

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257466 A1

- (51) 国際特許分類:
B62D 6/00 (2006.01) *B62D 5/04* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/014833
- (22) 国際出願日: 2024年4月12日(12.04.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2023-098544 2023年6月15日(15.06.2023) JP
- (71) 出願人: 株式会社ジェイテクト (JTEKT CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 中原 裕貴 (NAKAHARA, Yuki); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP).

田村 勉 (TAMURA, Tsutomu); 〒4488652 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 株式会社ジェイテクト内 Aichi (JP).

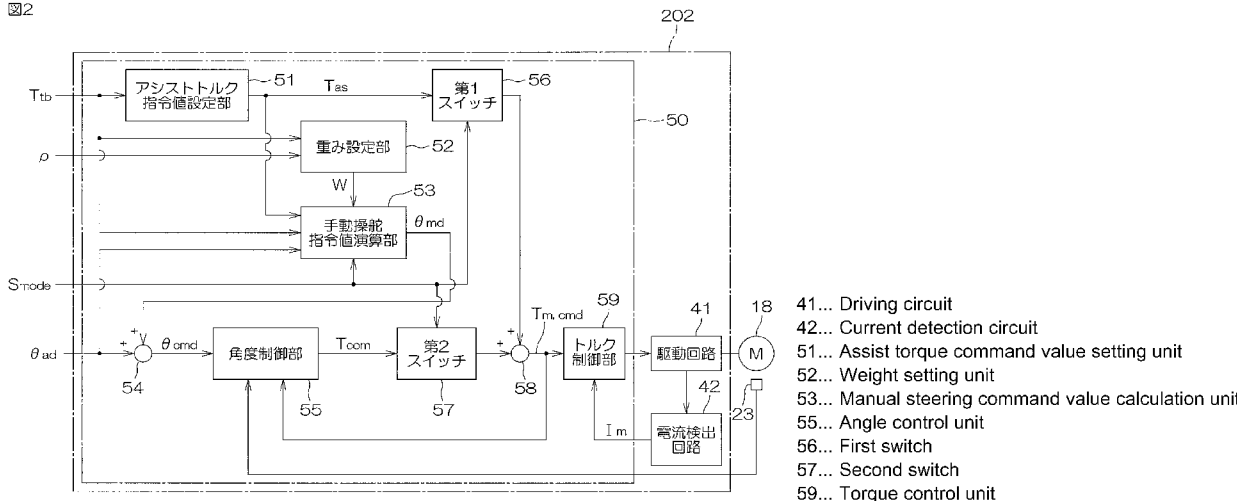
(74) 代理人: 弁理士法人あい特許事務所 (AI ASSOCIATION OF PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒5410059 大阪府大阪市中央区博労町三丁目2番8号 岩田東急ビル8階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータ制御装置

図2



(57) Abstract: This motor control device comprises: a manual steering command value calculation unit that calculates a manual steering command value by using a torsion bar torque; an integrated angle command value calculation unit that calculates an integrated angle command value by adding a manual steering command value to an automatic steering command value for operation assistance; and a control unit that drives and controls an electric motor on the basis of the integrated angle command value. In an operation assistance mode, the manual steering command value calculation unit is configured to calculate the manual steering command value by using a motion equation of a steering device reference model. The manual steering command value calculation unit calculates the manual steering command value by using, as a virtual spring reaction force in the motion equation, a virtual spring reaction force obtained by adding a virtual spring reaction force according to the automatic steering command value to a virtual spring reaction force according to the manual steering command value.



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: モータ制御装置は、トーションバートルクを用いて手動操舵指令値を演算する手動操舵指令値演算部と、運転支援用の自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算して、統合角度指令値を演算する統合角度指令値演算部と、統合角度指令値に基づいて、電動モータを駆動制御する制御部とを含み、運転支援モードにおいて、手動操舵指令値演算部は、操舵装置のリファレンスモデルの運動方程式を利用して手動操舵指令値を演算するように構成されており、手動操舵指令値演算部は、運動方程式における仮想ばね反力として、手動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に、自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力が付加された仮想ばね反力を用いて、手動操舵指令値を演算する。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] 本開示は、舵角制御用の電動モータの制御装置に関する。

背景技術

[0002] 下記特許文献 1 には、トーションバートルクを用いてアシストトルク指令値を生成するアシストトルク指令値設定部と、トーションバートルクおよびアシストトルク指令値を用いて手動操舵指令値を生成する手動操舵指令値生成部と、自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算して、統合角度指令値を演算する統合角度指令値演算部と、アシストトルク指令値のみに基づいて電動モータを制御する第 1 制御と、統合角度指令値に基づいて電動モータを制御する第 2 制御とを、切替信号に基づいて切り替える切替部とを備えたモータ制御装置が開示されている。

[0003] 運転モードが手動運転モードである場合には、第 1 制御によって電動モータが制御される。一方、例えばレーン・センタリング・アシスト（LCA）制御のような運転支援が行われている運転支援モード時には、第 2 制御によって電動モータが制御される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：国際公開第 2023/286169 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献 1 に記載の第 1 制御では、ドライバがステアリングホイールを操舵した場合、セルフアライニングトルクによって、操舵角は出力軸の中立位置に対応した零度付近に戻ろうとする。一方、第 2 制御では、ドライバの操舵介入によって車両が目標走行ラインから逸脱したときには、システムは、自動操舵指令値に応じた運転支援力によって車両を目標走行ラインに戻そう

とする。このような運転支援力は、セルフアライニングトルク以上の力を有しているため、操舵角は零度を通り越して逆方向まで戻ろうとする。

[0006] このような運転支援力は、ドライバの操舵感に悪影響を及ぼすおそれがある。特に、車両が直進走行している場合に、ドライバの操舵感が悪化しやすい。

[0007] 本開示の目的は、運転支援モード時におけるドライバの操舵感を改善することが可能となるモータ制御装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一実施形態は、操舵装置の電動モータを駆動制御するためのモータ制御装置であって、トーションバートルクを用いて手動操舵指令値を演算する手動操舵指令値演算部と、運転支援用の自動操舵指令値に前記手動操舵指令値を加算して、統合角度指令値を演算する統合角度指令値演算部と、前記統合角度指令値に基づいて、前記電動モータを駆動制御する制御部とを含み、運転支援モードにおいて、前記手動操舵指令値演算部は、前記操舵装置のリファレンスモデルの運動方程式を利用して前記手動操舵指令値を演算するように構成されており、前記手動操舵指令値演算部は、前記運動方程式における仮想ばね反力として、前記手動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に、前記自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力が付加された仮想ばね反力を用いて、前記手動操舵指令値を演算する、モータ制御装置を提供する。

[0009] この構成では、運転支援モード時におけるドライバの操舵感を改善することが可能となる。

[0010] 本開示における上述の、またはさらに他の目的、特徴および効果は、添付図面を参照して次に述べる実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図1は、本開示の一実施形態に係るモータ制御装置が適用された電動パワーステアリングシステムの概略構成を示す模式図である。

[図2]図2は、モータ制御用ECUの電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[図3]図3は、トーションバートルク T_{tb} に対するアシストトルク指令値 T_{as} の設定例を示すグラフである。

[図4]図4は、リファレンスEPSモデルの一例を示す模式図である。

[図5]図5は、手動操舵指令値演算部の構成を示すブロック図である。

[図6]図6は、角度制御部の構成を示すブロック図である。

[図7]図7は、電動パワーステアリングシステムの物理モデルの構成例を示す模式図である。

[図8]図8は、外乱トルク推定部の構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、トルク制御部の構成を示す模式図である。

[図10]図10は、重み設定部による重み設定処理の手順を示すフローチャートである。

[図11]図11は、手動操舵指令値演算部の変形例を示すブロック図である。

[図12]図12は、モータ制御用ECUの変形例を示すブロック図である。

[図13]図13は、図12の重み設定部による重み設定処理の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

[0012] [本開示の実施形態の説明]

本開示の一実施形態は、操舵装置の電動モータを駆動制御するためのモータ制御装置であって、トーションバートルクを用いて手動操舵指令値を演算する手動操舵指令値演算部と、運転支援用の自動操舵指令値に前記手動操舵指令値を加算して、統合角度指令値を演算する統合角度指令値演算部と、前記統合角度指令値に基づいて、前記電動モータを駆動制御する制御部とを含み、運転支援モードにおいて、前記手動操舵指令値演算部は、前記操舵装置のリファレンスモデルの運動方程式を利用して前記手動操舵指令値を演算するように構成されており、前記手動操舵指令値演算部は、前記運動方程式における仮想ばね反力として、前記手動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に、前記自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力が付加された仮想ばね反力を用いて、前記手動操舵指令値を演算する、モータ制御装置を提供する。

[0013] この構成では、運転支援モード時におけるドライバの操舵感を改善することが可能となる。

[0014] 本開示の一実施形態では、前記手動操舵指令値演算部は、前記手動操舵指令値を演算する際に、前記運動方程式における仮想ダンパ反力として、前記手動操舵指令値の微分値に応じた仮想ダンパ反力に、前記自動操舵指令値の微分値に応じた仮想ダンパ反力が付加された仮想ダンパ反力を用いる。

[0015] 本開示の一実施形態では、前記手動操舵指令値演算部は、前記トーショナルバートルクまたは周囲環境情報を用いて、前記自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に対して重み付け処理を行う。

[0016] [本開示の実施形態の詳細な説明]

以下では、本開示の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

[0017] 図1は、本開示の一実施形態に係るモータ制御装置が適用された電動パワーステアリングシステムの概略構成を示す模式図である。

[0018] 電動パワーステアリングシステム1は、車両を操向するための操舵部材としてのステアリングホイール（ハンドル）2と、このステアリングホイール2の回転に連動して転舵輪3を転舵する転舵機構4と、運転者の操舵を補助するための操舵補助機構5とを備えている。ステアリングホイール2と転舵機構4とは、ステアリングシャフト6および中間軸7を介して機械的に連結されている。

[0019] ステアリングシャフト6は、ステアリングホイール2に連結された入力軸8と、中間軸7に連結された出力軸9とを含む。入力軸8と出力軸9とは、トーショナルバー10を介して相対回転可能に連結されている。

[0020] トーショナルバー10の近傍には、トルクセンサ12が配置されている。トルクセンサ12は、入力軸8および出力軸9の相対回転変位量に基づいて、ステアリングホイール2に与えられたトーショナルバートルク（操舵トルク） T_{tb} を検出する。この実施形態では、トルクセンサ12によって検出されるトーショナルバートルク T_{tb} は、例えば、右方向への操舵のためのトルクが正の値として検出され、左方向への操舵のためのトルクが負の値として検出さ

れ、その絶対値が大きいほどトーションバートルク T_{tb} の大きさが大きくなるものとする。

[0021] 転舵機構 4 は、ピニオン軸 13 と、転舵軸としてのラック軸 14 とを含むラックアンドピニオン機構からなる。ラック軸 14 の各端部には、タイロッド 15 およびナックルアーム（図示略）を介して転舵輪 3 が連結されている。ピニオン軸 13 は、中間軸 7 に連結されている。ピニオン軸 13 は、ステアリングホイール 2 の操舵に連動して回転するようになっている。ピニオン軸 13 の先端には、ピニオン 16 が連結されている。

[0022] ラック軸 14 は、車両の左右方向に沿って直線状に延びている。ラック軸 14 の軸方向の中間部には、ピニオン 16 に噛み合うラック 17 が形成されている。このピニオン 16 およびラック 17 によって、ピニオン軸 13 の回転がラック軸 14 の軸方向移動に変換される。ラック軸 14 を軸方向に移動させることによって、転舵輪 3 を転舵することができる。

[0023] ステアリングホイール 2 が操舵（回転）されると、この回転が、ステアリングシャフト 6 および中間軸 7 を介して、ピニオン軸 13 に伝達される。そして、ピニオン軸 13 の回転は、ピニオン 16 およびラック 17 によって、ラック軸 14 の軸方向移動に変換される。これにより、転舵輪 3 が転舵される。

[0024] 操舵補助機構 5 は、操舵補助力（アシストトルク）を発生するための電動モータ 18 と、電動モータ 18 の出力トルクを増幅して転舵機構 4 に伝達するための減速機 19 とを含む。減速機 19 は、ウォームギヤ 20 と、このウォームギヤ 20 と噛み合うウォームホイール 21 とを含むウォームギヤ機構からなる。減速機 19 は、伝達機構ハウジングとしてのギヤハウジング 22 内に収容されている。

[0025] 以下において、減速機 19 の減速比（ギヤ比）を N で表す。減速比 N は、ウォームホイール 21 の回転角であるウォームホイール角 θ_{ww} に対するウォームギヤ 20 の回転角であるウォームギヤ角 θ_{wg} の比（ $\theta_{wg} / \theta_{ww}$ ）として定義される。

- [0026] ウォームギヤ 20 は、電動モータ 18 によって回転駆動される。また、ウォームホイール 21 は、出力軸 9 に一体回転可能に連結されている。
- [0027] 電動モータ 18 によってウォームギヤ 20 が回転駆動されると、ウォームホイール 21 が回転駆動され、ステアリングシャフト 6 にモータトルクが付与されるとともにステアリングシャフト 6（出力軸 9）が回転する。そして、ステアリングシャフト 6 の回転は、中間軸 7 を介してピニオン軸 13 に伝達される。ピニオン軸 13 の回転は、ラック軸 14 の軸方向移動に変換される。これにより、転舵輪 3 が転舵される。すなわち、電動モータ 18 によってウォームギヤ 20 を回転駆動することによって、電動モータ 18 による操舵補助や転舵輪 3 の転舵が可能となる。電動モータ 18 には、電動モータ 18 のロータの回転角を検出するための回転角センサ 23 が設けられている。
- [0028] 出力軸 9（電動モータ 18 の駆動対象の一例）に加えられるトルクとしては、電動モータ 18 によるモータトルクと、モータトルク以外の外乱トルク T_{lc} とがある。モータトルク以外の外乱トルク T_{lc} には、トーションバートルク T_{tb} 、路面反力トルク（路面負荷トルク） T_{rl} 、摩擦トルク T_f 等が含まれる。
- [0029] トーションバートルク T_{tb} は、運転者によってステアリングホイール 2 に加えられる力や、ステアリング慣性によって発生する力等によって、ステアリングホイール 2 側から出力軸 9 に加えられるトルクである。
- [0030] 路面反力トルク T_{rl} は、タイヤに発生するセルフアライニングトルク、サスペンションやタイヤホイールアライメントによって発生する力、ラックアンドピニオン機構の摩擦力等によって、転舵輪 3 側からラック軸 14 を介して出力軸 9 に加えられるトルクである。
- [0031] 車両には、車両の進行方向前方の道路を撮影する CCD（Charge Coupled Device）カメラ 25、自車位置を検出するための GPS（Global Positioning System）26、道路形状や障害物を検出するためのレーダー 27 および地図情報を記憶した地図情報メモリ 28 が搭載されている。車両には、さらに、操舵モードを手動で切り替えるための 2 つのモードスイッチ 31, 32 が

搭載されている。

[0032] 操舵モードには、後述するように、手動運転によって操舵が行われる手動操舵モードと、手動運転および自動運転の両方に基づく操舵が可能な協調操舵モードとがある。

[0033] CCDカメラ25、GPS26、レーダー27および地図情報メモリ28は、運転支援制御や自動運転制御を行うための上位ECU（ECU: Electronic Control Unit）201に接続されている。上位ECU201は、CCDカメラ25、GPS26およびレーダー27によって得られる情報および地図情報を元に、周辺環境認識、自車位置推定、経路計画等を行い、操舵や駆動アクチュエータの制御目標値の決定を行う。

[0034] この実施形態では、上位ECU201は、自動操舵のための自動操舵指令値 θ_{ad} を設定する。この実施形態では、自動操舵制御は、例えば、目標走行ライン（目標軌道）に沿って車両を走行させるための制御である。自動操舵指令値 θ_{ad} は、車両を目標走行ラインに沿って自動走行させるための操舵角の目標値である。

[0035] この実施形態では、自動操舵指令値 θ_{ad} は、出力軸9の中立位置からの回転量（回転角）で表され、中立位置から右操舵方向への回転量が正の値として表され、中立位置から左操舵方向への回転量が負の値として表される。自動操舵指令値 θ_{ad} は、例えば、車速、目標走行ライン（この実施形態では車線中央ライン）に対する横偏差および目標走行ラインに対する車両のヨー偏差に基づいて、設定される。このような自動操舵指令値 θ_{ad} を設定する処理は、周知であるため、ここでは詳細な説明を省略する。

[0036] なお、自動操舵制御（運転支援制御）は、例えば、車両が走行車線の中央を走行するように操舵を支援するレーン・センタリング・アシスト（LCA）制御、車両が走行車線内を維持するように操舵を支援するレーン・キープング・アシスト（LKA）制御等であってもよい。

[0037] また、上位ECU201は、車両が走行している走行車線の曲率 ρ を出力する。曲率 ρ は、車両が走行している走行車線の曲率半径を r で表すとする

と、 $\rho = 1 / r$ となる。曲率 ρ が大きいほど（曲率半径 r が小さいほど）、曲線路の曲がり具合が大きくなる。曲率 ρ は、本開示における「周囲環境情報」の一例である。

[0038] また、上位ECU201は、第1モードスイッチ31および第2モードスイッチ32の操作に基づいて、操舵モード（運転モード）が、手動操舵モード（手動運転モード）であるか協調操舵モード（運転支援モード）であるかを示す操舵モード信号 S_{mode} を出力する。

[0039] 具体的には、第1モードスイッチ31がドライバによってオンされたときに、上位ECU201は、操舵モードが手動操舵モードであることを示す操舵モード信号 S_{mode} を出力する。一方、第2モードスイッチ32がドライバによってオンされたときに、上位ECU201は、操舵モードが協調操舵モードであることを示す操舵モード信号 S_{mode} を出力する。

[0040] 自動操舵指令値 θ_{ad} 、曲率 ρ および操舵モード信号 S_{mode} は、車載ネットワークを介して、モータ制御用ECU202に与えられる。トルクセンサ12によって検出されるトーションバートルク T_{tb} および回転角センサ23の出力信号は、モータ制御用ECU202に入力される。モータ制御用ECU202は、これらの入力信号および上位ECU201から与えられる情報に基づいて、電動モータ18を制御する。

[0041] 図2は、モータ制御用ECU202の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[0042] モータ制御用ECU202は、マイクロコンピュータ50と、マイクロコンピュータ50によって制御され、電動モータ18に電力を供給する駆動回路（インバータ回路）41と、電動モータ18に流れる電流（以下、「モータ電流 I_m 」という）を検出するための電流検出回路42とを備えている。

[0043] マイクロコンピュータ50は、CPUおよびメモリ（ROM、RAM、不揮発性メモリなど）を備えており、所定のプログラムを実行することによって、複数の機能処理部として機能するようになっている。複数の機能処理部は、アシストトルク指令値設定部51と、重み設定部52と、手動操舵指令

値演算部 53 と、統合角度指令値演算部 54 と、角度制御部 55 と、第 1 スイッチ 56 と、第 2 スイッチ 57 と、加算部 58 と、トルク制御部（電流制御部） 59 とを含む。

[0044] アシストトルク指令値設定部 51 は、手動操作に必要なアシストトルクの目標値であるアシストトルク指令値 T_{as} を設定する。アシストトルク指令値設定部 51 は、トルクセンサ 12 によって検出されるトーションバートルク T_{tb} に基づいて、アシストトルク指令値 T_{as} を設定する。

[0045] 図 3 は、トーションバートルク T_{tb} に対するアシストトルク指令値 T_{as} の設定例を示すグラフである。

[0046] アシストトルク指令値 T_{as} は、電動モータ 18 から右方向操舵のための操舵補助力を発生させるべきときには正の値とされ、電動モータ 18 から左方向操舵のための操舵補助力を発生させるべきときには負の値とされる。アシストトルク指令値 T_{as} は、トーションバートルク T_{tb} の正の値に対しては正をとり、トーションバートルク T_{tb} の負の値に対しては負をとる。そして、アシストトルク指令値 T_{as} は、トーションバートルク T_{tb} の絶対値が大きくなるほど、その絶対値が大きくなるように設定される。

[0047] なお、アシストトルク指令値設定部 51 は、トーションバートルク T_{tb} に予め設定された定数を乗算することによって、アシストトルク指令値 T_{as} を演算してもよい。また、アシストトルク指令値 T_{as} は、車速をも考慮して設定されてもよい。

[0048] 重み設定部 52 は、トルクセンサ 12 によって検出されるトーションバートルク T_{tb} および上位 ECU 201 から与えられる曲率 ρ に基づいて、手動操舵指令値演算部 53 で用いられる重み W （図 5 参照）を設定する。重み設定部 52 の詳細については、後述する。

[0049] 手動操舵指令値演算部 53 は、協調操舵モード時において、運転者がステアリングホイール 2 を操作した場合に、当該ステアリングホイール操作に応じた操舵角（より正確には出力軸 9 の回転角 θ_c ）を手動操舵指令値 θ_{md} として設定するために設けられている。手動操舵指令値演算部 53 は、トルクセ

ンサ 12 によって検出されるトーションバートルク T_{tb} と、アシストトルク指令値設定部 51 によって設定されるアシストトルク指令値 T_{as} と、上位 ECU 201 から与えられる自動操舵指令値 θ_{ad} と、重み設定部 52 によって設定される重み W とを用いて手動操舵指令値 θ_{md} を生成する。手動操舵指令値演算部 53 の詳細については、後述する。

[0050] 統合角度指令値演算部 54 は、上位 ECU 201 によって設定される自動操舵指令値 θ_{ad} に手動操舵指令値 θ_{md} を加算して、統合角度指令値 θ_{cmd} を演算する。

[0051] 角度制御部 55 は、統合角度指令値 θ_{cmd} に基づいて、統合モータトルク指令値 T_{com} を演算する。角度制御部 55 の詳細については、後述する。

[0052] 第 1 スイッチ 56 および第 2 スイッチ 57 は、入力される操舵モード信号 S_{mode} に応じて、オンオフされる。具体的には、操舵モードが手動操舵モードであることを示す操舵モード信号 S_{mode} が入力されている場合には、第 1 スイッチ 56 がオンにされ、第 2 スイッチ 57 がオフにされる。

[0053] 一方、操舵モードが協調操舵モードであることを示す操舵モード信号 S_{mode} が入力されている場合には、第 1 スイッチ 56 がオフにされ、第 2 スイッチ 57 がオンにされる。

[0054] 第 1 スイッチ 56 がオン状態であり、第 2 スイッチ 57 がオフ状態である場合には、加算部 58 は、アシストトルク指令値 T_{as} を、モータトルク指令値 $T_{m, cmd}$ ($= T_{as}$) として出力する。一方、第 2 スイッチ 57 がオン状態であり、第 1 スイッチ 56 がオフ状態である場合には、加算部 58 は、角度制御部 55 から出力される統合モータトルク指令値 T_{com} をモータトルク指令値 $T_{m, cmd}$ ($= T_{com}$) として出力する。

[0055] 加算部 58 の出力であるモータトルク指令値 $T_{m, cmd}$ は、トルク制御部 59 に与えられる。

[0056] トルク制御部 59 は、電動モータ 18 のモータトルクがモータトルク指令値 $T_{m, cmd}$ に近づくように駆動回路 41 を駆動する。トルク制御部 59 の詳細については、後述する。

[0057] 手動操舵指令値演算部53について、詳しく説明する。

[0058] まず、特許文献1（国際公開第2023/286169号）に記載された手動操舵指令値生成部による手動操舵指令値 θ_{md} の設定方法について説明する。

[0059] 手動操舵指令値生成部は、図4のリファレンスEPSモデルを用いて、手動操舵指令値 θ_{md} を生成する。図4のリファレンスEPSモデルは、本開示の「操舵装置のリファレンスモデル」の一例である。

[0060] このリファレンスEPSモデルは、ロアコラムを含む単一慣性モデルである。ロアコラムは、出力軸9およびウォームホイール21に対応する。ただし、このモデルは一例であり、上記以外の構成（例えばラックバーなど）を含む慣性モデルであってもよい。図4において、 J_{md} は、ロアコラムの慣性（以下、「コラム慣性」という。）であり、 θ_{col} はロアコラムの回転角であり、 T_{tb} は、トーションバートルクである。ロアコラムには、トーションバートルク T_{tb} 、電動モータ18から出力軸9に作用するトルク $N \cdot T_m$ および路面反力トルク（仮想反力） T_{rl} が与えられる。

[0061] 路面反力トルク T_{rl} は、仮想ばねのばね定数 k_{md} および仮想ダンパの粘性減衰係数 c_{md} を用いて、次式（1）で表される。

[0062] [数1]

数1

$$T_{rl} = -k_{md} \cdot \theta_{col} - c_{md} \cdot \dot{\theta}_{col} \quad \dots (1)$$

[0063] ばね定数 k_{md} および粘性減衰係数 c_{md} は、予め実験、解析等によって求められている。以下において、 $k_{md} \cdot \theta_{col}$ を仮想ばね反力といい、 $c_{md} (d\theta_{col}/dt)$ を仮想ダンパ反力という場合がある。

[0064] リファレンスEPSモデルの運動方程式は、次式（2）で表される。

[0065] [数2]

数2

$$J_{md} \cdot \ddot{\theta}_{col} = T_{tb} + N \cdot T_m - k_{md} \cdot \theta_{col} - c_{md} \cdot \dot{\theta}_{col} \quad \dots (2)$$

[0066] 式(2)において、 $J_{md} \cdot d^2 \theta_{col} / dt^2$ は、ロアコラムに作用する慣性モーメントである。

[0067] 手動操舵指令値生成部は、 T_{tb} にトルクセンサ12によって検出されるトーションバートルク T_{tb} を代入し、 T_m にアシストトルク指令値設定部51によって設定されるアシストトルク指令値 T_{as} を代入して、式(2)の微分方程式を解くことにより、ロアコラムの回転角 θ_{col} を演算する。そして、手動操舵指令値生成部は、得られたロアコラムの回転角 θ_{col} を手動操舵指令値 θ_{md} として生成する。このようにして、手動操舵指令値 θ_{md} を設定する方法を比較方法ということにする。

[0068] 式(2)の運動方程式は、 T_m を T_{as} に置き換えるとともに、 θ_{col} を θ_{md} に置き換えた運動方程式と等価である。

[0069] 本実施形態では、手動操舵指令値演算部53は、前述したリファレンスEPSモデルの運動方程式(2)を利用して手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。具体的には、本実施形態では、手動操舵指令値演算部53は、前述したリファレンスEPSモデルの運動方程式(2)を変形した運動方程式に基づいて手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。

[0070] 図5は、手動操舵指令値演算部53の構成を示すブロック図である。

[0071] 図5において、 J_{md} は、コラム慣性である。 s は、微分演算子である。 θ_{md} は、手動操舵指令値であり、比較方法のロアコラムの回転角 θ_{col} に相当する。 c_{md} は、仮想ダンパの粘性減衰係数である。 k_{md} は、仮想ばねのばね定数である。仮想ダンパの粘性減衰係数 c_{md} および仮想ばねのばね定数 k_{md} は、予め実験、解析等によって求められている。

[0072] 手動操舵指令値演算部53は、減速比乗算部101と、加減算部102と、慣性除算部103と、第1積分部104と、第2積分部105と、第1仮想ダンパ反力演算部106と、微分部107と、第2仮想ダンパ反力演算部108と、第1重み乗算部109と、第1加算部110と、第1仮想ばね反力演算部111と、第2仮想ばね反力演算部112と、第2重み乗算部113と、第2加算部114を含む。

- [0073] 減速比乗算部 101 は、アシストトルク指令値 T_{as} に減速機 19 の減速比 N を乗算することにより、電動モータ 18 の回転軸に対するアシストトルク指令値 T_{as} を、出力軸 9 に対するアシストトルク指令値 $N \cdot T_{as}$ に変換する。
- [0074] 加減算部 102 には、トーションバートルク T_{tb} と、出力軸 9 に対するアシストトルク指令値 $N \cdot T_{as}$ と、第 1 加算部 110 から与えられる仮想ダンパ反力 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ と、第 2 加算部 114 から与えられる仮想ばね反力 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ とが入力する。
- [0075] 加減算部 102 は、トーションバートルク T_{tb} に出力軸 9 に対するアシストトルク指令値 $N \cdot T_{as}$ を加算し、その加算結果から仮想ダンパ反力 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ および仮想ばね反力 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ を減算する。これにより、加減算部 102 は、前記式 (2) の左辺の $J_{md} \cdot d^2\theta_{col}/dt^2$ に相当する慣性モーメント $J_{md} \cdot d^2\theta_{md}/dt^2 (= T_{tb} + N \cdot T_{as} - (k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}) - (c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt))$ を演算する。
- [0076] 慣性除算部 103 は、加減算部 102 によって演算された慣性モーメント $J_{md} \cdot d^2\theta_{md}/dt^2$ をコラム慣性 J_{md} で除算することにより、手動操舵指令値 θ_{md} の 2 階微分値 $d^2\theta_{md}/dt^2$ を演算する。
- [0077] 第 1 積分部 104 は、手動操舵指令値 θ_{md} の 2 階微分値 $d^2\theta_{md}/dt^2$ を積分することにより、手動操舵指令値 θ_{md} の 1 階微分値 $d\theta_{md}/dt$ を演算する。
- [0078] 第 2 積分部 105 は、手動操舵指令値 θ_{md} の 1 階微分値 $d\theta_{md}/dt$ を積分することにより、手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。この手動操舵指令値 θ_{md} が、手動操舵指令値演算部 53 から出力される。
- [0079] 第 1 仮想ダンパ反力演算部 106 は、第 1 積分部 104 によって演算された手動操舵指令値 θ_{md} の 1 階微分値 $d\theta_{md}/dt$ に、粘性減衰係数 c_{md} を乗算することにより、第 1 仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ を演算する。

- [0080] 微分部107は、自動操舵指令値 θ_{ad} を微分する。第2仮想ダンパ反力演算部108は、微分部107によって演算された自動操舵指令値 θ_{ad} の微分値 $d\theta_{ad}/dt$ に、粘性減衰係数 c_{md} を乗算することにより、第2仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ を演算する。
- [0081] 第1重み乗算部109は、第2仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ に、重み設定部52によって設定される重み W ($0 \leq W \leq 1$) を乗算する。
- [0082] 第1加算部110は、第1仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ に、重み乗算後の第2仮想ダンパ反力 $W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ を加算することにより、仮想ダンパ反力 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ を演算する。この仮想ダンパ反力 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ は、加減算部102にフィードバックされる。
- [0083] 第1仮想ばね反力演算部111は、第2積分部105によって演算された手動操舵指令値 θ_{md} に、ばね定数 k_{md} を乗算することにより、第1仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{md}$ を演算する。
- [0084] 第2仮想ばね反力演算部112は、自動操舵指令値 θ_{ad} に、ばね定数 k_{md} を乗算することにより、第2仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{ad}$ を演算する。
- [0085] 第2重み乗算部113は、第2仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{ad}$ に、重み設定部52によって設定される重み W ($0 \leq W \leq 1$) を乗算する。
- [0086] 第2加算部114は、第1仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{md}$ に、重み乗算後の第2仮想ばね反力 $W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}$ を加算することにより、仮想ばね反力 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ を演算する。この仮想ばね反力 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ は、加減算部102にフィードバックされる。
- [0087] つまり、手動操舵指令値演算部53は、次式(3)の運動方程式に基づいて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。

[0088] [数3]

数3

$$J_{md} \cdot \ddot{\theta}_{md} = T_{tb} + N \cdot T_{as} - (k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}) - (c_{md} \cdot \dot{\theta}_{md} + W \cdot c_{md} \cdot \dot{\theta}_{ad}) \quad \dots (3)$$

[0089] 式(3)において、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ は、仮想ばね反力である。 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ は、仮想ダンパ反力である。

[0090] つまり、手動操舵指令値演算部53は、前記式(2)の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{coi}$ および仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{coi}/dt$ として、それぞれ、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ および $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ を用いて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。

[0091] 手動操舵指令値演算部53は、このような構成を有しているので、重み W を変化させることにより、目標走行ラインへの車両の追従性を調整することができる。この理由については、後述する。

[0092] 図6は、角度制御部55の構成を示すブロック図である。

[0093] 角度制御部55は、統合角度指令値 θ_{cmd} に基づいて、統合モータトルク指令値 T_{com} を演算する。角度制御部55は、ローパスフィルタ(LPF)61と、フィードバック制御部62と、フィードフォワード制御部63と、外乱トルク推定部64と、トルク加算部65と、外乱トルク補償部66と、第1減速比除算部67と、減速比乗算部68と、回転角演算部69と、第2減速比除算部70とを含む。

[0094] 減速比乗算部68は、加算部58(図2参照)によって演算されるモータトルク指令値 $T_{m,cmd}$ に減速機19の減速比 N を乗算することにより、モータトルク指令値 $T_{m,cmd}$ を出力軸9(ウォームホイール21)に作用する出力軸トルク指令値 $N \cdot T_{m,cmd}$ に変換する。

[0095] 回転角演算部69は、回転角センサ23の出力信号に基づいて、電動モータ18のロータ回転角 θ_m を演算する。第2減速比除算部70は、回転角演算部69によって演算されるロータ回転角 θ_m を減速比 N で除算することにより、ロータ回転角 θ_m を出力軸9の回転角(実操舵角) θ_c に換算する。

[0096] この実施形態では、実操舵角 θ_c は、出力軸9の中立位置からの回転量(回転角)で表され、中立位置から右操舵方向への回転量が正の値として表され、中立位置から左操舵方向への回転量が負の値として表される。

- [0097] ローパスフィルタ 61 は、統合角度指令値 θ_{cmd} に対してローパスフィルタ処理を行う。ローパスフィルタ処理後の統合角度指令値 θ_{cmdl} は、フィードバック制御部 62 およびフィードフォワード制御部 63 に与えられる。なお、ローパスフィルタ 61 を設けなくてもよい。
- [0098] フィードバック制御部 62 は、外乱トルク推定部 64 によって演算される操舵角推定値 $\hat{\theta}_c$ を、ローパスフィルタ処理後の統合角度指令値 θ_{cmdl} に近づけるために設けられている。フィードバック制御部 62 は、角度偏差演算部 62A と PD 制御部 62B とを含む。角度偏差演算部 62A は、統合角度指令値 θ_{cmdl} と操舵角推定値 $\hat{\theta}_c$ との偏差 $\Delta\theta$ ($=\theta_{cmdl}-\hat{\theta}_c$) を演算する。なお、角度偏差演算部 62A は、統合角度指令値 θ_{cmdl} と、第 2 減速比除算部 70 によって演算される実操舵角 θ_c との偏差 ($\theta_{cmdl}-\theta_c$) を、角度偏差 $\Delta\theta$ として演算するようにしてもよい。
- [0099] PD 制御部 62B は、角度偏差演算部 62A によって演算される角度偏差 $\Delta\theta$ に対して PD 演算（比例微分演算）を行うことにより、フィードバック制御トルク T_{fb} を演算する。フィードバック制御トルク T_{fb} は、トルク加算部 65 に与えられる。
- [0100] フィードフォワード制御部 63 は、電動パワーステアリングシステム 1 の慣性による応答性の遅れを補償して、制御の応答性を向上させるために設けられている。フィードフォワード制御部 63 は、角加速度演算部 63A と慣性乗算部 63B とを含む。角加速度演算部 63A は、統合角度指令値 θ_{cmdl} を 2 階微分することにより、目標角加速度 $d^2\theta_{cmdl}/dt^2$ を演算する。
- [0101] 慣性乗算部 63B は、角加速度演算部 63A によって演算された目標角加速度 $d^2\theta_{cmdl}/dt^2$ に、電動パワーステアリングシステム 1 の慣性 J を乗算することにより、フィードフォワード制御トルク T_{ff} ($=J \cdot d^2\theta_{cmdl}/dt^2$) を演算する。慣性 J は、例えば、後述する電動パワーステアリングシステム 1 の物理モデル（図 7 参照）から求められる。フィードフォワード制御トルク T_{ff} は、慣性補償値として、トルク加算部 65 に与えられる。
- [0102] トルク加算部 65 は、フィードバック制御トルク T_{fb} にフィードフォワー

ド制御トルク T_{ff} を加算することにより、基本トルク指令値 ($T_{fb} + T_{ff}$) を演算する。

- [0103] 外乱トルク推定部 64 は、プラント（電動モータ 18 の制御対象）に外乱として発生する非線形なトルク（外乱トルク：モータトルク以外のトルク）を推定するために設けられている。外乱トルク推定部 64 は、出力軸トルク指令値 $N \cdot T_{m,cmd}$ と、実操舵角 θ_o とに基づいて、外乱トルク（外乱負荷） T_{lc} 、操舵角 θ および操舵角微分値（角速度） $d\theta_o/dt$ を推定する。外乱トルク T_{lc} 、操舵角 θ_o および操舵角微分値（角速度） $d\theta_o/dt$ の推定値を、それぞれ $\hat{T}_{lc}$ 、 $\hat{\theta}_o$ および $d\hat{\theta}_o/dt$ で表す。外乱トルク推定部 64 の詳細については、後述する。
- [0104] 外乱トルク推定部 64 によって演算された外乱トルク推定値 $\hat{T}_{lc}$ は、外乱トルク補償値として外乱トルク補償部 66 に与えられる。外乱トルク推定部 64 によって演算された操舵角推定値 $\hat{\theta}_o$ は、角度偏差演算部 62A に与えられる。
- [0105] 外乱トルク補償部 66 は、基本トルク指令値 ($T_{fb} + T_{ff}$) から外乱トルク推定値 $\hat{T}_{lc}$ を減算することにより、統合トルク指令値 T_{co} ($= T_{fb} + T_{ff} - \hat{T}_{lc}$) を演算する。これにより、外乱トルクが補償された統合トルク指令値 T_{co} （出力軸 9 に対するトルク指令値）が得られる。
- [0106] 統合トルク指令値 T_{co} は、第 1 減速比除算部 67 に与えられる。第 1 減速比除算部 67 は、統合トルク指令値 T_{co} を減速比 N で除算することにより、統合モータトルク指令値 $T_{co,m}$ （電動モータ 18 に対するトルク指令値）を演算する。この統合モータトルク指令値 $T_{co,m}$ が、第 2 スイッチ 57（図 2 参照）に与えられる。
- [0107] 外乱トルク推定部 64 について詳しく説明する。外乱トルク推定部 64 は、例えば、図 7 に示す電動パワーステアリングシステム 1 の物理モデル 300 を使用して、外乱トルク T_{lc} 、操舵角 θ_o および角速度 $d\theta_o/dt$ を推定する外乱オブザーバから構成されている。
- [0108] この物理モデル 300 は、出力軸 9 および出力軸 9 に固定されたウォーム

ホイール 21 を含むプラント（モータ駆動対象の一例）301を含む。プラント301には、ステアリングホイール2からトーションバー10を介してトーションバートルク T_{tb} が与えられるとともに、転舵輪3側から路面反力トルク T_{rl} が与えられる。

[0109] さらに、プラント301には、ウォームギヤ20を介して出力軸トルク指令値 $N \cdot T_{m,cmd}$ が与えられるとともに、ウォームホイール21とウォームギヤ20との間の摩擦によって摩擦トルク T_f が与えられる。

[0110] プラント301の慣性を J とすると、物理モデル300の慣性についての運動方程式は、次式（4）で表される。

[0111] [数4]

数4

$$\begin{aligned} J\ddot{\theta}_c &= N \cdot T_{m,cmd} + T_{lc} \quad \dots (4) \\ T_{lc} &= T_{tb} + T_{rl} + T_f \end{aligned}$$

[0112] $d^2\theta_c/dt^2$ は、プラント301の角加速度である。Nは、減速機19の減速比である。 T_{lc} は、プラント301に与えられるモータトルク以外の外乱トルクを示している。この実施形態では、外乱トルク T_{lc} は、トーションバートルク T_{tb} と路面反力トルク T_{rl} と摩擦トルク T_f との和として示されているが、実際には、外乱トルク T_{lc} はこれら以外のトルクを含んでいる。

[0113] 図7の物理モデル300に対する状態方程式は、次式（5）で表わされる。

[0114] [数5]

数5

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_1u_1 + B_2u_2 \\ y = Cx + Du_1 \end{cases} \quad \dots (5)$$

[0115] 前記式（5）において、 x は、状態変数ベクトル、 u_1 は、既知入力ベクトル、 u_2 は、未知入力ベクトル、 y は、出力ベクトル（測定値）である。また、前記式（5）において、 A は、システム行列、 B_1 は、第1入力行列、 B_2

は、第2入力行列、Cは、出力行列、Dは、直達行列である。

[0116] 前記状態方程式を、未知入力ベクトル u_2 を状態の1つとして含めた系に拡張する。拡張系の状態方程式（拡張状態方程式）は、次式（6）で表される。

[0117] [数6]

数6

$$\begin{cases} \dot{x}_e = A_e x_e + B_e u_1 \\ y = C_e x_e \end{cases} \quad \dots (6)$$

[0118] 前記式（6）において、 x_e は、拡張系の状態変数ベクトルであり、次式（7）で表される。

[0119] [数7]

数7

$$x_e = \begin{bmatrix} x \\ u_2 \end{bmatrix} \quad \dots (7)$$

[0120] 前記式（6）において、 A_e は、拡張系のシステム行列、 B_e は、拡張系の既知入力行列、 C_e は、拡張系の出力行列である。

[0121] 前記式（6）の拡張状態方程式から、次式（8）の方程式で表される外乱オブザーバ（拡張状態オブザーバ）が構築される。

[0122] [数8]

数8

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}}_e = A_e \hat{x}_e + B_e u_1 + L(y - \hat{y}) \\ \hat{y} = C_e \hat{x}_e \end{cases} \quad \dots (8)$$

[0123] 式（8）において、 $\hat{x}_e$ は x_e の推定値を表している。また、Lはオブザーバゲインである。また、 $\hat{y}$ は y の推定値を表している。 $\hat{x}_e$ は、次式（9）で表される。

[0124] [数9]

数9

$$\hat{x}_e = \begin{bmatrix} \hat{\theta}_c \\ \hat{\dot{\theta}}_c \\ \hat{T}_{lc} \end{bmatrix} \cdots (9)$$

[0125] 式(9)において、 $\hat{\theta}_c$ は θ_c の推定値であり、 $\hat{T}_{lc}$ は T_{lc} の推定値である。

[0126] 外乱トルク推定部64は、前記式(8)の方程式に基づいて状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ を演算する。

[0127] 図8は、外乱トルク推定部64の構成を示すブロック図である。

[0128] 外乱トルク推定部64は、入力ベクトル入力部81と、出力行列乗算部82と、第1加算部83と、ゲイン乗算部84と、入力行列乗算部85と、システム行列乗算部86と、第2加算部87と、積分部88と、状態変数ベクトル出力部89とを含む。

[0129] 減速比乗算部68(図6参照)によって演算される出力軸トルク指令値 $N \cdot T_{m,cmd}$ は、入力ベクトル入力部81に与えられる。入力ベクトル入力部81は、入力ベクトル u_1 を出力する。

[0130] 積分部88の出力が状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ 。(前記式(9)参照)となる。演算開始時には、状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ として初期値が与えられる。状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ の初期値は、たとえば0である。

[0131] システム行列乗算部86は、状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ にシステム行列 A_e を乗算する。出力行列乗算部82は、状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ に出力行列 C_e を乗算する。

[0132] 第1加算部83は、第2減速比除算部70(図6参照)によって演算された実操舵角 θ_c である出力ベクトル(測定値) y から、出力行列乗算部82の出力($C_e \cdot \hat{x}_e$)を減算する。つまり、第1加算部83は、出力ベクトル y と出力ベクトル推定値 $\hat{y}(=C_e \cdot \hat{x}_e)$ との差($y - \hat{y}$)を演算する。ゲイン乗算部84は、第1加算部83の出力($y - \hat{y}$)にオブザーバゲイン L

(前記式(8)参照)を乗算する。

[0133] 入力行列乗算部85は、入力ベクトル入力部81から出力される入力ベクトル u_1 に入力行列 B_e を乗算する。第2加算部87は、入力行列乗算部85の出力($B_e \cdot u_1$)と、システム行列乗算部86の出力($A_e \cdot \hat{x}_e$)と、ゲイン乗算部84の出力($L(y - \hat{y})$)とを加算することにより、状態変数ベクトルの微分値 $d\hat{x}_e/dt$ を演算する。積分部88は、第2加算部87の出力($d\hat{x}_e/dt$)を積分することにより、状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ を演算する。状態変数ベクトル出力部89は、状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ に基づいて、外乱トルク推定値 $\hat{T}_{lc}$ 、操舵角推定値 $\hat{\theta}_c$ および角速度推定値 $d\hat{\theta}_c/dt$ を演算する。

[0134] 一般的な外乱オブザーバは、前述の拡張状態オブザーバとは異なり、プラントの逆モデルとローパスフィルタとから構成される。プラントの運動方程式は、前述のように式(3)で表される。したがって、プラントの逆モデルは、次式(10)となる。

[0135] [数10]

数10

$$T_{lc} = J\ddot{\theta}_c - N \cdot T_{m,cmd} \quad \dots (10)$$

[0136] 一般的な外乱オブザーバへの入力、 $J \cdot d^2\theta_c/dt^2$ および $N \cdot T_{m,cmd}$ であり、実操舵角 θ_c の2階微分値を用いるため、回転角センサ23のノイズの影響を大きく受ける。これに対して、前述の実施形態の拡張状態オブザーバでは、積分型で外乱トルクを推定するため、微分によるノイズ影響を低減できる。

[0137] なお、外乱トルク推定部64として、プラントの逆モデルとローパスフィルタとから構成される一般的な外乱オブザーバを用いてもよい。

[0138] 図9は、トルク制御部59の構成を示す模式図である。

[0139] トルク制御部59(図2参照)は、モータ電流指令値演算部91と、電流偏差演算部92と、PI制御部93と、PWM(Pulse Width Modulation)

制御部 94 とを含む。

[0140] モータ電流指令値演算部 91 は、加算部 58（図 2 参照）によって演算されたモータトルク指令値 $T_{m,cmd}$ を電動モータ 18 のトルク定数 K_t で除算することにより、モータ電流指令値 $I_{m,cmd}$ を演算する。

[0141] 電流偏差演算部 92 は、モータ電流指令値演算部 91 によって得られたモータ電流指令値 $I_{m,cmd}$ と電流検出回路 42 によって検出されたモータ電流 I_m との偏差 ΔI ($= I_{m,cmd} - I_m$) を演算する。

[0142] PI 制御部 93 は、電流偏差演算部 92 によって演算された電流偏差 ΔI に対する PI 演算（比例積分演算）を行うことにより、電動モータ 18 に流れるモータ電流 I をモータ電流指令値 $I_{m,cmd}$ に導くための駆動指令値を生成する。PWM 制御部 94 は、前記駆動指令値に対応するデューティ比の PWM 制御信号を生成して、駆動回路 41 に供給する。これにより、駆動指令値に対応した電力が電動モータ 18 に供給されることになる。

[0143] 以下、重み設定部 52 によって実行される重み設定処理について説明する。

[0144] まず、手動操舵指令値演算部 53 の重み W の大きさによって、目標走行ラインへの車両の追従性が変化することについて説明する。

[0145] 手動操舵指令値演算部 53 は、前述したように、前記式 (2) の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{col}$ および仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{col}/dt$ として、それぞれ、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ および $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ を用いて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算している。

[0146] 図 2 および図 6 を参照して、協調操舵モード時には、例えば実操舵角 θ_c が統合角度指令値 θ_{cmd} に追従するように、電動モータ 18 が制御される。実操舵角 θ_c が統合角度指令値 θ_{cmd} に完全に追従していると仮定すると、 $\theta_{md} = \theta_c - \theta_{ad}$ という関係が成り立つ。

[0147] この場合、前記式 (3) 内の第 1 仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{md}$ （手動操舵指令値 θ_{md} に応じた仮想ばね反力）は、次式 (11) で表される。

[0148]

[数11]

数11

$$\begin{aligned} k_{md} \cdot \theta_{md} &= k_{md} \cdot (\theta_c - \theta_{ad}) \\ &= k_{md} \cdot \theta_c - k_{md} \cdot \theta_{ad} \quad \dots (11) \end{aligned}$$

[0149] 同様に、前記式(3)内の第1仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ (自動操舵指令値 θ_{md} に応じた仮想ダンパ反力) は、次式(12)で表される。

[0150] [数12]

数12

$$\begin{aligned} c_{md} \cdot \dot{\theta}_{md} &= c_{md} \cdot (\dot{\theta}_c - \dot{\theta}_{ad}) \\ &= c_{md} \cdot \dot{\theta}_c - c_{md} \cdot \dot{\theta}_{ad} \quad \dots (12) \end{aligned}$$

[0151] つまり、第1仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{md}$ は、実操舵角 θ_c に応じた実操舵角成分 $k_{md} \cdot \theta_c$ と、自動操舵指令値 θ_{ad} に応じた自動操舵成分 $-k_{md} \cdot \theta_{ad}$ とを含む。同様に、第1仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ は、実操舵角 θ_c の1階微分に応じた実操舵角成分 $c_{md} \cdot d\theta_c/dt$ と、自動操舵指令値 θ_{ad} の1階微分に応じた自動操舵成分 $-c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ とを含む。

[0152] 式(11)および式(12)が成り立つと仮定すると、前記式(3)は、次式(13)に示すようになる。

[0153] [数13]

数13

$$\begin{aligned} J_{md} \cdot \ddot{\theta}_{md} &= T_{tb} + N \cdot T_{as} - (k_{md} \cdot \theta_c - k_{md} \cdot \theta_{ad} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}) \\ &\quad - (c_{md} \cdot \dot{\theta}_c - c_{md} \cdot \dot{\theta}_{ad} + W \cdot c_{md} \cdot \dot{\theta}_{ad}) \quad \dots (13) \end{aligned}$$

[0154] $W=0$ の場合には、前記式(13)は、前記式(2)と等価な式になる。したがって、協調操舵モード時において、比較方法と同様に、自動操舵指令値 θ_{ad} に応じた運転支援力が作用する。つまり、目標走行ラインへの車両の追従性が高くなる。

[0155] 一方、 $W=1$ の場合には、前記式(13)は、次式(14)となる。

[0156]

[数14]

数14

$$J_{md} \cdot \ddot{\theta}_{md} = T_{tb} + N \cdot T_{as} - k_{md} \cdot \theta_c - c_{md} \cdot \dot{\theta}_c \quad \dots (14)$$

[0157] つまり、 $W = 1$ の場合には、仮想ばね反力は $k_{md} \cdot \theta_c$ となり、自動操舵指令値 θ_{ad} に応じた自動操舵成分 $-k_{md} \cdot \theta_{ad}$ は零となる。同様に、 $W = 1$ の場合には、仮想ダンパ反力は $c_{md} \cdot d\theta_c / dt$ となり、自動操舵指令値 θ_{ad} の1階微分に応じた自動操舵成分 $-c_{md} \cdot d\theta_{ad} / dt$ は零となる。つまり、 $W = 1$ の場合には、自動操舵指令値 θ_{ad} に応じた運転支援力は作用しなくなる。つまり、目標走行ラインへの車両の追従性がない状態となる。

[0158] W が、 $0 < W < 1$ の範囲にある場合には、 $W = 0$ である基本特性から、目標走行ラインへの車両の追従性を弱めた協調制御が行われる。この場合、 W が大きいほど、目標走行ラインへの車両の追従性が弱くなる。

[0159] 図10は、重み設定部52による重み設定処理の手順を示すフローチャートである。図10の処理は、所定の演算周期毎に繰り返し実行される。なお、 W の初期値は、0であるものとする。

[0160] 重み設定部52は、まず、トーションバートルク T_{tb} が所定の閾値 A ($A > 0$) 以下であるか否かを判別する（ステップS1）。閾値 A は、ドライバがハンドルを握っている状態（ハンズオン状態）であるかであるかドライバがハンドルを握っていない状態（ハンズオフ状態）であるかを判定するための閾値である。

[0161] トーションバートルク T_{tb} が閾値 A 以下である場合には（ステップS1：YES）、重み設定部52は、ハンズオフ状態であると判定し、重み W を零に設定する（ステップS2）。つまり、ハンズオフ状態である場合には、目標走行ラインへの車両の追従性が高くなるように、 W が設定される。この理由は、ハンズオフ状態である場合に目標走行ラインへの車両の追従性を弱めると、車両を目標走行ラインに追従させることができなくなるからである。

[0162] なお、ステップS1でトーションバートルク T_{tb} が閾値 A 以下であると判

別された場合に、 W を零に近い零以上の値に設定してもよい。重み設定部52は、ステップS2の処理を行うと、今回の演算周期での処理を終了する。

[0163] なお、ステップS1では、ドライバによる接触の有無を判定するセンサをハンドルに取り付けて、接触面圧もしくは接触時間が所定の閾値 B ($B > 0$) 以下であるか否かを判別するようにしもよい。

[0164] ステップS1において、トーションバートルク T_{tb} が閾値 A よりも大きいと判別された場合には（ステップS1：NO）、重み設定部52は、ハンズオン状態であると判定し、走行車線が直進路であるか否かを判別する（ステップS3）。この実施形態では、重み設定部52は、曲率 ρ が所定の閾値 C ($C > 0$) 以下であれば、走行車線が直進路であると判別し、曲率 ρ が閾値 C よりも大きければ、走行車線が曲線路であると判別する。

[0165] 走行車線が直進路である場合には（ステップS3：YES）、重み設定部52は、 W を0よりも大きく1よりも小さい範囲内の所定値 α ($0 < \alpha < 1$) に設定する（ステップS4）。つまり、この実施形態では、重み設定部52は、ステップS2で設定される重みよりも大きな値を α として設定する。この実施形態では、 $\alpha = 0.7$ に設定されている。これにより、 $W = 0$ である場合よりも、目標走行ラインへの車両の追従性が弱められる。言い換えれば、比較方法によって手動操舵指令値 θ_{md} を生成する場合に比べて、自動操舵指令値 θ_{ad} に応じた運転支援力が弱められる。これにより、運転支援モード時におけるドライバの操舵感を改善することが可能となる。

[0166] なお、ステップS3で走行車線が直線路であると判別された場合に、 W を0よりも大きく1よりも小さい範囲内の所定値 α ($0 < \alpha < 1$) に設定することが好ましいが、 W を1に設定してもよい。重み設定部52は、ステップS4の処理を行うと、今回の演算周期での処理を終了する。

[0167] ステップS3において、走行車線が曲線路であると判別された場合には（ステップS3：NO）、重み設定部52は、 W を零に設定する（ステップS5）。つまり、この実施形態では、重み設定部52は、ステップS4で設定される重みよりも小さな値を重みとして設定する。つまり、走行車線が曲線

路である場合には、目標走行ラインへの車両の追従性が高くなるように、 W が設定される。この理由は、曲線路では、車両に作用する遠心力によって、目標走行ラインから車両が逸脱しやすくなるためである。

[0168] なお、ステップS3で走行車線が曲線路であると判別された場合に、 W を零に近い零以上の値に設定してもよい。また、ステップS3で走行車線が曲線路であると判別された場合に、ステップS4で設定される重み以上の値を重みとして設定してもよい。重み設定部52は、ステップS5の処理を行うと、今回の演算周期での処理を終了する。

[0169] 以下、図2を参照して、本実施形態の動作について説明する。

[0170] この実施形態では、手動操舵モードとは、アシストトルク指令値 T_{as} のみに基づいて電動モータ18が制御される操舵モードをいう。また、協調操舵モードとは、自動操舵指令値 θ_{ad} と手動操舵指令値 θ_{md} との両方が加味された統合角度指令値 θ_{cmd} に基づいて電動モータ18が制御される操舵モードをいう。

[0171] 操舵モードが手動操舵モードに設定されている場合には、第1スイッチ56がオンとなり、第2スイッチ57がオフとなる。操舵モードが協調操舵モードに設定されている場合には、第1スイッチ56がオフとなり、第2スイッチ57がオンとなる。つまり、このモータ制御用ECU202は、運転者によるモードスイッチ31、32の操作によって、手動操舵モードと協調操舵モードの間で操舵モードの切り替えを行うことが可能となる。

[0172] 前述の実施形態では、統合角度指令値 θ_{cmd} に基づいて電動モータ18を制御できる協調操舵モードと、アシストトルク指令値 T_{as} のみに基づいて電動モータ18を制御できる手動操舵モードとを切り替えることができるようになる。

[0173] つまり、統合角度指令値 θ_{cmd} に基づいて電動モータ18を制御できる電動パワーステアリングシステム1において、アシストトルク指令値 T_{as} のみに基づいて電動モータ18を制御することが可能となる。

[0174] 前述の実施形態では、手動操舵モード時には、アシストトルク指令値 T_{as}

のみに基づいて電動モータ 18 が制御されるから、ドライバは、実際の路面反力トルクを受け取ることができるようになる。

[0175] 前述の実施形態では、協調操舵モード時には、手動操舵指令値演算部 53 は、前記式 (2) の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{col}$ および仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{col}/dt$ として、それぞれ、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ および $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ を用いて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算している。

[0176] これにより、重み W を変化させることによって、目標走行ラインへの車両の追従性を調整することができるようになる。これにより、運転支援モード時におけるドライバの操舵感を改善することが可能となる。

[0177] 前述の実施形態では、第 2 仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ に乗算される重み W と、第 2 仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_a$ に乗算される重み W は同じである。しかし、第 2 仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt$ に乗算される重み W と、第 2 仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_a$ に乗算される重み W とが異なってもよい。

[0178] また、前述の実施形態では、前記式 (2) の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{col}$ として、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ を用いるとともに、前記式 (2) の仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{col}/dt$ として、仮想ダンパ反力 $(c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt + W \cdot c_{md} \cdot d\theta_{ad}/dt)$ を用いている。しかし、前記式 (2) の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{col}$ として、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ を用いるが、前記式 (2) の仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{col}/dt$ として、 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ を用いてもよい。

[0179] この場合には、手動操舵指令値演算部は、図 11 に示されるような構成となる。図 11 において、前述の図 5 の各部に対応する部分には、図 5 と同じ符号を付して示す。

[0180] 図 11 の手動操舵指令値演算部 53A は、図 5 の手動操舵指令値演算部 53 の微分部 107 と、第 2 仮想ダンパ反力演算部 108 と、第 1 重み乗算部 109 と、第 1 加算部 110 とを備えていない。第 1 仮想ダンパ反力演算部 106 によって演算される第 1 仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ が仮想ダ

ンパ反力として加減算部 102 にフィードバックされる。

[0181] この場合には、手動操舵指令値演算部 53A は、次式 (15) の運動方程式に基づいて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。

[0182] [数15]

数15

$$J_{md} \cdot \ddot{\theta}_{md} = T_{tb} + N \cdot T_{as} - (k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}) - c_{md} \cdot \dot{\theta}_{md} \quad \dots (15)$$

[0183] 式 (15) において、 $k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad}$ は、仮想ばね反力である。 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ は、仮想ダンパ反力である。

[0184] つまり、手動操舵指令値演算部 53A は、前記式 (2) の仮想ばね反力 $k_{md} \cdot \theta_{md}$ および仮想ダンパ反力 $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ として、それぞれ、 $(k_{md} \cdot \theta_{md} + W \cdot k_{md} \cdot \theta_{ad})$ および $c_{md} \cdot d\theta_{md}/dt$ を用いて、手動操舵指令値 θ_{md} を演算する。

[0185] 図 12 は、モータ制御用 ECU の変形例を示すブロック図である。図 12 において、前述の図 2 の各部に対応する部分には、図 2 と同じ符号を付して示す。

[0186] 図 12 のモータ制御用 ECU 202B では、以下の (1)、(2) および (3) において、図 2 のモータ制御用 ECU 202 と異なっている。

(1) 図 2 の第 1 スイッチ 56、第 2 スイッチ 57 および加算部 58 が設けられていない。

(2) 重み設定部 52B には、トルクセンサ 12 によって検出されるトーションバートルク T_{tb} および上位 ECU 201 から与えられる曲率 ρ の他、操舵モード信号 S_{mode} が入力する。

(3) 重み設定部 52B の動作が、図 2 の重み設定部 52 の動作と異なっている。

[0187] この変形例では、角度制御部 55 によって得られる統合モータトルク指令値 T_{com} が、モータトルク指令値 $T_{m,cmd}$ としてトルク制御部 59 に与えられる。したがって、操舵モードが協調操舵モードである場合のみならず、操舵

モードが手動操舵モードである場合にも、統合モータトルク指令値 T_{com} （統合角度指令値 θ_{cmd} ）に基づいて、電動モータ 18 が制御される。なお、この変形例では、操舵モードが手動操舵モードである場合には、自動操舵指令値 θ_{ad} は、零に設定される。

[0188] 図 13 は、重み設定部 52B による重み設定処理の手順を示すフローチャートである。図 13 において、図 10 の各ステップに対応するステップには、図 10 と同じステップ番号を付して示す。

[0189] 図 13 の処理は、所定の演算周期毎に繰り返し実行される。なお、 W の初期値は、0 であるものとする。

[0190] 重み設定部 52B は、まず、操舵モード信号 S_{mode} に基づいて、操舵モードが手動操舵モードあるか否かを判別する（ステップ S11）。

[0191] 操舵モードが手動操舵モードである場合には（ステップ S11：YES）、重み設定部 52B は、重み W を 1 に設定する（ステップ S12）。つまり、操舵モードが手動操舵モードである場合には、目標走行ラインへ車両を追従させる必要がないので、目標走行ラインへの車両の追従性が低くなるように、 W を設定している。重み設定部 52B は、ステップ S12 の処理を行うと、今回の演算周期での処理を終了する。

[0192] ステップ S11 において、操舵モードが協調操舵モードであると判別された場合には（ステップ S11：NO）、重み設定部 52B は、ステップ S1 に移行する。そして、重み設定部 52B は、図 10 を用いて説明したステップ S1 以降の処理を行う。

[0193] 以上、本開示の実施形態および変形例について説明したが、本開示はさらに他の形態で実施することもできる。

[0194] 前述の実施形態および変形例では、重み設定部 52, 52B は、トーションバートルク T_{tb} および曲率（周囲環境情報の一例） ρ に基づいて重み W を設定している。しかし、重み設定部 52, 52B は、トーションバートルク T_{tb} のみに基づいて重み W を設定してもよいし、曲率（周囲環境情報の一例） ρ のみに基づいて重み W を設定してもよい。ただし、重み設定部 52, 52B は

、トーションバートルク T_{tb} および曲率 ρ のうち少なくともトーションバートルク T_{tb} に基づいて重みを設定することが好ましい。

[0195] トーションバートルク T_{tb} のみに基づいて重み W を設定する場合には、図 10 および図 13 において、ステップ S3, S5 は省略される。つまり、図 10 および図 13 において、ステップ S1 で $T_{tb} > A$ と判別された場合には、重み設定部 52, 52B はステップ S4 に移行する。

[0196] 曲率 ρ のみに基づいて重み W を設定する場合には、図 10 および図 13 において、ステップ S1, S2 は省略される。つまり、図 10 では、重み設定部 52 は、まず、ステップ S3 の処理を行う。図 13 では、ステップ S11 で操舵モードが協調操舵モードであると判別された場合には、重み設定部 52B はステップ S3 に移行する。

[0197] 前述の実施形態では、前記式 (3), (15) におけるばね定数 k_{md} は、予め実験、解析等によって求められている。しかし、前記式 (3), (15) におけるばね定数 k_{md} は、外乱トルク推定部 64 (図 6 参照) によって演算される外乱トルク推定値 $\hat{T}_{lc}$ と、第 2 減速比除算部 70 によって演算される実操舵角 θ_c を用いて、次式 (16) に基づいて、演算されてもよい。

[0198] [数16]

数16

$$k_{md} = \frac{\hat{T}_{lc}}{\theta_c} \quad \dots (16)$$

[0199] また、前述の実施形態では、前記式 (3), (15) における粘性減衰係数 c_{md} は、予め実験、解析等によって求められている。

[0200] しかし、前記式 (3), (15) における粘性減衰係数 c_{md} は、外乱トルク推定部 64 によって演算される外乱トルク推定値 $\hat{T}_{lc}$ と、第 2 減速比除算部 70 によって演算される実操舵角 θ_c を用いて、次式 (17) に基づいて、演算されてもよい。

[0201]

[数17]

数17

$$c_{cmd} = \frac{\hat{T}_{lc}}{\dot{\theta}_c} \dots (17)$$

[0202] また、前述の実施形態では、角度制御部55（図6参照）は、フィードフォワード制御部63を備えているが、フィードフォワード制御部63を省略してもよい。この場合には、フィードバック制御部62によって演算されるフィードバック制御トルク T_{fb} が基本目標トルクとなる。

[0203] また、前述の実施形態では、本開示をコラムタイプEPSのモータ制御に適用した場合の例を示したが、本開示は、コラムタイプ以外のEPSのモータ制御にも適用することができる。また、本開示は、ステアバイワイヤシステムの転舵角制御用の電動モータの制御にも適用することができる。

[0204] 本開示の実施形態について詳細に説明してきたが、これらは本開示の技術的内容を明らかにするために用いられた具体例に過ぎず、本開示はこれらの具体例に限定して解釈されるべきではなく、本開示の範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定される。

[0205] この出願は、2023年6月15日に日本国特許庁に提出された特願2023-098544号に対応しており、それらの出願の全開示はここに引用により組み込まれるものとする。

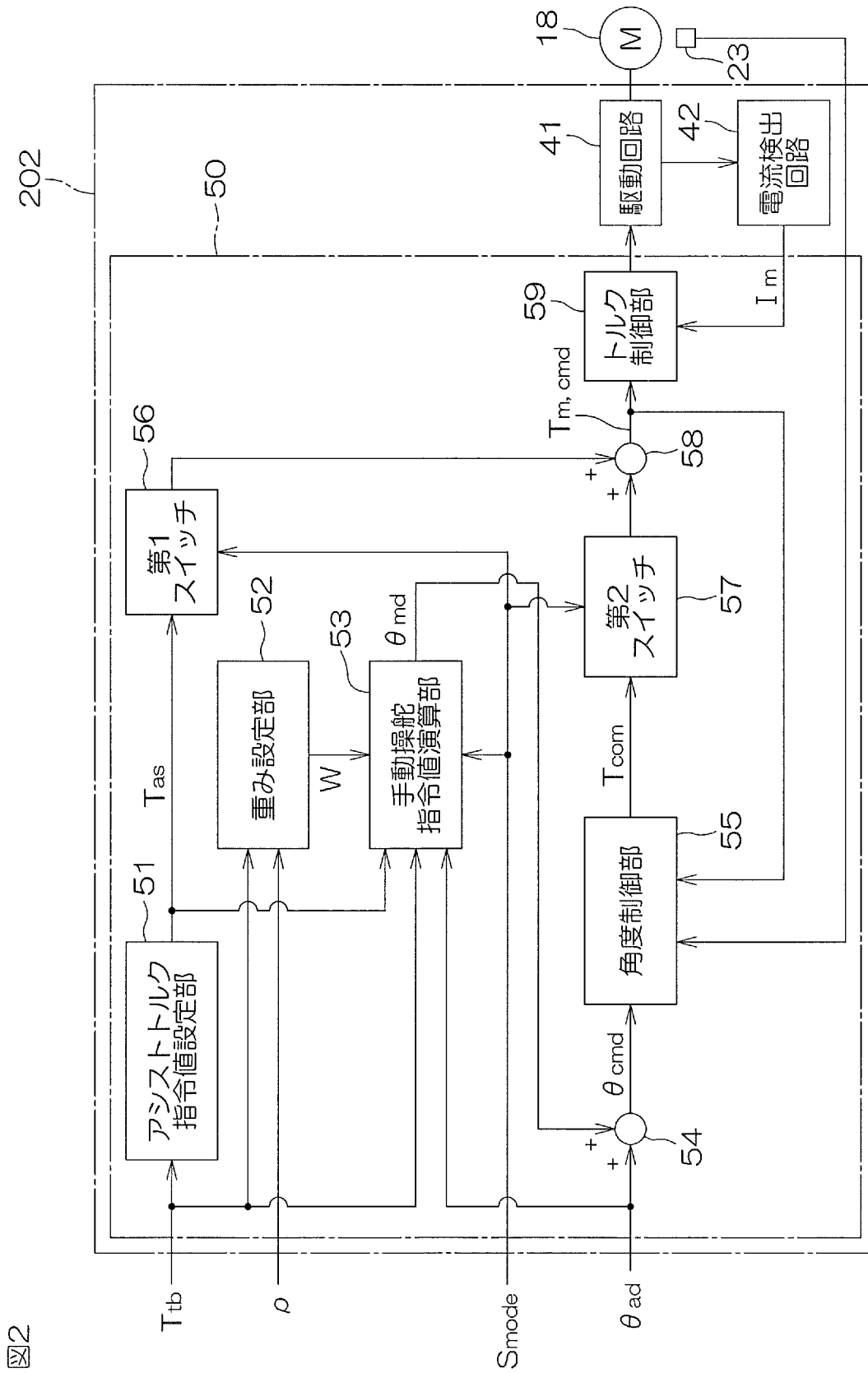
符号の説明

[0206] 1…電動パワーステアリング装置、3…転舵輪、4…転舵機構、18…電動モータ、51…アシストトルク指令値設定部、52, 52B…重み設定部、53, 53A…手動操舵指令値演算部、54…統合角度指令値演算部、55…角度制御部、56…第1スイッチ、57…第2スイッチ、58…加算部、59…トルク制御部、201…上位ECU、202, 202A…モータ制御用ECU

請求の範囲

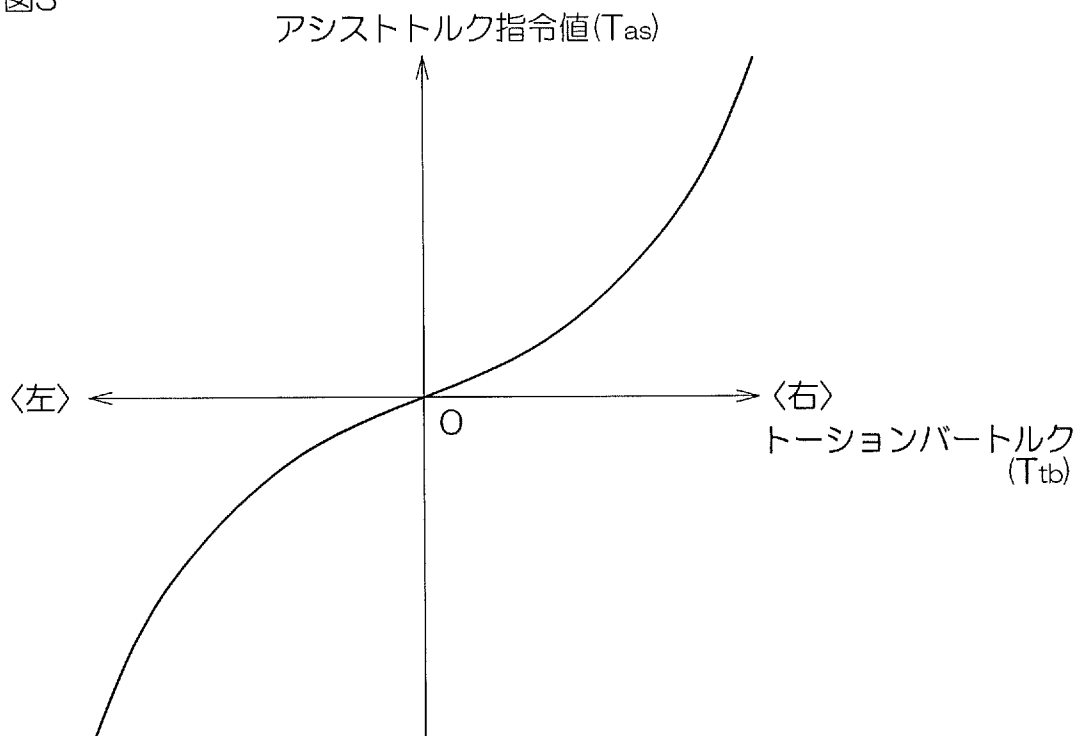
- [請求項1] 操舵装置の電動モータを駆動制御するためのモータ制御装置であって、
- トーションバートルクを用いて手動操舵指令値を演算する手動操舵指令値演算部と、
- 運転支援用の自動操舵指令値に前記手動操舵指令値を加算して、統合角度指令値を演算する統合角度指令値演算部と、
- 前記統合角度指令値に基づいて、前記電動モータを駆動制御する制御部とを含み、
- 運転支援モードにおいて、前記手動操舵指令値演算部は、前記操舵装置のリファレンスモデルの運動方程式を利用して前記手動操舵指令値を演算するように構成されており、
- 前記手動操舵指令値演算部は、前記運動方程式における仮想ばね反力として、前記手動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に、前記自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力が付加された仮想ばね反力を用いて、前記手動操舵指令値を演算する、モータ制御装置。
- [請求項2] 前記手動操舵指令値演算部は、前記手動操舵指令値を演算する際に、前記運動方程式における仮想ダンパ反力として、前記手動操舵指令値の微分値に応じた仮想ダンパ反力に、前記自動操舵指令値の微分値に応じた仮想ダンパ反力が付加された仮想ダンパ反力を用いる、請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記手動操舵指令値演算部は、前記トーションバートルクまたは周囲環境情報を用いて、前記自動操舵指令値に応じた仮想ばね反力に対して重み付け処理を行う、請求項1に記載のモータ制御装置。

[図2]



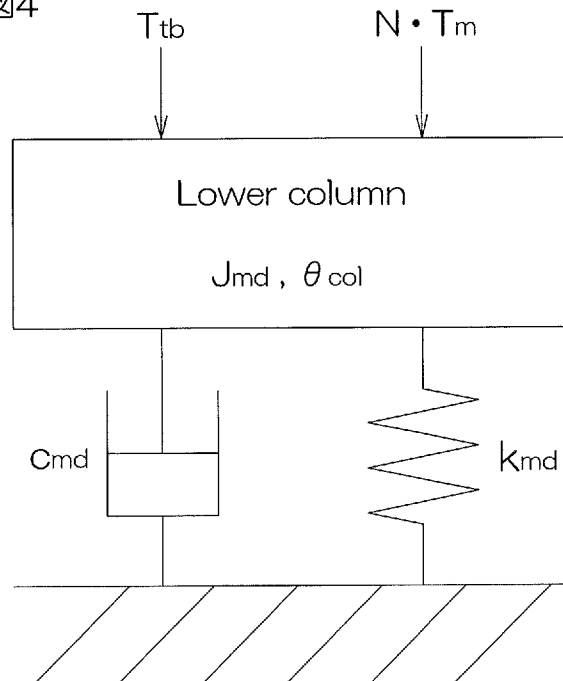
[図3]

図3

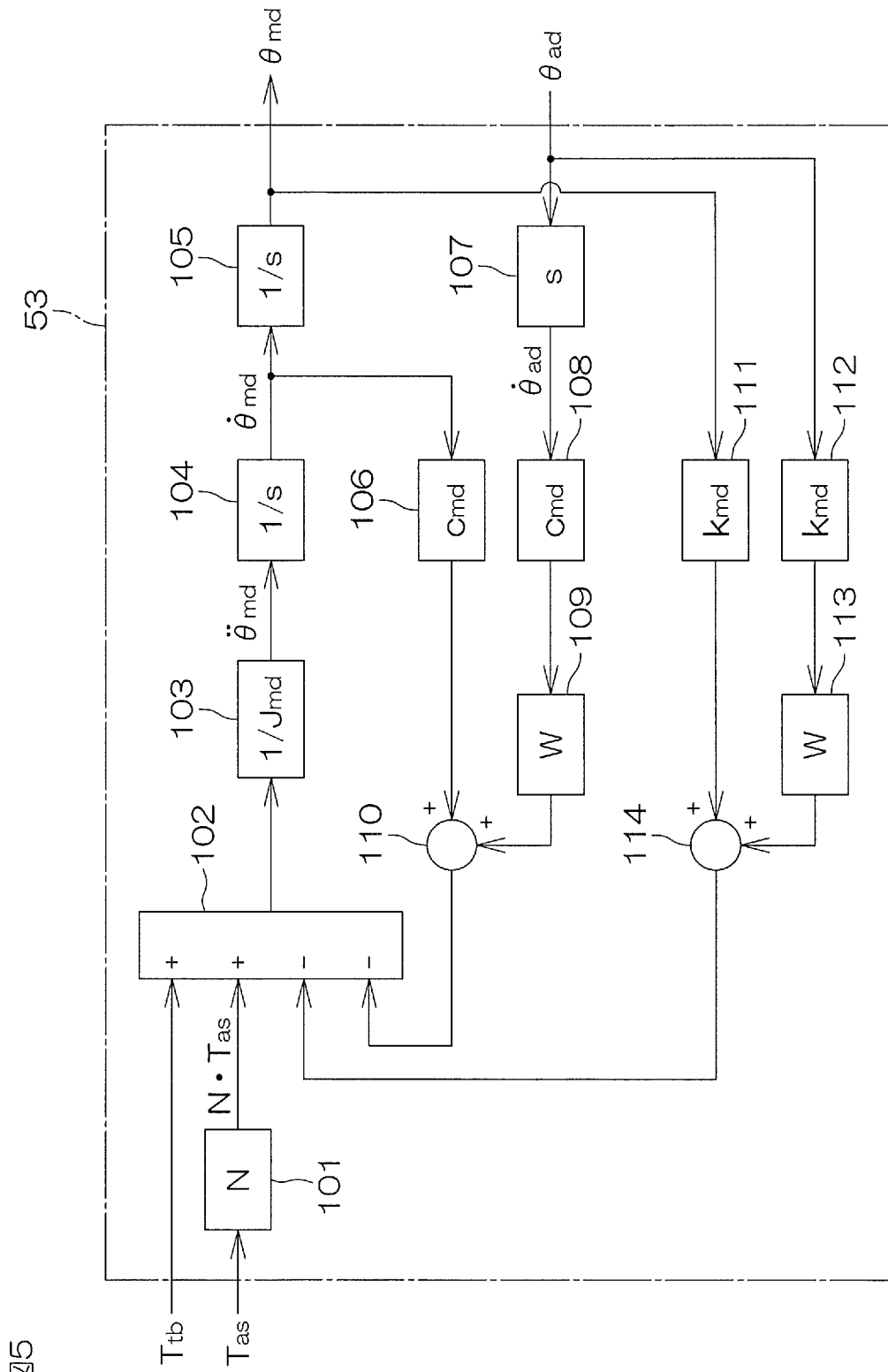


[図4]

図4

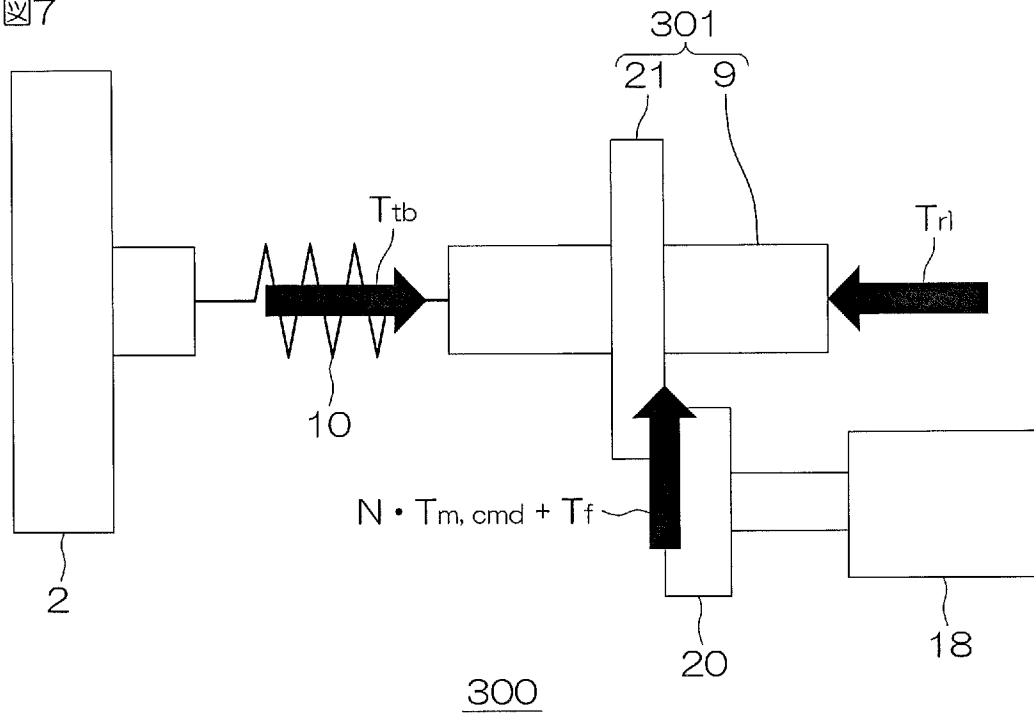


[図5]



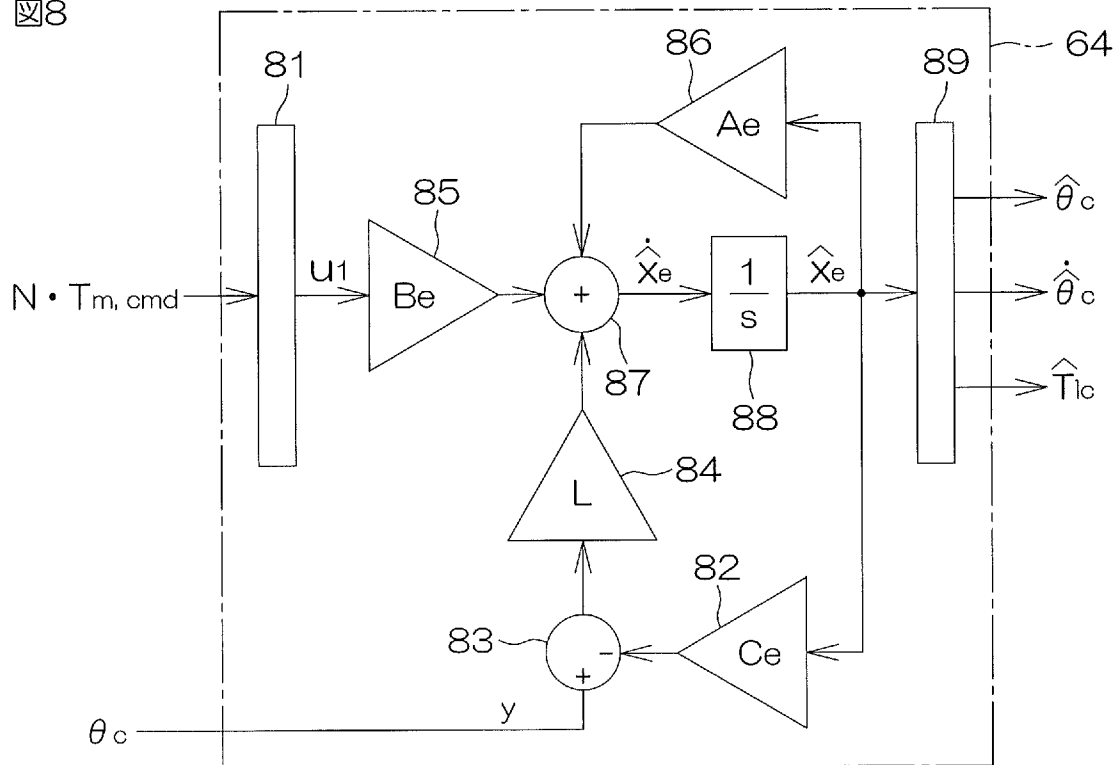
[図7]

図7

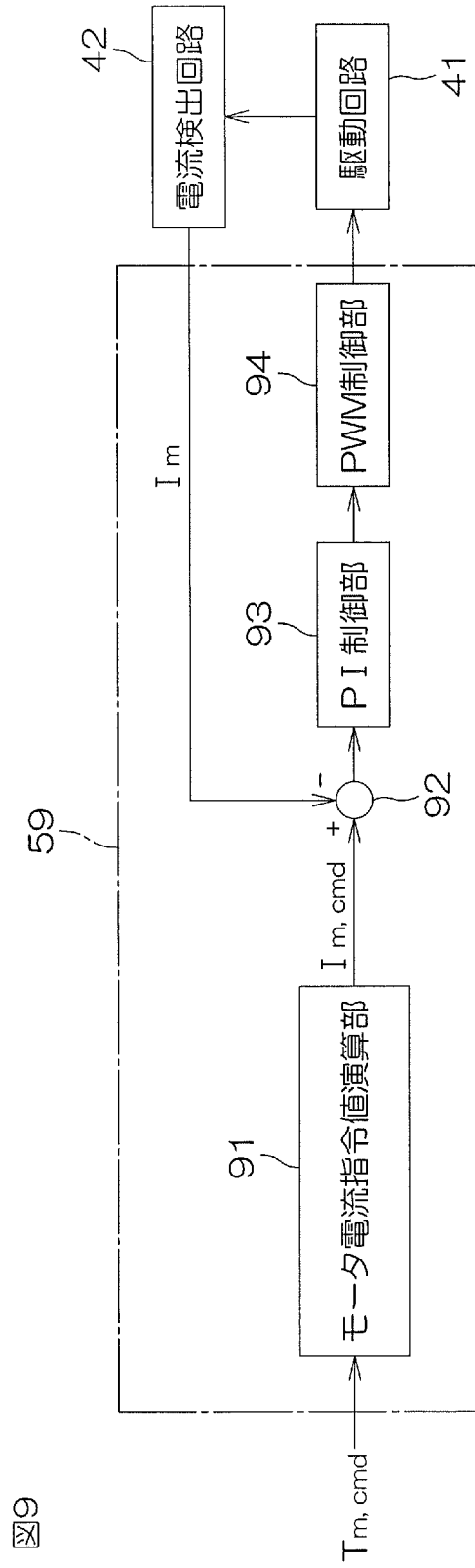


[図8]

図8

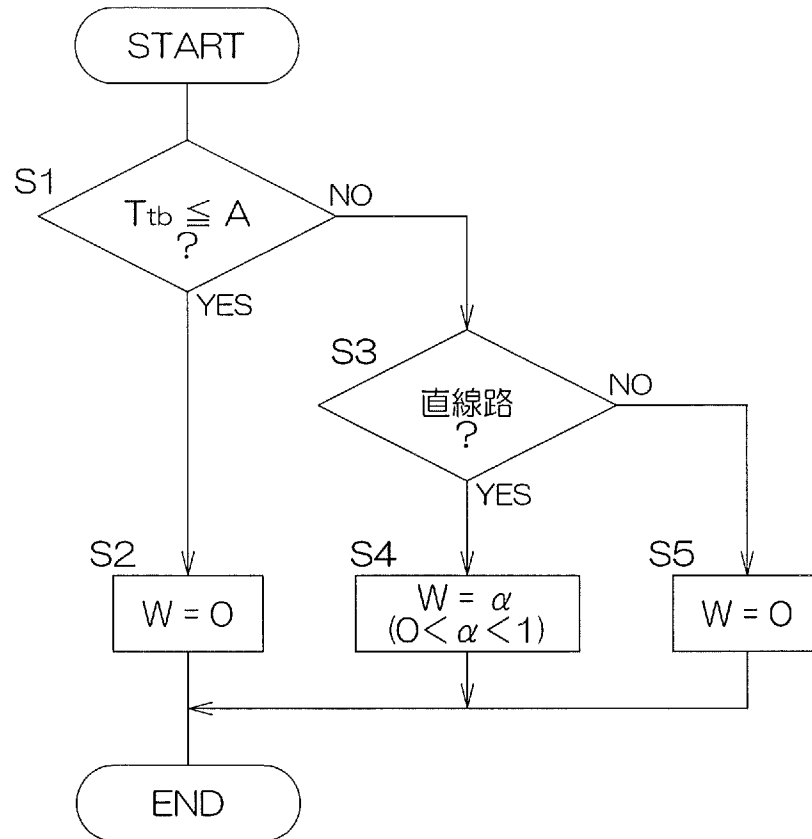


[図9]

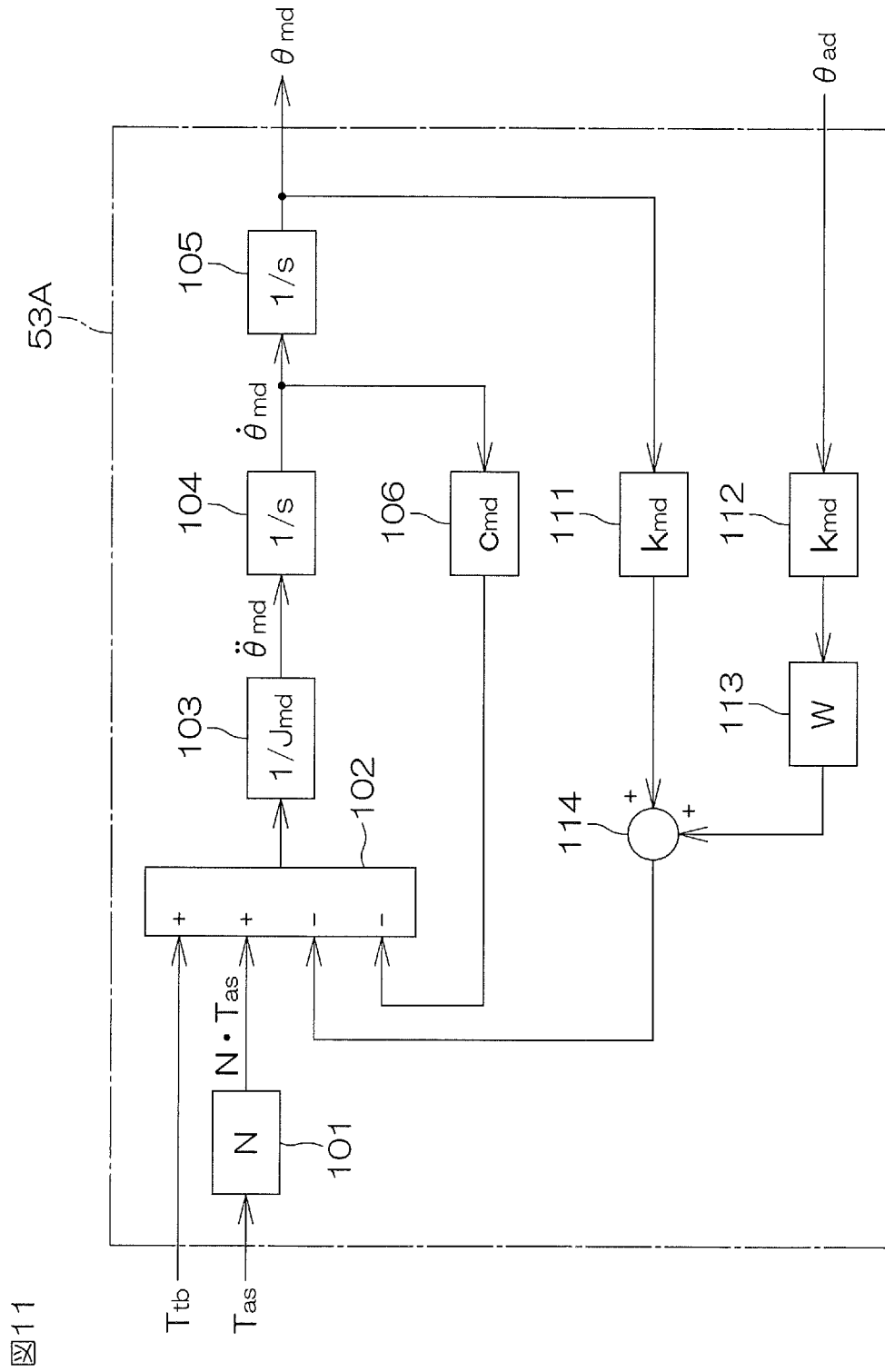


[図10]

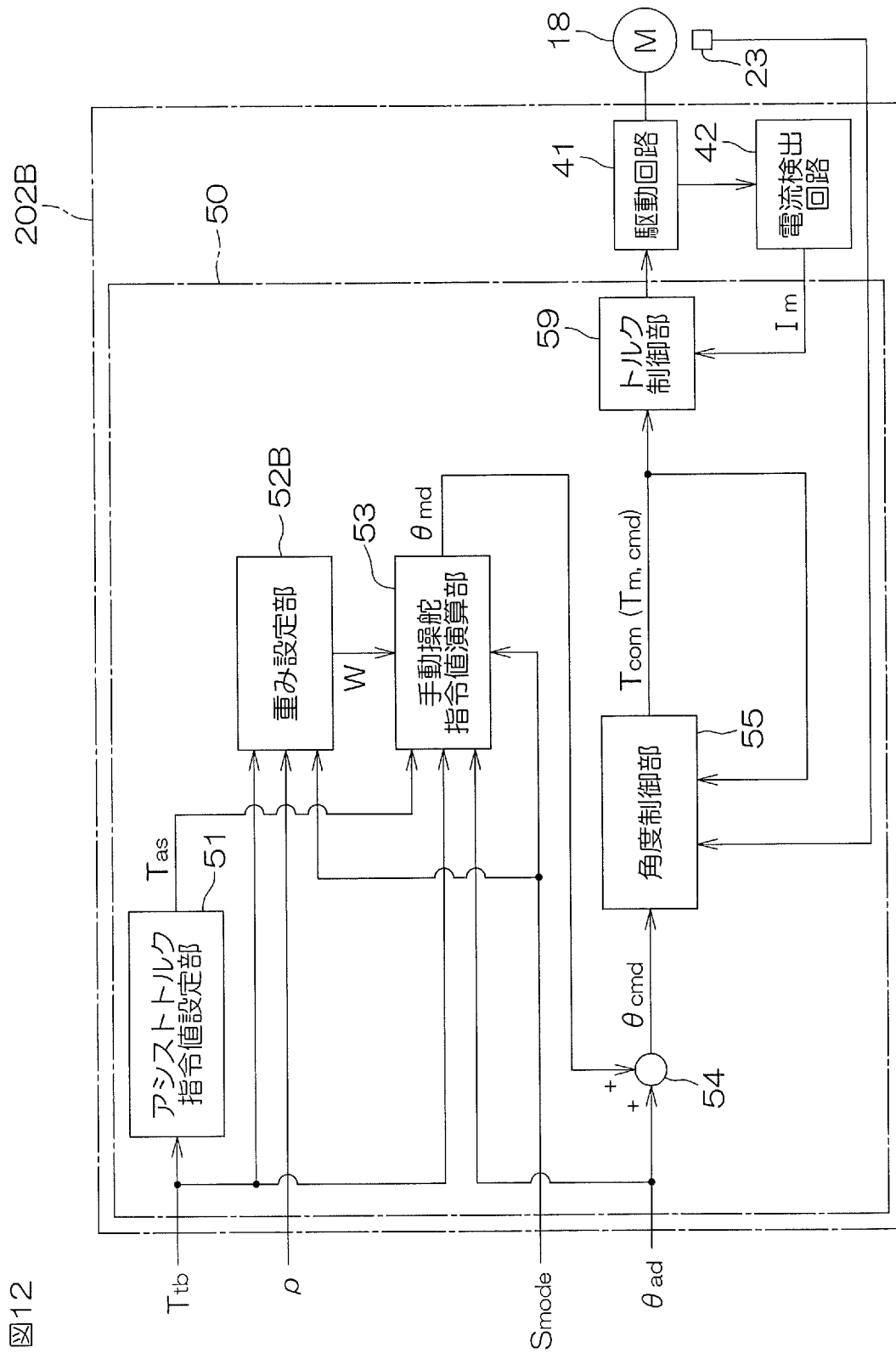
図10



[図11]

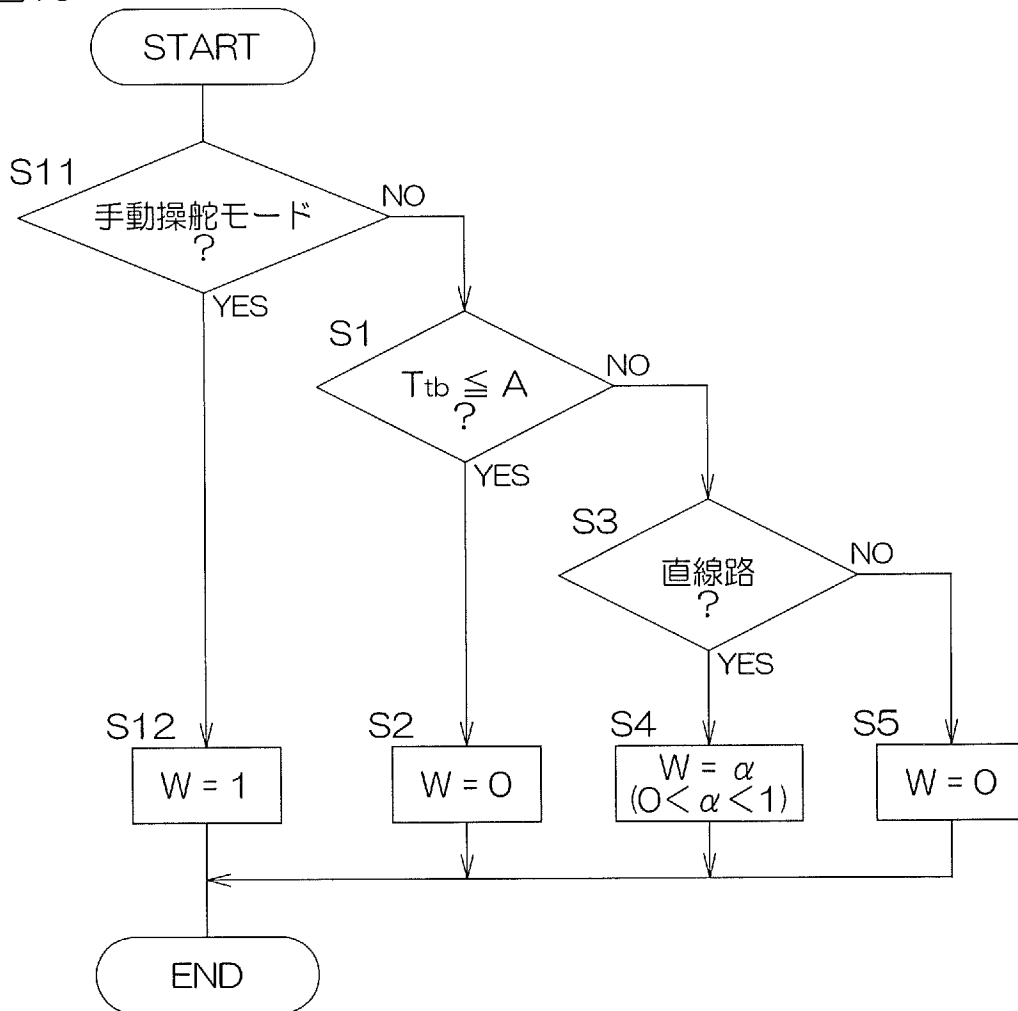


[図12]



[図13]

図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/014833

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B62D 6/00**(2006.01)i; **B62D 5/04**(2006.01)i

FI: B62D6/00; B62D5/04

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)

B62D6/00; B62D5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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	WO 2023/079765 A1 (JTEKT CORP.) 11 May 2023 (2023-05-11) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2020-019346 A (JTEKT CORP.) 06 February 2020 (2020-02-06) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2023-069907 A (JTEKT CORP.) 18 May 2023 (2023-05-18) entire text, all drawings	1-3
A	WO 2023/286169 A1 (JTEKT CORP.) 19 January 2023 (2023-01-19) entire text, all drawings	1-3
A	JP 2021-000950 A (JTEKT CORP.) 07 January 2021 (2021-01-07) entire text, all drawings	1-3
A	US 2019/0031231 A1 (STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORPORATION) 31 January 2019 (2019-01-31) entire text, all drawings	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

14 June 2024

Date of mailing of the international search report

25 June 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/014833

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2023/079765	A1	11 May 2023	(Family: none)	
JP	2020-019346	A	06 February 2020	US 2020/0039576 A1 entire text, all drawings EP 3608203 A1 CN 110775151 A	
JP	2023-069907	A	18 May 2023	(Family: none)	
WO	2023/286169	A1	19 January 2023	CN 117652094 A entire text, all drawings	
JP	2021-000950	A	07 January 2021	US 2020/0398893 A1 entire text, all drawings EP 3756976 A1 CN 112124423 A	
US	2019/0031231	A1	31 January 2019	DE 102018117975 A1 entire text, all drawings CN 109305215 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

B62D 6/00(2006.01)i; B62D 5/04(2006.01)i

FI: B62D6/00; B62D5/04

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））

B62D6/00; B62D5/04

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	WO 2023/079765 A1（株式会社ジェイテクト） 11.05.2023（2023 - 05 - 11） 全文、全図	1-3
A	JP 2020-019346 A（株式会社ジェイテクト） 06.02.2020（2020 - 02 - 06） 全文、全図	1-3
A	JP 2023-069907 A（株式会社ジェイテクト） 18.05.2023（2023 - 05 - 18） 全文、全図	1-3
A	WO 2023/286169 A1（株式会社ジェイテクト） 19.01.2023（2023 - 01 - 19） 全文、全図	1-3
A	JP 2021-000950 A（株式会社ジェイテクト） 07.01.2021（2021 - 01 - 07） 全文、全図	1-3
A	US 2019/0031231 A1（STEERING SOLUTIONS IP HOLDING CORPORATION） 31.01.2019 （2019 - 01 - 31） 全文、全図	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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の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抵触するものではなく、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

14. 06. 2024

国際調査報告の発送日

25. 06. 2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

田邊 学 3Q 1178

電話番号 03-3581-1101 内線 3339

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/014833

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2023/079765	A1	11.05.2023	(ファミリーなし)	
JP	2020-019346	A	06.02.2020	US 2020/0039576	A1
				全文、全図	
				EP 3608203	A1
				CN 110775151	A
JP	2023-069907	A	18.05.2023	(ファミリーなし)	
WO	2023/286169	A1	19.01.2023	CN 117652094	A
				全文、全図	
JP	2021-000950	A	07.01.2021	US 2020/0398893	A1
				全文、全図	
				EP 3756976	A1
				CN 112124423	A
US	2019/0031231	A1	31.01.2019	DE 102018117975	A1
				全文、全図	
				CN 109305215	A