



(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), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, 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 : リンク作動装置の診断装置

関連出願

[0001] この出願は、2015年9月25日出願の特願2015-187735、2015年12月16日出願の特願2015-244948、および2016年9月21日出願の特願2016-184573の優先権を主張するものであり、その全体を参照によりこの出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、医療機器や産業機器等の精密で広範な作動範囲を必要とするリンク作動装置等において、部品の劣化や損傷を診断でき、メンテナンス性に優れたリンク作動装置の診断装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、医療機器や産業機器等に用いられる広範な動作が可能なリンク作動装置として、先端側と基端側のリンクハブを、3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結した装置が提案されている（例えば特許文献1～4）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平10-14300号公報
特許文献2：特開2000-134716号公報
特許文献3：特開2000-94245号公報
特許文献4：米国特許第5893296号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] この種のリンク作動装置において、その制御方法が種々提案されている。しかし、リンク作動装置の構成部品である歯車や軸受等が劣化した場合に、その劣化状態を使用者に通知することについては、提案されるに至っていない

い。歯車や軸受等が劣化した場合、破損してしまうと、リンク作動装置が動作せず、メンテナンスに必要な時間が長くなる。そのため、破損するなど、装置が使用不可となる前に部品の劣化を診断し、使用者に通知することが望まれる。

[0006] この発明の目的は、上記課題を解消することであり、駆動伝達系にバックラッシュ等の遊びがあっても、破損するなど、装置が使用不可となる前に、部品の劣化状態を精度良く診断して使用者に知らせることができ、メンテナンス性を向上させることができるリンク作動装置の診断装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] この発明のリンク作動装置 1 の診断装置 5 1 は、基端側のリンクハブ 1 4 に対し先端側のリンクハブ 1 5 が、3 組以上のリンク機構 1 1 ~ 1 3 を介して姿勢を変更可能に連結され、前記各リンク機構 1 1 ~ 1 3 は、それぞれ前記基端側のリンクハブ 1 4 および先端側のリンクハブ 1 5 に一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a, 1 2 a, 1 3 a, 1 1 c, 1 2 c, 1 3 c と、これら基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a, 1 2 a, 1 3 a, 1 1 c, 1 2 c, 1 3 c の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材 1 1 b, 1 2 b, 1 3 b とでなり、前記 3 組以上のリンク機構 1 1 ~ 1 3 の全てに前記基端側のリンクハブ 1 4 に対する前記先端側のリンクハブ 1 5 の姿勢である先端姿勢を任意に変更させる姿勢制御用のアクチュエータ 3 0 が設けられた構造になっている。

[0008] この構造において、前記各アクチュエータ 3 0 を駆動させて前記リンク作動装置 1 に予圧を付与する予圧付与部 5 2 と、前記各アクチュエータ 3 0 の駆動トルクを検知するトルク検知部 5 3 と、前記リンク作動装置 1 が所定の条件で所定の動作を行ったときの前記各アクチュエータ 3 0 の駆動トルクが所定範囲内であるか否かを判断する判断部 5 4 と、この判断部 5 4 の判断結果を通知内容表示部 5 8 に通知する通知部 5 6 とを備える。なお、前記「姿勢」は、位置と方向とを含むが、以下の説明で「位置」と称する場合がある

。

[0009] 前記構成のリンク作動装置 1 は、前記 3 組以上のリンク機構 11～13 のアクチュエータ 30 が同期して動くことで位置決めするが、例えば正常時（構成部品が正常な時）にリンク作動装置 1 に所定の条件で所定の動作をさせて動作中の駆動トルクを予め測定して記憶しておき、同条件で同じ動作を実行中の駆動トルクと記憶した正常時トルクとを比較し、その差が前記所定範囲内であるか否かを判断部 54 で判断し、この判断部 54 の判断結果を通知内容表示部 58 に通知部 56 で通知する。通知部 56 は、前記所定範囲内でない場合のみ通知するようにしても良い。

[0010] 前記 3 組以上のリンク機構 11～13 で構成されるリンク作動装置 1 においては、姿勢変更の範囲が広くて複雑な動作を行い、また歯車やその他の回転対偶、機構部等にはバックラッシュやがたつき等があり、このバックラッシュやがたつきのトルクへの影響は、検出時や検出前の各リンクの姿勢等によって大きく変動する。そのため、単にモータトルクを監視しても、部品の劣化状態を精度良く判定することが難しい。

[0011] そこでこの発明では、リンク作動装置 1 に予圧を付与する予圧付与部 52 を設け、その上で前記リンク作動装置が所定の条件で所定の動作を行ったときの各アクチュエータ 30 の駆動トルクをトルク検知部 53 で検知する。これらの駆動トルクが所定範囲内であるか否かを判断部 54 で判断する。予圧を付与することでバックラッシュやがたつきのトルクへの影響を低減できる。また、リンク作動装置 1 に異常発生部がある場合は、正常時と比較して複数の軸で同時にトルク差が発生する傾向が強い。このように判断し、その判断結果を通知内容表示部 58 へ通知するため、このリンク作動装置 1 を構成する部品の劣化状態を精度良く検知することができる。

[0012] また、全てのリンク機構 11～13 にアクチュエータ 30 を設けたリンク作動装置 1 において適用するため、より精度良く劣化状態の判断が行える。すなわち、この種のリンク作動装置 1 は、2 つのアクチュエータ 30 によっても可能であるが、アクチュエータ 30 が 2 つであると、そのトルクを検出

しても、どの部品に劣化が生じているのかを判断することが難しい。しかし、各リンク機構 11～13 毎にアクチュエータ 30 が設けられた構成であると、そのアクチュエータ 30 が設けられたリンク機構 11～13 の構成部品の劣化であると判断でき、より精度良く、簡単に劣化状態の判断が行える。

[0013] このように、駆動伝達系にバックラッシュ等の遊びがあっても、破損するなど、装置が使用不可となる前に、部品の劣化状態を精度良く診断して使用者に知らせることができる。これにより、装置が使用不可となる前に部品を交換することができるようになり、メンテナンス性が向上する。

[0014] この発明において、前記所定の条件および所定の動作は任意に定めた条件、動作であっても良いが、例えば前記所定の条件が、前記予圧が付与されていること、前記リンク作動装置 1 の先端側の端部リンク部材に作用する負荷が定められた範囲内であること、および同端部リンク部材の移動速度が定められた範囲内であることの少なくとも一つを含み、前記所定の動作が、前記リンク作動装置 1 が所定の経路を移動すること、もしくは、所定の位置から位置へ移動することであっても良い。前記リンク作動装置 1 が動作中であっても、上記のように構成部品が正常時にリンク作動装置 1 に所定の条件で所定の動作をさせて動作中の駆動トルクを予め測定して記憶しておき、同条件で同じ動作を実行中の駆動トルクと正常時トルクとを比較すれば、異常であるか否かの正しい判定が行える。

[0015] この発明において、前記所定の条件が、前記予圧が付与されていることであり、前記所定の動作が、前記リンク作動装置 1 が位置決め状態とすることであっても良い。この構成のリンク作動装置 1 は、前記 3 組以上のリンク機構 11～13 のアクチュエータ 30 が同期して動くことで位置決めするが、予めリンク作動装置 1 に予圧を付与すると、構成部品である歯車や軸受などに摩耗等が発生した場合に、予圧量が低下してリンク機構 11a～11c を動かすアクチュエータ 30 のモータ 30a 等のトルクが低下してしまう。

また、歯車部などに異物が入った際には位置決め時には前記とは逆にトルクが上昇する。前記予圧が付与された位置決め状態で各アクチュエータ 3

0の駆動トルクをトルク検知部53で検知する。そのため、常に同じ条件でトルクを検知することができる。この請求項の発明の診断装置は、このことを利用し、アクチュエータ30のモータ30a等の駆動トルクを監視し、位置決め時の所定範囲外のトルク低下やトルク増大を検出した場合に、例えばタッチパネルなどの通知内容表示部58にトルク低下またはトルク上昇等の警告等を通知する。

[0016] この発明において、前記各アクチュエータ30が、電動のサーボモータを含んでいても良い。例えば、前記各アクチュエータ30は、電動のサーボモータとこのサーボモータの出力する回転を減速する減速機構31とでなるロータリアクチュエータであっても良い。各アクチュエータ30が電動のサーボモータを備えるロータリアクチュエータであると、駆動が制御性良く行えるだけでなく前記異常の判断も精度良く行える。

[0017] この発明において、前記予圧付与部52により前記リンク作動装置1の前記予圧を付与する動作は、このリンク作動装置1を初期姿勢とし、このリンク作動装置1を構成する要素のうち、前記アクチュエータ30の駆動で相対的に動く要素で構成される各対偶部につき、この対偶部の遊び内で片側へ寄せようとする力を付与する動作としても良い。このように、リンク作動装置1を初期姿勢とし、各対偶部につき、その遊び内で片側へ寄せようとする力を付与し、駆動トルクを検知するようにすれば、常に同じ状態で駆動トルクを検知でき、劣化状態の診断をより精度良く行える。

[0018] この発明において、前記判断部54により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された回数を記憶する記憶部55を有し、前記通知部56は、前記所定範囲外と判断された回数が閾値を超えた場合に、前記通知とは別の通知を行うようにしても良い。前記トルク検知部53で駆動トルクを検知しても、何らかの一時的な要因でトルクが大きくなっている場合がある。しかし、検出したトルクが頻繁に所定範囲外になる場合は、構成部品に摩耗等の劣化が生じている場合が多い。そのため、所定範囲外と判断された回数が閾値を超えた場合に前記通知とは別の通知、例えば部品交換時期であることを知ら

せる通知を行うようにすることで、単なる一時的な異常ではなく、部品交換の緊急性が高いことを、高い信頼性で認識させることができる。これにより、装置が使用不可となる前に部品を交換することができるようになり、メンテナンス性が向上する。

[0019] この発明において、前記判断部 5 4 により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された周期を記憶する記憶部 5 5 を有し、前記通知部 5 6 は、前記所定範囲外と判断された周期が閾値よりも短くなった場合に前記通知とは別の通知を行うようにしても良い。前述のように、前記トルク検知部 5 3 で駆動トルクを検知しても、何らかの一時的な要因でトルクが大きくなっている場合がある。しかし、検出したトルクが短い周期で所定範囲外になる場合は、構成部品に摩耗等の劣化が生じている場合が多い。そのため、所定範囲外と判断された周期が閾値未満となる場合に、前記通知は別の通知、例えば部品交換時期であることを知らせる通知を行うようにすることで、単なる一時的な異常ではなく、部品交換の緊急性があることを高い信頼性で認識させることができる。これにより、装置が使用不可となる前に部品を交換することができるようになり、メンテナンス性が向上する。

[0020] この発明において、前記通知内容表示手段 5 8 は、前記リンク作動装置 1 を操作する操作盤 5 9 に備えられた操作パネル 5 7 であっても良い。この構成によると、部品の劣化の通知が操作盤 5 9 の操作パネル 5 7 に示されるので、このリンク作動装置 1 を使用する使用者が、部品劣化の通知に気づき易い。

[0021] 請求の範囲および／または明細書および／または図面に開示された少なくとも 2 つの構成のどのような組合せも、この発明に含まれる。特に、請求の範囲の各請求項の 2 つ以上のどのような組合せも、この発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0022] 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。この発明の範囲は添付の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]この発明の一実施形態に係るリンク作動装置の診断装置の概念構成のブロック図とリンク作動装置の水平断面とを示す説明図である。

[図2]同実施形態の一部を変更したリンク作動装置の診断装置の概念構成のブロック図とリンク作動装置の水平断面とを示す説明図である。

[図3]同実施形態の図2とは別の箇所を変更したリンク作動装置の診断装置の概念構成のブロック図とリンク作動装置の水平断面とを示す説明図である。

[図4]同リンク作動装置の一つのリンク機構のみを示す正面図である。

[図5]同リンク作動装置を図4とは異なる動作状態で示す正面図である。

[図6]同リンク作動装置のリンク機構部の斜視図である。

[図7]同リンク作動装置の一つのリンク機構を示す模式図である。

[図8]同リンク作動装置の部分拡大断面図である。

[図9]同リンク作動装置の診断装置が行う処理動作の流れ図である。

[図10]同リンク作動装置の診断装置におけるイニシャライズ処理後の処理動作の例を示す流れ図である。

[図11]同リンク作動装置の診断装置におけるイニシャライズ処理後の処理動作の他の例を示す流れ図である。

[図12]同診断装置の制御対象となるリンク作動装置の他の例を示す水平断面図である。

[図13]同リンク作動装置につき一つのリンク機構を示す正面図である。

[図14]同リンク作動装置の斜視図である。

[図15]同診断装置の制御対象となるパラレルリンク機構のさらに他の例を示す水平断面図である。

[図16]同パラレルリンク機構の部分拡大水平断面図である。

[図17]同リンク作動装置の異常発生部を含む場合の各軸のモータトルク変動を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0023] この発明の一実施形態を図1～図11と共に説明する。このリンク作動装置の診断装置51は、リンク作動装置1を構成する部品の劣化状態や損傷を診断する装置である。診断対象となるリンク作動装置1は、平行リンク機構1Aと、この平行リンク機構1Aを制御する制御装置50とを備え、前記平行リンク機構1Aが診断対象となる。
- [0024] 平行リンク機構1Aは、基端側のリンクハブ14に対し先端側のリンクハブ15が、3組のリンク機構11、12、13を介して姿勢を変更可能に連結され、前記各リンク機構11、12、13は、それぞれ前記基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15に一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材11a、12a、13a、11c、12c、13cと、これら基端側および先端側の端部リンク部材11a、12a、13a、11c、12c、13cの他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材11b、12b、13bとでなる。前記3組のリンク機構11、12、13の全てに前記基端側のリンクハブ14に対する前記先端側のリンクハブ15の姿勢である先端姿勢を任意に変更させる電動式のアクチュエータ30が設けられている。
- [0025] 図1において、前記アクチュエータ30は、例えばロータリアクチュエータ、より詳しくはモータ30aと減速機30bとで構成されるサーボモータであって、モータ固定部材32により基台2に固定されている。減速機構31は、アクチュエータ30の前記減速機30bと、歯車式の減速部33とでなる。
- [0026] 前記制御装置50は、上位制御手段（図示せず）からの位置指令等の指示により、または操作盤59からの位置指令等の入力操作に従って平行リンク機構1Aの前記各アクチュエータ30のモータ30aを制御部50aで制御する装置である。前記位置指令は、例えば、先端側リンクハブ15の移動先の座標値等を示す指令である。前記制御部50aは、位置フィードバックの機能を備えた各軸（各アクチュエータ30）のサーボ機構を構成する。

- [0027] 前記診断装置 5 1 につき説明する。この診断装置 5 1 は前記制御装置 5 0 に設けられている。なお、パラレルリンク機構 1 A のより具体的な構成は、後に説明する。前記診断装置 5 1 は、予圧付与部 5 2、トルク検知部 5 3、判断部 5 4、および通知部 5 6 によって構成される。
- [0028] 予圧付与部 5 2 は、前記各アクチュエータ 3 0 のモータ 3 0 a を駆動させて初期姿勢に位置決めし、前記リンク作動装置 1 に予圧を付与する手段である。この予圧付与の指令は前記制御部 5 0 a に与え、制御部 5 0 a が実行する。前記初期姿勢は任意に定めれば良く、リンク作動装置 1 の診断に適した姿勢、例えば前記予圧を与え易い姿勢等を選んで定められる。前記予圧付与部 5 2 により前記予圧を付与する動作は、このリンク作動装置 1 を前記初期姿勢とし、前記リンク作動装置 1 を構成する要素のうち、前記アクチュエータ 3 0 の駆動で相対的に動く要素（例えば歯車や軸受）により構成される各回転対偶等の対偶部につき、この対偶部の遊び内で片側へ寄せようとする力を付与する動作である。
- [0029] 前記トルク検知部 5 3 は、前記予圧が付与された前記位置決め状態で前記各アクチュエータ 3 0 のモータ 3 0 a の駆動トルクを検知する手段である。駆動トルクの検知は、例えば各モータ 3 0 a の駆動回路に設けられた電流計（図示せず）で検知された電流値を検出すること等で行われる。
- [0030] 前記判断部 5 4 は、前記リンク作動装置 1 が所定の条件で所定の動作を行ったときの前記各アクチュエータ 3 0 の駆動トルクを前記トルク検知部 5 3 で検出したトルクが所定範囲内であるか否かを判断する手段である。前記所定範囲は、試験や設計によって適宜定められる。前記所定範囲は、設計等により適宜定められる。この所定範囲は、上限を示す閾値だけで定めても良い。前記判断部 5 4 は、前記所定の動作、所定の条件、測定結果の組み合わせを、複数種、例えばこのリンク作動装置 1 が定まった形態で動作される場合はその動作の種類数だけ記憶していても良く、またトルク測定による異常判定を行う場合の動作が定められた一または複数である場合は、その数だけを記憶しても良い。判定時は、該当する動作の種類を適宜の方法で選定し、そ

の動作の測定値を用いて判定に用いる。

[0031] 前記所定の条件および所定の動作は任意に定めた条件、動作であっても良いが、例えば、前記所定の条件は、前記予圧が付与されていること、前記リンク作動装置 1 の先端側の端部リンク部材 11c, 12c, 13c に作用する負荷が定められた範囲内であること、および同端部リンク部材の移動速度が定められた範囲内であることの少なくとも一つを含み、前記所定の動作が、前記リンク作動装置 1 が所定の経路を移動することであっても良い。前記リンク作動装置 1 が動作中であっても、前記したように構成部品が正常時にリンク作動装置 1 に所定の条件で所定の動作をさせて動作中の駆動トルクを予め測定して記憶しておき、同条件で同じ動作を実行中の駆動トルクと正常時トルクとを比較すれば、異常であるか否かの正しい判定が行える。なお、ここで言う「所定の動作の動作中」は、位置決め動作を含む。

[0032] また、前記所定の条件が、前記予圧が付与されていることであり、前記所定の動作が、前記リンク作動装置 1 が位置決め状態とすることであっても良い。

[0033] 前記通知部 56 は、前記判断部 54 の判断結果を通知内容表示部 58 に通知し、表示させる手段である。前記通知部 56 は、単に通知だけでなく、後に説明するように、条件に対応して通知を行うか否かの判断や、イニシャライズ等の指令を行う機能を備える。通知内容表示部 58 は、例えば前記制御装置 50 に付属する操作盤 59 における操作パネル 57 等で構成される。前記操作パネル 57 は、液晶表示装置等のタッチパネル等からなり、画像の表示と制御部 50a 等への入力操作とが行えるものであっても良い。

[0034] この構成のリンク作動装置の診断装置 51 において、図 2 に示すように、記憶部 55 を設け、前記判断部 54 により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された「回数」を前記記憶部 55 に記憶し、前記通知部 56 は、前記所定範囲外と判断された「回数」が閾値を超えた場合に、前記通知とは異なる通知、例えば部品交換を促す通知を行うようにしても良い。

[0035] また、判断対象として、前記「回数」による他に、「周期」を判断対象に

用いても良い。すなわち、前記判断部 5 4 により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された「周期」を前記記憶部 5 5 に記憶し、前記通知部 5 6 は、前記所定範囲外と判断された「周期」が閾値よりも短くなった場合に、前記通知とは異なる通知、例えば部品交換を促す通知を行うようにしてもよい。換言すれば、前記通知部 5 6 は、前記所定範囲外と判断された周期が閾値未満である場合に、前記通知とは異なる通知を行うようにしてもよい。

[0036] 前記通知内容表示部 5 8 は、図 3 に示すように、制御装置 5 0 とは離れた位置に設けられていても良い。例えば、このリンク作動装置 1 が設置された部屋とは別の集中管理室等に設けられていても良く、さらに広域の通信ネットワークを介して接続されたコンピュータ等の画像表示装置であっても良い。

[0037] 前記構成の診断装置 5 1 の作用の概要を説明する。リンク作動装置 1 において、予めリンク作動装置 1 に予圧を付与すると、構成部品である歯車や軸受などに摩耗等の劣化が発生した場合に、予圧量が低下してリンク機構 1 1 ～1 3 を動かすアクチュエータ 3 0 のモータ 3 0 a のトルクが低下してしまう。すなわち、前記リンク作動装置 1 は 3 つのモータ 3 0 a が同期して動くことで位置決めを行っているため、構成部品が劣化すると、位置決め時にモータトルクが低下する。また、歯車部などに異物が入った際には位置決め時にトルクが上昇する。

[0038] このことを利用し、このリンク作動装置 1 の診断装置 5 1 は、トルク検知部 5 3 でモータ 3 0 a のトルクを監視し、位置決め時の所定範囲を超えるトルク低下やトルクの増大を判断部 5 4 で検出した場合、タッチパネルなどの通知内容表示部 5 8 にトルク低下警告またはトルク増大警告等の通知を行う。トルク低下や増大が頻発した場合は、後述のように、前記通知内容表示部 5 8 に部品交換時期であることを通知する。

[0039] このリンク作動装置 1 の診断装置 5 1 は、リンク作動装置 1 の組立後最初に動作させる前に、初期位置で基準となるトルクを設定するイニシャライズ処理を行う。例えばリンク作動装置 1 の先端側のリンクハブ 1 5 の姿勢が固

定されるように、例えば器物への押し付け状態となるように、所定位置に位置決めする。その後の使用でモータ 30 a のトルクが前記所定範囲よりも上昇または低下した場合は、再度イニシャライズ処理を行うことで、新たに所定トルクを設定し直すことができる。

[0040] 所定の動作時間に対し、モータトルクの上昇／低下が頻発し、イニシャライズ処理を一定以上行った場合は、部品の劣化／異常と判断し、部品交換時であることの通知を行うことで、使用者に部品の交換を促す。歯車などが破損する前に使用者に部品交換時期であることを通知することで、装置が使用不可となる前に部品を交換することができるようになり、メンテナンス性が向上する。前記通知は、リンク作動装置 1 の操作盤 59 における操作パネル 57 を行うことで、使用者が気づきやすくなる。

[0041] 次に、前記構成の診断装置 51 の具体的な動作例を、図 9 ～ 図 11 と共に説明する。図 9 において、図 1 の予圧付与部 52 からの指令により、制御部 50 a のモータサーボをオンにし（ステップ R1）、所定の動作を実施する（ステップ R2）。所定の動作は、定められた区間をリンク作動装置 1 の先端側のリンクハブ 15 が移動する動作であっても良く、また所定位置に位置決めする動作であっても良い。この所定の動作の完了、例えば前記定められた区間の終端まで移動したこと、または位置決めの完了が前記制御部 50 a 等で検出されると、全モータ 30 a のトルクをトルク検知部 53 で測定する（ステップ 3R）。

[0042] 判断部 54 は、全モータ 30 a につき、トルクが所定範囲外であるかを判断し（ステップ R4）、通知部 56 は、任意の数以上のモータ 30 a のトルクが所定範囲外であると、トルク異常の検知回数を計数するカウンタ（図示せず）がカウント値を 1 だけインクリメントし（ステップ R5）、トルク異常の通知を行って通知内容表示部 58 に表示させる（ステップ R6）。この段階ではリンク作動装置 1 の正常な動作がまだ行える可能性が高いからである。前記モータトルクの判定ステップ R4 で、所定範囲内のモータが任意の数以上あるときは、トルク異常の通知を行わない（R7）。

- [0043] 図10は、図2の記憶部55を備え、検知頻度で部品交換時期の通知を行う場合の流れを示す。トルク異常通知の表示中（ステップS1）に、イニシャライズ処理を行う（ステップS2）。このイニシャライズ処理は、初期位置での基準となるトルクの再設定である。全モータ30aのトルクを測定し（ステップS3）、任意の数以上のモータ30aのトルクが所定範囲外であるかを判断する（ステップS4）。任意の数以上のモータ30aのトルクが所定範囲内であると判断された場合はトルク異常通知を消去する（ステップS8）。
- [0044] 任意の数以上のモータ30aのトルクが所定範囲外であると判断された場合は、トルク異常の検知回数を計数するカウンタ（図示せず）のカウント値を1だけインクリメントする（ステップS5）。このインクリメントされたトルク検知回数が規定数を越えたか否かを判断し（ステップS6）、越えていない場合はトルク異常通知を表示する（ステップS9）。前記判断ステップS6で越えたと判断された場合は、部品交換時期通知を前記通知内容表示部58に表示する（ステップS7）。
- [0045] このような一連の処理により、リンク作動装置1を構成する部品（歯車や軸受など）が部品交換時期にあるか否かを判断し、部品交換時期通知を適切に行うことができる。
- [0046] 図11は、部品交換時期通知を、トルク異常周期の長さによって判断する場合を示す。まず、イニシャライズ処理（初期位置での基準となるトルクの再設定）を行う（ステップT1）。この後、トルク異常周期の計測を開始し（ステップT2）、制御部50aによるモータサーボをオンにする（ステップT3）。これにより所定の動作（所定区間の移動または位置決めなど）を実施し（ステップT4）、所定の動作が完了すると、全モータ30aのトルク測定を行う（ステップT5）。
- [0047] リンク作動装置1に異常発生部がある場合は、図9に試験例の3軸のトルク変動を示すように、正常時と比較して複数軸同時にトルク差が発生することが多い。そこで、前記全モータ30aのうち、任意の数以上のモータ30

aのトルクが所定範囲外であるかを判断するようにしており（ステップT6）、任意の数以上のモータ30aのトルクが所定範囲内である場合は、トルク異常周期の計測を継続し（ステップT11）、前記モータサーボオンのステップT3に戻る。

[0048] なお、図17は前記異常発生部がある場合のモータ30a（モータ1～3）のトルクの変化の一例を、正常なトルク変化と共に示すグラフである。

[0049] 任意の数以上のモータ30aのトルクが所定範囲外である場合は、トルク異常通知を表示し（ステップT7）、トルク異常周期を記憶し（ステップT8）、その後にトルク異常周期が規定周期未満であるか否かを判断する（ステップT9）。前記規定周期は、設計により適宜の値に定めておく。規定周期以上である場合は、トルク異常周期の計測をリセットし（ステップT12）、イニシャライズ処理のステップT1に戻る。規定周期未満である場合は、部品交換時期の通知を表示する（ステップT10）。

[0050] これら図10または図11に示した処理を行うようにした場合は、歯車や歯車のような部品などが破損する前に使用者に部品交換時期であることを高い信頼度で通知でき、これにより、装置が使用不可となる前に部品を交換することができるようになり、メンテナンス性がより一層向上する。

[0051] 次に、前記リンク作動装置1の具体的な構成例を説明する。図1および図4に示すように、このリンク作動装置1は、基台2に対して、リンク機構部3を介して、医療用器具等が取付けられる先端取付部材4（図4）を姿勢変更可能に連結したものである。リンク機構部3は、基台2にスペーサ5を介して固定された基端側のリンクハブ14と、先端取付部材4に固定された先端側のリンクハブ15と、これら基端側のリンクハブ14と先端側のリンクハブ15とを連結する3組のリンク機構11、12、13（以下、「11～13」と表記する場合がある）とを有する。なお、図4では、1組のリンク機構11のみを表示している。

[0052] 図6は、リンク作動装置1のリンク機構部3の斜視図である。このリンク機構部3を構成する各リンク機構11、12、13は、基端側の端部リンク

部材 11a, 12a, 13a (以下、「11a~13a」と表記する)、中央リンク部材 11b, 12b, 13b (以下、「11b~13b」と表記する)、および先端側の端部リンク部材 11c, 12c, 13c (以下、「11c~13c」と表記する)で構成され、4つの回転対偶からなる3節連鎖のリンク機構をなす。基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11c~13c は L 字状をなし、基端がそれぞれの基端側のリンクハブ 14 および先端側のリンクハブ 15 に回転自在に連結されている。中央リンク部材 11b~13b は、両端に基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11c~13c の先端がそれぞれ回転自在に連結されている。

[0053] 基端側および先端側の端部リンク部材 11a~13a, 11c~13c は球面リンク構造で、3組のリンク機構 11~13 における球面リンク中心 P A, P C (図4、図5) は一致しており、また、その球面リンク中心 P A, P C からの距離も同じである。端部リンク部材 11a~13a, 11c~13c と中央リンク部材 11b~13b との連結部となる回転対偶軸は、ある交差角をもっているがよいし、平行であってもよい。

[0054] つまり、3組のリンク機構 11~13 は、幾何学的に同一形状をなす。幾何学的に同一形状とは、各リンク部材 11a~13a, 11b~13b, 11c~13c を直線で表現した幾何学モデルが、中央リンク部材 11b~13b の中央部に対する基端側部分と先端側部分が対称を成す形状であることを言う。図7は、一つのリンク機構 11 を直線で模式的に表現した図である。

[0055] この実施形態のリンク機構 11~13 は回転対称タイプで、基端側のリンクハブ 14 および基端側の端部リンク部材 11a~13a と、先端側のリンクハブ 15 および先端側の端部リンク部材 11c~13c との位置関係が、中央リンク部材 11b~13b の中心軸 A (図6) に対して回転対称となる位置構成になっている。図4は、基端側のリンクハブ 14 の中心軸 B と先端側のリンクハブ 15 の中心軸 C とが同一線上にある状態を示し、図5は、基端側のリンクハブ 14 の中心軸 B に対して先端側のリンクハブ 15 の中心軸

Cが所定の作動角をとった状態を示す。各リンク機構11～13の姿勢が変化しても、基端側と先端側の球面リンク中心PA、PC間の距離Dは変化しない。

[0056] 基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15は六角柱状で、外周面を構成する6つの側面16（図6）のうちの1つ置きに離れた3つの側面16に、基端側および先端側の端部リンク部材11a～13a、11c～13cがそれぞれ回転自在に連結されている。

[0057] 図1の下部は、基端側のリンクハブ14と基端側の端部リンク部材11a～13aの連結部を示す横断面図、図8はその部分拡大図である。基端側のリンクハブ14の側面16（図6）から軸部18（図8）が突出し、この軸部18に複列の軸受17（図6）の内輪（図示せず）が外嵌し、基端側の端部リンク部材11a～13aの基端側のリンクハブ側の端部に軸受17の外輪（図示せず）が内嵌している。つまり、内輪は基端側のリンクハブ14に固定され、外輪が基端側の端部リンク部材11a～13aと共に回転する構造である。軸受17は、例えば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受等の玉軸受であって、ナット19による締付けでもって所定の予圧量を付与して固定されている。軸受17としては、図示例のように玉軸受を複列で配列する以外に、ローラ軸受や滑り軸受を用いてもよい。先端側のリンクハブ15と先端側の端部リンク部材11c～13cの連結部も、同様の構造である。

[0058] また、基端側の端部リンク部材11a～13aと中央リンク部材11b～13bの連結部も、複列の軸受20を介して互いに回転自在に連結されている。すなわち、基端側の端部リンク部材11a～13aに軸受20の外輪（図示せず）が内嵌し、中央リンク部材11b～13bに設けた軸部21に軸受20の内輪（図示せず）が外嵌している。なお、図1および図8では、基端側の端部リンク部材11aと中央リンク部材11bの連結部についてのみ図示されている。軸受20は、例えば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受等の玉軸受であって、ナット22による締付けでもって所定の予圧量を付与して固定されている。軸受20としては、図示例のように玉軸受を複列で配列する

以外に、ローラ軸受や滑り軸受を用いてもよい。先端側の端部リンク部材 11c～13c と中央リンク部材 11b～13b の連結部も、同様の構造である。

[0059] 図 6 に示す前記リンク機構 11～13 において、基端側および先端側のリンクハブ 14, 15 の軸部 18 (図 8) の角度、長さ、および端部リンク部材 11a～13a, 11c～13c の幾何学的形状が基端側のリンクハブ 14 と先端側のリンクハブ 15 とで等しく、また、中央リンク部材 11b～13b についても基端側のリンクハブ 14 と先端側のリンクハブ 14 とで形状が等しいとき、中央リンク部材 11b～13b の対称面に対して中央リンク部材 11b～13b と、基端側および先端側のリンクハブ 14, 15 と連結される端部リンク部材 11a～13a, 11c～13c との角度位置関係を基端側と先端側で同じにすれば、幾何学的対称性から基端側のリンクハブ 14 および基端側の端部リンク部材 11a～13a と、先端側のリンクハブ 15 および先端側の端部リンク部材 11c～13c とは同じに動く。例えば、基端側および先端側のリンクハブ 14, 15 にそれぞれ中心軸 B, C と同軸に回転軸を設け、基端側のリンクハブ 14 から先端側のリンクハブ 15 へ回転伝達を行う場合、基端側のリンクハブ 14 と先端側のリンクハブ 15 は同じ回転角になって等速で回転する等速自在継手となる。この等速回転するときの中央リンク部材 11b～13b の対称面を等速二等分面という。

[0060] このため、基端側のリンクハブ 14 および先端側のリンクハブ 15 を共有する同じ幾何学形状のリンク機構 11～13 を円周上に複数配置させることにより、複数のリンク機構 11～13 が矛盾なく動ける位置として中央リンク部材 11b～13b が等速二等分面上のみの動きに限定され、これにより基端側のリンクハブ 14 と先端側のリンクハブ 15 とは任意の作動角をとっても等速回転が得られる。

[0061] 各リンク機構 11～13 における 4 つの回転対偶の回転部、つまり、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a～13a との連結部分、先端側のリンクハブ 15 と先端側の端部リンク部材 11c～13c との連

結部分、および基端側および先端側の端部リンク部材 11a～13a, 11c～13c と中央リンク部材 11b～13b との 2 つの連結部分を軸受構造とすることにより、その連結部分での摩擦抵抗を抑えて回転抵抗の軽減を図ることができ、滑らかな動力伝達を確保できると共に耐久性を向上できる。

[0062] このリンク機構部 3 の構成によれば、基端側のリンクハブ 14 に対する先端側のリンクハブ 15 の可動範囲を広くとれる。例えば、基端側のリンクハブ 14 の中心軸 B (図 6) と先端側のリンクハブ 15 の中心軸 C の折れ角 θ の最大値 (最大折れ角) を約 $\pm 90^\circ$ とすることができる。また、基端側のリンクハブ 14 に対する先端側のリンクハブ 15 の旋回角 ϕ を $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲で設定できる。折れ角 θ は、基端側のリンクハブ 14 の中心軸 B に対して先端側のリンクハブ 15 の中心軸 C が傾斜した垂直角度のことであり、旋回角 ϕ は、基端側のリンクハブ 14 の中心軸 B に対して先端側のリンクハブ 15 の中心軸 C が傾斜した水平角度のことである。

[0063] 前記 3 組のリンク機構 11～13 の全てに、アクチュエータ 30 および減速機構 31 が設けられている。以下、図 1 および図 8 と共に、リンク機構 11 に設けられたアクチュエータ 30 および減速機構 31 について説明するが、リンク機構 12, 13 に設けられたものについても同じ構成である。

[0064] 図 1 に示すように、アクチュエータ 30 はロータリアクチュエータ、より詳しくは減速機 30b 付きのサーボモータ 30a であって、モータ固定部材 32 により基台 2 に固定されている。減速機構 31 は、アクチュエータ 30 の減速機 30b と、歯車式の減速部 33 とでなる。

[0065] 図 8 に示すように、歯車式の減速部 33 は、アクチュエータ 30 の出力軸 30c にカップリング 35 を介して回転伝達可能に連結された小歯車 36 と、基端側の端部リンク部材 11a に固定され前記小歯車 36 と噛み合う大歯車 37 とで構成されている。図示例では、小歯車 36 および大歯車 37 は平歯車であり、大歯車 37 は、扇形の周面にのみ歯が形成された扇形歯車である。大歯車 37 は小歯車 36 よりもピッチ円半径が大きく、アクチュエータ 30 の出力軸 30c の回転が基端側の端部リンク部材 11a へ、基端側のリ

リンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a の回転対偶軸 O1 回りの回転に減速して伝達される。その減速比は 10 以上とされている。

[0066] 大歯車 37 のピッチ円半径は、基端側の端部リンク部材 11a のアーム長 L の $1/2$ 以上としてある。前記アーム長 L は、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a の回転対偶軸 O1 の軸方向中心点 P1 から、基端側の端部リンク部材 11a と中央リンク部材 11b の回転対偶軸 O2 の軸方向中心点 P2 を基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a の回転対偶軸 O1 に直交してその軸方向中心点 P1 を通る平面に投影した点 P3 までの距離である。この実施形態の場合、大歯車 37 のピッチ円半径が前記アーム長 L 以上である。そのため、高い減速比を得るのに有利である。

[0067] 小歯車 36 は、大歯車 37 と噛み合う歯部 36a の両側に突出する軸部 36b を有し、これら両軸部 36b が、基台 2 に設置された回転支持部材 39 に設けられた複列の軸受 40 によりそれぞれ回転自在に支持されている。軸受 40 は、例えば深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受等の玉軸受である。図示例のように玉軸受を複列で配列する以外に、ローラ軸受や滑り軸受を用いてもよい。複列の軸受 40 の各外輪（図示せず）間にはシム（図示せず）を設け、軸部 36b に螺合したナット 41 を締め付けることにより、軸受 40 に予圧を付与する構成としてある。軸受 40 の外輪は、回転支持部材 39 に圧入されている。

[0068] 大歯車 37 は、基端側の端部リンク部材 11a と別部材であり、基端側の端部リンク部材 11a に対してボルト等の結合具 42 により着脱可能に取付けられている。

[0069] アクチュエータ 30 の回転軸心 O3 および小歯車 36 の回転軸心 O4 は同軸上に位置する。これら回転軸心 O3, O4 は、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a の回転対偶軸 O1 と平行で、かつ基台 2 からの高さが同じとされている。

[0070] 図 1 において、制御装置 50 は、コンピュータによる数値制御式のもので

あり、前記制御装置 50 における制御部 50a は、例えば折れ角 θ (図 6) および旋回角 ϕ (図 6) を規定することで、先端側のリンクハブ 15 の姿勢を設定する。また、例えばエンコーダ (図示せず) 等により基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a の回転角 β_n (図 6 における β_1, β_2) を検出する。あるいはアクチュエータ 30 のエンコーダ (図示せず) を先端側のリンクハブ 15 の姿勢検出に用いても良い。折れ角 θ および旋回角 ϕ と、各回転角 β_n とは相互関係があり、一方の値から他方の値を導くことができる。

[0071] 基端側のリンクハブ 14 に対し先端側のリンクハブ 15 を姿勢変更する場合、制御部 50a に設定された先端側のリンクハブ 15 の姿勢 (または座標位置) に応じて、基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a の回転角 β_n の制御目標値を計算する。上記回転角 β_n は、アクチュエータ 30 の動作位置を意味する。回転角 β_n の計算は、下記の式 1 を逆変換することで行われる。逆変換とは、折れ角 θ および旋回角 ϕ から基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a の回転角 β_n を算出する変換のことである。

$$\cos(\theta/2) \sin \beta_n - \sin(\theta/2) \sin(\phi + \delta_n) \cos \beta_n + \sin(\gamma/2) = 0 \quad \dots (\text{式 } 1)$$

ここで、 γ (図 6) は、基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a と中央リンク部材 11b ~ 13b の回転対偶軸 O2 と、先端側の端部リンク部材 11c ~ 13c と中央リンク部材 11b ~ 13b の回転対偶軸 O5 とが成す角度である。 δ_n (図 6 における $\delta_1, \delta_2, \delta_3$) は、基準となる基端側の端部リンク部材 11a に対する各基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a の円周方向の離間角である。

[0072] 回転角 β_n の制御目標値を計算したなら、姿勢検出手段 (図示せず) の信号を利用したフィードバック制御により、実際の回転角 β_n が制御目標値となるように各アクチュエータ 30 の出力を制御する。それにより、全てのリンク機構 11 ~ 13 の基端側の端部リンク部材 11a ~ 13a が定められた回転角 β_n だけ回転し、先端側のリンクハブ 15 が姿勢設定手段 51 により設定された姿勢に変更される。

[0073] 図12～図14は、前記診断装置51の診断対象となる平行リンク機構1A（図1）の別の具体例を示す。同図の平行リンク機構1Bは、図1～図8と共に説明した前記平行リンク機構1Aとは、基本的な構成な構成は同じである。すなわち、基端側のリンクハブ14に対し先端側のリンクハブ15が、3組以上のリンク機構11～13を介して姿勢を変更可能に連結され、前記各リンク機構11～13は、それぞれ前記基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15に一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材11a, 11c, 12a, 12c, 13a, 13cと、これら基端側および先端側の端部リンク部材の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材11b, 12b, 13bとでなり、前記3組以上のリンク機構11～13の全てに前記基端側のリンクハブ14に対する前記先端側のリンクハブ15の姿勢である先端姿勢を任意に変更させる電動式のアクチュエータ30が設けられたという構成、および前記リンク機構11, 12, 13を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材11b, 12b, 13bの中央部に対する基端側部分と先端側部分とが対称を成す形状であると言う構成については同じである。

なお、特に説明した事項の他は、図1～図8に示した平行リンク機構1Aと同様である。

[0074] 図14に示すように、先端側のリンクハブ15は、中央部に円形の貫通孔60aを有する平板状の先端部材60と、この先端部材60の貫通孔60aの周囲に円周方向等配で設けられた3個の回転軸連結部材64とで構成される。貫通孔60aの中心は、先端側のリンクハブ中心軸QB上に位置する。各回転軸連結部材64は、軸心がリンクハブ中心軸QBと交差する回転軸72が回転自在に連結されている。このリンクハブ15の回転軸72に、先端側の端部リンク部材11c, 12c, 13cの一端が連結される。先端側の端部リンク部材11c, 12c, 13cの他端には、中央リンク部材11bの他端に回転自在に連結された回転軸75が連結される。リンクハブ15の回転軸72および中央リンク部材11bの回転軸75は、2個の軸受（図示

せず)を介して回転軸連結部材64および中央リンク部材11b, 12b, 13bの他端にそれぞれ回転自在に連結されている。

[0075] 図12ないし図14と共に、端部リンク部材11a, 12a, 13a, 11c, 12c, 13cの構成について説明する。基端側および先端側の端部リンク部材11a, 12a, 13a, 11c, 12c, 13cは同じ構成であるので、ここでは例示として基端側の端部リンク部材11aについて説明する。図12に示すように、平行リンク機構1Bは、端部リンク部材11aが、1つの湾曲部材61と、この湾曲部材61の両端の外径側の側面と内径側の側面にそれぞれ固定された計4つの回転軸支持部材62とで構成される。4つの回転軸支持部材62は同一形状である。

[0076] 端部リンク部材11aの一端の2つの回転軸支持部材62に支持された回転軸75に中央リンク部材11bが回転自在に連結され、他端の2つの回転軸支持部材62に支持された回転軸72に、基端側のリンクハブ14が回転自在に連結される。これら各回転自在な連結部位には、それぞれ転がり軸受等の軸受が介在している。

[0077] 姿勢変更用のアクチュエータ30は、前記実施形態と同様に、モータ30aと減速機30bとでなり、その減速機30bの出力軸30cは、この出力軸30cの中心軸と直交する平面状のフランジ面63を有している。出力軸30cは、スペーサ65を介して、前記フランジ面で基端側の端部リンク部材11aの外径側の回転軸支持部材62にボルトで接続されている。

[0078] 図15および図16は、前記診断装置51の診断対象となる平行リンク機構1A(図1)のさらに別の具体例を示す。同図の平行リンク機構1Cは、図1～図8と共に説明した前記平行リンク機構1Aとは、基本的な構成な構成は同じである。すなわち、基端側のリンクハブ14に対し先端側のリンクハブ15が、3組以上のリンク機構11～13を介して姿勢を変更可能に連結され、前記各リンク機構11～13は、それぞれ前記基端側のリンクハブ14および先端側のリンクハブ15に一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材11a, 12a, 13a, 11c

、 1 2 c、 1 3 c と、これら基端側および先端側の端部リンク部材 1 1 a、 1 2 a、 1 3 a、 1 1 c、 1 2 c、 1 3 c の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材 1 1 b、 1 2 b、 1 3 b とでなる。前記 3 組以上のリンク機構 1 1 ～ 1 3 の全てに前記基端側のリンクハブ 1 4 に対する前記先端側のリンクハブ 1 5 の姿勢である先端姿勢を任意に変更させる電動式のアクチュエータ 3 0 が設けられたという構成、および前記リンク機構 1 1、 1 2、 1 3 を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材 1 1 b、 1 2 b、 1 3 b の中央部に対する基端側部分と先端側部分とが対称を成す形状であるという構成については同じである。なお、特に説明した事項の他は、図 1 ～ 図 8 に示したパラレルリンク機構 1 A と同様である。

[0079] 図 1 6 は、基端側のリンクハブ 1 4 と基端側の端部リンク部材 1 1 a、 1 2 a、 1 3 a の回転対偶部、および基端側の端部リンク部材 1 1 a、 1 2 a、 1 3 a と中央リンク部材 1 1 b、 1 2 b、 1 3 b の回転対偶部を示す断面図である。基端側のリンクハブ 1 4 は、前記軸方向の貫通孔 9 5 と外周側とを連通する半径方向の連通孔 8 1 が円周方向 3 箇所形成され、各連通孔 8 1 内に設けた二つの軸受 8 2 により軸部材 8 3 がそれぞれ回転自在に支持されている。軸部材 8 3 の外側端部は基端側のリンクハブ 1 4 から突出し、その突出ねじ部 8 3 a に基端側の端部リンク部材 1 1 a が結合され、ナット 8 4 によって締付け固定されている。

[0080] 前記軸受 8 2 は、例えば深溝玉軸受等の転がり軸受であり、その外輪（図示せず）が前記連通孔 8 1 の内周に嵌合し、その内輪（図示せず）が前記軸部材 8 3 の外周に嵌合している。外輪は止め輪 8 5 によって抜け止めされている。また、内輪と基端側の端部リンク部材 1 1 a の間には間座 8 6 が介在し、ナット 8 4 の締付力が基端側の端部リンク部材 1 1 a および間座 8 6 を介して内輪に伝達されて、軸受 8 2 に所定の予圧を付与している。

[0081] 基端側の端部リンク部材 1 1 a と中央リンク部材 1 1 b の回転対偶部は、中央リンク部材 1 1 b の両端に形成された連通孔 8 8 に二つの軸受 8 9 が設けられ、これら軸受 8 9 により、基端側の端部リンク部材 1 1 a の先端の軸

部 90 が回転自在に支持されている。軸受 89 は、間座 91 を介して、ナット 92 によって締付け固定されている。

[0082] 前記軸受 89 は、例えば深溝玉軸受等の転がり軸受であり、その外輪（図示せず）が前記連通孔 88 の内周に嵌合し、その内輪（図示せず）が前記軸部 90 の外周に嵌合している。外輪は止め輪 93 によって抜け止めされている。軸部 90 の先端ねじ部 90a に螺着したナット 92 の締付力が間座 91 を介して内輪に伝達されて、軸受 89 に所定の予圧を付与している。

[0083] 以上、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a の回転対偶部、および基端側の端部リンク部材 11a と中央リンク部材 11b の回転対偶部について説明したが、先端側のリンクハブ 15 と先端側の端部リンク部材 11c の回転対偶部、および先端側の端部リンク部材 11c と中央リンク部材 11b の回転対偶部も同じ構成である（図示省略）。

[0084] このように、各リンク機構 11, 12, 13 における 4 つの回転対偶部、つまり、基端側のリンクハブ 14 と基端側の端部リンク部材 11a, 12a, 13a の回転対偶部、先端側のリンクハブ 15 と先端側の端部リンク部材 11c, 12c, 13c の回転対偶部、基端側の端部リンク部材 11a, 12a, 13a と中央リンク部材 11b, 12b, 13b と回転対偶部、および先端側の端部リンク部材 11c, 12c, 13c と中央リンク部材 11b, 12b, 13b の回転対偶部に、軸受 82, 89 を設けた構造とすることにより、各回転対偶での摩擦抵抗を抑えて回転抵抗の軽減を図ることができ、滑らかな動力伝達を確保できると共に耐久性を向上できる。

[0085] アクチュエータ 30 は、回転駆動すると、その回転が一对のかさ歯車 96, 97（図 15）を介して軸部材 83 に伝達されて、基端側のリンクハブ 14 に対する基端側の端部リンク部材 11a, 12a, 13a の角度が変更する。それにより、基端側のリンクハブ 14 に対する先端側のリンクハブ 15 の姿勢（以下、「先端姿勢」とする）が決まる。

[0086] 前記実施形態で示したパラレルリンク機構 1A～1C は、いずれも、アクチュエータ 30 の駆動を伝達する経路でバックラッシュやその他の遊びが生じ

る。そのため、前記実施形態の診断装置 5 1 で診断することにより、破損するなど、装置が使用不可となる前に、部品の劣化状態を精度良く診断して使用者に知らせることができ、メンテナンス性を向上させることができるという利点が効果的に発揮される。

[0087] 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、この明細書を見て、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発明の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

[0088] 1 …リンク作動装置

1 A, 1 B, 1 C …パラレルリンク機構

1 1, 1 2, 1 3 …リンク機構

1 1 a, 1 2 a, 1 3 a …基端側の端部リンク部材

1 1 b, 1 2 b, 1 3 b …中央リンク部材

1 1 c, 1 2 c, 1 3 c …先端側の端部リンク部材

1 4 …基端側のリンクハブ

1 5 …先端側のリンクハブ

3 0 …アクチュエータ

3 1 …減速機構

5 0 …制御装置

5 2 …予圧付与部

5 3 …トルク検知部

5 4 …判断部

5 5 …記憶部

5 6 …通知部

5 7 …操作パネル

5 9 …操作盤

請求の範囲

- [請求項1] 基端側のリンクハブに対し先端側のリンクハブが、3組以上のリンク機構を介して姿勢を変更可能に連結され、前記各リンク機構は、それぞれ前記基端側のリンクハブおよび先端側のリンクハブに一端が回転可能に連結された基端側および先端側の端部リンク部材と、これら基端側および先端側の端部リンク部材の他端に両端がそれぞれ回転可能に連結された中央リンク部材とでなり、前記3組以上のリンク機構の全てに前記基端側のリンクハブに対する前記先端側のリンクハブの姿勢である先端姿勢を任意に変更させる姿勢制御用のアクチュエータが設けられたリンク作動装置における診断装置であって、
- 前記各アクチュエータを駆動させて前記リンク作動装置に予圧を付与する予圧付与部と、前記各アクチュエータの駆動トルクを検知するトルク検知部と、前記リンク作動装置が所定の条件で所定の動作を行ったときの前記各アクチュエータの駆動トルクが所定範囲内であるか否かを判断する判断部と、この判断部の判断結果を通知内容表示部に通知する通知部とを備えるリンク作動装置の診断装置。
- [請求項2] 請求項1に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記所定の条件が、前記予圧が付与されていること、前記リンク作動装置の先端側の端部リンク部材に作用する負荷が定められた範囲内であること、および同端部リンク部材の移動速度が定められた範囲内であることの少なくとも一つを含み、前記所定の動作が、前記リンク作動装置が所定の経路を移動することであるリンク作動装置の診断装置。
- [請求項3] 請求項1に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記所定の条件が、前記予圧が付与されていることであり、前記所定の動作が、前記リンク作動装置が位置決め状態とすることであるリンク作動装置の診断装置。
- [請求項4] 請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記各アクチュエータが、電動のサーボモータを含

むリンク作動装置の診断装置。

[請求項5] 請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のリンク作動装置の診断装置において、

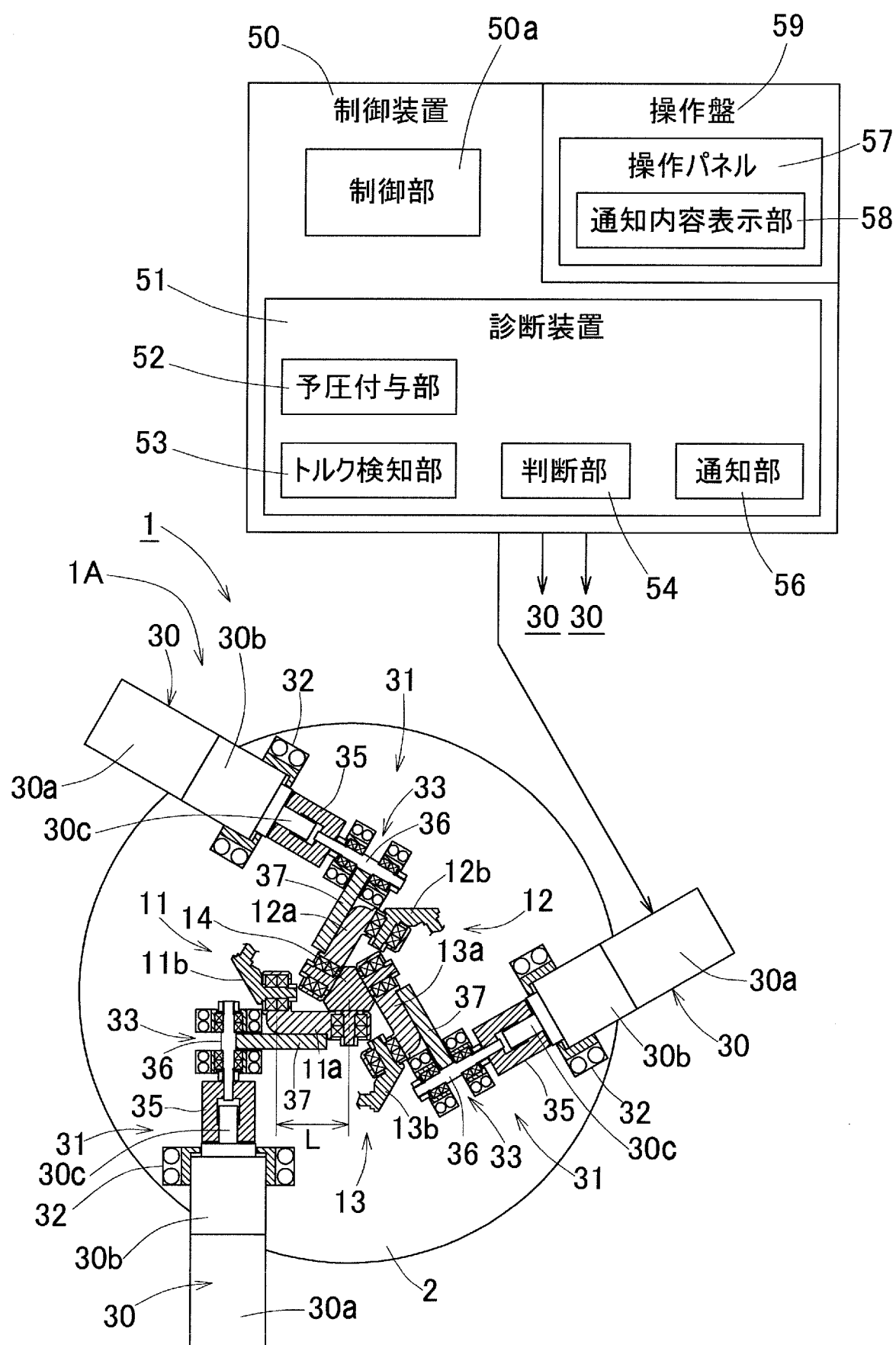
前記予圧付与部により前記リンク作動装置の前記予圧を付与する動作は、このリンク作動装置を初期姿勢とし、前記リンク作動装置を構成する要素のうち、前記アクチュエータの駆動で相対的に動く要素で構成される各対偶部につき、この対偶部の遊び内で片側へ寄せようとする力を付与する動作であるリンク作動装置の診断装置。

[請求項6] 請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記判断部により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された回数を記憶する記憶部を有し、前記通知部は、前記所定範囲外と判断された回数が閾値を超えた場合に、前記通知とは別の通知を行うリンク作動装置の診断装置。

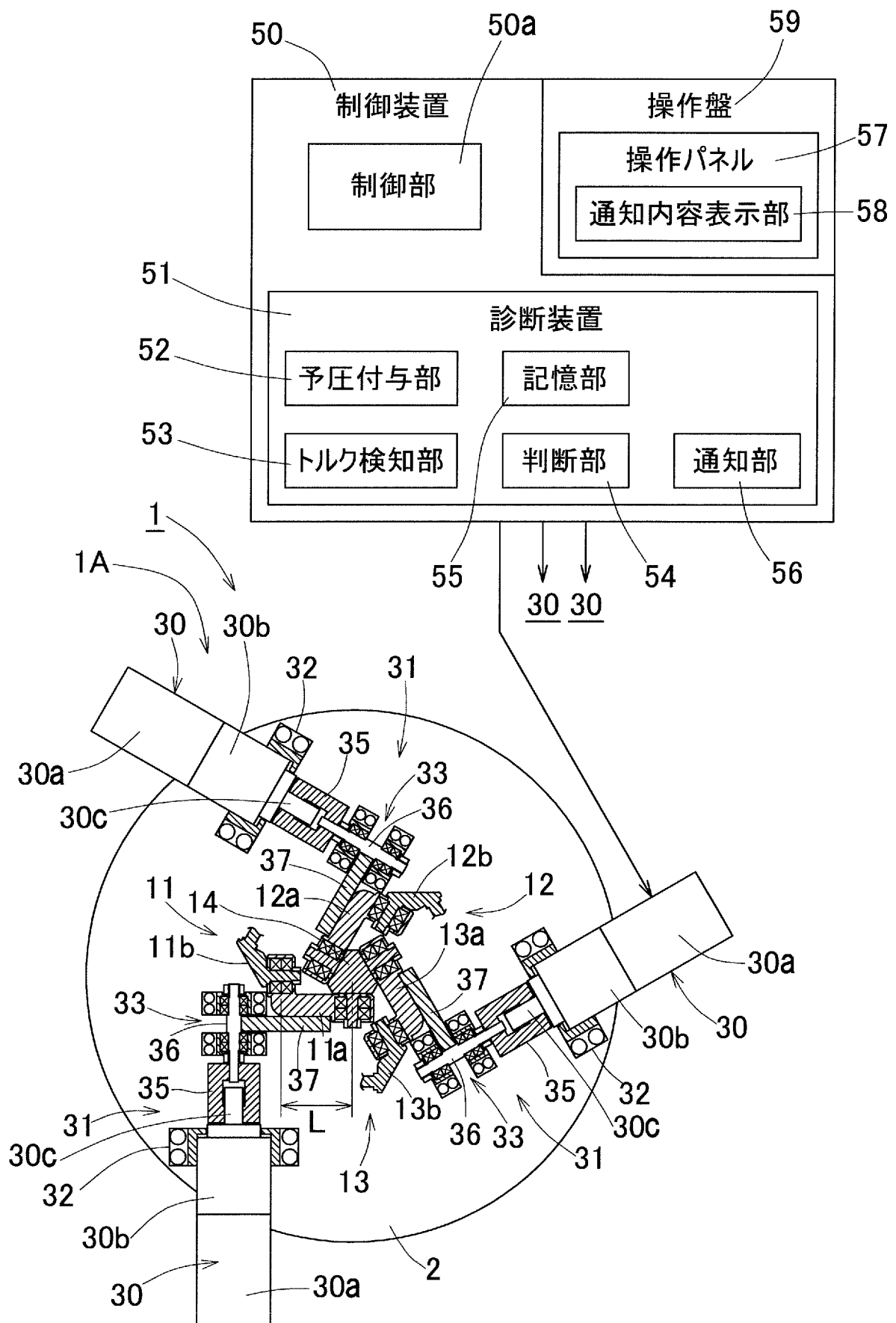
[請求項7] 請求項1ないし請求項6のいずれか1項に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記判断部により前記所定範囲に対して所定範囲外と判断された周期を記憶する記憶部を有し、前記通知部は、前記所定範囲外と判断された周期が閾値よりも短くなった場合に、前記通知とは別の通知を行うリンク作動装置の診断装置。

[請求項8] 請求項1ないし請求項7のいずれか1項に記載のリンク作動装置の診断装置において、前記通知内容表示手段は、前記リンク作動装置を操作する操作盤に備えられた操作パネルであるリンク作動装置の診断装置。

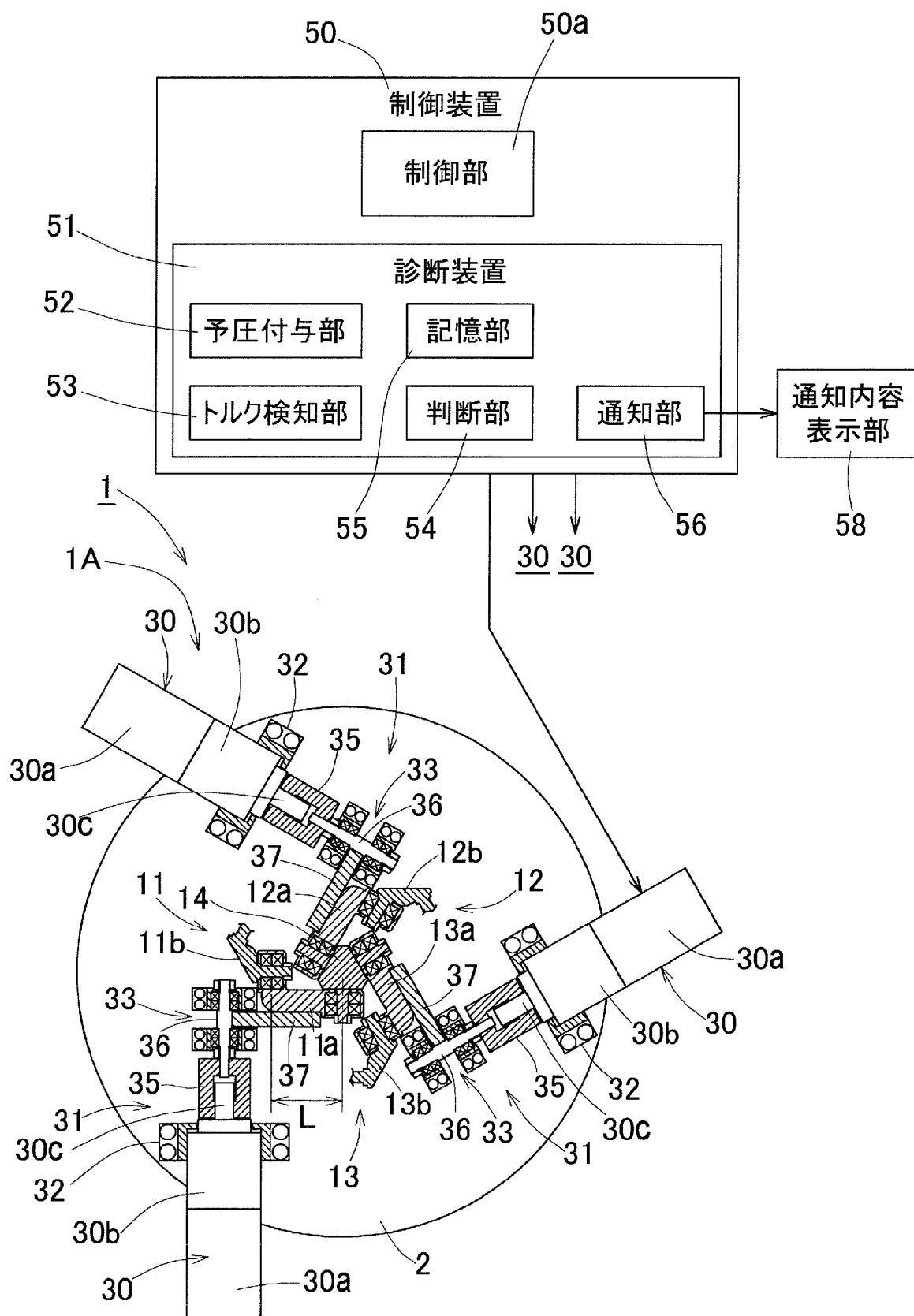
[図1]



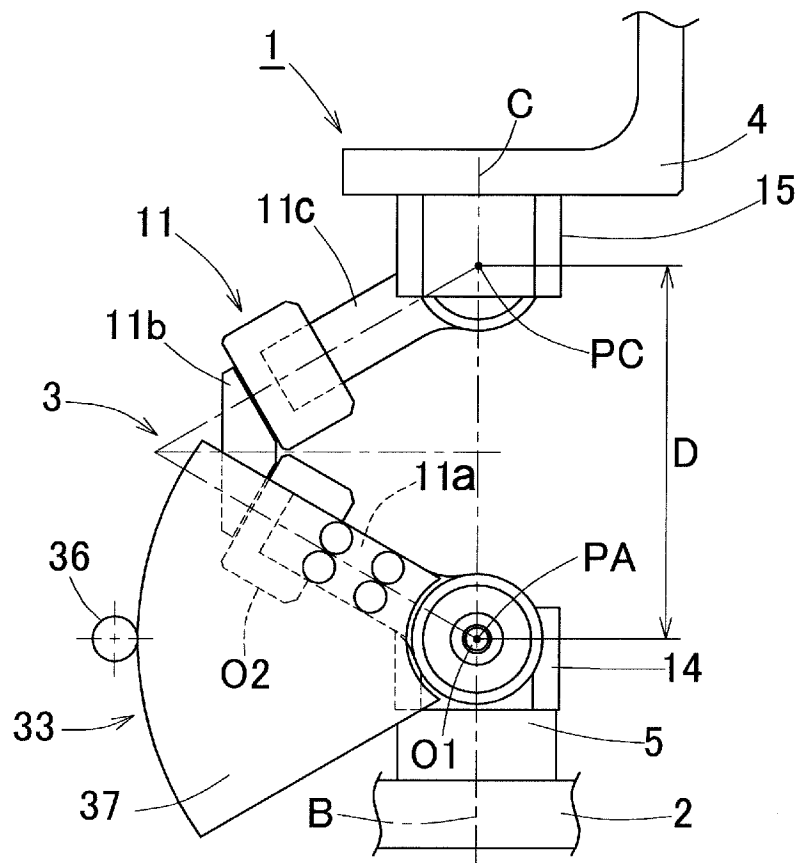
[図2]



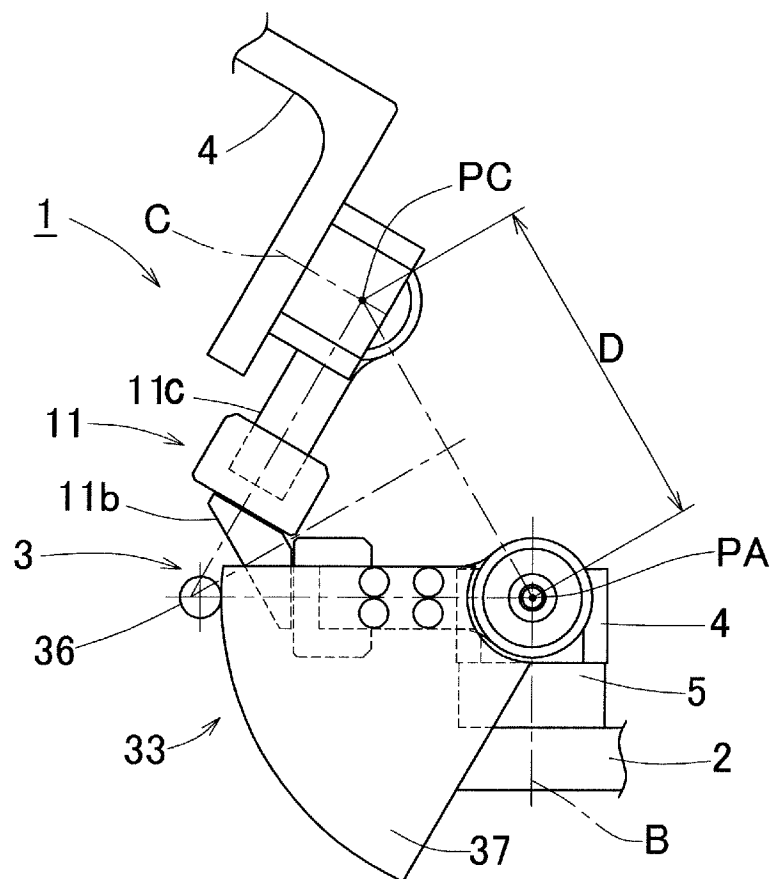
[図3]



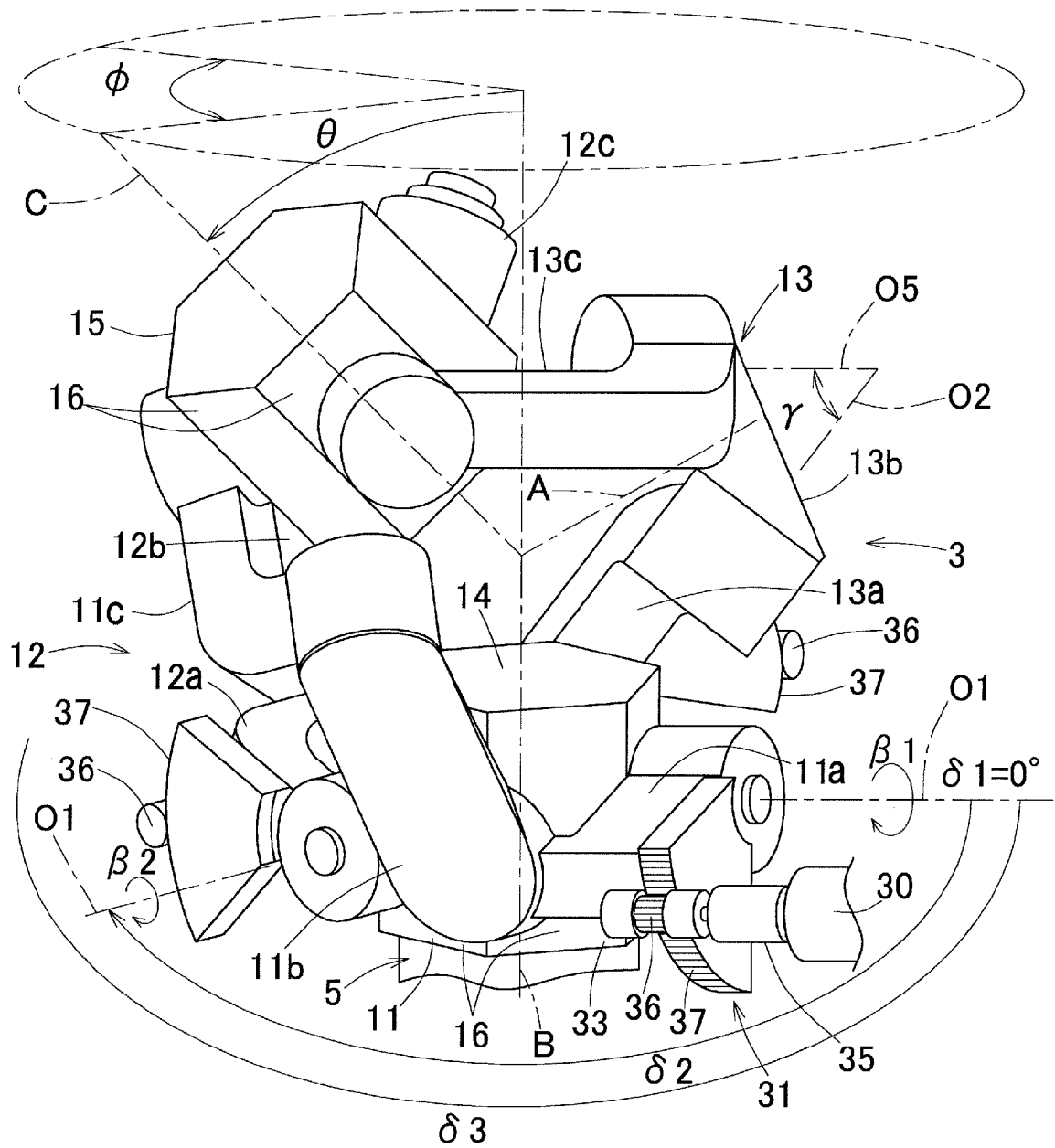
[図4]



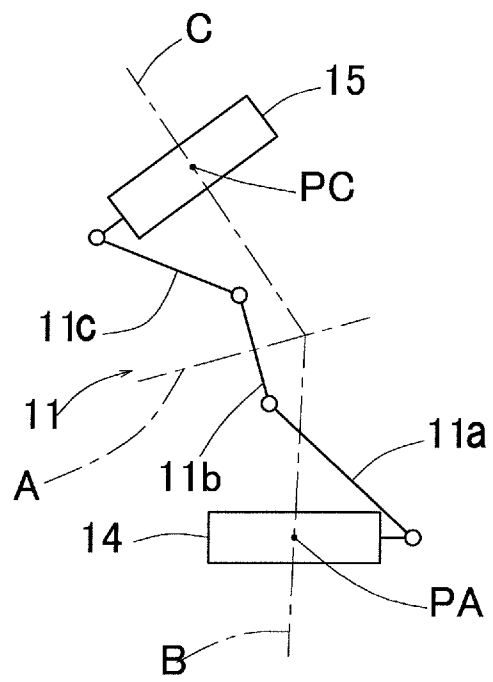
[図5]



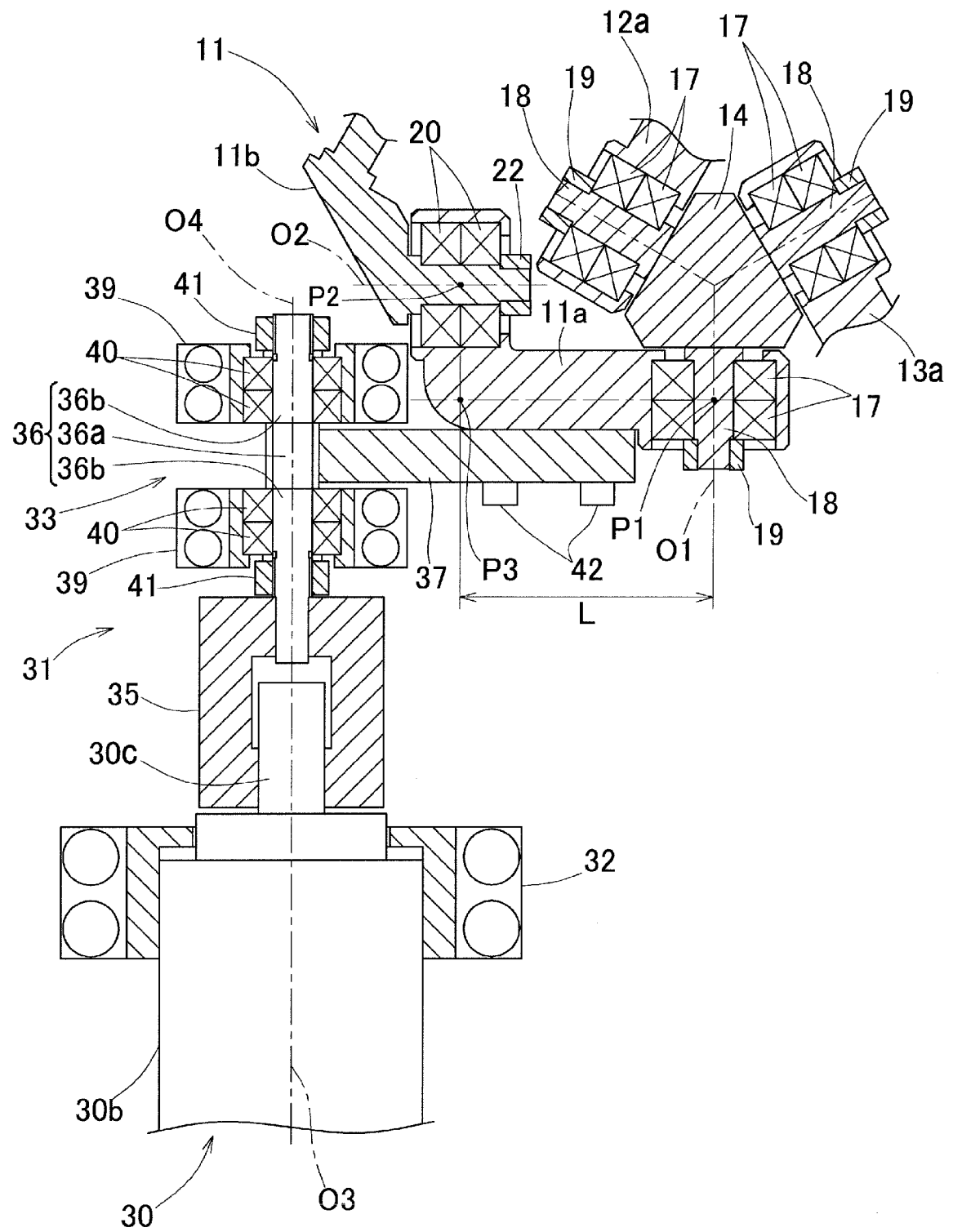
[図6]



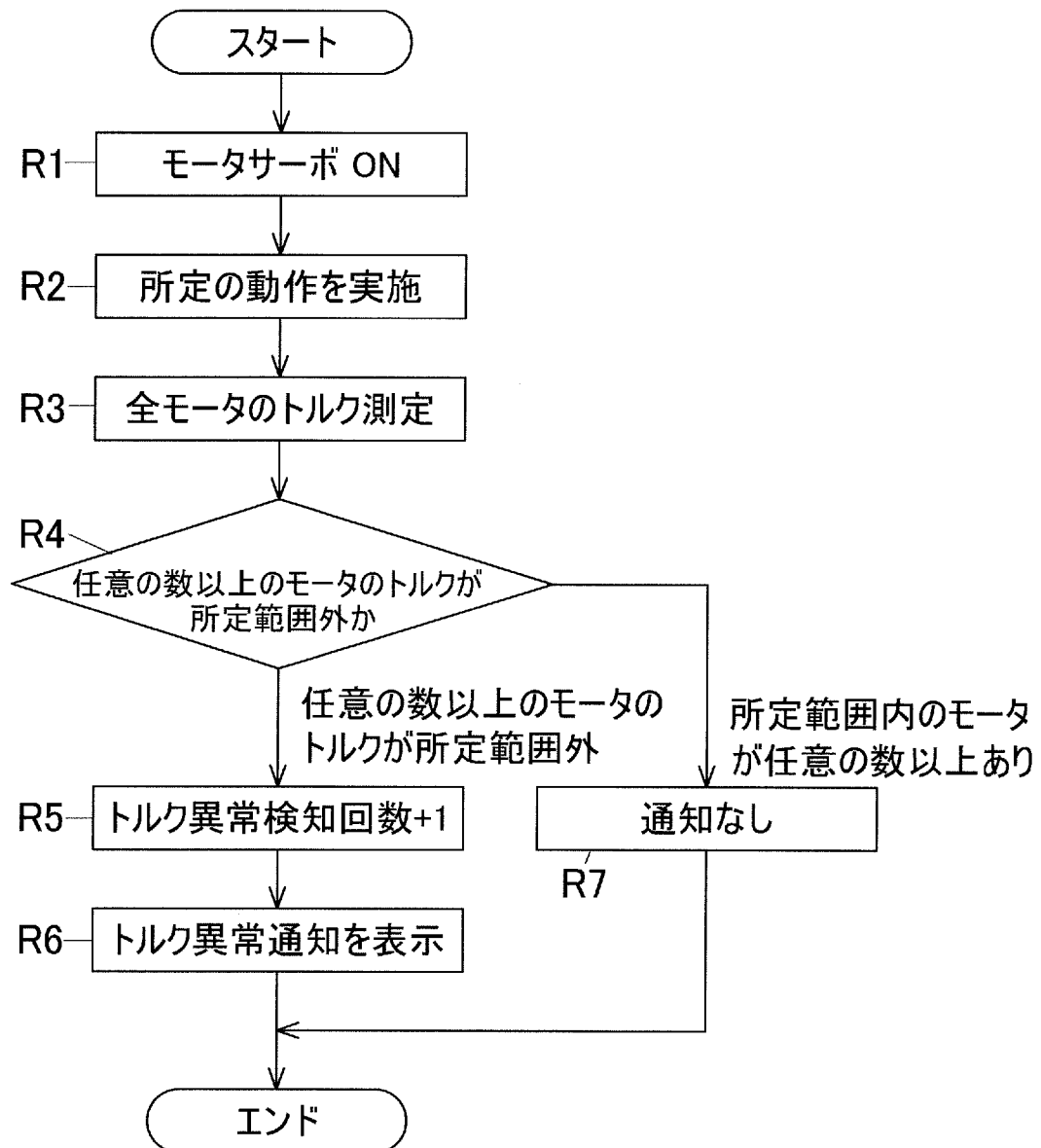
[図7]



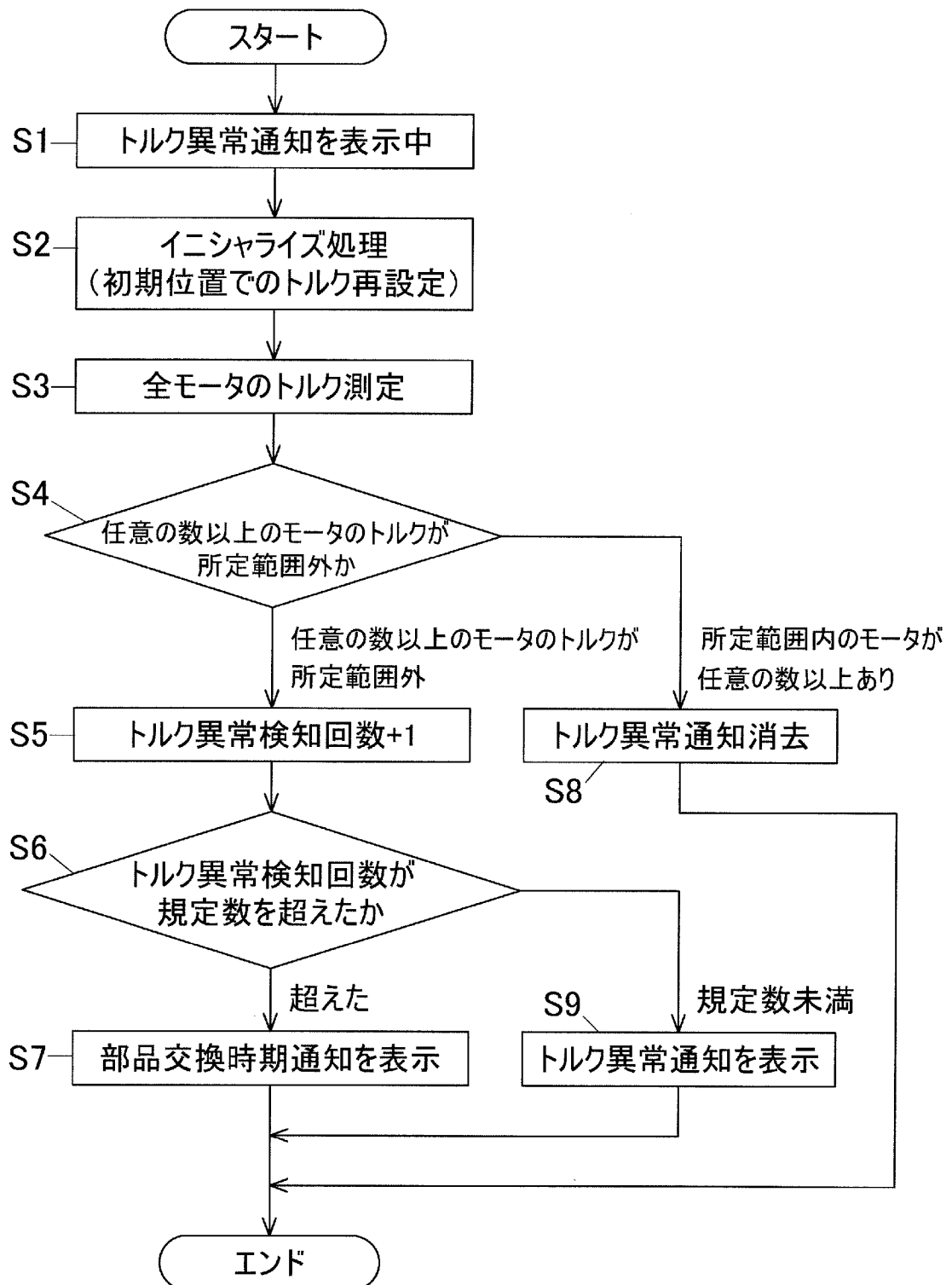
[図8]



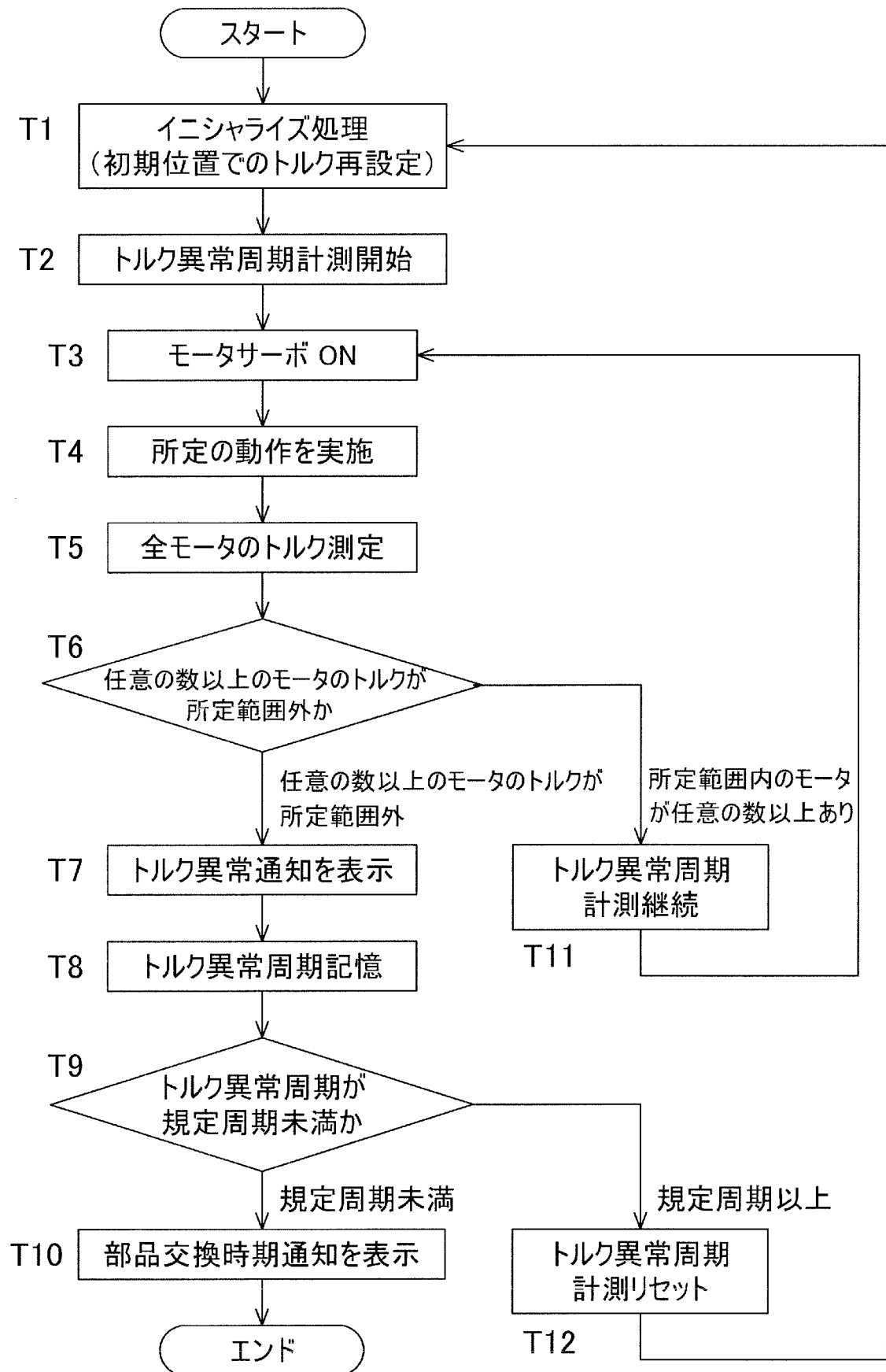
[図9]



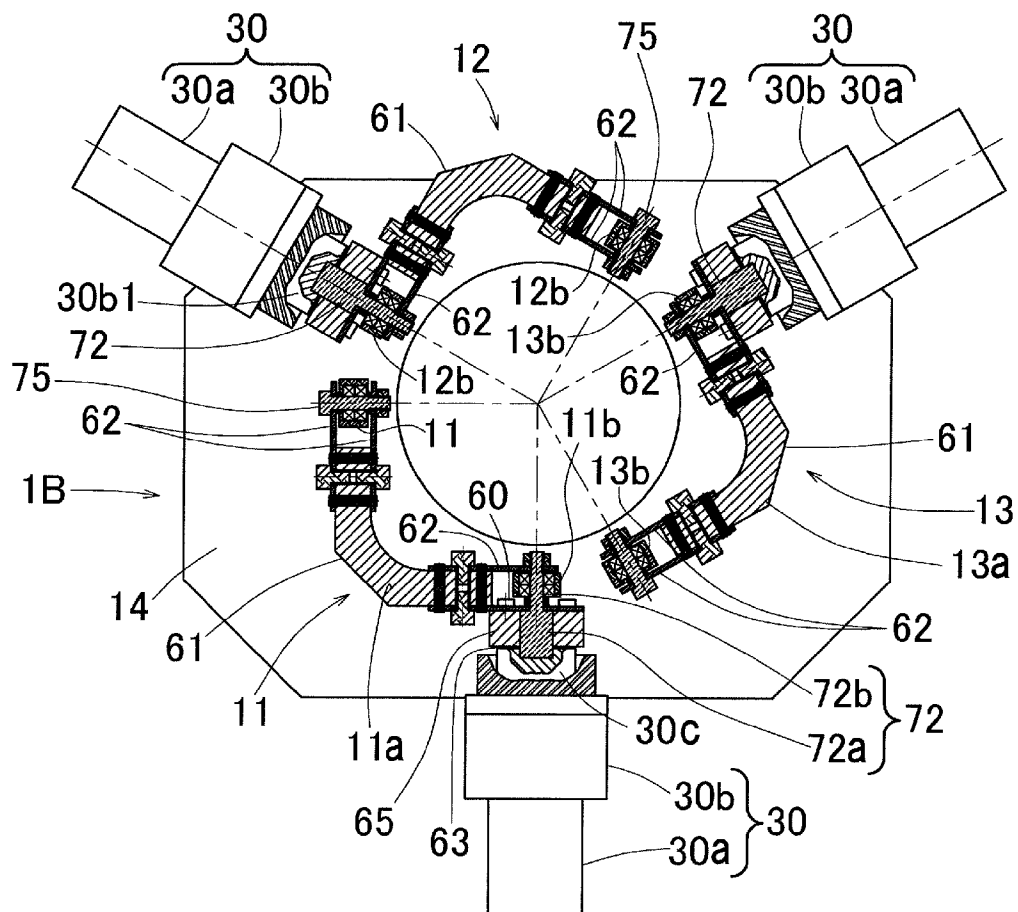
[図10]



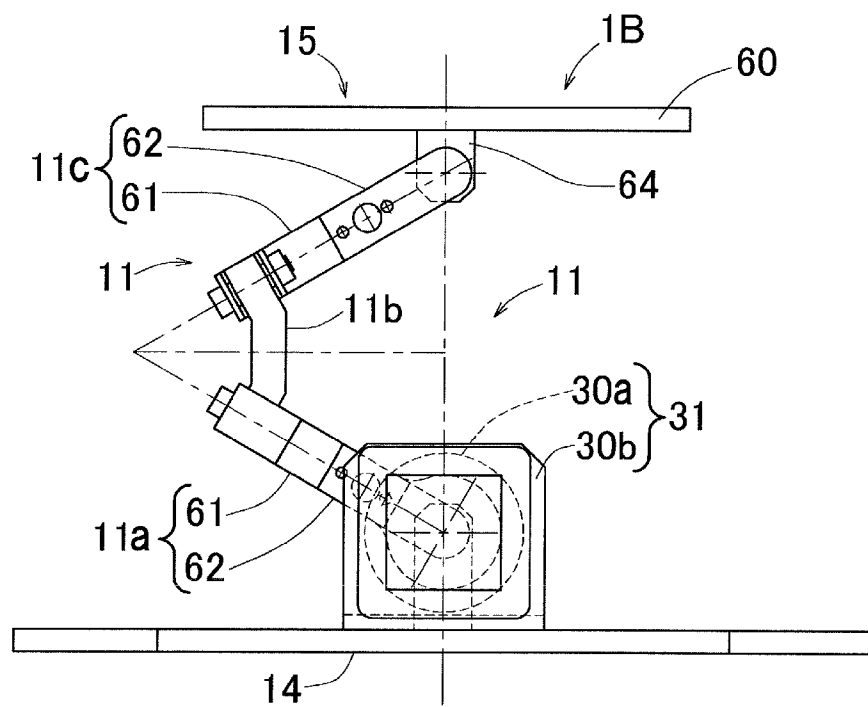
[図11]



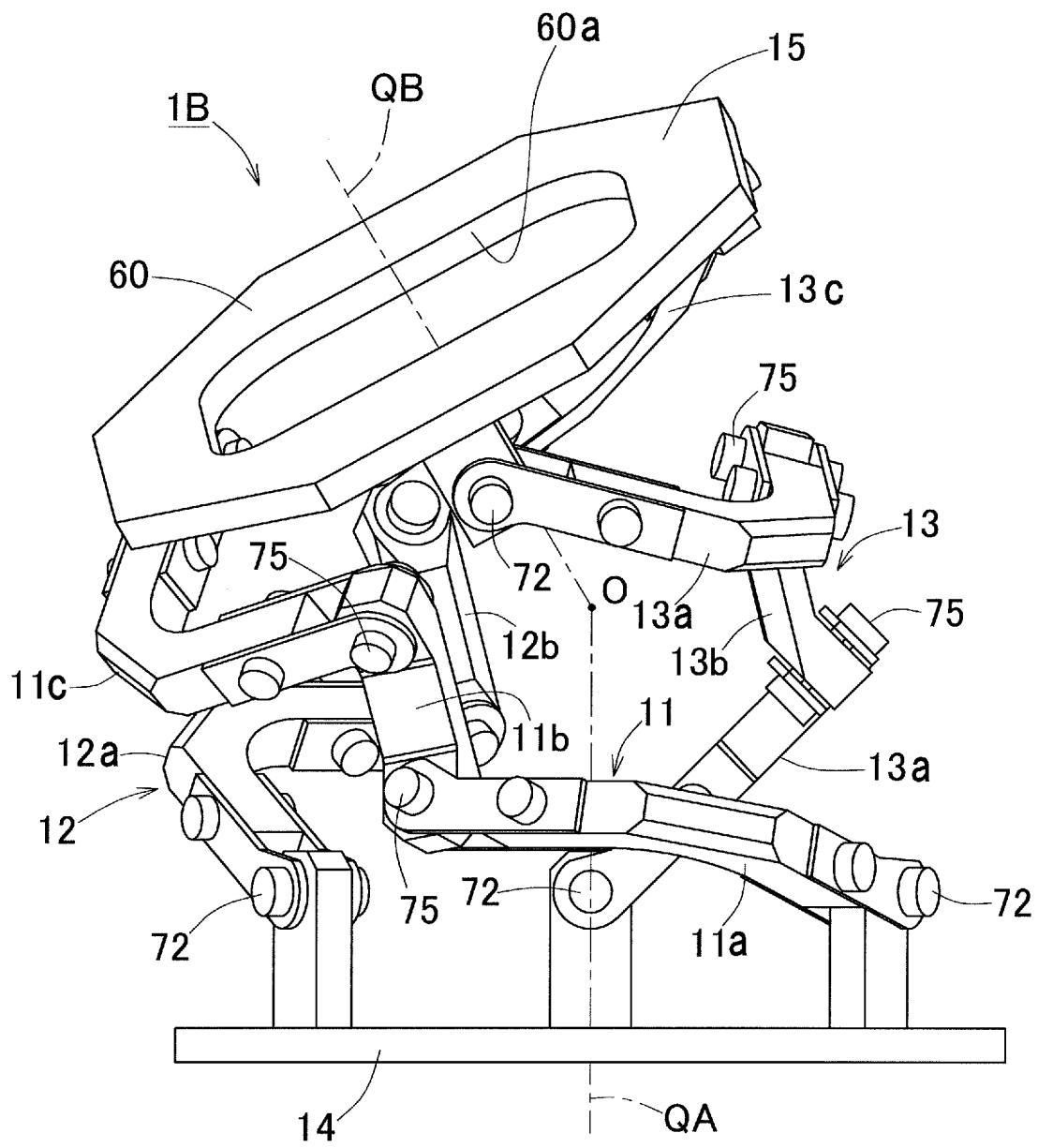
[図12]



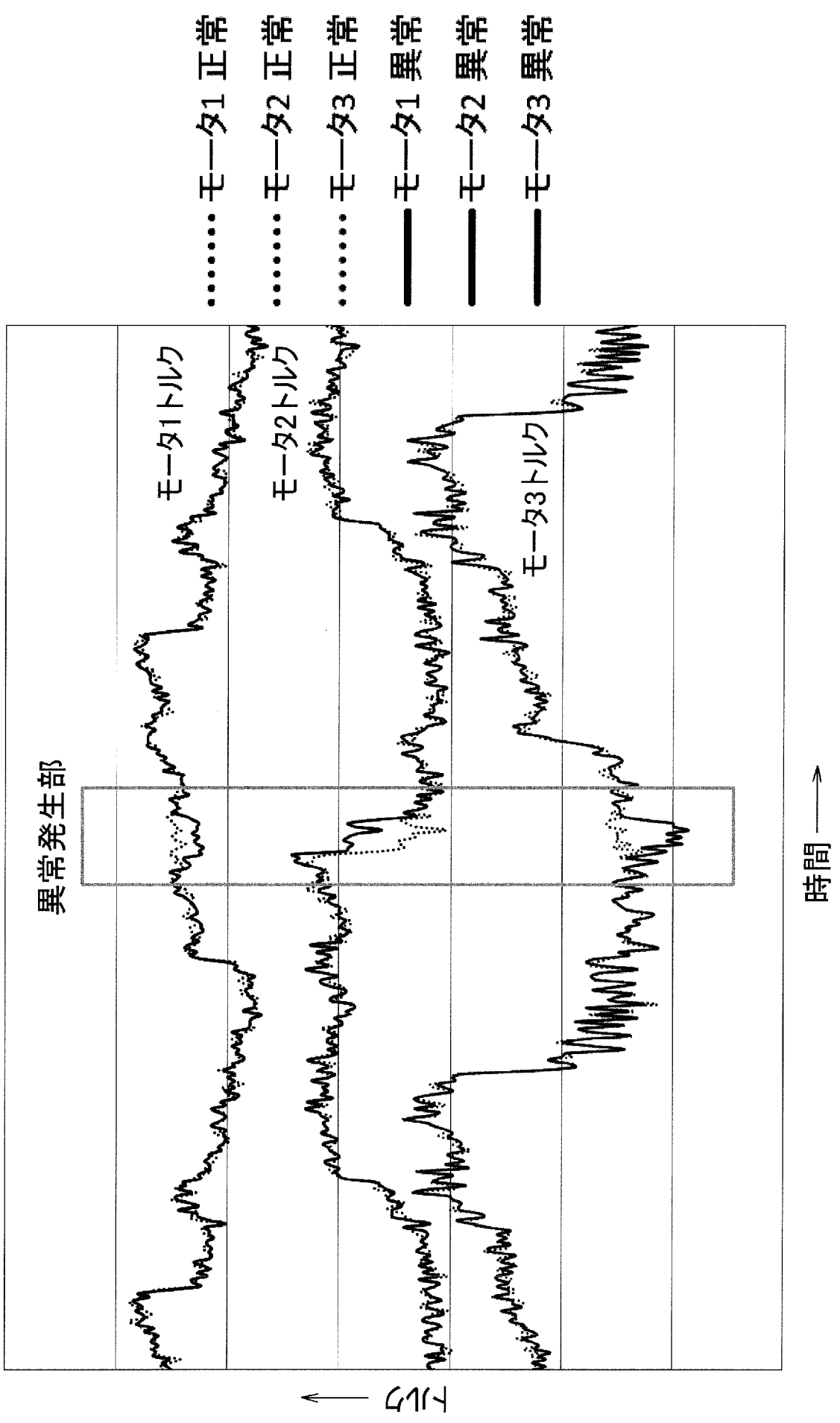
[図13]



[図14]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/078005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J11/00(2006.01)i, F16H21/46(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)

B25J11/00, F16H21/46

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 2005-226777 A (NTN Corp.), 25 August 2005 (25.08.2005), fig. 1 (Family: none)	1-8
A	JP 2007-301680 A (Nachi-Fujikoshi Corp., Daihen Corp.), 22 November 2007 (22.11.2007), paragraphs [0041] to [0042] (Family: none)	1-8
A	JP 2012-61535 A (Yaskawa Electric Corp.), 29 March 2012 (29.03.2012), paragraph [0049] & US 2012/0065781 A1 paragraphs [0063] to [0068] & EP 2431137 A2 & CN 102431043 A	1-8

☐ 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

21 October 2016 (21.10.16)

Date of mailing of the international search report

01 November 2016 (01.11.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office

3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,

Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B25J11/00(2006.01)i, F16H21/46(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. B25J11/00, F16H21/46

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 2005-226777 A (NTN株式会社) 2005.08.25, 図1 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2007-301680 A (株式会社不二越, 株式会社ダイヘン) 2007.11.22, 段落[0041]-[0042] (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2012-61535 A (株式会社安川電機) 2012.03.29, 段落[0049] & US 2012/0065781 A1, 段落[0063]-[0068] & EP 2431137 A2 & CN 102431043 A	1-8

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

21.10.2016

国際調査報告の発送日

01.11.2016

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）

佐々木 一浩

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

3U

9427