(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2017-124465
(P2017-124465A)
(43)公開日　平成29年7月20日(2017.7.20)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
B25J 17/00	(2006.01)	B25J 17/00	E	3C707

審査請求 未請求　請求項の数 11　ＯＬ　（全 18 頁）

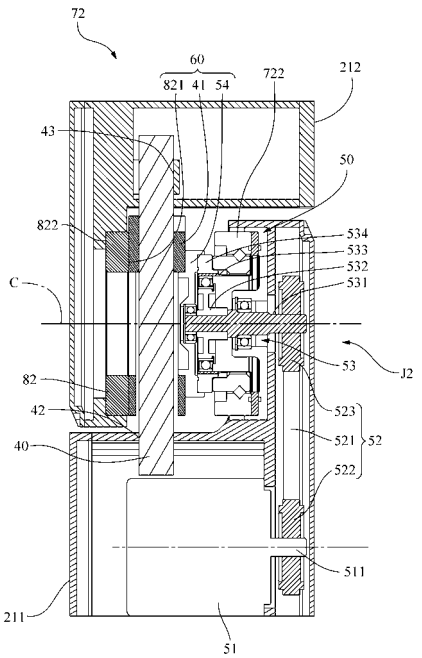
(21)出願番号　特願2016-4685(P2016-4685)
(22)出願日　平成28年1月13日(2016.1.13)

(71)出願人　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100082337
弁理士　近島　一夫
(74)代理人　100141508
弁理士　大田　隆史
(72)発明者　尾形　勝
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号　キヤノン株式会社内

Ｆターム(参考)　3C707 BS12 CX01 CX03 CY02 CY06 HS27 HT26 KS35 KX10 LU09

(54)【発明の名称】駆動機構、ロボットアーム及びロボット装置

(57)【要約】
【課題】配線部材によって生じる反力の影響を低減し、リンクに作用した外力によるトルクを高感度かつ高精度に検知する。
【解決手段】駆動機構７２は、リンク２１１と、リンク２１１に対して揺動するリンク２１２と、リンク２１１，２１２に跨って配置された可撓性を有する配線部材４０と、リンク２１１に支持され、リンク２１２を駆動する駆動力を発生する駆動部本体５０と、駆動部本体５０の駆動力を出力する出力部材６０と、を有する。トルクセンサ８２の弾性変形部材は、出力部材６０及びリンク２１２に両端が支持され、出力部材６０とリンク２１２との間のトルクに応じて弾性変形する。トルクセンサ８２の検知部は、弾性変形部材の弾性変形による出力部材６０とリンク２１２との変位に応じた、トルクに対応した物理量を検知する。配線部材４０は、出力部材６０に支持されている。
【選択図】図３



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１のリンクと、
前記第１のリンクに対して相対的に揺動又は回転する第２のリンクと、
前記第１のリンクと前記第２のリンクとに跨って配置された可撓性を有する配線部材と、
前記第１のリンクに支持され、前記第２のリンクを駆動する駆動力を発生する駆動部本体と、
前記駆動部本体の駆動力を出力する出力部材と、
前記出力部材及び前記第２のリンクに両端が支持され、前記出力部材と前記第２のリンクとの間のトルクに応じて弾性変形する弾性変形部材と、
前記弾性変形部材の弾性変形による前記出力部材と前記第２のリンクとの変位に応じた、トルクに対応した物理量を検知する検知部と、を備え、
前記配線部材が、前記出力部材に支持されている駆動機構。
【請求項２】
前記出力部材は、
前記駆動部本体の駆動により回転する回転部材と、
前記回転部材に連結され、前記配線部材を支持する支持部材と、
前記支持部材に連結され、前記弾性変形部材の一端が接続された駆動部側部材と、を有する請求項１に記載の駆動機構。
【請求項３】
前記第２のリンクに連結され、前記弾性変形部材の他端が接続されたリンク側部材を更に備え、
前記駆動部側部材、前記弾性変形部材、前記リンク側部材、及び前記検知部がユニット化されている請求項２に記載の駆動機構。
【請求項４】
前記第２のリンクは、前記第１のリンクに対して相対的に揺動し、
前記支持部材は、
前記回転部材に取り付けられた第１の取付部と、
前記駆動部側部材に取り付けられた第２の取付部と、
前記第１の取付部と前記第２の取付部との間に配置され、前記回転部材の中心軸に対して前記第２のリンクの側にオフセットした位置で前記配線部材を固定する固定部と、を有する請求項２又は３に記載の駆動機構。
【請求項５】
前記第２のリンクは、前記第１のリンクに対して相対的に回転し、
前記支持部材は、
前記配線部材を固定する固定部と、
前記回転部材に取り付けられた第１の取付部と、
前記駆動部側部材に取り付けられた第２の取付部と、
前記第１の取付部と前記第２の取付部との間に前記回転部材と同軸に配置され、前記配線部材が巻回された巻回部と、を有する請求項２又は３に記載の駆動機構。
【請求項６】
前記駆動部は、回転駆動源と、前記回転駆動源の回転を減速する減速機と、を有する請求項１乃至５のいずれか１項に記載の駆動機構。
【請求項７】
前記減速機が、波動歯車減速機である請求項６に記載の駆動機構。
【請求項８】
前記配線部材は、前記第１のリンク及び前記第２のリンクの内部を通過して配置されている請求項１乃至７のいずれか１項に記載の駆動機構。
【請求項９】

請求項１乃至８のいずれか１項に記載の駆動機構を有するロボットアーム。
【請求項１０】
請求項９に記載のロボットアームと、
前記ロボットアームを制御する制御部と、を備えたロボット装置。
【請求項１１】
前記ロボットアームの先端部に取り付けられたエンドエフェクタを更に備えた請求項１０に記載のロボット装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、第１のリンクに対して第２のリンクを相対的に揺動又は回転させる駆動機構、駆動機構を有するロボットアーム、ロボットアームを制御する制御部を有するロボット装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、関節型のロボット（マニピュレータ）の用途が拡大しており、人間との協調作業や工場内での組み立て作業など、ロボットが柔軟な動作を行うことが要求される分野への応用が広がっている。
【０００３】
このようなロボットには、外力にならうための安定で広帯域な力制御（コンプライアンス制御）の機能が必要とされる。この力制御においては、従来広く用いられていた関節の位置制御（位置サーボ）をベースとした制御系に代わり、関節のトルク制御（トルクサーボ）をベースとした制御系を構成することが望ましい。そのため、関節に作用するトルクを、トルクを検知するセンサ（トルクセンサ）により正確に検知できる駆動機構が求められる。
【０００４】
一般的なロボットは、多様な動作を行うことができるように、複数のリンクを複数の関節で連結した構造となっている。各関節に配置されたアクチュエータやセンサに動力や電気信号を伝達するための電線や、ロボットアームの先端部に装着したエンドエフェクタを駆動するための電線、配管等の配線部材を、ロボットアームの基端部から先端部へと配置する必要がある。これらの配線部材は、大きく可動する関節を跨いで設置される。例えば特許文献１では、配線部材を固定するケーブルホルダを有し、配線部材をケーブルホルダ間で略直線状になるように配置したロボットアームが記載されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開昭５８－２１１８８８号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかし、ロボットアームが動作により変形する配線部材の反力は、関節の駆動に対する抵抗となる。従来の構成では、配線部材の変形による反力がロボットアームのリンクへ直接作用する。トルクセンサは、リンクと駆動部との間のトルクを検知するように配置されており、リンクに配線部材の反力によるトルク（モーメント）が作用すると、リンクに作用した外力によるトルクを高感度かつ高精度に検知することができなかった。
【０００７】
このように、トルクの検知感度が低下することになるため、ロボットアームにおいては高感度なトルク制御を行うことができず、トルク制御の応答性が低下するという問題があった。また、トルクの検知精度が低下することになるため、ロボットアームにおいては正確なトルク制御を行うことができず、ロボットアームの先端部における力制御の精度が低

下するという問題があった。
【０００８】
そこで、本発明は、配線部材によって生じる反力の影響を低減し、リンクに作用した外力によるトルクを高感度かつ高精度に検知することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明の駆動機構は、第１のリンクと、前記第１のリンクに対して相対的に揺動又は回転する第２のリンクと、前記第１のリンクと前記第２のリンクとに跨って配置された可撓性を有する配線部材と、前記第１のリンクに支持され、前記第２のリンクを駆動する駆動力を発生する駆動部本体と、前記駆動部本体の駆動力を出力する出力部材と、前記出力部材及び前記第２のリンクに両端が支持され、前記出力部材と前記第２のリンクとの間のトルクに応じて弾性変形する弾性変形部材と、前記弾性変形部材の弾性変形による前記出力部材と前記第２のリンクとの変位に応じた、トルクに対応した物理量を検知する検知部と、を備え、前記配線部材が、前記出力部材に支持されている。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、出力部材に配線部材の変形による反力が作用することになる。したがって、検知部により検知されるトルクに対応した物理量に、配線部材の反力が影響するのを低減することができる。したがって、リンクに作用した外力によるトルクを高感度かつ高精度に検知することができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】第１実施形態に係るロボット装置を示す斜視図である。
【図２】第１実施形態に係る駆動機構を示す斜視図である。
【図３】第１実施形態に係る駆動機構の断面図である。
【図４】（ａ）はトルクセンサの斜視図である。（ｂ）はトルクセンサのセンサ本体の斜視図である。
【図５】第１実施形態に係る駆動機構の支持部材の斜視図である。
【図６】（ａ）は第１実施形態に係る駆動機構の支持部材の正面図、（ｂ）は（ａ）のＶＩＢ－ＶＩＢ線に沿う支持部材の断面図である。
【図７】第２実施形態に係る駆動機構の断面図である。
【図８】第３実施形態に係る駆動機構の断面図である。
【図９】第３実施形態に係る駆動機構の支持部材を示す斜視図である。
【図１０】比較例の駆動機構を示す側面図である。
【図１１】比較例の駆動機構を示す断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。
【００１３】
［第１実施形態］
図１は、第１実施形態に係るロボット装置を示す斜視図である。図１に示すように、ロボット装置１００は、ロボット２００と、ロボット２００を制御する制御部としての制御装置３００とを備えている。ロボット２００は、複数（例えば６つ）の関節Ｊ１～Ｊ６を有する垂直多関節のロボットアーム２０１と、エンドエフェクタであるロボットハンド２０２とを備えている。
【００１４】
ロボットアーム２０１は、複数のリンク２１０～２１６を有し、各リンク２１０～２１６が各関節Ｊ１～Ｊ６で揺動（旋回又は屈曲ともいう）可能又は回転可能に連結されて構成されている。本実施形態では、ロボットアーム２０１は、揺動する３軸の関節Ｊ２，Ｊ３，Ｊ５と、回転する３軸の関節Ｊ１，Ｊ４，Ｊ６との６軸の関節Ｊ１～Ｊ６で構成され

ている。各関節Ｊ１～Ｊ６は、各駆動機構７１～７６で構成されている。ロボットアーム２０１の基端部である基端リンク（ベース部）２１０は、架台に固定されている。

【００１５】

ロボットハンド２０２は、ロボットアーム２０１の先端部である先端リンク２１６に取り付けられて支持され、ロボットアーム２０１の動作により、その運動（位置・姿勢）、または力が調整されるようになっている。ロボットハンド２０２は、ハンド本体２２０と、ハンド本体２２０に対して移動可能に配設されて、ワークＷを把持可能な複数の指２２１とを備えている。

【００１６】

制御装置３００とロボット２００とは、信号線や電力線等の電線を束ねたケーブル等の配線部材４０で接続されている。なお、空気圧や油圧で動作するロボットの場合については、配線部材４０には配管等も含まれる。配線部材４０は、可撓性を有し、ロボットアーム２０１の基端部（固定端）から先端部（自由端）に亘って配置されている。そして、配線部材４０を構成する各電線が、各関節Ｊ１～Ｊ６のモータやセンサ、ロボットハンド２０２のモータやセンサに接続されている。

【００１７】

図２は、第１実施形態に係る駆動機構７２を示す斜視図である。図３は、第１実施形態に係る駆動機構７２の断面図である。関節Ｊ２における駆動機構７２は、ロボットアーム２０１の基端部側の第１のリンクであるリンク２１１と、リンク２１１に対して相対的に揺動する、ロボットアーム２０１の先端部側の第２のリンクであるリンク２１２と、を有している。

【００１８】

本実施形態では、リンク２１１は、固定リンク（根元側リンクともいう）であり、リンク２１２は、固定リンクに対して可動する出力リンク（可動リンク又は末梢側リンクともいう）である。また、駆動機構７２は、駆動部本体５０と、配線部材４０と、配線部材４０を支持する支持部材４１と、トルクセンサ８２とを有している。

【００１９】

駆動部本体５０は、リンク２１１に支持され、リンク２１１に対して中心軸（回転中心軸）Ｃまわりにリンク２１２を揺動駆動する駆動力を発生する。即ち、駆動部本体５０は、リンク２１１とリンク２１２との間にトルクを発生させる。

【００２０】

配線部材４０は、中心軸Ｃと直交する方向に沿ってリンク２１１とリンク２１２とに跨って配置されている。トルクセンサ８２は、１次側と２次側との間の変位に応じたトルクを検知するものであり、本実施形態では、リンク２１２に作用するトルクを検知するものである。

【００２１】

リンク２１１とリンク２１２とは、関節支持機構である軸受７２２によって回転自在に連結されている。軸受７２２は、関節の中心軸Ｃまわりの回転運動のみが可能なように、リンク２１１に対するリンク２１２の相対運動を拘束する。本実施形態では、軸受７２２は、関節に広く用いられているクロスローラ軸受である。

【００２２】

駆動部本体５０は、回転駆動源である電動モータ５１と、電動モータ５１の回転を減速して出力する減速機５３と、を有する。また、本実施形態では、駆動部本体５０は、電動モータ５１の回転を減速機５３の入力軸に伝達する伝達機構５２を有する。

【００２３】

電動モータ５１は、モータ回転角度計測用の不図示のロータリエンコーダ、モータ回転角保持用の不図示のブレーキなどを備えている。電動モータ５１には、モータの電気的な駆動や、ロータリエンコーダとの信号のやり取り、およびブレーキの開閉動作の制御などを行う配線が連結されている。これら配線が配線部材４０に含まれている。

【００２４】

配線部材４０は、長手方向の一部が固定部材４２によってリンク２１１に固定され、固定部材４２によって固定された部分とは異なる長手方向の一部が固定部材４３によってリンク２１２に固定されている。また、配線部材４０は、リンク２１１，２１２の内部を通過するように配置されている。本実施形態では、配線部材４０において、固定部材４２に固定された部分と固定部材４３に固定された部分との間の部分が、支持部材４１に支持されている。また、配線部材４０において、固定部材４３によってリンク２１２に固定された部分よりも先端側の部分は、関節Ｊ２よりも先端側のリンク内に配置されたモータやセンサと接続される。

【００２５】

本実施形態では、減速機５３は波動歯車減速機である。減速機５３は、入力軸５３１と、入力軸５３１に固定されたウェブジェネレータ５３２と、フレクスプライン５３３と、サーキュラスプライン５３４とを有している。サーキュラスプライン５３４は、軸受７２２の内輪に固定されている。軸受７２２の外輪は、リンク２１１に固定されている。サーキュラスプライン５３４には、回転部材５４が固定されている。回転部材５４には減速機５３の駆動力が出力され、これにより回転部材５４が中心軸Ｃまわりに回転する。

【００２６】

伝達機構５２は、電動モータ５１の回転軸５１１に固定されたプーリ５２２と、減速機５３の入力軸５３１に固定されたプーリ５２３と、プーリ５２２，５２３間に架け回された無端状のタイミングベルト５２１とで構成されている。

【００２７】

電動モータ５１の駆動力の出力は、プーリ５２２、タイミングベルト５２１及びプーリ５２３を介して、減速機５３の入力軸５３１を回転駆動する。減速機５３は、電動モータ５１の発生するトルクを減速比分だけ拡大し（同時に回転角度を減速比分だけ減速して）、拡大されたトルクを回転部材５４より出力する。これにより電動モータ５１が生成するトルクを減速機５３により関節の駆動に適したレベルに拡大し、この減速機５３より出力されたトルクによって、軸受７２２により支持されたリンク２１２を能動的に揺動駆動する。

【００２８】

本実施形態では、各関節Ｊ１～Ｊ６（図１）にトルクセンサ８２が配置されており、制御装置３００は、これらトルクセンサ８２の検知結果に基づき、ロボットアーム２０１をコンプライアンス制御する。

【００２９】

ここで、電動モータ５１が効率よく発生できるトルクは、関節の駆動に必要なトルクに比べて非常に小さく、また、定格回転速度も関節の出力軸に求められる回転速度よりも非常に大きい。そのため、本実施形態では、減速機５３として、１：３０～１：２００程度、例えば１：１００の高い減速比を有する減速機（例えば波動歯車減速機）を用いている。この主な理由は、機構をコンパクトな構成とするためであり、結果として高減速比の減速機が必要になるため、減速に伴う駆動部本体５０内の摩擦と回転抵抗によるトルク損失が大きくなる。

【００３０】

そのため、モータトルクの測定（あるいは、モータトルクに比例するモータ電流の測定）だけでは、関節の出力段のトルクを正確に把握することができない。またこれらのトルク損失は、摩擦などの非線形な物理現象が主な要因であるため、精密なモデリングが困難であり、再現性も乏しいため出力トルクを補正することも困難である。このことから、トルクセンサによって駆動部本体の出力側のトルクを正確に計測する必要がある。したがって、本実施形態では、駆動部本体５０の出力側（回転部材５４）とリンク２１２との間にトルクセンサ８２を配置している。なお、減速機５３の減速比は上述した数値に限定されるものではない。

【００３１】

ここで、比較例の駆動機構について、図面を参照しながら詳しく説明する。図１０は、

比較例の駆動機構７０Ｘを示す側面図である。図１１は、比較例の駆動機構７０Ｘを示す断面図である。図１１には、図１０に示す駆動機構７０Ｘの中心線に沿った断面を図示している。駆動機構７０Ｘは、リンク２１１Ｘ、リンク２１２Ｘ、配線部材４０Ｘ、軸受７２２Ｘ、駆動部本体５０Ｘ及びトルクセンサ８２Ｘを有する。駆動部本体５０Ｘは、リンク２１１Ｘに支持されている。駆動部本体５０Ｘの出力側が、トルクセンサ８２Ｘを介してリンク２１２Ｘに接続されている。これにより、駆動部本体５０Ｘは、トルクセンサ８２Ｘを介してリンク２１２Ｘを揺動駆動する。

【００３２】

配線部材４０Ｘは、固定部材４１Ｘ，４２Ｘにより各リンク２１１Ｘ，２１２Ｘの外側壁に固定されている。配線部材４０Ｘは、次の関節や更にその先の関節、あるいはエンドエフェクタを駆動するためのモータやセンサと連結するために、ロボットアームの内部へと誘導される。

【００３３】

リンク２１１Ｘは、ロボットアームの基端部側の固定リンク、リンク２１２Ｘは、駆動部によって駆動される、ロボットアームの先端部側の出力リンクである。リンク２１１Ｘとリンク２１２Ｘとは、軸受７２２Ｘにより回転自在に連結されている。具体的には、モータ５１Ｘと減速機５３Ｘとを有する駆動部本体５０Ｘが、リンク２１１Ｘに支持されており、リンク２１２Ｘが、駆動部本体５０Ｘの出力側にトルクセンサ８２Ｘを介して連結される。トルクセンサ８２Ｘは、内輪と外輪の間の相対変位を計測することにより駆動部本体５０Ｘが出力する出力トルクT_{drv}を計測する。

【００３４】

ここで、リンク２１２Ｘの先端が外部環境と接触した際の静力学的平衡（力のバランス）を考える。すなわち、図１０において、関節トルクを制御することによって、外力F_{link}を制御する場合を考える。

【００３５】

図１０に示すような外力F_{link}によって関節の中心軸ＣＸまわりに発生するモーメント（トルク）をT_{link}とする。トルクT_{link}は、以下の式（１）で表される。ここでＲは、関節の中心軸ＣＸから外力F_{link}の作用点までの距離である。

【００３６】

$$T_{link} = R \times F_{link} \quad (1)$$

【００３７】

リンク２１２Ｘに固定されている配線部材４０Ｘは、自身の変形に伴い、図１０に示すような反力f_{dis}をリンク２１２Ｘに与える。図１０に示すような反力f_{dis}によって関節の中心軸ＣＸまわりに発生するモーメント（トルク）をT_{dis}とする。トルクT_{dis}は、以下の式（２）で表される。ここでｒは、関節の中心軸ＣＸと固定部材４２Ｘとの間の距離（配線部材の反力の作用点までの距離）である。

【００３８】

$$T_{dis} = r \times f_{dis} \quad (2)$$

【００３９】

一方、トルクセンサ８２Ｘは、駆動部本体５０Ｘとリンク２１２Ｘの間に設置されているので、このトルクセンサ８２Ｘが計測するトルクT_{JTS}は、駆動部本体５０Ｘの出力トルクT_{drv}に等しい。

【００４０】

$$T_{JTS} = T_{drv} \quad (3)$$

【００４１】

以上を踏まえると、駆動機構７０Ｘにおいてリンク２１２Ｘの中心軸ＣＸまわりに作用するトルクのつり合いは、以下の式（４）となる。

【００４２】

$$(T_{JTS} =)\ T_{drv} = T_{link} + T_{dis} \quad (4)$$

【００４３】

以上、比較例の駆動機構７０Ｘにおいて、トルクセンサ８２Ｘが計測するトルクT_{JTS}は、リンク２１２Ｘを駆動するためのトルクT_{link}とは一致しない。即ち、トルクセンサ８２Ｘが計測するトルクT_{JTS}には、外力によるトルクT_{link}に、配線部材４０Ｘの変形に伴う反トルクT_{dis}が重畳している。

【００４４】

比較例の駆動機構７０Ｘでは、２つのリンク２１１Ｘ，２１２Ｘが、駆動部本体５０Ｘとトルクセンサ８２Ｘからなる動力伝達経路の他に、モータ５１Ｘやセンサなどへの配線部材４０Ｘによって連結されている。よって、比較例の駆動機構７０Ｘでは、リンク間の力の伝達は２つの経路を経由して行われることになり、関節を跨いで設置された配線部材４０Ｘの変形抵抗力に起因する反力モーメントT_{dis}が、関節トルク計測の不感帯として働くことになる。

【００４５】

本実施形態では、駆動部本体５０の出力側（回転部材５４）が、支持部材４１を介してトルクセンサ８２に連結される。即ち、支持部材４１は、駆動部本体５０の駆動力により回転する回転部材５４に連結（固定）されている。

【００４６】

図４（ａ）は、トルクセンサの斜視図である。図４（ｂ）は、トルクセンサのセンサ本体の斜視図である。トルクセンサ８２は、センサ本体８２０と、センサ本体８２０を覆う外装部材（カバー）８３０と、を有する。

【００４７】

センサ本体８２０は、１次側連結部材（駆動部側部材）である内輪部材８２１と、２次側連結部材（リンク側部材）である外輪部材８２２と、弾性変形する弾性変形部材８２３と、弾性変形部材８２３に取り付けられた検知部８２４とを有する。これら内輪部材８２１、外輪部材８２２、弾性変形部材８２３及び検知部８２４でユニット化されたセンサ本体８２０（トルクセンサ８２）が構成されている。

【００４８】

内輪部材８２１、外輪部材８２２及び弾性変形部材８２３は、例えば円柱状の部材を切削加工することにより、一体に形成されている。トルクの検知結果（信号）は、ケーブル４０１を介して制御装置３００に出力される。ケーブル４０１は、配線部材４０の一部である。

【００４９】

内輪部材８２１及び外輪部材８２２は、リング状（環状）に形成されている。外輪部材８２２の内側に内輪部材８２１が配置されている。また、内輪部材８２１と外輪部材８２２とが中心軸Ｃに対して同軸に配置されている。弾性変形部材８２３は、内輪部材８２１及び外輪部材８２２の中心軸Ｃに対して、放射状に複数、周方向に間隔をあけて設けられている。弾性変形部材８２３の放射方向の一端が、内輪部材８２１に直接接続されており、弾性変形部材８２３の放射方向の他端が、外輪部材８２２に直接接続されている。これにより、弾性変形部材８２３の両端が、内輪部材８２１及び外輪部材８２２に支持されている。

【００５０】

弾性変形部材８２３は、内輪部材８２１と外輪部材８２２との間のトルクに応じた変形量で弾性変形する。つまり、弾性変形部材８２３は、リンク２１２から受ける回転モーメント（トルク）に応じて弾性変形する。弾性変形部材８２３は、内輪部材８２１及び外輪部材８２２と同じ材料で形成されているが、弾性変形するように、薄肉に形成されている。これにより、外輪部材８２２は、弾性変形部材８２３の弾性変形により、内輪部材８２１に対して相対的に、中心軸Ｃまわり（図４（ｂ）中、Ｚ軸まわり）に回転変位する。

【００５１】

内輪部材８２１及び外輪部材８２２には、それぞれボルト穴８３１，８３２が形成されている。内輪部材８２１は、不図示のボルトで支持部材４１に固定（連結）されている。外輪部材８２２は、不図示のボルトでリンク２１２に固定されている。よって、内輪部材

８２１は、支持部材４１（回転部材５４）と一体に回転し、外輪部材８２２は、リンク２１２と一体に回転する。即ち、回転部材５４、支持部材４１及び内輪部材８２１で、駆動部本体５０の駆動力を出力する出力部材６０が構成されている。したがって、弾性変形部材８２３の一端が、出力部材６０に直接支持（駆動部本体５０の出力側に間接支持）され、弾性変形部材８２３の他端が、外輪部材８２２に直接支持（リンク２１２に間接支持）されていることになる。出力部材６０を、３つの部材５４，４１，８２１に分けたことで、駆動機構７２の製造を容易にしている。

【００５２】

検知部８２４は、固定リンクであるリンク２１１に対して揺動する出力リンクであるリンク２１２に作用した外力によるトルクに対応した物理量を検知する。具体的には、検知部８２４は、弾性変形部材８２３の弾性変形による内輪部材８２１に対する外輪部材８２２（リンク２１２）の変位に応じた、トルクに対応した物理量、即ち弾性変形部材８２３の変形量（歪み量）を検知する歪みゲージである。

【００５３】

検知部８２４の検知結果は、内輪部材８２１と外輪部材８２２との間に作用した中心軸Ｃまわりの回転モーメント（トルク）に相当する。したがって、制御装置３００は、トルクセンサ８２の検知部８２４による検知結果を、トルク値として取得する。

【００５４】

配線部材４０は、出力部材６０、具体的にはトルクセンサ８２と駆動部本体５０との間の支持部材４１に支持されている。したがって、関節Ｊ２の揺動運動にともない屈曲する配線部材４０が発生する反力は、駆動部本体５０（減速機５３）の出力にかかり、リンク２１２には直接的に作用せず、リンク２１２にはかかりにくい構造となる。

【００５５】

よって、検知部８２４により検知されるトルクに対応した物理量に、配線部材４０の反力が影響するのを低減することができる。したがって、リンク２１２に作用した外力によるトルク（に対応した物理量）を高感度かつ高精度に検知することができる。これにより、ロボットアーム２０１のコンプライアンス制御の精度が向上する。

【００５６】

また、配線部材４０における支持部材４１と固定部材４３との間の部分には（トルクセンサ８２やリンク構造の弾性変形以外には）、相対運動する箇所がない。したがって、関節Ｊ２が揺動運動した際も、配線部材４０における支持部材４１と固定部材４３との間の部分はほとんど変形しない。このため固定部材４３において、配線部材４０がリンク２１２へと加える力もほぼ変化することなく支持されることになる。このため、トルクセンサ８２（検知部８２４）は、配線部材４０の変形による反力（トルク外乱）に左右されず、リンク２１２に作用する外力に起因するトルクのみを高感度かつ高精度に検知することが可能である。

【００５７】

以下、トルクセンサ８２（検知部８２４）により検知されるトルクについて詳細に説明する。式（１）～（４）と同様に、T_{drv}を駆動部本体５０が出力するトルクとする。また、T_{link}をリンク２１２に作用する外力に起因する関節Ｊ２の中心軸Ｃまわりのモーメント（トルク）、また、T_{dis}を配線部材４０の反力に起因する関節Ｊ２の中心軸Ｃまわりのモーメント（トルク）とする。また、T_{JTS}をトルクセンサ８２（検知部８２４）が検知するトルクとする。

【００５８】

これまで説明したように、配線部材４０の反力は出力部材６０によって支持され、リンク２１２には直接的には作用しないため、リンク２１２にはトルクセンサ８２を介し出力部材６０だけが力学的に連結しているとみなすことができる。したがって、トルクセンサ８２に作用するトルクのつり合いとしては、

$$T_{JTS}=T_{link} \quad (5)$$

が成立する。

【００５９】
一方、出力部材６０に作用するのは、駆動部本体５０の出力トルクT_{drv}、配線部材４０の反力によるトルクT_{dis}、トルクセンサの支持トルク（トルクセンサが検出するトルクの反トルク）の３つである。同様に出力部材６０に関するトルクのつり合いから、

$$T_{JTS}=T_{dis}+T_{drv} \quad (6)$$

である。これはトルクセンサが検出するトルクが、駆動部が出力するトルクと配線部材の反力トルクとを含んだものであることを示している。
【００６０】
このように、高精度で不感帯のない高感度なトルク検出が可能であるので、ロボットアーム２０１の関節のトルク制御の感度および精度を向上させることが可能であり、応答性の高い関節のトルク制御を実現することが可能となる。したがって、ロボットアーム２０１の先端部における力制御（コンプライアンス制御）の精度が向上する。
【００６１】
さらに、配線部材の変形量に基づき配線部材の反力を推定するなどの補正制御や、その補正データを取得のための予備的実験なども不要である。また、機構的にも制御的にもなんら複雑化することなく、関節のトルク制御の高感度化・高精度化と応答性の向上が可能である。
【００６２】
図５は、第１実施形態に係る駆動機構の支持部材の斜視図である。支持部材４１は、回転部材５４に取り付けられた第１の取付部である取付部４１１と、トルクセンサ８２の内輪部材８２１に取り付けられた第２の取付部である取付部４１２と、を有する。また、支持部材４１は、配線部材４０を機械的にクランプすることで配線部材４０を固定する固定部４１３を有する。
【００６３】
取付部４１１，４１２は、平板状に形成されており、配線部材４０の引き回しを行うガイドとしても機能する。固定部４１３は、取付部４１１と取付部４１２との間に配置（形成）されている。固定部４１３は、回転部材５４の軸心（中心軸Ｃ）に対して、中心軸Ｃと直交する方向にリンク２１２の側にオフセットした位置に形成されている。
【００６４】
図６（ａ）は、第１実施形態に係る駆動機構の支持部材の正面図、図６（ｂ）は、図６（ａ）のＶＩＢ－ＶＩＢ線に沿う支持部材の断面図である。図６（ｂ）には、リンク２１２が揺動した際にリンク２１２とともに揺動運動する支持部材４１と、支持部材４１に支持された配線部材４０の様子を図示している。図６（ａ）に示すように、支持部材４１は、配線部材４０が引き回される関節Ｊ２の中心軸Ｃからずれた位置で配線部材４０を固定（支持）するように構成されている。これにより、関節Ｊ２が揺動した際も、配線部材４０は、他の部材との干渉などによって動きが妨げられることなく屈曲可能であり、過大なストレスを発生させることなく屈曲可能である。
【００６５】
以上、関節Ｊ２における駆動機構７２について説明したが、揺動する他の関節Ｊ３，Ｊ５における駆動機構７３，７５についても、駆動機構７２と同様に構成することができる。よって、ロボットアーム２０１の力制御（コンプライアンス制御）の精度が更に向上する。
【００６６】
［第２実施形態］
本発明の第２実施形態に係る駆動機構について説明する。図７は、第２実施形態に係る駆動機構の断面図である。なお、図７において、第１実施形態と同様の構成については、同一符号を付して説明を省略する。
【００６７】
第２実施形態の駆動機構７２Ａは、第１実施形態の構成の駆動機構７２の根元側リンクと末梢側リンクを反転させた構成である。即ち、第１実施形態では、第１リンクが、根元

側リンクであるリンク２１１であり、第２リンクが、末梢側リンクであるリンク２１２であった。第２実施形態では、第１のリンクが、末梢側リンクであるリンク２１２Ａであり、第２のリンクが、根元側リンクであるリンク２１１Ａである。つまり、第１のリンクを基準とすれば、第２のリンクは第１のリンクに対して揺動し、第２のリンクを基準とすれば、第１のリンクは第２のリンクに対して揺動する。よって、第２のリンクであるリンク２１１Ａは、第１のリンクであるリンク２１２Ａを基準に見れば、リンク２１２Ａに対して相対的に揺動する。

【００６８】

駆動部本体５０を構成する電動モータ５１や減速機５３は、第１のリンクである末梢側のリンク２１２Ａに支持され、トルクセンサ８２は、第２のリンクである根元側のリンク２１１Ａへと接続されている。支持部材４１は、トルクセンサ８２と駆動部本体５０との間に配置されている。その他の構成要素は、第１実施形態の配置と同様である。

【００６９】

第２実施形態における駆動機構７２Ａは、関節Ｊ２を駆動するためのモータやエンコーダを、被駆動側のリンク２１２Ａ内に格納することが可能なので、ロボットの小型化、特にロボットにおける鉛直方向の高さを抑える際に有効な構成である。

【００７０】

第２実施形態では、トルクセンサ８２が検知するトルクは、被駆動のリンク２１２Ａを駆動するトルクではなく、その反作用トルクとなるが、第１実施形態と同様に配線部材４０が及ぼす反力の影響を受けない。したがって、リンク２１２Ａに作用する外力に起因するトルクを正確に検知することが可能である。

【００７１】

以下、関節Ｊ２に関する力とモーメントのバランスを用いて説明する。式（１）～（４）と同様に、T_{drv}を駆動部本体５０が出力するトルクとする。T_{link}をリンク２１２Ａに作用する外力に起因する関節Ｊ２の中心軸Ｃまわりのモーメント（トルク）とする。T_{dis}を配線部材４０がリンク２１２Ａにおよぼす力に起因するモーメントとする。T_{JTS}をトルクセンサ８２が検知するトルクとする。

【００７２】

リンク２１２Ａに作用するトルクは、外力によるトルク（＝リンク２１２Ａを駆動するトルク）T_{link}、駆動部本体５０が出力するトルクT_{drv}、そして配線部材４０の抵抗トルクT_{dis}の３種類である。よってリンク２１１Ａにおけるトルクのつり合いは、式（７）と表すことができる。

【００７３】

$$T_{link}=T_{dis}+T_{drv} \qquad (7)$$

【００７４】

一方、トルクセンサ８２は、支持部材４１を介して駆動部本体５０に固定され、配線部材４０において支持部材４１とリンク２１１Ａとの間に引き回された部分は、関節Ｊ２が運動した際も変形しない。そのため、トルクセンサ８２に作用するトルクは、支持部材４１から加えられるトルクのみと考えてよい。また、トルクセンサ８２はリンク２１１Ａに固定されているので、トルクセンサ８２が検知するトルクT_{JTS}の反力が支持部材４１に作用する。

【００７５】

したがって支持部材４１に作用するトルクは、駆動部本体５０が出力するトルクの反作用トルクである$-T_{drv}$、配線部材４０の反力トルク$-T_{dis}$、そしてトルクセンサ８２が支持部材４１を支持するトルク$-T_{JTS}$の３種類である。したがって、以下の式（８）となるトルクのつり合いが成立する。

【００７６】

$$-T_{drv}-T_{dis}=-T_{JTS} \qquad (8)$$

【００７７】

以上より明らかなように、式（７）、（８）よりT_{drv}とT_{dis}を消去すれば、式

（９）のようになる。

【００７８】

$$T_{JTS}=T_{link} \quad (9)$$

【００７９】

したがって、第２実施形態の駆動機構７２Ａによれば、配線部材４０の変形に伴い発生する外乱トルクの影響を受けずに、リンク２１２Ａに作用する外力トルク（リンク２１２Ａを駆動するためのトルクの反作用トルク）を高感度かつ高精度に検知できる。

【００８０】

［第３実施形態］

次に、本発明の第３実施形態に係る駆動機構について説明する。図８は、第３実施形態に係る駆動機構の断面図である。図８には、図１に示すロボットアーム２０１の関節Ｊ４における駆動機構７４を図示している。第１及び第２実施形態では、揺動関節の駆動機構について説明したが、第３実施形態では回転関節の駆動機構について説明する。

【００８１】

駆動機構７４は、ロボットアーム２０１の基端部側の第１のリンクであるリンク２１３と、リンク２１３に対して相対的に回転する、ロボットアーム２０１の先端部側の第２のリンクであるリンク２１４と、を有している。

【００８２】

第３実施形態では、リンク２１３は、固定リンク（根元側リンクともいう）であり、リンク２１４は、固定リンクに対して可動する出力リンク（可動リンク又は末梢側リンクともいう）である。また、駆動機構７４は、駆動部本体５０Ｂと、配線部材４０と、配線部材４０を支持する支持部材４１Ｂと、トルクセンサ８２とを有している。

【００８３】

駆動部本体５０Ｂは、リンク２１３に支持され、リンク２１３に対して中心軸（回転中心軸）ＣＢまわりにリンク２１４を回転駆動する駆動力を発生する。即ち、駆動部本体５０Ｂは、リンク２１３とリンク２１４との間にトルクを発生させる。

【００８４】

配線部材４０は、リンク２１３とリンク２１４とに跨って配置されている。トルクセンサ８２は、駆動部側部材（１次側連結部材）である内輪部材８２１とリンク側部材（２次側連結部材）である外輪部材８２２との間の変位に応じたトルクを検知するものであり、第３実施形態ではリンク２１４に作用するトルクを検知するものである。トルクセンサ８２は、第１実施形態で説明した図４（ａ）及び図４（ｂ）と同様の構成であり、図８では不図示の弾性変形部材８２３と、検知部８２４とを有する。

【００８５】

駆動部本体５０Ｂは、回転駆動源である電動モータ５１Ｂと、電動モータ５１Ｂの回転を減速して出力する減速機５３Ｂと、を有する。また、第３実施形態では、駆動部本体５０Ｂは、電動モータ５１Ｂの回転を減速機５３Ｂの入力軸に伝達する伝達機構５２Ｂを有する。

【００８６】

配線部材４０は、長手方向の一部が固定部材４２Ｂによってリンク２１３に固定され、固定部材４２Ｂによって固定された部分とは異なる長手方向の一部が固定部材４３Ｂによってリンク２１４に固定されている。また、配線部材４０は、リンク２１３，２１４の内部を通過するように配置されている。第３実施形態では、配線部材４０において、固定部材４２Ｂに固定された部分と固定部材４３Ｂに固定された部分との間の部分が、支持部材４１Ｂに支持されている。

【００８７】

減速機５３Ｂは波動歯車減速機である。減速機５３Ｂは、入力軸５３１Ｂと、入力軸５３１Ｂに固定されたウェブジェネレータ５３２Ｂと、フレクスプライン５３３Ｂと、サーキュラスプライン５３４Ｂとを有している。サーキュラスプライン５３４Ｂは、リンク２１３に固定されている。サーキュラスプライン５３４Ｂには、クロスローラ軸受等の軸受

７４０の外輪７４２が固定されている。軸受７４０の内輪（回転部材）７４１には、フレクスプライン５３３Ｂが固定されている。内輪（回転部材）７４１には減速機５３Ｂの駆動力が出力され、これにより内輪７４１が中心軸ＣＢまわりに回転する。

【００８８】

伝達機構５２Ｂは、電動モータ５１Ｂの回転軸５１１Ｂに固定された歯車５２２Ｂと、減速機５３Ｂの入力軸５３１Ｂに固定され、歯車５２２Ｂに噛合する歯車５２３Ｂと、で構成されている。

【００８９】

電動モータ５１Ｂの駆動力の出力は、伝達機構５２Ｂを介して減速機５３Ｂの入力軸５３１Ｂを回転駆動する。減速機５３Ｂは、電動モータ５１Ｂの発生するトルクを減速比分だけ拡大し（同時に回転角度を減速比分だけ減速して）、拡大されたトルクを軸受７４０の内輪７４１より出力する。これにより電動モータ５１Ｂが生成するトルクを減速機５３Ｂにより関節Ｊ４の駆動に適したレベルに拡大し、この減速機５３Ｂより出力されたトルクによってリンク２１４を能動的に回転駆動する。

【００９０】

第３実施形態では、駆動部本体５０Ｂの出力側（軸受７４０の内輪７４１）が、支持部材４１Ｂを介してトルクセンサ８２に連結される。即ち、支持部材４１Ｂは、駆動部本体５０Ｂの駆動力により回転する軸受７４０の内輪７４１に連結（固定）されている。

【００９１】

内輪部材８２１は、支持部材４１Ｂに連結（固定）されている。外輪部材８２２は、リンク２１３に固定されている。よって、内輪部材８２１は、支持部材４１Ｂ（軸受７４０の内輪７４１）と一体に回転し、外輪部材８２２は、リンク２１４と一体に回転する。

【００９２】

即ち、軸受７４０の内輪７４１、支持部材４１Ｂ及び内輪部材８２１で、駆動部本体５０Ｂの駆動力を出力する出力部材６０Ｂが構成されている。したがって、弾性変形部材８２３の一端が、出力部材６０Ｂに直接支持（駆動部本体５０Ｂの出力側に間接支持）され、弾性変形部材８２３の他端が、外輪部材８２２に直接支持（リンク２１４に間接支持）されていることになる。出力部材６０Ｂを、３つの部材７４１，４１Ｂ，８２１Ｂに分けたことで、駆動機構７４の製造を容易にしている。

【００９３】

以上、配線部材４０は、出力部材６０Ｂ、具体的にはトルクセンサ８２と駆動部本体５０Ｂとの間の支持部材４１Ｂに支持されている。したがって、関節Ｊ４の回転運動にともない変形する配線部材４０が発生する反力は、駆動部本体５０Ｂ（減速機５３Ｂ）の出力にかかり、リンク２１４には直接的に作用せず、リンク２１４にはかかりにくい構造となる。

【００９４】

よって、トルクセンサ８２（検知部８２４）により検知されるトルクに対応した物理量に、配線部材４０の反力が影響するのを低減することができる。したがって、リンク２１４に作用した外力によるトルク（に対応した物理量）を高感度かつ高精度に検知することができる。これにより、ロボットアーム２０１のコンプライアンス制御の精度が向上する。

【００９５】

ここで、駆動機構７４は、ロボットアーム２０１の手首関節にあたる関節Ｊ４の駆動を行う機構であるが、末梢側のリンク２１３が、関節Ｊ４の中心軸（回転中心軸）ＣＢの方向に長く延びた構成となっている。即ち、関節Ｊ４は、回転関節である。

【００９６】

第１及び第２実施形態においては、駆動機構７２の末梢側のリンク２１２，２１２Ａは、関節Ｊ２の中心軸Ｃと直交する方向に向かって配置されている。即ち、関節Ｊ２は、揺動関節である。このため、揺動関節の場合には中心軸Ｃと直交方向（リンクの長手方向）に配線部材４０を配設することが可能であったが、回転関節の場合にはこれが困難である

。また、一般に多関節型のロボットアームの手首の姿勢を制御するための関節には、根元の関節に比べて大きな可動角が求められる。例えば、根元関節では±１２０°程度の可動角があれば手先位置の制御が十分可能だが、手首の関節では、±１８０°程度、場合によってはそれ以上の可動角が必要とされる場合がある。このため、関節の回転運動を妨げないような配線部材の引き回し構造が求められる。

【００９７】

このような要求を満足するため、図８に示す第３実施形態の駆動機構７４においては、支持部材４１Ｂが、駆動機構７２の支持部材４１とは異なる構造としている。図９は、第３実施形態に係る駆動機構の支持部材を示す斜視図である。支持部材４１Ｂは、配線部材４０を固定する固定部４１０Ｂと、軸受７４０の内輪７４１に取り付けられた第１の取付部である取付部４１１Ｂと、内輪部材８２１に取り付けられた第２の取付部である取付部４１２Ｂと、を有する。また、支持部材４１Ｂは、取付部４１１Ｂと取付部４１２Ｂとの間に軸受７４０の内輪７４１と同軸（ＣＢ）に配置され、配線部材４０が巻回された巻回部４１３Ｂを有する。固定部４１０Ｂは、取付部４１２Ｂに設けられている。

【００９８】

巻回部４１３Ｂは、配線部材４０のガイドであり、関節回転軸である中心軸ＣＢの方向へ延びるシャフト状（円筒状、円柱状）とするような構成となっている。

【００９９】

配線部材４０における固定部材４２Ｂによってリンク２１３に固定された配線部分と、固定部材４３Ｂによってリンク２１４に固定された配線部分との間の配線部分のリンク２１３に近い側の部分は、巻回部４１３Ｂの外周面に螺旋状に巻回されている。配線部材４０における固定部材４２Ｂによってリンク２１３に固定された配線部分と、固定部材４３Ｂによってリンク２１４に固定された配線部分との間の配線部分のリンク２１４に近い側の部分は、固定部４１０Ｂによって固定されている。固定部４１０Ｂは、すり割り形状となっており、不図示のボルトなどによって配線部材４０を挟み込むことで配線部材４０をクランプ支持する構成となっている。

【０１００】

また図８に示すように、トルクセンサ８２は内輪部材８２１によって支持部材４１Ｂと連結され、外輪部材８２２によってリンク２１４と連結される構成となっており、支持部材４１Ｂにより配線部材４０の反力を支持する構成となっている。

【０１０１】

これにより、配線部材４０の変形による反力に左右されず正確にトルク検出を行うことが可能となる。しかも、巻回部４１３Ｂの直径と中心軸ＣＢ方向の長さを適切に設定することで、螺旋状に配設される配線部材４０の可動スペースを確保することができ、配線部材４０に過大なストレスをかけることなく関節Ｊ４の可動角を確保することができる。

【０１０２】

以上、関節Ｊ４における駆動機構７４について説明したが、回転する他の関節Ｊ１，Ｊ６における駆動機構７１，７６についても、駆動機構７４と同様に構成することができる。よって、ロボットアーム２０１の力制御（コンプライアンス制御）の精度が更に向上する。

【０１０３】

なお、本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で多くの変形が可能である。また、本発明の実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本発明の実施形態に記載されたものに限定されない。

【０１０４】

上述の実施形態では、ロボットアーム２０１が、６軸のロボットアームである場合について説明したが、軸数は用途や目的に応じて適宜変更してもよい。

【０１０５】

また、上述の実施形態では、ロボットアーム２０１が垂直多関節のロボットアームの場

合について説明したが、これに限定するものではない。ロボットアーム２０１が、例えば、水平多関節のロボットアーム、パラレルリンクのロボットアーム等、あらゆるロボットアームに適用可能である。

【０１０６】

また、上述の実施形態では、軸受７２０，７４０（関節支持機構）として、単一の機構で所望の支持機能を実現できるクロスローラ軸受を使用した場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、複数のアンギュラ軸受を使用してもよいし、他の形態の軸受機構を組み合わせてもよい。

【０１０７】

また、上述の実施形態では、駆動部本体５０，５０Ｂが、電動モータと減速機を組み合わせて用いる構成としたが、これに限定されるものではない。例えば減速機を用いないダイレクト駆動方式のモータを駆動部本体として使ってもよい。また、動力の供給形態も電動に限定されるものではなく、必要な出力のレベルや駆動部本体の特性に応じて、油圧や空気圧などの流体駆動方式の機構を用いてもよい。

【０１０８】

また、上述の実施形態では、トルクセンサ８２が、センサ単体として独立した機能を実現する形態として説明したが、センサの構成はこれに限定されるものではない。トルクセンサは、関節を構成する他の構成要素と一体化した構成をとってもよい。例えば、支持部材とトルクセンサの１次側連結部材（駆動部側部材）とが一体化されるよう形成するような構成としてもよいし、トルクセンサの２次側連結部材（リンク側部材）と第２のリンクとが一体化された構成とすることも可能である。同様に、支持部材が駆動部本体の出力機構（回転部材）と一体化された構成としてもよい。

【０１０９】

また、上述の実施形態では、トルクセンサの内輪部材を１次側連結部材、外輪部材を２次側連結部材としたが、これを逆に配置しても機能的には同じであり、必要に応じて適当に入れ替えてもよい。

【０１１０】

また、トルクセンサの検知部が、歪みゲージの場合について説明したが、これに限定するものではない。即ち、検知部が、弾性変形部材の変形量（歪み量）又は弾性変形部材の変形による１次側連結部材と２次側連結部材との変位量を検知できればいかなるものでもよく、例えばエンコーダを用いて検知してもよい。

【０１１１】

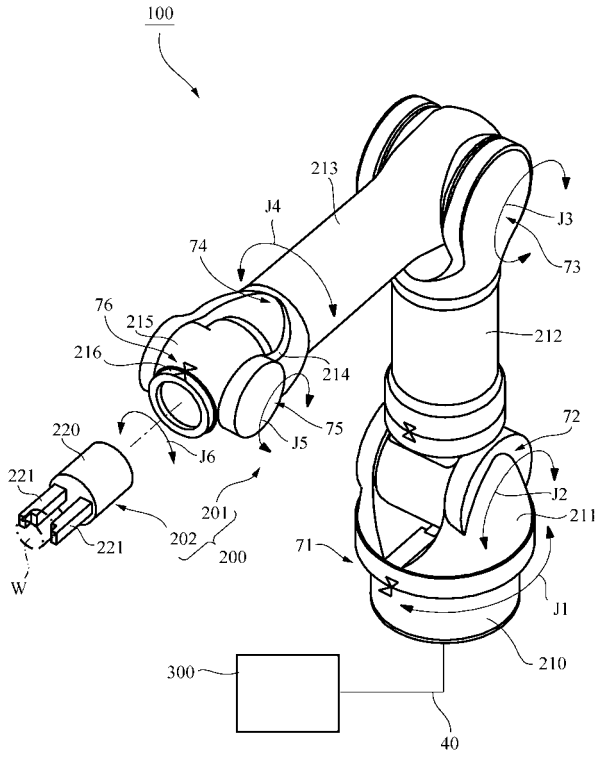
また、支持部材の形状は、上述の実施形態の形状に限定されるものではなく、関節の形態によって様々な方式が考えられる。駆動部と支持部材の配置を適切に設定することにより、配線部材の生じる反力に影響を受けない正確なトルク計測と制御が可能な駆動機構を構成することができる。

【符号の説明】

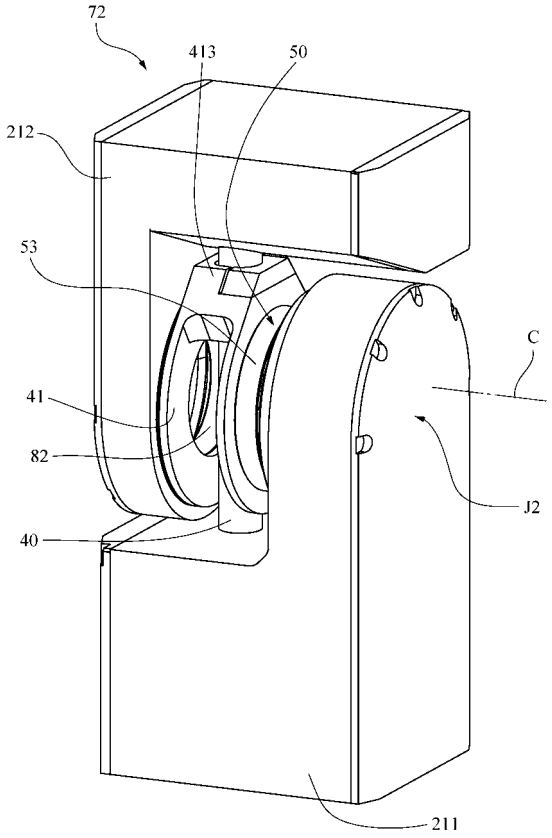
【０１１２】

４０…配線部材、５０…駆動部本体、６０…出力部材、７１～７６…駆動機構、１００…ロボット装置、２０１…ロボットアーム、２１１…リンク、２１２…リンク、８２３…弾性変形部材、８２４…検知部

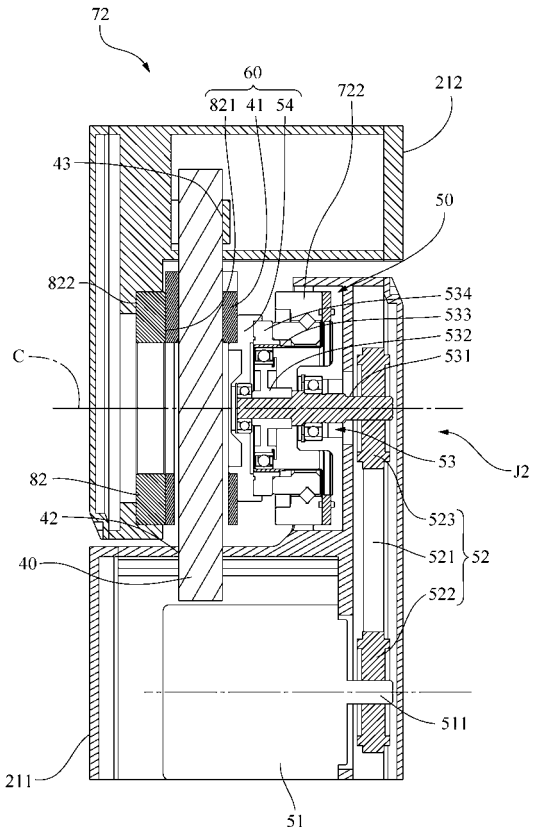
【図１】


100
213
J4
J3
74
73
76
215
212
216
214
72
220
J5
75
J6
J2
221
201
211
202
200
71
221
W
J1
210
300
40

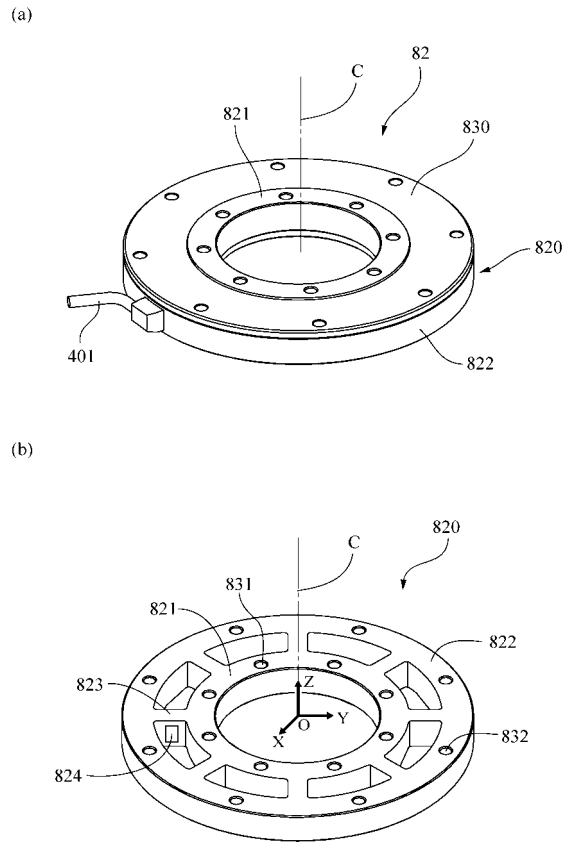
【図２】


72
413
50
212
53
C
41
82
J2
40
211

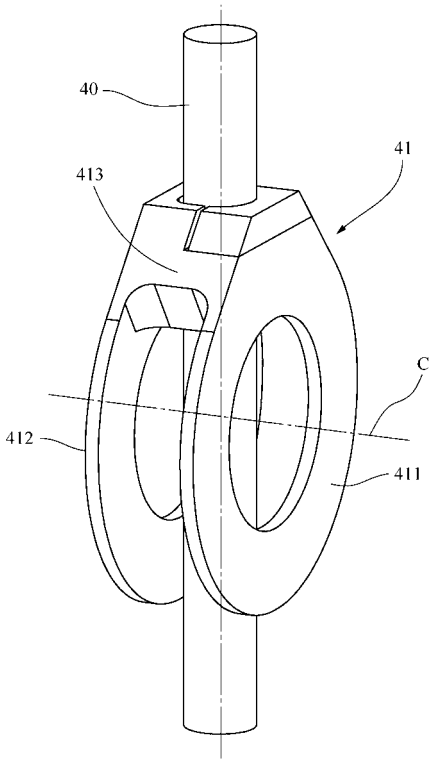
【図３】


72
60
821 41 54
722
212
43
50
822
534
533
532
531
C
53
J2
82
42
523
521
52
40
522
511
211
51

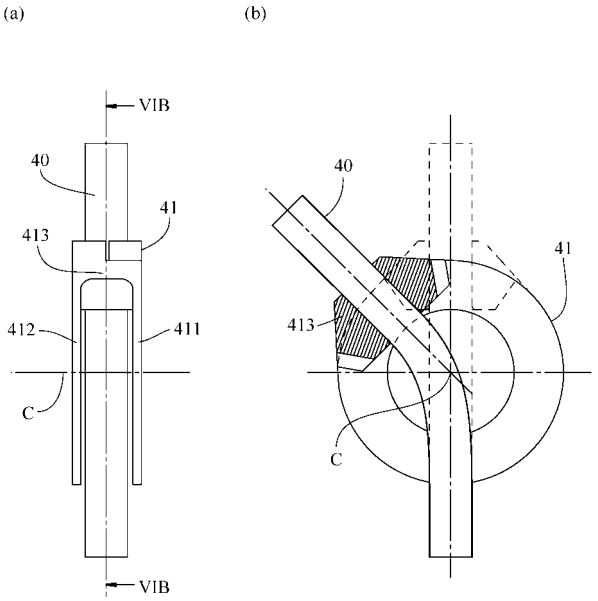
【図４】


(a)
C
82
821
830
820
401
822
(b)
C
820
831
821
822
823
Z
Y
X
O
832
824

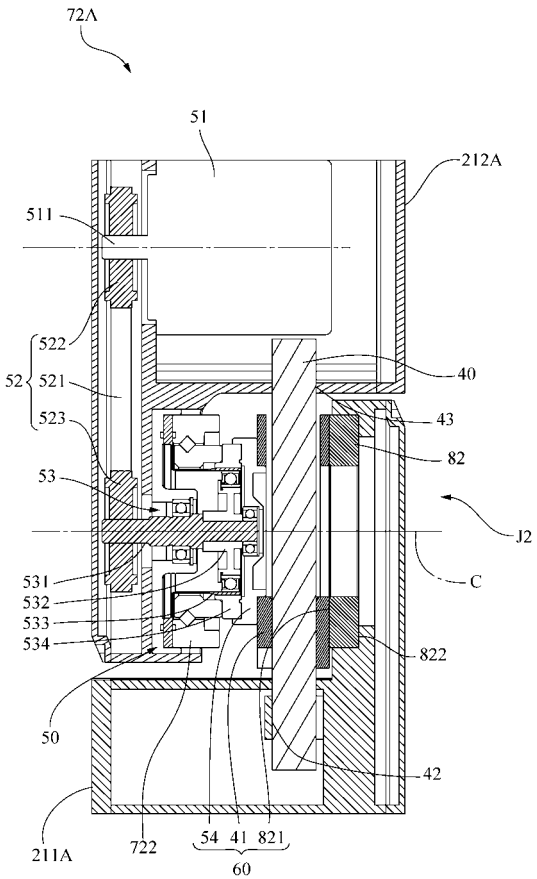
【図５】


40
41
413
C
412
411

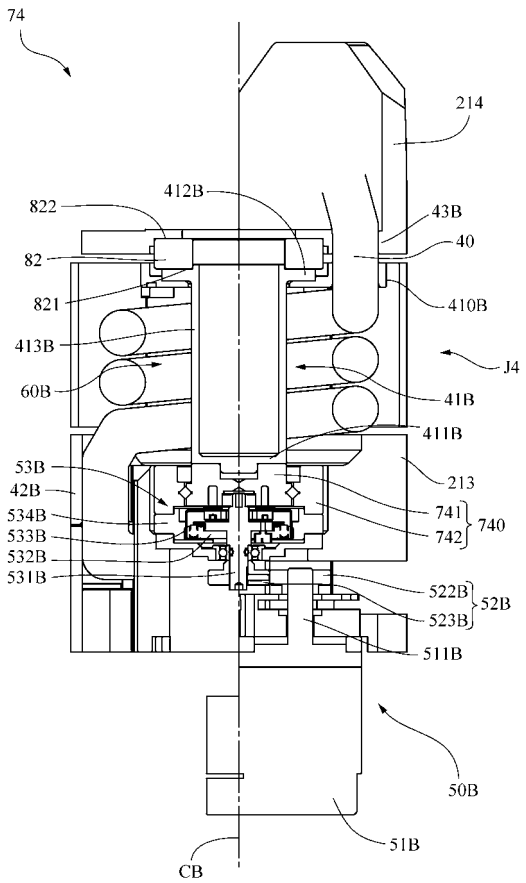
【図６】


(a)
(b)
VIB
40
41
413
412
411
C
VIB
40
41
413
C

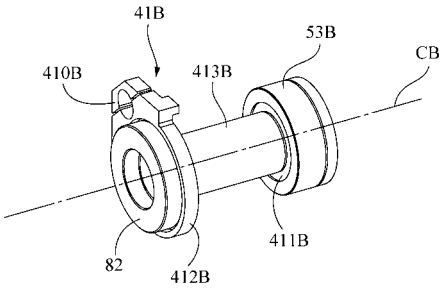
【図７】


72A
51
212A
511
522
52
521
523
53
531
532
533
534
40
43
82
J2
C
822
50
42
211A
722
54
41
821
60

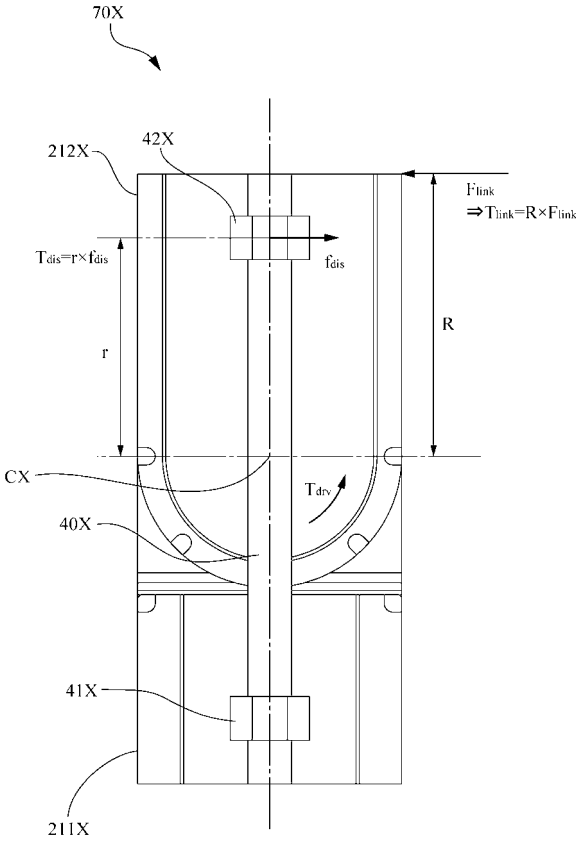
【図８】


74
214
822
412B
43B
82
40
821
410B
413B
J4
60B
41B
411B
213
53B
42B
534B
533B
532B
531B
741
742
740
522B
523B
52B
511B
50B
51B
CB

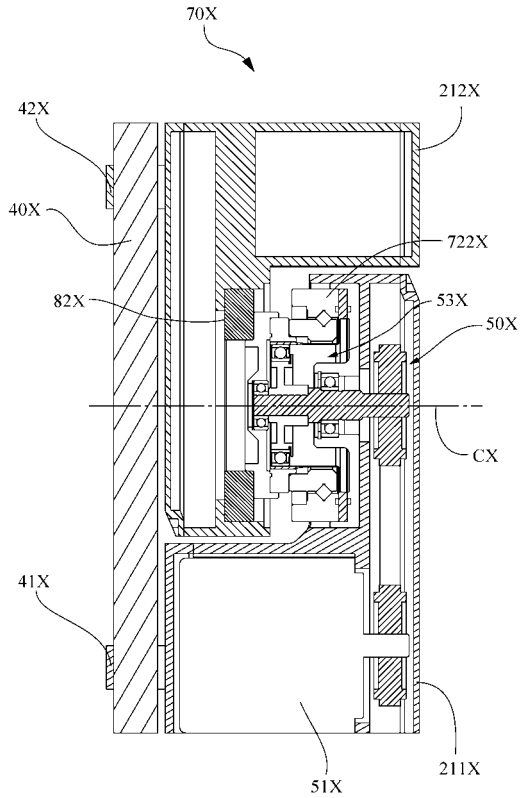
【図９】


41B
53B
CB
410B
413B
82
412B
411B

【図１０】


70X
212X
42X
Flink
⇒Tlink=R×Flink
Tdis=r×fdis
fdis
R
r
CX
Tdrv
40X
41X
211X

【図１１】


70X
42X
212X
40X
722X
82X
53X
50X
CX
41X
211X
51X