

(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
2012 年 11 月 22 日(22.11.2012)



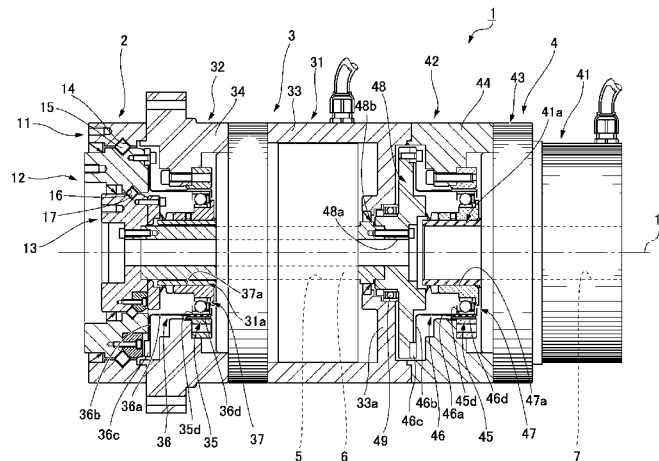
(10) 国際公開番号
WO 2012/157020 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 7/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/002718
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 16 日(16.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ (HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC.) [JP/JP]; 〒1400013 東京都品川区南大井 6 丁目 2 5 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 横山 晃啓 (YOKOYAMA, Akihiro) [JP/JP]; 〒3998305 長野県安曇野市穂高牧 1 8 5 6 - 1 株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ穂高工場内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 横沢 志郎 (YOKOZAWA, Shiro); 〒3900852 長野県松本市島立 1 1 3 2 番地 1 8 Nagano (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, JP, 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, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, 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 (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
— 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

(54) Title: CONCENTRIC MULTI-AXIS ACTUATOR

(54) 発明の名称: 同心多軸アクチュエータ

[図1]



(57) Abstract: A concentric double axis actuator (1) has a two-stage cross roller bearing (2), and a preceding-stage actuator (3) and a subsequent-stage actuator (4) which are linked in tandem. The front end of a subsequent stage rotary output shaft (6) of the subsequent actuator (4), said subsequent stage rotary output shaft (6) passing through a hollow section (5) of the preceding-stage actuator (3) and projecting forward, is linked and fixed to an inner ring (13) of the two-stage cross roller bearing (2), and the inner ring (13) functions as a subsequent-stage rotary output member. The output rotary side of the preceding-stage actuator (3) is linked to an middle ring (12) of the two-stage cross roller bearing (2), and the middle ring (12) functions as a preceding-stage rotary output member. The rotary output element of each stage is supported by the two-stage cross roller bearing (2), and surface oscillations of the rotary output member of each stage can therefore be minimized, and the moment stiffness of the members can be increased.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/157020 A1



同心２軸アクチュエータ（１）は、２段クロスローラベアリング（２）と、前段アクチュエータ（３）と、後段アクチュエータ（４）がタンデムに連結されている。前段アクチュエータ（３）の中空部（５）を貫通して前方に突出している後段アクチュエータ（４）の後段回転出力軸（６）の前端部が２段クロスローラベアリング（２）の内輪（１３）に連結固定されており、内輪（１３）が後段回転出力部材として機能する。前段アクチュエータ（３）の出力回転側は２段クロスローラベアリング（２）の中間輪（１２）に連結されており、中間輪（１２）が前段回転出力部材として機能する。２段クロスローラベアリング（２）によって各段の回転出力要素が支持されているので、各段の回転出力部材の面振れを抑制でき、それらのモーメント剛性を高めることができる。

明 細 書

発明の名称： 同心多軸アクチュエータ

技術分野

- [0001] 本発明は、タンデムに配列されている複数のアクチュエータの出力回転を、同一の側から出力可能な同心多軸アクチュエータに関し、特に、各アクチュエータから面振れ（軸振れ）なく回転出力を取り出すことができ、十分なモーメント剛性を備えた同心多軸アクチュエータに関する。
- [0002] 産業用ロボット、例えば、基板などのワークを搬送するための搬送用ロボットの回転駆動機構として同心多軸アクチュエータが用いられている。例えば、同心2軸アクチュエータでは、タンデムに2台のアクチュエータが連結されており、前段側のアクチュエータは中空型のものであり、後段側のアクチュエータの回転出力軸が前段側のアクチュエータの中空部を貫通して前段側のアクチュエータの中空出力軸から前方に突出している。同心状の回転出力軸および中空出力軸のそれぞれに連結固定されたロボットアームなどの部材を個別に駆動することができる。このような構成の同心多軸アクチュエータは特許文献1～8に開示されている。なお、特許文献9には本発明に関連する多段クロスローラベアリングが開示されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開昭63-7285号公報、図6
特許文献2：特許第2750771号公報、図2
特許文献3：特開平6-791号公報
特許文献4：特開平5-329785号公報
特許文献5：特開平5-4178号公報
特許文献6：特許第2703291号公報
特許文献7：米国特許第6485250号公報
特許文献8：米国特許第5720590号公報

特許文献9：WO 2003/050428号のパンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 同心多軸アクチュエータでは、後段側のアクチュエータの回転出力軸が前段側のアクチュエータの中空部を貫通してその前側に突出しているため、後段側の回転出力軸の軸長が長くなる。軸長が長いと回転出力軸の同軸度が低下し、軸振れ（面振れ）が大きくなってしまふ。また、回転出力軸が長くなるとモーメント剛性も低下してしまふ。軸振れを抑制し、モーメント剛性を高めるために、軸受などを追加して回転出力軸を支持すると、追加部品の設置スペースを確保するために回転出力軸の軸長を更に長くしなければならない場合もある。

[0005] 本発明の課題は、このような点に鑑みて、軸振れを防止あるいは抑制でき、しかも、モーメント剛性の高い同心多軸アクチュエータを提案することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の課題を解決するために、本発明の同心多軸アクチュエータは、
多段クロスローラベアリングと、前記多段クロスローラベアリングの後側に同軸状態に配置した前段アクチュエータと、前記前段アクチュエータの後側に同軸状態に配置した後段アクチュエータとを有し、

前記前段アクチュエータはその中心を軸線方向に貫通して延びている前段中空部を備え、

前記後段アクチュエータは、前記前段中空部を貫通して前方に延びている後段回転出力軸を備え、

前記多段クロスローラベアリングは、外輪と、この内側に同心状態に配置されている中間輪と、この内側に同心状態に配置されている内輪と、前記外輪および前記中間輪の間に形成した矩形断面をした円環状の外側軌道と、この外側軌道内に転動自在の状態で挿入されている複数個の外側ローラと、前記中間輪および前記内輪の間に形成した矩形断面をした円環状の内側軌道と

、この内側軌道内に転動自在の状態で挿入されている複数個の内側ローラとを備え、

前記中間輪は前記前段アクチュエータによって回転駆動される前段回転出力部材であり、

前記内輪は前記後段回転出力軸に連結固定された後段回転出力部材であることを特徴としている。

[0007] ここで、後段アクチュエータを中空型のものとすれば、同心多段アクチュエータの中心を貫通して延びる中空部が形成されるので、当該中空部を配線スペースなどとして利用することができる。また、後段アクチュエータの後側に更にアクチュエータを連結し、当該アクチュエータの回転出力軸を中空部を介して前方に突出させることにより、同心3軸アクチュエータを実現できる。同様にして、中空型の同心2軸アクチュエータは、同心多軸アクチュエータにおける前側2段分のアクチュエータ部分として用いることができる。

[0008] また、前段アクチュエータ、後段アクチュエータとしては、モータと波動歯車減速機からなるアクチュエータを用いることができる。この場合には、波動歯車減速機として、大きな中空部を確保するのに適したシルクハット型と呼ばれる波動歯車減速機を用いることが望ましい。

[0009] この場合、本発明の同心多軸アクチュエータは次のように構成することができる。すなわち、前記前段アクチュエータは前段モータと前段波動歯車減速機を備え、前記前段波動歯車減速機は、前段減速機ハウジングと、この内側に同軸状態に固定した前段剛性内歯歯車と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の前段可撓性外歯歯車と、この内側に嵌め込まれている前段波動発生器とを備え、前記前段波動発生器には中心貫通孔が形成されており、前記前段ハウジングは前記外輪に固定され、前記前段可撓性外歯歯車は前記中間輪に固定され、前記前段波動発生器は当該前段波動発生器の前記中心貫通孔を貫通して延びている前記前段モータの中空モータ軸に固定される。

[0010] また、前記後段アクチュエータは、後段モータと後段波動歯車減速機を備え、前記後段波動歯車減速機は、後段減速機ハウジングと、この内側に同軸状態に固定した後段剛性内歯車と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の後段可撓性外歯車と、この内側に嵌め込まれている後段波動発生器とを備え、前記後段波動発生器には中心貫通孔が形成されており、前記後段ハウジングは前記前段モータのモータハウジングに固定され、前記後段可撓性外歯車は前記後段回転出力軸の後端に固定され、前記後段波動発生器は当該後段波動発生器の前記中心貫通孔を貫通して延びている前記後段モータのモータ軸に固定される。

[0011] ここで、本発明において使用する多段クロスローラベアリングは、
前記内側ローラのローラサイズが前記外側ローラのローラサイズよりも小さく、

前記内側ローラのローラ中心が、前記外側ローラのローラ中心に対して、前記軸線に沿った方向にオフセットした位置にあることを特徴としている。

[0012] このオフセット量は、前記内側軌道の軌道幅の $1/2$ から、当該軌道幅と前記外側軌道の軌道幅との加算値の $1/2$ までの範囲内の値であることが望ましい。さらには、オフセット量は、前記外側軌道の軌道幅の $1/2$ であることが望ましい。

[0013] また、前記中間輪における円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さは、少なくとも、前記外輪の円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さの2倍であることが望ましい。

[0014] さらに、前記外側軌道および前記内側軌道は、前記外輪、前記中間輪および前記内輪において、それらの一方の端面に近い位置に形成されていることが望ましい。

[0015] 次に、本発明を適用した同心3軸アクチュエータでは、外輪、第1中間輪、第2中間輪および内輪が同心状に配置された3段クロスローラベアリングが用いられる。この場合、本発明の同心多軸アクチュエータでは、前記前段

アクチュエータと前記後段アクチュエータの間に同軸状態で中段アクチュエータが配置される。前記中段アクチュエータはその中心を軸線方向に貫通して延びている中段中空部と、前記前段中空部を貫通して前方に延びている中空型の中段回転出力軸とを備えている。前記後段アクチュエータの前記後段回転出力軸は、前記中段中空部、前記中段回転出力軸および前記前段中空部を貫通して前方に延びている。また、前記多段クロスローラベアリングは、前記中間輪として、第 1 中間輪と、この内側に同心状に配置した第 2 中間輪を備え、前記第 1 中間輪と前記第 2 中間輪の間には矩形断面をした円環状の中間軌道が形成され、当該中間軌道には転動自在の状態で複数個の中間ローラが挿入されている。そして、前記第 1 中間輪が前記前段アクチュエータによって回転駆動される前段回転出力部材となり、前記第 2 中間輪が前記中段回転出力軸に連結固定された中段回転出力部材になる。

発明の効果

- [0016] 本発明の同心多軸アクチュエータでは、多段クロスローラベアリングと、前段アクチュエータと、後段アクチュエータがタンデムに連結され、前段アクチュエータの中空部を貫通して前方に突出している後段アクチュエータの後段回転出力軸の前端部が多段クロスローラベアリングの内輪に連結固定されており、内輪が後段回転出力部材として機能する。前段アクチュエータの回転出力側は多段クロスローラベアリングの中間輪に連結されており、中間輪が前段回転出力部材として機能する。多段クロスローラベアリングによって各段の回転出力要素が支持されているので、各段の回転出力部材の面振れを抑制でき、それらのモーメント剛性を高めることができる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1] 本発明を適用した同心 2 軸アクチュエータを示す縦断面図である。
[図2] 図 1 の 2 段クロスローラベアリングを示す端面図および縦断面図である。
。
[図3] 本発明を適用した同心 3 軸アクチュエータを示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下に、図面を参照して本発明を適用した同心多軸アクチュエータの実施の形態を説明する。

[0019] 図 1 を参照して本発明の実施の形態に係る同心 2 軸アクチュエータを説明する。同心 2 軸アクチュエータ 1 は、その軸線 1 a に沿って、前端に、多段クロスローラベアリングとして 2 段クロスローラベアリング 2 が配置され、その後側に同軸状態に前段アクチュエータ 3 が連結され、その後側に同軸状態に後段アクチュエータ 4 が連結されている。前段アクチュエータ 3 はその中心を軸線 1 a の方向に貫通して延びている円形断面の前段中空部 5 を備えており、後段アクチュエータ 4 は、前段中空部 5 を同軸状態で貫通して前方に延びている中空型の後段回転出力軸 6 を備えている。また、本例の後段アクチュエータ 4 はその中心を軸線 1 a の方向に貫通して延びている円形断面の後段中空部 7 を備えている。

[0020] 同心 2 軸アクチュエータ 1 の前端に位置している 2 段クロスローラベアリング 2 は、外輪 1 1 と、この内側に同心状態に配置されている中間輪 1 2 と、この内側に同心状態に配置されている内輪 1 3 を備えている。外輪 1 1 と中間輪 1 2 の間には、矩形断面をした円環状の外側軌道 1 4 が形成されており、ここには、中心軸線が交互に直交する状態で複数個の外側ローラ 1 5 が回転自在の状態に挿入されている。同様に、中間輪 1 2 と内輪 1 3 の間には矩形断面をした円環状の内側軌道 1 6 が形成されており、ここには、中心軸線が交互に直交する状態で複数個の内側ローラ 1 7 が挿入されている。したがって、外輪 1 1、中間輪 1 2、外側軌道 1 4 および外側ローラ 1 5 によって、外側クロスローラベアリングが構成されており、中間輪 1 2、内輪 1 3、内側軌道 1 6 および内側ローラ 1 7 によって、内側クロスローラベアリングが構成されている。

[0021] 2 段クロスローラベアリングの中間輪 1 2 は前段アクチュエータ 3 によって回転駆動される前段回転出力部材として機能し、内輪 1 3 は後段回転出力軸 6 によって回転駆動される後段回転出力部材として機能する。また、内輪 1 3 の中心貫通孔と、後段回転出力軸 6 の中空部と、後段中空部 7 によって

、同心２軸アクチュエータ１には、軸線１aの方向に貫通して延びる中空部が形成されている。

[0022] 次に、各部分の構造を具体的に説明する。前段アクチュエータ３は、前段モータ３１と、この前段モータ３１の出力回転を減速して外輪１１に伝達する前段波動歯車減速機３２を備えている。前段波動歯車減速機３２は、前段アクチュエータ３のモータハウジング４３の前端側に連結されている筒状の前段減速機ハウジング３４を備えており、この内周側の部位には、同軸状態に前段剛性内歯歯車３５が締結固定されている。この内側には同軸状態にシルクハット形状の前段可撓性外歯歯車３６が配置されており、この内側には前段波動発生器３７が同軸状態に嵌め込まれている。

[0023] 前段可撓性外歯歯車３６は、半径方向に撓み可能な円筒状胴部３６aと、この円筒状胴部３６aにおける２段クロスローラベアリング２の側の端から半径方向の外方に広がっているダイヤフラム３６bと、この外周縁に形成されている剛性の円環状のボス３６cとを備えている。円筒状胴部３６aにおける反対側の開口端の外周面部分には外歯３６dが形成されており、外歯３６dが形成されている円筒状胴部３６aの内側に楕円形輪郭の前段波動発生器３７が嵌め込まれ、これによって、楕円形に変形した外歯形成部分の長軸方向の両端部分に位置する外歯３６dの部分が前段剛性内歯歯車３５の内歯３５dの部分に噛み合っている。

[0024] ここで、前段減速機ハウジング３４の前端面に２段クロスローラベアリング２の外輪１１が締結固定されている。前段可撓性外歯歯車３６の円環状のボス３６cは２段クロスローラベアリング２の中間輪１２の円環状端面に締結固定されている。前段波動発生器３７は中心貫通孔３７aを備えており、ここを貫通して、前段モータ３１の中空モータ軸３１aが前方に延びている。この中空モータ軸３１aの外周に前段波動発生器３７が締結固定されている。したがって、前段モータ３１の中空モータ軸３１aによって高速回転する前段波動発生器３７によって、両歯車３５、３６の噛み合い位置が周方向に移動し、これによって、両歯車の歯数差に起因する相対回転が両歯車３５

、３６の間に発生する。前段剛性内歯歯車３５は回転しないように固定されているので、前段可撓性外歯歯車３６から大幅に減速された減速回転が取り出されて、ここに連結されている中間輪１２から出力される。

[0025] 次に、後段アクチュエータ４は、後段モータ４１と、この後段モータ４１の出力回転を減速して後段回転出力軸６を介して内輪１３に伝達する後段波動歯車減速機４２を備えている。後段波動歯車減速機４２は、後段アクチュエータ４のモータハウジング４３の前端側の部分を形成している筒状の後段減速機ハウジング４４を備えており、この内周側の部位には、同軸状態に後段剛性内歯歯車４５が締結固定されている。この内側には同軸状態にシルクハット形状の後段可撓性外歯歯車４６が配置されており、この内側には後段波動発生器４７が同軸状態に嵌め込まれている。

[0026] 後段可撓性外歯歯車４６は、前段可撓性外歯歯車３６と同一構成であり、半径方向に撓み可能な円筒状胴部４６ａと、この円筒状胴部４６ａにおける前段アクチュエータ３の側の端から半径方向の外方に広がっているダイヤフラム４６ｂと、この外周縁に形成されている剛性の円環状のボス４６ｃとを備えている。円筒状胴部４６ａにおける反対側の開口端の外周面部分には外歯４６ｄが形成されており、外歯４６ｄが形成されている円筒状胴部４６ａの内側に楕円形輪郭の後段波動発生器４７が嵌め込まれ、これによって、楕円形に変形した外歯形成部分の長軸方向の両端部分に位置する外歯４６ｄの部分が後段剛性内歯歯車４５の内歯４５ｄの部分に噛み合っている。

[0027] ここで、後段減速機ハウジング４４の前端面は前段アクチュエータ３の筒状ハウジング３３の後端面に締結固定されている。これらの締結固定部分の内側には、中心貫通孔４８ａを備えた連結用円盤４８が配置されている。連結用円盤４８の中心側の部分には前方に突出した円環状フランジ４８ｂが形成されており、この前端部には、前段アクチュエータ３の筒状ハウジング３３の後側端板部分３３ａの中心貫通孔から後方に突出している後段回転出力軸６の後端部が締結固定されている。また、連結用円盤４８は、ボールベアリング４９を介して、筒状ハウジング３３の後側端板部分３３ａによって回

転自在の状態で支持されている。さらに、連結用円盤 4 8 の後端側の端面には、後段可撓性外歯歯車 4 6 の円環状のボス 4 6 c が締結固定されている。

[0028] 次に、後段波動発生器 4 7 は中心貫通孔 4 7 a を備えており、ここを貫通して、後段モータ 4 1 の中空モータ軸 4 1 a が前方に延びている。この中空モータ軸 4 1 a の外周に後段波動発生器 4 7 が締結固定されている。したがって、後段モータ 4 1 の中空モータ軸 4 1 a によって高速回転する後段波動発生器 4 7 によって、両歯車 4 5、4 6 の噛み合い位置が周方向に移動し、これによって、両歯車の歯数差に起因する相対回転が両歯車 4 5、4 6 の間に発生する。後段剛性内歯歯車 4 5 は回転しないように固定されているので、後段可撓性外歯歯車 4 6 から大幅に減速された減速回転が取り出されて、ここに連結されている連結用円盤 4 8 および後段回転出力軸 6 を介して、2 段クロスローラベアリング 2 の内輪 1 3 から出力される。

[0029] 一方、クロスローラベアリングを同心状に多段に配置した構造の多段クロスローラベアリングにおいては、外側のクロスローラベアリングの内輪および内側のクロスローラベアリングの外輪として機能する中間輪に予圧変形が生じ、内側および外側のクロスローラベアリングの円滑な回転を確保することが困難になるという問題がある。しかしながら、本例の 2 段クロスローラベアリング 2 は以下に述べるように構成されているので、このような問題を解消することができる。

[0030] 図 2 を参照して説明すると、2 段クロスローラベアリング 2 では、内側クロスローラベアリング部分のローラサイズ、すなわち、内側ローラ 1 7 のサイズが、外側クロスローラベアリング部分のローラサイズ、すなわち、外側ローラ 1 5 のサイズよりも小さい。また、内側ローラ 1 7 のローラ中心 L 2 は、外側ローラ 1 5 のローラ中心 L 1 に対して、軸線 1 a に沿った方向にオフセットした位置にある。

[0031] このように、2 段クロスローラベアリング 2 では、小径の内側クロスローラベアリング部分のローラサイズが小さく、大径の外側クロスローラベアリング部分のローラサイズが大きいので、2 段クロスローラベアリング 2 を組

み立てた状態において、中間輪 12 に対して内側および外側から作用する予圧応力の均衡化を図ることができる。また、外側クロスローラベアリングのローラ中心 L1 と内側クロスローラベアリングのローラ中心 L2 を、それらの軸線 1a の方向にオフセットさせた位置としてあるので、これらが半径方向において同一平面状に位置する場合に比べて、中間輪 12 に生ずる予圧変形を小さくすることができる。この結果、2 段クロスローラベアリング 2 を組み立てた状態における中間輪 12 の予圧変形を抑制でき、各クロスローラベアリング部分の円滑な回転を確保できる。

[0032] ここで、内側ローラ 17 のローラ中心 L2 の外側ローラ 15 のローラ中心 L1 に対するオフセット量 Δ は、内側軌道 16 の軌道幅 $w(16)$ の $1/2$ から、当該軌道幅 $w(16)$ と外側軌道 14 の軌道幅 $w(14)$ の加算値の $1/2$ までの範囲内の値としておくことが望ましい。この範囲内の値よりもオフセット量が少ないと、中間輪の予圧変形を十分に抑制できないのでクロスローラベアリングの円滑な回転を確保できないおそれがある。また、この範囲内の値よりもオフセット量を多くしても、オフセットさせることによる中間輪の予圧変形抑制効果の更なる改善が得られず、2 段クロスローラベアリングの中心軸線の方法の幅寸法が大きくなり、2 段クロスローラベアリングの偏平化にとって望ましくない。

$$w(16)/2 < \Delta < \{w(16) + w(14)\}/2$$

[0033] 本例では、中間輪 12 の予圧変形を効果的に抑制しつつ、2 段クロスローラベアリング 2 を偏平にするために、オフセット量 Δ が、外側軌道 14 の軌道幅 $w(14)$ の $1/2$ になっており、ローラ中心 L1 に対してローラ中心 L2 が円環状端面 12a の側に片寄った位置となっている。

[0034] また、本例では、中間輪 12 の予圧変形を確実に防止するために、当該中間輪 12 における円形内周面 12d から円形外周面 12e までの間の半径方向の厚さ $t(12)$ が、外輪 11 の円形内周面 11d から円形外周面 11e までの間の半径方向の厚さ $t(11)$ の 2 倍以上に設定されている。

[0035] さらに、本例では、外輪 11、中間輪 12 および内輪 13 における内側の

円環状端面がほぼ同一面上に位置しており、外側軌道 14 が外輪 11、中間輪 12 における内側の端面に近い側にあり、内側軌道 16 も、中間輪 12 および内輪 13 における内側の端面に近い側にある。そして、中間輪 12 および内輪 13 における内側の端面にローラ挿入用の挿入孔 12 f、13 f が形成され、これらが栓 18、19 によって封鎖されている。このように、外側軌道 14、内側軌道 16 を、ベアリング中心軸線 1 a の方向において、ローラ挿入側の端面に近い側に寄せてある。したがって、2 段クロスローラベアリング 2 の組立性を向上させることができる。

[0036] (その他の実施の形態)

上記の例は本発明を同心 2 軸アクチュエータに適用したものであるが、本発明は、アクチュエータを 3 段以上にタンデムに連結して、同一側から各段の回転を出力する同心多軸アクチュエータにも同様に適用できる。例えば、図 3 に示すように、同心 3 軸アクチュエータの場合には、3 段クロスローラベアリングを前端に配置し、この後側に、前段アクチュエータ、中段アクチュエータおよび後段アクチュエータを同軸状態に連結すればよい。

[0037] 図 3 を参照して説明すると、同心 3 軸アクチュエータ 51 は、3 段クロスローラベアリング 52 と、3 段クロスローラベアリング 52 の後側に同軸状態に配置した前段アクチュエータ 53 と、前段アクチュエータ 53 の後側に同軸状態に配置した中段アクチュエータ 54 と、中段アクチュエータ 54 の後側に同軸状態に配置した後段アクチュエータ 55 とを有している。前段アクチュエータ 53 はその中心を軸線 51 a の方向に貫通して延びている前段中空部 56 を備えている。中段アクチュエータ 54 もその中心を軸線 51 a の方向に貫通して延びている中段中空部 57 を備えており、当該中段アクチュエータ 54 からは、前段中空部 56 を貫通して前方に中空型の中段回転出力軸 58 が延びている。後段アクチュエータ 55 は後段回転出力軸 59 を備えており、この後段回転出力軸 59 は中段中空部 57 および中段回転出力軸 58 の中空部を貫通して前方に延びている。

[0038] 3 段クロスローラベアリング 52 は、外輪 61 と、この内側に同心状態に

配置されている第 1 中間輪 6 2 と、この内側に同心状態に配置されている第 2 中間輪 6 3 と、この内側に同心状態に配置されている内輪 6 4 を備えている。また、外輪 6 1 と第 1 中間輪 6 2 の間には、矩形断面をした円環状の外側軌道 6 5 が形成され、この外側軌道 6 5 内には転動自在の状態で中心軸線が交互に直交する状態で複数個の外側ローラ 6 6 が挿入されている。第 1、第 2 中間輪 6 2、6 3 の間にも矩形断面をした円環状の中間軌道 6 7 が形成され、ここには、転動自在の状態で中心軸線が交互に直交する状態で複数個の中間ローラ 6 8 が挿入されている。同様に、第 2 中間輪 6 3 と内輪 6 4 の間には矩形断面をした円環状の内側軌道 6 9 が形成され、ここには、転動自在の状態で中心軸線が交互に直交する状態で複数個の内側ローラ 7 0 が挿入されている。

[0039] 第 1 中間輪 6 2 は、前段アクチュエータ 5 3 によって回転駆動される前段回転出力部材であり、第 2 中間輪 6 3 は中段回転出力軸 5 8 に連結固定された中段回転出力部材であり、内輪 6 4 は後段回転出力軸 5 9 に連結固定された後段回転出力部材である。

[0040] なお、前段アクチュエータ 5 3 は図 1 の前段アクチュエータ 3 と同様な構成のものを用いることができ、中段アクチュエータ 5 4 は図 1 の後段アクチュエータ 4 と同様な構成のものを用いることができる。また、後段アクチュエータ 5 5 は図 1 の後段アクチュエータ 4 においてモータ軸 4 1 a を中実の軸とし、後段中空部 7 を省略した構成のものを用いることができる。

[0041] 一方、後段アクチュエータ 5 5 を図 1 の後段アクチュエータ 4 と同様な中空型のものとし、後段回転出力軸 5 9 を中空軸とすることも可能である。このようにすれば、同心 3 軸アクチュエータ 5 1 の中心を貫通する中空部が形成されるので、ここを配線引き回し部分などとして利用することができる。

請求の範囲

[請求項1]

多段クロスローラベアリング（２）と、前記多段クロスローラベアリング（２）の後側に同軸状態に配置した前段アクチュエータ（３）と、前記前段アクチュエータ（３）の後側に同軸状態に配置した後段アクチュエータ（４）とを有し、

前記前段アクチュエータ（３）はその中心を軸線（１ a）の方向に貫通して延びている前段中空部（５）を備え、

前記後段アクチュエータ（４）は、前記前段中空部（５）を貫通して前方に延びている後段回転出力軸（６）を備え、

前記多段クロスローラベアリング（２）は、外輪（１ １）と、この内側に同心状態に配置されている中間輪（１ ２）と、この内側に同心状態に配置されている内輪（１ ３）と、前記外輪（１ １）および前記中間輪（１ ２）の間に形成した矩形断面をした円環状の外側軌道（１ ４）と、この外側軌道（１ ４）内に転動自在の状態に挿入されている複数個の外側ローラ（１ ５）と、前記中間輪（１ ２）および前記内輪（１ ３）の間に形成した矩形断面をした円環状の内側軌道（１ ６）と、この内側軌道（１ ６）内に転動自在の状態に挿入されている複数個の内側ローラ（１ ７）とを備え、

前記中間輪（１ ２）は前記前段アクチュエータ（３）によって回転駆動される前段回転出力部材であり、

前記内輪（１ ３）は前記後段回転出力軸（６）に連結固定された後段回転出力部材であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項2]

請求項 1 において、

前記後段アクチュエータ（４）はその中心を軸線方向に貫通して延びている後段中空部（７）を備えており、前記後段回転出力軸（６）は中空軸であり、前記内輪（１ ３）には中心貫通孔が形成されており、

前記後段中空部（７）、前記後段回転出力軸（６）の中空部および前記内輪（１３）の中心貫通孔によって、軸線（１ａ）の方向に貫通して延びる中空部が形成されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項３]

請求項２において、

前記前段アクチュエータ（３）は前段モータ（３１）と前段波動歯車減速機（３２）を備え、

前記前段波動歯車減速機（３２）は、前段減速機ハウジング（３４）と、この内側に同軸状態に固定した前段剛性内歯歯車（３５）と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の前段可撓性外歯歯車（３６）と、この内側に嵌め込まれている前段波動発生器（３７）とを備え、当該前段波動発生器（３７）には中心貫通孔（３７ａ）が形成されており、

前記前段減速機ハウジング（３４）には前記外輪（１１）が固定され、前記前段可撓性外歯歯車（３６）は前記中間輪（１２）に固定され、前記前段波動発生器（３７）は当該前段波動発生器の前記中心貫通孔（３７ａ）を貫通して延びている前記前段モータ（３１）の中空モータ軸（３１ａ）に固定されており、

前記後段アクチュエータ（４）は、後段モータ（４１）と後段波動歯車減速機（４２）を備え、

前記後段波動歯車減速機（４２）は、後段減速機ハウジング（４４）と、この内側に同軸状態に固定した後段剛性内歯歯車（４５）と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の後段可撓性外歯歯車（４６）と、この内側に嵌め込まれている後段波動発生器（４７）とを備え、当該後段波動発生器（４７）には中心貫通孔（４７ａ）が形成されており、

前記後段減速機ハウジング（４４）は前記前段モータ（３１）のモータハウジング（４３）に固定され、前記後段可撓性外歯歯車（４６

）は前記後段回転出力軸（６）の後端に固定され、前記後段波動発生器（４７）は当該後段波動発生器の前記中心貫通孔（４７a）を貫通して延びている前記後段モータ（４１）のモータ軸（４１a）に固定されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項4]

請求項３において、

前記内側ローラ（１７）のローラサイズは、前記外側ローラ（１５）のローラサイズよりも小さく、

前記内側ローラ（１７）のローラ中心（L２）は、前記外側ローラ（１５）のローラ中心（L１）に対して、前記軸線（１a）に沿った方向にオフセットした位置にあることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項5]

請求項４において、

前記内側ローラ（１７）のローラ中心（L２）の前記外側ローラ（１５）のローラ中心（L１）に対するオフセット量（Δ）は、前記内側軌道（１６）の軌道幅の $1/2$ から、当該軌道幅と前記外側軌道（１４）の軌道幅との加算値の $1/2$ までの範囲内の値であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項6]

請求項５において、

前記オフセット量（Δ）は、前記外側軌道（１４）の軌道幅の $1/2$ であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項7]

請求項４において、

前記中間輪（１２）における円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さは、少なくとも、前記外輪（１１）の円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さの２倍であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項8]

請求項４ないし７のうちのいずれかの項において、

前記外側軌道（１４）および前記内側軌道（１６）は、前記外輪（１１）、前記中間輪（１２）および前記内輪（１３）において、それ

らの一方の端面に近い位置に形成されており、

前記中間輪（１２）および前記内輪（１３）における前記端面には、それぞれ、ローラ挿入用の挿入孔（１２ｆ、１３ｆ）が形成され、これらの挿入孔が栓（１８、１９）によって封鎖されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項9]

請求項１において、

前記前段アクチュエータ（５３）と前記後段アクチュエータ（５５）の間には同軸状態で中段アクチュエータ（５４）が配置され、

前記中段アクチュエータ（５４）はその中心を軸線方向に貫通して延びている中段中空部（５７）と、前記前段中空部（５６）を貫通して前方に延びている中空型の中段回転出力軸（５８）とを備え、

前記後段アクチュエータ（５５）の前記後段回転出力軸（５９）は、前記中段中空部（５７）、前記中段回転出力軸（５８）の中空部を貫通して前方に延びており、

前記多段クロスローラベアリング（５２）は、前記中間輪として、第１中間輪（６２）と、この内側に同心状に配置した第２中間輪（６３）を備え、前記第１中間輪（６２）と前記第２中間輪（６３）の間には矩形断面をした円環状の中間軌道（６７）が形成され、当該中間軌道には転動自在の状態で複数個の中間ローラ（６８）が挿入されており、

前記第１中間輪（６２）は前記前段アクチュエータ（５３）によって回転駆動される前段回転出力部材であり、

前記第２中間輪（６３）は前記中段回転出力軸（５８）に連結固定された中段回転出力部材であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（５１）。

補正された請求の範囲
[2011年11月19日 (19.11.2011) 国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項 2] (削除)

[請求項 3] (補正後) 多段クロスローラベアリング (2) と、前記多段クロスローラベアリング (2) の後側に同軸状態に配置した前段アクチュエータ (3) と、前記前段アクチュエータ (3) の後側に同軸状態に配置した後段アクチュエータ (4) とを有し、

前記前段アクチュエータ (3) はその中心を軸線 (1 a) の方向に貫通して延びている前段中空部 (5) を備え、

前記後段アクチュエータ (4) は、前記前段中空部 (5) を貫通して前方に延びている後段回転出力軸 (6) を備え、

前記多段クロスローラベアリング (2) は、外輪 (1 1) と、この内側に同心状態に配置されている中間輪 (1 2) と、この内側に同心状態に配置されている内輪 (1 3) と、前記外輪 (1 1) および前記中間輪 (1 2) の間に形成した矩形断面をした円環状の外側軌道 (1 4) と、この外側軌道 (1 4) 内に転動自在の状態で挿入されている複数の外側ローラ (1 5) と、前記中間輪 (1 2) および前記内輪 (1 3) の間に形成した矩形断面をした円環状の内側軌道 (1 6) と、この内側軌道 (1 6) 内に転動自在の状態で挿入されている複数の内側ローラ (1 7) とを備え、

前記中間輪 (1 2) は前記前段アクチュエータ (3) によって回転駆動される前段回転出力部材であり、

前記内輪 (1 3) は前記後段回転出力軸 (6) に連結固定された後段回転出力部材であり、

前記前段アクチュエータ (3) は前段モータ (3 1) と前段波動歯車減速機 (3 2) を備え、

前記前段波動歯車減速機 (3 2) は、前段減速機ハウジング (3 4) と、この内

側に同軸状態に固定した前段剛性内歯歯車（３５）と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の前段可撓性外歯歯車（３６）と、この内側に嵌め込まれている前段波動発生器（３７）とを備え、当該前段波動発生器（３７）には中心貫通孔（３７ａ）が形成されており、

前記前段減速機ハウジング（３４）には前記外輪（１１）が固定され、前記前段可撓性外歯歯車（３６）は前記中間輪（１２）に固定され、前記前段波動発生器（３７）は当該前段波動発生器の前記中心貫通孔（３７ａ）を貫通して延びている前記前段モータ（３１）の中空モータ軸（３１ａ）に固定されており、

前記後段アクチュエータ（４）は、後段モータ（４１）と後段波動歯車減速機（４２）を備え、

前記後段波動歯車減速機（４２）は、後段減速機ハウジング（４４）と、この内側に同軸状態に固定した後段剛性内歯歯車（４５）と、この内側に同軸状態に配置されているシルクハット形状の後段可撓性外歯歯車（４６）と、この内側に嵌め込まれている後段波動発生器（４７）とを備え、当該後段波動発生器（４７）には中心貫通孔（４７ａ）が形成されており、

前記後段減速機ハウジング（４４）は前記前段モータ（３１）のモータハウジング（４３）に固定され、前記後段可撓性外歯歯車（４６）は前記後段回転出力軸（６）の後端に固定され、前記後段波動発生器（４７）は当該後段波動発生器の前記中心貫通孔（４７ａ）を貫通して延びている前記後段モータ（４１）のモータ軸（４１ａ）に固定されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項４] 請求項３において、

前記内側ローラ（１７）のローラサイズは、前記外側ローラ（１５）のローラサイズよりも小さく、

前記内側ローラ（１７）のローラ中心（Ｌ２）は、前記外側ローラ（１５）のローラ中心（Ｌ１）に対して、前記軸線（１ａ）に沿った方向にオフセットした位置にあることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項５] 請求項４において、

前記内側ローラ（１７）のローラ中心（Ｌ２）の前記外側ローラ（１５）のローラ中心（Ｌ１）に対するオフセット量（ Δ ）は、前記内側軌道（１６）の軌道幅の $1/2$ から、当該軌道幅と前記外側軌道（１４）の軌道幅との加算値の $1/2$ までの範囲内の値であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項６] 請求項５において、

前記オフセット量（ Δ ）は、前記外側軌道（１４）の軌道幅の $1/2$ であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項７] 請求項４において、

前記中間輪（１２）における円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さは、少なくとも、前記外輪（１１）の円形内周面から円形外周面までの間の半径方向の厚さの２倍であることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項８] 請求項４ないし７のうちのいずれかの項において、

前記外側軌道（１４）および前記内側軌道（１６）は、前記外輪（１１）、前記中間輪（１２）および前記内輪（１３）において、それらの一方の端面に近い位置に形成されており、

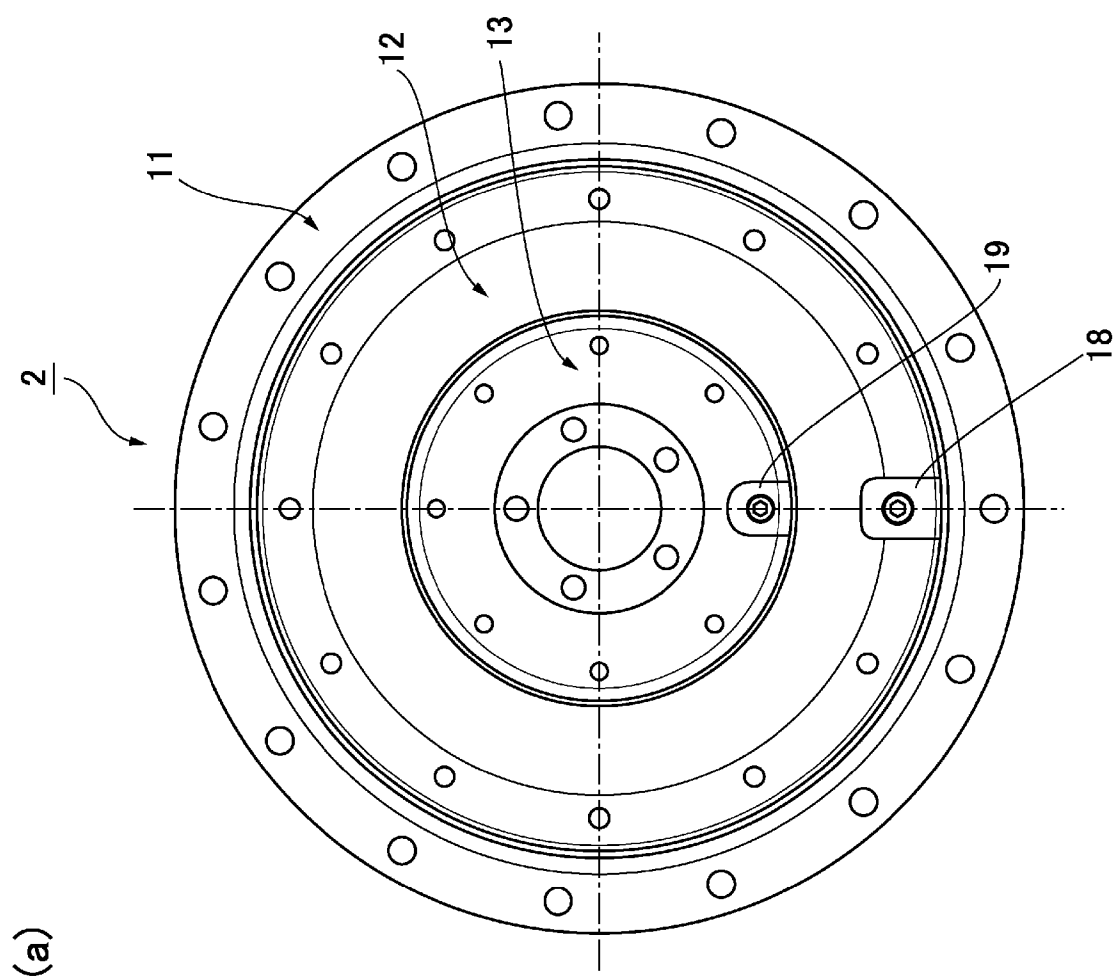
前記中間輪（１２）および前記内輪（１３）における前記端面には、それぞれ、ローラ挿入用の挿入孔（１２ｆ、１３ｆ）が形成され、これらの挿入孔が栓（１８、１９）によって封鎖されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[請求項９] （削除）

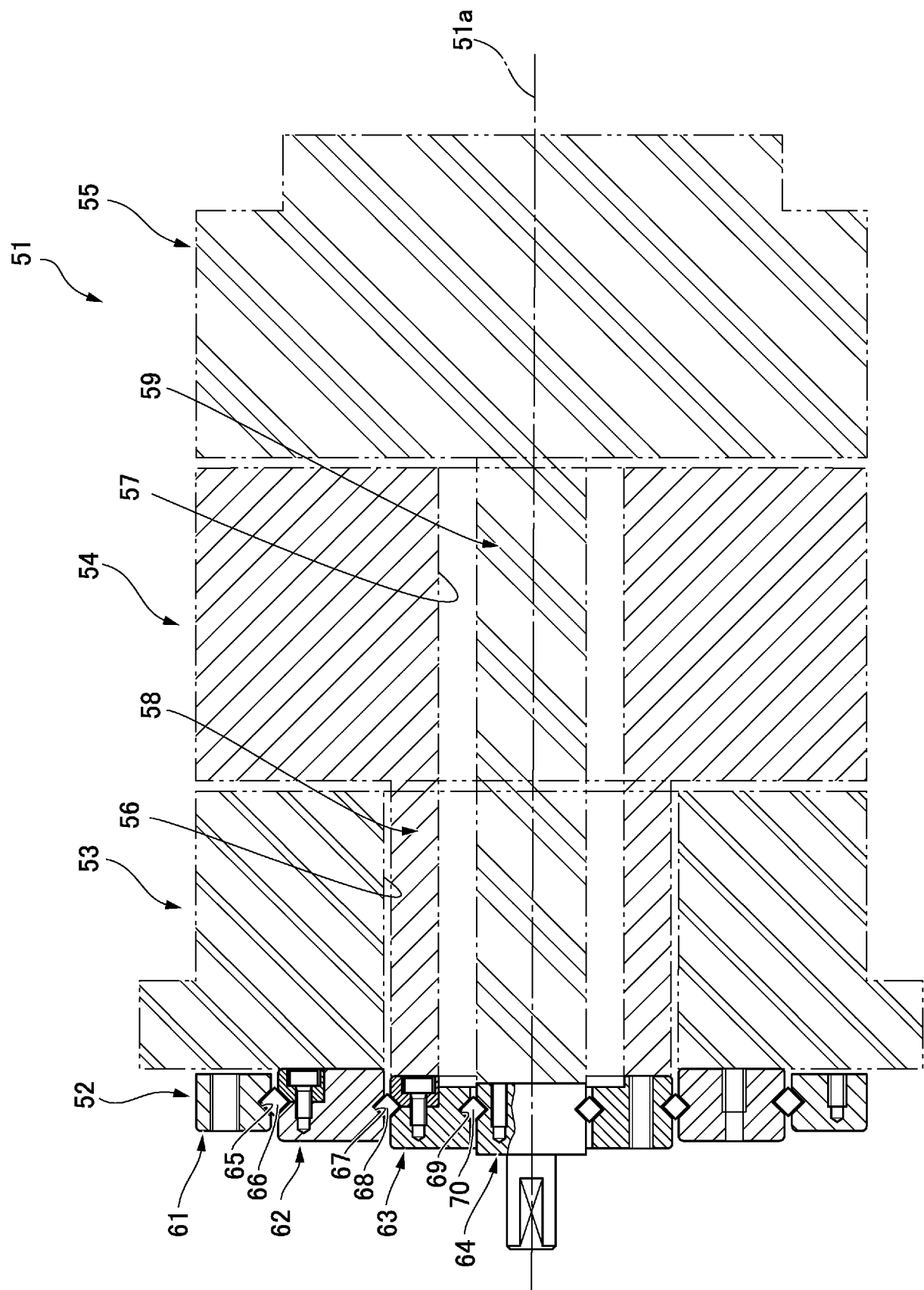
[請求項１０] （追加） 請求項３ないし８のうちのいずれかの項において、

前記後段アクチュエータ（４）はその中心を軸線方向に貫通して延びている後段中空部（７）を備えており、前記後段回転出力軸（６）は中空軸であり、前記内輪（１３）には中心貫通孔が形成されており、

前記後段中空部（７）、前記後段回転出力軸（６）の中空部および前記内輪（１３）の中心貫通孔によって、軸線（１ａ）の方向に貫通して延びる中空部が形成されていることを特徴とする同心多軸アクチュエータ（１）。

[illegible]

[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002718

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K7/08 (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)

H02K7/08

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 6-791 A (Tokico, Ltd.), 11 January 1994 (11.01.1994), all pages (Family: none)	1-2, 9 3-8
Y A	WO 2003/50428 A1 (Harmonic Drive Systems Inc.), 19 June 2003 (19.06.2003), all pages & US 2004/0081379 A1 & DE 10296267 T & TW 550350 B	1-2, 9 3-8



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

27 July, 2011 (27.07.11)

Date of mailing of the international search report

09 August, 2011 (09.08.11)

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（I P C）） Int.Cl. H02K7/08(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. H02K7/08			
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 1971-2011年 日本国実用新案登録公報 1996-2011年 日本国登録実用新案公報 1994-2011年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示		関連する 請求項の番号
Y A	JP 6-791 A（トキコ株式会社） 1994.01.11, 全頁（ファミリーなし）		1-2, 9 3-8
Y A	WO 2003/50428 A1（株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ） 2003.06.19, 全頁 & US 2004/0081379 A1 & DE 10296267 T & TW 550350 B		1-2, 9 3-8
☐ 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 27.07.2011		国際調査報告の発送日 09.08.2011	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号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） 三島木 英宏 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	3V 3018