

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6637953号  
(P6637953)

(45) 発行日 令和2年1月29日(2020.1.29)

(24) 登録日 令和1年12月27日(2019.12.27)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>B 6 2 D 6/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 2 D	6/00	Z Y W	
B 6 2 D 101/00	(2006.01)	B 6 2 D	101:00		
B 6 2 D 111/00	(2006.01)	B 6 2 D	111:00		

請求項の数 3 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-253941 (P2017-253941)	(73) 特許権者	000005348
(22) 出願日	平成29年12月28日(2017.12.28)		株式会社 S U B A R U
(65) 公開番号	特開2019-119278 (P2019-119278A)		東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
(43) 公開日	令和1年7月22日(2019.7.22)	(74) 代理人	110002907
審査請求日	平成30年11月9日(2018.11.9)		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	羽鹿 亮
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 株式会社 S U B A R U 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の車線逸脱防止制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車両が走行する車線からの逸脱を防止する車線逸脱防止制御を実行する車両の車線逸脱防止制御装置であって、

前記車線からの逸脱を防止するための目標ヨーレートを算出する目標ヨーレート算出部と、

少なくとも前記目標ヨーレートと実ヨーレートとの偏差に基づくフィードバック制御により、操舵系に付与する目標操舵トルクを算出する目標操舵トルク算出部と、

前記車線に対する自車両の状態及び前記目標ヨーレートに対する前記実ヨーレートの状態に基づいて、前記目標ヨーレートに対する前記フィードバック制御を比例積分微分制御で実行する際に、前記比例積分微分制御における積分制御の可否を判定する積分可否判定部と

を備え、

前記積分可否判定部は、前記車線に対して自車両が略平行になったとき、前記積分制御を否と判定して停止させ、前記積分制御の積分量をリセットすることを特徴とする車両の車線逸脱防止制御装置。

【請求項2】

前記積分可否判定部は、前記積分制御の停止後に、前記目標ヨーレートに対して実ヨーレートが車線逸脱側に遷移したとき、前記積分量の積分を開始し、前記目標ヨーレートに対する前記フィードバック制御を前記比例積分微分制御とすることを特徴とする請求項1

に記載の車両の車線逸脱防止制御装置。

【請求項 3】

前記目標操舵トルク算出部は、前記目標ヨーレートに対する前記フィードバック制御によって算出される操舵トルクに、前記目標ヨーレートに対するフィードフォワード制御によって算出される操舵トルクを加算して前記目標操舵トルクを算出することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の車両の車線逸脱防止制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の走行車線からの逸脱を防止する車線逸脱防止制御を実行する車両の車線逸脱防止制御装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

自動車等の車両においては、例えば特許文献 1 に開示されているように、車両が現在の挙動だと車線を逸脱すると推定されるとき、電動パワーステアリング (EPS; Electric Power Steering) 装置等の操舵装置に制御指示を出力して自車両の走行車線外への逸脱を防止する車線逸脱防止制御の技術が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

20

【特許文献 1】特開 2016 - 64799 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

車線逸脱防止制御では、通常、制御初期において、逸脱防止対象の車線からの逸脱を抑制して自車両が車線内側に向かうように制御する逸脱抑制制御を行っている。そして、自車両の向きが対象車線と略平行になった後は、自車両の姿勢が車線内で目標コースに対して適切な方向となるように制御する姿勢決定制御を実行するようにしている。これらの制御は、少なくともフィードバック制御を含み、フィードバック制御としては、目標ヨーレートと実ヨーレートとの偏差に基づく比例積分微分制御が採用される。 30

【0005】

しかしながら、自車両の向きが対象車線に対して逸脱方向でなくなった後の姿勢決定制御においては、先の逸脱抑制制御中に積分された積分量により、実ヨーレートが目標ヨーレートに対して車線内側へオーバーシュートした場合の切り戻し操舵が遅れる可能性があり、逆側の車線への逸脱を誘発するような巻き込み挙動が発生する虞がある。

【0006】

この場合、姿勢決定制御で積分制御を停止すると、車線曲率の変化、道路の横断勾配の変化、ドライバの操舵操作等の外乱が発生した場合、外乱の影響を排除して目標ヨーレートに追従させることが困難となり、先の逸脱抑制制御で逸脱が防止された対象車線からの再逸脱を招く虞がある。 40

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、車線逸脱防止制御で自車両の姿勢を制御する際に、逸脱防止対象の車線とは逆側の車線への逸脱挙動が発生することを防ぎつつ、逸脱防止対象の車線からの再逸脱を防止することのできる車両の車線逸脱防止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車線逸脱防止制御装置は、自車両が走行する車線からの逸脱を防止する車線逸脱防止制御を実行する車両の車線逸脱防止制御装置であって、前記車線からの逸脱を防止するための目標ヨーレートを算出する目標ヨーレート算出部と、少な 50

くとも前記目標ヨーレートと実ヨーレートとの偏差に基づくフィードバック制御により、操舵系に付与する目標操舵トルクを算出する目標操舵トルク算出部と、前記車線に対する自車両の状態及び前記目標ヨーレートに対する前記実ヨーレートの状態に基づいて、前記目標ヨーレートに対する前記フィードバック制御を比例積分微分制御で実行する際に、前記比例積分微分制御における積分制御の可否を判定する積分可否判定部とを備え、前記積分可否判定部は、前記車線に対して自車両が略平行になったとき、前記積分制御を否と判定して停止させ、前記積分制御の積分量をリセットする。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、車線逸脱防止制御で自車両の姿勢を制御する際に、逸脱防止対象の車線とは逆側の車線への逸脱挙動が発生することを防ぎつつ、逸脱防止対象の車線からの再逸脱を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】車両操舵系の構成図

【図2】操舵制御系の機能を示すブロック図

【図3】自車両及び車線と各パラメータを示す説明図

【図4】車線逸脱防止制御中の車両挙動を示す説明図

【図5】車線逸脱防止制御ルーチンを示すフローチャート

【図6】積分可否判定ルーチンを示すフローチャート

【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、ドライバによる操舵操作と独立してアクチュエータを介して操舵角を制御可能な操舵装置としての電動パワーステアリング（EPS; Electric Power Steering）装置を示す。このEPS装置1においては、図示しない自動車等の車両の車体フレームに、ステアリング軸2がステアリングコラム3を介して回動自在に支持されている。

【0012】

ステアリング軸2の一端は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、このステアリングホイール4が結合されるステアリング軸2の外周側に、舵角センサ21が配設されている。

【0013】

舵角センサ21は、例えば、その内部に検知ギヤに内蔵された磁石の回転を検知する磁気抵抗素子を二組備えて構成されている。この舵角センサ21は、ステアリングホイール4の基準となる回転位置（例えば、車両直進状態におけるステアリングホイール4上部の回転位置）を予め設定しておき、検知ギヤが回転することで生じる磁気変化に基づいて、予め設定した固定の基準位置からの回転角（舵角）及び回転方向（操舵方向）を検出することができる。

【0014】

また、ステアリング軸2の中途には、トーションバー2aが介装され、エンジンルーム側に延出される端部に、ピニオン軸5が連設されている。トーションバー2aの外周側には、トルクセンサ22が配設されている。トルクセンサ22は、トーションバー2aの捩れによってステアリング軸2の軸周りに生じるステアリングホイール4側とピニオン軸5側との変位を検出することにより、ドライバの操舵操作によるドライバの操舵トルクを検出可能となっている。

【0015】

一方、エンジンルーム内には、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。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

10

20

30

40

50

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機構が形成されている。

【0016】

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10L, 10R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。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10L, 10Rが左右方向へ転舵される。

10

【0017】

また、ピニオン軸5に、ウォームギヤ等の減速ギヤ機構からなるアシスト伝達機構11を介して、ドライバの操舵操作に対するアシスト及び自動操舵を可能とするアクチュエータとしての電動パワーステアリングモータ(EPSモータ)12が連設されている。EPSモータ12は、例えばケースに固定されたステータとステータの内部で回転するロータとを有するDCブラシレスモータからなる電動モータであり、この電動モータのロータの回転がアシスト伝達機構11を介してラック軸7の軸方向の動きに変換される。

【0018】

EPSモータ12には、ロータの回転角を検出する回転角センサ23が内蔵されている。この回転角センサ23は、例えば、ロータリエンコーダ等によって所定の零点位置からのロータの相対的な回転角を検出するセンサであり、回転角センサ23からの信号が操舵制御装置50に入力される。

20

【0019】

尚、回転角センサ23は、例えば、イグニッションON時に、舵角センサ21による舵角とアシスト伝達機構11の減速比とに基づいての零点位置が初期設定され、通常、回転角センサ23で検出する回転角と舵角センサ21で検出するステアリングホイール4の回転角とは、同じ舵角(操舵角)として扱うことができる。

【0020】

操舵制御装置50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、モータ駆動部20を介してEPSモータ12を駆動制御する。操舵制御装置50には、舵角センサ21、トルクセンサ22、回転角センサ23、その他、車速を検出する車速センサ24、車両の鉛直軸回りの回転速度すなわちヨーレートを検出するヨーレートセンサ25等のセンサ類や図示しないスイッチ類からの信号が入力される。

30

【0021】

また、操舵制御装置50は、車内ネットワークを形成する通信バス200に接続されている。通信バス200には、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150をはじめとして、その他、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装置が接続され、各制御装置が通信バス200を介して互いに制御情報を交換することができる。

【0022】

外部環境認識装置150は、前方認識用のカメラやミリ波レーダ、側方認識用のサイドカメラや側方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。

40

【0023】

本実施の形態においては、外部環境認識装置150は、車載のカメラ及び画像認識装置による自車両の前方環境の認識を主として、前方認識用のカメラは、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を用いる。このステレオカメ

50

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。

【0024】

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、ステレオ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し、この距離画像の距離情報を用いて、白線等の車線区画線の認識、先行車両や対向車両等の立体物の認識処理を行う。

【0025】

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の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。

【0026】

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。

【0027】

左右車線区画線の近似処理は、例えば、車線区画線を最小自乗法によって近似する処理が採用される。具体的には、自車両の左側の車線区画線は、最小自乗法により、以下の(1)式により近似され、自車両の右側の車線区画線は、最小自乗法により、以下の(2)式により近似される。

$$x = A_L \cdot z^2 + B_L \cdot z + C_L \quad \dots (1)$$

$$x = A_R \cdot z^2 + B_R \cdot z + C_R \quad \dots (2)$$

【0028】

ここで、上述の(1)式、(2)式における、「 $A_L$ 」と「 $A_R$ 」は、それぞれの曲線における曲率を示し、左側の車線区画線の曲率 $L$ は、 $2 \cdot A_L$ であり、右側の車線区画線の曲率 $R$ は、 $2 \cdot A_R$ である。従って、車線の曲率は、以下の(3)式となる。

$$= (2 \cdot A_L + 2 \cdot A_R) / 2 = A_L + A_R \quad \dots (3)$$

【0029】

また、(1)式、(2)式における、「 $B_L$ 」と「 $B_R$ 」は、それぞれの曲線の自車両の幅方向における傾きを示し、「 $C_L$ 」と「 $C_R$ 」は、それぞれの曲線の自車両の幅方向における位置を示す(図3参照)。

【0030】

更に、外部環境認識装置150は、自車両の対車線ヨ一角 $yaw$ を、以下の(4)式により算出する。

$$yaw = \tan^{-1}((B_L + B_R) / 2) \quad \dots (4)$$

【0031】

外部環境認識装置150による外部環境の認識結果は、操舵制御装置50や他の制御装置に送信される。操舵制御装置50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コースを設定し、この目標コースに追従して走行するよう、EPSモータ12を駆動するモータ駆動部20を介して操舵支援制御を実行し、ドライバの操舵操作による操舵介入が検知された場合には、EPSモータ12によりドライバの操舵操作をアシストする補助トルクを出力する。

【0032】

操舵制御装置50の操舵制御における目標コースは、外部環境認識装置150による外

10

20

30

40

50

部環境の認識結果に基づいて設定される。例えば、自車両を車線に追従させて車線中央に維持する車線維持制御では、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が目標コースとして設定される。操舵制御装置50は、自車両の車幅方向の中心位置を目標コースに一致させる目標操舵角を設定し、操舵制御の舵角が目標操舵角となるよう、EPSモータ12の駆動電流を制御する。尚、目標コースは、操舵制御装置50ではなく、外部環境認識装置150等の他の制御装置で設定するようにしても良い。

【0033】

また、操舵制御装置50は、自車両を車線中央に維持する車線維持制御に加えて、自車両の車線から逸脱を防止する車線逸脱防止制御を実行する。具体的には、操舵制御装置50は、外部環境認識装置150からの情報及び自車両の運転状態に基づいて、自車両の対車線ヨー角が逸脱方向を向いている場合、自車両が逸脱方向の車線を跨ぐまでの車線逸脱推定時間 $T_{tlc}$ を算出し、車線逸脱推定時間 $T_{tlc}$ が自車両の車速 $V$ と車線曲率 $r$ とによって決定される閾値 $T_{th}$ 以下の場合、車線逸脱防止制御を開始する。

【0034】

車線逸脱推定時間 $T_{tlc}$ は、以下の(5)式に示すように、自車両から逸脱方向の車線までの距離 $L$ を、自車両の車速 $V$ の対車線ヨー角 $\gamma$ に応じた速度成分で除算して求めることができる。

$$T_{tlc} = L / (V \cdot \sin \gamma) \quad \dots (5)$$

【0035】

この車線逸脱防止制御においては、自車両が目標コースに沿って走行するための目標ヨーレート $tgt$ を実現する目標操舵トルク $T_p$ を、目標ヨーレート $tgt$ に対するフィードフォワード制御及びフィードバック制御によって算出する。目標操舵トルク $T_p$ へのフィードバック制御は、基本的には、目標ヨーレート $tgt$ と実ヨーレート $act$ との偏差に基づくPID(比例積分微分)制御として実行される。

【0036】

この場合、車線逸脱防止制御は、詳細には、自車両のヨー角方向が車線に対して逸脱側に向いている(対車線ヨー角 $\gamma > 0$ )状態で制御が開始されたとき、逸脱を抑制するための挙動を自車両に発生させる逸脱抑制制御と、自車両が車線に対して略平行となった後に自車両の姿勢を制御終了地点まで制御する姿勢決定制御(対車線ヨー角 $\gamma < 0$ )とに分けられ、逸脱抑制制御から姿勢決定制御へ移行後に、逸脱抑制制御中に積分された積分量によって目標ヨーレートへの追従性が悪化する虞がある。

【0037】

このため、操舵制御装置50は、車線逸脱防止制御に係る機能部として、図2に示すように、目標ヨーレートを算出する目標ヨーレート算出部60と、目標操舵トルクを算出する目標操舵トルク算出部70とを主要部として備え、目標操舵トルク算出部70でPID制御における積分制御の可否を判定して、PID制御とPD(比例微分)制御とを切り換える。

【0038】

詳細には、目標ヨーレート算出部60は、車線の曲率に応じた目標旋回量となるヨーレート(車線曲率旋回目標ヨーレート) $tgt_{lane}$ を算出する車線曲率旋回目標ヨーレート算出部61と、車線に対して逸脱を防止する目標旋回量となるヨーレート(逸脱防止挙動生成目標ヨーレート) $tgt_{turn}$ を算出する逸脱防止挙動生成目標ヨーレート算出部62とを備えて構成されている。

【0039】

車線曲率旋回目標ヨーレート $tgt_{lane}$ と逸脱防止挙動生成目標ヨーレート $tgt_{turn}$ とは、以下の(6)式に示すように、互いに加算されて最終的な目標ヨーレート $tgt$ として算出される。

$$tgt = tgt_{lane} + tgt_{turn} \quad \dots (6)$$

【0040】

車線曲率旋回目標ヨーレート算出部61は、以下の(7)式に示すように、自車両の車

10

20

30

40

50

速  $V$  と車線の曲率  $\kappa$  とにより、車線曲率旋回目標ヨーレート  $\text{tgt\_lane}$  を算出する。

$$\text{tgt\_lane} = \kappa \cdot V \quad \dots (7)$$

【0041】

尚、ヨーレート及び曲率は、正の符号で左旋回を表し、対車線ヨー角は、正の符号で左側の車線への逸脱方向を表すものとする。また、横位置は、正の符号で車線内側を表すものとする。

【0042】

逸脱防止挙動生成目標ヨーレート算出部 62 は、逸脱抑制制御（対車線ヨー角  $\text{yaw} > 0$ ）における目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}_1$  と、姿勢決定制御（対車線ヨー角  $\text{yaw} < 0$ ）における目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}_2$  とを算出する。これらの目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}_1$ ,  $\text{tgt\_turn}_2$  は、自車両の対車線ヨー角及び横位置に応じて切り換えられ、逸脱防止挙動生成目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}$  として出力される。

10

【0043】

逸脱抑制制御中の目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}_1$  は、以下の (8) 式に示すように、対車線ヨー角  $\text{yaw}$  と車線逸脱推定時間  $T_{tlc}$  に基づいて算出される。

$$\text{tgt\_turn}_1 = \text{yaw} / T_{tlc} \quad \dots (8)$$

【0044】

一方、姿勢決定制御中の目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}_2$  は、以下の (9) 式に示すように、制御終了時の目標対車線ヨー角  $\text{tgt\_yaw}$  と姿勢決定制御中の対車線ヨー角  $\text{yaw}$  との偏差に所定のフィードバックゲイン  $K_{yawfb}$  を乗算した値を、目標対車線ヨー角  $\text{tgt\_yaw}$  に到達するまでの目標時間  $T_{tgt}$  で除算して算出される。

20

$$\text{tgt\_turn}_2 = -K_{yawfb} \cdot (\text{tgt\_yaw} - \text{yaw}) / T_{tgt} \quad \dots (9)$$

【0045】

目標操舵トルク算出部 70 は、フィードフォワード制御によるフィードフォワードトルクを算出するフィードフォワードトルク算出部 71 と、PID制御によるフィードバックトルクを算出するフィードバックトルク算出部 72 とを備え、更に、フィードバックトルクのPID制御における積分制御の可否を判定する積分可否判定部 73 を備えている。以下に説明するように、フィードフォワードトルクとフィードバックトルクとは合算され、目標操舵トルクとなる。

【0046】

30

フィードフォワードトルク算出部 71 は、車線曲率旋回目標ヨーレート  $\text{tgt\_lane}$  を発生させるためのフィードフォワードトルク  $T_{p\_ff\_lane}$  を算出し、また、逸脱防止挙動生成目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}$  を発生させるためのフィードフォワードトルク  $T_{p\_ff\_turn}$  を算出する。

【0047】

各フィードフォワードトルク  $T_{p\_ff\_lane}$ ,  $T_{p\_ff\_turn}$  は、例えば、ヨーレート/トルク変換ゲインのマップを予め作成しておき、マップ参照によって得られたトルク変換ゲイン  $K_{yawr\_to\_trq}$  を用いて算出する。すなわち、以下の (10), (11) 式に示すように、トルク変換ゲイン  $K_{yawr\_to\_trq}$  を、車線曲率旋回目標ヨーレート  $\text{tgt\_lane}$ 、逸脱防止挙動生成目標ヨーレート  $\text{tgt\_turn}$  に乗算することにより、フィードフォワードトルク  $T_{p\_ff\_lane}$ ,  $T_{p\_ff\_turn}$  を算出する。

40

$$T_{p\_ff\_lane} = K_{yawr\_to\_trq} \cdot \text{tgt\_lane} \quad \dots (10)$$

$$T_{p\_ff\_turn} = K_{yawr\_to\_trq} \cdot \text{tgt\_turn} \quad \dots (11)$$

【0048】

フィードバックトルク算出部 72 は、目標ヨーレート  $\text{tgt}$  とヨーレートセンサ 25 で検出した自車両の実ヨーレート  $\text{yaw}$  との偏差に基づくフィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  を算出する。フィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  は、逸脱抑制制御中は、以下の (12) 式に示すように、フィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  は、目標ヨーレート  $\text{tgt}$  と実ヨーレート  $\text{yaw}$  との偏差  $(\text{tgt} - \text{yaw})$  に対するPID制御によって算出される。PID制御の比例ゲイン  $K_p$ 、積分ゲイン  $K_i$ 、微分ゲイン  $K_d$  は、予め最適に設定された特性に従って設定される。

50

$$T_{p\_fb} = K_p \cdot ( \text{tgt} - ) + K_i \cdot ( \text{tgt} - ) d t + K_d \cdot d( \text{tgt} - ) / d t \dots ( 1 2 )$$

【 0 0 4 9 】

一方、逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行したときには、積分可否判定部 7 3 によって P I D 制御における積分制御の可否が判定される。積分制御が否と判定された場合、フィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  は、以下の ( 1 3 ) 式に示すように、目標ヨーレート  $\text{tgt}$  と実ヨーレート との偏差 (  $\text{tgt} -$  ) に対する P D 制御で算出される。

$$T_{p\_fb} = K_p \cdot ( \text{tgt} - ) + K_d \cdot d( \text{tgt} - ) / d t \dots ( 1 3 )$$

【 0 0 5 0 】

フィードフォワードトルク算出部 7 1 からのフィードフォワードトルク  $T_{p\_ff\_lane}$ ,  $T_{p\_ff\_turn}$  と、フィードバックトルク算出部 7 2 からのフィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  は、以下の ( 1 4 ) 式に示すように互いに加算され、目標操舵トルク  $T_p$  が算出される。

$$T_p = T_{p\_ff\_lane} + T_{p\_ff\_turn} + T_{p\_fb} \dots ( 1 4 )$$

【 0 0 5 1 】

積分可否判定部 7 3 は、車線に対する自車両の状態と目標ヨーレートに対する実ヨーレートの状態とに基づいて、フィードバックトルク算出部 7 2 の P I D 制御における積分制御の可否を判定する。具体的には、車線逸脱防止制御の制御開始後、自車両が逸脱側の車線と略平行になるまでの逸脱抑制制御中は、積分制御を可と判定して ( 1 2 ) 式による P I D 制御でフィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  を算出させる。

【 0 0 5 2 】

そして、自車両が逸脱側の車線と略平行になって逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行したとき、積分制御を否と判定して停止させ、( 1 3 ) 式による P D 制御でフィードバックトルク  $T_{p\_fb}$  を算出させる。この積分制御を停止させたときには、制御周期毎に積分された積分量を 0 にリセットして初期化し、その後、目標ヨーレートに対して実ヨーレートが逸脱側に遷移した場合、積分量の積分を開始させて、P I D 制御を復活させる。

【 0 0 5 3 】

すなわち、図 4 に示すように、車線 L に対して自車両 C が逸脱方向を向いた状態で車線逸脱の危険性があると判断され、時刻  $t_1$  で逸脱抑制制御が開始されると、車線 L からの逸脱を抑制するための旋回量を与える目標ヨーレート  $\text{tgt}$  が設定され、この目標ヨーレート  $\text{tgt}$  に対する P I D 制御が実行される。この P I D 制御においては、制御周期毎に目標ヨーレート  $\text{tgt}$  と実ヨーレート との差分が加算されて積算 ( 積分 ) されていく。

【 0 0 5 4 】

そして、逸脱抑制制御により自車両 C の向きが修正されて実ヨーレート が目標ヨーレート  $\text{tgt}$  に収束して積分量が一定になり、時刻  $t_2$  で自車両 C が車線 L と略平行になると、逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行し、目標ヨーレート  $\text{tgt}$  が相対的に低い目標ヨーレート  $\text{tgt\_atc}$  に再設定される。このとき、同時に積分量が 0 にリセットされて初期化され、積分量の積分が停止され、目標ヨーレート  $\text{tgt}$  に対する P I D 制御から目標ヨーレート  $\text{tgt\_atc}$  に対する P D 制御に切り換えられる。

【 0 0 5 5 】

この積分量のリセット及び積分停止により、逸脱抑制制御時よりも車線内側方向への旋回量が小さくされた目標ヨーレート  $\text{tgt\_atc}$  に対して、実ヨーレートが車線内側へオーバーシュートした場合の切り戻し操舵を遅れなく実行することが可能となる。その結果、逆側の車線への逸脱を誘発するような巻き込み挙動の発生を防止することができる。

【 0 0 5 6 】

この場合、姿勢決定制御で自車両 C の姿勢が車線 L の内側方向となった後に、車線曲率の変化、道路の横断勾配の変化、ドライバの操舵入力等の外乱が発生し、この外乱の影響で実ヨーレートが目標ヨーレート  $\text{tgt\_atc}$  よりも逸脱側に遷移すると、図 4 中に細破線で示すような逸脱側にオーバーシュートしたヨーレート  $\text{tgt\_atc}$  で自車両 C  $\text{tgt\_atc}$  に再逸脱の挙動が発生する虞がある。

【 0 0 5 7 】

10

20

30

40

50



従って、本実施の形態においては、姿勢決定制御中に目標ヨーレートに対して実ヨーレートが車線逸脱側に遷移するような状態になった場合、実ヨーレートが目標ヨーレート  $tgt\_atc$  を横切る時刻  $t3$  で積分制御を再開する。これにより、図4中に示すように、姿勢決定制御中の自車両  $C\_atc$  のヨーレート  $\_atc$  を、目標ヨーレートに応答性良く追従させることができ、外乱の影響による再逸脱方向への挙動を抑制することができる。

【0058】

次に、以上の操舵制御装置50で実行される車線逸脱防止制御に係るプログラム処理について、図5、図6のフローチャートを用いて説明する。

【0059】

まず、図5のフローチャートに示す車線逸脱防止制御のメインルーチンについて説明する。この車線逸脱防止制御ルーチンは、車線逸脱防止制御の開始条件が成立する場合、例えば、進行方向左側の車線を逸脱防止制御対象の車線とするとき、現在の自車両の対車線ヨー角  $yaw$  が  $yaw_0$  で逸脱方向を向いている条件、自車両が車線を逸脱するまでの車線逸脱推定時間  $Ttlc$  が車速  $V$  と車線曲率  $\_$  によって決定される閾値  $Tth$  以下の条件が成立する場合に開始される。

【0060】

操舵制御装置50は、車線逸脱防止制御ルーチンの最初のステップS1において、センサ信号、認識情報、制御情報等を入力する入力処理を行う。例えば、操舵制御装置50は、舵角センサ21、トルクセンサ22、回転角センサ23、車速センサ24、ヨーレートセンサ25等のセンサ類や図示しないスイッチ類からの信号、外部環境認識装置150からのカメラによる認識情報、通信バス200を介した他の制御装置からの制御情報を入力する。

【0061】

次に、ステップS2へ進み、車線曲率旋回目標ヨーレート  $tgt\_lane$  及び逸脱防止挙動生成目標ヨーレート  $tgt\_turn$  を目標ヨーレートとして算出すると、ステップS3へ進む。ステップS3では、図6に示す積分可否判定ルーチンを実行し、目標ヨーレート  $tgt$  と実ヨーレート  $\_$  との偏差に基づくフィードバックトルク  $Tp\_fb$  を算出する際の積分制御の可否を判定する。

【0062】

ステップS3に続くステップS4では、目標ヨーレート  $tgt$  を実現するための目標操舵トルク  $Tp$  を算出する。この目標操舵トルク  $Tp$  は、車線曲率旋回目標ヨーレート  $tgt\_lane$ 、逸脱防止挙動生成目標ヨーレート  $tgt\_turn$  をトルク変換したフィードフォワードトルク  $Tp\_ff\_lane$ 、 $Tp\_ff\_turn$  と、目標ヨーレート  $tgt$  と実ヨーレート  $\_$  との偏差に基づくフィードバック制御をステップS3の判定結果に応じてPID制御又はPD制御としたフィードバックトルク  $Tp\_fb$  とを加算したトルクとなる。

【0063】

その後、ステップS5へ進み、目標操舵トルク  $Tp$  に、例えば、トルク変化速度を規制するレートリミット処理や操舵系の摩擦を補償する摩擦補償処理を施した後、EPSモータ12を駆動するモータ駆動部20に指示トルクとして出力する出力処理を行う。

【0064】

次に、以上の車線逸脱防止制御ルーチンのステップS3における図6の積分可否判定ルーチンについて説明する。この積分可否判定ルーチンは、最初のステップS11において、目標ヨーレート  $tgt$  と実ヨーレート  $\_$  との差分(ヨーレート差分)を算出し、ステップS12で、現在、姿勢決定制御中か否かを、逸脱防止制御対象の車線に対する自車両の対車線ヨー角によって判断する。

【0065】

その結果、逸脱防止制御対象の車線に対して自車両が逸脱方向を向いている場合には、姿勢決定制御中でないと判断してステップS12からステップS18へ進み、積分制御を可と判定する。そして、前回の積分値に今回のヨーレート差分を加算して積分制御の積分量を更新し、メインルーチンに戻る。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

一方、ステップ S 1 2 で、逸脱防止制御対象の車線に対して自車両が平行或いは車線内側に向いており、姿勢決定制御中と判断される場合には、ステップ S 1 2 からステップ S 1 3 へ進む。そして、ステップ S 1 3 において、前回は逸脱抑制制御中であったか否か、すなわち今回初めて逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行したか否かを調べる。

## 【 0 0 6 7 】

今回初めて逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行した場合、ステップ S 1 3 からステップ S 1 6 へ進み、積分制御を否と判定して積分量の加算を停止する。そして、ステップ S 1 7 で積分量を 0 にリセットしてメインルーチンに戻る。これにより、姿勢決定制御に移行すると同時に積分制御が停止される。

10

## 【 0 0 6 8 】

一方、ステップ S 1 3 で前回は逸脱抑制制御中でなく、姿勢決定制御中である場合には、ステップ S 1 3 からステップ S 1 4 へ進み、前回、積分量の加算が停止されたか否かを調べる。前回は積分加算が停止された場合、ステップ S 1 4 からステップ S 1 5 へ進んで目標ヨーレート  $tgt$  に対して実ヨーレート  $\theta$  が逸脱側に遷移したか否かを調べる。そして、逸脱側に遷移していない場合には、前述のステップ S 1 6 で積分量の加算を停止し、ステップ S 1 7 で積分量を 0 にリセットしてメインルーチンに戻る。

## 【 0 0 6 9 】

一方、ステップ S 1 4 で前回は積分加算が停止されていない場合、或いはステップ S 1 5 で実ヨーレート  $\theta$  が逸脱側に遷移している場合には、該当ステップから前述のステップ S 1 8 へ進んで積分加算を継続或いは積分を開始し、前回の積分値に今回のヨーレート差分を加算して積分量を更新し、メインルーチンに戻る。

20

## 【 0 0 7 0 】

このように本実施の形態においては、車線逸脱防止制御における比例積分微分制御における積分制御の可否を、車線に対する自車両の状態及び目標ヨーレートに対する実ヨーレートの状態に基づいて判定するため、逸脱抑制制御から姿勢決定制御に移行したとき、積分制御を停止して逸脱防止対象の車線とは逆側の車線に逸脱するような挙動が発生することを防止することが可能となり、また、外乱の発生等によって逸脱防止対象の車線から再逸脱する可能性が高い場合には、積分制御を再開することで逸脱防止対象の車線からの再逸脱を防止することが可能となる。

30

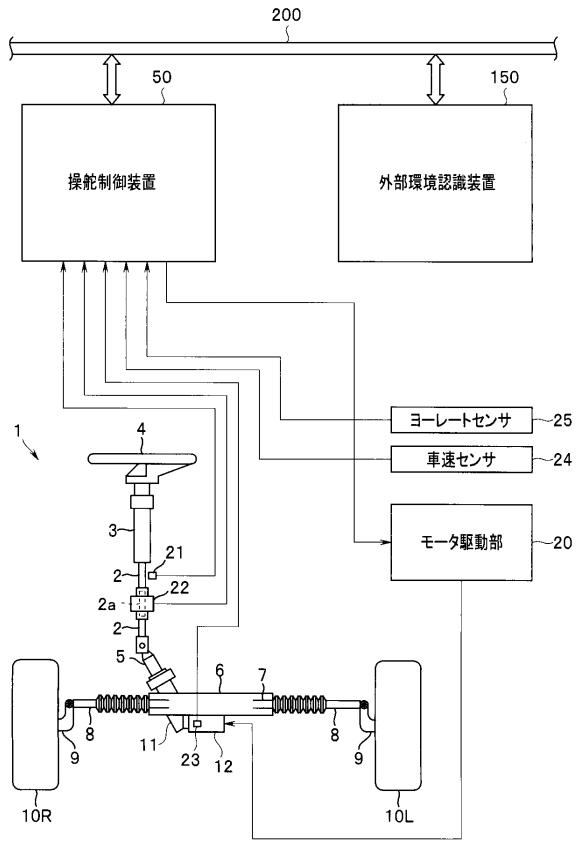
## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 7 1 】

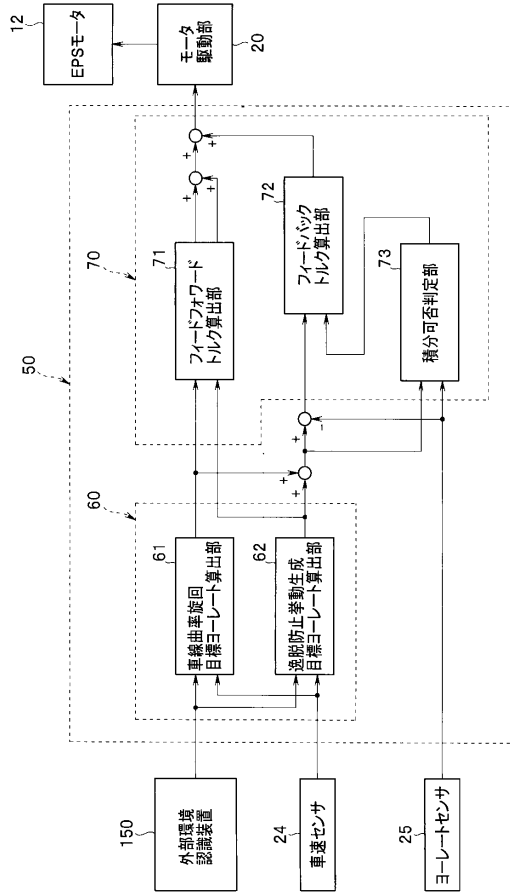
- 1 電動パワーステアリング装置
- 1 2 電動パワーステアリングモータ ( E P S モータ )
- 2 1 舵角センサ
- 2 2 トルクセンサ
- 2 3 回転角センサ
- 2 5 ヨーレートセンサ
- 5 0 操舵制御装置
- 6 0 目標ヨーレート算出部
- 7 0 目標トルク算出部
- 7 1 フィードフォワードトルク算出部
- 7 2 フィードバックトルク算出部
- 7 3 積分可否判定部
- 1 5 0 外部環境認識装置

40

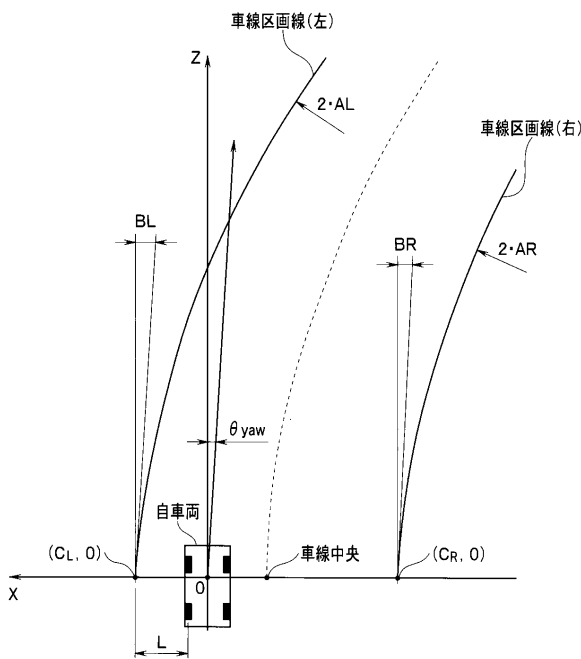
【図1】



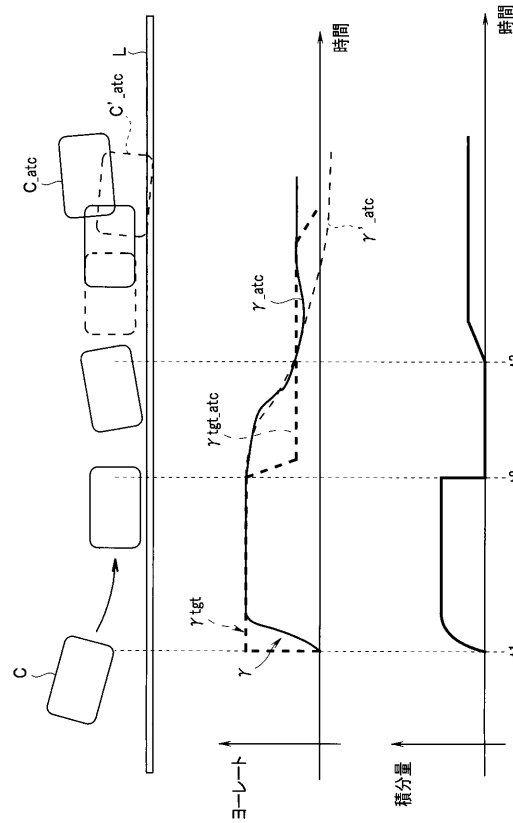
【図2】



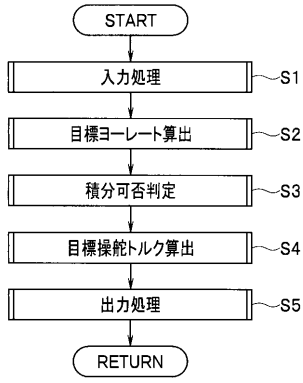
【図3】



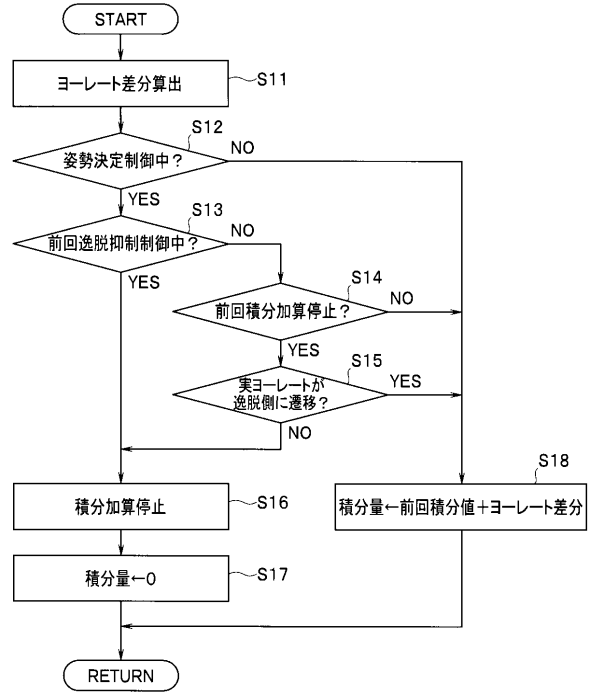
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 瀧澤 雅仁

東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 株式会社SUBARU内

審査官 飯島 尚郎

(56)参考文献 特開2016-175571(JP,A)

特開2004-070853(JP,A)

特開2005-165743(JP,A)

米国特許出願公開第2005/0125125(US,A1)

特開2005-343260(JP,A)

特開2007-145227(JP,A)

米国特許出願公開第2014/0067205(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B62D 6/00

B62D 101/00 - 137/00