

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4063170号
(P4063170)

(45) 発行日 平成20年3月19日(2008.3.19)

(24) 登録日 平成20年1月11日(2008.1.11)

(51) Int.Cl.	F 1		
B60W 50/08	(2006.01)	B60K 41/00	390
B60W 30/00	(2006.01)	B60K 41/00	384
B60W 10/04	(2006.01)	B60K 41/00	301A
B60W 10/18	(2006.01)	B60K 41/00	301F
B60W 10/20	(2006.01)	B60K 41/00	301G
請求項の数 15 (全 27 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2003-278201 (P2003-278201)
 (22) 出願日 平成15年7月23日(2003.7.23)
 (65) 公開番号 特開2005-41360 (P2005-41360A)
 (43) 公開日 平成17年2月17日(2005.2.17)
 審査請求日 平成18年5月29日(2006.5.29)

(73) 特許権者 000003997
 日産自動車株式会社
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
 (74) 代理人 100084412
 弁理士 永井 冬紀
 (72) 発明者 山村 智弘
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内
 審査官 太田 良隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両用運転操作補助装置および車両用運転操作補助装置を備える車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車両の前方領域を撮像する撮像手段と、
 前記撮像手段により撮像された前記前方領域の画像から、先行車候補を検出する先行車候補検出手段と、

運転操作に関わる車両操作機器の操作反力を制御する操作反力制御手段とを有する車両用運転操作補助装置において、

前記先行車候補検出手段は、前記画像の下端から延在する2本の垂直線が前記先行車候補の最下端位置と交わる交点までの、前記2本の垂直線の長さを検出する最下端位置検出手段と、前記最下端位置検出手段によって検出される前記2本の垂直線の長さが所定値以下で、かつ略同一である場合に、前記先行車候補が先行車であると判定する先行車検出手段とからなり、

前記操作反力制御手段は、前記先行車検出手段の判定結果に基づいて前記自車両の前後方向の運転操作に関わる車両操作機器の操作反力を制御する前後方向操作反力制御手段を備え、

前記2本の垂直線は、障害物を検出するために設定された2つの障害物検出方向に対応する前記画像における2つの水平方向位置からそれぞれ鉛直方向に延びる線であることを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項2】

請求項1に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記画像を用いて、前記自車両から前記先行車候補までの距離を算出する先行車候補距離算出手段をさらに備え、

前記前後方向操作反力制御手段は、前記先行車候補距離算出手段によって算出される前記先行車候補までの前記距離に基づいて、前記前後方向の前記操作反力を制御することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記前後方向操作反力制御手段は、前記先行車検出手段によって前記先行車候補が前記先行車であると判定された場合に、前記先行車候補距離算出手段によって算出される前記先行車までの前記距離に基づいて、前記前後方向の前記操作反力を制御することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

10

【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記操作反力制御手段は、前記先行車検出手段によって前記先行車候補が前記先行車ではないと判定された場合に、前記先行車候補距離算出手段によって算出される前記先行車候補までの前記距離に基づいて、前記自車両の左右方向の運転操作に関わる車両操作機器の操作反力を制御する左右方向操作反力制御手段をさらに備えることを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 5】

請求項 2 から請求項 4 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、

前記先行車候補距離算出手段は、前記画像における水平線と前記先行車候補の前記最下端位置との位置関係から、前記先行車候補までの前記距離を算出することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

20

【請求項 6】

請求項 2 または請求項 3 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記先行車候補距離算出手段によって算出される前記距離に基づいて、前記自車両が前記先行車に接触するまでの余裕時間を算出する先行車余裕時間算出手段をさらに備え、

前記前後方向操作反力制御手段は、前記余裕時間に基づいて前記前後方向の前記操作反力を制御することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 7】

請求項 4 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記先行車候補距離算出手段によって算出される前記先行車候補上の 2 点までの距離に基づいて、前記自車両が前記先行車候補上の前記 2 点に接触するまでの余裕時間をそれぞれ算出する先行車候補余裕時間算出手段をさらに備え、

前記前後方向操作反力制御手段および前記左右方向操作反力制御手段は、前記先行車候補余裕時間算出手段で算出した 2 つの前記余裕時間に基づいて、前記前後方向の前記操作反力および前記左右方向の前記操作反力をそれぞれ制御することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

30

【請求項 8】

請求項 7 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記前後方向操作反力制御手段は、前記先行車候補余裕時間算出手段によって算出される前記 2 つの余裕時間が所定時間よりも小さい場合のみ、前記前後方向の前記操作反力を制御することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、

前記自車両の走行状態を検出する走行状態検出手段と、

前記走行状態検出手段による検出結果に応じて、前記画像における 2 つの前記最下端位置の前記水平方向位置をそれぞれ設定する最下端位置検出方向設定手段をさらに有することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 10】

50

請求項 9 に記載の車両用運転操作補助装置において、
前記最下端位置検出方向設定手段は、前記走行状態検出手段によって検出される自車速に応じて、2つの前記水平方向位置の間隔を設定することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 11】

請求項 9 または請求項 10 に記載の車両用運転操作補助装置において、
前記最下端位置検出方向設定手段は、前記走行状態検出手段によって検出される自車速および操舵角の少なくともいずれかに応じて、2つの前記水平方向位置の中心を設定することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 12】

請求項 2 から請求項 8 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、
前記自車両の車両状態を検出する車両状態検出手段と、
前記車両状態検出手段によって検出される前記車両状態の変化による前記画像の状態から、前記先行車候補までの前記距離を補正する距離補正手段をさらに備えることを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 13】

請求項 12 に記載の車両用運転操作補助装置において、
前記車両状態検出手段は、前記自車両に発生するロール角を検出し、
前記距離補正手段は、前記自車両の前記ロール角による前記画像の状態変化に基づいて前記距離を補正することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の車両用運転操作補助装置において、
前記車両状態検出手段は、自車線の道路勾配の変化を検出し、
前記距離補正手段は、前記車両状態検出手段によって検出される前記道路勾配の変化に応じて前記距離を補正することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 15】

請求項 1 から請求項 14 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置を備えることを特徴とする車両。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、運転者の操作を補助する車両用運転操作補助装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の車両用運転操作補助装置は、車両周囲の状況（障害物）を検出し、その時点における潜在的リスクポテンシャルを求めている（例えば、特許文献 1 参照）。この車両用運転操作補助装置は、算出したリスクポテンシャルに基づいて操舵補助トルクを制御することにより、不慮の事態に至ろうとする操舵操作を抑制する。

【0003】

本願発明に関連する先行技術文献としては次のものがある。

【特許文献 1】特開平 10 - 211886 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 166889 号公報

【特許文献 3】特開平 10 - 166890 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような車両用運転操作補助装置にあっては、どの障害物を反力制御の対象としているかを運転者が容易に理解できるようにしながら、自車両周囲のリスクポテンシャルを車両操作機器の操作反力として確実に運転者に伝達することが望まれている。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

本発明による車両用運転操作補助装置は、自車両の前方領域を撮像する撮像手段と、撮像手段により撮像された前方領域の画像から、先行車候補を検出する先行車候補検出手段と、運転操作に関わる車両操作機器の操作反力を制御する操作反力制御手段とを有する車両用運転操作補助装置において、先行車候補検出手段は、画像の下端から延在する2本の垂直線が先行車候補の最下端位置と交わる交点までの、2本の垂直線の長さを検出する最下端位置検出手段と、最下端位置検出手段によって検出される2本の垂直線の長さが所定値以下で、かつ略同一である場合に、先行車候補が先行車であると判定する先行車検出手段とからなり、操作反力制御手段は、先行車検出手段の判定結果に基づいて自車両の前後方向の運転操作に関わる車両操作機器の操作反力を制御する前後方向操作反力制御手段を備え、2本の垂直線は、障害物を検出するために設定された2つの障害物検出方向に対応する画像における2つの水平方向位置からそれぞれ鉛直方向に延びる線である。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 0 6 】

撮像手段によって撮像される自車両前方領域の画像において、先行車候補の最下端位置までの2本の垂直線の長さを検出し、2本の垂直線の長さが所定値以下で、かつ略同一である場合に、先行車候補が先行車であると判定する。先行車検出手段の判定結果に距離に基づいて車両前後方向の操作反力制御を行うので、自車両前方領域の画像のみに基づいて簡素な手法で先行車に対する操作反力制御を行うことができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

20

【 0 0 0 7 】

《 第 1 の実施の形態 》

本発明の第1の実施の形態による車両用運転操作補助装置について、図面を用いて説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態による車両用運転操作補助装置1の構成を示すシステム図であり、図2は、車両用運転操作補助装置1を搭載する車両の構成図である。

【 0 0 0 8 】

まず、車両用運転操作補助装置1の構成を説明する。

前方カメラ20は、フロントウィンドウ上部に取り付けられた小型のCCDカメラ、またはCMOSカメラ等であり、前方道路の状況を画像として検出し、コントローラ50へと出力する。前方カメラ20による検知領域は自車両正面に対して水平方向に $\pm 30 \text{ deg}$ 程度であり、この領域に含まれる前方道路風景が画像として取り込まれる。

30

【 0 0 0 9 】

車速センサ30は、車輪の回転数や変速機の出力側の回転数を計測することにより自車両の車速を検出し、検出した自車速をコントローラ50に出力する。操舵角センサ40は、ステアリングホイール62の操舵角を検出する。検出された操舵角はコントローラ50に出力される。

【 0 0 1 0 】

コントローラ50は、CPUと、ROMおよびRAM等のCPU周辺部品とから構成されており、車両用運転操作補助装置1の全体の制御を行う。コントローラ50は、車速センサ30から入力される自車速と、前方カメラ20から入力される車両周辺の画像情報とから、自車両周囲の障害物状況を検出する。なお、コントローラ50は、前方カメラ20から入力される画像情報を画像処理することにより、自車両周囲の障害物状況を検出する。

40

【 0 0 1 1 】

コントローラ50は、検出した障害物状況に基づいて各障害物に対する自車両のリスクポテンシャルを算出し、リスクポテンシャルに応じた車両操作機器の反力制御を行う。コントローラ50において実行する画像処理および画像処理認識結果を用いた反力制御については、後述する。

【 0 0 1 2 】

操舵反力制御装置60は、車両の操舵系に組み込まれ、コントローラ50からの指令に

50

応じてサーボモータ61で発生させるトルクを制御する。サーボモータ61は、操舵反力制御装置60からの指令値に応じて発生させるトルクを制御し、運転者がステアリングホイール62を操作する際に発生する操舵反力を任意に制御することができる。

【0013】

アクセルペダル反力制御装置80は、コントローラ50からの信号に応じてサーボモータ81で発生させるトルクを制御する。サーボモータ81は、アクセルペダル操作反力制御装置80からの指令値に応じて発生させるトルクおよび回転角を制御し、運転者がアクセルペダル82を操作する際に発生する操作反力を任意に制御することができる。

【0014】

アクセルペダル反力制御を行わない場合の、通常のアクセルペダル反力特性は、例えばアクセルペダル操作量が大きくなるほどアクセルペダル反力Fがリニアに増加するように設定されている。通常のアクセルペダル反力特性は、例えばアクセルペダル82の回転中心に設けられたねじりバネ(不図示)のバネ力によって実現することができる。

10

【0015】

ブレーキペダル反力制御装置90は、コントローラ50からの指令に応じて、ブレーキブースタ91で発生させるブレーキアシスト力を制御する。ブレーキブースタ91は、ブレーキペダル反力制御装置90からの指令値に応じて発生させるブレーキアシスト力を制御し、運転者がブレーキペダル92を操作する際に発生する踏力を任意に制御することができる。ブレーキアシスト力が大きいほどブレーキペダル操作反力は小さくなり、ブレーキペダル92を踏み込みやすくなる。

20

【0016】

次に第1の実施の形態による車両用運転操作補助装置1の動作を説明する。その動作の概略を以下に述べる。

コントローラ50は、自車両周囲に存在する障害物、例えば先行車およびレーンマーカに対するリスクポテンシャルを算出する。そして、リスクポテンシャルに応じて操舵反力、アクセルペダル反力およびブレーキペダル反力を制御し、車両前後方向および左右方向の反力制御を行う。

【0017】

ここで、例えば自車両の周囲360°の範囲に存在する障害物に対してそれぞれリスクポテンシャルを算出する場合を考える。この場合、自車両周囲の全障害物に対するリスクポテンシャルを前後方向および左右方向の成分毎に積分することにより、前後方向および左右方向の総合的なリスクポテンシャルを算出できる。前後方向および左右方向の総合的なリスクポテンシャルに応じた反力制御量により、前後/左右の連続的な反力制御を行うことができる。

30

【0018】

ただし、このように自車両周囲に存在する全ての障害物を検出し、各障害物に対するリスクポテンシャルを総合して前後/左右の反力制御を行った場合、実際に反力制御の対象となっている障害物が何であるかを、運転者が理解しづらくなってしまう。また、前後方向および左右方向の総合的なリスクポテンシャルを算出するための処理が複雑になるとともに、前後方向および左右方向における反力制御のバランスを適切に設定することが困難である。

40

【0019】

そこで、本発明の第1の実施の形態においては、自車両の前方に障害物を検出するための2方向を設定し、設定した障害物検出方向上に存在する障害物に対するリスクポテンシャルをそれぞれ算出する。そして、2つの障害物に対するリスクポテンシャルを比較し、前後方向および左右方向の反力制御量のバランスを適切に設定する。

【0020】

図3に、第1の実施の形態における操作反力制御の概要を示す。図3に示すように、第1の実施の形態においては、前方カメラ20からの画像情報に基づいて2つの障害物検出方向で先行車を検出した場合、先行車に対するリスクポテンシャルに応じて車両前後方向

50

の反力制御を行う。一方、2つの障害物検出方向でレーンマーカを検出した場合、またはレーンマーカと先行車をそれぞれ検出した場合は、2つの障害物検出方向上に存在するそれぞれの障害物に対するリスクポテンシャルに応じて、車両前後方向および左右方向の反力制御を行う。

【0021】

以下に、第1の実施の形態において、どのように反力制御量、すなわち操舵反力制御、アクセルペダル反力制御およびブレーキペダル反力制御を行う際の反力制御指令値を決定するかについて、図4を用いて説明する。図4は、第1の実施の形態によるコントローラ50における運転操作補助制御処理の処理手順を示すフローチャートである。本処理内容は、一定間隔、例えば50msec毎に連続的に行われる。

10

【0022】

- コントローラ50の処理フロー（図4） -

まず、ステップS101で走行状態を読み込む。ここでは、車速センサ30によって検出される自車速V、および操舵角センサ40によって検出される操舵角STRを読み込む。ステップS102では、前方カメラ20によって検出される自車両前方領域の画像情報を読み込む。

【0023】

ステップS103では、前方カメラ20の検出画像における水平エッジの検出位置、すなわち障害物検出方向を決定する。具体的には、図5に示すように、2つの障害物検出方向の中心線を決定する中心角 θ_c と、中心線と各検出方向とがなす開き角 θ_o とをそれぞれ算出する。具体的には、ステップS101で検出した自車速Vと操舵角STRから自車両のおよその進行方向を推定し、自車両正面に対する進行方向にほぼ一致する角度を中心角 θ_c とする。自車両の進行方向は操舵角STRに比例し、自車速Vにほぼ反比例するため、操舵角STRが大きくなるほど中心角 θ_c は大きくなり、反対に自車速Vが大きくなるほど中心角 θ_c は小さくなる。

20

【0024】

開き角 θ_o は、自車速Vに応じて決定する。図6に、自車速Vと開き角 θ_o の関係を示す。開き角 θ_o は、操舵角STRが微小角度だけ変化したときに予測される自車両の進行方向の変化を示している。自車速Vが大きくなるほど操舵角STRの変化に対する進行方向の変化は小さいため、図6に示すように、自車速Vが大きくなるほど開き角 θ_o は小さくなるよう設定される。

30

【0025】

コントローラ50は、算出した中心角 θ_c と開き角 θ_o とから、自車両正面に対する2つの障害物検出方向 θ_L 、 θ_R を決定する。図5に示す走行状況においては、右側の障害物検出方向 $\theta_R = \theta_c + \theta_o$ 、左側の障害物検出方向 $\theta_L = \theta_c - \theta_o$ で表される。

【0026】

ステップS104では、ステップS102で読み込んだ自車両前方領域の画像情報に画像処理を施し、画像中の水平方向成分、すなわち水平エッジを検出することにより障害物を検出する。図7は、前方カメラ20によって検出される自車両前方領域の画像（カメラ画面）であり、自車両前方に先行車が存在する場合を例として示している。図7に示すカメラ画面において、水平方向にX軸、鉛直方向にY軸をとる。コントローラ50は、カメラ画面上で、ステップS103で設定した2つの障害物検出方向 θ_L 、 θ_R に対応するX座標 X_L 、 X_R を決定する。

40

【0027】

2つの車線境界検出方向 θ_L 、 θ_R に対応するX座標値 X_L 、 X_R は、以下の（式1）（式2）を用いて設定することができる。

$$X_L = k \cdot \theta_L \quad \dots \text{（式1）}$$

$$X_R = k \cdot \theta_R \quad \dots \text{（式2）}$$

（式1）（式2）において、kは角度 θ_L 、 θ_R をカメラ画面のX座標に変換するための定数である。

50

【 0 0 2 8 】

そして、コントローラ 5 0 は、カメラ画面上の X 座標値 X_L 、 X_R における水平エッジの画面下端からの上下位置、すなわち障害物の Y 座標値 Y_L 、 Y_R をそれぞれ検出する。なお、カメラ画面上の水平エッジとして、例えば図 7 に示すように先行車の影、またはレーンマーカといった画面上で水平方向成分を持つ障害物が検出される。

【 0 0 2 9 】

つづくステップ S 1 0 5 では、ステップ S 1 0 4 で検出した 2 つの障害物検出方向に一致する検出位置の水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R が、略同一であるか否かを判定する。水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R が略同一である場合は ($Y_L = Y_R$)、ステップ S 1 0 6 へ進む。ステップ S 1 0 6 では、水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R がともに所定値 Y_a 以下であるか否かを判定する。ステップ S 1 0 6 が肯定判定され、カメラ画面上における 2 つの水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R が略同一、かつ所定値 Y_a 以下の場合は、カメラ画面上の水平エッジが先行車によるものであると判断する。すなわち、2 つの障害物検出方向で先行車を検出していると判断し、先行車に対する操作反力制御を行うために、ステップ S 1 2 0 へ進む。

10

【 0 0 3 0 】

なお、所定値 Y_a は、カメラ画面上で水平エッジを形成する先行車候補を、先行車に対する操作反力制御の対象とみなすかを判定するための値として、予め適切に設定しておく。例えば、水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R が所定値 Y_a よりも大きいときは、Y 座標値 Y_L 、 Y_R が略同一でも、先行車が遠方に存在する場合や、先行車候補が自車両の両側のレーンマーカである場合がある。このような場合は、水平エッジを形成する先行車候補を先行車に対する操作反力制御の対象から除くように、水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R を所定値 Y_a と比較する。

20

【 0 0 3 1 】

一方、ステップ S 1 0 5 または S 1 0 6 が否定判定された場合は、カメラ画面上の水平エッジが先行車によるものではないと判断する。すなわち、2 つの障害物検出方向においてレーンマーカ、またはレーンマーカと先行車を検出していると判断する。そこで、レーンマーカに対する操作反力制御を行うために、ステップ S 1 1 0 へ進む。

【 0 0 3 2 】

ステップ S 1 1 0 では、2 つの障害物検出方向上に存在する障害物に対する余裕時間 T_{TC} (Time To Contact) をそれぞれ算出する。コントローラ 5 0 は、障害物に対する余裕時間 T_{TC} を算出するために、まず、2 つの障害物検出方向上の障害物までの距離 D をそれぞれ算出する。ここで、右側の障害物検出方向上の障害物までの距離 D および余裕時間 T_{TC} をそれぞれ D_R 、 T_{TCR} とし、左側の障害物検出方向上の障害物までの距離 D および余裕時間 T_{TC} をそれぞれ D_L 、 T_{TCL} とする。以下に、障害物までの距離 D_L 、 D_R を算出する方法について、図 8、9 を用いて詳細に説明する。ここでは、自車両前方のレーンマーカ位置 6 0 までの距離 D を算出する場合を例として説明する。

30

【 0 0 3 3 】

図 8 は、自車両とレーンマーカ位置 6 0 との位置関係を示す側面図である。図 9 は、前方カメラ 2 0 のカメラ画面を示す。レーンマーカ位置 6 0 は、図 9 に示すカメラ画面において座標値 X_0 の垂直線とレーンマーカとの交点として表される。カメラ画面における座標値 X_0 の垂直線の長さ、すなわちレーンマーカ位置 6 0 の Y 座標値 Y_E を用いて、自車両からレーンマーカまでの実際の距離 D を算出することができる。

40

【 0 0 3 4 】

レーンマーカ位置 6 0 までの距離 D を算出する際に用いるパラメータは、以下の通りである。

H_c : 前方カメラ 2 0 の取付高さ (m、固定値)。

D_0 : 車体の前端と前方カメラ 2 0 の取付位置との前後方向距離 (m、固定値)。

D_C : 前方カメラ 2 0 からレーンマーカ位置 6 0 までの距離 (m)。

50

Y0 : カメラ画面内で無限遠点 (水平方向) を示す Y 座標値 (固定値) 。

YE : カメラ画面内でのレーンマーカ位置 60 の Y 座標値。

dY : カメラ画面内における、レーンマーカ位置 60 の無限遠点に対する
相対 Y 座標値。

【 0035】

Hc、D0、Y0 は固定値であり、予めコントローラ 50 のメモリに記憶されている。
距離 DC、および Y 座標値 dY は、それぞれ以下の (式 3) (式 4) で表される。

$$DC = D + D0 \quad \dots (式 3)$$

$$dY = Y0 - YE \quad \dots (式 4)$$

【 0036】

ここで、前方カメラ 20 の Y 座標値 1 当たりの角度分解能 (rad) を用いると、図
8 および図 9 に示す幾何学的関係より、以下の (式 5) が成立する。

$$dY = Hc / DC / \dots (式 5)$$

(式 3) ~ (式 5) を整理すると、以下の (式 6) を得る。

$$D = Hc / (Y0 - YE) / \dots - D0 \quad \dots (式 6)$$

【 0037】

カメラ画面から求められる Y 座標値 Y0、YE を用いて、(式 6) よりレーンマーカ位
置 60 までの距離 D を算出することができる。コントローラ 50 は、2 つの障害物検出方
向に対応する X 座標値 XL、XR について、上述したように障害物までの距離 DL、DR
をそれぞれ算出する。

【 0038】

さらにコントローラ 50 は、算出した距離 DL、DR を用いて、2 つの障害物検出方向
上の障害物に対する余裕時間 TTC をそれぞれ算出する。2 つの障害物検出方向上にレー
ンマーカが存在する場合、コントローラ 50 は、レーンマーカまでの距離 D (DL、DR
) を自車速 V で除することにより、以下の (式 7) から余裕時間 TTC (TTC L、TTC
R) を算出することができる。

$$TTC = D / V \quad \dots (式 7)$$

【 0039】

余裕時間 TTC は、障害物に対する現在の自車両の接近度合を示す物理量であり、自車
両が距離 D だけ離れた障害物に到達するまでの時間を示している。レーンマーカに対する
余裕時間 TTC は、レーンマーカが道路に固定されているので、距離 D を自車速 V で除す
ることにより算出できる。なお、先行車に対する余裕時間 TTC を算出する際は、後述す
るように、自車速 V の代わりに自車両と先行車との相対速度 Vr を用いる。

【 0040】

ステップ S111 では、ステップ S110 で算出した左右の余裕時間 TTC R、TTC
L を比較し、左右いずれのレーンマーカに対する余裕時間 TTC が小さいかを判定する。
右側のレーンマーカに対する余裕時間 TTC R が左側のレーンマーカに対する余裕時間
TTC L よりも小さい場合は、ステップ S112 へ進む。

【 0041】

ステップ S112 では、小さい方の右側の余裕時間 TTC R に基づいて、左右方向のリ
スクポテンシャル RPlateral を算出する。図 10 に、余裕時間 TTC と左右方向リスク
ポテンシャル RPlateral との関係を示す。図 10 に示すように、余裕時間 TTC が小さ
くなり自車両とレーンマーカとの接近度合が大きくなるほど、左右方向リスクポテン
シャル RPlateral が大きくなる。余裕時間 TTC が所定値 TTC1 よりも小さいときは、左
右方向リスクポテンシャル RPlateral は所定値 R P m に固定される。

【 0042】

つづくステップ S113 では、大きい方の左側の余裕時間 TTC L が所定値 T0 よりも
小さいか否かを判定する。左側の余裕時間 TTC L が所定値 T0 よりも小さい場合は、ス
テップ S114 へ進む。ステップ S114 では、左側の余裕時間 TTC L に基づいて前後
方向のリスクポテンシャル RPlongitudinal を算出する。図 11 に、余裕時間 TTC と前

10

20

30

40

50

後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ との関係を示す。図 11 に示すように、余裕時間 $T T C$ が小さくなり自車両とレーンマーカとの接近度合が大きくなるほど、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ が大きくなる。余裕時間 $T T C$ が所定値 $T T C_2$ よりも小さいときは、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ は所定値 $R P_n$ に固定される。

【 0 0 4 3 】

ステップ $S 1 1 3$ が否定判定され、大きい方の左側の余裕時間 $T T C_L$ が所定値 T_0 以上の場合は、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ は算出しない。すなわち、余裕時間 $T T C$ が所定値 T_0 以上の場合には自車両とレーンマーカとの接近度合が小さいと判断し、前後方向の反力制御は行わないこととする。ここで、所定値 T_0 は例えば 7 秒程度に設定する。

10

【 0 0 4 4 】

一方、ステップ $S 1 1 1$ で、左側のレーンマーカに対する余裕時間 $T T C_L$ が右側のレーンマーカに対する余裕時間 $T T C_R$ 以下であると判定されると、ステップ $S 1 1 5$ へ進む。ステップ $S 1 1 5$ では、小さい方の左側の余裕時間 $T T C_L$ に基づいて、左右方向のリスクポテンシャル $R P_{lateral}$ を算出する。ここでは、ステップ $S 1 1 2$ と同様に図 10 のマップを用いて、左側の余裕時間 $T T C_L$ に応じた左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ を算出する。

【 0 0 4 5 】

つづくステップ $S 1 1 6$ では、大きい方の右側の余裕時間 $T T C_R$ が所定値 T_0 よりも小さいか否かを判定する。右側の余裕時間 $T T C_R$ が所定値 T_0 よりも小さい場合は、ステップ $S 1 1 7$ へ進む。ステップ $S 1 1 7$ では、右側の余裕時間 $T T C_R$ に基づいて前後方向のリスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ を算出する。ここでは、ステップ $S 1 1 4$ と同様に図 11 を用いて、右側の余裕時間 $T T C_R$ に応じた前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ を算出する。ステップ $S 1 1 6$ が否定判定され、大きい方の右側の余裕時間 $T T C_R$ が所定値 T_0 以上の場合は、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ は算出せず、前後方向の反力制御を行わないようにする。

20

【 0 0 4 6 】

ステップ $S 1 0 6$ が肯定判定されてステップ $S 1 2 0$ へ進むと、先行車に対する操作反力制御を行うために、先行車に対する余裕時間 $T T C$ を算出する。ここでは、上述したステップ $S 1 1 0$ と同様に、余裕時間 $T T C$ を算出するために、まず先行車までの距離 D を算出する。コントローラ 50 は、図 7 に示すようにカメラ画面上における先行車の最下端位置の Y 座標値 Y_L 、 Y_R を用いて、上述した (式 6) より先行車までの距離 D を算出する。なお、2つの障害物検出方向上における水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R は略等しいので、いずれか一方の Y 座標値を用いて先行車までの距離 D を算出することができる。また、コントローラ 50 は、例えば算出した先行車までの距離 D の時間変化から、自車両と先行車との相対速度 V_r を算出する。

30

【 0 0 4 7 】

コントローラ 50 は、算出した先行車までの距離 D および相対速度 V_r から、先行車に対する余裕時間 $T T C$ を算出する。上述したように、余裕時間 $T T C$ は障害物に対する現在の自車両の接近度合を表す物理量である。先行車に対する余裕時間 $T T C$ は、現在の走行状況が継続した場合、つまり相対車速 V_r が一定の場合に、何秒後に車間距離 D がゼロとなり自車両と先行車両とが接触するかを示す。先行車に対する余裕時間 $T T C$ は以下の (式 8) により算出することができる。

40

$$T T C = D / V_r \quad \dots (式 8)$$

【 0 0 4 8 】

ステップ $S 1 2 1$ では、ステップ $S 1 2 0$ で算出した余裕時間 $T T C$ が所定値 T_0 より小さいか否かを判定する。ステップ $S 1 2 1$ が肯定判定され、余裕時間 $T T C$ が所定値未満の場合は、ステップ $S 1 2 2$ へ進む。ステップ $S 1 2 2$ では、上述したステップ $S 1 1 4$ または $S 1 1 7$ と同様に図 11 のマップを用い、先行車に対する余裕時間 $T T C$ に基づ

50

いて前後方向のリスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ を算出する。

【 0 0 4 9 】

ステップ $S 1 2 1$ が否定判定され、先行車に対する余裕時間 $T T C$ が所定値 $T 0$ 以上の場合は前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ を算出せず、車両前後方向および左右方向の操作反力制御を行わない。

【 0 0 5 0 】

ステップ $S 1 3 0$ では、ステップ $S 1 1 4$, $S 1 1 7$ または $S 1 2 2$ で算出した前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ に基づいて、前後方向制御指令値、すなわちアクセルペダル反力制御装置 8 0 へ出力する反力制御指令値 $F A$ と、ブレーキペダル反力制御装置 9 0 へ出力する反力制御指令値 $F B$ とを算出する。前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ に応じて、リスクポテンシャルが大きいほど、アクセルペダル 8 2 を戻す方向へ制御反力を発生させ、また、ブレーキペダル 9 2 を踏み込みやすい方向へ制御反力を発生させる。これにより、運転者の操作をアクセルペダル操作からブレーキペダル操作へと促す。

【 0 0 5 1 】

図 1 2 に、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ とアクセルペダル反力制御指令値 $F A$ との関係を示す。図 1 2 に示すように、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ が大きくなるほど、アクセルペダル反力が大きくなるようにアクセルペダル反力制御指令値 $F A$ が増加する。前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ が所定値 $R P_{max}$ 以上となると、最大のアクセルペダル反力を発生させるようにアクセルペダル反力制御指令値 $F A$ を最大値 $F A_{max}$ に固定する。

【 0 0 5 2 】

図 1 3 に、前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ とブレーキペダル反力制御指令値 $F B$ との関係を示す。図 1 3 に示すように、所定値 $R P_{max}$ 以上で前後方向リスクポテンシャル $R P_{longitudinal}$ が大きくなるほど、ブレーキペダル反力を小さく、すなわちブレーキアシスト力を大きくするようにブレーキペダル反力制御指令値 $F B$ が小さくなる。

【 0 0 5 3 】

なお、ステップ $S 1 1 3$, $S 1 1 6$ または $S 1 2 1$ が否定判定された場合は前後方向の反力制御は行わず、アクセルペダル 8 2 およびブレーキペダル 9 2 にはそれぞれの操作量に応じた通常のペダル反力が発生する。

【 0 0 5 4 】

ステップ $S 1 3 1$ では、ステップ $S 1 1 2$ または $S 1 1 5$ で算出した左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ から、左右方向制御指令値、すなわち操舵反力制御装置 6 0 へ出力する操舵反力制御指令値 $F S$ を算出する。左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ に応じて、リスクポテンシャルが大きいほどステアリングホイール 6 2 を中立位置へと戻す方向へ大きな操舵反力を発生させる。

【 0 0 5 5 】

図 1 4 に、左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ と操舵反力制御指令値 $F S$ との関係を示す。図 1 4 に示すように、左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ が大きくなるほど操舵反力制御指令値 $F S$ が大きくなり、ステアリングホイール 6 2 を中立位置へ戻す方向の操舵反力が大きくなる。なお、図 1 4 において、右側の障害物検出方向上に存在する障害物に対する左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ はプラスの領域に示し、左側の障害物検出方向上に存在する障害物に対する左右方向リスクポテンシャル $R P_{lateral}$ はマイナスの領域に示している。

【 0 0 5 6 】

ステップ $S 1 3 2$ では、ステップ $S 1 3 0$ で算出した前後方向制御指令値 $F A$ 、 $F B$ をアクセルペダル反力制御装置 8 0 およびブレーキペダル反力制御装置 9 0 に出力し、ステップ $S 1 3 1$ で算出した左右方向制御指令値 $F S$ を操舵反力制御指令値 6 0 に出力する。これにより、今回の処理を終了する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

図 1 5 (a) (b) に、第 1 の実施の形態の作用を説明するための図を示す。図 1 5 (a) は自車両が直線路を走行している状態を示し、図 1 5 (b) は自車両がカーブ路を走行している状態を示している。図 1 5 (a) (b) はともに 2 つの障害物検出方向上に存在するレーンマーカを検出した場合を示している。

【 0 0 5 8 】

図 1 5 (a) に示す走行状況において、自車両は自車線の左寄りを直進している。自車両の進行方向はほぼ自車両正面であるため、中心角 c は 0 となり、開き角 θ は自車両正面に対して左右に θ である。中心角 c と開き角 θ によって設定された 2 つの障害物検出方向上には、自車両右側および左側のレーンマーカが存在する。そこで、コントローラ 5 0 はそれぞれのレーンマーカに対する余裕時間 $TTCR$ 、 $TTC L$ を算出する。

10

【 0 0 5 9 】

図 1 5 (a) に示すように自車両は自車線の左寄りを走行しているため、左側のレーンマーカに対する余裕時間 $TTC L$ が右側のレーンマーカに対する余裕時間 $TTC R$ よりも小さくなる。したがって、コントローラ 5 0 は、左側の余裕時間 $TTC L$ に基づいて左右方向リスクポテンシャル $RP_{lateral}$ を算出し、左右方向リスクポテンシャル $RP_{lateral}$ に応じて操舵反力を制御する。また、右側の余裕時間 $TTC R$ が所定値 T_0 よりも小さい場合、コントローラ 5 0 は、余裕時間 $TTC R$ に基づいて前後方向リスクポテンシャル $RP_{longitudinal}$ を算出し、前後方向リスクポテンシャル $RP_{longitudinal}$ に応じてアクセルペダル反力制御およびブレーキペダル反力制御を行う。

20

【 0 0 6 0 】

これにより、左側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じた操舵反力が発生し、また、右側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じたアクセルペダル反力およびブレーキペダル反力が発生する。このように前後および左右のバランスを適切に設定した操作反力が発生し、運転者の運転操作を適切な方向へ促す。なお、図 1 5 (a) に示すような走行状況においては右側の余裕時間 $TTC R$ が比較的大きいため、車両前後方向の反力制御量は小さくなる。したがって、反力制御を行うことによって運転者のアクセルペダル操作およびブレーキペダル操作を妨げるほどの操作反力は発生しない。

【 0 0 6 1 】

図 1 5 (b) に示す走行状況において、自車両はカーブ路走行中に自車線から逸脱しようとしている。自車両の進行方向はほぼ自車両正面であるため、中心角 c は 0 となり、開き角 θ は自車両正面に対して左右に θ である。中心角 c と開き角 θ によって設定された 2 つの障害物検出方向上には、自車線左側のレーンマーカが存在する。そこで、コントローラ 5 0 は 2 つの障害物検出方向上のレーンマーカに対する余裕時間 $TTC R$ 、 $TTC L$ をそれぞれ算出する。

30

【 0 0 6 2 】

図 1 5 (b) に示すように自車両は右カーブから左側に逸脱しようとしているため、左側の余裕時間 $TTC L$ が右側の余裕時間 $TTC R$ よりも小さくなる。したがって、コントローラ 5 0 は、左側の余裕時間 $TTC L$ に基づいて左右方向リスクポテンシャル $RP_{lateral}$ を算出し、左右方向リスクポテンシャル $RP_{lateral}$ に応じて操舵反力を制御する。また、右側の余裕時間 $TTC R$ が所定値 T_0 よりも小さい場合、コントローラ 5 0 は、余裕時間 $TTC R$ に基づいて前後方向リスクポテンシャル $RP_{longitudinal}$ を算出し、前後方向リスクポテンシャル $RP_{longitudinal}$ に応じてアクセルペダル反力制御およびブレーキペダル反力制御を行う。これにより、自車両に近い左側の障害物検出方向上のレーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じた操舵反力が発生し、また、自車両から遠い右側の障害物検出方向上のレーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じたアクセルペダル反力およびブレーキペダル反力が発生する。

40

【 0 0 6 3 】

したがって、図 1 5 (b) に示すように自車両がカーブから逸脱しようとしている場合には、ステアリングホイール 6 2 を戻す方向に操舵反力が発生し、運転者の運転操作を適

50

切な方向へ促す。このとき、右側の余裕時間 TTC_R が比較的大きい場合は車両前後方向の反力制御量は小さい。自車両が前進をつづけてレーンマーカに一層接近すると、左側の余裕時間 TTC_L および右側の余裕時間 TTC_R がともに小さくなり、車両左右方向および前後方向の反力制御量が大きくなる。これにより、自車両がカーブから逸脱しないように操舵反力を発生させるとともに、運転者による減速操作を促す。このように前後および左右の反力制御のバランスを適切に設定して反力制御を行う。

【 0 0 6 4 】

自車両と先行車との、より具体的な走行状況を示す図 1 6 ~ 図 2 1 を用いて、各走行状況における車両用運転操作補助装置 1 の作用を説明する。図 1 6 ~ 図 2 1 において、矢印は自車両に対する障害物検出方向を示し、矢印の長さはカメラ画面における水平エッジの Y 座標値 Y_L 、 Y_R に相当し、自車両から障害物検出方向上の障害物までの距離を示している。

10

【 0 0 6 5 】

図 1 6 は、自車両が車間距離を短く保って先行車に追従走行しているシーンを示している。図 1 6 に示す状況において、右側の障害物検出方向上の障害物までの距離と左側の障害物検出方向上の障害物までの距離、すなわちカメラ画面における水平エッジの Y 座標値 Y_R 、 Y_L は略同一で、かつ Y 座標値 Y_R 、 Y_L は所定値 Y_a 以下である。従って、コントローラ 5 0 は 2 つの障害物検出方向上に存在する障害物が先行車であると判断する。そこでコントローラ 5 0 は、先行車までの距離 D に基づいて余裕時間 TTC を算出し、先行車に対する余裕時間 TTC に基づいて車両前後方向の反力制御を行う。このとき、車両左右方向の反力制御は行わない。これにより、アクセルペダル 8 2 およびブレーキペダル 9 2 には先行車に対するリスクポテンシャル RP に応じた操作反力が発生し、運転者の減速操作を促すことができる。

20

【 0 0 6 6 】

図 1 7 は、自車両が車間距離を長く保って先行車に追従走行しているシーンを示している。図 1 7 に示す状況において、右側の障害物検出方向上の障害物までの距離と左側の障害物検出方向上の障害物までの距離、すなわちカメラ画面における水平エッジの Y 座標値 Y_R 、 Y_L は略同一であるが、Y 座標値 Y_R 、 Y_L は所定値 Y_a を上回る。従って、コントローラ 5 0 は障害物検出方向上に存在する障害物は先行車ではないと判断する。そこでコントローラ 5 0 は、レーンマーカまでの距離 D に基づいて余裕時間 TTC を算出し、レーンマーカに対する余裕時間 TTC に基づいて車両前後方向および左右方向の反力制御を行う。

30

【 0 0 6 7 】

これにより、アクセルペダル 8 2 またはブレーキペダル 9 2 にはレーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じた反力が発生する。ただし、図 1 6 に示す走行状況に比べてレーンマーカに対する余裕時間 TTC が大きいため、反力制御を行うことによって運転者の運転操作を妨げるほどのペダル反力は発生しない。また、レーンマーカに対するリスクポテンシャル RP に応じて操舵反力制御が行われるが、左右のリスクポテンシャル RP がバランスし、実質的な操舵反力制御量 FS は 0 となる。

【 0 0 6 8 】

図 1 8 は、先行車との車間距離を長く保った状態で、自車両が自車線の左寄りを走行するシーンを示している。図 1 8 に示すように、右側の障害物検出方向では自車線右側のレーンマーカを検出し、左側の障害物検出方向では自車線左側のレーンマーカを検出している。コントローラ 5 0 は自車線右側および左側のレーンマーカまでの距離 D_R 、 D_L を算出し、算出した距離 D_R 、 D_L に基づいて余裕時間 TTC_R 、 TTC_L をそれぞれ算出する。そして、コントローラ 5 0 は、大きい方の余裕時間 TTC 、すなわち自車線右側のレーンマーカに対する余裕時間 TTC_R に基づいて車両前後方向の反力制御を行い、小さい方の余裕時間 TTC 、すなわち自車線左側のレーンマーカに対する余裕時間 TTC_L に基づいて車両左右方向の反力制御を行う。

40

【 0 0 6 9 】

50

これにより、左側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル R P に応じてステアリングホイール 6 2 を中立位置に戻す方向に操舵反力が発生する。さらに、右側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル R P に応じたペダル反力が発生する。

【 0 0 7 0 】

図 1 9 は、図 1 8 に示す走行状況から、自車両がさらに自車線の左側に寄って走行するシーンを示している。図 1 9 に示すように、右側の障害物検出方向では先行車を検出し、左側の障害物検出方向では自車線左側のレーンマーカを検出している。コントローラ 5 0 は、先行車までの距離 D R と、自車線左側のレーンマーカまでの距離 D L とを算出し、先行車に対する余裕時間 T T C R および左側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C L をそれぞれ算出する。そして、コントローラ 5 0 は、大きい方の余裕時間 T T C R、すなわち先行車に対する余裕時間 T T C R に基づいて車両前後方向の反力制御を行い、小さい方の余裕時間 T T C L、すなわち左側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C L に基づいて車両左右方向の反力制御を行う。

10

【 0 0 7 1 】

これにより、左側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル R P に応じて、ステアリングホイール 6 2 を中立位置に戻す方向に操舵反力が発生する。さらに、先行車に対するリスクポテンシャル R P に応じた反力が、アクセルペダル 8 2 またはブレーキペダル 9 2 に発生する。

【 0 0 7 2 】

図 2 0 は、自車両と先行車との車間距離が短い状態で先行車が自車線の左側に寄ったシーンを示している。例えば、自車両前方の車両が自車線左端に駐停車している場合も、図 2 0 に示すシーンに含まれる。図 2 0 に示すように、右側の障害物検出方向では自車線右側のレーンマーカを検出し、左側の障害物検出方向では先行車を検出している。コントローラ 5 0 は、自車線右側のレーンマーカまでの距離 D R と、先行車までの距離 D L を算出し、右側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C R および先行車に対する余裕時間 T T C L をそれぞれ算出する。そして、コントローラ 5 0 は、大きい方の余裕時間 T T C R、すなわち右側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C R に基づいて車両前後方向の反力制御を行い、小さい方の余裕時間 T T C L、すなわち先行車に対する余裕時間 T T C L に基づいて車両左右方向の反力制御を行う。

20

【 0 0 7 3 】

これにより、先行車に対するリスクポテンシャル R P に応じた操舵反力が発生し、先行車を回避する方向への操舵操作を促す。さらに、右側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル R P に応じた反力が、アクセルペダル 8 2 またはブレーキペダル 9 2 に発生する。

30

【 0 0 7 4 】

図 2 1 は、自車両と先行車との車間距離が短い状態で自車両が自車線の左側に寄ったシーンを示している。図 2 1 に示すように、右側の障害物検出方向では先行車を検出し、左側の障害物検出方向では自車線左側のレーンマーカを検出している。コントローラ 5 0 は、先行車までの距離 D R と、自車線左側のレーンマーカまでの距離 D L を算出し、先行車に対する余裕時間 T T C R および左側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C L をそれぞれ算出する。そして、コントローラ 5 0 は、大きい方の余裕時間 T T C L、すなわち左側のレーンマーカに対する余裕時間 T T C L に基づいて車両前後方向の反力制御を行い、小さい方の余裕時間 T T C R、すなわち先行車に対する余裕時間 T T C R に基づいて車両左右方向の反力制御を行う。

40

【 0 0 7 5 】

これにより、先行車に対するリスクポテンシャル R P に応じた操舵反力が発生し、先行車を回避する方向への操舵操作を促す。さらに、左側のレーンマーカに対するリスクポテンシャル R P に応じた反力が、アクセルペダル 8 2 またはブレーキペダル 9 2 に発生する。

【 0 0 7 6 】

50

図 2 2 および図 2 3 に、第 1 の実施の形態による他の作用を説明するための図を示す。ここでは、自車両が坂道を走行するとき、前方カメラ 2 0 の画像から検出される障害物までの距離に基づいて前後方向反力制御を行う場合の作用について説明する。図 2 2 および図 2 3 は、自車両前方の障害物としてレーンマーカを検出している場合を例として示している。図 2 2 (a) ~ (e) は、自車両が上り坂を走行する場合の前方カメラ 2 0 のカメラ画面の変化および前後方向制御指令値の変化を示す。図 2 3 (a) ~ (e) は、自車両が下り坂を走行する場合の前方カメラ 2 0 のカメラ画面の変化および前後方向制御指令値の変化を示す。なお、図 2 2 (a) ~ (e) および図 2 3 (a) ~ (e) は、後述する第 3 および第 4 の実施の形態の作用についても示している。

【 0 0 7 7 】

10

図 2 2 (a) に示すように、自車両が平坦な道路から上り坂に進入する場合、前方カメラ 2 0 のカメラ画面における無限遠点 (水平方向) は、矢印で示すようにカメラ画面の上方へ移動する。これにより、カメラ画面における障害物検出方向上の水平エッジ、ここではレーンマーカの Y 座標値が増加する。上述したように、レーンマーカの Y 座標値はカメラ画面の下端から算出され、カメラ画面における無限遠点の Y 座標値 Y_0 は固定値である。従って、レーンマーカの Y 座標値および無限遠点の Y 座標値を用いて算出される、自車両から障害物検出方向上のレーンマーカまでの距離 D が増加し、レーンマーカまでの余裕時間 TTC も増加する。余裕時間 TTC の増加により前後方向リスクポテンシャル $R_{Plongitudinal}$ が低下するため、前後方向制御指令値が減少する。

【 0 0 7 8 】

20

したがって、自車両が上り坂に進入する場合は、道路勾配に応じてカメラ画面の画像状態が変化し、前後方向制御指令値が自動的に減少する。これにより、アクセルペダル 8 2 を操作する際に発生するアクセルペダル反力が減少し、自車両が上り坂に進入する際に加速を促すことができる。なお、上述したように、2 つの障害物検出方向上の障害物に対する余裕時間 TTC がともに所定値 T_0 未満の場合のみ、前後方向反力制御を行う。

【 0 0 7 9 】

図 2 2 (b) に示すように自車両が上り坂に進入した後は、道路勾配に対して自車両の車体が平行になるため、カメラ画面における無限遠点は矢印で示すようにカメラ画面のほぼ中間に復帰する。これに伴って、上り坂進入時に増加したレーンマーカの Y 座標値が、道路勾配の影響を受けない値、すなわち通常の場合の値に復帰する。これにより、上り坂進入時に減少していた前後方向制御指令値は、自車両が平坦な道路を走行する場合と同様な通常の場合の値に復帰する。

30

【 0 0 8 0 】

したがって、図 2 2 (b) および図 2 2 (c) に示すように自車両が上り坂の途中を走行している場合は、道路勾配の影響を受けることなくレーンマーカの Y 座標値が算出される。これにより、自車両が平坦な道路を走行している場合と同様に、レーンマーカまでの正確な距離 D を用いて前後方向制御指令値が算出される。

【 0 0 8 1 】

図 2 2 (d) に示すように自車両が上り坂から抜け出す場合、前方カメラ 2 0 のカメラ画面における無限遠点は矢印で示すようにカメラ画面の下方へ移動する。これに伴い、レーンマーカまでの Y 座標値が低下し、レーンマーカに対する余裕時間 TTC が減少する。このように、自車両が上り坂から抜け出す場合は、道路勾配の変化に応じてカメラ画面の画像状態が変化し、前後方向制御指令値が自動的に増加する。これにより、アクセルペダル 8 2 を操作する際に発生するアクセルペダル反力が増加し、上り坂から平坦な道路へ移行する際に自車両の減速を促すことができる。

40

【 0 0 8 2 】

図 2 2 (e) に示すように自車両が上り坂を抜け出した後は、カメラ画面における無限遠点が矢印で示すようにカメラ画面のほぼ中間に復帰し、レーンマーカまでの Y 座標値が通常の場合の値に復帰する。これにより、レーンマーカまでの正確な距離 D を用いて前後方向制御指令値が算出され、上り坂から抜け出すときに増加した前後方向制御指令値は通常の場合の値

50

に復帰する。

【 0 0 8 3 】

一方、図 2 3 (a) に示すように自車両が平坦な道路から下り坂に進入する場合は、前方カメラ 2 0 のカメラ画面における無限遠点が矢印で示すようにカメラ画面の下方へ移動する。これに伴ってレーンマーカの Y 座標値が低下し、レーンマーカまでの余裕時間 T T C が減少して前後方向制御指令値が自動的に増加する。これにより、アクセルペダル反力が増加し、下り坂に進入する際に自車両の減速を促すことができる。

【 0 0 8 4 】

図 2 3 (b) に示すように自車両が下り坂に進入した後は、カメラ画面における無限遠点が矢印で示すようにほぼ中間に復帰する。これにより、レーンマーカの Y 座標値が通常 10 の値に復帰し、下り坂進入時に増加した前後方向制御指令値は、レーンマーカまでの正確な距離 D から算出される通常の値に復帰する。

【 0 0 8 5 】

従って、図 2 3 (b) および図 2 3 (c) に示すように自車両が下り坂の途中を走行している場合は、道路勾配の影響を受けることなくレーンマーカの Y 座標値が算出される。これにより、平坦な道路を走行する場合と同様にレーンマーカまでの正確な距離 D を用いて前後方向制御指令値が算出される。

【 0 0 8 6 】

図 2 3 (d) に示すように自車両が下り坂から抜け出す場合は、カメラ画面における無限遠点が矢印で示すようにカメラ画面の上方へ移動する。これに伴って、レーンマーカ 20 までの Y 座標値が増加し、レーンマーカまでの余裕時間 T T C が増加して前後方向制御指令値が自動的に減少する。これによりアクセルペダル反力が減少し、下り坂から抜け出す際に自車両の加速を促すことができる。

【 0 0 8 7 】

図 2 3 (e) に示すように自車両が下り坂を抜け出した後は、カメラ画面における無限遠点が矢印で示すようにカメラ画面のほぼ中間に復帰し、レーンマーカまでの Y 座標値が通常 30 の値に復帰する。これにより、レーンマーカまでの正確な距離 D を用いて前後方向制御指令値が算出され、下り坂から抜け出すときに減少した前後方向制御指令値は通常の値に復帰する。

【 0 0 8 8 】

なお、以上説明した道路勾配による反力制御指令値の変化は、自車両前方に先行車両が存在する場合も同様であり、また、前後方向だけでなく左右方向の反力制御指令値にも当てはまる。

【 0 0 8 9 】

このように、以上説明した第 1 の実施の形態においては、以下のような作用効果を奏することができる。

(1) コントローラ 5 0 は、前方カメラ 2 0 の画像に画像処理を施して自車両前方に存在する障害物、すなわち先行車候補を認識し、図 7 に示すように前方画像において 2 本の垂直線が先行車候補の最下端位置とそれぞれ交わる交点までの 2 本の垂直線の長さ Y L、Y R を検出する。そして、コントローラ 5 0 は、2 本の垂直線の長さ Y L、Y R が略同一で、かつ所定値 Y a 以下である場合には、カメラ画面上の先行車候補が先行車であると判定する。これにより、自車両前方の先行車候補が先行車であるか否かを、前方カメラ 2 0 からの画像情報に基づいて簡素に判定することができる。さらに、コントローラ 5 0 は 2 本の垂直線の長さ Y L、Y R を用いた先行車判定結果に基づいて、自車両の前後方向の運転操作に関わる車両操作機器、例えばアクセルペダル 8 2 およびブレーキペダル 9 2 の操作反力を制御する。アクセルペダル反力制御装置 8 0 およびブレーキペダル反力制御装置 9 0 は、自車両前方の先行車候補までの距離 D に基づいて、車両前後方向の反力制御を行う。具体的には、先行車候補が先行車であると判定すると、先行車までの距離 D に基づいてアクセルペダル 8 2 およびブレーキペダル 9 2 の操作反力を制御する。これにより、運転者による運転操作を適切な方向へ促すことができる。2 本の垂直線の長さ Y L、Y R が所 40 50

定値 Y_a 以下の場合に、カメラ画面上の先行車候補を先行車に対する操作反力制御の対象としてみなすので、前方カメラ 20 の撮像画像から算出される先行車までの正確な距離 D に基づいて、車両前後方向の操作反力制御を行うことができる。

(2) コントローラ 50 は、カメラ画面における 2 本の垂直線の長さ Y_L 、 Y_R が異なる場合、または 2 本の垂直線の長さ Y_L 、 Y_R が所定値 Y_a よりも大きい場合は、先行車候補が先行車ではないと判定する。このとき、自車両から先行車候補までの距離 D に基づいて、自車両の左右方向の運転操作に関わる車両操作機器、例えばステアリングホイール 62 の操作反力を制御する。自車両前方の障害物が例えばレーンマーカである場合は、アクセルペダル反力制御およびブレーキペダル反力制御に加えて操舵反力制御を行うことにより、運転者の操作を適切な方向へ促すことができる。

10

(3) コントローラ 50 は、図 7 および図 9 に示すようなカメラ画面における水平線（無限遠点）と先行車候補の最下端位置との位置関係とから、(式 6) を用いて先行車候補までの距離 D を算出する。これにより、先行車候補との距離を検出するためのセンサ等を設けることなく、前方カメラ 20 の撮像画像のみに基づいて距離 D を算出することができる。また、先行車候補が先行車であるかを判定するために用いた 2 本の垂直線の長さ Y_L 、 Y_R から、距離 D を算出することができる。

(4) コントローラ 50 は、先行車候補が先行車であると判定した場合に、先行車までの距離 D に基づいて自車両が先行車に接触するまでの余裕時間 TTC を算出する。そして、先行車までの余裕時間 TTC に基づいて車両前後方向の操作反力制御を行う。これにより、自車両と先行車との接近度合をアクセルペダル反力またはブレーキペダル反力として運転者に確実に伝達することができる。

20

(5) コントローラ 50 は、先行車候補が先行車ではないと判定した場合、例えば先行車候補がレーンマーカの場合、または先行車候補が先行車とレーンマーカの場合には、2 つの障害物検出方向上の障害物に接触するまでの余裕時間 TTC_L 、 TTC_R をそれぞれ算出する。そして、障害物までの余裕時間 TTC_L 、 TTC_R に基づいて車両前後方向および左右方向の操作反力制御を行う。これにより、車両前後方向および左右方向の操作反力制御を両立し、運転者による前後方向および左右方向の運転操作を適切な方向へ促すことができる。

(6) コントローラ 50 は、2 つの余裕時間 TTC_L 、 TTC_R がともに所定値 T_0 よりも小さい場合に、車両前後方向の反力制御を行う。これにより、自車両と障害物との接近度合が大きい場合には、操舵角を戻すように操舵反力制御を行うとともに減速操作を促し、運転者の運転操作を適切な方向へ導くことができる。

30

(7) コントローラ 50 は、自車両の走行状態に応じてカメラ画面における 2 つの最下端位置の水平方向位置、すなわち自車両前方の 2 つの障害物検出方向を設定するので、自車両周囲の先行車候補を適宜検出し、走行状況に応じた操作反力制御を行うことができる。なお、自車両正面に対する障害物検出方向のなす角度 R 、 L は、(式 1) (式 2) に表すように、前方カメラ 20 のカメラ画面における水平方向位置、すなわち X 座標値 X_L 、 X_R に対応する。

(8) コントローラ 50 は、自車速 V に応じて自車両の進行方向に対する障害物検出方向の開き角 θ 、すなわちカメラ画面における X 座標値 X_L 、 X_R の間隔を設定する。これにより、自車速 V から予測される自車両の進行方向に応じてカメラ画面の 2 つの水平方向位置を設定し、自車両の走行に影響を与える先行車候補を適切に検出することができる。

40

(9) コントローラ 50 は、自車速 V および操舵角 STR に基づいて自車両の概略の進行方向を推定し、進行方向に応じて 2 つの障害物検出方向の中心角 α 、すなわちカメラ画面における X 座標値 X_L 、 X_R の中心を設定する。これにより、先行車候補を検出するための障害物検出方向を適切に設定することができる。なお、上記実施の形態においては自車速 V および操舵角 STR に基づいて中心角 α を設定したが、いずれか一方に基づいて中心角 α を設定することもできる。ただし、自車速 V および操舵角 STR の両方を用いることにより、自車両の進行方向をより正確に推定することができる。

【0090】

50

《第2の実施の形態》

つぎに、本発明の第2の実施の形態による車両用運転操作補助装置について説明する。第2の実施の形態による車両運転操作補助装置の構成は、図1および図2に示す第1の実施の形態と同様である。ここでは、第1の実施の形態との相違点を主に説明する。

【0091】

前方カメラ20によって撮像される自車両前方領域の画像は、自車両の車両状態に応じて変化する。すなわち、前方カメラ20は自車両に固定されているため、道路に対する自車両の姿勢が変化すると、前方カメラ20によるカメラ画面の画像も自車両の姿勢に伴って変化する。

【0092】

図24に、自車両が右カーブを走行しているときの前方カメラ20のカメラ画面の画像を示す。図24のカメラ画面において、自車両がロールした場合のレーンマーカおよび無限遠点（水平方向）を実線で示し、自車両がロールしていない場合のレーンマーカおよび無限遠点を点線で示す。

【0093】

自車両が図24に示すような右カーブを走行するとき、カーブに伴って自車両には左向きの横加速度が発生し、自車両は左、すなわち反時計回りにロールする。これによって、図24に示すように前方カメラ20のカメラ画面では、点線で示すロールしていないときの画像に対して、実線で示すように画像が時計回りに回転する。その結果、2つの障害物検出方向上のレーンマーカ位置のY座標値がそれぞれ変化する。具体的には、障害物検出方向に対応するX座標値X_L、X_Rにおけるレーンマーカ位置のY座標値Y_L、Y_Rが、それぞれ以下のように変化する。

- ・ Y_L Y_L'（増加）
- ・ Y_R Y_R'（減少）

【0094】

自車両に発生するロール角に応じてレーンマーカの各検出座標値Y_L、Y_Rが変化すると、各障害物検出方向上のレーンマーカまでの距離D_L、D_Rが変化する。これにより、余裕時間T_{TC_L}、T_{TC_R}が変化して、前後方向および左右方向の反力制御指令値も変化する。図24に示すような状況においては、Y座標値Y_Lの増加に伴ってアクセルペダル反力制御指令値F_Aが減少する。また、Y座標値Y_Rの減少に伴って操舵反力制御指令値F_Sが増加する。

【0095】

そこで第2の実施の形態においては、前方カメラ20の画像情報から算出するレーンマーカまでの距離Dおよび余裕時間T_{TC}を、カーブを走行する場合等に自車両に発生するロール角に応じて補正する。以下に、自車両がロールする場合の補正方法について詳細に説明する。

【0096】

自車両に発生するロール角を算出するために、まず、自車両に発生する横加速度Y_Gを算出する。自車両が旋回中の横加速度Y_Gは、操舵角S_{TR}および自車速Vの2乗の積に比例する。従って、横加速度Y_Gは定数k₁を用いて以下の(式9)より推定することができる。

$$Y_G = k_1 \cdot S_{TR} \cdot V^2 \quad \dots (式9)$$

【0097】

自車両に発生するロール角の大きさは、横加速度Y_Gの大きさにほぼ比例する。従って、ロール角は定数k₂を用いて以下の(式10)より算出することができる。

$$\begin{aligned} &= k_2 \cdot Y_G \\ &= k_2 \cdot k_1 \cdot S_{TR} \cdot V^2 \quad \dots (式10) \end{aligned}$$

【0098】

(式10)により算出したロール角を用いて、カメラ画面から得られる各レーンマーカの検出座標値Y_L'、Y_R'を補正し、ロール角の影響を排除したレーンマーカのY

10

20

30

40

50

座標値 Y L、Y R を算出する。補正したレーンマーカの Y 座標値 Y L、Y R を以下の (式 1 1) (式 1 2) に示す。

$$Y L = Y L' - X L \cdot \dots (式 1 1)$$

$$Y R = Y R' + X R \cdot \dots (式 1 2)$$

【 0 0 9 9 】

カメラ画面から検出した Y 座標値 Y L'、Y R' を (式 1 1) (式 1 2) に代入し、補正した Y 座標値 Y L、Y R を用いて、上述した第 1 の実施の形態と同様に (式 6) からレーンマーカまでの距離 D L、D R を算出することができる。

【 0 1 0 0 】

ここでは、自車両が反時計回りにロールすることによって左側の障害物検出方向上のレーンマーカの Y 座標値 Y L' が増加し、右側の障害物検出方向上のレーンマーカの Y 座標値 Y R' が減少する場合を例として説明した。ただし、反対に自車両が右、すなわち時計回りにロールする場合も同様に、レーンマーカの Y 座標値 Y L、Y R を補正することができる。また、自車両前方に先行車が存在する場合も同様にして先行車の下端に相当する Y 座標値 Y L、Y R を補正することができる。

10

すなわち、自車両に発生するロール角 によってカメラ画面上での水平エッジの Y 座標値が変動する場合は、カメラ画面における検出座標値 Y' に X 座標値とロール角 との積を加算あるいは減算することにより、障害物検出方向上の水平エッジの Y 座標値を補正することができる。

【 0 1 0 1 】

20

このように、以上説明した第 2 の実施の形態においては以下のような作用効果を奏することができる。

(1) コントローラ 5 0 は、自車両の車両状態の変化によるカメラ画面の画像状態から、先行車候補までの距離 D を補正する。具体的には、コントローラ 5 0 は、自車速 V と操舵角 S T R から自車両に発生するロール角 を算出し、ロール角 によるカメラ画面の画像状態の変化に基づいて先行車候補までの距離 D を補正する。これにより、車両状態によらず、正確な距離 D を算出することができる。

(2) コントローラ 5 0 は、図 2 4 に示すように自車両に発生するロール角 に応じて、カメラ画面の画像における 2 本の垂直線の長さ Y L、Y R を補正することにより、先行車候補までの距離 D を補正する。これにより、ロール角 によらずに正確な距離 D を算出し、さらにはロール角 に影響を受けない正確な余裕時間 T T C を算出することができる。

30

【 0 1 0 2 】

《 第 3 の実施の形態 》

つぎに、本発明の第 3 の実施の形態による車両用運転操作補助装置について説明する。第 3 の実施の形態による車両運転操作補助装置の構成は、図 1 および図 2 に示す第 1 の実施の形態と同様である。ここでは、第 1 の実施の形態との相違点を主に説明する。

【 0 1 0 3 】

第 1 の実施の形態において図 2 2 (a) ~ (e) および図 2 3 (a) ~ (e) を用いて説明したように、前方カメラ 2 0 による画像を用いて障害物までの距離 D を算出する場合、道路勾配の変化によってカメラ画面における水平エッジの Y 座標値が変化し、前後方向制御指令値が自動的に変化する。

40

【 0 1 0 4 】

第 3 の実施の形態においては、道路勾配の変化によって車両前後方向の反力制御指令値が変化しないようにする。具体的には、自車両が上り坂あるいは下り坂から抜け出すときに、道路勾配に応じて前後方向制御指令値が自動的に変化しないようにする。なお、自車両が上り坂あるいは下り坂に進入する場合は、道路勾配に応じて前後方向制御指令値を自動的に変化させる。

【 0 1 0 5 】

自車線の道路勾配に応じて前後方向制御指令値が変化しないようにするために、コントローラ 5 0 は前方カメラ 2 0 による画像から算出する障害物までの距離 D を補正する。上

50

述べた第1の実施の形態においては、図9に示すカメラ画面における無限遠点のY座標値 Y_0 を固定値とした。第3の実施の形態においては、自車両が上り坂あるいは下り坂から抜け出す場合に、カメラ画面における無限遠点のY座標値 Y_0 を道路勾配に応じて変更する。なお、障害物までの距離 D の補正は、上述した図4のフローチャートのステップS110またはステップS120において障害物に対する余裕時間 TT_C を算出する際に、行われる。

【0106】

コントローラ50は、前方カメラ20による撮像画像に画像処理を施し、カメラ画面内の2本あるいは3本のレーンマーカ(車線境界)を検出する。そして、検出した道路境界が道路遠方で交差すると想定されるカメラ画面上の仮想点、すなわち消失点を算出し、消失点のY座標値をカメラ画面における無限遠点のY座標値 Y_0 とする。このように、コントローラ50は道路勾配によるカメラ画像の画像状態の変化に応じて、無限遠点のY座標値を算出する。

10

【0107】

コントローラ50は、算出した無限遠点のY座標値 Y_0 と障害物検出方向上の水平エッジのY座標値とから、(式6)により障害物までの距離 D を算出する。これにより、道路勾配の影響を受けない正確な距離 D を算出することができる。その結果、自車両が上り坂あるいは下り坂から抜け出す際に、図22(d)(e)、図23(d)(e)に示すように、前後方向制御指令値が道路勾配の変化の影響を受けない通常値となる。

【0108】

このように、障害物までの距離 D を道路勾配に応じて補正することにより、道路勾配によらずに正確な距離 D を算出することができる。これにより、自車両が上り坂あるいは下り坂から抜け出す場合に自動的に前後方向制御指令値が変化しないようにすることができる。すなわち、自車両が上り坂から抜け出すときにアクセルペダル反力が自動的に増加して減速を促すことや、自車両が下り坂から抜け出すときにアクセルペダル反力が自動的に減少して加速を促すことがなく、運転者による運転操作を妨げることがない。

20

【0109】

一方、自車両が上り坂あるいは下り坂に進入する際には、道路勾配に応じて前後方向制御指令値が自動的に変化するので、上り坂に進入する場合は自車両の加速を促し、下り坂に進入する場合は自車両の減速を促すことができる。

30

【0110】

このように、以上説明した第3の実施の形態においては以下のような作用効果を奏することができる。

コントローラ50は、自車線の道路勾配の変化を検出し、道路勾配の変化に応じて先行車候補までの距離 D を補正する。これにより、道路勾配によらず、先行車候補までの正確な距離 D を算出し、さらには道路勾配によらない正確な余裕時間 TT_C を算出して操作反力制御を行うことができる。なお、コントローラ50は、前方カメラ20のカメラ画面における画像状態の変化から自車線の道路勾配を推定することができる。

【0111】

《第4の実施の形態》

つぎに、本発明の第4の実施の形態による車両用運転操作補助装置について説明する。

上述した第3の実施の形態においては、自車両が上り坂あるいは下り坂から抜け出す際に、道路勾配に応じて前後方向制御指令値が自動的に変化しないように、障害物までの距離 D を補正した。第4の実施の形態では、自車両が上り坂あるいは下り坂に進入する場合も、前方カメラ20の画像から算出する障害物までの距離 D を補正し、道路勾配に応じて前後方向制御指令値が自動的に変化しないようにする。

40

【0112】

コントローラ50は、上述した第3の実施の形態と同様に、道路勾配に応じてカメラ画面の無限遠点のY座標値 Y_0 を変更する。そして、変更した無限遠点のY座標値 Y_0 と障害物検出方向上の水平エッジのY座標値とを用いて、(式6)より自車両から障害物まで

50

の距離 D を算出する。

【0113】

これにより、図22(a)~(e)、図23(a)~(e)に示すように、自車両が上り坂あるいは下り坂に進入する際、および上り坂あるいは下り坂から抜け出す際に、前後方向制御指令値が道路勾配の変化の影響を受けない通常の値となる。

【0114】

このように、障害物までの距離 D を道路勾配に応じて補正することにより、道路勾配によらずに正確な距離 D を算出することができる。これにより、自車両が上り坂あるいは下り坂に進入する場合、および抜け出す場合に、自動的に前後方向制御指令値が変化しないようにすることができる。すなわち、道路勾配が変化した場合でも、自車両が平坦な道路を走行している場合と同様に、障害物までの正確な距離 D に基づく前後方向制御指令値を発生させることができる。

10

【0115】

このように、以上説明した第4の実施の形態においては以下のような作用効果を奏することができる。

コントローラ50は、自車線の道路勾配の変化を検出し、道路勾配の変化に応じて先行車候補までの距離 D を補正する。これにより、道路勾配によらず、先行車候補までの正確な距離 D を算出し、さらには道路勾配によらない正確な余裕時間 TTC を算出して操作反力制御を行うことができる。なお、コントローラ50は、前方カメラ20のカメラ画面における画像状態の変化から自車線の道路勾配を推定することができる。

20

【0116】

上述した第1から第4の実施の形態においては、カメラ画面上で2つの障害物検出方向に対応する水平位置における水平エッジのY座標値 Y_L 、 Y_R が略同一、かつ所定値 Y_a 以下の場合に、検出した水平エッジが先行車によるものであると判定した。そして、図3に示したように2つの障害物検出方向上で先行車を検出する場合に、先行車に対する反力制御、すなわち車両前後方向の反力制御を行った。従って、図3に示すように一方の障害物検出方向上で先行車を検出し、他方の障害物検出方向上でレーンマーカを検出する場合は、レーンマーカに対する反力制御、すなわち車両前後方向および左右方向の反力制御を行った。しかし、本発明による車両用運転操作補助装置の実施の形態はこれには限定されない。

30

【0117】

例えば、図25に示すように、2つの障害物検出方向でともにレーンマーカを検出した場合は、レーンマーカに対して車両前後方向および左右方向の反力制御を行う。一方、2つの障害物検出方向でともに先行車を検出した場合、または一方の障害物検出方向で先行車を検出し、他方の障害物検出方向でレーンマーカを検出した場合は、先行車に対する車両前後方向の反力制御のみを行うこともできる。

【0118】

このように、いずれか一方の障害物検出方向上に存在する先行車を検出し、先行車に対して前後方向の反力制御を行う場合は、周知の画像処理の手法を用いて2つの障害物検出方向上に存在する障害物の種別を判別する。すなわち、カメラ画面での2つの水平エッジが先行車によるものか、またはレーンマーカによるものかを周知の画像処理技術により個別に判定し、先行車による水平エッジを検出している場合は、先行車に対する前後方向の反力制御を行うようにする。

40

【0119】

また、上述した第1の実施の形態においては、図9に示すようにカメラ画面における水平エッジのY座標値 Y_E と無限遠点(水平方向)のY座標値 Y_0 とを用い、(式6)より自車両と障害物との距離 D を算出した。しかし、本発明による実施の形態はこれには限定されない。例えば、先行車の車幅を用いて自車両と先行車との距離 D を算出することもできる。

【0120】

50

具体的には、カメラ画面における先行車の幅を計測し、先行車の実際の車幅とカメラ画面上での先行車の幅とから、先行車までの距離Dを算出する。通常、カメラ画面において垂直方向成分、すなわち垂直エッジが最も安定して発生する2つのタイヤ間の距離を用いて、先行車の幅を検出する。この場合、カメラ画面における垂直エッジの幅の変化が自車両と先行車との距離Dの変化に対応する。先行車の車幅から車間距離Dを算出するためには、予め先行車の実際の車幅を計測しておく必要がある。そこで、例えば、自車両が一定速度で先行車に追従走行するような定常状態において、上述した(式6)より先行車までの車間距離Dを算出し、算出した車間距離Dとその時点でのカメラ画面上の先行車の車幅、すなわちタイヤ間の幅を記憶する。そして、カメラ画面における先行車の車幅の変化から車間距離Dの変化を算出し、各時点での先行車までの車間距離Dを算出する。

10

【0121】

上記第2の実施の形態においては、自車両に発生するロール角 θ に応じて、前方カメラ20の画像から得られる先行車候補までの距離Dを補正した。また、上記第3および第4の実施の形態においては、自車線の道路勾配に応じて前方カメラ20の画像から得られる先行車候補までの距離Dを補正した。自車両に発生するロール角 θ に応じた補正方法、および自車線の道路勾配に応じた補正方法を組み合わせて、前方カメラ20の画像から得られる先行車候補までの距離Dを補正することもできる。

【0122】

すなわち、コントローラ50は、前方カメラ20の画像から得られる先行車候補までの距離D、さらには余裕時間TTCを、車両状態によって変化する画像の状態に基づいて補正する。これにより、先行車候補までの距離Dを車両状態によらずに算出し、また、車両操作機器の反力制御により運転者による運転操作をより適切な方向へ促すことができる。

20

【0123】

上記第1から第4の実施の形態においては、アクセルペダル反力制御装置80およびブレーキペダル反力制御装置90を用いて車両の前後方向の運動を制御するように構成したが、これには限定されず、例えばいずれか一方のみを用いることもできる。また、上記第1から第4の実施の形態では、ブレーキブースタ91によってエンジンの負圧を利用してブレーキアシスト力を発生させているが、これには限定されず、例えばコンピュータ制御による油圧力を用いてブレーキアシスト力を発生させることもできる。

【0124】

本発明による車両用運転操作補助装置を備える車両は、図2に示す構成には限定されない。

30

【0125】

以上説明した第1から第4の実施の形態においては、撮像手段として前方カメラ20を用いた。また、先行車候補検出手段、最下端位置検出手段、先行車候補距離算出手段、先行車検出手段、先行車余裕時間算出手段、先行車候補余裕時間算出手段、最下端位置検出方向設定手段、および距離補正手段としてコントローラ50を用いた。左右方向操作反力制御手段として操舵反力制御装置60を用い、前後方向操作反力制御手段としてアクセルペダル反力制御装置80およびブレーキペダル反力制御装置90を用いた。また、車両状態検出手段として車速センサ30、操舵角センサ40およびコントローラ50を用い、走行状態検出手段として車速センサ30および操舵角センサ40を用いた。ただし、これらには限定されず、前方カメラ20からの画像信号に画像処理を施す装置をコントローラ50とは独立して設けることもできる。また、車両状態、例えば自車両に発生するロール角や自車線の道路勾配を直接検出するセンサを設けることもできる。

40

【図面の簡単な説明】

【0126】

【図1】本発明の第1の実施の形態による車両用運転操作補助装置のシステム図。

【図2】図1に示す車両用運転操作補助装置を搭載した車両の構成図。

【図3】第1の実施の形態における操作反力制御の概要を示す図。

【図4】第1の実施の形態における運転操作補助制御プログラムの処理手順を示すフロー

50

チャート。

【図5】自車両に対する障害物検出方向を示す図。

【図6】自車速と障害物検出方向の開き角との関係を示す図。

【図7】前方カメラによって得られる自車両前方領域のカメラ画面を示す図。

【図8】自車両からレーンマーカ検出位置までの位置関係を示す側面図。

【図9】カメラ画面におけるレーンマーカ検出位置を示す図。

【図10】小さい方の余裕時間と左右方向リスクポテンシャルとの関係を示す図。

【図11】大きい方の余裕時間と前後方向リスクポテンシャルとの関係を示す図。

【図12】前後方向リスクポテンシャルに対するアクセルペダル反力制御指令値の特性を示す図。

10

【図13】前後方向リスクポテンシャルに対するブレーキペダル反力制御指令値の特性を示す図。

【図14】左右方向リスクポテンシャルに対する操舵反力制御指令値の特性を示す図。

【図15】(a)(b)第1の実施の形態の車両用運転操作補助装置による作用を説明するための図。

【図16】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

【図17】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

【図18】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

【図19】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

【図20】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

20

【図21】第1の実施の形態における自車両と先行車との具体的な走行状況を示す図。

【図22】(a)~(e)車両用運転操作補助装置の他の作用を説明するための図。

【図23】(a)~(e)車両用運転操作補助装置の他の作用を説明するための図。

【図24】自車両にロールが発生する前後におけるカメラ画面の画像状態を示す図。

【図25】車両用運転操作補助装置における操作反力制御の概要の別の一例を示す図。

【符号の説明】

【0127】

20：前方カメラ

30：車速センサ

40：操舵角センサ

50：コントローラ

60：操舵反力制御装置

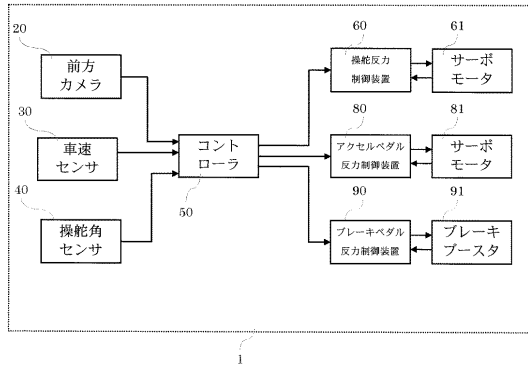
80：アクセルペダル反力制御装置

90：ブレーキペダル反力制御装置

30

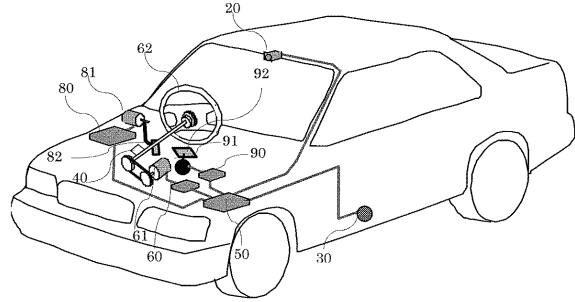
【図1】

【図1】



【図2】

【図2】



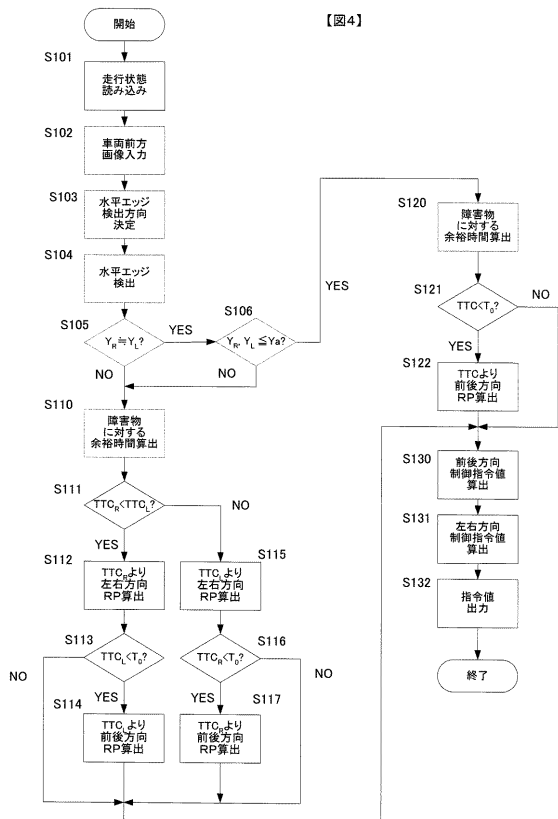
【図3】

【図3】

2本の障害物検出方向での検出対象	制御	前後	左右
2本ともレーンマーカ	レーンマーカに対する制御	○	○
レーンマーカと先行車		○	—
2本とも先行車	先行車に対する制御	○	—

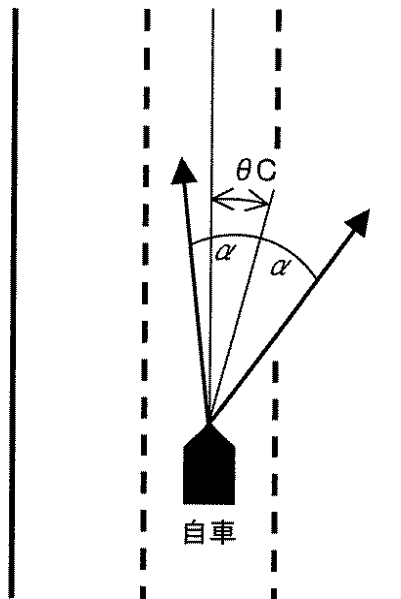
【図4】

【図4】



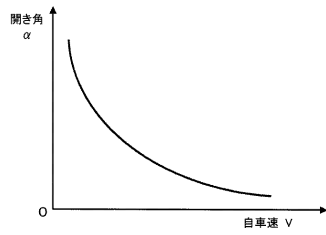
【図5】

【図5】



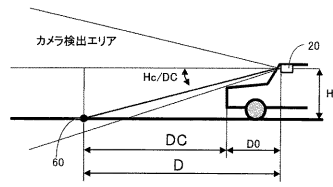
【図6】

【図6】



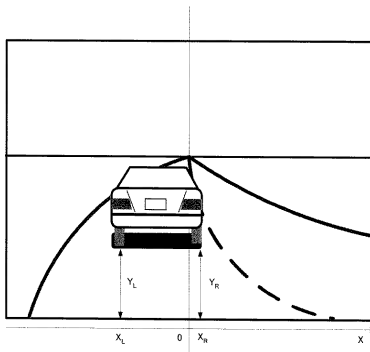
【図8】

【図8】



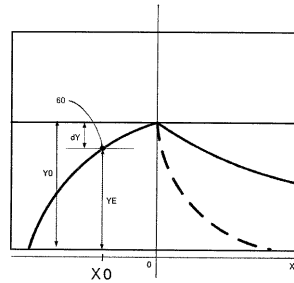
【図7】

【図7】



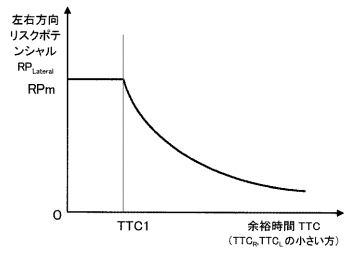
【図9】

【図9】



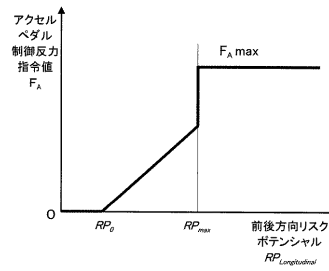
【図10】

【図10】



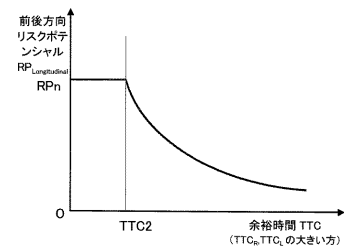
【図12】

【図12】



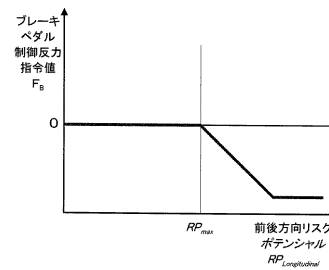
【図11】

【図11】

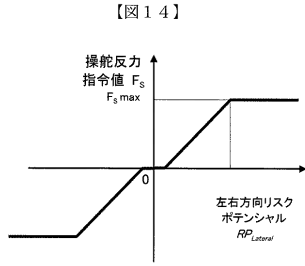


【図13】

【図13】

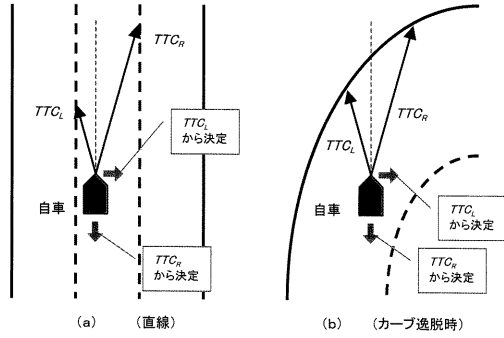


【図14】



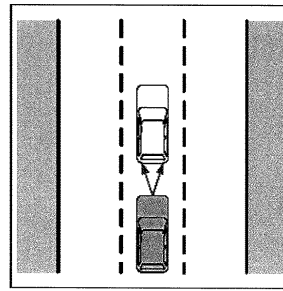
【図15】

【図15】



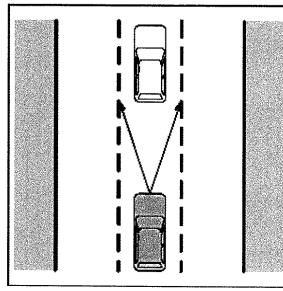
【図16】

【図16】



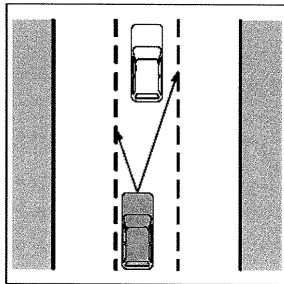
【図17】

【図17】



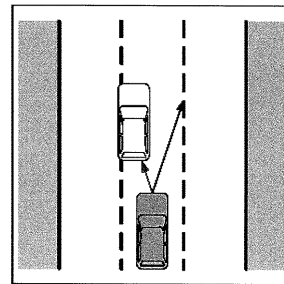
【図18】

【図18】



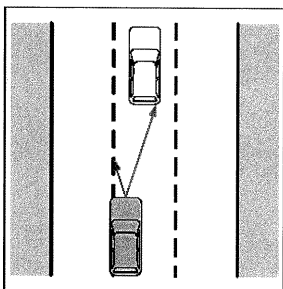
【図20】

【図20】



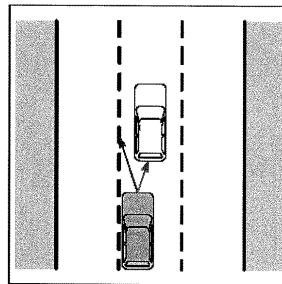
【図19】

【図19】



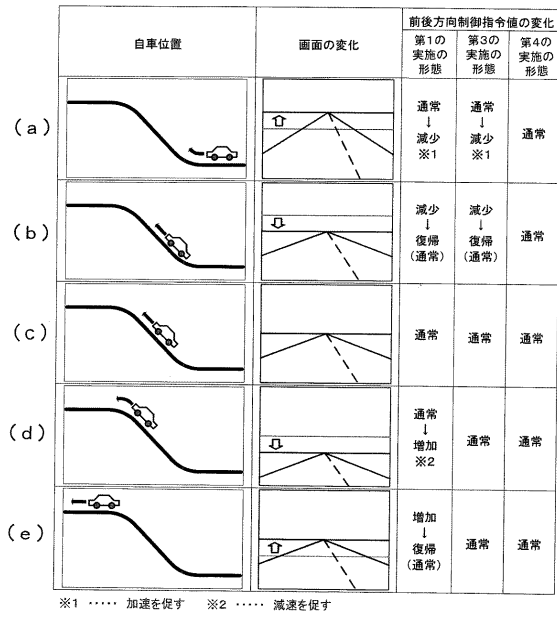
【図21】

【図21】



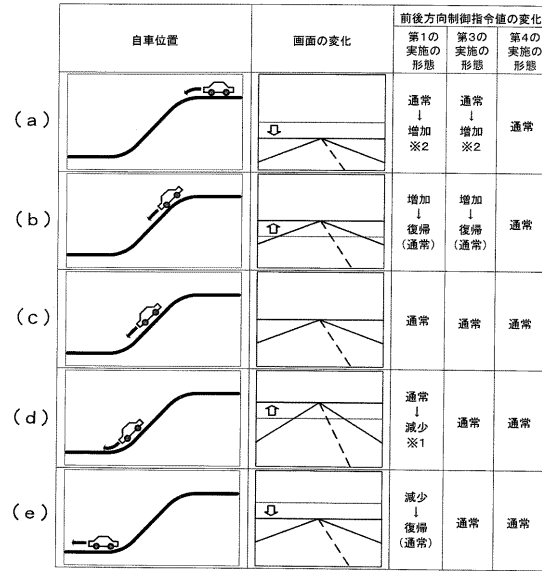
【 図 2 2 】

【図22】



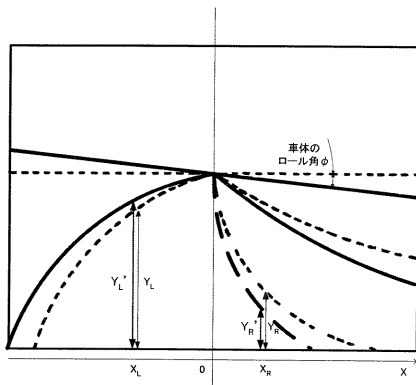
【 図 2 3 】

【図23】



【 図 2 4 】

【図24】



【 図 2 5 】

【図25】

2本の障害物検出方向での検出対象	制御	前後	左右
2本ともレーンマーカ	レーンマーカに対する制御	○	○
レーンマーカと先行車	先行車に対する制御	○	—
2本とも先行車			

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	
<i>B 6 0 K</i> 26/04 (2006.01)		<i>B 6 0 K</i> 26/04	
<i>B 6 0 K</i> 31/00 (2006.01)		<i>B 6 0 K</i> 31/00	Z
<i>B 6 0 R</i> 1/00 (2006.01)		<i>B 6 0 R</i> 1/00	A
<i>B 6 0 R</i> 21/00 (2006.01)		<i>B 6 0 R</i> 21/00	6 2 4 C
<i>B 6 0 T</i> 7/06 (2006.01)		<i>B 6 0 R</i> 21/00	6 2 4 G
<i>B 6 2 D</i> 6/00 (2006.01)		<i>B 6 0 T</i> 7/06	E
<i>F 0 2 D</i> 11/04 (2006.01)		<i>B 6 2 D</i> 6/00	
<i>F 0 2 D</i> 29/02 (2006.01)		<i>F 0 2 D</i> 11/04	C
<i>G 0 5 G</i> 5/00 (2006.01)		<i>F 0 2 D</i> 29/02	3 0 1 D
<i>G 0 8 G</i> 1/16 (2006.01)		<i>G 0 5 G</i> 5/00	Z
<i>B 6 2 D</i> 101/00 (2006.01)		<i>G 0 8 G</i> 1/16	E
<i>B 6 2 D</i> 113/00 (2006.01)		<i>B 6 2 D</i> 101:00	
<i>B 6 2 D</i> 119/00 (2006.01)		<i>B 6 2 D</i> 113:00	
		<i>B 6 2 D</i> 119:00	

(56)参考文献 特許第3896993(JP, B2)
 特開2002-211428(JP, A)
 特開平11-023291(JP, A)
 特開平08-136237(JP, A)
 特開2000-221268(JP, A)
 特開2000-306199(JP, A)
 特開昭64-066712(JP, A)
 特開平08-318765(JP, A)
 特開2003-063430(JP, A)
 特開2002-029348(JP, A)
 特許第3214364(JP, B2)
 特許第3296055(JP, B2)
 特開平09-142236(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 6 0 W 10/00 - 50/08
B 6 2 D 6/00
B 6 0 R 21/00
B 6 0 T 8/00
B 6 0 K 26/04
G 0 8 G 1/16
B 6 0 K 31/00