

(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
2018年9月20日(20.09.2018)



(10) 国際公開番号

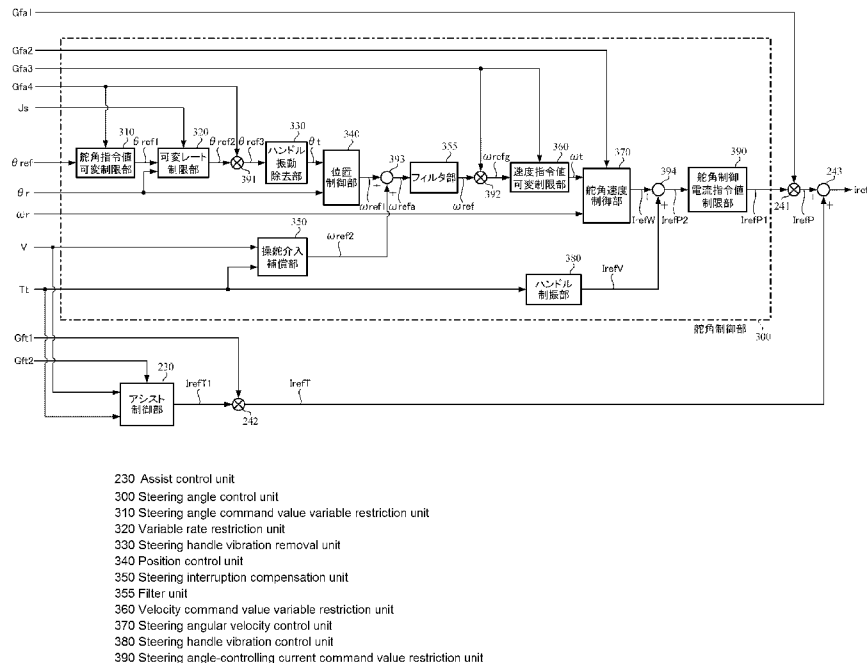
WO 2018/168897 A1

- (51) 国際特許分類:
B62D 6/00 (2006.01) B62D 113/00 (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01) B62D 117/00 (2006.01)
B62D 101/00 (2006.01) B62D 119/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/009880
- (22) 国際出願日: 2018年3月14日(14.03.2018)
- (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 2017-049883 2017年3月15日(15.03.2017) JP
特願 2017-052959 2017年3月17日(17.03.2017) JP
特願 2017-052960 2017年3月17日(17.03.2017) JP
特願 2017-052961 2017年3月17日(17.03.2017) 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 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP). 菊田 知行(KIKUTA Tomoyuki); 〒3718527 群馬県前橋市鳥羽町 7 8 番地 日本精工株式会社内 Gunma (JP).
- (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,

(54) Title: ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(54) 発明の名称: 電動パワーステアリング装置

[図7]



(57) Abstract: [Problem] To provide an electric power steering device in which both assist control and steering angle control can be performed in such a manner as to enable a manual steering operation when automatic steering is interrupted by a driver's manual steering operation so as to ensure increased safety during an emergency steering operation by the driver. [Solution] This electric power steering device is provided with: a steering angle control unit that calculates a steering angle-controlling current command value for steering control on the basis of at least a steering angle command value and

[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))

an actual steering angle; and a switchover determination/gradual gain generation unit that determines the steering state on the basis of determination of a manual input and then switches the steering state, wherein the steering angle control unit is provided with a filter unit that converts, into an extended steering angular velocity command value, a steering angular velocity command value calculated on the basis of at least the steering angle command value and the actual steering angle, and calculates a steering angle-controlling current command value on the basis of the extended steering angular velocity command value and an actual angular velocity, and the switchover determination/gradual gain generation unit is provided with a manual input determination unit that determines a manual input using a threshold value with respect to a steering torque, and calculates a current command value using at least the steering angle control current command value.

(57) 要約: 【課題】自動操舵中に運転者により操舵介入が行われても手動操舵を実現し、運転者による緊急操舵時の安全性をより確保した、アシスト制御と舵角制御を両立した電動パワーステアリング装置を提供する。【解決手段】少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて、舵角制御のための舵角制御電流指令値を演算する舵角制御部と、手入力の判定に基づいて操舵状態を判定し、操舵状態の切替を行う切替判定/徐変ゲイン生成部とを備え、舵角制御部は、少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて演算される舵角速度指令値を拡張舵角速度指令値に変換するフィルタ部を具備し、拡張舵角速度指令値及び実舵角速度に基づいて舵角制御電流指令値を演算し、切替判定/徐変ゲイン生成部は、操舵トルクに対して閾値を用いて手入力の判定を行う手入力判定部を具備し、少なくとも舵角制御電流指令値を用いて電流指令値を演算する。

明 細 書

発明の名称：電動パワーステアリング装置

技術分野

[0001] 本発明は、電流指令値に基づくモータの駆動制御によって操舵系に対してアシスト制御及び舵角制御を行うことにより、自動操舵も可能とする電動パワーステアリング装置に関し、特に自動操舵中に運転者により操舵介入が行われても、安全で且つ違和感の低減が可能な電動パワーステアリング装置に関する。

背景技術

[0002] 車両の操舵系にモータの回転力で操舵補助力（アシストトルク）を付与する電動パワーステアリング装置（EPS）は、モータの駆動力を、減速機構を介してギア又はベルト等の伝達機構により、ステアリングシャフト或いはラック軸に操舵補助力として付与し、アシスト制御されている。かかる従来の電動パワーステアリング装置は、アシストトルク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は減速機構を構成する減速ギア（ウォームギア）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、コラム軸2にはトーションバーが介挿されており、トーションバーの捩れ角によりハンドル1の操舵角 θ を検出する舵角センサ14、操舵トルク T_t を検出するトルクセンサ10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が減速ギア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_t と車速センサ12で検出された車速 V とに基づいてアシスト制御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。

[0004] なお、舵角センサ14は必須のものではなく、配設されていなくても良く、また、モータ20に連結されたレゾルバ等の回転角センサから操舵角を取得することも可能である。

[0005] 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 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。

[0006] コントロールユニット30は主としてCPU（MPUやMCU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。

[0007] 図2を参照してコントロールユニット30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_t 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 は、電流指令値 I_{ref1} を演算する電流指令値演算部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_t 及び車速 V 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 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 $P I$ （比例積分）制御部 35 に入力される。 $P I$ 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 のモータ電流 I_m はモータ電流検出器 38 で検出され、減算部 32 B にフィードバックされる。インバータ 37 は、半導体スイッチング素子としての FET のブリッジ回路で構成されている。

[0008] モータ 20 にはレゾルバ等の回転角センサ 21 が連結されており、回転角センサ 21 から回転角 θ が検出されて出力される。

[0009] また、加算部 32 A には補償信号生成部 34 からの補償信号 CM が加算されており、補償信号 CM の加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部 34 は、セルフアライニングトルク（SAT）34 C と慣性 34 B を加算部 34 D で加算し、その加算結果に更に収れん性 34 A を加算部 34 E で加算し、加算部 34 E の加算結果を補償信号 CM としている。

[0010] 近年、車両の自動運転技術の研究開発が進められており、その中の自動操舵において、電動パワーステアリング装置（EPS）を応用する提案がなされている。EPS により自動操舵を実現する場合、従来の EPS が実行しているアシスト制御のための機構と、車両が所望の方向に走行するように操舵系を制御する舵角制御のための機構を独立して保有し、これらの出力を調整可能とする構成が一般的となっている。また、舵角制御では、操舵角の制御目標である舵角指令に対する応答性及び路面反力等に対する外乱抑圧性で優れた性能をもつ位置速度制御が用いられており、例えば、位置制御では P （比例）制御、速度制御では $P I$ （比例積分）制御が採用されている。

[0011] アシスト制御と舵角制御を独立して実行し、双方からの出力である指令値を切り換えて全体の制御を行う場合、スイッチ等により急に切り換えてしまうと、指令値が急変動し、ハンドル挙動が不自然になり、運転者へ違和感を与えるおそれがある。特開 2004-17881 号公報（特許文献 1）では、この問題への対応として、トルク制御方式（アシスト制御に相当）と回転

角制御方式（舵角制御に相当）の切り換えにおいて、双方からの指令値それぞれに係数（自動化係数及び手動化係数）を乗算して加算した値を最終指令値とし、この係数を徐々に変化させることにより、指令値の急変動を抑制するようにしている。また、回転角制御方式での位置制御ではP制御、速度制御ではPI制御を使用している。

[0012] 特許第3917008号公報（特許文献2）では、設定操舵角に従ってハンド操作を自動で行い、特に駐車支援を目的とした自動操舵制御装置が提案されている。この装置では、トルク制御モード（アシスト制御に相当）と駐車支援モード（舵角制御に相当）が切り換えられるようになっており、駐車支援モードでは、予め記憶された駐車データを使用して制御を行っている。そして、駐車支援モードでの位置制御ではP制御、速度制御ではPI制御を行っている。

[0013] 特許第3912279号公報（特許文献3）はEPSを直接応用したものではないが、自動操舵モードへの切り換えにより舵角制御を開始する際に、操舵速度（舵角速度）を緩やかに増加させることにより、開始時のハンドル急変動による運転者への違和感を低減している。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開2004-17881号公報

特許文献2：特許第3917008号公報

特許文献3：特許第3912279号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] しかしながら、特許文献1では、方式の切り換え中は舵角制御に対する指令値（舵角制御指令値）が係数により制限されて最終指令値に出力されるので、制限された分だけ最終指令値が小さくなってしまう。この制限により、舵角制御指令値から算出される舵角速度に対する指令値（舵角速度指令値）

に対して、モータの実速度が遅くなってしまうので、舵角速度指令値と実速度の間に偏差が発生し、速度制御内の I（積分）制御の積分値が蓄積しまうことになり、速度制御から更に大きな舵角制御指令値が出力されてしまうことになる。この結果、アシスト制御に対する指令値（アシスト制御指令値）に乘算する係数が徐々に大きくなっていく状態では、係数による制限が緩和されていくので、係数が大きくなるに従って舵角制御指令値が過剰な値となり、ハンドルが舵角速度指令値に対して過剰に反応し、引っ掛かり感等の違和感や不快感を運転者に与えるおそれがある。

[0016] また、特許文献 1 では、位置制御に P 制御、速度制御に P I 制御を使用しており、舵角制御中に運転者による手入力の介入があった場合、舵角制御は舵角制御指令値に追従するように動作するので、舵角制御からアシスト制御への切換動作が行われるまで、手動により操舵することが困難となる。また、手入力検出や切換動作により時間的な遅れが発生し、運転者による操舵介入の動作を十分に行うことができないおそれがある。

[0017] 特許文献 2 でも、位置制御に P 制御、速度制御に P I 制御を用いた舵角制御を行っている。車両において舵角制御を行う場合、車速、摩擦及び路面反力の変化等により外乱や負荷状況が大きく変化するため、装置は、それらに対して耐性がある制御構成でなければならない。しかし、特許文献 2 記載の装置の制御構成のみでは、例えば路面反力が変化した場合や、目標操舵角が素早く変化した場合に、ステアリングホイールのマスとトーションバーによるバネによる固有振動により振動が発生し、それを運転者が違和感や不快感として感じるおそれがある。

[0018] 特許文献 3 では、舵角制御開始時に徐々に舵角速度を増加させているが、増加が始まると舵角速度の上限値に達するまで増加し続けるので、I 制御の積分値が過剰に蓄積してしまう。その結果、舵角制御指令値が過剰な値となり、ハンドルが舵角速度指令値に対して過剰に反応し、運転者に違和感を与えてしまうおそれがある。

[0019] 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、自

動操舵中に運転者により操舵介入が行われても手動操舵を実現し、運転者による緊急操舵時の安全性をより確保した、アシスト制御と舵角制御を両立した電動パワーステアリング装置を提供することにある。また、自動操舵から手動操舵への切換時の引っ掛かり感等の運転者への違和感や不快感を低減する。

課題を解決するための手段

[0020] 本発明は、電流指令値に基づいてモータを駆動し、前記モータの駆動制御によって操舵系に対してアシスト制御及び舵角制御を行う電動パワーステアリング装置に関し、本発明の上記目的は、少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて、前記舵角制御のための舵角制御電流指令値を演算する舵角制御部と、手入力の判定に基づいて操舵状態を判定し、前記操舵状態の切換を行う切換判定／徐変ゲイン生成部とを備え、前記舵角制御部は、少なくとも前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて演算される舵角速度指令値を、F Fフィルタを用いて拡張舵角速度指令値に変換するフィルタ部を具備し、前記拡張舵角速度指令値及び実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算し、前記切換判定／徐変ゲイン生成部は、操舵トルクに対して閾値を用いて前記手入力の判定を行う手入力判定部を具備し、少なくとも前記舵角制御電流指令値を用いて前記電流指令値を演算することにより達成される。

[0021] 更に、本発明の上記目的は、前記手入力判定部が、平滑化フィルタで平滑化される前記操舵トルクに対して前記閾値を用いて前記手入力の判定を行うことにより、或いは、前記手入力判定部が、前記操舵トルクに対して複数の前記閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有することにより、或いは、前記手入力判定部が、特性が異なる複数の平滑化フィルタを有し、前記平滑化フィルタそれぞれで前記操舵トルクを平滑化して複数の平滑化操舵トルクを求め、前記平滑化操舵トルクそれぞれに対して前記閾値を用いて前記手入力の判定を行うことにより、或いは、前記手入力判定部が、少なくとも1つの前記平滑化操舵トルクに対して複数の前記閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有することにより、或いは、

前記切換判定／徐変ゲイン生成部が、動作モードをアシスト制御モード又は舵角制御モードに切り換える切換信号及び前記手入力判定部の判定結果に基づいて前記操舵状態を判定する操舵状態判定部と、前記操舵状態に応じて、前記アシスト制御の制御量及び前記舵角制御の制御量を調整する徐変ゲインを生成する徐変ゲイン生成部とを具備することにより、或いは、前記操舵状態判定部が、前記切換信号が前記アシスト制御モードの場合、又は、直前の前記操舵状態が自動操舵 1 若しくは自動操舵 2 であり、且つ前記判定結果が手入力あり 3 の場合、前記操舵状態を手動操舵と判定することにより、或いは、前記操舵状態判定部が、直前の前記操舵状態が前記手動操舵又は前記自動操舵 2 であり、且つ前記切換信号が前記舵角制御モードであり、且つ前記判定結果が手入力なしの場合、前記操舵状態を前記自動操舵 1 と判定することにより、或いは、前記徐変ゲイン生成部が、前記自動操舵 1 に対して所定の第 1 ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記手動操舵に対して所定の第 2 ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記操舵状態が前記自動操舵 1 に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第 1 ゲイン値に遷移させ、前記操舵状態が前記手動操舵に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第 2 ゲイン値に遷移させることにより、より効果的に達成される。

[0022] また、本発明の上記目的は、少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて、前記舵角制御のための舵角制御電流指令値を演算する舵角制御部と、手入力の判定に基づいて操舵状態を判定し、前記操舵状態の切換を行う切換判定／徐変ゲイン生成部とを備え、前記舵角制御部は、少なくとも前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて演算される舵角速度指令値を、FF フィルタを用いて拡張舵角速度指令値に変換するフィルタ部を具備し、前記拡張舵角速度指令値及び実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算し、前記切換判定／徐変ゲイン生成部は、前記舵角指令値に基づいて推定される推定操舵角と前記実操舵角の誤差に対して誤差閾値を用いて前記手入力の判定を行う第 1 判定部を具備する手入力判定部を備え、少なくとも前記舵角制御電流指令値を用いて前記電流指令値を演算することにより達成される。

[0023] 更に、本発明の上記目的は、前記第 1 判定部が、特性が異なる複数の誤差用平滑化フィルタを有し、前記誤差用平滑化フィルタそれぞれで前記誤差を平滑化して複数の平滑化誤差を求め、前記平滑化誤差それぞれに対して前記誤差閾値を用いて前記手入力の判定を行うことにより、或いは、前記第 1 判定部が、少なくとも 1 つの前記平滑化誤差に対して複数の前記誤差閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有することにより、或いは、前記手入力判定部が、操舵トルクに対してトルク閾値を用いて前記手入力の判定を行う第 2 判定部を更に具備することにより、或いは、前記第 2 判定部が、特性が異なる複数のトルク用平滑化フィルタを有し、前記トルク用平滑化フィルタそれぞれで前記操舵トルクを平滑化して複数の平滑化操舵トルクを求め、前記平滑化操舵トルクそれぞれに対して前記トルク閾値を用いて前記手入力の判定を行うことにより、或いは、前記第 2 判定部が、少なくとも 1 つの前記平滑化操舵トルクに対して複数の前記トルク閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有することにより、或いは、前記切換判定／徐変ゲイン生成部が、動作モードをアシスト制御モード又は舵角制御モードに切り換える切換信号、前記第 1 判定部の第 1 判定結果及び前記第 2 判定部の第 2 判定結果に基づいて前記操舵状態を判定する操舵状態判定部と、前記操舵状態に応じて、前記アシスト制御の制御量及び前記舵角制御の制御量を調整する徐変ゲインを生成する徐変ゲイン生成部とを具備することにより、或いは、前記操舵状態判定部が、前記切換信号が前記アシスト制御モードの場合、又は、直前の前記操舵状態が自動操舵 1 若しくは自動操舵 2 であり、且つ前記第 1 判定結果若しくは前記第 2 判定結果が手入力あり 3 の場合、前記操舵状態を手動操舵と判定することにより、或いは、前記操舵状態判定部が、直前の前記操舵状態が前記手動操舵又は前記自動操舵 2 であり、且つ前記切換信号が前記舵角制御モードであり、且つ前記第 1 判定結果及び前記第 2 判定結果が手入力なしの場合、前記操舵状態を前記自動操舵 1 と判定することにより、或いは、前記徐変ゲイン生成部が、前記自動操舵 1 に対して所定の第 1 ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記手動操舵に

対して所定の第2ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記操舵状態が前記自動操舵1に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第1ゲイン値に遷移させ、前記操舵状態が前記手動操舵に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第2ゲイン値に遷移させることにより、或いは、前記徐変ゲイン生成部が、前記舵角指令値に対して乗算される舵角指令徐変ゲインを生成し、前記操舵状態が前記自動操舵2に変わった場合、前記舵角指令徐変ゲインを前記第2ゲイン値に遷移させることにより、より効果的に達成される。

発明の効果

[0024] 本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、手入力判定を利用して操舵状態の切換を行っているので、自動操舵中に操舵介入があっても安全で且つ違和感を低減でき、また違和感を抑えた自動操舵から手動操舵への切換が可能である。

図面の簡単な説明

[0025] [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）の構成例を示すブロック図である。

[図3]本発明に関わる車両システム全体の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

[図4]切換判定／徐変ゲイン生成部の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

[図5]手入力判定部の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

[図6]操舵状態に応じた徐変ゲインの変化例を示すグラフである。

[図7]舵角制御部及び切換部の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

[図8]舵角指令値可変制限部での制限値の例を示す特性図である。

[図9]位置制御部の構成例を示すブロック図である。

[図10]操舵介入補償部の構成例を示すブロック図である。

[図11]操舵介入補償部での操舵トルクに対する不感帯の設定例を示す特性図

である。

[図12]操舵介入補償マップの例を示す特性図である。

[図13]速度指令値可変制限部での制限値の例を示す特性図である。

[図14]舵角速度制御部の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

[図15]ハンドル制振部の構成例を示すブロック図である。

[図16]舵角制御電流指令値制限部での制限値の例を示す特性図である。

[図17]E P S側E C Uの動作例を示すフローチャートである。

[図18]切換判定／徐変ゲイン生成部の動作例（第1実施形態）を示すフローチャートである。

[図19]舵角制御部の動作例（第1実施形態）の一部を示すフローチャートである。

[図20]舵角制御部の動作例（第1実施形態）の一部を示すフローチャートである。

[図21]シミュレーションで使用する運転者の操舵モデルの例を示すブロック図である。

[図22]操舵介入補償に関するシミュレーションでの目標角度、実操舵角及び操舵トルクの時間応答の例を示すグラフである。

[図23]操舵介入補償に関するシミュレーションでの実操舵角及び操舵トルクの変化例を示すグラフである。

[図24]不感帯に関するシミュレーションでの目標角度、実操舵角及び操舵トルクの時間応答の例を示すグラフである。

[図25]不感帯に関するシミュレーションでの操舵トルクの時間応答の結果を示すグラフである。

[図26]舵角指令値に対する追従性に関するシミュレーション結果を示すグラフである。

[図27]F Fフィルタに関するシミュレーションでの舵角速度指令値から実舵角速度までの周波数特性例を示す特性図である。

[図28]F Fフィルタに関するシミュレーション結果を示すグラフである。

[図29]ハンドル振動に関するシミュレーション結果を示すグラフである。

[図30]操舵状態移行時の目標舵角速度、徐変ゲイン及び制限値の変化例（第1実施形態）を示すグラフである。

[図31]手入力判定部の構成例（第2実施形態）を示すブロック図である。

[図32]切換判定／徐変ゲイン生成部の動作例（第2実施形態）を示すフローチャートである。

[図33]本発明に関わる車両システム全体の構成例（第3実施形態）を示すブロック図である。

[図34]切換判定／徐変ゲイン生成部の構成例（第3実施形態）を示すブロック図である。

[図35]手入力判定部の構成例（第3実施形態）を示すブロック図である。

[図36]切換判定／徐変ゲイン生成部の動作例（第3実施形態）の一部を示すフローチャートである。

[図37]切換判定／徐変ゲイン生成部の動作例（第3実施形態）の一部を示すフローチャートである。

[図38]本発明に関わる車両システム全体の構成例（第4実施形態）を示すブロック図である。

[図39]舵角制御部及び切換部の構成例（第4実施形態）を示すブロック図である。

[図40]運転者による操舵介入発生時の手入力判定結果及び操舵状態の変化の様子の例を示すイメージ図である。

[図41]徐変ゲイン生成部の動作例（第4実施形態）を示すフローチャートである。

[図42]可変レート制限部の動作例（第4実施形態）を示すフローチャートである。

[図43]舵角速度制御部の構成例（第5実施形態）を示すブロック図である。

[図44]舵角速度制御部の構成例（第6実施形態）を示すブロック図である。

[図45]操舵状態移行時の目標舵角速度、徐変ゲイン及び制限値の変化例（第

7 実施形態)を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明に係る電動パワーステアリング装置(EPS)は、従来のEPSの機能であるアシスト制御と、自動運転における自動操舵で必要となる舵角制御を行う。アシスト制御及び舵角制御は、それぞれアシスト制御部及び舵角制御部で実行され、各部から出力されるアシスト制御電流指令値及び舵角制御電流指令値を用いて、モータを駆動制御するための電流指令値を演算する。自動操舵(自動操舵状態)では舵角制御とアシスト制御の両方が実行され、運転者が操舵に関与する手動操舵(手動操舵状態)ではアシスト制御が実行される。自動操舵と手動操舵の切換は、一般的には車両に搭載されているコントロールユニット(ECU)等からの切換信号によって実行されるが、自動操舵中に運転者より操舵介入が発生した場合でも、迅速且つスムーズに手動操舵に移行するように、本発明では操舵トルク及び／又は推定舵角と実操舵角の誤差に基づいて手入力判定を行い、その判定結果も使用して自動操舵と手動操舵の切換判定を行い、更に切換動作を行う。切換判定は、切換判定／徐変ゲイン生成部で行われる。また、自動操舵中での操舵介入により発生する違和感を軽減するために、操舵トルクに応じた操舵介入補償を行うことも可能である。具体的には、操舵介入補償部で求められた補償値(補償舵角速度指令値)により、舵角速度指令値を補償する。補償された舵角速度指令値に対して、FFフィルタによる処理を施し、処理後の舵角速度指令値(拡張舵角速度指令値)を用いて舵角速度制御を行う。これにより、舵角制御及び操舵介入時の応答性を向上させることができる。

[0027] 以下に、本発明の実施形態を、図面を参照して説明する。

[0028] 先ず、本発明に係る電動パワーステアリング装置を含む車両システム全体について説明する。

[0029] 図3は本発明に関わる車両システム全体の構成例(第1実施形態)を示しており、車両に搭載されるECU(以下、「車両側ECU」とする)100、EPSに搭載されるECU(以下、「EPS側ECU」とする)200、

及びプラント400からなる。

[0030] 車両側ECU100は、車両状態量検出部110、切換指令部120、目標軌道演算部130及び車両運動制御部140を備える。

[0031] 車両状態量検出部110は、車載カメラ、距離センサ、角速度センサ、加速度センサ等から検出されるデータを車両状態量 C_v として、切換指令部120、目標軌道演算部130及び車両運動制御部140に出力する。

[0032] 切換指令部120は、車両状態量 C_v と共に、動作モードを切り換えるための信号 S_g をダッシュボード等に設けられたボタンやスイッチ等から入力し、切換信号 SW をEPS側ECU200に出力する。動作モードには「アシスト制御モード」と「舵角制御モード」があり、「アシスト制御モード」は手動操舵に対応したモードであり、「舵角制御モード」は自動操舵に対応したモードである。運転者の意思を示す信号 S_g の値を基に、車両状態量 C_v 中の各データの値を加味して動作モードを決定し、決定した動作モードを切換信号 SW として出力する。

[0033] 目標軌道演算部130は、車両状態量 C_v に基づいて、既存の方法により目標軌道 A_m を演算し、車両運動制御部140に出力する。

[0034] 車両運動制御部140は舵角指令値生成部141を備えており、舵角指令値生成部141は、目標軌道 A_m 及び車両状態量 C_v に基づいて、操舵角の制御目標値である舵角指令値 θ_{ref} を生成し、EPS側ECU200に出力する。

[0035] EPS側ECU200は、EPS状態量検出部210、切換判定／徐変ゲイン生成部220、舵角制御部300、アシスト制御部230、切換部240、電流制御／駆動部250及びモータ電流検出器38を備えている。

[0036] EPS状態量検出部210は、角度センサ、トルクセンサ及び速度センサからの信号を入力し、EPS状態量を検出する。具体的には、角度センサはハンドル舵角（トーションバーの上側の角度） θ_h を実操舵角 θ_r として検出し、トルクセンサは操舵トルク T_t を検出し、速度センサは車速 V を検出する。また、実操舵角 θ_r に対して微分演算を行うことにより、実舵角速度

ω_r を算出する。実操舵角 θ_r 及び実舵角速度 ω_r は舵角制御部300に入力され、操舵トルク T_t は切換判定／徐変ゲイン生成部220、舵角制御部300及びアシスト制御部230に入力され、車速 V は舵角制御部300及びアシスト制御部230に入力される。なお、実操舵角 θ_r としてコラム舵角（トーションバーの下側の角度）を使用しても良く、モータ角度センサ（回転角センサ）を備え、モータの回転角を実操舵角 θ_r としても良い。更に、実操舵角 θ_r 及び車速 V は車両側ECU100で検出して、EPS側ECU200に送信するようにしても良い。また、実舵角速度 ω_r は、モータ角度センサで検出される回転角の差分演算とギア比から算出しても良く、実操舵角 θ_r の差分演算から算出しても良い。EPS状態量検出部210の最終段に、高周波ノイズ低減のためにLPF（ローパスフィルタ）を挿入しても良く、その場合、HPF（ハイパスフィルタ）とゲインにより実舵角速度 ω_r を算出しても良い。

[0037] 切換判定／徐変ゲイン生成部220は、車両側ECU100からの切換信号 SW 及び操舵トルク T_t に基づいて自動操舵と手動操舵の切換判定を行い、その判定結果に基づいて徐変ゲインを決定する。徐変ゲインとして、舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} 、速度制御徐変ゲイン G_{fa2} 、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} 、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} 、アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} 及びアシストマップ徐変ゲイン G_{ft2} を求め、 G_{fa1} 及び G_{ft1} は切換部240に、 G_{fa2} 、 G_{fa3} 及び G_{fa4} は舵角制御部300に、 G_{ft2} はアシスト制御部230に入力される。また、切換判定の判定結果が操舵状態判定信号 J_s として舵角制御部300に入力される。切換判定／徐変ゲイン生成部220の詳細については後述する。

[0038] 舵角制御部300は、舵角制御を行うために、車両側ECU100からの舵角指令値 θ_{ref} 、実操舵角 θ_r 、実舵角速度 ω_r 、操舵トルク T_t 、車速 V 、徐変ゲイン G_{fa2} 、 G_{fa3} 及び G_{fa4} 、並びに操舵状態判定信号 J_s を用いて、舵角制御電流指令値 I_{refP1} を算出する。舵角制御電流指令値 I_{refP1} は切換部240に入力される。なお、実舵角速度 ω_r

を、EPS状態量検出部210ではなく、舵角制御部300で算出しても良い。舵角制御部300の詳細については後述する。

[0039] アシスト制御部230は、アシスト制御を行うために、例えば、図2に示される構成例での電流指令値演算部31、電流制限部33、補償信号生成部34及び加算部32Aを備え、操舵トルク T_t 及び車速 V に基づいて、アシストマップを使用して、図2での電流指令値 I_{refm} に相当するアシスト制御電流指令値 I_{refT1} を算出する。但し、図2の構成例とは異なり、切換判定／徐変ゲイン生成部220から出力されるアシストマップ徐変ゲイン G_{ft2} を入力し、電流指令値演算部31からの出力（アシストマップ出力電流）に乗算し、乗算結果を加算部32Aに入力する。電流指令値演算部31で用いられるアシストマップは操舵トルク T_t に対する電流指令値の特性を定めたマップであり、車速感応型で、車速 V が増加すると電流指令値が減少する特性となっている。なお、電流制限部33及び／又は補償信号生成部34はなくても良い。

[0040] 切換部240は、舵角制御電流指令値 I_{refP1} 、アシスト制御電流指令値 I_{refT1} 並びに徐変ゲイン G_{fa1} 及び G_{ft1} を用いて、電流指令値 I_{ref} を算出する。切換部240の詳細については後述する。

[0041] 電流制御／駆動部250は、例えば、図2に示される構成例での減算部32B、PI制御部35、PWM制御部36及びインバータ37を備え、電流指令値 I_{ref} とモータ電流検出器38で検出されるモータ電流 I_m を用いて、図2の構成例と同様の動作により、モータを駆動制御する。

[0042] プラント400は、ハンドル操舵における運転者の特性とEPS及び車両のメカ特性を模擬した制御対象の物理モデルであり、運転者操舵伝達特性410及びメカ伝達特性420を備える。運転者の操舵により発生するハンドル手入力トルク T_h 及びEPS側ECU200からのモータ電流 I_m に基づいてメカ系が動作し、それにより車両及びEPSに関する状態情報 E_v が生じるので、メカ伝達特性420は、その状態情報 E_v を出力する。車両側ECU100の車両状態量検出部110及びEPS側ECU200のEPS状

態量検出部210は、この状態情報EVから、車両状態量Cv及びEPS状態量をそれぞれ検出する。状態情報EV中のハンドル舵角 θ_h に応じて運転者の操舵によるハンドル手入力トルクThが発生するので、運転者操舵伝達特性410は、そのハンドル手入力トルクThを出力する。

[0043] 次に、EPS側ECU200の切換判定／徐変ゲイン生成部220、舵角制御部300及び切換部240について、詳細に説明する。

[0044] 図4は切換判定／徐変ゲイン生成部220の構成例を示しており、切換判定／徐変ゲイン生成部220は切換判定部221及び徐変ゲイン生成部222を備え、切換判定部221は手入力判定部223及び操舵状態判定部224を備える。

[0045] 手入力判定部223は、操舵トルクTtを用いて手入力の判定を行う。手入力判定部223の構成例を図5に示しており、手入力判定部223は平滑化フィルタ部225、絶対値化部226及び判定処理部227を備える。平滑化フィルタ部225は平滑化フィルタを有しており、操舵トルクTtを平滑化フィルタにより平滑化し、平滑後の操舵トルクTt'を出力する。操舵トルクTt'は絶対値化部226に入力され、絶対値化部226は操舵トルクTt'の絶対値（絶対値データ） $|Tt'|$ を出力する。絶対値 $|Tt'|$ は判定処理部227に入力される。判定処理部227は、予め定められた複数の閾値Tth1、Tth2及びTth3（ $0 \leq Tth1 \leq Tth2 \leq Tth3$ ）を用いて、3種類の「手入力あり」の判定と1種類の「手入力なし」の判定を行う。具体的には、「絶対値 $|Tt'|$ が閾値Tth3以上」の場合、「手入力あり3」と判定し、「絶対値 $|Tt'|$ が閾値Tth2以上、閾値Tth3未満」の場合、「手入力あり2」と判定し、「絶対値 $|Tt'|$ が閾値Tth1以上、閾値Tth2未満」の場合、「手入力あり1」と判定し、「絶対値 $|Tt'|$ が閾値Tth1未満」の場合、「手入力なし」と判定する。判定結果は手入力判定信号Jhとして出力される。

[0046] なお、判定処理部227は、3つの閾値を用いて判定を行っているが、閾値の数は3つに限られず、3つ以外の数の閾値を用いて判定を行っても良い

。これにより、柔軟な判定を行うことができる。

[0047] 操舵状態判定部224は、車両側ECU100からの切換信号SW及び手入力判定信号Jhから操舵状態を判定する。操舵状態には、「自動操舵1」、「自動操舵2」及び「手動操舵」があり、「自動操舵1」が通常の自動操舵状態に相当する。そして、切換信号SW及び手入力判定信号Jhに加え、各データ入力時の操舵状態（正確には1サンプル前の操舵状態であり、以下、「直前操舵状態」とする）に基づいて、以下の条件にて最新の操舵状態を判定する。

[条件1]

直前操舵状態が「自動操舵1」又は「自動操舵2」において、切換信号SWが「アシスト制御モード」又は手入力判定信号Jhが「手入力あり3」の場合、操舵状態は「手動操舵」と判定する。

[条件2]

直前操舵状態が「自動操舵1」において、切換信号SWが「舵角制御モード」且つ手入力判定信号Jhが「手入力あり2」の場合、操舵状態は「自動操舵2」と判定する。

[条件3]

直前操舵状態が「自動操舵2」において、切換信号SWが「舵角制御モード」且つ手入力判定信号Jhが「手入力あり1」又は「手入力あり2」の場合、操舵状態は変わらず「自動操舵2」と判定する。

[条件4]

直前操舵状態が「自動操舵2」において、切換信号SWが「舵角制御モード」且つ手入力判定信号Jhが「手入力なし」の場合、操舵状態は「自動操舵1」と判定する。

[条件5]

直前操舵状態が「手動操舵」において、切換信号SWが「舵角制御モード」且つ手入力判定信号Jhが「手入力なし」の場合、操舵状態は「自動操舵1」と判定する。

上記の条件 1 ～条件 5 を、さらに詳細にすると、下記表 1 のようになる。
 なお、表 1 において、「－」は任意の値（つまり、判定には関係しない）を意味し、「（継続）」は操舵状態が変わらないことを意味し、各列の条件を AND 条件として連結して判定する。

[0048] [表1]

直前操舵状態	切換信号 SW	手入力判定信号 Jh	判定結果
自動操舵1	アシスト制御モード	－	手動操舵
	舵角制御モード	手入力あり3	手動操舵
		手入力あり2	自動操舵2
		手入力あり1	（継続）
		手入力なし	（継続）
自動操舵2	アシスト制御モード	－	手動操舵
	舵角制御モード	手入力あり3	手動操舵
		手入力あり2	（継続）
		手入力あり1	（継続）
		手入力なし	自動操舵1
手動操舵	アシスト制御モード	－	（継続）
	舵角制御モード	手入力なし	自動操舵1
		手入力なし以外	（継続）

上記表 1 に従って操舵状態を判定し、判定結果は操舵状態判定信号 J s と
 して徐変ゲイン生成部 2 2 2 に出力されると共に、舵角制御部 3 0 0 にも出
 力される。舵角制御部 3 0 0 では、後述の可変レート制限部 3 2 0 での制限
 値設定において操舵状態判定信号 J s が使用される。なお、切換信号 S W を
 使用せずに操舵状態を判定しても良い。

[0049] 徐変ゲイン生成部 2 2 2 は、操舵状態判定信号 J s に基づいて徐変ゲイン
 を決定する。徐変ゲインは操舵状態によって異なる値を取り、操舵状態は操
 舵状態判定信号 J s により判断するが、「自動操舵 1」を自動操舵状態と判
 断し、「自動操舵 2」の場合は、徐変ゲインは直前の値のままとする。

[0050] 徐変ゲイン G f a 1、G f a 2、G f a 3 及び G f a 4 は、自動操舵状態
 では 1 0 0 %、手動操舵状態では 0 % であり、自動操舵状態から手動操舵状
 態へ及び手動操舵状態から自動操舵状態への移行に際しては、値が徐々に変
 化する。例えば、自動操舵状態から手動操舵状態へ移行する場合、徐変ゲイ

ン $G f a 1 \sim G f a 4$ は、図 6 (A) に示されるように変化する。即ち、時点 $t 1$ で操舵状態判定信号 $J s$ が「自動操舵 1」から「手動操舵」に変わると、その時点から徐変ゲインは逐次減少し、時点 $t 2$ において 0% となる。手動操舵状態から自動操舵状態へ移行する場合は、これとは逆に、操舵状態判定信号 $J s$ が「自動操舵 1」に変わった時点から徐変ゲインは逐次増加する。徐変ゲインが減少中又は増加中（以下、この状態を「切換状態」とする）に操舵状態判定信号 $J s$ の値が「手動操舵」に変わったら、徐変ゲインは減少に、「自動操舵 1」に変わったら、増加になり、「自動操舵 2」に変わったら、変化しない。なお、図 6 (A) では切換状態での徐変ゲインは直線的に変化させているが、切換動作を円滑にするために、S 字カーブのように変化させても良く、直線的に変化する徐変ゲインを LPF、例えばカットオフ周波数が 2 Hz の 1 次 LPF に通して使用しても良い。また、徐変ゲイン $G f a 1 \sim G f a 4$ は連動した同じ変化をする必要はなく、それぞれ独立した変化をしても良い。

[0051] アシスト制御出力徐変ゲイン $G f t 1$ は、自動操舵状態では $\alpha t 1$ [%] ($0 \leq \alpha t 1 \leq 150$)、手動操舵状態では 100% であり、図 6 (B) に示されるように、徐変ゲイン $G f a 1 \sim G f a 4$ の場合と同様に、切換状態では値を徐々に変化させる。

[0052] アシストマップ徐変ゲイン $G f t 2$ は、自動操舵状態では $\alpha t 2$ [%] ($0 \leq \alpha t 2 \leq 150$)、手動操舵状態では 100% であり、図 6 (C) に示されるように、徐変ゲイン $G f a 1 \sim G f a 4$ の場合と同様に、切換状態では値を徐々に変化させる。

[0053] 手入力判定の判定結果に「手入力あり 1」があり、それを含んだ判定結果を基に操舵状態の判定、更に徐変ゲインの決定を行うことにより、「手入力あり 2」の状態から「手入力なし」の状態になった場合に発生するチャタリングを抑制することが可能となる。

[0054] 舵角制御部 300 及び切換部 240 の構成例を図 7 に示す。舵角制御部 300 は、舵角指令値可変制限部 310、可変レート制限部 320、ハンドル

振動除去部 330、位置制御部 340、操舵介入補償部 350、フィルタ部 355、速度指令値可変制限部 360、舵角速度制御部 370、ハンドル制御部 380、舵角制御電流指令値制限部 390、乗算部 391 及び 392 並びに加算部 393 及び 394 を備え、切換部 240 は、乗算部 241 及び 242 並びに加算部 243 を備える。

[0055] 舵角制御部 300 の舵角指令値可変制限部 310 は、車両側 ECU 100 から受信する自動操舵等のための舵角指令値 θ_{ref} に対して、通信エラー等による異常な値や過剰な値が舵角制御に入力されるのを防止するために、制限値（上限値、下限値）を設定して制限をかけ、舵角指令値 θ_{ref1} として出力する。自動操舵状態及び手動操舵状態において適切な制限値を設定すべく、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} に応じて制限値を設定する。例えば、図 8 に示されるように、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が 100% の場合を自動操舵状態であると判断して、実線で示される制限値で制限をかけ、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が 0% の場合を手動操舵状態であると判断して、破線で示されるような自動操舵状態のときよりも絶対値が小さい制限値で制限をかける。舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が 0~100% の間の場合は切換状態であると判断して、実線と破線の間の値で制限をかける。切換状態のとき、実線の自動操舵状態での制限値又は破線の手動操舵状態での制限値で制限をかけても良い。なお、上限値の大きさ（絶対値）と下限値の大きさは異なっても良い。

[0056] 可変レート制限部 320 は、舵角指令値 θ_{ref} の急変によって、舵角制御の出力である舵角制御電流指令値が急激に変動することを避けるために、舵角指令値 θ_{ref1} の変化量に対して制限値を設定して制限をかけ、舵角指令値 θ_{ref2} を出力する。例えば、1 サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} 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、舵角指令値 θ_{ref1} を加減算し、舵角指令値 θ_{ref2} として出力し、制限値以下の場合、舵角指令値 θ_{ref1} をそのまま舵角指令値 θ_{ref2} として出力する。舵角

指令値可変制限部 310 の場合と同様に、自動操舵状態及び手動操舵状態において適切な制限値が設定されるが、徐変ゲインと連動せずに制限値を変更する場合があるので、切換判定／徐変ゲイン生成部 220 から出力される操舵状態判定信号 J_s に応じて制限値を設定する。操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 1」の場合、制限値は予め定められた値とし、操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 2」又は「手動操舵」の場合、制限値はゼロとし、舵角指令値 θ_{ref2} が変化せずに一定となるようにする。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い。

[0057] 乗算部 391 では、舵角指令値 θ_{ref2} に舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が乗算され、舵角指令値 θ_{ref3} として出力される。これにより、自動操舵状態から手動操舵状態への切換状態における後述のハンドル振動除去部 330 から出力される目標操舵角 θ_t をゼロに漸近させ、舵角制御を中立状態に作用させることができる。

[0058] ハンドル振動除去部 330 は、舵角指令値 θ_{ref3} に含まれる振動周波数成分を低減する。自動操舵中、舵角指令が変化しているときに、舵角指令値 θ_{ref3} に、トーションバーのバネ性及びステアリングホイールの慣性モーメントによる振動を励起する周波数（約 10 Hz 前後）成分が発生する。この舵角指令値 θ_{ref3} に含まれるハンドル振動周波数成分を、LPF やノッチフィルタ等でのフィルタ処理又は位相遅れ補償により低減し、目標操舵角 θ_t を出力する。フィルタとしては、ハンドル振動周波数の帯域のゲインを下げ、ECU に実装可能であれば、任意のフィルタを使用して良い。ハンドル振動除去部 330 の手前に、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} を乗算する乗算部 391 を設置することにより、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} の乗算により発生するハンドル振動周波数成分の低減を可能としている。目標操舵角 θ_t は、位置制御部 340 に出力される。なお、ハンドル振動周波数成分が微小な場合等では、ハンドル振動除去部 330 を省略しても良い。

[0059] 位置制御部 340 は、P（比例）制御により、目標操舵角 θ_t と実操舵角

θ_r の偏差に基づいて、目標操舵角 θ_t に実操舵角 θ_r を近づけるための舵角速度指令値 ω_{ref1} を算出する。

[0060] 位置制御部340の構成例を図9に示す。位置制御部340は、比例ゲイン部341及び減算部342を備える。減算部342にて目標操舵角 θ_t と実操舵角 θ_r の偏差 $\theta_e (= \theta_t - \theta_r)$ が求められ、偏差 θ_e は比例ゲイン部341に入力される。比例ゲイン部341は、偏差 θ_e に比例ゲイン K_{pp} を乗算し、舵角速度指令値 ω_{ref1} を算出する。

[0061] 操舵介入補償部350は、操舵トルク T_t に応じた操舵介入補償のための舵角速度指令値（補償舵角速度指令値） ω_{ref2} を算出する。舵角速度指令値 ω_{ref2} と位置制御部340からの舵角速度指令値 ω_{ref1} を加算したものが舵角速度指令値 ω_{refa} となり、操舵介入補償部350の機能により、操舵トルクの発生を緩和する方向に舵角速度指令値を生成することができ、自動操舵中での操舵介入を実現することができる。また、操舵介入補償部350は、操舵トルク T_t に対して、車速感応型の操舵介入補償マップによる補償と位相補償を施すことにより、適度なフィーリングを成立させることができる。

[0062] 操舵介入補償部350の構成例を図10に示す。操舵介入補償部350は、操舵介入位相補償部351、不感帯設定部352及び補償マップ部353を備える。

[0063] 操舵介入位相補償部351は、位相補償として位相進み補償を設定し、操舵トルク T_t を操舵トルク T_{t1} に変換する。例えば、分子のカットオフ周波数を1.0Hz、分母のカットオフ周波数を1.3Hzとした1次フィルタで位相進み補償を行う。これにより、急操舵した場合等でのスッキリ感や引っ掛かり感を改善することができる。なお、コスト重視の場合等では、操舵介入位相補償部351は省略可能である。

[0064] 不感帯設定部352は、操舵トルク T_{t1} に対して不感帯を設定し、操舵トルク T_{t2} として出力する。例えば、図11に示されるような不感帯を設定する。即ち、不感帯を設定しない場合は、破線で示されるように操舵トル

ク T_{t1} がそのまま操舵トルク T_{t2} となるが、操舵トルク T_{t1} がゼロ前後の区間に不感帯を設定することにより、実線で示されるように、その区間では操舵トルク T_{t2} の値はゼロで、その区間を外れたら、破線と同じ傾きで操舵トルク T_{t1} に合わせて操舵トルク T_{t2} が変化するようにする。このような不感帯を設定することにより、その区間においては、後述の補償マップ部353から出力される舵角速度指令値 ω_{ref2} もゼロとなり、操舵介入補償が行われなくなる。つまり、運転者による操舵介入が発生した場合、操舵トルクが不感帯の閾値まで上がり易くなり、結果的に早いタイミングで手入力判定が行えるようになる。なお、不感帯の正及び負の閾値の大きさは同じでなくても良い。

[0065] 補償マップ部353は、操舵介入補償マップを有し、操舵介入補償マップを用いて舵角速度指令値 ω_{ref2} を求める。操舵介入補償マップは操舵トルクに対する舵角速度指令値の特性を定めたマップであり、車速に応じても変化するので、操舵トルク T_{t2} 及び車速 V より舵角速度指令値 ω_{ref2} を求める。操舵介入補償マップはチューニングにより調整されており、例えば、図12に示されるように、操舵トルクが増加するにつれて舵角速度指令値も増加するが、車速が増加するにつれては減少する。これにより、高車速ほど重いフィールにすることができる。アシスト制御部230で使用するアシストマップも車速が増加するにつれてアシスト制御電流指令値が減少する特性を有しているので、高速走行時に運転者により操舵介入があった場合、舵角速度指令値及びアシスト制御電流指令値の増加は抑えられ、急な操舵とならず、安全な操舵が可能である。

[0066] なお、操舵介入位相補償部351は、不感帯設定部352の後、又は補償マップ部353の後に設置しても良い。不感帯設定部352は補償マップ部353の前に設置する必要があるが、不感帯設定部352をなくし、操舵介入補償マップとして不感帯を設けたマップ（入力トルクに対して、設定区間の出力値がゼロとなるマップ）を使用するようにしても、上述と同様な効果が得られる。また、操舵介入補償マップとして原点を通る直線を想定し、

操舵介入補償マップの代わりに、所定のゲインを操舵トルクに乗算するという簡易的な方法を使用しても良い。

[0067] 加算部393では、位置制御部340から出力される舵角速度指令値 ω_{ref1} 及び操舵介入補償部350から出力される舵角速度指令値 ω_{ref2} が加算され、舵角速度指令値 ω_{refa} として出力される。

[0068] フィルタ部355はFF（フィードフォワード）フィルタを有しており、FFフィルタにより舵角速度指令値 ω_{refa} を舵角速度指令値（拡張舵角速度指令値） ω_{ref} に変換する。FFフィルタを使用することにより、舵角指令値 ω_{refa} に対する実舵角速度 ω_r の制御帯域を高周波側まで広げることができ、舵角制御のインナーループとしての速度制御の応答性を向上させることができる。速度制御の応答性が向上すれば、速度制御の外側である位置制御（舵角制御）や操舵介入補償のゲインを、オーバーシュートすることなく大きく調整することができるので、結果的に舵角制御及び操舵介入時の応答性を向上させることができる。FFフィルタとして、例えば、分子のカットオフ周波数を3Hz、分母のカットオフ周波数を5Hzとした位相進み補償を行うフィルタを使用する。

[0069] 乗算部392では、舵角速度指令値 ω_{ref} に速度指令徐変ゲイン G_{fa3} が乗算され、舵角速度指令値 ω_{refg} として出力される。速度指令徐変ゲイン G_{fa3} は、手動操舵状態から自動操舵状態への切替時に円滑な切替を実現するために用いられる。なお、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} は、舵角制御電流指令値 I_{refP1} に乘算される舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} と同期して変化する（完全な同期でなくても良い）。

[0070] 速度指令値可変制限部360は、舵角速度指令値 ω_{refg} に対して、制限値（上限値、下限値）を設定して制限をかけ、目標舵角速度 ω_t を出力する。制限値は、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} に応じて設定される。例えば、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} が所定の閾値未満では、制限値の大きさ（絶対値）を図13の破線で示されるような小さい値とし、それ以上では制限値の大きさを実線で示される値まで大きくする。なお、所定の閾値を切替状態で

の速度指令徐変ゲイン G_{fa3} の任意の値とし、 G_{fa3} が所定の閾値未満では、制限値の大きさは破線の小さい値で固定とし、 G_{fa3} が所定の閾値を超えたら、実線のところまで制限値の大きさを徐々に大きくするようにしても良い。なお、上限値の大きさと下限値の大きさは異なっても良い。

[0071] 舵角速度制御部 370 は、目標舵角速度 ω_t 、実舵角速度 ω_r 及び速度制御徐変ゲイン G_{fa2} を入力し、実舵角速度 ω_r が目標舵角速度 ω_t に追従するような舵角制御電流指令値 I_{refW} を、 $I-P$ 制御（比例先行型 PI 制御）により算出する。

[0072] 舵角速度制御部 370 の構成例を図 14 に示す。舵角速度制御部 370 は、ゲイン乗算部 371 及び 372、積分部 373、減算部 374 及び 375 並びに乗算部 376 を備える。

[0073] ゲイン乗算部 371 は、減算部 374 で算出される目標舵角速度 ω_t 及び実舵角速度 ω_r の偏差 $\omega_e (= \omega_t - \omega_r)$ にゲイン K_{vi} を乗算し、操作量 $D1$ を出力する。積分部 373 は、操作量 $D1$ を積分し、制御量 I_{r1} を算出する。乗算部 376 では、制御量 I_{r1} に速度制御徐変ゲイン G_{fa2} が乗算され、制御量 I_{r3} として出力される。速度制御徐変ゲイン G_{fa2} の乗算は、手動操舵状態と自動操舵状態間の円滑な切換を実現するために行われ、これにより、切換時の舵角速度制御での積分値の蓄積の影響を緩和することができる。ゲイン乗算部 372 は、実舵角速度 ω_r にゲイン K_{vp} を乗算し、制御量 I_{r2} を出力する。減算部 375 では、制御量 I_{r3} と I_{r2} の偏差 ($I_{r3} - I_{r2}$) が算出され、舵角制御電流指令値 I_{refW} として出力される。なお、積分部 373 の積分として、実装上実現可能な積分方式であれば、任意の方式を使用可能であり、擬似積分を使用する場合は、1 次遅れの伝達関数及びゲインで構成すれば良い。また、速度制御徐変ゲイン G_{fa2} は、舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} と同期して変化させても良い。

[0074] なお、舵角速度制御部 370 は $I-P$ 制御を使用しているが、目標舵角速度に対して実舵角速度を追従させられるならば、一般的に使用されている制

御方法を使用しても良い。例えばP I制御、2自由度P I制御、モデル規範制御、モデルマッチング制御、ロバスト制御、更に、外乱を推定し、外乱成分を打ち消す補償手段を一部に組み合わせた制御方法等を使用しても良い。

[0075] ハンドル制振部380は、トーションバートルク信号である操舵トルク T_t に基づいて、ハンドルの振動を制振する。自動操舵中のハンドル振動に対して、ハンドル振動除去部330も効果を奏するが、ハンドル制振部380により、更に効果を向上させることができる。ハンドル制振部380は、ゲインと位相補償によりハンドル振動の制振を行い、トーションバーの振れを解消する方向に働く舵角制御電流指令値 I_{refV} を出力する。また、ハンドル制振部380は、振れ角を低減する方向に働き、運転者による手入力の介入時の引っ掛かりの違和感を低減する効果も兼ねている。

[0076] ハンドル制振部380の構成例を図15に示す。ハンドル制振部380は、ゲイン部381及び制振位相補償部382を備える。ゲイン部381は、操舵トルク T_t にゲイン K_v を乗算し、制御量 I_{rv} を出力する。制振位相補償部382は、例えば1次フィルタで構成され、制御量 I_{rv} を舵角制御電流指令値 I_{refV} に変換する。1次フィルタではなく、2次以上の位相補償フィルタで構成しても良い。

[0077] 加算部394では、舵角速度制御部370から出力される舵角制御電流指令値 I_{refW} 及びハンドル制振部380から出力される舵角制御電流指令値 I_{refV} が加算され、舵角制御電流指令値 I_{refP2} として出力される。

[0078] 舵角制御電流指令値制限部390は、舵角制御電流指令値 I_{refP2} に対して、過出力防止のために、制限値（上限値、下限値）を設定して制限をかけ、舵角制御電流指令値 I_{refP1} を出力する。例えば、図16に示されるように、上限値及び下限値を設定して舵角制御電流指令値 I_{refP2} に対して制限をかける。なお、上限値の大きさ（絶対値）と下限値の大きさは異なっても良い。

[0079] 切換部240は、乗算部241及び242並びに加算部243で構成され

ている。

[0080] 切換部240の乗算部241では、舵角制御部300から出力される舵角制御電流指令値 I_{refP1} に、切換判定／徐変ゲイン生成部220から出力される舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} が乗算され、舵角制御電流指令値 I_{refP} として出力される。舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} は、手動操舵状態と自動操舵状態間の切換動作を円滑に行い、運転者への違和感や安全性等を実現するために用いられる。乗算部242では、アシスト制御部230から出力されるアシスト制御電流指令値 I_{refT1} にアシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} が乗算され、アシスト制御電流指令値 I_{refT} として出力される。アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} は、手動操舵状態と自動操舵状態間の切換動作を円滑に行い、自動運転中の運転者による操舵介入を実現するために用いられる。加算部243では、舵角制御電流指令値 I_{refP} 及びアシスト制御電流指令値 I_{refT} が加算され、電流指令値 I_{ref} として出力される。

[0081] 前述のアシスト制御部230で使用するアシストマップ徐変ゲイン G_{ft2} も、アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} と同じ目的で用いられる。自動操舵状態において、図6(B)及び(C)に示されるように、 G_{ft1} を α_{t1} に、 G_{ft2} を α_{t2} に設定し、 α_{t1} 及び α_{t2} を調整することにより、システムの安定性を向上させ、振動の発生を抑えることが可能となる。また、自動操舵状態におけるシステムの安定性を維持できるのであれば、簡易的に α_{t1} を0%、 α_{t2} を100%としても良い。この場合、 α_{t1} は0%ということより、アシスト制御電流指令値 I_{refT} はゼロ指令となり、アシスト制御をなくした状態においても操舵介入を実現できることとなる。

[0082] このような構成において、EPS側ECU200の動作例を、図17～図20のフローチャートを参照して説明する。

[0083] 動作を開始すると、EPS状態量検出部210は実操舵角 θ_r 、操舵トルク T_t 、車速 V を検出し(ステップS10)、実操舵角 θ_r を舵角制御部3

00に、操舵トルク T_t を切換判定／徐変ゲイン生成部220、舵角制御部300及びアシスト制御部230に、車速 V を舵角制御部300及びアシスト制御部230にそれぞれ出力する。更に、EPS状態量検出部210は、実操舵角 θ_r より実舵角速度 ω_r を算出し（ステップS20）、舵角制御部300に出力する。

[0084] 操舵トルク T_t を入力した切換判定／徐変ゲイン生成部220は、車両側ECU100から出力される切換信号 SW の入力も踏まえて自動操舵と手動操舵の切換判定を行い、その判定結果に基づいて徐変ゲインを決定し（ステップS30）、徐変ゲイン $Gfa2$ 、 $Gfa3$ 及び $Gfa4$ を舵角制御部300に、 $Gft2$ をアシスト制御部230に、 $Gfa1$ 及び $Gft1$ を切換部240にそれぞれ出力する。また、操舵状態判定信号 J_s を舵角制御部300に出力する。切換判定／徐変ゲイン生成部220の動作の詳細については後述する。

[0085] 舵角制御部300は、車両側ECU100からの舵角指令値 θ_{ref} 、EPS状態量検出部210からの実操舵角 θ_r 、実舵角速度 ω_r 、操舵トルク T_t 及び車速 V 、並びに切換判定／徐変ゲイン生成部220からの徐変ゲイン $Gfa2$ 、 $Gfa3$ 、 $Gfa4$ 及び操舵状態判定信号 J_s を入力し、それらを用いて舵角制御電流指令値 I_{refP1} を算出し（ステップS40）、切換部240に出力する。舵角制御部300の動作の詳細については後述する。

[0086] アシスト制御部230は、操舵トルク T_t 、車速 V 及びアシストマップ徐変ゲイン $Gft2$ を入力し、図2に示される電流指令値演算部31と同様の動作により、アシストマップ出力電流（電流値）を算出する（ステップS50）。そして、アシストマップ出力電流にアシストマップ徐変ゲイン $Gft2$ を乗算し（ステップS60）、乗算結果に対して、図2に示される加算部32A、電流制限部33及び補償信号生成部34と同様の動作を行い、アシスト制御電流指令値 I_{refT1} を算出し（ステップS70）、切換部240に出力する。

- [0087] 切換部240は、入力した舵角制御電流指令値 I_{refP1} に対して舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} を乗算部241で乗算し（ステップS80）、乗算結果である舵角制御電流指令値 I_{refP} を加算部243に出力する。また、入力したアシスト制御電流指令値 I_{refT1} に対してアシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} を乗算部242で乗算し（ステップS90）、乗算結果であるアシスト制御電流指令値 I_{refT} を加算部243に出力する。加算部243は、舵角制御電流指令値 I_{refP} 及びアシスト制御電流指令値 I_{refT} を加算し（ステップS100）、加算結果である電流指令値 I_{ref} を電流制御／駆動部250に出力する。
- [0088] 電流制御／駆動部250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と同様の動作により、電流指令値 I_{ref} 及びモータ電流検出器38で検出されたモータ電流 I_m を用いて、モータ電流 I_m が電流指令値 I_{ref} に追従するように制御し（ステップS110）、モータを駆動制御する。
- [0089] 切換判定／徐変ゲイン生成部220の動作例の詳細を、図18のフローチャートを参照して説明する。なお、操舵状態判定部224において、直前操舵状態には「手動操舵」が、保持する切換信号SWには「アシスト制御モード」が、操舵状態判定信号Jsには「手動操舵」がそれぞれ初期値として設定されているとする。
- [0090] 入力した操舵トルク T_t は、切換判定部221内の手入力判定部223に入力される。手入力判定部223では、操舵トルク T_t を平滑化フィルタ部225で平滑化し、平滑後の操舵トルク T_t' の絶対値 $|T_t'|$ を絶対値化部226で求める（ステップS210）。絶対値 $|T_t'|$ は判定処理部227に入力される。判定処理部227は、絶対値 $|T_t'|$ が閾値 T_{th3} 以上ならば（ステップS220）、「手入力あり3」と判定し（ステップS230）、絶対値 $|T_t'|$ が閾値 T_{th3} 未満で閾値 T_{th2} 以上ならば（ステップS240）、「手入力あり2」と判定し（ステップS250）、絶対値 $|T_t'|$ が閾値 T_{th2} 未満で閾値 T_{th1} 以上ならば（ステッ

プS 2 6 0)、 「手入力あり1」 と判定し (ステップS 2 7 0)、 絶対値 $|T t'|$ が閾値 $T t h 1$ 未満ならば (ステップS 2 6 0)、 「手入力なし」と判定する (ステップS 2 8 0)。 判定結果は手入力判定信号 $J h$ として操舵状態判定部 2 2 4 に出力される。

[0091] 操舵状態判定部 2 2 4 は、 切換信号 SW の入力の有無を確認し (ステップS 2 9 0)、 切換信号 SW を入力していたら、 保持している切換信号 SW の値を更新する (ステップS 3 0 0)。 そして、 入力した手入力判定信号 $J h$ 、 直前操舵状態、 切換信号 SW を用いて、 表 1 の条件判定に従って操舵状態の判定を行う (ステップS 3 1 0)。 判定結果は、 徐変ゲイン生成部 2 2 2 及び舵角制御部 3 0 0 に操舵状態判定信号 $J s$ として出力されると共に、 次の判定における直前操舵状態として保持される (ステップS 3 2 0)。

[0092] 徐変ゲイン生成部 2 2 2 は、 操舵状態判定信号 $J s$ の値を確認する (ステップS 3 3 0)。 操舵状態判定信号 $J s$ が「手動操舵」の場合、 各徐変ゲイン ($G f a 1 \sim G f a 4$ 、 $G f t 1$ 、 $G f t 2$) を手動操舵状態での値 ($G f a 1 \sim G f a 4$ では 0%、 $G f t 1$ 及び $G f t 2$ では 1 0 0%) に遷移させる (ステップS 3 4 0)。 操舵状態判定信号 $J s$ が「自動操舵 1」の場合、 各徐変ゲインを自動操舵状態での値 ($G f a 1 \sim G f a 4$ では 1 0 0%、 $G f t 1$ では $\alpha t 1$ 、 $G f t 2$ では $\alpha t 2$) に遷移させる (ステップS 3 5 0)。 操舵状態判定信号 $J s$ が「自動操舵 2」の場合は、 各徐変ゲインはそのままとする。

[0093] 舵角制御部 3 0 0 の動作例の詳細を、 図 1 9 及び図 2 0 のフローチャートを参照して説明する。

[0094] 舵角指令値可変制限部 3 1 0 は、 入力した舵角指令徐変ゲイン $G f a 4$ の値を確認し (ステップS 6 1 0)、 $G f a 4$ が 0% の場合、 制限値を、 図 8 に示される「手動操舵時」の制限値とし (ステップS 6 2 0)、 $G f a 4$ が 1 0 0% の場合、 図 8 に示される「自動操舵時」の制限値とし (ステップS 6 3 0)、 $G f a 4$ が 0 ~ 1 0 0% の場合、 中間の値を制限値とする (ステップS 6 4 0)。 そして、 設定された制限値を用いて、 車両側 E C U 1 0 0

から入力した舵角指令値 θ_{ref} に対して制限をかけ（ステップ S 6 5 0）、舵角指令値 θ_{ref1} を出力する。

[0095] 舵角指令値 θ_{ref1} は、操舵状態判定信号 J_s 及び実操舵角 θ_r と共に、可変レート制限部 3 2 0 に入力される。可変レート制限部 3 2 0 は、操舵状態判定信号 J_s の値を確認し（ステップ S 6 6 0）、操舵状態判定信号 J_s が「手動操舵」又は「自動操舵 2」の場合、制限値をゼロとし（ステップ S 6 7 0、S 6 8 1）、「手動操舵」の場合は、更に、保持している 1 サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} の値を実操舵角 θ_r の値にする（ステップ S 6 7 1）。ステップ S 6 7 1 は、舵角制御が開始された時点では、前の舵角制御終了時の値が残った状態であり、その値をそのまま使用すると舵角指令値の急変によりハンドルが急変するおそれがあるので、実操舵角 θ_r と一致させた状態で開始させることにより急変を抑制するための処置である。操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 1」の場合、制限値を予め定められた値とする（ステップ S 6 8 0）。そして、舵角指令値 θ_{ref1} と 1 サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} との差分（変化量）を算出する（ステップ S 6 9 0）。変化量の絶対値が制限値より大きい場合（ステップ S 7 0 0）、変化量の絶対値が制限値となるように、舵角指令値 θ_{ref1} を加減算し（ステップ S 7 1 0）、舵角指令値 θ_{ref2} として出力する（ステップ S 7 2 0）。変化量の絶対値が制限値以下の場合（ステップ S 7 0 0）、舵角指令値 θ_{ref1} をそのまま舵角指令値 θ_{ref2} として出力する（ステップ S 7 2 0）。

[0096] 舵角指令値 θ_{ref2} は、乗算部 3 9 1 で舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} を乗算され（ステップ S 7 3 0）、舵角指令値 θ_{ref3} として出力され、舵角指令値 θ_{ref3} はハンドル振動除去部 3 3 0 に入力される。

[0097] ハンドル振動除去部 3 3 0 は、舵角指令値 θ_{ref3} に対して、振動周波数成分を低減し（ステップ S 7 4 0）、目標操舵角 θ_t として位置制御部 3 4 0 に出力する。

[0098] 目標操舵角 θ_t は、位置制御部 3 4 0 内の減算部 3 4 2 に加算入力される

。減算部342には実操舵角 θ_r が減算入力されており、減算部342にて目標操舵角 θ_t と実操舵角 θ_r の偏差 θ_e が求められる（ステップS750）。偏差 θ_e は比例ゲイン部341に入力され、比例ゲイン部341は、偏差 θ_e に比例ゲイン K_{pp} を乗算し、舵角速度指令値 ω_{ref1} を算出する（ステップS760）。舵角速度指令値 ω_{ref1} は加算部393に入力される。

[0099] 一方、操舵介入補償部350は、車速 V 及び操舵トルク T_t を入力し、車速 V は補償マップ部353に、操舵トルク T_t は操舵介入位相補償部351に入力される。操舵介入位相補償部351は、位相補償により、操舵トルク T_t を操舵トルク T_{t1} に変換する（ステップS770）。操舵トルク T_{t1} は不感帯設定部352に入力され、不感帯設定部352は、図11に示される特性により、操舵トルク T_{t1} に不感帯を設定し（ステップS780）、操舵トルク T_{t2} として出力する。操舵トルク T_{t2} は、車速 V と共に、補償マップ部353に入力され、補償マップ部353は、図12に示される特性に基づいて、車速 V より決定された操舵介入補償マップを用いて、操舵トルク T_{t2} に対する舵角速度指令値 ω_{ref2} を求める（ステップS790）。舵角速度指令値 ω_{ref2} は加算部393に入力される。

[0100] 加算部393に入力された舵角速度指令値 ω_{ref1} 及び ω_{ref2} は加算され（ステップS800）、舵角速度指令値 ω_{refa} としてフィルタ部355に出力される。

[0101] フィルタ部355は、FFフィルタにより、舵角速度指令値 ω_{refa} を舵角速度指令値 ω_{ref} に変換する（ステップS810）。

[0102] 舵角速度指令値 ω_{ref} は、乗算部392で速度指令徐変ゲイン G_{fa3} を乗算され（ステップS820）、舵角速度指令値 ω_{refg} として速度指令値可変制限部360に入力される。

[0103] 速度指令値可変制限部360は、舵角速度指令値 ω_{refg} と共に、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} を入力し、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} の値を確認する（ステップS830）。そして、 G_{fa3} が所定の閾値未満の場合、制

限值を、図 13 に示される「G f a 3 小」の制限値とし（ステップ S 8 4 0）、所定の閾値以上の場合、「G f a 3 大」の制限値とする（ステップ S 8 5 0）。設定された制限値を用いて、舵角速度指令値 ω_{refg} に対して制限をかけ（ステップ S 8 6 0）、目標舵角速度 ω_t を出力する。目標舵角速度 ω_t は舵角速度制御部 370 に入力される。

[0104] 舵角速度制御部 370 は、目標舵角速度 ω_t と共に、実舵角速度 ω_r 及び速度制御徐変ゲイン G f a 2 を入力する。目標舵角速度 ω_t は減算部 374 に加算入力され、実舵角速度 ω_r は減算部 374 に減算入力され、目標舵角速度 ω_t と実舵角速度 ω_r の偏差 ω_e がゲイン乗算部 371 に入力される（ステップ S 8 7 0）。ゲイン乗算部 371 は偏差 ω_e にゲイン K v i を乗算し（ステップ S 8 8 0）、操作量 D 1 を出力する。操作量 D 1 は積分部 373 に入力され、積分部 373 は、操作量 D 1 を積分して制御量 I r 1 を算出し（ステップ S 8 9 0）、乗算部 376 に出力する。乗算部 376 は、制御量 I r 1 に速度制御徐変ゲイン G f a 2 を乗算し（ステップ S 9 0 0）、制御量 I r 3 を出力する。制御量 I r 3 は減算部 375 に加算入力される。また、実舵角速度 ω_r はゲイン乗算部 372 にも入力され、ゲイン乗算部 372 は、実舵角速度 ω_r にゲイン K v p を乗算し（ステップ S 9 1 0）、制御量 I r 2 を出力し、制御量 I r 2 は減算部 375 に減算入力される。減算部 375 では、制御量 I r 3 と I r 2 の偏差が算出され（ステップ S 9 2 0）、舵角制御電流指令値 I r e f W として、加算部 394 に出力される。

[0105] 操舵トルク T t はハンドル制振部 380 にも入力される。ハンドル制振部 380 では、ゲイン部 381 が、入力した操舵トルク T t にゲイン K v を乗算し（ステップ S 9 3 0）、制御量 I r v を出力する。制御量 I r v は制振位相補償部 382 で位相補償され（ステップ S 9 4 0）、舵角制御電流指令値 I r e f V として出力される。舵角制御電流指令値 I r e f V は、加算部 394 に出力される。

[0106] 加算部 394 に入力された舵角制御電流指令値 I r e f W 及び I r e f V は加算され（ステップ S 9 5 0）、舵角制御電流指令値 I r e f P 2 として

舵角制御電流指令値制限部390に入力される。

[0107] 舵角制御電流指令値制限部390は、舵角制御電流指令値 I_{refP2} に対して、図16に示される特性の制限値を用いて制限をかけ、舵角制御電流指令値 I_{refP1} を出力する（ステップS960）。

[0108] なお、舵角制御部300の動作とアシスト制御部230の動作は、順番が逆でも、並行して実行されても良い。舵角制御部300の動作においては、加算部393に入力される舵角速度指令値 ω_{ref1} 算出までの動作と舵角速度指令値 ω_{ref2} 算出までの動作、加算部394に入力される舵角制御電流指令値 I_{refW} 算出までの動作と舵角制御電流指令値 I_{refV} 算出までの動作等も、それぞれ順番が逆でも、並行して実行されても良い。

[0109] 本実施形態の効果、シミュレーション結果に基づいて説明する。

[0110] シミュレーションでは、プラント400のプラントモデルとして、車両運動モデル及び運転者の操舵モデルを設定する。車両運動モデルとして、例えば、安部正人、「自動車の運動と制御」、学校法人東京電機大学、東京電機大学出版局、2009年9月20日発行、第1版2刷、3章（p. 49-105）、4章（p. 107-130）、5章（p. 131-147）に示されているモデルを使用し、操舵モデルとして、例えば、横井大介、修士論文「腕の筋骨格特性を考慮した車のステアリング操舵感評価に関する研究」、三重大学大学院工学研究科博士前期課程機械工学専攻、2007年2月6日受付、2章（p. 3-5）、3章（p. 6-9）（参考文献）に示されているモデルを使用しても良く、これらに限定されず、他のモデルを使用しても良い。本シミュレーションで使用する操舵モデルを、参考として、図21に示す。図21において、 C_{arm} 及び C_{palm} は粘性係数、 K_{arm} 及び K_{palm} はバネ定数、 I_{arm} は腕の慣性モーメントである。メカモデル（メカ伝達特性）から出力されるハンドル舵角 θ_h を操舵モデル（運転者操舵伝達特性）に入力し、操舵モデルから出力されるハンドル手入力トルク T_h をメカモデルに出力する。参考文献に記載されている目標角度を、以下では運転者の目標角度（操舵目標角度） θ_{arm} とする。更に、参考文献では、腕の質量系をコ

ラム慣性モーメントに加算しているが、手のひらからハンドルへ加えられる力をハンドル手入力トルク T_h とすることにより、手のひらの角度とハンドル舵角 θ_h の間で作用するバネ定数 K_{palm} 及び粘性係数 C_{palm} の値は十分大きな値としてシミュレーションを行っても支障がなく、本シミュレーションではそのようにしている。また、電流指令値に対するモータ電流の追従性は十分に早く、電流制御／駆動部250の動作による影響は軽微であり、電流指令値＝モータ電流とする。更に、車速 V は一定とする。

[0111] 先ず、操舵介入補償による効果について説明する。

[0112] 舵角指令値 θ_{ref} を0 [deg] 固定として、運転者の目標角度 θ_{arm} を入力した場合の自動操舵のシミュレーションを行った。参考として、同条件で運転者の操舵モデルを考慮したシミュレーションでの運転者の目標角度 θ_{arm} の時間変化に対する実操舵角 θ_r 及び操舵トルク T_t の時間応答を、図22に示す。図22では、縦軸が角度 [deg] 及び操舵トルク [Nm]、横軸が時間 [sec] であり、太実線が運転者の目標角度 θ_{arm} 、細実線が実操舵角（本実施形態ではハンドル舵角） θ_r 、破線が操舵トルク T_t を示す。なお、図22において、アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} は0%、つまりアシスト制御は効かないようにした。また、図22は、運転者の目標角度 θ_{arm} の変化に対して、実操舵角 θ_r 及び操舵トルク T_t が変化する様子を説明するためのシミュレーションの一例である。

[0113] このような運転者の目標角度 θ_{arm} を入力した場合の実操舵角 θ_r 及び操舵トルク T_t の変化について、操舵介入補償がなくPI制御にて速度制御を行った場合と操舵介入補償がある場合とで比較を行った。なお、前者では、本実施形態との比較のために、アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} 及びアシストマップ徐変ゲイン G_{ft2} を共に100%として、積分方式の違いを見ることにした。後者では、アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} を0%とした。また、従来の先行技術（例えば特許文献1）においては、切換前の舵角制御中ではアシスト制御指令値は0 [deg] であるが、前者の場合よりも操舵介入が困難であると推測されるので割愛した。

[0114] 図23がシミュレーション結果である。縦軸が操舵トルク [Nm]、横軸が実操舵角 [deg] であり、操舵介入補償がない場合を破線で、操舵介入補償がある場合を実線で示している。但し、操舵介入補償部350において、不感帯の幅はゼロとし、操舵介入補償マップは原点からの直線（つまり、一定のゲインを乗算した場合と同じ）とした。

[0115] 図23での破線が示すように、操舵介入補償がない場合、7.5 [deg] までは実操舵角 θ_r を切れているが、速度制御でのPI制御の積分の影響により、速度偏差（舵角速度指令値と実舵角速度の偏差）が蓄積され続けることで、最終的に舵角指令値 θ_{ref} ($=0$ [deg]) まで強制的に戻されてしまい、更に、15 [Nm] 以上の非常に大きな操舵トルクが発生してしまい、運転者による操舵が困難な状態となる。

[0116] これに対して、図23での実線が示すように、操舵介入補償がある場合は、約22 [deg] まで操舵できており、舵角指令値 θ_{ref} ($=0$ [deg]) に引き戻されることもない。これは、位置制御部340から出力される舵角速度指令値 ω_{ref1} に操舵介入補償部350から出力される舵角速度指令値 ω_{ref2} が加算され、操舵した状態における舵角速度指令値 ω_{ref} と実舵角速度 ω_r の速度偏差が0近傍で釣り合うためである。このように、操舵介入補償部350の機能により、運転者による操舵介入を実現することが可能となる。また、操舵介入補償部350からの出力のゲインを大きくすることで、より軽い操舵を実現することができる。

[0117] 次に、操舵介入補償での不感帯の効果について説明する。

[0118] 緊急回避のための操舵を想定して、図24に示されるような運転者の目標角度 θ_{arm} を入力してシミュレーションを行った。図24では、図22と同様に、縦軸が角度 [deg] 及び操舵トルク [Nm]、横軸が時間 [sec] であり、太実線が運転者の目標角度 θ_{arm} 、細実線及び破線が運転者の目標角度 θ_{arm} の時間変化に対する実操舵角 θ_r 及び操舵トルク T_t の時間応答を示す。図24の太実線が示すように、運転者の目標角度 θ_{arm} を0.5 [sec] から立ち上げ、60 [deg] まで変化させた。

[0119] このような運転者の目標角度 θ_{arm} を入力し、不感帯として操舵トルク T_t の正負に 2.5 Nm の閾値で設定した場合と、不感帯がない場合の比較を行った結果を図 25 に示す。なお、切換判定／徐変ゲイン生成部 220 内の手入力判定部 223 は、カットオフ周波数が 1.5 Hz の 1 次 LPF と 3.0 Hz の 1 次 LPF の直列接続で構成された平滑化フィルタ部 225 で操舵トルク T_t を平滑化し、平滑後の操舵トルク T_t' の絶対値 $|T_t'|$ が 2 [Nm] の閾値 T_{th3} 以上になった場合、「手入力あり（手入力あり 3）」と判定するようにした。

[0120] 図 25 では、縦軸が操舵トルク $[\text{Nm}]$ 、横軸が時間 $[\text{sec}]$ であり、太実線は不感帯がない場合の操舵トルク T_t 、破線は不感帯がある場合の操舵トルク T_t 、点線は不感帯がある場合の操舵トルク T_t' 、細実線は不感帯がない場合の操舵トルク T_t' を示す。図 25 中の丸で囲った箇所が操舵トルク T_t' の絶対値が閾値 T_{th3} になった時点であり、不感帯を設けた場合（点線）は約 0.7 [sec] 、不感帯がない場合（細実線）は約 0.8 [sec] のタイミングで「手入力あり」と判定しており、約 0.1 [sec] だけ早く判定できることが確認できる。よって、不感帯を設けることで、より早く判定を行うことができる。

[0121] 次に、運転者による操舵介入がなく（ハンドル手入力トルク $T_h = 0 \text{ [Nm]}$ ）、操舵介入補償も行わず、舵角制御のみを実行した場合の自動操舵での舵角制御中のハンドル振動に対する効果について説明する。

[0122] ハンドル振動に対する効果の説明に先立ち、舵角指令値 θ_{ref} に対して実操舵角 θ_r が追従する様子を説明するために、舵角指令値 θ_{ref} に対する追従性及びフィルタ部 355 の FF フィルタによる効果について説明する。なお、本効果を確認するシミュレーションにおいても、舵角制御のみの特性を確認するために、運転者による操舵介入がなく、操舵介入補償も行わない設定とした。

[0123] 図 26 は、舵角指令値 θ_{ref} を 0 [deg] から 100 [deg] までランプ状に変化させた時間応答の一例を示している。図 26 では、縦軸が舵

角 [deg]、横軸が時間 [sec] であり、点線が舵角指令値 θ_{ref} を示す。この舵角指令値 θ_{ref} に対して、カットオフ周波数が 2 Hz の 1 次 LPF を有するハンドル振動除去部 330 から出力された目標操舵角 θ_t 及び実操舵角 θ_r の応答の様子を、それぞれ細実線及び太実線で示す。図 26 から、目標操舵角 θ_t 及び実操舵角 θ_r が舵角指令値 θ_{ref} に追従していることがわかる。

[0124] 以上の説明より、自動操舵中に操舵介入及び舵角追従の両方を実現可能であると言える。

[0125] FF フィルタのシミュレーションでは、先ず、舵角速度指令値 ω_{ref} から実舵角速度 ω_r までの周波数特性を、FF フィルタがない場合とある場合とで比較する。FF フィルタとして、分子のカットオフ周波数を 3 Hz、分母のカットオフ周波数を 5 Hz とした位相進み補償を行うフィルタを使用し、FF フィルタがない場合は、大きさが 1 のゲインを使用することでシミュレーションを行った。その結果を図 27 に示す。図 27 (A) はゲイン特性、図 27 (B) は位相特性を示し、細実線は FF フィルタがない場合、太実線は FF フィルタがある場合を示す。舵角速度制御の応答周波数（限界周波数）をゲインが -3 dB まで減衰したときとすると、FF フィルタがない場合（細実線）は約 3 Hz で、FF フィルタがある場合（太実線）は約 5 Hz で、FF フィルタがある場合の方が高い値となっている。よって、FF フィルタにより、舵角速度制御の応答が向上していることが確認できる。

[0126] FF フィルタの使用により、舵角制御部 300 の位置制御部 340 での比例ゲイン K_{pp} を上げることができ、これにより舵角制御の応答性を向上させることができるという効果がある。この効果を確認するために、図 26 で示される舵角制御の時間応答のシミュレーション条件を変えて、シミュレーションを行った。具体的には、比例ゲイン K_{pp} を 2 倍にし、更に、ハンドル振動除去部 330 として大きさが 1 のゲインを使用することにより、ハンドル振動除去部 330 はないものとした。この条件での時間応答を図 28 に示す。図 28 は、図 26 の場合と同様に、舵角指令値 θ_{ref} を 0 [deg]

〕から100〔deg〕までランプ状に変化させた時間応答を示しており、縦軸が舵角〔deg〕、横軸が時間〔sec〕であり、点線が舵角指令値 θ_{ref} を示す。この舵角指令値 θ_{ref} に対して、FFフィルタがない場合の時間応答を細実線で、FFフィルタがある場合の時間応答を太実線で示す。違いがわかるように、図28（A）の一部を拡大したものを図28（B）に示す。図28から、FFフィルタなしの場合、2.1sec過ぎから2.4sec辺りまで舵角がオーバーシュートしているが、FFフィルタありの場合は、オーバーシュートせずに舵角指令値 θ_{ref} に追従していることがわかる。FFフィルタの使用により舵角速度制御の応答性が向上したことで、比例ゲイン K_p を上げてでもオーバーシュートしづらくなったのである。よって、結果的に、舵角制御の応答性を向上させることができる。また、同様に、操舵介入に対する応答性も向上させることができる。

[0127] ハンドル振動に対する効果確認のシミュレーションでは、図26及び図28と同様の舵角指令値 θ_{ref} に対して舵角制御を行った場合、ハンドル振動除去部330及びハンドル制振部380の有無によるトーションバートルクの時間応答の違いを調べた。ハンドル振動除去部330ではカットオフ周波数が2Hzの1次LPFを使用した。ハンドル制振部380では、トーションバートルク1Nmに対してコラム軸換算トルクが10Nm相当になるゲイン K_v を使用し、分子のカットオフ周波数を10Hz、分母のカットオフ周波数を20Hzとした1次フィルタでの位相進み補償を行った。その結果を図29に示す。図29では、縦軸がトーションバートルク〔Nm〕、横軸が時間〔sec〕であり、実線はハンドル振動除去部330及びハンドル制振部380による振動対策がある場合で、点線は振動対策がない場合である。図29から、ハンドル振動除去部330及びハンドル制振部380により、ハンドルの振動が抑制されていることがわかる。

[0128] 効果の説明の最後として、舵角制御開始時の舵角速度の増加によりI制御の積分値が過剰に蓄積し、舵角制御指令値が過剰となるおそれがある問題（特許文献3等での課題）に対する効果について説明する。

[0129] 図30は、手動操舵状態から自動操舵状態へ移行する際の目標舵角速度 ω_t 、徐変ゲイン及び速度指令値可変制限部360での制限値の時間変化を示す図である。なお、速度制御徐変ゲイン G_{fa2} 及び速度指令徐変ゲイン G_{fa3} は、舵角制御出力徐変ゲイン G_{fa1} と同期した変化をするとして、図30には G_{fa1} のみを示す。アシスト制御出力徐変ゲイン G_{ft1} 及びアシストマップ徐変ゲイン G_{ft2} も、 G_{fa1} と同期した変化をするとして、 G_{ft1} の変化の様子のみを参考として示す。また、速度指令値可変制限部360での制限値の大きさは、 G_{fa3} が所定の閾値未満では小さい値で固定とし、 G_{fa3} が所定の閾値以上では徐々に大きくなるような設定とした。

[0130] 舵角速度指令値 ω_{ref} は、速度指令徐変ゲイン G_{fa3} を乗算され、更に速度指令値可変制限部360で制限をかけられて、目標舵角速度 ω_t となる。手動操舵状態から自動操舵状態への移行が開始すると、 G_{fa3} は0から徐々に大きくなり、目標舵角速度 ω_t も0から徐々に大きくなる。その後、時点 t_{10} で速度指令値可変制限部360への入力である舵角速度指令値 ω_{refg} が制限値（制限値 a ）に到達すると、目標舵角速度 ω_t は制限値 a で一定となるが、 G_{fa3} は増加し続ける。そして、時点 t_{11} で G_{fa3} が所定の閾値となると、制限値は徐々に大きくなり、それに合わせて目標舵角速度 ω_t も大きくなっていく。時点 t_{12} で G_{fa3} が100%となり、更に、時点 t_{13} で制限値が制限値 b になると、目標舵角速度 ω_t は制限値 b 内で変化するようになる。時点 $t_{10} \sim t_{13}$ の間、目標舵角速度 ω_t が制限値 a で制限を受け、更に舵角速度制御部370での速度制御徐変ゲイン G_{fa2} の乗算により制限を受けるので、舵角速度制御部370内での積分値の過剰な蓄積が抑制され、運転者への違和感を生じる舵角制御出力としての電流指令値を低減することができる。また、制限値の遷移完了後（つまり、時点 t_{13} 以降）は、 G_{fa3} 及び速度指令値可変制限部360により舵角速度指令値 ω_{ref} は制限されず、 G_{fa2} により舵角速度制御部370内の信号も制限されないので、通常の舵角制御にシフトすることができる。

。

[0131] 本発明の第2実施形態について説明する。

[0132] 第2実施形態では、切換判定／徐変ゲイン生成部内の手入力判定部において、特性が異なる複数の平滑化フィルタによるフィルタ処理を操舵トルクに対して行い、各フィルタ処理で求められる操舵トルク（平滑化操舵トルク）に基づいて手入力判定を行う。これにより、例えば、高域のノイズ成分を除去するためのフィルタの他に、出力する信号の反応が速いフィルタを使用すると、緊急回避時等での急峻な手入力トルクへの反応が可能となり、手入力判定の精度向上が図れる。また、各平滑化操舵トルクに対して、第1実施形態の場合と同様に、複数の閾値を適用することが可能で、これにより、手入力トルクの大きさに合わせた適切な対応が可能となる。

[0133] 第2実施形態での手入力判定部523の構成例を図31に示す。図5に示される第1実施形態での手入力判定部223と比べると、平滑化フィルタ部及び絶対値化部がそれぞれ2つ設けられている。

[0134] 平滑化フィルタ部525A及び525Bは平滑化フィルタを有し、操舵トルク T_t をそれぞれ平滑化フィルタA及び平滑化フィルタBにより平滑化し、平滑後の操舵トルク（平滑化操舵トルク） T_{ta} 及び T_{tb} をそれぞれ出力する。平滑化フィルタAは、出力する信号の反応が平滑化フィルタBより遅いが、高域のノイズ成分の除去が平滑化フィルタBよりも優れた特性を有しており、平滑化フィルタBは、出力する信号の反応が平滑化フィルタAより速いが、高域のノイズ成分の除去が平滑化フィルタAよりもやや劣る特性を有している。反応が速い平滑化フィルタBを併用することにより、操舵による緊急回避時等の急峻な手入力トルクに反応し、手入力がある場合の判定を行い易くすることができる。操舵トルク T_{ta} 及び T_{tb} は絶対値化部526A及び526Bに入力され、絶対値化部526Aは操舵トルク T_{ta} の絶対値（絶対値データ） $|T_{ta}|$ を、絶対値化部526Bは操舵トルク T_{tb} の絶対値（絶対値データ） $|T_{tb}|$ をそれぞれ判定処理部527Aに出力する。判定処理部527Aは、予め定められた複数の閾値 T_{thA1} 、

T_{thA2} 、 T_{thA3} 及び T_{thB} ($0 \leq T_{thA1} \leq T_{thA2} \leq T_{thA3} \leq T_{thB}$) を用いて、3種類の「手入力あり」の判定と1種類の「手入力なし」の判定を行う。具体的には、「絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA3} 以上」又は「絶対値 $|T_{tb}|$ が閾値 T_{thB} 以上」の場合、「手入力あり3」と判定し、「絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA2} 以上、閾値 T_{thA3} 未満」の場合、「手入力あり2」と判定し、「絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA1} 以上、閾値 T_{thA2} 未満」の場合、「手入力あり1」と判定し、「絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA1} 未満」の場合、「手入力なし」と判定する。判定結果は手入力判定信号 J_h として出力される。

[0135] なお、平滑化フィルタ部525A及び525Bでは、上述のフィルタ特性を有しているならば、平滑化フィルタ以外のフィルタを使用しても良い。更に、反応させたい手入力トルク等に合わせて、3つ以上のフィルタ部を備えても良い。また、判定処理部527は、4つの閾値を用いて判定を行っているが、閾値の数は4つに限られず、4つ以外の数の閾値を用いて判定を行っても良く、操舵トルク T_t に対して複数の閾値を用いても良い。これにより、柔軟な判定を行うことができる。

[0136] 第2実施形態での動作例は、第1実施形態の動作例と比べると、手入力判定部の動作が異なる。

[0137] 手入力判定部523を備える第2実施形態での切換判定／徐変ゲイン生成部の動作例を、図32のフローチャートを参照して説明する。

[0138] 入力した操舵トルク T_t は、手入力判定部523に入力される。手入力判定部523は、操舵トルク T_t を平滑化フィルタ部525A及び525Bで平滑化し、平滑後の操舵トルク T_{ta} 及び T_{tb} の絶対値 $|T_{ta}|$ 及び $|T_{tb}|$ を絶対値化部526A及び526Bで求める（ステップS210A）。絶対値 $|T_{ta}|$ 及び $|T_{tb}|$ は判定処理部527に入力される。判定処理部527は、絶対値 $|T_{tb}|$ が閾値 T_{thB} 以上の場合（ステップS220A）、「手入力あり3」と判定する（ステップS230A）。絶対値 $|T_{tb}|$ が閾値 T_{thB} 未満の場合（ステップS220A）、絶対値 $|$

T_{ta} が閾値 T_{thA3} 以上ならば（ステップ $S235A$ ）、「手入力あり 3」と判定し（ステップ $S230A$ ）、絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA3} 未満で閾値 T_{thA2} 以上ならば（ステップ $S240A$ ）、「手入力あり 2」と判定し（ステップ $S250A$ ）、絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA2} 未満で閾値 T_{thA1} 以上ならば（ステップ $S260A$ ）、「手入力あり 1」と判定し（ステップ $S270A$ ）、絶対値 $|T_{ta}|$ が閾値 T_{thA1} 未満ならば（ステップ $S260A$ ）、「手入力なし」と判定する（ステップ $S280A$ ）。判定結果は手入力判定信号 J_h として操舵状態判定部 224 に出力される。それ以降の動作（ステップ $S290 \sim S350$ ）は、第 1 実施形態と同じである。

[0139] 本発明の第 3 実施形態について説明する。

[0140] 第 1 及び第 2 実施形態では、手入力判定部は操舵トルクを用いて手入力判定を行っているが、第 3 実施形態では、操舵トルクに加えて、推定操舵角と実操舵角の誤差を使用して手入力判定を行う。本実施形態では、第 2 実施形態に対して、推定操舵角と実操舵角の誤差を使用した手入力判定を加える。なお、推定操舵角と実操舵角の誤差のみを使用して手入力判定を行っても良い。

[0141] 第 3 実施形態での車両システム全体の構成例を図 33 に示す。舵角制御部 700 からは、舵角制御電流指令値 I_{refP1} の他に、目標操舵角 θ_t が出力され、目標操舵角 θ_t は切換判定／徐変ゲイン生成部 620 に入力される。舵角制御部 700 は、ハンドル振動除去部 330 から出力される目標操舵角 θ_t が位置制御部 340 の他に切換判定／徐変ゲイン生成部 620 に出力される以外は、第 2 実施形態での舵角制御部 300 と同様の構成及び動作である。

[0142] 第 3 実施形態での切換判定／徐変ゲイン生成部 620 の構成例を図 34 に示す。切換判定／徐変ゲイン生成部 620 は切換判定部 621 及び徐変ゲイン生成部 222 を備え、切換判定部 621 は手入力判定部 623 及び操舵状態判定部 624 を備える。徐変ゲイン生成部 222 は第 2 実施形態と同じで

あるから、説明は省略する。

[0143] 手入力判定部 6 2 3 は、操舵トルク T_t 、実操舵角 θ_r 及び目標操舵角 θ_t を用いて手入力を判定する。

[0144] 手入力判定部 6 2 3 の構成例を図 3 5 に示しており、図 3 1 に示される第 2 実施形態での手入力判定部 5 2 3 と比べると、手入力判定部 5 2 3 と同じ構成を有する判定部 5 2 3 A に加え、判定部 6 2 3 A、舵角制御モデル部 6 2 8 及び減算部 6 2 9 を備える。判定部 6 2 3 A は、平滑化フィルタ部 6 2 5 A 及び 6 2 5 B、絶対値化部 6 2 6 A 及び 6 2 6 B 並びに判定処理部 6 2 7 を備える。

[0145] 判定部 5 2 3 A は、手入力判定部 5 2 3 と同様の動作により、手入力判定信号 $J_h 1$ （第 2 実施形態での手入力判定信号 J_h に相当）を出力する。なお、平滑化フィルタ部 5 2 5 A 及び 5 2 5 B が有する平滑化フィルタがトルク用平滑化フィルタとして機能する。また、判定処理部 5 2 7 にて予め定められた複数の閾値がトルク閾値として使用される。

[0146] 舵角制御モデル部 6 2 8 は、目標操舵角 θ_t から推定操舵角 θ_i を演算し、推定操舵角 θ_i は減算部 6 2 9 に加算入力される。舵角制御モデル部 6 2 8 は、自動操舵状態における実操舵角 θ_r を推定するために、目標操舵角 θ_t に対する実操舵角 θ_r の伝達特性を設定し、その伝達特性を用いて実操舵角を推定する。推定される実操舵角である推定操舵角 θ_i と実際の実操舵角 θ_r にずれがあれば、運転者による操舵介入があったと判断できるわけである。目標操舵角 θ_t に対する実操舵角 θ_r の伝達特性は、伝達関数や差分方程式（微分方程式）等で定義され、実験又はシミュレーションにより、目標操舵角 θ_t を入力、実操舵角 θ_r を出力として、一般的な同定方法により求める。推定精度を上げたい場合は、車速毎に伝達特性を同定する。なお、伝達関数は、車両及び EPS の周波数特性を表わすプラントモデルと舵角制御部の周波数特性を表わす制御モデルに基づいて、数式により表現しても良い。

[0147] 減算部 6 2 9 には、推定操舵角 θ_i と共に、実操舵角 θ_r が減算入力され

、推定操舵角 θ_i と実操舵角 θ_r の誤差 $d\theta$ が算出され、誤差 $d\theta$ は判定部 623A に入力される。

[0148] 判定部 623A は、誤差 $d\theta$ を対象として、判定部 523A と同様の構成及び動作により、平滑化フィルタ（誤差用平滑化フィルタ）を有する平滑化フィルタ部 625A 及び 625B で誤差 $d\theta$ の平滑化をそれぞれ行い、平滑後の誤差（平滑化誤差） $d\theta_a$ 及び $d\theta_b$ の絶対値（絶対値データ） $|d\theta_a|$ 及び $|d\theta_b|$ を絶対値化部 626A 及び 626B でそれぞれ求め、判定処理部 627 が、絶対値 $|d\theta_a|$ 及び $|d\theta_b|$ に対して、予め定められた複数の閾値（誤差閾値） θ_{thA1} 、 θ_{thA2} 、 θ_{thA3} 及び θ_{thB} ($0 \leq \theta_{thA1} \leq \theta_{thA2} \leq \theta_{thA3} \leq \theta_{thB}$) を用いて、3種類の「手入力あり」の判定と1種類の「手入力なし」の判定を行う。平滑化フィルタ部 625A 及び 625B がそれぞれ有する平滑化フィルタC及び平滑化フィルタDは、平滑化フィルタA及び平滑化フィルタBの場合と同様に、平滑化フィルタCは、出力する信号の反応が平滑化フィルタDより遅いが、高域のノイズ成分の除去が平滑化フィルタDよりも優れた特性を有しており、平滑化フィルタDは、出力する信号の反応が平滑化フィルタCより速いが、高域のノイズ成分の除去が平滑化フィルタCよりもやや劣る特性を有している。簡易的に、平滑化フィルタCは平滑化フィルタAと、平滑化フィルタDは平滑化フィルタBと同じ特性としても良い。判定結果は手入力判定信号 $Jh2$ として出力される。

[0149] なお、判定処理部 527 及び 627 は、それぞれ4つの閾値を用いて判定を行っているが、閾値の数は4つに限られず、4つ以外の数の閾値を用いて判定を行っても良い。これにより、柔軟な判定を行うことができる。

[0150] 操舵状態判定部 624 は、車両側 ECU100 からの切換信号 SW 並びに手入力判定信号 $Jh1$ 及び $Jh2$ から操舵状態を判定する。第2実施形態の場合と同様に、操舵状態には、「自動操舵1」、「自動操舵2」及び「手動操舵」があり、「自動操舵1」が通常の自動操舵状態に相当する。そして、切換信号 SW、手入力判定信号 $Jh1$ 、 $Jh2$ に加え、直前操舵状態に基づ

いて、最新の操舵状態を判定する。判定に当たり、手入力判定信号 $Jh1$ 及び $Jh2$ は、判定信号 α 及び β のいずれかに割り当てられ、例えば手入力判定信号 $Jh1$ が判定信号 α の場合、手入力判定信号 $Jh2$ が判定信号 β となり、手入力判定信号 $Jh2$ が判定信号 α の場合、手入力判定信号 $Jh1$ が判定信号 β となる。本実施形態では、手入力判定信号 $Jh1$ を判定信号 α に、手入力判定信号 $Jh2$ を判定信号 β とする。そして、判定は以下のように行われる。

[条件 A]

直前操舵状態が「自動操舵 1」又は「自動操舵 2」において、切換信号 SW が「アシスト制御モード」又は判定信号 α が「手入力あり 3」の場合、操舵状態は「手動操舵」と判定する。

[条件 B]

直前操舵状態が「自動操舵 1」において、切換信号 SW が「舵角制御モード」であり且つ判定信号 α が「手入力あり 2」であり且つ判定信号 β が「手入力あり 3」以外の場合、操舵状態は「自動操舵 2」と判定する。

[条件 C]

直前操舵状態が「自動操舵 2」において、切換信号 SW が「舵角制御モード」であり且つ判定信号 α が「手入力あり 1」又は「手入力あり 2」であり且つ判定信号 β が「手入力あり 3」以外の場合、操舵状態は変わらず「自動操舵 2」と判定する。

[条件 D]

直前操舵状態が「自動操舵 2」において、切換信号 SW が「舵角制御モード」であり且つ判定信号 α が「手入力なし」であり且つ判定信号 β が「手入力なし」の場合、操舵状態は「自動操舵 1」と判定する。

[条件 E]

直前操舵状態が「手動操舵」において、切換信号 SW が「舵角制御モード」であり且つ判定信号 α が「手入力なし」であり且つ判定信号 β が「手入力なし」の場合、操舵状態は「自動操舵 1」と判定する。

上記の条件A～条件Eを、さらに詳細にすると、下記表2～表4のようになる。なお、表2において、「－」は任意の値（つまり、判定には関係しない）を意味し、「（継続）」は操舵状態が変わらないことを意味し、各列の条件をAND条件として連結して判定する。表3は、表2での直前操舵状態が「自動操舵1」で且つ切換信号SWが「舵角制御モード」の場合の判定結果を示しており、表4は、表2での直前操舵状態が「自動操舵2」で且つ切換信号SWが「舵角制御モード」の場合の判定結果を示しており、 α は「判定信号 α 」を、 β は「判定信号 β 」を表わしている。

[0151] [表2]

直前操舵状態	切換信号 SW	判定信号 α	判定信号 β	判定結果
自動操舵1	アシスト制御モード	－	－	手動操舵
	舵角制御モード	※表3参照		
自動操舵2	アシスト制御モード	－	－	手動操舵
	舵角制御モード	※表4参照		
手動操舵	アシスト制御モード	－	－	（継続）
	舵角制御モード	手入力なし	手入力なし	自動操舵1
		手入力なし以外	手入力なし以外	（継続）

[0152] [表3]

直前操舵状態＝「自動操舵1」、切換信号SW＝「舵角制御モード」

$\alpha \backslash \beta$	手入力あり3	手入力あり2	手入力あり1	手入力なし
手入力あり3	手動操舵	手動操舵	手動操舵	手動操舵
手入力あり2	手動操舵	自動操舵2	自動操舵2	自動操舵2
手入力あり1	手動操舵	自動操舵2	（継続）	（継続）
手入力なし	手動操舵	自動操舵2	（継続）	（継続）

[0153] [表4]

直前操舵状態＝「自動操舵2」、切換信号SW＝「舵角制御モード」

$\alpha \backslash \beta$	手入力あり3	手入力あり2	手入力あり1	手入力なし
手入力あり3	手動操舵	手動操舵	手動操舵	手動操舵
手入力あり2	手動操舵	（継続）	（継続）	（継続）
手入力あり1	手動操舵	（継続）	（継続）	（継続）
手入力なし	手動操舵	（継続）	（継続）	自動操舵1

上記表 2～表 4 に従って操舵状態を判定し、判定結果は操舵状態判定信号 J_s として徐変ゲイン生成部 222 に出力されると共に、舵角制御部 700 にも出力される。なお、第 2 実施形態の場合と同様に、切換信号 SW を使用せずに操舵状態を判定しても良い。

[0154] 第 3 実施形態での動作例は、第 2 実施形態の動作例と比べると、舵角制御部 700 が目標操舵角 θ_t を切換判定／徐変ゲイン生成部 620 に出力する他に、切換判定／徐変ゲイン生成部の動作が異なる。

[0155] 第 3 実施形態での切換判定／徐変ゲイン生成部 620 の動作例を、図 36 及び図 37 のフローチャートを参照して説明する。なお、操舵状態判定部 624 において、直前操舵状態には「手動操舵」が、保持する切換信号 SW には「アシスト制御モード」が、操舵状態判定信号 J_s には「手動操舵」がそれぞれ初期値として設定されているとする。

[0156] 入力した操舵トルク T_t 、目標操舵角 θ_t 及び実操舵角 θ_r は、切換判定部 621 内の手入力判定部 623 に入力される。手入力判定部 623 では、操舵トルク T_t が判定部 623A に、目標操舵角 θ_t が舵角制御モデル部 628 に、実操舵角 θ_r が減算部 629 に入力される。

[0157] 舵角制御モデル部 628 は、目標操舵角 θ_t から推定操舵角 θ_i を演算する（ステップ S410）。推定操舵角 θ_i は減算部 629 に加算入力され、実操舵角 θ_r を減算され（ステップ S420）、誤差 $d\theta$ ($=\theta_i - \theta_r$) が判定部 623A に入力される。

[0158] 判定部 523A は、第 2 実施形態での手入力判定部 523 と同様の動作により手入力判定を行い、判定結果を手入力判定信号 J_{h1} として操舵状態判定部 624 に出力する（ステップ S210A～S280A）。

[0159] 判定部 623A は、誤差 $d\theta$ を平滑化フィルタ部 625A 及び 625B で平滑化し、平滑後の誤差 $d\theta_a$ 及び $d\theta_b$ の絶対値 $|d\theta_a|$ 及び $|d\theta_b|$ を絶対値化部 626A 及び 626B で求める（ステップ S430）。絶対値 $|d\theta_a|$ 及び $|d\theta_b|$ は判定処理部 627 に入力される。判定処理部 627 は、絶対値 $|d\theta_b|$ が閾値 θ_{thB} 以上の場合（ステップ S440

）、「手入力あり3」と判定する（ステップS450）。絶対値 $|d\theta b|$ が閾値 $\theta th B$ 未満の場合（ステップS440）、絶対値 $|d\theta a|$ が閾値 $\theta th A3$ 以上ならば（ステップS460）、「手入力あり3」と判定し（ステップS450）、絶対値 $|d\theta a|$ が閾値 $\theta th A3$ 未満で閾値 $\theta th A2$ 以上ならば（ステップS470）、「手入力あり2」と判定し（ステップS480）、絶対値 $|d\theta a|$ が閾値 $\theta th A2$ 未満で閾値 $\theta th A1$ 以上ならば（ステップS490）、「手入力あり1」と判定し（ステップS500）、絶対値 $|d\theta a|$ が閾値 $\theta th A1$ 未満ならば（ステップS490）、「手入力なし」と判定する（ステップS510）。判定結果は手入力判定信号 $Jh2$ として操舵状態判定部624に出力される。なお、判定部523Aの動作と判定部623Aの動作は、順番が逆でも、並行して実行されても良い。

[0160] 操舵状態判定部624は、切換信号SWの入力の有無を確認し（ステップS290）、切換信号SWを入力していたら、保持している切換信号SWの値を更新する（ステップS300）。そして、入力した手入力判定信号 $Jh1$ 及び $Jh2$ をそれぞれ判定信号 α 及び β とし、直前操舵状態、切換信号SWを用いて、表2～表4の条件判定に従って操舵状態の判定を行う（ステップS310A）。それ以降の動作（ステップS320～S350）は、第2実施形態と同じである。

[0161] 本発明の第4実施形態について説明する。

[0162] 第4実施形態では、操舵状態に応じた舵角指令徐変ゲイン $Gfa4$ の変化の態様を他の徐変ゲインと一部異ならせ、また、舵角制御部内の可変レート制限部で使用する制限値を、操舵状態判定信号 Js ではなく、舵角指令徐変ゲイン $Gfa4$ に応じて設定するようにする。本実施形態では、第3実施形態に対して、これらの変更を加える。

[0163] 第4実施形態での車両システム全体の構成例を図38に示す。図33に示される第3実施形態の構成例と比べると、切換判定／徐変ゲイン生成部及び舵角制御部が異なっており、切換判定／徐変ゲイン生成部820からは操舵

状態判定信号 J_s が舵角制御部 900 に出力されていない。

[0164] 切換判定／徐変ゲイン生成部 820 では、第 3 実施形態の場合と同様に、徐変ゲイン生成部が、操舵状態判定信号 J_s により操舵状態を判断し、操舵状態によって徐変ゲインが異なる値を取るようにするが、操舵状態の判断が第 3 実施形態と一部異なる。即ち、「自動操舵 1」は自動操舵状態と判断して値を設定するが、「自動操舵 2」は、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} においては手動操舵状態と判断して値を設定し、その他の徐変ゲインにおいては値を直前の値のままとする。「手動操舵」は手動操舵状態と判断する。操舵状態がこのように判断されるので、図 6 (A) に示される舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} の変化のタイミングが、他の徐変ゲインと異なることになる。即ち、自動操舵状態から手動操舵状態へ移行する場合、時点 t_1 において、徐変ゲイン $G_{fa1} \sim G_{fa3}$ は、操舵状態判定信号 J_s が「手動操舵」に変わると減少し始めるが、徐変ゲイン G_{fa4} は、「手動操舵」又は「自動操舵 2」に変わると減少し始める。手動操舵状態から自動操舵状態へ移行する場合は、徐変ゲイン G_{fa4} は徐変ゲイン $G_{fa1} \sim G_{fa3}$ と同様に、操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 1」に変わった時点から増加し始める。切換状態においては、操舵状態判定信号 J_s が「手動操舵」又は「自動操舵 1」に変わった場合は、徐変ゲイン G_{fa4} は徐変ゲイン $G_{fa1} \sim G_{fa3}$ と同様の動作を行うが、「自動操舵 2」に変わった場合は、徐変ゲイン $G_{fa1} \sim G_{fa3}$ は変化しないが、徐変ゲイン G_{fa4} は減少する。

[0165] 舵角制御部 900 の構成例を図 39 に示す。舵角制御部 900 では、可変レート制限部 920 に、操舵状態判定信号 J_s ではなく舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が入力されている。

[0166] 可変レート制限部 920 は、1 サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} 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、舵角指令値 θ_{ref1} を加減算し、舵角指令値 θ_{ref2} として出力し、制限値以下の場合は、舵角指令値 θ_{ref1} をそのまま舵角指令値 θ_{ref2} として出力する。そして、自動

操舵状態及び手動操舵状態において適切な制限値を設定すべく、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} に応じて制限値を設定する。舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} より操舵状態を判断し、自動操舵状態では予め定められた制限値とし、手動操舵状態では制限値をゼロとし、舵角指令値 θ_{ref2} が変化せずに一定となるようにする。切換状態では、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} が減少しているときは制限値をゼロとし、増加しているときは予め定められた制限値とする。なお、自動操舵状態において、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い。

[0167] ここで、切換判定／徐変ゲイン生成部 820 での操舵状態の判定とその判定結果を基に決定された舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} に応じた可変レート制限部 920 の制限値の設定の効果について、例を用いて説明する。なお、手入力判定部 623 の判定部 523A 及び判定部 623A は同じ判定を行っているとする。

[0168] 図 40 は、自動運転中において道路に物体、水溜り、氷等の障害物があり、その障害物を避けるために運転者による操舵介入が発生した場合の手入力判定結果及び操舵状態の変化の様子を示したものである。

[0169] 障害物を僅かに右側に避ける程度の操舵介入で、「手入力あり 3」と判定されるレベルよりも弱い手入力の場合、操舵状態は「手動操舵」には遷移せずに、舵角制御は継続されることになる。よって、車両側 ECU 100 は、運転者の操舵介入により右側に寄った車両を中央に戻すために、左側にハンドルを切るように舵角指令値を更新するので、右側に寄りたい運転者による操舵介入と中央を維持したい車両側 ECU 100 からの舵角指令値による操舵が衝突することになる。そこで、安全優先の点から、運転者の操舵介入を優先させるために、手入力判定が地点 P1 において「手入力あり 2」になることにより、操舵状態が「自動操舵 2」の状態になり、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} を介して可変レート制限部 920 の制限値をゼロにし、舵角指令値を一定値にする。これにより、舵角指令値の更新の影響を受けず、スムーズ

な操舵介入を実現することができる。

[0170] 障害物をかわした後、運転者の操舵介入が弱まり、地点 P 2 において手入力判定が「手入力あり 1」になっても、操舵状態は「自動操舵 2」のままであり、更に、操舵介入が弱まり、地点 P 3 において手入力判定が「手入力なし」になると、操舵状態は「自動操舵 1」に遷移する。このように、一度「手入力あり 1」になることで、「自動操舵 1」と「自動操舵 2」間の切り換えりによるチャタリング等の発生を防止することができる。「自動操舵 1」になった後は、通常の舵角指令値になり、自動運転に戻る。

[0171] このように、障害物をかわすために運転者による操舵介入があった場合でも、「手動操舵」に遷移せず、シームレスな操舵を実現することができる。

[0172] 第 4 実施形態での動作例は、第 3 実施形態の動作例と比べると、徐変ゲイン生成部及び可変レート制限部の動作が異なる。

[0173] 第 4 実施形態の徐変ゲイン生成部での徐変ゲイン生成の動作例を、図 4 1 のフローチャートを参照して説明する。

[0174] 徐変ゲイン生成部は、操舵状態判定信号 J_s の値を確認する（ステップ S 3 3 0）。操舵状態判定信号 J_s が「手動操舵」の場合、各徐変ゲイン（ $G_{fa1} \sim G_{fa4}$ 、 G_{ft1} 、 G_{ft2} ）を手動操舵状態での値（ $G_{fa1} \sim G_{fa4}$ では 0%、 G_{ft1} 及び G_{ft2} では 100%）に遷移させる（ステップ S 3 4 0）。操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 1」の場合、各徐変ゲインを自動操舵状態での値（ $G_{fa1} \sim G_{fa4}$ では 100%、 G_{ft1} では α_{t1} 、 G_{ft2} では α_{t2} ）に遷移させる（ステップ S 3 5 0）。操舵状態判定信号 J_s が「自動操舵 2」の場合、徐変ゲインが舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} ならば（ステップ S 3 6 0）、「手動操舵」の場合と同様の動作を行い（ステップ S 3 4 0）、徐変ゲインが舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} 以外ならば（ステップ S 3 6 0）、各徐変ゲインはそのままとする。

[0175] 第 4 実施形態の可変レート制限部 9 2 0 でのレート制限の動作例を、図 4 2 のフローチャートを参照して説明する。

[0176] 可変レート制限部 9 2 0 は、舵角指令徐変ゲイン G_{fa4} の値を確認し（

ステップS660A)、 $Gfa4$ が0%の場合、制限値をゼロとし(ステップS670)、保持している1サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} の値を実操舵角 θ_r の値にする(ステップS671)。 $Gfa4$ が100%の場合、制限値を予め定められた値とする(ステップS680)。 $Gfa4$ が0~100%の間の場合、1サンプル前の $Gfa4$ から減少しているならば(ステップS672)、制限値をゼロとし(ステップS681)、そうでなければ(ステップS672)、制限値を予め定められた値とする(ステップS680A)。そして、舵角指令値 θ_{ref1} と1サンプル前の舵角指令値 θ_{ref1} との差分(変化量)を算出する(ステップS690)。変化量の絶対値が制限値より大きい場合(ステップS700)、変化量の絶対値が制限値となるように、舵角指令値 θ_{ref1} を加減算し(ステップS710)、舵角指令値 θ_{ref2} として出力する(ステップS720)。変化量の絶対値が制限値以下の場合(ステップS700)、舵角指令値 θ_{ref1} をそのまま舵角指令値 θ_{ref2} として出力する(ステップS720)。

[0177] 本発明の他の実施形態について説明する。

[0178] 第1実施形態では、舵角速度制御部370での速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ の乗算は、積分部373からの出力である制御量 I_r1 に対して行われているが、減算部375からの出力である舵角制御電流指令値 I_{refW} に対して行うことも可能である。

[0179] 図43は、舵角制御電流指令値 I_{refW} に対して速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ を乗算する場合の舵角速度制御部の構成例(第5実施形態)である。図14に示される第1実施形態での舵角速度制御部370と比べると、第5実施形態での舵角速度制御部370Aでは、乗算部376が積分部373の後ではなく、減算部375の後に設置されており、その他の構成は同じである。

[0180] 第5実施形態での舵角速度制御部370Aの動作例では、図20に示される第1実施形態の動作例において、積分部373が操作量 $D1$ を積分して制御量 I_r1 を算出するステップS890までは同じ動作で、その後、制御量

l_{r1} は減算部 375 に入力され、減算部 375 にて制御量 l_{r1} と l_{r2} の偏差 ($l_{r1} - l_{r2}$) として制御量 l_{r3}' が算出される。そして、乗算部 376 は、制御量 l_{r3}' に速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ を乗算し、舵角制御電流指令値 l_{refW} として加算部 394 に出力する。それ以降（ステップ S930～）は、第 1 実施形態と同じ動作である。

[0181] 速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ の乗算を、舵角速度制御部 370 内の他の箇所で行うことも可能である。

[0182] 図 44 に示される舵角速度制御部の構成例（第 6 実施形態）では、減算部 374 からの出力である偏差 ω_e に対して速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ を乗算している。図 14 に示される第 1 実施形態での舵角速度制御部 370 と比べると、第 6 実施形態での舵角速度制御部 370B では、乗算部 376 が積分部 373 の後ではなく、減算部 374 の後に設置されており、その他の構成は同じである。

[0183] 第 6 実施形態での舵角速度制御部 370B の動作例では、図 20 に示される第 1 実施形態の動作例において、減算部 374 が目標舵角速度 ω_t と実舵角速度 ω_r の偏差 ω_e を算出するステップ S870 までは同じ動作で、偏差 ω_e はゲイン乗算部 371 ではなく、乗算部 376 に入力され、乗算部 376 は、偏差 ω_e に速度制御徐変ゲイン $Gfa2$ を乗算し、偏差 ω_{e1} としてゲイン乗算部 371 に出力する。その後は、ステップ S900 がなくなるだけで、第 1 実施形態と同じ動作である。

[0184] 上述の実施形態（第 1～第 6 実施形態）では、速度指令値可変制限部 360 は、速度指令徐変ゲイン $Gfa3$ に応じて制限値を設定し、 $Gfa3$ が所定の閾値になったときに制限値を切り換えているが、 $Gfa3$ の代わりに舵角制御出力徐変ゲイン $Gfa1$ を使用し、 $Gfa1$ が 100% になったときに制限値を切り換えるようにしても良い。この場合の構成（第 7 実施形態）では、速度指令値可変制限部には $Gfa3$ の代わりに $Gfa1$ が入力され、その他の構成は他の実施形態と同じである。第 7 実施形態での動作では、速度指令値可変制限部での制限値決定の判断動作（図 20 でのステップ S83

0) が、 $Gfa1$ が 100% 未満か否かの確認に変わるだけである。第 7 実施形態において、手動操舵状態から自動操舵状態へ移行する際の目標舵角速度 ω_t 、徐変ゲイン及び速度指令値可変制限部での制限値の時間変化は、図 45 に示されるようになる。図 30 で示される時間変化と比べると、速度指令値可変制限部での制限値が、 $Gfa1$ が 100% となる時点 t_{12} から徐々に大きくなっており、それに合わせて目標舵角速度 ω_t も大きくなっている。

[0185] なお、上述の実施形態（第 1～第 7 実施形態）における各徐変ゲイン（ $Gfa1 \sim Gfa4$ 、 $Gft1$ 、 $Gft2$ ）の乗算に関して、徐変ゲイン乗算による効果よりコストを重視する場合等では、少なくとも 1 つの乗算を残して、後の乗算は省略可能である。また、各制限部（舵角指令値可変制限部、可変レート制限部、速度指令値可変制限部、舵角制御電流指令値制限部）も、同様の場合等では省略可能である。舵角指令値可変制限部 310、可変レート制限部 320（又は 920）及び乗算部 391、更にハンドル振動除去部 330 が省略された場合、位置制御部 340 には目標操舵角 θ_t として舵角指令値 θ_{ref} が入力されることになる。乗算部 392 及び速度指令値可変制限部 360 が省略された場合、舵角速度制御部 360 には目標舵角速度 ω_t として舵角速度指令値 ω_{ref} が入力されることになる。

符号の説明

[0186] 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）
10	トルクセンサ
12	車速センサ
13	バッテリー
20	モータ
21	回転角センサ
30	コントロールユニット（ECU）
31	電流指令値演算部

3 3	電流制限部	
3 4	補償信号生成部	
3 5	P I 制御部	
3 6	P W M 制御部	
3 7	インバータ	
3 8	モータ電流検出器	
1 0 0	車両側 E C U	
1 1 0	車両状態量検出部	
1 2 0	切換指令部	
1 3 0	目標軌道演算部	
1 4 0	車両運動制御部	
1 4 1	舵角指令値生成部	
2 0 0、6 0 0、8 0 0	E P S 側 E C U	
2 1 0	E P S 状態量検出部	
2 2 0、6 2 0、8 2 0	切換判定／徐変ゲイン生成部	
2 2 1、6 2 1	切換判定部	
2 2 2	徐変ゲイン生成部	
2 2 3、5 2 3、6 2 3	手入力判定部	
2 2 4、6 2 4	操舵状態判定部	
2 2 5、5 2 5 A、5 2 5 B、6 2 5 A、6 2 5 B	平滑化フィルタ部	
2 2 6、5 2 6 A、5 2 6 B、6 2 6 A、6 2 6 B	絶対値化部	
2 2 7、5 2 7、6 2 7	判定処理部	
2 3 0	アシスト制御部	
2 4 0	切換部	
2 5 0	電流制御／駆動部	
3 0 0、7 0 0、9 0 0	舵角制御部	
3 1 0	舵角指令値可変制限部	
3 2 0、9 2 0	可変レート制限部	

3 3 0	ハンドル振動除去部
3 4 0	位置制御部
3 4 1	比例ゲイン部
3 5 0	操舵介入補償部
3 5 1	操舵介入位相補償部
3 5 2	不感帯設定部
3 5 3	補償マップ部
3 5 5	フィルタ部
3 6 0	速度指令値可変制限部
3 7 0、3 7 0 A、3 7 0 B、4 7 0、5 7 0	舵角速度制御部
3 7 1、3 7 2	ゲイン乗算部
3 7 3	積分部
3 8 0	ハンドル制振部
3 8 1	ゲイン部
3 8 2	制振位相補償部
3 9 0	舵角制御電流指令値制限部
4 0 0	プラント
5 2 3 A、6 2 3 A	判定部
6 2 8	舵角制御モデル部

請求の範囲

- [請求項1] 電流指令値に基づいてモータを駆動し、前記モータの駆動制御によって操舵系に対してアシスト制御及び舵角制御を行う電動パワーステアリング装置において、
- 少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて、前記舵角制御のための舵角制御電流指令値を演算する舵角制御部と、
- 手入力の判定に基づいて操舵状態を判定し、前記操舵状態の切換を行う切換判定／徐変ゲイン生成部とを備え、
- 前記舵角制御部は、
- 少なくとも前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて演算される舵角速度指令値を、F Fフィルタを用いて拡張舵角速度指令値に変換するフィルタ部を具備し、
- 前記拡張舵角速度指令値及び実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算し、
- 前記切換判定／徐変ゲイン生成部は、
- 操舵トルクに対して閾値を用いて前記手入力の判定を行う手入力判定部を具備し、
- 少なくとも前記舵角制御電流指令値を用いて前記電流指令値を演算することを特徴とする電動パワーステアリング装置。
- [請求項2] 前記手入力判定部が、
- 平滑化フィルタで平滑化される前記操舵トルクに対して前記閾値を用いて前記手入力の判定を行う請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項3] 前記手入力判定部が、
- 前記操舵トルクに対して複数の前記閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有する請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項4] 前記手入力判定部が、

特性が異なる複数の平滑化フィルタを有し、前記平滑化フィルタそれぞれで前記操舵トルクを平滑化して複数の平滑化操舵トルクを求め、前記平滑化操舵トルクそれぞれに対して前記閾値を用いて前記手入力の判定を行う請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項5]

前記手入力判定部が、

少なくとも 1 つの前記平滑化操舵トルクに対して複数の前記閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有する請求項 4 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項6]

前記切換判定／徐変ゲイン生成部が、

動作モードをアシスト制御モード又は舵角制御モードに切り換える切換信号及び前記手入力判定部の判定結果に基づいて前記操舵状態を判定する操舵状態判定部と、

前記操舵状態に応じて、前記アシスト制御の制御量及び前記舵角制御の制御量を調整する徐変ゲインを生成する徐変ゲイン生成部とを具備する請求項 3 又は 5 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項7]

前記操舵状態判定部が、

前記切換信号が前記アシスト制御モードの場合、

又は、直前の前記操舵状態が自動操舵 1 若しくは自動操舵 2 であり、且つ前記判定結果が手入力あり 3 の場合、

前記操舵状態を手動操舵と判定する請求項 6 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項8]

前記操舵状態判定部が、

直前の前記操舵状態が前記手動操舵又は前記自動操舵 2 であり、且つ前記切換信号が前記舵角制御モードであり、且つ前記判定結果が手入力なしの場合、

前記操舵状態を前記自動操舵 1 と判定する請求項 7 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項9]

前記徐変ゲイン生成部が、

前記自動操舵 1 に対して所定の第 1 ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記手動操舵に対して所定の第 2 ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、

前記操舵状態が前記自動操舵 1 に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第 1 ゲイン値に遷移させ、前記操舵状態が前記手動操舵に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第 2 ゲイン値に遷移させる請求項 7 又は 8 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項 10] 電流指令値に基づいてモータを駆動し、前記モータの駆動制御によって操舵系に対してアシスト制御及び舵角制御を行う電動パワーステアリング装置において、

少なくとも舵角指令値及び実操舵角に基づいて、前記舵角制御のための舵角制御電流指令値を演算する舵角制御部と、

手入力の判定に基づいて操舵状態を判定し、前記操舵状態の切換を行う切換判定／徐変ゲイン生成部とを備え、

前記舵角制御部は、

少なくとも前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて演算される舵角速度指令値を、FF フィルタを用いて拡張舵角速度指令値に変換するフィルタ部を具備し、

前記拡張舵角速度指令値及び実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算し、

前記切換判定／徐変ゲイン生成部は、

前記舵角指令値に基づいて推定される推定操舵角と前記実操舵角の誤差に対して誤差閾値を用いて前記手入力の判定を行う第 1 判定部を具備する手入力判定部を備え、

少なくとも前記舵角制御電流指令値を用いて前記電流指令値を演算することを特徴とする電動パワーステアリング装置。

[請求項 11] 前記第 1 判定部が、

特性が異なる複数の誤差用平滑化フィルタを有し、前記誤差用平滑

化フィルタそれぞれで前記誤差を平滑化して複数の平滑化誤差を求め、前記平滑化誤差それぞれに対して前記誤差閾値を用いて前記手入力の判定を行う請求項 10 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項12] 前記第 1 判定部が、
少なくとも 1 つの前記平滑化誤差に対して複数の前記誤差閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有する請求項 11 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項13] 前記手入力判定部が、
操舵トルクに対してトルク閾値を用いて前記手入力の判定を行う第 2 判定部を更に具備する請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項14] 前記第 2 判定部が、
特性が異なる複数のトルク用平滑化フィルタを有し、前記トルク用平滑化フィルタそれぞれで前記操舵トルクを平滑化して複数の平滑化操舵トルクを求め、前記平滑化操舵トルクそれぞれに対して前記トルク閾値を用いて前記手入力の判定を行う請求項 13 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項15] 前記第 2 判定部が、
少なくとも 1 つの前記平滑化操舵トルクに対して複数の前記トルク閾値を用い、手入力ありの判定結果として複数の判定結果を有する請求項 14 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項16] 前記切換判定／徐変ゲイン生成部が、
動作モードをアシスト制御モード又は舵角制御モードに切り換える切換信号、前記第 1 判定部の第 1 判定結果及び前記第 2 判定部の第 2 判定結果に基づいて前記操舵状態を判定する操舵状態判定部と、
前記操舵状態に応じて、前記アシスト制御の制御量及び前記舵角制御の制御量を調整する徐変ゲインを生成する徐変ゲイン生成部とを具備する請求項 15 に記載の電動パワーステアリング装置。

- [請求項17] 前記操舵状態判定部が、
前記切換信号が前記アシスト制御モードの場合、
又は、直前の前記操舵状態が自動操舵1若しくは自動操舵2であり、
且つ前記第1判定結果若しくは前記第2判定結果が手入力あり3の場合、
前記操舵状態を手動操舵と判定する請求項16に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項18] 前記操舵状態判定部が、
直前の前記操舵状態が前記手動操舵又は前記自動操舵2であり、且つ前記切換信号が前記舵角制御モードであり、且つ前記第1判定結果及び前記第2判定結果が手入力なしの場合、
前記操舵状態を前記自動操舵1と判定する請求項17に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項19] 前記徐変ゲイン生成部が、
前記自動操舵1に対して所定の第1ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、前記手動操舵に対して所定の第2ゲイン値を前記徐変ゲインに設定し、
前記操舵状態が前記自動操舵1に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第1ゲイン値に遷移させ、前記操舵状態が前記手動操舵に変わった場合、前記徐変ゲインを前記第2ゲイン値に遷移させる請求項17又は18に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項20] 前記徐変ゲイン生成部が、
前記舵角指令値に対して乗算される舵角指令徐変ゲインを生成し、
前記操舵状態が前記自動操舵2に変わった場合、前記舵角指令徐変ゲインを前記第2ゲイン値に遷移させる請求項19に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項21] 前記舵角制御部が、
前記舵角指令値の変化量に対して、前記操舵状態に応じて設定され

る制限値によって制限をかける可変レート制限部を更に具備する請求項 7 乃至 9 及び 17 乃至 20 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項22] 前記可変レート制限部が、
前記操舵状態が前記自動操舵 1 から前記自動操舵 2 又は前記手動操舵に変わった場合、前記制限値をゼロに遷移させる請求項 21 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項23] 前記可変レート制限部が、
前記操舵状態が前記自動操舵 1 以外から前記自動操舵 1 に変わった場合、前記制限値を所定の値に遷移させる請求項 21 又は 22 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項24] 前記舵角制御部が、
前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて舵角速度指令値を演算する位置制御部と、
前記拡張舵角速度指令値及び前記実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算する舵角速度制御部とを具備する請求項 1 乃至 5 及び 13 乃至 15 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項25] 前記舵角制御部が、
前記操舵トルクに応じて操舵介入補償のための補償舵角速度指令値を求める操舵介入補償部を更に具備し、
前記補償舵角速度指令値を用いて前記舵角速度指令値を補償し、
前記操舵介入補償部が、
前記操舵トルクに対する前記補償舵角速度指令値の特性を定めた操舵介入補償マップを有する補償マップ部を具備する請求項 24 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項26] 前記舵角制御部が、
前記舵角指令値及び前記実操舵角に基づいて舵角速度指令値を演算

する位置制御部と、

前記拡張舵角速度指令値及び前記実舵角速度に基づいて前記舵角制御電流指令値を演算する舵角速度制御部とを具備する請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項27]

前記舵角制御部が、

操舵トルクに応じて操舵介入補償のための補償舵角速度指令値を求める操舵介入補償部を更に具備し、

前記補償舵角速度指令値を用いて前記舵角速度指令値を補償し、

前記操舵介入補償部が、

前記操舵トルクに対する前記補償舵角速度指令値の特性を定めた操舵介入補償マップを有する補償マップ部を具備する請求項 26 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項28]

前記操舵介入補償マップが、前記操舵トルクが増加すると前記補償舵角速度指令値も増加する特性を有する請求項 25 又は 27 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項29]

前記操舵介入補償マップが、車速が増加すると前記補償舵角速度指令値が減少する特性を有する請求項 25、27 又は 28 に記載の電動パワーステアリング装置。

[請求項30]

前記操舵介入補償部が、

前記操舵トルクに対して位相補償を行う操舵介入位相補償部を更に具備し、

前記操舵介入位相補償部及び前記補償マップ部を介して、前記操舵トルクより前記補償舵角速度指令値を求める請求項 25 又は 27 に記載の電動パワーステアリング装置。

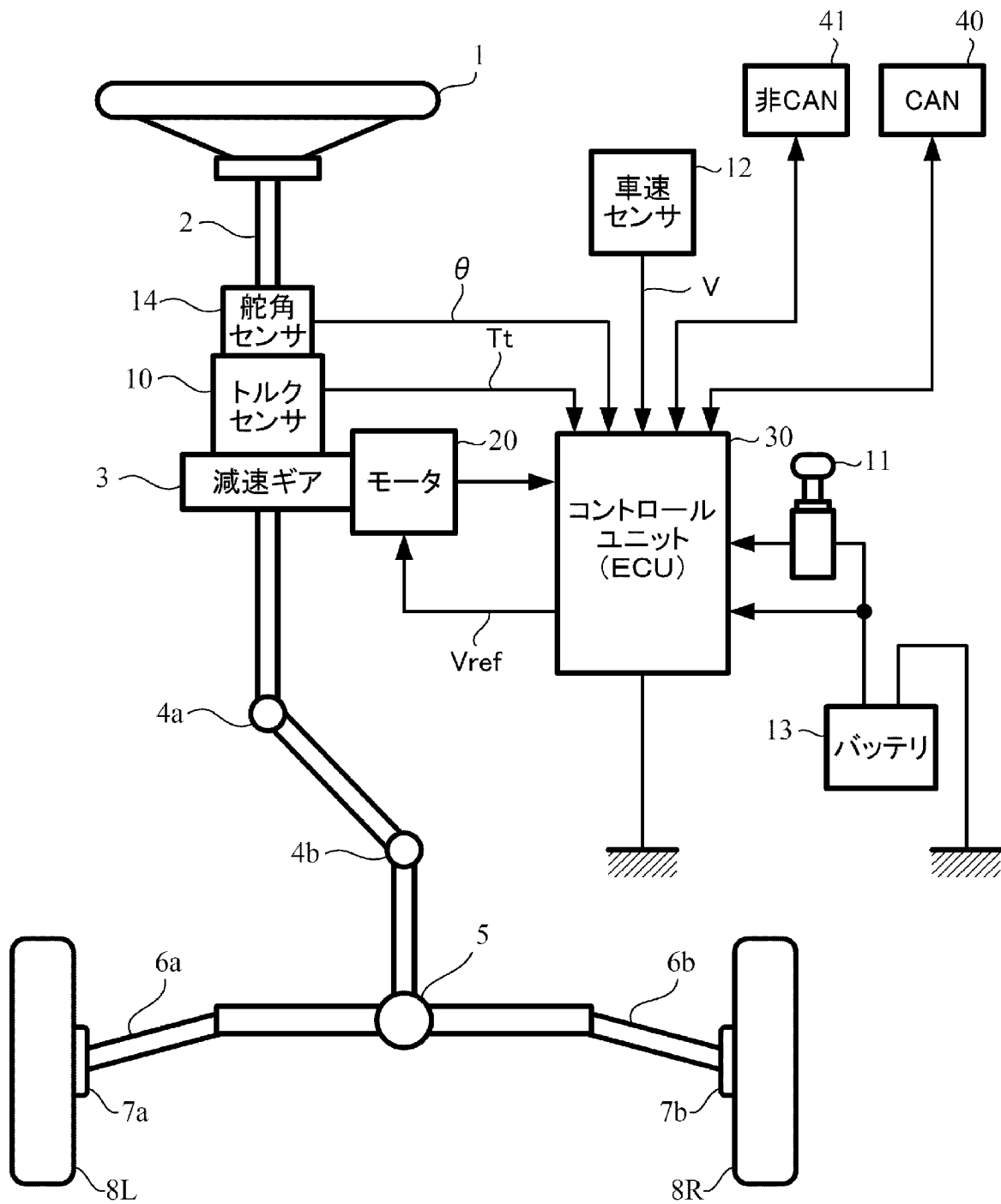
[請求項31]

前記位置制御部が、

前記舵角指令値と前記実操舵角の偏差に比例ゲインを乗算して前記舵角速度指令値を算出する比例ゲイン部を具備する請求項 24 乃至 30 のいずれか 1 項に記載の電動パワーステアリング装置。

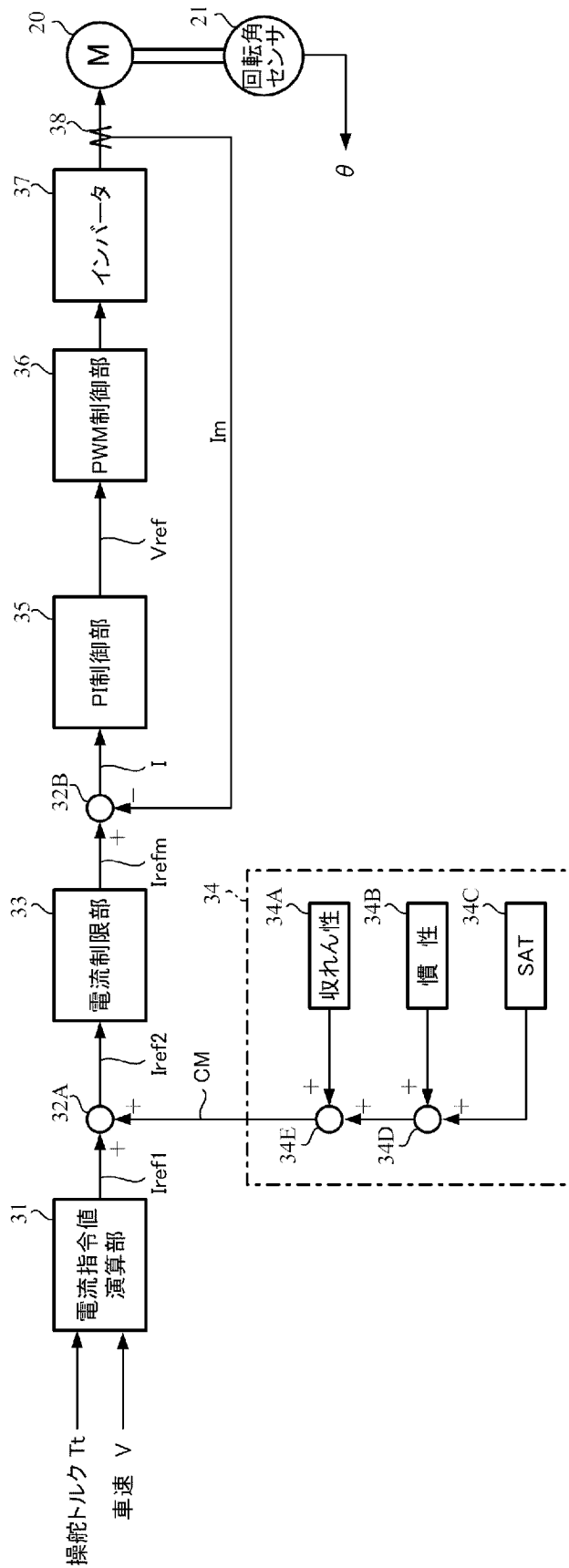
- [請求項32] 前記舵角速度制御部が、前記舵角速度指令値及び前記実舵角速度を用いて、I－P制御によって前記舵角制御電流指令値を演算する請求項24乃至31のいずれか1項に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項33] 少なくとも前記操舵トルクに基づいて、前記アシスト制御のためのアシスト制御電流指令値を演算するアシスト制御部を更に備え、
前記アシスト制御電流指令値及び前記舵角制御電流指令値より前記電流指令値を演算する請求項1乃至9及び13乃至32のいずれか1項に記載の電動パワーステアリング装置。
- [請求項34] 少なくとも操舵トルクに基づいて、前記アシスト制御のためのアシスト制御電流指令値を演算するアシスト制御部を更に備え、
前記アシスト制御電流指令値及び前記舵角制御電流指令値より前記電流指令値を演算する請求項10乃至12のいずれか1項に記載の電動パワーステアリング装置。

[図1]



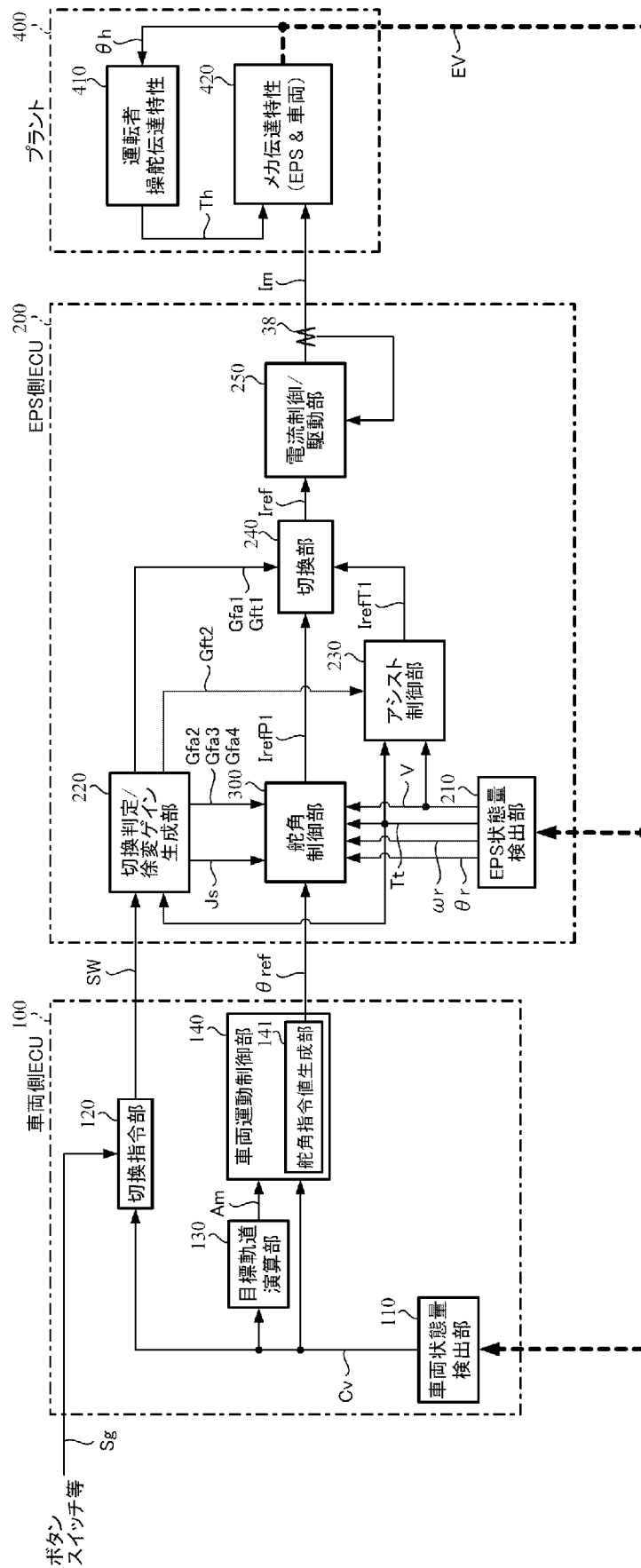
従来例

[図2]

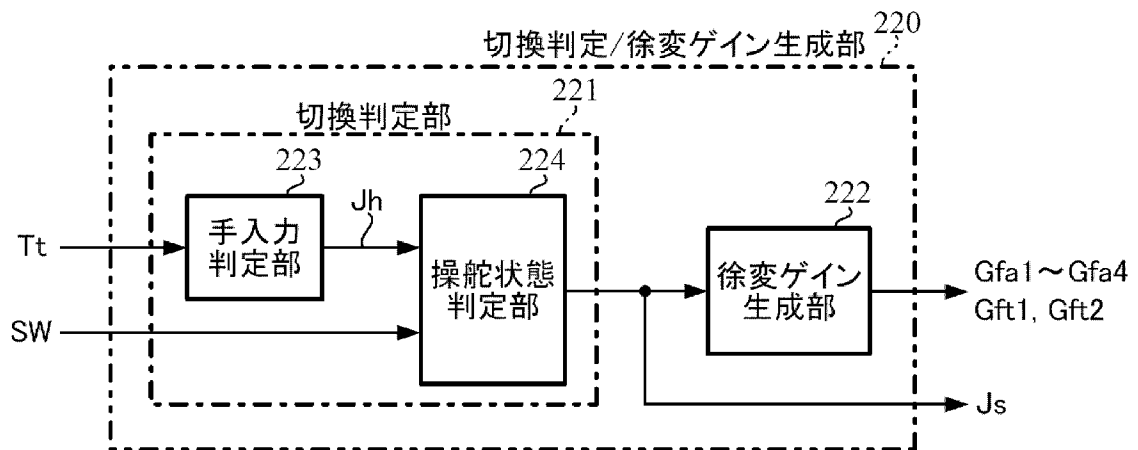


従来例

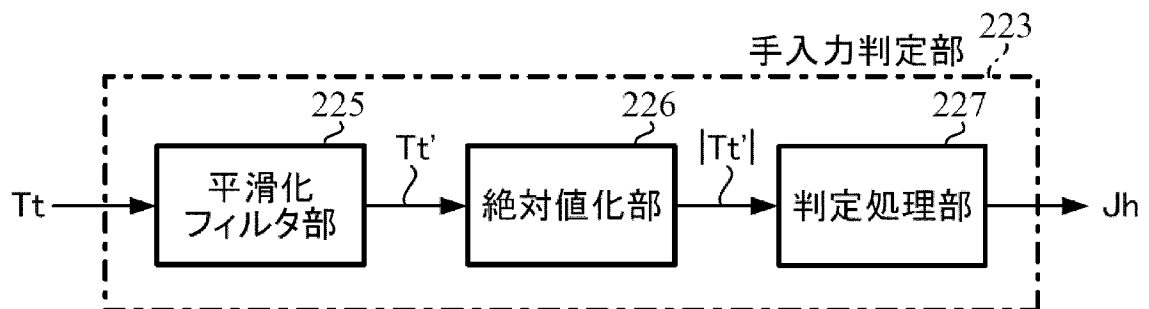
[図3]



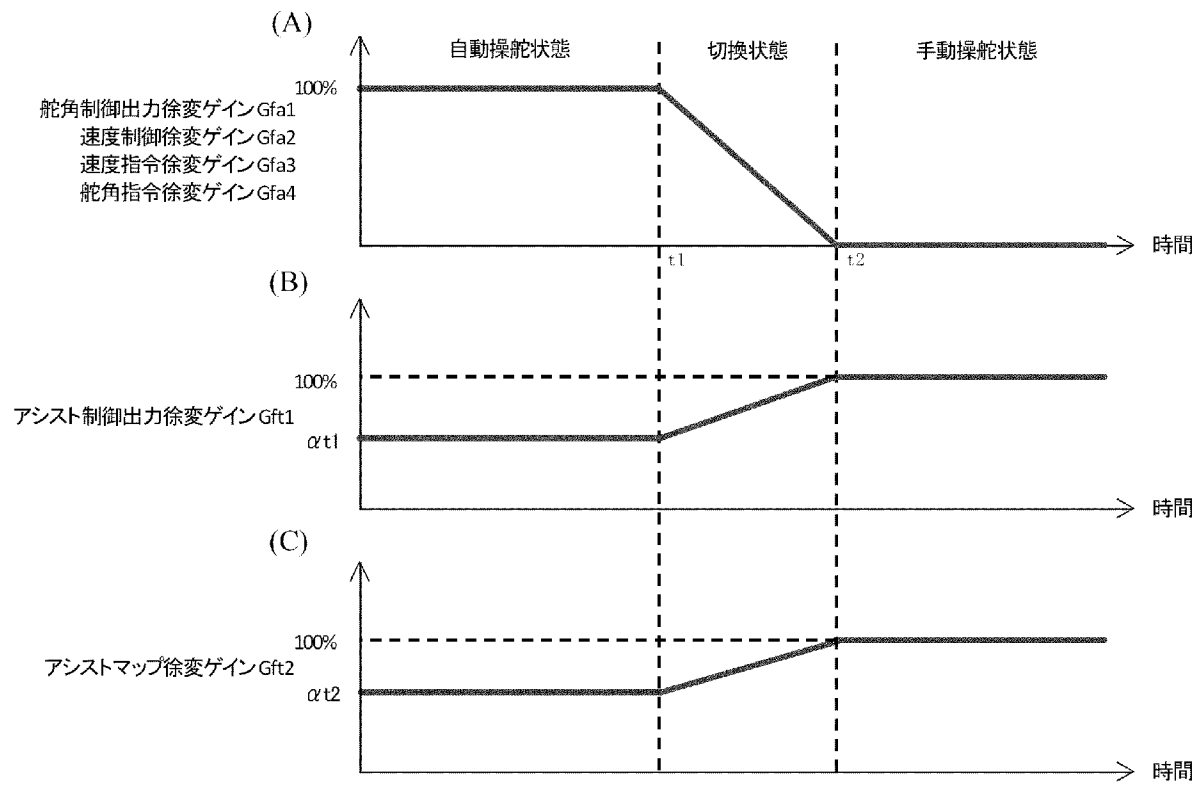
[図4]



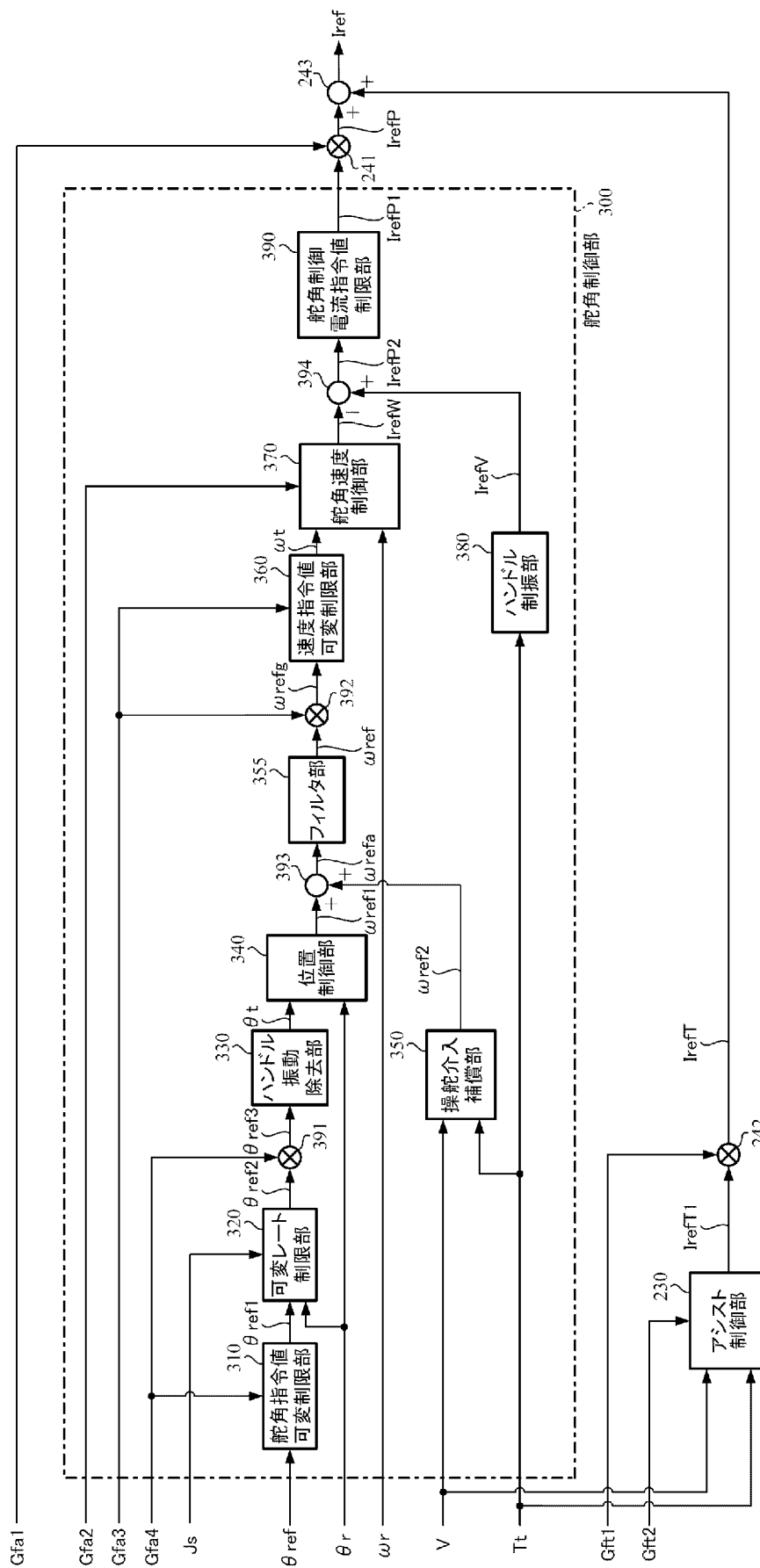
[図5]



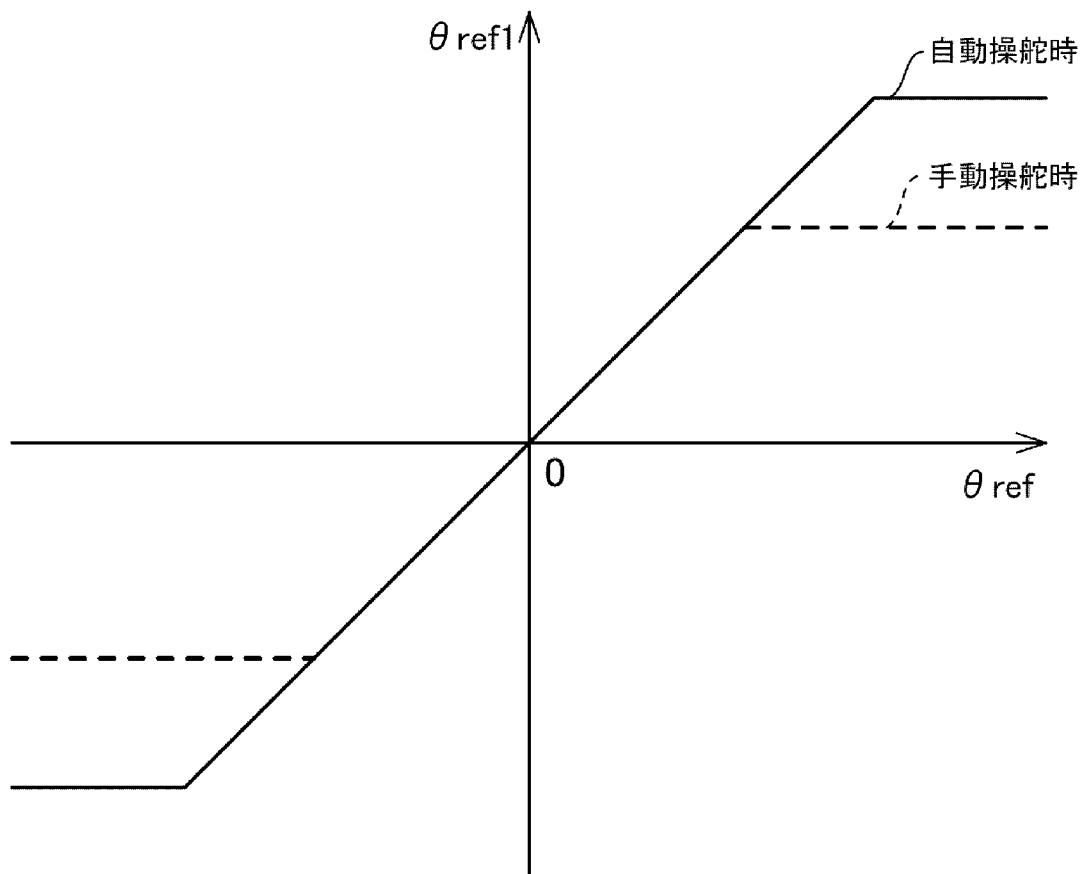
[図6]



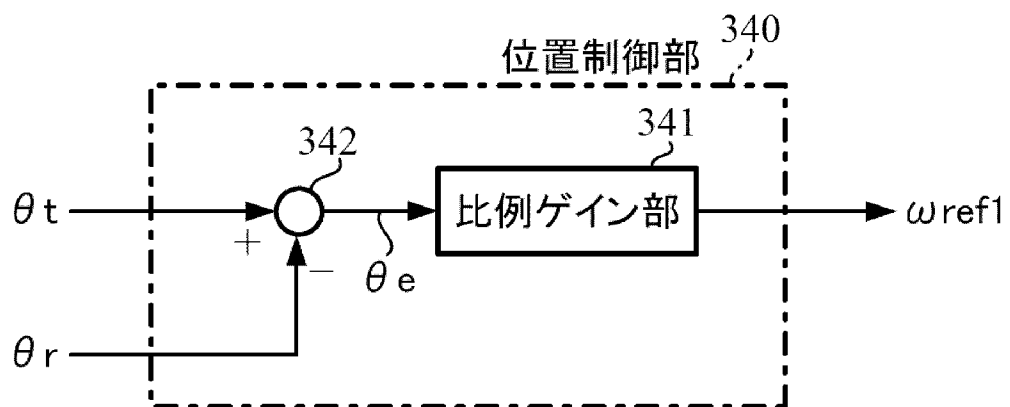
[図7]



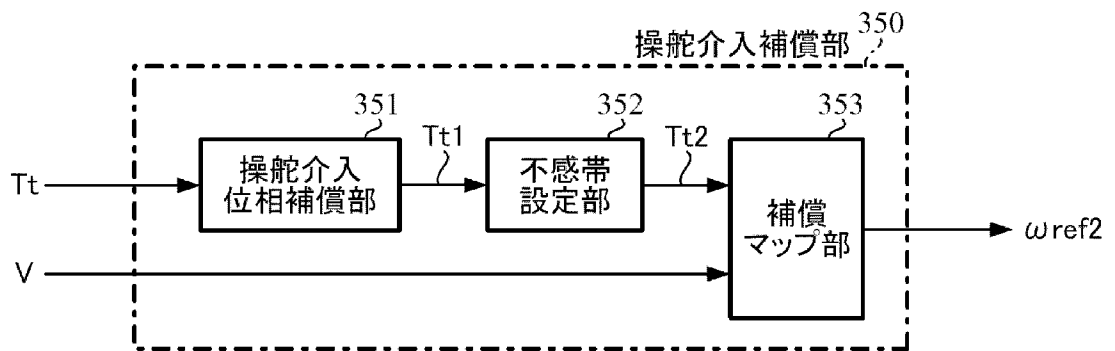
[図8]



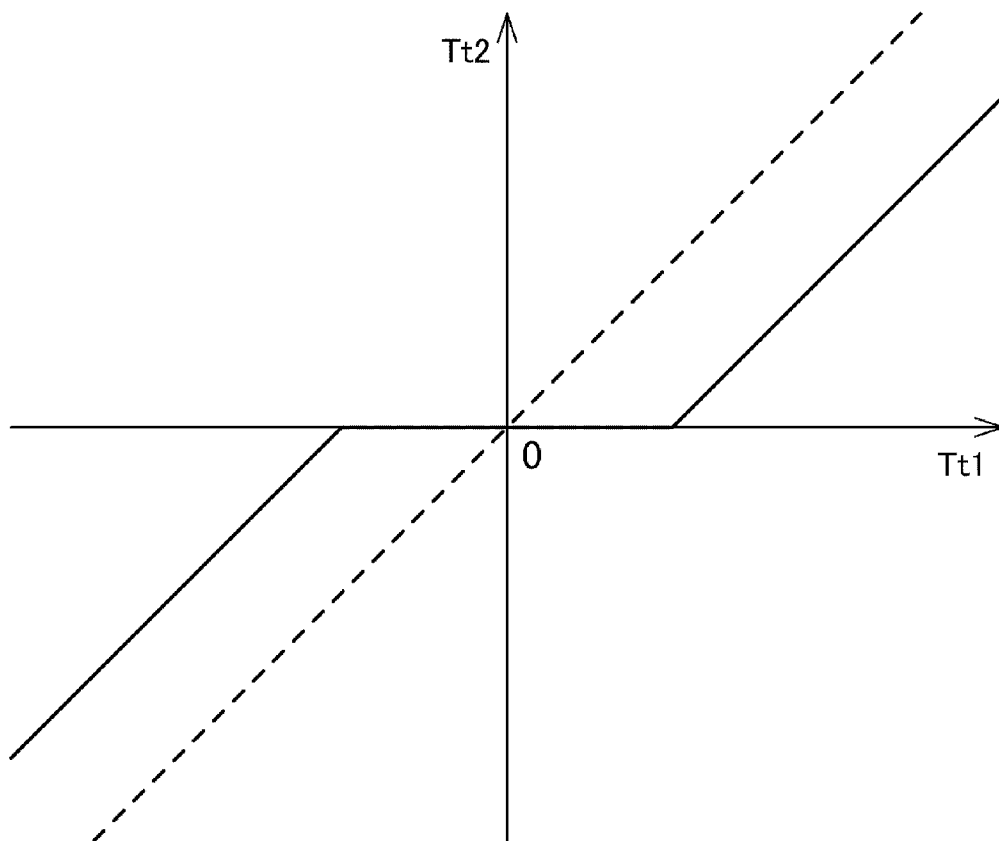
[図9]



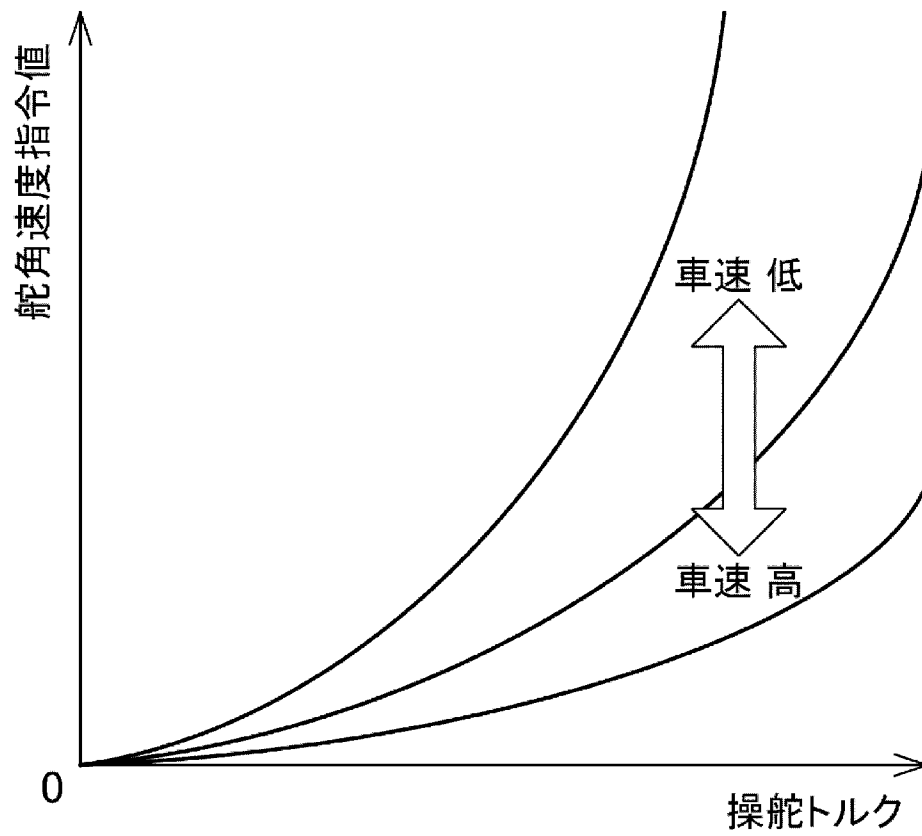
[図10]



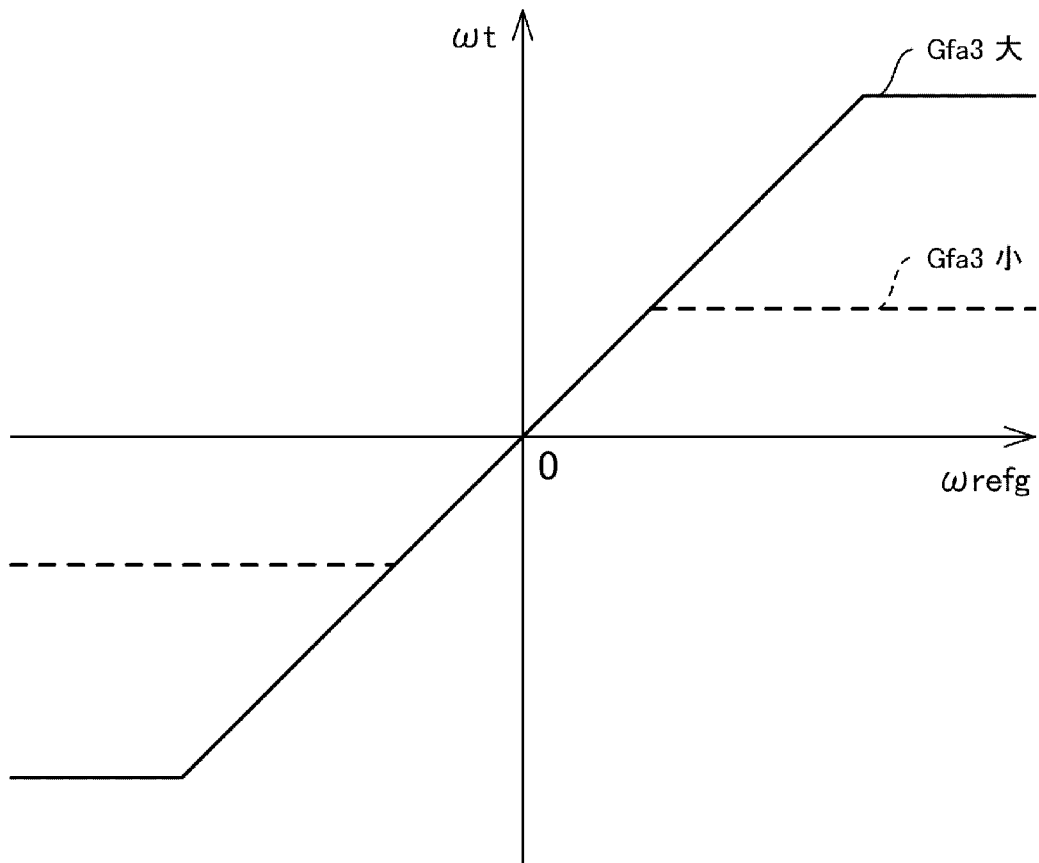
[図11]



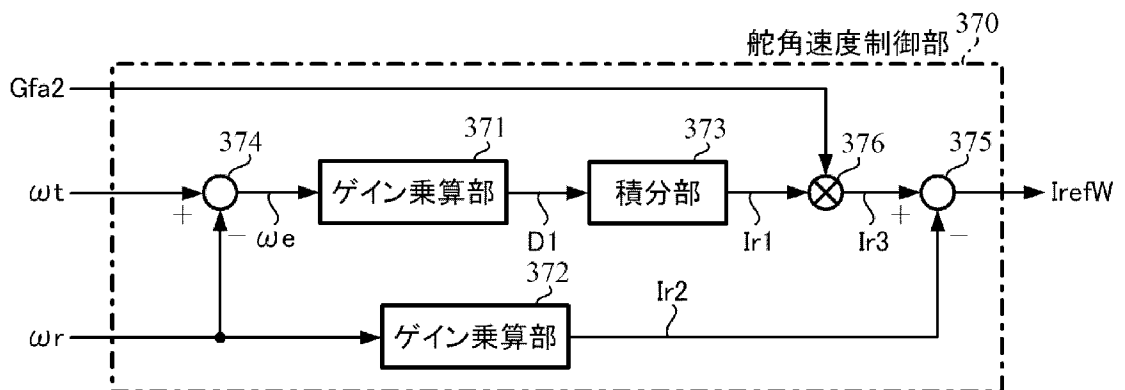
[図12]



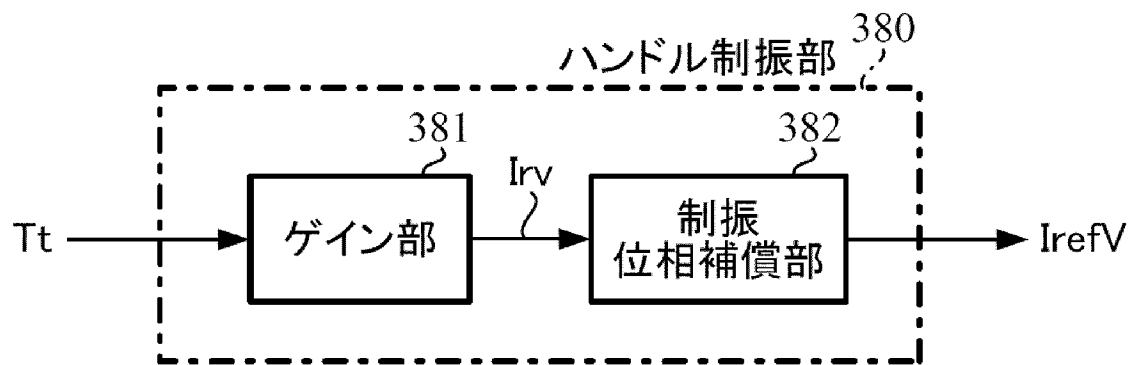
[図13]



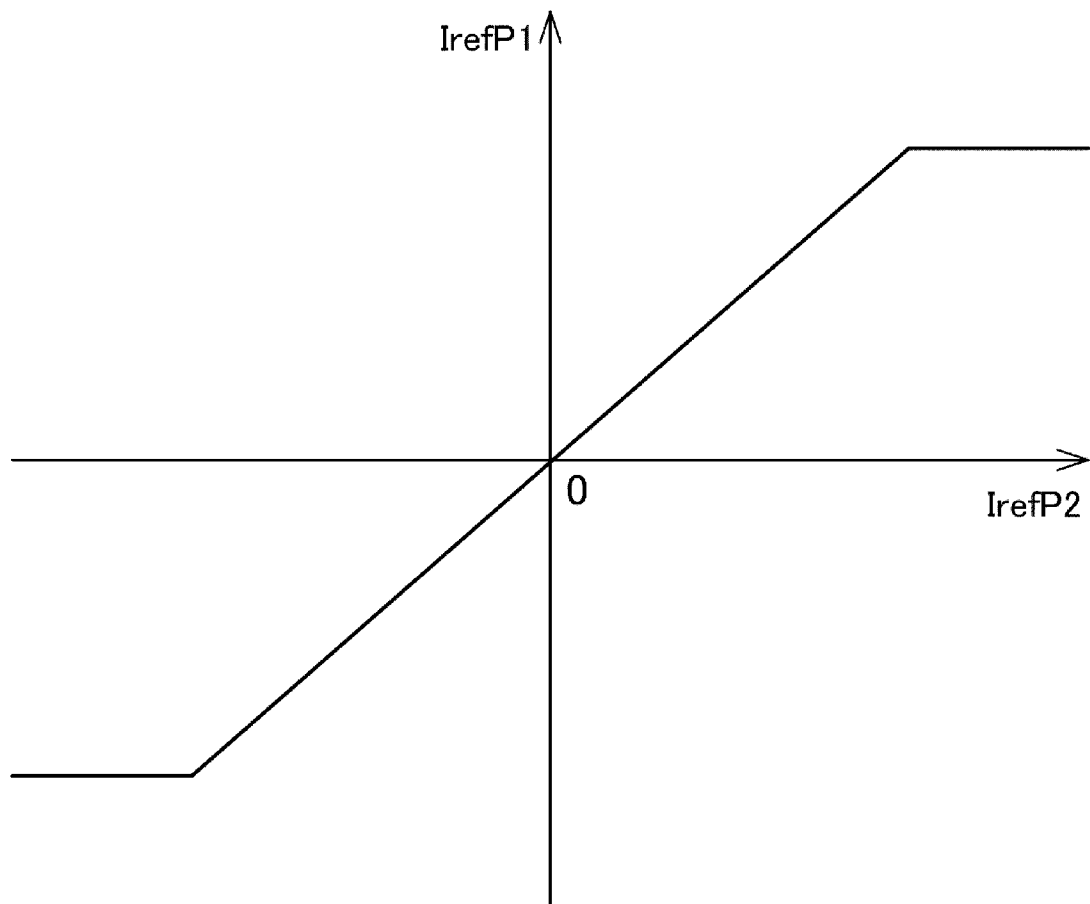
[図14]



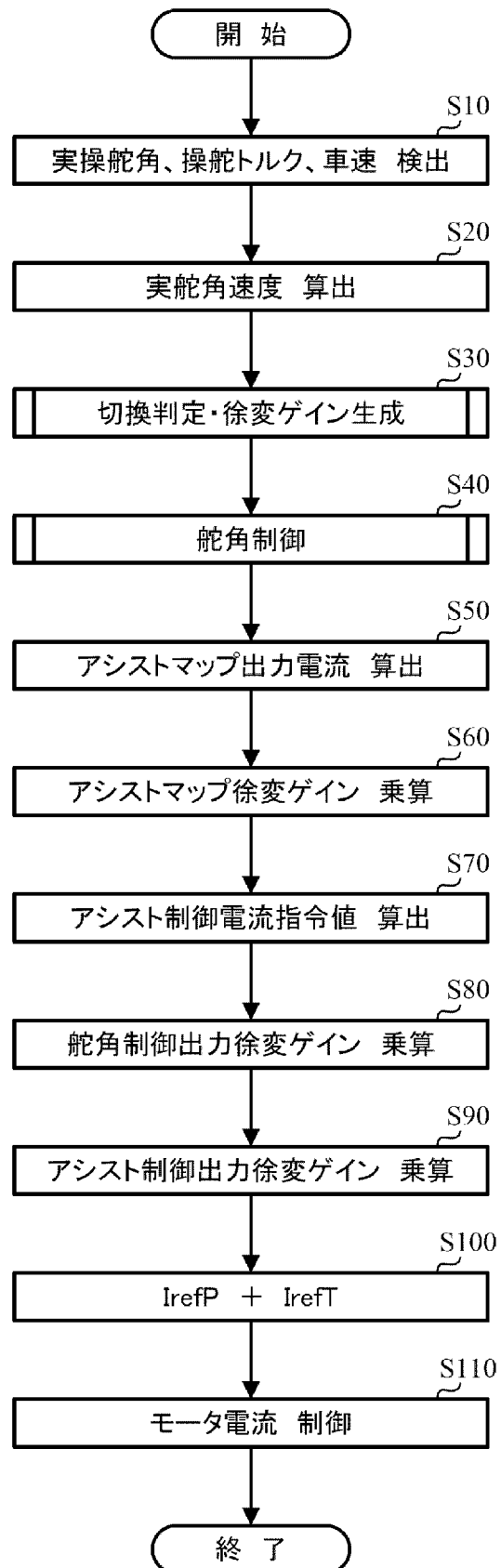
[図15]



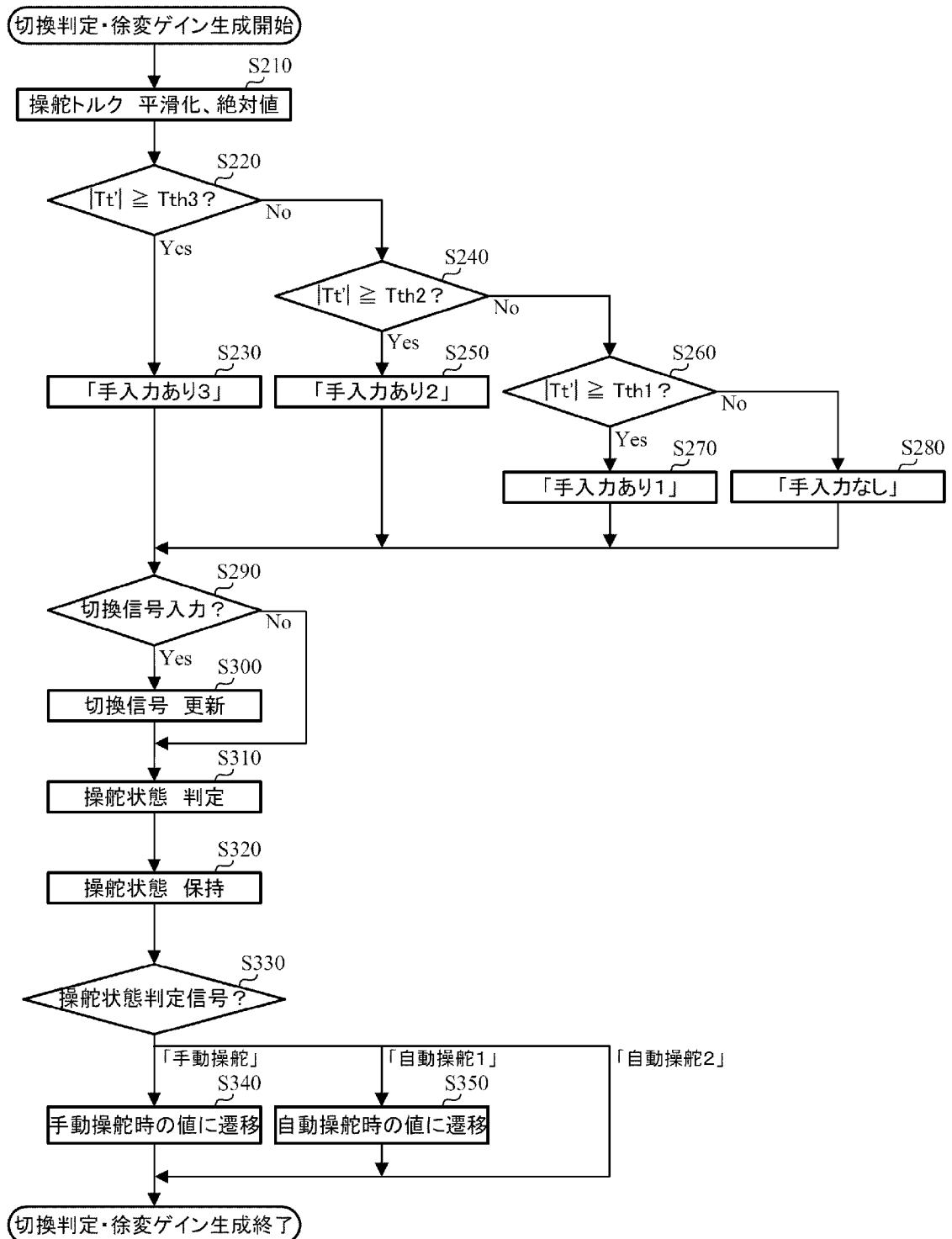
[図16]



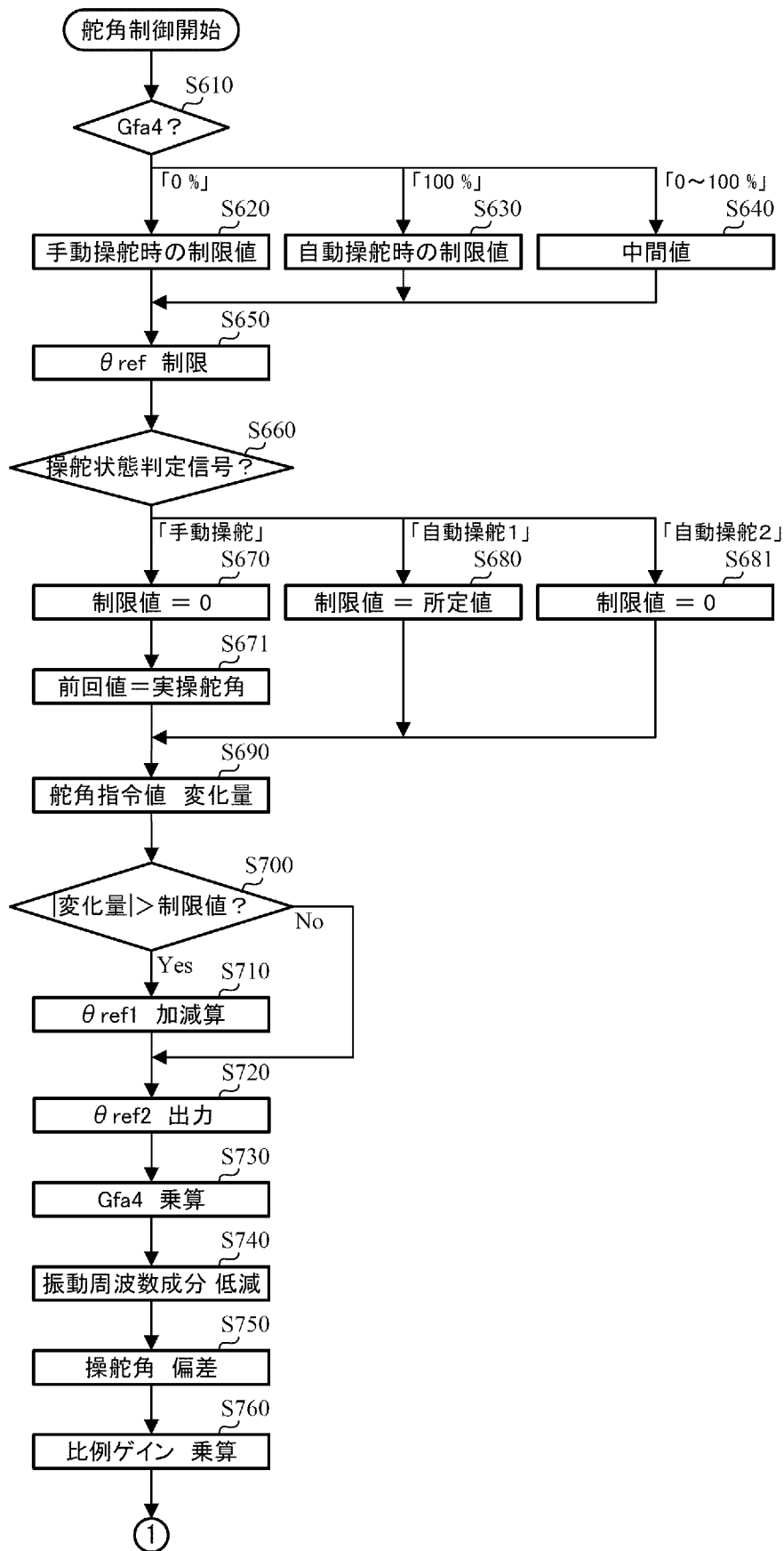
[図17]



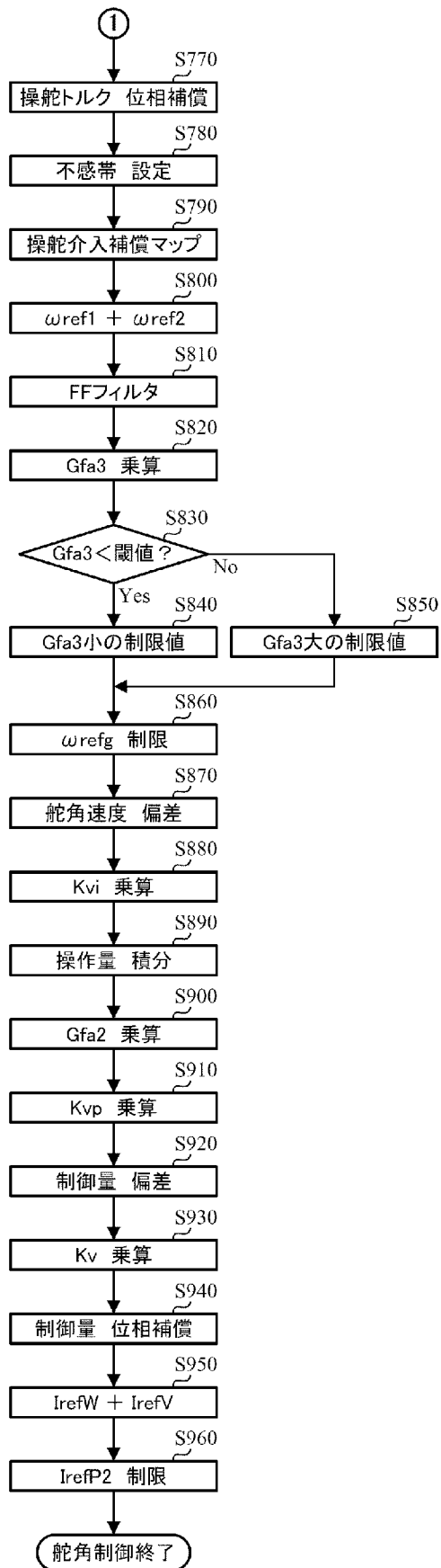
[図18]



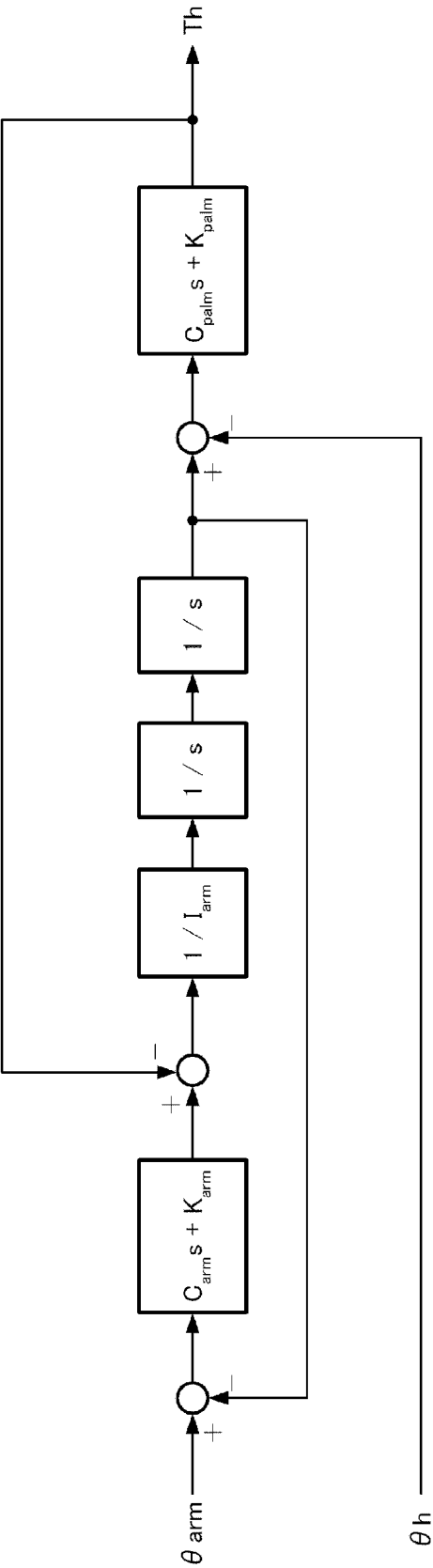
[図19]



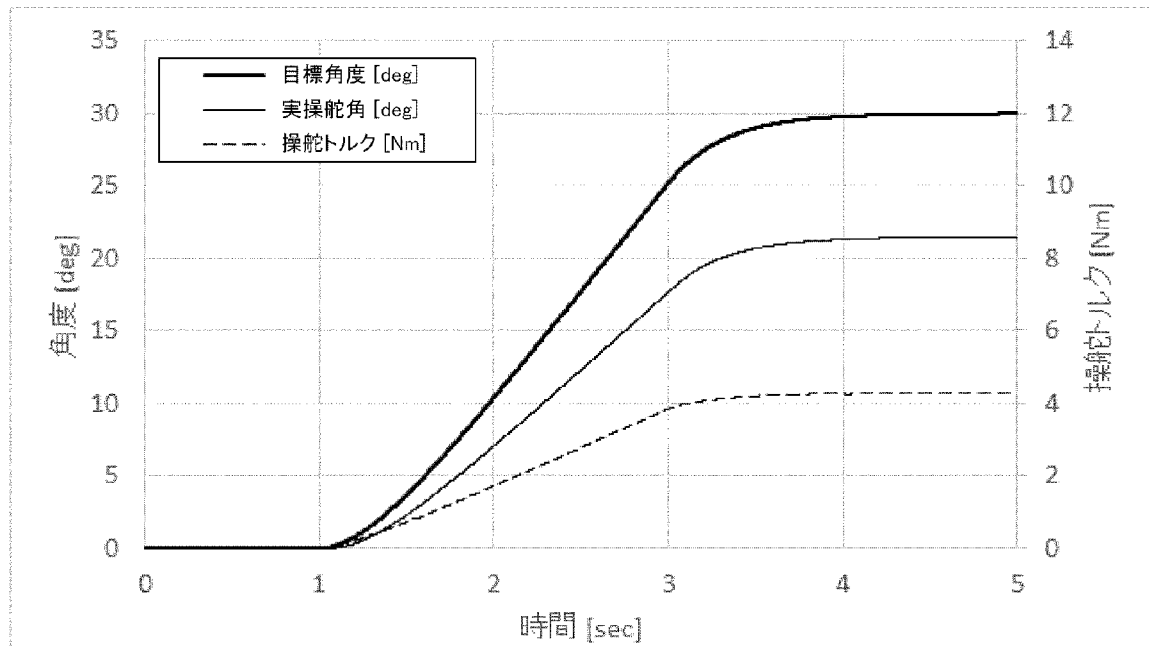
[図20]



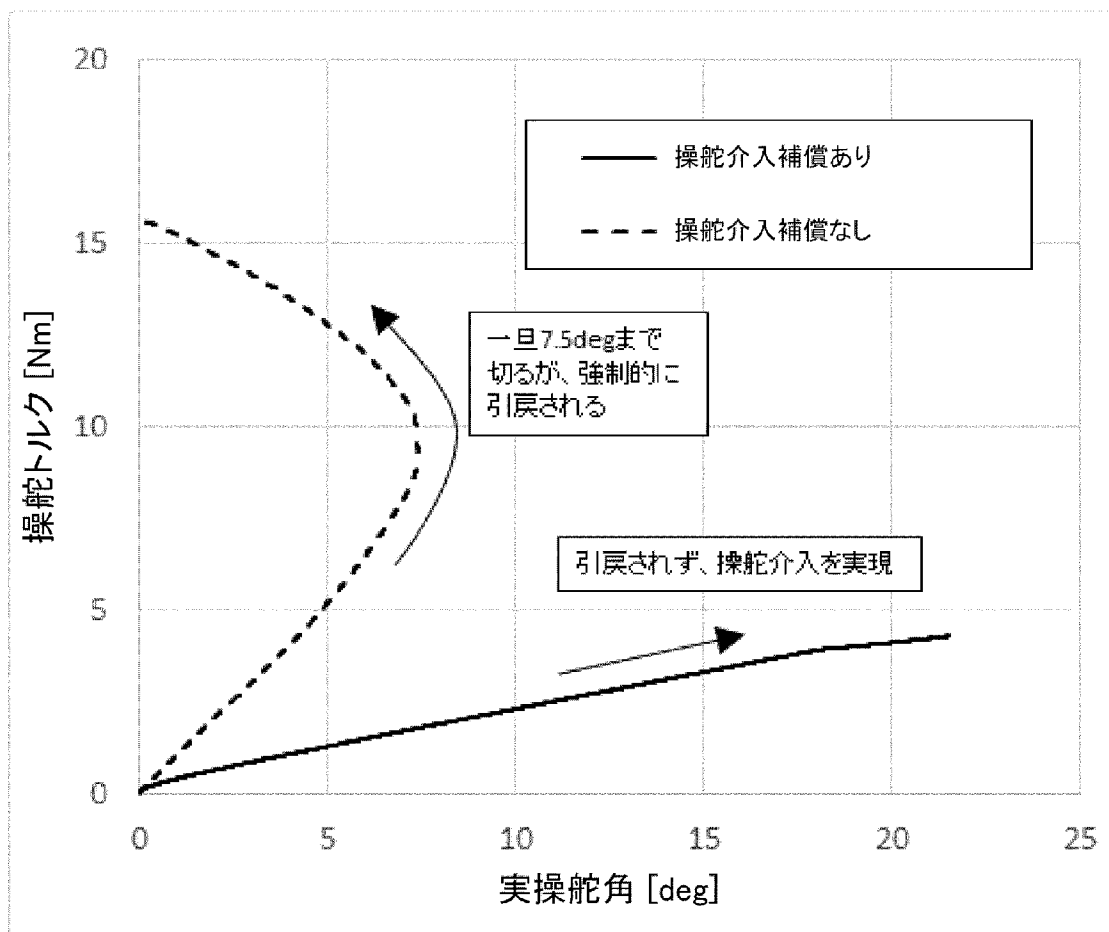
[図21]



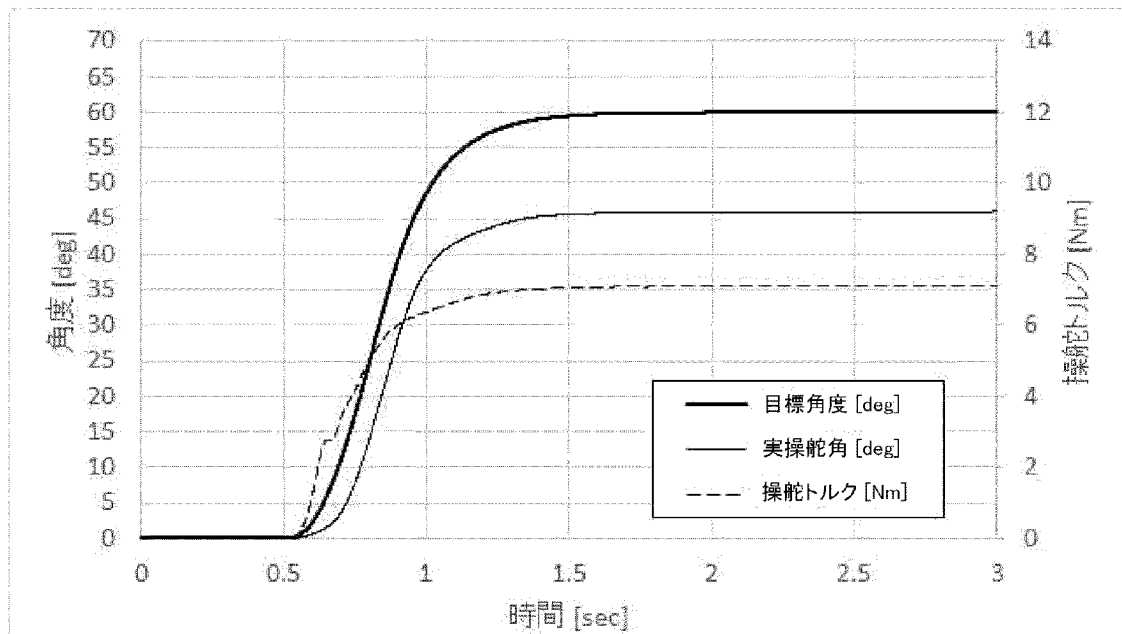
[図22]



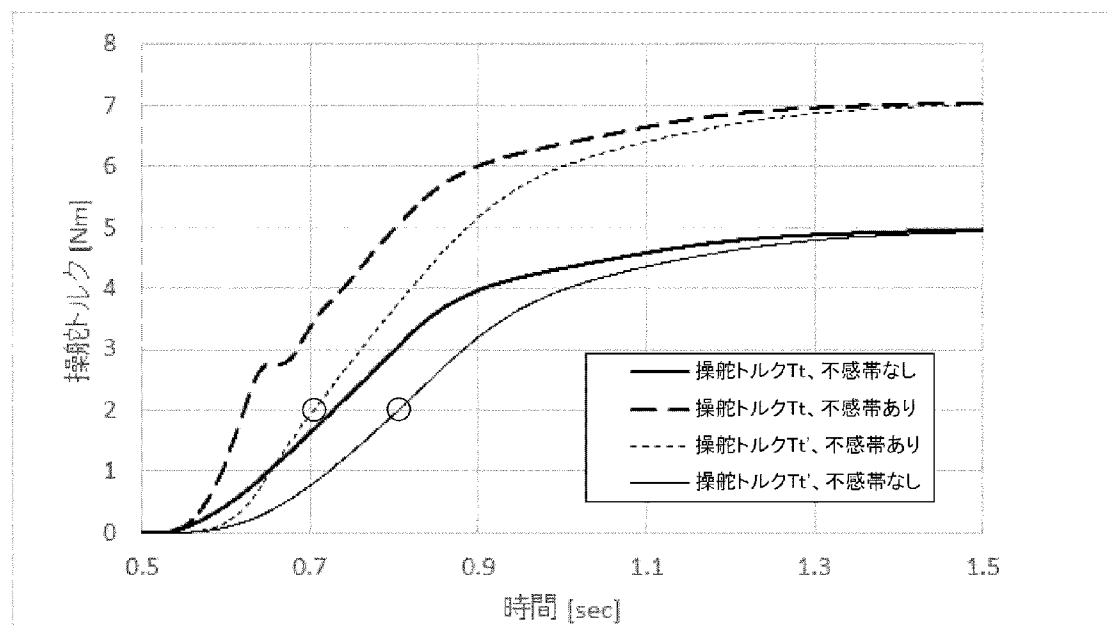
[図23]



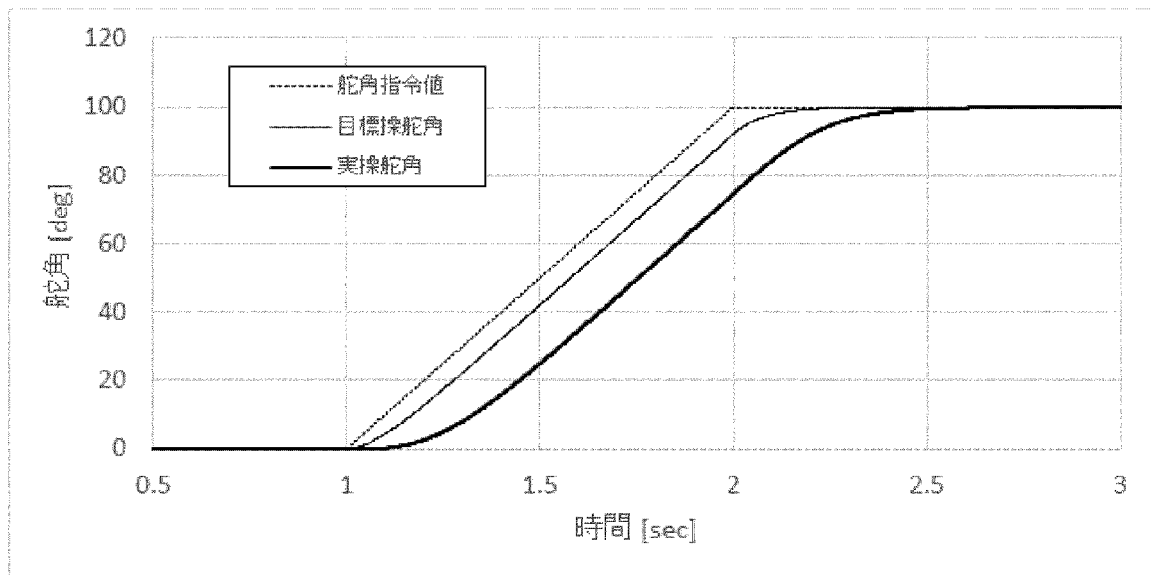
[図24]



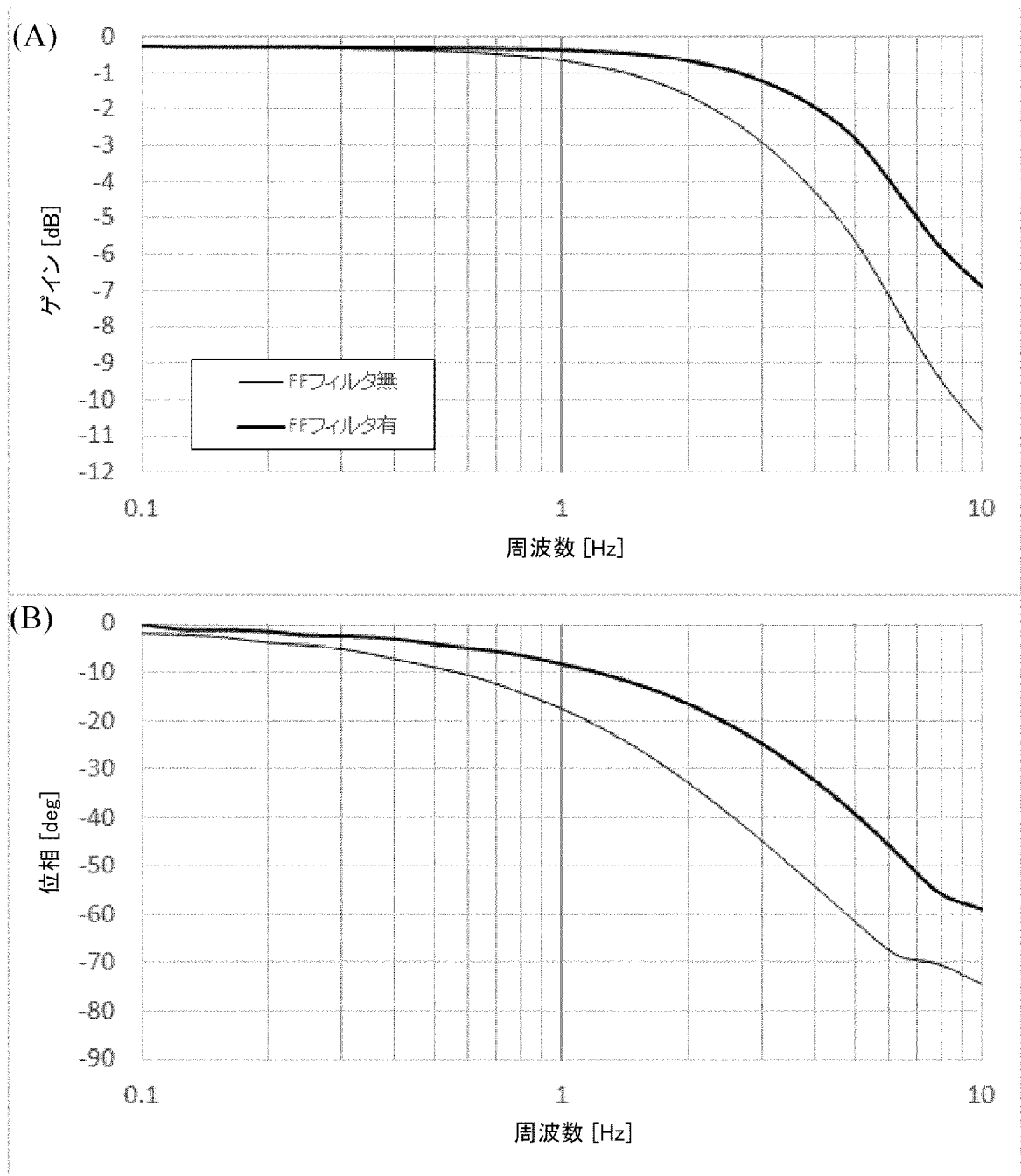
[図25]



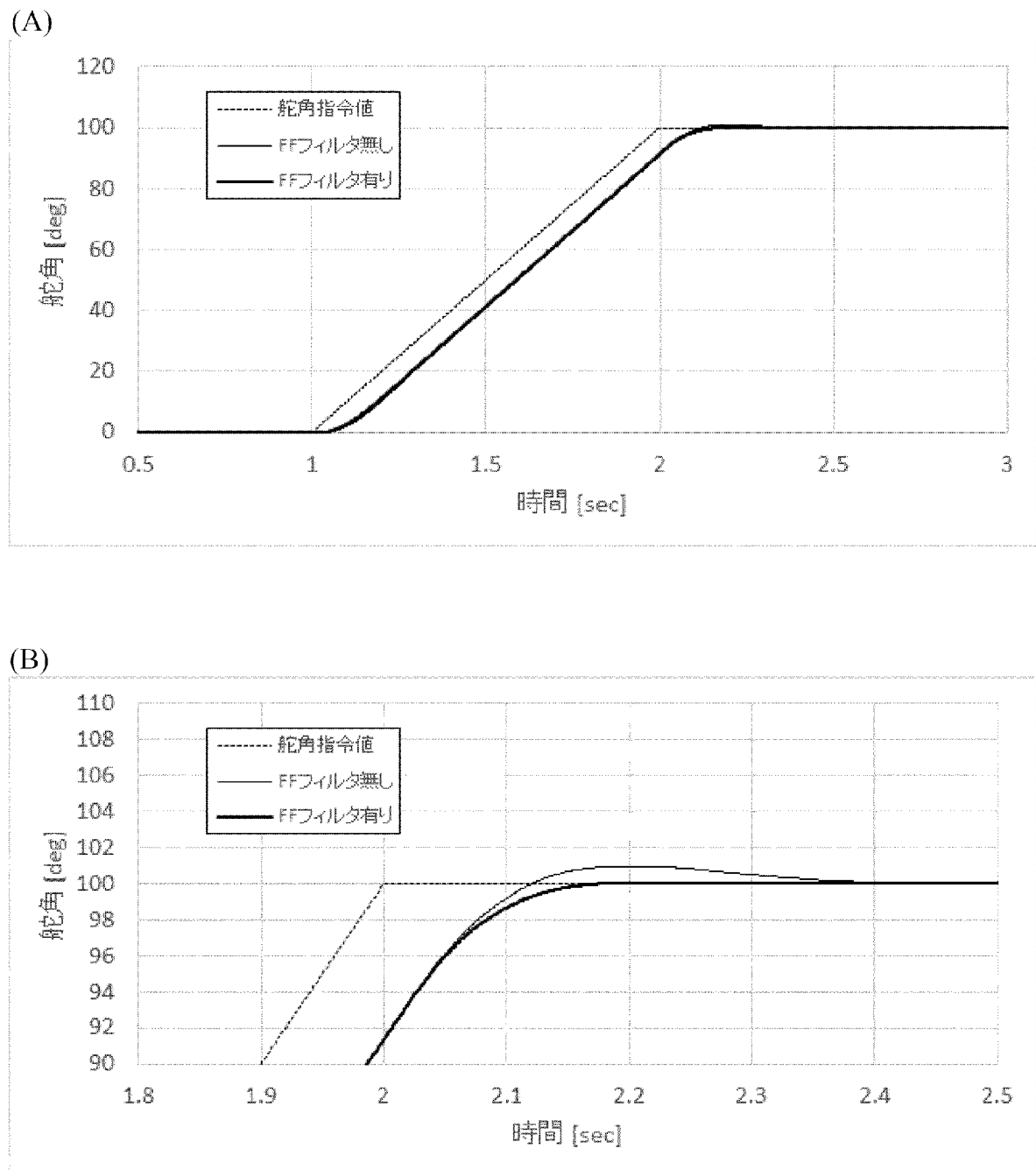
[図26]



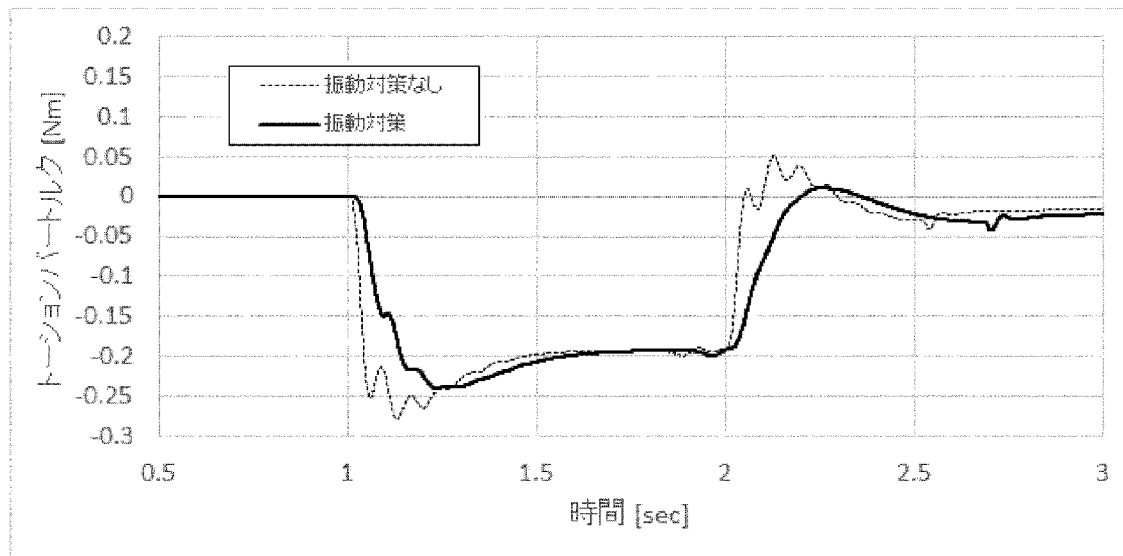
[図27]



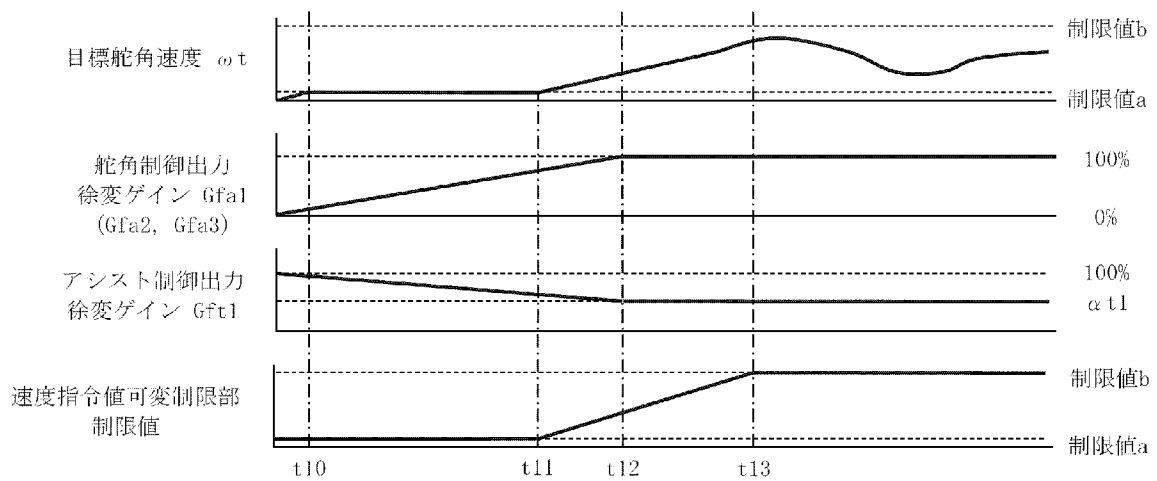
[図28]



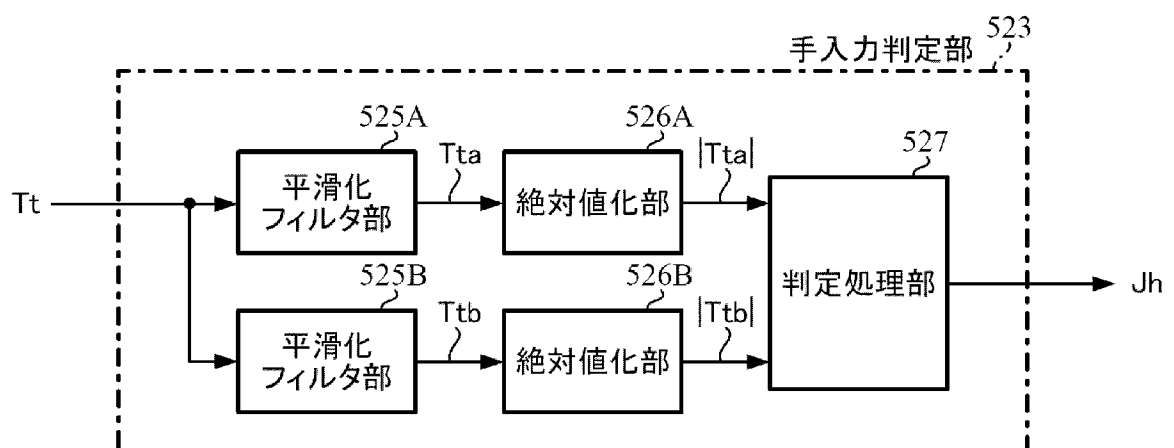
[図29]



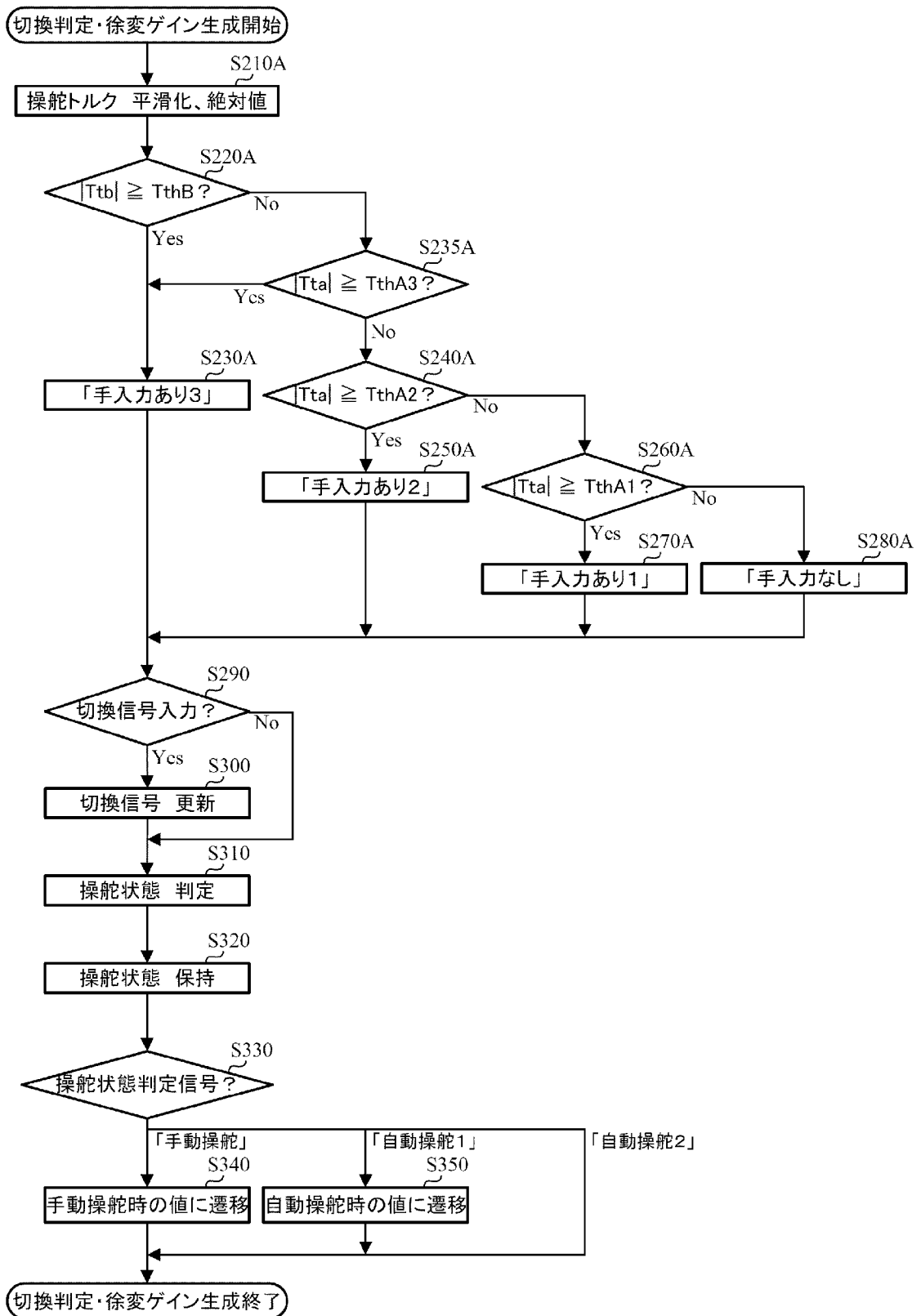
[図30]



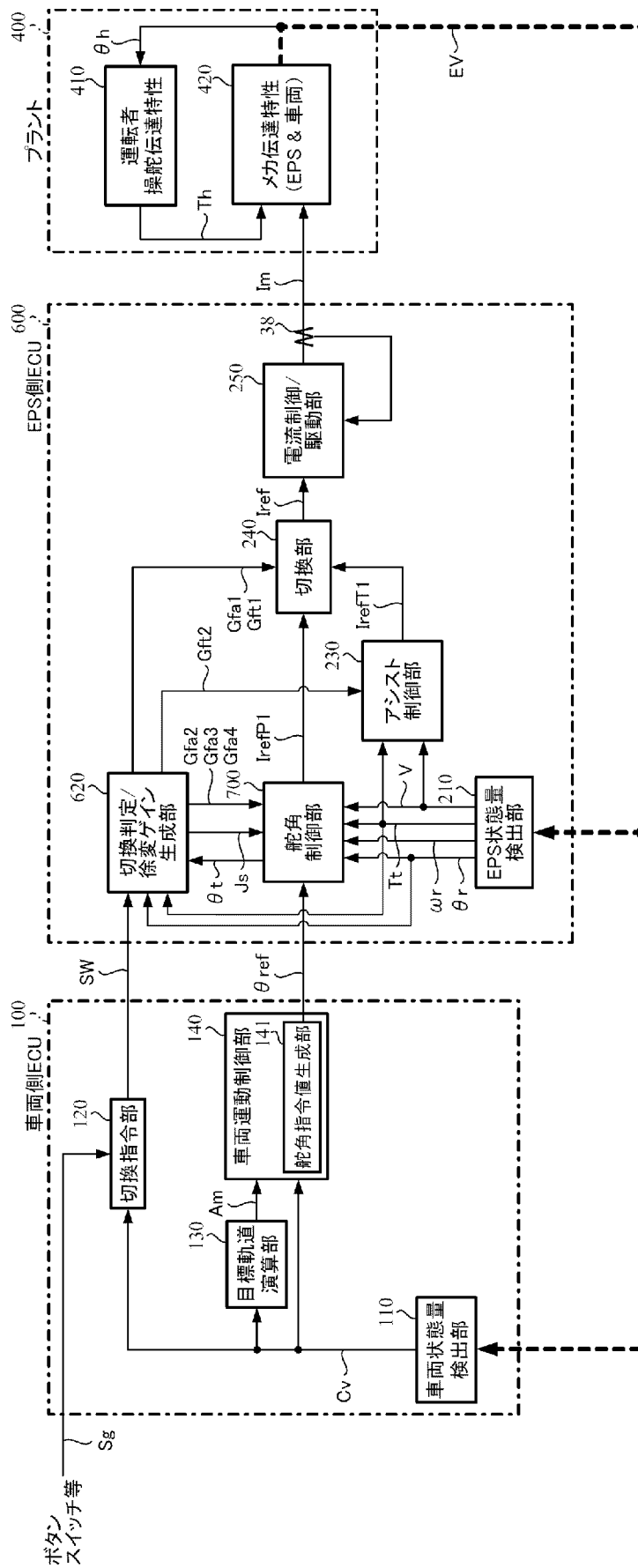
[図31]



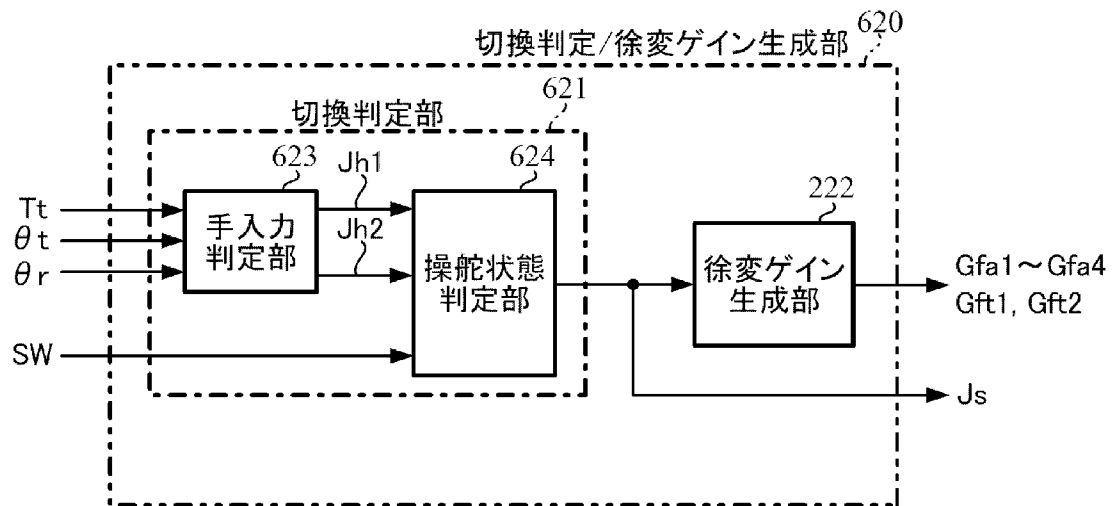
[図32]



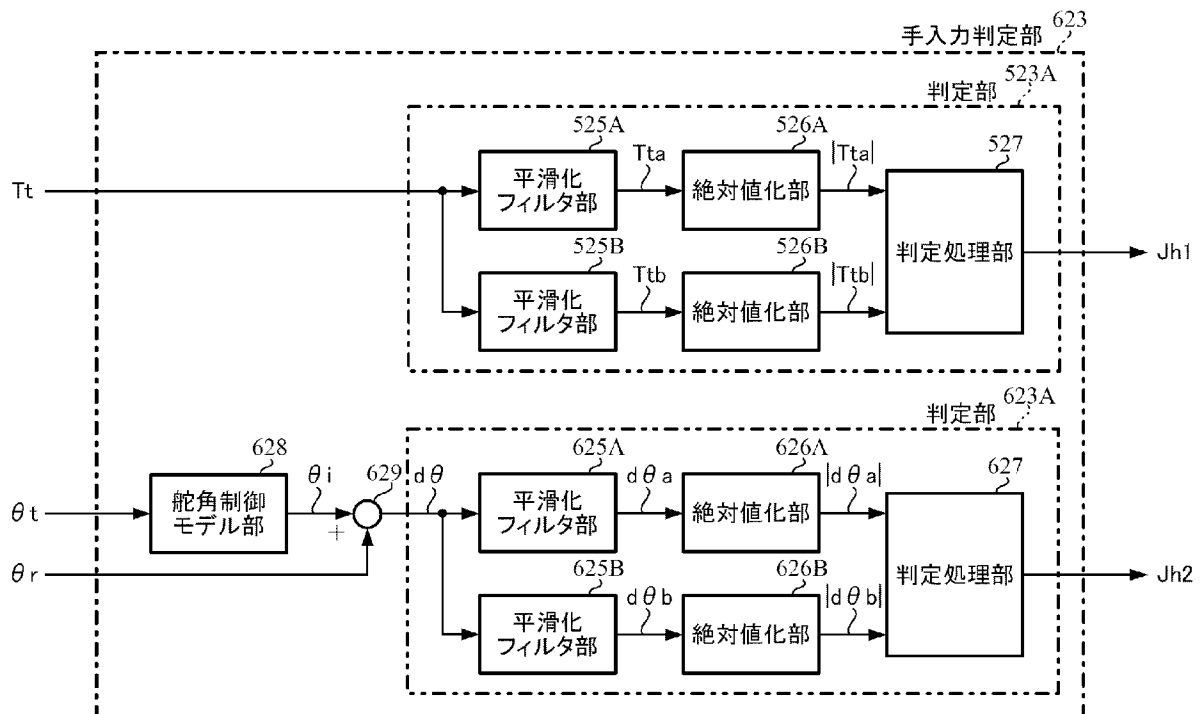
[図33]



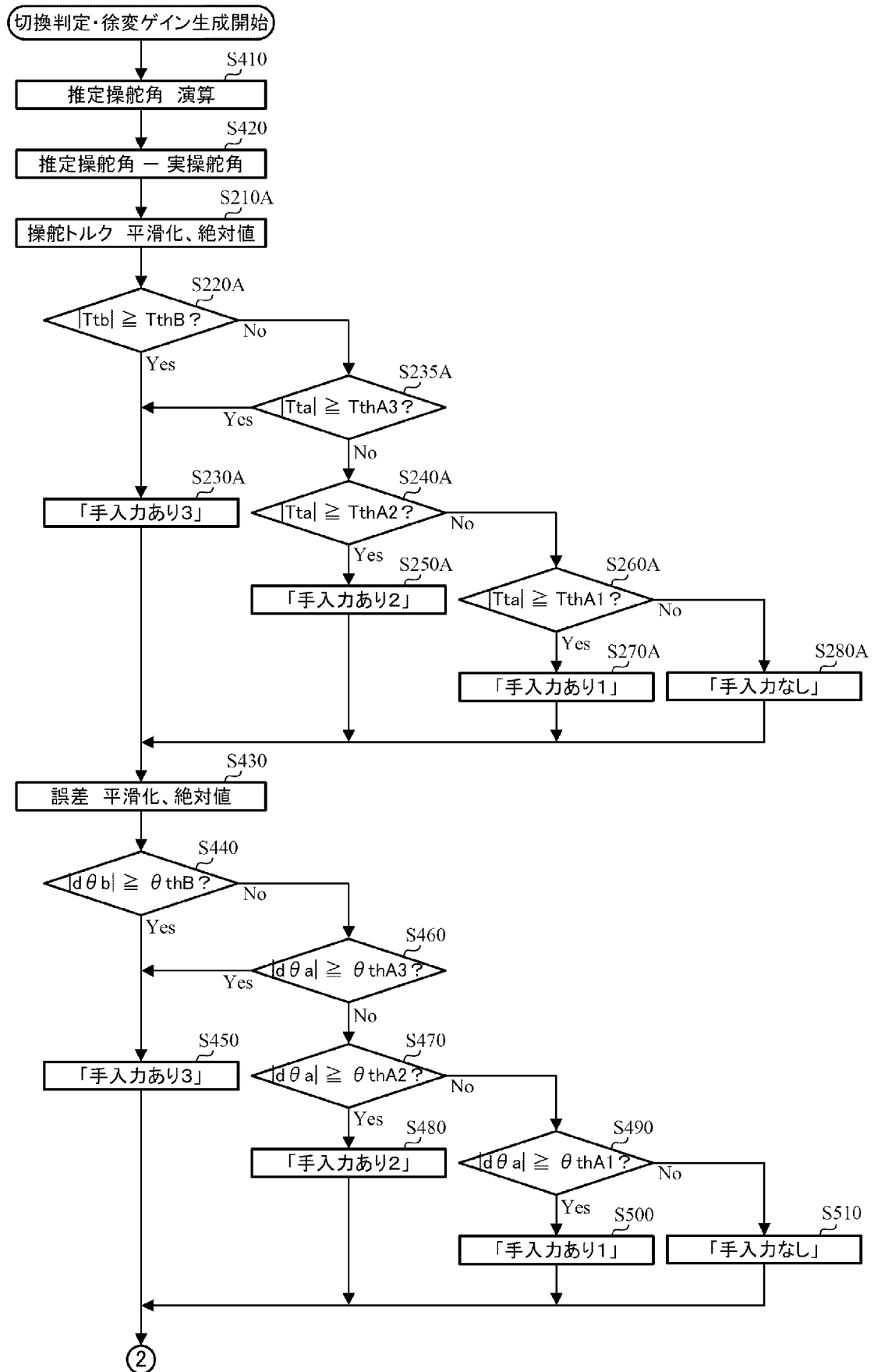
[図34]



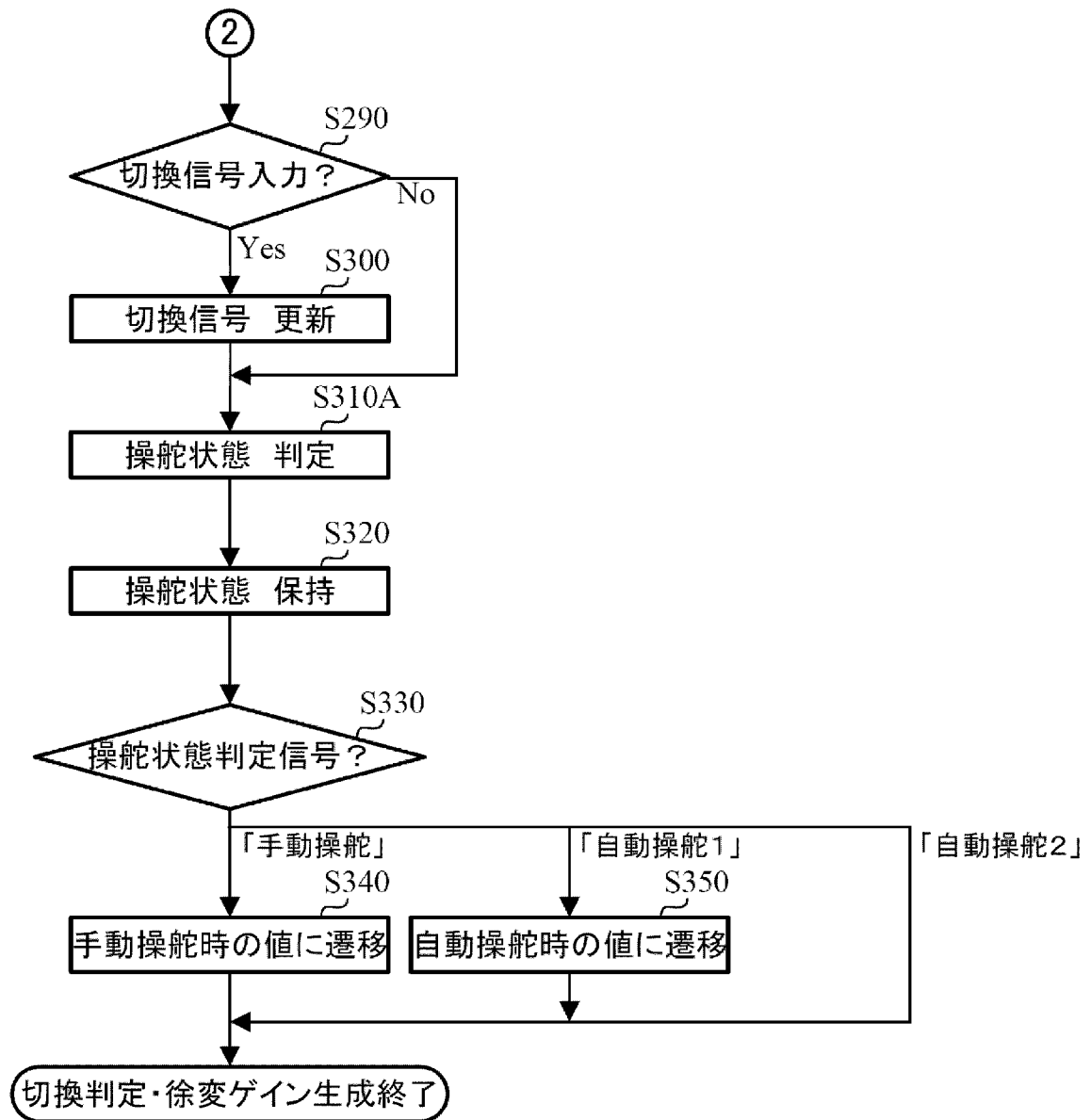
[図35]



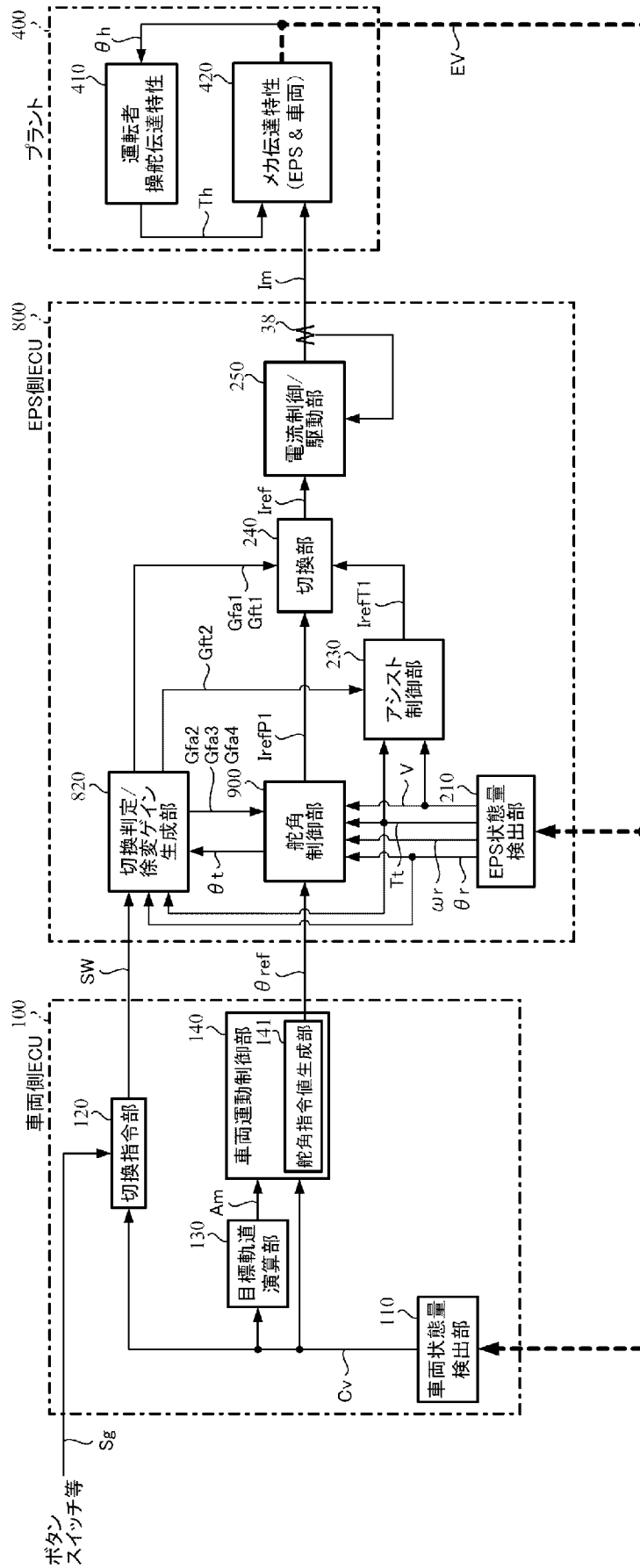
[図36]



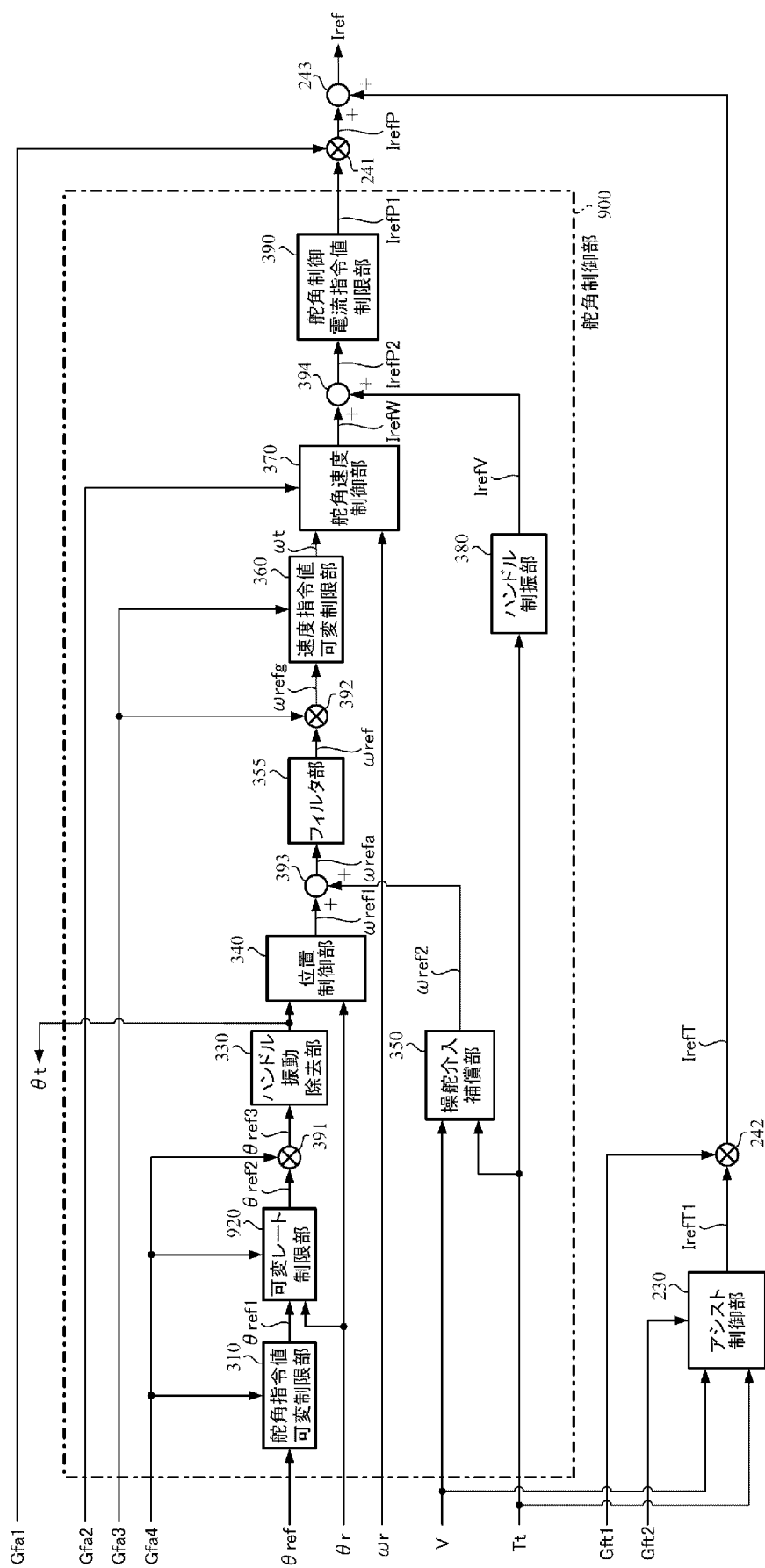
[図37]



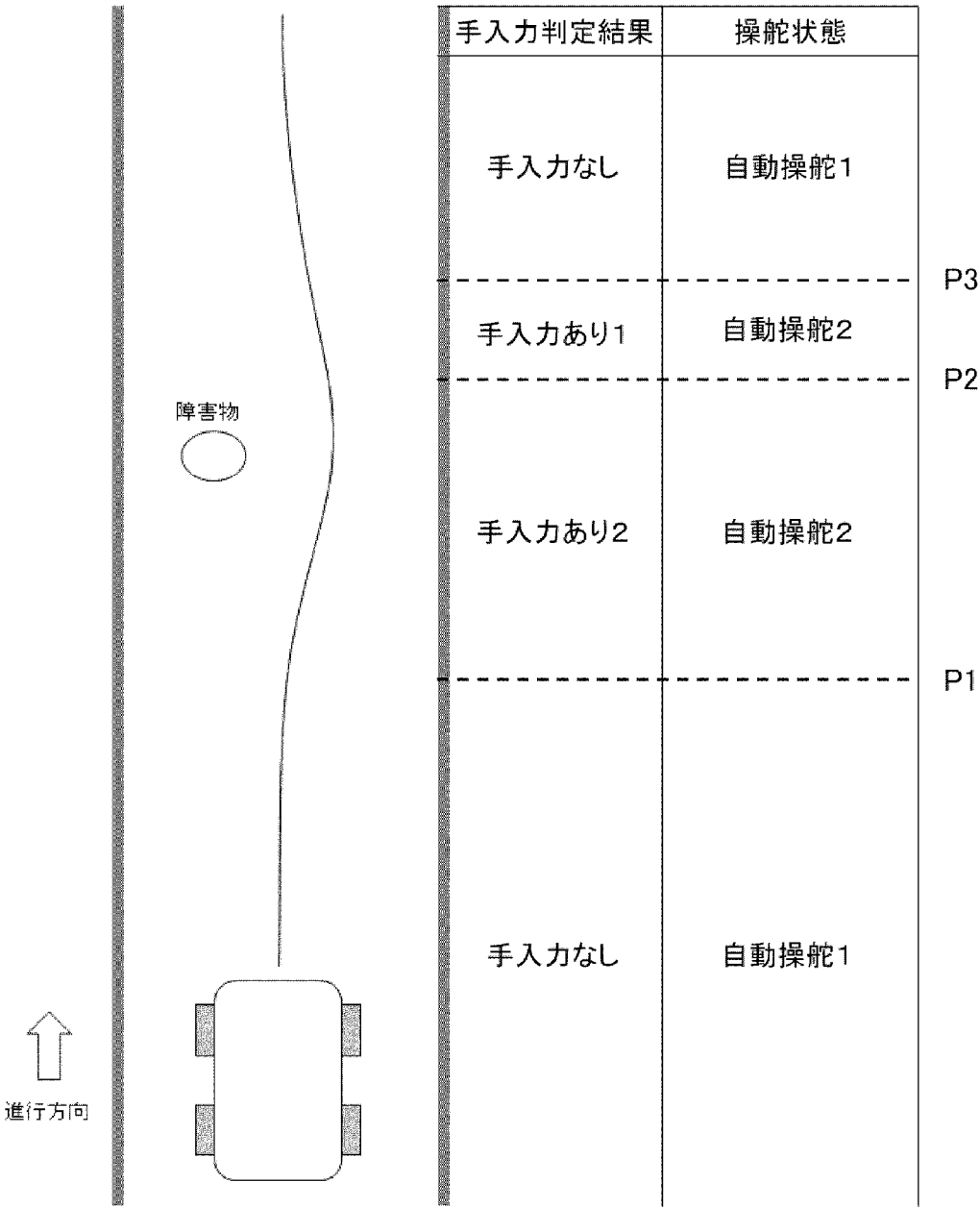
[図38]



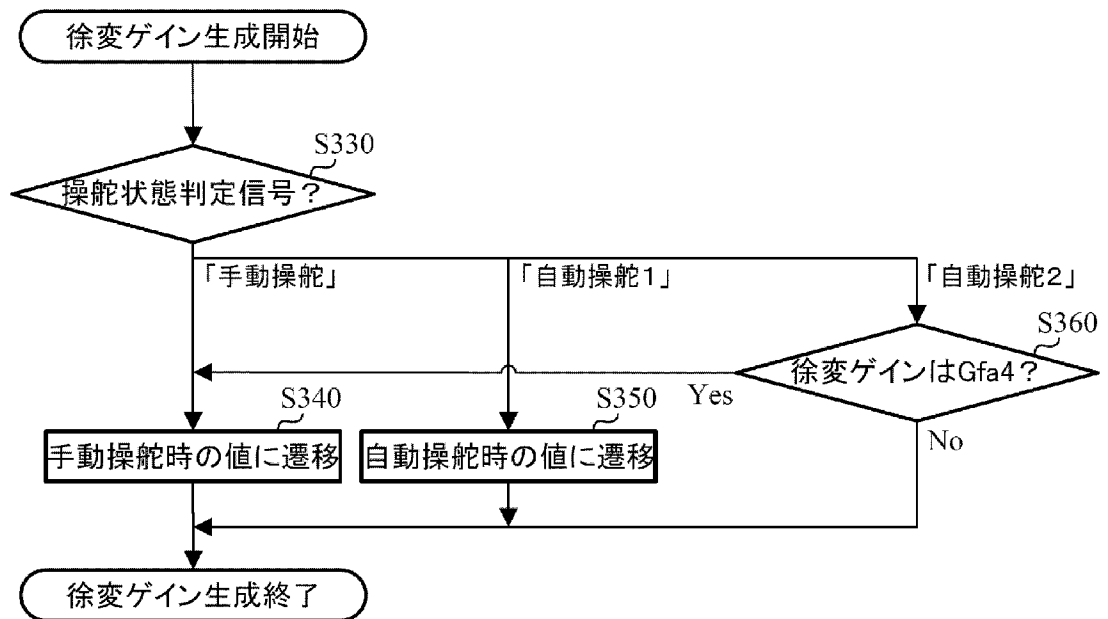
[図39]



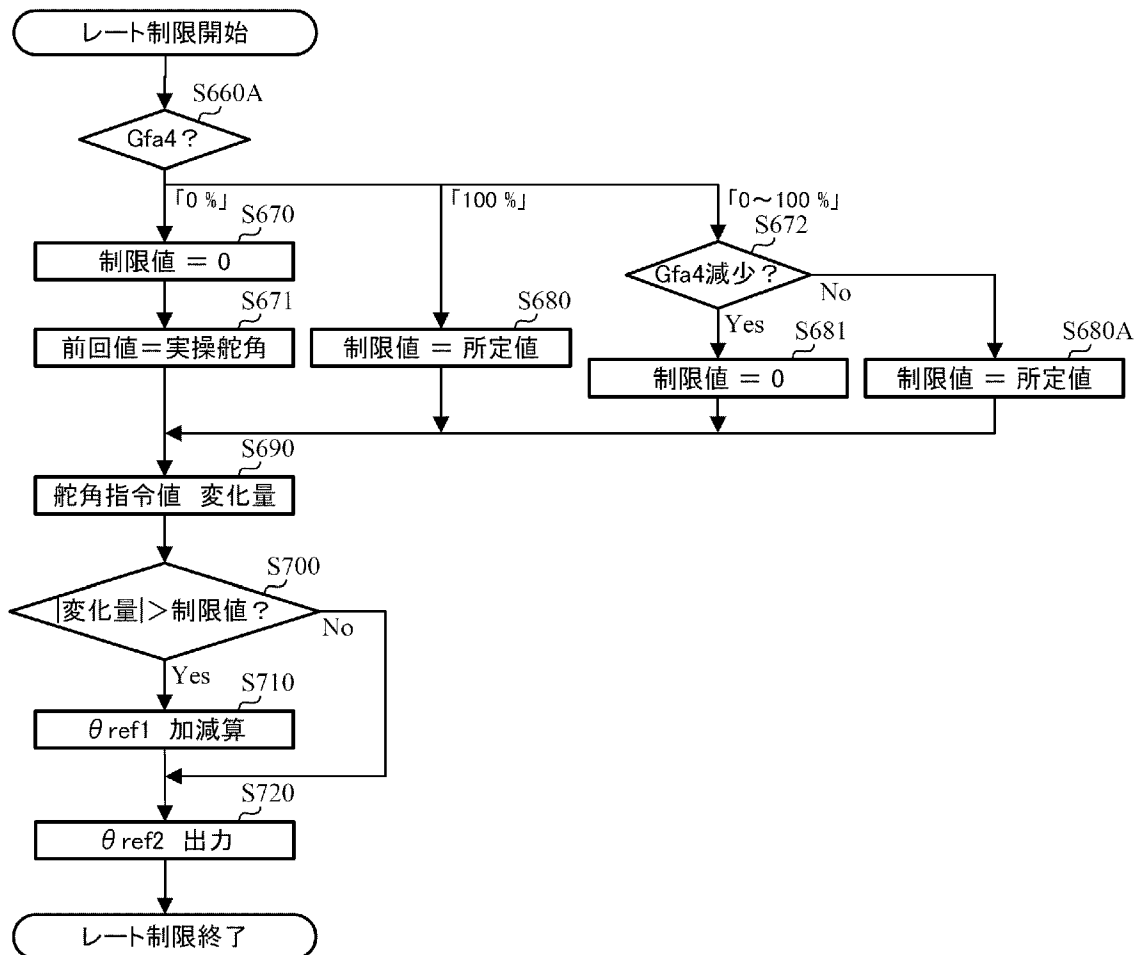
[図40]



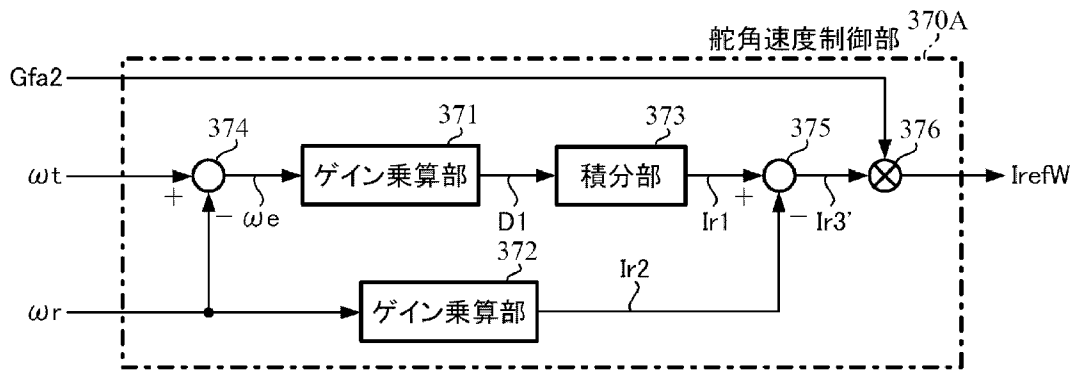
[図41]



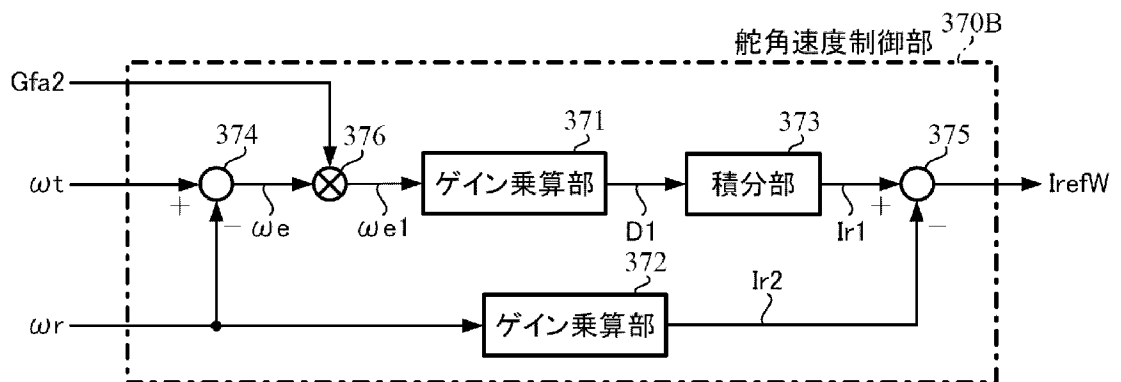
[図42]



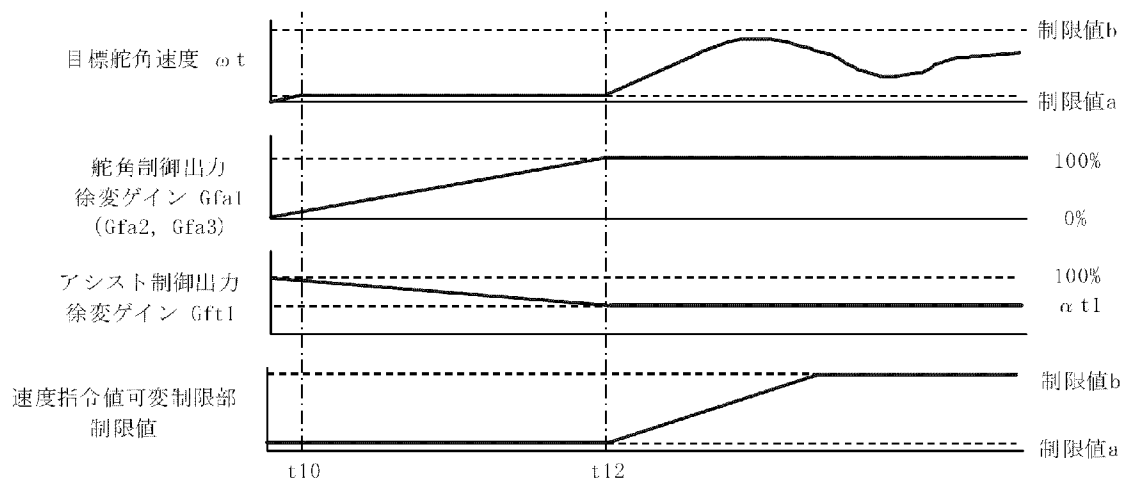
[図43]



[図44]



[図45]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/009880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n,
B62D113/00(2006.01)n, B62D117/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

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. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D113/00, B62D117/00,
B62D119/00

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-2519 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 09 January 2002, entire text, fig. 8 & US 2001/0054519 A1, entire text, fig. 8	1-9, 24-25, 28-33
A	JP 2015-20604 A (DENSO CORPORATION) 02 February 2015, paragraphs [0032]-[0036] (Family: none)	2-9, 11-34
A	JP 2001-74571 A (SUZUKI MOTOR CO.) 23 March 2001, abstract, paragraphs [0014]-[0047], fig. 1 (Family: none)	2-9, 11-34



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
02.05.2018

Date of mailing of the international search report
15.05.2018

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

International application No.

PCT/JP2018/009880

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0098890 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS. INC.) 28 April 2011, entire text & DE 102010048913 A1 & CN 102039928 A	10-34
A	JP 2001-39325 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 13 February 2001, entire text (Family: none)	10-34
A	WO 2014/136515 A1 (NSK LTD.) 12 September 2014, entire text, fig. 4, 13 & US 2015/0191200 A1, entire text, fig. 4, 13	24-33
A	WO 2014/162769 A1 (NSK LTD.) 09 October 2014, entire text, fig. 5, 12 & US 2015/0191199 A1, entire text, fig. 5, 12	24-33

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. B62D6/00(2006.01)i, B62D5/04(2006.01)i, B62D101/00(2006.01)n, B62D113/00(2006.01)n, B62D117/00(2006.01)n, B62D119/00(2006.01)n

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））

Int.Cl. B62D6/00, B62D5/04, B62D101/00, B62D113/00, B62D117/00, B62D119/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-2519 A（三菱電機株式会社）2002.01.09, 全文, 図8 & US 2001/0054519 A1, 全文, 図8	1-9, 24-25, 28-33
A	JP 2015-20604 A（株式会社デンソー）2015.02.02, 段落 0032-0036（ファミリーなし）	2-9, 11-34
A	JP 2001-74571 A（スズキ株式会社）2001.03.23, 要約, 段落 0014-0047, 図1（ファミリーなし）	2-9, 11-34

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、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

02.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

岡▲さき▼ 潤

電話番号 03-3581-1101 内線 3381

3Q

3330

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	US 2011/0098890 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS. INC.) 2011.04.28, 全文 & DE 102010048913 A1 & CN 102039928 A	10-34
A	JP 2001-39325 A (日産自動車株式会社) 2001.02.13, 全文 (ファミリーなし)	10-34
A	WO 2014/136515 A1 (日本精工株式会社) 2014.09.12, 全文, 図 4, 13 & US 2015/0191200 A1, 全文, 図 4, 13	24-33
A	WO 2014/162769 A1 (日本精工株式会社) 2014.10.09, 全文, 図 5, 12 & US 2015/0191199 A1, 全文, 図 5, 12	24-33