(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2022-523730
(P2022-523730A)
(43)公表日　令和4年4月26日(2022.4.26)

(51)国際特許分類			FI			テーマコード（参考）
Ｂ６０Ｗ	*30/09*	*(2012.01)*	Ｂ６０Ｗ	30/09		３Ｄ２４１
Ｂ６０Ｗ	*60/00*	*(2020.01)*	Ｂ６０Ｗ	60/00		５Ｈ１８１
Ｇ０８Ｇ	*1/16*	*(2006.01)*	Ｇ０８Ｇ	1/16	Ｃ	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全36頁）

(21)出願番号　特願2021-544563(P2021-544563)
(86)(22)出願日　令和2年1月30日(2020.1.30)
(85)翻訳文提出日　令和3年9月30日(2021.9.30)
(86)国際出願番号　PCT/US2020/015889
(87)国際公開番号　WO2020/160276
(87)国際公開日　令和2年8月6日(2020.8.6)
(31)優先権主張番号　62/800,416
(32)優先日　平成31年2月1日(2019.2.1)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/822,269
(32)優先日　平成31年3月22日(2019.3.22)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
(31)優先権主張番号　62/798,978
最終頁に続く

(71)出願人　520198845
パーセプティブ オートマタ インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 ０２１０８ マサチューセッツ州 ボストン ワシントン ストリート ２０１ スイート ３５２０
(74)代理人　110001243
特許業務法人 谷・阿部特許事務所
(72)発明者　サミュエル イングリッシュ アンソニー
アメリカ合衆国 ０２１０８ マサチューセッツ州 ボストン ワシントン ストリート ２０１ ３５ フロア パーセプティブ オートマタ インコーポレイテッド内
Ｆターム（参考）　3D241　BA33 BC01 BC02 CC01 CC08 CC17 CD12 CE02
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　交通エンティティの間を縫っての自律車両のニューラルネットワークベースのナビゲーション

(57)【要約】
自律車両が、機械学習ベースのモデルを使用し、交通エンティティに関連付けられた隠れコンテキスト属性を予測する。システムは、隠れコンテキストを使用し、運転者が振舞いをどのように判断するかに、より密接に似ているように、車両近くの人々の振舞いを予測する。システムは、隠れコンテキストに基づいて自律車両の制動システムのための作動閾値を決定する。システムは、機械学習ベースのモデルによって予測された隠れコンテキストに基づいてワールドモデルを修正する。自律車両は、車両が交通エンティティから少なくとも閾値距離で離れているように安全にナビゲートされる。

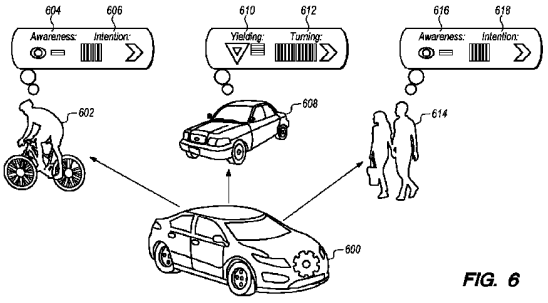


FIG. 6

【特許請求の範囲】
【請求項１】
自律車両によって、前記自律車両に取り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基づいて１つまたは複数の交通エンティティを識別するステップであって、前記交通エンティティは、前記自律車両が走行している交通内の非静的な物体を表す、ステップと、
前記１つまたは複数の交通エンティティのそれぞれについて、
機械学習ベースのモデルに基づいて隠れコンテキストを決定するステップであって、前記機械学習ベースのモデルは、交通シナリオを示す画像またはビデオをユーザに対して提示したことに応答して前記ユーザから受け取られたフィードバックに基づいてトレーニングされ、前記機械学習ベースのモデルの出力は、前記隠れコンテキストの統計分布の程度を含む、ステップ、および
前記隠れコンテキストの前記統計分布に基づいて、前記自律車両の制動システムのための作動閾値を決定するステップと、
前記自律車両が閾値時間間隔内に特定の交通エンティティの前記作動閾値内に到達する可能性が高いことを予測するステップと、
前記自律車両が前記閾値時間間隔内に前記特定の交通エンティティの前記作動閾値内に到達する可能性が高いと決定したことに応答して、前記自律車両の前記制動システムを作動するステップと
を含む方法。
【請求項２】
前記自律車両の前記制動システムのための前記作動閾値は、前記隠れコンテキストを決定する際の不確定度に逆比例する値を有し、前記不確定度は、前記隠れコンテキストの前記統計分布に基づいて決定される請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記隠れコンテキストの前記分布に基づいて、前記自律車両の制動システムのための前記作動閾値を決定するステップは、
前記隠れコンテキストの前記出力分布の変動の程度を決定するステップを含み、
前記自律車両の制動システムのための前記作動閾値は、前記隠れコンテキストの前記出力分布の変動の量に逆比例する値を有する請求項１または２に記載の方法。
【請求項４】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの心の状態を表す請求項１乃至３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項５】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが果たすつもりであるタスクを表す請求項１乃至４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項６】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが前記自律車両を認識している度合いを表す請求項１乃至５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項７】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの目標を表し、
前記ユーザは、閾値時間間隔内で前記目標を達成することを予想する請求項１乃至６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項８】
前記自律車両をナビゲートするステップは、
前記交通エンティティのそれぞれの前記モーションパラメータおよび前記隠れコンテキストに基づいて前記自律車両を制御するための信号を生成するステップと、
前記生成された信号を前記自律車両のコントロールに送るステップと
を含む請求項１乃至７のいずれか一項に記載の方法。

【請求項９】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたカメラによって取り込まれた１つまたは複数の画像を表す請求項１乃至８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１０】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたライダによって取り込まれたライダスキャンを表す請求項１乃至９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１１】
自律車両によって、前記自律車両に取り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基づいて前記自律車両の周囲の点群表現を生成するステップと、
前記センサデータに基づいて１つまたは複数の交通エンティティを識別するステップであって、前記交通エンティティは、前記自律車両が走行している交通内の非静的な物体を表す、ステップと、
前記１つまたは複数の交通エンティティのそれぞれについて、
前記交通エンティティの動きを表す１つまたは複数のモーションパラメータを決定するステップ、
機械学習ベースのモデルに基づいて隠れコンテキストを決定するステップであって、前記機械学習ベースのモデルは、交通シナリオを示す画像またはビデオをユーザに対して提示したことに応答して前記ユーザから受け取られたフィードバックに基づいてトレーニングされる、ステップ、
前記交通エンティティが閾値時間間隔内に到達することが予想される前記点群の領域を決定するステップ、および
前記隠れコンテキストに基づいて前記領域を修正するステップと、
前記自律車両が前記１つまたは複数の交通エンティティのそれぞれの前記修正された領域から少なくとも閾値距離で離れているように前記自律車両をナビゲートするステップと
を含む方法。
【請求項１２】
前記領域は、前記交通エンティティのモーションベクトルに基づいて決定される前記方向にあり、前記隠れコンテキストに基づいて前記領域を修正するステップは、
前記交通エンティティによって表される前記ユーザが前記モーションベクトルに沿った成分を有する前記方向に動く可能性が高いと前記隠れコンテキストに基づいて決定したことに応答して、前記領域を前記モーションベクトルの前記方向に沿って延長するステップを含む請求項１１に記載の方法。
【請求項１３】
前記領域は、前記交通エンティティのモーションベクトルに基づいて決定される前記方向にあり、前記隠れコンテキストに基づいて前記領域を修正するステップは、
前記交通エンティティによって表される前記ユーザが前記モーションベクトルの方向とは反対向きの成分を有する方向に動く可能性が高いと前記隠れコンテキストに基づいて決定したことに応答して、前記領域の前記サイズを前記モーションベクトルの前記方向に沿って縮小するステップを含む請求項１１または１２に記載の方法。
【請求項１４】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの心の状態を表す請求項１１乃至１３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１５】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが果たすつもりであるタスクを表す請求項１１乃至１４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１６】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが前記自律車両を認識している度合いを表す請求項１１乃至１５のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１７】

前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの目標を表し、
前記ユーザは、閾値時間間隔内で前記目標を達成することを予想する請求項１１乃至１６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１８】
前記自律車両をナビゲートするステップは、
前記交通エンティティのそれぞれの前記モーションパラメータおよび前記隠れコンテキストに基づいて前記自律車両を制御するための信号を生成するステップと、
前記生成された信号を前記自律車両のコントロールに送るステップとを含む請求項１１乃至１７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項１９】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたカメラによって取り込まれた１つまたは複数の画像を表す請求項１１乃至１８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２０】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたライダによって取り込まれたライダスキャンを表す請求項１１乃至１９のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２１】
自律車両によって、前記自律車両に取り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基づいて１つまたは複数の交通エンティティを識別するステップであって、前記交通エンティティは、前記自律車両が走行している交通内の非静的な物体を表す、ステップと、
前記１つまたは複数の交通エンティティのそれぞれについて、
前記交通エンティティの動きを表す１つまたは複数のモーションパラメータを決定するステップ、および
機械学習ベースのモデルに基づいて隠れコンテキストを決定するステップであって、前記機械学習ベースのモデルは、交通シナリオを示す画像またはビデオをユーザに対して提示したことに応答して前記ユーザから受け取られたフィードバックに基づいてトレーニングされる、ステップと、
前記交通エンティティのそれぞれの前記モーションパラメータおよび前記隠れコンテキストに基づいて前記自律車両をナビゲートするステップと
を含む方法。
【請求項２２】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの心の状態を表す請求項２１に記載の方法。
【請求項２３】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが果たすつもりであるタスクを表す請求項２１または２２に記載の方法。
【請求項２４】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザが前記自律車両を認識している度合いを表す請求項２１乃至２３のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２５】
前記隠れコンテキストは、前記交通エンティティによって表されるユーザの目標を表し、
前記ユーザは、閾値時間間隔内で前記目標を達成することを予想する請求項２１乃至２４のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２６】
前記自律車両をナビゲートするステップは、
前記交通エンティティのそれぞれの前記モーションパラメータおよび前記隠れコンテキストに基づいて前記自律車両を制御するための信号を生成するステップと、
前記生成された信号を前記自律車両のコントロールに送るステップとを含む請求項２１乃至２５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項２７】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたカメラによって取り込まれた１つまたは複数の画像を表す請求項２１乃至２６のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２８】
前記センサデータは、前記自律車両に取り付けられたライダによって取り込まれたライダスキャンを表す請求項２１乃至２７のいずれか一項に記載の方法。
【請求項２９】
前記自律車両をナビゲートするステップは、前記自律車両が前記交通エンティティのいずれとも衝突しないことを確実にするステップを含む請求項２１乃至２８のいずれか一項に記載の方法。
【請求項３０】
請求項１乃至２９の方法のいずれかのステップを実施するための命令を記憶する非一時的なコンピュータ可読記憶媒体。
【請求項３１】
１つまたは複数のコンピュータプロセッサと、
請求項１０に記載の非一時的なコンピュータ可読記憶媒体と
を備えるコンピュータシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、一般に自律車両に関し、詳細には、交通を縫って自律車両をナビゲートするためにニューラルネットワークを使用することに関する。
【背景技術】
【０００２】
自律車両は、交通を縫って走行している間、自律車両の周囲（または環境）を表す入力を受信するために、異なるタイプのセンサを使用する。たとえば、自律車両は、カメラ画像およびライダスキャンを使用して周囲を知覚し得る。自律車両は、周囲の物体が静的なもの、たとえば建築物または樹木であるか、それともその物体が非静的なもの、たとえば歩行者、車両などであるか決定する。自律車両システムは、自律車両が交通内の非静的な障害物の間を縫ってナビゲートすることが確実にできるように、非静的な物体のモーションを予測する。
【０００３】
従来のシステムは、自律車両の経路内に入る可能性が高いかどうか決定するために、歩行者および他の車両のモーションを予測する。自律車両は、歩行者または他の車両との衝突を回避するように、交通を縫ってナビゲートする。しかし、従来の技法は、いくつかの非静的な物体、たとえば歩行者、自転車に乗る人などのモーションを正確に予測することができない。たとえば、自律車両が街路のコーナに立っている歩行者を検出した場合、歩行者のモーションは、歩行者が街路を横断するかどうか、または歩行者が街路のコーナに立ったままでいるかどうか予測する助けにならない。同様に、自律車両が車線内で自転車に乗る人を検出した場合、自転車の現在のモーションは、自転車が車線を変更するかどうか自律車両が予測する助けにならない。
【０００４】
自律車両が非静的な交通物体のモーションを正確に予測できないことは、たとえば歩行者が道路内で動いたことにより自律車両が突然停止すること、または人が決して街路を横断しようとしていない場合でさえ、その人が街路を横断するのを自律車両が待ち続けることの結果として、自律車両の不自然な動きをもたらす。
【発明の概要】
【０００５】
本発明の実施形態は、交通エンティティに関連付けられた、交通内のこれらの交通エンティティの振舞いを決定する隠れコンテキスト属性を予測する。交通エンティティは、自律

車両が走行している交通内の非静的な物体、たとえば歩行者、自転車、車両、配達ロボットなどを表す。隠れコンテキストは、そのような交通エンティティの振舞いに影響を及ぼす要因、たとえば歩行者など、交通エンティティによって表されるユーザの心の状態を含む。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表されるユーザが果たすつもりであるタスク、たとえば街路を横断すること、または何らかの物体を拾い上げるために街路に立ち入ることを表し得る。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表されるユーザが自律車両を認識している度合いを表し得る。付近における自律車両の存在を認識している度合いの一例は、自転車に乗る人の近くに自律車両が存在することに自転車に乗る人が気付いているかどうかである。自転車に乗る人は、付近における自律車両の存在を認識している度合いに応じて、異なるように自転車をナビゲートし得る。システムは、隠れコンテキストを使用し、運転者が振舞いをどのように判断するかに、より密接に似ているように、車両近くの人々の振舞いを予測する。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表されるユーザの目標を表し得、ユーザは、閾値時間間隔内で目標を達成することを予想する。たとえば、目標は、街路の他方の側に次の数秒内に到達するように街路を横断することを表し得る。

【０００６】

一実施形態では、ユーザ（または観察者）のグループが街路および／または車両近くの交通エンティティのサンプル画像を観て、その人々がどのように振る舞うと考えるかというユーザの理解を示し、またはそれについて測定を受ける。次いで、これらの指標または測定結果は、現実世界のコンテキストにおいて人々がどのように振る舞うか予測する機械学習ベースのモデルをトレーニングするためのコンポーネントとして使用される。機械学習ベースのモデルは、トレーニング環境におけるサンプル画像に対する観察者の反応に基づいてトレーニングされる。トレーニングされた機械学習ベースのモデルは、現実世界環境における交通エンティティの振舞い、たとえば車両が交通の間を縫ってナビゲートするときの交通内の実際の歩行者の振舞いを予測する。

【０００７】

一実施形態によれば、自律車両は、たとえばセンサデータに基づいて交通エンティティを識別する。各交通エンティティについて、交通エンティティの動きを表すモーションパラメータが決定される。隠れコンテキストが機械学習ベースのモデルに基づいて決定される。機械学習ベースのモデルは、交通シナリオを示す画像またはビデオをユーザに提示したことに応答してユーザから受け取られたフィードバックに基づいてトレーニングされる。自律車両は、交通エンティティのそれぞれのモーションパラメータおよび／または隠れコンテキストに基づいてナビゲートされる。

【０００８】

一実施形態によれば、自律車両は、自律車両に取り付けられたセンサからセンサデータを受信する。センサデータに基づいて交通からの交通エンティティが識別される。交通エンティティのそれぞれについて、機械学習ベースのモデルに基づいて隠れコンテキストが決定される。交通シナリオを示す画像またはビデオが提示されたユーザから受け取られたフィードバックに基づいて、機械学習ベースのモデルがトレーニングされる。機械学習ベースのモデルの出力は、隠れコンテキストの統計分布の程度を含む。隠れコンテキストの統計分布の程度に基づいて、自律車両の制動システムのために作動閾値が決定される。自律車両が閾値時間間隔内に特定の交通エンティティの作動閾値内に到達する可能性が高いことが予測される。自律車両が閾値時間間隔内に特定の交通エンティティの作動閾値内に到達する可能性が高いと決定したことに応答して、自律車両の制動システムが作動される。

【０００９】

一実施形態では、自律車両の制動システムのための作動閾値は、隠れコンテキストを決定する際の不確定度の度合いに逆比例する値を有する。

【００１０】

一実施形態では、自律車両の制動システムのための作動閾値は、隠れコンテキストの分布に基づいて決定される。したがって、隠れコンテキストの出力分布の尖度の程度が決定さ

れる。自律車両の制動システムのための作動閾値は、隠れコンテキストの出力分布の尖度の程度に逆比例する値になるように決定される。

【００１１】

別の実施形態によれば、自律車両は、機械学習ベースのモデルによって予測された隠れコンテキストに基づいてワールドモデルを修正する。自律車両の周囲の点群表現が、たとえば自律車両のセンサによって得られたセンサデータに基づいて生成される。交通エンティティがセンサデータに基づいて識別される。各交通エンティティについて、交通エンティティの動きを表すモーションパラメータが決定される。交通シナリオを示す画像またはビデオが提示されたユーザから受け取られたフィードバックに基づいてトレーニングされた機械学習ベースのモデルを使用して、隠れコンテキストが予測される。交通エンティティが閾値時間間隔内に到達することが予想される点群の領域が決定される。この領域は、隠れコンテキストに基づいて修正される。自律車両は、自律車両が各交通エンティティの修正された領域から少なくとも閾値距離で離れているようにナビゲートされる。

【００１２】

一実施形態では、この領域は、交通エンティティのモーションベクトルに基づいて決定される方向にある。この領域は、隠れコンテキストに基づいて以下のように修正される。交通エンティティによって表されるユーザがモーションベクトルに沿った成分を有する方向に動く可能性が高いことを隠れコンテキストが示すと決定された場合、この領域は、モーションベクトルの方向に沿って延長される。交通エンティティによって表されるユーザがモーションベクトルの方向とは反対向きの成分を有する方向に動く可能性が高いことを隠れコンテキストが示すと決定された場合、領域のサイズは、モーションベクトルの方向に沿って縮小される。

【００１３】

一実施形態では、自律車両は、交通エンティティのそれぞれのモーションパラメータおよび隠れコンテキストに基づいて自律車両を制御するための信号を生成することによってナビゲートされる。生成された信号は、自律車両のコントロールに送られる。

【００１４】

センサデータは、自律車両に取り付けられたカメラによって取り込まれた画像、または自律車両に取り付けられたライダによって取り込まれたライダスキャンを表し得る。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

開示されている主題の様々な目的、特徴、および利点は、同様な符号が同様な要素を識別する以下の図面と共に検討すれば、開示されている主題の以下の詳細な説明を参照してより完全に理解することができる。

【００１６】

【図１】本発明のいくつかの実施形態による人間の振舞いを予測するためのネットワーク化されたシステムのシステム図である。

【図２】本発明の一実施形態による交通物体に関連付けられた隠れコンテキストの予測に基づいて自律車両を経路設定する車両コンピューティングシステムのシステムアーキテクチャである。

【図３】本発明のいくつかの実施形態による、車両に関連付けられたセンサシステムを示すシステム図である。

【図４】本発明のいくつかの実施形態による、交通エンティティを表す隠れコンテキスト情報を予測するために機械学習ベースのモデルをトレーニングするプロセスを示す流れ図である。

【図５】本発明のいくつかの実施形態による、トレーニングされた学習アルゴリズムを使用して道路ユーザの心の状態を予測するプロセスを示す流れ図である。

【図６】本発明のいくつかの実施形態による、自動車コンテキストにおけるコンテキストユーザ予測プロセスのアプリケーションの一例を示す図である。

【図７】一実施形態による、隠れコンテキストに基づいて自律車両をナビゲートするプロ

セスを示す流れ図である。
【図８】一実施形態による、自律車両をナビゲートするためのワールドモデルを調節するプロセスを示す流れ図である。
【図９】一実施形態による、自律車両をナビゲートしている間、フォールスポジティブを低減するために調節信号を使用するプロセスを示す流れ図である。
【図１０】一実施形態による、交通エンティティを示す自律車両によって取り込まれたセンサデータの図である。
【図１１】一実施形態による、自律車両を囲む様々な物体の図である。
【図１２】一実施形態による、自律車両を囲む物体の占有グリッド表現の図である。
【図１３】一実施形態による、自律車両の周囲の占有グリッド表現内の様々な交通エンティティのセグメント化の図である。
【図１４】一実施形態による、自律車両によって交通の間を縫ってナビゲートしている間、交通エンティティからの安全な距離を決定する図である。
【図１５】一実施形態による、交通エンティティの軌道に基づいて安全な距離を決定する図である。
【図１６】一実施形態による、交通エンティティに関連付けられた予測された隠れコンテキストに基づいて安全な距離を調節する図である。
【図１７】機械可読媒体から命令を読み取り、それらをプロセッサ（またはコントローラ）において実行することが可能な例示的な機械のコンポーネントを示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】
【００１７】
交通エンティティの振舞いを予測するための安定信号の決定
歩行者は、歩行者が歩いている世界についての情報を消費する。交通エンティティ、たとえば歩行者の感覚装置は、世界について多くのギガバイトの情報を取り入れる。この情報は、広範な推理判断に変換される。これらの判断は、交通の間を縫って歩行者を進ませ、歩行者の標的に到達することを可能にする、瞬間ごとのモーションプランを更新および実行するために使用される。
【００１８】
人間の脳は、多数の偶然の要因を有する複雑な状況を切り抜けることができる。人間の振舞いを、コンピュータを使用して非常にモデル化しにくいものにするこの柔軟性および能力。一貫した目標構造を考える場合でさえ、人間の推理を予測する複雑さは、人間の知覚システムへの入力の複雑さと共に徐々に高まる。歩行者が忙しい交差点をナビゲートするなど複雑な環境では、瞬間ごとのモーションプランへの誘意性の高い知覚入力の数は非常に大きい。どんな時でも、次の瞬間の歩行者の行動は、シーンの数百もの異なる光景によって影響される。これらは、動くエージェント、状況から得られる手掛かり、気を散らすもの、固定された障害物、新たに気付いたシーンの光景、および熟考の内的なプロセスを含むことができる。このため、現在に極端に近くない任意の時における歩行者の振舞いを予測することは、扱いにくいものである。完全なワールドモデルがある場合でさえ、たとえば現在の瞬間から１秒後の考え得る行動の数は、組合せ爆発を受ける。
【００１９】
本発明の実施形態は、入力の組合せ爆発を受けない、交通エンティティ、たとえば歩行者の潜在的な振舞いの安定信号を抽出する。一実施形態では、この安定信号は、完全または部分的な自動制御下にある車両の性能エンベロープを調節するために使用される。別の実施形態では、この安定信号は、やがて近づく道路ユーザの振舞いが注意を必要とするものであることを車両の操作者に知らせるために使用される。
【００２０】
一実施形態では、安定信号は、歩行者の心的状態の計算モデルである。人間は、他の人間を見て、高い確実度で、それらが振舞いに当てはまると人間の内心状態を推定する。本発明の実施形態は、人間の心の論理的思考の理論の間接的な、しかし非常に確実性の高い測

定結果を利用することによってモデルをトレーニングする。これは、モデルが他者の内心状態について予測することを可能にする。

【００２１】

本発明の実施形態は、歩行者の内心状態を安定信号として予測する。歩行者の内心状態は、短期および長期記憶を有する目標指向プランニングおよび評価システムを含む。歩道上の歩行者は、特定の目標（たとえば、他方の側に行くこと）に従って歩道を占有することになる。この目標は、自動車両のコンピューティングシステムがその歩行者の心の状態を考えなければならないであろう時間量より（一般に）はるかに長い持続時間を有する。対象の車両が移動している街路の他方の側にある目的地に最終的に到達するという目標を歩行者が有する場合、その目標は、その目的地に到達したとき成功することになる。この目標は、一般に、「止まれ」のサインが現れるというような過渡条件によって変更されない。しかし、歩行者が任意の所与の瞬間に街路に踏み入れる可能性は、その過渡条件に非常に依存する。本発明の実施形態は、心の状態の推定結果を予測し、これは、歩行者の内的目標および信念構造を予測することを目的としており、したがって、偶然の要因の組合せ爆発を受けない。

【００２２】

非静的な物体が可動物体と称されることもある。交通内の物体がエンティティと称されることもある。人間の車両との相互作用を予測するためのシステムは、参照によりその全体が本明細書に組み込まれている２０１７年１２月４日に出願された米国特許出願第１５／８３０，５４９号明細書に開示されている。

【００２３】

システム環境

図１は、本発明のいくつかの実施形態による人間の振舞いを予測するためのネットワーク化されたシステムのシステム図である。図１は、車両１０２、ネットワーク１０４、サーバ１０６、ユーザ応答データベース１１０、クライアントデバイス１０８、モデルトレーニングシステム１１２、および予測エンジン１１４を示す。

【００２４】

車両１０２は、車、バス、列車、スクータ、または自転車など任意のタイプの手動または動力付き車両とすることができる。下記により詳細に記載されているように、車両１０２は、車両を囲む環境を監視するためのセンサを含むことができる。一実装では、センサは、車両近くの人々のビデオを取り込むために、車両の任意の部分に固定されたカメラを含むことができる。

【００２５】

ネットワーク１０４は、車両１０２によって収集されたセンサデータを受信し、それをサーバ１０６、モデルトレーニングシステム１１２に、またモデルトレーニングシステム１１２を通じて予測エンジン１１４に分配することが可能な任意の有線および／またはワイヤレスネットワークとすることができる。

【００２６】

サーバ１０６は、（１）情報（画像、ビデオ、およびテキスト情報など）をホストし、それをユーザ端末（クライアントデバイス１０８など）に送達すること、（２）複数のユーザ（または観察者）の応答をその情報に記録すること、および（３）そのような情報およびそれに伴う応答（クライアントデバイス１０８を介した応答入力など）をネットワーク１０４に送達して返すことが可能な任意のタイプのコンピュータシステムとすることができる。

【００２７】

ユーザ応答データベース１１０は、画像、ビデオ、ならびにテキスト情報および関連のユーザ応答を記憶し、その後、照会に応答してそれらを呼び出すことが可能な任意のタイプのデータベースまたはデータ記憶システムとすることができる。

【００２８】

モデルトレーニングシステム１１２は、任意のタイプのコンピューティングシステムで実

装することができる。一実施形態では、システム１１２は、画像、ビデオ、ならびに／またはテキスト情報およびそれに伴う、もしくはリンクされたユーザ応答をネットワーク１０４の上でデータベース１１０から受信する。いくつかの実施形態では、テキストセグメントは、離散的な値または自由テキスト応答である。モデルトレーニングシステム１１２は、画像、ビデオセグメント、およびテキストセグメントを、アルゴリズムをトレーニングするためのトレーニング例として使用することができ、トレーニングされたアルゴリズムに基づいてそれに伴うユーザ応答からラベルを作成することができる。これらのラベルは、アルゴリズムが関連の画像、ビデオ、および／またはテキストセグメント内の人々の振舞いをどのように予測するかを示す。ラベルが作成された後、モデルトレーニングシステム１１２は、それらを予測エンジン１４４に送信することができる。

【００２９】

予測エンジン１１４は、コンピューティングシステムで実装することができる。例示的な一例では、予測エンジン１１４は、モデルトレーニングシステム１１２によってトレーニングされたモデルを実行するプロセスを含む。このプロセスは、モデルトレーニングシステム１１２から受信したラベルおよび関連の画像、ビデオ、および／またはテキストセグメントに基づいて、新しい（たとえば、実際の「現実世界」）画像、ビデオ、および／またはテキストセグメントのためのラベルを推定する。いくつかの実施形態では、このラベルは、アルゴリズムがトレーニングされていた間、同様の画像、ビデオ、またはテキストセグメントを提示された多数のユーザ（または観察者）の応答についての集約または要約情報を含む。

【００３０】

図２は、本発明の一実施形態による交通物体に関連付けられた隠れコンテキストの予測に基づいて自律車両を経路設定する車両コンピューティングシステムのシステムアーキテクチャである。車両コンピューティングシステム１２０は、予測エンジン１１４、将来位置推定器１２５、モーションプランナ１３０、車両制御モジュール１３５、ワールドモデル調節モジュール１４５、およびフォールスポジティブ低減モジュール１５５を含む。他の実施形態は、図２に示されているものより多い、または少ないモジュールを含んでもよい。本明細書に示されている特定のモジュールによって実施されるアクションは、本明細書に示されているもの以外のモジュールによって実施されてもよい。

【００３１】

自律車両のセンサは、自律車両を囲む交通を表すシーンを表すセンサデータ１６０を取り込む。自律車両によって使用されるセンサの例は、カメラ、ライダ、ＧＮＳＳ（全地球測位システムまたはＧＰＳなど全地球航法衛星システム）、ＩＭＵ（慣性測定ユニット）などを含む。センサデータの例は、カメラ画像およびライダスキャンを含む。

【００３２】

交通は、１つまたは複数の交通エンティティ、たとえば歩行者１６２を含む。車両コンピューティングシステム１２０は、センサデータ１６０を解析し、シーン内の様々な交通エンティティ、たとえば歩行者、自転車に乗る人、他の車両などを識別する。車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティに関連付けられた様々なパラメータ、たとえばロケーション（ｘ座標およびｙ座標として表される）、交通エンティティの動きを表すモーションベクトルなどを決定する。たとえば、車両コンピューティングシステム１２０は、人の現在および過去の動きのデータを収集し、これらの動きに基づいて現時点でのその人のモーションベクトルを決定し、現在のモーションベクトルに基づいて、将来の時点でのその人の予測されるモーションを表す将来のモーションベクトルを推定し得る。

【００３３】

将来位置推定器１２５は、交通エンティティの将来の位置を推定する。モーションプランナ１３０は、自律車両のモーションのためのプランを決定する。車両制御モジュール１３５は、自律車両の動きを制御するために車両コントロール（たとえば、アクセル、ブレーキ、ステアリング、緊急制動システムなど）に信号を送る。一実施形態では、センサデータ１６０に基づいて将来位置推定器１２５によって決定される交通エンティティのための

将来位置推定結果は、モーションプランナ１３０に入力として提供される。モーションプランナ１３０は、交通を縫って自律車両をナビゲートするためのプランを決定し、プランの説明を車両制御モジュール１３５に提供する。車両制御モジュール１３５は、車両コントロールに提供するための信号を生成する。たとえば、車両制御モジュール１３５は、運転中、車両を突然停止させるために制御信号を緊急制動システムに送ってもよく、車両制御モジュール１３５は、車両の速度を上げる、もしくは落とす、ためにアクセルに制御信号を送ってもよく、または車両制御モジュール１３５は、自律車両が動いている方向を変更するために自律車両のステアリングに制御信号を送ってもよい。

【００３４】

図３は、本発明のいくつかの実施形態による、車両に関連付けられたセンサシステムを示すシステム図である。図３は、車両３０６を示し、矢印がそのセンサ３００、ローカルプロセッサおよびストレージ３０２、ならびにリモートストレージ３０４のロケーションを指している。

【００３５】

データは、固定または一時的な能力で車に取り付けられ、車の前方、後方、および／または側部の道路の画像を取り込むように向けられたカメラ、またはソリッドステートライダ、回転ライダ、中距離レーダなどを含む他のセンサ３００から収集される。いくつかの実施形態では、センサデータは、コンパクトフラッシュ（登録商標）ドライブ、ハードドライブ、ソリッドステートドライブ、または専用データロガーなど物理記憶媒体（図示せず）上に記録される。いくつかの実施形態では、センサ３００および記憶媒体は、プロセッサ３０２によって管理される。

【００３６】

センサデータは、車内データ記憶媒体およびプロセッサ３０２からクラウドベース、デスクトップ、またはホストされたサーバストレージ製品を含むことができる別の記憶媒体３０４に転送され得る。いくつかの実施形態では、センサデータは、ビデオ、ビデオセグメント、またはビデオフレームとして記憶され得る。

【００３７】

いくつかの実施形態では、リモートストレージ３０４内のデータは、センサデータに関連付けられたデータベーステーブルをも含む。センサデータが受信されたとき、どこで記録されたか、誰によってか、どのデータ上か、セグメントの長さはどれくらいか、インターネットまたはローカルストレージ上のどこでその物理ファイルを見つけることができるか、センサデータの分解能はいくつか、それが記録されたのはどのタイプのセンサか、センサの位置、および他の特性を含む、受信されたセンサデータについての情報を記録するデータベーステーブルに行が追加され得る。

【００３８】

図４は、本発明のいくつかの実施形態による、人間の振舞いを予測するプロセスを示す流れ図である。一実装では、車両１０２に取り付けられたカメラまたはセンサによって、ビデオまたは他のデータが取り込まれる。カメラまたは他のセンサは、固定または一時的に車両１０２に取り付けられ得る。当然ながら、カメラは、自動車に取り付けられることを必要とせず、自転車など別のタイプの車両に取り付けられ得る。車両が様々な街路を移動するにつれて、カメラまたはセンサは、街路上または街路近くで動いている、または静止している歩行者、自転車、自動車などの静止画像および／または動画（または他のセンサデータ）を取り込む。ステップ４０２では、カメラまたは他のセンサによって取り込まれたこのビデオまたは他のデータは、車両１０２から、ネットワーク１０４の上で、それが記憶されるサーバ１０６に送信される。

【００３９】

次いで、ステップ４０４では、ビデオフレームまたはセグメントが、記憶されたビデオまたは他のデータから抽出され、導出スティミュラス（または複数のスティミュラス）を含むスティミュラスデータを作成するために使用される。一実装では、導出スティミュラスは、街路脇または街路上で、および／または車両近くで１人または複数の人間が活動して

いる（たとえば、立っている、歩いている、運転している、自転車に乗っているなど）シーンに対応する。下記でより詳細に述べるように、たとえばステップ２１４では、予測アルゴリズムのためのトレーニングプロセスの一部として、観察者が導出スティミュラスを観て、導出スティミュラス内に示される人間がどのように行動すると思うか予測する。さらなる実装では、ビデオフレームまたはセグメントが記憶されたデータから抽出された後、導出スティミュラスは、ステップ２０４においてカメラまたは他のセンサから獲得されたピクセルまたは等価のアレイデータを操作し、いくつかの光景が強調された、またはあいまいにされたビデオからの情報の一部分を伝える新しいデータファイルを作り出すことによって生成される。

【００４０】

ステップ４０６では、導出スティミュラスは、サーバ１０６から送信され、クライアントデバイス１０８（または複数のクライアントデバイス１０８）上で多数のユーザ（または観察者）に対して表示される。クライアントデバイス１０８は、導出スティミュラス内に示されている人々がどのように行動するか予測するように観察者を促し、表示されたスティミュラスを観たとき、観察者は、自分の予測に対応する自分の応答を入力する。たとえば、観察者は、自転車に乗る人が乗り続けること、スティミュラス内の最初の人は街路を横断するかどうか、別の人は街路のコーナに立ったままであり、さらに別の人は、自転車に乗って車線を変更するかどうか予測し得る。例示的な実施形態では、観察者は、導出スティミュラス内に示されている人々の心の状態または予測される振舞いについて連続的または順序的な判断をし、その判断を記録してもよい。たとえば、観察者は、自分の判断または予測を示すために、マウスをクリックする、またはキーを押下することによってクライアントデバイス１０８上に表示された適切なアイコンを選択してもよい。この判断または予測は、導出スティミュラス内の人の心の状態の観察者の査定、または運転中、導出スティミュラス内の人を見る仮想の運転者に関係することになる他の認識もしくは意図に対応し得る。ステップ４０８では、導出スティミュラスおよび関連の観察者の応答がクライアントデバイス１０８からサーバ１０６に送信され、ユーザ応答データベース１１０内で記録される。

【００４１】

ステップ４１０では、要約統計量がユーザ応答に基づいて生成される。たとえば、この統計量は、特定の導出スティミュラスに対する複数の観察者の集約された応答を特徴付け得る。たとえば、導出スティミュラスが交差点に向かって歩道上を歩く歩行者を示す場合、その応答は、その歩行者が交差点に到達したとき停止する、交差点をわたって真っ直ぐ歩き続ける、コーナを曲がり、交差点を横断せずに歩道に沿って歩き続ける、などと何人の観察者が考えるかという点でカテゴリ化することができる。これらの要約統計量は、応答の内容、応答を入力することに関連付けられた時間、および応答に関連付けられた観察者の目の位置など、この統計量に関連付けられたいくつかのパラメータで表して、観察者の応答を特徴付け得る。これらのパラメータはまた、（１つの）中心傾向、分散、スキュー、尖度、尺度、またはヒストグラムに関連付けられ得る。たとえば、ユーザが自分の応答を入力するためにかかった時間量は、中心傾向、分散、スキュー、尖度、尺度、ヒストグラムで表して特徴付けられ得る。また、この統計量は、判断するときのディスプレイに対する観察者の目の動きを、中心傾向、分散、スキュー、尖度、尺度、ヒストグラム、または２次元分布で表して追加として、または代替として特徴付けるパラメータを含むことができる。一実施形態では、この統計量は、導出スティミュラスが生成された生のビデオまたはセンサデータを識別するインデックスと共に、ユーザ応答データベース１１０内に記憶される。さらなる実施形態では、データベース１１０内に記憶された統計量は、道路上または道路近くの人々の画像の大きなセットをカバーし、歩行者、運転者、バイクに乗る人、自転車に乗る人、スクータ運転者、自らバランスのとれるスクータのライダ、一輪車に乗る人、動力付き車椅子のユーザ、スケートボードに乗る人など、いくつかの異なるカテゴリでカテゴリ化される。さらに、これらの統計量は、それらの統計量に対応する導出スティミュラスの画像と共に、またはそれらにリンクされてそれぞれ記憶される。

【００４２】
ステップ４１２では、記憶された統計量および対応する画像（たとえば、ビデオまたは他のデータから抽出された（車両２０２のカメラまたはセンサから取り込まれた）ビデオフレームまたはセグメント）が、ネットワーク１０４の上で、モデルトレーニングシステム１１２に送られ、予測アルゴリズムをトレーニングするために使用される。たとえば、画像および統計量集まりを使用し、２次元もしくは３次元である線形もしくは非線形カーネルを用いるランダムフォレストリグレッサ、サポートベクトルリグレッサ、単純なニューラルネットワーク、深層畳み込みニューラルネットワーク、回帰型ニューラルネットワーク、長短期記憶（ＬＳＴＭ）ニューラルネットワークを含むことができる教師あり学習アルゴリズム、または連続的な値でラベル付けされたデータの集まりをとり、新規のスティミュラス上のその予測されたラベルとそのネットワークをトレーニングするために使用されたスティミュラスのセットに対して使用されたものと同じ方法を使用してそのスティミュラスで収集された実際のラベルとの偏差を最小化するために、重み、構造、もしくは他の特性の点でそのアーキテクチャを適合させることができる任意の他の教師あり学習アルゴリズムをトレーニングすることができる。モデルには、要約統計量が生成されたビデオフレームからのピクセルデータの何らかのサブセットを含むデータが与えられる。一実装では、このサブセットは、人、サイクリスト、モータリスト、および車両、またはそれらの交通手段を含む他の道路ユーザの境界を含むように描画されたバウンディングボックス内に含まれるピクセルデータを含む。いくつかの他の実装では、それは画像の残りの部分からのピクセルデータ全体をも含む。それらの実装のうちの１つでは、そのピクセルデータは、コントラスト、照明、エッジの存在または色などで表したこれらの特徴の顕著な点などの基準に従って選択される。追加の実装では、これらの特徴は、バウンディングボックスの寸法およびロケーション、バウンディングボックスの形状、または１つのフレームから次のフレームへのバウンディングボックスのサイズもしくは位置の変化など、画像についての記述的メタデータを含むことができる。
【００４３】
ステップ４１４では、予測エンジン１１４は、モデルトレーニングシステム１１２からのトレーニングされたモデルを使用し、道路上または道路近くの人々の実際の「現実世界」または「ライブデータ」振舞いを予測する。一実施形態では、予測エンジン１１４は、トレーニングされたモデルをトレーニングするために使用されたデータのフォーマットに一致する「ライブデータ」を受信する。たとえば、トレーニングされたモデルが車両１０２上のカメラから受信されたビデオデータに基づいてトレーニングされた場合、同様にアルゴリズムに入力される「ライブデータ」は、同じまたは同様のカメラからのビデオデータである。一方、モデルが車両１０２上の別のタイプのセンサから受信された別のタイプのセンサデータに基づいてトレーニングされた場合、同様に予測エンジン１１４に入力される「ライブデータ」は、同じまたは同様のセンサからの他のタイプのデータである。
【００４４】
トレーニングされたモデルまたはアルゴリズムは、「ライブデータ」に示されている歩行者または他の人が何をするかを、１つまたは複数の導出スティミュラスの要約統計量および／またはトレーニングラベルに基づいて予測する。モデルの精度は、前述のトレーニング画像の一部でなかったが、人間の評定が添付され、その結果、新規の画像における要約統計量を、トレーニングデータのための要約統計量を生成するために使用されたものと同じ、しかし要約統計量と画像データとの間の相関はモデルトレーニングプロセスの一部ではなかった方法を使用して生成することができる、新規の導出スティミュラスをモデルに予測させることによって決定される。トレーニングされたモデルによって作り出される予測結果は、道路ユーザの心の状態の予測結果のセットを含み、次いでそれを使用し、車道上で動作する自律車両、ロボット、仮想エージェント、トラック、自転車または他のシステムの性能を、それらに道路ユーザの将来の振舞いについてその心の状態に基づいて判断させることによって、改善することができる。
【００４５】

サーバ１０６は、観察者に提示するために、車両の生のカメラまたはセンサデータから、導出スティミュラスを生成する。上記のように、センサデータは、ビデオセグメントまたは特定のフレームを含むことができる。これらのフレームは、連続的または非連続的なものとすることができ、元の順序、並べ替えられた順序、逆の順序、またはランダムな順序にあることができる。フレームのいくつかは、１回または２回以上繰り返すことができる。

【００４６】

フレームのいくつかは、操作されてもよい。これらのフレームは、ピクセル値を調整することによって操作され得る。これらの操作は、ぼかし、追加又は１つまたは複数の遮蔽棒、帯、もしくは形状物、先鋭化、色情報の除去、色情報の操作、画像上での非遮蔽もしくは強調形状物の描画、他の操作、またはここに列挙されている操作の組合せ、またはここに列挙されている操作と他の操作の組合せ、または互いに組み合わされた列挙されていないピクセルの他の操作を含むことができる。操作は、画像の一部分を強調、遮蔽、または劣化させ、その結果、画像が観察者に対して示されたとき、画像内の人々が何をするか予測する際に観察者が画像の人々または特定の部分に導かれるようにする目的を果たす。たとえば、上記の強調を使用して、観察者のフィードバックが歩行者に、より確実性高く関連付けられ得るようにシーン内のある歩行者を隔離することができる。フレームは、導出スティミュラスを形成するために組み替えられてもよい。いくつかの実施形態では、フレームが１つしかない場合、そのフレームは、導出スティミュラスを構成する。複数のフレームがある場合には、それらのフレームが組み替えられてもよい。

【００４７】

予測および他の情報が、導出スティミュラスに基づいて観察者から収集される。観察者には、導出スティミュラスについての質問にどのように回答するかについて詳細な指示が与えられる。これらの観察者は、導出スティミュラスの提示を受け、それらについての質問に回答するように依頼される。観察者は、スティミュラスに応答し、それらの応答が記録される。記録された応答は、集約され、データベース、たとえばユーザ応答データベース１１０にログ記録される。

【００４８】

観察者は、ＡｍａｚｏｎのＭｅｃｈａｎｉｃａｌ　Ｔｕｒｋなど１つもしくは複数のクラウドソーシングウェブサイトに参加するように、またはディスプレイを備える物理ロケーションにて勧誘される。観察者には、これから完了させようとしているタスクについて説明する詳細な文書および絵入りの指示が与えられる。これらの指示は、導出スティミュラスに示されている可能性がある状況の例、およびそれらの状況に適しているであろう応答の種類を提供する。たとえば、車の前を歩こうとする歩行者の意図を判断するように観察者に依頼する場合、指示は、「このテストでは、車を運転しているつもりになって欲しいと思う。サイクリストが強調された道路シーンを見ていただくので、サイクリストが何をするつもりか判断しなければなりません。できるだけ素早く回答してください」となり得る。

【００４９】

観察者には、導出スティミュラスを含むディスプレイが示され得る。ディスプレイは、スティミュラスについて判断するための機構をも含む。判断するための機構は、観察者がコントロールをある点までドラッグすることができるリボンなど連続的な指標とすることができる。また、この機構は、観察者が判断の確定度について判断することができるＬｉｋｅｒｔ尺度など順序尺度とすることもできる。また、この機構は、観察者がマウスでドラッグし、判断を示す軌道を画面上に描画するコントロールとすることもできる。また、この機構は、観察者が判断の説明をタイプするテキスト入力フィールドとすることもできる。

【００５０】

観察者が行う判断は、導出スティミュラスに示された道路ユーザの心の状態の評価を表し得る隠れコンテキスト属性である。この評価は、意図、認識、性格、意識の状態、疲労の

レベル、攻撃性、熱意、思慮深さ、または描画された道路ユーザの内心状態の別の特性のものとすることができる。収集された評定が順序尺度によるものである場合、それらは、「他方の運転者の方が注意深いかもしれない」または「他方の運転者の方が」確実に注意深い」または「他方の運転者の方が注意深いことは絶対にない」など確率の言語を使用して特性を表すことができる。

【００５１】

多数の観察者の評定が収集される。画像を見た観察者の全員の応答に基づいて、要約統計量が生成される。所与のスティミュラスに対する応答における個々の変動性は、情報観察者によって学習アルゴリズムに与えられる情報において特徴付けられ得る。要約統計量は、全観察者からの重みなし情報を含む可能性があり、または観察者が応答するのにかかった時間、観察者の地理的ロケーション、観察者の自己申告による運転経験、もしくは他の画像のセットを評定する際の観察者の確実性など、外部からの、もしくは内在的な基準に基づいて観察者を除外する可能性がある。

【００５２】

観察者の明示的な応答は、暗黙のデータと共に記録される。暗黙のデータは、対象者が応答するのにどれだけの時間をかけたか、モーションを起こす際に躊躇したか、キーストロークを削除したか、最終的に選んだ応答に対応するロケーション以外のどこかにマウスを移動したか、どこに目が動いたか、または他の暗黙の尺度を含むことができる。

【００５３】

これらの応答は、集約され、ユーザ応答データベース１１０などデータ構造内で記録される。次いで、このデータ構造は、テキストフィールドとしてデータベースソフトウェアを実行するネットワーク化されたコンピュータシステムに送られ、データベースにログ記録される。

【００５４】

各観察者によって評定された各スティミュラスについて、連続的な値、離散的な値、または順序値とすることができる応答が記録される。この値は、描画された道路使用者の確立が所与の心の状態を有する、たとえば歩行者が街路を横断する可能性が高いこと、またはセンサを含む車両が曲がる必要がある場合、近づいてくる車両がセンサを含む車両に進んで道を譲る可能性が低いことを指し得る。いくつかの実施形態では、より高い順序値（たとえば、図６に示されている４番目）は、描画された道路使用者が所与の心の状態を有する、または特定の行動を実施する確率がより高いと観察者が思うことを示す。一方、より低い順序値（たとえば、１番目）は、描画された道路使用者がその心の状態を有する、またはその特定の行動を実施する確率がより低いと観察者が思うことを示す。一方、いくつかの実施形態では、より低い順序値が行動のより高い確率を示すことができ、より高い順序値が行動のより低い確率を示すことができる。

【００５５】

対象者が導出スティミュラスに応答することに関連付けられた時間量も記録され得る。いくつかの実施形態では、この時間は、観察者の評定の全体的な確実性に関連付けられる。たとえば、より低い応答時間に関連付けられた応答は、より高い重みが付けられ得、より遅い応答時間に関連付けられた応答は、より低い重みが付けられ得る。

【００５６】

ビデオフレームまたは導出スティミュラスの要約統計量が生成される。これらの要約統計量は、平均、中央値、または最頻値のようなスコアの分布の中心傾向の測定結果を含むことができる。これらは、分散、標準偏差、スキュー、尖度、分散不均一性、マルチモダリティ、または一様性（ｕｎｉｆｏｒｍｎｅｓｓ）のようなスコアの異質性の測定結果を含むことができる。また、これらは、上記に列挙されている応答の暗黙の測定結果から計算された、上記のもののような要約統計量を含むことができる。計算された要約統計量は、それらが計算された応答に関連付けられたビデオフレームまたはセンサデータフレームにリンクされる。

【００５７】

要約統計量は、トレーニング機械学習ベースのモデルをトレーニングするために使用される。機械学習ベースのモデルは、それだけには限らないが、２次元または３次元である線形または非線形カーネルを用いるランダムフォレストリグレッサ、サポートベクトルリグレッサ、単純なニューラルネットワーク、深層畳み込みニューラルネットワーク、回帰型ニューラルネットワーク、長短期記憶（ＬＳＴＭ）ニューラルネットワークを含む、２次元または３次元入力のための連続的なラベルを予測することが可能な任意のタイプの教師あり学習アルゴリズムであってよい。

【００５８】

モデルトレーニングシステム１１２の一実施形態では、機械学習ベースのモデルは、ディープニューラルネットワークとすることができる。この実施形態では、パラメータは、ネットワークを構成する人工ニューロン間の接続部に添付された重みである。観察者要約統計量を用いて収集されたトレーニングセット内の画像からのピクセルデータは、ネットワークへの入力として働く。この入力は、人工ニューロンのそれぞれによって数学的関数に従って変換することができ、次いで、変換された情報は、その人工ニューロンからニューラルネットワーク内の他の人工ニューロンに伝達され得る。最初の人工ニューロンと後続のニューロンとの間の伝達は、上記で論じた重みパラメータによって修正することができる。この実施形態では、ニューラルネットワークは、人工ニューロンの独立したレイヤ（たとえば、１０レイヤから２０レイヤ）によって各入力ピクセルの値を変換することができるように階層的に編成され得、所与のレイヤにおけるニューロンのための入力は、前のレイヤからのものであり、ニューロン（およびそれらの関連の重みパラメータ）のための出力のすべては、後続のレイヤに進む。レイヤのシーケンスの終わりには、この実施形態では、ネットワークは、入力にて与えられた人間の要約統計量に一致することが意図されている数を作り出すことができる。ネットワーク出力と入力にて提供された人間の要約統計量の数同士の間の差は、誤差信号を構成する。アルゴリズム（たとえば、バックプロパゲーション）を使用し、誤差のための応答可能性の小部分をネットワーク内の重みパラメータのそれぞれに割り当てることができる。次いで、重みパラメータは、誤差全体に対するそれらの推定される貢献が低減されるように調整され得る。このプロセスは、トレーニングセット内の各画像について（またはピクセルデータと観察者要約統計量の各組合せについて）繰り返すことができる。プロセスの終わりには、モデルは「トレーニングされて」おり、これはいくつかの実施形態では、ニューラルネットワークによって出力された要約統計量と、観察者の応答から計算された要約統計量との間の差が最小化されることを意味する。

【００５９】

図５は、本発明のいくつかの実施形態による、トレーニングされた学習アルゴリズムを使用して道路ユーザの心の状態を予測するプロセスを示す流れ図である。ステップ５００では、トレーニングアルゴリズムは、「現実世界」または「ライブデータ」のビデオまたはセンサフレームを受け取る。次いで、ステップ５０２では、トレーニングされたアルゴリズムは、フレームを解析し、したがって、アルゴリズムがステップ５０４においてそのフレームに対する要約統計量の予測を出力することを可能にする。

【００６０】

車載センサからの「現実世界」または「ライブデータ」のビデオまたは他のセンサフレームは、ステップ５００においてトレーニングされた学習アルゴリズムに送達される。これらのフレームは、アルゴリズムをトレーニングするために使用されたフレームと同じ解像度、色深度、およびファイルフォーマットを有する。これらのフレームは、元のアルゴリズムをトレーニングするために使用されたフォーマットに従って、個々のフレームとして、またはシーケンスとして送達される。

【００６１】

これらのフレームのそれぞれは、ステップ５０２において、トレーニングされたモデルに通されることによって解析される。一実施形態では、モデルを通過したフレームからのデータは、カメラからのピクセルデータを含むことになる。このデータは、トレーニングさ

れた人工ニューラルネットワークによって変換されることになる。人工ネットワークにおけるこの処理の最終段階では、出力を作り出すことになる。この出力は、ステップ５０４におけるモデル出力である。

【００６２】

このモデルは、ステップ５０４において、「現実世界」または「ライブデータ」画像についての予測要約統計量を構成する数または数のセットを出力する。予測要約統計量は、画像で人間のアノテーションが収集された場合、要約統計量が画像に対してどのようになるかというモデルの最良の推定である。予測は、センサデータをモデルに通すことによって自動的に生成され、情報は、ステップ８０４に示されているトレーニングプロセスにおいて設定されたパラメータに従って、モデルの内部機構によって変換される。これらの要約統計量はスティミュラス内に描画された道路ユーザの心の状態を予測する人間の応答の分布を特徴付けるので、したがって、予測された統計量は、描画された道路ユーザの心の状態についての観察者の集約的な判断の予測、したがって、道路ユーザの実際の心の状態の間接的な予測である。

【００６３】

図６は、本発明のいくつかの実施形態による、自動車コンテキストにおけるコンテキストユーザ予測プロセスのアプリケーションの一例を示す図である。この例では、意図６０６　６１８は、道路ユーザ６０２　６１４が、（システムが取り付けられた）車両６００が自分の位置に到達する前に、車両６００の経路内に動くという目標を有することを意味する。この例における認識６０４　６１６は、システムが取り付けられた車両６００が自分の付近にいることを道路ユーザ６０２　６１４が理解していることを意味する。この例では、車両６００に取り付けられたカメラの視野内にサイクリスト６０２が乗り入れたとき、ステップ９００において上記したように、サイクリストのカメラ画像のピクセルデータが、トレーニングされた機械学習ベースのモデルに供給される。トレーニングされた機械学習ベースのモデルは、ステップ９０２において上記したように、画像を解析する。トレーニングされた機械学習ベースのモデルは、ステップ９０４におけるように、要約統計量を予測する。これらの要約統計量は、ステップ５０４におけるように、カメラデータの導出スティミュラスを示された観察者の集まりについて要約統計量がどのようになるかという推定である。したがって、この推定要約統計量は、「このサイクリストは、車両の経路に入ろうとしていますか」という質問に対するシステムの最良の回答である。したがって、車両は、人間の運転者がその同じ状況においてなすであろう憶測に密接に一致する、サイクリストの意図についての憶測６０６をなすことができる。この例では、サイクリスト６０６の意図は、ディスプレイ内の水平棒の数によって示されているように、比較的高い。また、自動車６００に設置されたシステムは、意図について記載されている同じ方法によって、車両６００のサイクリストの認識６０４について予測する。また、上記の同じ方法によって、自動車６０８が進んで道を譲ること６１０、またはそれがシステムを含む車両の経路を横切って曲がりたいと望んでいること６１２について予測する。自動車の場合、アルゴリズムによって予測されることになる、対象者が回答した質問は、「その車両は進んで道を譲るでしょうか」６１０、および「その車両はあなたの経路を横切って曲がりたいと思っていますか」６１２である。また、上記の同じ方法によって、歩行者６１４が車両６１８の前を横断する可能性、およびこれらの歩行者が車両に気付いているかどうか６１６について予測する。

【００６４】

上記のモデルは、車６００に設置されたカメラまたは他のセンサからの入力に基づいて交通エンティティの振舞いを予測するリアルタイムモジュールとして実装され得る。自律車の場合、これらの予測は、サイクリスト６０２、他のモータリスト６０８、および歩行者６１４など道路ユーザが車の経路内に横断しようとする意思と、道路ユーザが車およびその将来の経路に気付いているかどうかとについて推理するために使用され得る。また、これらは、車が別の道路ユーザの経路内に車を導き入れることになる操縦を行った場合、他の道路ユーザは、驚くか、温かく受け入れるか、それとも強く受け入れたがらないか予測

するために使用することができる（たとえば、本明細書に記載のシステム方法を実装する車が左に曲がろうとした場合、近づいてくる車は道を譲るでしょうか）。

【００６５】

隠れコンテキストに基づいて自律車両をナビゲートする

車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティ（たとえば、歩行者または自転車に乗る人）の意図および将来のプランを表す隠れコンテキストを予測する。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表される人の心の状態を表し得る。たとえば、隠れコンテキストは、交通エンティティによって表される人の短期的な目標を表し得、たとえばその人が街路を横断する可能性が高いことを示し、またはその人は街路に落ちている物体（たとえば、財布）を拾い上げるが、街路脇に留まる可能性が高いこと、もしくは、その人が閾値時間間隔内で実施する可能性が高い任意の他のタスクを示す。隠れコンテキストは、自律車両について人が認識している度合い、たとえば自律車両の前を走行する自転車に乗る人は、自律車両が自転車の背後にいることに気付く可能性が高いかどうかを表し得る。

【００６６】

隠れコンテキストは、たとえば隠れコンテキストに基づいて自律車両の経路プランニングを調整することによって自律車両をナビゲートするために使用され得る。車両コンピューティングシステム１２０は、歩行者およびサイクリストの将来の行動についての人間の不確定性のレベルを表す隠れコンテキストを予測する機械学習ベースのモデルをとり、それを自律車両のモーションプランナへの入力として使用することによって、経路プランニングを改善し得る。機械学習モデルのトレーニングデータセットは、１つまたは複数のコンピュータビジョンモデルから得られる世界のグラウンドトゥルースについての情報を含む。車両コンピューティングシステム１２０は、予測エンジン１１４の出力を使用し、次の時間ステップにおける異なる考え得るモーションベクトルを考えて障害物に遭遇するリスクの確率的なマップを生成し得る。あるいは、車両コンピューティングシステム１２０は、予測エンジン１１４の出力を使用し、人間の査定の確率的な不確定性を組み込むモーションプランを決定し得る。

【００６７】

一実施形態では、予測エンジン１１４は、交通エンティティを表す歩行者または任意のユーザの短期的な目標の、人間の査定における不確定度を表すメトリックを決定する。不確定性の表現の特定の形態は、確率分布の形態にあるモデル出力であり、状況を表すビデオ／画像を提示されるユーザに応答する交通エンティティの隠れコンテキストのユーザ応答の予想される分布特性を取り込む。モデル出力は、隠れコンテキストの要約統計量、すなわち人が何らかの形で行動することになる平均尤度、ならびに予測される人間の分布の分散、尖度、スキュー、分散不均一性、およびマルチモダリティを含む１つまたは複数のパラメータを表す中心傾向を構成し得る。これらの要約統計量は、人間の不確定性についての情報を表す。

【００６８】

一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、隠れコンテキストを値のベクトルとして表し、各値は、たとえば交通エンティティによって表される人が自律車両の前で街路を横断する可能性、交通エンティティによって表される人の心における自律車両を認識している度合い、などのパラメータを表す。

【００６９】

交通を縫って自律車両をナビゲートする全体的なプロセス

図７は、一実施形態による、隠れコンテキストに基づいて自律車両をナビゲートするプロセスを示す流れ図を表す。流れ図に示されているステップは、図７に示されているものと異なる順序で実施されてもよい。たとえば、いくつかのステップは、並列で実施されてもよい。これらのステップは、本明細書に示されているもの以外のモジュールによって実施されてもよい。

【００７０】

車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両のセンサからセンサデータを受信する７００。たとえば、車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両に取り付けられたライダからライダスキャン、カメラからカメラ画像を受信し得る。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、センサデータに基づいて自律車両の周囲の点群表現を構築する。点群表現は、車両を囲む点、たとえば３次元の点の座標、および各点を表すパラメータ、たとえば色、強度などを含む。

【００７１】

車両コンピューティングシステム１２０は、センサデータに基づいて１つまたは複数の交通エンティティ、たとえば歩行者、自転車に乗る人、または交通内を走行する他の車両を識別する７０２。交通エンティティは、自律車両の周囲における非静的な物体を表す。

【００７２】

一実施形態では、自律車両は、自律車両が走行している領域のマップを得る。自律車両は、このマップをサーバから得てもよい。このマップは、自律車両周りの領域の点群表現を含み得る。自律車両は、マップ内の自律車両のロケーションを決定するために位置確認を実施し、それに応じて、自律車両を囲む点群内の静的な物体を決定する。自律車両は、生成された点群表現上に交通エンティティの表現を重ね合わせてもよい。

【００７３】

車両コンピューティングシステム１２０は、各識別された交通エンティティについて以下のステップ７０４およびステップ７０６を繰り返す。車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティのためのモーションパラメータ、たとえば速度および交通エンティティの動きの方向を決定する７０４。車両コンピューティングシステム１２０は、予測エンジン１１４を使用して交通エンティティに関連付けられた隠れコンテキストをも決定する７０６。

【００７４】

車両コンピューティングシステム１２０は、モーションパラメータと隠れコンテキストとに基づいて自律車両をナビゲートする７０８。たとえば、車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティのモーションパラメータに基づいて、自律車両が維持すべき交通エンティティからの安全な距離を決定し得る。車両コンピューティングシステム１２０は、隠れコンテキストに基づいて安全な距離を調節する。車両コンピューティングシステム１２０は、人の短期的な目標が、交通エンティティの動きの方向で、または異なる方向で人があるロケーションに到達しようとすることを示すかどうかに基づいて、安全な距離を調整してもよい。

【００７５】

たとえば、モーションパラメータに基づいて、車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両が交通エンティティのＸメートル以内で走行することができると決定してもよい。しかし、隠れコンテキストは、交通エンティティによって表される人がモーションパラメータによって示された方向とは異なる方向で街路を横断しようとしていることを示す。この状況では、車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両が距離Ｘより交通エンティティに近づいて走行することができるように安全な距離を調整する。一方、交通エンティティによって表される人がモーションパラメータによって示された方向と同じ方向で街路を横断しようとしていることを隠れコンテキストが示す場合、車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両が交通エンティティからＸより大きな距離を維持するように安全な距離を調整する。

【００７６】

一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、モデル出力の分布性に基づいて安全な距離をさらに調節する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、安全な距離を調節するために出力分布の尖度を使用する。尖度が非常に低く、分布が均一に近づく場合、車両コンピューティングシステム１２０は、人間の不確定性が高いと決定し、それにより中心傾向の測定結果を出力として使用する際に低い程度の信頼性を割り当てる。したがって、この状況では、車両コンピューティングシステムは、交通エ

ンティティからの安全な距離をある係数倍に増大する。
【００７７】
一方、高い尖度の場合、車両コンピューティングシステム１２０は、出力される意図または認識値が検出された道路使用者の内心状態を正確に反映する実質的な人間の合意を中心傾向が表す可能性が高いことを示す高い程度の信頼性を決定する。この状況では、車両コンピューティングシステムは、交通エンティティからの安全な距離を増大しなくても、小さい係数倍だけ増大してもよい。
【００７８】
したがって、安全な距離がそれだけ増大される係数は、予測出力の分布の変動の程度に逆比例する。したがって、観察者による隠れコンテキスト変数の予測値の分布の高い変動は、平均を予測として使用する際の低い信頼性を示し、予測出力の分布の変動が低く平均を予測として使用する際の高い信頼性を示す状況に比べて、安全な距離をより大きな係数倍に増大することになる。
【００７９】
ワールドモデル調節
格子プランナベースの自律運転スタックでは、車両コンピューティングシステム１２０のワールドモデル調節モジュール１４５は、自律車両に取り付けられたセンサによって受信されたセンサデータからワールドモデルを生成する。一実施形態では、生成されたワールドモデルは、車両周りの道路の状態についての知覚推理の１つまたは複数のレイヤを含む。ワールドモデル調節モジュール１４５は、既存のワールドモデルを調節し、それが、モデル化されたグリッドにわたって安全な運転の確率的な可能性をより正確に表すようにする。
【００８０】
ワールドモデルの情報レイヤは、占有グリッドである。占有グリッドは、自律ロボットのローカル環境の離散化されたトポロジ的なレンダリングにおける各点についてのバイナリランダム変数を含む。所与の時間ステップにおける占有の事後推定は、ライダのような深度に敏感なセンサの出力だけでなく動くエージェント周りの最小安全距離の意味認識推定結果（たとえば、徒歩の人間のエージェントが動くことができると予想することができる最大距離）をも考慮するベイズ推定器で構築することができる。車両が提案されているモーション経路をシミュレーションするとき、動くエージェントについての意味認識最小安全距離推定結果は、不確定性特徴付けシステムの出力によってバイアスされ得る。その結果、たとえば意図の高い歩行者については、最小安全距離領域が現在の車両経路に向かって延ばされ、他の方向では絞られることになり、総面積を保存する。
【００８１】
図８は、一実施形態による、自律車両をナビゲートする８０８ためのワールドモデルを調節するプロセスを示す流れ図である。車両コンピューティングシステム１２０は、識別された各交通エンティティについてステップ８１２およびステップ８１４を繰り返す。車両コンピューティングシステム１２０の将来位置推定器１２５は、閾値時間間隔内、たとえば次の数秒内に交通エンティティがそこへ動くと予想される交通エンティティの将来の位置を推定する。したがって、車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティが閾値時間間隔内にそこへ動くと予想されるワールドモデルの領域Ｒを決定する８１２。
【００８２】
将来位置推定器１２５は、ワールドモデル調節モジュール１４５と共に、交通エンティティが閾値時間間隔内にそこへ動く可能性が高い決定された領域Ｒを、隠れコンテキストに基づいて調節する８１４。たとえば、将来位置推定器１２５によって予測された方向Ｄに交通エンティティが動くことを必要とするタスクを実施しようとする、交通エンティティによって表される人の意図を隠れコンテキストが示す場合、ワールドモデル調節モジュール１４５は、決定された領域Ｒを方向Ｄに沿ってさらに延ばす。一方、将来位置推定器１２５によって予測された方向Ｄとは反対向きに（または離れるように）交通エンティティ

が動くことを必要とするタスクを実施しようとする、交通エンティティによって表される人の意図を隠れコンテキストが示す場合、ワールドモデル調節モジュール１４５は、決定された領域Ｒのサイズを方向Ｄに沿って低減する。一実施形態では、ワールドモデル調節モジュール１４５は、領域Ｒの全体的な面積が実質的に同じままであるように領域Ｒを調節する。たとえば、領域Ｒが特定の方向に沿って延ばされる場合、領域Ｒは他の方向に沿って細くされ、それにより領域Ｒの全体的な面積を保存する。

【００８３】

モーションプランナ１３０は、自律車両を交通エンティティ周りで安全にナビゲートするために自律車両のためのモーションプランを生成する８１６。たとえば、モーションプランナ１３０は、どの交通エンティティの安全閾値距離内にも入らないように自律車両が移動することを確実にするモーションプランを生成する８１６。

【００８４】

車両制御モジュール１３５は、モーションプランに基づいて自律車両をナビゲートするための制御信号を生成する８１８。たとえば、車両制御モジュール１３５は、モーションプランに従って車両の方向を制御し得る。また、車両制御モジュール１３５は、自律車両がどの交通エンティティの安全閾値距離内にも入らないことを確実にするために、自律車両を減速しても、自律車両を加速してもよい。

【００８５】

車両コンピューティングシステムは、隠れコンテキスト値に基づいて領域Ｒが調節される量を決定する。また、車両コンピューティングシステムは、モデル出力の分布性に基づいて領域Ｒが調節される量を決定してもよい。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、不確定性を表すチューニングパラメータとして使用される出力分布の尖度に基づいて領域Ｒが調節される量を決定する。

【００８６】

尖度が非常に低く、分布が均一に近づく場合、車両コンピューティングシステム１２０は、人間の不確定性が高く、中心傾向の測定結果は予測にとって有用でないと決定し、それにより、領域Ｒが調節される量を決定するために中心傾向の測定結果を出力として使用する際に低い程度の信頼性を割り当てる。一方、高い尖度の場合、車両コンピューティングシステム１２０は、出力される意図または認識値が検出された道路使用者の内心状態を正確に反映する実質的な人間の合意を中心傾向が表す可能性が高いことを示す高い程度の信頼性を決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、信頼性の程度に基づいて領域Ｒが調節される量を決定する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、予測出力における信頼性の程度が低い場合、より大きな係数によって領域を調節し、予測出力における信頼性の程度が高い場合、より小さな係数によって領域を調節する。

【００８７】

予測出力における信頼性の程度は、様々な統計的尺度を使用して決定され得る。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、出力値の分布について平均および分散尺度を決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、分散が低い場合、平均値として出力を予測する際に高い信頼性を決定し、それにより、予測における高い確定性を示す。同様に、車両コンピューティングシステム１２０は、分散が高い場合、平均値として出力を予測する際に低い信頼性を決定し、それにより、予測における低い確定性を示す。車両コンピューティングシステム１２０は、予測出力値における信頼性の程度に直接関係する係数として領域Ｒが調節される量を決定する。したがって、車両コンピューティングシステム１２０が高い程度の信頼性を決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、領域Ｒを高い係数によって調節する。同様に、車両コンピューティングシステム１２０が低い程度の信頼性を決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、領域Ｒをより小さい係数によって調節する。

【００８８】

フォールスポジティブ低減

自律車両、および運転者が制御する先進の運転者支援システムでは、車両コンピューティ

ングシステム１２０は、フォールスポジティブを低減するために、隠れコンテキストに基づく調節信号を使用する。たとえば、自動緊急制動（ＡＥＢ）システムなど制動システムの場合、車両コンピューティングシステム１２０は、隠れコンテキスト属性のための値の推定結果を予測するモデル出力の重み付き線形結合に基づいて制動システムのための作動閾値を調節する。

【００８９】

車両コンピューティングシステム１２０は、ブレーキがかけられる前に必要とされる根拠の確定性に基づいて、緊急制動システムのための作動閾値を決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、車両コンピューティングシステム１２０が高い確定性を有する隠れコンテキスト属性、たとえば車道内の歩行者が街路を横断しようとしているか、または自転車に乗る人が車両に気付いていたかを示す隠れコンテキスト属性を決定した場合、緊急制動システムのための作動閾値をより高くなるように決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、フォールスポジティブの緊急制動シナリオ、たとえば歩行者が道路を横断しようとすること以外の理由で車道に入るときを効果的に除去または低減するように作動閾値を調整する。

【００９０】

一例として、歩行者が街路を横断しようとしていないと車両コンピューティングシステム１２０が非常に高い確定性で決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、歩行者が街路に向かって歩くとき、緊急システムを開始する可能性を下げるように重み付けおよび閾値を調整する。一方、歩行者が街路を横断しようとしていないと車両コンピューティングシステム１２０が非常に低い確定性で決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、歩行者が街路に向かって歩く場合、緊急システムを開始する可能性を上げるように重み付けおよび閾値を調整する。

【００９１】

図９は、一実施形態による、自律車両をナビゲートしている間、フォールスポジティブを低減するために調節信号を使用するプロセスを示す流れ図を表す。車両コンピューティングシステム１２０は、識別された各交通エンティティについてステップ９２２およびステップ９２４を実施する。車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティのための隠れコンテキストの統計分布の程度を決定する９２２。一実施形態では、予測エンジン１１４は、隠れコンテキストに関連付けられた分布、たとえば交通エンティティによって表される人が街路を横断したいと望む可能性の平均および分散を予測する機械学習ベースのモデル（たとえば、ニューラルネットワーク）を実行する。車両コンピューティングシステム１２０は、隠れコンテキストの統計分布の程度に基づいて自律車両の制動システムのための作動閾値を決定する９２４。一実施形態では、作動閾値は、交通エンティティと車両との間の衝突までの閾値時間を表す。したがって、交通エンティティとの衝突までの時間が作動閾値未満であると車両コンピューティングシステム１２０が決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、自律車両の緊急ブレーキを作動する。

【００９２】

車両コンピューティングシステム１２０は、各交通エンティティについて衝突までの時間を定期的に予測する。自律車両の衝突までの時間が交通エンティティの作動閾値以内で車両コンピューティングシステム１２０が任意の時点で決定した９２６場合、車両コンピューティングシステム１２０は、制動システムを作動する。

【００９３】

隠れコンテキスト属性の値、たとえば交通エンティティによって表されるユーザの心の状態の推定結果、または交通エンティティによって表されるユーザの心中に自律車両があることなど情報を認識している度合いの推定結果においてより高い不確定性をモデル出力が示す場合、車両コンピューティングシステム１２０は、より低い作動閾値を使用する。したがって、衝突の可能性を示す高い不確定度を隠れコンテキスト属性が示す状況では、車両コンピューティングシステム１２０は、隠れコンテキスト属性が、衝突の可能性を示すより低い確定性で決定される状況より緊急操縦を開始する可能性が高い。

【００９４】
一実施形態では、重み付けおよび閾値調節の量は、ユーザによって設定される。他の実施形態では、重み付けおよび閾値調節の量は、シミュレーション結果に基づいて調整される。したがって、異なる重み付けおよび閾値が設定され、自律車両のナビゲーションの結果は、交通のシミュレーションに基づいて決定される。重み付けおよび閾値の量は、衝突の可能性を最小にし、人間が車両を運転しているときの運転体験に近い運転体験を提供するように調整される。一実施形態では、シミュレーションの結果は、たとえば人間の観点から運転体験をランク付けするために、評価のために専門家に提供される。
【００９５】
車両コンピューティングシステム１２０によって使用される追加のチューニングパラメータが、モデル出力の分布性である。予測エンジン１１４のモデルは、１つまたは複数の交通エンティティを含む交通シナリオの、提示されたビデオ／画像に対する人間の応答の分布特性を予測する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、ＡＥＢシステムの作動閾値を調整するための不確定性を表すチューニングパラメータとして出力分布の尖度を使用する。したがって、車両コンピューティングシステム１２０は、機械学習ベースのモデルの出力分布の尖度に基づいて、ＡＥＢシステムの作動閾値の値を決定する。
【００９６】
尖度が非常に低く分布が均一に近づく場合、車両コンピューティングシステム１２０は、人間の不確定性が高く、中心傾向の測定結果は予測にとって有用でないと決定し、それにより中心傾向の測定結果を出力として使用する際に低い程度の信頼性を割り当てる。一方、高い尖度の場合、車両コンピューティングシステム１２０は、出力される意図または認識値が検出された道路使用者の内心状態を正確に反映する実質的な人間の合意を中心傾向が表す可能性が高いことを示す高い程度の信頼性を決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、信頼性の程度に基づいてＡＥＢのための作動閾値を決定する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、予測出力における信頼性の程度が低い場合、制動機構のために低い作動閾値を使用し、予測出力における信頼性の程度が高い場合、制動機構のために高い作動閾値を使用する。
【００９７】
状況によっては、出力分布の尖度は非常に低く、尖度値は、分布が均一に近づくことを示す。これらの状況では、車両コンピューティングシステム１２０は、中心傾向を表す出力の特定の値における低い程度の信頼性を決定する。したがって、これらの状況では、車両コンピューティングシステム１２０は、低い作動閾値を使用する。これがそうなるのは、この状況では人間の不確定性が高いと決定され、中心傾向の測定結果が予測にとって有用でないからである。
【００９８】
一方、状況によっては、出力分布の尖度は高い。これらの状況では、車両コンピューティングシステム１２０は、中心傾向を表す出力の特定の値における高い程度の信頼性を決定する。したがって、これらの状況では、中心傾向が隠れコンテキスト値、たとえば出力される意図または認識値が検出された道路使用者の内心状態を正確に反映する実質的な人間の合意を表す可能性が高いので、車両コンピューティングシステム１２０は、高い作動閾値を使用する。
【００９９】
予測出力における信頼性の程度は、様々な統計的尺度を使用して決定され得る。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、出力値の分布について平均および分散尺度を決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、分散が低い場合、平均値として出力を予測する際に高い信頼性を決定し、それにより、予測における高い確定性を示す。同様に、車両コンピューティングシステム１２０は、分散が高い場合、平均値として出力を予測する際に低い信頼性を決定し、それにより、予測における低い確定性を示す。車両コンピューティングシステム１２０は、作動閾値の値を、予測出力値における信頼

性の程度に直接関係する値として決定する。したがって、車両コンピューティングシステム１２０が高い程度の信頼性を決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、作動閾値の高い値を決定する。同様に、車両コンピューティングシステム１２０が低い程度の信頼性を決定した場合、車両コンピューティングシステム１２０は、作動閾値の低い値を決定する。

【０１００】

作動閾値の高い値は、作動閾値の低い値に比べて、車両が自動制動システムを使用し、交通エンティティの距離内でブレーキをかける可能性がより低いことを示す。作動閾値の低い値は、作動閾値の高い値に比べて、車両が自動制動システムを使用し、交通エンティティの距離内でブレーキをかける可能性がより高いことを示す。

【０１０１】

図１０は、一実施形態による、交通エンティティを示す自律車両によって取り込まれたセンサデータを示す。センサデータは、カメラ、ライダ、赤外線センサなど様々なセンサによって取り込まれてよい。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、複数のセンサからセンサデータを取り込み、センサデータを組み合わせて、自律車両の周囲の表現、たとえば点群表現を構築する。車両コンピューティングシステム１２０は、さらに解析するために、１つまたは複数の交通エンティティ１０１０ａ、１０１０ｂ、１０１０ｃを識別する。車両コンピューティングシステム１２０は、交通の間を縫って動くことが可能な交通エンティティ、たとえば歩行者、自転車に乗る人、または交通内を走行する任意の他の車両を選択する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、さらに解析するために、画像／センサデータ内の物体を認識するように構成された機械学習ベースのモデルを使用し、交通エンティティを識別する。図１２は、生のセンサデータから導出された情報１０２０ａ、１０２０ｂ、１０２０ｃでアノテーションされたセンサデータの表現を示す。

【０１０２】

図１１は、一実施形態による、自律車両を囲む様々な物体を示す。図１１は、自律車両１１２０を囲む物体の鳥瞰図を表す。自律車両１１２０周りのいくつかの交通エンティティ１１１０ａ、１１１０ｂ、１１１０ｃがある。静的なものである物体、たとえば樹木１１３０があり得る。車両コンピューティングシステム１２０は、動く可能性が高い交通内の物体を表す交通エンティティを識別する。図１１における交通エンティティＡおよびＢは、それぞれ歩行者１２１０ａおよび１２２０ｂに対応する。

【０１０３】

図１２は、一実施形態による、自律車両を囲む物体の占有グリッド表現を示す。占有グリッドは、３次元（３Ｄ）の点を使用して自律車両の周囲を表す。占有グリッドは、自律車両を囲む空間を埋める物体があるエリアの決定を可能にする。３Ｄ点は、各物体の深度を含むセンサデータ、たとえばライダスキャンに基づいて決定され得る。占有グリッドは、自律車両のセンサの見通し線内にあるすべてのデータ点を表す。占有グリッドは、他の物体によって遮蔽され、したがって自律車両から見えない物体１２２０などの物体の表現を含まない。占有グリッド表現は、交通エンティティ１２１０ａ、１２１０ｂに対応するデータ点のセット１２１０ａ、１２１０ｂを含む。

【０１０４】

図１３は、一実施形態による、自律車両の周囲の占有グリッド表現内の様々な交通エンティティのセグメント化を示す。車両コンピューティングシステム１２０は、占有グリッド表現内の非静的な物体１３１０、すなわち動く可能性が高い車両の周囲における物体、たとえば交通エンティティ１２１０ａ、１２１０ｂを識別する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、交通内の物体が動く可能性を予測するように構成された機械学習ベースのモデルに入力として占有グリッド表現を提供する。

【０１０５】

図１４は、一実施形態による、自律車両によって交通の間を縫ってナビゲートしている間、交通エンティティからの安全な距離を決定するところを示す。一実施形態では、車両コ

ンピューティングシステム１２０は、自律車両が安全に走行するために回避することを必要とする各選択された交通エンティティ周りの領域１４１０ａ、１４１０ｂを決定する。一実施形態では、車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティの既知の特性に基づいて、たとえばそのタイプの交通エンティティ（歩行者、自転車に乗る人など）の典型的な速度に基づいて交通エンティティ周りの領域。

【０１０６】

図１５は、一実施形態による、交通エンティティの軌道に基づいて安全な距離を決定するところを示す。車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティのモーションパラメータ、たとえば速度および交通エンティティが動いている方向を表すモーションパラメータをさらに決定する。車両コンピューティングシステム１２０は、交通エンティティの軌道に基づいて追加の領域１５１０を決定する。これらの領域は、交通エンティティがその現在の軌道を与えられて到達することができるであろう領域を表す。したがって、自律車両は、交通の間を縫ってナビゲートする間、これらの領域１５１０を回避することを必要とする。

【０１０７】

図１６は、一実施形態による、交通エンティティに関連付けられた予測された隠れコンテキストに基づいて安全な距離を調節するところを示す。車両コンピューティングシステム１２０は、予測エンジン１１４に基づいて各交通エンティティについて隠れコンテキストを決定する。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表される人、たとえば歩行者の心の状態を表し得る。隠れコンテキストは、交通エンティティによって表される人の短期的な目標を表し得、たとえば歩行者が街路の他方の側に行くという目標を有すること、または歩行者が街路に落とした物体（たとえば、財布）を拾い上げるという目標を歩行者が有することを示す。車両コンピューティングシステム１２０は、調節された安全な距離を表す領域１６１０を決定する。領域１６１０は、交通エンティティのモーションパラメータと、予測エンジン１１４を使用して決定された交通エンティティに関連付けられた隠れコンテキストとに基づいて決定される。

【０１０８】

コンピューティング機械アーキテクチャ

図１７は、機械可読媒体から命令を読み取り、それらをプロセッサ（またはコントローラ）において実行することが可能な例示的な機械のコンポーネントを示すブロック図である。具体的には、図１７は、本明細書で論じられている方法のうちのいずれか１つまたは複数を機械に実施させるための命令１７２４（たとえば、ソフトウェア）が実行され得るコンピュータシステム１７００の例示的な形態にある機械の図表現を示す。代替実施形態では、機械は、スタンドアロンデバイスとして動作し、または他の機械に接続されても（たとえば、ネットワーク化されても）よい。ネットワーク化された展開では、機械は、サーバ－クライアントネットワーク環境におけるサーバ機械またはクライアント機械の能力の中で動作しても、ピアツーピア（または分散）ネットワーク環境におけるピア機械として動作してもよい。

【０１０９】

機械は、サーバコンピュータ、クライアントコンピュータ、パーソナルコンピュータ（ＰＣ）、タブレットＰＣ、セットトップボックス（ＳＴＢ）、パーソナルデジタルアシスタント（ＰＤＡ）、セルラ電話、スマートフォン、ウェブ家電、ネットワークルータ、スイッチもしくはブリッジ、またはその機械によって行われることになるアクションを指定する命令１７２４（逐次その他）を実行することが可能な任意の機械であってよい。さらに、単一の機械だけが示されているが、「機械」という用語は、個々に、または一緒に命令１７２４を実行し、本明細書で論じられている方法のうちのいずれか１つまたは複数を実施する機械の任意の集まりを含むと解釈されるものとする。

【０１１０】

例示的なコンピュータシステム１７００は、プロセッサ１７０２（たとえば、中央処理ユニット（ＣＰＵ）、グラフィックス処理ユニット（ＧＰＵ）、デジタル信号プロセッサ（

ＤＳＰ）、１つもしくは複数の特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、１つもしくは複数の無線周波数集積回路（ＲＦＩＣ）、またはこれらの任意の組合せ）、メインメモリ１７０４、およびスタティックメモリ１７０６を含み、これらは、バス１７０８を介して互いに通信するように構成される。コンピュータシステム１７００は、グラフィックスディスプレイユニット１７１０（たとえば、プラズマディスプレイパネル（ＰＤＰ）、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、プロジェクタ、または陰極線管（ＣＲＴ））をさらに含み得る。また、コンピュータシステム１７００は、英数字入力デバイス１７１２（たとえば、キーボード）、カーソル制御デバイス１７１４（たとえば、マウス、トラックボール、ジョイスティック、モーションセンサ、または他のポインティング機器）、記憶ユニット１７１６、信号生成デバイス１７１８（たとえば、スピーカ）、およびネットワークインターフェースデバイス１７２０を含み得、これらもまた、バス１７０８を介して通信するように構成される。

【０１１１】

記憶ユニット１７１６は、本明細書に記載の方法または機能のうちのいずれか１つまたは複数を実施する命令１７２４（たとえば、ソフトウェア）が記憶されている機械可読媒体１７２２を含む。命令１７２４（たとえば、ソフトウェア）は、コンピュータシステム１７００による実行中、メインメモリ１７０４内、またはプロセッサ１７０２内（たとえば、プロセッサのキャッシュメモリ内）にも完全にまたは少なくとも部分的に存在し得、メインメモリ１７０４およびプロセッサ１７０２もまた、機械可読媒体を構成する。命令１７２４（たとえば、ソフトウェア）は、ネットワークインターフェースデバイス１７２０を介してネットワーク１７２６の上で送信または受信されてもよい。

【０１１２】

機械可読媒体１７２２は、例示的な実施形態において、単一の媒体であるように示されているが、「機械可読媒体」という用語は、命令（たとえば、命令１７２４）を記憶することができる単一の媒体または複数の媒体（たとえば、集中型もしくは分散型データベース、または関連のキャッシュおよびサーバ）を含むと解釈されるべきである。また、「機械可読媒体」という用語は、機械による実行のために命令（たとえば、命令１７２４）を記憶することが可能であり、本明細書に開示されている方法のうちのいずれか１つまたは複数を機械に実施させる任意の媒体を含むと解釈されるものとする。「機械可読媒体」という用語は、それだけには限らないが、ソリッドステートメモリ、光媒体、および磁気媒体の形態にあるデータリポジトリを含む。

【０１１３】

追加の考察

開示されている実施形態は、自律車両をナビゲートするための技法について記載しているが、開示されている技法は、任意の移動装置、たとえばロボット、配達車両、ドローンなどに適用可能である。

【０１１４】

本明細書に記載の主題は、デジタル電子回路で、または本明細書に開示されている構造的手段およびその構造的等価物を含むコンピュータソフトウェア、ファームウェア、もしくはハードウェアで、またはそれらの組合せで実装することができる。本明細書に記載の主題は、データ処理装置（たとえば、プログラマブルプロセッサ、コンピュータ、または複数のコンピュータ）によって実行するために、またはその動作を制御するために、情報担体（たとえば、機械可読記憶デバイス）において、または伝搬信号において有形に実施される１つまたは複数のコンピュータプログラムなど１つまたは複数のコンピュータプログラム製品として実装することができる。コンピュータプログラム（プログラム、ソフトウェア、ソフトウェアアプリケーション、またはコードとしても知られる）は、コンパイル型言語またはインタープリタ型言語を含む任意の形態のプログラム言語で書くことができ、スタンドアロンプログラムとして、またはモジュール、コンポーネント、サブルーチン、もしくはコンピューティング環境で使用するのに適した他のユニットとしてを含む、任意の形態で展開することができる。コンピュータプログラムは、必ずしもファイルに対応

しない。プログラムは、他のプログラムもしくはデータを保持するファイルの一部分、対象のプログラム専用の単一のファイル、または複数の調整されたファイル（たとえば、１つまたは複数のモジュール、サブプログラム、またはコードの一部分を記憶するファイル）で記憶することができる。コンピュータプログラムは、１つのコンピュータ上または複数のコンピュータ上で、１つのサイトで、または複数のサイトにわたって分散されて、また通信ネットワークによって相互接続されて実行されるように展開することができる。

【０１１５】

本明細書に記載の主題の方法ステップを含めて、本明細書に記載されているプロセスおよび論理フローは、入力データに作用し出力を生成することによって本明細書に記載の主題の機能を実施するために１つまたは複数のコンピュータプログラムを実行する１つまたは複数のプログラマブルプロセッサによって実施することができる。また、プロセスおよび論理フローは、専用論理回路、たとえばＦＰＧＡ（フィールドプログラマブルゲートアレイ）またはＡＳＩＣ（特定用途向け集積回路）によって実施することができ、本明細書に記載の主題の装置は、それらとして実装することができる。

【０１１６】

コンピュータプログラムを実行するのに適したプロセッサは、例として、汎用マイクロプロセッサと専用マイクロプロセッサ、および任意の種類のデジタルコンピュータのいずれか１つまたは複数のプロセッサを含む。一般に、プロセッサは、命令およびデータを読出し専用メモリもしくはランダムアクセスメモリから、または両方から受信することになる。コンピュータの本質的な要素は、命令を実行するためのプロセッサ、ならびに命令およびデータを記憶するための１つまたは複数のメモリデバイスである。一般に、コンピュータは、データを記憶するための１つもしくは複数の大容量記憶デバイス、たとえば磁気ディスク、光磁気ディスクもしくは光ディスクをも含み、またはそれらからデータを受信し、もしくはそれらにデータを転送するように動作可能に結合されることになり、またはその両方である。コンピュータプログラム命令およびデータを実施するのに適した情報担体は、例として半導体メモリデバイス（たとえば、ＥＰＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、およびフラッシュメモリデバイス）、磁気ディスク（たとえば、内部ハードディスクまたは取外し式ディスク）、光磁気ディスク、および光ディスク（たとえば、ＣＤおよびＤＶＤディスク）を含むあらゆる形態の不揮発性メモリを含む。プロセッサおよびメモリは、専用論理回路によって補い、またはそこに組み込むことができる。

【０１１７】

ユーザとのインタラクションを提供するために、本明細書に記載の主題は、ユーザに対して情報を表示するためのディスプレイデバイス、たとえばＣＲＴ（陰極線管）またはＬＣＤ（液晶ディスプレイ）モニタと、ユーザがコンピュータに入力を提供することができるキーボードおよびポインティングデバイス（たとえば、マウスまたはトラックボール）とを有するコンピュータ上に実装することができる。ユーザとのインタラクションを提供するために、他の種類のデバイスを使用することもできる。たとえば、ユーザに提供されるフィードバックは、任意の形態の感覚フィードバック（たとえば、視覚フィードバック、聴覚フィードバック、または触覚フィードバック）とすることができ、ユーザからの入力は、音響、音声、または触覚入力を含む任意の形態で受け取ることができる。

【０１１８】

本明細書に記載の主題は、バックエンドコンポーネント（たとえば、データサーバ）、ミドルウェアコンポーネント（たとえば、アプリケーションサーバ）、もしくはフロントエンドコンポーネント（たとえば、ユーザが本明細書に記載の主題の実装とインタラクションすることができるグラフィカルユーザインターフェースまたはウェブブラウザを有するクライアントコンピュータ）または、そのようなバックエンドコンポーネント、ミドルウェアコンポーネント、およびフロントエンドコンポーネントの任意の組合せを含むコンピューティングシステムで実装することができる。システムのコンポーネントは、デジタルデータ通信の任意の形態または媒体、たとえば通信ネットワークによって相互接続することができる。通信ネットワークの例は、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）、および

ワイドエリアネットワーク（ＷＡＮ）、たとえばインターネットを含む。

【０１１９】

開示されている主題は、構造の詳細にそれを適用すること、および以下の説明で述べられている、または図面に示されているコンポーネントの構成に限定されないことを理解されたい。開示されている主題は、他の実施形態が可能であり、様々な方法で実施される（ｐｒａｃｔｉｃｅｄ　ａｎｄ　ｃａｒｒｉｅｄ　ｏｕｔ）ことが可能である。また、本明細書で使用されている表現法および用語は、説明のためのものであり、限定するものと考えられるべきでないことを理解されたい。

【０１２０】

したがって、本開示が基づく概念は、開示されている主題のいくつかの目的を実施するための他の構造、方法、およびシステムを設計するための基礎として容易に使用され得ることを当業者なら理解するであろう。したがって、特許請求の範囲は、そのような均等な構成をそれらが開示されている主題の精神および範囲から逸脱しない限り含むものと考えられることが重要である。

【０１２１】

開示されている主題について前述の例示的な実施形態において記載され示されているが、本開示は例としてなされているにすぎないこと、および開示されている主題の実装の詳細における多数の変更が、以下の特許請求の範囲によってのみ限定される、開示されている主題の精神および範囲から逸脱することなくなされ得ることを理解されたい。

【図面】

【図１】

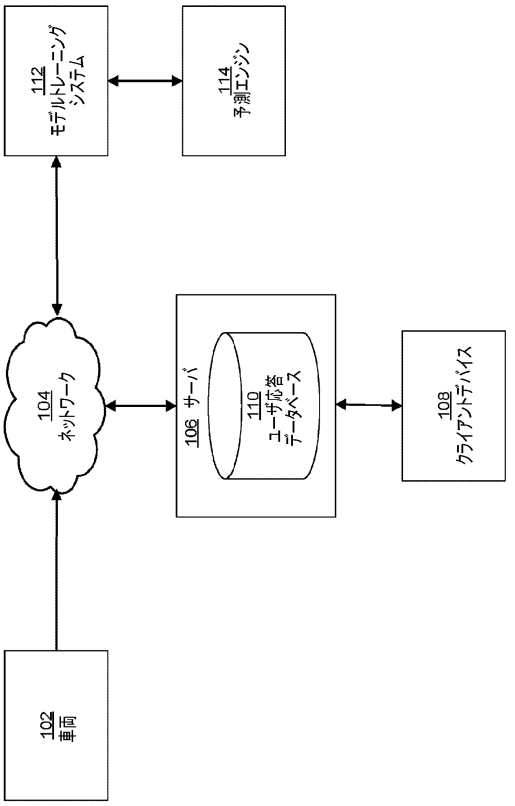


FIG. 1

【図２】

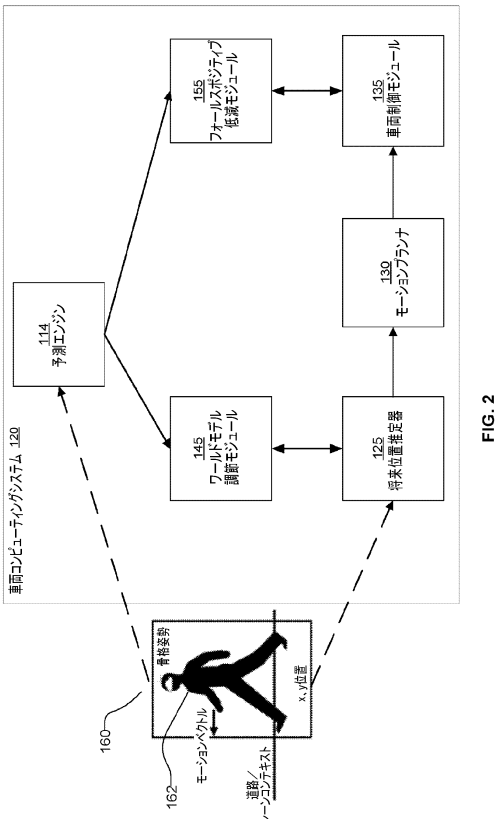
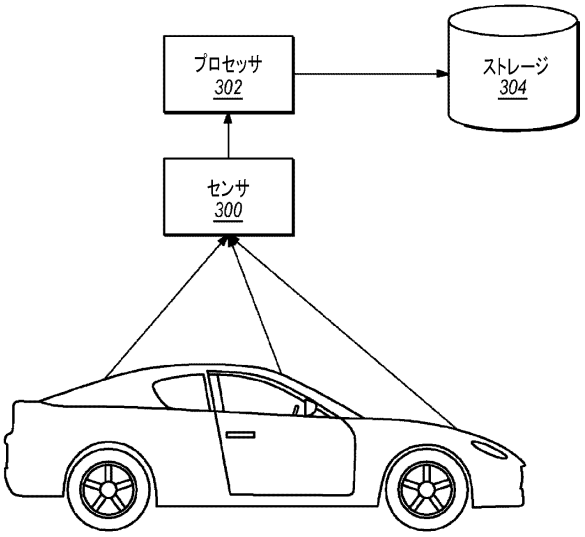


FIG. 2

【図３】

FIG. 3



【図４】

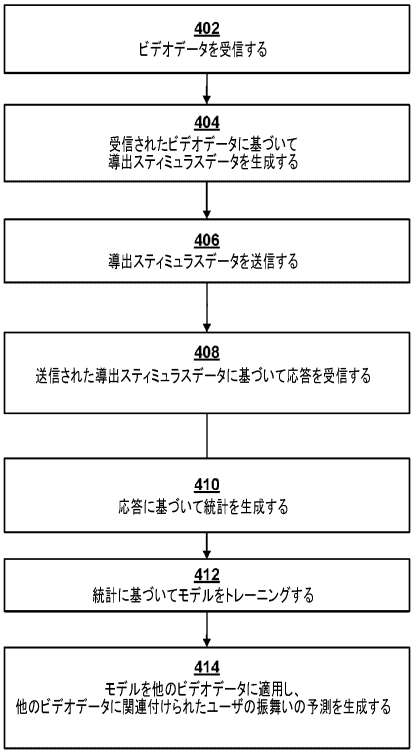


FIG. 4

【図５】

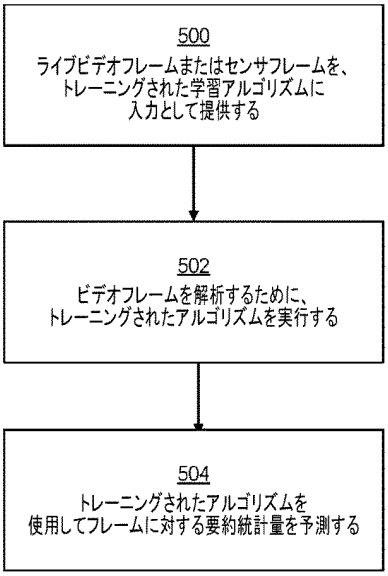


FIG. 5

【図６】

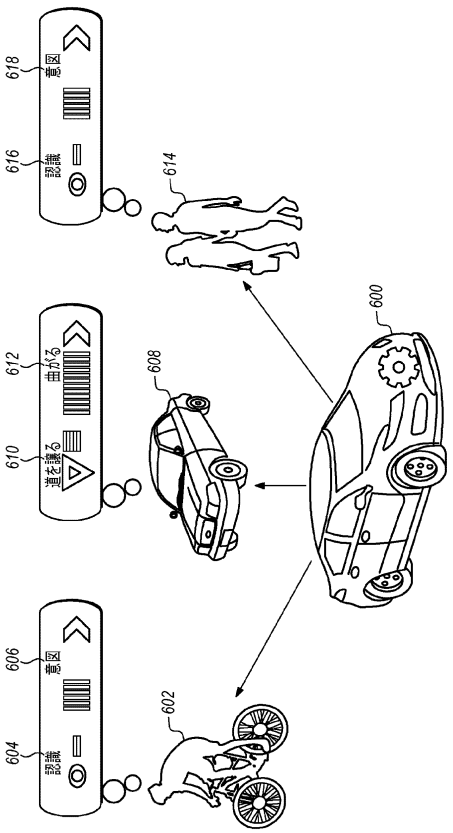


FIG. 6

【図７】

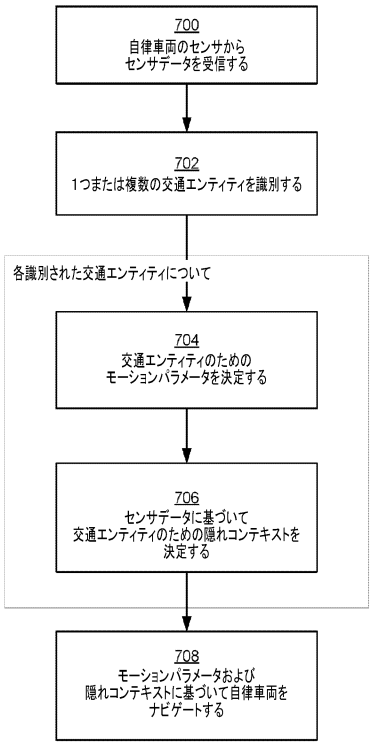


FIG. 7

【図８】

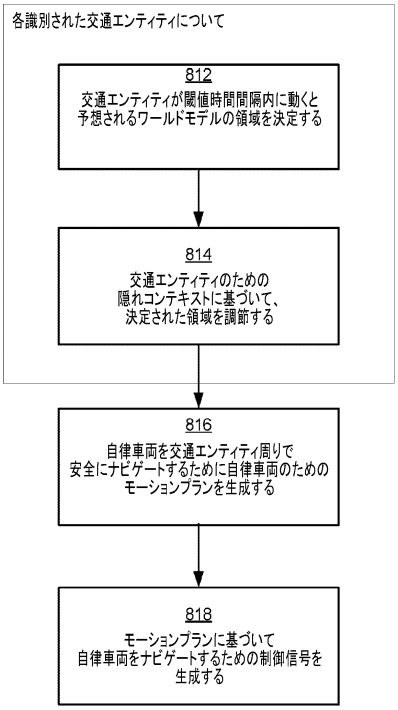


FIG. 8

【図９】

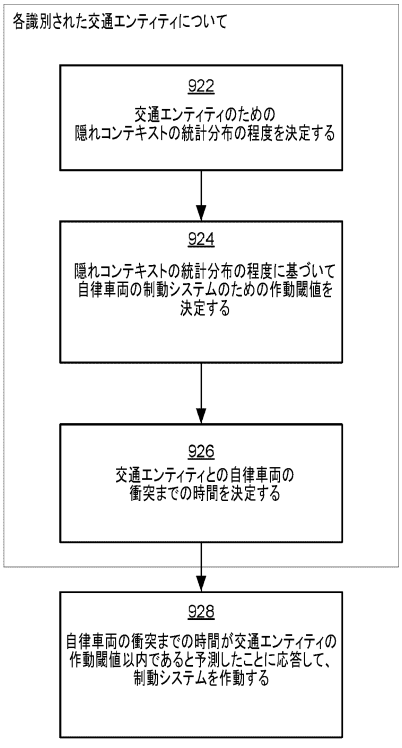


FIG. 9

【図１０】

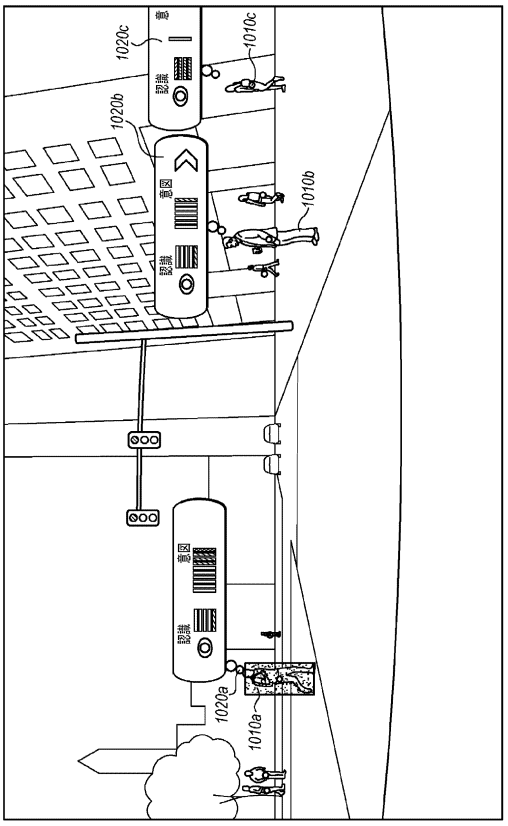
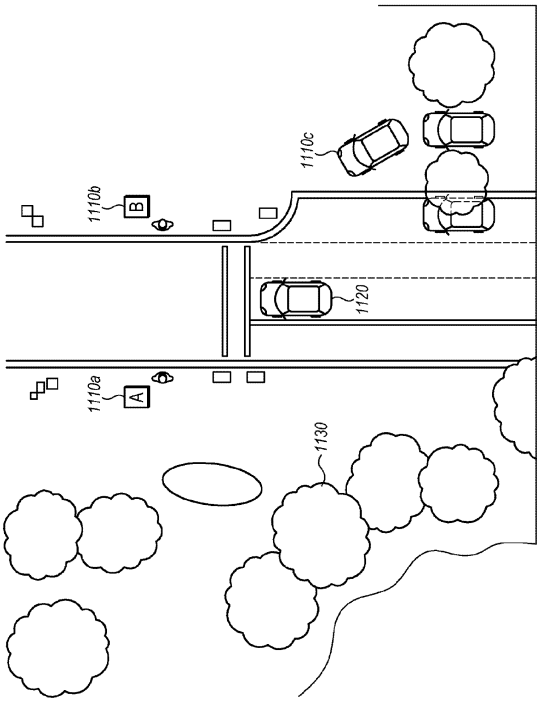


FIG. 10

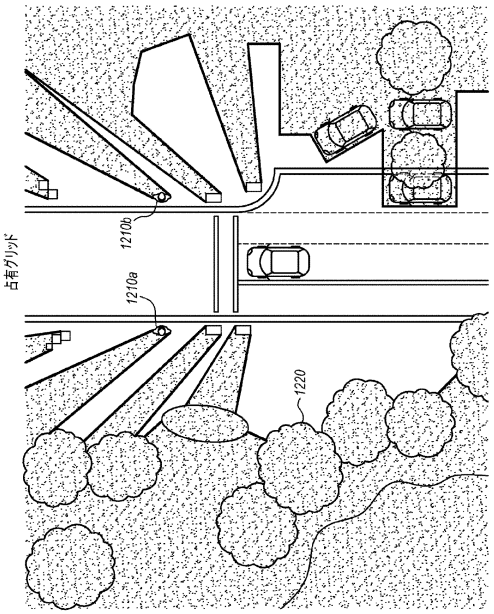
【図１１】

FIG. 11



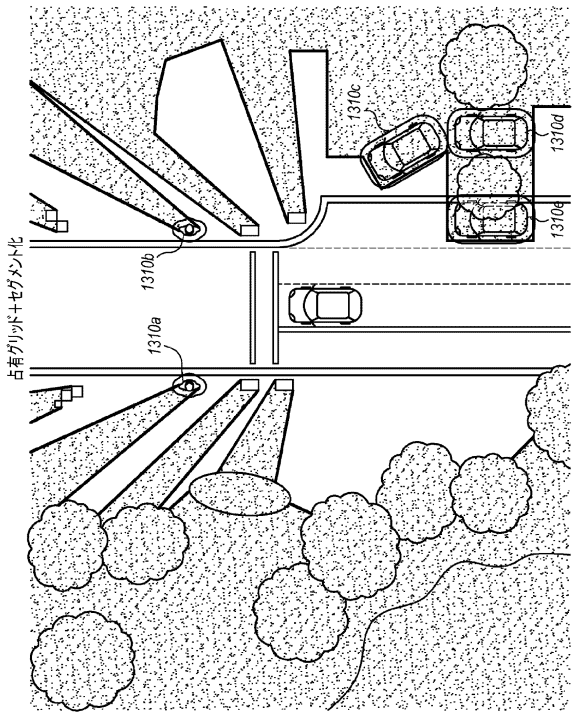
【図１２】

FIG. 12



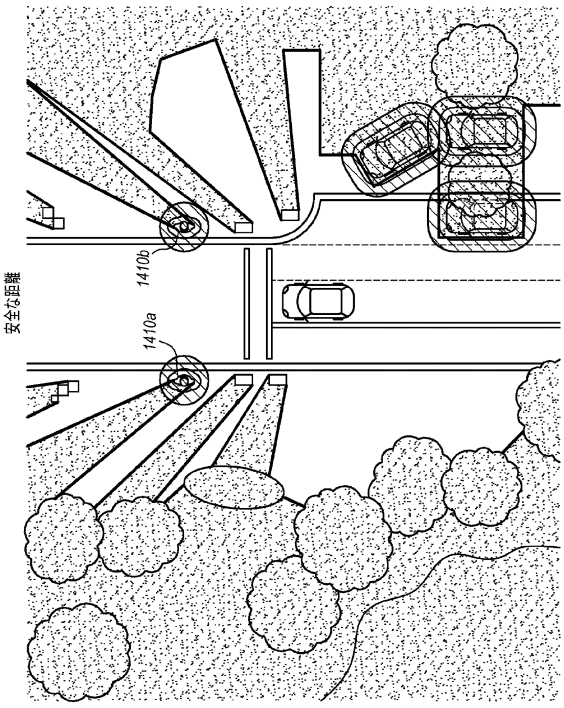
【図１３】

FIG. 13



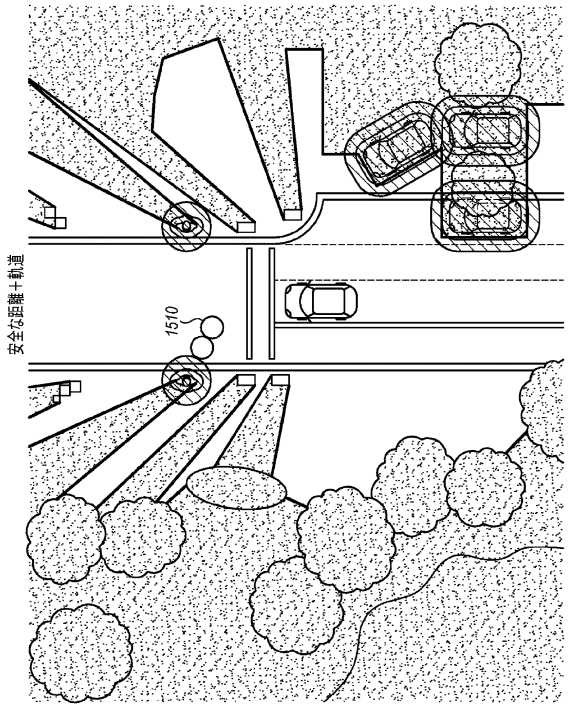
【図１４】

FIG. 14



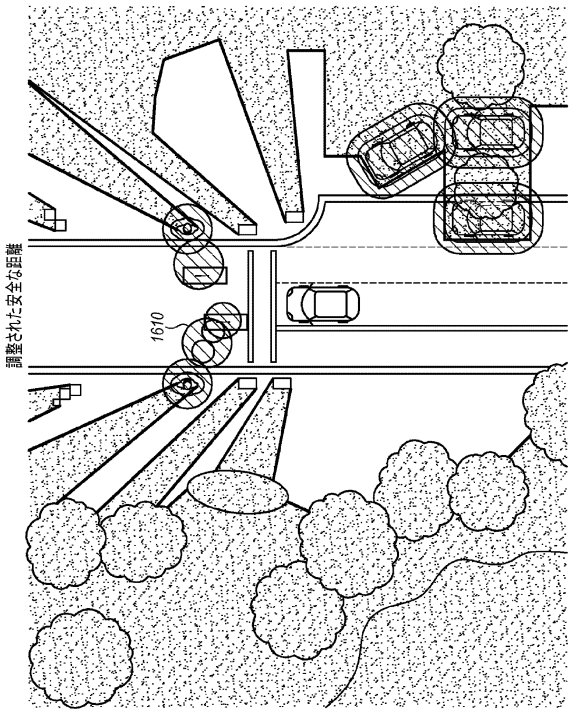
【図１５】

FIG. 15



【図１６】

FIG. 16



【図１７】

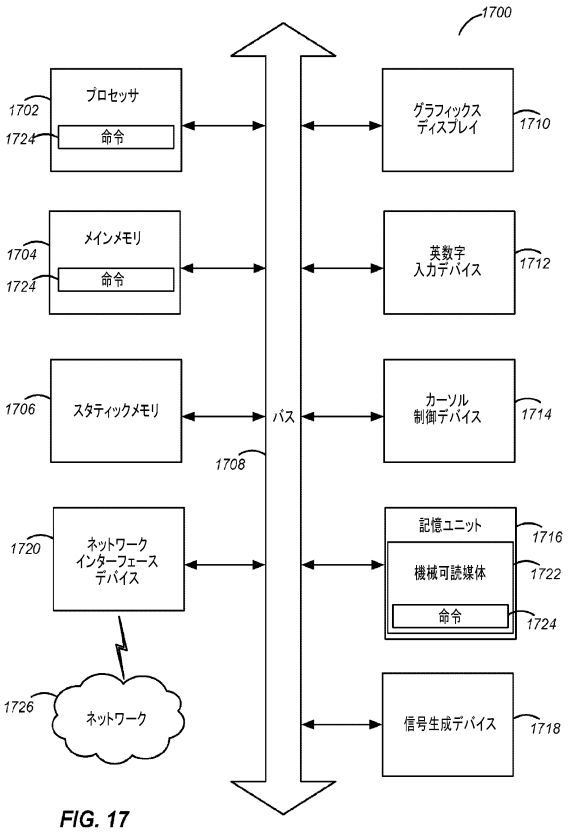


FIG. 17

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US20/15889

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - G08G 1/017, 1/16; B60W 30/08, 30/085, 30/09; G06N 3/02, 3/08, 20/00 (2020.01)

CPC - G06K 9/00785, 9/00791, 9/00805; B60W 30/08, 30/085, 30/09; G08G 1/0104, 1/0125, 1/16, 1/165, 1/166; G06N 3/02, 3/08, 20/00

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)
See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019/0012574 A1 (PERCEPTIVE AUTOMATA) 10 January 2019; the entire document	1-3
A	US 9,415,777 B2 (MOBILEYE VISION TECHNOLOGIES LTD.) 16 August 2016; the entire document	1-3
A	US 9,766,336 B2 (HERE GLOBAL B.V.) 19 Septemebr 2017; the entire document	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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

"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
23 March 2020 (23.03.2020)	16 JUN 2020
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-8300	Authorized officer Shane Thomas Telephone No. PCT Helpdesk: 571-272-4300

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US20/15889

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.: 4-10, 14-20, 24-31
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

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:

-***-Continued within extra sheet-***-

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.:
1-3

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.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US20/15889

-***-Continued from Box No. III - Observations where unity of invention is lacking-***-

This application contains the following inventions or groups of inventions which are not so linked as to form a single general inventive concept under PCT Rule 13.1. In order for all inventions to be examined, the appropriate additional examination fee must be paid.

Group I: Claims 1-3 are directed towards a method to control the braking system of an autonomous vehicle based on an activation threshold.
Group II: Claims 11-13 and 21-23 are directed a method of navigating an autonomous vehicle based on the motion parameters of a traffic entity.

The inventions listed as Groups I-II do not relate to a single general inventive concept under PCT Rule 13.1 because, under PCT Rule 13.2, they lack the same or corresponding special technical features for the following reasons:

The special technical features of Group I include at least wherein: wherein the output of the machine learning based model comprises a measure of statistical distribution of the hidden context; determining an activation threshold value for braking system of the autonomous vehicle based on the statistical distribution of the hidden context; predicting that the autonomous vehicle is likely to reach within the activation threshold of a particular traffic entity within a threshold time interval; and responsive to determining that the autonomous vehicle is likely to reach within the activation threshold of the particular traffic entity within the threshold time interval, activating the braking system of the autonomous vehicle, which are not present in Group II.

The special technical features of Group II include at least wherein determining one or more motion parameters describing movement of the traffic entity; navigating the autonomous vehicle based on each of the traffic entities, which are not present in Group I.

The common technical features shared by Groups I-II are a method comprising: receiving, by an autonomous vehicle, sensor data from sensors mounted on the autonomous vehicle; identifying, one or more traffic entities based on the sensor data, the traffic entities representing non-stationary objects in traffic in which the autonomous vehicle is driving; for each of the one or more traffic entities: determining a hidden context based on a machine learning based model, wherein the machine learning based model is trained based on feedback received from users responsive to presenting images or videos showing traffic scenarios to the users.

However, these common features are previously disclosed by US 2019/0012574 A1 to PERCEPTIVE AUTOMATA (hereinafter "PERCEPTIVE"). PERCEPTIVE discloses a method comprising (a method; abstract): receiving, by an autonomous vehicle, sensor data from sensors mounted on the autonomous vehicle (receiving by an autonomous vehicle 1000 sensor data from sensors mounted on the autonomous vehicle 1000; figure 10, paragraph [0070]); identifying, one or more traffic entities based on the sensor data, the traffic entities representing non-stationary objects in traffic in which the autonomous vehicle is driving (identifying traffic entities based on the sensor data, the traffic entities representing non-stationary objects in traffic in which the autonomous vehicle 1000 is driving as shown in figure 10; figure 10, paragraphs [0069], [0070], claim 1 of PERCEPTIVE); for each of the one or more traffic entities (for each of the traffic entities; paragraphs [0030], [0031], [0033]-[0037]): determining a hidden context based on a machine learning based model (determining an action to be performed (hidden context) based on a supervised learning based model (machine learning); paragraphs [0030], [0031], [0033]-[0037]), wherein the machine learning based model is trained based on feedback received from users responsive to presenting images or videos showing traffic scenarios to the users (the supervised learning model is trained based on feedback received from users responsive to presenting images or videos showing traffic scenarios to the users; paragraphs [0030], [0031], [0033]-[0037]).

Since the common technical features are previously disclosed by the PERCEPTIVE reference, these common features are not special and so Groups I-II lack unity.

フロントページの続き

(32)優先日 平成31年1月30日(2019.1.30)
(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,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,DK,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),OA(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,BB,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,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,ZW
Fターム（参考） CE04 CE05 CE08 DC25Z DC30Z DC31Z
5H181 AA01 BB04 BB20 CC01 CC04 CC14 FF04 FF25 FF27 FF33
LL01 LL02 LL04 LL09 LL15