

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5994861号
(P5994861)

(45) 発行日 平成28年9月21日 (2016. 9. 21)

(24) 登録日 平成28年9月2日 (2016. 9. 2)

(51) Int. Cl. F 1
B 6 2 D 6/00 (2006.01) B 6 2 D 6/00
 B 6 2 D 113/00 (2006.01) B 6 2 D 113:00

請求項の数 7 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2014-539676 (P2014-539676)	(73) 特許権者	000003997
(86) (22) 出願日	平成25年9月25日 (2013. 9. 25)		日産自動車株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/075801		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(87) 国際公開番号	W02014/054476	(74) 代理人	100119644
(87) 国際公開日	平成26年4月10日 (2014. 4. 10)		弁理士 綾田 正道
審査請求日	平成27年3月6日 (2015. 3. 6)	(72) 発明者	武田 裕也
(31) 優先権主張番号	特願2012-221785 (P2012-221785)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(32) 優先日	平成24年10月4日 (2012. 10. 4)		日産自動車株式会社
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		内

審査官 谷治 和文

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】

走行車線の左右走行区分線を検出する走行区分線検出手段と、

自車が前記検出された左右走行区分線の一方に接近した場合、自車と当該走行区分線との距離が近いほど大きな走行区分線接近抑制操舵反力をドライバの操舵入力を受ける操舵部に付与する操舵反力制御手段と、

前記左右走行区分線の他方を検出不能であると判定した場合、前記走行区分線接近抑制操舵量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、前記走行区分線接近抑制操舵反力を制限する制限手段と、

を備えたことを特徴とする操舵制御装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の操舵制御装置において、

前記制限手段は、前記走行区分線接近抑制操舵反力が前回値を下回ったとき、前記走行区分線接近抑制操舵反力を制限することを特徴とする操舵制御装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の操舵制御装置において、

前記制限手段は、前記左右走行区分線の他方を検出不能である状態が所定時間継続した場合、前記左右走行区分線の他方を検出不能であると判定することを特徴とする操舵制御装置。

【請求項 4】

20

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の操舵制御装置において、

前記操舵反力制御手段は、前記操舵部の操舵角に応じた所定の操舵反力特性から求めた操舵反力に対し前記走行区分線接近抑制操舵反力を加算した指令操舵反力に基づいて前記操舵部に操舵反力を付与することを特徴とする操舵制御装置。

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の操舵制御装置において、

前記操舵部は、転舵輪を転舵する転舵部と機械的に切り離され、

走行区分線の曲率を検出する曲率検出手段と、

を備え、

前記操舵反力制御手段は、操舵反力中立位置からの操舵角の増加に応じて操舵反力が増加する操舵反力特性に基づいて前記操舵部に操舵反力を付与すると共に、前記検出された曲率が大きいほど前記操舵反力中立位置を操舵方向に移動させ、

前記制限手段は、前記左右走行区分線の他方を検出不能と判定した場合であっても、前記操舵反力中立位置の移動量を制限しないことを特徴とする操舵制御装置。

【請求項 6】

自車が左右走行区分線の一方に接近した場合、自車と当該走行区分線との距離が近いほど大きな走行区分線接近抑制操舵反力をドライバの操舵入力を受ける操舵部に付与する際、前記左右走行区分線の他方を検出不能と判定した場合、前記走行区分線接近抑制転舵量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、前記走行区分線接近抑制操舵反力を制限することを特徴とする操舵制御装置。

【請求項 7】

走行車線の左右走行区分線を検出するセンサと、

自車が左右走行区分線の一方に接近した場合、自車と当該走行区分線との距離が近いほど大きな走行区分線接近抑制操舵反力をドライバの操舵入力を受ける操舵部に付与する際、前記左右走行区分線の他方を検出不能と判定した場合、前記走行区分線接近抑制転舵量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、前記走行区分線接近抑制操舵反力を制限するコントローラと、

を備えたことを特徴とする操舵制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、操舵制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、車載カメラの映像から認識した走行車線の左右白線の一方に接近した場合、自車を当該白線から離す方向に転舵輪を転舵させることでドライバの操舵を補助する操舵制御装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開2011-051570号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来技術において、ドライバの操舵を補助する制御の実施中に左右白線の他方（自車から遠い方）が検出不能となった場合、ドライバの操舵を補助する制御の制御量は左右白線の一方との関係に基づいて行われているため、直ぐに制御が継続不能となることはないが、次に左右白線の他方に接近する場面も想定されるため、自車から遠い側の白線が検出不能となった場合であっても、ドライバの操舵を補助する制御を中断する必要がある。

ここで、単に制御を中断すると、ドライバは制御により生じる操舵反力の変化を想定し

10

20

30

40

50

た上で操舵を行っているため、ドライバの予期に反する操舵反力となり、ドライバに違和感を与えてしまう。

本発明の目的は、ドライバに与える違和感を軽減できる操舵制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

自車が左右走行区分線の一方に接近した場合、自車と当該走行区分線との距離が近いほど大きな走行区分線接近抑制操舵反力をドライバの操舵入力を受ける操舵部に付与する際、左右走行区分線の他方を検出不能と判定した場合、走行区分線接近抑制転舵量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、走行区分線接近抑制操舵反力を制限する。

10

【発明の効果】

【0006】

よって、白線接近抑制転舵量の増加傾向が終了する時点で白線接近抑制操舵反力の制限を開始することで、操舵反力がドライバの予期したものと乖離するのを抑制できるため、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】実施例1の車両の操舵系を示すシステム図である。

【図2】転舵制御部19の制御ブロック図である。

【図3】操舵反力制御部20の制御ブロック図である。

20

【図4】外乱抑制指令転舵角演算部32の制御ブロック図である。

【図5】ヨー角に応じた反発力演算部37の制御ブロック図である。

【図6】横位置に応じた反発力演算部38の制御ブロック図である。

【図7】ヨー角F/B制御および横位置F/B制御の制御領域を示す図である。

【図8】高速道路の直線路を走行中の車両が単発的な横風を受けた場合のヨー角変化を示すタイムチャートである。

【図9】高速道路の直線路を走行中の車両が連続的な横風を受けた場合に横位置F/B制御を実施しないときのヨー角変化および横位置変化を示すタイムチャートである。

【図10】高速道路の直線路を走行中の車両が連続的な横風を受けた場合に横位置F/B制御を実施したときのヨー角変化および横位置変化を示すタイムチャートである。

30

【図11】横力オフセット部34の制御ブロック図である。

【図12】セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性がセルフアライニングトルクと同一方向へオフセットした状態を示す図である。

【図13】ステアリングホイールの操舵角とドライバの操舵トルクとの関係を示す特性図である。

【図14】セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性をセルフアライニングトルクと同一方向へオフセットすることにより、ステアリングホイールの操舵角とドライバの操舵トルクとの関係を示す特性が変化した状態を示す図である。

【図15】操舵反力トルクオフセット部36の制御ブロック図である。

【図16】逸脱余裕時間に応じた反力演算部39の制御ブロック図である。

40

【図17】横位置に応じた反力演算部40の制御ブロック図である。

【図18】セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性が操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットした状態を示す図である。

【図19】ステアリングホイールの操舵角とドライバの操舵トルクとの関係を示す特性図である。

【図20】セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性を操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットすることにより、ステアリングホイールの操舵角とドライバの操舵トルクとの関係を示す特性が変化した状態を示す図である。

【図21】実施例2の車両の操舵系を示すシステム図である。

【図22】アシストトルク制御部28の制御ブロック図である。

50

【図 2 3】 アシストトルクオフセット部42の制御ブロック図である。

【図 2 4】 操舵トルクに応じたアシストトルクを表すアシストトルク特性がアシストトルクの絶対値が小さくなる方向へオフセットした状態を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 0 8 】

1	操舵部	
2	転舵部	
3	バックアップクラッチ	
4	SBWコントローラ	
5FL,5FR	左右前輪	10
6	ステアリングホイール	
7	コラムシャフト	
8	反力モータ	
9	操舵角センサ	
11	ピニオンシャフト	
12	ステアリングギア	
13	転舵モータ	
14	転舵角センサ	
15	ラックギア	
16	ラック	20
17	カメラ	
18	車速センサ	
19	転舵制御部	
19a	加算器	
20	操舵反力制御部	
20a	減算器	
20b	加算器	
20c	加算器	
21	映像処理部	
22	電流ドライバ	30
23	電流ドライバ	
24	ナビゲーションシステム	
25	EPSコントローラ	
26	トルクセンサ	
27	パワーステアリングモータ	
28	アシストトルク制御部	
28a	減算器	
29	電流ドライバ	
31	指令転舵角演算部	
32	外乱抑制指令転舵角演算部	40
32a	ヨー角演算部	
32b	曲率演算部	
32c	横位置演算部	
32d	加算器	
32e	目標ヨーモーメント演算部	
32f	目標ヨー加速度演算部	
32g	目標ヨーレイト演算部	
32h	指令転舵角演算部	
32i	リミッタ処理部	
33	横力演算部	50

34	横力オフセット部	
34a	曲率演算部	
34b	上下限リミッタ	
34c	SATゲイン演算部	
34d	乗算器	
34e	リミッタ処理部	
35	SAT演算部	
36	操舵反力トルクオフセット部	
36a	ヨー角演算部	
36b	横位置演算部	10
36c	反力選択部	
36d	リミッタ処理部	
37	ヨー角に応じた反発力演算部	
37a	上下限リミッタ	
37b	ヨー角F/Bゲイン乗算部	
37c	車速補正ゲイン乗算部	
37d	曲率補正ゲイン乗算部	
37e	乗算器	
38	横位置に応じた反発力演算部	
38a	減算器	20
38b	上下限リミッタ	
38c	距離補正ゲイン乗算部	
38d	横位置F/Bゲイン乗算部	
38e	車速補正ゲイン乗算部	
38f	曲率補正ゲイン乗算部	
38g	乗算器	
39	逸脱余裕時間に応じ反力演算部	
39a	乗算器	
39b	除算器	
39c	除算器	30
39d	逸脱余裕時間選択部	
39e	逸脱余裕時間に応じた反力演算部	
40	横位置に応じた反力演算部	
40a	減算器	
40b	減算器	
40c	横位置偏差選択部	
40d	横位置偏差に応じた反力演算部	
41	アシストトルク演算部	
42	アシストトルクオフセット部	
42c	反力選択部	40
43	反力オフセット制御抑制部	
43a	カウンタ	
43b	操舵反力トルクオフセット量制限部	
44	アシストトルクオフセット制御抑制部	
44a	カウンタ	
44b	アシストトルクオフセット量制限部	
	【発明を実施するための形態】	
	【0009】	
	〔実施例1〕	
	[システム構成]	50

図1は、実施例1の車両の操舵系を示すシステム図である。

実施例1の操舵装置は、操舵部1、転舵部2、バックアップクラッチ3、SBWコントローラ4を主要な構成とし、ドライバの操舵入力を受ける操舵部1と、左右前輪（転舵輪）5FL,5FRを転舵する転舵部2とが機械的に切り離されたステアバイワイヤ(SBW)システムを採用している。

【0010】

操舵部1は、ステアリングホイール6、コラムシャフト7、反力モータ8および操舵角センサ9を備える。

コラムシャフト7は、ステアリングホイール6と一体に回転する。

反力モータ8は、例えば、ブラシレスモータであり、出力軸がコラムシャフト7と同軸の同軸モータであり、SBWコントローラ4からの指令に応じて、コラムシャフト7に操舵反力トルクを出力する。

操舵角センサ9は、コラムシャフト7の絶対回転角、すなわち、ステアリングホイール6の操舵角を検出する。

【0011】

転舵部2は、ピニオンシャフト11、ステアリングギア12、転舵モータ13、および転舵角センサ14を備える。

ステアリングギア12は、ラック&ピニオン式のステアリングギアであり、ピニオンシャフト11の回転に応じて前輪5L,5Rを転舵する。

転舵モータ13は、例えば、ブラシレスモータであり、出力軸が図外の減速機を介してラックギア15と接続され、SBWコントローラ4からの指令に応じて、ラック16に前輪5を転舵するための転舵トルクを出力する。

転舵角センサ14は、転舵モータ13の絶対回転角を検出する。ここで、転舵モータ13の回転角と前輪5の転舵角とは常に一意に定まる相関関係があるため、転舵モータ13の回転角から前輪5の転舵角を検出できる。以下では特に記載しない限り、前輪5の転舵角は転舵モータ13の回転角から算出されたものとする。

バックアップクラッチ3は、操舵部1のコラムシャフト7と転舵部2のピニオンシャフト11との間に設けられ、解放により操舵部1と転舵部2とを機械的に切り離し、締結により操舵部1と転舵部2とを機械的に接続する。

【0012】

SBWコントローラ4には、上記操舵角センサ9および転舵角センサ14に加え、カメラ17により撮影された自車前方の走行路の映像および車速センサ18により検出された車速（車体速）が入力される。

SBWコントローラ4は、前輪5FL,5FRの転舵角を制御する転舵制御部19と、コラムシャフト7に付与する操舵反力トルクを制御する操舵反力制御部20と、映像処理部21とを有する。

転舵制御部19は、各入力情報に基づいて指令転舵角を生成し、生成した指令転舵角を電流ドライバ22へ出力する。

電流ドライバ22は、転舵角センサ14により検出される実転舵角を指令転舵角と一致させる角度フィードバックにより転舵モータ13への指令電流を制御する。

操舵反力制御部20は、各入力情報に基づいて指令操舵反力トルクを生成し、生成した指令操舵反力トルクを電流ドライバ23へ出力する。

電流ドライバ23は、反力モータ8の電流値から推定される実操舵反力トルクを指令操舵反力トルクと一致させるトルクフィードバックにより反力モータ8への指令電流を制御する。

映像処理部21は、カメラ17により撮影された自車前方の走行路の映像からエッジ抽出等の画像処理によって走行車線左右の白線（走行路区分線）を認識する。

加えて、SBWコントローラ4は、SBWシステムのフェール時、バックアップクラッチ3を締結して操舵部1と転舵部2とを機械的に連結し、ステアリングホイール6の操舵によるラック16の軸方向移動を可能とする。このとき、転舵モータ13のアシストトルクによりドライ

10

20

30

40

50

バの操舵力を補助する電動パワーステアリングシステム相当の制御を行ってもよい。

上記SBWシステムにおいて、各センサ、各コントローラ、各モータを複数設けた冗長系としてもよい。また、転舵制御部19と操舵反力制御部20を別体としてもよい。

【0013】

実施例1では、ドライバの修正操舵量の低減および操舵負担の軽減を狙いとし、スタビリティ制御および修正操舵低減制御を実施する。

スタビリティ制御は、外乱（横風、路面凹凸、轍、路面カント等）に対する車両の安定性向上を目的とし、2つのフィードバック(F/B)制御を行う。

1. ヨー角F/B制御

白線と自車進行方向とのなす角度であるヨー角に応じて転舵角を補正し、外乱により発生したヨー角を減少させる。

2. 横位置F/B制御

白線までの距離（横位置）に応じて転舵角を補正し、外乱により発生したヨー角の積分値である横位置変化を減少させる。

【0014】

修正操舵低減制御は、ドライバの操舵入力に対する車両の安定性向上を目的とし、3つの反力オフセット制御を行う。

1. 横位置に応じた反力オフセット制御

横位置に応じてセルフアライニングトルクに応じた操舵反力特性を操舵反力の絶対値が大きくなる方向へオフセットし、ドライバが操舵角中立位置をまたぐ修正操舵を行ったときに操舵トルクの符号が反転するのを抑制する。

2. 逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御

逸脱余裕時間（白線への到達時間）に応じてセルフアライニングトルクに応じた操舵反力特性を操舵反力の絶対値が大きくなる方向へオフセットし、ドライバが操舵角中立位置をまたぐ修正操舵を行ったときに操舵トルクの符号が反転するのを抑制する。

3. 曲率に応じた反力オフセット制御

白線の曲率に応じてセルフアライニングトルクに応じた操舵反力特性をセルフアライニングトルクと同一符号方向へオフセットし、旋回時におけるドライバの保舵力を低減すると共に保舵力変化に対する保舵角変化を抑制する。

【0015】

[転舵制御部]

図2は、転舵制御部19の制御ブロック図である。

SBW指令転舵角演算部31は、操舵角と車速とに基づいてSBW指令転舵角を演算する。

外乱抑制指令転舵角演算部32は、車速と白線情報とに基づき、スタビリティ制御においてSBW指令転舵角を補正するための外乱抑制指令転舵角を演算する。外乱抑制指令転舵角演算部32の詳細については後述する。

加算器19aは、SBW指令転舵角と外乱抑制指令転舵角とを加算した値を最終的な指令転舵角として電流ドライバ22へ出力する。

【0016】

[操舵反力制御部]

図3は、操舵反力制御部20の制御ブロック図である。

横力演算部33は、操舵角と車速とに基づき、あらかじめ実験等により求めたコンベンショナルな操舵装置における車速毎の操舵角とタイヤ横力との関係を表す操舵角－横力変換マップを参照してタイヤ横力を演算する。操舵角－横力変換マップは、操舵角が大きいほどタイヤ横力が大きく、かつ、操舵角が小さいときは大きいときよりも操舵角の変化量に対するタイヤ横力の変化量が大きく、かつ、車速が高いほどタイヤ横力が小さくなる特性を有する。

横力オフセット部34は、車速と白線情報とに基づき、曲率に応じた反力オフセット制御において操舵反力特性をオフセットするための横力オフセット量を演算する。横力オフセット部34の詳細については後述する。

10

20

30

40

50

減算器20aは、タイヤ横力から横力オフセット量を減算する。

SAT演算部35は、車速と横力オフセット量によるオフセット後のタイヤ横力とに基づき、あらかじめ実験等により求めたコンベンショナルな操舵装置におけるタイヤ横力と操舵反力トルクとの関係を表す横力ー操舵反力トルク変換マップを参照してタイヤ横力によって発生する操舵反力トルクを演算する。タイヤ横力ー操舵反力トルク変換マップは、タイヤ横力が大きいほど操舵反力トルクが大きく、タイヤ横力が小さいときは大きいときよりもタイヤ横力の変化量に対する操舵反力トルクの変化量が大きく、かつ、車速が高いほど操舵反力トルクが小さくなる特性を有する。この特性は、コンベンショナルな操舵装置において、路面反力によって発生する車輪が直進状態に戻ろうとするセルフアライニングトルクによってステアリングホイールに発生する反力を模擬したものである。

10

加算器20bは、操舵反力トルクとステアリング特性に応じた操舵反力トルク成分（ばね項、粘性項、慣性項）を加算する。ばね項は操舵角に比例する成分であり、操舵角に所定のゲインを乗じて算出する。粘性項は操舵角速度に比例する成分であり操舵角速度に所定のゲインを乗じて算出する。慣性項は操舵角加速度に比例する成分であり、操舵角加速度に所定のゲインを乗じて算出する。

操舵反力トルクオフセット部36は、車速と自車前方の走行路の映像とに基づき、横位置または逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御において操舵反力特性をオフセットするための操舵反力トルクオフセット量を演算する。操舵反力トルクオフセット部36の詳細については後述する。

【0017】

20

反力オフセット制御抑制部43は、カウンタ43aと操舵反力トルクオフセット量制限部43bとを有する。

カウンタ43aは、左右白線のうち自車から遠い方の白線が検出不能となったとき、カウントアップを開始し、カウント値が閾値に達したとき、カウント値をリセット(=0)すると共に、反力オフセット制御抑制フラグをセット(=1)する。反力オフセット制御抑制フラグは、当該白線が検出可能となったとき、リセット(=0)する。

操舵反力トルクオフセット量制限部43bは、反力オフセット制御抑制フラグがセットされ、かつ、操舵反力トルクオフセット量が前回値を下回った場合、反力オフセット制御抑制処理を開始する。反力オフセット制御抑制処理では、操舵反力トルクオフセット量を制限する。具体的には、操舵反力トルクオフセット量が前回値を超える場合には、前回値を操舵反力トルクオフセット量として出力し、前回値以下の場合には今回値を出力する。

30

加算器20cは、ステアリング特性に応じた操舵反力トルク成分を加算した後の操舵反力トルクと操舵トルクオフセット量とを加算した値を最終的な指令操舵反力トルクとして電流ドライバ23へ出力する。

【0018】

[外乱抑制指令転舵角演算部]

図4は、外乱抑制指令転舵角演算部32の制御ブロック図である。

ヨー角演算部32aは、前方注視点での白線と自車進行方向とのなす角度であるヨー角を演算する。前方注視点でのヨー角は、所定時間（例えば、0.5秒）後の白線と自車進行方向とのなす角度とする。カメラ17により撮影された走行路の映像に基づいてヨー角を演算することで、簡単かつ高精度にヨー角を検出できる。

40

曲率演算部32bは、前方注視点での白線の曲率を演算する。

横位置演算部32cは、前方注視点先での白線までの距離を演算する。

ヨー角に応じた反発力演算部37は、ヨー角と曲率と車速とに基づき、ヨー角F/B制御において外乱により発生したヨー角を減らすための車両の反発力を演算する。ヨー角に応じた反発力演算部37の詳細については後述する。

【0019】

横位置に応じた反発力演算部38は、ヨー角と曲率と車速と前方注視点での白線までの距離とに基づき、横位置F/B制御において外乱により発生した横位置変化を減らすための車両の反発力を演算する。横位置に応じた反発力演算部38の詳細については後述する。

50

加算器32dは、ヨー角に応じた反発力と横位置に応じた反発力とを加算し、横方向反発力を演算する。

目標ヨーモーメント演算部32eは、横方向反発力、ホイールベース（車軸間距離）、後輪軸重および前輪軸重に基づいて目標ヨーモーメントを演算する。具体的には、横方向反発力に対し、車両重量（前輪軸重＋後輪軸重）に対する後輪軸重の割合と、ホイールベースとを乗じた値を目標ヨーモーメントとする。

目標ヨー加速度演算部32fは、目標ヨーモーメントにヨー慣性モーメント係数を乗じて目標ヨー加速度を演算する。

目標ヨーレイト演算部32gは、目標ヨー加速度に車頭時間を乗じて目標ヨーレイトを演算する。

10

【0020】

指令転舵角演算部32hは、目標ヨーレイト ϕ^* 、ホイールベースWHEEL_BASE、車速Vおよび車両の特性速度 v_{Ch} に基づき、下記の式を参照して外乱抑制指令転舵角 δ_{st}^* を演算する。ここで、車両の特性速度 v_{Ch} とは、既知の"アッカーマン方程式"の中のパラメータであり、車両のセルフステアリング特性を表すものである。

$$\delta_{st}^* = (\phi^* \times \text{WHEEL_BASE} \times (1 + (V/v_{Ch})^2) \times 180) / (V \times M_PI)$$

なお、M_PIは所定の係数である。

リミッタ処理部32iは、外乱抑制指令転舵角 δ_{st}^* の最大値および変化率の上限を制限する。最大値は、コンベンショナルな操舵装置（操舵部と転舵部とが機械的に接続された）において、ステアリングホイール6の操舵角が中立位置付近の遊びの角度範囲（例えば、左右3°）にあるときの当該遊びの範囲に対応する前輪5FL,5FRの転舵角範囲（例えば、左右0.2°）とする。

20

【0021】

図5は、ヨー角に応じた反発力演算部37の制御ブロック図である。

上下限リミッタ37aは、ヨー角に上下限リミッタ処理を施す。上下限リミッタは、ヨー角が正の値の場合（白線と自車進行方向の延長線とが交差するときのヨー角を正とする。）には、外乱を抑制可能な所定値以上、かつ、車両が振動的となる値およびドライバの操舵によって発生する値未満の値（例えば、1°）とし、ヨー角が負の場合には0とする。

ヨー角F/Bゲイン乗算部37bは、リミッタ処理後のヨー角にヨー角F/Bゲインを乗じる。ヨー角F/Bゲインは、制御量不足を回避しつつ応答性を確保できる所定値以上、かつ、車両が振動的になる値およびドライバが操舵角と転舵角との中立ずれを感じる値未満とする。

30

【0022】

車速補正ゲイン乗算部37cは、車速に車速補正ゲインを乗じる。車速補正ゲインは、0～70km/hの範囲で最大値をとり、70～130km/hの範囲で徐々に減少し、130km/h以上の範囲で最小値(0)となる特性とする。

曲率補正ゲイン乗算部37dは、曲率に曲率補正ゲインを乗じる。曲率補正ゲインは、曲率が大きいほど小さくなる特性とし、上限および下限(0)を設定する。

乗算器37eは、ヨー角F/Bゲイン乗算部37b、車速補正ゲイン乗算部37cおよび曲率補正ゲイン乗算部37dの各出力を乗じてヨー角に応じた反発力を求める。

40

【0023】

図6は、横位置に応じた反発力演算部38の制御ブロック図である。

減算器38aは、あらかじめ設定された横位置閾値（例えば、90cm）から前方注視点先での白線までの距離を減じて横位置偏差を求める。

上下限リミッタ38bは、横位置偏差に上下限リミッタ処理を施す。上下限リミッタは、横位置偏差が正の値の場合には所定の正の値をとり、横位置偏差が負の値の場合には0とする。

距離補正ゲイン乗算部38cは、前方注視点先での白線までの距離に距離補正ゲインを乗じる。距離補正ゲインは、白線までの距離が所定値以下である場合は最大値をとり、所定値を超える場合は距離が長くなるほど小さくなる特性とし、下限を設定する。

50

【0024】

横位置F/Bゲイン乗算部38dは、距離補正ゲイン乗算部38cによる補正後の白線までの距離に横位置F/Bゲインを乗じる。横位置F/Bゲインは、制御量不足を回避しつつ応答性を確保できる所定値以上、かつ、車両が振動的になる値およびドライバが中立ずれを感じる値未満とし、さらに、ヨー角F/Bゲイン演算部37bのヨー角F/Bゲインよりも小さな値に設定する。

車速補正ゲイン乗算部38eは、車速に車速補正ゲインを乗じる。車速補正ゲインは、0～70km/hの範囲で最大値をとり、70～130km/hの範囲で徐々に減少し、130km/h以上の範囲で最小値(0)となる特性とする。

曲率補正ゲイン乗算部38fは、曲率に曲率補正ゲインを乗じる。曲率補正ゲインは、曲率が大きいかほど小さくなる特性とし、上限および下限(0)を設定する。

乗算器38gは、横位置F/Bゲイン乗算部38d、車速補正ゲイン乗算部38eおよび曲率補正ゲイン乗算部38fの各出力を乗じて横位置に応じた反発力を求める。

【0025】

〔スタビリティ制御作用〕

実施例1では、スタビリティ制御として、外乱により発生したヨー角を減少させるヨー角F/B制御と、外乱により発生したヨー角の積分値である横位置変化を減少させる横位置F/B制御を実施する。ヨー角F/B制御は、ヨー角が発生した場合、横位置にかかわらず実施し、横位置F/B制御は、白線までの距離が所定の横位置閾値(90cm)以下となった場合に実施する。すなわち、走行車線中央付近は横位置F/B制御の不感帯となる。両F/B制御の制御領域を図7に示す。 ϕ はヨー角である。

【0026】

図8は、高速道路の直線路を走行中の車両が単発的な横風を受けた場合のヨー角変化を示すタイムチャートであり、車両は走行車線の中央付近を走行しているものとする。車両が単発的な横風を受けてヨー角が発生すると、ヨー角F/B制御では、ヨー角に応じた反発力を演算し、当該反発力を得るための外乱抑制指令転舵角を求め、操舵角と車速とに基づくSBW指令転舵角を補正する。

車両を走行車線に沿って走行させる場合、特に直線路では、白線の方角と自車進行方向とは一致しているため、ヨー角はゼロとなる。つまり、実施例1のヨー角F/B制御では、発生したヨー角を外乱によるものとみなし、ヨー角を減少させることにより、特に直進時において外乱に対する車両の安定性向上を図ることができ、ドライバの修正操舵量を低減できる。

【0027】

従来、横風等の外乱による車両挙動への影響を抑制するものとして、コンベンショナルな操舵装置では、外乱抑制のための転舵トルクを操舵系に付与するものが知られており、SBWシステムでは、外乱抑制のための転舵を促す操舵反力成分をステアリングホイールに付与するものが知られている。ところが、これら従来の操舵装置では、操舵反力の変動が生じるため、ドライバに違和感を与えてしまう。

これに対し、実施例1のヨー角F/B制御を含むスタビリティ制御では、ステアリングホイール6と前輪5L,5Rとが機械的に切り離されたSBWシステムの特徴である、ステアリングホイール6と前輪5L,5Rとを互いに独立して制御可能な点に着目し、操舵角と車速とに応じたSBW指令転舵角とヨー角に応じた外乱抑制指令転舵角とを加算した指令転舵角に基づいて前輪5L,5Rの転舵角を制御する一方、操舵角と車速とに基づいてタイヤ横力を推定し、推定したタイヤ横力と車速とに応じた指令操舵反力に基づいて操舵反力を制御する。

すなわち、外乱抑制分の転舵角を直接前輪5L,5Rに与えるため、外乱抑制のための転舵を促す操舵反力成分の付与が不要となる。さらに、操舵角から推定したタイヤ横力に応じた操舵反力を付与することで、外乱抑制のための転舵によって生じるタイヤ横力の変動が操舵反力に反映されないため、ドライバに与える違和感を軽減できる。従来のSBWシステムでは、センサにより検出したラック軸力や転舵角からタイヤ横力を推定し、推定したタイヤ横力に応じた操舵反力を付与している。このため、外乱抑制のための転舵によって生

じるタイヤ横力の変動が操舵反力に必ず反映されてしまい、ドライバの違和感となる。実施例1では、ドライバの操舵によって生じたタイヤ横力のみが操舵反力に反映され、外乱抑制のための転舵によって操舵反力が変動しないため、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【0028】

ここで、外乱抑制分の転舵角を直接前輪5L,5Rに与える場合、操舵角と転舵角との中立ずれが問題となるが、実施例1では、外乱抑制指令転舵角を、コンベンショナルな操舵装置において、ステアリングホイール6が操舵角中立位置付近の遊びの角度範囲（左右 3° ）にあるときの当該遊びの範囲に対応する前輪5FL,5FRの転舵角範囲（左右 0.2° ）に設定している。外乱によるヨー角の発生は、旋回時よりも直進時に顕著であり、直進時、操舵角は操舵角中立位置付近に位置している。つまり、ヨー角F/B制御による転舵角の補正は、操舵角中立位置付近で実施されることはほとんどであるため、外乱抑制指令転舵角の付与に伴う操舵角と転舵角との中立ずれ量をステアリングの遊びの範囲に抑えることで、中立ずれに伴う違和感を抑制できる。

また、外乱抑制指令転舵角を左右 0.2° の範囲に制限しているため、スタビリティ制御中であってもドライバは操舵入力によって車両の進行方向を所望の方向に変化させることができる。つまり、ドライバの操舵入力によって生じる転舵角の変化量に対し、外乱抑制指令転舵角による転舵角の補正量が微小であるため、ドライバの操舵を妨げることなく外乱に対する車両の安定性向上を実現できる。

【0029】

従来、車両の横方向運動を制御するものとして、車両の走行車線逸脱傾向が検出されると車両に逸脱を回避するヨーモーメントを付与する車線逸脱防止制御や、車両が走行車線の中央付近を走行するよう車両にヨーモーメントを付与するレーンキープ制御が公知である。ところが、車線逸脱防止制御では、制御介入の閾値を持った制御であり、走行車線の中央付近では制御が作動しないため、外乱に対する車両の安定性を確保できない。また、ドライバが車両を走行車線の端に寄せたい場合でも閾値によって制御介入がなされるため、ドライバに煩わしさを与えてしまう。一方、レーンキープ制御では、目標位置（目標ライン）を持った制御であり、外乱に対する車両の安定性を確保できるものの、目標ラインから外れたラインを走行させることはできない。加えて、ドライバがステアリングホイールの把持力を小さくすると手放し状態との判定により制御が解除されるため、ドライバは常にステアリングホイールを一定以上の力で把持しておく必要があり、ドライバの操舵負荷が大きい。

これに対し、実施例1のヨー角F/B制御は、制御介入の閾値を持たないため、シームレスな制御により常に外乱に対する安定性を確保できる。さらに、目標位置を持たないため、ドライバは車両を好きなラインで走行させることができる。加えて、ステアリングホイール6を軽く持っている場合でも制御が解除されることはないため、ドライバの操舵負荷を小さくできる。

【0030】

図9は、高速道路の直線路を走行中の車両が連続的な横風を受けた場合に横位置F/B制御を実施しないときのヨー角変化および横位置変化を示すタイムチャートであり、車両は走行車線の中央付近を走行しているものとする。車両が連続的な横風を受けてヨー角が発生すると、ヨー角F/B制御によってヨー角は低減されるものの、車両は連続的な外乱を受けて横流れしている。ヨー角F/B制御は、ヨー角を減少させるものであって、ヨー角ゼロの場合は転舵角の補正を行わないため、外乱により発生したヨー角の積分値である横位置変化を直接的に減少させることはできないからである。なお、ヨー角に応じた反発力を大きな値とすることで、横位置変化を間接的に抑制する（ヨー角の積分値の増加を抑制する）ことは可能であるが、外乱抑制指令転舵角の最大値はドライバに違和感を与えないよう、左右 0.2° に制限されていることから、ヨー角F/B制御のみで車両の横流れを効果的に抑制することは難しい。さらに、ヨー角に応じた反発力を求めるためのヨー角F/Bゲインは、ドライバがヨー角変化に気付く前にヨー角を収束させる必要があり、出来るだけ大

きな値としているのに対し、そのままでは車両が振動的となるため、ヨー角F/Bゲインに乗じるヨー角を上下限リミッタ37aによって上限(1°)以下に制限している。すなわち、ヨー角に応じた反発力は実際のヨー角よりも小さなヨー角に対応した反発力であるため、この点からもヨー角F/B制御のみで車両の横流れを効果的に抑制するのは困難であることがわかる。

【0031】

そこで、実施例1のスタビリティ制御では、横位置F/B制御を導入し、定常的な外乱によって車両が横流れするのを抑制している。図10は、高速道路の直線路を走行中の車両が連続的な横風を受けた場合に横位置F/B制御を実施したときのヨー角変化および横位置変化を示すタイムチャートであり、横位置F/B制御では、走行車線中央付近を走行中の車両が連続的な横風を受けて横流れし、白線までの距離が横位置閾値以下になると、横位置変化(ヨー角積分値)に応じた反発力を演算する。外乱抑制指令転舵角演算部32では、横位置に応じた反発力とヨー角に応じた反発力とを加算した横方向反発力に基づく外乱抑制指令転舵角を演算し、SBW指令転舵角を補正する。すなわち、横位置F/B制御では、横位置に応じた外乱抑制指令転舵角によってSBW指令転舵角を補正するため、定常的な外乱による横位置変化を直接的に減少させることが可能であり、車両の横流れを抑制できる。言い換えると、ヨー角F/B制御を行う車両の走行位置を、横位置F/B制御の不感帯である走行車線中央付近に戻すことができる。

【0032】

以上のように、実施例1のスタビリティ制御は、過渡的な外乱によるヨー角変化をヨー角F/B制御により減少させ、定常的な外乱によるヨー角積分値(横位置変化)を横位置F/B制御により減少させることで、過渡的および定常的な外乱に対する車両の安定性を共に向上できる。

さらに、実施例1のスタビリティ制御は、制御(外乱抑制指令転舵角の付与)によって生じる車両挙動をドライバに気付かれない程度、かつ、ドライバの操舵によって発生する車両挙動変化を妨げない程度に制限し、かつ、制御によって生じるセルフアライニングトルクの変化を操舵反力に反映させないため、ドライバにスタビリティ制御中であることを意識させることなく実施可能である。これにより、あたかも外乱に対する安定性に優れた車体諸元を持つ車両の振る舞いを模擬できる。

なお、横位置F/B制御において横位置に応じた反発力を求めるための横位置F/Bゲインは、ヨー角F/Bゲインよりも小さな値に設定している。上述したように、ヨー角F/B制御は、過渡的な外乱によるヨー角の変化をドライバが感じる前にヨー角を収束させる必要上、高応答性が求められるのに対し、横位置F/B制御は、横位置変化が増加するのを止めることが求められること、およびヨー角積分値の蓄積によって横位置が変化するのに時間が掛かることから、ヨー角F/B制御ほどの応答性は必要としていないからである。加えて、仮に横位置F/Bゲインを大きくすると、外乱の大小によって制御量が大きく変動し、ドライバに違和感を与えるからである。

【0033】

[横力オフセット部]

図11は、横力オフセット部34の制御ブロック図である。

曲率演算部34aは、前方注視点での白線の曲率を演算する。白線は左右どちらの白線を用いてもよい。

上下限リミッタ34bは、車速に上下限リミッタ処理を施す。

SATゲイン演算部34cは、リミッタ処理後の車速に基づき、車速に応じたSATゲインを演算する。SATゲインは、車速が高いほど大きなゲインとなる特性とし、上限を設定する。

乗算器34dは、SATゲインに曲率を乗じて横力オフセット量を求める。

リミッタ処理部34eは、横力オフセット量の最大値および変化率の上限を制限する。例えば、最大値は1,000N、変化率の上限は600N/sとする。

【0034】

[曲率に応じた反力オフセット制御作用]

曲率に応じた反力オフセット制御は、白線の曲率が大きいほど大きな横力オフセット量を求め、タイヤ横力から減算する。これにより、SAT演算部35で演算されるタイヤ横力に応じた操舵反力トルク、すなわち、セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性は、図12に示すように、白線の曲率が大きくなるほど、セルフアライニングトルクと同一符号方向へオフセットされる。なお、図12は右カーブの場合であり、左カーブの場合は図12と反対方向にオフセットされる。

【0035】

従来、操舵部と転舵部とが機械的に切り離されたSBWシステムでは、コンベンショナルな操舵装置におけるセルフアライニングトルクに応じた操舵反力を模擬する操舵反力特性を設定し、当該操舵反力特性に基づいてステアリングホイールに操舵反力を付与しており、このとき、ステアリングホイールの操舵角とドライバの操舵トルクとの関係は、図13に示すような特性Aとなる。すなわち、操舵角の絶対値が大きいほど操舵トルクの絶対値は大きくなり、操舵角の絶対値が小さいときは大きいときよりも操舵角の変化量に対する操舵トルクの変化量が大きくなる。

【0036】

ここで、旋回中にドライバが進路修正のために保舵トルクを変化させる場合を考える。図13において、ドライバが保舵トルク T_1 で操舵角 θ_1 を保持した状態から、保舵トルクを T_2 まで減少させると、操舵角は θ_2 となり、操舵角の減少によって前輪5L,5Rの転舵角は小さくなる。このとき、上述したSBWシステムにおける操舵反力特性により、カーブの曲率が大きいほど保舵トルクの変化に対して操舵角は大きく変動する。つまり、カーブの曲率が大きいほど操舵トルクに対する車両の感度が高くなるため、進路修正が困難であるという問題があった。

【0037】

これに対し、実施例1の曲率に応じた反力オフセット制御では、白線の曲率が大きいほどセルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性をセルフアライニングトルクと同一符号方向へオフセットすることで、操舵角と操舵トルクとの関係を表す特性は、図14に示すように操舵角と同一符号方向へオフセットされ、特性Aから特性Bへと変化する。これにより、白線の曲率が大きいほど保舵トルクの変化量に対する操舵角の変化量が小さくなるため、ドライバが保舵トルクを T_4 まで減少させ、保舵トルクの減少量 ΔT_{3-4} が図13に示した従来技術の減少量 ΔT_{1-2} と同一の場合であったとしても、操舵角の減少量 $\Delta \theta_{1-4}$ は従来技術の減少量 $\Delta \theta_{1-2}$ よりも小さくなる。つまり、カーブの曲率が大きいほど保舵トルクの変化に対する操舵角の変動を小さくでき、操舵トルクに対する車両の感度を低くできるため、車両の挙動変化を緩やかとなり、ドライバによる進路修正の容易化を図ることができる。また、操舵角 θ_1 を維持するための保舵トルク $T_3(<T_1)$ を従来技術よりも小さくできるため、旋回時におけるドライバの操舵負担を軽減できる。

【0038】

従来、旋回時におけるドライバの操舵負担軽減を目的とし、白線の曲率が大きいほど操舵反力特性の傾きを小さくする技術は知られているが、当該従来技術では、曲率が大きいほど保舵トルクの変化に対する操舵角の変動が大きくなるため、操舵トルクに対する車両の感度が高くなってしまふ。つまり、操舵反力特性を白線の曲率に応じてセルフアライニングトルクと同一方向へオフセットすることで、旋回時におけるドライバの操舵負担軽減と進路修正の容易化との両立を実現できる。

【0039】

[操舵反力トルクオフセット部]

図15は、操舵反力トルクオフセット部36の制御ブロック図である。

ヨー角演算部36aは、前方注視点でのヨー角を演算する。カメラ17により撮影された走行路の映像に基づいてヨー角を演算することで、簡単かつ高精度にヨー角を検出できる。白線は左右どちらの白線を用いてもよい。

横位置演算部36bは、前方注視点での左右白線に対する横位置および現在位置での左右白線に対する横位置をそれぞれ演算する。ここで、横位置演算部36bは、自車が白線を越

10

20

30

40

50

えて隣の走行車線に移った場合、すなわち、レーンチェンジが行われた場合、現在位置での左右白線に対する横位置を入れ替える。つまり、白線到達前の左白線に対する横位置を白線到達後の右白線に対する横位置とし、白線到達前の右白線に対する横位置を白線到達後の左白線に対する横位置とする。なお、車線幅が異なる走行車線にレーンチェンジした場合には、レーンチェンジ後の走行車線の車線幅 W_2 をレーンチェンジ前の走行車線の車線幅 W_1 で除した値 W_2/W_1 を入れ替えた横位置に乗じて横位置を補正する。ここで、各走行車線の車線幅情報は、ナビゲーションシステム24から取得する。

逸脱余裕時間に応じた反力演算部39は、車速とヨー角と前方注視点での左右白線に対する横位置とに基づき、逸脱余裕時間に応じた反力を演算する。逸脱余裕時間に応じた反力演算部39の詳細については後述する。

10

横位置に応じた反力演算部40は、現在位置での左右白線に対する横位置に基づき、横位置に応じた反力を演算する。横位置に応じた反力演算部40の詳細については後述する。

反力選択部36cは、逸脱余裕時間に応じた反力と横位置に応じた反力のうち絶対値が大きな方を操舵反力トルクオフセット量として選択する。

リミッタ処理部36dは、操舵反力トルクオフセット量の最大値および変化率の上限を制限する。例えば、最大値は2Nm、変化率の上限は10Nm/sとする。

【0040】

図16は、逸脱余裕時間に応じた反力演算部39の制御ブロック図である。

乗算器39aは、ヨー角に車速を乗じて車両の横速度を求める。

除算器39bは、前方注視点での左白線に対する横位置を横速度で除して左白線に対する逸脱余裕時間を求める。

20

除算器39cは、前方注視点での右白線に対する横位置を横速度で除して右白線に対する逸脱余裕時間を求める。

逸脱余裕時間選択部39dは、左右白線に対する逸脱余裕時間のうち短い方を逸脱余裕時間として選択する。

逸脱余裕時間に応じた反力演算部39eは、逸脱余裕時間に基づき、逸脱余裕時間に応じた反力を演算する。逸脱余裕時間に応じた反力は、逸脱余裕時間に反比例（逸脱余裕時間の逆数に比例）し、3秒以上ではほぼゼロとなる特性を有する。

【0041】

図17は、横位置に応じた反力演算部40の制御ブロック図である。

30

減算器40aは、あらかじめ設定された目標左横位置（例えば、90cm）から左車線に対する横位置を減じて左車線に対する横位置偏差を求める。

減算器40bは、あらかじめ設定された目標右横位置（例えば、90cm）から右車線に対する横位置を減じて右車線に対する横位置偏差を求める。

横位置偏差選択部40cは、左右車線に対する横位置偏差のうち大きな方を横位置偏差として選択する。

横位置偏差に応じた反力演算部40dは、横位置偏差に基づき、横位置に応じた反力を演算する。横位置に応じた反力は、横位置偏差が大きいほど大きくなる特性とし、上限を設定する。

【0042】

40

〔横位置に応じた反力オフセット制御作用〕

横位置に応じた反力オフセット制御は、横位置に応じた反力を操舵反力トルクオフセット量として操舵反力トルクに加算する。これにより、セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性は、図18に示すように、白線までの距離が短くなるほど操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットされる。なお、図18は右車線に近い場合であり、左車線に近い場合は図18と反対方向にオフセットされる。

【0043】

ここで、従来の操舵反力制御において、ドライバの不意な右方向への切り増し操作により車両の走行位置が右側にずれ、その後ドライバが修正操舵によって走行位置を走行車線中央付近に戻す場合を考える。ドライバが不意な操作を行ったときの操舵角と操舵トルク

50

を、図19の特性A上の点 P_1 の位置とする。特性Aは、図13と同様、コンベンショナルな操舵装置を模擬した操舵反力特性を設定したときの操舵角と操舵トルクとの関係を表す特性とする。この状態から走行位置を走行車線中央付近に戻すためには、前輪を左に転舵させる必要があるので、ドライバは操舵角中立位置への切り戻し操作に続けて、操舵角中立位置からの切り増し操作を行い、ステアリングホイールを狙った角度 θ_5 に合わせる。このとき、上記従来技術では、操舵角中立位置（操舵角ゼロ点）と操舵トルク中立位置（操舵トルクゼロ点）とが一致しているため、操舵角中立位置までは操舵トルクを減少させ、操舵角中立位置を超えたら操舵トルクを増加させる必要がある。つまり、操舵角中立位置をまたぐ修正操舵を行う場合、操舵トルクの符号が反転し、ドライバが力をコントロールする方向が切り替わると共に、操舵トルク中立位置付近は他の操舵角領域と比較して操舵トルクの変化量に対する操舵角の変化量が著しく小さいため、ドライバの操舵負担が大きく、ステアリングホイールを狙った角度 θ_5 にコントロールすることが困難である。これにより、車両の走行位置がオーバーシュートしやすくなることで、修正操舵量の増大を招くという問題があった。

10

【0044】

これに対し、実施例1の横位置に応じた反力オフセット制御では、白線までの距離が短いほどセルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットすることで、操舵角と操舵トルクとの関係を表す特性は、図20に示すように、操舵トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットされ、白線までの距離が短くなるに従い特性Aから特性Cへと連続的に変化する。このとき、操舵角を維持するためには、操舵トルクを増やす必要があり、操舵トルクが一定であれば、ステアリングホイール6が少しずつ操舵角中立位置に戻されるため（点 $P_1 \rightarrow$ 点 P_2 ）、ドライバの不意な切り増し操作によって車両の走行位置が右側にずれるのを抑制できる。一方、ドライバが操舵角を維持した場合、操舵角と操舵トルクは点 P_1 から点 P_3 へと移動する。この状態からドライバが修正操舵を行う場合、特性Cでは操舵トルク中立位置が操舵角中立位置よりも切り増し側へオフセットされているため、操舵角中立位置からの切り増し操作時において、操舵トルク中立位置に達するまでの間、操舵トルクの符号は反転しない。よって、ドライバは操舵トルクを減少させ、ステアリングホイール6が狙いの角度となったときにステアリングホイール6の回転を止めるだけで、前輪5L,5Rの転舵角をコントロールできる。つまり、実施例1の横位置に応じた反力オフセット制御は、ドライバが力をコントロールする方向が切り替わりにくいため、ドライバの修正操舵を容易化できる。この結果、車両の走行位置がオーバーシュートしにくくなるため、修正操舵量を低減できる。

20

30

【0045】

従来、ドライバの不意な操作によって走行位置がずれるのを抑制することを目的とし、白線に近づくほど操舵反力を大きくする技術は知られているが、当該従来技術では、白線に近づくほどステアリングホイールを重くするだけであって、操舵反力特性における操舵トルク中立位置は常に操舵角中立位置と一致しているため、操舵角中立位置をまたぐ修正操舵では、操舵トルクの符号が反転し、ドライバの操舵負担は軽減されない。つまり、白線までの距離が短いほどセルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットすることで、走行位置のずれ抑制とドライバの操舵負担軽減との両立を実現できる。

40

【0046】

また、実施例1の横位置に応じた反力オフセット制御では、白線までの距離が短いほどオフセット量を大きくしているため、操舵トルク中立位置は、白線までの距離が短いほど操舵角中立位置からより離れた位置へオフセットされる。ドライバが車両の走行位置を走行車線中央付近まで戻す修正操舵を行う場合、白線に近いほど操舵角中立位置からの切り増し操作量を多くする必要がある。このとき、操舵角中立位置に対する操舵トルク中立位置のオフセット量が小さいと、ステアリングホイールが狙いの角度となる前に操舵トルクが中立位置を越えて操舵トルクの符号が反転する可能性がある。よって、白線までの距離が短いほどオフセット量を大きくすることで、操舵トルクが中立位置を越えるのを抑制で

50

きる。

【0047】

実施例1の横位置に応じた反力オフセット制御において、横位置演算部36bは、自車が白線に到達したとき、現在位置での左右白線に対する横位置を入れ替える。横位置に応じた反力オフセット制御では、自車が走行車線中央付近から遠ざかるほど操舵反力を大きくすることで自車が走行車線中央付近に戻りやすくしている。つまり、ヨー角積分値（横位置変化）を外乱とみなし、車両をヨー角積分値が無くなる方向へ誘導するように操舵反力を制御している。このため、レーンチェンジが行われた場合、ヨー角積分値をリセットする必要がある。仮にヨー角積分値をリセットしない場合、レーンチェンジ後もレーンチェンジ前の走行車線中央付近に車両を戻すための操舵反力が作用し続けるため、ドライバの操作が阻害されるからである。なお、単に積分値をゼロとするのみでは、レーンチェンジ後の走行車線中央付近に車両を誘導することができない。

10

【0048】

そこで、実施例1では、自車が白線に到達した場合には、ドライバの意図的な操作とみなせるため、その場合は現在位置での左右白線に対する横位置を入れ替える、換言すると、ヨー角積分値の符号を反転させることにより、自車を誘導する位置をレーンチェンジ前の走行車線中央付近からレーンチェンジ後の走行車線中央付近に切り替え、レーンチェンジ後の走行車線中央付近に自車を誘導するための操舵反力を生成できる。このとき、レーンチェンジ前の走行車線の車線幅 W_1 に対するレーンチェンジ後の走行車線の車線幅 W_2 の比率 W_2/W_1 を考慮するため、正確な横位置を設定でき、自車を走行車線中央付近に誘導するための最適なオフセット量を設定できる。

20

【0049】

[逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御作用]

逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御は、逸脱余裕時間に応じた反力を操舵反力トルクオフセット量として操舵反力トルクに加算する。これにより、セルフアライニングトルクに応じた操舵反力トルクを表す操舵反力特性は、図18に示したように、逸脱余裕時間が短くなるほど操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットされる。なお、図18は右車線に近い場合であり、左車線に近い場合は図18と反対方向にオフセットされる。

【0050】

30

このため、操舵角と操舵トルクとの関係を表す特性は、図20に示したように、操舵トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットされ、逸脱余裕時間が短くなるに従い特性Aから特性Cへと連続的に変化する。このとき、操舵角を維持するためには、操舵トルクを増やす必要があり、操舵トルクが一定であれば、ステアリングホイール6が少しずつ操舵角中立位置に戻されるため（点 $P_1 \rightarrow$ 点 P_2 ）、ドライバの不意な切り増し操作によって車両の走行位置が右側にずれるのを抑制できる。一方、ドライバが操舵角を維持した場合、操舵角と操舵トルクは点 P_1 から点 P_3 へと移動する。この状態からドライバが修正操舵を行う場合、特性Cでは操舵トルク中立位置が操舵角中立位置よりも切り増し側へオフセットされているため、操舵角中立位置からの切り増し操作時において、操舵トルク中立位置に達するまでの間、操舵トルクの符号は反転しない。よって、ドライバは操舵トルクを減少させ、ステアリングホイール6が狙いの角度となったときにステアリングホイール6の回転を止めるだけで、前輪5L,5Rの転舵角をコントロールできる。つまり、実施例1の逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御は、ドライバが力をコントロールする方向が切り替わりにくいいため、ドライバの修正操舵を容易化できる。この結果、車両の走行位置がオーバーシュートしにくくなるため、修正操舵量を低減できる。

40

【0051】

また、実施例1の逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御では、逸脱余裕時間が短いほどオフセット量を大きくしているため、操舵トルク中立位置は、逸脱余裕時間が短いほど操舵角中立位置からより離れた位置へオフセットされる。ドライバが車両の走行位置を走行車線中央付近まで戻す修正操舵を行う場合、逸脱余裕時間が短いほど白線に近い可能

50

性が高く、白線に近いほど操舵角中立位置からの切り増し操作量を多くする必要がある。このとき、操舵角中立位置に対する操舵トルク中立位置のオフセット量が小さいと、ステアリングホイールが狙いの角度となる前に操舵トルクが中立位置を越えて操舵トルクの符号が反転する可能性がある。よって、白線までの距離が短いほどオフセット量を大きくすることで、操舵トルクが中立位置を越えるのを抑制できる。

【0052】

[横位置および逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御の併用効果]

操舵反力制御部20では、操舵反力トルクオフセット部36において、逸脱余裕時間に応じた反力と横位置に応じた反力のうち絶対値が大きな方を操舵反力トルクオフセット量として選択し、加算器20cにおいて、操舵反力トルクに操舵反力トルクオフセット量を加算する。これにより、逸脱余裕時間または横位置に応じて操舵反力特性が操舵反力トルクの絶対値が大きくなる方向へオフセットされる。

10

逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御では、自車と白線とが平行である場合、すなわち、ヨー角がゼロである場合、逸脱余裕時間に応じた反力はゼロである。このため、自車が白線に近い位置であっても、ヨー角が小さい場合には、僅かな反力しか出すことができない。これに対し、横位置に応じた反力オフセット制御では、白線までの距離に比例して反力（横位置に応じた反力）を生成するため、白線までの距離が短くなるほど大きな反力を出すことができ、自車を走行車線中央付近に戻しやすくすることができる。

【0053】

一方、横位置に応じた反力オフセット制御では、自車が走行車線中央付近にある場合、横位置に応じた反力はゼロである。このため、走行車線中央付近であっても、ヨー角が大きく、さらに車速が高いときには、短時間で白線まで到達するのに対し、操舵反力を応答良く増大させることが難しい。これに対し、逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御では、逸脱余裕時間に応じて反力（逸脱余裕時間に応じた反力）を生成すること、および当該反力は逸脱余裕時間が3秒以下になると急激に立ち上がる特性であることから、短時間で白線まで到達する場合であっても、操舵反力を応答良く増大させて車線逸脱を抑制できる。

20

よって、逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御と横位置に応じた反力オフセット制御を併用することにより、白線までの距離に応じて安定的な反力を付与しつつ、車線逸脱を効果的に抑制できる。このとき、逸脱余裕時間に応じた反力と横位置に応じた反力のうち絶対値が大きな方を用いることで、常に必要とされる最適な操舵反力を付与できる。

30

【0054】

[片側白線ロスト時の反力オフセット制御抑制作用]

実施例1の横位置および逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御のように、走行車線の左右白線情報を用いて走行中連続的に操舵を補助するシステムでは、左右白線のうち自車から遠い方の白線の情報が得られなくなる白線のロストが発生した場合、制御を中断する必要がある。なお、別の方法として過去の車線幅から白線の位置を推定し制御を継続する方法も考えられるが、分合流に代表されるような路面では実際の車線幅と推定に用いる車線幅とにずれが生じるため、ロストした白線の位置を正確に推定することは困難であり、好ましい方法とは言い難い。

40

実施例1の反力オフセット制御抑制処理では、自車から遠い方の白線をロストした状態が所定時間（カウント値＝閾値）継続した場合、操舵反力トルクオフセット量が前回値を下回ったとき、反力オフセット制御抑制処理を開始し、操舵反力トルクオフセット量の増大を禁止し、減少を許容する。操舵反力トルクオフセット量は、白線までの距離が近いほど大きな値となるため、ドライバが車両を白線に近付ける方向に操舵している場合、操舵反力トルクオフセット量は増大し、これに伴い操舵反力も増大する。このとき、ドライバは横位置および逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御により生じる操舵反力の増大を想定した上で操舵を行っているため、仮にこの時点で操舵反力トルクオフセット量の増大を禁止すると、ドライバの予期せぬ操舵反力となり、違和感を与えてしまう。一方、ドライバの車両を白線に近付ける方向への操舵が終了した場合、車両は車線中央へ向かうため

50

、操舵反力トルクオフセット量は減少し始める。このとき、ドライバは横位置および逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御により生じる操舵反力の減少を想定した上で操舵を行っているため、この時点で操舵反力トルクオフセット量の増大を禁止したとしても、操舵反力はドライバの予期したものとなり、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【0055】

以上説明したように、実施例1にあっては以下に列挙する効果を奏する。

(1) 走行車線の左右白線を検出する映像処理部21（白線検出手段）と、自車が検出された左右白線の一方に接近した場合、自車が当該白線へ接近する方向への操舵を抑制する操舵反力トルクオフセット量（白線接近抑制操舵反力）を演算し、自車と当該白線との距離が近いほど操舵反力トルクオフセット量を大きくする操舵反力トルクオフセット部36（白線接近抑制操舵反力演算手段）と、操舵反力トルクオフセット量に基づいてドライバの操舵入力を受ける操舵部1に付与する操舵反力を制御する操舵反力制御部20（操舵反力制御手段）と、左右白線の他方を検出不能であると判定した場合、操舵反力トルクオフセット量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、操舵反力トルクオフセット量を制限する反力オフセット制御抑制部43（制限手段）と、を備えた。

10

操舵反力トルクオフセット量の増加傾向が終了する時点で操舵反力トルクオフセット量の制限を開始することで、操舵反力がドライバの予期したものと乖離するのを抑制できるため、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【0056】

(2) 反力オフセット制御抑制部43は、操舵反力トルクオフセット量が前回値を下回ったとき、操舵反力トルクオフセット量を制限する。

20

操舵反力トルクオフセット量が減少傾向を示した時点で操舵反力トルクオフセット量の制限を開始することで、車両挙動はドライバの予期した車両挙動に近付くため、ドライバに与える違和感をより軽減できる。

【0057】

(3) 反力オフセット制御抑制部43は、操舵反力トルクオフセット量の増大を禁止し、減少を許容する。

これにより、操舵反力トルクオフセット量を保持する場合と比較して、車両挙動はドライバの予期した車両挙動に近付くため、ドライバに与える違和感をより軽減できる。

【0058】

30

(4) 反力オフセット制御抑制部43は、左右白線の他方を検出不能である状態が所定時間継続した場合、前記左右白線の他方を検出不能であると判定する。

これにより、白線が検出不能となった直後に検出可能となる場合など、白線のロストが比較的短時間である場合には、横位置および逸脱余裕時間に応じた反力オフセット制御を継続できるため、車線逸脱を抑制できる。

【0059】

(5) 操舵反力制御部20は、左右前輪5FL,5FRに作用するセルフアライニングトルクに応じた所定の操舵反力特性から求めた操舵反力トルクに対し操舵反力トルクオフセット量を加算した指令操舵反力に基づいて操舵部1に操舵反力を付与する。

これにより、ドライバが操舵角中立位置をまたぐ修正操舵を行ったときに操舵トルクの符号が反転するのを抑制できるため、車線逸脱の抑制に加えて、ドライバの修正操舵の容易化を図ることができる。

40

【0060】

(6) 操舵部1は、左右前輪5FL,5FRを転舵する転舵部2と機械的に切り離され、白線の曲率を検出する曲率演算部34a（曲率検出手段）と、検出された曲率が大きいほど大きな横力オフセット量を演算する横力オフセット部34（オフセット量演算手段）と、を備え、操舵反力制御部20は、左右前輪5FL,5FRに作用するセルフアライニングトルクから横力オフセット量を減算したオフセット後セルフアライニングトルクとセルフアライニングトルクに応じた所定の操舵反力特性とから求めた指令操舵反力に基づいて操舵部1に操舵反力を付与し、操舵反力トルクオフセット部36は、左右白線の他方を検出不能と判定した場合で

50

あっても、横力オフセット量を制限しない。

曲率は左右どちらかの白線を基に検出できるため、左右白線の他方が検出不能となっても曲率に応じた反力オフセット制御には何ら影響を与えない。よって、曲率に応じた反力オフセット制御を継続することで、旋回時におけるドライバの操舵負担軽減と進路修正の容易化との両立を実現できる。

【0061】

(7) 自車が左右白線の一方に接近した場合、自車と当該白線との距離が近いほど大きな操舵反力トルクオフセット量を演算し、操舵反力トルクオフセット量に基づいてドライバの操舵入力を受ける操舵部1に操舵反力を付与する際、左右白線の他方を検出不能と判定した場合、操舵反力トルクオフセット量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、操舵反力トルクオフセット量を制限する。

10

操舵反力トルクオフセット量の増加傾向が終了する時点で操舵反力トルクオフセット量の制限を開始することで、操舵反力がドライバの予期したものと乖離するのを抑制できるため、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【0062】

(8) 走行車線の左右白線を検出する映像処理部21（センサ）と、自車が左右白線の一方に接近した場合、自車と当該白線との距離が近いほど大きな操舵反力トルクオフセット量を演算し、操舵反力トルクオフセット量に基づいてドライバの操舵入力を受ける操舵部1に操舵反力を付与する際、左右白線の他方を検出不能と判定した場合、操舵反力トルクオフセット量の増加勾配が所定増加勾配以下となったとき、操舵反力トルクオフセット量を制限する操舵反力制御部20（コントローラ）と、を備えた。

20

操舵反力トルクオフセット量の増加傾向が終了する時点で操舵反力トルクオフセット量の制限を開始することで、操舵反力がドライバの予期したものと乖離するのを抑制できるため、ドライバに与える違和感を軽減できる。

【0063】

〔実施例2〕

図21は、実施例2の車両の操舵系を示すシステム図である。なお、実施例1と共通する部位には、同一の名称および符号を付して説明を省略する。

実施例2の操舵装置は、操舵部1、転舵部2、EPSコントローラ25を主要な構成とし、ドライバの操舵入力を受ける操舵部1と左右前輪（転舵輪）5FL,5FRを転舵する転舵部2とが機械的に連結されている。

30

操舵部1は、ステアリングホイール6、コラムシャフト7およびトルクセンサ26を備える。

トルクセンサ26は、ステアリングホイール6からコラムシャフト7へ入力されたドライバの操舵トルクを検出する。

転舵部2は、ピニオンシャフト11、ステアリングギア12およびパワーステアリングモータ27を備える。

ピニオンシャフト11は、トルクセンサ26のトーションバーを介してコラムシャフト7と接続されている。

パワーステアリングモータ27は、例えば、ブラシレスモータであり、出力軸が図外の減速機を介してラックギア15と接続され、EPSコントローラ25からの指令に応じて、ラック16にドライバの操舵力を補助するアシストトルクを出力する。

40

【0064】

EPSコントローラ25には、上記トルクセンサ26に加え、カメラ17により撮影された自車前方の走行路の映像および車速センサ18により検出された車速（車体速）が入力される。

EPSコントローラ25は、アシストトルク制御部（アシストトルク制御手段、コントローラ）28と、映像処理部21とを有する。

アシストトルク制御部28は、各入力情報に基づいて指令アシストトルクを生成し、生成した指令アシストトルクを電流ドライバ29へ出力する。

電流ドライバ29は、パワーステアリングモータ27の電流値から推定される実アシスト

50

ルクを指令アシストトルクと一致させるトルクフィードバックによりパワーステアリングモータ27への指令電流を制御する。

映像処理部21は、カメラ17により撮影された自車前方の走行路の映像からエッジ抽出等の画像処理によって走行車線左右の白線（走行路区分線）を認識する。

【0065】

〔アシストトルク制御部〕

図22は、アシストトルク制御部28の制御ブロック図である。

アシストトルク演算部41は、操舵トルクと車速とに基づき、あらかじめ設定されたアシストトルクマップを参照してアシストトルクを演算する。アシストトルクマップにおけるアシストトルク特性は、操舵トルクの絶対値が大きいほど、または車速が低いほど大きく
10

なる特性を有する。アシストトルクオフセット部42は、車速と自車前方の走行路の映像とに基づき、横位置または逸脱余裕時間に応じたアシストトルクオフセット制御においてアシストトルク特性をオフセットするためのアシストトルクオフセット量を演算する。アシストトルクオフセット部42の詳細については後述する。

減算器28aは、アシストトルクからアシストトルクオフセット量を減算した値を最終的な指令アシストトルクとして電流ドライバ29へ出力する。

〔アシストトルクオフセット部〕

【0066】

図23は、アシストトルクオフセット部42の制御ブロック図である。
20

反力選択部42cは、逸脱余裕時間に応じた反力と横位置に応じた反力のうち絶対値が大きな方をアシストトルクオフセット量として選択する。

アシストトルクオフセット制御抑制部44は、カウンタ44aとアシストトルクオフセット量制限部44bとを有する。

カウンタ44aは、左右白線のうち自車から遠い方の白線が検出不能となったとき、カウントアップを開始し、カウント値が閾値に達したとき、カウント値をリセット(=0)すると共に、アシストトルクオフセット制御抑制フラグをセット(=1)する。アシストトルクオフセット制御抑制フラグは、当該白線が検出可能となったとき、リセット(=0)する。

アシストトルクオフセット量制限部44bは、アシストトルクオフセット制御抑制フラグがセットされ、かつ、アシストトルクオフセット量が前回値を下回った場合、アシストトルクオフセット制御抑制処理を開始する。アシストトルクオフセット制御抑制処理では、アシストトルクオフセット量を制限する。具体的には、アシストトルクオフセット量が前回値を超える場合には、前回値をアシストトルクオフセット量として出力し、前回値以下の場合には今回値を出力する。
30

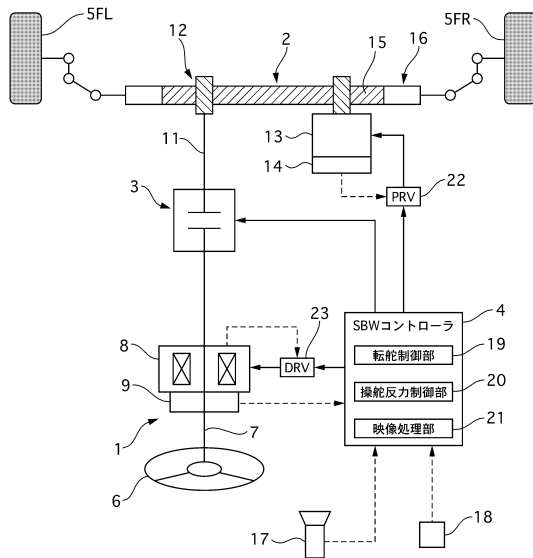
【0067】

〔片側白線ロスト時のアシストトルクオフセット制御抑制作用〕

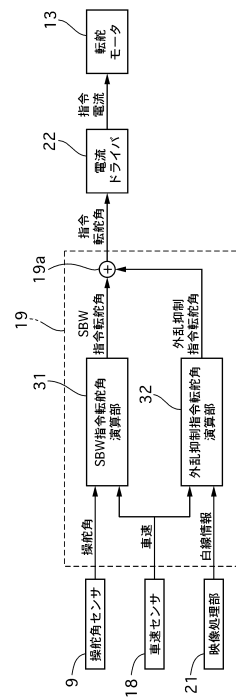
実施例2のアシストトルクオフセット制御抑制処理では、自車から遠い方の白線をロストした状態が所定時間（カウント値＝閾値）継続した場合、アシストトルクオフセット量が前回値を下回ったとき、アシストトルクオフセット制御抑制処理を開始し、アシストトルクオフセット量の増大を禁止し、減少を許容する。アシストトルクオフセット量は、白線までの距離が近いほど大きな値となるため、ドライバが車両を白線に近付ける方向に操舵している場合、アシストトルクオフセット量は増大し、これに伴い操舵反力も増大する。このとき、ドライバは横位置および逸脱余裕時間に応じたアシストトルクオフセット制御により生じる操舵反力の増大を想定した上で操舵を行っているため、仮にこの時点でアシストトルクオフセット量の増大を禁止すると、ドライバの予期せぬ操舵反力となり、違和感を与えてしまう。一方、ドライバの車両を白線に近付ける方向への操舵が終了した場合、車両は車線中央へ向かうため、アシストトルクオフセット量は減少し始める。このとき、ドライバは横位置および逸脱余裕時間に応じたアシストトルクオフセット制御により生じる操舵反力の減少を想定した上で操舵を行っているため、この時点でアシストトルクオフセット量の増大を禁止したとしても、操舵反力はドライバの予期したものとなり、ド
40
50

ライバに与える違和感を軽減できる。

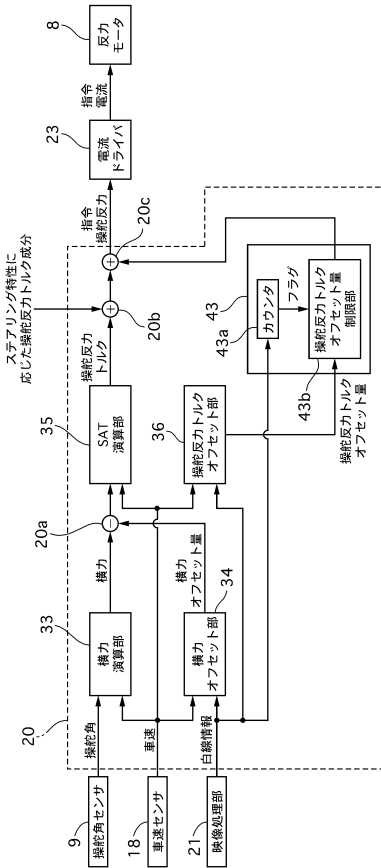
【図 1】



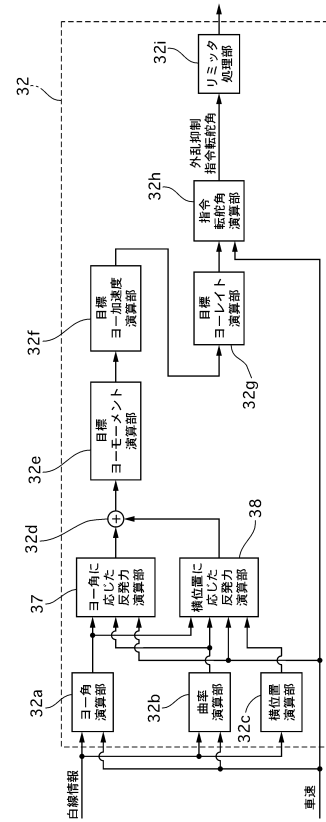
【図 2】



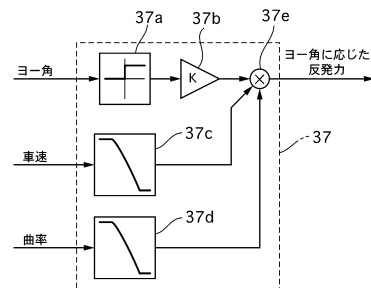
【図 3】



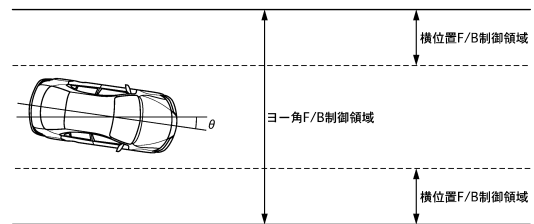
【図 4】



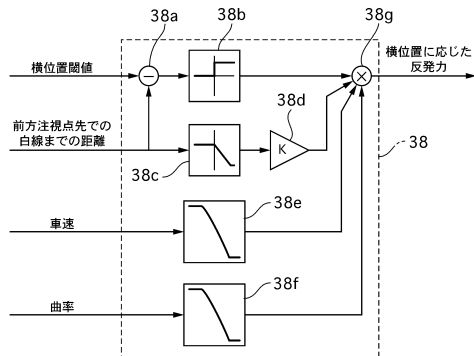
【図 5】



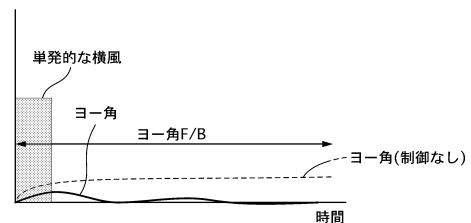
【图 7】



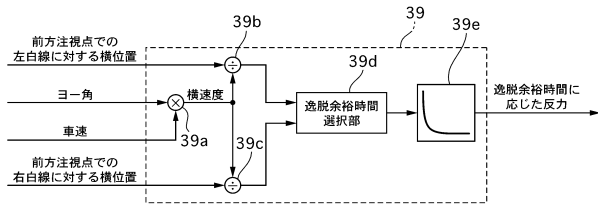
【図 6】



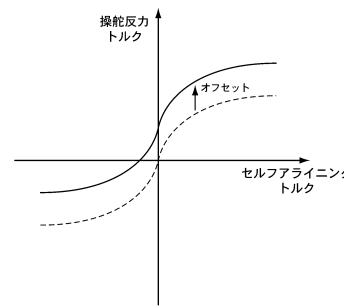
【图 8】



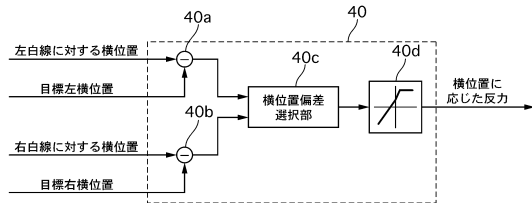
【図 16】



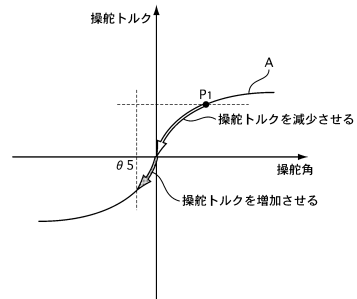
【図 18】



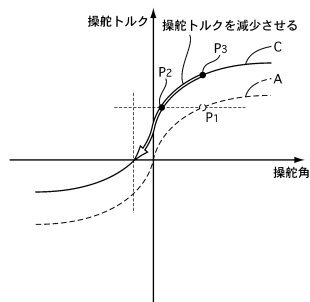
【図 17】



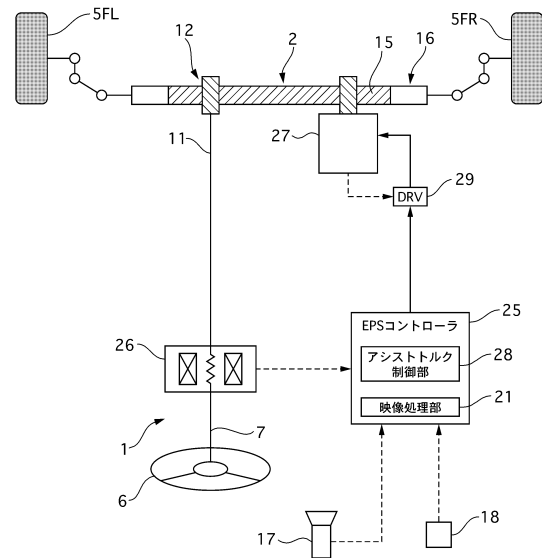
【図 19】



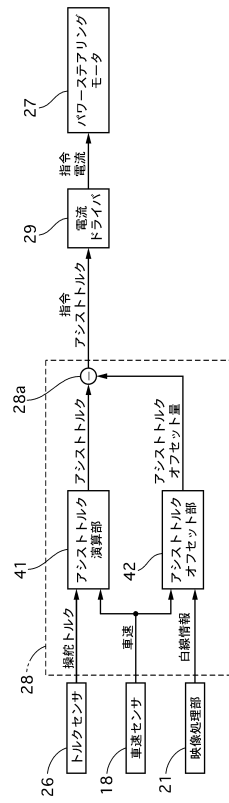
【図 20】



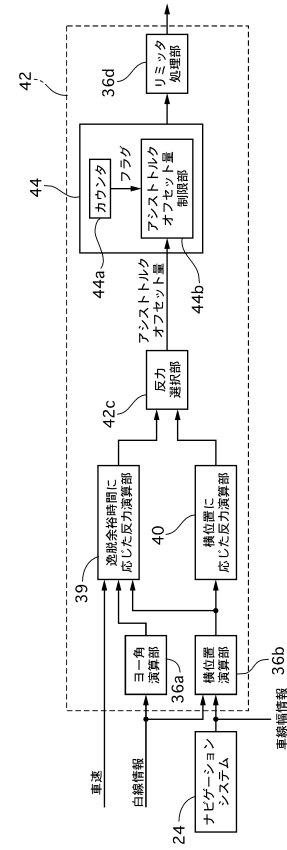
【図 21】



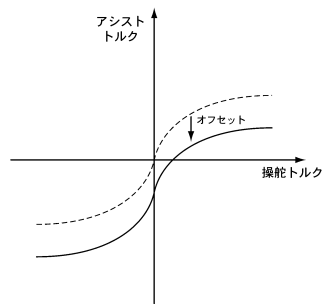
【図 2 2】



【図 2 3】



【図 2 4】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-30504 (JP, A)
特開2003-40132 (JP, A)
特開平10-273062 (JP, A)
特開2011-51570 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B62D 6/00
B62D 113/00