

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6722078号
(P6722078)

(45) 発行日 令和2年7月15日(2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月23日(2020.6.23)

(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 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2016-189949 (P2016-189949)	(73) 特許権者	000005348
(22) 出願日	平成28年9月28日 (2016.9.28)		株式会社 S U B A R U
(65) 公開番号	特開2018-52271 (P2018-52271A)		東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
(43) 公開日	平成30年4月5日 (2018.4.5)	(74) 代理人	110002907
審査請求日	令和1年6月14日 (2019.6.14)		特許業務法人イトーシン国際特許事務所
		(74) 代理人	100076233
			弁理士 伊藤 進
		(74) 代理人	100101661
			弁理士 長谷川 靖
		(74) 代理人	100135932
			弁理士 篠浦 治
		(72) 発明者	久保 貴嗣
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の操舵制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車両が目標経路に沿って追従走行するための操舵制御を実行する車両の操舵制御装置であって、

自車両の進行経路を前記目標経路に一致させるための目標操舵角を、少なくとも積分制御を含むフィードバック制御を用いて設定する目標操舵角設定部と、

前記目標操舵角と実操舵角との偏差に基づいて、前記実操舵角を前記目標操舵角に追従させるための舵角追従トルクを設定する舵角追従トルク設定部と、

前記目標操舵角に基づいて、ドライバ操舵時の補助トルクを設定する補助トルク設定部と、

前記目標経路への操舵制御中のドライバによる操舵介入を検知するドライバ操舵検知部と、

前記ドライバの操舵介入の検知結果に応じて、前記舵角追従トルク及び前記補助トルクに基づく目標出力トルクを設定する目標出力トルク設定部とを備え、

前記ドライバによる操舵介入が検知されない場合、前記積分制御を含むフィードバック制御を用いて前記目標操舵角を設定し、設定した前記目標操舵角と実操舵角との偏差に基づいて設定した前記舵角追従トルクを前記目標出力トルクとして設定し、前記ドライバによる操舵介入が検知された場合、前記積分制御の積分制御項をゼロにクリアして前記目標操舵角を設定すると共に、前記積分制御の積分制御項をゼロにクリアして設定した前記目標操舵角に基づいて前記補助トルクを設定し、設定した前記補助トルクを主として前記目

標出力トルクを設定することを特徴とする車両の操舵制御装置。

【請求項 2】

前記目標操舵角のフィードバック制御は、前記目標経路と自車両との横位置偏差に対する比例制御及び積分制御、前記目標経路と自車両とのヨー角偏差に対する比例制御及び微分制御を含むことを特徴とする請求項 1 記載の車両の操舵制御装置。

【請求項 3】

前記ドライバによる操舵介入が検知されない場合、前記舵角追従トルクを、前記目標操舵角と実操舵角との偏差に対する比例積分微分制御で設定し、前記ドライバによる操舵介入が検知された場合、前記目標操舵角と実操舵角との偏差に対する前記比例積分微分制御の積分制御項をゼロにクリアして前記舵角追従トルクを設定することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の車両の操舵制御装置。

10

【請求項 4】

前記ドライバによる操舵介入が検知された場合、前記目標操舵角のフィードバック制御における前記積分制御の積分制御項をゼロにクリアするとともに、前記微分制御の微分制御項をゼロにクリアすることを特徴とする請求項 2 記載の車両の操舵制御装置。

【請求項 5】

前記目標操舵角のフィードバック制御に、前記ドライバによる操舵介入に対する不感帯を設けることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れか一項に記載の車両の操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、目標経路に沿って追従走行するための操舵制御を実行する車両の操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車等の車両の操舵制御においては、カメラやレーダ装置等により車両周囲の外部環境を認識して自車両が進行する目標経路を設定し、設定した目標経路から導出した目標操舵角と実際の操舵角とを一致させる追従操舵制御が知られている。

【0003】

30

このような追従操舵制御では、ドライバがハンドルを操作してシステムの制御に介入する、いわゆるオーバーライドの状況となったとき、追従操舵制御による出力トルクがドライバの操作に対して抵抗又は妨げとなってドライバに違和感を与えることがある。

【0004】

これに対して、従来、ドライバの操舵介入に対して追従操舵制御の出力トルクを制限することで、ドライバの違和感を低減する技術が提案されている。例えば、特許文献 1 には、ドライバの操作力が大きくなると追従操舵制御の出力トルクを 0 まで絞ることで、ドライバの違和感を低減する技術が提案されている。また、特許文献 2 には、目標操舵角と実際の操舵角の偏差の大きさによって定めたトルクに切り換えることで、ドライバの違和感を低減する技術が提案されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2015 - 20604 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 306283 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献 1 や特許文献 2 に開示されているような従来技術では、ドライバの操舵介入がないときの操舵出力とドライバの操舵介入があるときの操舵出力との差

50

が大きく、必ずしもドライバへの違和感を解消できるとは限らない。また、ドライバが意図せずにオーバーライドしてしまった場合にも操舵出力が小さくなってしまうため、自車両が目標経路から外れる虞がある。

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、目標経路に対する追従操舵制御中の操舵出力からドライバの操舵介入時の操舵出力へドライバに違和感を与えることなく移行させると共に、ドライバの意図しない操舵操作に対しても目標経路への復帰を可能とすることのできる車両の操舵制御装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様による車両の操舵制御装置は、自車両が目標経路に沿って追従走行するための操舵制御を実行する車両の操舵制御装置であって、自車両の進行経路を前記目標経路に一致させるための目標操舵角を、少なくとも積分制御を含むフィードバック制御を用いて設定する目標操舵角設定部と、前記目標操舵角と実操舵角との偏差に基づいて、前記実操舵角を前記目標操舵角に追従させるための舵角追従トルクを設定する舵角追従トルク設定部と、前記目標操舵角に基づいて、ドライバ操舵時の補助トルクを設定する補助トルク設定部と、前記目標経路への操舵制御中のドライバによる操舵介入を検知するドライバ操舵検知部と、前記ドライバの操舵介入の検知結果に応じて、前記舵角追従トルク及び前記補助トルクに基づく目標出力トルクを設定する目標出力トルク設定部とを備え、前記ドライバによる操舵介入が検知されない場合、前記積分制御を含むフィードバック制御を用いて前記目標操舵角を設定し、設定した前記目標操舵角と実操舵角との偏差に基づいて設定した前記舵角追従トルクを前記目標出力トルクとして設定し、前記ドライバによる操舵介入が検知された場合、前記積分制御の積分制御項をゼロにクリアして前記目標操舵角を設定すると共に、前記積分制御の積分制御項をゼロにクリアして設定した前記目標操舵角に基づいて前記補助トルクを設定し、設定した前記補助トルクを主として前記目標出力トルクを設定する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、目標経路に対する追従操舵制御中の操舵出力からドライバの操舵介入時の操舵出力へドライバに違和感を与えることなく移行させることができ、また、ドライバの意図しない操舵操作に対しても目標経路への復帰が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】操舵制御系の構成図

【図2】操舵制御装置の機能ブロック図

【図3】目標経路への追従制御の説明図

【図4】ドライバのハンドル操作の有無に対する目標操舵角の各ゲインを示す説明図

【図5】ドライバのハンドル操作に対する目標出力トルクの変化を示す説明図

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1において、符号1は操舵角をドライバ入力と独立して設定自在な電動パワーステアリング装置を示し、この電動パワーステアリング装置1は、ステアリング軸2が、図示しない自動車等の車両の車体フレームにステアリングコラム3を介して回動自在に支持されており、その一端が運転席側へ延出され、他端がエンジンルーム側へ延出されている。ステアリング軸2の運転席側端部には、ステアリングホイール4が固設され、また、エンジンルーム側へ延出する端部には、ピニオン軸5が連設されている。

【0012】

エンジンルームには、車幅方向へ延出するステアリングギヤボックス6が配設されており、このステアリングギヤボックス6にラック軸7が往復移動自在に挿通支持されている

10

20

30

40

50

。このラック軸 7 に形成されたラック（図示せず）に、ピニオン軸 5 に形成されたピニオンが噛合されて、ラックアンドピニオン式のステアリングギヤ機構が形成されている。

【 0 0 1 3 】

また、ラック軸 7 の左右両端はステアリングギヤボックス 6 の端部から各々突出されており、その端部に、タイロッド 8 を介してフロントナックル 9 が連設されている。このフロントナックル 9 は、操舵輪としての左右輪 1 0 L , 1 0 R を回動自在に支持すると共に、車体フレームに転舵自在に支持されている。従って、ステアリングホイール 4 を操作し、ステアリング軸 2、ピニオン軸 5 を回転させると、このピニオン軸 5 の回転によりラック軸 7 が左右方向へ移動し、その移動によりフロントナックル 9 がキングピン軸（図示せず）を中心に回動して、左右輪 1 0 L , 1 0 R が左右方向へ転舵される。

10

【 0 0 1 4 】

また、ピニオン軸 5 にアシスト伝達機構 1 1 を介して、電動パワーステアリングモータ 1 2 が連設されている。電動パワーステアリングモータ 1 2 は、モータ駆動部 2 0 により駆動され、このモータ駆動部 2 0 は操舵制御装置 3 0 で設定された操舵トルクを電動パワーステアリングモータ 1 2 から出力されるように電流制御などによって調整し、操舵制御装置 3 0 は操舵トルクセンサ 2 3 によって検知されたステアリングホイール 4 に加えられたドライバによる操舵トルクの量に応じたアシスト操舵トルク、及び、設定された目標操舵角に追従させる追従操舵トルクを合算、または選択して操舵トルクに設定する。

【 0 0 1 5 】

操舵制御装置 3 0 は、マイクロコンピュータを中心として構成される制御ユニットであり、車両の外部環境を認識して走行環境情報を取得する外部環境認識装置 1 0 0 をはじめとして、図示しないエンジン制御装置、変速機制御装置、ブレーキ制御装置等の他の制御ユニットと、車内ネットワークを形成する通信バス 1 5 0 を介して接続されている。また、操舵制御装置 3 0 には、車速を検出する車速センサ 2 1 やステアリングホイール 4 の操舵角（実舵角）を検出する操舵角センサ 2 2、およびドライバのステアリング操作力を検出する操舵トルクセンサ 2 3 等のセンサ類が接続されている。

20

【 0 0 1 6 】

外部環境認識装置 1 0 0 は、車載のカメラ、ミリ波レーダ、レーザーレーダ等の各種デバイスによる自車両周囲の物体の検出情報、路車間通信や車車間通信等のインフラ通信によって取得した交通情報、GPS 衛星等からの信号に基づく自車両位置の測位情報、道路の曲率、車線幅、路肩幅等の道路形状データや、道路方位角、車線区画線の種別、レーン数等の走行制御用データを含む高精細の地図情報等により、自車両周囲の外部環境を認識する。本実施の形態においては、外部環境認識装置 1 0 0 として、車載のカメラ及び画像認識装置による前方環境の認識を主として説明し、車載のカメラは、同一対象物を異なる視点から撮像する 2 台のカメラで構成されるステレオカメラとする。

30

【 0 0 1 7 】

尚、ステレオカメラを構成する 2 台のカメラは、CCD や CMOS 等の撮像素子を有するシャッタ同期のカメラであり、例えば、車室内上部のフロントウィンドウ内側のルームミラー近傍に所定の基線長で配置されている。

【 0 0 1 8 】

外部環境認識装置 1 0 0 におけるステレオカメラからの画像データの処理は、例えば以下のように行われる。まず、カメラで撮像した自車両の進行方向の 1 組のステレオ画像対に対し、対応する位置のずれ量から距離情報を有する距離画像を生成する。

40

【 0 0 1 9 】

白線等の車線区画線の認識では、車線区画線は道路面と比較して高輝度であるという知得に基づき、道路の幅方向の輝度変化を評価して、画像平面における左右の車線区画線的位置を画像平面上で特定する。この車線区画線の実空間上の位置 (x , y , z) は、画像平面上の位置 (i , j) とこの位置に関して算出された視差とに基づいて、すなわち、距離情報に基づいて、周知の座標変換式より算出される。

【 0 0 2 0 】

50

自車両の位置を基準に設定された実空間の座標系は、本実施の形態では、例えば、図3に示すように、カメラの中央真下の道路面を原点として、車幅方向をx軸、車高方向をy軸、車長方向（距離方向）をz軸とする。このとき、x-z平面（ $y=0$ ）は、道路が平坦な場合、道路面と一致する。道路モデルは、道路上の自車両の走行レーンを距離方向に複数区間に分割し、各区間における左右の車線区画線を所定に近似して連結することによって表現される。

【0021】

尚、本実施の形態では、走行路の形状をステレオカメラからの画像を基に認識する例で説明するが、他に、単眼カメラ、カラーカメラからの画像情報を基に求めるのも良い。

10

【0022】

外部環境認識装置100による外部環境の認識結果は、操舵制御装置30や他の制御装置に送信される。操舵制御装置30は、自車両の自動運転やドライバの運転を支援する運転支援制御において、外部環境の認識結果から自車両が走行する目標経路を設定する。そして、この目標経路に沿って走行するよう、電動パワーステアリングモータ12を駆動するモータ駆動部20を介して追従操舵制御を実行すると共に、この追従操舵制御中に、ドライバのハンドル操作（ステアリング操作）による操舵介入が検知された場合、ドライバの操舵操作に対して違和感がなく、且つドライバが意図しない操舵を行った場合にも目標経路への確実な復帰を可能とする補助トルクを出力する。

【0023】

20

このような追従操舵制御に係る機能として、操舵制御装置30は、図2に示すように、目標経路設定部40、目標操舵角設定部50、舵角追従トルク設定部60、ドライバ操舵検知部70、補助トルク設定部80、目標出力トルク設定部90を主要部として備えている。詳細には、目標操舵角設定部50は、フィードフォワード（FF）制御部51、フィードバック（FB）制御部52、フィードバック（FB）ゲイン設定部53、目標操舵角算出部54を備えて構成されている。また、舵角追従トルク設定部60は、実舵角検出部61、舵角偏差算出部62、比例制御部63、微分制御部64、積分制御部65、舵角追従トルク算出部66、リミット処理部67を備えて構成されている。

【0024】

尚、目標経路設定部40は、操舵制御装置30に備えることなく、外部環境認識装置100等の他の制御装置内に備えるようにしても良い。

30

【0025】

目標経路設定部40は、外部環境認識装置100による外部環境の認識結果に基づいて、自車両の追従走行の対象となる目標点の軌跡を算出し、この目標点の軌跡を目標経路として設定する。追従走行の対象となる目標点は、例えば、自車両の走行位置を車線中央に維持する制御（車線維持制御）では、車線区画線としての左右の白線の道路幅方向の中央位置、自車両前方の先行車両に追従走行する制御（先行車追従制御）では先行車両の車幅方向の中央位置に設定され、このような目標点の軌跡を算出して目標経路とする。

【0026】

本実施の形態においては、左右白線の道路幅方向の中央位置を目標点とする経路を2次の近似曲線で同定して目標経路とする例について説明する。先行車両の車幅方向の中央位置を目標点とする走行軌跡についても、基本的に同様の処理で近似曲線を同定することができる。

40

【0027】

白線情報に基づく目標経路を生成する場合、画像上で検出された白線の候補点は、それぞれ画像座標系に対して、実空間の座標系に写像される。この画像上の白線候補点は、例えば、手前側の約7~8mから遠方側の100m位までの候補点であり、これらの全ての白線候補点が実空間に写像される。そして、画像上で検出できた白線候補点と、自車両の移動量に基づいて推定した過去の白線データとを合わせ、それらのデータ点群に対して、例えば最小二乗法を適用して2次曲線で表現した白線候補点の軌跡を求める。この白線候

50

補点の軌跡は、左右の白線に対応して左右の曲線として求められ、以下の(1)式で示すように、左右の曲線から求められる中央位置の軌跡を目標経路とする。

$$X = A \cdot Z^2 + B \cdot Z + C \quad \dots (1)$$

【0028】

ここで、(1)式において、係数A、B、Cは目標経路を構成する経路成分を表している。係数Aは目標経路の曲率成分を表し、係数Bは自車両に対する目標経路のヨー角成分(自車両の前後方向軸と目標経路(接線)との間の角度成分)、係数Cは自車両に対する目標経路の横方向(x軸方向)の位置成分(横位置成分)を表している。

【0029】

目標操舵角設定部50は、自車両の車幅方向の中心位置を目標経路上の目標点に一致させる追従操舵制御の目標操舵角 ref を設定し、舵角追従トルク設定部60、補助トルク設定部80に出力する。後述するように、舵角追従トルク設定部60は、実操舵角を目標操舵角 ref に一致させるための操舵トルクを発生させる舵角追従トルク T_{fb} を設定し、補助トルク設定部80は、ドライバの操舵操作に対する補助トルク T_{as} を設定する。

【0030】

詳細には、目標経路への目標操舵角 ref は、フィードフォワード(F F)制御部51で算出される操舵角 ff と、フィードバック(F B)制御部52で算出される操舵角 fb とを目標操舵角算出部54で合算して算出される。後述するように、F B制御部52におけるフィードバック制御の操舵角 fb は、ドライバのハンドル操作の有無に応じて可変設定される。

【0031】

F F制御部51は、目標経路の曲率 κ に対するフィードフォワード制御の操舵角 ff を、例えば、以下の(2)式により算出する。(2)式における曲率 κ は、例えば、図3に示すように、(1)式で示す2次式で目標経路を近似した場合、係数Aの値を適用して求めることができる。また、(2)式における係数 G_{ff} は、フィードフォワード制御におけるゲインであり、予め実験やシミュレーション等によって曲率 κ に応じた最適なゲインを求めてマップを作成しておき、このマップを参照して設定される。

$$\text{ff} = G_{ff} \cdot \kappa \quad \dots (2)$$

【0032】

F B制御部52は、目標経路に対する自車両の横位置偏差、目標経路に対する自車両のヨー角偏差に対するフィードバック制御の操舵角 fb を算出する。このフィードバック制御の操舵角 fb は、以下の(3-1)~(3-4)式に示すように、現在の操舵角で進行したときの所定距離 Z_L における自車両の目標経路に対する横位置偏差 e (図3参照)に対する比例制御項 p 、自車両の目標経路に対する横位置偏差 e (図3参照)の積分制御項 i 、自車両の目標経路に対するヨー角偏差 γ (図3参照)に対する比例制御項 y 、自車両の目標経路に対するヨー角偏差 γ の微分制御項 r を含み、以下の(4)式に示すように、これらの制御項 p 、 i 、 y 、 r を合算した操舵角である。

$$p = G_p \cdot e \quad \dots (3-1)$$

$$i = G_i \cdot \int e \, dt \quad \dots (3-2)$$

$$y = G_y \cdot \gamma \quad \dots (3-3)$$

$$r = G_r \cdot d\gamma / dt \quad \dots (3-4)$$

$$\text{fb} = p + i + y + r$$

$$= G_p \cdot e + G_i \cdot \int e \, dt + G_y \cdot \gamma + G_r \cdot d\gamma / dt \quad \dots (4)$$

但し、 G_p : 横位置偏差に対する比例ゲイン

G_i : 横位置偏差に対する積分ゲイン

G_y : ヨー角偏差に対する比例ゲイン

G_r : ヨー角偏差に対する微分ゲイン

【0033】

(3-1)式に示す比例制御項 p は、目標経路と自車両との横位置の偏差に比例して、偏差を0にするための制御項である。この比例制御項 p は、横位置偏差 e に比例ゲイ

10

20

30

40

50

ン G_p を乗算して算出される。後述するように、比例ゲイン G_p は、F Bゲイン設定部53においてドライバのハンドル操作の有無に応じて可変設定される。

【0034】

横位置偏差 δ は、現在の操舵角で進行したときの所定の距離における自車両の横位置を、車速、車両固有のスタビリティファクタ、ホイールベース、ステアリングギヤレシオ等から推定（或いはセンサによって検出した自車両のヨーレートから算出）し、この自車両の推定横位置と前方の目標経路の横位置との偏差として求めることができる。目標経路の横位置は、例えば、(1)式で示す2次式で目標経路を近似した場合、係数Cの値を適用して求めることができる。

【0035】

尚、比例制御項 p は、追従対象の種類や走行速度等の条件に応じて、現在の自車両の目標経路に対する横位置偏差 δ に比例する制御項としても良く、また、横位置偏差 δ に比例する制御量と横位置偏差 δ に比例する制御量との両方を含む制御項としても良い。

【0036】

(3-2)式に示す積分制御項 i は、比例制御の出力と目標値との間に定常的に発生する偏差や、横風或いは路面の横断勾配（カント）等の外乱によって目標値との間に発生する偏差を補償するものであり、自車両が目標経路に対してオフセットして走行することを防止する。この積分制御項 i は、横位置偏差 δ を積分した積分値に、F Bゲイン設定部53においてドライバのハンドル操作の有無に応じて設定される積分ゲイン G_i を乗算して算出される。

【0037】

尚、積分制御項 i における積分値は、横位置偏差 δ に所定のゲインを乗算した値を調整用の加算幅として、この加算幅を積分した値としても良い。

【0038】

(3-3)式に示す比例制御項 y は、自車両のヨー角を目標経路に沿ったヨー角にフィードバック制御するための制御項であり、ヨー角偏差 δ_y に比例ゲイン G_y を乗算して算出される。ヨー角偏差 δ_y は、例えば、(1)式で示す2次式で目標経路を近似した場合、係数Bの値を適用して求めることができる。また、比例ゲイン G_y は、F Bゲイン設定部53においてドライバのハンドル操作の有無に応じて可変設定される。

【0039】

(3-4)式に示す微分制御項 r は、自車両のヨー角を目標経路に沿ったヨー角に応答性良く収束させるための制御項であり、ヨー角偏差 δ_y に微分ゲイン G_r を乗算して算出される。微分ゲイン G_r は、F Bゲイン設定部53においてドライバのハンドル操作の有無に応じて可変設定される。

【0040】

以上のF B制御部52におけるフィードバック制御の各ゲイン G_p, G_i, G_y, G_r は、F Bゲイン設定部53にて設定される。F Bゲイン設定部53は、ドライバ操舵検知部70から出力される検知フラグによるドライバのハンドル操作の有無に応じて、F B制御部52の各ゲイン G_p, G_i, G_y, G_r を可変設定する。

【0041】

すなわち、操舵制御装置30を中心とする操舵システムに対して、ドライバのハンドル操作による操舵介入の有無をドライバ操舵検知部70で検知し、ドライバの操舵介入の有無に応じて、各ゲイン G_p, G_i, G_y, G_r の特性を適正に設定することで、操舵システムによる操舵制御とドライバによる操舵操作との干渉を防止する。

【0042】

ここで、ドライバ操舵検知部70におけるドライバによる操舵介入の検知は、例えば、操舵トルクセンサ23で検出されたドライバのハンドル操作による操舵トルク T_{drv} を、車速及び操舵角に応じて設定されるトルク閾値 T_h と比較する。そして、 $T_{drv} > T_h$ の場合、ドライバのハンドル操作有り（ドライバの操舵介入有り）と判定してドライバの操舵介入を検知したことを示す検知フラグをONし、 $T_{drv} < T_h$ の場合、ドライバのハンドル

10

20

30

40

50

操作無し（ドライバの操舵介入無し）と判定して検知フラグをOFFする。この例では操舵トルクTdrvのみで検知する方法を示したが、操舵トルクTdrvと操舵角センサ22で検出された操舵角、および操舵角を微分などして算出した操舵角速度を組み合わせで検知してもよい。

【0043】

ドライバのハンドル操作がない（ドライバの操舵介入が検知されない）場合、各ゲインGp, Gi, Gy, Grは、例えば図4に示すような特性に設定される。一方、ドライバのハンドル操作があり、ドライバの操舵介入があった場合には、積分ゲインGi及び微分ゲインGrがゼロにクリアされ、同時に、比例ゲインGp, Gyがドライバのハンドル操作がない場合とは異なる特性に設定される。

10

【0044】

具体的には、横位置偏差 δ に対する比例ゲインGpは、横位置偏差 δ によって可変され、ドライバのハンドル操作の有無に応じて異なる特性に設定される。ドライバのハンドル操作がないときの比例ゲインGpは、横位置偏差 δ が大きくなると線形に増加し、所定の上限值で一定となる特性に設定されている。

【0045】

一方、ドライバのハンドル操作がある（ドライバの操舵介入が検知された）場合の比例ゲインGpは、横位置偏差 δ が小さい領域に不感帯Dpが設けられ、この不感帯Dp内では0（又は0に近い値）とされる。そして、不感帯Dpを超えて横位置偏差 δ が大きくなると、所定の上限值まで線形に増加する特性に設定されている。不感帯Dpは、横位置偏差 δ が小さいときには、ドライバのハンドル操作に対して後述の補助トルクを余計に出力させないためである。

20

【0046】

横位置偏差 δ の積分ゲインGiは、ドライバのハンドル操作がないとき、横位置偏差 δ が大きくなるにつれて積分ゲインGiが小さくなり、所定の偏差値以上で0になる特性に設定されており、過剰な横位置積分量の増加によるwindupを防止するようにしている。一方、ドライバのハンドル操作があったときには、積分ゲインGiはGi=0とされ、積分制御が停止される。

【0047】

ヨー角偏差 γ に対する比例ゲインGyは、ヨー角偏差 γ によって可変とされ、ドライバのハンドル操作の有無に応じて異なる特性に設定される。ドライバのハンドル操作がないときの比例ゲインGyは、ヨー角偏差 γ が小さくなるにつれて線形に増加し、Qy点を境に増加の傾きが変化し、所定の上限值まで増加する。ヨー角偏差 γ がQy点以下のゲインの増加の傾きは、Qy点以上のゲインの増加の傾きより大きくなる特性に設定されている。

30

【0048】

一方、ドライバのハンドル操作があるときのヨー角偏差 γ に対する比例ゲインGyは、ヨー角偏差 γ が小さい領域に不感帯Dyが設けられ、この不感帯Dy内では0（又は0に近い値）とされる。そして、不感帯Dyを超えてヨー角偏差 γ が大きくなると、所定の上限值まで線形に増加する特性に設定されている。不感帯Dyは、ヨー角偏差 γ が小さいときに、ドライバのハンドル操作に対して余計な補助トルクを出力させないためである。

40

【0049】

ヨー角偏差 γ の微分ゲインGrは、ドライバのハンドル操作がないとき、ヨー角偏差 γ が大きくなるにつれて微分ゲインGrが小さくなり、所定の偏差以上で一定となる特性に設定されており、過剰な応答速度による操舵制御系のオーバーシュートを防止するようにしている。一方、ドライバのハンドル操作があったときには、微分ゲインGrはGr=0とされ、操舵システムによる応答性の制御が停止される。

【0050】

目標操舵角算出部54は、以下の(5)式に示すように、FF制御部51で算出した操舵角 δ_{ff} とFB制御部52で算出した操舵角 δ_{fb} とを合算し、目標操舵角 δ_{ref} を算出す

50

る。この目標操舵角 r_{ref} は、舵角追従トルク設定部 60 に送られ、実舵角を目標操舵角 r_{ref} に収束させるための舵角追従トルク T_{fb} が算出される。

$$r_{ref} = r_{ff} + r_{fb} \dots (5)$$

【0051】

舵角追従トルク設定部 60 は、実舵角検出部 61 において操舵角センサ 22 からの信号に基づいて実舵角 r を検出し、以下の (6) 式に示すように、実舵角 r と目標操舵角算出部 54 からの目標操舵角 r_{ref} との舵角偏差 e を、舵角偏差算出部 62 で算出する。

$$e = r_{ref} - r \dots (6)$$

【0052】

舵角偏差算出部 62 で算出された舵角偏差 e は、比例制御部 63、微分制御部 64、積分制御部 65 に入力され、それぞれ、以下の (7-1)、(7-2)、(7-3) 式に示すように、比例制御操舵トルク T_p 、微分制御操舵トルク T_d 、積分制御操舵トルク T_i が算出される。そして、これらの操舵トルク T_p 、 T_d 、 T_i が舵角追従トルク算出部 66 で合算され、(8) 式に示す舵角追従トルク T_{fb} が算出される。

$$T_p = K_p \cdot e \dots (7-1)$$

$$T_d = K_d \cdot \frac{de}{dt} \dots (7-2)$$

$$T_i = K_i \cdot \int e dt \dots (7-3)$$

$$T_{fb} = T_p + T_i + T_d = K_p \cdot e + K_d \cdot \frac{de}{dt} + K_i \cdot \int e dt \dots (8)$$

【0053】

(8) 式で示す舵角追従トルク T_{fb} は、舵角偏差 e に基づくフィードバック制御により、実操舵角 r を目標操舵角 r_{ref} に一致させるための操舵トルクである。この舵角追従トルク T_{fb} は、ドライバ操舵検知部 70 でドライバのハンドル操作が検知されていない場合、予め実験やシミュレーション等によって最適に設定された比例ゲイン K_p 、微分ゲイン K_d 、及び積分ゲイン K_i による P I D 制御で算出される。

【0054】

一方、ドライバのハンドル操作が検知された場合には、積分ゲイン K_i が $K_i = 0$ とされて舵角偏差 e に対する積分値がゼロにクリアされる。これは、目標操舵角 r_{ref} へのフィードバック制御における積分制御項 i のゼロクリアと併せて、ドライバの操舵介入がある状態からドライバの操舵介入がない状態に復帰したときに、余分な積分値によって不適切な操舵トルクが発生することを防止し、ドライバに違和感を与えることを未然に回避するためである。

【0055】

リミット処理部 67 は、舵角追従トルク算出部 66 で算出された舵角追従トルク T_{fb} を、上下値及び下限値で制限するリミット処理を行う。この上下限のリミット処理は、ドライバの操舵介入が検知されたとき、例えば、ドライバのハンドル操作力が大きくなるほど、舵角追従トルク T_{fb} に対する上限及び下限の制限値を小さく設定する処理であり、ドライバへの違和感を抑制することができる。

【0056】

以上の舵角追従トルク設定部 60 に対して、補助トルク設定部 80 は、目標操舵角算出部 54 からの目標操舵角 r_{ref} をトルク変換処理して補助トルク T_{as} を設定する。ドライバの操舵介入時、目標操舵角 r_{ref} のフィードバック制御は、積分ゲイン G_i 及び微分ゲイン G_r が共にゼロにクリアされて自車両の横位置偏差及びヨー角偏差に対する比例制御が支配的となり、この比例制御を主とする目標操舵角 r_{ref} から補助トルク T_{as} が設定される。このときの補助トルク T_{as} は、舵角追従トルク T_{fb} との差がドライバに違和感を与えない程度となるように制限されて設定される。

【0057】

以上の舵角追従トルク T_{fb} 及び補助トルク T_{as} は、目標出力トルク設定部 90 に送られ、ドライバの操舵介入の有無に応じて所定の比率で合算され、操舵制御装置 30 による操舵制御の目標値となる目標出力トルク T_{ref} として設定される。この目標出力トルク T_{ref}

10

20

30

40

50

への制御は、具体的には、ドライバのハンドル操作に応じた操舵トルクを合算した制御トルクを実現するための電動パワーステアリングモータ12の電流制御となる。

【0058】

本実施の形態においては、ドライバの操舵介入がない場合、補助トルク T_{as} がゼロとされて舵角追従トルク T_{fb} が目標出力トルク T_{ref} として出力される。一方、ドライバの操舵介入があった場合には、図5に2点鎖線で示すように、舵角追従トルク T_{fb} が制限されて略ゼロに低下し、破線で示す補助トルク T_{as} が目標出力トルク T_{ref} として出力される。すなわち、ドライバの操舵介入があった場合、目標出力トルク T_{ref} が舵角追従トルク T_{fb} から補助トルク T_{as} に切り換えられる。

【0059】

このとき、ドライバの操舵介入時の目標出力トルク T_{ref} となる補助トルク T_{as} は、目標操舵角 θ_{ref} の横位置偏差の積分量がゼロにクリアされて設定される。これにより、ドライバの操舵操作に対して、横位置偏差の積分量の残留分によるドライバへの違和感を低減することができる。

【0060】

すなわち、一般に、積分制御は外乱変化に対して位相が遅れるため、例えば、路面カントが切り替わった場合等には、溜まった積分量によって逆方向に操舵されたり、オーバーシュートが発生する可能性がある。これに対して、本実施の形態においては、目標経路への追従操舵制御中にドライバによる操舵介入があった場合、目標操舵角 θ_{ref} へのフィードバック制御の横位置偏差に対する積分制御項をゼロにクリアして補助トルク T_{as} を発生させる。

【0061】

これにより、目標経路に対するオフセットの増加やオーバーシュートの発生を防止することができる。また、カーブ等の走行中に、積分量が制限値に達して逆方向に偏差を打ち消すように作用し、ドライバのハンドル操作とは逆方向のトルクを発生するといったことがなく、ドライバに違和感を与えることを防止することができる。

【0062】

また、ドライバの操舵介入があるとき、補助トルク T_{as} は、横位置偏差の積分量をゼロにクリアして横位置偏差及びヨー角偏差に比例するような値として設定される目標操舵角 θ_{ref} から設定される。このため、ドライバの操舵介入がないときの舵角追従トルク T_{fb} とドライバの操舵介入があるときの補助トルク T_{as} との差が不自然に大きくなることを防止することができ、例えば、ドライバのハンドル操作方向が目標出力トルク T_{ref} によるハンドルの変化方向と同じである場合に、当初はハンドル操作が軽く、操作を続けると舵感が重くなるといった違和感が残ることがない。

【0063】

更には、万一、ドライバが意図せずに目標経路から外れそうになる操舵操作を行っても、目標経路との偏差に比例するような略一定の補助トルク T_{as} が操舵システム側から出力されているため、ドライバのハンドル操作に対して反力を発生させ、目標経路に確実に復帰させることが可能となる。しかも、目標経路と自車両との横位置偏差が小さいときには、横位置偏差の積分量をゼロとしているので、目標操舵角が積分によって増減することがなく、よって補助トルク T_{as} は積分による増減がなくなり、ドライバのハンドル操作を妨げることもない。

【0064】

このように本実施の形態においては、ドライバによる操舵介入が検知されない場合には、積分制御を含むフィードバック制御を用いて目標操舵角を設定し、設定した目標操舵角と実操舵角との偏差に基づいて設定した舵角追従トルクを目標出力トルクとして設定し、ドライバによる操舵介入が検知された場合、積分制御の積分制御項をゼロにクリアして目標操舵角を設定すると共に、積分制御の積分制御項をゼロにクリアして設定した目標操舵角に基づいて補助トルクを設定し、設定した補助トルクを主として目標出力トルクを設定する。これにより、目標経路に対する追従操舵制御中の操舵出力からドライバの操舵介入

10

20

30

40

50

時の操舵出力に、ドライバに違和感を与えることなく移行させることができ、また、ドライバの意図しない操舵操作に対しても目標経路への復帰が可能となる。

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

1 電動パワーステアリング装置

3 0 操舵制御装置

4 0 目標経路設定部

5 0 目標操舵角設定部

5 1 フィードフォワード制御部

5 2 フィードバック制御部

10

5 3 フィードバックゲイン設定部

5 4 目標操舵角算出部

6 0 舵角追従トルク設定部

6 1 実舵角検出部

6 2 舵角偏差算出部

6 3 比例制御部

6 4 微分制御部

6 5 積分制御部

6 6 舵角追従トルク算出部

6 7 リミット処理部

20

7 0 ドライバ操舵検知部

8 0 補助トルク設定部

9 0 目標出力トルク設定部

1 0 0 外部環境認識装置

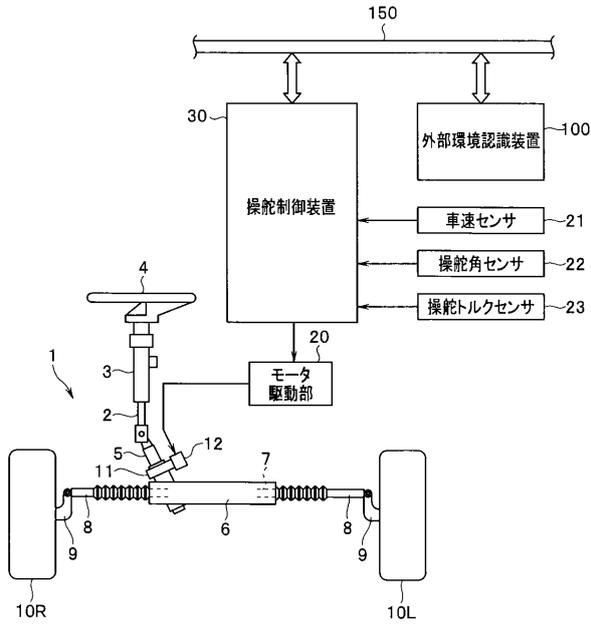
ref 目標操舵角

T fb 舵角追従トルク

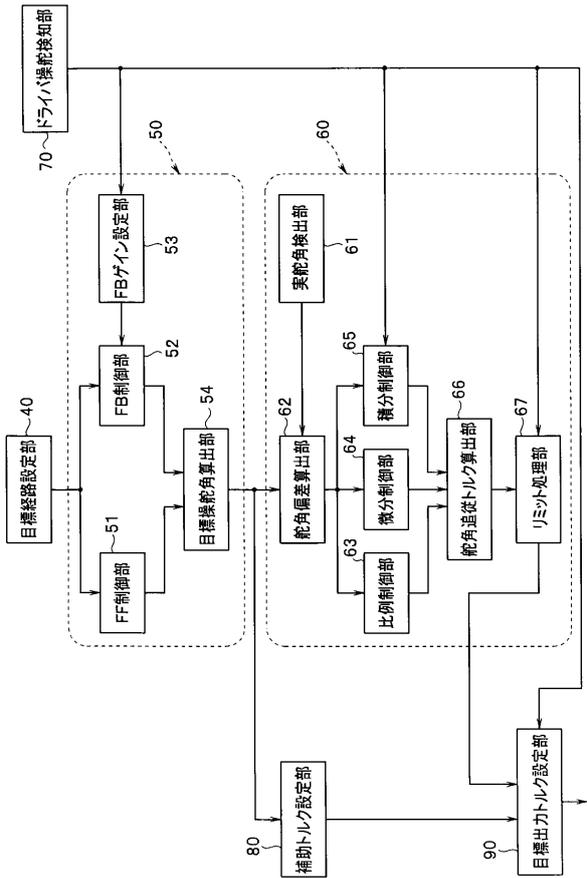
T as 補助トルク

T ref 目標出力トルク

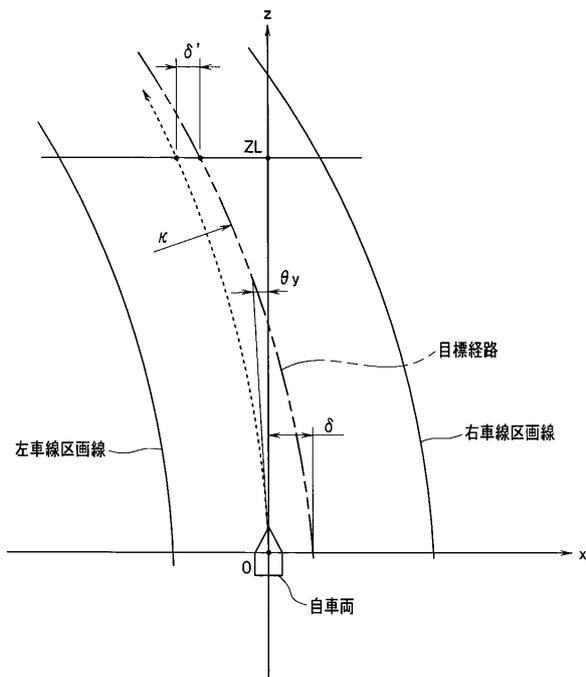
【図1】



【図2】



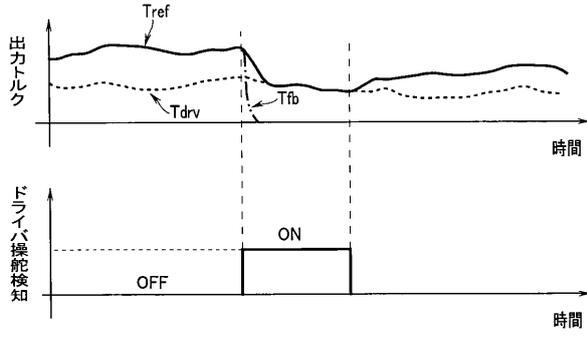
【図3】



【図4】

	ハンドル操作なし	ハンドル操作あり
Gp		
Gi		Gi=0
Gy		
Gr		Gr=0

【図5】



フロントページの続き

審査官 瀬戸 康平

- (56)参考文献 特開2005-306283(JP,A)
特開2002-079953(JP,A)
特開2008-049747(JP,A)
特開2016-159781(JP,A)
特開2015-020604(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 30/10, 30/14

B62D 1/28, 5/04, 6/00, 15/02