

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6632204号
(P6632204)

(45) 発行日 令和2年1月22日(2020.1.22)

(24) 登録日 令和1年12月20日(2019.12.20)

(51) Int. Cl. F 1
B 2 5 J 17/00 (2006.01) B 2 5 J 17/00 E

請求項の数 11 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-50123 (P2015-50123) (22) 出願日 平成27年3月13日 (2015. 3. 13) (65) 公開番号 特開2016-168647 (P2016-168647A) (43) 公開日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23) 審査請求日 平成30年3月6日 (2018. 3. 6)</p>	<p>(73) 特許権者 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 審査官 松井 裕典</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 駆動装置、ロボット装置、および物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

筐体部と、

リンクを回転させる駆動部と、

前記筐体部に設けられ、前記筐体部と前記リンクとを連結し、前記リンクを回転可能に支持する軸受と、

前記筐体部と前記駆動部とを連結し、前記駆動部を前記筐体部に対して支持する支持部と、

前記駆動部が、前記筐体部に対して、前記リンクの回転と同じ軸方向周りに相対的に変位した際、前記支持部の変形を検出するセンサと、を備え、

前記駆動部は、駆動源と、減速機と、接続部と、を備えており、前記駆動源と前記減速機との間に前記接続部が設けられることで前記駆動源と前記減速機とが連結され、

前記支持部は、前記筐体部の内部かつ前記駆動部と前記筐体部との間に設けられ、前記接続部と前記筐体部とを連結することで、前記筐体部に対して前記駆動部を支持している

ことを特徴とする駆動装置。

【請求項2】

前記支持部は、前記駆動部が前記筐体部に対して前記軸方向周りに相対的に変位した際に変形する弾性体を有し、前記センサは前記弾性体の変形を検出することを特徴とする請求項1に記載の駆動装置。

【請求項 3】

前記センサで検出した変形に基づいて、前記リンクに作用するトルクを算出する処理部を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記駆動部の出力軸が前記リンクと連結されていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 5】

前記弾性体が前記駆動部を支持する円環状の弾性体から構成されることを特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 6】

前記弾性体の内周側が前記駆動部に接続され、前記弾性体の外周側が前記筐体部に接続されていることを特徴とする請求項 5 に記載の駆動装置。

【請求項 7】

前記弾性体が前記駆動部を支持する円筒状の弾性体から構成されることを特徴とする請求項 2 に記載の駆動装置。

【請求項 8】

前記円筒状の前記弾性体の一端が前記駆動部に固定され、前記弾性体の他端が前記筐体部に固定されていることを特徴とする請求項 7 に記載の駆動装置。

【請求項 9】

前記支持部と前記筐体部との接続位置から前記軸受の設置位置までの長さが、前記筐体部における前記軸方向の長さの半分以下であることを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 10】

ロボットアームの関節のうち少なくとも 1 つに請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の駆動装置が含まれることを特徴とするロボット装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のロボット装置を用いて物品の製造を行うことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、第 1 のリンクに対して回動支持された第 2 のリンクを有し、第 1 および第 2 のリンクの相対姿勢を制御する駆動装置、その駆動装置を有するロボット装置、および物品の製造方法に関する。

【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、工場内の組み立て作業などの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。このようなロボット装置では、外力にならうための安定で広帯域な力制御機能が必要とされる。そこで、従来広く用いられていた関節の位置制御（位置サーボ）をベースとした運動制御系に代わり、関節レベルのトルク制御（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れている。このトルク制御のためには、ロボットアームの関節の出力するトルクを正確に検出できるトルク検出手段が必要となる。

【0003】

この種のロボット装置として、例えば複数のリンクを複数の関節駆動軸で連結して構成する多関節ロボットが知られている。このような多関節ロボットアームでは、先端側の部材に作用する力が累積して根本部材（基底ないし基台部）に作用する構成となっている。ロボットの応答性と機動性を向上させるには、ロボット全体をコンパクトで軽量なものにする必要があり、そのためには、駆動機構を小型かつ軽量に構成する必要がある。

【0004】

10

20

30

40

50

従来より、この種の関節駆動装置では、モータおよび減速機構などを含む関節駆動装置の出力軸（最終段）と、出力リンクの駆動軸の間に、出力節を回転自在に支持する軸受を介して関節の出力トルクを計測するトルク検出装置を設置する構成が知られている。一般に、この種のトルク検出装置は、ひずみゲージなどにより構成される他、印加されるトルクに応じて変形する弾性部材と、その変形量や歪み量を例えば光学的ないし磁氣的に検出するセンサデバイスから構成される。

【0005】

例えば、下記の非特許文献1には、トルクセンサ付きのロボットアームが開示されている。非特許文献1のロボットアームは、サーボモータにより波動歯車を介して駆動されるシャフトに連結された内輪と、ロボットアームの第1メンバに連結された外輪と、回転トルクによる内輪と外輪との間のトルクを計測するトルクセンサを有する。非特許文献1のロボットアームでは、第1メンバの回転軸周りにトルクが作用した際に生ずる内輪と外輪の間の相対変位を、トルクセンサの弾性部材の歪みとして検出することで、第1メンバに作用する回転トルクを測定する。

10

【0006】

しかしながら、上記非特許文献1に記載の構成では、トルクセンサが測定対象と共に回転するため、例えばトルクセンサに取り付けられたセンサケーブルが駆動軸の運動とともに変形する。そのため、ロボット関節の動作角度が大きい場合など、センサケーブルからの反力が無視できない状況においては、正確なトルク検出が困難となる問題があった。また、上記非特許文献1の構成では、ケーブルの引き回し機構が煩雑になりがちで、また、センサケーブルの耐久性を確保するのは容易ではない。

20

【0007】

また、ロボット装置を移動させる球形タイヤの駆動系のトルク検出装置として、下記の特許文献1に示されるような構成が提案されている。特許文献1の構成は、第1の軸方向に主軸を有する回転子と、この回転子を主軸の周りに回転させる固定子を有する駆動部を含む。トルク検出装置は、ベース部に固定される第1の端部と固定子へ固定される第2の端部を有し回転子と同心的に配置された起歪体と、起歪体に取り付けられベース部に対する起歪体の第1の軸周りへの歪みを検出する検出素子から構成される。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0008】

【特許文献1】特開2012-047460号公報

【非特許文献】

【0009】

【非特許文献1】A. Albu Schaeffer, S. Haddadin, Ch. Ott, A. Stemmer, T. Wimboeck, G. Hirzinger, "The DLR lightweight robot: design and control concepts for robots in human environments", *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 34, Iss: 5, pp.376 - 385 (2007)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0010】

しかしながら、上記特許文献1に記載の構成では、トルク検出装置の起歪体（弾性部材）が、ベース部と、駆動機構の支持機構（軸受）の間に配置される構成となっている。この構成では、駆動トルクの出力節に作用する力が直接的に起歪体に作用するようになっており、この構成をロボット装置の関節機構に適用するとトルクセンサが他軸成分の影響を受け易い問題がある。このため、所望の駆動軸周りのトルク以外の外乱力の影響によってセンサ出力値が変動し、出力トルクを精度よく検出することができない（以下、この問題を他軸干渉、あるいはクロストークと呼ぶ）可能性がある。

【0011】

特許文献1では、上記のようなトルクセンサの弾性部材に作用する他軸力の影響を軽減

50

するために、軸受とフレーム体からなる支持機構で駆動機構を回動可能に支持する構成が提示されている。しかしながら、この構成では、駆動機構を支持する支持機構によって構成が複雑、大型化する可能性がある。特に、ロボット装置の関節に特許文献1の構成を適用しようとする、関節全体の剛性と強度を保つため、駆動機構の支持機構の軸受には関節で結合するリンクの軸受と同等以上の強度と剛性を確保する必要がある。このため、ロボット装置の関節駆動装置としては、関節部位の質量とサイズが大きくなりすぎる可能性がある。

【0012】

本発明の課題は、上記の問題点に鑑み、ロボット装置の関節駆動装置において、簡単安価かつ小型軽量で堅牢な構成により他軸外乱力の影響を受けることなく高精度に関節駆動トルクを測定でき、正確かつ確実な関節トルク制御を行えるようにすることにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するため、本発明においては、筐体部と、リンクを回転させる駆動部と、前記筐体部に設けられ、前記筐体部と前記リンクとを連結し、前記リンクを回轉可能に支持する軸受と、前記筐体部と前記駆動部とを連結し、前記駆動部を前記筐体部に対して支持する支持部と、前記駆動部が、前記筐体部に対して、前記リンクの回轉と同じ軸方向周りに相対的に変位した際、前記支持部の変形を検出するセンサと、を備え、前記駆動部は、駆動源と、減速機と、接続部と、を備えており、前記駆動源と前記減速機との間に前記接続部が設けられることで前記駆動源と前記減速機とが連結され、前記支持部は、前記筐体部の内部かつ前記駆動部と前記筐体部との間に設けられ、前記接続部と前記筐体部とを連結することで、前記筐体部に対して前記駆動部を支持している構成を採用した。

20

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、前記駆動部と前記ハウジング部との間に配置され、前記ハウジング部に対して前記駆動部を支持する支持部に発生するトルクを検出するトルクセンサを設けている。トルクセンサは、第1のリンク(固定節)に固定することができ、トルクセンサへの電源の供給や信号のやり取りを行うセンサケーブルの引きまわしが不要となる。これにより、駆動機構全体として簡潔かつコンパクトな構成となり、ロボット装置全体を軽量化できる。また、関節駆動装置の回轉運動にともなうセンサケーブルの変形も抑制できるので、センサケーブルの変形抵抗によるトルク検出精度の低下やセンサケーブルの劣化を防止できる。

30

【0015】

また、本発明は、第2のリンク(出力節)に作用する力のうち所望の計測対象の回轉トルク以外の成分を、軸受とハウジング部によって支持する構成である。このため、前記支持部に発生するトルクを検出するトルクセンサには、検出目的の回轉トルク以外の他軸力(外乱力)成分が作用しない。従って、トルクセンサや駆動部を支持するための追加の支持機構を設ける必要がなく、関節駆動装置全体を簡潔かつコンパクトに構成でき、ひいては関節駆動装置全体の小型軽量化、および剛性確保が容易になる。以上のように、本発明によれば、関節駆動装置を用いるロボット装置全体を小型軽量化でき、ロボット装置の応答性と俊敏性を向上させることが可能となる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明を実施可能なロボット装置の概略構成を示す説明図である。

【図2】本発明の実施例1に係る関節駆動装置の構造を示す説明図である。

【図3】本発明の実施例2に係る関節駆動装置の断面構造を示す模式図である。

【図4】本発明の実施例3に係る関節駆動装置の断面構造を示す模式図である。

【図5】本発明の実施例1におけるトルクセンサの概観形状の一例を示す斜視図である。

【図6】図5のトルクセンサを構成する弾性体の形状の一例を示す斜視図である。

【図7】本発明の実施例3におけるトルクセンサの概観形状の一例を示す斜視図である。

50

【図 8】図 7 のトルクセンサを構成する弾性体の形状の一例を示す斜視図である。

【図 9】図 7 のトルクセンサを構成する弾性体の形状の一例を示す断面図である。

【図 10】本発明に係る関節駆動装置において、出力節に作用する力の固定節への伝達経路を示す説明図である。

【図 11】従来の関節駆動装置において、出力節に作用する力の固定節への伝達経路を示す説明図である。

【図 12】図 10 および図 11 の構成における力の伝達経路を模式的に示した説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面に示す実施例を参照して本発明を実施するための形態につき説明する。なお、以下に示す実施例はあくまでも一例であり、例えば細部の構成については本発明の趣旨を逸脱しない範囲において当業者が適宜変更することができる。また、本実施形態で取り上げる数値は、参考数値であって、本発明を限定するものではない。

【実施例 1】

【0018】

図 1 に示すように、ロボット装置 1 は、ロボット本体 2 と、ロボット本体 2 を制御する制御装置 3 を備えている。このロボット本体 2 は、例えば 6 軸垂直多関節アームのロボットアーム（以下、アームと呼ぶ）20 の先端部にエンドエフェクタとしてハンド 21 を備えた構成である。アーム 20 は、7 つのリンク 61 ~ 67 と、各リンク 61 ~ 67 を揺動又は回転可能に連結する 6 つの関節駆動装置 71 ~ 76 とを備えている。

【0019】

ハンド 21 は、アーム 20 の先端リンク 67 に取り付けられて支持され、アーム 20 の動作により、その運動（位置姿勢の変化）、または力が調整されるようになっている。ハンド 21 は、ハンド本体 24 と、ハンド本体 24 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（フィンガ）23 を備えている。

【0020】

制御装置 3 は、汎用マイクロプロセッサなどから成る CPU 30 を含む。CPU 30 は、例えば ROM 31 に格納されたロボット制御プログラムを実行することによりロボット本体 2 の動作を制御する。その際、RAM 32 がプログラム実行のためのワークエリアとして用いられる。なお、ROM 31 のプログラム格納領域は EEPROM のような書き換え可能な記憶媒体で構成することができる。その場合、不図示のフラッシュメモリや光ディスクからプログラムおよび制御データを供給することにより、ROM 31 にロボット制御プログラムをインストールしたり、あるいは同プログラムを更新したりすることができる。

【0021】

また、制御装置 3 はインターフェース 33 を有する。このインターフェース 33 は、ロボット本体 2 に対して、関節駆動装置 71 ~ 76 あるいはハンド 21 の動作を制御する制御情報を送信するとともに、ロボット本体 2 側から後述のトルクセンサ（52s）などの検出情報を入力するために用いられる。また、インターフェース 33 は、ネットワークインターフェースなどを含んでもよい。その場合、ネットワークから受信したプログラムおよび制御データを用いて ROM 31 にロボット制御プログラムをインストールしたり更新したりすることができる。また、上記ネットワークインターフェースは、ロボット動作教示用の端末（ティーチングペンダント）や、ロボット制御プログラム作成 / 編集用のオフライン制御端末など（いずれも不図示）との通信に用いることもできる。

【0022】

図 2 は、関節駆動装置 71 ~ 76 の一例として、アーム 20 の関節駆動装置 72 の断面構造を示している。図 2 に示す構成は、アーム 20 の他の関節駆動装置 71 ~ 76 にも用いられるものとする。後述する関節駆動装置 72 の各構成部材は、金属や樹脂など仕様上の強度や剛性に適合した材料から製造される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

図2において、関節駆動装置72は、駆動機構の根本側部材（固定節）としてリンク62（第1のリンク）と、駆動機構の出力側部材（出力節）としてリンク63（第2のリンク）を含む。これらリンク62（固定節）と、リンク63（出力節）は、ハウジング部255に支持された関節支持機構としての軸受54によって回転自在に連結することによって構成されている。

【 0 0 2 4 】

軸受54は、駆動軸周りの回転運動のみが可能のように、リンク63のリンク62に対する相対回転運動を拘束する。軸受54は、リンク63に作用する6次元の（並進）力、およびモーメントのうち、関節駆動軸周りの回転トルク以外の5つの力・モーメント（図2）を支持する機能を有する。軸受54には、例えばロボットの関節機構などに広く用いられているクロスロー軸受を用いることができるが、これに限らず他の同様の機能を有する軸受部材を用いることができる。

10

【 0 0 2 5 】

図2において、矢印90は、リンク63に作用する力を示している。このリンク63に作用する力（90）は、下記の成分の合成と考えることができる。

- ・この関節に関して計測すべき回転トルク（z軸廻り）901
- ・リンク63に作用する他軸力の回転モーメント成分（x方向）902
- ・リンク63に作用する他軸力の回転モーメント成分（y方向）903
- ・リンク63に作用する他軸力の並進力成分（x方向）904
- ・リンク63に作用する他軸力の並進力成分（y方向）905
- ・リンク63に作用する他軸力の並進力成分（z方向）906

20

【 0 0 2 6 】

下記の回転駆動源51を駆動することによって、回転トルク（z軸廻り）901が発生され、のリンク62に対してリンク63の相対姿勢（角度）が制御される。その際、関節支持機構としての軸受54が、上記の他軸力902～906を支持しつつ、関節軸（1点鎖線）廻りの関節の回転運動を規制する。

【 0 0 2 7 】

関節駆動装置72は、この関節の回転駆動源51および減速機構53から成る駆動部80を収容する全体がほぼ円筒形状のハウジング部55を含む。このハウジング部55には、上記の関節の駆動に必要な部材とともに、出力トルクの計測に必要な各構成要素が格納される。

30

【 0 0 2 8 】

本実施例では、ある構成部材が他の構成部材とリジッドに固定される場合、その結合（固定）部位を「固定部」という。この「固定部」の結合（固定）には、ネジ止め（詳細不図示）などの手法が用いられる。例えば、固定部551はハウジング部55の一部であって、ハウジング部55は固定部551を介して関節駆動装置72の根本側のリンク62に固定される。

【 0 0 2 9 】

本実施例のハウジング部55は、（第2の）リンク63を回転自在に支持する軸受54を有する。また、ハウジング部55は、（第2の）リンク63を回転駆動する駆動部80を収容する。特に、駆動部80は、次のように回動（駆動）軸が一致するように、ハウジング部55内に支持される。まず、駆動部80の回転駆動源51の駆動軸51aは、減速機構53の入力端531と結合される。また、減速機構53は、波動歯車機構などから成り、入力端531と出力端533は同軸配置であり、出力端533にはリンク63の回動軸が結合される。

40

【 0 0 3 0 】

駆動部80とハウジング部55の間には、ハウジング部55に対して駆動部80を支持する支持部（532、56、52）が設けられる。この支持部には、減速機構53の固定部532、回転駆動源51の保持部材56、およびトルク検出装置52が含まれる。保持

50

部材 5 6 および固定部 5 3 2 は全体として円環状（フランジ状）の部材であって、その表裏面にはほぼ円筒状の外形を有する回転駆動源 5 1 ないし減速機構 5 3 の前端や後端を収容する凹部（あるいは透孔）が必要に応じて形成されているものとする。

【 0 0 3 1 】

回転駆動源 5 1 は保持部材 5 6 に対して例えばビス（不図示）止めなどにより固着され、保持部材 5 6 は減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 に対して例えばビス（不図示）止めなどにより固着される。これにより、回転駆動源 5 1 と減速機構 5 3 が一体に結合（固着）され、駆動部 8 0 が構成される。

【 0 0 3 2 】

そして、駆動部 8 0 は、トルク検出装置 5 2 を介してハウジング部 5 5 と結合（固着）される。また、出力節である第 2 のリンク 6 3 は、ハウジング部 5 5 に装着された軸受 5 4 を介して回動自在であり、リンク 6 3 の駆動軸は減速機構 5 3 の出力端 5 3 3 と結合されている。

10

【 0 0 3 3 】

以上のようにして、駆動部 8 0 は、支持部（減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 ~ 回転駆動源 5 1 の保持部材 5 6 ~ トルク検出装置 5 2）と、ハウジング部 5 5 に装着された軸受 5 4 によってハウジング部 5 5 内に収容、支持される。即ち、駆動部 8 0 は、支持部（減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 ~ 回転駆動源 5 1 の保持部材 5 6 ~ トルク検出装置 5 2）と、軸受 5 4 によって、円筒状のハウジング部 5 5 の中心線と駆動軸線が一致するように、ハウジング部 5 5 の中心位置に収容、支持される。

20

【 0 0 3 4 】

以下、ハウジング部 5 5 に格納される構成要素の構成および配置の詳細と、関節の駆動とトルク計測の動作原理につき、説明する。

【 0 0 3 5 】

回転駆動源 5 1 は、関節を回転させる回転力（トルク）を生成するもので、例えば電動モータ（サーボモータなど）によって構成する。回転駆動源 5 1 は、不図示のモータ回転角度計測用のロータリエンコーダ、モータ回転角度保持用のブレーキなどを備えている。また、回転駆動源 5 1 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入出力、およびブレーキの開閉動作の制御などを行うモータ配線ケーブル 5 7 2 が接続されている。

30

【 0 0 3 6 】

減速機構 5 3 は、入力端 5 3 1、出力端 5 3 3、および、減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 によって構成される。減速機構 5 3 の伝達機構は、例えば公知の波動歯車機構などによって構成される。本実施例では、減速機構 5 3 の減速比は例えば 1 : 1 0 0 程度であるものとする。

【 0 0 3 7 】

回転駆動源 5 1 の出力は、減速機構 5 3 の入力端 5 3 1 を回転駆動し、減速機構 5 3 は、回転駆動源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）、拡大された回転トルクを出力端 5 3 3 より出力する。これにより回転駆動源 5 1 で発生するトルクが関節の駆動に適したレベルに拡大され、減速機構 5 3 の出力トルクによって、軸受 5 4 により拘束されたリンク 6 3 が、残りの回転自由度（駆動軸周りの回転自由度）で能動的に駆動される。

40

【 0 0 3 8 】

ここで、通常、小型の電動モータ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、一方、定格回転速度は関節の出力軸に求められる回転速度よりもかなり大きい。そのため、ほとんどのロボットでは、1 : 3 0 ~ 1 : 2 0 0 程度の高い減速比を有する減速機構（5 3）を使用するのが一般的である。このような小型モータと高減速比の減速機構（5 3）による構成は、構成をコンパクトにできる利点がある一方、減速機構（5 3）で摩擦と回転抵抗によるトルク損失が大きくなる問題もある。

【 0 0 3 9 】

50

このため、モータトルクの測定、例えばモータトルクに比例するモータ電流の測定だけでは、関節の出力段に出力している回転トルクを正確に把握することができない。また、減速機構などの駆動系廻りでのトルク損失は、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。従って、モータ電流を介して検出したモータトルク値を補正して、実際の出力トルクを演算するような処理は極めて困難である。従って、正確なトルク検出に基づく関節制御が必要であれば、トルク検出装置を設けて関節駆動装置の出力トルクを計測する必要がある。

【 0 0 4 0 】

本実施例では、上記のように駆動部 8 0 は、支持部（減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 ~ 回転駆動源 5 1 の保持部材 5 6 ~ トルク検出装置 5 2）と、ハウジング部 5 5 に装着された軸受 5 4 によってハウジング部 5 5 内に収容、支持する構成を採用している。そして、本実施例では、この支持部に配置したトルク検出装置 5 2 によって、この支持部に発生するトルクを検出する。

10

【 0 0 4 1 】

上記のように関節駆動装置 7 2 の駆動部 8 0 は回転駆動源 5 1 と減速機構 5 3 から構成される。そして、図 2 に示すように、減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 は、保持部材 5 6 を介してトルク検出装置 5 2 に結合される。さらにトルク検出装置 5 2 は、ハウジング部 5 5 の内面に設けたフランジ部 5 5 a に例えばネジ止め（詳細不図示）などによって結合（固着）される。

【 0 0 4 2 】

本実施例において、駆動部 8 0 の支持部（減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 ~ 回転駆動源 5 1 の保持部材 5 6 ~ トルク検出装置 5 2）は、駆動部 8 0 を一体化し、かつ軸受 5 4 とともに駆動部 8 0 をハウジング部 5 5 内に支持する。

20

【 0 0 4 3 】

トルク検出装置 5 2 の構成例を図 5 に示す。図 5 のトルク検出装置 5 2 は、外装部材（カバー）5 2 2、および弾性体 5 2 1 によって構成されている。外装部材 5 2 2、および弾性体 5 2 1 は、図示のように円環（リング）状の全体形状を有し、駆動部 8 0（の保持部材 5 6）、およびハウジング部 5 5 のフランジ部 5 5 a と結合するためのネジ孔 5 2 1 a、5 2 1 b を有する。

【 0 0 4 4 】

また、トルク検出装置 5 2 は、トルクセンサ 5 2 s（図 2）の出力を導出するセンサ配線ケーブル 5 7 1 を備えている。センサ配線ケーブル 5 7 1 は、図 2 に示すように、第 1 のリンク 6 2（固定節）のケース 6 2 1 の内部に配置された関節コントローラ 5 7 と結線される。また、関節コントローラ 5 7 は、モータ配線ケーブル 5 7 2 によって、回転駆動源 5 1 と結線されている。この関節コントローラ 5 7 は、ケーブル 4 0 によって制御装置 3 と接続され、トルク検出装置 5 2 は、トルクセンサ 5 2 s の出力を制御装置 3（のインターフェース 3 3）に送信するとともに、制御装置 3 が駆動部 8 0 を制御する駆動信号を受信する。

30

【 0 0 4 5 】

ここで、関節駆動装置（7 2）のリンク 6 2、6 3 の相對姿勢が所定角度となるよう、あるいはこれらリンクを特定の相對姿勢で維持するように、駆動部 8 0 を駆動することを考える。この時、トルク検出装置 5 2 の配置（図 2）から明らかなように、トルク検出装置 5 2 の弾性体 5 2 1 は駆動部 8 0 の駆動トルクの反力を受けてその大きさに応じて変形する。弾性体 5 2 1 の変形をトルクセンサ 5 2 s（図 2）で検出することにより、駆動部 8 0 の支持部（減速機構 5 3 の固定部 5 3 2 ~ 回転駆動源 5 1 の保持部材 5 6 ~ トルク検出装置 5 2）に生じているトルクを検出できる。トルクセンサ 5 2 s は、光学センサや磁気センサなど、任意の検出方式を利用したセンサデバイスにより構成することができる。このトルク値は、駆動部 8 0 の発生している関節駆動装置（7 2）の駆動（実）トルクとして取り扱うことができる。

40

【 0 0 4 6 】

50

図5のトルク検出装置52の弾性体521は、例えば図6のような構成とすることができる。図6の弾性体521は、内輪部5212、外輪部5211と、これらを結合するスポーク状の弾性変形部5213から成る。内輪部5212、および外輪部5211は、それぞれ駆動部80(の保持部材56)、およびハウジング部55のフランジ部55aと結合するためのネジ孔521a、521bを有する。即ち、弾性体521は、その内周側において駆動部80に固定され、外周側はハウジング部55の内面に固定されている。

【0047】

トルクセンサ52s(図2)は、例えば弾性変形部5213の変形量を検出するよう装着される。これによりトルクセンサ52s(図2)を介して駆動部80の支持部(減速機構53の固定部532~回転駆動源51の保持部材56~トルク検出装置52)に生じるトルク(図2のZ軸周りの回転モーメント)を測定することができる。

10

【0048】

図5、図6のように構成されたトルク検出装置52は、関節駆動装置72の駆動部80が出力するトルクの反作用(反トルク)を受けて、この反トルクを介して駆動部80の駆動トルクを検出することができる。

【0049】

即ち、本実施例の構成では、第1のリンク62(固定節)に対して相対回転する第2のリンク63(出力節)側にトルク検出手段を搭載していない。そして、本実施例では、第1リンク62の側(ハウジング部55~駆動部80間)にトルク検出装置52を配置しながらも、関節駆動装置(72)の出力するトルクを計測することができる。

20

【0050】

そして、本実施例の構成では、センサ配線ケーブル571(図2)は関節駆動装置(72)の可動部をまたいで設置する必要がない。このため、センサ配線ケーブル571の引き回しが不要となり、その結果、駆動機構全体が簡潔かつコンパクトな構成となり、ひいてはロボット装置全体を軽量化することが可能になる。また、関節駆動装置(72)の回転運動にともなうセンサ配線ケーブル571の変形も考慮する必要がなく、例えばセンサ配線ケーブル571の変形抵抗によるトルク検出精度の低下を防ぐことができる。また、センサ配線ケーブル571の繰り返し変形とケーブルとケーブル支持部材間の摺動によるケーブルの寿命低下を防ぐことができ、ロボット装置の信頼性を大きく向上させることができる。

30

【0051】

また、本実施例によれば、他軸力の外乱の影響なく、関節駆動装置(72)の駆動部80の駆動トルクを検出することができる。ここで、図10は、本実施例の関節駆動装置(72)のリンク63(出力節)に作用する力、およびモーメントの伝達経路を示している。図10は、図2に相当する関節駆動装置(72)と同等の構成を模式的に示している。ここでは、各部に作用する力および図2に相当する部材は大文字のアルファベットで示し、上記の参照符号との対応は括弧書きで示している。

【0052】

また、図12は、図10の上記各部材間の力の伝達経路を抜き出して矢印によって示している。図12中の破線の経路T1、および実線の経路T2は、図11中の経路T1、T2にそれぞれ相当する。

40

【0053】

図10、図12において、Oは出力節(リンク63)、Bは関節支持機構(軸受54)、GOは駆動部(80:回転駆動源51および減速機構53)の出力を示す。また、GSは駆動部(80)の固定部(532)、GIは駆動部(80)の入力端(531)を示す。また、Mは回転駆動源(51)、Cはハウジング部(55)、GMはの固定部材、Fはハウジングの固定節(リンク62)への固定部、TSはトルク検出装置(52)を示す。

【0054】

図10、図12において、出力節(リンク63)には、図2で上述した通り、ロボット装置の運動によって6次元の(並進)力、およびモーメント(902~906)が作用す

50

る。本実施例において、トルク検出装置で計測したいのは、関節駆動軸周りの回転トルク 901 である。それ以外の他軸力 (902 ~ 906) は、トルク検出装置にとってクロストークの元になる外乱力である。

【0055】

上述のように外乱力 (関節駆動軸周りの回転トルク以外の5つの力・モーメント (902 ~ 906)) は、軸受 54 (関節支持機構) によって支持される。従って、図 10 に示すように、出力に作用する他軸外乱力は軸受を介してハウジング部によって支持され、根元側の固定節 (リンク 62) へ伝達されることになる (図中、経路 T2)。

【0056】

そして、駆動部 80 (回転駆動源 51 および減速機構 53) を介してトルク検出装置 TS (52) に作用する力は、図中の経路 T1 を経由する力となるが、この力は上記の外乱を含まない関節駆動軸周りのトルクのみとなる。特に図 12 において、本実施例の関節駆動トルク (TS - 1) は、破線で示すように伝達され、経路 TS - 3 (図 10 のトルク検出装置 TS に相当) を通り、ハウジング部 (C) に伝わる。この経路 (T1 : 破線) は、他軸外乱力の経路 (T2 : 実線) と分離されており、トルク検出装置 TS (図 10、52) は他軸外乱力の影響を受けない。

【0057】

ここで、本実施例と対比するため、従来の関節駆動装置の力の伝達の様子を図 11 に示す。図 11 では図 10 と同等のアルファベット符号により各部および力を示してある。

【0058】

図 11 の関節駆動装置では、トルク検出装置 TS は固定節 (F) とハウジング (C) の間に配置されている。このため、図 11 の関節駆動装置では、トルク検出装置 TS には、検出すべき関節駆動軸周りのトルク (経路 T1) とともに、他軸力 (経路 T2) が直接的に作用する構成となっている。そのため、図 11 の構成では、他軸力のクロストークが大きく、正確なトルク検出が困難である。

【0059】

例えば、図 12 において経路 TS - 2 は図 11 のトルク検出装置 TS に相当し、この経路は、関節駆動軸周りのトルク (破線) と他軸力のクロストーク (実線) で共有されている。即ち、図 11 の従来構成では、トルク検出装置 TS で、検出すべき関節駆動軸周りのトルク (破線) を他軸力のクロストーク (実線) と分離して検出することができない。

【0060】

一方、本実施例の関節駆動装置は、図 10、図 12 に示したように他軸外乱力がトルク検出装置 (TS、52) に作用しない構成となっているため、他軸干渉クロストークの影響を受けずに正確に関節の駆動トルクを検出することができる。さらに、本実施例の構成によれば、従来技術 (例えば特許文献 1) にトルクセンサや駆動部の支持のための追加の支持機構を必要としない。従って、ロボットアームの関節部全体の構成が簡潔かつコンパクトなものとなり、駆動機構全体の軽量化、および剛性の確保を行うことが容易である。これにより、ひいてはロボット装置全体の軽量化が可能となるため、ロボットの応答性と俊敏性を向上させることが可能な構成になっている。

【0061】

ここで、本実施例における関節駆動装置の他軸干渉の度合いを、具体的な数値に基づいて計算した結果によって示す。ここでは、トルク検出装置 52 (の弾性体 521) が関節の出力トルクによって弾性変形する変形量と、ハウジング部が他軸力によって変形する変形量を計算し、その量を比較する。

【0062】

この計算例では、搬送質量 2 kg 程度の小型の垂直多関節型のロボットへの適用を想定する。トルク検出装置 52 の弾性体 521 のトルク計測方向 (図 2 の z 軸方向) のねじり剛性 K は、20、000 Nm/rad 程度とする (これは減速機の剛性に比べて十分に大きなものになっている)。トルク検出装置 52 は、弾性体 521 (図 6) の外輪部 521

10

20

30

40

50

1 に対する内輪部 5 2 1 2 の変形量をトルクセンサ (5 2 s) により計測することによってトルクを計測する。

【 0 0 6 3 】

光学ないし磁気センサなどを利用した変位計測センサにより構成されるトルクセンサ (5 2 s) は、ここでは、弾性体 5 2 1 に対して例えば半径 $R = 30 \text{ mm}$ の円周 (ないし円弧) の範囲に装着されるものとする。

【 0 0 6 4 】

ここで、図 2 の関節駆動装置 (7 2) に作用する並進力の最大値 P は、ロボットが押しつけ作業を行う際や加減速運動を行う際を考慮すると、 x 方向に関して 300 N 程度である。同様に、関節に作用するトルク T は 50 Nm 程度である。また、図 2 においてハウジング部の外径 D は 90 mm 、ハウジングの内径 d は 85 mm であり、材質はアルミ合金 (縦弾性係数 $E = 90 \text{ Gpa}$) である。また関節を支持する軸受 5 4 からトルク検出装置 5 2 の設置位置までの距離 L は 30 mm である。

【 0 0 6 5 】

このとき、関節が定格トルクを出力している際のトルクセンサ 5 2 s の内輪の変形量 dX_T は、以下の式 (1) のように表わせる。

【 0 0 6 6 】

【 数 1 】

$$dX_T = R \times T / K = 0.03 \text{ (m)} \times 50 \text{ (Nm)} / 20,000 \text{ (Nm/rad)} = 75 \text{ (\mu m)} \quad \dots (1)$$

【 0 0 6 7 】

ここでハウジング部を単純な円筒系の断面を有する梁としてモデリングすると、その断面 2 次モーメント I は以下の式 (2) のように表わせる。

【 0 0 6 8 】

【 数 2 】

$$I = \pi (D^4 - d^4) / 32 = 1.6 \times 10^{-6} \text{ (m}^2\text{)} \quad \dots (2)$$

【 0 0 6 9 】

従って、他軸力の最大値 P によるトルクセンサ 5 2 s の変位検出部の変形量 dX_{dis} は、以下の式 (3) のように表わせる。

【 0 0 7 0 】

【 数 3 】

$$dX_{dis} = PL^3 / 3EI = 0.023 \text{ (\mu m)} \quad \dots (3)$$

【 0 0 7 1 】

以上のように、本実施例の構成では、トルク計測によってセンサ弾性体の変形する変形量と他軸外乱力によって生じる弾性体の変形量には、 3000 倍以上の差があることが分かる。即ち、本実施例では、他軸力によるクロストークの影響を殆ど受けずに関節の駆動トルクを検出することができ、他軸力によるクロストークに影響されずにこの関節の駆動トルクを正確に検出することができる。

【 0 0 7 2 】

なお、以上に示した数値は本実施例における例示値に過ぎず、本発明を何ら限定するものではない。また、本実施例では、アーム 20 として 6 軸の垂直多関節アームを適用しているが、軸数は用途や目的に応じて適宜変更することができる。例えば、上述の関節駆動装置の構成は平行リンク形式のロボットアームの関節にも容易に実施することができる。また、図 1 においてアーム 20 のリンク 61 ~ 67 としては、長さが固定されたものを採用しているが、例えば、直動アクチュエータなどを用いた伸縮可能なリンクを採用し

10

20

30

40

50

てもよい。

【0073】

また、本実施例では、軸受54（関節支持機構）には、単一の機構で所望の支持機能を実現できるクロスロー軸受を使用しているが、支持機構の具体的な構成は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、関節支持機能を実現してもよい。さらに、減速機構53の減速比として、1:100を例示したが、これに限定されることなく、減速機構53の減速比は任意の値に設定してよい。

【0074】

また、本実施例では、駆動部（関節トルク生成機構）80を電動モータのような回転駆動源51と波動歯車機構などによる減速機構53を組み合わせて構成した。しかしながら、関節の駆動部80の形態はこれに限定されるものではなく、例えば減速機構を用いないダイレクト駆動方式のモータを使ってもよい。また、エネルギー源は電動に限定されるものでもなく油圧などの流体駆動方式の駆動機構を用いる場合でも、上述同様の部材配置を実施することができる。

【実施例2】

【0075】

図2および上記の式(3)に示したように、トルク検出装置52の弾性体521の外輪部5211の変形量は、ハウジング部55上の設置位置と関節を支持する軸受54の間の距離Lに大きく影響を受けることが判る。従って、トルク検出装置52弾性体521)を軸受54の近くに配置することができれば、他軸干渉量のさらなる低減が可能となる。

【0076】

例えば、図3に示すように、トルク検出装置52弾性体521)をハウジング部55へ取り付けフランジ部55bの位置を図2の位置(55a)よりも軸受(関節支持機構)54に近い位置に配置する。そして、トルク検出装置52弾性体521)を、減速機構53の固定部532およびフランジ部55bの間に装着する。その他の構成は図2と同様である。

【0077】

図3の構成では、トルク検出装置52弾性体521)を、駆動部80の固定部(減速機構53の固定部532)と、ハウジング部55の間に配置するのは、第一の実施例と同様である。しかしながら、図3では、トルク検出装置52弾性体521)のハウジング部55への取り付け部位を、軸受(関節支持機構)54と駆動部80の間、特に第2のリンク63を支持する軸受54のより近傍に配置している。

【0078】

このように、トルク検出装置52のハウジング部55への取り付け部位を、軸受54により近い位置とし、軸受54のより近傍でトルク検出を行うことにより、他軸干渉量のさらなる低減が可能となり、より正確なトルク検出を行える。

【実施例3】

【0079】

上記実施例では、トルク検出装置52の弾性体521には円環(リング)形状のものを例示した。しかしながら、関節駆動装置(72)は、例えば図7~図9に示すような異なる形状の弾性体を用いたトルク検出装置52を用いて図4のように構成してもよい。

【0080】

本実施例では、図7に示すようなトルク検出装置52を用いる。トルク検出装置52は、弾性体521と、それを保護する外装部材(カバー)522、およびセンサ配線ケーブル571を備え、全体がほぼ円筒状の外形を有する。

【0081】

弾性体521は、図8に示すように、第1の固定部としてフランジ5211a、第2の固定部としてフランジ5212aを有する。フランジ5211a、5212aは円筒状の弾性変形部5213で結合され図9に示すような断面形状に一体化されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 2 】

図7～図9のように構成されたトルク検出装置52は、図4のように関節駆動装置(72)に組み込む。即ち、トルク検出装置52のフランジ5211aは駆動部80の保持部材56に固定し、フランジ5212aはハウジング部の第1のリンク62側の内面に固定する。光学センサや磁気センサなどから成るトルクセンサ(52s:不図示)は弾性変形部5213のねじれ、ないしフランジ5211a、および5212aの相対変位を検出できるように、例えば弾性変形部5213の内面(ないし外面)の適当な位置に配置する。

【 0 0 8 3 】

以上のように、トルク検出装置52を円筒状の弾性体521により構成し、その一端を実施例1と同様に駆動部80の保持部材56に固定し、他端はハウジング部55の第1のリンク62側の内面に固定する。関節駆動装置(72)のその他の構成は実施例1(図2)と同様である。

10

【 0 0 8 4 】

本実施例によれば、円筒状の弾性体521(弾性変形部5213)のねじり変形量(あるいは歪み量)を計測することで、トルク(図に示すZ軸周りの回転モーメント)を測定することができる。これにより、実施例1と同様に他軸干渉(クロストーク)の影響を受けずに、正確に関節駆動トルクを検出することができる。特に、本実施例ではトルク検出装置52の円筒状の弾性体521(弾性変形部5213)の一端を他軸力によって殆んど変形しないハウジング部55の基底部(リンク62側)に固定している。このため、他軸干渉(クロストーク)の影響を受けずに、正確に関節駆動トルクを検出することができる。

20

【 0 0 8 5 】

また、本実施例によれば、トルク検出装置52の構造を簡略化でき、トルク検出装置52を小型軽量化し、その製造コストを大きく低減することができる。特に、トルク検出装置52の弾性体521(弾性変形部5213)を円筒状に構成することによって、駆動部80の回転駆動源51周囲のスペースを利用してトルク検出装置52を関節駆動装置(72)内に実装することができる。また、トルク検出装置52の弾性体521は比較的大きなサイズに構成することができ、その変形を検出するトルクセンサには分解能のそれ程高くない安価な部品を利用できる可能性がある。

【 符号の説明 】

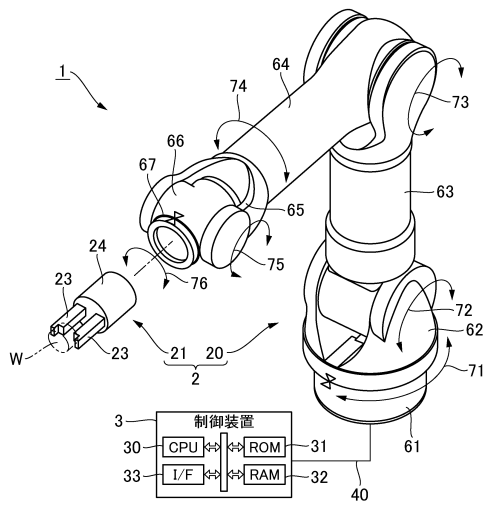
30

【 0 0 8 6 】

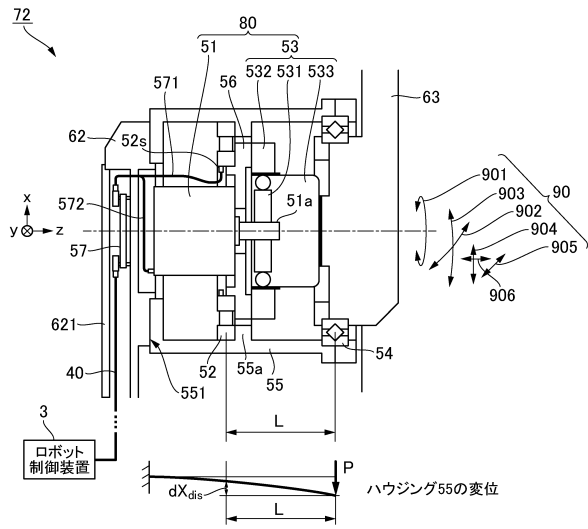
1...ロボット装置、2...ロボット本体、3...制御装置、20...アーム、30...CPU、71～76...関節駆動装置、51...回転駆動源(モータ)、52...トルク検出装置、521...弾性体、53...減速機構、531...入力端、532...固定部、533...出力端、54...軸受(関節支持機構)、55...ハウジング部、551...固定部、56...保持部材、57...関節コントローラ、571...センサ配線ケーブル、572...モータ配線ケーブル、62...リンク(第1のリンク)621...固定部のケース、63...リンク(第2のリンク)72...関節駆動装置、80...駆動部、90...出力節へ作用する力、901...関節が計測すべき回転トルク(z方向)、902...出力節へ作用する他軸力の回転モーメント成分(y方向)、903...出力節へ作用する他軸力の回転モーメント成分(x方向)、904...出力節へ作用する他軸力の並進力成分(x方向)、905...出力節へ作用する他軸力の並進力成分(y方向)、906...出力節へ作用する他軸力の並進力成分(z方向)。

40

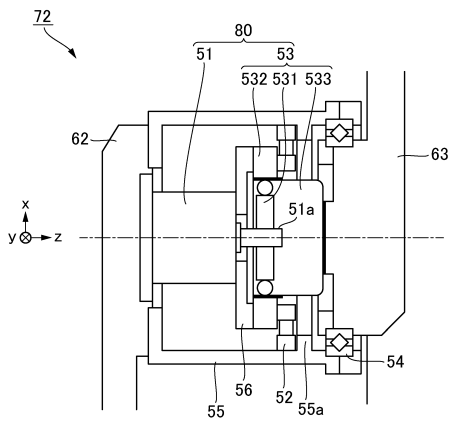
【図1】



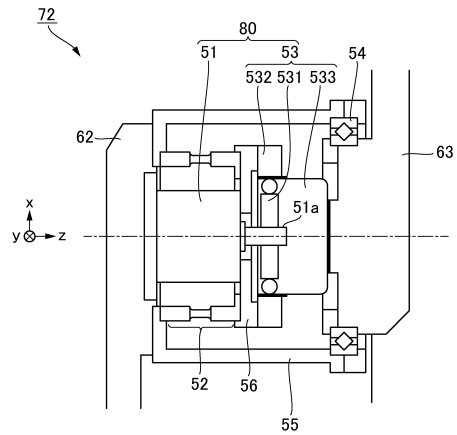
【図2】



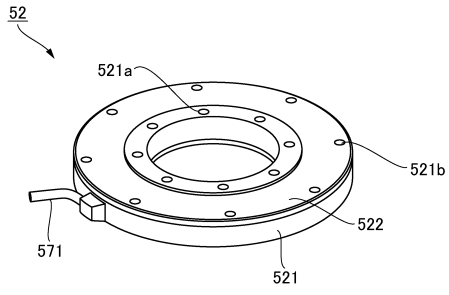
【図3】



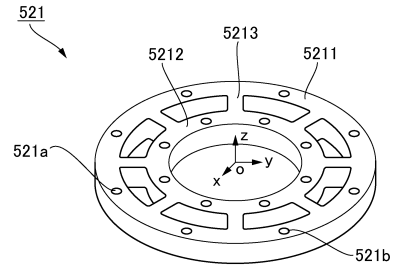
【図4】



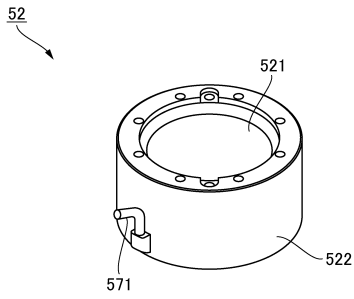
【図 5】



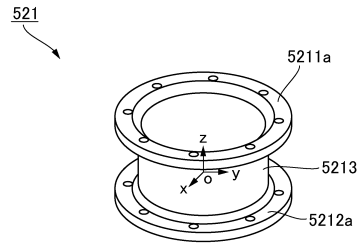
【図 6】



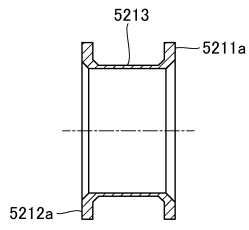
【図 7】



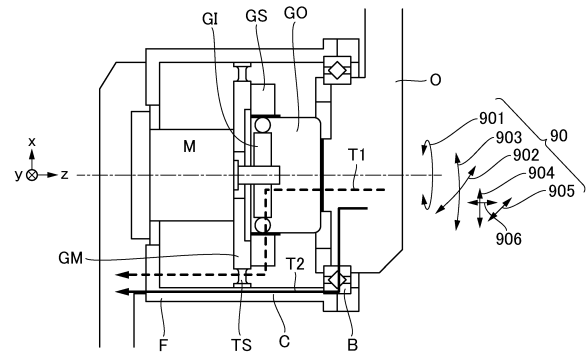
【図 8】



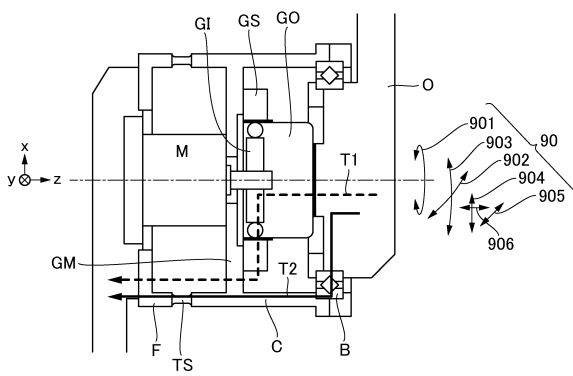
【 図 9 】



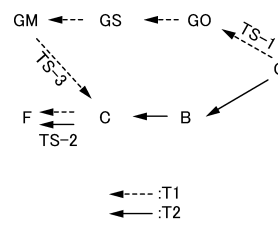
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭61-033892(JP,A)
特許第4273335(JP,B2)
特開2002-182817(JP,A)
特開昭55-120996(JP,A)
特開昭61-050030(JP,A)
特開2011-212831(JP,A)
米国特許第05327790(US,A)
特開2008-064635(JP,A)
特開平05-223665(JP,A)
特開2013-215081(JP,A)
特開平08-118275(JP,A)
実開昭63-185535(JP,U)
特表2009-540306(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02