

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6565847号
(P6565847)

(45) 発行日 令和1年8月28日(2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日(2019.8.9)

(51) Int. Cl. F I
B 6 2 D 6/00 (2006.01) B 6 2 D 6/00
B 6 2 D 5/04 (2006.01) B 6 2 D 5/04

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2016-182092 (P2016-182092)	(73) 特許権者	000004204
(22) 出願日	平成28年9月16日 (2016.9.16)		日本精工株式会社
(65) 公開番号	特開2018-43730 (P2018-43730A)		東京都品川区大崎1丁目6番3号
(43) 公開日	平成30年3月22日 (2018.3.22)	(74) 代理人	100078776
審査請求日	平成30年6月5日 (2018.6.5)		弁理士 安形 雄三
		(74) 代理人	100121887
			弁理士 菅野 好章
		(74) 代理人	100200333
			弁理士 古賀 真二
		(72) 発明者	北爪 徹也
			群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内
		(72) 発明者	下川邊 聡
			群馬県前橋市鳥羽町78番地 日本精工株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

操舵トルク及び車速に基づいて電流指令値を演算し、前記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をアシスト制御する電動パワーステアリング装置であって、

舵角、前記車速、前記操舵トルク及び前記電流指令値を用いて目標舵角速度を演算し、前記目標舵角速度及び舵角速度の偏差を、前記舵角速度に応じた制限値以下に抑制し、抑制後の偏差を前記目標舵角速度に加算することにより、制限目標舵角速度を求め、当該制限目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差を用いてハンドル戻し制御電流を演算し、前記ハンドル戻し制御電流を前記電流指令値に加算した補償電流指令値で前記モータを駆動するハンドル戻し制御部を備えることを特徴とする電動パワーステアリング装置。

10

【請求項2】

前記ハンドル戻し制御部は、

前記舵角及び前記車速を用いて戻り舵角速度を演算する戻り舵角速度演算部と、

前記操舵トルク及び前記電流指令値を用いて統合トルクを演算する統合トルク演算部と

、
前記戻り舵角速度及び前記統合トルクを用いて、仮想車両モデルに基づいて前記目標舵角速度を演算する操舵系特性部と、

前記舵角速度に応じて、前記目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差である制限前偏差に対して前記制限値を設定することにより、前記目標舵角速度に制限をかける目標舵角速度

20

制限部と、

前記制限目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差である制限後偏差に車速ゲイン及び操舵トルクゲインを乗算してハンドル戻し制御偏差を求めるハンドル戻し制御偏差算出部と、

前記ハンドル戻し制御偏差に対してP制御演算、I制御減算、D制御演算の少なくとも1つの制御演算を行い、前記車速ゲイン及び前記操舵トルクゲインによって出力制限して前記ハンドル戻し制御電流を求めるハンドル戻し制御電流演算部とを具備する請求項1に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項3】

前記目標舵角速度制限部は、

前記制限前偏差がハンドルを中立に戻すように作用する戻し偏差である場合の前記制限値の大きさに比べて、前記制限前偏差がハンドルの動きを収れんさせるように作用するダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが大きくなるように、前記制限値を設定する請求項2に記載の電動パワーステアリング装置。

10

【請求項4】

前記目標舵角速度制限部は、

更に、前記制限前偏差が前記ダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが、切戻しのときに比べて切増しのときに小さくなるように、前記制限値を設定する請求項3に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項5】

前記目標舵角速度制限部は、

更に、前記制限前偏差が前記ダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが、前記舵角速度が速くなるに従って大きくなるように、前記制限値を設定する請求項3又は4に記載の電動パワーステアリング装置。

20

【請求項6】

切戻しの状況において、前記舵角が正のときに値が負であるか又は前記舵角が負のときに値が正である前記制限前偏差を前記戻し偏差とし、

前記舵角速度が速い状況において、前記舵角が正のときに値が正であるか又は前記舵角が負のときに値が負である前記制限前偏差を前記ダンピング偏差とする請求項3乃至5のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項7】

前記車速によって前記制限値を変化させる請求項2乃至6のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

30

【請求項8】

前記舵角によって前記制限値を変化させる請求項2乃至7のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項9】

前記舵角速度によって前記制限値を変化させる請求項2乃至8のいずれかに記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、電流指令値に基づいてインバータによりモータをPWM制御して操舵系に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に関し、特に仮想車両モデルに基づいて目標舵角速度を算出し、ハンドル戻し制御電流で電流指令値を補正することによりハンドル戻し制御の機能を向上させると共に、ハンドル戻し制御において目標舵角速度に対して制限をかけることにより過大な出力になることを抑制し、操舵違和感を減少させる電動パワーステアリング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両のステアリング機構にモータの回転力でアシストトルクを付与する電動パワーステ

50

アリング装置は、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するようになっている。かかる従来の電動パワーステアリング装置（EPS）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、ハンドル1の操舵トルクTdを検出するトルクセンサ10及び舵角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Td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（操舵補助）指令の電流指令値の演算を行い、電流指令値に補償等を施した電圧制御指令値Vrefによってモータ20に供給する電流を制御する。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い。

【0004】

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

【0005】

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

【0006】

図2を参照してコントロールユニット30の機能及び動作を説明すると、トルクセンサ10で検出された操舵トルクTd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Iref1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Td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Iref1を演算する。電流指令値Iref1は加算部32Aで補償信号CMを加算され、電流指令値Irefとして電流制限部33に入力され、最大電流を制限された電流指令値Irefmが減算部32Bに入力され、フィードバックされているモータ電流値Imとの偏差I（Irefm - Im）が演算され、その偏差Iが操舵動作の特性改善のためのPI制御部35に入力される。PI制御部35で特性改善された電圧制御指令値VrefがPWM制御部36に入力され、更に駆動部としてのインバータ37を介してモータ20がPWM駆動される。モータ20の電流値Imはモータ電流検出器38で検出され、減算部32Bにフィードバックされる。インバータ37は駆動素子としてFETが用いられ、FETのブリッジ回路で構成されている。

【0007】

加算部32Aには補償信号生成部34からの補償信号CMが加算されており、補償信号CMの加算によって操舵システム系の特性補償を行い、収れん性や慣性特性等を改善するようになっている。補償信号生成部34は、セルフライニングトルク（SAT）343と慣性342を加算部344で加算し、その加算結果に更に収れん性341を加算部34

10

20

30

40

50

5で加算し、加算部345の加算結果を補償信号CMとしている。

【0008】

このような電動パワーステアリング装置では、減速ギアやラック&ピニオンにより摩擦が大きく、また、アシストトルクを発生させるためのモータによりステアリング軸回りの等価慣性モーメントが大きい。そのため、セルフライニングトルク(SAT)が小さい低車速域では、摩擦が大きいことによりハンドル戻りが悪くなる。これは直進状態においてSATのみでは舵角が中立点まで戻ってこないため、運転者の操舵介入により中立点まで戻す必要があり、運転者の負担となる。

【0009】

一方、SATが大きい高車速域では、SATが大きいために、舵角速度は低車速域に比べて速くなる傾向にあるが、慣性モーメントによる慣性トルクも大きく、舵角の中立点でハンドルが収束せず、オーバーシュートしてしまうため、車両特性が不安定に感じられることがある。

【0010】

このように、車速又は操舵状態によって異なった特性の補償が必要であり、それらを達成するために、ハンドル戻り時に適度なアシストをするための様々な制御手法が提案されている。それらのハンドル戻り制御の中でも、運転者による操舵介入時でも滑らかなハンドル戻り制御を行うことを目的とした先行技術として、特許第4685557号公報(特許文献1)に示される電動パワーステアリング装置がある。

【0011】

特許文献1の装置では、目標舵角速度に追従するように構成された制御器において、ベース修正舵角速度を車速及び操舵トルクによる乗算及び加算で補正し、目標舵角速度を算出している。運転者による操舵介入時には、操舵トルクが加わった方向に目標舵角速度を補正することで、運転者が操舵した際の違和感の減少を図っている。

【0012】

手放し状態で滑らかなハンドル戻りを実現させるためには、舵角加速度が大きく変動せずに、舵角中立点で舵角速度が0となることが良い。しかしながら、特許文献1記載の装置では、目標舵角速度を設定する際に操舵トルクによる補正を行っているが、アシストトルクによる補正は行っていない。アシストトルクは一般的に車速が大きくなるほど小さくなるように設定するため、操舵トルク及び車速による補正では好ましい補正量の算出に手間がかかる。

【0013】

このような問題に対して、特許第5896091号公報(特許文献2)に示される電動パワーステアリング装置では、舵角及び車速に応じて目標戻りトルクを定義し、目標戻りトルクに操舵トルク及びアシストトルクを加算した結果に仮想的な操舵系特性に応じた伝達特性を乗算することにより目標舵角速度を算出している。そして、目標舵角速度と実舵角速度との偏差に対してP(比例)制御、I(積分)制御、D(微分)制御のうち少なくとも1つを行うことで、運転者による操舵介入時にも自然なフィーリングのハンドル戻り制御の実現を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0014】

【特許文献1】特許第4685557号公報

【特許文献2】特許第5896091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2記載の装置において、操舵状態によっては、ハンドル戻り制御において目標舵角速度と実舵角速度の偏差が過大となることがあり、それによりハンドル戻り制御が過大に働き、運転者にとって違和感になるおそれがある。

【0016】

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、車両特性を考慮した操舵トルク及び車速に基づく補正により直進走行状態における運転者の操舵介入時でも違和感なく滑らかなハンドル戻りを実現するハンドル戻り制御において、目標舵角速度と舵角速度の偏差が過大とならないように制限をかけることにより、運転者にとって違和感が少ないハンドル戻り制御を提供できる電動パワーステアリング装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0017】

本発明は、操舵トルク及び車速に基づいて電流指令値を演算し、前記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をアシスト制御する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、舵角、前記車速、前記操舵トルク及び前記電流指令値を用いて目標舵角速度を演算し、前記目標舵角速度及び舵角速度の偏差を、前記舵角速度に応じた制限値以下に抑制し、抑制後の偏差を前記目標舵角速度に加算することにより、制限目標舵角速度を求め、当該制限目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差を用いてハンドル戻し制御電流を演算し、前記ハンドル戻し制御電流を前記電流指令値に加算した補償電流指令値で前記モータを駆動するハンドル戻し制御部を備えることにより達成される。

【0018】

また、本発明の上記目的は、前記ハンドル戻し制御部は、前記舵角及び前記車速を用いて戻り舵角速度を演算する戻り舵角速度演算部と、前記操舵トルク及び前記電流指令値を用いて統合トルクを演算する統合トルク演算部と、前記戻り舵角速度及び前記統合トルクを用いて、仮想車両モデルに基づいて前記目標舵角速度を演算する操舵系特性部と、前記舵角速度に応じて、前記目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差である制限前偏差に対して前記制限値を設定することにより、前記目標舵角速度に制限をかける目標舵角速度制限部と、前記制限目標舵角速度及び前記舵角速度の偏差である制限後偏差に車速ゲイン及び操舵トルクゲインを乗算してハンドル戻し制御偏差を求めるハンドル戻し制御偏差算出部と、前記ハンドル戻し制御偏差に対してP制御演算、I制御減算、D制御演算の少なくとも1つの制御演算を行い、前記車速ゲイン及び前記操舵トルクゲインによって出力制限して前記ハンドル戻し制御電流を求めるハンドル戻し制御電流演算部とを具備することにより、或いは、前記目標舵角速度制限部は、前記制限前偏差がハンドルを中立に戻すように作用する戻し偏差である場合の前記制限値の大きさに比べて、前記制限前偏差がハンドルの動きを収れんさせるように作用するダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが大きくなるように、前記制限値を設定することにより、或いは、前記目標舵角速度制限部は、更に、前記制限前偏差が前記ダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが、切戻しのときに比べて切増しのときに小さくなるように、前記制限値を設定することにより、或いは、前記目標舵角速度制限部は、更に、前記制限前偏差が前記ダンピング偏差である場合の前記制限値の大きさが、前記舵角速度が速くなるに従って大きくなるように、前記制限値を設定することにより、或いは、切戻しの状況において、前記舵角が正のときに値が負であるか又は前記舵角が負のときに値が正である前記制限前偏差を前記戻し偏差とし、前記舵角速度が速い状況において、前記舵角が正のときに値が正であるか又は前記舵角が負のときに値が負である前記制限前偏差を前記ダンピング偏差とすることにより、或いは、前記車速によって前記制限値を変化させることにより、或いは、前記舵角によって前記制限値を変化させることにより、より効果的に達成される。

【発明の効果】

【0019】

本発明に係る電動パワーステアリング装置によれば、舵角、車速、操舵トルク及び電流指令値を用いて目標舵角速度を演算し、舵角速度に応じて目標舵角速度に対して制限をかけることにより、ハンドル戻り制御において目標舵角速度と舵角速度の偏差が過大になる

ことを抑え、違和感が少ないハンドル戻り制御を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【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制御系の構成例を示すブロック図である。

【図3】本発明の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

【図4】戻り舵角速度演算部の出力例を示す特性図である。

【図5】粘性係数出力部の出力例を示す特性図である。

【図6】操舵トルクゲイン部の出力例を示す特性図である。

【図7】車速ゲイン部の出力例を示す特性図である。

10

【図8】制限値の設定例を示す特性図である。

【図9】制限部の構成例（第1実施形態）を示すブロック図である。

【図10】舵角、舵角速度及び目標舵角速度並びに偏差の時間変化例を示す図である。

【図11】本発明の動作例（第1実施形態）を示すフローチャートである。

【図12】制限処理の動作例（第1実施形態）を示すフローチャートである。

【図13】本発明の構成例（第2実施形態）を示すブロック図である。

【図14】車速によって変化させる制限値の設定例を示す特性図である。

【図15】舵角ゲイン部の出力例を示す特性図である。

【図16】舵角速度ゲイン部の出力例を示す特性図である。

【図17】制限処理の動作例（第2実施形態）を示すフローチャートである。

20

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明におけるハンドル戻り制御では、電動パワーステアリング装置において補助力を伝達するための減速ギアやラック&ピニオンの摩擦により動作が阻害され、直進状態に戻したい走行状態であるにも拘わらずハンドルが中立点まで戻らず、車両が直進状態になり難いことがあるので、舵角や車速等に応じたハンドル戻り制御電流により電流指令値を補正（補償）することで、直進状態に戻す走行状態においてハンドルを積極的に中立点に戻すようにする。ハンドル戻り制御は、簡易的な仮想車両モデルに基づいて目標舵角速度を演算し、目標舵角速度と舵角速度（実舵角速度）の偏差に対してPID（比例積分微分）制御を行うことにより実行される。そして、ハンドル戻り制御において、目標舵角速度に対して舵角速度に追従して制限をかけることにより、発生する偏差を一定以下に抑制し、ハンドル戻り制御が過大に働くことを抑制し、操舵違和感を減少させる。

30

【0022】

本発明における簡易的な仮想車両モデルは、舵角 δ 及び車速 V から求めた戻り舵角速度（目標値） $\dot{\delta}_t$ 、操舵トルク T_d 並びにアシストトルク T_a に対して、操舵系の仮想的な慣性モーメント J 及び粘性係数 C に応じた車両特性（車両伝達特性）を適用することで、目標舵角速度 $\dot{\delta}_t$ を算出するモデルである。

【0023】

仮想車両モデル（操舵系特性部）を用いることで、操舵系の仮想的な慣性モーメント J 及び粘性係数 C を設定することができるため、車両特性を任意に決めることが可能となる。また、仮想車両モデルにはアシストトルク T_a も加味した運転者の操舵介入も考慮されているため、運転者が操舵している状態でも滑らかなハンドル戻り制御を提供することができる。

40

【0024】

ここで、操舵系に静止摩擦、クーロン摩擦及び弾性項がないと仮定した場合、セルフアラニングトルク（SAT） S_{at} 、操舵トルク T_d 、アシストトルク T_a の力の釣り合い方程式は、下記数1となる。

【0025】

【数 1】

$$Sat + T_d + T_a = J \frac{d^2\theta}{dt^2} + C \frac{d\theta}{dt}$$

そして、舵角速度 ω は舵角 θ の時間微分であるので、下記数 2 が成立する。

【0026】

【数 2】

$$\omega = \frac{d\theta}{dt}$$

10

よって、 $\omega = \omega_0$ とすると、下記数 3 が成立する。

【0027】

【数 3】

$$Sat + T_d + T_a = J \frac{d\omega_0}{dt} + C\omega_0$$

更に、上記数 3 をラプラス変換すると下記数 4 となり (s はラプラス演算子)、数 4 を目標舵角速度 ω_0 について解くと、下記数 5 となる。

【0028】

20

【数 4】

$$Sat + T_d + T_a = sJ\omega_0 + C\omega_0$$

【0029】

【数 5】

$$\omega_0 = \frac{1}{\frac{J}{C}s + 1} \left(\frac{Sat}{C} + \frac{T_d + T_a}{C} \right)$$

30

上記数 5 より、目標舵角速度 ω_0 を求める。数 5 において、 Sat/C は SAT によって発生する舵角速度として、車両特性に応じて設定する戻り舵角速度 ω_t として考えることができる。 $1 / \{ (J/C)s + 1 \}$ は仮想車両モデルから求められる伝達特性（以下、「仮想特性」とする）であり、 $(T_d + T_a)/C$ は操舵トルク T_d 及びアシストトルク T_a によって発生する舵角速度である。

【0030】

SAT Sat は一般的に車速 V 及び舵角 θ によって決まるので、戻り舵角速度 ω_t も車速 V 及び舵角 θ に応じて設定する。操舵トルク T_d はトルクセンサによって検出し、アシストトルク T_a は電流指令値 I_{ref} からモータトルク定数 K_t を考慮して算出可能である。よって、操舵トルク T_d 及びアシストトルク T_a を合算したトルク（統合トルク） T_c を操舵系の仮想的な粘性係数 C で除算することにより、統合トルク T_c によって発生する舵角速度（以下、「統合舵角速度」とする） ω_c を算出し、戻り舵角速度 ω_t 及び統合舵角速度 ω_c を合算し、仮想特性で変換することにより、目標舵角速度 ω_0 が求められる。

40

【0031】

このようにして求められた目標舵角速度 ω_0 に対して、本発明では、目標舵角速度 ω_0 と舵角速度 ω の偏差（制限前偏差）が過大にならないように制限をかける。つまり、偏差に対して制限値を設定し、偏差が制限値を越えないようにする。このとき、偏差がハンドルを中立（中立点）に戻すような偏差（戻し偏差）の場合に設定する制限値（以下、「戻し制限値」とする）の大きさ（絶対値）に比べて、偏差がハンドルの動きを収れんさせる

50

ような偏差（ダンピング偏差）の場合に設定する制限値（以下、「ダンピング制限値」とする）の大きさの方が大きくなるように、制限値を設定する。また、ハンドルの収れんに必要な補償量は舵角速度 $\dot{\delta}$ が速いほど大きくなるので、ダンピング制限値の大きさは舵角速度 $\dot{\delta}$ が速くなるに従って大きくなるようにする。また、切増しのときには運転者の操舵を阻害しないように、切増し時のダンピング制限値の大きさが切戻し時のダンピング制限値の大きさより小さくなるようにする。

【0032】

なお、車速 V によってハンドルの戻り性能や車両の収れん性が異なるため、例えば車速 V に応じた車速ゲインを乗算することにより、ハンドル戻り制御の出力を可変にする。また、ハンドル戻り制御が主に必要とされるのは、コラム軸に付加される操舵トルク T_d に対して摩擦トルクの割合が相対的に大きいときであるので、操舵トルク T_d が大きいときに、ハンドル戻り制御は大きな出力を必要としない。そのため、例えば操舵トルク T_d に応じて小さくなる操舵トルクゲイン T_h を乗算することにより、ハンドル戻り制御の出力を可変にする。

10

【0033】

このように、目標舵角速度 δ_0 と舵角速度 δ との偏差に応じて制御を行うことで、滑らかなハンドル戻りが実現できると共に、運転者が操舵した場合でも違和感のないハンドル戻り制御を提供できる。

【0034】

以下に、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

20

【0035】

図3に、本発明に係るハンドル戻り制御部100の構成例（第1実施形態）を示す。ハンドル戻り制御部100に入力される操舵トルク T_d は操舵トルクゲイン部151及び加算部122に、電流指令値 I_{ref} はモータトルク定数部121及び加算部171に、舵角速度 $\dot{\delta}$ は切増/切戻判定部141、制限部142及び減算部154に、舵角 δ は戻り舵角速度演算部111、切増/切戻判定部141及び制限部142に、車速 V は戻り舵角速度演算部111、粘性係数出力部131及び車速ゲイン部152にそれぞれ入力される。

【0036】

戻り舵角速度演算部111は、車速 V 及び舵角 δ に応じて戻り舵角速度 $\dot{\delta}_t$ を算出する。例えば、図4に示されるような特性を基に、入力される車速 V 及び舵角 δ より舵角速度 $\dot{\delta}_t$ を決定する。図4に示される特性では、 SAT は舵角 δ に応じて大きくなるので、戻り舵角速度 $\dot{\delta}_t$ も舵角 δ が大きくなるに従って次第に大きくなるようになっている。また、車速 V に対しては、車速 V が速くなるに従って大きくもなるし、小さくもなる。なお、上述のように、 Sat/C を戻り舵角速度 $\dot{\delta}_t$ と見做すことができるので、 $SAT = Sat$ を推定或いは測定し、粘性係数 C で除算することにより、戻り舵角速度 $\dot{\delta}_t$ を算出しても良い。

30

【0037】

モータトルク定数部121に入力される電流指令値 I_{ref} は、モータトルク定数 K_t を乗算され、アシストトルク T_a として出力される。そして、アシストトルク T_a と操舵トルク T_d が加算部122で加算され、統合トルク T_c となる。

40

【0038】

粘性係数出力部131は、車速 V に応じて粘性係数 C を決定する。例えば、粘性係数 C は図5に示されるような特性であり、少なくとも車速 V_1 までは小さい粘性係数 C_1 で一定であり、車速 V_1 以上で車速 V_2 ($> V_1$) 以下では次第に大きくなり、車速 V_2 以上では大きな粘性係数 C_2 で一定となる。なお、粘性係数 C の特性は、このような特性に限定されるものではない。粘性係数 C は、粘性特性部132及び仮想特性部133に入力される。

【0039】

粘性特性部132は、統合トルク T_c を粘性係数 C で除算することにより、統合舵角速度 $\dot{\delta}_c$ を算出する。統合舵角速度 $\dot{\delta}_c$ は、反転部112で符号を反転した戻り舵角速度 $\dot{\delta}_t$

50

t と加算部 1 3 4 で加算され、仮想特性部 1 3 3 に入力され、その入力に対して、仮想特性部 1 3 3 は、慣性モーメント J 及び粘性係数 C より定義される仮想特性を用いて、目標舵角速度 $\dot{\theta}_0$ を求める。つまり、加算部 1 2 2、粘性特性部 1 3 2、反転部 1 1 2、加算部 1 3 4 及び仮想特性部 1 3 3 にて数 5 を実行する。なお、戻り舵角速度 $\dot{\theta}$ を、統合舵角速度 $\dot{\theta}_c$ とは逆の方向となるように戻り舵角速度演算部 1 1 1 で演算すれば、反転部 1 1 2 は不要である。

【 0 0 4 0 】

切増 / 切戻判定部 1 4 1 は、舵角速度 $\dot{\theta}$ 及び舵角 θ に基づいて、ハンドルが切増し方向に操舵されているか、切戻し方向に操舵されているか、或いは保舵状態かを判定し、判定結果 J s をそれぞれ「切増し」、「切戻し」又は「保舵」として出力する。即ち、舵角 θ 又は舵角速度 $\dot{\theta}$ が略 0 ならば「保舵」、そうではなくて（「保舵」ではなくて）、舵角 θ と舵角速度 $\dot{\theta}$ の符号が一致している場合は「切増し」、一致していない場合は「切戻し」と判定する。

10

【 0 0 4 1 】

制限部 1 4 2 は、切増 / 切戻判定部 1 4 1 からの判定結果 J s、舵角速度 $\dot{\theta}$ 及び舵角 θ に基づいて、目標舵角速度 $\dot{\theta}_0$ に対して制限をかけ、制限目標舵角速度 $\dot{\theta}_0'$ を出力し、制限目標舵角速度 $\dot{\theta}_0'$ と舵角速度 $\dot{\theta}$ の偏差（制限後偏差）S G 1 (= $\dot{\theta}_0' - \dot{\theta}$) が減算部 1 5 4 で求められる。制限部 1 4 2 の詳細については後述する。

【 0 0 4 2 】

操舵トルクゲイン部 1 5 1 は、操舵トルク T d に応じて操舵トルクゲイン T h を出力する。例えば、操舵トルクゲイン T h は図 6 に示すような特性であり、操舵トルク T d が T 1 までは一定値ゲイン T h 1 であり、T 1 を超えると次第に減少し、T 2 以上でゲイン 0 となる特性となっている。

20

【 0 0 4 3 】

車速ゲイン部 1 5 2 は、車速 V に応じて車速ゲイン K P を出力する。例えば、車速ゲイン K P は図 7 に示すような特性であり、少なくとも車速 V 3 までは小さいゲイン K P 1 で一定であり、車速 V 3 以上では次第に大きくなり、車速 V 4 以上では大きなゲイン K P 2 で一定であるが、このような特性に限定されるものではない。

【 0 0 4 4 】

操舵トルクゲイン T h 及び車速ゲイン K P は共に乗算部 1 5 3 及びリミッタ 1 6 3 に入力される。

30

【 0 0 4 5 】

偏差 S G 1 に操舵トルクゲイン T h 及び車速ゲイン K P を乗算した乗算部 1 5 3 からのハンドル戻し制御偏差 S G 2 は、加算部 1 6 4 に入力されると共に、特性改善のための積分制御部 1 6 1 に入力され、積分ゲイン部 1 6 2 を経てリミッタ 1 6 3 に入力され、リミッタ 1 6 3 で操舵トルクゲイン T h 及び車速ゲイン K P に応じて出力を制限された信号 S G 4 が加算部 1 6 4 で、ハンドル戻し制御偏差 S G 2 と加算され、ハンドル戻し制御電流 H R として出力される。積分は摩擦の影響を受け易い低操舵トルク域を補償し、特に手放して摩擦に負ける領域で積分を利かせる。加算部 1 7 1 で電流指令値 I r e f にハンドル戻し制御電流 H R を加算して補正（補償）し、補正された補償電流指令値 I r e f n が電流指令値 I r e f に替わって電流制限部 3 3 に入力され、モータ駆動される。なお、ノイズを除去するために、ハンドル戻し制御電流 H R を、例えばローパスフィルタに通してから、加算部 1 7 1 に入力しても良い。

40

【 0 0 4 6 】

図 3 に示される構成例において、モータトルク定数部 1 2 1 及び加算部 1 2 2 で統合トルク演算部を構成し、粘性係数出力部 1 3 1、粘性特性部 1 3 2、仮想特性部 1 3 3 及び加算部 1 3 4 で操舵系特性部を構成し、切増 / 切戻判定部 1 4 1 及び制限部 1 4 2 で目標舵角速度制限部を構成し、操舵トルクゲイン部 1 5 1、車速ゲイン部 1 5 2、乗算部 1 5 3 及び減算部 1 5 4 でハンドル戻し制御偏差算出部を構成し、積分制御部 1 6 1、積分ゲイン部 1 6 2、リミッタ 1 6 3 及び加算部 1 6 4 でハンドル戻し制御電流演算部を構成し

50

ている。

【 0 0 4 7 】

ここで、制限部 1 4 2 の詳細について説明する。

【 0 0 4 8 】

制限部 1 4 2 は、目標舵角速度 $\dot{\delta}_0$ に対して、目標舵角速度 $\dot{\delta}_0$ と舵角速度 $\dot{\delta}$ の偏差（制限前偏差）が過大にならないように、偏差に対して制限値を設定することにより、制限をかける。制限値は、戻し制限値の大きさに比べてダンピング制限値の大きさの方が大きくなるように（以下、「条件 1」とする）、また、ダンピング制限値の大きさは舵角速度 $\dot{\delta}$ が速くなるに従って大きくなるように（以下、「条件 2」とする）、更に、切増し時のダンピング制限値の大きさが切戻し時のダンピング制限値の大きさより小さくなるように（以下、「条件 3」とする）設定される。そして、切戻しの状況において、舵角 δ が正のときに値が負であるか又は舵角 δ が負のときに値が正である偏差に対する制限値を戻し制限値とし、舵角速度 $\dot{\delta}$ が速い状況において、舵角 δ が正のときに値が正であるか又は舵角 δ が負のときに値が負である偏差に対する制限値をダンピング制限値とし、更に切増し時と切戻し時とで別のダンピング制限値を用意し、上記の 3 つの条件を満たすようにする。例えば、舵角 δ が正の場合、制限値を図 8（A）に示されるような特性とする。図 8 は、縦軸を制限値とし、横軸を舵角速度 $\dot{\delta}$ の絶対値 $|\dot{\delta}|$ とした特性図であり、実線が戻し制限値、破線が切戻し時のダンピング制限値（以下、「切戻しダンピング制限値」とする）、一点鎖線が切増し時のダンピング制限値（以下、「切増しダンピング制限値」とする）である。なお、ダンピング制限値は舵角速度 $\dot{\delta}$ が速いとき（舵角速度の絶対値 $|\dot{\delta}|$ が大きいとき）の呼称であるが、以下では舵角速度 $\dot{\delta}$ が遅いときも含めてダンピング制限値と呼ぶことにする。図 8（A）に示されるように、戻し制限値は一定値であり、ダンピング制限値は、 $|\dot{\delta}|$ が所定の値 $|\dot{\delta}|_1$ までは一定値（ゼロでも良い）で、それ以降は $|\dot{\delta}|$ に比例して大きくなる。そして、切増しダンピング制限値は、切戻しダンピング制限値よりも小さくなっている。舵角 δ が負の場合は、制限値の正負が逆となり、制限値は図 8（B）に示すような特性となる。なお、制限値の特性は図 8 に示されるような特性に限られず、上記の 3 つの条件を満たすならば曲線等を含むような特性でも良く、更に少なくとも条件 1 を満たすような特性でも良い。少なくとも条件 1 を満たすような特性の場合、ダンピング制限値は一定値でも良い。

【 0 0 4 9 】

制限部 1 4 2 は、図 8 に示される特性を用いて、目標舵角速度 $\dot{\delta}_0$ に対して制限をかける。制限部 1 4 2 の構成例を図 9 に示す。制限部 1 4 2 は、先ず目標舵角速度 $\dot{\delta}_0$ と舵角速度 $\dot{\delta}$ の偏差 $\Delta\dot{\delta}$ を減算部 1 4 9 にて求める。そして、舵角 δ の符号及び偏差 $\Delta\dot{\delta}$ の符号をそれぞれ符号部 1 4 5 及び 1 4 6 で求め、それらの符号及び切増/切戻判定部 1 4 1 からの判定結果 J_s に基づいて使用する制限値を制限値決定部 1 4 7 で決定し、決定された制限値 L_t を用いて偏差 $\Delta\dot{\delta}$ に制限実行部 1 4 8 で制限をかける。即ち、判定結果 J_s が「切戻し」の場合、舵角 δ が正で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が正ならば図 8（A）の切戻しダンピング制限値（以下、「切戻しダンピング制限値 1」とする）を使用し、舵角 δ が正で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が負ならば図 8（A）の戻し制限値を使用し、舵角 δ が負で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が正でも同じ戻し制限値を使用し、舵角 δ が負で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が負ならば図 8（B）の切戻しダンピング制限値（以下、「切戻しダンピング制限値 2」とする）を使用する。判定結果 J_s が「切増し」の場合、舵角 δ が正で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が正ならば図 8（A）の切増しダンピング制限値（以下、「切増しダンピング制限値 1」とする）を使用し、舵角 δ が正で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が負又は舵角 δ が負で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が正ならば戻し制限値を使用し、舵角 δ が負で偏差 $\Delta\dot{\delta}$ が負ならば図 8（B）の切増しダンピング制限値（以下、「切増しダンピング制限値 2」とする）を使用する。判定結果 J_s が「保舵」の場合、戻し制限値を使用する。そして、制限をかけられた偏差 $\Delta\dot{\delta}$ を目標舵角速度 $\dot{\delta}_0$ に加算部 1 5 0 で加算することにより、制限目標舵角速度 $\dot{\delta}_0'$ を算出する。なお、制限部 1 4 2 を図 9 に示されるような構成ではなく、CPU 内部のプログラムとして実現しても良い。

【 0 0 5 0 】

このように制限部 142 にて目標舵角速度 ω_0 に対して制限をかける理由を、舵角 θ が正の場合を例として説明する。

【0051】

図 10 (A)、(B) 及び (C) は、舵角 θ 、舵角速度 $\dot{\theta}$ 及び目標舵角速度 ω_0 の時間変化を表わした図であり、実線が舵角 θ 、破線が舵角速度 $\dot{\theta}$ 、一点鎖線が目標舵角速度 ω_0 である。図 10 (D) は、図 10 (A) 及び (B) での目標舵角速度 ω_0 と舵角速度 $\dot{\theta}$ の偏差 e の時間変化を表わした図であり、図 10 (E) は、図 10 (C) での偏差 e の時間変化を表わした図である。

【0052】

図 10 (A) は制限部 142 による制限をかけない場合を示しており、時点 t_1 付近では偏差 e が大きくなっており、それによりハンドル戻り制御での補償量が大きくなり、違和感が発生するおそれがある。そこで、舵角速度 $\dot{\theta}$ の大きさが目標舵角速度 ω_0 の大きさよりも小さい場合、偏差 e が大きくなるように、目標舵角速度 ω_0 を、図 10 (B) での二点鎖線のように制限する。つまり、この場合、図 10 (D) に示すように、舵角 θ が正で偏差 e が負であり、ハンドルを中立に戻す方向に補償量が出力されるので、補償量が大きくなり過ぎないように、点線で示すように、偏差 e を制限する。

【0053】

図 10 (C) での時点 t_2 付近のように、舵角速度 $\dot{\theta}$ の大きさが目標舵角速度 ω_0 の大きさよりも大きい場合も偏差 e は大きくなるが、この場合は急な戻りを抑制するために、偏差 e を大きいままにするべく、目標舵角速度 ω_0 の制限を開放する（制限をかけづらくする）。つまり、この場合は、図 10 (E) に示すように、舵角 θ が正で偏差 e も正であり、ハンドルの動きを収れんさせる方向（戻りを抑制させる方向）に補償量が出力されるので、偏差 e を制限しない。このように、偏差 e に基づいて制御するので、偏差 e が大きいほど補償量の出力も大きくなり、ハンドルの動きを収れんさせる方向への出力を、ハンドルを中立に戻す方向への出力よりも大きくすることが可能となる。

【0054】

このような構成において、その動作例を、図 11 及び図 12 のフローチャートを参照して説明する。

【0055】

先ず操舵トルク T_d 、電流指令値 I_{ref} 、車速 V 、舵角 θ 、舵角速度 $\dot{\theta}$ を入力（読み取り）し（ステップ S1）、操舵トルクゲイン部 151 は操舵トルクゲイン T_h を出力する（ステップ S2）。モータトルク定数部 121 は電流指令値 I_{ref} にモータトルク定数 K_t を乗算してアシストトルク T_a を算出し（ステップ S3）、加算部 122 で操舵トルク T_d と加算して統合トルク T_c を算出し（ステップ S4）、粘性特性部 132 に出力する。

【0056】

また、戻り舵角速度演算部 111 は、入力された舵角 θ 及び車速 V に基づいて戻り舵角速度 $\dot{\theta}_t$ を求め（ステップ S5）、反転部 112 が戻り舵角速度 $\dot{\theta}_t$ の符号反転を行い（ステップ S6）、加算部 134 に入力する。車速ゲイン部 152 は車速 V に従った車速ゲイン K_P を出力し（ステップ S7）、粘性係数出力部 131 は車速 V に従った粘性係数 C を出力する（ステップ S8）。粘性係数 C は粘性特性部 132 及び仮想特性部 133 に入力され、粘性特性部 132 は、入力された統合トルク T_c を粘性係数 C で除算し、統合舵角速度 $\dot{\theta}_c$ を算出し（ステップ S9）、加算部 134 に出力する。符号反転された戻り舵角速度 $-\dot{\theta}_t$ と統合舵角速度 $\dot{\theta}_c$ が加算部 134 で加算され（ステップ S10）、更に仮想特性部 133 で仮想特性を用いて目標舵角速度 ω_0 が求められ（ステップ S11）、目標舵角速度 ω_0 は制限部 142 に入力される。

【0057】

切増/切戻判定部 141 は舵角速度 $\dot{\theta}$ 及び舵角 θ を入力し、それらに基づいてハンドルの操舵方向を判定し（ステップ S12）、判定結果 J_s を出力する。

【0058】

10

20

30

40

50

制限部 142 は、舵角速度、舵角、目標舵角速度 ω_0 及び判定結果Jsを入力し、制限処理を行う(ステップS13)。制限処理については図12のフローチャートを参照して説明する。

【0059】

制限部142は、目標舵角速度 ω_0 と舵角速度の偏差を減算部149で求める(ステップS101)。そして、符号部145及び146にて舵角の符号及び偏差の符号をそれぞれ求め、制限値決定部147において判定結果Jsを確認し(ステップS102)、判定結果Jsが「切戻し」の場合、舵角が正であり(ステップS103)、偏差が正ならば(ステップS104)、切戻しダンピング制限値1を用いて偏差に制限実行部148で制限をかけ(ステップS105)、偏差が負ならば(ステップS104)、戻し制限値を用いて偏差に制限をかける(ステップS106)。舵角が負であり(ステップS103)、偏差が正ならば(ステップS107)、戻し制限値を用いて偏差に制限をかけ(ステップS108)、偏差が負ならば(ステップS107)、切戻しダンピング制限値2を用いて偏差に制限をかける(ステップS109)。判定結果Jsが「切増し」の場合、舵角が正であり(ステップS110)、偏差が正ならば(ステップS111)、切増しダンピング制限値1を用いて偏差に制限をかけ(ステップS112)、偏差が負ならば(ステップS111)、戻し制限値を用いて偏差に制限をかける(ステップS113)。舵角が負であり(ステップS110)、偏差が正ならば(ステップS114)、戻し制限値を用いて偏差に制限をかけ(ステップS115)、偏差が負ならば(ステップS114)、切増しダンピング制限値2を用いて偏差に制限をかける(ステップS116)。判定結果Jsが「保舵」の場合、戻し制限値を用いて偏差に制限をかける(ステップS117)。制限実行部148での偏差への制限のかけ方は、偏差が制限値を越えた場合(偏差の絶対値が制限値の絶対値より大きい場合)、制限値を偏差とし、そうでない場合、偏差はそのままとする。制限をかけられた偏差を目標舵角速度 ω_0 に加算部150で加算し、制限目標舵角速度 ω_0' を算出する(ステップS118)。

【0060】

制限目標舵角速度 ω_0' は減算部154に加算入力され、減算入力された舵角速度との偏差SG1が求められ(ステップS14)、偏差SG1は乗算部153に入力される。乗算部153には操舵トルクゲインTh及び車速ゲインKpが入力されており、それらの乗算によってハンドル戻し制御偏差SG2が求められる(ステップS15)。ハンドル戻し制御偏差SG2は積分制御部161で積分処理され(ステップS16)、更に積分ゲインKiを乗算され(ステップS17)、リミッタ163でリミット処理される(ステップS18)。

【0061】

リミッタ163でリミット処理された信号SG4は加算部164に入力され、ハンドル戻し制御偏差SG2と加算され(ステップS19)、ハンドル戻し制御電流HRを出力する(ステップS20)。加算部171で電流指令値Irefにハンドル戻し制御電流HRを加算して補正し、補償電流指令値Irefnを出力する(ステップS21)。補正された補償電流指令値Irefnが電流制限部33に入力され、モータ駆動される。

【0062】

なお、図11及び図12でのデータ入力、演算や処理の順番は適宜変更可能である。

【0063】

目標舵角速度と舵角速度の偏差に対する制限値を、車速、舵角及び/又は舵角速度によって変化させることも可能である。

【0064】

車速によってSATが変化し、また一般的な車速感応式電動パワーステアリング装置ではアシストトルクも変化する。よって、それらの変化によりハンドル戻りも変化するため、車速によって制限値を変化させることで、滑らかなハンドル戻しを広い車速域で実現することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

制限値を舵角に応じて変化させることで、車両特性が大きく現れるオフセンタ域において、ハンドルを中立に戻す場合やハンドルの動きを収れんさせる場合のどちらの場合でも、より一層の制御効果が得られる。また、摩擦の影響が大きくなるオンセンタ域においても、より一層の制御効果が期待できる。

【 0 0 6 6 】

図 8 に示されるように、制限値は舵角速度に応じて、ある程度変化させているが、切増しから切戻しへ移行する際の反力感を創出するために、さらに制限値を舵角速度に応じて変化させる。操舵を切増しから切戻しに移行する際には時間の大小はあるが、必ず舵角速度がゼロとなる保舵の領域があるので、舵角速度によって制限値を変化させることにより、保舵時の反力を作り出すことが可能となる。また、これにより静止摩擦を補償する効果も得られる。

10

【 0 0 6 7 】

図 1 3 に、車速、舵角及び舵角速度によって制限値を変化させる場合のハンドル戻し制御部 2 0 0 の構成例（第 2 実施形態）を示す。図 3 に示される第 1 実施形態の構成例と比べると、制限部 1 4 2 が制限部 2 4 2 に代わっており、制限部 2 4 2 には車速 V も入力されている。その他の構成は第 1 実施形態と同じであるので、説明は省略する。

【 0 0 6 8 】

制限部 2 4 2 は、車速によって制限値を変化させるために、任意の車速毎に制限値が設定されており、舵角及び舵角速度によって制限値を変化させるために、舵角ゲイン部 2 4 3 及び舵角速度ゲイン部 2 4 4 を備えている。

20

【 0 0 6 9 】

任意の車速毎に設定される制限値としては、例えば図 1 4 に示されるように、車速に応じて変化させた切戻し時及び切増し時それぞれでのダンピング制限値並びに戻し制限値を複数用意する。入力される車速 V に対応する制限値がない場合は、最も近い車速の制限値を使用する、用意された制限値から補間した制限値を使用する等により対応する。

【 0 0 7 0 】

舵角ゲイン部 2 4 3 は、舵角 δ に応じて舵角ゲイン G_a を決定する。例えば図 1 5 の実線で示されるような特性を有し、舵角 δ が大きくなるに従って、舵角ゲイン G_a も大きくなる。なお、舵角ゲイン G_a の特性は、このような特性に限定されるものではなく、例えば図 1 5 の破線で示されるように、舵角 δ が小さいときは舵角 δ が大きくなるに従って小さくなり、その後、大きくなるような特性でも良い。

30

【 0 0 7 1 】

舵角速度ゲイン部 2 4 4 は、舵角速度 $\dot{\delta}$ に応じて舵角速度ゲイン G_v を決定する。例えば図 1 6 に示されるような特性を有し、舵角速度 $\dot{\delta}$ が大きくなるに従って、舵角速度ゲイン G_v は小さくなり、所定の舵角速度以降は一定となる。なお、舵角速度ゲイン G_v の特性は、このような特性に限定されるものではない。

【 0 0 7 2 】

制限部 2 4 2 は、車速 V に応じて設定された制限値に舵角ゲイン G_a 及び舵角速度ゲイン G_v を乗算した制限値を用いて偏差 e に制限をかける。

40

【 0 0 7 3 】

第 2 実施形態の動作は、第 1 実施形態の動作と比べると、制限部での制限処理の動作が異なる。

【 0 0 7 4 】

第 2 実施形態での制限処理の動作例を図 1 7 に示す。図 1 2 に示される第 1 実施形態での制限処理と比べると、制限値を用いて偏差 e に制限をかける動作（ステップ S 1 0 5、S 1 0 6、S 1 0 8、S 1 0 9、S 1 1 2、S 1 1 3、S 1 1 5、S 1 1 6、S 1 1 7）において実行される制限値の決定の動作に変更があり（ステップ S 1 2 1、S 1 2 3、S 1 2 5、S 1 2 7、S 1 2 9、S 1 3 1、S 1 3 3、S 1 3 5、S 1 3 7）、制限値決定と制限実行の間にゲインの乗算（ステップ S 1 2 2、S 1 2 4、S 1 2 6、S 1 2 8、

50

S 1 3 0、S 1 3 2、S 1 3 4、S 1 3 6、S 1 3 8)の動作が加わっている。制限値決定では、入力された車速Vに従って、使用する制限値を決定する。例えば、ステップS 1 2 1では、車速Vに対応する切戻しダンピング制限値1を使用する。ゲイン乗算では、制限値決定で決定された制限値に対して、舵角に 応じた舵角ゲインG a及び舵角速度に 応じた舵角速度ゲインG vを乗算する。そして、それらの動作により得られた制限値を用いて、偏差 に制限をかける。

【 0 0 7 5 】

なお、車速による制限値の変化を、舵角及び舵角速度による制限値の変化と同様に、ゲインの乗算で行っても良い。この場合、ダンピング制限値と戻し制限値に対するゲインは同一でも異なっても良い。舵角及び舵角速度による制限値の変化を、車速による制限値の変化と同様に、任意の舵角又は舵角速度毎に制限値を設定する方法で行っても良い。ゲインの乗算ではなく、オフセットの加減算で制限値を変化させても良い。また、上述では車速、舵角及び舵角速度全てを用いて制限値を変化させているが、少なくとも1つを用いて制限値を変化させるようにしても良い。

10

【 0 0 7 6 】

上述の実施形態(第1実施形態、第2実施形態)において、舵角速度はモータ角速度×ギア比で求めることも可能であり、仮想特性は車速、舵角、切増し/切戻し/保舵状態に応じて可変させても良い。また、仮想車両モデルには仮想的な摩擦特性を付加しても良い。更に、ハンドル戻し制御偏差に対してI(積分)制御演算を行うようにしているが、P(比例)制御演算、I制御演算、D(微分)制御演算の全てを行うことも可能であり、P I Dの少なくとも1つの制御演算を行うようにすれば良い。

20

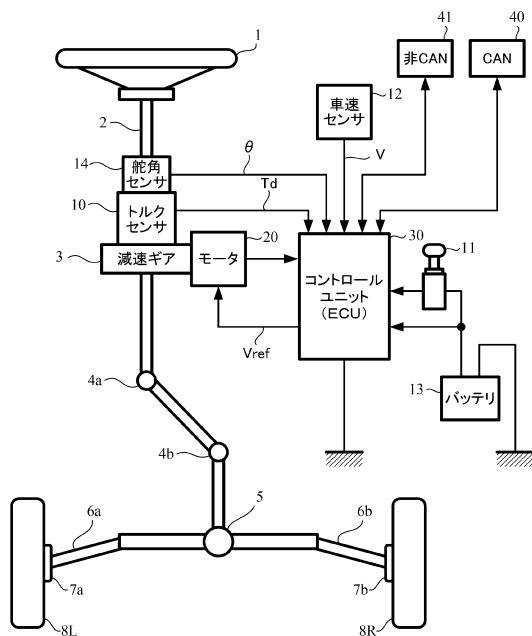
【符号の説明】

【 0 0 7 7 】

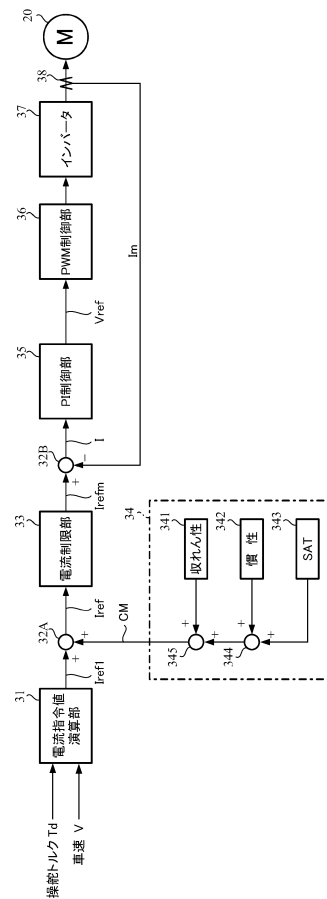
1	ハンドル	
2	コラム軸(ステアリングシャフト、ハンドル軸)	
1 0	トルクセンサ	
1 2	車速センサ	
1 4	舵角センサ	
2 0	モータ	
3 0	コントロールユニット(E C U)	30
3 1	電流指令値演算部	
3 3	電流制限部	
3 4	補償信号生成部	
3 5	P I 制御部	
3 6	P W M 制御部	
3 7	インバータ	
4 0	C A N	
1 0 0、2 0 0	ハンドル戻し制御部	
1 1 1	戻り舵角速度演算部	
1 1 2	反転部	40
1 2 1	モータトルク定数部	
1 3 1	粘性係数出力部	
1 3 2	粘性特性部	
1 3 3	仮想特性部	
1 4 1	切増/切戻判定部	
1 4 2、2 4 2	制限部	
1 4 5、1 4 6	符号部	
1 4 7	制限値決定部	
1 4 8	制限実行部	
1 5 1	操舵トルクゲイン部	50

- 1 5 2 車 速 ゲ イ ン 部
- 1 6 1 積 分 制 御 部
- 1 6 3 リ ミ ッ タ
- 2 4 3 舵 角 ゲ イ ン 部
- 2 4 4 舵 角 速 度 ゲ イ ン 部

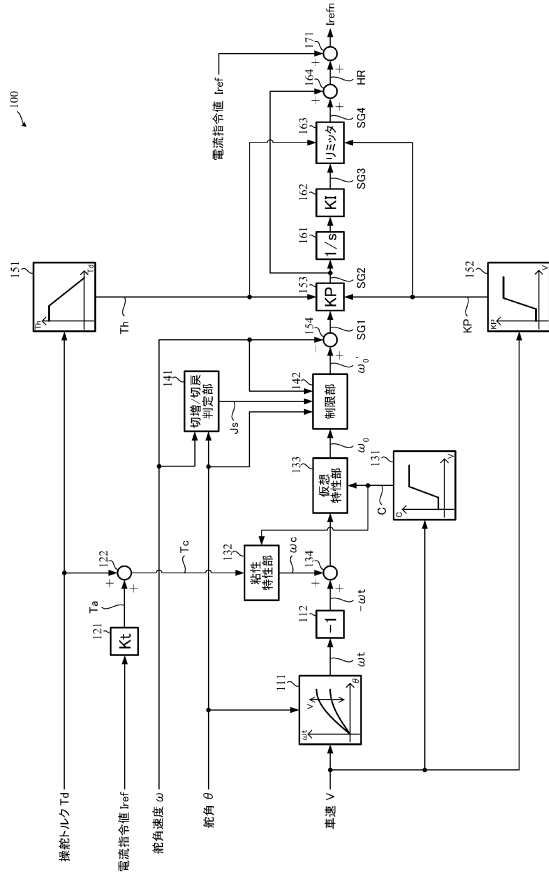
【 図 1 】



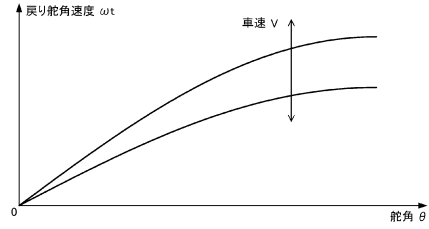
【 図 2 】



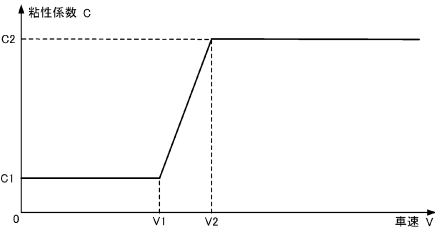
【図3】



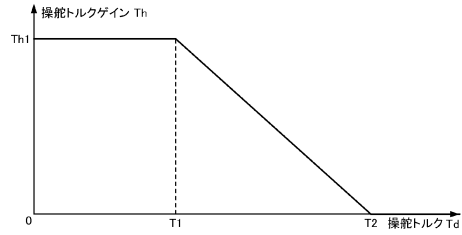
【図4】



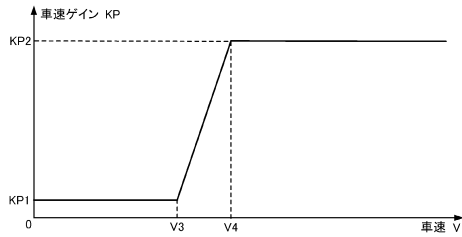
【図5】



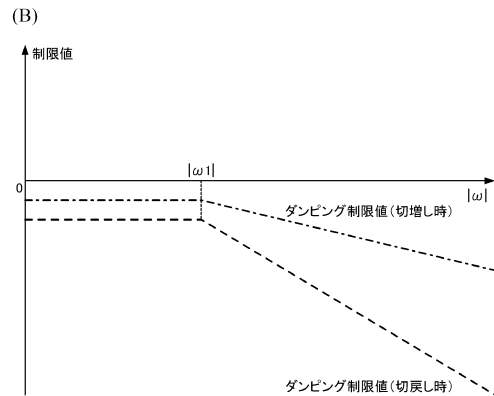
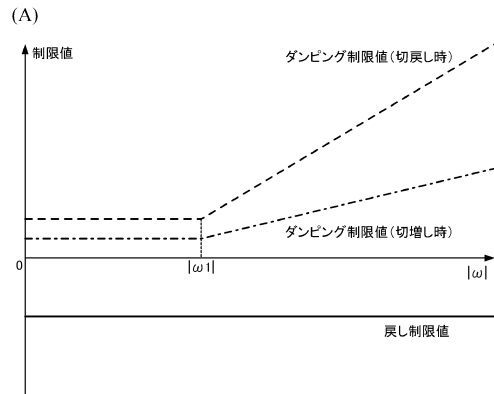
【図6】



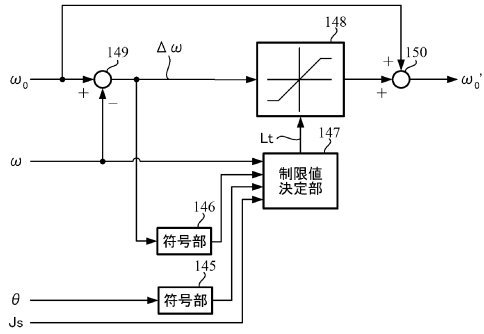
【図7】



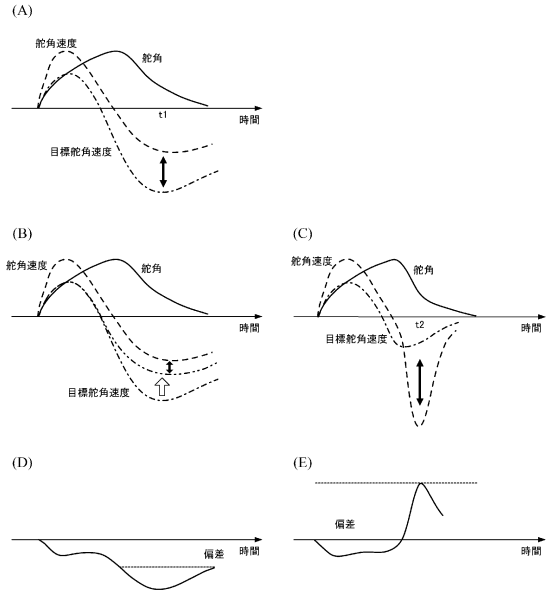
【図8】



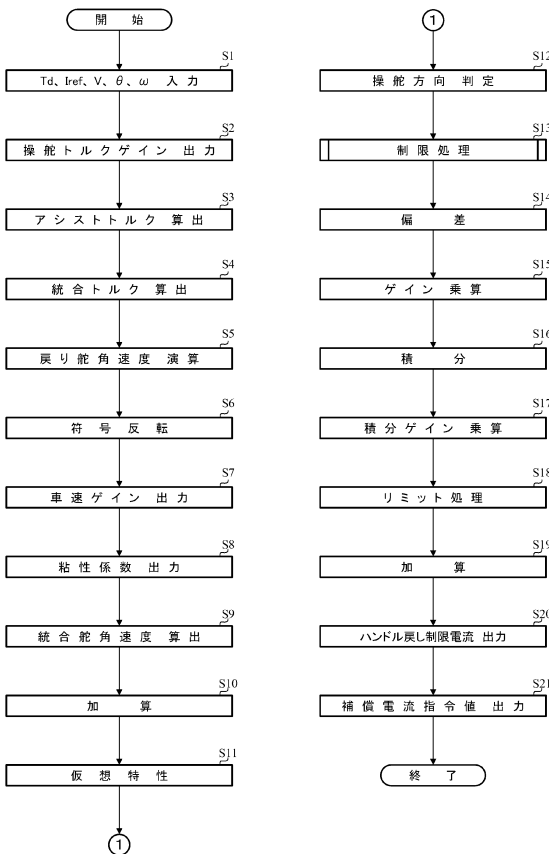
【図9】



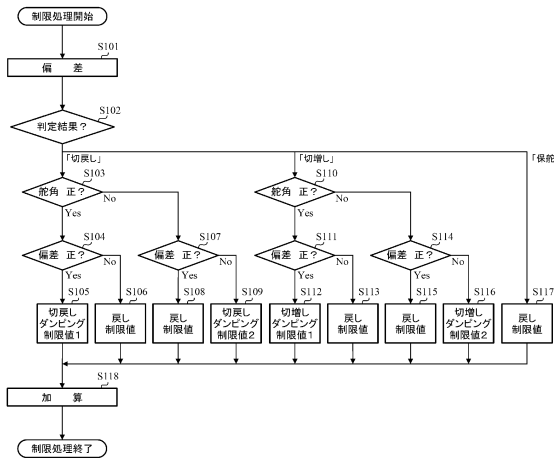
【図10】



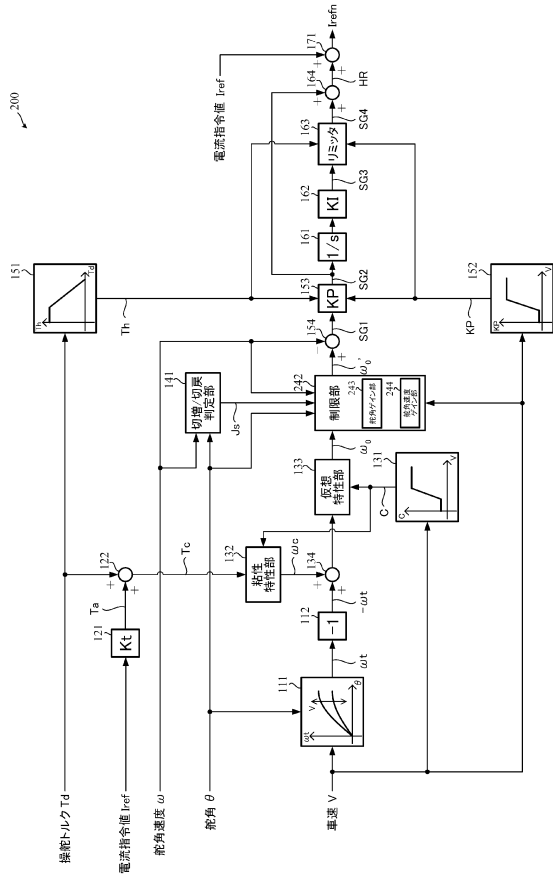
【図11】



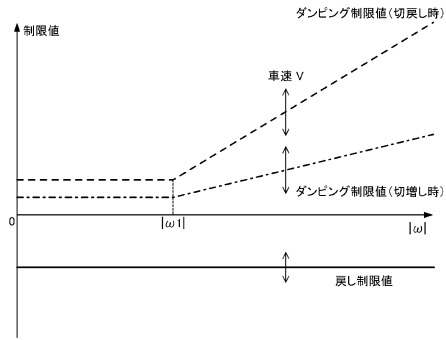
【図12】



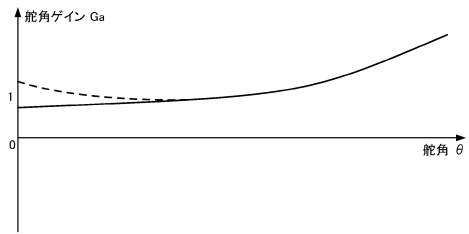
【図13】



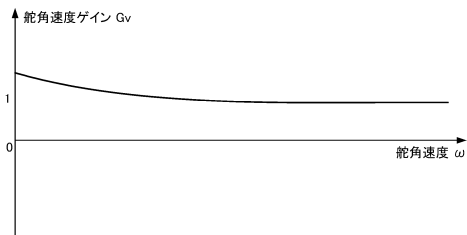
【図14】



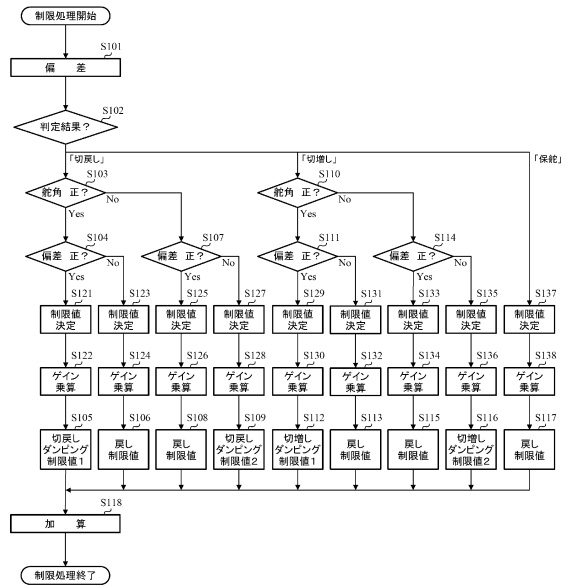
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

審査官 神田 泰貴

- (56)参考文献 特許第5896091(JP, B2)
特開2007-062584(JP, A)
特開2002-145101(JP, A)
特開昭62-241768(JP, A)
特開平09-277950(JP, A)
米国特許出願公開第2015/0166100(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 2 D	6 / 0 0	-	6 / 1 0
B 6 2 D	5 / 0 0	-	5 / 0 6
B 6 2 D	5 / 0 7	-	5 / 3 2