

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、ステアリング機構に与える操舵補助トルクを発生する電動モータを備える電動パワーステアリング装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、ステアリング装置として、運転者がステアリングホイールを操舵する操舵トルクに応じて電動モータを駆動することにより、ステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置が普及している。

このような電動パワーステアリング装置としては、例えば特許文献1に記載の技術がある。この技術は、トルクセンサの出力値の異常を検出すると、過去のトルクセンサの出力値に基づいて算出された代替値を用いて電動モータを制御するものである。これにより、トルクセンサに異常が発生した際の急激なアシスト変化を緩和させている。

[0003] しかしながら、近年、電動パワーステアリング装置では、操舵機能の冗長系の要求から、2重安全構造をとることが望まれている。このような電動パワーステアリング装置としては、例えば特許文献2に記載の技術がある。この技術は、サブマイコンに異常検出機能を設け、メインマイコンが駆動許可領域でモータを駆動したときのみパワーステアリングの動作を許可し、逆に禁止領域ではパワーステアリングの動作を禁止するものである。これにより、操舵方向と発生させるアシストトルク値とが相違する重大異常を防止するようにしている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2005-75026号公報

特許文献2：特許第3923957号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献2に記載の技術にあつては、サブマイコンには、直接トルクセンサからのトルク信号を取り込むようにしているため、トルクセンサが短絡・地絡を起こした場合、異常トルク値で異常検出を機能させることになる。そのため、この構成では、異常発生時に即パワーステアリングの動作が禁止されることになり、運転者の操舵負担が急増するなど、運転者に違和感を与えてしまう。

そこで、本発明は、トルク異常発生時に、トルク異常信号の影響を受けずに運転者に違和感のない異常時処理を行うことができる電動パワーステアリング装置を提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明に係る電動パワーステアリング装置の一態様は、操舵系に運転者の操舵負担を軽減する操舵補助力を付与する電動モータを備える電動パワーステアリング装置であつて、操舵トルクを検出するトルク検出部と、少なくとも前記トルク検出部で検出した操舵トルクに基づいて、操舵補助指令値を演算する操舵補助指令値演算部と、前記トルク検出部で検出した操舵トルクに基づいて、前記操舵補助指令値演算部で演算した操舵補助指令値が許容範囲を超えないように、所定の制限値を用いて制限するクリップ部と、前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値に基づいて、前記電動モータを駆動制御するモータ制御部と、を備える。また、前記トルク検出部で検出した操舵トルク、及び前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値に基づいて、前記モータ制御部による前記電動モータの駆動制御を許可又は禁止する監視機能を有するインターロック部と、前記トルク検出部で検出した操舵トルクの異常を検出するトルク異常検出部と、前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、当該異常を非検出であるときに前記トルク検出部で検出した正常な操舵トルクに基づいて操舵トルク代替値を演算するトルク代替値演算部と、を備える。さらに、前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記クリップ部の入力値を、前記トルク検出部で検出し

た操舵トルクから前記トルク代替値演算部で演算した操舵トルク代替値に切り替える入力切替部と、前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記インターロック部の入力値を、前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値から零に切り替えるインターロックマスク部と、を備える。

[0007] このように、クリップ部とインターロック部とで操舵補助指令値を監視するので、2重安全構造をとることができる。したがって、システムの信頼性を向上させることができる。また、トルク系異常発生時には、クリップ部に入力する操舵トルクを過去トルク値に切り替え、インターロック部に入力する操舵補助指令値を0とするので、トルク異常信号の影響を受けずにクリップ処理やインターロック処理を行うことができる。特に、異常発生時にインターロック機能が作動して異常時処理が実施できなくなるのを確実に防止することができるので、アシストを突然停止させることなく、運転者に違和感を与えないような異常時処理を確実に実施することができる。

[0008] さらに、上記において、主制御装置と、副制御装置とを互いにデータ通信可能に備え、前記主制御装置は、前記操舵補助指令値演算部と、前記クリップ部と、前記モータ制御部と、前記トルク異常検出部と、前記トルク代替値演算部と、前記入力切替部と、前記インターロックマスク部とを備え、前記副制御装置は、前記インターロック部を備えることが好ましい。これにより、主制御装置のクリップ部と副制御装置のインターロック部とで2重安全構造を構築することができる。また、トルク系異常発生時に、主制御装置の入力切替部及びインターロックマスク部によって、アシストを継続しつつ、副制御装置がインターロック機能を作動してアシストを突然停止させるのを防止することができる。その結果、運転者に違和感を与えないような異常時処理を確実に実施することができる。

[0009] また、上記において、前記クリップ部に入力する操舵補助指令値と前記クリップ部が出力する操舵補助指令値との比較結果に基づいて、当該クリップ部の異常を検出するクリップ異常検出部を備えることが好ましい。これにより、異常発生時にインターロック機能が非作動となっても、システムの信頼

性を確保することができる。

さらに、上記において、前記トルク検出部で検出した操舵トルクと、前記トルク検出部で検出した操舵トルク及び前記トルク代替値演算部で演算した操舵トルク代替値のうち前記クリップ部に入力する操舵トルクとの比較結果に基づいて、前記トルク異常検出部による異常検出結果の正当性を判定する異常検出結果判定部を備え、前記インターロックマスク部は、前記トルク異常検出部で異常を検出しており、且つ前記異常検出結果判定部で前記トルク異常検出部による異常検出結果の正当性を確認した場合にのみ、前記インターロック部の入力値を、前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値から零に切り替える。これにより、異常時にのみ、インターロック機能を非作動とし、安全性を保たせることができる。

[0010] また、上記において、前記クリップ部は、前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記制限値を徐々に零に向けて変更する徐変部を備えることが好ましい。これにより、異常発生時には、即時アシストをOFFすることなく、緩やかにアシストを制限することができるので、運転者に違和感を与えるのを抑制しつつ安全にシステムを停止することができる。

さらに、上記において、前記トルク代替値演算部は、前記トルク異常検出部で異常を検出する直前の所定期間内に前記トルク検出部で検出した正常な操舵トルクのうち、最小の値を前記操舵トルク代替値として演算することが好ましい。これにより、異常発生時には、システムの安全側に設定することができる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、トルク異常が発生したとき、異常トルク値の影響を受けることなく異常時処理を行うことができる。したがって、トルク異常発生時にアシストを突然停止させることなく、運転者に違和感を与えずにシステムを安全に停止させることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係る電動パワーステアリング装置を示す全体構成図である。

[図2]コントローラの具体的構成を示すブロック図である。

[図3]トルク特性線図である。

[図4]過去トルク制御処理手順を示すフローチャートである。

[図5]ランプダウン処理を説明する図である。

[図6]リミッタ機能の動作を説明する図である。

[図7]インターロック電流制限処理手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

図1は、本発明に係る電動パワーステアリング装置を示す全体構成図である。

図中、符号1は、車両のステアリングホイールであり、このステアリングホイール1に運転者から作用される操舵力が入力軸2aと出力軸2bとを有するステアリングシャフト2に伝達される。このステアリングシャフト2は、入力軸2aの一端がステアリングホイール1に連結され、他端は操舵トルクセンサ3を介して出力軸2bの一端に連結されている。

そして、出力軸2bに伝達された操舵力は、ユニバーサルジョイント4を介して中間シャフト5に伝達され、さらに、ユニバーサルジョイント6を介してピニオンシャフト7に伝達される。このピニオンシャフト7に伝達された操舵力はステアリングギヤ8を介してタイロッド9に伝達され、図示しない転舵輪を転舵させる。ここで、ステアリングギヤ8は、ピニオンシャフト7に連結されたピニオン8aとこのピニオン8aに噛合するラック8bとを有するラックアンドピニオン形式に構成され、ピニオン8aに伝達された回転運動をラック8bで直進運動に変換している。

[0014] ステアリングシャフト2の出力軸2bには、操舵補助力を出力軸2bに伝達する操舵補助機構10が連結されている。この操舵補助機構10は、出力軸2bに連結された減速ギヤ11と、この減速ギヤ11に連結されて操舵系に対して補助操舵力を発生する電動モータ13とを備えている。

操舵トルクセンサ3は、ステアリングホイール1に付与されて入力軸2a

に伝達された操舵トルクを検出するもので、例えば、操舵トルクを入力軸 2 a 及び出力軸 2 b 間に介挿した図示しないトーションバーの捩れ角変位に変換し、この捩れ角変位を磁気信号で検出し、それを電気信号に変換するように構成されている。

操舵トルクセンサ 3 は、ステアリングホイール 1 に付与されて入力軸 2 a に伝達された操舵トルクを検出するためのもので、図示しないトーションバーで連結された入力軸 2 a と出力軸 2 b との相対的な変位（回転変位）を、コイル対のインピーダンスの変化に対応させて検出するように構成されている。この操舵トルクセンサ 3 から出力されるトルク検出値 T はコントローラ（ECU）14 に入力される。

[0015] コントローラ 14 には、車載電源であるバッテリー 15 から電源供給されることによって作動する。バッテリー 15 の負極は接地され、その正極はエンジン始動を行うイグニッションスイッチ 16 を介してコントローラ 14 に接続されると共に、イグニッションスイッチ 16 を介さず直接、コントローラ 14 に接続されている。

コントローラ 14 には、トルク検出値 T の他に車速センサ 17 で検出した車速検出値 V_s が入力される。そして、これらに応じた操舵補助力を操舵系に付与する操舵補助制御を行う。具体的には、上記操舵補助力を電動モータ 13 で発生するための操舵補助指令値（操舵補助トルク指令値）を公知の手順で算出し、算出した操舵補助指令値に基づいて電動モータ 13 の電流指令値を算出する。そして、算出した電流指令値とモータ電流検出値とにより、電動モータ 13 に供給する駆動電流をフィードバック制御する。

[0016] 次に、コントローラ 14 の具体的構成について説明する。

コントローラ 14 は、図 2 に示すように、メイン CPU 14 A と、サブ CPU 14 B とを備える。メイン CPU 14 A は、操舵補助指令値（操舵補助トルク指令値）を演算する指令値演算部 21 と、操舵補助指令値を補償する指令値補償部 22 と、指令値補償部 22 で補償された操舵補助指令値に基づいて電動モータ 13 を駆動制御するモータ制御部 23 と、インターロックマ

スク部 24 と、を備えている。

[0017] 指令値演算部 21 は、トルク系異常検出部 31 と、過去トルク制御演算部 32 と、操舵補助指令値演算部 33 と、メイン ECU クリップ (q 軸電流クリップ) 34 と、トルク制御系リミッタ診断部 35 と、位相補償部 36 と、加算器 37 と、安定化補償部 38 と、応答性補償部 39 と、加算器 40 と、を備える。

トルク系異常検出部 31 は、トルクセンサ 3 の出力値異常を検出し、その結果をトルク系異常発生フラグとして出力する。ここで、トルクセンサ 3 の出力値は、図 3 に示すように、正常時にはメイントルク信号とサブトルク信号とがクロス特性を有する。トルクセンサ 3 の定格範囲は符号 γ で示す 0 V ~ 5 V であり、通常の使用域は、メカニカルストップ (トーションバーの捻り範囲等) で上記定格範囲よりも内側に設定された、符号 β で示す 1 V ~ 4 V である。

[0018] トルクセンサ 3 が短絡・地絡を起こした場合、メイントルク信号及びサブトルク信号は、トルクセンサ 3 の定格範囲の上下限 (0 V, 5 V) に張り付く。そこで、メイントルク信号及びサブトルク信号が、0 V 付近の所定値 (例えば 0.3 V) 以下であるか、5 V 付近の所定値 (例えば 4.7 V) 以上であるとき、メイントルク信号及びサブトルク信号が正常なクロス特性から外れているとして、トルク系異常発生フラグを、異常が発生していることを示す ON 状態にする。そして、メイントルク信号及びサブトルク信号が正常なクロス特性となっている場合には、トルク系異常発生フラグを、異常が発生していないことを示す OFF 状態にする。

[0019] 図 2 に戻って、過去トルク制御演算部 32 は、トルクセンサ 3 で検出した操舵トルク T_i (時刻 i での操舵トルク T) を入力し、トルク系異常検出部 31 が出力したトルク系異常発生フラグに応じた操舵トルク T_a を出力する。ここで、過去トルク制御演算部 32 は、トルク系異常発生フラグが OFF である場合には操舵トルク T_i を操舵トルク T_a として出力し、トルク系異常発生フラグが ON である場合には、トルク系異常が発生する前にトルクセ

ンサ3で検出した正常な操舵トルク（過去トルク値）を操舵トルク T_a として出力する。

[0020] 図4は、過去トルク制御演算部32で実行する過去トルク制御処理手順を示すフローチャートである。

先ずステップS1で、過去トルク制御演算部32は、トルク系異常発生フラグがONであるか否かを判定する。そして、トルク系異常発生フラグがOFFである場合には、トルク系に異常が発生していないと判断してステップS2に移行し、トルク系異常発生フラグがONである場合には、トルク系に異常が発生していると判断して後述するステップS4に移行する。

ステップS2では、過去トルク制御演算部32は、トルクセンサ3から操舵トルク T_i を取得し、これを操舵トルク T_a として設定し、出力してからステップS3に移行する。

ステップS3では、過去トルク制御演算部32は、過去トルク値を更新してから前記ステップS1に移行する。ここで、過去トルク値とは、直前 n サンプル（例えば6サンプル）の操舵トルク検出値（過去トルク検出値）の最小値である。以下の説明では、6サンプル前の過去トルク検出値を $T(i-6)$ 、5サンプル前の過去トルク検出値を $T(i-5)$ 、…、1サンプル前の過去トルク検出値を $T(i-1)$ とする。

[0021] このステップS3では、過去トルク制御演算部32は、先ずメモリに記憶した過去トルク検出値 $T(i-6)$ 、 $T(i-5)$ 、…、 $T(i-1)$ を更新する。すなわち、 $T(i-6) = T(i-5)$ 、 $T(i-5) = T(i-4)$ 、…、 $T(i-1) = T_i$ の設定を行い、メモリ内の過去トルク検出値を書き換える。次いで、これら過去トルク検出値の中から最小値を選択し、選択した最小値（ $\min(T(i-6), T(i-5), \dots, T(i-1))$ ）を過去トルク値としてメモリに記憶する。

ステップS4では、過去トルク制御演算部32は、メモリに記憶している過去トルク値を操舵トルク T_a として設定し、ステップS5に移行する。

ステップS5では、過去トルク制御演算部32は、操舵トルク T_a に対し

て図5に示すようなランプダウン処理を施す。すなわち、操舵トルク T_i によって決まるトルク系異常発生時点での操舵トルク T_a を基準として、所定時間 N [sec] をかけて操舵トルク T_a を0まで漸減させる。

[0022] そして、操舵トルク T_a が0となるとステップS6に移行し、過去トルク制御演算部32は、操舵補助制御による操舵アシストを停止（電動モータ13を停止）して過去トルク監視演算処理を終了する。

図2に戻って、操舵補助指令値演算部33は、操舵トルク T_a 及び車速 V_s をもとに、操舵補助指令値算出マップ等を参照して操舵補助指令値 I_{ref0} を演算する。ここで、操舵補助指令値算出マップは、横軸に操舵トルク T_a 、縦軸に操舵補助指令値 I_{ref0} をとり、車速 V_s をパラメータとした特性線図で構成されている。操舵補助指令値 I_{ref0} は、操舵トルク T_a の増加に対して最初は比較的緩やかに増加し、さらに操舵トルク T_a が増加すると、その増加に対して操舵補助指令値 I_{ref0} が急峻に増加するように設定されている。この特性曲線の傾きは、車速 V_s の増加に従って小さくなるように設定されている。また、各特性曲線には、それぞれ上限値が設けられている。

[0023] メインECUクリップ34は、操舵補助指令値演算部33で演算した操舵補助指令値 I_{ref0} が許容範囲を超えないように、所定の制限値（上下限值）を用いて制限をかける処理を行う。ここで、操舵補助指令値 I_{ref0} の制限値は、過去トルク制御演算部32が出力した操舵トルク T_a に応じて決定する。このメインECUクリップ34は、操舵補助指令値 I_{ref0} の異常と、トルクセンサ3の欠陥（短絡、地絡）による操舵方向の異常とを検出するためのものである。

トルク制御系リミッタ診断部35は、操舵補助指令値演算部33で演算した操舵補助指令値 I_{ref0} と、メインECUクリップ34でクリップした後の操舵補助指令値 I_{ref} とを入力する。そして、これらの比較結果に基づいてメインECUクリップ34の上下限クリップが正常であるか否かを診断する。

[0024] 図6は、リミッタ機能の動作を説明する図である。図6の破線に示すように、入力信号が上限クリップ値よりも大きくなると、出力信号は、実線に示すように上限クリップ値により制限される。つまり、出力信号の絶対値は、必ず入力信号の絶対値以下となる（ $|入力| \geq |出力|$ ）。また、入力信号と出力信号とは必ず同符号を有する。

したがって、トルク制御系リミッタ診断部35は、入力信号 $lref0$ と出力信号 $lref$ とを比較し、 $|lref0| < |lref|$ である状態が所定時間（例えば、10ms）継続しているか、入力信号 $lref0$ と出力信号 $lref$ とが異符号である状態が所定時間（例えば10ms）継続しているとき、上下限クリップが異常であると判定する。そして、トルク制御系リミッタ診断部35は、上下限クリップが異常であると判定すると、アシストを停止（電動モータ13を停止）する処理を行う。

[0025] 位相補償部36は、メインECUクリップ34でクリップした後の操舵補助指令値 $lref$ に対して位相補償を行い、位相補償後の操舵補助指令値を加算器37に出力する。ここでは、例えば、 $(T_1s + 1) / (T_2s + 1)$ のような伝達特性を操舵補助指令値に作用させるものとする。

加算器37は、位相補償部36が出力した位相補償後の操舵補助指令値と、後述する反力／ヒステリシス補償部45が出力したセルフアライニングトルク（SAT）とを加算し、その結果を安定化補償部38に出力する。

安定化補償部38は、検出トルクに含まれる慣性要素とバネ要素から成る共振系の共振周波数のピーク値を除去し、制御系の安定性と応答性を阻害する共振周波数の位相のずれを補償する。例えば、 s をラプラス演算子とする特性式 $G(s) = (s^2 + a_1 \cdot s + a_2) / (s^2 + b_1 \cdot s + b_2)$ を有する。なお、特性式 $G(s)$ の a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 は共振系の共振周波数により決定されるパラメータである。

[0026] 応答性補償部39は、操舵トルク Ta を入力し、応答性補償指令値を加算器40に対して出力する。この応答性補償部39では、アシスト特性不感帯での安定性確保、静摩擦の補償を行うようになっている。

加算器 40 は、安定化補償部 38 が出力した安定化補償後の操舵補助指令値と、応答性補償部 39 が出力した応答性補償指令値と、後述する減算器 46 が出力する指令補償値とを加算し、その結果を指令値演算部 21 の出力結果である操舵補助指令値として後述する電流指令値演算部 47 に出力する。

また、指令値補償部 22 は、角速度演算部 41 と、角加速度演算部 42 と、摩擦・慣性補償部 43 と、収斂性補償部 44 と、反力／ヒステリシス補償部 45 と、減算器 46 と、を備える。

[0027] 角速度演算部 41 は、回転角検出部 13a で検出したモータ回転角を微分してモータ角速度 ω を演算する。

角加速度演算部 42 は、角速度演算部 41 で演算したモータ角速度 ω を微分してモータ角加速度 α を演算する。

摩擦・慣性補償部 43 は、角加速度演算部 42 で演算したモータ角加速度 α に基づいて、電動モータ 13 の慣性により発生するトルク相当分を補償して慣性感又は制御応答性の悪化を防止するための慣性補償値を出力する。

収斂性補償部 44 は、角速度演算部 41 で演算したモータ角速度 ω に基づいて、ヨーレートの収斂性を補償する収斂性補償値を出力する。すなわち、収斂性補償部 44 は、車両のヨーの収斂性を改善するためにステアリングホイール 1 が振れ回る動作に対して、ブレーキをかけるように、収斂性補償値を算出する。

[0028] 反力／ヒステリシス補償部 45 は、操舵トルク T_i 、車速 V_s 、モータ角速度 ω 、モータ角加速度 α 及び操舵補助指令値演算部 33 で演算した操舵補助指令値 I_{ref0} を入力し、これらに基づいてセルフアライニングトルク (SAT) を推定演算し、その結果を上記加算器 37 に出力する

減算器 46 は、摩擦・慣性補償部 43 で演算した慣性補償値から収斂性補償部 44 で演算した収斂性補償値を減算し、その結果を指令値補償部 22 の出力結果である指令補償値として上記加算器 40 に出力する。

また、モータ制御部 23 は、電流指令値演算部 47 と、減算器 48 と、電流制御部 49 と、モータ駆動部 50 と、を備える。

[0029] 電流指令値演算部47は、指令値演算部21が出力した操舵補助指令値（操舵補助トルク指令値）から電動モータ13の電流指令値を演算する。

減算器48は、電流指令値演算部47で演算した電流指令値と、モータ電流検出部13bで検出したモータ電流検出値との電流偏差を演算し、これを電流制御部49に出力する。

電流制御部49は、上記電流偏差に対して比例積分演算を行って電圧指令値Eを出力するフィードバック制御を行う。ここで、電流制御部49には、後述するサブECUインターロック61が出力するアシスト禁止信号が入力され、当該アシスト禁止信号に基づいて電流指令値Eを0とするアシスト禁止処理を行う。

モータ駆動部50は、電流制御部49が出力した電圧指令値Eに基づいてデューティ演算を行い、電動モータ13の駆動指令となるデューティ比を演算する。そして、そのデューティ比に基づいて電動モータ13を駆動する。

[0030] また、インターロックマスク部24は、後述するサブCPU14BのサブECUインターロック（q軸電流インターロック）61に入力する操舵補助指令値 I_{refsub} を出力する。

ここで、インターロックマスク部24は、トルク系異常検出部31が出力したトルク系異常発生フラグと、トルクセンサ3で検出した操舵トルク T_i と、過去トルク制御演算部32が出力した操舵トルク T_a と、メインECUクリップ34でクリップした後の操舵補助指令値 I_{ref} とを入力する。

そして、インターロックマスク部24は、トルク系異常発生フラグがOFFである場合には、操舵補助指令値 I_{ref} （トルクセンサ3で検出したトルク検出値から生成される操舵補助指令値）を操舵補助指令値 I_{refsub} として出力する。また、インターロックマスク部24は、トルク系異常発生フラグがONであるが、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正ではない場合には、操舵補助指令値 I_{ref} （過去トルク値から生成される操舵補助指令値）を操舵補助指令値 I_{refsub} として出力する。

一方、インターロックマスク部24は、トルク系異常発生フラグがONで

あり、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正である場合には、操舵補助指令値 I_{refsub} を0として出力する（操舵補助指令値 I_{refsub} を制限する）。

インターロックマスク部24は、操舵トルク T_i と操舵トルク T_a との比較結果に基づいて、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正であるか否かを判定する。

[0031] 図7は、インターロックマスク部24で実行するインターロック電流制限処理手順を示すフローチャートである。

先ずステップS11で、インターロックマスク部24は、トルク系異常発生フラグがONであるか否かを判定する。そして、トルク系異常発生フラグがOFFである場合には、トルク系に異常が発生していないと判断してステップS12に移行し、トルク系異常発生フラグがONである場合には、トルク系に異常が発生していると判断して後述するステップS13に移行する。

[0032] ステップS12では、インターロックマスク部24は、メインECUクリップ34でクリップした後の操舵補助指令値 I_{ref} を、サブECUインターロック61に入力する操舵補助指令値 I_{refsub} として出力し、インターロック電流制限処理を終了する。

ステップS13では、インターロックマスク部24は、操舵トルク T_i と操舵トルク T_a とが等しいか否かを判定する。トルク系異常が発生している場合、過去トルク制御演算部32が正常に機能していれば、操舵トルク T_a は操舵トルク T_i とは異なる値となっている。そのため、トルク系異常発生フラグがONで $T_i \neq T_a$ であれば、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正であると判断することができる。

[0033] したがって、このステップS13で $T_i = T_a$ であると判定した場合には、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正ではないと判断して、前記ステップS12に移行する。すなわち、トルク系異常発生フラグがONで $T_i = T_a$ である場合には、メインECUクリップ34でクリップした後の操舵補助指令値 I_{ref} （過去トルク値から生成した操舵補助指令値）を、サ

ブECUインターロック61に入力する操舵補助指令値 I_{refsub} として出力してもよいと判断する。

一方、前記ステップS13で $T_i \neq T_a$ であると判定した場合には、ステップS14に移行する。そして、ステップS14では、インターロックマスク部24は、サブECUインターロック61に入力する操舵補助指令値 $I_{refsub} = 0$ を出力し、インターロック電流制限処理を終了する。すなわち、トルク系異常発生フラグがONで $T_i = T_a$ である場合には、トルク系異常検出部31の異常検出結果は適正であり、トルクセンサ異常値によるインターロック監視機能を実施させないようにマスクする必要があると判断する。

[0034] 図2に戻って、サブCPU14Bは、サブECUインターロック（q軸電流インターロック）61を備える。このサブCPU14Bは、メインCPU14AとCPU間通信を用いてデータの送受信が可能となっている。

サブECUインターロック61は、トルクセンサ3で検出した操舵トルク T_i と、インターロックマスク部24が出力した操舵補助指令値 I_{refsub} とを入力する。そして、これらに基づいて、電動モータ13の駆動制御を許可又は禁止するインターロック監視を行う。

すなわち、サブECUインターロック61は、操舵トルク T_i と操舵補助指令値 I_{refsub} とが、予め設定した電動モータ13の駆動禁止領域内にあるか否かを判定する。そして、駆動禁止領域内にあると判定した場合には、タイマーを走らせ一定時間経過後に電流制御部49にアシスト禁止信号を出力し、強制的に電動モータ13の駆動を停止する。

[0035] このように、メインCPU14Aのq軸電流クリップと、サブCPU14Bのq軸電流インターロックとで、操舵トルク T_i から生成される操舵補助指令値とトルクセンサの欠陥（短絡、地絡）による操舵方向の異常を2重監視する。

また、トルクセンサ異常が発生した場合には、過去トルク値を操舵トルク検出値の代替値として電流指令値を生成する。このとき、サブCPU14B

のq軸電流インターロックに入力する操舵補助指令値 I_{refsub} を0 [A] として、q軸電流インターロックを機能させないようにする。さらに、メインCPU14Aのトルク制御系リミッタ診断を付加することで、q軸電流インターロックを機能させないことによる信頼性の低下を抑制する。

[0036] なお、トルクセンサ3がトルク検出部に対応している。また、図2において、メインCPU14Aが主制御装置に対応し、サブCPU14Bが副制御装置に対応し、モータ制御部23がモータ制御部に対応し、トルク系異常検出部31がトルク異常検出部に対応している。さらに、操舵補助指令値演算部33が操舵補助指令値演算部に対応し、メインECUクリップ34がクリップ部に対応し、トルク制御系リミッタ診断部35がクリップ異常検出部に対応している。また、サブECUインターロック61がインターロック部に対応している。

また、図4において、ステップS3がトルク代替値演算部に対応し、ステップS4が入力切替部に対応し、ステップS5が徐変部に対応している。さらに、図7において、ステップS13が異常検出結果判定部に対応し、ステップS14がインターロックマスク部に対応している。

[0037] 次に、本実施形態の動作及び効果について説明する。

運転者がイグニッションスイッチ16をオン状態とすると、バッテリー15からコントローラ14に制御電力が供給され、当該コントローラ14が作動状態となる。このとき、コントローラ14は、運転者によるステアリング操作に基づいて操舵補助制御を行う。

例えば、運転者が車両を発進させ、カーブ路を旋回走行している場合、コントローラ14は、操舵トルク $T_a (= T_i)$ 及び車速 V_s に基づいて操舵補助指令値を算出し、操舵補助指令値に基づいて電動モータ13の電流指令値を算出する。次いで、算出した電流指令値とモータ電流検出値とに基づいて電圧指令値 E を算出する。そして、算出された電圧指令値 E によって電動モータ13を駆動制御すると、電動モータ13の発生トルクが減速ギヤ11を介してステアリングシャフト2の回転トルクに変換されて、運転者の操舵

力がアシストされる。このようにして、運転者の操舵負担が軽減される。

[0038] このとき、操舵トルク T_a を操舵補助指令値 I_{ref0} に変換した値が、操舵方向、検出トルク量に対して適正であるか否かを、メインCPU14AのメインECUクリップ34で監視する。そして、ここでは、操舵補助指令値が許容範囲を超えないように制限をかける。

さらに、制限後の操舵補助指令値 I_{ref} は、サブCPU14BのサブECUインターロック61に入力され、ここで、制限後の操舵補助指令値 I_{ref} が、操舵方向、検出トルク量に対して適正であるか否かを監視する。すなわち、メインCPU14AとサブCPU14Bとの2重検出構成を取って異常検出を行うので、システムの信頼性を向上させることができる。

[0039] このように、操舵補助指令値演算部33の後段にメインECUクリップ34を設け、電流指令値と操舵トルクとの相関を監視し、主にトルクの逆位相を検出する。位相補償や応答性補償、収斂性補償を行う場合は、トルク検出値と逆位相の出力を行うことがあるため、これらの補償の障害とならないよう、メインECUクリップ34は操舵補助指令値演算部33の直後で、主にシステム系の異常を監視する。

そして、この状態から、トルクセンサ3の欠陥によりトルク系異常が発生すると、メインCPU14Aでは、トルクセンサ3で検出した操舵トルク T_i に代えて、過去トルク値を用いて操舵補助制御を行う。すなわち、操舵補助指令値演算部33の入力値 T_a を操舵トルク T_i から過去トルク値に切り替える。

また、このとき、メインCPU14Aでは、メインECUクリップ34の入力値である操舵トルク T_a を漸減するランプダウン制御を実施する。操舵トルク T_a を漸減することで、メインECUクリップ34で用いる操舵補助指令値 I_{ref0} の制限値（上下限值）を徐々に0にむけて変化させることができ、結果としてアシストを徐々に制限することができる。そして、このランプダウン制御を開始してから所定時間（ N [sec]）後に、アシストを完全に停止する。

[0040] このように、トルクセンサ3の出力値に異常が発生した場合には、過去トルク値による操舵補助制御に切り替えるので、異常トルク値を用いて操舵補助制御が行われることを防止し、急激なアシスト変化を緩和させることができる。また、異常発生時にランプダウン制御を実施するので、アシストを即時OFFせずに、緩やかにアシストを制限することができる。さらに、ランプダウン制御に際し、メインECUクリップ34に入力する操舵トルク T_a を漸減するので、比較的簡易な構成でアシストの漸減処理を行うことができる。

また、この異常発生時には、サブCPU14Bでは、サブECUインターロック61に入力する操舵補助指令値 I_{refsub} を0に切り替え、サブECUインターロックを機能させないようにする。これにより、異常トルク値によるインターロックの監視を防止することができ、異常発生時に即アシストが停止されてしまうのを防止することができる。したがって、メインCPU14Aによる異常時処理（ランプダウン制御）を確実に実施することができる。

さらに、サブCPU14Bでは、メインCPU14AのメインECUクリップ34に入力する操舵トルク T_a と、トルクセンサ3で検出した操舵トルク T_i とを比較し、その比較結果に基づいてトルク系異常発生フラグが正しい状態であるか否か（トルク系異常検出部31の異常検出結果の正当性）を監視する。

[0041] そして、仮にトルク系異常発生フラグがONであっても、 $T_i = T_a$ であり、トルク系異常検出部31の異常検出結果が適正ではないと判断した場合には、サブECUインターロック61に入力する操舵補助指令値 I_{refsub} の制限処理を行わず、サブECUインターロック61にはメインECUクリップ34で制限した後の操舵補助指令値 I_{ref} を入力する。したがって、異常時にのみサブECUインターロック機能を非作動とすることができる（不必要にサブECUインターロック機能を非作動とすることを防止することができる）、信頼性を確保することができる。

また、メインCPU14Aにトルク制御系リミッタ診断部35を設け、メインECUクリップ34による上下限クリップの異常を監視するので、サブECUインターロック61を機能させないことによる信頼性の低下を抑制することができる。つまり、このトルク制御系リミッタ診断部35により、メインCPU14Aを冗長設計とすることができ、信頼性を確保することができる。

[0042] 以上のように、本実施形態では、トルク系異常が発生したときに、異常トルク値を使用しないで異常時処理を行うことができる。また、異常発生時にアシストを即時OFFせずに、緩やかに制限することができるので、運転者に違和感を与えるのを抑制しつつ安全にシステムを停止させることができる。

以上、本願が優先権を主張する日本国特許出願P2013-213074(2013年10月10日出願)の全内容は、ここに引用例として包含される。

ここでは、限られた数の実施形態を参照しながら説明したが、権利範囲はそれらに限定されるものではなく、上記の開示に基づく各実施形態の改変は当業者にとって自明のことである。

符号の説明

[0043] 1…ステアリングホイール、2…ステアリングシャフト、3…操舵トルクセンサ、8…ステアリングギヤ、10…操舵補助機構、13…電動モータ、14…コントローラ、15…バッテリー、16…イグニッションスイッチ、17…車速センサ、21…指令値演算部、22…指令値補償部、23…モータ制御部、24…インターロックマスク部、31…トルク系異常検出部、32…過去トルク制御演算部、33…操舵補助指令値演算部、34…メインECUクリップ(q軸電流クリップ)、35…トルク制御系リミッタ診断部、36…位相補償部、37…加算器、38…安定化補償部、39…応答性補償部、40…加算器、41…角速度演算部、42…角加速度演算部、43…摩擦・慣性補償部、44…収斂性補償部、45…反力/ヒステリシス補償部、4

6…減算器、47…電流指令値演算部、48…減算器、49…電流制御部、
50…モータ駆動部、61…サブECUインターロック（q軸電流インター
ロック）

請求の範囲

[請求項1]

操舵系に運転者の操舵負担を軽減する操舵補助力を付与する電動モータを備える電動パワーステアリング装置であって、

操舵トルクを検出するトルク検出部と、

少なくとも前記トルク検出部で検出した操舵トルクに基づいて、操舵補助指令値を演算する操舵補助指令値演算部と、

前記トルク検出部で検出した操舵トルクに基づいて、前記操舵補助指令値演算部で演算した操舵補助指令値が許容範囲を超えないように、所定の制限値を用いて制限するクリップ部と、

前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値に基づいて、前記電動モータを駆動制御するモータ制御部と、

前記トルク検出部で検出した操舵トルク、及び前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値に基づいて、前記モータ制御部による前記電動モータの駆動制御を許可又は禁止する監視機能を有するインターロック部と、

前記トルク検出部で検出した操舵トルクの異常を検出するトルク異常検出部と、

前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、当該異常を非検出であるときに前記トルク検出部で検出した正常な操舵トルクに基づいて操舵トルク代替値を演算するトルク代替値演算部と、

前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記クリップ部の入力値を、前記トルク検出部で検出した操舵トルクから前記トルク代替値演算部で演算した操舵トルク代替値に切り替える入力切替部と、

前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記インターロック部の入力値を、前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値から零に切り替えるインターロックマスク部と、を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[請求項2]

主制御装置と副制御装置とを互いにデータ通信可能に備え、

前記主制御装置は、前記操舵補助指令値演算部と、前記クリップ部と、前記モータ制御部と、前記トルク異常検出部と、前記トルク代替値演算部と、前記入力切替部と、前記インターロックマスク部とを備え、

前記副制御装置は、前記インターロック部を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項3] 前記クリップ部に入力する操舵補助指令値と前記クリップ部が出力する操舵補助指令値との比較結果に基づいて、当該クリップ部の異常を検出するクリップ異常検出部を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項4] 前記トルク検出部で検出した操舵トルクと、前記トルク検出部で検出した操舵トルク及び前記トルク代替値演算部で演算した操舵トルク代替値のうち前記クリップ部に入力する操舵トルクとの比較結果に基づいて、前記トルク異常検出部による異常検出結果の正当性を判定する異常検出結果判定部を備え、

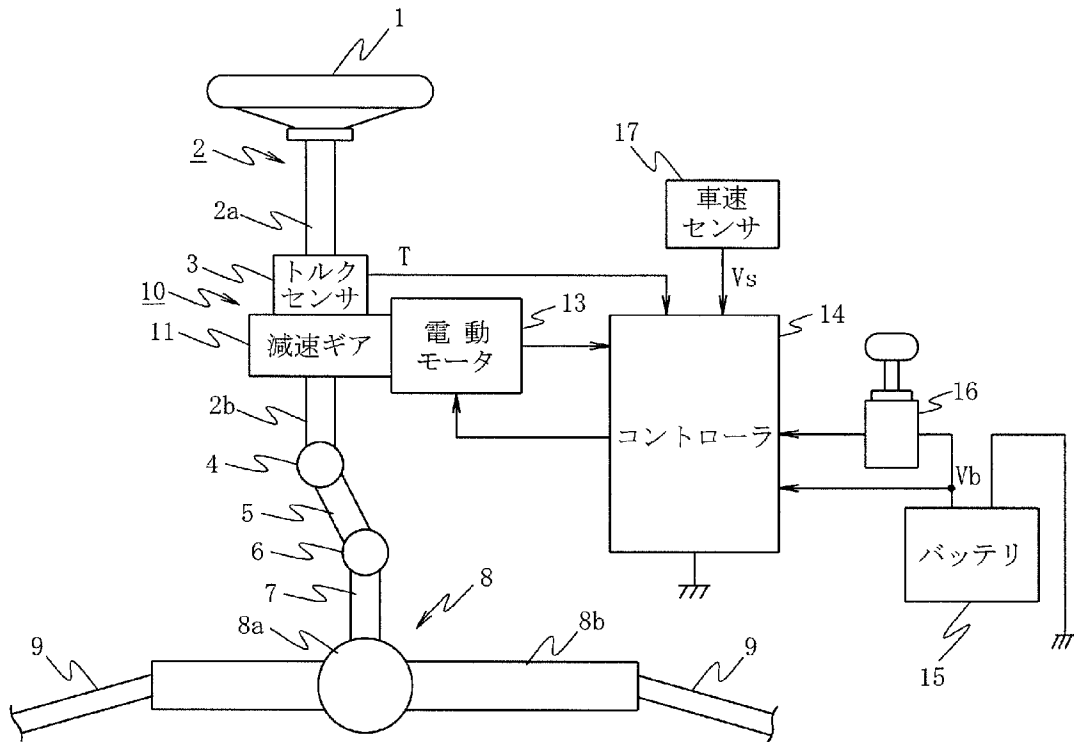
前記インターロックマスク部は、前記トルク異常検出部で異常を検出しており、且つ前記異常検出結果判定部で前記トルク異常検出部による異常検出結果の正当性を確認した場合にのみ、前記インターロック部の入力値を、前記クリップ部で制限した後の操舵補助指令値から零に切り替えることを特徴とする請求項 1～3 の何れか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項5] 前記クリップ部は、前記トルク異常検出部で異常を検出したとき、前記制限値を徐々に零に向けて変更する徐変部を備えることを特徴とする請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

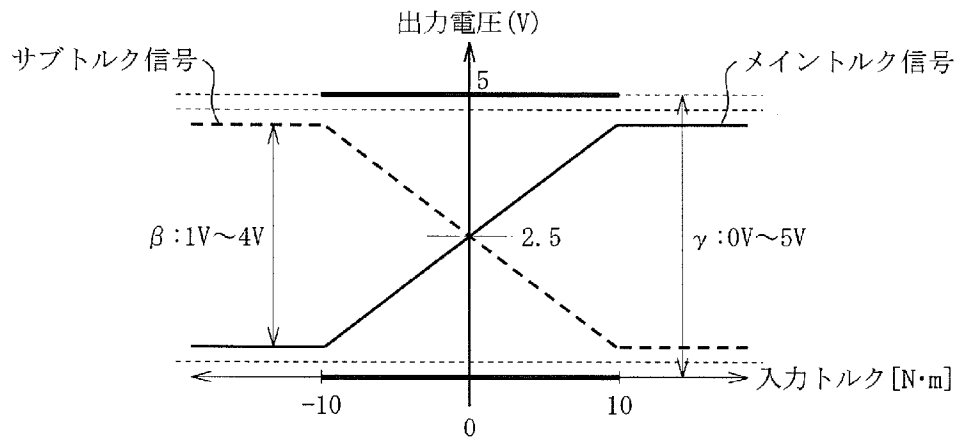
[請求項6] 前記トルク代替値演算部は、前記トルク異常検出部で異常を検出する直前の所定期間内に前記トルク検出部で検出した正常な操舵トルクのうち、最小の値を前記操舵トルク代替値として演算することを特徴

とする請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

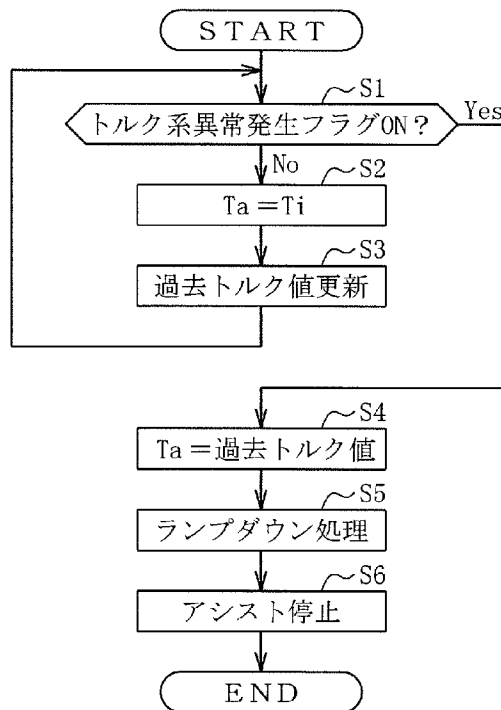
[図1]



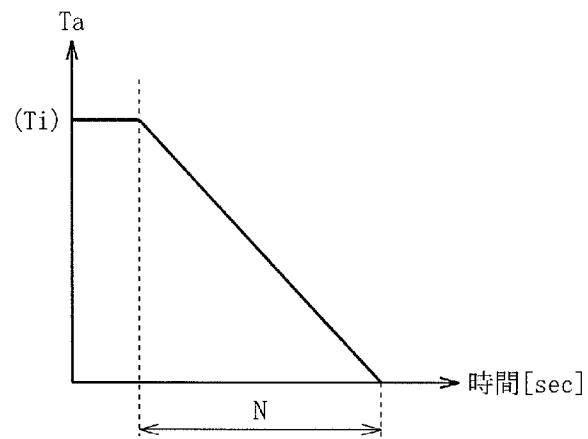
[図3]



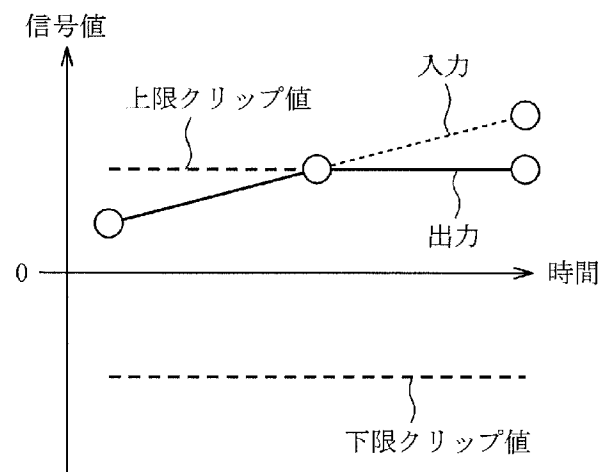
[図4]



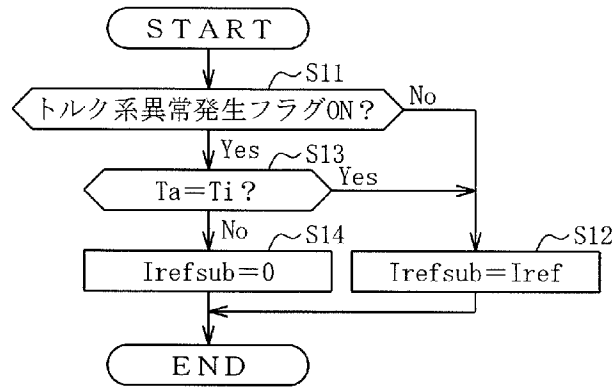
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005022

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n</i> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D119/00</i> Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <i>Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014</i> <i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014</i> Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-319931 A (Mitsubishi Electric Corp.), 17 November 2005 (17.11.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2006-51912 A (Favess Co., Ltd.), 23 February 2006 (23.02.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2005-206070 A (NSK Ltd.), 04 August 2005 (04.08.2005), entire text; all drawings & US 2007/0000717 A1 & EP 1666339 A1 & WO 2005/021359 A1	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 24 December 2014 (24.12.14)		Date of mailing of the international search report 13 January 2015 (13.01.15)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office		Authorized officer Telephone No.
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005022

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-196829 A (NSK Ltd.), 09 August 2007 (09.08.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D119/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-319931 A (三菱電機株式会社) 2005. 11. 17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2006-51912 A (株式会社ファーベス) 2006. 02. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2005-206070 A (日本精工株式会社) 2005. 08. 04, 全文, 全図 & US 2007/0000717 A1 & EP 1666339 A1 & WO 2005/021359 A1	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 24. 12. 2014	国際調査報告の発送日 13. 01. 2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 三宅 龍平 電話番号 03-3581-1101 内線 3381	3Q 4020

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2007-196829 A (日本精工株式会社) 2007.08.09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6