(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7337155号
(P7337155)

(45)発行日　令和5年9月1日(2023.9.1)

(24)登録日　令和5年8月24日(2023.8.24)

(51)国際特許分類		FI		
B60W 50/023 (2012.01)		B60W	50/023	
B60W 50/04 (2006.01)		B60W	50/04	
G01C 21/26 (2006.01)		G01C	21/26	A
G08G 1/0968(2006.01)		G08G	1/0968	Z

請求項の数　20　（全19頁）

(21)出願番号　特願2021-523165(P2021-523165)
(86)(22)出願日　令和1年10月30日(2019.10.30)
(65)公表番号　特表2022-506023(P2022-506023A)
(43)公表日　令和4年1月17日(2022.1.17)
(86)国際出願番号　PCT/US2019/058766
(87)国際公開番号　WO2020/096830
(87)国際公開日　令和2年5月14日(2020.5.14)
審査請求日　令和3年6月17日(2021.6.17)
(31)優先権主張番号　16/180,267
(32)優先日　平成30年11月5日(2018.11.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　317015065
ウェイモ エルエルシー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４０４３ マウンテン ビュー アンフィシアター パークウェイ １６００
(74)代理人　100079108
弁理士　稲葉 良幸
(74)代理人　100126480
弁理士　佐藤 睦
(72)発明者　チ，エミリー
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　アンドラーデ，ライアン，ジョセフ
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　自律走行車のフォールバック動作を実装するためのシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

自律走行モードで車両を制御するためのシステムであって、

センサデータを生成するように構成された複数のセンサと、

第１の位置決めシステムを含む第１のコンピューティングシステムであって、

前記センサデータを使用して軌道を生成し、

前記生成された軌道を、前記車両が受信した軌道をたどるように構成された第２のコンピューティングシステムに送信するように構成された第１のコンピューティングシステムと、

第２の位置決めシステムを含む第３のコンピューティングシステムであって、前記第１のコンピューティングシステムに障害が発生したときに、前記第１の位置決めシステムからの前記車両の最後の既知の位置および前記第２の位置決めシステムからの前記車両の最後の既知の位置に基づいて前記車両が現在走行している道路のタイプを判定し、当該道路のタイプに基づいて軌道を生成し、当該軌道を前記第２のコンピューティングシステムに送信するように構成された第３のコンピューティングシステムと、を備えるシステム。

【請求項２】

前記第３のコンピューティングシステムは、車両が高架道路に位置しているか平面道路に位置しているかに基づいて前記軌道を生成し、送信するようにさらに構成される、請求項１に記載のシステム。

【請求項３】

前記第２のコンピューティングシステムをさらに備える、請求項１に記載のシステム。
【請求項４】
前記障害は、前記複数のセンサのうちの１つまたは複数に関連し、前記第３のコンピューティングシステムは、前記複数のセンサのどれが機能しているかにさらに基づいて前記軌道を生成するように構成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項５】
前記第１のコンピューティングシステムは、前記センサデータ内の異なるタイプの道路利用者を区別するように構成され、前記第３のコンピューティングシステムは、前記センサデータ内の異なるタイプの道路利用者を区別するように構成されていない、請求項１に記載のシステム。
【請求項６】
前記第１のコンピューティングシステムは、前記異なるタイプの道路利用者のそれぞれに基づいて異なる行動予測を生成するように構成され、前記第３のコンピューティングシステムは、前記センサデータ内のすべての道路利用者の行動予測を同じ方法で生成するように構成される、請求項５に記載のシステム。
【請求項７】
前記第３のコンピューティングシステムは、現在の車線をたどること、または高架道路上の任意の所与の道路利用者の検出に応答して車線を変更すること、のいずれかに対応する行動予測を生成するように構成される、請求項６に記載のシステム。
【請求項８】
前記第１のコンピューティングシステムは、可能な操作の第１のリストに従って軌道を生成するように構成され、前記第３のコンピューティングシステムは、可能な操作の前記第１のリストよりも小さい、可能な操作の第２のリストに従って軌道を生成するように構成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項９】
前記第３のコンピューティングシステムは、前記車両が高架道路に位置しているか平面道路に位置しているかに基づいて、可能な操作の前記第２のリストを決定するように構成される、請求項８に記載のシステム。
【請求項１０】
前記第３のコンピューティングシステムは、前記複数のセンサのどれが機能しているかに基づいて、可能な操作の前記第２のリストを決定するように構成される、請求項８に記載のシステム。
【請求項１１】
前記第３のコンピューティングシステムは、前記複数のセンサについて利用可能なセンサ機能に基づいて、可能な操作の前記第２のリストを決定するように構成される、請求項８に記載のシステム。
【請求項１２】
前記第３のコンピューティングシステムは、前記車両が前記第１のコンピューティングシステムによって可能となる特定のタイプの操作を行うのを防ぐようにさらに構成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項１３】
前記特定のタイプの操作は、特定の曲率のターンを含む、請求項１２に記載のシステム。
【請求項１４】
前記第３のコンピューティングシステムは、事前に保存された地図情報を参照することによって前記車両が高架道路または平面道路に位置することを判定するようにさらに構成され、前記第３のコンピューティングシステムは、前記車両が高架道路または平面道路にあるとの判定にさらに基づいて、前記軌道を生成し送信するようにさらに構成される、請求項１に記載のシステム。
【請求項１５】
前記第１のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用して信号機を検出す

るように構成され、前記車両が高架道路に位置していると判定されると、前記第３のコンピューティングシステムは、前記信号機検出機能を使用せずに軌道を生成するようにさらに構成される、請求項１４に記載のシステム。
【請求項１６】
前記第１のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用して信号機を検出するように構成され、前記車両が平面道路に位置していると判定されると、前記第３のコンピューティングシステムは、前記信号機検出機能を使用して軌道を生成するようにさらに構成される、請求項１４に記載のシステム。
【請求項１７】
前記第３のコンピューティングシステムは、前記車両が平面道路に位置していると判定されたときに所定の速度で移動するように前記車両を制御するために軌道を生成するようにさらに構成され、前記所定の速度は、前記車両の環境内のオブジェクトを検出して、これに応答する時間を提供する、請求項１４に記載のシステム。
【請求項１８】
前記車両が高架道路に位置していると判定されると、前記第３のコンピューティングシステムは、前記高架道路を出て平面道路に到達するように前記車両を制御するために軌道を生成するようにさらに構成される、請求項１４に記載のシステム。
【請求項１９】
前記第３のコンピューティングシステムは、特定の特性を備えた平面道路に近接する出口を検索し、前記出口で前記高架道路を出て平面道路に到達するように前記車両を制御するために軌道を生成するように構成される、請求項１８に記載のシステム。
【請求項２０】
前記車両をさらに含む、請求項１に記載のシステム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
本出願は、２０１８年１１月５日に出願された出願番号１６／１８０，２６７の利益を主張し、その開示内容は参照により本明細書に組み込まれる。
【背景技術】
【０００２】
人間の運転手を必要としない車両等の自律走行車は、ある場所から別の場所への乗客または品目の輸送を支援するために使用できる。このような車両は、乗客が乗車場所や目的地等の何らかの初期入力を提供し、車両がその場所に移動する完全自律モードで動作する場合がある。その際、乗客、貨物、車両の安全性は重要な考慮事項となる。したがって、多くの場合、これらの車両はフォールバックシステムを備えており、これによって基本的に、緊急時には車両にできるだけ強く、かつ速く、ブレーキをかけるようにする。
【発明の概要】
【０００３】
本開示の態様は、自律走行モードで車両を制御するためのシステムを提供する。このシステムは、センサデータを生成するように構成された複数のセンサと、第１のコンピューティングシステムと、第３のコンピューティングシステムと、を備える。第１のコンピューティングシステムは、センサデータを使用して軌道を生成し、生成された軌道を、車両が受信した軌道をたどるように構成された第２のコンピューティングシステムに送信するように構成される。第３のコンピューティングシステムは、第１のコンピュータシステムに障害が発生したときに、車両が現在走行している道路のタイプに基づいて軌道を生成し、当該軌道を第２のコンピューティングシステムに送信するように構成される。
【０００４】
一例では、第３のコンピューティングシステムは、車両が高架道路に位置しているか平面道路に位置しているかに基づいて軌道を生成し、送信するようにさらに構成される。別

の例では、システムは、第２のコンピューティングシステムも備える。別の例では、障害は、複数のセンサのうちの１つまたは複数に関連し、第３のコンピューティングシステムは、複数のセンサのどれが機能しているかにさらに基づいて軌道を生成するように構成される。別の例では、第１のコンピューティングシステムは、センサデータ内の異なるタイプの道路利用者を区別するように構成され、第２のコンピューティングシステムは、センサデータ内の異なるタイプの道路利用者を区別するように構成されていない。この例では、第１のコンピューティングシステムは、異なるタイプの道路利用者のそれぞれに基づいて異なる行動予測を生成するように構成され、第３のコンピューティングシステムは、センサデータ内のすべての道路利用者の行動予測を同じ方法で生成するように構成される。この例では、第３のコンピューティングシステムは、現在の車線をたどること、または高架道路上の任意の所与の道路利用者の検出に応答して車線を変更すること、のいずれかに対応する行動予測を生成するように構成される。別の例では、第１のコンピューティングシステムは、可能な操作の第１のリストに従って軌道を生成するように構成され、第３のコンピューティングシステムは、可能な操作の第１のリストよりも小さい、可能な操作の第２のリストに従って軌道を生成するように構成される。この例では、第３のコンピューティングシステムは、車両が高架道路に位置しているか平面道路に位置しているかに基づいて、可能な操作の第２のリストを決定するように構成される。これに加えて、または代えて、第３のコンピューティングシステムは、複数のセンサのどれが機能しているかに基づいて、可能な操作の第２のリストを決定するように構成される。これに加えて、または代えて、第３のコンピューティングシステムは、複数のセンサについて利用可能なセンサ機能に基づいて、可能な操作の第２のリストを決定するように構成される。

【０００５】

別の例では、第３のコンピューティングシステムは、車両が第１のコンピューティングシステムによって可能となる特定のタイプの操作を行うのを防ぐようにさらに構成される。この例では、特定のタイプの操作には、特定の曲率のターンが含まれる。別の例では、第３のコンピューティングシステムは、事前に保存された地図情報を参照することによって車両が高架道路または平面道路に位置することを判定し、車両が高架道路または平面道路にあるとの判定にさらに基づいて、軌道を生成し送信するようにさらに構成される。この例では、第１のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用して信号機を検出するように構成され、車両が高架道路に位置していると判定されると、第３のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用せずに軌道を生成するようにさらに構成される。これに加えて、または代えて、車両が高架道路に位置していると判定されると、第３のコンピューティングシステムは、高架道路を出て平面道路に到達するように車両を制御するために軌道を生成するようにさらに構成される。この例では、第３のコンピューティングシステムは、特定の特性を備えた平面道路に近接する出口を検索し、その出口で高架道路を出て平面道路に到達するように車両を制御するために軌道を生成するように構成される。あるいは、第１のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用して信号機を検出するように構成され、車両が平面道路に位置していると判定されると、第３のコンピューティングシステムは、信号機検出機能を使用して軌道を生成するようにさらに構成される。これに加えて、または代えて、第３のコンピューティングシステムは、車両が平面道路に位置していると判定されたときに所定の速度で移動するように車両を制御するために軌道を生成するようにさらに構成され、所定の速度は、車両の環境内のオブジェクトを検出して、これに応答する時間を提供する。別の例として、システムは車両も備える。

【図面の簡単な説明】

【０００６】

【図１】例示的な実施形態による例示的な車両の機能図である。

【０００７】

【図２】本開示の態様による、図１のシステムの態様の機能図である。

【０００８】

【図３】本開示の態様による車両の例示的な外観図である。
【０００９】
【図４】本開示の態様による地図情報の例である。
【００１０】
【図５】本開示の態様によるコンピューティングシステムおよびメッセージの例示的な表示である。
【００１１】
【図６】本開示の態様による例示的なフロー図である。
【００１２】
【図７】本開示の態様による、車道のセクション上で操作されている車両の例である。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
概要
本技術は、自律走行車のフォールバック走行動作に関する。典型的な動作において、第１のコンピュータシステムは、軌道を生成し、その軌道に従って車両を制御するために、当該軌道を第２のコンピューティングシステムに送信し得る。軌道は、車両がその最終目標または目的地に向かって進むことを可能にする少なくとも一部を含み、その後、軌道は、車両が安全に路肩に寄せる、停車する等のフォールバック指示を提供し、これによって、第１のコンピュータシステムが車両のさまざまなシステムに何らかの問題があるために新しい軌道を生成できない場合に、車両は安全に路肩に寄せる、停車すること等ができる。これは、高架道路や、車両や歩行者の交通量が多い状況で問題になる可能性があり、車両の１つ以上のシステムに障害が発生した場合に、車両を路肩に寄せたり停車させたりするのは最善の方法ではない。これを回避するために、車両の何らかのハードウェアまたはソフトウェアシステムで特定のタイプの障害が検出された場合、パフォーマンスを抑えた第３のコンピュータシステムまたはフォールバックシステムを使用して車両を制御し得る。走行状況と利用可能な機能に応じて、フォールバックシステムは、車両が車線で停止する可能性を最小限に抑えるという全体的な目標を持って、さまざまな方法で動作し得る。
【００１４】
第１のコンピューティングシステムは、非常に高度なプランナシステムと、知覚システムと、ソフトウェアスタックとを備えてもよい。例えば、第１のコンピューティングシステムの知覚システムは、車両の環境内の異なるオブジェクトの検出を可能にするように設計された異なるソフトウェアモジュールを含み得る。第１のコンピューティングシステムのソフトウェアスタックは、動作モデルを使用して、これらのオブジェクトが将来のある期間にどのように動作する可能性があるかを予測し得る。同様に、第１のコンピューティングシステムのプランナシステムは、車両がすべてのタイプの操作を実行することを可能にする軌道を生成するために、これらの予測および詳細な地図情報を使用し得る。
【００１５】
第２のコンピューティングシステムは、第１のコンピューティングシステムから軌道を受信し、これらの受信した軌道に従って車両を制御するために、車両のさまざまなアクチュエータを制御するように構成され得る。この点で、第２のコンピューティングシステムは、プランナまたは知覚モジュールを含む必要はない。
【００１６】
第３のコンピューティングシステムは、第１および第２のコンピューティングシステムとは異なる機能を有し得る。例えば、第３のコンピューティングシステムは、第２のコンピュータよりも優れたコンピューティング能力を有し得る。同時に、第３のコンピューティングシステムは、第１のコンピューティングシステムよりも低い能力およびパワー要件を有し得る。第３のコンピューティングシステムは、第１のコンピューティングシステムの知覚システムおよび行動モデルの、より合理化されたバージョンを有し得る。
【００１７】
第１のコンピューティングシステムにおけるエラーが検出されると、第３のコンピュー

ティングシステムは、第２のコンピューティングシステムのために軌道を生成するために、第１のコンピューティングシステムを引き継いでもよい。そうするために、第１のコンピューティングシステムにおけるエラーが検出されると、第３のコンピューティングシステムは、車両の最後の既知または現在の位置を地図情報と比較することによって、車両が走行している道路のタイプ、例えば高架道路または平面道路を判定し得る。この比較に基づいて、第３のコンピューティングシステムは、どの機能に従って、車両をどのように制御するかを判定し得る。

【００１８】

第１のコンピューティングシステムにおけるエラーが検出されると、第３のコンピューティングシステムは、車両が回避すべき場所があればそのタイプを判定するために、車両の利用可能なセンサの機能を評価し得る。言い換えれば、異なるタイプの機能を必要とする道路スコープの階層が存在する可能性があり、車両が特定の道路スコープに必要な機能を備えていない場合、第３のコンピューティングシステムは、その道路スコープを有するエリアを回避し得る。

【００１９】

本明細書に記載の特徴は、第１の、または一次コンピューティングシステムに各種障害が発生した場合に、車両が安全に制御され続けることを可能にし得る。さらに、これらの機能により、使用可能な機能と車両が現在位置している場所に応じて、さまざまなフォールバック動作が可能になる。言い換えると、第３のコンピューティングシステムは、現在の機能を活用して、可能な限り最高の結果を得ることができる。

【００２０】

図１に示されるように、本開示の一態様による車両１００は、さまざまな構成要素を備える。本開示の特定の態様は、特定のタイプの車両に関連して特に有用であるが、車両は、自動車、トラック、オートバイ、バス、レクリエーション車両等を含むがこれらに限定されない任意のタイプの車両であり得る。車両は、それぞれが１つまたは複数のコンピューティングデバイス１１２、１２２、１３２を含む、第１のコンピューティングシステム１１０、第２のコンピューティングシステム１２０、および第３のコンピューティングシステム１３０等の複数のコンピューティングシステムを有し得る。これらのコンピューティングシステムおよびデバイスは一緒に、車両１００に組み込まれた自律走行コンピューティングシステムとして機能し得る。

【００２１】

第１、第２、および第３のコンピューティングシステムのさらなる詳細を提供する図２に目を向けると、これらのコンピューティングデバイス１１２、１２２、１３２のそれぞれは、１つまたは複数のプロセッサ２２０、２２１、２２３、メモリ２３０、２３３、２３６および通常、汎用コンピューティングデバイスに存在するその他のコンポーネントを含み得る。　　メモリ２３０、２３３、２３６は、１つまたは複数のプロセッサ２２０、２２１、２２２によってアクセス可能な情報を格納し、これには、命令２３１、２３４、２３７、およびプロセッサ２２０、２２１、２２２によってそれぞれ実行または他の方法で使用され得るデータ２３２、２３５、２３８が含まれる。メモリ２３０、２３３、２３６は、コンピューティングデバイス可読媒体、または電子デバイスの助けを借りて読み取ることができるデータを記憶する他の媒体（ハードドライブ、メモリカード、ＲＯＭ、ＲＡＭ、ＤＶＤ、その他の光ディスク、およびその他の書き込み可能メモリと読み取り専用メモリ等）を含む、プロセッサによってアクセス可能な情報を記憶することができる任意のタイプのものであり得る。システムおよび方法は、前述の異なる組合せを含み得、これにより、命令およびデータの異なる部分が異なるタイプの媒体に記憶される。

【００２２】

命令２３１、２３４、２３７は、プロセッサによって直接（機械コード等）または間接的に（スクリプト等）実行される任意の命令のセットであり得る。例えば、命令は、コンピューティングデバイス可読媒体上にコンピューティングデバイスコードとして格納され得る。この点に関して、「命令」および「プログラム」および「ソフトウェア」という用

語は、本明細書では交換可能に使用され得る。例えば、以下でさらに詳細に説明するように、命令には、さまざまな能力および機能を備えたさまざまなソフトウェアスタックが含まれる場合がある。命令は、プロセッサによる直接処理のためにオブジェクトコード形式で、またはオンデマンドで解釈されるか事前にコンパイルされるスクリプトまたは独立したソースコードモジュールの集合を含む他のコンピューティングデバイス言語で保存できる。命令の関数、メソッド、およびルーチンについては、以下で詳しく説明する。

【００２３】

データ２３２は、命令２３４に従って、プロセッサ２２０によって検索、記憶、または修正され得る。例えば、請求された主題はいずれの特定のデータ構造によっても制限されないが、データは、複数の異なるフィールドおよびレコード、ＸＭＬ文書またはフラットファイルを有するテーブルとしてリレーショナルデータベースのコンピューティングデバイスレジスタに格納され得る。このデータは、任意のコンピューティングデバイスで読み取り可能な形式でフォーマットし得る。

【００２４】

１つまたは複数のプロセッサ２２０、２２１、２２２は、市販のＣＰＵまたはＧＰＵ等の任意の従来のプロセッサであり得る。あるいは、１つまたは複数のプロセッサは、ＡＳＩＣまたは他のハードウェアベースのプロセッサ等の専用デバイスであり得る。図２は、コンピューティングデバイス２１０のプロセッサ、メモリ、および他の要素が同じブロック内にあることを機能的に示しているが、プロセッサ、コンピューティングデバイス、またはメモリは実際には、同じ物理ハウジング内に格納されていても、いなくてもよい複数のプロセッサ、コンピューティングデバイス、またはメモリを含み得ることが当業者によって理解されるであろう。例えば、コンピューティングデバイス１１２のメモリ２３０は、コンピューティングデバイス１１２のものとは異なるハウジング内に配置されたハードドライブまたは他の記憶媒体であり得る。したがって、プロセッサまたはコンピューティングデバイスへの言及は、並列に動作しても、しなくてもよいプロセッサまたはコンピューティングデバイスまたはメモリの集合への言及を含むと理解される。

【００２５】

コンピューティングデバイス１１２、１２２、１３２のそれぞれはまた、以下で詳細に説明されるクライアントコンピューティングデバイスおよびサーバーコンピューティングデバイス等の他のコンピューティングデワイヤレスネットワーク接続２４０、２４１、２４２バイスとの通信を容易にするために、１つまたは複数のを含み得る。ワイヤレスネットワーク接続には、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ低エネルギー（ＬＥ）、セルラー接続等の短距離通信プロトコルのほか、インターネット、ワールドワイドウェブ、イントラネット、仮想プライベートネットワーク、広域ネットワーク、ローカルネットワーク、１つ以上の企業が所有する通信プロトコルを使用するプライベートネットワーク、イーサネット、ＷｉＦｉ、ＨＴＴＰ、および前述のさまざまな組合せ等のさまざまな構成とプロトコルが挙げられる。

【００２６】

コンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２はまた、上記のプロセッサおよびメモリ等のコンピューティングデバイスに関連して通常使用されるすべてのコンポーネント、ならびに１つまたは複数のユーザ入力部２４３（例えば、マウス、キーボード、タッチスクリーンおよび／またはマイクロフォン）およびさまざまな電子ディスプレイ（例えば、スクリーン、または情報を表示するように動作可能な他の電気デバイスを有するモニタ）を含み得る。この例では、車両は、情報またはオーディオビジュアル体験を提供するために、内部電子ディスプレイ２４５ならびに１つまたは複数のスピーカ２４４を含む。この点について、内部電子ディスプレイ２４６は、車両１００のキャビン内に配置することができ、車両１００内の乗客に情報を提供するためにコンピューティングデバイス１２２によって使用し得る。

【００２７】

コンピューティングシステム１１０はまた、位置決めシステム２５０、知覚システム２

６０、およびプランナシステム２７０を含み得る。これらのシステムのそれぞれは、高度なソフトウェアモジュールを含み得、および／またはコンピューティングデバイス１１２、１２２、１３２、プロセッサ２２０、およびメモリ２３０と同じまたは同様に構成されたプロセッサおよびメモリを有する１つまたは複数の専用コンピューティングデバイスを含み得る。例えば、位置決めシステム２５０はまた、加速度計、ジャイロスコープ、または車両の方向および速度またはその変化を決定するための別の方向／速度検出デバイス等、コンピューティングデバイス１２２と通信する他のデバイスを含み得る。ほんの一例として、加速装置は、重力の方向またはそれに垂直な平面に対して、そのピッチ、ヨー、またはロール（またはその変化）を決定し得る。デバイスはまた、速度の増加または減少、およびそのような変化の方向を追跡することができる。本明細書に記載の装置の位置および向きデータは、コンピューティングデバイス１２２、他のコンピューティングデバイス、および前述の組合せに自動的に提供され得る。

【００２８】

知覚システム２６０は、他の車両、車道内の障害物、信号機、標識、樹木等、車両の外部のオブジェクトを検出するための１つまたは複数の構成要素を含み得る。例えば、知覚システム２６０は、レーザ、ソナー、レーダ、カメラ、および／またはコンピューティングデバイス１１０によって処理され得るデータを記録する任意の他の検出デバイスを含み得る。車両がミニバン等の乗用車である場合、このミニバンは、屋根または他の便利な場所に取り付けられたレーザまたは他のセンサを含み得る。例えば、図３は、車両１００の例示的な外観図である。この例では、屋上ハウジング３１０およびドームハウジング３１２は、ＬＩＤＡＲセンサまたはシステム、ならびにさまざまなカメラおよびレーダユニットを含み得る。さらに、車両１００の前端に位置するハウジング３２０、および車両の運転席側および助手席側にあるハウジング３３０、３３２は、それぞれ、ＬＩＤＡＲセンサまたはシステムを格納し得る。例えば、ハウジング３３０は、運転席ドア３６０の前に配置されている。車両１００はまた、同じく車両１００の屋根に配置されたレーダユニットおよび／またはカメラ用のハウジング３４０、３４２を含む。　追加のレーダユニットおよびカメラ（図示せず）が、車両１００の前端および後端に、および／またはルーフまたはルーフトップハウジング３１０に沿った他の位置に配置し得る。

【００２９】

知覚システム２６０は、車両の環境内の異なるオブジェクトの検出を可能にするように設計された異なるソフトウェアモジュールを含み得る。例えば、第１のコンピューティングシステムの知覚システムは、信号機およびそれらの状態、ならびに歩行者、車両、自転車等の異なるタイプの道路利用者を含む他のオブジェクト、ならびに場所、向き、進行方向、速度、加速度等それらの特性を検出するためのモジュールを含み得る。第１のコンピューティングシステムのソフトウェアスタックは、高度な動作モデルを使用して、これらのオブジェクトが将来のある期間にどのように動作する可能性があるかを予測し得る。同様に、第１のコンピューティングシステムのプランナシステムは、車両がすべてのタイプの操作を実行することを可能にする軌道を生成するために、これらの予測および詳細な地図情報を使用し得る。

【００３０】

プランナシステム２７０は、ある場所へのルートをたどるために、コンピューティングデバイス１１２によって使用され得る。これに関して、プランナシステム２７０および／またはコンピューティングデバイス１１２のデータ１３２は、詳細な地図情報、例えば、道路、車線、交差点、横断歩道の形状および高さ、速度制限、交通信号、建物、標識、リアルタイムの交通情報、路肩停車スポット、植生、またはその他の同様のオブジェクト、機能、および情報を識別する非常に詳細な地図を格納し得る。

【００３１】

図４は、高架道路４０２および平面道路４０４を含む道路のセクションの地図情報４００の例である。この例では、高架道路４０２が平面道路４０４の上部を通っている。地図情報４００は、コンピューティングデバイス１１２のメモリ２３０に格納された地図情報

のローカルバージョンであり得る。地図情報の他のバージョンもまた、以下でさらに説明されるように、コンピューティングデバイス１３２のメモリに記憶され得る。この例では、地図情報４００は、車線４１０、４１２、４１４、高架道路出口ランプ４２０、高架道路入口ランプ４２２、路肩領域４３０、４３２等の形状、位置、および他の特性を識別する情報を含む。

【００３２】

地図情報はまた、明示のために高架道路４０２の１本の車線に関してのみ示される、数メートル程度の個々のセグメント４４０（点によって端から端まで接続されて示される）として、高架道路４０２および平面道路４０４の車線の離散部分を定義し得る。もちろん、高架道路４０２、平面道路４０４、高架道路出口ランプ４２０、および高架道路入口ランプ４２２の各車線は、それぞれ道路セグメントとして定義され得る。

【００３３】

地図情報はまた、高架道路と、住宅街、州道または郡道、または他の非高架道路等の平面道路との間等、走行可能な路面のタイプを区別し得る。これに加えて、または代わりに、これらのエリアには、歩行者が多いエリアおよび／または車両の通行量が多いエリアとしてフラグを立てることもできる。この点について、高架道路４０２のエリアおよび／または道路セグメントは、高架道路として指定することができ、平面道路４０４のエリアおよび／または道路セグメントは、平面道路として指定することができる。

【００３４】

地図情報は、本明細書では画像ベースの地図として示されているが、地図情報は、完全に画像ベースである必要はない（例えば、ラスタ）。例えば、地図情報は、道路、車線、交差点、および道路セグメントによって表され得るこれらの特徴間の接続部等の情報の１つまたは複数の道路グラフまたはグラフネットワークを含み得る。各特徴はグラフデータとして格納され得、地理的位置およびそれが他の関連する特徴にリンクされているかどうか（例えば、一時停止標識は道路および交差点にリンクされ得る）等の情報に関連付けられ得る。一部の例では、関連するデータは、特定のロードグラフ特徴の効率的なルックアップを可能にするために、ロードグラフのグリッドベースのインデックスを含み得る。

【００３５】

コンピューティングシステム１２０のさまざまなシステムは、車両１００を制御する方法を決定するために機能し得る。一例として、知覚システム２６０の知覚システムソフトウェアモジュールは、１つまたは複数のセンサによって生成されたセンサデータを使用して、オブジェクトおよびそれらの特性を検出および識別し得る。これらの特性としては、場所、オブジェクトのタイプ、進行方向、向き、速度、加速度、加速度の変化、サイズ、形状等が挙げられる。場合によっては、検出されたオブジェクトの予測される将来の動作を決定するために、コンピューティングデバイス１１２によって特性が使用され得る。

【００３６】

一例では、コンピューティングデバイス１１２は、他の車両の現在の方向および動きが継続する等、他の車両の瞬間的な方向、加速／減速、および速度のみに基づいて、他の車両の将来の動きを予測するように動作可能であり得る。しかしながら、コンピューティングデバイス１１２のメモリ２３０はまた、検出されたオブジェクトによって取られる１つまたは複数のアクションの確率を提供する行動モデルを格納することができる。これらの動作モデルの有用性を高めるために、各動作モデルを特定のタイプのオブジェクトに関連付けることができる。例えば、あるタイプの行動モデルは歩行者として識別されたオブジェクトに使用され、別のタイプの行動モデルは車両として識別されたオブジェクトに使用され、別のタイプの行動は自転車または自転車に乗る人等として識別されたオブジェクトに使用される。動作モデルは、他の車両の現在の環境（検出または推定されたサイズ、形状、位置、向き、進行方向、速度、加速または減速、加速または減速の変化等）に関連するデータを分析し、当該他のオブジェクトがそれらの周囲にどのように応答する可能性があるかを決定することによって、検出されたオブジェクトの将来の動きを予測するために、コンピューティングデバイス１１２によって使用され得る。これについて、他のオブジ

ェクトがどのように動作するかをより正確に予測するために、他のオブジェクトが何を認識しているかをシステムが判断するという点で、動作モデルは、オブジェクトの環境のオブジェクト中心のビューから機能し得る。これについて、少なくとも一部の例では、行動モデルはまた、オブジェクトの予測された行動が、車両１００を含む特定の他のオブジェクトに応答するかどうかを示し得る。

【００３７】

他の例では、特性は、コンピューティングデバイス１１２のメモリ２３０に格納された１つまたは複数の検出システムソフトウェアモジュールに入れられ得る。これらの検出システムソフトウェアモジュールは、例えば、既知の交通信号の状態を検出するように構成された信号機検出システムソフトウェアモジュール、車両の１つまたは複数のセンサによって生成されたセンサデータから建設ゾーンを検出するように構成された建設ゾーン検出システムソフトウェアモジュール、および車両のセンサによって生成されたセンサデータから緊急車両を検出するように構成された緊急車両検出システムを含み得る。これらの検出システムソフトウェアモジュールのそれぞれは、さまざまなモデルを使用して、建設ゾーンまたはオブジェクトが緊急車両である可能性を出力し得る。

【００３８】

検出されたオブジェクト、予測された将来の行動、検出システムソフトウェアモジュールからのさまざまな可能性、車両の環境を識別する地図情報、車両の位置および向きを識別する位置決めシステム２５０からの位置情報、および車両の目的地、ならび車両の他のさまざまなシステムからのフィードバックは、プランナシステム２７０のプランナシステムソフトウェアモジュールに入力し得る。プランナシステム２７０および／またはコンピューティングデバイス１１２は、この入力を使用して、車両が将来のある短い期間にわたってたどるルートおよび軌道を生成し得る。　これらの軌道は、定期的に、例えば、毎秒１０回程度で生成され得、車両が目的地へのルートをたどることを可能にするために、将来に向けて一定の時間および距離にわたって延長され得る。これらの軌道は、障害物を回避し、法律に従い、一般的に安全かつ効果的に走行するために、「望ましい道」として生成され得る。各軌道は、軌道に沿った異なる時間における車両の加速度、速度、および位置に関するさまざまな要件を定義し得る。各軌道は、車両を目的地または最終目標に到達させるように設計された第１の部分と、車両を安全に路肩に寄せるかまたは停車させることを可能にするように設計される第２の部分を含み得る。この点で、新しい軌道が時間内に受信されない場合、車両を安全に路肩に寄せられる。

【００３９】

第２のコンピューティングシステム１２０は、第１のコンピューティングシステムから軌道を受信し、これらの受信した軌道に従って車両を制御するために、車両のさまざまなアクチュエータを制御するように構成され得る。例えば、コンピューティングデバイス１２２のメモリ２３２に格納された制御システムソフトウェアモジュールは、軌道をたどるために、例えば、車両のブレーキ、加速度、およびステアリングを制御することによって、車両の動きを制御するように構成され得る。一例として、コンピューティングデバイス１２２は、車両の速度を制御するために、車両の減速システム１４０および／または加速システム１５０の１つまたは複数のアクチュエータ、例えば、ブレーキペダルまたは他の入力部、アクセルペダルまたは他の入力部、および／または車両のパワーシステム１６０と相互作用し得る。同様に、ステアリングシステム１７０は、車両１００の方向を制御するために、コンピューティングデバイス１２０によって使用され得る。例えば、車両１００が自動車またはトラック等、道路で使用するように構成されている場合、ステアリングシステムは、車両をターンさせるための車輪の角度を制御するための構成要素を含み得る。シグナリングシステム１８０は、例えば、必要に応じて方向指示器またはブレーキライトを点灯することによって、他の運転者または車両に車両の意図をシグナリングで伝えるために、コンピューティングデバイス１１０によって使用され得る。

【００４０】

パワーシステム１６０は、第１、第２、および第３のコンピューティングシステムなら

びに車両の他のシステムにパワーを供給するように構成されたさまざまな特徴を含み得る。これに関して、パワーシステム１６０は、１つまたは複数のバッテリ、ならびに電気モーターおよび／またはガソリンまたはディーゼル動力エンジンを含み得る。

【００４１】

第２のコンピューティングシステム１２０は、第１のコンピューティングシステムの前述のプランナまたは知覚ハードウェアまたはソフトウェアモジュールを含む必要はない。しかしながら、場合によっては、第２のコンピューティングシステムは、第２のコンピューティングデバイスが軌道の第２の部分をたどっており、オブジェクトが車両の真正面にある場合に、第２のコンピューティングデバイスに非常ブレーキを作動させるように構成された、前向きレーダユニット等のかなり単純な検出システムを含み得る。

【００４２】

第３のコンピューティングシステム１３０は、第１および第２のコンピューティングシステムとは異なる機能を有し得る。例えば、第３のコンピューティングシステム１３０は、第２のコンピュータよりも優れたコンピューティング能力を有し得る。同時に、第３のコンピューティングシステムは、第１のコンピューティングシステムよりも低い能力およびパワー要件をさらに有し得る。

【００４３】

第３のコンピューティングシステム１３０は、第１のコンピューティングシステム１１０の複数のシステムの一部の、より合理化されたバージョンをさらに有し得る。例えば、第３のコンピューティングシステムは、コンピューティングデバイス１２２のメモリ２３２内の地図情報のコピー、位置決めシステム２９０、知覚システム２９２、およびプランナシステム２９４を含み得る。あるいは、コピーではなく、第３のコンピューティングシステムは、コンピューティングデバイス１１２のメモリ２３０から直接地図情報にアクセスすることができる。位置決めシステム２９０は、位置決めシステム２５０と同一または同様に構成されていてもよい。しかしながら、知覚システム２９２およびプランナシステム２９４のそれぞれは、第１のコンピューティングシステム１１０の機能とは異なる機能で構成され得、その結果、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティング、リソース、および／または他のリソース要件は、第１のコンピューティングシステム１１０のものと比べて低い。

【００４４】

例えば、第３のコンピューティングシステム１３０の知覚システム２９２は、例えば、知覚システム２６０のセンサ、および／または知覚システム２９２自体に固有の追加のセンサ（例えば、カメラ、レーダユニット、ソナー、ＬＩＤＡＲセンサ等）を使用してオブジェクトを検出するように構成され得る。しかしながら、コンピューティングデバイス１２２の地図情報に表れないすべてのオブジェクト、あるいは、歩行者、自転車に乗る人、および車両等の他の道路利用者は、それらが同じタイプのオブジェクトであるかのようにすべて応答され得る。この点で、第３のコンピューティングシステムの知覚システムは、異なるタイプのオブジェクトを区別する必要はない。したがって、第３のコンピューティングシステム１３０は、予測の密度を低くし（同じ期間における推定を少なくする）、精度を低くすることによって、オブジェクトがどのように動作するかについてより合理化された予測を実行することができる。これに関して、第３のコンピューティングデバイスは、前述の高度な行動予測ソフトウェアモジュールを含まない場合がある。代わりに、第３のコンピューティングデバイス１３２は、現在の速度、加速度、減速度、向き、加速度の変化、向きの変化等を将来数秒間単に外挿する、またはオブジェクトが現在位置している車線をたどりながら、車両が現在の速度、加速度、減速度等を維持すると単に仮定する等、かなり単純な動作モデルを使用し得る。一例として、高架道路上のすべてのオブジェクトは、第３のコンピューティングデバイスによって、現在の速度等でそれらの車線をたどり続けると想定され得る。

【００４５】

別の例として、第３のコンピューティングシステムのプランナシステム２９４は、車両

がたどる軌道を生成し得る。プランナシステム２７０と同様に、検出されたオブジェクト、予測された将来の行動、検出システムソフトウェアモジュールからのさまざまな可能性、車両の環境を識別する地図情報、車両の位置および向きを識別する位置決めシステム２５０からの位置情報、および車両の目的地、ならび車両の他のさまざまなシステムからのフィードバックは、プランナシステム２９４のプランナシステムソフトウェアモジュールに入力し得る。プランナシステム２９４および／またはコンピューティングデバイス１１２は、この入力を使用して、車両が将来のある短い期間にわたってたどるルートおよび軌道を生成し得る。　これらの軌道は、定期的に、例えば、毎秒１０回程度で生成され得、車両が目的地へのルートをたどることを可能にするために、将来に向けて一定の時間および距離にわたって延長され得る。これらの軌道は、障害物を回避し、法律に従い、一般的に安全かつ効果的に走行するために、「望ましい道」として生成され得る。各軌道は、軌道に沿った異なる時間における車両の加速度、速度、および位置に関するさまざまな要件を定義し得る。各軌道は、車両を目的地または最終目標に到達させるように設計された第１の部分と、車両を安全に路肩に寄せるかまたは停車させることを可能にするように設計される第２の部分を含み得る。この点で、新しい軌道が時間内に受信されない場合、車両を安全に路肩に寄せられる。

【００４６】

しかしながら、プランナシステム２９４は、その生成された軌道が含み得る操作のタイプにおいて制限され得る。場合によっては、操作のタイプは、１つまたは複数の所定の操作のリストとして定義され得る。操作のどの所定のリストがプランナシステム２９４によって使用されるかは、以下でさらに説明されるように、第１のコンピューティングシステムの障害のタイプ、ならびに車両がどこに位置するかに基づいて決定され得る。例えば、第３のコンピューティングシステムは、特定の曲率のターン、特定のタイプのターン等を実行するための車両の軌道を生成することしかできない場合がある。別の例として、高架道路で必要な反応のタイプは、平面道路で必要な反応のものとは異なる場合があり、したがって、許容される操作は、車両の位置に基づいて決定され得る。

方法の例

【００４７】

次に、上記および図に示した操作に加えて、さまざまな操作について説明する。以下の操作は、以下に説明する順序のとおりに実行する必要はないことを理解されたい。むしろ、さまざまなステップを異なる順序で、または同時に処理することができ、ステップを追加または省略することもできる。

【００４８】

上記のように、自律走行モードで車両１００を制御するために、第１のコンピューティングシステム１１０、第２のコンピューティングシステム１２０、および第３のコンピューティングシステムは、異なるタイプのメッセージおよび情報を互いに送受信し得る。この情報は、例えば、車両のＣＡＮバスを介して送信され得る。図５を参照すると、コンピューティングデバイス１１２は、軌道を含む軌道メッセージ５１０およびエラーを含むエラーメッセージ５２０を、第２のコンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２に送信し得る。さらに、これらのメッセージ、特にエラーメッセージ５２０は、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２によって受信され得る。第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２はまた、軌道メッセージ５３０を第２のコンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２に送信し得る。　場合によっては、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２はまた、コマンドメッセージ５４０および／またはコマンドメッセージ５５０を、第１のコンピューティングシステム１１０のコンピューティングデバイス１１２および第２のコンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２に送信し得る。

【００４９】

図６は、第１のコンピューティングシステム１１０、第２のコンピューティングシステ

ム１２０、および第３のコンピューティングシステム１３０等の第１、第２、および第３のコンピューティングシステムを使用して自律走行モードで車両１００等の車両を制御するための例示的な流れ図６００である。例えば、ブロック６０２において、第１のコンピューティングシステムのプランナシステム２７０は、さまざまな入力を使用して、上記のように車両の新しい軌道を生成し得る。

【００５０】

ブロック６０４および６０６に示されるように、これらの軌道は、例えば、図５の軌道メッセージ５１０を介して、コンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２との間で送受信され得る。それに応答して、ブロック６０８に示されるように、コンピューティングデバイス１１２は、受信された軌道に従って自律走行モードで車両を制御し得る。例えば、上記のように、コンピューティングデバイス１１２は、減速システム１４０、加速システム１５０、ステアリングシステム１７０、および／またはパワーシステム１６０のアクチュエータを制御するコマンドを送信することによって、軌道をたどるように車両を制御し得る。

【００５１】

図７は、フロー図６００のブロック６０２～６０８に従って機能する車両１００の例を示す。この例では、車両１００は、高架道路７０２および平面道路７０４を含む道路７００のセクションで操作されている。図７の例では、高架道路７０２および平面道路７０４は、それぞれ、地図情報４００の高架道路４０２および平面道路７０４に対応する。この例では、車線７１０、７１２、および７１４は、それぞれ、車線４１０、４１２、および４１４の形状、位置、および他の特性に対応している。同様に、高架道路出口ランプ７２０、高架道路入口ランプ７２２、路肩領域７３０、７３２等は、高架道路出口ランプ４２０、高架道路入口ランプ４２２、路肩領域４３０、４３２等の形状、位置、および他の特性に対応する。車両１００は、平面道路７０４から高架道路入口ランプ７２２に接近しており、軌道７７０をたどっている。この時点で、軌道７７０は、目的地まで車両を制御するための第１の部分７８０と、コンピューティングシステム１１０が第２のコンピューティングシステム１２０に新しい軌道を提供しない場合に車両を路肩に寄せて停車するように制御するための第２の部分７９０とを有する現在の軌道である。

【００５２】

したがって、車両１００は、新しい軌道がプランナシステム２７０から第２のコンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２によって受信されるまで、少なくとも第１の部分７８０等の現在の軌道の第１の部分をたどって、軌道に沿って進む。典型的には、新しい軌道が生成され、コンピューティングデバイス１１２によって受信され、第２の部分７９０等の現在の軌道の第２の部分の開始より前に作用されるであろう。もちろん、そうでない場合、コンピューティングデバイス１１０は、軌道の第２の部分をたどり、車両を路肩に寄せ、停車させたりするために、車両をシームレスに制御し続ける。

【００５３】

図６に戻ると、このプロセスが発生している間、ブロック６１０に示されるように、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２は、前述のエラーメッセージ５２０を含む、第１のコンピューティングシステムから第２のコンピューティングシステムに送信されるメッセージを監視し得る。これらのエラーメッセージは、第１のコンピューティングシステムのエラーを示し得る。これに関して、第３のコンピューティングシステムは、ブロック６１２に示されるように、エラーが検出されたかどうかを判定し得る。エラーが検出されない場合、第３のコンピューティングシステムは、メッセージを監視し続け得る。

【００５４】

第１のコンピューティングシステムにおけるエラーが検出されると、第３のコンピューティングシステムは、軌道を生成して、これらの軌道を第２のコンピューティングシステムに送信するために、第１のコンピューティングシステムを引き継ぎ得る。そのために、

第３のコンピューティングシステムは、例えば、図５のコマンドメッセージ５４０等のコマンドメッセージを第１のコンピューティングシステムに送信することによって、第１のコンピューティングシステムのシャットダウンを要求し得る。あるいは、第１および第３のコンピューティングシステムの両方が、常に（ある程度は共通する滑り出しで）軌道を同時に生成し続け得る。この場合、第２のコンピューティングシステムは、第１および第３のコンピューティングシステムのそれぞれからの軌道の間で調停し、どちらを使用するかを決定し得る。この調停の必要性を回避するために、第３のコンピューティングシステムは、コマンドメッセージ５５０等のコマンドメッセージを第２のコンピューティングシステムに送信して、第１のコンピューティングシステムからの軌道を無視し得る。

【００５５】

そのために、第１のコンピューティングシステムにおけるエラーが検出されると、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２は、ブロック６１４に示されるように、車両が走行している道路のタイプを判定し得る。これは、位置決めシステム２５０および／または位置決めシステム２９０からの車両の最後の既知または現在の位置を、コンピューティングデバイス１３２のメモリ２３０に格納された地図情報と比較することを含み得る。一例として、位置および地図情報を使用して、コンピューティングデバイス１３２は、車両が走行している道路セグメントを決定することができる。この道路セグメントは、道路セグメントのタイプを示す識別子、例えば、高架道路または平面道路に関連付けられ得る。したがって、別の言い方をすれば、コンピューティングデバイス１３２は、車両が高架道路上にあるか平面道路上にあるかを判定し得る。

【００５６】

ブロック６１６に示されるように、判定された道路のタイプに基づいて、第３のコンピューティングシステムは、どの機能に従って、車両を制御するための軌道をどのように生成するかを決定し得る。例えば、車両が高架道路上にあると判定された場合、状況によっては、第３のコンピューティングシステムは、前述の信号機検出システムのソフトウェアモジュールまたは機能を使用して信号機および信号機の状態を検出する機能等、知覚システム２９２の特定の機能を使用する必要がない。この点で、この機能は「オフ」にすることができ、軌道を生成するために第３のコンピューティングシステムによって使用される必要はない。さらに、高架道路に歩行者や自転車がいる可能性が低いため、車両に非常に近いオブジェクトを検出することはそれほど重要ではなく、処理の優先度が低くなり得る。さらに、交通量が少ない状況では、車両が継続的に移動する可能性が高いため、別の道路利用者が車両の死角に入る可能性は低くなり得、この場合も、車両に非常に近いオブジェクトを検出することの処理の優先度が低くなり得る。

【００５７】

これらの軌道には、車両がその車線を維持するか、または一度に１車線ずつ右に移動して、車両が高架道路を出て平面道路に到達する位置となるようにする軌道が含まれ得る。さらに、軌道を生成するとき、第３のコンピューティングシステムは、利用可能な駐車場、信号機を回避するルート、特定の操作（保護されていないターン等）を回避するルート、既知の建設ゾーンを回避するルート等の、特定の特性を備えた平面道路に最も近い出口を検索し得る。

【００５８】

これに加えて、または代えて、軌道を生成するとき、第３のコンピューティングシステムはまた、第３のコンピューティングシステムの機能の異なる態様を考慮し得る。例えば、高架道路または平面道路で動作する際に、第３のコンピューティングシステム１３０の知覚システム２９２およびプランナシステム２９４が実際に異なるタイプのオブジェクトを区別する必要がない場合が挙げられる。さらに、第３のコンピューティングシステム１３０のコンピューティングデバイス１３２は、これらのオブジェクトについて非常に基本的な予測を行い得る。しかしながら、場合によっては、歩行者と車両を自動的に識別して区別することができるドームハウジング３１２のようなＬＩＤＡＲシステム等のセンサ自体のソフトウェアモジュールによって、何らかの区別が自動的に実行され得る。もちろん

、これらのオブジェクトは、第３のコンピューティングシステム１３０の処理およびパワー要件を制限するために、依然としてすべて同じように扱われ得る。

【００５９】

場合によっては、第１のコンピューティングシステム１１０におけるエラーが検出されると、第３のコンピューティングシステム１３０は、車両が回避すべき場所があればそのタイプを判定するために、車両の利用可能なセンサの機能を評価し得る。言い換えれば、異なるタイプの機能を必要とする道路スコープの階層が存在する可能性があり、車両が特定の道路スコープに必要な機能を備えていない場合、第３のコンピューティングシステムは、その道路スコープを有するエリアを回避し得る。例えば、パワーシステムや個々のセンサの問題等、特定の種類の障害により、特定の場所で車両の環境内のオブジェクトを検出する車両の機能が低下する場合がある。これに関して、第３のコンピューティングシステム１３０は、車両のどのセンサがまだ機能しているかを判定し、それに応じて軌道を生成し得る。例えば、車両１００の後部左隅レーダが危険にさらされた場合（すなわち、動作仕様に対して機能しなくなった場合）、後部左隅レーダはそのような操作に重要である可能性があるため、高速道路での左への車線変更を回避し得る。別の例として、この目的で使用されるカメラセンサのエラーのために第３のコンピューティングシステムが信号機を検出できない場合等、いくつかの例では、車両が高架道路上にあるときに、第３のコンピューティングシステムは、車両を平面道路に入れるのではなく、高架道路に留まらせ、高架道路上で路肩に寄せ得る。さらに、第３のコンピューティングシステムは、特定のタイプの操作を伴うルートまたは特定のタイプのエリアを通過するルートを回避し得る。これには、保護されていないターンのあるルート、路肩エリアがある場合とない場合を含む多地点ターン、高速車線変更、駐車場、建設ゾーン、スクールゾーン、４方向停車地、狭い道路、片道道路、低摩擦道路（砂利道）、夜間の照明が不十分な道路、リバーシブルレーンのある道路等が挙げられる。

【００６０】

どの機能に従って、軌道をどのように生成するかの決定に基づいて、第３のコンピューティングデバイスは、上記のようにブロック６１８で軌道を生成し得る。ブロック６２０および６０６に示されるように、これらの軌道は、例えば、図５の軌道メッセージ５３０を介して、コンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２との間で送受信され得る。それに応答して、ブロック６０８に示されるように、コンピューティングデバイス１１２は、受信された軌道に従って自律走行モードで車両を制御し得る。例えば、上記のように、コンピューティングデバイス１１２は、減速システム１６０、加速システム１５０、ステアリングシステム１７０、および／またはパワーシステム１６０のアクチュエータを制御するコマンドを送信することによって、軌道をたどるように車両を制御し得る。

【００６１】

ブロック６１４に戻ると、車両が平面道路に位置していると判断されると、または車両が平面道路に到達すると、第３のコンピューティングシステムは、信号機および信号機の状態を検出する機能を必要とし得る。さらに、例えば車両の横等、車両に非常に近いオブジェクトを検出することがはるかに重要になる場合がある。このため、第３のコンピューティングシステム１３０は、時速１０マイル（約１６キロメートル）以下等の所定の制限速度で走行するために車両を制御させて、車両のセンサを機能させてそのようなオブジェクトが検出される可能性を高め、これらのオブジェクトを検出して応答するための追加の時間を第３のコンピューティングシステムに提供する軌道を生成し得る。さらに、平面道路の走行について述べたように、第３のコンピューティングシステム１３０のプランナシステム２９４は、特定のタイプの操作の軌道の生成のみを許可または生成し、特定のタイプの曲率を伴うターン、保護されていないターン、マルチポイントターン等の他のタイプの操作の軌道の生成を禁止または制限し得る。いくつかの例では、平面道路を走行するとき、第３のコンピューティングシステムはまた、車両が特定の領域（地図情報において歩行者が多いおよび／または車両交通量の多い領域であると識別されている領域等）に入る

のを防ぐために軌道を生成し得る。　この点で、第３のコンピューティングシステムのプランナシステムは、車両がこれらの領域を通る軌道の生成を回避し得る。

【００６２】

この場合もまた、どの機能に従って、軌道をどのように生成するかの決定に基づいて、第３のコンピューティングデバイスは、上記のようにブロック６１８で軌道を生成し得る。ブロック６２０および６０６に示されるように、これらの軌道は、例えば、図５の軌道メッセージ５３０を介して、コンピューティングシステム１２０のコンピューティングデバイス１２２との間で送受信され得る。それに応答して、ブロック６０８に示されるように、コンピューティングデバイス１１２は、受信された軌道に従って自律走行モードで車両を制御し得る。例えば、上記のように、コンピューティングデバイス１１２は、減速システム１６０、加速システム１５０、ステアリングシステム１７０、および／またはパワーシステム１６０のアクチュエータを制御するコマンドを送信することによって、軌道をたどるように車両を制御し得る。

【００６３】

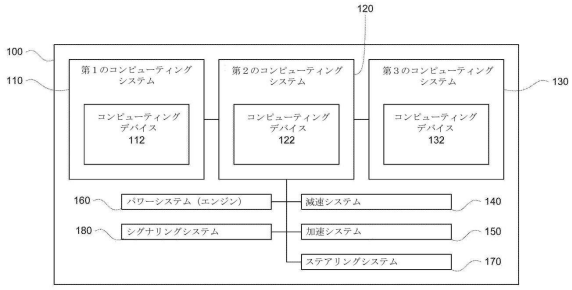
本明細書に記載の特徴は、第１の、または一次コンピューティングシステムに各種障害が発生した場合に、車両が安全に制御され続けることを可能にし得る。さらに、これらの機能により、使用可能な機能と車両が現在位置している場所に応じて、さまざまなフォールバック動作が可能になる。言い換えると、第３のコンピューティングシステムは、現在の機能を活用して、可能な限り最高の結果を得ることができる。例えば、高架道路の走行中、車線変更や路肩寄せを試みる前に、車両は現在の車線を走行し続けることがある。これを実現するために必要な計算能力とセンサが、非高架道路（すなわち、平面道路）の走行で同じことを実現するために必要なものよりも大幅に少ないためである。平面道路を走行する場合、車両のセンサやその他のシステムがオブジェクトをよりよく検出して応答できるようにするために、車両の速度を劇的に低下させる（例えば、時速１０マイル程度）場合がある。車両を即座に停止するという典型的で深刻な反応に対するこの追加レベルの高度化は、特に高架道路の走行および／または交通量の多いエリア等の特定の走行状況では、大幅に安全になる可能性がある。

【００６４】

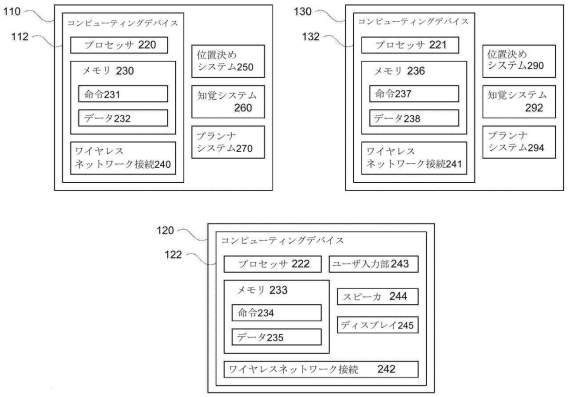
特に明記しない限り、前述の代替例は相互に排他的ではなく、独自の利点を達成するためにさまざまな組合せで実施することができる。上記の特徴のこれらおよび他の変形および組合せは、特許請求の範囲によって定義される主題から逸脱することなく利用でき、実施形態の前述の説明は、特許請求の範囲によって定義される主題の限定としてではなく、例示として解釈されるべきである。さらに、本明細書に記載の例の提供、ならびに「等」、「含む」等の表現は、特許請求の範囲の主題を特定の例に限定するものとして解釈されるべきではない。むしろ、これらの例は、多くの可能な実施形態のうちの１つのみを説明することを意図している。さらに、異なる図面の同じ参照符号は、同一または同様の要素を識別することができる。

【図面】

【図１】



【図２】



【図３】

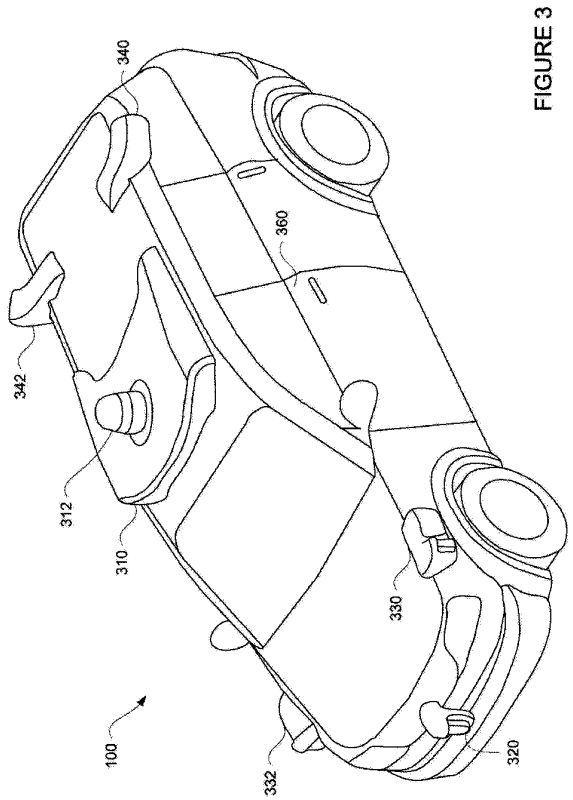


FIGURE 3

【図４】

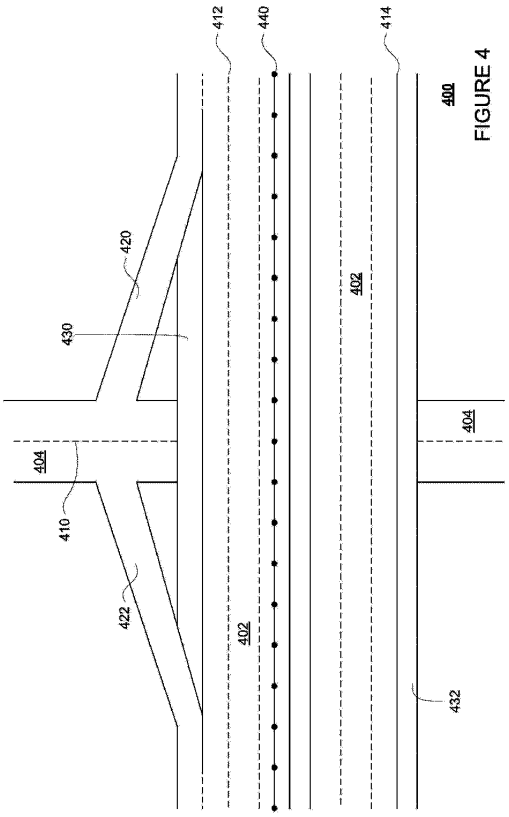
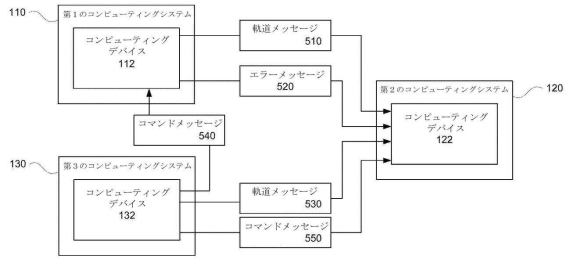
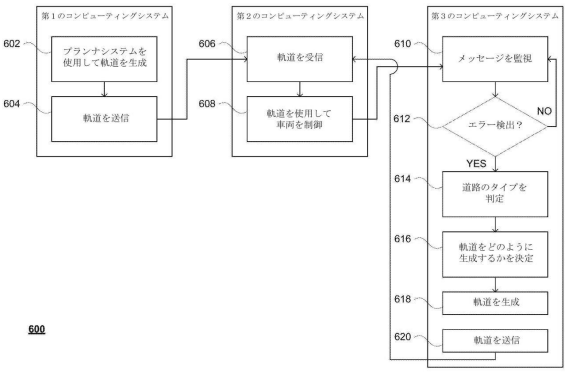


FIGURE 4

【図５】



【図６】



【図７】

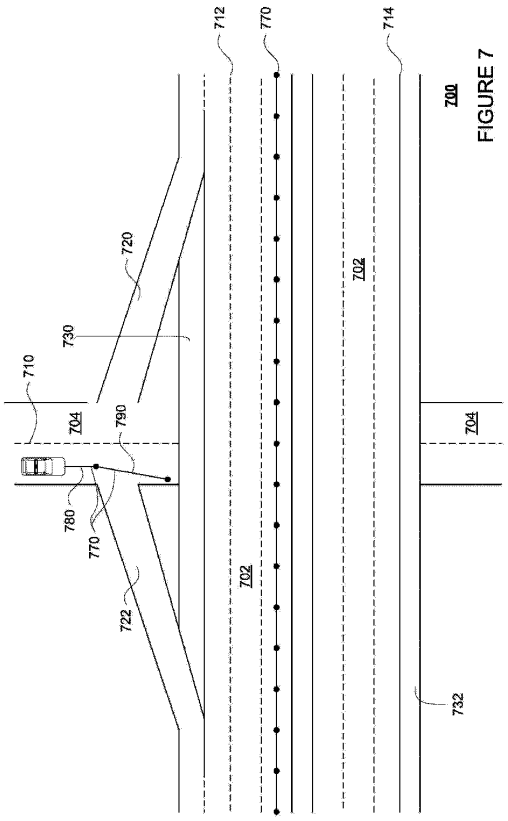


FIGURE 7

フロントページの続き

４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　ジェームズ，マイケル
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　スーキャン，ヨアン－アレクサンドル
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　ラドウィック，クリストファー，ケネディ
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　ハーバック，ジョシュア，セス
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　バラクノ，ミーシャ
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００
(72)発明者　バートン－スウィーニー，アンドルー
アメリカ合衆国，カリフォルニア州 ９４０４３，マウンテン ビュー，アンフィシアター パークウェイ １６００

審査官　楠永 吉孝
(56)参考文献　特許第６３８１８３５（ＪＰ，Ｂ１）
特開２０１１－１９１８９４（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－２５７３０３（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１８／０２５１１２６（ＵＳ，Ａ１）
特表２０１６－５０５４３６（ＪＰ，Ａ）
中国特許出願公開第１０８１９６５４７（ＣＮ，Ａ）
(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６０Ｗ　３０／００～６０／００
Ｇ０１Ｃ　２１／２６
Ｇ０８Ｇ　１／００～ １／１６