

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-111460

(P2018-111460A)

(43) 公開日 平成30年7月19日(2018.7.19)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 6 2 D 6/00 (2006.01)	B 6 2 D 6/00	3 D 2 3 2
B 6 2 D 5/04 (2006.01)	B 6 2 D 5/04	3 D 3 3 3
H 0 2 P 29/00 (2016.01)	H 0 2 P 29/00	5 H 5 0 1
B 6 2 D 101/00 (2006.01)	B 6 2 D 101:00	
B 6 2 D 113/00 (2006.01)	B 6 2 D 113:00	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2017-4494 (P2017-4494)	(71) 出願人	000003207
(22) 出願日	平成29年1月13日 (2017.1.13)		トヨタ自動車株式会社
			愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	100106150
			弁理士 高橋 英樹
		(74) 代理人	100082175
			弁理士 高田 守
		(74) 代理人	100113011
			弁理士 大西 秀和
		(72) 発明者	工藤 佳夫
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72) 発明者	国弘 洋司
			愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

最終頁に続く

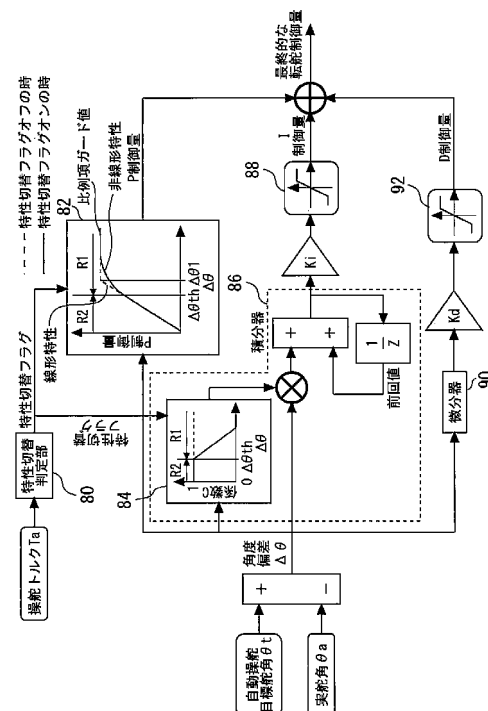
(54) 【発明の名称】 車両の運転支援装置

(57) 【要約】

【課題】外乱による目標舵角に対する実舵角の追従性の低下を抑制しつつ、運転者の介入による操舵が行われているときに自動操舵制御による転舵トルクの制御量の急変を抑制する。

【解決手段】運転支援装置は、自動操舵制御の実行中に操舵介入が行われているときには、線形特性に代えて非線形特性に基づいてP制御量を決定し、破線の特性に従う係数Cに代えて実線の特性に従う係数Cを用いてI制御量を算出する。非線形特性に基づくP制御量は、角度偏差範囲R1では、線形特性に基づくP制御量と比べて、角度偏差 $\Delta\theta$ の絶対値の増加量に対するP制御量の絶対値の増加量が小さくなるように決定される。実線の特性に従う係数Cは、角度偏差範囲R2では1を示し、角度偏差範囲R1では角度偏差 $\Delta\theta$ の絶対値が大きいほどゼロに近くなる。操舵介入が行われているときのI制御量は、この係数Cを角度偏差 $\Delta\theta$ の今回値に乘じつつ算出される積算値に基づいて算出される。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

車輪の舵角を制御するために駆動される電動モータを有する電動パワーステアリング装置を備える車両の運転支援装置であって、

前記運転支援装置は、前記車輪の実舵角を目標舵角に近づけるための転舵トルクを生成するように前記電動モータを制御する自動操舵制御を実行し、

前記自動操舵制御において前記実舵角を前記目標舵角に近づけるために用いられる前記転舵トルクの制御量は、前記目標舵角と前記実舵角との角度偏差に基づく比例項と、前記角度偏差の積算値に基づく積分項とを含み、

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入がない場合には、第 1 の比例項特性に基づく前記比例項の決定と、第 1 の積分項特性に基づく前記積分項の算出とを実行し、

前記第 1 の比例項特性では、比例項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の絶対値が大きいほど前記比例項の絶対値が大きくなるように前記比例項が決定され、

前記第 1 の積分項特性に基づく前記積分項は、積分項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の今回値の修正を伴わずに算出される前記積算値に基づいて算出され、

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者による操舵介入が行われているときには、前記第 1 の比例項特性に代えて用いられる第 2 の比例項特性に基づく前記比例項の決定と、前記第 1 の積分項特性に代えて用いられる第 2 の積分項特性に基づく前記積分項の算出との少なくとも一方を実行し、

前記第 2 の比例項特性に基づく前記比例項は、前記角度偏差の絶対値が角度偏差閾値以上の大角度偏差範囲において、前記比例項ガード値を超えない範囲内で、前記第 1 の比例項特性に基づく前記比例項と比べて、前記角度偏差の絶対値の増加量に対する前記比例項の絶対値の増加量が小さくなるように決定され、

前記第 2 の積分項特性に基づく前記積分項は、前記積分項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の絶対値が前記角度偏差閾値未満の小角度偏差範囲では 1 を示す係数であって前記大角度偏差範囲では前記角度偏差の絶対値が大きいほどゼロに近くなる前記係数を前記角度偏差の今回値に乘じつつ算出される前記積算値に基づいて算出される

ことを特徴とする車両の運転支援装置。

【請求項 2】

前記運転支援装置は、

前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第 1 閾値以上に増加したときに、前記第 2 の比例項特性を選択し、

前記自動操舵制御の実行中に前記操舵トルクの絶対値が前記第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値以下に低下したときに、前記第 1 の比例項特性を選択する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の車両の運転支援装置。

【請求項 3】

前記運転支援装置は、

前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第 1 閾値以上に増加したときに、前記第 2 の比例項特性を選択し、

前記自動操舵制御の実行中に前記角度偏差の絶対値が前記大角度偏差範囲から前記小角度偏差範囲に移行したときに、前記第 1 の比例項特性を選択する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の車両の運転支援装置。

【請求項 4】

前記運転支援装置は、

前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第 1 閾値以上に増加したときに、前記第 2 の積分項特性を選択し、

前記自動操舵制御の実行中に前記操舵トルクの絶対値が前記第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値以下に低下したときに、前記第 1 の積分項特性を選択する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか 1 つに記載の車両の運転支援装置。

【請求項 5】

前記運転支援装置は、

前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第 1 閾値以上に増加したときに、前記第 2 の積分項特性を選択し、

前記自動操舵制御の実行中に前記角度偏差の絶対値が前記大角度偏差範囲から前記小角度偏差範囲に移行したときに、前記第 1 の積分項特性を選択する

ことを特徴とする請求項 1 ～ 3 の何れか 1 つに記載の車両の運転支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

この発明は、車両の運転支援装置に関し、より詳細には、電動パワーステアリング装置を用いて車輪の舵角を制御する車両の運転支援装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、車線維持支援制御を行うパワーステアリング (EPS) 装置が開示されている。この EPS 装置は、車両の運転者による操舵をアシストするために用いられる基本アシストトルクを算出する。また、EPS 装置は、車線の所定位置を走行するための車線維持支援トルクを算出する。より詳細には、車線維持支援トルクは、走行経路に対する車両のオフセットと目標オフセットとの偏差、および、ヨー角と目標ヨー角との偏差に基づいて PID 制御を実施することで算出される。また、EPS 装置は、車線維持支援制御時の操舵フィーリングを改善するために、車線維持支援トルク (車線維持支援制御量) に応じて基本アシストトルク (基本アシスト制御量) を補償する補償トルク (補償制御量) が補正される。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 030612 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 033942 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0004】

特許文献 1 に記載の車線維持支援制御は、車輪の実舵角を目標舵角に近づけるための転舵トルクを生成するように電動パワーステアリング装置の電動モータを制御する「自動操舵制御」の一例に該当する。自動操舵制御の実行中には、運転者が介入して操舵を行う状況が想定される。特許文献 1 に記載の車線維持支援制御によれば、このような状況下において運転者の操舵に起因して目標走行経路に対する実走行経路のずれ (すなわち、目標舵角に対する車輪の実舵角のずれ) が大きくなると、上記 PID 制御の偏差が大きくなる。その結果、目標走行経路を維持するための車線維持支援トルクの算出値が大きくなる。PID 制御の制御量には、通常、制御量が極端に大きくなり過ぎないようにするためのガード値が設けられる。運転者による操舵介入によって目標舵角と実舵角との角度偏差が拡大しているときに転舵トルクの制御量 (特許文献 1 では、車線維持支援トルク) がガード値に達すると、制御量の増加に制限がかかることになる。角度偏差に対する制御量の特性が適切でないと、ガード値到達時に制御量が急変する可能性がある。制御量が急変すると、運転者がステアリングホイールの操作に対して違和感を覚える恐れがある。

40

【0005】

以上のことから、目標舵角と実舵角との角度偏差に対する転舵トルクの制御量の特性は、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入が行われるときに制御量の急変を抑制させられるように適切に決定されることが望ましいといえる。その一方で、自動操舵制御の実行中には、角度偏差は、運転者による操舵介入ではなくても、何らかの外乱 (例えば、車両が横風を受けること) によって大きくなる可能性がある。したがって、角度偏差に対

50

する転舵トルクの制御量の特性は、外乱によって角度偏差が過大となったときに目標舵角に対する実舵角の追従性を確保し易くしつつ決定されることが望ましい。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上述のような課題に鑑みてなされたものであり、電動パワーステアリング装置を用いた自動操舵制御の実行中に外乱による目標舵角に対する実舵角の追従性の低下を抑制しつつ、運転者の介入による操舵が行われているときに自動操舵制御による転舵トルクの制御量の急変を抑制することができる車両の運転支援装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明に係る車両の運転支援装置は、車輪の舵角を制御するために駆動される電動モータを有する電動パワーステアリング装置を備える車両の運転を支援する。前記運転支援装置は、前記車輪の実舵角を目標舵角に近づけるための転舵トルクを生成するように前記電動モータを制御する自動操舵制御を実行する。前記自動操舵制御において前記実舵角を前記目標舵角に近づけるために用いられる前記転舵トルクの制御量は、前記目標舵角と前記実舵角との角度偏差に基づく比例項と、前記角度偏差の積算値に基づく積分項とを含む。前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入がない場合には、第1の比例項特性に基づく前記比例項の決定と、第1の積分項特性に基づく前記積分項の算出とを実行する。前記第1の比例項特性では、比例項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の絶対値が大きいほど前記比例項の絶対値が大きくなるように前記比例項が決定される。前記第1の積分項特性に基づく前記積分項は、積分項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の今回値の修正を伴わずに算出される前記積算値に基づいて算出される。前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者による操舵介入が行われているときには、前記第1の比例項特性に代えて用いられる第2の比例項特性に基づく前記比例項の決定と、前記第1の積分項特性に代えて用いられる第2の積分項特性に基づく前記積分項の算出との少なくとも一方を実行する。前記第2の比例項特性に基づく前記比例項は、前記角度偏差の絶対値が角度偏差閾値以上の大角度偏差範囲において、前記比例項ガード値を超えない範囲内で、前記第1の比例項特性に基づく前記比例項と比べて、前記角度偏差の絶対値の増加量に対する前記比例項の絶対値の増加量が小さくなるように決定される。前記第2の積分項特性に基づく前記積分項は、前記積分項ガード値を超えない範囲内で、前記角度偏差の絶対値が前記角度偏差閾値未満の小角度偏差範囲では1を示す係数であって前記大角度偏差範囲では前記角度偏差の絶対値が大きいほどゼロに近くなる前記係数を前記角度偏差の今回値に乘じつつ算出される前記積算値に基づいて算出される。

【 0 0 0 8 】

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第1閾値以上に増加したときに、前記第2の比例項特性を選択し、一方、前記自動操舵制御の実行中に前記操舵トルクの絶対値が前記第1閾値よりも小さい第2閾値以下に低下したときに、前記第1の比例項特性を選択してもよい。

【 0 0 0 9 】

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第1閾値以上に増加したときに、前記第2の比例項特性を選択し、一方、前記自動操舵制御の実行中に前記角度偏差の絶対値が前記大角度偏差範囲から前記小角度偏差範囲に移行したときに、前記第1の比例項特性を選択してもよい。

【 0 0 1 0 】

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第1閾値以上に増加したときに、前記第2の積分項特性を選択し、一方、前記自動操舵制御の実行中に前記操舵トルクの絶対値が前記第1閾値よりも小さい第2閾値以下に低下したときに、前記第1の積分項特性を選択してもよい。

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

前記運転支援装置は、前記自動操舵制御の実行中に前記運転者によるステアリングホイールの操舵トルクの絶対値が第 1 閾値以上に増加したときに、前記第 2 の積分項特性を選択し、一方、前記自動操舵制御の実行中に前記角度偏差の絶対値が前記大角度偏差範囲から前記小角度偏差範囲に移行したときに、前記第 1 の積分項特性を選択してもよい。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、自動操舵制御の実行中には、運転者による操舵介入の有無に応じて異なる特性を利用して、舵舵制御量の比例項および積分項の少なくとも一方が決定される。

【0013】

より具体的には、操舵介入が行われているときに第 2 の比例項特性が用いられた場合には、角度偏差の絶対値が角度偏差閾値以上となる（すなわち、相対的に大きな）大角度偏差範囲において、操舵介入がないときに用いられる第 1 の比例項特性に基づく比例項と比べて、角度偏差の絶対値の増加量に対する比例項の絶対値の増加量が小さくなるように比例項が決定される。このような第 2 の比例項特性によれば、比例項ガード値の付近で角度偏差の絶対値の増加量に対する比例項の絶対値の増加量を第 1 の比例項特性のそれと比べて緩やかにすることができる。このため、運転者による操舵介入が行われている場合に、比例項ガード値付近での比例項の急変を抑制することができる。一方、運転者による操舵介入がない場合には、第 1 の比例項特性が使用されるので、外乱に起因して角度偏差が大きくなったとしても、目標舵角に対する実舵角の追従性を適切に確保し易くすることができる。

【0014】

また、操舵介入が行われているときに第 2 の積分項特性が用いられた場合には、角度偏差の絶対値が角度偏差閾値未満の小角度偏差範囲では 1 を示す係数であって大角度偏差範囲では角度偏差の絶対値が大きいほどゼロに近くなる係数を角度偏差の今回値に乘じつつ算出される積算値に基づいて積分項が算出される。これに対し、第 1 の積分項特性によれば、角度偏差の今回値の修正を伴わずに算出される積算値に基づいて積分項が算出される。このような第 2 の積分項特性によれば、積分項ガード値の付近における積分項の時間変化を、第 1 の積分項特性の使用時と比べて緩やかにすることができる。このため、運転者による操舵介入が行われている場合に、積分項ガード値付近での積分項の急変を抑制することができる。一方、運転者による操舵介入がない場合には、第 1 の積分項特性が使用されるので、外乱に起因して角度偏差が大きくなったとしても、目標舵角に対する実舵角の追従性を適切に確保し易くすることができる。

【0015】

以上のことから、本発明によれば、自動操舵制御の実行中に外乱による目標舵角に対する実舵角の追従性の低下を抑制しつつ、運転者の介入による操舵が行われているときに自動操舵制御による舵舵トルクの制御量の急変を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図 1】本発明の実施の形態 1 に係る運転支援装置が適用される車両の構成例を示す概略図である。

【図 2】ECU によって実行される自動操舵制御の概要を表したブロック図である。

【図 3】角度偏差範囲 R1 が使用されている場合において、係数 C の特性の相違に伴う I 制御量の時間変化特性の違いを表した図である。

【図 4】本発明の実施の形態 1 に係る自動操舵制御に関連する特徴的な処理のルーチンを示すフローチャートである。

【図 5】P ゲイン（比例項ゲイン）と角度偏差 $\Delta\theta$ との関係を表した図である。

【図 6】本発明の実施の形態 2 に係る自動操舵制御に関連する特徴的な処理のルーチンを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

10

20

30

40

50

以下に示す各実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数に、この発明が限定されるものではない。また、以下に示す実施の形態において説明する構造やステップ等は、特に明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、この発明に必ずしも必須のものではない。

【 0 0 1 8 】

実施の形態 1 .

まず、図 1 ~ 4 を参照して、本発明の実施の形態 1 について説明する。

【 0 0 1 9 】

[運転支援装置を備える車両の構成例]

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る運転支援装置が適用される車両 1 0 の構成例を示す概略図である。図 1 に示すように、本実施形態の車両 1 0 は、2 つの前輪 1 2 と 2 つの後輪 1 4 とを備えている。

10

【 0 0 2 0 】

車両 1 0 は、ステアリング装置 2 0 を備えている。ステアリング装置 2 0 は、2 つの前輪 1 2 を転舵する装置である。具体的には、ステアリング装置 2 0 は、ステアリングホイール 2 2、操舵軸 2 4、ピニオンギア 2 6、ラックバー 2 8、タイロッド 3 0、および電動パワーステアリング (EPS: Electric Power Steering) 装置 4 0 を備えている。なお、本実施形態の運転支援装置は、前輪 1 2 と後輪 1 4 の両方が操舵対象となる車両 (いわゆる、4 W S (4 Wheel Steering) 車両) にも同様に適用することができる。

20

【 0 0 2 1 】

ステアリングホイール 2 2 は、運転者による操舵操作に用いられる。つまり、前輪 1 2 を転舵させたいとき、運転者はステアリングホイール 2 2 を回転させる。操舵軸 2 4 は、ステアリングホイール 2 2 に連結されている。操舵軸 2 4 の他端は、ピニオンギア 2 6 に連結されている。ピニオンギア 2 6 は、ラックバー 2 8 と噛み合っている。ラックバー 2 8 の両端は、タイロッド 3 0 を介して左右の前輪 1 2 に連結されている。ステアリングホイール 2 2 の回転は、操舵軸 2 4 を介して、ピニオンギア 2 6 に伝達される。ピニオンギア 2 6 の回転運動はラックバー 2 8 の直線運動に変換され、それにより、前輪 1 2 の舵角が変化する。

【 0 0 2 2 】

E P S 装置 4 0 は、前輪 1 2 を転舵する力を生成する装置である。より詳細には、E P S 装置 4 0 は、電動モータ 4 2 と E P S ドライバ 4 4 とを備えている。一例として、電動モータ 4 2 は、変換機構 4 6 を介してラックバー 2 8 に連結されている。変換機構 4 6 は、例えばボールねじである。電動モータ 4 2 のロータが回転すると、変換機構 4 6 は、その回転運動をラックバー 2 8 の直線運動に変換する。これにより、前輪 1 2 の舵角が変化する。

30

【 0 0 2 3 】

E P S ドライバ 4 4 は、電動モータ 4 2 を駆動するための装置であり、インバータを含んでいる。インバータは、図示しない直流電源から供給される直流電力を交流電力に変換し、その交流電力を電動モータ 4 2 に供給し、電動モータ 4 2 を駆動する。E P S ドライバ 4 4 が電動モータ 4 2 の回転を制御することによって、前輪 1 2 を転舵することができる。この E P S ドライバ 4 4 の動作、すなわち、E P S 装置 4 0 の動作は、後述の E C U 5 0 によって制御される。E C U 5 0 による E P S 装置 4 0 の制御の詳細は、後述される。

40

【 0 0 2 4 】

車両 1 0 には、電子制御ユニット (E C U) 5 0 が搭載されている。E C U 5 0 には、車両 1 0 の様々な状態量を検出するための各種センサが電氣的に接続されている。ここでいう各種センサは、一例として、操舵トルクセンサ 6 0、舵角センサ 6 2、および車速センサ 6 4 を含んでいる。

【 0 0 2 5 】

50

操舵トルクセンサ 60 は、操舵軸 24 に印加される操舵トルク T_a を検出する。操舵トルクセンサ 60 は、操舵トルク T_a に応じた操舵トルク信号を ECU 50 に出力する。なお、操舵トルク T_a の値は、ステアリングホイール 22 の操舵方向の違いに起因して正または負となる。

【0026】

舵角センサ 62 は、操舵軸 24 の回転角 ϕ_a を検出する。この回転角 ϕ_a は、ステアリングホイール 22 の操舵角と同じである。舵角センサ 62 は、回転角 ϕ_a に応じた操舵角信号を ECU 50 に出力する。ステアリングホイール 22 の操舵角と前輪 12 の舵角との間には相関がある。このため、両者の関係を定めておくことで、舵角センサ 62 により検出される回転角 ϕ_a に応じた値として前輪 12 の実舵角 θ_a を算出することができる。なお、ステアリングホイール 22 の操舵角（回転角 ϕ_a ）およびこれに相関のある実舵角 θ_a の値は、ステアリングホイール 22 の操舵方向の違いに起因して正または負となる。

【0027】

車速センサ 64 は、車両 10 の速度である車速 V を検出し、車速 V に応じた車速信号を ECU 50 に出力する。

【0028】

また、車両 10 には、運転環境検出装置 70 が搭載されている。運転環境検出装置 70 は、後述する車両 10 の自動運転制御において、車両 10 が走行する走行車線の検出に用いられる「運転環境情報」を取得する。運転環境情報としては、まず、車両 10 の周辺の物標に関する周辺物標情報が挙げられる。周辺物標は、移動物標と静止物標とを含む。移動物標としては、周辺車両や歩行者が例示される。移動物標に関する情報は、移動物標の位置および速度を含む。静止物標としては、路側物や白線が例示される。静止物標に関する情報は、静止物標の位置を含む。

【0029】

運転環境検出装置 70 は、周辺物標情報を検出するために、一例として、車両 10 の周辺の状況を撮像するステレオカメラを備えている。ステレオカメラによって撮像された画像は、随時 ECU 50 に画像データとして送信される。送信された画像データは、ECU 50 によって画像処理される。その結果として、ECU 50 は、画像データに含まれる白線を基に車両 10 の走行車線を検出することができる。なお、周辺物標情報の検出のために、ステレオカメラに代え、あるいはそれとともに、例えば、ライダー（LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging）およびミリ波レーダーの少なくとも一方が用いられてもよい。ライダーは、光を利用して車両 10 の周辺の物標を検出する。ミリ波レーダーは、電波を利用して車両 10 の周辺の物標を検出する。

【0030】

また、車両 10 の走行車線の検出のために、運転環境情報として、周辺物標情報に代え、あるいはそれとともに、車両 10 の位置姿勢情報が用いられてもよい。位置姿勢情報は、例えば、GPS（Global Positioning System）装置を用いて取得することができる。GPS 装置は、複数の GPS 衛星から送信される信号を受信し、受信信号に基づいて車両 10 の位置および姿勢（方位）を算出する。GPS 装置は、算出した位置姿勢情報を ECU 50 に送る。

【0031】

自動運転制御のための運転環境情報としては、さらに、レーン情報およびインフラ提供情報などが挙げられる。運転環境検出装置 70 は、車線変更を自動的に行うために、レーン情報の取得のために地図データベースを含んでもよく、また、インフラ提供情報の取得のために通信装置を含んでもよい。地図データベースには、地図上の各レーンの配置を示すレーン情報が記録されている。地図データベースと車両 10 の位置とに基づいて、車両 10 の周辺のレーン情報を取得することができる。通信装置は、情報提供システムからインフラ提供情報を取得する。インフラ提供情報としては、渋滞情報、工事区間情報などが挙げられる。通信装置を備えている場合には、このようなインフラ提供情報が ECU 50 に送られる。後述の目標舵角 θ_t は、このようなレーン情報およびインフラ提供情報の少

10

20

30

40

50

なくとも１つを考慮して算出されてもよい。

【００３２】

さらに、車両１０には、運転者が自動運転制御のオン／オフを選択するための選択スイッチ７２が設置されている。

【００３３】

ＥＣＵ５０は、プロセッサ、メモリ、および入出力インターフェースを備えている。入出力インターフェースは、上述の各種センサからセンサ信号を受け取るとともに、運転環境検出装置７０から運転環境情報を受け取る。また、入出力インターフェースは、選択スイッチ７２から自動運転制御の実施に関する運転者の要求を受け取る。

【００３４】

ＥＣＵ５０は、車両１０の運転に関する各種の運転制御を実行する。具体的には、ＥＣＵ５０の運転制御は、前輪１２の操舵制御と自動運転制御とを含む。これらの制御は、上述の各種センサの検出情報と運転環境検出装置７０の運転環境情報と選択スイッチ７２の操作情報とに基づいて実行される。より詳細には、ＥＣＵ５０のプロセッサがメモリに格納された制御プログラムを実行することにより実現される。

【００３５】

自動運転制御は、より具体的には、ＥＰＳ装置４０を用いて前輪１２の操舵を自動的に行う自動操舵制御と、車両１０の加減速に関する自動加減速制御とを含む。また、ＥＣＵ５０は、前輪１２の操舵制御として、自動運転制御の非実行中に運転者による操舵をアシストする操舵トルクアシスト制御を実行する。このように、前輪１２の操舵制御は、操舵トルクアシスト制御と自動操舵制御とを含む。なお、操舵トルクセンサ６０および舵角センサ６２等の各種センサ、ならびに運転環境検出装置７０および選択スイッチ７２から入力される情報に基づいて自動操舵制御を実行するＥＣＵ５０が、本実施形態の運転支援装置に相当する。また、本実施形態では、自動加減速制御は、公知の手法に従い、任意の要領にて実行されればよい。

【００３６】

[実施の形態１の操舵制御]

１．操舵トルクアシスト制御（非自動運転時の操舵制御）

選択スイッチ７２がオフされた時（すなわち、非自動運転時）には、運転者が車両１０の運転の主体となり、運転者がステアリングホイール２２を操作する。このため、前輪１２の舵角は、運転者の操作によって決まる。

【００３７】

操舵トルクアシスト制御では、ＥＣＵ５０は、操舵トルクセンサ６０から、操舵トルク信号を受け取る。ＥＣＵ５０は、操舵トルクＴ_aに基づいてアシストトルクを算出し、アシストトルクが得られるようにＥＰＳドライバ４４を制御する。

【００３８】

例えば、ＥＣＵ５０は、入力パラメータとアシストトルクとの関係を示すトルクマップを保持している。入力パラメータは、操舵トルクセンサ６０によって検出される操舵トルクＴ_aを含む。入力パラメータは、さらに、車速センサ６４により検出される車速Ｖを含んでいてもよい。トルクマップは、所望のアシスト特性を考慮して予め決定されている。運転者によるステアリングホイール２２の操作に応答して、ＥＣＵ５０は、トルクマップを参照し、入力パラメータに応じたアシストトルクを算出する。

【００３９】

そして、ＥＣＵ５０は、アシストトルクに応じた目標電流指令値を算出し、目標電流指令値をＥＰＳドライバ４４に出力する。ＥＰＳドライバ４４は、目標電流指令値に従って電動モータ４２を駆動する。電動モータ４２の回転トルク（アシストトルク）は、変換機構４６を介してラックバー２８に伝達される。その結果、前輪１２の転舵がアシストされ、運転者の操舵負担が軽減される。

【００４０】

２．自動操舵制御（自動運転時の操舵制御）

10

20

30

40

50

選択スイッチ 72 がオンされた時（すなわち、自動運転時）には、操舵を含む運転の主体は、運転者から自動運転システムに移る。付け加えると、自動操舵制御は、運転者による操舵への介入を許容しているが、基本的には運転者による操舵を必要とせずに行われる。

【0041】

ECU50は、EPS装置40を用いて前輪12の舵角を自動的に制御する。すなわち、非自動運転時には「操舵トルクアシスト制御」に用いられていたEPS装置40が、自動運転時には「自動操舵制御」に用いられる。

【0042】

図2は、ECU50によって実行される自動操舵制御の概要を表したブロック図である。

10

【0043】

2-1. 目標舵角 θ_t の算出

自動操舵制御では、目標ラインに沿って車両10が走行するように車両10の実舵角 θ_a が制御される。目標ラインは、運転環境検出装置70のステレオカメラからの画像データを基に検出した走行車線の中央付近に位置する走行ラインとして特定することができる。ECU50は、自動操舵制御に要求される前輪12の目標舵角 θ_t を算出する。目標舵角 θ_t は、一例として次のように算出することができる。すなわち、ECU50は、検出した走行車線に基づいて、走行車線の曲率半径、走行車線に対する車両10のオフセット量（より詳細には、走行車線の中心線に対する車両10の前後方向の中心線のずれ量）、およびヨー角を算出する。

20

【0044】

ECU50は、算出した曲率半径、オフセット量およびヨー角に基づいて、目標舵角 θ_t を算出する。より具体的には、目標舵角 θ_t の算出は、例えば以下のように行われる。ECU50は、検出した走行車線の曲率半径に基づいて、車両10を目標ラインに沿って走行させるために必要な横加速度を算出する。また、ECU50は、算出したオフセット量と事前に設定された目標オフセット量との偏差に基づいて、オフセット量を目標オフセット量に収束させるために必要な横加速度をフィードバック制御により算出する。さらに、ECU50は、算出したヨー角と事前に設定された目標ヨー角との偏差に基づいて、ヨー角を目標ヨー角に収束させるために必要な横加速度をフィードバック制御により算出する。そのうえで、ECU50は、これらの3つの横加速度を加算して目標横加速度を算出する。ECU50は、目標横加速度および車速Vなどの入力パラメータと目標舵角 θ_t との関係性を定めたマップ（図示省略）を記憶している。目標舵角 θ_t は、そのようなマップを参照して、目標横加速度を車両10に発生させるために必要な値として算出される。

30

【0045】

2-2. PID制御

ECU50は、自動操舵制御において実舵角 θ_a を目標舵角 θ_t に近づけるために（すなわち、車両10の実際の走行ラインを目標ラインに追従させるために）PID制御を実行する。

【0046】

より詳細には、ECU50は、目標舵角 θ_t と実舵角 θ_a との差（より詳細には、一例として、目標舵角 θ_t から実舵角 θ_a を引いて得られる差）である角度偏差 $\Delta\theta$ [deg] を算出する。そして、ECU50は、図2に示すように、角度偏差 $\Delta\theta$ に基づいて、PID制御による舵角制御量の比例項、積分項および微分項をそれぞれ算出する。そのうえで、ECU50は、これらの制御量を足し合わせることで、最終的な舵角制御量（舵角トルクの制御量）を算出する。以下の説明では、比例項、積分項および微分項は、それぞれ、P制御量、I制御量およびD制御量と称される。

40

【0047】

2-2-1. 特性切替判定部80

ECU50は、図2に示すように特性切替判定部80を備えている。ECU50は、P

50

制御量の算出のためにP制御量マップ82を用い、I制御量の算出のために角度偏差調整マップ84を用いる。特性切替判定部80は、運転者から操舵軸24に入力される操舵トルク T_a に応じて、P制御量マップ82および角度偏差調整マップ84の特性を切り替える。より詳細には、特性切替判定部80は、操舵トルク T_a に基づいて、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入が行われているか否かを判定し、その判定結果に基づいて上述のマップ82、84の特性を切り替える。

【0048】

2-2-2. P制御量(比例項)の算出

P制御量マップ82は、図2に示すように、P制御量と角度偏差 $\Delta\theta$ との関係を定めている。より詳細には、図2は、角度偏差 $\Delta\theta$ が正となる場合(すなわち、目標舵角 θ_t が実舵角 θ_a よりも大きい場合)におけるP制御量マップ82の特性を表している。図2に示すように、正の角度偏差 $\Delta\theta$ が大きいほど、正のP制御量が大きくなる。なお、図2では図示を省略しているが、角度偏差 $\Delta\theta$ が負となる場合(すなわち、実舵角 θ_a が目標舵角 θ_t よりも大きい場合)におけるP制御量マップ82の特性は、図2に示す特性(実線および破線)を原点に対して対称移動して得られる特性と同じである。したがって、角度偏差 $\Delta\theta$ が負側で大きいほど、P制御量は負側で大きくなる。以下、図2に示されるように角度偏差 $\Delta\theta$ が正となる範囲を例に挙げてP制御量の特性が説明される。

10

【0049】

P制御量マップ82には、P制御量に上下限を設けるための比例項ガード値が設けられている(図2では上限側の比例項ガード値のみが示されている)。角度偏差 $\Delta\theta$ の増加中にP制御量が比例項ガード値に到達すると、P制御量が比例項ガード値を超えないように制限される。

20

【0050】

P制御量マップ82中に示す破線は、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入がないときに用いられる特性を示している。この特性では、図2に示すように、角度偏差 $\Delta\theta$ の増加に伴ってP制御量が直線的に大きくなる。このため、以下の説明では、この破線の特性のことを「線形特性」と称する。なお、この線形特性は、本発明における「第1の比例項特性」に相当する。

【0051】

一方、P制御量マップ82中に示す実線は、自動操舵制御の実行中に運転者が介入して操舵を行っているときに用いられる特性を示している。図2中の角度偏差範囲R1は、角度偏差 $\Delta\theta$ の絶対値が閾値 $\Delta\theta_{th}$ 以上となる範囲を示し、角度偏差範囲R2は、角度偏差 $\Delta\theta$ の絶対値が閾値 $\Delta\theta_{th}$ 未満となる範囲を示している。P制御量マップ82中の実線の特性では、角度偏差範囲R2については、上記の線形特性と同様に、角度偏差 $\Delta\theta$ の増加に伴ってP制御量が直線的に大きくなっている。しかしながら、角度偏差範囲R1では、線形特性(破線)と比べて、角度偏差 $\Delta\theta$ の増加量に対するP制御量の増加量が小さくなっている。以下の説明では、この実線の特性のことを「非線形特性」と称する。なお、この線形特性は、本発明における「第2の比例項特性」に相当する。また、角度偏差範囲R1は、本発明における「大角度偏差範囲」に相当し、角度偏差範囲R2は、本発明における「小角度偏差範囲」に相当する。

30

40

【0052】

より具体的には、非線形特性は、閾値 $\Delta\theta_{th}$ 以上の角度偏差範囲R1が使用された場合には、角度偏差 $\Delta\theta$ の増加量に対するP制御量の増加量が、P制御量が比例項ガード値に近づくほど小さくなるように決定されている。このような非線形特性によれば、比例項ガード値の付近で角度偏差 $\Delta\theta$ の増加量に対するP制御量の増加量を線形特性のそれと比べて緩やかにすることができる。さらに付け加えると、非線形特性によれば、P制御量が比例項ガード値に到達するときの角度偏差 $\Delta\theta$ の値が、線形特性のそれと比べて大きくなる。

【0053】

閾値 $\Delta\theta_{th}$ は、線形特性の下でP制御量が比例項ガード値に到達するときの角度偏差

50

$\Delta\theta_1$ よりも小さい。閾値 $\Delta\theta_{th}$ 未満の角度偏差範囲 R_2 は、自動操舵制御の実行中に実舵角 θ_a を目標舵角 θ_t に追従させているとき（すなわち、実際の走行ラインを目標ラインに追従させているとき）に使用される範囲（換言すると、このときに角度偏差が収まる範囲）である。このため、閾値 $\Delta\theta_{th}$ の値は、目標舵角 θ_t への実舵角 θ_a の追従性を確保可能な上限値としての意義を有するといえる。また、角度偏差範囲 R_2 は、運転者が自己の意思に基づいて車両10の方向転換のために操舵を行う場合には使用されないような小角度偏差範囲といえる。さらに付け加えると、線形特性（破線）における角度偏差範囲 R_2 内の P 制御量は、目標舵角 θ_t への実舵角 θ_a の追従性を適切に確保可能な値となるように決定されている。

【0054】

一方、閾値 $\Delta\theta_{th}$ 以上の角度偏差範囲 R_1 は、運転者による操舵中に使用される。付け加えると、上述の追従性の確保の観点から、角度偏差範囲 R_1 は、自動操舵制御において実舵角 θ_a を目標舵角 θ_t に追従させているときには使用が予定されていない範囲である。ただし、自動操舵制御の実行中であっても、角度偏差範囲 R_1 が使用されることがある。その例は、運転者による操舵介入が行われた場合と、何らかの外乱（例えば、車両10が強い横風を受けること）がある場合である。

【0055】

ここで、自動操舵制御の実行中（すなわち、目標舵角 θ_t への実舵角 θ_a の追従性の確保のために P 制御量を含む転舵制御量に基づくEPS装置40の駆動が行われているとき）に運転者による操舵介入が行われることによって、 P 制御量が比例項ガード値に到達する状況を想定する。この状況下において線形特性（破線）が使用されると、角度偏差 $\Delta\theta$ の増加量に対する P 制御量の増加量が大きい状態で P 制御量が比例項ガード値に到達し、 P 制御量の増加に制限がかかることになる。その結果、 P 制御量が急変してしまう。制御量が急変すると、運転者がステアリングホイール22の操作に対して違和感を覚える恐れがある。

【0056】

そこで、特性切替判定部80は、操舵トルク T_a に基づいて運転者による操舵介入が行われていると判定した場合には、特性切替フラグをオンとする。ECU50は、特性切替フラグがオンになっているときは、 P 制御量マップ82の非線形特性を用いて、角度偏差 $\Delta\theta$ に応じた P 制御量を算出する。

【0057】

特性切替判定部80は、操舵トルク T_a に基づいて運転者による操舵介入がないと判定した場合には、特性切替フラグをオフとする。ECU50は、特性切替フラグがオフになっているときは、 P 制御量マップ82の線形特性を用いて、角度偏差 $\Delta\theta$ に応じた P 制御量を算出する。

【0058】

2-2-3. I 制御量（積分項）の算出

ECU50は、積分器86において、角度偏差 $\Delta\theta$ を時間で積分することによってその積算値を算出する。より詳細には、積分器86では、角度偏差 $\Delta\theta$ の今回値（最新値）に対して角度偏差 $\Delta\theta$ の前回値を足す処理を繰り返し実行することで、角度偏差 $\Delta\theta$ の積算値が算出される。そして、ECU50は、角度偏差 $\Delta\theta$ の積算値に所定の積分ゲイン K_i を乗じることによって、転舵制御量の I 制御量を算出する。 I 制御量は、その算出値が極端に大きくなり過ぎないようにするために、上下限ガード部88において、値の大きさによっては所定範囲内に収まるように制限される。

【0059】

本実施形態では、特性切替判定部80による特性切替フラグのオン/オフに応じて、積分器86における角度偏差 $\Delta\theta$ の積算値の算出の仕方が異なっている。具体的には、積分器86では、角度偏差 $\Delta\theta$ の今回値が常にそのまま前回値と足し合わされるのではなく、今回値に係数 C を乗じて得られた値が前回値に足し合わされる。そして、角度偏差 $\Delta\theta$ に対する係数 C の特性が特性切替フラグのオン/オフに応じて変更される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

E C U 5 0 は、図 2 中に示す角度偏差調整マップ 8 4 を用いて、角度偏差 $\Delta \theta$ の今回値に
応じた値として係数 C を算出する。角度偏差調整マップ 8 4 の係数 C の特性に関する以
下の説明は、図 2 中の P 制御量マップ 8 2 についての上述の説明と同様に、角度偏差 $\Delta \theta$
が正となる範囲を例に挙げて行われる。なお、角度偏差 $\Delta \theta$ が負となる範囲の係数 C の特
性は、角度偏差 $\Delta \theta$ がゼロとなる位置での係数 C の軸（縦軸）を対称軸として、角度偏差
 $\Delta \theta$ が正となる範囲の係数 C の特性と線対称となる。

【 0 0 6 1 】

角度偏差調整マップ 8 4 の破線は、特性切替フラグがオフであるとき（すなわち、自動
操舵制御の実行中に運転者による操舵介入がないとき）に用いられる特性を示している。
この破線の特性では、図 2 に示すように、係数 C の値は、角度偏差 $\Delta \theta$ に関係なく 1 で一
定とされている。

【 0 0 6 2 】

角度偏差調整マップ 8 4 中に示す実線は、特性切替フラグがオンであるとき（すなわち
、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入が行われているとき）に用いられる特性
を示している。この実線の特性においても、閾値 $\Delta \theta_{th}$ 未満の角度偏差範囲 R 2 におけ
る係数 C の値については、上記の破線の特性と同様に 1 で一定とされている。一方、閾値
 $\Delta \theta_{th}$ 以上の角度偏差範囲 R 1 における係数 C の値は、図 2 に示すように、角度偏差 Δ
 θ が大きいほどゼロに近くなるように決定されている。より詳細には、この例では、角度
偏差 $\Delta \theta$ が大きいほど一時的に減少するように係数 C が決定されている。

【 0 0 6 3 】

係数 C として 1 が用いられた場合には、角度偏差 $\Delta \theta$ の今回値は、変更されることなく
そのまま前回値に足し合わされる。一方、係数 C としてゼロよりも大きくかつ 1 未満の値
が用いられた場合には、係数 C によって減少させられた角度偏差 $\Delta \theta$ の今回値が前回値に
足し合わされることになる。なお、図 2 中の破線の特性に従う係数 C を用いて算出される
I 制御量の特性は、本発明における「第 1 の積分項特性」に相当し、同図中の実線の特性
に従う係数 C を用いて算出される I 制御量の特性は、本発明における「第 2 の積分項特性
」に相当する。

【 0 0 6 4 】

図 3 は、角度偏差範囲 R 1 が使用されている場合において、係数 C の特性の相違に伴う
I 制御量の時間変化特性の違いを表した図である。図 3 中に破線で示す波形は、角度偏差
調整マップ 8 4 中に破線で示す特性に従う係数 C が用いられたときに対応しており、同図
中に実線で示す波形は、角度偏差調整マップ 8 4 中に実線で示す特性に従う係数 C が用い
られたときに対応している。

【 0 0 6 5 】

角度偏差調整マップ 8 4 中に実線で示す特性によれば、上述のように、閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以
上の角度偏差範囲 R 1 における係数 C の値が、角度偏差 $\Delta \theta$ が大きいほどゼロに近づくよ
うに決定されている。これにより、運転者による操舵介入に伴って角度偏差範囲 R 1 が使
用されているときに、角度偏差 $\Delta \theta$ の前回値に足し合わされる今回値を時間経過とともに
徐々に減少させることができる。その結果、図 3 中に実線で示される波形では、破線で示
される波形と比べて、積分項ガード値の付近における I 制御量の時間変化を緩やかにする
ことができる。

【 0 0 6 6 】

2 - 2 - 4 . D 制御量（微分項）の算出

E C U 5 0 は、微分器 9 0 において、角度偏差 $\Delta \theta$ を時間で微分することによってその
微分値を算出する。そして、E C U 5 0 は、角度偏差 $\Delta \theta$ の微分値に所定の微分ゲイン K
d を乗じることによって、転舵制御量の D 制御量を算出する。D 制御量も、I 制御量と同
様に、その算出値が極端に大きくなり過ぎないようにするために、上下限ガード部 9 2 に
おいて、値の大きさによっては所定範囲内に収まるように制限される。

【 0 0 6 7 】

2 - 2 - 5 . 最終的な転舵制御量の算出

ＥＣＵ５０は、上述のように算出される転舵制御量のＰ制御量、Ｉ制御量およびＤ制御量を足し合わせるにより、最終的な転舵制御量を算出する。そのうえで、ＥＣＵ５０は、最終的な転舵制御量（転舵トルクの制御量）に応じた目標電流指令値を算出し、目標電流指令値をＥＰＳドライバ４４に出力してＥＰＳ装置４０の電動モータ４２を駆動する。その結果、ＥＰＳ装置４０による自動操舵機能によって、前輪１２の実舵角 θ_a が目標舵角 θ_t となるように制御される。より詳細には、前輪１２の実舵角 θ_a を目標舵角 θ_t に収束させるフィードバック制御が行われる。なお、前輪１２の実舵角 θ_a を目標舵角 θ_t に近づけるための転舵トルクの制御量は、少なくともＰ制御量とＩ制御量とを含んでいればよく、したがって、Ｄ制御量は必ずしも使用されなくてもよい。

10

【００６８】

３．自動操舵制御に関連する処理

図４は、本発明の実施の形態１に係る自動操舵制御に関連する特徴的な処理のルーチンを示すフローチャートである。本ルーチンは、車両１０の運転中に実行され得る自動操舵制御に関する処理に着目したものである。本ルーチンの処理は、車両１０の運転中に所定の制御周期で繰り返し実行される。

【００６９】

ＥＣＵ５０は、まず、入力信号処理を実行する（ステップＳ１００）。具体的には、ＥＣＵ５０は、各種センサ信号、運転環境検出装置７０からの運転環境情報、および、選択スイッチ７２からの信号を取得する。各種センサ信号には、ＥＣＵ５０に接続された操舵トルクセンサ６０等の各種センサから入力された操舵トルク信号、操舵角信号および車速信号等が該当する。また、ステップＳ１００では、ＥＣＵ５０は、目標舵角 θ_t の算出を行う。

20

【００７０】

次に、ＥＣＵ５０は、自動運転制御の実行中であるか否かを判定する（ステップＳ１０２）。ＥＣＵ５０は、運転者によって選択スイッチ７２がオンとされた場合には、所定の実行条件の成立を条件として、自動操舵制御を含む自動運転制御を実行する。ＥＣＵ５０は、自動運転制御の実行中には、自動運転制御の実行中であることを示すフラグをオンとし、自動運転制御の非実行中には、当該フラグをオフとしている。本ステップＳ１０２では、そのようなフラグの状態に基づいて自動運転制御の実行中であるか否かが判定される。その結果、ステップＳ１０２において自動運転制御の実行中ではないと判定した場合には、ＥＣＵ５０は、今回のルーチン起動時の処理を速やかに終了する。なお、この場合には、操舵トルクアシスト制御が実行されることになる。

30

【００７１】

一方、ステップＳ１０２において自動運転制御（自動操舵制御を含む）の実行中であると判定した場合には、ＥＣＵ５０は、運転者の操舵トルク T_a の絶対値が閾値 T_{th1} 以上であるか否かを判定する（ステップＳ１０４）。閾値 T_{th1} は、運転者による操舵が行われているか否かを判定するための値として事前に決定されたものである。なお、この閾値 T_{th1} は、本発明における「第１閾値」に相当する。

【００７２】

40

ＥＣＵ５０（特性切替判定部８０）は、ステップＳ１０４の判定が成立する場合（操舵トルク T_a 閾値 T_{th1} ）、つまり、自動操舵制御の実行中に運転者が介入して操舵を行っている判断できる場合には、特性切替フラグをオンとする（ステップＳ１０６）。また、この場合には、ＥＣＵ５０は、ＰＩ制御量特性２を選択する（ステップＳ１０８）。ＰＩ制御量特性２は、Ｐ制御量の非線形特性と、図２中に実線で示される係数Ｃの特性に基づくＩ制御量の特性との組み合わせに相当する。

【００７３】

ＥＣＵ５０は、ステップＳ１０４の判定が不成立となる場合（操舵トルク $T_a < 閾値 T_{th1}$ ）には、次いで、操舵トルク T_a が閾値 T_{th2} 以下であるか否かを判定する（ステップＳ１１０）。閾値 T_{th2} は、上記の閾値 T_{th1} よりも小さな値であり、特性切

50

替フラグのオン/オフの切り替えにヒステリシスを持たせるために用いられる。なお、この閾値 T_{th2} は、本発明における「第2閾値」に相当する。

【0074】

ECU50は、ステップS110の判定が成立する場合（操舵トルク T_a 閾値 T_{th2} ）には、特性切替フラグをオフとし（ステップS112）、PI制御量特性1を選択する（ステップS114）。PI制御量特性1は、P制御量の線形特性と、図2中に破線で示される係数Cの特性に基づくI制御量の特性との組み合わせに相当する。

【0075】

ECU50は、ステップS110の判定が不成立となる場合（閾値 $T_{th2} <$ 操舵トルク $T_a <$ 閾値 T_{th1} ）には、次いで、特性切替フラグがオンであるか否かを判定する（ステップS116）。 10

【0076】

ECU50は、ステップS116において特性切替フラグがオンであると判定した場合には、PI制御量特性2を選択し（ステップS118）、一方、特性切替フラグがオフであると判定した場合には、PI制御量特性1を選択する（ステップS120）。

【0077】

ECU50は、ステップS108、S114、S118またはS120の処理の後に、自動操舵制御の転舵制御量を算出する（ステップS122）。具体的には、ECU50は、選択されたPI制御量特性1または2に従って、角度偏差 $\Delta\theta$ に応じたP制御量およびI制御量を算出する。また、角度偏差 $\Delta\theta$ に応じたD制御量を算出する。そのうえで、ECU50は、これらの制御量を足し合わせることによって最終的な転舵制御量を算出する。なお、ECU50は、算出された最終的な転舵制御量に応じた転舵トルクが電動モータ42によって生成されるようにEPS装置40を作動させる。 20

【0078】

[実施の形態1の効果]

以上説明した本実施形態によれば、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入があるか否かに応じて、P制御量およびI制御量の算出にそれぞれ用いられるP制御量マップ82および角度偏差調整マップ84の特性が切り替えられる。

【0079】

具体的には、運転者による操舵介入が行われているときは、P制御量マップ82の非線形特性を用いてP制御量が決定される。非線形特性によれば、比例項ガード値の付近で角度偏差 $\Delta\theta$ の絶対値の増加量に対するP制御量の絶対値の増加量を線形特性のそれと比べて緩やかにすることができる。このため、運転者による操舵介入が行われている場合に、比例項ガード値付近でのP制御量の急変を抑制することができる。また、運転者による操舵介入が行われているときは、角度偏差調整マップ84の実線の特性（図2参照）に従う係数Cを用いてI制御量が算出される。この実線の特性によれば、図3を参照して既に説明したように、積分項ガード値の付近におけるI制御量の時間変化を、破線の特性の使用時と比べて緩やかにすることができる。本実施形態では、転舵制御量（転舵トルクの制御量）は、以上説明したように算出されるP制御量およびI制御量を含んで算出される。このため、運転者による操舵介入が行われているときに、自動操舵制御による転舵トルクの制御量の急変を抑制することができる。これにより、転舵制御量とそのガード値に到達しても、ステアリングホイール22の操作に対する違和感を運転者に与えにくくすることができる。 30 40

【0080】

また、自動操舵制御の実行中には、運転者による操舵介入がなくても、角度偏差 $\Delta\theta$ が何らかの外乱（例えば、車両10が強い横風を受けること）によって大きくなり、その結果、角度偏差範囲R1が使用される可能性がある。この点に関し、運転者による操舵介入がない場合には、P制御量はP制御量マップ82の線形特性を用いて算出され、I制御量は角度偏差調整マップ84の破線の特性（図2参照）に従う係数Cを用いて算出される。これらの特性によれば、運転者による操舵介入なしに角度偏差範囲R1が使用された場合 50

に、操舵介入が行われている場合と比べて、同一の角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた P 制御量および I 制御量の絶対値をより大きく確保できるようになる。このため、外乱に起因して角度偏差 $\Delta \theta$ が大きくなったとしても、目標舵角 θ_t に対する実舵角 θ_a の追従性を適切に確保し易くすることができる。これにより、外乱に対する自動操舵制御のロバスト性を高めつつ、運転者の介入による操舵が行われているときに自動操舵制御による転舵トルクの制御量の急変を抑制することができる。

【0081】

また、本実施形態によれば、図 4 に示すルーチンのステップ S 104 ~ S 120 の処理に表わされているように、特性切替フラグのオン / オフの切り替え（すなわち、P 制御量マップ 82 および角度偏差調整マップ 84 の各特性の切り替え）に対してヒステリシスが設けられている。上述した自動操舵制御では、このようなヒステリシスの存在は必ずしも必要とされず、したがって、操舵トルク T_a の絶対値が 1 つの閾値以上か否かで P I 制御量特性 1、2 を切り替えてもよい。しかしながら、図 4 に示すルーチンのようにヒステリシスが設けられていることで、次のような利点がある。すなわち、運転者による操舵介入の終了時に運転者が操舵トルク T_a を減らしながらステアリングホイール 22 を中立位置に戻す際に、特性の切り替わりにハンチングが生じるのを防止することができる。

【0082】

ところで、上述した実施の形態 1 においては、角度偏差 $\Delta \theta$ と P 制御量との関係を定めた P 制御量マップ 82 を用いて、角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた P 制御量が決定される。しかしながら、角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた P 制御量の決定手法は、次のような条件を満たすものであればよい。すなわち、運転者による操舵介入が行われているときには、閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以上の角度偏差範囲 R 1 の使用中に算出される P 制御量が、操舵介入がないときと比べて、角度偏差 $\Delta \theta$ の絶対値の増加量に対する P 制御量の絶対値の増加量が小さくなるように決定されればよい。したがって、角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた P 制御量は、例えば、以下に図 5 を参照して説明する手法で算出されることによって決定されてもよい。

【0083】

図 5 は、P ゲイン（比例項ゲイン）と角度偏差 $\Delta \theta$ との関係を表した図である。図 5 中に実線で示す特性は、自動操舵制御の実行中に運転者による操舵介入が行われるときに使用される。同図中に破線で示す特性は、運転者による操舵介入がないときに使用される。なお、図 5 では、図 2 中の P 制御量マップ 82 についての上述の説明と同様に、角度偏差 $\Delta \theta$ が正となる範囲を例に挙げて P ゲインの特性を説明している。角度偏差 $\Delta \theta$ が負となる範囲の P ゲインの特性は、角度偏差 $\Delta \theta$ がゼロとなる位置での P ゲインの軸（図 5 の縦軸）を対称軸として、角度偏差 $\Delta \theta$ が正となる範囲の P ゲインの特性と線対称となる。

【0084】

図 5 中の破線の特性では、角度偏差 $\Delta \theta$ が角度偏差 $\Delta \theta_1$ （P 制御量の比例項ガード値に対応する角度偏差 $\Delta \theta_1$ ）に到達するまでの角度偏差範囲における P ゲインの値が一定値とされている。この一定値は、自動操舵制御の実行中に目標舵角 θ_t に対する実舵角 θ_a の追従性を適切に確保できるように決定される。そして、この一定値の P ゲインの使用により、P 制御量の線形特性が得られる。

【0085】

図 5 中の実線の特性では、閾値 $\Delta \theta_{th}$ 未満の角度偏差範囲 R 2 は P 制御量の線形域とされ、この角度偏差範囲 R 2 の P ゲインは、破線の特性と同じ値で一定値とされている。一方、閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以上の角度偏差範囲 R 1 では、角度偏差 $\Delta \theta$ の増加に伴って 2 次関数に従って減少するように P ゲインが決定されている。このように決定された P ゲインを角度偏差 $\Delta \theta$ に乗じて P 制御量を算出するようにすれば、P 制御量マップ 82 の利用時と同様に、上述の条件を満たしつつ P 制御量を決定できるようになる。

【0086】

なお、図 5 に関連して、角度偏差範囲 R 1 における P ゲインは、角度偏差 $\Delta \theta$ の増加に伴い、2 次関数に代えて 1 次関数または 3 次以上の高次の関数に従って減少するように決定されてもよい。また、このような特性を有する P ゲインは、任意の次数の関数の利用に

代え、角度偏差 θ と P ゲインとの関係を規定するマップを利用して同様に決定されてもよい。また、角度偏差 $\Delta \theta$ から直接的に P 制御量を決定する場合には、上述の P 制御量マップ 82 に代え、例えば、任意の次数の関数を利用して、角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた P 制御量が算出されてもよい。

【0087】

また、I 制御量の算出に用いられる係数 C は、角度偏差 $\Delta \theta$ が大きいほどゼロに近くなるように決定されればよい。すなわち、係数 C は、図 2 に示す角度偏差調整マップ 84 の利用に代え、1 次関数、2 次関数または 3 以上の高次の関数を利用して角度偏差 $\Delta \theta$ に応じた値として算出されてもよい。

【0088】

実施の形態 2 .

次に、図 6 を参照して、本発明の実施の形態 2 について説明する。以下の説明では、実施の形態 2 の運転支援装置は、一例として、実施の形態 1 のそれと同様に、図 1 に示す構成を有する車両 10 に適用されているものとする。

【0089】

[実施の形態 2 の操舵制御]

本実施形態の操舵制御は、基本的には、図 4 に示すルーチンに代えて次の図 6 に示すルーチンが用いられるという点を除き、実施の形態 1 の操舵制御と同じである。

【0090】

上述した実施の形態 1 においては、操舵トルク T_a の絶対値が閾値 T_{th2} 以下となる場合に、P I 制御量特性 2 から P I 制御量特性 1 に変更される。これに対し、本実施形態では、角度偏差 $\Delta \theta$ の絶対値が閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以下となる場合に、P I 制御量特性 2 から P I 制御量特性 1 に変更される。なお、この点に関連して、実施の形態 1 では特性切替判定部 80 に対して操舵トルク T_a のみが入力される（図 2 参照）のに対し、本実施形態では特性切替判定部 80 に対して操舵トルク T_a とともに角度偏差 $\Delta \theta$ が入力されることになる。

【0091】

図 6 は、本発明の実施の形態 2 に係る自動操舵制御に関連する特徴的な処理のルーチンを示すフローチャートである。図 6 に示すルーチン中のステップ S100 ~ S108、S112 ~ S122 の処理については、実施の形態 1 において既述した通りである。

【0092】

図 6 に示すルーチンでは、ECU50 は、ステップ S104 の判定が不成立となる場合（操舵トルク $T_a < \text{閾値 } T_{th1}$ ）には、次いで、角度偏差 $\Delta \theta$ の絶対値が上述の閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以下であるか否かを判定する（ステップ S200）。

【0093】

ECU50 は、ステップ S200 の判定が成立する場合（角度偏差 $\Delta \theta$ の絶対値 閾値 $\Delta \theta_{th}$ ）には、特性切替フラグをオフとし（ステップ S112）、P I 制御量特性 1 を選択する（ステップ S114）。

【0094】

一方、ステップ S200 の判定が不成立となる場合（角度偏差 $\Delta \theta$ の絶対値 $> \text{閾値 } \Delta \theta_{th}$ ）には、ECU50 は、ステップ S116 の処理に進む。

【0095】

[実施の形態 2 の効果]

以上説明した図 6 に示すルーチンによれば、P I 制御量特性 2 から P I 制御量特性 1 への復帰は、運転者による操舵介入後に角度偏差 $\Delta \theta$ が閾値 $\Delta \theta_{th}$ 以下となったときに（すなわち、角度偏差範囲 R2 において）実行される。角度偏差範囲 R2 では、角度偏差 $\Delta \theta$ に対する P 制御量および I 制御量のそれぞれの特性が、特性切替フラグのオン / オフ（つまり、運転者による操舵介入の有無）に関係なく等しくなっている。このため、角度偏差範囲 R2 において P I 制御量特性 2 から P I 制御量特性 1 に復帰させることで、特性の切り替えに伴う P 制御量および I 制御量の変動を防止しつつ当該復帰を行えるようになる

10

20

30

40

50

。

【 0 0 9 6 】

また、角度偏差範囲 R_2 は、上述のように、運転者が自己の意思に基づいて車両 10 の方向転換のために操舵を行う場合には使用されないような小角度偏差範囲である。上記ルーチンによれば、運転者による操舵介入の終了時に操舵トルク T_a が閾値 T_{th1} 未満に低下しても、 P 制御量特性 1 への切り替えは直ちには実行されず、角度偏差 $\Delta\theta$ が角度偏差範囲 R_2 内に入ってから実行される。このため、本実施形態の手法によっても、運転者による操舵介入の終了時に運転者が操舵トルク T_a を減らしながらステアリングホイール 22 を中立位置に戻す際に、特性の切り替わりにハンチングが生じるのを防止することができる。

10

【 0 0 9 7 】

ところで、上述した実施の形態 1 および 2 においては、 P 制御量および I 制御量の双方の特性が、特性判定フラグのオン/オフ（すなわち、自動操舵制御の実行中の運転者による操舵介入の有無）に応じて切り替えられる例を挙げた。 P 制御量および I 制御量の双方の特性を上述のように変更することで、運転者による操舵介入が行われているときに転舵トルクの制御量の急変をより効果的に抑制することができる。しかしながら、運転者による操舵介入の有無に応じた制御量の特性の切り替えは、必ずしも P 制御量および I 制御量の双方を対象として実行されなくてもよく、 P 制御量および I 制御量の何れか一方の特性の切り替えのみが実行されてもよい。

20

【 符号の説明 】

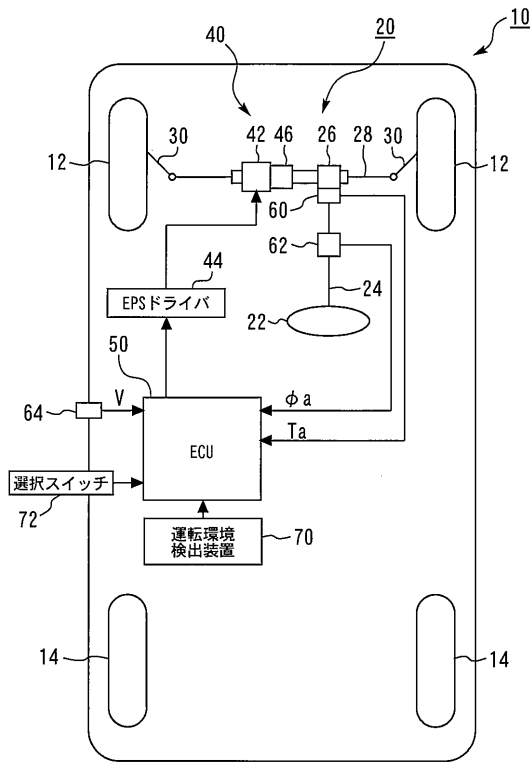
【 0 0 9 8 】

- 10 車両
- 12 前輪
- 14 後輪
- 20 ステアリング装置
- 22 ステアリングホイール
- 24 操舵軸
- 40 電動パワーステアリング（EPS）装置
- 42 電動モータ
- 44 EPSドライバ
- 50 電子制御ユニット（ECU）
- 60 操舵トルクセンサ
- 62 舵角センサ
- 64 車速センサ
- 70 運転環境検出装置
- 72 選択スイッチ
- 80 特性切替判定部
- 82 P 制御量マップ
- 84 角度偏差調整マップ
- 86 積分器
- 88、92 上下限ガード部

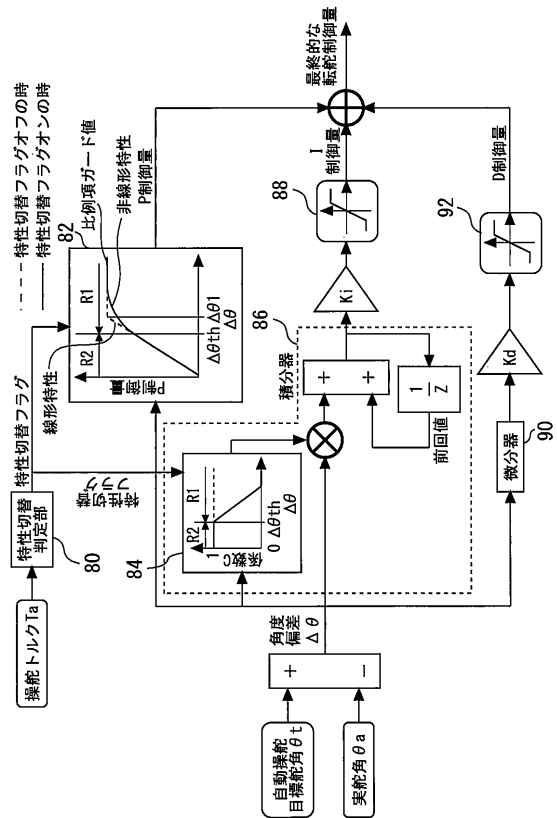
30

40

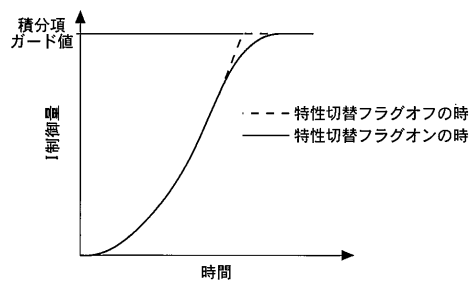
【図 1】



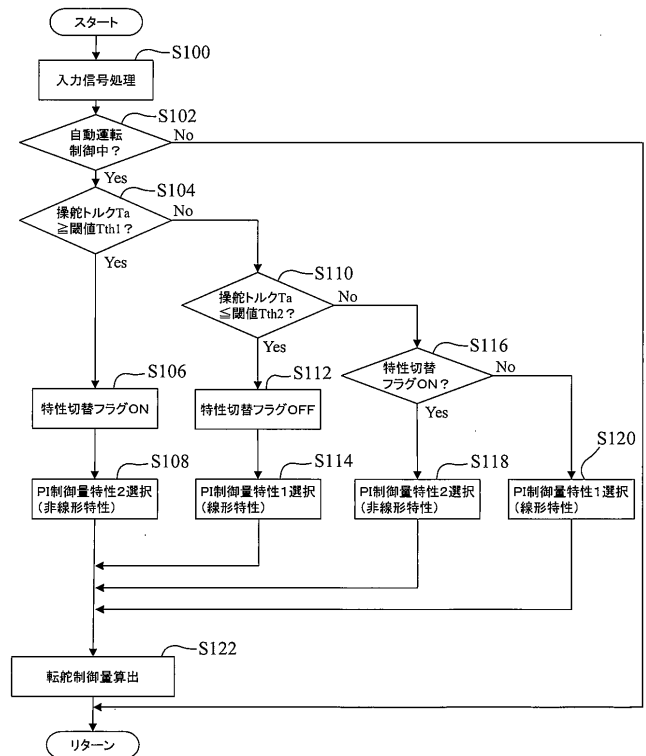
【図 2】



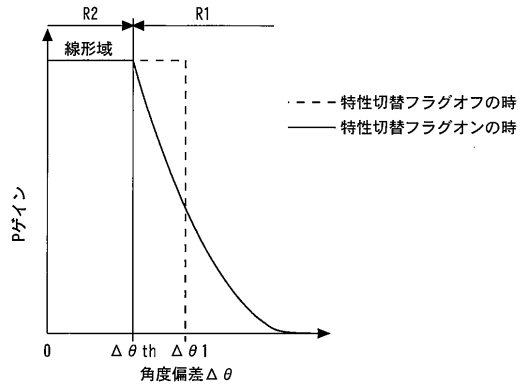
【図 3】



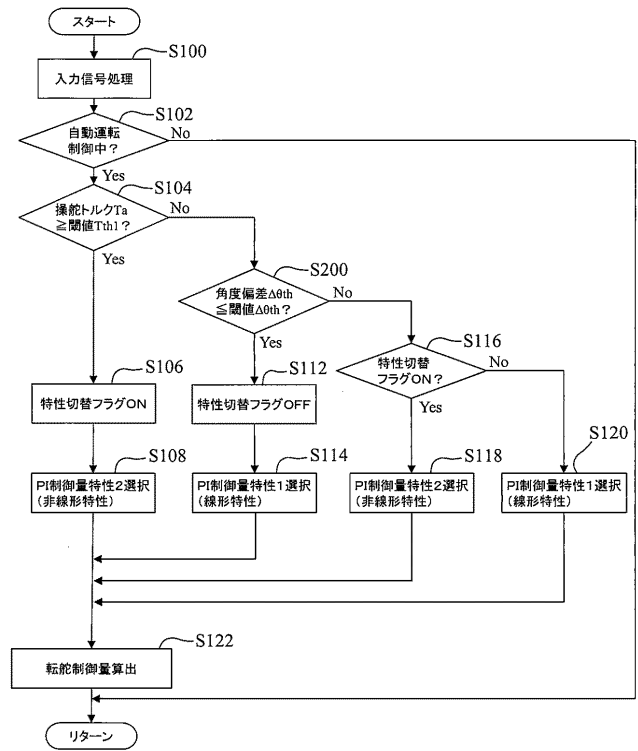
【図 4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
B 6 2 D 119/00	(2006.01)	B 6 2 D 119:00	
B 6 2 D 137/00	(2006.01)	B 6 2 D 137:00	

(72)発明者 入江 亮
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 夜部 悟
愛知県豊田市トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3D232 CC04 CC20 CC22 CC42 CC46 DA03 DA04 DA15 DA23 DA27
DA29 DA32 DA76 DA84 DA87 DA90 DC01 DC02 DC03 DC08
DC33 DC34 DC38 DD01 DD03 DD06 DD17 DE05 EA01 EB04
EB11 EC23 EC34 GG01
3D333 CB17 CE46 CE52 CE55
5H501 AA20 BB05 GG01 GG08 HB07 JJ03 JJ17 JJ23 JJ24 LL32
LL36