

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4532181号  
(P4532181)

(45) 発行日 平成22年8月25日(2010.8.25)

(24) 登録日 平成22年6月18日(2010.6.18)

(51) Int.Cl.	F 1		
<b>B60W 10/04</b>	<b>(2006.01)</b>	B60K 41/20	
<b>B60W 10/18</b>	<b>(2006.01)</b>	B60K 26/02	
<b>B60K 26/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B60K 31/00	Z
<b>B60K 31/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B60K 41/00	301A
<b>B60R 21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	B60K 41/00	301F
請求項の数 14 (全 29 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号	特願2004-186531 (P2004-186531)	(73) 特許権者	000003997
(22) 出願日	平成16年6月24日(2004.6.24)		日産自動車株式会社
(65) 公開番号	特開2006-7926 (P2006-7926A)		神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(43) 公開日	平成18年1月12日(2006.1.12)	(74) 代理人	100084412
審査請求日	平成18年11月27日(2006.11.27)		弁理士 永井 冬紀
審判番号	不服2009-6977 (P2009-6977/J1)	(72) 発明者	木村 健
審判請求日	平成21年4月2日(2009.4.2)		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
		(72) 発明者	内藤 原平
			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
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た車両

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

自車両前方の障害物を検出する障害物検出手段と、  
前記自車両の走行状態を検出する走行状態検出手段と、  
前記障害物検出手段および前記走行状態検出手段による検出結果に基づいて、前記障害物に対する前記自車両のリスクポテンシャルを算出するリスクポテンシャル算出手段と、  
運転操作装置に発生する操作反力、および前記自車両に発生する制駆動力の少なくとも一方を制御する制御手段と、

前記リスクポテンシャルについて少なくとも3つである複数の領域を設定する領域設定手段と、

前記リスクポテンシャル算出手段によって算出される前記リスクポテンシャルが、前記複数の領域のうち、いずれに該当するかを判定する領域判定手段と、

前記制御手段による制御特性を、前記リスクポテンシャルが前記複数の領域のうちのいずれかの領域内にある場合に制御量が略一定となり、前記リスクポテンシャルが前記複数の領域間を遷移する状態で、領域が遷移する際の前記制御量の時間変化を決定する変化率で前記制御量に変化して、前記リスクポテンシャルの変化に応じて前記制御量が段階的に変化するように設定する制御特性設定手段とを備え、

前記制御特性設定手段は、前記制御量および前記制御量の変化率を前記リスクポテンシャルに応じて設定し、前記制御量の前記段階的な変化により前記リスクポテンシャルが前記複数の領域間を遷移していることを運転者に伝え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、

前記制御特性設定手段は、前記リスクポテンシャルが高い領域ほど、前記制御量および前記変化率を大きく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 1 または請求項 2 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記領域設定手段は、前記リスクポテンシャルに対する前記複数の領域の長さが、それぞれ略同一になるように前記複数の領域を設定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 1 または請求項 2 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記領域設定手段は、前記リスクポテンシャルに対する前記複数の領域の長さを、前記リスクポテンシャルに応じて変更す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 1 または請求項 2 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記リスクポテンシャルの変化速度を算出する変化速度算出手段をさらに備え、

前記領域設定手段は、前記変化速度算出手段によって算出される前記リスクポテンシャルの変化速度に応じて、前記リスクポテンシャルに対する前記複数の領域の長さを変更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 1 または請求項 2 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記領域設定手段は、前記リスクポテンシャルが増加していく場合と減少していく場合で、ヒステリシスをつけて前記複数の領域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 7】

請求項 6 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記領域設定手段は、前記リスクポテンシャルに応じて、前記ヒステリシスの大きさを変更することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、

前記制御特性設定手段によって設定される前記制御量および前記変化率は、前記制御手段で制御される制御力の大きさおよび前記制御力の時間変化率であることを特徴とする車両用運転操作補助装置。

30

【請求項 9】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、

前記制御特性設定手段によって設定される前記制御量および前記変化率は、前記制御手段で制御される制御力のゲインおよび前記ゲインの時間変化率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 10】

請求項 9 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記制御手段で制御される前記制御力を前記リスクポテンシャルに基づいて算出する制御力算出手段をさらに備え、

前記ゲインは、前記制御力を算出する際の算出式における乗数であり、

前記制御特性設定手段は、前記リスクポテンシャルが大きくなるほど前記乗数を大きく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 11】

請求項 10 に記載の車両用運転操作補助装置において、

前記リスクポテンシャル算出手段は、前記リスクポテンシャルとして、前記自車両と前記障害物との車間時間および/または余裕時間を算出し、

50

前記制御力算出手段は、前記車間時間もしくは前記余裕時間が所定のしきい値よりも小さい場合に、前記自車両と前記障害物との車間距離および前記乗数を用いて前記制御力を算出することを特徴とする車両用運転操作補助装置。

【請求項 1 2】

請求項 9 に記載の車両用運転操作補助装置において、

運転者によるアクセルペダル操作量に応じた要求駆動力を算出する要求駆動力算出手段をさらに備え、

前記ゲインは、前記要求駆動力算出手段によって算出される前記要求駆動力を低下補正する乗数であり、

前記制御特性設定手段は、前記リスクポテンシャルが大きくなるほど前記乗数を小さく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 1 3】

請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の車両用運転操作補助装置において、

前記制御特性設定手段によって設定される前記制御量および前記変化率は、前記制御手段で制御される制御力の上限值および前記上限値の時間変化率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 1 4】

請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項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。

20

【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、自車両周囲の走行状況に基づいて自車両のリスク度を算出し、リスク度に応じてアクセルペダル反力を制御することにより自車両周囲の状況を運転者に伝達している（例えば特許文献 1 参照）。この装置は、リスク度の増加に応じてアクセルペダル反力を指数関数的に増加することにより、自車両周囲の状況変化を連続的に運転者に伝達する。

30

【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 2003 - 205760 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述した従来の装置は、リスク度の増加に応じてアクセルペダル反力を連続的に変化させることにより、連続的な情報伝達を行うことができる。しかし、アクセルペダル反力が連続的に滑らかに変化すると、運転者がその変化を感知しづらくなり、確実な情報伝達が困難となる可能性がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による車両用運転操作補助装置は、自車両前方の障害物を検出する障害物検出手段と、自車両の走行状態を検出する走行状態検出手段と、障害物検出手段および走行状態検出手段による検出結果に基づいて、障害物に対する自車両のリスクポテンシャルを算出するリスクポテンシャル算出手段と、運転操作装置に発生する操作反力、および自車両に発生する制駆動力の少なくとも一方を制御する制御手段と、リスクポテンシャルについて少なくとも 3 つである複数の領域を設定する領域設定手段と、リスクポテンシャル算出手段によって算出されるリスクポテンシャルが、複数の領域のうち、いずれに該当するかを

50

判定する領域判定手段と、制御手段による制御特性を、リスクポテンシャルが複数の領域のうちのいずれかの領域内にある場合に制御量が略一定となり、リスクポテンシャルが複数の領域間を遷移する状態で、領域が遷移する際の制御量の時間変化を決定する変化率で制御量が変化して、リスクポテンシャルの変化に応じて制御量が段階的に変化するように設定する制御特性設定手段とを備え、制御特性設定手段は、制御量および制御量の変化率をリスクポテンシャルに応じて設定し、制御量の段階的な変化によりリスクポテンシャルが複数の領域間を遷移していることを運転者に伝える。

【発明の効果】

【0006】

リスクポテンシャルの変化に応じて制御量が段階的に変化し、制御量の大きさおよび変化率がリスクポテンシャルに応じて設定されるので、自車両のリスクポテンシャルを制駆動力もしくは操作反力として運転者にわかりやすく伝えることができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

《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る。

【0008】

まず、車両用運転操作補助装置1の構成を説明する。車両用運転操作補助装置1は、レーダ装置10、車速センサ20、舵角センサ30、障害物検知装置40、コントローラ50、駆動力制御装置60、制動力制御装置70、およびアクセルペダル反力発生装置80等を備えている。

20

【0009】

レーダ装置10は、例えば車両の前方グリル部もしくはバンパ部等に取り付けられたレーザレーダであり、水平方向に赤外線レーザ光を照射して車両前方領域を走査し、自車両前方の障害物を検出する。図2に、レーダ装置10による障害物検出の原理を説明する図を示す。図2に示すように、レーダ装置10はレーザ光を出力する発光部10aと、自車両の前方にある反射物（通常、前方車の後端）で反射された反射光を検出する受光部10bとを備えている。発光部10aはスキャニング機構が組み合わされており、図2に矢印で示すように振れるように構成されている。発光部10aは角度を変化させながら所定角度範囲内で順次発光する。レーダ装置10は、発光部10aによるレーザ光の出射から受光部10bにおける反射波の受光までの時間差に基づいて自車両から障害物までの距離を計測する。

30

【0010】

レーダ装置10は、スキャニング機構により自車両の前方領域をスキャニングしながら、各スキャニング位置またはスキャニング角度について反射光を受光した場合に障害物までの距離を算出する。さらに、レーダ装置10は、障害物を検出したときのスキャニング角とその障害物までの距離とに基づいて、自車両に対する障害物の左右方向の位置も算出する。すなわち、レーダ装置10は、障害物の有無とともに自車両に対する障害物の相対的な位置を検出する。

40

【0011】

図3に、レーダ装置10による障害物の検出結果の一例を示す。各スキャニング角で自車両に対して障害物の相対的な位置を特定することにより、図3に示すようにスキャニング範囲内で検出できる複数の物体についての平面的な存在状態図を得ることができる。

【0012】

障害物検知装置40は、レーダ装置10および車速センサ20の検出結果に基づいて前方障害物に関する情報を取得する。具体的には、障害物検知装置40は、レーダ装置10からスキャニング周期毎またはスキャニング角ごとに出力される検出結果に基づいて、検出した物体の動きを判別するとともに、物体間の近接状態や動きの類似性等に基づいて、

50

検出した物体が同一物体であるか異なる物体であるかを判別する。

【 0 0 1 3 】

そして、障害物検知装置 4 0 は、レーダ装置 1 0 と車速センサ 2 0 からの信号に基づいて、自車両と前方障害物との車間距離と相対速度、および自車両に対する前方障害物の左右方向距離を認識する。なお、障害物検知装置 4 0 は、複数の前方障害物を検知した場合は各障害物についての情報を取得する。障害物検知装置 4 0 は、取得した障害物情報をコントローラ 5 0 へ出力する。

【 0 0 1 4 】

舵角センサ 3 0 は、ステアリングコラムもしくはステアリングホイール（不図示）付近に取り付けられた角度センサ等であり、ステアリングシャフトの回転を操舵角として検出し、コントローラ 5 0 へ出力する。

10

【 0 0 1 5 】

アクセルペダル 6 1 には、アクセルペダル 6 1 の踏み込み量（操作量）を検出するアクセルペダルストロークセンサ（不図示）が設けられている。アクセルペダルストロークセンサによって検出されたアクセルペダル操作量はコントローラ 5 0 および駆動力制御装置 6 0 へ出力される。ブレーキペダル 7 1 には、その踏み込み量（操作量）を検出するブレーキペダルストロークセンサ（不図示）が設けられている。ブレーキペダルストロークセンサによって検出されたブレーキペダル操作量は、制動力制御装置 7 0 へ出力される。

【 0 0 1 6 】

コントローラ 5 0 は、CPU と、ROM および RAM 等の CPU 周辺部品とから構成され、車両用運転操作補助装置 1 全体の制御を行う。コントローラ 5 0 は、車速センサ 2 0 から入力される自車速、および障害物検知装置 4 0 から入力される障害物情報から、自車両の走行状況を認識する。コントローラ 5 0 は、走行状況に基づいて前方障害物に対する自車両のリスクポテンシャルを算出する。さらに、コントローラ 5 0 は、障害物に対するリスクポテンシャルに基づいて、自車両に発生する制駆動力およびアクセルペダル 6 1 に発生する操作反力を制御する。

20

【 0 0 1 7 】

駆動力制御装置 6 0 は、アクセルペダル 6 1 の操作状態に応じた駆動力を発生するようにエンジン（不図示）を制御するとともに、外部からの指令に応じて、発生させる駆動力を変化させる。図 4 に、駆動力制御装置 6 0 の構成を表すブロック図を示す。図 5 に、アクセルペダル操作量  $S_A$  とドライバ要求駆動力  $F_{da}$  との関係を定めた特性マップを示す。駆動力制御装置 6 0 は、図 4 に示すようにドライバ要求駆動力算出部 6 0 a と、加算器 6 0 b と、エンジンコントローラ 6 0 c とを備えている。

30

【 0 0 1 8 】

ドライバ要求駆動力算出部 6 0 a は、図 5 に示すようなマップを用いて、アクセルペダル 6 1 が踏み込まれたときの操作量（アクセルペダル操作量） $S_A$  に応じてドライバが要求する駆動力（ドライバ要求駆動力） $F_{da}$  を算出する。加算器 6 0 b は、算出されたドライバ要求駆動力  $F_{da}$  に、後述する駆動力補正量  $D_a$  を加えて目標駆動力を算出し、エンジンコントローラ 6 0 c へ出力する。エンジンコントローラ 6 0 c は、目標駆動力に従ってエンジンへの制御指令値を算出する。

40

【 0 0 1 9 】

制動力制御装置 7 0 は、ブレーキペダル 7 1 の操作状態に応じた制動力を発生するようにブレーキ液圧を制御するとともに、外部からの指令に応じて、発生させるブレーキ液圧を変化させる。図 6 に、制動力制御装置 7 0 の構成を表すブロック図を示す。図 7 に、ブレーキペダル操作量  $S_B$  とドライバ要求制動力  $F_{db}$  との関係を定めた特性マップを示す。図 6 に示すように、制動力制御装置 7 0 は、ドライバ要求制動力算出部 7 0 a と、加算器 7 0 b と、ブレーキ液圧コントローラ 7 0 c とを備えている。

【 0 0 2 0 】

ドライバ要求制動力算出部 7 0 a は、図 7 に示すようなマップを用いて、ブレーキペダル 7 1 の踏み込み量（ブレーキペダル操作量） $S_B$  に応じてドライバが要求する制動力（

50

ドライバ要求制動力)  $F_{db}$  を算出する。加算器 70b は、算出されたドライバ要求制動力  $F_{db}$  に、後述する制動力補正值  $D_b$  を加えて目標制動力を算出し、ブレーキ液圧コントローラ 70c に出力する。ブレーキ液圧コントローラ 70c は、目標制動力に従ってブレーキ液圧指令値を算出する。ブレーキ液圧コントローラ 70c からの指令に応じて各車輪に設けられたホイールシリンダ (不図示) の液圧が制御され、制動力が発生する。

【0021】

アクセルペダル反力発生装置 80 は、アクセルペダル 61 のリンク機構に組み込まれたサーボモータ (不図示) を備えている。アクセルペダル反力発生装置 80 は、コントローラ 50 からの指令に応じてサーボモータで発生させるトルクを制御し、運転者がアクセルペダル 61 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。なお、反力制御を行わない場合のアクセルペダル反力は、アクセルペダル操作量  $S_A$  に対して比例するように設定されている。

10

【0022】

以下に、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 の動作を説明する。まず、動作の概要を説明する。車両用運転操作補助装置 1 は、障害物検知装置 40 で検出される障害物情報に基づいて、先行車に対する自車両のリスクポテンシャル  $R_P$  を算出する。そして、算出したリスクポテンシャル  $R_P$  を複数の領域に分類し、それぞれの領域に対応する制御反発力を算出し、制御反発力に従って自車両に発生する制駆動力およびアクセルペダル操作反力を制御する。

【0023】

20

ここで、制御反発力は、自車両に仮想的に発生する走行抵抗として算出され、リスクポテンシャル  $R_P$  の大きな領域ほど制御反発力が大きくなるようにする。リスクポテンシャル  $R_P$  が変化して領域が遷移する場合は、領域が変化したことを運転者が容易に知覚できるように、制御反発力の変化率を適切に設定する。

【0024】

以下に、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、図 8 を用いて詳細に説明する。図 8 は、第 1 の実施の形態のコントローラ 50 における運転操作補助制御処理の処理手順のフローチャートである。本処理内容は、一定間隔、例えば 50 msec 毎に連続的に行われる。

【0025】

30

まず、ステップ  $S_{110}$  で、車速センサ 20 によって検出される自車速  $V_h$  と、舵角センサ 30 によって検出される自車両の操舵角  $\delta$  のデータを読み込む。ステップ  $S_{120}$  では、アクセルペダルストロークセンサ (不図示) によって検出されるアクセルペダル操作量  $S_A$  を読み込む。つづくステップ  $S_{130}$  で、レーダ装置 10 および車速センサ 20 の検出結果に従って障害物検知装置 40 で算出した複数の前方障害物に関する情報を読み込む。前方障害物に関する情報は、例えば各障害物に対する前後方向の距離 (車間距離)  $D$  と相対速度  $V_r$  , 自車両に対する障害物の左右方向位置  $x$  と前後方向位置  $y$  、および障害物の幅である。

【0026】

ステップ  $S_{140}$  では、ステップ  $S_{110}$  で読み込んだ自車速  $V_h$  および操舵角  $\delta$  に基づいて、自車両の進路を推定する。以下に、予測進路の推定方法を図 9 および図 10 を用いて説明する。予測進路を推定するために、図 9 に示すように自車両が矢印方向に進行している場合の旋回半径  $R$  を算出する。まず、自車両の旋回曲率  $\kappa$  (  $1/m$  ) を算出する。旋回曲率  $\kappa$  は、自車速  $V_h$  および操舵角  $\delta$  に基づいて、以下の (式 1) で算出できる。

40

$$\kappa = 1 / \{ L ( 1 + A \cdot V_h^2 ) \} \times \delta / N \cdots (式 1)$$

ここで、 $L$  : 自車両のホイールベース、 $A$  : 車両に応じて定められたスタビリティファクタ (正の定数)、 $N$  : ステアリングギア比である。

【0027】

旋回半径  $R$  は、旋回曲率  $\kappa$  を用いて以下の (式 2) で表される。

$$R = 1 / \kappa \cdots (式 2)$$

50

(式2)を用いて算出した旋回半径Rを用いることで、図9に示すように自車両の走行軌道を半径Rの円弧として予測することができる。そして、図10に示すように、旋回半径Rの円弧を中心線とした幅Twの領域を、自車両が走行するであろう予測進路として設定する。幅Twは、自車両の幅に基づいて予め適切に設定しておく。

【0028】

ステップS150では、障害物検知装置40によって検出され、ステップS140で設定した自車両の予測進路内にある障害物のうち、自車両に最も近い物体を、制御の対象とする前方障害物として選択する。

【0029】

つづくステップS160では、ステップS150で選択した前方障害物に対する自車両のリスクポテンシャルRPを算出する。前方障害物(先行車)に対するリスクポテンシャルRPは以下のようにして算出する。

【0030】

まず、先行車に対する余裕時間TTC(Time To Contact)を算出する。余裕時間TTCは、先行車に対する現在の自車両の接近度合を示す物理量であり、現在の走行状況が継続した場合、つまり自車速Vhおよび相対車速Vr(先行車速-自車速)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値である。障害物に対する余裕時間TTCは、以下の(式3)で求められる。

$$TTC = -D / Vr \quad \dots (式3)$$

【0031】

余裕時間TTCの値が小さいほど、先行車への接触が緊迫し、先行車への接近度合が大きいことを意味している。例えば先行車への接近時には、余裕時間TTCが4秒以下となる前に、ほとんどのドライバが減速行動を開始することが知られている。

【0032】

つぎに、自車両と先行車との車間時間THWを算出する。車間時間THWは、自車両が先行車に追従走行している場合に、想定される将来の先行車の車速変化による余裕時間TTCへの影響度合、つまり相対車速Vrが変化すると仮定したときの影響度合を示す物理量である。車間時間THWは、以下の(式4)で表される。

$$THW = D / Vh \quad \dots (式4)$$

【0033】

車間時間THWは、車間距離Dを自車速Vhで除したものであり、先行車の現在位置に自車両が到達するまでの時間を表す。この車間時間THWが大きいほど、周囲の環境変化に対する予測影響度合が小さくなる。つまり、車間時間THWが大きい場合には、もしも将来に先行車の車速が変化しても、先行車までの接近度合には大きな影響を与えず、余裕時間TTCはあまり大きく変化しないことを示す。なお、自車両が先行車に追従し、自車速=先行車速である場合は、(式4)において自車速Vhの代わりに先行車速を用いて車間時間THWを算出することもできる。

【0034】

つぎに、余裕時間TTCと車間時間THWを用いて、自車両周囲のリスクポテンシャルRPを算出する。自車両周囲のリスクポテンシャルRPは、以下の(式5)で算出することができる。

$$RP = a / THW + b / TTC \quad \dots (式5)$$

ここで、a、bは、車間時間THWおよび余裕時間TTCにそれぞれ適切な重み付けをするための定数であり、予め適切な値を設定しておく。定数a、bは、例えばa=1、b=8(a<b)に設定する。

【0035】

つづくステップS170では、ステップS160で算出した自車両のリスクポテンシャルRPについて、領域判定を行う。具体的には、自車両のリスクポテンシャルRPが複数の領域のうち、いずれの領域に属するかを判定する。ここでは、図11に示すようにリスクポテンシャルRPに対して3つの領域(領域1、領域2、領域3)を設定する。リスク

10

20

30

40

50

ポテンシャル  $R_P$  が所定値  $RP\_Th1$  よりも小さい場合 ( $0 < R_P < RP\_Th1$ ) は領域 1、所定値  $RP\_Th2$  よりも小さい場合 ( $RP\_Th1 < R_P < RP\_Th2$ ) は領域 2、所定値  $RP\_Th2$  以上の場合 ( $R_P > RP\_Th2$ ) は領域 3 と判定する。

【0036】

ステップ  $S180$  では、ステップ  $S170$  で判定したリスクポテンシャル  $R_P$  の領域に応じて制御反発力  $F_c$  を算出する。図 12 に、各領域 1 ~ 3 と制御反発力  $F_c$  との関係を示す。領域 1 においては制御反発力  $F_c = F_{c1}$ 、領域 2 においては制御反発力  $F_c = F_{c2}$ 、領域 3 においては制御反発力  $F_c = F_{c3}$  に設定する。ここで、 $F_{c1} < F_{c2} < F_{c3}$  とする。

【0037】

リスクポテンシャル  $R_P$  が領域間を遷移する場合は、以下の (式 6) に示すように、所定の変化率  $F_c$  で制御反発力  $F_c$  を変化させる。

- ・領域 1 から領域 2 への遷移： $F_c = F_{c1} + F_{c12} \cdot T$
- ・領域 2 から領域 1 への遷移： $F_c = F_{c2} - F_{c12} \cdot T$
- ・領域 2 から領域 3 への遷移： $F_c = F_{c2} + F_{c23} \cdot T$
- ・領域 3 から領域 2 への遷移： $F_c = F_{c3} - F_{c23} \cdot T$       ・ ・ ・ (式 6)

【0038】

ここで、制御反発力  $F_c$  の変化率  $F_{c12}$ 、 $F_{c23}$  は、領域が遷移する際の制御反発力  $F_c$  の時間変化を決定する値であり、 $F_{c12} < F_{c23}$  となるように予め適切な値を設定しておく。なお、(式 6) において、 $T$  は領域が変化してから (遷移状態) の時間である。

【0039】

ステップ  $S190$  では、ステップ  $S180$  で算出した制御反発力  $F_c$  を用いて、制駆動力補正を行う際の駆動力補正量  $D_a$  および制動力補正量  $D_b$  を算出する。ステップ  $S190$  における制駆動力補正量の算出処理を、図 13 を用いて説明する。

【0040】

まずステップ  $S1901$  で、ステップ  $S120$  で読み込んだアクセルペダル操作量  $S_A$  に基づいて、アクセルペダル 61 が踏みこまれているか否かを判定する。アクセルペダル 61 が踏み込まれていない場合には、ステップ  $S1902$  へ進み、アクセルペダル 61 が急に解放されたか否かを判定する。例えば、アクセルペダル操作量  $S_A$  から算出するアクセルペダル 61 の操作速度が所定値未満であった場合は、アクセルペダル 61 がゆっくりと戻されたと判断し、ステップ  $S1903$  へ進む。ステップ  $S1903$  では、駆動力補正量  $D_a$  として 0 をセットし、つづくステップ  $S1904$  で制動力補正量  $D_b$  として上述したステップ  $S180$  で算出した制御反発力  $F_c$  をセットする。

【0041】

一方、ステップ  $S1902$  でアクセルペダル 61 が急に戻されたと判定されると、ステップ  $S1905$  へ進む。ステップ  $S1905$  では駆動力補正量  $D_a$  を漸減させ、ステップ  $S1906$  で制動力補正量  $D_b$  を制御反発力  $F_c$  まで漸増させる。具体的には、アクセルペダル 61 が急に戻された場合は、アクセルペダル操作中には駆動力を制御反発力  $F_c$  分だけ減少させるように設定していた駆動力補正量  $D_a (= -F_c)$  を、0 まで徐々に変化させる。また、アクセルペダル 61 が急に戻されてから制動力補正量  $D_b$  を制御反発力  $F_c$  まで徐々に増加させる。このように、アクセルペダル 61 が急に戻された場合は、最終的に駆動力補正量  $D_a$  が 0 に、制動力補正量  $D_b$  が  $F_c$  になるように変化させる。

【0042】

一方、ステップ  $S1901$  が肯定判定され、アクセルペダル 61 が踏み込まれている場合は、ステップ  $S1907$  へ進んでドライバ要求駆動力  $F_{da}$  を推定する。コントローラ 50 内には、駆動力制御装置 60 内に記憶されたドライバ要求駆動力算出マップ (図 5) と同一のものが用意されており、アクセルペダル操作量  $S_A$  に従って、ドライバ要求駆動力  $F_{da}$  を推定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

つづくステップ S 1 9 0 8 で、ステップ S 1 9 0 7 で推定したドライバ要求駆動力  $F_{da}$  と制御反発力  $F_c$  との大小関係を比較する。ドライバ要求駆動力  $F_{da}$  が制御反発力  $F_c$  以上 ( $F_{da} > F_c$ ) の場合は、ステップ S 1 9 0 9 へ進む。ステップ S 1 9 0 9 では、駆動力補正量  $D_a$  として  $-F_c$  をセットし、ステップ S 1 9 1 0 で制動力補正量  $D_b$  に 0 をセットする。すなわち、 $F_{da} - F_c > 0$  であることから、駆動力  $F_{da}$  を制御反発力  $F_c$  により補正した後も正の駆動力が残る。従って、補正量の出力は駆動力制御装置 6 0 のみで行うことができる。この場合、車両の状態としては、ドライバがアクセルペダル 6 1 を踏んでいるにも関わらず期待した程の駆動力が得られない状態となる。補正後の駆動力が走行抵抗より大きい場合には、加速が鈍くなる挙動としてドライバに感じられ、補正後の駆動力が走行抵抗より小さい場合には、減速する挙動としてドライバに感じられる。

10

## 【 0 0 4 4 】

一方、ステップ S 1 9 0 8 が否定判定され、ドライバ要求駆動力  $F_{da}$  が制御反発力  $F_c$  より小さい場合 ( $F_{da} < F_c$ ) は、駆動力制御装置 6 0 のみでは目標とする補正量を出力できない。そこで、ステップ S 1 9 1 1 において駆動力補正量  $D_a$  に  $-F_{da}$  をセットし、ステップ S 1 9 1 2 で制動力補正量  $D_b$  として、補正量の不足分 ( $F_c - F_{da}$ ) をセットする。この場合、車両の減速挙動としてドライバには察知される。

## 【 0 0 4 5 】

このようにステップ S 1 9 0 で制駆動力補正量  $D_a$  ,  $D_b$  を算出した後、ステップ S 2 0 0 へ進む。ステップ S 2 0 0 では、ステップ S 1 8 0 で算出した制御反発力  $F_c$  に基づいて、アクセルペダル 6 1 に発生する操作反力の制御量、すなわちアクセルペダル反力制御指令値  $F_A$  を算出する。

20

## 【 0 0 4 6 】

図 1 4 に、制御反発力  $F_c$  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 4 において、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を破線で示す。ここではアクセルペダル操作量  $S_A$  が一定の場合のアクセルペダル反力を示している。図 1 4 に示すように、制御反発力  $F_c$  が大きくなるほど、通常値に対してアクセルペダル反力制御指令値  $F_A$  が増加する。制御反発力  $F_c$  が所定値  $F_{cA}$  を超えると、アクセルペダル反力制御指令値  $F_A$  の増加率が大きくなる。このように、制駆動力の補正量が大きくなるほど、アクセルペダル 6 1 に発生する操作反力が大きくなる。

30

## 【 0 0 4 7 】

つづくステップ S 2 1 0 では、ステップ S 1 9 0 で算出した駆動力補正量  $D_a$ 、及び制動力補正量  $D_b$  をそれぞれ駆動力制御装置 6 0、及び制動力制御装置 7 0 に出力する。駆動力制御装置 6 0 は、駆動力補正量  $D_a$  と要求駆動力  $F_{da}$  とから目標駆動力を算出し、算出した目標駆動力を発生するようにエンジンコントローラ 6 0 c に指令を出力する。また、制動力制御装置 7 0 は、制動力補正量  $D_b$  と要求制動力  $F_{db}$  とから目標制動力を算出し、目標制動力を発生するようにブレーキ液圧コントローラ 7 0 c に指令を出力する。

## 【 0 0 4 8 】

ステップ S 2 2 0 では、ステップ S 2 0 0 で算出したアクセルペダル反力制御指令値  $F_A$  をアクセルペダル反力発生装置 8 0 に出力する。アクセルペダル反力発生装置 8 0 は、コントローラ 5 0 から入力される指令値に応じてアクセルペダル反力を制御する。これにより、今回の処理を終了する。

40

## 【 0 0 4 9 】

つぎに、第 1 の実施の形態による車両用運転操作補助装置 1 の作用を、図面を用いて説明する。

図 1 5 に、自車両が先行車に接近してリスクポテンシャル  $R_P$  が増加していく場合の、リスクポテンシャル  $R_P$  に対する制御反発力  $F_c$  の変化を示す。図 1 5 に示すように、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加するにつれて各領域における制御反発力  $F_c$  が大きくなると

50

ともに、領域間の遷移状態における制御反発力  $F_c$  の時間変化率  $F_c$  も大きくなる。

【0050】

具体的には、領域1 ( $R_P < RP\_Th1$ ) では制御反発力  $F_c = F_{c1}$  である。リスクポテンシャル  $R_P$  が所定値  $RP\_Th1$  以上となって領域1から領域2へ遷移すると、制御反発力  $F_c$  が  $F_{c1}$  から  $F_{c2}$  まで、変化率  $F_{c12}$  で徐々に増加する。さらにリスクポテンシャル  $R_P$  が増加して所定値  $RP\_Th2$  以上となり、領域2から領域3へ遷移すると、制御反発力  $F_c$  が  $F_{c2}$  から  $F_{c3}$  まで、変化率  $F_{c23}$  で徐々に増加する。

【0051】

制駆動力の制御量  $D_a$ ,  $D_b$  およびアクセルペダル反力指令値  $F_A$  は、制御反発力  $F_c$  に応じて設定される。すなわち、制御反発力  $F_c$  が大きくなるほど自車両に発生する減速度が大きくなるとともに、アクセルペダル61に発生する操作反力が大きくなる。したがって、制御反発力  $F_c$  が図15に示すように段階的に増加していくことにより、運転者は自車両に発生する制駆動力(減速度)およびアクセルペダル反力の変化、すなわちリスクポテンシャル  $R_P$  の変化を容易に知覚することができる。また、リスクポテンシャル  $R_P$  が大きい場合ほど、遷移状態における制御反発力  $F_c$  の変化率  $F_c$  を大きくしているので、制駆動力およびアクセルペダル反力の時間変化からもリスクポテンシャル  $R_P$  が増加していることを運転者に認識させることができる。

10

【0052】

なお、リスクポテンシャル  $R_P$  が減少していく場合は、リスクポテンシャル  $R_P$  がしきい値  $RP\_Th2$  または  $RP\_Th1$  を下回ると、遷移状態となって制御反発力  $F_c$  が徐々に減少する。

20

【0053】

- 第1の実施の形態の変形例1 -

ここでは、リスクポテンシャル  $R_P$  が遷移状態を過ぎて制御反発力  $F_c$  が一定となる領域(フラット領域)の範囲を、各領域で等しくなるように設定する。

【0054】

図16に、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加していく場合の、リスクポテンシャル  $R_P$  に対する制御反発力  $F_c$  の変化を示す。なお、図16には、リスクポテンシャル  $R_P$  について4つの領域を設定した場合を例として示している。ただし、最もリスクポテンシャル  $R_P$  が大きい領域4を除く領域1~3において、フラット領域の範囲を略同一にしている。

30

【0055】

図16に示すように、リスクポテンシャル  $R_P$  が領域1にある場合、制御反発力  $F_c = F_{c1}$  とする。領域1におけるリスクポテンシャル  $R_P$  の範囲は、 $0 < R_P < RP\_Th1$  であり、フラット領域の範囲(長さ)  $L$  は、 $L_1$  である。領域2および領域3のフラット領域の長さ  $L$  は、それぞれ  $L_2$ ,  $L_3$  である。領域1~3のフラット領域の長さ  $L$  が  $K_1 = L_2 = L_3$  となるように、リスクポテンシャル  $R_P$  の所定値  $RP\_Th2$ ,  $RP\_Th3$  および制御反発力  $F_c$  の変化率  $F_{c12}$ ,  $F_{c23}$  を設定する。なお、 $RP\_Th2 < RP\_Th3$ 、 $F_{c12} < F_{c23}$  である。

【0056】

なお、領域4における制御反発力  $F_{c4}$ 、および領域3と領域4の間の制御反発力  $F_c$  の変化率  $F_{c34}$  は、 $F_{c4} > F_{c3}$ 、 $F_{c34} > F_{c23}$  となるように適切に設定しておく。

40

【0057】

- 第1の実施の形態の変形例2 -

ここでは、リスクポテンシャル  $R_P$  の各領域におけるフラット領域の長さ  $L$  を、リスクポテンシャル  $R_P$  の大きさに応じて変化させる。

【0058】

図17に、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加していく場合の、リスクポテンシャル  $R_P$  に対する制御反発力  $F_c$  の変化を示す。なお、図17には、リスクポテンシャル  $R_P$  について4つの領域を設定した場合を例として示している。ただし、最もリスクポテンシャル  $R_P$

50

Pが大きい領域4を除く領域1～3について、リスクポテンシャルRPの大きさに応じたフラット領域の長さを設定している。

【0059】

図17に示すように、領域1のフラット領域の長さL1、領域2のフラット領域の長さL2、および領域3のフラット領域の長さL3は、 $L1 > L2 > L3$ の関係にある。リスクポテンシャルRPのしきい値RP\_Th1、RP\_Th2、RP\_Th3、および制御反発力Fcの変化率Fc12、Fc23は、 $L1 > L2 > L3$ を満足するように適切に設定される。なお、 $RP\_Th1 < RP\_Th2 < RP\_Th3$ 、 $Fc12 < Fc23$ である。

【0060】

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。

10

(1) コントローラ50は、自車両前方の障害物状況と自車両の走行状態に基づいて、障害物、例えば先行車に対する自車両のリスクポテンシャルRPを算出し、リスクポテンシャルRPに基づいて自車両に発生する制駆動力、および運転操作装置であるアクセルペダル61に発生する操作反力を制御する。ここで、コントローラ50は、算出したリスクポテンシャルRPが複数の領域のうちいずれに該当するかを判定する。制駆動力および操作反力の制御特性は、リスクポテンシャルRPの領域内において制御量が略一定となり、リスクポテンシャルRPが領域間を遷移する状態で制御量が変化するように設定される。なお、制御量および制御量の変化率は、リスクポテンシャルRPに応じて設定される。これにより、リスクポテンシャルRPの変化に応じて制駆動力および操作反力が階段状に変化し、リスクポテンシャルRPが領域から領域へと移行する場合の変化率もリスクポテンシャルRPの大きさに応じて変化する。その結果、領域が変化しない場合は制駆動力および操作反力が変化せず、領域が変化すると制駆動力および操作反力も変化するため、運転者は、制駆動力および操作反力の変化から、自車両のリスクポテンシャルの変化を確実に認識することができる。

20

(2) 制駆動力および操作反力の制御特性は、リスクポテンシャルRPが高い領域ほど制御量および変化率が大きくなる。具体的には、図15に示すように、リスクポテンシャルRPに対する制御反発力Fcの大きさおよび変化率を、リスクポテンシャルRPが高い領域ほど大きくする。これにより、リスクポテンシャルRPが大きくなるほど制駆動力および操作反力が大きくなるので、運転者はリスクポテンシャルRPが大きくなっていることを直感的に認識することができる。

30

(3) リスクポテンシャルRPの領域は、リスクポテンシャルRPに対する複数の領域の長さが、それぞれ略同一になるように設定することができる。具体的には、図16に示すように、各領域1～3において制御反発力Fcが変化しない領域(フラット領域)の長さL1～L3を、 $L1 = L2 = L3$ となるように設定する。これにより、リスクポテンシャルRPの変化に対して一定のタイミングで制御反発力Fcが変化するので、運転者は制駆動力および操作反力の変化、すなわちリスクポテンシャルRPの変化を予測することができる。なお、フラット領域の長さL1～L3を略同一とする代わりに、各領域1～3の範囲( $0 < RP < RP\_Th1$ 、 $RP\_Th1 < RP < RP\_Th2$ 、 $RP\_Th2 < RP < RP\_Th3$ )を略同一とするように設定することも可能である。制御反発力Fcが変化する遷移状態は、フラット領域に比べて十分小さいため、各領域1～3の範囲を略同一としても、フラット領域の長さLを略同一とした場合と同様の効果を得ることができる。

40

(4) リスクポテンシャルRPの領域は、リスクポテンシャルRPに対する複数の領域の長さを、リスクポテンシャルRPに応じて変更することもできる。具体的には、図17に示すように、各領域1～3において制御反発力Fcが変化しないフラット領域の長さL1～L3を、リスクポテンシャルRPが高い領域ほど小さくする( $L1 > L2 > L3$ )。これにより、リスクポテンシャルRPが高い場合に速やかに制御反発力Fcが増加するので、運転者は制駆動力および操作反力の増加、すなわちリスクポテンシャルRPが高まっていることを直感的に認識することができる。なお、フラット領域の長さL1～L3の代わりに、各領域1～3の範囲( $0 < RP < RP\_Th1$ 、 $RP\_Th1 < RP < RP\_Th2$ 、 $RP\_Th2$

50

$R P < R P\_Th3$ ) を、リスクポテンシャル  $R P$  に応じて変化させることもできる。この場合も、フラット領域の長さ  $L$  を変化させる場合と同様の効果を得ることができる。

(5) リスクポテンシャル  $R P$  に応じて設定する制駆動力および操作反力の制御特性の制御量および変化率は、制駆動力制御および操作反力制御における制御力の大きさおよび変化率である。具体的には、制駆動力制御量  $D a$  ,  $D b$  およびアクセルペダル反力指令値  $F A$  を算出するための制御反発力  $F c$  の大きさおよび変化率を、リスクポテンシャル  $R P$  に応じて設定する。これにより、リスクポテンシャル  $R P$  の領域に応じた適切に設定された制御反発力  $F c$  を用いて制駆動力制御および操作反力制御を行い、運転者にリスクポテンシャル  $R P$  の変化をわかりやすく伝えることができる。

【0061】

《第2の実施の形態》

以下に、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用運転操作補助装置の構成は、図1に示した第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。

【0062】

第2の実施の形態においては、リスクポテンシャル  $R P$  の領域を設定する際に、リスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合と減少する場合で、ヒステリシスを設ける。具体的には、図18に示すようにリスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合と減少する場合で、各領域のしきい値の大きさを変更する。各領域において、 $R P\_Th1 > R P\_Th1'$ 、 $R P\_Th2 > R P\_Th2'$  であり、 $R P\_Th1$  と  $R P\_Th1'$  との差、および  $R P\_Th2$  と  $R P\_Th2'$  との差は、略

【0063】

図19に、リスクポテンシャル  $R P$  に対する制御反発力  $F c$  の変化を示す。図19において、リスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合の制御反発力  $F c$  を実線で示し、リスクポテンシャル  $R P$  が減少する場合の制御反発力  $F c$  を破線で示す。

【0064】

リスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合は、所定値  $R P\_Th1$  以上となると領域1から領域2に移行して制御反発力  $F c$  が徐々に増加し、所定値  $R P\_Th2$  以上となると領域3に移行して制御反発力  $F c$  が徐々に増加する。一方、リスクポテンシャル  $R P$  が減少する場合は、しきい値  $R P\_Th2'$  ( $< R P\_Th2$ ) を下回ると領域3から領域2に移行して制御反発力  $F c$  が徐々に減少し、所定値  $R P\_Th1'$  ( $< R P\_Th1$ ) を下回ると領域1に移行して制御反発力  $F c$  が徐々に減少する。

【0065】

このように、リスクポテンシャル  $R P$  の領域判定にヒステリシスを持たせることにより、リスクポテンシャル  $R P$  が大きい状態から小さくなっていく状況において、制御反発力  $F c$  を維持して急に低下しないようにする。

【0066】

- 第2の実施の形態の変形例 -

ここでは、リスクポテンシャル  $R P$  の領域判定のヒステリシスを、リスクポテンシャル  $R P$  の大きさに応じた変化させる。

【0067】

図20に、リスクポテンシャル  $R P$  に対する制御反発力  $F c$  の変化を示す。図20において、リスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合の制御反発力  $F c$  を実線で示し、リスクポテンシャル  $R P$  が減少する場合の制御反発力  $F c$  を破線で示す。

【0068】

図20に示すように、リスクポテンシャル  $R P$  が大きいほど、リスクポテンシャル  $R P$  が増加する場合と減少する場合のヒステリシスを大きくする。具体的には、領域1と領域2のしきい値  $R P\_Th1$  と  $R P\_Th1'$  との差よりも、領域2と領域3のしきい値  $R P\_Th2$  と  $R P\_Th2'$  との差を大きくする ( $R P\_Th1 - R P\_Th1' < R P\_Th2 - R P\_Th2'$ )。これにより、リスクポテンシャル  $R P$  が減少していく際に、リスクポテンシャル  $R P$  が大きいほ

10

20

30

40

50

ど制御反発力  $F_c$  が維持されて急に低下しないようにする。

【0069】

このように、以上説明した第2の実施の形態においては、上述した第1の実施の形態による効果に加えて以下のような作用効果を奏することができる。

(1) リスクポテンシャル  $R_P$  の領域は、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加していく場合と減少していく場合でヒステリシスをつけて設定される。具体的には、図19に示すようにリスクポテンシャル  $R_P$  が増加する場合に比べて減少する場合のほうが、リスクポテンシャル  $R_P$  が高い領域が広くなるように領域を設定する。これにより、リスクポテンシャル  $R_P$  が減少する場合に、制御反発力  $F_c$  が早いタイミングで減少しないように維持することができ、リスクポテンシャル  $R_P$  が高い領域においてその情報を制駆動力および操作反力により運転者に確実に伝達することができる。

10

(2) ヒステリシスの大きさは、リスクポテンシャル  $R_P$  に応じて変更することができる。具体的には、図20に示すようにリスクポテンシャル  $R_P$  が高い領域ほどヒステリシスが大きくなるように設定する。これにより、リスクポテンシャル  $R_P$  が減少する場合に、リスクポテンシャル  $R_P$  が高い領域ほど制御反発力  $F_c$  が長い間維持されるので、制駆動力および操作反力がすぐに低下してしまわないように維持することができる。

【0070】

《第3の実施の形態》

以下に、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用運転操作補助装置の構成は、図1に示した第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。

20

【0071】

第3の実施の形態においては、各領域におけるフラット領域の長さを、リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度に応じて変更する。具体的には、図21に示すようにリスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度  $R_P$  が所定値  $R_{P1}$  以上の場合と所定値  $R_{P1}$  未満の場合で、各領域のしきい値の大きさを変更する。各領域において、 $R_{P\_Th1} > R_{P\_Th1}'$ 、 $R_{P\_Th2} > R_{P\_Th2}'$  である。

【0072】

図22に、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加していく場合の、リスクポテンシャル  $R_P$  に対する制御反発力  $F_c$  の変化を示す。図22において、リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度  $R_P$  が所定値  $R_{P1}$  よりも小さい場合（通常時）の制御反発力  $F_c$  を実線で示し、リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度  $R_P$  が所定値  $R_{P1}$  以上の場合の制御反発力  $F_c$  を破線で示す。

30

【0073】

図22に示すように、通常時はリスクポテンシャル  $R_P$  がしきい値  $R_{P\_Th1}$  以上となると領域1から領域2へ移行して制御反発力  $F_c$  が徐々に増加し、しきい値  $R_{P\_Th2}$  以上となると領域3へ移行して制御反発力  $F_c$  が徐々に増加する。一方、リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度  $R_P$  が大きい場合、すなわちリスクポテンシャル  $R_P$  が急増する場合は、リスクポテンシャル  $R_P$  がしきい値  $R_{P\_Th1}'$  ( $< R_{P\_Th1}$ ) 以上となると領域1から領域2へ移行して制御反発力  $F_c$  が徐々に増加し、しきい値  $R_{P\_Th2}'$  ( $< R_{P\_Th2}$ ) 以上となると領域3へ移行して制御反発力  $F_c$  が徐々に増加する。

40

【0074】

このように、以上説明した第3の実施の形態においては、上述した第1の実施の形態による効果に加えて以下のような作用効果を奏することができる。

リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度に応じて、リスクポテンシャル  $R_P$  の各領域の長さを変更する。具体的には、図22に示すように、リスクポテンシャル  $R_P$  の変化速度が所定値  $R_{P1}$  以上の場合と未満の場合で、各領域1～3のしきい値を変更する。変化速度

$R_P$  が大きい場合は、しきい値を小さくしてリスクポテンシャル  $R_P$  が速やかに1段高い領域へ移行するようにする。これにより、リスクポテンシャル  $R_P$  が急増する場合に制駆動力および操作反力を速やかに増加させて、リスクポテンシャル  $R_P$  が増加することを

50

運転者に伝えることができる。

【 0 0 7 5 】

《 第 4 の 実 施 の 形 態 》

以下に、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。第 4 の実施の形態による車両用運転操作補助装置の構成は、図 1 に示した第 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 0 7 6 】

第 4 の実施の形態においては、リスクポテンシャル R P の領域判定方法および制御反発力 F c の算出方法が、上述した第 1 の実施の形態と異なっている。さらに、第 4 の実施の形態においては、制御反発力 F c の算出式のゲインを変更することにより、リスクポテンシャル R P に対する制御反発力 F c の特性を変化させる。以下に、第 4 の実施の形態において、どのようにリスクポテンシャル R P の領域に応じた制御反発力 F c を設定するかを説明する。

【 0 0 7 7 】

まず、リスクポテンシャル R P の領域判定処理について説明する。この処理は、図 8 に示したフローチャートのステップ S 1 7 0 で実行される。なお、ここでは上述した(式 3)および(式 4)から算出した余裕時間 T T C および車間時間 T H W を、それぞれ障害物に対する自車両のリスクポテンシャル R P として算出する。したがって、余裕時間 T T C および車間時間 T H W について、それぞれリスクポテンシャル R P の領域判定を行う。図 2 3 に、車間時間 T H W および余裕時間 T T C と各領域 1 ~ 3 との関係を示す。

【 0 0 7 8 】

図 2 3 に示すように、車間時間 T H W が所定値 T H W\_Th1 よりも大きくリスクポテンシャル R P が小さい場合は領域 1、車間時間 T H W が所定値 T H W\_Th2 よりも大きくリスクポテンシャル R P が中程度の場合は領域 2、車間時間 T H W が所定値 T H W\_Th2 以下でリスクポテンシャル R P が大きい場合は領域 3 とする。また、余裕時間 T T C が所定値 T T C\_Th1 よりも大きくリスクポテンシャル R P が小さい場合は領域 1、余裕時間 T T C が所定値 T T C\_Th2 よりも大きくリスクポテンシャル R P が中程度の場合は領域 2、余裕時間 T T C が所定値 T T C\_Th2 以下でリスクポテンシャル R P が大きい場合は領域 3 とする。

【 0 0 7 9 】

車間時間 T H W と余裕時間 T T C について判定したリスクポテンシャル R P の領域が異なる場合は、リスクポテンシャル R P が大きいほうの領域を選択する。例えば、車間時間 T H W について領域 1 と判定され、余裕時間 T T C について領域 2 と判定された場合は、領域 2 を選択する。

【 0 0 8 0 】

つぎに、制御反発力 F c の算出処理について図 2 4 のフローチャートを用いて説明する。この処理は、図 8 のフローチャートのステップ S 1 8 0 において実行される。制御反発力 F c の算出について、図 2 5 ( a ) に示すように、自車両前方に長さ L の仮想的な弾性体を設けたと仮定し、この仮想的な弾性体が前方車両に当たって圧縮され、自車両に対する擬似的な走行抵抗を発生するというモデルを考える。制御反発力 F c は、図 2 5 ( b ) に示すように仮想弾性体が前方車両に当たって圧縮された場合の反発力と定義する。

【 0 0 8 1 】

ここでは、車間時間 T H W に関連づけた仮想弾性体、および余裕時間 T T C に関連づけた仮想弾性体とを自車両と前方障害物との間に設定したモデルを想定し、それぞれの仮想弾性体による反発力を、車間時間 T H W に基づく制御反発力 F c 1 および余裕時間 T T C に基づく制御反発力 F c 2 として算出する。

【 0 0 8 2 】

まず、ステップ S 1 8 0 1 では、車間時間 T H W をしきい値 T h 1 と比較する。車間時間 T H W がしきい値 T h 1 (例えば 1 sec) より小さい場合 ( T H W < T h 1 ) は、ステップ S 1 8 0 2 へ進む。ステップ S 1 8 0 2 では、以下の(式 7)から車間時間 T H W に

基づく制御反発力  $F_{c1}$  を算出する。

$$F_{c1} = k_1 \times (T_{h1} - D) \quad \dots (式7)$$

(式7)において  $k_1$  は車間時間  $T_{HW}$  に関連付けた仮想弾性体のばね定数である。バネ定数  $k_1$  は制御反発力  $F_{c1}$  の特性を決定するゲインであり、後述するようにリスクポテンシャル  $RP$  の領域に応じて設定される。一方、ステップ  $S1801$  で  $T_{HW} = T_{h1}$  と判定された場合は、ステップ  $S1803$  へ進んで制御反発力  $F_{c1} = 0$  にする。

【0083】

つづくステップ  $S1804$  では、余裕時間  $T_{TC}$  をしきい値  $T_{h2}$  と比較する。余裕時間  $T_{TC}$  がしきい値  $T_{h2}$  (例えば  $10 \text{ sec}$ ) より小さい場合 ( $T_{TC} < T_{h2}$ ) は、ステップ  $S1805$  へ進む。ステップ  $S1805$  では、以下の(式8)から余裕時間  $T_{TC}$  に基づく制御反発力  $F_{c2}$  を算出する。

$$F_{c2} = k_2 \times (T_{h2} - D) \quad \dots (式8)$$

(式8)において  $k_2$  は余裕時間  $T_{TC}$  に関連付けた仮想弾性体のばね定数である。バネ定数  $k_2$  は制御反発力  $F_{c2}$  の特性を決定するゲインであり、後述するようにリスクポテンシャル  $RP$  の領域に応じて設定される。一方、ステップ  $S1804$  で  $T_{TC} = T_{h2}$  と判定された場合は、ステップ  $S1806$  へ進んで制御反発力  $F_{c2} = 0$  にする。

【0084】

つづくステップ  $S1807$  では、ステップ  $S1802$  または  $S1803$  で算出した車間時間  $T_{HW}$  に基づく制御反発力  $F_{c1}$  と、ステップ  $S1805$  または  $S1806$  で算出した余裕時間  $T_{TC}$  に基づく制御反発力  $F_{c2}$  のうち、大きい方の値を最終的な制御反発力  $F_c$  として選択する。

【0085】

図26に、リスクポテンシャル  $RP$  の各領域1~3とゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  との関係を示す。図26に示すように、領域1においてはゲイン  $k_1 = k_{1\_1}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_1}$ 、領域2においてはゲイン  $k_1 = k_{1\_2}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_2}$ 、領域3においてはゲイン  $k_1 = k_{1\_3}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_3}$  とする。なお、 $k_{1\_1} < k_{1\_2} < k_{1\_3}$ 、 $k_{2\_1} < k_{2\_2} < k_{2\_3}$  である。

【0086】

領域間の遷移状態においては、以下の(式9)に示すように、それぞれ所定の変化率  $k_1$ 、 $k_2$  でゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  を変化させる。

・領域1から領域2への遷移： $k_1 = k_{1\_1} + k_{1\_12} \cdot T$

$$k_2 = k_{2\_1} + k_{2\_12} \cdot T$$

・領域2から領域1への遷移： $k_1 = k_{1\_2} - k_{1\_12} \cdot T$

$$k_2 = k_{2\_2} - k_{2\_12} \cdot T$$

・領域2から領域3への遷移： $k_1 = k_{1\_2} + k_{1\_23} \cdot T$

$$k_2 = k_{2\_2} + k_{2\_23} \cdot T$$

・領域3から領域2への遷移： $k_1 = k_{1\_3} - k_{1\_23} \cdot T$

$$k_2 = k_{2\_3} - k_{2\_23} \cdot T \quad \dots (式9)$$

【0087】

ここで、ゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  の変化率  $k_{1\_12}$ 、 $k_{2\_12}$  は、領域1と領域2の間で遷移する際のゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  の時間変化を決定する値、変化率  $k_{1\_23}$ 、 $k_{2\_23}$  は、領域2と領域3の間で遷移する際のゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  の時間変化を決定する値であり、 $k_{1\_12} < k_{1\_23}$ 、 $k_{2\_12} < k_{2\_23}$ 、となるように予め適切な値を設定しておく。なお、(式9)において、 $T$  は領域が変化してから(遷移状態)の時間である。

【0088】

図26に示すようにリスクポテンシャル  $RP$  の領域に対応して設定したゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  を用いて、上述した(式7)(式8)により制御反発力  $F_{c1}$ 、 $F_{c2}$  を算出する。図27に、リスクポテンシャル  $RP$  が増加していく場合の、リスクポテンシャル  $RP$  に対するゲインの変化を示す。図27においてはとくに、車間時間  $T_{HW}$  の逆数に対するゲイ

10

20

30

40

50

ン  $k_1$  の変化を示している。

【0089】

図27に示すように、領域1においてゲイン  $k_1 = k_{1\_1}$  である。リスクポテンシャル  $RP$ 、すなわち車間時間  $THW$  の逆数が大きくなって領域1から領域2に移行すると、ゲイン  $k_1$  が変化率  $k_{1\_12}$  で  $k_{1\_2}$  まで徐々に増加する。車間時間  $THW$  の逆数がさらに大きくなって領域2から領域3に移行すると、ゲイン  $k_1$  が変化率  $k_{1\_23}$  で  $k_{1\_3}$  まで徐々に増加する。領域2および領域3において、ゲイン  $k_1$  は遷移状態を過ぎるとそれぞれ  $k_{1\_2}$ 、 $k_{1\_3}$  で固定される。

【0090】

なお、余裕時間  $TTC$  の逆数に対するゲイン  $k_2$  の変化も、図27に示す車間時間  $THW$  の逆数に対するゲイン  $k_1$  の変化と同様である。

10

【0091】

- 第4の実施の形態の変形例 -

ここでは、リスクポテンシャル  $RP$  の領域間の遷移状態においてゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  を徐々に変化させる代わりに、変化量リミッタ等を用いて制御反発力  $F_c$  を徐々に変化させる。第4の実施の形態の変形例における制御反発力  $F_c$  の算出処理を、図28のフローチャートを用いて説明する。この処理は、図8に示したフローチャートのステップ  $S180$  において実行される。

【0092】

ステップ  $S1811 \sim S1817$  での処理は、図24のフローチャートのステップ  $S1801 \sim S1807$  での処理と同様であるので説明を省略する。ステップ  $S1818$  では、ステップ  $S1817$  で選択した制御反発力  $F_c$  と、前回周期で設定した制御反発力  $F_{c\_z}$  との差  $(F_c - F_{c\_z})$  が、所定の変化量  $F$  よりも大きいかなかを判定する。ここで、変化量  $F$  は、リスクポテンシャル  $RP$  の領域に応じて設定される。図29に、リスクポテンシャル  $RP$  の各領域1～3と、制御反発力  $F_{c1}$ 、 $F_{c2}$  のゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  および変化量  $F$  (リミット値) との関係を示す。

20

【0093】

図29に示すように、領域1においてゲイン  $k_1 = k_{1\_1}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_1}$ 、変化量  $F = F_{\_1}$ 、領域2においてゲイン  $k_1 = k_{1\_2}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_2}$ 、変化量  $F = F_{\_2}$ 、領域3においてゲイン  $k_1 = k_{1\_3}$ 、ゲイン  $k_2 = k_{2\_3}$ 、変化量  $F = F_{\_3}$  である。制御反発力  $F_{c1}$ 、 $F_{c2}$  の算出式におけるゲイン  $k_1$ 、 $k_2$  は、領域間の遷移状態においても変化させない。その代わりに、各領域1～3に対応するリミット値  $F_{\_1} \sim F_{\_3}$  を設定する。

30

【0094】

そこで、ステップ  $S1818$  では、制御反発力  $F_c$  と前回周期の制御反発力  $F_{c\_z}$  との差  $(F_c - F_{c\_z})$  が、リスクポテンシャル  $RP$  の領域に対応する変化量  $F$  よりも大きいかなかを判定する。領域1の場合は、差  $(F_c - F_{c\_z})$  を変化量  $F_{\_1}$  と比較し、領域2の場合は変化量  $F_{\_2}$  と比較し、領域3の場合は変化量  $F_{\_3}$  と比較する。

【0095】

ステップ  $S1818$  が肯定判定されると、ステップ  $S1819$  へ進み、前回周期の制御反発力  $F_{c\_z}$  にリスクポテンシャル  $RP$  の領域に応じた変化量  $F$  を加算した値  $(F_{c\_z} + F)$  を、制御反発力  $F_c$  として設定する。

40

【0096】

一方、ステップ  $S1818$  が否定判定されると、ステップ  $S1820$  へ進む。ステップ  $S1820$  では、制御反発力  $F_c$  と前回周期の制御反発力  $F_{c\_z}$  との差  $(F_c - F_{c\_z})$  が、リスクポテンシャル  $RP$  の領域に対応する変化量  $F$  (負の値) よりも小さいかなかを判定する。ステップ  $S1820$  が肯定判定され、 $(F_c - F_{c\_z}) < -F$  の場合は、ステップ  $S1821$  へ進み、前回周期の制御反発力  $F_{c\_z}$  からリスクポテンシャル  $RP$  の領域に応じた変化量  $F$  を引いた値  $(F_{c\_z} - F)$  を、制御反発力  $F_c$  とし

50

て設定する。

【0097】

ステップS1820が否定判定されると、ステップS1822へ進み、ステップS1817で設定した制御反発力 $F_c$ をそのまま使用する。

【0098】

このように、以上説明した第4の実施の形態においては、上述した第1の実施の形態による効果に加えて以下のような作用効果を奏することができる。

(1) リスクポテンシャルRPに応じて設定する制駆動力および操作反力の制御特性の制御量および変化率は、制駆動力制御および操作反力制御における制御力のゲインおよびゲインの変化率である。具体的には、図25(a)(b)に示すように自車両の前方に仮想的に弾性体を設け、この仮想弾性体が圧縮された場合の反発力を制御反発力 $F_c$ として算出する場合に、仮想弾性体のバネ定数 $k_1$ 、 $k_2$ を制御力のゲインとする。そこで、これらのゲイン $k_1$ 、 $k_2$ の大きさおよび時間変化率 $k_1$ 、 $k_2$ を、リスクポテンシャルRPに応じて設定する。これにより、リスクポテンシャルRPの領域に応じて適切に設定されたゲイン $k_1$ 、 $k_2$ を用いて制御反発力 $F_c$ を算出することができ、制御反発力 $F_c$ にしたがって制駆動力制御および操作反力制御を行い、運転者にリスクポテンシャルRPの変化をわかりやすく伝えることができる。

(2) ゲイン $k_1$ 、 $k_2$ は制御反発力 $F_c$ を算出する際の算出式(式7)(式8)における乗数であり、図27に示すように、リスクポテンシャルRPが大きくなるほど段階的に大きくなるように設定される。これにより、リスクポテンシャルRPが大きくなるほど制御反発力 $F_c$ が大きくなり、制駆動力および操作反力を介してリスクポテンシャルRPが増加していることを運転者にわかりやすく伝えることができる。

(3) 制御反発力 $F_c$ は、自車両と障害物との車間時間THWまたは余裕時間TTCが所定値 $Th_1$ 、 $Th_2$ よりも小さい場合に、自車両と障害物との車間距離Dおよびゲイン $k_1$ 、 $k_2$ を用いて算出される。具体的には、上述した(式7)(式8)から、仮想弾性体の反発力として制御反発力 $F_c$ が算出される。これにより、制駆動力制御および操作反力制御により運転者に適度の減速感を与えてリスクポテンシャルRPの大きさを伝達することができる。

【0099】

《第5の実施の形態》

以下に、本発明の第5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5の実施の形態による車両用運転操作補助装置の構成は、図1に示した第1の実施の形態と同様である。ここでは、上述した第4の実施の形態との相違点を主に説明する。

【0100】

第5の実施の形態においては、上述した第4の実施の形態と同様にリスクポテンシャルRPの領域判定および制御反発力 $F_c$ の算出を行う。さらに、運転者によるアクセルペダル61の操作量SAに基づいて推定するドライバ要求駆動力 $F_{da}$ を、リスクポテンシャルPRの領域に応じて低下補正する。そして、制御反発力 $F_c$ と、リスクポテンシャルRPの領域に応じて補正したドライバ要求駆動力 $F_{da}$ とを用いて、制駆動力補正量 $D_a$ 、 $D_b$ を算出する。以下に、第5の実施の形態においてどのように制駆動力補正量 $D_a$ 、 $D_b$ を算出するかを、図30のフローチャートを用いて説明する。この処理は、図8に示すフローチャートのステップS190において実行される。

【0101】

ステップS1921～S1927での処理は、図13に示したフローチャートのステップS1901～S1907での処理と同様であるので説明を省略する。ステップS1928では、ステップS1927で運転者によるアクセルペダル61の操作量SAに応じて算出されたドライバ要求駆動力 $F_{da}$ を、補正する。補正後のドライバ要求駆動力 $F_{da}'$ は、以下の(式10)で表される。

$$F_{da}' = k_3 \times F_{da} \quad \cdot \cdot \cdot \text{(式10)}$$

【0102】

10

20

30

40

50

(式10)において、 $k_3$ はリスクポテンシャルRPに応じて要求駆動力 $F_{da}$ を補正するための係数(ゲイン)である。ゲイン $k_3$ は、リスクポテンシャルRPの領域に対応して図31に示すように設定される( $0 < k_3 < 1$ )。

【0103】

領域1においてゲイン $k_3 = k_{3\_1}$ 、領域2においてゲイン $k_3 = k_{3\_2}$ 、領域3においてゲイン $k_3 = k_{3\_3}$ である。なお、 $0 < k_{3\_3} < k_{3\_2} < k_{3\_1} < 1$ である。

【0104】

領域間の遷移状態においては、以下の(式11)に示すように、それぞれ所定の変化率 $k_3$ でゲイン $k_3$ を変化させる。

- ・領域1から領域2への遷移： $k_3 = k_{3\_1} + k_{3\_12} \cdot T$
- ・領域2から領域1への遷移： $k_3 = k_{3\_2} - k_{3\_12} \cdot T$
- ・領域2から領域3への遷移： $k_3 = k_{3\_2} + k_{3\_23} \cdot T$
- ・領域3から領域2への遷移： $k_3 = k_{3\_3} - k_{3\_23} \cdot T \dots$  (式11)

10

【0105】

ここで、ゲイン $k_3$ の変化率 $k_{3\_12}$ は、領域1と領域2の間で遷移する際のゲイン $k_3$ の時間変化を決定する値、変化率 $k_{3\_23}$ は、領域2と領域3の間で遷移する際のゲイン $k_3$ の時間変化を決定する値であり、 $k_{3\_12} < k_{3\_23}$ となるように予め適切な値を設定しておく。なお、(式11)において、 $T$ は領域が変化してから(遷移状態)の時間である。

20

【0106】

つづくステップS1929では、ステップS1928で算出した補正要求駆動力 $F_{da}'$ と制御反発力 $F_c$ とを比較する。 $F_{da}' > F_c$ の場合は、ステップS1930へ進む。ステップS1930では、以下の(式12)から駆動力補正量 $D_a$ を算出する。

$$D_a = -F_c - (F_{da} - F_{da}') \dots$$
 (式12)

【0107】

(式12)で算出される駆動力補正量 $D_a$ を駆動力制御装置60に出力すると、駆動力制御装置60において発生されるトルクは、ドライバ要求駆動力 $F_{da}$ から駆動力補正量 $D_a$ を引いた値となる。すなわち、

$$\begin{aligned}
 F_{da} - D_a &= F_{da} - F_c - (F_{da} - F_{da}') \\
 &= F_{da}' - F_c \\
 &= k_3 \times F_{da} - F_c \dots
 \end{aligned}$$

30

【0108】

(式13)で表されるように、ドライバ要求駆動力 $F_{da}$ にゲイン $k_3$ ( $0 < k_3 < 1$ )を乗じた値から制御反発力 $F_c$ を減算した値が自車両に発生することになる。これにより、リスクポテンシャルRPが大きい場合に運転者のアクセルペダル操作に対して駆動力を発生しにくくすることができる。とくに、最もリスクポテンシャルRPが高い領域(ここでは領域3)においてゲイン $k_3 = 0$ とすると、運転者によるアクセルペダル操作に関わらず、減速制御を行うことができる。

【0109】

つづくステップS1931~S1933での処理は、図13のフローチャートのステップS1910~S1912での処理と同様であるので説明を省略する。ただし、ステップS1932およびS1933では、ドライバ要求駆動力 $F_{da}$ の代わりに補正要求駆動力 $F_{da}'$ を用いる。

40

【0110】

このように、以上説明した第5の実施の形態手においては、上述した第1の実施の形態による効果に加えて以下のような作用効果を奏することができる。

リスクポテンシャルRPに応じて設定する制駆動力および操作反力の制御特性の制御量および変化率は、制駆動力制御および操作反力制御における制御力のゲインおよびゲインの変化率である。具体的には、ゲインは、運転者によるアクセルペダル61の操作量SAに

50

応じて算出されるドライバ要求駆動力  $F_{da}$  を低下補正するための乗数  $k_3$  である。ゲイン  $k_3$  は、リスクポテンシャル  $R_P$  が大きいほど小さくなるように設定される。これにより、リスクポテンシャル  $R_P$  が大きいほどドライバ要求駆動力  $F_{da}$  が小さくなるように補正され、アクセルペダル 61 の操作に対して自車両に発生する駆動力が小さくなる。すなわち、運転者によるアクセルペダル操作が自車両の加速に反映されなくなる。その結果、運転者はリスクポテンシャル  $R_P$  が大きくなっていることを容易に認識することができる。

【0111】

《第6の実施の形態》

以下に、本発明の第6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6の実施の形態による車両用運転操作補助装置の構成は、図1に示した第1の実施の形態と同様である。ここでは、上述した第4の実施の形態との相違点を主に説明する。

【0112】

第6の実施の形態においては、上述した第4の実施の形態と同様にリスクポテンシャル  $R_P$  の領域判定および制御反発力  $F_c$  の算出を行う。そして、算出した制御反発力  $F_c$  に対して、リスクポテンシャル  $R_P$  の領域に応じて設定した上限値  $F_l$  を用いてリミット処理を行う。図32に、リスクポテンシャル  $R_P$  の各領域1～3と制御反発力  $F_c$  の上限値  $F_l$  との関係を示す。

【0113】

図32に示すように、領域1において上限値  $F_l = F_{l\_1}$ 、領域2において上限値  $F_l = F_{l\_2}$ 、領域3において上限値  $F_l = F_{l\_3}$  である。なお、 $F_{l\_1} < F_{l\_2} < F_{l\_3}$  である。

【0114】

領域間の遷移状態においては、以下の(式14)に示すように、それぞれ所定の変化率  $F_{l\_1}$  で上限値  $F_l$  を変化させる。

- ・領域1から領域2への遷移： $F_l = F_{l\_1} + F_{l\_12} \cdot T$
- ・領域2から領域1への遷移： $F_l = F_{l\_2} - F_{l\_12} \cdot T$
- ・領域2から領域3への遷移： $F_l = F_{l\_2} + F_{l\_23} \cdot T$
- ・領域3から領域2への遷移： $F_l = F_{l\_3} - F_{l\_23} \cdot T \dots$  (式14)

【0115】

ここで、上限値  $F_l$  の変化率  $F_{l\_12}$  は、領域1と領域2の間で遷移する際の上限値  $F_l$  の時間変化を決定する値、変化率  $F_{l\_23}$  は、領域2と領域3の間で遷移する際の上限値  $F_l$  の時間変化を決定する値であり、 $F_{l\_12} < F_{l\_23}$  となるように予め適切な値を設定しておく。なお、(式14)において、 $T$  は領域が変化してから(遷移状態)の時間である。

【0116】

図33に、リスクポテンシャル  $R_P$  が大きくなっていく場合の制御反発力  $F_c$  の上限値  $F_l$  の変化を示す。図33においてリスクポテンシャル  $R_P$  は、車間時間  $T_{HW}$  の逆数または余裕時間  $T_{TC}$  の逆数である。図32に示すように、領域1において制御反発力  $F_c$  の上限値  $F_l = F_{l\_1}$  である。リスクポテンシャル  $R_P$  が領域1から領域2に移行すると、上限値  $F_l$  が  $F_{l\_1}$  から変化量  $F_{l\_12}$  で  $F_{l\_2}$  まで徐々に増加する。リスクポテンシャル  $R_P$  がさらに増加して領域2から領域3に移行すると、上限値  $F_l$  が  $F_{l\_2}$  から変化量  $F_{l\_23}$  で  $F_{l\_3}$  まで徐々に増加する。各領域1～3において、遷移状態を過ぎると上限値  $F_l$  はそれぞれ  $F_{l\_1}$ 、 $F_{l\_2}$ 、 $F_{l\_3}$  に固定される。

【0117】

- 第6の実施の形態の変形例 -

ここでは、リスクポテンシャル  $R_P$  の領域間の遷移状態において制御反発力  $F_c$  の上限値  $F_l$  を変化させる代わりに、制御反発力  $F_c$  にリミット処理を行う。図34に、リスクポテンシャル  $R_P$  の各領域1～3と、制御反発力  $F_c$  の上限値  $F_l$  および制御反発力  $F_c$  の変化量(リミット値)  $F$  との関係を示す。

10

20

30

40

50

## 【0118】

図34に示すように、領域1において制御反発力 $F_c$ の上限値 $F_l = F_{l1}$ 、領域2において上限値 $F_l = F_{l2}$ 、領域3において上限値 $F_l = F_{l3}$ である。また、領域1における制御反発力 $F_c$ のリミット値 $F = F_1$ 、領域2におけるリミット値 $F = F_2$ 、領域3におけるリミット値 $F = F_3$ である。制御反発力 $F_c$ のリミット処理は、図28に示したフローチャートと同様にして行う。

## 【0119】

このように、以上説明した第6の実施の形態においては、上述した第1の実施の形態による効果に加えて以下のような作用効果を奏することができる。

リスクポテンシャル $RP$ に応じて設定する制駆動力および操作反力の制御特性の制御量および変化率は、制駆動力制御および操作反力制御における制御力の上限値および上限値の変化率である。具体的には、図33に示すように、制御反発力 $F_c$ の上限値 $F_l$ および変化量 $F_l$ を、リスクポテンシャル $RP$ に応じて変更する。リスクポテンシャル $RP$ の増加に応じて制御反発力 $F_c$ の上限値 $F_l$ が段階的に大きくなるため、制駆動力および操作反力を介してリスクポテンシャル $RP$ の増加を運転者にわかりやすく知らせることができる。

## 【0120】

## 《第7の実施の形態》

以下に、本発明の第7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。図35に、第7の実施の形態による車両用運転操作補助装置2の構成を示す。図35において、図1に示した第1の実施の形態と同様の機能を有する箇所には同一の符号を付している。ここでは、第1の実施の形態との相違点を主に説明する。

## 【0121】

図35に示すように、車両用運転操作補助装置2は、アクセルペダル61の操作反力を制御するアクセルペダル反力発生装置80を備えていない。コントローラ50Aは、自車両と先行車との接触の可能性が高い場合に自車両の制駆動力を制御する。

## 【0122】

図36に、第7の実施の形態による車両用運転操作補助装置2における運転操作補助制御処理の処理手順のフローチャートを示す。図36において、ステップ $S_{310} \sim S_{390}$ での処理は、図8に示したフローチャートのステップ $S_{110} \sim S_{190}$ での処理と同様である。ステップ $S_{390}$ で制駆動力補正量 $D_a$ 、 $D_b$ を算出した後、アクセルペダル反力指令値を算出せずに、ステップ $S_{400}$ で補正量 $D_a$ 、 $D_b$ を駆動力制御装置60および制動力制御装置70にそれぞれ出力する。

## 【0123】

このように、自車両と先行車との接触可能性に応じた操作反力制御を行わない場合でも、段階的に変化する制御反発力 $F_c$ に応じて自車両に発生する制駆動力を制御することにより、上述した第1の実施の形態と同様に、自車両のリスクポテンシャル $RP$ を運転者にわかりやすく伝えることができる。なお、第1の実施の形態に限定されず、第2の実施の形態から第6の実施の形態についても、アクセルペダル反力制御を行わず制駆動力制御のみを行うように構成することも可能である。

## 【0124】

上述した第1～第7の実施の形態においては、リスクポテンシャル $RP$ に対して3つまたは4つの領域を設定し、領域判定を行う例を説明した。しかしこれには限定されず、2つまたは5つ以上の領域を設定することも可能である。いずれの場合も、リスクポテンシャル $RP$ の大きな領域ほど制御反発力 $F_c$ や制御反発力 $F_c$ のゲイン $k_1$ 、 $k_2$ が大きくなり、かつ領域間の遷移状態において変化量が大きくなるように設定する。

## 【0125】

上述した第1～第6の実施の形態においては、自車両のリスクポテンシャル $RP$ に基づいて算出される制御反発力 $F_c$ に応じてアクセルペダル反力制御を行った。ただし、これには限定されず、アクセルペダル反力制御に加えてブレーキペダル71の反力制御を行う

10

20

30

40

50

こともできる。

【 0 1 2 6 】

上述した第 1 ~ 第 3 の実施の形態においては、自車両と先行車との車間時間  $T_{HW}$  と余裕時間  $T_{TC}$  とを用いてリスクポテンシャル  $R_P$  を算出した。しかしこれには限定されず、例えば余裕時間  $T_{TC}$  の逆数をリスクポテンシャル  $R_P$  として算出することもできる。また、上述した第 4 ~ 第 6 の実施の形態においては、車間時間  $T_{HW}$  と余裕時間  $T_{TC}$  の両方についてリスクポテンシャル  $R_P$  の領域判定と制御反発力  $F_c$  の算出を行った。しかしこれには限定されず、車間時間  $T_{HW}$  および余裕時間  $T_{TC}$  のいずれか一方を用いてリスクポテンシャル  $R_P$  の領域判定と制御反発力  $F_c$  の算出をすることも可能である。

【 0 1 2 7 】

以上説明した第 1 から第 7 の実施の形態においては、障害物検出手段としてレーダ装置 10 および障害物検知装置 40 を用い、走行状態検出手段として車速センサ 20 を用い、リスクポテンシャル算出手段、領域設定手段、領域判定手段、制御特性設定手段、変化速度算出手段、制御力算出手段、および要求駆動力算出手段としてコントローラ 50, 50A を用いた。また、制御手段として、コントローラ 50, 50A, 駆動力制御装置 60, 制動力制御装置 70, およびアクセルペダル反力発生装置 80 を用いた。なお、上述した第 1 から第 7 の実施の形態においては、レーザレーダをレーダ装置 10 として用いる例を説明したが、レーザレーダの代わりにミリ波レーダ等の別方式のレーダ装置を用いることももちろん可能である。また、駆動力制御装置 60 および制動力制御装置 70 を省略してアクセルペダル反力制御のみを行うことも可能である。コントローラ 50, 50A においてリスクポテンシャル  $R_P$  の領域を設定する代わりに、予め設定した領域をメモリ等に記憶し、必要に応じて記憶した情報を読み出すように構成することもできる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 2 8 】

【 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 】 レーダ装置の測距原理を説明する図。

【 図 3 】 レーダ装置による検出結果の一例を示す図。

【 図 4 】 駆動力制御装置を説明する図。

【 図 5 】 アクセルペダル操作量と要求駆動力との関係を示す図。

【 図 6 】 制動力制御装置を説明する図。

【 図 7 】 ブレーキペダル操作量と要求制動力との関係を示す図。

【 図 8 】 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チャート。

【 図 9 】 自車両の予測進路の算出方法を説明する図。

【 図 10 】 自車両の予測進路の算出方法を説明する図。

【 図 11 】 リスクポテンシャルの領域判定を説明する図。

【 図 12 】 リスクポテンシャルの各領域と制御反発力との関係を示す図。

【 図 13 】 制駆動力補正量算出処理の処理手順を示すフローチャート。

【 図 14 】 制御反発力とアクセルペダル反力指令値との関係を示す図。

【 図 15 】 リスクポテンシャル  $R_P$  と制御反発力との関係を示す図。

【 図 16 】 リスクポテンシャル  $R_P$  と制御反発力との関係を示す図。

【 図 17 】 リスクポテンシャル  $R_P$  と制御反発力との関係を示す図。

【 図 18 】 第 2 の実施の形態におけるリスクポテンシャルの領域判定を説明する図。

【 図 19 】 リスクポテンシャルと制御反発力との関係を示す図。

【 図 20 】 リスクポテンシャルと制御反発力との関係を示す図。

【 図 21 】 第 3 の実施の形態におけるリスクポテンシャルの領域判定を説明する図。

【 図 22 】 リスクポテンシャルと制御反発力との関係を示す図。

【 図 23 】 第 4 の実施の形態におけるリスクポテンシャルの領域判定を説明する図。

【 図 24 】 制御反発力算出処理の処理手順を示すフローチャート。

【 図 25 】 ( a ) ( b ) 制駆動力制御の概念を説明する図。

10

20

30

40

50

- 【図 2 6】リスクポテンシャルの各領域と制御反発力のゲインとの関係を示す図。  
 【図 2 7】リスクポテンシャルと制御反発力のゲインとの関係を示す図。  
 【図 2 8】制御反発力算出処理の処理手順を示すフローチャート。  
 【図 2 9】リスクポテンシャルの各領域と、制御反発力のゲインおよび制御反発力のリミット値との関係を示す図。  
 【図 3 0】制駆動力補正量算出処理の処理手順を示すフローチャート。  
 【図 3 1】リスクポテンシャルの各領域とドライバ要求駆動力のゲインとの関係を示す図。  
 【図 3 2】リスクポテンシャルの各領域と制御反発力の上限值との関係を示す図。  
 【図 3 3】リスクポテンシャルと制御反発力の上限值との関係を示す図。  
 【図 3 4】リスクポテンシャルの各領域と、制御反発力の上限值および制御反発力のリミット値との関係を示す図。  
 【図 3 5】第 7 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 3 6】第 7 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チャート。

10

## 【符号の説明】

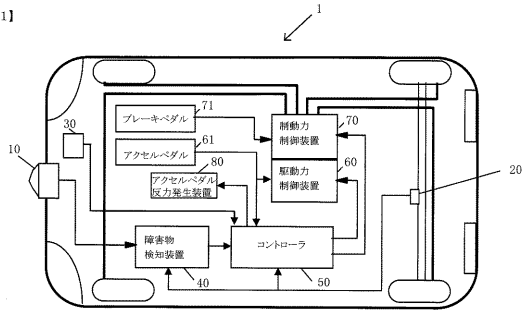
## 【 0 1 2 9 】

- 1 0 : レーダ装置  
 2 0 : 車速センサ  
 3 0 : 舵角センサ  
 4 0 : 障害物検知装置  
 5 0、5 0 A : コントローラ  
 6 0 : 駆動力制御装置  
 6 1 : アクセルペダル  
 7 0 : 制動力制御装置  
 7 1 : ブレーキペダル  
 8 0 : アクセルペダル反力発生装置

20

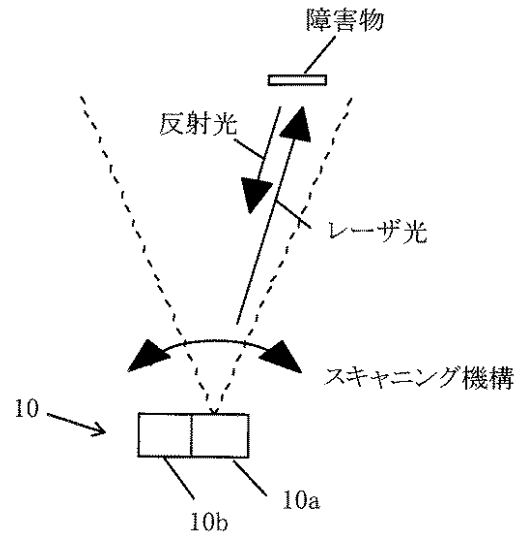
【図1】

【図1】



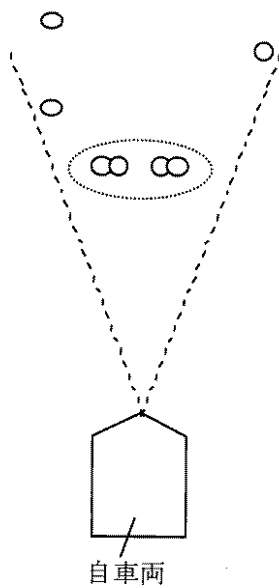
【図2】

【図2】

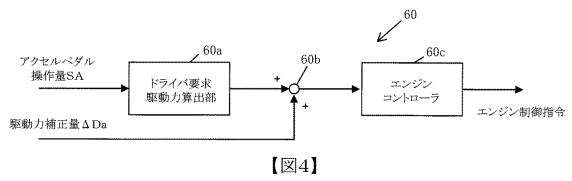


【図3】

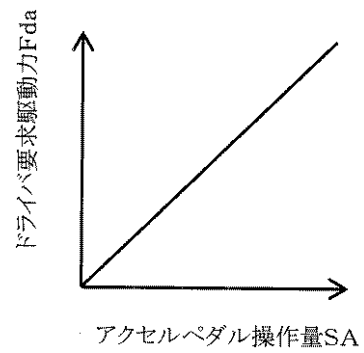
【図3】



【図4】

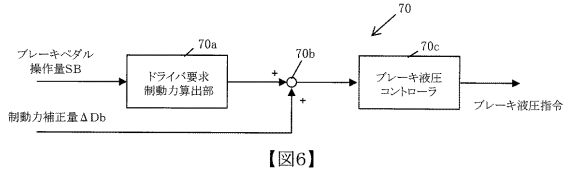


【図5】



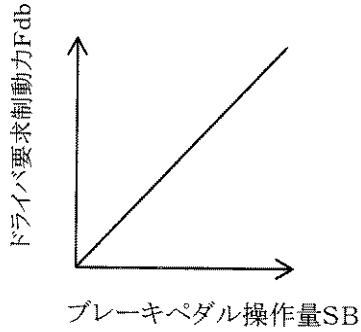
【図5】

【図6】



【図6】

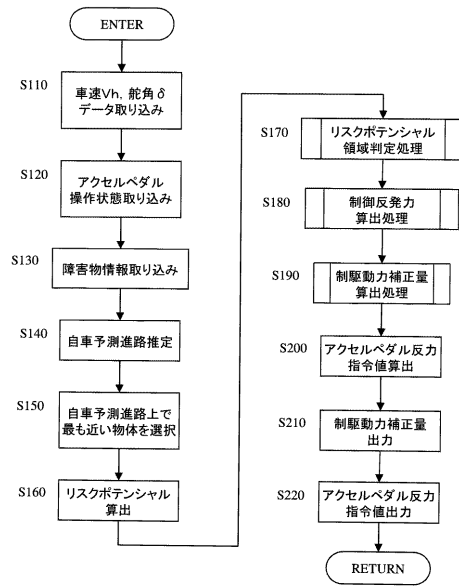
【図7】



【図7】

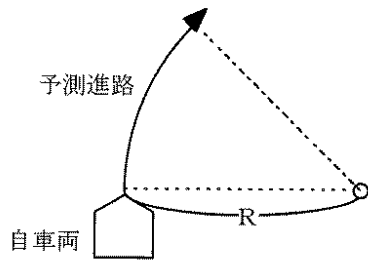
【図8】

【図8】



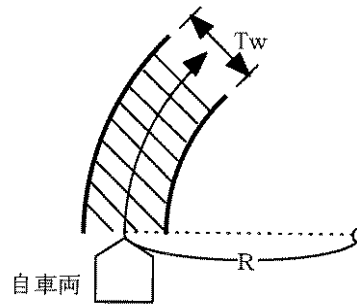
【図9】

【図9】



【図10】

【図10】



【図11】

【図11】

	領域1 (RP低)	領域2 (RP中)	領域3 (RP高)
リスクポテンシャル RP	<RP_Th1	<RP_Th2	≥RP_Th2

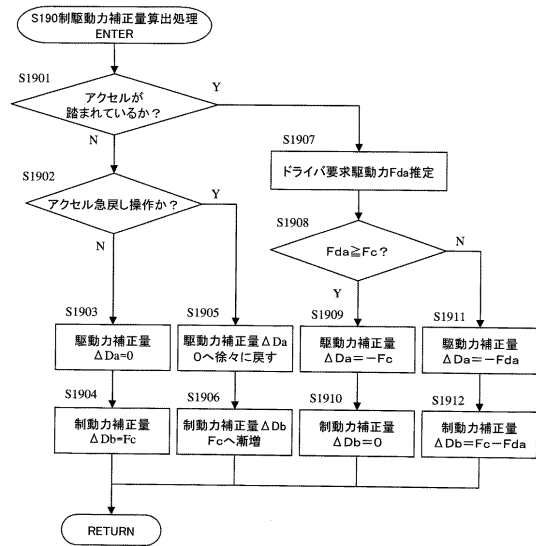
【図12】

【図12】

	制御反発力 $F_c$
領域1	$F_{c1}$
領域1→2へ遷移	$F_{c1} + \Delta F_{c12} \cdot T$
領域2→1へ遷移	$F_{c2} - \Delta F_{c12} \cdot T$
領域2	$F_{c2}$
領域2→3へ遷移	$F_{c2} + \Delta F_{c23} \cdot T$
領域3→2へ遷移	$F_{c3} - \Delta F_{c23} \cdot T$
領域3	$F_{c3}$

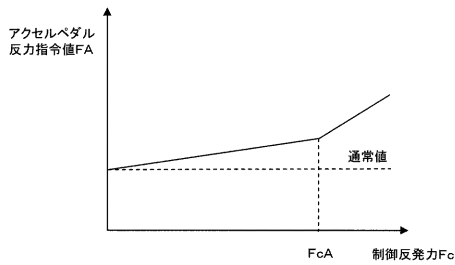
【図13】

【図13】



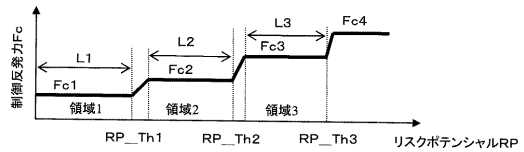
【図14】

【図14】



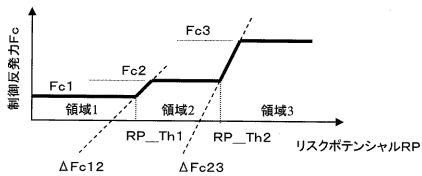
【図16】

【図16】



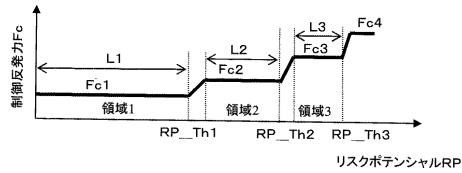
【図15】

【図15】



【図17】

【図17】



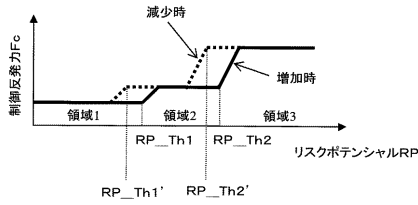
【図18】

【図18】

	領域1 (RP低)	領域2 (RP中)	領域3 (RP高)
リスクポテンシャル RP	増加時: $< RP\_Th1$ 減少時: $< RP\_Th1'$	増加時: $< RP\_Th2$ 減少時: $< RP\_Th2'$	増加時: $\geq RP\_Th2$ 減少時: $\geq RP\_Th2'$

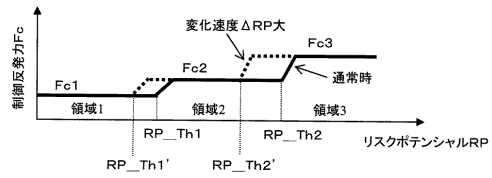
【図19】

【図19】



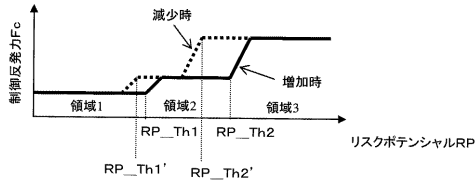
【図22】

【図22】



【図20】

【図20】



【図23】

【図23】

	領域1 (RP低)	領域2 (RP中)	領域3 (RP高)
車間時間 (THW)	$> THW\_Th1$	$> THW\_Th2$	$\leq THW\_Th2$
余裕時間 (TTC)	$> TTC\_Th1$	$> TTC\_Th2$	$\leq TTC\_Th2$

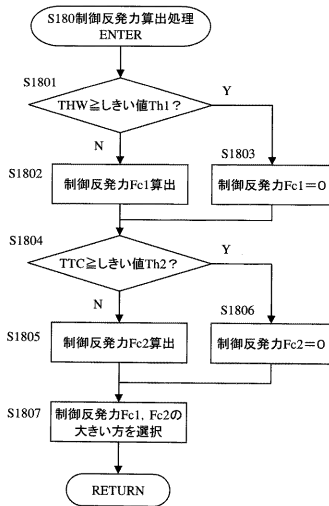
【図21】

【図21】

	領域1 (RP低)	領域2 (RP中)	領域3 (RP高)
変化速度 $\Delta RP < \Delta RP1$	$< RP\_Th1$	$< RP\_Th2$	$\geq RP\_Th2$
変化速度 $\Delta RP \geq \Delta RP1$	$< RP\_Th1'$	$< RP\_Th2'$	$\geq RP\_Th2'$

【図24】

【図24】



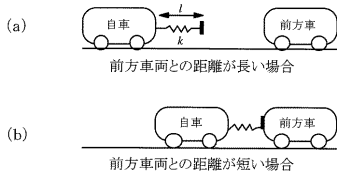
【図26】

【図26】

	ゲインk1	ゲインk2
領域1	$k1\_1$	$k2\_1$
領域1→2へ遷移	$k1\_1 + \Delta k1\_12 \cdot T$	$k2\_1 + \Delta k2\_12 \cdot T$
領域2→1へ遷移	$k1\_2 - \Delta k1\_12 \cdot T$	$k2\_2 - \Delta k2\_12 \cdot T$
領域2	$k1\_2$	$k2\_2$
領域2→3へ遷移	$k1\_2 + \Delta k1\_23 \cdot T$	$k2\_2 + \Delta k2\_23 \cdot T$
領域3→2へ遷移	$k1\_3 - \Delta k1\_23 \cdot T$	$k2\_3 - \Delta k2\_23 \cdot T$
領域3	$k1\_3$	$k2\_3$

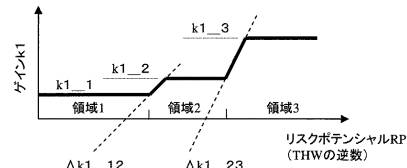
【図25】

【図25】

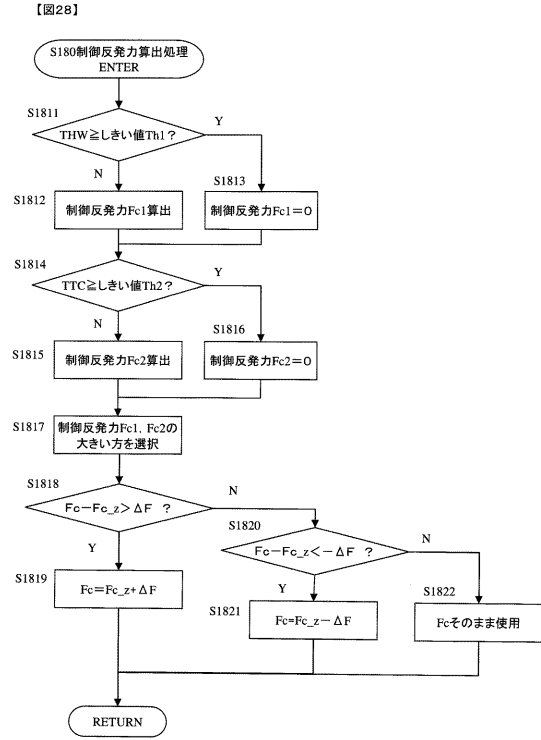


【図27】

【図27】



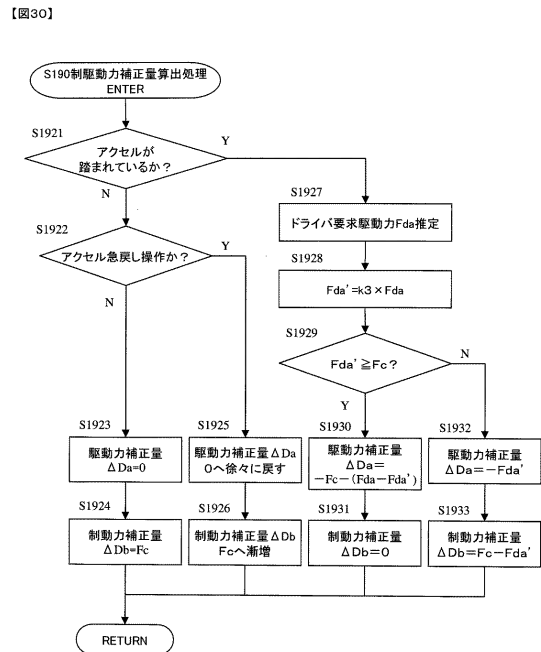
【図28】



【図29】

	ゲインk1	ゲインk2	リミット値ΔF
領域1	k1_1	k2_1	ΔF_1
領域2	k1_2	k2_2	ΔF_2
領域3	k1_3	k2_3	ΔF_3

【図30】



【図31】

	ゲインk3
領域1	k3_1
領域1→2へ遷移	k3_1 + Δ k3_12 · T
領域2→1へ遷移	k3_2 - Δ k3_12 · T
領域2	k3_2
領域2→3へ遷移	k3_2 + Δ k3_23 · T
領域3→2へ遷移	k3_3 - Δ k3_23 · T
領域3	k3_3

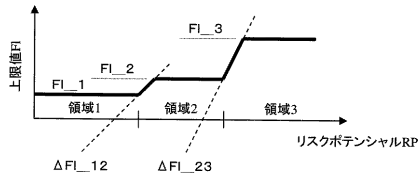
【図32】

【図32】

	制御反発力上限値Fl
領域1	Fl_1
領域1→2へ遷移	Fl_1 + ΔFl_12 · T
領域2→1へ遷移	Fl_2 - ΔFl_12 · T
領域2	Fl_2
領域2→3へ遷移	Fl_2 + ΔFl_23 · T
領域3→2へ遷移	Fl_3 - ΔFl_23 · T
領域3	Fl_3

【図33】

【図33】



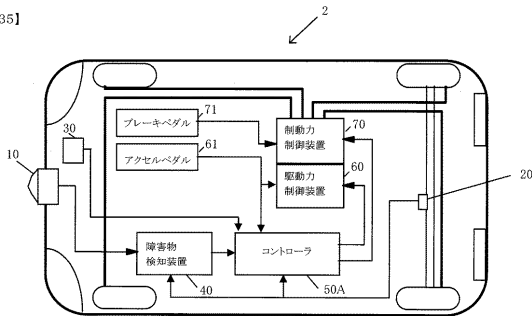
【図34】

【図34】

	制御反発力上限値FI	リミット値ΔF
領域1	FI_1	ΔF_1
領域2	FI_2	ΔF_2
領域3	FI_3	ΔF_3

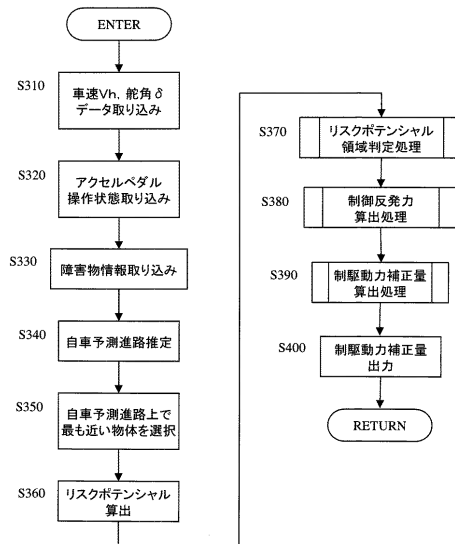
【図35】

【図35】



【図36】

【図36】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	
<b>F 0 2 D</b>	<b>29/02</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 0 R 21/00 6 2 2 K
<b>G 0 5 G</b>	<b>1/30</b>	<b>(2008.04)</b>	B 6 0 R 21/00 6 2 4 D
<b>G 0 8 G</b>	<b>1/16</b>	<b>(2006.01)</b>	B 6 0 R 21/00 6 2 7
			F 0 2 D 29/02 3 0 1 D
			F 0 2 D 29/02 3 4 1
			G 0 5 G 1/30 Z
			G 0 8 G 1/16 C

## 合議体

審判長 丸山 英行

審判官 横溝 顕範

審判官 小関 峰夫

(56)参考文献 特開2004-110347(JP,A)

特開平7-17298(JP,A)

特公昭63-18536(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B60W 30/00

B60W 10/00

B60W 50/00

B60K 31/00

B60R 21/00

G08G 1/16