

(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8月27日(27.08.2020)



(10) 国際公開番号

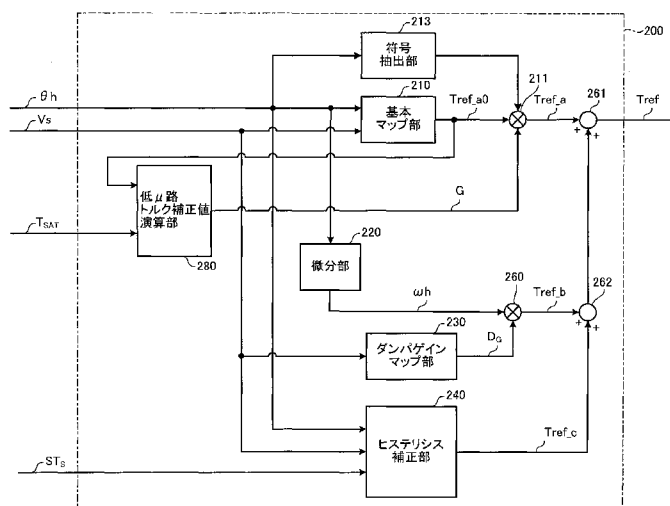
WO 2020/170602 A1

- (51) 国際特許分類:
B62D 101/00 (2006.01) B62D 121/00 (2006.01)
B62D 113/00 (2006.01) B62D 6/00 (2006.01)
B62D 119/00 (2006.01) B62D 5/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050657
- (22) 国際出願日: 2019年12月24日(24.12.2019)
- (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 2019-027806 2019年2月19日(19.02.2019) 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丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 森 堅吏 (MORI, Kenji); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵜沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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,

(54) Title: VEHICLE STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 車両用操向装置

[図8]



- 210 Basic map section
213 Code extracting section
220 Differentiating section
230 Damper gain map section
240 Hysteresis correcting section
280 Low μ road torque correction value calculating section

(57) Abstract: A vehicle steering device that assists and controls a steering system of a vehicle by driving and controlling a motor that assists steering force. The vehicle steering device is provided with a target steering torque generating section 200 for generating a target steering torque T_{ref} of the motor. The target steering torque generating section 200 generates the target steering torque T_{ref} corresponding to the differential value between a torque signal T_{ref_a0} , which corresponds to a steering angle and a vehicle speed, and a value obtained by multiplying a physical quantity generated by a tire slip

[続葉有]

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,
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))

by a predetermined proportionality coefficient.

(57) 要約: 操舵力を補助するモータを駆動制御することにより、車両の操舵系をアシスト制御する車両用操向装置。モータの目標操舵トルク T_{ref} を生成する目標操舵トルク生成部200を備える。目標操舵トルク生成部200は、操舵角及び車速に応じたトルク信号 T_{ref_a0} と、タイヤのスリップによって発生する物理量に所定の比例係数を乗じた値との差分値に応じた目標操舵トルク T_{ref} を生成する。

明 細 書

発明の名称： 車両用操向装置

技術分野

[0001] 本発明は、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る。EPSは、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又はラック軸にアシスト力として付与する。

[0003] 例えば、低 μ 路を走行する際のオーバーステアやアンダーステアを回避して車両の安定性を高める車両用操舵装置が開示されている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-315634号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 例えばアイスバーンや水溜りにおけるハイドロプレーニング現象等によって路面の摩擦抵抗が著しく減少すると、タイヤがスリップしてタイヤの実セルフアライニングトルクが減少する。一方、目標操舵トルクを生成する際、路面の状態に影響を受けないように、目標操舵トルクに実操舵トルクを追従させる制御を行う構成では、目標操舵トルクとタイヤの実セルフアライニングトルクとが乖離し、タイヤのグリップ力が失われていることに運転者が気付くのが遅れ、緊急回避操作が遅れる可能性がある。

[0006] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることができる車両用操向装

置を提供すること、を目的としている。

課題を解決するための手段

- [0007] 上記の目的を達成するため、本発明の一態様に係る車両用操向装置は、操舵力を補助するモータを駆動制御することにより、車両の操舵系をアシスト制御する車両用操向装置であって、前記モータの目標操舵トルクを生成する目標操舵トルク生成部を備え、前記目標操舵トルク生成部は、操舵角及び車速に応じたトルク信号と、タイヤのスリップによって発生する物理量に所定の比例係数を乗じた値との差分値に応じた目標操舵トルクを生成する。
- [0008] 上記構成によれば、タイヤのスリップによって生じる車両の挙動の変化に応じた操舵トルクが与えられる。これにより、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者が把握することができる。
- [0009] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記目標操舵トルク生成部は、前記差分値に応じたトルク調整係数値を前記トルク信号に乗じて、前記目標操舵トルクを生成することが好ましい。
- [0010] これにより、少ない演算量でタイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることができる。
- [0011] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記目標操舵トルク生成部は、前記差分値が大きいほど、前記トルク調整係数値を小さくすることが好ましい。
- [0012] これにより、操舵角及び車速に応じたトルク信号と車両の挙動との乖離が大きいほど、トルク信号の補正量を大きくすることができる。
- [0013] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記トルク調整係数値は1以下の正の値であることが好ましい。
- [0014] これにより、目標操舵トルクを適切に設定することができる。
- [0015] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記目標操舵トルク生成部は、前記差分値に応じたトルク調整減算値を前記トルク信号から減じて、前記目標操舵トルクを生成することが好ましい。
- [0016] これにより、少ない演算量でタイヤのグリップ力が失われたことを運転者

にフィードバックすることができる。

[0017] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記目標操舵トルク生成部は、前記差分値が大きいほど、前記トルク調整減算値を大きくすることが好ましい。

[0018] これにより、操舵角及び車速に応じたトルク信号と車両の挙動との乖離が大きいほど、トルク信号の補正量を大きくすることができる。

[0019] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記トルク調整減算値は前記トルク信号よりも小さいことが好ましい。

[0020] これにより、目標操舵トルクを適切に設定することができる。

[0021] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記物理量はセルフアライニングトルクであることが好ましい。

[0022] これにより、タイヤのスリップによって発生する物理量として、セルフアライニングトルクをパラメータとした制御を行うことができる。

[0023] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記物理量はヨーレートであることが好ましい。

[0024] これにより、タイヤのスリップによって発生する物理量として、ヨーレートをパラメータとした制御を行うことができる。

[0025] 車両用操向装置の望ましい態様として、前記物理量は前記モータの電流指令値であることが好ましい。

[0026] これにより、タイヤのスリップによって発生する物理量として、モータの電流指令値をパラメータとした制御を行うことができる。

発明の効果

[0027] 本発明によれば、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることができる車両用操向装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を示した図である。

[図2]図2は、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

のハードウェア構成を示す模式図である。

[図3]図3は、電動パワーステアリング装置におけるコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。

[図4]図4は、舵角センサの設置例を示す構造図である。

[図5]図5は、実施形態1に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。

[図6]図6は、操舵方向の説明図である。

[図7]図7は、実施形態1に係るコントロールユニットの動作例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、実施形態1の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。

[図9]図9は、基本マップ部が保持する基本マップの特性例を示す図である。

[図10]図10は、ダンパゲインマップ部が保持するダンパゲインマップの特性例を示す図である。

[図11]図11は、ヒステリシス補正部の特性例を示す図である。

[図12]図12は、実施形態1の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

[図13]図13は、低 μ 路における実セルフアライニングトルクの変化を示す図である。

[図14]図14は、実施形態1のトルク調整係数値マップ部が保持するトルク調整係数値マップの特性例を示す図である。

[図15]図15は、低 μ 路トルク補正值演算部から出力されるトルク調整係数値による作用例を示す図である。

[図16]図16は、実施形態1の捩れ角制御部の一構成例を示すブロック図である。

[図17]図17は、実施形態1の変形例1の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。

[図18]図18は、実施形態1の変形例1の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成

成例を示すブロック図である。

[図19]図 19 は、実施形態 1 の変形例 1 のトルク調整減算値マップ部が保持するトルク調整減算値マップの特性例を示す図である。

[図20]図 20 は、実施形態 1 の変形例 2 に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。

[図21]図 21 は、実施形態 1 の変形例 2 の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。

[図22]図 22 は、実施形態 1 の変形例 2 の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

[図23]図 23 は、実施形態 1 の変形例 3 の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。

[図24]図 24 は、実施形態 1 の変形例 3 の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

[図25]図 25 は、実施形態 2 に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。

[図26]図 26 は、実施形態 2 の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。

[図27]図 27 は、SAT 情報補正部の一構成例を示すブロック図である。

[図28]図 28 は、路面からステアリングまでの間に発生するトルクの様子を示すイメージ図である。

[図29]図 29 は、操舵トルク感応ゲインの特性例を示す図である。

[図30]図 30 は、車速感応ゲインの特性例を示す図である。

[図31]図 31 は、舵角感応ゲインの特性例を示す図である。

[図32]図 32 は、制限部におけるトルク信号の上限値及び下限値の設定例を示す図である。

[図33]図 33 は、実施形態 2 の捩れ角制御部の一構成例を示すブロック図である。

[図34]図 34 は、実施形態 2 の変形例の目標操舵トルク生成部の一構成例を

示すブロック図である。

[図35]図35は、S B W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。

[図36]図36は、実施形態3の構成を示すブロック図である。

[図37]図37は、目標転舵角生成部の構成例を示す図である。

[図38]図38は、転舵角制御部の構成例を示す図である。

[図39]図39は、実施形態3の動作例を示すフローチャートである。

[図40]図40は、実施形態3の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

[図41]図41は、実施形態3の変形例の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、発明を実施するための形態（以下、実施形態という）につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の実施形態により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0030] （実施形態1）

図1は、電動パワーステアリング装置の一般的な構成を示した図である。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（EPS）は、操舵者から与えられる力が伝達する順に、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、減速機構3、ユニバーサルジョイント4a、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 を経てイグニッ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、モータ 20 に供給する電流を制御する。

[0031] 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 等の車載ネットワークが接続されている。また、コントロールユニット 30 には、CAN 40 以外の通信、アナログ／デジタル信号、電波等を授受する非 CAN 41 も接続可能である。

[0032] 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。図 2 は、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のハードウェア構成を示す模式図である。

[0033] コントロールユニット 30 を構成する制御用コンピュータ 1100 は、CPU（Central Processing Unit）1001、ROM（Read Only Memory）1002、RAM（Random Access Memory）1003、EEPROM（Electrically Erasable Programmable ROM）1004、インターフェース（I/F）1005、A/D（Analog/Digital）変換器 1006、PWM（Pulse Width Modulation）コントローラ 1007 等を備え、これらがバスに接続されている。

[0034] CPU 1001 は、電動パワーステアリング装置の制御用コンピュータプログラム（以下、制御プログラムという）を実行して、電動パワーステアリング装置を制御する処理装置である。

[0035] ROM 1002 は、電動パワーステアリング装置を制御するための制御プログラムを格納する。また、RAM 1003 は、制御プログラムを動作させるためのワークメモリとして使用される。EEPROM 1004 には、制御プログラムが入出力する制御データ等が格納されている。制御データは、コ

ントロールユニット30に電源が投入された後にRAM1003に展開された制御用コンピュータプログラム上で使用され、所定のタイミングでEEPROM1004に上書きされる。

[0036] ROM1002、RAM1003、及びEEPROM1004等は情報を格納する記憶装置であって、CPU1001が直接アクセスできる記憶装置（一次記憶装置）である。

[0037] A/D変換器1006は、操舵トルク T_s 、モータ20の電流検出値 I_m 、及び操舵角 θ_h の信号等を入力し、デジタル信号に変換する。

[0038] インターフェース1005は、CAN40に接続されている。インターフェース1005は、車速センサ12からの車速 V の信号（車速パルス）を受け付けるためのものである。

[0039] PWMコントローラ1007は、モータ20に対する電流指令値に基づいてUVW各相のPWM制御信号を出力する。

[0040] 図3は、電動パワーステアリング装置におけるコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。操舵トルク T_s 及び車速 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、操舵トルク T_s 及び車速 V_s に基づき、予め記憶しているルックアップテーブル（アシストマップ等）を参照し、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。

[0041] 補償信号生成部34は、補償信号 CM を生成する。補償信号生成部34は、収れん性推定部341、慣性推定部342、セルフアライニングトルク（SAT: Self Aligning Torque）推定部343を備える。収れん性推定部341は、モータ20の角速度に基づいて車両のヨーレートを推定し、ハンドル1が振れ回る動作を制動することで、車両のヨーの収れん性を改善する補償値を推定する。慣性推定部342は、モータ20の角加速度に基づいて、モータ20の慣性力を推定し、応答性を高めるためにモータ20の慣性力を補償する補償値を推定する。SAT推定部343は、操舵トルク T_s 、アシストトルク、モータ20の角速度及び角加速度に基づいてセルフアライニ

ングトルク T_{SAT} を推定し、そのセルフアライニングトルクを反力としてアシストトルクを補償する補償値を推定する。補償信号生成部 34 は、収れん性推定部 341、慣性推定部 342、SAT 推定部 343 に加え、他の補償値を推定する推定部を備えてもよい。補償信号 CM は、加算部 344 において慣性推定部 342 の補償値と、SAT 推定部 343 の補償値とが加算され、この加算値と収れん性推定部 341 の補償値とが加算部 345 において加算された加算値である。なお、本開示において、SAT 推定部 343 によって推定されるセルフアライニングトルク T_{SAT} は、後述する目標操舵トルク生成部 200 にも出力される。

[0042] 加算部 32A において、補償信号生成部 34 からの補償信号 CM が電流指令値 I_{ref1} に加算されており、補償信号 CM の加算によって、電流指令値 I_{ref1} に操舵システム系の特性補償がされ、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。そして、電流指令値 I_{ref1} は加算部 32A を経て、特性補償された電流指令値 I_{ref2} となり、電流指令値 I_{ref2} が電流制限部 33 に入力されている。電流制限部 33 において、電流指令値 I_{ref2} の最大電流が制限され、電流指令値 I_{refm} が生成される。電流指令値 I_{refm} が減算部 32B に入力され、モータ 20 側からフィードバックされている電流検出値 I_m との偏差 I ($I_{refm} - I_m$) が減算部 32B で演算される。偏差 I が操舵動作の特性改善のための PI 制御部 35 に入力される。そうすると、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、さらにモータ駆動部としてのインバータ回路 37 を介してモータ 20 が PWM 駆動される。モータ 20 の電流検出値 I_m は、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。また、インバータ回路 37 は、駆動素子として電界効果トランジスタ (Field Effect Transistor: (以下、FET という。)) が用いられ、FET のブリッジ回路で構成されている。

[0043] 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。

[0044] 図4は、舵角センサの設置例を示す構造図である。

[0045] 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 R_r 及び路面情報（路面の摩擦抵抗 μ ）が作用する。トーションバー2Aを挟み、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ている。トーションバー2Aを挟み、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いる。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る。トーションバーの捩れ角 $\Delta\theta$ は、ハンドル角 θ_1 及びコラム角 θ_2 の偏差から、下記（1）式で表される。また、トーションバートルク T_t は、（1）式で表されるトーションバーの捩れ角 $\Delta\theta$ を用いて、下記（2）式で表される。なお、 K_t は、トーションバー2Aのバネ定数である。

[0046] $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 \cdots (1)$

[0047] $T_t = -K_t \times \Delta\theta \cdots (2)$

[0048] トーションバートルク T_t は、トルクセンサを用いて検出することも可能である。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。

[0049] 図5は、実施形態1に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。

[0050] コントロールユニット30は、内部ブロック構成として、目標操舵トルク生成部200、捩れ角制御部300、操舵方向判定部400、及び変換部500を備えている。

[0051] 本実施形態において、運転者のハンドル操舵は、EPS操舵系／車両系1

00のモータ20でアシスト制御される。EPS操舵系／車両系100は、モータ20の他に、角度センサ、角速度演算部等を含む。

[0052] 目標操舵トルク生成部200は、本開示において車両の操舵系をアシスト制御する際の操舵トルクの目標値である目標操舵トルク T_{ref} を生成する。変換部500は、目標操舵トルク T_{ref} を目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換する。振れ角制御部300は、モータ20に供給する電流の制御目標値であるモータ電流指令値 I_{ref} を生成する。

[0053] 振れ角制御部300は、振れ角 $\Delta\theta$ が目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ となるようなモータ電流指令値 I_{ref} を演算する。モータ20は、モータ電流指令値 I_{ref} により駆動される。

[0054] 操舵方向判定部400は、EPS操舵系／車両系100から出力されるモータ角速度 ω_m に基づき、操舵方向が右切りか左切りかを判定し、判定結果を操舵状態信号 STS として出力する。図6は、操舵方向の説明図である。

[0055] 操舵方向が右切りか左切りかを示す操舵状態は、例えば図6に示すような操舵角 θ_h 及びモータ角速度 ω_m の関係で求めることができる。すなわち、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。

[0056] 変換部500は、上記(2)式の関係を用いて、目標操舵トルク生成部200で生成された目標操舵トルク T_{ref} を目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換する。

[0057] 次に、実施形態1のコントロールユニットにおける基本的な動作例について説明する。図7は、実施形態1に係るコントロールユニットの動作例を示すフローチャートである。

[0058] 操舵方向判定部400は、EPS操舵系／車両系100から出力されるモータ角速度 ω_m の符号に基づき、操舵方向が右切りか左切りかを判定し、判定結果を操舵状態信号 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）。

[0059] 目標操舵トルク生成部200は、車速 V_s 、車速判定信号 V_{fail} 、操舵状態信号 ST_s 、操舵角 θ_h 、及び実ヨーレート γ_{re} に基づき、目標操舵トルク T_{ref} を生成する（ステップS20）。

[0060] 変換部500は、目標操舵トルク生成部200で生成された目標操舵トルク T_{ref} を目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に変換する（ステップS20）。目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は、振れ角制御部300に出力される。

[0061] 振れ角制御部300は、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 、操舵角 θ_h 、振れ角 $\Delta\theta$ 、及びモータ角速度 ω_m に基づき、モータ電流指令値 I_{ref} を演算する（ステップS30）。

[0062] そして、振れ角制御部300から出力されたモータ電流指令値 I_{ref} に基づいて電流制御が実施され、モータ20が駆動される（ステップS40）。

[0063] 図8は、実施形態1の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。図8に示すように、目標操舵トルク生成部200は、基本マップ部210、乗算部211、符号抽出部213、微分部220、ダンパゲインマップ部230、ヒステリシス補正部240、SAT情報補正部250、乗算部260、加算部261、262、263、及び低 μ 路トルク補正值演算部280を備える。図9は、基本マップ部が保持する基本マップの特性例を示す図である。図10は、ダンパゲインマップ部が保持するダンパゲインマップの特性例を示す図である。

[0064] 基本マップ部210には、操舵角 θ_h 及び車速 V_s が入力される。基本マップ部210は、図9に示す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 T_{ref_a0} を出力する。すなわち、基本マップ部210は、車速 V_s に応じたトルク信号 T_{ref_a0} を出力する。

[0065] 図9に示すように、トルク信号 T_{ref_a0} は、操舵角 θ_h の大きさ（絶対値） $|\theta_h|$ の増加に伴い増加する特性を有する。また、トルク信号 T_{ref_a} は、車速 V_s の増加に伴い増加する特性を有する。なお、図9で

は操舵角 θ_h の大きさ $|\theta_h|$ に応じたマップを構成しているが、正負の操舵角 θ_h に応じたマップを構成しても良い。この場合、トルク信号 T_{ref_a0} の値は、正負の値を取り得る。このため、トルク信号 T_{ref_a0} に対する補正値を演算する低 μ 路トルク補正値演算部の構成についても適宜変更する必要がある。以下の説明では、図9に示す操舵角 θ_h の大きさ $|\theta_h|$ に応じた正の値であるトルク信号 T_{ref_a0} を出力する態様について説明する。

[0066] 符号抽出部213は、操舵角 θ_h の符号を抽出する。具体的には、例えば、操舵角 θ_h の値を、操舵角 θ_h の絶対値で除算する。これにより、符号抽出部213は、操舵角 θ_h の符号が「+」の場合には「1」を出力し、操舵角 θ_h の符号が「-」の場合には「-1」を出力する。

[0067] 微分部220には、操舵角 θ_h が入力される。微分部220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 を算出する。微分部220は、算出した舵角速度 ω_h を乗算部260に出力する。

[0068] ダンパゲインマップ部230には、車速 V_s が入力される。ダンパゲインマップ部230は、図10に示す車速感応型のダンパゲインマップを用いて、車速 V_s に応じたダンパゲイン D_g を出力する。

[0069] 図10に示すように、ダンパゲイン D_g は、車速 V_s が高くなるに従い徐々に大きくなる特性を有する。ダンパゲイン D_g は、操舵角 θ_h に応じて可変する態様としても良い。

[0070] 乗算部260は、微分部220から出力される舵角速度 ω_h に対して、ダンパゲインマップ部230から出力されるダンパゲイン D_g を乗算し、トルク信号 T_{ref_b} として加算部262に出力する。

[0071] 操舵方向判定部400は、例えば図6に示すような判定を行う。ヒステリシス補正部240には、操舵角 θ_h 、車速 V_s 、及び、図6に示す判定結果である操舵状態信号 ST_s が入力される。ヒステリシス補正部240は、操舵角 θ_h 及び操舵状態信号 ST_s に基づき、下記(3)式及び(4)式を用いてトルク信号 T_{ref_c} を演算する。なお、下記(3)式及び(4)式

において、 x は操舵角 θ_h 、 $y_R = T_{ref_c}$ 及び $y_L = T_{ref_c}$ はトルク信号 T_{ref_c} とする。また、係数 a は1よりも大きい値であり、係数 c は0よりも大きい値である。係数 A_{hys} は、ヒステリシス特性の出力幅を示し、係数 c は、ヒステリシス特性の丸みを表す係数である。

$$[0072] \quad y_R = A_{hys} \{1 - a^{-c(x-b)}\} \cdots (3)$$

$$[0073] \quad y_L = -A_{hys} \{1 - a^{c(x-b')}\} \cdots (4)$$

[0074] 右切り操舵の際には、上記(3)式を用いて、トルク信号 T_{ref_c} (y_R)を算出する。左切り操舵の際には、上記(4)式を用いて、トルク信号 T_{ref_c} (y_L)を算出する。なお、右切り操舵から左切り操舵へ切り替える際、又は、左切り操舵から右切り操舵へ切り替える際には、操舵角 θ_h 及びトルク信号 T_{ref_c} の前回値であるの最終座標(x_1, y_1)の値に基づき、操舵切り替え後の上記(3)式及び(4)式に対し、下記(5)式又は(6)式に示す係数 b 又は b' を代入する。これにより、操舵切り替え前後の連続性が保たれる。

$$[0075] \quad b = x_1 + (1/c) \log_a \{1 - (y_1/A_{hys})\} \cdots (5)$$

$$[0076] \quad b' = x_1 - (1/c) \log_a \{1 - (y_1/A_{hys})\} \cdots (6)$$

[0077] 上記(5)式及び(6)式は、上記(3)式及び(4)式において、 x に x_1 を代入し、 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。

[0078] 係数 a として、例えば、ネイピア数 e を用いた場合、上記(3)式、(4)式、(5)式、(6)式は、それぞれ下記(7)式、(8)式、(9)式、(10)式で表せる。

$$[0079] \quad y_R = A_{hys} [1 - \exp \{-c(x-b)\}] \cdots (7)$$

$$[0080] \quad y_L = -A_{hys} [1 - \exp \{c(x-b')\}] \cdots (8)$$

$$[0081] \quad b = x_1 + (1/c) \log_e \{1 - (y_1/A_{hys})\} \cdots (9)$$

$$[0082] \quad b' = x_1 - (1/c) \log_e \{1 - (y_1/A_{hys})\} \cdots (10)$$

[0083] 図11は、ヒステリシス補正部の特性例を示す図である。図11に示す例では、上記(9)式及び(10)式において、 $A_{hys} = 1$ [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} の特性例を示している。図11に示すように、ヒステリシス補正部240から出力されるトルク信号 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を有している。

[0084] 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 及び操舵角 θ_h の一方又は双方に応じて可変としても良い。

[0085] また、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220は不要となる。

[0086] 図12は、実施形態1の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。

[0087] 図12に示すように、低 μ 路トルク補正值演算部280には、基本マップ部210（図8参照）から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} 、及びSAT推定部343（図3参照）から出力されるセルフアライニングトルク T_{SAT} が入力される。

[0088] 図13は、低 μ 路における実セルフアライニングトルクの変化を示す図である。

[0089] タイヤの実セルフアライニングトルク（SAT値とも称する）は、操舵角 θ_h の大きさ（絶対値） $|\theta_h|$ の上昇に応じて上昇する。このSAT値は、通常の走行状態において、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} に略比例する。以下、トルク信号 T_{ref_a0} に対するS

A T 値の比例係数を「 k 」とする。また、本開示において、「通常の走行状態」とは、タイヤが路面にグリップした状態を示す。

[0090] 一方、図 13 に示すように、S A T 値は、例えばアイスバーンや水溜りにおけるハイドロプレーニング現象等によって路面の摩擦抵抗が著しく減少すると、タイヤがスリップして S A T 値が減少する。図 13 に示す例では、路面の摩擦抵抗 μ が 1.0 であるとき、操舵角 θ_b 以上の領域で S A T 値が減少し、路面の摩擦抵抗 μ が 0.1 であるとき、操舵角 θ_a 以上の領域で S A T 値が減少する例を示している。このように、路面の摩擦抵抗 μ が減少してタイヤがスリップした場合、基本マップ部 210 から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} と S A T 値に比例係数 k を乗じた値とが乖離する。すなわち、タイヤのグリップが失われているにも拘らず、ハンドルの操舵力を通常の走行状態と同様に制御すると、タイヤのグリップ力が失われていることに運転者が気付かず、緊急回避操作が遅れる可能性がある。

[0091] 本実施形態では、タイヤのスリップによって発生する物理量に基づき、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることにより、運転者が緊急回避操作を行えるようにする。以下、タイヤのスリップによって発生する物理量として S A T 推定部 343（図 3 参照）によって推定されるセルフアライニングトルク T_{SAT} を用いることで、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることを可能とする構成について説明する。

[0092] 図 12 に示すように、実施形態 1 の低 μ 路トルク補正值演算部 280 は、比例係数乗算部 281 と、減算部 282 と、トルク調整係数値マップ部 283 と、絶対値演算部 284 と、を含む。

[0093] 絶対値演算部 284 には、セルフアライニングトルク T_{SAT} が入力される。絶対値演算部 284 は、入力されたセルフアライニングトルク T_{SAT} の絶対値 $|T_{SAT}|$ を演算する。比例係数乗算部 281 は、入力されたセルフアライニングトルクの絶対値 $|T_{SAT}|$ に対して、所定の比例係数 k を乗じた値 $k(|T_{SAT}|)$ を減算部 282 に出力する。比例係数 k の値は、トルク信号 T_{ref}

f_a0 と比例係数乗算部281の出力値 $k(|T_{SAT}|)$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。

[0094] 減算部282は、トルク信号 $Tref_a0$ から比例係数乗算部281の出力値 $k(|T_{SAT}|)$ を減算した値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ をトルク調整係数値マップ部283に出力する。

[0095] トルク調整係数値マップ部283は、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ とトルク調整係数値 G との関係を示すトルク調整係数値マップを保持している。図14は、実施形態1のトルク調整係数値マップ部が保持するトルク調整係数値マップの特性例を示す図である。

[0096] 本開示において、トルク調整係数値 G は、1以下の正の値を取り得る。図14に示すように、トルク調整係数値マップは、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ が0以上 A 未満の領域ではトルク調整係数値 G を「1.0」、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ が A よりも大きい B 以上の領域ではトルク調整係数値 G を「0.1」とした例を示している。また、トルク調整係数値マップは、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ が A 以上 B 未満の領域において、トルク調整係数値 G が「1.0」から「0.1」まで徐々に減少する特性を有している。

[0097] なお、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ の A 値及び B 値は適宜設定される。また、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ の B 値以上におけるトルク調整係数値 G の値は一例であって、この「0.1」に限定されない。これらの値は、運転者による操舵感に違和感を与えないような値であることが望ましい。また、トルク調整係数値マップは、図14に示されるような直線的な特性ではなく、曲線的な特性でも良い。

[0098] トルク調整係数値マップ部283は、図14に示すトルク調整係数値マップを用いて、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ に応じたトルク調整係数値 G を導出して出力する。なお、減算部282の出力値 $Tref_a0 - k(|T_{SAT}|)$ とトルク調整係数値 G との関係を示す数式を

用いて、トルク調整係数値 G を算出する態様であっても良い。

[0099] 図 8 に戻り、乗算部 211 は、基本マップ部 210 から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} に対して、符号抽出部 213 から出力される操舵角 θ_h の符号と、低 μ 路トルク補正值演算部 280 から出力されるトルク調整係数値 G を乗算し、トルク信号 T_{ref_a} として加算部 261 に出力する。これにより、正負の操舵角 θ_h に応じたトルク信号 T_{ref_a} が得られる。

[0100] 図 15 は、低 μ 路トルク補正值演算部から出力されるトルク調整係数値による作用例を示す図である。図 15 に示す例では、時刻 t までは通常の走行状態、すなわちタイヤが路面にグリップした状態であることを示し、時刻 t を超えるとタイヤのグリップ力が徐々に失われていることを示している。

[0101] 図 15 において、時刻 t までは、図中の実線で示すように、トルク信号 T_{ref_a0} と比例係数乗算部 281 の出力値 $k(|T_{SAT}|)$ とが略一致している（図中の実線）。このとき、減算部 282 の出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ は A 以下であり、このときのトルク調整係数値 G は「1.0」となる（図 14 参照）。

[0102] 一方、図 15 において、時刻 t を超えると、図中の実線で示すトルク信号 T_{ref_a0} と図中の一点鎖線で示す比例係数乗算部 281 の出力値 $k(|T_{SAT}|)$ との差が徐々に大きくなる。このとき、減算部 282 の出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ が A から徐々に大きくなる。このときのトルク調整係数値 G は「1.0」から徐々に減少する（図 14 参照）。このため、図中の破線で示すように、トルク信号 T_{ref_a} が通常の走行状態（図中の実線）よりも小さくなる。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを認識することができ、適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0103] 以下、実施形態 1 の捩れ角制御部 300（図 5 参照）について、図 16 を参照して説明する。

[0104] 図 16 は、実施形態 1 の捩れ角制御部の一構成例を示すブロック図である。捩れ角制御部 300 は、目標捩れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 、捩れ角 $\Delta\theta$ 、操舵角 θ_h

及びモータ角速度 ω_m に基づいてモータ電流指令値 I_{ref} を演算する。振れ角制御部300は、振れ角フィードバック(FB)補償部310、速度制御部330、安定化補償部340、出力制限部350、舵角外乱補償部360、減算部361、加算部363、及び減速比部370を備えている。

[0105] 変換部500から出力される目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は、減算部361に加算入力される。振れ角 $\Delta\theta$ は、減算部361に減算入力される。操舵角 θ_h は、舵角外乱補償部360に入力される。モータ角速度 ω_m は、安定化補償部340に入力される。

[0106] 振れ角FB補償部310は、減算部361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CFB(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コラム角速度 ω_{ref1} を出力する。目標コラム角速度 ω_{ref1} は、加算部363に加算出力される。補償値CFB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。

[0107] 舵角外乱補償部360は、操舵角 θ_h に対して補償値Ch(伝達関数)を乗算し、目標コラム角速度 ω_{ref2} を出力する。目標コラム角速度 ω_{ref2} は、加算部363に加算出力される。

[0108] 加算部363は、目標コラム角速度 ω_{ref1} と目標コラム角速度 ω_{ref2} とを加算し、目標コラム角速度 ω_{ref} として速度制御部330に出力する。これにより、運転者から入力される操舵角 θ_h の変化による、トーションバー振れ角 $\Delta\theta$ への影響を抑制し、急操舵に対する目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ への振れ角 $\Delta\theta$ の追従性を向上することができる。

[0109] 運転者の操舵により操舵角 θ_h が変化すると、操舵角 θ_h の変化が外乱として振れ角 $\Delta\theta$ に影響してしまい、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に対してずれが発生する。特に、急な操舵に対しては、操舵角 θ_h の変化による目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ に対するずれが顕著に出てしまう。舵角外乱補償部360の基本的な目的は、この外乱としての操舵角 θ_h の影響を低減させることである。

[0110] 速度制御部330は、I-P制御(比例先行型PI制御)により、目標コ

ラム角速度 ω_{ref} にコラム角速度 ω_c が追従するようなモータ電流指令値 I_s を算出する。コラム角速度 ω_c は、図16のように、モータ角速度 ω_m に減速機構である減速比部370の減速比 $1/N$ を乗算した値としても良い。

[0111] 減算部333は、目標コラム角速度 ω_{ref} とコラム角速度 ω_c との差分($\omega_{ref} - \omega_c$)を算出する。積分部331は、目標コラム角速度 ω_{ref} とコラム角速度 ω_c との差分($\omega_{ref} - \omega_c$)を積分し、積分結果を減算部334に加算入力する。

[0112] 捩れ角速度 ω_t は、比例部332にも出力される。比例部332は、コラム角速度 ω_c に対してゲイン K_{vp} による比例処理を行い、比例処理結果を減算部334に減算入力する。減算部334での減算結果は、モータ電流指令値 I_s 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 I_s を算出しても良い。

[0113] 出力制限部350は、モータ電流指令値 I_s に対する上限値及び下限値が予め設定されている。モータ電流指令値 I_s の上下限値を制限して、モータ電流指令値 I_{ref} を出力する。

[0114] なお、本実施形態における捩れ角制御部300の構成は一例であり、図16に示す構成とは異なる態様であっても良い。例えば、捩れ角制御部300は、舵角外乱補償部360及び加算部363や、減速比部370を具備しない構成であっても良い。

[0115] （変形例1）

図17は、実施形態1の変形例1の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。図18は、実施形態1の変形例1の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。なお、上述した実施形態1の構成と同じ構成部には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

- [0116] 図17に示すように、目標操舵トルク生成部200aは、乗算部211に代えて、減算部212を備える。また、目標操舵トルク生成部200aは、乗算部214を備える。
- [0117] 図17及び図18に示すように、低 μ 路トルク補正值演算部280aには、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} 、及びSAT推定部343（図3参照）から出力されるセルフアライニングトルク T_{SAT} に加え、車速 V_s が入力される。
- [0118] 図18に示すように、実施形態1の変形例1の低 μ 路トルク補正值演算部280aは、比例係数乗算部281aと、減算部282aと、トルク調整減算値マップ部283aと、絶対値演算部284aと、を含む。
- [0119] 絶対値演算部284aには、セルフアライニングトルク T_{SAT} が入力される。絶対値演算部284aは、入力されたセルフアライニングトルク T_{SAT} の絶対値 $|T_{SAT}|$ を演算する。比例係数乗算部281aは、入力されたセルフアライニングトルク T_{SAT} の絶対値 $|T_{SAT}|$ に対して、所定の比例係数 k を乗じた値 $k(|T_{SAT}|)$ を減算部282aに出力する。比例係数 k の値は、トルク信号 T_{ref_a0} と比例係数乗算部281aの出力値 $k(|T_{SAT}|)$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。
- [0120] 減算部282aは、トルク信号 T_{ref_a0} から比例係数乗算部281aの出力値 $k(|T_{SAT}|)$ を減算した値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ をトルク調整減算値マップ部283aに出力する。
- [0121] トルク調整減算値マップ部283aは、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ とトルク調整減算値 S と車速 V_s との関係を示すトルク調整減算値マップを保持している。図19は、実施形態1の変形例1のトルク調整減算値マップ部が保持するトルク調整減算値マップの特性例を示す図である。
- [0122] 図19に示すように、トルク調整減算値マップは、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ が0以上A未満の領域ではトルク調整減算値 S を「0」、減算部282の出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ が

Aよりも大きいB以上の領域では、トルク調整減算値Sを車速 V_s に応じた一定値とした例を示している。また、トルク調整減算値マップは、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0-k}(|T_{SAT}|)$ がA以上B未満の領域において、トルク調整減算値Sが「0」から徐々に上昇する特性を有している。

[0123] なお、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0-k}(|T_{SAT}|)$ のA値及びB値は適宜設定される。また、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0-k}(|T_{SAT}|)$ のA値以上におけるトルク調整減算値Sの値は、車速 V_s に応じて変化するトルク信号 T_{ref_a0} の大きさを超えない値に設定される。これらの値は、運転者による操舵感に違和感を与えないような値であることが望ましい。また、トルク調整減算値マップは、図19に示されるような直線的な特性ではなく、曲線的な特性でも良い。

[0124] トルク調整減算値マップ部283aは、図19に示すトルク調整減算値マップを用いて、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0-k}(|T_{SAT}|)$ に応じたトルク調整減算値Sを導出して出力する。なお、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0-k}(|T_{SAT}|)$ とトルク調整減算値Sと車速 V_s との関係を示す数式を用いて、トルク調整減算値Sを算出する態様であっても良い。

[0125] 図17に戻り、減算部212は、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} から、低 μ 路トルク補正值演算部280aから出力されるトルク調整減算値Sを減算する。乗算部214は、減算部212の出力値に対して符号抽出部213から出力される操舵角 θ_h の符号を乗算し、トルク信号 T_{ref_a} として加算部261に出力する。これにより、正負の操舵角 θ_h に応じたトルク信号 T_{ref_a} が得られる。

[0126] 図17及び図18に示す実施形態1の変形例1の構成においても、上述した実施形態1に係る構成と同様に、タイヤのグリップ力が失われた状態において、トルク信号 T_{ref_a} を通常の走行状態（図15中の実線）よりも小さくすることができる（図15中の破線）。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを

認識することができ、適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0127] (変形例 2)

図 20 は、実施形態 1 の変形例 2 に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。図 21 は、実施形態 1 の変形例 2 の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。図 22 は、実施形態 1 の変形例 2 の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。なお、上述した実施形態 1 の構成と同じ構成部には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0128] 実施形態 1 の変形例 2 の構成では、図 20 に示すように、目標操舵トルク生成部 200b には、ヨーレートセンサ 15 (図 1 参照) によって検出される実ヨーレート γ が入力される。実施形態 1 の変形例 2 では、タイヤのスリップによって発生する物理量として実ヨーレート γ を用いることで、タイヤのグリップ力が失われたことを運転者にフィードバックすることを可能とする構成について説明する。

[0129] 図 21 及び図 22 に示すように、低 μ 路トルク補正值演算部 280b には、基本マップ部 210 から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} 、及び SAT 推定部 343 (図 3 参照) から出力されるセルフアライニングトルク T_{SAT} に代えて、実ヨーレート γ が入力される。

[0130] 図 22 に示すように、実施形態 1 の変形例 2 の低 μ 路トルク補正值演算部 280b は、比例係数乗算部 281b と、減算部 282b と、トルク調整係数値マップ部 283b と、絶対値演算部 284b と、を含む。

[0131] 絶対値演算部 284b には、実ヨーレート γ が入力される。絶対値演算部 284b は、入力された実ヨーレート γ の絶対値 $|\gamma|$ を演算する。比例係数乗算部 281b は、入力された実ヨーレートの絶対値 $|\gamma|$ に対して、所定の比例係数 k' を乗じた値 $k' |\gamma|$ を減算部 282b に出力する。比例係数 k' の値は、トルク信号 T_{ref_a0} と比例係数乗算部 281b の出力値 $k' |\gamma|$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。

[0132] 減算部 282b は、トルク信号 T_{ref_a0} から比例係数乗算部 281

bの出力値 $k' \cdot |\gamma|$ を減算した値 $T_{ref_a0} - k \cdot |\gamma|$ をトルク調整係数値マップ部283bに出力する。

[0133] トルク調整係数値マップ部283bは、減算部282bの出力値 $T_{ref_a0} - k' \cdot |\gamma|$ とトルク調整係数値Gとの関係を示すトルク調整係数値マップを保持している。実施形態1の変形例2に係るトルク調整係数値マップの特性は、図14に示す実施形態1のトルク調整係数値マップ部283が保持するトルク調整係数値マップと同様であり、減算部282の出力値 $T_{ref_a0} - k \cdot (|T_{SAT}|)$ を減算部282bの出力値 $T_{ref_a0} - k' \cdot |\gamma|$ に読み替えることで対応可能である。

[0134] トルク調整係数値マップ部283bは、上述したトルク調整係数値マップを用いて、減算部282bの出力値 $T_{ref_a0} - k' \cdot |\gamma|$ に応じたトルク調整係数値Gを導出して出力する。なお、減算部282bの出力値 $T_{ref_a0} - k' \cdot |\gamma|$ とトルク調整係数値Gとの関係を示す数式を用いて、トルク調整係数値Gを算出する態様であっても良い。

[0135] 図21に戻り、乗算部211は、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} に対して、符号抽出部213から出力される操舵角 θ_h の符号と、低 μ 路トルク補正值演算部280bから出力されるトルク調整係数値Gを乗算し、トルク信号 T_{ref_a} として加算部261に出力する。これにより、正負の操舵角 θ_h に応じたトルク信号 T_{ref_a} が得られる。

[0136] 図20から図22に示す実施形態1の変形例2の構成においても、上述した実施形態1に係る構成と同様に、タイヤのグリップ力が失われた状態において、トルク信号 T_{ref_a} を通常の走行状態（図15中の実線）よりも小さくすることができる（図15中の破線）。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを認識することができ、適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0137] （変形例3）

図23は、実施形態1の変形例3の目標操舵トルク生成部の一構成例を示

すブロック図である。図24は、実施形態1の変形例3の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。なお、上述した実施形態1の変形例2の構成と同じ構成部には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0138] 図23に示すように、目標操舵トルク生成部200cは、乗算部211に代えて、減算部212を備える。

[0139] 図23及び図24に示すように、低 μ 路トルク補正值演算部280cには、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} 、及びヨーレートセンサ15（図1参照）によって検出される実ヨーレート γ に加え、車速 V_s が入力される。

[0140] 図24に示すように、実施形態1の変形例1の低 μ 路トルク補正值演算部280cは、比例係数乗算部281cと、減算部282cと、トルク調整減算値マップ部283cと、絶対値演算部284cと、を含む。

[0141] 絶対値演算部284cには、実ヨーレート γ が入力される。絶対値演算部284cは、入力された実ヨーレート γ の絶対値 $|\gamma|$ を演算する。比例係数乗算部281cは、入力された実ヨーレートの絶対値 $|\gamma|$ に対して、所定の比例係数 k' を乗じた値 $k'|\gamma|$ を減算部282cに出力する。比例係数 k' の値は、トルク信号 T_{ref_a0} と比例係数乗算部281cの出力値 $k'|\gamma|$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。

[0142] 減算部282cは、トルク信号 T_{ref_a0} から比例係数乗算部281cの出力値 $k'|\gamma|$ を減算した値 $T_{ref_a0} - k'|\gamma|$ をトルク調整減算値マップ部283cに出力する。

[0143] トルク調整減算値マップ部283cは、減算部282cの出力値 $T_{ref_a0} - k'|\gamma|$ とトルク調整減算値 S と車速 V_s との関係を示すトルク調整減算値マップを保持している。実施形態1の変形例3に係るトルク調整減算値マップの特性は、図24に示す実施形態1の変形例1のトルク調整減算値マップ部283aが保持するトルク調整減算値マップと同様であり、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ を減算部282cの

出力値 $T_{ref_a0-k'} \mid \gamma \mid$ に読み替えることで対応可能である。

[0144] トルク調整減算値マップ部 283c は、上述したトルク調整減算値マップを用いて、減算部 282c の出力値 $T_{ref_a0-k'} \mid \gamma \mid$ に応じたトルク調整減算値 S を導出して出力する。なお、減算部 282c の出力値 $T_{ref_a0-k'} \mid \gamma \mid$ とトルク調整減算値 S と車速 V_s との関係を示す数式を用いて、トルク調整減算値 S を算出する態様であっても良い。

[0145] 図 23 に戻り、減算部 212 は、基本マップ部 210 から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} から、低 μ 路トルク補正值演算部 280c から出力されるトルク調整減算値 S を減算する。乗算部 214 は、減算部 212 の出力値に対して符号抽出部 213 から出力される操舵角 θ_h の符号を乗算し、トルク信号 T_{ref_a} として加算部 261 に出力する。これにより、正負の操舵角 θ_h に応じたトルク信号 T_{ref_a} が得られる。

[0146] 図 23 及び図 24 に示す実施形態 1 の変形例 3 の構成においても、上述した実施形態 1 に係る構成と同様に、タイヤのグリップ力が失われた状態において、トルク信号 T_{ref_a} を通常の走行状態（図 15 中の実線）よりも小さくすることができる（図 15 中の破線）。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを認識することができ、適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0147] なお、上述した実施形態 1 及びその変形例 1 から 3 では、タイヤのスリップによって発生する物理量として、SAT 推定部 343（図 3 参照）によって推定されるセルフアライニングトルク T_{SAT} や、ヨーレートセンサ 15（図 1 参照）によって検出される実ヨーレート γ を用いる構成を例示したが、例えば、タイヤのスリップによって発生する物理量として、横加速度センサ 16（図 1 参照）によって検出される実横加速度を用いる構成としても、上述した実施形態 1 及びその変形例 1 から 3 と同様の効果を得ることができる。

[0148] （実施形態 2）

図 25 は、実施形態 2 に係るコントロールユニットの内部ブロック構成の一例を示す図である。なお、上述した実施形態 1 で説明した構成と同じ構成

部には同一の符号を付して重複する説明は省略する。実施形態2に係るコントロールユニット（ECU）30aは、目標操舵トルク生成部201及び振れ角制御部300aの構成が実施形態1とは異なる。

[0149] 目標操舵トルク生成部201には、操舵角 θ_h 、車速 V_s 、車速判定信号 V_{fail} に加え、操舵トルク T_s 及びモータ角 θ_m が入力される。

[0150] 振れ角制御部300aは、振れ角 $\Delta\theta$ が目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ となるようなモータ電流指令値 I_{mc} を演算する。モータ20は、モータ電流指令値 I_{mc} により駆動される。

[0151] 図26は、実施形態2の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。図26に示すように、実施形態2の目標操舵トルク生成部201は、実施形態1において説明した構成に加え、SAT情報補正部250及び加算部263を備える。

[0152] SAT情報補正部250には、操舵角 θ_h 、車速 V_s 、操舵トルク T_s 、モータ角 θ_m 及びモータ電流指令値 I_{mc} が入力される。SAT情報補正部250は、操舵トルク T_s 、モータ角 θ_m 及びモータ電流指令値 I_{mc} に基づいてセルフアライニングトルク（SAT）を算出し、更にフィルタ処理、ゲイン乗算及び制限処理を施して、トルク信号（第1トルク信号） T_{ref_d} を演算する。

[0153] 図27は、SAT情報補正部の一構成例を示すブロック図である。SAT情報補正部250は、SAT算出部251、フィルタ部252、操舵トルク感応ゲイン部253、車速感応ゲイン部254、舵角感応ゲイン部255、及び制限部256を備える。

[0154] ここで、路面からステアリングまでの間に発生するトルクの様子について、図28を参照して説明する。図28は、路面からステアリングまでの間に発生するトルクの様子を示すイメージ図である。

[0155] 運転者がハンドルを操舵することによって操舵トルク T_s が発生し、その操舵トルク T_s に従ってモータ20がアシストトルク（モータトルク） T_m を発生する。その結果、車輪が転舵され、反力としてセルフアライニングト

ルク T_{SAT} が発生する。その際、コラム軸換算慣性（モータ 20（のロータ）、減速機構等によりコラム軸に作用する慣性） J 及び摩擦（静摩擦） F_r によってハンドル操舵の抵抗となるトルクが生じる。更に、モータ 20 の回転速度により、ダンパ項（ダンパ係数 D_M ）として表現される物理的なトルク（粘性トルク）が発生する。これらの力の釣り合いから、下記（12）式に示す運動方程式が得られる。

$$[0156] \quad J \times \alpha_M + F_r \times \text{sign}(\omega_M) + D_M \times \omega_M = T_m + T_s + T_{SAT} \cdots (12)$$

[0157] 上記（12）式において、 ω_M はコラム軸換算（コラム軸に対する値に変換）されたモータ角速度であり、 α_M はコラム軸換算されたモータ角加速度である。そして、上記（12）式を T_{SAT} について解くと、下記（13）式が得られる。

$$[0158] \quad T_{SAT} = -T_m - T_s + J \times \alpha_M + F_r \times \text{sign}(\omega_M) + D_M \times \omega_M \cdots (13)$$

[0159] 上記（13）式からわかるように、コラム軸換算慣性 J 、静摩擦 F_r 及びダンパ係数 D_M を定数として予め求めておくことで、モータ角速度 ω_M 、モータ角加速度 α_M 、アシストトルク T_m 及び操舵トルク T_s よりセルフアライニングトルク T_{SAT} を算出することができる。なお、コラム軸換算慣性 J は、簡易的にモータ慣性と減速比の関係式を用いてコラム軸に換算した値でも良い。

[0160] SAT 算出部 251 には、操舵トルク T_s 、モータ角 θ_m 、及びモータ電流指令値 I_{mc} が入力される。SAT 算出部 251 は、上記（13）式を用いて、セルフアライニングトルク T_{SAT} を算出する。SAT 算出部 251 は、換算部 251 A、角速度演算部 251 B、角加速度演算部 251 C、ブロック 251 D、ブロック 251 E、ブロック 251 F、ブロック 251 G、及び加算器 251 H、251 I、251 J を備える。

[0161] 換算部 251 A には、モータ電流指令値 I_{mc} が入力される。換算部 251 A は、予め定められたギア比及びトルク定数を乗算することにより、コラ

ム軸換算されたアシストトルク T_m を算出する。

- [0162] 角速度演算部 251 B には、モータ角 θ_m が入力される。角速度演算部 251 B は、微分処理及びギア比の乗算により、コラム軸換算されたモータ角速度 ω_m が算出される。
- [0163] 角加速度演算部 251 C には、モータ角速度 ω_m が入力される。角加速度演算部 251 C は、モータ角速度 ω_m を微分し、コラム軸換算されたモータ角加速度 α_m を算出する。
- [0164] そして、入力された操舵トルク T_s 並びに算出された上記アシストトルク T_m 、モータ角速度 ω_m 及びモータ角加速度 α_m を用いて、ブロック 251 D、ブロック 251 E、ブロック 251 F、ブロック 251 G、及び加算器 251 H、251 I、251 J により、数 8 に基づいて、図 27 に示されるような構成によりセルフアライニングトルク T_{SAT} が算出される。
- [0165] ブロック 251 D には、角速度演算部 251 B から出力されたモータ角速度 ω_m が入力される。ブロック 251 D は、符号関数として機能し、入力データの符号を出力する。
- [0166] ブロック 251 E には、角速度演算部 251 B から出力されたモータ角速度 ω_m が入力される。ブロック 251 E は、入力データにダンパ係数 D_m を乗算して出力する。
- [0167] ブロック 251 F は、ブロック 251 D からの入力データに静摩擦 F_r を乗算して出力する。
- [0168] ブロック 251 G には、角加速度演算部 251 C から出力されたモータ角加速度 α_m が入力される。ブロック 251 G は、入力データにコラム軸換算慣性 J を乗算して出力する。
- [0169] 加算器 251 H は、操舵トルク T_s と換算部 251 A から出力されるアシストトルク T_m とを加算する。
- [0170] 加算器 251 I は、加算器 251 H の出力からブロック 251 G の出力を減算する。
- [0171] 加算器 251 J は、ブロック 251 E の出力とブロック 251 F の出力と

を加算し、加算器2511の出力を減算する。

[0172] 上記構成により、上記(13)式を実現することができる。すなわち、図27に示すSAT算出部251の構成により、セルフアライニングトルク T_{SAT} が算出される。

[0173] なお、コラム角が直接検出可能な場合は、モータ角 θ_m の代わりにコラム角を角度情報として使用しても良い。この場合、コラム軸換算は不要となる。また、モータ角 θ_m ではなく、EPS操舵系／車両系100からのモータ角速度 ω_m をコラム軸換算した信号をモータ角速度 ω_m として入力し、モータ角 θ_m に対する微分処理を省略しても良い。更に、セルフアライニングトルク T_{SAT} は、上記以外の方法で算出しても良く、算出値ではなく、測定値を使用しても良い。

[0174] SAT算出部251にて算出されたセルフアライニングトルク T_{SAT} を活用し運転者に操舵感として適切に伝えるために、フィルタ部252により、伝えたい情報をセルフアライニングトルク T_{SAT} から抽出し、操舵トルク感応ゲイン部253、車速感応ゲイン部254及び舵角感応ゲイン部255により伝える量を調整し、更に、制限部256により上下限値を調整する。なお、本開示において、SAT算出部251にて算出されるセルフアライニングトルク T_{SAT} は、目標操舵トルク生成部201にも出力される。

[0175] フィルタ部252には、SAT算出部251からセルフアライニングトルク T_{SAT} が入力される。フィルタ部252は、例えばバンドパスフィルタにより、セルフアライニングトルク T_{SAT} に対してフィルタ処理を行い、SAT情報 T_{ST1} を出力する。

[0176] 操舵トルク感応ゲイン部253には、フィルタ部252から出力されるSAT情報 T_{ST1} 及び操舵トルク T_s が入力される。操舵トルク感応ゲイン部253は、操舵トルク感応ゲインを設定する。

[0177] 図29は、操舵トルク感応ゲインの特性例を示す図である。図29に示されるように、操舵トルク感応ゲイン部253は、直進走行状態であるオンセンタ近辺で感度が高くなるように、操舵トルク感応ゲインを設定する。操舵

トルク感応ゲイン部253は、操舵トルク T_s に応じて設定される操舵トルク感応ゲインをSAT情報 T_{ST1} に乗算し、SAT情報 T_{ST2} を出力する。

[0178] 図29において、操舵トルク感応ゲインは、操舵トルク T_s が T_{s1} （例えば2Nm）以下では1.0で固定とし、操舵トルク T_s が T_{s2} （ $>T_{s1}$ ）（例えば4Nm）以上では1.0より小さい値で固定とし、操舵トルク T_s が T_{s1} と T_{s2} の間では一定の割合で減少するように設定した例を示している。

[0179] 車速感応ゲイン部254には、操舵トルク感応ゲイン部253から出力されるSAT情報 T_{ST2} 及び車速 V_s が入力される。車速感応ゲイン部254は、車速感応ゲインを設定する。

[0180] 図30は、車速感応ゲインの特性例を示す図である。図30に示されるように、車速感応ゲイン部254は、高速走行時の感度が高くなるように、車速感応ゲインを設定する。車速感応ゲイン部254は、車速 V_s に応じて設定される車速感応ゲインをSAT情報 T_{ST2} に乗算し、SAT情報 T_{ST3} を出力する。

[0181] 図30において、車速感応ゲインは、車速 V_s が V_{s2} （例えば70km/h）以上では1.0で固定とし、車速 V_s が V_{s1} （ $<V_{s2}$ ）（例えば50km/h）以下では1.0より小さい値で固定とし、車速 V_s が V_{s1} と V_{s2} の間では一定の割合で増加するように設定した例を示している。

[0182] 舵角感応ゲイン部255には、車速感応ゲイン部254から出力されるSAT情報 T_{ST3} 及び操舵角 θ_h が入力される。舵角感応ゲイン部255は、舵角感応ゲインを設定する。

[0183] 図31は、舵角感応ゲインの特性例を示す図である。図31に示されるように、舵角感応ゲイン部255は、所定の操舵角から作用し始め、操舵角が大きい時の感度が高くなるように、舵角感応ゲインを設定する。舵角感応ゲイン部255は、操舵角 θ_h に応じて設定される舵角感応ゲインをSAT情報 T_{ST3} に乗算し、トルク信号 T_{ref_d0} を出力する。

[0184] 図31において、舵角感応ゲインは、操舵角 θ_h が θ_{h1} （例えば10d

e g) 以下では所定のゲイン値 G_{α} で、操舵角 θ_h が θ_{h2} (例えば 30 deg) 以上では 1.0 で固定とし、操舵角 θ_h が θ_{h1} と θ_{h2} の間では一定の割合で増加するように設定した例を示している。操舵角 θ_h が大きいときの感度を高くしたい場合は、 G_{α} を $0 \leq G_{\alpha} < 1$ の範囲に設定すれば良い。操舵角 θ_h が小さいときの感度を高くしたい場合は、図示していないが、 G_{α} を $1 < G_{\alpha}$ の範囲に設定すれば良い。操舵角 θ_h による感度を変えたくない場合は、 $G_{\alpha} = 1$ として設定すれば良い。

[0185] 制限部 256 には、舵角感応ゲイン部 255 から出力されるトルク信号 T_{ref_d0} が入力される。制限部 256 は、トルク信号 T_{ref_d0} の上限値及び下限値が設定されている。

[0186] 図 32 は、制限部におけるトルク信号の上限値及び下限値の設定例を示す図である。図 32 に示されるように、制限部 256 は、トルク信号 T_{ref_d0} に対する上限値及び下限値が予め設定され、入力するトルク信号 T_{ref_d0} 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、それ以外の場合はトルク信号 T_{ref_d0} を、トルク信号 T_{ref_d} として出力する。

[0187] なお、操舵トルク感応ゲイン、車速感応ゲイン、及び舵角感応ゲインは、図 29、図 30、及び図 31 に示されるような直線的な特性ではなく、曲線的な特性でも良い。また、操舵トルク感応ゲイン、車速感応ゲイン、及び舵角感応ゲインは、操舵フィーリングに応じて設定を適宜調整しても良い。また、トルク信号の大きさが増大するおそれがない場合や他の手段で抑制する場合等では、制限部 256 を削除しても良い。操舵トルク感応ゲイン部 253、車速感応ゲイン部 254、及び舵角感応ゲイン部 255 についても、適宜、省略可能である。また、操舵トルク感応ゲイン、車速感応ゲイン、及び舵角感応ゲインの設置位置を入れ替えても良い。また、例えば、操舵トルク感応ゲイン、車速感応ゲイン、及び舵角感応ゲインを並列に求め、1つの構成部で SAT 情報 T_{sT1} に乗算する態様であっても良い。

[0188] すなわち、本実施形態における SAT 情報補正部 250 の構成は一例であ

り、図 27 に示す構成とは異なる態様であっても良い。

[0189] 本実施形態においても、上述した実施形態 1 において説明した低 μ 路トルク補正值演算部 280 を目標操舵トルク生成部 201 に備えた構成とすることで、実施形態 1 と同様の効果を得ることができる。具体的に、SAT 算出部 251 (図 27 参照) にて算出されるセルフアライニングトルク T_{SAT} を、図 11 に示す低 μ 路トルク補正值演算部 280 に入力する構成とすれば良い。

[0190] 以下、実施形態 2 の振れ角制御部 300a について、図 33 を参照して説明する。

[0191] 図 33 は、実施形態 2 の振れ角制御部の一構成例を示すブロック図である。振れ角制御部 300a は、目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 、振れ角 $\Delta\theta$ 及びモータ角速度 ω_m に基づいてモータ電流指令値 I_{mc} を演算する。振れ角制御部 300a 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 を備えている。

[0192] 変換部 500 から出力される目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ は、減算部 361 に加算入力される。振れ角 $\Delta\theta$ 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 に入力される。モータ角速度 ω_m は、安定化補償部 340 に入力される。

[0193] 振れ角 FB 補償部 310 は、減算部 361 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 CFB (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 CFB 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。

[0194] 目標振れ角速度 ω_{ref} は、速度制御部 330 に入力される。振れ角 FB 補償部 310 及び速度制御部 330 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。

[0195] 振れ角速度演算部 320 は、振れ角 $\Delta\theta$ に対して微分演算処理を行い、振

れ角速度 ω_t を算出する。振れ角速度 ω_t は、速度制御部330に出力される。振れ角速度演算部320は、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、振れ角速度演算部320は、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330に出力するようにしても良い。

[0196] 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 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 I_{mca1} を算出する。

[0197] 減算部333は、目標振れ角速度 ω_{ref} と振れ角速度 ω_t との差分（ $\omega_{ref} - \omega_t$ ）を算出する。積分部331は、目標振れ角速度 ω_{ref} と振れ角速度 ω_t との差分（ $\omega_{ref} - \omega_t$ ）を積分し、積分結果を減算部334に加算入力する。

[0198] 振れ角速度 ω_t は、比例部332にも出力される。比例部332は、振れ角速度 ω_t に対してゲイン K_{vp} による比例処理を行い、比例処理結果を減算部334に減算入力する。減算部334での減算結果は、モータ電流指令値 I_{mca1} 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、PID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_{mca1} を算出しても良い。

[0199] 安定化補償部340は、補償値 C_s （伝達関数）を有しており、モータ角速度 ω_m からモータ電流指令値 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 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。

[0200] 加算部362は、速度制御部330からのモータ電流指令値 I_{mca1} と

安定化補償部 340 からのモータ電流指令値 $I_{mc a 2}$ とを加算し、モータ電流指令値 $I_{mc b}$ として出力する。

[0201] 出力制限部 350 は、モータ電流指令値 $I_{mc b}$ に対する上限値及び下限値が予め設定されている。出力制限部 350 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。

[0202] なお、本実施形態における振れ角制御部 300 a の構成は一例であり、図 33 に示す構成とは異なる態様であっても良い。例えば、振れ角制御部 300 a は、安定化補償部 340 を具備しない構成であっても良い。

[0203] (変形例)

図 34 は、実施形態 2 の変形例の目標操舵トルク生成部の一構成例を示すブロック図である。なお、上述した実施形態 2 の構成と同じ構成部には同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0204] 図 34 に示すように、実施形態 2 の変形例においても、上述した実施形態 1 の変形例 1 において説明した低 μ 路トルク補正值演算部 280 a を目標操舵トルク生成部 201 a に備えた構成とすることで、実施形態 1 の変形例 1 と同様の効果を得ることができる。具体的に、SAT 算出部 251 (図 27 参照) にて算出されるセルフアライニングトルク T_{SAT} を、図 17 に示す低 μ 路トルク補正值演算部 280 a に入力する構成とすれば良い。

[0205] なお、上述した実施形態 2 及びその変形例では、タイヤのスリップによって発生する物理量として、SAT 算出部 251 (図 27 参照) にて算出されるセルフアライニングトルク T_{SAT} を用いる構成を例示したが、本実施形態においても、実施形態 1 の変形例 2, 3 と同様に、タイヤのスリップによって発生する物理量として、ヨーレートセンサ 15 (図 1 参照) によって検出される実ヨーレート γ を用いる構成とすることも可能である。また、本実施形態においても、例えば、タイヤのスリップによって発生する物理量として、横加速度センサ 16 (図 1 参照) によって検出される実横加速度を用いる構成としても、上述した実施形態 1, 2 と同様の効果を得ることができる。

[0206] (実施形態 3)

実施形態 1, 2 では、車両用操向装置の 1 つとして、本開示をコラム型 EPS に適用しているが、本開示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。本開示を、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（実施形態 3）について説明する。

[0207] 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 35 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、上述した実施形態 1, 2 で説明した構成と同一構成には同一符号を付し、詳細な説明は省略する。

[0208] SBW システムは、図 1 におけるユニバーサルジョイント 4 a 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 8 L, 8 R 等からなる転舵機構に伝えるシステムである。図 35 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 8 L, 8 R 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、本開示を適用する 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 6 a, 6 b を経て、操向車輪 8 L, 8 R 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 8 L, 8 R の

転舵角 θ_t を検出する。ECU 50 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。

[0209] このような S B W システムに本開示を適用した実施形態 3 の構成について説明する。

[0210] 図 36 は、実施形態 3 の構成を示すブロック図である。実施形態 3 は、振れ角 $\Delta\theta$ に対する制御（以下、「振れ角制御」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、反力装置を振れ角制御で制御し、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。

[0211] 振れ角制御では、実施形態 2 と同様の構成及び動作により、振れ角 $\Delta\theta$ が、操舵角 θ_h 等を用いて目標操舵トルク生成部 202 及び変換部 500 を経て算出される目標振れ角 $\Delta\theta_{ref}$ 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、実施形態 1 では E P S 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 3 に示される減算部 32B、P I 制御部 35、PWM 制御部 36 及びインバータ回路 37 と同様の構成及び動作により、振れ角制御部 300a 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 140 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。

[0212] 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 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。なお、本開示において、転舵角制御部 920 にて算出されるモータ電流指令値 I_{mct} は、目標操舵トルク生成部 202 にも出力される。

[0213] 図 37 は、目標転舵角生成部の構成例示す図である。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。

[0214] 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。図 33 に示す捩れ角制御部 300a 内の出力制限部 350 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。

[0215] 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。

[0216] 補正部 933 は、操舵角 θ_{h2} を補正して、目標転舵角 θ_{treref} を出力する。例えば、操舵角 θ_{h2} の大きさ $|\theta_{h2}|$ に対する目標転舵角 θ_{treref} 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_{treref} 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_{treref} を求めるようにしても良い。

[0217] 図 38 は、転舵角制御部の構成例を示す図である。転舵角制御部 920 は、図 33 に示される捩れ角制御部 300a 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 Δ

θ_{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 310、振れ角速度演算部 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。

[0218] このような構成において、実施形態 3 の動作例を、図 39 のフローチャートを参照して説明する。図 39 は、実施形態 3 の動作例を示すフローチャートである。

[0219] 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。

[0220] 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、振れ角制御部 300a に出力する (ステップ S120)。

[0221] その後、目標操舵トルク生成部 202 において、図 7 に示されるステップ S10~S40 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~S160)。

[0222] 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 S170)、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 S180)、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 S190)、転舵角制御部 920 に出力する。

[0223] 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 $\Delta\theta_{t0}$ を算出する (ステップ S200)。偏差 $\Delta\theta_{t0}$ 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 $\Delta\theta_{t0}$ に

補償値を乗算することにより偏差 $\Delta\theta_{t0}$ を補償し（ステップS210）、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S220）、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 I_{mcta} を算出し（ステップS230）、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S240）、モータ電流指令値 I_{mct} として出力する（ステップS250）。

[0224] 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S260）。

[0225] なお、図39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300a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300aでの追従制御は、一般的に用いられている制御構成で行っても良い。転舵角制御部920については、目標角度（ここでは目標転舵角 θ_{tref} ）に対して実角度（ここでは転舵角 θ_t ）が追従する制御構成であれば、車両用装置に用いられている制御構成に限定されず、例えば、産業用位置決め装置や産業用ロボット等に用いられている制御構成を適用しても良い。

[0226] 実施形態3では、図35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35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 S B W システムにも、本開示は適用可能である。このような S B W 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。

[0227] 上述の実施形態 1 から 3 での振れ角制御部 300, 300a 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。

[0228] 図 40 は、実施形態 3 の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。上述した実施形態 1, 2 では、タイヤのスリップによって発生する物理量として、S A T 推定部 343（図 3 参照）によって推定されるセルフアライニングトルク T_{SAT} 、ヨーレートセンサ 15（図 1 参照）によって検出される実ヨーレート γ 、又は横加速度センサ 16（図 1 参照）によって検出される実横加速度を用いる例について説明したが、本実施形態では、タイヤのスリップによって発生する物理量として、図 40 に示すように、転舵角制御部 920（図 36 参照）にて算出されるモータ電流指令値 I_{mct} を用いる構成について説明する。

[0229] 図 40 に示すように、実施形態 3 の低 μ 路トルク補正值演算部 280d は、比例係数乗算部 281d と、減算部 282d と、トルク調整係数値マップ部 283d と、絶対値演算部 284d と、を含む。

[0230] 絶対値演算部 284d には、モータ電流指令値 I_{mct} が入力される。絶対値演算部 284d は、入力されたモータ電流指令値 I_{mct} の絶対値 $|I_{mct}|$ を演算する。比例係数乗算部 281d は、入力されたモータ電流指令値の絶対値 $|I_{mct}|$ に対して、所定の比例係数 k'' を乗じた値 k'' （

$|Imct|$) を減算部 282d に出力する。比例係数 k'' の値は、トルク信号 $Tref_a0$ と比例係数乗算部 281d の出力値 $k'' (|Imct|)$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。

[0231] 減算部 282d は、トルク信号 $Tref_a0$ から比例係数乗算部 281d の出力値 $k'' (|Imct|)$ を減算した値 $Tref_a0 - k'' (|Imct|)$ をトルク調整係数値マップ部 283d に出力する。

[0232] トルク調整係数値マップ部 283d は、減算部 282d の出力値 $Tref_a0 - k'' (|Imct|)$ とトルク調整係数値 G との関係を示すトルク調整係数値マップを保持している。実施形態 3 に係るトルク調整係数値マップの特性は、図 14 に示す実施形態 1 のトルク調整係数値マップ部 283 が保持するトルク調整係数値マップと同様であり、減算部 282 の出力値 $Tref_a0 - k (|T_{SAT}|)$ を減算部 282d の出力値 $Tref_a0 - k'' (|Imct|)$ に読み替えることで対応可能である。

[0233] トルク調整係数値マップ部 283d は、上述したトルク調整係数値マップを用いて、減算部 282d の出力値 $Tref_a0 - k'' (|Imct|)$ に応じたトルク調整係数値 G を導出して出力する。なお、減算部 282d の出力値 $Tref_a0 - k'' (|Imct|)$ とトルク調整係数値 G との関係を示す数式を用いて、トルク調整係数値 G を算出する態様であっても良い。

[0234] 図 40 に示す実施形態 3 の構成においても、上述した実施形態 1, 2 に係る構成と同様に、タイヤのグリップ力が失われた状態において、トルク信号 $Tref_a$ を通常の走行状態（図 15 中の実線）よりも小さくすることができる（図 15 中の破線）。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを認識することができる。適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0235] (変形例)

図 41 は、実施形態 3 の変形例の低 μ 路トルク補正值演算部の一構成例を示すブロック図である。なお、上述した実施形態 3 の構成と同じ構成部には

同一の符号を付して重複する説明は省略する。

[0236] 図41に示すように、低 μ 路トルク補正值演算部280eには、基本マップ部210から出力されるトルク信号 T_{ref_a0} 、及び転舵角制御部920（図39参照）にて算出されるモータ電流指令値 I_{mct} に加え、車速 V_s が入力される。

[0237] 図41に示すように、実施形態3の変形例の低 μ 路トルク補正值演算部280eは、比例係数乗算部281eと、減算部282eと、トルク調整減算値マップ部283eと、絶対値演算部284eと、を含む。

[0238] 絶対値演算部284eには、モータ電流指令値 I_{mct} が入力される。絶対値演算部284eは、入力されたモータ電流指令値 I_{mct} の絶対値 $|I_{mct}|$ を演算する。比例係数乗算部281eは、入力されたモータ電流指令値の絶対値 $|I_{mct}|$ に対して、所定の比例係数 k'' を乗じた値 $k''(|I_{mct}|)$ を減算部282eに出力する。比例係数 k'' の値は、トルク信号 T_{ref_a0} と比例係数乗算部281eの出力値 $k''(|I_{mct}|)$ とが通常の走行状態で略一致するような値に設定される。

[0239] 減算部282eは、トルク信号 T_{ref_a0} から比例係数乗算部281eの出力値 $k''(|I_{mct}|)$ を減算した値 $T_{ref_a0} - k''(|I_{mct}|)$ をトルク調整減算値マップ部283eに出力する。

[0240] トルク調整減算値マップ部283eは、減算部282eの出力値 $T_{ref_a0} - k''(|I_{mct}|)$ とトルク調整減算値 S と車速 V_s との関係を示すトルク調整減算値マップを保持している。実施形態3の変形例に係るトルク調整減算値マップの特性は、図24に示す実施形態1の変形例1のトルク調整減算値マップ部283aが保持するトルク調整減算値マップと同様であり、減算部282aの出力値 $T_{ref_a0} - k(|T_{SAT}|)$ を減算部282eの出力値 $T_{ref_a0} - k''(|I_{mct}|)$ に読み替えることで対応可能である。

[0241] トルク調整減算値マップ部283eは、上述したトルク調整減算値マップを用いて、減算部282eの出力値 $T_{ref_a0} - k''(|I_{mct}|)$

に応じたトルク調整減算値 S を導出して出力する。なお、減算部 282e の出力値 $T_{ref_a0-k}(|l_{mct}|)$ とトルク調整減算値 S と車速 V_s との関係を示す数式を用いて、トルク調整減算値 S を算出する態様であっても良い。

[0242] 図 41 に示す実施形態 3 の変形例の構成においても、上述した実施形態 1 に係る構成と同様に、タイヤのグリップ力が失われた状態において、トルク信号 T_{ref_a} を通常の走行状態（図 15 中の実線）よりも小さくすることができる（図 15 中の破線）。これにより、通常の走行状態よりも操舵感が軽くなり、運転者は、タイヤのグリップ力が失われたことを認識することができ、適切な緊急回避操作を行うことができる。

[0243] なお、上述した実施形態 3 及びその変形例では、タイヤのスリップによって発生する物理量として、転舵角制御部 920（図 39 参照）にて算出されるモータ電流指令値 l_{mct} を用いる構成を例示したが、本実施形態においても、実施形態 1 の変形例 2, 3 と同様に、タイヤのスリップによって発生する物理量として、ヨーレートセンサ 15（図 1 参照）によって検出される実ヨーレート γ を用いる構成とすることも可能である。また、本実施形態においても、例えば、タイヤのスリップによって発生する物理量として、横加速度センサ 16（図 1 参照）によって検出される実横加速度を用いる構成としても、上述した実施形態 1, 2 と同様の効果を得ることができる。

[0244] さらに、上述した実施形態 1 において、タイヤのスリップによって発生する物理量として、捩れ角制御部 300（図 5 参照）にて生成されるモータ電流指令値 l_{ref} を用いる構成としても良いし、上述した実施形態 2 において、タイヤのスリップによって発生する物理量として、捩れ角制御部 300a（図 25 参照）により演算されたモータ電流指令値 l_{mc} を用いる構成としても良い。

[0245] なお、上述で使用了図は、本開示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開示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、本開

示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。

符号の説明

- [0246]
- 1 ハンドル
 - 2 コラム軸
 - 2 A トーションバー
 - 3 減速機構
 - 4 a、4 b ユニバーサルジョイント
 - 5 ピニオンラック機構
 - 6 a、6 b タイロッド
 - 7 a、7 b ハブユニット
 - 8 L、8 R 操向車輪
 - 1 0 トルクセンサ
 - 1 1 イグニッションキー
 - 1 2 車速センサ
 - 1 3 バッテリー
 - 1 4 舵角センサ
 - 1 5 ヨーレートセンサ
 - 1 6 横加速度センサ
 - 2 0 モータ
 - 3 0、5 0 コントロールユニット（ECU）
 - 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 角度センサ

100	EPS操舵系／車両系
130	電流制御部
140	モータ電流検出器
200, 200a, 200b, 200c, 201, 201a, 202	目標操舵トルク生成部
210	基本マップ部
211	乗算部
212	減算部
213	符号抽出部
214	乗算部
220	微分部
230	ダンパゲインマップ部
240	ヒステリシス補正部
250	SAT情報補正部
251	SAT算出部
251A	換算部
251B	角速度演算部
251C	角加速度演算部
251D, 251E, 251F	ブロック
251H, 251I, 251J	加算器
252	フィルタ部
253	操舵トルク感応ゲイン部
254	車速感応ゲイン部
255	舵角感応ゲイン部
256	制限部
260	乗算部
261, 262, 263	加算部
280, 280a, 280b, 280c, 280d, 280e	低 μ 路ト

ルク補正值演算部

281, 281a, 281b, 281c, 281d, 281e 比例係数
乗算部

282, 282a, 282b, 282c, 282d, 282e 減算部

283, 283b, 283d トルク調整係数値マップ部

283a, 283c, 283e トルク調整減算値マップ部

284, 284a, 284b, 284c, 284d, 284e 絶対値演
算部

300, 300a 振れ角制御部

310 振れ角フィードバック (FB) 補償部

320 振れ角速度演算部

330 速度制御部

331 積分部

332 比例部

333, 334 減算部

340 安定化補償部

350 出力制限部

360 舵角外乱補償部

361 減算部

362, 363 加算部

370 減速比部

400 操舵方向判定部

500 変換部

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

923 速度制御部

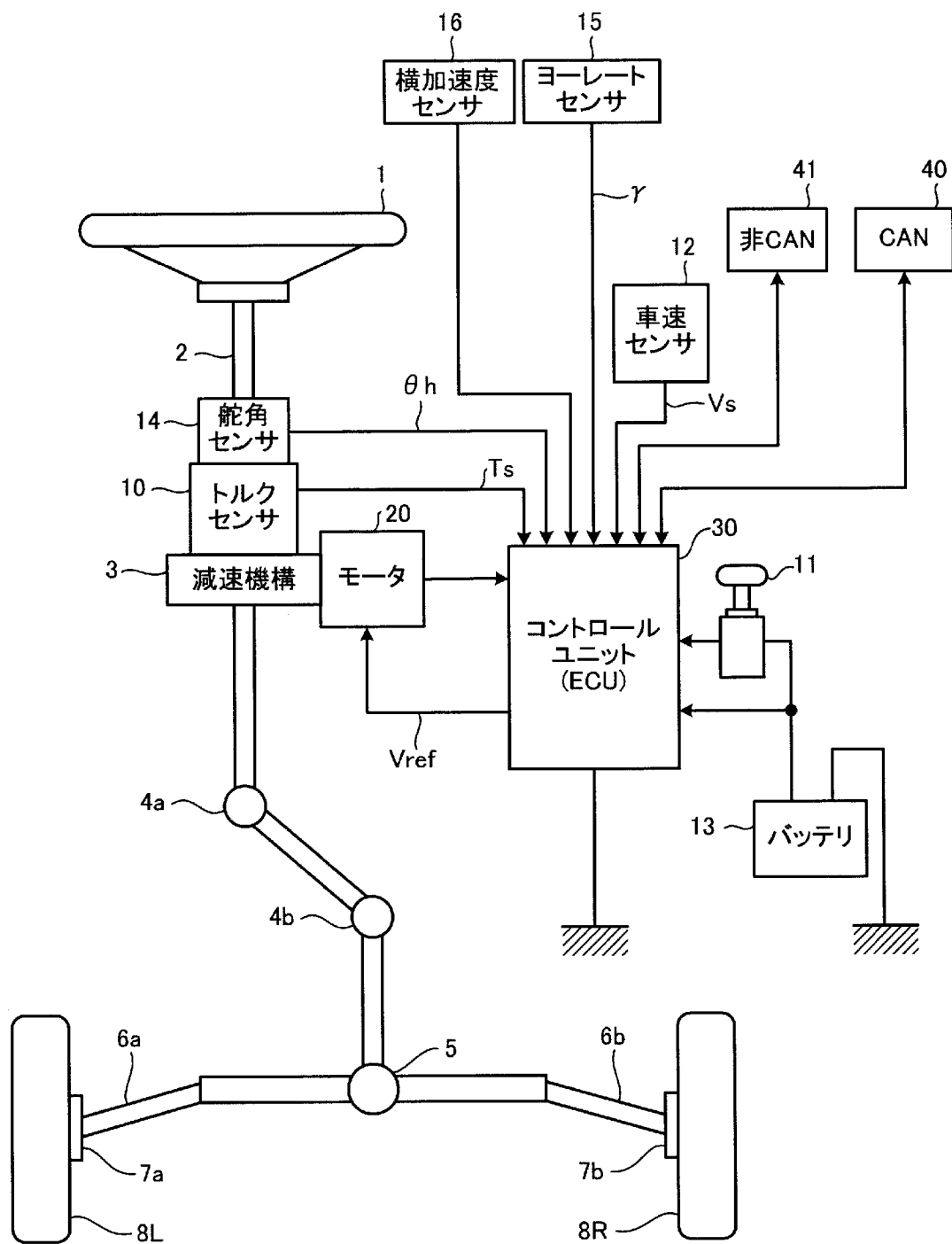
- 9 2 6 出力制限部
- 9 2 7 減算部
- 9 3 0 電流制御部
- 9 3 1 制限部
- 9 3 3 補正部
- 9 3 2 レート制限部
- 9 4 0 モータ電流検出器
- 1 0 0 1 C P U
- 1 0 0 5 インターフェース
- 1 0 0 6 A / D 変換器
- 1 0 0 7 P W M コントローラ
- 1 1 0 0 制御用コンピュータ (M C U)

請求の範囲

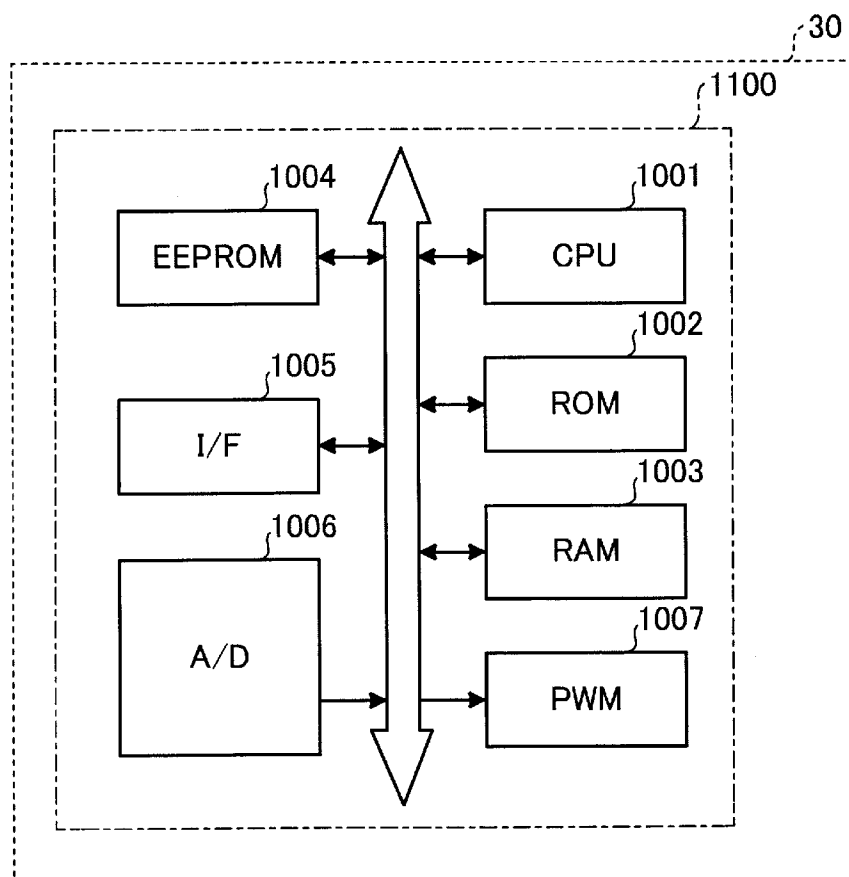
- [請求項1] 操舵力を補助するモータを駆動制御することにより、車両の操舵系をアシスト制御する車両用操向装置であって、
- 前記モータの目標操舵トルクを生成する目標操舵トルク生成部を備え、
- 前記目標操舵トルク生成部は、
- 操舵角及び車速に応じたトルク信号と、タイヤのスリップによって発生する物理量に所定の比例係数を乗じた値との差分値に応じた目標操舵トルクを生成する
- 車両用操向装置。
- [請求項2] 前記目標操舵トルク生成部は、
- 前記差分値に応じたトルク調整係数値を前記トルク信号に乗じて、
- 前記目標操舵トルクを生成する
- 請求項 1 に記載の車両用操向装置。
- [請求項3] 前記目標操舵トルク生成部は、
- 前記差分値が大きいほど、前記トルク調整係数値を小さくする
- 請求項 2 に記載の車両用操向装置。
- [請求項4] 前記トルク調整係数値は 1 以下の正の値である
- 請求項 2 又は 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は、
- 前記差分値に応じたトルク調整減算値を前記トルク信号から減じて
- 、前記目標操舵トルクを生成する
- 請求項 1 に記載の車両用操向装置。
- [請求項6] 前記目標操舵トルク生成部は、
- 前記差分値が大きいほど、前記トルク調整減算値を大きくする
- 請求項 5 に記載の車両用操向装置。
- [請求項7] 前記トルク調整減算値は前記トルク信号よりも小さい
- 請求項 5 又は 6 に記載の車両用操向装置。

- [請求項8] 前記物理量はセルフアライニングトルクである
請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の車両用操向装置。
- [請求項9] 前記物理量はヨーレートである
請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の車両用操向装置。
- [請求項10] 前記物理量は前記モータの電流指令値である
請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の車両用操向装置。

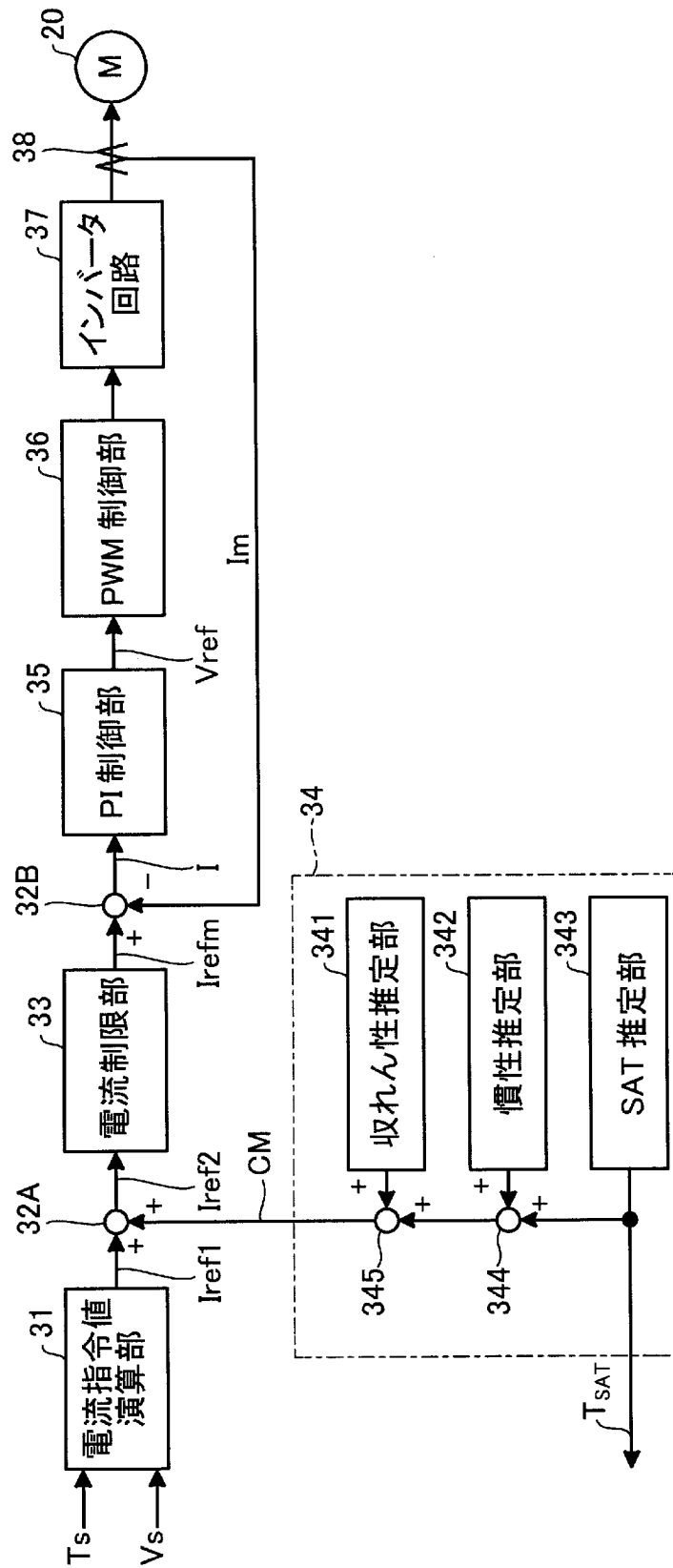
[図1]



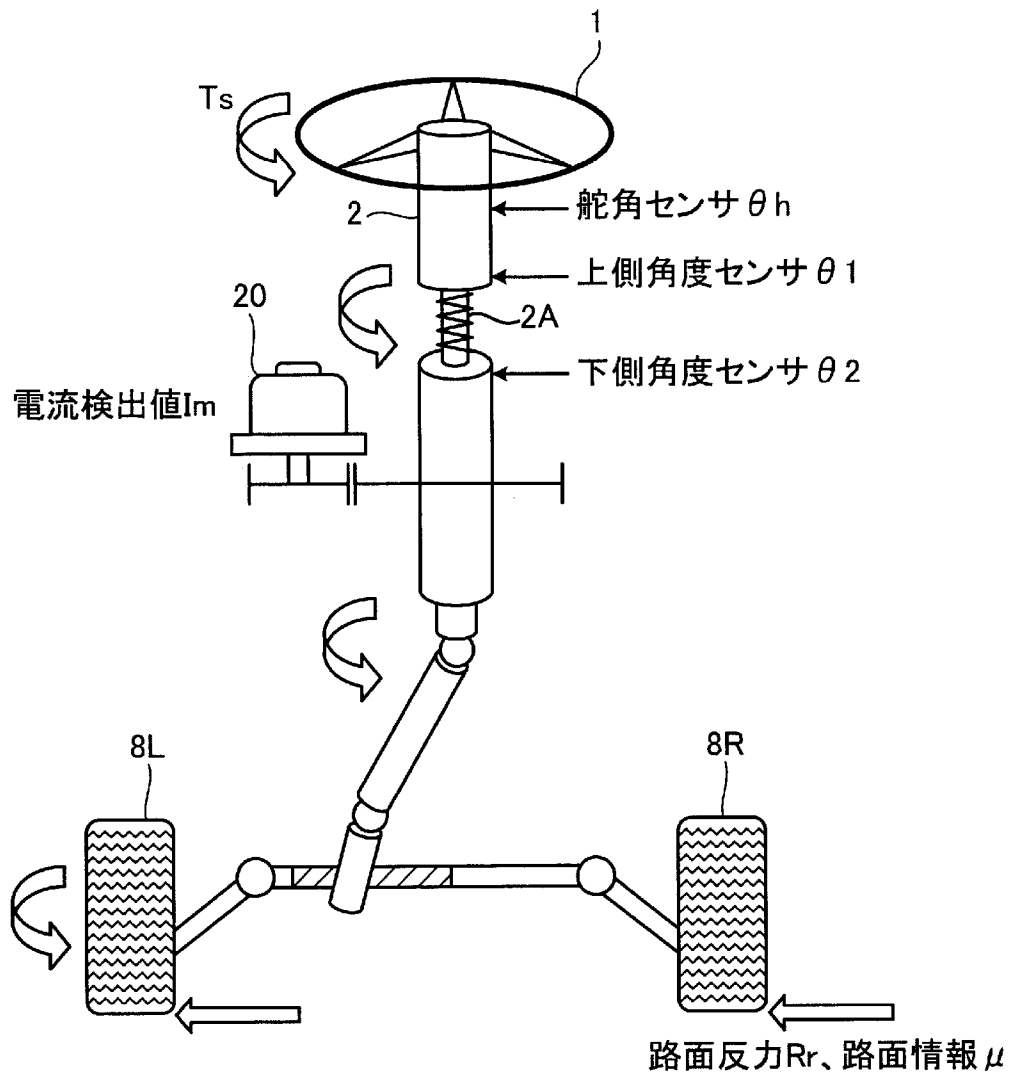
[図2]



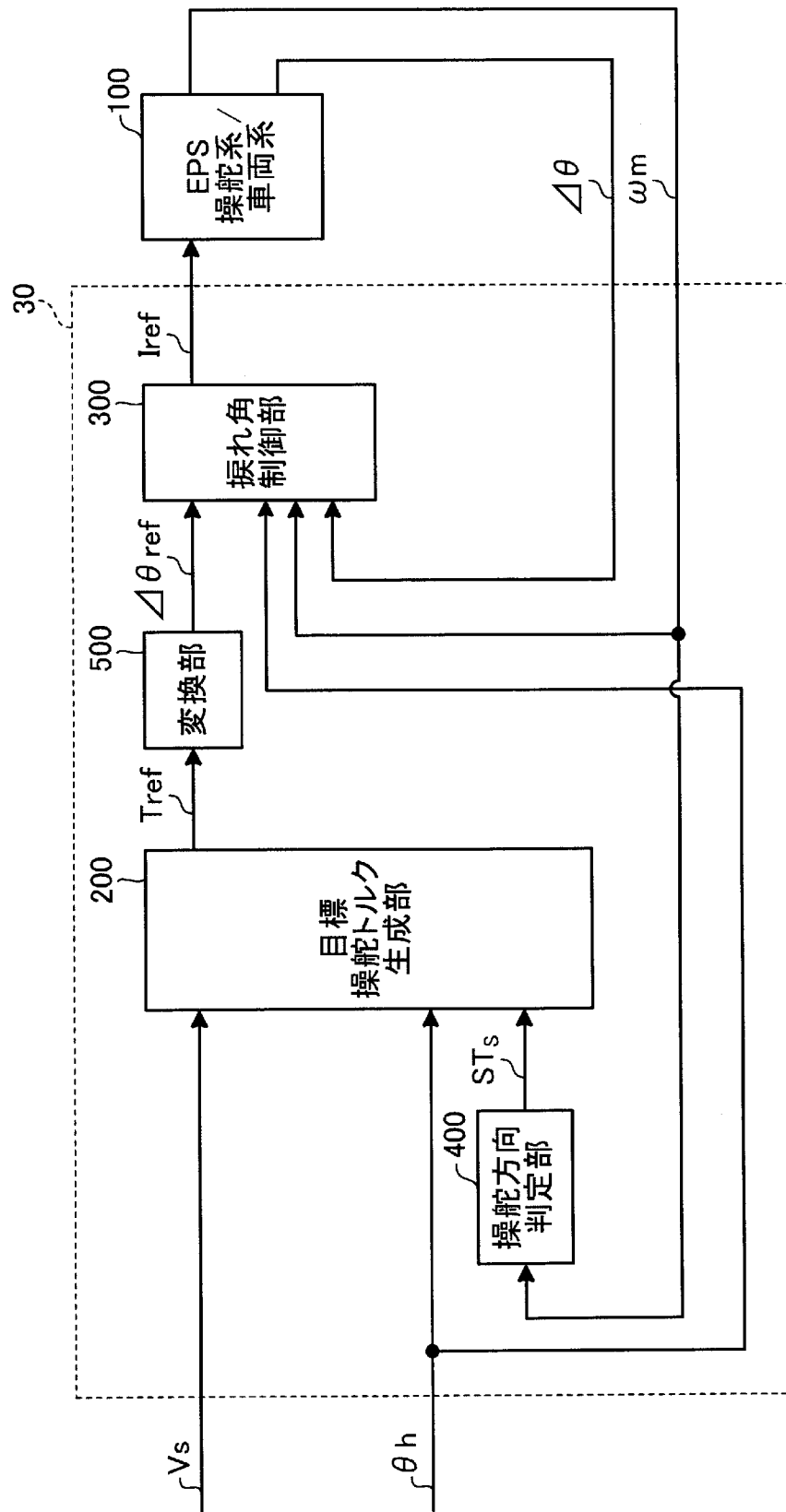
[図3]



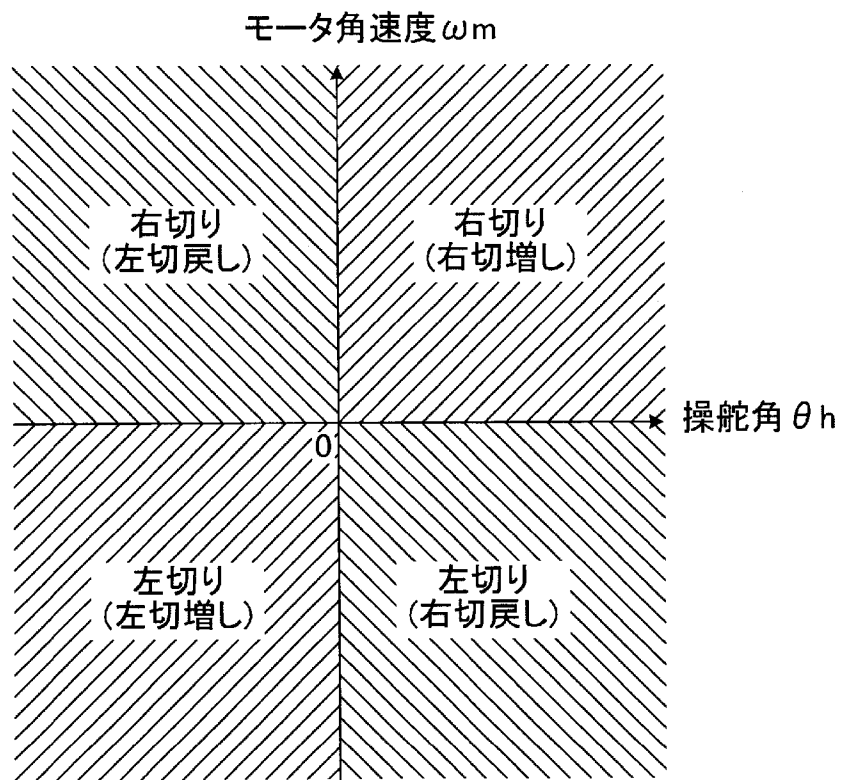
[図4]



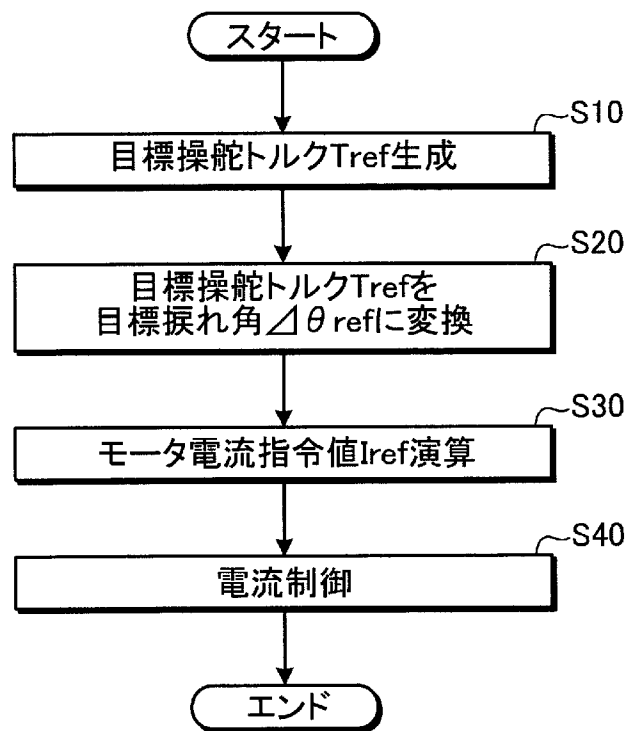
[図5]



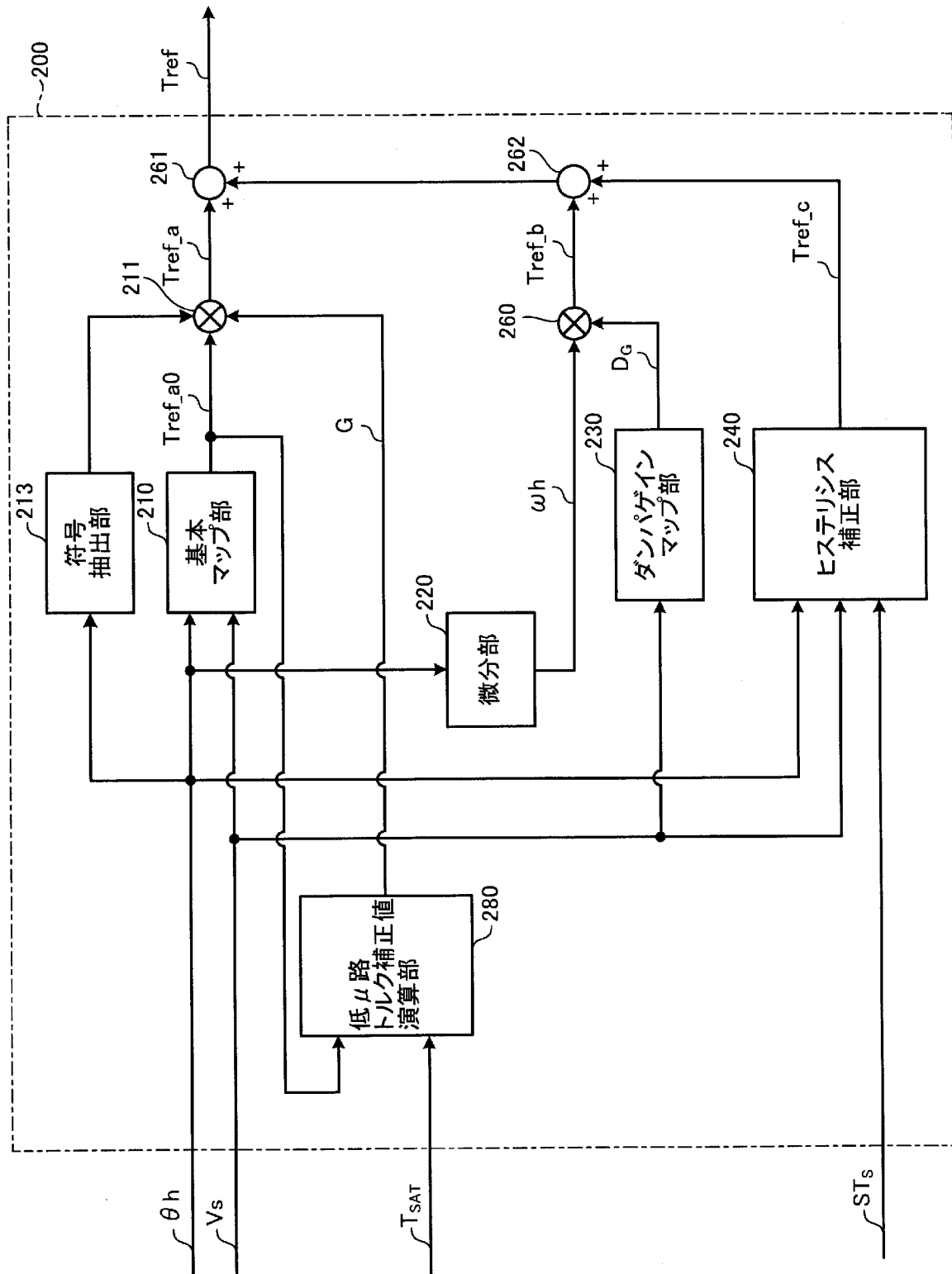
[図6]



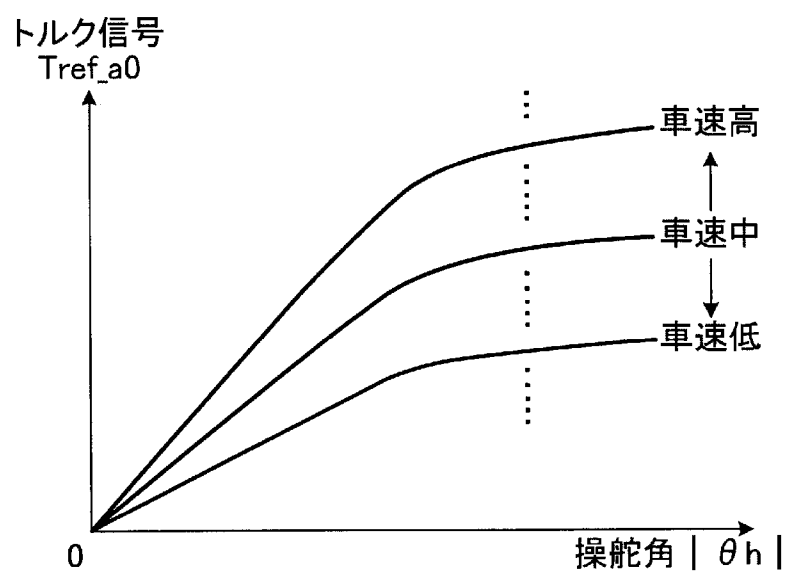
[図7]



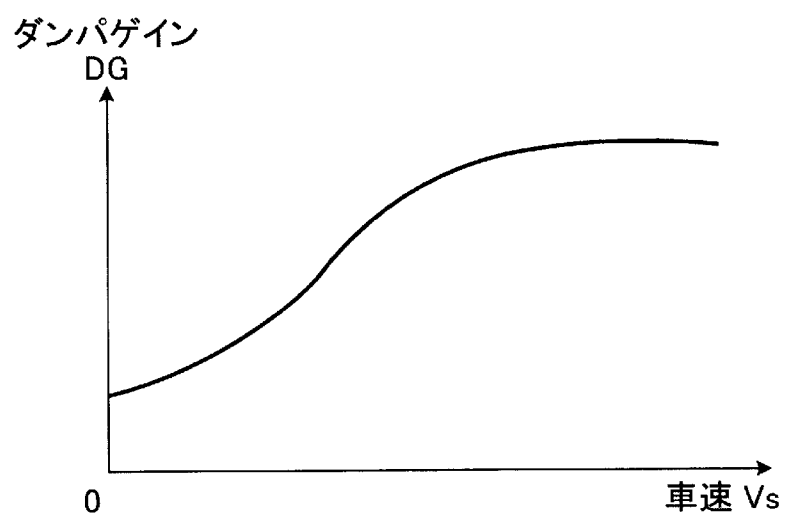
[図8]



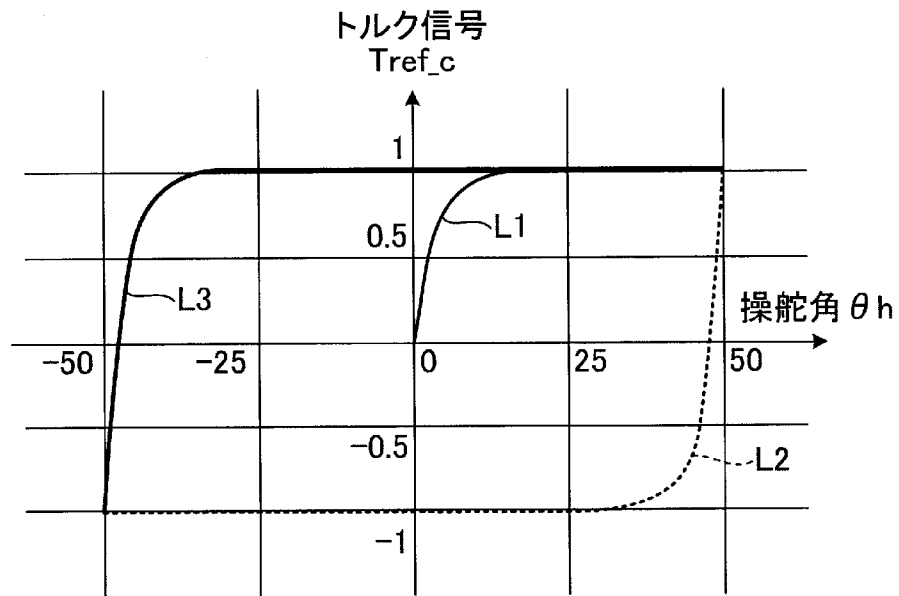
[図9]



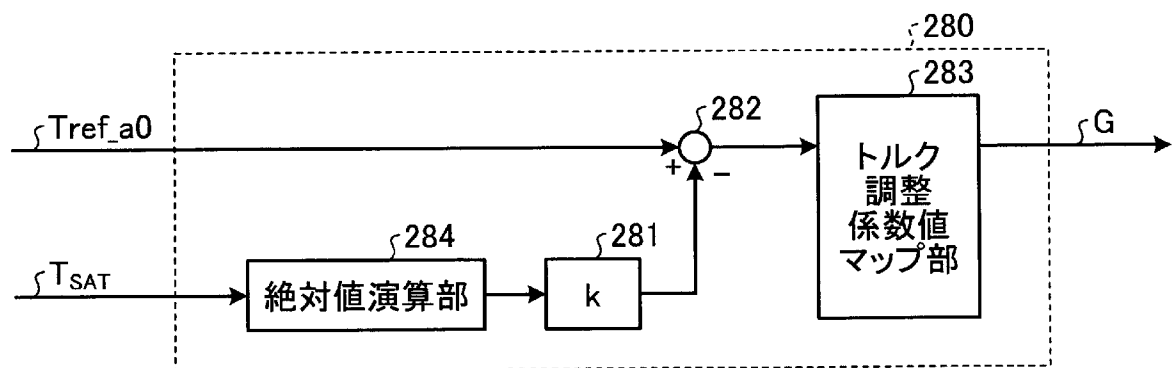
[図10]



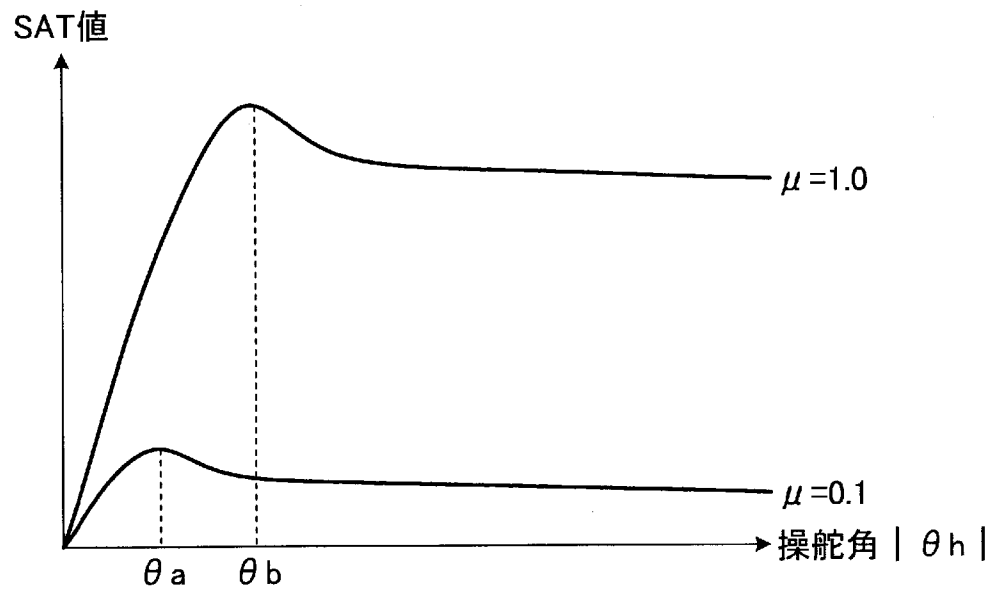
[図11]



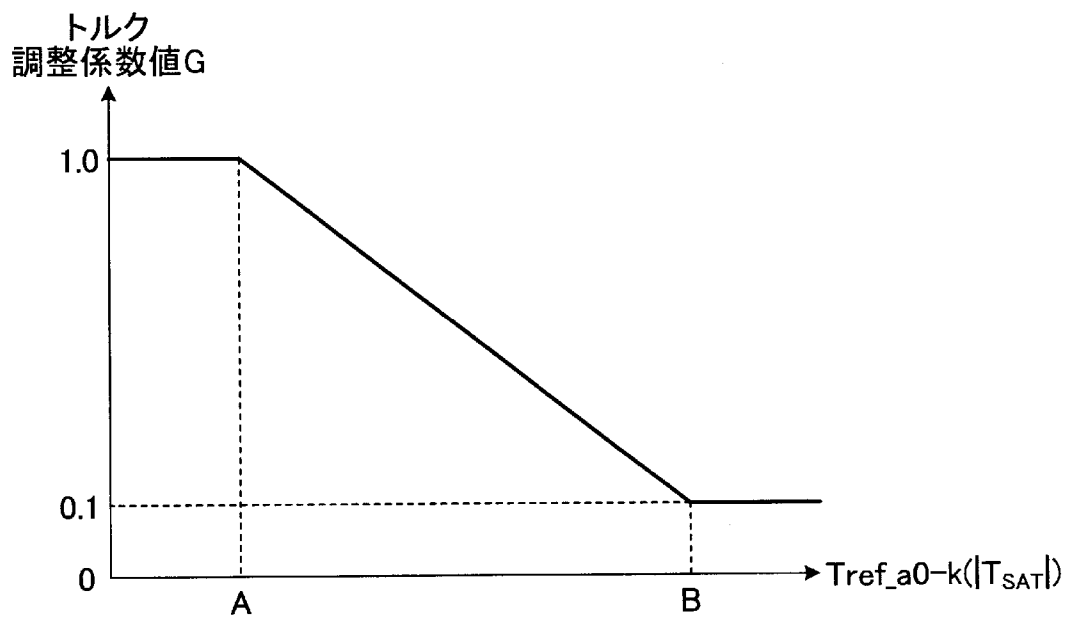
[図12]



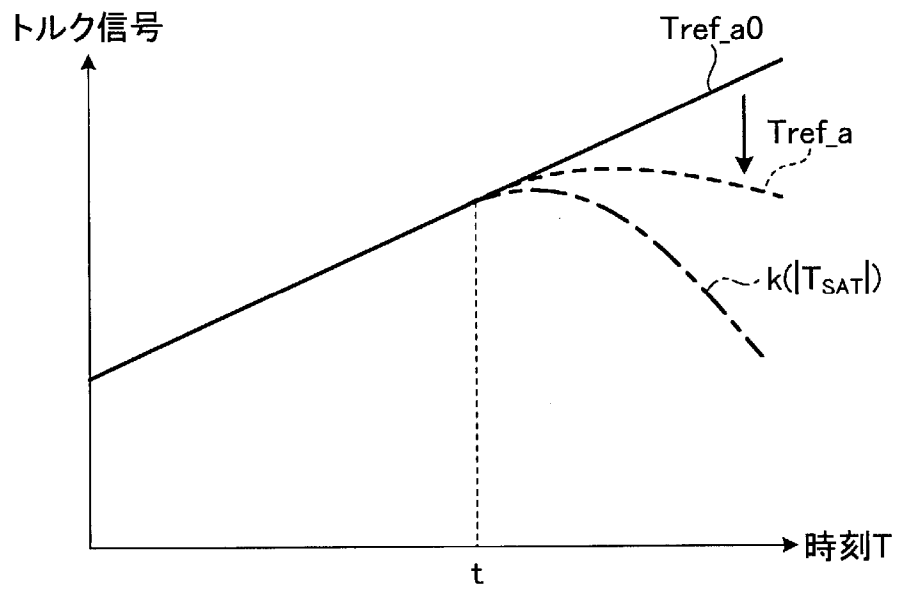
[図13]



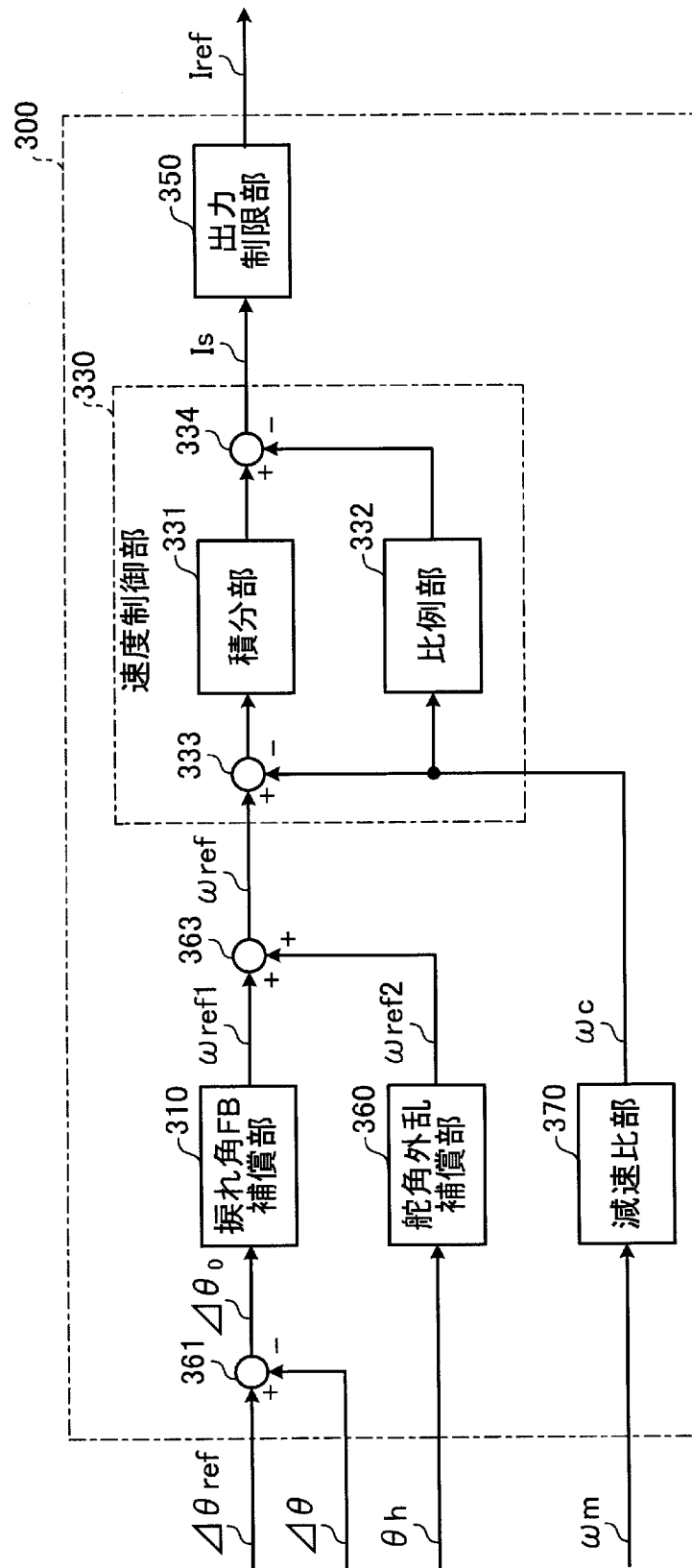
[図14]



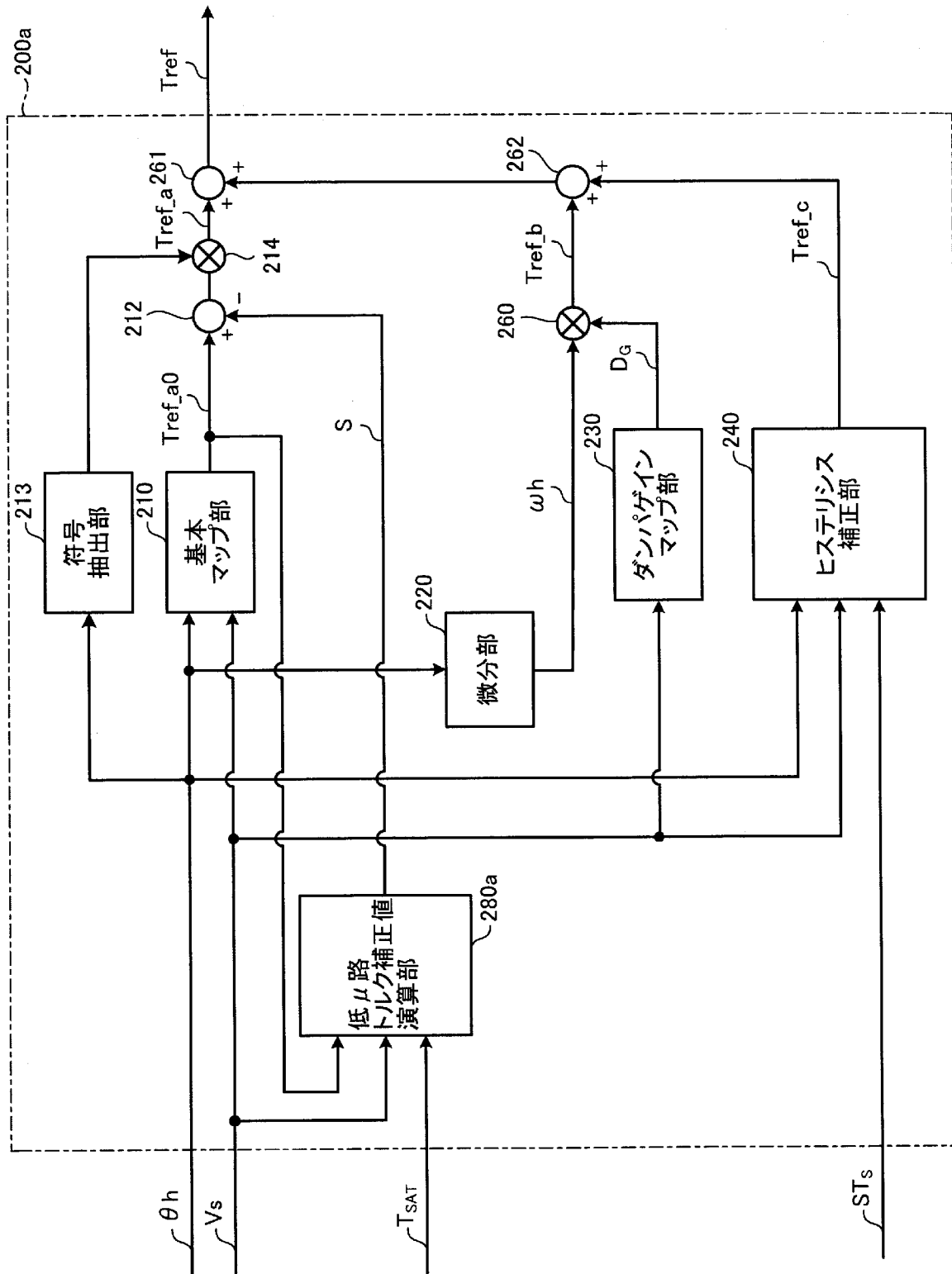
[図15]



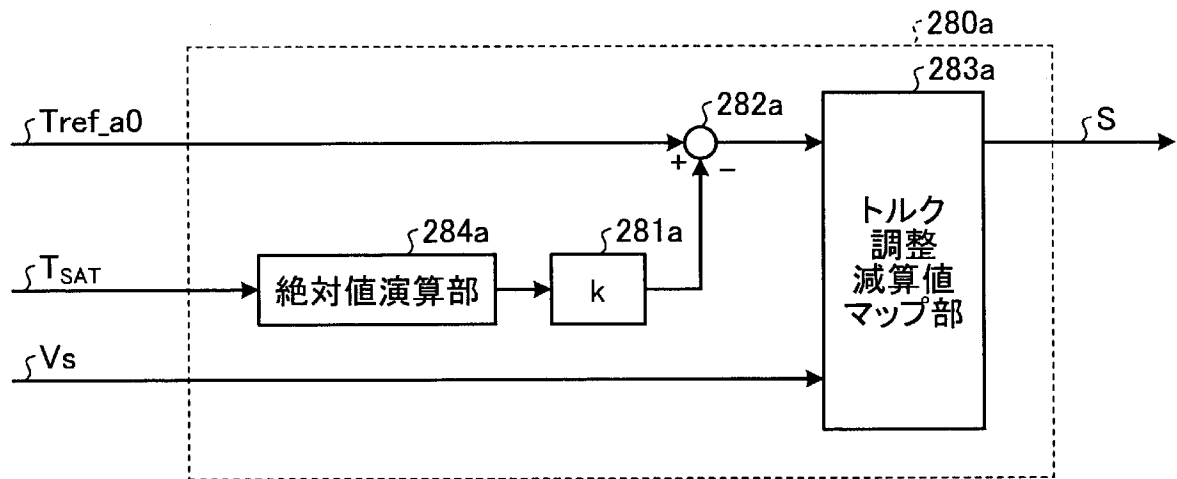
[図16]



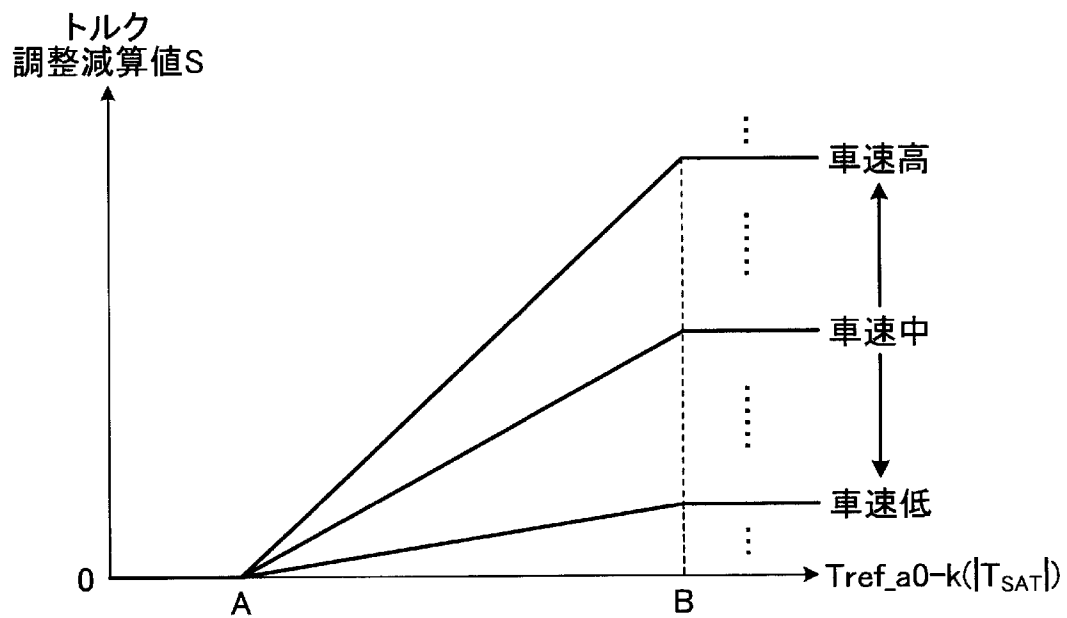
[図17]



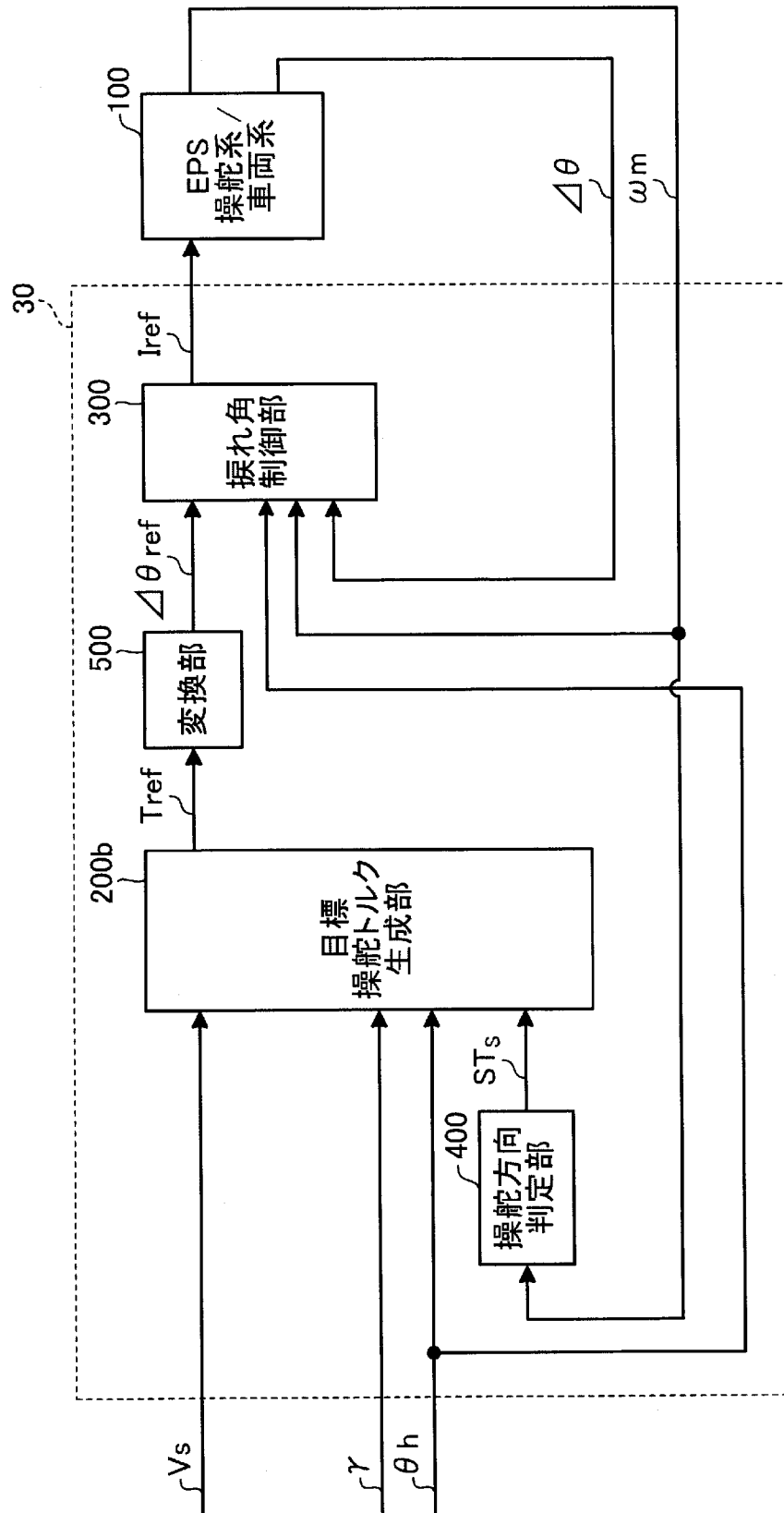
[図18]



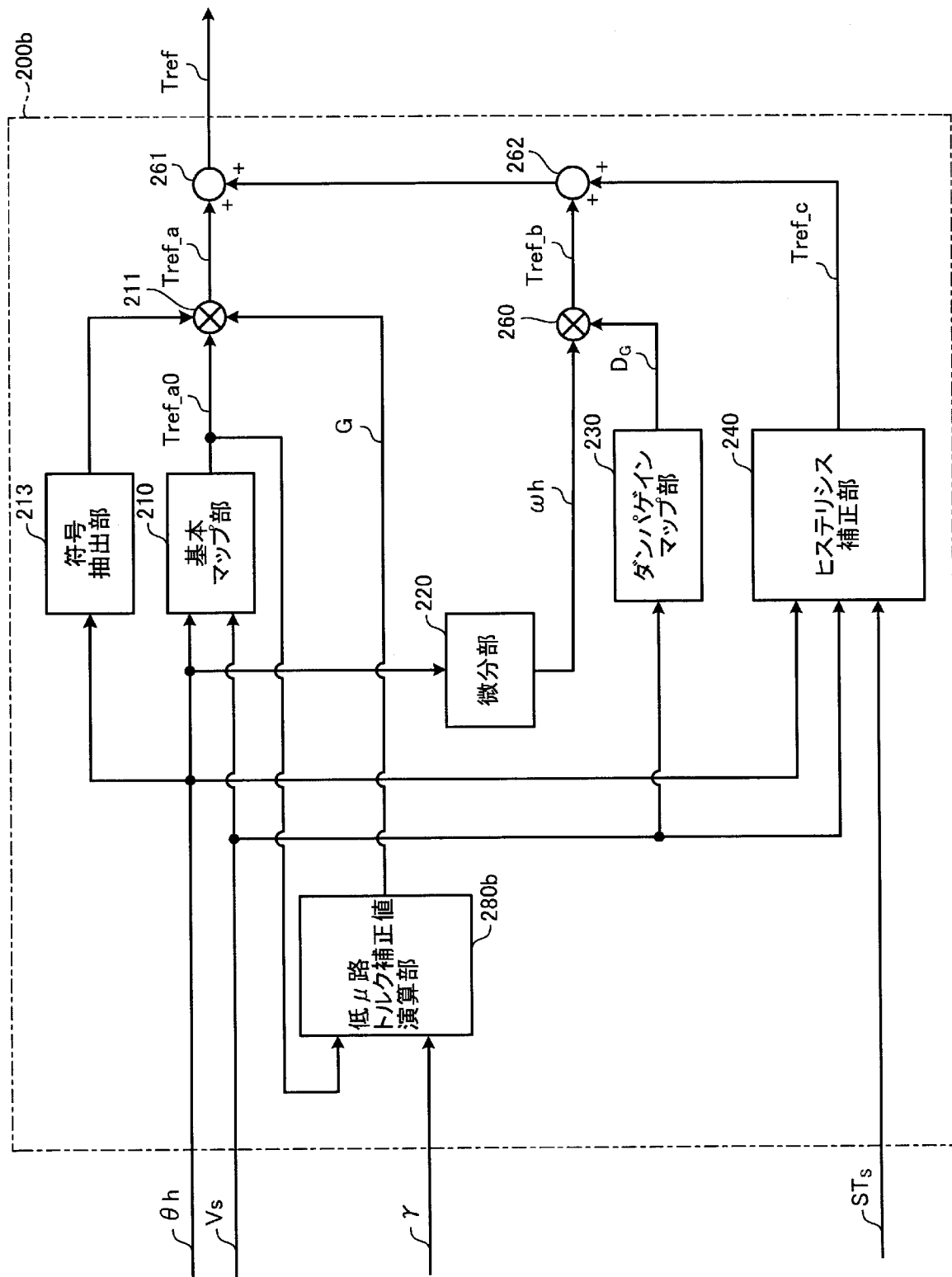
[図19]



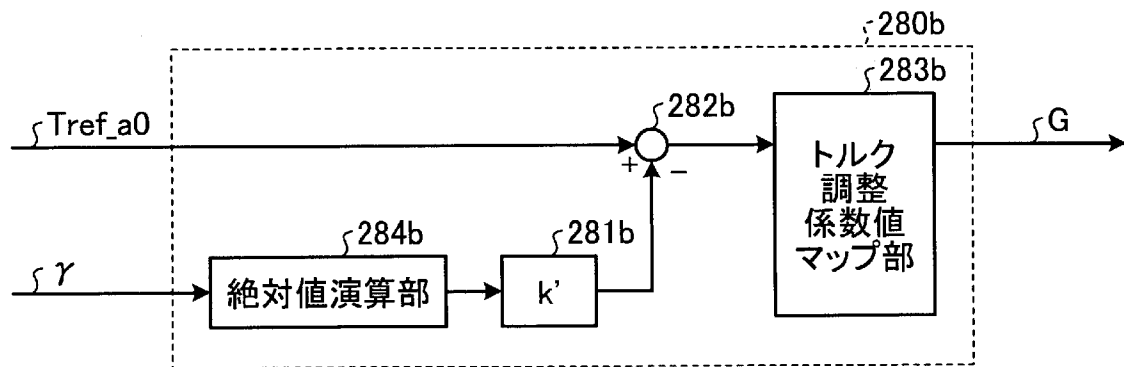
[図20]



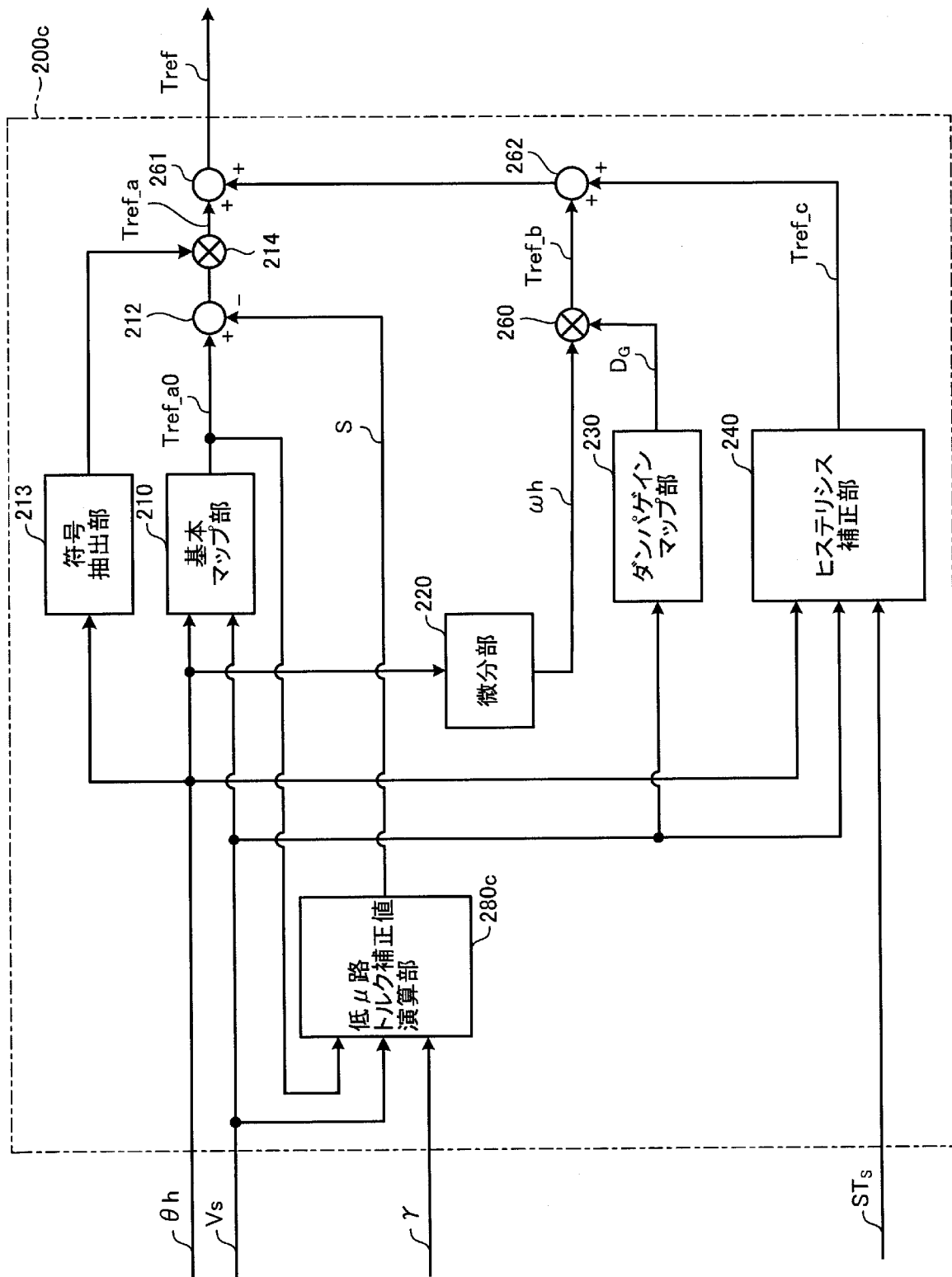
[図21]



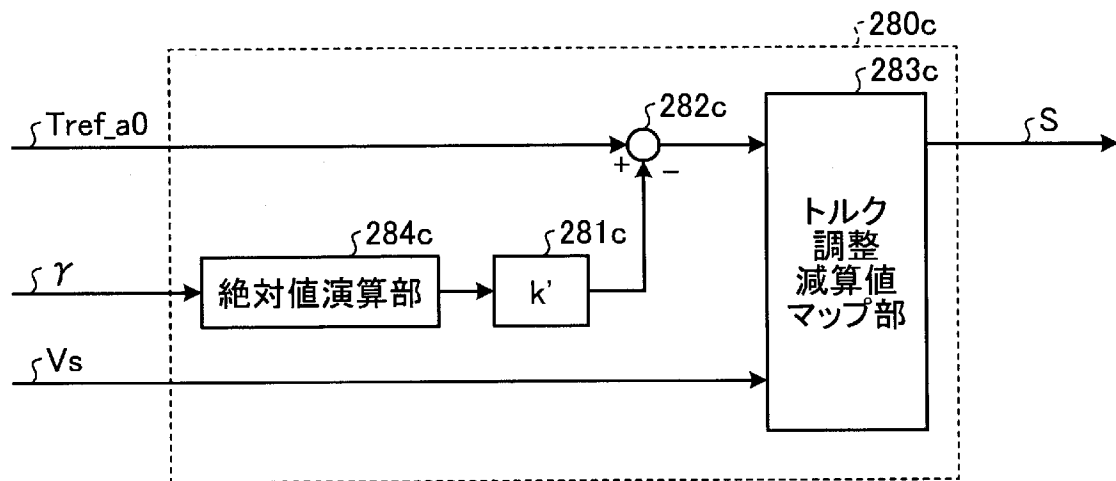
[図22]



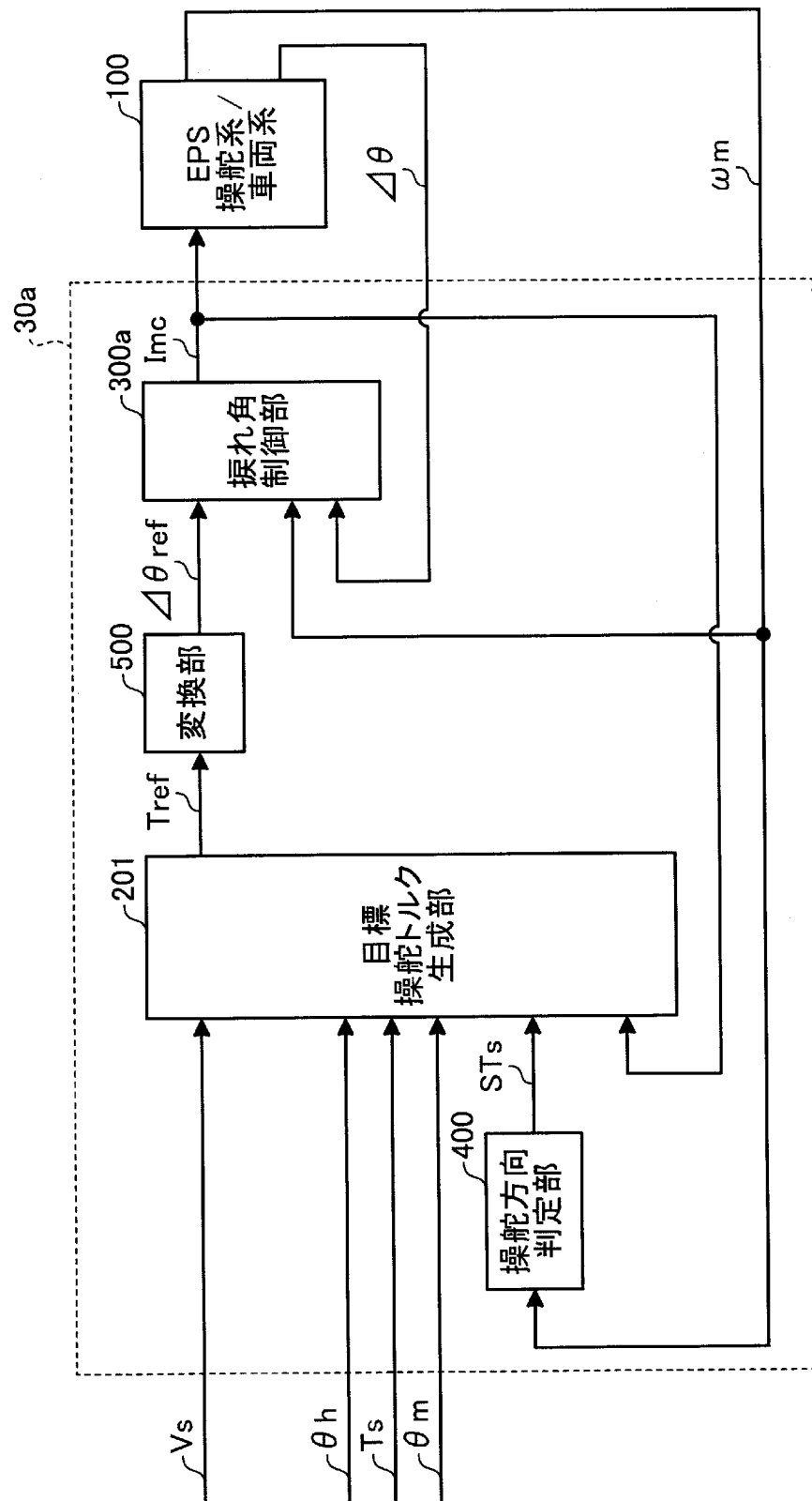
[図23]



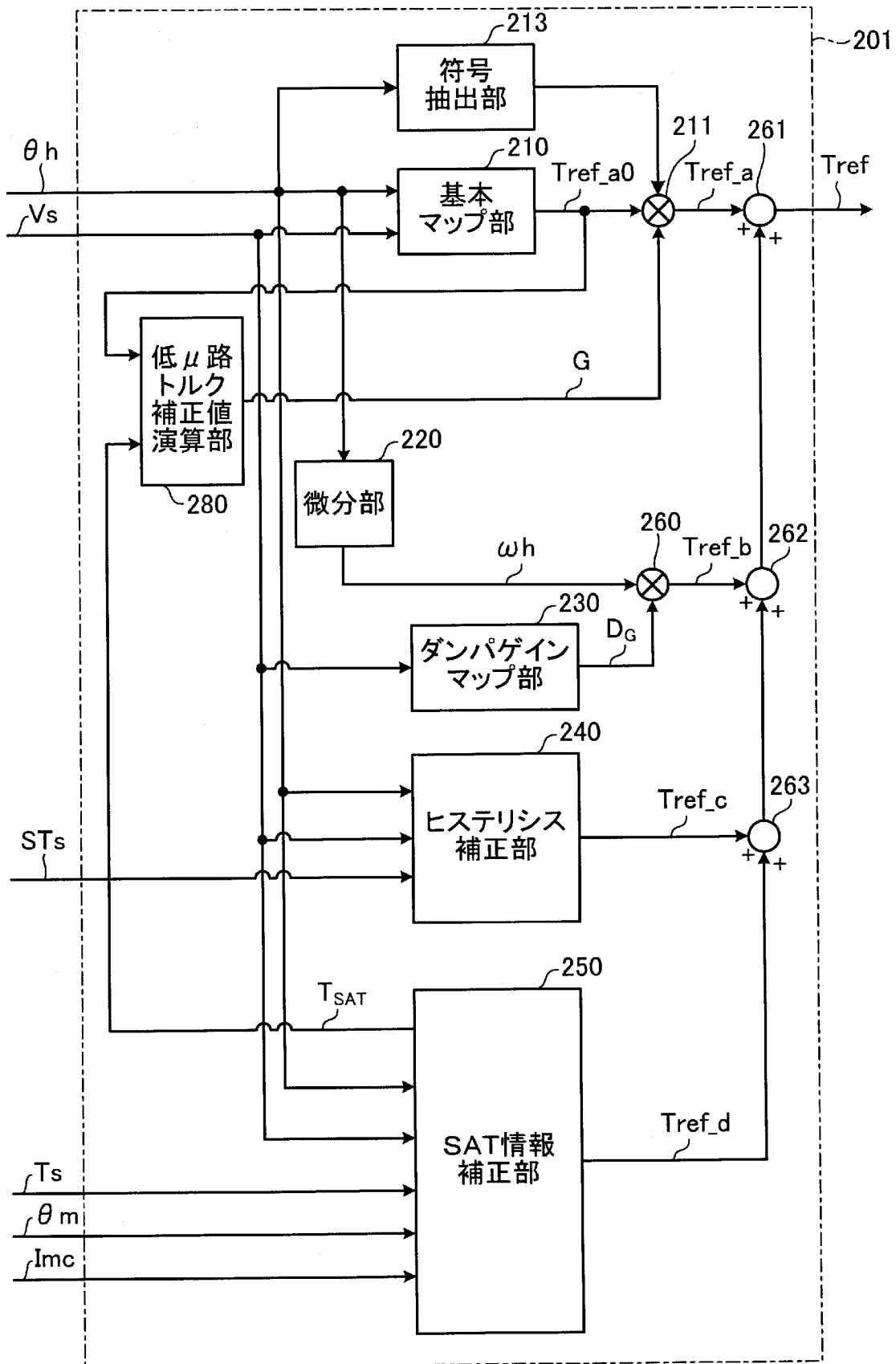
[図24]



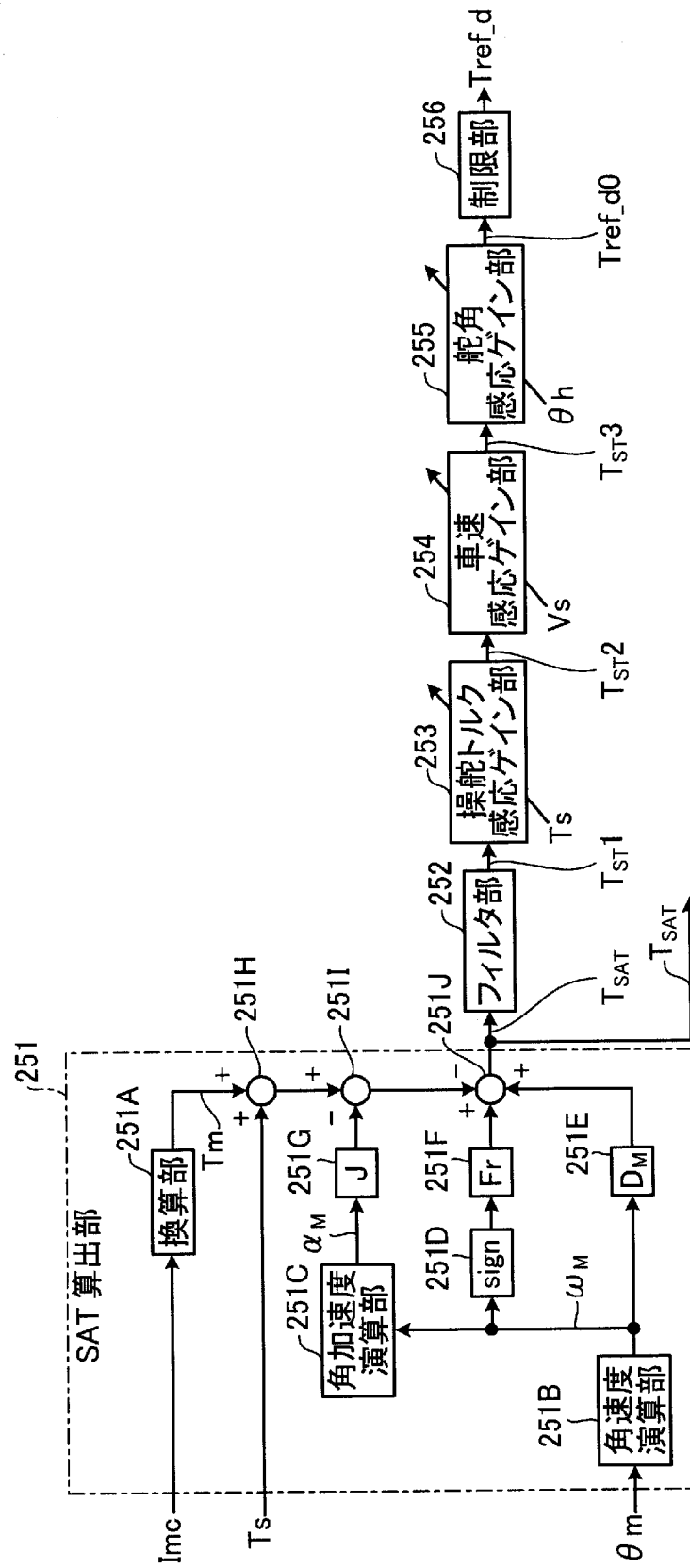
[図25]



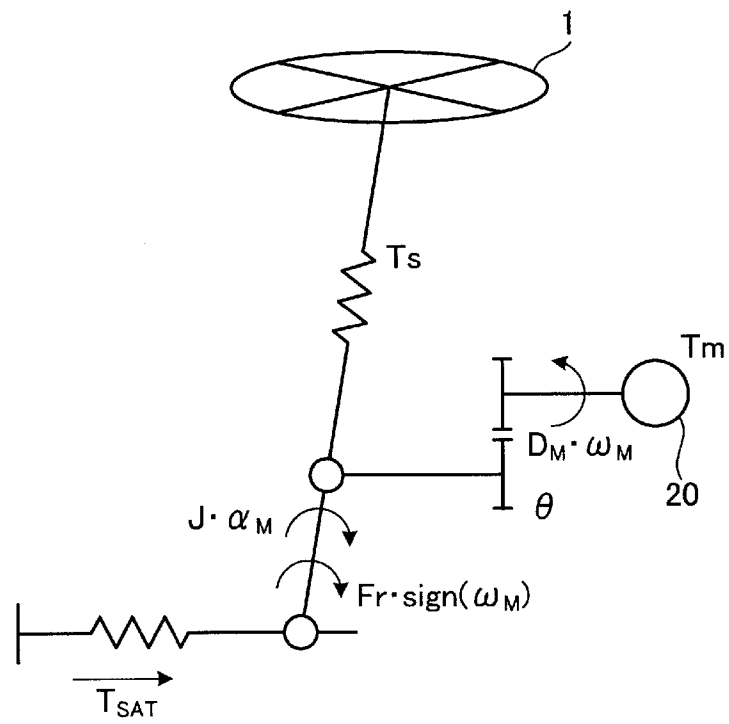
[図26]



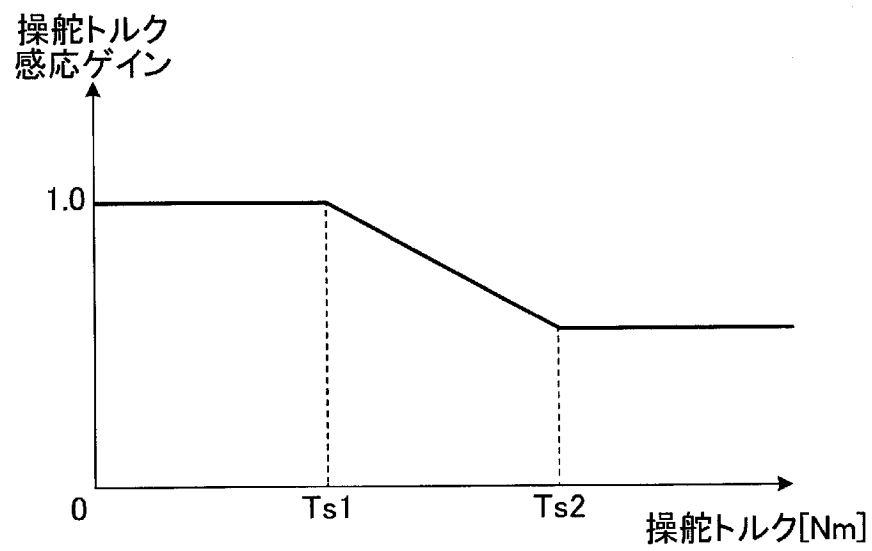
[図27]



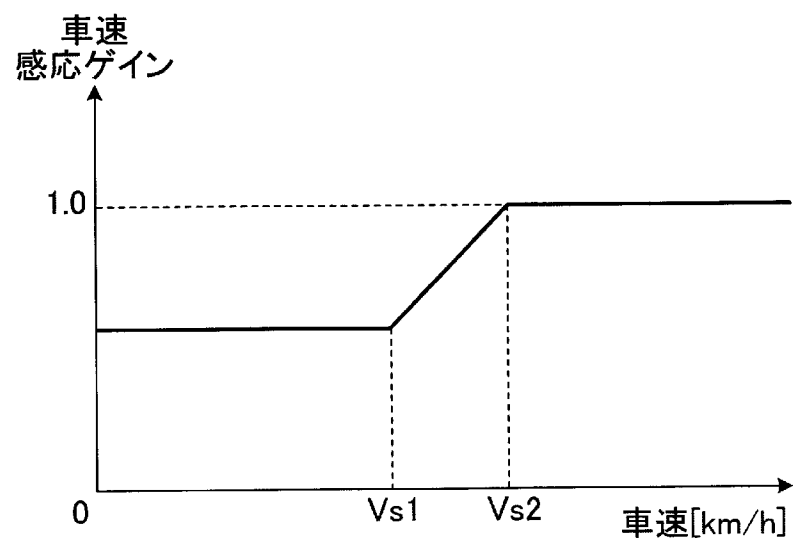
[図28]



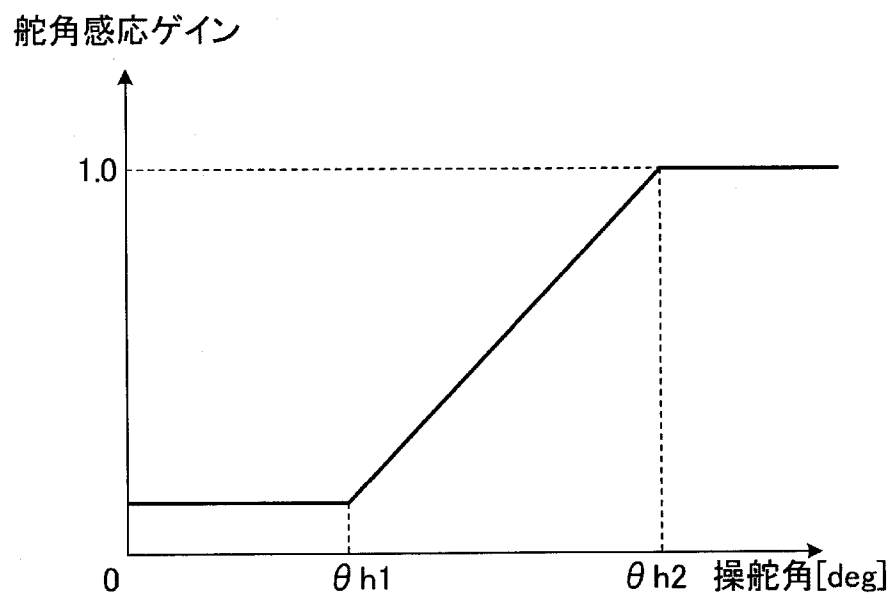
[図29]



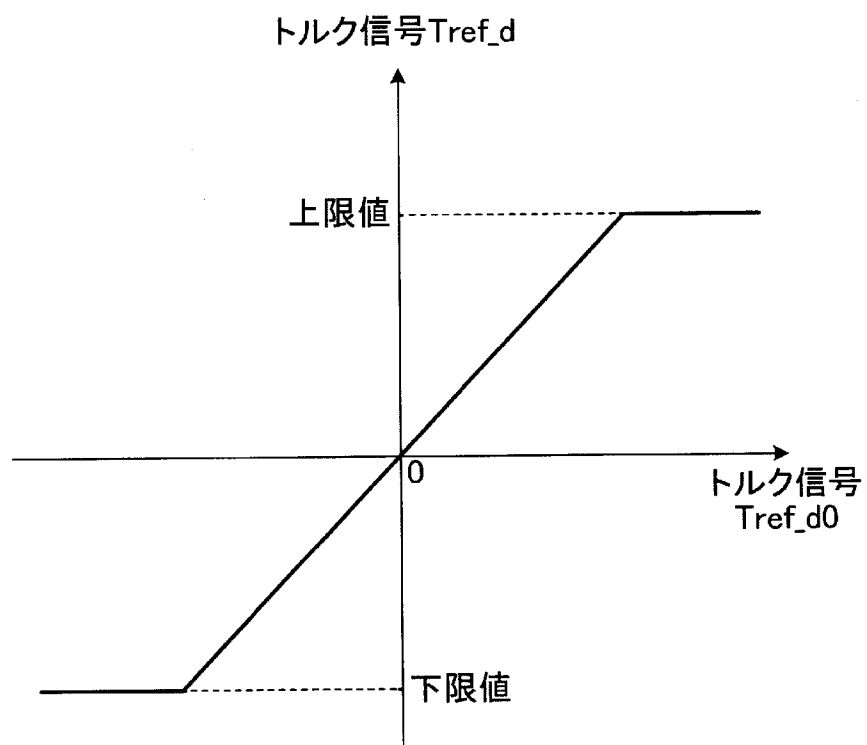
[図30]

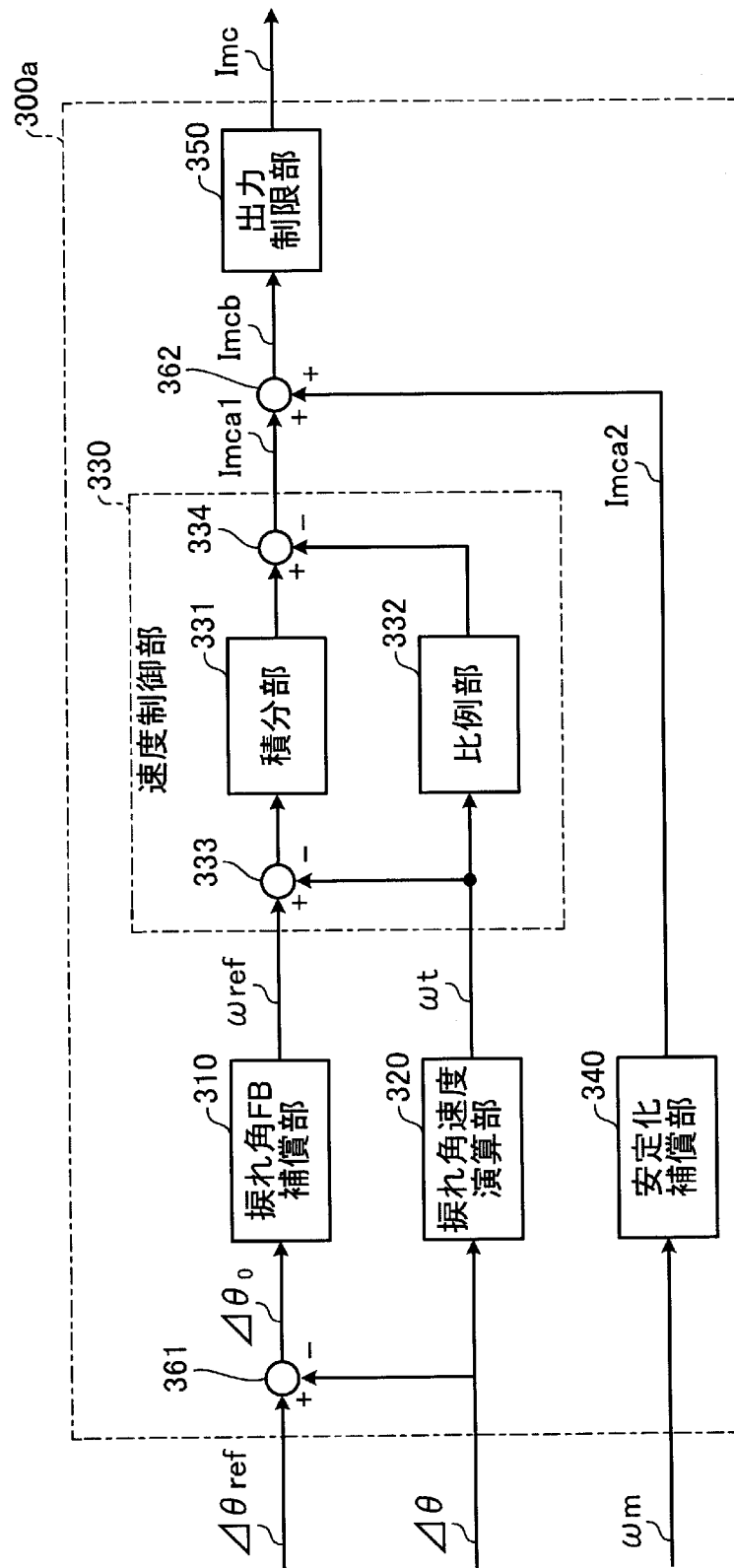


[図31]

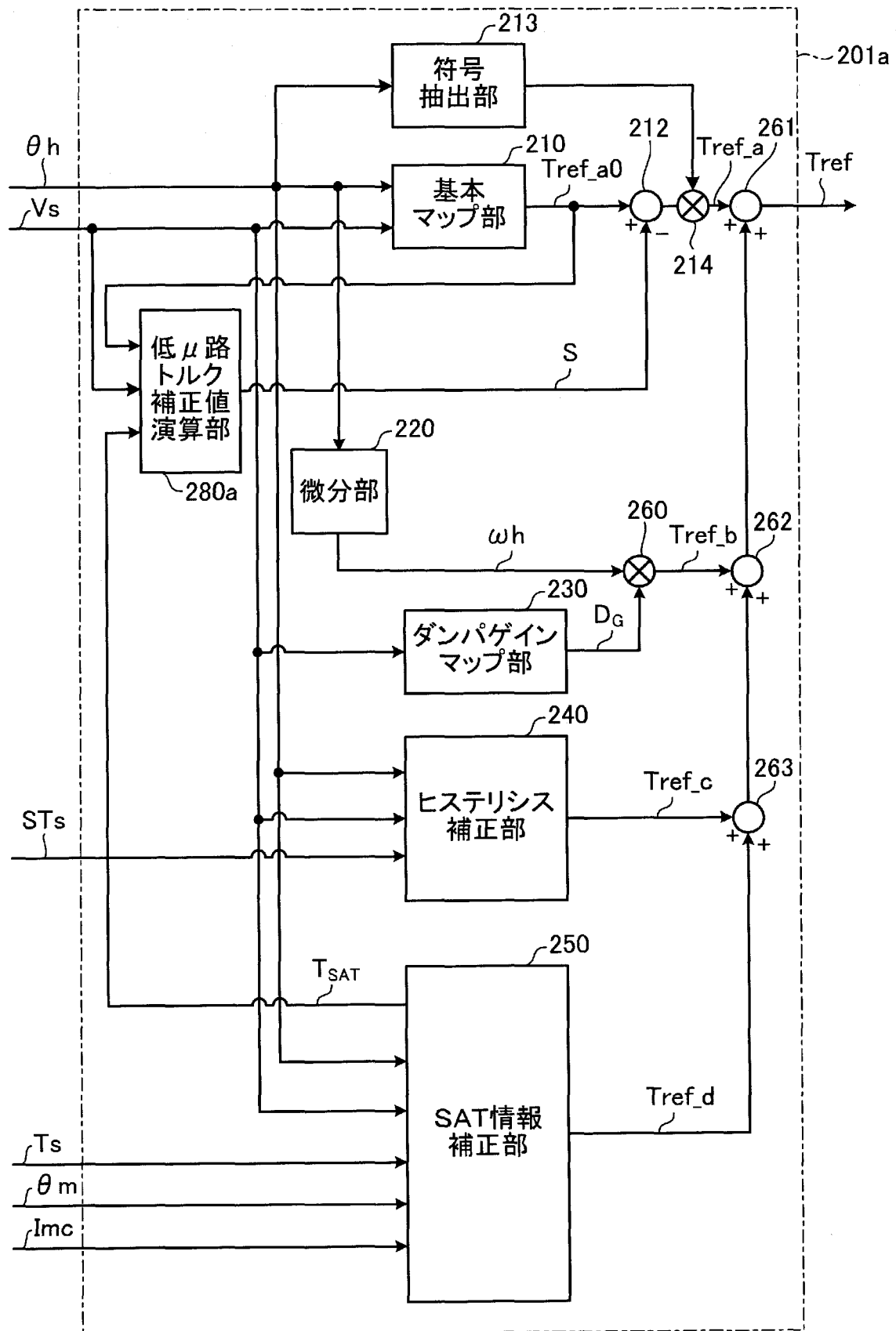


[図32]

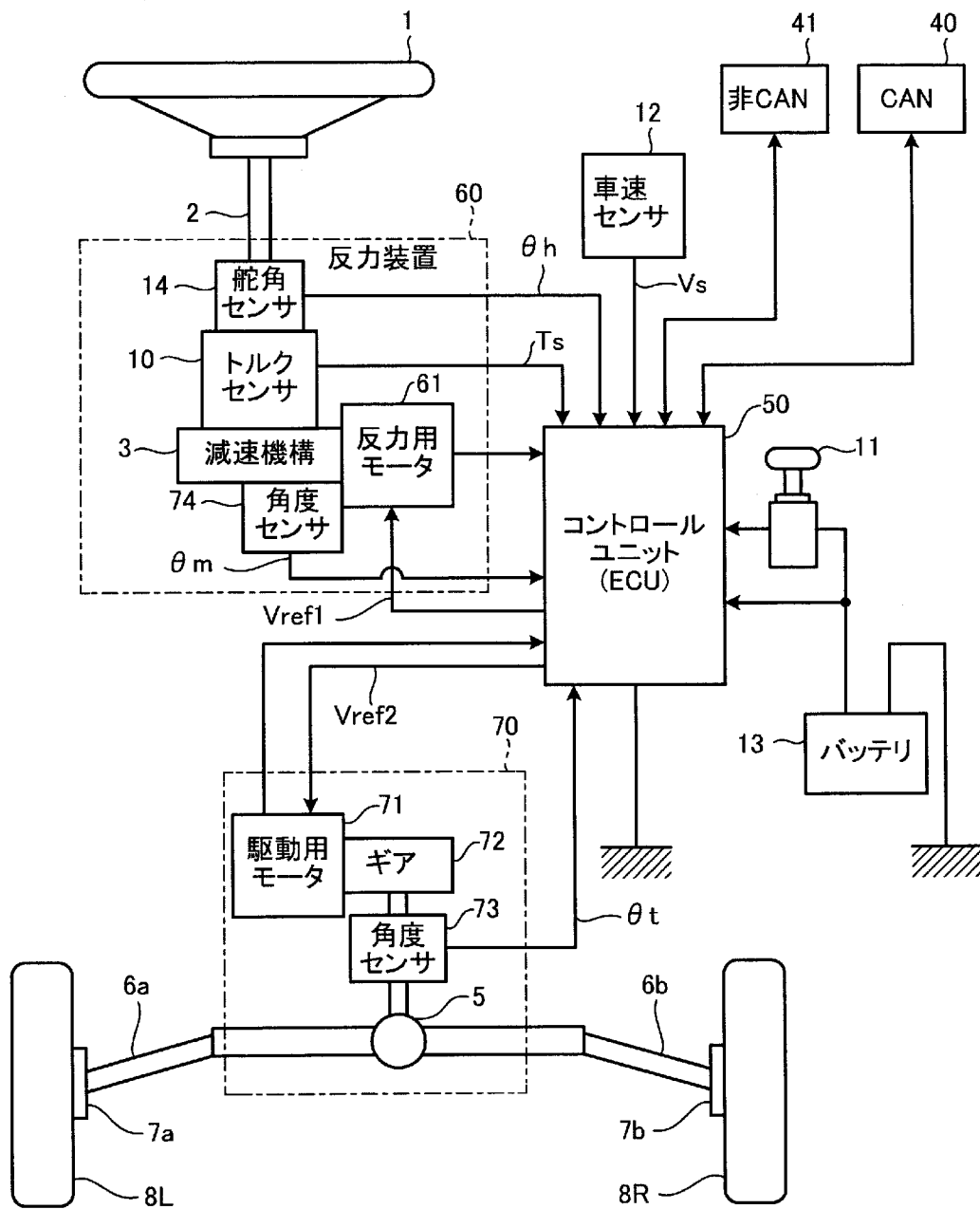




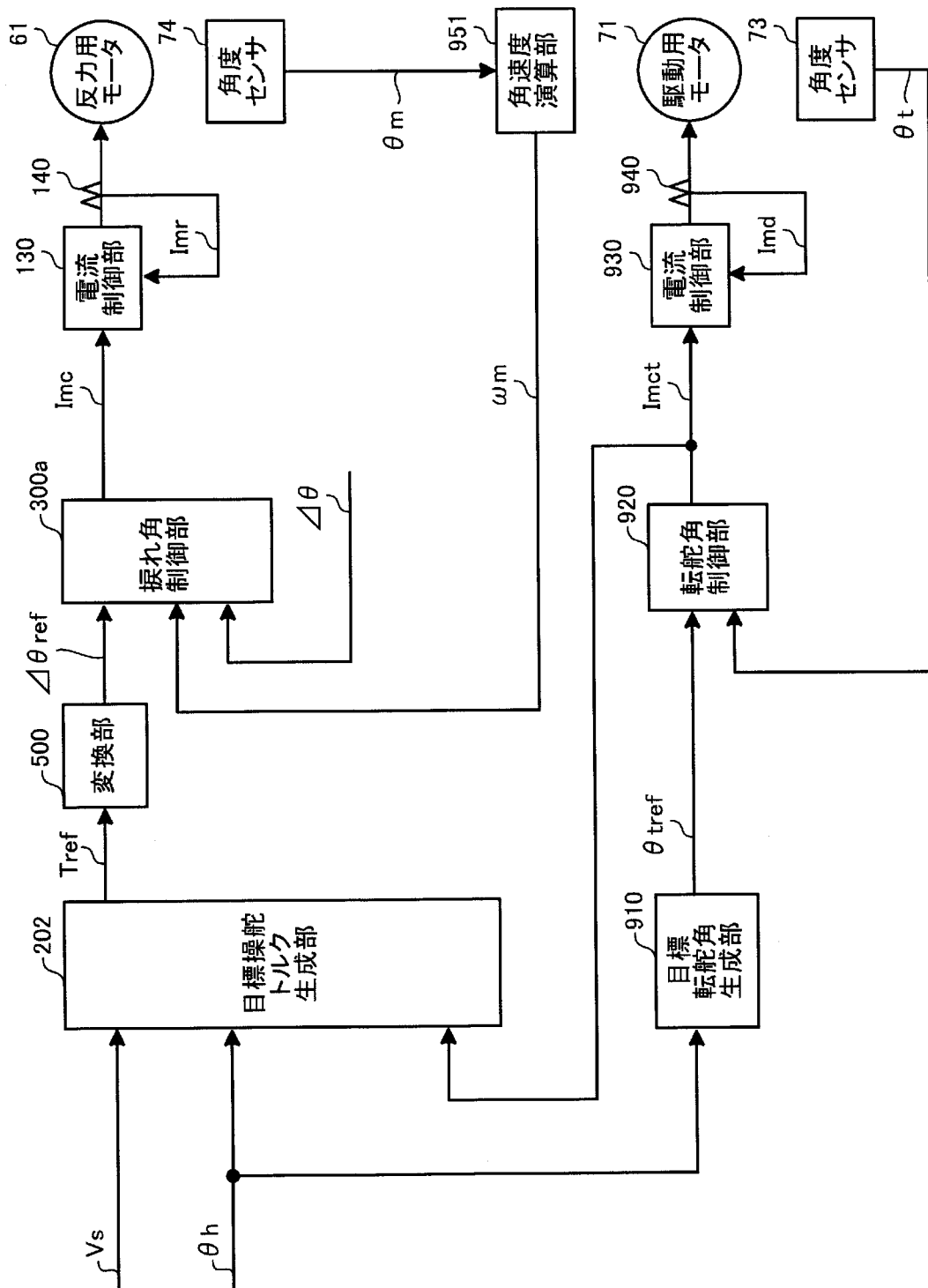
[図34]



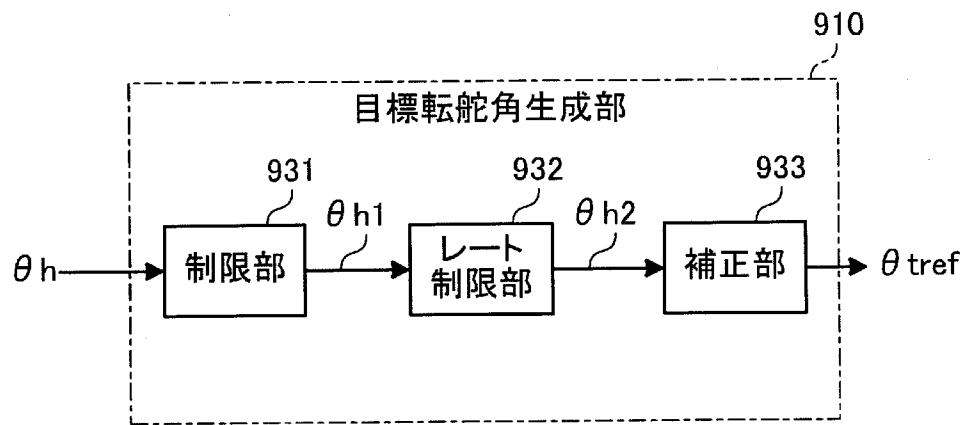
[図35]



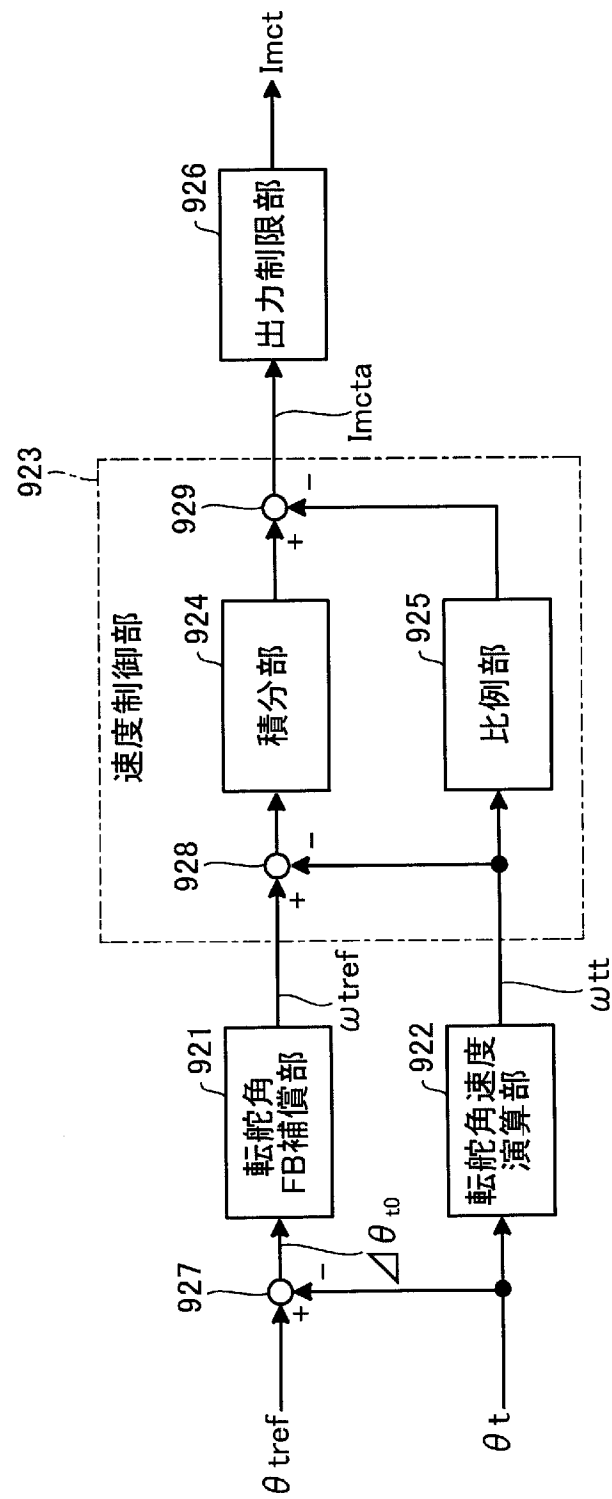
[図36]



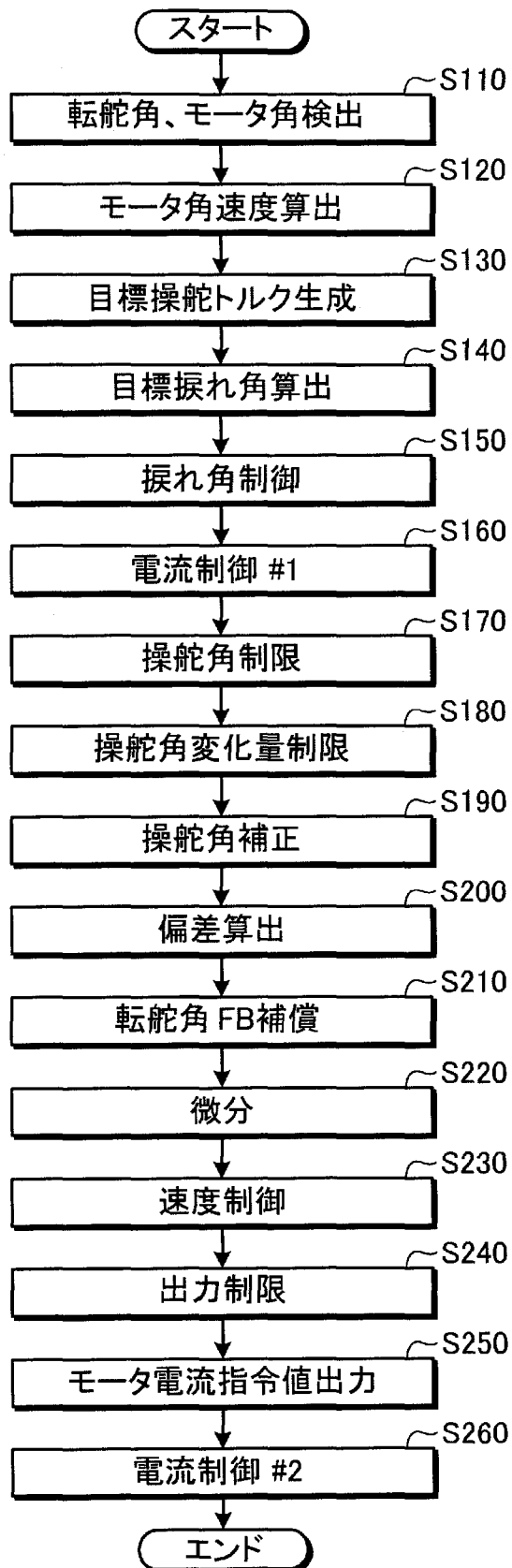
[図37]



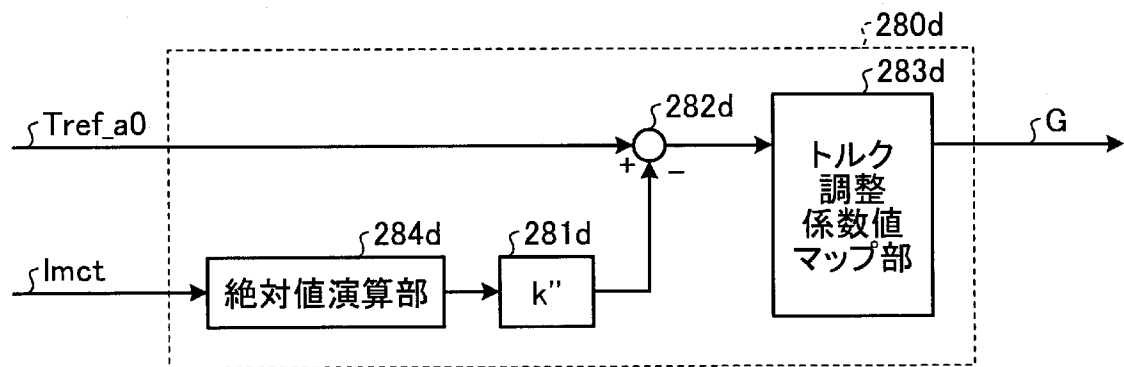
[図38]



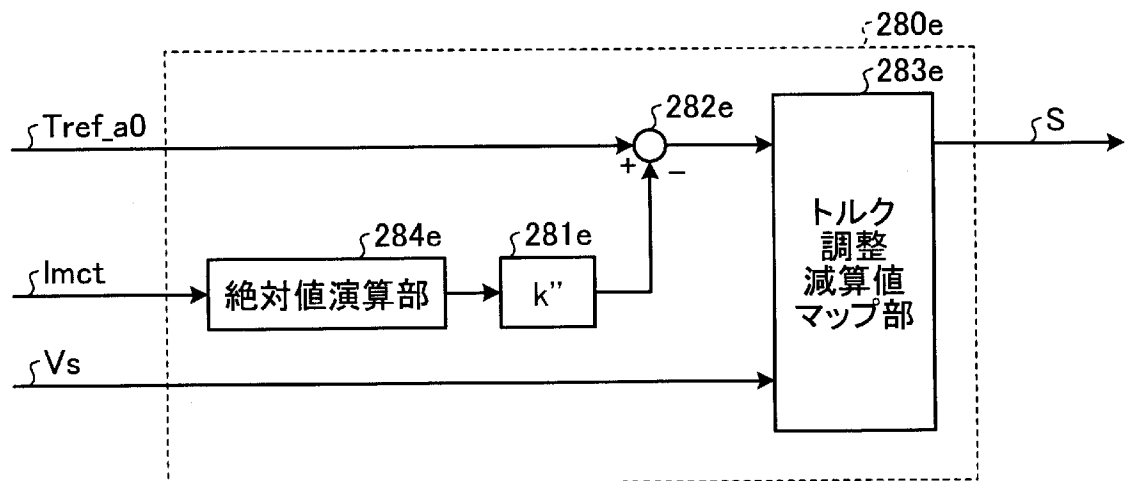
[図39]



[図40]



[図41]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050657

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B62D101/00 (2006.01)n, B62D113/00 (2006.01)n, B62D119/00 (2006.01)n, B62D121/00 (2006.01)n, B62D6/00 (2006.01)i, B62D5/04 (2006.01)i
FI: B62D6/00, B62D5/04, B62D101:00, B62D119:00, B62D113:00, B62D121:00
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. B62D101/00, B62D113/00, B62D119/00, B62D121/00, 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 Y	JP 2007-314005 A (NSK LTD.) 06.12.2007 (2007-12-06), paragraph [0024], fig. 1	1, 8, 10 9
X Y	JP 11-49000 A (HONDA MOTOR CO., LTD.) 23.02.1999 (1999-02-23), paragraph [0008], fig. 1	1, 8, 10 9
X Y	JP 2002-160653 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD.) 04.06.2002 (2002-06-04), paragraphs [0014], [0016], [0023], [0037]-[0041], [0056]-[0061], [0077]-[0092], [0115], fig. 2, 11	1, 8, 10 2-7, 9
Y	JP 2006-281880 A (SHOWA CORPORATION) 19.10.2006 (2006-10-19), paragraphs [0006], [0009], [0010], fig. 3	2-7
Y	JP 2011-79395 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 21.04.2011 (2011-04-21), paragraph [0035]	9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
07.02.2020

Date of mailing of the international search report
25.02.2020

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/JP2019/050657

JP 2007-314005 A 06.12.2007 US 2007/0273317 A1
paragraph [0059], fig. 1
EP 1860018 A2

JP 11-49000 A 23.02.1999 (Family: none)

JP 2002-160653 A 04.06.2002 (Family: none)

JP 2006-281880 A 19.10.2006 (Family: none)

JP 2011-79395 A 21.04.2011 (Family: none)

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 119/00(2006.01)n; B62D 121/00(2006.01)n; B62D 6/00(2006.01)i; B62D 5/04(2006.01)i FI: B62D6/00; B62D5/04; B62D101:00; B62D119:00; B62D113:00; B62D121:00		
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）） B62D101/00; B62D113/00; B62D119/00; B62D121/00; 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 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	JP 2007-314005 A（日本精工株式会社）06.12.2007（2007-12-06） [0024], 図1	1, 8, 10
Y	[0024], 図1	9
X	JP 11-49000 A（本田技研工業株式会社）23.02.1999（1999-02-23） [0008], 図1	1, 8, 10
Y	[0008], 図1	9
X	JP 2002-160653 A（豊田工機株式会社）04.06.2002（2002-06-04） [0014], [0016], [0023], [0037]-[0041], [0056]-[0061], [0077]-[0092], [0115], 図 2, 11	1, 8, 10
Y	[0014], [0016], [0023], [0037]-[0041], [0056]-[0061], [0077]-[0092], [0115], 図 2, 11	2-7, 9
Y	JP 2006-281880 A（株式会社ショーワ）19.10.2006（2006-10-19） [0006], [0009]-[0010], 図3	2-7
Y	JP 2011-79395 A（三菱電機株式会社）21.04.2011（2011-04-21） [0035]	9
☐ 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、一般的な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 07.02.2020		国際調査報告の発送日 25.02.2020
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/JP2019/050657

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-314005	A	06.12.2007	US 2007/0273317 A1 [0059], FIG. 1 EP 1860018 A2	
JP	11-49000	A	23.02.1999	(ファミリーなし)	
JP	2002-160653	A	04.06.2002	(ファミリーなし)	
JP	2006-281880	A	19.10.2006	(ファミリーなし)	
JP	2011-79395	A	21.04.2011	(ファミリーなし)	