

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-127081
(P2019-127081A)

(43) 公開日 令和1年8月1日(2019.8.1)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 6 0 W 3 0 / 1 0 (2006.01)	B 6 0 W 3 0 / 1 0	3 D 2 3 2
B 6 2 D 6 / 0 0 (2006.01)	B 6 2 D 6 / 0 0	3 D 2 4 1
B 6 2 D 1 0 1 / 0 0 (2006.01)	B 6 2 D 1 0 1 : 0 0	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-8493 (P2018-8493)
(22) 出願日 平成30年1月23日 (2018.1.23)

(71) 出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(74) 代理人 110000028
特許業務法人明成国際特許事務所
(72) 発明者 藤本 啓吾
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内
(72) 発明者 戸谷 隆之
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の自動運転制御装置及び自動運転制御方法

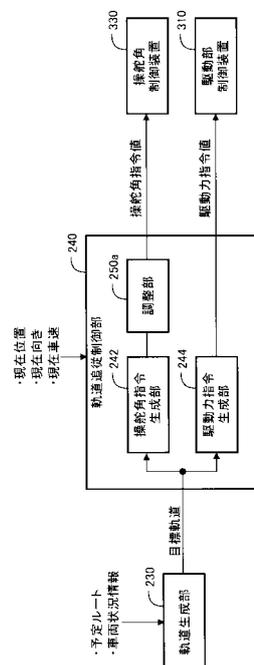
(57) 【要約】

【課題】操舵角が急激に変化して、車両の搭乗者に違和感を与えてしまうことを抑制する。

【解決手段】自動運転制御装置(200)は、車両の現在の状況を表す車両状況情報と予定ルートとに応じて、車両の目標軌道及び目標速度を決定する軌道生成部(230)と；目標軌道及び目標速度と車両の現在位置及び現在車速とに応じて、車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成して、車両の操舵角制御装置及び駆動力制御装置に供給する軌道追従制御部(240)と；を備える。軌道生成部又は軌道追従制御部は、現在車速が予め定めた閾値以下の場合に現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する。

【選択図】図2

Fig.2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御装置（200）であって、

前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する軌道生成部（230）と、

前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成して、前記車両の操舵角制御装置及び駆動部制御装置に供給する軌道追従制御部（240）と、
を備え、

10

前記軌道生成部又は前記軌道追従制御部は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する、自動運転制御装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の自動運転制御装置であって、

前記軌道追従制御部は、

前記目標軌道と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて前記車両の操舵角指令値を生成する操舵角指令生成部（242）と、

前記操舵角指令生成部から前記操舵角指令値を受けて、前記現在車速が前記閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記操舵角指令値の変化率の上限を小さく制限するように前記操舵角指令値を調整する調整部（250a）と、
を含む、自動運転制御装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 に記載の自動運転制御装置であって、

前記軌道追従制御部は、

前記軌道生成部から前記目標軌道を受けて、前記現在車速が前記閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記目標軌道に沿った位置の変化率を小さく制限するように前記目標軌道を調整する調整部（250b）と、

前記調整後の目標軌道と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて前記車両の操舵角指令値を生成する操舵角指令生成部（242）と、
を含む、自動運転制御装置。

30

【請求項 4】

請求項 3 に記載の自動運転制御装置であって、

前記軌道生成部から前記軌道追従制御部に与えられる前記目標軌道は、前記目標軌道の各点における曲率を含み、

前記調整部は、前記現在車速が前記閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記目標軌道の各点における前記曲率の変化率を小さく制限するように前記曲率を調整する、自動運転制御装置。

【請求項 5】

車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御装置（200，300）であって、

40

前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する軌道生成部（230）と、

前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成する軌道追従制御部（240）と、

前記操舵角指令値に応じて前記車両の操舵アクチュエーターを制御する操舵角制御装置（330）と、

前記駆動力指令値に応じて前記車両の駆動部を制御する駆動部制御装置（310）と、
を備え、

前記操舵角制御装置は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前

50

記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する、自動運転制御装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の自動運転制御装置であって、

前記操舵角制御装置は、

前記軌道追従制御部から前記操舵角指令値を受けて、前記現在車速が前記閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記操舵角指令値の変化率の上限を小さく制限するように前記操舵角指令値を調整する調整部 (2 5 0 d) と、

前記調整後の操舵角指令値に応じて、前記操舵アクチュエーターの操作量を算出する制御器 (3 3 2) と、

を含む、自動運転制御装置。

10

【請求項 7】

請求項 5 に記載の自動運転制御装置であって、

前記操舵角制御装置は、

前記軌道追従制御部から受けた前記操舵角指令値に応じて、前記操舵アクチュエーターの操作量を算出する制御器 (3 3 2) と、

前記制御器の制御ゲインを調整する調整部 (2 5 0 e) と、

を含み、

前記制御器は、第 1 ゲインを含むフィードフォワード制御器 (3 5 2) と、第 2 ゲインを含むフィードバック制御器 (3 5 6) とを有し、

20

前記調整部は、前記第 1 ゲインと前記第 2 ゲインの少なくとも一部を、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて小さく制限する制限処理を実行する、自動運転制御装置。

【請求項 8】

車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御方法であって、

(a) 前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する工程と、

(b) 前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成し、前記操舵角指令値及び前記駆動力指令値に応じて前記車両の操舵角と駆動力を制御する工程と、

30

を備え、

前記工程 (b) は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する工程を含む、自動運転制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の自動運転制御装置及びその方法に関する。

【背景技術】

【0002】

40

特許文献 1 には、自動運転時に操舵角制御を行う操舵角制御装置が開示されている。この操舵角制御装置では、自動運転時において運転者の緊急回避操作を妨げないように車両の操舵角制御を実行する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 3 6 8 5 3 8 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

50

しかしながら、従来技術では、車両の状況に応じて車両の目標軌道が変更されたときに、操舵角が急激に変化してハンドルが急激に回転する場合があります、車両の搭乗者に違和感を与えてしまうという問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、上述の課題を解決するためになされたものであり、以下の形態として実現することが可能である。

【0006】

本発明の第1形態によれば、車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御装置(200)が提供される。この自動運転制御装置は、前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する軌道生成部(230)と；前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成して、前記車両の操舵角制御装置及び駆動部制御装置に供給する軌道追従制御部(240)と；を備える。前記軌道生成部又は前記軌道追従制御部は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する。

10

【0007】

第1形態の自動運転制御装置によれば、車両の車速が閾値以下の場合に操舵角の変化率の上限が小さく制限されるので、急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

20

【0008】

本発明の第2形態によれば、車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御装置(200, 300)が提供される。この自動運転制御装置は、前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する軌道生成部(230)と；前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成する軌道追従制御部(240)と；前記操舵角指令値に応じて前記車両の操舵アクチュエーターを制御する操舵角制御装置(330)と；前記駆動力指令値に応じて前記車両の駆動部を制御する駆動部制御装置(310)と；を備える。前記操舵角制御装置は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する。

30

【0009】

第2形態の自動運転制御装置によれば、車両の車速が閾値以下の場合に操舵角の変化率の上限が小さく制限されるので、急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

【0010】

本発明の第3形態によれば、車両を予定ルートに沿って走行させる自動運転を実行する自動運転制御方法が提供される。この自動運転制御方法は、(a)前記車両の現在の状況を表す車両状況情報と前記予定ルートとに応じて、前記車両の目標軌道及び目標速度を決定する工程と；(b)前記目標軌道及び前記目標速度と前記車両の現在位置及び現在車速とに応じて、前記車両の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成し、前記操舵角指令値及び前記駆動力指令値に応じて前記車両の操舵角と駆動力を制御する工程と、を備える。前記工程(b)は、前記現在車速が予め定めた閾値以下の場合に前記現在車速が前記閾値よりも大きい場合に比べて前記車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する工程を含む。

40

【0011】

第3形態の自動運転制御方法によれば、車両の車速が閾値以下の場合に操舵角の変化率の上限が小さく制限されるので、急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

50

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態としての自動運転制御システムの構成を示すブロック図。

【図2】第1実施形態における操舵角と駆動力の制御構造を示すブロック図。

【図3】目標軌道を表す目標軌道情報を示す説明図。

【図4】目標軌道の一例を示す説明図。

【図5】目標軌道から変更された軌道の一例を示す説明図。

【図6】車速に応じた操舵角の変化率の上限値を示すグラフ。

【図7】自動運転制御部による制限処理のフローチャート。

【図8】第2実施形態における操舵角と駆動力の制御構造を示すブロック図。

10

【図9】車速に応じた曲率の変化率の上限値を示すグラフ。

【図10】第3実施形態における操舵角と駆動力の制御構造を示すブロック図。

【図11】第4実施形態における操舵角と駆動力の制御構造を示すブロック図。

【図12】第5実施形態における操舵角と駆動力の制御構造を示すブロック図。

【図13】操舵角制御装置の制御器の構成を示すブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

A. 第1実施形態：

図1に示すように、第1実施形態の車両50は、自動運転制御システム100を備える。自動運転制御システム100は、自動運転ECU200(Electronic Control Unit)と、車両制御部300と、前方検出装置410と、後方検出装置420と、支援情報取得部500と、を備える。なお、本明細書において、車両50を「自車両50」とも呼ぶ。

20

【0014】

自動運転ECU200は、CPUとメモリとを含む回路である。自動運転ECU200は、不揮発性記憶媒体に格納されたコンピュータプログラムを実行することによって、自動運転制御部210と、状況認知部220と、の機能をそれぞれ実現する。なお、自動運転ECU200の機能の一部をハードウェア回路で実現するようにしてもよい。

【0015】

状況認知部220は、前方検出装置410と、後方検出装置420と、支援情報取得部500と、一般センサ類340から提供される各種の情報や検出値を利用して、自車両50及び他車両60の走行状況や、周囲の環境を認知する。

30

【0016】

車両制御部300は、車両50の運転のための各種の制御を実行する部分であり、自動運転と手動運転のいずれの場合にも利用される。車両制御部300は、駆動部制御装置310と、ブレーキ制御装置320と、操舵角制御装置330と、一般センサ類340とを含む。駆動部制御装置310は、車両50の車輪を駆動する駆動部(図示せず)を制御する機能を有する。車輪の駆動部としては、内燃機関と電動モータのうちの1つ以上の原動機を使用可能である。ブレーキ制御装置320は、車両50のブレーキ制御を実行する。ブレーキ制御装置320は、例えば電子制御ブレーキシステム(ECB)として構成される。操舵角制御装置330は、車両50の車輪の操舵角を制御する。「操舵角」とは、車両50の2つの前輪の平均操舵角を意味する。操舵角制御装置330は、例えば電動パワーステアリングシステム(EPS)として構成される。一般センサ類340は、車速センサ342と操舵角センサ344とヨーレートセンサ346を含んでおり、車両50の運転に必要とされる一般的なセンサ類である。一般センサ類340は、自動運転と手動運転のいずれの場合にも利用されるセンサを含んでいる。

40

【0017】

前方検出装置410は、車載センサを使用して、自車両50の前方に存在する物体や道路設備(車線、交差点、信号機等)等の各種の対象物に関する情報を取得する。本実施形態において、前方検出装置410は、カメラ412と、レーダー414とを含んでいる。カメラ412としては、単眼カメラや、ステレオカメラを使用可能である。また、カメラ

50

4 1 2 は、対象物の色（例えば白線の走路区画線と黄線の走路区画線）を区別するために、カラーカメラであることが好ましい。レーダー 4 1 4 としては、光を放射する L I D A R（Light Detection and Ranging）や、電波を放射するレーダー（例えばミリ波レーダー）など、電磁波を放射する各種のレーダーを使用可能である。後方検出装置 4 2 0 は、自車両 5 0 の後方に存在する物体や道路設備等の各種の対象物に関する情報を取得する。後方検出装置 4 2 0 も、前方検出装置 4 1 0 と同様な車載センサを含むように構成可能である。

【0018】

支援情報取得部 5 0 0 は、自動運転のための各種の支援情報を取得する。支援情報取得部 5 0 0 は、G N S S 受信機 5 1 0 と、ナビゲーション装置 5 2 0 と、無線通信装置 5 3 0 とを含んでいる。G N S S 受信機 5 1 0 は、G N S S（Global Navigation Satellite System）を構成する人工衛星から受信した航法信号に基づいて、自車両 5 0 の現在位置（経度・緯度）を測位する。ナビゲーション装置 5 2 0 は、目的地と G N S S 受信機 5 1 0 で検出される自車位置とに基づいて、自動運転における予定ルートを決する機能を有する。予定ルートの決定や修正のために、G N S S 受信機 5 1 0 に加えて、ジャイロ等の他のセンサを利用してもよい。無線通信装置 5 3 0 は、高度道路交通システム 7 0（Intelligent Transport System）との無線通信によって自車両 5 0 の状況や周囲の状況に関する状況情報を交換することが可能であり、また、他車両 6 0 との車車間通信や、道路設備に設置された路側無線機との路車間通信を行って状況情報を交換することも可能である。支援情報取得部 5 0 0 は、このような無線通信を介して得られる状況情報を利用して、自車の走行状況に関する情報の一部を取得するようにしてもよい。支援情報取得部 5 0 0 によって取得された各種の支援情報は、自動運転 E C U 2 0 0 に送信される。

【0019】

本明細書において「自動運転」とは、ドライバ（運転者）が運転操作を行うことなく、駆動部制御とブレーキ制御と操舵角制御のすべてを自動で実行する運転を意味する。従って、自動運転では、駆動部の動作状態と、ブレーキ機構の動作状態と、車輪の操舵角が、自動的に決定される。「手動運転」とは、駆動部制御のための操作（アクセルペダルの踏込）と、ブレーキ制御のための操作（ブレーキペダルの踏込）と、操舵角制御のための操作（ステアリングホイールの回転）を、ドライバが実行する運転を意味する。

【0020】

自動運転制御部 2 1 0 は、状況認知部 2 2 0 で認知される各種の状況を使用して、自車両 5 0 の自動運転の制御を実行する。具体的には、自動運転制御部 2 1 0 は、駆動部（エンジンやモータ）の駆動力を示す駆動力指令値を駆動部制御装置 3 1 0 に送信し、ブレーキ機構の動作状態を示すブレーキ指令値をブレーキ制御装置 3 2 0 に送信し、車輪の操舵角を示す操舵角指令値を操舵角制御装置 3 3 0 に送信する。各制御装置 3 1 0、3 2 0、3 3 0 は、与えられた指令値に従ってそれぞれの制御対象機構の制御を実行する。なお、自動運転制御部 2 1 0 の各種の機能は、例えばディープラーニングなどの機械学習を利用した人工知能により実現可能である。

【0021】

第 1 実施形態において、自動運転制御部 2 1 0 は、軌道生成部 2 3 0 と、軌道追従制御部 2 4 0 とを有する。これらの各部の機能については後述する。

【0022】

自動運転制御システム 1 0 0 は、自動運転 E C U 2 0 0 を含む多数の電子機器を有している。これらの複数の電子機器は、C A N（Controller Area Network）などの車載ネットワークを介して互いに接続されている。第 1 実施形態において、自動運転 E C U 2 0 0 は「自動運転制御装置」に相当する。

【0023】

図 2 に示すように、軌道生成部 2 3 0 は、ナビゲーション装置 5 2 0 から与えられた予定ルート（navigated route）と、状況認知部 2 2 0 から与えられた車両状況情報とに応じて、目標軌道を生成する。「予定ルート」とは、ナビゲーション装置 5 2 0 で決定され

10

20

30

40

50

たルートの意味する。

【0024】

図3に示すように、目標軌道 TR_t は、複数の経路点 P の点列に沿って目標車速 V_t で車両50が進行する軌道の意味する。目標軌道 TR_t を表す目標軌道情報は、例えば以下の情報を含んでいる。

- (1) 時刻 t における各経路点 P の絶対座標 $X(t)$, $Y(t)$
- (2) 各経路点 P での目標経路の曲率 C_t
- (3) 各経路点 P でのトラッキングアングル θ_t
- (4) 各経路点 P での目標車速 V_t

ここで、「トラッキングアングル θ_t 」は、各経路点 P における目標経路の接線と、絶対座標の座標軸 X とがなす角度である。なお、車両の向きは、車体の前後軸と、絶対座標の座標軸 X とがなす角度で表される。目標車速 V_t 以外の情報 $X(t)$, $Y(t)$, C_t , θ_t で表される車両50の経路を、「目標経路」と呼ぶ。

10

【0025】

図2に示すように、軌道追従制御部240は、軌道生成部230から与えられた目標軌道と、車両状況（特に車両50の現在の位置、向き、及び車速）とに応じて、操舵角指令値と駆動力指令値を生成する。第1実施形態において、軌道追従制御部240は、操舵角指令生成部242と、駆動力指令生成部244と、調整部250aとを含んでいる。

【0026】

操舵角指令生成部242は、軌道生成部230から与えられた目標軌道と車両状況に応じて、操舵角指令値を生成する。この操舵角指令値は、調整部250aによって調整された後に操舵角制御装置330に与えられる。

20

【0027】

駆動力指令生成部244は、軌道生成部230から与えられた目標軌道と車両状況に応じて、駆動力指令値を生成する。この駆動力指令値は、駆動部制御装置310に与えられる。なお、軌道追従制御部240は、目標軌道に応じてブレーキ指令値を生成するブレーキ指令生成部を含むように構成されていてもよい。

【0028】

調整部250aは、現在車速が予め定めた閾値以下の場合に、現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて、車両50の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する機能を有する。この機能については更に後述する。

30

【0029】

図4及び図5には、車両50の状況に応じて目標軌道が変更される様子が示されている。ここでは、自車両50が図4に示す目標軌道 TR_t に沿って走行しようとしている状態において、他車両60が想定外の走行（例えば急激な加速）を行うと、軌道生成部230が目標軌道 TR_t を図5に示す軌道 TR_a に変更することを想定する。この場合に、目標軌道の変更に応じて、操舵角指令生成部242で生成される操舵角指令値も急激に変化する可能性がある。操舵角指令値が急激に変化すると、ハンドルが急激に回転する場合があります、車両50の搭乗者に違和感を与えてしまう。

【0030】

そこで、調整部250a（図2）は、現在車速が予め定めた閾値以下の場合に、現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて、車両50の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行する。具体的には、調整部250aは、操舵角指令生成部242から操舵角指令値を受けて、現在車速が閾値以下の場合に現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて操舵角指令値の変化率の上限を小さく制限するように操舵角指令値を調整する。

40

【0031】

図6に示すように、調整部250aには、現在車速 V_m と、操舵角 δ の変化率の上限値 δ_{limit} との関係 G_a が予め登録されている。ここで、「操舵角 δ の変化率」とは、単位時間ステップにおける操舵角 δ の差分である。単位時間ステップとしては、操舵角 δ の制御を行う制御ルーチンの周期、又は、操舵角指令値を更新する処理ルーチンの周期等を

50

使用可能である。現在車速 V_m が予め定められた閾値 V_{th} 以下の場合の操舵角 δ の変化率の上限値 δ_{limit} は、現在車速 V_m が閾値 V_{th} よりも大きな場合よりも小さな値に設定されている。なお、現在車速 V_m と上限値 δ_{limit} との関係 G_a は、図 6 のような直線的な関係に限らず、階段状の関係や曲線状の関係に設定されていてもよい。

【0032】

車速の閾値 V_{th} は、操舵角 δ を急激に変更しなくても目標軌道の変更に十分な精度で追従できる程度の低速の値とすることが好ましい。極く低速での走行中又は停止中では、操舵角 δ を急激に変更しなくても目標軌道の変更に十分な精度で追従することが可能である。このような観点から、車速の閾値 V_{th} は、時速 0 km 以上時速 5 km 以下の範囲の値に設定することが好ましい。また、極低速又は停止中に目標軌道が大きく変わる現象は、予定ルートの右折又は左折の地点で発生する可能性が高い。そこで、現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下であって、かつ、現在位置が右折又は左折の地点にある場合に、操舵角 δ の変化率の上限値 δ_{limit} を小さく制限するようにしてもよい。これらの点は、後述する他の実施形態でも同様である。

10

【0033】

図 7 に示す手順に従って、自動運転制御部 210 による操舵角の制限処理が実行される。まず、軌道生成部 230 は、ステップ S110 において、車両状況情報と予定ルートとに応じて、車両 50 の目標軌道及び目標速度を決定する。ステップ S120 では、軌道追従制御部 240 が、目標軌道及び目標速度と、車両 50 の現在の位置、向き、及び速度とに応じて、車両 50 の操舵角指令値と駆動力指令値とを生成する。なお、車両 50 の現在の向きを使用せずに操舵角指令値と駆動力指令値を生成しても良い。ステップ S130 では、現在車速が予め定めた閾値以下の場合に車両の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理が実行される。第 1 実施形態では、この制限処理は、軌道追従制御部 240 内の調整部 250 a によって行われる。ステップ S140 では、操舵角指令値及び駆動力指令値に応じて車両の操舵角と駆動力が制御される。ステップ S140 の動作は、操舵角制御装置 330 及び駆動部制御装置 310 によって行われる。

20

【0034】

第 1 実施形態によれば、車両 50 の現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下の場合に操舵角 δ の変化率の上限が小さく制限されるので、急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両 50 の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

30

【0035】

B. 第 2 実施形態：

図 8 に示すように、第 2 実施形態では、調整部 250 b が操舵角指令生成部 242 の前段に配置されている点が第 1 実施形態と異なり、他の構成は第 1 実施形態と同じである。

【0036】

第 2 実施形態の調整部 250 b は、車両 50 の現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下の場合に操舵角 δ の変化率の上限を小さく制限する点では、第 1 実施形態の調整部 250 a と同じ機能を有する。但し、第 2 実施形態の調整部 250 b は、軌道生成部 230 から目標軌道を受けて、現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下の場合に、現在車速 V_m が閾値 V_{th} よりも大きい場合に比べて目標軌道に沿った位置の変化率を小さく制限するように目標軌道を調整することによって、操舵角 δ の変化率の制限を実現する。より具体的には、調整部 250 b は、目標軌道の曲率 C_t の変化率を制限することによって、操舵角 δ の変化率の制限を実現する。

40

【0037】

図 9 に示すように、調整部 250 b には、現在車速 V_m と、目標軌道の曲率 C_t の変化率の上限値 C_{t_limit} との関係 G_b が予め登録されている。現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下の場合には、現在車速 V_m が閾値 V_{th} よりも大きい場合に比べて目標軌道の曲率 C_t の変化率を小さく制限する。この結果、目標軌道の曲率 C_t の変化が小さくなるので、操舵角 δ の変化率も小さくなる。

【0038】

50

なお、調整部 250 b は、目標軌道の曲率 C_t 以外のデータを変更してもよい。例えば、図 3 に示した目標軌道 $T R_t$ の情報のうちで、経路点 P の絶対座標 $X(t)$ 、 $Y(t)$ の変化率を変更するようにしてもよい。

【0039】

第 2 実施形態によれば、調整部 250 b が目標軌道を調整することによって急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両 50 の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

【0040】

C. 第 3 実施形態：

図 10 に示すように、第 3 実施形態では、調整部 250 c が軌道生成部 230 の内部に配置されている点が第 2 実施形態と異なり、他の構成は第 2 実施形態と同じである。

10

【0041】

第 3 実施形態の調整部 250 c は、第 2 実施形態の調整部 250 b と同じ機能を有する。すなわち、調整部 250 c は、軌道生成部 230 内で生成された目標軌道を受けて、現在車速 V_m が閾値 V_{th} 以下の場合に、現在車速 V_m が閾値 V_{th} よりも大きい場合に比べて目標軌道に沿った位置の変化率を小さく制限するように目標軌道を調整又は修正することによって、操舵角の変化率の制限を実現する。

【0042】

第 3 実施形態も、第 2 実施形態と同様に、調整部 250 c が目標軌道を調整することによって急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両 50 の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。

20

【0043】

D. 第 4 実施形態：

図 11 に示すように、第 4 実施形態では、調整部 250 d が操舵角制御装置 330 の内部に配置されている点が第 1 実施形態と異なり、他の構成は第 1 実施形態と同じである。第 4 実施形態においては、自動運転 ECU 200 と車両制御部 300 とを含む自動運転制御システム 100 が「自動運転制御装置」に相当する。

【0044】

第 4 実施形態において、操舵角制御装置 330 は、調整部 250 d と、制御器 332 とを有している。調整部 250 d は、第 1 実施形態の調整部 250 a と同じ機能を有する。すなわち、調整部 250 d は、操舵角指令生成部 242 で生成された操舵角指令値を受けて、現在車速が閾値以下の場合に現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて操舵角指令値の変化率の上限を小さく制限するように操舵角指令値を調整する。制御器 332 は、調整部 250 d から与えられる調整後の操舵角指令値に応じて、操舵アクチュエーターの操作量を算出する機能を有する。

30

【0045】

第 4 実施形態も、第 1 実施形態と同様に、調整部 250 d が操舵角指令値を調整することによって急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両 50 の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。なお、第 4 実施形態では、操舵角制御装置 330 が、現在車速に応じて車両 50 の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行しているものと考えることが可能である。

40

【0046】

E. 第 5 実施形態：

図 12 に示すように、第 5 実施形態では、調整部 250 e が操舵角制御装置 330 の制御器 332 のゲインを調整する点が第 4 実施形態と異なり、他の構成は第 4 実施形態と同じである。

【0047】

図 13 に示すように、制御器 332 は、フィードフォワード制御器 352 と、減算器 354 と、フィードバック制御器 356 と、加算器 358 とを有している。フィードフォワード制御器 352 は、操舵角指令値にゲイン K_f を乗じることによってフィードフォワード制御値 FF を算出する。減算器 354 は、操舵角指令値と現在操舵角（操舵角測定値）

50

との差分 m を算出する。フィードバック制御器 356 は、この差分 m に応じた PID 制御を実行することによってフィードバック制御値 FB を算出する。フィードバック制御器 356 には、PID 制御のゲイン K_p 、 K_i 、 K_d を設定することが可能である。加算器 358 は、フィードフォワード制御値 FF とフィードバック制御値 FB とを加算することによって、操舵アクチュエータの操作量（例えば電流指令値）を算出する。

【0048】

調整部 250e は、フィードフォワード制御器 352 のゲイン K_f （第 1 ゲイン）と、フィードバック制御器 356 のゲイン K_p 、 K_i 、 K_d （第 2 ゲイン）の少なくとも一部を、現在車速が予め定めた閾値以下の場合に現在車速が閾値よりも大きい場合に比べて小さく制限する制限処理を実行する。特に、フィードフォワード制御器 352 のゲイン K_f とフィードバック制御器 356 の比例ゲイン K_p のうちの一方を小さく制限すれば、操舵角の変化率を小さくする効果が顕著である。このように、現在車速に応じて制御器 332 のゲイン K_f 、 K_p 、 K_i 、 K_d の一部又は全部を小さく制限することによって、操舵角の変化率を小さくすることが可能である。

10

【0049】

第 5 実施形態によれば、調整部 250e が操舵角制御装置 330 の制御器 332 のゲインを調整することによって急激に操舵角が変化する現象を防止でき、車両 50 の搭乗者に違和感を与える可能性を低減できる。なお、第 5 実施形態も、操舵角制御装置 330 が現在車速に応じて車両 50 の操舵角の変化率の上限を小さく制限する制限処理を実行している点で、第 4 実施形態と共通する。

20

【0050】

本発明は上述した実施形態やその変形例に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様において実施することが可能である。

【符号の説明】

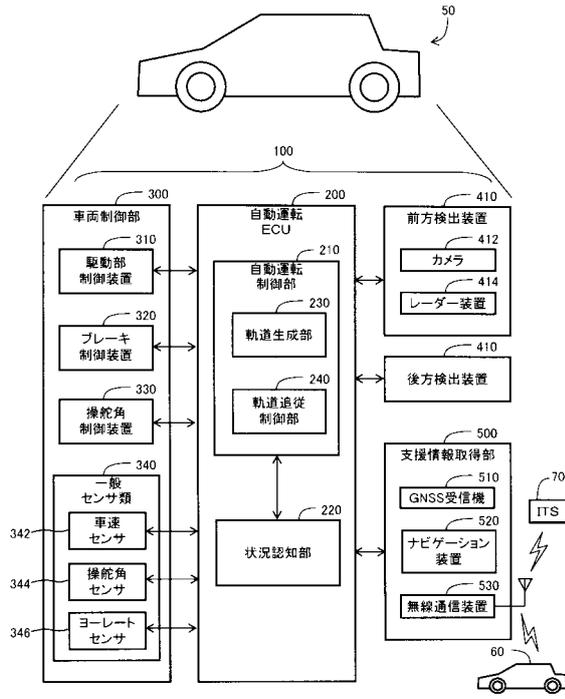
【0051】

50 ... 自車両、100 ... 自動運転制御システム、210 ... 自動運転制御部、220 ... 状況認知部、230 ... 軌道生成部、240 ... 軌道追従制御部、242 ... 操舵角指令生成部、244 ... 駆動力指令生成部、250a ~ 250e ... 調整部、300 ... 車両制御部、310 ... 駆動部制御装置、330 ... 操舵角制御装置、332 ... 制御器、352 ... フィードフォワード制御器、356 ... フィードバック制御器

30

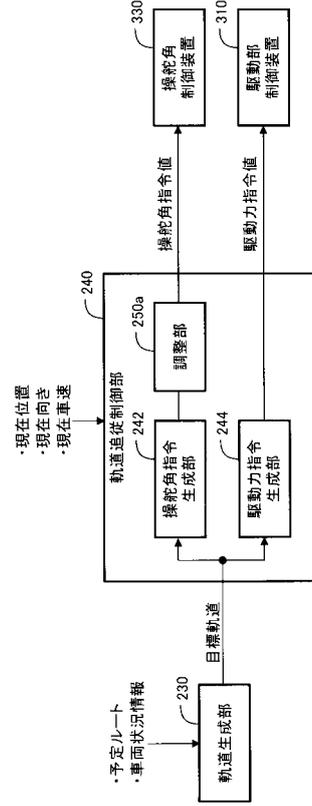
【 図 1 】

Fig.1



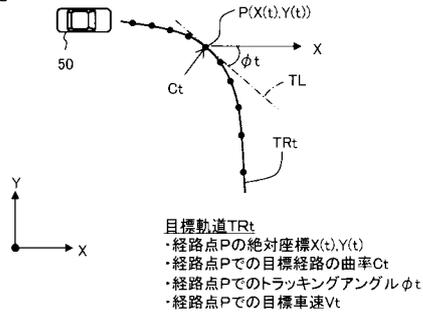
【 図 2 】

Fig.2



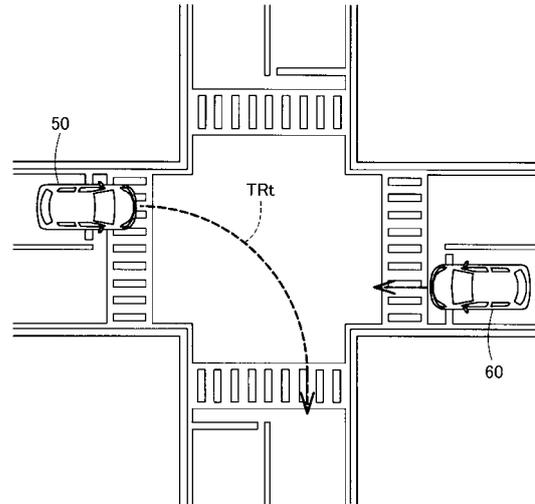
【 図 3 】

Fig.3



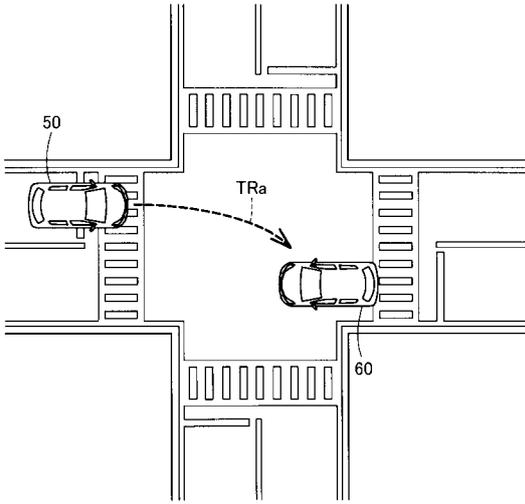
【 図 4 】

Fig.4



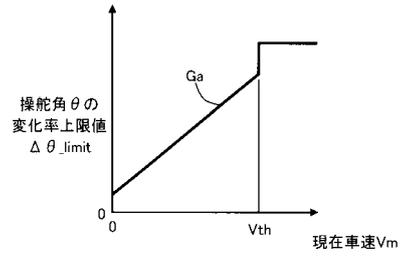
【 図 5 】

Fig.5



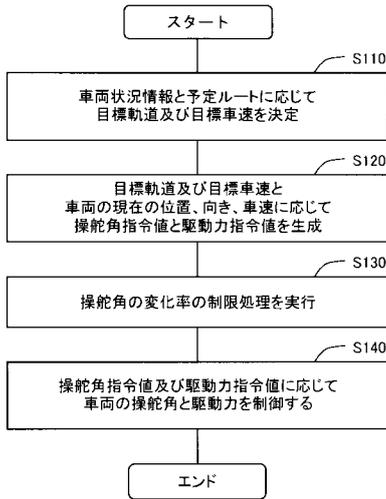
【 図 6 】

Fig.6



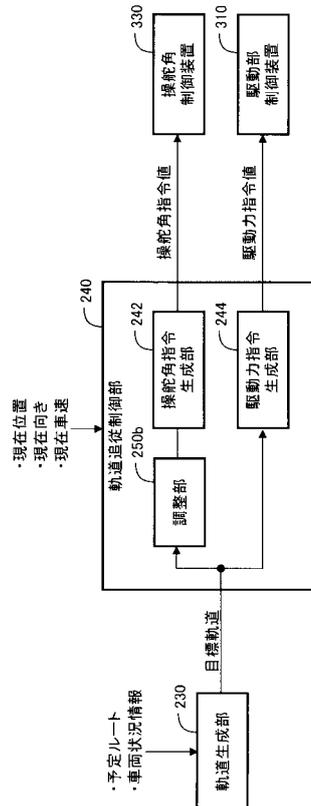
【 図 7 】

Fig.7



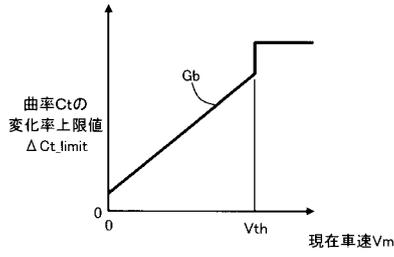
【 図 8 】

Fig.8



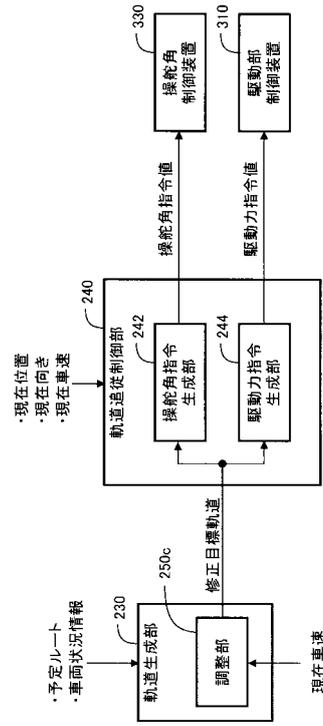
【 図 9 】

Fig.9



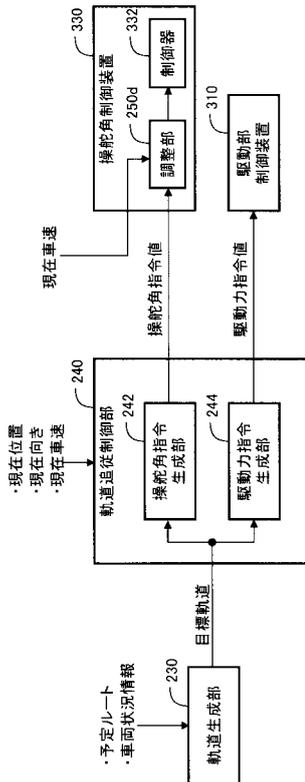
【 図 10 】

Fig.10



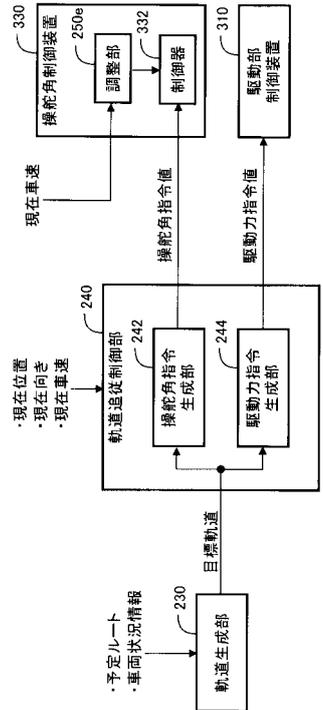
【 図 11 】

Fig.11

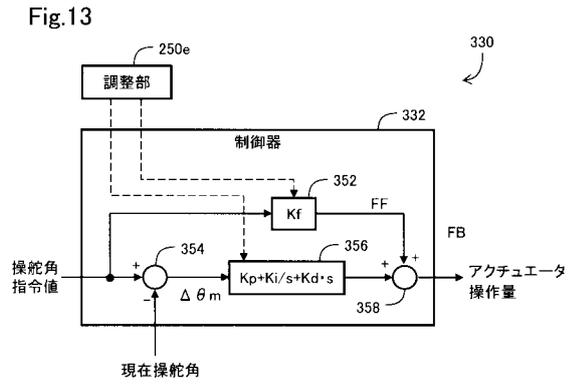


【 図 12 】

Fig.12



【 図 1 3 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D232 CC20 CC46 DA03 DA23 DA33 DA63 DA77 DA78 DA84 DA87
DA88 DC01 DC08 DC34 DD01 DD05 DE02 EA01 EB04 EC23
FF01 FF07 GG01
3D241 BA11 BA51 BB31 BC01 BC02 CC02 CC08 CC17 CD01 CD12
CD15 CE02 CE03 CE04 CE05 DB02B DB02Z DC35Z DC44Z DC59Z