

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2024-510058

(P2024-510058A)

(43)公表日 令和6年3月6日(2024.3.6)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 6 0 W 30/095 (2012.01)	B 6 0 W 30/095	3 D 2 4 1
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	G 0 8 G 1/16 C	5 H 1 8 1
G 0 6 T 7/00 (2017.01)	G 0 6 T 7/00 6 5 0	5 L 0 9 6
G 0 6 T 7/70 (2017.01)	G 0 6 T 7/70 A	
G 0 6 V 10/70 (2022.01)	G 0 6 V 10/70	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全37頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2023-512268(P2023-512268)
 (86)(22)出願日 令和3年12月7日(2021.12.7)
 (85)翻訳文提出日 令和5年2月20日(2023.2.20)
 (86)国際出願番号 PCT/US2021/062125
 (87)国際公開番号 WO2022/146623
 (87)国際公開日 令和4年7月7日(2022.7.7)
 (31)優先権主張番号 17/138,710
 (32)優先日 令和2年12月30日(2020.12.30)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)
 (31)優先権主張番号 17/138,751
 (32)優先日 令和2年12月30日(2020.12.30)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 米国(US)
 (81)指定国・地域 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA
 最終頁に続く

(71)出願人 518156417
 ズークス インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国 9 4 4 0 4 カリフォル
 ニア州 フォスター シティー チェス ド
 ライブ 1 1 4 9
 (74)代理人 110001243
 弁理士法人谷・阿部特許事務所
 (72)発明者 ユエンユエン チェン
 アメリカ合衆国 9 4 4 0 4 カリフォル
 ニア州 フォスター シティー チェス ド
 ライブ 1 1 4 9 ズークス インコーポ
 レイテッド内
 (72)発明者 サブハシス ダス
 アメリカ合衆国 9 4 4 0 4 カリフォル
 ニア州 フォスター シティー チェス ド
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 オブジェクト輪郭を使用した衝突回避

(57)【要約】

オブジェクトの輪郭を使用した衝突回避の技術について説明する。車両に関連付けられた軌道は、受信され得る。センサデータは、車両に関連付けられたセンサから受信できる。境界輪郭は、決定せられ、センサデータで表されるオブジェクトに関連付けることができる。軌道に基づいて、車両のシミュレートされた位置を決定することができる。さらに、境界輪郭の予測された位置を決定することができる。シミュレートされた車両の位置および境界輪郭の予測された位置に基づいて、車両とオブジェクトとの間の距離は、決定され得る。アクションは、車両とオブジェクトとの間の距離に基づいて、実行できる。

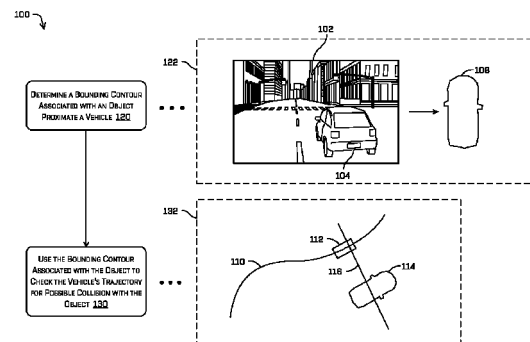


FIG. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

方法であって、
車両に関連付けられた軌道を受信するステップと、
前記車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信するステップと、
前記センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定するステップと、
前記軌道に基づいて、前記車両の予測された位置を決定するステップと、
前記オブジェクトに関連付けられた前記境界輪郭の予測された位置を決定するステップと、
前記車両の前記シミュレートされた位置および前記境界輪郭の前記予測された位置に基づいて、前記車両と前記オブジェクトとの間の距離を決定するステップと、
前記車両と前記オブジェクトとの間の前記距離に基づいてアクションを実行するステップと、
を備える方法。

10

【請求項 2】

前記境界輪郭は、前記センサデータの少なくとも 2 つの点の接続によって決定される前記オブジェクトに関連付けられた凸包を表すポリゴンである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記アクションは、前記軌道を検証するステップと、または前記軌道を無効にするステップとを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記車両と前記オブジェクトとの間の前記距離を決定するステップは、レイキャスティングに少なくとも部分的に基づいている、請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記境界輪郭の予測された方向を決定するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記予測された方向は、前記オブジェクトに関連付けられた予測された軌道に少なくとも部分的に基づいている、請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記センサは、ライダーセンサであり、前記センサデータは、ライダーデータを含む、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

複数の接続された点の表現として前記境界輪郭を表現するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記距離は、第 1 の距離であり、前記方法は、軸整列境界ボックスに基づいて第 2 の距離を決定するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記距離を閾値と比較するステップをさらに含み、前記閾値は、前記車両の速度または前記オブジェクトに関連付けられたオブジェクトタイプのうちの少なくとも 1 つに基づいている、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 11】

前記車両の方向に少なくとも部分的に基づいて、前記境界輪郭に関連付けられた軸整列された境界ボックスを決定するステップをさらに含む、請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記オブジェクトに関連付けられた前記境界輪郭は、少なくとも 5 つの境界線を含む、請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の方法。

50

【請求項 1 3】

1つまたは複数のプロセッサによって実行されると、1つまたは複数のコンピューティングデバイスに実行させる命令を格納する、請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の 1つまたは複数の非一時的コンピュータ可読媒体。

【請求項 1 4】

システムであって、

1つまたは複数のプロセッサと、および

前記 1つまたは複数のプロセッサに動作を実行させる命令を格納する 1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体と、

を備え、前記動作は、

車両に関連付けられた軌道を受信することと、

前記車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信することと、

前記センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定すること

と、

前記軌道に基づいて、前記車両のシミュレートされた位置を決定することと、

前記オブジェクトに関連付けられた前記境界輪郭の予測された位置を決定することと

、

前記車両の前記シミュレートされた位置および前記境界輪郭の前記予測された位置に基づいて、前記車両と前記オブジェクトとの間の距離を決定することと、および

前記車両と前記オブジェクトとの間の前記距離に基づいて、アクションを実行するこ

とと、

を含むシステム。

【請求項 1 5】

前記動作は、前記境界輪郭に関連付けられた軸整列された境界ボックスを決定することと、および

前記軸整列された境界ボックスに基づいて、前記車両と前記オブジェクト間の第 2 の距離を決定することとをさらに含む、請求項 1 4 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、オブジェクト輪郭を使用した衝突回避に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

本特許出願は、2020年12月30日に出願された米国実用特許出願第 1 7 / 1 3 8 , 7 1 0 号および2020年12月30日に出願された米国実用特許出願第 1 7 / 1 3 8 , 7 5 1 号の優先権を主張する。出願番号 1 7 / 1 3 8 , 7 1 0 および 1 7 / 1 3 8 , 7 5 1 は、参照により本明細書に完全に組み込まれる。

【0 0 0 3】

車両は、環境を走行するときにオブジェクトに遭遇することがよくある。これらのオブジェクトは、他の車両、歩行者、動物などを含み得る。特定のオブジェクトを安全に通過しようとするとき、車両は、オブジェクトの位置、サイズ、および形状を決定し得る。いくつかの状況では、車両は、境界ボックスに基づいてオブジェクトのサイズおよび形状を決定し得る。しかしながら、境界ボックスは、オブジェクトの正確な表現を提供することができない場合がある。この障害は、オブジェクトを通過する車両の安全なナビゲーションが損なわれる可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【0 0 0 4】

詳細な説明は、添付の図面を参照して説明される。図面において、参照番号の左端の数字は、その参照番号が最初に出現する図面を識別する。異なる図面における同一の参照番号の使用は、類似または同一のコンポーネントまたは特徴を示す。

10

20

30

40

50

【図 1】本開示の例による、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し、境界輪郭を使用して、オブジェクトとの衝突の可能性について車両の軌道を確認するための例示的な実装を示す図である。

【図 2】本開示の例による、オブジェクトに関連付けられたセンサデータに基づいて、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定するための例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図 3】本開示の例による、オブジェクトとの衝突の可能性を確認するために境界ボックスおよび境界輪郭を使用するための例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図 4 A】本開示の例による、オブジェクトに関連付けられた例示的なライダー点クラウドおよびライダー点クラウドを画定する境界形状を示す図である。

【図 4 B】本開示の例による、オブジェクトに関連付けられた例示的なライダー点クラウドおよびライダー点クラウドを画定する境界形状を示す図である。

【図 5】本開示の例による、ライダー点クラウドに関連付けられた凸包を生成し、凸包に基づいて境界輪郭を作成するための例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図 6】本開示の例による、凸包の境界縁を 2 つのより短いセグメントに置き換えるための例示的なプロセスを示す図である。

【図 7】本開示の例による、凸包の境界縁を 2 つのより短いセグメントに置き換えるための別の例示的なプロセスを示す図である。

【図 8 A】本開示の例による、境界縁上のライダー点およびライダー点の大部分から離れて配置された例示的な迷走点を有する例示的な凸包を示す図である。

【図 8 B】本開示の例による、境界縁上のライダー点およびライダー点の大部分から離れて配置された例示的な迷走点を有する例示的な凸包を示す図である。

【図 9】本開示の例による、オブジェクトの境界輪郭に基づいて車両とオブジェクトとの間の距離を決定するための例示的なプロセスを示すフローチャートである。

【図 10 A】本開示の例による、車両と境界輪郭との間の距離を決定するときのオブジェクトの例示的な車両軌道および境界輪郭を示す図である。

【図 10 B】本開示の例による、車両と境界輪郭との間の距離を決定するときのオブジェクトの例示的な車両軌道および境界輪郭を示す図である。

【図 11 A】本開示の例による、例示的な境界ボックス、境界輪郭、および軸整列された境界ボックスを示す図である。

【図 11 B】本開示の例による、例示的な境界ボックス、境界輪郭、および軸整列された境界ボックスを示す図である。

【図 11 C】本開示の例による、例示的な境界ボックス、境界輪郭、および軸整列された境界ボックスを示す図である。

【図 12】本明細書で説明される技術を実装するための例示的なシステムを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0005】

本開示は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し、衝突回避などのアクションのためにそれらの境界輪郭を使用するための技術を対象とする。いくつかの例では、ライダーセンサは、オブジェクトに関連付けられたライダーデータを受信し得る。ライダーデータは、2次元平面に投影され得、凸包は、投影されたライダーデータに基づいて識別され得る。凸包に関連付けられた境界縁を取り除いて、オブジェクトにぴったりとフィットする周囲を表す境界輪郭を決定することができる。境界輪郭は、例えば、車両のプランニングコンポーネントで使用され、車両が境界輪郭によって表されるオブジェクトと衝突する可能性があるかどうかを決定することができる。

【0006】

いくつかの例では、凸包の最長境界縁を置き換えるとき、最長境界縁は、第 1 のエンドポイントおよび第 2 のエンドポイントを有することができる。凸包内の内部点は、識別され得る。いくつかの例では、最長の境界縁は、1) 第 1 のエンドポイントおよび内部点

10

20

30

40

50

基づく第1のセグメント、および2)内部点および第2のエンドポイントに基づく第2のセグメントに置き換えられ得る。更新された凸包は、第1のセグメントおよび第2のセグメントに基づいて決定され得る。最長の境界縁を連続的に置き換えるプロセスは、関連付けられたオブジェクトの周囲を密接に表す境界輪郭を生成することができる。

【0007】

いくつかの例では、センサデータは、ライダーデータを含むことができ、多様なライダー点を含むことができる。ライダーデータを2次元表現に投影することに関連して、すべてのライダー点のいくつかは、事前に定められたグリッド上の最も近い位置に再配置することができる。任意の2つまたはそれ以上のライダー点と同じグリッド位置を共有する場合、重複するライダー点の一部またはすべては、各グリッド位置に対して1つのライダー点が残るように削除することができる。いくつかの例では、所定のグリッド位置は、1センチメートルの間隔を有し得るが、本明細書では他の寸法が企図される。

10

【0008】

いくつかの例では、システムは、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭に基づいて、車両がオブジェクトと衝突する可能性があるかどうかを決定し得る。衝突の可能性が検出された場合、システムは、オブジェクトとの衝突を回避するための車両アクションを決定し、衝突を回避しようとするためにそのアクションを開始し得る。他の例では、アクションは、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭に基づいて決定され得る。例えば、アクションは、車両を制御すること、静的オブジェクトを決定すること、動的オブジェクトを決定すること、またはマップデータを更新することのうち少なくとも1つを含み得る。

20

【0009】

いくつかの例では、ライダー点クラウドデータで識別されたオブジェクトに関連付けられた境界ボックスが識別され得る。境界ボックスのサイズは、より多くの量のライダー点クラウドデータを含むように拡張される。拡張された境界ボックス内のライダー点は、キャプチャされ、オブジェクトに関連付けられた増加したライダーデータを提供することができる。拡張された境界ボックス内のすべてのライダー点に関連付けられた境界形状は、オブジェクトの輪郭をよりよく表すために作成され得る。

【0010】

いくつかの例では、システムは、車両に関連付けられた軌道を受信し、車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信し得る。境界輪郭を決定することができ、境界輪郭は、センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられている。車両に関連付けられた軌道に基づいて、システムは、車両のシミュレートされた位置を決定し得る。さらに、境界輪郭の予測位置が決定され得る。車両のシミュレートされた位置および境界輪郭の予測された位置に基づいて、車両とオブジェクトとの間の距離が決定され得る。アクションは、車両とオブジェクトとの間の距離に基づいて実行することができる。

30

【0011】

いくつかの例では、本明細書で説明する境界輪郭は、オブジェクトの周囲を密接に識別するポリゴンであり得る。車両とオブジェクトとの間の距離に基づいて実行されるアクションは、軌道を検証すること、または軌道を無効にすることを含み得る。いくつかの例では、車両とオブジェクトとの間の距離は、レイキャスティングを使用して決定され得る。例えば、レイキャスティングは、車両の側面から（または軌道に関連付けられた点から）境界輪郭に向かって（例えば、垂直に）拡張し得る。衝突は、光線が通過するいくつかの境界輪郭縁に基づいて検出することができる。例えば、光線が偶数の境界輪郭縁を通過する場合、衝突は、発生してない。しかし、光線が奇数の境界輪郭縁を通過すると、車両とオブジェクトの間で衝突が発生する。

40

【0012】

いくつかの例では、軸整列された境界ボックスを使用して、車両とオブジェクトとの間などの潜在的な衝突を迅速に確認することができる。例えば、軸整列された境界ボックスは、境界輪郭に関連付けられ得る。車両とオブジェクトとの間の第2の距離は、軸整列された境界ボックスに基づいて決定され得る。いくつかの例では、軸整列された境界ボック

50

スは、車両の長手方向軸に沿って整列される。

【 0 0 1 3 】

本明細書で説明する技術は、多くの方法で車両のコンピューティングデバイスの機能を改善することができる。記載された技術は、オブジェクトの形状の改善された表現を提供する。本明細書に記載されるように、境界輪郭は、オブジェクトの周囲に密接に従うポリゴンを提供する。境界輪郭は、境界ボックスのように4つの側面に限定されない。したがって、境界輪郭は、オブジェクトの正確な表現を提供するために、オブジェクトのすべての形状に調整することができる。ぴったりフィットする境界輪郭は、潜在的な衝突、車両とオブジェクトとの間の距離、およびオブジェクトに関連付けられた他のアクションのより正確な決定をサポートする。

10

【 0 0 1 4 】

本明細書で説明する技術は、また、境界輪郭をより速く、より少ないコンピューティングリソースで決定することによって、車両のコンピューティングデバイスの改善された機能を提供し得る。ドロネー三角測量などの既存の技術と比較して、説明されるシステムおよび方法は、一組の点のすべての点をカバーする多様な三角形を作成する必要なしに境界輪郭の作成を簡素化し得る。点のセット内に多様な三角形を作成する必要があるドロネー三角測量プロセスは、時間がかかり、重要なコンピューティングリソースを必要とする可能性がある。本明細書で説明されるシステムおよび方法は、一組の点における三角形を計算する必要性を排除することによってプロセスを簡素化し得る。

【 0 0 1 5 】

本明細書で説明される本技術は、多くの手法で実装されることが可能である。例示的な実装は、下記の図面を参照して以下で提供される。自律車両の文脈で説明されているが、本明細書に記載される方法、装置、およびシステムは、様々なシステムに適用することができ、自律車両に限定されない。別の例では、技術は、任意のタイプの車両、ロボットシステム、またはセンサデータを使用する任意のシステムで利用することができる。また、本明細書において説明される技術は、（例えば、センサを使用して取り込まれた）実データ、（例えば、シミュレータによって生成された）シミュレートされたデータ、または、この2つの任意の組み合わせと共に使用されることが可能である。

20

【 0 0 1 6 】

図1は、本開示の例による、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し、境界輪郭を使用して、オブジェクトとの衝突の可能性について車両の軌道を確認するために、環境122および環境132に関連付けられた例示的なプロセス100の絵画的流れ図を示す。いくつかの例では、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定することは、本明細書で説明されるように、車両内の車両コンピューティングデバイスによって実行され得る。さらに、いくつかの例では、車両コンピューティングデバイスを使用して、境界輪郭に基づいて、オブジェクトとの衝突の可能性について車両の軌道を確認し得る。

30

【 0 0 1 7 】

図1に示されるように、プロセス100は、車両に近接するオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定する動作120を含む。プロセス100はさらに、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を使用して、オブジェクトとの衝突の可能性について車両の軌道を確認する動作130を含む。

40

【 0 0 1 8 】

環境122に示されるように、例示的な画像102は、オブジェクト104が動作し得る場面を示す。例示的な画像102において、オブジェクト104は、車両として示される。他の例では、オブジェクト104は、任意のタイプの静的オブジェクトまたは動的オブジェクトであり得る。例えば、静的オブジェクトは、木、建物、標識、交通信号などを含み得る。例示的な動的オブジェクトは、車両、歩行者、動物などを含み得る。いくつかの例では、オブジェクト104は、特定の時間（例えば、移動中の車両）で移動してもよく、他の時間（例えば、駐車中の車両または信号機で停止した車両）で停止してもよい。

【 0 0 1 9 】

50

図1はまた、画像102内のオブジェクト104に関連付けられた境界輪郭106の例を示す。境界輪郭106は、例えば、本明細書で説明されるシステムおよび方法を使用して作成され得る。境界輪郭106は、オブジェクト104の外周に関連付けられ得る。本明細書で説明されるように、境界輪郭106は、オブジェクト104との衝突を回避し、オブジェクトから安全な距離を維持するために使用され得る。いくつかの例では、境界輪郭106は、境界ボックス（例えば、オブジェクト104に関連付けられた矩形ボックス）と組み合わせて使用することができ、これらの両方は、オブジェクト104に関連付けられた情報を提供し得る。

【0020】

いくつかの例では、境界輪郭106は、境界ボックスよりもオブジェクトの正確な形状のより良い表現を提供し得る。特定の例では、境界ボックスは、4つの辺を有する長方形であってもよい。この基本的な長方形の形状は、境界ボックスがオブジェクトのすべての部分を含むように拡張され得るため、オブジェクトを正確に表すことができない場合がある。例えば、大きなサイドミラーを有する車両の状況では、ミラーに合わせて拡張された境界ボックスは、実際の車両よりも著しく大きい場合がある。同様に、境界ボックスが大きなサイドミラーを有する車両の本体に合うようにサイズ設定されている場合、境界ボックスは、サイドミラーを包含しない場合がある。対照的に、境界輪郭106は、オブジェクトの形状または不規則性に関係なく、オブジェクトの外縁に密接に従うように作成されたポリゴンであり得る。このぴったりフィットされるポリゴンは、長方形の境界ボックスよりもオブジェクトの形状をより正確に表現を提供し得る。1つまたは複数の例では、境界輪郭106を表すポリゴンは、本明細書で「境界縁」とも呼ばれる5つ以上の外縁を有し得る。

【0021】

いくつかの例では、境界輪郭106は、オブジェクト104との衝突の可能性について車両の軌道を確認するときに使用され得る。環境132に示されるように、軌道110は、環境132を通る車両112の計画された運転経路を画定し得る。図1では、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭114が、軌道110および車両112に対して表示される。境界輪郭114は、別の車両、歩行者、動物、建物、街路標識、木などの任意のオブジェクトタイプに関連付けられ得る。本明細書で説明されるように、記載されるシステムおよび方法は、光線116によって示されるように、レイキャスティングを使用して、車両112と境界輪郭114との間の距離を決定し得る。車両112と境界輪郭114との間の距離に基づいて、車両112は、境界輪郭114に関連付けられたオブジェクトとの衝突を回避するために1つまたは複数のアクションを取ることができる。例えば、車両112は、オブジェクトからの距離およびオブジェクトのタイプに関連付けられる潜在的なリスクに応じて、ステアリング、ブレーキ、ホーンの鳴り、車両乗員の警告などのアクションを取ることができる。

【0022】

本明細書で説明されるように、いくつかの例は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し、オブジェクトとの衝突の可能性について車両の軌道を確認し、車両内の車両コンピューティングデバイスを使用して他の活動を実行し得る。車両に関する追加の詳細が本明細書に記載される。

【0023】

図2は、本開示の例による、オブジェクトに関連付けられたセンサデータに基づいて、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定するための例示的なプロセス200を示すフローチャートである。プロセス200に関して本明細書で記載される動作は、本明細書で説明されるように、1つまたは複数の車両コンピューティングデバイスによって実行され得る。

【0024】

例として、プロセス200は、論理フローグラフとして示され、その各動作は、ハードウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装することができる一連の動作を

10

20

30

40

50

表す。ソフトウェアの場合において、動作は、1つまたは複数のプロセッサによって実行された場合に、列挙した動作を実行する1つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を表すことができる。一般に、コンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するか、または特定の抽象データタイプを実装するルーティン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを含み得る。動作が記載される順序は、限定として解釈されることを意図するものではなく、プロセス200を実装するために、記載される動作の任意の数を任意の順序でおよび/または並行して結合（または省略）することができる。いくつかの例では、多様な分岐は、個別に、または本明細書で説明される他の動作と組み合わせ使用され得る代替の実装を表す。

【0025】

動作202において、プロセスは、オブジェクトを含む画像データを受信することを含み得る。いくつかの例では、画像データは、車両に関連付けられたイメージセンサ（例えば、カメラ）によってキャプチャされ得る。動作204において、プロセスは、画像データに基づいてオブジェクトに関連付けられた境界ボックスを決定することを含み得る。いくつかの例では、3次元境界ボックスは、画像データに基づいて決定され得る。3次元境界ボックスを決定するための例示的な技術は、2017年11月16日に出願された「Pose Determination from Contact Point」と題された米国特許出願第15/814,870号、および2019年5月9日に出願された「Image-Based Depth Data and Bounding Boxes」と題された米国特許出願第16/408,414号に説明されており、これらの両方の全体は、あらゆる目的のために、参照により本明細書に組み込まれる。しかしながら、境界ボックスは、ライダーデータ、飛行時間データなどの他のセンサデータに基づいて決定することができる。いくつかの例では、プロセス200は、動作202および204を省略し得る。

【0026】

いくつかの例では、境界ボックスは、本明細書で説明されるように、ライダーセンサによってキャプチャされ得るライダーデータに基づいて決定され得る。この例では、動作202および204は、オブジェクトに関連付けられたライダーデータに基づいて境界ボックスを決定する動作に置き換えることができる。

【0027】

動作206において、プロセスは、オブジェクトに関連付けられたライダーデータを受信し得る。ライダーデータは、車両、構造、または任意の他のアイテムに関連付けられたライダーセンサから受信され得る。いくつかの例では、ライダーデータは、ライダーセンサによって識別される複数のライダー点を含む点群を含む。動作208において、プロセスは、オブジェクトに関連付けられた点群を決定し得る。オブジェクトに関連付けられた点群は、オブジェクトに具体的に関連付けられた全体的な点群のサブ領域（例えば、関心領域）を表し得る。いくつかの例では、ライダー点のサブセットは、オブジェクトを識別するインスタンスセグメンテーションに基づいて決定され得る。

【0028】

動作210において、オブジェクトに関連付けられた点群は、実質的に水平な平面のような2次元平面上に投影され得る。動作212において、プロセスは、2次元平面上に投影された点群に基づいて、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し得る。いくつかの例では、境界輪郭は、本明細書で説明されるように、境界輪郭を計画された車両軌道と比較する際に使用するために、車両プランニングコンポーネント（例えば、図12に示されるプランニングコンポーネント1232）に提供され得る。

【0029】

1つまたは複数の例では、境界輪郭は、3次元表現に拡張され得る。例えば、2次元境界輪郭は、 $x-y$ 平面内で画定されてもよい。2次元境界輪郭は、 $x-y$ 平面に垂直な x 軸に沿って境界輪郭を延長することによって、3次元表現に拡張することができる。いくつかの例では、2次元境界輪郭は、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を使用し

10

20

30

40

50

て3次元表現に拡張され得る。

【0030】

動作214において、プロセスは、オブジェクトが移動車両、歩行者、動物などの動的オブジェクトであるかどうかを決定し得る。オブジェクトが動的オブジェクトでない場合、プロセスは、他のオブジェクトを選択するために動作218に進み得る。オブジェクトが静的である（例えば、動的ではない）状況では、境界輪郭は、一定の間隔で変化しない場合があり、したがって、動作212で決定された境界輪郭は、更新を必要としない場合がある。

【0031】

オブジェクトが動的である場合、プロセスは、動作214から動作216まで継続し得る。プロセスは、オブジェクトに関連付けられた更新されたライダーデータを受信し得る。いくつかの例では、オブジェクトが動的である場合、その境界輪郭は、オブジェクトが移動するにつれて変化し得る。この状況では、更新された境界輪郭を決定するためにライダーデータを更新することが有利であり得る。例えば、連節バスの形状は、連節バスが環境内のコーナーを通過するにつれて、時間の経過とともに変化し得る。いくつかの例では、凸包の形状は、オブジェクトに関連付けられた予測軌道に基づいて予測することができる。動作216（またはオブジェクトに関する予測）で更新されたライダーデータを受信した後、プロセスは、動作206に戻って、オブジェクトに関連付けられた更新されたライダーデータを決定し得る。

10

【0032】

図3は、本開示の例による、オブジェクトとの衝突の可能性を確認するために境界ボックスおよび境界輪郭を使用するための例示的なプロセス300を示すフローチャートである。プロセス300に関して本明細書に記載される動作は、本明細書で説明されるように、1つまたは複数の車両コンピューティングデバイスによって実行され得る。

20

【0033】

例として、プロセス300は、論理フローグラフとして示され、その各動作は、ハードウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装することができる一連の動作を表す。ソフトウェアの場合において、動作は、1つまたは複数のプロセッサによって実行された場合に、列挙した動作を実行する1つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を表すことができる。一般に、コンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するか、または特定の抽象データタイプを実装するルーティン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを含み得る。動作が記載される順序は、限定として解釈されることを意図するものではなく、プロセス300を実装するために、記載される動作の任意の数を任意の順序でおよび/または並行して結合（または省略）することができる。いくつかの例では、多様な分岐は、個別に、または本明細書で説明される他の動作と組み合わせて使用され得る代替の実装を表す。

30

【0034】

動作302において、プロセスは、オブジェクトに関連付けられた境界ボックスを決定することを含み得る。いくつかの例では、境界ボックスは、オブジェクトの画像、オブジェクトに関連付けられたライダーデータなどに基づいて決定され得る。いくつかの例では、動作302で決定された境界ボックスは、動作304で決定された境界輪郭に基づいて軸整列された境界ボックスであり得る。軸整列境界ボックスの追加の例は、本開示だけでなく、図11A～11Cでも説明される。

40

【0035】

動作304において、プロセスは、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し得る。例えば、本明細書で説明されるシステムおよび方法は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定するために使用され得る。境界輪郭を決定する追加の例は、図6、図7、図8A、および図8B、ならびに本開示を通して説明される。

【0036】

動作306において、プロセスは、境界ボックスに基づいて、オブジェクトとの衝突の

50

可能性があるかどうかを決定し得る。いくつかの例では、動作 306 は、プロセス 300 を実行するオブジェクトと車両との間の衝突の可能性を決定し得る。動作 306 が、境界ボックスに基づいて衝突の可能性がない（または可能性が閾値未満である）と判断する場合、プロセスは、動作 314 で終了し、これは、「衝突の可能性がない」状態を示す。いくつかの例では、「衝突の可能性がない」状態は、車両、他の車両、他のシステム、オブジェクトなどの 1 つまたは複数のシステムに通信され得る。

【0037】

動作 306 が、境界ボックスに基づいて衝突の可能性（例えば、可能性が閾値を上回る）があると判定する場合、プロセスは、動作 308 に進む。動作 308 において、プロセスは、境界輪郭に基づいて、オブジェクトとの衝突の可能性があるかどうかを決定し得る。いくつかの例では、動作 308 は、プロセス 300 を実行するオブジェクトと車両との間の衝突の可能性を決定し得る。動作 308 が、境界輪郭に基づいて衝突の可能性がない（または可能性が閾値未満である）と判断する場合、プロセスは、動作 314 で終了し、これは、「衝突の可能性がない」状態を示す。

10

【0038】

動作 308 が、境界輪郭に基づいて衝突の可能性（例えば、可能性が閾値を上回る）があると判定する場合、プロセスは、動作 310 に進む。

【0039】

いくつかの例では、動作 302 および 306 で説明される境界ボックスは、ボックス / キューブ形状または他の比較的単純な幾何学的形状を有し得る。潜在的な衝突が（動作 306 において）検出された場合、オブジェクトのより正確な表現（例えば、境界輪郭）は、動作 306 において検出された潜在的な衝突を検証または反証するために使用され得る。このアプローチは、単純な計算である境界ボックスとの衝突を最初に確認することによって、コンピューティングリソースの使用を減らし得る。境界輪郭に関連付けられたより複雑な計算は、境界ボックスとの衝突が検出されない限り、または境界ボックスが軌道（および / または軌道に沿った車両のシミュレートされた位置）の閾値距離内にあると予測されない限り、実行されない場合がある。

20

【0040】

動作 310 において、プロセスは、オブジェクトとの衝突を回避するために車両アクションを決定し得る。例えば、車両アクションは、ステアリング、ブレーキ、ホーンを鳴らすこと、車両乗員に警告することなどを含み得る。本明細書で説明するように、動作 310 で決定される車両アクションは、オブジェクトからの距離およびオブジェクトのタイプに関連付けられる潜在的なリスクに応じて変化し得る。動作 312 において、動作 310 で決定された車両アクションは、オブジェクトとの衝突を回避するために開始される。

30

【0041】

図 4A および 4B は、本開示の例による、オブジェクトに関連付けられた例示的なライダー点群 402 およびライダー点群を画定する境界形状 410 を示す図である。いくつかの例では、図 4A に示されるライダー点群 402 は、車両に関連付けられたライダーセンサによってキャプチャされ得る。本明細書で説明されるように、ライダー点群 402 は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を作成するために使用され得る。図 4A は、ライダー点群 402 内の点の一部またはすべてに関連付けられ得る境界ボックス 404 を示す。いくつかの例では、境界ボックス 404 は、車両の一般的な形状を表し得るが、一般的な形状を超えて拡張する車両の部分（例えば、車両の本体から外向きに拡張するミラーおよび他のアイテム）を含まない場合もある。

40

【0042】

図 4B は、図 4A に示されるライダー点群 402 に基づいて生成され得る境界形状 410 を示す。図 4B に示されるように、境界形状 410 の一部は、図 4A に示される境界ボックス 404 の外側に拡張する。したがって、ライダー点群に関連付けられた境界形状 410 は、境界ボックス 404 よりも車両の実際の形状のより良い表現であり得る。車両がオブジェクトと衝突するかどうかを決定するとき、オブジェクトの正確な形状は、衝突の

50

可能性を識別するために重要であり得る。本明細書で記載されるシステムおよび方法は、オブジェクトの周囲を画定する境界輪郭の作成について説明する。いくつかの例では、各境界輪郭は、オブジェクトの周囲を密接に識別するポリゴンであり得る。

【0043】

いくつかの例では、境界ボックス404のサイズは、オブジェクトに関連付けられたすべてのライダー点をキャプチャする可能性を向上させるために拡張され得る。図4Aに示されるように、ライダー点群402の一部は、境界ボックス404の外側に拡張する。境界ボックス404のサイズを拡張することによって、境界ボックス404の外側に位置するライダー点の一部またはすべては、境界形状410でキャプチャされ得る。したがって、オブジェクト情報を境界ボックス404内に含まれるライダー点に限定するのではなく、オブジェクトに関連付けられた境界形状410は、境界ボックス404の外側に位置するライダー点を含むことによって、オブジェクトのより良い表現を提供し得る。

10

【0044】

いくつかの例では、境界ボックスは、オブジェクトのサイズ、オブジェクトタイプなどに基づいて、閾値量によって拡張することができる。いくつかの例では、境界ボックス404は、サイズが0.4メートル拡張され得る。いくつかの実装形態では、この拡張は、境界形状410が、車両側面ミラー、歩行者腕などの境界ボックス404を超えて突出するオブジェクトの部分を含むことを可能にする。他の例では、境界ボックス404は、遭遇するオブジェクトの種類、安全要件、所望の安全マージンなどに基づいて任意の量だけサイズを拡張することができる。1つまたは複数の例では、境界ボックス404は、境界ボックス404のいずれかの側面の外側に位置するライダー点をキャプチャするために、4つの側面すべてに拡張される。

20

【0045】

図5は、本開示の例による、ライダー点群に関連付けられる凸包を生成し、凸包に基づいて境界輪郭を作成するための例示的なプロセス500を示すフローチャートである。プロセス500に関して本明細書で記載される動作は、本明細書で説明されるように、1つまたは複数の車両コンピューティングデバイスによって実行され得る。

【0046】

例として、プロセス500は、論理フローグラフとして示され、その各動作は、ハードウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装することができる一連の動作を表す。ソフトウェアの場合において、動作は、1つまたは複数のプロセッサによって実行された場合に、列挙した動作を実行する1つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を表すことができる。一般に、コンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するか、または特定の抽象データタイプを実装するルーティン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを含み得る。動作が記載される順序は、限定として解釈されることを意図するものではなく、プロセス500を実装するために、記載される動作の任意の数を任意の順序でおよび/または並行して結合(または省略)することができる。いくつかの例では、多様な分岐は、個別に、または本明細書で説明される他の動作と組み合わせて使用され得る代替の実装を表す。

30

【0047】

動作502において、プロセスは、車両に近接する環境に関連付けられたライダーデータを受信することを含み得る。いくつかの例では、ライダーデータは、車両ナビゲーションまたは衝突回避システムにとって重要であり得る1つまたは複数のオブジェクトを含み得る。

40

【0048】

動作504において、プロセスは、ライダーデータ内で識別されたオブジェクトに関連付けられた点群を決定し得る。例えば、オブジェクトは、車両の計画された経路内にあってもよく、または車両の計画された経路の近くにあってもよい。いくつかの例では、オブジェクトに関連付けられた点群は、動作502で受信されたライダーデータの一部であり得る。

50

【 0 0 4 9 】

動作 5 0 6 において、プロセスは、オブジェクトに関連付けられた点群を 2 次元平面上に投影し得る。動作 5 0 8 において、プロセスは、点群に関連付けられた凸包を生成し得る。いくつかの例では、凸包は、点群に関連付けられた複数の境界線を含み得る。1 つまたは複数の例では、凸包は、有限の一組の点について凸包を計算するための既知のアルゴリズムを使用して生成され得る。いくつかの例では、凸包は、5 つ以上の境界線を有し得る。

【 0 0 5 0 】

いくつかの例では、点群または点の他のグループ化に関連付けられた点は、所定のグリッド上の最も近い位置に再配置され得る。例えば、所定のグリッドは、グリッド点間の 1 センチメートルなどの均一な間隔を有し得る。この点群の各点は、最も近いグリッド点に再配置することができる。いくつかの例では、2 つ以上の点と同じグリッド点に配置され得る。この状況では、同じグリッド点のすべての重複点が削除され、それにより、グリッド点に 1 つの点が残る。

【 0 0 5 1 】

いくつかの例では、点群内の点を所定のグリッドに整列させることは、グリッド内に表現される点よりも少ない場合があるため、点群に関連付けられた境界輪郭の作成を単純化し得る。この単純化は、点群から境界輪郭を生成するために必要な時間およびコンピューティングリソースを削減し得る。

【 0 0 5 2 】

動作 5 1 0 において、プロセスは、凸包に関連付けられたもっとも長い境界線を決定し得る。最長境界線は、第 1 のエンドポイントおよび第 2 のエンドポイントを有することができる。

【 0 0 5 3 】

動作 5 1 2 において、プロセスは、最長境界線を 2 つのより短い境界線に置き換え得る。いくつかの例では、第 1 の短い境界線は、第 1 のエンドポイントを含み得、第 2 の短い境界線は、第 2 のエンドポイントを含み得る。いくつかの実装形態では、最長境界線を置き換えることは、凸包の内部の内部点（例えば、内部ライダー点）を決定することを含み得る。第 1 の短い境界線は、第 1 のエンドポイントおよび内部点に基づいてもよい。第 2 の短い境界線は、内部点および第 2 のエンドポイントに基づいてもよい。いくつかの例では、動作 5 1 2 は、2 つのより短い境界線によって形成される角度に少なくとも部分的に基づくことができる。動作 5 1 2 の追加の例は、図 6 および図 7 に関連して、ならびに本開示全体を通して提供される。

【 0 0 5 4 】

動作 5 1 4 において、プロセスは、次の最長境界線が除去するには短すぎるかどうかを決定し得る。いくつかの例では、次の最長境界線の長さが動作 5 1 2 で置き換えられた第 1 の境界線の長さの半分未満である場合、次の最長境界線を除去するには短すぎる場合がある。代替の例では、他のパラメータを使用して、次の最長境界線が短すぎて除去できない時期を決定し得る。例えば、他のパラメータは、第 1 の閾値を満たすか、または超える凸包の境界線の数、第 2 の閾値未満である最の長く残る境界線の長さ、または更新された凸包に関連付けられた内部点の数が第 3 の閾値未満であることを含み得る。

【 0 0 5 5 】

次の最長境界線が除去するには短すぎない場合、プロセスは、次の最長境界線を置き換えるために動作 5 1 2 に戻る。

【 0 0 5 6 】

次の最長境界線が除去するには短すぎる場合、プロセスは、動作 5 1 6 に進み、ここでプロセスは、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を作成し得る。いくつかの例では、境界輪郭は、点群に関連付けられた凸包の境界線に基づいている。いくつかの例では、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を使用して、車両とオブジェクトとの間の衝突の可能性を決定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

いくつかの例では、各点は、1つまた複数の三角形のベクトルである。一連の点内のすべての点を包含する複数の三角形を作成した後、様々な縁を除去して、一連の点に関連付けられた外側境界を画定し得る。しかしながら、この技術は、外側の境界を画定しようとして、一連の点内のすべての点を包含する三角形の生成および処理を必要とするため、時間がかかる場合がある。本明細書で説明するシステムおよび方法は、境界輪郭を生成するためにより少ないコンピューティングリソースを使用するより速い技術を提供し得る。

【 0 0 5 8 】

図6は、本開示の例による、凸包の境界縁を2つのより短いセグメントに置き換えるための例示的なプロセス600を示す図である。図6に示されるように、ポリゴン620は、任意の数の境界縁および境界縁内に含まれる任意の数の点（例えば、ライダー点）を含み得る。図6の例では、ポリゴン620は、複数の点を含む。これらの点のいくつかは、602-1、602-2、602-3および602-4としてラベル付けされている。いくつかの例では、点602は、ポリゴン（例えば、点602-1、602-3、および602-4）の内側に、またはポリゴンの境界（例えば、点602-2）上に位置し得る。ポリゴン620の例示的な境界縁604が図6に示されている。

【 0 0 5 9 】

いくつかの実施形態では、ポリゴンに関連付けられたすべての点は、ポリゴンの境界上、またはポリゴン内側にあることができる。本明細書で説明されるように、ポリゴンの1つまたは複数の境界縁は、より厳密な境界輪郭を作成するために置き換えられ得る。1つまたは複数の例では、結果として生じるポリゴン（境界縁を置き換えた後）は、単純なポリゴン形状を維持することができる。例えば、結果として生じるポリゴンは、任意のループ、穴、または自己交差縁を有さなくてもよい。本明細書で記載される例は、単純なポリゴン形状を維持する方法での境界縁の除去を例示する。

【 0 0 6 0 】

図6に示されるように、ポリゴン630は、上述のポリゴン320に類似している。ポリゴン630に基づいて、本明細書に記載のシステムおよび方法は、2つのより短い境界縁に置き換えるために最長境界縁を選択する。一例では、最長境界縁は、第1のエンドポイント602-5および第2のエンドポイント602-6を有する境界縁606であり得る。エンドポイント602-5および602-6は、ポリゴン630の境界に関連付けられた点である。

【 0 0 6 1 】

いくつかの例では、より短い境界縁の複数のペアは、最長境界縁606を置き換えるための可能な候補として識別され得る。ポリゴン630に示されるように、第1のペアのより短い境界縁は、境界縁608および610として示される。例えば、第1の短い境界縁608は、点602-5（最長境界縁606のエンドポイントの1つ）から点602-3（ポリゴン620に示される）まで拡張する。この例では、点602-3は、ポリゴン内側の内部点である。ポリゴン630に示されるように、第2の短い境界縁610は、点602-6（最長境界縁606の別のエンドポイント）から点602-3（ポリゴン620に示される）まで拡張する。したがって、第1のペアのより短い境界縁608、610は、点602-3と接続することによって最長境界縁606を置き換える。

【 0 0 6 2 】

図6の例では、第2のペアのより短い境界縁が境界縁612および614として示される。例えば、第1の短い境界縁612は、点602-5（最長境界縁606のエンドポイントの1つ）から点602-4（ポリゴン620に示される）まで拡張する。この例では、点602-4は、ポリゴン内側の内部点である。ポリゴン630に示されるように、第2の短い境界縁614は、点602-6（最長境界縁606の別のエンドポイント）から点602-4（ポリゴン620に示される）まで拡張する。この状況では、第2のペアのより短い境界縁612、614は、点602-4と接続することによって最長境界縁606を置き換える。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

したがって、最長境界縁 6 0 6 を置き換える 2 つの候補は、第 1 のペア 6 0 8、6 1 0 および第 2 のペア 6 1 2、6 1 4 である。いくつかの例では、特定の候補を選択するために、記載されたシステムおよび方法は、各ペアに関連付けられた 2 つのより短い境界縁の間の角度を識別し得る。1 つまたは複数の例では、選択されたペアのより短い境界縁は、2 つのより短い境界縁の間で最大の角度を有するペアである。図 6 の例では、第 1 のペアのより短い境界縁 6 0 8、6 1 0 は、6 1 6 の角度を有する。図 6 に示されるように、第 2 のペアのより短い境界縁 6 1 2、6 1 4 は、6 1 8 の角度を有する。この例では、角度 6 1 6 は、角度 6 1 8 よりも大きい。したがって、第 1 のペアのより短い境界縁 6 0 8、6 1 0 が選択され、最長境界縁 6 0 6 を置き換える。

10

【 0 0 6 4 】

図 6 に示されるように、ポリゴン 6 4 0 は、上述したポリゴン 6 2 0 および 6 3 0 に類似している。ポリゴン 6 4 0 を参照すると、最長境界縁 6 0 6 は、2 つのより短い境界縁 6 0 8 および 6 1 0 に置き換えられている。ポリゴン 6 4 0 に示されるように、新しいポリゴンは、最長境界縁 6 0 6 の置き換えに基づいてより小さい。より短い境界縁 6 0 8 および 6 1 0 は、以前はポリゴン内に位置していた点 6 0 2 - 3 を共有するため、ポリゴンの完全性は、凸包を締め付けながら維持される。いくつかの例では、より短い境界縁 6 0 8 および 6 1 0 は、任意の点を除去することなく、最長境界縁 6 0 6 を置き換える。

【 0 0 6 5 】

いくつかの例では、記載されたシステムおよび方法は、図 6 に関して説明されたプロセス 6 0 0 を繰り返して、最長の境界縁を除去し続ける。図 5 に関して上述したように、プロセスは、次の最長境界縁が短すぎるまで繰り返され得る。

20

【 0 0 6 6 】

図 7 は、本開示の例による、凸包の境界縁を 2 つのより短いセグメントに置き換えるための別の例示的なプロセス 7 0 0 を示す図である。図 7 に示されるように、ポリゴン 7 1 0 は、図 6 に関して説明されたポリゴンと類似である。ポリゴン 7 1 0 は、上述したように、新しい境界縁 6 0 8 および 6 1 0 を有するポリゴンを示す。いくつかの例では、境界縁 6 1 0 は、置き換えるべき次の最長境界縁であると決定される。図 7 のポリゴン 7 1 0 に示されるように、より短い境界縁 7 0 4 および 7 0 6 のペアは、現在の最長境界縁 6 1 0 を置き換えるための候補として識別される。この例では、より短い境界縁 7 0 4 および 7 0 6 に関連付けられた角度は、他のより短い境界縁候補に関連付けられた角度と同じである。いくつかの例では、2 つの角度が同じ場合、記載されたシステムおよび方法は、候補のうちの 1 つをランダムに選択し得る。図 7 の例では、現在の最長境界縁 6 1 0 は、ポリゴン 7 2 0 に示されるように、新しいより短い境界縁 7 0 6 および 7 0 8 に置き換えられる。例示的なポリゴン 7 2 0 において、新しい短い境界縁 7 0 6 は、7 0 2 - 3 および 7 0 2 - 4 のエンドポイントを有し、新しい短い境界縁 7 0 8 は、7 0 2 - 4 および 6 0 2 - 6 のエンドポイントを有する。

30

【 0 0 6 7 】

図 8 A および 8 B は、本開示の例による、境界縁上のライダー点およびライダー点の大部分から離れて配置された例示的な迷走点を有する例示的な凸包を示す図である。図 8 A の例では、凸包は、凸包の境界上に複数のライダー点を有する凸包が示されている。例えば、点 8 0 2 - 1、8 0 2 - 2、および 8 0 2 - 3 は、凸包境界上に位置する。図 8 A に示されるように、提案された新しい境界縁 8 0 4 は、点 8 0 2 - 1 から 8 0 2 - 3 まで拡張する。いくつかの例では、この提案された新しい境界縁 8 0 4 は、新しい縁 8 0 4 が境界から点 8 0 2 - 2 を除去することになるため、許可されない。この状況では、点 8 0 2 - 2 は凸包の外側にある。1 つまたは複数の例では、すべての点が凸包内にあることが必要とされ得るか、または凸包の境界に関連付けられ得るため、このタイプの境界縁の置き換えは、許可されない。

40

【 0 0 6 8 】

図 8 B の例では、例示的な迷走点 8 1 0 は、ライダー点の大部分から離れて配置される

50

。いくつかの例では、点 8 1 0 は、凸包ポリゴンの一部として維持される。1 つまたは複数の例では、点 8 1 0 は、ポリゴンから取り除かれず、点 8 1 0 をポリゴンの外側に位置させる縁は置き換えられない（図 8 A に関して説明されるように）。

【 0 0 6 9 】

いくつかの例では、境界縁は、各境界縁の置換後に単純なポリゴンが維持されることを確実にするために、順次置換される。特定の例では、本明細書に記載のシステムおよび方法は、静的オブジェクトまたは動的オブジェクトを表す凸包と共に使用され得る。

【 0 0 7 0 】

図 9 は、本開示の例による、オブジェクトの境界輪郭に基づいて車両とオブジェクトとの間の距離を決定するための例示的なプロセス 9 0 0 を示すフローチャートである。プロセス 9 0 0 に関して本明細書に記載される動作は、本明細書で説明されるように、1 つまたは複数の車両コンピューティングデバイスによって実行され得る。

10

【 0 0 7 1 】

例として、プロセス 9 0 0 は、論理フローグラフとして示され、その各動作は、ハードウェア、ソフトウェア、またはそれらの組み合わせで実装することができる一連の動作を表す。ソフトウェアの場合において、動作は、1 つまたは複数のプロセッサによって実行された場合に、列挙した動作を実行する 1 つまたは複数のコンピュータ可読記憶媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を表すことができる。一般に、コンピュータ実行可能命令は、特定の機能を実行するか、または特定の抽象データタイプを実装するルーティン、プログラム、オブジェクト、コンポーネント、データ構造などを含み得る。動作が記載される順序は、限定として解釈されることを意図するものではなく、プロセス 9 0 0 を実装するために、記載される動作の任意の数を任意の順序でおよび / または並行して結合（または省略）することができる。いくつかの例では、多様な分岐は、個別に、または本明細書で説明される他の動作と組み合わせて使用され得る代替の実装を表す。

20

【 0 0 7 2 】

動作 9 0 2 において、プロセスは、車両に関連付けられた軌道を受信することを含み得る。軌道は、車両が目的地に向かって追跡するための計画された経路であり得る。動作 9 0 4 において、プロセスは、車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信し得る。いくつかの例では、センサは、ライダーセンサであり得、センサデータは、ライダー点群を含むことができるライダーデータであり得る。

30

【 0 0 7 3 】

動作 9 0 6 において、プロセスは、センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定し得る。いくつかの例では、境界輪郭は、オブジェクトに関連付けられたライダー点群に基づいて決定され得る。

【 0 0 7 4 】

動作 9 0 8 において、プロセスは、車両に関連付けられた軌道に基づいて車両のシミュレートされた位置を決定し得る。いくつかの例では、車両の位置は、軌道に沿った異なる点でシミュレートされて、それらの異なる点での障害物との衝突の可能性を決定し得る。将来の時点で軌道に沿った潜在的な衝突を識別することによって、車両は、衝突の可能性を低減または排除する 1 つまたは複数のアクションを取るための余分な時間を有し得る。いくつかの例では、衝突は、車両が将来の時間に占有し得るポーズから横方向に検出され得る。例えば、複数のポーズは、車両がその現在の軌道に応じて占有し得ることを予測することができる。これらのポーズのそれぞれに沿って、横方向の衝突検出技術を、開示された技術に従って適用することができる。同様の技術は、複数の投影された軌道 / ポーズに適用されて、複数の経路に沿った、および / または異なる将来の決定の可能性に回答して、車両の予測される可能性のある将来のポーズを説明することができる。

40

【 0 0 7 5 】

動作 9 1 0 において、プロセスは、境界輪郭の予測された位置を決定し得る。いくつかの例では、軌道に沿った異なる点（例えば、将来の時間）における車両のシミュレートされた位置は、同じ将来の時間における境界輪郭の予測された位置と比較され得る。いくつか

50

かの例では、動作 9 1 0 は、境界輪郭に関連付けられたオブジェクトの予測された軌道を受信することを含み得、いくつかの例では、予測された位置は、予測された軌道に基づることができる。いくつかの例では、動作 9 1 0 は、予測された軌道に沿った境界輪郭の予測された向きを決定することを含むことができる。

【 0 0 7 6 】

動作 9 1 2 において、プロセスは、将来の時点で車両とオブジェクトとの間の距離を決定し得る。いくつかの例では、距離は、車両のシミュレートされた位置およびオブジェクトを表す境界輪郭の予測された位置に基づいて決定され得る。車両と境界輪郭との間の距離は、車両とオブジェクトとの間の衝突の可能性を決定するのに役立ち得る。

【 0 0 7 7 】

動作 9 1 4 において、プロセスは、車両とオブジェクトとの間の距離に基づいてアクションを実行し得る。いくつかの例では、車両とオブジェクトとの間の距離が閾値未満である場合、アクションは、開始され得る。いくつかの例では、閾値は、車両および/またはオブジェクトの速度、オブジェクトの分類、環境に関連付けられたマップデータ、オブジェクトの行動などに基づいてもよい。本明細書で説明されるように、アクションは、車両とオブジェクトとの間の衝突の可能性を低減または排除する運転操作を含み得る。

【 0 0 7 8 】

動作 9 1 6 において、プロセスは、軌道上の更新された車両位置を（後で）決定し得る。いくつかの例では、プロセスは、後の時間に基づいてシミュレートされた車両位置を決定し、その後の時間における衝突の可能性を決定するために動作 9 0 8 に戻ってもよい。

【 0 0 7 9 】

図 1 0 A および 1 0 B は、本開示の例による、車両と境界輪郭 1 0 0 4 との間の距離を決定するときのオブジェクトの例示的な車両軌道 1 0 0 2 および境界輪郭 1 0 0 4 を示す図である。いくつかの例では、車両軌道 1 0 0 2 は、環境を通る車両の計画されたナビゲーションパスを識別する。図 1 0 A および図 1 0 B に示されるように、境界輪郭 1 0 0 4 は、車両軌道 1 0 0 2 に近接して位置する。本明細書で説明されるように、境界輪郭 1 0 0 4 は、車両、歩行者、動物、建物、道路標識、木などの任意のタイプのオブジェクトに関連付けられ得る。

【 0 0 8 0 】

図 1 0 B は、車両 1 0 0 6 が車両軌道 1 0 0 2 上の特定の位置に位置する特定の時間を示す。図 1 0 B の例では、車両 1 0 0 6 と境界輪郭 1 0 0 4 によって画定されたオブジェクトとの間の距離を決定することが望ましい場合がある。この距離は、車両軌道 1 0 0 2 に従うときに、車両 1 0 0 6 が境界輪郭 1 0 0 4 を過ぎて安全に案内できるかどうかを決定するために重要であり得る。いくつかの実施形態では、車両 1 0 0 6 と境界輪郭 1 0 0 4 によって画定されるオブジェクトとの間の距離は、レイトレース 1 0 0 8 によって示されるように、レイキャストによって決定され得る。

【 0 0 8 1 】

車両 1 0 0 6 と境界輪郭 1 0 0 4 との間の距離に基づいて、車両 1 0 0 6 は、境界輪郭 1 0 0 4 に関連付けられたオブジェクトとの衝突を回避するために 1 つまたは複数のアクションを取る場合がある。例えば、車両 1 0 0 6 は、オブジェクトからの距離およびオブジェクトのタイプに関連付けられる潜在的なリスクに応じて、ステアリング、ブレーキ、ホーンの鳴り、車両乗員の警告などのアクションを取る場合がある。いくつかの例では、高速移動車両などの特定のタイプのオブジェクトは、木または交通標識などの静止したオブジェクトよりも車両 1 0 0 6 と衝突するリスクが高い可能性がある。

【 0 0 8 2 】

いくつかの例では、車両 1 0 0 6 および境界輪郭 1 0 0 4 は、車両 1 0 0 6 が車両軌道 1 0 0 2 に沿って移動するにつれて、車両 1 0 0 6 とオブジェクトとの間の将来の衝突を決定するために、車両の軌道に沿って伝搬され得る。いくつかの実装形態では、境界輪郭 1 0 0 4 は、車両軌道 1 0 0 2 に沿った複数の点で決定され得る。車両 1 0 0 6 の位置は、本明細書で説明されるように、レイキャストを使用して、車両軌道 1 0 0 2 に沿

10

20

30

40

50

ったそれらの同じ点で決定され得る。車両軌道 1002 に沿ったこれらの点は、空間および時間における特定の点であり得る。

【0083】

いくつかの例では、本明細書に記載のシステムおよび方法は、車両 1006 が境界輪郭 1004 に関連付けられたオブジェクトを安全に通り過ぎて案内できるかどうかを決定し得る。衝突がない場合でも、いくつかの例では、オブジェクトを通過する車両 1006 の安全なナビゲーションを確実にするための最小距離の閾値（例えば、安全マージン）があり得る。

【0084】

いくつかの例では、第 1 の境界を使用して、車両と外部オブジェクトとの間の潜在的な衝突を検出することができる。例えば、第 1 の境界は、境界ボックス/キューブまたは他の比較的単純な幾何学的形状に関連付けることができる。潜在的な衝突が検出された場合、開示された技術など、より正確な（および場合によってはより多くのプロセッサ集約的な）境界技術を使用することができる。次に、より正確な境界技術を使用して、境界ボックス（または他の形状）を使用して検出された潜在的な衝突を検証または反証することができる。

10

【0085】

図 10B に示されるように、レイトレース 1008 は、車両 1006 の側面から垂直に拡張し、境界輪郭 1004 を通過し得る。いくつかの例では、車両 1006 と境界輪郭 1004 に関連付けられたオブジェクトとの間に衝突が発生し得るかどうかを決定するとき、本明細書で説明されるシステムおよび方法は、レイトレース 1008 によって境界輪郭 1004 内で交差する境界の数を決定する。特定の例では、レイトレース 1008 が境界輪郭 1004 を通過するときに偶数の境界を交差する場合、車両 1006 とオブジェクトとの間に衝突はない。図 10B の例では、レイトレース 1008 は、境界輪郭 1004 の 2 つの境界を交差する（例えば、光線が境界輪郭 1004 に入るときに 1 回、および光線が境界輪郭 1004 から出るときに 1 回）。境界の数が偶数であるため、車両 1006 は、オブジェクトと衝突する可能性が低い。これは、車両 1006 と境界輪郭 1004 との間の分離を示す図 10B によって確認され得る。いくつかの例では、レイトレース 1008 が奇数の境界を交差する場合、それは、レイトレース 1008 が境界輪郭 1004 内で発生したことを意味する。レイトレース 1008 が境界輪郭 1004 内に発生する場合、それは、衝突の兆候である（例えば、車両 1006 の少なくとも一部とオブジェクトが同時に同じ空間を共有する）。

20

30

【0086】

図 10B の例では、レイトレース 1008 は、車両 1006 の側面から垂直に延びるように示されている。他の例では、レイトレース 1008 は、車両 1006 の任意の部分から任意の方向に拡張し得る。例えば、レイトレース 1008 は、車両 1006 の前方または後方から長手方向に延びて、車両 1006 と車両 1006 の前方または後方のオブジェクトとの間の距離を決定し得る。

【0087】

図 11A ~ 11C は、本開示の例による、例示的な境界ボックス、境界輪郭、および軸整列された境界ボックスを示す図である。図 11A の例では、オブジェクトの 3 つの表現、すなわち境界ボックス 1102、境界輪郭 1104、および軸整列境界ボックス (AABB) 1106 が示されている。図 11A に表される例示的なオブジェクトは、車両であり得る。いくつかの例では、境界ボックス 1102 は、オブジェクト（すなわち、車両）の重要な部分を表す長方形である。図 11A に示されるように、境界ボックス 1102 の長い側面は、車両の側面を表し得る。しかしながら、境界ボックス 1102 の長い側面は、車両の各側面から延びるサイドミラーを含まない場合がある。したがって、境界ボックス 1102 は、車両または他のオブジェクトのすべての部分を正確に表さない場合がある。

40

【0088】

50

図 1 1 A の例では、境界輪郭 1 1 0 4 は、車両のより正確な表現を提供し得る。例えば、境界輪郭 1 1 0 4 は、車両と別のオブジェクトとの間の衝突の可能性を決定するときを考慮することが重要であり得る、車両の 2 つのサイドミラーを識別する。上記のように、車両のサイドミラーは、境界ボックス 1 1 0 2 内に表されておらず、これは、本明細書で記載されるシステムおよび方法が、境界ボックス 1 1 0 2 のみに基づくサイドミラーを認識していないため、衝突の可能性を増加させる場合がある。

【 0 0 8 9 】

図 1 1 A はまた、軸整列境界ボックス (A A B B) 1 1 0 6 を含む。 A A B B (1 1 0 6) は、 x - y 軸、車両または他のオブジェクトの長手方向軸などの特定の軸と整列され得る境界ボックスである。図 1 1 A の例では、 A A B B (1 1 0 6) は、 x - y 軸上に整列される。いくつかの例では、 A A B B (1 1 0 6) は、 A A B B (1 1 0 6) によって表される車両と別のオブジェクトとの間の衝突の可能性に関する早期確認を実行するために使用される。例えば、 A A B B (1 1 0 6) を使用する早期確認は、動的輪郭のために動的 A A B B ツリーを使用し得る。動的 A A B B ツリーは、クエリ輪郭の A A B B と重複する A A B B s を有する輪郭の効率的な検索を可能にし得る (例えば、他のオブジェクトとの衝突の可能性を確認する車両の輪郭) 。

10

【 0 0 9 0 】

図 1 1 B の例では、環境 1 1 1 0 は、第 1 の車両 (またはオブジェクト) 1 1 1 4 および第 2 の車両 (またはオブジェクト) 1 1 1 8 を含む。この例では、第 1 の車両 1 1 1 4 は、関連付けられた A A B B (1 1 1 2) を有し、第 2 の車両 1 1 1 8 は、関連付けられた A A B B (1 1 1 6) を有する。図 1 1 B に示されるように、 A A B B (1 1 1 2) および A A B B (1 1 1 6) は、ローカルユニバーサル横メルカトル (U T M) と整列される。したがって、 A A B B (1 1 1 2) および A A B B (1 1 1 6) は、図 1 1 B に示される水平軸および垂直軸と整列される。図 1 1 B の例では、 A A B B (1 1 1 2) および A A B B (1 1 1 6) は、互いに重複しており、これは、第 1 の車両 1 1 1 4 と第 2 の車両 1 1 1 8 との間の潜在的な衝突を検出するための衝突回避システムまたはアルゴリズムを引き起こし得る。しかしながら、図 1 1 B に示す例は、衝突状況を表すものではない。代わりに、図 1 1 B の例では、第 1 の車両 1 1 1 4 と第 2 の車両 1 1 1 8 との間に適切な間隔がある。 2 つの車両 1 1 1 4 および 1 1 1 8 間の潜在的な衝突は、それぞれ第 1 の車両 1 1 1 4 および第 2 の車両 1 1 1 8 を正確に表さない A A B B (1 1 1 2) および A A B B (1 1 1 6) の領域に起因して示され得る。

20

30

【 0 0 9 1 】

図 1 1 C の例では、環境 1 1 2 0 は、第 1 の車両 (またはオブジェクト) 1 1 2 4 および第 2 の車両 (またはオブジェクト) 1 1 2 8 を含む。この例では、第 1 の車両 1 1 2 4 は、関連付けられた A A B B (1 1 2 2) を有し、第 2 の車両 1 1 2 8 は、関連付けられた A A B B (1 1 2 6) を有する。図 1 1 C に示されるように、 A A B B (1 1 2 2) および A A B B (1 1 2 6) は、車両 1 1 2 4 および 1 1 2 8 のヨーと整列される。車両 1 1 2 4 および 1 1 2 8 のヨーとのこの整列は、 A A B B (1 1 2 2) および 1 1 2 6 の重複を回避する。 A A B B s (1 1 2 2) および 1 1 2 6 を車両のヨーに整列されることによって、 A A B B (1 1 2 2) および 1 1 2 6 は、車両の輪郭のより正確な表現を提供する。これらの「より密接な」 A A B B s (1 1 2 2) および 1 1 2 6 は、重複せず、これは、環境 1 1 2 0 のより正確な表現である。図 1 1 C の例では、衝突回避システムまたはアルゴリズムは、第 1 の車両 1 1 2 4 と第 2 の車両 1 1 2 8 との間の潜在的な衝突を検出しない場合がある。

40

【 0 0 9 2 】

いくつかの例では、車両のプランニングおよび / または予測コンポーネントは、 1 つまたは複数の境界ボックス、境界輪郭、および A A B B s を使用して、車両軌道を決定し、車両軌道に沿って車両を案内し、車両と他のオブジェクトとの間の潜在的な衝突を予測し、潜在的な衝突に基づいてアクション (例えば、車両アクション) を開始し得る。 1 つまたは複数の例では、本明細書に記載のシステムおよび方法は、最初に、衝突を予測するか

50

、またはオブジェクトが車両からの閾値距離を維持するかどうかを決定するために粗い解析を実行し得る。この閾値距離は、車両に関連付けられた安全半径とも称され得る。この粗い解析は、例えば、A A B Bまたは境界ボックスを使用して実施してもよい。この粗い解析は、最小限のコンピューティングリソースで迅速に実行できる。粗い解析が潜在的な衝突を識別する場合、または車両とオブジェクトが互いに閾値距離を維持できない場合、記載されたシステムおよび方法は、例えば、境界輪郭およびレイトレーシングを使用して、より詳細な解析を実行し得る。いくつかの例では、車両プランニングは、前車両の車軸および後車両の車軸の両方から実行され得る。

【 0 0 9 3 】

いくつかの例では、衝突確認は、時間または距離に制限され得る。例えば、衝突確認は、次の数秒間に時間が制限され得る。動的環境では、環境内で複数の動的オブジェクトが移動するため、遠い将来の衝突チェックが不正確になる可能性がある。したがって、コンピューティングリソースを節約し、正確なデータを生成するために、衝突チェックは、数秒先の将来に制限され得る。

10

【 0 0 9 4 】

加えて、衝突確認は、車両からの特定の距離に限定され得る。例えば、軌道に沿って移動する車両は、車両または車両の軌道から特定の距離内にあるオブジェクトに関係し得る。いくつかの実装形態では、分析のために閾値距離内で移動するまで、車両および車両の軌道から遠く離れたオブジェクトを無視することができる。これらのオブジェクトを無視することは、コンピューティングリソースを節約し、それらのコンピューティングリソースを、車両または車両軌道へのそれらの近接に基づいて高い優先度であるオブジェクトに焦点を当てる。

20

【 0 0 9 5 】

いくつかの例では、本明細書に記載のシステムおよび方法は、車両軌道とオブジェクトに関連付けられた境界輪郭との間の衝突を確認し得る。1つまたは複数の例では、A A B B ツリーを作成することができ、すべての境界輪郭は、車両のヨーに整列される（図 1 1 C に示すように）。車両軌道は、A A B B ツリーに追加され得る。いくつかの例では、A A B B ツリーは、衝突の候補について照会することができる。いくつかの例では、記載されたシステムおよび方法は、特定の期間に基づいてA A B B ツリーを照会し得る。

【 0 0 9 6 】

いくつかの例では、A A B B ツリーまたは他の技術を使用して、A A B B または他の相対的なコース表現を使用して潜在的な衝突を決定することができる。境界ボックスを使用して潜在的な衝突を検出することに応答して、より正確な表現は、本明細書に開示されるように、境界輪郭を介して決定され得る。例えば、コース表現は、特定のシナリオにおける潜在的な衝突の第1の確率を示し得る。第1の確率が閾値を満たすことに応答して、潜在的な衝突の第2の決定は、より正確な表現を使用して行うことができる。第2の決定は、第2の確率が第1の確率と異なることができる同じシナリオにおける潜在的な衝突の第2の確率を決定することを含むことができる。第2の確率は、例えば、第1の確率よりも衝突の可能性が低いことを示し得る。より正確な表現の使用は、より粗い表現の使用よりも複雑であり得る。記載されている2段階のアプローチを使用すると、システムが潜在的な衝突を決定するための全体的な複雑さが少なくなる。

30

40

【 0 0 9 7 】

いくつかの例では、衝突が検出された場合、記載されたシステムおよび方法は、車両の現在の軌道を無効にするか、または車両からの衝突の時間および距離に基づいて軌道の精度を変更し得る。同様に、安全マージンが損なわれた場合、システムおよび方法は、車両の現在の軌道を無効にするか、または変更し得る。

【 0 0 9 8 】

図 1 2 は、本明細書に記載される技術を実装するための例示的なシステム 1 2 0 0 を示す図である。車両 1 2 0 2 は、1つまたは複数の車両コンピューティングデバイス 1 2 0 4、1つまたは複数のセンサシステム 1 2 0 6、1つまたは複数のエミッター 1 2 0 8、

50

1つまたは複数の通信接続部 1 2 1 0、少なくとも1つの直接接続 1 2 1 2、および1つまたは複数のドライブシステム 1 2 1 4 を含み得る。

【 0 0 9 9 】

いくつかの例では、システム 1 2 0 0 は、ドライバー（または乗員）がいつでも車両を制御することが期待されていない状態で、全体の旅程においてすべての安全に重要な機能を遂行することができる車両を説明する米国国道交通安全局によって発行されたレベル 5 の分類に従って動作するように構成された自律車両などの車両として実装することができる。このような例では、車両は、全ての駐車機能を含む出発から停止までの全ての機能を制御するように構成されることが可能であるため、無人化することが可能である。これは、例に過ぎず、本明細書に記載されるシステムおよび方法は、運転者によって常時、手動

10

【 0 1 0 0 】

車両コンピューティングデバイス 1 2 0 4 は、1つまたは複数のプロセッサ 1 2 1 6、および1つまたは複数のプロセッサ 1 2 1 6 と通信可能に連結されたメモリ 1 2 1 8 を含み得る。図示の例では、車両 1 2 0 2 は、自律車両である。しかしながら、車両 1 2 0 2 は、任意の他のタイプの車両であってよい。図示の例では、車両コンピューティングデバイス 1 2 0 4 のメモリ 1 2 1 8 は、位置特定コンポーネント 1 2 2 0、知覚コンポーネント 1 2 2 2、1つまたは複数のマップ 1 2 2 4、および1つまたは複数のシステムコントローラ 1 2 2 6 を格納する。例示的な目的のためにメモリ 1 2 1 8 に存在するように図 1 2 に示されているが、位置特定コンポーネント 1 2 2 0、知覚コンポーネント 1 2 2 2、1つまたは複数のマップ 1 2 2 4、および1つまたは複数のシステムコントローラ 1 2 2 6 は、追加的に、または代替的に、車両 1 2 0 2 にアクセス可能であり得る（例えば、遠隔に格納され得る）ことが企図される。

20

【 0 1 0 1 】

少なくとも1つの例示において、位置特定コンポーネント 1 2 2 0 は、車両 1 2 0 2 の位置および/または方向（例えば、x 位置、y 位置、z 位置、ロール、ピッチ、またはヨーのうちの1つまたは複数）を決定するためにセンサシステム 1 2 0 6 からのデータを受信する機能を含み得る。例えば、位置特定コンポーネント 1 2 2 0 は、環境のマップを含むおよび/または要求/受信し得、マップ内の自律車両の位置および/または方向を継続的に決定し得る。いくつかの例では、位置特定コンポーネント 1 2 2 0 は、S L A M（同時位置特定およびマッピング）、C L A M S（較正、位置特定およびマッピング、同時に）、相対的 S L A M、バンドル調整、非線形最小 2 乗最適化などを利用して、画像データ、ライダーデータ、レーダーデータ、I M U データ、G P S データ、ホイールエンコーダデータなどを受信し、自律車両の位置を正確に決定することができる。いくつかの例では、本明細書に記載されるように、位置特定コンポーネント 1 2 2 0 は、車両 1 2 0 2 の様々なコンポーネントにデータを提供して、軌道を生成するための、および/またはマップデータを生成または受信するための自律車両の初期位置を決定し得る。

30

【 0 1 0 2 】

いくつかの例において、知覚コンポーネント 1 2 2 2 は、オブジェクト検出、セグメンテーション、および/または分類を実行する機能を含み得る。いくつかの例では、知覚コンポーネント 1 2 2 2 は、車両 1 2 0 2 に近接する物体の存在および/または物体タイプ（例えば、自動車、歩行者、サイクリスト、建物、樹木、路面、縁石、歩道、不明なものなど）として物体の分類を示す処理されたセンサデータを提供する場合がある。追加的または代替的な例において、知覚コンポーネント 1 2 2 2 は、検出された物体（例えば、追跡されるオブジェクト）に関連付けられる1つまたは複数の特性および/または物体が配置される環境を示す処理されたセンサデータを提供する場合がある。いくつかの例において、物体に関連付けられる特性は、x - 位置（グローバルおよび/またはローカル位置）、y - 位置（グローバルおよび/またはローカル位置）、z - 位置（グローバルおよび/

40

50

またはローカル位置)、方向(例えば、ロール、ピッチ、ヨー)、物体タイプ(例えば、分類)、物体の速度、物体の加速度、物体の範囲(サイズ)などを含むことができるが、これらに限定されない。環境に関連付けられた特性は、環境内の別の物体の存在、環境内の別の物体の状態、時刻、曜日、季節、気象条件、暗闇/光の表示などを含み得るが、これらに限定されない。

【0103】

いくつかの例では、知覚コンポーネント1222は、本明細書で説明されるように、任意の数の境界輪郭を作成および管理し得る境界輪郭コンポーネント1228を含み得る。特定の例では、境界輪郭コンポーネント1228は、1つまたは複数のオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を識別する。

10

【0104】

メモリ1218は、環境内を案内するために車両1202によって使用され得る1つまたは複数のマップ1224をさらに含み得る。いくつかの例では、マップは、これらに限定されることではないが、テクスチャ情報(例えば、色情報(例えば、RGB色情報、Lab色情報、HSV/HS�色情報)など)、強度情報(例えば、LIDAR情報、RADAR情報など)、空間情報(例えば、メッシュ上に投影された画像データ、個々の「サーフェル」(例えば、個々の色および/または明暗度に関連付けられるポリゴン))、反射性情報(例えば、鏡面性情報、再帰反射性情報、BRDF情報、BSRDF情報など)を含む場合がある。ある例において、マップは、環境の3次元メッシュを含んでよい。いくつかの例において、マップの個々のタイルが環境の個別の部分を表すように、マップをタイル形式で格納でき、本明細書で説明するように、必要に応じて作業メモリにロードする場合がある。少なくとも1つの例示において、1つまたは複数のマップ1224は、少なくとも1つのマップ(例えば、画像および/またはメッシュ)を含んでよい。いくつかの例では、1つまたは複数のマップ1224は、ネットワーク1240を介してアクセス可能なりモートコンピューティングデバイス(コンピューティングデバイス1242など)に格納され得る。いくつかの例では、多様なマップ1224は、例えば、特性(例えば、物体のタイプ、時刻、曜日、その年の季節など)に基づいて格納され得る。多様なマップ1224を格納することは、類似のメモリ要件を有し得るが、マップにおけるデータがアクセスされ得る速度を増加させる。

20

【0105】

少なくとも1つの例示において、車両コンピューティングデバイス1204は、1つまたは複数のシステムコントローラ1226を含んでよく、これは、ステアリング、推進、制動、安全性、エミッター、通信、および車両1202の他のシステムを制御するように構成されてよい。これらのシステムコントローラ1226は、ドライブシステム1214の対応するシステムおよび/または車両1202の他のコンポーネントと通信することおよび/または制御することができる。

30

【0106】

いくつかの例では、メモリ1218は、車両1202に近接する様々な活動および状況を予測する予測コンポーネント1230を含み得る。少なくとも1つの例では、予測コンポーネント1230は、オブジェクトまたは他の車両の活動または状況との衝突の可能性を予測し得る。

40

【0107】

いくつかの例では、メモリ1218は、様々な車両活動を計画し、目的地に到達するために車両軌道を計画するプランニングコンポーネント1232などを含み得る。少なくとも1つの例では、プランニングコンポーネント1232は、車両の軌道に沿った潜在的な衝突を識別し得る衝突確認コンポーネント1234を含み得る。本明細書で説明されるように、衝突確認コンポーネント1234は、境界輪郭を使用して、車両1202と車両の軌道の近くのオブジェクトに関連付けられた境界輪郭との間の距離(および衝突の可能性)を決定し得る。

【0108】

50

いくつかの例では、本明細書で説明されるコンポーネントのいくつかまたは全ての態様は、任意のモデル、アルゴリズム、および/または機械学習アルゴリズムを含み得る。例えば、いくつかの例示では、メモリ 1218（および以下で説明されるメモリ 1246）の内のコンポーネントは、ニューラルネットワークとして実装され得る。

【0109】

本明細書に記載されるように、例示的なニューラルネットワークは、入力データを一連の接続された層に渡して出力を生成するアルゴリズムである。ニューラルネットワークにおける各レイヤはまた、別のニューラルネットワークを含んでよく、または（畳み込みか否かには関係なく）任意の数のレイヤを含んでもよい。本開示の文脈において理解されるように、ニューラルネットワークは、機械学習を利用してよく、これは、学習したパラメータに基づいて出力が生成されるようなアルゴリズムの広範囲のクラスを指してもよい。

10

【0110】

ニューラルネットワークの脈絡で説明されるものの、任意のタイプの機械学習は、本開示と整合するように用いられてよい。例えば、機械学習アルゴリズムには、限定はされないが、回帰アルゴリズム（例えば、通常の最小2乗回帰（OLS）、線形回帰、ロジスティック回帰、段階的回帰、多変量適応回帰スプライン（MARS）、局所推定散布関平滑化（LOESS）、インスタンスベースのアルゴリズム（例えば、リッジ回帰、最小絶対収縮および選択演算子（LASSO）、弾性ネット、最小角度回帰（LARS））、決定ツリーアルゴリズム（例えば、分類および回帰ツリー（CART）、繰り返しダイコトマイザ3（ID3）、カイ2乗自動相互作用検出（CHAID）、決定スタンプ、条件付き決定ツリー）、ベイジアルゴリズム（例えば、単純ベイズ、ガウシアン単純ベイズ、多項単純ベイズ、平均1依存エスティメータ（AODE）、ベイジアン信念ネットワーク（BNN）、ベイジアンネットワーク）、クラスタリングアルゴリズム（例えば、k平均、k中央値、期待値最大化（EM）、階層クラスタリング）、関連付けルール学習アルゴリズム（例えば、パーセプトロン、バックプロパゲーション、ホップフィールドネットワーク、放射基底関数ネットワーク（RBFN））、深層学習アルゴリズム（例えば、深層ボルツマンマシン（DBM）、深層信念ネットワーク（DBN）、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）、積層自動エンコーダー）、次元削減技法（例えば、主成分分析（PCA）、主成分回帰（PCR）、部分最小2乗回帰（PLSR）、サモンマッピング、多次元尺度構成法（MDS）、射影追跡、線形判別分析（LDA）、混合判別分析（MDA）、2次判別分析（QDA）、フレキシブル判別分析（FDA））、アンサンブルアルゴリズム（例えば、ブースティング、ブートストラップアグリゲーション（バギング）、アダブースト、積層一般化（ブレンディング）、勾配ブースティングマシン（GBM）、勾配ブースト回帰ツリー（GBRT）、ランダムフォレスト）、SVM（サポートベクターマシン）、教師あり学習、教師なし学習、半教師あり学習などを含み得る。

20

30

【0111】

アーキテクチャの追加の例は、ResNet50、ResNet101、VGG、DenseNet、PointNetなどのニューラルネットワークを含む。

【0112】

少なくとも1つの例において、センサシステム1206は、ライダーセンサ、レーダーセンサ、超音波変換器、ソナーセンサ、位置センサ（例えば、GPS、コンパスなど）、慣性センサ（例えば、慣性測定装置（IMUs）、加速度計、磁力計、ジャイロスコープなど）、イメージセンサ（例えば、RGB、IR、強度、深さ、など）、飛行時間センサ、オーディオセンサ、ホイールエンコーダー、環境センサ（温度センサ、湿度センサ、光センサ、圧力センサなど）、その他を含むことができる。センサシステム1206は、これら、または他のタイプのセンサのそれぞれの複数のインスタンスを含み得る。例えば、ライダーセンサは、車両1202の角部、前部、後部、側部、および/または上部に位置する個々のライダーセンサを含み得る。別の例示として、イメージセンサは、車両1202の外部および/または内部の様々な位置に配置される多様なカメラを含み得る。センサシステム1206は、車両コンピューティングデバイス1204に入力を提供し得る。追

40

50

加的または代替的に、センサシステム 1206 は、センサデータを、1つまたは複数のネットワーク 1240 を介して、所定の期間が経過した後、ほぼリアルタイムなどで、特定の頻度で1つまたは複数のコンピューティングデバイス 1242 に送信し得る。

【0113】

車両 1202 はまた、上記で記載されるように、光および/または音を発するための1つまたは複数のエミッター 1208 を含み得る。本例示におけるエミッター 1208 は、車両 1202 の乗員と通信する内部オーディオおよび視覚エミッターを含む。限定ではない例として、内部エミッターは、スピーカー、照明、標識、ディスプレイスクリーン、タッチスクリーン、触覚エミッター（例えば、振動および/またはカフィードバック）、機械的アクチュエータ（例えば、シートベルトテンショナー、シートポジショナー、ヘッドレストポジショナーなど）などを含み得る。本例示におけるエミッター 1208 は、また、外部エミッターを含む。例として、この例の外部エミッターは、進行方向または車両の動作の他のインジケータを知らせるライト（例えば、インジケータライト、標識、ライトアレイなど）、および歩行者、または音響ビームステアリング技術を含む1つまたは複数の近隣の他の車両と音響で通信する1つまたは複数のオーディオエミッター（例えば、スピーカー、スピーカーアレイ、ホーンなど）を含む。

10

【0114】

車両 1202 は、また、車両 1202 と1つまたは複数の他のローカルまたはリモートコンピューティングデバイスと間の通信を可能とする1つまたは複数の通信接続部 1210 も含み得る。例えば、通信接続部 1210 は、車両 1202 上の他のローカルコンピューティングデバイスおよび/またはドライブシステム 1214 との通信を容易にすることができる。また、通信接続部 1210 は、車両が他の近くのコンピューティングデバイス（例えば、他の近くの車両、交通信号など）と通信することを可能とすることができる。通信接続部 1210 は、また、車両 1202 がリモート操作コンピューティングデバイスまたは他のリモートサービスと通信することを可能とする。

20

【0115】

通信接続部 1210 は、車両コンピューティングデバイス 1204 を別のコンピューティングデバイスまたはネットワーク 1240 のようなネットワークに接続するための物理的および/または論理インターフェースを含んでよい。例えば、通信接続部 1210 は、IEEE 802.11 規格によって画定される周波数であり、Bluetooth のような近距離無線周波数、セルラー通信（例えば、2G、3G、4G、4G LTE、5G など）などを介する Wi-Fi に基づいた通信、またはそれぞれのコンピューティングデバイスが他のコンピューティングデバイスとインターフェースで接続することを可能とする任意の適切な有線、または無線通信プロトコルを可能とすることができる。

30

【0116】

少なくとも1つの例において、車両 1202 は、1つまたは複数のドライブシステム 1214 を含み得る。いくつかの例では、車両 1202 は、単一のドライブシステム 1214 を有し得る。少なくとも1つの例において、車両 1202 が多様なドライブシステム 1214 を有する場合、個々のドライブシステム 1214 は、車両 1202 の対向する端部（例えば、前部および後部など）に配置される場合がある。少なくとも1つの例において、ドライブシステム 1214 は、ドライブシステム 1214 および/または車両 1202 の周囲の条件を検出するための1つまたは複数のセンサシステムを含む場合がある。例示の目的であり、限定ではなく、センサシステムは、ドライブシステムのホイールの回転を感知するための1つまたは複数のホイールエンコーダー（例えば、ロータリーエンコーダー）、ドライブシステムの方向および加速度を測定するための慣性センサ（例えば、慣性測定ユニット、加速度計、ジャイロスコープ、磁力計など）、カメラまたは他の画像センサ、ドライブシステムの周囲の状態におけるオブジェクトを音響的に検出するための超音波センサ、ライダーセンサ、レーダーセンサなどを含む場合がある。ホイールエンコーダーなどのいくつかのセンサは、ドライブシステム 1214 に固有のものである場合がある。ある場合において、ドライブシステム 1214 にあるセンサシステムは、車両 1202

40

50

の対応するシステム（例えば、センサシステム 1 2 0 6）と重複または補完してもよい。

【0 1 1 7】

ドライブシステム 1 2 1 4 は、高電圧バッテリー、車両を推進するモータ、バッテリーからの直流を他の車両システムで使用する交流に変換するインバーター、ステアリングモータおよびステアリングラック（電動とすることができる）を含むステアリングシステム、油圧または電気アクチュエータを含むブレーキシステム、油圧および/または空気圧コンポーネントを含むサスペンションシステム、トラクションの損失を軽減し制御を維持するブレーキ力分散用の安定性制御システム、HVACシステム、照明（例えば、車両の外周を照らすヘッドライト/テールライトなどの照明）、および1つまたは複数の他のシステム（例えば、冷却システム、安全システム、車載充電システム、DC/DCコンバータ、高電圧ジャンクション、高電圧ケーブル、充電システム、充電ポートなどの他の電気的コンポーネント）を含む多くの車両システムを含み得る。さらに、ドライブシステム 1 2 1 4 は、センサシステムからデータを受信することができ、前処理をすることができる様々な車両システムの動作を制御するためにドライブシステムコントローラを含んでよい。いくつかの例では、ドライブシステムコントローラは、1つまたは複数のプロセッサ、および1つまたは複数のプロセッサと通信可能に結合されたメモリを含んでよい。メモリは、ドライブシステム 1 2 1 4 の様々な機能を実行するための1つまたは複数のコンポーネントを格納し得る。さらに、ドライブシステム 1 2 1 4 はまた、それぞれのドライブシステムによる、1つまたは複数の他のローカルまたはリモートコンピューティングデバイスとの通信を可能にする1つまたは複数の通信接続も含む。

10

20

【0 1 1 8】

少なくとも1つの例示において、直接接続部 1 2 1 2 は、車両 1 2 0 2 の車体を用いて、1つまたは複数のドライブシステム 1 2 1 4 に連結する物理的なインターフェースを提供してよい。例えば、直接接続部 1 2 1 2 は、ドライブシステム 1 2 1 4 と車両との間でエネルギー、流体、空気、データなどを伝達することを可能にすることができる。いくつかの例では、直接接続部 1 2 1 2 は、ドライブシステム 1 2 1 4 を車両 1 2 0 2 の本体にさらに着脱可能に固定することができる。

【0 1 1 9】

いくつかの例では、車両 1 2 0 2 は、ネットワーク 1 2 4 0 を介して1つまたは複数のコンピューティングデバイス 1 2 4 2 にセンサデータを送信し得る。いくつかの例では、車両 1 2 0 2 は、コンピューティングデバイス 1 2 4 2 に生のセンサデータを送信し得る。他の例示において、車両 1 2 0 2 は、処理済みセンサデータおよび/またはセンサデータの表現をコンピューティングデバイス 1 2 4 2 に送信し得る。いくつかの例では、車両 1 2 0 2 は、所定の期間の経過後、ほぼリアルタイムでなど、特定の頻度で、コンピューティングデバイス 1 2 4 2 にセンサデータを送信し得る。ある事例において、車両 1 2 0 2 は、1つまたは複数のログファイルとしてコンピューティングデバイス 1 2 4 2 に（生のまたは処理された）センサデータを送信し得る。

30

【0 1 2 0】

コンピューティングデバイス 1 2 4 2 は、プロセッサ 1 2 4 4 およびトレーニングコンポーネント 1 2 4 8 を格納するメモリ 1 2 4 6 を含み得る。いくつかの例では、トレーニングコンポーネント 1 2 4 8 は、シミュレータによって生成されたトレーニングデータを含み得る。

40

【0 1 2 1】

車両 1 2 0 2 のプロセッサ 1 2 1 6、およびコンピューティングデバイス 1 2 4 2 のプロセッサ 1 2 4 4 は、データを処理し、本明細書において記載される動作を実行すべく命令を実行することができる任意の適切なプロセッサであり得る。例として、プロセッサ 1 2 1 6 および 1 2 4 4 は、1つまたは複数の中央処理ユニット（CPUs）、グラフィック処理ユニット（GPU）、または電子データを処理して当該電子データをレジスタまたはメモリに格納できる他の電子データに変換する任意の他のデバイス若しくはデバイスの一部を含む場合がある。いくつかの例では、集積回路（例えば、ASICなど）、ゲート

50

アレイ（例えば、FPGAなど）、および他のハードウェアデバイスはまた、それらが符号化された命令を実行するように構成される限り、プロセッサとみなされてよい。

【0122】

メモリ1218および1246は、非一時的なコンピュータ可読媒体の例示である。メモリ1218および1246は、オペレーティングシステムおよび1つまたは複数のソフトウェアアプリケーション、命令、プログラム、および/またはデータを格納して、本明細書で記載される方法および様々なシステムに起因する機能を実装することができる。様々な実装において、メモリは、スタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）、シンクロナスイナミックRAM（SDRAM）、不揮発性/フラッシュタイプメモリ、または情報を格納可能な任意の他のタイプのメモリのような適切なメモリ技術を用いて実装されてよい。本明細書で記載されるアーキテクチャ、システム、および個々のエレメントは、多くの他の論理的、プログラムの、および物理的なコンポーネントを含んでよく、それらのうちの添付図面に示されるものは、単に本明細書での説明に関連付けられた例示に過ぎない。

10

【0123】

場合においては、メモリ1218および1246は、少なくともワーキングメモリおよびストレージメモリを含み得る。例えば、ワーキングメモリは、プロセッサ1216および1244によって操作されるデータを格納するために使用される、限られた容量の高速メモリ（例えば、キャッシュメモリ）であり得る。場合によっては、メモリ1218および1246は、データの長期記憶に使用される比較的大きな容量の低速メモリであり得る記憶メモリを含み得る。ある事例において、プロセッサ1216および1244は、本明細書で説明されるように、記憶メモリに格納されているデータを直接操作しない場合があり、データは、データに基づく操作を実行させるためにワーキングメモリへとロードされる必要がある場合がある。

20

【0124】

図12は、分散システムとして図示されている一方で、代替の例示において、車両1202のコンポーネントは、コンピューティングデバイス1242に関連付けられてよく、および/またはコンピューティングデバイス1242のコンポーネントは、車両1202に関連付けられてよいということに留意すべきである。つまり、車両1202は、コンピューティングデバイス1242に関連付けられる機能の1つまたは複数を実行してよく、逆もまた同様である。

30

【0125】

条項例

A．システムであって、1つまたは複数のプロセッサと、1つまたは複数のプロセッサによって実行可能な命令を格納する1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体とを備え、命令は、実行されると、システムに、環境を横断する自律車両に関連付けられた軌道を受信することと、自律車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信することと、センサデータに基づいて、センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定することと、軌道に沿った自律車両の位置に基づいて、境界輪郭の予測された位置および方向を決定することと、レイキャスティングに基づいて予測された位置および方向における位置と境界輪郭との間の距離を決定することと、距離に基づいて自律車両を制御することと、を含む動作を実行させるシステム。

40

【0126】

B．境界輪郭は、オブジェクトに関連付けられた凸包を表すポリゴンである、段落Aに記載のシステム。

【0127】

C．動作は、センサデータの少なくとも2つの点を接続することをさらに含み、ポリゴンは、少なくとも2つの点を接続することに基づいて決定される、段落Bに記載のシステム。

【0128】

50

D．距離は、第1の距離であり、動作は、オブジェクトに対応する軸整列境界ボックスに基づいて第2の距離を決定することをさらに含む、段落A乃至Cのいずれか一項に記載のシステム。

【0129】

E．動作は、距離を閾値と比較することをさらに含み、閾値は、自律車両の速度およびオブジェクトに関連付けられたオブジェクトタイプに基づいている、段落A乃至Dのいずれか一項に記載のシステム。

【0130】

F．方法であって、車両に関連付けられた軌道を受信するステップと、車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信するステップと、センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定するステップと、軌道に基づいて車両の予測された位置を決定するステップと、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭の予測された位置に基づいて車両とオブジェクトとの間の距離を決定するステップと、車両とオブジェクトとの間の距離に基づいてアクションを実行するステップと、を備える方法。

10

【0131】

G．境界輪郭は、センサデータの少なくとも2つの点の接続によって決定されるオブジェクトに関連付けられた凸包を表すポリゴンである、段落Fに記載の方法。

【0132】

H．アクションは、軌道を検証するステップと、または軌道を無効にするステップとを含む、段落FまたはGに記載の方法。

20

【0133】

I．車両とオブジェクトとの間の距離を決定するステップは、少なくとも部分的にレイキャスティングに基づいている、段落F乃至Hのいずれか一項に記載の方法。

【0134】

J．境界輪郭の予測された方向を決定するステップをさらに含む、段落F乃至Iのいずれか一項に記載の方法。

【0135】

K．予測された方向は、オブジェクトに関連付けられた予測された軌道に少なくとも部分的に基づいている、段落Jに記載の方法。

30

【0136】

L．センサは、ライダーセンサであり、センサデータは、ライダーデータを含む、段落F乃至Kのいずれか一項に記載の方法。

【0137】

M．複数の接続された点の表現として境界輪郭を表現するステップをさらに含む、段落F乃至Lのいずれか一項に記載の方法。

【0138】

N．距離は、第1の距離であり、方法は、軸整列境界ボックスに基づいて第2の距離を決定するステップをさらに含む、段落F乃至Mのいずれか一項に記載の方法。

【0139】

O．距離を閾値と比較するステップをさらに含み、閾値は、車両の速度またはオブジェクトに関連付けられたオブジェクトタイプのうちの少なくとも1つに基づいている、段落F乃至Nのいずれか一項に記載の方法。

40

【0140】

P．車両の方向に少なくとも部分的に基づいて、境界輪郭に関連付けられた軸整列された境界ボックスを決定するステップをさらに含む、段落F乃至Oのいずれか一項に記載の方法。

【0141】

Q．オブジェクトに関連付けられた境界輪郭は、少なくとも5つの境界縁を含む、段落F乃至Pのいずれか一項に記載の方法。

50

【0142】

R．実行されると、1つまたは複数のプロセッサに操作を実行させる命令を格納する1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体であって、車両に関連付けられた軌道を受信することと、車両に関連付けられたセンサからセンサデータを受信することと、センサデータに表されるオブジェクトに関連付けられた境界輪郭を決定することと、軌道に基づいて、車両のシミュレートされた位置を決定することと、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭の予測された位置を決定することと、車両のシミュレートされた位置および境界輪郭の予測された位置に基づいて、車両とオブジェクトとの間の距離を決定することと、および車両とオブジェクトとの間の距離に基づいてアクションを実行することと、を含む非一時的なコンピュータ可読媒体。

10

【0143】

S．境界輪郭は、センサデータの少なくとも2つの点の接続によって決定されるオブジェクトに関連付けられた凸包を表すポリゴンである、段落Rに記載の1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体。

【0144】

T．動作は、境界輪郭に関連付けられた軸整列された境界ボックスを決定することと、軸整列された境界ボックスに基づいて車両とオブジェクトとの間の第2の距離を決定することとをさらに含む、段落RまたはSに記載の1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体。

【0145】

U．システムであって、1つまたは複数のプロセッサと、1つまたは複数のプロセッサによって実行可能な命令を格納する1つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体とを備え、命令は、実行されると、システムに、オブジェクトに関連付けられたライダーデータを受信することと、投影されたライダーデータとして、ライダーデータを2次元平面上に投影することと、投影されたライダーデータに基づいて第1の凸包を決定することであって、前記第1の凸包は、複数の境界縁を含み、最長の境界縁を決定することであって、前記最長の境界縁は、第1のエンドポイントおよび第2のエンドポイントを有し、第1の凸包の内部の内部点を決定することと、最長の境界縁を、第1のエンドポイントおよび内部点に基づく第1のセグメント、および内部点および第2のエンドポイントに基づく第2のセグメントに置き換えることと、および第1のセグメントおよび第2のセグメントに基づいて更新された凸包を決定することと、を備えるシステム。

20

30

【0146】

V．更新された凸包は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を表し、動作は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭に基づいてアクションを決定することであって、アクションは、車両を制御すること、静的オブジェクトを決定することと、動的オブジェクトを決定することと、またはマップデータを更新することとのうちの少なくとも1つを含む、段落Uに記載のシステム。

【0147】

W．最長の境界縁を決定することは、第1の凸包に関連付けられた複数の境界縁を識別することと、および第1の凸包に関連付けられた複数の境界縁のうちの最長の境界縁を決定することと、を含む、段落UまたはVに記載のシステム。

40

【0148】

X．ライダーデータ内で識別されたオブジェクトに関連付けられた境界ボックスを識別することと、拡張された境界ボックスとして、境界ボックスのサイズを拡張することと、拡張された境界ボックス内で追加のライダーデータをキャプチャすることと、をさらに含む、段落U乃至Wのいずれか一項に記載のシステム。

【0149】

Y．方法であって、オブジェクトに関連付けられたセンサデータを受信するステップと、センサデータに基づいて第1の凸包を決定するステップであって、前記第1の凸包は、複数の境界縁を含み、最長境界縁を決定するステップであって、前記最長境界縁は、第1

50

のエンドポイントおよび第 2 のエンドポイントを有し、第 1 の凸包の内部の内部点を決定するステップと、最長境界線を、第 1 のエンドポイントおよび内部点に基づく第 1 のセグメントならびに内部点および第 2 のエンドポイントに基づく第 2 のセグメントに置き換えるステップと、および第 1 のセグメントおよび第 2 のセグメントに基づいて第 2 の凸包を決定するステップと、を備える方法。

【 0 1 5 0 】

Z . オブジェクトに関連付けられたセンサデータは、複数のライダー点を含み、方法は、複数のライダー点を 2 次元平面上に投影するステップと、複数のライダー点の点を所定のグリッド上の最も近い位置に再配置するステップと、をさらに含む、段落 Y に記載の方法。

10

【 0 1 5 1 】

AA . 第 1 の凸包の内部の第 2 の内部点を決定するステップと、第 1 のエンドポイントおよび第 2 の内部点に基づいて第 3 のセグメントを決定するステップと、ならびに第 2 の内部点および第 2 のエンドポイントに基づいて第 4 のセグメントを決定するステップと、をさらに含む、段落 Y または Z に記載の方法。

【 0 1 5 2 】

AB . 第 1 のセグメントおよび第 2 のセグメントに関連付けられる第 1 の角度を決定するステップと、第 3 のセグメントおよび第 4 のセグメントに関連付けられる第 2 の角度を決定するステップと、ならびに第 1 の角度および第 2 の角度のうちの最大の角度を決定するステップとをさらに備え、最長境界線を置き換えるステップは、最長境界線を第 1 の角度が第 2 の角度よりも大きいことを決定することに対応して、第 1 のセグメントおよび第 2 のセグメントに置き換えること、または最長境界線を第 2 の角度が第 1 の角度よりも大きいことを決定することに対応して、第 3 のセグメントおよび第 4 のセグメントに置き換えることのうちの少なくとも 1 つをさらに含む、段落 AA に記載の方法。

20

【 0 1 5 3 】

AC . 第 2 の凸包に基づいて、3 次元オブジェクトを決定するステップをさらに含む、段落 Y 乃至 AB のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 5 4 】

AD . 第 2 の凸包は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を表し、方法は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭に基づいて、車両とオブジェクトとの間の潜在的な衝突に関連付けられた確率を決定するステップをさらに含む、段落 Y 乃至 AC のいずれか一項に記載の方法。

30

【 0 1 5 5 】

AE . 第 2 の凸包は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭を表し、方法は、オブジェクトに関連付けられた境界輪郭に基づいてアクションを決定するステップであって、前記アクションは、車両を制御するステップと、静的オブジェクトを決定するステップと、動的オブジェクトを決定するステップと、またはマップデータを更新するステップとのうちの少なくとも 1 つを含む、段落 Y 乃至 AD のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 5 6 】

AF . センサデータ内で識別されたオブジェクトに関連付けられた境界ボックスを識別するステップと、拡張された境界ボックスとして、境界ボックスのサイズを拡張するステップと、および拡張された境界ボックス内のすべてのセンサデータ点をキャプチャするステップと、をさらに含む、段落 Y 乃至 AE のいずれか一項に記載の方法。

40

【 0 1 5 7 】

AG . 次の最長境界線を決定するステップと、次の最長境界線の長さが閾値長さ未満であることを決定するステップと、および長さが閾値長さ未満であることに少なくとも部分的に基づいて第 2 の凸包を出力するステップと、をさらに含む、段落 Y 乃至 AF のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 5 8 】

AH . 最長境界線に少なくとも部分的に基づいて閾値長さを決定するステップをさらに

50

含む、段落 A G に記載の方法。

【 0 1 5 9 】

A I . 凸包の縁の数が第 1 の閾値を満たすか、または超えることと、最長の残りの境界縁の長さが第 2 の閾値未満であることと、または第 2 の凸包に関連付けられた内部点の数が第 3 の閾値未満であることとのうち少なくとも部分的に基づいて、第 2 の凸包を出力するステップをさらに含む、段落 Y 乃至 A H のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 6 0 】

A J . インスタンスセグメンテーションに基づいて複数のライダー点を決定するステップをさらに含む、段落 Y 乃至 A I のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 6 1 】

A K . 第 1 の凸包は、少なくとも 5 つの境界縁を含む、段落 Y 乃至 A J のいずれか一項に記載の方法。

【 0 1 6 2 】

A L . 実行されると、1 つまたは複数のプロセッサに操作を実行させる命令を格納する 1 つまたは複数の非一時的なコンピュータ可読媒体であって、オブジェクトに関連付けられたセンサデータを受信することと、センサデータに基づいて第 1 の凸包を決定することであって、前記第 1 の凸包は、複数の境界縁を含み、最長境界縁を決定することであって、前記最長境界縁は、第 1 のエンドポイントおよび第 2 のエンドポイントを有し、第 1 の凸包の内部の内部点を決定することと、最長境界縁を第 1 のエンドポイントおよび内部点に基づく第 1 のセグメント、および内部点および第 2 のセグメントに基づく第 2 のセグメントに置き換えることと、ならびに第 1 のセグメントおよび第 2 のセグメントに基づいて第 2 の凸包を決定することと、を含む 1 つまたは複数の非一時的コンピュータ可読媒体。

【 0 1 6 3 】

A M . オブジェクトに関連付けられたセンサデータは、複数のライダーポイントを含み、動作は、複数のライダーポイントを 2 次元平面上に投影することと、および複数のライダーポイントのポイントを所定のグリッド上の最も近い位置に再配置することと、をさらに含む、段落 A L に記載の 1 つまたは複数の非一時的コンピュータ可読媒体。

【 0 1 6 4 】

A N . 動作は、センサデータ内で識別されたオブジェクトに関連付けられた境界ボックスを識別することと、拡張された境界ボックスとして、境界ボックスのサイズを拡張することと、拡張された境界ボックス内のすべてのセンサデータ点をキャプチャすることと、をさらに含む、段落 A L または A M に記載の 1 つまたは複数の非一時的コンピュータ可読媒体。

【 0 1 6 5 】

上記で説明された例示的な条項は、1 つの特定の実装に関して説明される一方で、本明細書の文脈において、例示的な条項の内容は、方法、デバイス、システム、コンピュータ可読媒体、および / または別の実装を介して実施されることも可能であることを理解されたい。さらに、例 A 乃至 A N のいずれかは、単独で、若しくは他の 1 つまたは複数の例 A 乃至 A N のいずれかと組み合わせて実装され得る。

【 0 1 6 6 】

結論

本明細書で記載される技術の 1 つまたは複数の例が記載された一方で、それらの様々な変形、追加、置換、および均等物は、本明細書で記載される技術の範囲内に含まれる。例の記載において、本明細書の一部を形成する添付の図面が参照され、それは、特許請求される主題の特定の例を例示として示す。他の例を使用することができ、構造的変更などの変更または代替を行うことができることを理解されたい。このような例、変更、または変形は、必ずしも、意図された特許請求の主題に関する範囲から逸脱するものではない。本明細書のステップは、特定の順序で提示されることができ、場合によっては、記載されたシステムおよび方法の機能を変更することなく、特定の入力異なる時間にまたは異なる順序で提供されるように、順序を変更することができる。開示された手順は、ま

10

20

30

40

50

た異なる順序で実行することもできる。さらに、本明細書で記載される様々な計算は、開示される順序で実行される必要はなく、計算の代替の順序を用いる他の例が容易に実装される場合がある。並べ替えるだけでなく、計算は、同じ結果を有するサブ計算に分解されることも可能である。

【図面】

【図 1】

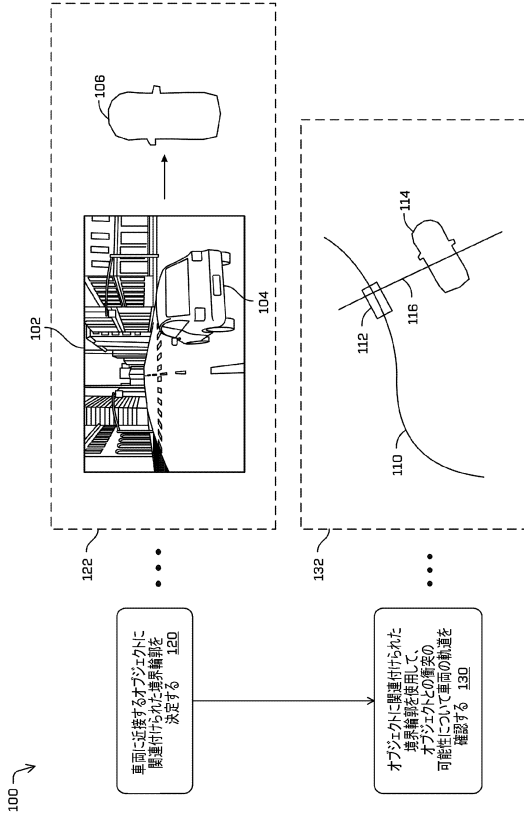


FIG. 1

【図 2】

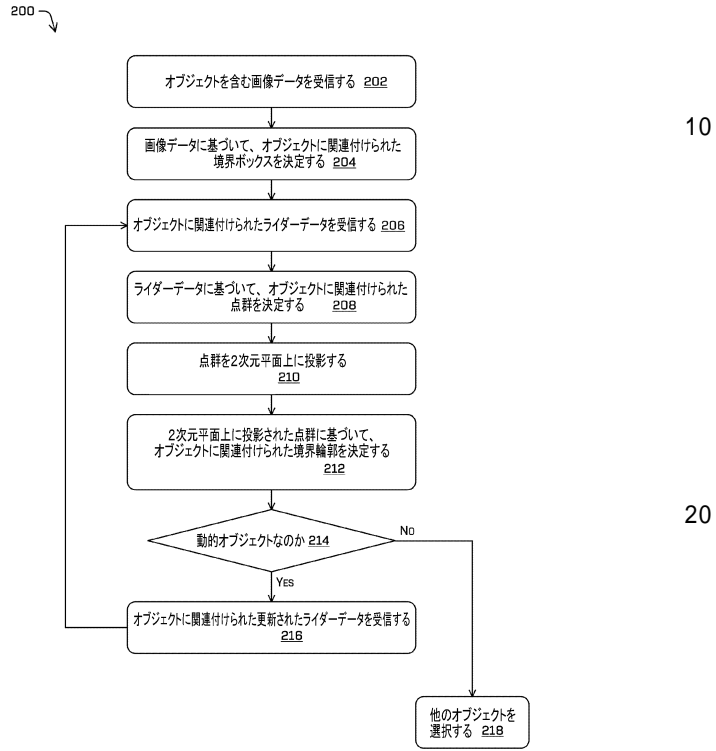


FIG. 2

10

20

30

40

50

【 図 3 】

300 ↘

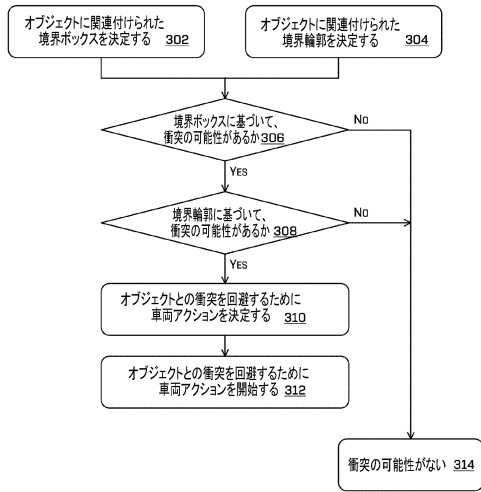


FIG. 3

【 図 4 A 】

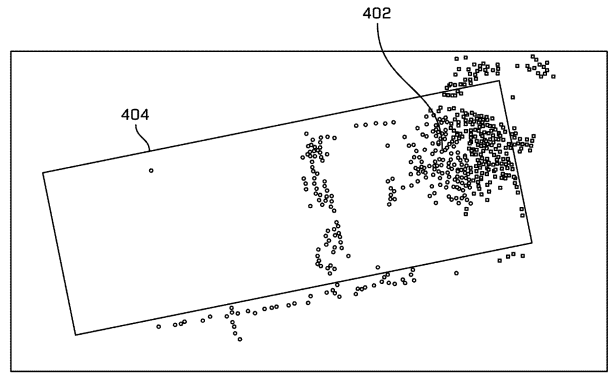


FIG. 4A

10

20

【 図 4 B 】

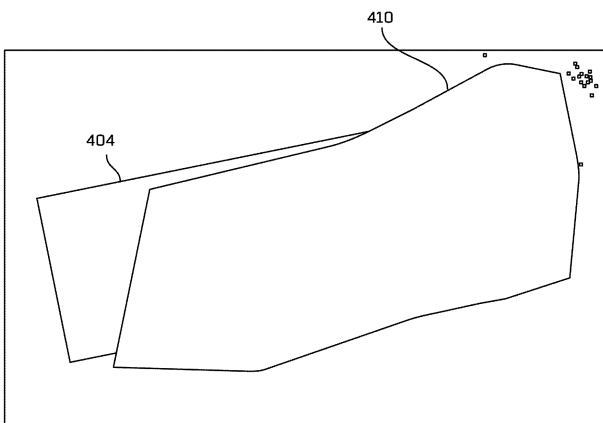


FIG. 4B

【 図 5 】

500 ↘

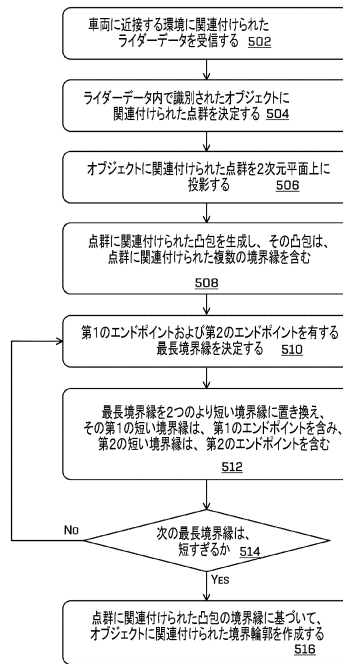


FIG. 5

30

40

50

【 図 6 】

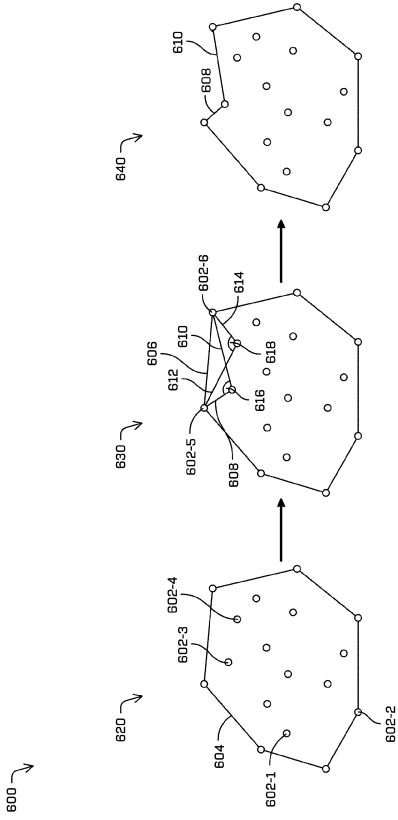


FIG. 6

【 図 7 】

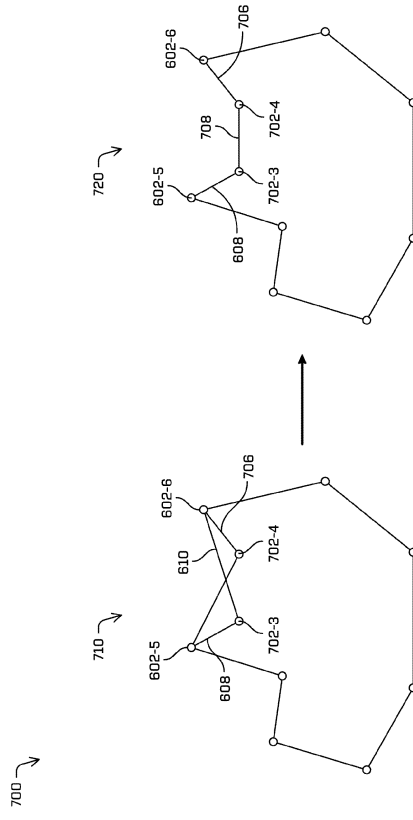


FIG. 7

【 図 8 A 】

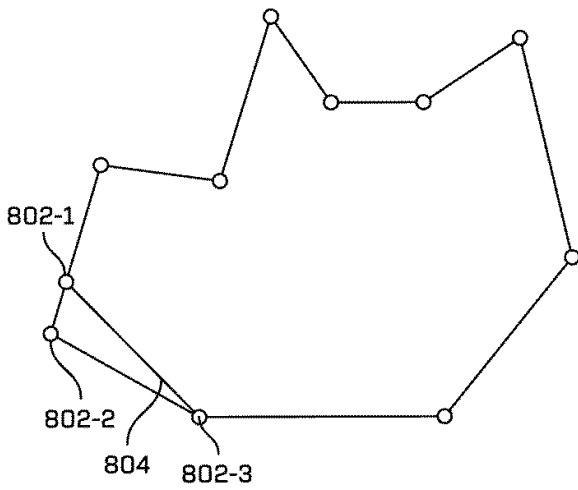


FIG. 8A

【 図 8 B 】

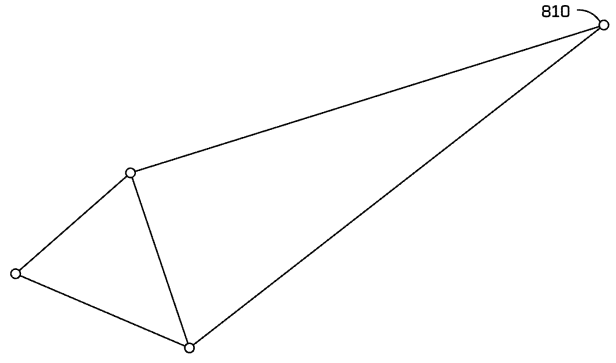


FIG. 8B

10

20

30

40

50

【 図 9 】

900 ↘

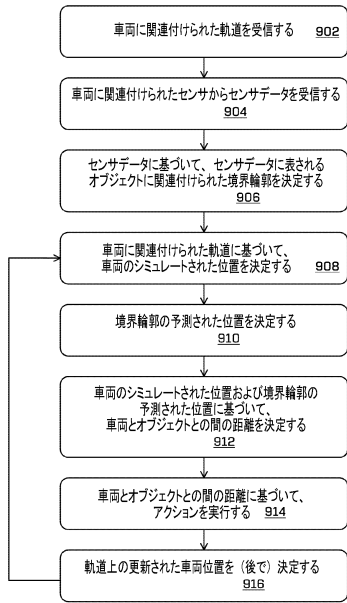


FIG. 9

【 図 1 0 A 】

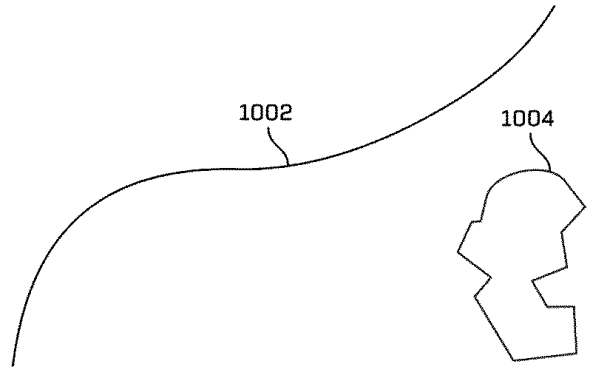


FIG. 10A

10

20

【 図 1 0 B 】

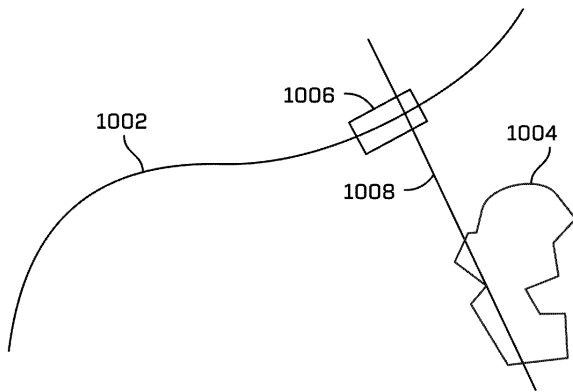


FIG. 10B

【 図 1 1 A 】

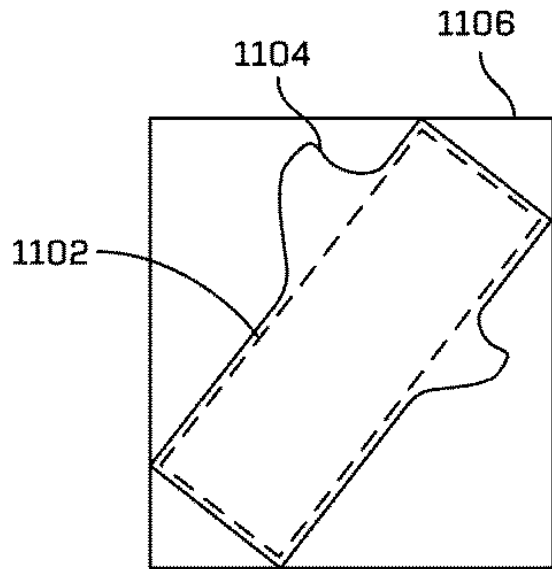


FIG. 11A

30

40

50

【図 11 B】

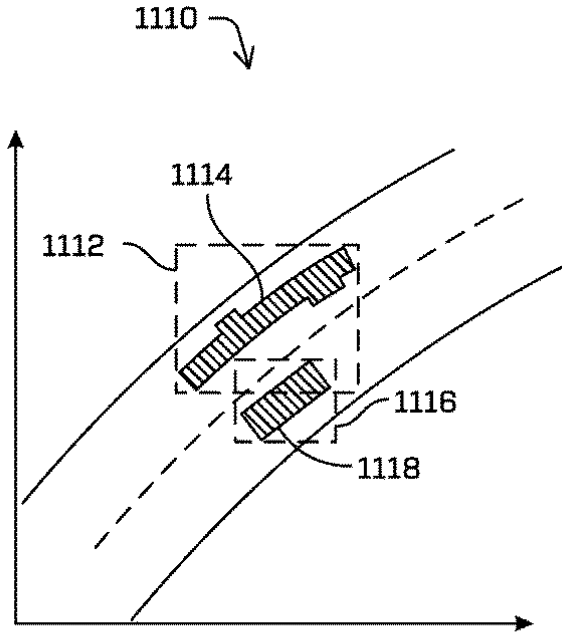


FIG. 11B

【図 11 C】

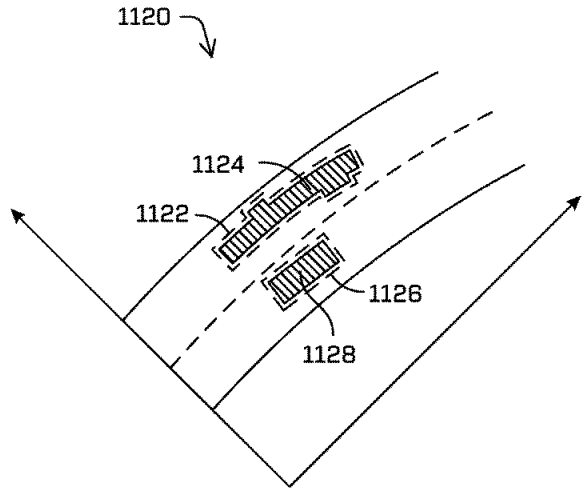


FIG. 11C

10

20

【図 12】

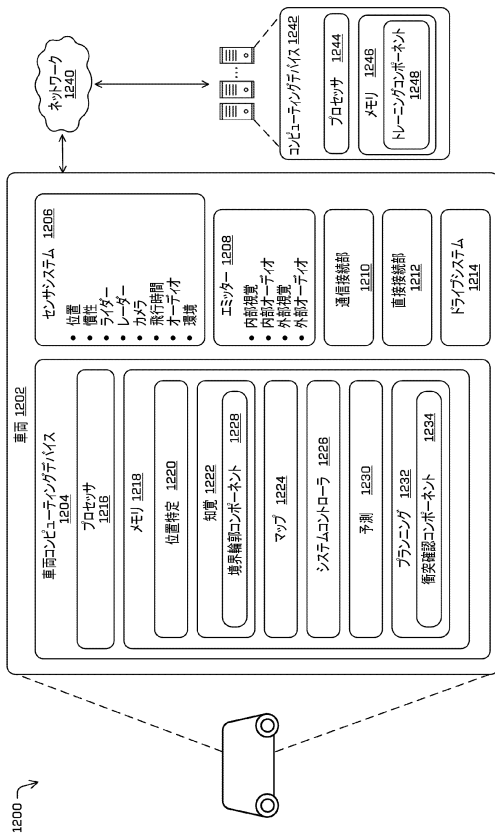


FIG. 12

30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 2021/062125
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B60W 30/095 (2012.01)</i> <i>B60W 40/06 (2012.01)</i> <i>G08G 1/16 (2006.01)</i> <i>G06T 7/181 (2017.01)</i> According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B60W 60/00, 30/00-30/20, 40/00-40/13, G08G 1/16, G06T 7/181		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatSearch (RUPTO Internal), USPTO, PAJ, Espacenet, Information Retrieval System of FIPS		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2019/0243371 A1 (NVIDIA CORPORATION) 08.08.2019, paragraphs [0008], [0009], [0052], [0053], [0057], [0060], [0076], [0085], [0099], [0112]-[0114], [0118], [0123], [0124], [0165], [0183]	1-3, 13-15
A	US 2010/0191391 A1 (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS, INC.) 29.07.2010, paragraphs [0005], [0007], [0020], [0023], [0025], [0031], [0032], [0035], [0036], [0049], [0052], [0053], [0055], [0059], [0073]	1-3, 13-15
A	GB 2570887 A (JAGUAR LAND ROVER LIMITED et al.) 14.08.2019, page 3, lines 10-30, page 7, lines 4-5, page 9, line 27-page 10, line 10, page 18, lines 1-25, page 20, lines 10-25, page 22, line 5-page 24, line 7	1-3, 13-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"D" document cited by the applicant in the international application	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"&" document member of the same patent family	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 09 March 2022 (09.03.2022)	Date of mailing of the international search report 24 March 2022 (24.03.2022)	
Name and mailing address of the ISA/RU: Federal Institute of Industrial Property, Berezhkovskaya nab., 30-1, Moscow, G-59, GSP-3, Russia, 125993 Facsimile No: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Authorized officer D. Sokolov Telephone No. 8(495)531-64-81	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2019)

10

20

30

40

50

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 2021/062125

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
- 3. Claims Nos.: 4-12
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

10

20

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

30

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

40

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

テーマコード (参考)

G 0 6 V 20/58 (2022.01)

G 0 6 V 20/58

,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,D
K,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),O
A(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,B
B,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD
,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IR,IS,IT,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,
LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,
RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,Z
W

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. BLUETOOTH

ライブ 1149 ズークス インコーポレイテッド内

(72)発明者

マーク ジョナサン マクレランド

アメリカ合衆国 94404 カリフォルニア州 フォスター シティー チェス ドライブ 1149
ズークス インコーポレイテッド内

(72)発明者

トロイ ドノヴァン オニール

アメリカ合衆国 94404 カリフォルニア州 フォスター シティー チェス ドライブ 1149
ズークス インコーポレイテッド内

(72)発明者

ズン ワン

アメリカ合衆国 94404 カリフォルニア州 フォスター シティー チェス ドライブ 1149
ズークス インコーポレイテッド内

(72)発明者

ダーヌシュカ ニルメヴァン クララトナ

アメリカ合衆国 94404 カリフォルニア州 フォスター シティー チェス ドライブ 1149
ズークス インコーポレイテッド内

F ターム (参考)

3D241 BA32 BA33 BA60 CC08 CC17 CD10 CE04 CE05 CE08 DB01Z

DB05Z DB12Z DB20Z DB32Z DC25Z DC31Z DC38Z DC39Z DC50Z DC59Z

5H181 AA01 BB04 BB20 CC03 CC04 CC11 CC12 CC14 CC17 CC27

EE02 FF04 FF22 FF27 FF32 LL01 LL02 LL04 LL06 LL09

5L096 AA09 BA04 CA02 CA18 DA02 EA45 FA02 FA06 FA18 FA64

FA66 FA69 GA51 HA11 JA11