

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7035317号

(P7035317)

(45)発行日 令和4年3月15日(2022.3.15)

(24)登録日 令和4年3月7日(2022.3.7)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 D 5/244(2006.01)

G 0 1 D 5/244 K

G 0 1 D 5/245(2006.01)

G 0 1 D 5/245 1 1 0 C

G 0 1 B 7/30 (2006.01)

G 0 1 B 7/30 H

B 6 2 D 5/04 (2006.01)

B 6 2 D 5/04

B 6 2 D 6/00 (2006.01)

B 6 2 D 6/00

請求項の数 17 (全37頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2017-23442(P2017-23442)

(22)出願日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(65)公開番号 特開2017-191093(P2017-191093  
A)

(43)公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

審査請求日 令和2年1月6日(2020.1.6)

(31)優先権主張番号 特願2016-76677(P2016-76677)

(32)優先日 平成28年4月6日(2016.4.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関  
日本国(JP)

(73)特許権者 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(74)代理人 100093779

弁理士 服部 雅紀

(72)発明者 宮地 修平

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

(72)発明者 林 勝彦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

(72)発明者 小澤 崇晴

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式

会社デンソー内

(72)発明者 藤田 敏博

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回転検出装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

検出対象(10)の回転を検出する複数のセンサ素子(601~607)と、  
前記センサ素子から出力される s i n 信号および c o s 信号に基づいて前記検出対象の回  
転角を演算する回転角演算部(615、625)、前記センサ素子から出力される s i n  
信号および c o s 信号に基づいて前記検出対象の回転回数を演算する回転回数演算部(6  
16、626)、ならびに、前記回転角に係る信号である回転角信号および前記回転回数  
に係る回転回数信号を制御部(51、52)に出力する通信部(617、627)を有す  
る複数の回路部(610~612、620~622)と、  
前記センサ素子および前記回路部を封止しており、前記制御部とは別途に基板(21、2  
3)に実装されるパッケージ(65、661、662)と、  
を備え、

1つの前記回路部(612)に対応して設けられる複数の前記センサ素子(601、60  
7)は、s i n 信号および c o s 信号を用いて角度換算された値である検出値の正常時  
におけるデジタル換算値が異なる値となるように、磁気検出に係る磁気検出特性方向を回転  
方向にずらして配置されており、  
磁気検出特性方向を回転方向にずらして配置されている複数の前記センサ素子の検出値に  
応じたデジタル換算値が一致する場合、値が所定値に固着する固着異常が生じていると判  
定する回転検出装置。

## 【請求項2】

全ての前記センサ素子および前記回路部は、1つの前記パッケージ(65)内に設けられる請求項1に記載の回転検出装置。

【請求項3】

前記パッケージ(661、662)は、前記センサ素子および当該センサ素子の検出値を用いる前記回路部ごとに設けられる請求項1または2に記載の回転検出装置。

【請求項4】

前記パッケージは、2つであって、

一方の前記パッケージは、前記基板の前記検出対象側の面(211)に実装され、

他方の前記パッケージは、前記基板の前記検出対象と反対側の面(212)に実装される請求項3に記載の回転検出装置。

【請求項5】

前記センサ素子は、前記検出対象の回転中心線上となる箇所に配置される請求項4に記載の回転検出装置。

【請求項6】

前記センサ素子は、前記検出対象の回転中心線に対して点対称に配置される請求項1～4のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項7】

前記センサ素子は、前記回路部と同一のチップ(641、642)に含まれる請求項1～6のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項8】

前記センサ素子は、前記回路部のチップ(643、645)とは別途に設けられる請求項1～6のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項9】

前記センサ素子は、前記回路部のチップの上面に配置される請求項8に記載の回転検出装置。

【請求項10】

前記センサ素子は、前記回路部のチップよりも前記検出対象の回転中心線側に配置される請求項8に記載の回転検出装置。

【請求項11】

2つの前記センサ素子は、前記磁気検出特性方向を180°ずらして配置されている請求項1～10のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項12】

2つの前記センサ素子の前記磁気検出特性方向のずらし量は、前記回転角信号のビット数に応じた分解能に相当する角度をdとすると、 $(0 + d)^\circ$ 以上45°以下、135°以上225°以下、または、315°以上 $(360 - d)^\circ$ 以下である請求項1～10のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項13】

前記パッケージが実装される前記基板である第1基板と、当該基板を挟んで前記検出対象と反対側に設けられ前記制御部が実装される第2基板とは、内部接続端子(717)で接続され、

前記回転角信号および前記回転回数信号は、前記内部接続端子を經由して前記制御部に送信される請求項1～12のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項14】

前記通信部は、前記回転角信号および前記回転回数信号を含む一連の信号である出力信号を、1つの通信線(692、694)を用いて前記制御部に送信する請求項1～13のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項15】

運転者による操舵を補助する補助トルクを出力するモータ部(10)と、

請求項1～14のいずれか一項に記載の回転検出装置(1～6)と、

前記回転角信号および前記回転回数信号を用いて前記モータ部を制御する前記制御部と、

10

20

30

40

50

を備える電動パワーステアリング装置であって、  
前記センサ素子は、前記検出対象として前記モータ部の回転を検出する電動パワーステアリング装置。

【請求項 16】

前記制御部は、前記回転角および前記回転回数に基づき、舵角を演算する請求項 15 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 17】

前記制御部は、複数であって、

前記回路部は、前記制御部ごとに設けられ、対応して設けられる前記制御部に前記回転角信号および前記回転回数信号を出力する請求項 15 または 16 に記載の電動パワーステアリング装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転検出装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、磁気検出素子の検出値に基づき、モータの回転角情報を生成する装置が知られている。例えば特許文献 1 の電動パワーステアリング用電子制御ユニットでは、第 1 の磁気検出素子から出力される信号、および、第 2 の磁気検出素子から出力される信号に基づき、電動モータの回転角情報を生成し、生成した回転角情報からステアリングの位置を算出している。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2015 - 116964 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 では、監視回路部等が 1 つずつ設けられている。そのため、回路の一部に異常が生じた場合、電動パワーステアリング装置の駆動を継続できない虞がある。

30

本発明は、上述の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、一部に異常が生じた場合にも検出対象の回転に係る演算を継続可能である回転検出装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の回転検出装置は、複数のセンサ素子（601～607）と、複数の回路部（610～612、620～622）と、パッケージ（65、661、662）と、を備える。センサ素子は、検出対象（10）の回転を検出する。

回路部は、回転角演算部（615、625、635）、回転回数演算部（616、626、636）、および、通信部（617、627）を有する。回転角演算部は、センサ素子から出力される  $\sin$  信号および  $\cos$  信号に基づいて検出対象の回転角を演算する。回転回数演算部は、センサ素子から出力される  $\sin$  信号および  $\cos$  信号に基づいて検出対象の回転回数を演算する。通信部は、回転角に係る信号である回転角信号、および、回転回数に係る回転回数信号を、制御部（51、52）に出力する。

40

【0006】

パッケージは、センサ素子および回路部を封止しており、制御部とは別途に基板（21、23）に実装される。1つの回路部（612）に対応して設けられる複数のセンサ素子（601、607）は、 $\sin$  信号および  $\cos$  信号を用いて角度換算された値である検出値の正常時におけるデジタル換算値が異なる値となるように、磁気検出に係る磁気検出特

50

性方向を回転方向にずらして配置されている。磁気検出特性方向を回転方向にずらして配置されている複数のセンサ素子の検出値に応じたデジタル換算値が一致する場合、値が所定値に固着する固着異常が生じていると判定する。

本発明では、回転角の演算機能および回転回数の演算機能を有する回路部を複数設けているので、一部の回路部に異常が生じた場合であっても、回転角および回転回数の演算を継続することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態によるステアリングシステムの概略構成図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態による駆動装置を示す回路図である。

10

【図 3】本発明の第 1 実施形態による駆動装置の平面図である。

【図 4】図 3 の I V - I V 線断面図である。

【図 5】本発明の第 1 実施形態による第 1 基板の側面図である。

【図 6】本発明の第 1 実施形態による第 2 基板の側面図である。

【図 7】本発明の第 1 実施形態による回転検出装置を示す側面図である。

【図 8】本発明の第 1 実施形態による回転検出装置の内部構成を説明する平面図である。

【図 9】本発明の第 1 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 10】本発明の第 1 実施形態によるセンサ部とマイコンとの通信を説明するタイムチャートである。

【図 11】本発明の第 1 実施形態によるセンサ部とマイコンとの通信を説明するタイムチャートである。

20

【図 12】本発明の第 2 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 13】本発明の第 2 実施形態による回転検出装置の内部構成を説明する平面図である。

【図 14】本発明の第 3 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 15】本発明の第 3 実施形態によるセンサ部とマイコンとの通信を説明するタイムチャートである。

【図 16】本発明の第 4 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 17】本発明の第 5 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 18】本発明の第 5 実施形態による回転情報演算処理を説明するフローチャートである。

30

【図 19】本発明の第 6 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

【図 20】本発明の第 7 実施形態による回転検出装置の内部構成を説明する平面図である。

【図 21】本発明の第 8 実施形態による第 1 基板の側面図である。

【図 22】本発明の第 8 実施形態による回転検出装置を示す側面図である。

【図 23】本発明の第 8 実施形態による回転検出装置を示す側面図である。

【図 24】本発明の第 9 実施形態による基板の側面図である。

【図 25】センサ素子の配置、検出値、および、デジタル換算値を説明する説明図である。

【図 26】本発明の第 10 実施形態のセンサ素子の配置、検出値、および、デジタル換算値を説明する説明図である。

【図 27】本発明の第 10 実施形態によるセンサ素子のずらし量と検出誤差の関係を説明する説明図である。

40

【図 28】本発明の第 10 実施形態によるセンサ素子の配置のバリエーションを説明する図である。

【図 29】参考例によるセンサ部とマイコンとの通信を説明するタイムチャートである。

【図 30】参考例による回転検出装置を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

以下、本発明による回転検出装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置を図面に基づいて説明する。以下、複数の実施形態において、実質的に同一の構成には同一の符号を付して説明を省略する。

50

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態を図1～図11に示す。

図1に示すように、回転検出装置1は、運転者によるステアリング操作を補助するための電動パワーステアリング装置108の駆動装置8に設けられる。駆動装置8は、モータ部10と、モータ部10の駆動制御に係るコントローラ部20とが一体に形成される。図1では、コントローラ部20を「ECU」と記載した。

【0009】

図1は、電動パワーステアリング装置108を備えるステアリングシステム100の全体構成を示すものである。ステアリングシステム100は、操舵部材としてのステアリングホイール101、ステアリングシャフト102、ピニオンギア104、ラック軸105、車輪106、および、電動パワーステアリング装置108等から構成される。

【0010】

ステアリングホイール101は、ステアリングシャフト102と接続される。ステアリングシャフト102には、操舵トルクを検出するトルクセンサ103が設けられる。ステアリングシャフト102の先端には、ピニオンギア104が設けられ、ピニオンギア104はラック軸105に噛み合っている。ラック軸105の両端には、タイロッド等を介して一対の車輪106が設けられる。

【0011】

運転者がステアリングホイール101を回転させると、ステアリングホイール101に接続されたステアリングシャフト102が回転する。ステアリングシャフト102の回転運動は、ピニオンギア104によりラック軸105の直線運動に変換され、ラック軸105の変位量に応じた角度に一対の車輪106が操舵される。

【0012】

電動パワーステアリング装置108は、駆動装置8、動力伝達部としての減速ギア109、および、トルクセンサ103等を備える。電動パワーステアリング装置108は、トルクセンサ103から取得される操舵トルクや、図示しないCAN(Controller Area Network)から取得される車速等の信号に基づき、ステアリングホイール101の操舵を補助するための補助トルクをモータ部10から出力し、減速ギア109を介してステアリングシャフト102に伝達する。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置108は、モータ部10にて発生したトルクにてステアリングシャフト102の回転をアシストする、所謂「コラムアシスト」であるが、ラック軸105の駆動をアシストする、所謂「ラックアシスト」としてもよい。換言すると、本実施形態では、ステアリングシャフト102が駆動対象であるが、ラック軸105を駆動対象としてもよい、ということである。

【0013】

次に、電動パワーステアリング装置108の電氣的構成を図2に基づいて説明する。なお、図2においては、基板21、22における基板配線を細線で記載するとともに、煩雑になることを避けるため、一部の配線等を省略している。

モータ部10は、三相ブラシレスモータであって、図示しないステータに巻回される2組の巻線組11、12を有する。第1巻線組11は、U1コイル111、V1コイル112、および、W1コイル113を有する。第2巻線組12は、U2コイル121、V2コイル122、および、W2コイル123を有する。ここで、第1巻線組11の各相に流れる電流を、相電流 $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$ 、 $I_{w1}$ 、第2巻線組12の各相に流れる電流を、相電流 $I_{u2}$ 、 $I_{v2}$ 、 $I_{w2}$ とする。

【0014】

第1巻線組11には、第1インバータ30が接続され、第1インバータ30を経由して、第1バッテリー39から電力が供給される。

第1インバータ30は、第1巻線組11の電力を変換するものであって、6つのスイッチング素子301～306がブリッジ接続されている。以下、「スイッチング素子」を「SW素子」と記す。本実施形態のSW素子301～306は、MOSFETであるが、IGBTやサイリスタ等としてもよい。後述のSW素子401～406、および、リレー32

10

20

30

40

50

、 3 3、 4 2、 4 3 等も同様である。

【 0 0 1 5 】

SW素子 3 0 1 ~ 3 0 3 が高電位側に配置され、SW素子 3 0 4 ~ 3 0 6 が低電位側に配置される。対になるU相のSW素子 3 0 1、3 0 4 の接続点には、U 1 コイル 1 1 1 の一端が接続される。対になるV相のSW素子 3 0 2、3 0 5 の接続点には、V 1 コイル 1 1 2 の一端が接続される。対になるW相のSW素子 3 0 3、3 0 6 の接続点には、W 1 コイル 1 1 3 の一端が接続される。

【 0 0 1 6 】

SW素子 3 0 4 ~ 3 0 6 の低電位側には、相電流  $I_{u1}$ 、 $I_{v1}$ 、 $I_{w1}$  を検出するための第 1 電流センサ 3 1 が設けられる。第 1 電流センサ 3 1 は、各相に設けられる電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3 を有する。本実施形態の電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3 は、シャント抵抗であるが、ホール素子等としてもよい。後述の電流検出素子 4 1 1 ~ 4 1 3 も同様である。

10

【 0 0 1 7 】

第 1 電源リレー 3 2 は、第 1 バッテリ 3 9 と第 1 インバータ 3 0 との間に設けられ、第 1 バッテリ 3 9 と第 1 インバータ 3 0 との間における電流を導通または遮断する。

第 1 逆接保護リレー 3 3 は、第 1 電源リレー 3 2 と第 1 インバータ 3 0 との間に設けられる。第 1 逆接保護リレー 3 3 は、寄生ダイオードの向きが第 1 電源リレー 3 2 と逆向きとなるように接続される。これにより、第 1 バッテリ 3 9 が逆向きに接続された場合に逆向きの電流が流れるのを防ぐ。

20

【 0 0 1 8 】

第 1 チョークコイル 3 5 は、第 1 電源リレー 3 2 の第 1 バッテリ 3 9 側に設けられる。第 1 コンデンサ 3 6 は、第 1 インバータ 3 0 と並列に接続される。チョークコイル 3 5 およびコンデンサ 3 6 は、フィルタ回路を構成し、バッテリ 3 9 を共有する他の装置から伝わるノイズを低減するとともに、駆動装置 8 からバッテリ 3 9 を共有する他の装置に伝わるノイズを低減する。また、コンデンサ 3 6 は、電荷を蓄えることで、第 1 インバータ 3 0 への電力供給を補助する。

【 0 0 1 9 】

第 2 巻線組 1 2 には、第 2 インバータ 4 0 が接続され、第 2 インバータ 4 0 を経由して、第 2 バッテリ 4 9 から電力が供給される。

30

第 2 インバータ 4 0 は、第 2 巻線組 1 2 の電力を変換するものであって、6 つの SW 素子 4 0 1 ~ 4 0 6 がブリッジ接続されている。

SW素子 4 0 1 ~ 4 0 3 が高電位側に配置され、SW素子 4 0 4 ~ 4 0 6 が低電位側に配置される。対になるU相のSW素子 4 0 1、4 0 4 の接続点には、U 2 コイル 1 2 1 の一端が接続される。対になるV相のSW素子 4 0 2、4 0 5 の接続点には、V 2 コイル 1 2 2 の一端が接続される。対になるW相のSW素子 4 0 3、4 0 6 の接続点には、W 2 コイル 1 2 3 の一端が接続される。

SW素子 4 0 4 ~ 4 0 6 の低電位側には、第 2 電流センサ 4 1 が設けられる。第 2 電流センサ 4 1 は、各相に設けられる電流検出素子 4 1 1 ~ 4 1 3 を有する。

【 0 0 2 0 】

40

第 2 バッテリ 4 9 と第 2 インバータ 4 0 との間には、第 2 バッテリ 4 9 側から、第 2 チョークコイル 4 5、第 2 電源リレー 4 2、第 2 逆接保護リレー 4 3 が設けられる。また、第 2 コンデンサ 4 6 は、第 2 インバータ 4 0 と並列に接続される。

第 2 電源リレー 4 2、第 2 逆接保護リレー 4 3、第 2 チョークコイル 4 5、および、第 2 コンデンサ 4 6 の詳細は、第 1 電源リレー 3 2、第 1 逆接保護リレー 3 3、第 1 チョークコイル 3 5、および、第 1 コンデンサ 3 6 と同様であるので、説明を省略する。なお、電源リレー 3 2、4 2 がメカリレーであれば、逆接保護リレー 3 3、4 3 は省略可能である。

【 0 0 2 1 】

第 1 モータ制御部 5 0 1 は、第 1 巻線組 1 1 の通電を制御するものであって、第 1 マイコン 5 1 および第 1 集積回路 5 6 を有する。図中、集積回路を「ASIC」と記す。

50

第 1 マイコン 5 1 は、回転検出装置 1、第 1 電流センサ 3 1、および、トルクセンサ 1 0 3（図 1 参照。）の検出値等に基づき、第 1 インバータ 3 0 の SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6 およびリレー 3 2、3 3 のオンオフ作動を制御する制御信号を生成する。

【 0 0 2 2 】

第 1 集積回路 5 6 は、ブリドライバ、信号増幅部、および、レギュレータ等を有する。ブリドライバは、制御信号に基づき、ゲート信号を生成する。生成されたゲート信号は、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6 のゲートに出力される。これにより、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6 のオンオフ作動が制御される。信号増幅部は、第 1 電流センサ 3 1 等の検出値を増幅し、第 1 マイコン 5 1 に出力する。レギュレータは、第 1 マイコン 5 1 等に供給される電圧を安定化させる安定化回路である。

10

【 0 0 2 3 】

第 2 モータ制御部 5 0 2 は、第 2 巻線組 1 2 の通電を制御するものであって、第 2 マイコン 5 2 および第 2 集積回路 5 7 を有する。

第 2 マイコン 5 2 は、回転検出装置 1、第 2 電流センサ 4 1、および、トルクセンサ 1 0 3（図 1 参照。）の検出値等に基づき、第 2 インバータ 4 0 の SW 素子 4 0 1 ~ 4 0 6 およびリレー 4 2、4 3 のオンオフ作動を制御する制御信号を生成する。

【 0 0 2 4 】

第 2 集積回路 5 7 は、ブリドライバ、信号増幅部、および、レギュレータ等を有する。ブリドライバは、制御信号に基づき、ゲート信号を生成する。生成されたゲート信号は、SW 素子 4 0 1 ~ 4 0 6 のゲートに出力される。これにより、SW 素子 4 0 1 ~ 4 0 6 のオンオフ作動が制御される。信号増幅部は、第 2 電流センサ 4 1 等の検出値を増幅し、第 2 マイコン 5 2 に出力する。レギュレータは、第 2 マイコン 5 2 等に供給される電圧を安定化させる安定化回路である。

20

【 0 0 2 5 】

回転検出装置 1 は、第 1 センサ部 6 1 および第 2 センサ部 6 2 を有する。図中、第 1 センサ部 6 1 を「センサ 1」、第 2 センサ部 6 2 を「センサ 2」と記載する。回転検出装置 1 の詳細は後述する。

本実施形態では、第 1 マイコン 5 1 および第 2 マイコン 5 2 が「制御部」に対応する。

【 0 0 2 6 】

以下適宜、第 1 巻線組 1 1、ならびに、第 1 巻線組 1 1 に対応して設けられる第 1 インバータ 3 0 および第 1 モータ制御部 5 0 1 等を、第 1 系統 9 0 1 とする。第 2 巻線組 1 2、ならびに、第 2 巻線組 1 2 に対応して設けられる第 2 インバータ 4 0 および第 2 モータ制御部 5 0 2 等を、第 2 系統 9 0 2 とする。図中、煩雑になることを避けるため、回転検出装置 1 については系統 9 0 1、9 0 2 に含めていないが、第 1 センサ部 6 1 が第 1 系統 9 0 1 に含まれ、第 2 センサ部 6 2 が第 2 系統 9 0 2 に含まれる、と捉えてもよい。

30

【 0 0 2 7 】

本実施形態では、第 1 インバータ 3 0 等の回路部品および第 1 モータ制御部 5 0 1 が、第 1 巻線組 1 1 に対応して設けられ、第 2 インバータ 4 0 等の回路部品および第 2 モータ制御部 5 0 2 が、第 2 巻線組 1 2 に対応して設けられる。そのため、インバータ 3 0、4 0 等の回路部品の一部に異常が生じた場合に加え、第 1 モータ制御部 5 0 1 または第 2 モータ制御部 5 0 2 の一方に異常が生じたとしてもモータ部 1 0 の駆動を継続可能である。すなわち、本実施形態の駆動装置 8 は、インバータ 3 0、4 0 だけでなく、モータ制御部 5 0 1、5 0 2 を含む回路構成が、「冗長構成」となっている。

40

【 0 0 2 8 】

本実施形態では、第 1 バッテリ 3 9 および第 2 バッテリ 4 9 が設けられており、バッテリーについても冗長構成となっている。なお、バッテリー 3 9、4 9 の電圧は異なってもよい。バッテリー 3 9、4 9 の電圧が異なる場合、例えば第 1 バッテリ 3 9 と第 1 インバータ 3 0 との間、および、第 2 バッテリ 4 9 と第 2 インバータ 4 0 との間の少なくとも一方に電圧を変換するためのコンバータ等を適宜設けてもよい。

バッテリー 3 9、4 9 の正極側には、それぞれ、ヒューズ 3 8、4 8 が設けられる。

50

## 【 0 0 2 9 】

図 2、図 4 および図 5 に示すように、駆動部品である SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6、電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3、4 1 1 ~ 4 1 3、リレー 3 2、3 3、4 2、4 3、チョークコイル 3 5、4 5、および、コンデンサ 3 6、4 6 が、第 1 基板 2 1 に実装される。また、図 2、図 4 および図 6 に示すように、制御部品であるマイコン 5 1、5 2 および集積回路 5 6、5 7 が、第 2 基板 2 2 に実装される。駆動部品は、コイル 1 1 1 ~ 1 1 3、1 2 1 ~ 1 2 3 に流れるモータ電流と同等の比較的大きな電流が流れる電子部品であり、制御部品は、モータ電流が流れない部品である、と捉えることもできる。また、第 1 基板 2 1 には、回転検出装置 1 が実装される。

## 【 0 0 3 0 】

回路図中の白抜きの三角形は、各端子と基板 2 1、2 2 との接続箇所を示す。本実施形態では、電源端子 7 5 1、7 6 1、グランド端子 7 5 2、7 6 2、および、内部信号端子 7 1 7 は、それぞれ、第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 に接続される。一方、トルク信号端子 7 7 1、7 8 1、および、車両信号端子 7 7 2、7 8 2 は、第 2 基板 2 2 と接続され、第 1 基板 2 1 とは接続されない。

## 【 0 0 3 1 】

図 2 中では、電源端子を「電源 1」、「電源 2」、グランド端子を「GND 1」、「GND 2」、トルク信号端子を「trq 1」、「trq 2」、車両信号端子を「CAN 1」、「CAN 2」と記載する。また、図 2 等の回路図において、端子と基板との接続関係を示す線が分岐していることが、実際の端子が分岐していることを意味するものではない点を補足しておく。

## 【 0 0 3 2 】

駆動装置 8 の構造を図 3 ~ 図 6 に示す。図 4 に示すように、モータ部 1 0 は、巻線組 1 1、1 2 (図 2 参照。) が巻回されるステータ、ロータ、および、シャフト 1 5 等を備える。ステータは、モータケース 1 7 の内側に固定される。ロータは、ステータに対して相対回転可能に設けられる。ロータの軸中心には、シャフト 1 5 が固定される。これにより、シャフト 1 5 とロータとが一体となって回転する。

## 【 0 0 3 3 】

シャフト 1 5 のコントローラ部 2 0 とは反対側の端部には、減速ギア 1 0 9 (図 1 参照。) と接続される図示しない出力端が設けられる。これにより、ロータおよびシャフト 1 5 の回転により生じるトルクが、減速ギア 1 0 9 を経由してステアリングシャフト 1 0 2 に伝達される。本明細書では、適宜、ロータおよびシャフト 1 5 が回転することを、単に「モータ部 1 0 が回転する」という。

また、シャフト 1 5 のコントローラ部 2 0 側の端部には、シャフト 1 5 と一体に回転するマグネット 1 6 が設けられる。ここで、マグネット 1 6 の中心を通り、シャフト 1 5 の軸線を延長した仮想線を回転中心線 A c とする。

## 【 0 0 3 4 】

モータケース 1 7 は、筒部 1 7 1 を有し、略円筒状に形成される。モータケース 1 7 の径方向内側には、ステータ、ロータおよびシャフト 1 5 等が収容される。

フレーム部材 1 8 は、ステータおよびロータのコントローラ部 2 0 側に設けられ、例えば圧入等により、モータケース 1 7 の径方向内側に固定される。本実施形態では、モータケース 1 7 およびフレーム部材 1 8 が、モータ部 1 0 の外郭をなしている。フレーム部材 1 8 には、シャフト 1 5 が挿通され、マグネット 1 6 がコントローラ部 2 0 側に露出する。

## 【 0 0 3 5 】

フレーム部材 1 8 のコントローラ部 2 0 側の端面 1 8 1 には、基板固定部 1 8 5、1 8 6 が立設される。第 1 基板固定部 1 8 5 には、第 1 基板 2 1 が載せ置かれ、ねじ 1 9 5 により固定される。第 2 基板固定部 1 8 6 は、端面 1 8 1 からの高さが第 1 基板固定部 1 8 5 より高くなるように形成される。第 2 基板固定部 1 8 6 は、第 1 基板 2 1 の図示しない孔部に挿通される。第 2 基板固定部 1 8 6 には、第 2 基板 2 2 が載せ置かれ、ねじ 1 9 6 により固定される。基板 2 1、2 2 とフレーム部材 1 8 とは、ねじ以外にて固定してもよい。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 3 6 】

第 1 巻線組 1 1 の各相のコイル 1 1 1 ~ 1 1 3 および第 2 巻線組 1 2 の各相のコイル 1 2 1 ~ 1 2 3 は、それぞれ図示しないモータ線と接続される。モータ線は、フレーム部材 1 8 に形成される図示しないモータ線挿通孔に挿通されてコントローラ部 2 0 側に取り出され、第 1 基板 2 1 と接続される。

## 【 0 0 3 7 】

モータ部 1 0 の軸方向の一方側には、コントローラ部 2 0 が設けられる。コントローラ部 2 0 は、モータケース 1 7 を軸方向に投影した投影領域であるモータシルエット内に収まるように設けられる。以下、モータ部 1 0 の軸方向および径方向を、駆動装置 8 としての「軸方向」、「径方向」とし、単に「軸方向」、「径方向」という。

10

## 【 0 0 3 8 】

コントローラ部 2 0 は、各種電子部品が実装される基板 2 1、2 2、および、コネクタユニット 7 0 等を有する。

第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 は、フレーム部材 1 8 の端面 1 8 1 に対して略水平に設けられる。本実施形態では、モータ部 1 0 側から、第 1 基板 2 1、第 2 基板 2 2 の順に配置される。ここで、第 1 基板 2 1 のモータ部 1 0 側の面を第 1 面 2 1 1、モータ部 1 0 と反対側の面を第 2 面 2 1 2 とし、第 2 基板 2 2 のモータ部 1 0 側の面を第 1 面 2 2 1、モータ部 1 0 と反対側の面を第 2 面 2 2 2 とする（図 5 および図 6 参照）。

## 【 0 0 3 9 】

図 4 および図 5 に示すように、第 1 基板 2 1 の第 1 面 2 1 1 には、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6、電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3、4 1 1 ~ 4 1 3、および、回転検出装置 1 等が実装される。

20

第 1 基板 2 1 の第 2 面 2 1 2 には、チョークコイル 3 5、4 5、および、コンデンサ 3 6、4 6 等が実装される。

なお、図 4 では、SW 素子 3 0 1、3 0 2、4 0 1、4 0 2 が表れているものとして記載した。また、構造図において、電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3、4 1 1 ~ 4 1 3、および、チョークコイル 3 5、4 5 等の図示を省略した。

## 【 0 0 4 0 】

SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6 は、フレーム部材 1 8 に放熱可能に設けられる。これにより、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6 の熱は、フレーム部材 1 8 を経

30

由して、モータケース 1 7 から駆動装置 8 の外部に放熱される。ここで、「放熱可能に設けられる」とは、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6 がフレーム部材 1 8 に直接的に当接することに限らず、例えば放熱ゲル等の放熱部材を介して当接している状態も含む。図 4 では、放熱部材が省略されているため、SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6 とフレーム部材 1 8 とが離間している。なお、電流検出素子 3 1 1 ~ 3 1 3、4 1 1 ~ 4 1 3 等、SW 素子以外の部品を発熱素子とみなし、フレーム部材 1 8 に放熱可能に設けてもよい。

## 【 0 0 4 1 】

本実施形態では、フレーム部材 1 8 をヒートシンクとして機能させている。換言すると、フレーム部材 1 8 は、モータ部 1 0 の外郭としての機能と、ヒートシンクとしての機能を兼ね備えている。これにより、別途にヒートシンクを設ける場合と比較して、部品点数を低減可能であるとともに、体格を小型化することができる。また、フレーム部材 1 8 をヒートシンクとして利用することで、大気への熱伝達経路を短くすることができ、高効率に放熱可能である。

40

## 【 0 0 4 2 】

図 4 および図 6 に示すように、第 2 基板 2 2 の第 1 面 2 2 1 には集積回路 5 6、5 7 が実装され、第 2 面 2 2 2 にはマイコン 5 1、5 2 が実装される。

すなわち、本実施形態では、モータ電流が通電される駆動部品が第 1 基板 2 1 に実装され、制御部品が第 2 基板 2 2 に実装される。換言すると、第 1 基板 2 1 をパワー基板、第 2 基板 2 2 を制御基板とし、基板を分けることでパワー部と制御部とが分離されている。こ

50

れにより、制御基板である第2基板22には、ノイズ源となり得る大電流が流れないので、制御部品におけるノイズの影響が低減される。

基板21、22には、ばね端子26が設けられる。

【0043】

図3および図4に示すように、コネクタユニット70は、カバー部71、給電コネクタ75、76、および、信号コネクタ77、78を有する。

カバー部71は、略有底筒状に形成され、筒部711、および、コネクタ形成部715を有する。筒部711の先端部712は、モータケース17の筒部171に形成される溝部172に挿入され、接着剤等で固定される。

【0044】

コネクタ形成部715のモータ部10と反対側には、給電コネクタ75、76、および、信号コネクタ77、78が形成される。コネクタ75～78は、モータシルエット内に配置される。本実施形態のコネクタ75～78は、間口がモータ部10と反対側に開口しており、ハーネス等が軸方向に挿入される。

【0045】

図2～図4に示すように、第1給電コネクタ75は、第1バッテリー39およびグランドとの接続に用いられる。第1給電コネクタ75には、第1電源端子751および第1グランド端子752が設けられる。第2給電コネクタ76は、第2バッテリー49およびグランドとの接続に用いられる。第2給電コネクタ76には、第2電源端子761および第2グランド端子762が設けられる。

【0046】

第1信号コネクタ77および第2信号コネクタ78は、トルクセンサ103および図示しないCAN(Controller Area Network)との接続に用いられる。

第1信号コネクタ77には、トルクセンサ103からの信号の入力に用いられる第1トルク信号端子771、および、CANからの信号の入力に用いられる第1車両信号端子772が設けられる。第2信号コネクタ78には、トルクセンサ103からの信号の入力に用いられる第2トルク信号端子781、および、CANからの信号の入力に用いられる第2車両信号端子782が設けられる。

給電コネクタ75、76、および、信号コネクタ77、78の間口をそれぞれ複数設けることで、接続される一部の配線が外れたり、断線したりした場合にも、モータ部10の駆動を継続可能である。

【0047】

内部信号端子717は、カバー部71のコネクタ形成部715のモータ部10側に設けられる。内部信号端子717は、第1基板21および第2基板22に接続され、第1基板21と第2基板22との間の信号伝達に用いられる。内部信号端子717は、コネクタ75～78の端子751、752、761、762、771、772、781、782とは別途に設けられており、バッテリー39、49、トルクセンサ103およびCAN等、駆動装置8の外部とは接続されていない。本実施形態では、内部信号端子717は、回転検出装置1の検出値を第2基板22に実装されるマイコン51、52等の電子部品に伝達するのに用いられる。また、内部信号端子717は、マイコン51、52からの指令信号を第1基板21に実装される電子部品に伝達するのに用いられる。

【0048】

なお、第1給電コネクタ75における端子数や配置、割り振り等は、適宜変更可能である。第2給電コネクタ76、信号コネクタ77、78についても同様である。また、内部信号端子717は、コネクタ75～78の各端子と干渉しない箇所であれば、いずれの箇所に形成してもよく、本数についても、図示した本数に限らない。

【0049】

各端子751、752、761、762、771、772、781、782、717は、基板21、22に設けられるばね端子26に挿通される。ばね端子26は、端子が挿通されることで、弾性変形しつつ、端子と当接する。これにより、各端子751、752、7

10

20

30

40

50

6 1、7 6 2、7 7 1、7 7 2、7 8 1、7 8 2、7 1 7 は、基板 2 1、2 2 と電氣的に接続される。

【0050】

本実施形態では、第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 と接続する端子 7 5 1、7 5 2、7 6 1、7 6 2、7 1 7 は、軸方向に投影したときに 2 枚の基板が重複する重複領域にて、第 2 基板 2 2 を貫通し、第 1 基板 2 1 側まで延びて形成される。また、端子 7 5 1、7 5 2、7 6 1、7 6 2、7 1 7 は、第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 のそれぞれに設けられるばね端子 2 6 に挿通されることで、第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 と接続される。

これにより、冗長化に伴う配線スペースの増大を防ぐことができる。

また、端子を略真っ直ぐに形成し、複数の基板 2 1、2 2 を貫く構造とすることで、端子を短くすることができる。これにより、配線のインピーダンスを低減することができる。

10

【0051】

以下、回転検出装置 1 について説明する。

図 4、図 5、および、図 7 ~ 図 9 に示すように、回転検出装置 1 は、モータ部 1 0 の回転を検出するものであって、第 1 センサ部 6 1 および第 2 センサ部 6 2 を備える。本実施形態では、第 1 センサ部 6 1 および第 2 センサ部 6 2 は、1 つのパッケージ 6 5 内に設けられている。回転検出装置 1 を 1 パッケージとすることで、実装面積を抑えることができる。

【0052】

第 1 センサ部 6 1 は、センサ素子 6 0 1、および、回路部 6 1 0 を有し、センサ素子 6 0 1 および回路部 6 1 0 が 1 つのチップ 6 4 1 として構成されている。換言すると、回路部 6 1 0 を構成するチップ 6 4 1 には、センサ素子 6 0 1 が内蔵されている。

20

第 2 センサ部 6 2 は、センサ素子 6 0 2、および、回路部 6 2 0 を有し、センサ素子 6 0 2 および回路部 6 2 0 が 1 つのチップ 6 4 2 として構成されている。換言すると、回路部 6 2 0 を構成するチップ 6 4 2 には、センサ素子 6 0 2 が内蔵されている。

【0053】

図 4 および図 7 ( a ) に示すように、回転検出装置 1 のパッケージ 6 5 は、第 1 基板 2 1 の第 1 面 2 1 1 に実装される。第 1 面 2 1 1 に実装することで、マグネット 1 6 との距離を短く設定できるので、検出精度が高まる。また、マグネット 1 6 の厚みや径を小さくすることができる。また、図 7 ( b ) に示すように、パッケージ 6 5 を、第 1 基板 2 1 の第 2 面 2 1 2 に実装してもよい。第 2 面 2 1 2 に実装することで、第 1 面 2 1 1 に SW 素子 3 0 1 ~ 3 0 6、4 0 1 ~ 4 0 6 以外の発熱素子をフレーム部材 1 8 に放熱可能に実装する等、第 1 面 2 1 1 を有効に活用することができる。なお、図 7 では、回転検出装置 1 以外の実装部品等を省略した。後述の図 2 2、図 2 3 および図 3 0 も同様である。

30

【0054】

図 8 および図 9 に示すように、パッケージ 6 5 は、略矩形に形成され、両側にセンサ端子 6 7 が設けられる。センサ端子 6 7 には、指令端子 6 7 1、6 7 3、出力端子 6 7 2、6 7 4、電源端子 6 7 5、6 7 7 およびグランド端子 6 7 6、6 7 8 が含まれる。回転検出装置 1 には、図示しないレギュレータおよび電源端子 6 7 5、6 7 7 等を経由してバッテリー 3 9、4 9 から電力が供給される。本実施形態では、第 1 センサ部 6 1 には、電源端子 6 7 5 等を経由して、第 1 バッテリー 3 9 から電力が供給され、第 2 センサ部 6 2 には、電源端子 6 7 7 等を経由して、第 2 バッテリー 4 9 から電力が供給される。なお、ここでは、第 1 バッテリー 3 9 から第 1 センサ部 6 1 に電力が供給され、第 2 バッテリー 4 9 から第 2 センサ部 6 2 に電力が供給されるが、第 1 バッテリー 3 9 または第 2 バッテリー 4 9 の一方から、第 1 センサ部 6 1 および第 2 センサ部 6 2 に電力が供給されるようにしてもよい。後述の実施形態についても同様である。

40

また、回転検出装置 1 は、グランド端子 6 7 6、6 7 8 を経由してグランドと接続される。

【0055】

図 8 に示すように、第 1 センサ部 6 1 を構成するチップ 6 4 1 および第 2 センサ部 6 2 を構成するチップ 6 4 2 は、いずれもパッケージ 6 5 に内蔵されるリードフレーム 6 6 に実装される。チップ 6 4 1、6 4 2 とセンサ端子 6 7 とは、ワイヤ等により接続される。ま

50

た、センサ端子 6 7 は、第 1 基板 2 1 の配線パターンと接続される。これにより、センサ部 6 1、6 2 と第 1 基板 2 1 とが接続される。

【 0 0 5 6 】

センサ素子 6 0 1、6 0 2 は、シャフト 1 5 と一体となって回転するマグネット 1 6 の回転に伴う磁界の変化を検出する磁気検出素子である。本実施形態のセンサ素子 6 0 1、6 0 2 は、例えば GMR、AMR、TMR 等の MR 素子、または、ホール素子等である。本実施形態では、モータ部 1 0、より詳細にはモータ部 1 0 のシャフト 1 5 と一体に回転するマグネット 1 6 が、「検出対象」に対応する。

センサ素子 6 0 1、6 0 2 は、回転中心線 A c と第 1 基板 2 1 との交点に対して点対称に配置される。以下、回転中心線 A c と第 1 基板 2 1 との交点に対して点対称に配置されることを、単に「回転中心線 A c に対して点対称に配置される」という。センサ素子 6 0 1、6 0 2 を回転中心線 A c に対して点対称配置とすることで、素子間の検出誤差を低減することができる。

10

【 0 0 5 7 】

図 9 に示すように、回路部 6 1 0 は、AD 変換部 6 1 3、6 1 4、回転角演算部 6 1 5、回転回数演算部 6 1 6、および、通信部 6 1 7 を有する。回路部 6 2 0 は、AD 変換部 6 2 3、6 2 4、回転角演算部 6 2 5、回転回数演算部 6 2 6、および、通信部 6 2 7 を有する。

回路部 6 1 0、6 2 0 において、3 桁符番の下 1 桁が同じである構成は略同様であるので、以下、回路部 6 1 0 を中心に説明する。

20

【 0 0 5 8 】

AD 変換部 6 1 3 は、センサ素子 6 0 1 の検出値をデジタル変換し、回転角演算部 6 1 5 に出力する。AD 変換部 6 1 4 は、センサ素子 6 0 1 の検出値をデジタル変換し、回転回数演算部 6 1 6 に出力する。以下適宜、デジタル変換後の検出値を、単に「センサ素子の検出値」とする。なお、AD 変換部 6 1 3、6 1 4 は、適宜省略してもよい。

【 0 0 5 9 】

回転角演算部 6 1 5 は、センサ素子 6 0 1 の検出値に基づき、モータ部 1 0 の回転角  $m$  を演算する。回転角演算部 6 1 5 にて演算される値は、回転角  $m$  そのものに限らず、第 1 マイコン 5 1 にて回転角  $m$  を演算可能な値であってもよい。このような場合も含め、以下単に「回転角  $m$  の演算」とする。回転回数演算部 6 1 6 における回転回数 TC の演算についても同様とする。

30

本実施形態では、回転角  $m$  を機械角とするが、電気角としてもよい。

【 0 0 6 0 】

回転回数演算部 6 1 6 は、センサ素子 6 0 1 の検出値に基づき、モータ部 1 0 の回転回数 TC を演算する。回転回数 TC は、例えばモータ部 1 0 の 1 回転を 3 以上の領域に分け、領域が変わるごとに回転方向に応じてカウントアップまたはカウントダウンすることで、カウント値に基づいて演算可能である。当該カウント値についても、「回転回数 TC」の概念に含まれるものとする。

【 0 0 6 1 】

回転回数演算部 6 1 6 は、モータ部 1 0 の 1 回転を 3 領域以上に分割してカウントすることで、回転方向を判別可能である。また、1 回転の領域数を 5 領域以上とすれば、読み飛ばしが生じたときにも回転方向を判別可能である。また、回転回数 TC を回転角  $m$  から演算するようにしてもよい。

40

なお、本明細書でいう「回転回数」とは、単位 rpm 等で表される、いわゆる回転数（すなわち回転速度）ではなく、「ロータが何回転したか」を表す値である。また、本明細書では、単位 rpm 等で表される、いわゆる「回転数」については、「回転速度」とする。

【 0 0 6 2 】

通信部 6 1 7 は、回転角  $m$  に係る回転角信号、および、回転回数 TC に係る回転回数信号を含む出力信号を生成し、SPI (Serial Peripheral Interface) 通信等のデジタル通信により、出力信号を第 1 マイコン 5 1 に出力する。本実施形態では、第 1 マイコン 5

50

1からの指令が、通信線691および指令端子671から第1センサ部61に入力される。第1センサ部61は、第1マイコン51からの指令を受信すると、出力端子672および通信線692を経由して第1マイコン51に出力信号を出力する。

【0063】

第2センサ部62の通信部617は、回転角演算部625にて演算された回転角  $m$  に係る回転角信号、および、回転回数演算部626にて演算された回転回数  $TC$  に係る回転回数信号を含む出力信号を生成し、第2マイコン52に出力する。本実施形態では、第2マイコン52からの指令が通信線693および指令端子673から第2センサ部62に入力される。第2センサ部62は、第2マイコン52からの指令を受信すると、出力端子674および通信線694を経由して第2マイコン52に出力信号を出力する。

10

なお、本実施形態では、マイコン51、52がいずれも第2基板22に実装されているので、通信線691～694は、基板21、22における基板配線、および、内部信号端子717により構成される。

【0064】

第1マイコン51は、第1センサ部61から取得した出力信号に含まれる回転角信号に基づき、モータ部10の回転角  $m$  を演算する。演算された回転角  $m$  は、モータ部10の駆動制御に用いられる。

また、第1マイコン51は、第1センサ部61から取得した出力信号に含まれる回転角信号、および、回転回数信号に基づき、ステアリングシャフト102の舵角  $s$  を演算する。ステアリングシャフト102は減速ギア109を介してモータ部10と接続されているので、舵角  $s$  は、回転角  $m$ 、回転回数  $TC$ 、および、減速ギア109のギア比に基づいて演算可能である。第2マイコン52においても、第2センサ部62から取得した出力信号に基づき、同様の演算を行う。

20

【0065】

電動パワーステアリング装置108が搭載される図示しない車両が直進するときのステアリングホイール101の位置である中立位置は、例えば一定速度で直進進行を一定時間行うことで、学習可能である。学習された中立位置は、マイコン51、52に記憶される。本実施形態では、マイコン51、52は、中立位置を基準とし、回転角  $m$ 、回転回数  $TC$  および減速ギア109のギア比に基づいて舵角  $s$  を演算する。マイコン51、52にて回転角  $m$  等に基づいて舵角演算を行うことで、ステアリングセンサを省略することができる。

30

【0066】

センサ部61、62とマイコン51、52との間における通信について、図10に基づいて説明する。図10では、(a)がモータ部10の回転角  $m$  の演算処理、(b)がモータ部10の回転回数  $TC$  の演算処理、(c)がセンサ部61から第1マイコン51へ送信される出力信号、(d)が第1マイコン51からセンサ部61へ送信される指令信号、(e)がマイコンにおける演算処理を示す。

なお、第1センサ部61と第1マイコン51との間での通信と、第2センサ部62と第2マイコン52との間での通信とは略同様であるので、ここでは、第1センサ部61と第1マイコン51との間での通信について説明する。

40

【0067】

図10(a)に示すように、回転角  $m$  は、更新周期  $DR T\_sa$  で更新される。図10(a)における各パルスは、回転角演算部615における回転角  $m$  のデータ更新に係る演算期間を示している。各パルスの前半の期間  $P \times 1$  にて、AD変換部613がセンサ素子601の検出値をデジタル変換し、期間  $P \times 1$  に続く期間  $P \times 2$  にて、回転角演算部615が回転角  $m$  を演算し、回転角  $m$  に係るデータを更新する。図10(a)では、回転角  $m$  に係るデータが、1A、2A、・・・11Aと更新されていくものとする。なお、図10(a)では、データ1Aの演算期間について、期間  $P \times 1$ 、 $P \times 2$  を記載しているが、他のデータの演算期間についても同様である。

【0068】

50

図 10 ( b ) に示すように、回転回数  $T_C$  は、更新周期  $DR T\_s b$  で更新される。図 10 ( b ) における各パルスは、回転回数演算部 616 における回転回数  $T_C$  のデータ更新に係る演算期間を示している。各パルスの前半期間の  $P y 1$  にて、AD変換部 614 がセンサ素子 601 の検出値をデジタル変換し、期間  $P y 1$  に続く期間  $P y 2$  にて、回転回数演算部 616 が回転回数  $T_C$  を演算し、回転回数  $T_C$  に係るデータを更新する。図 10 ( b ) では、回転回数  $T_C$  に関するデータが、1 B、2 B、 $\dots$  11 B と更新されていくものとする。なお、図 10 ( b ) では、データ 1 B の演算期間について、期間  $P y 1$ 、 $P y 2$  を記載しているが、他のデータの演算期間についても同様である。

以下、 $n$  を任意の自然数とし、「 $n A$ 」が回転角  $m$  に係るデータおよび当該データに基づく回転角信号を意味し、「 $n B$ 」が回転回数  $T_C$  に係るデータおよび当該データに基づく回転回数信号を意味するものとする。

10

図 11、図 15 および図 29 についても同様である。

#### 【0069】

図 10 ( a )、( b ) に示すように、本実施形態では、回転角  $m$  の更新周期  $DR T\_s a$  と、回転回数  $T_C$  の更新周期  $DR T\_s b$  とは等しく、第 1 マイコン 51 における演算周期  $DR T\_m$  と比較して短い。

#### 【0070】

図 10 ( c )、( d ) に示すように、時刻  $x 1 1$  にて、第 1 マイコン 51 は、次の指令送信のタイミングにて出力信号の送信を要求する指令信号  $c o m 1$  を第 1 センサ部 61 に送信する。また、通信部 617 は、指令信号  $c o m 1$  を受信したタイミングである時刻  $x 1 1$  にて、指令信号  $c o m 1$  の直前の指令信号  $c o m 0$  (不図示) に基づく出力信号  $S d 1 0$  を第 1 マイコン 51 に送信する。

20

出力信号  $S d 1 0$  には、最新データに基づく回転角  $m$  および回転回数  $T_C$  に係る信号、および、CRC 信号が含まれる。詳細には、出力信号  $S d 1 0$  には、データ 1 A に基づく回転角信号、データ 1 B に基づく回転回数信号、および、回転角信号および回転回数信号に基づいて演算される巡回冗長検査信号である CRC 信号が含まれる。

#### 【0071】

第 1 マイコン 51 は、時刻  $x 1 2$  にて、出力信号  $S d 1 0$  に含まれる回転角信号および回転回数信号に基づく回転角  $m$  および舵角  $s$  の演算を開始する。図中における [1 A、1 B] の記載は、回転角  $m$  および舵角  $s$  の演算にデータ 1 A、1 B を用いることを意味する。なお、舵角  $s$  は、必ずしも毎回演算しなくてもよく、例えば所定回数に 1 回の割合で演算するようにしてもよい。

30

#### 【0072】

また、時刻  $x 1 3$  にて、第 1 マイコン 51 から指令信号  $c o m 2$  が送信されると、第 1 センサ部 61 は、データ 4 A に基づく回転角信号、データ 4 B に基づく回転回数信号、および、CRC 信号を含む出力信号  $S d 1 1$  を第 1 マイコン 51 に送信する。第 1 マイコン 51 は、時刻  $x 1 4$  にて、出力信号  $S d 1 1$  に含まれる信号に基づく回転角  $m$  および舵角  $s$  の演算を開始する。

時刻  $x 1 5$  にて、第 1 マイコン 51 から指令信号  $c o m 3$  が送信されると、第 1 センサ部 61 は、データ 8 A に基づく回転角信号、データ 8 B に基づく回転回数信号、および、CRC 信号を含む出力信号  $S d 1 2$  を第 1 マイコン 51 に送信する。

40

#### 【0073】

図 11 に示すように、更新周期  $DR T\_s a$ 、 $DR T\_s b$  は、異なってもよい。詳細には、回転回数  $T_C$  の更新周期  $DR T\_s b$  は、回転角  $m$  の更新周期  $DR T\_s a$  より長くてよい。回転角  $m$  の更新周期  $DR T\_s a$  は、第 1 マイコン 51 の演算周期  $DR T\_m$  より十分に短い必要がある。一方、回転回数  $T_C$  は、モータ部 10 の 1 回転を分割した各象限を読み飛ばすことなく検出すれば、回転回数を誤検出することがない。そのため、回転回数  $T_C$  の更新周期  $DR T\_s b$  は、モータ部 10 の設定回転速度に応じ、読み飛ばしが無いような長さに適宜設定すればよい。なお、設定回転速度は、モータ部 10 の最大回転速度としてもよいし、回転回数  $T_C$  のカウントを要する所定の回転速度として

50

もよい。

【 0 0 7 4 】

図 1 1 の例では、時刻  $x_{21}$ 、 $x_{22}$  での処理は、図 1 0 中の時刻  $x_{11}$ 、 $x_{12}$  の処理と同様であり、第 1 センサ部 6 1 は、時刻  $x_{21}$  にて、データ 1 A に基づく回転角信号およびデータ 1 B に基づく回転回数信号を含む出力信号  $S_{d21}$  を第 1 マイコン 5 1 に送信する。第 1 マイコン 5 1 は、時刻  $x_{22}$  にて、出力信号  $S_{d21}$  に基づき、回転角  $m$  および舵角  $s$  の演算を開始する。

【 0 0 7 5 】

時刻  $x_{23}$  にて、第 1 マイコン 5 1 から指令信号  $c_{om2}$  が送信されると、第 1 センサ部 6 1 は、データ 4 A に基づく回転角信号およびデータ 3 B に基づく回転回数信号を含む出力信号  $S_{d22}$  を第 1 マイコン 5 1 に送信する。第 1 マイコン 5 1 は、時刻  $x_{24}$  にて、出力信号  $S_{d22}$  に基づき、回転角  $m$  および舵角  $s$  の演算を開始する。

時刻  $x_{25}$  にて、第 1 マイコン 5 1 から指令信号  $c_{om3}$  が送信されると、第 1 センサ部 6 1 は、データ 8 A に基づく回転角信号、および、データ 4 B に基づく回転回数信号を含む出力信号  $S_{d23}$  を第 1 マイコン 5 1 に送信する。

【 0 0 7 6 】

ここで、参考例による通信を図 2 9 に示す。参考例では、回転角を検出するセンサ部と、回転回数を検出するセンサ部とが別々のチップに設けられており、回転角信号と回転回数信号とを別々の信号として送信する例である。ここでは、SPI 通信におけるチップセレクトに応じて各チップからの信号が交互に送信されるものとする。また、更新周期  $DRT_{sa}$ 、 $DRT_{sb}$  は、図 1 1 と同様とする。

【 0 0 7 7 】

時刻  $x_{91}$  では、指令信号  $c_{om1c}$  の直前の指令信号  $c_{om0c}$  (不図示) に基づいて出力信号  $S_{d91}$  が送信される。出力信号  $S_{d91}$  には、データ 1 A に基づく回転角信号が含まれる。一方、出力信号  $S_{d91}$  には、回転回数信号が含まれない。

時刻  $x_{92}$  では、出力信号  $S_{d91}$  に含まれるデータ 1 A、および、指令信号  $c_{om0c}$  が送信されたタイミングで送信される出力信号  $S_{d90}$  (不図示) に含まれるデータ - 1 B に基づき、回転角  $m$  および舵角  $s$  が演算される。

【 0 0 7 8 】

時刻  $x_{93}$  では、指令信号  $c_{om2c}$  が送信されると、データ 3 B に基づく回転回数信号を含む出力信号  $S_{d92}$  が送信される。また、時刻  $x_{94}$  では、指令信号  $c_{om3c}$  が送信されると、データ 8 A に基づく回転角信号を含む出力信号  $S_{d93}$  が送信される。

時刻  $x_{95}$  では、出力信号  $S_{d93}$  に含まれるデータ 8 A に基づく回転回数信号、および、出力信号  $S_{d92}$  に含まれるデータ 3 B に基づく回転回数信号を用いて、回転角  $m$  および舵角  $s$  が演算される。

【 0 0 7 9 】

参考例では、回転角  $m$  の検出に用いられるセンサ部と、回転回数  $TC$  の検出に用いられるセンサ部とが別々であるので、回転角信号と回転回数信号とは別途にマイコンに送信される。そのため、例えば時刻  $x_{95}$  における演算に用いられる回転角信号の検出タイミングと回転回数信号の検出タイミングとのずれ幅  $T_{dc}$  は、マイコンの指令周期よりも長い。参考例のように、検出タイミングのずれが大きい回転角  $m$  および回転回数  $TC$  を用いると、舵角  $s$  を正確に演算できない虞がある。

【 0 0 8 0 】

そこで本実施形態では、回転角演算部 6 1 5 および回転回数演算部 6 1 6 を 1 つのチップ 6 4 1 として構成し、回転角信号と回転回数信号とを一連の出力信号として、通信部 6 1 7 から第 1 マイコン 5 1 に送信している。

そのため、図 1 0 に示すように、回転角  $m$  に係るデータと回転回数  $TC$  に係るデータとの更新タイミングが同時であれば、第 1 マイコン 5 1 では、同時に検出された検出値に基づいて、回転角  $m$ 、回転回数  $TC$ 、および、舵角  $s$  を演算することができる。

また、図 1 1 に示すように、更新周期  $DRT_{sa}$ 、 $DRT_{sb}$  が異なっても、同

10

20

30

40

50

一の出力信号に回転角信号および回転回数信号を含めて送信することで、検出タイミングのずれ幅  $T_d$  は、マイコン 51 からの指令周期より短くなり、参考例のように別々の信号として送信する場合と比較し、検出タイミングのずれを低減することができる。

【0081】

また、本実施形態では、回転角度信号および回転回数信号を一連の出力信号に含め、1本の通信線 692 を経由して第1マイコン 51 に送信される。これにより、回転角度信号と回転回数信号とを別々の通信線を用いてマイコンに送信する場合と比較して、通信線の本数を減らすことができる。

【0082】

本実施形態の駆動装置 8 は、電動パワーステアリング装置 108 に設けられる。電動パワーステアリング装置 108 は、車両の基本機能の1つである「曲がる」機能を司る装置であるため、冗長構成とすることで、一部に異常が生じた場合であっても操舵のアシストを継続できるようにしている。一方、居住スペースの拡大や燃費向上の面から、駆動装置 8 には小型化が求められる。

【0083】

本実施形態では、回路部 610、620 を複数設けることで、回転角  $\theta$  および回転回数  $TC$  の演算機能が冗長化されており、いずれか一方に異常が生じた場合であっても、電動パワーステアリング装置 108 の動作を継続可能である。また、回路部 610、620 をそれぞれ1チップとして一体化することで、回転検出装置 1 を小型化可能であるので、駆動装置 8 の小型化に寄与する。

【0084】

以上説明したように、本実施形態の回転検出装置 1 は、複数のセンサ素子 601、602 と、複数の回路部 610、620 と、パッケージ 65 と、を備える。

センサ素子 601、602 は、モータ部 10 の回転を検出する。

回路部 610 は、回転角演算部 615、回転回数演算部 616、および、通信部 617 を有する。回転角演算部 615 は、センサ素子 601 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転角  $\theta$  を演算する。回転回数演算部 616 は、センサ素子 601 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転回数  $TC$  を演算する。通信部 617 は、回転角  $\theta$  に係る信号である回転角信号および回転回数  $TC$  に係る信号である回転回数信号を第1マイコン 51 に送信する。

【0085】

回路部 620 は、回転角演算部 625、回転回数演算部 626、および、通信部 627 を有する。回転角演算部 625 は、センサ素子 602 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転角  $\theta$  を演算する。回転回数演算部 626 は、センサ素子 602 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転回数  $TC$  を演算する。通信部 627 は、回転角  $\theta$  に係る信号である回転角信号および回転回数  $TC$  に係る信号である回転回数信号を第2マイコン 52 に送信する。

パッケージ 65 は、センサ素子 601、602 および回路部 610、620 を封止しており、マイコン 51、52 とは別途に第1基板 21 に実装される。

【0086】

本実施形態では、回転角  $\theta$  の演算機能および回転回数  $TC$  の演算機能を有する回路部 610、620 を複数設けているので、一部の回路部 610、620 に異常が生じた場合であっても、回転角  $\theta$  および回転回数  $TC$  の演算を継続することができる。また、回路部 610、620 とセンサ素子 601、602 とを同一パッケージとし、マイコン 51、52 とは別パッケージとしている。これにより、例えば、マイコン 51、52 を、回転検出装置 1 が実装される第1基板 21 とは別の基板である第2基板 22 に実装する、といった具合に、基板 21、22 における素子配置の自由度が高まる。

【0087】

また、図30に示す参考例である回転検出装置 655 のように、回転角  $\theta$  の演算に係るパッケージ 656、657 と、回転回数  $TC$  の演算に係るパッケージ 658、659 とを

10

20

30

40

50



それぞれ別途に設ける場合と比較し、実装面積を抑えることができる。これにより、例えば第1基板21の第1面211側の面にSW素子301~306、401~406等のフレーム部材18への放熱を要する素子の実装領域を確保することができる。また、センサ素子601、602を回転中心線Acに近づけて配置できるので、マグネット16を小型化可能であるとともに、検出精度の悪化を防ぐことができる。

#### 【0088】

全てのセンサ素子601、602、および、回路部610、620は、1つのパッケージ65内に設けられる。これにより、回転検出装置1を小型化することができる。

センサ素子601、602は、モータ部10の回転中心線Acに対して点対称に配置される。これにより、素子間の検出誤差を低減することができる。

センサ素子601は、回路部610と同一のチップ641に含まれる。センサ素子601と回路部610とを1チップとすることで、より小型化が可能である。センサ素子602および回路部620についても同様である。

#### 【0089】

パッケージ65が実装される基板である第1基板21と、当該第1基板21と挟んでモータ部10と反対側に設けられる第2基板22とは、コネクタユニット70に設けられる内部接続端子717で接続される。第2基板22には、マイコン51、52が実装される。回転角信号および回転回数信号は、内部接続端子717を経由してマイコン51、52に送信される。これにより、回転角信号および回転回数信号をマイコン51、52に適切に送信することができる。

#### 【0090】

通信部617は、回転角信号および回転回数信号を含む一連の信号である出力信号を、1つの通信線692を用いて第1マイコン51に送信する。回転角信号および回転回数信号が一連の出力信号に含まれるので、回転角信号および回転回数信号を1回の通信でマイコン51、52に送信可能である。これにより、回転角mに係る検出値と回転回数TCに係る検出値との検出タイミングのずれを低減することができる。また、1本の通信線692にて、回転角信号および回転回数信号を通信部617から第1マイコン51に送信することができる。同様に、1本の通信線694にて、回転角信号および回転回数信号を通信部627から第2マイコン52に送信することができる。これにより、回転角信号および回転回数信号ごとに通信線を設ける場合と比較し、通信線の数減らすことができる。

#### 【0091】

電動パワーステアリング装置108は、モータ部10と、回転検出装置1と、マイコン51、52と、を備える。モータ部10は、運転者による操舵を補助する補助トルクを出力する。マイコン51、52は、回転角信号および回転回数信号を用いてモータ部10を制御する。センサ素子601、602は、検出対象としてモータ部10の回転を検出する。本実施形態では、回転角mの演算機能および回転回数TCの演算機能を1チップ化し、回転検出装置1を小型化しているので、電動パワーステアリング装置108の小型化に寄与する。

マイコン51、52は、回転角mおよび回転回数TCに基づき、舵角sを演算する。これにより、例えばステアリングシャフト102にギア等を設けて舵角sを検出するステアリングセンサを省略することができる。

#### 【0092】

##### (第2実施形態)

本発明の第2実施形態を図12および図13に示す。本実施形態は、回転検出装置2が上記実施形態と異なっており、それ以外の構成については上記実施形態と同様であるので、説明を省略する。

図12に示すように、本実施形態の回転検出装置2は、第1センサ部261、および、第2センサ部262を有する。

#### 【0093】

第1センサ部261は、回転角用のセンサ素子603、回転回数用のセンサ素子604、

10

20

30

40

50

および、回路部 610 を有する。センサ素子 603、604 および回路部 610 は、1つのチップ 641 に設けられる。

第2センサ部 262 は、回転角用のセンサ素子 605、回転回数用のセンサ素子 606、および、回路部 620 を有する。センサ素子 605、606 および回路部 620 は、1つのチップ 642 に設けられる。チップ 641、642 は、1つのパッケージ 65 に設けられる。第3実施形態～第6実施形態においても同様である。

【0094】

センサ素子 603～606 は、マグネット 16 の回転により変化する磁束を検出するホール素子等の磁気検出素子である。

A/D変換部 613 は、センサ素子 603 の検出値をデジタル変換し、回転角演算部 615 10  
に出力する。A/D変換部 614 は、センサ素子 604 の検出値をデジタル変換し、回転回数演算部 616 に出力する。

【0095】

第2センサ部 262 についても同様、A/D変換部 623 は、センサ素子 605 の検出値をデジタル変換し、回転角演算部 625 に出力する。A/D変換部 624 は、センサ素子 606 の検出値をデジタル変換し、回転回数演算部 616 に出力する。

センサ部 261、262 とマイコン 51、52 との通信等については、上記実施形態と同様である。

【0096】

本実施形態では、回転角  $\theta$  演算用のセンサ素子 603、605 と、回転回数 TC 演算用のセンサ素子 604、606 とが、別途に設けられている。これにより、回転角  $\theta$  または回転回数 TC の演算に最適な素子を選定することができる。例えば、回転角  $\theta$  演算用のセンサ素子 603、605 には、検出精度の高いものを用い、回転回数 TC 演算用のセンサ素子 604、606 には、電力消費の少ないものを用いる、といった具合である。

【0097】

センサ素子の配置を図13に示す。

図13(a)、(b)に示すように、回転角  $\theta$  演算用のセンサ素子 603、605 は、回転中心線 Ac に対して点対称に配置される。また、回転回数 TC 演算用のセンサ素子 604、606 は、回転中心線 Ac に対して点対称に配置される。

【0098】

図13(a)では、回転角  $\theta$  演算用のセンサ素子 603、605 が内側、回転回数 TC 演算用のセンサ素子 604、606 が外側となるように配置される。すなわち、より検出精度が要求される回転角  $\theta$  演算用のセンサ素子 603、605 を内側に配置することで、回転中心線 Ac に近接させ、検出誤差を低減している。なお、回転回数 TC の演算には、回転角  $\theta$  と比較して検出精度が要求されないため、外側に配置している。

【0099】

また、図13(b)に示すように、センサ素子 603、604、および、センサ素子 605、606 を、それぞれ回転中心線 Ac に対して横並びの状態にて配列してもよい。このとき、回転角  $\theta$  検出用のセンサ素子 603、605 が点対称に配置され、回転回数 TC 検出用のセンサ素子 604、606 が点対称に配置される。

【0100】

回転角演算部 615 は、センサ素子 603 の検出値に基づいて回転角  $\theta$  を演算し、回転回数演算部 616 は、センサ素子 604 の検出値に基づいて回転回数 TC を演算する。

また、回転角演算部 625 は、センサ素子 605 の検出値に基づいて回転角  $\theta$  を演算し、回転回数演算部 626 は、センサ素子 606 の検出値に基づいて回転回数 TC を演算する。換言すると、回転角  $\theta$  と回転回数 TC とは、異なるセンサ素子の検出値に基づいて演算される。

このように構成しても上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0101】

(第3実施形態)

10

20

30

40

50

本発明の第3実施形態を図14および図15に示す。

図14に示すように、本実施形態の回転検出装置3は、第1センサ部361、および、第2センサ部362を有する。

第1センサ部361の回路部611は、第1実施形態の回路部610の各構成に加え、自己診断部618を有する。第2センサ部362の回路部621は、第1実施形態の回路部621の各構成に加え、自己診断部628を有する。本実施形態では、センサ素子601および回路部611が1つのチップ641に設けられ、センサ素子602および回路部621が1つのチップ642に設けられる。第2実施形態のように、回転角  $m$  演算用と、回転回数  $TC$  演算用とで、別途にセンサ素子を設ける構成としてもよい。

【0102】

自己診断部618は、センサ素子601、AD変換部613、614、回転角演算部615および回転回数演算部616の天絡や地絡等の異常を監視する。

自己診断部628は、センサ素子602、AD変換部623、624、回転角演算部625および回転回数演算部626の天絡や地絡等の異常を監視する。

自己診断部618、628における自己監視結果は、ステータス信号として出力信号に含め、マイコン51、52に送信する。本実施形態では、ステータス信号が「異常信号」に対応する。

【0103】

第1マイコン51と第1センサ部361との間における通信について、図15に基づいて説明する。通信タイミング等については、図11と同様であるので、ここでは、第1センサ部361から送信される出力信号を、第1マイコン51からの指令に応じて変更する点を中心に説明する。なお、上記実施形態と同様、第2マイコン52と第2センサ部362との間での通信は、第1マイコン51と第1センサ部361との間での通信と略同様であるので、ここでは、第1マイコン51と第1センサ部361との間の通信を例に説明する。

【0104】

本実施形態では、第1センサ部361は、第1マイコン51から送信される指令の種類に応じて出力信号に含まれる信号の種類を変更している。

時刻  $x31$  にて、第1マイコン51から指令信号  $com\_a$  が送信されると、通信部617は、次の指令を受信したタイミングである時刻  $x32$  にて、回転角信号、回転回数信号、ステータス信号、および、CRC信号を含む出力信号  $Sd\_a$  を第1マイコン51に送信する。なお、出力信号  $Sd\_a$  の出力タイミングにて送信される指令は、どの信号の出力を指示するものであってもよく、種類は問わない。他の出力信号の送信タイミングに係る指令についても同様である。

【0105】

時刻  $x32$  にて、第1マイコン51から指令信号  $com\_b$  が送信されると、通信部617は、次の指令を受信したタイミングである時刻  $x33$  にて、回転角信号、回転回数信号、および、CRC信号を含む出力信号  $Sd\_b$  を第1マイコン51に送信する。

時刻  $x33$  にて、第1マイコン51から指令信号  $com\_c$  が送信されると、通信部617は、次の指令を受信したタイミングである時刻  $x34$  にて、回転角信号、ステータス信号、および、CRC信号を含む出力信号  $Sd\_c$  を第1マイコン51に送信する。

時刻  $x34$  にて、第1マイコン51から指令信号  $com\_d$  が送信されると、通信部617は、次の指令を受信したタイミングである時刻  $x35$  にて、回転角信号、および、CRC信号を含む出力信号  $Sd\_d$  を第1マイコン51に送信する。

【0106】

図15の例では、説明のため、第1マイコン51からの指令信号が、 $com\_a$ 、 $com\_b$ 、 $com\_c$ 、 $com\_d$ の順に送信され、第1センサ部361からの出力信号が、 $Sd\_a$ 、 $Sd\_b$ 、 $Sd\_c$ 、 $Sd\_d$ の順に送信されているが、この順に限らず、送信順が異なってもよい。また例えば、第1マイコン51は、回転回数信号を回転回数送信周期で取得し、ステータス信号をステータス送信周期で取得するように、各送信周期に応じて指令信号  $com\_a$ 、 $com\_b$ 、 $com\_c$ を送信し、その他のタイミングで

10

20

30

40

50

は回転角信号を取得する指令信号 `com_d` を送信するようにしてもよい。回転回数送信周期とステータス送信周期とは、等しくてもよいし、異なってもよい。回転回数送信周期とステータス送信周期とが等しければ、指令信号 `com_b`、`com_c` を用いなくてもよい。また、所定の周期に限らず、第1マイコン51にて、第1マイコン51にて回転回数TCまたは第1センサ部361における自己監視結果の取得を要するとき、適宜、指令信号 `com_d` に替えて、指令信号 `com_a`、`com_b`、`com_c` のいずれかを送信するようにしてもよい。

第1マイコン51では、取得された信号に応じた演算が行われる。図15(e)は、演算期間が等しいものとして記載しているが、実際に行われる演算に応じ、演算期間が異なっているようにもよい。

#### 【0107】

本実施形態では、自己診断部618が設けられる場合を例に説明したが、第1実施形態等、自己診断部が設けられない場合においても、指令の種類に応じ、出力信号に含まれる信号の種類を変更可能である。すなわち、自己診断部618が設けられていない場合、指令信号 `com_b` に応じて回転角信号および回転回数信号を含む出力信号 `sd_b` を送信し、指令信号 `com_d` に応じて回転角信号を含む出力信号 `sd_d` を送信する、といった具合である。

これにより、通信部617、627は、マイコン51、52の要求に応じた信号を適切に送信することができる。また、自己診断部618、628を設け、異常診断結果をステータス信号として送信することで、マイコン51、52にて、異常な信号を用いた演算が行われるのを防ぐことができる。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

#### 【0108】

##### (第4実施形態)

本発明の第4実施形態を図16に示す。

図16に示すように、本実施形態の回転検出装置4は、第1センサ部461、および、第2センサ部462を有する。本実施形態では、センサ素子601、607および回路部612が1つのチップ641に設けられる。第2センサ部462についても同様、2つのセンサ素子および回路部が1つのチップ642に設けられる。

#### 【0109】

第1センサ部461の回路部612は、第3実施形態の回路部611の各構成に加え、センサ素子607、AD変換部633、634、回転角演算部635、および、回転回数演算部636を有する。ここで、センサ素子601、AD変換部613、614、回転角演算部615および回転回数演算部616を回転情報演算回路951とし、センサ素子607、AD変換部633、634、回転角演算部635および回転回数演算部636を回転情報演算回路952とする。すなわち、第1センサ部461は、2系統の回転情報演算回路を有している。第2センサ部462についても同様に、2系統の回転情報演算回路953、954を有している。補足として、例えば第1実施形態等のセンサ部61、62には、それぞれ1系統の回転情報演算回路が設けられる。

#### 【0110】

自己診断部618は、天絡、地絡等に加え、回転情報演算回路951、952の対応する値を比較することで中間異常を検出することができる。中間異常とは、値自体は正常範囲内である異常であって、例えばオフセット異常等である。通信部617は、中間異常についてもステータス信号として出力信号に含め、第1マイコン51に送信する。

なお、自己診断部618にて回転情報演算回路951、952の対応する値を比較することに替えて、それぞれの系統の回転角信号および回転回数信号等を第1マイコン51に送信するようにし、第1マイコン51側にて対応する値を比較し、中間異常を検出するようにしてもよい。

#### 【0111】

また、本実施形態についても、第2実施形態のように、回転角  $m$  演算用と、回転回数  $T$

10

20

30

40

50

C 演算用とで、別途にセンサ素子を設ける構成としてもよい。この場合、センサ部 4 6 1、4 6 2 の素子数は、各 4 つとなり、回転検出装置 4 全体として 8 つとなる。

本実施形態では、1 つの通信部 6 1 7 に対して複数の回転情報演算回路 9 5 1、9 5 2 を設けている。これにより、オフセット異常等の中間異常を検出可能となる。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

#### 【0 1 1 2】

(第 5 実施形態)

本発明の第 5 実施形態を図 1 7 および図 1 8 に示す。

電動パワーステアリング装置 1 0 8 は、イグニッションスイッチ等である始動スイッチがオフであるとき、停止されているものとする。このとき、マイコン 5 1、5 2 への給電は行われず、マイコン 5 1、5 2 は、各種演算や通信等を行わないものとする。

本実施形態では、回転検出装置 1 には、電動パワーステアリング装置 1 0 8 の停止中であっても、バッテリー 3 9、4 9 から直接的に電力が供給される。詳細には、電動パワーステアリング装置 1 0 8 の停止中であっても、第 1 センサ部 6 1 には第 1 バッテリ 3 9 から直接的に電力が供給され、第 2 センサ部 6 2 には第 2 バッテリ 4 9 から直接的に電力が供給される。これにより、電動パワーステアリング装置 1 0 8 の停止中においても、回転検出装置 1 における演算を継続可能である。

#### 【0 1 1 3】

ここで、舵角  $s$  の演算について説明する。上述の通り、舵角  $s$  は、回転角  $m$ 、回転回数  $TC$ 、および、減速ギア 1 0 9 のギア比に基づいて演算される。電動パワーステアリング装置 1 0 8 の停止中に、運転者によりステアリングホイール 1 0 1 が操舵されると、ステアリングシャフト 1 0 2 が回転し、減速ギア 1 0 9 を介してモータ部 1 0 が回転する。回転回数  $TC$  がカウントされていないと、中立位置の再学習が完了するまでの間、舵角  $s$  が演算できず、不定となる。なお、舵角  $s$  の演算には、モータ部 1 0 の回転位置が何回転目の回転角  $m$  にあるかの情報が必要であり、回転角  $m$  については、再始動時の瞬時値を用いればよいので、停止中における演算を継続する必要はない。

#### 【0 1 1 4】

そこで本実施形態では、バッテリー 3 9、4 9 から回転検出装置 1 に直接的に電力を供給することで、電動パワーステアリング装置 1 0 8 の停止中においても、少なくとも回転回数  $TC$  の演算を継続する。回転角  $m$  の演算は、継続してもしなくてもどちらでもよいが、継続しない方が電力消費の面で好ましい。

なお、マイコン 5 1、5 2 は停止中であるので、回転検出装置 1 は、マイコン 5 1、5 2 との通信は行わず、カウントした回転回数  $TC$  を内部的に保持しておく。そして、電動パワーステアリング装置 1 0 8 が再始動された後、マイコン 5 1、5 2 の指令信号に応じ、回転角信号および回転回数信号を含む出力信号をマイコン 5 1、5 2 に送信する。これにより、マイコン 5 1、5 2 は、中立位置の再学習等を行うことなく、再始動時においても適切に舵角  $s$  を演算することができる。

#### 【0 1 1 5】

なお、図 1 7 では、第 1 実施形態の回転検出装置 1 を例に説明したが、第 2 実施形態～第 4 実施形態の回転検出装置 2～4 を用いてもよい。第 6 実施形態についても同様である。

#### 【0 1 1 6】

本実施形態における回転情報演算処理を図 1 8 に示すフローチャートに基づいて説明する。ここでは、第 1 センサ部 6 1 における処理として説明するが、第 2 センサ部 6 2 においても同様の処理が行われる。フローチャートの説明に係り、ステップ S 1 0 1 の「ステップ」を省略し、単に記号「S」と記す。他のステップについても同様である。

#### 【0 1 1 7】

最初の S 1 0 1 では、第 1 センサ部 6 1 は、電動パワーステアリング装置 1 0 8 が動作中か否かを判断する。図中、電動パワーステアリング装置を「EPS」と記載する。例えば、第 1 マイコン 5 1 からのクロック信号や指令信号等が所定期間以上に亘って送信されない場合、電動パワーステアリング装置 1 0 8 が停止していると判断できる。電動パワース

10

20

30

40

50

テアリング装置 108 が停止していると判断された場合 (S101: NO)、S104 へ移行する。電動パワーステアリング装置 108 が動作中であると判断された場合 (S101: YES)、S102 へ移行する。

【0118】

S102 では、第 1 センサ部 61 は、回転角  $m$  および回転回数  $TC$  を演算する。

S103 では、第 1 センサ部 61 は、第 1 マイコン 51 からの指令に応じ、出力信号を送信する。第 1 マイコン 51 では、取得した出力信号に含まれる信号を用い、回転角  $m$  および舵角  $s$  等の演算を行う。

【0119】

電動パワーステアリング装置 108 が停止していると判断された場合 (S101: NO) 10  
に移行する S104 では、モータ部 10 が停止中か否かを判断する。モータ部 10 が停止中か否かは、例えばモータ部 10 の回転速度が判定閾値より小さい場合、モータ部 10 が停止中であるみなす。また例えば、回転角  $m$  が演算されていない場合、AD 変換部 614 から出力される値の変化量 (例えば前回値との差分値や微分値等) が判定閾値より小さい場合、モータ部 10 が停止中であるとみなす。また例えば、モータ部 10 の 1 回転を 3 以上の領域に分けてカウントする場合、同一のカウント値が所定期間に亘って継続されているとき、モータ部 10 が停止中であるとみなす。モータ部 10 が動作中であると判断された場合 (S104: NO)、S105 へ移行する。モータ部 10 が停止中であると判断された場合 (S104: YES)、S106 へ移行する。

【0120】

S105 では、回転回数演算部 616 は、第 1 の頻度  $f_1$  にて回転回数  $TC$  を演算する。

第 1 の頻度  $f_1$  は、モータ部 10 の駆動時に読み飛ばしが生じない程度に設定される。

S106 では、回転回数演算部 616 は、第 2 の頻度  $f_2$  にて回転回数  $TC$  を演算する。

第 2 の頻度  $f_2$  は、第 1 の頻度  $f_1$  より低いものとする。すなわち  $f_1 > f_2$  である。モータ部 10 の停止中は、回転回数  $TC$  は変わらないので、回転回数  $TC$  の演算頻度を下げ、例えば間欠動作とすることで、消費電力を抑えることができる。

【0121】

また、電動パワーステアリング装置 108 の動作中における回転回数  $TC$  の演算頻度を、第 1 の頻度  $f_1$  以上とすることで、読み飛ばしを防ぐことができる。また、電動パワーステアリング装置 108 の動作中は、回転角  $m$  が第 1 マイコン 51 へ送信されているので 30  
、第 1 マイコン 51 にて、回転角  $m$  に基づいて回転回数  $TC$  を演算可能である。そのため、電動パワーステアリング装置 108 の動作中における回転回数  $TC$  の演算頻度は、第 1 の頻度  $f_1$  より小さくてもよい。

【0122】

S105 または S106 に続いて移行する S107 では、第 1 センサ部 61 は、回転回数  $TC$  をセンサ内部にて保持しておく。なお、全ての演算値を保持しておく必要はなく、最新の値が保持されていればよい。回転回数  $TC$  に係る回転回数信号は、電動パワーステアリング装置 108 の再始動時に、回転角  $m$  に係る回転角信号とともに第 1 マイコン 51 に送信される。

【0123】

本実施形態では、モータ部 10 が動作中か否かに応じ、回転回数演算部 616、626 における回転回数  $TC$  の更新頻度を変更する。詳細には、モータ部 10 が停止中である場合、動作中と比較し、回転回数  $TC$  の更新頻度を下げる。これにより、特に電動パワーステアリング装置 108 の停止中における消費電力を低減することができる。

【0124】

また本実施形態では、センサ素子 601、602 および回路部 610、620 には、モータ部 10 を含むシステムである電動パワーステアリング装置 108 の停止中においても、バッテリー 39 から電力が供給される。これにより、電動パワーステアリング装置 108 の停止中においても、回転検出装置 1 への給電が継続され、回転回数  $TC$  の演算を継続することができる。電動パワーステアリング装置 108 の停止中も回転回数  $TC$  の演算を継続 50

することで、電動パワーステアリング装置 108 が再始動された際にも、ステアリングホイール 101 の中立位置の再学習をすることなく、舵角  $\delta$  を適切に演算することができる。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

#### 【0125】

(第6実施形態)

本発明の第6実施形態を図19に示す。

本実施形態は第5実施形態の変形例であって、第1バッテリー39から第1センサ部61への電力供給路には、定電圧電源37が設けられる。また、第2バッテリー49から第2センサ部62への電力供給路には、定電圧電源47が設けられる。なお、第1バッテリー39または第2バッテリー49の一方からセンサ部61、62に電力が供給されるように構成する場合、定電圧電源を共用してもよいし、それぞれのセンサ部61、62ごとに設けてもよい。

10

#### 【0126】

定電圧電源37、47は、回転検出装置1を駆動できる程度(例えば数mA程度)の電力消費量が小さいレギュレータ等である。定電圧電源37、47は、集積回路56、57のレギュレータとは別途に設けられ、駆動装置8の停止中にも回転検出装置1に電力供給可能なものである。バッテリー39、49と回転検出装置1との間に定電圧電源37を設けることで、バッテリー39、49の電圧によらず、回転検出装置1の耐圧設計を変更する必要がない。

20

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

#### 【0127】

(第7実施形態)

本発明の第7実施形態を図20に示す。図20は、図8に対応する模式図である。

上記実施形態の回転検出装置1では、センサ素子601および回路部610が1つのチップ641で構成され、センサ素子602および回路部620が1つのチップ642で構成される。

#### 【0128】

本実施形態の回転検出装置5では、回路部610を含むチップ643と、センサ素子601を含むチップ644とが別チップに分けられている。また、回路部620を含むチップ645と、センサ素子602を含むチップ646とが別チップに分けられている。図20では、チップに含まれるセンサ素子および回路部の符番を省略している。また、回路部610に替えて、回路部611、612としてもよいし、回路部620に替えて、回路部621、622としてもよい。また、第2実施形態等のように、センサ素子を各2つとしてもよい。

30

#### 【0129】

図20(a)に示すように、回路部610を含むチップ643は、リードフレーム66上に設けられる。センサ素子601を含むチップ644は、チップ643の上面に設けられる。ここで、チップの「上面」とは、チップのリードフレーム66と反対側の面を意味する。

40

また、回路部620を含むチップ645は、リードフレーム66上に設けられる。センサ素子602を含むチップ646は、チップ645の上面に設けられる。

センサ素子を含むチップ644、646を、回路部を含むチップ643、645の上に配置することで、リードフレーム66における実装面積を小さくすることができ、回転検出装置5を小型化することができる。

#### 【0130】

また、図20(b)に示すように、センサ素子を含むチップ644、646を回転中心線Ac側に配置し、回路部を含むチップ643、645を外側に配置してもよい。また、チップ644、646は、回転中心線Acに対して点対称となるように配置される。

なお、制御構成等については、いずれの実施形態のものと組み合わせてもよい。

50

## 【 0 1 3 1 】

本実施形態では、センサ素子 6 0 1 は、回路部 6 1 0 のチップ 6 4 3 とは別途に設けられる。また、センサ素子 6 0 2 は、回路部 6 2 0 のチップ 6 4 5 とは別途に設けられる。これにより、回路部 6 1 0、6 2 0 とは一体にできない素子（例えば M R 素子）をセンサ素子 6 0 1、6 0 2 として用いることができる。

センサ素子 6 0 1 は回路部 6 1 0 のチップ 6 4 3 の上面に配置され、センサ素子 6 0 2 は回路部 6 2 0 のチップ 6 4 5 の上面に配置される。センサ素子 6 0 1、6 0 2 をチップ 6 4 3、6 4 5 の上面に配置することで、回転検出装置 5 をより小型化することができる。また、センサ素子 6 0 1、6 0 2 は、回路部 6 1 0、6 2 0 のチップ 6 4 3、6 4 5 よりもモータ部 1 0 の回転中心線 A c 側に配置される。これにより、センサ素子 6 0 1、6 0 2 を回転中心線 A c に近づけて配置できるので、検出精度が高まる。

10

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

## 【 0 1 3 2 】

（第 8 実施形態）

本発明の第 8 実施形態を図 2 1 ~ 図 2 3 に示す。

上記実施形態では、2つのセンサ部は、1つのパッケージ 6 5 に設けられる。本実施形態の回転検出装置 6 では、第 1 センサ部 6 1 が第 1 パッケージ 6 6 1 に設けられ、第 2 センサ部 6 2 が第 2 パッケージ 6 6 2 に設けられる。すなわち本実施形態では、パッケージ 6 6 1、6 6 2 が、センサ部 6 1、6 2 毎に設けられている。センサ部の構成等は、第 1 実施形態のものに限らず、第 2 実施形態 ~ 第 7 実施形態で説明したものとしてもよい。第 9 実施形態についても同様である。

20

## 【 0 1 3 3 】

図 2 1 および図 2 2 に示すように、第 1 パッケージ 6 6 1 が第 1 基板 2 1 の第 1 面 2 1 1 に実装され、第 2 パッケージ 6 6 2 が第 1 基板 2 1 の第 2 面 2 1 2 に実装される。パッケージ 6 6 1、6 6 2 をセンサ部 6 1、6 2 とし、第 1 基板 2 1 の両面に実装することで、第 1 基板 2 1 における回転検出装置 6 の実装面積を低減することができる。また、各センサ部 6 1、6 2 のセンサ素子 6 0 1、6 0 2 は、共に回転中心線 A c 上に配置される。これにより、検出精度を高めることができる。

また、パッケージ 6 6 1、6 6 2 は、図 2 3 ( a ) のように、共に第 1 基板 2 1 の第 1 面 2 1 1 に実装してもよいし、図 2 3 ( b ) のように、共に第 1 基板 2 1 の第 2 面 2 1 2 に実装してもよい。

30

## 【 0 1 3 4 】

本実施形態では、パッケージ 6 6 1 は、センサ素子 6 0 1、および、当該センサ素子 6 0 1 の検出値を用いる回路部 6 1 0 に対応して設けられる。パッケージ 6 6 2 は、センサ素子 6 0 2、および、当該センサ素子 6 0 2 の検出値を用いる回路部 6 2 0 に対応して設けられる。すなわち、パッケージ 6 6 1、6 6 2 は、センサ部 6 1、6 2 ごとに設けられる。センサ部 6 1、6 2 ごとにパッケージ 6 6 1、6 6 2 を設けることで、回転検出装置 6 の配置の自由度が高まる。また、パッケージ故障による複数系統の同時故障を防ぐことができ、一方のパッケージに異常が生じた場合であっても、他方のパッケージに含まれる各構成により、回転角  $\theta$  および回転回数 T C の演算を継続可能である。

40

## 【 0 1 3 5 】

パッケージ 6 6 1、6 6 2 は、2つである。一方のパッケージ 6 6 1 は、第 1 基板 2 1 のモータ部 1 0 側の面である第 1 面 2 1 1 に実装される。他方のパッケージ 6 6 2 は、第 1 基板 2 1 のモータ部 1 0 と反対側の面である第 2 面 2 1 2 に実装される。これにより、実装面積を低減することができるので、回転検出装置 1 の径方向における体格の小型化に寄与する。

また、センサ素子 6 0 1、6 0 2 は、モータ部 1 0 の回転中心線 A c 上となる箇所に配置される。これにより、検出精度を高めることができる。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

## 【 0 1 3 6 】

50



(第9実施形態)

本発明の第9実施形態を図24に示す。図24では、ばね端子等、一部の部品の記載を省略した。

上記実施形態では、第1基板21にSW素子301~306、401~406、コンデンサ36、46、および、回転検出装置1等が実装され、第2基板22にマイコン51、52、および、集積回路56、57等が実装される。

【0137】

図24に示すように、本実施形態では、1枚の基板23にSW素子301~306、コンデンサ36、46、マイコン51、52、集積回路56、57、および、回転検出装置6が実装される。詳細には、SW素子301~306、401~406、集積回路56、57、および、回転検出装置6のパッケージ661等が、基板23のモータ部10側の面である第1面231に実装される。また、コンデンサ36、46、マイコン51、52、および、回転検出装置6のパッケージ662等が基板23のモータ部10と反対側の面である第2面232に実装される。

【0138】

図24では、センサ部61、62毎にパッケージ661、662が設けられ、基板23の両面に実装される例を示しているが、パッケージ661、662をいずれか一方の面に実装してもよい。また、センサ部61、62を1パッケージとしてもよい。センサ部61、62を1パッケージとする場合、回転検出装置6を基板23の第1面231に実装することが、検出精度の面から望ましい。

1枚の基板23に駆動装置8の制御に係る部品を実装することで、部品点数を低減できる。また、複数の基板を軸方向に積層して設ける場合と比較し、軸方向における体格を小型化することができる。

このように構成しても、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0139】

(第10実施形態)

第10実施形態を図25~図28に基づいて説明する。

本実施形態では、1つの回路部612に対して2つのセンサ素子601、607(図16参照)が設けられる場合の素子配置を中心に説明する。図16では、センサ素子601、607および回路部612が同一のチップ641に設けられているが、本実施形態では、説明のため、センサ素子601、607が別のチップにて構成されているものとする。以下適宜、センサ素子601、607のチップを、単に「センサ素子601、607」とする。なお、図25、図26および図28では、センサ素子601、607以外の構成についての記載は省略する。

【0140】

センサ素子601、607は、上述の通り、マグネット16(図4参照)の回転に伴う磁界を検出する磁気検出素子であって、磁気検出に係る方向性を有している。図25等では、センサ素子601、607は、同一の構造であって、センサ素子601、607の磁気検出特性方向を矢印で示す。ここで、磁気検出特性方向とは、例えばセンサ素子601、607がホールICであれば、ホール素子の配列に応じた方向とすればよいし、TMR素子等であれば、ピン層の着磁方向とすればよい。

【0141】

図25(a)に示すように、センサ素子601、607が、磁気検出特性方向が同一方向となるように平行に配置されている場合、「磁気検出特性方向が一致している」とする。磁気検出特性方向が一致するようにセンサ素子601、607が配置されていると、図25(b)に示すように、センサ素子601の検出値A<sub>p</sub>と、センサ素子607の検出値A<sub>q</sub>とが一致する。検出値A<sub>p</sub>とは、センサ素子601から出力されるsin信号およびcos信号を用いてatan等により角度換算された値とする。検出値A<sub>q</sub>は、センサ素子607から出力されるsin信号およびcos信号を用いてatan等により角度換算された値とする。

10

20

30

40

50

また、磁気検出特性方向が一致するようにセンサ素子 601、607 が配置されていると、検出値  $A_p$  のデジタル換算値  $D_p$  と、検出値  $A_q$  のデジタル換算値  $D_q$  とが一致する。例えば、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が 14 ビットで表される場合、図 25 (c) に示すように、モータ部 10 の機械角が  $0^\circ$  のデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  は、共に「00000000000000」となる。ビット数は、適宜設定可能である。

#### 【0142】

ここで、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が 0 に張り付くような異常が生じた場合、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  は、共に「0000000000000000」となる。そのため、モータ部 10 が機械角  $0^\circ$  にて停止しているのか、値が 0 に張り付くような異常が生じているのかを判別することができない。本実施形態では、値が 0 に固着する異常を例に説明するが、0 以外の値に固着する場合も同様である。

10

#### 【0143】

そこで本実施形態では、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  の位相がずれるように、センサ素子 601、607 の回転位置をずらして配置している。センサ素子 601、607 の回転位置をずらすことで、磁気検出特性方向を回転方向にずらして配置している。本実施形態でいう「磁気検出特性方向をずらして配置する」とは、2つのセンサ素子 601、607 の磁気検出特性方向のなす角度を非  $0^\circ$  に配置することであり、「ずらし量」とは、磁気検出特性方向の回転量を意味する。

#### 【0144】

図 26 (a) に示すように、本実施形態では、例えばセンサ素子 601、607 の回転位置を  $180^\circ$  ずらして配置することで、磁気検出特性方向を  $180^\circ$  ずらしている。

20

磁気検出特性方向が  $180^\circ$  ずれるようにセンサ素子 601、607 を配置することで、図 26 (b) に示すように、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  の位相が  $180^\circ$  ずれる。そのため、図 26 (c) に示すように、モータ部 10 の機械角が  $0^\circ$  のときのデジタル換算値  $D_p$  が「0000000000000000」、デジタル換算値  $D_q$  が「1000000000000000」となり、異なる値となる。一方、値が 0 に固着する 0 固着異常が生じた場合、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が共に「0000000000000000」となる。すなわち、センサ素子 601、607 の磁気検出特性方向をずらして配置することで、正常時のデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が異なる値となるので、第 1 マイコン 51 は、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が同じ値となった場合、固着異常が生じていると判定することができる。

30

デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  を表現するビット数に応じ、分解能に対応する角度  $d$  以上、磁気検出特性方向をずらすことで、正常時のデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  を異なる値とすることができるので、固着異常を判定可能となる。

#### 【0145】

センサ素子 601、607 の角度誤差を図 27 に基づいて説明する。図 27 では、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  を加算したときの角度誤差を実線、減算したときの角度誤差を破線で示す。

例えば、センサ素子 601、607 の磁気検出特性方向のずらし量が  $180^\circ$  のとき、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  を加算することで、角度誤差をキャンセルすることができる。また、センサ素子 601、607 の磁気検出特性方向のずらし量が  $0^\circ$  のとき、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  を減算することで、角度誤差をキャンセルすることができる。

40

#### 【0146】

ここで、値の加算または減算により、角度誤差が基準値  $B$  以下となるずらし量の範囲は、 $315^\circ (= -45^\circ) \sim 45^\circ$ 、および、 $135^\circ \sim 225^\circ$  である。ただし、上述の通り、ずらし量が  $0^\circ (= 360^\circ)$  の場合、正常時のデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が同じとなり、固着異常判定ができないため、デジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が少なくとも 1 ビット分ずれるように、 $0 \pm d$  の範囲は除く。したがって、ずらし量が  $(0 + d)^\circ$  以上  $45^\circ$  以下の範囲  $R_1$ 、 $135^\circ$  以上  $225^\circ$  以下の範囲  $R_2$ 、および、 $315^\circ$  以上  $(360 - d)^\circ$  以下の範囲  $R_3$  となるように、センサ素子 601、607 を配置するのが好ましい。

#### 【0147】

50

図 28 (a) は磁気検出特性方向のずらし量が  $45^\circ$ 、図 28 (b) は磁気検出特性方向のずらし量が  $135^\circ$ 、図 28 (c) は磁気検出特性方向のずらし量が  $225^\circ$ 、図 28 (d) は磁気検出特性方向のずらし量が  $315^\circ$  である。図 28 に示すように、磁気検出特性方向のずらし量を  $45^\circ$ 、 $135^\circ$ 、 $225^\circ$  または  $315^\circ$  とすることで、センサ素子 601、607 自体のなす角度が  $45^\circ$  となる。このように配置することで、組み付け時等において、磁気検出特性方向をずらして配置されていることを容易に確認可能である。

#### 【0148】

また、図 16 のように、2つのセンサ部 461、462 が設けられている場合、同一の回路部 612 に対応するセンサ素子 601、607 の磁気検出特性方向がずらして配置されていればよい。センサ部 461 のセンサ素子 601、607 と、センサ部 462 のセンサ素子とは、磁気検出特性方向が一致していてもよいし、一致していなくてもよい。センサ部 461、462 のパッケージが別々の場合も同様である。

10

#### 【0149】

本実施形態では、1つの回路部 612 に対応して設けられる2つのセンサ素子 601、607 は、磁気検出に係る磁気検出特性方向を回転方向にずらして配置されている。複数（本実施形態では2つ）のセンサ素子 601、607 の検出値  $A_p$ 、 $A_q$  に位相ずれを持たせることで、正常時のデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が異なる値となるので、固着異常等のデジタル出力のフェールを検出しやすくなる。

#### 【0150】

20

2つのセンサ素子 601、607 は、磁気検出特性方向を  $180^\circ$  ずらして配置されている。これにより、検出値  $A_p$ 、 $A_q$  を加算することで、角度誤差をキャンセルすることができる。

または、2つのセンサ素子 601、607 の磁気検出特性方向のずらし量は、回転角検出信号のビット数に応じた分解能に相当する角度を  $d$  とすると、 $(0 + d)^\circ$  以上  $45^\circ$  以下、 $135^\circ$  以上  $225^\circ$  以下、 $315^\circ$  以上  $(360 - d)^\circ$  以下である。これにより、角度誤差を比較的小さく抑えることができる。

#### 【0151】

マイコン 51 は、磁気検出特性方向を回転方向にずらして配置されているセンサ素子 601、607 の検出値  $A_p$ 、 $A_q$  に応じたデジタル換算値  $D_p$ 、 $D_q$  が一致する場合、異常が生じていると判定する。これにより、デジタル出力のフェールを適切に検出することができる。

30

#### 【0152】

##### （他の実施形態）

上記実施形態では、回転検出装置には、2つの回路部が設けられる。他の実施形態では、回路部の数を3つ以上としてもよい。

上記実施形態では、回転情報演算回路は、1つのセンサ部に1系統または2系統設けられる。他の実施形態では、1つのセンサ部に回転情報演算回路を3系統以上設けてもよい。

上記実施形態では、センサ素子は、ホール素子である。他の実施形態では、センサ素子は、MR素子等、検出対象の回転を検出可能なものであれば、どのようなものであってもよい。上記実施形態では、1つの回路部に対し、1つまたは2つのセンサ素子が設けられる。他の実施形態では、1つの回路部に対し、3つ以上のセンサ素子を設けてもよい。

40

#### 【0153】

第10実施形態では、同一の回路部に対応して設けられる複数のセンサ素子の磁気検出特性方向が回転方向にずれるように、センサ素子を構成するチップの回転位置をずらして配置する。他の実施形態では、検出値の位相がずれるように、着磁方向や内部レイアウトを変更する等、センサ素子の内部構造が異なるものを用いることで、磁気検出特性方向を回転方向にずらしてもよい。

#### 【0154】

上記実施形態では、制御部からの指令信号と、センサ部からの出力信号とは、別々の通信

50

線により送受信される。他の実施形態では、指令信号と出力信号とは、同一の信号線にて送受信されるように構成してもよい。上記実施形態では、制御部とセンサ部との間での通信方式として、SPI通信を例示した。他の実施形態では、制御部とセンサ部との間での通信方式は、SPI通信に限らず、SENT (Single Edge Nibble Transmission) 通信等、回転角信号および回転回数信号を一連の信号に含めることができれば、どのような方式であってもよい。また、他の実施形態では、回転角信号と回転回数信号とを別々の信号として制御部に送信してもよい。

#### 【0155】

上記実施形態では、検出対象は、モータ部である。他の実施形態では、検出対象は、モータに限らず、回転の検出を要するモータ以外の装置であってもよい。

10

上記実施形態では、モータ部は三相ブラシレスモータである。他の実施形態では、モータ部は、三相ブラシレスモータに限らず、どのようなモータであってもよい。また、モータ部は、モータ（電動機）に限らず、発電機であってもよいし、電動機および発電機の機能を併せ持つ所謂モータジェネレータであってもよい。

#### 【0156】

上記第1実施形態等では、第1基板に駆動部品および回転検出装置が実装され、第2基板に制御部品が実装される。他の実施形態では、第1基板に制御部品の少なくとも一部を実装したり、第2基板に駆動部品の少なくとも一部を実装したりしてもよい。例えば、第1基板に第1系統に係る駆動部品および制御部品を実装し、第2基板に第2系統に係る駆動部品および制御部品を実装するようにしてもよい。系統毎に基板を分けることで、一方の基板に異常が生じた場合にも、他方の基板に実装される駆動部品および制御部品を用いることで、電動パワーステアリング装置の駆動を継続することができる。また、複数の基板が設けられる場合、基板の間にヒートシンクを設け、放熱が必要な部品の少なくとも一部をヒートシンクに放熱させるようにしてもよい。

20

#### 【0157】

上記実施形態では、駆動装置は、電動パワーステアリング装置に適用される。他の実施形態では、駆動装置を電動パワーステアリング装置以外の装置に適用してもよい。

以上、本発明は、上記実施形態になんら限定されるものではなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の形態で実施可能である。

#### 【符号の説明】

30

#### 【0158】

1～6・・・回転検出装置

10・・・モータ部（検出対象）

51、52・・・マイコン（制御部）

601～607・・・センサ素子

610～612、620～622・・・回路部

615、625、635・・・回転角演算部

616、626、636・・・回転回数演算部

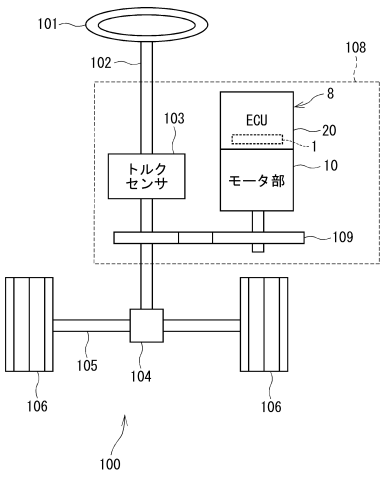
617、627・・・通信部

65、661、662・・・パッケージ

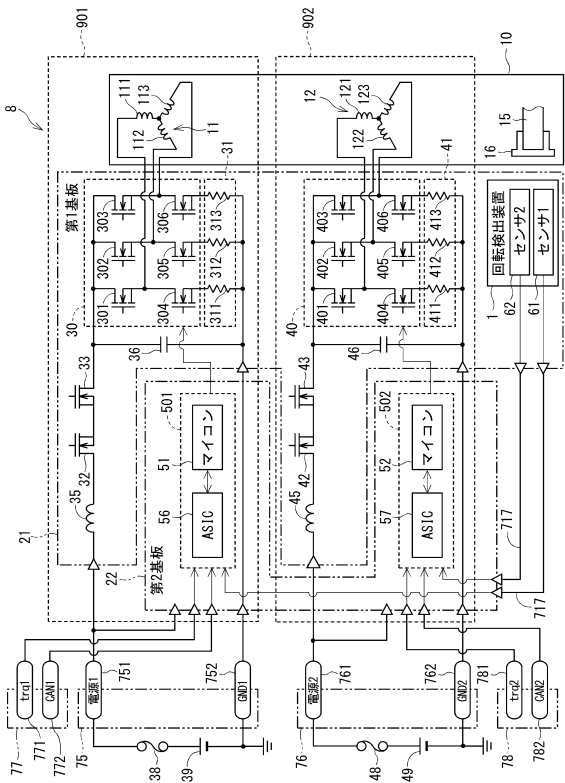
40

【図面】

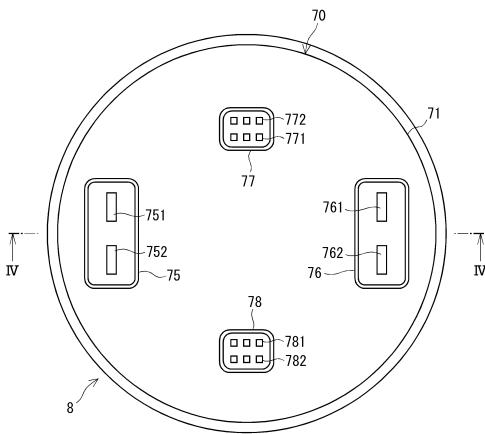
【図 1】



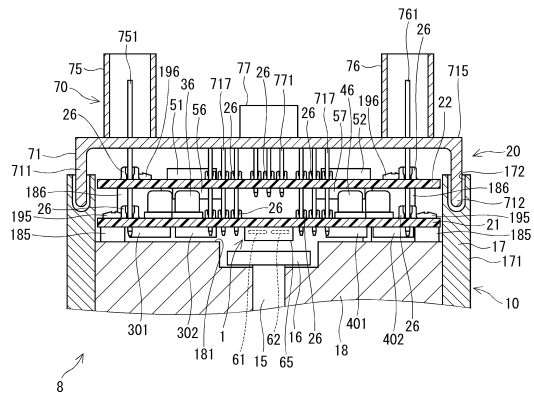
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

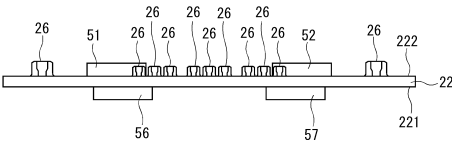
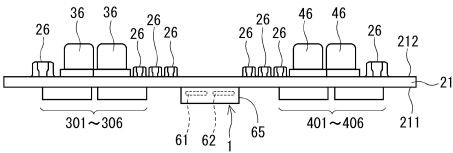
30

40

50

【図 5】

【図 6】

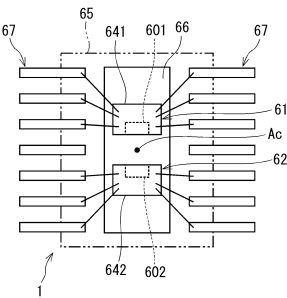
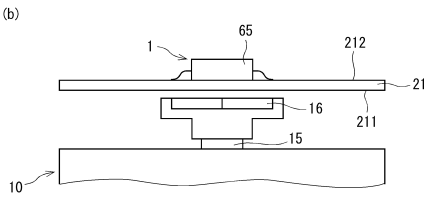
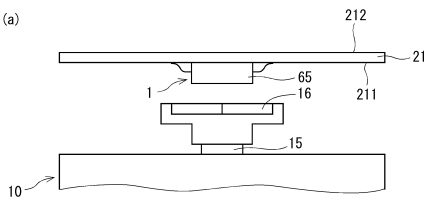


10

20

【図 7】

【図 8】

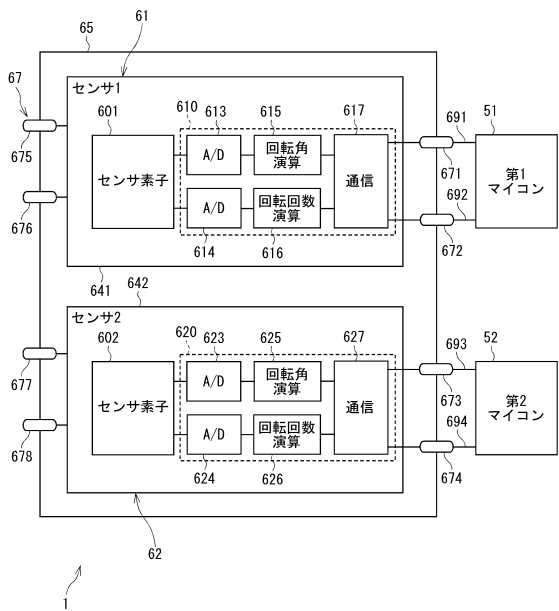


30

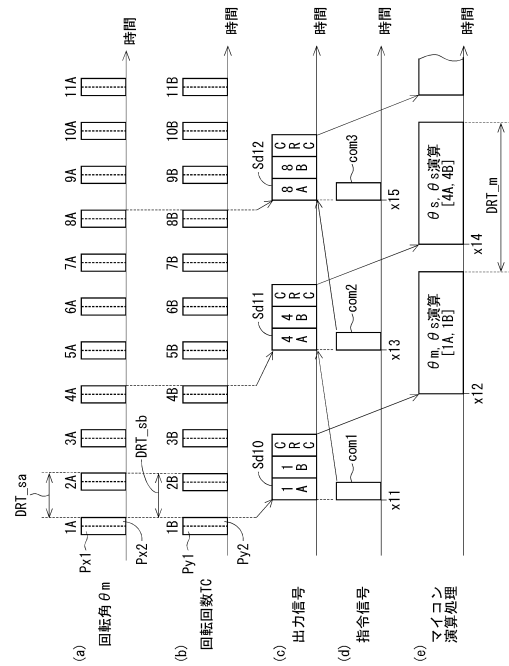
40

50

【図 9】



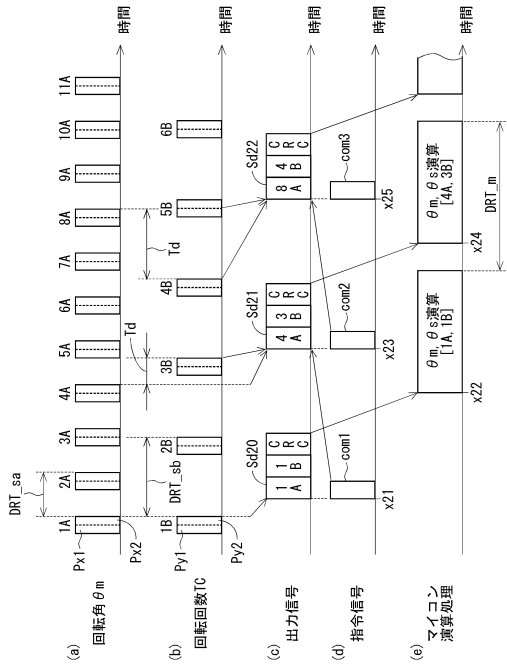
【図 10】



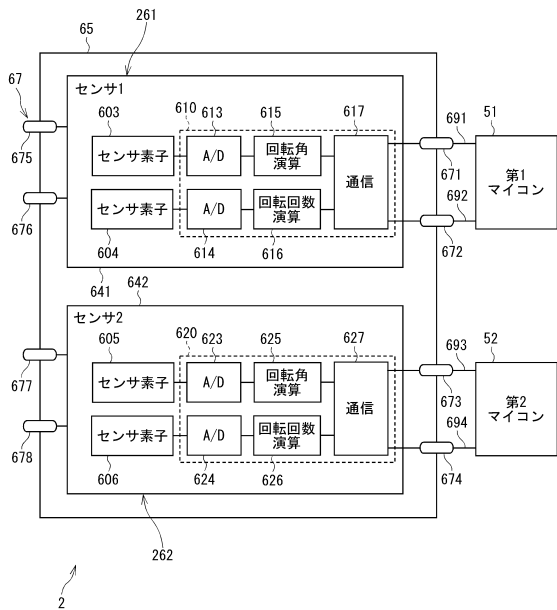
10

20

【図 11】



【図 12】

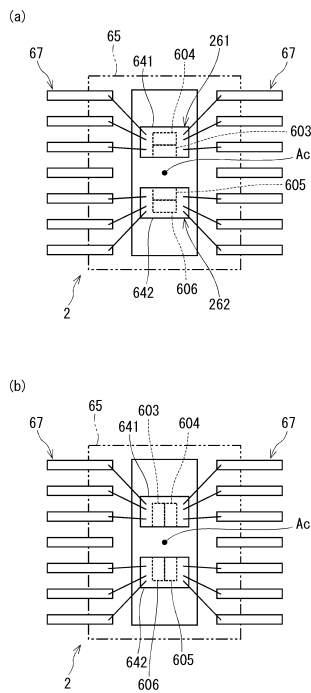


30

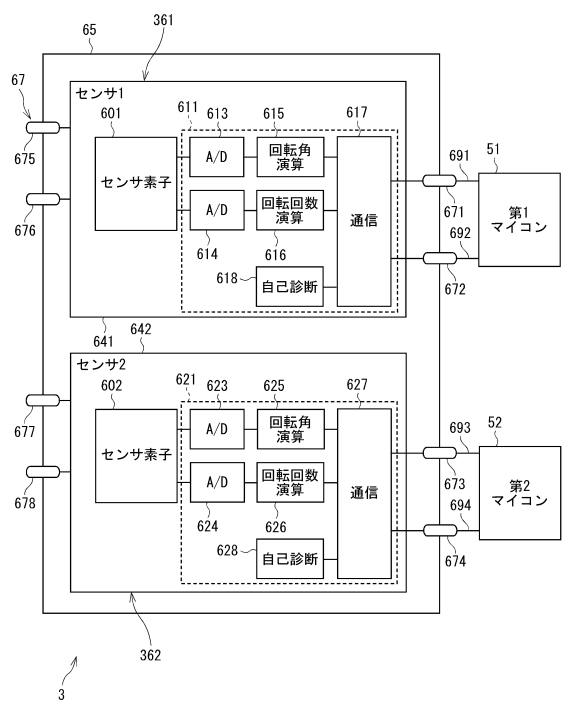
40

50

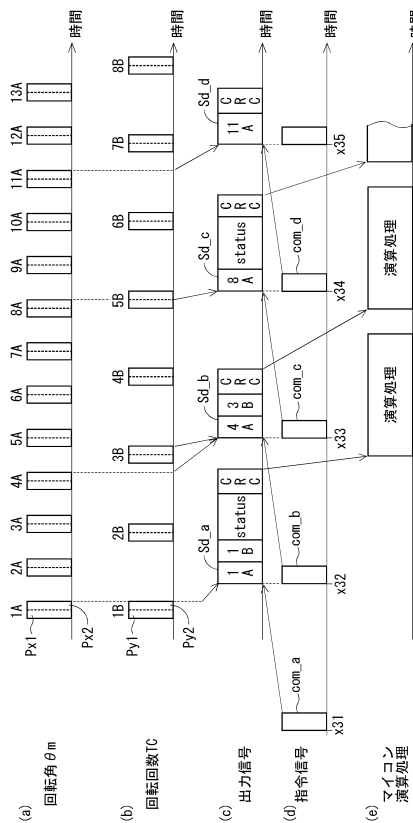
【図 1 3】



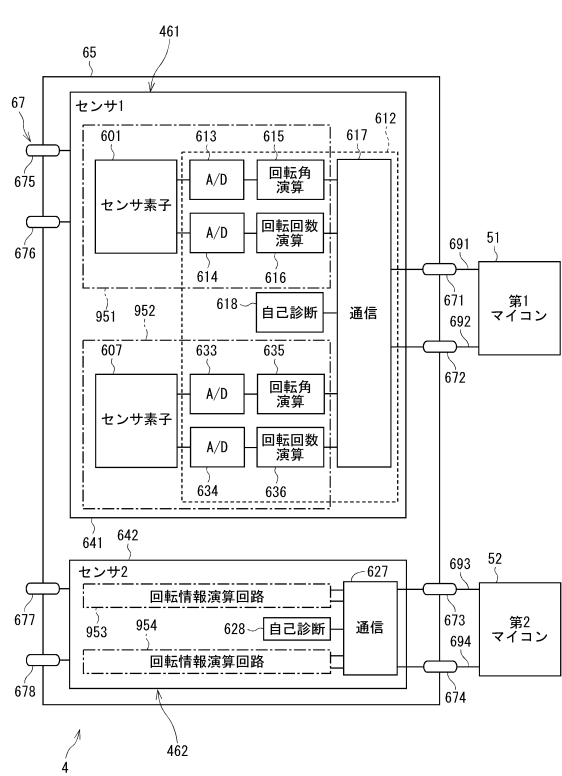
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

20

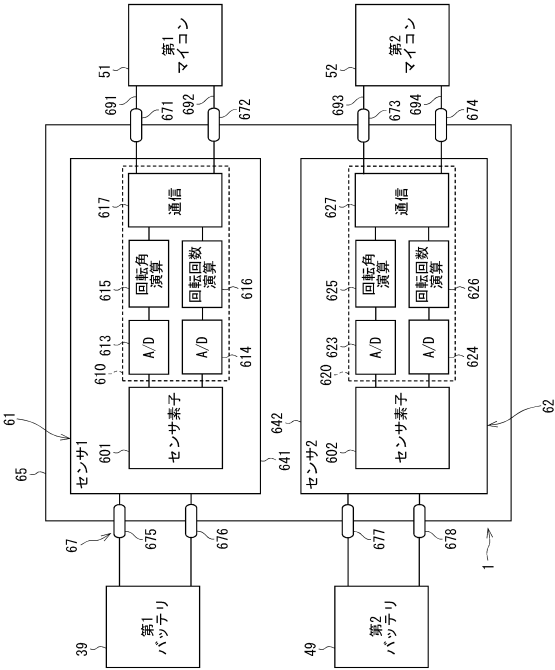
30

40

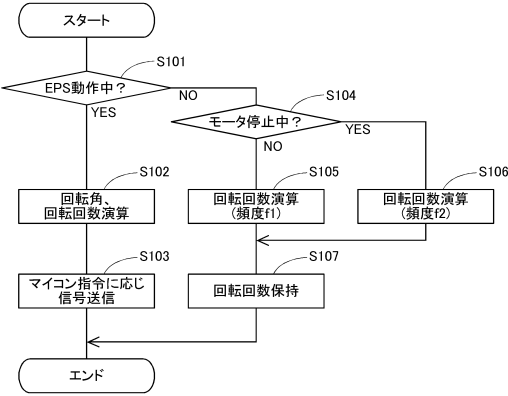
50



【図 17】



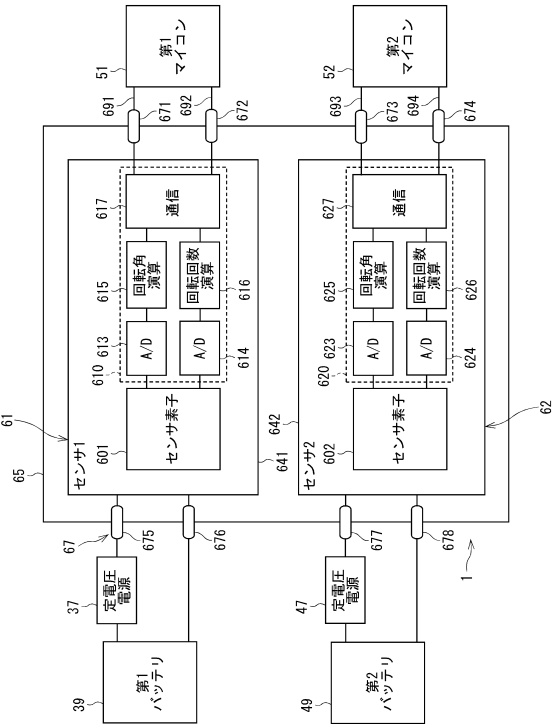
【図 18】



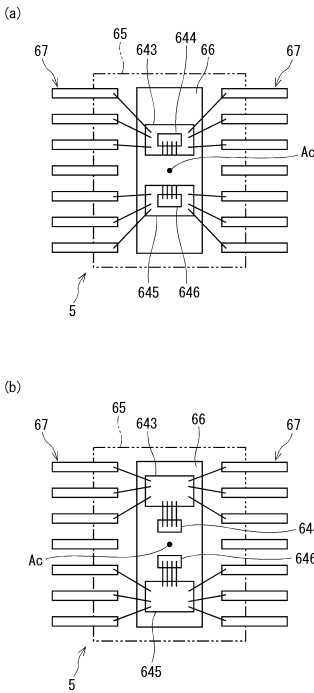
10

20

【図 19】



【図 20】

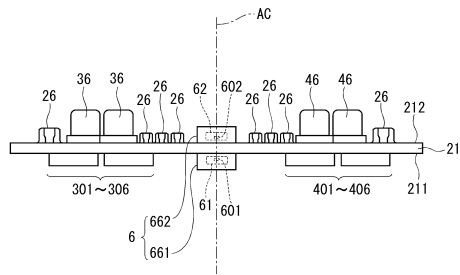


30

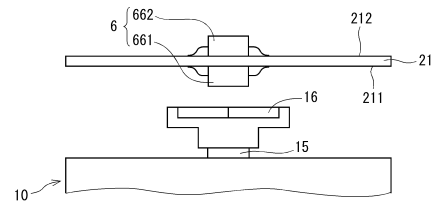
40

50

【 図 2 1 】



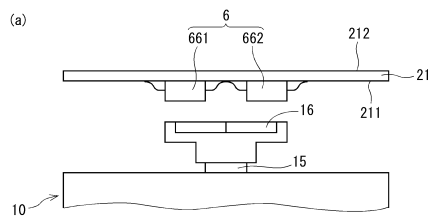
【 図 2 2 】



10

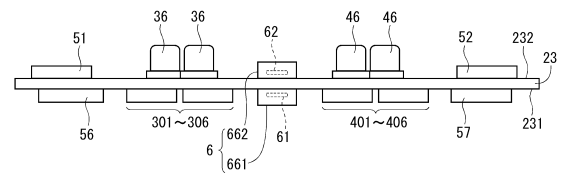
20

【 図 2 3 】



30

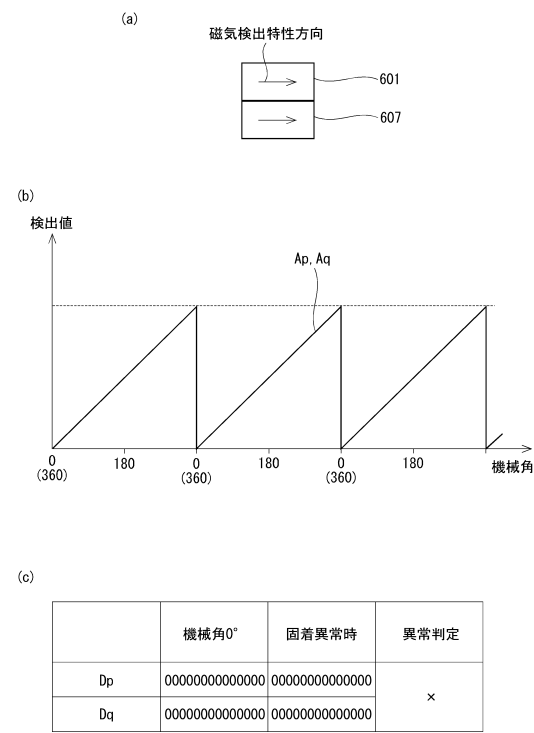
【 図 2 4 】



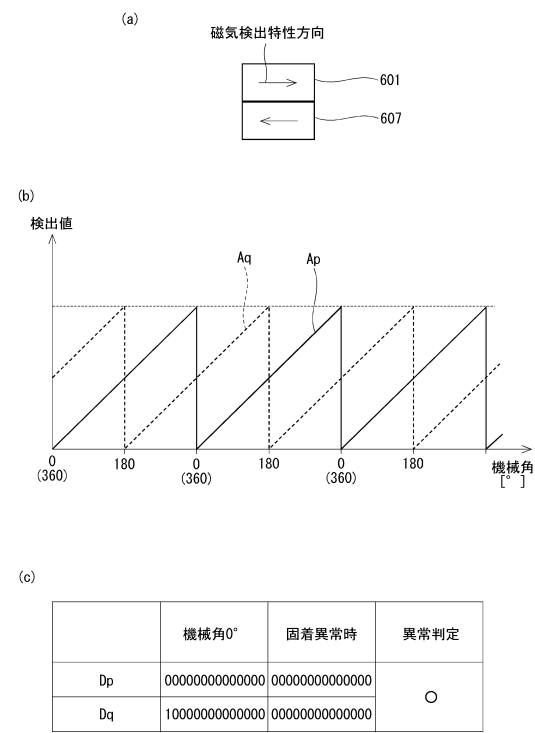
40

50

【図 2 5】



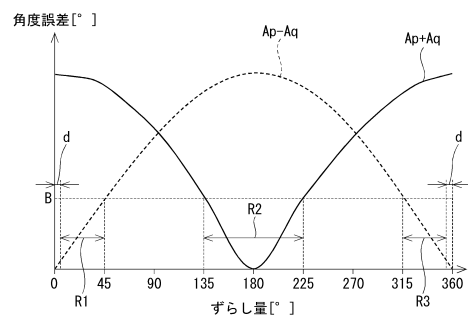
【図 2 6】



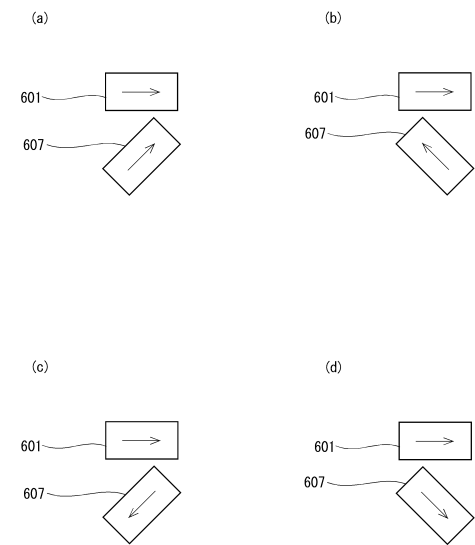
10

20

【図 2 7】



【図 2 8】

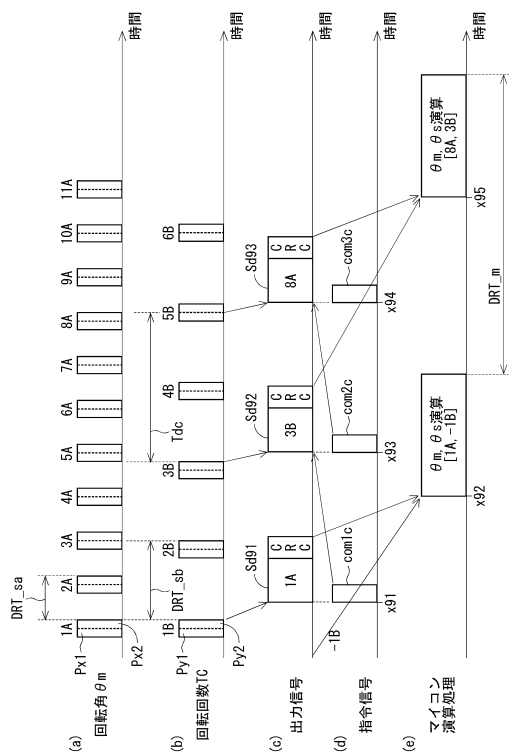


30

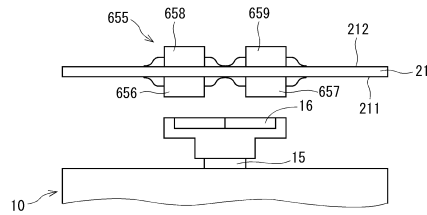
40

50

【図 29】



【図 30】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

## (51)国際特許分類

F I

B 6 2 D	101/00	(2006.01)	B 6 2 D	101:00
B 6 2 D	113/00	(2006.01)	B 6 2 D	113:00
B 6 2 D	119/00	(2006.01)	B 6 2 D	119:00

(72)発明者 倉光 修司  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 中村 功一  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 渡邊 祐希  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 岡 篤子  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 滝 雅也  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

(72)発明者 坂井 利光  
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

審査官 眞岩 久恵

## (56)参考文献

特開平 0 7 - 1 9 0 8 0 3 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 5 - 1 6 1 5 8 4 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 5 - 1 7 9 0 7 0 ( J P , A )  
 特開 2 0 1 4 - 1 9 9 1 8 2 ( J P , A )  
 特表 2 0 0 9 - 5 2 0 1 9 5 ( J P , A )  
 国際公開第 2 0 1 5 / 1 1 1 5 3 4 ( W O , A 1 )  
 特開 2 0 1 2 - 0 9 8 2 3 1 ( J P , A )

## (58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 1 D 5 / 0 0 - 5 / 2 5 2  
 G 0 1 D 5 / 3 9 - 5 / 6 2  
 G 0 1 B 7 / 0 0 - 7 / 3 4  
 B 6 2 D 5 / 0 4  
 B 6 2 D 6 / 0 0  
 B 6 2 D 1 0 1 / 0 0  
 B 6 2 D 1 1 3 / 0 0  
 B 6 2 D 1 1 9 / 0 0