



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

コンパクトでありながら、精密で広範な作動範囲の動作が可能で、かつリンク機構の内側の空間に挿通される線材を傷めず、しかも線材の曲がりに伴う装置への負担を抑えることができるリンク作動装置を提供する。基端側のリンクハブ(2)に対し先端側のリンクハブ(3)を、3組以上のリンク機構(4)を介して姿勢を変更可能に連結する。各リンク機構(4)は、基端側の端部リンク部材(5)と、先端側の端部リンク部材(6)、中央リンク部材(7)とでなる。各リンクハブ(2, 3)の間に、リンクハブ中心軸(B, C)上に位置する線材保持点(Q1, Q2)で両端が保持された線材(3)を配置する。リンクハブ(2, 3)が互いに平行である状態における中点(O)から各球面リンク中心(P1, P2)までの距離を(D)とし、球面リンク中心(P1, P2)から線材保持点(Q1, Q2)までの距離を(H)とした場合に、 $H = 0.5 \times D$ の関係が成り立つ。

明 細 書

発明の名称：リンク作動装置

関連出願

[0001] この出願は、2013年5月16日出願の特願2013-103920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、例えばロボットの関節部、および産業機械における三次元空間での複雑な加工や物品の取り回し等の作業を広範囲な領域で高速かつ精密に実行するための機構部に用いられるリンク作動装置に関する。

背景技術

[0003] この種のリンク作動装置として、基端側のリンクハブと先端側のリンクハブを、3組以上の、四つの回転対偶からなる三節連鎖のリンク機構で連結した構成のものがある。この構成のリンク作動装置は、コンパクトな構成でありながら、基端側のリンクハブに対して先端側のリンクハブを精密で広範な作動範囲で姿勢変更することが可能である。また、この構成のリンク作動装置は、各リンク機構の配列の内側に空間が形成されるため、この空間に、基端側と先端側とを繋ぐ線材を挿通することができる。例えば特許文献1に、リンク機構の内側の前記空間に電気配線、トルクおよび回転伝達用のワイヤ、エアホース等の線材を挿通させることが提案されている。この提案では、線材の曲げ方向を変えても線材が振れないようになっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-127475号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、単に各リンク機構の内側の空間に線材を挿通するだけでは、線材

が、リンク機構を構成する部材と干渉して傷む可能性がある。また、基端側のリンクハブに対して先端側のリンクハブが姿勢変更して、基端側と先端側の各線材保持部間の距離等が変化することにより、各線材保持部から線材に張力および圧縮力が発生する。これにより線材を傷めたり、耐久性を悪化させたりすることがある。一方、線材の張力および圧縮力の反力がリンク機構に作用することで、リンク作動装置を作動させるアクチュエータへの負担が大きくなる。

[0006] この発明の目的は、コンパクトな構成でありながら、精密で広範な作動範囲の動作が可能で、かつ各リンク機構の内側の空間に挿通される線材を傷めず、しかも線材の曲がりに伴う装置への負担増加を抑えることができるリンク作動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を実施形態に用いた符号を付して説明する。この発明のリンク作動装置 1 は、基端側のリンクハブ 2 に対し先端側のリンクハブ 3 を、3 組以上のリンク機構 4 を介して姿勢を変更可能に連結し、前記各リンク機構 4 は、それぞれ前記基端側のリンクハブ 2 および先端側のリンクハブ 3 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 5, 6 と、これら基端側および先端側の端部リンク部材 5, 6 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 7 とでなり、前記各リンク機構 4 は、このリンク機構 4 を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材 7 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。

[0008] このリンク作動装置 1 において、前記各リンクハブ 2, 3 とこれらのリンクハブ 2, 3 に連結された前記各端部リンク 5, 6 との各回転対偶中心軸はそれぞれ互いに交差する位置関係であって、この交点を球面リンク中心 P 1, P 2 と称し、前記基端側および先端側のリンクハブ 2, 3 が互いに平行である状態で、一方のリンクハブ 2 (3) の前記球面リンク中心 P 1 (P 2) を通り他方のリンクハブ 3 (2) の前記球面リンク中心 P 2 (P 1) に向か

って延びる軸線をリンクハブ中心軸B, Cと称する場合に、前記基端側のリンクハブ2と前記先端側のリンクハブ3との間に、それぞれ前記基端側および先端側のリンクハブ中心軸B, C上にあつてそのリンクハブ中心軸B, Cが通る前記球面リンク中心P1, P2から対向する前記球面リンク中心P2, P1に対して遠い側に位置する基端側および先端側の線材保持点Q1, Q2で両端が保持された線材33が配置され、前記基端側および先端側のリンクハブ2, 3が互いに平行である状態における前記基端側および先端側の球面リンク中心P1, P2の中点Oから前記各球面リンク中心P1, P2までの距離をDとし、基端側および先端側につき前記球面リンク中心P1, P2から前記線材保持点Q1, Q2までの距離をそれぞれHとした場合に、

$$H = 0.5 \times D$$

の関係が成り立つ。

[0009] この構成によると、曲げ中心が基端側および先端側の球面リンク中心P1, P2の2点であるため、曲げ中心が1点である一般的な構成と比べて、各リンク機構4の内側の空間9に挿通される線材33の曲げ半径Rが大きく、また基端側のリンクハブ中心軸Bに対する先端側のリンクハブ中心軸Cの屈曲による線材33の長さ変化(L/S)も小さい。特に、線材保持点Q1, Q2の位置を $H = 0.5 \times D$ とすることで、線材33と線材保持部Q1, Q2との相対変位が最小となる。これにより、線材33がリンク機構4の他の部材と干渉することを回避するのが容易となる。また、線材33にかかる張力や圧縮力が低減され、線材33の耐久性が向上する。

[0010] 例えば、線材33が先端側のリンクハブ3に取り付けるツールへの配線である場合、基端側と先端側のリンクハブ中心軸B, Cが互いに屈曲した状態となっても、線材33の長さ変化が極めて少ないので、余裕長さを持たせることなく線材33を各リンク機構4の内側の空間9に設置することができる。そのため、直線長さ分だけの線材33の長さの設置で済み、且つ屈曲に伴う線材33の大きな長さ変化に対応するスライド機構などの必要がないので、リンク作動装置1への線材33の設置が簡単である。また、線材33が各

リンク機構4の内側の空間9に収まっているため、リンク作動装置1を省スペースで設置できる。さらに、線材33が各リンク機構4の内側の空間9に収まっていると、線材33の保護の点でも有利である。しかも、線材33の長さを短くでき、低コストで済む。

[0011] この発明のリンク作動装置1において、前記線材33の最小曲げ半径を R_{min} とし、前記基端側のリンクハブ中心軸Bに対する前記先端側のリンクハブ中心軸Cの最大屈曲角を $(2 \times \theta_{max})$ とした場合に、

$$R_{min} = D \times (1 / \sin \theta_{max} + 1 / (2 \times \tan \theta_{max}))$$

の関係が成り立つと良い。

[0012] これにより、基端側のリンクハブ中心軸Bに対する先端側のリンクハブ中心軸Cの屈曲角 $(2 \times \theta)$ の大きさに関係なく、常に各リンク機構4の内側の空間9に挿通される線材33の曲げ半径Rが許容曲げ半径内に収まる。また、球面リンク中心P1、P2の中点Oから球面リンク中心P1、P2までの距離であるDは、リンク作動装置1に望まれる最大屈曲角 $(2 \times \theta_{max})$ を得るために必要な最小の値とされている。言い換えると、限定された装置の大きさのなかで、最大の屈曲角 $(2 \times \theta)$ が得られる。よって、リンク作動装置1をコンパクトにできる。

[0013] この発明のリンク作動装置1において、前記線材33は光ファイバーであっても良い。光ファイバーは、レーザー加工のレーザー伝送ケーブルまたはセンサの信号ケーブル等に用いられるが、許容曲げ半径を確保することや、振じり回しやキックを避ける必要があり、フレキシブルであるが取り扱いには注意を要する。このリンク作動装置1の先端側のリンクハブ3にレーザーヘッドやセンサを設置し、光ファイバーをリンク機構4の内側の空間9の中心に挿通させれば、リンク作動装置1の外部に光ファイバーが露出することがなく、リンク作動装置1の設置スペースをコンパクトにできる。

[0014] この発明のリンク作動装置1において、前記線材33は、トルクを伝達可能なフレキシブルシャフトであり、前記基端側のリンクハブ2に設置した回転アクチュエータ67の出力軸67aに前記線材33の一端が連結され、前

記先端側のリンクハブ3に対して回転自在に設置された回転架台61の回転軸部61bに前記線材33の他端が連結されていても良い。これにより、フレキシブルシャフトの変形による反力を抑えた状態で、省スペースかつ簡単に回転架台61を回転可能とすることができる。フレキシブルシャフトの反力が抑えられると、リンク作動装置1を駆動する回転アクチュエータ67の出力を小さくでき、装置全体が軽量でコンパクトなものとしことができ、かつ低コストとなる。

[0015] 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、本発明に含まれる。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、本発明に含まれる。

図面の簡単な説明

[0016] 本発明は、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、本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。本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部品番号は、同一または相当部分を示す。

[図1]この発明の第1実施形態にかかるリンク作動装置の使用状態を、一部を省略して表した正面図である。

[図2]同リンク作動装置のリンク作動装置本体を3次的に表わした斜視図である。

[図3]同リンク作動装置本体の一つリンク機構を直線で表現した図である。

[図4]同リンク作動装置本体の各回転対偶部の構成を示す断面図である。

[図5]同リンク作動装置の断面図である。

[図6]同リンク作動装置のリンクハブと線材との位置関係を示す概略図である。

[図7]同リンク作動装置の作動によるリンクハブ中心軸の屈曲角と線材の長さ変化との関係を示すグラフである。

[図8]同リンク作動装置の作動によるリンクハブ中心軸の屈曲角と線材の曲げ半径の大きさとの関係を示す図である。

[図9]比較例としてのリンク作動装置のリンクハブと線材との位置関係を示す概略図である。

[図10]この発明の第2実施形態にかかるリンク作動装置の使用状態を示す断面図である。

[図11]リンク作動装置本体の第3実施形態を3次元的に表わした斜視図である。

発明を実施するための形態

[0017] この発明にかかるリンク作動装置の第1実施形態を図1～図6と共に説明する。図1はリンク作動装置の使用状態を示す図である。同図に示すように、このリンク作動装置1は、上方側となる基端側が天井面30に設置された取付ベース31に取り付けられ、下方側となる先端側に作業装置32が取り付けられている。図の例では、作業装置32はレーザー加工ヘッドであり、このレーザー加工ヘッドに対して、光ファイバーからなる線材33を介して、リンク作動装置1の外部に設置したレーザー発振器（図示せず）からのレーザー光が送られる。前記取付ベース31には、リンク作動装置1を駆動する直動アクチュエータ34が設けられている。

[0018] 図2は、リンク作動装置1のリンク作動装置本体1aを3次元的に表わした斜視図である。リンク作動装置本体1aは、基端側のリンクハブ2に対し先端側のリンクハブ3を3組のリンク機構4を介して姿勢変更可能に連結したものである。リンク機構4の数は3組以上であればよく、3組に限定されない。なお、図1では1組のリンク機構4のみが示されている。

[0019] 図2において、各リンク機構4は、基端側の端部リンク部材5、先端側の端部リンク部材6、および中央リンク部材7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5、6はL字状をなし、各リンク機構4の端部リンク部材5、6の基端が、基端側のリンクハブ2および先端側のリンクハブ3の球面状をした外周面に

おける円周方向に等間隔の位置にそれぞれ回転自在に連結されている。中央リンク部材 7 は、両端に基端側および先端側の端部リンク部材 5, 6 の先端がそれぞれ回転自在に連結されている。

[0020] 図 3 は、リンク作動装置本体 1 a の一つリンク機構 4 を直線で表現した図である。3 組のリンク機構 4 における基端側および先端側の端部リンク部材 5, 6 は、球面リンク構造を成す。すなわち、基端側のリンクハブ 2 とこのリンクハブ 2 に連結された各基端側の端部リンク 5 との各回転対偶中心軸はそれぞれ、基端側の球面リンク中心 P 1 において互いに交差する。また、先端側のリンクハブ 3 とこのリンクハブ 3 に連結された各先端側の端部リンク 6 との各回転対偶中心軸はそれぞれ、先端側の球面リンク中心 P 2 において互いに交差する。

[0021] 基端側の球面リンク中心 P 1 から各基端側の端部リンク 5 までの距離は同じである。また、先端側の球面リンク中心 P 2 から各先端側の端部リンク 6 までの距離も同じである。端部リンク部材 5, 6 と中央リンク部材 7 との各回転対偶中心軸は、ある交差角をもっているもよいし、平行であってもよい。

[0022] つまり、3 組のリンク機構 4 は、幾何学的に同一形状をなす。幾何学的に同一形状とは、図 3 のように、各リンク部材 5, 6, 7 を直線で表現した幾何学モデル、すなわち各回転対偶と、これら回転対偶間を結ぶ直線とで表現したモデルが、中央リンク部材 7 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。

[0023] この実施形態のリンク機構 4 は鏡像対称タイプで、基端側のリンクハブ 2 および基端側の端部リンク部材 5 と、先端側のリンクハブ 3 および先端側の端部リンク部材 6 との位置関係が、中央リンク部材 7 の中心面である対称面 A に対して鏡像対称となる位置構成になっている。

[0024] 図 2、図 3 は、基端側のリンクハブ中心軸 B に対して先端側のリンクハブ中心軸 C が所定の屈曲角をとった状態を示す。基端側のリンクハブ中心軸 B は、基端側および先端側のリンクハブ 2, 3 が互いに平行である状態で、基

端側のリンクハブ2の球面リンク中心P1を通り先端側のリンクハブ3の球面リンク中心P2に向かって延びる軸線を言い、先端側のリンクハブ中心軸Cは、基端側および先端側のリンクハブ2, 3が互いに平行である状態で、先端側のリンクハブ3の球面リンク中心P2を通り基端側のリンクハブ2の球面リンク中心P1に向かって延びる軸線を言う。

[0025] 基端側および先端側のリンクハブ中心軸B, Cの交点は、基端側および先端側のリンクハブ中心軸B, Cが同一線上に並ぶときの球面リンク中心P1, P2の midpoint Oである。各リンク機構4の姿勢が変化しても、基端側と先端側の球面リンク中心P1, P2間の距離は常に一定である。

[0026] 基端側のリンクハブ2と先端側のリンクハブ3と3組のリンク機構4とで、基端側のリンクハブ2に対し先端側のリンクハブ3が直交2軸方向に移動自在な2自由度機構が構成される。この2自由度機構は、コンパクトでありながら、基端側のリンクハブ2に対する先端側のリンクハブ3の可動範囲を広くとれる。例えば、基端側のリンクハブ中心軸Bと先端側のリンクハブ中心軸Cの屈曲角($2 \times \theta$) (図2)の最大値である最大屈曲角を約 90° とすることができる。また、基端側のリンクハブ2に対する先端側のリンクハブ3の旋回角 ϕ (図2)を $0^\circ \sim 360^\circ$ の範囲に設定できる。

[0027] 屈曲角($2 \times \theta$)は、基端側のリンクハブ2の中心軸Bに対して先端側のリンクハブ3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中心軸Bに対して先端側のリンクハブ中心軸Cが傾斜した水平角度のことである。

[0028] このリンク作動装置1において、以下の3つの条件1~3を満たすとき、中央リンク部材7の対称面Aに対して、中央リンク部材7と各端部リンク部材5, 6との角度位置関係を基端側と先端側とで同じにすれば、幾何学的対称性から基端側のリンクハブ2および基端側の端部リンク部材5と、先端側のリンクハブ3および先端側の端部リンク部材6とは同じに動く。

[0029] (条件1) 各リンク機構4における球面リンク中心P1, P2と各端部リンク部材5, 6との回転対偶の中心軸のなす角度 α (図4)、および球面リン

ク中心 P 1, P 2 から各端部リンク部材 5, 6 までの長さ X (図 4) が、基端側と先端側とで等しい。

(条件 2) 基端側の端部リンク部材 5 と先端側の端部リンク部材 6 の幾何学的形状が等しい。

(条件 3) 中央リンク部材 7 についても基端側の先端側とで形状が等しい。

[0030] 例えば、基端側と先端側のリンクハブ 2, 3 にリンクハブ中心軸 B, C と同軸に回転軸を設け、基端側から先端側へ回転伝達を行う場合、基端側と先端側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。

[0031] 図 4 は、基端側のリンクハブ 2 と基端側の端部リンク部材 5 の回転対偶部、および基端側の端部リンク部材 5 と中央リンク部材 7 の回転対偶部を示す断面図である。これら回転対偶の構造は、先端側のリンクハブ 3 と先端側の端部リンク部材 6 の回転対偶部、および先端側の端部リンク部材 6 と中央リンク部材 7 の回転対偶部についても同じである。

[0032] リンクハブ 2 (3) は、外周部に半径方向の軸孔 11 が円周方向 3 箇所に形成され、各軸孔 11 内に設けた二つの軸受 12 により軸部材 13 がそれぞれ回転自在に支持されている。軸部材 13 の外側端部はリンクハブ 2 (3) から径方向外側に突出し、その突出ねじ部 13a に端部リンク部材 5 (6) が結合され、ナット 14 によって締付け固定されている。

[0033] 前記軸受 12 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) が前記軸孔 11 の内周に嵌合し、その内輪 (図示せず) が前記軸部材 13 の外周に嵌合している。外輪は止め輪 15 によって抜け止めされている。また、内輪と端部リンク部材 5 (6) の間には間座 16 が介在し、ナット 14 の締付力が端部リンク部材 5 (6) および間座 16 を介して内輪に伝達されて、軸受 12 に所定の予圧を付与している。

[0034] 端部リンク部材 5 (6) と中央リンク部材 7 の回転対偶は、中央リンク部材 7 の両端に形成された連通孔 18 に二つの軸受 19 が設けられ、これら軸受 19 により、端部リンク部材 5 (6) の先端の軸部 20 が回転自在に支持されている。軸受 19 は、間座 21 を介して、ナット 22 によって締付け固

定されている。

- [0035] 前記軸受 19 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 18 の内周に嵌合し、その内輪（図示せず）が前記軸部 20 の外周に嵌合している。外輪は止め輪 23 によって抜け止めされている。軸部 20 の先端ねじ部 20 a に螺着したナット 22 の締付力が間座 21 を介して内輪に伝達されて、軸受 19 に所定の予圧を付与している。
- [0036] このように、各リンク機構 4 における 4 つの回転対偶、つまり、基端側のリンクハブ 2 と基端側の端部リンク部材 5 の回転対偶、先端側のリンクハブ 3 と先端側の端部リンク部材 6 の回転対偶、基端側の端部リンク部材 5 と中央リンク部材 7 と回転対偶、および先端側の端部リンク部材 6 と中央リンク部材 7 の回転対偶に、軸受 12, 19 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。
- [0037] この軸受 12, 19 を設けた構造では、軸受 12, 19 に予圧を付与することにより、ラジアル隙間とスラスト隙間をなくし、回転対偶のがたつきを抑えることができ、振動や異音の発生を抑制できる。特に、前記軸受 12, 19 の軸受隙間を負すきまとすることにより、入出力間に生じるバックラッシュを少なくすることができる。
- [0038] 軸受 12 を基端側のリンクハブ 2 および先端側のリンクハブ 3 に埋設状態で設けたことにより、リンク作動装置本体 1 a の外形を大きくすることなく、基端側のリンクハブ 2 および先端側のリンクハブ 3 の外形を拡大することができる。そのため、基端側のリンクハブ 2 および先端側のリンクハブ 3 を他の部材に取付けるための取付スペースの確保が容易である。
- [0039] 図 1 において、前記直動アクチュエータ 34 は、シリンダ部 34 a の基端が取付ベース 31 に回転可能に連結され、かつピストンロッド 34 b の先端が基端側の端部リンク 5 の中間部に回転可能に連結されている。直動アクチュエータ 34 は、例えば各リンク機構 4 にそれぞれ設けられるが、リンク機構 4 の数が 3 組である場合、2 組以上のリンク機構 4 に設ければ良い。各直

動アクチュエータ 34 を制御して、基端側の端部リンク 5 を回転させることにより、基端側のリンクハブ 2 に対して先端側のリンクハブ 3 を任意の姿勢に変更させることができる。

[0040] 図 5 は、リンク作動装置 1 と取付ベース 31 および作業装置 32 との取付部の構造を示す断面図である。同図に示すように、基端側のリンクハブ 2 は、その基端面を取付ベース 31 の底面板部 31a に接触させて、ボルト 41 により取付ベース 31 に取り付けられる。また、先端側のリンクハブ 3 は、その先端面に先端プレート 42 がボルト 43 により取り付けられ、前記先端プレート 42 に対して、レーザー加工ヘッドからなる作業装置 32 のヘッド取付フランジ 44 がボルト 45 で取り付けられる。ヘッド取付フランジ 44 は、作業装置 32 にボルト 46 で固定されている。

[0041] 光ファイバーからなる前記線材 33 は、フレキシブルなものであり、各リンクハブ 2, 3 に設けられた貫通孔 10, 10 に挿通させた状態で、各リンク機構 4 の内側の空間 9 に配置されている。各貫通孔 10 の中心軸線はリンクハブ中心軸 B, C と一致している。

[0042] 取付ベース 31 の底面板部 31a は基端側のリンクハブ 2 の貫通孔 10 と対応する貫通孔 50 を有し、この貫通孔 50 に筒状の線材保持部材 51 が嵌め込まれている。線材保持部材 51 は、ボルト 52 で取付ベース 31 に固定される。線材保持部材 51 の内側に、筒状の弾性体 53 が嵌合され、この弾性体 53 の内側に線材 33 を挿通させることで、線材 33 が線材保持部材 51 により線材 33 を保持される。筒状の線材保持部材 51 および筒状の弾性体 53 の中心軸線は、基端側のリンクハブ中心軸 B と一致している。

[0043] 弾性体 53 は線材 33 の外周面に密着しており、線材 33 における弾性体 53 で覆われた部分は一定の状態、例えば直線状に保持される。線材 33 における弾性体 53 に覆われた部分と貫通孔 10 内に位置する部分の境界点が、基端側の線材保持点 Q1 となる。この基端側の線材保持点 Q1 は、基端側のリンクハブ中心軸 B 上にあつて、基端側の球面リンク中心 P1 に対し中点 O から遠い側に位置する。

[0044] また、前記先端プレート42およびヘッド取付フランジ44はリング状で、その中空部に作業装置32の線材導入部32aが突出している。線材33の先端部が前記線材導入部32aに挿入されている。線材33における線材導入部32aに挿入された部分と貫通孔10内に位置する部分の境界点が、先端側の線材保持点Q2となる。リング状の先端プレート42、ヘッド取付フランジ44および線材導入部32aの中心軸線は、先端側のリンクハブ中心軸Cと一致している。この先端側の線材保持点Q2は、先端側のリンクハブ中心軸C上であって、先端側の球面リンク中心P2に対し中点Oから遠い側に位置する。基端側の球面リンク中心P1から基端側の線材保持点Q1までの距離、および先端側の球面リンク中心P2から先端側の線材保持点Q2までの距離は、互いに等しい。

[0045] リンク作動装置1の作動に伴い線材33が曲がるが、その場合に線材33を傷めず、しかも線材33の曲がりに伴うリンク作動装置1への負担増加を抑えるために、以下のように各部の寸法が設定されている。

[0046] [第1の設定]

基端側および先端側のリンクハブ2, 3が互いに平行である状態における基端側および先端側の球面リンク中心P1, P2間の距離の1/2をDとし、球面リンク中心P1, P2から線材保持点Q1, Q2までの距離をそれぞれHとした場合に、基端側および先端側の線材保持点Q1, Q2の各位置を、関係式

$$H = 0.5 \times D \quad \dots \text{(式1)}$$

で表されるように設定する。

[0047] 上記関係式(式1)の根拠を、図6と共に説明する。同図におけるSは基端側および先端側のリンクハブ2, 3が互いに平行である状態における基端側の線材保持点Q1と先端側の線材保持点Q2間の距離を示し、Dは基端側および先端側の球面リンク中心P1, P2の中点Oと各球面リンク中心P1, P2間の距離を示し、Hは球面リンク中心P1, P2と線材保持点Q1, Q2間の距離を示し、これらは互いに式2の関係にある。

$$S = 2 (D + H) \quad \dots (式 2)$$

[0048] 線材 3 3 が一様な曲げ剛性の可撓性材であると仮定した場合、基端側のリンクハブ 2 に対して先端側のリンクハブ 3 が姿勢変更すると、線材 3 3 は円弧状に変形する。基端側のリンクハブ中心軸 B に対する先端側のリンクハブ中心軸 C の屈曲角が $(2 \times \theta)$ である時の線材 3 3 の曲げ半径を R、基端側および先端側の線材保持点 Q 1, Q 2 間の円弧長さを L とすると、R および L は式 3、式 4 で表される。

$$R = R_1 + R_2 = D / \sin \theta + H / \tan \theta \quad \dots (式 3)$$

$$L = 2 R \theta \quad \dots (式 4)$$

[0049] 図 7 は、リンク作動装置 1 の作動による屈曲角 $(2 \times \theta)$ と線材 3 3 の長さ変化 (L / S) との関係を、線材保持点 Q 1, Q 2 の位置 (H / D) がそれぞれ異なる各仕様について比較して示すグラフである。線材 3 3 の長さ変化は、 (L / S) で無次元化して表している。また、図 8 は、リンク作動装置 1 の作動による屈曲角 $(2 \times \theta)$ と線材 3 3 の曲げ半径 (R / S) との関係を、線材保持点 Q 1, Q 2 の位置 (H / D) がそれぞれ異なる各仕様について比較して示すグラフである。線材 3 3 の曲げ半径は、 (R / S) で無次元化して表している。

[0050] 図 7、図 8 の関係は計算により求められたものである。なお、このリンク作動装置 1 のように曲げ中心が 2 点である構成との比較のために、図 7、図 8 には、比較例として、一般的な 1 点で屈曲するリンク作動装置 (図 9 参照) について行なった計算結果も併せて示してある。

[0051] 図 8 から、線材保持点 Q 1, Q 2 間の距離 S が同じで、屈曲角 $(2 \times \theta)$ も同じであるとき、曲げ中心が 2 点である構成 (図 6) は、曲げ中心が 1 点である構成 (図 9) よりも、線材 3 3 の曲げ半径 R が大きいことが分かる。また、曲げ中心が 2 点である場合の仕様比較では、 H / D の値が大きいほど、すなわち線材保持点 Q 1, Q 2 の位置が球面リンク中心 P 1, P 2 から離れているほど、線材 3 3 の曲げ半径 R は小さくなる。可撓性材は曲げ半径 R に下限があり、これにより屈曲角 $(2 \times \theta)$ が限定される。

- [0052] しかしながら、曲げ中心が2点である構成（図6）と曲げ中心が1点である構成（図9）を比べた場合、同じ屈曲角（ $2 \times \theta$ ）であるときの曲げ半径 R は、曲げ中心が2点である構成（図6）の方が大きい。したがって、曲げ中心が2点である構成（図6）の方が、曲げ中心が1点である構成（図9）よりも大きい屈曲角（ $2 \times \theta$ ）をとることができる。
- [0053] 図7から、線材保持点 Q_1 、 Q_2 間の距離 S が同じで、屈曲角（ $2 \times \theta$ ）も同じであるとき、曲げ中心が2点である構成（図6）は、曲げ中心が1点である構成（図9）よりも、線材33の長さ変化（ L/S ）が小さいことが分かる。また、曲げ中心が2点である場合の仕様比較では、（ H/D ）が0.5のとき、線材33の長さ変化（ L/S ）が最も小さくなる。
- [0054] したがって、任意の距離 D に対して、線材保持点 Q_1 、 Q_2 の位置を $H = 0.5 \times D$ とすることで、線材33と線材保持部 Q_1 、 Q_2 との相対変位が最小となる。これにより、線材33がリンク機構4の他の部材と干渉することの回避が容易となる。また、線材33にかかる張力や圧縮力が低減され、線材33の耐久性が向上する。
- [0055] 図7、図8から分かるように、曲げ中心が2点である構成は、曲げ中心が1点である構成と比べて、各リンク機構4の内側の空間9に配置される線材33の曲げ半径 R が大きく、また基端側のリンクハブ中心軸 B に対する先端側のリンクハブ中心軸 C の屈曲による線材33の長さ変化（ L/S ）も小さい。
- [0056] よって、この実施形態のように、線材33が先端側のリンクハブ3に取り付けるツールへの配線である場合、基端側と先端側のリンクハブ中心軸 B 、 C が互いに屈曲した状態となっても、線材33の長さ変化（ L/S ）が極めて少ないので、余裕長さを持たせることなく線材33を各リンク機構4の内側の空間9に設置することができる。そのため、直線長さ分だけの線材33の長さの設置で済み、また屈曲に伴う線材33の大きな長さ変化に対応するスライド機構などの必要がないなど、リンク作動装置1への線材33の設置が簡単である。また、線材33が前記空間9に収まっているため、リンク作

動装置 1 を省スペースで設置できる。さらに、線材 3 3 が前記空間 9 に収まっていると、線材 3 3 の保護の点でも有利である。しかも、線材 3 3 の長さを短くでき、低コストで済む。

[0057] [第 2 の設定]

線材 3 3 の最小曲げ半径を R_{min} とし、基端側のリンクハブ中心軸 B に対する先端側のリンクハブ中心軸 C の最大屈曲角を $(2 \times \theta_{max})$ とした場合に、関係式

$$R_{min} = D \times (1 / \sin \theta_{max} + 1 / (2 \times \tan \theta_{max})) \quad \dots (式 5)$$

で表されるように設定する。

[0058] これにより、基端側のリンクハブ中心軸 B に対する先端側のリンクハブ中心軸 C の屈曲角 $(2 \times \theta)$ の大きさに関係なく、常に各リンク機構 4 の内側の空間 9 に配置される線材 3 3 の曲げ半径 R が許容曲げ半径内に収まる。また、距離 D は、リンク作動装置 1 に望まれる最大屈曲角 $(2 \times \theta_{max})$ を得るために必要な最小の値とされている。言い換えると、限定された装置の大きさのなかで、最大の屈曲角 $(2 \times \theta)$ が得られる。よって、リンク作動装置 1 をコンパクトにできる。

[0059] この実施形態のように線材 3 3 が光ファイバーである場合、特に線材 3 3 の許容曲げ半径を確保することや、捩じり回しやキックを避けることが求められる。上記のように各部の寸法が設定されていると、リンク作動装置 1 の作動に伴う光ファイバーの長さ変化が少ないため、捩じり回しやキックを避けることができ、取扱い性が向上する。また、リンク作動装置 1 の外部に光ファイバーが露出することがなく、リンク作動装置 1 の設置スペースをコンパクトにできる。

[0060] 図 10 は、線材 3 3 がトルクを伝達可能なフレキシブルシャフトである第 2 実施形態を示す。第 2 実施形態のリンク作動装置 1 は、回転工具のような回転体 (図示せず) を姿勢変更可能に支持するものであり、基端側のリンクハブ 2 が取付ベース 3 1 にボルト 4 1 で固定され、先端側のリンクハブ 3 に回転自在に設けられた回転架台 6 1 に前記回転体が設置される。

- [0061] 回転架台61は、例えば以下のように先端側のリンクハブ3に支持される。第2実施形態では、先端側のリンクハブ3の先端面に先端プレート42をボルト43で取り付け、前記先端プレート42に対して回転架台保持フランジ62をボルト63で取り付け、前記回転架台保持フランジ62に軸受64を介して回転架台61の回転軸部61bを回転自在に支持している。回転架台61の回転架台本体61aと回転軸部61bは別体とされ、両者61a、61bはボルト65により互いに結合されている。
- [0062] 取付ベース31の内部には、回転架台61を回転駆動する回転アクチュエータ67が設置されている。この回転アクチュエータ67の出力軸67aに、カップリング68を介して、フレキシブルシャフトである線材33の基端が結合される。カップリング68は筒状で、その中心軸線は基端側のリンクハブ中心軸Bと一致している。線材33におけるカップリング68に挿入された部分と基端側のリンクハブ2の貫通孔10内に位置する部分の境界点が、基端側の線材保持点Q1となる。この基端側の線材保持点Q1は、基端側のリンクハブ中心軸B上であって、基端側の球面リンク中心P1に対し中点Oから遠い側に位置する。
- [0063] また、線材33の先端は、カップリング69を介して、前記回転架台61の回転軸部61bに結合される。カップリング69も筒状で、その中心軸線は先端側のリンクハブ中心軸Cと一致している。線材33におけるカップリング69に挿入された部分と先端側の端部リンク3の貫通孔10内に位置する部分の境界点が、先端側の線材保持点Q2となる。この先端側の線材保持点Q2は、先端側のリンクハブ中心軸C上であって、先端側の球面リンク中心P2に対し中点Oから遠い側に位置する。基端側の球面リンク中心P1から基端側の線材保持点Q1までの距離、および先端側の球面リンク中心P2から先端側の線材保持点Q2までの距離は、互いに等しい。
- [0064] この場合も、前記第1の設定および第2の設定に基づいて、各部の寸法が設定されている。それにより、フレキシブルシャフトの変形による反力を抑えた状態で、省スペースかつ簡単に回転架台61を回転可能とすることがで

きる。フレキシブルシャフトの反力が抑えられると、リンク作動装置を駆動するアクチュエータの出力を小さくでき、装置全体が軽量でコンパクトなものとすることができ、かつ低コストとなる。

[0065] 上記各実施形態のリンク作動装置1は、各リンク機構4が鏡像対称タイプであるが、図11の第3実施形態に示すように、各リンク機構4が点対称タイプであっても良い。その場合も、第1の設定および第2の設定に基づいて各部の寸法を適正に設定することにより、鏡像対称タイプと同じ作用・効果を得られる。図11では、鏡像対称である構成と対応させて符号を付してある。

[0066] 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、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、種々の追加、変更または削除が可能である。したがって、そのようなものも本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

- [0067] 1 リンク作動装置
2 基端側のリンクハブ
3 先端側のリンクハブ
4 リンク機構
5 基端側の端部リンク部材
6 先端側の端部リンク部材
7 中央リンク部材
33 線材
61 回転架台
61b 回転軸部
67 回転アクチュエータ
67a 出力軸
B 基端側のリンクハブの中心軸
C 先端側のリンクハブの中心軸
O 中点

- P 1 基端側の球面リンク中心
- P 2 先端側の球面リンク中心
- Q 1 基端側の線材保持点
- Q 2 先端側の線材保持点

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、

前記各リンク機構はそれぞれ、前記基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の端部リンク部材と、前記先端側のリンクハブに一端が回転可能に連結された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、

前記各リンク機構は、このリンク機構を直線で表現した幾何学モデルが、前記中央リンク部材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リンク作動装置であって、

前記基端側のリンクハブと前記各基端側の端部リンクとの各回転対偶中心軸はそれぞれ基端側の球面リンク中心で互いに交差し、前記先端側のリンクハブと前記各先端側の端部リンクとの各回転対偶中心軸はそれぞれ先端側の球面リンク中心で互いに交差し、

前記基端側および先端側のリンクハブが互いに平行である状態で、前記基端側のリンクハブの前記球面リンク中心を通り前記先端側のリンクハブの前記球面リンク中心に向かって延びる軸線である基端側のリンクハブ中心軸と、前記先端側のリンクハブの前記球面リンク中心を通り前記基端側のリンクハブの前記球面リンク中心に向かって延びる軸線である先端側のリンクハブ中心軸と、前記基端側のリンクハブ中心軸上にあつて前記基端側の球面リンク中心から前記基端側の球面リンク中心に対して遠い側に位置する基端側の線材保持点と、前記先端側のリンクハブ中心軸上にあつて前記先端側の球面リンク中心から前記基端側の球面リンク中心に対して遠い側に位置する線材保持点とを有し、前記基端側のリンクハブと前記先端側のリンクハブとの間に、前記基端側および先端側の線材保持点で両端が保持された線材が配置され、

前記基端側および先端側のリンクハブが互いに平行である状態における前記基端側および先端側の球面リンク中心の midpoint から前記各球面リンク中心までの距離を D とし、基端側および先端側における前記球面リンク中心から前記基端側および先端側の線材保持点までの距離をそれぞれ H とした場合に、

$$H = 0.5 \times D$$

の関係が成り立つリンク作動装置。

[請求項2] 請求項1に記載のリンク作動装置において、前記線材の最小曲げ半径を R_{min} とし、前記基端側のリンクハブ中心軸に対する前記先端側のリンクハブ中心軸の最大屈曲角を $(2 \times \theta_{max})$ とした場合に、

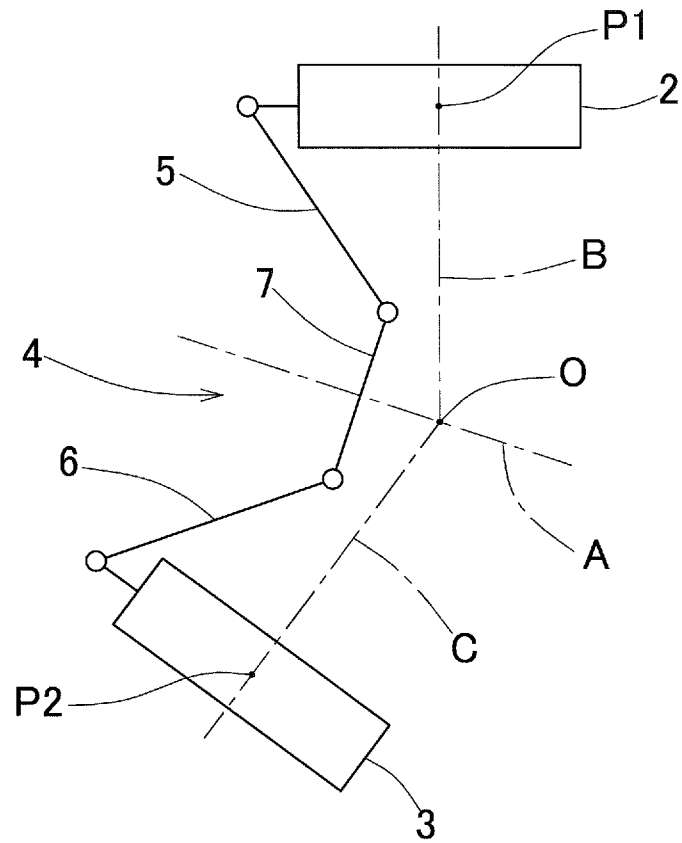
$$R_{min} = D \times (1 / \sin \theta_{max} + 1 / (2 \times \tan \theta_{max}))$$

の関係が成り立つリンク作動装置。

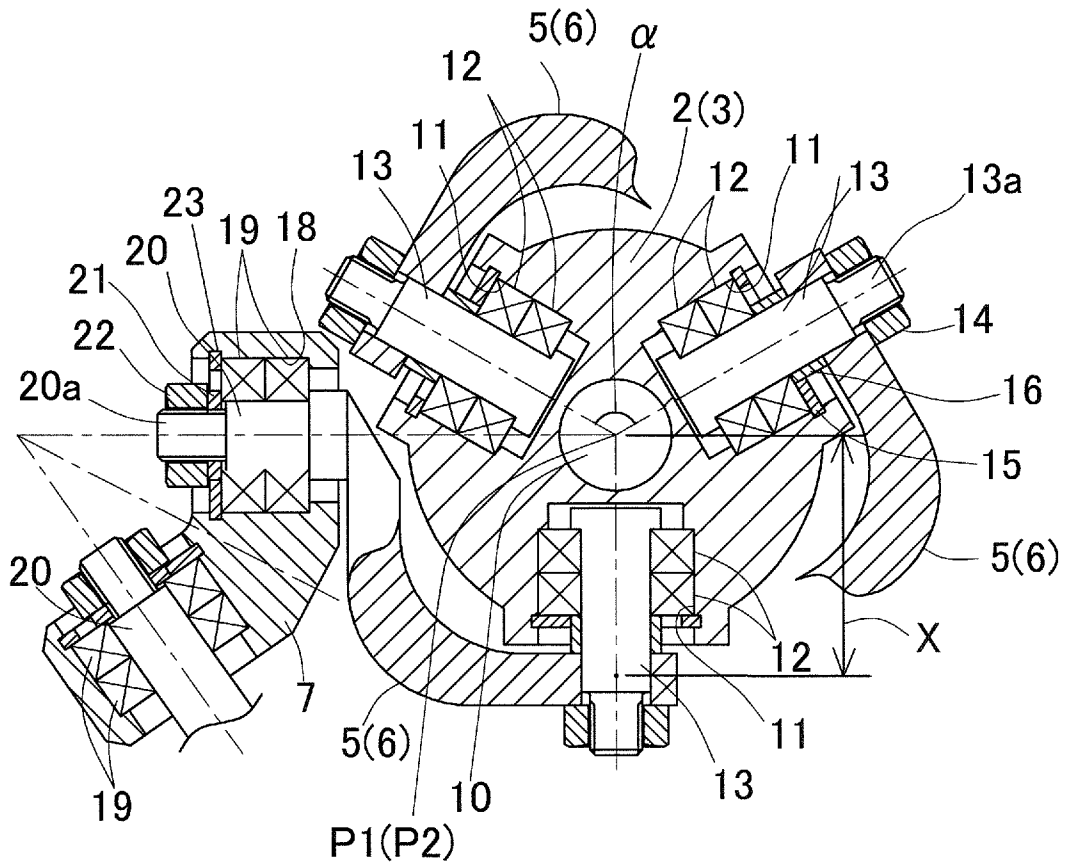
[請求項3] 請求項1または請求項2のリンク作動装置において、前記線材は光ファイバーであるリンク作動装置。

[請求項4] 請求項1または請求項2のリンク作動装置において、前記線材はトルクを伝達可能なフレキシブルシャフトであり、前記基端側のリンクハブに設置した回転アクチュエータの出力軸に前記線材の一端が連結され、前記先端側のリンクハブに対して回転自在に設置された回転架台の回転軸部に前記線材の他端が連結されているリンク作動装置。

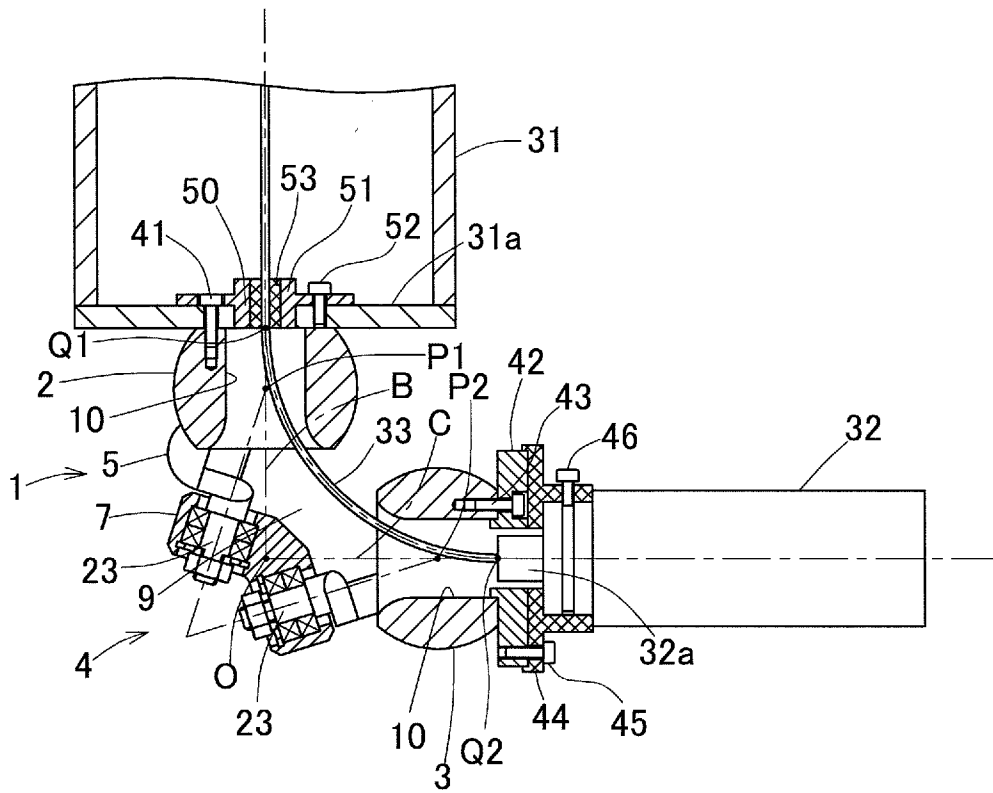
[図3]



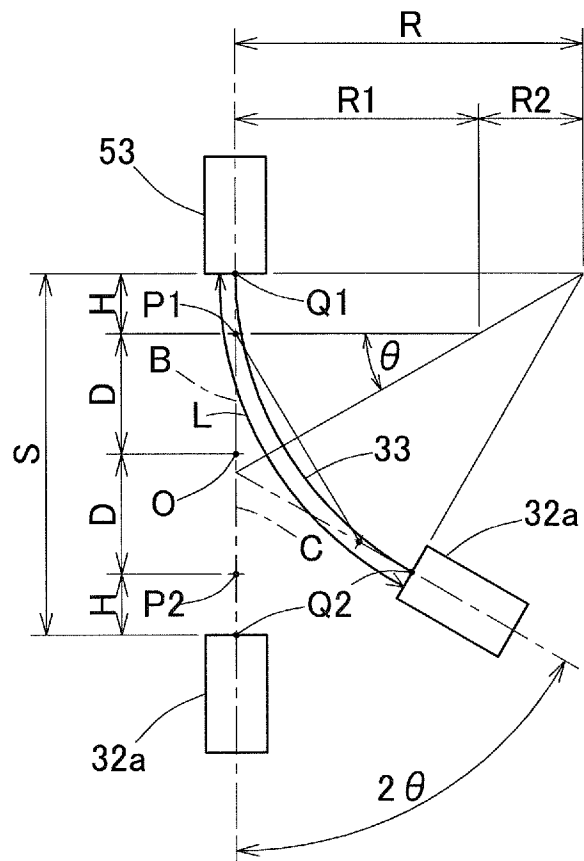
[図4]



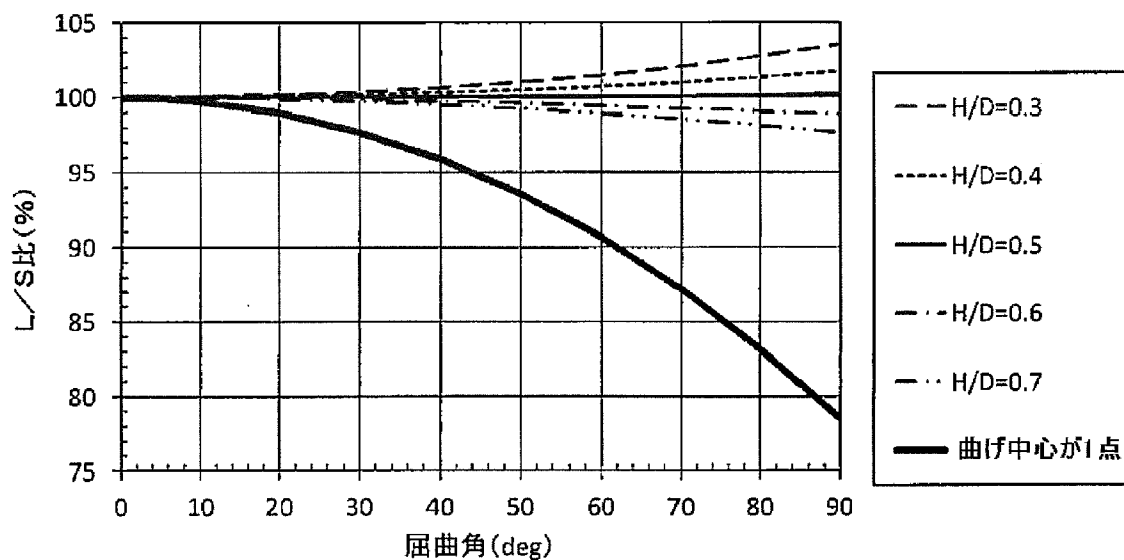
[図5]



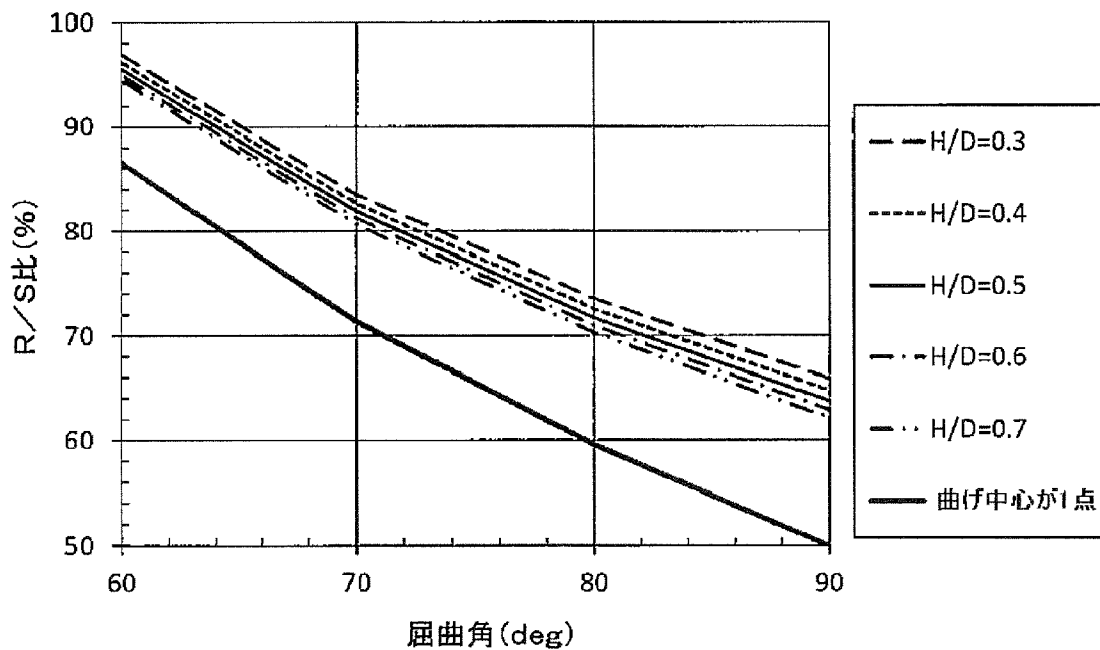
[図6]



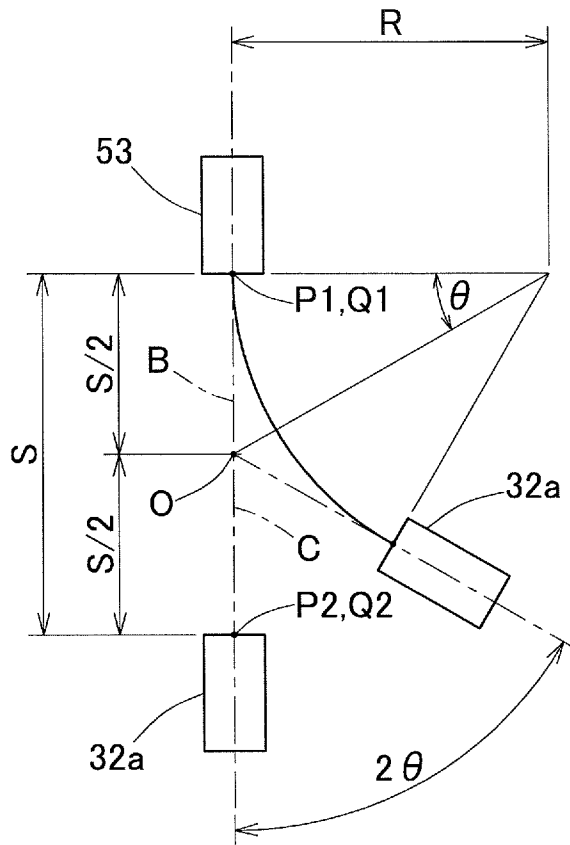
[図7]



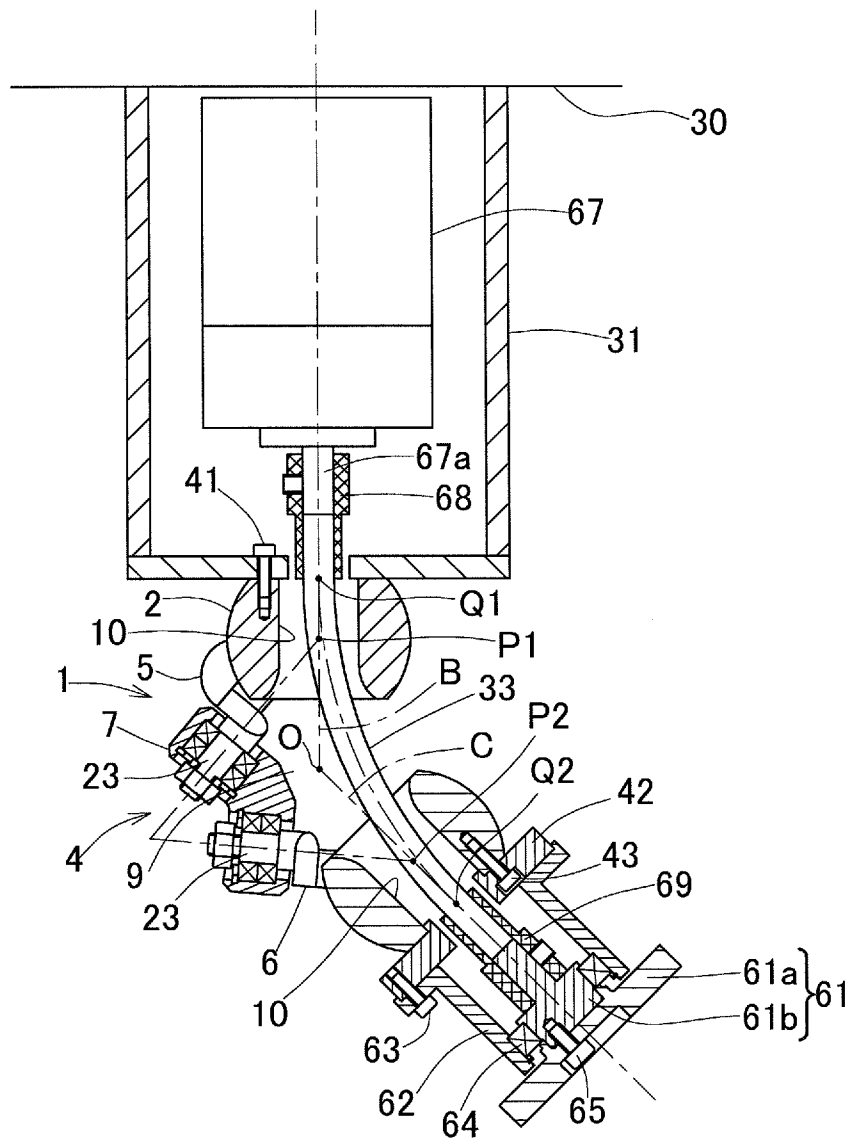
[図8]



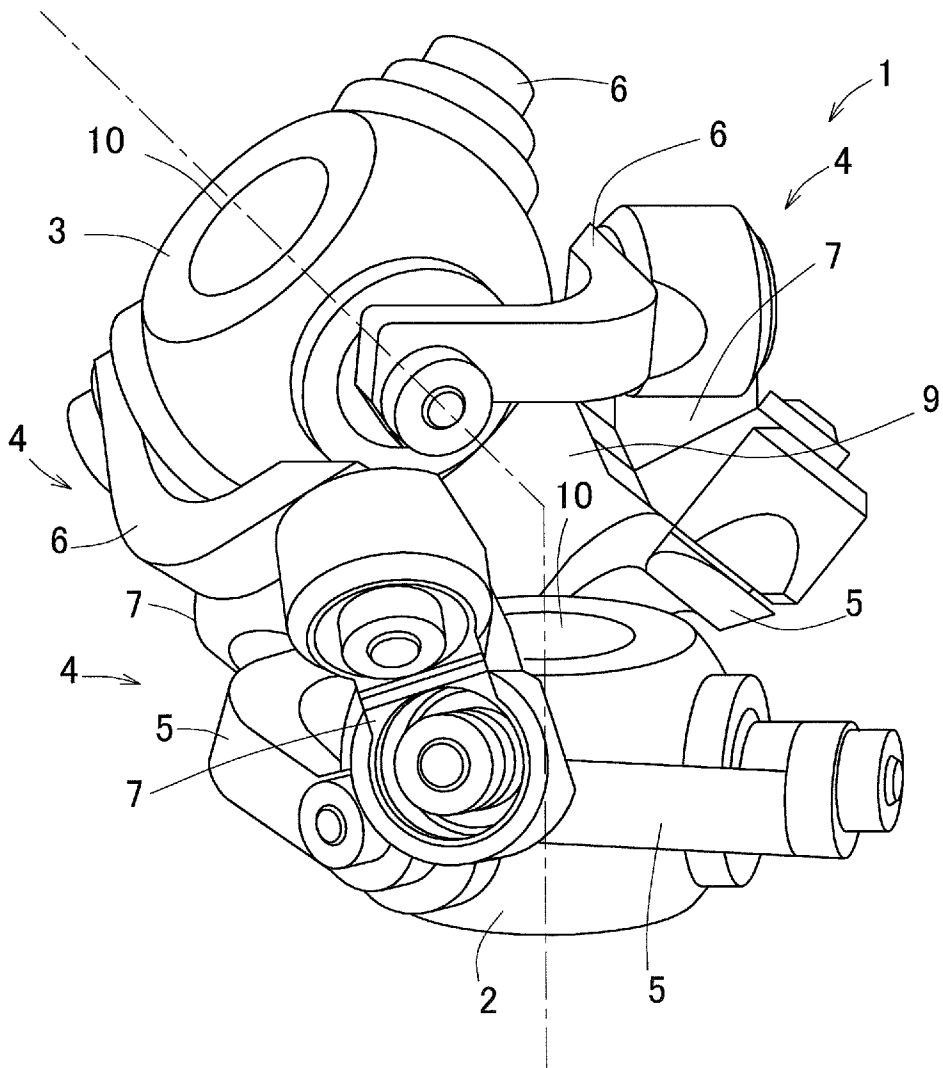
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/062573

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B25J11/00(2006.01) i, F16H21/54(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, F16H21/54

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.
A	JP 2013-68280 A (NTN Corp.), 18 April 2013 (18.04.2013), entire text; fig. 1 to 13 & WO 2013/042577 A1	1-4
A	JP 2005-351379 A (NTN Corp.), 22 December 2005 (22.12.2005), entire text; fig. 1 to 13 (Family: none)	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 23 May, 2014 (23.05.14)	Date of mailing of the international search report 03 June, 2014 (03.06.14)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. B25J11/00(2006.01)i, F16H21/54(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. B25J11/00, F16H21/54										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2014年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2014年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2014年	日本国実用新案登録公報	1996-2014年	日本国登録実用新案公報	1994-2014年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2014年									
日本国実用新案登録公報	1996-2014年									
日本国登録実用新案公報	1994-2014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 2013-68280 A (NTN株式会社) 2013.04.18, 全文, 第1-13 図 & WO 2013/042577 A1	1-4								
A	JP 2005-351379 A (NTN株式会社) 2005.12.22, 全文, 第1-1 3図 (ファミリーなし)	1-4								
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 23.05.2014	国際調査報告の発送日 03.06.2014									
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) 杉山 悟史 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	3U 3322								