

(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
2023年1月19日(19.01.2023)



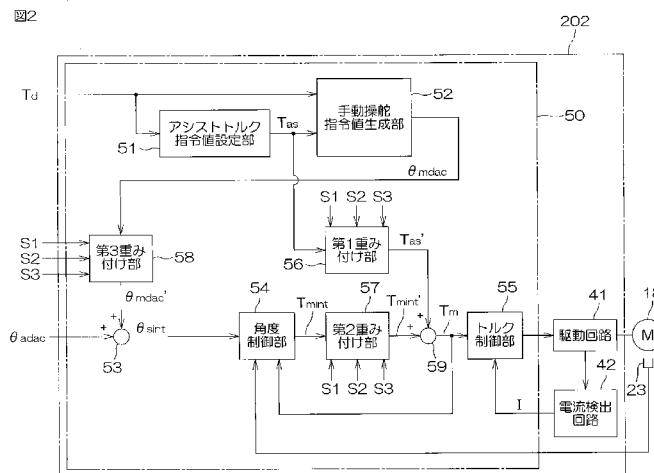
(10) 国際公開番号

WO 2023/286592 A1

- (51) 国際特許分類:
H02P 23/00 (2016.01) **B62D 6/00** (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/025820
- (22) 国際出願日: 2022年6月28日(28.06.2022)
- (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:
PCT/JP2021/026332 2021年7月13日(13.07.2021) 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: 小路 直紀(SHOJI, Naoki); 〒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). ヨシダ ミツコ(YOSHIDA, Mitsuko); 〒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). フックス ロバート(FUCHS, Robert); 〒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: 特許業務法人あい特許事務所 (AI ASSOCIATION OF PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒5410054 大阪府大阪市中央区南本町二丁目6番12号 サンマリオンNBFタワー21階 Osaka (JP).

(54) Title: MOTOR CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: モータ制御装置



- 41 Driving circuit
42 Current detection circuit
51 Assist torque command value setting unit
52 Manual steering command value generation unit
54 Angle control unit
55 Torque control unit
56 First weight imparting unit
57 Second weight imparting unit
58 Third weight imparting unit

(57) Abstract: This motor control device comprises: an assist torque command value generation unit which uses a steering torque to generate an assist torque command value; a manual steering command value generation unit which uses the steering torque and the assist torque command value to generate a manual steering command value; an integrated angle command value calculation unit which adds the manual steering command value to an automatic steering command value and calculates an integrated angle command value; and a switching unit which switches, in response to a switching signal,

(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, 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, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

between first control for controlling an electric motor on the basis of the assist torque command value and second control for controlling the electric motor on the basis of the integrated angle command value.

(57) 要約: モータ制御装置は、操舵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生成部と、操舵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含む。

明 細 書

発明の名称： モータ制御装置

技術分野

[0001] この発明は、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、自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算した統合角度指令値に基づいて、電動モータを角度フィードバック制御するモータ制御装置が開示されている。また、特許文献 1 には、第 1 の重み付け処理後の自動操舵指令値と、第 2 の重み付け処理後の手動操舵指令値とを加算することにより、統合角度指令値を演算することが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2019-194059 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 に記載のモータ制御装置では、外乱トルク推定部（外乱オブザーバ）によって、路面負荷トルクを含む外乱トルク、操舵角等が推定される。統合角度指令値と外乱トルク推定部によって演算される操舵角推定値との偏差に対して比例微分演算等が行われることにより、基本トルク指令値が演算される。基本トルク指令値から外乱トルク推定部によって演算される外乱トルク推定値が減算されることによって操舵トルク指令値が演算される。これにより、基本トルク指令値から外乱トルク（路面負荷トルク）が除去された操舵トルク指令値が得られる。そして、操舵トルク指令値が減速比で除算されることにより、モータトルク指令値が演算される。

[0005] 特許文献 1 に記載のモータ制御装置では、基本トルク指令値から外乱トルク（路面負荷トルク）が除去される。その代わりに、手動操舵指令値生成部は、仮想的な路面負荷を加味した手動操舵指令値を生成している。特許文献

1に記載のモータ制御装置では、手動操舵指令値生成部によって生成された手動操舵指令値に基づいて電動モータを制御することが可能である。しかしながら、手動操舵指令値は実際の路面負荷ではなく、仮想的な路面負荷を加味して生成されているため、路面が滑りやすいか否か等の実際の路面状態をドライバが感じるができない。このため、ドライバが操舵に違和感を感じるおそれがある。

[0006] この発明の目的は、自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算した統合角度指令値に基づいて電動モータを制御することが可能なモータ制御装置において、実際の路面状態をドライバが感じることができるようなモータ制御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

[0007] 本発明の一実施形態は、舵角制御用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、操舵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生成部と、前記操舵トルクおよび前記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、前記アシストトルク指令値に基づいて前記電動モータを制御する第1制御と、前記統合角度指令値に基づいて前記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含む、モータ制御装置を提供する。

[0008] この構成では、自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算した統合角度指令値に基づいて電動モータを制御することが可能なモータ制御装置において、実際の路面状態をドライバが感じることができるようなモータ制御が可能となる。

[0009] 本発明における上述の、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

[0010] [図1]図1は、本発明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、操舵トルク T_d 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、手動操舵指令値生成部で用いられるリファレンスEPSモデルの一例を示す模式図である。

[図5]図5は、角度制御部の構成を示すブロック図である。

[図6]図6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7]図7は、外乱トルク推定部の構成を示すブロック図である。

[図8]図8は、トルク制御部の構成を示す模式図である。

[図9]図9は、各モード設定信号 S_1 、 S_2 、 S_3 が入力されたときに設定される第1重み W_1 の設定例を示すグラフである。

[図10]図10は、各モード設定信号 S_1 、 S_2 、 S_3 が入力されたときに設定される第2重み W_2 の設定例を示すグラフである。

[図11]図11は、各モード設定信号 S_1 、 S_2 、 S_3 が入力されたときに設定される第3重み W_3 の設定例を示すグラフである。

[図12]図12は、上位ECUが車両の走行状態に応じて操舵モードの切り替える例を示す模式図である。

[図13]図13は、モータ制御用ECUの変形例を説明するためのブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] [本発明の実施形態の説明]

本発明の一実施形態は、舵角制御用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、操舵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生成部と、前記操舵トルクおよび前記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、前記アシストトルク指令値に基づいて前記電動モータを制御する第1制御と、前記統合角度指令値に基づいて前記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含む、モータ制御装置を提供する。

[0012] この構成では、自動操舵指令値に手動操舵指令値を加算した統合角度指令値に基づいて電動モータを制御することが可能なモータ制御装置において、実際の路面負荷をドライバが感じることができるようなモータ制御が可能となる。

[0013] 本発明の一実施形態では、前記切替部は、前記切替信号に基づいて、前記アシストトルク指令値に対して第1重み付け処理を行う第1重み付け部と、前記切替信号に基づいて、前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値に対して第2重み付け処理を行う第2重み付け部と、前記第1重み付け処理後のアシストトルク指令値と、前記第2重み付け処理後の統合トルク指令値とに基づいてモータトルク指令値を演算するモータトルク指令値演算部とを含む。

[0014] 本発明の一実施形態では、前記切替部は、前記切替信号に基づいて、前記第1制御と、前記第2制御と、前記自動操舵指令値に基づいて前記電動モータを制御する第3制御とを切り替えるように構成されている。

[0015] 本発明の一実施形態では、前記切替部は、前記切替信号に基づいて、前記アシストトルク指令値に対して第1重み付け処理を行う第1重み付け部と、前記切替信号に基づいて、前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値に対して第2重み付け処理を行う第2重み付け部と、前記切替信号に基づいて、前記手動操舵指令値に対して第3重み付け処理を行う第3重み付け部と、前記第1重み付け処理後のアシストトルク指令値と、前記第2重み付け処理後の統合トルク指令値とに基づいてモータトルク指令値を演算するモータトルク指令値演算部とを含み、前記統合角度指令値演算部は、前記自動操舵指令値に、前記第3重み付け処理後の前記手動操舵指令値を加算して、前記統

合角度指令値を演算するように構成されている。

[0016] 本発明の一実施形態では、前記切替部は、前記アシストトルク指令値生成部によって生成される前記アシストトルク指令値と、前記統合角度指令値演算部によって演算される前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値とを加算してモータトルク指令値を演算するための加算部と、前記アシストトルク指令値生成部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第1スイッチと、前記統合角度指令値演算部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第2スイッチとを含む。

[0017] 本発明の一実施形態では、前記切替部は、前記アシストトルク指令値生成部によって生成される前記アシストトルク指令値と、前記統合角度指令値演算部によって演算される前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値とを加算してモータトルク指令値を演算するための加算部と、前記アシストトルク指令値生成部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第1スイッチと、前記統合角度指令値演算部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第2スイッチと、前記手動操舵指令値生成部と前記統合角度指令値演算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第3スイッチとを含む。

[0018] 本発明の一実施形態では、前記第2制御を行うための制御部は、前記統合角度指令値に基づいて角度制御を行う角度制御部を含み、前記角度制御部は、前記統合角度指令値に基づいて、基本トルク指令値を演算する基本トルク指令値演算部と、前記電動モータの駆動対象に作用する前記電動モータのモータトルク以外の外乱トルクを推定する外乱トルク推定部と、前記基本トルク指令値を前記外乱トルクによって補正する外乱トルク補償部とを含む。

[0019] 本発明の一実施形態では、前記外乱トルク推定部は、前記モータトルク指令値と前記電動モータの回転角とを用いて、前記外乱トルクおよび前記駆動対象の回転角を推定するように構成されており、前記基本トルク指令値演算部は、前記統合角度指令値と、前記駆動対象の回転角との差である角度偏差

を演算する角度偏差演算部と、前記角度偏差に対して所定のフィードバック演算を行うことにより、前記基本トルク指令値を演算するフィードバック演算部とを含む。

[0020] 本発明の一実施形態では、前記手動操舵指令値生成部は、前記アシストトルク指令値と、前記操舵トルクと、路面負荷トルクを生成するためのばね定数および粘性減衰係数とを用いて、前記手動操舵指令値を生成するように構成されている。

[0021] [本発明の実施形態の詳細な説明]

以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

[0022] 図1は、本発明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。

[0023] 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。

[0024] 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、トーションバー10を介して相対回転可能に連結されている。

[0025] トーションバー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に与えられた操舵トルク（トーションバートルク） T_d 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操舵トルク T_d は、例えば、左方向への操舵のためのトルクが正の値として検出され、右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操舵トルク T_d の大きさが大きくなるものとする。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 以下において、減速機19の減速比（ギヤ比）をNで表す場合がある。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（ θ_{wg}/θ_{ww} ）として定義される。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 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_{lo} とがある。モータトルク以外の外乱トルク T_{lo} には、操舵トルク T_d 、路面負荷トルク（路面反力トルク） T_{rl} 、摩擦トルク T_f 等が含まれる。

[0034] 操舵トルク T_d 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。

[0035] 路面負荷トルク 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。

[0036] 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 3 つのモードスイッチ 31, 32, 33 が搭載されている。

[0037] 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、自動運転によって操舵が行われる自動操舵モードと、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。これらの操舵モードのより具体的な定義については、後述する。

[0038] 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。

[0039] 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_{dac} 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_{dac} は、車両を目標軌道に沿って自動走行させるための操舵角の目標値である。このような自動操舵指令値 θ_{dac} 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。なお、自動操舵制御（運転支援制御）は、例えば、車両を車線内に維持させるためのレーン・キープ・アシスト（LKA）制御であってもよい。

[0040] また、上位ECU201は、モードスイッチ31、32、33の操作に応じたモード設定信号S1、S2、S3を生成する。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、操舵モードを手動操舵モードに設定するための手動操舵設定信号S1を出力する。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、操舵モードを自動操舵モードに設定するための自動操舵モード設定信号S2を出力する。第3モードスイッチ33がドライバによってオンされたときに、上位ECU201は、操舵モードを協調操舵モードに設定するための協調操舵モード設定信号S3を出力する。モード設定信号S1、S2、S3は、本発明における「切替信号」の一例である。

[0041] 上位ECU201によって設定される自動操舵指令値 θ_{dac} およびモード設定信号S1、S2、S3は、車載ネットワークを介して、モータ制御用E

C U 2 0 2 に与えられる。トルクセンサ 1 2 によって検出される操舵トルク T_d 、回転角センサ 2 3 の出力信号は、モータ制御用 E C U 2 0 2 に入力される。モータ制御用 E C U 2 0 2 は、これらの入力信号および上位 E C U 2 0 1 から与えられる情報に基づいて、電動モータ 1 8 を制御する。

[0042] 図 2 は、モータ制御用 E C U 2 0 2 の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[0043] モータ制御用 E C U 2 0 2 は、マイクロコンピュータ 5 0 と、マイクロコンピュータ 5 0 によって制御され、電動モータ 1 8 に電力を供給する駆動回路（インバータ回路） 4 1 と、電動モータ 1 8 に流れる電流（以下、「モータ電流 I 」という）を検出するための電流検出回路 4 2 とを備えている。

[0044] マイクロコンピュータ 5 0 は、C P U およびメモリ（R O M、R A M、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。この複数の機能処理部には、アシストトルク指令値設定部 5 1 と、手動操舵指令値生成部 5 2 と、統合角度指令値演算部 5 3 と、角度制御部 5 4 と、トルク制御部（電流制御部） 5 5 と、第 1 重み付け部 5 6 と、第 2 重み付け部 5 7 と、第 3 重み付け部 5 8 と、加算部 5 9 とを含む。この実施形態では、第 1 重み付け部 5 6、第 2 重み付け部 5 7 および加算部 5 9 は、本発明における「切替部」の一例である。また、第 1 重み付け部 5 6、第 2 重み付け部 5 7、第 3 重み付け部 5 8 および加算部 5 9 は、本発明における「切替部」の一例である。加算部 5 9 は、本発明における「モータトルク指令値演算部」の一例である。

[0045] アシストトルク指令値設定部 5 1 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 5 1 は、トルクセンサ 1 2 によって検出される操舵トルク T_d に基づいて、アシストトルク指令値 T_{as} を設定する。操舵トルク T_d に対するアシストトルク指令値 T_{as} の設定例は、図 3 に示されている。

[0046] アシストトルク指令値 T_{as} は、電動モータ 1 8 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正の値とされ、電動モータ 1 8 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負の値とされる。アシストトルク指令値 T_{as} は、操舵トルク T_d の正の値に対しては正をとり、操舵トルク T_d 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、操舵トルク T_d 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、操舵トルク T_d 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。

[0048] 第1重み付け部 56 は、入力されるモード設定信号に応じて、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} に対して第1重み付け処理を行う。具体的には、第1重み付け部 56 は、モード設定信号 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ のうちのいずれかが入力されたときには、まず、現在の操舵モードおよび入力されたモード設定信号に応じて、第1重み W_1 を設定する。次に、第1重み付け部 56 は、アシストトルク指令値 T_{as} に第1重み W_1 を乗算する。そして、第1重み付け部 56 は、乗算値 $W_1 \cdot T_{as}$ を、第1重み付け処理後のアシストトルク指令値 T_{as}' として加算部 59 に与える。

[0049] 手動操舵指令値生成部 52 は、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 ）を手動操舵指令値 θ_{mdac} として設定するために設けられている。手動操舵指令値生成部 52 は、トルクセンサ 12 によって検出される操舵トルク T_d 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} とを用いて手動操舵指令値 θ_{mdac} を生成する。手動操舵指令値生成部 52 の詳細については、後述する。

[0050] 第3重み付け部 58 は、入力されるモード設定信号に応じて、手動操舵指令値生成部 52 によって生成される手動操舵指令値 θ_{mdac} に対して第3重み付け処理を行う。具体的には、第3重み付け部 58 は、モード設定信号 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ のうちのいずれかが入力されたときには、まず、現在の操舵モ

ードおよび入力されたモード設定信号に応じて、第3重み W_3 を設定する。次に、第3重み付け部58は、手動操舵指令値 θ_{mdac} に第3重み W_3 を乗算する。そして、第3重み付け部58は、乗算値 $W_3 \cdot \theta_{mdac}$ を、第3重み付け処理後の手動操舵指令値 θ_{mdac}' として統合角度指令値演算部53に与える。

[0051] 統合角度指令値演算部53は、上位ECU201によって設定される自動操舵指令値 θ_{adac} に、第3重み付け処理後の手動操舵指令値 θ_{mdac}' を加算して、統合角度指令値 θ_{sint} を演算する。

[0052] 角度制御部54は、統合角度指令値 θ_{sint} に基づいて、統合角度指令値 θ_{sint} に応じた統合モータトルク指令値 T_{mint} を演算する。統合モータトルク指令値 T_{mint} は、本発明における「統合トルク指令値」の一例である。角度制御部54の詳細については、後述する。

[0053] 第2重み付け部57は、入力されるモード設定信号に応じて、統合モータトルク指令値 T_{mint} に対して第2重み付け処理を行う。具体的には、第2重み付け部57は、モード設定信号S1, S2, S3のうちのいずれかが入力されたときには、まず、現在の操舵モードおよび入力されたモード設定信号に応じて、第2重み W_2 を設定する。次に、第2重み付け部57は、統合モータトルク指令値 T_{mint} に第2重み W_2 を乗算する。そして、第2重み付け部57は、乗算値 $W_2 \cdot T_{mint}$ を、第2重み付け処理後の統合モータトルク指令値 T_{mint}' として加算部59に与える。

[0054] 加算部59は、第1重み付け処理後のアシストトルク指令値 T_{as}' と、第2重み付け処理後の統合モータトルク指令値 T_{mint}' とを加算することにより、電動モータ18に対するモータトルク指令値 T_m を演算する。

[0055] トルク制御部55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 に近づくように駆動回路41を駆動する。

[0056] 手動操舵指令値生成部52は、この実施形態では、リファレンスEPSモデルを用いて、手動操舵指令値 θ_{mdac} を設定する。

[0057] 図4は、手動操舵指令値生成部52で用いられるリファレンスEPSモデルの一例を示す模式図である。

[0058] 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。図4において、 J_c は、ロアコラムの慣性であり、 θ_c はロアコラムの回転角であり、 T_d は、操舵トルクである。ロアコラムには、操舵トルク T_d 、電動モータ18から出力軸9に作用するトルク $N \cdot T_m$ および路面負荷トルク T_{r1} が与えられる。路面負荷トルク T_{r1} は、ばね定数 k および粘性減衰係数 c を用いて、次式(1)で表される。

$$[0059] \quad T_{r1} = -k \cdot \theta_c - c \left(d\theta_c / dt \right) \quad \dots(1)$$

この実施形態では、ばね定数 k および粘性減衰係数 c として、予め実験、解析等で求めた所定値が設定されている。

[0060] 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。

$$[0061] \quad J_c \cdot d^2\theta_c / dt^2 = T_d + N \cdot T_m - k \cdot \theta_c - c \left(d\theta_c / dt \right) \quad \dots(2)$$

手動操舵指令値生成部52は、 T_d にトルクセンサ12によって検出される操舵トルク T_d を代入し、 $N \cdot T_m$ 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_c を演算する。そして、手動操舵指令値生成部52は、得られたロアコラムの回転角 θ_c を手動操舵指令値 θ_{mdac} として生成する。

[0062] 図5は、角度制御部54の構成を示すブロック図である。

[0063] 角度制御部54は、統合角度指令値 θ_{sint} に基づいて、統合モータトルク指令値 T_{mint} を演算する。角度制御部54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。

[0064] 減速比乗算部68は、加算部59(図2参照)によって演算されるモータトルク指令値 T_m 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 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 $N \cdot T_m$ に換算する。

[0065] 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 に換算する。

[0066] ローパスフィルタ 61 は、統合角度指令値 θ_{sint} 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_{sin} 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。

[0067] 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 $\hat{\theta}$ を、ローパスフィルタ処理後の統合角度指令値 θ_{sin} 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_{sin} と操舵角推定値 $\hat{\theta}$ との偏差 $\Delta\theta$ ($=\theta_{sin}-\hat{\theta}$) を演算する。なお、角度偏差演算部 62A は、統合角度指令値 θ_{sin} と、第 2 減速比除算部 70 によって演算される実操舵角 θ との偏差 ($\theta_{sin}-\theta$) を、角度偏差 $\Delta\theta$ として演算するようにしてもよい。

[0068] 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。

[0069] 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_{sin} を 2 階微分することにより、目標角加速度 $d^2\theta_{sin}/dt^2$ を演算する。

[0070] 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 $d^2\theta_{sin}/dt^2$ 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} ($= J \cdot d^2 \theta_{sin} / dt^2$) 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 6 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。

[0071] 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。

[0072] 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 $N \cdot T_m$ と、実操舵角 θ 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) $d\theta / dt$ を推定する。外乱トルク T_{lc} 、操舵角 θ および操舵角微分値 (角速度) $d\theta / dt$ の推定値を、それぞれ $\hat{T}_{lc}$ 、 $\hat{\theta}$ および $d\hat{\theta} / dt$ で表す。外乱トルク推定部 64 の詳細については、後述する。

[0073] 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 $\hat{\theta}$ は、角度偏差演算部 62A に与えられる。

[0074] 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、統合操舵トルク指令値 T_{sint} ($= T_{fb} + T_{ff} - \hat{T}_{lc}$) を演算する。これにより、外乱トルクが補償された統合操舵トルク指令値 T_{sint} (出力軸 9 に対するトルク指令値) が得られる。

[0075] 統合操舵トルク指令値 T_{sint} 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、統合操舵トルク指令値 T_{sint} 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_{mint} を演算する。この統合モータトルク指令値 T_{mint} が、第 2 重み付け部 57 (図 2 参照) に与えられる。

[0076] 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6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101を使用して、外乱トルク T_{lc} 、操舵角 θ および角速度 $d\theta/dt$ を推定する外乱オブザーバから構成されている。

[0077] この物理モデル101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）102を含む。プラント102には、ステアリングホイール2からトーションバー10を介して操舵トルク T_d が与えられるとともに、転舵輪3側から路面負荷トルク T_{rl} が与えられる。

[0078] さらに、プラント102には、ウォームギヤ20を介して出力軸トルク指令値 $N \cdot T_m$ 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。

[0079] プラント102の慣性を J とすると、物理モデル101の慣性についての運動方程式は、次式(3)で表される。

[0080] [数1]

数1

$$\begin{aligned} J\ddot{\theta} &= N \cdot T_m + T_{lc} \quad \dots (3) \\ T_{lc} &= T_d + T_{rl} + T_f \end{aligned}$$

[0081] $d^2\theta/dt^2$ は、プラント102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102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、操舵トルク T_d と路面負荷トルク 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。

[0082] 図6の物理モデル101に対する状態方程式は、次式(4)で表わされる。

[0083]

[数2]

数2

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + B_1 u_1 + B_2 u_2 \\ y = Cx + Du_1 \end{cases} \quad \dots (4)$$

[0084] 前記式(4)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(4)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。

[0085] 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(5)で表される。

[0086] [数3]

数3

$$\begin{cases} \dot{x}_e = A_e x_e + B_e u_1 \\ y = C_e x_e \end{cases} \quad \dots (5)$$

[0087] 前記式(5)において、 x_e は、拡張系の状態変数ベクトルであり、次式(6)で表される。

[0088] [数4]

数4

$$x_e = \begin{bmatrix} x \\ u_2 \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

[0089] 前記式(5)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。

[0090] 前記式(5)の拡張状態方程式から、次式(7)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。

[0091]

[数5]

数5

$$\begin{cases} \dot{\hat{x}}_e = A_e \hat{x}_e + B_e u_1 + L(y - \hat{y}) \\ \hat{y} = C_e \hat{x}_e \end{cases} \quad \dots (7)$$

[0092] 式(7)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(8)で表される。

[0093] [数6]

数6

$$\hat{x}_e = \begin{bmatrix} \hat{\theta} \\ \hat{\dot{\theta}} \\ \hat{T}_{ic} \end{bmatrix} \quad \dots (8)$$

[0094] 式(8)において、 $\hat{\theta}$ は θ の推定値であり、 $\hat{T}_{ic}$ は T_{ic} の推定値である。

[0095] 外乱トルク推定部64は、前記式(7)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。

[0096] 図7は、外乱トルク推定部64の構成を示すブロック図である。

[0097] 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。

[0098] 減速比乗算部68(図5参照)によって演算される出力軸トルク指令値 $N \cdot T_m$ 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。

[0099] 積分部88の出力が状態変数ベクトル $\hat{x}_e$ 。(前記式(8)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。

- [0100] 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。
- [0101] 第1加算部83は、第2減速比除算部70（図5参照）によって演算された実操舵角 θ 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(7)参照）を乗算する。
- [0102] 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 $\hat{\theta}$ および角速度推定値 $d\hat{\theta}/dt$ を演算する。
- [0103] 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(9)となる。

[0104] [数7]

数7

$$T_{lc} = J\ddot{\theta} - N \cdot T_m \quad \dots (9)$$

- [0105] 一般的な外乱オブザーバへの入力は、 $J \cdot d^2\theta/dt^2$ および $N \cdot T_m$ であり、実操舵角 θ 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

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。

[0106] 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。

[0107] 図8は、トルク制御部55の構成を示す模式図である。

[0108] トルク制御部55（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。

[0109] モータ電流指令値演算部91は、加算部59（図2参照）によって演算されたモータトルク指令値 T_m 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_{cmd} を演算する。

[0110] 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_{cmd} と電流検出回路42によって検出されたモータ電流 I との偏差 ΔI （ $= I_{cmd} - I$ ）を演算する。

[0111] 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_{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。

[0112] 以下、本実施形態の動作について説明する。

[0113] 自動操舵モードとは、自動操舵指令値 θ_{dac} 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。手動操舵モードとは、アシストトルク指令値 T_{as} 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。協調操舵モードとは、自動操舵指令値 θ_{dac} と手動操舵指令値 θ_{mdac} との両方が加味された統合角度指令値 θ_{sint} 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。

- [0114] 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重み W_1 が0となり、第2重み W_2 および第3重み W_3 が1.0となる。
- [0115] 操舵モードが自動操舵モードに設定されている場合には、第1重み W_1 および第3重み W_3 が零となり、第2重み W_2 が1.0となる。
- [0116] 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重み W_1 が1.0となり、第2重み W_2 が零となり、第3重み W_3 が0または1.0となる。
- [0117] 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, 33の操作によって、通常操舵モードと自動操舵モードと手動操舵モードとの間で操舵モードの切り替えを行うことが可能となる。
- [0118] 操舵モードの切り替えに伴う第1重み W_1 、第2重み W_2 および第3重み W_3 の設定例が、図9、図10および図11にそれぞれ示されている。
- [0119] 図9では、各モード設定信号S1, S2, S3の入力時(時点t1)から所定時間Tが経過する時点t2までに、第1重み W_1 が零から1.0まで漸増する状態が折れ線L1で示され、1.0から零まで漸減する状態が折れ線L2で示されている。
- [0120] 図10では、時点t1から時点t2までに、第2重み W_2 が零から1.0まで漸増する状態が折れ線L3で示され、1.0から零まで漸減する状態が折れ線L4で示されている。
- [0121] 図11では、時点t1から時点t2までに、第3重み W_3 が零から1.0まで漸増する状態が折れ線L5で示され、1.0から零まで漸減する状態が折れ線L6で示されている。
- [0122] これにより、第1重み付け処理後のアシストトルク指令値 T_{as}' 、第2重み付け処理後の統合モータトルク指令値 T_{mint}' および第3重み付け処理後の手動操舵指令値 θ_{mdac}' のそれぞれの絶対値が漸増または漸減されることになるため、操舵モード間の切り替えが滑らかに行われる。
- [0123] 第1重み W_1 、第2重み W_2 および第3重み W_3 を零と1.0との間で切り替えるのに要する時間Tは、予め実験・解析等で求められた所定値が設定され

ている。また、第1重み W_{ad} 、第2重み W_2 および第3重み W_3 とで、零と1、0との間で切り替えるのに要する時間 T が異なるように設定してもよい。

また、第1重み W_1 、第2重み W_2 および第3重み W_3 は、線形ではなく、非線形に漸増・漸減するように設定されてもよい。

[0124] 本実施形態においては、操舵モードの変更を伴わないモードスイッチ31、32、33の操作が行われても、その操作は無効とされるものとする。また、本実施形態においては、各モードスイッチ31、32、33が操作されてから所定時間 T が経過するまでに、いずれかのモードスイッチ31、32、33が操作されたとしても、その操作は無効とされるものとする。

[0125] なお、操舵モードの切り替えは、モードスイッチ31、32、33によって行われているが、上位ECU201が、運転支援機能または自動運転機能のON/OFF信号、障害物、ドライバ状態、アクセル・ブレーキなどのドライバ操作および車両の走行状態に応じて操舵モードの切り替えるようにしてもよい。この場合には、上位ECU201が、運転支援機能または自動運転機能のON/OFF信号、障害物、ドライバ状態、アクセル・ブレーキなどのドライバ操作および車両の走行状態に応じてモード設定信号を生成して、モータ制御用ECU202に与える。この場合、上位ECU201が、運転支援機能または自動運転機能のON/OFF信号、障害物、ドライバ状態、アクセル・ブレーキなどのドライバ操作および車両の走行状態に応じて生成するモード設定信号は、本発明における「切替信号」の一例である。

[0126] 例えば、車両を車線内に維持させるためのレーン・キープ・アシスト制御が行われる場合には、次のようにして、上位ECU201は、操舵モードを自動的に切り替えるようにしてもよい。

[0127] 図12において、平面視で、車線 L_L 、 L_R の中心ライン L_S を中心とした幅 α （ただし、 $\alpha > 0$ ）の第1領域E1内に、車両300の幅中心における長さ所定位置（以下、「基準位置」という。）が存在している場合には、上位ECU201は、操舵モードを手動操舵モードに設定する。

[0128] 平面視で、車線 L_L 、 L_R の中心ライン L_S を中心とした幅 β （ただし、 $\beta >$

α) の第2領域E 2内であってかつ第1領域外の第3領域E 3内に、車両300の基準位置が存在している場合には、上位ECU201は、操舵モードを協調操舵モードに設定する。

[0129] そして、平面視で、車両300の基準位置が、第2領域E 2の外側に存在している場合には、上位ECU201は、操舵モードを自動操舵モードに設定する。

[0130] 前述の実施形態では、統合角度指令値 θ_{sint} 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} 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、自動操舵指令値 θ_{dac} に基づいて電動モータ18を制御できる自動操舵モードとを切り替えることができるようになる。

[0131] つまり、統合角度指令値 θ_{sint} 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} に基づいて電動モータ18を制御することが可能となる。

[0132] 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} に基づいて電動モータ18が制御されるから、ドライバは、実際の路面負荷トルク（路面反力トルク）を受け取ることができるようになる。これにより、路面が滑りやすいか否か等の実際の路面状態をドライバが感じることができるので、ドライバが操舵に違和感を感じるといったことが低減される。

[0133] また、前述の実施形態では、統合角度指令値 θ_{sint} に基づいて基本トルク指令値（ $T_{fb} + T_{ff}$ ）が演算され、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 $\hat{T}_l$ によって基本トルク指令値（ $T_{fb} + T_{ff}$ ）が補正されているので、角度制御性能に対する外乱トルクの影響を抑制することができる。これにより、高精度の角度制御を実現することが可能となる。

[0134] 図13は、モータ制御用ECU202の変形例を説明するためのブロック図である。図13において、前述の図2の各部に対応する部分には、図2の各部と同じ符号を付して示す。

[0135] このモータ制御用ECU202では、図2の第1重み付け部56、第2重

み付け部 5 7 および第 3 重み付け部 5 8 それぞれに代えて、第 1 スイッチ 1 5 6、第 2 スイッチ 1 5 7 および第 3 スイッチ 1 5 8 が設けられている。

[0136] 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 1 5 6 がオフとされ、第 2 スイッチ 1 5 7 および第 3 スイッチ 1 5 8 がオンされる。

[0137] 操舵モードが自動操舵モードに設定されている場合には、第 1 スイッチ 1 5 6 および第 3 スイッチ 1 5 8 がオフとされ、第 2 スイッチ 1 5 7 がオンとされる。

[0138] 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 1 5 6 がオンとされ、第 2 スイッチ 1 5 7 がオフとされ、第 3 スイッチ 1 5 8 がオフまたはオンとされる。

[0139] 第 1 スイッチ 1 5 6、第 2 スイッチ 1 5 6 および加算部 5 9 は、本発明における「切替部」の一例である。また、第 1 スイッチ 1 5 6、第 2 スイッチ 1 5 7、第 3 スイッチ 1 5 8 および加算部 5 9 は、本発明における「切替部」の一例である。加算部 5 9 は、本発明における「加算部」の一例である。

[0140] 以上、この発明の実施形態および変形例について説明したが、この発明はさらに他の形態で実施することもできる。

[0141] 前述の実施形態では、前記式(2)におけるばね定数 k 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(2)におけるばね定数 k は、外乱トルク推定部 6 4 (図 5 参照)によって演算される外乱トルク推定値 $\hat{T}_l$ と、第 2 減速比除算部 7 0 によって演算される実操舵角 θ とを用いて、次式(10)に基づいて、演算されてもよい。

[0142] $k = \hat{T}_l / \theta \quad \dots(10)$

また、前述の実施形態では、前記式(2)における粘性減衰係数 c は、予め実験、解析等によって求められている。

[0143] しかし、前記式(2)における粘性減衰係数 c は、外乱トルク推定部 6 4 によって演算される外乱トルク推定値 $\hat{T}_l$ と、第 2 減速比除算部 7 0 によって演算される実操舵角 θ とを用いて、次式(11)に基づいて、演算されてもよい。

[0144] $c = \hat{T}_{ic} / (d\theta / dt) \quad \dots(11)$

また、前述の実施形態では、角度制御部54（図5参照）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。

[0145] また、前述の実施形態では、第1重み付け部56、第2重み付け部57および第3重み付け部58が設けられているが、第3重み付け部58は省略されてもよい。この場合には、操舵モードは、手動操舵モードと協調操舵モードとの2種類になる。

[0146] 同様に、前述の変形例では、第1スイッチ156、第2スイッチ157および第3スイッチ158が設けられているが、第3スイッチ158は省略されてもよい。この場合には、操舵モードは、手動操舵モードと協調操舵モードとの2種類になる。

[0147] また、前述の実施形態では、この発明をコラムタイプEPSのモータ制御に適用した場合の例を示したが、この発明は、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、この発明は、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。

[0148] 本発明の実施形態について詳細に説明してきたが、これらは本発明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、本発明はこれらの具体例に限定して解釈されるべきではなく、本発明の範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定される。

符号の説明

[0149] 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…手動操舵指令値生成部、53…統合角度指令値演算部、54…角度制御部、55…トルク制御部、56…第1重み付け部、57…第2重み付け部、58…第3重み付け部、59…加算部、61…ローパスフィルタ（LPF）、62…フィードバック制御部、63…フィードフォワード制御部、64…外乱トルク推定部、65

…トルク加算部、66…外乱トルク補償部、156…第1スイッチ、157
…第2スイッチ、158…第3スイッチ

請求の範囲

- [請求項1] 舵角制御用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、
- 操舵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生成部と、
- 前記操舵トルクおよび前記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、
- 前記アシストトルク指令値に基づいて前記電動モータを制御する第1制御と、前記統合角度指令値に基づいて前記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含む、モータ制御装置。
- [請求項2] 前記切替部は、
- 前記切替信号に基づいて、前記アシストトルク指令値に対して第1重み付け処理を行う第1重み付け部と、
- 前記切替信号に基づいて、前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値に対して第2重み付け処理を行う第2重み付け部と、
- 前記第1重み付け処理後のアシストトルク指令値と、前記第2重み付け処理後の統合トルク指令値とに基づいてモータトルク指令値を演算するモータトルク指令値演算部とを含む、請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項3] 前記切替部は、前記切替信号に基づいて、前記第1制御と、前記第2制御と、前記自動操舵指令値に基づいて前記電動モータを制御する第3制御とを切り替えるように構成されている、請求項1に記載のモータ制御装置。
- [請求項4] 前記切替部は、
- 前記切替信号に基づいて、前記アシストトルク指令値に対して第1

重み付け処理を行う第1重み付け部と、

前記切替信号に基づいて、前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値に対して第2重み付け処理を行う第2重み付け部と、

前記切替信号に基づいて、前記手動操舵指令値に対して第3重み付け処理を行う第3重み付け部と、

前記第1重み付け処理後のアシストトルク指令値と、前記第2重み付け処理後の統合トルク指令値とに基づいてモータトルク指令値を演算するモータトルク指令値演算部とを含み、

前記統合角度指令値演算部は、前記自動操舵指令値に、前記第3重み付け処理後の前記手動操舵指令値を加算して、前記統合角度指令値を演算するように構成されている、請求項3に記載のモータ制御装置。

[請求項5]

前記切替部は、

前記アシストトルク指令値生成部によって生成される前記アシストトルク指令値と、前記統合角度指令値演算部によって演算される前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値とを加算してモータトルク指令値を演算するための加算部と、

前記アシストトルク指令値生成部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第1スイッチと、

前記統合角度指令値演算部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第2スイッチとを含む、請求項1に記載のモータ制御装置。

[請求項6]

前記切替部は、

前記アシストトルク指令値生成部によって生成される前記アシストトルク指令値と、前記統合角度指令値演算部によって演算される前記統合角度指令値に応じた統合トルク指令値とを加算してモータトルク指令値を演算するための加算部と、

前記アシストトルク指令値生成部と前記加算部との間に設けられ、

前記切替信号に基づいてオンオフされる第1スイッチと、

前記統合角度指令値演算部と前記加算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第2スイッチと、

前記手動操舵指令値生成部と前記統合角度指令値演算部との間に設けられ、前記切替信号に基づいてオンオフされる第3スイッチとを含む、請求項3に記載のモータ制御装置。

[請求項7]

前記第2制御を行うための制御部は、前記統合角度指令値に基づいて角度制御を行う角度制御部を含み、

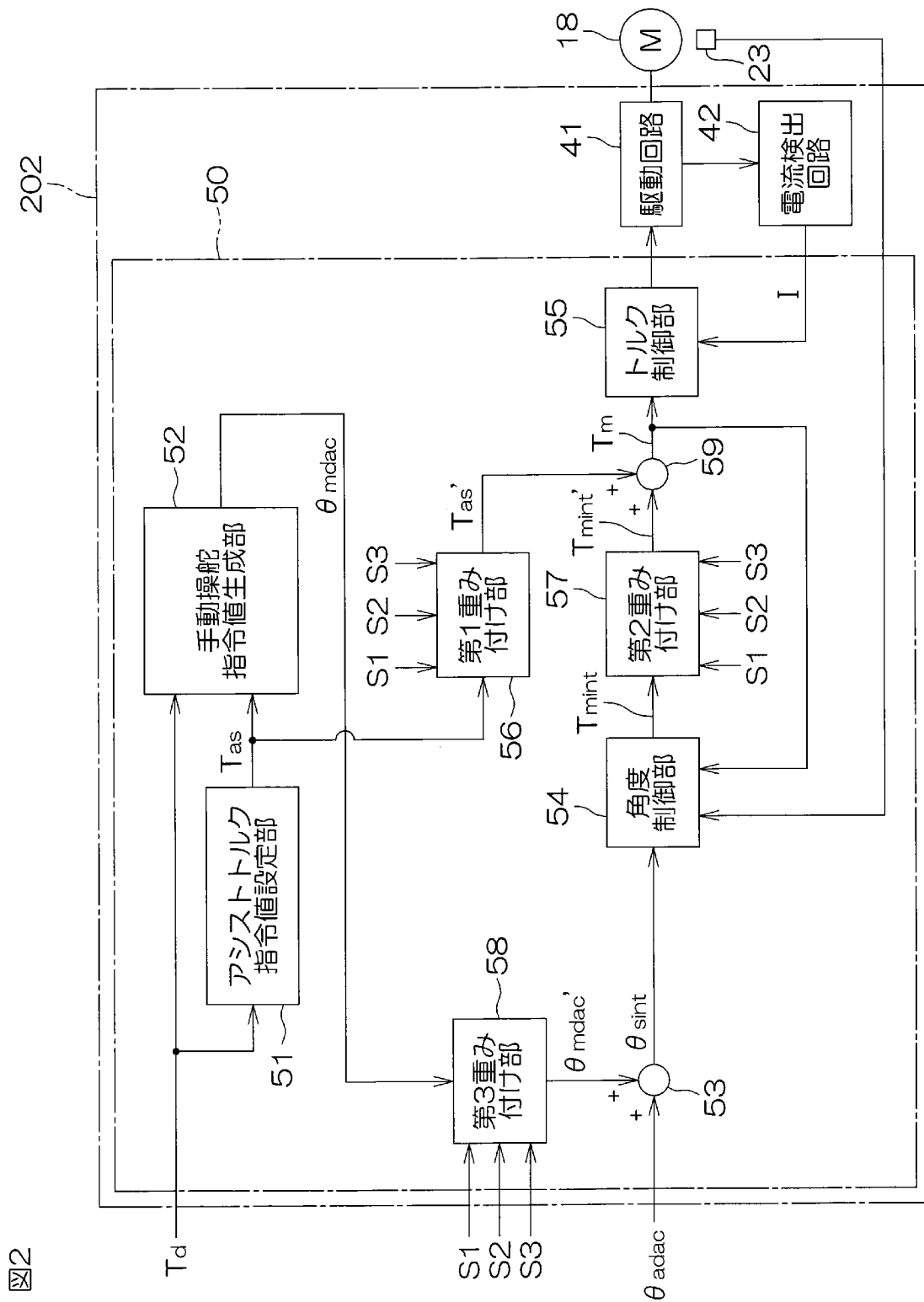
前記角度制御部は、

前記統合角度指令値に基づいて、基本トルク指令値を演算する基本トルク指令値演算部と、

前記電動モータの駆動対象に作用する前記電動モータのモータトルク以外の外乱トルクを推定する外乱トルク推定部と、

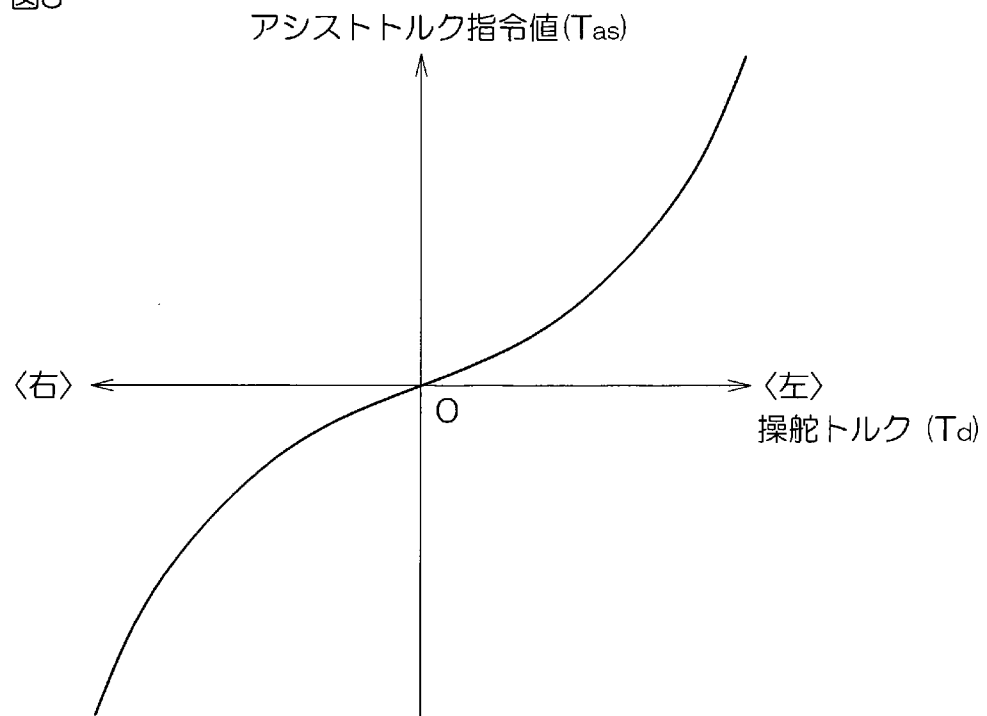
前記基本トルク指令値を前記外乱トルクによって補正する外乱トルク補償部とを含む、請求項2，4，5および6のいずれか一項に記載のモータ制御装置。

[図2]



[図3]

図3



[図4]

図4

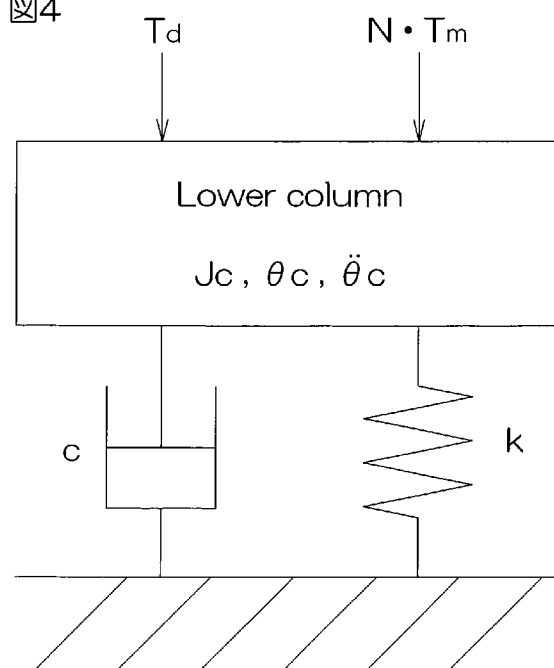
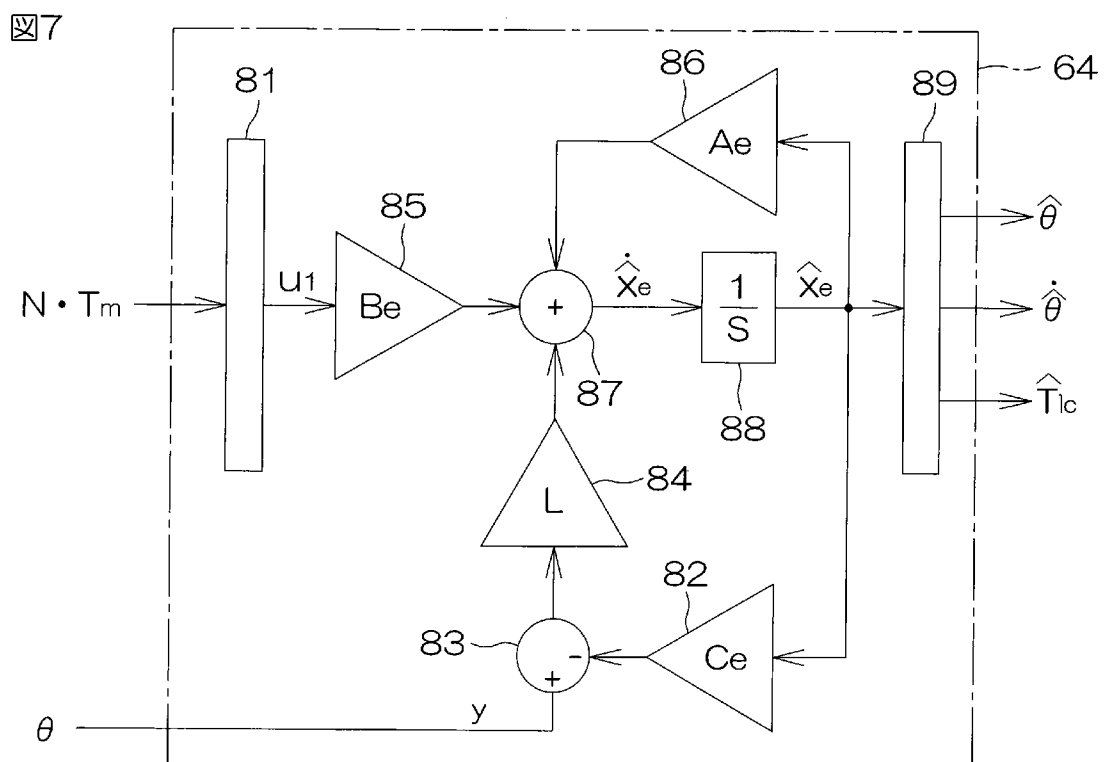
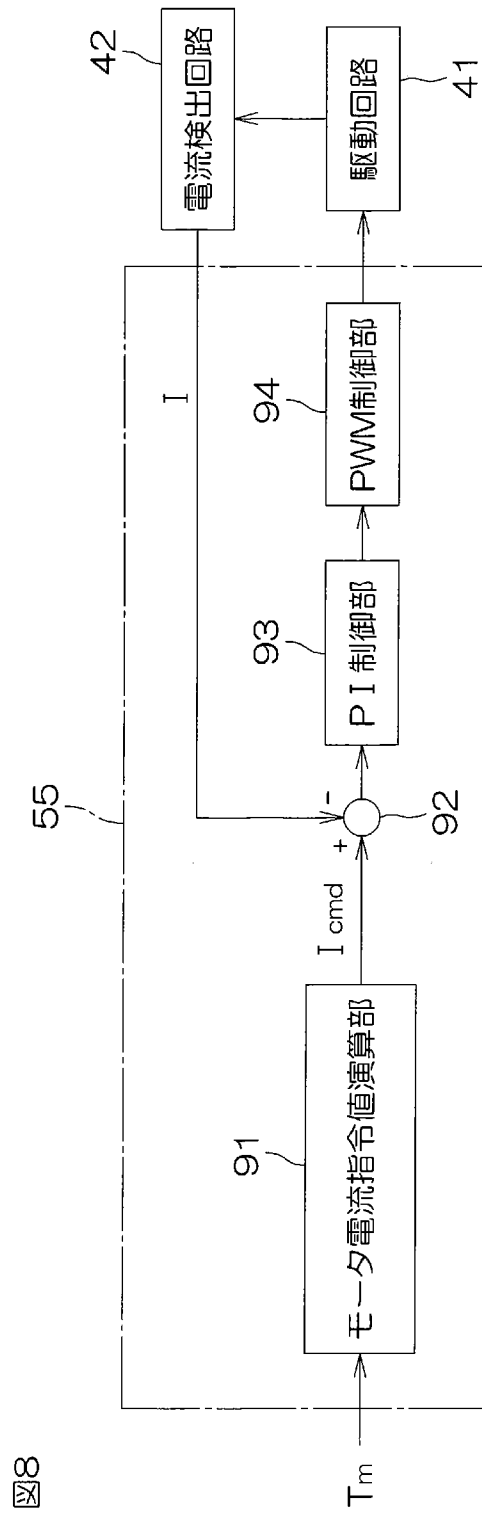


图6

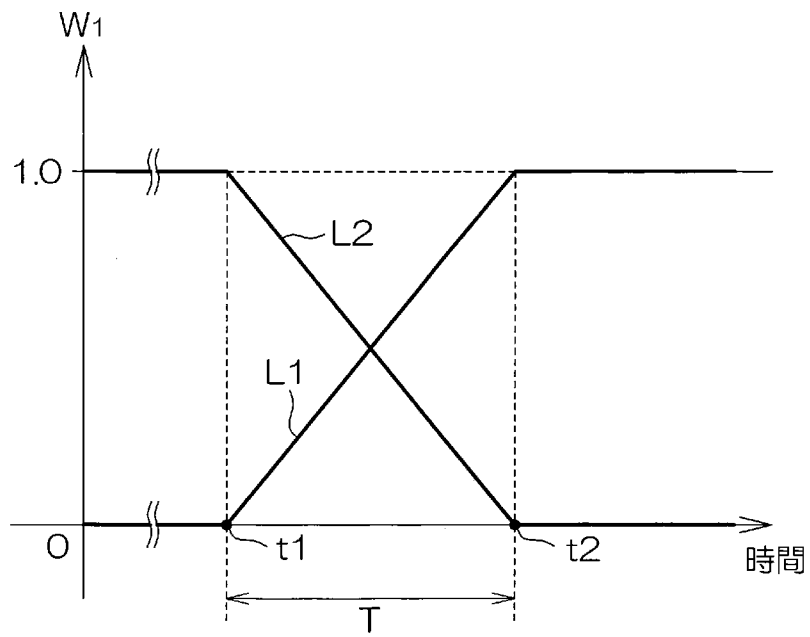


[図8]



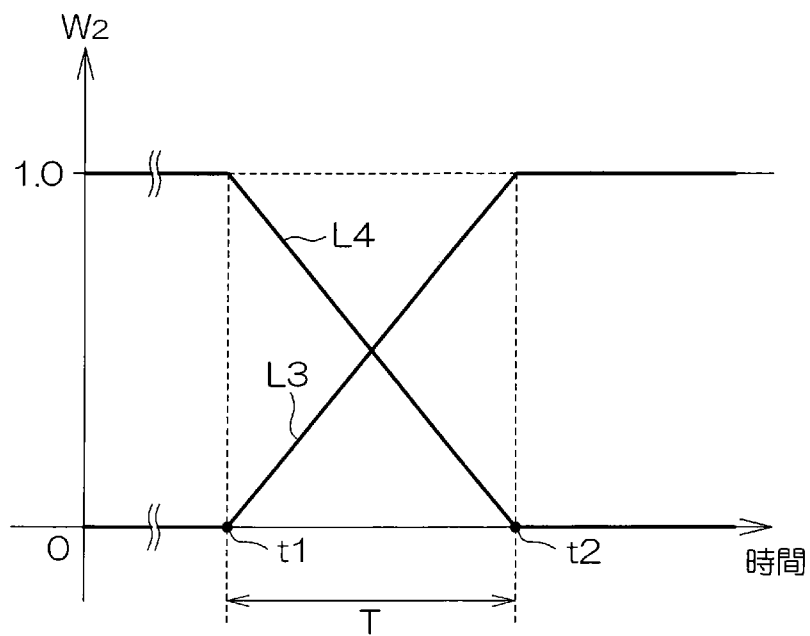
[図9]

図9



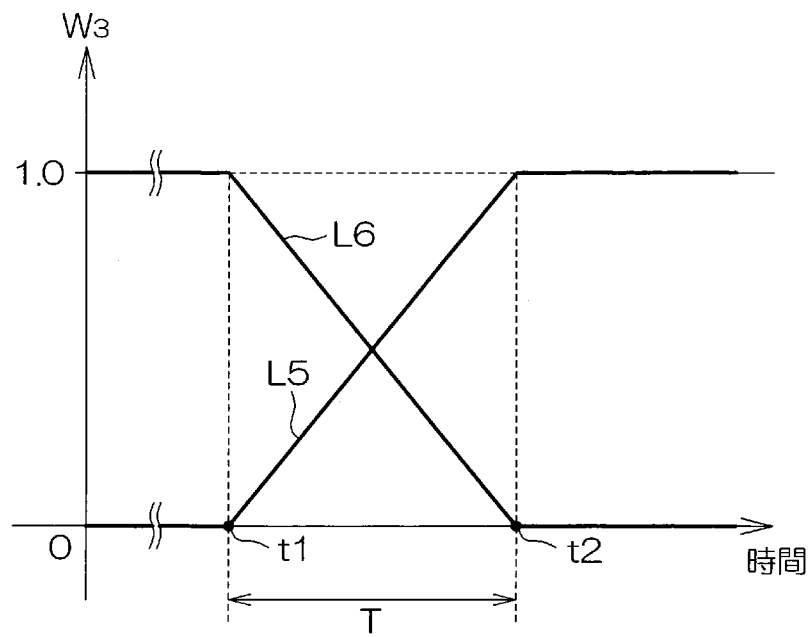
[図10]

図10



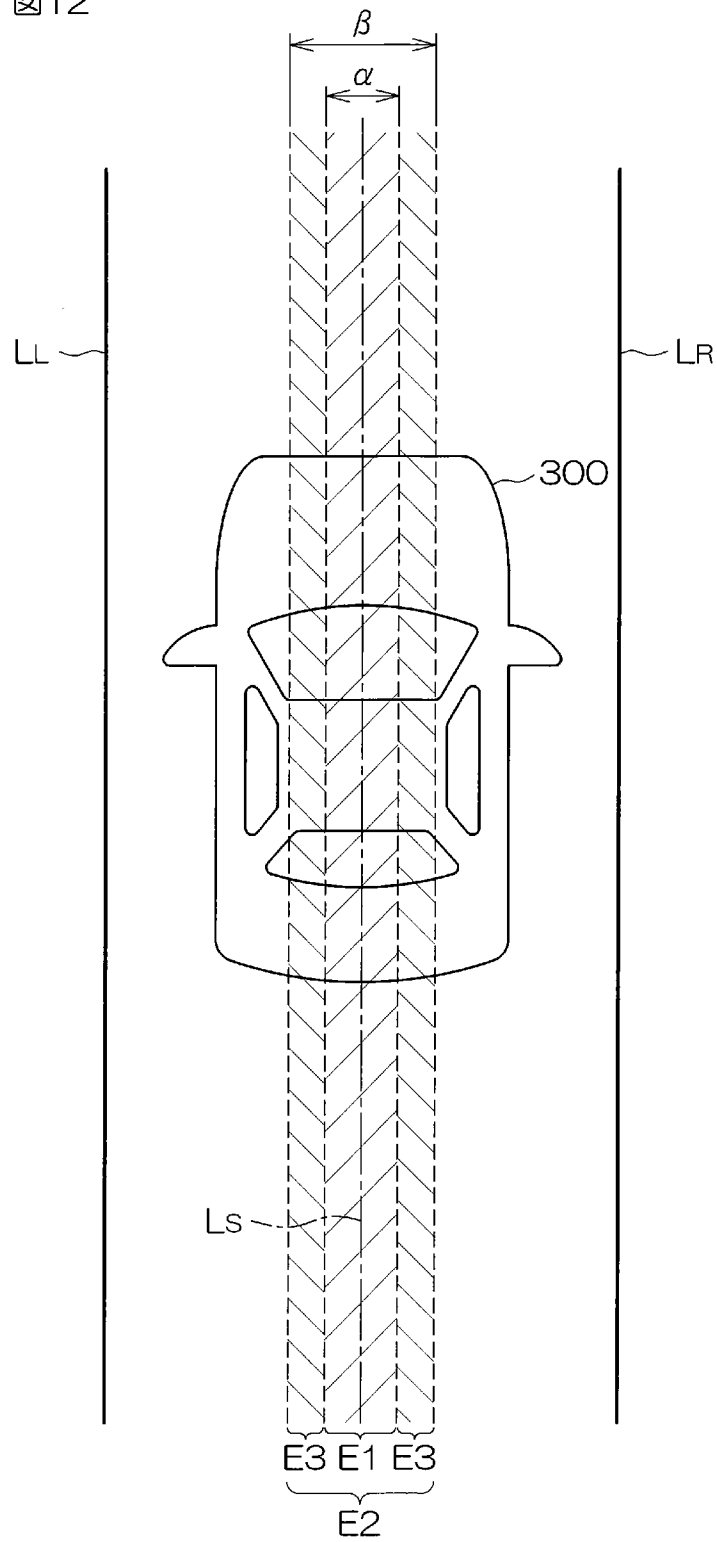
[図11]

図11

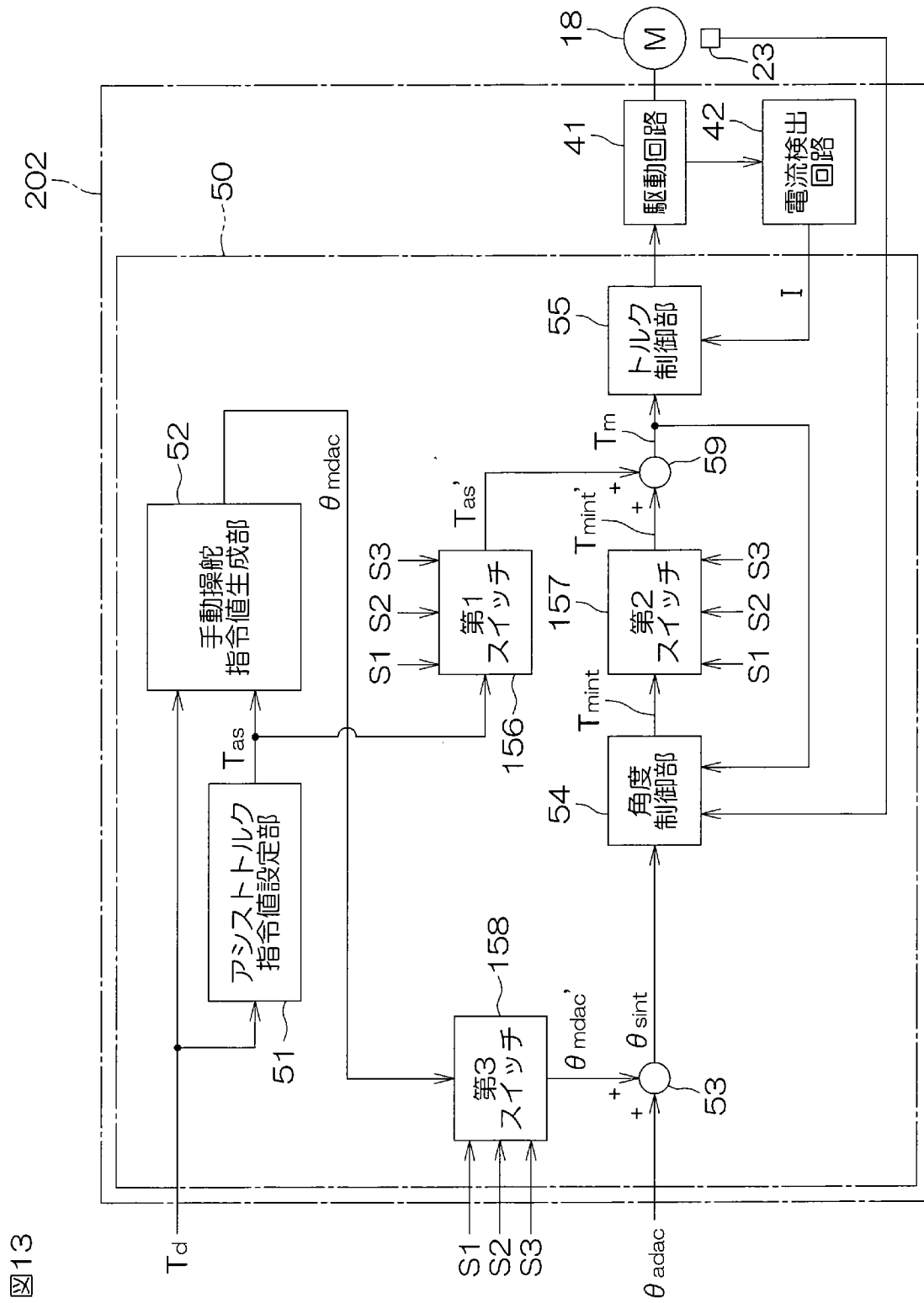


[図12]

図12



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/025820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02P 23/00**(2016.01)i; **B62D 5/04**(2006.01)i; **B62D 6/00**(2006.01)i

FI: H02P23/00; B62D5/04; B62D6/00

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)

H02P23/00; B62D5/04; B62D6/00

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2019/225289 A1 (JTEKT CORPORATION) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0022]-[0185], fig. 1-16	1-7
A	JP 2019-98817 A (JTEKT CORPORATION) 24 June 2019 (2019-06-24) paragraphs [0015]-[0094], fig. 1-9	1-7
A	JP 2018-183046 A (JTEKT CORPORATION) 15 November 2018 (2018-11-15) paragraphs [0015]-[0098], fig. 1-11	1-7
A	JP 2018-154334 A (NSK LTD.) 04 October 2018 (2018-10-04) paragraphs [0024]-[0063], fig. 1-22	1-7

☐ 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
 “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

22 August 2022

Date of mailing of the international search report

06 September 2022

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/JP2022/025820

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/225289	A1	28 November 2019	US 2021/0253161 A1 paragraphs [0037]-[0196], fig. 1-16 EP 3798099 A1 CN 112154092 A	
JP	2019-98817	A	24 June 2019	US 2019/0161116 A1 paragraphs [0021]-[0097], fig. 1-9 EP 3495245 A1 CN 110001758 A	
JP	2018-183046	A	15 November 2018	(Family: none)	
JP	2018-154334	A	04 October 2018	US 2019/0039642 A1 paragraphs [0047]-[0089], fig. 1-22b EP 3210853 A1 CN 107207044 A BR 112017011296 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02P 23/00(2016.01)i; B62D 5/04(2006.01)i; B62D 6/00(2006.01)i FI: H02P23/00; B62D5/04; B62D6/00										
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）） H02P23/00; B62D5/04; B62D6/00										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022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 2019/225289 A1 (株式会社ジェイテクト) 28.11.2019 (2019 - 11 - 28) 段落[0022]-[0185], 図1-16	1-7								
A	JP 2019-98817 A (株式会社ジェイテクト) 24.06.2019 (2019 - 06 - 24) 段落[0015]-[0094], 図1-9	1-7								
A	JP 2018-183046 A (株式会社ジェイテクト) 15.11.2018 (2018 - 11 - 15) 段落[0015]-[0098], 図1-11	1-7								
A	JP 2018-154334 A (日本精工株式会社) 04.10.2018 (2018 - 10 - 04) 段落[0024]-[0063], 図1-22	1-7								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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の日の後に公表された文献 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 22.08.2022	国際調査報告の発送日 06.09.2022									
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） 池田 貴俊 3V 9256 電話番号 03-3581-1101 内線 3357									

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/JP2022/025820

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/225289	A1	28.11.2019	US 2021/0253161 A1 段落[0037]- [0196], FIG. 1-16 EP 3798099 A1 CN 112154092 A	
JP	2019-98817	A	24.06.2019	US 2019/0161116 A1 段落[0021]-[0097], FIG. 1-9 EP 3495245 A1 CN 110001758 A	
JP	2018-183046	A	15.11.2018	(ファミリーなし)	
JP	2018-154334	A	04.10.2018	US 2019/0039642 A1 段落[0047]- [0089], FIG. 1-22B EP 3210853 A1 CN 107207044 A BR 112017011296 A2	