(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4354342号
(P4354342)

(45)発行日　平成21年10月28日(2009.10.28)　(24)登録日　平成21年8月7日(2009.8.7)

(51)Int.Cl.		F I		
H02N 2/00	(2006.01)	H02N	2/00	C
B25J 9/08	(2006.01)	B25J	9/08	
B25J 19/00	(2006.01)	B25J	19/00	A

請求項の数 11　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2004-176320 (P2004-176320)
(22)出願日　平成16年6月15日 (2004.6.15)
(65)公開番号　特開2006-5975 (P2006-5975A)
(43)公開日　平成18年1月5日 (2006.1.5)
審査請求日　平成18年7月28日 (2006.7.28)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目３番１号
(74)代理人　100119677
弁理士　岡田　賢治
(72)発明者　川野　洋
東京都千代田区大手町二丁目３番１号　日本電信電話株式会社内

審査官　仲村　靖

(56)参考文献　特開平１１－２２０８９２（ＪＰ，Ａ）
特開平６－２６１５６１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トルク制御機構付超音波モータ及び超音波モータ搭載ロボット

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

複数の圧電素子を積層しそれら複数の圧電素子への位相の異なる交流電圧の印加に伴い固有振動数の等しい複数の固有振動を励振する両端面中央を縦貫する中空孔が形成された固定子と、当該固定子に発生した固有振動に基づき当該固定子の振動端面との間で作用する摩擦力により回転駆動する回転子とを具備して、当該固定子と当該回転子とに作用させる予圧力を適宜調節可能に構成された所定自由度のトルク制御機構付超音波モータであって、

前記回転子に一端が接続されて当該回転子の回転中心を通り前記中空孔を挿通して前記固定子を縦貫するワイヤと、

前記固定子中に前記圧電素子とともに介層されて外表面中間に一体張出し外延した懸架フランジを鍔設した前記中空孔の下開口端側で貫通垂下した前記ワイヤに引張力を作用させて当該ワイヤの張力を適宜調節可能とするよう当該ワイヤ下端に固着された張力調節手段と、を具備することにより、当該張力を前記超音波モータに前記予圧力として作用させ前記回転子を前記固定子に圧着するよう構成される、

ことを特徴とするトルク制御機構付超音波モータ。

【請求項２】

前記トルク制御機構付超音波モータは、

前記回転子の回転中心を通る軸上にて前記ワイヤ上端又は下端を取着して当該ワイヤと一体に回転自在に前記回転子内上部又は前記張力調節手段に空転自在に設けるベアリング

内輪と、
前記回転子又は前記張力調節手段に固定され当該ベアリング内輪に転動体を介して外転自在に固定された当該回転子又は当該張力調節手段と一体に回転するベアリング外輪と、を有したワイヤ接続ベアリングを具備する、
ことを特徴とする請求項１に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項３】
前記回転子は、
当該回転子の前記回転中心を頂点とした円錐形状が開穿されて当該円錐形状の底面を開口端とする当該ワイヤの挿通穴が下側に形成されかつ当該開口端周辺外域を前記固定子の前記中空孔上端に拡大開口する受座口と接する球面部位を具備する、
ことを特徴とする請求項１又は２に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項４】
前記回転子は、
前記ワイヤとの前記接続点直下に、当該回転子の前記挿通穴の前記回転中心近傍にてその外周面を当該挿通穴に固着する一方、その内周面にて当該ワイヤを当該挿通穴内にて当該回転中心を通るよう空転可能に案内把持するＯリングを具備する、
ことを特徴とする請求項３に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項５】
前記トルク制御機構付超音波モータは、
前記回転子の上部ヘッド部外周上に固定されて当該回転子と一体に回転するベアリング内輪と、
当該ベアリング内輪の外周にて前記懸架フランジ外周端に固定され上方に延びて前記固定子上部及び前記回転子を内に包容する筒枠体上端内側に固定されて当該ベアリング内輪と転動体を介して外転自在に固定された当該懸架フランジと一体に空転するベアリング外輪と、を有した回転子取付ベアリングを具備する単軸超音波モータである、
ことを特徴とする請求項２に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項６】
前記張力調節手段は、
前記ワイヤに対して一方向に引張力を作用させる直動式アクチュエータである、
ことを特徴とする請求項１、２、３、４又は５に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項７】
前記張力調節手段は、
前記回転子との間に張架され前記中空孔を貫通した前記ワイヤの下端が中央に接続されて、平行する前記懸架フランジの外周端部と相対向する位置に雌螺子孔を形成されたワイヤ固定材と、
当該懸架フランジと当該ワイヤ固定材の当該雌螺子孔とを所定間隔離して連結螺貫することにより、当該懸架フランジと当該ワイヤ固定材との間隔を調節可能とするボールネジと、を具備する、
ことを特徴とする請求項１、２、３、４又は５に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項８】
前記張力調節手段は、
前記懸架フランジと前記ワイヤ固定材間の前記ボールネジに代えて、
前記ワイヤの前記張力を調節可能なジャッキを介在する、
ことを特徴とする請求項７に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項９】
前記ワイヤは、
所定弾性定数を有した紐状弾性体である、
ことを特徴とする請求項１、２、３、４、５、６、７又は８に記載のトルク制御機構付

超音波モータ。
【請求項１０】
前記懸架フランジは、
外周端下方に連設して延びかつ前記固定子下部を包容する有底円筒枠体の前記中空孔下端開口が臨む底部中央部位に貫口を貫設し、
当該貫口から垂下した前記ワイヤ下端に接続された前記張力調節手段まで当該ワイヤを案内規制するワイヤ保護チューブを具備する、
ことを特徴とする請求項１、２、３、４、５、６、７、８又は９に記載のトルク制御機構付超音波モータ。
【請求項１１】
直列に複数段連結された前記請求項１乃至１０に記載のトルク制御機構付超音波モータを搭載したロボットであって、
前記トルク制御機構付超音波モータの前記回転子は、
それぞれ当該回転子の頭頂部に下端を連結して当該回転子の回転駆動を伝達する回転シャフトを具備するとともに、
当該トルク制御機構付超音波モータの下端は、
連結する他の前記トルク制御機構付超音波モータの当該回転シャフト上端に接続して構成される、
ことを特徴とする超音波モータ搭載ロボット。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、超音波モータ及びロボットに関し、詳しくは、複数の圧電素子を積層しそれら複数の圧電素子への位相の異なる交流電圧の印加に伴い固有振動数の等しい複数の固有振動を励振する両端面中央を縦貫する中空孔が形成された固定子と、当該固定子に発生した固有振動に基づき当該固定子の振動端面との間で作用する摩擦力により回転駆動する回転子とを具備して、当該固定子と当該回転子とに作用させる予圧力を適宜調節可能に構成された所定自由度のトルク制御機構付超音波モータと、そのトルク制御機構付超音波モータを直接搭載したロボットに係わる。
【背景技術】
【０００２】
近年、例えば、人間型ロボットの関節機構のような、高トルク、高自由度を要求されるような部位におけるアクチュエータとして、従来の一自由度回転式の電磁式サーボモータに代わり、省スペース、高トルクで静音性の高い、例えば、以下に示す非特許文献１に開示された多自由度超音波モータの適用が記載されている。
【０００３】
【非特許文献１】前野隆司、竹村研治郎，「縦振動と横振動の縮退に基づく多自由度超音波モータの開発」，日本ロボット学会誌，１９９８年，第１１６巻，第８号，ｐ．１１１５－１１２２．
【０００４】
この多自由度超音波モータは、振動方向が異なる複数の圧電素子が積層した固定子と、この固定子の上に密着された球状の回転子からなる。多自由度超音波モータの固定子の圧電素子に、周波数が等しく位相の異なる交流電圧を印加すると、固有振動が励振されて、それらの固有振動のモードの組み合わせにより回転子が所定の方向に回転する。
【０００５】
このように、固定子に密着させた回転子を持つ多自由度超音波モータを駆動して高い回転トルクを得るためには、回転子が固定子から十分に強い垂直抗力を受けるような予圧機構が必要となり、ここで多自由度超音波モータに対して適切な予圧がなされれば、回転子の静止時において特別な駆動制御を行うことなく高静止トルクを得ることが可能になる。
【０００６】

このため、従来の多自由度超音波モータでは、以下に示す非特許文献２に開示されるように、回転子の上に穴の開いた予圧材を配置し、この予圧材により回転子に対して鉛直方向に予圧力を与える方式や、固定子に電磁石を内蔵してこの電磁石により回転子を引き付けて予圧を与える方式が知られており、さらに、非特許文献３には、回転子にシャフトを取り付けてこのシャフトに通したベアリングによって予圧力を伝達する方式が開示されており、非特許文献４には、単軸の超音波モータの予圧手段が開示されている。

【０００７】

【非特許文献２】ユンチョルホ、庭野慎一郎、James R. Friend、石井孝明、中村健太郎、上羽貞行，「3自由度超音波モータの球ロータ支持機構」第２３回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム講演予稿集，２００２年１１月.

【非特許文献３】H.Kawano, T.Hirahara, “Three-DOF Angular Positioning Control using a Multi-DOF Ultrasonic Motor in the Pre-loaded Condition - Application to the Auditory Tele-Existence Robot “TeleHead” -”, Proc. of 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2247-2253, October 2003.

【非特許文献４】Kentaro Nakamura, Minoru Kurosawa, Sadayuki Ueha, “Characteristics of a Hybrid Transducer-Type Ultrasonic Motor”, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, Vol.38, No.3, May 1991.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかしながら、超音波モータの発するトルクは、予圧力の大きさに左右されるものであり、一度予圧力の大きさを設定してしまった後には、超音波モータのトルク制御は難しいという問題があり、インピーダンス制御などを多用するロボットの制御に利用することは難しかった。

【０００９】

ここにおいて、本発明の解決すべき主要な目的は、次のとおりである。

【００１０】

即ち、本発明の第１の目的は、超音波モータの予圧力を適宜調節することが可能なトルク制御機構付超音波モータ及び超音波モータ搭載ロボットを提供せんとするものである。

【００１１】

本発明の第２の目的は、ワイヤの接続により回転子の回転を妨げずに所定の回転駆動をすることが可能なトルク制御機構付超音波モータ及び超音波モータ搭載ロボットを提供せんとするものである。

【００１２】

本発明の第３の目的は、ロボットに適用された超音波モータを多関節に駆動するよう複数連結することが可能なトルク制御機構付超音波モータ及び超音波モータ搭載ロボットを提供せんとするものである。

【００１３】

本発明の他の目的は、明細書、図面、特に、特許請求の範囲の各請求項の記載から、自ずと明らかになろう。

【課題を解決するための手段】

【００１４】

まず、本発明モータにおいては、回転子に一端が接続されて当該回転子の回転中心を通り中空孔を挿通して固定子を縦貫するワイヤと、固定子中に圧電素子とともに介層されて外表面中間に一体張出し外延した懸架フランジを鍔設した中空孔の下開口端側で貫通垂下したワイヤに引張力を作用させて当該ワイヤの張力を適宜調節可能とするよう当該ワイヤ下端に固着された張力調節手段と、を具備することにより、当該張力を超音波モータに予圧力として作用させ回転子を固定子に圧着するよう構成する、という特徴的構成手段を講じる。

【００１５】

また、本発明ロボットにおいては、直列に複数段連結された本発明モータを搭載して、トルク制御機構付超音波モータの回転子が、それぞれ当該回転子の頭頂部に下端を連結して当該回転子の回転駆動を伝達する回転シャフトを具備するとともに、当該トルク制御機構付超音波モータの下端が、連結する他のトルク制御機構付超音波モータの当該回転シャフト上端に接続して構成する、という特徴的構成手段を講じる。

【００１６】

さらに、具体的詳細に述べると、当該課題の解決では、本発明が次に列挙する上位概念から下位概念に亙る新規な特徴的構成手段を採用することにより、前記目的を達成するよう為される。

【００１７】

即ち、本発明モータの第１の特徴は、複数の圧電素子を積層しそれら複数の圧電素子への位相の異なる交流電圧の印加に伴い固有振動数の等しい複数の固有振動を励振する両端面中央を縦貫する中空孔が形成された固定子と、当該固定子に発生した固有振動に基づき当該固定子の振動端面との間で作用する摩擦力により回転駆動する回転子とを具備して、当該固定子と当該回転子とに作用させる予圧力を適宜調節可能に構成された所定自由度のトルク制御機構付超音波モータであって、前記回転子に一端が接続されて当該回転子の回転中心を通り前記中空孔を挿通して前記固定子を縦貫するワイヤと、前記固定子中に前記圧電素子とともに介層されて外表面中間に一体張出し外延した懸架フランジを鍔設した前記中空孔の下開口端側で貫通垂下した前記ワイヤに引張力を作用させて当該ワイヤの張力を適宜調節可能とするよう当該ワイヤ下端に固着された張力調節手段と、を具備することにより、当該張力を前記超音波モータに前記予圧力として作用させ前記回転子を前記固定子に圧着するよう構成されてなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。

【００１８】

本発明モータの第２の特徴は、上記本発明モータの第１の特徴における前記トルク制御機構付超音波モータが、前記回転子の回転中心を通る軸上にて前記ワイヤ上端又は下端を取着して当該ワイヤと一体に回転自在に前記回転子内上部又は前記張力調節手段に空転自在に設けるベアリング内輪と、前記回転子又は前記張力調節手段に固定され当該ベアリング内輪に転動体を介して外転自在に固定された当該回転子又は当該張力調節手段と一体に回転するベアリング外輪と、を有したワイヤ接続ベアリングを具備してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。

【００１９】

本発明モータの第３の特徴は、上記本発明モータの第１又は第２の特徴における前記回転子が、当該回転子の前記回転中心を頂点とした円錐形状が開穿されて当該円錐形状の底面を開口端とする当該ワイヤの挿通穴が下側に形成されかつ当該開口端周辺外域を前記固定子の前記中空孔上端に拡大開口する受座口と接する球面部位を具備してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。

【００２０】

本発明モータの第４の特徴は、上記本発明モータの第３の特徴における前記回転子が、前記ワイヤとの前記接続点直下に、当該回転子の前記挿通穴の前記回転中心近傍にてその外周面を当該挿通穴に固着する一方、その内周面にて当該ワイヤを当該挿通穴内にて当該回転中心を通るよう空転可能に案内把持するＯリングを具備してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。

【００２１】

本発明モータの第５の特徴は、上記本発明モータの第２の特徴における前記トルク制御機構付超音波モータが、前記回転子の上部ヘッド部外周上に固定されて当該回転子と一体に回転するベアリング内輪と、当該ベアリング内輪の外周にて前記懸架フランジ外周端に固定され上方に延びて前記固定子上部及び前記回転子を内に包容する筒枠体上端内側に固定されて当該ベアリング内輪と転動体を介して外転自在に固定された当該懸架フランジと一体に空転するベアリング外輪と、を有した回転子取付ベアリングを具備する単軸超音波モータである、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。

【００２２】
本発明モータの第６の特徴は、上記本発明モータの第１、第２、第３、第４又は第５の特徴における前記張力調節手段が、前記ワイヤに対して一方向に引張力を作用させる直動式アクチュエータである、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。
【００２３】
本発明モータの第７の特徴は、上記本発明モータの第１、第２、第３、第４又は第５の特徴における前記張力調節手段が、前記回転子との間に張架され前記中空孔を貫通した前記ワイヤの下端が中央に接続されて、平行する前記懸架フランジの外周端部と相対向する位置に雌螺子孔を形成されたワイヤ固定材と、当該懸架フランジと当該ワイヤ固定材の当該雌螺子孔とを所定間隔離して連結螺貫することにより、当該懸架フランジと当該ワイヤ固定材との間隔を調節可能とするボールネジと、を具備してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。
【００２４】
本発明モータの第８の特徴は、上記本発明モータの第７の特徴における前記張力調節手段が、前記懸架フランジと前記ワイヤ固定材間の前記ボールネジに代えて、前記ワイヤの前記張力を調節可能なジャッキを介在してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。
【００２５】
本発明モータの第９の特徴は、上記本発明モータの第１、第２、第３、第４、第５、第６、第７又は第８の特徴における前記ワイヤが、所定弾性定数を有した紐状弾性体である、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。
【００２６】
本発明モータの第１０の特徴は、上記本発明モータの第１、第２、第３、第４、第５、第６、第７、第８又は第９の特徴における前記懸架フランジが、外周端下方に連設して延びかつ前記固定子下部を包容する有底円筒枠体の前記中空孔下端開口が臨む底部中央部位に貫口を貫設し、当該貫口から垂下した前記ワイヤ下端に接続された前記張力調節手段まで当該ワイヤを案内規制するワイヤ保護チューブを具備してなる、トルク制御機構付超音波モータの構成採用にある。
【００２７】
一方、本発明ロボットの第１の特徴は、直列に複数段連結された上記本発明モータの第１、第２、第３、第４、第５、第６、第７、第８、第９又は第１０の特徴におけるトルク制御機構付超音波モータを搭載したロボットであって、前記トルク制御機構付超音波モータの前記回転子が、それぞれ当該回転子の頭頂部に下端を連結して当該回転子の回転駆動を伝達する回転シャフトを具備するとともに、当該トルク制御機構付超音波モータの下端が、連結する他の前記トルク制御機構付超音波モータの当該回転シャフト上端に接続して構成されてなる、超音波モータ搭載ロボットの構成採用にある。
【発明の効果】
【００２８】
本発明によれば、超音波モータの固定子と回転子とに付与する予圧力を、回転子に一端が接続されるとともに固定子中央を縦貫するように挿通されたワイヤの張力により付与するようにしたことにより、超音波モータの予圧機構が超音波モータ外部の空間を占めることなく超音波モータの小型化が可能であるとともに、このワイヤの張力を調節することで超音波モータの予圧力を適宜に調節することが可能となることから、例えば、インピーダンス制御などを多用するロボットの制御に、超音波モータを容易に適用することが可能となる。
【００２９】
また、回転子にワイヤ一端を接続するベアリングを搭載することにより、ワイヤが回転子の回転を妨げることなく予圧力を付与することが可能となり、また、回転子の上部ヘッド部外周をベアリングを介して懸架フランジと接続することで、超音波モータが単軸超音波モータであった場合にも、回転軸を固定することが可能となる。

【００３０】
さらに、球面を備えた回転子を、回転子の回転中心を頂点とした円錐形状が開穿されてこの円錐形状の底面を開口端となるよう形成してワイヤが挿通するようにしたことで、回転子の傾斜範囲を大きくすることができ、また、回転子の回転中心近傍でワイヤをＯリング等で案内把持することで、ワイヤと回転子との接続点を回転子の回転中心に調節することも可能である。
【００３１】
加えて、張力調節手段にボールネジ又はジャッキ等を用いることで少ないエネルギ供給量でワイヤの張力を調節することが可能となり、また、ワイヤを、例えば、紐状弾性体を採用した場合には、単にワイヤ長を変化させることで張力を調節できるようになる。しかも、ワイヤを所定長のチューブを挿通して張力調節手段に固定することにより、張力を適宜調節可能とする張力調節手段の設置場所が限定されず、様々なロボット等に超音波モータを搭載させることが可能となる。したがって、このような超音波モータを複数連結させてロボットに搭載したときには、少スペースで多関節を実現することが可能となる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００３２】
以下、本発明の実施の形態につき、添付の図面を参照しつつ、モータ例１～３及びロボット例を順に挙げて説明する。
【００３３】
（モータ例１）
図１は、本発明モータの実施形態例であるモータ例１の超音波モータα１の要部構成を示す断面図である。
【００３４】
同図に示すように、本モータ例１に係る超音波モータα１は、複数の圧電素子１１，１２，１３，１４を積層しそれら複数の圧電素子１１，１２，１３，１４への位相の異なる交流電圧の印加に伴い固有振動数の等しい複数の固有振動を励振する両端面中央を縦貫する中空孔１ａが形成された、例えば、円柱形状をなす固定子１と、固定子１に発生した固有振動に基づき固定子１の振動端面との間で作用する摩擦力により回転駆動し、例えば、この回転駆動を伝達する部材が接続される回転シャフト２１が植立された回転子２とを具備して、固定子１と回転子２とに作用させる予圧力を適宜調節可能に構成された多自由度のトルク制御機構付超音波モータとして構成される。
【００３５】
また、超音波モータα１は、回転子２に一端が接続されて回転子２の回転中心Ａを通り中空孔１ａを挿通して固定子１を縦貫するワイヤ３と、固定子１中に圧電素子１１，１２，１３，１４とともに介層されて外表面中間に一体張出し外延した懸架フランジ１５を鍔設した中空孔１ａの下開口端Ｂ側で貫通垂下したワイヤ３に引張力を作用させてワイヤ３の張力を適宜調節可能とするようワイヤ３下端に固着された張力調節手段５と、を具備することにより、この張力を超音波モータα１に予圧力として作用させ回転子２を固定子１に圧着するよう構成される。
【００３６】
ここで、圧電素子１１は、例えば、ピッチ方向のたわみ振動を発生する圧電素子であり、圧電素子１２，１３は、例えば、縦方向の伸縮振動を発生する圧電素子であり、圧電素子１４は、例えば、ロール方向のたわみ振動を発生する圧電素子であるとする。
【００３７】
また、回転子２は、ワイヤ３が挿通されて回転子２の回転中心Ａを頂点とした円錐形状が開穿されて、この円錐形状の底面を開口端Ｃとするワイヤ３の挿通穴２ａが下端に形成されかつ開口端Ｃ周辺外域を固定子１の中空孔１ａ上端に拡大開口する受座口１ｂと接する球面部位を具備するようにするとよく、この球面部位が固定子１の振動端面と接触して摩擦力を作用させることで、回転駆動するよう構成される。
【００３８】

よって、回転子２は、固定子１の振動端面上に設けられた受座口１ｂおいて、例えば、回転子２との間で作用させる摩擦力を効果的に作用させるために設置された摩擦材６と接する面が球面になっており、固定子１からの回転子２への回転及び傾斜方向への直接的な拘束力はなく、一方、固定子１は、例えば、圧電素子１１，１２，１３，１４を介層して懸架フランジ１５により一体にボルト締め等により嵌着されたランジュバン型振動子として構成される。

【００３９】

さらに、超音波モータα１は、回転子２の回転中心Ａを通る軸上にてワイヤ３上端を取着してこのワイヤ３と一体に回転自在に回転子２内上部に空転自在に設けるベアリング内輪４１と、回転子２に固定されてベアリング内輪４１に転動体４２を介して外転自在に固定された回転子２と一体に回転するベアリング外輪４３と、を有したワイヤ接続ベアリング４を具備しており、ワイヤ接続ベアリング４は、例えば、そのベアリング外輪４３のみを回転子２と回転子２の上部ヘッド部２２とで挟装されて回転子２の回転駆動を妨げずに回転子２内に保持するようにしている。

【００４０】

また、回転子２は、ワイヤ３との接続点直下に、この回転子２の挿通穴２ａの回転中心Ａ近傍にてその外周面を挿通穴２ａに固着する一方、その内周面にてワイヤ３を挿通穴２ａ内にて回転中心Ａを通るよう空転可能に案内把持するＯリング２３を具備するようにすることで、ワイヤ３をこのＯリング２３の中心を挿通させてワイヤ３を接続点以外での回転子２との接触を防ぐように構成することもできる。

【００４１】

そのため、超音波モータα１は、回転子２の回転駆動に高いトルクを引き出すために、回転子２の固定子１と接触する球面部位と、固定子１の摩擦材６との間に作用させる摩擦力が高くなければならず、固定子１と回転子２とを強い力で圧着させる必要があり、超音波モータα１では、ワイヤ３により強い予圧力を付与するようにしている。

【００４２】

即ち、超音波モータα１は、張力調節手段５により、固定子１の中空孔１ａから導出させたワイヤ３を回転子２と対向する方向に引張力を作用させることで、予圧力を付与している。これにより、回転子２のＹａｗ回転はワイヤ３に伝達されず、ワイヤ３を引っ張る張力調節手段５を回転子２のＹａｗ回転にあわせて回転させる必要はない。

【００４３】

また、ワイヤ３の一端が回転子２の回転中心Ａを通る軸上に取り付けられているため、ワイヤ３を引っ張ることにより回転子２に与えられる回転モーメントは存在しない。

【００４４】

なお、回転子２の傾斜角度に関する動作範囲について、例えば、固定子１は、摩擦材６と回転子２との接触部分がなす円の半径を回転子２の半径未満で可能な限り大きくなるよう形成されて、一方、回転子２は、挿通穴２ａの円錐形状の母線Ｄとワイヤ３とがなす角Ｅを４５°未満で可能な限り大きくなるよう形成されることで、最大４５°の傾斜角を取ることが可能となる。

【００４５】

ここで、母線Ｄとワイヤ３がなす角Ｅを小さくすることで、回転子２の傾斜角度の上限値を最大９０°まで大きくすることが可能であるが、この場合、母線Ｄとワイヤ３がなす角Ｅよりも回転子２の傾斜角が大きくなったときに、ワイヤ３は挿通穴２ａの表面に接触してしまい、傾斜方向の負荷トルクが発生してしまうため好ましくない。

【００４６】

一方、張力調節手段５は、例えば、ワイヤ３に対して一方向に引張力を作用させる直動式アクチュエータ５１であって、ワイヤ３はその一端が接続された直動アクチュエーア５１に固定されており、直動式アクチュエータ５１が発生する引張力の大きさを制御することで、超音波モータα１に付与する予圧力を調節することが可能となり、超音波モータα１は、直動式アクチュエータ５１が発生した引張力に応じたトルクを発するように構成さ

れている。

【００４７】

この直動式アクチュエータ５１は、懸架フランジ１５に直接固定されるものに限定されず、例えば、懸架フランジ１５に、外周端下方に連設して延びかつ固定子１下部を包容する有底円筒枠体１６の中空孔１ａ下端開口が臨む底部中央部位に貫口１５ａを貫設して、固定子１を抱持するよう構成されるとよい。

【００４８】

このとき、懸架フランジ１５は、この貫口１５ａから垂下した開口端Ｆからワイヤ３を挿通し、ワイヤ３の下端に接続された張力調節手段５の、例えば、直動式アクチュエータ５１までこのワイヤ３を案内規制するワイヤ保護チューブ７を具備するようにするとよく、ワイヤ保護チューブ７は、ワイヤ３を被覆する柔軟なチューブであってよいが、ワイヤ３に沿った接線方向には伸縮しないものが好適である。

【００４９】

ここで、超音波モータα１は、例えば、ワイヤ３が所定弾性定数の紐状弾性体である場合に、このワイヤ３のワイヤ長を所定長さに制御することでワイヤ３の張力を制御することが可能であることから、直動式アクチュエータ５１によりワイヤ３の伸張量を制御することで、ワイヤ３の張力を制御することが可能となる。

【００５０】

なお、ワイヤ接続ベアリング４は、回転子２内部に搭載するようにして説明したものの、ワイヤ３の上端を直接回転子２の挿通穴２ａ内に接続し、ワイヤ３の下端を接続するにあたり張力調節手段５との間に搭載させてもよく、この場合、ベアリング内輪４１にワイヤ３下端を接続し、ベアリング外輪４３を張力調節手段５に固定するようにして、回転子の回転駆動に伴うワイヤ３の軸回転を張力調節手段５にて空転するようにするとよい。

【００５１】

（モータ例２）

次に、図２は、本発明モータの実施形態例であるモータ例２の超音波モータα２の要部構成を示す断面図である。なお、以下の本実施形態の説明で用いる各図面には、図１に示したものと同一又は同等な構成要素につき同一の符号を当てるものとし、当該構成要素の詳細な説明については省略するものとする。

【００５２】

同図に示すように、本モータ例２に係る超音波モータα２は、上記モータ例１に係る超音波モータα１の張力調節手段５として、回転子２との間に張架され中空孔１ａを貫通したワイヤ３の下端が中央に接続されて、平行する懸架フランジ１５の外周端部と相対向する位置に雌螺子孔を形成されたワイヤ固定材５２と、この懸架フランジ１５とワイヤ固定材５２の雌螺子孔とを所定間隔離して連結螺貫することにより、懸架フランジ１５とワイヤ固定材５２との間隔を調節可能とするボールネジ５３，５４と、を具備して構成される。

【００５３】

ここで、超音波モータα２は、例えば、ワイヤ３が所定弾性定数の紐状弾性体である場合に、このワイヤ３のワイヤ長を所定長さに制御することでワイヤ３の張力を制御することが可能であることから、懸架フランジ１５とワイヤ固定材５２との間の距離を制御することで、ワイヤ３の伸張量を変化させて張力を制御することが可能となり、ボールネジ５３，５４は手動により調節可能としてもよいが、ボールネジ制御モータ５５，５６により調節するようにするとよい。

【００５４】

なお、ボールネジ制御モータ５５，５６は、懸架フランジ１５上に固定して示したものの、ワイヤ固定材５２上のボールネジ５３，５４の対応する位置に設置しても構わず、さらに、超音波モータα２のワイヤ接続ベアリング４は回転子２内に搭載させて説明したものの、超音波モータα１と同様にして、張力調節手段５に搭載させてもよく、即ち、ワイヤ接続ベアリング４は、ワイヤ固定材５２に設置するようにしても構わない。

【００５５】
このとき、ワイヤ３の上端は回転子２の挿通穴２ａ内部に直接接続されて、一方、ワイヤ３の下端はワイヤ固定材５２上にてベアリング内輪４１に接続されて、ベアリング外輪４３のみをワイヤ固定材５２に固定されるよう構成されて、回転子２とワイヤ３とが一体にＹａｗ回転を行う一方、ワイヤ３の回転はワイヤ接続ベアリング４によりワイヤ固定材５２には伝達されないようにすることもできる。
【００５６】
また、本モータ例２では懸架フランジ１５とワイヤ固定材５２との間の距離を制御する手段としてボールネジ５３，５４について説明したものの、これに限定されるものではなく、例えば、図示しない油圧ジャッキ等のジャッキにより懸架フランジ１５とワイヤ固定材５２との間の距離を制御するように構成し、ワイヤ３の伸張量を調節することでワイヤ３の張力を調整するようにしても構わない。
【００５７】
（モータ例３）
続いて、図３は、本発明モータの実施形態例であるモータ例３の超音波モータα３の要部構成を示す断面図である。
【００５８】
同図に示すように、本モータ例３に係る超音波モータα３は、上記モータ例１に係る超音波モータα１として、回転子２の上部ヘッド部２２外周上に固定されてこの回転子２と一体に回転するベアリング内輪８１と、ベアリング内輪８１の外周にて懸架フランジ１５外周端に固定された上方に伸びて固定子１上部及び回転子２を内に包容する筒枠体１７上端内側に固定されてベアリング内輪８１と転動体８２を介して外転自在に固定された懸架フランジ１５と一体に空転するベアリング外輪８３と、を有した回転子取付ベアリング８を具備する、軸Ａ１を回転軸とする単軸超音波モータとして構成される。
【００５９】
したがって、単軸超音波モータである超音波モータα３であっても、例えば、直動式アクチュエータ５１等の張力調節手段５を具備することが可能であり、適宜ワイヤ３の張力を調節することで超音波モータα１や超音波モータα２と同様にして、固定子１と円盤形状等の回転子２とを圧着させる予圧力を適宜調節することが可能である。
【００６０】
なお、単軸超音波モータとして構成された超音波モータα３の固定子１は、例えば、ピッチ方向のたわみ振動を発生する圧電素子１１と、ロール方向のたわみ振動を発生する圧電素子１４とを積層して、回転子２が軸Ａ１を回転軸とする回転駆動を行うよう構成するとよい。
【００６１】
一方、超音波モータα３の回転子２は、ワイヤ接続ベアリング４とベアリング外輪４３とのみ固定されて構成されるように説明したものの、ワイヤ接続ベアリング４を回転子２内に搭載することに代えて、超音波モータα１，α２と同様にしてワイヤ３と張力調節手段５との接続点に設置するようにしても構わない。
【００６２】
（ロボット例）
引続き、図４は、本発明ロボットの実施形態例であるロボット例のロボットβの要部構成を示す断面図である。なお、本ロボット例では、本発明モータの超音波モータα１、超音波モータα２又は超音波モータα３と同様に構成された複数の超音波モータα４，α５，α６，…を搭載するものとして説明する。
【００６３】
同図に示すように、本ロボット例に係るロボットβは、直列に複数段連結された本発明モータの、例えば、超音波モータα４，α５，α６，…を搭載して構成されて、超音波モータα４，α５，α６，…の回転子２が、それぞれ回転子２の頭頂部に下端を連結して回転子２の回転駆動を伝達する回転シャフト２１を具備するとともに、超音波モータα４，

α５，α６のそれぞれの下端である、例えば、固定子１下部を内に位置せしめる有底円筒枠体１６が、隣接して連結する他の超音波モータα４，α５，α６，…の回転シャフト２１上端に接続して、例えば、多自由度の多関節を実現する蛇ロボットとして構成される。

【実施例１】

【００６４】

続いて、本発明モータの実施例１につき、添付の図面を参照しつつ説明する。

図５は、本発明モータを適用したヒューマノイドロボットγ１の膝関節を示す断面図である。なお、本実施例１では超音波モータα１を搭載させた場合について説明するものの、他の本発明モータを搭載するものであっても構わない。

【００６５】

同図に示すように、本実施例１に係る、例えば、回転シャフト２１上に上体（図示しない）に接続される上体接続部９１を搭載したヒューマノイドロボットγ１の膝関節に超音波モータα１を適用した場合には、例えば、懸架フランジ１５と一体に固定された有底円筒枠体１６に接続された足９２が地面Ｇに着地したときに、モータトルクが高くなるよう、ワイヤ３を伸張し、遊脚時には、モータトルクがほぼ０に近づくように、ワイヤ３の伸張量を制御する、例えば、弾性体９３，９４を具備することで膝屈曲時に作用する弾性体９３の圧縮と弾性体９４の伸張により生じる弾性力により負荷トルクを低減することができ、クラッチ等の付加機構なしに効率的な受動歩行を行うことが可能となる。

【実施例２】

【００６６】

次に、本発明モータの実施例２につき、添付の図面を参照しつつ説明する。

図６は、本発明モータを適用したマニピュレータγ２を示す断面図である。なお、本実施例２では超音波モータα１を搭載させた場合について説明するものの、他の本発明モータを搭載するものであっても構わない。

【００６７】

同図に示すように、本実施例２に係るマニピュレータγ２に超音波モータα１を適用した場合には、例えば、回転シャフト２１に接続された所定の加工工具９５を具備させて、さらに、例えば、この加工工具９５を所定の加工物Ｈに対して位置決め可能に別途所定の支持アーム（図示しない）等が懸架フランジ１５と一体に固定された有底円筒枠体１６に固定されて構成されるとよい。

【００６８】

以上、本発明の実施の形態につき、そのモータ例１～３及びロボット例並びに実施例１～２を順次挙げて説明したが、本発明は、必ずしも上述した手段にのみ限定されるものではなく、前述した効果を有する範囲内において、適宜、変更実施することが可能なものである。

【図面の簡単な説明】

【００６９】

【図１】本発明モータの実施形態例であるモータ例１の超音波モータの要部構成を示す断面図である。

【図２】本発明モータの実施形態例であるモータ例２の超音波モータの要部構成を示す断面図である。

【図３】本発明モータの実施形態例であるモータ例３の超音波モータの要部構成を示す断面図である。

【図４】本発明ロボットの実施形態例であるロボット例のロボットの要部構成を示す断面図である。

【図５】本発明モータを適用させた実施例１に係るヒューマノイドロボットの膝関節を示す断面図である。

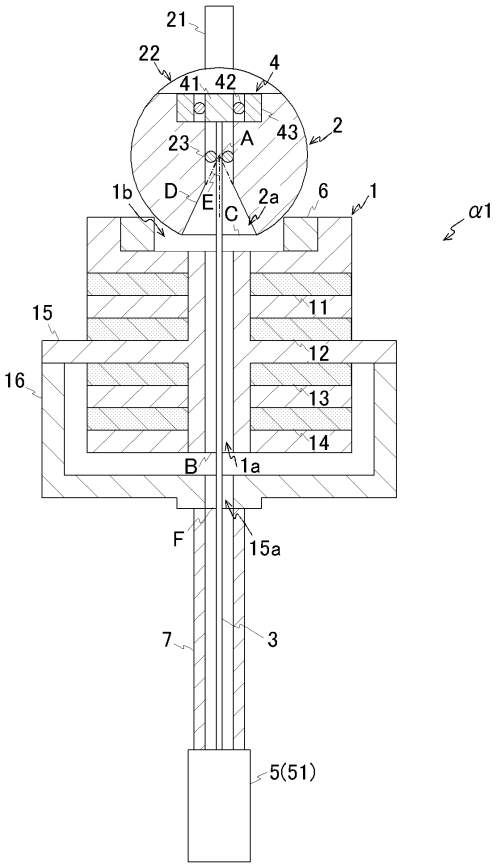
【図６】本発明モータを適用させた実施例２に係るマニピュレータを示す断面図である。

【符号の説明】

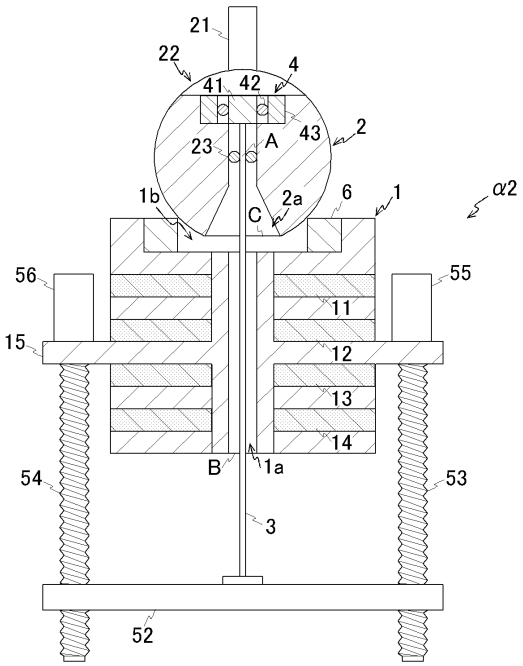
【００７０】

α１，α２，α３，α４，α５，α６…超音波モータ
β…ロボット
γ１…ヒューマノイドロボット
γ２…マニピュレータ
Ａ…回転中心
Ａ１…回転軸
Ｂ…下開口端
Ｃ，Ｆ…開口端
Ｄ…母線
Ｅ…角
Ｇ…地面
Ｈ…加工物
１…固定子
１ａ…中空孔
１ｂ…受座口
１１，１２，１３，１４…圧電素子
１５…懸架フランジ
１５ａ…貫口
１６…有底円筒枠体
１７…筒枠体
２…回転子
２ａ…挿通穴
２１…回転シャフト
２２…回転子の上部ヘッド部
２３…Ｏリング
３…ワイヤ
４…ワイヤ接続ベアリング
４１，８１…ベアリング内輪
４２，８２…転動体
４３，８３…ベアリング内輪
５…張力調節手段
５１…直動式アクチュエータ
５２…ワイヤ固定材
５３，５４…ボールネジ
５５，５６…ボールネジ制御モータ
６…摩擦材
７…ワイヤ保護チューブ
８…回転子取付ベアリング
９１…上体接続部
９２…足
９３，９４…弾性体
９５…加工工具

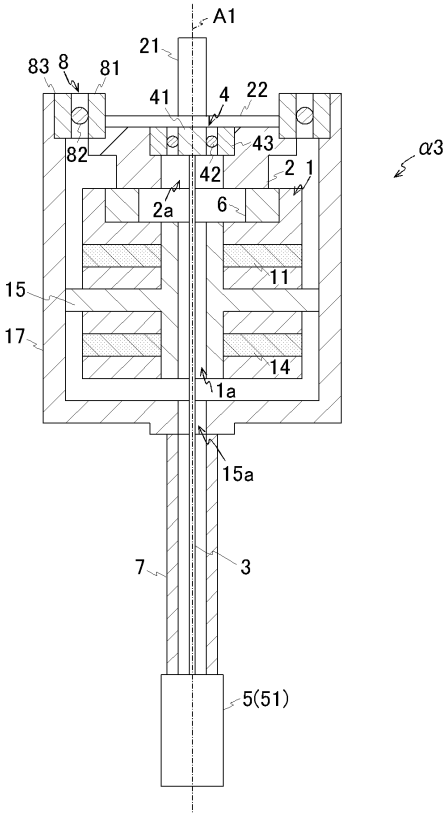
【図１】


21
22
4
41
42
43
2
23
A
1b
D
E
C
2a
6
1
α1
15
11
12
16
13
14
B
1a
F
15a
7
3
5(51)

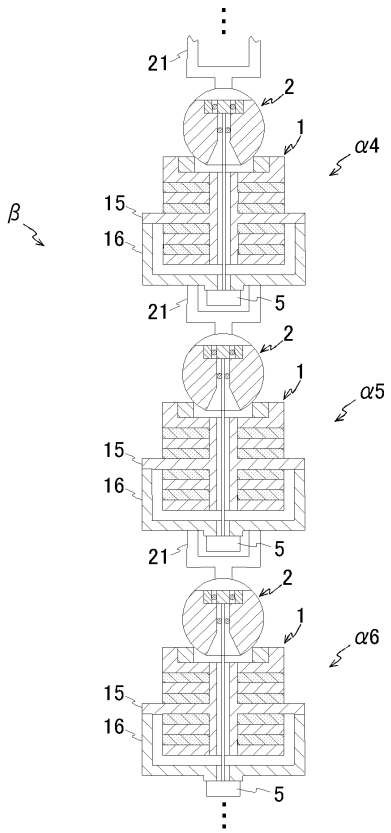
【図２】


21
22
4
41
42
43
2
23
A
1b
C
2a
6
1
α2
56
55
11
15
12
13
14
B
1a
54
53
3
52

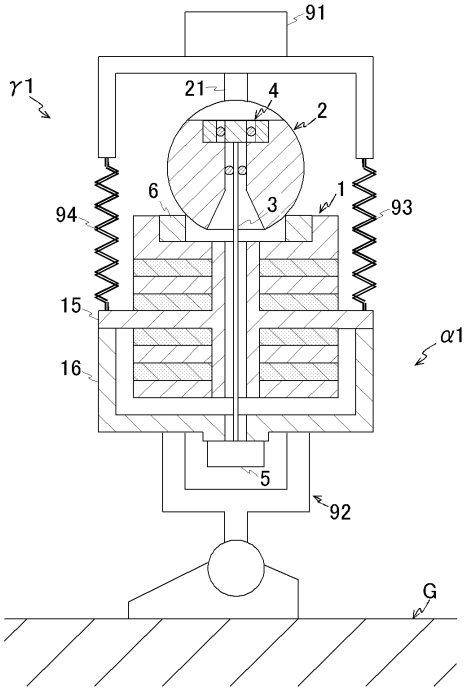
【図３】


A1
21
83
8
81
41
4
22
43
82
42
2
1
2a
6
α3
11
15
17
14
1a
15a
7
3
5(51)

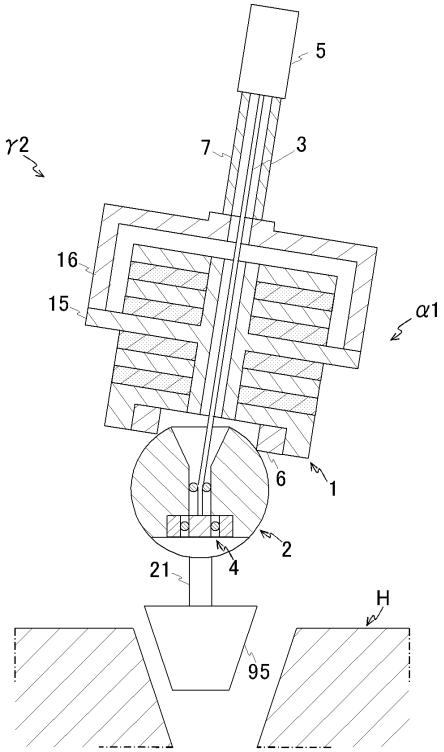
【図４】


21
2
1
α4
β
15
16
5
α5
α6

【図５】



【図６】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０２Ｎ　２／００
Ｂ２５Ｊ　９／０８
Ｂ２５Ｊ　１９／００