

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7527491号
(P7527491)

(45)発行日 令和6年8月2日(2024.8.2)

(24)登録日 令和6年7月25日(2024.7.25)

(51)国際特許分類	F I
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	G 0 8 G 1/16 C
B 6 0 W 30/09 (2012.01)	B 6 0 W 30/09
B 6 0 W 60/00 (2020.01)	B 6 0 W 60/00

請求項の数 5 (全27頁)

(21)出願番号	特願2023-536271(P2023-536271)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年7月20日(2021.7.20)	(74)代理人	100088672 弁理士 吉竹 英俊
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/027186	(74)代理人	100088845 弁理士 有田 貴弘
(87)国際公開番号	WO2023/002579	(72)発明者	伊藤 凜 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和5年1月26日(2023.1.26)	審査官	小林 勝広
審査請求日	令和5年7月11日(2023.7.11)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 走行軌道生成装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

車両の走行軌道を生成する走行軌道生成装置であって、
 前回の演算周期で前記走行軌道を生成する際に使用された複数の前回計画点を記憶する計画点記憶部と、
 前記計画点記憶部に記憶された前記複数の前回計画点から1つの計画点を選択して選択計画点とし、前記選択計画点を前記走行軌道を生成する際の初期値とする計画点選択部と、
 少なくとも前記車両の車両状態量の目標値である目標状態および前記選択計画点に基づいて、今回の演算周期で前記走行軌道を生成する際に参照する複数の今回参照値を算出する参照値算出部と、
 前記参照値算出部で算出された前記複数の今回参照値、前記複数の前回計画点および前記選択計画点に基づいて複数の今回計画点を生成し、前記複数の今回計画点から抽出した1つ以上の今回計画点により前記走行軌道を生成する軌道生成部と、を備える走行軌道生成装置。

【請求項2】

前記目標状態は、
 前記車両の速度、加速度、舵角、舵角速度、回転速度、方位、追従車線中央に対する横偏差、追従車線のうち少なくとも1つについて前記目標値が定められる、請求項1記載の走行軌道生成装置。

【請求項3】

前記参照値算出部は、

前記目標状態に含まれる一部の変数について、前記変数の取り得る値の範囲を定めた制約を設定し、前記制約に基づいて前記複数の今回参照値を算出する、請求項2記載の走行軌道生成装置。

【請求項4】

前記変数は、

前記車両の速度、加速度、躍度、舵角、舵角速度、舵角加速度、回転速度、回転加速度、車体横滑り角および車線変更時間のうち少なくとも1つである、請求項3記載の走行軌道生成装置。

【請求項5】

前記目標状態は、緊急度を含み、

前記参照値算出部は、

前記緊急度に応じて前記制約を変更する、請求項3記載の走行軌道生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、自動運転または手動運転が部分的に含まれる半自動運転において、車両の走行軌道を生成する走行軌道生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

車両の自動運転においては、例えば、特許文献1に開示されるように、自車両およびその周辺環境の状態に関する認識情報、およびそれらの認識情報に基づいて決定された車両の目標状態に応じて車両の追従すべき軌道を生成し、生成された軌道に従って車両の制御が行われる。

【0003】

特許文献1には、死角からの物体の移動可能範囲を求め、それに基づいて自車両と物体とが衝突しないような走行支援制御を含む車両用走行支援装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2006-260217号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

自車両と物体との衝突を防止するためには、急な進路変更および速度低下を要求されるために、算出された目標通過位置および目標速度が前回と今回とで大きく異なることとなる。このため、特許文献1では、車両の挙動が急激に変化するような走行軌道が生成され、乗り心地を悪化させてしまう問題がある。

【0006】

本開示は上記のような問題を解決するためになされたものであり、車両の目標状態が大きく変化した場合でも、乗り心地の良い自動運転を継続可能な走行軌道生成装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本開示に係る車両の走行軌道を生成する走行軌道生成装置は、前回の演算周期で前記走行軌道を生成する際に使用された複数の前回計画点を記憶する計画点記憶部と、前記計画点記憶部に記憶された前記複数の前回計画点から1つの計画点を選択して選択計画点とし、前記選択計画点を前記走行軌道を生成する際の初期値とする計画点選択部と、少なくとも前記車両の車両状態量の目標値である目標状態および前記選択計画点に基づいて、今回の演算周期で前記走行軌道を生成する際に参照する複数の今回参照値を算出する参照値算

10

20

30

40

50

出部と、前記参照値算出部で算出された前記複数の今回参照値、前記複数の前回計画点および前記選択計画点に基づいて複数の今回計画点を生成し、前記複数の今回計画点から抽出した1つ以上の今回計画点により前記走行軌道を生成する軌道生成部と、を備えている。

【発明の効果】

【0008】

本開示に係る走行軌道生成装置によれば、走行軌道の生成の際に目標状態をそのまま参照するのではなく、目標状態および複数の前回参照値に基づいて算出した複数の今回参照値を用いるので、目標状態が大きく変化した場合にもその影響を緩和することができ、乗り心地の良い自動運転を継続できる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態1の走行軌道生成装置を搭載した車両の概略構成を示すシステム構成図である。

【図2】実施の形態1で用いる自車座標系を模式的に示した図である。

【図3】実施の形態1の走行軌道生成装置により走行軌道が生成される自動運転システムの機能ブロック図である。

【図4】車線情報を模式的に示した図である。

【図5】参照値算出部における参照値の演算のフローを示したフローチャートである。

【図6】初期参照値の抽出方法を模式的に示した図である。

【図7】参照速度を模式的に示した図である。

【図8】参照車線遷移率を模式的に示した図である。

【図9】参照通過位置を模式的に示した図である。

【図10】参照横偏差の演算を説明する模式図である。

【図11】参照横偏差の演算を説明する模式図である。

【図12】障害物の認識位置が急変した場合の参照横偏差の変化を模式的に示した図である。

【図13】障害物の認識位置が急変した場合の参照横偏差の変化を模式的に示した図である。

【図14】実施の形態2の走行軌道生成装置により走行軌道が生成される自動運転システムの機能ブロック図である。

【図15】走行軌道の一例を模式的に示す図である。

【図16】計画点の木構造の一例を模式的に示す図である。

【図17】軌道生成部における計画点参照値の演算のフローを示したフローチャートである。

【図18】追加計画点を得る処理の概念を説明する図である。

【図19】選択計画点を選ぶ処理の概念を説明する図である。

【図20】前回計画点から除去計画点を除き、追加計画点を加えて今回計画点とする処理の概念を説明する図である。

【図21】前回計画点参照値および追加計画点参照値から、今回計画点の各計画点に対応した参照値を抽出し、今回計画点参照値とする処理を説明する図である。

【図22】参照値算出部における参照値の演算のフローを示したフローチャートである。

【図23】実施の形態1および2の走行軌道生成装置を実現するハードウェア構成を示す図である。

【図24】実施の形態1および2の走行軌道生成装置を実現するハードウェア構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

<実施の形態1>

図1は、実施の形態1の走行軌道生成装置を搭載した車両1の概略構成の一例を示すシステム構成図である。図1に示すように車両1は、駆動システムとして、ステアリングホ

10

20

30

40

50

イール 2、ステアリング軸 3、操舵ユニット 4、EPS (Electric Power Steering) モータ 5、パワートレインユニット 6 およびブレーキユニット 7 を備えている。

【0011】

また、センサシステムとして、前方カメラ 11、測距センサ 12、GNSS (Global Navigation Satellite System) センサ 13、ヨーレートセンサ 16、速度センサ 17、加速度センサ 18、操舵角センサ 20 および操舵トルクセンサ 21 を備えている。

【0012】

これらの他に、ナビゲーション装置 14、V2X (Vehicle-to-Everything) 受信機 15、車両制御ユニット 30、EPS コントローラ 40、パワートレインコントローラ 41 およびブレーキコントローラ 42 を備えている。実施の形態 1 の走行軌道生成装置は、車両制御ユニット 30 の一部として実現される。

10

【0013】

ドライバが車両 1 を運転するために設置されているステアリングホイール 2 は、ステアリング軸 3 に結合されている。ステアリング軸 3 には操舵ユニット 4 が連結されている。操舵ユニット 4 は、操舵輪としての前輪の 2 つのタイヤを回動自在に支持すると共に、車体フレームに転舵自在に支持されている。従って、ドライバのステアリングホイール 2 の操作によって発生したトルクは、ステアリング軸 3 を回転させ、操舵ユニット 4 によって前輪を左右方向へ転舵する。これによって、ドライバは車両 1 が前進および後進する際の車両の横移動量を操作することができる。なお、ステアリング軸 3 は EPS モータ 5 によって回転させることも可能であり、EPS コントローラ 40 で EPS モータ 5 に流れる電

20

【0014】

車両制御ユニット 30 は、マイクロプロセッサ等の集積回路であり、A/D (Analog/Digital) 変換回路、D/A (Digital/Analog) 変換回路、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) 等を備えている。

【0015】

車両制御ユニット 30 には、前方カメラ 11、測距センサ 12、GNSS センサ 13、ナビゲーション装置 14、V2X 受信機 15、操舵角を検出する操舵角センサ 20、操舵トルクを検出する操舵トルクセンサ 21、ヨーレートを検出するヨーレートセンサ 16、自車の速度を検出する速度センサ 17、自車の加速度を検出する加速度センサ 18、EPS コントローラ 40、パワートレインコントローラ 41 およびブレーキコントローラ 42 が接続されている。

30

【0016】

車両制御ユニット 30 は、接続されているセンサから入力された情報を、ROM に格納されたプログラムに従って処理し、EPS コントローラ 40 に目標操舵角を送信し、パワートレインコントローラ 41 に目標駆動力を送信し、ブレーキコントローラ 42 に目標制動力を送信する。

【0017】

前方カメラ 11 は、車両前方の区画線が画像として検出できる位置に設置され、画像情報を基に、車線情報および障害物の位置などの自車両の前方環境を検出する。なお、本実施の形態では、車両 1 の前方環境を検出するカメラのみを例に挙げたが、後方および側方の環境を検出するカメラも設置しても良い。

40

【0018】

測距センサ 12 は、電波、光および音波の何れか照射し、その反射波を検出することで、自車両の周辺に存在する障害物との相対距離と相対速度を出力する。この測距センサとしては、ミリ波レーダ、LiDAR (Light Detection and Ranging)、レーザーレンジファインダ、超音波レーダなど周知の方式の測距センサを用いることができる。

【0019】

50

G N S S センサ 1 3 は測位衛星からの電波をアンテナで受信し、測位演算することによって車両 1 の絶対位置、絶対方位を出力する。

【 0 0 2 0 】

ナビゲーション装置 1 4 は、ドライバが設定した行き先に対する最適な走行ルートを演算する機能を有し、走行ルート上の道路情報を記憶している。道路情報は道路線形を表現する地図ノードデータであり、各地図ノードデータは各ノードでの絶対位置を示す緯度、経度および標高の情報、車線幅、カント角、傾斜角情報などが組み込まれている。

【 0 0 2 1 】

V 2 X 受信機 1 5 は、他車両および路側機との通信によって情報を取得し、出力する機能を有している。取得する情報は、他車両および歩行者の位置、速度、工事等による道路の進入禁止領域等、周辺環境の情報を含んでいる。

10

【 0 0 2 2 】

V 2 X 受信機 1 5 の通信方式については、D S R C (Dedicated Short Range Communications : 狭域通信) と C - V 2 X (Cellular-V2x : セルラー V 2 X) の 2 つの規格の何れか、またはこれら以外の通信方式であっても構わない。V 2 X 受信機 1 5 は、他車両および路側機などの通信対象が採用している通信方式に対応可能な受信機であるものとする。

【 0 0 2 3 】

E P S コントローラ 4 0 は、車両制御ユニット 3 0 から送信された目標操舵角を実現するように、E P S モータ 5 を制御することで、車両 1 の走行軌道を制御する。

20

【 0 0 2 4 】

パワートレインコントローラ 4 1 は、車両制御ユニット 3 0 から送信された目標駆動力を実現するように、パワートレインユニット 6 を制御する。

【 0 0 2 5 】

なお、本実施の形態では、エンジンのみを駆動力源とする車両を例に挙げたが、電動モータのみを駆動力源とする車両、エンジンと電動モータの両方を駆動力源とする車両等に本実施の形態を適用することができる。

【 0 0 2 6 】

ブレーキコントローラ 4 2 は、車両制御ユニット 3 0 から送信された目標制動力を実現するように、ブレーキユニット 7 を制御することで、車両 1 の減速を制御する。

30

【 0 0 2 7 】

図 2 は本実施の形態で用いる自車座標系を模式的に表した図である。すなわち図 2 の x 軸、y 軸は、自車両の重心を原点とし、自車前方に x 軸、左手方向に y 軸を取った自車座標系である。また角度 θ は x 軸正方向を基準方位とし、反時計回りを正とする。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、実施の形態 1 の走行軌道生成装置 7 0 により走行軌道が生成される自動運転システム 1 0 0 の機能ブロック図である。自動運転システム 1 0 0 は、車両制御ユニット 3 0 を備えており、車両制御ユニット 3 0 には、情報取得部 5 0、E P S コントローラ 4 0、パワートレインコントローラ 4 1 およびブレーキコントローラ 4 2 が接続される。

【 0 0 2 9 】

40

情報取得部 5 0 は、車両 1 の情報、車両 1 の周辺環境の情報および車両の乗員に関する情報を取得する機能を有しており、車両情報取得部 5 1、障害物情報取得部 5 2、道路情報取得部 5 3 および乗員情報取得部 5 4 を有している。情報取得部 5 0 は、情報取得装置と呼称することもできる。情報取得部 5 0 で取得される情報を走行情報と呼称する。

【 0 0 3 0 】

車両情報取得部 5 1 は、車両 1 の情報である車両情報を取得する。車両情報には、車両 1 の状態を表す状態量、すなわち車両状態量が含まれる。G N S S センサ 1 3、ヨーレートセンサ 1 6、速度センサ 1 7、加速度センサ 1 8、操舵角センサ 2 0 および操舵トルクセンサ 2 1 が、車両情報取得部 5 1 に含まれる。

【 0 0 3 1 】

50

障害物情報取得部 5 2 は、車両 1 の周辺の障害物の情報である障害物情報を取得する。前方カメラ 1 1、測距センサ 1 2 および V 2 X 受信機 1 5 が、障害物情報取得部 5 2 に含まれる。

【 0 0 3 2 】

道路情報取得部 5 3 は、ナビゲーション装置 1 4 が記録する地図情報と自車位置とをマッチング処理することで道路情報を取得する。自車走行車線および隣接車線における自車両近傍の地図データ N 点分を自車座標系に変換し、車線情報として出力する。

【 0 0 3 3 】

乗員情報取得部 5 4 は、乗員による自動運転に関する設定を取得する機器であり、例えばタブレット型端末またはタッチパネルとして車両 1 に搭載されている。乗員は、このよ

10

【 0 0 3 4 】

なお、道路情報取得部 5 3 は、測距センサ 1 2 により得られる先行車の自車に対する相対位置を記憶し、過去 N 点分の相対位置を現在の自車座標系に変換し、車線情報として出力することもできる。ここで、車線とは、道路において車両の両側の白線（区画線）の中央である車線中央を表す仮想線であり、先行車の相対位置から車線情報を得る方法としては、例えば時刻 t_0 において先行車が前方 X_0 m、左方 Y_0 m にあり、時刻 t_1 において、自車が前方 X_e m、左方 Y_e m に移動したとすると、時刻 t_1 の自車座標における、時刻 t_0 の先行車の位置は前方 $X_0 - X_e$ m、左方 $Y_0 - Y_e$ m となる。これが相対位置を現在の自車座標系に変換する方法であり、さらに時刻 t_1 でも先行車の相対位置を取得し

20

【 0 0 3 5 】

このように位置の記憶と変換を繰り返すことで自車座標系における先行車の軌跡を得ることができ、先行車が車線中央を走行していると考えれば、先行車の軌跡 = 車線中央線となり、車線情報が得られることとなる。

【 0 0 3 6 】

また、道路情報取得部 5 3 は、前方カメラ 1 1 から得られる車線形状を出力することもできる。本実施の形態においては各車線に定義されている固有の車線番号を識別情報として車線情報に含まれ、各車線を構成する点列において同じ要素番号にあたる点は車線の接線方向と垂直に並んでいるものとする。

30

【 0 0 3 7 】

図 4 は本実施の形態における車線情報を模式的に示した図であり、複数の点列で表される車線が 3 本示されている。なお、図 4 においては、車線番号が 2 である車線が、車両 1 の自車走行車線となる。各点列は、車線に定義されている固有の車線番号を l とし、要素番号を i とし、 $\{Q_{l,i}\}$ で表されており、要素数を N とし、以下の数式 (1) で表すことができる。

【 0 0 3 8 】

【数 1】

$$\{Q_{l,i}\} = \{Q_{l,1}, Q_{l,2}, Q_{l,3}, \dots, Q_{l,N}\} \quad \dots (1)$$

40

【 0 0 3 9 】

なお、各点 $Q_{l,i}$ は、自車座標系における位置ベクトル ($qx_{l,i}, qy_{l,i}$) とし、以下の数式 (2) で表すことができる。

【 0 0 4 0 】

【数 2】

$$Q_{l,i} = (qx_{l,i}, qy_{l,i}) \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 1 】

50

ナビゲーション装置に道路情報が記録されていない場所または区画線が示されていない場所においては、例えば特開 2020-75558 号公報に開示されているような公知の方法を使って疑似的に車線情報を生成することもできる。また、測距センサ 12 および前方カメラ 11 で取得した、車両が走行可能な領域を表す情報を車線情報とすることもできる。

【0042】

車両制御ユニット 30 は、目標設定部 60、走行軌道生成装置 70 および車両制御部 80 を有している。

【0043】

目標設定部 60 は、情報取得部 50 から得られる走行情報に基づき、車両状態量の目標値である目標状態を算出する機能を有し、算出した目標状態を走行軌道生成装置 70 に出力する機能を有している。目標状態に含まれる車両状態量としては、例えば車体の位置、方位、速度、加速度、回転速度、舵角、舵角速度、追従車線中央に対する横偏差、追従車線番号およびこれらの組み合わせが挙げられるが、本実施の形態では追従車線番号および速度を使用する。また、本実施の形態では目標状態を、各状態量についてスカラー値で表現するものとするが、データ列での表現およびパラメトリック表現またはこれらの組み合わせで表現することもできる。目標状態における追従車線番号を目標追従車線番号、速度を目標速度とする。

10

【0044】

走行軌道生成装置 70 は車両 1 が先行車に追従するための走行軌道を算出する機能を有し、算出した走行軌道の情報を車両制御部 80 に出力する機能を有している。

20

【0045】

車両制御部 80 は走行軌道生成装置 70 から得られた走行軌道の情報と、情報取得部 50 から得られる車両状態量を用いて、EPS コントローラ 40 に転送するための目標操舵角、パワートレインコントローラ 41 に転送するための目標駆動力およびブレーキコントローラ 42 に転送するための目標制動力を演算し、出力する機能を有している。車両制御部 80 は、車両制御装置と呼称することもできる。

【0046】

走行軌道生成装置 70 は、参照値算出部 71、参照値記憶部 72 および軌道生成部 73 を有している。以下、参照値算出部 71、参照値記憶部 72 および軌道生成部 73 について説明する。

30

【0047】

参照値算出部 71 は、情報取得部 50 から得られる走行情報、目標設定部 60 から得られる目標状態および参照値記憶部 72 から得られる前回参照値に基づいて、新たに今回参照値を算出し、参照値記憶部 72 および軌道生成部 73 に出力する機能を有している。なお、本開示に係る走行軌道生成装置においては、走行軌道を生成する演算を周期的に繰り返す装置であり、現在の演算周期を「今回」、現在より 1 つ前の演算周期を「前回」と呼称し、参照値などにも「今回」、「前回」を付記して区別している。

【0048】

ここで参照値とは、走行軌道を生成する際に参照する車両 1 の状態に関する情報であり、本実施の形態では、軌道生成で参照する通過位置および速度に加え、参照位置を計算するために用いる追従車線番号および車線遷移率の情報を含むものとする。参照値に関するこれらの情報を参照通過位置 $\{P_i\}$ 、参照速度 $\{v_i\}$ 、参照追従車線番号 L 、および参照車線遷移率 $\{s_i\}$ とする。ここで車線遷移率 $\{s_i\}$ とは、要素 i における、現在の追従車線から目標追従車線への遷移の程度を表すが、詳細については後に説明する。

40

【0049】

なお、通過位置、速度、車線遷移率についてはデータ長が M 個のデータ列により表現されるものとし、参照通過位置 $\{P_i\}$ 、参照速度 $\{v_i\}$ および参照車線遷移率 $\{s_i\}$ は、それぞれ、以下の数式 (3)、(4) および (5) で表される。

【0050】

50

【数 3】

$$\{P_i\} = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_M\} \quad \dots(3)$$

【0051】

【数 4】

$$\{V_i\} = \{V_1, V_2, V_3, \dots, V_M\} \quad \dots(4)$$

【0052】

【数 5】

$$\{\lambda_i\} = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_M\} \quad \dots(5)$$

10

【0053】

なお、通過位置の各データは自車座標系における位置ベクトル (p_{x_i}, p_{y_i}) とし、以下の数式 (6) で表される。

【0054】

【数 6】

$$P_i = (p_{x_i}, p_{y_i}) \quad \dots(6)$$

【0055】

ただし参照値はこれらに限定されるものではなく、例えば、到達位置、方位、速度、加速度、回転速度、舵角、舵角速度および通過位置に対する横偏差等の情報を含むこともできる。

20

【0056】

また、本実施の形態では通過位置、速度、車線遷移率についてはデータ列、追従車線番号についてはスカラー値で表現するものとするが、それぞれスカラー値およびデータ列で表現することもできる。通過位置、速度および車線遷移率がスカラー値で表現される場合、データ長は1となる。またパラメトリック表現を使用することもできる。

【0057】

参照値記憶部 72 は、参照値算出部 71 から出力された参照値を記憶し、次の演算周期において、記憶されている参照値を前回参照値として参照値算出部 71 に出力する機能を有している。

30

【0058】

軌道生成部 73 は走行情報と、参照値算出部 71 から得られる参照値に基づき、車両が追従すべき走行軌道を生成する機能を有する。ここで、通過位置および速度から走行軌道を生成する方法は公知であり、例えば、国際公開第 2020/129208 号には、車両モデルを用いて、車両状態量について状態推定演算を行うことで、走行軌道を生成することが開示されている。また、状態推定演算の一例として、ベイズフィルタを用いることが開示されている。なお、生成する走行軌道は車両状態量を含む点の点列により表現される。

【0059】

図 5 は参照値算出部 71 における参照値の演算のフローを示したフローチャートである。参照値算出部 71 は、動作を開始すると、まず、特定の参照値の調整に用いる制約を設定する (ステップ S1)。本実施の形態では予め設定されている上限加速度絶対値 a_{lim} と車線変更時間 t_{lc} を制約として設定する。ここで、参照値とは、例えば目標通過位置、目標速度などに相当する。一方、制約とは、例えば「加速度を必ず上限加速度絶対値 a_{lim} 以下にせよ」という条件であり、目標値に追従する上で守らなければならない条件である。よって、制約を守れないような目標通過位置が存在する場合は、制約を優先させて目標通過位置に追従することになる。なお、全ての参照値に対して制約が設定されるものではなく、例えば通過位置、参照追従車線番号の算出には制約は設定されない。

40

【0060】

制約を設定することで、制約を超える車両挙動を防止し、乗り心地および安全性に配慮

50

した自動運転が可能となる。

【0061】

なお、制約は走行情報および目標状態に応じて変更することもできる。例えば、乗員情報取得部54における乗員の操作に関する情報を取得し、操作に応じて制約を変更することが挙げられる。ここで、乗員情報取得部54における乗員の操作とは、例えば乗員情報取得部54がタブレット型端末である場合は、タブレット型端末に対する乗員の操作である。乗員は、このタブレット型端末を用いて、自動運転に関する設定、例えば「車線を変更する」、または「車速を上げる」などの設定をすることができる。

【0062】

また、制約とする車両状態量については、加速度と車線変更時間に限定されるものではなく、速度、躍度、舵角、舵角速度、舵角加速度、回転速度、回転加速度、車体横滑り角、タイヤ横滑り角およびこれらの組み合わせを使用することもできる。

10

【0063】

ステップS1で制約を設定した後はステップS2に移行し、走行軌道生成装置70の軌道生成のための演算の反復回数が、走行軌道生成装置70が起動されてから1回目かどうかを判定し、1回目の場合(Yesの場合)はステップS3に移行し、そうでない場合(Noの場合)はステップS4に移行する。

【0064】

ステップS3では、目標状態または走行情報に基づいて各参照値の初期値を設定する。参照速度の初期値は車両1の現在速度、参照追従車線番号の初期値は車両1の走行車線番号、参照車線遷移率の初期値は0とする。なお通過位置の初期値についてはここでは定義しない。なお、参照速度の初期値を目標速度、参照追従車線番号の初期値を目標追従車線番号とすることもできる。

20

【0065】

ステップS4では、参照値記憶部72に記憶されている参照値を前回参照値として読み込み、ステップS5に移行する。

【0066】

ステップS5では、前回参照値に基づいて初期参照値を設定する。スカラー値で表現される参照値については前回参照値を初期値とし、データ列で表現される参照値については現在の時刻に相当するデータを抽出して初期参照値とする。現在の時刻に相当するデータの抽出方法に限定はないが、例えば、前回参照値における通過位置情報から、各通過位置と前回の演算時の車両位置との距離を求め、現在の速度および前回の演算時からの経過時間に基づいて車両1の移動距離を推定し、通過位置と前回演算での車両位置との距離が、推定した車両1の移動距離に最も近いものを抽出して初期参照値とする。

30

【0067】

このとき前回の演算時の車両位置から見て後方にある参照値は選択対象から外しておく。なお、データ列で表現されている参照値のデータ長は全て同じとする。

【0068】

図6は、上述した初期参照値の抽出方法を模式的に示した図である。前回参照値における通過位置を{ P_i }とし、図6では前回参照値が通過位置 P'_1 、 P'_2 、 P'_3 、 P'_4 、 P'_5 および P'_6 の情報を含んでいることが示されている。図6では、前回の演算時の車両1の位置を破線で示しており、現在の速度および前回の演算時からの経過時間に基づいて推定した車両1の移動距離を、前回の演算時の車両1の位置、すなわち通過位置 P'_1 を中心とする半円で示している。図6より、通過位置 P'_3 が推定した移動距離に最も近く、データ列で表現されている各参照値の三番目の要素が初期参照値となる。

40

【0069】

上記では、通過位置情報から現在時刻でのデータを抽出すると説明したが、各参照値に時刻情報を付与しておき、現在時刻に最も近いデータを抽出することもできる。この場合、各参照値のデータ長は必ずしも同じである必要はない。また、上記では、前回参照値のうち1点のデータを抽出するものとしたが、距離情報または時刻情報に基づいて補間した

50

値を初期参照値とすることもできる。

【0070】

ステップS3またはステップS5で初期参照値を設定した後はステップS6に移行する。ステップS6では、ステップS1で設定した制約と、ステップS3またはステップS5で設定した初期参照値と、目標設定部60から得られる目標状態とに基づいて、新たに参照値を算出する。以下に参照値の算出方法について説明する。

【0071】

まず、参照速度の求め方について説明する。目標速度を v_t 、目標追従車線番号を L_t とし、目標追従車線を表す点列 $\{Q_{L_t, i}\}$ の第1点目から各点までの距離を s_i とすると、距離 s_i は以下の数式(7)で表される。ただし、 s_1 は0とする。

【0072】

【数7】

$$s_i = \sum_{j=1}^{i-1} \sqrt{(qx_{L_t, j+1} - qx_{L_t, j})^2 + (qy_{L_t, j+1} - qy_{L_t, j})^2} \quad \dots(7)$$

【0073】

参照速度の初期値 v_0 、上限加速度絶対値 a_{lim} を用いて、参照値 $\{v_i\}$ を以下の数式(8)により求める。

【0074】

【数8】

$$v_i = \sqrt{v_0^2 + \text{sgn}(v_t^2 - v_0^2) \cdot \min(|v_t^2 - v_0^2|, 2a_{lim}s_i)} \quad \dots(8)$$

【0075】

ここで、 sgn は一般に符号関数と呼ばれる関数であり、以下の数式(9)で表される。

【0076】

【数9】

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 : x > 0 \\ 0 : x = 0 \\ -1 : x < 0 \end{cases} \quad \dots(9)$$

【0077】

図7は上記の方法で求めた参照速度を模式的に示した図である。図7において、横軸は距離 s であり、縦軸は速度 v である。図7では、参照速度の初期値を原点として緩いカーブで目標速度に達するような参照速度となっている。

【0078】

次に、参照追従車線番号、参照車線遷移率および参照通過位置の求め方について説明する。目標追従車線番号 L_t と参照追従車線番号の初期値 L_0 が等しい場合、または車線遷移率の初期値 λ_0 が1以上の場合、参照追従車線番号 L 、参照車線遷移率 $\{\lambda_i\}$ 、参照通過位置 $\{P_i\}$ は、それぞれ以下の数式(10)、(11)、(12)で表される。

【0079】

【数10】

$$L = L_t \quad \dots(10)$$

【0080】

【数11】

$$\lambda_i = 0 \quad \dots(11)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

【 数 1 2 】

$$P_i = Q_{L_t, i} \quad \dots (12)$$

【 0 0 8 2 】

目標追従車線番号 L_t と参照追従車線番号の初期値 L_0 が異なり、かつ参照車線遷移率の初期値 λ_0 が 1 未満の場合、以下の方法で参照値を求める。まず、以下の数式 (1 3) のように参照追従車線番号 L を初期値 L_0 と同じにする。

【 0 0 8 3 】

【 数 1 3 】

$$L = L_0 \quad \dots (13)$$

10

【 0 0 8 4 】

次に、目標追従車線を表す点列 $\{ Q_{L_t, i} \}$ に対し、各点までの予測経過時間 t_i を以下の数式 (1 4) で定める。

【 0 0 8 5 】

【 数 1 4 】

$$t_i = \sum_{j=1}^i \frac{S_j}{V_j} \quad \dots (14)$$

20

【 0 0 8 6 】

予測経過時間 t_i と車線変更時間 t_{lc} とから、参照車線遷移率 $\{ \lambda_i \}$ を以下の数式 (1 5) で算出する。

【 0 0 8 7 】

【 数 1 5 】

$$\lambda_i = \min \left(\lambda_0 + \frac{t_i}{t_{lc}}, 1 \right) \quad \dots (15)$$

30

【 0 0 8 8 】

数式 (1 5) に示されるように、車線遷移率は、予測経過時間を車線変更時間で割った値となっている。車線変更時間 t_{lc} で車線変更を完了するように軌道を生成するので、予測経過時間を車線変更時間で割ることで、 i 番目の点においてどの程度車線変更が進んでいるかが表される。

【 0 0 8 9 】

ここで、車線変更時間は予め設定された時間であり、例えば、車線変更時に乗員がストレスを感じないような時間に設定されていたり、乗員が自分の好みに応じて乗員情報取得部 5 4 を介して設定したりすることができる。また、目標状態に含ませることもできる。

40

【 0 0 9 0 】

次に、参照追従車線を表す点列 $\{ Q_{L, i} \}$ と、目標追従車線を表す点列 $\{ Q_{L_t, i} \}$ と、参照車線遷移率 $\{ \lambda_i \}$ とから参照通過位置 $\{ P_i \}$ を以下の数式 (1 6) で算出する。

【 0 0 9 1 】

【 数 1 6 】

$$P_i = \frac{1 + \cos(\lambda_i \pi)}{2} Q_{L, i} + \frac{1 - \cos(\lambda_i \pi)}{2} Q_{L_t, i} \quad \dots (16)$$

50

【 0 0 9 2 】

数式(16)に示されるように、本実施の形態では車線遷移率に三角関数を適用することにより通過位置を求めているが、シグモイド関数の適用、直接車線点列と車線遷移率を掛け合わせるにより通過位置を求めることもできる。

【 0 0 9 3 】

図8および図9は、それぞれ上記の方法で求めた参照車線遷移率および参照通過位置を模式的に示した図である。図8において、横軸は予測経過時間 t であり、縦軸は参照車線遷移率 λ_i である。図8では、参照車線遷移率の初期値を原点として予測経過時間に比例して参照車線遷移率が増加して、100%、すなわち1となっている。図9において、横軸は x 軸方向の参照通過位置 p_x であり、縦軸は y 軸方向の参照通過位置 p_y である。図9では、緩いカーブで目標追従車線 L_T に達するような軌道となっている。

10

【 0 0 9 4 】

以上説明したように、走行軌道生成装置70は、車両1の目標状態と前回参照値とを用いて調整された今回参照値、すなわち目標値に基づいて走行軌道を生成するので、目標状態、ここでは追従車線および速度の急激な変化が緩和され、乗り心地の良い自動運転を実現できる。

【 0 0 9 5 】

<変形例1>

以上説明した実施の形態1においては、制約は走行情報および目標状態に応じて変更することもできるとの説明を行ったが、目標設定部60から得られる目標状態に緊急度を含むものとし、参照値算出部71で用いられる制約を緊急度の値に応じて制約を変更することもできる。例えば、緊急度が高いほど制約により許容される車両状態量の範囲を広くすることもできる。また、緊急度が所定の閾値より高い場合には、制約を車両の運動性能の限界と等しくすることもできる。

20

【 0 0 9 6 】

ここで、緊急度は、目標状態に含まれる緊急度以外の状態量に対しては、それぞれに求められる応答性と関連する。例えば、目標状態に含まれる緊急度以外の状態量が、車体の位置、方位、速度、加速度、回転速度、舵角、舵角速度、追従車線中央に対する横偏差である場合は、応答性は、それぞれの状態量が目標値に対しある誤差以内に収束するまでの時間で定義することができ、応答性が高い状態量は、乗り心地に影響を与える。また、追従車線番号の応答性は、車線遷移率の応答性として定義することができ、この応答性が高いと、車線変更が急に行われるなど、乗り心地に影響を与える。

30

【 0 0 9 7 】

このように、走行状況の緊急度に応じて制約を変更し、緊急度が高い場合には乗り心地よりも応答性を優先させることで、より安全性の高い自動運転を実現することが可能となる。

【 0 0 9 8 】

<変形例2>

参照通過位置付近に障害物が存在する場合は、参照通過位置に対して横方向にずらした走行軌道が望ましい場合がある。そこで、参照値に、参照通過位置に対し、車両が採るべき横偏差を表す参照横偏差を含むものとし、参照値算出部71は障害物の位置に応じて参照横偏差を決定する機能を有する構成とすることができる。また、制約には横偏差の変化速度上限値 u_{lim} が含まれるものとする。また、参照横偏差はデータ列 $\{d_i\}$ によって表されるものとする。以下に、参照横偏差の求め方の一例を説明する。

40

【 0 0 9 9 】

図10および図11は参照横偏差の演算について模式的に表した図である。図10は、参照通過位置 P_i における車両1の向きに対し、左側に障害物OBが存在する場合の処理を示す図であり、図11は、参照通過位置 P_i における車両1の向きに対し、右側に障害物OBが存在する場合の処理を示す図である。

【 0 1 0 0 】

50

図10および図11における各参照通過位置から参照通過位置の接線と垂直な方向に伸ばした直線と、障害物OBによる占有領域の境界が交わる点までの距離を算出する。ここで、参照通過位置の接線とは、例えば参照通過位置 P_{i-1} と参照通過位置 P_i を結んだ直線の傾きと、参照通過位置 P_i と参照通過位置 P_{i+1} を結んだ直線の傾きとの平均を θ_i としたとき、傾きが θ_i で、参照通過位置 P_i を通る直線を参照通過位置 P_i における接線と定義する。また、各参照通過位置を結ぶ方法として、スプライン補間などの補間により結ぶ場合は、スプライン補間によって各参照通過位置の間は曲線で連続的に結ばれるため、参照通過位置 P_i における曲線の接線として定義することができる。

【0101】

各参照通過位置における車両1の向きに対して左に上記直線を伸ばしたときの距離を $\{dl1_i\}$ 、右に伸ばしたときの距離を $\{dl2_i\}$ とする。なお、障害物OBによる占有領域の境界との交点が存在しない場合は、距離の代わりに十分大きい値を代入する。車両1の車体の横幅を W_v とし、障害物OBとの安全マージン M_{obs} が予め設定されているものとする。図10において、距離 $\{dl1_i\}$ を表す矢印とは反対側に伸びる矢印で表される距離を最小横偏差 $\{dl2_i\}$ 、図11において、距離 $\{dr1_i\}$ を表す矢印とは反対側に伸びる矢印で表される距離を最小横偏差 $\{dr2_i\}$ とする。最小横偏差 $\{dl2_i\}$ および最小横偏差 $\{dr2_i\}$ は、それぞれ、以下の数式(17)および(18)で求めることができる。

10

【0102】

【数17】

$$dl2_i = -\min\left(dl1_i - \frac{W_v}{2} - M_{obs}, 0\right) \quad \cdots(17)$$

20

【0103】

【数18】

$$dr2_i = -\min\left(dr1_i - \frac{W_v}{2} - M_{obs}, 0\right) \quad \cdots(18)$$

30

【0104】

ここで、図10においては、参照通過位置 P_i における最小横偏差 $\{dl2_i\}$ に対し、参照通過位置 P_{i-1} における矢印で表される距離を横偏差 $\{dl3_{i-1,i}\}$ とし、参照通過位置 P_{i+1} における矢印で表される距離を横偏差 $\{dl3_{i+1,i}\}$ としている。これらの横偏差は、横偏差の変化速度上限値 u_{lim} という制約を設けることで、現実的な最小横偏差 $\{dl2_i\}$ を設定するために参照通過位置 P_i の前後の参照通過位置に設ける横偏差である。これらを設けることで車両1の横偏差の速度を抑制し、乗り心地の低下を防ぐことができる。

【0105】

同様に、図11においては、参照通過位置 P_i における最小横偏差 $\{dr2_i\}$ に対し、参照通過位置 P_{i-1} における矢印で表される距離を横偏差 $\{dr3_{i-1,i}\}$ とし、参照通過位置 P_{i+1} における矢印で表される距離を横偏差 $\{dr3_{i+1,i}\}$ としている。

40

【0106】

また、図10に示す初期位置となる参照通過位置 P_1 における最小横偏差 $\{dl2_1\}$ および図11に示す初期位置となる参照通過位置 P_1 における最小横偏差 $\{dr2_1\}$ を、それぞれ初期位置での参照値に含まれる横偏差 d_0 から以下の数式(19)および(20)で求める。

【0107】

【数19】

50

$$dl2_1 = \max(-d_0, 0) \quad \dots (19)$$

【 0 1 0 8 】

【 数 2 0 】

$$dr2_1 = \max(d_0, 0) \quad \dots (20)$$

【 0 1 0 9 】

横偏差の変化速度を u_{lim} 以下に制限したとき、要素 j での最小横偏差を実現するために要素 i において確保すべき横偏差を $\{dl3_{i,j}\}$ 、 $\{dr3_{i,j}\}$ とし、それぞれ予測経過時間 t_i を用いて以下の数式 (21) および (22) で求める。

10

【 0 1 1 0 】

【 数 2 1 】

$$\{dl3_{i,j}\} = \{dl3_{i,1}, dl3_{i,2}, dl3_{i,3}, \dots, dl3_{i,M}\} \quad \dots (21)$$

【 0 1 1 1 】

【 数 2 2 】

$$\{dr3_{i,j}\} = \{dr3_{i,1}, dr3_{i,2}, dr3_{i,3}, \dots, dr3_{i,M}\} \quad \dots (22)$$

20

【 0 1 1 2 】

上記数式 (21) および (22) における各参照通過位置における横偏差 $dl3_{i,j}$ および $dr3_{i,j}$ は、それぞれ以下の数式 (23) および (24) で求める。

【 0 1 1 3 】

【 数 2 3 】

$$dl3_{i,j} = \max(dl2_j - |t_i - t_j| \cdot u_{lim}, 0) \quad \dots (23)$$

【 0 1 1 4 】

【 数 2 4 】

$$dr3_{i,j} = \max(dr2_j - |t_i - t_j| \cdot u_{lim}, 0) \quad \dots (24)$$

30

【 0 1 1 5 】

ここで、要素 j とは、先に説明したように最小横偏差 $\{dl2_i\}$ および最小横偏差 $\{dr2_i\}$ を求める参照通過位置 P_i に該当し、要素 i とは参照通過位置 P_i の前後の参照通過位置である参照通過位置 P_{i-1} および参照通過位置 P_{i+1} に該当する。

【 0 1 1 6 】

一例として、 $i = j - 1$ とし、横偏差の変化速度を u_{lim} 以下に制限するとき、要素 j での横偏差と要素 $j - 1$ での横偏差との差はある一定の値 $dl2_j$ 以下である必要がある。つまり要素 j での最小横偏差 $dl2_j$ を実現するためには、要素 $j - 1$ での横偏差は少なくとも $dl2_j - dl2_j$ より大きくなければいけない。これが要素 i において確保すべき横偏差の意味するところである。ある一定の値 $dl2_j$ とは、数式 (23) および (24) における $|t_i - t_j| \cdot u_{lim}$ に該当し、 $i = j - 1$ としているので、以下の数式 (25) で表すことができる。

40

【 0 1 1 7 】

【 数 2 5 】

$$\Delta dl2_j = |t_j - t_{j-1}| \cdot u_{lim} \quad \dots (25)$$

50

【 0 1 1 8 】

横偏差 $\{dl_{3i,j}\}$ および横偏差 $\{dr_{3i,j}\}$ の最大値を各要素 i での左横偏差 dl_i および右横偏差 dr_i とし、以下の数式 (26) および (27) で求める。

【 0 1 1 9 】

【 数 2 6 】

$$dl_i = \max\{dl_{3i,j}\} \quad \dots (26)$$

【 0 1 2 0 】

【 数 2 7 】

$$dr_i = \max\{dr_{3i,j}\} \quad \dots (27)$$

【 0 1 2 1 】

そして、左横偏差 dl_i および右横偏差 dr_i から、参照横偏差 d_i を以下の数式 (28) で求める。

【 0 1 2 2 】

【 数 2 8 】

$$d_i = dr_i - dl_i \quad \dots (28)$$

【 0 1 2 3 】

以上説明したように、前回軌道生成時の横偏差を初期値とし、制約に従って横偏差を変化させることができるため、障害物 OB の認識精度が低いことで、認識される障害物位置が急変した際にも車両挙動の急変を抑制することができる。

【 0 1 2 4 】

図 1 2 および図 1 3 は、障害物 OB の認識位置が急変した場合の参照横偏差の変化を模式的に示した図である。図 1 2 および図 1 3 において、実線が参照通過位置、破線が参照通過位置と参照横偏差を考慮して得られた走行軌道を表している。図 1 2 の時点では障害物 OB が参照通過位置に近いので、参照横偏差を大きく取ることにより障害物を回避する走行軌道を生成する。図 1 2 の時点から図 1 3 の時点に進むと、障害物 OB の認識位置が図 1 2 の時点から大きく変化し、障害物 OB が参照通過位置から遠ざかったため、回避の必要がなくなったものとする。このとき、前回軌道生成時の参照横偏差を初期値とし、徐々に 0 に近づくような参照横偏差が算出される。これにより、障害物 OB の認識位置が急変した場合にも軌道の急変を抑制し、乗り心地を向上させることができる。

【 0 1 2 5 】

< 実施の形態 2 >

図 1 4 は、実施の形態 2 の走行軌道生成装置により走行軌道が生成される自動運転システム 2 0 0 の機能ブロック図である。なお、図 3 に示した自動運転システム 1 0 0 と同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略する。なお、自動運転システム 2 0 0 を搭載した車両 1 のシステム構成は図 1 と同じである。

【 0 1 2 6 】

車両制御ユニット 3 0 は、目標設定部 6 0、走行軌道生成装置 7 0 A および車両制御部 8 0 を有している。走行軌道生成装置 7 0 A は、実施の形態 1 の走行軌道生成装置 7 0 に対して、計画点選択部 7 4、計画点記憶部 7 5 および軌道抽出部 7 6 が追加された構成となっており、参照値の算出に計画点も用いることを特徴としている。

【 0 1 2 7 】

計画点は走行軌道を構成する点とほぼ同じであるが、走行軌道を構成する点と異なるのは点間の接続の仕方である。すなわち、走行軌道のある時刻の点に接続されるのは、時刻前側、時刻後側にそれぞれ 1 点までであるが、ある時刻の計画点に接続されるのは時刻前側は 1 点までであるが、時刻後側は何点でも接続可能であり、木構造を採る。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 8 】

ここで、図 1 5 には走行軌道の一例を模式的に示し、図 1 6 には計画点の木構造の一例を模式的に示す。

【 0 1 2 9 】

図 1 5 に示されるように、走行軌道は点 $TP_1 \sim TP_6$ の点列により表され、ある時刻の点に接続されるのは、始点と終点を除いて時刻前側および時刻後側の点である。一方、図 1 6 に示されるように、計画点は、点 $LP_1 \sim LP_7$ の点列により表され、ある時刻の点に接続されるのは、始点と終点を除いて時刻前側は 1 点であるが、時刻後側は複数の点が接続され、分岐する場合もある。

【 0 1 3 0 】

ここで、図 1 4 の説明に戻り、計画点選択部 7 4 は、計画点記憶部 7 5 に記憶された前回計画点から 1 つの計画点を選択して選択計画点とし、選択計画点の識別番号である選択計画点番号を参照値算出部 7 1 および軌道生成部 7 3 に出力する機能を有している。

【 0 1 3 1 】

計画点の選択方法は特に限定されないが、例えば乱数の値によって選択する計画点を決める方法および、目標状態または走行情報に基づいて選択する計画点を決定する方法が挙げられる。なお、後に説明するが、計画点選択部 7 4 は、軌道生成の演算が 1 回目の場合には計画点の選択処理は実施せず、選択計画点番号として無効な値を出力する。

【 0 1 3 2 】

参照値算出部 7 1 は、走行情報、目標状態、参照値記憶部 7 2 に記憶された前回計画点参照値および計画点選択部 7 4 から得られる選択計画点番号に基づいて新たに参照値を算出し、軌道生成部 7 3 に出力する機能を有している。ここで、前回計画点参照値とは、前回の演算周期で得られた計画点に対応する計画点参照値である。計画点参照値は、参照値とは必ずしも同じ構成ではなく、また全ての計画点について対応する計画点参照値が存在する。

【 0 1 3 3 】

軌道生成部 7 3 は、走行情報、参照値、選択計画点番号および前回計画点に基づいて生成した複数の計画点を計画点記憶部 7 5 および軌道抽出部 7 6 に出力すると共に、計画点に対応する計画点参照値を算出し、参照値記憶部 7 2 に出力する機能を有している。

【 0 1 3 4 】

先に説明したように、各計画点には点間の接続情報が付与されている。接続情報の表現方法は特に限定されないが、例えば、ある時刻の計画点に対して時刻が前にある点、または自車位置からの移動距離が小さい点を「親」、時刻が後にある点、または自車位置からの移動距離が大きい点を「子」とし、各点の親および子となる点の識別番号により接続情報を表現することができる。

【 0 1 3 5 】

参照値記憶部 7 2 は、軌道生成部 7 3 から出力された計画点参照値を記憶し、次の演算周期において、記憶されている計画点参照値を前回計画点参照値として参照値算出部 7 1 に出力する機能を有している。

【 0 1 3 6 】

計画点記憶部 7 5 は、軌道生成部 7 3 から出力された計画点を記憶し、次の演算周期において、記憶されている計画点を前回計画点として計画点選択部 7 4 および軌道生成部 7 3 に出力する機能を有している。

【 0 1 3 7 】

軌道抽出部 7 6 は、軌道生成部 7 3 から出力される計画点から複数点を抽出し、走行軌道として車両制御部 8 0 に出力する機能を有している。計画点の抽出方法は特に限定されないが、例えば目標設定部 6 0 から得られる目標到達位置に最も近い計画点を終端計画点とし、終端計画点から時刻が前にある計画点を辿って得られる分岐のない点列を走行軌道とする方法が挙げられる。

【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

50

また、目標到達位置からの距離が所定の距離以下となる計画点を終端計画点候補とし、終端計画点候補のうちコストが最も低い計画点を終端計画点とすることもできる。ここで、各終端計画点候補のコストは、例えば、終端計画点候補から時刻が前にある計画点を迎ったときに経由する各計画点に関し、車両状態量と予め設定しておいた重みとの積を加算した加算値とし、加算値が最も低い計画点を終端計画点とする。乗り心地に関連する車両状態量には重みが小さくなるように設定することで、コストが低くなれば乗り心地が向上する。

【 0 1 3 9 】

また、各計画点の車両状態量に障害物との衝突確率を組み込んでおけば、障害物との衝突確率を考慮した計画点の選択も可能である。また、計画点に時刻情報を付与し、予め設定しておいた目標到達時刻から所定の時間内の計画点を終端計画点候補とすることもできる。

10

【 0 1 4 0 】

図 1 7 は軌道生成部 7 3 における計画点参照値の演算のフローを示したフローチャートである。軌道生成部 7 3 は、動作を開始すると、まず、走行軌道生成装置 7 0 A での軌道生成のための演算の反復回数が、走行軌道生成装置 7 0 A が起動されてから 1 回目かどうかを判定し（ステップ S 2 1）、1 回目の場合（Y e s の場合）はステップ S 2 2 に移行し、そうでない場合（N o の場合）はステップ S 2 3 に移行する。

【 0 1 4 1 】

ステップ S 2 2 では軌道生成における初期状態、すなわち初期値を、情報取得部 5 0 から得られる車両状態量に基づいて決定し、ステップ S 2 4 に移行する。

20

【 0 1 4 2 】

一方、ステップ S 2 3 では軌道生成における初期状態を、選択計画点から決定する。すなわち、計画点選択部 7 4 から得られる選択計画点番号に該当する計画点を、計画点記憶部 7 5 から得られる前回計画点の中から抽出し、抽出した計画点における車両状態量を初期状態、すなわち初期値とし、ステップ S 2 4 に移行する。

【 0 1 4 3 】

ステップ S 2 4 では、ステップ S 2 2 またはステップ S 2 3 で決定した初期状態に基づいて、例えば、国際公開第 2 0 2 0 / 1 2 9 2 0 8 号に開示される車両モデルを用いて、車両状態量について状態推定演算を行うことで、走行軌道を生成する。すなわち、参照値に含まれる通過位置および速度を用い、前回計画点のうち選択計画点番号に対応する計画点から得られる情報を初期状態とすることで、上記公知の文献に開示の技術により走行軌道を生成する。また、走行情報を用いて走行軌道を生成する方法としては、例えば障害物情報および道路情報を用いて走行軌道を生成する方法が公知となっている。

30

【 0 1 4 4 】

走行軌道を生成した後はステップ S 2 5 に移行し、走行軌道を構成する各計画点に固有の識別番号を定め、各計画点の情報に各計画点の識別番号、および各計画点の親および子の識別番号を付与して追加計画点とする。

【 0 1 4 5 】

この処理の概念を図 1 8 を用いて説明する。図 1 8 に示されるように、ステップ S 2 4 で生成された走行軌道が 3 点の計画点で構成される場合、各計画点に識別番号、ここでは識別番号 8、9、1 0 を付与する。そして、各計画点に親および子の識別番号情報を付与して追加計画点とする。図 1 8 では、識別番号 8 の計画点を追加計画点 A P₁ とし、親および子の識別番号情報として、子を識別番号 9 の追加計画点 A P₂ としている。ここで、追加計画点 A P₁ にとっての親は、識別番号 1 が付与された前回計画点 L P₁ であるので、追加計画点 A P₁ には、親の識別番号情報を 1 としている。なお、追加計画点 A P₂ および A P₃ の親および子の識別番号情報は省略している。

40

【 0 1 4 6 】

計画点記憶部 7 5 に記憶された前回計画点 L P₁ ~ L P₇ のうち、前回計画点 L P₁ が計画点選択部 7 4 によって選択された選択計画点である。前回計画点 L P₁ ~ L P₇ には、

50

それぞれ識別番号 1 ~ 7 が付与されている。

【 0 1 4 7 】

ここで、ステップ S 2 4 で生成された 3 点の計画点で構成される走行軌道のうち、最も親側の計画点が選択計画点と一致する場合には、最も親側の計画点を追加計画点から除き、次に親側にある追加計画点の親として選択計画点を選ぶ。

【 0 1 4 8 】

この処理の概念を図 1 9 を用いて説明する。図 1 9 に示されるように、ステップ S 2 4 で生成された 3 点の計画点で構成される走行軌道のうち、最も親側の計画点、すなわち、走行軌道の一番上の計画点が選択計画点である前回計画点 LP_1 と一致する場合には、この計画点には識別番号を付与せず、2 番目と 3 番目の計画点に識別番号 8、9 を付与されている。図 1 9 では、識別番号 8 の計画点を追加計画点 AP_1 とし、追加計画点 AP_1 の子を識別番号 9 の追加計画点 AP_2 とし、追加計画点 AP_1 の親として選択計画点である前回計画点 LP_1 としている。

10

【 0 1 4 9 】

追加計画点を生成した後はステップ S 2 6 に移行し、参照値と追加計画点に基づき、各追加計画点に対応した計画点参照値を算出し、追加計画点参照値とする。

【 0 1 5 0 】

計画点参照値は、参照値に各計画点の識別番号を付与することで得ることができるが、例えばデータ列により表現された参照値に関しては計画点の最近傍のデータのみを抽出した値、またはデータ補間によって得られた値とすることもでき、参照値記憶部 7 2 の使用率を下げるのが可能である。

20

【 0 1 5 1 】

追加計画点参照値を生成した後はステップ S 2 7 に移行し、不要な計画点を除去計画点として選択する。不要な計画点の選択方法は特に限定されないが、例えば自転車位置から見て後方に位置する計画点および、時刻が現在時刻より以前の計画点を選択することができる。除去計画点を除いた場合に計画点が複数の木構造に分かれる場合には、複数のうち一つの木構造を選び、それ以外の木構造に含まれる計画点を除去計画点としても良い。木構造の選び方はどのようなものでも良いが、例えば自転車位置に最も近い計画点を含む木構造を選ぶことができる。

【 0 1 5 2 】

除去計画点を選択した後はステップ S 2 8 に移行し、計画点と計画点参照値を更新する。すなわち、前回計画点から除去計画点を除き、追加計画点を加えて今回計画点とする。

30

【 0 1 5 3 】

この処理の概念を図 2 0 を用いて説明する。図 2 0 において前回計画点 LP_0 が自転車位置後方にあたるとして除去計画点とすると、残った計画点は前回計画点 LP_1 以降と前回計画点 LP_3 以降で完全に分離する。前回計画点 LP_1 が計画点の中で最も自転車位置に近いとし、前回計画点 $LP_3 \sim LP_7$ を除去計画点とし、前回計画点 LP_1 および LP_2 に追加計画点 $AP_1 \sim AP_3$ を加えて今回計画点とする。

【 0 1 5 4 】

また、ステップ S 2 8 では、前回計画点参照値および追加計画点参照値から、今回計画点の各計画点に対応した参照値を抽出し、今回計画点参照値とする。

40

【 0 1 5 5 】

この処理の概念を図 2 1 を用いて説明する。図 2 1 は、前回計画点参照値、追加計画点参照値および今回計画点参照値をそれぞれテーブルで示しており、対応する計画点の識別番号に対する参照値を 1 対 1 で示している。なお、図 2 1 の各識別番号は図 2 0 の各識別番号と対応している。図 2 1 に示されるように、前回計画点参照値からは、識別番号 1 および 2 がそれぞれ付与された計画点の参照値 1 および 2 が抽出され、追加計画点参照値からは、識別番号 8 ~ 1 0 がそれぞれ付与された計画点の参照値 8 ~ 1 0 が抽出され、今回計画点参照値となっている。

【 0 1 5 6 】

50

ステップS 2 1 ~ S 2 8 の処理を経ることで、走行軌道生成装置 7 0 A での一連の軌道生成処理が終了し、次の軌道生成のためにステップ S 2 1 ~ S 2 8 の処理を繰り返す。

【 0 1 5 7 】

図 2 2 は参照値算出部 7 1 における参照値の演算のフローを示したフローチャートである。なお、参照値の演算のフローは、図 5 を用いて説明した実施の形態 1 の自動運転システム 1 0 0 の参照値算出部 7 1 のフローと基本的には同じであり、ステップ S 1、S 2、S 3 および S 6 における処理は図 5 と同じであるので重複する説明は省略する。

【 0 1 5 8 】

ステップ S 2 において、走行軌道生成装置 7 0 A の軌道生成のための演算の反復回数が、走行軌道生成装置 7 0 A が起動されてから 1 回目ではないと判定された場合 (N o の場合) はステップ S 7 に移行する。

10

【 0 1 5 9 】

S 7 では参照値記憶部 7 2 から出力される前回計画点参照値のうち、選択計画点に対応する参照値を抽出し、抽出した計画点参照値に基づいて参照値を決定し、それを初期参照値とする。先に説明したように、計画点参照値は参照値に各計画点の識別番号を付与しているため、計画点参照値から各計画点の識別番号情報を除くことで参照値にできる。

【 0 1 6 0 】

ステップ S 3 またはステップ S 7 で初期参照値を設定した後はステップ S 6 に移行して、ステップ S 2 で設定した制約と、ステップ S 3 またはステップ S 7 で設定した初期参照値と、目標設定部 6 0 から得られる目標状態とに基づいて、新たに参照値を算出する。この処理は実施の形態 1 と同じである。

20

【 0 1 6 1 】

以上説明したように、走行軌道生成装置 7 0 A では、過去に生成した走行軌道を再利用するので、計算効率を向上させることができる。また分岐した計画点からコストを設定して走行軌道を選択することにより、乗り心地の良い走行軌道を得ることができる。また、各計画点の車両状態量に障害物との衝突確率を組み込んでおけば、障害物との衝突確率の低い走行軌道が生成される確率を向上させることも可能である。

【 0 1 6 2 】

< ハードウェア構成 >

なお、以上説明した実施の形態 1 および 2 の走行軌道生成装置 7 0 および 7 0 A の各構成要素は、コンピュータを用いて構成することができ、コンピュータがプログラムを実行することで実現される。すなわち、走行軌道生成装置 7 0 および 7 0 A は、例えば図 2 3 に示す処理回路 5 0 0 により実現される。処理回路 5 0 0 には、CPU (Central Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor) などのプロセッサが適用され、記憶装置に格納されるプログラムを実行することで各部の機能が実現される。

30

【 0 1 6 3 】

なお、処理回路 5 0 0 には、専用のハードウェアが適用されても良い。処理回路 5 0 0 が専用のハードウェアである場合、処理回路 5 0 0 は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、またはこれらを組み合わせたもの等が該当する。

40

【 0 1 6 4 】

走行軌道生成装置 7 0 および 7 0 A は、構成要素の各々の機能が個別の処理回路で実現されても良いし、それらの機能がまとめて 1 つの処理回路で実現されても良い。

【 0 1 6 5 】

また、図 2 4 には、処理回路 5 0 0 がプロセッサを用いて構成されている場合におけるハードウェア構成を示している。この場合、走行軌道生成装置 7 0 および 7 0 A の各部の機能は、ソフトウェア等 (ソフトウェア、ファームウェア、またはソフトウェアとファームウェア) との組み合わせにより実現される。ソフトウェア等はプログラムとして記述され、メモリ 5 2 0 に格納される。処理回路 5 0 0 として機能するプロセッサ 5 1 0 は、メ

50

メモリ 520 (記憶装置) に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、各部の機能を実現する。すなわち、このプログラムは、走行軌道生成装置 70 および 70A の構成要素の動作の手順および方法をコンピュータに実行させるものであると言える。

【0166】

ここで、メモリ 520 は、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリー、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等の、不揮発性または揮発性の半導体メモリ、HDD (Hard Disk Drive)、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク、DVD (Digital Versatile Disc) およびそのドライブ装置等、または、今後使用されるあらゆる記憶媒体であっても良い。

10

【0167】

以上、走行軌道生成装置 70 および 70A の各構成要素の機能が、ハードウェアおよびソフトウェア等の何れか一方で実現される構成について説明した。しかしこれに限ったものではなく、走行軌道生成装置 70 および 70A の一部の構成要素を専用のハードウェアで実現し、別の一部の構成要素をソフトウェア等で実現する構成であっても良い。例えば、一部の構成要素については専用のハードウェアとしての処理回路 500 でその機能を実現し、他の一部の構成要素についてはプロセッサ 510 としての処理回路 500 がメモリ 520 に格納されたプログラムを読み出して実行することによってその機能を実現することが可能である。

【0168】

以上のように、走行軌道生成装置 70 および 70A は、ハードウェア、ソフトウェア等、またはこれらの組み合わせによって、上述の各機能を実現することができる。

20

【0169】

本開示は詳細に説明されたが、上記した説明は、全ての局面において、例示であって、本開示がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、本開示の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

【0170】

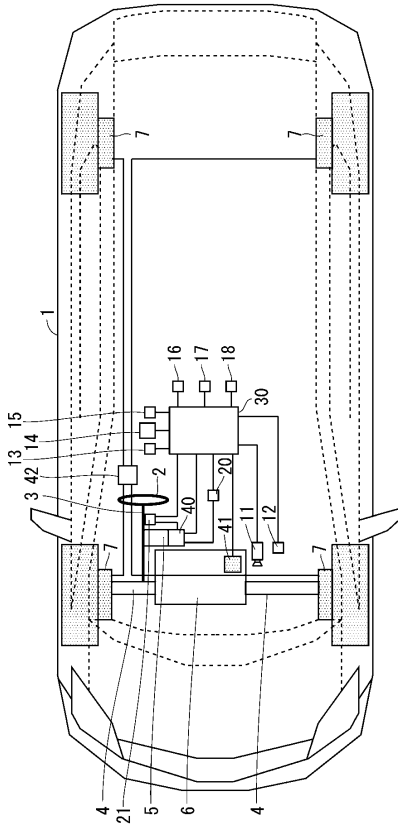
なお、本開示は、その開示の範囲内において、各実施の形態を自由に組み合わせたり、各実施の形態を適宜、変形、省略することが可能である。

30

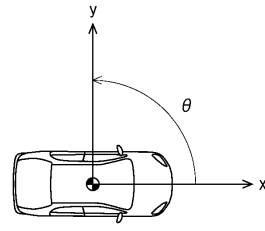
40

50

【図面】
【図 1】



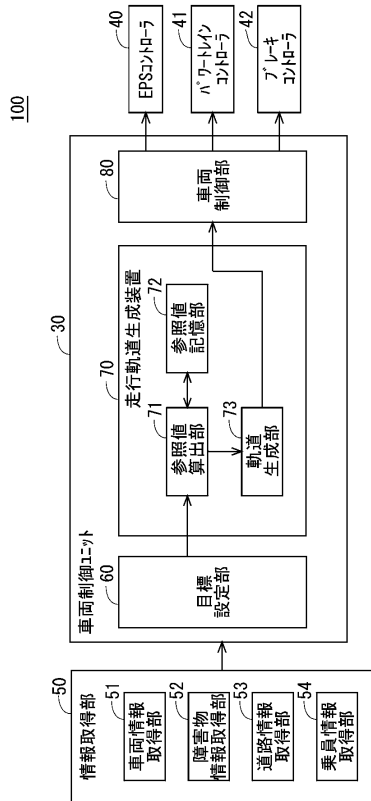
【図 2】



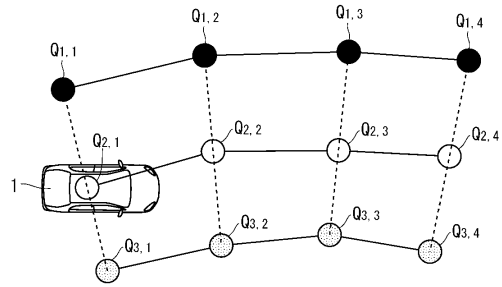
10

20

【図 3】



【図 4】

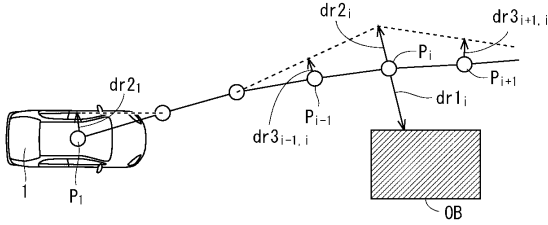


30

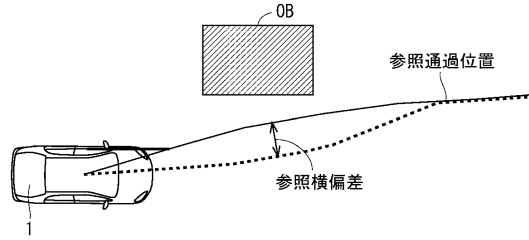
40

50

【図 1 1】



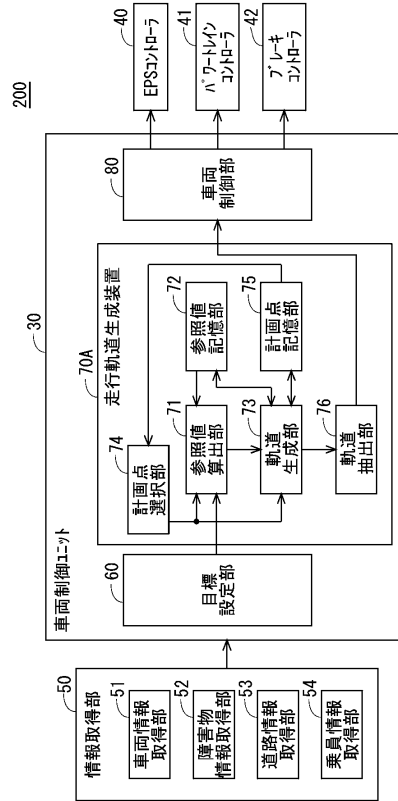
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



10

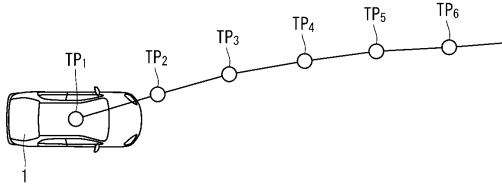
20

30

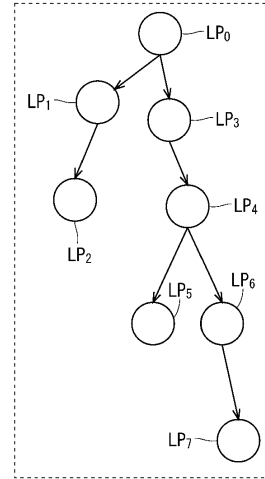
40

50

【図15】

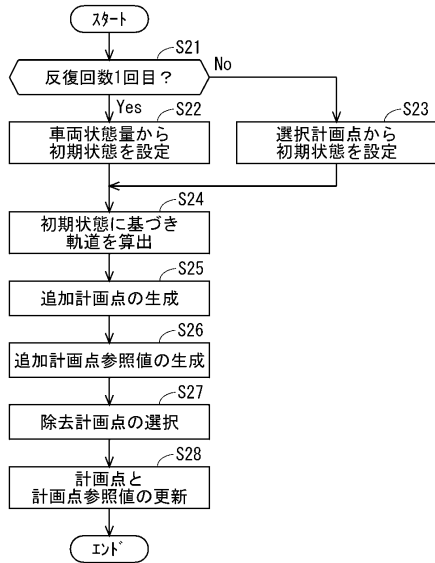


【図16】

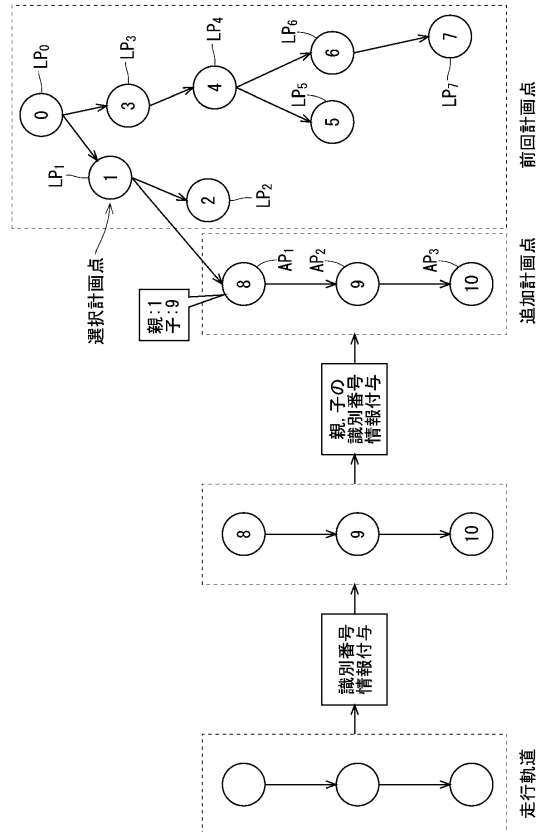


10

【図17】



【図18】



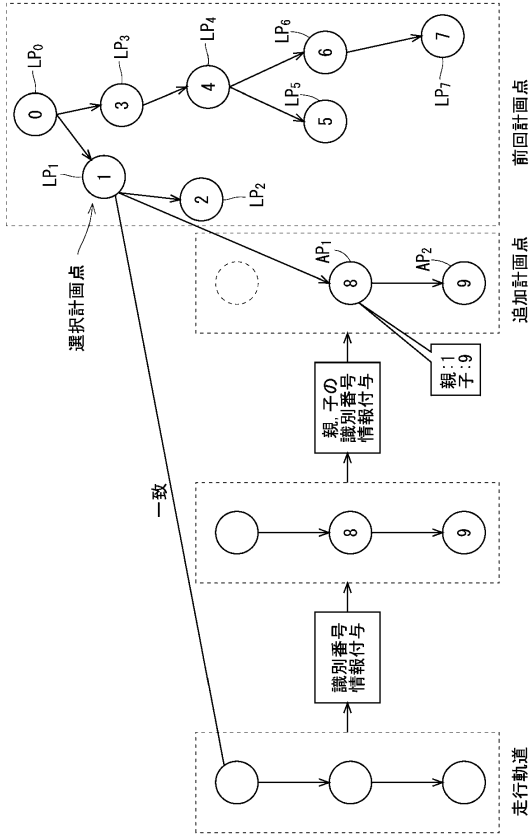
20

30

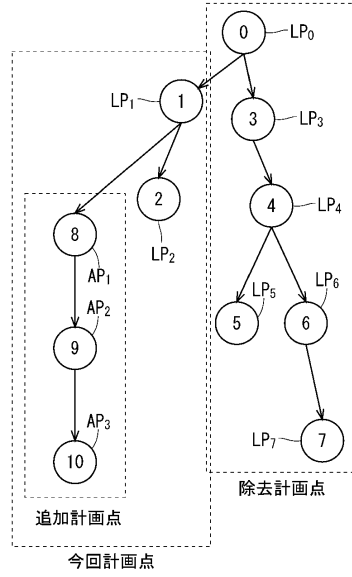
40

50

【図 19】



【図 20】



10

20

【図 21】

前回計画点参照値

対応する計画点の識別番号	各参照値
0	参照値0
1	参照値1
2	参照値2
3	参照値3
...	...
7	参照値7

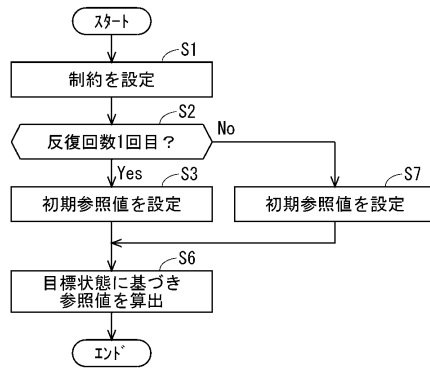
追加計画点参照値

8	参照値8
9	参照値9
10	参照値10

今回計画点参照値

1	参照値1
2	参照値2
8	参照値8
9	参照値9
10	参照値10

【図 22】

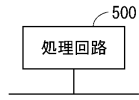


30

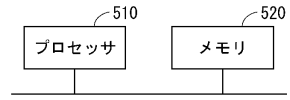
40

50

【図 2 3】



【図 2 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2020 - 185946 (JP, A)
特開 2017 - 077849 (JP, A)
特開 2019 - 093740 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60W 10/00 - 10/30、30/00 - 60/00
G08G 1/00 - 99/00