

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6925535号
(P6925535)

(45) 発行日 令和3年8月25日 (2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月5日 (2021.8.5)

(51) Int. Cl. F I
B 6 2 D 6/00 (2006.01) B 6 2 D 6/00
 B 6 2 D 101/00 (2006.01) B 6 2 D 101:00
 B 6 2 D 119/00 (2006.01) B 6 2 D 119:00
 B 6 2 D 111/00 (2006.01) B 6 2 D 111:00

請求項の数 13 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2020-533938 (P2020-533938)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成30年7月31日 (2018.7.31)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/028665		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87) 国際公開番号	W02020/026342	(74) 代理人	100110423
(87) 国際公開日	令和2年2月6日 (2020.2.6)		弁理士 曾我 道治
審査請求日	令和2年6月26日 (2020.6.26)	(74) 代理人	100111648
			弁理士 梶並 順
		(74) 代理人	100122437
			弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566
			弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171
			弁理士 吉田 潤一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 操舵制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両が走行する路面の横断勾配を推定する横断勾配推定器と、
 前記横断勾配推定器によって推定された前記横断勾配に基づいて第1アシスト量を演算するアシスト量演算器と、

前記アシスト量演算器によって演算された前記第1アシスト量に対して、ローパスフィルタ処理を施し、前記ローパスフィルタ処理後の前記第1アシスト量を、第2アシスト量として出力するローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタによって出力される前記第2アシスト量を用いて、操舵アシストトルクを発生させるモータを制御するモータ制御器と、

を備え、

前記ローパスフィルタは、

前記第2アシスト量が増加変化する場合と、前記第2アシスト量が減少変化する場合とに応じて、前記ローパスフィルタのカットオフ周波数を、第1カットオフ周波数と、前記第1カットオフ周波数よりも高い値に設定される第2カットオフ周波数との間で切り替える

操舵制御装置。

【請求項 2】

前記ローパスフィルタは、

前記第2アシスト量が増加変化する場合には、前記カットオフ周波数を前記第1カッ

トオフ周波数にし、前記第 2 アシスト量が減少変化する場合には、前記カットオフ周波数を前記第 2 カットオフ周波数にする

請求項 1 に記載の操舵制御装置。

【請求項 3】

前記アシスト量演算器によって演算された前記第 1 アシスト量を、前記車両の操舵状態に応じて補正するアシスト量補正器をさらに備えた

請求項 1 または 2 に記載の操舵制御装置。

【請求項 4】

前記アシスト量補正器は、前記車両のハンドルを介してステアリング軸に作用する操舵トルクを検出する操舵トルクセンサによって検出された前記操舵トルクを、前記操舵状態として取得し、取得した前記操舵トルクに応じて、前記第 1 アシスト量を補正する

請求項 3 に記載の操舵制御装置。

【請求項 5】

前記アシスト量補正器は、前記モータの回転角度を検出するモータ回転角度センサによって検出された前記回転角度を微分することで得られる操舵速度を、前記操舵状態として取得し、取得した前記操舵速度に応じて、前記第 1 アシスト量を補正する

請求項 3 に記載の操舵制御装置。

【請求項 6】

前記アシスト量補正器は、前記車両のギア位置が後退ギアであるか否かを示す後退ギア判定を、前記操舵状態として取得し、取得した前記後退ギア判定に応じて、前記第 1 アシスト量を補正する

請求項 3 に記載の操舵制御装置。

【請求項 7】

前記ローパスフィルタの前記第 1 カットオフ周波数を、前記車両の操舵状態に応じて調整するカットオフ周波数調整器をさらに備えた

請求項 1 または 2 に記載の操舵制御装置。

【請求項 8】

前記カットオフ周波数調整器は、前記車両のハンドルを介してステアリング軸に作用する操舵トルクを検出する操舵トルクセンサによって検出された前記操舵トルクを、前記操舵状態として取得し、取得した前記操舵トルクに応じて、前記第 1 カットオフ周波数を調整する

請求項 7 に記載の操舵制御装置。

【請求項 9】

前記カットオフ周波数調整器は、前記モータの回転角度を検出するモータ回転角度センサによって検出された前記回転角度を微分することで得られる操舵速度を、前記操舵状態として取得し、取得した前記操舵速度に応じて、前記第 1 カットオフ周波数を調整する

請求項 7 に記載の操舵制御装置。

【請求項 10】

前記カットオフ周波数調整器は、前記車両のギア位置が後退ギアであるか否かを示す後退ギア判定を、前記操舵状態として取得し、取得した前記後退ギア判定に応じて、前記第 1 カットオフ周波数を調整する

請求項 7 に記載の操舵制御装置。

【請求項 11】

前記横断勾配推定器によって推定された前記横断勾配に対して、レートリミッタ処理および不感帯処理の少なくとも一方の処理を施す処理器をさらに備えた

請求項 1 から 10 のいずれか 1 項に記載の操舵制御装置。

【請求項 12】

前記横断勾配推定器は、前記車両の車速を検出する車速センサによって検出された前記車速と、前記車両のヨーレートを検出するヨーレートセンサによって検出された前記ヨーレートと、前記車両の横加速度を検出する横加速度センサによって検出された前記横加速

10

20

30

40

50

度とに基づいて、前記横断勾配を推定する

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の操舵制御装置。

【請求項 1 3】

前記横断勾配推定器は、前記車両の自車位置と、前記自車位置に対応する横断勾配および路面曲率とが関連付けられた走行路情報を記憶し、前記自車位置推定器によって推定された前記自車位置に対応する前記横断勾配および前記路面曲率を、前記走行路情報から推定し、

前記アシスト量演算器は、前記車両の車速を検出する車速センサによって検出された前記車速と、前記横断勾配推定器によって推定された前記横断勾配および前記路面曲率とに基づいて、前記第 1 アシスト量を演算する

10

請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵アシストトルクを発生させるモータを制御する操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来において、横断勾配路を走行する車両の偏向を抑制するように運転者の操舵をアシストする技術が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。具体的には、特許文献 1 に記載の従来技術は、横断勾配による外乱と、横風等に起因した横方向外乱とを推定し、その推定結果に基づいて、横方向外乱を抑制するように操舵アシストトルクを制御するよう構成されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 2 1 9 6 8 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、特許文献 1 に記載に従来技術では、車両が走行する路面の横断勾配による外乱が推定されるので、横断勾配の変化に対応して運転者の操舵をアシストすることが可能である。しかしながら、その推定に含まれるノイズが影響して、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉する可能性がある。

30

【0005】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、車両が走行する路面の横断勾配の変化に対応して運転者の操舵をアシストしつつ、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる操舵制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

40

本発明における操舵制御装置は、車両が走行する路面の横断勾配を推定する横断勾配推定器と、横断勾配推定器によって推定された横断勾配に基づいて第 1 アシスト量を演算するアシスト量演算器と、アシスト量演算器によって演算された第 1 アシスト量に対して、ローパスフィルタ処理を施し、ローパスフィルタ処理後の第 1 アシスト量を、第 2 アシスト量として出力するローパスフィルタと、ローパスフィルタによって出力される第 2 アシスト量を用いて、操舵アシストトルクを発生させるモータを制御するモータ制御器と、を備え、ローパスフィルタは、第 2 アシスト量が増加変化する場合と、第 2 アシスト量が減少変化する場合とに応じて、ローパスフィルタのカットオフ周波数を、第 1 カットオフ周波数と、第 1 カットオフ周波数よりも高い値に設定される第 2 カットオフ周波数との間で切り替えるものである。

50

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、車両が走行する路面の横断勾配の変化に対応して運転者の操舵をアシストしつつ、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。操舵制御装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施の形態1における操舵制御装置とその周辺装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の実施の形態1における操舵制御装置の構成を示すブロック図である。

10

【図3】本発明の実施の形態1における車両に作用する横断勾配による外乱を模式的に示す図である。

【図4】本発明の実施の形態1におけるローパスフィルタの構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の実施の形態1における操舵制御装置の一連の動作を示すフローチャートである。

【図6】本発明の実施の形態2における操舵制御装置の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の実施の形態2におけるアシスト量補正器の構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の実施の形態2におけるアシスト量補正器の構成の第1の別例を示すブロック図である。

20

【図9】本発明の実施の形態2におけるアシスト量補正器の構成の第2の別例を示すブロック図である。

【図10】本発明の実施の形態3における操舵制御装置の構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の実施の形態3におけるカットオフ周波数調整器の構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の実施の形態3におけるカットオフ周波数調整器の構成の第1の別例を示すブロック図である。

【図13】本発明の実施の形態3におけるカットオフ周波数調整器の構成の第2の別例を示すブロック図である。

30

【図14】本発明の実施の形態4における操舵制御装置の構成を示すブロック図である。

【図15】本発明の実施の形態4における車両に作用する横断勾配による外乱および遠心力による外乱を模式的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明による操舵制御装置を、好適な実施の形態にしたがって図面を用いて説明する。なお、図面の説明においては、同一部分または相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0010】

実施の形態1.

40

図1は、本発明の実施の形態1における操舵制御装置12とその周辺装置の構成を示す図である。

【0011】

図1において、自動車などの車両のステアリング機構は、ハンドル1とステアリング軸2とを備える。車両の左右の転舵輪3は、車両を運転する運転者がハンドル1を操作することによって回転するステアリング軸2の回転に応じて転舵される。

【0012】

ステアリング軸2には、操舵トルクセンサ4が設けられている。操舵トルクセンサ4は、運転者がハンドル1を操作することでハンドル1を介してステアリング軸2に作用する操舵トルクを検出する。

50

【0013】

モータ5は、減速機構6を介してステアリング軸2に連結されている。モータ5は、後述する操舵制御装置12によってモータ5に流れる電流が制御されることで、ステアリング軸2に付与する操舵アシストトルクを発生させる。これにより、運転者の操舵をアシストすることが可能になる。

【0014】

モータ回転角度センサ7は、モータ5の回転角度を検出する。ハンドル1の操舵速度は、モータ回転角度センサ7によって検出されるモータ5の回転角度の微分値から演算される。電流センサ11は、モータ5に流れる電流を検出する。

【0015】

車両には、車速センサ8、ヨーレートセンサ9および横加速度センサ10が設けられている。車速センサ8は、車両の走行速度である車速を検出する。ヨーレートセンサ9は、車両の回転角速度に相当するヨーレートを検出する。横加速度センサ10は、車両の横加速度を検出する。

【0016】

操舵制御装置12は、上述した各種センサの検出結果を取得し、その取得結果に基づいて、操舵アシストトルクの目標値である目標トルクを演算する。操舵制御装置12は、演算した目標トルクと、モータ5が発生させる操舵アシストトルクとが一致するように、モータ5を制御する。

【0017】

操舵制御装置12は、例えば、図1に示すハードウェア構成によって実現される。すなわち、操舵制御装置12は、各種センサの検出結果を取得するインターフェース部13と、演算処理を実行するマイクロコンピュータと、モータ5に電流を供給することでモータ5を駆動するモータ駆動器17とによって実現される。マイクロコンピュータは、CPU (Central Processing Unit) 14と、ROM (Read Only Memory) 15と、RAM (Random Access Memory) 16とを含んで構成される。

【0018】

次に、操舵制御装置12の機能構成について、図2を参照しながら説明する。図2は、本発明の実施の形態1における操舵制御装置12の構成を示すブロック図である。

【0019】

図2において、操舵制御装置12は、インターフェース部13、横断勾配推定器18、アシスト量演算器19、ローパスフィルタ20、モータ制御器21およびモータ駆動器17を備える。

【0020】

横断勾配推定器18は、インターフェース部13を介して、車速センサ8から車速を取得し、ヨーレートセンサ9からヨーレートを取得し、横加速度センサ10から横加速度を取得する。横断勾配推定器18は、取得した車速、ヨーレートおよび横加速度に基づいて、横断勾配を推定し、その横断勾配をアシスト量演算器19に出力する。

【0021】

ここで、横断勾配推定器18が横断勾配を推定する方法の例について、図3を参照しながら説明する。図3は、本発明の実施の形態1における車両に作用する横断勾配による外乱を模式的に示す図である。ただし、 m は車両の質量を示し、 g は重力加速度を示し、 θ は車両が走行する路面の横断勾配を示す。

【0022】

図3に示すように、車両が走行する路面の傾きが横断勾配 θ に相当する。横断勾配推定器18は、車速センサ8から取得した車速 V と、ヨーレートセンサ9から取得したヨーレート γ と、横加速度センサ10から取得した横加速度 G_y とを用いて、以下の式(1)に従って横断勾配 θ を演算して推定する。

$$\theta = \arcsin \left((dvy/dt + V \cdot \gamma - Gy) / g \right)$$

10

20

30

40

50

$$\arcsin((V \cdot y - Gy) / g) \quad (1)$$

【0023】

ただし、式(1)において、 dv_y/dt は車両の横速度の時間変化を示し、ここでは、車両が直進走行に近い定常走行をしていると考え、 $dv_y/dt = 0$ としている。

【0024】

なお、横断勾配推定器18が横断勾配を推定する方法は、上述した方法に限定されない。例えば、横断勾配推定器18は、特許文献1に記載の公知の方法を用いて、横断勾配を推定するように構成されていてもよい。また、横断勾配推定器18は、車両が走行する路面に関する情報を地図情報として予め記憶し、車両の走行地点に応じた横断勾配を、地図情報から求めるように構成されていてもよい。

10

【0025】

このように、横断勾配推定器18は、車両が走行する路面の横断勾配を推定するように構成されている。具体例として、横断勾配推定器18は、車速センサ8によって検出された車速と、ヨーレートセンサ9によって検出されたヨーレートと、横加速度センサ10によって検出された横加速度に基づいて、横断勾配を推定するように構成されている。

【0026】

アシスト量演算器19は、横断勾配推定器18から入力された横断勾配に基づいて、第1アシスト量を演算し、その第1アシスト量をローパスフィルタ20に出力する。

【0027】

ここで、アシスト量演算器19が第1アシスト量を演算する方法の例について説明する。

20

【0028】

車両運動モデルで一般的に用いられている2輪モデルにて、車両が直進走行していることを想定する。

【0029】

この場合、フロントタイヤ2輪に発生する横力 $2F_y$ は、以下の式(2)に従って求められる。

【0030】

$$2F_y = -l_r / (l_f + l_r) m g \sin \theta \quad (2)$$

【0031】

ただし、式(2)において、 l_f は、車両重心から前輪軸までの距離を示し、 l_r は、車両重心から後輪軸までの距離を示す。

30

【0032】

ここで、車両のキャストトレールを L_c [m]とし、ニューマチックトレールを L_p [m]とし、オーバーオールステアリングギア比を G_{rp} とすると、ステアリング軸換算の横断勾配による外乱トルク T_{cant} は、以下の式(3)に従って求められる。

【0033】

$$T_{cant} = 2F_y \times (L_c + L_p) \times G_{rp} \quad (3)$$

【0034】

したがって、補償トルク T_{comp1} によって、外乱トルク T_{cant} がキャンセルされるようにするため、補償トルク T_{comp1} は、以下の式(4)に従って求められる。補償トルク T_{comp1} は、横断勾配 θ にほぼ比例した補償量となる。補償トルク T_{comp1} が第1アシスト量に相当する。

40

【0035】

$$T_{comp1} = -T_{cant} \quad (4)$$

【0036】

アシスト量演算器19は、横断勾配推定器18から入力された横断勾配 θ を用いて、上述の式(2)、式(3)および式(4)に従って第1アシスト量を演算する。

【0037】

なお、アシスト量演算器19が第1アシスト量を演算する方法は、上述した方法に限定

50

されない。例えば、第1アシスト量は、横断勾配にほぼ比例した補償量になることを利用して、実車で適合を行うことによって求められてもよい。

【0038】

なお、外乱トルク T_{cant} が完全にキャンセルされるようにする必要がない場合には、式(4)の右辺の項に1よりも小さいゲインを乗算することで、補償トルク T_{comp1} を補正してもよい。これにより、運転者の負担を軽減しつつ、横断勾配路を走行している感覚を運転者に伝えることが可能となる。また、式(4)の右辺の項に車速に応じて変化するゲインを乗算することで、補償トルク T_{comp1} を補正してもよい。これにより、車速に応じて第1アシスト量を調整することが可能となる。

【0039】

このように、アシスト量演算器19は、横断勾配推定器18によって推定された横断勾配に基づいて第1アシスト量を演算するように構成されている。

【0040】

ローパスフィルタ20は、アシスト量演算器19によって演算された第1アシスト量に対して、ローパスフィルタ処理を施し、ローパスフィルタ処理後の第1アシスト量を、第2アシスト量として、モータ制御器21に出力する。

【0041】

ここで、ローパスフィルタ20の構成について、図4を参照しながら説明する。図4は、本発明の実施の形態1におけるローパスフィルタ20の構成を示すブロック図である。

【0042】

図4において、ローパスフィルタ20は、減算部201、ゲイン部202、ゲイン部203、判定部204、切り替え部205、加算部206および遅延部207を備える。

【0043】

減算部201は、アシスト量演算器19の出力値である第1アシスト量から、遅延部207の出力値である第2アシスト量の前回値を減算することで得られる値をゲイン部202およびゲイン部203に出力する。

【0044】

ゲイン部202は、減算部201の出力値に、ゲインである $2\pi T_{sf_c_A}$ を乗算することで得られる値を切り替え部205に出力する。ゲイン部203は、減算部201の出力値に、ゲインである $2\pi T_{sf_c_B}$ を乗算することで得られる値を切り替え部205に出力する。

【0045】

上述のパラメータに関して、 f_{c_A} は、ローパスフィルタ20に設定される第1カットオフ周波数を示し、 f_{c_B} は、ローパスフィルタ20に設定される第2カットオフ周波数を示す。第2カットオフ周波数 f_{c_B} は、第1カットオフ周波数 f_{c_A} よりも高い値に設定される。 T_s は、ローパスフィルタ20の制御周期を示す。

【0046】

判定部204は、アシスト量演算器19の出力値である第1アシスト量と、遅延部207の出力値である第2アシスト量の前回値とを比較し、第1アシスト量が第2アシスト量の前回値よりも大きいかな否かを判定する。判定部204は、その判定結果を切り替え部205に出力する。

【0047】

切り替え部205は、判定部204の出力値である判定結果に基づいて、ゲイン部202の出力値およびゲイン部203の出力値のいずれかを選択し、選択した方の値を加算部206に出力する。

【0048】

切り替え部205は、判定部204によって第1アシスト量が第2アシスト量の前回値よりも大きいと判定された場合には、ゲイン部202の出力値を加算部206に出力する。一方、切り替え部205は、判定部204によって第1アシスト量が第2アシスト量の前回値よりも小さいと判定された場合には、ゲイン部203の出力値を加算部206に出

10

20

30

40

50

力する。

【0049】

このように、切り替え部205によって、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数を、第1カットオフ周波数 f_{c_A} と、第2カットオフ周波数 f_{c_B} との間で切り替え可能となる。

【0050】

第1アシスト量が第2アシスト量の前回値よりも大きい場合、すなわち、第2アシスト量が増加変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数は、第1カットオフ周波数 f_{c_A} に設定される。一方、第1アシスト量が第2アシスト量の前回値よりも小さい場合、すなわち、第2アシスト量が減少変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数は、第2カットオフ周波数 f_{c_B} に設定される。

10

【0051】

加算部206は、切り替え部205の出力値と、遅延部207の出力値である第2アシスト量の前回値とを加算することで得られる値を、第2アシスト量として出力する。

【0052】

遅延部207は、第2アシスト量の前回値を、加算部206および減算部201に出力する。ここで、 z は z 変換を示し、 $1/z$ は前回値を示す。

【0053】

このように、ローパスフィルタ20は、第2アシスト量が増加変化する場合と、第2アシスト量が減少変化する場合とに応じて、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数を、第1カットオフ周波数 f_{c_A} と、第2カットオフ周波数 f_{c_B} との間で切り替える。

20

【0054】

ローパスフィルタ20は、第2アシスト量が増加変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数を第1カットオフ周波数 f_{c_A} にする。また、ローパスフィルタ20は、第2アシスト量が減少変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数を第2カットオフ周波数 f_{c_B} にする。

【0055】

次に、第1カットオフ周波数 f_{c_A} および第2カットオフ周波数 f_{c_B} の設定について説明する。上述したように、第2カットオフ周波数 f_{c_B} は、第1カットオフ周波数 f_{c_A} よりも高い値に設定される。例えば、第1カットオフ周波数 f_{c_A} および第2カットオフ周波数 f_{c_B} について、 $f_{c_A}=1$ [Hz] となり、 $f_{c_B}=3$ [Hz] となるように設定される。

30

【0056】

上述したように、第2アシスト量が増加変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数が第1カットオフ周波数 f_{c_A} に設定される。そのため、第2アシスト量は、緩慢に増加する。一方、第2アシスト量が減少変化する場合には、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数が第2カットオフ周波数 f_{c_B} に設定される。そのため、第2アシスト量は、急激に減少する。

【0057】

ここで、第2カットオフ周波数 f_{c_B} の値が大きく設定されるほど、第2アシスト量は、より急激に減少する。第2アシスト量の急激な減少変化は、第2アシスト量が不連続に変化しているように運転者に伝わり、その結果、運転者が違和感を持つ。そのため、第2カットオフ周波数 f_{c_B} は、例えば、5 Hz 以下に設定されることが望ましい。

40

【0058】

このようなローパスフィルタ20の構成によって、横断勾配推定器18によって推定される横断勾配の推定値に含まれるノイズを低減することができる。なお、横断勾配の推定値に含まれるノイズの周波数は、例えば、10 Hz 以上である。

【0059】

また、このようなローパスフィルタ20の構成において、第1カットオフ周波数 f_{c_A} を第2カットオフ周波数 f_{c_B} よりも低い値にすることによって、横断勾配に対応し

50

て操舵アシストトルクをより滑らかに出力することができる。その結果、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することが可能となる。

【0060】

比較例として、ローパスフィルタ20のカットオフ周波数が固定となる構成である場合、横断勾配がゼロになっても、第2アシスト量がすぐに減少せず、操舵トルクのアシストが継続され、その結果、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉する可能性がある。

【0061】

これに対して、実施の形態1のようにローパスフィルタ20のカットオフ周波数が可変となる構成によって、第2アシスト量が速やかに減少する。したがって、上述したように、横断勾配の推定値に含まれるノイズを低減しつつ、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することが可能となる。

10

【0062】

モータ制御器21は、ローパスフィルタ20によって出力される第2アシスト量を用いて、操舵アシストトルクを発生させるモータ5を制御する。具体的には、モータ制御器21は、ローパスフィルタ20から入力された第2アシスト量を、目標トルクとし、その目標トルクと、モータ5が発生させる操舵アシストトルクとが一致するようにモータ駆動器17にモータ5を駆動させる。なお、モータ制御器21は、第2アシスト量と、その他公知の操舵制御が適用される場合に演算されるアシスト量とを足し合わせることで得られる値を、目標トルクとするように構成されていてもよい。

20

【0063】

次に、操舵制御装置12の動作について、図5を参照しながら説明する。図5は、本発明の実施の形態1における操舵制御装置12の一連の動作を示すフローチャートである。図5に示すフローチャートの処理は、例えば、予め設定される制御周期で繰り返し実行される。

【0064】

ステップS1において、横断勾配推定器18は、インターフェース部13を介して、車速センサ8から車速を取得し、ヨーレートセンサ9からヨーレートを取得し、横加速度センサ10から横加速度を取得する。その後、処理がステップS2へと進む。

【0065】

ステップS2において、横断勾配推定器18は、ステップS1で取得された車速、ヨーレートおよび横加速度を用いて、横断勾配を推定する。その後、処理がステップS3へと進む。

30

【0066】

ステップS3において、アシスト量演算器19は、ステップS2で推定された横断勾配を用いて、第1アシスト量を演算する。その後、処理がステップS4へと進む。

【0067】

ステップS4において、ローパスフィルタ20は、ステップS3で演算された第1アシスト量に対してローパスフィルタ処理を施すことで、第2アシスト量を演算する。その後、処理がステップS5へと進む。

【0068】

40

ステップS5において、モータ制御器21は、ステップS4で演算された第2アシスト量を用いて、モータ5を制御する。具体的には、モータ制御器21は、ステップS4で演算された第2アシスト量を用いて、モータ5に流れるモータ電流を制御する。これにより、モータ5は、モータ電流に応じた操舵アシストトルクを発生させ、横断勾配路を走行するために必要な運転者の操舵をアシストする。その後、処理が終了となる。

【0069】

以上、本実施の形態1によれば、操舵制御装置は、路面の横断勾配を推定する横断勾配推定器と、横断勾配推定器によって推定された横断勾配に基づいて第1アシスト量を演算するアシスト量演算器と、アシスト量演算器によって演算された第1アシスト量に対して、ローパスフィルタ処理を施すことで、ローパスフィルタ処理後の第1アシスト量を、第

50

2アシスト量として出力するローパスフィルタと、ローパスフィルタによって出力される第2アシスト量を用いて、操舵アシストトルクを発生させるモータを制御するモータ制御器と、を備えて構成されている。

【0070】

また、ローパスフィルタは、第2アシスト量が増加変化する場合と、第2アシスト量が減少変化する場合とに応じて、ローパスフィルタのカットオフ周波数を、第1カットオフ周波数と、第1カットオフ周波数よりも高い値に設定される第2カットオフ周波数との間で切り替えるように構成されている。

【0071】

このように、車両が走行する路面の横断勾配を推定し、推定された横断勾配に基づいた第2アシスト量を加味した操舵アシストトルクをモータが発生させるように構成されているので、路面の横断勾配の変化に対応して運転者の操舵をアシストすることができる。また、カットオフ周波数が可変であるローパスフィルタが用いられることによって、アシスト量の変化が調整されるので、横断勾配の推定値に含まれるノイズを低減しつつ、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することが可能となる。

【0072】

つまり、上述のように操舵制御装置を構成することで、路面の横断勾配の変化に対応して運転者の操舵をアシストしつつ、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

【0073】

実施の形態2.

本発明の実施の形態2では、先の実施の形態1の構成に対して、処理器24およびアシスト量補正器22を備えて構成されている操舵制御装置12について説明する。なお、実施の形態2では、先の実施の形態1と同様である点の説明を省略し、先の実施の形態1と異なる点を中心に説明する。

【0074】

図6は、本発明の実施の形態2における操舵制御装置12の構成を示すブロック図である。図6において、操舵制御装置12は、インターフェース部13、横断勾配推定器18、処理器24、アシスト量演算器19、アシスト量補正器22、ローパスフィルタ20、モータ制御器21およびモータ駆動器17を備える。

【0075】

処理器24は、横断勾配推定器18によって推定された横断勾配に対して、後述するレートリミッタ処理および不感帯処理を施し、これらの処理後の横断勾配をアシスト量演算器19に出力する。アシスト量演算器19は、処理器24から入力された横断勾配を用いて、先の実施の形態1と同様に、第1アシスト量を演算する。

【0076】

ここで、処理器24によって行われるレートリミッタ処理について説明する。通常、路面の横断勾配は、急激な変化を抑えるために、すりつけ部によって連続的に変化するようにになっている。レートリミッタの閾値は、このすりつけ部相当の値に設定される。これにより、横断勾配推定器18によって推定される横断勾配の急激な変化をレートリミッタ処理によって制限することが可能となる。横断勾配の急激な変化は、車両が悪路等を走行した場合に生じる。

【0077】

このように、処理器24は、横断勾配推定器18によって推定された横断勾配に対してレートリミッタ処理を施すように構成されている。このような構成によって、路面の横断勾配の変化が法規で決まっており、推定された横断勾配の変化が、レートリミッタの閾値として設定する横断勾配の変化よりも大きい場合であっても、横断勾配の急激な変化を抑えることができる。これにより、アシスト量の急激な変化を抑制することができ、結果として、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

【0078】

続いて、処理器 24 によって行われる不感帯処理について説明する。不感帯処理によって、横断勾配の微小な変化に対するアシスト量の変化を抑制することができる。

【0079】

すなわち、横断勾配の微小な変化に対してアシスト量が変わる場合、運転者は、ハンドル中立付近にてハンドルの変動を感じてしまう。その結果、運転者が煩わしさを感じる可能性がある。これに対して、不感帯処理によって、運転者が煩わしさを感じることを抑制することができ、結果として、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

【0080】

なお、処理器 24 は、横断勾配推定器 18 から入力された横断勾配に対して、レートリミッタ処理および不感帯処理のいずれか一方の処理を施すように構成されていてもよい。

10

【0081】

このように、処理器 24 は、横断勾配推定器 18 によって推定された横断勾配に対して、レートリミッタ処理および不感帯処理の少なくとも一方の処理を施すように構成されている。

【0082】

アシスト量補正器 22 は、インターフェース部 13 を介して、操舵トルクセンサ 4 から操舵トルクを取得する。アシスト量補正器 22 は、ローパスフィルタ 20 から第 2 アシスト量の前回値を取得する。

【0083】

20

アシスト量補正器 22 は、取得した操舵トルクおよび第 2 アシスト量の前回値に基づいて、アシスト量演算器 19 によって演算された第 1 アシスト量を補正し、補正後の第 1 アシスト量をローパスフィルタ 20 に出力する。ローパスフィルタ 20 は、アシスト量補正器 22 から入力された第 1 アシスト量に対して、先の実施の形態 1 で説明したローパスフィルタ処理を施すことで、第 2 アシスト量を演算する。

【0084】

アシスト量補正器 22 の構成について、図 7 を参照しながら説明する。図 7 は、本発明の実施の形態 2 におけるアシスト量補正器 22 の構成を示すブロック図である。

【0085】

図 7 において、アシスト量補正器 22 は、補正部 221、出力部 222、判定部 223、切り替え部 224 および乗算部 225 を備える。

30

【0086】

補正部 221 は、操舵トルク／補正ゲインマップに従って、操舵トルクセンサ 4 から入力された操舵トルクの大きさに対応する補正ゲインを演算する。補正部 221 は、演算した補正ゲインを切り替え部 224 に出力する。なお、操舵トルク／補正ゲインマップは、操舵トルクの大きさと、対応する補正ゲインとが関連付けられたマップであり、操舵トルクの大きさが大きくなるにつれて補正ゲインが 1 から 0 に減少するように予め設定される。

【0087】

出力部 222 は、固定値である 1 を切り替え部 224 に出力する。判定部 223 は、操舵トルクセンサ 4 から入力された操舵トルクの符号と、ローパスフィルタ 20 から入力された第 2 アシスト量の前回値の符号とを比較する。判定部 223 は、その比較によって、操舵トルクの符号と第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であるか否かを判定する。判定部 223 は、その判定結果を切り替え部 224 に出力する。

40

【0088】

切り替え部 224 は、判定部 223 の出力値である判定結果に基づいて、補正部 221 の出力値と出力部 222 の出力値とのいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部 225 に出力する。

【0089】

切り替え部 224 は、操舵トルクの符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに

50

正負逆であると判定された場合には、補正部 2 2 1 の出力値を乗算部 2 2 5 に出力する。一方、切り替え部 2 2 4 は、操舵トルクの符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆でない、すなわち、これらの符号が互いに同符号であると判定された場合には、出力部 2 2 2 の出力値を乗算部 2 2 5 に出力する。

【0090】

乗算部 2 2 5 は、アシスト量演算器 1 9 から入力された第 1 アシスト量に、切り替え部 2 2 4 の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ 2 0 に出力する。

【0091】

このように、アシスト量補正器 2 2 は、操舵トルクの符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに同符号である場合には、第 1 アシスト量を補正することなく、ローパス
10
フィルタ 2 0 に出力する。操舵トルクの符号と第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに同符号であることは、運転者の操舵の方向と、操舵アシストトルクの方向とが同じであることと等価である。

【0092】

一方、アシスト量補正器 2 2 は、操舵トルクの符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆である場合には、操舵トルクの大きさに応じて第 1 アシスト量が小さくなるように補正し、その補正後の第 1 アシスト量をローパスフィルタ 2 0 に出力する。

【0093】

操舵トルクの符号と第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆である場合、車両が横断勾配路を下る方向に運転者が操舵していると考えられる。この場合、操舵トルクの
20
アシストが運転者の操舵と干渉する可能性がある。

【0094】

そこで、アシスト量補正器 2 2 は、操舵トルクの符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆である場合、操舵トルクの大きさに応じて第 1 アシスト量が小さくなるように補正するように構成されている。このような構成によって、第 1 アシスト量を小さくすることができ、その結果、第 2 アシスト量も小さくすることができる。これにより、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

【0095】

このように、アシスト量補正器 2 2 は、アシスト量演算器 1 9 によって演算された第 1 アシスト量を、車両の操舵状態に応じて補正するように構成されている。具体的には、ア
30
シスト量補正器 2 2 は、操舵トルクセンサ 4 によって検出された操舵トルクを、車両の操舵状態として取得し、取得した操舵トルクに応じて、第 1 アシスト量を補正するように構成されている。

【0096】

なお、アシスト量補正器 2 2 は、図 8 に示すように、車両のギア位置が後退ギアであるか否かを示す後退ギア判定を、車両の操舵状態として取得し、取得した後退ギア判定に応じて、第 1 アシスト量を補正するように構成されていてもよい。図 8 は、本発明の実施の形態 2 におけるアシスト量補正器 2 2 の構成の第 1 の別例を示すブロック図である。

【0097】

図 8 に示すアシスト量補正器 2 2 は、出力部 2 2 1 a、出力部 2 2 2 a、切り替え部 2
40
2 3 a および乗算部 2 2 4 a を備える。

【0098】

出力部 2 2 1 a は、固定値である 0 を切り替え部 2 2 3 a に出力する。出力部 2 2 2 a は、固定値である 1 を切り替え部 2 2 3 a に出力する。

【0099】

切り替え部 2 2 3 a には、上述した後退ギア判定が入力される。切り替え部 2 2 3 a は、入力される後退ギア判定に基づいて、出力部 2 2 1 a の出力値および出力部 2 2 2 a の出力値のいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部 2 2 4 a に出力する。

【0100】

切り替え部 2 2 3 a は、後退ギア判定において、車両のギア位置が後退ギアであること
50

を示す場合には、出力部 2 2 1 a の出力値を切り替え部 2 2 3 a に出力する。一方、切り替え部 2 2 3 a は、後退ギア判定において、車両のギア位置が後退ギアであることを示さない場合には、出力部 2 2 2 a の出力値を切り替え部 2 2 3 a に出力する。

【0101】

乗算部 2 2 4 a は、アシスト量演算器 1 9 から入力された第 1 アシスト量に、切り替え部 2 2 3 a の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ 2 0 に出力する。

【0102】

このように、アシスト量補正器 2 2 は、車両のギア位置が後退ギアである場合、すなわち、車両が後退する場合には、第 1 アシスト量を 0 に補正する。これにより、車両が後退する場合、横断勾配に対応するアシストを停止することができる。

10

【0103】

なお、アシスト量補正器 2 2 は、図 9 に示すように、モータ回転角度センサ 7 によって検出されたモータ 5 の回転角度を微分することで得られる操舵速度を、車両の操舵状態として取得し、取得した操舵速度に応じて、第 1 アシスト量を補正するように構成されていてもよい。図 9 は、本発明の実施の形態 2 におけるアシスト量補正器 2 2 の構成の第 2 の別例を示すブロック図である。

【0104】

図 9 に示すアシスト量補正器 2 2 は、補正部 2 2 1 b、出力部 2 2 2 b、判定部 2 2 3 b、切り替え部 2 2 4 b および乗算部 2 2 5 b を備える。

【0105】

20

補正部 2 2 1 b は、操舵速度／補正ゲインマップに従って、入力された操舵速度の大きさに対応する補正ゲインを演算し、その補正ゲインを切り替え部 2 2 4 b に出力する。なお、操舵速度／補正ゲインマップは、操舵速度の大きさと、対応する補正ゲインとが関連付けられたマップであり、操舵速度の大きさが大きくなるにつれて補正ゲインが 1 から 0 に減少するように予め設定される。

【0106】

補正部 2 2 1 b および判定部 2 2 3 b に入力される操舵速度は、操舵制御装置 1 2 によって演算される。この操舵速度は、上述したように、モータ回転角度センサ 7 によって検出されるモータ 5 の回転角度を微分することで得られる。

【0107】

30

出力部 2 2 2 b は、固定値である 1 を切り替え部 2 2 4 b に出力する。判定部 2 2 3 b は、入力された操舵速度の符号と、ローパスフィルタ 2 0 から入力された第 2 アシスト量の前回値の符号とを比較する。判定部 2 2 3 b は、その比較によって、操舵速度の符号と第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であるか否かを判定する。判定部 2 2 3 b は、その判定結果を切り替え部 2 2 4 b に出力する。

【0108】

切り替え部 2 2 4 b は、判定部 2 2 3 b の出力値である判定結果に基づいて、補正部 2 2 1 b の出力値と出力部 2 2 2 b の出力値とのいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部 2 2 5 b に出力する。

【0109】

40

切り替え部 2 2 4 b は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であると判定された場合には、出力部 2 2 2 b の出力値を乗算部 2 2 5 b に出力する。一方、切り替え部 2 2 4 b は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆でない、すなわち、これらの符号が互いに同符号であると判定された場合には、補正部 2 2 1 b の出力値を乗算部 2 2 5 b に出力する。

【0110】

乗算部 2 2 5 b は、アシスト量演算器 1 9 から入力された第 1 アシスト量に、切り替え部 2 2 4 b の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ 2 0 に出力する。

【0111】

このように、アシスト量補正器 2 2 は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の

50

符号とが互いに正負逆である場合には、第1アシスト量を補正することなく、ローパスフィルタ20に出力する。

【0112】

操舵速度の符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに同符号である場合、車両が横断勾配路を登る方向に運転者が操舵していると考えられる。この場合、横断勾配に対応するアシストが不要である。

【0113】

そこで、アシスト量補正器22は、操舵速度の符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに同符号である場合、操舵速度の大きさに応じて第1アシスト量が小さくなるように補正するように構成されている。このような構成によって、車両が横断勾配路を登る方向に運転者が操舵している状況での横断勾配に対応するアシスト量を低減させることができる。

10

【0114】

以上、本実施の形態2によれば、操舵制御装置は、先の実施の形態1の構成に対して、アシスト量演算器によって演算された第1アシスト量を、車両の操舵状態に応じて補正するアシスト量補正器をさらに備えて構成されている。これにより、先の実施の形態1と同様の効果が得られるとともに、さらに、車両の操舵状態によって必要に応じて横断勾配に対応するアシスト量を低減させることができる。

【0115】

実施の形態3.

20

本発明の実施の形態3では、先の実施の形態2の構成に対して、アシスト量補正器22の代わりに、カットオフ周波数調整器23を備えて構成されている操舵制御装置12について説明する。なお、実施の形態3では、先の実施の形態1および2と同様である点の説明を省略し、先の実施の形態1および2と異なる点を中心に説明する。

【0116】

図10は、本発明の実施の形態3における操舵制御装置12の構成を示すブロック図である。図10において、操舵制御装置12は、インターフェース部13、横断勾配推定器18、処理器24、アシスト量演算器19、カットオフ周波数調整器23、ローパスフィルタ20、モータ制御器21およびモータ駆動器17を備える。

【0117】

30

カットオフ周波数調整器23は、インターフェース部13を介して、操舵トルクセンサ4から操舵トルクを取得する。カットオフ周波数調整器23は、ローパスフィルタ20から第2アシスト量の前回値を取得する。

【0118】

カットオフ周波数調整器23は、取得した操舵トルクおよび第2アシスト量の前回値に基づいて、ローパスフィルタ20の第1カットオフ周波数 f_{c_A} を調整し、調整後の第1カットオフ周波数 f_{c_A} をローパスフィルタ20に与える。ローパスフィルタ20は、カットオフ周波数調整器23から与えられた調整後の第1カットオフ周波数 f_{c_A} を用いて、アシスト量演算器19から入力された第1アシスト量に対して、先の実施の形態1で説明したローパスフィルタ処理を施すことで、第2アシスト量を演算する。

40

【0119】

カットオフ周波数調整器23の構成について、図11を参照しながら説明する。図11は、本発明の実施の形態3におけるカットオフ周波数調整器23の構成を示すブロック図である。

【0120】

図11において、カットオフ周波数調整器23は、出力部231、出力部232、判定部233、切り替え部234および乗算部235を備える。

【0121】

出力部231は、固定値である0を切り替え部234に出力する。出力部232は、固定値である1を切り替え部234に出力する。

50

【0122】

判定部233は、操舵トルクセンサ4から入力された操舵トルクの符号と、ローパスフィルタ20から入力された第2アシスト量の前回値の符号とを比較する。判定部233は、その比較によって、操舵トルクの符号と第2アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であるか否かを判定する。判定部233は、その判定結果を切り替え部234に出力する。

【0123】

切り替え部234は、判定部233の出力値である判定結果に基づいて、出力部231の出力値と出力部232の出力値とのいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部235に出力する。

10

【0124】

切り替え部234は、操舵トルクの符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であると判定された場合には、出力部231の出力値を乗算部235に出力する。一方、切り替え部234は、操舵トルクの符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆でない、すなわち、これらの符号が互いに同符号であると判定された場合には、出力部232の出力値を乗算部235に出力する。

【0125】

乗算部235は、ローパスフィルタ20の第1カットオフ周波数 f_{c_A} に、切り替え部234の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ20に与える。

【0126】

20

このように、カットオフ周波数調整器23は、操舵トルクの符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆である場合には、第1カットオフ周波数 f_{c_A} を0に調整する。これにより、車両が横断勾配路を下る方向に運転者が操舵していると考えられる場合に第2アシスト量が増加することを抑制することができる。その結果、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

【0127】

カットオフ周波数調整器23は、操舵トルクの符号と、第2アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆である場合、第2カットオフ周波数 f_{c_B} を予め設定される設定値になるように大きく調整してもよい。これにより、アシスト量の減少を早めることができ、結果として、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

30

【0128】

なお、カットオフ周波数調整器23は、図12に示すように、車両のギア位置が後退ギアであるか否かを示す後退ギア判定を、車両の操舵状態として取得し、取得した後退ギア判定に応じて、第1カットオフ周波数 f_{c_A} を調整するように構成されていてもよい。図12は、本発明の実施の形態3におけるカットオフ周波数調整器23の構成の第1の別例を示すブロック図である。

【0129】

図12に示すカットオフ周波数調整器23は、出力部231a、出力部232a、切り替え部233aおよび乗算部234aを備える。

40

【0130】

出力部231aは、固定値である0を切り替え部233aに出力する。出力部232aは、固定値である1を切り替え部233aに出力する。

【0131】

切り替え部233aには、上述した後退ギア判定が入力される。切り替え部233aは、入力される後退ギア判定に基づいて、出力部231aの出力値および出力部232aの出力値のいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部234aに出力する。

【0132】

切り替え部233aは、後退ギア判定において、車両のギア位置が後退ギアであることを示す場合には、出力部231aの出力値を切り替え部233aに出力する。一方、切り

50

替え部 233a は、後退ギア判定において、車両のギア位置が後退ギアであることを示さない場合には、出力部 232a の出力値を切り替え部 233a に出力する。

【0133】

乗算部 234a は、ローパスフィルタ 20 の第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} に、切り替え部 233a の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ 20 に出力する。

【0134】

このように、カットオフ周波数調整器 23 は、車両のギア位置が後退ギアである場合、すなわち、車両が後退する場合には、第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} を 0 に調整する。これにより、車両が後退する場合、第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} が 0 になるので、第 2 アシスト量の増加が停止する。

10

【0135】

なお、カットオフ周波数調整器 23 は、図 13 に示すように、モータ回転角度センサ 7 によって検出されたモータ 5 の回転角度を微分することで得られる操舵速度を、車両の操舵状態として取得し、取得した操舵速度に応じて、第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} を調整するように構成されていてもよい。図 13 は、本発明の実施の形態 3 におけるカットオフ周波数調整器 23 の構成の第 2 の別例を示すブロック図である。

【0136】

図 13 に示すカットオフ周波数調整器 23 は、出力部 231b、出力部 232b、判定部 233b、切り替え部 234b および乗算部 235b を備える。

【0137】

20

判定部 233b に入力される操舵速度は、操舵制御装置 12 によって演算される。この操舵速度は、モータ回転角度センサ 7 によって検出されるモータ 5 の回転角度を微分することで得られる。

【0138】

判定部 233b は、入力された操舵速度の符号と、ローパスフィルタ 20 から入力された第 2 アシスト量の前回値の符号とを比較する。判定部 233b は、その比較によって、操舵速度の符号と第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であるか否かを判定する。判定部 233b は、その判定結果を切り替え部 234b に出力する。

【0139】

切り替え部 234b は、判定部 233b の出力値である判定結果に基づいて、出力部 231b の出力値と出力部 232b の出力値とのいずれかを選択し、選択した方の値を乗算部 235b に出力する。

30

【0140】

切り替え部 234b は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆であると判定された場合には、出力部 232b の出力値を乗算部 235b に出力する。一方、切り替え部 234b は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに正負逆でない、すなわち、これらの符号が互いに同符号であると判定された場合には、出力部 231b の出力値を乗算部 235b に出力する。

【0141】

乗算部 235b は、ローパスフィルタ 20 の第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} に、切り替え部 234b の出力値を乗算することで得られる値をローパスフィルタ 20 に与える。

40

【0142】

このように、カットオフ周波数調整器 23 は、操舵速度の符号と、第 2 アシスト量の前回値の符号とが互いに同符号である場合には、第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} を 0 に調整する。これにより、車両が横断勾配路を登る方向に運転者が操舵していると考えられる場合、第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} が 0 になるので、第 2 アシスト量の増加が停止する。

【0143】

なお、カットオフ周波数調整器 23 は、演算される操舵速度および検出されるヨーレートに基づいて、車両が直進走行しているか否かを判定し、その判定結果に基づいて、ローパスフィルタ 20 の第 1 カットオフ周波数 f_{c_A} を調整するように構成されていてもよ

50

い。なお、操舵速度閾値およびヨーレート閾値は、予め設定される値である。

【0144】

この場合、カットオフ周波数調整器23は、操舵速度が操舵速度閾値よりも小さく、かつ、ヨーレートがヨーレート閾値よりも小さい場合には、車両が直進走行していると判定し、そうでない場合には、車両が直進走行していないと判定する。

【0145】

カットオフ周波数調整器23は、車両が直進走行していないと判定した場合、第1カットオフ周波数 f_{c_A} を0に調整する一方、車両が直進走行していると判定した場合には、第1カットオフ周波数 f_{c_A} の調整を行わない。これにより、横断勾配路を車両が直進走行している場合には、アシスト量を増加させることができ、横断勾配路を車両が直進走行していない場合には、アシスト量の増加を停止させることができる。その結果、操舵トルクのアシストが運転者の操舵と干渉することを抑制することができる。

10

【0146】

以上、本実施の形態3によれば、操舵制御装置は、先の実施の形態2の構成に対して、アシスト量補正器の代わりに、ローパスフィルタの第1カットオフ周波数を、車両の操舵状態に応じて調整するカットオフ周波数調整器をさらに備えて構成されている。このように構成した場合であっても、先の実施の形態2と同様の効果が得られる。

【0147】

実施の形態4.

本発明の実施の形態4では、先の実施の形態1～3と異なる方法によってアシスト量演算器19が第1アシスト量を演算するように構成されている操舵制御装置12について説明する。なお、実施の形態4では、先の実施の形態1～3と同様である点の説明を省略し、先の実施の形態1～3と異なる点を中心に説明する。

20

【0148】

図14は、本発明の実施の形態4における操舵制御装置12の構成を示すブロック図である。図14において、操舵制御装置12は、インターフェース部13、横断勾配推定器18、アシスト量演算器19、ローパスフィルタ20、モータ制御器21およびモータ駆動器17を備える。

【0149】

横断勾配推定器18は、インターフェース部13を介して、車速センサ8から車速を取得し、自車位置推定器25から自車位置を取得する。自車位置推定器25は、自車が走行している位置である自車位置を、公知の方法によって推定し、その自車位置を出力する。

30

【0150】

横断勾配推定器18は、走行路情報を記憶している。走行路情報は、自車位置と、自車位置に対応する横断勾配および路面曲率とが関連付けられたデータであり、予め設定される。なお、横断勾配推定器18は、ナビゲーションシステムを用いて構成されていてもよい。

【0151】

横断勾配推定器18は、自車位置推定器25から取得した自車位置に対応する横断勾配および路面曲率を、走行路情報から決定し、決定した横断勾配および路面曲率をアシスト量演算器19に出力する。横断勾配推定器18は、車速センサ8から取得した車速をアシスト量演算器19に出力する。

40

【0152】

なお、横断勾配推定器18は、車両に設けられた加速度センサおよび角速度センサのそれぞれの検出値を用いて、公知の手法によって、横断勾配および路面曲率を推定するように構成されていてもよい。

【0153】

アシスト量演算器19は、横断勾配推定器18から入力された横断勾配、路面曲率および車速に基づいて、第1アシスト量を演算し、演算した第1アシスト量をローパスフィルタ20に出力する。ローパスフィルタ20は、アシスト量演算器19から入力された第1

50

アシスト量に対して、先の実施の形態１で説明したローパスフィルタ処理を施すことで、第２アシスト量を演算する。

【０１５４】

ここで、アシスト量演算器１９が第１アシスト量を演算する方法の例について、図１５を参照しながら説明する。図１５は、本発明の実施の形態４における車両に作用する横断勾配による外乱および遠心力による外乱を模式的に示す図である。

【０１５５】

アシスト量演算器１９は、横断勾配推定器１８から入力された横断勾配 θ 、路面曲率 ρ および車速 V を用いて、以下の式（６）に従って、車両の横方向に作用する外乱 F_{y_dist} を求める。

【０１５６】

$$F_{y_dist} = mg \sin \theta - m \rho V^2 \cos \theta \quad (6)$$

【０１５７】

アシスト量演算器１９は、上述の外乱 F_{y_dist} をキャンセルするように、先の実施の形態１と同様の方法で、補償トルク T_{comp1} を求める。この補償トルク T_{comp1} が第１アシスト量に相当する。

【０１５８】

このように、アシスト量演算器１９は、横断勾配推定器１８から入力された横断勾配、路面曲率および車速に基づいて第１アシスト量を演算するように構成されている。このような構成によって、車速が低く、横断勾配による外乱と遠心力による外乱が釣り合わない結果として、車両が偏向する場合であっても、その偏向を抑えるように運転者の操舵をアシストすることが可能となる。

【０１５９】

以上、本実施の形態４によれば、先の実施の形態１～３とは異なり、横断勾配推定器は、自車位置推定器によって推定された自車位置に対応する横断勾配および路面曲率を、走行路情報から推定するように構成されている。また、アシスト量演算器は、車速センサによって検出された車速と、横断勾配推定器によって推定された横断勾配および路面曲率とに基づいて、第１アシスト量を演算するように構成されている。これにより、先の実施の形態１～３と同様の効果が得られるとともに、車両が偏向する場合にも対応して運転者の操舵をアシストすることが可能となる。

【０１６０】

なお、本発明の実施例として実施の形態１～４を説明したが、本発明は実施の形態１～４の各構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において、実施の形態１～４の各構成を適宜組み合わせたり、各構成に一部変形を加えたり、各構成を一部省略したりすることが可能である。

【符号の説明】

【０１６１】

１ ハンドル、２ ステアリング軸、３ 転舵輪、４ 操舵トルクセンサ、５ モータ、６ 減速機構、７ モータ回転角度センサ、８ 車速センサ、９ ヨーレートセンサ、１０ 横加速度センサ、１１ 電流センサ、１２ 操舵制御装置、１３ インターフェース部、１４ CPU、１５ ROM、１６ RAM、１７ モータ駆動器、１８ 横断勾配推定器、１９ アシスト量演算器、２０ ローパスフィルタ、２０１ 減算部、２０２ ゲイン部、２０３ ゲイン部、２０４ 判定部、２０５ 切り替え部、２０６ 加算部、２０７ 遅延部、２１ モータ制御器、２２ アシスト量補正器、２２１ 補正部、２２２ 出力部、２２３ 判定部、２２４ 切り替え部、２２５ 乗算部、２２１ａ 出力部、２２２ａ 出力部、２２３ａ 切り替え部、２２４ａ 乗算部、２２１ｂ 補正部、２２２ｂ 出力部、２２３ｂ 判定部、２２４ｂ 切り替え部、２２５ｂ 乗算部、２３ カットオフ周波数調整器、２３１ 出力部、２３２ 出力部、２３３ 判定部、２３４ 切り替え部、２３５ 乗算部、２３１ａ 出力部、２３２ａ 出力部、２３３ａ 切り替え部、２３４ａ 乗算部、２３１ｂ 出力部、２３２ｂ 出力部、２３３ｂ 判定部、

10

20

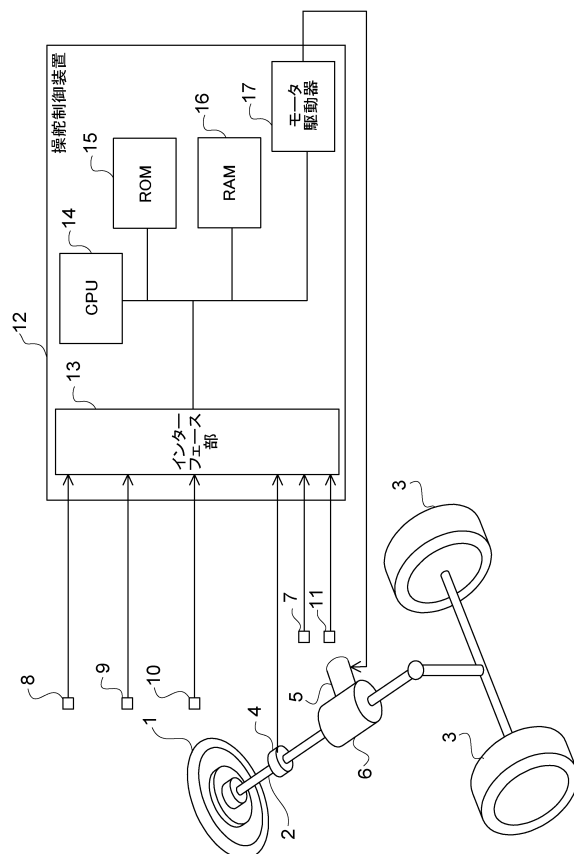
30

40

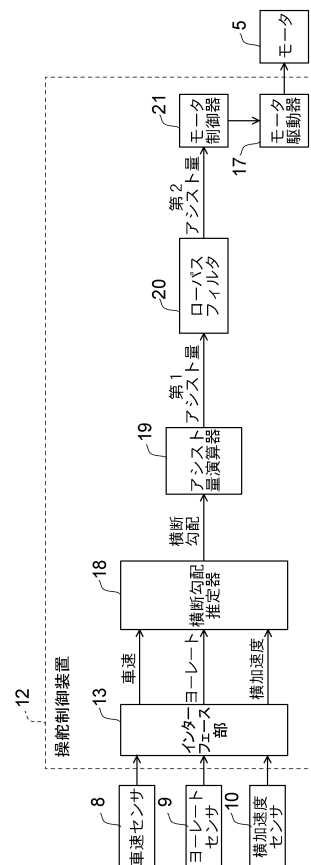
50

2 3 4 b 切り替え部、2 3 5 b 乗算部、2 4 処理器、2 5 自転車位置推定器。

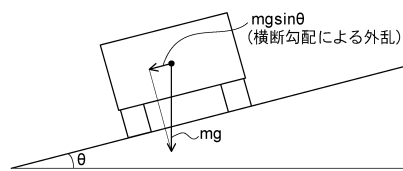
【図 1】



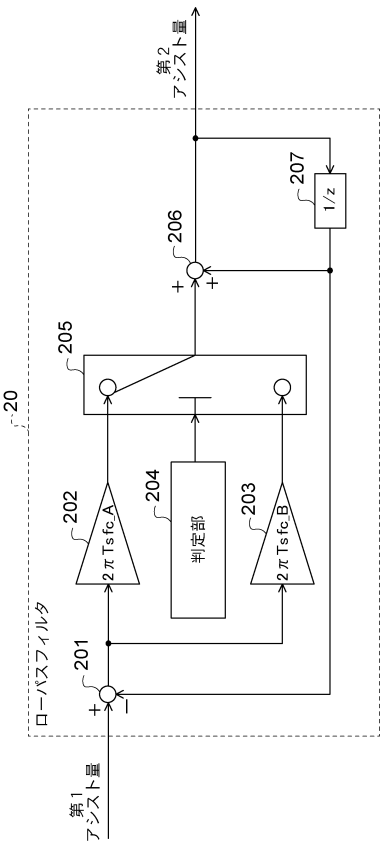
【図 2】



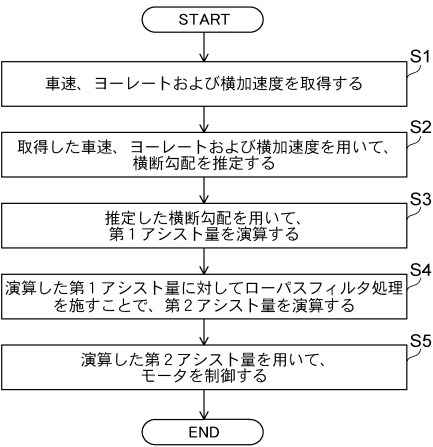
【図 3】



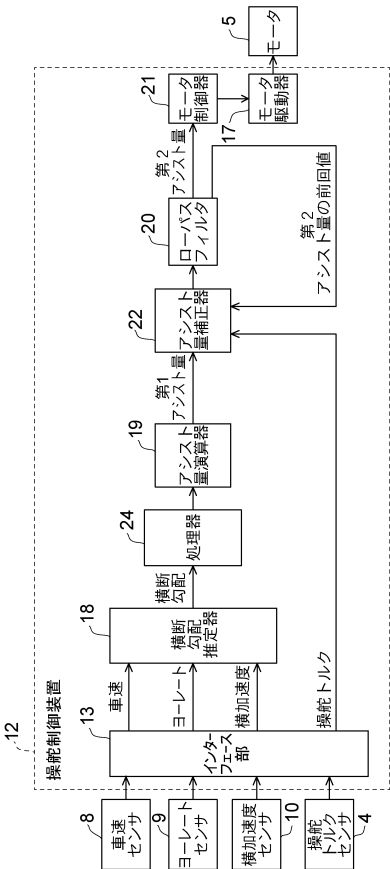
【図 4】



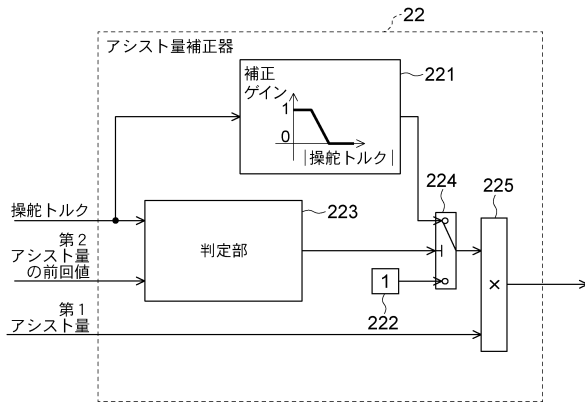
【図 5】



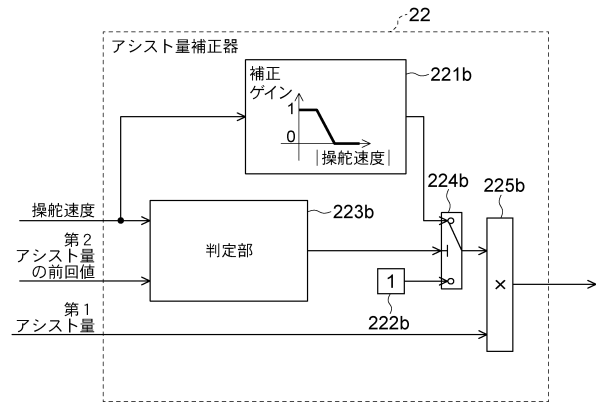
【図 6】



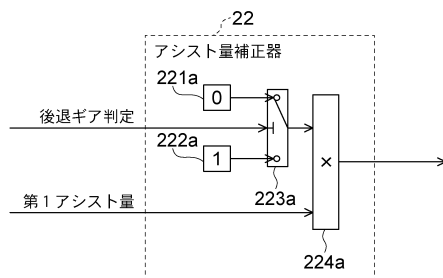
【図 7】



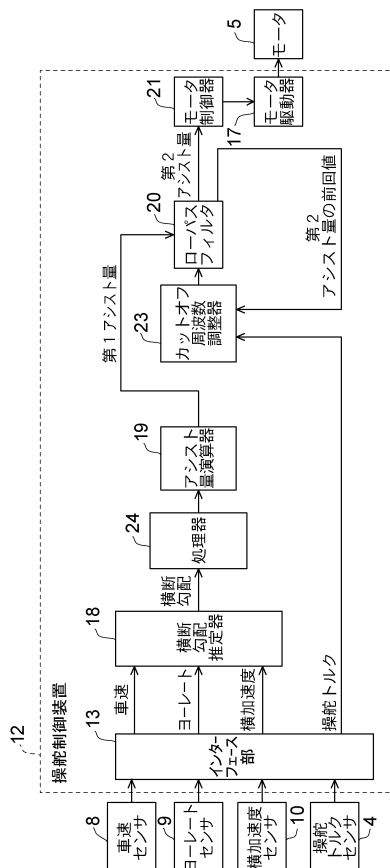
【図 9】



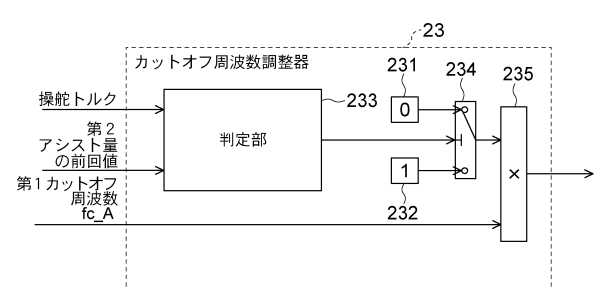
【図 8】



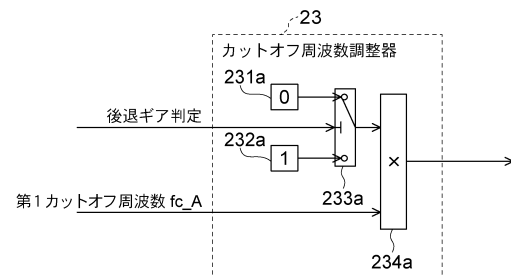
【図 10】



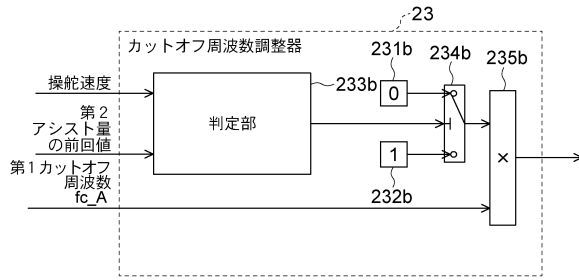
【図 11】



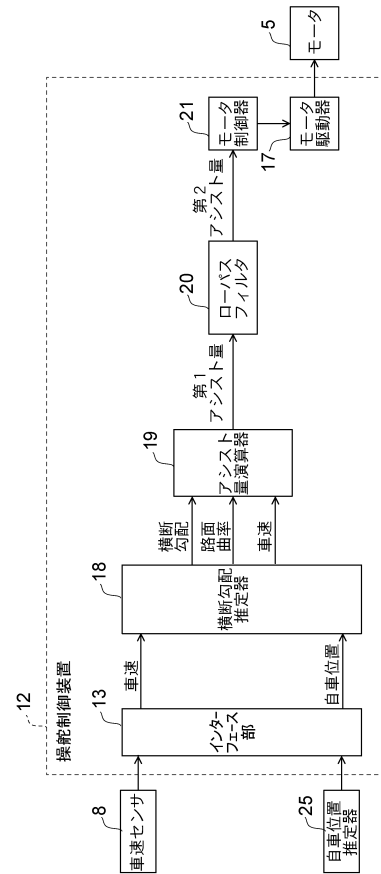
【図 12】



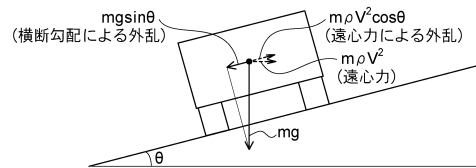
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 戸田 泰蔵
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 遠藤 雅也
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 田邊 学

- (56)参考文献 特開2006-44505 (JP, A)
特開2018-114934 (JP, A)
国際公開第2014/54476 (WO, A1)
特開2000-142433 (JP, A)
特開2007-112366 (JP, A)
特開2012-101791 (JP, A)
特開2007-153249 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|---------|-------------|
| B 6 2 D | 6 / 0 0 |
| B 6 2 D | 1 0 1 / 0 0 |
| B 6 2 D | 1 1 9 / 0 0 |
| B 6 2 D | 1 1 1 / 0 0 |