

(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7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/145036 A1

(51) 国際特許分類:

B62D 119/00 (2006.01) B62D 5/04 (2006.01)
B62D 6/00 (2006.01)

(KUMAGAI Hiroyasu); 〒2518501 神奈川県藤
沢市鵜沼神明1丁目5番50号 日本精
工株式会社内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/048967

(22) 国際出願日: 2019年12月13日(13.12.2019)

(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 2019-003715 2019年1月11日(11.01.2019) 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).

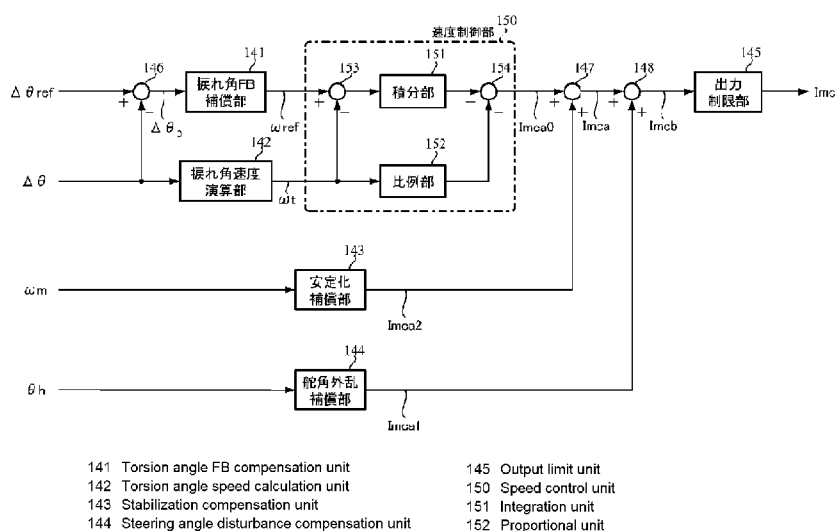
(72) 発明者: 椿 貴弘 (TSUBAKI Takahiro);
〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町78番地 日
本精工株式会社内 Gunma (JP). 熊谷 浩保

(74) 代理人: 安形 雄三 (AGATA Yuzo); 〒1070052
東京都港区赤坂2-5-7 N I K K E
N 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,
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,

(54) Title: VEHICLE STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 車両用操向装置



(57) Abstract: [Problem] To provide a vehicle steering device capable of easily achieving a steering torque equivalent to a steering angle, etc., without being affected by the condition of a road surface and without being affected by change in mechanism characteristics of a steering system over time. [Solution] This vehicle steering device for assist-controlling a steering system is provided with a torsion angle control unit that calculates a motor current command value for causing a torsion angle to follow a target torsion angle, wherein the torsion angle control unit is provided with a steering angle disturbance compensation unit for performing a filtering process for a detected steering angle, and calculating a first compensation motor current command value, and the torsion angle control unit performs compensation in the calculation of the motor current command value on the basis of the first compensation motor current command value.

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:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

(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。 【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、目標振れ角に対して振れ角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する振れ角制御部を備え、振れ角制御部が、検出された操舵角に対してフィルタ処理を行って第1補償モータ電流指令値を算出する舵角外乱補償部を具備し、モータ電流指令値の演算において第1補償モータ電流指令値による補償を行う。

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 T_s を検出するトルクセンサ10及び操舵角 θ_h 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、バッテリー13から電力が供給されると共に、イグニッションキー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 T_s と車速センサ12で検出された車速 V_s 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 V_{ref} 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 V_s 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 T_s 及び車速センサ12で検出された（若しくはCAN40からの）車速 V_s 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 T_s 及び車速 V_s 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 I_{ref1} を演算する。電流指令値 I_{ref1} 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 I_{refm} 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 I_m との偏差 I （ $=I_{refm}-I_m$ ）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 V_{ref} 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 I_m 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 C_m 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] 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。

課題を解決するための手段

[0013] 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及びハンドルの操舵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を備え、前記捩れ角制御部が、前記検出された操舵角に対してフィルタ処理を行って第1補償モータ電流指令値を算出する舵角外乱補償部を具備し、前記モータ電流指令値の演算において前記第1補償モータ電流指令値による補償を行い、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。

[0014] また、本発明の上記目的は、前記捩れ角制御部が、前記目標捩れ角及び前記捩れ角の偏差より目標捩れ角速度を算出する捩れ角フィードバック補償部と、前記捩れ角より捩れ角速度を算出する捩れ角速度演算部と、前記目標捩れ角速度及び前記捩れ角速度に基づいて基本モータ電流指令値を算出する速度制御部とを更に具備し、前記基本モータ電流指令値を前記第1補償モータ電流指令値によって補償して前記モータ電流指令値を算出することにより、或いは、前記捩れ角制御部が、前記モータ電流指令値の上下限値を制限する出力制限部を更に具備することにより、或いは、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、前記捩れ角制御部で使用される前記目標捩れ角に変換する変換部とを更に備えることにより、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1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2トルク信号を求めるダンパ演算部と

、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第3トルク信号を求めるヒステリシス補正部とを具備し、前記第1トルク信号、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、前記基本マップ及び前記ヒステリシス補正部の特性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1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

[0015] 本発明の車両用操向装置によれば、目標振れ角に振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。

[0016] また、舵角外乱補償部により、急操舵時における目標振れ角への追従性をさらに向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [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]ヒステリシス補正部の特性例を示す線図である。

[図9]振れ角制御部の構成例を示すブロック図である。

[図10]出力制限部での上下限値の設定例を示す線図である。

[図11]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12]目標操舵トルク生成部の動作例を示すフローチャートである。

[図13]振れ角制御部の動作例を示すフローチャートである。

[図14]舵角外乱補償部の効果を示すシミュレーションにおいて入力した操舵角の例を示すグラフである。

[図15]舵角外乱補償部の効果を示すシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図16]本発明の構成例（第2実施形態）を示すブロック図である。

[図17]位相補償部の挿入例を示すブロック図である。

[図18]S B Wシステムの概要を示す構成図である。

[図19]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20]目標転舵角生成部の構成例を示すブロック図である。

[図21]転舵角制御部の構成例を示すブロック図である。

[図22]本発明の動作例（第3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

[0018] 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振れ角を、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。

[0019] 以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

[0020] 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 F_r 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 θ_h 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 $\Delta\theta$ 及びトーションバートルク T_t を求めることができる。なお、 K_t はトーションバー 2 A のバネ定数である。

[0021] [数1]

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

[0022] [数2]

$$-K_t \cdot \Delta\theta = T_t$$

トーションバートルク T_t 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 T_t を操舵トルク T_s としても扱うこととする。

[0023] 次に、本発明の構成例について説明する。

[0024] 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 T_{ref} を出力する目標操舵トルク生成部 120 には、操舵角 θ_h の他に、車速 V_s 及び右切り／左切り判定部 110 から出力される右切り又は左切りの操舵状態 ST_s が入力される。目標操舵トルク T_{ref} は変換部 130 で目標捩れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換され、目標捩れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は、トーションバー 2 A の捩れ角 $\Delta\theta$ 、モータ角速度 ω_m 及び操舵角 θ_h と共に捩れ角制御部 140 に入力される。捩れ角制御部 140 は、捩れ角 $\Delta\theta$ が目標捩れ角 $\Delta\theta_{ref}$ となるようなモータ電流指令値 I_{mc} を演算し、モータ電流指令値 I_{mc} により EPS のモータが駆動される。

[0025] 右切り／左切り判定部 110 は、モータ角速度 ω_m 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 ST_s として出力する。即ち、モータ角速度 ω_m 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 ω_m の代わりに、操舵角 θ_h 、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。

[0026] 図5は目標操舵トルク生成部120の構成例を示しており、目標操舵トルク生成部120は、基本マップ部121、微分部122、ダンパゲイン部123、ヒステリシス補正部124、乗算部125並びに加算部126及び127を備え、操舵角 θ_h は基本マップ部121、微分部122及びヒステリシス補正部124に入力され、右切り／左切り判定部110から出力される操舵状態 ST_s はヒステリシス補正部124に入力される。

[0027] 基本マップ部121は、基本マップを有し、基本マップを用いて、車速 V_s をパラメータとするトルク信号（第1トルク信号） T_{ref_a} を出力する。基本マップはチューニングにより調整されており、例えば、図6（A）に示されるように、トルク信号 T_{ref_a} は、操舵角 θ_h の大きさ（絶対値） $|\theta_h|$ が増加するにつれて増加し、車速 V_s が増加するにつれても増加するようになっている。なお、図6（A）において、符号部121aは操舵角 θ_h の符号（+1、-1）を乗算部121bに出力しており、操舵角 θ_h の大きさからマップによりトルク信号 T_{ref_a} の大きさを求め、これに操舵角 θ_h の符号を乗算し、トルク信号 T_{ref_a} を求める構成となっているが、図6（B）に示されるように、正負の操舵角 θ_h に応じてマップを構成しても良く、この場合、操舵角 θ_h 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、車速感応でなくとも良い。

[0028] 微分部122は、操舵角 θ_h を微分して角速度情報である舵角速度 ω_h を算出し、舵角速度 ω_h は乗算部125に入力される。

[0029] ダンパゲイン部123は、舵角速度 ω_h に乘算されるダンパゲイン D_g を出力する。乗算部125にてダンパゲイン D_g を乗算された舵角速度 ω_h は、トルク信号（第2トルク信号） T_{ref_b} として加算部127に入力される。ダンパゲイン D_g は、ダンパゲイン部123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 V_s 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 V_s 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 θ_h に応じて可変として

も良い。なお、ダンパゲイン部 1 2 3 及び乗算部 1 2 5 でダンパ演算部を構成している。

[0030] ヒステリシス補正部 1 2 4 は操舵角 θ_h 及び操舵状態 $S T_s$ に基づき、下記数 3 に従ってトルク信号（第 3 トルク信号） $T r e f_c$ を演算する。なお、下記数 3 では、 $x = \theta_h$ 、 $y = T r e f_c$ 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。

[0031] [数 3]

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

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（ x_1 , y_1 ）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。

[0032] [数 4]

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

上記数 4 は、上記数 3 中の x に x_1 を、 y_R 及び y_L に y_1 を代入することにより導出することができる。

[0033] “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。

[0034] [数 5]

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

[0035]

[数6]

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

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 T_{ref_c} の線図例を図8に示す。即ち、ヒステリシス補正部124からのトルク信号 T_{ref_c} 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。

[0036] 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、車速 V_s 及び／又は操舵角 θ_h に応じて可変としても良い。

[0037] トルク信号 T_{ref_a} 、 T_{ref_b} 及び T_{ref_c} は、加算部126及び127で加算され、加算結果が目標操舵トルク T_{ref} として出力される。

[0038] なお、舵角速度 ω_h は、操舵角 θ_h 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 ω_h は、操舵角 θ_h 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 ω_h の代わりにモータ角速度 ω_m を角速度情報として使用しても良く、この場合、微分部122は不要となる。

[0039] 変換部130は、トーションバー2Aのバネ定数 K_t の逆数の符号を反転した $-1/K_t$ の特性を有しており、目標操舵トルク T_{ref} を目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換する。

[0040] 振れ角制御部140は、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 、振れ角 $\Delta\theta$ 、モータ角速度 ω_m 及び操舵角 θ_h に基づいてモータ電流指令値 I_{mc} を演算する。図9は振れ角制御部140の構成例を示すブロック図であり、振れ角制御部140は、振れ角フィードバック(FB)補償部141、振れ角速度演算部142、速度制御部150、安定化補償部143、舵角外乱補償部144、出力制限部145、減算部146並びに加算部147及び148を備えており、変換部130から出力される目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は減算部146に加算入力され、振れ角 $\Delta\theta$ は減算部146に減算入力されると共に、振れ角速度演算部142に入力され、モータ角速度 ω_m は安定化補償部143に入力され、操舵角 θ_h は舵角外乱補償部144に入力される。

[0041] 振れ角FB補償部141は、減算部146で算出される目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ と振れ角 $\Delta\theta$ 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 $\Delta\theta_{ref}$ に振れ角 $\Delta\theta$ が追従するような目標振れ角速度 ω_{ref} を出力する。補償値 C_{FB} は単純なゲイン K_{pp} 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 ω_{ref} は速度制御部150に入力される。振れ角FB補償部141と速度制御部150により、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に振れ角 $\Delta\theta$ 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。

[0042] 振れ角速度演算部142は、振れ角 $\Delta\theta$ に対する微分演算により振れ角速度 ω_t を算出し、振れ角速度 ω_t は速度制御部150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 ω_t を別の手段や振れ角 $\Delta\theta$ 以外から算出し、速度制御部150に入力するようにしても良い。

[0043] 速度制御部150は、I-P制御(比例先行型PI制御)により、目標振れ角速度 ω_{ref} に振れ角速度 ω_t が追従するようなモータ電流指令値(基本モータ電流指令値) I_{mca0} を算出する。減算部153で目標振れ角速度 ω_{ref} と振れ角速度 ω_t との差分($\omega_{ref} - \omega_t$)を算出し、その差分を、ゲイン K_{vi} を有する積分部151にて積分し、積分結果は減算部1

54に加算入力される。振れ角速度 ω_t は比例部152にも入力され、ゲイン K_{vp} による比例処理を施され、減算部154に減算入力される。減算部154での減算結果がモータ電流指令値 I_{mca0} として出力される。なお、速度制御部150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 I_{mca0} を算出しても良い。

[0044] 安定化補償部143は補償値 C_s （伝達関数）を有しており、モータ角速度 ω_m よりモータ電流指令値 I_{mca2} を算出する。追従性及び外乱特性を向上させるために、振れ角FB補償部141及び速度制御部150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 ω_m に対し、安定化するために必要な伝達関数（ C_s ）を安定化補償部143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143の伝達関数（ C_s ）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。

[0045] [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、 f_c は中心周波数であり、 f_c 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。

[0046] 舵角外乱補償部144は、操舵角 θ_h よりモータ電流指令値（第1補償モータ電流指令値） I_{mca1} を算出する。急操舵時等のような操舵角の急激な変動が発生した場合、目標振れ角に対する振れ角の追従特性が悪化するおそれがあるので、これを解消するために、舵角外乱補償部144を設定する

。舵角外乱補償部 144 は操舵角 θ_h に対するフィルタとゲインにより構成され、例えば、下記数 8 で表わされるような 2 次フィルタにゲインを乗算した構成（伝達関数 G_h ）とする。

[0047] [数 8]

$$G_h = K_h \frac{s^2}{s^2 + 2\zeta_n \omega_n s + \omega_n^2}$$

ここで、 K_h はゲインで、 ζ_n は減衰係数で、 $\omega_n = 2\pi \times f_n$ （ f_n はカットオフ周波数）であり、例えば、 $\zeta_n = 1$ 、 $f_n = 50$ [Hz] とする。なお、伝達関数 G_h として、2 次以外の次数のフィルタを使用しても良く、実験等に基づいて効果のあるファイルを適用すれば良い。

[0048] 速度制御部 150 からのモータ電流指令値 $I_{mc a 0}$ は、加算部 147 にて安定化補償部 143 からのモータ電流指令値 $I_{mc a 2}$ を加算されることにより補償され、更に、加算部 148 にて舵角外乱補償部 144 からのモータ電流指令値 $I_{mc a 1}$ を加算されることにより補償され、モータ電流指令値 $I_{mc b}$ として出力される。

[0049] 出力制限部 145 は、モータ電流指令値 $I_{mc b}$ の上下限値を制限して、モータ電流指令値 I_{mc} を出力する。図 10 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 $I_{mc b}$ 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 $I_{mc b}$ を、モータ電流指令値 I_{mc} として出力する。

[0050] このような構成において、本実施形態の動作例を図 11～図 13 のフローチャートを参照して説明する。

[0051] 動作を開始すると、右切り／左切り判定部 110 は、モータ角速度 ω_m を入力し、モータ角速度 ω_m 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 S_{Ts} として、目標操舵トルク生成部 120 に出力する（ステップ S10）。

[0052] 目標操舵トルク生成部 120 は、操舵状態 S_{Ts} と共に、操舵角 θ_h 及び

車速 V_s を入力し、目標操舵トルク T_{ref} を生成する（ステップS20）。目標操舵トルク生成部120の動作例については、図12のフローチャートを参照して説明する。

- [0053] 目標操舵トルク生成部120に入力された操舵角 θ_h は基本マップ部121、微分部122及びヒステリシス補正部124に、操舵状態 S_{Ts} はヒステリシス補正部124に、車速 V_s は基本マップ部121及びダンパゲイン部123にそれぞれ入力される（ステップS21）。
- [0054] 基本マップ部121は、図6（A）又は（B）に示される基本マップを用いて、操舵角 θ_h 及び車速 V_s に応じたトルク信号 T_{ref_a} を生成して、加算部126に出力する（ステップS22）。
- [0055] 微分部122は操舵角 θ_h を微分して舵角速度 ω_h を出力し（ステップS23）、ダンパゲイン部123は図7に示されるダンパゲインマップを用いて車速 V_s に応じたダンパゲイン D_g を出力し（ステップS24）、乗算部125は舵角速度 ω_h 及びダンパゲイン D_g を乗算してトルク信号 T_{ref_b} を演算し、加算部127に出力する（ステップS25）。
- [0056] ヒステリシス補正部124は、操舵角 θ_h に対して、操舵状態 S_{Ts} 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 T_{ref_c} を生成し、加算部127に出力する（ステップS27）。なお、数5及び数6におけるヒステリシス幅 $A_{hys, c}$ 、 x_1 及び y_1 は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、 x_1 及び y_1 の代わりに b 及び b' を保持するようにしても良い。
- [0057] そして、加算部127にてトルク信号 T_{ref_b} 及び T_{ref_c} が加算され、更に、その加算結果にトルク信号 T_{ref_a} が加算部126にて加算され、目標操舵トルク T_{ref} が演算される（ステップS28）。
- [0058] 目標操舵トルク生成部120で生成された目標操舵トルク T_{ref} は変換部130に入力され、変換部130で目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換される（ステップS30）。目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は振れ角制御部140に入力される。

- [0059] 振れ角制御部140は、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ と共に、振れ角 $\Delta\theta$ 、モータ角速度 ω_m 及び操舵角 θ_h を入力し、モータ電流指令値 I_{mc} を演算する（ステップS40）。振れ角制御部140の動作例については、図13のフローチャートを参照して説明する。
- [0060] 振れ角制御部140に入力された目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は減算部146に、振れ角 $\Delta\theta$ は減算部146及び振れ角速度演算部142に、モータ角速度 ω_m は安定化補償部143に、操舵角 θ_h は舵角外乱補償部144にそれぞれ入力される（ステップS41）。
- [0061] 減算部146では、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ から振れ角 $\Delta\theta$ 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 $\Delta\theta_0$ は振れ角FB補償部141に入力され、振れ角FB補償部141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 ω_{ref} を速度制御部150に出力する。
- [0062] 振れ角 $\Delta\theta$ を入力した振れ角速度演算部142は、振れ角 $\Delta\theta$ に対する微分演算により振れ角速度 ω_t を算出し（ステップS44）、速度制御部150に出力する。
- [0063] 速度制御部150では、目標振れ角速度 ω_{ref} と振れ角速度 ω_t の差分が減算部153で算出され、その差分が積分部151で積分（ K_{vi}/s ）されて減算部154に加算入力される（ステップS45）。更に、振れ角速度 ω_t は比例部152で比例処理（ K_{vp} ）され、比例結果が減算部154に減算入力され（ステップS45）、減算部154の減算結果であるモータ電流指令値 I_{mca0} は加算部147に入力される。
- [0064] 安定化補償部143は、入力したモータ角速度 ω_m に対して、数7で表される伝達関数 C_s を用いて安定化補償を行い（ステップS46）、安定化補償部143からのモータ電流指令値 I_{mca2} は加算部147に入力される。
- [0065] 加算部147ではモータ電流指令値 I_{mca0} にモータ電流指令値 I_{mca2} が加算され（ステップS47）、加算結果であるモータ電流指令値 I_m

c a は加算部 1 4 8 に入力される。

[0066] 舵角外乱補償部 1 4 4 は、入力した操舵角 θ_h に対して、数 8 で表される伝達関数 G_h によるフィルタ処理を行ってモータ電流指令値 I_{mca1} を算出し（ステップ S 4 8）、モータ電流指令値 I_{mca1} は加算部 1 4 8 に入力される。

[0067] 加算部 1 4 8 ではモータ電流指令値 I_{mca} にモータ電流指令値 I_{mca1} が加算され（ステップ S 4 9）、加算結果であるモータ電流指令値 I_{mcb} は出力制限部 1 4 5 に入力される。出力制限部 1 4 5 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 I_{mcb} の上下限値を制限し（ステップ S 5 0）、モータ電流指令値 I_{mc} として出力する（ステップ S 5 1）。

[0068] 振れ角制御部 1 4 0 から出力されたモータ電流指令値 I_{mc} 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 S 6 0）。

[0069] なお、図 1 1 ～図 1 3 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] 本実施形態での舵角外乱補償部の効果について、シミュレーション結果を基に説明する。

[0071] シミュレーションでは、急操舵を想定し、図 1 4 に示されるような 0 d e g から 3 0 d e g まで変化させた操舵角 θ_h を入力し、舵角外乱補償部による補償がある（以下、「舵角外乱補償有り」とする）場合とない（以下、「舵角外乱補償無し」とする）場合とでの操舵トルクの時間応答を調べた。図 1 4 において、横軸は時間 [s e c]、縦軸は操舵角 [d e g] であり、操舵角 θ_h は 0. 2 s e c を過ぎた辺りから 0 d e g から大きくなり、0. 3 5 s e c 辺りで 3 0 d e g となっている。

[0072] シミュレーション結果を図 1 5 に示す。図 1 5 (A) は、横軸を時間 [s e c]、縦軸を操舵トルク [N m] として、目標操舵トルクを太線で、舵角外乱補償無しの場合の操舵トルクを細線で、舵角外乱補償有りの場合の操舵トルクを破線で示している。急操舵時であっても、目標値に追従しているこ

とが望ましいので、目標値である目標操舵トルクとのずれが分かるように、目標操舵トルクと各操舵トルクとの偏差を図15(B)に示す。図15(B)では、横軸を時間[s e c]、縦軸を偏差[N m]とし、舵角外乱補償無しの場合の偏差を実線で、舵角外乱補償有りの場合の偏差を破線で示している。図15(B)での丸で囲まれた箇所を見ると、舵角外乱補償無しの場合には目標操舵トルクとの偏差が大きい、舵角外乱補償を行うことにより、偏差が抑制されていることがわかる。

[0073] 本発明の他の構成例について説明する。

[0074] 第1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 I_{mc} 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 I_{ref1} 又は電流指令値 I_{ref1} に補償信号CMを加算した電流指令値 I_{ref2} 等を加算良い。

[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2実施形態）を図16に示す。アシスト制御部200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200から出力されるアシスト電流指令値 I_{ac} （図2における電流指令値 I_{ref1} 又は I_{ref2} に相当）と、捩れ角制御部140から出力されるモータ電流指令値 I_{mc} は、加算部260で加算され、加算結果である電流指令値 I_c は電流制限部270に入力され、最大電流を制限された電流指令値 I_{cm} 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及び第2実施形態での目標操舵トルク生成部120において、コストや処理時間を重視する場合等では、基本マップ部121、ダンパ演算部及びヒステリシス補正部124の内の少なくとも1つを残して、他を省略しても良い。基本マップ部121を省略する場合、加算部126も省略可能で、ダンパ演算部を省略する場合、微分部122及び加算部127も省略可能で、ヒステリシス補正部124を省略する場合、右切り／左切り判定部110及

び加算部 127 も省略可能である。また、基本マップ部 121 の前段又は後段に位相補償を行なう位相補償部 128 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 17 (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 128 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 1.0 Hz、分母のカットオフ周波数を 1.3 Hz 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。FF 補償部 146 や出力制限部も省略可能である。

[0078] なお、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 3 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 18 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 19 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 θ_h 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 T_s 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 θ_m 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 θ_t 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 θ_h や転舵角 θ_t 等の情報に加え、車速センサ12からの車速 V_s 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 V_{ref1} 及び駆動用モータ71を駆動制御する電圧制御指令値 V_{ref2} 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3実施形態の構成について説明する。

[0082] 図19は第3実施形態の構成を示すブロック図である。第3実施形態は、捩れ角 $\Delta\theta$ に対する制御（以下、「捩れ角制御」とする）と、転舵角 θ_t 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 $\Delta\theta$ が、操舵角 θ_h 等を用いて目標操舵トルク生成部120及び変換部130を経て算出される目標捩れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に追従するような制御を行う。モータ角 θ_m は角度センサ74で検出され、モータ角速度 ω_m は、角速度演算部951にてモータ角 θ_m を微分することにより算出される。転舵角 θ_t 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160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140から出力されるモータ電流指令値 I_{mc} 及びモータ電流検出器170で検出される反力用モータ61の電流値 I_{mr} 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 θ_h に基づいて目標転舵角 θ_{tref} が生成され、目標転舵角 θ_{tref} は転舵角 θ_t 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 θ_t が目標転舵角 θ_{tref} となるようなモータ電流指令値 I_{mct} が演算される。そして、モータ電流指令値 I_{mct} 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 I_{md} に基づいて、電流制御部930が、電流制御部160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20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 θ_h の上下限値を制限して、操舵角 θ_{h1} を出力する。捩れ角制御部140内の出力制限部145と同様に、操舵角 θ_h 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 θ_{h1} の変化量に対して制限値を設定して制限をかけ、操舵角 θ_{h2} を出力する。例えば、1サンプル前の操舵角 θ_{h1} 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 θ_{h1} を加減算し、操舵角 θ_{h2} として出力し、制限値以下の場合は、操舵角 θ_{h1} をそのまま操舵角 θ_{h2} 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 θ_{h2} を補正して、目標転舵角 θ_{tref} を出力

する。例えば、目標操舵トルク生成部 120 内の基本マップ部 121 のように、操舵角 θ_{h2} の大きさ $|\theta_{h2}|$ に対する目標転舵角 θ_{tref} の特性を定義したマップを用いて、操舵角 θ_{h2} より目標転舵角 θ_{tref} を求める。或いは、単純に、操舵角 θ_{h2} に所定のゲインを乗算することにより、目標転舵角 θ_{tref} 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 21 に示す。転舵角制御部 920 は、図 9 に示される振れ角制御部 140 の構成例において安定化補償部 143、舵角外乱補償部 144、FF 補償部 146 並びに加算部 148 及び 149 を除いた構成と同様の構成をしており、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 及び振れ角 $\Delta\theta$ の代わりに目標転舵角 θ_{tref} 及び転舵角 θ_t 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、それぞれ振れ角 FB 補償部 141、振れ角速度演算部 142、速度制御部 150、出力制限部 145 及び減算部 147 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 3 実施形態の動作例を図 22 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 θ_t を検出し、角度センサ 74 はモータ角 θ_m を検出し (ステップ S110)、転舵角 θ_t は転舵角制御部 920 に、モータ角 θ_m 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 θ_m を微分してモータ角速度 ω_m を算出し、右切り／左切り判定部 110 及び振れ角制御部 140 に出力する (ステップ S120)。

[0093] その後、目標操舵トルク生成部 120 において、図 11 に示されるステップ S10～S60 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 θ_h を入力し、操舵角 θ_h 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 θ_h の上下限値を制限し (ステップ S

180)、操舵角 θ_{h1} 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 θ_{h1} の変化量に対して制限をかけ(ステップS190)、操舵角 θ_{h2} として補正部933に出力する。補正部933は、操舵角 θ_{h2} を補正して目標転舵角 θ_{tref} を求め(ステップS200)、転舵角制御部920に出力する。

[0095] 転舵角 θ_t 及び目標転舵角 θ_{tref} を入力した転舵角制御部920は、減算部927にて目標転舵角 θ_{tref} から転舵角 θ_t を減算することにより、偏差 $\Delta\theta_t$ を算出する(ステップS210)。偏差 $\Delta\theta_t$ 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 $\Delta\theta_t$ に補償値を乗算することにより偏差 $\Delta\theta_t$ を補償し(ステップS220)、目標転舵角速度 ω_{tref} 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 θ_t を入力し、転舵角 θ_t に対する微分演算により転舵角速度 ω_{tt} 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150と同様にI-P制御によりモータ電流指令値 I_{mcta} 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 I_{mcta} の上下限値を制限し(ステップS250)、モータ電流指令値 I_{mct} として出力する(ステップS260)。

[0096] モータ電流指令値 I_{mct} は電流制御部930に入力され、電流制御部930は、モータ電流指令値 I_{mct} 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 I_{md} 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22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140内の速度制御部150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140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3実施形態では、図18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18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3実施形態での捩れ角制御部140及び第2実施形態でのアシスト制御部200は、直接的にモータ電流指令値 I_{mc} 及びアシスト電流指令値 I_{ac} 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。

[0100] なお、上述で使用了図は、本発明に関して定性的な説明を行うための概念図であり、これらに限定されるものではない。また、上述の実施形態は本発明の好適な実施の一例ではあるが、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々変形実施可能である。また、ハンドルと、モータ又は反力モータの間に任意のバネ定数を有する機構であれば、トーションバーに限定しなくても良い。

[0101] 本発明の主たる目的は、急操舵時等のような操舵角の急激な変動が発生した場合、目標捩れ角に対する捩れ角の追従特性が悪化するおそれがあるので、これを解消するための舵角外乱補償による実現手段についてであり、目標操舵トルクに対する操舵トルクの追従性の実現手段に関しては、上記に限定しなくても良い。

符号の説明

[0102] 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）
2 A	トーションバー
3	減速機構
1 0	トルクセンサ
1 2	車速センサ
1 4	舵角センサ
2 0	モータ
3 0、5 0	コントロールユニット（E C U）
3 1	電流指令値演算部
3 3、2 7 0	電流制限部
3 4	補償信号生成部
3 8、1 6 0、9 4 0	モータ電流検出器
6 0	反力装置
6 1	反力用モータ
7 0	駆動装置
7 1	駆動用モータ
7 2	ギア
7 3、7 4	角度センサ
1 0 0	E P S 操舵系／車両系
1 1 0	右切り／左切り判定部
1 2 0	目標操舵トルク生成部
1 2 1	基本マップ部
1 2 3	ダンパゲイン部
1 2 4	ヒステリシス補正部
1 2 8	位相補償部
1 3 0	変換部

1 4 0	振れ角制御部
1 4 1	振れ角フィードバック（F B）補償部
1 4 2	振れ角速度演算部
1 4 3	安定化補償部
1 4 4	舵角外乱補償部
1 4 5、9 2 6	出力制限部
1 5 0、9 2 3	速度制御部
1 6 0、9 3 0	電流制御部
2 0 0	アシスト制御部
9 1 0	目標転舵角生成部
9 2 0	転舵角制御部
9 2 1	転舵角フィードバック（F B）補償部
9 2 2	転舵角速度演算部
9 3 1	制限部
9 3 2	レート制限部
9 3 3	補正部
9 5 1	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振れ角を検出するセンサ及びハンドルの操舵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、
- 目標振れ角に対して前記振れ角を追従させるようなモータ電流指令値を演算する振れ角制御部を備え、
- 前記振れ角制御部が、
- 前記検出された操舵角に対してフィルタ処理を行って第1補償モータ電流指令値を算出する舵角外乱補償部を具備し、
- 前記モータ電流指令値の演算において前記第1補償モータ電流指令値による補償を行い、
- 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] 前記振れ角制御部が、
- 前記目標振れ角及び前記振れ角の偏差より目標振れ角速度を算出する振れ角フィードバック補償部と、
- 前記振れ角より振れ角速度を算出する振れ角速度演算部と、
- 前記目標振れ角速度及び前記振れ角速度に基づいて基本モータ電流指令値を算出する速度制御部とを更に具備し、
- 前記基本モータ電流指令値を前記第1補償モータ電流指令値によって補償して前記モータ電流指令値を算出する請求項1に記載の車両用操向装置。
- [請求項3] 前記振れ角制御部が、
- 前記モータ電流指令値の上下限値を制限する出力制限部を更に具備する請求項1又は2に記載の車両用操向装置。
- [請求項4] 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、前記振れ角制御部で使用される前記目標振

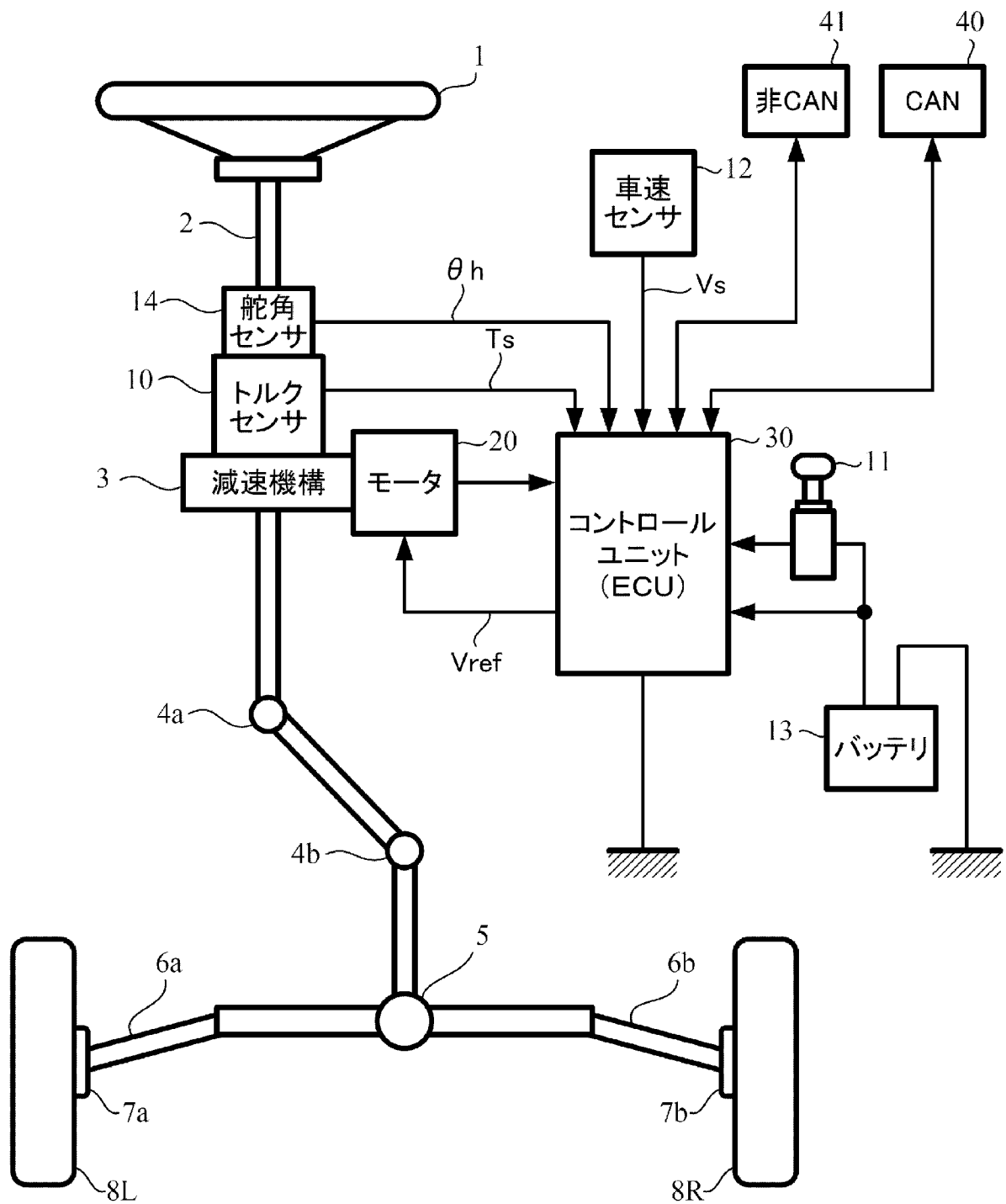
れ角に変換する変換部とを更に備える請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の車両用操向装置。

- [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 1 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 2 トルク信号を求めるダンパ演算部と、
 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第 3 トルク信号を求めるヒステリシス補正部とを具備し、
 前記第 1 トルク信号、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 つの信号より前記目標操舵トルクを算出する請求項 4 に記載の車両用操向装置。

- [請求項6] 前記基本マップ及び前記ヒステリシス補正部の特性が車速感応である請求項 5 に記載の車両用操向装置。

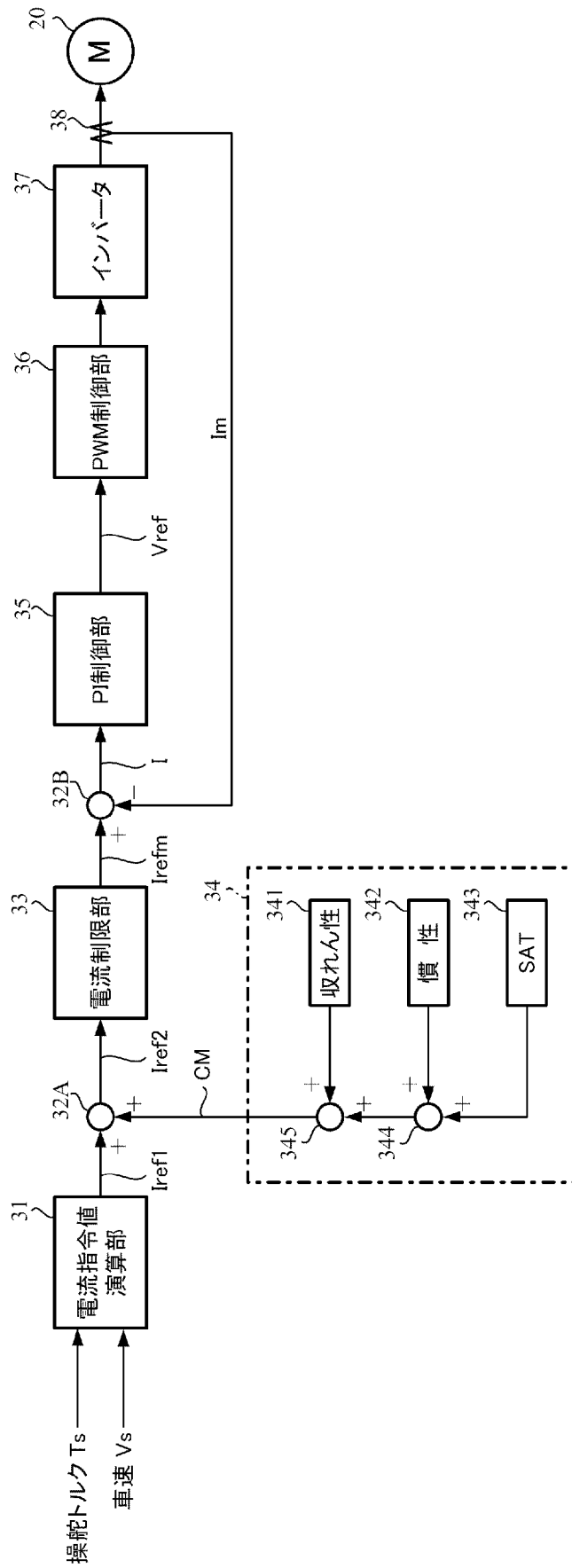
- [請求項7] 前記目標操舵トルク生成部が、
 前記基本マップ部の前段又は後段に、位相補償を行なう位相補償部を更に具備し、
 前記基本マップ部及び前記位相補償部を介して、前記操舵角及び前記車速より前記第 1 トルク信号を求める請求項 5 又は 6 に記載の車両用操向装置。

[図1]



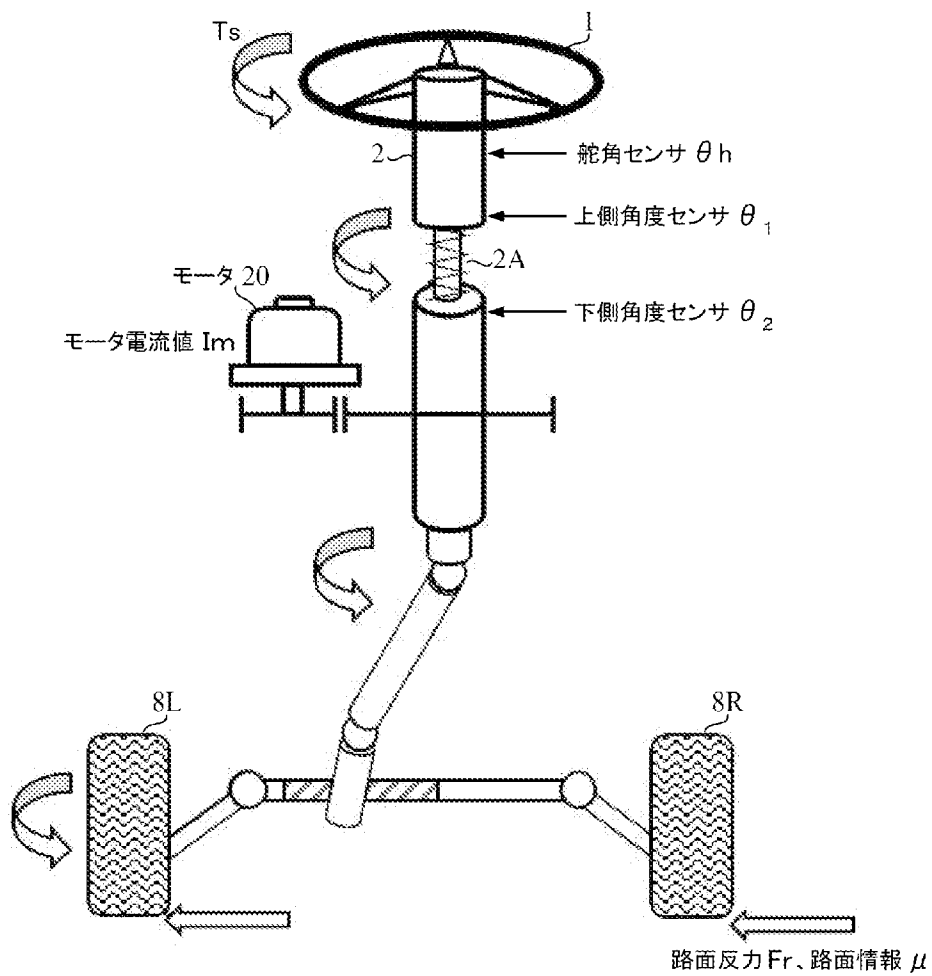
従 来 例

[図2]

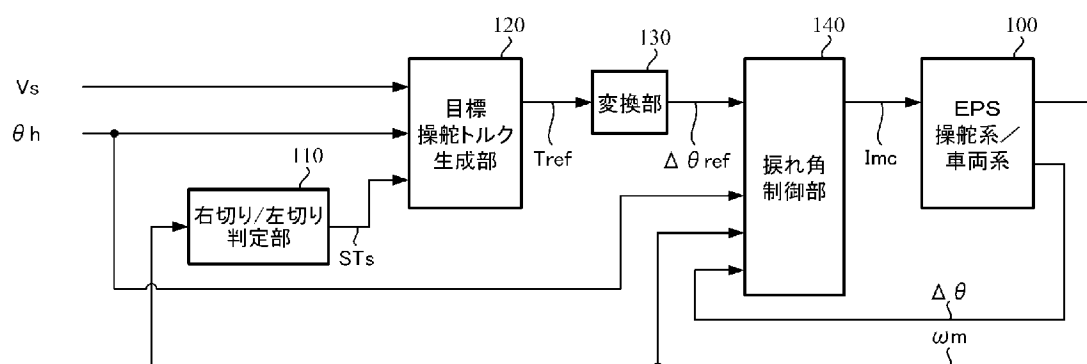


従来例

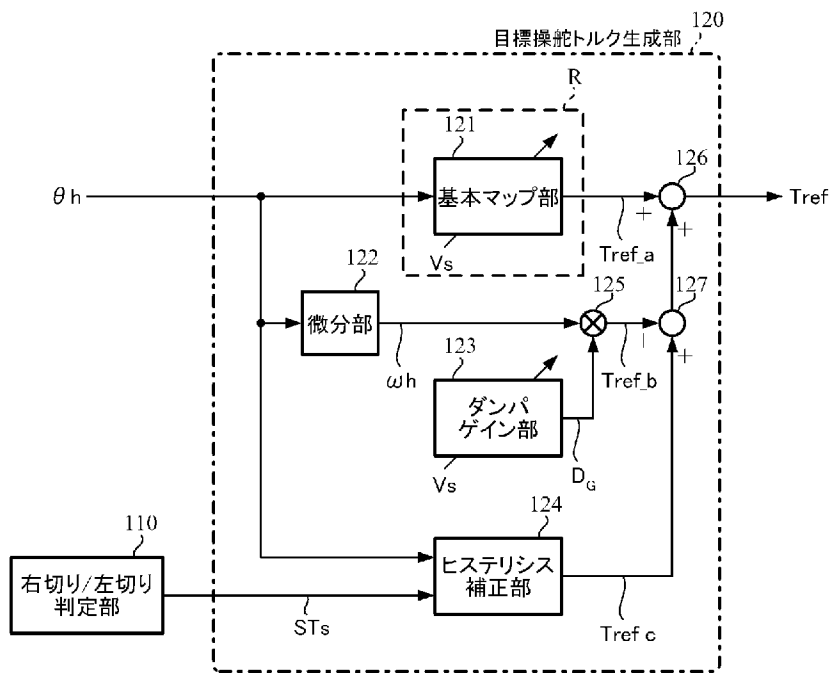
[図3]



[図4]

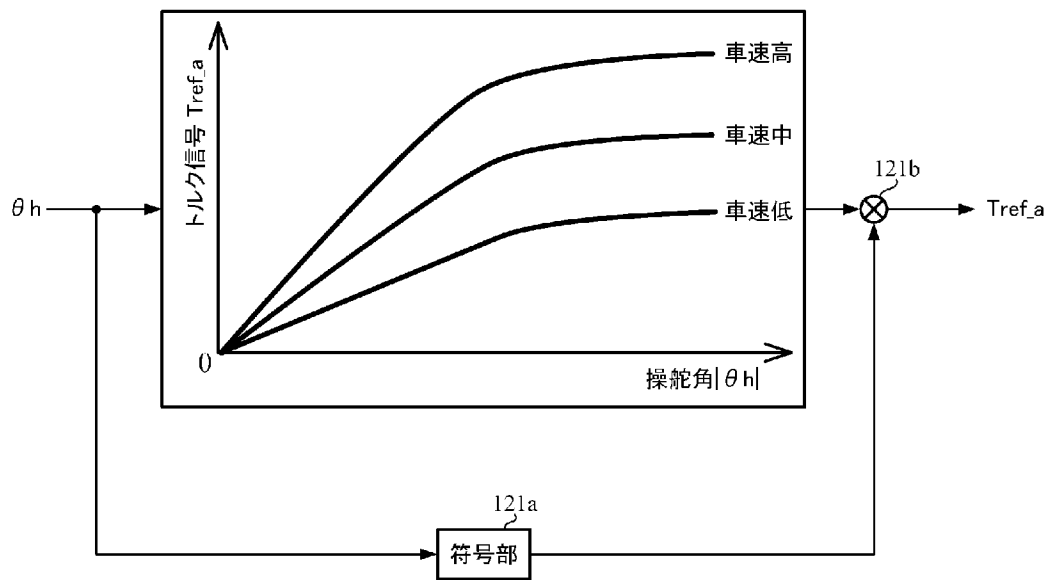


[図5]

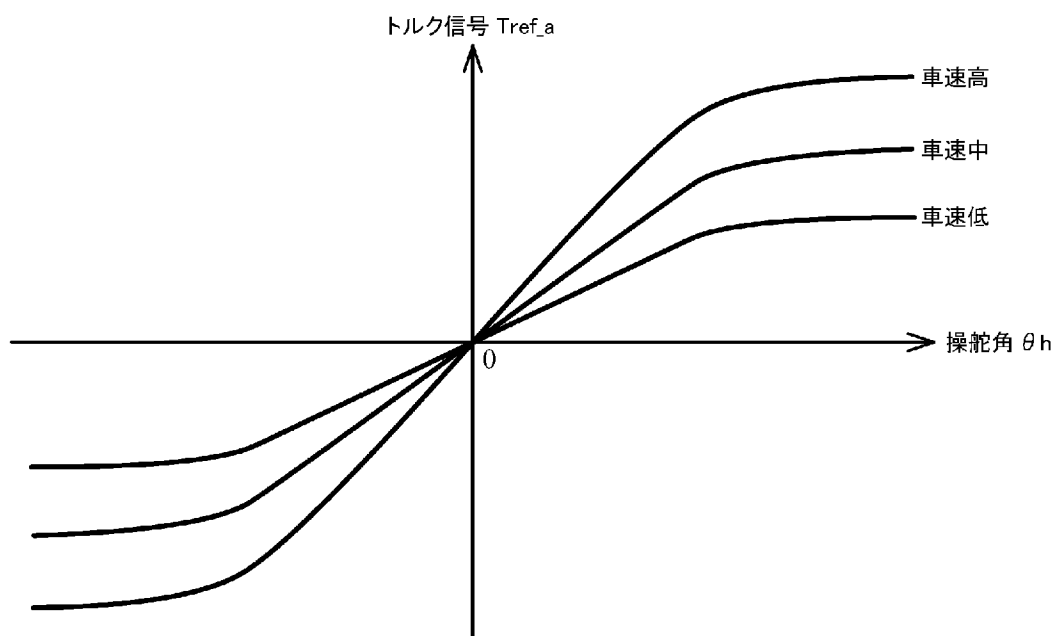


[図6]

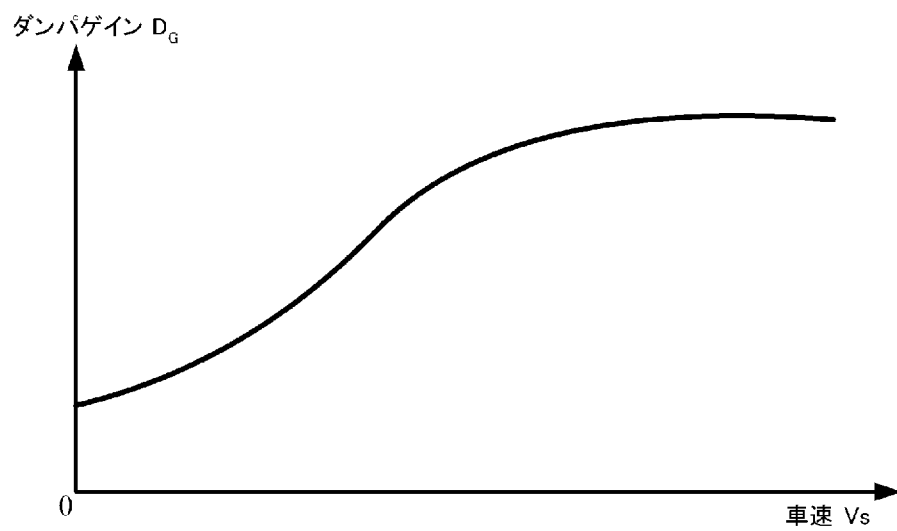
(A)



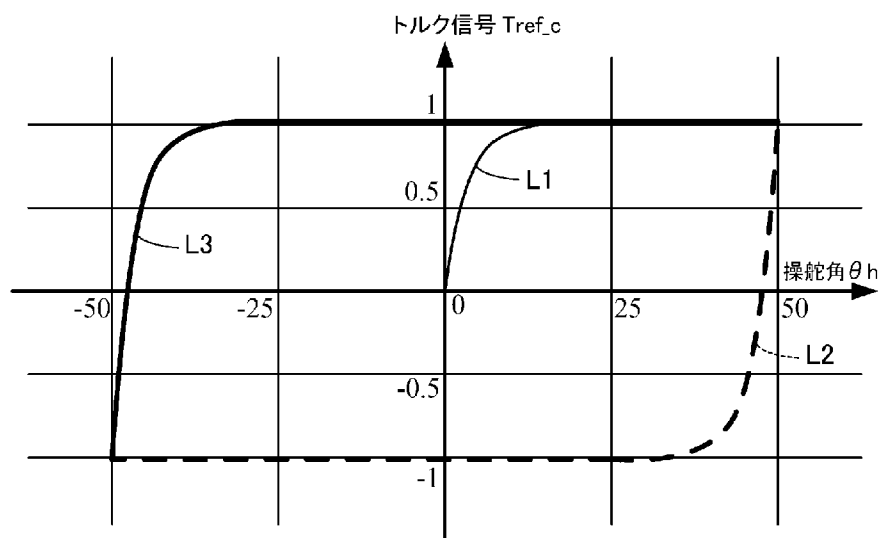
(B)



[図7]



[図8]

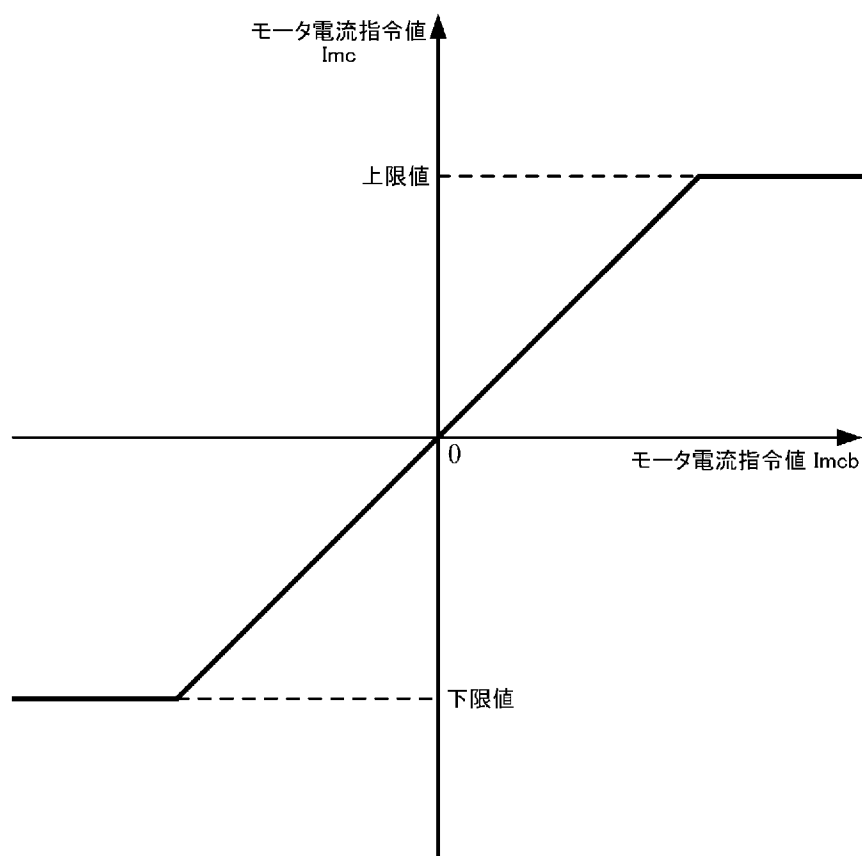


The diagram illustrates a control system for a vehicle's yaw rate and heading. The system is composed of several interconnected blocks and summing junctions:

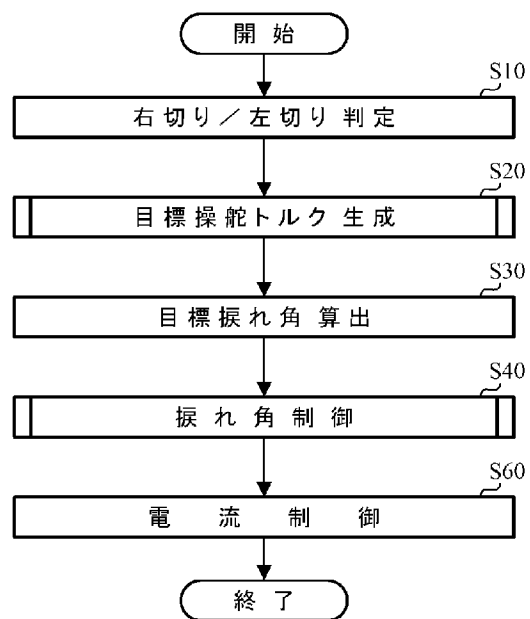
- Yaw Rate Feedback Loop (140):**
 - Summing Junction 146:** Receives the reference yaw rate $\Delta \theta_{ref}$ and the feedback yaw rate ω_t (from block 142) to produce the error signal $\Delta \theta_0$.
 - Block 141 (振れ角FB補償部):** Processes the error signal $\Delta \theta_0$ to produce the reference yaw rate ω_{ref} .
 - Summing Junction 143:** Receives the reference yaw rate ω_{ref} and the feedback yaw rate ω_t to produce the control signal ω_m .
 - Block 142 (振れ角速度演算部):** Calculates the yaw rate ω_t from the heading $\Delta \theta$.
 - Summing Junction 147:** Receives the control signal ω_m and the feedback yaw rate ω_t to produce the control signal ω_{ca0} .
 - Block 145 (出力制限部):** Limits the control signal ω_{ca0} to produce the control signal ω_{ca} .
 - Summing Junction 148:** Receives the control signal ω_{ca} and the feedback yaw rate ω_t to produce the control signal ω_{cb} .
- Heading Correction Loop (144):**
 - Block 144 (舵角外乱補償部):** Processes the heading disturbance θ_h to produce the heading disturbance θ_{ca1} .
 - Block 143 (安定化補償部):** Processes the heading disturbance θ_{ca1} to produce the heading disturbance θ_{ca2} .

The system also includes a heading disturbance compensator (144) and a heading disturbance compensator (143).

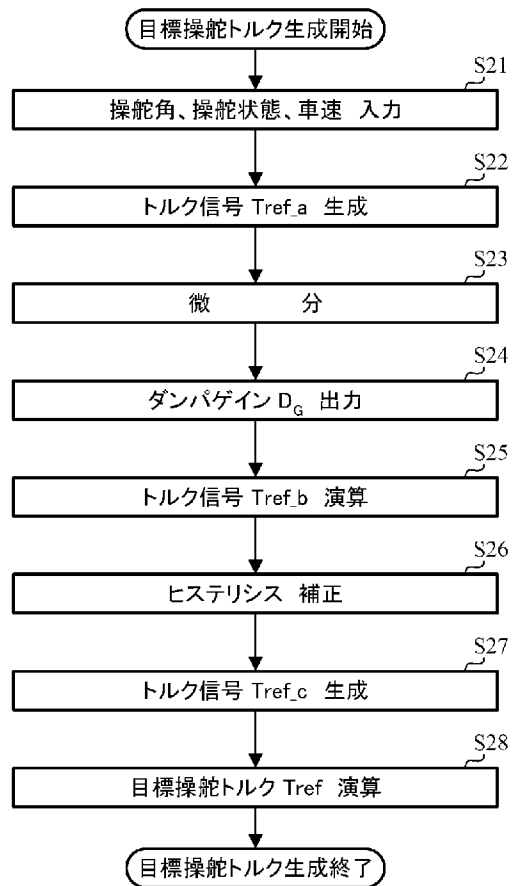
[図10]



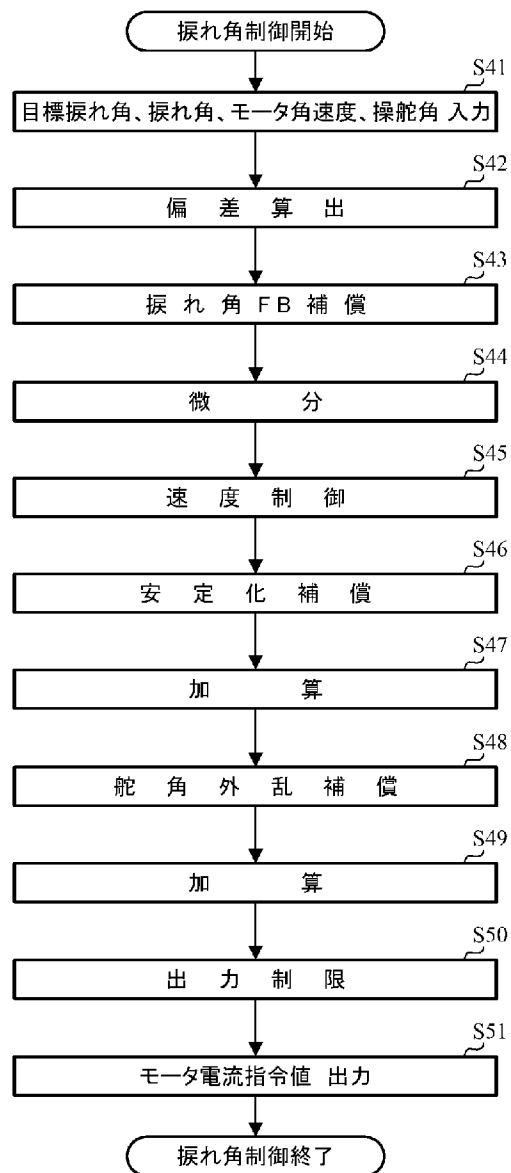
[図11]



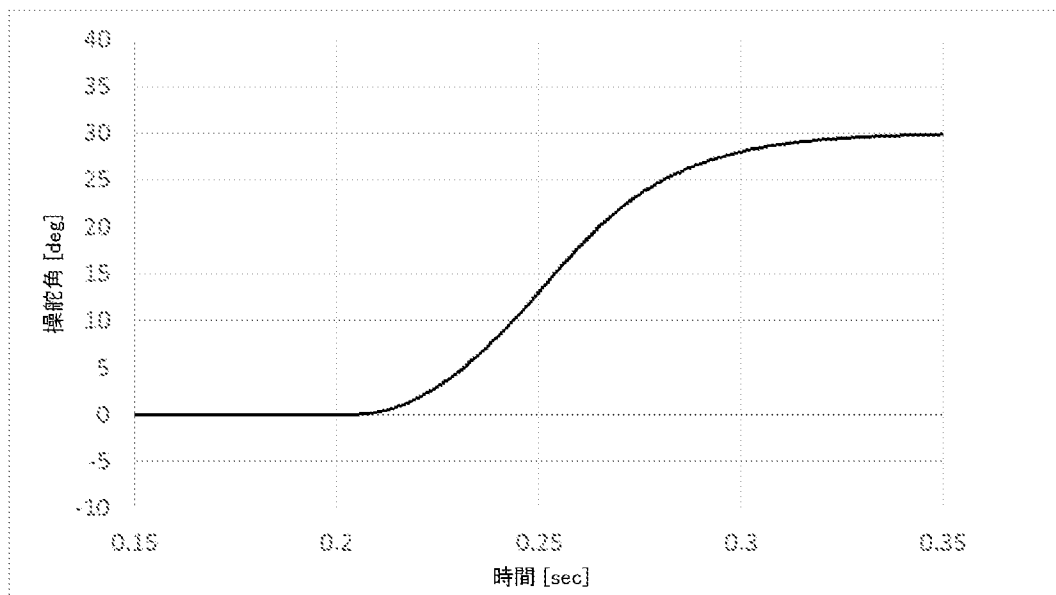
[図12]



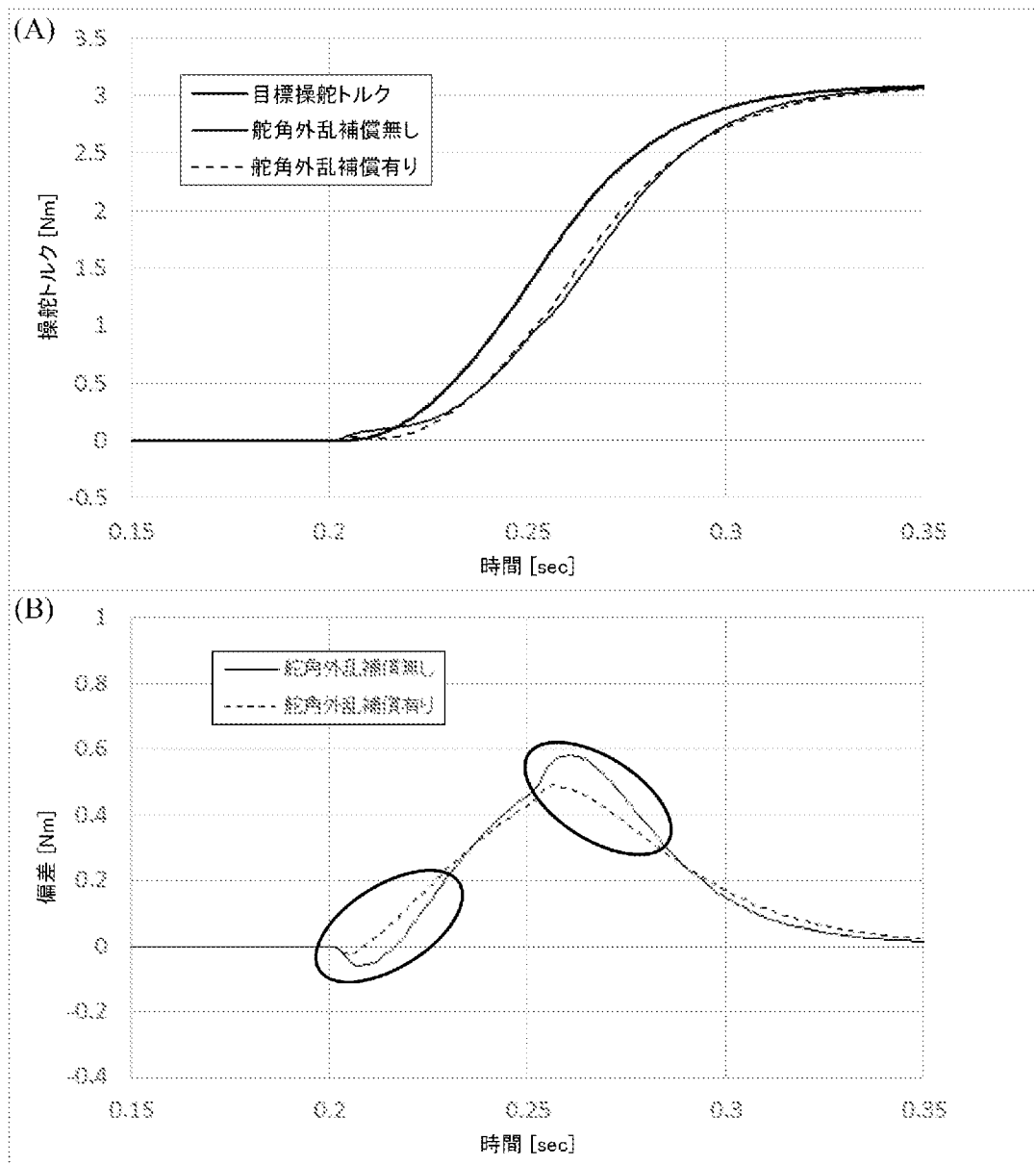
[図13]



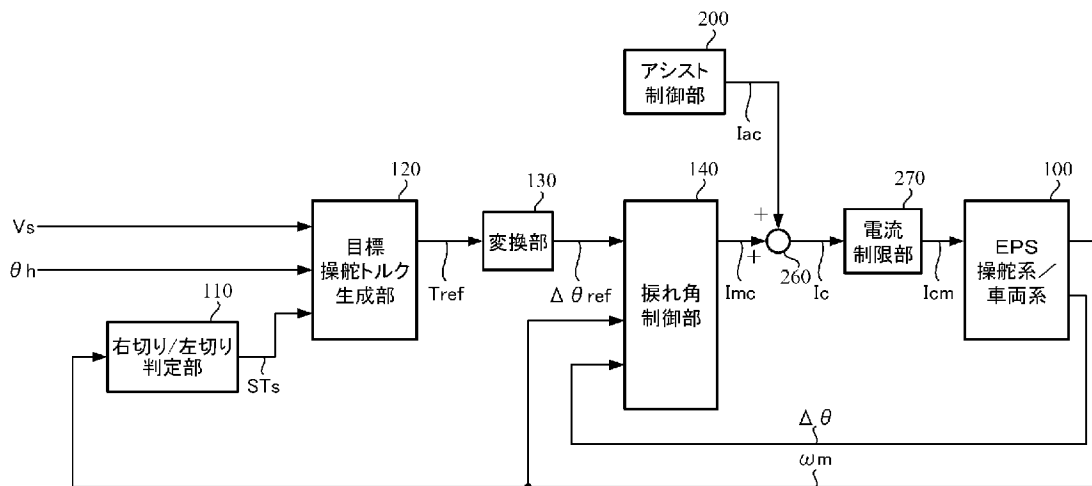
[図14]



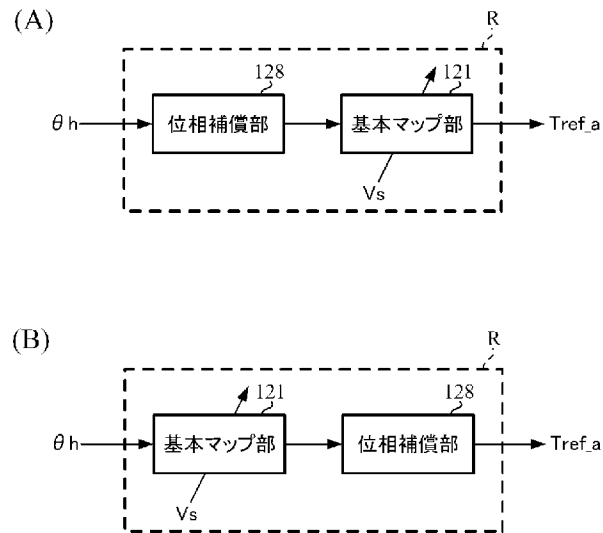
[図15]



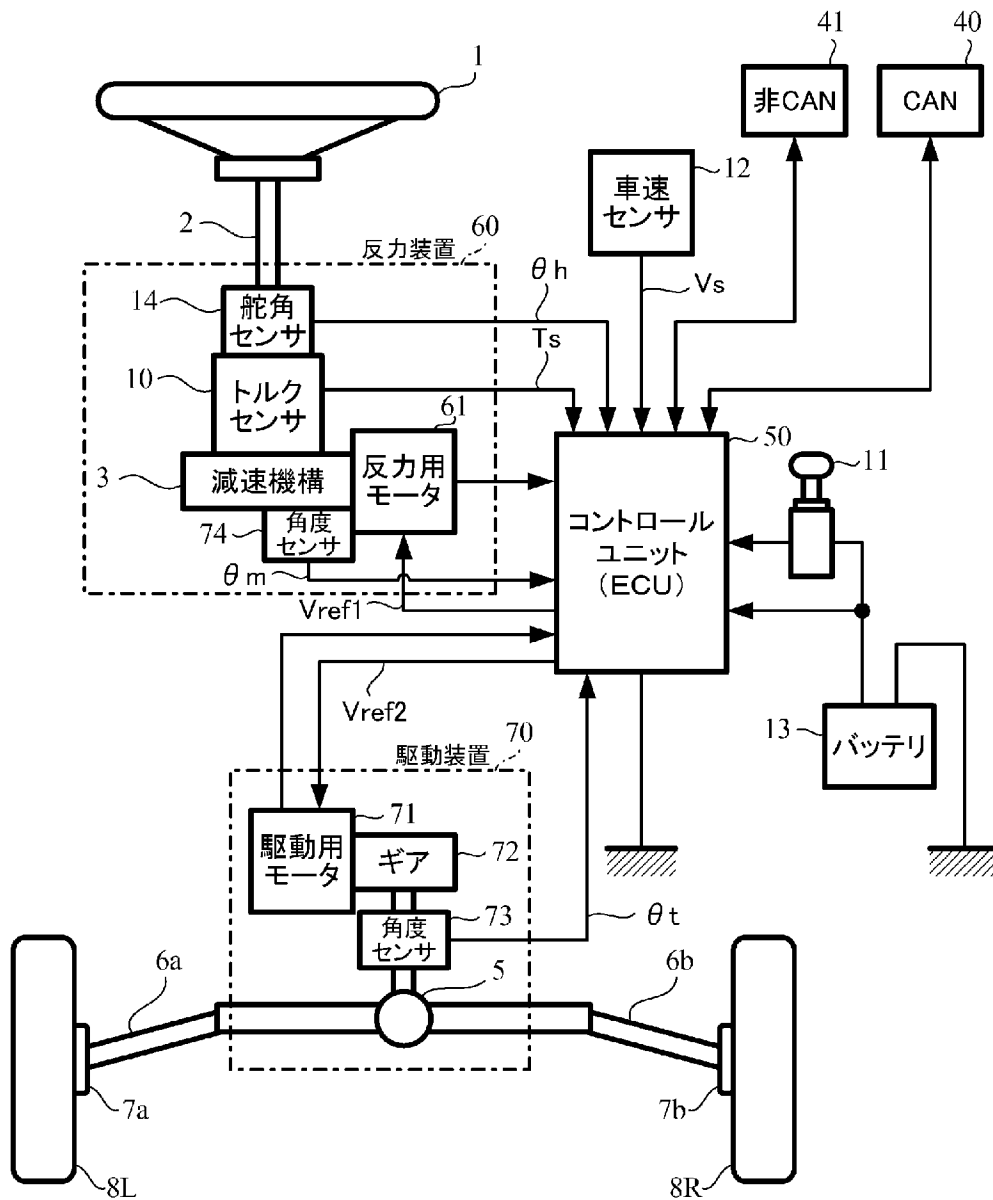
[図16]



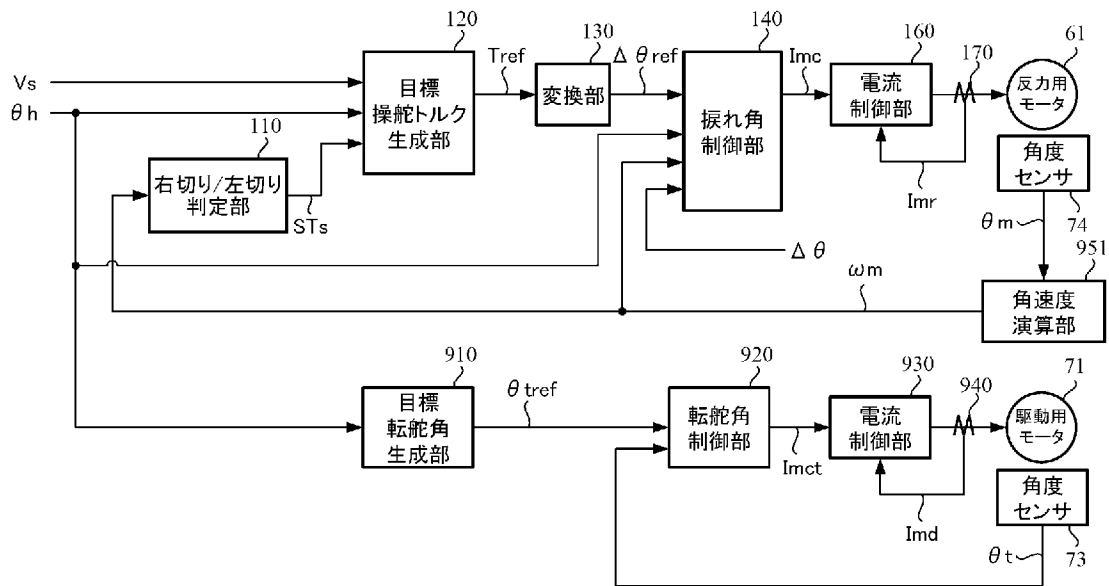
[図17]



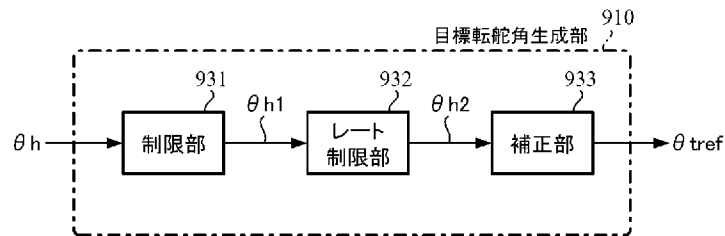
[図18]



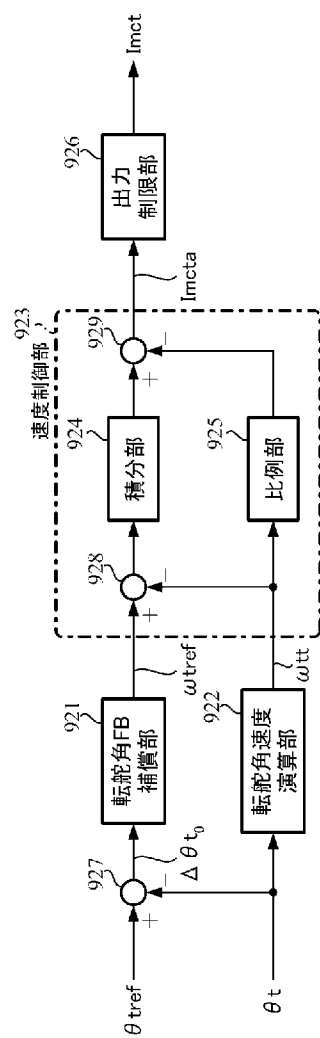
[図19]



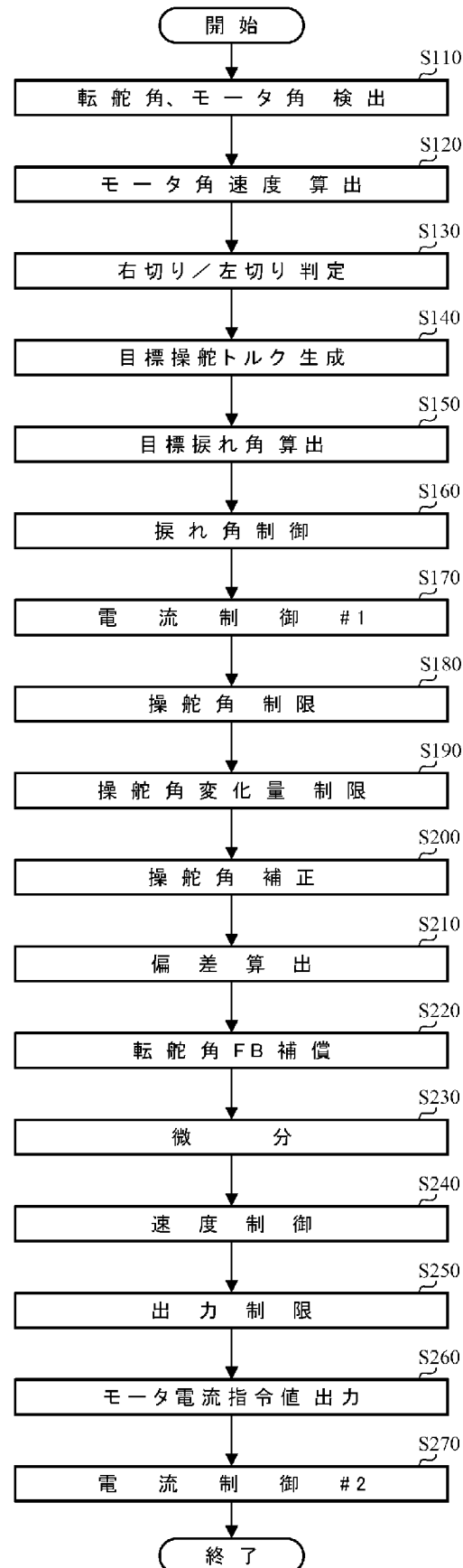
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/048967

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B62D119/00 (2006.01)n, B62D6/00 (2006.01)i, B62D5/04 (2006.01)i
FI: B62D6/00, B62D5/04, B62D119:00

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. B62D119/00, 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 1971-2020

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.
X	WO 2018/147371 A1 (NSK LTD.) 16 August 2018,	1, 4
X	paragraphs [0053], [0054], fig. 3, 4, 12,	3
X	paragraphs [0044], [0047], fig. 12, 21, 22,	5-7
Y	paragraph [0072], fig. 7, paragraphs [0053], [0054], fig. 3, 4, 12	2
X	WO 2018/168891 A1 (NSK LTD.) 20 September 2018,	1, 4
X	fig. 3, 4, 7, 10, paragraph [0028], fig. 15, 18,	3
Y	3, 4, 7, 10	2
Y	WO 2018/084190 A1 (NSK LTD.) 11 May 2018,	2
A	paragraphs [0045], [0046], fig. 12, paragraph [0064], fig. 7	5-6



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
05.02.2020

Date of mailing of the international search report
18.02.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2019/048967

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/147371 A1	16.08.2018	EP 3511227 A paragraphs [0042], [0045], [0051], [0052], [0067], fig. 3, 4, 12, 21, 22 CN 110248860 A	
WO 2018/168891 A1	20.09.2018	EP 3539848 A paragraph [0028], fig. 3, 4, 7, 10, 15, 18	
WO 2018/084190 A1	11.05.2018	EP 3489114 A paragraphs [0043], [0044], [0063], fig. 7, 12 US 2019/0256133 A1 CN 109963772 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B62D 119/00(2006.01)n; B62D 6/00(2006.01)i; B62D 5/04(2006.01)i FI: B62D6/00; B62D5/04; B62D119:00														
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）） B62D119/00; 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 <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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020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	1971-2020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				
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												
X	WO 2018/147371 A1（日本精工株式会社）16.08.2018（2018-08-16） [0053]-[0054], 図3-4, 12	1, 4												
X	[0044], [0047], 図12, 21-22	3												
X	[0072], 図7	5-7												
Y	[0053]-[0054], 図3-4, 12	2												
X	WO 2018/168891 A1（日本精工株式会社）20.09.2018（2018-09-20） 図3-4, 7, 10	1, 4												
X	[0028], 図15, 18	3												
Y	図3-4, 7, 10	2												
Y	WO 2018/084190 A1（日本精工株式会社）11.05.2018（2018-05-11） [0045]-[0046], 図12	2												
A	[0064], 図7	5-6												
☐ 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</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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 05.02.2020	国際調査報告の発送日 18.02.2020													
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） 森本 康正 3Q 2920 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/JP2019/048967

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/147371	A1	16.08.2018	EP 3511227 A [0042], [0045], [0051]-[0052], [0067], FIGS. 3-4, 12, 21-22 CN 110248860 A	
WO	2018/168891	A1	20.09.2018	EP 3539848 A [0028], FIGS. 3-4, 7, 10, 15, 18	
WO	2018/084190	A1	11.05.2018	EP 3489114 A [0043]-[0044], [0063], FIGS. 7, 12 US 2019/0256133 A1 CN 109963772 A	