

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7397408号
(P7397408)

(45)発行日 令和5年12月13日(2023.12.13)

(24)登録日 令和5年12月5日(2023.12.5)

(51)国際特許分類	F I		
B 6 0 W 30/16 (2020.01)	B 6 0 W 30/16		
B 6 0 W 40/04 (2006.01)	B 6 0 W 40/04		
B 6 0 W 40/105 (2012.01)	B 6 0 W 40/105		
B 6 0 K 31/00 (2006.01)	B 6 0 K 31/00	Z	
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	G 0 8 G 1/16	E	

請求項の数 5 (全24頁)

(21)出願番号	特願2020-66606(P2020-66606)	(73)特許権者	000003137
(22)出願日	令和2年4月2日(2020.4.2)		マツダ株式会社
(65)公開番号	特開2021-160660(P2021-160660 A)		広島県安芸郡府中町新地3番1号
(43)公開日	令和3年10月11日(2021.10.11)	(74)代理人	100094569
審査請求日	令和5年2月21日(2023.2.21)		弁理士 田中 伸一郎
		(74)代理人	100059959
			弁理士 中村 稔
		(74)代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74)代理人	100130937
			弁理士 山本 泰史
		(72)発明者	後藤 多加志
			広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツ ダ株式会社内
		(72)発明者	大村 博志

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 車両制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の運転を支援するための車両制御装置であって、
前記車両制御装置は、設定された目標速度で前記車両を走行させるように前記車両の速度を制御するように構成されており、
前記車両の前方を先行車が走行している場合、前記先行車に対する車間時間が所定の設定時間より小さくならないように、前記目標速度に設定された所定の設定車速以下の速度で前記車両を前記先行車に追従させるように構成されており、
さらに、前記先行車の速度が前記設定車速より小さく、前記車間時間が前記設定時間より大きい場合、前記車間時間と前記先行車に対する前記車両の相対速度とに応じて、前記先行車の速度よりも大きく且つ前記設定車速よりも小さい第2設定車速を前記目標速度に設定するように構成されている、車両制御装置。

【請求項2】

前記第2設定車速は、前記先行車の速度に、前記車間時間に応じて設定される第1付加速度、及び、前記相対速度に応じて設定される第2付加速度を付加することにより算出される、請求項1に記載の車両制御装置。

【請求項3】

前記第1付加速度は、前記車間時間が小さくなるほど小さくなり、且つ、前記車間時間が前記設定時間に等しいときにゼロとなるように設定される、請求項2に記載の車両制御装置。

【請求項 4】

前記第 2 付加速度は、前記相対速度が大きくなるほど小さくなり、且つ、前記相対速度がゼロに等しいときにゼロとなるように設定される、請求項 2 又は 3 に記載の車両制御装置。

【請求項 5】

前記車両制御装置は、

所定期間にわたる目標走行経路を算出し、

所定の制約条件下で前記目標走行経路に基づいて前記所定期間にわたる補正走行経路を算出すると共に、前記車両が前記補正走行経路を走行するための前記車両の制御目標値を算出するように構成されており、

前記車両制御装置は、前記補正走行経路を算出する際に、前記制約条件下において、前記補正走行経路を評価するための評価関数を用いて、少なくとも前記目標走行経路上の前記車両の位置及び速度に対する前記補正走行経路上の前記車両の位置及び速度の差を最小化するように前記補正走行経路を算出し、

前記第 2 設定車速は、前記先行車の速度に、前記車間時間に応じて設定される第 1 付加速度、前記相対速度に応じて設定される第 2 付加速度、及び固定値である第 3 付加速度を付加することにより算出される、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の車両制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、車両制御装置に係り、特に、運転者による車両の運転を支援する車両制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来、車両の運転支援制御として車両の速度制御を行う車両制御装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。一般に、このような運転支援制御では、車両は目標速度に設定された所定の設定車速で走行するように制御される。そして、目標速度（設定車速）での走行中に先行車に追い付くと、目標速度が設定車速から先行車の速度に変更され、新たな目標速度（先行車の速度）で車両の速度制御が行われる。また、このような運転支援制御では、車両と先行車との間の車間距離や相対速度に応じて、車両の加速度及び減速度が設定されることにより、車両と先行車とが急接近することなく、所定の車間距離又は車間時間が維持されるようになっている。

【0003】

さらに、特許文献 1 に記載された車両制御装置では、このような速度制御において、車両の速度が設定車速よりも小さい場合、車両と先行車との間の車間距離が所定の設定距離以上である間は、車両の加速度は所定の固定加速度に設定され、車間距離が設定距離以下になると、車両の加速度は固定加速度よりも小さく設定されるようになっている。このように、特許文献 1 に記載された車両制御装置では、車両が先行車に接近する際に、車両の加速度が制御されるようになっている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【文献】特開 2019 - 59360 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、従来の速度制御では、車両と先行車との間の車間距離が設定距離以上である場合、車両は設定車速（目標速度）まで加速され、車両が先行車に追いつくと（例えば、車間距離が設定距離に達すると）、車両は減速される。すなわち、従来の速度制御では、先行車が前方に存在するために減速することが予想される場合であっても、車両が設

10

20

30

40

50

定車速まで不必要に加速されるので、このような不必要な加速が運転者に違和感を与えていた。

【0006】

本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、運転支援により速度制御を実行するための車両制御装置において、先行車に追いつく際の不必要な加速を抑制することが可能な車両制御装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決するために、本発明は、車両の運転を支援するための車両制御装置であって、車両制御装置は、設定された目標速度で車両を走行させるように車両の速度を制御するように構成されており、車両の前方を先行車が走行している場合、先行車に対する車間時間が所定の設定時間より小さくならないように、目標速度に設定された所定の設定車速以下の速度で車両を先行車に追従させるように構成されており、さらに、先行車の速度が設定車速より小さく、車間時間が設定時間より大きい場合、車間時間と先行車に対する車両の相対速度とに応じて、先行車の速度よりも大きく且つ設定車速よりも小さい第2設定車速を目標速度に設定するように構成されていることを特徴としている。

10

【0008】

このように構成された本発明によれば、車両の前方を先行車が走行しているが、先行車に対する車両の車間時間が設定時間よりも大きい場合には、設定車速よりも小さい第2設定車速を目標速度として、車両の速度制御が行われる。これにより、本発明では、車両が先行車に追いつく過程において、無駄な加速を抑制することができる。

20

【0009】

本発明において、好ましくは、第2設定車速は、先行車の速度に、車間時間に応じて設定される第1付加速度、及び、相対速度に応じて設定される第2付加速度を付加することにより算出される。

【0010】

このように構成された本発明によれば、車間時間と相対速度のそれぞれに対して付加速度を設定することにより、適切な第2設定車速を設定することができる。

【0011】

本発明において、好ましくは、第1付加速度は、車間時間が小さくなるほど小さくなり、且つ、車間時間が設定時間に等しいときにゼロとなるように設定される。また、本発明において、好ましくは、第2付加速度は、相対速度が大きくなるほど小さくなり、且つ、相対速度がゼロに等しいときにゼロとなるように設定される。

30

【0012】

このように構成された本発明によれば、車両が先行車に追いつく過程における目標速度と、追いついた後に追従走行する際の目標速度を同一の算出方式で算出することができる。このため、本発明では、車両が先行車に追いつくまでの速度変化がスムーズになると共に、速度制御処理が簡単化される。

【0013】

本発明において、好ましくは、車両制御装置は、所定期間にわたる目標走行経路を算出し、所定の制約条件下で目標走行経路に基づいて所定期間にわたる補正走行経路を算出すると共に、車両が補正走行経路を走行するための車両の制御目標値を算出するように構成されており、車両制御装置は、補正走行経路を算出する際に、制約条件下において、補正走行経路を評価するための評価関数を用いて、少なくとも目標走行経路上の車両の位置及び速度に対する補正走行経路上の車両の位置及び速度の差を最小化するように補正走行経路を算出し、第2設定車速は、先行車の速度に、車間時間に応じて設定される第1付加速度、相対速度に応じて設定される第2付加速度、及び固定値である第3付加速度を付加することにより算出される。

40

【0014】

このように構成された本発明によれば、車両の将来の所定期間にわたる挙動を予測して

50

先行車に追従するような速度制御のための走行経路を算出する場合において、第2設定車速に第3付加速度をさらに付加することにより、車両が先行車に追従した状態に達するまでの時間が必要以上に掛かってしまうことを回避することができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明の車両制御装置によれば、先行車に追いつく際における不必要な加速を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1A】本発明の実施形態による車両制御装置の構成図である。

10

【図1B】本発明の実施形態による車両制御装置の運転者操作部の詳細を示す図である。

【図2】本発明の実施形態による車両制御装置の制御ブロック図である。

【図3】本発明の実施形態による車両制御装置における制御目標算出処理の説明図である。

【図4】本発明の実施形態による車両制御装置における補正走行経路の説明図である。

【図5】本発明の実施形態による車両制御装置における車両モデルの説明図である。

【図6】本発明の実施形態による車両制御装置における目標走行経路の補正による障害物回避の説明図である。

【図7】本発明の実施形態による車両制御装置において障害物を回避する際の障害物と車両との間のすれ違い速度の許容上限値とクリアランスとの関係を示す説明図である。

【図8】本発明の実施形態による車両制御装置における運転支援制御の処理フローである。

20

【図9】本発明の実施形態による車両と先行車の走行状態の説明図である。

【図10A】比較例に係る車両の速度変化の説明図である。

【図10B】本発明の本実施形態による車両の速度変化の説明図である。

【図11A】本発明の実施形態による第1付加速度の説明図である。

【図11B】本発明の実施形態による第2付加速度の説明図である。

【図12】本発明の実施形態による目標速度算出処理の処理フローである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施形態による車両制御装置について説明する。

まず、図1及び図2を参照して、車両制御装置の構成について説明する。図1Aは車両制御装置の構成図、図1Bは運転者操作部の詳細を示す図、図2は車両制御装置の制御ブロック図である。

30

【0018】

本実施形態の車両制御装置100は、これを搭載した車両1（図4等参照）に対して複数の運転支援モードにより、それぞれ異なる運転支援制御を提供するように構成されている。運転者は、複数の運転支援モードから所望の運転支援モードを選択可能である。

【0019】

図1Aに示すように、車両制御装置100は、車両1に搭載されており、車両制御演算部（ECU）10と、複数のセンサ及びスイッチと、複数の制御システムと、運転支援モードについてのユーザ入力を行うための運転者操作部35を備えている。複数のセンサ及びスイッチには、車載カメラ21、ミリ波レーダ22、車両の挙動を検出する複数の挙動センサ（車速センサ23、加速度センサ24、ヨーレートセンサ25、舵角センサ26、アクセルセンサ27、ブレーキセンサ28）、測位システム29、ナビゲーションシステム30が含まれる。また、複数の制御システムには、エンジン制御システム31、ブレーキ制御システム32、ステアリング制御システム33が含まれる。

40

【0020】

図1Bに示すように、運転者操作部35は、運転者が操作可能なように車両1の車室内に設けられており、複数の運転支援モードから所望の運転支援モードを選択するためのモード設定操作部として機能する。運転者操作部35には、速度制限モードを設定するためのISAスイッチ36aと、先行車追従モードを設定するためのTJAスイッチ36bと

50

、自動速度制御モードを設定するためのACCスイッチ36cと、レーンキープ制御モードを設定するためのLASスイッチ36dが設けられている。さらに、運転者操作部35には、先行車追従モードにおける車間距離（実質的には、車間距離に代わる車間時間）を設定するための距離設定スイッチ37aと、自動速度制御モード等における車速を設定するための車速設定スイッチ37bと、を備えている。

【0021】

図1Aに示すECU10は、プロセッサ、各種プログラムを記憶するメモリ、入出力装置等を備えたコンピュータにより構成される。ECU10は、運転者操作部35から受け取った運転支援モード選択信号や設定車速信号、及び、複数のセンサ及びスイッチから受け取った信号に基づき、エンジン制御システム31、ブレーキ制御システム32、ステアリング制御システム33に対して、それぞれエンジンシステム、ブレーキシステム、ステアリングシステムを適宜に作動させるための要求信号を出力可能に構成されている。

10

【0022】

車載カメラ21は、車両1の周囲を撮像し、撮像した画像データを出力する。ECU10は、画像データに基づいて対象物（例えば、車両、歩行者、道路、区画線（車線境界線、白線、黄線）、交通信号、交通標識、停止線、交差点、障害物等）を特定する。さらに、本実施形態においては、車載カメラ21として、車両を運転中の運転者を撮像する車室内カメラも備えている。なお、ECU10は、交通インフラや車々間通信等によって、車載通信機器を介して外部から対象物の情報を取得してもよい。

【0023】

ミリ波レーダ22は、対象物（特に、先行車、駐車車両、歩行者、障害物等）の位置及び速度を測定する測定装置であり、車両1の前方へ向けて電波（送信波）を送信し、対象物により送信波が反射されて生じた反射波を受信する。そして、ミリ波レーダ22は、送信波と受信波に基づいて、車両1と対象物との間の距離（例えば、車間距離）や車両1に対する対象物の相対速度を測定する。なお、本実施形態において、ミリ波レーダ22に代えて、レーザーレーダや超音波センサ等を用いて対象物との距離や相対速度を測定するように構成してもよい。また、複数のセンサを用いて、位置及び速度測定装置を構成してもよい。

20

【0024】

車速センサ23は、車両1の絶対速度を検出する。

30

加速度センサ24は、車両1の加速度（前後方向の縦加速度、横方向の横加速度）を検出する。なお、加速度は、増速側（正）及び減速側（負）を含む。

ヨーレートセンサ25は、車両1のヨーレートを検出する。

舵角センサ26は、車両1のステアリングホイールの回転角度（舵角）を検出する。

アクセルセンサ27は、アクセルペダルの踏み込み量を検出する。

ブレーキセンサ28は、ブレーキペダルの踏み込み量を検出する。

【0025】

測位システム29は、全球測位衛星システム（GNSS）及び/又はジャイロシステムであり、車両1の位置（現在車両位置情報）を検出する。また、測位システム29は、デッドレコニングや路車間通信（Wi-Fi等を用いる）による位置情報取得手段を含んでもよい。

40

【0026】

ナビゲーションシステム30は、内部に地図情報を格納しており、ECU10へ地図情報を提供することができる。ECU10は、地図情報及び現在車両位置情報に基づいて、車両1の周囲（特に、進行方向前方）に存在する道路、交差点、交通信号、建造物等を特定する。地図情報は、ECU10内に格納されていてもよい。

【0027】

エンジン制御システム31は、車両1のエンジンを制御するコントローラである。ECU10は、車両1を加速又は減速させる必要がある場合に、エンジン制御システム31に対して、エンジン出力の変更を要求するエンジン出力変更要求信号を出力する。

50

【 0 0 2 8 】

ブレーキ制御システム 3 2 は、車両 1 のブレーキ装置を制御するためのコントローラである。E C U 1 0 は、車両 1 を減速させる必要がある場合に、ブレーキ制御システム 3 2 に対して、車両 1 への制動力の発生を要求するブレーキ要求信号を出力する。

【 0 0 2 9 】

ステアリング制御システム 3 3 は、車両 1 のステアリング装置を制御するコントローラである。E C U 1 0 は、車両 1 の進行方向を変更する必要がある場合に、ステアリング制御システム 3 3 に対して、操舵方向の変更を要求する操舵方向変更要求信号を出力する。

【 0 0 3 0 】

図 2 に示すように、E C U 1 0 は、入力処理部 1 0 a、周辺物標検出部 1 0 b、目標走行経路算出部 1 0 c、運転操作判断部 1 0 e、及び制御目標算出部 1 0 f として機能する単一の C P U 又はプロセッサを備えている。なお、本実施形態では、単一の C P U が複数の上記機能を実行するように構成されているが、これに限らず、複数の C P U がこれら機能を実行するように構成することができる。

10

【 0 0 3 1 】

入力処理部 1 0 a は、車載カメラ 2 1 を含む種々のセンサ / スイッチ群、及び運転者操作部 3 5 から入力された入力情報を処理するように構成されている。この入力処理部 1 0 a は、走行路面を撮像したカメラ 2 1 の画像を解析し、車両 1 が走行している走行車線（車線の両側の区画線）を検出する画像解析部として機能する。

【 0 0 3 2 】

周辺物標検出部 1 0 b は、ミリ波レーダ 2 2、カメラ 2 1 等からの入力情報に基づいて周辺物標を検出するように構成されている。

20

目標走行経路算出部 1 0 c は、ミリ波レーダ 2 2、車載カメラ 2 1、センサ群等からの入力情報に基づいて車両の目標走行経路を算出するように構成されている。

【 0 0 3 3 】

運転操作判断部 1 0 e は、運転支援制御として自動速度制御及び / 又は自動操舵制御が実行されているときに、乗員がアクセルペダル、ブレーキペダル、又はステアリングホイールを操作した場合、乗員による操作を優先して、乗員による操作に応じた要求信号を制御システム 3 1 ~ 3 3 へ出力するように構成されている。すなわち、運転操作判断部 1 0 e により、乗員は、自動的な運転支援制御をオーバーライドして、自らが運転操作を行うことが可能である。

30

【 0 0 3 4 】

制御目標算出部 1 0 f は、目標走行経路算出部 1 0 c によって算出された目標走行経路を補正して、補正走行経路を算出し、この補正走行経路に基づいて制御システム 3 1 ~ 3 3 へ要求信号を出力するように構成されている。

【 0 0 3 5 】

例えば、制御目標算出部 1 0 f は、周辺物標検出部 1 0 b によって回避すべき周辺物標が検出された場合に、目標走行経路を補正して補正走行経路を算出する。また、制御目標算出部 1 0 f は、運転支援モードの変更によって目標走行経路自体が変更になった場合にも、新たな目標走行経路を補正して補正走行経路を算出する。車両 1 は、この補正走行経路を走行することにより、新たな目標走行経路へ合流する。すなわち、この場合の補正走行経路は、現在の車両挙動（舵角、加速度等）を新たな目標走行経路における車両挙動に適合させるための遷移的な経路である。

40

【 0 0 3 6 】

制御目標算出部 1 0 f は、補正走行経路を算出するため、所定の評価関数を用いる。制御目標算出部 1 0 f は、目標走行経路を基準として評価関数を用いて複数の候補走行経路を評価し、所定の制約条件（又は、拘束条件）を満足するように最適化された 1 つの補正走行経路を算出する。また、本実施形態においては、評価関数及び制約条件は、選択されている運転支援モードや周辺物標等に基づいて、適宜設定される。

【 0 0 3 7 】

50

ECU10は、制御目標算出部10fによって決定された最適な補正走行経路を走行すべく、少なくともエンジン制御システム31、ブレーキ制御システム32、又はステアリング制御システム33のいずれか1つ又は複数に対する要求信号を生成し、出力する。

【0038】

次に、本実施形態による車両制御装置100が備える運転支援モードについて説明する。本実施形態では、運転支援モードとして、5つのモード(レーンキープ制御モード、先行車追従モード、自動速度制御モード、速度制限モード、基本制御モード)が備えられている。

【0039】

<レーンキープ制御モード>

レーンキープ制御モードは、車両1が車線の中央付近を走行するようにステアリング制御するモードであり、車両制御装置100による自動的なステアリング制御、速度制御(エンジン制御、ブレーキ制御)を伴う。

【0040】

本実施形態では、レーンキープ制御モードの選択時(すなわち、LASスイッチ36dが操作又は押下されている状態)において、走行車線の車線両端部の検出の可否に応じて、異なる制御が行われる。すなわち、車線両端部の検出中、ECU10は、車両1が走行車線の中央付近を走行するようにステアリング制御及び速度制御を行う。しかしながら、車線両端部が検出されない場合、運転支援モードは、基本制御モード(オフモード)に切り替えられる。基本制御モードでは、運転者がステアリング操作、アクセル操作及びブレーキ操作を行う。

【0041】

なお、車線両端部とは、車両1が走行する車線の両端部(白線等の区画線、道路端、縁石、中央分離帯、ガードレール等)であり、隣接する車線や歩道等との境界である。ECU10は、この車線両端部を車載カメラ21より撮像された画像データから検出する。また、ナビゲーションシステム30の地図情報から車線両端部を検出してもよい。

【0042】

<先行車追従モード>

先行車追従モードは、基本的に、車両1と先行車との間に車速に応じた所定の車間距離又は車間時間を維持しつつ、先行車の走行軌跡を車両1に追従走行させるモードであり、車両制御装置100による自動的なステアリング制御、速度制御(エンジン制御、ブレーキ制御)を伴う。

【0043】

本実施形態では、ECU10は、車載カメラ21による画像データ及びミリ波レーダ22による測定データにより、先行車を検出する。具体的には、車載カメラ21による画像データにより前方を走行する他車両を走行車として検出する。更に、本実施形態では、ミリ波レーダ22による測定データにより、車両1と他車両との車間距離が所定距離(例えば、400~500m)以下である場合に、当該他車両が先行車として検出される。なお、代替的に、車載カメラ21及び/又はミリ波レーダ22が先行車を検出して、先行車の位置等の先行車情報をECU10へ出力してもよい。

【0044】

本実施形態では、先行車追従モードの選択時(すなわち、TJAスイッチ36bが操作又は押下されている状態)において、先行車の検出の可否に応じて、異なる制御が行われる。すなわち、先行車の検出中は、ECU10は、車両1が先行車を追従走行するようにステアリング制御及び速度制御を行う。しかしながら、先行車が検出されない間は、ECU10は、車両1が設定車速(一定速度)を目標速度として走行するように速度制御を行い、運転者がステアリング操作を行う。なお、設定車速は、例えば、車速設定スイッチ37bによって設定することができる。または、代替的に、先行車が検出されない間は、運転支援モードは、基本制御モード(オフモード)に切り替えられる。

【0045】

10

20

30

40

50

また、代替的な先行車追従モードにおいて、車線両端部及び先行車の検出の可否に応じて、異なる制御が行われるように構成してもよい。例えば、代替的な先行車追従モードでは、車線両端部及び先行車が検出されている場合、ECU10は、車両1が先行車の走行軌跡を追従するのではなく、先行車との所定の車間距離を維持しながら、車両1が走行車線の中央付近を走行するようにステアリング制御及び速度制御を行う。一方、先行車は検出されているが、車線両端部は検出されていない場合は、ECU10は、車両1が先行車の走行軌跡を追従走行するようにステアリング制御及び速度制御を行う。さらに、車線両端部は検出されているが、先行車は検出されていない場合、ECU10は、車両1が走行車線の中央付近を設定車速で走行するようにステアリング制御及び速度制御を行う。さらに、先行車も車線両端部も検出されていない場合、ECU10は、車両1は設定車速で走行するように速度制御を行い、運転者がステアリング操作を行う。

10

【0046】

<自動速度制御モード>

また、自動速度制御モードは、車速設定スイッチ37bを使用して運転者によって予め設定された所定の設定車速（一定速度）を目標速度として維持するように速度制御するモードであり、車両制御装置100による自動的な速度制御（エンジン制御、ブレーキ制御）を伴うが、ステアリング制御は行われぬ。この自動速度制御モードでは、車両1は、設定車速を維持するように走行するが、運転者によるアクセルペダルの踏み込みにより設定車速を超えて増速され得る。また、運転者がブレーキ操作を行った場合には、運転者の意思が優先され、設定車速から減速される。また、先行車に追いついた場合には、車速に応じた車間距離又は車間時間を維持しながら先行車に追従するように速度制御され、先行車が存在しなくなると、再び設定車速に復帰するように速度制御される。

20

【0047】

<速度制限モード>

また、速度制限モードは、車両1の車速が速度標識による制限速度又は運転者によって設定された設定車速を超えないように速度制御するモードであり、車両制御装置100による自動的な速度制御（エンジン制御）を伴うが、ステアリング制御は行われぬ。制限速度は、車載カメラ21により撮像された速度標識や路面上の速度表示の画像データをECU10が画像認識処理することにより特定してもよいし、外部からの無線通信により受信してもよい。速度制限モードでは、運転者が制限速度を超えるようにアクセルペダルを踏み込んだ場合であっても、車両1は制限速度までしか増速されない。

30

【0048】

<基本制御モード>

基本制御モードは、運転者操作部35により、何れの運転支援モードも選択されていないときのモード（オフモード）であり、車両制御装置100による自動的なステアリング制御及び速度制御は行われぬ。

【0049】

次に、本実施形態による車両制御装置100により計算される目標走行経路について説明する。本実施形態では、ECU10に備えられた目標走行経路算出部10cが、以下の第1走行経路R1～第3走行経路R3を時間的に繰返し計算するように構成されている（例えば、0.1秒毎）。本実施形態では、ECU10は、センサ等の情報に基づいて、現時点から所定期間（例えば、3秒）が経過するまでの間の走行経路を計算する。走行経路R_x（x=1, 2, 3）は、所定時間毎（例えば、0.3秒毎）に設定される走行経路上の車両1の目標位置（P_{x_k}）及び目標速度（V_{x_k}）により特定される（k=0, 1, 2, …, n）。更に、各目標位置において、目標速度以外に複数の変数（加速度、ジャーク、ヨーレート、舵角、車両角度等）について目標値が特定される。

40

【0050】

なお、第1走行経路～第3走行経路は、車両1が走行する走行路上又は走行路周辺の物標（駐車車両、歩行者等の障害物）に関する周辺物標の検出情報を考慮せずに、走行路の形状、先行車の走行軌跡、車両1の走行挙動、及び設定車速に基づいて計算される。この

50

ように、本実施形態では、周辺物標の情報が計算に考慮されないので、これら複数の走行経路の全体的な計算負荷を低く抑えることができる。

【0051】

(第1走行経路)

第1走行経路R1は、道路形状に即して車両1に走行車線内の走行を維持させるように所定期間分だけ設定される。詳しくは、第1走行経路R1は、原則的に、車線の中央付近の走行を維持するように設定される。

【0052】

目標走行経路算出部10cは、車載カメラ21により撮像された車両1の周囲の画像データの画像認識処理を実行し、車線両端部を検出する。車線両端部は、上述のように、区画線(白線等)や路肩等である。目標走行経路算出部10cは、車線両端部の幅方向の中央部を車両1の幅方向中央部(例えば、重心位置)が通過するように、第1走行経路R1の複数の目標位置P1_kを設定する。また、第1走行経路R1の各目標位置P1_kにおける目標速度V1_kは、原則的に、運転者が運転者操作部35の車速設定スイッチ37bによって設定した速度、又は車両制御装置100によって予め設定された所定の設定車速(一定速度)に設定される。

10

【0053】

(第2走行経路)

第2走行経路R2は、先行車の走行軌跡を追従するように所定期間分だけ設定される。目標走行経路算出部10cは、車載カメラ21による画像データ、ミリ波レーダ22による測定データ、車速センサ23による車両1の車速に基づいて先行車情報(先行車の位置、速度、加速度等)を取得し、先行車情報に基づいて、将来の所定期間にわたる先行車の走行挙動を推定又は予測する。具体的には、目標走行経路算出部10cは、先行車の予測走行挙動として、先行車が現在の走行挙動を維持しながら現在から所定期間後まで走行すると仮定する。

20

【0054】

そして、目標走行経路算出部10cは、先行車の予測走行挙動に基づいて、車両1が先行車に対して、先行車の後方位置において、車両1の速度に応じた車間距離(実際は、先行車との車間時間)を維持するように、第2走行経路R2(目標位置P2_k、目標速度V2_k)を計算する。

30

【0055】

(第3走行経路)

第3走行経路R3は、運転者による車両1の現在の運転状態に基づいて所定期間分だけ設定される。即ち、第3走行経路R3は、車両1の現在の走行挙動又は車両運動から推定される位置及び速度に基づいて設定される。

【0056】

目標走行経路算出部10cは、車両1の速度、ヨーレートに基づいて、所定期間分の第3走行経路R3を計算する。具体的には、第3走行経路R3は、車両1が現在の速度V及びヨーレートを維持しながら、旋回半径R(=V/)で規定される円弧経路を定常円旋回するように計算される。よって、第3走行経路R3の目標速度V3_kは、現在の速度Vに設定され、目標位置P3_kは、円弧経路上を車両1が速度Vで走行した場合における所定時間毎の通過位置に設定される。

40

【0057】

次に、本実施形態による車両制御装置100における運転支援モードと走行経路との関係について説明する。本実施形態では、運転者が運転者操作部35を操作して1つの運転支援モードを選択すると、選択された運転支援モードに応じて第1～第3走行経路のうちの1つが目標走行経路として選択されるように構成されている。

【0058】

レーンキープ制御モードの選択時には、車線両端部が検出されていると、第1走行経路が選択される。この場合、車速設定スイッチ37bによって設定された設定車速が目標速

50

度となる。

また、先行車追従モードの選択時には、先行車が検出された場合、第2走行経路が選択される。この場合、目標速度は、先行車の車速に応じて設定される。また、先行車追従モードの選択時において、先行車が検出されない場合、車線両端部の検出の可否に応じて、第1又は第3走行経路が選択され、設定車速が目標速度となる。

【0059】

また、自動速度制御モードの選択時には、第3走行経路が選択される。自動速度制御モードは、上述のように速度制御を自動的に実行するモードであり、車速設定スイッチ37bによって設定された設定車速が目標速度となる。また、運転者によるステアリングホイールの操作に基づいてステアリング制御が実行される。

10

【0060】

また、速度制限モードの選択時にも第3走行経路が選択される。速度制限モードも、上述のように速度制御を自動的に実行するモードであり、目標速度は、制限速度以下の範囲で、運転者によるアクセルペダルの踏み込み量に応じて設定される。また、運転者によるステアリングホイールの操作に基づいてステアリング制御が実行される。

【0061】

また、基本制御モード（オフモード）の選択時には、第3走行経路が選択される。基本制御モードは、基本的に、速度制限モードにおいて制限速度が設定されない状態と同様である。

【0062】

次に、図3～図5を参照して、本実施形態によるECU10の制御目標算出部10fにおいて実行される制御目標算出処理について説明する。図3は制御目標算出処理の説明図、図4は補正走行経路の説明図、図5は車両モデルの説明図である。本実施形態において、制御目標算出処理には、走行経路補正処理が含まれる。

20

【0063】

図3及び図4に示すように、制御目標算出部10fは、目標走行経路Rを外部環境（障害物3等）や運転支援モードの変更に応じて補正して、補正走行経路Rcを算出する。そして、制御目標算出部10fは、車両1がこの補正走行経路Rcを走行するための所定の制御量の制御目標値（加速度目標、舵角目標）を計算し、制御目標に基づいて車両1の制御システムへ要求信号を出力する。なお、図4には、所定期間（例えば、3秒）にわたる例示的な目標走行経路R、補正走行経路Rcが示されている。各経路R、Rcには、それぞれ所定時間毎（例えば、0.3秒毎）の目標位置P、補正目標位置Pcが示されている。

30

【0064】

具体的には、制御目標算出部10fは、センサ/スイッチ群から各種情報を受け取り、目標走行経路算出部10cから目標走行経路Rを受け取り、周辺物標検出部10bから周辺物標に関する情報を受け取る。制御目標算出部10fは、これらの情報に基づいて、制約条件（周辺物標との衝突回避等）を満足しつつ、目標走行経路Rからの逸脱量が小さくなるように最適化された補正走行経路Rcをモデル予測制御を用いて計算する。すなわち、本実施形態では、制御目標算出部10fは、制約条件下で（又は拘束条件下で）所定の評価関数Jの評価値を最小にするという最適化問題を解くように構成されたソルバーを含む。このため、制御目標算出部10fは、最適化計算部11aとモデル予測部11bを備えている。

40

【0065】

本実施形態では、概略的には、最適化計算部11aは、車両1の現在の挙動（速度、位置、加速度、舵角等）に基づいて、制約条件（障害物等）を回避するような候補補正走行経路を設定し、候補補正走行経路上の各候補目標位置での物理量（加速度、舵角）を入力値としてモデル予測部11bへ与える。モデル予測部11bは、入力値を車両モデルに適用することにより、候補補正走行経路上での車両1の挙動を計算し、候補補正走行経路上の各候補目標位置を特定すると共に、車両挙動に基づく種々の物理量を最適化計算部11aへフィードバックする。各候補目標位置は、隣り合う候補目標位置間での移動距離を積

50

算していくことにより算出される。

【 0 0 6 6 】

車両モデルは、車両 1 の物理的な運動を規定するものであり、以下の運動方程式で記述される。この車両モデルは、本例では図 5 に示す 2 輪モデルである。車両モデルにより車両 1 の物理的な運動が規定される。

【 0 0 6 7 】

$$mV\left(\frac{d\beta}{dt} + r\right) = -2K_f\left(\beta + \frac{l_f}{V}r - \delta\right) - 2K_r\left(\beta - \frac{l_r}{V}r\right) \quad (1)$$

$$I\frac{dr}{dt} = -2K_f\left(\beta + \frac{l_f}{V}r - \delta\right)l_f + 2K_r\left(\beta - \frac{l_r}{V}r\right)l_r \quad (2)$$

10

【 0 0 6 8 】

図 5 及び式 (1)、(2) 中、 m は車両 1 の質量、 I は車両 1 のヨーイング慣性モーメント、 l はホイールベース、 l_f は車両重心点と前車軸間の距離、 l_r は車両重心点と後車軸間の距離、 K_f は前輪 1 輪あたりのタイヤコーナリングパワー、 K_r は後輪 1 輪あたりのタイヤコーナリングパワー、 V は車両 1 の車速、 δ は前輪の実舵角、 β は車両重心点の横すべり角、 r は車両 1 のヨー角速度、 γ は車両 1 のヨー角、 y は絶対空間に対する車両 1 の横変位、 t は時間である。

【 0 0 6 9 】

最適化計算部 1 1 a は、候補補正走行経路上での車両 1 の挙動を表すフィードバックに基づいて評価関数 J を用いて、候補補正走行経路を評価する。本実施形態では、評価関数 J は、補正走行経路の評価に関する評価項 J_E と、制約条件に関する制約項 J_C を含む。評価項 J_E は、複数の評価ファクタを有する。また、制約項 J_C は複数の制約ファクタを有する。制御目標算出部 1 0 f は、実行中の運転支援モード及びセンサ情報等に応じて異なるように評価関数 J を設定する。

20

【 0 0 7 0 】

複数の評価ファクタは、目標位置 P での車両 1 の挙動を表す複数の物理量 (例えば、速度 (縦方向及び横方向)、加速度 (縦方向及び横方向)、ジャーク (縦方向及び横方向)、ヨーレート、車線中心に対する横位置、車両角度、舵角、舵角速度、その他ソフト制約) にそれぞれ対応して設定されている。評価ファクタには、目標走行経路と補正走行経路の物理量の差が小さいほど評価が高くなる第 1 評価ファクタと、物理量自体の大きさが小さいほど評価が高くなる第 2 評価ファクタが含まれる。本実施形態では、評価値が小さな値となるほど、評価が高くなる。

30

【 0 0 7 1 】

第 1 評価ファクタは、目標走行経路と補正走行経路の差を最小化するための評価ファクタであり、第 1 評価ファクタの物理量は、例えば、速度 (縦方向及び横方向)、横位置等である。一方、第 2 評価ファクタは、所定の物理量を最小化するための評価ファクタであり、第 2 評価ファクタの物理量は、例えば、加速度 (縦方向及び横方向)、ジャーク (縦方向及び横方向)、舵角、舵角速度等である。

40

【 0 0 7 2 】

また、複数の制約ファクタは、複数の物理量にそれぞれ対応して設定されている。制約ファクタは、対応する物理量に対して規定された制限範囲 (下限値 ~ 上限値) をその物理量が超えた量に応じて、ペナルティ値として見積もられる。よって、超過量が大きいほど、ペナルティ値は大きくなる (すなわち、結果的に、評価値は大きくなる)。

【 0 0 7 3 】

例えば、速度 (縦方向及び横方向)、加速度 (縦方向及び横方向)、ジャーク (縦方向及び横方向)、舵角、舵角速度、ヨーレートを含む複数の物理量には、それぞれ原則的に固定された制限範囲が規定されている。しかしながら、固定の制限範囲よりも狭い範囲に制限範囲が変更される場合がある。例えば、下記で説明する速度分布領域 (図 6 参照) が

50

適用される場合には、車両 1 の位置に応じて物標 3 に対する速度の制限範囲が変更される。

【 0 0 7 4 】

評価関数 J (= $J E + J C$) は、以下の式で記述される。

$$J E = \sum_0^N \{ W_1 (X_1 - X_{ref1})^2 + W_2 (X_2 - X_{ref2})^2 + \dots + W_n (X_n - X_{refn})^2 \}$$

$$J C = \sum_0^N \text{constraint}$$

10

$$J = \sum_0^N \{ W_1 (X_1 - X_{ref1})^2 + W_2 (X_2 - X_{ref2})^2 + \dots + W_n (X_n - X_{refn})^2 \} + \sum_0^N \text{constraint}$$

【 0 0 7 5 】

評価項 $J E$ について、式中、 $W_k (X_k - X_{refk})^2$ は評価ファクタ、 X_k は候補補正走行経路の物理量、 X_{refk} は目標走行経路の物理量又は 0 (ゼロ値)、 W_k は評価ファクタの重み係数 (例えば、 $0 < W_k < 1$) である (但し、 $k = 1 \sim n$)。したがって、本実施形態の評価項 $J E$ は、 n 個の評価ファクタの物理量について、候補補正走行経路の物理量から目標走行経路の物理量 (目標走行経路との差を最小化する評価ファクタの場合) 又はゼロ値 (物理量自体を最小化する評価ファクタの場合) を差し引いた差分の 2 乗の和を重み付けして、所定期間 (例えば、 $N = 3$ 秒) の走行経路長にわたって合計した値に相当する。なお、重み係数 W_k は、各運転支援モードに応じて異なって設定される。

20

【 0 0 7 6 】

一方、制約項 $J C$ は、複数の物理量の制限範囲からの超過量に応じた評価値の合計値を、所定期間 (例えば、 $N = 3$ 秒) の走行経路長にわたって合計した値に相当する。各評価値は、例えば、超過量を 2 乗した値に所定の重み係数 W を乗じた値とすることができる。なお、所定の物理量の制限範囲は、周辺物標等に応じて変動し得る。

30

【 0 0 7 7 】

本実施形態では、評価関数 J は、制約項 $J C$ が組み込まれたラグランジュ関数である。よって、最適化計算部 11a は、無制約の最適化問題を解くように構成されており、良好な収束性で最適解を導出可能である。仮に評価関数 J が制約項 $J C$ を含まない場合、モデル予測部 11b からのフィードバックが制約条件を満足しないと、そのフィードバックは最適化問題の収束性に何ら寄与しない。この場合、最適解が所定計算時間内に得られないおそれがある。

【 0 0 7 8 】

さらに、本実施形態では、フィードバックが制約条件を完全には満足しない場合であっても、最適化計算部 11a は、その候補補正走行経路を、制約条件を考慮して評価関数 J により評価することができる。これにより、本実施形態では、収束性を向上させることができる。例えば、センサ情報等のノイズ誤差や、道路環境の評価に対する誤差や、モデル関数に起因する誤差等により、制約条件をわずかに超えるような候補補正走行経路を確実に評価することができる。ただし、本実施形態では、制約項 $J C$ の重み係数を大きな値に設定することにより、制約項 $J C$ を制約条件として確実に機能させることができる。

40

【 0 0 7 9 】

本実施形態では、最適化計算部 11a は、モデル予測部 11b からのフィードバックに基づいて、評価関数 J を用いて候補補正走行経路についての評価値を算出する。最適化計算部 11a は、評価値に応じて、新たな候補目標走行経路を設定し、この新たな候補補正走行経路に基づいて、修正した入力値をモデル予測部 11b へ与える。本実施形態では、

50

このような最適化計算部 1 1 a とモデル予測部 1 1 b との間でのフィードバックが複数回繰り返されることにより、評価関数 J の評価値が最小化（又は、最適化）された補正走行経路 R_c が算出される。なお、フィードバックの最大繰り返し回数は、所定回数に制限されてもよい。

【 0 0 8 0 】

次に、図 6 ~ 図 7 を参照して、本実施形態による障害物回避処理について説明する。図 6 は目標走行経路の補正による障害物回避の説明図、図 7 は障害物を回避する際の障害物と車両との間のすれ違い速度の許容上限値とクリアランスとの関係を示す説明図である。図 6 では、車両 1 は走行路（車線）7 上を走行しており、走行中又は停車中の車両 3 とすれ違って、車両 3 を追い抜こうとしている。

10

【 0 0 8 1 】

一般に、道路上又は道路付近の障害物（例えば、先行車、駐車車両、歩行者等）とすれ違うとき（又は追い抜くとき）、車両 1 の運転者は、進行方向に対して直交する横方向において、車両 1 と障害物との間に所定のクリアランス又は間隔（横方向距離）を保ち、且つ、車両 1 の運転者が安全と感じる速度に減速する。具体的には、先行車が急に進路変更したり、障害物の死角から歩行者が出てきたり、駐車車両のドアが開いたりするといった危険を回避するため、クリアランスが小さいほど、障害物に対する相対速度は小さくされる。

【 0 0 8 2 】

また、一般に、後方から先行車に近づいているとき、車両 1 の運転者は、進行方向に沿った車間距離（縦方向距離）に応じて速度（相対速度）を調整する。具体的には、車間距離が大きいときは、接近速度（相対速度）が大きく維持されるが、車間距離が小さくなると、接近速度は低速にされる。そして、所定の車間距離で両車両の間の相対速度はゼロとなる。これは、先行車が駐車車両であっても同様である。

20

【 0 0 8 3 】

このように、運転者は、障害物と車両 1 との間の距離（横方向距離及び縦方向距離を含む）と相対速度との関係を考慮しながら、危険がないように車両 1 を運転している。

【 0 0 8 4 】

そこで、本実施形態では、図 6 に示すように、車両 1 は、車両 1 から検知される障害物（例えば、駐車車両 3）に対して、障害物の周囲に（横方向領域、後方領域、及び前方領域にわたって）又は少なくとも障害物と車両 1 との間に、車両 1 の進行方向における相対速度についての許容上限値を規定する 2 次元分布（速度分布領域 4 0）を設定するように構成されている。速度分布領域 4 0 では、障害物の周囲の各点において、相対速度の許容上限値 V_{lim} が設定されている。

30

【 0 0 8 5 】

図 6 から分かるように、速度分布領域 4 0 は、原則的に、障害物からの横方向距離及び縦方向距離が小さくなるほど（障害物に近づくほど）、相対速度の許容上限値が小さくなるように設定される。また、図 6 では、理解の容易のため、同じ許容上限値を有する点を連結した等相対速度線が示されている。等相対速度線 a, b, c, d は、それぞれ許容上限値 V_{lim} が 0 km/h , 20 km/h , 40 km/h , 60 km/h に相当する。本例では、各等相対速度領域は、略矩形に設定されている。

40

【 0 0 8 6 】

本実施形態では、すべての運転支援モードにおいて、障害物に対する車両 1 の相対速度が速度分布領域 4 0 内の許容上限値 V_{lim} を超えることがないように目標走行経路の補正が実施される。すなわち、速度分布領域 4 0 が、車両 1 の速度に対する制約条件となる。具体的には、制御目標算出部 1 0 f は、周辺物標検出部 1 0 b によって回避すべき障害物（周辺物標）が検出されると、障害物に対して速度分布領域 4 0 を設定する。そして、制御目標算出部 1 0 f は、速度分布領域 4 0 により規定される許容上限値 V_{lim} を超えることがないように、目標走行経路算出部 1 0 c によって算出された目標走行経路 R を補正して、補正走行経路 R_c を算出する。図 6 には、例示的な補正走行経路 R_{c1} , R_{c2} , R_{c3}

50

が示されている。

【 0 0 8 7 】

なお、速度分布領域 4 0 は、必ずしも障害物の全周にわたって設定されなくてもよく、少なくとも障害物の後方、及び、車両 1 が存在する障害物の横方向の一方側（図 6 では、車両 3 の右側領域）に設定されればよい。

【 0 0 8 8 】

図 7 に示すように、車両 1 がある絶対速度で走行するときにおいて、障害物の横方向に設定される許容上限値 V_{lim} は、クリアランス X が D_0 （安全距離）までは 0（ゼロ） km/h であり、 D_0 以上で 2 次関数的に増加する（ $V_{lim} = k(X - D_0)^2$ 。ただし、 $X > D_0$ ）。即ち、安全確保のため、クリアランス X が D_0 以下では車両 1 は相対速度がゼロとなる。一方、クリアランス X が D_0 以上では、クリアランスが大きくなるほど、車両 1 は大きな相対速度ですれ違ふことが許容される。

10

【 0 0 8 9 】

図 7 の例では、障害物の横方向における許容上限値は、 $V_{lim} = f(X) = k(X - D_0)^2$ で定義されている。なお、 k は、 X に対する V_{lim} の変化度合いに関連するゲイン係数であり、障害物の種類等に依存して設定される。また、 D_0 も障害物の種類等に依存して設定される。

【 0 0 9 0 】

なお、本実施形態では、 V_{lim} が X の 2 次関数となるように定義されているが、これに限らず、他の関数（例えば、一次関数等）で定義されてもよい。また、図 7 を参照して、障害物の横方向の許容上限値 V_{lim} について説明したが、障害物の縦方向を含むすべての径方向について同様に設定することができる。その際、係数 k 、安全距離 D_0 は、障害物からの方向に応じて設定することができる。

20

【 0 0 9 1 】

なお、速度分布領域 4 0 は、種々のパラメータに基づいて設定することが可能である。パラメータとして、例えば、車両 1 と障害物の相対速度、障害物の種類、車両 1 の進行方向、障害物の移動方向及び移動速度、障害物の長さ、車両 1 の絶対速度等を考慮することができる。即ち、これらのパラメータに基づいて、係数 k 及び安全距離 D_0 を選択することができる。

【 0 0 9 2 】

また、本実施形態において、障害物は、車両、歩行者、自転車、崖、溝、穴、落下物等を含む。更に、車両は、自動車、トラック、自動二輪で区別可能である。歩行者は、大人、子供、集団で区別可能である。

30

【 0 0 9 3 】

図 6 に示すように、車両 1 が走行路 7 上を走行しているとき、車両 1 の ECU 1 0 に内蔵された周辺物標検出部 1 0 b は、車載カメラ 2 1 から画像データに基づいて障害物（車両 3）を検出する。このとき、障害物の種類（この場合は、車両、歩行者）が特定される。

【 0 0 9 4 】

また、周辺物標検出部 1 0 b は、ミリ波レーダ 2 2 の測定データ及び車速センサ 2 3 の車速データに基づいて、車両 1 に対する障害物（車両 3）の位置及び相対速度並びに絶対速度を算出する。なお、障害物の位置は、車両 1 の進行方向に沿った x 方向位置（縦方向距離）と、進行方向と直交する横方向に沿った y 方向位置（横方向距離）が含まれる。

40

【 0 0 9 5 】

制御目標算出部 1 0 f は、検知したすべての障害物（図 6 の場合、車両 3）について、それぞれ速度分布領域 4 0 を設定する。そして、制御目標算出部 1 0 f は、車両 1 の速度が速度分布領域 4 0 の許容上限値 V_{lim} を超えないように目標走行経路 R の補正を行う。

【 0 0 9 6 】

即ち、目標走行経路 R を車両 1 が走行すると、ある目標位置において目標速度が速度分布領域 4 0 によって規定された許容上限値を超えてしまう場合には、目標位置を変更することなく目標速度を低下させるか（図 6 の経路 $Rc1$ ）、目標速度を変更することなく目

50

標速度が許容上限値を超えないように迂回経路上に目標位置を変更するか（図6の経路R c 3）、目標位置及び目標速度の両方が変更される（図6の経路R c 2）。

【0097】

なお、一般的に、評価関数Jにおいて、舵角速度を最小化するための評価ファクタの重み係数が大きい場合に補正走行経路R c 1が算出され、前後方向の加速度を最小化するための評価ファクタの重み係数が大きい場合に補正走行経路R c 3が算出される。

【0098】

例えば、図6は、計算されていた目標走行経路Rが、走行路7の幅方向の中央位置（目標位置）を60 km/h（目標速度）で走行する経路であった場合を示している。この場合、前方に駐車車両3が障害物として存在するが、上述のように、目標走行経路Rの計算段階においては、計算負荷の低減のため、この障害物は考慮されていない。

10

【0099】

目標走行経路Rを走行すると、車両1は、速度分布領域40の等相対速度線d, c, c, dを順に横切ることになる。即ち、60 km/hで走行する車両1が等相対速度線d（許容上限値 $V_{lim} = 60 \text{ km/h}$ ）の内側の領域に進入することになる。したがって、制御目標算出部10fは、目標走行経路Rの各目標位置における目標速度を許容上限値 V_{lim} 以下に制限するように目標走行経路Rを補正して、補正走行経路R c 1を生成する。即ち、補正走行経路R c 1では、各目標位置において目標速度が許容上限値 V_{lim} 以下となるように、車両3に接近するに連れて目標速度が徐々に40 km/h未満に低下し、その後、車両3から遠ざかるに連れて目標速度が元の60 km/hまで徐々に増加される。

20

【0100】

また、補正走行経路R c 3は、目標走行経路Rの目標速度（60 km/h）を変更せず、このため等相対速度線d（相対速度60 km/hに相当）の外側を走行するように設定された経路である。制御目標算出部10fは、目標走行経路Rの目標速度を維持するため、目標位置が等相対速度線d上又はその外側に位置するように目標位置を変更するように目標走行経路Rを補正して、補正走行経路R c 3を生成する。したがって、補正走行経路R c 3の目標速度は、目標走行経路Rの目標速度であった60 km/hに維持される。

【0101】

また、補正走行経路R c 2は、目標走行経路Rの目標位置及び目標速度の両方が変更された経路である。補正走行経路R c 2では、目標速度は、60 km/hには維持されず、車両3に接近するに連れて徐々に低下し、その後、車両3から遠ざかるに連れて元の60 km/hまで徐々に増加される。

30

【0102】

補正走行経路R c 1のように、目標走行経路Rの目標位置を変更せず、目標速度のみを変更する補正は、速度制御を伴うが、ステアリング制御を伴わない運転支援モードに適用することができる（例えば、自動速度制御モード、速度制限モード、基本制御モード）。

また、補正走行経路R c 3のように、目標走行経路Rの目標速度を変更せず、目標位置のみを変更する補正は、ステアリング制御を伴う運転支援モードに適用することができる（例えば、先行車追従モード）。

また、補正走行経路R c 2のように、目標走行経路Rの目標位置及び目標速度を共に変更する補正は、速度制御及びステアリング制御を伴う運転支援モードに適用することができる（例えば、先行車追従モード）。

40

【0103】

次に、図8を参照して、本実施形態の車両制御装置100における運転支援制御の処理フローを説明する。図8は運転支援制御の処理フローである。

ECU10は、図8の処理フローを所定時間（例えば、0.1秒）ごとに繰り返して実行している。まず、ECU10（入力処理部10a）は、情報取得処理を実行する（S11）。情報取得処理において、ECU10は、測位システム29及びナビゲーションシステム30から、現在車両位置情報及び地図情報を取得し（S11a）、車載カメラ21、ミリ波レーダ22、車速センサ23、加速度センサ24、ヨーレートセンサ25、運転者

50

操作部 35 等からセンサ情報を取得し (S 11b)、舵角センサ 26, アクセルセンサ 27, ブレーキセンサ 28 等からスイッチ情報を取得する (S 11c)。

【0104】

次に、ECU 10 (入力処理部 10a, 周辺物標検出部 10b) は、情報取得処理 (S 11) において取得した各種の情報をを用いて所定の情報検出処理を実行する (S 12)。情報検出処理において、ECU 10 は、現在車両位置情報及び地図情報並びにセンサ情報から、車両 1 の周囲及び前方エリアにおける走行路形状に関する走行路情報 (直線区間及びカーブ区間の有無, 各区間長さ, カーブ区間の曲率半径, 車線幅, 車線両端部位置, 車線数, 交差点の有無, カーブ曲率で規定される制限速度等)、走行規制情報 (制限速度、赤信号等)、先行車情報 (先行車の位置, 速度, 加速度等)、周辺物標情報を検出する (S 12a)。

10

【0105】

また、ECU 10 は、スイッチ情報から、運転者による車両操作に関する車両操作情報 (舵角, アクセルペダル踏み込み量, ブレーキペダル踏み込み量等) を検出し (S 12b)、更に、スイッチ情報及びセンサ情報から、車両 1 の挙動に関する走行挙動情報 (車速、縦加速度、横加速度、ヨーレート等) を検出する (S 12c)。

【0106】

次に、ECU 10 (目標走行経路算出部 10c) は、計算により得られた情報に基づいて、目標走行経路算出処理を実行する (S 13)。目標走行経路算出処理では、上述のように、第 1 走行経路 R1, 第 2 走行経路 R2, 及び第 3 走行経路 R3 が計算され、これらの中から、選択されている運転支援モードとセンサ情報 (先行車、車線両端部等) に応じて、目標走行経路 R が選択される。

20

【0107】

目標走行経路算出処理には、目標速度を設定する目標速度算出処理 (S 13a) が含まれる。この目標速度算出処理では、原則的に車速設定スイッチ 37b によって設定された設定車速が目標速度に設定されるが、後述するように、先行車が検出された場合には、設定車速よりも低速な第 2 設定車速が目標速度に設定されることがある。

【0108】

次に、ECU 10 (制御目標算出部 10f) は、目標走行経路 R、周辺物標情報、各種のセンサ情報等に基づいて、制御目標算出処理を実行する (S 14)。制御目標算出処理では、上述のように、補正走行経路 Rc が算出され、この補正走行経路 Rc 上の各補正目標位置 Pc における所定の制御量の制御目標 (加速度目標、舵角目標) が生成される。

30

【0109】

最後に、ECU 10 (制御目標算出部 10f) は、生成した補正走行経路 Rc における制御目標に基づいて、システム制御処理を実行して (S 15)、処理を終了する。システム制御処理では、補正走行経路 Rc における制御目標に応じて、要求信号 (エンジン要求信号, ブレーキ要求信号, ステアリング要求信号) が生成され、生成された要求信号が車両 1 の制御システム 31 ~ 33 へ出力される。

【0110】

次に、図 9 ~ 図 12 を参照して、本実施形態の車両が先行車に追い付く場合の過渡的な設定車速の適用について説明する。図 9 は車両と先行車の走行状態の説明図、図 10A は比較例に係る車両の速度変化の説明図、図 10B は本実施形態の車両の速度変化の説明図である。図 11A は第 1 付加速度の説明図、図 11B は第 2 付加速度の説明図である。図 12 は目標速度算出処理の処理フローである。

40

【0111】

図 9 では、車両 1 は速度 V_0 で走行し、先行車は車両 1 よりも低速な速度 V_p ($V_p < V_0$) で走行している。先行車 3 は、車両 1 の遠方を走行している。すなわち、先行車 3 と車両 1 の間の車間時間 T_{HW} は、先行車追従モード及び自動速度制御モードにおいて車間時間の目標値として設定された設定時間 T_s (例えば、2 秒) よりも大きい ($T_{HW} > T_s$)。また、車両 1 において、車速設定スイッチ 37b によって設定車速が V_s に設定

50

されている ($V_s > V_0$ 、 $V_s > V_p$)。なお、車間時間 T_{HW} は、先行車 3 と車両 1 との間の車間距離を車両 1 の現在の速度 V_0 で除すことにより算出される。

【0112】

図 10A に示す比較例は、自動速度制御される場合 (例えば、TJA スイッチ 36b 又は ACC スイッチ 36c が選択されたとき) に、設定車速 V_s を目標速度に設定した場合に算出される目標走行経路の各目標点における速度を示している。この場合、車両 1 は、設定車速 V_s (目標速度) に向けて加速される。そして、時間 t_1 において、車両 1 の速度は、設定車速 V_s に達する。その後、車両 1 は、先行車 3 に追いつくと比較的大きな減速度で減速を開始し、時間 t_2 に先行車 3 の速度 V_p に達することになる。この場合、車両 1 は、先行車 3 に早期に追いつくが、追いついた後に結果的に大幅に減速することになる。よって、図 10A の例では、車両 1 は必要以上に加速されることになると共に、燃料消費の観点からも不経済である。

10

【0113】

そこで本実施形態では、図 10B に示すように、車両 1 が先行車 3 を検出した場合、設定車速 V_s に代えて、過渡的な第 2 設定車速 V_{s2} ($V_p < V_{s2} < V_s$) が、自動速度制御における目標速度に設定される。図 10B は、第 2 設定車速 V_{s2} を目標速度に設定した場合に算出される目標走行経路の各目標点における速度を示す。この場合、車両 1 は、第 2 設定車速 V_{s2} を目標速度として加速され、時間 t_3 に第 2 設定車速 V_{s2} に達する。その後、車両 1 は、先行車 3 に追いつくと緩やかに減速を開始し、時間 t_4 に先行車 3 の速度 V_p に達することになる。よって、本実施形態では、車両 1 が先行車 3 に追いつく過程における無駄な加速を抑制することができる。

20

【0114】

本実施形態において、第 2 設定車速 V_{s2} は、以下の式で計算される。

$$V_{s2} = V_p + V_1 + V_2 + V_3$$

ここで、 V_1 は第 1 付加速度、 V_2 は第 2 付加速度、 V_3 は第 3 付加速度である ($V_1 > 0$ 、 $V_2 > 0$ 、 $V_3 > 0$)。

【0115】

第 1 付加速度 V_1 は、図 11A に示すように、車間時間 T_{HW} に応じて設定される。すなわち、車間時間 T_{HW} が所定の第 1 閾値 T_{th1} ($T_{th1} > 0$) 以下の場合、 V_1 はゼロであり ($V_1 = 0$)、車間時間 T_{HW} が第 1 閾値 T_{th1} 以上の場合、車間時間 T_{HW} が大きくなるほど、 V_1 は大きく設定される ($V_1 = k_1 \cdot (T_{HW} - T_{th1})$ 、 $k_1 > 0$)。第 1 閾値 T_{th1} は、不感帯として機能し、設定時間 T_s よりも大きな値に設定されている ($T_{th1} > T_s$)。例えば、 T_s が 2 秒のとき T_{th1} は 3 秒である。よって、車間時間 T_{HW} が大きいほど、先行車 3 に比較的早期に追いつくため、第 1 付加速度 V_1 はより大きな値に設定される。一方、車両 1 が先行車 3 に追いついたときには、第 1 付加速度 V_1 はゼロとなる。

30

【0116】

第 2 付加速度 V_2 は、図 11B に示すように、先行車 3 に対する車両 1 の相対速度 V_{rel} ($V_{rel} = V_0 - V_p$) に応じて設定される。すなわち、相対速度 V_{rel} が所定の第 2 閾値 V_{th2} ($V_{th2} < 0$) 以上の場合、 V_2 はゼロであり ($V_2 = 0$)、相対速度 V_{rel} が第 2 閾値 V_{th2} 以下の場合、相対速度 V_{rel} が小さくなるほど、 V_2 は大きく設定される ($V_2 = k_2 \cdot (V_{th2} - V_{rel})$ 、 $k_2 > 0$)。第 2 閾値 V_{th2} は、不感帯として機能し、所定の負の値に設定されている (例えば、 -10 km/h)。よって、車両 1 が先行車 3 よりも低速なほど、先行車 3 に比較的早期に追いつくため、第 2 付加速度 V_2 は正のより大きな値に設定される。一方、車両 1 と先行車 3 がほぼ同じ速度か車両 1 の方が先行車 3 よりも高速な場合は、第 2 付加速度 V_2 はゼロとなる。

40

【0117】

第 3 付加速度 V_3 は、固定値に設定される (例えば、 $V_3 = 2 \text{ km/h}$)。本実施形態では、図 10B に示すように、車両 1 の目標速度が徐々に第 2 設定車速 V_{s2} に達するように、目標走行経路 R の各目標点における位置及び速度を算出する。このとき、第 2 設定

50

車速 V_{s2} 自体を目標速度として目標走行経路 R を算出すると、目標走行経路 R の目標点における速度が第 2 設定車速 V_{s2} に到達するのに時間を要する。よって、第 3 付加速度 V_3 を付加することにより、目標走行経路 R の目標点における速度を早期に第 2 設定車速 V_{s2} に到達させている。

【0118】

図 12 に示すように、ECU 10 (目標走行経路算出部 10c) は、図 8 の処理フローにおける目標速度算出処理 (S13a) を実行する。まず、ECU 10 は、車速設定スイッチ 37b によって設定された設定車速 V_s を取得し (S131)、車両 1 の現在の速度 V_0 が設定車速 V_s よりも小さいか否かを判定する (S132)。ただし、設定車速 V_s が走行路に設定された法定制限速度を超える場合は、設定車速 V_s に代えて、法定制限速度を用いることができる。

10

【0119】

現在速度 V_0 が既に設定車速 V_s 以上である場合 (S132; No)、ECU 10 は、設定車速 V_s を目標速度に設定する。一方、現在速度 V_0 が設定車速 V_s よりも小さい場合 (S132; Yes)、ECU 10 は、上述のように第 2 設定車速 V_{s2} を算出し (S133)、第 2 設定車速 V_{s2} が設定車速 V_s よりも小さいか否かを判定する (S134)。

【0120】

第 2 設定車速 V_{s2} が設定車速 V_s 以上である場合 (S134; No)、ECU 10 は、設定車速 V_s を目標速度に設定し、処理を終了する。一方、第 2 設定車速 V_{s2} が設定車速 V_s よりも小さい場合 (S134; Yes)、ECU 10 は、第 2 設定車速 V_{s2} を目標速度に設定し、処理を終了する。このように、算出された第 2 設定車速 V_{s2} が設定車速 V_s よりも小さい場合のみ、第 2 設定車速 V_{s2} が目標速度として採用される。

20

【0121】

次に、本発明の実施形態による車両制御装置 100 の作用について説明する。

本発明の実施形態の車両 1 の運転を支援するための車両制御装置 100 は、設定された目標速度で車両 1 を走行させるように車両 1 の速度を制御するように構成されており、車両 1 の前方を先行車 3 が走行している場合 (図 9 参照)、先行車 3 に対する車間時間 T_{HW} が所定の設定時間 T_s より小さくならないように、目標速度に設定された所定の設定車速 V_s 以下の速度で車両 1 を先行車 3 に追従させるように構成されており、さらに、先行車 3 の速度 V_p が設定車速 V_s より小さく、車間時間 T_{HW} が設定時間 T_s より大きい場合、車間時間 T_{HW} (図 11A 参照) と先行車 3 に対する車両 1 の相対速度 V_{rel} (図 11B 参照) とに応じて、先行車 3 の速度 V_p よりも大きく且つ設定車速 V_s よりも小さい第 2 設定車速 V_{s2} を目標速度に設定するように構成されている。

30

【0122】

このように構成された本実施形態では、車両 1 の前方を先行車 3 が走行しているが、先行車 3 に対する車両 1 の車間時間 T_{HW} が設定時間 T_s よりも大きい場合に、設定車速 V_s よりも小さい第 2 設定車速 V_{s2} を目標速度として、車両 1 の速度制御が行われる。これにより、本実施形態では、車両 1 が先行車 3 に追いつく過程において、無駄な加速を抑制することができる。

40

【0123】

また、本実施形態では、第 2 設定車速 V_{s2} は、先行車 3 の速度 V_p に、車間時間 T_{HW} に応じて設定される第 1 付加速度 V_1 、及び、相対速度 V_{rel} に応じて設定される第 2 付加速度 V_2 を付加することにより算出される。

【0124】

このように構成された本実施形態では、車間時間 T_{HW} と相対速度 V_{rel} のそれぞれに対して付加速度を設定することにより、適切な第 2 設定車速 V_{s2} を設定することができる。

【0125】

具体的には、第 1 付加速度 V_1 は、車間時間 T_{HW} が小さくなるほど小さくなり、且つ

50

、車間時間 T_{HW} が設定時間 T_s に等しいときにゼロとなるように設定される。また、第2付加速度 V_2 は、相対速度 V_{rel} が大きくなるほど小さくなり、且つ、相対速度 V_{rel} がゼロに等しいときにゼロとなるように設定される。このように構成された本実施形態では、車両1が先行車3に追い付く過程における目標速度と、追い付いた後に追従走行する際の目標速度を同一の算出方式で算出することができる。このため、本実施形態では、車両1が先行車3に追い付くまでの速度変化がスムーズになると共に、速度制御処理が簡単化される。

【0126】

また、本実施形態では、車両制御装置100は、所定期間にわたる目標走行経路 R を算出し、所定の制約条件下で目標走行経路 R に基づいて所定期間にわたる補正走行経路 R_c を算出すると共に、車両1が補正走行経路 R_c を走行するための車両1の制御目標値を算出するように構成されており、車両制御装置100は、補正走行経路 R_c を算出する際に、制約条件下において、補正走行経路 R_c を評価するための評価関数 J を用いて、少なくとも目標走行経路 R 上の車両1の位置及び速度に対する補正走行経路 R_c 上の車両1の位置及び速度の差を最小化するように補正走行経路 R_c を算出し、第2設定車速 V_{s2} は、先行車3の速度 V_p に、車間時間 T_{HW} に応じて設定される第1付加速度 V_1 ，相対速度 V_{rel} に応じて設定される第2付加速度 V_2 ，及び固定値である第3付加速度 V_3 を付加することにより算出される。

10

【0127】

このように構成された本実施形態では、車両1の将来の所定期間にわたる挙動を予測して先行車3に追従するような速度制御のための走行経路を算出する場合において、第2設定車速 V_{s2} に第3付加速度 V_3 をさらに付加することにより、車両1が先行車3に追従した状態に達するまでの時間が必要以上に掛かってしまうことを回避することができる。

20

【符号の説明】

【0128】

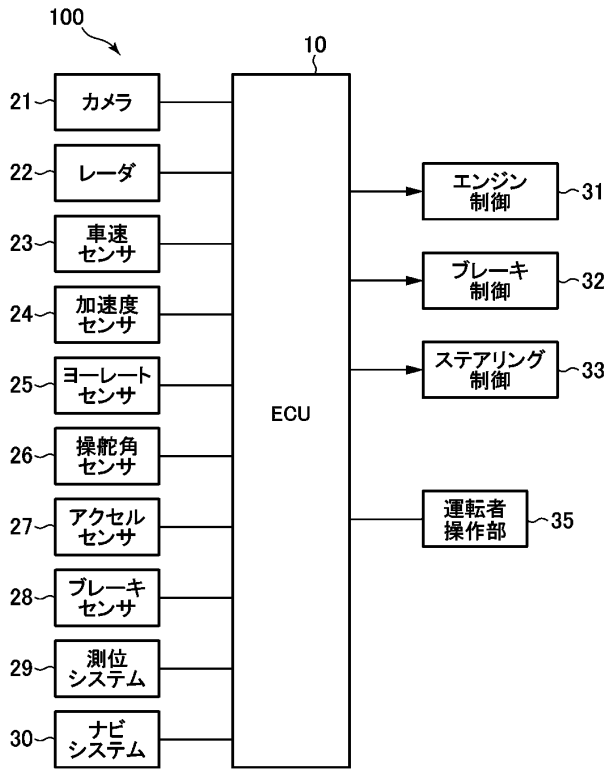
1	車両	
3	先行車	
10	ECU	
100	車両制御装置	
R	目標走行経路	30
R_c	補正走行経路	
T_s	設定時間	
T_{th1}	第1閾値	
V_1	第1付加速度	
V_2	第2付加速度	
V_3	第3付加速度	
V_p	先行車の速度	
V_{rel}	相対速度	
V_s	設定車速	
V_{s2}	第2設定車速	40
V_{th2}	第2閾値	

30

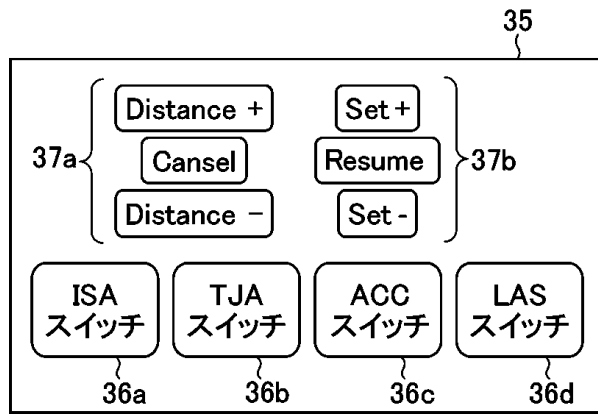
40

【 図 面 】

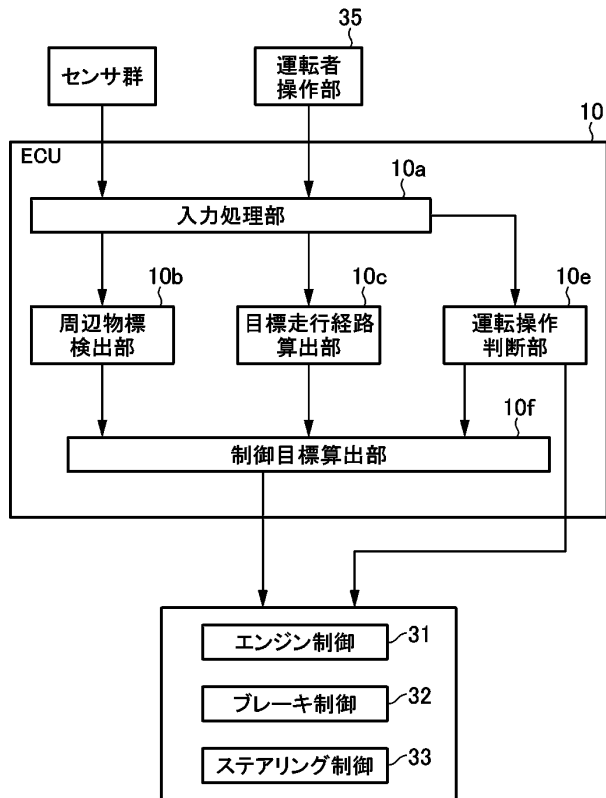
【 図 1 A 】



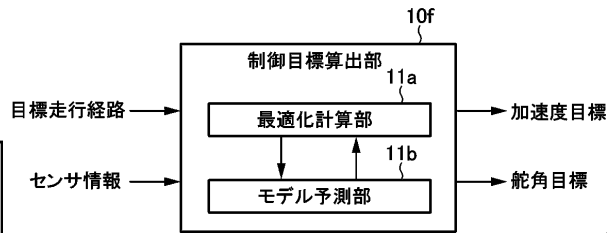
【 図 1 B 】



【 図 2 】



【 図 3 】



10

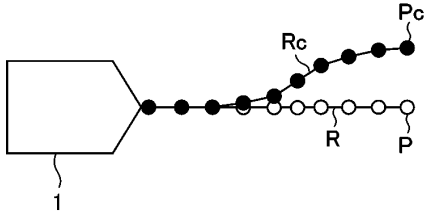
20

30

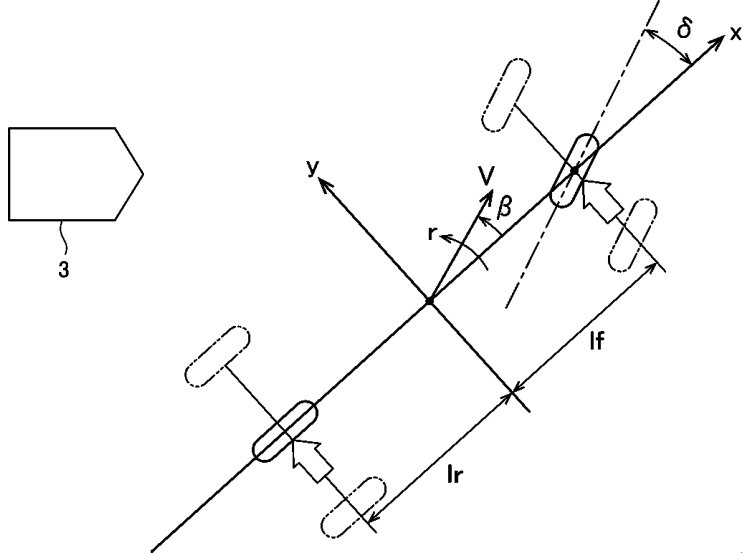
40

50

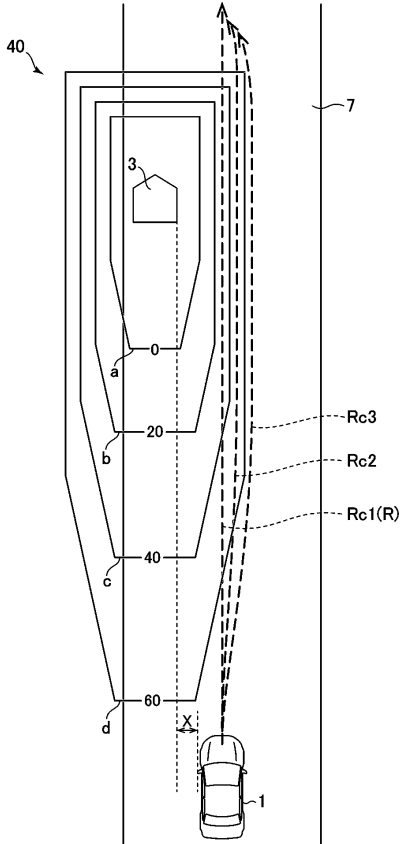
【図4】



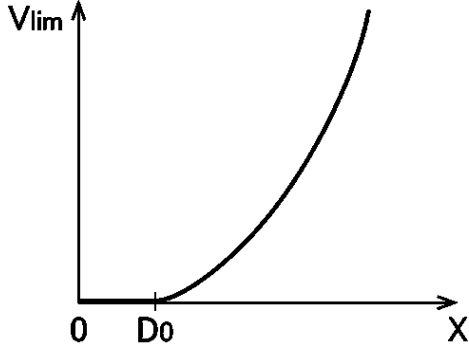
【図5】



【図6】



【図7】



10

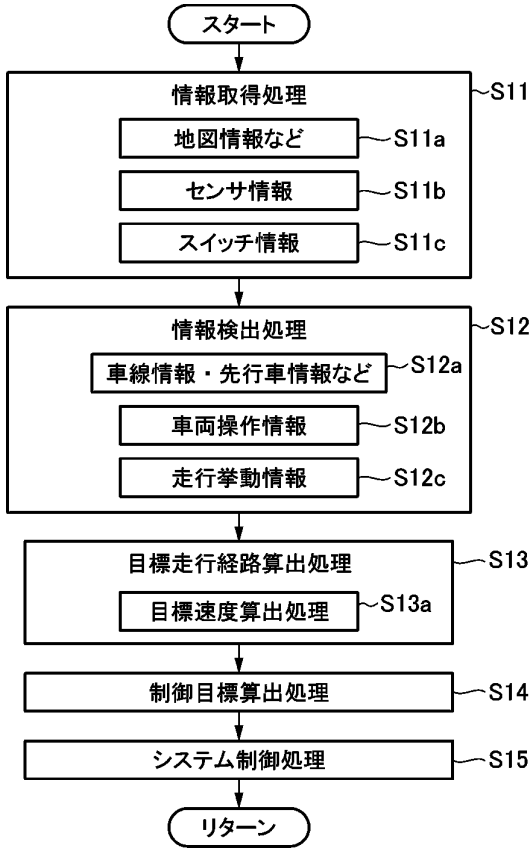
20

30

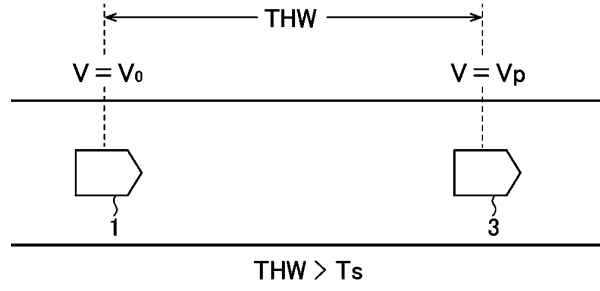
40

50

【 図 8 】



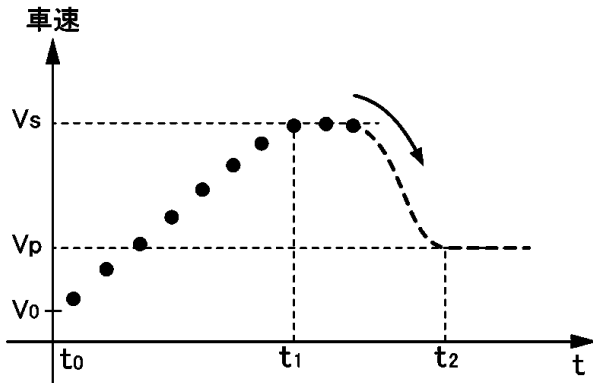
【 図 9 】



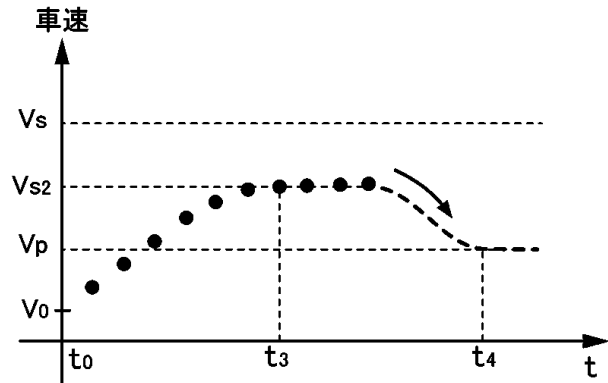
10

20

【 図 10 A 】



【 図 10 B 】

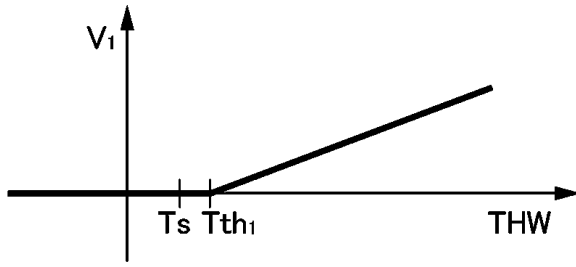


30

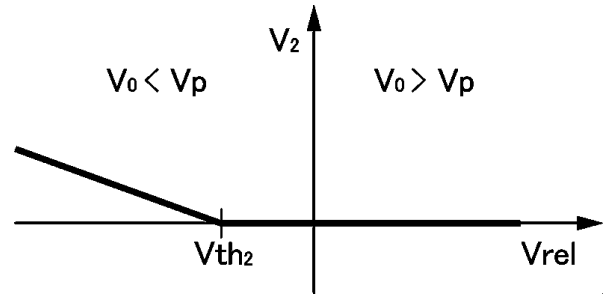
40

50

【図11A】

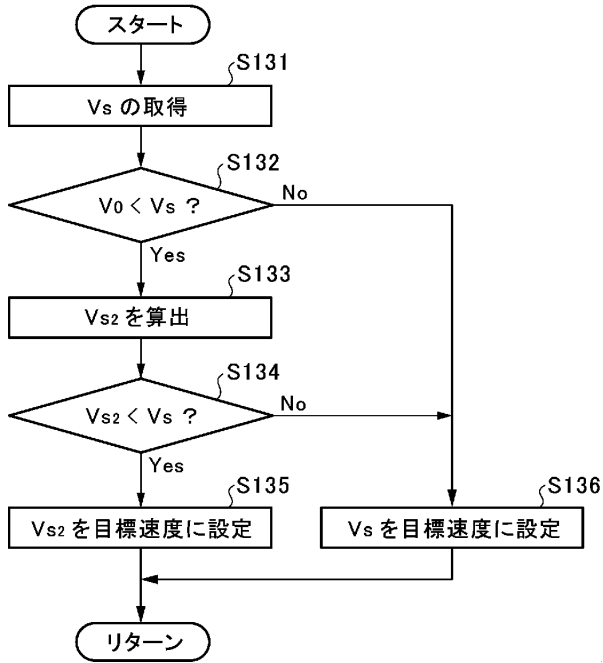


【図11B】



10

【図12】



20

30

40

50

フロントページの続き

- 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
(72)発明者 川原 康弘
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
(72)発明者 野見山 龍介
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
(72)発明者 松島 隆幸
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
(72)発明者 元谷 章博
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
(72)発明者 原田 翔次
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ株式会社内
審査官 藤村 泰智
(56)参考文献 特開 2004 - 161175 (JP, A)
特開 2019 - 094044 (JP, A)
特開 2003 - 312309 (JP, A)
特開 2004 - 268644 (JP, A)
特開 2019 - 043194 (JP, A)
特開 2010 - 006334 (JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60W 30/00 ~ 60/00
B60K 31/00
G08G 1/00 ~ 1/16