

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7068614号

(P7068614)

(45)発行日 令和4年5月17日(2022.5.17)

(24)登録日 令和4年5月9日(2022.5.9)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 L 3/12 (2006.01)

G 0 1 L 3/12

G 0 1 L 3/14 (2006.01)

G 0 1 L 3/14

L

H 0 2 P 29/02 (2016.01)

H 0 2 P 29/02

G 0 1 L 5/00 (2006.01)

G 0 1 L 5/00

H

G 0 1 D 5/12 (2006.01)

G 0 1 D 5/12

G

請求項の数 24 (全22頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-548218(P2020-548218)

(86)(22)出願日 令和1年8月27日(2019.8.27)

(86)国際出願番号 PCT/JP2019/033592

(87)国際公開番号 WO2020/066431

(87)国際公開日 令和2年4月2日(2020.4.2)

審査請求日 令和4年3月11日(2022.3.11)

(31)優先権主張番号 特願2018-178181(P2018-178181)

(32)優先日 平成30年9月24日(2018.9.24)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(73)特許権者 000004112

株式会社ニコン

東京都港区港南二丁目15番3号

(74)代理人 100098165

弁理士 大森 聡

(72)発明者 小俣 賢治

東京都港区港南二丁目15番3号 株式

会社ニコン内

(72)発明者 坂田 晃一

東京都港区港南二丁目15番3号 株式

会社ニコン内

審査官 森 雅之

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エンコーダ、駆動装置、ロボット装置、制御システム及びその制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

固定部に対して弾性体を介して連結されて第1変位部を駆動するモータ部と、前記第1変位部の変位を変換して第2変位部に伝達する伝達部とを備える駆動装置に設けられるエンコーダであって、

前記第1変位部の第1変位情報を検出する第1検出器と、

前記第2変位部の第2変位情報を検出する第2検出器と、

前記固定部に対する前記モータ部の第3変位情報を検出する第3検出器と、

前記第1及び第2変位情報を用いて前記モータ部の駆動量に関する情報を求め、前記第3変位情報を用いて前記モータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、

を備えるエンコーダ。

【請求項2】

前記演算部は、前記負荷の情報をを用いて前記モータ部の駆動量の補正値を求める請求項1に記載のエンコーダ。

【請求項3】

前記演算部は、前記負荷の変動による前記第2変位部の変位を抑制するように前記駆動量の補正値を求める請求項2に記載のエンコーダ。

【請求項4】

前記演算部は、前記第1及び第2変位情報を用いて、前記第2変位部の位置情報を算出する請求項1から3のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【請求項 5】

前記第 3 検出器は、前記固定部の前記弾性体との連結部、及び前記モータ部の前記弾性体との連結部に配置される請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【請求項 6】

前記演算部は、前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記伝達部に加わる負荷の情報を求める請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【請求項 7】

前記第 1 及び第 2 変位部はそれぞれ第 1 及び第 2 回転軸であり、前記第 1、第 2、及び第 3 検出器は、それぞれ前記変位情報として回転情報を検出する請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のエンコーダ。

10

【請求項 8】

前記弾性体は、前記第 1 回転軸に平行な軸の回りに弾性を持つ請求項 7 に記載のエンコーダ。

【請求項 9】

前記負荷はトルクである請求項 7 又は 8 に記載のエンコーダ。

【請求項 10】

第 1 変位部を駆動するモータ部と、
前記モータ部が固定される固定部に対して前記モータ部を変位可能に連結する弾性体と、
前記第 1 変位部の変位を変換して第 2 変位部を駆動する伝達部と、
前記第 1 変位部の第 1 変位情報を検出する第 1 検出器と、
前記第 2 変位部の第 2 変位情報を検出する第 2 検出器と、
前記固定部に対する前記モータ部の第 3 変位情報を検出する第 3 検出器と、
前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記モータ部の駆動量に関する情報を求め、前記第 3 変位情報を用いて前記モータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、
前記演算部で求められる情報を用いて前記モータ部を制御する制御部と、を備える駆動装置。

20

【請求項 11】

前記第 3 検出器は、前記固定部の前記弾性体との連結部、及び前記モータ部の前記弾性体との連結部に配置される請求項 10 に記載の駆動装置。

【請求項 12】

前記演算部は、前記負荷の情報を用いて前記モータ部の駆動量の補正値を求める請求項 10 又は 11 に記載の駆動装置。

30

【請求項 13】

請求項 10 から 12 のいずれか一項に記載の駆動装置を備えるロボット装置。

【請求項 14】

固定部に対して弾性体を介して連結されて第 1 変位部を駆動するモータ部と、前記第 1 変位部の変位を変換して第 2 変位部に伝達する伝達部とを備える駆動装置の制御システムであって、

前記第 1 変位部の第 1 変位情報を検出する第 1 検出器と、
前記第 2 変位部の第 2 変位情報を検出する第 2 検出器と、
前記固定部に対する前記モータ部の第 3 変位情報を検出する第 3 検出器と、
前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記モータ部の駆動量に関する情報を求め、前記第 3 変位情報を用いて前記モータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、
前記演算部で求められる情報を用いて前記モータ部を制御する制御部と、を備える制御システム。

40

【請求項 15】

前記演算部は、前記負荷の情報を用いて前記モータ部の駆動量の補正値を求める請求項 14 に記載の制御システム。

【請求項 16】

前記演算部は、前記負荷の変動による前記第 2 変位部の変位を抑制するように前記駆動量

50

の補正值を求める請求項 15 に記載の制御システム。

【請求項 17】

前記演算部は、前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記第 2 変位部の位置情報を算出する請求項 14 から 16 のいずれか一項に記載の制御システム。

【請求項 18】

前記第 1 及び第 2 変位部はそれぞれ第 1 及び第 2 回転軸であり、前記第 1、第 2、及び第 3 検出器は、それぞれ前記変位情報として回転情報を検出する請求項 14 から 17 のいずれか一項に記載の制御システム。

【請求項 19】

前記負荷はトルクである請求項 18 に記載の制御システム。

10

【請求項 20】

固定部に対して弾性体を介して連結されて第 1 変位部を駆動するモータ部と、前記第 1 変位部の変位を変換して第 2 変位部に伝達する伝達部とを備える駆動装置の制御方法であって、

前記第 1 変位部の第 1 変位情報を検出することと、

前記第 2 変位部の第 2 変位情報を検出することと、

前記固定部に対する前記モータ部の第 3 変位情報を検出することと、

前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記モータ部の駆動量に関する情報を求め、前記第 3 変位情報を用いて前記モータ部に対する負荷の情報を求めることと、

前記駆動量に関する情報及び前記負荷の情報をを用いて前記モータ部を制御することと、を含む制御方法。

20

【請求項 21】

前記負荷の情報を求めることは、前記負荷を用いて前記モータ部の駆動量の補正值を求めることを含む請求項 20 に記載の制御方法。

【請求項 22】

前記負荷の情報を求めることは、前記負荷の変動による前記第 2 変位部の変位を抑制するように前記駆動量の補正值を求めることを含む請求項 21 に記載の制御方法。

【請求項 23】

前記モータ部の駆動量に関する情報を求めることは、

前記第 1 及び第 2 変位情報を用いて、前記第 2 変位部の位置情報を算出することを含む請求項 20 から 22 のいずれか一項に記載の制御方法。

30

【請求項 24】

前記第 1 及び第 2 変位部はそれぞれ第 1 及び第 2 回転軸であり、前記変位情報としてそれぞれ回転情報が検出される請求項 20 から 23 のいずれか一項に記載の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、エンコーダ、エンコーダを備えた駆動装置、駆動装置を備えたロボット装置、エンコーダを備えた制御システム、及び駆動装置の制御方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

産業用ロボット又は工作機械等の駆動部に用いられるモータの回転角の制御を高精度に行うために、モータの回転軸にはエンコーダ（例えばロータリーエンコーダ）が取り付けられ、エンコーダの検出結果などに基づいてモータの制御が行われている。また、モータの組立調整時及び稼働時等に、モータの状態をモニタするためには、トルク検出装置を用いてモータに対する負荷のトルクを検出することが好ましい。従来のトルク検出装置として、モータの回転軸と出力軸とをコイルばねで連結し、モータの回転軸及び出力軸の回転角の情報を検出し、その 2 つの回転角の情報からモータのトルクを求める装置が知られている（例えば、引用文献 1 参照）。

【0003】

50

従来のトルク検出装置は、2つの回転角の検出部を使用するために大型であるとともに、出力軸の回転角のばらつき、及び出力軸のグリスによる摩擦などにより、検出精度が影響を受ける恐れがあった。最近では、例えば、エンコーダを取り付けたモータはより様々な用途で使用されるとともに、高精度な制御が求められており、モータの負荷を簡単な構成で高精度に検出することを考慮することが求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2003-166887号公報

【発明の概要】

10

【0005】

本発明の第1の態様によれば、固定部に対して弾性体を介して連結されて第1変位部を駆動するモータ部と、その第1変位部の変位を変換して第2変位部に伝達する伝達部とを備える駆動装置に設けられるエンコーダであって、その第1変位部の第1変位情報を検出する第1検出器と、その第2変位部の第2変位情報を検出する第2検出器と、その固定部に対するそのモータ部の第3変位情報を検出する第3検出器と、その第1及び第2変位情報を用いて、そのモータ部の駆動量に関する情報を求め、その第3変位情報を用いてそのモータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、を備えるエンコーダが提供される。

【0006】

第2の態様によれば、第1変位部を駆動するモータ部と、そのモータ部が固定される固定部に対してそのモータ部を変位可能に連結する弾性体と、その第1変位部の変位を変換して第2変位部を駆動する伝達部と、その第1変位部の第1変位情報を検出する第1検出器と、その第2変位部の第2変位情報を検出する第2検出器と、その固定部に対するそのモータ部の第3変位情報を検出する第3検出器と、その第1及び第2変位情報を用いて、そのモータ部の駆動量に関する情報を求め、その第3変位情報を用いてそのモータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、その演算部で求められた情報を用いてそのモータ部を制御する制御部と、を備える駆動装置が提供される。

20

【0007】

第3の態様によれば、第2の態様に係る駆動装置を備えるロボット装置が提供される。

【0008】

30

第4の態様によれば、その駆動装置の制御システムであって、その第1変位部の第1変位情報を検出する第1検出器と、その第2変位部の第2変位情報を検出する第2検出器と、その固定部に対するそのモータ部の第3変位情報を検出する第3検出器と、その第1及び第2変位情報を用いて、そのモータ部の駆動量に関する情報を求め、その第3変位情報を用いてそのモータ部に対する負荷の情報を求める演算部と、その演算部で求められる情報を用いてそのモータ部を制御する制御部と、を備える制御システムが提供される。

【0009】

第5の態様によれば、その駆動装置の制御方法であって、その第1変位部の第1変位情報を検出することと、その第2変位部の第2変位情報を検出することと、その固定部に対するそのモータ部の第3変位情報を検出することと、その第1及び第2変位情報を用いて、そのモータ部の駆動量に関する情報を求め、その第3変位情報を用いてそのモータ部に対する負荷の情報を求めることと、その駆動量に関する情報及びその負荷の情報をを用いてそのモータ部を制御することと、を含む制御方法が提供される。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る駆動装置を示す断面図である。

【図2】(A)は図1中の弾性部材を示す斜視図、(B)は図1の駆動装置の力学モデルを示す図である。

【図3】図1の駆動装置を示すブロック図である。

【図4】図3中の合成部を示すブロック図である。

50

【図 5】図 1 の駆動装置の制御方法の一例を示すフローチャートである。

【図 6】第 2 の実施形態に係る駆動装置を示す断面図である。

【図 7】第 3 の実施形態に係る駆動装置を示す断面図である。

【図 8】第 4 の実施形態に係る駆動装置を示す図である。

【図 9】ロボット装置の一例を示す斜視図である。

【図 10】第 1 の実施形態の変形例を示す断面図である。

【図 11】図 10 中の弾性部材を示す斜視図である。

【図 12】第 4 の実施形態の変形例を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、第 1 の実施形態につき図 1 から図 5 を参照して説明する。

図 1 は、本実施形態に係る駆動装置 10 を示す。図 1 において、駆動装置 10 は、例えばロボット装置が設置された工場の床面（不図示）に不図示の支持部材（例、アームなど）を介して固定されたベース部材（固定部）30A と、細長い棒状の第 1 回転軸（第 1 移動軸）18A を回転駆動するモータ部 14 と、ベース部材 30A に対してモータ部 14 を変位可能に連結する弾性部材（弾性体）32 と、第 1 回転軸 18A の回転を減速して細長い棒状の第 2 回転軸（第 2 移動軸）18B に伝達する減速機 48 と、回転軸 18A, 18B の回転角及び回転速度等の回転情報及びモータ部 14 に加わる負荷（詳細後述）を検出するエンコーダ部 12 とを備えている。さらに、駆動装置 10 は、エンコーダ部 12 の検出信号を処理する演算装置 16 と、演算装置 16 の処理結果を用いてモータ部 14 を駆動する制御装置 24 とを備えている。

【0012】

本実施形態では、第 1 回転軸 18A は中空の円筒状であり、第 2 回転軸 18B は、筒状の第 1 回転軸 18A の内部 18Ad を通過するように配置されている。以下では、第 1 回転軸 18A の中心軸に平行に Z 軸を取って説明する。第 1 回転軸 18A の中心軸と第 2 回転軸 18B の中心軸とは一致しており、回転軸 18A, 18B はそれぞれその中心軸（Z 軸に平行な軸）の回りに回転可能である。一例として、モータ部 14 は 3 相交流モータであるが、モータ部 14 としては直流モータ等も使用できる。

【0013】

まず、ベース部材 30A は、リング状の第 1 支持部材 30B と、第 1 支持部材 30B に対して - Z 方向側に固定された円筒状の第 2 支持部材 30C とを有する。また、モータ部 14 は、円筒状の保持部材 30E と、保持部材 30E の + Z 方向の側面を覆うように設けられたリング状の押さえ部材 30F とからなるモータケース 30D を有し、モータケース 30D の対向する 2 つの側面部に 1 対の回転軸受 28A 及び 28B を介して回転可能に第 1 回転軸 18A が支持されている。また、モータ部 14 は、第 1 回転軸 18A の中央の軸部 18Ac の外面に装着された複数のマグネット 20 と、マグネット 20 を囲むようにモータケース 30D の内面に配置された複数のコイル 22 とを有する。コイル 22 が複数の信号ライン 26 を介して制御装置 24 に接続されている。

【0014】

また、ベース部材 30A の + Z 方向の端部の第 1 支持部材 30B の側面と、モータケース 30D（保持部材 30E）の - Z 方向の端部 30Ea の側面とが弾性部材 32 によって連結されている。弾性部材 32 は、第 1 回転軸 18A 及び第 2 回転軸 18B の中心軸に沿った方向（Z 方向）において、ベース部材 30A（第 1 支持部材 30B）とモータケース 30D（保持部材 30E）との間に、第 1 支持部材 30B と保持部材 30E とに接触して配置される。

【0015】

図 2（A）に示すように、弾性部材 32 は、端部 30Ea に固定される内側の輪帯部（例、第 1 の要素）32a と、第 1 支持部材 30B に固定される外側の輪帯部（例、第 2 の要素）32b と、輪帯部 32a, 32b を半径方向に連結する複数（例えば 3 個、4 個、5 個など）の板ばね部（例、第 3 の要素）32c とを有する。輪帯部 32a, 32b の中心

10

20

30

40

50

は、回転軸 18 A, 18 B の中心軸と一致しており、板ばね部 32 c はその中心軸の軸回りに所定範囲で弾性変形可能である。弾性部材 32 はいわゆるフレクシャでもある。このため、弾性部材 32 によって、モータケース 30 D を含むモータ部 14 はベース部材 30 A に対して、その中心軸（例、回転軸 18 A, 18 B の中心軸と一致する軸）の回り、又は Z 軸に平行な軸の軸回りの回転方向（以下、 θz 方向という）に所定範囲で $+\theta z$ 方向又は $-\theta z$ 方向に回転可能である。また、弾性部材 32 は、その板ばね部 32 c の剛性を高めることによって、ベース部材 30 A に対するモータ部 14 の θz 方向の相対回転角の範囲を小さくすることができる。

【0016】

また、図 1 に戻り、ベース部材 30 A の第 2 支持部材 30 C の内部に回転軸受 28 D を介して減速機 48（速度変換部又は伝達部）が配置されている。第 1 回転軸 18 A の - Z 方向の端部 18 A b に減速機 48 の入力軸 46 が連結され、減速機 48 の出力軸が第 2 回転軸 18 B の - Z 方向の端部 18 B b に連結されている。減速機 48 は、第 1 回転軸 18 A の回転数を例えば $1/300$ 程度に低下させて第 2 回転軸 18 B に伝達する。減速機 48 の - Z 方向の面（第 2 回転軸 18 B の - Z 方向の端部）に被駆動部（不図示）が連結されている。本実施形態では、弾性部材 32 は減速機 48 の近傍に配置されている。

【0017】

モータケース 30 D の + Z 方向の側面に段差を有する円筒状の支持部材（エンコーダケース、エンコーダの本体部）30 G が固定され、支持部材 30 G の + Z 方向の面に固定された取り付け部材 30 H の内面に回転軸受 28 C 及び固定部材（軸固定部）30 I を介して第 2 回転軸 18 B の + Z 方向の端部 18 B a が支持されている。支持部材 30 G の内面に支持部材 36 を介して基板 38 A が保持され、取り付け部材 30 H の + Z 方向の面に基板 38 B が取り付けられ、第 1 支持部材 30 B の + Z 方向の面に基板 38 C が取り付けられている。

【0018】

また、第 1 回転軸 18 A の + Z 方向の端部 18 A a の先端の支持部材 36 A、及び第 2 回転軸 18 B の端部 18 B a に、それぞれ回転方向の位置を検出するための反射型のパターン（不図示。以下、回転型の検出パターンとも称する）が形成された輪帯状及び円板状の第 1 回転板 34 A 及び第 2 回転板 34 B が取り付けられている。さらに、モータケース 30 D の - Z 方向の端部 30 E a（モータ部の連結部）の - Z 方向の面（弾性部材 32 の内側の輪帯部 32 a の外側の領域）に反射型で回転型の検出パターンが形成された輪帯状の第 3 回転板 34 C が取り付けられている。

【0019】

エンコーダ部 12 は、第 1 検出部 33 A、第 2 検出部 33 B、及び第 3 検出部 33 C を備える。第 1 検出部（位置検出用センサ）33 A は、第 1 回転板 34 A と、第 1 回転板 34 A のパターンに検出光を照射する光源 40 A と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 42 A と、受光素子 42 A の検出信号を処理してモータ部 14 に対する回転板 34 A（及び第 1 回転軸 18 A）の θz 方向の位置の情報（角度、角速度、及び/又は第 1 回転軸 18 A が何回回転したかを示す多回転情報を含む変位情報）（以下、エンコーダ情報という）S1 A を求める処理回路 44 A とを有する。光源 40 A、受光素子 42 A、処理回路 44 A は基板 38 A に取り付けられている。また、第 2 検出部（位置検出用センサ）33 B は、第 2 回転板 34 B と、第 2 回転板 34 B のパターンに検出光を照射する光源 40 B と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 42 B と、受光素子 42 B の検出信号を処理してモータ部 14 に対する回転板 34 B（及び第 2 回転軸 18 B）の θz 方向のエンコーダ情報 S1 B を求める処理回路 44 B とを有する。光源 40 B、受光素子 42 B、処理回路 44 B は基板 38 B に取り付けられている。

【0020】

第 3 検出部 33 C は、第 3 回転板 34 C と、第 3 回転板 34 C のパターンに検出光を照射する光源 40 C と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 42 C と、受光素子 42 C の検出信号を処理してベース部材 30 A に対する回転板 34 C（及びモータ部 14）の θz 方向のエンコーダ情報 S1 C を求める処理回路 44 C とを有する。光源 40 C、受光素子 42 C、処理回路 44 C は基板 38 C に取り付けられている。

タ部 14) の θ_z 方向のエンコーダ情報 $S1C$ を求める処理回路 44C とを有する。光源 40C、受光素子 42C、処理回路 44C は基板 38C に取り付けられている。第 1 支持部材 30B (固定部の連結部) の +Z 方向の面に基板 38C が取り付けられている。すなわち、第 3 検出部 33C は、第 1 検出部 33A 及び第 2 検出部 33B に対して構造的に分離して構成され (分離した位置に配置され)、第 1 支持部材 30B (ベース部材 30A の弾性部材 32 との連結部) と、モータケース 30D の -Z 方向の端部 30Ea (モータ部 14 の弾性部材 32 との連結部) に配置されている。本実施形態の検出部 33A ~ 33C はそれぞれロータリーエンコーダでもある。エンコーダ情報 $S1A$, $S1B$, $S1C$ は、演算装置 16 に供給される。回転板 34A ~ 34C は、回転型のスケール又はディスクとも呼ぶことができる。なお、回転板 34A ~ 34C に形成される検出パターンは、アブソリュート型又はインクリメンタル型等のどのようなパターンであってもよい。また、回転板 34A ~ 34C は反射型であるが、回転板 34A ~ 34C には透過型のパターンが形成されていてもよい。

10

【0021】

演算装置 16 は、エンコーダ情報 $S1A$, $S1B$, $S1C$ を用いて生成したモータ部 14 の駆動量の情報を制御装置 24 に供給し、それに応じて制御装置 24 がコイル 22 に供給する電流値を制御する。この動作によって第 2 回転軸 18B の回転角等が目標値に制御される。

次に、本実施形態の駆動装置 10 の演算装置 16 及び制御装置 24 の構成につき説明する。図 2 (B) は、図 1 の駆動装置 10 の力学モデルである。図 2 (B) において、ベース部材 30A に対して弾性部材 32 を介してモータ部 14 の保持部材 30E が連結され、モータ部 14 に対して第 1 回転軸 18A を介して減速機 48 が連結され、減速機 48 に対して第 2 回転軸 18B を介して被駆動部 50 が連結されている。ここで、弾性部材 32 の剛性を K_B 、粘性比例係数を C_B 、モータ部 14 のモーメントを J_M 、粘性比例係数を C_M 、減速機 48 の剛性を K 、粘性比例係数を C 、減速比を R 、被駆動部 50 のモーメントを J_L 、駆動装置 10 の全体のモーメントを J_{all} 、モータ部 14 から第 1 回転軸 18A を介して減速機 48 に作用するトルクを τ_M 、減速機 48 から第 2 回転軸 18B を介して被駆動部 50 に作用するトルクを τ_L とする。本実施形態では、トルク τ_L がモータ部 14 に作用する負荷である。この負荷 (トルク τ_L) は時間の関数として変動しているため、何らかの補償を行わないとモータ部 14 の回転精度 (被駆動部 50 の回転角の目標値からの誤差) に影響する。そこで、後述のように第 3 検出部 (負荷検出用センサ) 33B の検出結果を用いてその負荷を検出する。

20

30

【0022】

すなわち、第 3 検出部 33C によってベース部材 30A (第 3 検出部 33C の検出の基準位置となるベース部材 30A) に対するモータ部 14 の回転角 θ_B が計測され、第 1 検出部 33A によってモータ部 14 (又は保持部材 30E) (第 1 検出部 33A の検出の基準位置となるモータ部 14 又は保持部材 30E) に対する第 1 回転軸 18A の回転角 θ_M が計測され、第 2 検出部 33B によってモータ部 14 (又は保持部材 30E) (第 1 検出部 33A の検出の基準位置となるモータ部 14 又は保持部材 30E) に対する第 2 回転軸 18B の回転角 θ_L が計測される。回転角 θ_B , θ_M , θ_L は上述のエンコーダ情報 $S1A$, $S1B$, $S1C$ に含まれている。なお、第 2 検出部 33B は、減速機 48 に対する第 2 回転軸 18B の回転角を検出し、この回転角を回転角 θ_L の代わりに使用してもよい。

40

【0023】

また、図 3 は、図 2 (B) の力学モデルに対応させて図 1 の駆動装置 10 を表すブロック図である。図 3 は、エンコーダ部 12 で検出された回転角 θ_M , θ_L 、及び θ_B の情報を用いてモータ部 14 に加わる負荷の情報を求め、第 2 回転軸 18B (被駆動部) が目標とする回転角で回転されるようにモータ部 14 を駆動するための制御回路の一例でもある。図 3 において、変数 s はラプラス変換の変数であり、周波数を f (Hz)、角周波数を ω とすると、定常状態では $s = i 2 \pi f = i \omega$ (i は虚数単位) である。図 3 において、被駆動部 50、減速機 48、及びモータ部 14 で示される点線で囲まれたブロックがそれぞれ

50

の伝達関数の要素を表している。

【 0 0 2 4 】

モータ部 1 4 においては、制御装置 2 4 から供給されるトルク指令値 τ_M に対応する信号が減算点 5 6 A に供給され、減算点 5 6 A には減速機 4 8 の減速比 R に対応する変換部 5 8 H から出力される信号も供給され、減算点 5 6 A で求められるその 2 つの信号の差分の信号が、伝達関数 $(1 / (J_M s + C_M))$ で表されるブロック 5 6 B を介して積分部 5 6 C 及び減速機 4 8 の変換部 5 8 E に供給され、積分部 5 6 C の出力が第 1 検出部 3 3 A で検出される回転角 θ_M に対応する信号として演算装置 1 6 の合成部 5 2 及び減速機 4 8 の変換部 5 8 A に供給される。

【 0 0 2 5 】

また、減速機 4 8 においては、変換部 5 8 A の出力信号が減算点 5 8 B に供給され、減算点 5 8 B には被駆動部 5 0 から出力される（第 2 検出部 3 3 B で検出される）回転角 θ_L に対応する信号も供給され、減算点 5 8 B でその 2 つの信号の差分を取って得られる信号が剛性 K の弾性部 5 8 C を介して加算点 5 8 D に供給される。また、変換部 5 8 E から出力される信号及び被駆動部 5 0 の後述の回転部 6 0 A から出力される信号が減算点 5 8 F に供給され、減算点 5 8 F から出力される差分の信号が粘性比例係数 C のダンパ部 5 8 G を介して加算点 5 8 D に供給され、加算点 5 8 D の出力信号が減速比 R に対応する変換部 5 8 H 及び被駆動部 5 0 に供給され、変換部 5 8 H の出力信号がモータ部 1 4 の減算点 5 6 A に供給される。

【 0 0 2 6 】

被駆動部 5 0 においては、減速機 4 8 の加算点 5 8 D から供給される信号がモーメント J_L による回転部 6 0 A を介して積分部 6 0 B 及び減速機 4 8 の減算点 5 8 F に供給され、積分部 6 0 B の出力が第 2 検出部 3 3 B で検出される回転角 θ_L に対応する信号として演算装置 1 6 の合成部 5 2 及び減速機 4 8 の減算点 5 8 B に供給される。

図 4 は、回転角 θ_L 及び θ_M に対応する信号から第 2 回転軸 1 8 B の正確な回転角に対応する信号を求める合成部 5 2 の一例を示す。図 4 において、回転角 θ_L に対応する信号は、所定のカットオフ周波数よりも低い周波数域 F_1 の信号を通過させるローパスフィルタ部 6 8 D 及び所定のゲイン α の乗算部 6 8 A に供給され、回転角 θ_M に対応する信号は、所定のゲイン β の乗算部 6 8 B に供給される。また、乗算部 6 8 A 及び 6 8 B の出力信号が加算点 6 8 C で加算され、加算された信号が所定のカットオフ周波数よりも高い周波数域 F_2 の信号を通過させるハイパスフィルタ部 6 8 E に供給され、フィルタ部 6 8 D 及び 6 8 E の出力信号を加算点 6 8 F で加算した信号（以下、信号 y_{FS-SRC} という）が図 3 の制御装置 2 4 に供給される。合成部 5 2 を使用することによって、2 つの回転角 θ_L 及び θ_M から第 2 回転軸 1 8 B（被駆動部 5 0）の実際の回転角（減速機 4 8 におけるバックラッシュの影響等を含めた正確な回転角）に対応する信号 y_{FS-SRC} （位置情報又はモータ部 1 4 の駆動量に関する情報）が高精度に求められる。

【 0 0 2 7 】

なお、合成部 5 2 としては、例えば回転角 θ_M を減速機 4 8 の既知の減速比で小さくした値と、回転角 θ_L との加重平均に相当する信号を生成する回路を使用することもできる。この場合、回転角 θ_M をその減速比で小さくした値の重みよりも、回転角 θ_L の重みを大きくしてもよい。

また、減速機 4 8 を弾性部材とみなすことも可能であるため、駆動装置 1 0（もしくはエンコーダ部 1 2）は上記した 2 つの回転角 θ_L 及び θ_M の差分を用いて、被駆動部 5 0 から減速機 4 8 に作用する負荷のトルクを求めることもできる。この負荷のトルクを求める回路を演算装置 1 6 内に設けてもよい。

図 3 において、被駆動部 5 0 からモータ部 1 4 への負荷を表すトルク τ_L は、仮想的に弾性部材 3 2 の伝達関数 $(-1 / (J_{all} s^2 + C_B s + K_B))$ を表すブロック 6 2 A によって、ベース部材 3 0 A に対するモータ部 1 4 の回転角 θ_B に変換され、この回転角 θ_B が第 3 検出部 3 3 C によって検出されて演算装置 1 6 に供給されている。演算装置 1 6 において、回転角 θ_B に対応する信号は、実質的にブロック 6 2 A と逆の伝達関数 $(J_{all} s^2 + C$

10

20

30

40

50

$Bs + K_B / D(s)$ (関数 $D(s)$ は例えば実測等に基づいて定められる補正用の関数) の特性を持つトルク復元部 62B 及びローパスフィルタ部 62C に供給される。ローパスフィルタ部 62C の出力信号は減算点 62F に供給され、トルク復元部 62B で復元されたトルク τ_{LB} に対応する信号は減算点 62D に供給される。減算点 62D で、予め設定されているトルクの参照値 τ_{Lref} に対応する信号から復元されたトルク τ_{LB} に対応する信号を減算して得られる信号 (トルクの差分 $\Delta\tau$ に対応する信号) が、次の伝達関数 $G_{imp}(s)$ で表される特性を持つブロック (以下、インピーダンス部という) 62E を介して減算点 62F に供給される。なお、式 (1) において、係数 J_{imp} はモーメント、係数 C_{imp} は粘性比例係数、係数 K_{imp} は剛性を示す。これらの係数は演算装置 16 内でソフトウェア的に変更することができる。

10

【0028】

伝達関数 $G_{imp}(s) = 1 / (J_{imp}s^2 + C_{imp}s + K_{imp}) \dots (1)$

インピーダンス部 62E は、負荷のトルク τ_L の変動に対してモータ部 14 の回転角 θ_B の変化 (ひいては第 2 回転軸 18B (被駆動部 50) の回転角の目標値からの変化) を抑制するために使用される。例えば係数 K_{imp} を大きく設定すると、負荷トルク τ_L の変動に対してモータ部 14 が固くなり、回転角 θ_B の変化が小さくなる。一方、係数 K_{imp} を小さく設定すると、負荷トルク τ_L の変動に対してモータ部 14 が柔らかくなり、回転角 θ_B の変化が大きくなる。それらの係数は駆動装置 10 の用途等に応じて最適な値に設定される。

【0029】

また、減算点 62F において、インピーダンス部 62E から出力される信号に目標回転角設定部 66 から出力される被駆動部 50 の目標回転角に対応する信号 r を加算し、この加算された値からローパスフィルタ部 62C から出力される信号を減算して得られる信号 (被駆動部 50 の目標回転角 θ_{Lref} に対応する信号) が制御装置 24 の減算点 64A 及びフィードフォワード部 64D に供給される。

20

【0030】

制御装置 24 において、減算点 64A には合成部 52 から被駆動部 50 の正確な回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} も供給され、減算点 64A で目標回転角 θ_{Lref} に対応する信号から信号 y_{FS-SRC} を減算して得られる信号 e がフィードバック部 64B に供給される。フィードフォワード部 64D 及びフィードバック部 64B の伝達関数 $C_{FF}(s)$ 及び $C_{FB}(s)$ は任意である。フィードフォワード部 64D 及びフィードバック部 64B の出力信号 u_{FF} 及び u_{FB} を加算点 64C で加算して得られる信号 u (トルク指令値 τ_M に対応する信号) がモータ部 14 の減算点 56A に供給される。

30

【0031】

次に、本実施形態の駆動装置 10 の制御方法の一例につき図 5 のフローチャートを参照して説明する。まず、図 5 のステップ 102 において、制御装置 24 内の目標回転角設定部 66 内の出力部に被駆動部 50 の目標回転角が入力される。そして、ステップ 104 において、その出力部から目標回転角に対応する信号 r が制御装置 24 を介してモータ部 14 に供給され、モータ部 14 が第 1 回転軸 18A の駆動を開始する。また、ステップ 106 において、第 1 検出部 33A が第 1 回転軸 18A の回転角 θ_M の検出を行い、ステップ 108 において、第 2 検出部 33B が第 2 回転軸 18B の回転角 θ_L の検出を行い、ステップ 110 において、第 3 検出部 33C がモータ部 14 の回転角 θ_B の検出を行う。なお、ステップ 106 ~ 110 の動作は所定周期で実質的に並行に実行されている。

40

【0032】

そして、ステップ 112 において、演算装置 16 内の合成部 52 が回転角 θ_M , θ_L を用いて被駆動部 50 の実際の回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} を求め、ステップ 114 において、演算装置 16 内のトルク復元部 62B が回転角 θ_B を用いて負荷のトルク τ_{LB} を算出 (復元) する。次のステップ 116 において、インピーダンス部 62E 及び減算点 62F において、負荷のトルク τ_{LB} 及び回転角 θ_B を用いて、被駆動部 50 の目標回転角 θ_{Lref} に対応する信号 (モータ部 14 の駆動量の補正值) が求められる。さらに、ステップ 118 において、制御装置 24 が、被駆動部 50 の目標回転角に対応する信号 r 、実際の回転角

50

に対応する信号 y_{FS-SRC} 、及び目標回転角 θ_L^{ref} に対応する信号を用いて、モータ部 14 のトルク指令値 τ_M に対応する信号（駆動量）を求め、この信号をモータ部 14 に供給する（駆動量を設定する）ことで、負荷のトルク τ_L による被駆動部 50 の回転角の変化を抑制するようにモータ部 14 が第 1 回転軸 18 A を駆動する。

【0033】

次のステップ 120 でモータ部 14 を停止しない場合には、ステップ 122 において、目標回転角設定部 66 が目標回転角を更新して（目標回転角は時間によって変化するため、時間の経過によって次々に新しい目標回転角が設定される）、動作はステップ 104 に戻り、ステップ 122 でモータ部 14 を停止する場合には、動作はステップ 124 に移行してモータ部 14 が停止される。このように駆動装置 10 によれば、エンコーダ部 12 の第 3 検出部 33 B で検出される回転角 θ_B を用いて負荷のトルク τ_{LB} を算出し、算出したトルク τ_{LB} を用いて、目標回転角 θ_L^{ref} に対応する信号を求め、この信号でモータ部 14 の駆動量を補正している。このため、負荷のトルク τ_L の変動が大きい場合でも、モータ部 14 を大出力にして、かつ第 2 回転軸 18 B（被駆動部 50）の回転角を目標値に高精度に制御できる。また、例えば駆動装置 10 の組立調整時に、その算出される負荷のトルク τ_{LB} が所定の許容範囲内に収まるように、第 2 回転軸 18 B に負荷を与えてもよい。これによって、組立調整時にモータ部 14 に大きい負荷がかかることを防止できる。

【0034】

上述のように、本実施形態のエンコーダ部 12 は、ベース部材 30 A（固定部）に対して弾性部材 32 を介して連結されて第 1 回転軸 18 A（第 1 変位部）を駆動するモータ部 14 と、第 1 回転軸 18 A の回転角を変換して第 2 回転軸 18 B（第 2 変位部）に伝達する減速機 48（伝達部）とを備える駆動装置 10 に設けられるエンコーダである。そして、エンコーダ部 12 は、第 1 回転軸 18 A の回転角 θ_M （第 1 変位情報）を検出する第 1 検出部 33 A と、第 2 回転軸 18 b の回転角 θ_L （第 2 変位情報）を検出する第 2 検出部 33 B と、ベース部材 30 A に対するモータ部 14 の回転角 θ_B （第 3 変位情報）を検出する第 3 検出部 33 C と、回転角 θ_M 及び θ_L を用いて、第 2 回転軸 18 B（被駆動部 50）の実際の回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} （モータ部 14 の駆動量に関する情報）を求め、回転角 θ_B を用いてモータ部 14 に対する負荷のトルク τ_{LB} を求める（演算によって求める）演算装置 16 と、を備えている。

【0035】

エンコーダ部 12 によれば、1 つの第 3 検出部 33 C の検出信号を用いて、ベース部材 30 A からモータ部 14 に加わる負荷、すなわち被駆動部 50 からモータ部 14 に加わる負荷のトルク τ_{LB} を求めることができる。また、第 3 検出部 33 C は減速機 48 及び第 2 回転軸 18 B（被駆動部 50）から離れた位置に設置されている。このため、第 2 回転軸 18 B（出力軸）の回転角のばらつき、及び第 2 回転軸 18 B のグリスによる摩擦などであっても、簡単な構成で高精度にモータ部 14 に対する負荷を検出できる。

【0036】

また、本実施形態の駆動装置 10 は、ベース部材 30 A と、第 1 回転軸 18 A を駆動するモータ部 14 と、ベース部材 30 A に対してモータ部 14 を変位可能に連結する弾性部材 32 と、第 1 回転軸 18 A の回転角を変換して第 2 回転軸 18 B を駆動する減速機 48 と、第 1 回転軸 18 A の回転角 θ_M を検出する第 1 検出部 33 A と、第 2 回転軸 18 b の回転角 θ_L を検出する第 2 検出部 33 B と、ベース部材 30 A に対するモータ部 14 の回転角 θ_B を検出する第 3 検出部 33 C と、回転角 θ_M 及び θ_L を用いて、第 2 回転軸 18 B の実際の回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} を求め、回転角 θ_B を用いてモータ部 14 に対する負荷のトルク τ_{LB} を求める演算装置 16 と、演算装置 16 で求められた情報（信号 y_{FS-SRC} 及び負荷のトルク τ_{LB} ）を用いてモータ部 14 を制御する制御装置 24 とを備えている。

【0037】

また、本実施形態の制御システムは、駆動装置 10 の制御システムであって、回転角 θ_M 、 θ_L 及び θ_B 検出する第 1～第 3 検出部 33 A、33 B、33 C と、回転角 θ_M 及び θ_L

10

20

30

40

50

を用いて、第2回転軸18Bの実際の回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} を求め、回転角 θ_B を用いてモータ部14に対する負荷のトルク τ_{LB} を求める演算装置16と、演算装置16で求められた情報(信号 y_{FS-SRC} 及び負荷のトルク τ_{LB})を用いてモータ部14を制御する制御装置24とを備えている。

【0038】

また、本実施形態の制御方法は、駆動装置10の制御方法であって、第1回転軸18Aの回転角 θ_M を検出するステップ106と、第2回転軸18bの回転角 θ_L を検出するステップ108と、モータ部14の回転角 θ_B を検出するステップ110と、回転角 θ_M 及び θ_L を用いて、第2回転軸18Bの実際の回転角に対応する信号 y_{FS-SRC} を求めるステップ112と、回転角 θ_B を用いてモータ部14に対する負荷のトルク τ_{LB} を求めるステップ114と、その求められた情報(信号 y_{FS-SRC} 及び負荷のトルク τ_{LB})を用いてモータ部14を制御するステップ118とを有する。

10

【0039】

本実施形態の駆動装置10、制御システム、及び制御方法によれば、エンコーダ部12によってモータ部14に対する負荷のトルク τ_{LB} を高精度に求めることができる。さらに、その負荷のトルク τ_{LB} を用いてモータ部14の駆動量を補正することによって、その負荷が大きく変動する場合でもモータ部14を大出力にして、かつ第2回転軸18B(出力軸)の回転角を高精度に目標値に制御できる。

【0040】

また、駆動装置10において、エンコーダ部12によって第2回転軸18B(被駆動部50)の回転角を高精度に検出するためには、ベース部材30Aとモータ部14との間に高い剛性があり、モータ部14の回転角の変化が小さいことが望ましい。一方、モータ部14に対する負荷のトルクを高精度に検出するためには、ベース部材30Aとモータ部14との間の剛性を低下させて、ベース部材30Aとモータ部14とがある程度相対回転することが望ましい。本実施形態では、ベース部材30Aに対して弾性部材32を介してモータ部14を連結しているため、ベース部材30Aとモータ部14との間の実際の剛性は低下している。また、ベース部材30Aとモータ部14との間の剛性の低下によるエンコーダ部12による第2回転軸18Bの回転角の検出精度の低下を抑制するために、ベース部材30Aに対するモータ部14の回転角 θ_B を第3検出部33Cで検出し、その回転角 θ_B を用いてモータ部14に対する負荷のトルク τ_{LB} を求めている。このため、第1検出部33A及び第2検出部33Bの検出結果から求めた第2回転軸18Bの回転角をその負荷のトルク τ_{LB} を用いて補正するか、又はその負荷のトルク τ_{LB} に応じてモータ部14の駆動量を補正することによって、第2回転軸18Bの回転角を高精度に検出できるか、又は第2回転軸18Bの回転角を目標回転角に高精度に制御できる。

20

30

【0041】

なお、上述の実施形態では検出部33A~33Cとして反射型又は透過型の光学式の検出器が使用されている。その他に、検出部として磁気方式又は静電容量方式等の検出器を使用してもよい。さらに、検出部33A~33Cは回転板34A~34Cを有するが、回転軸18A、18Bの端部18Aa、18Ba及びモータケース30Dの保持部材30E等を回転板として使用してもよい。すなわち、端部18Aa、18Ba及び保持部材30Eの表面に回転方向の位置を示す着磁パターン又は反射パターン等を形成しておき、その回転情報を磁気センサ又は受光素子等を含む検出部で検出してもよい。

40

また、弾性部材32は、図2(A)のような構成の他に、例えば第1回転軸18Aの中心軸を通る直線の回りに巻回されたスプリングのような任意の形状の弾性部材やゴムのような弾性を有する高分子物質の弾性部材を使用できる。

【0042】

次に、上述の実施形態の変形例につき図10及び図11を参照して説明する。図10及び図11において、図1及び図2に対応する部分には同一又は類似する符号を付してその詳細な説明を省略する。

図10は、この変形例の駆動装置10Dを示し、図11は、図10中の弾性部材32Eを

50

示す。図 10 において、駆動装置 10D は、例えばロボット装置が設置された工場の床面（不図示）に不図示の支持部材（例、アームなど）を介して固定されたベース部材（固定部）30B1 と、ベース部材 30B1 に対して回転軸受 28D を介して回転可能に指示された第 2 回転軸 18B（出力軸又は第 2 移動軸）と、第 2 回転軸 18B に対して減速機 48B を介して連結された第 1 回転軸 18A（第 1 移動軸）と、ベース部材 30B1 に連結された保持部材 30E1 に支持されて第 1 回転軸 18A を回転駆動するモータ部 14C と、ベース部材 30B1 に対してモータ部 14C（保持部材 30E1）を変位可能に連結する弾性部材（弾性体）32E と、第 1 回転軸 18A の回転を停止させるためのブレーキ 48C と、回転軸 18A、18B の回転角及び回転速度等の回転情報及びモータ部 14C に加わる上述の負荷を検出するエンコーダ部とを備えている。

10

【0043】

また、保持部材 30E1 に対して回転可能に第 1 回転軸 18A が支持され、回転軸 18A、18B はそれぞれその中心軸（Z 軸に平行な軸）の回りに回転可能である。一例として、モータ部 14C は 3 相交流モータであるが、モータ部 14C としては直流モータ等も使用できる。

本変形例のエンコーダ部も、モータ部 14C に対する第 1 回転板 34A（第 1 回転軸 18A）の θz 方向のエンコーダ情報を求めるための第 1 検出部 33A、モータ部 14C に対する第 2 回転板 34B（第 2 回転軸 18B）の θz 方向のエンコーダ情報を求めるための第 2 検出部 33B、及びベース部材 30B1 に対する第 3 回転板 34C（及びモータ部 14C）の θz 方向のエンコーダ情報 S1C を求める第 3 検出部 33C を備える。第 1 回転板 34A は第 1 回転軸 18A に連結され、第 2 回転板 34B は第 2 回転軸 18B に連結されている。また、第 1 検出部 33A の光源及び受光素子、並びに第 2 検出部 33B の光源及び受光素子は、保持部材 30E1 に連結された基板 38A に設けられている。また、第 2 回転板 34B の側面（+Z 方向の面）はカバー部材 30P で覆われている。

20

【0044】

さらに、第 3 回転板 34C は弾性部材 32E に固定され、第 3 検出部 33C の光源及び受光素子は基板 38C を介して保持部材 30E1 に支持されている。なお、第 3 回転板 34C の回転範囲は 1 回転より小さいため、第 3 回転板 34C としては、回転方向の位置を検出するためのパターンが形成された半円程度の板を使用してもよい。

図 11 に示すように、弾性部材 32E は、図 10 の保持部材 30E1 に固定される内側の輪帯部（例、第 1 の要素）32Ea と、図 10 のベース部材 30B1 に固定される外側の輪帯部（例、第 2 の要素）32Eb と、内側及び外側の輪帯部を半径方向に連結する複数（例えば 3 個、4 個、5 個など）の板ばね部（例、第 3 の要素）32Ec とを有する。その板ばね部 32Ec は中心軸（例、回転軸 18A、18B の中心軸と一致する軸）の回りに所定範囲で弾性変形が可能である。このため、弾性部材 32E によって、保持部材 30E1 内のモータ部 14C はベース部材 30B1 に対して、その中心軸（例えば回転軸 18A、18B の中心軸と一致する軸）の回り、又は Z 軸に平行な軸の軸回りの回転方向（ θz 方向）に所定範囲で + θz 方向又は - θz 方向に回転可能である。また、パターンを有する第 3 回転板 34C は弾性部材 32E の内側の輪帯部 32Ea に連結されている。弾性部材 32E の板ばね部 32Ec の剛性を高めることによって、ベース部材 30B1 に対するモータ部 14C の θz 方向の相対回転角の範囲を小さくすることができる。この他の構成等は第 1 の実施形態と同様である。

30

40

【0045】

この変形例によれば、上述の実施形態と同様にエンコーダ部によってモータ部 14C に対する負荷のトルク τ_{LB} を高精度に求めることができる。さらに、その負荷のトルク τ_{LB} を用いてモータ部 14C の駆動量を補正することによって、その負荷が大きく変動する場合でもモータ部 14C を大出力にして、かつ第 2 回転軸 18B（出力軸）の回転角を高精度に目標値に制御できる。

【0046】

次に、第 2 の実施形態につき図 6 を参照して説明する。なお、図 6 において、図 1 に対応

50

する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

図 6 は、本実施形態に係る駆動装置 10 A を示す。図 6 において、駆動装置 10 A は、例えば駆動装置 10 A が設置された工場の床面（不図示）に固定されたベース部材（固定部）31 A と、第 1 回転軸 18 A を駆動するモータ部 14 A と、ベース部材 31 A に対して変位可能にモータ部 14 A を連結する弾性部材 32 A と、第 1 回転軸 18 A の回転を減速して第 2 回転軸 18 B に伝達する減速機 48 A と、回転軸 18 A, 18 B の回転情報及びモータ部 14 A に加わる負荷を検出するエンコーダ部 12 A とを備えている。

【0047】

本実施形態においても、第 1 回転軸 18 A の中心軸に平行に Z 軸を取って説明する。ベース部材 31 A は、円筒状の支持部材 31 B と、支持部材 31 B の - Z 方向の端部を覆う押さえ部材 31 C とを有する。また、モータ部 14 A は、円筒状で両端が塞がれた保持部材 30 E（図 1 の押さえ部材 30 F を含む）と、保持部材 30 E の - Z 方向の端部に固定され、円筒状で内部に段差が形成された保持部材 31 D とを有するモータケース 30 D と、モータケース 30 D の中央部を囲むように設けられたリング状の連結部材 30 J と、モータケース 30 D の内面に固定されたコイル 22 と、第 1 回転軸 18 A の外面に固定されたマグネット 20 とを有する。保持部材 30 E の両端にそれぞれスラスト軸受 29 A, 29 B 及び回転軸受 28 E, 28 F を介して第 1 回転軸 18 A が、この中心軸の軸回りである Z 軸に平行な軸の軸回り（ θ z 方向）に回転可能に支持されている。

【0048】

また、ベース部材 31 A の支持部材 31 B の内面に回転軸受 28 A, 28 B を介して、モータ部 14 A のモータケース 30 D が θ z 方向に回転可能に支持されている。さらに、モータ部 14 A の連結部材 30 が、支持部材 31 B の内面の凹部に 2 つのスラスト軸受 28 G, 28 H に挟まれて、 θ z 方向に回転可能に、かつ Z 方向に移動できない状態で支持されている。

【0049】

また、保持部材 31 D の - Z 方向の端部に円筒状の連結部材 30 L を介して円板状の連結部材 31 E が固定され、押さえ部材 31 C の + Z 方向の面と、連結部材 31 E の - Z 方向の面とが、例えば θ z 方向に巻回されたスプリングよりなる弾性部材 32 A によって連結されている。弾性部材 32 A によって、ベース部材 31 A に対してモータ部 14 A（連結部材 31 E）は所定範囲内で + θ z 方向又は - θ z 方向に回転可能に支持されている。弾性部材 32 A の剛性を高めることによって、ベース部材 31 A に対するモータ部 14 A の θ z 方向の相対回転角の範囲を小さくすることができる。

【0050】

また、モータケース 30 D の + Z 方向の側面に円筒状の支持部材 30 G が固定され、支持部材 30 G の + Z 方向の面に固定された取り付け部材 30 H の内面に回転軸受 28 I を介して、第 1 回転軸 18 A の + Z 方向の端部に連結された減速機 48 A の入力軸 46 A が回転可能に支持されている。さらに、取り付け部材 30 H の内面の + Z 方向側の部分に回転軸受 28 D 及びスラスト軸受 29 C を介して減速機 48 A が回転可能に支持され、減速機 48 A の出力軸に第 2 回転軸 18 B の + Z 方向の端部が連結されている。減速機 48 A の + Z 方向の面（第 2 回転軸 18 B の + Z 方向の端部）に被駆動部（不図示）が連結されている。

【0051】

さらに、第 2 回転軸 18 B の + Z 方向の端部は、固定部材 30 I 及び回転軸受 28 J を介して入力軸 46 A の内面に θ z 方向に回転可能に支持されている。また、第 2 回転軸 18 B の - Z 方向の端部が、固定部材 30 M 及び回転軸受 28 C を介して連結部材 30 L の内面に θ z 方向に回転可能に支持されている。

また、第 1 回転軸 18 A の - Z 方向の端部に固定された支持部材 30 K、及び第 2 回転軸 18 B の - Z 方向の端部に、それぞれ反射型で回転型の検出パターンが形成された輪帯状及び円板状の第 1 回転板 34 A 及び第 2 回転板 34 B が取り付けられている。さらに、ベース部材 31 A の連結部材 31 E の + Z 方向の面に、反射型で回転型の検出パターンが形

10

20

30

40

50

成された輪帯状の第 3 回転板 3 4 C が取り付けられている。

【 0 0 5 2 】

本実施形態のエンコーダ部 1 2 A は、第 1 回転板 3 4 A と、第 1 回転板 3 4 A のパターンに検出光を照射する光源 4 0 A と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 4 2 A と、受光素子 4 2 A の検出信号を処理してモータ部 1 4 に対する回転板 3 4 A（及び第 1 回転軸 1 8 A）の θ z 方向のエンコーダ情報 S 1 A を求める処理回路 4 4 A とを含む第 1 検出部 3 3 A、及び第 2 回転板 3 4 B と、第 2 回転板 3 4 B のパターンに検出光を照射する光源 4 0 B と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 4 2 B と、受光素子 4 2 B の検出信号を処理してモータ部 1 4 A に対する回転板 3 4 B（及び第 2 回転軸 1 8 B）の θ z 方向のエンコーダ情報 S 1 B を求める処理回路 4 4 B とを含む第 2 検出部 3 3 B を有する。

10

【 0 0 5 3 】

また、エンコーダ部 1 2 A は、第 3 回転板 3 4 C と、第 3 回転板 3 4 C のパターンに検出光を照射する光源 4 0 C と、そのパターンからの光（例、反射光）を受光する受光素子 4 2 C と、受光素子 4 2 C の検出信号を処理してベース部材 3 1 A に対する回転板 3 4 C（及びモータ部 1 4 A）の θ z 方向のエンコーダ情報 S 1 C を求める処理回路 4 4 C とを含む第 3 検出部 3 3 C を有する。光源 4 0 A、受光素子 4 2 A、及び処理回路 4 4 A は保持部材 3 1 D に支持され、光源 4 0 B、受光素子 4 2 B、及び処理回路 4 4 B は連結部材 3 0 L に支持されている。光源 4 0 C、受光素子 4 2 C、及び処理回路 4 4 C は連結部材 3 1 E に支持されている。この他の構成は第 1 の実施形態と同様である。

20

【 0 0 5 4 】

すなわち、検出部 3 3 A ~ 3 3 C のエンコーダ情報 S 1 A、S 1 B、S 1 C は演算装置 1 6 に供給され、演算装置 1 6 は、そのエンコーダ情報 S 1 A、S 1 B を用いて第 2 回転軸 1 8 B の実際の回転角の情報を求め、エンコーダ情報 S 1 C を用いてベース部材 3 1 A からモータ部 1 4 A に加わる負荷（ひいては被駆動部からモータ部 1 4 A に加わる負荷）のトルクの情報を求め、そのトルクの情報からモータ部 1 4 A の駆動量の補正值の情報を求め、求めた情報を制御装置 2 4 に供給する。制御装置 2 4 は、演算装置 1 6 から供給される情報を用いてモータ部 1 4 A を駆動する。

【 0 0 5 5 】

本実施形態においても、エンコーダ部 1 2 A は、1 つの第 3 検出部 3 3 C の検出信号を用いて、モータ部 1 4 A に対する負荷（トルク）を求めることができるとともに、第 3 検出部 3 3 C は減速機 4 8 A 及び第 2 回転軸 1 8 B（被駆動部）から離れた位置に設置されている。このため、第 2 回転軸 1 8 B（出力軸）の回転角のばらつき、及び第 2 回転軸 1 8 B のグリスによる摩擦などであっても、簡単な構成で高精度にモータ部 1 4 A に対する負荷を検出できる。そして、駆動装置 1 0 は、この検出結果を用いて第 2 回転軸 1 8 B の回転角を高精度に制御できる。

30

【 0 0 5 6 】

次に、第 3 の実施形態につき図 7 を参照して説明する。なお、図 7 において、図 6 に対応する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

図 7 は、本実施形態に係る駆動装置 1 0 B を示す。図 7 において、駆動装置 1 0 B のベース部材 3 1 A の円筒状の支持部材 3 1 B の内面に回転軸受 2 8 A、2 8 B を介して、モータ部 1 4 A のモータケース 3 0 D が θ z 方向に回転可能に支持されている。さらに、支持部材 3 1 B の内面の回転軸受 2 8 A、2 8 B の中央の位置で、複数（例えば 4 個）の板ばね 3 2 B、3 2 C（他の例えば 2 個の板ばねは不図示）によってモータ部 1 4 A のモータケース 3 0 D が支持されている。板ばね 3 2 B、3 2 C は、モータケース 3 0 D の側面（外周面）側で支持部材 3 1 B の内面側に配置されている。また、図 7 においては、板ばね 3 2 B、3 2 C は、モータケース 3 0 D の側面と支持部材 3 1 B の内面とに接触して固定されている。板ばね 3 2 C、3 2 D（弾性体）によって、ベース部材 3 1 A に対してモータ部 1 4 A（モータケース 3 0 D）は所定範囲内で + θ z 方向又は - θ z 方向に回転可能に支持されている。板ばね 3 2 C、3 2 D の剛性を高めることによって、ベース部材 3 1

40

50

Aに対するモータ部14Aの θz 方向の相対回転角の範囲を小さくすることができる。

【0057】

また、ベース部材31Aの押さえ部材31Cの+Z方向の面の中央部に平板状の支持部材31Fを介して反射型で回転型の検出パターンが形成された円板状の第3回転板34Cが取り付けられている。さらに、第3回転板34Cのパターンに検出光を照射する光源40Cと、そのパターンからの光(例、反射光)を受光する受光素子42Cと、その検出信号を処理する処理回路44Cとが、モータケース30D(モータ部14A)に連結された連結部材30Lに支持されている。本実施形態のエンコーダ部12Aは、第3回転板34Cと、光源40Cと、受光素子42Cと、処理回路44Cとを含み、ベース部材31A(回転板34C)に対するモータ部14Aの θz 方向のエンコーダ情報S1Cを求める第3検出部33Cを有する。この他の構成は第2の実施形態と同様であり、エンコーダ部12Aも第1検出部33A及び第2検出部33Bを有する。

本実施形態においても、エンコーダ部12Aは、1つの第3検出部33Cの検出信号を用いて、モータ部14Aに対する負荷(トルク)を求めることができるとともに、第3検出部33Cは減速機48A及び第2回転軸18B(被駆動部)から離れた位置に設置されている。このため、第2の実施形態と同様の効果が得られる。

【0058】

次に、第4の実施形態につき図8を参照して説明する。なお、図8において、図1に対応する部分には同一の符号を付してその詳細な説明を省略する。

図8は、本実施形態に係る駆動装置10Cを示す。図8において、駆動装置10Cは、L字型のベース部材31Gと、モータ部14Bと、エンコーダ部12Bと、演算装置16Aと、制御装置24Aとを備えている。ベース部材31Gの上面31Gaにリニアガイド31Hを介してモータ部14Bが設置され、モータ部14Bは上面31Gaに平行に配置されたボールねじ18Cを回転駆動する。以下、ボールねじ18Cに平行にZ軸を取って説明する。ボールねじ18Cに対して可動部31Iが螺合され、可動部31Iの上面に可動テーブル31Jが固定され、可動テーブル31Jの上面に被加工物(不図示)が載置される。モータ部14Bでボールねじ18Cを回転駆動することで、可動部31Iを介して可動テーブル31JがZ方向に移動する。ボールねじ18Cは回転軸受(不図示)を介して上面31Gaに支持され、可動部31Iはガイド部材(不図示)に沿って移動する。

【0059】

また、ベース部材31Gの背面31Gbと、モータ部14Bの-Z方向の面とがZ軸に平行な軸の軸回りに巻回されたスプリング状の弾性部材32Dで連結されている。モータ部14Bはリニアガイド31Hに沿ってZ方向に移動可能であり、ベース部材31Gに対してモータ部14Bは弾性部材32DによってZ方向に変位可能に連結されている。弾性部材32Dの剛性を高めることによって、モータ部14BのZ方向の変位範囲を小さくすることができる。

【0060】

また、本実施形態のエンコーダ部12Bは、第1検出部33A、第2検出部33D、及び第3検出部33Eを有する。第1検出部33Aは、ボールねじ18Cに設けられた回転板34Aと、モータ部14Bの支持部材36Bに設けられた光源40A、受光素子42A、及び処理回路44Aとを有し、モータ部14Bに対するボールねじ18C(第1変位部)のZ軸に平行な軸の軸回りの回転角を含むエンコーダ情報S2Aを生成する。また、ベース部材31Gの上面31Gaにそれぞれ不図示の支持部材を介してZ軸に平行に格子パターン等が形成されたスケール部34D及び34Eが配置されている。そして、第2検出部33Dは、スケール部34Dと、可動部31Iに設けられて、スケール部34Dのパターンを読み取る受発光素子部33Daとを有し、モータ部14Bに対する可動テーブル31J(第2変位部)のZ方向の位置を含むエンコーダ情報S2Bを生成する。第3検出部33Eは、スケール部34Eと、モータ部14Bに設けられて、スケール部34Eのパターンを読み取る受発光素子部33Eaとを有し、ベース部材31Gに対するモータ部14BのZ方向の位置を含むエンコーダ情報S2Cを生成する。本実施形態の検出部33D、3

10

20

30

40

50

3 E は光学式のリニアエンコーダである。生成されたエンコーダ情報 S 2 A , S 2 B , S 2 C は演算装置 1 6 A に供給される。

【 0 0 6 1 】

演算装置 1 6 A は、エンコーダ情報 S 2 A , S 2 B を用いて可動テーブル 3 1 J の Z 方向の位置の情報を求め、エンコーダ情報 S 2 C を用いてベース部材 3 1 G からモータ部 1 4 B に加わる負荷（ひいては可動テーブル 3 1 J からモータ部 1 4 B に加わる負荷）の情報を求め、その負荷の情報からモータ部 1 4 B の駆動量の補正值の情報を求め、求めた情報を制御装置 2 4 A に供給する。制御装置 2 4 A は、演算装置 1 6 A から供給される情報を用いてモータ部 1 4 B を駆動する。

【 0 0 6 2 】

本実施形態においても、エンコーダ部 1 2 B は、1 つの第 3 検出部 3 3 E の検出信号を用いて、モータ部 1 4 B に対する Z 方向の負荷を求めることができるとともに、第 3 検出部 3 3 E はボールねじ 1 8 C（第 1 変位部）及び可動テーブル 3 1 J（第 2 変位部）から離れた位置に設置されている。このため、可動テーブル 3 1 J の位置のばらつき、及び可動テーブル 3 1 J とガイド部材（不図示）との間にグリスによる摩擦などがあっても、簡単な構成で高精度にモータ部 1 4 B に対する負荷を検出できる。そして、この検出結果を用いて可動テーブル 3 1 J の位置を高精度に制御できる。

【 0 0 6 3 】

なお、本実施形態において、検出部 3 3 D , 3 3 E としては、光学式の反射型又は透過型のリニアエンコーダの他に、磁気式又は静電容量式等の任意のリニアエンコーダを使用できる。

次に、本実施形態の変形例につき図 1 2 を参照して説明する。図 1 2 において、図 1、図 8、及び図 1 1 に対応する部分には同一又は類似する符号を付してその詳細な説明を省略する。

【 0 0 6 4 】

図 1 2 はこの変形例の駆動装置 1 0 E を示す。図 1 2 において、駆動装置 1 0 E は、L 字型のベース部材 3 1 G 1 と、ベース部材 3 1 G 1 の端部に固定された支持部材 3 1 G 2 と、ベース部材 3 1 G 1 の端部に回転軸受 2 8 D を介して回転可能に配置された連結部材 3 1 G 3 と、連結部材 3 1 G 3 に連結されたモータケース 3 1 G 4 と、モータケース 3 1 G 4 内に保持されたモータ部 1 4 B と、エンコーダ部と、モータ部 1 4 B に回転駆動される第 1 回転軸 1 8 A（第 1 駆動軸）と、第 1 回転軸 1 8 A の回転を停止させるブレーキ 4 8 D と、ベース部材 3 1 G 1（支持部材 3 1 G 2）に対してモータ部 1 4 B（モータケース 3 1 G 4）を変位可能に連結する弾性部材（弾性体）3 2 E と、第 1 回転軸 1 8 A に対してカップリング 1 8 D によって連結されるボールねじ 1 8 C と、を備えている。ボールねじ 1 8 C（第 2 駆動軸）は、ベース部材 3 1 G 1 の上面に 1 対の回転軸受 2 8 A 及び 2 8 B によって Z 軸に平行に支持され、ボールねじ 1 8 C に螺合された可動部 3 1 I の上面に可動テーブル 3 1 J（リニアステージ）が固定されている。

【 0 0 6 5 】

また、本変形例のエンコーダ部も、モータ部 1 4 B に対する第 1 回転板 3 4 A（第 1 回転軸 1 8 A）の Z 軸の軸回りの回転方向（ θz 方向）のエンコーダ情報を求めるための第 1 検出部 3 3 A、モータ部 1 4 B に対するボールねじ 1 8 C の Z 方向の位置及び / 又は速度を含むエンコーダ情報を求めるためのリニアエンコーダよりなる第 2 検出部 3 3 B 1、及びベース部材 3 1 G 1 に対する第 3 回転板 3 4 C（及びモータ部 1 4 B）の θz 方向のエンコーダ情報を求める第 3 検出部 3 3 C を備える。第 1 回転板 3 4 A は第 1 回転軸 1 8 A に連結され、第 2 検出部 3 3 B 1 のスケール部 3 4 B 1 はベース部材 3 1 G 1 の上面に固定され、第 2 検出部 3 3 B 1 の光源及び受光素子は可動部 3 1 I の底面にスケール部 3 4 B 1 に対向するように固定されている。また、第 1 検出部 3 3 A の光源及び受光素子はモータケース 3 1 G 4 に連結された基板に固定され、第 3 検出部 3 3 C の光源及び受光素子は、モータケース 3 1 G 4 に連結された基板に固定されている。

【 0 0 6 6 】

さらに、第3回転板34Cは弾性部材32Eに固定されている。弾性部材32Eによって、モータケース31G4内のモータ部14Bはベース部材31G1（支持部材31G2）に対して、その中心軸（例えば回転軸18Aの中心軸と一致する軸）の回り、又はZ軸に平行な軸の軸回りの回転方向（ θ_z 方向）に所定範囲で $+\theta_z$ 方向又は $-\theta_z$ 方向に回転可能である。また、弾性部材32Eの外側の輪帯部32Ebが支持部材31G2（ベース部材31G1）に連結され、弾性部材32Eの内側の輪帯部32Eaがモータケース31G4に連結され、第3回転板34Cは弾性部材32Eの外側の輪帯部32Ebに連結されている。弾性部材32Eの板ばね部32Ecの剛性を高めることによって、ベース部材31G1に対するモータ部14Bの θ_z 方向の相対回転角の範囲を小さくすることができる。この他の構成等は第1及び第4の実施形態と同様である。

10

【0067】

この変形例によれば、上述の実施形態と同様にエンコーダ部によってモータ部14Bに対する負荷のトルク τ_{LB} を高精度に求めることができる。さらに、その負荷のトルク τ_{LB} を用いてモータ部14Bの駆動量を補正することによって、その負荷が大きく変動する場合でもモータ部14Bを大出力にして、かつボールねじ18C（出力軸）の回転角を高精度に目標値に制御できる。

【0068】

また、上述の各実施形態の駆動装置は各種工作機械又はロボット装置の駆動機構として使用できる。

図9は、上記の実施形態の駆動装置10が使用されたロボット装置RBTを示す斜視図である。なお、図9には、ロボット装置RBTの一部（関節部分）を模式的に示した。以下の説明において、上記した実施形態と同一または同等の構成部分については同一符号を付けて説明を省略または簡略化する。このロボット装置RBTは、第1アームAR1と、第2アームAR2と、関節部JTとを有している。第1アームAR1は、関節部JTを介して、第2アームAR2と接続されている。

20

【0069】

第1アームAR1は、腕部201、軸受201a、及び軸受201bを備えている。第2アームAR2は、腕部202および接続部202aを有する。接続部202aは、関節部JTにおいて、軸受201aと軸受201bの間に配置されている。接続部202aは、第2回転軸18Bと一体的に設けられている。回転軸18Bは、関節部JTにおいて 軸受201aと軸受201bの両方に挿入されている。回転軸18Bのうち軸受201bに挿入される側の端部は、軸受201bを貫通して減速機48に接続されている。

30

【0070】

減速機48は、駆動装置10に接続されており、駆動装置10の第1回転軸18A（図9では不図示）の回転を例えば100分の1等に減速して回転軸18Bに伝達する。図9に図示しないが、駆動装置10の回転軸18Aの端部は、減速機48に接続されている。また、駆動装置10の回転軸18Aの端部には、エンコーダ部12の回転板34A（図1参照）と同様のスケールが取り付けられている。

【0071】

ロボット装置RBTは、駆動装置10を駆動して回転軸18Aを回転させると、この回転が減速機48を介して回転軸18Bに伝達される。回転軸18Bの回転により接続部202aが一体的に回転し、これにより第2アームAR2が、第1アームAR1に対して回転する。その際、エンコーダ部12は、回転軸18Aの角度位置等を検出する。従って、エンコーダ部12からの出力により、第2アームAR2の角度位置を検出することができる。このロボット装置RBTにおいて、エンコーダ部12は負荷（トルク）を検出できるため、その検出された負荷を用いて第2アームAR2の角度位置等を高精度に制御できる。なお、ロボット装置RBTは、上記の構成に限定されず、駆動装置10は、関節を備える各種ロボット装置（例、組立ロボット、人間協調型ロボット等）に適用できる。

40

【符号の説明】

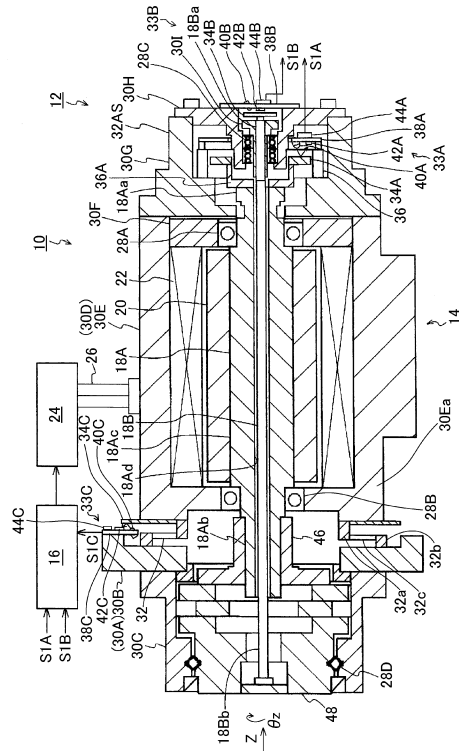
【0072】

50

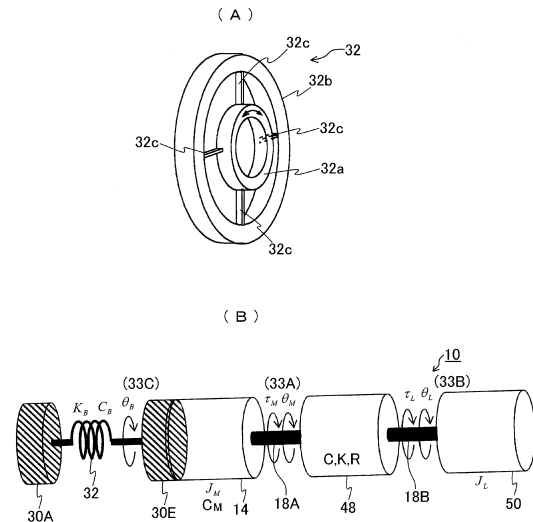
10, 10A ~ 10E ... 駆動装置、12, 12A, 12B ... エンコーダ部、14, 14A ~ 14C ... モータ部、16, 16A ... 演算装置、24, 24A ... 制御装置、18A ... 第1回転軸、18B ... 第2回転軸、20 ... マグネット、22 ... コイル、30A ... ベース部材、32, 32A ~ 32E ... 弾性部材、33A ~ 33C ... 検出部、34A ~ 34C ... 回転板、40A ~ 40C ... 光源、42A ~ 42C ... 受光素子、48, 48A ... 減速機

【図面】

【図1】



【図2】



10

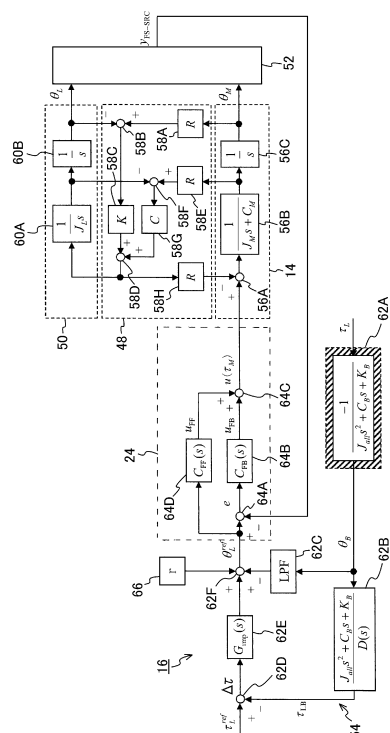
20

30

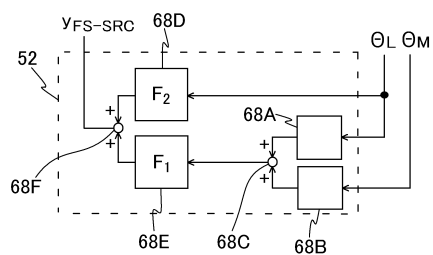
40

50

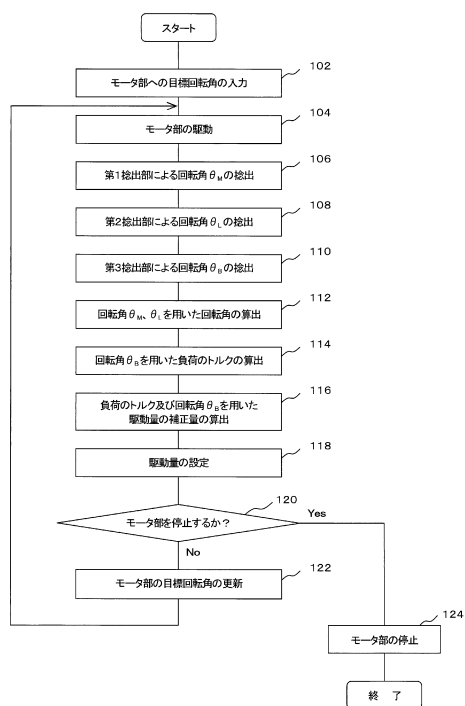
【 図 3 】



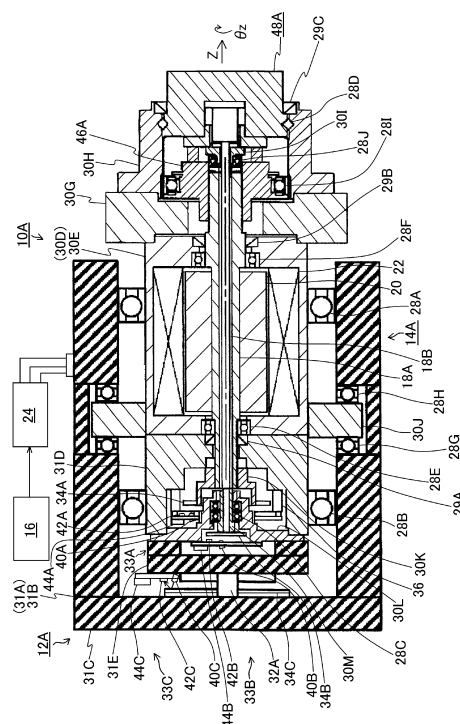
【 図 4 】



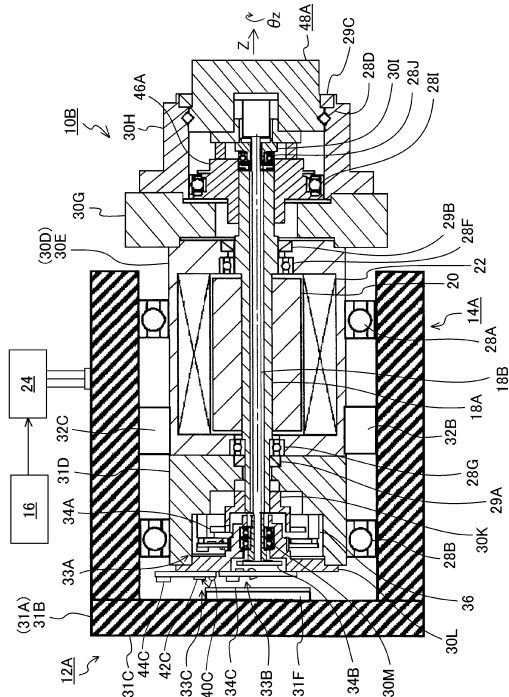
【 図 5 】



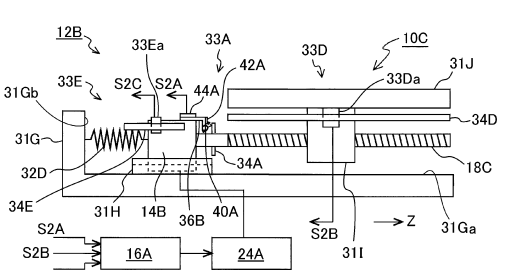
【 図 6 】



【図 7】



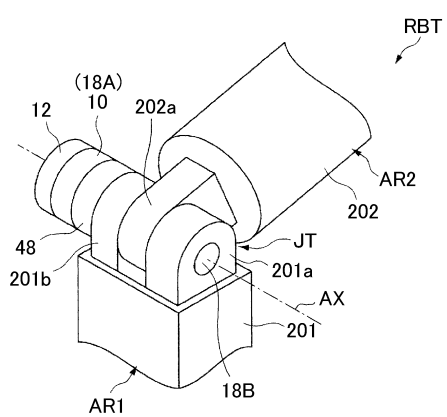
【図 8】



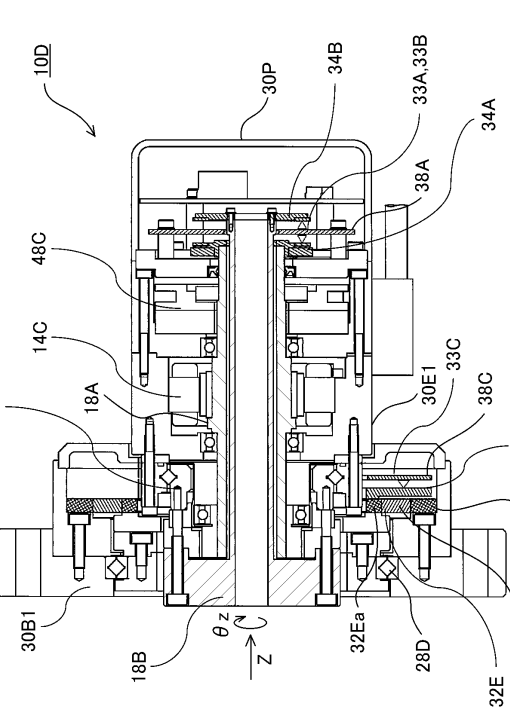
10

20

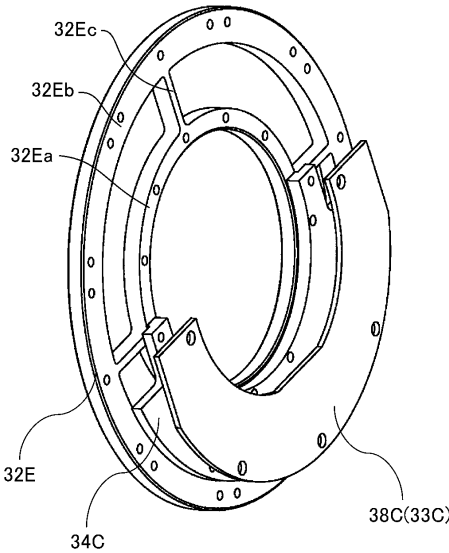
【図 9】



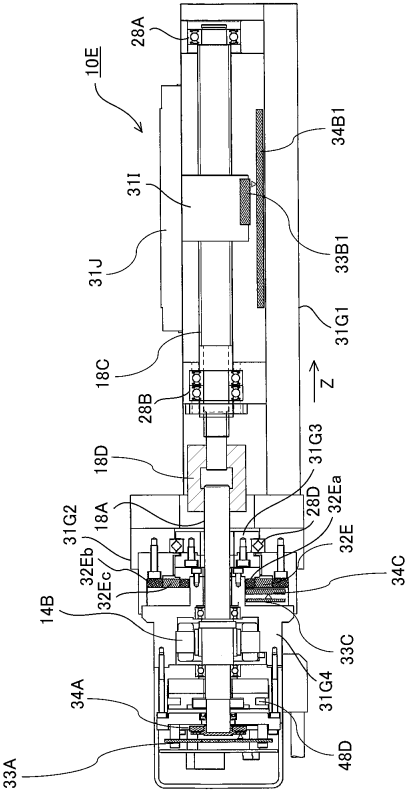
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

 フロントページの続き

(51)国際特許分類		F I		
G 0 1 D	5/26 (2006.01)	G 0 1 D	5/26	C
B 2 5 J	9/10 (2006.01)	B 2 5 J	9/10	A
B 2 5 J	13/08 (2006.01)	B 2 5 J	13/08	Z
B 2 5 J	19/02 (2006.01)	B 2 5 J	19/02	

- (56)参考文献 特許第 5 2 1 4 5 7 8 (J P , B 2)
 特許第 6 2 9 1 4 2 1 (J P , B 2)
 特許第 6 4 8 6 5 1 7 (J P , B 2)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
 G 0 1 L 3 / 1 2
 G 0 1 L 3 / 1 4
 H 0 2 P 2 9 / 0 2
 B 2 5 J 9 / 1 0
 B 2 5 J 1 3 / 0 8
 B 2 5 J 1 9 / 0 2
 G 0 1 D 5 / 1 2
 G 0 1 D 5 / 2 6

本件特許出願に対応する国際特許出願 P C T / J P 2 0 1 9 / 0 3 3 5 9 2 の調査結果が
 利用された。