

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7255782号
(P7255782)

(45)発行日 令和5年4月11日(2023.4.11)

(24)登録日 令和5年4月3日(2023.4.3)

(51)国際特許分類	F I	
B 6 0 W 30/08 (2012.01)	B 6 0 W	30/08
B 6 0 W 40/02 (2006.01)	B 6 0 W	40/02
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	G 0 8 G	1/16 C

請求項の数 14 (全37頁)

(21)出願番号	特願2021-520334(P2021-520334)	(73)特許権者	504161984 ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー・リミテッド 中華人民共和国・518129・グアン ドン・シェンツェン・ロンガン・ディス トリクト・バンティアン・(番地なし) ・ホアウェイ・アドミニストレーション ・ビルディング
(86)(22)出願日	令和2年7月28日(2020.7.28)	(74)代理人	110000877 弁理士法人R Y U K A国際特許事務所
(65)公表番号	特表2022-543507(P2022-543507 A)	(72)発明者	ワン、チャオ 中華人民共和国・518129・グアン ドン・シェンツェン・ロンガン・ディス トリクト・バンティアン・(番地なし) ・ホアウェイ・アドミニストレーション 最終頁に続く
(43)公表日	令和4年10月13日(2022.10.13)		
(86)国際出願番号	PCT/CN2020/105326		
(87)国際公開番号	WO2021/027568		
(87)国際公開日	令和3年2月18日(2021.2.18)		
審査請求日	令和3年5月18日(2021.5.18)		
(31)優先権主張番号	201910743055.4		
(32)優先日	令和1年8月12日(2019.8.12)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	中国(CN)		

(54)【発明の名称】 障害物回避方法、障害物回避装置、自動運転装置、コンピュータ可読記憶媒体及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

障害物回避方法であって、

時点tでの車両情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を取得する段階と、

前記車両情報及び前記障害物情報に基づいて前記運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階であって、前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは1つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、前記ポテンシャルエネルギー情報は前記グリッドが障害物により占有される確率を表すのに用いられる、取得する段階と、

前記車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、前記車線中心線に関する前記情報に基づいて平行線トラック群を取得する段階であって、前記平行線トラック群には複数の平行線トラックが含まれ、前記複数の平行線トラックのそれぞれは前記車線中心線に対して平行である、取得する段階と、

前記平行線トラック群内の各平行線トラックのコスト値を前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに従って計算する段階と、

前記平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時点[t-1]での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、前記時点tでの目標トラックを取得する段階であって、前記時点tでの前記目標トラックは、前記車両が前記時点tでの前記目標トラックに従って走行して前記障害物を回避するのに用いられる、取得する段階と

10

20

を備え、

前記車両情報は前記車両の座標及び寸法を含み、前記障害物情報は前記障害物の座標及び寸法を含み、前記車両の前記座標及び前記障害物の前記座標は両方とも測地座標系である E N U 座標系の座標であり、前記車両情報及び前記障害物情報に基づいて前記運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する前記段階は、

前記運転可能領域に対してラスタライズ処理を行い、グリッドマップを取得する段階と、前記障害物の前記座標を前記 E N U 座標系から前記車両の前記座標に基づく車両座標系に変換して、前記障害物の相対位置座標を取得する段階と、

前記相対位置座標と前記障害物の前記寸法とに基づいて前記障害物を前記グリッドマップにマッピングして、前記グリッドマップ上の前記障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界を取得する段階であって、前記ハード境界と前記占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、前記ソフト境界と前記占有領域の前記境界との距離が D であり、 D は前記車両の車両幅である、取得する段階と、

前記ハード境界、前記ソフト境界、及び前記占有領域に基づいて、前記グリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理を行って、前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階と

を有し、

前記ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、前記ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、前記ハード境界と前記ソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値が前記ハード境界から前記ソフト境界へ方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より小さい又はこれと等しく、 c は b より大きい、方法。

【請求項 2】

前記車線中心線に関する前記情報には前記車線中心線上の道路ポイントの座標が含まれ、前記座標は前記 E N U 座標系の座標であり、前記車線中心線に関する前記情報に基づいて平行線トラック群を取得する前記段階は、

前記車線中心線上の前記道路ポイントの前記座標と距離 d_m とに基づいて前記平行線トラック群を取得する段階を含み、前記距離 d_m は前記車線中心線と前記平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記平行線トラック群の中で j 番目の平行線トラックのコスト値が、前記 j 番目の平行線トラック上の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値に基づいて取得され、前記 j 番目の平行線トラックは前記複数の平行線トラックのうちのいずれか 1 つである、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、前記時点 t での目標トラックを取得する前記段階の後に、前記方法はさらに、

現在の前記時点 t での前記車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得し、前記時点 t での前記座標 P_t 、前記速度 S_t 、前記進路角 A_t 、及び前記目標トラックに基づいて X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する段階であって、 X は 1 より大きい整数である、取得する段階と、

前記 X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて、前記車両が前記障害物と衝突しようとしているかどうかを判断する段階と、

前記車両が前記障害物と衝突しようとしている場合、前記車両の制御モジュールに制動情報を送信して、衝突が起こる前に前進を停止する又は減速して前進するよう前記車両を制御するよう前記制御モジュールに指示する段階と

を備える、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記時点 t での前記座標 P_t 、前記速度 S_t 、前記進路角 A_t 、及び前記目標トラックに

基づいて、 X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する前記段階は、

座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び前記時点 t での前記目標トラックを時点 $[t+x]$ での予測モデルに入力して、前記時点 $[t+x]$ での前記車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算する段階を有し、前記予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ を含み、前記 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、前記予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を含み、 t は予測ステップであり、 x は 0 、 1 、 2 、 \dots 、又は $[X-1]$ である、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

障害物回避装置であって、

時点 t での車両情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を取得するように構成された取得ユニットと、

前記車両情報及び前記障害物情報に基づいて前記運転可能領域を処理し、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得するように構成された処理ユニットであって、前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは 1 つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、前記ポテンシャルエネルギー情報は前記グリッドが障害物により占有される確率を表すのに用いられ、前記取得ユニットはさらに、前記車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、前記車線中心線に関する前記情報に基づいて平行線トラック群を取得するように構成され、前記平行線トラック群は複数の平行線トラックを含み、前記複数の平行線トラックのそれぞれは前記車線中心線に対して平行である、処理ユニットと、

前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに従って、前記平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックのコスト値を計算するように構成された計算ユニットと、

時点 $[t-1]$ での目標トラックに基づいて、前記平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、前記時点 t での目標トラックを取得するように構成されたフィルタリングユニットであって、前記時点 t での前記目標トラックは、前記車両が前記時点 t での前記目標トラックに従って走行し前記障害物を回避するのに用いられる、フィルタリングユニットと

を備え、

前記車両情報は前記車両の座標及び寸法を含み、前記障害物情報は前記障害物の座標及び寸法を含み、前記車両の前記座標及び前記障害物の前記座標は両方とも測地座標系である $E N U$ 座標系の座標であり、前記処理ユニットは具体的には、

前記運転可能領域に対してラスタライズ処理を行ってグリッドマップを取得することと、前記障害物の前記座標を前記 $E N U$ 座標系から前記車両の前記座標に基づく車両座標系に変換して前記障害物の相対位置座標を取得することと、

前記相対位置座標と前記障害物の前記寸法とに基づいて前記障害物を前記グリッドマップにマッピングして、前記グリッドマップ上の前記障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界を取得することであって、前記ハード境界と前記占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、前記ソフト境界と前記占有領域の前記境界との距離が D であり、 D は前記車両の車両幅である、取得することと、

前記ハード境界、前記ソフト境界、及び前記占有領域に基づいて、前記グリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理を行って、前記ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得することと

を行うように構成され、

前記ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、前記ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、前記ハード境界と前記ソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値が前記ハード境界から前記ソフト境界への方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より小さい又はこれと等しく、 c は b より大きい、装置。

【請求項 7】

10

20

30

40

50

前記車線中心線に関する前記情報には前記車線中心線上の道路ポイントの座標が含まれ、前記座標は前記ENU座標系の座標であり、前記車線中心線に関する前記情報に基づいて平行線トラック群を取得することに関して、前記取得ユニットは具体的には、

前記車線中心線上の前記道路ポイントの前記座標と距離 d_m とに基づいて前記平行線トラック群を取得するように構成され、前記距離 d_m は前記車線中心線と前記平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である、請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記平行線トラック群の中で j 番目の平行線トラックのコスト値が、前記 j 番目の平行線トラック上の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値に基づいて取得される、請求項6又は7に記載の装置。

10

【請求項9】

前記装置はさらに、

前記フィルタリングユニットが、前記平行線トラック群の中で前記最小コスト値を有する前記平行線トラックに対して前記時点 $[t-1]$ での前記目標トラックに従って時間領域フィルタリングを行い、前記時点 t での前記目標トラックを取得した後に、さらに現在の前記時点 t での前記車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得するように構成された前記取得ユニットと、

前記時点 t での前記座標 P_t 、前記速度 S_t 、前記進路角 A_t 、及び前記目標トラックに基づいて、 X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得するように構成された予測ユニットであって、 X は1より大きい整数である、予測ユニットと、

20

前記 X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて、前記車両が前記障害物と衝突しようとしているかどうかを判断するように構成された衝突検出ユニットと、

前記車両が前記障害物と衝突しようとしていると前記衝突検出ユニットが判断した場合、前記車両の制御モジュールに制動情報を送信して、衝突が起こる前に前進を停止する又は減速して前進するよう前記車両を制御するように前記制御モジュールに指示するよう構成された送信ユニットと

を備える、請求項6から8のいずれか一項に記載の装置。

【請求項10】

前記予測ユニットは具体的には、

座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び前記時点 t での前記目標トラックを時点 $[t+x]$ での予測モデルに入力して、前記時点 $[t+x]$ での前記車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算するように構成され、前記予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ を含み、前記 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、前記予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を含み、 t は予測ステップであり、 x は0、1、2、...、又は $[X-1]$ である、請求項9に記載の装置。

30

【請求項11】

請求項6から10のいずれか一項に記載の装置を備える自動運転装置。

【請求項12】

実行可能なプログラムコードを格納するメモリと、

前記メモリに連結されたプロセッサと

を備え、

前記プロセッサは前記メモリに格納された前記実行可能なプログラムコードを呼び出して、請求項1から5のいずれか一項に記載の方法を行う、障害物回避装置。

40

【請求項13】

コンピュータ可読記憶媒体であって、前記コンピュータ可読記憶媒体はコンピュータプログラムを格納し、前記コンピュータプログラムはプログラム命令を含み、前記プログラム命令がプロセッサで実行されると、前記プロセッサは請求項1から5のいずれか一項に記載の方法を行うことが可能になる、コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項14】

50

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の方法をコンピュータに実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2019年8月12日に中国国家知識産権局に出願された「障害物回避方法及び障害物回避装置(OBSTACLE AVOIDANCE METHOD AND APPARATUS)」と題する中国特許出願第201910743055.4号に基づく優先権を主張し、当該特許出願はその全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

本発明はインテリジェント自動車の分野に関し、具体的には、障害物回避方法及び障害物回避装置に関する。

10

【背景技術】

【0003】

人工知能(Artificial Intelligence、AI)とは、デジタルコンピュータ又はデジタルコンピュータにより制御されるマシンを用いて人間の知能を模倣し、拡大し、拡張して、環境の検知、情報の取得、及びその情報に基づく最適結果の取得を実現する理論、方法、技術、及びアプリケーションシステムである。言い換えれば、人工知能は、知能の本質を理解して、人間の知能と同様の方式で反応できる新しいタイプのインテリジェントマシンを作り出そうとする、コンピュータサイエンスの一分野である。人工知能は、様々なインテリジェントマシンの設計原理や実装方法を研究しており、その結果、これらのマシンは、認識、推理、及び意思決定の機能を有する。人工知能の研究分野には、ロボット工学、自然言語処理、コンピュータビジョン、意思決定と推理、マンマシンインタラクション、推奨と探索、及びAIの基礎理論などが含まれる。

20

【0004】

自動運転は、人工知能の分野で主流のアプリケーションである。自動運転技術は、コンピュータビジョン、レーダ、監視装置、及び全地球測位システムなどの間の連携を利用するので、自動車は人が介入せずに自動運転を実現できる。自動運転車両は、ある場所から別の場所に乗客を運ぶのに役立つ様々なコンピューティングシステムを用いる。一部の自動運転車両は、オペレータ(パイロット、運転者、又は乗客など)から何らかの初期入力又は継続的な入力を必要とすることがある。自動運転車両では、オペレータは手動操作モードから自動運転モードへの切り替え、又は手動操作モードと自動運転モードとのモード切り替えを行うことが可能になる。自動運転技術では人が自動車を運転する必要がないので、理論的には、人の運転ミスを経済的に回避でき、交通事故を減らすことができ、高速道路の輸送効率を向上させることができる。したがって、自動運転技術はますます多くの注目を集めている。

30

【0005】

自動運転技術の主要技術には、マッピングと測位、環境認知、フュージョン予測、決定のプランニング、及び基礎となる制御が含まれる。プランニングは主に、鉛直速度計画及び水平経路計画に重点を置く。ベンダーも、従来の経路計画に基づいて、様々なシナリオに適用される経路計画方法を提案している。

40

【0006】

例えば、車両の前に現在の車線に侵入した障害物がある場合、この車両は停止する(又は低速で車両に追従する)又は障害物回避行動を取って衝突を回避する必要がある。障害物回避行動は、車線内での回避と車線変更による障害物回避とに分類される。特に、障害物が車線にわずかに侵入しているだけの場合、停止する(又は低速で車両に追従する)と、車線の交通効率に影響を与え、車線変更による障害物回避を行った場合には、この車両が隣接車線の車両と相互作用し、これによって、車両に与える制御できない要因(車線上の他の車両)の影響が増す。特に、いくつかの特定のシナリオでは、現在の交通規則によって車線変更が禁じられている。

【0007】

50

したがって、障害物が車両の現在の車線にわずかに侵入しているシナリオでは、車線内での回避を行い、インテリジェントドライビングの安全とスムーズさをいかに確保するかが、当業者が解決しなければならない複数の問題のうちの1つである。

【発明の概要】

【0008】

本発明の実施形態が障害物回避方法及び障害物回避装置を提供する。本発明の実施形態によれば、前方にある障害物が車両の現在の車線に侵入している場合、取得した目標トラックに基づいて車線内での回避が行われることにより、車両運転の安全とスムーズさが確保される。

【0009】

第1態様によれば、本発明の一実施形態が障害物回避方法を提供する。本方法は、時点 t での車両情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を取得する段階と、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階であって、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは1つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、ポテンシャルエネルギー情報はグリッドが障害物により占有される確率を表すのに用いられる、取得する段階と、車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得する段階であって、平行線トラック群には複数の平行線トラックが含まれ、複数の平行線トラックのそれぞれは車線中心線に対して平行である、取得する段階と、平行線トラック群内の各平行線トラックのコスト値をポテンシャルエネルギーのグリッドマップに従って計算する段階と、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する段階であって、時点 t での目標トラックは、車両が時点 t での目標トラックに従って走行して障害物を回避するのに用いられる、取得する段階とを含む。

【0010】

前の時点での目標トラックに基づいて、最小コスト値を有する平行線トラックに対してフィルタリングを行うことにより、現在の時点での目標トラックが取得されるため、目標トラックは車両の現在位置から切り離され、制御システムの遅延と車両の実行メカニズムの応答時間とにより引き起こされるシステム変動が防止される。これにより、車両が目標トラックに基づいて走行し、障害物を回避する場合の運転プロセスにおいて、車両の安全及びスムーズさが確保される。

【0011】

ある実現可能な実施形態において、車両情報は車両の座標及び寸法を含み、障害物情報は障害物の座標及び寸法を含み、車両の座標及び障害物の座標は両方とも測地座標系であるENU座標系の座標であり、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階は、運転可能領域に対してラスタライズ処理を行い、グリッドマップを取得する段階と、障害物の座標をENU座標系から車両の座標に基づく車両座標系に変換して、障害物の相対位置座標を取得する段階と、相対位置座標と障害物の寸法とに基づいて障害物をグリッドマップにマッピングして、グリッドマップ上の障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界を取得する段階であって、ハード境界と占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、ソフト境界と占有領域の境界との距離が D であり、 D は車両の車両幅である、取得する段階と、ハード境界、ソフト境界、及び占有領域に基づいて、グリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理を行って、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階とを含み、ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値がハード境界からソフト境界へ方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より小さい又はこれと等しく、 c は b より大きい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

ソフト境界及びハード境界は障害物情報を用いて導入され、車両の運転可能領域は、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得するために、ソフト境界及びハード境界に基づいて処理される。次に、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに基づいて、トラック予測が行われる。先行技術と比較すると、センサ精度への依存性が減少する。

【 0 0 1 3 】

ある実現可能な実施形態において、車線中心線に関する情報には車線中心線上の道路ポイントの座標が含まれ、この座標はENU座標系の座標であり、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得する段階は、車線中心線上の道路ポイントの座標と距離 d_m とに基づいて平行線トラック群を取得する段階を含み、距離 d_m は車線中心線と平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である。

10

【 0 0 1 4 】

さらに、 m 番目の平行トラック線上の k 番目の道路ポイントの座標が

【 数 1 】

$$(x_{mk}^{new}, y_{mk}^{new})$$

20

であり、ここで、

【 数 2 】

$$x_{mk}^{new} = x_k + d_m \times \frac{y_{k+1} - y_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

$$y_{mk}^{new} = y_k - d_m \times \frac{x_{k+1} - x_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

30

である。

【 0 0 1 5 】

(x_k, y_k) 及び (x_{k+1}, y_{k+1}) はそれぞれ、車線中心線上の k 番目の道路ポイント及び $(k+1)$ 番目の道路ポイントの座標であり、この座標はENU座標系の座標である。

【 0 0 1 6 】

ある実現可能な実施形態において、平行線トラック群の中で j 番目の平行線トラックのコスト値が、 j 番目の平行線トラック上の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値に基づいて取得され、 j 番目の平行線トラックは複数の平行線トラックのうちの一つである。

40

【 0 0 1 7 】

さらに、 j 番目の平行線トラックのコスト値は次の通りである。

【 数 3 】

50

$$\text{TotalCost}_j = w_{\text{background}} \cdot a(v) \cdot \text{Offsetcost}(j) + w_{\text{map}} \sum_{i=1}^N b(i) \cdot c(x_i, y_i) \cdot \text{PM}(x_i, y_i)$$

ここで、 $\text{Offsetcost}(j)$ は j 番目の平行線トラックと道路中心線との間のオフセットであり、 $a(v)$ は車両の現在の車両速度と正相関がある関数であり、 $w_{\text{background}}$ は $\text{Offsetcost}(j)$ の重みであり、 w_{map} は障害物の重みであり、 $b(i)$ は、 j 番目の平行トラック線上の i 番目の道路ポイントと車両との距離と負相関がある関数であり、 $c(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプを示すのに用いられ、 $\text{PM}(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値であり、 w_{map} は $w_{\text{background}}$ より大きい。

10

【0018】

車両速度及び障害物と車両との距離などのデータが、コスト値を計算するときの計算パラメータとして用いられるので、コスト値は、平行線トラックの利点及び欠点又は平行線トラックが選択される確率を正確に反映でき、これにより、次の目標トラックの正確さ及び安全が確保される。

20

【0019】

ある実現可能な実施形態において、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する段階の後に、本方法はさらに、現在の時点 t での車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得し、時点 t での座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する段階であって、 X は 1 より大きい整数である、取得する段階と、 X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて、車両が障害物と衝突しようとしているかどうかを判断する段階と、車両が障害物と衝突しようとしている場合、車両の制御モジュールに制動情報を送信して、衝突が起こる前に前進を停止する又は減速して前進するよう車両を制御するように制御モジュールに指示する段階とを含む。

30

【0020】

障害物との衝突に関する検出が、複数の X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて行われる。これにより、リアルタイムの目標トラックに基づく車両走行の安全が確保される。

【0021】

ある実現可能な実施形態では、時点 t での座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて、 X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する段階は、座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び時点 t での目標トラックを時点 $[t + x]$ での予測モデルに入力して、時点 $[t + x]$ での車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算する段階を含み、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ を含み、 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を含み、 t は予測ステップであり、 x は 0、1、2、...、又は $[X - 1]$ である。

40

【0022】

第2態様によれば、本発明の一実施形態が障害物回避装置を提供する。本装置は、時点 t での車両情報、障害物情報、車両の運転可能領域を取得するように構成された取得ユニットと、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得するように構成された処理ユニットであって、ポテンシャル

50

エネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは1つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、ポテンシャルエネルギー情報はグリッドが障害物で占有される確率を表すのに用いられ、取得ユニットはさらに、車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得するように構成され、平行線トラック群は複数の平行線トラックを含み、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックは車線中心線に対して平行である、処理ユニットと、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックのコスト値をポテンシャルエネルギー場のグリッドマップに従って計算するように構成された計算ユニットと、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して、時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得するように構成されたフィルタリングユニットであって、時点 t での目標トラックは車両がこの目標トラックに従って走行して障害物を回避するのに用いられる、フィルタリングユニットとを含む。

10

【0023】

ある実現可能な実施形態において、車両情報は車両の座標及び寸法を含み、障害物情報は障害物の座標及び寸法を含み、車両の座標及び障害物の座標は両方とも測地座標系であるENU座標系の座標であり、処理ユニットは具体的には、運転可能領域に対してラスタライズ処理を行ってグリッドマップを取得することと、障害物の座標をENU座標系から車両の座標に基づく車両座標系に変換して障害物の相対位置座標を取得することと、相対位置座標と障害物の寸法とに基づいて障害物をグリッドマップにマッピングして、グリッドマップ上の障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界を取得することであって、ハード境界と占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、ソフト境界と占有領域の境界との距離が D であり、 D は車両の車両幅である、取得することと、ハード境界、ソフト境界、及び占有領域に基づいて、グリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理を行って、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得することとを行うように構成され、ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値がハード境界からソフト境界への方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より小さい又はこれと等しく、 c は b より大きい。

20

【0024】

ある実現可能な実施形態において、車線中心線に関する情報には車線中心線上の道路ポイントの座標が含まれ、この座標はENU座標系の座標であり、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得することに関して、取得ユニットは具体的には、車線中心線上の道路ポイントの座標と距離 d_m とに基づいて平行線トラック群を取得するように構成され、距離 d_m は車線中心線と平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である。

30

【0025】

さらに、 m 番目の平行トラック線上の k 番目の道路ポイントの座標が

【数4】

$$(x_{mk}^{new}, y_{mk}^{new})$$

40

であり、ここで、

【数5】

50

$$x_{mk}^{new} = x_k + d_m \times \frac{y_{k+1} - y_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

$$y_{mk}^{new} = y_k - d_m \times \frac{x_{k+1} - x_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

10

である。

【0026】

(x_k, y_k) 及び (x_{k+1}, y_{k+1}) はそれぞれ、車線中心線上の k 番目の道路ポイント及び ($k+1$) 番目の道路ポイントの座標であり、この座標はENU座標系の座標である。

【0027】

ある実現可能な実施形態において、平行線トラック群の中で j 番目の平行線トラックのコスト値が、 j 番目の平行線トラック上の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値に基づいて取得され、 j 番目の平行線トラックは複数の平行線トラックのうちいずれか1つである。

20

【0028】

さらに、 j 番目の平行線トラックのコスト値は次の通りである。

【数6】

$$\text{TotalCost}(j) = w_{background} \cdot a(v) \cdot \text{Offsetcost}(j) + w_{map} \sum_{i=1}^N b(i) \cdot c(x_i, y_i) \cdot PM(x_i, y_i)$$

30

ここで、 $\text{Offsetcost}(j)$ は j 番目の平行線トラックと道路中心線との間のオフセットであり、 $a(v)$ は車両の現在の車両速度と正相関がある関数であり、 $w_{background}$ は $\text{Offsetcost}(j)$ の重みであり、 w_{map} は障害物の重みであり、 $b(i)$ は、 j 番目の平行線トラック線上の i 番目の道路ポイントと車両との距離と負相関がある関数であり、 $c(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプを示すのに用いられ、 $PM(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値であり、 w_{map} は $w_{background}$ より大きい。

40

【0029】

ある実現可能な実施形態において、車両情報は車両の座標を含み、予測装置がさらに、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対してフィルタリングユニットが時点 $[t-1]$ での目標トラックに従って時間領域フィルタリングを行った後に、現在の時点 t での車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得して、時点 t での目標トラックを取得するようにさらに構成された取得ユニットと、時点 t での座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得するように構成された予測ユニットであって、 X は1より大きい整数である、予測ユニットと、複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報に従って、車両が障害物と衝突しようとしているかどうかを判断するように構成された衝突検出ユニットと、車両

50

が障害物と衝突しようとしていると衝突検出ユニットが判断した場合、車両の制御モジュールに制動情報を送信して、衝突が起こる前に車両が前進を停止する又は減速して前進するように制御することを制御モジュールに指示するように構成された送信ユニットとを含む。

【0030】

ある実現可能な実施形態において、予測ユニットは具体的には、座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び時点 t での目標トラックを時点 $[t+x]$ での予測モデルに入力して、時点 $[t+x]$ での車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算するように構成され、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ t を含み、 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を含み、 t は予測ステップであり、 x は 0、1、2、...、又は $[X-1]$ である。

10

【0031】

第3態様によれば、本願のある実施形態がさらに、第2態様による装置の一部又は全部を含む自動運転装置を提供する。

【0032】

第4態様によれば、本願のある実施形態が障害物回避装置を提供し、本装置は、実行可能なプログラムコードを格納したメモリと、メモリに連結されたプロセッサであって、プロセッサはメモリに格納された実行可能なプログラムコードを呼び出して、第1態様による方法の一部又は全部を行う、プロセッサとを含む。

20

【0033】

第5態様によれば、本願のある実施形態がコンピュータ可読記憶媒体を提供する。コンピュータ可読記憶媒体はコンピュータプログラムを格納し、コンピュータプログラムはプログラム命令を含み、プログラム命令がプロセッサで実行されると、プロセッサは第1態様による方法の一部又は全部を行うことが可能になる。

【0034】

第6態様によれば、チップが提供される。チップはプロセッサ及びデータインタフェースを含み、プロセッサは、データインタフェースを用いて、メモリに格納された命令を読み出して第1態様の方法を実行する。

【0035】

必要に応じて、ある実装態様では、チップはさらにメモリを含んでよく、メモリは命令を格納し、プロセッサはメモリに格納された命令を実行するように構成され、命令が実行されると、プロセッサは第1態様の方法の一部又は全部を実行するように構成される。

30

【0036】

本発明のこれらの態様又は他の態様は、以下の実施形態の説明において、より明確に且つ容易に理解される。

【図面の簡単な説明】

【0037】

本発明の実施形態又は先行技術における技術的解決手段をより明確に説明するために、以下では、これらの実施形態又は先行技術を説明するための添付図面を簡単に説明する。以下の説明にある添付図面は、単に本発明のいくつかの実施形態を示しているにすぎず、当業者であれば、これらの添付図面から創造的努力をすることなく他の図面を導き出し得ることが明らかである。

40

【0038】

【図1a】車両座標系の概略図である。

【0039】

【図1b】本発明の一実施形態による自動運転車の概略構造図である。

【0040】

【図2】本発明の一実施形態によるコンピュータシステムの概略構造図である。

【0041】

50

【図3】本発明の一実施形態による障害物回避方法の応用シナリオに関する概略図である。

【0042】

【図4】本発明の一実施形態による障害物回避方法の概略フローチャートである。

【0043】

【図5】本発明の一実施形態によるポテンシャルエネルギーのグリッドマップに関する概略図である。

【0044】

【図6】ソフト境界とハード境界との間の領域にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値を計算する図である。

【0045】

【図7】直線車線上の平行線トラック群の概略図である。

【0046】

【図8】カーブ上の平行線トラック群の概略図である。

【0047】

【図9】平行線トラックのコスト値と障害物との位置関係に関する概略図である。

【0048】

【図10】フィルタリング後に取得された目標トラックの概略図である。

【0049】

【図11】本発明の一実施形態による衝突検出の概略図である。

【0050】

【図12】仮想壁と障害物との位置関係に関する概略図である。

【0051】

【図13】本発明の一実施形態による障害物回避装置の概略構造図である。

【0052】

【図14】本発明の一実施形態による別の障害物回避装置の概略構造図である。

【0053】

【図15】本発明の一実施形態によるコンピュータプログラム製品の概略構造図である。

【発明を実施するための形態】

【0054】

これらの添付図面を参照して、以下に詳細な説明がそれぞれ提供される。

【0055】

本発明で用いられる用語を、ここで最初に説明する。

【0056】

車両実行メカニズム：車両が命令を実行するメカニズム、例えば、アクセル、ブレーキペダル、ギア、及びステアリングホイールなどである。

【0057】

グリッドマップ：グリッドマップは、周辺環境を一連のグリッドに分割する。各グリッドはポテンシャルエネルギー値を与えられ、ポテンシャルエネルギー値はグリッドが占有される確率を示している。

【0058】

ポテンシャルエネルギー場：人工ポテンシャル法が経路計画の問題を解決するのに適用される場合、ポテンシャルエネルギーが低い地点に目標が手動で設定され、ポテンシャルエネルギーが高い地点に障害物が設定されて、ポテンシャルエネルギーが高い位置からポテンシャルエネルギーが低い位置にポテンシャルエネルギー場の変化方向に沿って移動するように自動運転車両が誘導される。

【0059】

車両位置：車両の後車軸の中心点の位置である。

【0060】

位置及び姿勢：物体の位置及び姿勢である。

【0061】

10

20

30

40

50

車両座標系：図 1 a に示すように、車両が水平な路面上で静止状態にある場合、x 軸は地面に対して平行であり前方を指し、z 軸は後車軸の中心を通り鉛直方向に上へ向かい、y 軸は運転席の左側を指し、後車軸の中心が座標系の原点 O である。

【 0 0 6 2 】

測地座標系：地面に対する固定座標系である。測地座標系は、複数の方式で定義される。例えば、原点は車両の初期位置で定義されてよく、x 軸は目標の正の方向に沿っている。車両が移動した後、原点の位置及び x 軸の方向が地面に固定されて、車両と共に移動しない。あるいは、原点は地上の位置に定義され、x 軸は北を向いている。

【 0 0 6 3 】

図 1 b は、本発明の一実施形態による車両 1 0 0 の機能ブロック図である。ある実施形態において、車両 1 0 0 は完全に又は部分的に自動運転モードになるように構成される。例えば車両 1 0 0 は、自動運転モードにある間は車両自体を制御してよく、車両の現在状況及び車両の周辺環境の現在状況を手動操作によって判断して、周辺環境に存在する少なくとも 1 つの他の車両の起こり得る挙動を判断し、その起こり得る挙動を他の車両が取る可能性に対応した信頼水準を判断して、判断した情報に基づいて車両 1 0 0 を制御してよい。車両 1 0 0 が自動運転モードにある場合、車両 1 0 0 は、人とやり取りすることなく動作するように構成されてよい。

10

【 0 0 6 4 】

車両 1 0 0 は、走行システム 1 0 2、センサシステム 1 0 4、制御システム 1 0 6、1 つ又は複数の周辺機器 1 0 8、電源 1 1 0、コンピュータシステム 1 1 2、ユーザインタフェース 1 1 6 などの様々なサブシステムを含んでよい。必要に応じて、車両 1 0 0 はもっと多い又は少ないサブシステムを含んでよく、各サブシステムは複数の要素を含んでよい。さらに、車両 1 0 0 のそれぞれのサブシステム及び要素は、有線方式又は無線方式で相互接続されてよい。

20

【 0 0 6 5 】

走行システム 1 0 2 は、車両 1 0 0 を移動させる動力を提供するコンポーネントを含んでよい。ある実施形態において、走行システム 1 0 2 は、エンジン 1 1 8、エネルギー源 1 1 9、変速装置 1 2 0、及び車輪/タイヤ 1 2 1 を含んでよい。エンジン 1 1 8 は、内燃エンジン、電気モータ、空気圧縮エンジン、又は異なるタイプのエンジンの組み合わせ（例えば、ガソリンエンジンと電気モータを含むハイブリッドエンジン、又は内燃エンジンと空気圧縮エンジンを含むハイブリッドエンジン）であってもよい。エンジン 1 1 8 は、エネルギー源 1 1 9 を機械的エネルギーに変換する。

30

【 0 0 6 6 】

エネルギー源 1 1 9 の一例には、ガソリン燃料、ディーゼル燃料、別の石油燃料、プロパンガス、別の圧縮ガス燃料、エタノール燃料、太陽電池パネル、バッテリー、及び別の動力源が含まれる。エネルギー源 1 1 9 は、車両 1 0 0 の別のシステムにもエネルギーを提供してよい。

【 0 0 6 7 】

変速装置 1 2 0 は、エンジン 1 1 8 から車輪 1 2 1 に機械的動力を伝達してよい。変速装置 1 2 0 は、ギアボックス、差動ギア、及び駆動軸を含んでよい。ある実施形態において、変速装置 1 2 0 はさらに、クラッチなどの別の装置を含んでよい。駆動軸は、1 つ又は複数の車輪 1 2 1 に連結され得る 1 つ又は複数のシャフトを含んでよい。

40

【 0 0 6 8 】

センサシステム 1 0 4 は、車両 1 0 0 の周辺環境に関する情報を検知するいくつかのセンサを含んでよい。例えば、センサシステム 1 0 4 は、測位システム 1 2 2（測位システムは、GPS システムであってもよく、Bei Dou システム又は別の測位システムであってもよい）、慣性測定ユニット (i n e r t i a l m e a s u r e m e n t u n i t 、 I M U) 1 2 4、レーダ 1 2 6、レーザ距離計 1 2 8、及びカメラ 1 3 0 を含んでよい。センサシステム 1 0 4 はさらに、監視される車両 1 0 0 の内蔵システムのセンサ（例えば、車載大気質モニタ、燃料計、エンジンオイル温度計）を含んでよい。これらのセンサ

50

のうちの1つ又は複数からのセンサデータが、物体及びその物体の対応する特徴（位置、形状、方向、又は速度など）を検出するのに用いられてよい。こうした検出及び認識が、自律走行車100の安全な運転に関する主要な機能である。

【0069】

測位システム122は、車両100の地理的位置を推定するように構成されてよい。IMU124は、車両100の位置及び方向の変化を慣性加速度に基づいて検出するように構成される。ある実施形態において、IMU124は加速度計とジャイロスコープとの組み合わせであってよい。

【0070】

レーダ126は、車両100の周辺環境に存在する物体を検出するために無線信号を用いてよい。いくつかの実施形態では、レーダ126は物体の検出に加えてさらに、速度及び/又は物体の前進方向を検出するように構成されてよい。

10

【0071】

レーザ距離計128は、車両100が位置している環境に存在する物体を検出するためにレーザを用いてよい。いくつかの実施形態において、レーザ距離計128は、1つ又は複数のレーザ源、レーザスキャナ、1つ又は複数の検出器、及び別のシステムコンポーネントを含んでよい。

【0072】

カメラ130は、車両100の周辺環境の複数の画像を取り込むように構成されてよい。カメラ130は、スチルカメラであってもビデオカメラであってもよい。

20

【0073】

制御システム106は、車両100及び車両100のコンポーネントの動作を制御する。制御システム106は、ステアリングシステム132、アクセル134、制動ユニット136、センサフュージョンアルゴリズム138、コンピュータビジョンシステム140、ルート制御システム142、及び障害物回避システム144を含む様々な要素を含んでよい。

【0074】

ステアリングシステム132は、車両100の前進方向を調整するように操作されてよい。例えば、ステアリングシステムは、ある実施形態においてステアリングホイールシステムであってよい。

30

【0075】

アクセル134は、エンジン118の動作速度を制御するように、さらに車両100の速度を制御するように構成される。

【0076】

制動ユニット136は、車両100を制御して減速するように構成される。制動ユニット136は、車輪121の回転を落とすのに摩擦力を用いてよい。別の実施形態において、制動ユニット136は、車輪121の運動エネルギーを電流に変換してよい。あるいは、制動ユニット136は、車輪121の回転を別の方式で落として、車両100の速度を制御してよい。

【0077】

コンピュータビジョンシステム140は、カメラ130が取り込んだ画像を処理し且つ分析して、車両100の周辺環境に存在する物体及び/又は地形を認識するように操作されてよい。物体及び/又は地形には、交通信号、道路境界、及び障害物が含まれてよい。コンピュータビジョンシステム140は、物体認識アルゴリズム、ストラクチャフロムモーション(Structure from Motion, SFM)アルゴリズム、ビデオトラッキング、及び別のコンピュータビジョン技術を用いてよい。いくつかの実施形態において、コンピュータビジョンシステム140は、周辺環境のマップを描くこと、物体を追跡すること、又は物体の速度を推定することなどを行うように構成されてよい。

40

【0078】

ルート制御システム142は、車両100の運転ルートを判断するように構成される。

50

いくつかの実施形態において、ルート制御システム 142 は、センサフュージョンシステム 138、GPS 122、及び 1 つ又は複数の所定のマップからのデータと組み合わせて車両 100 の運転ルートを判断してよい。

【0079】

障害物回避システム 144 は、車両 100 の周辺環境に存在する可能性のある障害物を別の方式で認識し、評価し、回避する又は越えるように構成される。

【0080】

もちろん、一例において、制御システム 106 は、示され且つ説明されたコンポーネント以外のコンポーネントを追加してもよく、代替的に含んでもよい。あるいは、上記に示したコンポーネントの一部が、削減されてもよい。

【0081】

車両 100 は、周辺機器 108 を用いて、外部センサ、別の車両、別のコンピュータシステム、又はユーザとやり取りする。周辺機器 108 には、無線通信システム 146、車載コンピュータ 148、マイク 150、及び / 又はスピーカ 152 が含まれてよい。

【0082】

いくつかの実施形態において、周辺機器 108 は、車両 100 のユーザがユーザインタフェース 116 とやり取りするための手段を提供する。例えば、車載コンピュータ 148 は車両 100 のユーザに情報を提供してよい。ユーザインタフェース 116 はさらに、車載コンピュータ 148 を操作することにより、ユーザ入力を受け取ってよい。車載コンピュータ 148 は、タッチスクリーンを用いて操作されてよい。別の事例において、周辺機器 108 は、車両 100 が車両内の別のデバイスと通信するための手段を提供してよい。例えば、マイク 150 は、車両 100 のユーザから音声（例えば、音声命令または別の音声入力）を受信してよい。同様に、スピーカ 152 は、車両 100 のユーザに音声を出力してよい。

【0083】

無線通信システム 146 は、1 つ又は複数のデバイスと直接的に、又は通信ネットワークを介して無線通信を行ってよい。例えば、無線通信システム 146 は、CDMA、EVDO、及び GSM（登録商標）/ GPRS などの 3G セルラ方式通信、又は LTE などの 4G セルラ方式通信、又は 5G セルラ方式通信を用いてもよい。無線通信システム 146 は、WiFi を用いて、無線ローカルエリアネットワーク（wireless local area network、WLAN）と通信してよい。いくつかの実施形態において、無線通信システム 146 は、赤外線リンク、Bluetooth（登録商標）、又は ZigBee（登録商標）を用いてデバイスと直接的に通信してよい。他の無線プロトコル、例えば、無線通信システム 146 などの様々な車両通信システムが、1 つ又は複数の専用の近距離通信（dedicated short range communications、DSRC）デバイスを含んでよく、このシステムは、車両間及び / 又は沿道のステーション間の公衆データ通信及び / 又はプライベートデータ通信を含んでよい。

【0084】

電源 110 は、車両 100 の様々なコンポーネントに電力を供給してよい。ある実施形態において、電源 110 は、充電可能なリチウムイオンバッテリーであっても、鉛酸バッテリーであってもよい。そのようなバッテリーの 1 つ又は複数のバッテリーパックが、車両 100 の様々なコンポーネントに電力を供給するように構成されてよい。いくつかの実施形態において、電源 110 及びエネルギー源 119 は、例えば、一部の完全電気式車両と一緒に実装されてよい。

【0085】

車両 100 の一部又は全部の機能が、コンピュータシステム 112 によって制御される。コンピュータシステム 112 は、少なくとも 1 つのプロセッサ 113 を含んでよい。プロセッサ 113 は、データ記憶装置 114 などの非一時的コンピュータ可読媒体に格納された命令 115 を実行する。コンピュータシステム 112 は代替的に、車両 100 の個々のコンポーネント又はサブシステムを分散方式で制御する複数のコンピューティングデバ

10

20

30

40

50

イスであってよい。

【 0 0 8 6 】

プロセッサ 1 1 3 は、市販の CPU などの、任意の従来型プロセッサであってよい。あるいは、プロセッサは、ASIC 又は別のハードウェアベースのプロセッサなどの専用デバイスであってもよい。図 1 b は、同じブロックにプロセッサ、メモリ、及びコンピュータ 1 1 0 という他の要素を機能的に示しているが、当業者であれば、プロセッサ、コンピュータ、又はメモリが実際には、同じ物理的ハウジングに格納されてもされなくてもよい複数のプロセッサ、コンピュータ、又はメモリを含んでよいことを理解するはずである。例えば、メモリは、コンピュータ 1 1 0 のハウジングとは異なるハウジングに位置するハードディスクドライブ又は別の記憶媒体であってもよい。したがって、プロセッサ又はコンピュータへの言及が、並列に操作されてもされなくてもよい一連のプロセッサ、コンピュータ、又はメモリへの言及を含むものと理解される。単一のプロセッサを用いて、本明細書で説明した各段階を行うのと異なり、ステアリングコンポーネント及び減速コンポーネントなどのいくつかのコンポーネントがそれぞれ、独自のプロセッサを有してよく、このプロセッサは特定コンポーネントの機能に関連した計算だけを行う。

10

【 0 0 8 7 】

本明細書で説明した様々な態様において、プロセッサは車両から遠く離れて配置され、車両と無線通信を行ってもよい。別の態様では、本明細書で説明したプロセスの一部が、車両に配置されたプロセッサ上で行われてもよいが、単一の操作を行うために必要な措置を取ることを含む他のプロセスはリモートプロセッサで行われる。

20

【 0 0 8 8 】

いくつかの実施形態において、データ記憶装置 1 1 4 は命令 1 1 5 (例えば、プログラムロジック)を含んでよく、命令 1 1 5 はプロセッサ 1 1 3 で実行されて車両 1 0 0 の様々な機能(上述した機能を含む)を行ってよい。データ記憶装置 1 1 4 は、走行システム 1 0 2、センサシステム 1 0 4、制御システム 1 0 6、及び複数の周辺機器 1 0 8 のうちの 1 つ又は複数との間で、データを送信する、データを受信する、やり取りする、且つ/又は制御を行うための命令を含むさらなる命令も含んでよい。

【 0 0 8 9 】

データ記憶装置 1 1 4 は、命令 1 1 5 に加えて、例えば、道路マップ及びルート情報、車両の位置、方向、速度、及び他の車両データ、並びに他の情報といったデータを格納してよい。そのような情報は、車両 1 0 0 が自律モード、半自律モード、及び/又は手動モードで動作する際に、車両 1 0 0 及びコンピュータシステム 1 1 2 により用いられてよい。

30

【 0 0 9 0 】

例えば、時点 t において、センサシステム 1 0 4 の全地球測位システム 1 2 2 を用いて車両の座標が取得される。プロセッサ 1 1 3 はさらに、異なる時点での座標に基づいて車両の速度を取得し、慣性測定ユニット 1 2 4 を用いて車両の進路角を取得し、レーザ距離計 1 2 8 を用いて車両と障害物との距離を取得するので、プロセッサ 1 1 3 は、この距離と車両の座標とに基づいて障害物の座標を取得できる。障害物が移動する場合、プロセッサ 1 1 3 は、異なる時点での座標を用いて障害物の速度を取得してよい。車両の運転可能領域と障害物の寸法とが、カメラ 1 3 0 を用いて取得される。プロセッサ 1 1 3 は、車両の座標及び寸法と障害物の座標及び寸法とに基づいて車両の運転可能領域を処理し、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する。全地球測位システム 1 2 2 は、車線中心線上の道路ポイントの座標を取得する。プロセッサ 1 1 3 は、車線中心線上の道路ポイントの座標に基づいて車両の平行線トラック群を取得し、次いでポテンシャルエネルギーのグリッドマップに基づいて、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックのコスト値を計算し、その後、時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて、最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する。制御システム 1 0 6 のルート制御システム 1 4 2 は、時点 t での目標トラックに基づいて車両の走行を制御し、障害物を回避する。

40

【 0 0 9 1 】

50

プロセッサ 113 は、車両の座標、現在の時点での速度、進路角、及び時点 t での目標トラックに基づいて、将来の複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報を取得する。障害物回避システム 144 は、将来の複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報に基づいて障害物回避を行う。

【0092】

ユーザインタフェース 116 は、車両 100 のユーザに情報を提供する、又は車両 100 のユーザから情報を受け取るように構成される。必要に応じて、ユーザインタフェース 116 は、一連の周辺機器 108 の中に 1 つ又は複数の入力/出力デバイス、例えば、無線通信システム 146、車載コンピュータ 148、マイク 150、及びスピーカ 152 を含んでよい。

10

【0093】

コンピュータシステム 112 は、様々なサブシステム（例えば、走行システム 102、センサシステム 104、及び制御システム 106）及びユーザインタフェース 116 から受信した入力に基づいて、車両 100 の諸機能を制御してよい。例えば、コンピュータシステム 112 は、制御システム 106 からの入力を用いて、ステアリングユニット 132 を制御し、センサシステム 104 及び障害物回避システム 144 が検出した障害物を回避してよい。いくつかの実施形態において、コンピュータシステム 112 は、車両 100 及びそのサブシステムの多くの態様を制御するように操作されてよい。

【0094】

必要に応じて、前述の複数のコンポーネントのうちの 1 つ又は複数が、車両 100 とは別個に設置されてもよく、車両 100 と関連付けられてもよい。例えば、データ記憶装置 114 は、部分的に又は完全に車両 100 とは別個に存在してもよい。前述の複数のコンポーネントは、有線方式及び/又は無線方式で一緒に通信可能に連結されてよい。

20

【0095】

必要に応じて、前述の複数のコンポーネントは単なる例にすぎない。実際の応用では、前述の複数のモジュールの各コンポーネントが、実際の要件に基づいて追加されても削除されてもよい。図 1 b は、本発明のこの実施形態に対する限定と理解されるべきではない。

【0096】

道路を移動する自動運転車（上記の車両 100 など）が、車両の周辺環境に存在する物体を認識して、現在の速度に対する調整を判断してよい。この物体は、別の車両、交通規制装置、又は別のタイプの物体であってもよい。いくつかの例では、認識された各物体は個別に検討されてよく、自動運転車が調整する速度が、現在の速度、加速度、物体と車両との距離などの、物体の特徴に基づいて判断されてよい。

30

【0097】

必要に応じて、自動運転車両 100 又は自動運転車両 100 と関連付けられたコンピューティングデバイス（図 1 b のコンピュータシステム 112、コンピュータビジョンシステム 140、又はデータ記憶装置 114 など）は、認識した物体の特徴と周辺環境の状態（例えば、交通量、降雨、道路の凍結）とに基づいて、認識した物体の挙動を予測してよい。必要に応じて、認識された各物体は互いの挙動に左右される。したがって、認識された全ての物体は、認識された単一の物体の挙動を予測するために、一緒に検討されてよい。車両 100 は、その速度を、認識した物体の予測挙動に基づいて調整できる。言い換えれば、自動運転車は、物体の予測挙動に基づいて、特定の安定状態（例えば、加速、減速、又は停止）を判断でき、車両はその状態に調整される必要がある。このプロセスでは、車両 100 の速度を判断するために別の要因も検討されてよい。例えば、車両 100 が走行道路上で横切る位置、道路の曲率、及び静止物体と動的物体との近さである。

40

【0098】

コンピューティングデバイスは、自動運転車の速度を調整する命令を提供することに加えて、車両 100 のステアリング角を修正する命令を提供してよく、これにより、自動運転車は所与のトラックをたどる、且つ/又は自動運転車とその自動運転車の近くの物体（例えば、道路の隣接車線にいる自動車）との間で安全な水平距離及び鉛直距離を維持する。

50

【 0 0 9 9 】

車両 1 0 0 は、自動車、トラック、オートバイ、バス、ボート、飛行機、ヘリコプタ、芝刈機、エンターテイメントカー、遊園地の車両、建設機械、路面電車、ゴルフカート、列車、及び手押し車などであってもよい。これについては、本発明のこの実施形態において具体的に限定されない。

【 0 1 0 0 】

[シナリオ例 2 : 自動運転システム]

【 0 1 0 1 】

図 2 によれば、コンピュータシステム 1 0 1 がプロセッサ 1 0 3 を含み、プロセッサ 1 0 3 はシステムバス 1 0 5 に連結される。プロセッサ 1 0 3 は 1 つ又は複数のプロセッサ 10 であってよく、各プロセッサは 1 つ又は複数のプロセッサコアを含んでよい。ビデオアダプタ 1 0 7 がディスプレイ 1 0 9 を駆動してよく、ディスプレイ 1 0 9 はシステムバス 1 0 5 に連結される。システムバス 1 0 5 は、バスブリッジ 1 1 1 を用いて入力 / 出力 (I / O) バス 1 1 3 に連結される。I / O インタフェース 1 1 5 が I / O バスに連結される。I / O インタフェース 1 1 5 は複数の I / O デバイス、例えば、入力デバイス 1 1 7 (キーボード、マウス、及びタッチスクリーンなど) 及びマルチメディアトレイ (m e d i a t r a y) 1 2 1 (C D - R O M 及びマルチメディアインタフェースなど) と通信する。送受信機 1 2 3 (無線通信信号を送信及び / 又は受信してよい)、カメラ 1 5 5 (静止画及び動的なデジタルビデオ画像を取り込んでよい)、及び外部 U S B インタフェース 1 2 5 が提供されている。必要に応じて、I / O インタフェース 1 1 5 に接続されたインタフェースが U S B インタフェースであってもよい。

10

20

【 0 1 0 2 】

プロセッサ 1 0 3 は、縮小命令セットコンピューティング (「 R I S C 」) プロセッサ、複合命令セットコンピューティング (「 C I S C 」) プロセッサ、又はこれらの組み合わせを含む任意の従来型プロセッサであってもよい。必要に応じて、プロセッサは特定用途向け集積回路 (「 A S I C 」) などの専用装置であってもよい。必要に応じて、プロセッサ 1 0 3 は、ニューラルネットワークプロセッサであっても、ニューラルネットワークプロセッサと前述の従来型プロセッサとの組み合わせであってもよい。

【 0 1 0 3 】

必要に応じて、本明細書で説明した様々な実施形態において、コンピュータシステム 1 0 1 は、自動運転車両から離れて配置されてよく、且つ自動運転車両 1 0 0 と無線で通信してよい。別の態様では、本明細書で説明したプロセスの一部が、自動運転車両に配置されたプロセッサで行われ、単一の操作を行うために必要な動作を起こすことを含む他のプロセスがリモートプロセッサで行われる。

30

【 0 1 0 4 】

コンピュータ 1 0 1 は、ネットワークインタフェース 1 2 9 を用いて、ソフトウェアデプロイメントサーバ 1 4 9 と通信してよい。ネットワークインタフェース 1 2 9 は、ネットワークインタフェースカードなどのハードウェアネットワークインタフェースである。ネットワーク 1 2 7 は、インターネットなどの外部ネットワークであってもよく、イーサネット (登録商標) 又は仮想プライベートネットワーク (V P N) などの内部ネットワークであってもよい。必要に応じて、ネットワーク 1 2 7 は、W i F i ネットワーク又はセルラネットワークなどの無線ネットワークであってもよい。

40

【 0 1 0 5 】

ハードディスクドライブインタフェースがシステムバス 1 0 5 に連結される。ハードウェアドライブインタフェースは、ハードディスクドライブに接続される。システムメモリ 1 3 5 がシステムバス 1 0 5 に連結される。システムメモリ 1 3 5 で動作するデータが、コンピュータ 1 0 1 のオペレーティングシステム 1 3 7 及びアプリケーションプログラム 1 4 3 を含んでよい。

【 0 1 0 6 】

オペレーティングシステムは、シェル 1 3 9 及びカーネル (k e r n e l) 1 4 1 を含

50

む。シェル 139 は、ユーザとオペレーティングシステムのカーネル (kernel) とのインタフェースである。シェルは、オペレーティングシステムの最外層である。シェルは、ユーザとオペレーティングシステムとのやり取りを管理する。つまり、シェルはユーザの入力を待ち、ユーザの入力をオペレーティングシステムに説明して、オペレーティングシステムの様々な出力結果を処理する。

【0107】

カーネル 141 はオペレーティングシステムの一部を含み、それを用いて、メモリ、ファイル、周辺機器、及びシステムリソースを管理する。オペレーティングシステムのカーネルは、直接的にハードウェアとやり取りし、通常は複数のプロセスを動作させ、プロセス間の連絡を行い、CPU のタイムスライス管理、割り込み処理、メモリ管理、及び I/O 管理などを行う。

10

【0108】

アプリケーションプログラム 143 は、自動車の自動運転の制御に関連したプログラム、例えば、自動運転車と道路上の障害物との相互作用を管理するプログラム、自動運転車のルート又は速度を制御するプログラム、及び自動運転車と道路上の別の自動運転車との相互作用を制御するプログラムを含む。アプリケーションプログラム 143 は、ソフトウェアデプロイメントサーバ 149 のシステム上にも存在する。ある実施形態において、コンピュータシステム 101 は、自動運転関連のプログラム 147 を実行する必要がある場合、アプリケーションプログラム 143 をソフトウェアデプロイメントサーバ 149 からダウンロードしてよい。

20

【0109】

センサ 153 がコンピュータシステム 101 と関連付けられている。センサ 153 は、コンピュータ 101 の周辺環境を検出するように構成される。例えば、センサ 153 は、動物、自動車、障害物、及び横断歩道などを検出してよい。さらにセンサは、動物、自動車、障害物、及び横断歩道などの前述の物体周辺の環境、例えば、動物の周辺に現れた別の動物などの動物周辺の環境、気象状況、及び周辺環境の明るさを検出してよい。必要に応じて、コンピュータ 101 が自動運転車に配置されている場合、センサ 153 は、カメラ、赤外線センサ、化学物質検出器、マイク、慣性測定ユニット、レーザ距離計、又は測位システムなどであってもよい。

【0110】

例えば、センサ 153 の測位システムは車両の座標と車線中心線上の道路ポイントの座標とを取得し、慣性測定ユニットは車両の進路角を取得し、カメラは車両の運転可能領域と障害物の寸法とを取得し、レーザ距離計は車両と障害物との距離を取得する。

30

【0111】

プロセッサ 103 は、ハードディスクドライブ 133 から、システムバス 105 及びハードディスクドライブインタフェース 131 に基づいて、センサ 153 及びカメラ 155 で収集された関連データを取得し、アプリケーションプログラム 143 中の自動運転関連のプログラム 147 を呼び出して以下に挙げる方法を行う。すなわち、時点 t での車両の速度を、異なる時点での車両の座標に基づいて取得する段階と、車両と障害物との距離及び車両の座標に従って障害物の座標を取得する段階と、車両の座標及び寸法と障害物の座標及び寸法とに基づいて車両の運転可能領域を処理し、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階と、車両が位置している車線の車線中心線上の道路ポイントの座標に基づいて、車両の平行線トラック群を取得する段階であって、平行線トラック群は複数の平行線トラックを含む、取得する段階と、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに基づいて複数の平行線トラックのそれぞれのコスト値を計算する段階と、時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて、最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する段階と、時点 t での目標トラックに基づいて、運転するよう車両を制御する段階と、車両の座標、現在の時点の速度、進路角、及び時点 t での目標トラックに基づいて、将来の複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報を取得する段階と、予測される位置及び姿勢情報に基づいて、車

40

50

両が障害物と衝突しようとしていると判断された場合、衝突前にブレーキをかけて前進を停止する又は減速して前進するよう車両を制御する段階とを含む方法である。

【0112】

図3を参照されたい。図3は、本発明の一実施形態による応用シナリオの概略図である。図3に示すように、現在の車線には、車線にわずかに侵入した障害物が車両の前にあり、反対車線には近づいてくる車両があり、2つの車線の間にある交通標識ラインが実線になっている。車線変更が交通規則に従って禁じられている場合、又は隣接車線の交通量が混雑している場合、車両は車線を変更できない。車両は、車線の中で回避を行い、障害物を避けて、この車線を通行する必要がある。

【0113】

車両は、車両に関する情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を時点 t で取得し、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理して、ポテンシャルエネルギーのラスタマップを取得し、車両が現在位置している車線の中心線に関する情報を取得し、車線の中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得する。ここで、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックは、車線の中心線に対して平行である。車両は、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに基づいて、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックのコスト値を計算する。時点 $[t-1]$ での目標トラックに基づいて、平行線トラック群の中で最小代数值を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングが行われ、時点 t での目標トラックが取得される。車両は、障害物を回避するために、時点 t での目標トラックに基づいて走行する。

【0114】

車両は、現在の時点での座標、速度、及び進路角を取得し、現在の時点での座標、速度、及び進路角と時点 t での目標トラックとに基づいて、将来の複数の連続した時点での車両に関する予測される位置及び姿勢情報を取得し、複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報に基づいて、車両が障害物と衝突しようとしているかどうかを判断し、車両が障害物と衝突しようとしていることが検出された場合、障害物の前に仮想壁を生成する。これにより、車両は障害物の前に停止する又は減速して前進し、安全を確保する。

【0115】

図4を参照されたい。図4は、本発明の一実施形態による障害物回避方法の概略フローチャートである。図4に示すように、本方法は次に挙げる段階を含む。

【0116】

S401：時点 t での車両情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を取得する。

【0117】

車両情報は車両の寸法及び座標を含み、障害物情報は障害物の寸法及び座標を含み、車両の座標及び障害物の座標は両方とも、ENU座標系の座標である。運転可能領域は、大きさが $L \times I$ の矩形領域であり、車両に中心がある。

【0118】

障害物には、車両の運転可能領域の中を移動する又はそこに静止してとどまる人又は物体（自動車、樹木、自転車に乗っている人など）が含まれてよいことに留意されたい。

【0119】

S402：車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理し、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する。

【0120】

具体的には、運転可能領域に対してラスタライズ処理を行い、グリッドマップを取得する。障害物の座標は、車両の座標に基づいてENU座標系から車両座標系に変換され、障害物の相対位置座標が取得される。障害物は、車両の寸法と障害物の相対位置座標及び寸法とに従ってグリッドマップにマッピングされ、障害物のグリッドマップ上の占有領域、ハード境界、及びソフト境界が取得される。ここで、ハード境界と占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、ソフト境界と占有領域の境界との距離が D であり、 D は車両の車両幅である。ハード境界、ソフト境界、及び占有領域に基づいて、グリッドマップに対してポ

10

20

30

40

50

テンシャルエネルギー処理が行われ、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップが取得される。

【0121】

ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値がハード境界からソフト境界への方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より小さい又はこれと等しく、 c は b より大きい。

【0122】

図5に示すシナリオが一例として用いられる。車両が中心として用いられ、 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ の寸法を有する正方形または別の大きさの矩形領域が運転可能領域として用いられ、この運転可能領域に対してラスタライズ処理が行われ、グリッドマップ(図5には灰色のグリッドで示されている)が取得される。グリッド解像度は $0.25\text{ m} \times 0.25\text{ m}$ 、すなわち、グリッドマップ上の各グリッドの寸法は $0.25\text{ m} \times 0.25\text{ m}$ である。障害物(図5に示す対向車両及び障害物を含む)の座標は、ENU座標系から車両座標系に変換され、車両に対する障害物の相対位置座標が取得される。

【0123】

次いで、車両及び障害物は、車両の座標及び寸法と障害物の相対位置座標及び寸法とに基づいて、グリッドマップにマッピングされ、グリッドマップ上の車両及び障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界が取得される。ここで、ハード境界と占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、ソフト境界と占有領域の境界との距離が D であり、 D は車両の車両幅である。言い換えれば、グリッドマップ上の障害物により占有される領域が取得された後に、2つの占有領域(対向車両により占有される領域と障害物により占有される領域とを含む)が車両の実幅の半分に基づいて外向きに拡張され、図5、すなわち図5に示す黒色領域が取得される。黒色領域の外側境界がハード境界である。黒色領域は、車両の実幅の半分だけ外向きに拡張され、図5に示す灰色領域が取得される。灰色領域の外側境界がソフト境界である。

【0124】

ハード境界、ソフト境界、及び占有領域に基づいて、グリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理が行われ、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップが取得される。ハード境界内の全グリッド(すなわち、図5の黒色領域及び占有領域)のポテンシャルエネルギー値が全て a であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、灰色領域内のグリッドのポテンシャルエネルギー値がハード境界からソフト境界への方向に沿って c から b に徐々に減少する。例えば、黒色領域内の全グリッドのポテンシャルエネルギー値は全て 1 であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値は全て 0 であり、灰色領域内のグリッドのポテンシャルエネルギー値はハード境界からソフト境界への方向に沿って 0.08 から 0 に減少する。

【0125】

ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値が c から b に徐々に減少する、具体的には、ハード境界からソフト境界への方向に沿って c から b に線形に減少する。

【0126】

図6に示すように、ハード境界とソフト境界との間にグリッドが4つあり、それぞれグリッドI1、グリッドI2、グリッドI3、及びグリッドI4である。グリッドI1の左側にあるグリッドがハード境界に位置し、そのポテンシャルエネルギー値が 1 である。I1、I2、I3、及びI4のポテンシャルエネルギー値はそれぞれ、 0.08 、 0.06 、 0.04 、及び 0.02 である。I4の右側にあるグリッドのポテンシャルエネルギーは 0 である。

【0127】

ある実現可能な実施形態において、ソフト境界とハード境界との間の領域にあるグリッ

10

20

30

40

50

ドの場合、スムーズな高解像度のポテンシャルエネルギー場を取得するために、グリッドのポテンシャルエネルギー値（この値は浮動小数点数である）がガウシアンフィルタリングアルゴリズム又は平均フィルタリングアルゴリズムに従って取得されてよい。

【0128】

図5に示すように、ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値は、ガウシアンフィルタリングアルゴリズム又は平均フィルタリングアルゴリズムに従い、計算によって取得され、ポテンシャルエネルギー値が1から0にスムーズに遷移する灰色の勾配領域が取得され、現在のシナリオのポテンシャルエネルギー場全体が形成される。

【0129】

障害物のソフト境界及びハード境界が決定された後に、次の計算を容易にするために、車両は質点とみなされてよいことに、ここでは留意されたい。本願において、対向車両は障害物とも呼ばれる。

【0130】

S403：車両が現在位置している車線の中心線に関する情報を取得し、車線の中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得する。

【0131】

車線の中心線に関する情報は、車線の中心線上の各道路ポイントの座標を含む。平行線トラック群は複数の平行線トラックを含み、それぞれの平行線トラックは車線中心線に対して平行である。

【0132】

具体的には、車線に関する中心線情報に基づいて平行線トラック群を取得する段階は、車線中心線上の道路ポイントの座標と距離 d_m とに基づいて平行線トラック群を取得する段階を含み、距離 d_m は、車線中心線と平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である。

【0133】

さらに、 m 番目の平行トラック線上の k 番目の道路ポイントの座標が、

【数7】

$$(x_{mk}^{new}, y_{mk}^{new})$$

であり、ここで、

【数8】

$$x_{mk}^{new} = x_k + d_m \times \frac{y_{k+1} - y_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

$$y_{mk}^{new} = y_k - d_m \times \frac{x_{k+1} - x_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

である。

【0134】

(x_k, y_k) 及び (x_{k+1}, y_{k+1}) はそれぞれ、車線中心線上の k 番目の道路ポイント及び $(k+1)$ 番目の道路ポイントの座標であり、この座標は ENU 座標系の座標である。

【0135】

平行線トラック群の最外にある平行線トラックと車線境界線との距離の絶対値が車両の幅の半分であり、車両が車線境界線を横切り別の車線にいる車両と相互作用することも、別の車線にいる車両の正常な運転に影響を与えることもないよう保証していることに、ここでは留意されたい。

【0136】

ある特定の実施形態において、図3に示すシナリオが一例として用いられる。平行線トラックと車線中心線との距離 d が最初に取得され、次いで車線の中心線上の道路ポイントの座標と距離 d とが予め設定した数式に従って計算され、平行線トラック上の道路ポイントの座標が取得される。このようにして、平行線トラックが取得される。

10

【0137】

異なる値、例えば、 -0.8 m 、 -0.4 m 、 0.4 m 、及び 0.8 m が距離 d として選択され、前述の各段階が繰り返し行われ、平行線トラック群が取得される。図3に示すシナリオでは、間隔 d が -1.6 m 又は 1.6 m である場合、すなわち、生成された平行線トラックと車線境界線との距離が車両幅の半分より小さい場合、新たな平行線トラックの生成が中止され、図7の細い白線で示す平行線トラックが平行線トラック群として最終的に取得される。カーブで平行線トラック群を生成する具体的なプロセスについては、図7の平行線トラック群を生成するプロセスを参照されたい。詳細は再度ここで説明しない。カーブで生成される平行線トラック群が図8に示されている。異なる密度の平行線トラック群を生成するために、距離 d の値が様々なシナリオに従って調整されてよい。

20

【0138】

d が負の数である場合、これは平行線トラックが車線中心線の左側に位置していることを示しており、また d が正の数である場合、これは平行線トラックが車線中心線の右側に位置していることを示していることに、ここでは留意されたい。あるいは、 d が負の数である場合、これは平行線トラックが車線中心線の右側に位置していることを示しており、また d が正の数である場合、これは平行線トラックが車線中心線の左側に位置していることを示している。

30

【0139】

S404：平行線トラック上の地点が位置しているグリッドのポテンシャルエネルギーに基づいて、平行線トラック群内の各トラックのコスト値を計算する。

【0140】

平行線トラック群内の j 番目の平行線トラックのコスト値が次式で表される。

【数9】

$$\text{TotalCost}_j = w_{\text{background}} \cdot a(v) \cdot \text{Offsetcost}(j) + w_{\text{map}} \sum_{i=1}^N b(i) \cdot c(x_i, y_i) \cdot \text{PM}(x_i, y_i)$$

40

【0141】

$\text{offsetcost}(j)$ は、 j 番目の平行線トラックと車線中心線とのオフセットであり、 $a(v)$ は車両の現在の車両速度と正相関がある関数である。車両速度が高い場合、小さいオフセットを有する平行線トラックが選択される可能性が確実に高くなり、快適さが保証される。 $w_{\text{background}}$ は $\text{offsetcost}(j)$ の重みであり、 w_{map} は障害物の重みであり、 w_{map} は $w_{\text{background}}$ より大きい。

【0142】

50

$P M(x_i, y_i)$ は、 j 番目の平行線トラック上の i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値であり、 $b(i)$ は j 番目の平行線トラック上の i 番目の道路ポイントと車両との距離と負相関がある関数である。 i 番目の道路ポイントと車両との距離が大きいくほど、 $b(i)$ は小さい値を示す。すなわち、障害物と車両との距離が大きいくほど、平行線トラックの選択に与える影響が小さいことを示す。 $c(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプを示すのに用いられる。例えば、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプがハード境界の中に位置するグリッドである場合、 $c(x_i, y_i)$ は 1 である。 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプがハード境界とソフト境界との間に位置するグリッドである場合、 $c(x_i, y_i)$ は 0.1 より小さい値である。異なる値の $c(x_i, y_i)$ 又は差分の大きさをを用いることで、ハード境界内の領域を通る平行線トラックが確実に選択されなくなる。 j 番目の平行線トラックは、複数の平行線トラックのうちのいずれか 1 つである。

10

【0143】

障害物の重み w_{map} とオフセットの重み $Offset\ cost(j)$ が決定されると、障害物の重み w_{map} が確実にオフセットの重み $Offset\ cost(j)$ より大きくなり、またハード境界内の平行線トラック上の道路ポイントに対応するグリッドのポテンシャルエネルギー値が、ハード境界とソフト境界との間の領域内の平行線トラック上の道路ポイントに対応するグリッドのポテンシャルエネルギー値よりはるかに大きくなる。

【0144】

図 9 に示すように、車線中心線の右側の平行線トラックがポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内の障害物のソフト境界及びハード境界を通るので、この平行線トラックのコスト値は比較的高い。車線中心線の左端側にある平行線トラックが車線中心線から比較的遠く離れているので、この平行線トラックのコスト値も比較的高い。最小コスト値を有する平行線トラックが車線中心線に比較的近く、障害物のソフト境界及びハード境界の外側にある。

20

【0145】

S405: 時点 $[t-1]$ での目標トラックに基づいて、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する。時点 t での目標トラックは、車両が時点 t での目標トラックに基づいて走行し障害物を回避するのに用いられる。

30

【0146】

時点 $[t-1]$ での目標トラックに基づいて、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する段階は具体的には、車両が時点 $[t-1]$ での目標トラックから平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに移動して、時点 t での目標トラックを取得することを意味することに、ここでは留意されたい。時点 t での目標トラックは、時点 $[t-1]$ での目標トラックと平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックとの間に位置するものとみなされてよい。

【0147】

時点 t での目標トラックは時点 $[t-1]$ での目標トラックと、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックとに基づいて取得されるので、時点 t での目標トラックの初期位置が車両の現在位置ではないことが確実になり得る。これにより、この目標トラックは車両の位置から切り離され、制御システムの遅延と車両の実行メカニズムの応答時間とによって引き起こされるシステム変動が防止される。これにより、車両が目標トラックに基づいて走行し、障害物を回避する場合の運転プロセスにおいて、車両の安全及びスムーズさが確保される。

40

【0148】

時点 t での目標トラックと、時点 $[t-1]$ での目標トラックと、最小コスト値を有する平行線トラックとの位置関係が図 10 に示されている。

【0149】

50

S 4 0 6 : 現在の時点 t での車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得し、時点 t での座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて、 X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する。

【 0 1 5 0 】

位置及び姿勢情報は、座標及び進路角を含む。

【 0 1 5 1 】

具体的には、座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて、 X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する段階は、座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び時点 t での目標トラックを時点 $[t+x]$ での予測モデルに入力して、時点 $[t+x]$ での車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算する段階を含み、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ を含み、 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、予測される位置及び姿勢情報を含み、 t は予測ステップであり、 x は 0、1、2、...、又は $[X-1]$ である。

10

【 0 1 5 2 】

予測モデルは、車両の動力学、運動学、及びコントローラに基づいて実装される。

【 0 1 5 3 】

座標 P_t 及び進路角 A_t は測地座標系に基づいている。すなわち、 X 個の予測される位置及び姿勢情報は測地座標系に基づいている。

【 0 1 5 4 】

言い換えれば、現在の時点 t での車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t 、並びに時点 t での目標トラックは、並列システムに基づく自動運転コントローラに入力され、次の時点（すなわち、時点 $[t+1]$ ）で予測される車両の速度並びに位置及び姿勢情報（座標及び進路角を含む）が車両の動力学又は運動学モデルに基づいて取得され、次いで新たに取得された速度並びに位置及び姿勢情報がさらに自動運転コントローラに入力される。前述の各段階が X 回繰り返されて、将来の X 個の予測される位置及び姿勢情報が取得される。

20

【 0 1 5 5 】

ある実現可能な実施形態では、S 4 0 1 及び S 4 0 6 において、車両の座標取得を同時に行ってよい。

30

【 0 1 5 6 】

S 4 0 7 : X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて、車両及び障害物に対して衝突検出を行う。

【 0 1 5 7 】

具体的には、 X 個の連続した時点での車両のカバレッジエリアが、 X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて取得される。図 1 1 及び図 1 2 に示す破線の矩形領域が車両のカバレッジエリアであり、白線で囲まれた灰色領域が障害物の占有領域である。 X 個の連続した時点での車両のカバレッジエリアは、予測トラックとみなされてよく、2 つの隣接した時点の差分、すなわち t が予測ステップである。次いで、 X 個の連続した時点での車両のカバレッジエリアが障害物の占有領域に重なるかどうか判断される。 X 個の連続した時点での車両のカバレッジエリアが障害物の占有領域に重なると判断された場合、車両は障害物と衝突しないと判断される。図 1 1 に示すように、破線の矩形領域は障害物の占有領域と重ならないので、障害物が前方に存在する場合にも車両がスムーズに通過できることを示している。複数の連続した時点での車両のカバレッジエリアが障害物の占有領域と重なると判断された場合、つまり、図 1 2 に示すように、破線の矩形領域が障害物の占有領域と重なる場合、車両が障害物と衝突しようとしていると判断され、制動情報が車両の制御モジュールに送信され、停止する又は減速して障害物の前に前進するよう制御モジュールに指示する。車両の制御モジュールが障害物の前に仮想壁を生成するので、車両は障害物の前に停止して安全を確保する。

40

【 0 1 5 8 】

50

静止した障害物の場合、図 1 1 及び図 1 2 に示す障害物の占有領域は、前述のグリッドマップ上の障害物により占有される領域であることに、ここでは留意されたい。グリッドマップ上の障害物により占有される領域は車両座標系に基づいているが、車両の X 個の予測される位置及び姿勢情報は測地座標系に基づいている。したがって、X 個の予測される位置及び姿勢情報を車両座標系に変換して、車両座標系における X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得する必要がある。次いで、X 個の連続した時点での車両のカバレッジエリアが、車両座標系における X 個の予測される位置及び姿勢情報に基づいて取得され、その後、衝突検出が行われる。検出方法は、前述の方法と同じである。この場合、車両が障害物と衝突しようとしていることが検出されると、車両の制御モジュールが障害物の前に仮想壁を生成するので、車両は障害物の前に停止して安全を確保する。

10

【 0 1 5 9 】

動的な障害物の場合、図 1 1 及び図 1 2 に示す障害物の占有領域は、測地座標系における障害物の包絡線領域である。車両の X 個の予測される位置及び姿勢情報は、測地座標系に基づいている。したがって、衝突検出を行う前に座標変換を行う必要はない。検出方法は、前述の方法と同じである。この場合、車両が障害物と衝突しようとしていることが検出されると、車両は減速して前進し、運転の安全を確保する。

【 0 1 6 0 】

将来の複数の連続した時点で予測される位置及び姿勢情報と運転可能領域内の障害物とを用いて衝突検出が行われるので、衝突位置及び衝突時間を正確に予測でき、これにより、計画したルート of 安全をリアルタイムで保証できる。

20

【 0 1 6 1 】

本願の障害物回避方法及びそれに続く衝突検出は、障害物が車両の現在の車線にわずかに侵入しているシナリオに適用されるだけでなく、自動運転プロセス全体にも適用されてよく、リアルタイムで運転の安全を確保することに、ここでは留意されたい。

【 0 1 6 2 】

一例において、車両は、障害物を回避した後に、目標トラックに基づいて運転を続けてもよく、道路中心線に基づいて運転してもよい。

【 0 1 6 3 】

本発明のこの実施形態の解決手段では、ハード境界及びソフト境界が障害物情報に基づいて導入され、車両の運転可能領域がハード境界及びソフト境界に基づいて処理されて、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップが取得されることが分かる。次に、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップに基づいて、トラック予測が行われる。先行技術と比較すると、センサ精度への依存性が減少する。車両速度及び障害物と車両との距離などのデータが、コスト値を計算するときに計算パラメータとして用いられるので、コスト値は平行線トラックの利点及び欠点を正確に反映できる。最低コストを有する平行線トラックが、コスト値を用いて選択され、トラックの安全が保証される。最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行うためにプレビュー時間が導入されるので、車両が目標トラックに基づいて運転するとき、車両の運転の安全及びスムーズさが保証される。さらに、予測トラックの初期位置が車両の現在位置ではないので、予測トラックは車両の位置から切り離され、制御システムの遅延と車両の実行メカニズムの応答時間とにより引き起こされるシステム変動が防止される。衝突検出を導入することで、目標トラックに基づく車両走行の安全をリアルタイムで確保することができる。

30

40

【 0 1 6 4 】

図 1 3 を参照されたい。図 1 3 は、本発明の一実施形態による障害物回避装置の概略構造図である。図 1 3 に示すように、障害物回避装置 1 3 0 0 は、時点 t での車両情報、障害物情報、及び車両の運転可能領域を取得するように構成された取得ユニット 1 3 0 1 と、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理し、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得するように構成された処理ユニット 1 3 0 2 であって、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは 1 つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、ポテンシャルエネルギー情報はグリッドが障害物により占有される確率を

50

表すのに用いられ、ここで取得ユニット1301はさらに、車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得するように構成され、平行線トラック群は複数の平行線トラックを含み、複数の平行線トラックのそれぞれは車線中心線に対して平行である、処理ユニット1302と、ポテンシャルエネルギー場のグリッドマップに従って、平行線トラック群内のそれぞれの平行線トラックのコスト値を計算するように構成された計算ユニット1303と、時点 $[t - 1]$ での目標トラックに基づいて、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得するように構成されたフィルタリングユニット1304であって、時点 t での目標トラックは、車両が時点 t での目標トラックに従って走行し障害物を回避するのに用いられる、フィルタリングユニット1304とを含む。

10

【0165】

ある実現可能な実施形態において、車両情報は車両の座標及び寸法を含み、障害物情報は障害物の座標及び寸法を含み、車両の座標及び障害物の座標は両方とも測地座標系であるENU座標系の座標であり、処理ユニット1302は具体的には、運転可能領域に対してラスタライズ処理を行ってグリッドマップを取得することと、障害物の座標をENU座標系から車両の座標に基づく車両座標系に変換して障害物の相対位置座標を取得することと、相対位置座標と障害物の寸法とに基づいて障害物をグリッドマップにマッピングして、グリッドマップ上の障害物の占有領域、ハード境界、及びソフト境界を取得することであって、ハード境界と占有領域の境界との距離が $D/2$ であり、ソフト境界と占有領域の境界との距離が D であり、 D は車両の車両幅である、取得することと、ハード境界、ソフト境界、及び占有領域に基づいてグリッドマップに対してポテンシャルエネルギー処理を行って、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得することであって、ハード境界内のグリッドのポテンシャルエネルギー値が全て a であり、ソフト境界の外側にある全グリッドのポテンシャルエネルギー値が全て b であり、ハード境界とソフト境界との間にあるグリッドのポテンシャルエネルギー値がハード境界からソフト境界への方向に沿って c から b に徐々に減少し、 a は b より大きく、 c は a より大きい又は a より小さく、 c は b より大きい、取得することとを行うように構成される。

20

【0166】

ある実現可能な実施形態において、車線中心線に関する情報には車線中心線上の道路ポイントの座標が含まれ、この座標はENU座標系の座標であり、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得することに関して、取得ユニット1301は具体的には、車線中心線上の道路ポイントの座標と距離 d_m とに基づいて平行線トラック群を取得するように構成され、距離 d_m は車線中心線と平行線トラック群の中で m 番目の平行線トラックとの距離である。

30

【0167】

さらに、 m 番目の平行トラック線上の k 番目の道路ポイントの座標が

【数10】

$$(x_{mk}^{new}, y_{mk}^{new})$$

40

であり、ここで、

【数11】

50

$$x_{mk}^{new} = x_k + d_m \times \frac{y_{k+1} - y_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

$$y_{mk}^{new} = y_k - d_m \times \frac{x_{k+1} - x_k}{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}$$

10

である。

【0168】

(x_k, y_k) 及び (x_{k+1}, y_{k+1}) はそれぞれ、車線中心線上の k 番目の道路ポイント及び ($k+1$) 番目の道路ポイントの座標であり、この座標はENU座標系の座標である。

【0169】

ある実現可能な実施形態において、平行線トラック群の中で j 番目の平行線トラックのコスト値が、 j 番目の平行線トラック上の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値に基づいて取得され、 j 番目の平行線トラックは複数の平行線トラックのうちいずれか1つである。

20

【0170】

さらに、 j 番目の平行線トラックのコスト値は次の通りである。

【数12】

$$\text{TotalCost}(j) = w_{background} \cdot a(v) \cdot \text{Offsetcost}(j) + w_{map} \sum_{i=1}^N b(i) \cdot c(x_i, y_i) \cdot PM(x_i, y_i)$$

30

ここで、 $\text{Offsetcost}(j)$ は j 番目の平行線トラックと道路中心線との間のオフセットであり、 $a(v)$ は車両の現在の車両速度と正相関がある関数であり、 $w_{background}$ は $\text{Offsetcost}(j)$ の重みであり、 w_{map} は障害物の重みであり、 $b(i)$ は、 j 番目の平行線トラック線上の i 番目の道路ポイントと車両との距離と負相関がある関数であり、 $c(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのタイプを示すのに用いられ、 $PM(x_i, y_i)$ は、 i 番目の道路ポイントが位置するグリッドのポテンシャルエネルギー値であり、 w_{map} は $w_{background}$ より大きい。

40

【0171】

ある実現可能な実施形態において、障害物回避装置1300はさらに、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対してフィルタリングユニット1304が時点 $[t-1]$ での目標トラックに従って時間領域フィルタリングを行った後に、現在の時点 t での車両の座標 P_t 、速度 S_t 、及び進路角 A_t を取得して、時点 t での目標トラックを取得するようにさらに構成された取得ユニット1301と、時点 t での座標 P_t 、速度 S_t 、進路角 A_t 、及び目標トラックに基づいて X 個の予測される位置及び姿勢情報を取得するように構成された予測ユニット1305であって、 X は1より大きい整数である、予測ユニット1305と、複数の連続した時点での予測される位置及び姿勢情報に従って、車両が障害物と衝突しようとしているかどうかを判断するように構成された衝突検

50

出ユニット1306と、車両が障害物と衝突しようとしていると衝突検出ユニットが判断した場合、車両の制御モジュールに制動情報を送信して、衝突が起こる前に車両が前進を停止するよう制御することを制御モジュールに指示するように構成された送信ユニット1307とを含む。

【0172】

ある実現可能な実施形態において、予測ユニット1305は具体的には、座標 P_{t+x} 、速度 S_{t+x} 、進路角 A_{t+x} 、及び時点 t での目標トラックを時点 $[t+x]$ での予測モデルに入力して、時点 $[t+x]$ での車両の速度 $S_{t+(x+1)}$ 並びに予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を計算するように構成され、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ は座標 $P_{t+(x+1)}$ 及び進路角 $A_{t+(x+1)}$ を含み、 X 個の予測される位置及び姿勢情報は、予測される位置及び姿勢情報 $I_{t+(x+1)}$ を含み、 t は予測ステップであり、 x は0、1、2、...、又は $[X-1]$ である。

10

【0173】

前述の各ユニット(取得ユニット1301、処理ユニット1302、計算ユニット1303、フィルタリングユニット1304、予測ユニット1305、衝突検出ユニット1306、及び送信ユニット1307)は、前述の方法において関連する各段階を行うように構成されることに留意されたい。例えば、取得ユニット1301は、段階S401、S403、及びS406の関連内容を行うように構成され、処理ユニット1302は段階S402の関連内容を行うように構成され、計算ユニット1303は段階S404の関連内容を行うように構成され、予測ユニット1305、衝突検出ユニット1306、及び送信ユニット1307は、段階S406及びS407の関連内容を行うように構成される。

20

【0174】

この実施形態において、障害物回避装置1300はユニットの形態で提供されている。本明細書における「ユニット」とは、特定用途向け集積回路(ASIC)、1つ若しくは複数のソフトウェアプログラム若しくはファームウェアプログラムを実行するプロセッサ及びメモリ、統合ロジック回路、並びに/又は前述の機能を提供できる別のデバイスであってもよい。さらに、取得ユニット1301、処理ユニット1302、計算ユニット1303、フィルタリングユニット1304、予測ユニット1305、衝突検出ユニット1306、及び送信ユニット1307は、図14に示す障害物回避装置のプロセッサ1401を用いて実装されてもよい。

30

【0175】

図14に示すように、障害物回避装置1400は、図14の構造を用いて実装されてよい。障害物回避装置1400は、少なくとも1つのプロセッサ1401と、少なくとも1つのメモリ1402と、少なくとも1つの通信インタフェース1403とを含む。プロセッサ1401、メモリ1402、及び通信インタフェース1403は、通信バスによって互いに接続されて互いに通信する。

【0176】

プロセッサ1401は、汎用の中央演算処理装置(CPU)、マイクロプロセッサ、特定用途向け集積回路(application-specific integrated circuit、ASIC)、又は前述の解決手段においてプログラム実行を制御するように構成された1つ若しくは複数の集積回路であってもよい。

40

【0177】

通信インタフェース1403は、別のデバイス又は通信ネットワーク(イーサネット(登録商標)、無線アクセスネットワーク(RAN)、又は無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)など)と通信するように構成される。

【0178】

メモリ1402は、読み出し専用メモリ(read-only memory、ROM)又は静的な情報及び命令を格納できる別のタイプの静的記憶装置、ランダムアクセスメモリ(random access memory、RAM)又は情報及び命令を格納でき

50

る別のタイプの動的記憶装置であってもよく、電氣的消去可能プログラム可能型読み出し専用メモリ (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory、EEPROM)、読み出し専用ディスク (Compact Disc Read-Only Memory、CD-ROM) 又は別の光ディスク記憶装置、光ディスク記憶装置 (コンパクトディスク、レーザディスク、光ディスク、デジタル多用途ディスク、及びブルーレイディスクなどを含む)、磁気ディスク記憶媒体又は別の磁気記憶装置、あるいは期待されるプログラムコードを命令又はデータ構造体の形態で保持又は格納するのに用いることができ且つコンピュータがアクセスできる任意の他の媒体であってもよいが、これらに限定されない。メモリは独立して存在してよく、バスによってプロセッサに接続される。あるいは、メモリはプロセッサと一体化されてもよい。

10

【0179】

メモリ1402は、前述の解決手段を実装するアプリケーションプログラムコードを格納するように構成され、プロセッサ501はその実装態様を制御する。プロセッサ1401は、メモリ1402に格納されたアプリケーションプログラムコードを実行するように構成される。

【0180】

メモリ1402に格納されたコードは、上述した障害物回避方法を実現してよく、本方法は、時点 t での車両情報、障害物情報、車両の運転可能領域を取得する段階と、車両情報及び障害物情報に基づいて運転可能領域を処理してポテンシャルエネルギーのグリッドマップを取得する段階であって、ポテンシャルエネルギーのグリッドマップ内のそれぞれのグリッドは1つのポテンシャルエネルギー情報に対応し、ポテンシャルエネルギー情報はグリッドが障害物により占有される確率を表すのに用いられる、取得する段階と、車両が現在位置している車線の車線中心線に関する情報を取得し、車線中心線に関する情報に基づいて平行線トラック群を取得する段階であって、平行線トラック群には複数の平行線トラックが含まれ、複数の平行線トラックのそれぞれは車線中心線に対して平行である、取得する段階と、平行線トラック群内の各平行線トラックのコスト値をポテンシャルエネルギーのグリッドマップに従って計算する段階と、平行線トラック群の中で最小コスト値を有する平行線トラックに対して時点 $[t-1]$ での目標トラックに基づいて時間領域フィルタリングを行い、時点 t での目標トラックを取得する段階であって、時点 t での目標トラックは、車両が時点 t での目標トラックに従って走行して障害物を回避するのに用いられる、取得する段階とを含む。

20

30

【0181】

本発明の実施形態はさらに、コンピュータ記憶媒体を提供する。コンピュータ記憶媒体はプログラムを格納してよく、プログラムが実行されると、前述の方法の実施形態における任意の障害物回避方法の段階の少なくとも一部又は全部が行われてよい。

【0182】

プログラム製品の実施形態は、以下の通りである。

【0183】

いくつかの実施形態において、開示された方法は、マシン可読フォーマットでコンピュータ可読記憶媒体上に符号化された、又は別の非一時的媒体若しくは製品上に符号化されたコンピュータプログラム命令として実装されてよい。図15は、本明細書で示した実施形態の少なくとも一部に従って配置された例示的なコンピュータプログラム製品の概念的な部分図を概略的に示しており、この例示的なコンピュータプログラム製品は、コンピューティングデバイス上でコンピュータ処理を実行するためのコンピュータプログラムを含む。ある実施形態において、例示的なコンピュータプログラム製品1500は信号担持媒体1501を用いて提供される。信号担持媒体1501は、1つ又は複数のプロセッサにより実行されると、図4で上述した機能又はその機能の一部を提供し得る1つ又は複数のプログラム命令1502を含んでよい。さらに、図15のプログラム命令1502には、例示的な命令も記載されている。

40

50

【0184】

いくつかの例において、信号担持媒体1501は、ハードディスクドライブ、コンパクトディスク(CD)、デジタルビデオディスク(DVD)、デジタルテープ、メモリ、読み出し専用メモリ(Read-Only Memory、ROM)、及びランダムアクセスメモリ(Random Access Memory、RAM)などのコンピュータ可読媒体1503を含んでよいが、これらに限定されない。いくつかの実装態様において、信号担持媒体1501は、メモリ、読み出し/書き込み(R/W)式CD、及びR/W式DVDなどのコンピュータ追記型媒体1504を含んでよいが、これらに限定されない。いくつかの実装態様において、信号担持媒体1501は、デジタル及び/又はアナログ通信媒体(例えば、光ファイバケーブル、導波管、有線通信リンク、及び無線通信リンクなど)などの通信媒体1505を含んでよいが、これらに限定されない。したがって、例えば、信号担持媒体1501は、無線通信媒体1505(例えば、IEEE802.11規格又は他の伝送プロトコルに準拠した無線通信媒体)を用いて伝えられてよい。1つ又は複数のプログラム命令1502は、例えば、コンピュータ実行可能命令であっても、ロジック実装可能命令であってもよい。いくつかの例において、図4で説明したようなコンピューティングデバイスが、コンピュータ可読媒体1503、コンピュータ追記型媒体1504、及び/又は通信媒体1505を介してコンピューティングデバイスに伝えられる1つ又は複数のプログラム命令1502にตอบสนองして、様々なオペレーション、機能、動作を行うように構成されてよい。本明細書で説明された構成は、単なる例示を目的としたものであることを理解されたい。したがって、他の構成及び他の要素(例えば、マシン、インタフェース、機能、シーケンス、機能グループなど)を代わりに用いることができ、また一部の要素が所望の結果に従って一緒に省略されてもよいことが、当業者によって理解されるであろう。さらに、説明した要素の多くは、離散型若しくは分散型のコンポーネントとして実装できるか、又は任意の好適な組み合わせ及び場所に他のコンポーネントと組み合わせることで実装できる、機能エンティティである。

10

20

【0185】

説明を簡潔にするために、前述の方法の実施形態は、一連の動作として表されていることに留意されたい。しかしながら、本発明によれば、いくつかの段階が他の順序で行われても、同時に行われてもよいので、当業者であれば、説明された動作の順序に本発明が限定されないことを理解するはずである。さらに、当業者であれば、本明細書で説明した全ての実施形態は例示的な実施形態であり、関連する動作及びモジュールは必ずしも本発明に必須ではないことも理解するはずである。

30

【0186】

前述の実施形態では、各実施形態の説明はそれぞれの主眼を有する。ある実施形態で詳細に説明していない部分については、他の実施形態の関連説明を参照されたい。

【0187】

本願で提供したいいくつかの実施形態では、開示された装置が他の方式で実現されてもよいことを理解されたい。例えば、説明した装置の実施形態は、単なる例示にすぎない。例えば、複数のユニットへの分割は単なる論理的な機能分割にすぎず、実際の実装では他の分割であってもよい。例えば、複数のユニット又はコンポーネントが組み合わせられるか又は統合されて別のシステムになってもよく、いくつかの特徴が無視されても、行われなくてもよい。さらに、示され又は説明された相互連結若しくは直接的連結若しくは通信接続は、いくつかのインタフェースを介して実現されてよい。装置間又はユニット間の間接的連結又は通信接続は、電子的形態又は他の形態で実現されてもよい。

40

【0188】

別個の部分として説明されたユニットは物理的に離れていてもいなくてもよく、ユニットとして示された部分が物理的なユニットであってもなくてもよく、1か所に配置されてもよく、複数のネットワークユニット上に分散されてもよい。これらのユニットの一部又は全部が、各実施形態の解決手段の目的を達成するために、実際の要件に基づいて選択されてよい。

50

【0189】

さらに、本発明の実施形態の複数の機能ユニットが統合されて1つの処理ユニットになってもよく、又はこれらのユニットのそれぞれが物理的に単独で存在してもよく、又は2つ若しくはそれより多くのユニットが統合されて1つのユニットになる。統合されたユニットはハードウェアの形態で実現されてもよく、ソフトウェア機能ユニットの形態で実現されてもよい。

【0190】

統合されたユニットがソフトウェア機能ユニットの形態で実現され、独立した製品として販売又は使用される場合、統合されたユニットはコンピュータ可読記憶媒体に格納されてよい。そのような理解に基づいて、本発明の技術的解決手段は本質的に、あるいは先行技術に寄与する部分、あるいはこれらの技術的解決手段の全部又は一部は、ソフトウェア製品の形態で実現されてもよい。ソフトウェア製品は記憶装置に格納され、コンピュータデバイス（これは、パーソナルコンピュータ、サーバ、又はネットワークデバイスであってもよい）に命令して、本発明の実施形態で説明した方法の段階の全部又は一部を行うためのいくつかの命令を含む。前述の記憶媒体は、プログラムコードを格納できる任意の媒体、例えば、USBフラッシュドライブ、読み出し専用メモリ（ROM、Read-Only Memory）、ランダムアクセスメモリ（RAM、Random Access Memory）、着脱可能型ハードディスク、磁気ディスク、又は光ディスクなどを含む。

10

【0191】

当業者であれば、実施形態における方法の段階の全部又は一部が、適切なハードウェアに命令するプログラムで実現されてもよいことを理解するであろう。プログラムは、コンピュータ可読記憶媒体に格納されてよい。この記憶媒体は、フラッシュメモリ、読み出し専用メモリ（Read-Only Memory、略してROM）、ランダムアクセスメモリ（Random Access Memory、略してRAM）、磁気ディスク、及び光ディスクを含んでよい。

20

【0192】

本発明の実施形態で提供されるリモート無線ユニットが、上記で詳細に説明されている。本発明の原理及び実装態様は、具体的な例を通じて本明細書に説明されている。本発明の実施形態に関する説明は、本発明の方法及び中心となる概念の理解に役立つように提供されているだけである。さらに、当業者であれば、本発明の概念による具体的な実装態様及び応用範囲の点で、本発明に対して変形及び修正を施すことができる。したがって、明細書の内容は、本発明に対する限定と解釈されてはならない。

30

40

50

【図面】

【図 1 a】

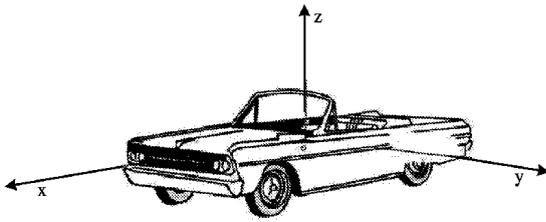
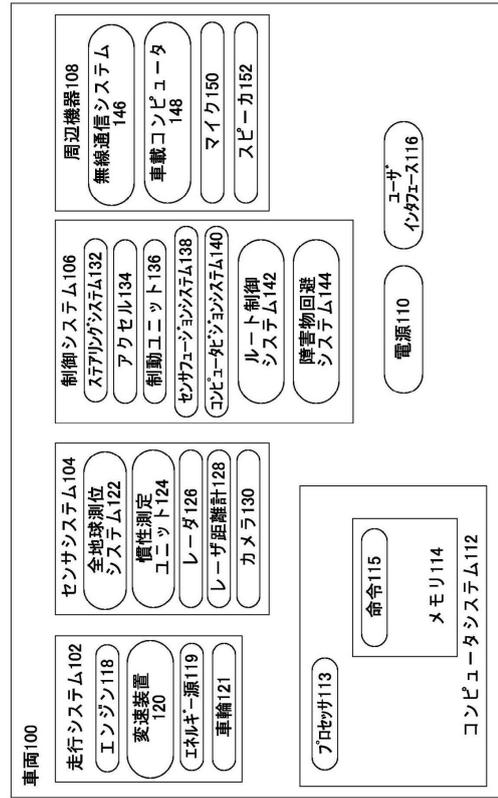


図 1a

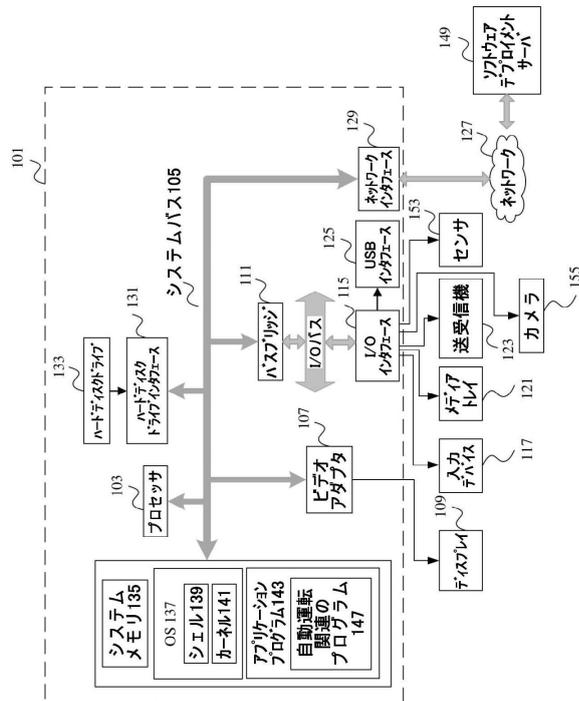
【図 1 b】



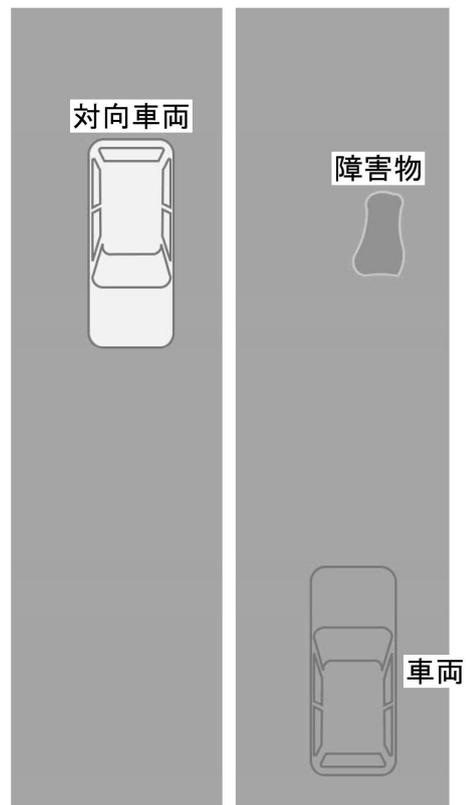
10

20

【図 2】



【図 3】

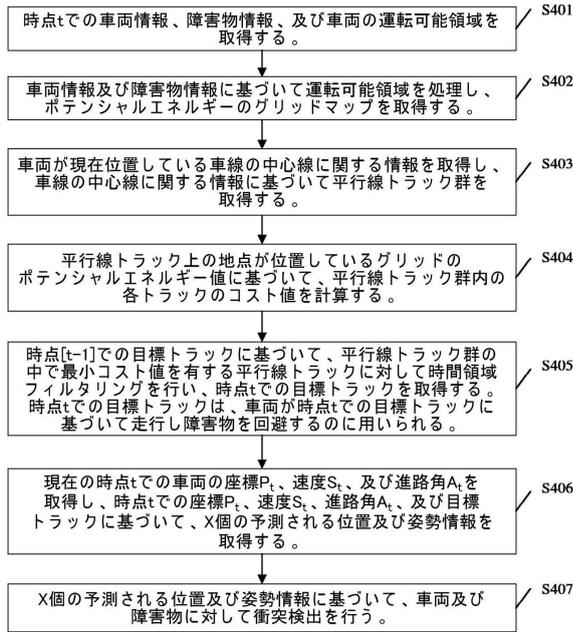


30

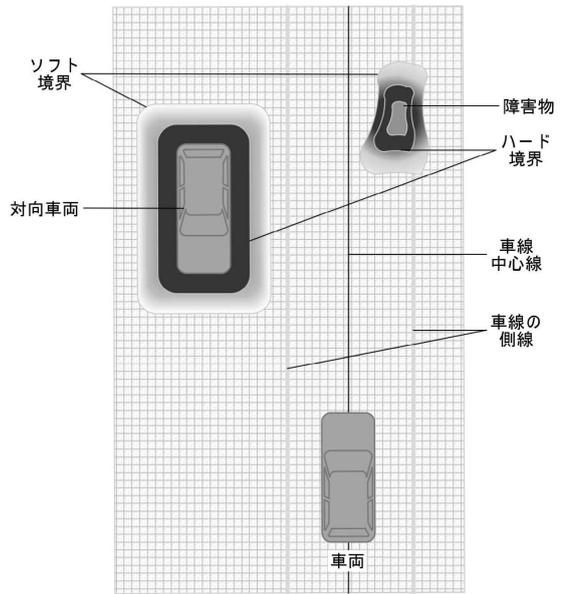
40

50

【 図 4 】



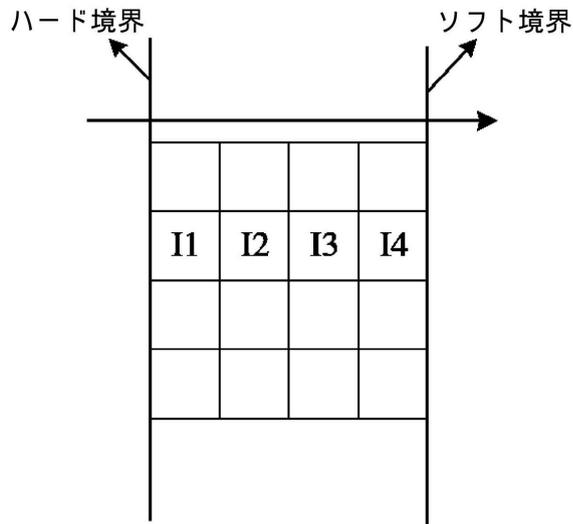
【 図 5 】



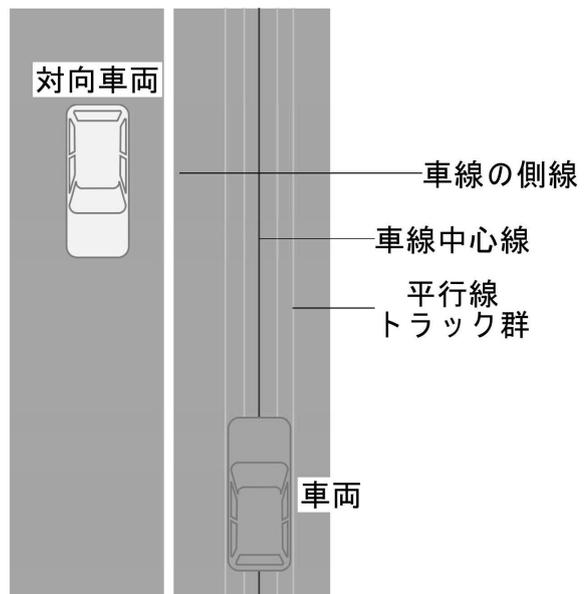
10

20

【 図 6 】



【 図 7 】

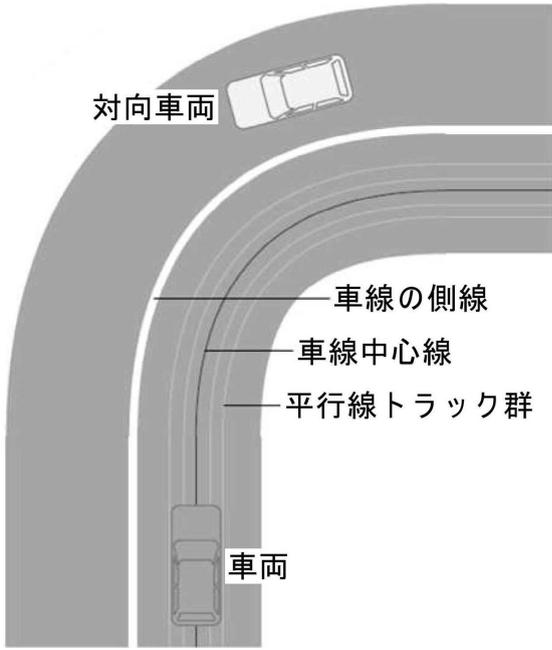


30

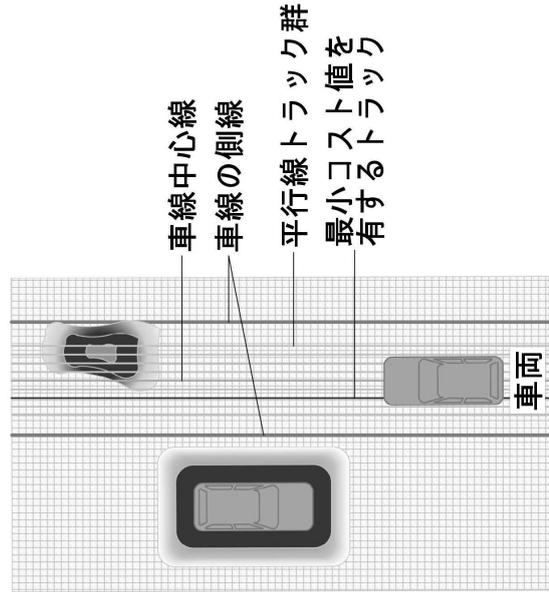
40

50

【 図 8 】



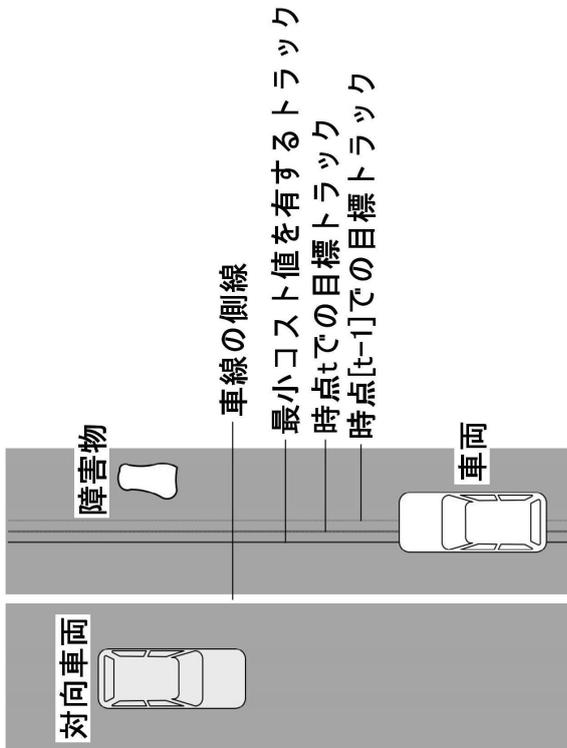
【 図 9 】



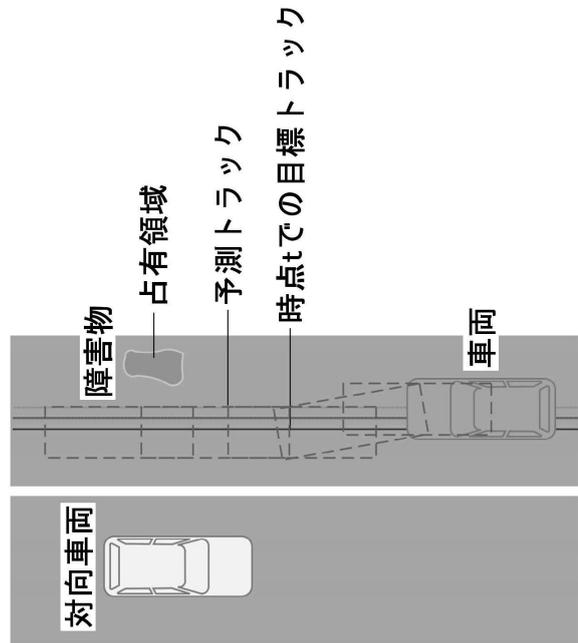
10

20

【 図 10 】



【 図 11 】

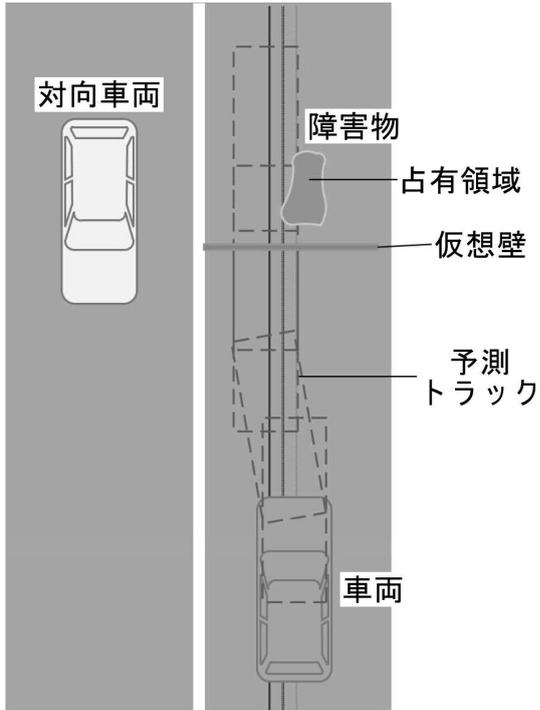


30

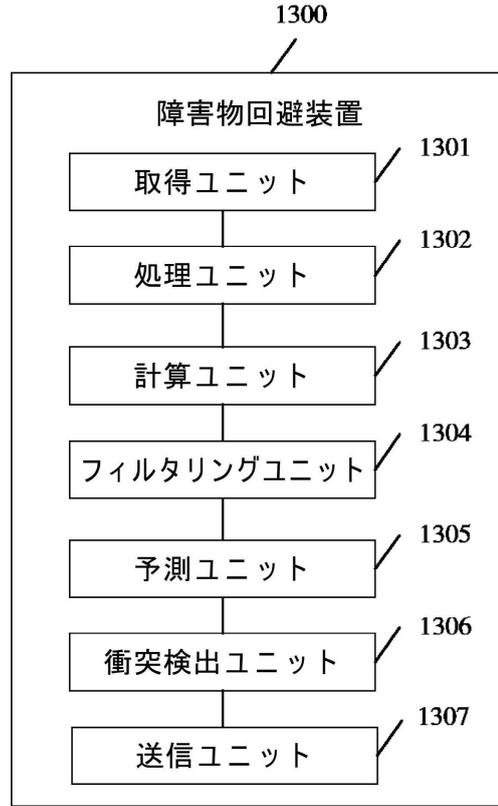
40

50

【図 1 2】



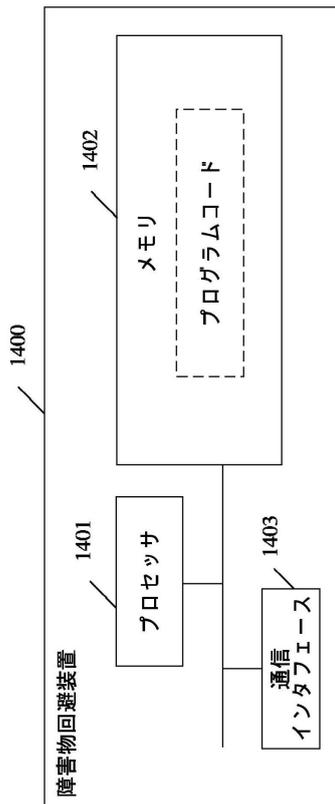
【図 1 3】



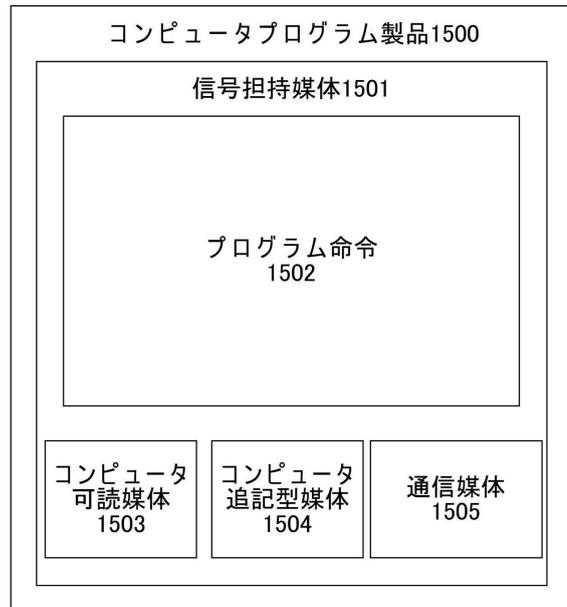
10

20

【図 1 4】



【図 1 5】



30

40

50

フロントページの続き

- ・ビルディング ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー・リミテッド内
- (72)発明者 ワン、シンユ
中華人民共和国・518129・グアンドン・シェンツェン・ロンガン・ディストリクト・バンティアン・(番地なし)・ホアウェイ・アドミニストレーション・ビルディング ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー・リミテッド内
- (72)発明者 ヤン、シャオユ
中華人民共和国・518129・グアンドン・シェンツェン・ロンガン・ディストリクト・バンティアン・(番地なし)・ホアウェイ・アドミニストレーション・ビルディング ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー・リミテッド内
- 審査官 楠永 吉孝
- (56)参考文献 特開2018-197048(JP,A)
特開2018-152072(JP,A)
特開2013-091443(JP,A)
中国特許出願公開第110045376(CN,A)
中国特許出願公開第107121980(CN,A)
特開2018-185633(JP,A)
NUSS, Dominik, Consistent Environmental Modeling by use of Occupancy Grid Maps, Digital Road Maps, and Multi-Object Tracking, 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings, 米国, IEEE, 2014年06月08日, pages 1371-1377
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B60W 10/00~10/30
B60W 30/00~60/00
G08G 1/16