

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検出対象（80）の回転位置に応じた物理量の変化を検出する少なくとも3つの検出素子（31～33）を有し、少なくとも1つの前記検出素子の検出値に応じた前記検出対象の回転回数に係る回転回数情報を出力し、それぞれの前記検出素子の検出値に応じた前記検出対象の回転角に係る回転角情報を少なくとも1つのアナログ信号および少なくとも1つのデジタル信号として出力する回転角センサ（30）と、

前記回転角情報および前記回転回数情報を用いて基準位置からの回転量である絶対角を演算する絶対角演算部（65）、および、前記回転角情報の異常判定を行う異常判定部（68）を有する制御部（60）と、

10

を備え、

前記絶対角演算部は、前記アナログ信号に基づく回転角であるアナログ回転角または前記デジタル信号に基づく回転角であるデジタル回転角のうち正常であると判定された値を用いて演算された前記絶対角を制御演算部（69）に出力する回転角検出装置。

【請求項 2】

前記絶対角演算部は、前記アナログ回転角が正常である場合、

初回演算において、前記回転角情報として前記アナログ回転角を用いて前記絶対角を演算し、

2回目以降の演算において、前回値および前記アナログ回転角を用いて前記絶対角を演算する請求項1に記載の回転角検出装置。

20

【請求項 3】

前記絶対角演算部は、全ての前記アナログ回転角が異常である場合、前記アナログ回転角に替えて前記デジタル回転角を用いて前記絶対角を演算する請求項2に記載の回転角検出装置。

【請求項 4】

前記絶対角演算部は、

初回演算において、前記回転角情報として前記アナログ回転角を用いて演算される前記絶対角であるアナログ絶対角、および、前記回転角情報として前記デジタル回転角を用いて演算される前記絶対角であるデジタル絶対角を演算し、

2回目以降の演算において、前回値および前記アナログ回転角を用いて演算される値を前記アナログ絶対角とし、前回値および前記デジタル回転角を用いて演算される値を前記デジタル絶対角とし、

30

前記アナログ回転角が正常である場合、前記アナログ絶対角を前記制御演算部に出力し、全ての前記アナログ回転角が異常である場合、前記デジタル絶対角を前記制御演算部に出力する請求項1に記載の回転角検出装置。

【請求項 5】

前記絶対角演算部は、比較実施タイミングにおいて、前記アナログ回転角または前記デジタル回転角と前記回転回数情報とを用いた絶対角演算を行い、前回値を用いて演算される前記絶対角との比較を行う請求項2～4のいずれか一項に記載の回転角検出装置。

【請求項 6】

40

前記絶対角演算部は、前記回転角情報として前記アナログ回転角を用いて演算される前記絶対角であるアナログ絶対角、および、前記回転角情報として前記デジタル回転角を用いて演算される前記絶対角であるデジタル絶対角を演算し、

前記アナログ回転角が正常である場合、前記アナログ絶対角を前記制御演算部に出力し、全ての前記アナログ回転角が異常である場合、前記デジタル絶対角を前記制御演算部に出力する請求項1に記載の回転角検出装置。

【請求項 7】

前記絶対角演算部は、前記回転角センサから取得される前記回転回数情報が異常である場合、前記回転角センサ以外から取得される外部情報を用いて前記絶対角を演算する請求項1に記載の回転角検出装置。

50

【請求項 8】

電動パワーステアリング装置（8）に適用され、

前記検出対象であるモータは、操舵に要するトルクを出力する請求項 1 に記載の回転検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、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 では、センサ部に角度演算部および回転回数演算部が設けられており、SPI 通信等のデジタル通信にて、出力信号をマイコンに出力する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2017 - 191092 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、回転角および回転回数に係る情報をデジタル通信にてマイコンに送信しているため、デジタル演算、出力に起因する演算遅延が発生する。

【0005】

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、比較的遅延の少ない角度情報を演算可能な回転検出装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の回転検出装置は、回転角センサ（30）と、制御部（60）と、を備える。回転角センサは、検出対象（80）の回転位置に応じた物理量の変化を検出する少なくとも 3 つのセンサ素子（31～33）を有する。回転検出装置は、少なくとも 1 つの検出素子の検出値に応じた検出対象の回転回数に係る回転回数情報を出力する。また、回転検出装置は、それぞれの検出素子の検出値に応じた検出対象の回転角に係る回転角情報を、少なくとも 1 つのアナログ信号および少なくとも 1 つのデジタル信号として出力する。

【0007】

制御部は、回転角情報および回転回数情報を用いて基準位置からの回転量である絶対角を演算する絶対角演算部（65）、および、回転角情報の異常判定を行う異常判定部（69）を有する。絶対角演算部は、アナログ信号に基づく回転角であるアナログ回転角またはデジタル信号に基づく回転角であるデジタル回転角のうち正常であると判定された値を用い演算された絶対角を制御演算部（69）に出力する。少なくとも一部の検出値をアナログ信号で回転角センサから制御部に出力することで、比較的遅延の少ない角度演算を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】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】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 3】第 1 実施形態による絶対角を説明する説明図である。

【図 4】第 1 実施形態によるデジタル信号およびアナログ信号を説明するタイムチャートである。

【図 5】第 1 実施形態による角度演算処理を説明するフローチャートである。

【図 6】第 2 実施形態による角度演算処理を説明するフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 7】第 3 実施形態による角度演算処理を説明するフローチャートである。

【図 8】第 4 実施形態による角度演算処理を説明するフローチャートである。

【図 9】第 5 実施形態による角度演算処理を説明するフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明による回転検出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。

【0010】

(第 1 実施形態)

第 1 実施形態を図 1 ~ 図 5 に示す。図 1 および図 2 に示すように、回転検出装置 1 は、
回転角センサ 30 と、制御部 60 と、を備え、電動パワーステアリング装置 8 に適用され
る。図 1 は、電動パワーステアリング装置 8 を備えるステアリングシステム 90 の構成を
示す。ステアリングシステム 90 は、操舵部材であるステアリングホイール 91、ステア
リングシャフト 92、ピニオンギア 96、ラック軸 97、車輪 98、および、電動パワ
ーステアリング装置 8 等を備える。

10

【0011】

ステアリングホイール 91 は、ステアリングシャフト 92 と接続される。ステアリング
シャフト 92 には、操舵トルクを検出するトルクセンサ 94 が設けられる。ステアリング
シャフト 92 の先端には、ピニオンギア 96 が設けられる。ピニオンギア 96 は、ラック
軸 97 に噛み合っている。ラック軸 97 の両端には、タイロッド等を介して一对の車輪 9
8 が連結される。

20

【0012】

運転者がステアリングホイール 91 を回転させると、ステアリングホイール 91 に接続
されたステアリングシャフト 92 が回転する。ステアリングシャフト 92 の回転運動は、
ピニオンギア 96 によってラック軸 97 の直線運動に変換される。一对の車輪 98 は、ラ
ック軸 97 の変位量に応じた角度に操舵される。

【0013】

電動パワーステアリング装置 8 は、ECU 20 およびモータ 80 を有する駆動装置 10
、および、モータ 80 の回転を減速してステアリングシャフト 92 に伝える動力伝達部で
ある減速ギア 89 等を備える。すなわち、本実施形態の電動パワーステアリング装置 8 は
、所謂「コラムアシストタイプ」であり、ステアリングシャフト 92 が駆動対象といえる
。モータ 80 の回転をラック軸 97 に伝える所謂「ラックアシストタイプ」等としてもよ
い。

30

【0014】

モータ 80 は、操舵に要するトルクの一部または全部を出力するものであって、図示し
ないバッテリーから電力が供給されることにより駆動され、減速ギア 89 を正逆回転させる
。駆動装置 10 は、モータ 80 の軸方向の一方側に ECU 20 が設けられており、いわゆ
る「機電一体型」であるが、モータと ECU とが別途に設けられる機電別体であってもよ
い。機電一体型とすることで、搭載スペースに制約のある車両において、ECU 20 およ
びモータ 80 を効率的に配置することができる。ECU 20 は、モータ 80 の出力軸とは
反対側において、シャフト 870 の軸線に対して同軸に配置されている。ECU 20 には
、回転検出装置 1 が設けられている。

40

【0015】

図 2 に示すように、回転角センサ 30 は、検出素子 31 ~ 33、および、信号処理部 3
5 を有する。検出素子 31、32、33 は、それぞれセンサチップ 310、320、33
0 に設けられており、信号処理部 35 は、信号処理チップ 350 に設けられている。セン
サチップ 310、320、330 および信号処理チップ 350 は、封止部 38 に封止され
ている。また、例えば複数の検出素子を 1 つのチップに設け、絶縁部にて分離するよう
にしてもよい。

【0016】

50

検出素子 31 ~ 33 は、例えば AMR センサ、TMR センサ、GMR センサ等の磁気抵抗素子やホール素子等であって、モータ 80 のシャフトと一体に回転する図示しないセンサマグネットの磁界を検出し、アナログ信号である 1 組の \sin 信号および \cos 信号を出力する。検出素子 31 ~ 33 は同じであってもよいし、振幅等が異なってもよい。また、例えば検出素子 31 は検出素子 32、33 よりも検出精度が高い、といった具合に性能が異なってもよい。検出素子 31 ~ 33 の少なくとも一部を異なる種類の素子を用いる場合、故障モードが異なるため、同時故障の発生確率を低減することができる。

【0017】

信号処理部 35 は、AD 変換部 351、角度演算部 352、回転回数演算部 353、および、通信部 355 を有する。AD 変換部 351 は、検出素子 31 から出力される \sin 信号および \cos 信号をデジタル信号に変換する。 10

【0018】

角度演算部 352 は、デジタル変換された検出素子 31 の検出値を用い、モータ回転角 θ_1 を演算する。回転回数演算部 353 は、AD 変換部 351 にてデジタル変換された検出素子 31 の検出値を用い、モータ 80 の回転回数 TC を演算する。回転回数 TC は、例えばモータ 80 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。

【0019】

封止部 38 には、出力端子 381 ~ 383、および、電源端子 385 ~ 388 が設けられている。出力端子 381 は、制御部 60 の端子 601 と接続され、検出素子 31 の検出値を用いて演算された値を含むデジタル信号の出力に用いられる。出力端子 382 は、制御部 60 の端子 602 と接続され、検出素子 32 の検出値に応じたアナログ信号の出力に用いられる。出力端子 383 は、制御部 60 の端子 603 と接続され、検出素子 33 の検出値に応じたアナログ信号の出力に用いられる。以下適宜、検出素子 31 ~ 33 に対応する構成を「系統」、デジタル通信を用いる系統を「デジタル系統」、アナログ通信を用いる系統を「アナログ系統」とする。 20

【0020】

図 2 では、出力端子 381 ~ 383 および通信線は、各系統に 1 つずつ設けられているが、通信方式やデータ方式に応じ、少なくとも一部の系統にて複数設けるようにしてもよい。また、増幅回路やフィルタ回路等を適宜設けてもよい。また、端子 601 ~ 603 の間に NC (Non Connection) 端子を設けることで、隣接端子間が異物等によりショートする共通原因故障により複数の信号が異常になるのを防ぐことができる。 30

【0021】

電源端子 385 は、バッテリーと直接的に接続される PIG 電源 900 と接続される。電源端子 386 ~ 388 は、車両の始動スイッチ (以下「IG」) を経由してバッテリーと接続される IG 電源 901 ~ 903 と接続される。図 2 では IG 電源 901 ~ 903 が別途に記載されているが、少なくとも一部が共通電源であってもよい。また、電源端子 385 ~ 388 には、各電源 900 ~ 903 から昇圧または降圧された電力が供給されるようにしてもよい。 40

【0022】

電源端子 385、386 は、センサチップ 310 および信号処理チップ 350 と接続される。一点鎖線で囲んだ検出素子 31、AD 変換部 351 および回転回数演算部 353 には、電源端子 385 を経由して IG オフ中も常時給電される。これにより、回転回数 TC は、IG オフ中も演算が継続される。

【0023】

また、角度演算部 352 および通信部 355 には、IG オフ中は給電されず、処理を停止する。電源端子 387 はセンサチップ 320 と接続され、電源端子 388 はセンサチップ 330 と接続される。すなわち本実施形態では、各検出素子 31 ~ 33 ごとに電源端子 385 ~ 388 を個別に設けており、電源が互いに干渉しないように構成されている。ま 50

た、検出素子 3 1 ~ 3 3 は、素子間で絶縁性が確保されるように構成されている。

【 0 0 2 4 】

制御部 6 0 は、マイコン等を主体として構成され、内部にはいずれも図示しない C P U、R O M、R A M、I / O 及び、これらの構成を接続するバスライン等を備えている。制御部 6 0 における各処理は、R O M 等の実体的なメモリ装置（すなわち、読み出し可能非一時的有形記憶媒体）に予め記憶されたプログラムを C P U 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。

【 0 0 2 5 】

制御部 6 0 は、機能ブロックとして、回転検出部 6 1、および、制御演算部 6 9 等を有する。回転検出部 6 1 は、回転角センサ 3 0 からの信号に基づいてモータ回転角 m および絶対角 a を演算し、制御演算部 6 9 等の他の演算部に出力する。制御演算部 6 9 は、モータ 8 0 の駆動制御に係る各種演算を行う。以下適宜、回転検出部 6 1 から出力される絶対角を出力絶対角 a_out とする。

【 0 0 2 6 】

回転検出部 6 1 は、A D 変換部 6 2、6 3、角度演算部 6 4、絶対角演算部 6 5、および、異常判定部 6 8 を有する。A D 変換部 6 2 は、検出素子 3 2 から出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する。A D 変換部 6 3 は、検出素子 3 3 から出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する。本実施形態では、A D 変換部 6 2、6 3 は制御部 6 0 側に設けられており、検出素子 3 2、3 3 の検出信号は、デジタル変換されず、アナログ信号のまま制御部 6 0 に出力される。換言すると、回転角センサ 3 0 において、検出素子 3 2、3 3 の信号処理に係る構成が省略されており、回転角センサ 3 0 の構成が簡素化されている。

【 0 0 2 7 】

角度演算部 6 4 は、デジタル変換された検出素子 3 2 の検出値を用いてモータ回転角 m_2 を演算し、デジタル変換された検出素子 3 3 の検出値を用いてモータ回転角 m_3 を演算する。

【 0 0 2 8 】

絶対角演算部 6 5 は、モータ回転角 $m_1 \sim m_3$ および回転回数 T_C に基づき、複数回転情報を含む基準位置からの回転角度である絶対角 a を演算する（図 3 参照）。絶対角 a は、ギア比等により、舵角 s に換算可能な値である。なお、図 3 では、基準位置から正方向に回転させる場合を示した。

【 0 0 2 9 】

以下適宜、デジタル信号に基づくモータ回転角 m_1 をデジタル回転角 m_d 、アナログ信号に基づくモータ回転角 m_2 、 m_3 をアナログ回転角 m_a とする。また、今回演算にてデジタル回転角 m_d を用いた絶対角をデジタル絶対角 a_d 、今回演算にてアナログ回転角 m_a を用いた絶対角をアナログ絶対角 a_a とする。なお、デジタル、アナログの区別をしない場合は、単にモータ回転角 m 、または、絶対角 a とする。

【 0 0 3 0 】

異常判定部 6 8 は、モータ回転角 $m_1 \sim m_3$ の異常判定を行う。本実施形態では、1 つの制御部 6 0 に対して 3 つの検出素子 3 1 ~ 3 3 が設けられている。そのため、1 つの検出素子に異常が生じた場合であっても、異常が生じた素子を特定し、正常な素子の検出値に基づく制御や異常監視を継続可能である。以下、「素子の異常」とは、素子そのものの異常に限らず、送信経路等の異常を含む信号異常を意味するものとする。

【 0 0 3 1 】

ここで、絶対角 a の演算において、少なくとも初回演算には回転回数 T_C の情報が必要である。回転回数 T_C の演算には、回転角センサ 3 0 側にデジタル IC が必要であり、デジタル IC での角度演算、および、S P I 通信等でのデジタル通信に起因する演算遅延が発生する。そのため、回転角センサ 3 0 からアナログ信号で検出信号を受信する場合と比較し、演算された絶対角も遅延を含んでいる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

具体的には、図 4 に示すように、時刻 x_0 の検出された値を用い、回転角センサ 30 内にてモータ回転角 m_1 および回転回数 TC を演算してデジタル通信にて制御部 60 に送信する場合、絶対角演算が完了するのが時刻 x_d である。これに対し、アナログ回転角 m_a を用いて制御部 60 内にて角度演算等を行う場合、時刻 x_d より早い時刻 x_a にて絶対角演算が完了する。なお、初回演算においては、絶対角演算に回転回数 TC の情報が必要となるため、デジタル通信が律速となる。

【 0 0 3 3 】

そこで本実施形態では、3つのモータ回転角 $m_1 \sim m_3$ の比較により異常判定を行い、遅延が比較的小さいアナログ通信で取得されたモータ回転角 m_2 、 m_3 のいずれかが正常であれば、モータ回転角 m_2 、 m_3 を用いて絶対角演算を行う。

【 0 0 3 4 】

本実施形態の角度演算処理を図 5 のフローチャートに基づいて説明する。この処理は、制御部 60 にて所定の周期で実施される。以下、ステップ $S101$ 等の「ステップ」を省略し、単に記号「 S 」と記す。なお、本実施形態では、デジタル系統が 1、アナログ系統が 2 であるが、例えばデジタル系統が 2、アナログ系統が 1、といった具合にデジタル 2 系統以上の場合にも適用可能な処理として記載した。後述の実施形態に係る処理も同様である。また、図中、添え字の $(n-1)$ は前回値であることを意味する。

【 0 0 3 5 】

$S101$ では、異常判定部 68 は、モータ回転角 $m_1 \sim m_3$ の異常判定を行い、正常な値が 2 以上あるか否か判断する。正常な値が 2 未満であると判断された場合 ($S101: NO$)、 $S102$ へ移行し、モータ回転角 m の角度出力異常であると判定する。また、図示しない上位 ECU 等に角度出力異常を通知する。正常な値が 2 以上であると判断された場合 ($S101: YES$)、 $S103$ へ移行する。

【 0 0 3 6 】

$S103$ では、異常判定部 68 は、回転回数 TC が正常か否か判断する。回転角センサ 30 側では、例えば電源失陥等により回転回数 TC が異常となった場合、 TC 異常を示す情報を制御部 60 に送信する。異常判定部 68 では、回転角センサ 30 からの情報に基づき、回転回数 TC に係る異常判定を行う。回転回数 TC が異常であると判断された場合 ($S103: NO$)、 $S104$ へ移行し、回転回数 TC を用いた絶対角演算異常であると判定する。また、上位 ECU 等に絶対角演算異常を通知する。回転回数 TC が正常であると判断された場合 ($S103: YES$)、 $S105$ へ移行する。なお、本実施形態では、初回演算以外は絶対角 a の演算に回転回数 TC を使わないので、2 回目以降の演算では、 $S103$ および $S104$ の処理は省略可能である。

【 0 0 3 7 】

$S105$ では、異常判定部 68 は、アナログ回転角 m_a が正常か否か判断する。本実施形態では、ここでは、モータ回転角 m_1 、 m_2 の少なくとも一方が正常であれば、肯定判断される。アナログ回転角 m_a が正常でないと判断された場合 ($S105: NO$)、 $S109$ へ移行する。アナログ回転角 m_a が正常であると判断された場合 ($S105: YES$)、 $S106$ へ移行する。

【 0 0 3 8 】

$S106$ では、絶対角演算部 65 は、絶対角 a の初回演算か否か判断する。絶対角 a の初回演算であると判断された場合 ($S106: YES$)、 $S107$ へ移行し、アナログ回転角 m_a および回転回数 TC を用いてアナログ絶対角 a_a を演算する。絶対角 a の初回演算でないと判断された場合 ($S106: NO$)、 $S108$ へ移行し、アナログ回転角 m_a および絶対角 a の前回値を用いてアナログ絶対角 a_a を演算する。詳細には、アナログ回転角 m_a の差分積算により、絶対角 a の今回値を演算する。モータ回転角 m_2 、 m_3 が共に正常である場合、どちらか一方の値を用いてもよいし、平均値等の演算値を用いてもよい。デジタル回転角に対応する値が複数ある場合も同様である。

【 0 0 3 9 】

アナログ回転角 m_a が正常でないと判断された場合 (S 1 0 5 : N O) に移行する S 1 0 9 では、S 1 0 6 と同様、絶対角演算部 6 5 は、絶対角 a の初回演算か否か判断する。初回演算であると判断された場合 (S 1 0 9 : Y E S)、S 1 1 0 へ移行し、デジタル回転角 m_d および回転回数 T C を用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。初回演算でないと判断された場合 (S 1 0 9 : N O)、S 1 1 1 へ移行し、デジタル回転角 m_d および回転回数 T C を用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。詳細には、デジタル回転角 m_d の差分積算により、絶対角 a の今回値を演算する。絶対角演算部 6 5 は、S 1 0 7、S 1 0 8、S 1 1 0 または S 1 1 1 にて演算された絶対角 a を、出力絶対角 a_out とし、制御演算部 6 9 に出力する。

10

【 0 0 4 0 】

本実施形態では、1つの制御部 6 0 が、3系統の角度情報を取得可能に構成されている。これにより、モータ回転角 m_1 、 m_2 、 m_3 の比較から正常な値を特定可能であり、正常な値を用いた絶対角演算を行うことができる。また、本実施形態では、アナログ回転角 m_a が正常であれば、絶対角演算にアナログ回転角 m_a を優先的に用いることで、演算遅延を抑制することができる。

【 0 0 4 1 】

以上説明したように、回転検出装置 1 は、回転角センサ 3 0 と、制御部 6 0 と、を備える。回転角センサ 3 0 は、検出対象であるモータ 8 0 の回転位置に応じた物理量の変化を検出する少なくとも3つの検出素子 3 1 ~ 3 3 を有する。回転角センサ 3 0 は、少なくとも1つの検出素子 (本実施形態では検出素子 3 1) の検出値に応じたモータ 8 0 の回転回数 T C に係る回転角情報を出力する。また、回転角センサ 3 0 は、それぞれの検出素子 3 1 ~ 3 3 の検出値に応じたモータ 8 0 の回転角に係る回転角情報を、少なくとも1つのアナログ信号、および、少なくとも1つのデジタル信号として出力する。

20

【 0 0 4 2 】

本実施形態では、回転角センサ 3 0 は、検出素子 3 2、3 3 の検出値に応じた2つのアナログ信号、および、検出素子 3 1 の検出値に応じた回転角情報および回転回数情報を含む1つのデジタル信号を出力する。

【 0 0 4 3 】

制御部 6 0 は、絶対角演算部 6 5、および、異常判定部 6 8 を有する。絶対角演算部 6 5 は、モータ回転角 m に係る回転角情報および回転回数 T C に係る回転回数情報を用いて、基準位置からの回転量である絶対角 a を演算する。異常判定部 6 8 は、回転角情報の異常判定を行う。詳細には、異常判定部 6 8 は、モータ回転角 m_1 、 m_2 、 m_3 の比較による異常判定を行う。

30

【 0 0 4 4 】

絶対角演算部 6 5、アナログ信号に基づく回転角であるアナログ回転角 m_a 、または、デジタル信号に基づく回転角であるデジタル回転角 m_d のうち正常であると判定された値を用いて演算された絶対角を制御演算部 6 9 に出力する。本実施形態では、制御演算部 6 9 が制御部 6 0 の内部に設けられており、絶対角 a を内部的に出力するが、制御部 6 0 の外部に絶対角 a を出力してもよい。

40

【 0 0 4 5 】

これにより、少なくとも一部の検出値をアナログ信号で回転角センサ 3 0 から制御部 6 0 に出力することで、比較的遅延の少ない角度演算を行うことができる。また、制御部 6 0 が1つである場合においても、3つ以上の検出素子 3 1 ~ 3 3 の検出信号に基づき、正常であると特定された値を用いて絶対角 a を演算することができる。さらにまた、2以上の検出素子が正常であれば、正常である角度情報を用いて絶対角演算を継続可能である。

【 0 0 4 6 】

絶対角演算部 6 5 は、アナログ回転角 m_a が正常である場合、初回演算において、アナログ回転角 m_a および回転回数 T C を用いてアナログ絶対角 a_a を演算し、

50

2回目以降の演算において、前回値およびアナログ回転角 m_a を用いてアナログ絶対角 a_a を演算する。詳細には、2回目以降の演算において、前回値にアナログ回転角 m_a を差分積算することでアナログ絶対角 a_a を演算する。アナログ信号が正常であればアナログ信号を優先的に用いることで、特に2回目以降の演算において、遅延の小さい絶対角演算が可能である。

【0047】

絶対角演算部65は、全てのアナログ回転角 m_a が異常である場合、アナログ回転角 m_a に替えてデジタル回転角 m_d を用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。これにより、アナログ回転角 m_a が異常である場合においても、絶対角演算を適切に継続することができる。

10

【0048】

回転検出装置1は、電動パワーステアリング装置8に適用され、検出対象であるモータ80は、操舵に要するトルクを出力する。絶対角 a を、モータ80の駆動をステアリングシステム90に伝達する減速ギア89のギア比で換算することで、舵角を演算可能である。これにより、舵角センサを省略可能である。

【0049】

(第2実施形態)

第2実施形態～第5実施形態は、角度演算処理が上記実施形態と異なっているので、この点を中心に説明する。第2実施形態の角度演算処理を図6のフローチャートに基づいて説明する。図6中のS201～S204の処理は、図5中のS101～S104の処理と同様である。

20

【0050】

S205では、絶対角演算部65は、絶対角 a の初回演算が否か判断する。絶対角 a の初回演算であると判断された場合(S205: YES)、S206へ移行する。絶対角 a の初回演算でないと判断された場合(S205: NO)、S208へ移行する。

【0051】

初回演算時において、絶対角演算部65は、S206にて、アナログ回転角 m_a および回転回数TCを用いてアナログ絶対角 a_a を演算し、S207にて、デジタル回転角 m_d および回転回数TCを用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。

【0052】

30

2回目以降の演算時において、絶対角演算部65は、S208にて、アナログ回転角 m_a および絶対角 a の前回値を用いてアナログ絶対角 a_a を演算し、S209にて、デジタル回転角 m_d および絶対角 a の前回値を用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。

【0053】

S210では、絶対角演算部65は、アナログ回転角 m_a が正常か否か判断する。アナログ回転角 m_a が正常であると判断された場合(S210: YES)、S211へ移行し、出力絶対角 a_out を、アナログ絶対角 a_a とする。アナログ回転角 m_a が正常でないと判断された場合(S210: NO)、S212へ移行し、出力絶対角 a_out を、デジタル絶対角 a_d とする。本実施形態では、アナログ絶対角 a_a 、および、デジタル絶対角 a_d を都度演算しているので、異常状況に応じ、値を容易に切替可能である。

40

【0054】

本実施形態では、絶対角演算部65は、初回演算において、回転角情報としてアナログ回転角 m_a を用いて演算されるアナログ絶対角 a_a 、および、回転角情報としてデジタル回転角 m_d を用いて演算されるデジタル絶対角 a_d を演算する。また、絶対角演算部65は、2回目以降の演算において、前回値およびアナログ回転角 m_a を用いて差分積算にて演算される値をアナログ絶対角 a_a とし、前回値およびデジタル回転角 m_d を用いて差分積算にて演算される値をデジタル絶対角 a_d とする。

【0055】

50

絶対角演算部 65 は、アナログ回転角 m_a が正常である場合、アナログ絶対角 a_a を出力絶対角 a_out として制御演算部 69 に出力し、全てのアナログ回転角 m_a が異常である場合、デジタル絶対角 a_d を出力絶対角 a_out として制御演算部 69 に出力する。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。

【0056】

(第3実施形態)

第3実施形態の角度演算処理を図7のフローチャートに基づいて説明する。S301～S304の処理は、図5中のS101～S104の処理と同様である。絶対角演算部65は、S305にて、アナログ回転角 m_a および回転回数TCを用いてアナログ絶対角 a_a を演算し、S306にて、デジタル回転角 m_d および回転回数TCを用いてデジタル絶対角 a_d を演算する。 10

【0057】

S307では、絶対角演算部65は、アナログ回転角 m_a が正常か否か判断する。アナログ回転角 m_a が正常であると判断された場合(S307: YES)、S308へ移行し、出力絶対角 a_out を、アナログ絶対角 a_a とする。アナログ回転角 m_a が正常でないと判断された場合(S308: NO)、S309へ移行し、出力絶対角 a_out を、デジタル絶対角 a_d とする。

【0058】

本実施形態では、絶対角演算部65は、回転角情報としてアナログ回転角 m_a を用いて演算されるアナログ絶対角 a_a 、および、回転角情報としてデジタル回転角 m_d を用いて演算されるデジタル絶対角 a_d を演算する。絶対角演算部65は、アナログ回転角 m_a が正常である場合、アナログ絶対角 a_a を出力絶対角 a_out として制御演算部69に出力し、全てのアナログ回転角 m_a が異常である場合、デジタル絶対角 a_d を出力絶対角 a_out として制御演算部69に出力する。 20

【0059】

すなわち本実施形態では、2回目以降の演算においても、都度、回転回数TCを用いて絶対角 a を演算する。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。

【0060】

(第4実施形態)

第4実施形態の角度演算処理を図8のフローチャートに基づいて説明する。図8は、図5の処理にS112～S114が追加されている。S108に続いて移行するS112では、制御部60は、回転回数TCを用いた演算値との比較実施タイミングか否か判断する。比較実施タイミングは、所定時間毎や、例えば操舵回数等の所定条件が成立した場合を任意のタイミングとして設定可能である。比較実施タイミングでないと判断された場合(S112: NO)、S113以降の処理をスキップする。比較実施タイミングであると判断された場合(S112: YES)、S113へ移行する。S113では、S107と同様、絶対角演算部65は、アナログ回転角 m_a および回転回数TCを用いて絶対角 a を演算する。 30

【0061】

S111に続いて移行するS114の処理は、S112の処理と同様であって、比較実施タイミングでないと判断された場合(S114: NO)、S115以降の処理をスキップし、比較実施タイミングであると判断された場合(S114: YES)、S115へ移行する。S115では、S110と同様、絶対角演算部65は、デジタル回転角 m_d および回転回数TCを用いて絶対角 a を演算する。 40

【0062】

S113またはS115に続いて移行するS116では、制御部60は、前回値とモータ回転角 m の差分積算により演算された絶対角 a_e と、回転回数TCを用いて演算された絶対角 a_tc との演算値比較を行う。

【0063】

本実施形態では、2回目以降、前回値とモータ回転角 m の差分積算により絶対角 a 50

— e を演算するが、定期的に回転回数 TC を用いて演算した絶対角 a — t c との比較を行うことで、ソフトエラー等による演算異常を検出可能である。また、絶対角 a — e、a — t c との差が判定閾値より大きい場合、絶対角 a — t c を出力絶対角 a — o u t とする、或いは、絶対角 a — t c を用いて補正演算を行うようにしてもよい。これにより、演算精度を向上可能である。なお、本実施形態では第 1 実施形態の角度演算処理にて、絶対角 a — e、a — t c の比較を行うものとして説明したが、第 2 実施形態の角度演算処理にて、絶対角 a — e、a — t c の比較を行ってもよい。

【 0 0 6 4 】

本実施形態では、絶対角演算部 6 5 は、比較実施タイミングにおいて、アナログ回転角 m — a またはデジタル回転角 m — d と回転回数 TC とを用いた絶対角演算を行い、前回値を用いて演算される絶対角 a — e との比較を行う。これにより、ソフトエラー等による演算異常の検出や演算誤差補正を行うことができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

【 0 0 6 5 】

(第 5 実施形態)

第 5 実施形態の角度演算処理を図 9 のフローチャートに基づいて説明する。S 4 0 1 ~ S 4 0 3 の処理は、図 5 中の S 1 0 1 ~ S 1 0 3 の処理と同様である。S 4 0 3 にて、回転角センサ 3 0 から取得される回転回数 TC が異常であると判断された場合 (S 4 0 3 : N O) に移行する S 4 0 4 では、制御部 6 0 は、回転回数 TC を演算可能な外部情報を取得可能か否か判断する。本実施形態では、例えばステアリングセンサの検出値に基づく舵角情報を外部情報とする。外部情報を取得可能であると判断された場合 (S 4 0 4 : Y E S)、S 4 0 5 へ移行し、外部情報に基づき、絶対角演算に用いる回転回数 TC の代替値を演算する。また、外部情報から絶対角 a を直接的に演算し、初回演算値としてもよい。外部情報を取得不能であると判断された場合 (S 4 0 4 : N O)、S 4 0 6 に移行する。

【 0 0 6 6 】

S 4 0 6 ~ S 4 1 3 の処理は、図 5 中の S 1 0 4 ~ S 1 1 1 の処理と同様である。なお、S 4 0 7 以降の絶対角演算処理については、第 2 実施形態または第 3 実施形態の演算処理としてもよい。

【 0 0 6 7 】

本実施形態では、絶対角演算部 6 5 は、回転角センサ 3 0 から取得される回転回数情報が異常である場合、回転角センサ 3 0 以外から取得される外部情報を用いて絶対角 a を演算する。これにより、回転回数情報が異常である場合であっても、外部情報で代替することで、絶対角演算を継続することができる。また上記実施形態と同様の効果を奏する。

【 0 0 6 8 】

(他の実施形態)

上記実施形態では、回転角センサには 3 つの検出素子が設けられており、1 つのデジタル信号と 2 つのアナログ信号を出力する。他の実施形態では、検出素子の数は 4 以上であってもよい。また、アナログ信号とデジタル信号は、それぞれ 1 以上あればよいので、アナログ信号およびデジタル信号の少なくとも一方は 2 以上となる。

【 0 0 6 9 】

上記実施形態では、検出素子 3 1 の検出値に基づく回転角情報および回転回数情報を 1 つのデジタル信号として制御部に送信する。他の実施形態では、回転角情報と回転回数情報とを別途に送信するようにしてもよい。また、回転回数情報は、回転角情報を検出する素子とは別途の検出素子の検出値を用いてもよい。

【 0 0 7 0 】

上記実施形態では、検出素子ごとに電源端子が設けられている。他の実施形態では、複数の検出素子にて電源端子を共用してもよい。また上記実施形態では、検出素子 3 1、A D 変換部 3 5 1 および回転回数演算部 3 5 3 には常時給電されている。他の実施形態では、検出素子 3 1、A D 変換部 3 5 1 および回転回数演算部 3 5 3 への常時給電を行わなく

10

20

30

40

50

てもよい。

【0071】

上記実施形態では、回転角センサは、モータの回転を検出するものである。他の実施形態では、回転角センサは、例えばトルクセンサやステアリングセンサ等、回転角センサ以外であってもよく、検出対象はモータに限らず、例えばステアリングシャフト等であってもよい。

【0072】

上記実施形態では、モータ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。上記実施形態では、回転検出装置は、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、回転検出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。

【0073】

本発明の特徴は、例えば、「前記絶対角演算部は、前記回転角センサから取得される前記回転回数情報が異常である場合、前記回転角センサ以外から取得される外部情報を用いて前記絶対角を演算する請求項1～6のいずれか一項に記載の回転検出装置。」、「電動パワーステアリング装置（8）に適用され、前記検出対象であるモータは、操舵に要するトルクを出力する請求項1～7のいずれか一項に記載の回転検出装置。」としてもよい。

【0074】

本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ以上の専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成することによって提供された専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の制御部及びその手法は、一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサ及びメモリと一つ以上のハードウェア論理回路によって構成されたプロセッサとの組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストールクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。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】

【0075】

- 1・・・回転検出装置
- 30・・・回転角センサ
- 31～33・・・検出素子
- 60・・・制御部
- 62、63・・・AD変換部
- 64・・・角度演算部
- 65・・・絶対角演算部
- 68・・・異常判定部
- 69・・・制御演算部
- 80・・・モータ（検出対象）

10

20

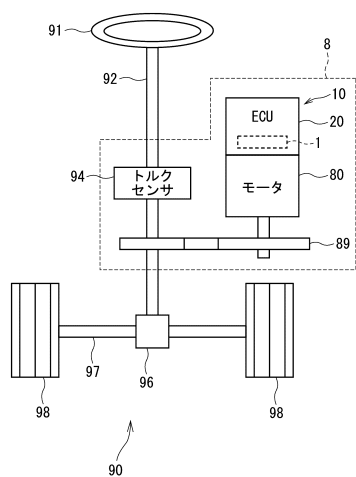
30

40

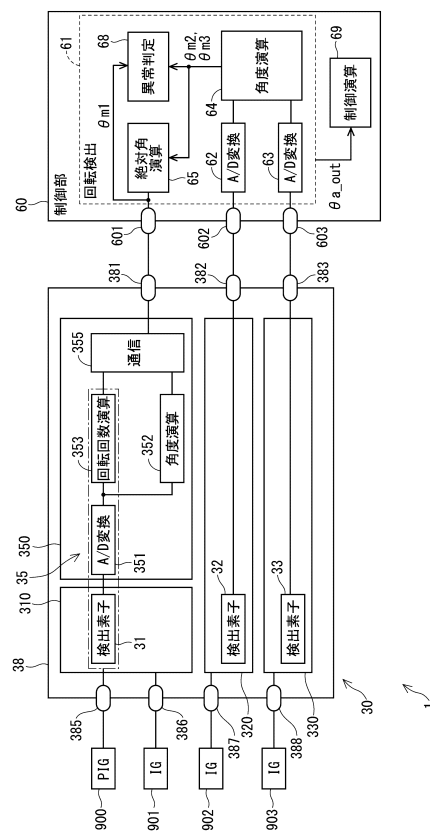
50

【 図面 】

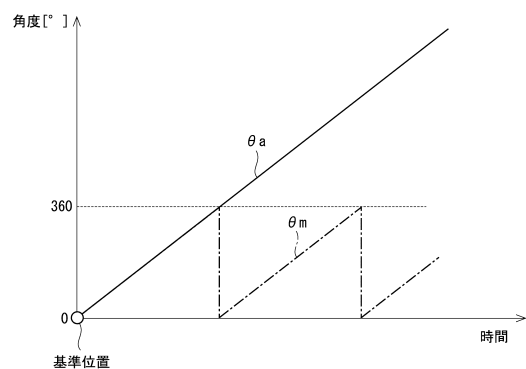
【 図 1 】



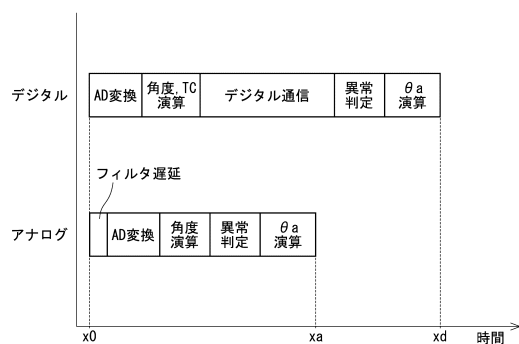
【圖 2】



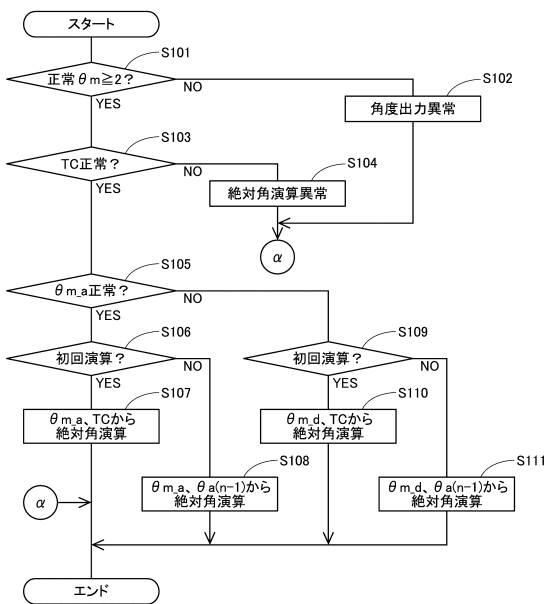
【 図 3 】



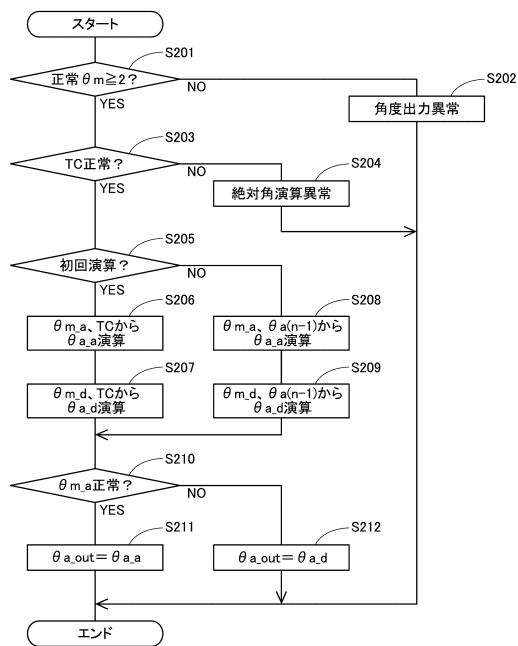
【 图 4 】



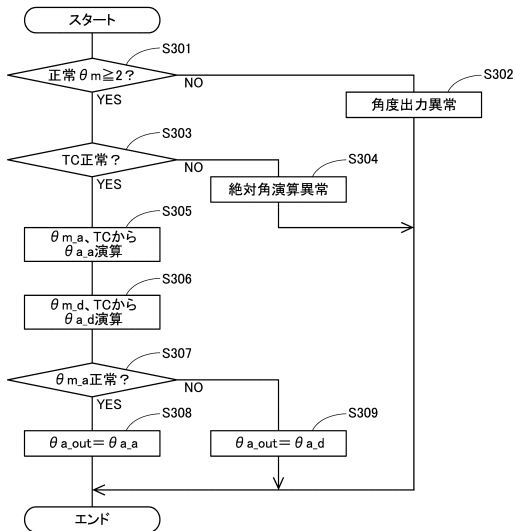
【図 5】



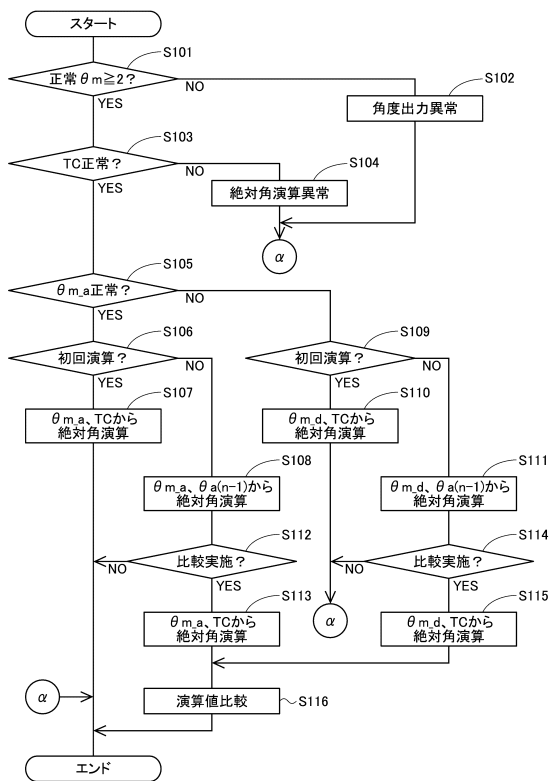
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

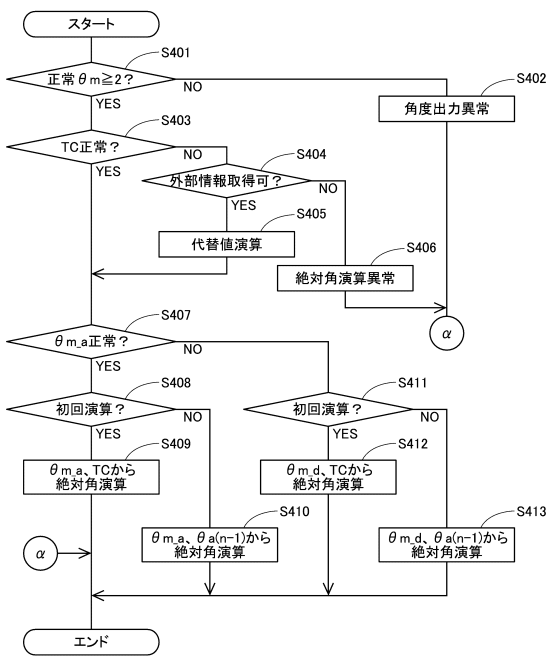
20

30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) CE29 CE31