

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-191092

(P2017-191092A)

(43) 公開日 平成29年10月19日(2017.10.19)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1D	5/12	(2006.01)	GO1D	5/12	N	2F063		
GO1B	21/22	(2006.01)	GO1B	21/22		2F069		
GO1B	7/30	(2006.01)	GO1B	7/30	H	2F077		
B62D	5/04	(2006.01)	B62D	5/04		3D333		

審査請求 未請求 請求項の数 22 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号 特願2017-23440 (P2017-23440)
 (22) 出願日 平成29年2月10日 (2017.2.10)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-76676 (P2016-76676)
 (32) 優先日 平成28年4月6日 (2016.4.6)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 00004260
 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 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 藤田 敏博
 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 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

最終頁に続く

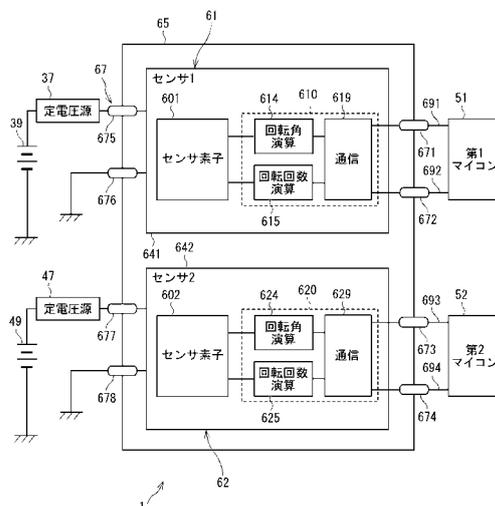
(54) 【発明の名称】 回転検出装置、および、これを用いた電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 制御部に送信される回転角信号と回転回数信号との検出タイミングのずれを低減可能な回転検出装置、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。

【解決手段】 回転検出装置1のセンサ素子601、602は、モータ部10の回転を検出する。回路部610の回転角演算部614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 m を演算する。回転回数演算部615は、センサ素子601の検出値に基づいてモータ部10の回転回数 TC を演算する。通信部619は、回転角 m 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含む一連の信号である出力信号を第1マイコン51に送信する。出力信号には、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に送信可能であり、検出タイミングのずれを低減することができる。

【選択図】 図9



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検出対象（10）の回転を検出するセンサ素子（601～608）、および、前記センサ素子の検出値に基づく出力信号を生成して出力する回路部（610～613、620～623）を有するセンサ部（61、62、261、262、461、462、561、562）と、

前記センサ部から前記出力信号を取得し、前記出力信号に基づく演算を行う制御部（51、52、53）と、

を備え、

前記回路部は、

前記センサ素子の検出値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（614、624、616、626）、

前記センサ素子の検出値に基づいて前記検出対象の回転回数をカウントする回転回数演算部（615、625、617、627）、

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含む一連の信号である前記出力信号を前記制御部に送信する通信部（619、629）を有する回転検出装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記出力信号に含める信号の種類および送信タイミングを指示する指令信号を前記通信部に送信し、

前記通信部は、受信した前記指令信号に応じ、前記出力信号に含める信号の種類を変更する請求項 1 に記載の回転検出装置。

【請求項 3】

前記回転回数演算部は、前記検出対象が動作中か否かに応じ、前記回転回数演算部における前記回転回数の更新頻度を変更する請求項 1 または 2 に記載の回転検出装置。

【請求項 4】

前記回転角演算部は、第 1 の前記センサ素子（603、605）の検出値に基づいて前記回転角を演算し、

前記回転回数演算部は、第 2 の前記センサ素子（604、606）の検出値に基づいて前記回転回数を演算する請求項 1～3 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 5】

前記回転角演算部および前記回転回数演算部は、同一の前記センサ素子（601、602、607、608）の検出値に基づいて演算を行う請求項 1～3 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 6】

前記センサ素子（601、602、607、608）、前記回転角演算部（614、616、624、626）、および、前記回転回数演算部（616、617、626、627）を含む回転情報演算回路（951～954）は、1つの前記通信部に対して複数設けられる請求項 1～5 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 7】

前記センサ部には、前記検出対象を含むシステム（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】

前記バッテリーから前記センサ部への電力供給路には、定電圧源（37、371、372、47、471、472）が設けられる請求項 7 に記載の回転検出装置。

【請求項 9】

前記センサ部は、複数であって、

全ての前記センサ部は、1つのパッケージ（65）内に設けられる請求項 1～8 のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記センサ部は、複数設けられ、

前記センサ部ごとにパッケージ（６６１、６６２）が設けられる請求項１～９のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項１１】

前記回路部（６１１、６１２、６１３、６２１、６２２、６２３）は、当該回路部における異常を判定する自己診断部（６１８、６２８）を有する請求項１～１０のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項１２】

前記出力信号には、ランカウンタ信号、前記自己診断部による診断結果に基づくステータス信号、および、誤り検出信号が含まれ、

前記制御部は、前記出力信号に含まれる前記ランカウンタ信号、前記ステータス信号、および、前記誤り検出信号に基づき、前記センサ部の異常を監視する請求項１１に記載の回転検出装置。

10

【請求項１３】

前記制御部は、前記回転角信号と前記回転回数信号との比較により、前記センサ部の異常を監視する請求項１～１２のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項１４】

前記制御部は、前記センサ部の異常が検出されてから所定時間に亘って異常が継続した場合、前記センサ部の異常を確定する請求項１２または１３に記載の回転検出装置。

【請求項１５】

前記制御部は、正常時における前記出力信号に基づく値をホールドしておき、異常検出から異常確定までの間、正常時にホールドされた値を用いて演算を継続する請求項１４に記載の回転検出装置。

20

【請求項１６】

前記センサ部の異常が確定された場合、当該センサ部から前記出力信号を取得する前記制御部での演算を停止する請求項１４または１５に記載の回転検出装置。

【請求項１７】

前記制御部は、異常箇所が特定できた場合、正常な信号を用いて演算を継続する請求項１４または１５に記載の回転検出装置。

【請求項１８】

前記制御部は、前記センサ部の異常が検出された場合、スイッチ（３７９、４７９）がオンされている間、異常検出履歴を保持し、

前記電源スイッチがオフされた後に再度オンされた場合、異常検出履歴が消去される請求項１４～１７のいずれか一項に記載の回転検出装置。

30

【請求項１９】

前記センサ部、および、当該センサ部から前記出力信号を取得する前記制御部の組み合わせは複数であることを特徴とする請求項１～１８のいずれか一項に記載の回転検出装置。

【請求項２０】

１つの前記制御部に対して前記出力信号を送信する前記センサ部を自系統センサ部、他の前記制御部に対して前記出力信号を送信する前記センサ部を他系統センサ部とすると、

前記制御部は、前記自系統センサ部から取得される前記出力信号に含まれる値と、他の前記制御部から通信にて取得される前記他系統センサ部に係る前記出力信号に含まれる値とに基づき、異常箇所を特定する請求項１９に記載の回転検出装置。

40

【請求項２１】

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１～２０のいずれか一項に記載の回転検出装置（１～９）と、

前記出力信号に含まれる信号を用いて前記モータ部を制御する前記制御部と、
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

50

アリング装置。

【請求項 2 2】

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 2 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【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】

10

【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。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2015 - 116964 号公報

20

【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、2 つの磁気検出素子の情報を、別々に制御回路部に出力している。そのため、検出タイミングや信号出力のタイミングのずれにより、回転角情報から算出されたステアリングの位置が実際のステアリング位置とずれる虞がある。

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、制御部に送信される回転角信号および回転回数信号に係る検出値の検出タイミングのずれを低減可能な回転検出装置、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】

30

【0005】

本発明の回転検出装置は、センサ部（61、62、261、262、361、362、461、462、561、562）と、制御部（51、52、53）と、を備える。

センサ部は、センサ素子（601～608）、および、回路部（610～612、620～623）を有する。

センサ素子は、検出対象（10）の回転を検出する。回路部は、センサ素子の検出値に基づく出力信号を生成して出力する。

制御部は、センサ部からの出力信号を取得し、出力信号に基づく演算を行う。

回路部は、回転角演算部（614、624、616、626）、回転回数演算部（615、625、617、627）、および、通信部（619、629）を有する。回転角演算部は、センサ素子の検出値に基づいて、検出対象の回転角を演算する。回転回数演算部は、センサ素子の検出値に基づいて、検出対象の回転回数をカウントする。通信部は、回転角に係る信号である回転角信号、および、回転回数に係る信号である回転回数信号を含む一連の信号である出力信号を制御部に送信する。

40

【0006】

本発明では、回転角信号および回転回数信号は、一連の出力信号に含まれ、通信部から制御部に送信されるので、回転角信号および回転回数信号を、1 回の通信で制御部に送信可能である。これにより、回転角信号および回転回数信号に係る検出値の検出タイミングのずれを低減することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 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。

【 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。

10

【 図 1 0 】 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 1 1 】 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 1 2 】 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 1 3 】 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 1 4 】 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 1 5 】 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。

20

【 図 1 6 】 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 1 7 】 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。

【 図 1 8 】 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 1 9 】 本発明の第 6 実施形態による出力信号の通信フレームを説明する説明図である。

【 図 2 0 】 本発明の第 6 実施形態による異常検出処理を説明するフローチャートである。

【 図 2 1 】 本発明の第 7 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 2 2 】 本発明の第 8 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 2 3 】 本発明の第 9 実施形態による回転検出装置を示すブロック図である。

30

【 図 2 4 】 本発明の第 9 実施形態による異常検出処理を説明するフローチャートである。

【 図 2 5 】 本発明の第 1 0 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 2 6 】 本発明の第 1 1 実施形態による第 1 基板の側面図である。

【 図 2 7 】 本発明の第 1 1 実施形態による回転検出装置を示す側面図である。

【 図 2 8 】 本発明の第 1 1 実施形態による回転検出装置を示す側面図である。

【 図 2 9 】 本発明の第 1 2 実施形態による基板の側面図である。

【 図 3 0 】 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 3 1 】 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 】

40

【 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。

(第 1 実施形態)

本発明の第 1 実施形態を図 1 ~ 図 1 1 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 1 0 8 の駆動装置 8 0 0 に設けられる。駆動装置 8 0 0 は、モータ部 1 0 と、モータ部 1 0 の駆動制御に係るコントローラ部 2 0 とが一体に形成される。図 1 では、コントローラ部 2 0 を「 E C U 」と記載した。

50

【 0 0 0 9 】

図 1 は、電動パワーステアリング装置 1 0 8 を備えるステアリングシステム 1 0 0 の全体構成を示すものである。ステアリングシステム 1 0 0 は、操舵部材としてのステアリングホイール 1 0 1、ステアリングシャフト 1 0 2、ピニオンギア 1 0 4、ラック軸 1 0 5、車輪 1 0 6、および、電動パワーステアリング装置 1 0 8 等から構成される。

【 0 0 1 0 】

ステアリングホイール 1 0 1 は、ステアリングシャフト 1 0 2 と接続される。ステアリングシャフト 1 0 2 には、操舵トルクを検出するトルクセンサ 1 0 3 が設けられる。トルクセンサ 1 0 3 は、図示しないトーションバーを有している。トーションバーは、ステアリングシャフト 1 0 2 の上側と下側とを同軸に接続している。ここでは、ステアリングホイール 1 0 1 側を上側、ピニオンギア 1 0 4 側を下側とする。

ステアリングシャフト 1 0 2 の先端には、ピニオンギア 1 0 4 が設けられ、ピニオンギア 1 0 4 はラック軸 1 0 5 に噛み合っている。ラック軸 1 0 5 の両端には、タイロッド等を介して一対の車輪 1 0 6 が設けられる。

【 0 0 1 1 】

運転者がステアリングホイール 1 0 1 を回転させると、ステアリングホイール 1 0 1 に接続されたステアリングシャフト 1 0 2 が回転する。ステアリングシャフト 1 0 2 の回転運動は、ピニオンギア 1 0 4 によりラック軸 1 0 5 の直線運動に変換され、ラック軸 1 0 5 の変位量に応じた角度に一対の車輪 1 0 6 が操舵される。

【 0 0 1 2 】

電動パワーステアリング装置 1 0 8 は、駆動装置 8 0 0、動力伝達部としての減速ギア 1 0 9、および、トルクセンサ 1 0 3 等を備える。電動パワーステアリング装置 1 0 8 は、トルクセンサ 1 0 3 から取得される操舵トルクや、図示しない C A N (Controller Area Network) から取得される车速等の信号に基づき、ステアリングホイール 1 0 1 の操舵を補助するための補助トルクをモータ部 1 0 から出力し、減速ギア 1 0 9 を介してステアリングシャフト 1 0 2 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 1 0 8 は、モータ部 1 0 にて発生したトルクにてステアリングシャフト 1 0 2 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 1 0 5 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 1 0 2 が駆動対象であるが、ラック軸 1 0 5 を駆動対象としてもよい、ということである。

【 0 0 1 3 】

次に、電動パワーステアリング装置 1 0 8 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 2 1、2 2 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 1 0 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 1 1、1 2 を有する。第 1 巻線組 1 1 は、U 1 コイル 1 1 1、V 1 コイル 1 1 2、および、W 1 コイル 1 1 3 を有する。第 2 巻線組 1 2 は、U 2 コイル 1 2 1、V 2 コイル 1 2 2、および、W 2 コイル 1 2 3 を有する。ここで、第 1 巻線組 1 1 の各相に流れる電流を、相電流 I_{u1} 、 I_{v1} 、 I_{w1} 、第 2 巻線組 1 2 の各相に流れる電流を、相電流 I_{u2} 、 I_{v2} 、 I_{w2} とする。

【 0 0 1 4 】

第 1 巻線組 1 1 には、第 1 インバータ 3 0 が接続され、第 1 インバータ 3 0 を経由して、第 1 バッテリ 3 9 から電力が供給される。

第 1 インバータ 3 0 は、第 1 巻線組 1 1 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 3 0 1 ~ 3 0 6 がブリッジ接続されている。以下、「スイッチング素子」を「S W 素子」と記す。本実施形態の S W 素子 3 0 1 ~ 3 0 6 は、M O S F E T であるが、I G B T やサイリスタ等としてもよい。後述の S W 素子 4 0 1 ~ 4 0 6、および、リレー 3 2、3 3、4 2、4 3 等も同様である。

【 0 0 1 5 】

10

20

30

40

50

SW素子301～303が高電位側に配置され、SW素子304～306が低電位側に配置される。対になるU相のSW素子301、304の接続点には、U1コイル111の一端が接続される。対になるV相のSW素子302、305の接続点には、V1コイル112の一端が接続される。対になるW相のSW素子303、306の接続点には、W1コイル113の一端が接続される。

【0016】

SW素子304～306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31が設けられる。第1電流センサ31は、各相に設けられる電流検出素子311～313を有する。本実施形態の電流検出素子311～313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411～413も同様である。

10

【0017】

第1電源リレー32は、第1バッテリー39と第1インバータ30との間に設けられ、第1バッテリー39と第1インバータ30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33は、第1電源リレー32と第1インバータ30との間に設けられる。第1逆接保護リレー33は、寄生ダイオードの向きが第1電源リレー32と逆向きとなるように接続される。これにより、第1バッテリー39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。

【0018】

第1チョークコイル35は、第1電源リレー32の第1バッテリー39側に設けられる。第1コンデンサ36は、第1インバータ30と並列に接続される。チョークコイル35およびコンデンサ36は、フィルタ回路を構成し、バッテリー39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800からバッテリー39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36は、電荷を蓄えることで、第1インバータ30への電力供給を補助する。

20

【0019】

第2巻線組12には、第2インバータ40が接続され、第2インバータ40を經由して、第2バッテリー49から電力が供給される。

第2インバータ40は、第2巻線組12の電力を変換するものであって、6つのSW素子401～406がブリッジ接続されている。

30

SW素子401～403が高電位側に配置され、SW素子404～406が低電位側に配置される。対になるU相のSW素子401、404の接続点には、U2コイル121の一端が接続される。対になるV相のSW素子402、405の接続点には、V2コイル122の一端が接続される。対になるW相のSW素子403、406の接続点には、W2コイル123の一端が接続される。

SW素子404～406の低電位側には、第2電流センサ41が設けられる。第2電流センサ41は、各相に設けられる電流検出素子411～413を有する。

【0020】

第2バッテリー49と第2インバータ40の間には、第2バッテリー49側から、第2チョークコイル45、第2電源リレー42、第2逆接保護リレー43が設けられる。また、第2コンデンサ46は、第2インバータ40と並列に接続される。

40

第2電源リレー42、第2逆接保護リレー43、第2チョークコイル45、および、第2コンデンサ46の詳細は、第1電源リレー32、第1逆接保護リレー33、第1チョークコイル35、および、第1コンデンサ36と同様であるので、説明を省略する。なお、電源リレー32、42がメカリレーであれば、逆接保護リレー33、43は省略可能である。

【0021】

第1モータ制御部501は、第1巻線組11の通電を制御するものであって、第1マイコン51および第1集積回路56を有する。図中、集積回路を「ASIC」と記す。

第1マイコン51は、第1センサ部61、第1電流センサ31、および、トルクセンサ

50

103 (図1参照。)の検出値等に基づき、第1インバータ30のSW素子301~306およびリレー32、33のオンオフ作動を制御する制御信号を生成する。

第1マイコン51における各処理は、ROM等の実体的なメモリ装置に予め記憶されたプログラムをCPUで実行することによるソフトウェア処理であってもよいし、専用の電子回路によるハードウェア処理であってもよい。第2マイコン52についても同様である。

【0022】

第1集積回路56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301~306のゲートに出力される。これにより、SW素子301~306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31等の検出値を増幅し、第1マイコン51に出力する。レギュレータは、第1マイコン51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

【0023】

第2モータ制御部502は、第2巻線組12の通電を制御するものであって、第2マイコン52および第2集積回路57を有する。

第2マイコン52は、第2センサ部62、第2電流センサ41、および、トルクセンサ103 (図1参照。)の検出値等に基づき、第2インバータ40のSW素子401~406およびリレー42、43のオンオフ作動を制御する制御信号を生成する。

【0024】

20

第2集積回路57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401~406のゲートに出力される。これにより、SW素子401~406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41等の検出値を増幅し、第2マイコン52に出力する。レギュレータは、第2マイコン52等に供給される電圧を安定化させる安定化回路である。

【0025】

回転検出装置1は、第1センサ部61および第2センサ部62等を有する。センサ部61、62は、1つのセンサパッケージ65に封止される。図中、第1センサ部61を「センサ1」、第2センサ部62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。

30

【0026】

以下適宜、第1巻線組11、ならびに、第1巻線組11に対応して設けられる第1インバータ30および第1モータ制御部501等を、第1系統901とする。第2巻線組12、ならびに、第2巻線組12に対応して設けられる第2インバータ40および第2モータ制御部502等を、第2系統902とする。図中、煩雑になることを避けるため、センサ部61、62については系統901、902に含めていないが、第1センサ部61が第1系統901に含まれ、第2センサ部62が第2系統902に含まれる、と捉えてもよい。

【0027】

本実施形態では、第1インバータ30等の回路部品および第1モータ制御部501が、第1巻線組11に対応して設けられ、第2インバータ40等の回路部品および第2モータ制御部502が、第2巻線組12に対応して設けられる。そのため、インバータ30、40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501または第2モータ制御部502の一方に異常が生じたとしてもモータ部10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800は、インバータ30、40だけでなく、モータ制御部501、502を含む回路構成が、「冗長構成」となっている。

40

【0028】

本実施形態では、第1バッテリー39および第2バッテリー49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39、49の電圧は異なってもよい。バッテリー39、49の電圧が異なる場合、例えば第1バッテリー39と第1インバー

50

タ 30 との間、および、第 2 バッテリ 49 と第 2 インバータ 40 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 39、49 の正極側には、それぞれ、ヒューズ 38、48 が設けられる。図 9 等においては、ヒューズ 38、48 の記載を省略した。

【0029】

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 301 ~ 306、401 ~ 406、電流検出素子 311 ~ 313、411 ~ 413、リレー 32、33、42、43、チョークコイル 35、45、および、コンデンサ 36、46 が、第 1 基板 21 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 51、52 および集積回路 56、57 が、第 2 基板 22 に実装される。駆動部品は、コイル 111 ~ 113、121 ~ 123 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 21 には、センサパッケージ 65 が実装される。

【0030】

回路図中の白抜きの三角形は、各端子と基板 21、22 との接続箇所を示す。本実施形態では、電源端子 751、761、グランド端子 752、762、および、内部信号端子 717 は、それぞれ、第 1 基板 21 および第 2 基板 22 に接続される。一方、トルク信号端子 771、781、および、車両信号端子 772、782 は、第 2 基板 22 と接続され、第 1 基板 21 とは接続されない。

【0031】

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。

【0032】

駆動装置 800 の構造を図 3 ~ 図 6 に示す。図 4 に示すように、モータ部 10 は、巻線組 11、12 (図 2 参照。) が巻回されるステータ、ロータ、および、シャフト 15 等を備える。ステータは、モータケース 17 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 15 が固定される。これにより、シャフト 15 とロータとが一体となって回転する。

【0033】

シャフト 15 のコントローラ部 20 とは反対側の端部には、減速ギア 109 (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 15 の回転により生じるトルクが、減速ギア 109 を経由してステアリングシャフト 102 に伝達される。本明細書では、適宜、ロータおよびシャフト 15 が回転することを、単に「モータ部 10 が回転する」という。

また、シャフト 15 のコントローラ部 20 側の端部には、シャフト 15 と一体に回転するマグネット 16 が設けられる。ここで、マグネット 16 の中心を通り、シャフト 15 の軸線を延長した仮想線を回転中心線 Ac とする。

【0034】

モータケース 17 は、筒部 171 を有し、略円筒状に形成される。モータケース 17 の径方向内側には、ステータ、ロータおよびシャフト 15 等が収容される。

フレーム部材 18 は、ステータおよびロータのコントローラ部 20 側に設けられ、例えば圧入等により、モータケース 17 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 17 およびフレーム部材 18 が、モータ部 10 の外郭をなしている。フレーム部材 18 には、シャフト 15 が挿通され、マグネット 16 がコントローラ部 20 側に露出する。

【0035】

フレーム部材 18 のコントローラ部 20 側の端面 181 には、基板固定部 185、18

10

20

30

40

50

6が立設される。第1基板固定部185には、第1基板21が載せ置かれ、ねじ195により固定される。第2基板固定部186は、端面181からの高さが第1基板固定部185より高くなるように形成される。第2基板固定部186は、第1基板21の図示しない孔部に挿通される。第2基板固定部186には、第2基板22が載せ置かれ、ねじ196により固定される。基板21、22とフレーム部材18とは、ねじ以外にて固定してもよい。

【0036】

第1巻線組11の各相のコイル111～113および第2巻線組12の各相のコイル121～123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18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20側に取り出され、第1基板21と接続される。

10

【0037】

モータ部10の軸方向の一方側には、コントローラ部20が設けられる。コントローラ部20は、モータケース17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10の軸方向および径方向を、駆動装置800としての「軸方向」、「径方向」とし、単に「軸方向」、「径方向」という。

【0038】

コントローラ部20は、各種電子部品が実装される基板21、22、および、コネクタユニット70等を有する。

第1基板21および第2基板22は、フレーム部材18の端面181に対して略水平に設けられる。本実施形態では、モータ部10側から、第1基板21、第2基板22の順に配置される。ここで、第1基板21のモータ部10側の面を第1面211、モータ部10と反対側の面を第2面212とし、第2基板22のモータ部10側の面を第1面221、モータ部10と反対側の面を第2面222とする(図5および図6参照)。

20

【0039】

図4および図5に示すように、第1基板21の第1面211には、SW素子301～306、401～406、電流検出素子311～313、411～413、および、センサパッケージ65等が実装される。

第1基板21の第2面212には、チョークコイル35、45、および、コンデンサ36、46等が実装される。

30

なお、図4では、SW素子301、302、401、402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311～313、411～413、および、チョークコイル35、45等の図示を省略した。

【0040】

SW素子301～306、401～406は、フレーム部材18に放熱可能に設けられる。これにより、SW素子301～306、401～406の熱は、フレーム部材18を経由して、モータケース17から駆動装置800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301～306、401～406がフレーム部材18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301～306、401～406とフレーム部材18とが離間している。なお、電流検出素子311～313、411～413等、SW素子以外の部品を発熱素子とみなし、フレーム部材18に放熱可能に設けてもよい。

40

【0041】

本実施形態では、フレーム部材18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18は、モータ部10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18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。

50

【 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。これにより、制御基板である第 2 基板 2 2 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 2 1、2 2 には、ばね端子 2 6 が設けられる。

【 0 0 4 3 】

図 3 および図 4 に示すように、コネクタユニット 7 0 は、カバー部 7 1、給電コネクタ 7 5、7 6、および、信号コネクタ 7 7、7 8 を有する。

カバー部 7 1 は、略有底筒状に形成され、筒部 7 1 1、および、コネクタ形成部 7 1 5 を有する。筒部 7 1 1 の先端部 7 1 2 は、モータケース 1 7 の筒部 1 7 1 に形成される溝部 1 7 2 に挿入され、接着剤等で固定される。

【 0 0 4 4 】

コネクタ形成部 7 1 5 のモータ部 1 0 と反対側には、給電コネクタ 7 5、7 6、および、信号コネクタ 7 7、7 8 が形成される。コネクタ 7 5 ~ 7 8 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 7 5 ~ 7 8 は、間口がモータ部 1 0 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。

【 0 0 4 5 】

図 2 ~ 図 4 に示すように、第 1 給電コネクタ 7 5 は、第 1 バッテリ 3 9 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 7 5 には、第 1 電源端子 7 5 1 および第 1 グランド端子 7 5 2 が設けられる。第 2 給電コネクタ 7 6 は、第 2 バッテリ 4 9 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 7 6 には、第 2 電源端子 7 6 1 および第 2 グランド端子 7 6 2 が形設けられる。

【 0 0 4 6 】

第 1 信号コネクタ 7 7 および第 2 信号コネクタ 7 8 は、トルクセンサ 1 0 3 および図示しない C A N (Controller Area Network) との接続に用いられる。

第 1 信号コネクタ 7 7 には、トルクセンサ 1 0 3 からの信号の入力に用いられる第 1 トルク信号端子 7 7 1、および、C A N からの信号の入力に用いられる第 1 車両信号端子 7 7 2 が設けられる。第 2 信号コネクタ 7 8 には、トルクセンサ 1 0 3 からの信号の入力に用いられる第 2 トルク信号端子 7 8 1、および、C A N からの信号の入力に用いられる第 2 車両信号端子 7 8 2 が設けられる。

給電コネクタ 7 5、7 6、および、信号コネクタ 7 7、7 8 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 1 0 の駆動を継続可能である。

【 0 0 4 7 】

内部信号端子 7 1 7 は、カバー部 7 1 のコネクタ形成部 7 1 5 のモータ部 1 0 側に設けられる。内部信号端子 7 1 7 は、第 1 基板 2 1 および第 2 基板 2 2 に接続され、第 1 基板 2 1 と第 2 基板 2 2 との間の信号伝達に用いられる。内部信号端子 7 1 7 は、コネクタ 7 5 ~ 7 8 の端子 7 5 1、7 5 2、7 6 1、7 6 2、7 7 1、7 7 2、7 8 1、7 8 2 とは別途に設けられており、バッテリー 3 9、4 9、トルクセンサ 1 0 3 および C A N 等、駆動装置 8 0 0 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 7 1 7 は、回転検出装置 1 の検出値を第 2 基板 2 2 に実装されるマイコン 5 1、5 2 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 7 1 7 は、マイコン 5 1、5 2 からの指令信号を第 1 基板 2 1 に実装される電子部品に伝達するのに用いられる。

【 0 0 4 8 】

なお、第 1 給電コネクタ 7 5 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 7 6、信号コネクタ 7 7、7 8 についても同様である。また、内部

10

20

30

40

50

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、761、762、771、772、781、782、717 は、基板 21、22 と電氣的に接続される。

【0050】

本実施形態では、第 1 基板 21 および第 2 基板 22 と接続する端子 751、752、761、762、717 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 22 を貫通し、第 1 基板 21 側まで延びて形成される。また、端子 751、752、761、762、717 は、第 1 基板 21 および第 2 基板 22 のそれぞれに設けられるばね端子 26 に挿通されることで、第 1 基板 21 および第 2 基板 22 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 21、22 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。

【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 10 の回転を検出するものであって、第 1 センサ部 61 および第 2 センサ部 62、ならびに、第 1 マイコン 51 および第 2 マイコン 52 を備える。本実施形態では、第 1 マイコン 51 および第 2 マイコン 52 が「制御部」に対応する。

第 1 センサ部 61 および第 2 センサ部 62 は、1 つのセンサパッケージ 65 内に設けられている。センサ部 61、62 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】

図 9 に示すように、第 1 センサ部 61 は、センサ素子 601、および、回路部 610 を有し、センサ素子 601 および回路部 610 が 1 つのチップ 641 として構成されている。換言すると、回路部 610 を構成するチップ 641 には、センサ素子 601 が内蔵されている。

第 2 センサ部 62 は、センサ素子 602、および、回路部 620 を有し、センサ素子 602 および回路部 620 が 1 つのチップ 642 として構成されている。換言すると、回路部 620 を構成するチップ 642 には、センサ素子 602 が内蔵されている。

センサ素子 601、602 は、例えば GMR、AMR、TMR 等の MR 素子、または、ホール素子等である。

【0053】

図 4 および図 7 (a) に示すように、センサパッケージ 65 は、第 1 基板 21 の第 1 面 211 に実装される。第 1 面 211 に実装することで、マグネット 16 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 16 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、センサパッケージ 65 を、第 1 基板 21 の第 2 面 212 に実装してもよい。第 2 面 212 に実装することで、第 1 面 211 に SW 素子 301 ~ 306、401 ~ 406 以外の発熱素子をフレーム部材 18 に放熱可能に実装する等、第 1 面 211 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 のセンサパッケージ 65 以外の実装部品等を省略した。後述の図 27、図 28 および図 31 も同様である。

【0054】

図 8 および図 9 に示すように、センサパッケージ 65 は、略矩形に形成され、両側にセンサ端子 67 が設けられる。センサ端子 67 には、指令端子 671、673、出力端子 6

10

20

30

40

50

72、674、電源端子675、677およびグランド端子676、678が含まれる。

センサパッケージ65には、定電圧源37、47および電源端子675、677等を経由してバッテリー39、49から電力が供給される。本実施形態では、第1センサ部61には、定電圧源37および電源端子675等を経由して、第1バッテリー39から電力が供給され、第2センサ部62には、定電圧源47および電源端子677等を経由して、第2バッテリー49から電力が供給される。なお、1つのバッテリーから、第1センサ部61および第2センサ部62に電力が供給されるようにしてもよい。1つのバッテリーからセンサ部61、62に電力が供給されるように構成する場合、定電圧源を共用してもよいし、センサ部61、62ごとに設けてもよい。後述の実施形態についても同様である。

【0055】

定電圧源37、47は、センサ部61、62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800の停止中にもセンサパッケージ65に電力供給可能なものである。

グランド端子676、678は、グランドと接続される。

【0056】

図8に示すように、第1センサ部61を構成するチップ641および第2センサ部62を構成するチップ642は、いずれもセンサパッケージ65に内蔵されるリードフレーム66に実装される。チップ641、642とセンサ端子67とは、ワイヤ等により接続される。また、センサ端子67は、第1基板21の配線パターンと接続される。これにより、センサ部61、62と第1基板21とが接続される。

【0057】

センサ素子601、602は、シャフト15と一体となって回転するマグネット16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601、602は、ホール素子である。本実施形態では、モータ部10、より詳細にはモータ部10のシャフト15と一体に回転するマグネット16が、「検出対象」に対応する。

センサ素子601、602は、回転中心線Acと第1基板21との交点に対して点対称に配置される。以下、回転中心線Acと第1基板21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Acに対して点対称に配置される」という。センサ素子601、602を回転中心線Ac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。

【0058】

図9に示すように、回路部610は、回転角演算部614、回転回数演算部615、および、通信部619を有する。回路部620は、回転角演算部624、回転回数演算部625、および、通信部629を有する。

回路部610、620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610を中心に説明する。

【0059】

回転角演算部614は、センサ素子601の検出値に基づき、モータ部10の回転角 m を演算する。センサ素子601の検出値は、必要に応じ、AD変換等の処理がなされた値とする。回転回数TCの演算に用いられる値についても同様である。回転角演算部614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51にて回転角 m を演算可能なよう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615における回転回数TCの演算についても同様とする。

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。

【0060】

回転回数演算部615は、センサ素子601の検出値に基づき、モータ部10の回転回数TCを演算する。回転回数TCは、例えばモータ部10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

10

20

30

40

50

、カウント値に基づいて演算可能である。また、カウント値そのものについても、「回転回数TC」の概念に含まれるものとする。

【0061】

回転回数演算部615は、モータ部10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。

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(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。

10

【0062】

通信部619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51に出力する。本実施形態では、第1マイコン51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。出力信号の通信フレームには、回転角 m に係る情報、回転回数TCに係る情報に加え、ランカウンタ信号および誤り検出信号としてのCRC信号等が含まれる。図10等では、ランカウンタ信号の記載を省略した。なお、誤り検出信号は、例えばチェックサム信号等、CRC信号以外のものであってもよい。

20

【0063】

第2センサ部62の通信部619は、センサ素子602の検出値に基づいて回転角演算部624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625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。

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。

30

【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。

40

【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。

50

本実施形態では、舵角 s は、ステアリングシャフト 102 の下側の回転角とする。ステアリングシャフト 102 の下側は、減速ギア 89 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 89 のギア比に基づいて演算可能である。また、トーションバーの捩れ量に基づいて換算すれば、ステアリングシャフト 102 の上側の回転角も演算可能であるので、ステアリングシャフト 102 の上側の回転角を舵角 s としてもよい。

【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) がセンサ部における回転角 m の演算処理、(b) がセンサ部における回転回数 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。

【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 614 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 $Px1$ にて、センサ素子 601 の検出値をデジタル変換し、期間 $Px1$ に続く期間 $Px2$ にて、回転角演算部 614 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、 \dots 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 $Px1$ 、 $Px2$ 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】

図 10 (b) に示すように、回転回数 TC は、更新周期 $DR T_{sb}$ 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 615 における回転回数 TC 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 $Py1$ にて、センサ素子 601 の検出値をデジタル変換し、期間 $Py1$ に続く期間 $Py2$ にて、回転回数演算部 615 が回転回数 TC を演算し、回転回数 TC に係るデータを更新する。図 10 (b) では、回転回数 TC に関するデータが、1B、2B、 \dots 11B と更新されていくものとする。なお、図 10 (b) では、データ 1B の演算期間について、期間 $Py1$ 、 $Py2$ 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、「 nA 」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、「 nB 」が回転回数 TC 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。

図 11、図 15 および図 30 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 $DR T_{sa}$ と、回転回数 TC の更新周期 $DR T_{sb}$ 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 $x11$ 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 $com1$ を第 1 センサ部 61 に送信する。また、通信部 619 は、指令信号 $com1$ を受信したタイミングである時刻 $x11$ にて、指令信号 $com1$ の直前の指令信号 $com0$ (不図示) に基づく出力信号 $Sd10$ を第 1 マイコン 51 に送信する。

出力信号 $Sd10$ には、最新データに基づく回転角 m および回転回数 TC に係る信号、および、CRC 信号が含まれる。詳細には、出力信号 $Sd10$ には、データ 1A に基づく回転角信号、データ 1B 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

10

20

30

40

50

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x12にて、出力信号Sd10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10における[1A、1B]の記載は、回転角mおよび舵角sの演算にデータ1A、1B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。

【0072】

また、時刻x13にて、第1マイコン51から指令信号com2が送信されると、第1センサ部61は、データ4Aに基づく回転角信号、データ4Bに基づく回転回数信号、および、CRC信号を含む出力信号Sd11を第1マイコン51に送信する。第1マイコン51は、時刻x14にて、出力信号Sd11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x15にて、第1マイコン51から指令信号com3が送信されると、第1センサ部61は、データ8Aに基づく回転角信号、データ8Bに基づく回転回数信号、および、CRC信号を含む出力信号Sd12を第1マイコン51に送信する。

【0073】

図11に示すように、更新周期DRT_sa、DRT_sbは、異なってもよい。詳細には、回転回数TCの更新周期DRT_sbは、回転角mの更新周期DRT_saより長くてもよい。回転角mの更新周期DRT_saは、第1マイコン51の演算周期DRT_mより十分に短い必要がある。一方、回転回数TCは、モータ部10の1回転を3分割した各象限を読み飛ばすことなく検出すれば、逆回転も検出可能であり、回転回数を誤検出することがない。そのため、回転回数TCの更新周期DRT_sbは、モータ部10の設定回転速度に応じ、読み飛ばしがな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TCのカウントを要する所定の回転速度としてもよい。

【0074】

図11の例では、時刻x21、x22での処理は、図10中の時刻x11、x12の処理と同様であり、第1センサ部61は、時刻x21にて、データ1Aに基づく回転角信号およびデータ1Bに基づく回転回数信号を含む出力信号Sd21を第1マイコン51に送信する。第1マイコン51は、時刻x22にて、出力信号Sd21に基づく回転角mおよび舵角sの演算を開始する。

【0075】

時刻x23にて、第1マイコン51から指令信号com2が送信されると、第1センサ部61は、データ4Aに基づく回転角信号およびデータ3Bに基づく回転回数信号を含む出力信号Sd22を第1マイコン51に送信する。第1マイコン51は、時刻x24にて、出力信号Sd22に基づく回転角mおよび舵角sの演算を開始する。

時刻x25にて、第1マイコン51から指令信号com3が送信されると、第1センサ部61は、データ8Aに基づく回転角信号、および、データ4Bに基づく回転回数信号を含む出力信号Sd23を第1マイコン51に送信する。

【0076】

ここで、参考例による通信を図30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11と同様とする。

【0077】

時刻x91では、指令信号com1cの直前の指令信号com0c(不図示)に基づいて出力信号Sd91が送信される。出力信号Sd91には、データ1Aに基づく回転角信号が含まれる。一方、出力信号Sd91には、回転回数信号が含まれない。

10

20

30

40

50

時刻 $x92$ では、出力信号 $Sd91$ に含まれるデータ $1A$ 、および、指令信号 $com0c$ が送信されたタイミングで送信される出力信号 $Sd90$ (不図示) に含まれるデータ $1B$ に基づき、回転角 m および舵角 s が演算される。

【0078】

時刻 $x93$ では、指令信号 $com2c$ が送信されると、データ $3B$ に基づく回転回数信号を含む出力信号 $Sd92$ が送信される。また、時刻 $x94$ では、指令信号 $com3c$ が送信されると、データ $8A$ に基づく回転角信号を含む出力信号 $Sd93$ が送信される。

時刻 $x95$ では、出力信号 $Sd93$ に含まれるデータ $8A$ に基づく回転回数信号、および、出力信号 $Sd92$ に含まれるデータ $3B$ 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。

【0079】

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 $x95$ 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 Tdc 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。

【0080】

そこで本実施形態では、回転角演算部 614 および回転回数演算部 615 を一つのチップ 641 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 619 から第1マイコン 51 に送信している。

そのため、図10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 51 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11に示すように、更新周期 DRT_sa 、 DRT_sb が異なっても、同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 Td 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、通信線の数を減らすことができる。

【0082】

本実施形態の駆動装置 800 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 800 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 m 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 800 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、センサ部 61 、 62 と、マイコン 51 、 52 と、を備える。

第1センサ部 61 は、センサ素子 601 、および、回路部 610 を有する。第2センサ部 62 は、センサ素子 602 、および、回路部 620 を有する。

10

20

30

40

50

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、620 は、センサ素子 601、602 の検出値に基づく出力信号を生成して出力する。

マイコン 51、52 は、センサ部 61、62 から出力信号を取得し、出力信号に基づく演算を行う。

【0085】

回路部 610 は、回転角演算部 614、回転回数演算部 615、および、通信部 619 を有する。回転角演算部 614 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 m を演算する。回転回数演算部 615 は、センサ素子 601 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転回数 TC をカウントする。通信部 619 は、回転角 m 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含む一連の信号である出力信号を第 1 マイコン 51 に送信する。

10

【0086】

回路部 620 は、回転角演算部 624、回転回数演算部 625、および、通信部 629 を有する。回転角演算部 624 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 m を演算する。回転回数演算部 625 は、センサ素子 602 の検出値に基づいてモータ部 10 の回転回数 TC をカウントする。通信部 629 は、回転角 m 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含む一連の信号である出力信号を第 2 マイコン 52 に送信する。

【0087】

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 619 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 629 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、通信線の数を減らすことができる。

20

【0088】

回転角演算部 614 および回転回数演算部 615 は、同一のセンサ素子 601 の検出値に基づいて回転角 m または回転回数 TC を演算する。回転角演算部 624 および回転回数演算部 625 は、同一のセンサ素子 602 の検出値に基づいて回転角 m または回転回数 TC を演算する。回転角 m および回転回数 TC の演算に用いるセンサ素子を共通とすることで、センサ数を低減することができる。

30

【0089】

バッテリー 39、49 からセンサ部 61、62 への電力供給路には、定電圧源 37、47 が設けられる。バッテリー 39、49 とセンサ部 61、62 との間に定電圧源 37、47 を設けることで、バッテリー 39、49 の電圧によらず、センサ部 61、62 の耐圧設計を変更する必要がない。

【0090】

回転検出装置 1 には、センサ部 61、62 が複数設けられる。第 1 センサ部 61 には、センサ素子 601 および回路部 610 が含まれる。第 2 センサ部 62 には、センサ素子 602 および回路部 620 が含まれる。全てのセンサ部 61、62 は、1 つのパッケージ 65 内に設けられる。

40

【0091】

センサ部 61、62 を複数設けることで、一方のセンサ部に異常が生じた際も、他方のセンサ部にてモータ部 10 の回転角 m および回転回数 TC の検出を継続することができる。

また、図 31 に示す参考例のように、回転角 m 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

50

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。特に、センサ素子601、602を回転中心線Acに対して点对称配置することで、素子間の検出誤差を低減することができる。

【0092】

センサ部561、562、および、センサ部561、562から出力信号を取得するマイコン51、52の組み合わせは複数である。詳細には、第1センサ部561と第1マイコン51との組み合わせ、および、第2センサ部562と第2マイコン52との組み合わせの2組が設けられている。これにより、一方の系統に異常が生じた場合であっても、他方の系統にて演算を継続することができる。

10

【0093】

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、出力信号に含まれる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。

また、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。

【0094】

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。また、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に送信することで、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抑えているので、舵角 s を適切に演算することができる。

20

【0095】

(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および後述の図14、図23では、バッテリー39、49の記載を省略した。

30

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、第2センサ部262、第1マイコン51および第2マイコン52を備える。

【0096】

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、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つのセンサパッケージ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。

40

【0097】

センサ素子603~606は、第1実施形態のセンサ素子601、602と同様、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。

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。

【0098】

本実施形態では、回転角 m 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 m 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 m 演算用のセンサ素子603、605には、検出精度の高いのを用い、回転回数TC演算用の

50

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。

【0099】

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 m 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。

【0100】

図 13 (a) では、回転角 m 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 m 演算用のセンサ素子 603、605 を内側に配置すること
10

【0101】

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 m 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。

【0102】

回転角演算部 614 は、センサ素子 603 の検出値に基づいて回転角 m を演算し、回転回数演算部 615 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。
20

また、回転角演算部 624 は、センサ素子 605 の検出値に基づいて回転角 m を演算し、回転回数演算部 625 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 m 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。

【0103】

回転角 m の演算に用いるセンサ素子 603、605 と、回転回数 Tc の演算に用いられるセンサ素子 604、606 とを別途に設けることで、それぞれの要求に応じたセンサ素子を選定することができる。

本実施形態では、回転角 m 演算用のセンサ素子 603、605 が「第 1 のセンサ素子」に対応し、回転回数 Tc 演算用のセンサ素子 604、606 が「第 2 のセンサ素子」に
30

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0104】

(第 3 実施形態)

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、第 2 センサ部 362、第 1 マイコン 51 および第 2 マイコン 52 を備える。

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 60
40

【0105】

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

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

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。
50

【0106】

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。

【0107】

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。

10

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619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。

【0108】

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619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。

20

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619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619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。

【0109】

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。

30

40

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、行われる演算に応じ、演算期間が異なってもよい。

【0110】

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

50

た具合である。

【0111】

第1マイコン51は、出力信号に含める信号の種類および送信タイミングを指示する指令信号を通信部619に送信する。通信部619は、受信した指令信号に応じ、出力信号に含める信号の種類を変更する。これにより、通信部619は、第1マイコン51の要求に応じた信号を適切に送信することができる。

【0112】

回路部611は、回路部611における異常を判定する自己診断部618を有する。通信部619は、自己診断部618における異常判定結果に係るステータス信号を出力信号に含めて第1マイコン51に送信する。これにより、第1マイコン51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。

ここでは、第1マイコン51および第1センサ部361について説明したが、第2マイコン52および第2センサ部362についても同様である。後述の実施形態についても同様である。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0113】

(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、第2センサ部462、第1マイコン51および第2マイコン52を備える。第1センサ部461は、センサ素子601、607および回路部612を有し、1つのチップ641により構成される。第2センサ部462は、センサ素子602、608および回路部622を有し、1つのチップ642により構成される。

【0114】

第1センサ部461の回路部612は、第4実施形態の回路部611の各構成に加え、センサ素子607、回転角演算部616、および、回転回数演算部617を有する。ここで、センサ素子601、回転角演算部614および回転回数演算部615を回転情報演算回路951とし、センサ素子607、回転角演算部616および回転回数演算部617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組の回転情報演算回路951、952を有している。

【0115】

第2センサ部462の回路部622は、第4実施形態の回路部612の各構成に加え、センサ素子608、回転角演算部626、および、回転回数演算部627を有する。第2センサ部462についても同様に、センサ素子602、回転角演算部624および回転回数演算部625を回転情報演算回路953とし、センサ素子608、回転角演算部626および回転回数演算部627を回転情報演算回路954とする。すなわち、第2センサ部462は、2組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組の回転情報演算回路が設けられる。

【0116】

自己診断部618は、天絡、地絡等の電源異常に加え、第1センサ部461のIC内部回路の動作異常の監視にて、回転角 m を監視する。例えば、第1センサ部461内のセンサ素子601、607の出力の異常の検出部や、演算回路の異常等による回転角 m の異常を検出する方法として、回転情報演算回路951、952の対応する値を比較し、オフセット異常等の中間異常を検出する等がある。通信部619は、自己診断部618における自己診断結果を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。

【0117】

自己診断部628は、天絡、地絡等の電源異常に加え、第2センサ部462のIC内部回路の動作異常の監視にて、回転角 m を監視する。例えば、第2センサ部462内のセ

10

20

30

40

50

ンサ素子 602、608 の出力の異常の検出部や、演算回路の異常等による回転角 m の異常を検出する方法として、回転情報演算回路 953、954 の対応する値を比較し、オフセット異常等の中間異常を検出する等がある。通信部 629 は、自己診断部 628 における自己診断結果をステータス信号として出力信号に含め、第 2 マイコン 52 に送信する。

【0118】

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、それぞれの回転情報演算回路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、異常監視を行うようにしてもよい。同様に、自己診断部 628 にて回転情報演算回路 953、954 の対応する値を比較することに替えて、それぞれの回転情報演算回路の回転角信号および回転回数信号等を第 2 マイコン 52 に送信するようにし、第 2 マイコン 52 側にて対応する値を比較し、異常監視を行うようにしてもよい。

また、自己診断部 618、628 における自己診断の方法は、上述の方法に限らず、どのような方法であってもよい。

【0119】

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 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。この場合、センサ部 461、462 の素子数は、各 4 つとなり、回転検出装置全体として 8 つとなる。

【0120】

本実施形態では、回転情報演算回路 951、952 は、1 つの通信部 619 に対して複数設けられる。また、回転情報演算回路 953、954 は、1 つの通信部 629 に対して複数設けられる。回転情報演算回路 951 はセンサ素子 601、回転角演算部 614 および回転回数演算部 615 を含み、回転情報演算回路 952 はセンサ素子 607、回転角演算部 616 および回転回数演算部 617 を含む。

これにより、センサ部 461、462 の IC 内部回路の動作異常を適切に検出可能となる。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0121】

(第 5 実施形態)

本発明の第 5 実施形態を図 17 に示す。本実施形態では、センサ部 61、62 における回転情報演算処理について説明する。ここでは、第 1 実施形態の構成に基づいて説明するが、第 1 実施形態以外の構成であってもよい。第 6 実施形態についても同様である。

電動パワーステアリング装置 108 は、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 51、52 への給電は行われず、マイコン 51、52 は、各種演算や通信等を行わないものとする。本実施形態の始動スイッチは、イグニッションスイッチである。以下適宜、イグニッションスイッチを「IG」とする。

【0122】

本実施形態では、センサパッケージ 65 には、電動パワーステアリング装置 108 の停止中であっても、バッテリー 39、49 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 108 の停止中であっても、第 1 センサ部 61 には第 1 バッテリー 39 から直接的に電力が供給され、第 2 センサ部 62 には第 2 バッテリー 49 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 108 の停止中においても、センサ部 61、62 における演算を継続可能である。

【0123】

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 109 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 108 の停止中に、運転者によりステアリングホイール 101 が操舵されると、ステアリングシャフト 102 が回転し、減速ギア 109 を介してモータ部 10 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

10

20

30

40

50

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 10 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。

【0124】

そこで本実施形態では、バッテリー 39、49 からセンサ部 61、62 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 108 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。

【0125】

なお、マイコン 51、52 は停止中であるので、センサ部 61、62 は、マイコン 51、52 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 108 が再始動された後、マイコン 51、52 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 51、52 に送信する。これにより、マイコン 51、52 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。

10

【0126】

本実施形態における回転情報演算処理を図 17 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 61 における処理として説明するが、第 2 センサ部 62 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 S101 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。

20

【0127】

最初の S101 では、第 1 センサ部 61 は、電動パワーステアリング装置 108 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 51 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 108 が停止していると判断できる。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)、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。

【0128】

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。

30

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。

【0129】

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) 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、または、センサ素子からの出力値の変化量 (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。

40

【0130】

S105 では、回転回数演算部 615 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。なお、S105 に移行した場合、所定期間は、第 1 の頻度 f_1 にて回転回数 TC を演算するようにしてもよい。

S106 では、回転回数演算部 615 は、第 2 の頻度 f_2 にて回転回数 TC を演算する

50

。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。

【0131】

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、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。

10

【0132】

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。

【0133】

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615、625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。

20

【0134】

また本実施形態では、センサ部61、62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 s 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。

30

【0135】

(第6実施形態)

本発明の第6実施形態を図18～図20に示す。

図18に示すように、本実施形態の回転検出装置5は、第1センサ部561、第2センサ部562、第1マイコン51および第2マイコン52を備える。第1センサ部561は、センサ素子601、607および回路部613を有し、1つのチップ641により構成される。第2センサ部562は、センサ素子602、608および回路部623を有し、1つのチップ642により構成される。

【0136】

センサ端子68は、パッケージ65に設けられる。センサ端子68には、電源端子675、677、681、682、グランド端子676、678、通信端子685、686が含まれる。

40

電源端子675は、定電圧源371を経由して第1バッテリー39と接続される。

電源端子681は、定電圧源372を経由して第1バッテリー39に接続される。定電圧源372は、電源リレー32、逆接保護リレー33およびダイオード373を経由して、第1バッテリー39と接続される。また、定電圧源372は、スイッチ379およびダイオード374を経由して第1バッテリー39と接続される。ダイオード373、374は、第1バッテリー39側から定電圧源372側への通電を許容し、逆向きの通電を禁止する向きに配置される。

【0137】

50

電源端子 677 は、定電圧源 471 を経由して第 2 バッテリ 49 に接続される。

電源端子 682 は、定電圧源 472 を経由して第 2 バッテリ 49 に接続される。定電圧源 472 は、電源リレー 42、43 およびダイオード 473 を経由して、第 2 バッテリ 49 と接続される。また、定電圧源 472 は、スイッチ 479 およびダイオード 474 を経由して第 1 バッテリ 39 と接続される。ダイオード 473、484 は、第 2 バッテリ 49 側から定電圧源 472 側への通電を許容し、逆向きの通電を禁止する向きに配置される。

スイッチ 379、479 は、IG と同期してオンオフされる。スイッチ 379、479 の一方が IG そのものであってもよい。

【0138】

定電圧源 371、372、471、472 は、上記実施形態の定電圧源 37、47 と同様、センサ部 61、62 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って、駆動装置 800 の停止中にもセンサパッケージ 65 に電力供給可能なものである。定電圧源 371、372、471、472 は、同様のものであってもよいし、異なってもよい。図中、定電圧源 371、372、471、472 を、「定電圧源 1～4」とした。また、図 18 では、電源リレーおよび逆接保護リレーを 1 つのブロックで記載した。

10

【0139】

本実施形態では、第 1 センサ部 561 は、通信端子 685 および通信線 695 を経由して第 1 マイコン 51 と接続され、第 2 センサ部 562 は、通信端子 686 および通信線 696 を経由して第 2 マイコン 52 と接続される。換言すると、本実施形態では、通信端子 685 を、マイコン側からの指令の送受信と、センサ部側からの出力信号の送受信とに共用している。

20

なお、第 4 実施形態等においても、1 つのセンサ部に対し、複数の定電圧源および電源端子を設けるようにしてもよい。また、指令端子および出力端子に替えて通信端子を設けるようにしてもよい。

【0140】

第 1 センサ部 561 の回路部 613 は、第 4 実施形態の回路部 611 の各構成に加え、センサ素子 607、および、回転角演算部 616 を有する。換言すると、回路部 613 は、第 5 実施形態の回路部 612 における回転回数演算部 617 が省略されている。また、回転情報演算回路 956 は、第 5 実施形態の回転情報演算回路 952 から回転回数演算部 617 が省略されている、ともいえる。

30

【0141】

第 2 センサ部 562 の回路部 623 は、第 4 実施形態の回路部 612 の各構成に加え、センサ素子 608、および、回転角演算部 626 を有する。換言すると、回路部 623 は、第 5 実施形態の回路部 622 における回転回数演算部 627 が省略されている。また、回転情報演算回路 957 は、第 5 実施形態の回転情報演算回路 954 から回転回数演算部 627 が省略されている、ともいえる。

【0142】

以下、第 1 センサ部 561 のセンサ素子 601 を「p1」とし、センサ素子 601 の検出値に基づく値に添え字「p1」を付し、センサ素子 607 を「q1」とし、センサ素子 607 の検出値に基づく値に添え字「q1」を付す。また、第 2 センサ部 562 のセンサ素子 602 を「p2」とし、センサ素子 602 の検出値に基づく値に添え字「p2」を付し、センサ素子 608 を「q2」とし、センサ素子 608 の検出値に基づく値に添え字「q2」を付す。また、第 1 センサ部 561 にて検出された値には添え字「1」を付し、第 2 センサ部 562 にて検出された値には添え字「2」を付す。なお、演算に用いたセンサ素子や回転検出部を区別する必要がない場合、添え字を適宜省略する。

40

【0143】

センサ素子 601、602、607、608 は、同じ種類のものであってもよいし、異なる種類のものであってもよい。例えば、センサ素子 601、607 を GMR 素子とし、センサ素子 602、608 をホール素子とする、といった具合に、同一センサ部の 2 つの

50

センサ素子に異なる種類のものを用いることで、検出手段の異なる情報による冗長の堅牢性を高めることができる。

【0144】

本実施形態では、第1センサ部561のセンサ素子601、回転回数演算部615および自己診断部618には、電源端子675を経由して、第1バッテリー39から常時給電される。また、センサ素子607、回転角演算部614、616および通信部619は、リレー32、33またはスイッチ379がオンされているとき、第1バッテリー39から給電され、リレー32、33およびスイッチ379がオフされているとき、給電されず、動作を停止する。

また、第2センサ部562のセンサ素子602、回転回数演算部625および自己診断部628には、電源端子677を経由して、第2バッテリー49から常時給電される。また、センサ素子608、回転角演算部624、626および通信部629は、リレー42、43またはスイッチ479がオンされているとき、第2バッテリー49から給電され、リレー42、43およびスイッチ479がオフされているとき、給電されず、動作を停止する。

10

【0145】

本実施形態の出力信号を説明する通信フレームを図19に基づいて説明する。

図19(a)に示すように、1回の通信における出力信号の通信フレームには、ランカウンタ信号、回転角 m_pk に係る信号、回転角 m_qk に係る信号、回転回数 TC_pk に係る信号、ステータス信号、および、CRC信号が含まれる。ビット数や信号順等は、適宜設定可能である。

20

また、第4実施形態のように、センサ素子607に基づいて回転回数 TC_p1 が演算され、センサ素子608に基づいて回転回数 TC_q2 が演算される場合、図19(b)に示すように、1回の通信における出力信号の通信フレームには、ランカウンタ信号、回転角 m_pk に係る信号、回転角 m_qk に係る信号、回転回数 TC_pk に係る信号、回転回数 TC_qk に係る信号、ステータス信号、および、CRC信号が含まれる。なお、 p または q に続く添え字「 k 」は、第1センサ部561からの出力信号の場合は「1」、第2センサ部562からの出力信号の場合は「2」となる。

【0146】

図18に戻り、本実施形態では、マイコン51、52は、情報を相互に送受信可能に構成される。したがって、マイコン51、52は、それぞれにおいて、4つのセンサ素子601、602、607、608の検出値に基づく回転角 m に係る情報、および、2つのセンサ素子601、602の検出値に基づく回転回数 TC に係る情報を利用可能である。詳細には、マイコン51、52では、センサ素子601の検出値に基づく回転角 m_p1 、回転回数 TC_p1 、センサ素子607の検出値に基づく回転角 m_q1 、センサ素子602の検出値に基づく回転角 m_p2 、回転回数 TC_p2 、センサ素子608の検出値に基づく回転角 m_q2 を利用可能である。

30

【0147】

第1マイコン51では、第1センサ部561から直接的に取得される出力信号に含まれる回転角および回転回数に係る情報、および、第2マイコン52から通信にて取得される第2センサ部652からの出力信号に含まれる回転角および回転回数に係る情報に基づき、異常判定を行う。

40

第2マイコン52では、第2センサ部562から直接的に取得される出力信号に含まれる回転角および回転回数に係る情報、および、第1マイコン51から通信にて取得される第1センサ部651からの出力信号に含まれる回転角および回転回数に係る情報に基づき、異常判定を行う。

【0148】

異常検出処理を図20のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、例えばIGがオンされている期間に、所定の周期で実施される。マイコン51、52における異常判定処理は略同様であるので、以下、第1マイコン51での処理を中心に説明する。なお、

50

第2マイコン52では、第1センサ部561の出力信号に替えて、第2センサ部562の出力信号を用い、マイコン間通信にて取得される信号として、第1マイコン51から取得される第1センサ部561のからの出力信号を用いる。

【0149】

最初のS201では、第1マイコン51は、第1センサ部561から出力信号を取得する。また、第1マイコン51は、第2センサ部562からの出力信号を第2マイコン52からマイコン間通信にて取得する。

S202では、第1マイコン51は、対応して設けられる第1センサ部561の異常を検出する。第1マイコン51は、以下の(i)~(iv)の少なくとも1つにより、第1センサ部561の異常検出を行う。また、異常が検出された場合、(v)により異常箇所を特定する。

【0150】

(i)ランカウンタ信号に基づき、ランカウンタが更新されていない場合、通信途絶異常が生じていると判定する。

(ii)ステータス信号に基づき、第1センサ部651の自己診断機能による異常検出結果に応じた異常判定を行う。

(iii)CRC信号に基づき、出力信号のデータ破損の有無を判定する。

(iv)回転角 m_p1 と回転回数 TC_p1 との比較による異常判定を行う。回転角 m_p1 と回転回数 TC_p1 とを比較する場合、比較可能なように適宜換算する。例えば、回転回数 m_p1 の変化量の積算値に基づき、回転回数 TC_p1 と比較可能な回転回数換算値を演算可能である。なお、換算値を比較することは、「回転角信号と回転回数信号との比較」の概念に含まれるものとする。

本実施形態では、回転角 m_p1 、 m_q1 の比較による異常判定結果は、ステータス信号に含まれるものとするが、第1マイコン51側にて回転角 m_p1 、 m_q1 の比較を行ってもよい。

【0151】

異常が検出された場合、(v)第2マイコン51からマイコン間通信にて取得される第2センサ部562からの出力信号に基づく値との比較により、異常箇所を特定する。異常箇所が特定された場合、異常履歴情報を図示しない記憶部等に記憶させ、異常履歴を保持する。

【0152】

第1センサ部561の異常が検出された場合(S202: YES)、S204へ移行する。第1センサ部561の異常が検出されなかった場合(S202: NO)、S203へ移行し、第1マイコン51は、第1センサ部561から取得される値に基づき、通常制御によりモータ部10の駆動を制御する。ここで制御に用いられる値は、スイッチ379、479のオン継続中に異常履歴のないセンサ素子の検出値に基づく値とする。また、スイッチ379、479のオンオフによらず、正常復帰したセンサ素子の検出値を制御に用いてもよい。

S204では、第1マイコン51は、異常検出前の値をホールドする。

【0153】

S205では、第1マイコン51は、第1センサ部561の異常が確定したか否かを判断する。本実施形態では、所定時間に亘って異常が継続した場合、異常を確定させる。異常検出中であって、第1センサ部561の異常が確定されていない場合(S205: NO)、S206へ移行する。第1センサ部561の異常が確定された場合(S205: YES)、S207へ移行する。

S206では、第1マイコン51は、異常検出前のホールド値を用いてモータ部10の駆動制御を継続する。また、異常箇所が特定されている場合、ホールド値に替えて、正常値を用いて制御を行ってもよい。

【0154】

S207では、第1マイコン51は、異常箇所を特定できたか否かを判断する。異常箇所

10

20

30

40

50

所を特定できなかつたと判断された場合 (S 2 0 4 : N O)、S 2 0 9 へ移行する。異常箇所を特定できた場合 (S 2 0 4 : Y E S)、S 2 0 8 へ移行する。

【 0 1 5 5 】

S 2 0 8 では、第 1 マイコン 5 1 は、正常値を用いた制御を継続する。ここでいう「正常値」とは、異常検出履歴のないセンサ素子の検出値である。また、一時的に異常が検出されたものの異常確定されずに正常復帰したセンサ素子の検出値を正常値としてもよい。

なお、第 1 センサ部 5 6 1 の異常が確定した場合、S 2 0 7 および S 2 0 8 の処理を省略し、異常箇所が特定可能な場合であっても、第 1 系統 9 0 1 を用いた制御を停止してもよい。

S 2 0 9 では、第 1 マイコン 5 1 は、第 1 系統 9 0 1 を用いた制御を停止する。なお、第 2 センサ部 5 6 2 が正常であれば、第 2 マイコン 5 2 により、第 2 系統 9 0 2 を用いた制御が継続される。

10

【 0 1 5 6 】

S 2 0 3、S 2 0 6 または S 2 0 8 に続いて移行する S 2 1 0 では、第 1 マイコン 5 1 は、I G がオフされたか否かを判断する。本実施形態では、マイコン 5 1、5 2 は、I G オフ後もしばらくの間は演算を継続可能であり、所定の終了処理等が終わった後にオフされるものとする。I G がオフされていないと判断された場合 (S 2 1 0 : N O)、S 2 1 1 の処理を行わない。I G がオフされたと判断された場合 (S 2 1 0 : Y E S)、S 2 1 1 へ移行し、異常履歴情報を消去する。これにより、I G が再度オンされた場合、一時的に異常が検出され、正常復帰したセンサ素子は、正常なセンサ素子として扱われる。なお、異常履歴情報が記憶されるメモリが揮発性メモリであれば、S 2 1 0、S 2 1 1 の処理は省略可能である。

20

【 0 1 5 7 】

本実施形態では、出力信号に含まれるランカウンタ信号、ステータス信号および C R C 信号等に基づき、出力信号の異常の有無を判定可能である。

また、回転角 $m_p 1$ 、 $m_q 1$ 、および、回転回数 $T C_p 1$ を比較することによる異常監視が可能である。これらの値は、同一の通信フレームにて出力される値であるので、タイムラグによる誤差が小さい。なお、回転角 $m_p 1$ および回転回数 $T C_p 1$ は同一のセンサ素子 6 0 1 の検出値に基づく値であるので、例えば回転角 $m_p 1$ に基づく回転回数換算値と回転回数 $T C_p 1$ とが異なる場合、回転角 $m_q 1$ に基づく

30

【 0 1 5 8 】

さらにまた、本実施形態では、マイコン 5 1、5 2 は、マイコン間通信により、2 つのセンサ部 5 6 1、5 6 2 の検出値を取得可能である。本実施形態では、センサ部 5 6 1、5 6 2 には、計 4 つのセンサ素子が設けられている。センサ素子が 3 つ以上であるので、多数決の理論等により、異常箇所を特定することができる。

【 0 1 5 9 】

本実施形態では、出力信号には、ランカウンタ信号、ステータス信号、および、誤り検出信号である C R C 信号が含まれる。ステータス信号は、自己診断部 6 1 8、6 2 8 による診断結果に基づく信号である。

40

マイコン 5 1、5 2 は、ランカウンタ信号、ステータス信号および C R C 信号に基づき、センサ部 5 6 1、5 6 2 の異常を監視する。これにより、マイコン 5 1、5 2 は、センサ部 5 6 1、5 6 2 の異常を適切に監視することができる。

【 0 1 6 0 】

マイコン 5 1、5 2 は、回転角信号と回転回数信号との比較により、センサ部 5 6 1、5 6 2 の異常を監視する。本実施形態では、回転角信号および回転回数信号は、同一フレームにて出力されているので、同一の出力信号に含まれる回転角信号と回転回数信号とを比較することで、タイムラグの少ない情報に基づいて適切に異常を監視することができる。

【 0 1 6 1 】

50

マイコン 5 1 は、センサ部 5 6 1 の異常が検出されてから所定時間に亘って異常が継続した場合、センサ部 5 6 1 の異常を確定する。マイコン 5 2 は、センサ部 5 6 2 の異常が検出されてから所定時間に亘って異常が継続した場合、センサ部 5 6 2 の異常を確定する。これにより誤判定を避け、適切に異常を確定することができる。

マイコン 5 1、5 2 は、正常時における出力信号に基づく値をホールドしておき、異常検出から異常確定までの間、正常時にホールドされた値を用いて演算を継続する。これにより、異常が生じている値を用いずに演算を継続することができる。

【0162】

第 1 センサ部 5 6 1 の異常が確定された場合、第 1 センサ部 5 6 1 から出力信号を取得する第 1 マイコン 5 1 での演算を停止する。また、第 2 センサ部 5 6 2 の異常が確定された場合、第 2 センサ部 5 6 2 からの出力信号を取得する第 2 マイコン 5 2 での演算を停止する。これにより、異常である値を用いた演算を避けることができる。

マイコン 5 1、5 2 は、異常箇所が特定できた場合、正常な信号を用いて演算を継続してもよい。これにより、異常箇所に応じ、適切に演算を継続することができる。

【0163】

マイコン 5 1、5 2 は、センサ部 5 6 1、5 6 2 の異常が検出された場合、スイッチ 3 7 9、4 7 9 がオンされている間、異常検出履歴を保持する。イグニッションスイッチがオフされた後にオンされた場合、異常検出履歴が消去される。これにより、イグニッションスイッチのオン継続中は、異常検出履歴がある情報を用いずに演算を継続することができる。

【0164】

1 つの制御部である第 1 マイコン 5 1 に対して出力信号を送信する第 1 センサ部 5 6 1 を自系統センサ部、他の制御部である第 2 マイコンに対して出力信号を送信する第 2 センサ部 5 6 2 を他系統センサ部とする。

第 1 マイコン 5 1 は、第 1 センサ部 5 6 1 から取得される出力信号に含まれる値と、第 2 マイコン 5 2 から通信にて取得される第 2 センサ部 5 6 2 に係る出力信号に含まれる値とに基づき、異常箇所を特定する。

第 2 センサ部 5 6 2 を自系統センサ部、第 1 センサ部 5 6 1 を他系統センサ部とすると、第 2 マイコン 5 2 では、第 2 センサ部 5 6 2 から取得される出力信号に含まれる値と、第 1 マイコン 5 1 から通信にて取得される第 1 センサ部 5 6 1 に係る出力信号に含まれる値とに基づき、異常箇所と特定する。

これにより、異常箇所を適切に特定することができる。

【0165】

(第 7 実施形態)

本発明の第 7 実施形態を図 2 1 に示す。

図 2 1 に示すように、本実施形態の回転検出装置 6 は、2 つのセンサ部 5 6 1、5 6 2 に対し、1 つのマイコン 5 3 が設けられる。図 2 1 では、センサ部として、第 7 実施形態のセンサ部 5 6 1、5 6 2 を用いる例を示しているが、他の実施形態のセンサ部を用いてもよい。第 8 実施形態についても同様である。

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。

本実施形態では、マイコン 5 3 が「制御部」に対応する。

【0166】

(第 8 実施形態)

本発明の第 8 実施形態を図 2 2 に示す。

図 2 2 に示すように、本実施形態のコントローラ部 2 0 には、外部装置 9 0 0 からの情報が入力される。本実施形態の外部装置 9 0 0 は、ステアリングシャフト 1 0 2 の回転角度を検出するステアリングセンサである。また、外部装置 9 0 0 は、舵角 s を演算可能な他のセンサ(例えば舵角検出可能なトルクセンサ)等であってもよい。

【0167】

マイコン 5 1、5 2 は、第 1 センサ部 6 1 の検出値に基づいて演算される舵角 s 1、

第2センサ部62の検出値に基づいて演算される舵角 s_2 、および、外部装置900の検出値に基づいて演算される舵角 s_3 を比較することで、異常検出および異常箇所の特定を行う。本実施形態では、センサ部61、62の異常検出および異常箇所の特定に、検出手段の異なる外部装置900の情報を用いているので、冗長の堅牢性を高めることができる。

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。

【0168】

(第9実施形態)

本発明の第9実施形態を図23および図24に示す。

図23に示すように、本実施形態の回転検出装置7は、1つのセンサ部561、および、1つのマイコン51を備える。センサ端子69は、端子675、674、677、678が省略されている点を除き、センサ端子67と同様である。図23では、センサ部として第6実施形態のセンサ部561を用いる例を示しているが、第6実施形態以外のセンサ部を用いてもよい。

本実施形態の異常検出処理を図24のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、例えばIGがオンされている期間に、所定の周期で実施される。

【0169】

最初のS301では、マイコン51は、センサ部561から出力信号を取得する。

S302では、マイコン51は、センサ部561の異常を検出する。ここでは、第6実施形態に示した(i)~(iv)により異常検出を行う。なお、本実施形態では、センサ素子601、607が2つであるので、異常箇所を特定することはできない。

センサ部561の異常が検出された場合(S302: YES)、S304へ移行する。センサ部561の異常が検出されなかった場合(S302: YES)、S303へ移行する。

S303の処理は、図20中のS203の処理と同様である。

【0170】

センサ部561の異常が検出された場合(S302: YES)に移行するS304では、マイコン51は、異常検出前の値をホールドする。

S305では、マイコン51は、センサ部561の異常が確定したか否かを判断する。本実施形態では、所定期間に亘って異常が継続した場合、異常を確定される。センサ部561の異常が確定された場合(S305: YES)、S307へ移行する。異常検出中であって、センサ部561の異常が確定されていない場合(S305: NO)、S306へ移行する。

【0171】

S306では、マイコン51は、異常検出前のホールド値を用いてモータ部10の駆動制御を継続する。

S307では、マイコン51は、モータ部10の駆動制御を停止する。

本実施形態のように、センサ部およびマイコンが1組であっても、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0172】

(第10実施形態)

本発明の第10実施形態を図25に示す。図25は、図8に対応する模式図である。第10実施形態~第12実施形態では、マイコンの記載を省略する。

上記実施形態の回転検出装置1等では、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。

【0173】

本実施形態の回転検出装置8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2

10

20

30

40

50

5では、各チップに含まれるセンサ素子および回路部の記載を省略している。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。

【0174】

図25(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。

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。

【0175】

また、図25(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。これにより、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、検出精度が高まる。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も組み合わせてもよい。

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。

【0176】

(第11実施形態)

本発明の第11実施形態を図26～図28に示す。

上記実施形態では、2つのセンサ部61、62は、1つのパッケージ65に設けられる。本実施形態の回転検出装置9では、第1センサ部61が第1パッケージ661に設けられ、第2センサ部62が第2パッケージ662に設けられる。すなわち本実施形態では、パッケージ661、662が、センサ部61、62毎に設けられている。センサ部の構成等は、第1実施形態以外の実施形態で説明したものとしてもよい。第12実施形態についても同様である。

【0177】

図26および図27に示すように、第1パッケージ661が第1基板21の第1面211に実装され、第2パッケージ662が第1基板21の第2面212に実装される。パッケージ661、662をセンサ部61、62とし、第1基板21の両面に実装することで、第1基板21における回転検出装置9の実装面積を低減することができる。また、各センサ部61、62のセンサ素子601、602は、共に回転中心線Ac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661、662は、図28(a)のように、第1基板21の第1面211に実装してもよいし、図28(b)のように、第1基板21の第2面212に実装してもよい。

【0178】

本実施形態では、センサ部61、62が複数組設けられ、センサ部61、62ごとにパッケージ661、662が設けられる。センサ部61、62ごとにパッケージ661、662を設けることで、回転検出装置1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 m および回転回数TCの演算を継続可能である。

また、上記実施形態と同様の効果を奏する。

【0179】

10

20

30

40

50

(第12実施形態)

本発明の第12実施形態を図29に示す。図29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。

【0180】

図29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、集積回路56、57、および、回転検出装置9が実装される。回転検出装置9には、センサ部61、62、および、マイコン51、52が含まれる。

SW素子301~306、401~406、集積回路56、57、および、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、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。

【0181】

図30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800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、軸方向における体積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。

【0182】

(他の実施形態)

上記実施形態では、回転検出装置には、2つのセンサ部が設けられる。他の実施形態では、センサ部の数は、1つであってもよいし、3つ以上であってもよい。

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組または2組設けられる。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組以上設けてもよい。

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。

【0183】

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。

第5実施形態では、モータが停止中か否かに応じ、回転回数の演算頻度を変更する。他の実施形態では、モータや電動パワーステアリング装置の状態によらず、回転回数の演算を所定の頻度で行うようにしてもよい。

【0184】

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。

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。

【0185】

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のセンサパッケージが実装され、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

10

20

30

40

50

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。

【0186】

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】

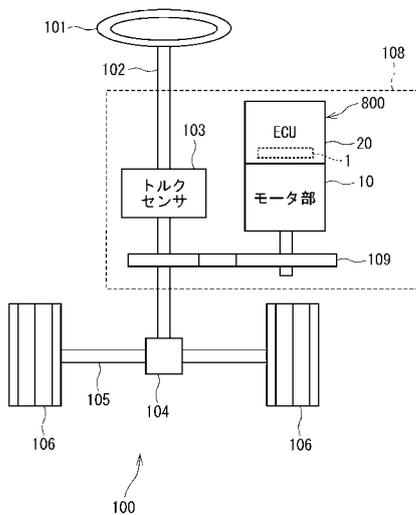
【0187】

- 1 ~ 9・・・回転検出装置
- 10・・・モータ部（検出対象）
- 51、52、53・・・マイコン（制御部）
- 61、62、261、262、461、462、561、562・・・センサ部
- 601 ~ 608・・・センサ素子
- 610 ~ 613、620 ~ 623・・・回路部
- 614、624、616、626・・・回転角演算部
- 615、625、617、627・・・回転回数演算部
- 619、629・・・通信部

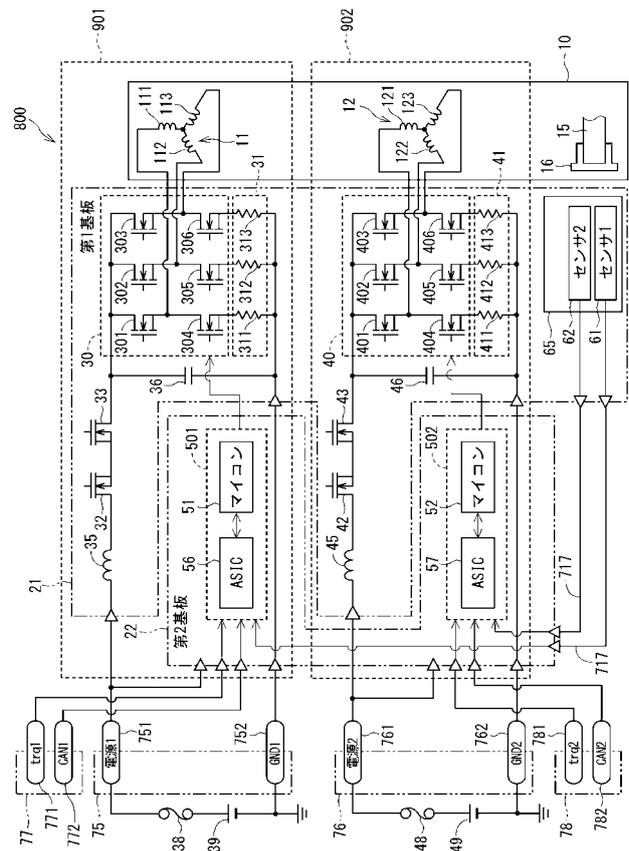
10

20

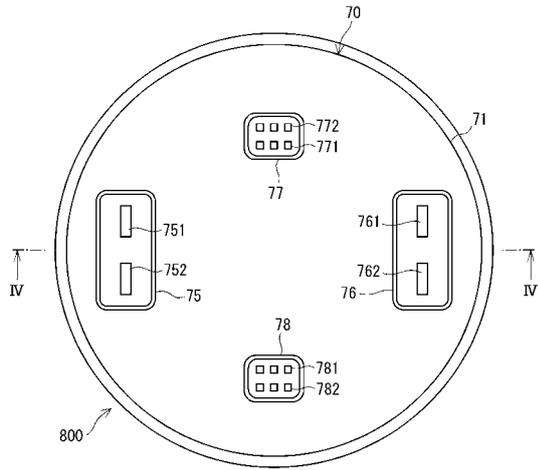
【図1】



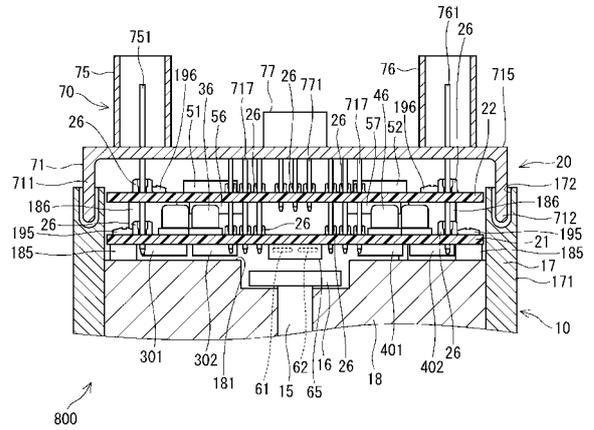
【図2】



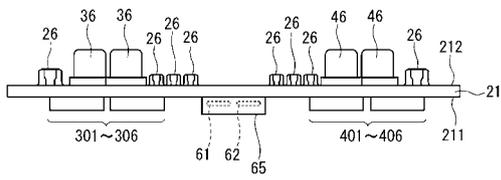
【 図 3 】



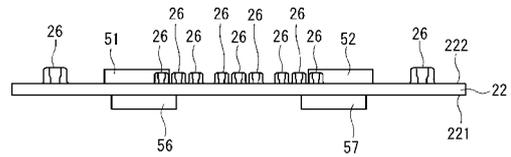
【 図 4 】



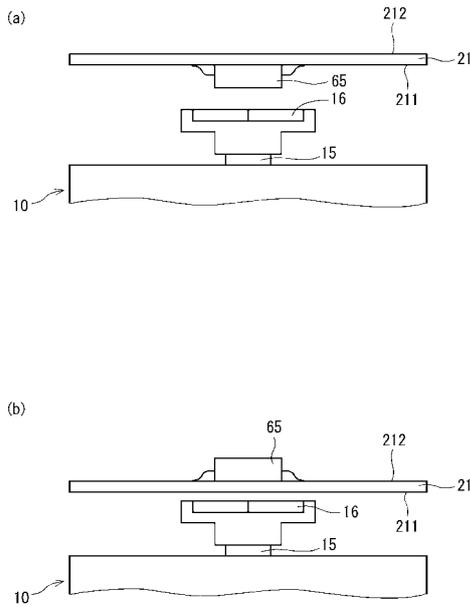
【 図 5 】



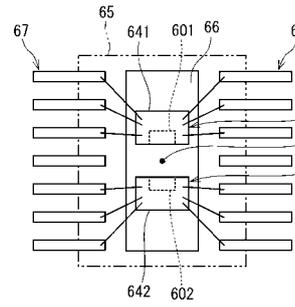
【 図 6 】



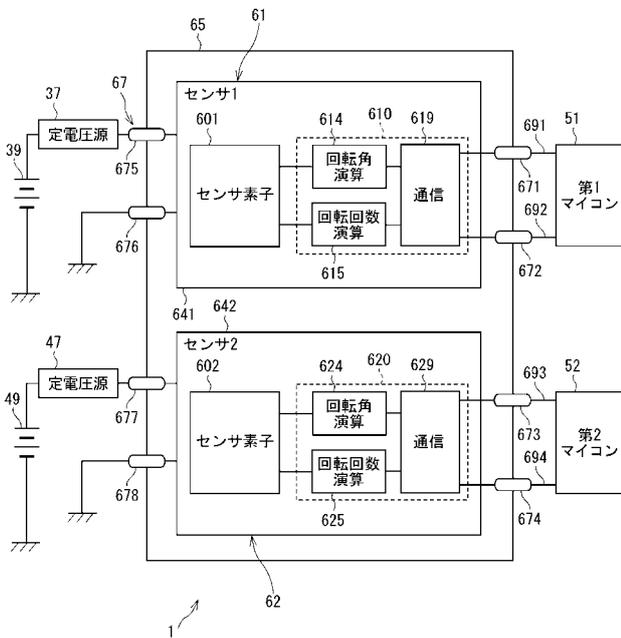
【 図 7 】



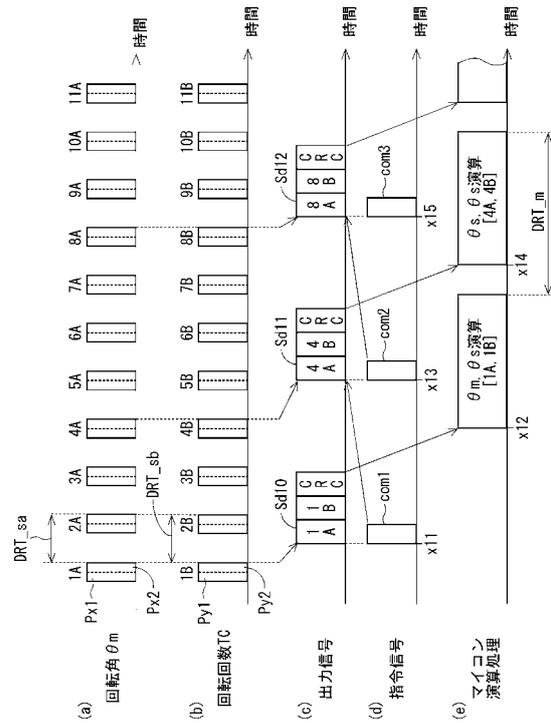
【 図 8 】



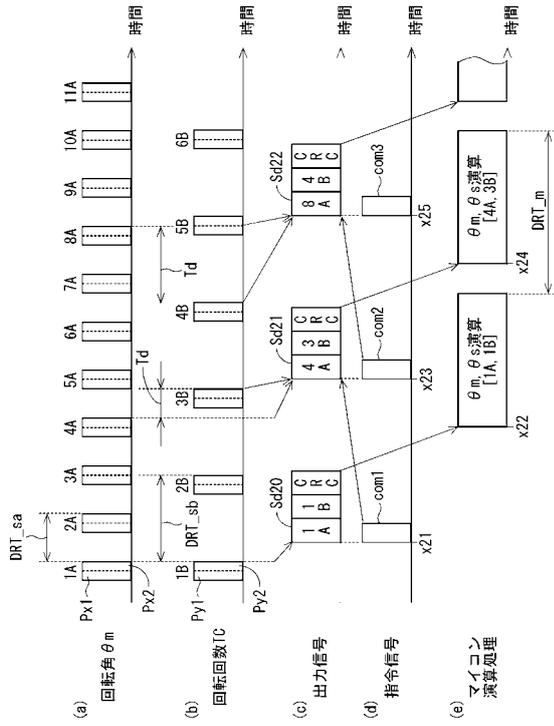
【 図 9 】



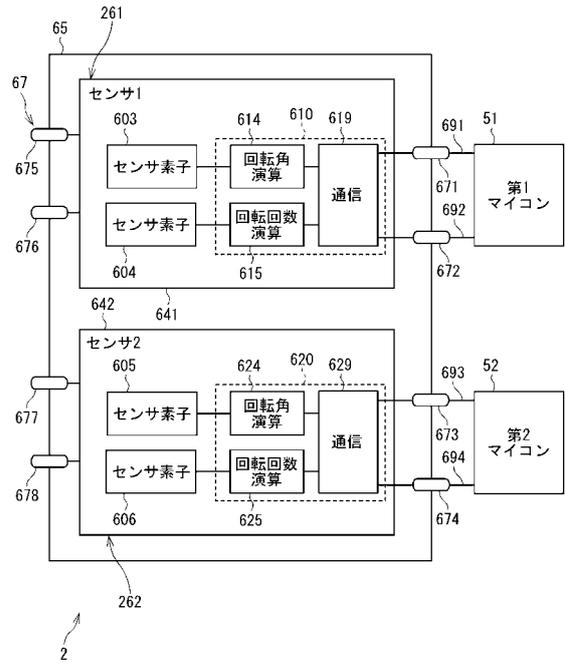
【 図 10 】



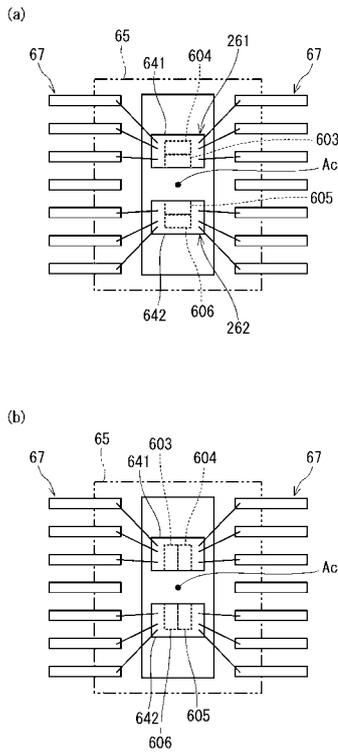
【図 1 1】



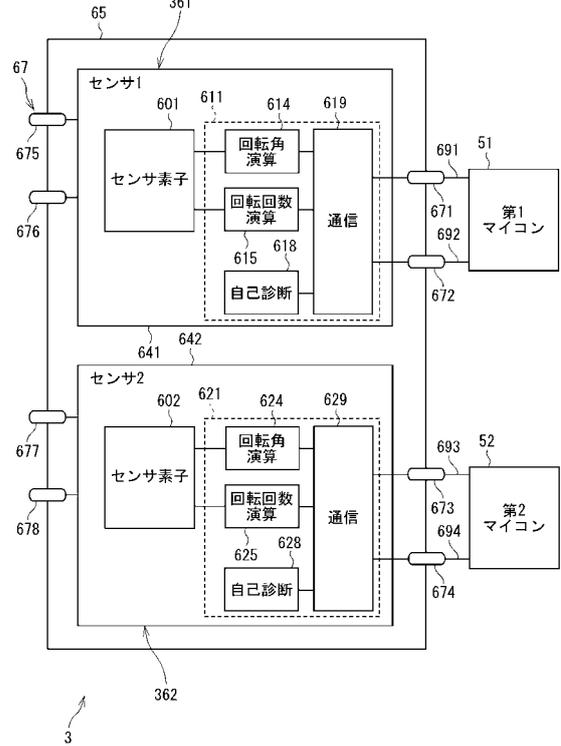
【図 1 2】



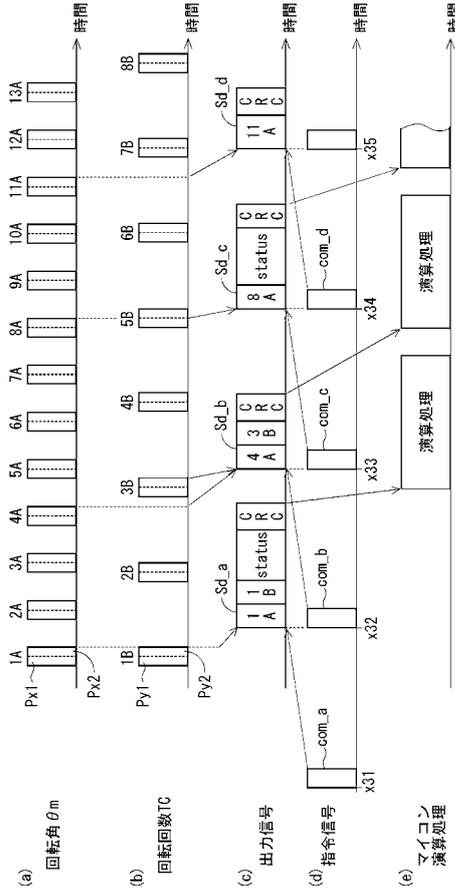
【図 1 3】



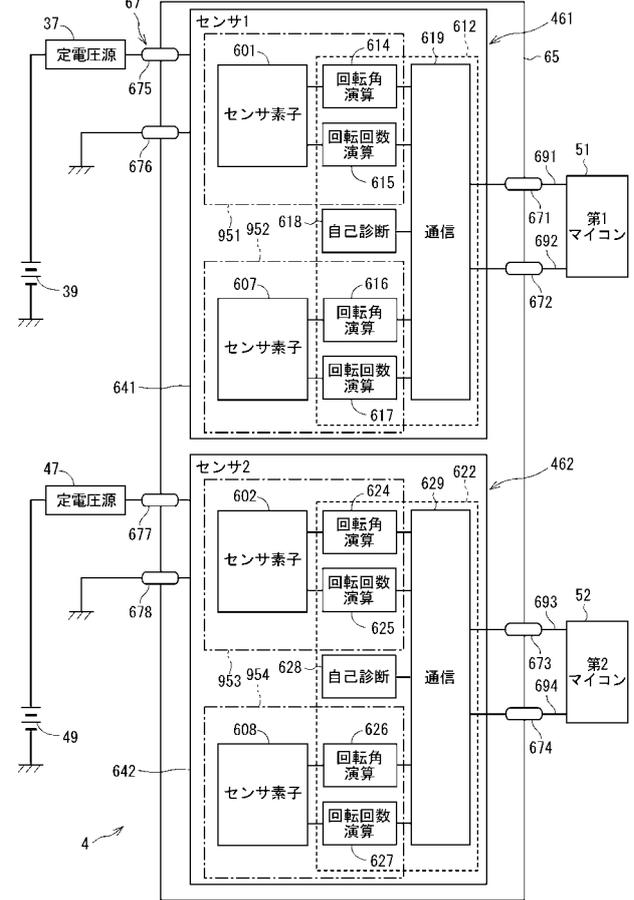
【図 1 4】



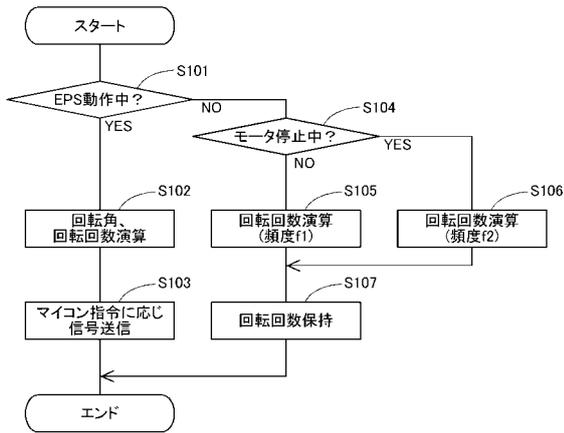
【図15】



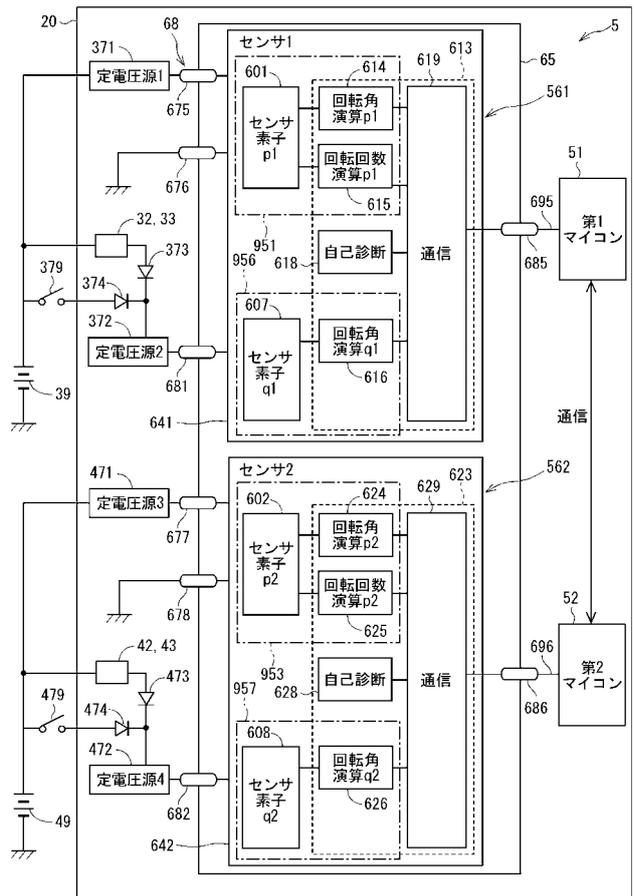
【図16】



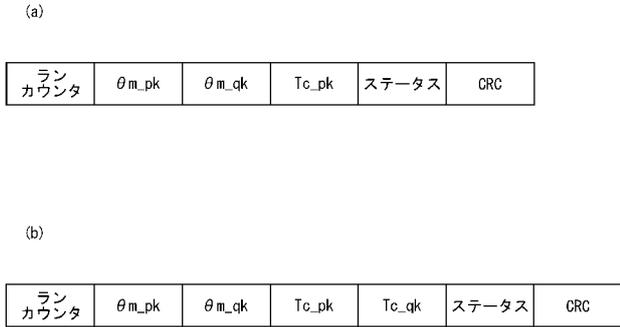
【図17】



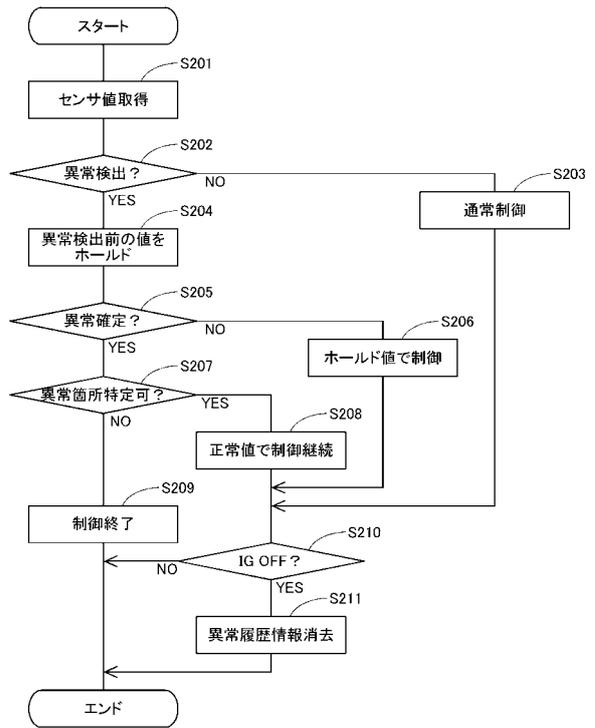
【図18】



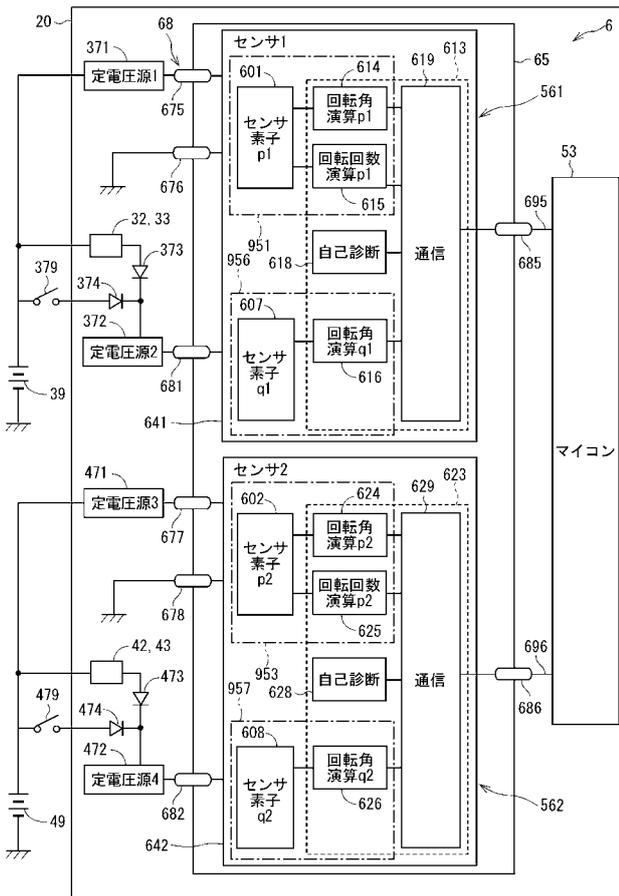
【図19】



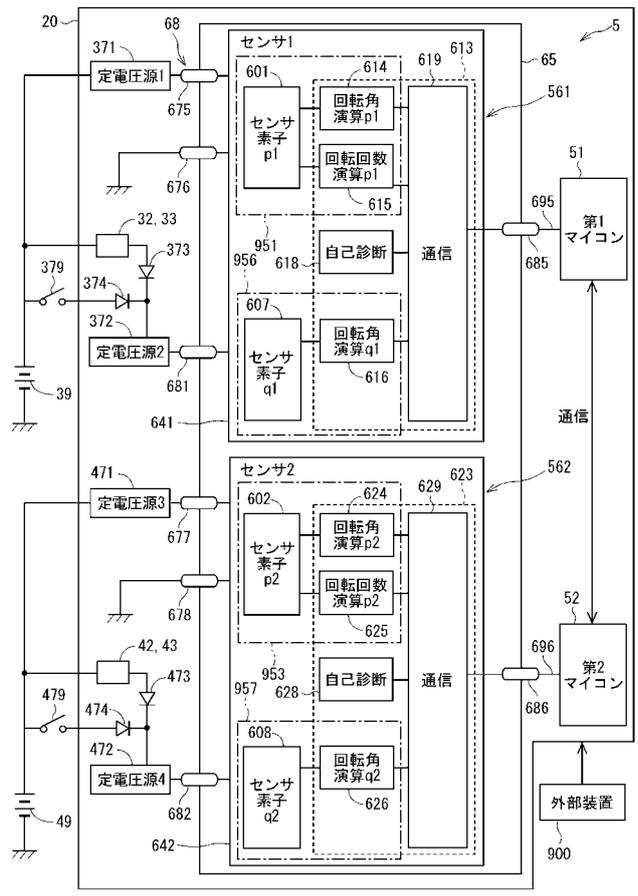
【図20】



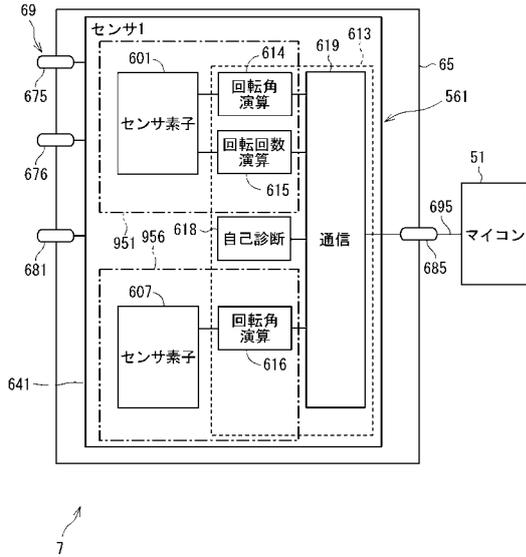
【図21】



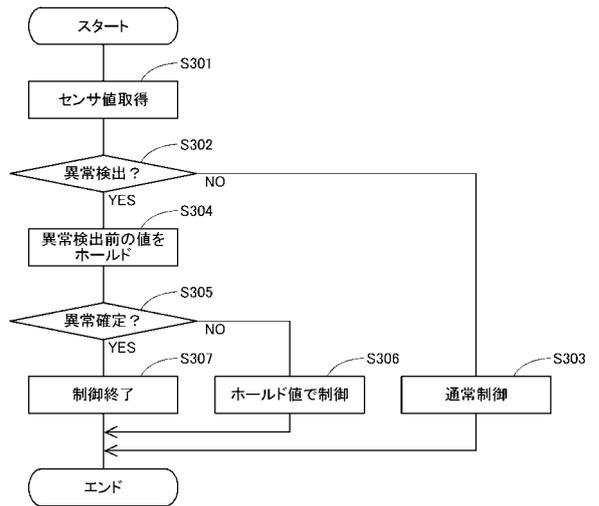
【図22】



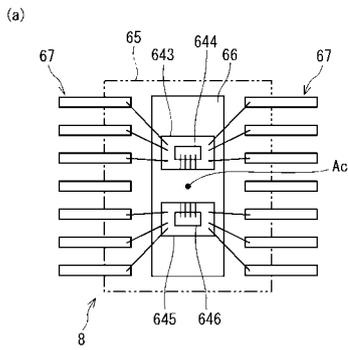
【図 2 3】



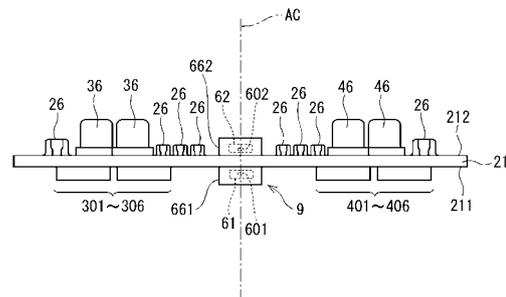
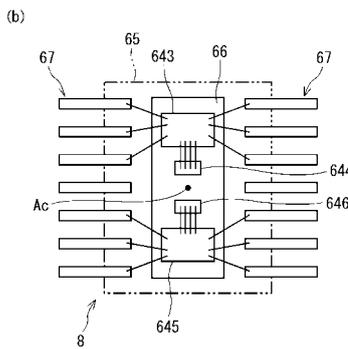
【図 2 4】



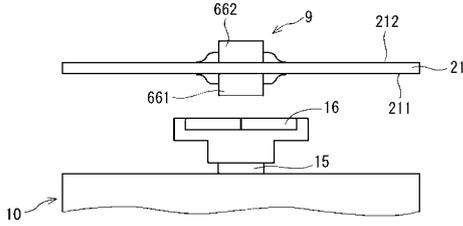
【図 2 5】



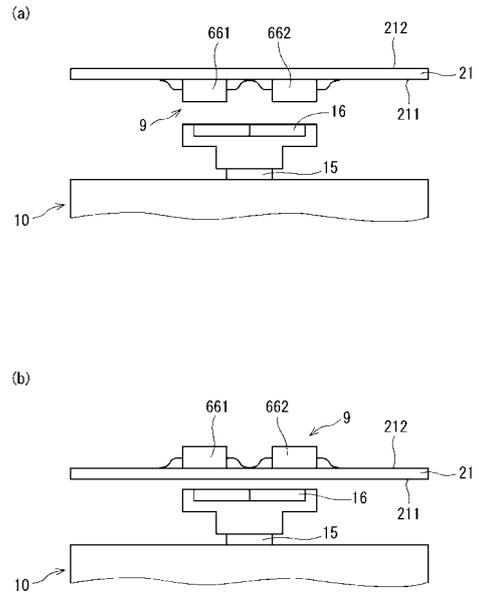
【図 2 6】



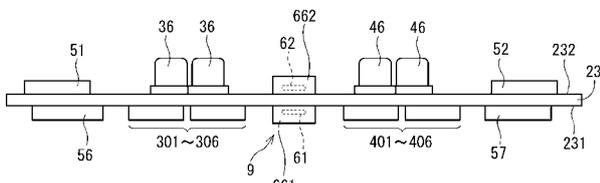
【図 27】



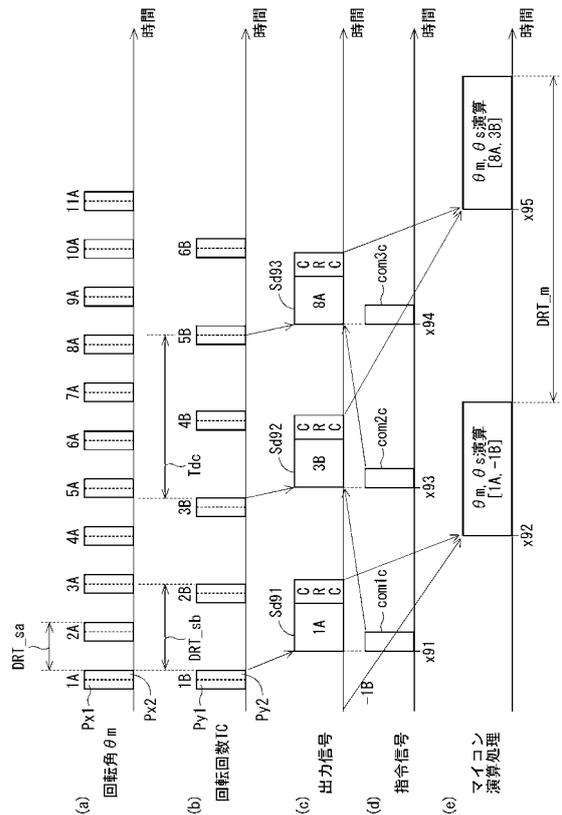
【図 28】



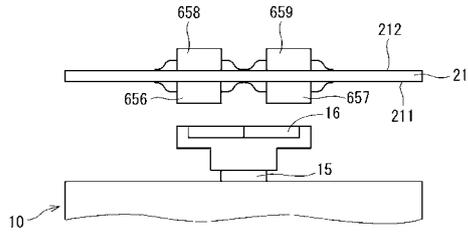
【図 29】



【図 30】



【 図 3 1 】



 フロントページの続き

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

Fターム(参考) 2F063 AA35 AA36 BA08 BB03 DC03 GA52 LA15 LA29 NA02
 2F069 AA83 AA86 GG04 GG06 GG58 HH15
 2F077 AA04 AA24 CC08 JJ01 JJ08 JJ09 QQ17 TT35 TT66 TT72
 VV10 WW08
 3D333 CB02 CB13 CC44 CC45 CD31 CD53 CD57 CE30 CE31