

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2019-138412
(P2019-138412A)

(43) 公開日 令和1年8月22日 (2019. 8. 22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 H 1/32 (2006.01)	F 1 6 H 1/32 B	3 C 7 0 7
B 2 5 J 17/00 (2006.01)	B 2 5 J 17/00 E	3 J 0 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2018-23780 (P2018-23780)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成30年2月14日 (2018. 2. 14)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区新宿四丁目 1 番 6 号
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(74) 代理人	100194102
			弁理士 磯部 光宏
		(74) 代理人	100179475
			弁理士 仲井 智至
		(74) 代理人	100216253
			弁理士 松岡 宏紀
		(72) 発明者	片岡 祐哉
			長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
		F ターム (参考)	3C707 BS15 CX01 CX03 HS27 HT25 3J027 FB32 GC07 GC22

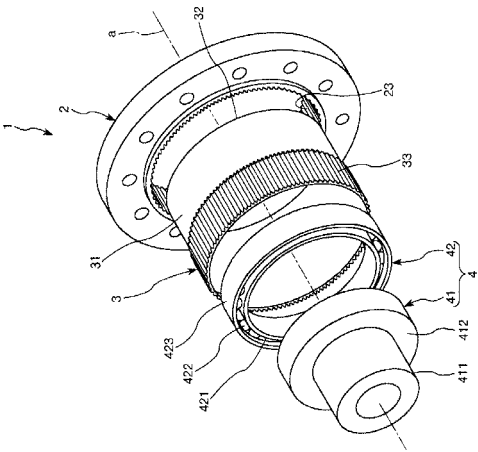
(54) 【発明の名称】 ロボットおよび歯車装置

(57) 【要約】

【課題】 歯車装置の低コスト化を図ることができるロボットおよび歯車装置を提供すること。

【解決手段】 内歯歯車と、前記内歯歯車に部分的に噛み合って前記内歯歯車に対して回転軸まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯歯車と、前記外歯歯車の内周面に接触し、前記内歯歯車と前記外歯歯車との噛み合い位置を前記回転軸まわりの周方向に移動させる波動発生器と、を有し、前記内歯歯車は、前記回転軸を含む平面で切断した断面視で、前記内歯歯車の歯すじを延長した仮想的な直線が前記回転軸に交差することを特徴とする歯車装置。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 部材と、
前記第 1 部材に対して回転する第 2 部材と、
前記第 1 部材に対して前記第 2 部材を回転させる駆動力を前記第 1 部材および前記第 2 部材の一方側から他方側へ伝達する歯車装置と、を有し、
前記歯車装置は、
内歯車と、
前記内歯車に部分的に噛み合って前記内歯車に対して回転軸まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯車と、
前記外歯車の内周面に接触し、前記内歯車と前記外歯車との噛み合い位置を前記回転軸まわりの周方向に移動させる波動発生器と、を有し、
前記内歯車、前記外歯車および前記波動発生器のうちの 하나가前記第 1 部材に対して接続され、他の 하나가前記第 2 部材に対して接続され、
前記回転軸を含む平面で切断した断面視で、前記内歯車の歯すじを延長した仮想的な直線が前記回転軸に交差することを特徴とするロボット。

10

【請求項 2】

前記外歯車は、
前記内歯車に噛み合う外歯を有し、前記回転軸を中心とし、一端部が開口している筒状の胴部と、
前記胴部の他端部から径方向に延びている取付部と、を有し、
前記断面視で、前記直線と前記回転軸とが交差する位置が前記内歯車の歯幅の中心よりも前記一端部側にある請求項 1 に記載のロボット。

20

【請求項 3】

前記外歯車は、
前記内歯車に噛み合う外歯を有し、前記回転軸を中心とし、一端部が開口している筒状の胴部と、
前記胴部の他端部から径方向に延びている取付部と、を有し、
前記断面視で、前記直線と前記回転軸とが交差する位置が前記内歯車の歯幅の中心よりも前記他端部側にある請求項 1 に記載のロボット。

30

【請求項 4】

前記波動発生器は、
前記外歯車の内周面に接触する楕円形の外周面を有し、
前記外周面の長軸方向での長さを α [mm] とし、前記外周面の短軸方向での長さを β [mm] とし、前記断面視で前記直線と前記回転軸とのなす角度を δ [度] とし、前記回転軸に沿った方向における前記取付部と前記内歯車の歯幅の中心との間の距離を L [mm] としたとき、
$$\alpha \tan((\alpha - \beta) / 4L) - 0.6 \leq \delta \leq \alpha \tan((\alpha - \beta) / 4L) + 0.6$$

なる関係を満たす請求項 2 または 3 に記載のロボット。

40

【請求項 5】

前記内歯車は、前記第 1 部材に対して接続され、
前記内歯車と前記第 1 部材との間にスペーサーが配置されている請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 6】

前記断面視で前記直線と前記回転軸とのなす角度が 0.01 度以上 0.6 度以下の範囲内にある請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 7】

内歯車と、
前記内歯車に部分的に噛み合って前記内歯車に対して回転軸まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯車と、

50

前記外歯歯車の内周面に接触し、前記内歯歯車と前記外歯歯車との噛み合い位置を前記回転軸まわりの周方向に移動させる波動発生器と、を有し、

前記内歯歯車は、前記回転軸を含む平面で切断した断面視で、前記内歯歯車の歯すじを延長した仮想的な直線が前記回転軸に交差することを特徴とする歯車装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットおよび歯車装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

少なくとも1つのアームを含んで構成されたロボットアームを備えるロボットでは、例えば、ロボットアームの関節部をモーターにより駆動するが、一般に、そのモーターからの駆動力の回転を歯車装置（減速機）により減速することが行われている。このような歯車装置として、例えば、特許文献1に開示されているような波動歯車装置が知られている。

【0003】

特許文献1に記載の波動歯車装置は、円環状の剛性内歯車と、剛性内歯車の内側に配置された可撓性外歯車と、可撓性外歯車の内側にはめ込まれた楕円状輪郭の波動発生器と、を有している。ここで、剛性内歯車と可撓性外歯車は、歯数差を有しており、可撓性外歯車は、波動発生器によって楕円状に撓められ、楕円状の長軸方向の両端部分において剛性内歯車に噛み合っている。そして、波動発生器を回転させると、剛性内歯車と可撓性外歯車の噛み合い位置が周方向に移動し、剛性内歯車と可撓性外歯車がこれらの歯数差に応じて相対回転する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-251588号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載の波動歯車装置では、剛性内歯車と可撓性外歯車のそれぞれの歯すじ方向が両歯車の回転軸に対して平行であるため、両歯車および波動発生器の寸法精度のみによって両歯車の歯当たり強さ等が決まってしまう。そのため、特許文献1に記載の波動歯車装置では、両歯車および波動発生器に高い寸法精度が要求され、その結果、波動歯車装置の低コスト化を図ることが難しいという課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の適用例に係るロボットは、第1部材と、

前記第1部材に対して回転する第2部材と、

前記第1部材に対して前記第2部材を回転させる駆動力を前記第1部材および前記第2部材の一方側から他方側へ伝達する歯車装置と、を有し、

前記歯車装置は、

内歯歯車と、

前記内歯歯車に部分的に噛み合って前記内歯歯車に対して回転軸まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯歯車と、

前記外歯歯車の内周面に接触し、前記内歯歯車と前記外歯歯車との噛み合い位置を前記回転軸まわりの周方向に移動させる波動発生器と、を有し、

前記内歯歯車、前記外歯歯車および前記波動発生器のうちの一つが前記第1部材に対して接続され、他の一つが前記第2部材に対して接続され、

前記回転軸を含む平面で切断した断面視で、前記内歯歯車の歯すじを延長した仮想的な

10

20

30

40

50

直線が前記回転軸に交差する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の実施形態に係るロボットの概略構成を示す側面図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る歯車装置を示す分解斜視図である。

【図3】図2に示す歯車装置の正面図（軸線a方向から見た図）である。

【図4】図2に示す歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。

【図5】図2に示す歯車装置における波動発生器の外周面および自然状態の外歯歯車の内周面の状態を模式的に示す図である。

【図6】図2に示す歯車装置における内歯歯車の軸線a方向での位置の調整を説明するための拡大断面図である。

【図7】従来の歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。

【図8】本発明の第2実施形態に係る歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明のロボットおよび歯車装置を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0009】

1. ロボット

図1は、本発明の実施形態に係るロボットの概略構成を示す側面図である。なお、以下では、説明の便宜上、図1中の上側を「上」、下側を「下」と言う。また、図1中の基台側を「基端側」、その反対側（エンドエフェクター側）を「先端側」と言う。また、図1の上下方向を「鉛直方向」とし、左右方向を「水平方向」とする。

【0010】

図1に示すロボット100は、例えば、精密機器やこれを構成する部品（対象物）の給材、除材、搬送および組立等の作業に用いられるロボットである。このロボット100は、図1に示すように、基台110と、第1アーム120と、第2アーム130と、作業ヘッド140と、エンドエフェクター150と、配線引き回し部160と、を有している。以下、ロボット100の各部を順次簡単に説明する。

【0011】

基台110は、例えば、図示しない床面にボルト等によって固定されている。基台110の内部には、ロボット100を統括制御する制御装置190が設置されている。また、基台110には、基台110に対して鉛直方向に沿う第1軸J1（回転軸）まわりに回転可能に第1アーム120が連結している。

【0012】

ここで、基台110内には、第1駆動部170が設置されている。第1駆動部170は、第1アーム120を回転させる駆動力を発生させるサーボモーター等の第1モーターであるモーター171と、モーター171の駆動力の回転を減速する第1減速機である歯車装置1と、を有する。歯車装置1の入力軸は、モーター171の回転軸に連結され、歯車装置1の出力軸は、第1アーム120に連結されている。そのため、モーター171が駆動し、その駆動力が歯車装置1を介して第1アーム120に伝達されると、第1アーム120が第1軸J1まわりに水平面内で回転する。

【0013】

第1アーム120の先端部には、第1アーム120に対して鉛直方向に沿う第2軸J2（回転軸）まわりに回転可能に第2アーム130が連結している。第2アーム130内には、図示しないが、第2駆動部が設定されている。この第2駆動部は、第2アーム130を回転させる駆動力を発生させる第2モーターと、第2モーターの駆動力の回転を減速す

10

20

30

40

50

る第2減速機とを有する。そして、第2モーターの駆動力が第2減速機を介して第2アーム130に伝達されることにより、第2アーム130が第1アーム120に対して第2軸J2まわりに水平面内で回転する。

【0014】

第2アーム130の先端部には、作業ヘッド140が配置されている。作業ヘッド140は、第2アーム130の先端部に同軸的に配置されたスプラインナットおよびボールネジナット（ともに図示せず）に挿通されたスプラインシャフト141を有している。スプラインシャフト141は、第2アーム130に対して、その軸J3まわりに回転可能であり、かつ、上下方向に移動（昇降）可能となっている。

【0015】

第2アーム130内には、図示しないが、回転モーターおよび昇降モーターが配置されている。回転モーターの駆動力は、図示しない駆動力伝達機構によってスプラインナットに伝達され、スプラインナットが正逆回転すると、スプラインシャフト141が鉛直方向に沿う軸J3まわりに正逆回転する。

【0016】

一方、昇降モーターの駆動力は、図示しない駆動力伝達機構によってボールネジナットに伝達され、ボールネジナットが正逆回転すると、スプラインシャフト141が上下に移動する。

【0017】

スプラインシャフト141の先端部（下端部）には、エンドエフェクター150が連結されている。エンドエフェクター150としては、特に限定されず、例えば、被搬送物を把持するもの、被加工物を加工するもの等が挙げられる。

【0018】

第2アーム130内に配置された各電子部品（例えば、第2モーター、回転モーター、昇降モーター等）に接続される複数の配線は、第2アーム130と基台110とを連結する管状の配線引き回し部160内を通して基台110内まで引き回されている。さらに、かかる複数の配線は、基台110内でまとめられることによって、モーター171および図示しないエンコーダーに接続される配線とともに、基台110内に設置された制御装置190まで引き回される。

【0019】

以上のようなロボット100は、第1部材である基台110と、基台110に対して回転する第2部材である第1アーム120と、基台110に対して第1アーム120を回転させる駆動力を基台110および第1アーム120の一方側から他方側へ駆動力を伝達する歯車装置1と、を有する。なお、第1アーム120および第2アーム130を含む構造体が「第2部材」であるとも言える。また、「第2部材」がエンドエフェクター150を含んでいてもよい。また、「回転」とは、ある中心点に対して一方向またはその反対方向を含めた双方向に動くこと、および、ある中心点に対して回転することを含むものである。

【0020】

2. 歯車装置

<第1実施形態>

図2は、本発明の第1実施形態に係る歯車装置を示す分解斜視図である。図3は、図2に示す歯車装置の正面図（軸線a方向から見た図）である。図4は、図2に示す歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。図5は、図2に示す歯車装置における波動発生器の外周面および自然状態の外歯歯車の内周面の状態を模式的に示す図である。図6は、図2に示す歯車装置における内歯歯車の軸線a方向での位置の調整を説明するための拡大断面図である。図7は、従来の歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。なお、各図では、説明の便宜上、必要に応じて各部の寸法を適宜誇張して図示しており、各部間の寸法比は実際の寸法比とは必ずしも一致しない。

10

20

30

40

50

【0021】

図2ないし図4に示す歯車装置1は、波動歯車装置であり、例えば減速機として用いられる。この歯車装置1は、内歯歯車2と、内歯歯車2の内側に配置されているカップ型の外歯歯車3と、外歯歯車3の内側に配置されている波動発生器4と、を有している。また、図示しないが、歯車装置1の各部には、必要に応じて、グリース等の潤滑剤が適宜配置されている。

【0022】

ここで、内歯歯車2、外歯歯車3および波動発生器4のうちの一つが前述したロボット100の基台110（第1部材）に対して接続され、他の一つが前述したロボット100の第1アーム120（第2部材）に対して接続される。本実施形態では、内歯歯車2が基台111（第1部材）に対して固定され、外歯歯車3が第1アーム121（第2部材）に対して接続され、波動発生器4が前述したロボット100のモーター171の回転軸に接続される。本実施形態では、図4に示すように、内歯歯車2は、部材6に対してスペーサー7を介して接続されており、部材6は、基台110であるか、または、基台110に接続（固定）された部材である。

【0023】

モーター171の回転軸が回転すると、波動発生器4はモーター171の回転軸と同じ回転速度で回転する。そして、内歯歯車2および外歯歯車3は、互いに歯数が異なるため、互いの噛み合い位置が周方向に移動しながら、これらの歯数差に起因して軸線a（回転軸）まわりに相対的に回転する。本実施形態では、内歯歯車2の歯数の方が外歯歯車3の歯数より多いため、モーター171の回転軸の回転速度よりも低い回転速度で外歯歯車3を回転させることができる。すなわち、波動発生器4を入力軸側、外歯歯車3を出力軸側とする減速機を実現することができる。

【0024】

なお、内歯歯車2、外歯歯車3および波動発生器4の接続形態は、前述した形態に限定されず、例えば、外歯歯車3を基台111に対して固定し、内歯歯車2を第1アーム121に対して接続しても、歯車装置1を減速機として用いることができる。また、外歯歯車3をモーター171の回転軸に接続しても、歯車装置1を減速機として用いることができ、この場合、波動発生器4を基台111に対して固定し、内歯歯車2を第1アーム121に対して接続すればよい。また、歯車装置1を増速機として用いる場合、すなわち、モーター171の回転軸の回転速度よりも高い回転速度で外歯歯車3を回転させる場合、前述した入力側（モーター171側）と出力側（第1アーム121側）との関係を反対にすればよい。

【0025】

このような歯車装置1において、図4に示すように、軸線aを含む平面で切断した断面視で、内歯歯車2の歯すじを延長（内歯23の歯元を延長）した仮想的な直線bは、軸線aに対し非平行であり、軸線aに位置Pにて交差する。これにより、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を変えることで、内歯歯車2と外歯歯車3との歯当たりの強さ等を調整することができる。そのため、内歯歯車2、外歯歯車3および波動発生器4の寸法精度を過度に高めなくても、内歯歯車2と外歯歯車3との良好な噛み合いを実現することができる。以下、歯車装置1の各部について説明する。

【0026】

図2ないし図4に示すように、内歯歯車2は、内歯23を有し、径方向に実質的に撓まない剛体で構成されたリング状の剛性歯車である。

【0027】

図4に示すように、内歯23の歯すじ方向は、軸線aに対して傾斜している。したがって、軸線aを含む平面で切断した断面視で、内歯歯車2の歯すじを延長した仮想的な直線が軸線aに位置Pにて交差する。本実施形態では、内歯歯車2の内径が図4中右側から左側に向けて小さくなるように、内歯歯車2の歯すじ方向が軸線aに対して傾斜している。そのため、位置Pが内歯歯車2の歯幅の中心Cよりも底部32側（他端部側）にある。な

お、内歯 2 3 は、平歯車であっても、はすば歯車であってもよく、いずれの場合でも、軸線 a を含む平面で切断した断面視では、直線 b が軸線 a に交差する。

【0028】

ここで、内歯歯車 2 は、基台 1 1 0（第 1 部材）に対して接続されており、内歯歯車 2 と部材 6 または基台 1 1 0（第 1 部材）との間には、スペーサー 7 が配置されている。このように配置されたスペーサー 7 の厚さを変更することで、内歯歯車 2 と外歯歯車 3 との軸線 a に沿った方向での相対位置を容易に変えることができる。なお、部材 6 の構成材料は、例えば金属材料等であり、基台 1 1 0 の構成材料と同じであってもよいし異なっているてもよい。

【0029】

スペーサー 7 は、例えば、板状またはシート状の部材であり、内歯歯車 2 と部材 6 との間の距離をスペーサー 7 の厚さに応じて規制する。スペーサー 7 の構成材料としては、特に限定されず、樹脂材料、金属材料、セラミックス材料等が挙げられる。中でも、内歯歯車 2 と部材 6 との間の距離の変動を低減する観点から、金属材料またはセラミックス材料を用いることが好ましい。なお、スペーサー 7 は、単一材料で構成されていてもよいし、複合材料で構成されていてもよい。また、スペーサー 7 は、ギャップ材を含有した接着剤であってもよい。

【0030】

厚さの異なる複数のスペーサー 7 を用意しておけば、内歯歯車 2 と部材 6 との間に配置するスペーサー 7 を厚さの異なるスペーサー 7 に交換することで、例えば図 6 中 2 点鎖線で示すように、内歯歯車 2 と外歯歯車 3 との軸線 a に沿った方向での相対位置を変えることができる。また、スペーサー 7 は、複数枚の部材で構成されていてもよく、内歯歯車 2 と部材 6 との間に配置する当該部材の枚数を変更することで、内歯歯車 2 と外歯歯車 3 との軸線 a に沿った方向での相対位置を変えることもできる。なお、内歯歯車 2 と部材 6 との間にスペーサー 7 が配置されていなくてもよく、この場合、内歯歯車 2 と部材 6 との間の距離が最も近くなる。

【0031】

ここで、内歯歯車 2 と部材 6 との固定方法としては、特に限定されないが、例えば、ネジ止め等が挙げられる。内歯歯車 2 と部材 6 との固定方法がネジ止めである場合、スペーサー 7 を内歯歯車 2 および部材 6 に共締めすればよく、また、内歯歯車 2 と部材 6 との間に配置するスペーサー 7 の交換等を行う際、内歯歯車 2 と部材 6 とを固定するネジを緩め必要に応じて外せばよい。

【0032】

外歯歯車 3 は、内歯歯車 2 の内側に挿通されている。この外歯歯車 3 は、内歯歯車 2 の内歯 2 3 に噛み合う外歯 3 3（歯）を有し、径方向に撓み変形可能な可撓性歯車である。また、外歯歯車 3 の歯数は、内歯歯車 2 の歯数よりも少ない。このように外歯歯車 3 および内歯歯車 2 の歯数が互いに異なることにより、減速機を実現することができる。

【0033】

本実施形態では、外歯歯車 3 は、カップ状をなし、その外周面に外歯 3 3 が形成されている。ここで、外歯歯車 3 は、一端部（図 4 中右側端部）が開口している筒状の胴部 3 1 と、胴部 3 1 の他端部（図 4 中左側端部）から径方向（本実施形態では径方向内側）に延びている取付部である底部 3 2 と、を有する。胴部 3 1 は、軸線 a を中心とし、内歯歯車 2 に噛み合う外歯 3 3 を有する。底部 3 2 には、出力側の軸体（例えばモーター 1 7 1 の回転軸）がネジ止め等により取り付けられる。

【0034】

図 3 に示すように、波動発生器 4 は、外歯歯車 3 の内側に配置され、軸線 a まわりに回転可能である。そして、波動発生器 4 は、外歯歯車 3 の胴部 3 1 の横断面を長軸 L a および短軸 L b とする楕円形または長円形に変形させて外歯 3 3 を内歯歯車 2 の内歯 2 3 に噛み合わせる。ここで、外歯歯車 3 および内歯歯車 2 は、同一の軸線 a まわりに回転可能に互いに内外で噛み合わされることとなる。

10

20

30

40

50

【0035】

本実施形態では、波動発生器4は、カム41と、カム41の外周に装着されている軸受42と、を有している。カム41は、軸線aまわりに回転する軸部411と、軸部411の一端部から外側に突出しているカム部412と、を有している。ここで、カム部412の外周面は、軸線aに沿った方向から見たときに、図3中の上下方向を長軸Laとする楕円形または長円形をなしている。軸受42は、可撓性の内輪421および外輪423と、これらの間に配置されている複数のボール422と、を有している。

【0036】

図4に示すように、内輪421は、カム41のカム部412の外周面に嵌め込まれ、カム部412の外周面に沿って楕円形または長円形に弾性変形している。それに伴って、外輪423も楕円形または長円形に弾性変形している。外輪423の外周面424は、胴部31の内周面311に当接している。また、内輪421の外周面および外輪423の内周面は、それぞれ、複数のボール422を周方向に沿って案内させつつ転動させる軌道面となっている。また、複数のボール422は、互いの周方向での間隔を一定に保つように、図示しない保持器により保持されている。

【0037】

このような波動発生器4は、カム41が軸線aまわりに回転することに伴って、カム部412の向き（長軸Laの向き）が変わり、それに伴って、外輪423も変形し、内歯歯車2および外歯歯車3の互いの噛み合い位置を周方向に移動させる。なお、このとき、内輪421は、カム部412の外周面に対して固定的に設置されているため、変形状態は変わらない。

【0038】

このように、波動発生器4は、外歯歯車3の内周面311に接触する楕円形の外周面424を有する。ここで、図5に示すように、外周面424の長軸La方向での長さを α [mm]とし、外周面424の短軸Lb方向での長さを β [mm]とし、図4に示すように、軸線a（回転軸）を含む平面で切断した断面視で直線bと軸線a（回転軸）とのなす角度を δ [度]とし、軸線aに沿った方向における底部32（取付部）と内歯歯車2の歯幅の中心Cとの間の距離をL [mm]としたとき、

$$\tan((\alpha - \beta) / 4L) - 0.6 \leq \delta \leq \tan((\alpha - \beta) / 4L) + 0.6$$
なる関係を満たすことが好ましい。これにより、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い長さを長くすることができる。さらに、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を変えたとき、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い長さの変化を小さくすることもできる。

【0039】

なお、外歯歯車3を軸線aおよび長軸Laを含む平面で切断したときの軸線aに対する胴部31の傾斜角度（テーパ角度）を θ としたとき、 $\theta = \tan((\alpha - \beta) / 4L)$ の関係を満たす。また、図5では、外歯歯車3の内周面311の自然状態（波動発生器4が装着されておらず外力が付与されていない状態）を鎖線で示している。自然状態の内周面311の直径は、 $(\alpha + \beta) / 2$ である。

【0040】

また、軸線a（回転軸）を含む平面で切断した断面視で直線bと軸線a（回転軸）とのなす角度 δ は、0度よりも大きければよく、特に限定されないが、0.01度以上0.6度以下の範囲内にあることが好ましく、0.01度以上0.3度以下の範囲内にあることがより好ましく、0.1度以上0.3度以下の範囲内にあることがさらに好ましい。これにより、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を容易かつ高精度に変えることができる。例えば、内歯歯車2の歯幅が5mmである場合、角度 δ が0.01度以上0.6度以下の範囲内にあると、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を1mm変えることで、両歯車の噛み合い寸法を0.2 μ m～10 μ m程度の範囲内で調整することが可能である。したがって、この場合、スペーサ7の厚さを0.2 μ m～10 μ m程度の範囲内とすればよい。

10

20

30

40

50

【0041】

これに対し、角度 δ が小さすぎると、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での寸法を大きくしないと、両歯車の歯当たり強さ等の必要な調整の幅を確保することが難しい。一方、角度 δ が大きすぎると、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い長さを長くすることが難しく、歯車装置1の耐久性が低下する傾向を示す。

【0042】

以上のように、歯車装置1は、内歯歯車2と、内歯歯車2に部分的に噛み合って内歯歯車2に対して軸線a（回転軸）まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯歯車3と、外歯歯車3の内周面311に接触し、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い位置を軸線aまわりの周方向に移動させる波動発生器4と、を有する。

10

【0043】

そして、軸線a（回転軸）を含む平面で切断した断面視で、内歯歯車2の歯すじを延長した仮想的な直線bが軸線aに位置Pにて交差する。これにより、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を変えることで、内歯歯車2と外歯歯車3との歯当たりの強さ等を調整することができる。そのため、内歯歯車2または外歯歯車3に寸法バラつきがあっても、内歯歯車2と外歯歯車3との所望の歯当たりの強さ等を得ることができる。これにより、内歯歯車2および外歯歯車3の寸法精度を過度に高める必要がなく、その結果、歯車装置1の低コスト化を図ることができる。なお、直線bは、内歯23の歯元または歯先を延長した直線である。

【0044】

20

ここで、外歯歯車3は、一端部（図4中右側端部）が開口している筒状の胴部31と、胴部31の他端部（図4中左側端部）から径方向（本実施形態では径方向内側）に延びている取付部である底部32と、を有し、胴部31は、軸線aを中心とし、内歯歯車2に噛み合う外歯33を有する。そして、本実施形態では、軸線a（回転軸）を含む平面で切断した断面視で、直線bと軸線a（回転軸）とが交差する位置Pが内歯歯車2の歯幅の中心Cよりも底部32側（他端部側）にある。

【0045】

このように、位置Pが内歯歯車2の歯幅の中心Cよりも底部32側にあることにより、内歯歯車2の内歯23と外歯歯車3の外歯33とがこれらの噛み合い部において軸線aに対して同じ側に傾斜することとなる。そのため、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い長さを長くすることができる。また、内歯歯車2の内歯23と外歯歯車3の外歯33とがこれらの噛み合い部において軸線aに対して同じ側に傾斜していると、後述する第2実施形態に示す場合に比べて、内歯歯車2と外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を変えたとき、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い長さの変化を小さくすることもできる。

30

【0046】

一方、図7に示す従来の歯車装置1Xのように、内歯歯車2Xの内歯23Xの歯すじ方向、すなわち内歯23Xの歯元を延長した仮想的な直線b'が軸線aに平行である場合、内歯歯車2と外歯歯車3との歯当たりの強さ等は、内歯歯車2、外歯歯車3および波動発生器4の寸法精度によって決まってしまう。そのため、この場合、内歯歯車2と外歯歯車3との所望の歯当たり強さ等の噛み合い状態を実現するには、内歯歯車2、外歯歯車3および波動発生器4の寸法精度を極めて高くする必要があり、その結果、歯車装置1Xの高コスト化を招いてしまう。なお、内歯歯車2Xの内歯23Xの歯すじ方向が軸線aに平行であるため、内歯歯車2Xと外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を変えても、内歯歯車2Xと外歯歯車3との歯当たり強さは基本的に変わらない。

40

【0047】

<第2実施形態>

図8は、本発明の第2実施形態に係る歯車装置を模式的に示す断面図（軸線aを含む平面に沿って切断した図）である。

【0048】

50

本実施形態は、内歯歯車の構成および取付が異なること以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、図8において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0049】

図8に示す歯車装置1Aは、内歯歯車2Aと、内歯歯車2Aに部分的に噛み合っている内歯歯車2Aに対して軸線a（回転軸）まわりに相対的に回転する可撓性を有する外歯歯車3と、外歯歯車3の内周面311に接触し、内歯歯車2と外歯歯車3との噛み合い位置を軸線aまわりの周方向に移動させる波動発生器4と、を有する。

【0050】

本実施形態では、内歯歯車2Aの内径が図8中左側から右側に向けて小さくなるように、内歯歯車2Aの歯すじ方向が軸線aに対して傾斜している。ここで、外歯歯車3は、一端部（図8中右側端部）が開口している筒状の胴部31と、胴部31の他端部（図8中左側端部）から径方向（本実施形態では径方向内側）に延びている取付部である底部32と、を有し、胴部31は、軸線aを中心とし、内歯歯車2に噛み合う外歯33を有する。そして、軸線a（回転軸）を含む平面で切断した断面視で、直線bと軸線aとが交差する位置Pが内歯歯車2Aの歯幅の中心Cよりも底部32とは反対側（一端部側）にある。これにより、図8に示すように、内歯歯車2Aを取り付ける部材6Aを内歯歯車2Aに対して底部32とは反対側に配置する場合、内歯歯車2Aと外歯歯車3との軸線aに沿った方向での相対位置を容易に変えることができる。

【0051】

なお、内歯歯車2Aは、部材6Aに対してスペーサー7を介して接続されており、部材6Aは、基台110であるか、または、基台110に接続（固定）された部材である。

【0052】

外歯歯車3の外歯33は、内歯歯車2Aの内歯23との噛み合い部において内歯23の歯すじ方向と同じ側に軸線aに対して傾斜している部分を有することが好ましい。これにより、内歯歯車2Aと外歯歯車3との噛み合い長さを長くすることができる。

【0053】

以上説明したような第2実施形態によっても、前述した第1実施形態と同様の効果を発揮させることができる。

【0054】

以上、本発明のロボットおよび歯車装置を、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

【0055】

また、前述した実施形態では、水平多関節ロボットについて説明したが、本発明のロボットは、これに限定されず、例えば、ロボットの関節数は任意であり、また、垂直多関節ロボットにも適用可能である。

【0056】

前述した実施形態では、歯車装置が有する外歯歯車がカップ状（有底筒状）をなす場合を例に説明したが、これに限定されず、例えば、外歯歯車は、ハット状（つば付き筒状）をなしていてもよい。外歯歯車がハット状をなす場合、外歯歯車は、胴部の他端部から径方向外側に延びているフランジ部を取付部として有する。

【符号の説明】

【0057】

1…歯車装置、1A…歯車装置、1X…歯車装置、2…内歯歯車、2A…内歯歯車、2X…内歯歯車、3…外歯歯車、4…波動発生器、6…部材、6A…部材、7…スペーサー、23…内歯、23X…内歯、31…胴部、32…底部、33…外歯、41…カム、42…軸受、100…ロボット、110…基台、111…基台、120…第1アーム、121…

10

20

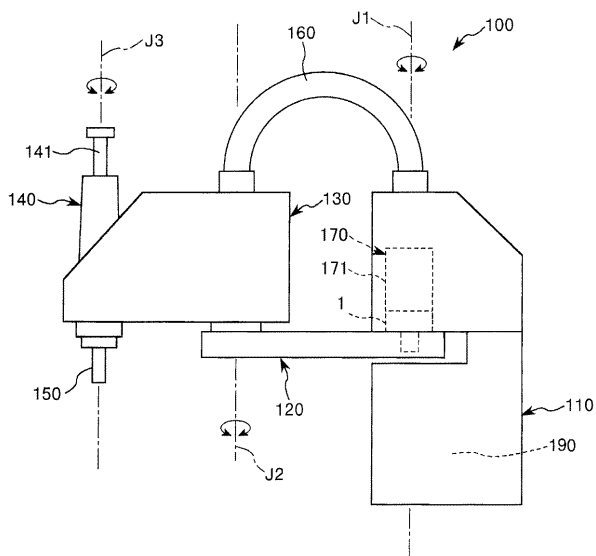
30

40

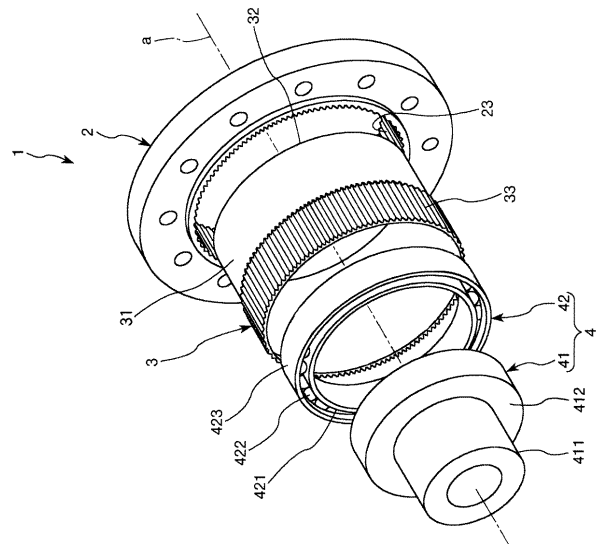
50

第1アーム、130…第2アーム、140…作業ヘッド、141…スプラインシャフト、150…エンドエフェクター、160…部、170…第1駆動部、171…モーター、190…制御装置、311…内周面、411…軸部、412…カム部、421…内輪、422…ボール、423…外輪、424…外周面、C…中心、J1…第1軸、J2…第2軸、J3…軸、La…長軸、Lb…短軸、a…軸線、b…直線、b'…直線、P…位置、 δ …角度

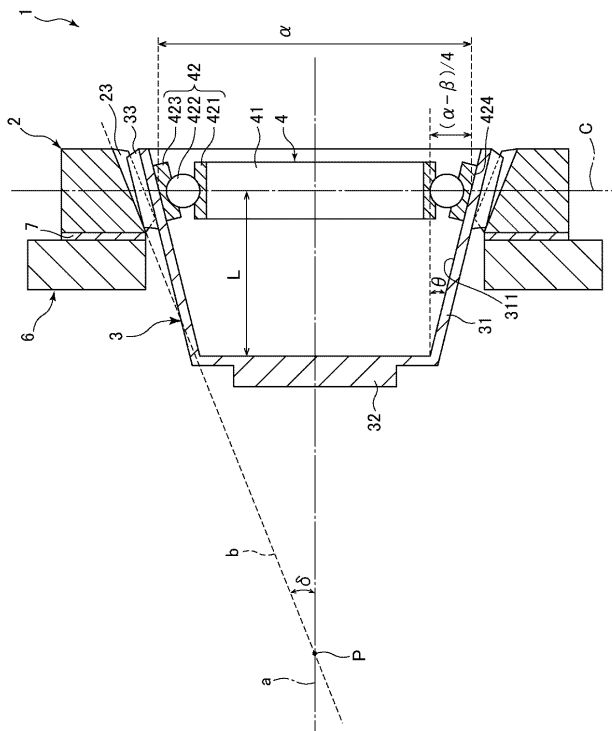
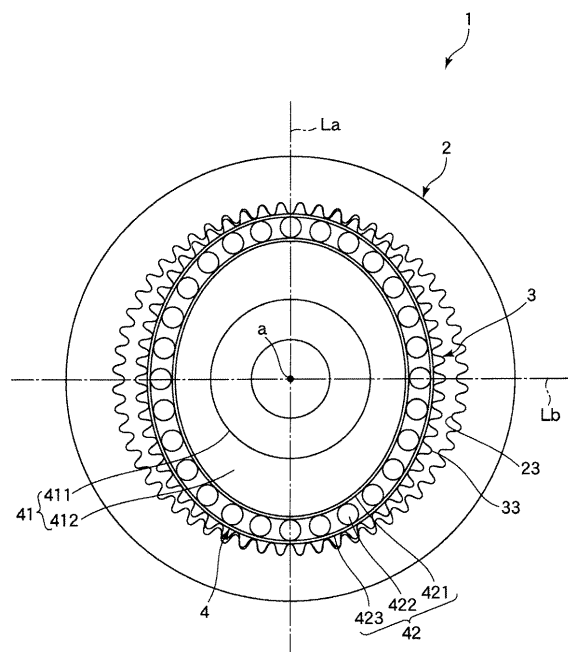
【図1】



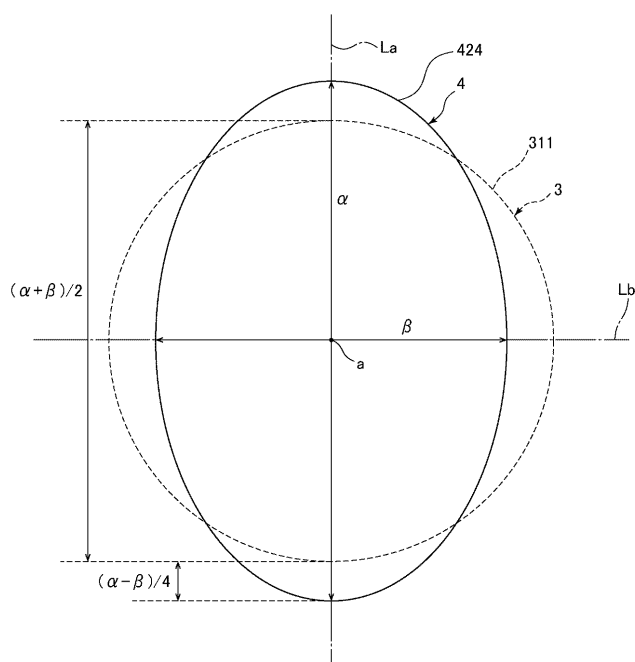
【図2】



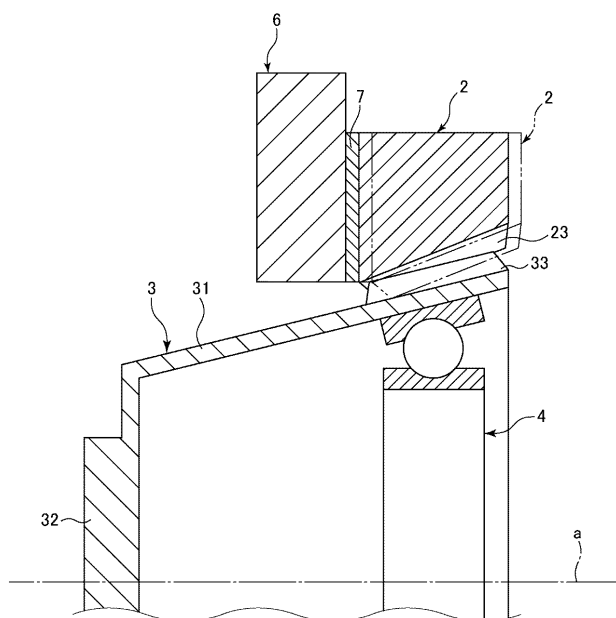
【圖 4】



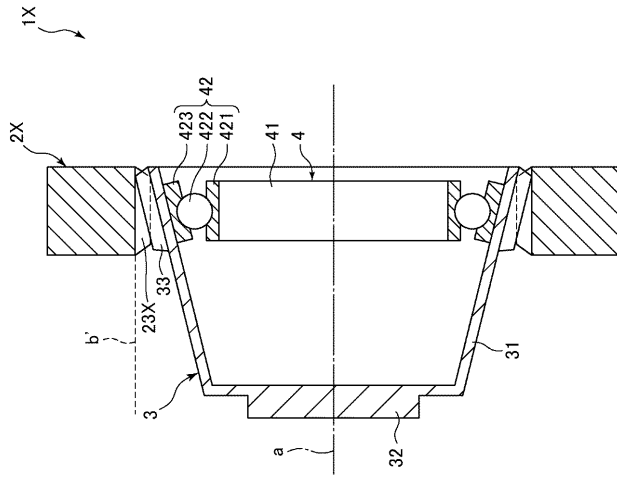
【図 5】



【 図 6 】



【図 7】



【図 8】

