

(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2021-51098

(P2021-51098A)

(43) 公開日 令和3年4月1日(2021.4.1)

(51) Int.Cl.

G01L 3/14 (2006.01)

F1

G01L 3/14

L

テーマコード(参考)

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2021-3774 (P2021-3774)
 (22) 出願日 令和3年1月13日(2021.1.13)
 (62) 分割の表示 特願2017-13672 (P2017-13672)
 の分割
 原出願日 平成29年1月27日(2017.1.27)

(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 110003133
 特許業務法人近島国際特許事務所
 (72) 発明者 佐藤 修一
 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

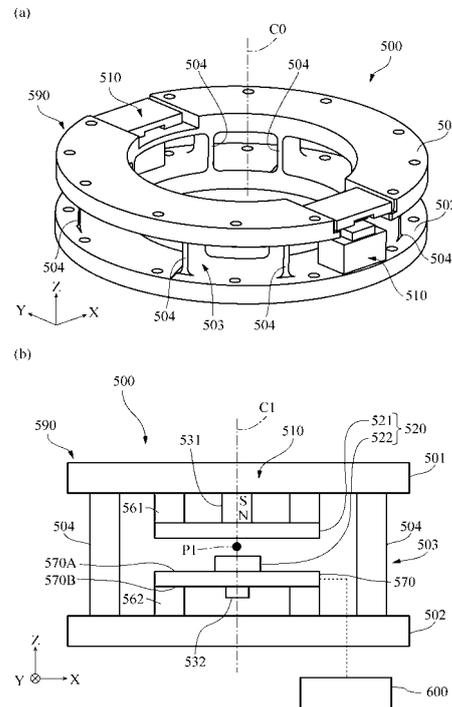
(54) 【発明の名称】 駆動装置、ロボット及びびロボット装置

(57) 【要約】

【課題】 小型で計測精度が向上するセンサを提供する。

【解決手段】 トルクセンサ500は、インクリメンタル形のエンコーダ520と、一対の支持部501、502と、一対の支持部501、502を連結する弾性部503と、を有している。一対の支持部501、502は、互いに対向して配置され、回転軸C0を中心に相対的に変位可能となっている。支持部501には、エンコーダ520のスケール521及び磁束発生源531が支持され、支持部502には、エンコーダ520のヘッド522及び磁電変換素子532が支持されている。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

互いに対向して配置され、相対的に変位可能な第 1 の支持部及び第 2 の支持部と、前記第 1 の支持部に支持されたスケール、及び前記第 2 の支持部に支持されたヘッドを有するインクリメンタル形のエンコーダと、

前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部のうち一方に支持された磁束発生源と、前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部のうち他方に支持された磁電変換素子と、を備えたことを特徴とするセンサ。

【請求項 2】

前記スケール、前記ヘッド、前記磁電変換素子及び前記磁束発生源は、前記第 1 の支持部と前記第 2 の支持部との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のセンサ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、センサ、及びセンサを有するロボットに関する。

【背景技術】

【0002】

物品の生産の用途にロボットプログラムに従って動作するロボットが用いられている。組立動作が要求される物品の生産に関しては、ロボットにトルクセンサを配置し、関節に作用するトルクを計測してロボットの動作を制御する制御方法が用いられている。この種のトルクセンサでは、微小変位を低ノイズで測定できるインクリメンタル形のエンコーダを用いることで、高剛性かつ高分解能なトルクセンサを実現することができる。インクリメンタル形のエンコーダを用いた場合、スケールおよびヘッドの初期位置を起点とする変位の相対量を計測する。このため、ロボットが物体に衝突するなどの原因で変位量を見失うことがある。そこで、インクリメンタル形のエンコーダと、変位量の絶対量を計測可能なアブソリュート形のエンコーダの 2 つを搭載したトルクセンサが提案されている（非特許文献 1 参照）。非特許文献 1 では、アブソリュート形のエンコーダで適宜インクリメンタル形のエンコーダの値を補償している。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献 1】川上智弘，鮎澤光，神永拓，黒崎浩介，オット・クリスティアン，中村仁彦：“ロボットのトルク制御関節のためのリニアエンコーダを用いた高剛性トルクセンサの開発”第 14 回ロボティクスシンポジウム予稿集，pp. 120 - 125，2009。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、インクリメンタル形のエンコーダとアブソリュート形のエンコーダの 2 つのエンコーダを用いる場合、各エンコーダのスケールとヘッドとの間に障害物が無い状態でそれぞれ対向して配置する必要がある。このため、各エンコーダの配置の制約により、センサが大型化する問題があった。

【0005】

そこで、本発明は、小型で計測精度が向上するセンサを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明のセンサは、互いに対向して配置され、相対的に変位可能な第 1 の支持部及び第 2 の支持部と、前記第 1 の支持部に支持されたスケール、及び前記第 2 の支持部に支持されたヘッドを有するインクリメンタル形のエンコーダと、前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部のうち一方に支持された磁束発生源と、前記第 1 の支持部及び前記第 2 の支持部

のうち他方に支持された磁電変換素子と、を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、アブソリュート形のエンコーダを用いる場合と比較して磁束発生源及び磁電変換素子の配置の制約が軽減され、小型な構成で計測精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態に係るロボットシステムを示す説明図である。

【図2】第1実施形態におけるロボットアームの関節を示す部分断面図である。

10

【図3】第1実施形態におけるロボットアームの関節の制御系を示すブロック図である。

【図4】(a)は第1実施形態に係るトルクセンサの斜視図である。(b)は第1実施形態に係るトルクセンサの要部を示す模式図である。

【図5】(a)はスケールの平面図、(b)はヘッドの平面図、(c)はスケール及びヘッドの断面図である。

【図6】(a)は第1実施形態におけるトルクセンサの制御系を示すブロック図である。

(b)は演算装置の機能ブロック図である。

【図7】(a)は磁電変換素子の出力を計測するための回路を示す模式図である。(b)は演算装置における演算処理を説明するための図である。

【図8】(a)はエンコーダのヘッドが出力する電圧信号を説明するための図である。(b)は一对の支持部の相対的な変位量を求める処理を説明するための図である。

20

【図9】第2実施形態に係るトルクセンサの要部を示す模式図である。

【図10】(a)は第2実施形態のシミュレーション結果を示す磁場の平面図である。(b)はシミュレーション結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

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。

[第1実施形態]

図1は、第1実施形態に係るロボットシステムを示す説明図である。図1に示すように、ロボットシステム100は、ロボット200と、ロボット制御装置300とを備えている。ロボット200は、第1のワークを第2のワークに組み付けるなど、物品の製造に用いられる。ロボット200は、ロボットアーム201と、エンドエフェクタの一例であるロボットハンド202とを備えている。ロボットアーム201は、垂直多関節のロボットアームである。ロボットアーム201の基端である固定端201Aが架台150に固定されている。ロボットアーム201の先端である自由端201Bには、ロボットハンド202が取り付けられている。ロボットアーム201は、複数のリンク210, 211, 212, 213を有し、これらリンク210, 211, 212, 213が関節J1, J2, J3で回転可能に連結されている。ロボットアーム201の各関節J1~J3には駆動装置230が設けられている。各関節J1~J3の駆動装置230は、必要なトルクの大きさに合わせて適切な出力のものが用いられる。以下、ロボットアーム201において、関節J1を例に代表して説明し、他の関節J2, J3については、サイズや性能が異なる場合もあるが、同様の構成であるため、説明を省略する。

30

40

【0010】

図2は、第1実施形態におけるロボットアーム201の関節J1を示す部分断面図である。駆動装置230は、駆動源である電動のモータ141と、モータ141の回転軸部142に接続され、回転軸部142の回転を減速して出力する減速機143と、センサの一例であるトルクセンサ500と、を有している。モータ141の回転軸部142は、回転軸C0を中心に回転する。リンク210とリンク211とは、クロスローラベアリング147を介して回転可能に連結されている。モータ141は、サーボモータであり、例えばブラシレスDCサーボモータやACサーボモータである。減速機143は例えば波動歯車

50

減速機である。減速機 143 は、モータ 141 の回転軸部 142 に連結された、ウェブジェネレータ 151 と、リンク 211 に固定されたサーキュラスプライン 152 と、を備えている。なお、サーキュラスプライン 152 は、リンク 211 に連結されているが、リンク 211 と一体に形成されていてもよい。また、減速機 143 は、ウェブジェネレータ 151 とサーキュラスプライン 152 との間に配置され、トルクセンサ 500 を介してリンク 210 に連結されたフレクスプライン 153 を備えている。フレクスプライン 153 は、ウェブジェネレータ 151 の回転に対して所定の減速比で減速され、サーキュラスプライン 152 に対して相対的に回転する。したがって、サーキュラスプライン 152 が連結されたリンク 211 は、フレクスプライン 153 がトルクセンサ 500 を介して連結されたリンク 210 に対して、回転軸 C0 まわりに相対的に回転する。トルクセンサ 500 は、リンク 210 と減速機 143 の出力軸との間、即ち第 1 のリンクであるリンク 210 と第 2 のリンクであるリンク 211 との間に配置されている。そして、トルクセンサ 500 は、リンク 210 とリンク 211 との間に作用する回転軸 C0 まわりのトルクを計測し、計測値であるトルク値に応じた電気信号をロボット制御装置 300 に出力する。

【0011】

図 3 は、第 1 実施形態におけるロボットアーム 201 の関節 J1 の制御系を示すブロック図である。駆動装置 230 は、モータ 141 及びロボット制御装置 300 に電氣的に接続された駆動制御装置 260 を有している。駆動装置 230 のトルクセンサ 500 は、ロボット制御装置 300 に電氣的に接続されている。

【0012】

ロボット制御装置 300 は、ロボットシステム全体を統括して制御するものである。即ち、ロボット制御装置 300 は、ロボット 200 の動作を制御する。ロボット 200 の動作の制御には、位置制御と力制御とがある。ロボット制御装置 300 は、位置制御時には、ロボット 200 の手先の位置に基づいて動作指令を生成し、生成した動作指令を駆動制御装置 260 に出力する。ロボット制御装置 300 は、力制御時には、トルクセンサ 500 からの計測値であるトルク値に基づいて動作指令を生成し、生成した動作指令を駆動制御装置 260 に出力する。駆動制御装置 260 は、動作指令に従ってモータ 141 を通電制御してモータ 141 を駆動する。力制御時は、トルクセンサ 500 の出力に基づいてロボット 200 を動作させるため、ロボット 200 の力制御の性能は、トルクセンサ 500 の精度、即ち分解能に依存する。

【0013】

図 4 (a) は、第 1 実施形態に係るトルクセンサ 500 の斜視図である。図 4 (b) は、第 1 実施形態に係るトルクセンサ 500 の要部を示す模式図である。トルクセンサ 500 は、センサ本体 590 と、演算部である演算装置 600 と、を備えている。センサ本体 590 は、図 2 の減速機 143 及びリンク 210 のうち一方に締結される第 1 の支持部である支持部 501 と、図 2 の減速機 143 及びリンク 210 のうち他方に締結される第 2 の支持部である支持部 502 と、を有する。

【0014】

支持部 501, 502 は、平板状の部材であり、例えば図 4 (a) に示すように回転軸 C0 を中心とする円環形状となっており、回転軸 C0 を中心とする回転方向に相対的に変位可能となっている。なお、支持部 501, 502 の形状はこれに限定するものではなく、例えば円盤形状であってもよい。支持部 501, 502 は、リンク 210 及び減速機 143 にそれぞれボルト等で締結可能にフランジ部位を構成している。支持部 501 と支持部 502 とは、回転軸 C0 の延びる方向である Z 方向に間隔をあけて互いに対向する位置に配置されており、弾性部 503 で連結されている。

【0015】

弾性部 503 は、回転軸 C0 を中心に放射状に互いに間隔をあけて配置された複数の板ばね 504 を有している。図 2 に示すリンク 210 とリンク 211 との間にトルクに作用すると、作用したトルクの大きさに応じた回転量で支持部 501 と支持部 502 とが回転軸 C0 を中心に相対的に回転変位する。弾性部 503 の板ばね 504 は、目的とするトル

クの計測範囲および必要とする分解能などに応じた弾性係数、即ちばね係数を有する材質で構成される。弾性部503の材質は、例えば樹脂や金属である。金属としては、鋼材、ステンレスなどが挙げられる。第1実施形態では支持部501、支持部502及び弾性部503は、同じ材質である。

【0016】

センサ本体590は、支持部501と支持部502との相対的な変位、即ち支持部501と支持部502との間に作用したトルクを計測するのに用いるセンサ部510を有する。第1実施形態では、センサ本体590は、同一構成の2つのセンサ部510を有しており、2つのセンサ部510は、回転軸C0を中心に180度対称な位置に配置されている。なお、センサ部510の数は、2つに限らず、1つでも3つ以上であってもよい。

10

【0017】

センサ部510は、エンコーダ520、磁束発生源531、及び磁電変換素子532を有している。エンコーダ520は、インクリメンタル形のエンコーダである。また、エンコーダ520は、磁気式を除くエンコーダ、具体例を挙げると光学式又は静電容量式のエンコーダが好適であり、光学式のエンコーダがより好適である。したがって、第1実施形態では、エンコーダ520は、光学式のエンコーダである。回転軸C0を中心とする支持部501と支持部502との相対的な変位は、センサ部510の位置では微小な変位であり、並進方向であるX方向の変位とみなすことができる。したがって、第1実施形態では、エンコーダ520は、リニアエンコーダである。

【0018】

エンコーダ520は、スケール521とヘッド522とを有する。スケール521は、支持部501に支持され、ヘッド522は、支持部502に支持されている。磁束発生源531は、支持部501、502のうち一方、第1実施形態では支持部501に支持され、磁電変換素子532は、支持部501、502のうち他方、第1実施形態では支持部502に支持されている。エンコーダ520により、支持部501と支持部502との相対的な変位を、ある基準位置を起点とする相対量として計測することが可能である。また、磁束発生源531及び磁電変換素子532により、支持部501と支持部502との相対的な変位を、磁束、即ち絶対量として計測することが可能である。

20

【0019】

演算装置600は、エンコーダ520のヘッド522からの信号及び磁電変換素子532からの信号に基づき、支持部501と支持部502との相対的な変位量の絶対量を求める。即ち、演算装置600は、エンコーダ520のヘッド522からの信号により計測した変位の相対量を、磁電変換素子532からの信号により計測した変位の絶対量で補償することで、支持部501と支持部502との相対的な変位量の絶対量を求める。そして、演算装置600は、変位量をトルク値に換算して、ロボット制御装置300に出力する。

30

【0020】

磁束発生源531から発生される磁束は、磁電変換素子532が配置された空間において広い範囲に分布する。よって、磁束発生源531及び磁電変換素子532を用いることにより、エンコーダと比較して配置の制約が軽減される。即ち、磁束発生源531及び磁電変換素子532を用いることで、アブソリュート形のエンコーダを用いる場合と比較して、磁束発生源531及び磁電変換素子532の配置の制約が軽減され、トルクセンサ500の小型化を実現することができる。また、支持部501と支持部502との相対的な変位量の計測精度、即ち支持部501と支持部502との間のトルクの計測精度を向上させることができる。

40

【0021】

光学的に変位を計測するスケール521及びヘッド522と、磁気的に変位を計測する磁束発生源531及び磁電変換素子532について詳細に説明する。図5(a)はスケール521の平面図、図5(b)はヘッド522の平面図、図5(c)はエンコーダ520、即ちスケール521及びヘッド522の断面図である。

【0022】

50

スケール 5 2 1 は、例えば光反射型のスケールであり、図 5 (a) に示すように、格子配列の光学パターン 5 4 1 を有する。光学パターン 5 4 1 は、例えば A l、C r で形成されている。ヘッド 5 2 2 は、例えば光反射型のヘッドであり、図 5 (b) に示すように、発光素子 5 5 1 及び受光素子アレイ 5 5 2 を有する。発光素子 5 5 1 上にはインデックス格子パターン 5 5 3 が配置されている。詳細な図示は省略しているが、ヘッド 5 2 2 の受光素子アレイ 5 5 2 は、例えば千鳥配置の複数相、例えば A、B の 2 相に配置された受光素子のサブアレイを有する。この受光素子アレイ 5 5 2 のサブアレイからそれぞれ得られる A、B の 2 相の信号を処理することにより、変位信号を取得することができる。

【 0 0 2 3 】

トルクセンサ 5 0 0 に加わる最大外力とその外力が生じる弾性部 5 0 3 の変形量から決定される計測範囲は、スケール 5 2 1 の長さを任意に変更することで自由に設定することができる。スケール 5 2 1 の光学パターン 5 4 1 のピッチは、変位計測に必要とされる分解能などに応じて決定するが、エンコーダ 5 2 0 の高精度化及び高分解能化に伴い、 μm オーダのピッチのものも利用可能である。磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 の計測の影響を加味すると、スケール 5 2 1 及びヘッド 5 2 2 の材質は、非磁性物質で構成されることが望ましい。

10

【 0 0 2 4 】

磁束発生源 5 3 1 は N d - F e - B 磁石、S m - C o 磁石、S m - F e - N 磁石、フェライト磁石等の永久磁石であってもよいし、磁性体のまわりにコイルを巻き、通電することによって磁力を発生させる電磁石であってもよい。磁束発生源 5 3 1 は、通電を行わなくてもよい永久磁石であるのが好適である。磁電変換素子 5 3 2 は、例えばホール素子、磁気抵抗素子、磁気インピーダンス素子、フラックスゲート素子、巻き線コイルなどである。第 1 実施形態では、磁束発生源 5 3 1 の N 極又は S 極、つまり磁極を、磁電変換素子 5 3 2 に対向させている。即ち、磁束発生源 5 3 1 の N 極 - S 極の方向が Z 方向である。なお、磁束発生源 5 3 1 の向きは、これに限定するものではない。磁電変換素子 5 3 2 が X 方向に変位したときに磁電変換素子 5 3 2 における磁束が変化するように磁束発生源 5 3 1 を配置すればよく、例えば磁束発生源 5 3 1 の N 極 - S 極の方向が、Z 方向に対して交差する X 方向となるように配置してもよい。

20

【 0 0 2 5 】

スケール 5 2 1、ヘッド 5 2 2、磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 は、支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 との間に配置されている。これにより、ヘッド 5 2 2 とスケール 5 2 1、磁束発生源 5 3 1 と磁電変換素子 5 3 2 を近接して配置することができ、トルクセンサ 5 0 0 を更に小型化することが可能である。

30

【 0 0 2 6 】

スケール 5 2 1、ヘッド 5 2 2、磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 は、支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 とが対向する方向である Z 方向に並んで配置されている。スケール 5 2 1、ヘッド 5 2 2、磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 を Z 方向に直列に配置することで、スケール 5 2 1 に対するヘッド 5 2 2 の相対的な変位と、磁束発生源 5 3 1 に対する磁電変換素子 5 3 2 の相対的な変位とがほぼ同一となる。即ち、トルクを計測する X 方向以外の方向、例えば Y、Z 方向からの力が作用した場合や、温度ドリフトなどによって支持部 5 0 1、5 0 2 間に相対的な変位が生じることがある。このような変位は、スケール 5 2 1 とヘッド 5 2 2 との間、及び磁束発生源 5 3 1 と磁電変換素子 5 3 2 との間で同等に現れることになる。光学的に計測した変位と磁氣的に計測した変位との間の誤差を小さくすることができるため、支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 との相対的な変位量、即ちトルクの計測精度を高めることができる。

40

【 0 0 2 7 】

第 1 実施形態では、エンコーダ 5 2 0 が光学式のエンコーダであるため、スケール 5 2 1 とヘッド 5 2 2 との間に光を遮蔽する物がないように互いに対向して配置されている。そして、スケール 5 2 1 及びヘッド 5 2 2 を挟む位置に磁束発生源 5 3 1 と磁電変換素子 5 3 2 とが配置されている。そして、スケール 5 2 1 とヘッド 5 2 2 との中心と、磁束発

50

生源 5 3 1 と磁電変換素子 5 3 2 との中心とが点 P 1 で一致するように配置されている。これにより、磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 は、エンコーダ 5 2 0 の光路を遮蔽することがなく、また、磁束もエンコーダ 5 2 0 により遮蔽されることがない。即ち、エンコーダ 5 2 0 と磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 とが互いに干渉することはない。また、ヘッド 5 2 2 及びスケール 5 2 1 を接近して配置することができるので、より好適な構造である。

【 0 0 2 8 】

第 1 実施形態では、ヘッド 5 2 2 及び磁電変換素子 5 3 2 は基板 5 7 0 に固定されている。基板 5 7 0 は、プリント配線板であり、主に樹脂、及び銅箔又は金箔で構成されており、演算装置 6 0 0 とヘッド 5 2 2 及び磁電変換素子 5 3 2 とを接続する配線の一部となっている。したがって、支持部 5 0 2 側からヘッド 5 2 2 及び磁電変換素子 5 3 2 の配線を引き回せばよいので、配線構造が簡略化される。なお、1 枚の基板 5 7 0 に、ヘッド 5 2 2 及び磁電変換素子 5 3 2 を固定した場合について説明したが、ヘッド 5 2 2 及び磁電変換素子 5 3 2 のそれぞれに対して基板を用意してもよい。

10

【 0 0 2 9 】

ヘッド 5 2 2 は、基板 5 7 0 の一方の面 5 7 0 A に固定され、磁電変換素子 5 3 2 は、基板 5 7 0 の他方の面 5 7 0 B に固定されている。そして、基板 5 7 0 は、面 5 7 0 A が支持部 5 0 1 に対面し、面 5 7 0 B が支持部 5 0 2 に対面するように、支持部 5 0 2 に固定部材 5 6 2 で固定されている。スケール 5 2 1 は、固定部材 5 6 1 で支持部 5 0 1 に固定され、スケール 5 2 1 と支持部 5 0 1 との間に磁束発生源 5 3 1 が固定して配置されている。

20

【 0 0 3 0 】

以上の構成により、トルクセンサ 5 0 0 の一对の支持部 5 0 1 , 5 0 2 の間に軸 C 0 まわりのトルクが作用すると、弾性部 5 0 3 が軸 C 1 を中心に変形する。弾性部 5 0 3 の変形により支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 とが相対的に X 方向に変位し、その変位をセンサ部 5 1 0 で計測し、トルク値に換算することで、トルクが計測される。

【 0 0 3 1 】

図 6 (a) は、第 1 実施形態におけるトルクセンサ 5 0 0 の制御系を示すブロック図である。トルクセンサ 5 0 0 の演算装置 6 0 0 は、マイクロコンピュータ等で構成されている。演算装置 6 0 0 は、CPU (Central Processing Unit) 6 0 1 を有する。また、演算装置 6 0 0 は、記憶部として、ROM (Read Only Memory) 6 0 2 と、RAM (Random Access Memory) 6 0 3 と、を有する。更に、演算装置 6 0 0 は、複数のインタフェース 6 1 1 ~ 6 1 3 と、バス 6 1 0 とを有する。CPU 6 0 1 と、ROM 6 0 2 と、RAM 6 0 3 と、インタフェース 6 1 1 ~ 6 1 3 とは、互いに通信可能にバス 6 1 0 で接続されている。

30

【 0 0 3 2 】

CPU 6 0 1 は、変位量、即ちトルク値を求める演算処理を行う。ROM 6 0 2 は、CPU 6 0 1 に演算処理を実行させるためのプログラム 6 2 0 を記憶する記憶装置、即ちプログラム 6 2 0 が記録された記録媒体である。RAM 6 0 3 は、CPU 6 0 1 の演算処理結果等、各種データを一時的に記憶する記憶装置である。

40

【 0 0 3 3 】

インタフェース 6 1 1 には、ロボット制御装置 3 0 0 が接続されており、インタフェース 6 1 1 を介してロボット制御装置 3 0 0 にトルク値を示す信号が送信される。インタフェース 6 1 2 には、ヘッド 5 2 2 が接続されている。インタフェース 6 1 2 は、ヘッド 5 2 2 の発光素子 5 5 1 を点滅させるとともに、受光素子アレイ 5 5 2 からの信号を CPU 6 0 1 に送信する。インタフェース 6 1 3 には、磁電変換素子 5 3 2 が接続されている。磁束発生源 5 3 1 と磁電変換素子 5 3 2 とが対向配置された状態で相対的に変位すると、その変位によって生じる磁電変換素子 5 3 2 を通過する磁束密度の変化が電圧となって現れる。インタフェース 6 1 3 は、磁電変換素子 5 3 2 の出力電圧を増幅する増幅器を有しており、磁電変換素子 5 3 2 からの信号のゲインを変更して、CPU 6 0 1 に送信する。

50

【 0 0 3 4 】

図 6 (b) は、演算装置 6 0 0 の機能ブロック図である。図 6 (a) に示す CPU 6 0 1 がプログラム 6 2 0 を実行することにより、変位算出部 6 3 1、変位算出部 6 3 2、合成部 6 3 3 及びトルク算出部 6 3 4 として機能する。以下、各部 6 3 1, 6 3 2, 6 3 3, 6 3 4 の機能について詳細に説明する。

【 0 0 3 5 】

図 7 (a) は、磁電変換素子 5 3 2 の出力を計測するための回路を示す模式図である。図 7 (b) は、演算装置 6 0 0 における演算処理を説明するための図である。磁電変換素子 5 3 2 は、磁束発生源 5 3 1 に対する磁電変換素子 5 3 2 の変位位置、即ち計測した磁束に応じた電圧を出力する。そして、図 7 (a) に示すように、インタフェース 6 1 3 の増幅器 6 1 3 A により磁電変換素子 5 3 2 の出力電圧を増幅して、計測した磁束に比例する電圧 V_x を出力する。図 6 (b) に示す変位算出部 6 3 1 は、入力を受けた電圧 V_x に対応する変位信号 D_x を生成する。第 1 実施形態では、変位算出部 6 3 1 は、記憶部である ROM 6 0 2 に予め記憶させておいた図 7 (b) に示す関係に基づき、磁電変換素子 5 3 2 から取得した電圧 V_x に対応する変位信号 D_x を生成する。図 7 (b) においては、電圧 V_x と変位信号 D_x とは計測範囲 D において比例関係にある。

10

【 0 0 3 6 】

図 8 (a) は、エンコーダ 5 2 0 のヘッド 5 2 2 が出力する電圧信号を説明するための図である。ヘッド 5 2 2 は、計測結果として A 相電圧信号 V_A と B 相電圧信号 V_B とを出力する。電圧信号 V_A, V_B は、位相の異なる正弦波の電圧信号である。図 6 (b) に示す変位算出部 6 3 2 は、入力を受けた電圧信号 V_A, V_B から逆正接 $\tan^{-1}(V_A/V_B)$ を演算することで、相対変位信号である計測値 D_Y を求める。

20

【 0 0 3 7 】

図 8 (b) は、支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 との相対的な変位量 D_Z を求める処理を説明するための図である。図 8 (b) には、逆正接 $\tan^{-1}(V_A/V_B)$ の値、即ち計測値 D_Y の波形を図示している。スケール 5 2 1 に対するヘッド 5 2 2 の変位が増減すると、図 8 (b) に示すように、逆正接 $\tan^{-1}(V_A/V_B)$ の値、即ち計測値 D_Y が鋸波状に周期的に変化する。よって、計測値 D_Y は、計測範囲 D に亘って、スケール 5 2 1 とヘッド 5 2 2 との相対的な変位、即ち支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 との相対的な変位に対して周期的な値をとる。即ち、エンコーダ 5 2 0 は、微小な変位を計測することは可能であるが、計測値 D_Y が周期的に同じ値を繰り返すため、計測値 D_Y のみではスケール 5 2 1 とヘッド 5 2 2 の変位を絶対量として取得することができない。したがって、計測値 D_Y のみでは、ロボット 2 0 0 において衝突などが生じて、鋸波の 1 周期を超えて短時間で急激に変位した場合には、どの周期の計測値 D_Y なのか特定が困難である。

30

【 0 0 3 8 】

合成部 6 3 3 は、変位信号 D_x により、図 8 (b) に示すように、鋸波の波数 k を求める。具体的には、記憶部である ROM 6 0 2 に予め変位信号 D_x と波数 k との対応関係が記憶されており、合成部 6 3 3 は、ROM 6 0 2 の対応関係に基づいて鋸波の波数 k を求める。次に、合成部 6 3 3 は、鋸波の 1 周期あたりのインクリメント値 D_0 と波数 k とを掛け算した値に計測値 D_Y を足し算することで、支持部 5 0 1 と支持部 5 0 2 との相対的な変位量 D_Z を求める。即ち、合成部 6 3 3 は、 $D_Z = D_0 \times k + D_Y$ を演算する。例えば、値 D_0 が「10」であり、計測範囲 D が「80」の場合、波数 k は「0」～「7」の整数となる。そして、変位信号 D_x から波数 k が例えば「3」が求まり、計測値 D_Y が例えば「5」だった場合には、変位量 D_Z は、「35」(= 10 × 3 + 5) と求められる。このように、合成部 6 3 3 は、計測値 D_Y 及び波数 k から変位量 D_Z を求める。

40

【 0 0 3 9 】

第 1 実施形態では、エンコーダ 5 2 0 として、光学式のインクリメンタル形のエンコーダを用いたことにより、スケール 5 2 1 に対するヘッド 5 2 2 の変位の相対量、即ち計測値 D_Y を高分解能に計測することができる。そして、磁束発生源 5 3 1 及び磁電変換素子 5 3 2 による変位の絶対量で補償することにより、高精度かつ高分解能に支持部 5 0 1 と

50

支持部 502 との相対的な変位量 D_z を求めることができる。即ち、変位算出部 631 における絶対変位の計測結果に、変位算出部 632 における微小変位の計測結果を内挿することにより、ヘッド 522 とスケール 521 の微小変位量を絶対量として求めることができる。よって、広い範囲の絶対変位の出力と、微小な範囲かつ高分解能の微小変位の出力とを組み合わせることで、支持部 501 と支持部 502 との間の絶対変位を高精度かつ高分解能に計測することができる。

【0040】

図 6 (b) に示すトルク算出部 634 は、変位量 D_z に基づき、支持部 501 と支持部 502 との間に作用したトルクを求める。具体的には、トルク算出部 634 は、弾性部 503 の弾性から決定される変換係数を、変位量 D_z に乗ずることでトルクを求める。この変換係数は、記憶部である ROM 602 に記憶されており、トルク算出部 634 は、ROM 602 に記憶された変換係数を用いてトルクを求める。以上、第 1 実施形態によれば、高精度かつ高分解能にトルクを計測することができる。計測されたトルクの値は、ロボット制御装置 300 に送信され、ロボット 200 の力制御に用いられる。ロボット 200 が物体に衝突するなど、ロボット 200 の関節に急激に力が作用しても、トルクセンサ 500 において安定して高精度にトルクを計測することができる。したがって、ロボット 200 の安定した力制御を実現することができる。

10

【0041】

[第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態に係るトルクセンサについて説明する。図 9 は、第 2 実施形態に係るトルクセンサ 500A の要部を示す模式図である。第 2 実施形態では、トルクセンサ 500A の磁束発生源 531A の構成が、第 1 実施形態で説明したトルクセンサ 500 の磁束発生源 531 と異なる。

20

【0042】

磁束発生源 531A は、複数の磁石、即ち第 1 の磁石である磁石 581 と、第 2 の磁石である磁石 582 とを有する。磁石 581, 582 は、永久磁石であるのが好ましい。磁石 581, 582 は、同一形状、同一サイズの直方体である。磁石 581 と磁石 582 とは互いに隣接して配置されている。そして、磁石 581 と磁石 582 とは磁極が互いに逆となるように配置されている。即ち、隣り合う磁石 581, 582 の境界を境にして磁場の向きが逆転するように配置されている。具体的に説明すると、磁石 581 の N 極と磁石 582 の S 極とが隣接し、磁石 581 の S 極と磁石 582 の N 極とが隣接する。そして、各磁石 581, 582 の磁極が磁電変換素子 532 に対向するように磁束発生源 531A が配置されている。

30

【0043】

図 10 (a) は、第 2 実施形態の磁束発生源 531A について、2次元の静磁界モデルで行ったシミュレーション結果を示す磁場の平面図である。図 10 (a) には、磁力線が図示されている。図 10 (a) において、Z 方向に 5 [mm]、X 方向に 5 [mm] の大きさの 2 つの磁石 581, 582 を空气中に配置したものとしてコンピュータによりシミュレーションを行った。また、隣り合う磁石 581, 582 は、Z 方向に対して極性が逆となっている。磁石 581, 582 として、残留磁束密度 1.4 [T]、保磁力 1000 [kA/m] 程度を有する Nd - Fe - B 磁石の特性をコンピュータに設定してシミュレーションを行った。シミュレーションにおいて、磁電変換素子 532 は、磁石 581, 582 の磁極面から Z 方向へ 1 [mm] 離れた位置であって、隣り合う磁石 581, 582 の境界に対向させた位置に、磁場の Z 方向成分を計測する向きに配置したものとした。

40

【0044】

図 10 (b) は、トルクを計測する X 方向以外の Z 方向に磁電変換素子 532 を変位させた場合と、X 方向に磁電変換素子 532 を変位させた場合に、磁電変換素子 532 を通過する磁束密度の変化を示すグラフである。磁電変換素子 532 を、X 方向及び Z 方向にそれぞれ ± 50 [μm] 変位させた。図 10 (b) に示すように、磁電変換素子 532 において、トルクを計測する方向となる X 方向の変位に対しては、磁場の Z 方向成分の磁束

50

密度の変化が大きい。一方で、トルクを計測する方向以外のZ方向の変位に対しては、磁場のZ方向成分の磁束密度の変化が小さい。したがって、上述の磁束発生源531Aの構成にすることにより、トルク計測方向の変位によって生じる出力に対してトルク計測方向以外の変位によって生じる出力を小さくすることができる。これによって、さらに精度良くトルクを計測することができる。

【0045】

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、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、実施形態に記載されたものに限定されない。

10

【0046】

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。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、直交ロボット等であってもよい。

【0047】

また、上述の実施形態では、支持部501に磁束発生源531, 531Aが支持され、支持部502に磁電変換素子532が支持される場合について説明したが、逆の配置であってもよい。即ち、支持部501に磁電変換素子532が支持され、支持部502に磁束発生源531, 531Aが支持される場合であってもよい。

20

【0048】

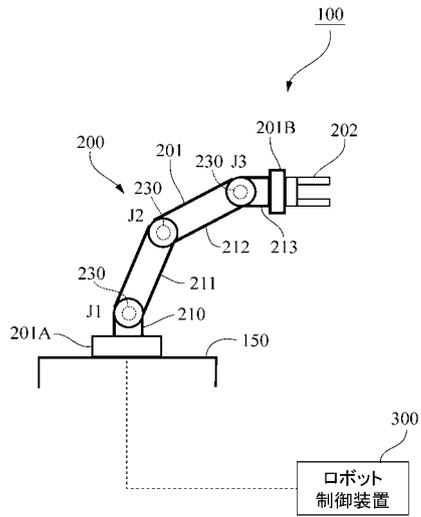
また、上述の実施形態では、センサがトルクセンサである場合について説明したが、これに限定するものではなく、例えばセンサが力覚センサであってもよい。

【符号の説明】

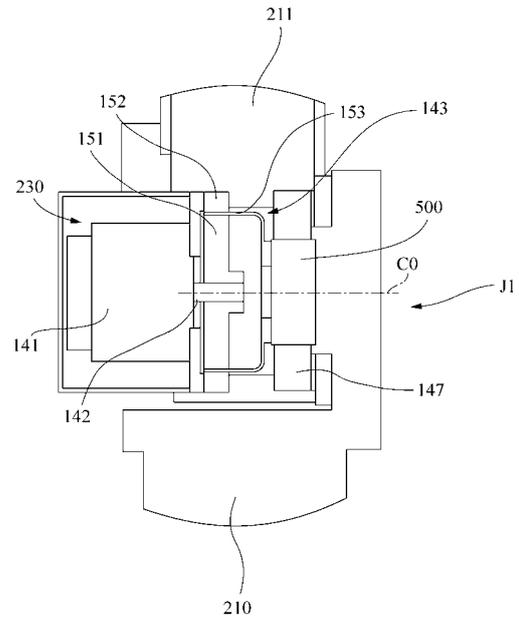
【0049】

200...ロボット、500...トルクセンサ(センサ)、501...支持部(第1の支持部)、502...支持部(第2の支持部)、520...エンコーダ、521...スケール、522...ヘッド、531...磁束発生源、532...磁電変換素子、600...演算装置(演算部)

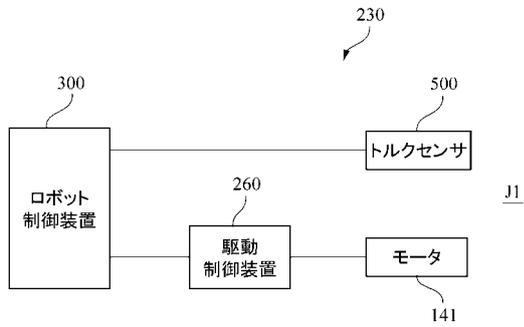
【 図 1 】



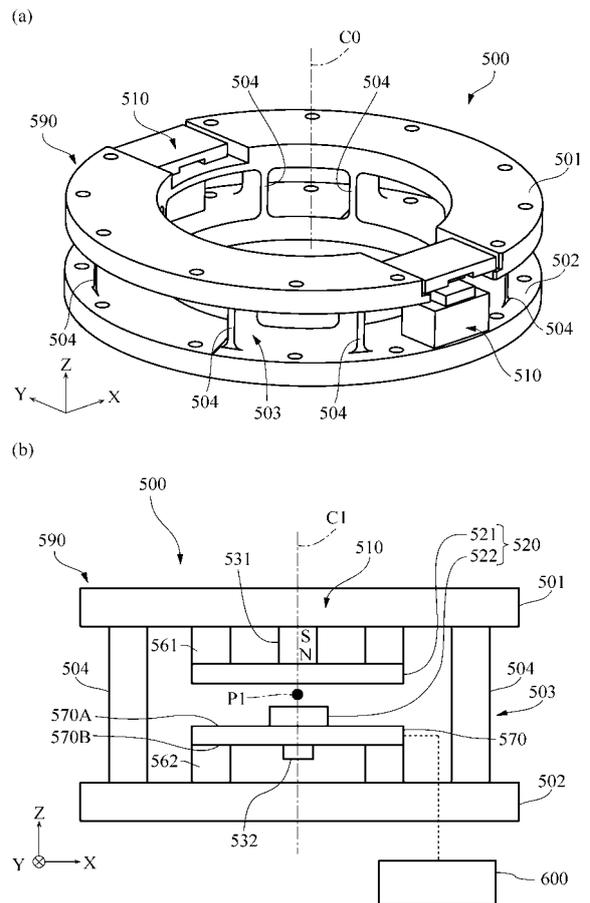
【 図 2 】



【 図 3 】

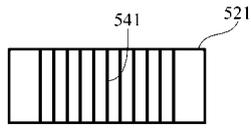


【 図 4 】

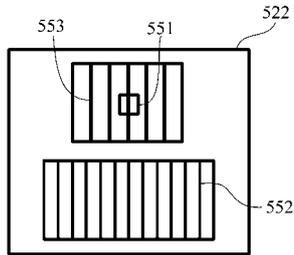


【 図 5 】

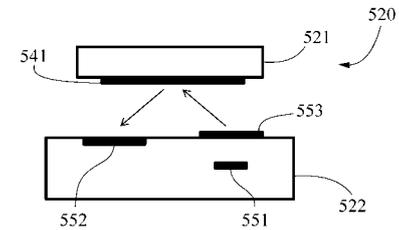
(a)



(b)

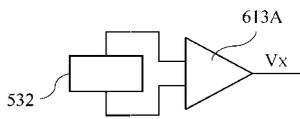


(c)

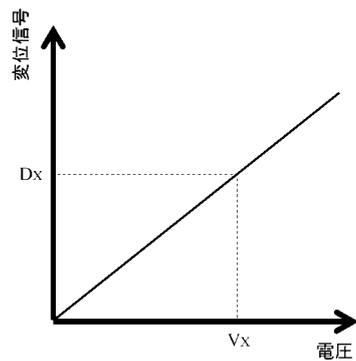


【 図 7 】

(a)

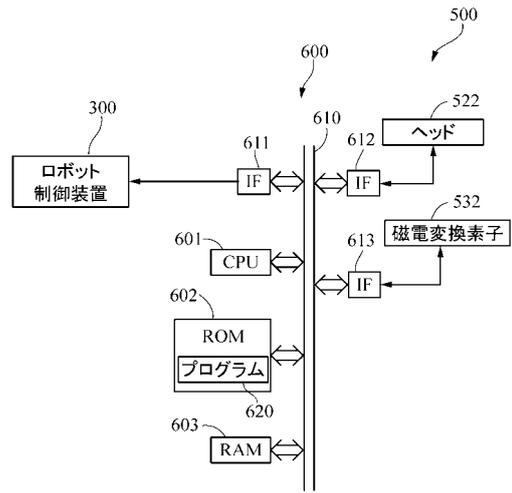


(b)

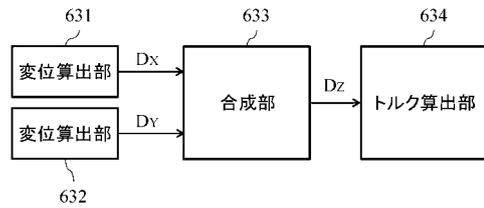


【 図 6 】

(a)

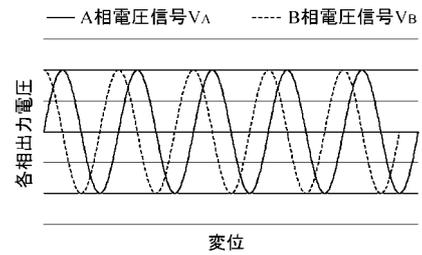


(b)

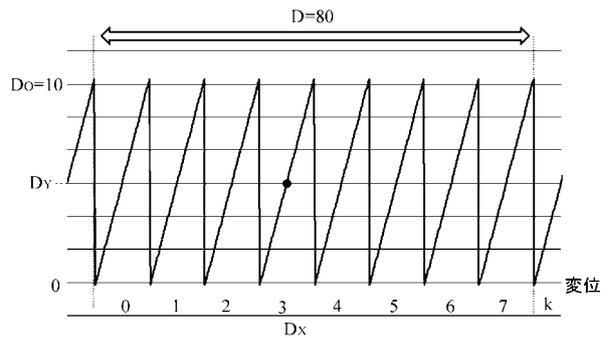


【 図 8 】

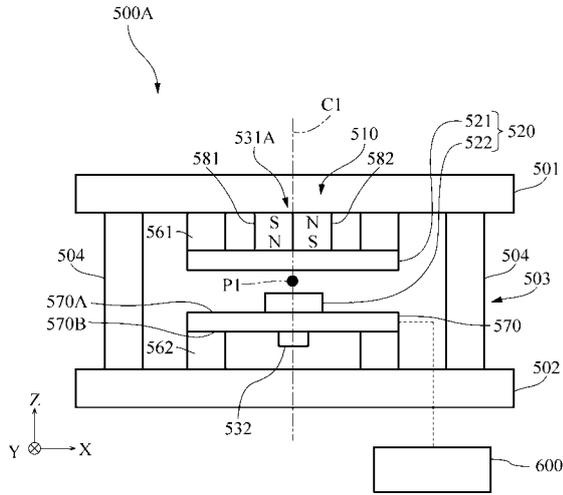
(a)



(b)

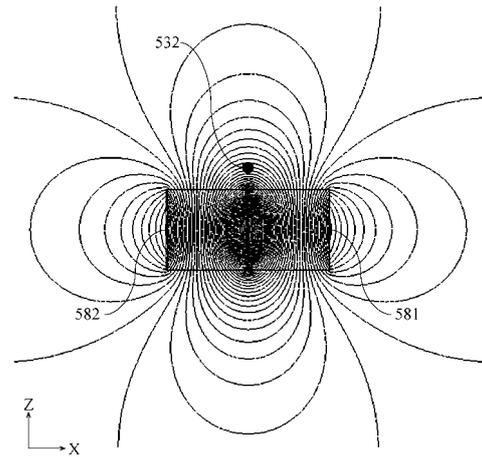


【図9】

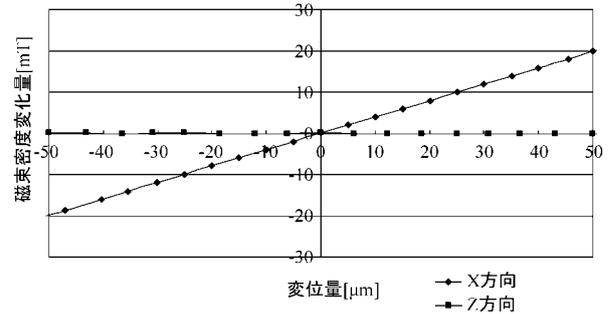


【図10】

(a)



(b)



【手続補正書】

【提出日】令和3年2月9日(2021.2.9)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転駆動源と、

スケール及びヘッドを有し、前記回転駆動源の回転方向における前記スケール及び前記ヘッドの相対的な変位量を検出するエンコーダと、

磁束発生源及び磁電変換素子を有し、前記回転方向における前記磁束発生源及び前記磁電変換素子の相対的な変位量を検出する磁気式変位計測器と、を備え、

前記スケール、前記ヘッド、前記磁束発生源及び前記磁電変換素子は、前記回転駆動源の回転軸が延在する方向において、それぞれが対向して配置されている、ことを特徴とする駆動装置。

【請求項2】

回転駆動源と、

スケール及びヘッドを有し、前記回転駆動源の回転方向における前記スケール及び前記ヘッドの相対的な変位量を検出するエンコーダと、

磁束発生源及び磁電変換素子を有し、前記回転方向における前記磁束発生源及び前記磁電変換素子の相対的な変位量を検出する磁気式変位計測器と、を備え、

前記スケールと前記ヘッドが対向する方向、及び前記磁束発生源と前記磁電変換素子が対向する方向が、前記回転駆動源の回転軸に沿う方向である、ことを特徴とする駆動装置

°

【請求項 3】

前記駆動装置は基板を含み、
前記ヘッド及び / 又は前記磁電変換素子は前記基板に固定されていることを特徴とする
請求項 1 又は 2 に記載の駆動装置。

【請求項 4】

前記駆動装置は、前記回転駆動源の回転を減速して出力する減速機を更に備える請求項
1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 5】

前記エンコーダは、インクリメンタル型であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれ
か 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 6】

前記エンコーダは、光学式のエンコーダであることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のい
ずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 7】

前記駆動装置は第 1 部材を更に備え、
前記第 1 部材に前記ヘッド及び前記磁束発生源が設けられている、ことを特徴とする請
求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 8】

前記駆動装置は第 2 部材を更に備え、
前記第 2 部材に前記スケール及び前記磁電変換素子が設けられている、ことを特徴とす
る請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の駆動装置。

【請求項 9】

関節を有するロボットであって、前記関節に請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の駆
動装置を備えることを特徴とするロボット。

【請求項 10】

前記ロボットの動作を制御する制御部と、請求項 9 に記載のロボットを備えることを特
徴とするロボット装置。

【請求項 11】

前記制御部が、前記ヘッドからの信号及び前記磁電変換素子からの信号に基づき、前記
ロボットの動作を制御する請求項 10 に記載のロボット装置。

【請求項 12】

請求項 10 又は 11 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。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0001】

本発明は、駆動装置、ロボット及びロボット装置に関する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0005】

そこで、本発明は、小型で計測精度が高いセンサを備えた駆動装置を提供することにあ
る。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0006

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0006】

本発明の一態様は、回転駆動源と、スケール及びヘッドを有し、前記回転駆動源の回転方向における前記スケール及び前記ヘッドの相対的な変位量を検出するエンコーダと、磁束発生源及び磁電変換素子を有し、前記回転方向における前記磁束発生源及び前記磁電変換素子の相対的な変位量を検出する磁気式変位計測器と、を備え、前記スケール、前記ヘッド、前記磁束発生源及び前記磁電変換素子は、前記回転駆動源の回転軸が延在する方向において、それぞれが対向して配置されている、ことを特徴とする駆動装置である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

本発明によれば、小型で計測精度が高いセンサを備えた駆動装置を提供することができる。