の供給管である配管 52A を介して、スピンドルガイド部 3 の基端付近に接続されている。潤滑用流体供給装置 51A から供給される潤滑用流体は、スピンドルガイド部 3 および先端部材 2 の内部を通り、先端部材 2 の先端から工具 1 に向けて吐出される。この間、スピンドルガイド部 3 の転がり軸受 26 および先端部材 2 の転がり軸受 29 を潤滑する。また、工具 1 に向けて吐出された潤滑用流体により、工具 1 および被切削箇所を冷却する。配管 52A の途中には、この配管 52A 内を通る潤滑用流体の圧力を検出する異常検出手段である圧力センサ 82 が設けられている。この圧力センサ 82 は、スピンドルガイド部 3 内に供給される潤滑用流体の圧力を検出する潤滑用流体圧力検出手段である。

[0100] 図 21 に示すように、制御ボックス 7 のコンピュータ 70 は、工具回転用駆動源 41 を制御する工具回転制御手段 71、および姿勢変更用駆動源 42 (42U, 42L, 42R) を制御する姿勢変更制御手段 72 を備える。

[0101] 姿勢変更制御手段 72 は、姿勢変更制御部 72a と初期姿勢制御部 72b とでなる。

姿勢変更制御部 72a は、姿勢変更操作具 83 の入力操作による動作指令信号に応じてモータドライバ 74 に出力し、姿勢変更用駆動源 42 (42U, 42L, 42R) を駆動する。例えば、姿勢変更用駆動源 42 の駆動量は、姿勢変更操作具 83 の操作時間に比例する。操作部 83a, 83b, 83c, 83d のうちどれが操作されたかで、姿勢変更用駆動源 42U, 42L, 42R 毎に出力方向と出力の大きさとを変えることにより、先端部材 2 の姿勢を変更する。

[0102] 例えば、操作部 83a を入力操作した場合、各姿勢変更用駆動源 42U, 42L, 42R に出力して、図 18 (A) ~ (D) における上側の 1 つの姿勢操作部材 31U を先端側へ進出させ、かつ他の 2 つの姿勢操作部材 31L

、 3 1 Rを後退させる。すると、上側の姿勢操作部材 3 1 Uによって先端部材 2のハウジング 1 1が押されることにより、先端部材 2は図 1 8 (A)において先端側が下向きとなる側へ案内面 F 1, F 2に沿って姿勢変更する。操作部 8 3 bを入力操作した場合、各姿勢操作部材 3 1が上記と逆に進退し、左右の姿勢操作部材 3 1 L, 3 1 Rによって先端部材 2のハウジング 1 1が押されることにより、先端部材 2は図 1 8 (A)において先端側が上向きとなる側へ案内面 F 1, F 2に沿って姿勢変更する。

[0103] また、操作部 8 3 cを入力操作した場合、左右の各姿勢変更用駆動源 4 2 L, 4 2 Rに出力して、右側の姿勢操作部材 3 1 Rを先端側へ進出させ、かつ左側の姿勢操作部材 3 1 Lを後退させる。すると、右側の姿勢操作部材 3 1 Rによって先端部材 2のハウジング 1 1が押されることにより、先端部材 2は左向き、すなわち図 1 8 (A)において紙面の表側向きとなる側へ案内面 F 1, F 2に沿って姿勢変更する。操作部 8 3 dを入力操作した場合、姿勢操作部材 3 1 L, 3 1 Rが上記と逆に進退し、左の姿勢操作部材 3 1 Lによって先端部材 2のハウジング 1 1が押されることにより、先端部材 2は右向きとなる側へ案内面 F 1, F 2に沿って姿勢変更する。

[0104] 姿勢操作部材 3 1が円周方向の 3箇所には設けられているため、上記のように、先端部材 2を上下左右の 2軸方向に姿勢変更することができる。先端部材連結部 1 5には、3つの姿勢操作部材 3 1の圧力、および抜け止め部材 2 1からの反力が作用しており、これらの作用力の釣り合いにより先端部材 2の姿勢が決定される。3つの姿勢操作部材 3 1で先端部材 2のハウジング 1 1に加圧されるため、先端部材 2の姿勢安定性が高い。

[0105] 初期姿勢制御部 7 2 bは、前記初期姿勢操作具 8 7から出される動作指令信号により、先端部材 2を所定の初期姿勢にさせる制御を行う。例えば、遠隔操作型アクチュエータに電源を投入した直後や、工具 1交換後の初動操作時には、図 2 2 (A)に示すように、先端部材 2のハウジング 1 1の基端面と、姿勢操作部材 3 1の柱状ピン 3 1 bとの間に隙間 Sが生じている可能性があるため、一度先端部材 2を初期姿勢に戻して、前記隙間 Sを無くす必要

があるのである。初期姿勢は、例えば図 2 2 (B) に示すように、先端部材 2 の中心線 C L 1 とスピンドルガイド部 3 の中心線 C L 2 とが一致する姿勢である。この初期姿勢における各姿勢変更用駆動源 4 2 の動作位置は、記憶手段 7 6 に記憶させてある。なお、図 2 2 (A) , (B) , (C) は、図 1 8 (B) の X X I I I - C L 2 - X X I I I 断面に相当する断面を簡略化して表してある。

[0106] 初期姿勢制御は、具体的には図 2 3 のフローチャートに示す順序で行う。初期姿勢操作具 8 7 が操作されて初期姿勢位置への動作指令を受けると (S 1) 、各姿勢変更用駆動源 4 2 を後退させる (S 2) 。各姿勢変更用駆動源 4 2 の動作位置は、前記エンコーダ 5 7 で検出する。全姿勢変更用駆動源 4 2 が進退範囲の最後端まで後退すると (S 3) 、今度は各姿勢変更用駆動源 4 2 を前進させる (S 4) 。各姿勢変更用駆動源 4 2 の初期位置への移動が完了したなら (S 5) 、各姿勢変更用駆動源 4 2 の前進を停止させて、初期姿勢位置移動を完了する (S 6) 。各姿勢変更用駆動源 4 2 が初期姿勢位置へ移動したことは、エンコーダ 5 7 の出力が示す実際の各姿勢変更用駆動源 4 2 の動作位置が、記憶手段 7 6 に記憶されている初期姿勢における各姿勢変更用駆動源 4 2 の動作位置と一致したことで確認する。この初期姿勢制御の進行具合は、前記表示ランプ 8 6 に段階的に表示される。

[0107] 工具回転制御手段 7 1 は、工具回転制御部 7 1 a と異常停止制御部 7 1 b とでなる。

工具回転制御部 7 1 a は、前記回転オン・オフ操作具 8 4 からの回転指令信号に応じてモータドライバ 7 3 に出力し、工具回転用駆動源 4 1 をオン・オフする。これにより、スピンドル 1 3 が回転および回転停止させられる。例えば、回転オン・オフ操作具 8 4 を 1 回押すとスピンドル 1 3 が回転し、再度押すとスピンドル 1 3 の回転が停止する。

[0108] 異常停止制御部 7 1 b は、下記の異常検出手段によりスピンドル回転時または非回転時の異常が検出された場合に工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させる制御を行う。異常検出手段は、固定検出手段および作用力検出手段で

ある歪みセンサ66（66U，66L，66R）、固定検出手段であるエンコーダ57（57U，57L，57R）、回転検出手段である回転センサ55、振動検出手段である振動センサ56、温度検出手段である温度センサ16、および潤滑用流体圧力検出手段である圧力センサ82である。異常停止制御には、以下の各制御がある。

[0109] 第1の異常停止制御は、歪みセンサ66（66U，66L，66R）およびエンコーダ57（57U，57L，57R）の出力から先端部材2の姿勢が固定状態にあるか否かを検出して、固定状態でない場合に、工具回転用駆動源41の回転を停止させる制御である。実際に先端部材2の姿勢を測定しなくても、歪みセンサ66およびエンコーダ57の出力から先端部材2の姿勢が固定状態にあるか否かを知ることができる。なお、この制御は、前記初期姿勢制御と同時に行っても、別に行ってもよい。

[0110] 具体的には、図24のフローチャートに示す順で制御を行う。先端部材2のある姿勢において、3つのエンコーダ57が所定の位置であることを確認し（S1）、その際に歪みセンサ66の検出値を判定する（S2）。検出値が所定値範囲を超えたなら、異常有りとして、工具回転用駆動源41の回転を停止させる（S3）。歪みセンサ66の検出値が所定値より大きいときは、姿勢操作部材31に過剰な力が作用していることを意味する。例えば、図22（C）に示すように、姿勢操作部材31と先端部材2との間に異物49が挟まっている可能性がある。また、所定値より小さいときは、図22（A）に示すように、先端部材2のハウジング11の基端面と、姿勢操作部材31の柱状ピン31bとの間に隙間Sが生じている可能性がある。これらの状態では、姿勢操作部材31により先端部材2の姿勢を正しく固定することができないため、スピンドル13を回転させるのは危険である。そこで、工具回転用駆動源41の回転を停止させるのである。これにより、危険を回避することができる。

[0111] 先端部材2のある姿勢において、3つのエンコーダ57が所定の位置であることを確認し、かつ歪みセンサ66の検出値が所定の範囲内であれば、先

端部材 2 の姿勢が固定状態にあることが確認されたことになり (S 4)、制御を終了する。

[0112] 第 2 の異常停止制御は、歪みセンサ 6 6 (6 6 U, 6 6 L, 6 6 R) の出力からスピンドル回転時に先端部材 2 に作用する力の大きさを検出し、検出された作用力が規定作用力よりも大きい場合に工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させる制御である。実際に先端部材 2 の作用力を検出しなくても、歪みセンサ 6 6 の出力から先端部材 2 の作用力を求められる。先端部材 2 に過剰な力が作用すると、遠隔操作型アクチュエータの各部に変形等が生じたり破損したりする可能性である。そこで、工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させることで、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を防ぐのである。

[0113] 第 3 の異常停止制御は、回転数センサ 5 5 の出力からスピンドル 1 3 の回転数を検出し、検出された回転数と規定回転数との差が所定の範囲外にある場合に工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させる制御である。実際にスピンドル 1 3 の回転数を検出しなくても、工具回転用駆動源 4 1 の回転数を検出する回転数センサ 5 5 の出力からスピンドル 1 3 の回転数を求められる。工具回転用駆動源 4 1 の出力軸 4 1 a や、回転軸 2 2 を支持する軸受 1 2, 2 6, 2 9 が故障した場合、スピンドル 1 3 の回転数が異常に高くなったり低くなったりする。このような状態でスピンドル 1 3 を回転させるのは危険である。そこで、スピンドル 1 3 の回転数が異常である場合、工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させることで、危険を回避するのである。

[0114] 第 4 の異常停止制御は、振動センサ 5 6 の出力からスピンドル 1 3 の振動の大きさを検出し、検出された振動の大きさが規定の大きさよりも大きい場合に工具回転用駆動源 4 1 の回転を停止させる制御である。実際にスピンドル 1 3 の振動の大きさを検出しなくても、工具回転用駆動源 4 1 の振動の大きさを検出する振動センサ 4 6 の出力からスピンドル 1 3 の振動の大きさを求められる。先端部材 2 の姿勢保持力の低下、工具回転用駆動源 4 1 や軸受 2 6, 2 9 の故障、遠隔操作型アクチュエータ各部の組付け不良等があると、スピンドル 1 3 が振動する。このような状態でスピンドル 1 3 を回転させ

るのは危険である。そこで、スピンドル 13 の振動が異常に大きい場合、工具回転用駆動源 41 の回転を停止させることで、危険を回避するのである。

[0115] 第 5 の異常停止制御は、温度センサ 16 の出力からスピンドル 13 の温度を検出し、検出された温度が規定温度よりも高い場合に工具回転用駆動源 41 の回転を停止させる制御である。軸受 12, 26, 29 を潤滑する潤滑剤の不足、軸受 12, 26, 29 の故障等により、スピンドル 13 の温度が上昇することがある。そのような場合、そのままスピンドル 13 の回転を続けると、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を招く。そこで、スピンドル 13 が異常な高温となった場合、工具回転用駆動源 41 の回転を停止させることで、遠隔操作型アクチュエータの変形や破損を防ぐのである。

[0116] 第 6 の異常停止制御は、圧力センサ 82 の出力からスピンドルガイド部 3 内に供給される潤滑用流体の圧力を検出し、検出された潤滑用流体の圧力と規定圧力との差が所定の範囲外である場合に工具回転用駆動源 41 の回転を停止させる制御である。潤滑用流体が不足したり潤滑用流体の経路が目詰まりしたりすると、軸受 12, 26, 29 の潤滑が良好に行われず、軸受 12, 26, 29 が損傷する可能性がある。そこで、潤滑用流体が不足して潤滑用流体の圧力が異常に低下した場合、および潤滑用流体の流れる経路に目詰まりが生じて潤滑用流体の圧力が異常に上昇した場合、工具回転用駆動源 41 の回転を停止させることで、軸受 12, 26, 29 の損傷を防ぐのである。

[0117] 上記各異常停止制御において、異常検出手段により異常が検出された時、その異常項目が表示機 85 に表示される。このため、この実施形態のように複数種の異常検出手段が設けられている場合でも、何が異常であるかを容易に知ることができ、適切で迅速な対処を行える。

[0118] この遠隔操作型アクチュエータは、先に説明したように、左右の把手 80L, 80R を両手でつかんでアクチュエータ本体 8 を保持する。そして、回転オン・オフ操作具 84 の操作により、スピンドル 13 を回転させて、工具 1 により骨等の切削を行う。加工中は、加工箇所形状や加工の進行に応じ

て、姿勢変更操作具 83 を操作することで、先端部材 2 の姿勢を遠隔操作で 2 軸方向に変更させる。回転オン・オフ操作具 84 および姿勢変更操作具 83 は、左右の把手 80L, 80R をつかんだまま手元操作できるので、操作者本人の感覚で操作を行え、作業がやり易い。

[0119] 切削加工中、何らかの異常が生じた場合、その異常を異常検出手段 16, 55, 56, 66, 82 が検出して、工具回転制御手段 71 が工具回転用駆動源 41 の回転を停止させる。また、切削加工前に、異常検出手段 57, 66 により何らかの異常が発見されれば、工具回転制御手段 71 により工具回転用駆動源 41 を回転させないようにする。このため、安全である。

[0120] 先端部材 2 がスピンドルガイド部 3 に対して先端部材 2 の中心線 CL1 回りに回転するのを防止する回転防止機構 37 が設けられているため、姿勢変更用駆動機構 4c や姿勢制御手段 72 の故障等により工具 1 を保持する先端部材 2 が制御不能となった場合でも、先端部材 2 が中心線 CL1 回りに回転して加工箇所を傷つけたり、先端部材 2 自体が破損したりすることを防止できる。

[0121] 姿勢操作部材 31 はガイド孔 30a に挿通されているため、姿勢操作部材 31 が長手方向と交差する方向に位置ずれすることがなく、常に先端部材 2 に対し適正に作用することができ、先端部材 2 の姿勢変更動作が正確に行われる。また、姿勢操作部材 31 は、複数のボール 31c および柱状ピン 31b からなり、全体で可撓性の性質を有するため、スピンドルガイド部 3 が湾曲した状態でも先端部材 2 の姿勢変更動作が確実に行われる。さらに、スピンドル 13 と回転軸 22 との連結箇所の中心が案内面 F1, F2 の曲率中心 O と同位置であるため、先端部材 2 の姿勢変更によって回転軸 22 に対して押し引きする力がかからず、先端部材 2 が円滑に姿勢変更できる。

[0122] 以上、医療用の遠隔操作型アクチュエータについて説明したが、この発明はそれ以外の用途の遠隔操作型アクチュエータにも適用できる。例えば、機械加工用とした場合、湾曲状をした孔のドリル加工や、溝内部の奥まった箇所の切削加工が可能になる。

[0123] 以上説明したこの発明の実施形態において要件とした切削力推定手段6を含まない応用態様について以下に示す。

[態様1]

態様1にかかる遠隔操作型アクチュエーは、細長形状のスピンドルガイド部と、このスピンドルガイド部の先端に先端部材連結部を介して姿勢変更自在に取付けられた先端部材と、前記スピンドルガイド部の基端が結合された駆動部ハウジングとを備え、

前記先端部材は、工具を保持するスピンドルを回転自在に支持し、前記スピンドルガイド部は、前記駆動部ハウジング内に設けられた工具回転用駆動源の回転を前記スピンドルに伝達する回転軸と、両端に貫通したガイド孔とを内部に有し、先端が前記先端部材に接して進退動作することにより前記先端部材を姿勢変更させる姿勢操作部材を前記ガイド孔内に進退自在に挿通し、前記姿勢操作部材を進退させる姿勢変更用駆動源を前記駆動部ハウジング内に設け、

前記スピンドル回転時または非回転時の異常を検出する異常検出手段と、この異常検出手段が異常を検出した場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる工具回転制御手段とを設けた。

[0124] [態様2]

態様1において、前記異常検出手段として、前記先端部材の姿勢が固定状態にあるか否かを検出する固定検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記固定検出手段により前記先端部材の姿勢が固定状態でないと検出された場合に前記工具回転用駆動源を回転させない。

[0125] [態様3]

態様2において、前記固定検出手段が、前記姿勢変更用駆動源と前記姿勢操作部材との間に設けたレバー機構の歪みを検出する歪みセンサである。

[0126] [態様4]

態様2において、前記固定検出手段が、前記姿勢変更用駆動源の動作位置を検出するエンコーダである。

[0127] [態様 5]

態様 1 において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記先端部材に作用する力の大きさを検出する作用力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記作用力検出手段により検出された作用力が規定作用力よりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる。

[0128] [態様 6]

態様 5 において、前記作用力検出手段が、前記姿勢変更用駆動源と前記姿勢操作部材との間に設けたレバー機構の歪みを検出する歪みセンサである。

[0129] [態様 7]

態様 1 において、前記異常検出手段として、前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の回転数を検出する回転検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記回転検出手段により検出された回転数と規定回転数との差が所定の範囲外にある場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる。

[0130] [態様 8]

態様 1 において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の振動の大きさを検出する振動検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記振動検出手段により検出された振動の大きさが規定の大きさよりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる。

[0131] [態様 9]

態様 1 において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記スピンドルの温度を検出する温度検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記温度検出手段により検出された温度が規定温度よりも高い場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる。

[0132] [態様 10]

態様 1 において、前記スピンドルガイド部内の前記回転軸を回転自在に支持する軸受と、この軸受を潤滑する潤滑用流体を前記スピンドルガイド部内に供給する潤滑用流体供給装置とを有し、前記異常検出手段として、前記ス

スピンドル回転時に前記潤滑用流体供給装置により前記スピンドルガイド部内に供給される潤滑用流体の圧力を検出する潤滑用流体圧力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記潤滑用流体圧力検出手段により検出された潤滑用流体の圧力と規定圧力との差が所定の範囲外である場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる。

[0133] [態様 1 1]

態様 1 において、前記異常検出手段による異常検出時に異常項目を表示する表示機を設けた。

[0134] 以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施形態を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、請求の範囲から定まるこの発明の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

- [0135] 1…工具
2…先端部材
3…スピンドルガイド部
4 a…駆動部ハウジング
5…コントローラ
6…切削力推定手段
7…制御ボックス
1 3…スピンドル
1 5…先端部材連結部
1 6…温度センサ（温度検出手段）
2 2…回転軸
2 5…外郭パイプ
2 6, 2 9…転がり軸受
2 7 A, 2 7 B…ばね要素
3 0…ガイドパイプ

- 3 0 a …ガイド孔
- 3 1 …姿勢操作部材
- 4 1 …工具回転用駆動源
- 4 2 …姿勢変更用駆動源
- 4 3 …レバー機構（力伝達機構）
- 4 3 b …レバー
- 4 5 …動作量検出器
- 4 6 …姿勢検出手段
- 4 8 …荷重検出手段
- 5 0 …冷却手段
- 5 5 …回転センサ（回転検出手段）
- 5 6 …振動センサ（振動検出手段）
- 5 7（5 7 U, 5 7 L, 5 7 R）…エンコーダ（固定検出手段）
- 6 0 …駆動電力測定手段
- 6 1 …回転数測定手段
- 6 3 …撓み量測定手段
- 6 5 …駆動力測定手段
- 6 6（6 6 U, 6 6 L, 6 6 R）…歪み検出手段（歪みセンサ（固定検出手段、作用力検出手段））
- 7 0 …コンピュータ
- 8 4 …回転オン・オフ操作具
- 8 5 …表示機
- 8 7 …初期姿勢操作具

請求の範囲

[請求項1] 細長形状のスピンドルガイド部と、このスピンドルガイド部の先端に先端部材連結部を介して姿勢変更自在に取付けられた先端部材と、前記スピンドルガイド部の基端が結合された駆動部ハウジングとを備え、

前記先端部材は、工具を保持するスピンドルを回転自在に支持し、前記スピンドルガイド部は、前記駆動部ハウジング内に設けられた工具回転用駆動源の回転を前記スピンドルに伝達する回転軸と、両端に貫通したガイド孔とを内部に有し、先端が前記先端部材に接して進退動作することにより前記先端部材を姿勢変更させる姿勢操作部材を前記ガイド孔内に進退自在に挿通し、前記姿勢操作部材を進退させる姿勢変更用駆動源を前記駆動部ハウジング内に設け、

前記工具が被加工物に与える切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定する切削力推定手段を設けた遠隔操作型アクチュエータ。

[請求項2] 請求項1において、前記工具回転用駆動源の駆動電力および回転数をそれぞれ測定する駆動電力測定手段および回転数測定手段を設け、前記切削力推定手段は、前記駆動電力測定手段で測定された駆動電力と、前記回転数測定手段で測定された回転数とから、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとした遠隔操作型アクチュエータ。

[請求項3] 請求項1において、前記スピンドルガイド部の撓み量を測定する撓み量測定手段を設け、前記切削力推定手段は、前記撓み量測定手段で測定された撓み量から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとした遠隔操作型アクチュエータ。

[請求項4] 請求項3において、前記撓み量測定手段は、前記スピンドルガイド部の周面に貼った1つ以上の歪みセンサである遠隔操作型アクチュエ

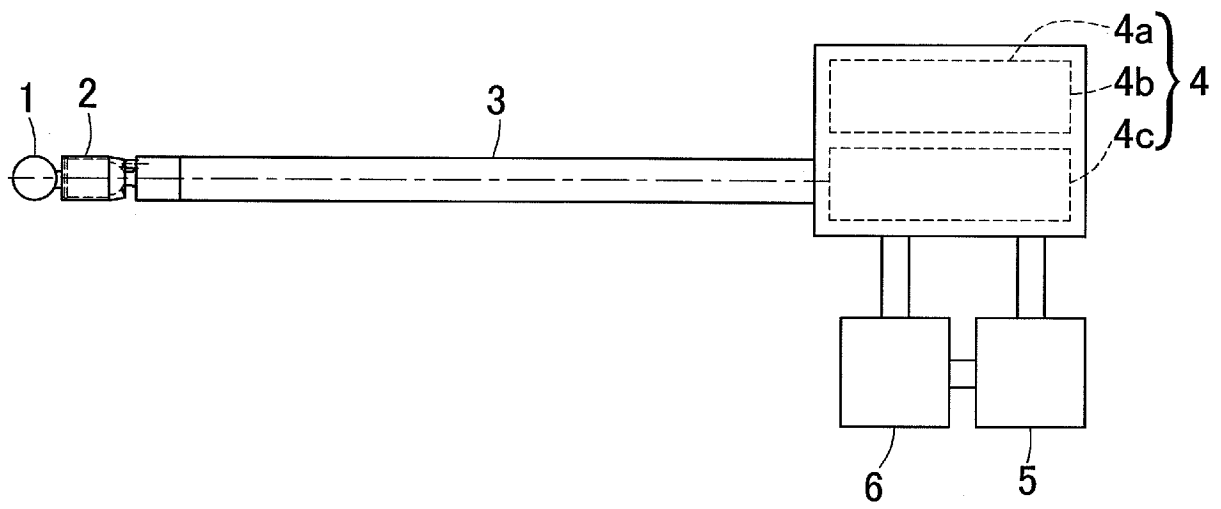
一タ。

- [請求項5] 請求項1において、前記姿勢変更用駆動源の駆動力を測定する駆動力測定手段を設け、前記切削力推定手段は、前記駆動力測定手段で測定された駆動力から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとした遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項6] 請求項1において、前記姿勢変更用駆動源の駆動力を前記姿勢操作部材へ伝達するレバー機構を有し、このレバー機構の歪みを検出する歪み検出手段を設け、前記切削力推定手段は、前記歪み検出手段の検出値から、前記切削力における主分力、背分力、および送り分力のうち少なくとも1つの分力の大きさを推定するものとした遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項7] 請求項1において、前記スピンドルガイド部内の前記回転軸を回転自在に支持する複数の転がり軸受を設け、隣合う転がり軸受間に、これら転がり軸受に対して予圧を与えるばね要素を設けた遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項8] 請求項1において、前記スピンドル回転時または非回転時の異常を検出する異常検出手段と、この異常検出手段が異常を検出した場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる工具回転制御手段とを設けた遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項9] 請求項8において、前記異常検出手段として、前記先端部材の姿勢が固定状態にあるか否かを検出する固定検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記固定検出手段により前記先端部材の姿勢が固定状態でないと検出された場合に前記工具回転用駆動源を回転させない遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項10] 請求項9において、前記固定検出手段が、前記姿勢変更用駆動源と前記姿勢操作部材との間に設けたレバー機構の歪みを検出する歪みセンサである遠隔操作型アクチュエータ。

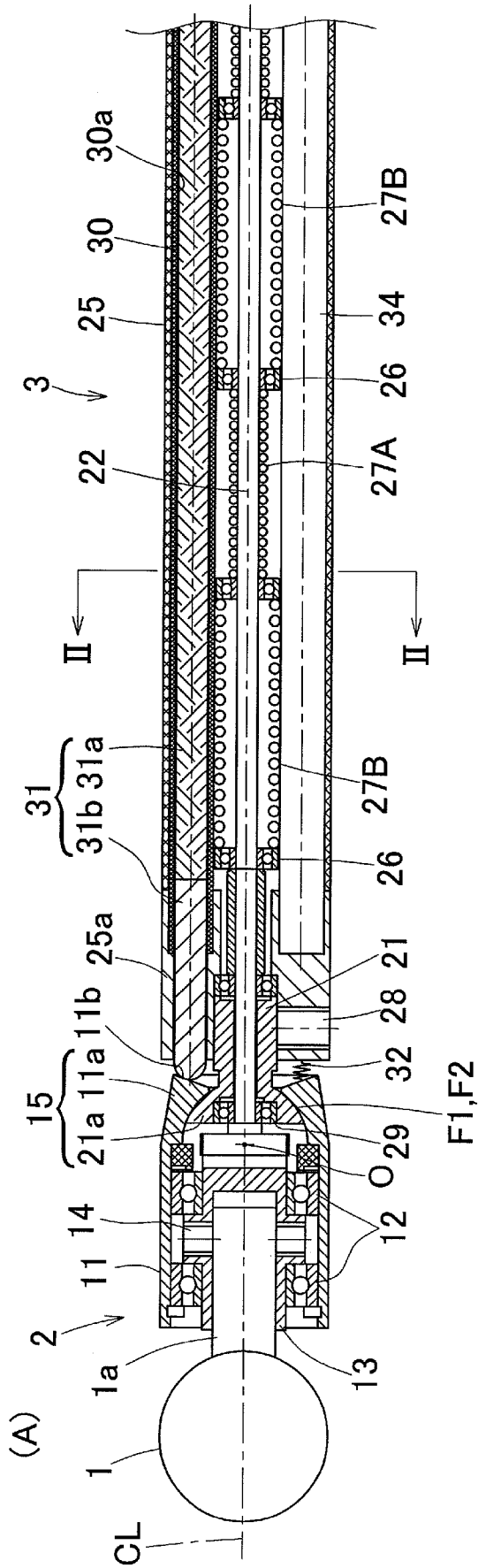
- [請求項11] 請求項8において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記先端部材に作用する力の大きさを検出する作用力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記作用力検出手段により検出された作用力が規定作用力よりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項12] 請求項8において、前記異常検出手段として、前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の回転数を検出する回転検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記回転検出手段により検出された回転数と規定回転数との差が所定の範囲外にある場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項13] 請求項8において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記スピンドルまたは前記工具回転用駆動源の振動の大きさを検出する振動検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記振動検出手段により検出された振動の大きさが規定の大きさよりも大きい場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項14] 請求項8において、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記スピンドルの温度を検出する温度検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記温度検出手段により検出された温度が規定温度よりも高い場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる遠隔操作型アクチュエータ。
- [請求項15] 請求項8において、前記スピンドルガイド部内の前記回転軸を回転自在に支持する軸受と、この軸受を潤滑する潤滑用流体を前記スピンドルガイド部内に供給する潤滑用流体供給装置とを有し、前記異常検出手段として、前記スピンドル回転時に前記潤滑用流体供給装置により前記スピンドルガイド部内に供給される潤滑用流体の圧力を検出する潤滑用流体圧力検出手段を有し、前記工具回転制御手段は、前記潤滑用流体圧力検出手段により検出された潤滑用流体の圧力と規定圧力

との差が所定の範囲外である場合に前記工具回転用駆動源の回転を停止させる遠隔操作型アクチュエータ。

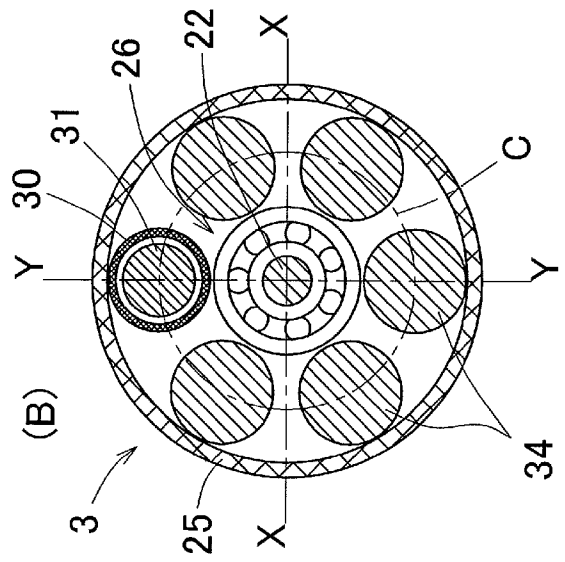
[図1]



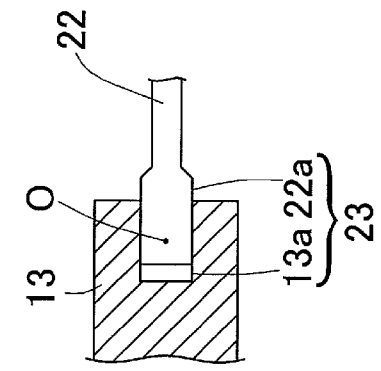
[図2]



(B)

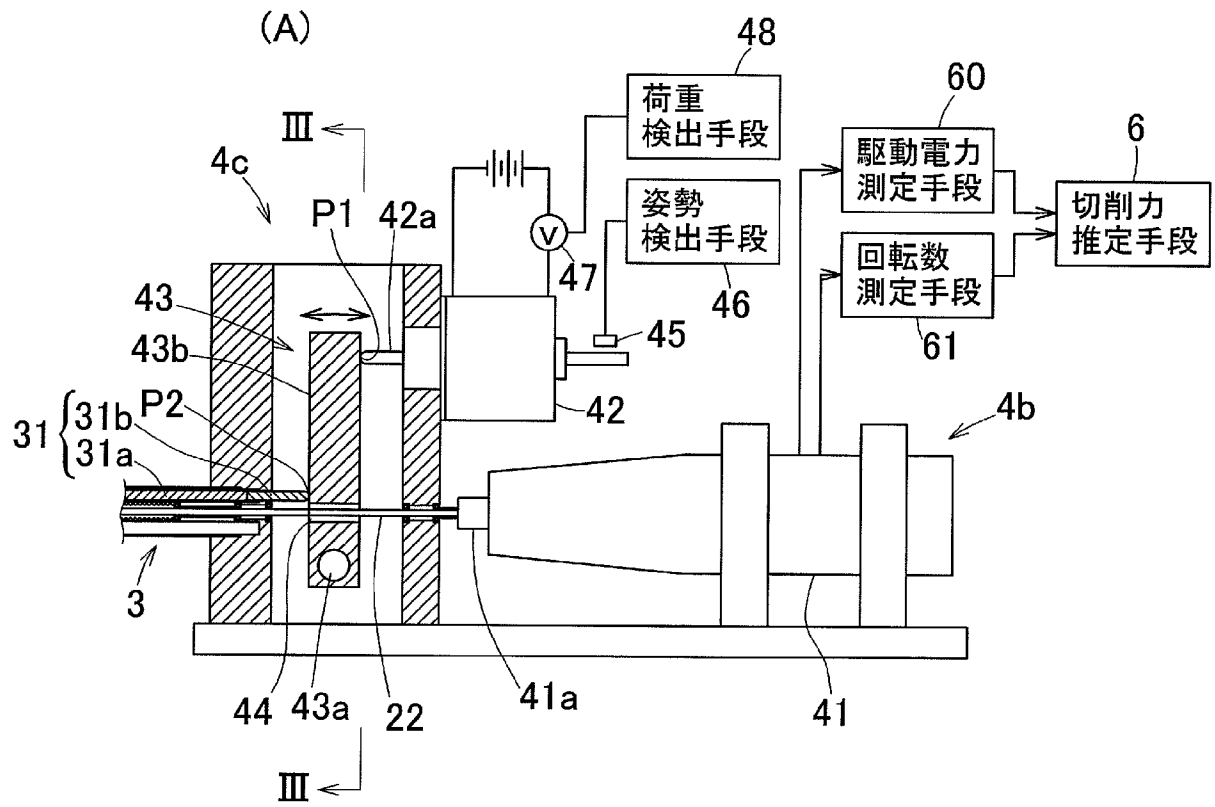


(C)

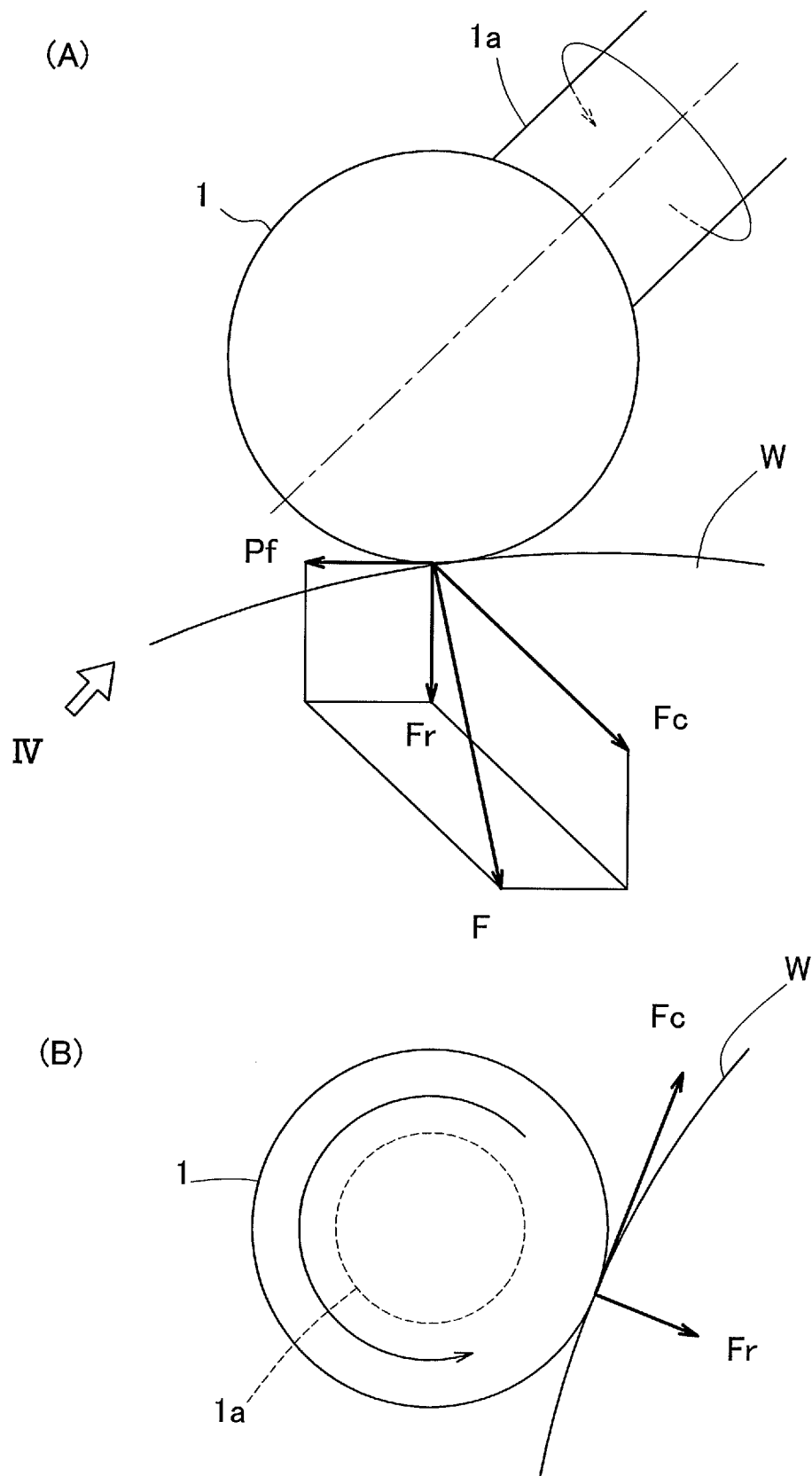


F1,F2

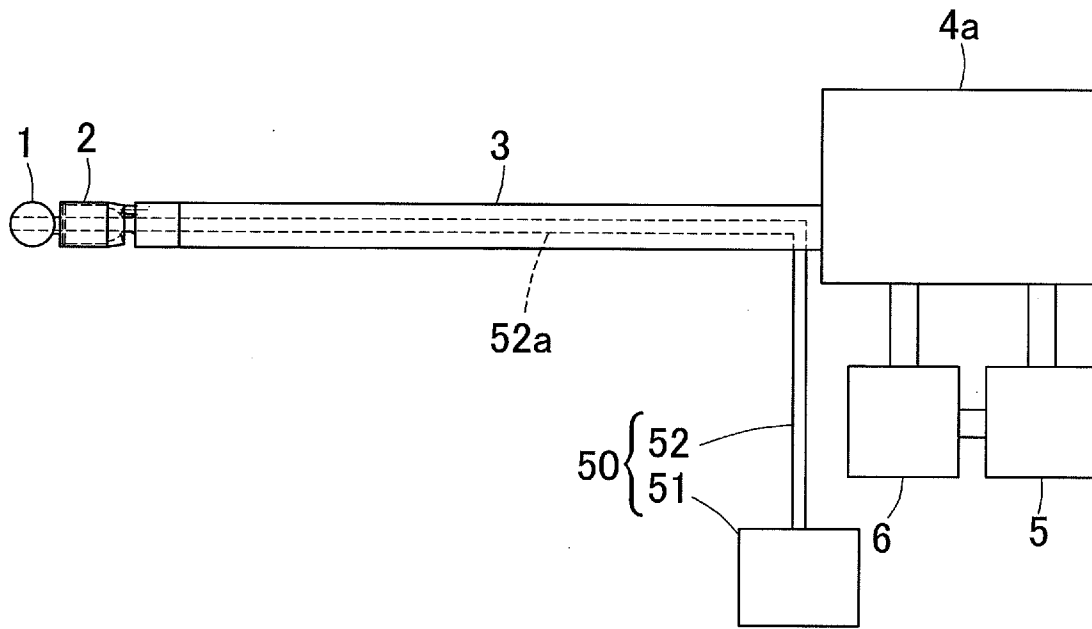
[図3]



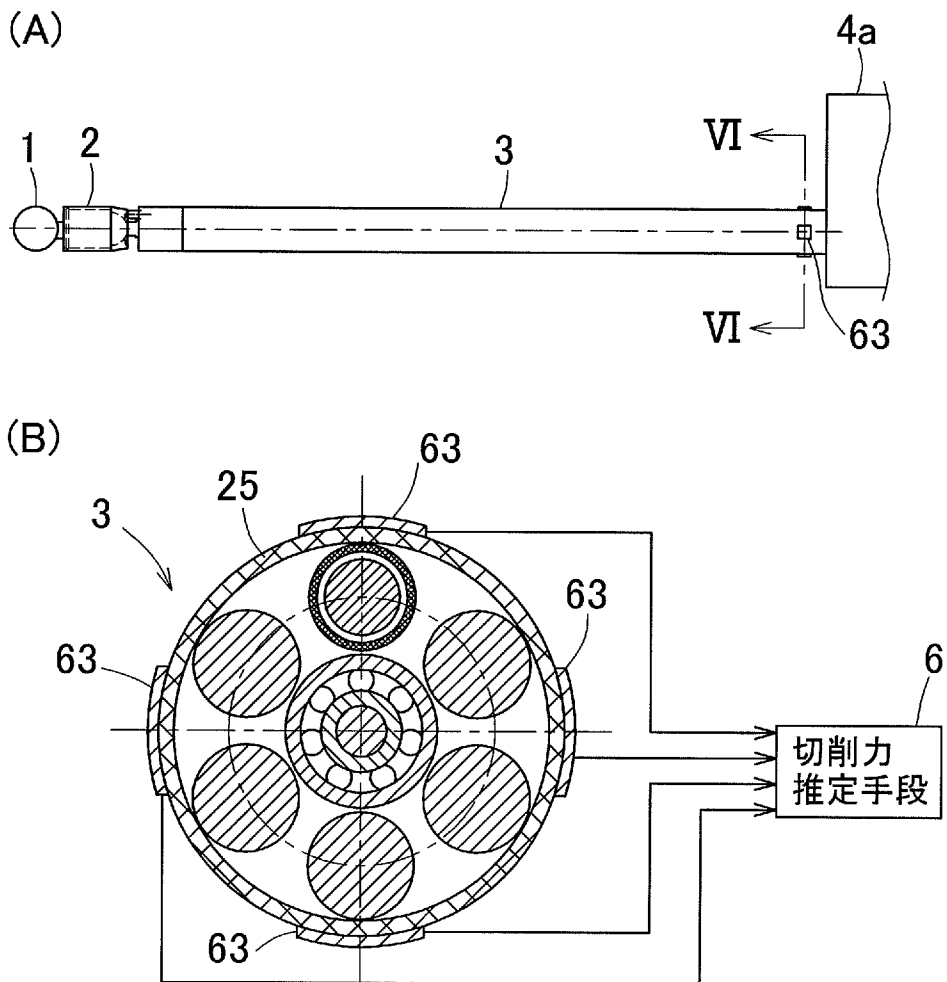
[図4]



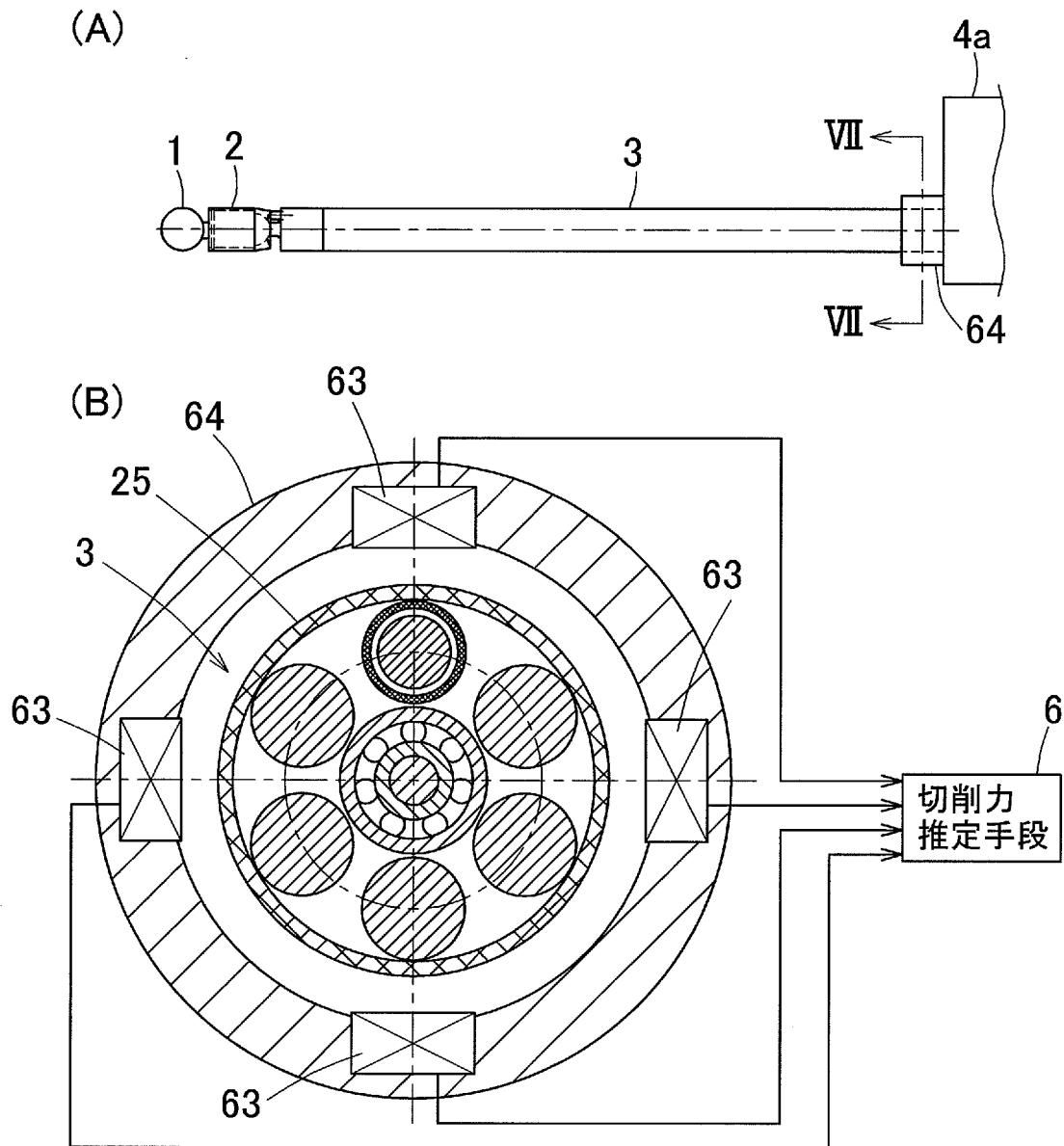
[図5]



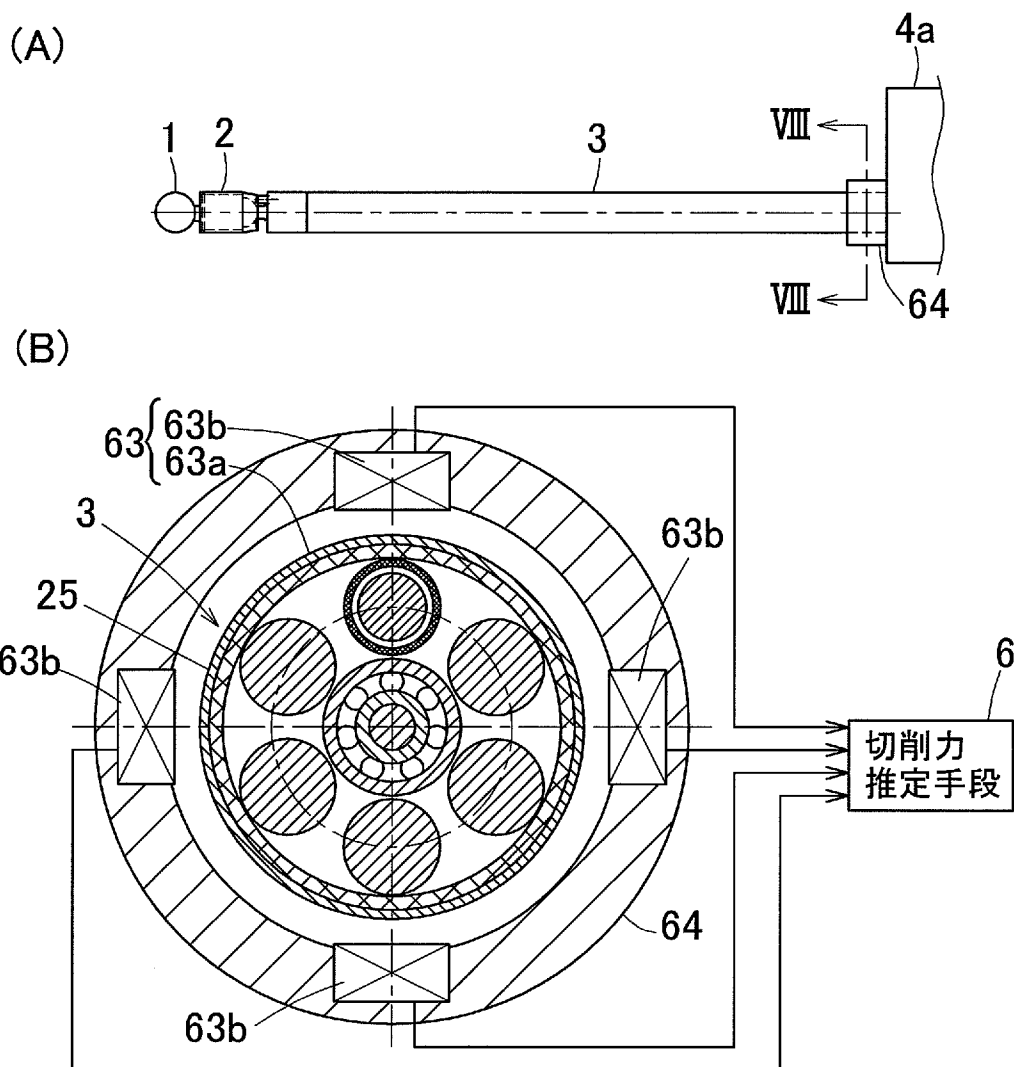
[図6]



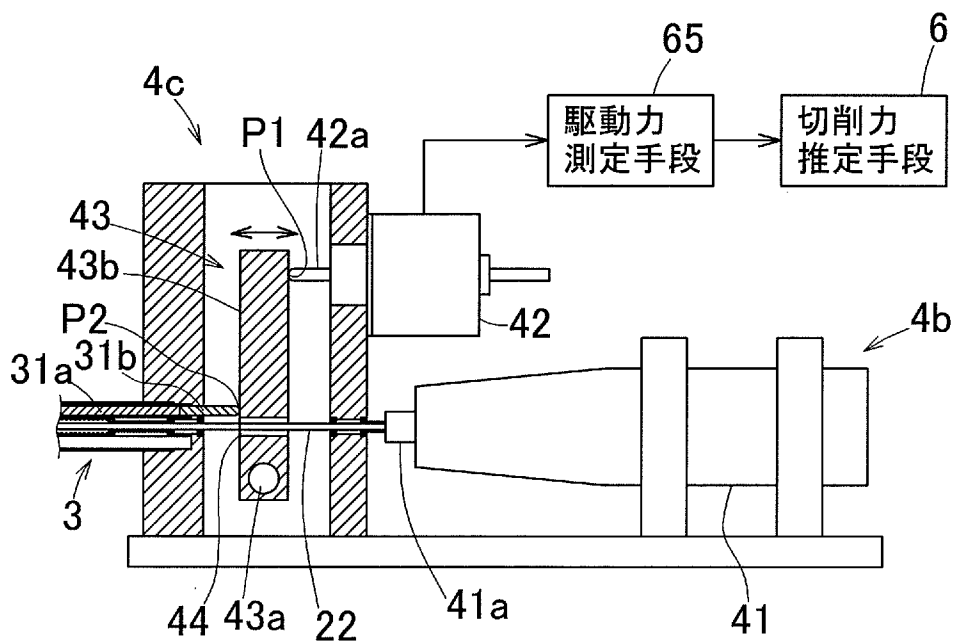
[図7]



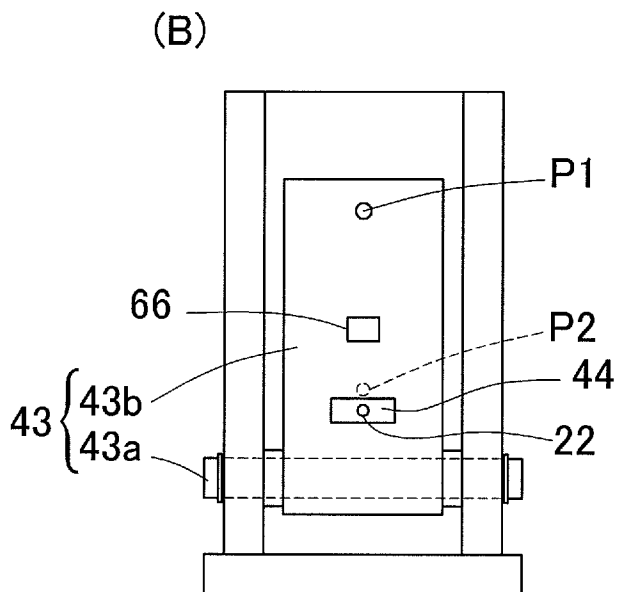
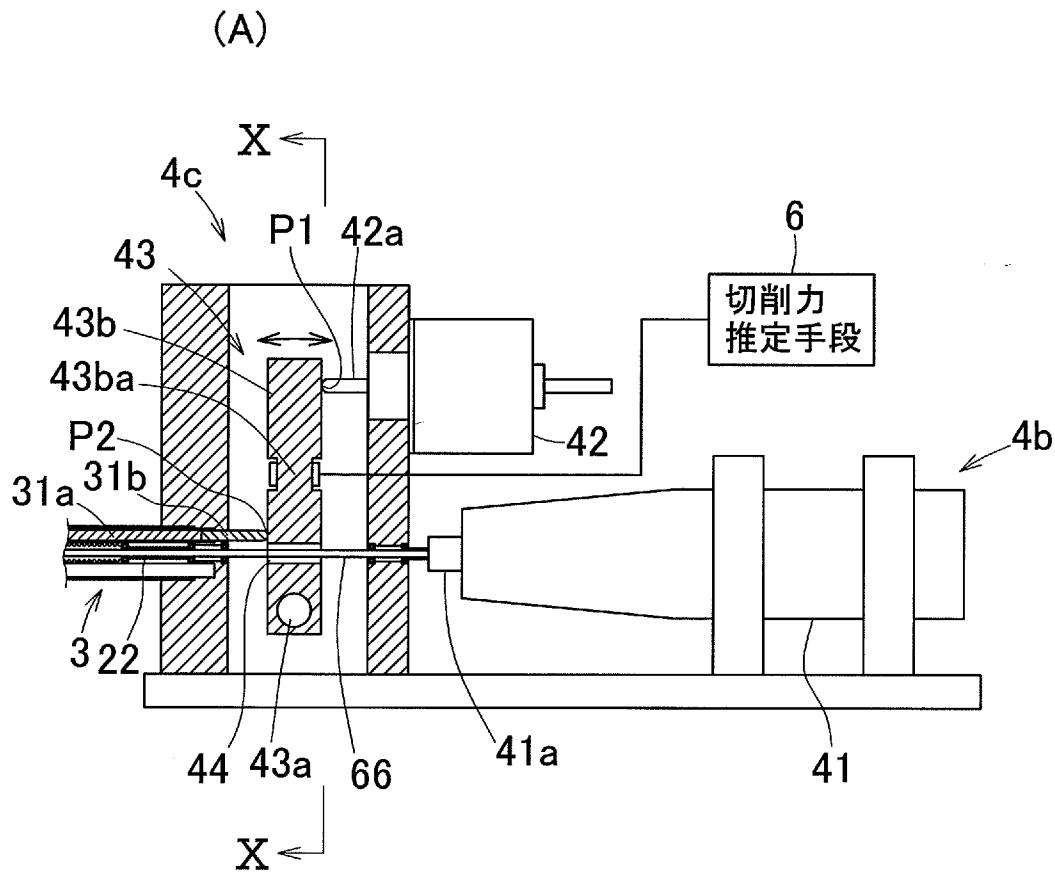
[図8]



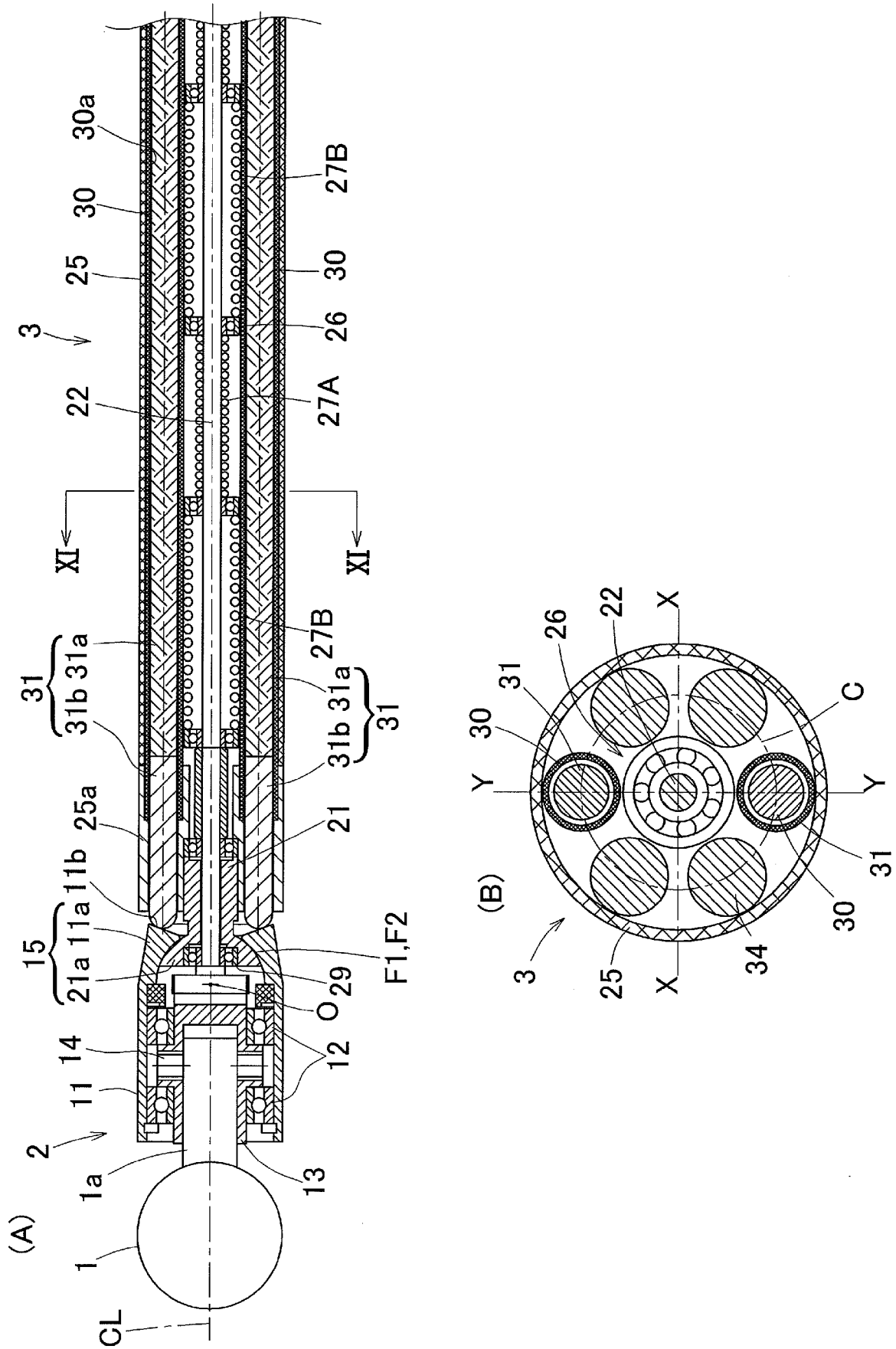
[図9]



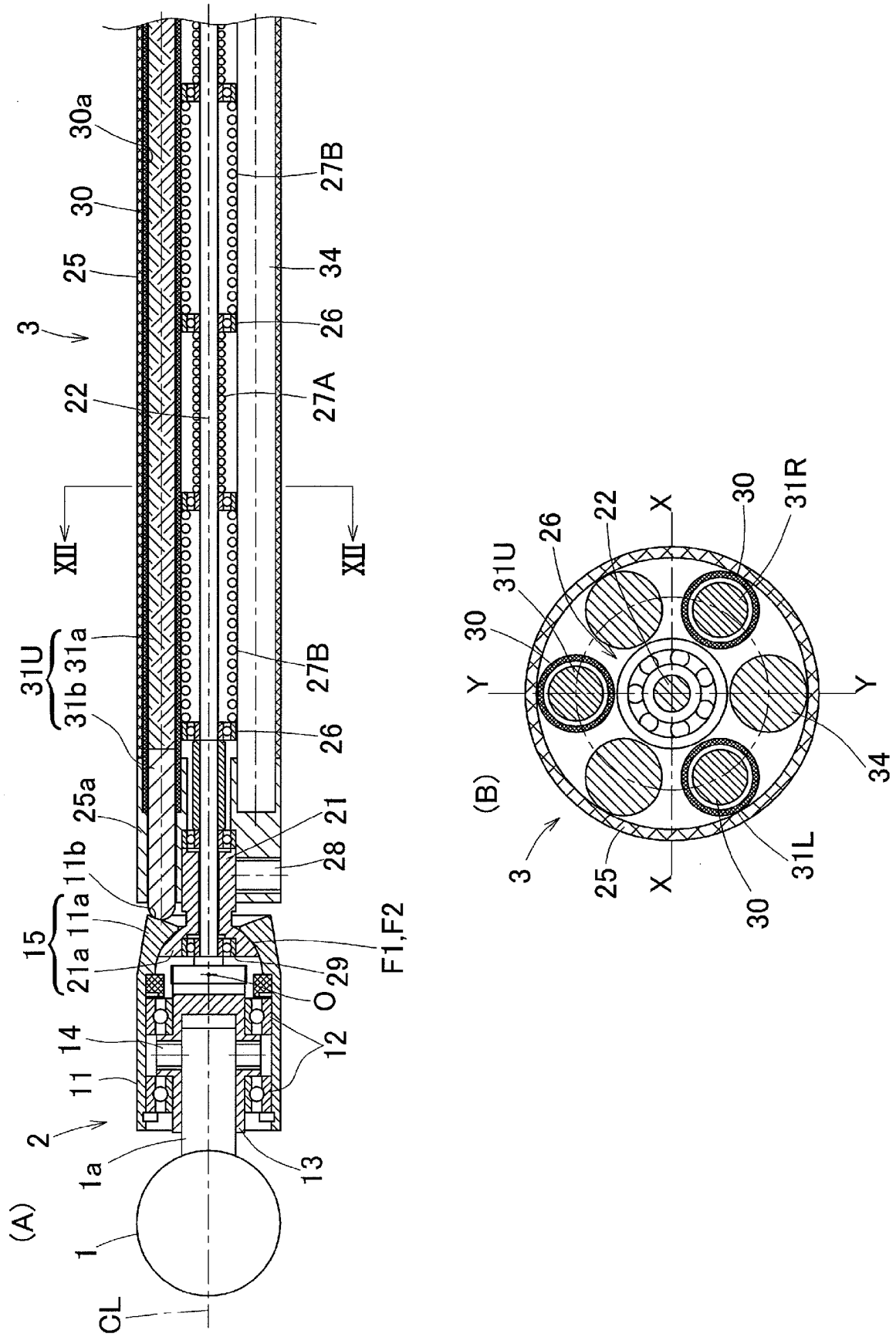
[図10]



[図11]

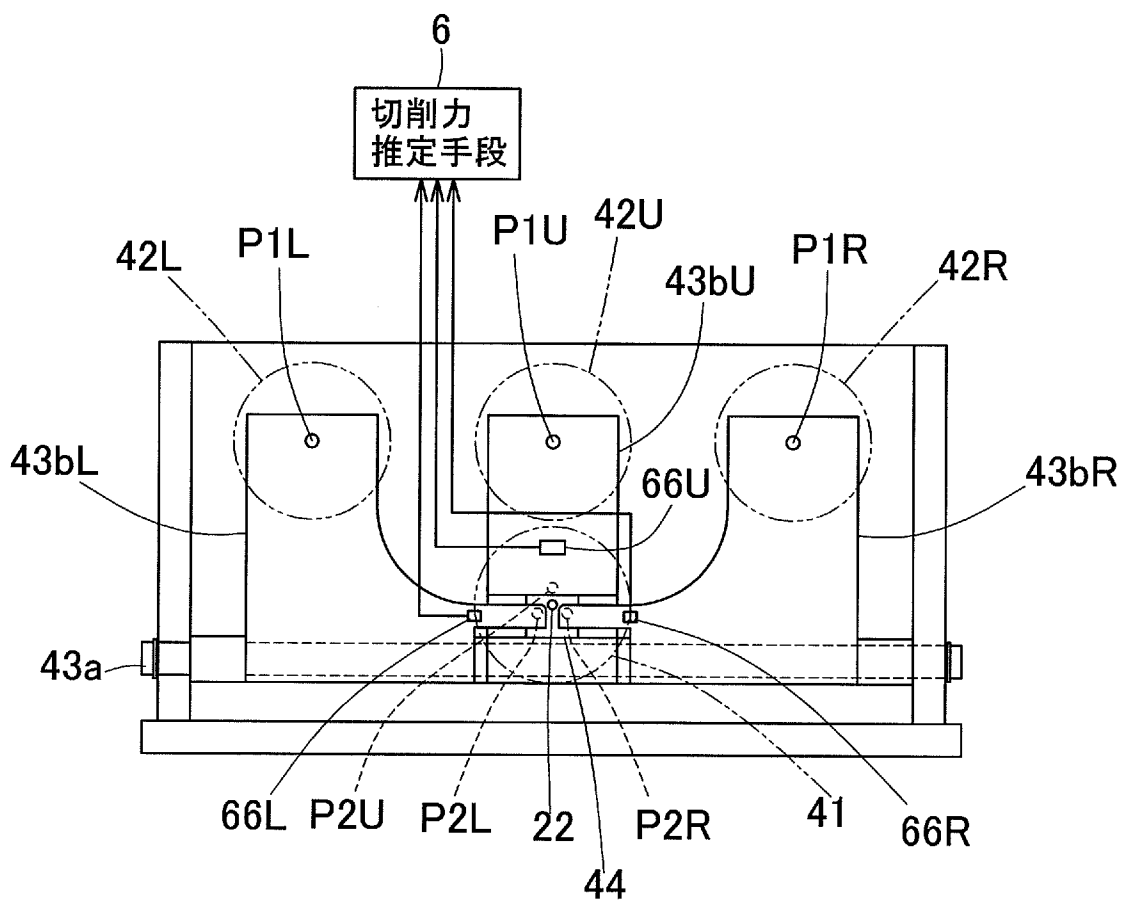


[12]

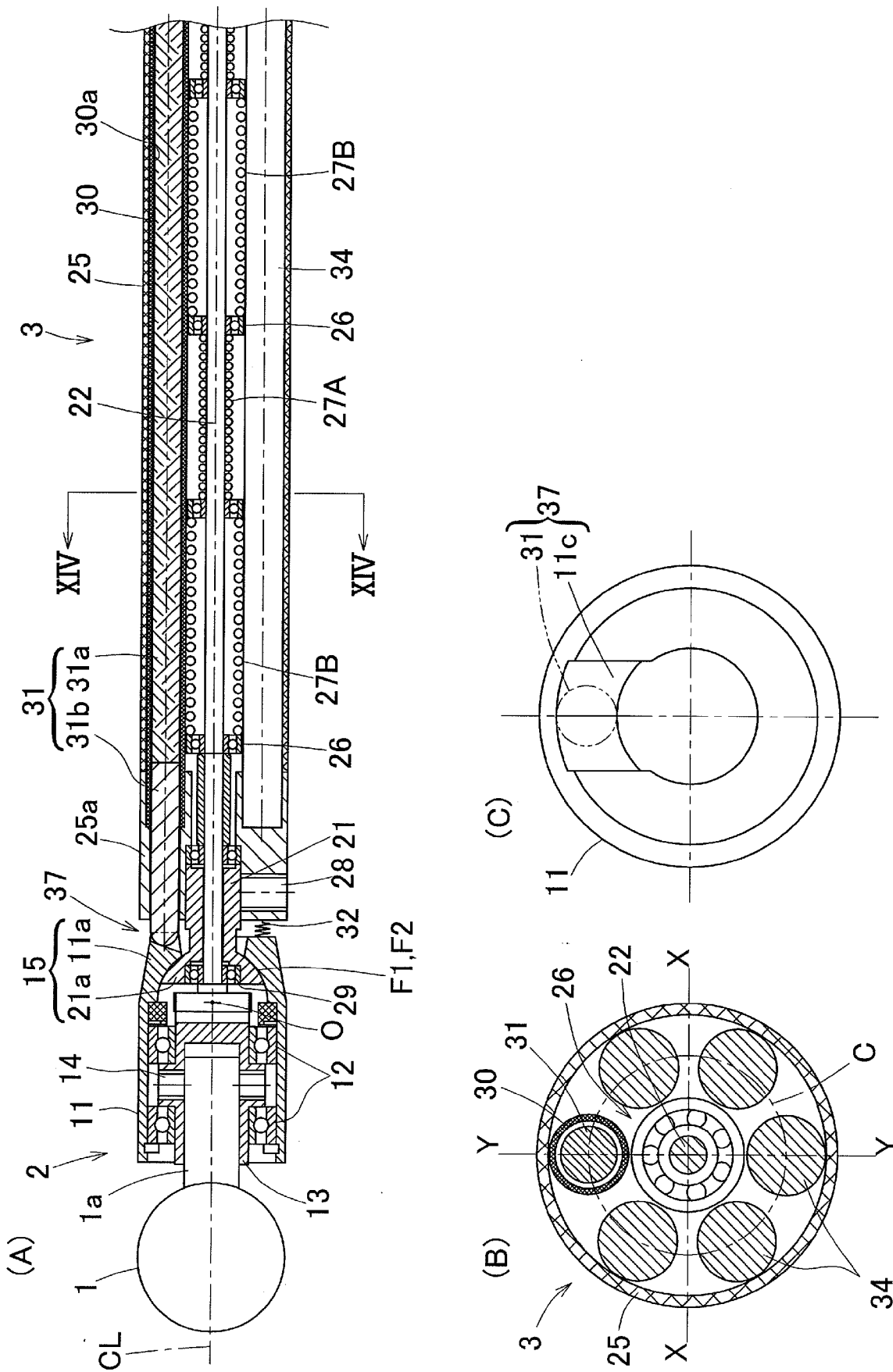


F1,F2

[図13]

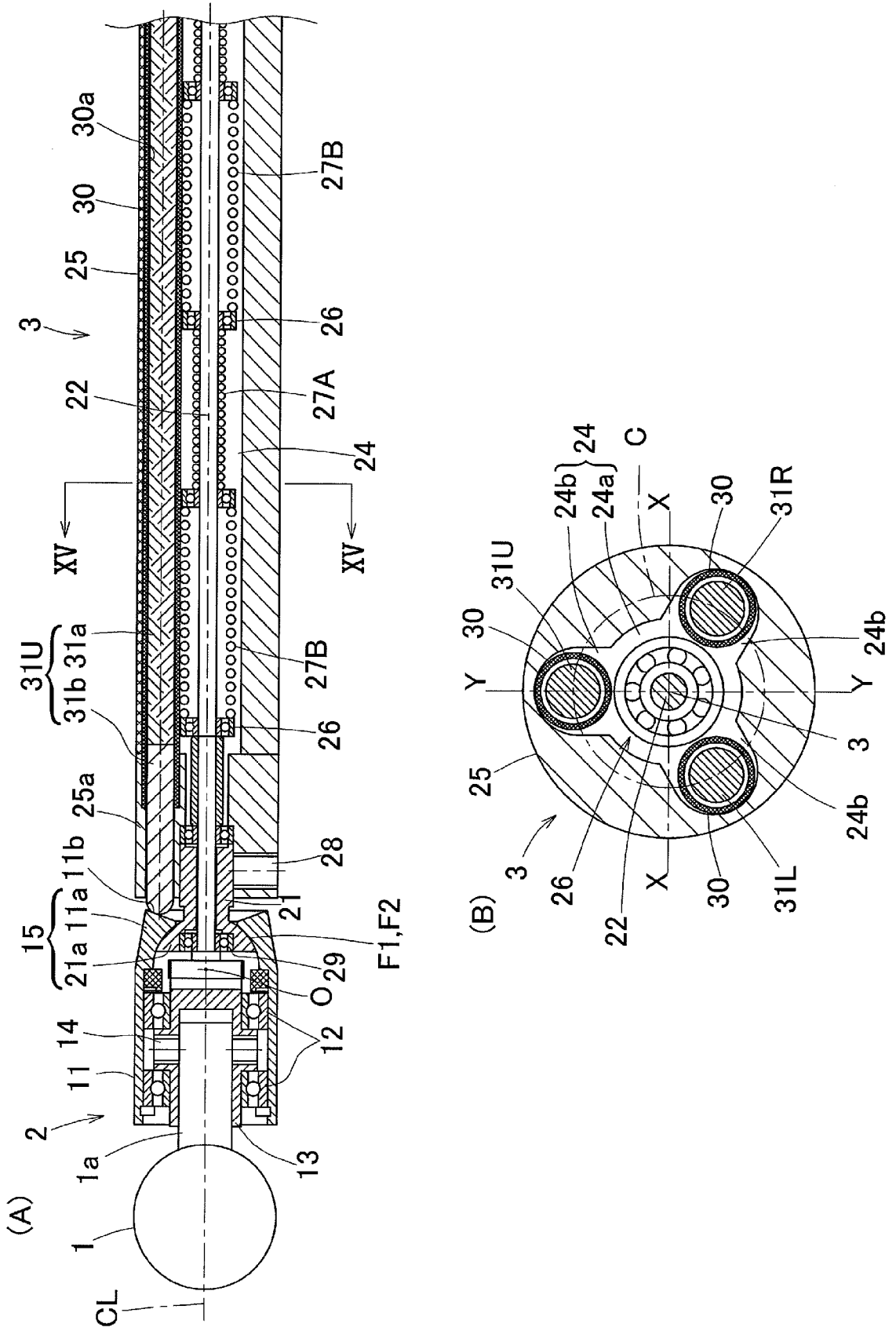


[14]

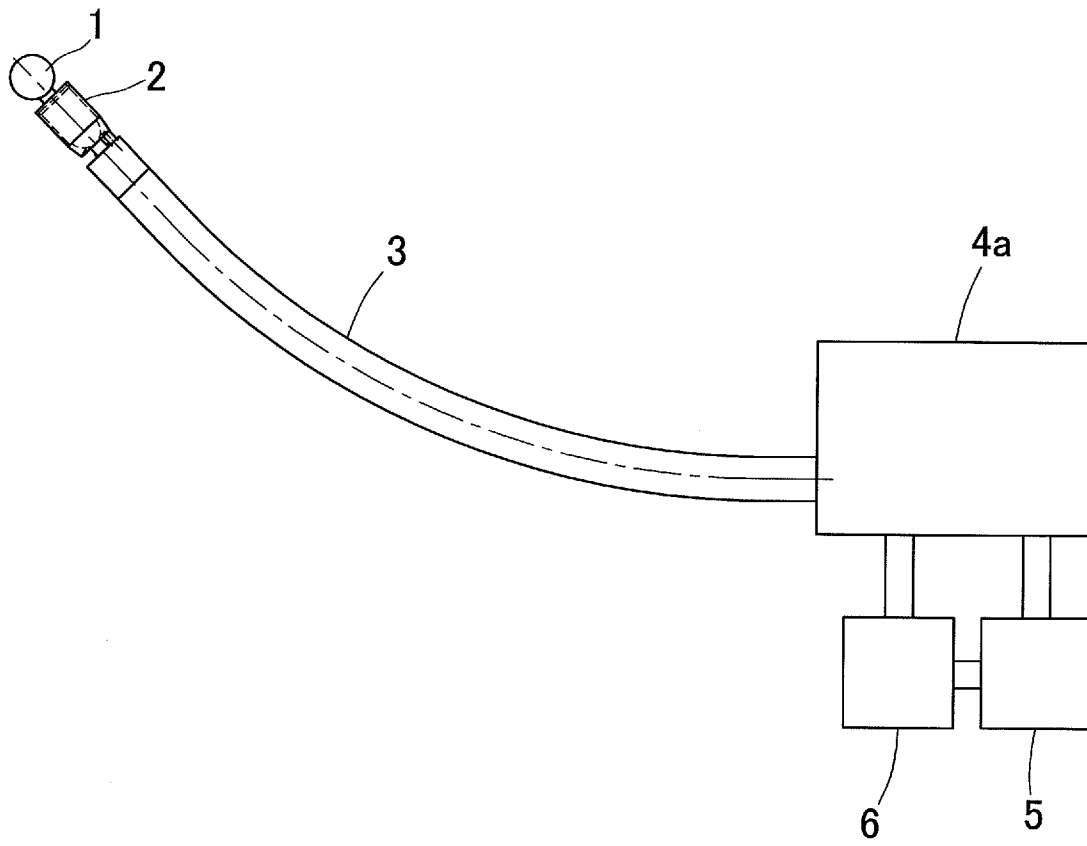


F1,F2

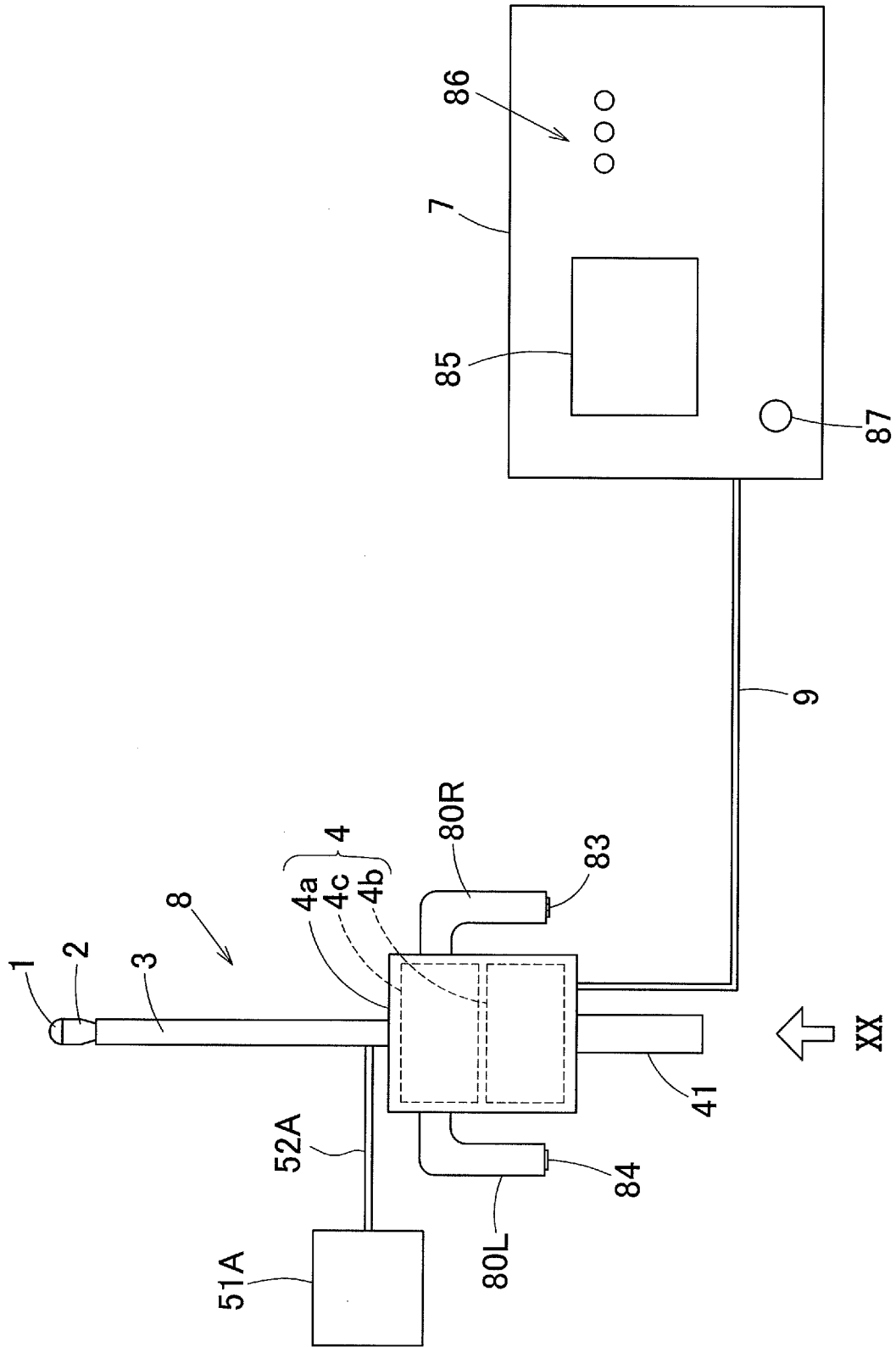
[15]



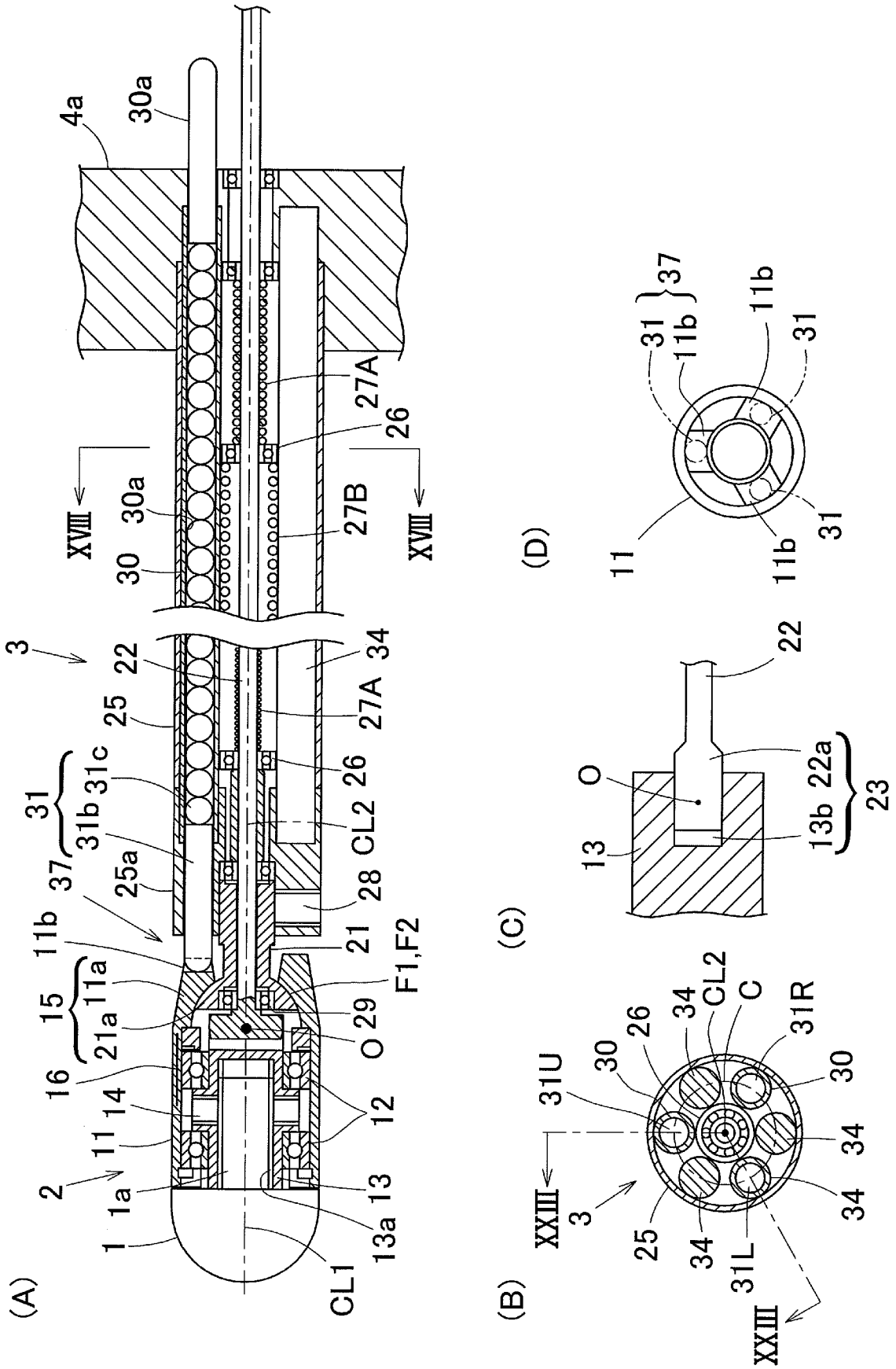
[図16]



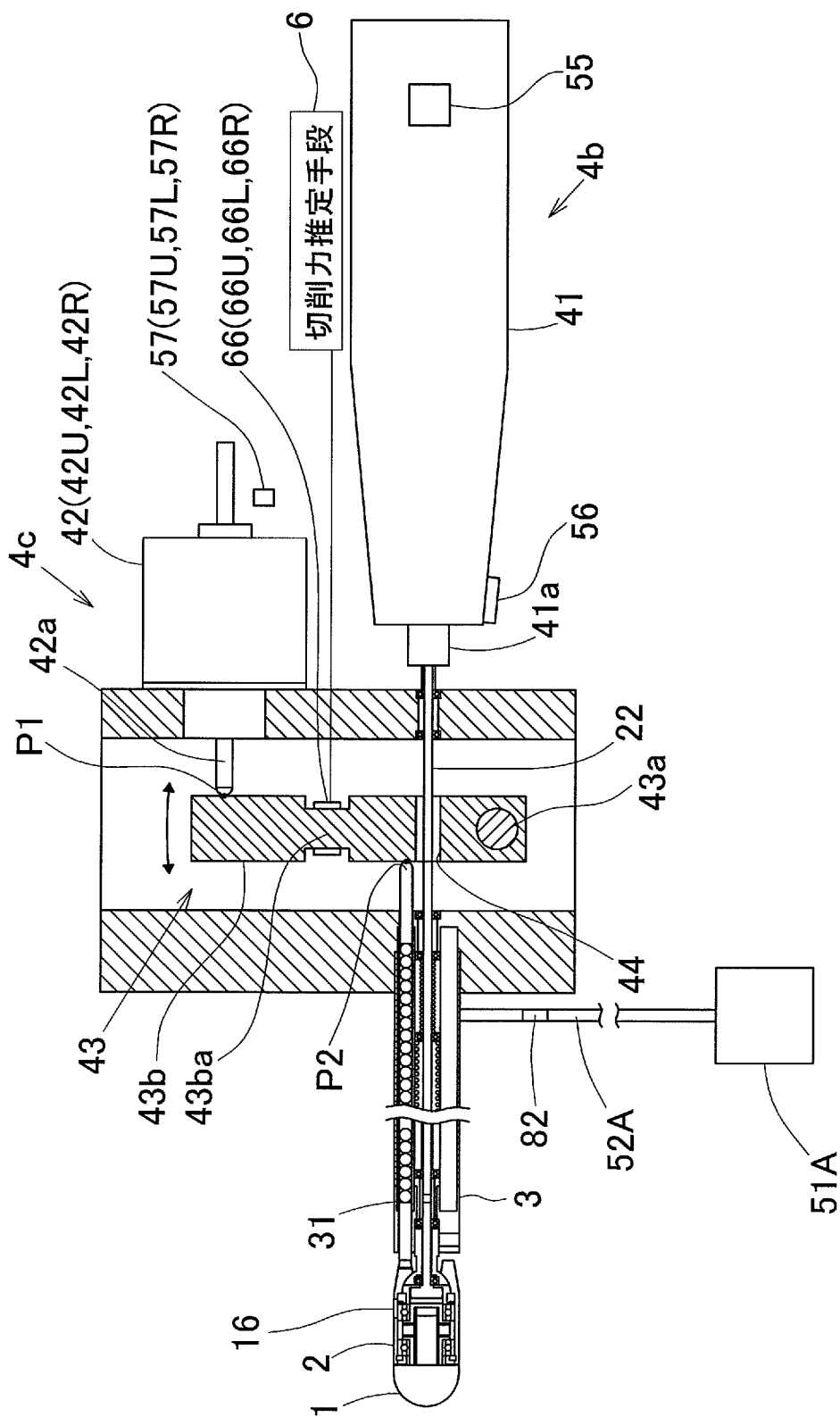
[図17]



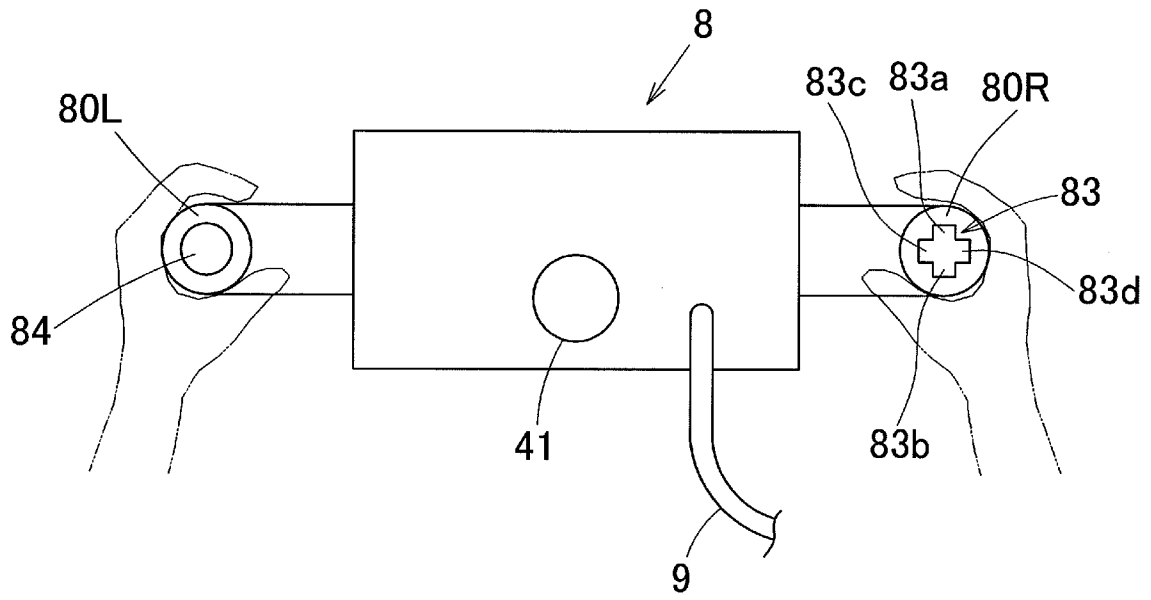
[18]



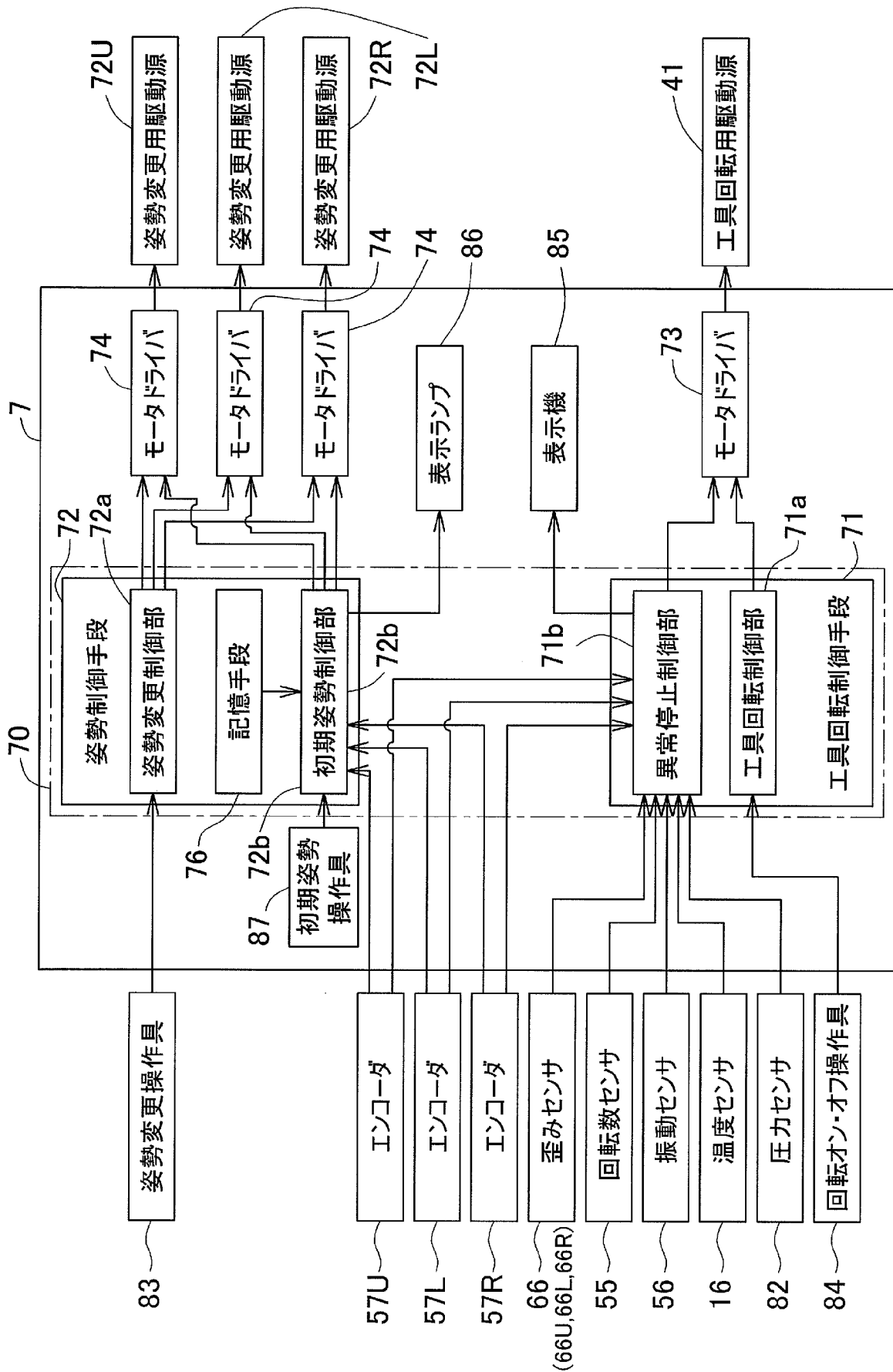
[図19]



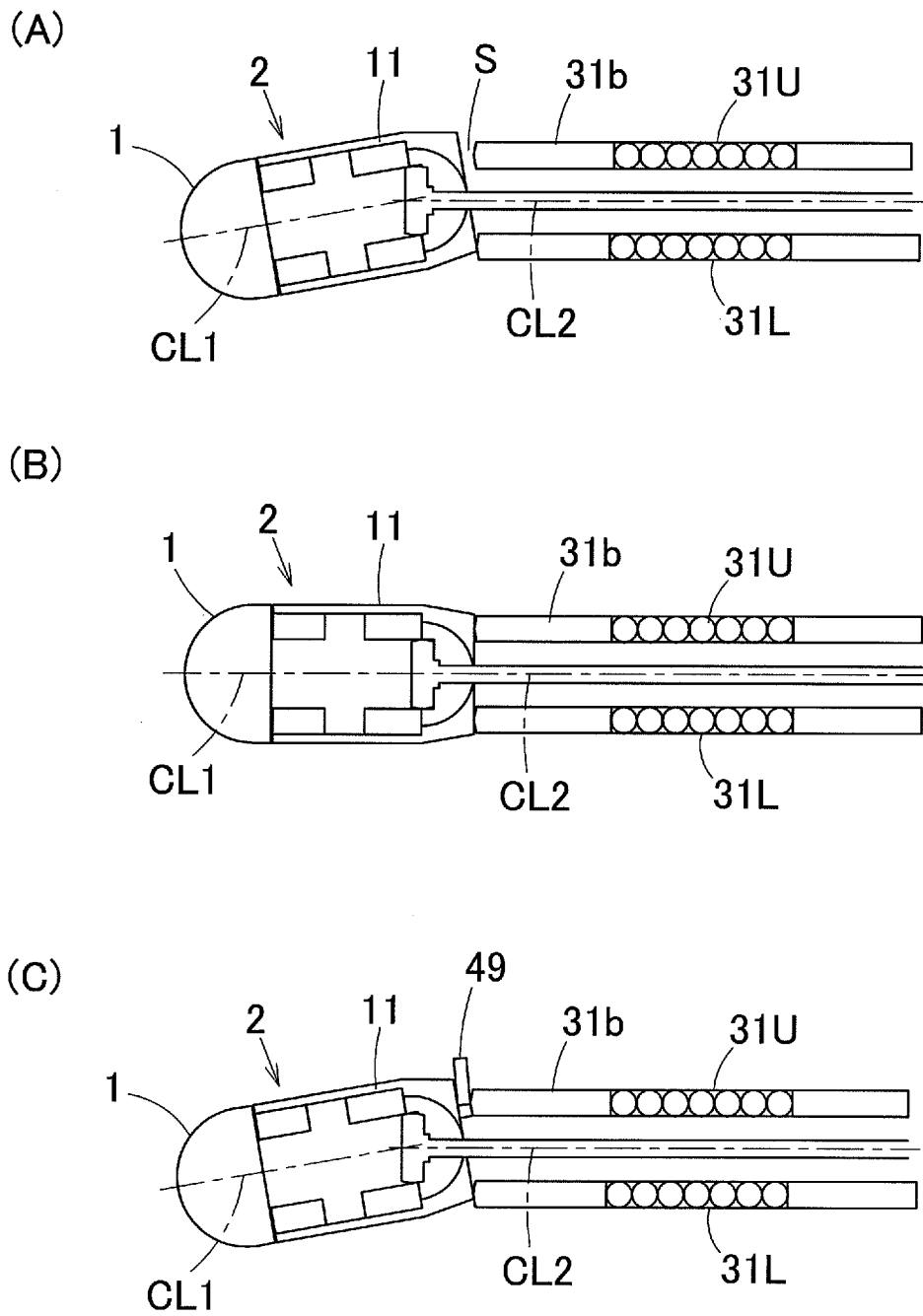
[図20]



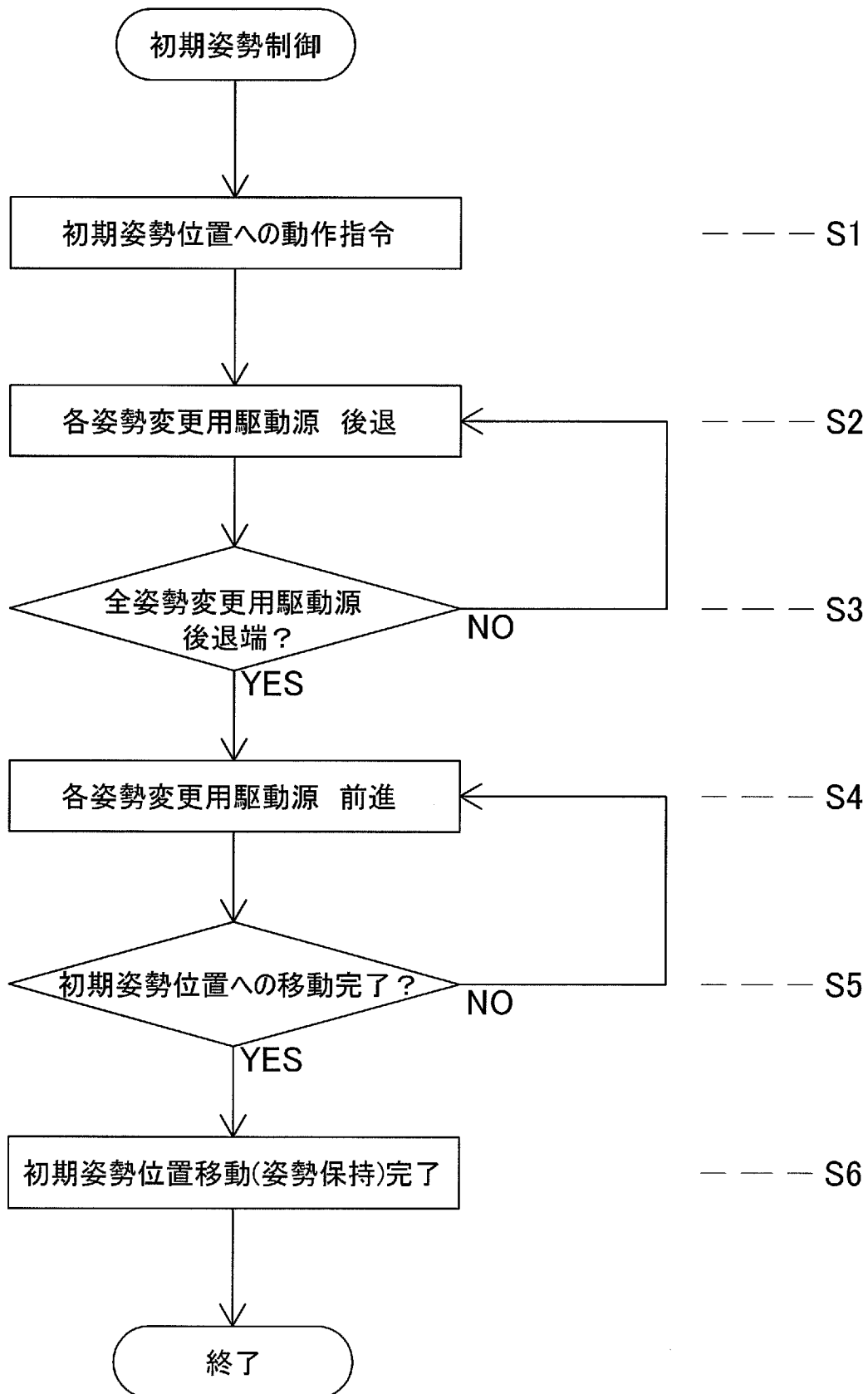
[図21]



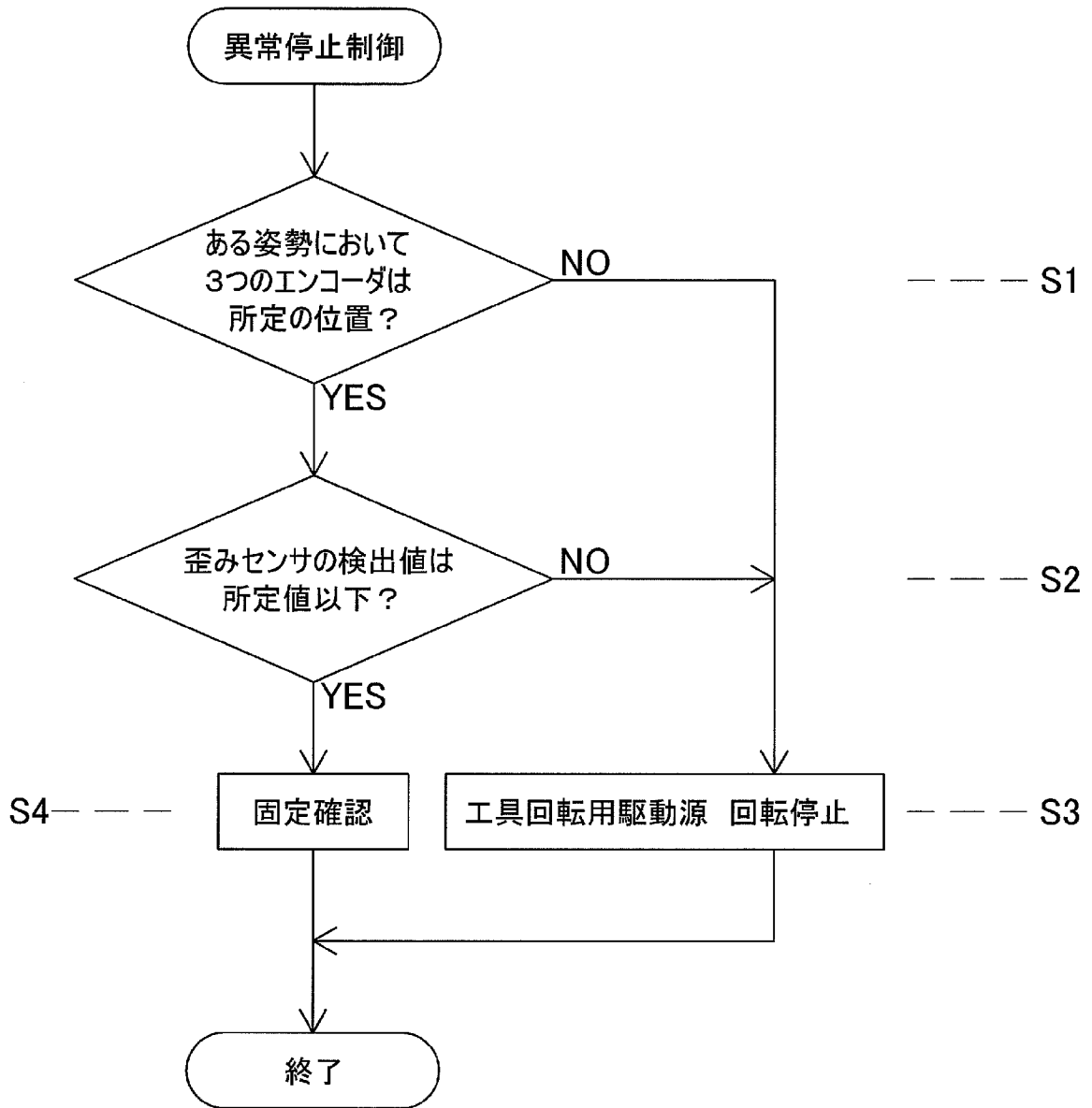
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006286

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B17/16(2006.01) i, B23B39/14(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)

A61B17/16, B23B39/14

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 60-25223 Y2 (Olympus Optical Co., Ltd.), 29 July 1985 (29.07.1985), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	DE 102006030688 A1 (Alexander FAY, Frank MANTWILL), 17 April 2008 (17.04.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2558898 Y2 (Mori Seiki Co., Ltd.), 14 January 1998 (14.01.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

 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
08 February, 2010 (08.02.10)Date of mailing of the international search report
16 February, 2010 (16.02.10)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006286

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0213692 A1 (Timo NEUBAUER, Anusch SAFFARI, Manuel MILLAHN), 13 September 2007 (13.09.2007), entire text; all drawings & EP 1834597 A1	1-15
A	US 2008/0226409 A1 (Thomas HASENZ AHL), 18 September 2008 (18.09.2008), entire text; all drawings & DE 102007012586 B3	1-15
A	JP 2002-514464 A (SCHMID, Heribert), 21 May 2002 (21.05.2002), entire text; all drawings & US 6616446 B1 & EP 1049416 A & WO 1999/058076 A1 & DE 19820639 A	1-15
A	JP 3-190612 A (Nippon Pneumatic Mfg. Co., Ltd.), 20 August 1991 (20.08.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	JP 2007-229826 A (Daiya Seiki Co., Ltd., Nagano-Ken), 13 September 2007 (13.09.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-15
A	WO 2008/072559 A1 (Namiki Precision Jewel Co., Ltd.), 19 June 2008 (19.06.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. A61B17/16(2006.01)i, B23B39/14(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. A61B17/16, B23B39/14

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	1971-2010年
日本国実用新案登録公報	1996-2010年
日本国登録実用新案公報	1994-2010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 60-25223 Y2 (オリンパス光学工業株式会社) 1985.07.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	DE 102006030688 A1 (Alexander FAY, Frank MANTWILL) 2008.04.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2558898 Y2 (株式会社森精機製作所) 1998.01.14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15

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、一般的な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

08.02.2010

国際調査報告の発送日

16.02.2010

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)

瀬戸 康平

3 I

3 2 1 7

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 請求項の番号
A	US 2007/0213692 A1 (Timo NEUBAUER, Anusch SAFFARI, Manuel MILLAHN) 2007.09.13, 全文, 全図 & EP 1834597 A1	1-15
A	US 2008/0226409 A1 (Thomas HASENZ AHL) 2008.09.18, 全文, 全図 & DE 102007012586 B3	1-15
A	JP 2002-514464 A (シュミット・ヘーリベルト) 2002.05.21, 全文, 全図 & US 6616446 B1 & EP 1049416 A & WO 1999/058076 A1 & DE 19820639 A	1-15
A	JP 3-190612 A (日本ニューマチック工業株式会社) 1991.08.20, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2007-229826 A (株式会社ダイヤ精機製作所, 長野県) 2007.09.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15
A	WO 2008/072559 A1 (並木精密宝石株式会社) 2008.06.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-15