(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
2020年9月17日(17.09.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/183838 A1

(51) 国際特許分類:
B62D 101/00 (2006.01) ***B62D 6/00*** (2006.01)
B62D 113/00 (2006.01) ***B62D 5/04*** (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/049288

(22) 国際出願日： 2019年12月17日(17.12.2019)

(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 2019-042935 2019年3月8日(08.03.2019) JP

(71) 出願人: 日本精工株式会社 (**NSK LTD.**) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎１－６－３ Tokyo (JP).

(72) 発明者: 椿 貴弘 (**TSUBAKI Takahiro**); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町７８番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP). 熊谷 浩保 (**KUMAGAI Hiroyasu**); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明１丁目５番５０号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).

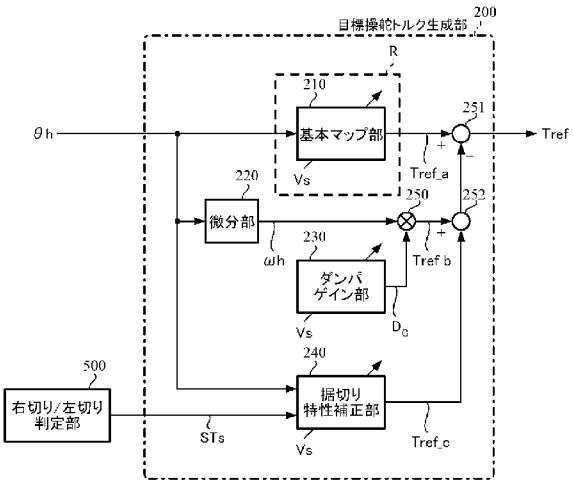
(74) 代理人: 安形 雄三 (**AGATA Yuzo**); 〒1070052 東京都港区赤坂２－５－７ ＮＩＫＫＥＮ赤坂ビル ８階 Tokyo (JP).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) **Title:** VEHICLE STEERING DEVICE

(54) 発明の名称： 車両用操向装置

[図5]



200 Target steering torque generation unit
210 Basic map unit
220 Differentiation unit
230 Damper gain unit
240 Static steering characteristic correction unit
500 Rightward steering/leftward steering determination unit

(57) **Abstract:** [Problem] To provide a vehicle steering device that makes it possible to easily attain a steering torque equivalent to a steering angle or the like independently of the state of a road surface and without being affected by changes in the mechanical characteristics of a steering system resulting from aging. The present invention also addresses the problem of suitably conveying steering reaction force to a driver as a steering sensation when a vehicle is stopped or moving at a very low speed. [Solution] A vehicle steering device that performs assistance control of a steering system,

WO 2020/183838 A1

[続葉有]

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

said vehicle steering device being provided with: a target steering torque generation unit for generating a target steering torque; a conversion unit for converting the target steering torque to a target torsion angle; and a torsion angle control unit that calculates a motor current command value whereby the torsion angle is made to follow the target torsion angle. The target steering torque generation unit is equipped with a static steering characteristic correction unit that determines a first torque signal on the basis of desired static steering characteristics corresponding to the steering angle. The first torque signal is output as the target steering torque, and the driving of a motor is controlled on the basis of the motor current command value.

(57) 要約: 【課題】路面の状態に影響されず、経年によるステアリング操舵系の機構特性の変化に左右されず、操舵角等に対して同等の操舵トルクを容易に実現することが可能な車両用操向装置を提供する。更に、停車時及び極低速時の操舵反力を操舵感として適切に運転者へ伝えるようにする。 【解決手段】操舵系をアシスト制御する車両用操向装置において、目標操舵トルクを生成する目標操舵トルク生成部と、目標操舵トルクを目標捩れ角に変換する変換部と、目標捩れ角に対して捩れ角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する捩れ角制御部とを備え、目標操舵トルク生成部が、操舵角に応じた所望の据切り特性に基づいて第1トルク信号を求める据切り特性補正部を具備し、第1トルク信号を目標操舵トルクとして出力し、モータ電流指令値に基づいてモータを駆動制御する。

明　細　書

発明の名称 ： 車両用操向装置

技術分野

[0001] 本発明は、トーションバー等の捩れ角に基づいて所望の操舵トルクを実現し、路面の状態に影響されず、経年による機構系特性の変化に左右されない高性能な車両用操向装置に関する。

背景技術

[0002] 車両用操向装置の１つである電動パワーステアリング装置（ＥＰＳ）は、車両の操舵系にモータの回転力でアシスト力（操舵補助力）を付与するものであり、インバータから供給される電力で制御されるモータの駆動力を、減速機構を含む伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸にアシスト力として付与する。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシスト力を正確に発生させるため、モータ電流のフィードバック制御を行っている。フィードバック制御は、操舵補助指令値（電流指令値）とモータ電流検出値との差が小さくなるようにモータ印加電圧を調整するものであり、モータ印加電圧の調整は、一般的にＰＷＭ（パルス幅変調）制御のデューティの調整で行っている。

[0003] 電動パワーステアリング装置の一般的な構成を図１に示して説明すると、ハンドル１のコラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）２は減速機構３、ユニバーサルジョイント４ａ及び４ｂ、ピニオンラック機構５、タイロッド６ａ，６ｂを経て、更にハブユニット７ａ，７ｂを介して操向車輪８Ｌ，８Ｒに連結されている。また、トーションバーを有するコラム軸２には、ハンドル１の操舵トルクＴｓを検出するトルクセンサ１０及び操舵角θｈを検出する舵角センサ１４が設けられており、ハンドル１の操舵力を補助するモータ２０が減速機構３を介してコラム軸２に連結されている。電動パワーステアリング装置を制御するコントロールユニット（ＥＣＵ）３０には、バッテリ１３から電力が供給されると共に、イグニションキー１１を経てイグ

ニションキー信号が入力される。コントロールユニット３０は、トルクセンサ１０で検出された操舵トルクＴｓと車速センサ１２で検出された車速Ｖｓとに基づいてアシスト（操舵補助）指令の電流指令値の演算を行い、電流指令値に補償等を施した電圧制御指令値Ｖｒｅｆによって、ＥＰＳ用モータ２０に供給する電流を制御する。

[0004] コントロールユニット３０には、車両の各種情報を授受するＣＡＮ（Controller Area Network）４０が接続されており、車速ＶｓはＣＡＮ４０から受信することも可能である。また、コントロールユニット３０には、ＣＡＮ４０以外の通信、アナログ／ディジタル信号、電波等を授受する非ＣＡＮ４１も接続可能である。

[0005] コントロールユニット３０は主としてＣＰＵ（ＭＣＵ、ＭＰＵ等も含む）で構成されるが、そのＣＰＵ内部においてプログラムで実行される一般的な機能を示すと図２のようになる。

[0006] 図２を参照してコントロールユニット３０の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ１０で検出された操舵トルクＴｓ及び車速センサ１２で検出された（若しくはＣＡＮ４０からの）車速Ｖｓは、電流指令値演算部３１に入力される。電流指令値演算部３１は、入力された操舵トルクＴｓ及び車速Ｖｓに基づいてアシストマップ等を用いて、モータ２０に供給する電流の制御目標値である電流指令値Ｉｒｅｆ１を演算する。電流指令値Ｉｒｅｆ１は加算部３２Ａを経て電流制限部３３に入力され、最大電流を制限された電流指令値Ｉｒｅｆｍが減算部３２Ｂに入力され、フィードバックされているモータ電流値Ｉｍとの偏差Ｉ（＝Ｉｒｅｆｍ－Ｉｍ）が演算され、その偏差Ｉが操舵動作の特性改善のためのＰＩ（比例積分）制御部３５に入力される。ＰＩ制御部３５で特性改善された電圧制御指令値ＶｒｅｆがＰＷＭ制御部３６に入力され、更に駆動部としてのインバータ３７を介してモータ２０がＰＷＭ駆動される。モータ２０の電流値Ｉｍはモータ電流検出器３８で検出され、減算部３２Ｂにフィードバックされる。

[0007] 加算部３２Ａには補償信号生成部３４からの補償信号ＣＭが加算されてお

り、補償信号ＣＭの加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部３４は、セルフアライニングトルク（ＳＡＴ）３４３と慣性３４２を加算部３４４で加算し、その加算結果に更に収れん性３４１を加算部３４５で加算し、加算部３４５の加算結果を補償信号ＣＭとしている。

[0008] このように、従来の電動パワーステアリング装置でのアシスト制御では、運転者の手入力にて加えられた操舵トルクをトーションバーの捩れトルクとしてトルクセンサで検出し、主にそのトルクに応じたアシスト電流としてモータ電流を制御している。しかしながら、この方法で制御を行なう場合、路面の状態（例えば傾斜）の違いにより、操舵角によって異なる操舵トルクとなってしまうことがある。モータ出力特性の経年使用によるバラツキによっても、操舵トルクに影響を与えることがある。

[0009] かかる問題を解決するために、例えば、特許第５２０８８９４号公報（特許文献１）に示されるような電動パワーステアリング装置が提案されている。特許文献１の電動パワーステアリング装置では、運転者の触覚特性に基づく適切な操舵トルクを与えるために、操舵角又は操舵トルクと手応え量との関係に基づいて決定される操舵角と操舵トルクとの関係（操舵反力特性マップ）に基づいて、操舵トルクの目標値を設定している。

先行技術文献

特許文献

[0010] 特許文献1：特許第５２０８８９４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、特許文献１の電動パワーステアリング装置では、操舵反力特性マップを予め求めておかなければならず、また、操舵トルクの目標値と検出される操舵トルクとの偏差に基づいて制御を行っているので、操舵トルクに対する影響が残ってしまうおそれがある。

[0012] 操舵反力に関しては、停車時及び極低速時にも適度な反力を運転者に伝えなければ、抵抗感のない操舵感となり、運転者に違和感を与えるおそれがある。

[0013] 本発明は上述のような事情よりなされたものであり、本発明の目的は、路面の状態に影響されず、経年によるステアリング操舵系の機構特性の変化に左右されず、操舵角等に対して同等の操舵トルクを容易に実現することが可能な車両用操向装置を提供することにある。更に、停車時及び極低速時の操舵反力を操舵感として適切に運転者へ伝えることも目的である。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明は、任意のバネ定数を有するトーションバー及び前記トーションバーの捩れ角を検出するセンサを少なくとも備え、モータを駆動制御することにより、操舵系をアシスト制御する車両用操向装置に関し、本発明の上記目的は、目標操舵トルクを生成する目標操舵トルク生成部と、前記目標操舵トルクを目標捩れ角に変換する変換部と、前記目標捩れ角に対して前記捩れ角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する捩れ角制御部とを備え、前記目標操舵トルク生成部が、操舵角に応じた所望の据切り特性に基づいて第１トルク信号を求める据切り特性補正部を具備し、前記第１トルク信号を前記目標操舵トルクとして出力し、前記モータ電流指令値に基づいて前記モータを駆動制御することにより達成される。

[0015] また、本発明の上記目的は、前記据切り特性補正部が、操舵状態及び前記操舵角を用いてヒステリシス補正を行って基本トルク信号を求める据切り特性演算部を具備し、前記基本トルク信号を前記第１トルク信号として出力することにより、或いは、前記据切り特性補正部が、前記基本トルク信号に車速感応ゲインを乗算することにより前記第１トルク信号を算出する車速感応ゲイン部を更に具備することにより、或いは、前記車速感応ゲインが、車速が大きくなるに従って小さくなる特性であることにより、或いは、前記目標操舵トルク生成部が、基本マップを用いて前記操舵角及び車速より第２トルク信号を求める基本マップ部と、車速感応であるダンパゲインマップを用い

て角速度情報に基づいて第３トルク信号を求めるダンパ演算部とを更に具備し、前記第２トルク信号及び前記第３トルク信号の内の少なくとも１つの信号並びに前記第１トルク信号より前記目標操舵トルクを算出することにより、或いは、前記基本マップが車速感応であることにより、或いは、前記目標操舵トルク生成部が、前記基本マップ部の前段又は後段に、位相補償を行なう位相補償部を更に具備し、前記基本マップ部及び前記位相補償部を介して、前記操舵角及び前記車速より前記第２トルク信号を求めることにより、より効果的に達成される。

発明の効果

[0016] 本発明の車両用操向装置によれば、目標操舵トルク生成部で生成される目標操舵トルクを基に求められる目標捩れ角に対して制御を行うことにより、目標捩れ角に捩れ角が追従するように動作し、所望の操舵トルクを実現し、運転者の操舵の感覚に基づく適切な操舵トルクを与えることができる。

[0017] 更に、据切り特性補正部の動作により、停車時及び極低速時の操舵反力を操舵感として適切に運転者へ伝えることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]電動パワーステアリング装置の概要を示す構成図である。

[図2]電動パワーステアリング装置のコントロールユニット（ＥＣＵ）内の構成例を示すブロック図である。

[図3]ＥＰＳ操舵系と各種センサの設置例を示す構造図である。

[図4]本発明の構成例（第１実施形態）を示すブロック図である。

[図5]目標操舵トルク生成部の構成例（第１実施形態）を示すブロック図である。

[図6]基本マップの特性例を示す線図である。

[図7]ダンパゲインマップの特性例を示す線図である。

[図8]据切り特性補正部の構成例を示すブロック図である。

[図9]据切り特性演算部の特性例を示す線図である。

[図10]車速感応ゲインの特性例を示す線図である。

[図11]捩れ角制御部の構成例を示すブロック図である。

[図12]出力制限部での上下限値の設定例を示す線図である。

[図13]本発明の動作例（第１実施形態）を示すフローチャートである。

[図14]目標操舵トルク生成部の動作例（第１実施形態）を示すフローチャートである。

[図15]捩れ角制御部の動作例を示すフローチャートである。

[図16]据切り状態での操舵角に対する目標操舵トルクの変化例を示す線図である。

[図17]目標操舵トルク生成部の構成例（第２実施形態）を示すブロック図である。

[図18]本発明の構成例（第３実施形態）を示すブロック図である。

[図19]位相補償部の挿入例を示すブロック図である。

[図20]ＳＢＷシステムの概要を示す構成図である。

[図21]本発明の構成例（第４実施形態）を示すブロック図である。

[図22]目標転舵角生成部の構成例を示すブロック図である。

[図23]転舵角制御部の構成例を示すブロック図である。

[図24]本発明の動作例（第４実施形態）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

[0019] 本発明は、路面の状態に影響されず、操舵角等に対して同等の操舵トルクを実現するための車両用操向装置であり、トーションバー等の捩れ角を、操舵角等に応じた値に追従するように制御することにより所望の操舵トルクを実現している。

[0020] 以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

[0021] 先ず、本発明に係る車両用操向装置の１つである電動パワーステアリング装置に関連する情報を検出する各種センサの設置例について説明する。図３は、ＥＰＳ操舵系と各種センサの設置例を示す図であり、コラム軸２にはトーションバー２Ａが備えられている。操向車輪８Ｌ，８Ｒには路面反力Ｆｒ及び路面情報μが作用する。トーションバー２Ａを挟んでコラム軸２のハンド

ル側には上側角度センサが設けられ、トーションバー２Ａを挟んでコラム軸２の操向車輪側には下側角度センサが設けられており、上側角度センサはハンドル角θ_1を検出し、下側角度センサはコラム角θ_2を検出する。操舵角θｈはコラム軸２の上部に設けられた舵角センサで検出され、ハンドル角θ_1及びコラム角θ_2の偏差から、下記数１及び数２によってトーションバーの捩れ角Δθ及びトーションバートルクＴｔを求めることができる。なお、Ｋｔはトーションバー２Ａのバネ定数である。

[0022] [数1]

$$\theta_2 - \theta_1 = \Delta\theta$$

[0023] [数2]

$$-Kt \cdot \Delta\theta = Tt$$

トーションバートルクＴｔは、例えば特開２００８－２１６１７２号公報で示されるトルクセンサを用いて検出することも可能である。なお、本実施形態では、トーションバートルクＴｔを操舵トルクＴｓとしても扱うこととする。

[0024] 次に、本発明の構成例について説明する。

[0025] 図４は本発明の構成例（第１実施形態）を示すブロック図であり、運転者のハンドル操舵はＥＰＳ操舵系／車両系１００内のモータでアシスト制御される。目標操舵トルクＴｒｅｆを出力する目標操舵トルク生成部２００には、操舵角θｈの他に、車速Ｖｓ及び右切り／左切り判定部５００から出力される右切り又は左切りの操舵状態ＳＴｓが入力される。目標操舵トルクＴｒｅｆは変換部４００で目標捩れ角Δθｒｅｆに変換され、目標捩れ角Δθｒｅｆは、トーションバー２Ａの捩れ角Δθ及びモータ角速度ωｍと共に捩れ角制御部３００に入力される。捩れ角制御部３００は、捩れ角Δθが目標捩れ角Δθｒｅｆとなるようなモータ電流指令値Ｉｍｃを演算し、モータ電流指令値ＩｍｃによりＥＰＳのモータが駆動される。

[0026] 右切り／左切り判定部５００は、モータ角速度ωｍを基に操舵が右切りか

左切りかを判定し、判定結果を操舵状態ＳＴｓとして出力する。即ち、モータ角速度ωｍが正の値の場合は「右切り」と判定し、負の値の場合は「左切り」と判定する。なお、モータ角速度ωｍの代わりに、操舵角θｈ、ハンドル角θ_1又はコラム角θ_2に対して速度演算を行って算出される角速度を用いても良い。

[0027] 図５は目標操舵トルク生成部２００の構成例を示しており、目標操舵トルク生成部２００は、基本マップ部２１０、微分部２２０、ダンパゲイン部２３０、据切り特性補正部２４０、乗算部２５０並びに加算部２５１及び２５２を備え、操舵角θｈは基本マップ部２１０、微分部２２０及び据切り特性補正部２４０に入力され、車速Ｖｓは基本マップ部２１０、ダンパゲイン部２３０及び据切り特性補正部２４０に入力され、右切り／左切り判定部５００から出力される操舵状態ＳＴｓは据切り特性補正部２４０に入力される。

[0028] 基本マップ部２１０は、基本マップを有し、基本マップを用いて、図６に示されるような車速Ｖｓをパラメータとするトルク信号（第２トルク信号）Ｔｒｅｆ＿ａを出力する。即ち、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ａは、操舵角θｈの大きさ（絶対値）｜θｈ｜が増加するにつれて増加し、車速Ｖｓが０［ｋｍ／ｈ］から増加するにつれても増加するようになっている。符号部２１１は操舵角θｈの符号（＋１又は－１）を乗算部２１２に出力する。操舵角θｈの大きさからマップによりトルク信号Ｔｒｅｆ＿ａの大きさを求め、これに操舵角θｈの符号を乗算し、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ａを演算する。なお、図６では操舵角θｈの大きさ｜θｈ｜を参照するマップ、符号部及び乗算部で基本マップ部２１０を構成しているが、正負の操舵角θｈに応じてマップを構成しても良く、この場合、操舵角θｈが正の場合と負の場合とで変化の態様を変えても良い。また、図６に示される基本マップは車速感応であるが、車速感応でなくても良い。

[0029] 微分部２２０は、操舵角θｈを微分して角速度情報である舵角速度ωｈを算出し、舵角速度ωｈは乗算部２５０に入力される。

[0030] ダンパゲイン部２３０は、舵角速度ωｈに乗算されるダンパゲインD_Gを出

力する。乗算部２５０にてダンパゲインD_Gを乗算された舵角速度ωｈは、トルク信号（第３トルク信号）Ｔｒｅｆ＿ｂとして加算部２５２に入力される。ダンパゲインD_Gは、ダンパゲイン部２３０が有する車速感応型のダンパゲインマップを用いて、車速Ｖｓに応じて求められる。ダンパゲインマップは、例えば、図７に示されるように、車速Ｖｓが高くなるに従って徐々に大きくなる特性を有する。ダンパゲインマップは操舵角θｈに応じて可変としても良い。なお、ダンパゲイン部２３０及び乗算部２５０でダンパ演算部を構成している。

[0031] 据切り特性補正部２４０は、車両の停車時にハンドルを操舵する据切り状態及び極低速時でのハンドル操舵における操舵角θｈに応じた操舵トルクの特性（据切り特性）を所望の特性とするトルク信号（第１トルク信号）Ｔｒｅｆ＿ｃを出力する。図８に据切り特性補正部２４０の構成例を示す。据切り特性補正部２４０は据切り特性演算部２４１及び車速感応ゲイン部２４２を備える。

[0032] 据切り特性演算部２４１は、据切り特性をヒステリシス特性とするために、操舵角θｈ及び操舵状態ＳＴｓに基づき、下記数３に従ってトルク信号（基本トルク信号）Ｔｒｅｆ＿ｓを演算する。なお、下記数３では、ｘ＝θｈ、ｙ＝Ｔｒｅｆ＿ｓとしており、ａ＞１、ｃ＞０であり、A_{hys}はヒステリシス幅である。

[0033] [数3]

$$\text{右切り時}\quad y_R = A_{hys}\left\{1-a^{-c(x-b)}\right\}$$

$$\text{左切り時}\quad y_L = -A_{hys}\left\{1-a^{c(x-b')}\right\}$$

右切り操舵から左切り操舵、左切り操舵から右切り操舵へ切り替える際に、最終座標（ｘ１，ｙ１）の値に基づき、切り替え後の数３の“ｂ”に以下の数４を代入する。これにより、切り替え前後の連続性が保たれる。

[0034]

[数4]

$$\text{右切り時}\quad b = x_1 + \frac{1}{c}\log_a\left(1 - \frac{y_1}{A_{hys}}\right)$$

$$\text{左切り時}\quad b' = x_1 - \frac{1}{c}\log_a\left(1 + \frac{y_1}{A_{hys}}\right)$$

上記数４は、上記数３中のｘにｘ１を、ｙ$_R$及びｙ$_L$にｙ１を代入することにより導出することができる。

[0035] “ａ”として１より大きい任意の正数を用いることができ、例えば、ネイピア数“ｅ”を用いた場合、数３及び数４は下記数５及び数６となる。

[0036] [数5]

$$\text{右切り時}\quad y_R = A_{hys}\left[1 - \exp\{-c(x-b)\}\right]$$

$$\text{左切り時}\quad y_L = -A_{hys}\left[1 - \exp\{c(x-b')\}\right]$$

[0037] [数6]

$$\text{右切り時}\quad b = x_1 + \frac{1}{c}\log_e\left(1 - \frac{y_1}{A_{hys}}\right)$$

$$\text{左切り時}\quad b' = x_1 - \frac{1}{c}\log_e\left(1 + \frac{y_1}{A_{hys}}\right)$$

数５及び数６においてＡ$_{hys}$＝１［Ｎｍ］、ｃ＝０．３と設定し、０［ｄｅｇ］から開始し、＋５０［ｄｅｇ］、－５０［ｄｅｇ］の操舵をした場合の、ヒステリシス補正されたトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓの線図例を図９に示す。即ち、据切り特性演算部２４１からのトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓは、０の原点→Ｌ１（細線）→Ｌ２（破線）→Ｌ３（太線）のようなヒステリシス特性である。

[0038] なお、ヒステリシス特性の出力幅を表す係数であるＡ$_{hys}$及び丸みを表す係数であるｃを操舵角θｈに応じて可変としても良い。

[0039] 車速感応ゲイン部２４２は、車速に応じたゲイン（車速感応ゲイン）をトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓに乗算することにより、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃを出力する。車速感応ゲインは、車速Ｖｓが大きくなるに従って小さくなるように設定される。例えば、図１０に示されるように、車速Ｖｓが０ｋｍ／ｈの

時（停車時）にトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓの大きさが２［Ｎｍ］となるように車速感応ゲインを２．０とし、その後、車速Ｖｓが大きくなるに従って、一定の割合で車速感応ゲインは小さくなり、車速ＶｓがＶｓ１（例えば２ｋｍ／ｈ）になったら、減少する割合を小さくし、車速ＶｓがＶｓ２（例えば６ｋｍ／ｈ）の時に車速感応ゲインは０となるようにする。なお、車速Ｖｓが０ｋｍ／ｈの時の車速感応ゲインの値は２．０以外でも良く、車速感応ゲインが減少する割合が変わる箇所は複数でも良く、車速感応ゲインの変化は直線的な変化ではなく、曲線的な変化でも良い。

[0040] このように、据切り特性演算部２４１により据切り特性にヒステリシス性を持たせ、車速感応ゲイン部２４２により据切り特性を車速感応とすることによって、据切り特性を所望の特性とするトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃを生成し、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃにより、停車時及び極低速時の操舵反力を操舵感として適切に運転者へ伝えることが可能となる。なお、車速感応ゲイン部２４２の代わりに、ヒステリシス幅A_{hys}を車速Ｖｓに応じて可変とすることにより、据切り特性を車速感応としても良い。この場合、車速感応ゲイン部２４２は不要となる。係数ａも車速Ｖｓに応じて可変としても良い。また、所望に応じて、据切り特性をヒステリシス特性以外の特性としても良い。

[0041] トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃ、Ｔｒｅｆ＿ｂ及びＴｒｅｆ＿ａは、加算部２５２及び２５１で順次加算され、目標操舵トルクＴｒｅｆとして出力される。

[0042] なお、舵角速度ωｈは、操舵角θｈに対する微分演算により求めているが、高域のノイズの影響を低減するために適度にローパスフィルタ（ＬＰＦ）処理を実施している。また、ハイパスフィルタ（ＨＰＦ）とゲインにより、微分演算とＬＰＦの処理を実施しても良い。更に、舵角速度ωｈは、操舵角θｈではなく、上側角度センサが検出するハンドル角θ_1又は下側角度センサが検出するコラム角θ_2に対して微分演算とＬＰＦの処理を行って算出しても良い。舵角速度ωｈの代わりにモータ角速度ωｍを角速度情報として使用しても良く、この場合、微分部２２０は不要となる。

[0043] 変換部４００は、トーションバー２Ａのバネ定数Ｋｔの逆数の符号を反転

した－１／Ｋｔの特性を有しており、目標操舵トルクＴｒｅｆを目標振れ角Δθｒｅｆに変換する。

[0044] 振れ角制御部３００は、目標振れ角Δθｒｅｆ、振れ角Δθ及びモータ角速度ωｍに基づいてモータ電流指令値Ｉｍｃを演算する。図１１は振れ角制御部３００の構成例を示すブロック図であり、振れ角制御部３００は、振れ角フィードバック（ＦＢ）補償部３１０、振れ角速度演算部３２０、速度制御部３３０、安定化補償部３４０、出力制限部３５０、減算部３６１及び加算部３６２を備えており、変換部４００から出力される目標振れ角Δθｒｅｆは減算部３６１に加算入力され、振れ角Δθは減算部３６１に減算入力されると共に、振れ角速度演算部３２０に入力され、モータ角速度ωｍは安定化補償部３４０に入力される。

[0045] 振れ角ＦＢ補償部３１０は、減算部３６１で算出される目標振れ角Δθｒｅｆと振れ角Δθの偏差$\Delta\theta_0$に対して補償値C_{FB}（伝達関数）を乗算し、目標振れ角Δθｒｅｆに振れ角Δθが追従するような目標振れ角速度ωｒｅｆを出力する。補償値C_{FB}は単純なゲインＫｐｐでも、ＰＩ制御の補償値など一般的に用いられている補償値でも良い。目標振れ角速度ωｒｅｆは速度制御部３３０に入力される。振れ角ＦＢ補償部３１０と速度制御部３３０により、目標振れ角Δθｒｅｆに振れ角Δθを追従させ、所望の操舵トルクを実現することが可能となる。

[0046] 振れ角速度演算部３２０は、振れ角Δθに対する微分演算により振れ角速度ωｔを算出し、振れ角速度ωｔは速度制御部３３０に入力される。微分演算として、ＨＰＦとゲインによる擬似微分を行なっても良い。また、振れ角速度ωｔを別の手段や振れ角Δθ以外から算出し、速度制御部３３０に入力するようにしても良い。

[0047] 速度制御部３３０は、Ｉ－Ｐ制御（比例先行型ＰＩ制御）により、目標振れ角速度ωｒｅｆに振れ角速度ωｔが追従するようなモータ電流指令値Ｉｍｃａ１を算出する。減算部３３３で目標振れ角速度ωｒｅｆと振れ角速度ωｔとの差分（ωｒｅｆ－ωｔ）を算出し、その差分を、ゲインＫｖｉを有す

る積分部３３１にて積分し、積分結果は減算部３３４に加算入力される。捩れ角速度ωｔは比例部３３２にも入力され、ゲインＫｖｐによる比例処理を施され、減算部３３４に減算入力される。減算部３３４での減算結果がモータ電流指令値Ｉｍｃａ１として出力される。なお、速度制御部３３０は、Ｉ－Ｐ制御ではなく、ＰＩ制御、Ｐ（比例）制御、ＰＩＤ（比例積分微分）制御、ＰＩ－Ｄ制御（微分先行型ＰＩＤ制御）、モデルマッチング制御、モデル規範制御等の一般的に用いられている制御方法でモータ電流指令値Ｉｍｃａ１を算出しても良い。

[0048] 安定化補償部３４０は補償値Ｃｓ（伝達関数）を有しており、モータ角速度ωｍよりモータ電流指令値Ｉｍｃａ２を算出する。追従性及び外乱特性を向上させるために、捩れ角ＦＢ補償部３１０及び速度制御部３３０のゲインを上げると、高域の制御的な発振現象が発生してしまう。この対策として、モータ角速度ωｍに対し、安定化するために必要な伝達関数（Ｃｓ）を安定化補償部３４０に設定する。これにより、ＥＰＳ制御システム全体の安定化を実現することができる。安定化補償部３４０の伝達関数（Ｃｓ）として、例えば１次のＨＰＦの構造を用いた擬似微分とゲインにより設定した、下記数７で表わされる１次フィルタを使用する。

[0049] [数7]

$$C_s = K_{sta}\frac{\frac{1}{2\pi f_c}s}{\frac{1}{2\pi f_c}s+1}$$

ここで、K_{sta}はゲインで、ｆｃは遮断周波数であり、ｆｃとして例えば１５０［Ｈｚ］を設定する。ｓはラプラス演算子である。なお、伝達関数として、２次フィルタ、４次フィルタ等を使用しても良い。

[0050] 速度制御部３３０からのモータ電流指令値Ｉｍｃａ１及び安定化補償部３４０からのモータ電流指令値Ｉｍｃａ２は加算部３６２で加算され、モータ電流指令値Ｉｍｃｂとして出力される。

[0051] 出力制限部３５０は、モータ電流指令値Ｉｍｃｂの上下限値を制限して、モータ電流指令値Ｉｍｃを出力する。図１２に示されるように、モータ電流指令値に対する上限値及び下限値を予め設定し、入力するモータ電流指令値Ｉｍｃｂが、上限値以上の場合は上限値を、下限値以下の場合は下限値を、それ以外の場合はモータ電流指令値Ｉｍｃｂを、モータ電流指令値Ｉｍｃとして出力する。

[0052] このような構成において、本実施形態の動作例を図１３～図１５のフローチャートを参照して説明する。

[0053] 動作を開始すると、右切り／左切り判定部５００は、モータ角速度ωｍを入力し、モータ角速度ωｍの符号を基に操舵が右切りか左切りかを判定し、判定結果を操舵状態ＳＴｓとして、目標操舵トルク生成部２００に出力する（ステップＳ１０）。

[0054] 目標操舵トルク生成部２００は、操舵状態ＳＴｓと共に、操舵角θｈ及び車速Ｖｓを入力し、目標操舵トルクＴｒｅｆを生成する（ステップＳ２０）。目標操舵トルク生成部２００の動作例については、図１４のフローチャートを参照して説明する。

[0055] 目標操舵トルク生成部２００に入力された操舵角θｈは基本マップ部２１０、微分部２２０及び据切り特性補正部２４０に、操舵状態ＳＴｓは据切り特性補正部２４０に、車速Ｖｓは基本マップ部２１０、ダンパゲイン部２３０及び据切り特性補正部２４０にそれぞれ入力される（ステップＳ２１）。

[0056] 基本マップ部２１０は、図６に示される基本マップを用いて、操舵角θｈ及び車速Ｖｓに応じたトルク信号Ｔｒｅｆ＿ａを生成して、加算部２５１に出力する（ステップＳ２２）。

[0057] 微分部２２０は操舵角θｈを微分して舵角速度ωｈを出力し（ステップＳ２３）、ダンパゲイン部２３０は図７に示されるダンパゲインマップを用いて車速Ｖｓに応じたダンパゲイン$Ｄ_{Ｇ}$を出力し（ステップＳ２４）、乗算部２５０は舵角速度ωｈ及びダンパゲイン$Ｄ_{Ｇ}$を乗算してトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｂを演算し、加算部２５２に出力する（ステップＳ２５）。

[0058] 据切り特性補正部２４０では、操舵角θｈ及び操舵状態ＳＴｓは据切り特性演算部２４１に、車速Ｖｓは車速感応ゲイン部２４２にそれぞれ入力される。据切り特性演算部２４１は、操舵角θｈに対して、操舵状態ＳＴｓに応じて数５及び数６による演算を切り替えてヒステリシス補正を実施し（ステップＳ２６）、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓを生成し、車速感応ゲイン部２４２に出力する。車速感応ゲイン部２４２は、車速Ｖｓに応じて、図１０に示される特性により車速感応ゲインを決定し、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｓに乗算し、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃとして加算部２５２に出力する（ステップＳ２７）。なお、据切り特性演算部２４１には、数５及び数６におけるヒステリシス幅A_{hys}、ｃ、ｘ１及びｙ１が予め設定し保持されているが、数６よりｂ及びｂ’を予め算出し、ｘ１及びｙ１の代わりにｂ及びｂ’を保持するようにしても良い。

[0059] そして、加算部２５２にてトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｂ及びＴｒｅｆ＿ｃが加算され、その加算結果にトルク信号Ｔｒｅｆ＿ａが加算部２５１にて加算され、目標操舵トルクＴｒｅｆが演算される（ステップＳ２８）。

[0060] 目標操舵トルク生成部２００で生成された目標操舵トルクＴｒｅｆは変換部４００に入力され、変換部４００で目標捩れ角Δθｒｅｆに変換される（ステップＳ３０）。目標捩れ角Δθｒｅｆは捩れ角制御部３００に入力される。

[0061] 捩れ角制御部３００は、目標捩れ角Δθｒｅｆと共に、捩れ角Δθ及びモータ角速度ωｍを入力し、モータ電流指令値Ｉｍｃを演算する（ステップＳ４０）。捩れ角制御部３００の動作例については、図１５のフローチャートを参照して説明する。

[0062] 捩れ角制御部３００に入力された目標捩れ角Δθｒｅｆは減算部３６１に、捩れ角Δθは減算部３６１及び捩れ角速度演算部３２０に、モータ角速度ωｍは安定化補償部３４０にそれぞれ入力される（ステップＳ４１）。

[0063] 減算部３６１では、目標捩れ角Δθｒｅｆから捩れ角Δθを減算することにより、偏差$\Delta\theta_0$が算出される（ステップＳ４２）。偏差$\Delta\theta_0$は捩れ角Ｆ

Ｂ補償部３１０に入力され、振れ角ＦＢ補償部３１０は、偏差$\Delta\theta_0$に補償値C_{FB}を乗算することにより偏差$\Delta\theta_0$を補償し（ステップＳ４３）、目標振れ角速度ωｒｅｆを速度制御部３３０に出力する。

[0064] 振れ角Δθを入力した振れ角速度演算部３２０は、振れ角Δθに対する微分演算により振れ角速度ωｔを算出し（ステップＳ４４）、速度制御部３３０に出力する。

[0065] 速度制御部３３０では、目標振れ角速度ωｒｅｆと振れ角速度ωｔの差分が減算部３３３で算出され、その差分が積分部３３１で積分（Ｋｖｉ／ｓ）されて減算部３３４に加算入力される（ステップＳ４５）。更に、振れ角速度ωｔは比例部３３２で比例処理（Ｋｖｐ）され、比例結果が減算部３３４に減算入力され（ステップＳ４５）、減算部３３４の減算結果であるモータ電流指令値Ｉｍｃａ１が出力され、加算部３６２に入力される。

[0066] 安定化補償部３４０は、入力したモータ角速度ωｍに対して、数７で表される伝達関数Ｃｓを用いて安定化補償を行い（ステップＳ４６）、安定化補償部３４０からのモータ電流指令値Ｉｍｃａ２は加算部３６２に入力される。

[0067] 加算部３６２ではモータ電流指令値Ｉｍｃａ１及びＩｍｃａ２の加算が行われ（ステップＳ４７）、加算結果であるモータ電流指令値Ｉｍｃｂは出力制限部３５０に入力される。出力制限部３５０は、予め設定された上限値及び下限値によりモータ電流指令値Ｉｍｃｂの上下限値を制限し（ステップＳ４８）、モータ電流指令値Ｉｍｃとして出力する（ステップＳ４９）。

[0068] 振れ角制御部３００から出力されたモータ電流指令値Ｉｍｃに基づいてモータを駆動し、電流制御が実施される（ステップＳ５０）。

[0069] なお、図１３～図１５におけるデータ入力及び演算等の順番は適宜変更可能である。

[0070] 本実施形態での据切り特性補正部の効果について、図１６を参照して説明する。

[0071] 図１６は、車速Ｖｓが０ｋｍ／ｈで操舵した場合（据切り状態）の操舵角

θｈと目標操舵トルクＴｒｅｆの変化の様子を示す線図の概念図である。据切り特性補正部の効果に焦点を当てるべく、基本マップの特性は、トルク信号Ｔｒｅｆ＿ａが操舵角θｈの大きさ｜θｈ｜に比例し、｜θｈ｜が９０ｄｅｇでトルク信号Ｔｒｅｆ＿ａが２Ｎｍとなる特性とし、ダンパゲインD_Gはゼロとしている。また、据切り特性演算部２４１でのヒステリシス特性は図９に示される特性とし、車速感応ゲイン部２４２での車速感応ゲインの特性は図１０に示される特性とする。よって、実質的には、図１６は直線状の基本マップと２．０のゲインを乗算されたヒステリシス特性による線図となっている。

[0072] 捩れ角制御部３００の制御により目標操舵トルクＴｒｅｆ相当の捩れ角を実現することができるので、据切り特性補正部２４０の機能により目標操舵トルクを図１６のように変化させることによって、据切り状態での線図特性を実現することができる。

[0073] 第１実施形態での目標操舵トルク生成部２００は基本マップ部２１０、ダンパ演算部（ダンパゲイン部２３０及び乗算部２５０）及び据切り特性補正部２４０を備えているが、所望の据切り特性の実現のみに特化し、据切り特性補正部２４０のみを備える構成としても良い。この場合の目標操舵トルク生成部の構成例（第２実施形態）を図１７に示す。目標操舵トルク生成部６００では、据切り特性補正部２４０から出力されるトルク信号Ｔｒｅｆ＿ｃが、目標操舵トルクＴｒｅｆとして出力されることになる。なお、目標操舵トルク生成部を、基本マップ部２１０又はダンパ演算部と据切り特性補正部２４０を組み合わせた構成としても良い。

[0074] 第１及び第２実施形態での捩れ角制御部から出力されるモータ電流指令値Ｉｍｃに、従来のＥＰＳにおいて操舵トルクに基づいて演算される電流指令値（以下、「アシスト電流指令値」とする）を、例えば、図２に示される電流指令値演算部３１から出力される電流指令値Ｉｒｅｆ１又は電流指令値Ｉｒｅｆ１に補償信号ＣＭを加算した電流指令値Ｉｒｅｆ２等を加算して良い。

[0075] 第１実施形態に対して、上記の内容を適用した構成例（第３実施形態）を図１８に示す。アシスト制御部７００は、電流指令値演算部３１、又は、電流指令値演算部３１、補償信号生成部３４及び加算部３２Ａから構成される。アシスト制御部７００から出力されるアシスト電流指令値Ｉａｃ（図２における電流指令値Ｉｒｅｆ１又はＩｒｅｆ２に相当）と、振れ角制御部３００から出力されるモータ電流指令値Ｉｍｃは、加算部７１０で加算され、加算結果である電流指令値Ｉｃは電流制限部７２０に入力され、最大電流を制限された電流指令値Ｉｃｍに基づいてモータを駆動し、電流制御が実施される。

[0076] 第１～第３実施形態のうち、基本マップ部２１０を備える目標操舵トルク生成部２００において、基本マップ部２１０の前段又は後段に位相補償を行なう位相補償部２６０を挿入しても良い。つまり、図５中の破線で囲まれた領域Ｒの構成を、図１９（Ａ）又は（Ｂ）に示されるような構成にしても良い。位相補償部２６０において、位相補償として位相進み補償を設定し、例えば、分子のカットオフ周波数を１．０Ｈｚ、分母のカットオフ周波数を１．３Ｈｚとした１次フィルタで位相進み補償を行う場合、スッキリしたフィールを実現することができる。目標操舵トルク生成部に関しては、操舵角に基づいた構成であるならば、上述の構成に限られない。

[0077] また、ＥＰＳ制御システムが安定している場合は、安定化補償部を省略しても良い。出力制限部も省略可能である。

[0078] 図１及び図３では本発明をコラム型ＥＰＳに適用しているが、本発明はコラム型等の上流型に限られず、ラック＆ピニオン等の下流型ＥＰＳにも適用可能である。更に、目標振れ角に基づくフィードバック制御を行うということでは、トーションバー（バネ定数任意）及び振れ角検出用のセンサを少なくとも備えるステアバイワイヤ（ＳＢＷ）反力装置等にも適用可能である。本発明を、トーションバーを備えたＳＢＷ反力装置に適用した場合の実施形態（第４実施形態）について説明する。

[0079] まずは、ＳＢＷ反力装置を含むＳＢＷシステム全体について説明する。図

２０はＳＢＷシステムの構成例を、図１に示される電動パワーステアリング装置の一般的な構成に対応させて示した図である。なお、同一構成には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

[0080] ＳＢＷシステムは、ユニバーサルジョイント４ａにてコラム軸２と機械的に結合されるインターミディエイトシャフトがなく、ハンドル１の操作を電気信号によって操向車輪８Ｌ，８Ｒ等からなる転舵機構に伝えるシステムである。図２０に示されるように、ＳＢＷシステムは反力装置６０及び駆動装置７０を備え、コントロールユニット（ＥＣＵ）５０が両装置の制御を行う。反力装置６０は、舵角センサ１４にて操舵角θｈの検出を行うと同時に、操向車輪８Ｌ，８Ｒから伝わる車両の運動状態を反力トルクとして運転者に伝達する。反力トルクは、反力用モータ６１により生成される。なお、ＳＢＷシステムの中には反力装置内にトーションバーを有さないタイプもあるが、本発明を適用するＳＢＷシステムはトーションバーを有するタイプであり、トルクセンサ１０にて操舵トルクＴｓを検出する。また、角度センサ７４が、反力用モータ６１のモータ角θｍを検出する。駆動装置７０は、運転者によるハンドル１の操舵に合わせて、駆動用モータ７１を駆動し、その駆動力を、ギア７２を介してピニオンラック機構５に付与し、タイロッド６ａ，６ｂを経て、操向車輪８Ｌ，８Ｒを転舵する。ピニオンラック機構５の近傍には角度センサ７３が配置されており、操向車輪８Ｌ，８Ｒの転舵角θｔを検出する。ＥＣＵ５０は、反力装置６０及び駆動装置７０を協調制御するために、両装置から出力される操舵角θｈや転舵角θｔ等の情報に加え、車速センサ１２からの車速Ｖｓ等を基に、反力用モータ６１を駆動制御する電圧制御指令値Ｖｒｅｆ１及び駆動用モータ７１を駆動制御する電圧制御指令値Ｖｒｅｆ２を生成する。

[0081] このようなＳＢＷシステムに本発明を適用した第４実施形態の構成について説明する。

[0082] 図２１は第４実施形態の構成を示すブロック図である。第４実施形態は、捩れ角Δθに対する制御（以下、「捩れ角制御」とする）と、転舵角θｔに

対する制御（以下、「転舵角制御」とする）を行い、反力装置を捩れ角制御で制御し、駆動装置を転舵角制御で制御する。なお、駆動装置は他の制御方法で制御しても良い。

[0083] 捩れ角制御では、第１実施形態と同様の構成及び動作により、捩れ角Δθが、操舵角θｈ等を用いて目標操舵トルク生成部２００及び変換部４００を経て算出される目標捩れ角Δθｒｅｆに追従するような制御を行う。モータ角θｍは角度センサ７４で検出され、モータ角速度ωｍは、角速度演算部９５１にてモータ角θｍを微分することにより算出される。転舵角θｔは角度センサ７３で検出される。また、第１実施形態ではＥＰＳ操舵系／車両系１００内の処理として詳細な説明は行われていないが、電流制御部１３０は、図２に示される減算部３２Ｂ、ＰＩ制御部３５、ＰＷＭ制御部３６及びインバータ３７と同様の構成及び動作により、捩れ角制御部３００から出力されるモータ電流指令値Ｉｍｃ及びモータ電流検出器１４０で検出される反力用モータ６１の電流値Ｉｍｒに基づいて、反力用モータ６１を駆動して、電流制御を行う。

[0084] 転舵角制御では、目標転舵角生成部９１０にて操舵角θｈに基づいて目標転舵角θｔｒｅｆが生成され、目標転舵角θｔｒｅｆは転舵角θｔと共に転舵角制御部９２０に入力され、転舵角制御部９２０にて、転舵角θｔが目標転舵角θｔｒｅｆとなるようなモータ電流指令値Ｉｍｃｔが演算される。そして、モータ電流指令値Ｉｍｃｔ及びモータ電流検出器９４０で検出される駆動用モータ７１の電流値Ｉｍｄに基づいて、電流制御部９３０が、電流制御部１３０と同様の構成及び動作により、駆動用モータ７１を駆動して、電流制御を行う。

[0085] 目標転舵角生成部９１０の構成例を図２２に示す。目標転舵角生成部９１０は、制限部９３１、レート制限部９３２及び補正部９３３を備える。

[0086] 制限部９３１は、操舵角θｈの上下限値を制限して、操舵角θｈ１を出力する。ＳＡＴ情報補正部２５０内の制限部２５６及び捩れ角制御部３００内の出力制限部３５０と同様に、操舵角θｈに対する上限値及び下限値を予め

設定して制限をかける。

[0087] レート制限部９３２は、操舵角の急変を回避するために、操舵角θｈ１の変化量に対して制限値を設定して制限をかけ、操舵角θｈ２を出力する。例えば、１サンプル前の操舵角θｈ１からの差分を変化量とし、その変化量の絶対値が所定の値（制限値）より大きい場合、変化量の絶対値が制限値となるように、操舵角θｈ１を加減算し、操舵角θｈ２として出力し、制限値以下の場合は、操舵角θｈ１をそのまま操舵角θｈ２として出力する。なお、変化量の絶対値に対して制限値を設定するのではなく、変化量に対して上限値及び下限値を設定して制限をかけるようにしても良く、変化量ではなく変化率や差分率に対して制限をかけるようにしても良い。

[0088] 補正部９３３は、操舵角θｈ２を補正して、目標転舵角θｔｒｅｆを出力する。例えば、目標操舵トルク生成部２００内の基本マップ部２１０のように、操舵角θｈ２の大きさ｜θｈ２｜に対する目標転舵角θｔｒｅｆの特性を定義したマップを用いて、操舵角θｈ２より目標転舵角θｔｒｅｆを求める。或いは、単純に、操舵角θｈ２に所定のゲインを乗算することにより、目標転舵角θｔｒｅｆを求めるようにしても良い。

[0089] 転舵角制御部９２０の構成例を図２３に示す。転舵角制御部９２０は、図１１に示される捩れ角制御部３００の構成例において安定化補償部３４０及び加算部３６２を除いた構成と同様の構成をしており、目標捩れ角Δθｒｅｆ及び捩れ角Δθの代わりに目標転舵角θｔｒｅｆ及び転舵角θｔを入力し、転舵角フィードバック（ＦＢ）補償部９２１、転舵角速度演算部９２２、速度制御部９２３、出力制限部９２６及び減算部９２７が、それぞれ捩れ角ＦＢ補償部３１０、捩れ角速度演算部３２０、速度制御部３３０、出力制限部３５０及び減算部３６１と同様の構成で同様の動作を行う。

[0090] このような構成において、第４実施形態の動作例を図２４のフローチャートを参照して説明する。

[0091] 動作を開始すると、角度センサ７３は転舵角θｔを検出し、角度センサ７４はモータ角θｍを検出し（ステップＳ１１０）、転舵角θｔは転舵角制御

部９２０に、モータ角θｍは角速度演算部９５１にそれぞれ入力される。

[0092] 角速度演算部９５１は、モータ角θｍを微分してモータ角速度ωｍを算出し、右切り／左切り判定部４００に出力する（ステップＳ１２０）。

[0093] その後、図１３に示されるステップＳ１０～Ｓ５０と同様の動作を実行し、反力用モータ６１を駆動し、電流制御を実施する（ステップＳ１３０～Ｓ１７０）。

[0094] 一方、転舵角制御においては、目標転舵角生成部９１０が操舵角θｈを入力し、操舵角θｈは制限部９３１に入力される。制限部９３１は、予め設定された上限値及び下限値により操舵角θｈの上下限値を制限し（ステップＳ１８０）、操舵角θｈ１としてレート制限部９３２に出力する。レート制限部９３２は、予め設定された制限値により操舵角θｈ１の変化量に対して制限をかけ（ステップＳ１９０）、操舵角θｈ２として補正部９３３に出力する。補正部９３３は、操舵角θｈ２を補正して目標転舵角θｔｒｅｆを求め（ステップＳ２００）、転舵角制御部９２０に出力する。

[0095] 転舵角θｔ及び目標転舵角θｔｒｅｆを入力した転舵角制御部９２０は、減算部９２７にて目標転舵角θｔｒｅｆから転舵角θｔを減算することにより、偏差Δθｔ$_0$を算出する（ステップＳ２１０）。偏差Δθｔ$_0$は転舵角ＦＢ補償部９２１に入力され、転舵角ＦＢ補償部９２１は、偏差Δθｔ$_0$に補償値を乗算することにより偏差Δθｔ$_0$を補償し（ステップＳ２２０）、目標転舵角速度ωｔｒｅｆを速度制御部９２３に出力する。転舵角速度演算部９２２は転舵角θｔを入力し、転舵角θｔに対する微分演算により転舵角速度ωｔｔを算出し（ステップＳ２３０）、速度制御部９２３に出力する。速度制御部９２３は、速度制御部３３０と同様にＩ－Ｐ制御によりモータ電流指令値Ｉｍｃｔａを算出し（ステップＳ２４０）、出力制限部９２６に出力する。出力制限部９２６は、予め設定された上限値及び下限値によりモータ電流指令値Ｉｍｃｔａの上下限値を制限し（ステップＳ２５０）、モータ電流指令値Ｉｍｃｔとして出力する（ステップＳ２６０）。

[0096] モータ電流指令値Ｉｍｃｔは電流制御部９３０に入力され、電流制御部９

３０は、モータ電流指令値Ｉｍｃｔ及びモータ電流検出器９４０で検出された駆動用モータ７１の電流値Ｉｍｄに基づいて、駆動用モータ７１を駆動し、電流制御を実施する（ステップＳ２７０）。

[0097] なお、図２４におけるデータ入力及び演算等の順番は適宜変更可能である。また、転舵角制御部９２０内の速度制御部９２３は、捩れ角制御部３００内の速度制御部３３０と同様に、Ｉ－Ｐ制御ではなく、ＰＩ制御、Ｐ制御、ＰＩＤ制御、ＰＩ－Ｄ制御等、実現可能で、Ｐ、Ｉ及びＤのいずれかの制御を用いていれば良く、更に、転舵角制御部９２０及び捩れ角制御部３００での追従制御は、一般的に用いられている制御構造で行っても良い。

[0098] 第４実施形態では、図２０に示されるように、１つのＥＣＵ５０で反力装置６０及び駆動装置７０の制御を行っているが、反力装置６０用のＥＣＵと駆動装置７０用のＥＣＵをそれぞれ設けても良い。この場合、ＥＣＵ同士は通信によりデータの送受信を行うことになる。また、図２０に示されるＳＢＷシステムは反力装置６０と駆動装置７０の間には機械的な結合を持たないが、システムに異常が発生した場合に、コラム軸２と転舵機構をクラッチ等で機械的に結合する機械的トルク伝達機構を備えるＳＢＷシステムにも、本発明は適用可能である。このようなＳＢＷシステムでは、システム正常時はクラッチをオフにして機械的トルク伝達を開放状態とし、システム異常時はクラッチをオンにして機械的トルク伝達を可能状態とする。

[0099] 上述の第１～第４実施形態での捩れ角制御部３００及び第３実施形態でのアシスト制御部７００は、直接的にモータ電流指令値Ｉｍｃ及びアシスト電流指令値Ｉａｃを演算しているが、それらを演算する前に、先ず出力したいモータトルク（目標トルク）を演算してから、モータ電流指令値及びアシスト電流指令値を演算するようにしても良い。この場合、モータトルクからモータ電流指令値及びアシスト電流指令値を求めるには、一般的に用いられている、モータ電流とモータトルクの関係を使用する。

符号の説明

[0100] １ ハンドル

２	コラム軸（ステアリングシャフト、ハンドル軸）
２Ａ	トーションバー
３	減速機構
１０	トルクセンサ
１２	車速センサ
１４	舵角センサ
２０	モータ
３０、５０	コントロールユニット（ＥＣＵ）
３１	電流指令値演算部
３３、７２０	電流制限部
３４	補償信号生成部
３８、１４０、９４０	モータ電流検出器
６０	反力装置
６１	反力用モータ
７０	駆動装置
７１	駆動用モータ
７２	ギア
７３、７４	角度センサ
１００	ＥＰＳ操舵系／車両系
１３０、９３０	電流制御部
２００、６００	目標操舵トルク生成部
２１０	基本マップ部
２１１	符号部
２３０	ダンパゲイン部
２４０	据切り特性補正部
２４１	据切り特性演算部
２４２	車速感応ゲイン部
２６０	位相補償部

３００	捩れ角制御部
３１０	捩れ角フィードバック（ＦＢ）補償部
３２０	捩れ角速度演算部
３３０、９２３	速度制御部
３４０	安定化補償部
３５０、９２６	出力制限部
４００	変換部
５００	右切り／左切り判定部
７００	アシスト制御部
９１０	目標転舵角生成部
９２０	転舵角制御部
９２１	転舵角フィードバック（ＦＢ）補償部
９２２	転舵角速度演算部
９３１	制限部
９３２	レート制限部
９３３	補正部
９５１	角速度演算部

請求の範囲

[請求項1] 任意のバネ定数を有するトーションバー及び前記トーションバーの捩れ角を検出するセンサを少なくとも備え、モータを駆動制御することにより、操舵系をアシスト制御する車両用操向装置において、

目標操舵トルクを生成する目標操舵トルク生成部と、

前記目標操舵トルクを目標捩れ角に変換する変換部と、

前記目標捩れ角に対して前記捩れ角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する捩れ角制御部とを備え、

前記目標操舵トルク生成部が、

操舵角に応じた所望の据切り特性に基づいて第１トルク信号を求める据切り特性補正部を具備し、前記第１トルク信号を前記目標操舵トルクとして出力し、

前記モータ電流指令値に基づいて前記モータを駆動制御することを特徴とする車両用操向装置。

[請求項2] 前記据切り特性補正部が、

操舵状態及び前記操舵角を用いてヒステリシス補正を行って基本トルク信号を求める据切り特性演算部を具備し、前記基本トルク信号を前記第１トルク信号として出力する請求項１に記載の車両用操向装置。

[請求項3] 前記据切り特性補正部が、

前記基本トルク信号に車速感応ゲインを乗算することにより前記第１トルク信号を算出する車速感応ゲイン部を更に具備する請求項２に記載の車両用操向装置。

[請求項4] 前記車速感応ゲインが、車速が大きくなるに従って小さくなる特性である請求項３に記載の車両用操向装置。

[請求項5] 前記目標操舵トルク生成部が、

基本マップを用いて前記操舵角及び車速より第２トルク信号を求める基本マップ部と、

車速感応であるダンパゲインマップを用いて角速度情報に基づいて第３トルク信号を求めるダンパ演算部とを更に具備し、

前記第２トルク信号及び前記第３トルク信号の内の少なくとも１つの信号並びに前記第１トルク信号より前記目標操舵トルクを算出する請求項１乃至４のいずれかに記載の車両用操向装置。

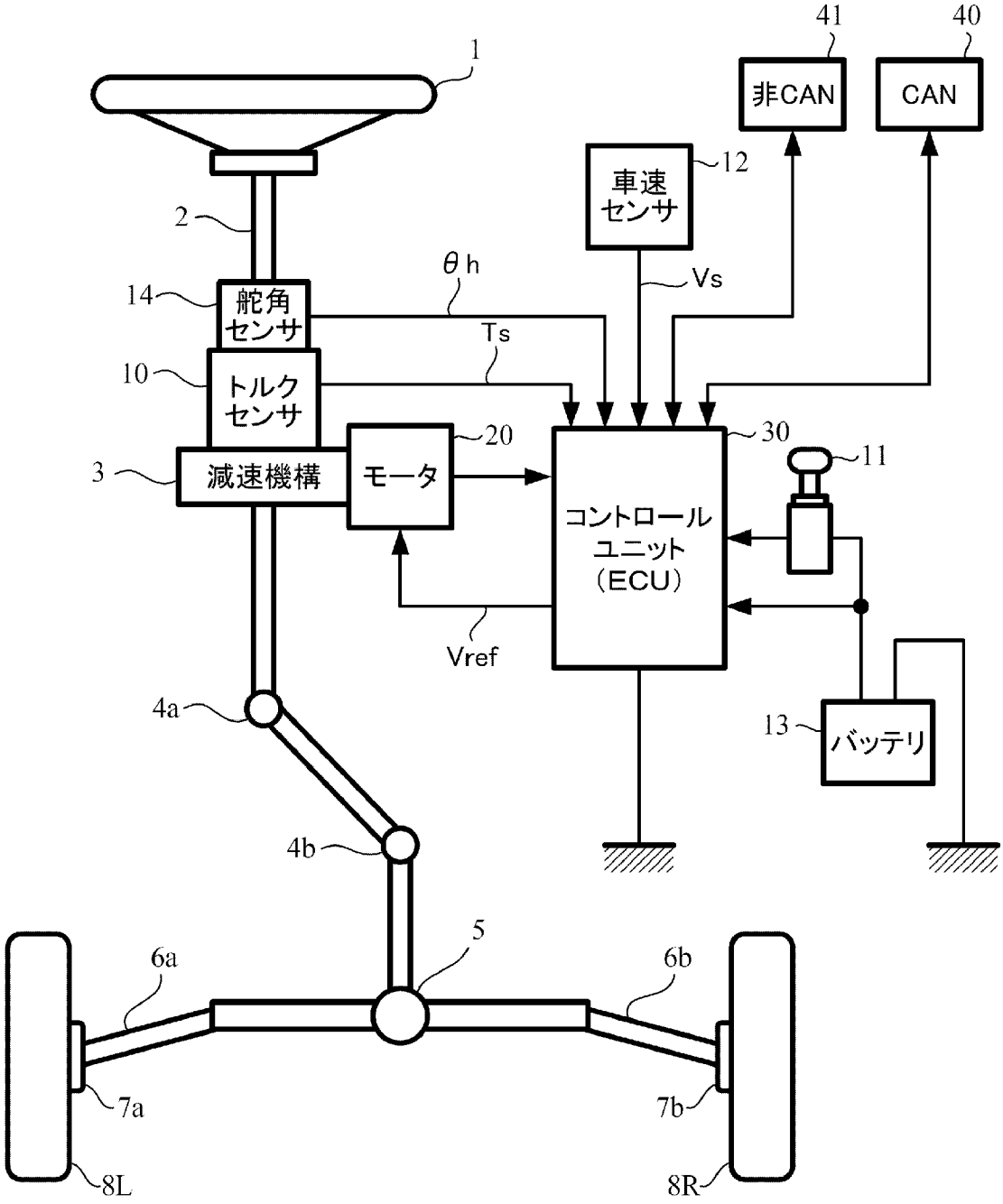
[請求項6] 前記基本マップが車速感応である請求項５に記載の車両用操向装置。

[請求項7] 前記目標操舵トルク生成部が、

前記基本マップ部の前段又は後段に、位相補償を行なう位相補償部を更に具備し、

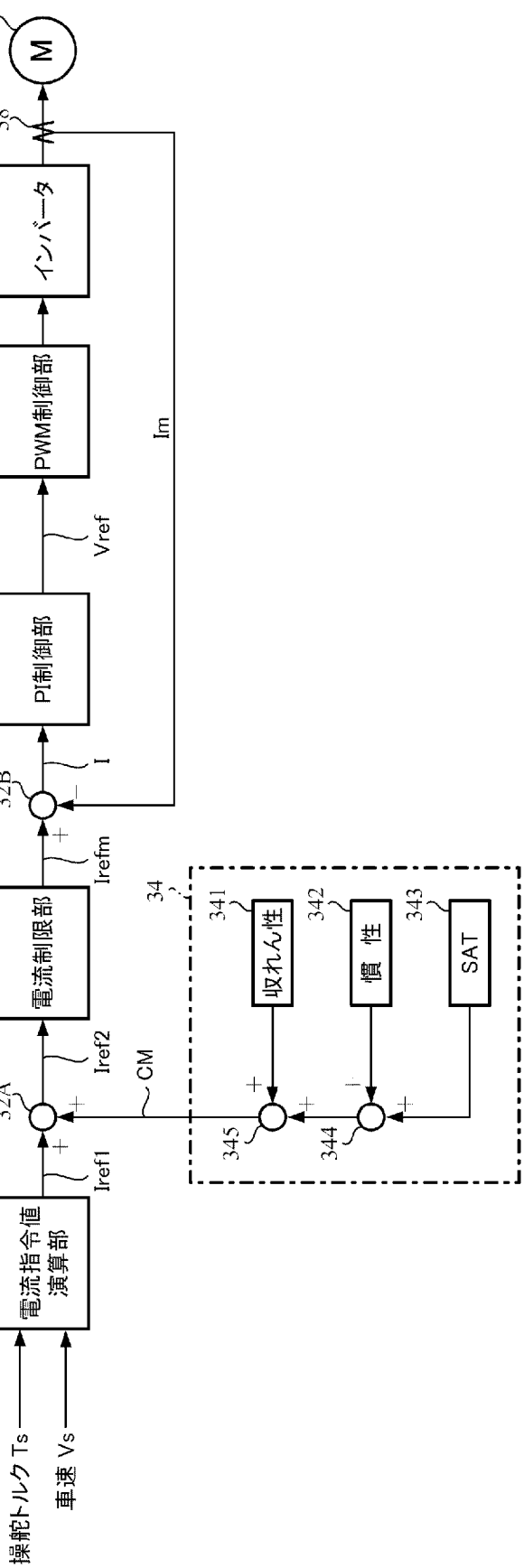
前記基本マップ部及び前記位相補償部を介して、前記操舵角及び前記車速より前記第２トルク信号を求める請求項５又は６に記載の車両用操向装置。

[図1]


1
2
14
舵角センサ
10
トルクセンサ
3
減速機構
モータ
20
30
コントロールユニット（ECU）
11
41
非CAN
40
CAN
12
車速センサ
θh
Vs
Ts
Vref
13
バッテリ
4a
4b
5
6a
6b
7a
7b
8L
8R

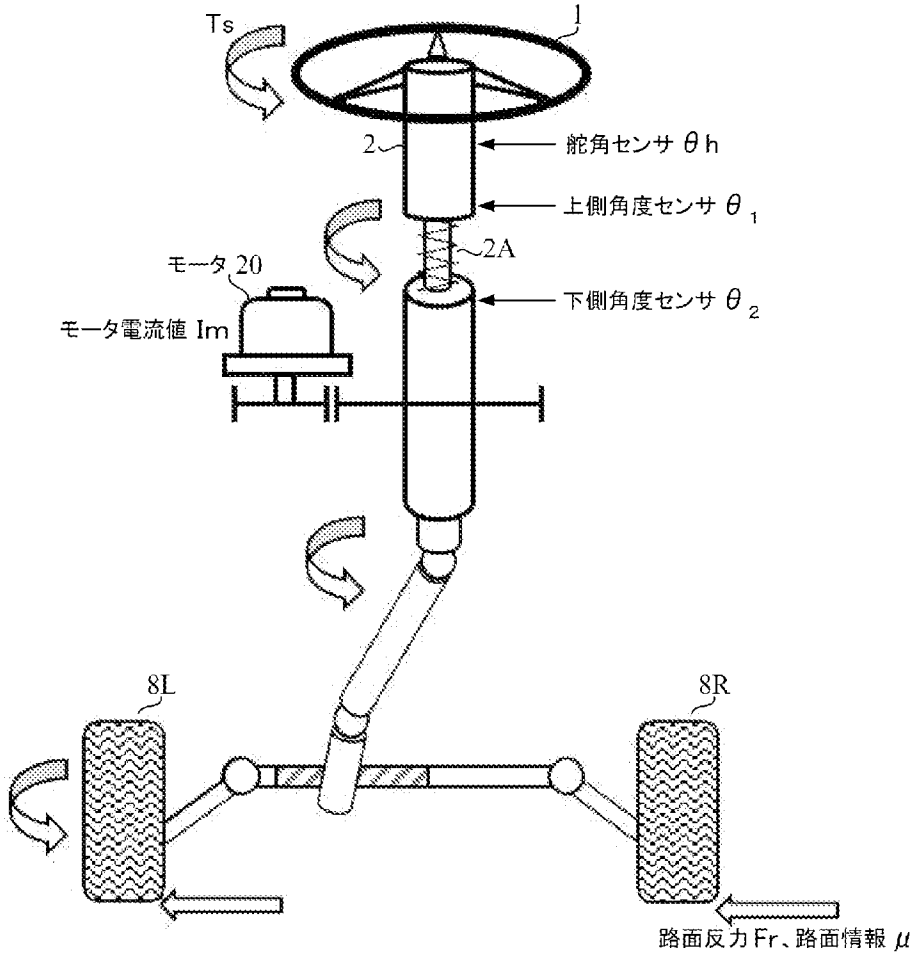
従 来 例

[図2]

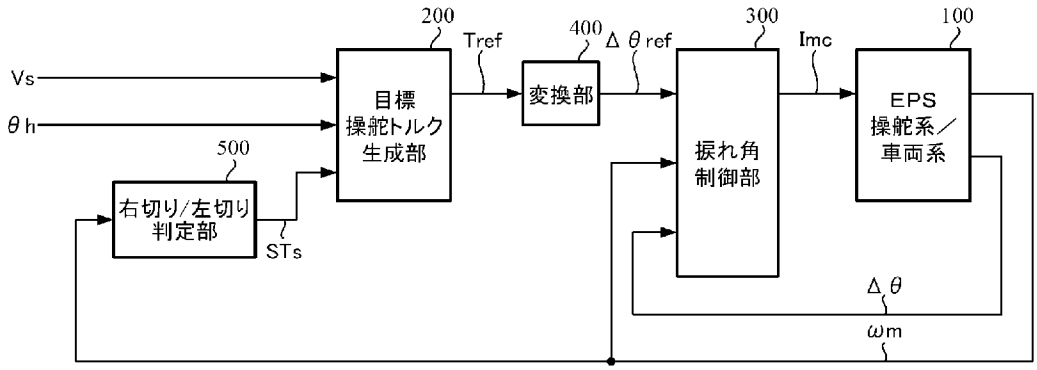

操舵トルク Ts
車速 Vs
31
電流指令値
演算部
Iref1
32A
CM
Iref2
33
電流制限部
Irefm
32B
I
35
PI制御部
Vref
36
PWM制御部
37
インバータ
38
Im
20
M
34
341
収れん性
342
慣 性
343
SAT
345
344

従来例

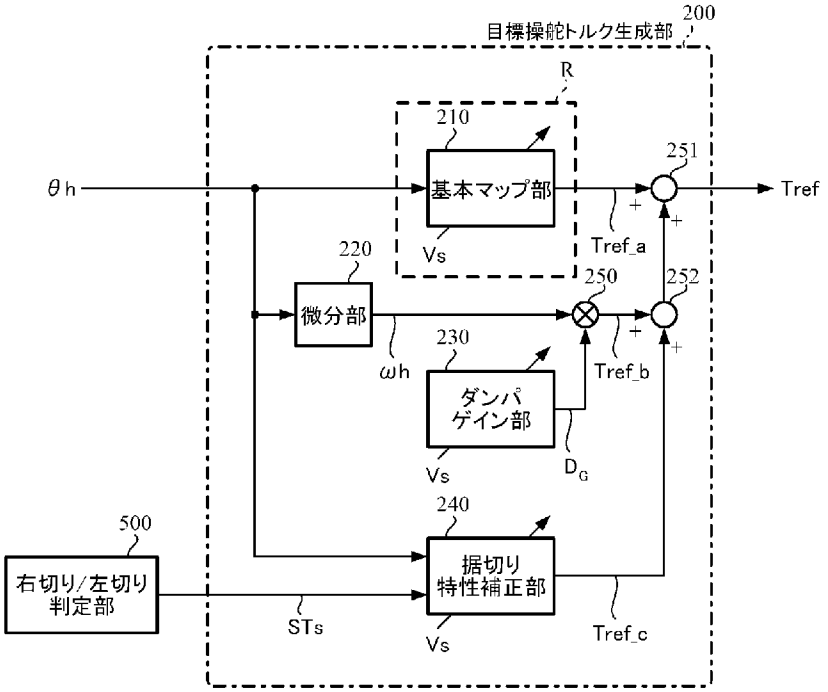
[図3]


Ts
1
2
舵角センサ θh
上側角度センサ θ1
2A
モータ 20
モータ電流値 Im
下側角度センサ θ2
8L
8R
路面反力 Fr、路面情報 μ

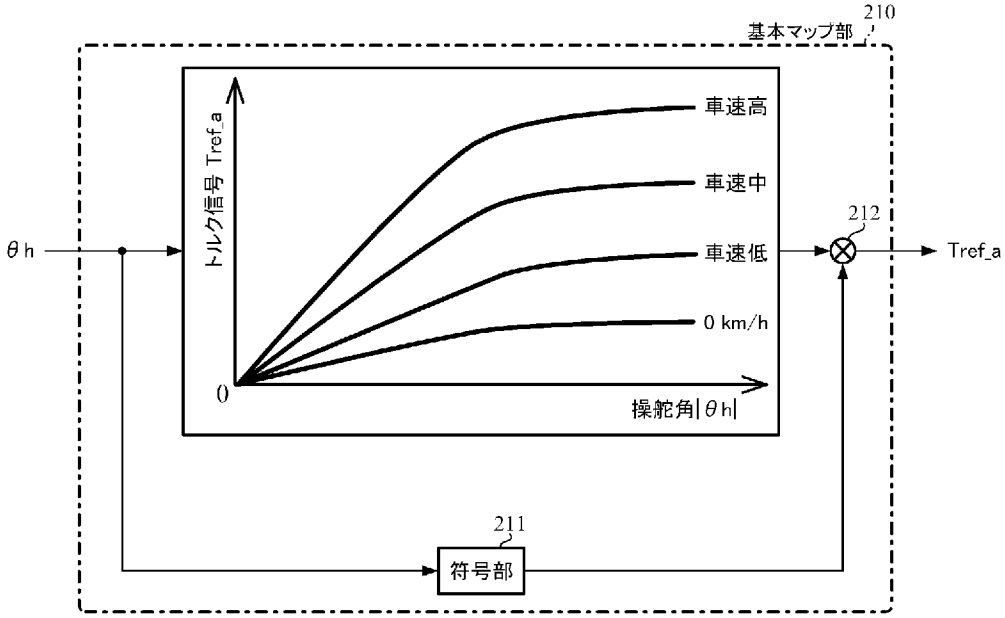
[図4]


200
Tref
400
Δθref
300
Imc
100
Vs
θh
目標
操舵トルク
生成部
変換部
振れ角
制御部
EPS
操舵系／
車両系
500
右切り/左切り
判定部
STs
Δθ
ωm

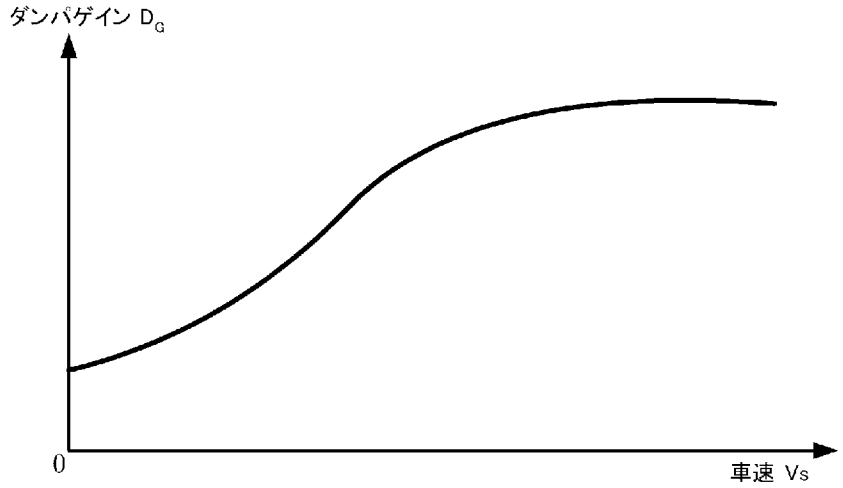
[図5]


目標操舵トルク生成部
200
R
210
基本マップ部
Vs
251
θh
Tref
Tref_a
220
微分部
250
252
ωh
230
ダンパ
ゲイン部
Tref_b
Vs
DG
240
500
据切り
特性補正部
右切り/左切り
判定部
STs
Vs
Tref_c

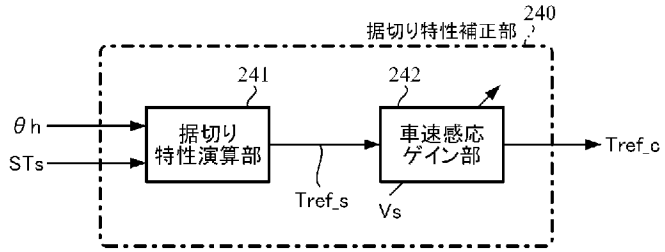
[図6]


基本マップ部
210
トルク信号 Tref_a
車速高
車速中
車速低
0 km/h
0
操舵角|θh|
θh
212
Tref_a
211
符号部

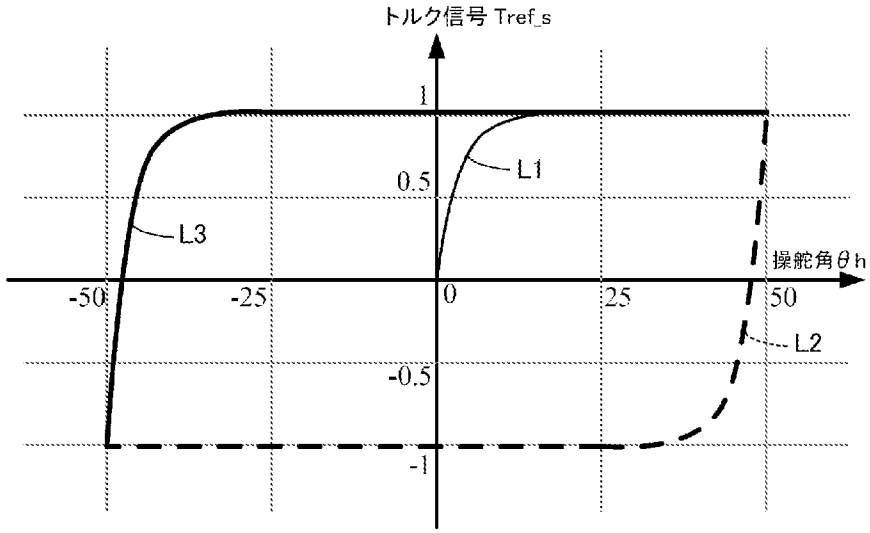
[図7]


ダンパゲイン D_G
0
車速 Vs

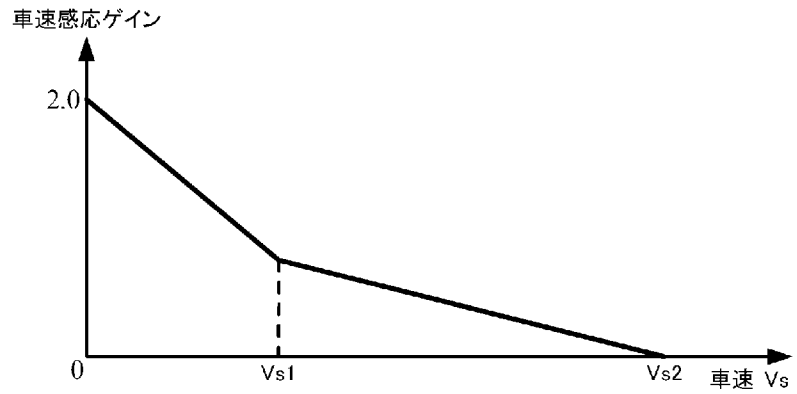
[図8]


据切り特性補正部
240
241
242
θh
STs
据切り
特性演算部
車速感応
ゲイン部
Tref_c
Tref_s
Vs

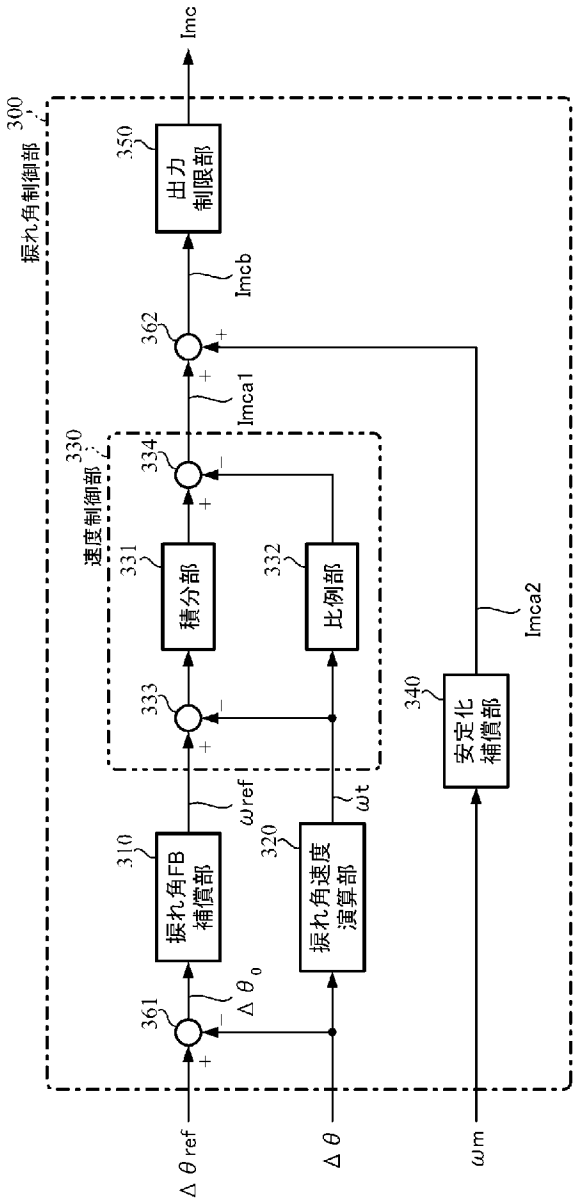
[図9]


トルク信号 Tref_s
1
0.5
-0.5
-1
L1
L2
L3
操舵角θh
-50
-25
0
25
50

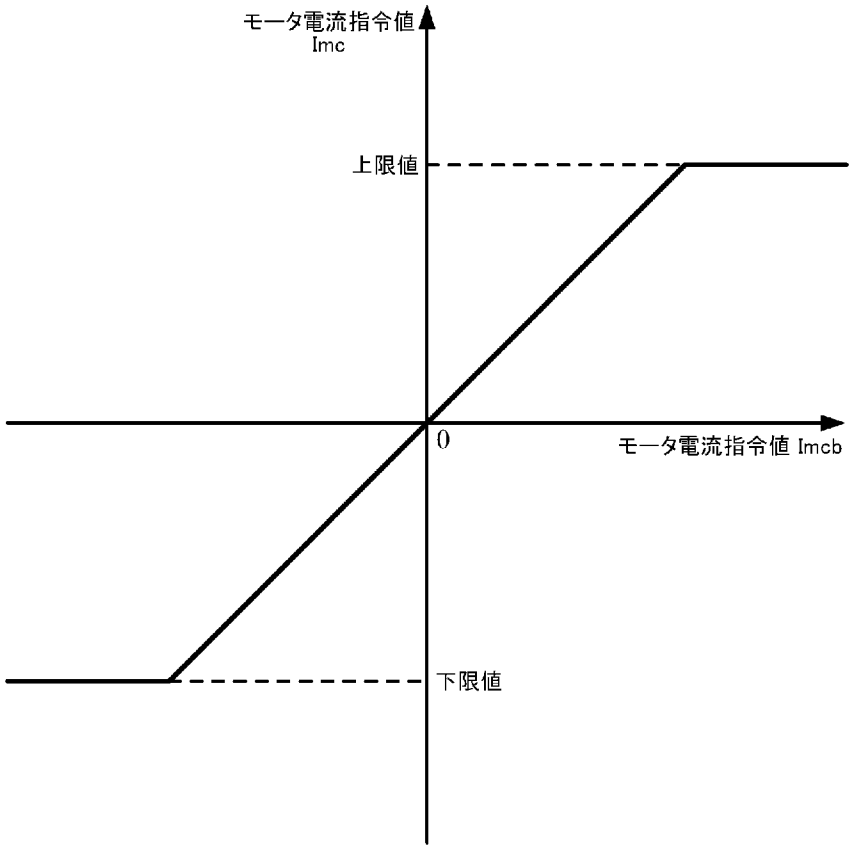
[図10]


車速感応ゲイン
2.0
0
Vs1
Vs2
車速 Vs

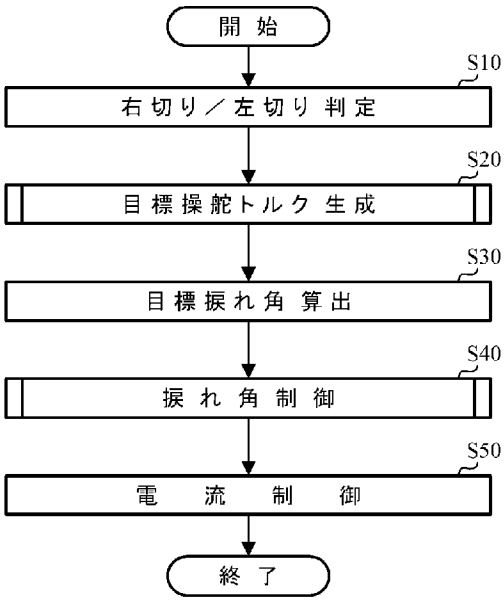
[図11]


Imc
振れ角制御部 300
350
出力制限部
Imcb
362
Imca1
速度制御部 330
334
331
積分部
332
比例部
333
340
安定化補償部
Imca2
ωref
ωt
310
振れ角FB補償部
320
振れ角速度演算部
Δθ0
361
Δθref
Δθ
ωm

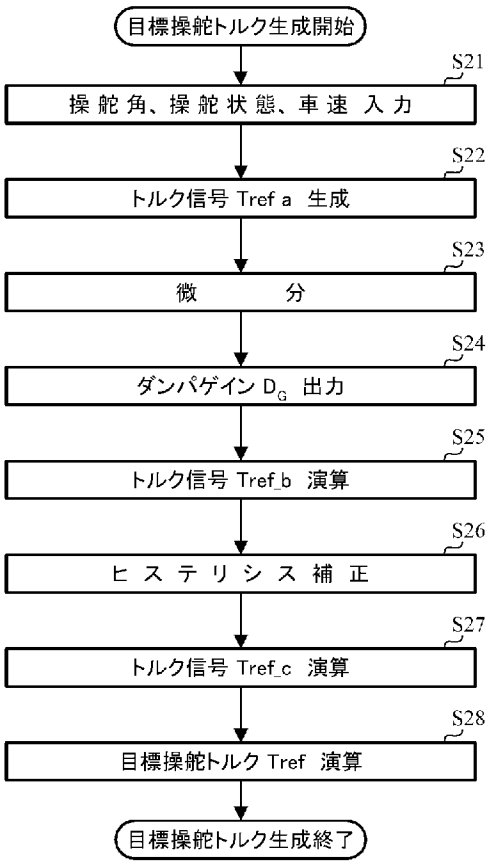
[図12]


モータ電流指令値
Imc
上限値
0
モータ電流指令値 Imcb
下限値

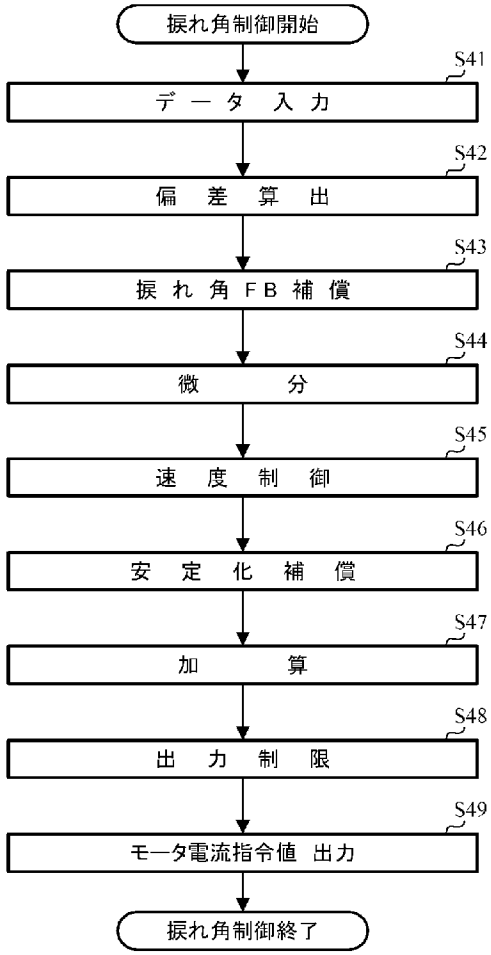
[図13]


開 始
S10
右切り／左切り判定
S20
目標操舵トルク生成
S30
目標振れ角算出
S40
振れ角制御
S50
電 流 制 御
終 了

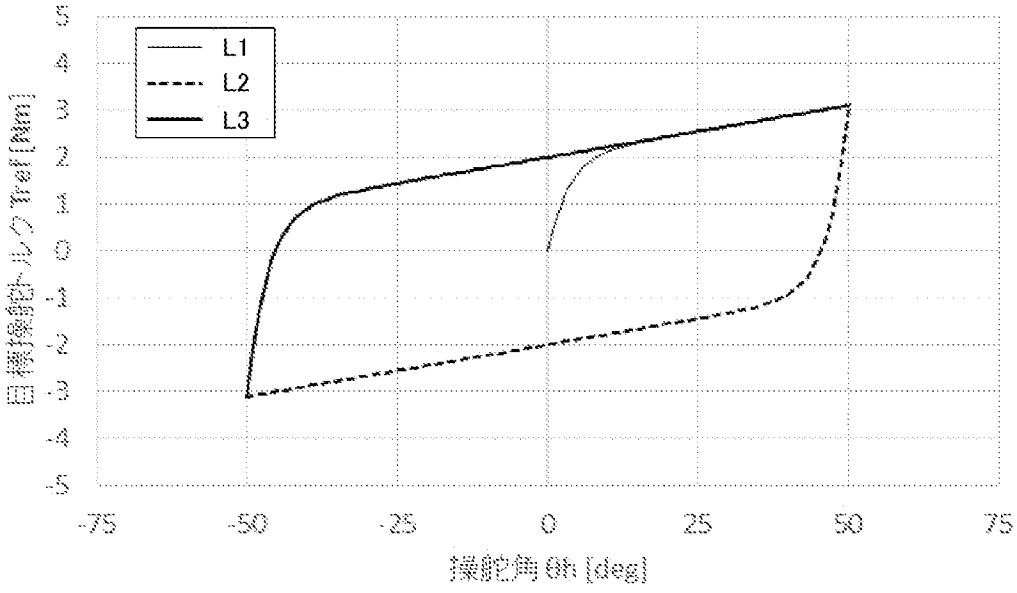
[図14]


目標操舵トルク生成開始
S21
操舵角、操舵状態、車速入力
S22
トルク信号 Tref a 生成
S23
微分
S24
ダンパゲイン D_G 出力
S25
トルク信号 Tref_b 演算
S26
ヒステリシス補正
S27
トルク信号 Tref_c 演算
S28
目標操舵トルク Tref 演算
目標操舵トルク生成終了

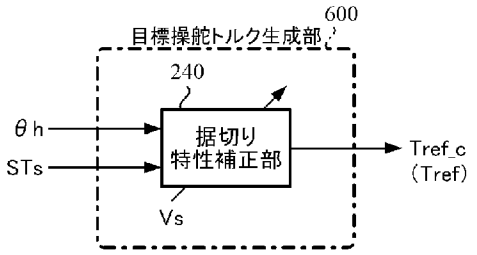
[図15]


振れ角制御開始
S41
データ入力
S42
偏差算出
S43
振れ角FB補償
S44
微分
S45
速度制御
S46
安定化補償
S47
加算
S48
出力制限
S49
モータ電流指令値 出力
振れ角制御終了

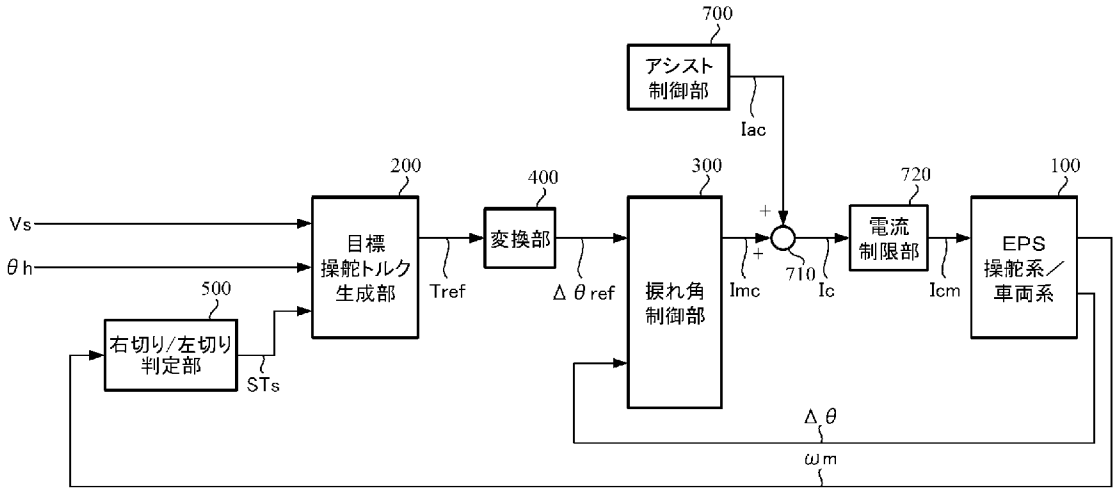
[図16]


L1
L2
L3
目標操舵トルク Traf [Nm]
5
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-75
-50
-25
0
25
50
75
操舵角 θh [deg]

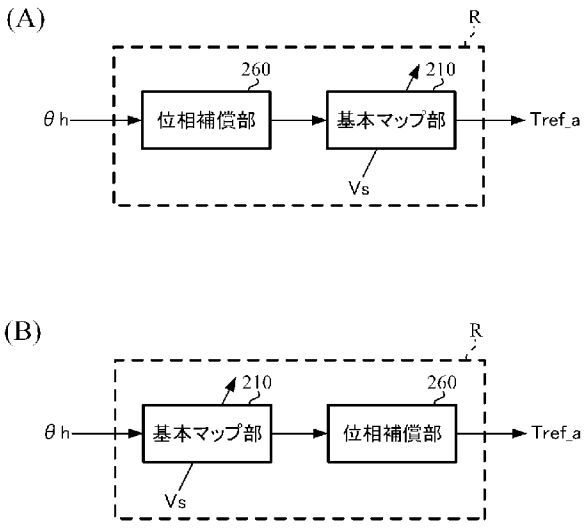
[図17]


600
目標操舵トルク生成部
240
θh
STs
据切り
特性補正部
Tref_c
(Tref)
Vs

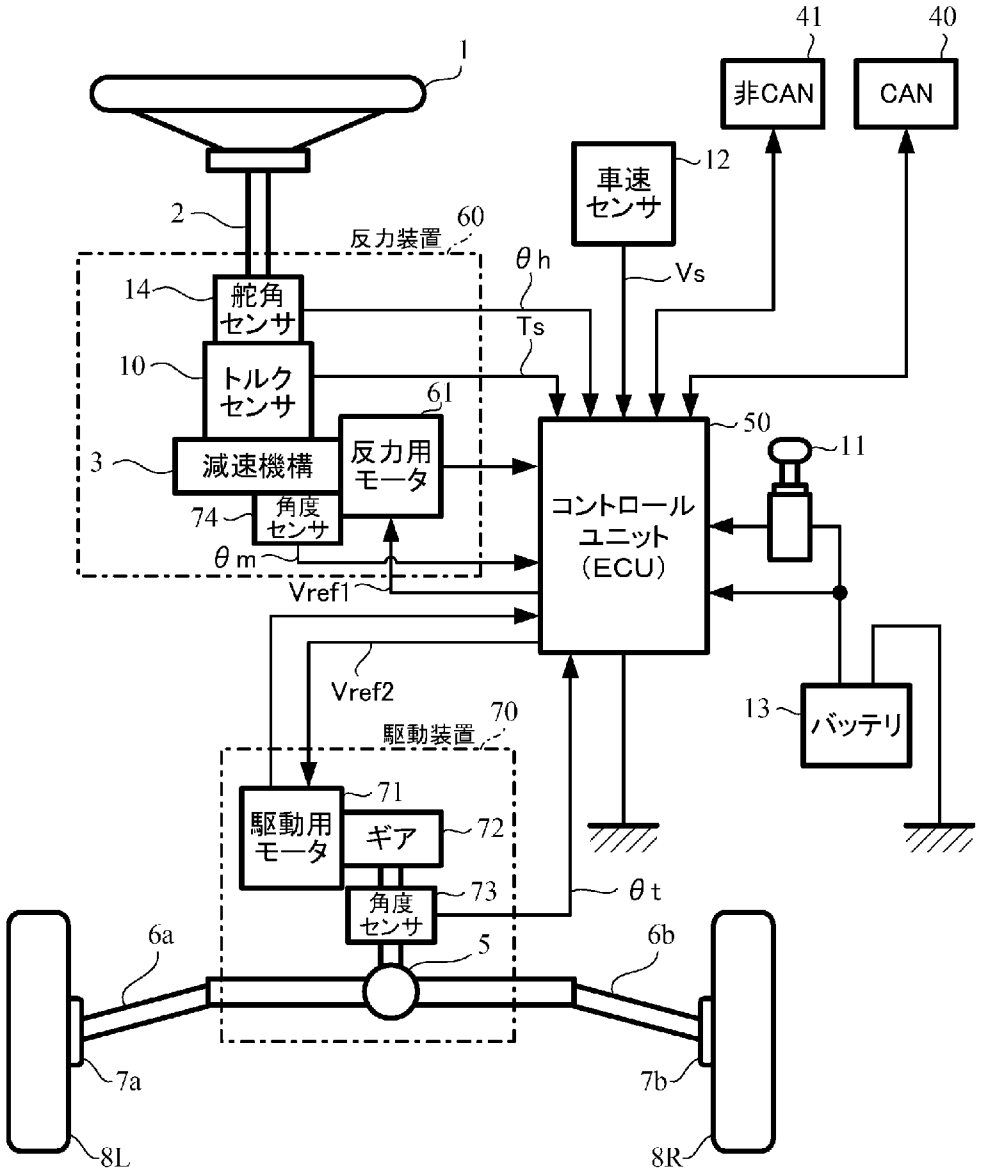
[図18]


700
アシスト
制御部
Iac
200
400
300
720
100
Vs
θh
目標
操舵トルク
生成部
Tref
変換部
Δθref
振れ角
制御部
Imc
710
Ic
電流
制限部
Icm
EPS
操舵系／
車両系
500
右切り/左切り
判定部
STs
Δθ
ωm

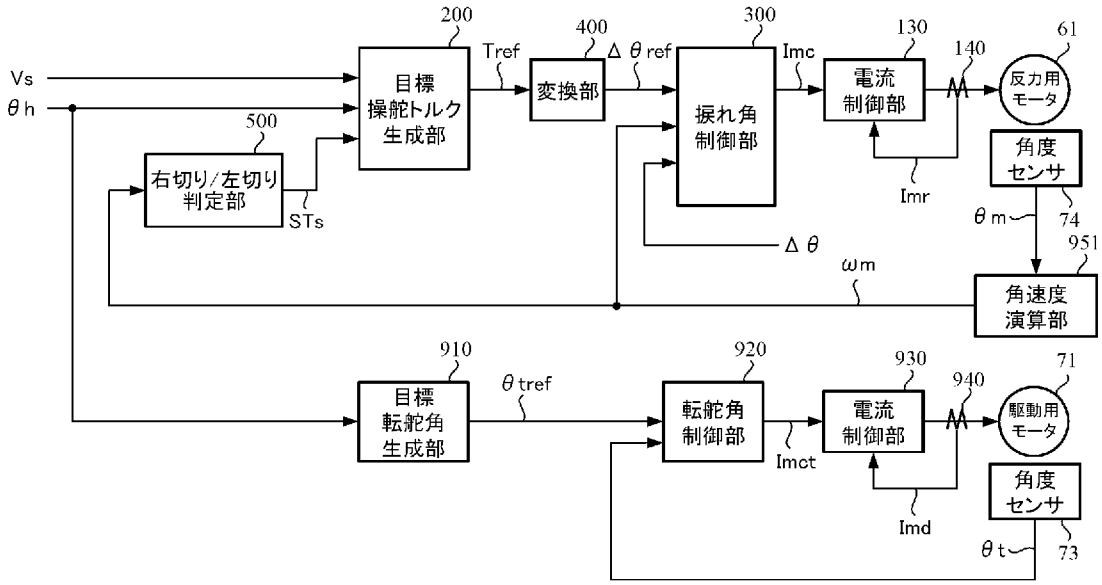
[図19]


(A)
R
260
210
θh
位相補償部
基本マップ部
Tref_a
Vs
(B)
R
210
260
θh
基本マップ部
位相補償部
Tref_a
Vs

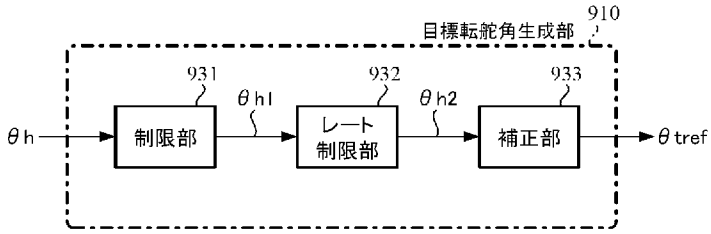
[図20]


1
2
41
40
非CAN
CAN
車速センサ
12
反力装置
60
θh
Vs
14
舵角センサ
Ts
10
トルクセンサ
61
50
11
3
減速機構
反力用モータ
コントロールユニット（ECU）
74
角度センサ
θm
Vref1
Vref2
70
駆動装置
13
バッテリ
71
駆動用モータ
72
ギア
73
角度センサ
θt
5
6a
6b
7a
7b
8L
8R

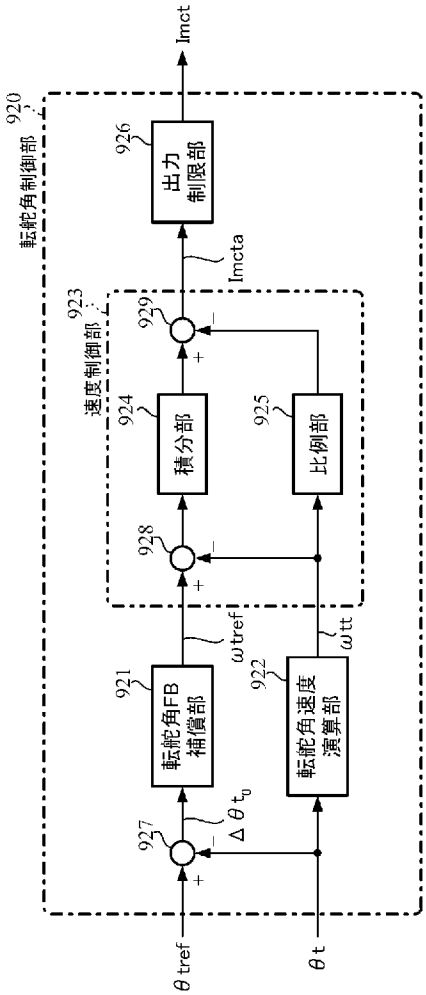
[図21]


Vs
θh
200
目標操舵トルク生成部
Tref
400
変換部
Δθref
300
振れ角制御部
Imc
130
電流制御部
140
61
反力用モータ
角度センサ
74
θm
Imr
500
右切り/左切り判定部
STs
Δθ
ωm
951
角速度演算部
910
目標転舵角生成部
θtref
920
転舵角制御部
Imct
930
電流制御部
940
71
駆動用モータ
角度センサ
73
θt
Imd

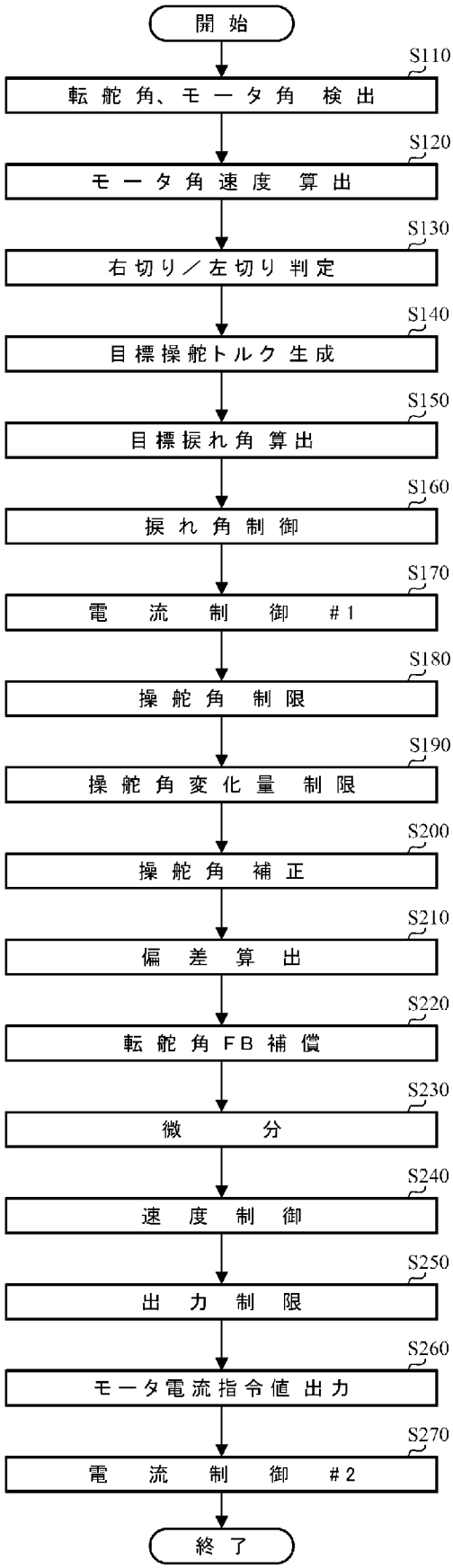
[図22]


910
目標転舵角生成部
931
θh1
932
θh2
933
θh
制限部
レート制限部
補正部
θtref

[図23]


Imct
920
転舵角制御部
926
出力制限部
Imcta
923
速度制御部
929
924
積分部
925
比例部
928
ωtref
ωtt
921
転舵角FB補償部
922
転舵角速度演算部
927
Δθt0
θtref
θt

[図24]


開始
S110
転舵角、モータ角 検出
S120
モータ角速度 算出
S130
右切り／左切り判定
S140
目標操舵トルク生成
S150
目標振れ角算出
S160
振れ角制御
S170
電流制御 #1
S180
操舵角制限
S190
操舵角変化量制限
S200
操舵角補正
S210
偏差算出
S220
転舵角FB補償
S230
微分
S240
速度制御
S250
出力制限
S260
モータ電流指令値出力
S270
電流制御 #2
終了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/049288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. B62D101/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i
FI: B62D6/00, B62D5/04, B62D101:00, B62D113:00
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)
Int.Cl. 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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2018/084190 A1 (NSK LTD.) 11.05.2018 (2018-05-11), paragraph [0021], fig. 3	1-7
A	JP 2017-56745 A (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) 23.03.2017 (2017-03-23), paragraphs [0015], [0016], [0022], fig. 2, 3	1-7
A	JP 2008-168858 A (JTEKT CORPORATION) 24.07.2008 (2008-07-24), paragraphs [0012], [0019], fig. 1, 2	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	Date of mailing of the international search report
30.01.2020	10.02.2020

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2019/049288

WO 2018/084190 A1	11.05.2018	US 2019/0256133 A1 paragraph [0041], fig. 3 EP 3489114 A1 CN 109963772 A
JP 2017-56745 A	23.03.2017	(Family: none)
JP 2008-168858 A	24.07.2008	(Family: none)

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2019/049288

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B62D 101/00(2006.01)n; B62D 113/00(2006.01)n; B62D 6/00(2006.01)i; B62D 5/04(2006.01)i
FI: B62D6/00; B62D5/04; B62D101:00; B62D113:00

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））

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

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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 2018/084190 A1（日本精工株式会社）11.05.2018（2018-05-11） 段落[0021],図3	1-7
A	JP 2017-56745 A（日立オートモティブシステムズ株式会社）23.03.2017（2017-03-23） 段落[0015]-[0016],[0022],図2-3	1-7
A	JP 2008-168858 A（株式会社ジェイテクト）24.07.2008（2008-07-24） 段落[0012],[0019],図1-2	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。

* 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	国際調査報告の発送日
30.01.2020	10.02.2020

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）
瀬戸　康平 3Q 3217

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

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/JP2019/049288

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/084190 A1	11.05.2018	US 2019/0256133 A1 段落[0041],図3 EP 3489114 A1 CN 109963772 A	
JP 2017-56745 A	23.03.2017	（ファミリーなし）	
JP 2008-168858 A	24.07.2008	（ファミリーなし）	