(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7696764号
(P7696764)

(45)発行日　令和7年6月23日(2025.6.23)

(24)登録日　令和7年6月13日(2025.6.13)

(51)国際特許分類
Ｂ６０Ｗ　40/08　(2012.01)
Ｇ０６Ｔ　7/00　(2017.01)

ＦＩ
Ｂ６０Ｗ　40/08
Ｇ０６Ｔ　7/00　３５０Ｂ
Ｇ０６Ｔ　7/00　６６０Ａ

請求項の数　16　外国語出願　（全42頁）

(21)出願番号　特願2021-100474(P2021-100474)
(22)出願日　令和3年6月16日(2021.6.16)
(65)公開番号　特開2021-195124(P2021-195124A)
(43)公開日　令和3年12月27日(2021.12.27)
審査請求日　令和6年3月8日(2024.3.8)
(31)優先権主張番号　16/902,737
(32)優先日　令和2年6月16日(2020.6.16)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(73)特許権者　501450960
エヌビディア コーポレーション
アメリカ合衆国 ９５０５１ カリフォルニア、サンタクララ、サン トーマス エクスプレスウェイ ２７８８
(74)代理人　110000855
弁理士法人浅村特許事務所
(72)発明者　ハイロン ジャン
アメリカ合衆国、カリフォルニア、サンタクララ、サン トーマス エクスプレスウェイ ２７８８、エヌビディア コーポレーション 気付
(72)発明者　ニシャント プーリー
アメリカ合衆国、カリフォルニア、サンタクララ、サン トーマス エクスプレス
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　入力としてグレアを使用する注視判定

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
グレアの存在下で注視方向を判定する方法であって、
画像内の対象者の注視方向を、並列処理回路を使用して判定するステップであって、前記注視方向が、前記画像内のグレアの分離表現、前記画像内の前記対象者の顔の少なくとも一部分の複数の表現、及び前記対象者の少なくとも片方の目に対応する前記画像の一部分を入力として有する複数のマシン学習モデルの出力から少なくとも部分的に判定される、判定するステップと、
前記判定された注視方向に基づいて動作を開始するステップと
を含み、
前記対象者の顔の少なくとも一部分の前記複数の表現が、前記対象者の前記顔の第１の表現及び第２の表現をさらに含み、
前記対象者の前記顔の前記第１の表現が、前記対象者の前記顔のバイナリ・マスクを含み、
前記対象者の前記顔の前記第２の表現が、前記対象者の前記顔の顔グリッドを含み、
前記複数のマシン学習モデルが、前記対象者の前記顔の前記第１の表現を入力として有する第１のマシン学習モデル、及び前記対象者の前記顔の前記第２の表現を入力として有する第２のマシン学習モデルを含む、方法。
【請求項２】
前記グレアの分離表現、前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記複数の表現、及

び前記対象者の前記少なくとも片方の目に対応する前記画像の前記一部分を、処理回路を使用して前記画像に基づいて生成するステップをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項３】
前記マシン学習モデルのうちの１つが、前記グレアの分離表現と前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記表現との両方を入力として有する、請求項１に記載の方法。
【請求項４】
前記マシン学習モデルのうちの１つが、前記グレアの分離表現を入力として有し、前記マシン学習モデルのうちのもう１つが、前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記表現を入力として有する、請求項１に記載の方法。
【請求項５】
前記マシン学習モデルのうちの前記１つが、前記グレアの分離表現を入力として有する全結合層を備える、請求項４に記載の方法。
【請求項６】
前記画像が、車両に対応するセンサ・デバイスを使用して取得されたセンサ・データを使用して生成され、前記開始するステップが、前記判定された注視方向に基づいて前記車両の動作を開始するステップをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項７】
前記対象者の少なくとも片方の目に対応する前記画像の前記一部分がさらに、前記対象者の第１の目に対応する前記画像の第１の部分、及び前記対象者の第２の目に対応する前記画像の第２の部分を含み、
前記複数のマシン学習モデルが、前記画像の前記第１の部分を入力として有する第１のマシン学習モデル、及び前記画像の前記第２の部分を入力として有する第２のマシン学習モデルを含む、
請求項１に記載の方法。
【請求項８】
前記画像内の前記グレアの前記分離表現は、前記画像から抽出されたグレア・ポイントのバイナリ・マスクをさらに含む、請求項１に記載の方法。
【請求項９】
グレアの存在下で注視方向を判定するためのシステムであって、
メモリと、
並列処理回路とを備え、前記並列処理回路が、
画像内の対象者の注視方向を判定することであって、前記注視方向は、前記画像内のグレアの分離表現を入力として有する複数のマシン学習モデルの出力、前記画像内の前記対象者の顔の少なくとも一部分の複数の表現、及び前記対象者の少なくとも片方の目に対応する前記画像の一部分から少なくとも部分的に判定される、判定すること、及び
前記判定された注視方向に基づいて動作を開始すること
を行うように構成され、
前記対象者の顔の少なくとも一部分の前記複数の表現が、前記対象者の前記顔の第１の表現及び第２の表現をさらに含み、
前記対象者の前記顔の前記第１の表現が、前記対象者の前記顔のバイナリ・マスクを含み、
前記対象者の前記顔の前記第２の表現が、前記対象者の前記顔の顔グリッドを含み、
前記複数のマシン学習モデルが、前記対象者の前記顔の前記第１の表現を入力として有する第１のマシン学習モデル、及び前記対象者の前記顔の前記第２の表現を入力として有する第２のマシン学習モデルを含む、システム。
【請求項１０】
前記並列処理回路が、前記グレアの分離表現と、前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記複数の表現と、前記対象者の前記少なくとも片方の目に対応する前記画像の前記一部分とを生成するようにさらに構成され、前記グレアの分離表現、前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記複数の表現、及び前記対象者の前記少なくとも片方の目に対応

する前記画像の前記一部分がそれぞれ、前記画像に基づいて生成される、請求項９に記載の方法。

【請求項１１】

前記マシン学習モデルのうちの１つが、前記グレアの分離表現と前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記表現との両方を入力として有する、請求項９に記載のシステム。

【請求項１２】

前記マシン学習モデルのうちの１つが、前記グレアの分離表現を入力として有し、前記マシン学習モデルのうちのもう１つが、前記対象者の前記顔の少なくとも一部分の前記表現を入力として有する、請求項９に記載のシステム。

【請求項１３】

前記マシン学習モデルのうちの前記１つが、前記グレアの分離表現を入力として有する全結合層を備える、請求項１２に記載のシステム。

【請求項１４】

前記開始することが、前記判定された注視方向に基づいて車両の動作を開始することをさらに含む、請求項９に記載のシステム。

【請求項１５】

前記対象者の少なくとも片方の目に対応する前記画像の前記一部分が、前記対象者の第１の目に対応する前記画像の第１の部分、及び前記対象者の第２の目に対応する前記画像の第２の部分をさらに含み、

前記複数のマシン学習モデルが、前記画像の前記第１の部分を入力として有する第１のマシン学習モデル、及び前記画像の前記第２の部分を入力として有する第２のマシン学習モデルを含む、

請求項９に記載のシステム。

【請求項１６】

前記対象者の顔の少なくとも一部分の前記複数の表現が、前記対象者の前記顔の第１の表現及び第２の表現をさらに含み、

前記複数のマシン学習モデルが、前記対象者の前記顔の前記第１の表現を入力として有する第１のマシン学習モデル、及び前記対象者の前記顔の前記第２の表現を入力として有する第２のマシン学習モデルを含む、

請求項９に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本出願は、参照によりその全部が本明細書に組み込まれている、２０１９年１２月１６日に出願された米国仮特許出願第６２／９４８，７９３号の利益を主張する。

【背景技術】

【０００２】

本開示の実施例は、概して、マシン学習システムに関する。より詳細には、本開示の実施例は、入力としてのグレアを有するマシン学習システムを使用して実行される注視判定に関する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】米国特許出願第１６／１０１，２３２号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

最近の畳み込みニューラル・ネットワーク（ＣＮＮ：ｃｏｎｖｏｌｕｔｉｏｎａｌ ｎｅｕｒａｌ ｎｅｔｗｏｒｋ）は、画像に表された対象者の注視方向を推定するために開発された。そのようなＣＮＮは、たとえば、対象者の目に関するある種の特徴を判定する

ことによって、対象者の入力画像から対象者が見ている方向を推定することができる。これは、そのようなＣＮＮを使用するシステムが対象者が見ている方向を自動的に判定し、それに応じてリアル・タイムで反応することを可能にする。

【０００５】

しかしながら、従来の注視判定システムには欠点がないわけではない。１つの又は両方の目が塞がれている又は他の方法で入力画像において明瞭に表されていないとき、そのようなシステムは、しばしば、対象者の注視方向を判定するのに困難を有する。従来のＣＮＮシステムは、しばしば、グレアの存在下で注視方向を判定するのに特に困難を有する。様々なソースからの光は、しばしば、目、眼鏡、又は他の近くの表面に反射し、画像センサ（たとえば、カメラ）から彼又は彼女の目を少なくとも部分的に分かりにくくすることがある対象者の画像内の輝点をもたらし、それによって従来の注視判定システムの正確性を低下させている。

【０００６】

先のシステムは、いくつかの方法を使用して、たとえば、照明において使用される光源の修正、様々な偏光技法の使用、グレア画素の識別及び除去によって、又は頭部姿勢などの他の情報を使用して目の情報の欠如を補うことによって、グレアの影響を補う又は低減することを試みた。しかしながら、これらの方法のそれぞれは、効果が限定的であると証明された。したがって、注視推定マシン学習ネットワーク・アーキテクチャへの明示的入力としてグレア・ポイントを組み込む、より堅固な注視推定システムのシステム及び方法について、本明細書で説明する。例示的注視推定システムは、カメラ又は他の画像判定デバイスと、ＣＮＮなどのマシン学習ネットワークの推論動作を実施する能力を有する並列プロセッサなどのプロセッサとを使用し得る。本開示のある種の実施例において、本システムは、カメラによって撮影された対象者の画像を受信し得る。１つ又は複数のマシン学習ネットワークは、以下を入力として取り込むように構築される：対象者の画像内のグレアの分離表現、対象者の顔の少なくとも一部分の１つ又は複数の表現、及び対象者の少なくとも片方の目に対応する画像の一部分。これらの入力から、マシン学習ネットワークは、画像に示されたものとしての対象者の注視方向の推定値を判定及び出力する。この注視方向は、判定された注視に基づいて動作を開始する様々なシステムに送信され得る。

【０００７】

グレアの表現、対象者の顔の表現、及び対象者の目に対応する画像部分が、任意の方式で判定され得る。たとえば、前述のマシン学習ネットワークによる処理より前に、本システムは、グレアの表現、対象者の顔、及び対象者の目に対応する画像部分のそれぞれを個別に判定し得る。グレアの表現は、任意の方式で判定された、入力画像内のグレア・ポイントのバイナリ・マスクでもよく、一方、対象者の顔の表現は、少なくとも彼又は彼女の目を含む対象者の顔の一部分の同様に判定されたバイナリ・マスクでもよい。目に対応する画像部分は、目のクロップでもよく、そこで、目は、マシン学習に基づいてかどうかにかかわらず、任意の形状又は物体認識技法を使用して識別される。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

本開示の１つの実施例において、１つのマシン学習モデルは、グレアの分離表現、たとえば、グレア・ポイントのバイナリ・マスク、及び、対象者の顔の少なくとも一部分の表現、たとえば、少なくとも彼又は彼女の目を含む対象者の顔の一部分のバイナリ・マスク、を有し得る。

【０００９】

本開示の別の実施例において、グレアの分離表現は、１つのマシン学習モデルに入力され得、一方、対象者の顔の少なくとも一部分の表現は、別のマシン学習モデルに入力され得る。具体的には、グレアの表現は、１つのセットの全結合層に入力され得、一方、顔の少なくとも一部分の表現は、特徴抽出モデルに入力され得る。

【００１０】

本開示の１つの実施例において、１つのマシン学習モデルは、対象者の片方の目に対応

する画像の部分のうちの１つを入力として有し、一方、もう１つのマシン学習モデルは、対象者の別の目に対応する画像の別の部分を入力として有する。すなわち、２つの異なるマシン学習モデルは、対象者の画像から得られた２つの目のクロップをそれぞれの入力として有する。

【００１１】

本開示の別の実施例において、１つのマシン学習モデルは、対象者の顔の１つの表現、たとえば、入力画像から判定された対象者の顔の前述のバイナリ・マスク、を入力として有し、別のマシン学習モデルは、対象者の顔の別の表現、たとえば、やはり入力画像から判定された粗い顔グリッド、を入力として有する。

【００１２】

マシン学習モデルの最終出力は、推定された注視方向又はフォーカス・ポイントである。任意の動作が、この出力に応答して、開始され得る。たとえば、マシン学習モデルの出力は、車両の運転者の注視方向でもよく、開始される動作は、判定された注視方向に応答して実行される車両の動作でもよい。たとえば、車両が移動している方向を運転者は注視していないと判定したとき、車両は、彼又は彼女の注意を道路に引き戻すために、運転者への警報を開始し得る。

【００１３】

したがって、本開示の実施例は、グレアを明示的に学習することによって、対象者の注視方向を判定するマシン学習システムを提供すると考えられ得る。より具体的には、画像内のグレア・ポイントの位置は、マシン学習モデルへの別個の入力として使用される。したがって、本開示の実施例のマシン学習モデルは、対象者の画像と画像から抽出されたグレア・ポイントの明示的表現との両方を入力として受け取る。これらの（及び任意選択で他の）入力から、注視方向が判定される。様々な動作が、次いで、判定された注視方向に基づいて、開始され得る。

【００１４】

添付の図面と併せて、以下の詳細な説明を考慮するとき、本開示の前述の及び他の目的及び利点は、明らかとなり、図中で類似の参照文字は類似の部分を指す。

【図面の簡単な説明】

【００１５】

【図１Ａ】グレアの存在下での従来の注視判定プロセスの機能を概念的に示す図である。

【図１Ｂ】本開示の実施例の耐グレア注視判定プロセスの機能を概念的に示す図である。

【図２】本開示の実施例の例示的な耐グレア・マシン学習モデルのブロック図表現である。

【図３】本開示の実施例の注視判定システムのブロック図表現である。

【図４Ａ】本開示のいくつかの実施例による、例示的自律型車両のイラストレーションである。

【図４Ｂ】本開示のいくつかの実施例による、図４Ａの例示的自律型車両のカメラ位置及び視野の実例である。

【図４Ｃ】本開示のいくつかの実施例による、図４Ａの例示的自律型車両の例示的システム・アーキテクチャのブロック図である。

【図４Ｄ】本開示のいくつかの実施例による、クラウドベースのサーバと図４Ａの例示的自律型車両との間の通信のシステム図である。

【図５】本開示のいくつかの実施例の実装において使用するのに適した例示的コンピューティングデバイスのブロック図である。

【図６】本開示の実施例による、グレアの存在下で注視方向を判定するためのプロセスのステップを示す流れ図である。

【図７】本開示の実施例のさらなる例示的な耐グレア・マシン学習モデルのブロック図表現である。

【発明を実施するための形態】

【００１６】

１つの実施例において、本開示は、グレアを学習する、及びそれによってグレアの影響

に対するより大きな耐性を有する方式で注視方向を判定する、マシン学習システム及び方法に関する。マシン学習システムは、画像自体に加えて、明示的入力として、グレアの分離表現、たとえば、画像内のグレア・ポイントの位置の情報、を有する。この方式では、マシン学習システムは、注視方向の判定を行う間にグレアを明示的に考慮し、それによってグレアを含む画像についてより正確な結果を生み出す。

【００１７】

図１Ａは、グレアの存在下での従来の注視判定プロセスの機能を概念的に示す。通常は、概念において、画像１００は、入力画像１００における対象者の注視方向を推定するためにトレーニングされたＣＮＮ１１０に入力される。グレアの存在は、しばしば、このプロセスが満足のいく結果を生み出すのを妨げる。ここでは、たとえば、対象者の眼鏡にあるグレア・スポット１３０は、ＣＮＮ１１０が高い信頼度で彼の注視方向を判定するのに十分に対象者の目を検出することを困難にして、対象者の目を分かりにくくしている。ＣＮＮ１１０は、注視を判定するには不十分な情報を有するので、ＣＮＮ１１０の出力は、不正確で、無意味になることがある、或いは、影響を受けた入力画像は、完全に破棄され得る。

【００１８】

図１Ｂは、本開示の実施例の耐グレア注視判定プロセスの機能を概念的に示す。図１Ａの従来のＣＮＮ１１０とは対照的に、本開示の実施例は、グレアを具体的に学習する、及びそれの影響に対してより耐性を有する、マシン学習モデルについて説明する。したがって、画像１００及び画像１００から抽出されたグレア・ポイント１２０の分離表現が、本開示の実施例のマシン学習モデル１４０に入力されるとき、モデル１４０は、部分的に対象者の目を分かりにくくすることがあるグレア・スポット１３０の存在下でも正確である出力注視ベクトルをもたらす、十分な信頼性を有する対象者の注視方向を推論することが引き続き可能である。図１Ａ及び１Ｂは、マシン学習モデル１４０が対象者のキャプチャされた画像から抽出される又はそれに関する情報を入力として取ることを概念的に示すために、マシン学習モデル１４０に入力される画像１００を示すが、実際には、マシン学習モデル１４０への入力は、画像以外にも、異なる表現又はセットの情報でもよいことに留意されたい。たとえば、モデル１４０への入力は、さらに後述するように、グレア・ポイントを含む顔グリッドでもよい。

【００１９】

図２は、本開示の実施例の例示的耐グレア・マシン学習モデルのブロック図表現である。図２のマシン学習モデルは、図示するように配置された、特徴抽出層２３０、２３５、及び２４０、及び全結合層２４５及び２５５を含む。具体的には、特徴抽出層２３０は、連結ブロック２１０によって連結された、２つの異なる入力、グレア表現２００及び顔表現２０５、を有する。連結された入力は、次いで、特徴抽出層２３０に送信される。特徴抽出ブロック２３０は、任意の方法に従って入力画像１００の特徴を抽出することができる。たとえば、特徴抽出ブロック２３０は、任意の適切な方式で構造化された及び入力画像においてキャプチャされることが期待される対象者の特徴を抽出するのに適した任意の畳み込みカーネル及びプール層を使用する、ＣＮＮの特徴学習部分でもよい。したがって、特徴抽出ブロック２３０は、入力画像に表された対象者の顔の向きを表し得る特徴を出力する。

【００２０】

特徴抽出層２３５及び２４０は、それぞれ単一の入力、左目表現２１５及び右目表現２２０、を有し得る。たとえば、左目表現２１５は、入力画像１００内の対象者の左目のクロップでもよく、右目表現２２０は、入力画像１００内の対象者の右目のクロップでもよい。特徴抽出層２３０に類似して、特徴抽出層２３５及び２４０はそれぞれ、任意の適切な方式で構造化された及び対象者の目の特徴を抽出するのに適した任意の畳み込みカーネル及びプール層を使用する、ＣＮＮの任意の特徴学習部分でもよい。各特徴抽出層２３５、２４０の出力は、それぞれ、入力２１５及び２２０の瞳孔の注視方向を表し得る１セットの目特徴である。特徴抽出層２３５及び２４０は、入力としての目を分析するようにそ

れぞれ構成されるので、それらの対応する重み値は、効率性のために、共有され得る、又は同一でもよい。しかしながら、本開示の実施例は、共有されるかどうかにかかわらず、特徴抽出層２３５及び２４０のそれぞれについて任意の重み値を意図する。

【００２１】

全結合層２４５は、それらの単一の入力として顔グリッド２２５を有する。全結合層２４５は、対象者の顔がある入力画像１００内の位置及び／又は場所を示す位置分類に顔の入力画像を分類するのに適した任意の分類器でもよい。たとえば、全結合層２４５は、多層パーセプトロン、或いはいくつかの個別の位置のうちの１つに入力物体を分類するように構成及びトレーニングされたＣＮＮの任意の他の全結合層でもよい。したがって、全結合層２４５は、入力画像１００内の顔の位置の可能性を出力する。

【００２２】

特徴抽出層２３０、２３５、及び２４０の出力、並びに全結合層２４５の出力は、連結ブロック２５０によって連結され、入力画像１００における対象者の注視方向の推定値を次に出力する全結合層２５５に入力される。全結合層２５５は、対象者が見ている方向を示す方向分類に対象者の顔の入力特徴を分類するのに適した任意の分類器でもよい。たとえば、全結合層２５５は、多層パーセプトロン、或いは入力された顔及び目の特徴及び位置をいくつかの個別の注視方向のうちの１つに分類するように構成及びトレーニングされたＣＮＮの任意の他の全結合層でもよい。全結合層２５５の出力分類は、注視方向の任意の表現、たとえば、ベクトル、任意の所定の仮想平面上のフォーカス・ポイント、又は類似のもの、でもよい。

【００２３】

グレア表現２００は、入力画像１００内のグレアの任意の分離表現、たとえば、グレア表現１２０、でもよい。すなわち、グレア表現２００は、入力画像１００内に存在する任意のグレアの位置及びサイズを伝える任意の入力でもよい。１つの実例として、グレア表現２００は、入力画像１００から抽出されたグレア・ポイントのバイナリ・マスク、すなわち、グレアを表すと判定された入力画像１００のそれらの画素のみを含む画像、でもよい。したがって、入力画像１００内のそれの対応する画素がグレア画素であると判定された、それらの画素を除いて、バイナリ・マスクのあらゆる画素は、黒い画素（たとえば、バイナリ表現において、０の値を有する画素）である。もう１つの実例として、グレア表現２００は、グレアを含むと判定された入力画像１００内のそれらの画素の位置のベクトルでもよい。

【００２４】

顔表現２０５は、入力画像１００内の顔の任意の分離表現でもよい。すなわち、顔表現２０５は、入力画像１００内に存在する対象者の顔だけを伝える任意の入力でもよい。たとえば、顔表現２０５は、入力画像１００から抽出された顔画素のバイナリ・マスクでもよく、そこでは、顔画素、又は対象者の顔を表すと判定された入力画像１００のそれらの画素に対応する画素、はすべて一色であり（たとえば、１つの値を有し）、一方、すべての他の画素は黒い画素である（たとえば、異なる値を有する）。もう１つの実例として、顔表現２００は、対象者の顔を表すと判定された入力画像１００内のそれらの画素の位置のベクトルでもよい。

【００２５】

左目表現２１５及び右目表現２２０はそれぞれ、それの各目の注視方向を示し得る入力画像１００内の対象者の対応する目の任意の表現でもよい。たとえば、左目表現２１５は、対象者の左目だけを含む入力画像１００のクロップされた部分でもよく、一方、右目表現２２０は、対象者の右目だけを含む入力画像１００のクロップされた部分でもよい。

【００２６】

顔グリッド２２５は、入力画像１００内の顔の位置を伝える任意の入力でもよい。１つの実例として、顔グリッド２２５は、顔表現２０５に類似する、対象者の顔のバイナリ・マスクでもよい。この顔グリッド２２５は、任意の解像度、たとえば、入力画像１００のそれと同じ解像度、でもよく、或いは、入力画像１００内の顔に対応するその個々のボッ

クスが１つ又は複数の黒ではない色を使用して表され、一方、残りのボックスは黒い、２５×２５正方形画像バイナリ・マスクなどのより粗い表現でもよい。顔グリッド２２５は、任意の他の解像度、たとえば、１２×１２又は類似のもの、でもよい。顔グリッド２２５において表された顔は、計算を助けるために任意の特定のサイズにスケール変更され得る、又は入力画像１００と同じスケールに保たれ得る。さらに、顔グリッド２２５は、画像でもそうでなくても、入力画像１００内の対象者の顔の空間位置を伝える任意の情報を含み得る。たとえば、顔グリッド２２５は、任意の方式で判定された、対象者の顔のランドマーク・ポイントのセットでもよい。

【００２７】

図３は、本開示の実施例の１つの例示的注視判定システムのブロック図表現である。ここで、本開示の実施例の注視判定動作を実施する能力を有する処理回路を含む任意の電子計算デバイスでもよい、計算デバイス３００は、カメラ３１０と注視支援システム３２０との両方と電子通信している。動作中、以下の図４Ａ及び４Ｃのキャビン・カメラ４４１に対応し得る、カメラ３１０は、図２に示す入力をカメラ３１０の画像から判定する及び対象者の出力注視方向を計算する、たとえば図２の、マシン学習モデルを次いで実装する、計算デバイス３００に対象者の画像をキャプチャ及び送信する。計算デバイス３００は、応答してアクションを取る又は１つ又は複数の動作を実行する、注視支援システム３２０にこの注視方向を送信する。計算デバイス３００は、本開示の実施例のマシン学習モデルを実装するのに適した任意の１つ又は複数の電子計算デバイス、たとえば、さらに詳しく後述される計算デバイス５００、でもよい。

【００２８】

注視支援システム３２０は、それが計算デバイス３００から受信する注視方向に基づいて１つ又は複数のアクションを実行する能力を有する任意のシステムでもよい。カメラ３１０、計算デバイス３００、及び注視支援システム３２０の任意の構成が、意図されている。１つの実例として、注視支援システム３２０は、運転者又は別の乗客の注視方向を判定及びそれに反応する能力を有する自律型車両、たとえば、以下でさらに詳しく説明される自律型車両４００、でもよい。この実例において、カメラ３１０及び計算デバイス３００は、車両内に配置され得、一方、注視支援システム３２０は、車両自体を表し得る。カメラ３１０は、運転者又は乗客の視界をそれに許す車両内の任意の位置に置かれ得る。したがって、カメラ３１０は、運転者又は乗客の画像をキャプチャし、それらを、入力２００、２０５、２１５、２２０、及び２２５を計算する及び運転者の注視方向を判定する、計算デバイス３００に送信することができる。この注視方向は、次いで、たとえば、車両が応答して取ることができるアクションを決定する別のソフトウェア・モジュールに、送信され得る。たとえば、車両は、注視方向が注意散漫な運転者、又は道路に注意を払っていない運転者を表すと判定することができ、応答して任意のタイプの動作を開始し得る。そのような動作は、運転者に発行される任意のタイプの警報（たとえば、視覚若しくは可聴警報、ヘッドアップ・ディスプレイでの警報、又は類似のもの）、自動操縦開始、制動又は旋回動作、或いは任意の他のアクションを含み得る。計算デバイス３００は、ローカル・プロセッサとして注視支援システム３２０の車両内に配置され得る、或いはカメラ３１０から画像を受信する及び注視支援システム３２０の車両にワイヤレスで注視方向又は命令を送信するリモート・プロセッサでもよい。

【００２９】

もう１つの実例として、注視支援システム３２０は、ユーザの運動及び注視に応答して画像を表示する能力を有する仮想現実又は拡張現実システムでもよい。この実例において、注視支援システム３２０は、仮想現実又は拡張現実ディスプレイ、たとえば、ユーザが身に着ける及びそこに画像を投影するように構成されたヘッドセット、を含む。カメラ３１０及び計算デバイス３００は、カメラ３１０がユーザの目の画像をキャプチャし、計算デバイス３００が彼又は彼女の注視方向を判定する、ヘッドセット内に置かれ得る。この注視方向は、次いで、応答して任意のアクションを実行し得る、仮想現実又は拡張現実ディスプレイに送信され得る。たとえば、計算資源を節約するために、注視支援システム３

２０は、判定された注視方向を使用して判定されるものとしてのユーザの視界内にあるそれらの仮想現実又は拡張現実要素のみをレンダリングし得る。類似して、注視支援システム３２０は、ユーザの視界の外にあると判定されたが、ユーザが避けることを望み得る、又は興味がある可能性がある、物体又はイベントをユーザに警告することができる。前述の自律型車両の実例のように、仮想現実又は拡張現実システムの計算デバイス３００は、システム３２０内に、たとえば、ヘッドセット自体の中に、位置し得る、或いは、画像が、計算デバイス３００にワイヤレスで送信され、計算された注視方向が、次に応答して様々な動作を実行し得る、ヘッドセットにワイヤレスで送り返され得るように、遠隔に位置し得る。

【００３０】

さらに別の実例として、注視支援システム３２０は、どの視覚刺激－たとえば、そして制限なしに、広告、警報、物体、人、又は他の可視の関心領域又はポイント－をユーザが見ているかを判定するコンピュータ・ベースの広告システムでもよい。より具体的には、注視支援システムは、任意の電子計算システム又はデバイス、たとえば、デスクトップ・コンピュータ、ラップトップ・コンピュータ、スマートフォン、サーバ・コンピュータ、又は類似のもの、でもよい。カメラ３１０及び計算デバイス３００は、ユーザの方、たとえば、計算デバイスのディスプレイ内又はそれの最も近く、を指すために、この計算デバイスに組み込まれ得る。カメラ３１０は、ユーザの画像をキャプチャすることができ、計算デバイス３００は、彼又は彼女の注視方向を判定することができる。判定された注視方向は、次いで、注視支援システム３２０、たとえば、ユーザのための広告を表示する計算デバイス、リモート計算デバイス、又は類似のもの、に送信され得る。計算デバイスは、次いで、様々な広告、警報、又は他の視覚刺激の有効性の情報を提供しながら、計算された注視方向を使用してユーザの焦点の対象を判定することができる。

【００３１】

図４Ａは、本開示のいくつかの実施例による、例示的自律型車両４００の図である。自律型車両４００（或いは本明細書で「車両４００」と称される）は、旅客車両、たとえば、乗用車、トラック、バス、ファースト・レスポンダ車両、シャトル、電気又は原動機付自転車、オートバイ、消防車、警察車両、救急車、ボート、建設車両、潜水艦、ドローン、及び／又は別のタイプの車両（たとえば、無人の及び／又は１人若しくは複数の乗客を乗せた）、を含み得るが、これらに限定されない。自律型車両は、一般に、米国運輸省道路交通安全局（ＮＨＴＳＡ：Ｎａｔｉｏｎａｌ Ｈｉｇｈｗａｙ Ｔｒａｆｆｉｃ Ｓａｆｅｔｙ Ａｄｍｉｎｉｓｔｒａｔｉｏｎ）、米国運輸省の部署、及び自動車技術者協会（ＳＡＥ：Ｓｏｃｉｅｔｙ ｏｆ Ａｕｔｏｍｏｔｉｖｅ Ｅｎｇｉｎｅｅｒｓ）「Ｔａｘｏｎｏｍｙ ａｎｄ Ｄｅｆｉｎｉｔｉｏｎｓ ｆｏｒ Ｔｅｒｍｓ Ｒｅｌａｔｅｄ ｔｏ Ｄｒｉｖｉｎｇ Ａｕｔｏｍａｔｉｏｎ Ｓｙｓｔｅｍｓ ｆｏｒ Ｏｎ－Ｒｏａｄ Ｍｏｔｏｒ Ｖｅｈｉｃｌｅ」（２０１８年６月１５日に公開された規格番号Ｊ３０１６－２０１８０６、２０１６年９月３０日に公開された規格番号Ｊ３０１６－２０１６０９、及びこの規格の前の及び未来のバージョン）によって定義される、自動化レベルに関して記述される。移動車４００は、自律運転レベルのレベル３～レベル５のうちの１つ又は複数による機能の能力を有し得る。たとえば、移動車４００は、実施例に応じて、条件付き自動化（レベル３）、高度自動化（レベル４）、及び／又は完全自動化（レベル５）の能力を有し得る。

【００３２】

移動車４００は、移動車のシャシ、車体、車輪（たとえば、２、４、６、８、１８など）、タイヤ、車軸、及び他の構成要素などの構成要素を含み得る。移動車４００は、内部燃焼エンジン、ハイブリッド動力装置、完全な電気式エンジン、及び／又は別の推進システム・タイプなど、推進システム４５０を含み得る。推進システム４５０は、移動車４００の推進力を有効にするために、トランスミッションを含み得る、移動車４００のドライブ・トレインに接続され得る。推進システム４５０は、スロットル／加速装置４５２からの信号の受信に応答して制御され得る。

【００３３】
ハンドルを含み得る、ステアリング・システム４５４は、推進システム４５０が動作しているときに（たとえば、移動車が移動中のときに）移動車４００のかじを取る（たとえば、所望の進路又はルートに沿って）ために使用され得る。ステアリング・システム４５４は、ステアリング・アクチュエータ４５６から信号を受信することができる。ハンドルは、完全自動化（レベル５）機能のオプションでもよい。
【００３４】
ブレーキ・センサ・システム４４６は、ブレーキ・アクチュエータ４４８及び／又はブレーキ・センサからの信号の受信に応答して移動車ブレーキを動作させるために使用され得る。
【００３５】
１つ又は複数のＣＰＵ、システム・オン・チップ（ＳｏＣ：ｓｙｓｔｅｍ ｏｎ Ｃｈｉｐ）４０４（図４Ｃ）及び／又はＧＰＵを含み得る、コントローラ４３６は、移動車４００の１つ若しくは複数の構成要素及び／又はシステムに信号（たとえば、コマンドの表現）を提供することができる。たとえば、コントローラは、１つ又は複数のブレーキ・アクチュエータ４４８を介して移動車ブレーキを動作させるために、１つ又は複数のステアリング・アクチュエータ４５６を介してステアリング・システム４５４を動作させるために、及び／又は１つ又は複数のスロットル／加速装置４５２を介して推進システム４５０を動作させるために、信号を送ることができる。コントローラ４３６は、センサ信号を処理する、並びに律的運転を可能にするために及び／又は運転者の移動車４００の運転を支援するために動作コマンド（たとえば、コマンドを表す信号）を出力する、１つ又は複数の搭載された（たとえば、統合された）計算デバイス（たとえば、スーパーコンピュータ）を含み得る。コントローラ４３６は、自律運転機能のための第１のコントローラ４３６、機能的安全性機能のための第２のコントローラ４３６、人工知能機能（たとえば、コンピュータ・ビジョン）のための第３のコントローラ４３６、インフォテインメント機能のための第４のコントローラ４３６、緊急状態における冗長性のための第５のコントローラ４３６、及び／又は他のコントローラを含み得る。いくつかの実例では、単一のコントローラ４３６が、前述の機能のうちの２個以上を処理することができ、２個以上のコントローラ４３６が、単一の機能、及び／又はその任意の組合せを処理することができる。
【００３６】
コントローラ４３６は、１つ又は複数のセンサから受信したセンサ・データ（たとえば、センサ入力）に応答して移動車４００の１つ若しくは複数の構成要素及び／又はシステムを制御するための信号を提供することができる。センサ・データは、たとえば、そして制限なしに、全地球的航法衛星システム・センサ４５８（たとえば、グローバル・ポジショニング・システム・センサ）、ＲＡＤＡＲセンサ４６０、超音波センサ４６２、ＬＩＤＡＲセンサ４６４、慣性計測装置（ＩＭＵ：ｉｎｅｒｔｉａｌ ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ ｕｎｉｔ）センサ４６６（たとえば、加速度計、ジャイロスコープ、磁気コンパス、磁力計など）、マイクロフォン４９６、ステレオ・カメラ４６８、ワイドビュー・カメラ４７０（たとえば、魚眼カメラ）、赤外線カメラ４７２、サラウンド・カメラ４７４（たとえば、３６０度カメラ）、長距離及び／又は中距離カメラ４９８、スピード・センサ４４４（たとえば、移動車４００のスピードを測定するための）、振動センサ４４２、ステアリング・センサ４４０、ブレーキ・センサ４４６（たとえば、ブレーキ・センサ・システム４４６の一部としての）、及び／又は他のセンサ・タイプから受信され得る。
【００３７】
コントローラ４３６のうちの１つ又は複数のコントローラは、移動車４００の計器群４３２から入力（たとえば、入力データによって表される）を受信し、出力（たとえば、出力データ、表示データなどによって表される）をヒューマン・マシン・インターフェース（ＨＭＩ：ｈｕｍａｎ－ｍａｃｈｉｎｅ ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）ディスプレイ４３４、可聴式アナンシエータ、ラウドスピーカ、及び／又は移動車４００の他の構成要素を介して提供することができる。出力は、移動車ベロシティ、スピード、時間、マップ・データ（

たとえば、図４ＣのＨＤマップ４２２）、位置データ（たとえば、マップ上などの、移動車４００の位置）、方向、他の移動車の位置（たとえば、占有グリッド）、コントローラ４３６によって把握されるものとしての物体及び物体の状況に関する情報などの、情報を含み得る。たとえば、ＨＭＩディスプレイ４３４は、１つ又は複数の物体（たとえば、道路標識、警告標識、交通信号の変化など）の存在、及び／又は移動車が行った、行っている、又は行うであろう運転操作（たとえば、今、車線変更をしていること、３．２２ｋｍ（２マイル）内の出口３４Ｂを出ることなど）に関する情報を表示することができる。

【００３８】

移動車４００はさらに、１つ若しくは複数のワイヤレス・アンテナ４２６及び／又はモデムを使用して１つ若しくは複数のネットワークを介して通信することができるネットワーク・インターフェース４２４を含む。たとえば、ネットワーク・インターフェース４２４は、ＬＴＥ、ＷＣＤＭＡ（登録商標）、ＵＭＴＳ、ＧＳＭ、ＣＤＭＡ２０００などを介する通信の能力を有し得る。ワイヤレス・アンテナ４２６はまた、ブルートゥース（登録商標）、ブルートゥース（登録商標）ＬＥ、Ｚ－Ｗａｖｅ、ＺｉｇＢｅｅなどのローカル・エリア・ネットワーク、及び／又はＬｏＲａＷＡＮ、ＳｉｇＦｏｘなどのロー・パワー・ワイドエリア・ネットワーク（ＬＰＷＡＮ：ｌｏｗ ｐｏｗｅｒ ｗｉｄｅ－ａｒｅａ ｎｅｔｗｏｒｋ）を使用し、環境内の物体（たとえば、移動車、モバイル・デバイスなど）の間の通信を可能にすることができる。

【００３９】

図４Ｂは、本開示のいくつかの実施例による、図４Ａの例示的自律型車両４００のカメラ位置及び視野の実例である。カメラ及びそれぞれの視野は、１つの例示的実施例であり、制限することは意図されていない。たとえば、追加の及び／又は代替カメラが含まれ得る、及び／又はカメラは移動車４００の異なる位置に置かれ得る。

【００４０】

カメラのカメラ・タイプは、移動車４００の構成要素及び／又はシステムと使用するようになされ得るデジタル・カメラを含み得るが、これに限定されない。カメラは、自動車安全整合性レベル（ＡＳＩＬ：ａｕｔｏｍｏｔｉｖｅ ｓａｆｅｔｙ ｉｎｔｅｇｒｉｔｙ ｌｅｖｅｌ）Ｂにおいて及び／又は別のＡＳＩＬにおいて動作することができる。カメラ・タイプは、実施例に応じて、６０フレーム／秒（ｆｐｓ）、１２０ｆｐｓ、２４０ｆｐｓなど、任意の画像キャプチャ・レートの能力を有し得る。カメラは、ロール・シャッタ、グローバル・シャッタ、別のタイプのシャッタ、又はその組合せを使用する能力を有し得る。いくつかの実例では、カラー・フィルタ・アレイは、ＲＣＣＣ（ｒｅｄ ｃｌｅａｒ ｃｌｅａｒ ｃｌｅａｒ）カラー・フィルタ・アレイ、ＲＣＣＢ（ｒｅｄ ｃｌｅａｒ ｃｌｅａｒ ｂｌｕｅ）カラー・フィルタ・アレイ、ＲＢＧＣ（ｒｅｄ ｂｌｕｅ ｇｒｅｅｎ ｃｌｅａｒ）カラー・フィルタ・アレイ、Ｆｏｖｅｏｎ Ｘ３カラー・フィルタ・アレイ、Ｂａｙｅｒセンサ（ＲＧＧＢ）カラー・フィルタ・アレイ、モノクロ・センサ・カラー・フィルタ・アレイ、及び／又は別のタイプのカラー・フィルタ・アレイを含み得る。一部の実施例では、ＲＣＣＣ、ＲＣＣＢ、及び／又はＲＢＧＣカラー・フィルタ・アレイを有するカメラなどのクリア画素カメラは、光感度を上げるための取り組みにおいて使用され得る。

【００４１】

いくつかの実例では、カメラのうちの１つ又は複数が、高度運転者支援システム（ＡＤＡＳ：ａｄｖａｎｃｅｄ ｄｒｉｖｅｒ ａｓｓｉｓｔａｎｃｅ ｓｙｓｔｅｍ）機能（たとえば、冗長又はフェイルセーフ設計の一部として）を実行するために使用され得る。たとえば、多機能モノ・カメラは、車線逸脱警報、交通標識アシスト及びインテリジェント・ヘッドランプ制御を含む機能を提供するために設置され得る。カメラのうちの１つ又は複数（たとえば、すべてのカメラ）が、画像データ（たとえば、ビデオ）を同時に記録及び提供することができる。

【００４２】

カメラのうちの１つ又は複数は、カメラの画像データ・キャプチャ能力を妨げることが

ある自動車内からの迷光及び反射（たとえば、フロントガラスのミラーにおいて反射されたダッシュボードからの反射）を取り除くために、カスタム設計された（３Ｄ印刷された）部品などの取付部品において取り付けられ得る。サイドミラー取付部品を参照すると、サイドミラー部品は、カメラ取付板がサイドミラーの形状に合うように、カスタム３Ｄ印刷され得る。いくつかの実例では、カメラは、サイドミラー内に統合され得る。サイドビュー・カメラについては、カメラはまた、キャビンの各角にある４個の支柱内に統合され得る。

【００４３】

移動車４００の前の環境の部分を含む視野を有するカメラ（たとえば、前向きのカメラ）は、前向きの進路及び障害物の識別を助け、１つ若しくは複数のコントローラ４３６及び／又は制御ＳｏＣの助けにより、占有グリッドの生成及び／又は好ましい移動車進路の決定に不可欠な情報の提供の提供を助けるための、サラウンド・ビューのために使用され得る。前向きのカメラは、緊急ブレーキ、歩行者検出、及び衝突回避を含む、ＬＩＤＡＲと同じＡＤＡＳ機能の多くを実行するために使用され得る。前向きのカメラはまた、車線逸脱警報（ＬＤＷ（Ｌａｎｅ　Ｄｅｐａｒｔｕｒｅ　Ｗａｒｎｉｎｇ））、自律的クルーズ制御（ＡＣＣ（Ａｕｔｏｎｏｍｏｕｓ　Ｃｒｕｉｓｅ　Ｃｏｎｔｒｏｌ））、及び／又は交通標識認識などの他の機能を含むＡＤＡＳ機能及びシステムのために使用され得る。

【００４４】

様々なカメラが、たとえば、ＣＭＯＳ（ｃｏｍｐｌｅｍｅｎｔａｒｙ　ｍｅｔａｌ　ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）カラー画像化装置を含む単眼カメラ・プラットフォームを含む、前向きの構成において使用され得る。別の実例は、周辺（たとえば、歩行者、交差する交通又は自転車）からのビューに入る物体を把握するために使用され得るワイドビュー・カメラ４７０でもよい。図４Ｂにはワイドビュー・カメラは１つだけ示されているが、移動車４００には任意の数のワイドビュー・カメラ４７０が存在し得る。加えて、長距離カメラ４９８（たとえば、ロングビュー・ステレオ・カメラ・ペア）が、特に、ニューラル・ネットワークがまだトレーニングされていない物体について、深度ベースの物体検出のために使用され得る。長距離カメラ４９８はまた、物体検出及び分類、並びに基本物体追跡のために使用され得る。

【００４５】

１つ又は複数のステレオ・カメラ４６８もまた、前向きの構成に含まれ得る。ステレオ・カメラ４６８は、単一のチップ上に統合されたＣＡＮ又はイーサネット（登録商標）・インターフェースを有するプログラマブル論理（たとえば、ＦＰＧＡ）及びマルチコア・マイクロプロセッサを提供し得る、拡張可能な処理ユニットを備えた統合された制御ユニットを含み得る。そのようなユニットは、画像内のすべてのポイントの距離推定値を含む、移動車の環境の３Ｄマップを生成するために使用され得る。代替ステレオ・カメラ４６８は、２個のカメラ・レンズ（左と右に１つずつ）と、移動車から対象物体までの距離を測定する及び生成された情報（たとえば、メタデータ）を使用して自律的緊急ブレーキ及び車線逸脱警報機能をアクティブにすることができる画像処理チップとを含み得る、コンパクト・ステレオ・ビジョン・センサを含み得る。他のタイプのステレオ・カメラ４６８が、本明細書に記載のものに加えて、又はそれらの代わりに、使用されてもよい。

【００４６】

移動車４００の側面に対する環境の部分を含む視野を有するカメラ（たとえば、サイドビュー・カメラ）が、占有グリッドを作成及び更新するために並びに側面衝撃衝突警報を生成するために使用される情報を提供する、サラウンド・ビューのために使用され得る。たとえば、サラウンド・カメラ４７４（たとえば、図４Ｂに示されるような４個のサラウンド・カメラ４７４）は、移動車４００の周りに位置付けられ得る。サラウンド・カメラ４７４は、ワイドビュー・カメラ４７０、魚眼カメラ、３６０度カメラ、及び／又は同類のものを含み得る。たとえば、４個の魚眼カメラが、移動車の前、後ろ、及び側面に配置され得る。代替配置において、移動車は、３個のサラウンド・カメラ４７４（たとえば、左、右、及び後部）を使用してもよく、第４のサラウンド・ビュー・カメラとして１つ又

は複数の他のカメラ（たとえば、前向きのカメラ）を活用してもよい。

【００４７】

移動車４００の後ろに対する環境の部分を含む視野を有するカメラ（たとえば、後方確認カメラ）が、駐車支援、サラウンド・ビュー、後部衝突警報、並びに占有グリッドの作成及び更新のために使用され得る。本明細書に記載のように、前向きのカメラ（たとえば、長距離及び／又は中距離カメラ４９８、ステレオ・カメラ４６８）、赤外線カメラ４７２など）としても適したカメラを含むがこれらに限定されない、多種多様なカメラが使用され得る。

【００４８】

車両４００の内部又はキャビンの部分を含む視界を有するカメラは、キャビン内の運転者、乗客、又は物体の１つ又は複数の状態をモニタするために使用され得る。キャビン又はその内部の視界を提供する、本明細書に記載の任意のタイプのカメラでもよい及び車両４００上又は内のどこかに配置され得る、キャビン・カメラ４４１を含むが、これに限定されない、任意のタイプのカメラが、使用され得る。たとえば、キャビン・カメラ４４１は、車両４００ダッシュボード、リア・ビュー・ミラー、サイド・ビュー・ミラー、シート、又はドアの何らかの部分の中又は上に配置され得、車両４００の任意の運転者、乗客、又は任意の他の物体若しくは部分の画像をキャプチャするように方向付けられ得る。

【００４９】

図４Ｃは、本開示のいくつかの実施例による、図４Ａの例示的自律型車両４００の例示的システム・アーキテクチャのブロック図である。本明細書に記載されているこの及び他の配置は単に実例として説明されていることを理解されたい。他の配置及び要素（たとえば、マシン、インターフェース、機能、順番、機能のグループ分けなど）が、示されたものに加えて又はこれらに代わって使用されてもよく、いくつかの要素はともに除外されてもよい。さらに、本明細書に記載の要素の多くは、個別の又は分散された構成要素として又は他の構成要素と併せて、並びに任意の適切な組合せ及び場所において、実装され得る機能エンティティである。エンティティによって実行されるものとして本明細書に記載された様々な機能は、ハードウェア、ファームウェア、及び／又はソフトウェアによって実施され得る。たとえば、様々な機能が、メモリに記憶された命令を実行するプロセッサによって実施され得る。

【００５０】

図４Ｃの移動車４００の構成要素、特徴、及びシステムのそれぞれは、バス４０２を介して接続されるものとして図示されている。バス４０２は、コントローラ・エリア・ネットワーク（ＣＡＮ）データ・インターフェース（或いは、「ＣＡＮバス」と称される）を含み得る。ＣＡＮは、ブレーキ、加速度、ブレーキ、ステアリング、フロント・ガラス・ワイパなどの作動など、移動車４００の様々な特徴及び機能の制御を助けるために使用される移動車４００内のネットワークでもよい。ＣＡＮバスは、それぞれが独自の一意の識別子（たとえば、ＣＡＮ　ＩＤ）を有する、数ダース又は数百ものノードを有するように構成され得る。ＣＡＮバスは、ハンドル角度、対地速度、１分間のエンジン回転（ＲＰＭ：ｒｅｖｏｌｕｔｉｏｎｓ　ｐｅｒ　ｍｉｎｕｔｅ）、ボタン位置、及び／又は他の移動車状況指標を見つけるために読み取られ得る。ＣＡＮバスは、ＡＳＩＬ　Ｂ準拠でもよい。

【００５１】

バス４０２は、ＣＡＮバスであるものとして本明細書に記載されているが、これは制限することを意図されていない。たとえば、ＣＡＮバスに加えて、又はこのその代替として、ＦｌｅｘＲａｙ及び／又はイーサネット（登録商標）が使用されてもよい。加えて、単一の線が、バス４０２を表すために使用されているが、これは制限することを意図されていない。たとえば、１つ若しくは複数のＣＡＮバス、１つ若しくは複数のＦｌｅｘＲａｙバス、１つ若しくは複数のイーサネット（登録商標）・バス、及び／又は異なるプロトコルを使用する１つ若しくは複数の他のタイプのバスを含み得る、任意の数のバス４０２が存在し得る。いくつかの実例では、２個以上のバス４０２が、異なる機能を実行するために使用され得る、及び／又は冗長性のために使用され得る。たとえば、第１のバス４０２

は衝突回避機能のために使用されてもよく、第２のバス４０２は作動制御のために使用されてもよい。任意の実例において、各バス４０２は、移動車４００の構成要素のいずれかと通信し得、２個以上のバス４０２が同じ構成要素と通信し得る。いくつかの実例では、移動車内の各ＳｏＣ４０４、各コントローラ４３６、及び／又は各コンピュータは、同じ入力データ（たとえば、移動車４００のセンサからの入力）へのアクセスを有し得、ＣＡＮバスなどの共通バスに接続され得る。

【００５２】

移動車４００は、図４Ａに関して本明細書で説明されるものなど、１つ又は複数のコントローラ４３６を含み得る。コントローラ４３６は、様々な機能のために使用され得る。コントローラ４３６は、移動車４００の様々な他の構成要素及びシステムのいずれかに連結されてもよく、移動車４００、移動車４００の人工知能、移動車４００のためのインフォテインメント、及び／又は同類のものの制御のために使用され得る。

【００５３】

移動車４００は、システム・オン・チップ（ＳｏＣ）４０４を含み得る。ＳｏＣ４０４は、ＣＰＵ４０６、ＧＰＵ４０８、プロセッサ４１０、キャッシュ４１２、加速装置４１４、データ・ストア４１６、及び／又は図示されていない他の構成要素及び特徴を含み得る。ＳｏＣ４０４は、様々なプラットフォーム及びシステム内の移動車４００を制御するために使用され得る。たとえば、ＳｏＣ４０４は、１つ又は複数のサーバ（たとえば、図４Ｄのサーバ４７８）からネットワーク・インターフェース４２４を介してマップのリフレッシュ及び／又は更新を取得することができるＨＤマップ４２２を有するシステム（たとえば、移動車４００のシステム）において結合され得る。

【００５４】

ＣＰＵ４０６は、ＣＰＵクラスタ又はＣＰＵ複合体（或いは、「ＣＣＰＬＥＸ」とも称される）を含み得る。ＣＰＵ４０６は、複数のコア及び／又はＬ２キャッシュを含み得る。たとえば、一部の実施例では、ＣＰＵ４０６は、コヒーレント・マルチプロセッサ構成内の８個のコアを含み得る。一部の実施例では、ＣＰＵ４０６は、４個のデュアルコア・クラスタを含むことができ、各クラスタが専用のＬ２キャッシュ（たとえば、２ＭＢＬ２キャッシュ）を有する。ＣＰＵ４０６（たとえば、ＣＣＰＬＥＸ）は、ＣＰＵ４０６のクラスタの任意の組合せが任意の所与の時間にアクティブになることを可能にする同時クラスタ動作をサポートするように構成され得る。

【００５５】

ＣＰＵ４０６は、以下の特徴のうちの１つ又は複数を含む電力管理能力を実装することができる：個別ハードウェア・ブロックが、動的電力を節約するためにアイドル状態のときに自動的にクロック・ゲーティングされ得る、各コア・クロックは、ＷＦＩ／ＷＦＥ命令の実行により命令をコアがアクティブに実行していないときにゲーティングされ得る、各コアは、独立してパワー・ゲーティングされ得る、各コア・クラスタは、すべてのコアがクロック・ゲーティングされる若しくはパワー・ゲーティングされるときに、独立してクロック・ゲーティングされ得る、及び／又は、各コア・クラスタは、すべてのコアがパワー・ゲーティングされるときに、独立してパワー・ゲーティングされ得る。ＣＰＵ４０６は、電力状態を管理するための強化されたアルゴリズムをさらに実装することができ、そこでは、許容される電力状態及び予想されるウェイクアップ時間が指定され、ハードウェア／マイクロ・コードが、コア、クラスタ、及びＣＣＰＬＥＸに入力するための最良の電力状態を決定する。処理コアは、作業がマイクロ・コードにオフロードされたソフトウェアにおける簡略化された電力状態入力シーケンスをサポートすることができる。

【００５６】

ＧＰＵ４０８は、統合されたＧＰＵ（或いは本明細書において「ｉＧＰＵ」と称される）を含み得る。ＧＰＵ４０８は、プログラマブルになり得、並行のワークロードに効率的になり得る。一部の実例では、ＧＰＵ４０８は、強化されたテンソル命令セットを使用することができる。ＧＰＵ４０８は、１つ又は複数のストリーミング・マイクロプロセッサを含み得、そこで、各ストリーミング・マイクロプロセッサは、Ｌ１キャッシュ（たとえ

ば、少なくとも９６ＫＢ記憶容量を有するＬ１キャッシュ）を含み得、ストリーミング・マイクロプロセッサのうちの２個以上が、キャッシュ（たとえば、５１２ＫＢ記憶容量を有するＬ２キャッシュ）を共用し得る。一部の実施例では、ＧＰＵ４０８は、少なくとも８個のストリーミング・マイクロプロセッサを含み得る。ＧＰＵ４０８は、コンピュータ・ベースのアプリケーション・プログラミング・インターフェース（ＡＰＩ）を使用することができる。加えて、ＧＰＵ４０８は、１つ若しくは複数の並行のコンピューティング・プラットフォーム及び／又はプログラミング・モデル（たとえば、ＮＶＩＤＩＡのＣＵＤＡ）を使用することができる。

【００５７】

ＧＰＵ４０８は、自動車の及び組み込まれた使用事例における最高のパフォーマンスのために電力最適化され得る。たとえば、ＧＰＵ４０８は、ＦｉｎＦＥＴ（Ｆｉｎ ｆｉｅｌｄ－ｅｆｆｅｃｔ ｔｒａｎｓｉｓｔｏｒ）上に製造され得る。しかしながら、これは制限することを意図されておらず、ＧＰＵ４０８は、他の半導体製造プロセスを使用し、製造され得る。各ストリーミング・マイクロプロセッサは、複数のブロックに区切られたいくつかの混合精度処理コアを組み込むことができる。限定ではなく、たとえば、６４ＰＦ３２コア及び３２ ＰＦ６４コアは、４個の処理ブロックに区切られてもよい。そのような実例では、各処理ブロックは、１６ ＦＰ３２コア、８ ＦＰ６４コア、１６ ＩＮＴ３２コア、深層学習行列演算のための２個の混合精度ＮＶＩＤＩＡテンソル・コア、Ｌ０命令キャッシュ、ワープ・スケジューラ、発送ユニット、及び／又は６４ＫＢレジスタ・ファイルを割り当てられ得る。加えて、ストリーミング・マイクロプロセッサは、計算及びアドレス指定演算の混合を有するワークロードの効率的な実行を提供するための独立した並行の整数及び浮動小数点データ進路を含み得る。ストリーミング・マイクロプロセッサは、並行スレッドの間のより高い細粒度の同期及び連携を可能にするために、独立したスレッド・スケジューリング能力を含み得る。ストリーミング・マイクロプロセッサは、プログラミングを単純化しつつ性能を向上させるために、結合されたＬ１データ・キャッシュ及び共用メモリ・ユニットを含み得る。

【００５８】

ＧＰＵ４０８は、一部の実例では、９００ＧＢ／秒のピーク・メモリ帯域幅に関して、提供するための高帯域幅メモリ（ＨＢＭ：ｈｉｇｈ ｂａｎｄｗｉｄｔｈ ｍｅｍｏｒｙ）及び／又は１６ＧＢＨＢＭ２メモリ・サブシステムを含み得る。いくつかの実例では、ＨＢＭメモリに加えて、又はこれの代わりに、グラフィックス・ダブル・データ・レート・タイプ５同期ランダム・アクセス・メモリ（ＧＤＤＲ５：ｇｒａｐｈｉｃｓ ｄｏｕｂｌｅ ｄａｔａ ｒａｔｅ ｔｙｐｅ ｆｉｖｅ ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ ｒａｎｄｏｍ－ａｃｃｅｓｓ ｍｅｍｏｒｙ）などの同期グラフィックス・ランダム・アクセス・メモリ（ＳＧＲＡＭ：ｓｙｎｃｈｒｏｎｏｕｓ ｇｒａｐｈｉｃｓ ｒａｎｄｏｍ－ａｃｃｅｓｓ ｍｅｍｏｒｙ）が使用され得る。

【００５９】

ＧＰＵ４０８は、メモリ・ページに最も頻繁にアクセスするプロセッサへのそれらのメモリ・ページのより正確な移動を可能にするためにアクセス・カウンタを含む統一されたメモリ技術を含むことができ、それにより、プロセッサ間で共用される記憶範囲の効率を向上させる。いくつかの実例では、アドレス変換サービス（ＡＴＳ：ａｄｄｒｅｓｓ ｔｒａｎｓｌａｔｉｏｎ ｓｅｒｖｉｃｅ）サポートが、ＧＰＵ４０８がＣＰＵ４０６ページ・テーブルに直接アクセスすることを可能にするために使用され得る。そのような実例では、ＧＰＵ４０８メモリ管理ユニット（ＭＭＵ：ｍｅｍｏｒｙ ｍａｎａｇｅｍｅｎｔ ｕｎｉｔ）がミスを経験するとき、アドレス変換要求が、ＣＰＵ４０６に送信され得る。応答して、ＣＰＵ４０６は、アドレスの仮想対現実マッピングのためのそのページ・テーブルを調べることができ、ＧＰＵ４０８に変換を送り返す。そのようなものとして、統一されたメモリ技術は、ＣＰＵ４０６とＧＰＵ４０８との両方のメモリの単一統一仮想アドレス空間を可能にすることができ、それによりＧＰＵ４０８へのアプリケーションのＧＰＵ４０８プログラミング及び移植を単純化する。

【００６０】
加えて、ＧＰＵ４０８は、他のプロセッサのメモリへのＧＰＵ４０８のアクセスの頻度を記録することができるアクセス・カウンタを含み得る。アクセス・カウンタは、メモリ・ページが最も頻繁にそのページにアクセスしているプロセッサの物理メモリに移動されることを確実にするのを助けることができる。
【００６１】
ＳｏＣ４０４は、本明細書に記載のものを含む任意の数のキャッシュ４１２を含み得る。たとえば、キャッシュ４１２は、ＣＰＵ４０６とＧＰＵ４０８との両方に利用可能な（たとえば、ＣＰＵ４０６とＧＰＵ４０８との両方に接続された）Ｌ３キャッシュを含み得る。キャッシュ４１２は、キャッシュ・コヒーレンス・プロトコル（たとえば、ＭＥＩ、ＭＥＳＩ、ＭＳＩなど）を使用することなどによって、線の状態を記録することができるライトバック・キャッシュを含み得る。Ｌ３キャッシュは、より小さいキャッシュ・サイズが使用されてもよいが、実施例に応じて、４ＭＢ以上を含み得る。
【００６２】
ＳｏＣ４０４は、車両４００の様々なタスク又は動作のいずれか（たとえば、処理ＤＮＮ）に関して処理を実行する際に活用され得る論理演算ユニット（ＡＬＵ：ａｒｉｔｈｍｅｔｉｃ　ｌｏｇｉｃ　ｕｎｉｔ）を含み得る。加えて、ＳｏＣ４０４は、システム内で数学演算を実行するための浮動小数点演算ユニット（ＦＰＵ：ｆｌｏａｔｉｎｇ　ｐｏｉｎｔ　ｕｎｉｔ）（又は他のマス・コプロセッサ又は数値演算コプロセッサ・タイプ）を含み得る。たとえば、ＳｏＣ１０４は、ＣＰＵ４０６及び／又はＧＰＵ４０８内の実行ユニットとして統合された１つ又は複数のＦＰＵを含み得る。
【００６３】
ＳｏＣ４０４は、１つ又は複数の加速装置４１４（たとえば、ハードウェア・加速装置、ソフトウェア・加速装置、又はその組合せ）を含み得る。たとえば、ＳｏＣ４０４は、最適化されたハードウェア加速装置及び／又は大きなオンチップ・メモリを含み得る、ハードウェア加速クラスタを含み得る。大きなオンチップメモリ（たとえば、４ＭＢのＳＲＡＭ）は、ハードウェア加速クラスタがニューラル・ネットワーク及び他の演算を加速することを可能にし得る。ハードウェア加速クラスタは、ＧＰＵ４０８を補完するために及びＧＰＵ４０８のタスクの一部をオフロードするために（たとえば、他のタスクを実行するためのＧＰＵ４０８のより多くのサイクルを解放するために）使用され得る。一実例として、加速装置４１４は、加速に適するように十分に安定している対象ワークロード（たとえば、知覚、畳み込みニューラル・ネットワーク（ＣＮＮ：ｃｏｎｖｏｌｕｔｉｏｎａｌ　ｎｅｕｒａｌ　ｎｅｔｗｏｒｋ）など）のために使用され得る。本明細書では、「ＣＮＮ」という用語は、領域ベースの又は領域的畳み込みニューラル・ネットワーク（ＲＣＮＮ：ｒｅｇｉｏｎａｌ　ｃｏｎｖｏｌｕｔｉｏｎａｌ　ｎｅｕｒａｌ　ｎｅｔｗｏｒｋ）及び高速ＲＣＮＮ（たとえば、物体検出のために使用されるものとしての）を含む、すべてのタイプのＣＮＮを含み得る。
【００６４】
加速装置４１４（たとえば、ハードウェア加速クラスタ）は、深層学習加速装置（ＤＬＡ：ｄｅｅｐ　ｌｅａｒｎｉｎｇ　ａｃｃｅｌｅｒａｔｏｒ）を含み得る。ＤＬＡは、深層学習アプリケーション及び推論のために１秒あたり追加の１０兆の動作を提供するように構成することができる１つ又は複数のテンソル処理ユニット（ＴＰＵ：Ｔｅｎｓｏｒ　ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　ｕｎｉｔ）を含み得る。ＴＰＵは、画像処理機能（たとえば、ＣＮＮ、ＲＣＮＮなどの）を実行するように構成及び最適化された加速装置でもよい。ＤＬＡはさらに、特定のセットのニューラル・ネットワーク・タイプ及び浮動小数点演算、並びに推論のために最適化され得る。ＤＬＡの設計は、汎用ＧＰＵよりも１ミリメートルあたりより多くのパフォーマンスを提供することができ、ＣＰＵのパフォーマンスを大きく超える。ＴＰＵは、たとえば、特徴と重みとの両方についてＩＮＴ８、ＩＮＴ１６、及びＦＰ１６データ・タイプをサポートする、単一インスタンス畳み込み機能、並びにポストプロセッサ機能を含む、いくつかの機能を実行することができる。

【００６５】
ＤＬＡは、以下を含むがこれらに限定されない、様々な機能のいずれかのために処理済み又は未処理のデータでニューラル・ネットワーク、特にＣＮＮ、を迅速に及び効率的に実行することができる：カメラ・センサからのデータを使用する物体識別及び検出のためのＣＮＮ、カメラ・センサからのデータを使用する距離推定のためのＣＮＮ、マイクロフォンからのデータを使用する緊急車両検出及び識別及び検出のためのＣＮＮ、カメラ・センサからのデータを使用する顔認識及び移動車所有者識別のためのＣＮＮ、及び／又は、セキュリティ及び／又は安全性関連イベントのためのＣＮＮ。
【００６６】
ＤＬＡは、ＧＰＵ４０８の任意の機能を実行することができ、そして、推論加速装置を使用することによって、たとえば、設計者は、任意の機能のためにＤＬＡ又はＧＰＵ４０８のいずれかを対象にすることができる。たとえば、設計者は、ＤＬＡ上のＣＮＮ及び浮動小数点演算の処理に重点的に取り組み、他の機能をＧＰＵ４０８及び／又は他の加速装置４１４に任せることができる。
【００６７】
加速装置４１４（たとえば、ハードウェア加速クラスタ）は、或いはコンピュータ・ビジョン加速装置と本明細書で称され得るプログラマブル・ビジョン加速装置（ＰＶＡ：ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　ｖｉｓｉｏｎ　ａｃｃｅｌｅｒａｔｏｒ）を含み得る。ＰＶＡは、高度運転者支援システム（ＡＤＡＳ：ａｄｖａｎｃｅｄ　ｄｒｉｖｅｒ　ａｓｓｉｓｔａｎｃｅ　ｓｙｓｔｅｍ）、自律運転、及び／又は拡張現実（ＡＲ：ａｕｇｍｅｎｔｅｄ　ｒｅａｌｉｔｙ）及び／又は仮想現実（ＶＲ：ｖｉｒｔｕａｌ　ｒｅａｌｉｔｙ）アプリケーションのためのコンピュータ・ビジョン・アルゴリズムを加速するように設計及び構成され得る。ＰＶＡは、パフォーマンスと柔軟性との間のバランスをもたらすことができる。たとえば、各ＰＶＡは、たとえば、任意の数の縮小命令セット・コンピュータ（ＲＩＳＣ：ｒｅｄｕｃｅｄ　ｉｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ　ｓｅｔ　ｃｏｍｐｕｔｅｒ）コア、直接メモリ・アクセス（ＤＭＡ：ｄｉｒｅｃｔ　ｍｅｍｏｒｙ　ａｃｃｅｓｓ）、及び／又は任意の数のベクトル・プロセッサを含み得るが、これらに限定されない。
【００６８】
ＲＩＳＣコアは、画像センサ（たとえば、本明細書に記載のカメラのうちのいずれかのカメラの画像センサ）、画像信号プロセッサ、及び／又は同類のものと相互作用することができる。それぞれのＲＩＳＣコアは、任意の量のメモリを含み得る。ＲＩＳＣコアは、実施例に応じて、いくつかのプロトコルのいずれかを使用することができる。いくつかの実例では、ＲＩＳＣコアは、リアルタイム・オペレーティング・システム（ＲＴＯＳ：ｒｅａｌ－ｔｉｍｅ　ｏｐｅｒａｔｉｎｇ　ｓｙｓｔｅｍ）を実行することができる。ＲＩＳＣコアは、１つ若しくは複数の集積回路デバイス、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、及び／又はメモリ・デバイスを使用して、実装され得る。たとえば、ＲＩＳＣコアは、命令キャッシュ及び／又はしっかりと結合されたＲＡＭを含み得る。
【００６９】
ＤＭＡは、ＣＰＵ４０６から独立したシステム・メモリにＰＶＡの構成要素がアクセスすることを可能にし得る。ＤＭＡは、多次元アドレス指定及び／又は循環アドレス指定をサポートすることを含むがこれに限定されないＰＶＡに最適化をもたらすために使用される任意の数の特徴をサポートすることができる。いくつかの実例では、ＤＭＡは、ブロック幅、ブロック高さ、ブロック深度、水平ブロック・ステッピング、垂直ブロック・ステッピング、及び／又は深度ステッピングを含み得る、６次元まで又はそれ以上のアドレス指定をサポートすることができる。
【００７０】
ベクトル・プロセッサは、コンピュータ・ビジョン・アルゴリズムのプログラミングを効率的に柔軟に実行する及び信号処理能力を提供するように設計され得るプログラマブル・プロセッサでもよい。いくつかの実例では、ＰＶＡは、ＰＶＡコア及び２個のベクトル処理サブシステム・パーティションを含み得る。ＰＶＡコアは、プロセッサ・サブシステ

ム、ＤＭＡエンジン（たとえば、２個のＤＭＡエンジン）、及び／又は他の周辺装置を含み得る。ベクトル処理サブシステムは、ＰＶＡの１次的処理エンジンとして動作することができ、ベクトル処理ユニット（ＶＰＵ：ｖｅｃｔｏｒ　ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　ｕｎｉｔ）、命令キャッシュ、及び／又はベクトル・メモリ（たとえば、ＶＭＥＭ）を含み得る。ＶＰＵコアは、たとえば、単一の命令、複数のデータ（ＳＩＭＤ）、超長命令語（ＶＬＩＷ：ｖｅｒｙ　ｌｏｎｇ　ｉｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ　ｗｏｒｄ）デジタル信号プロセッサなど、デジタル信号プロセッサを含み得る。ＳＩＭＤ及びＶＬＩＷの組合せは、スループット及びスピードを高めることができる。

【００７１】

それぞれのベクトル・プロセッサは、命令キャッシュを含み得、専用のメモリに連結され得る。結果として、一部の実例では、それぞれのベクトル・プロセッサは、他のベクトル・プロセッサから独立して実行するように構成され得る。他の実例において、特定のＰＶＡに含まれるベクトル・プロセッサは、データ並列処理を用いるように構成され得る。たとえば、一部の実施例では、単一のＰＶＡに含まれる複数のベクトル・プロセッサは、同じコンピュータ・ビジョン・アルゴリズムを、しかし画像の異なる領域上で、実行することができる。他の実例において、特定のＰＶＡに含まれるベクトル・プロセッサは、異なるコンピュータ・ビジョン・アルゴリズムを、同じ画像上で、同時に実行することができ、或いは順次画像又は画像の部分で異なるアルゴリズムを実行することさえできる。特に、任意の数のＰＶＡは、ハードウェア加速クラスタに含まれ得、任意の数のベクトル・プロセッサは、それぞれのＰＶＡに含まれ得る。加えて、ＰＶＡは、全体的システム安全性を高めるために、追加のエラー訂正コード（ＥＣＣ：ｅｒｒｏｒ　ｃｏｒｒｅｃｔｉｎｇ　ｃｏｄｅ）メモリを含み得る。

【００７２】

加速装置４１４（たとえば、ハードウェア加速クラスタ）は、加速装置４１４のための高帯域幅、低レイテンシＳＲＡＭを提供するための、コンピュータ・ビジョン・ネットワーク・オンチップ及びＳＲＡＭを含み得る。いくつかの実例では、オンチップ・メモリは、たとえば、そして制限ではなく、ＰＶＡとＤＬＡとの両方によってアクセス可能でもよい、８個のフィールド構成可能なメモリ・ブロックから成る、少なくとも４ＭＢのＳＲＡＭを含み得る。各ペアのメモリ・ブロックは、高度周辺バス（ＡＰＢ：ａｄｖａｎｃｅｄ　ｐｅｒｉｐｈｅｒａｌ　ｂｕｓ）インターフェース、構成回路、コントローラ、及びマルチプレクサを含み得る。任意のタイプのメモリが、使用され得る。ＰＶＡ及びＤＬＡは、メモリへの高速アクセスを有するＰＶＡ及びＤＬＡを提供するバックボーンを介してメモリにアクセスすることができる。バックボーンは、（たとえば、ＡＰＢを使用して）ＰＶＡ及びＤＬＡをメモリに相互接続するコンピュータ・ビジョン・ネットワーク・オンチップを含み得る。

【００７３】

コンピュータ・ビジョン・ネットワーク・オンチップは、ＰＶＡとＤＬＡとの両方が作動可能及び有効信号を提供することを、任意の制御信号／アドレス／データの送信の前に、決定するインターフェースを含み得る。そのようなインターフェースは、制御信号／アドレス／データを送信するための別個のフェーズ及び別個のチャネル、並びに連続的データ転送のためのバーストタイプの通信を提供することができる。このタイプのインターフェースは、ＩＳＯ２６２６２又はＩＥＣ６１５０８規格に従うことができるが、他の規格及びプロトコルが使用されてもよい。

【００７４】

いくつかの実例では、ＳｏＣ４０４は、２０１８年８月１０日に出願された米国特許出願第１６／１０１，２３２号に記載されるような、リアルタイム・レイトレーシング・ハードウェア加速装置を含み得る。リアルタイム・レイトレーシング・ハードウェア加速装置は、ＲＡＤＡＲ信号解釈のための、音響伝播合成及び／又は分析のための、ＳＯＮＡＲシステムのシミュレーションのための、一般波伝播シミュレーションのための、ローカリゼーション及び／又は他の機能を目的とするＬＩＤＡＲデータに対する比較のための、及

び／又は他の使用のための、リアルタイム視覚化シミュレーションを生成するために、（たとえば、世界モデル内の）物体の位置及び規模を迅速に効率的に決定するために使用され得る。一部の実施例では、１つ又は複数の木の走査ユニット（ＴＴＵ：ｔｒｅｅ　ｔｒａｖｅｒｓａｌ　ｕｎｉｔ）が、１つ又は複数のレイトレーシング関連動作を実行するために使用され得る。

【００７５】

加速装置４１４（たとえば、ハードウェア加速装置クラスタ）は、自律運転のための多様な用途を有する。ＰＶＡは、ＡＤＡＳ及び自律型車両における極めて重要な処理段階に使用され得るプログラマブル・ビジョン加速装置でもよい。ＰＶＡの能力は、低電力及び低レイテンシにおいて、予測可能な処理を必要とするアルゴリズムの領域にふさわしい。言い換えれば、ＰＶＡは、低レイテンシ及び低電力とともに予測可能な実行時間を必要とする、小さなデータ集合上でも、半高密度の又は高密度の通常の計算で上手く機能する。それ故に、ＰＶＡは、物体検出及び整数計算での動作において効率的であるので、自律型車両のためのプラットフォームとの関連で、ＰＶＡは、クラシック・コンピュータ・ビジョン・アルゴリズムを実行するように設計される。

【００７６】

たとえば、本技術の１つの実施例によれば、ＰＶＡは、コンピュータ・ステレオ・ビジョンを実行するために使用される。半グローバルなマッチングベースのアルゴリズムが、一部の実例では使用され得るが、これは制限することを意図されていない。レベル３～５の自律運転のための多数のアプリケーションは、動き推定／ステレオ・マッチング・オンザフライ（たとえば、ＳＦＭ（ｓｔｒｕｃｔｕｒｅ　ｆｒｏｍ　ｍｏｔｉｏｎ）、歩行者認識、レーン検出など）を必要とする。ＰＶＡは、２個の単眼カメラからの入力でコンピュータ・ステレオ・ビジョン機能を実行することができる。

【００７７】

いくつかの実例では、ＰＶＡは、高密度のオプティカル・フローを実行するために使用され得る。たとえば、ＰＶＡは、次のＲＡＤＡＲパルスを放射する前に、処理されたＲＡＤＡＲ信号を提供するために（たとえば、４Ｄ高速フーリエ変換を使用して）未加工のＲＡＤＡＲデータを処理するために使用され得る。他の実例において、ＰＶＡは、たとえば、飛行データの未加工の時間を処理して飛行データの処理済み時間を提供することにより、飛行深度処理の時間に使用される。

【００７８】

ＤＬＡは、たとえば、各物体検出の信頼性の測定値を出力するニューラル・ネットワークを含む、制御及び運転安全性を強化するために任意のタイプのネットワークを実行するために使用され得る。そのような信頼性値は、確率として、又は他の検出と比較した各検出の相対的「重み」を提供するものとして、解釈され得る。この信頼性値は、どの検出が誤判定検出ではなくて真陽性検出と考えられるべきであるかに関するさらなる決定をシステムが行うことを可能にする。たとえば、システムは、信頼性の閾値を設定し、真陽性検出としての閾値を超える検出のみを考慮することができる。自動非常ブレーキ（ＡＥＢ：ａｕｔｏｍａｔｉｃ　ｅｍｅｒｇｅｎｃｙ　ｂｒａｋｉｎｇ）システムにおいて、誤判定検出は、移動車に非常ブレーキを自動で実行させることになり、これは明らかに望ましくない。したがって、最も確信のある検出のみが、ＡＥＢのトリガとして考えられるべきである。ＤＬＡは、信頼性値を退行するニューラル・ネットワークを実行し得る。ニューラル・ネットワークは、境界ボックス次元、（たとえば、別のサブシステムから）取得されたグラウンド・プレーン推定、ニューラル・ネットワーク及び／又は他のセンサ（たとえば、ＬＩＤＡＲセンサ４６４又はＲＡＤＡＲセンサ４６０）から取得された物体の移動車４００方位、距離、３Ｄ位置推定と相関する慣性計測装置（ＩＭＵ：ｉｎｅｒｔｉａｌ　ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ　ｕｎｉｔ）センサ４６６出力、その他など、少なくともいくつかのサブセットのパラメータをその入力として受け取ることができる。

【００７９】

ＳｏＣ４０４は、データ・ストア４１６（たとえば、メモリ）を含み得る。データ・ス

トア４１６は、ＳｏＣ４０４のオンチップ・メモリでもよく、ＧＰＵ及び／又はＤＬＡで実行されることになるニューラル・ネットワークを記憶することができる。いくつかの実例では、データ・ストア４１６は、冗長性及び安全性のためにニューラル・ネットワークの複数のインスタンスを記憶するのに十分な大きさの容量を有し得る。データ・ストア４１６は、Ｌ２又はＬ３キャッシュ４１２を備え得る。データ・ストア４１６の参照は、本明細書に記載のような、ＰＶＡ、ＤＬＡ、及び／又は他の加速装置４１４に関連するメモリの参照を含み得る。

【００８０】

ＳｏＣ４０４は、１つ又は複数のプロセッサ４１０（たとえば、組み込まれたプロセッサ）を含み得る。プロセッサ４１０は、ブート電力及び管理能力及び関連するセキュリティ施行を処理するための専用のプロセッサ及びサブシステムでもよいブート及び電力管理プロセッサを含み得る。ブート及び電力管理プロセッサは、ＳｏＣ４０４ブート・シーケンスの一部でもよく、実行時間電力管理サービスを提供することができる。ブート電力及び管理プロセッサは、クロック及び電圧プログラミング、システム低電力状態移行の支援、ＳｏＣ４０４熱及び温度センサの管理、及び／又はＳｏＣ４０４電力状態の管理を提供することができる。各温度センサは、その出力頻度が温度に比例するリング発振器として実装されてもよく、ＳｏＣ４０４は、リング発振器を使用してＣＰＵ４０６、ＧＰＵ４０８、及び／又は加速装置４１４の温度を検出することができる。温度が、閾値を超えたと判定された場合、ブート及び電力管理プロセッサは、温度障害ルーティンに入り、ＳｏＣ４０４をより低い電力状態に置く及び／又は移動車４００をショーファーの安全停止モードにする（たとえば、移動車４００を安全停止させる）ことができる。

【００８１】

プロセッサ４１０は、オーディオ処理エンジンの機能を果たし得る１セットの組み込まれたプロセッサをさらに含み得る。オーディオ処理エンジンは、複数のインターフェースを介するマルチチャネル・オーディオの完全なハードウェア・サポートとオーディオＩ／Ｏインターフェースの広く柔軟な範囲とを可能にするオーディオ・サブシステムでもよい。いくつかの実例では、オーディオ処理エンジンは、専用のＲＡＭを有するデジタル信号プロセッサを有する専用のプロセッサ・コアである。

【００８２】

プロセッサ４１０は、低電力センサ管理及びウェイク使用事例をサポートするための必要なハードウェア特徴を提供することができる常時オンのプロセッサ・エンジンをさらに含み得る。常時オンのプロセッサ・エンジンは、プロセッサ・コア、しっかりと結合されたＲＡＭ、支援周辺装置（たとえば、タイマ及び割り込みコントローラ）、様々なＩ／Ｏコントローラ周辺装置、及びルーティング論理を含み得る。

【００８３】

プロセッサ４１０は、自動車のアプリケーションの安全性管理を処理するために専用のプロセッサ・サブシステムを含む安全性クラスタ・エンジンをさらに含み得る。安全性クラスタ・エンジンは、２個以上のプロセッサ・コア、しっかりと結合されたＲＡＭ、サポート周辺装置（たとえば、タイマ、割り込みコントローラなど）、及び／又はルーティング論理を含み得る。安全性モードにおいて、２個以上のコアは、ロックステップ・モードにおいて動作し、それらの動作の間の何らかの差を検出するための比較論理を有する単一のコアとして機能することができる。

【００８４】

プロセッサ４１０は、リアルタイム・カメラ管理を処理するための専用のプロセッサ・サブシステムを含み得るリアルタイム・カメラ・エンジンをさらに含み得る。

【００８５】

プロセッサ４１０は、カメラ処理パイプラインの一部であるハードウェア・エンジンである画像信号プロセッサを含み得る高ダイナミック・レンジ信号プロセッサをさらに含み得る。

【００８６】

プロセッサ４１０は、プレイヤ・ウインドウのための最終的画像を生み出すためにビデオ再生アプリケーションによって必要とされるビデオ処理後機能を実装する処理ブロック（たとえば、マイクロプロセッサに実装された）でもよいビデオ画像合成器を含み得る。ビデオ画像合成器は、ワイドビュー・カメラ４７０で、サラウンド・カメラ４７４で、及び／又はキャビン内監視カメラ・センサでレンズ歪み補正を実行することができる。キャビン内監視カメラ・センサは好ましくは、キャビン内イベントを識別し、適切に応答するように構成された、高度ＳｏＣの別のインスタンス上で実行するニューラル・ネットワークによって監視される。キャビン内システムは、セルラ・サービスをアクティブにする及び電話をかける、電子メールを書き取らせる、移動車の目的地を変更する、移動車のインフォテインメント・システム及び設定をアクティブにする又は変更する、或いは音声起動型ウェブ・サーフィンを提供するために、読唇術を実行することができる。ある特定の機能は、自律モードで動作しているときにのみ運転者に利用可能であり、そうでない場合には無効にされる。

【００８７】

ビデオ画像合成器は、空間的ノイズ低減及び時間的ノイズ低減の両方のための強化された時間的ノイズ低減を含み得る。たとえば、動きがビデオ内で生じた場合、ノイズ低減は、隣接するフレームによって提供される情報の重みを減らし、空間的情報に適切に重みを加える。画像又は画像の一部が動きを含まない場合、ビデオ画像合成器によって実行される時間的ノイズ低減は、前の画像からの情報を使用して現在の画像におけるノイズを減らすことができる。

【００８８】

ビデオ画像合成器はまた、入力ステレオ・レンズ・フレーム上でステレオ・レクティフィケーションを実行するように構成され得る。ビデオ画像合成器はさらに、オペレーティング・システム・デスクトップが使用中であるときにユーザ・インターフェース合成のために使用することができ、ＧＰＵ４０８は、新しい表面を連続してレンダリングために必要とされない。ＧＰＵ４０８の電源が入れられ、３Ｄレンダリングをアクティブに実行しているときでも、ビデオ画像合成器は、ＧＰＵ４０８をオフロードしてパフォーマンス及び反応性を向上させるために使用され得る。

【００８９】

ＳｏＣ４０４は、カメラからビデオ及び入力を受信するためのモバイル・インダストリ・プロセッサ・インターフェース（ＭＩＰＩ：ｍｏｂｉｌｅ　ｉｎｄｕｓｔｒｙ　ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ　ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）カメラ・シリアル・インターフェース、高速インターフェース、及び／又は、カメラ及び関連画素入力機能のために使用され得るビデオ入力ブロックをさらに含み得る。ＳｏＣ４０４は、ソフトウェアによって制御され得る、及び特定の役割にコミットされていないＩ／Ｏ信号を受信するために使用され得る、入力／出力コントローラをさらに含み得る。

ＳｏＣ４０４は、周辺装置、オーディオ・コーデック、電力管理、及び／又は他のデバイスとの通信を可能にするために、広範囲の周辺インターフェースをさらに含み得る。ＳｏＣ４０４は、（たとえば、ギガビット・マルチメディア・シリアル・リンク及びイーサネット（登録商標）を介して接続された）カメラからのデータ、センサ（たとえば、イーサネット（登録商標）を介して接続され得るＬＩＤＡＲセンサ４６４、ＲＡＤＡＲセンサ４６０など）、バス４０２からのデータ（たとえば、移動車４００のスピード、ハンドル位置など）、（たとえば、イーサネット（登録商標）又はＣＡＮバスを介して接続された）ＧＮＳＳセンサ４５８からのデータを処理するために使用され得る。ＳｏＣ４０４は、独自のＤＭＡエンジンを含み得る及びルーティン・データ管理タスクからＣＰＵ４０６を解放するために使用され得る専用の高性能大容量記憶コントローラをさらに含み得る。

【００９０】

ＳｏＣ４０４は、自動化レベル３～５に広がる柔軟なアーキテクチャを有する終端間プラットフォームでもよく、それによって、多様性及び冗長性のためにコンピュータ・ビジョン及びＡＤＡＳ技法を活用し、効率的に使用し、深層学習ツールとともに、柔軟な、信

頼できる運転ソフトウェア・スタックのためのプラットフォームを提供する、総合的機能的安全性アーキテクチャを提供する。ＳｏＣ４０４は、従来のシステムよりも高速で、信頼でき、さらにエネルギ効率がよく、空間効率がよくなり得る。たとえば、加速装置４１４が、ＣＰＵ４０６と結合されるとき、ＧＰＵ４０８、及びデータ・ストア４１６は、レベル３～５の自律型車両のための高速で効率的なプラットフォームを提供することができる。

【００９１】

したがって、本技術は、従来のシステムによって達成することができない能力及び機能性をもたらす。たとえば、コンピュータ・ビジョン・アルゴリズムは、多種多様な視覚的データにわたり多種多様な処理アルゴリズムを実行するために、Ｃプログラミング言語などの高レベルのプログラミング言語を使用して構成され得る、ＣＰＵで実行され得る。しかしながら、ＣＰＵは、しばしば、たとえば、実行時間及び電力消費に関連するものなど、多数のコンピュータ・ビジョン・アプリケーションの性能要件を満たすことができない。具体的には、多数のＣＰＵは、移動車内ＡＤＡＳアプリケーションの要件及び実際のレベル３～５の自律型車両の要件である、リアルタイムでの複合物体検出アルゴリズムを実行することができない。

【００９２】

従来のシステムとは対照的に、ＣＰＵ複合体、ＧＰＵ複合体、及びハードウェア加速クラスタを提供することによって、本明細書に記載の技術は、複数のニューラル・ネットワークが同時に及び／又は連続して実行されることと、レベル３～５の自律運転機能を可能にするために結果が結合されることとを可能にする。たとえば、ＤＬＡ又はｄＧＰＵ（たとえば、ＧＰＵ４２０）で実行するＣＮＮは、ニューラル・ネットワークが具体的にトレーニングされていない標識を含む、交通標識をスーパーコンピュータが読み取る及び理解することを可能にする、テキスト及び単語認識を含み得る。ＤＬＡは、標識の意味論的理解を識別、解釈、及び提供することと、ＣＰＵ複合体で実行する進路計画立案モジュールに意味論的理解を渡すこととを行うことができる、ニューラル・ネットワークをさらに含み得る。

【００９３】

別の実例として、複数のニューラル・ネットワークは、レベル３、４、又は５の運転に必要とされるように、同時に実行され得る。たとえば、電光とともに、「注意：点滅光は、凍った状態を示す」から成る警告標識は、いくつかのニューラル・ネットワークによって独立して又は集合的に解釈され得る。標識自体は、第１の配備されたニューラル・ネットワーク（たとえば、トレーニングされてあるニューラル・ネットワーク）によって交通標識として識別され得、テキスト「点滅光は、凍った状態を示す」は、点滅光が検出されるときには凍った状態が存在することを移動車の進路計画立案ソフトウェア（好ましくはＣＰＵ複合体上で実行する）に知らせる、第２の配備されたニューラル・ネットワークによって解釈され得る。点滅光は、点滅光の存在（又は無いこと）を移動車の進路計画立案ソフトウェアに知らせ、複数のフレームを介して第３の配備されたニューラル・ネットワークを動作させることによって識別され得る。すべての３個のニューラル・ネットワークは、ＤＬＡ内及び／又はＧＰＵ４０８上などで、同時に実行することができる。

【００９４】

いくつかの実例では、顔認識及び移動車所有者識別のためのＣＮＮは、カメラ・センサからのデータを使用して移動車４００の正規の運転者及び／又は所有者の存在を識別することができる。常時オンのセンサ処理エンジンは、所有者が運転席側のドアに近づくときに移動車を解錠する及び明かりをつけるために、並びに、セキュリティ・モードにおいて、所有者が移動車を離れるときに移動車の動作を停止させるために、使用され得る。このようにして、ＳｏＣ４０４は、盗難及び／又は車の乗っ取りに対するセキュリティをもたらす。

【００９５】

別の実例では、緊急車両検出及び識別のためのＣＮＮは、マイクロフォン４９６からの

データを使用して緊急車両サイレンを検出及び識別することができる。一般分類子を使用してサイレンを検出する及び特徴を手動で抽出する従来のシステムとは対照的に、ＳｏＣ４０４は、環境の及び都市の音の分類、並びに視覚的データの分類のためにＣＮＮを使用する。好ましい一実施例では、ＤＬＡ上で実行するＣＮＮは、（たとえば、ドップラー効果を使用することによって）緊急車両の相対的終速度を識別するようにトレーニングされる。ＣＮＮはまた、ＧＮＳＳセンサ４５８によって識別されるように、移動車が稼働しているローカル・エリアに特有の緊急車両を識別するようにトレーニングされ得る。それ故に、たとえば、欧州で稼働しているとき、ＣＮＮは、欧州のサイレンを検出しようとすることになり、そして、米国にあるとき、ＣＮＮは、北米のサイレンのみを識別しようとすることになる。緊急車両が検出された後は、制御プログラムが、緊急車両が通過するまで、超音波センサ４６２の支援を受けて、移動車を減速する、道の端に停止させる、移動車を駐車する、及び／又は移動車をアイドリングさせる、緊急車両安全性ルーティンを実行するために使用され得る。

【００９６】

移動車は、高速相互接続（たとえば、ＰＣＩｅ）を介してＳｏＣ４０４に連結され得るＣＰＵ４１８（たとえば、個別のＣＰＵ、又はｄＣＰＵ）を含み得る。ＣＰＵ４１８は、たとえば、Ｘ８６プロセッサを含み得る。ＣＰＵ４１８は、たとえば、ＡＤＡＳセンサとＳｏＣ４０４との間の潜在的に不整合の結果を調停すること、及び／又はコントローラ４３６及び／又はインフォテインメントＳｏＣ４３０の状況及び調子を監視することを含む、様々な機能のいずれかを実行するために使用され得る。

【００９７】

移動車４００は、高速相互接続（たとえば、ＮＶＩＤＩＡのＮＶＬＩＮＫ）を介してＳｏＣ４０４に連結され得るＧＰＵ４２０（たとえば、個別のＧＰＵ、又はｄＧＰＵ）を含み得る。ＧＰＵ４２０は、冗長及び／又は異なるニューラル・ネットワークを実行することなどによって、付加的人工知能機能をもたらすことができ、移動車４００のセンサからの入力（たとえば、センサ・データ）に基づいてニューラル・ネットワークをトレーニング及び／又は更新するために使用され得る。

【００９８】

移動車４００は、１つ又は複数のワイヤレス・アンテナ４２６（たとえば、セルラ・アンテナ、ブルートゥース（登録商標）・アンテナなど、異なる通信プロトコルのための１つ又は複数のワイヤレス・アンテナ）を含み得るネットワーク・インターフェース４２４をさらに含み得る。ネットワーク・インターフェース４２４は、インターネットを介するクラウドとの（たとえば、サーバ４７８及び／又は他のネットワーク・デバイスとの）、他の移動車との、及び／又は計算デバイス（たとえば、乗客のクライアント・デバイス）とのワイヤレス接続を使用可能にするために使用され得る。他の移動車と通信するために、直接リンクが２個の移動車の間に確立され得る、及び／又は、間接リンクが（たとえば、ネットワークを通じて及びインターネットを介して）確立され得る。直接リンクは、移動車対移動車通信リンクを使用し、提供され得る。移動車対移動車通信リンクは、移動車４００に近接する移動車（たとえば、移動車４００の前の、横の、及び／又は後ろの移動車）に関する移動車４００情報を提供することができる。この機能は、移動車４００の共同適応クルーズ制御機能の一部でもよい。

【００９９】

ネットワーク・インターフェース４２４は、変調及び復調機能を提供する及びコントローラ４３６がワイヤレス・ネットワークを介して通信することを可能にする、ＳｏＣを含み得る。ネットワーク・インターフェース４２４は、ベースバンドから無線周波数へのアップコンバージョン、及び無線周波数からベースバンドへのダウンコンバージョンのための無線周波数フロントエンドを含み得る。周波数コンバージョンは、よく知られているプロセスを通して実行することができ、及び／又はスーパーヘテロダイン・プロセスを用いて実行することができる。いくつかの実例では、無線周波数フロントエンド機能は、別個のチップによって提供され得る。ネットワーク・インターフェースは、ＬＴＥ、ＷＣＤＭ

Ａ（登録商標）、ＵＭＴＳ、ＧＳＭ、ＣＤＭＡ２０００、ブルートゥース（登録商標）、ブルートゥース（登録商標）ＬＥ、Ｗｉ－Ｆｉ、Ｚ－Ｗａｖｅ、ＺｉｇＢｅｅ、ＬｏＲａＷＡＮ、及び／又は他のワイヤレス・プロトコルを介して通信するためのワイヤレス機能を含み得る。
移動車４００は、チップ外の（たとえば、ＳｏＣ４０４外の）ストレージを含み得るデータ・ストア４２８をさらに含み得る。データ・ストア４２８は、ＲＡＭ、ＳＲＡＭ、ＤＲＡＭ、ＶＲＡＭ、フラッシュ、ハードディスク、及び／又は、少なくとも１ビットのデータを記憶することができる他の構成要素及び／又はデバイスを含む、１つ又は複数の記憶素子を含み得る。
【０１００】
車両４００は、マッピング、知覚、占有グリッド生成、及び／又は進路計画策定機能を支援するためにＧＮＳＳセンサ４５８（たとえば、ＧＰＳ及び又は支援されたＧＰＳセンサ）をさらに含み得る。たとえば、シリアル（ＲＳ－２３２）ブリッジへのイーサネット（登録商標）を有するＵＳＢコネクタを使用するＧＰＳを含むが、これに限定されない、任意の数のＧＮＳＳセンサ４５８が、使用され得る。
移動車４００は、ＲＡＤＡＲセンサ４６０をさらに含み得る。ＲＡＤＡＲセンサ４６０は、暗闇及び／又は厳しい気象条件においても、長距離移動車検出のために移動車４００によって使用され得る。ＲＡＤＡＲ機能安全性レベルは、ＡＳＩＬ　Ｂでもよい。一部の実例では、ＲＡＤＡＲセンサ４６０は、未加工のデータにアクセスするためのイーサネット（登録商標）へのアクセスを用いて、制御のために及び物体追跡データにアクセスするために（たとえば、ＲＡＤＡＲセンサ４６０によって生成されたデータを送信するために）ＣＡＮ及び／又はバス４０２を使用することができる。多種多様なＲＡＤＡＲセンサ・タイプが、使用され得る。たとえば、そして制限なしに、ＲＡＤＡＲセンサ４６０は、前部、後部、及び側部ＲＡＤＡＲ使用に適し得る。一部の実例では、パルス・ドップラーＲＡＤＡＲセンサが使用される。
【０１０１】
ＲＡＤＡＲセンサ４６０は、狭い視野を有する長距離、広い視野を有する短距離、短距離側部カバレッジなど、異なる構成を含み得る。いくつかの実例では、長距離ＲＡＤＡＲは、適応クルーズ制御機能のために使用され得る。長距離ＲＡＤＡＲシステムは、２５０ｍの範囲内など、２個以上の独立したスキャンによって実現される広い視野を提供することができる。ＲＡＤＡＲセンサ４６０は、静的物体と動く物体との区別を助けることができ、緊急ブレーキ・アシスト及び前方衝突警報のためのＡＤＡＳシステムによって使用され得る。長距離ＲＡＤＡＲセンサは、複数の（たとえば、６つ以上の）固定ＲＡＤＡＲアンテナと高速ＣＡＮ及びＦｌｅｘＲａｙインターフェースとを有するモノスタティック・マルチモーダルＲＡＤＡＲを含み得る。６つのアンテナを有する一実例では、中央の４個のアンテナは、隣接レーン内の交通からの干渉を最小限にして高速で移動車４００の周囲を記録するように設計された、集束ビーム・パターンを作成し得る。他の２個のアンテナは、視野を広げることができ、移動車４００のレーンに入る又はこれを去る移動車を迅速に検出することを可能にする。
【０１０２】
一実例として、中距離ＲＡＤＡＲシステムは、４６０ｍ（前）又は８０ｍ（後）までの範囲、及び４２度（前）又は４５０度（後）までの視野を含み得る。短距離ＲＡＤＡＲシステムは、後部バンパの両端に設置されるように設計されたＲＡＤＡＲセンサを含み得るが、これに限定されない。後部バンパの両端に設置されるとき、そのようなＲＡＤＡＲセンサ・システムは、移動車の後ろ及び隣の死角を常に監視する２個のビームを作成することができる。
【０１０３】
短距離ＲＡＤＡＲシステムは、死角検出及び／又はレーン変更アシストのためにＡＤＡＳシステムにおいて使用され得る。
【０１０４】

移動車４００は、超音波センサ４６２をさらに含み得る。移動車４００の前部、後部、及び／又は側部に位置付けられ得る、超音波センサ４６２は、駐車アシストのために及び／又は占有グリッドの作成及び更新のために使用され得る。多種多様な超音波センサ４６２が使用され得、異なる超音波センサ４６２が、異なる範囲の検出（たとえば、２．５ｍ、４ｍ）のために使用され得る。超音波センサ４６２は、ＡＳＩＬ　Ｂの機能的安全性レベルにおいて動作することができる。

【０１０５】

移動車４００はＬＩＤＡＲセンサ４６４を含み得る。ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、物体及び歩行者検出、緊急ブレーキ、衝突回避、及び／又は他の機能のために使用され得る。ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、機能的安全性レベルＡＳＩＬ　Ｂでもよい。いくつかの実例では、移動車４００は、（たとえば、ギガビット・イーサネット（登録商標）・スイッチにデータを提供するために）イーサネット（登録商標）を使用することができる複数の（たとえば、２個、４個、６個などの）ＬＩＤＡＲセンサ４６４を含み得る。

【０１０６】

いくつかの実例では、ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、物体及び３６０度視野のそれらの距離のリストを提供する能力を有し得る。市販のＬＩＤＡＲセンサ４６４は、たとえば、２ｃｍ～３ｃｍの精度を有し、１００Ｍｂｐｓイーサネット（登録商標）接続のサポートを有して、約１００ｍの広告された範囲を有し得る。いくつかの実例では、１つ又は複数の非突出したＬＩＤＡＲセンサ４６４が、使用され得る。そのような実例では、ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、移動車４００の前部、後部、側部、及び／又は角に組み込まれ得る小さいデバイスとして実装され得る。そのような実例では、ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、低反射物体についても２００ｍの範囲を有し、１２０度水平及び３５度垂直視野まで提供することができる。前部に取り付けられたＬＩＤＡＲセンサ４６４は、４５度と１３５度との間の水平視野向けに構成され得る。

【０１０７】

いくつかの実例では、３ＤフラッシュＬＩＤＡＲなどのＬＩＤＡＲ技術もまた使用され得る。３ＤフラッシュＬＩＤＡＲは、約２００ｍまで移動車の周囲を照らすために、送信元としてレーザーのフラッシュを使用する。フラッシュＬＩＤＡＲユニットは、移動車から物体までの範囲に順番に対応する、レーザー・パルス走行時間及び各画素上の反射光を記録する、レセプタを含む。フラッシュＬＩＤＡＲは、周囲の高精度の及び歪みのない画像があらゆるレーザー・フラッシュで生成されることを可能にし得る。いくつかの実例では、４個のフラッシュＬＩＤＡＲセンサが、移動車４００の各側面に１つずつ、配備され得る。利用可能な３ＤフラッシュＬＩＤＡＲシステムは、送風機以外に動く部分を有さないソリッドステート３Ｄステアリング・アレイＬＩＤＡＲカメラ（たとえば、非スキャン型ＬＩＤＡＲデバイス）を含む。フラッシュＬＩＤＡＲデバイスは、１フレームにつき５ナノ秒クラスＩ（目に安全な）レーザー・パルスを使用することができ、３Ｄ範囲点群及び共記載された強度データの形で反射レーザー光をキャプチャし得る。フラッシュＬＩＤＡＲを使用することによって、また、フラッシュＬＩＤＡＲは、動く部分を有さないソリッドステート・デバイスであるので、ＬＩＤＡＲセンサ４６４は、モーション・ブラー、振動、及び／又は衝撃の影響を受けにくくなり得る。

【０１０８】

移動車は、ＩＭＵセンサ４６６をさらに含み得る。一部の実例では、ＩＭＵセンサ４６６は、移動車４００の後部車軸の中央に位置付けられ得る。ＩＭＵセンサ４６６は、たとえば、加速度計、磁力計、ジャイロスコープ、磁気コンパス、及び／又は他のセンサ・タイプを含み得るが、これらに限定されない。いくつかの実例では、６軸アプリケーションなどにおいて、ＩＭＵセンサ４６６は、加速度計及びジャイロスコープを含み得るが、９軸アプリケーションにおいて、ＩＭＵセンサ４６６は、加速度計、ジャイロスコープ、及び磁力計を含み得る。

【０１０９】

一部の実施例では、ＩＭＵセンサ４６６は、マイクロ電気機械システム（ＭＥＭＳ：m

ｉｃｒｏ－ｅｌｅｃｔｒｏ－ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ ｓｙｓｔｅｍ）慣性センサ、高感度ＧＰＳレシーバ、及び高度カルマン・フィルタリング・アルゴリズムを結合して位置、ベロシティ、及び姿勢の推定値を提供するミニチュア、高性能ＧＰＳ支援型慣性航行システム（ＧＰＳ／ＩＮＳ：ＧＰＳ－Ａｉｄｅｄ Ｉｎｅｒｔｉａｌ Ｎａｖｉｇａｔｉｏｎ Ｓｙｓｔｅｍ）として実装され得る。そのようなものとして、一部の実例では、ＩＭＵセンサ４６６は、ＧＰＳからＩＭＵセンサ４６６までのベロシティの変化を直接観測すること及び関連付けることによって、磁気センサからの入力を必要とせずに進行方向を移動車４００が推定することを可能にし得る。いくつかの実例では、ＩＭＵセンサ４６６及びＧＮＳＳセンサ４５８は、単一の統合されたユニットにおいて結合され得る。

移動車は、移動車４００内及び／又は周囲に置かれたマイクロフォン４９６を含み得る。マイクロフォン４９６は、中でも、緊急車両検出及び識別のために使用され得る。

【０１１０】

移動車は、ステレオ・カメラ４６８、ワイドビュー・カメラ４７０、赤外線カメラ４７２、サラウンド・カメラ４７４、長距離及び／又は中距離カメラ４９８、及び／又は他のカメラ・タイプを含む、任意の数のカメラ・タイプをさらに含み得る。カメラは、移動車４００の全外面の周りの画像データをキャプチャするために使用され得る。使用されるカメラのタイプは、移動車４００の実施例及び要件に応じて決まり、任意の組合せのカメラ・タイプが、移動車４００の周りの必要なカバレッジを実現するために使用され得る。加えて、カメラの数は、実施例に応じて異なり得る。たとえば、移動車は、６個のカメラ、７個のカメラ、１０個のカメラ、１２個のカメラ、及び／又は別の数のカメラを含み得る。カメラは、一実例として、ギガビット・マルチメディア・シリアル・リンク（ＧＭＳＬ：Ｇｉｇａｂｉｔ Ｍｕｌｔｉｍｅｄｉａ Ｓｅｒｉａｌ Ｌｉｎｋ）及び／又はギガビット・イーサネット（登録商標）をサポートし得るが、これに限定されない。それぞれのカメラは、図４Ａ及び図４Ｂに関連して本明細書においてさらに詳しく説明される。

【０１１１】

移動車４００は、振動センサ４４２をさらに含み得る。振動センサ４４２は、車軸など、移動車の構成要素の振動を測定することができる。たとえば、振動の変化は、道路の表面の変化を示し得る。別の実例では、２個以上の振動センサ４４２が使用されるとき、振動の差は、道路表面の摩擦又は滑りを判定するために使用され得る（たとえば、振動の差が電力駆動車軸と自由回転車軸との間であるとき）。

【０１１２】

移動車４００は、ＡＤＡＳシステム４３８を含み得る。一部の実例では、ＡＤＡＳシステム４３８は、ＳｏＣを含み得る。ＡＤＡＳシステム４３８は、自律／適応／自動クルーズ制御（ＡＣＣ：ａｕｔｏｎｏｍｏｕｓ／ａｄａｐｔｉｖｅ／ａｕｔｏｍａｔｉｃ ｃｒｕｉｓｅ ｃｏｎｔｒｏｌ）、共同適応クルーズ制御（ＣＡＣＣ：ｃｏｏｐｅｒａｔｉｖｅ ａｄａｐｔｉｖｅ ｃｒｕｉｓｅ ｃｏｎｔｒｏｌ）、前方衝突警報（ＦＣＷ：ｆｏｒｗａｒｄ ｃｒａｓｈ ｗａｒｎｉｎｇ）、自動緊急ブレーキ（ＡＥＢ：ａｕｔｏｍａｔｉｃ ｅｍｅｒｇｅｎｃｙ ｂｒａｋｉｎｇ）、車線逸脱警報（ＬＤＷ：ｌａｎｅ ｄｅｐａｒｔｕｒｅ ｗａｒｎｉｎｇ）、レーン・キープ・アシスト（ＬＫＡ：ｌａｎｅ ｋｅｅｐ ａｓｓｉｓｔ）、死角警報（ＢＳＷ：ｂｌｉｎｄ ｓｐｏｔ ｗａｒｎｉｎｇ）、後部交差交通警報（ＲＣＴＷ：ｒｅａｒ ｃｒｏｓｓ－ｔｒａｆｆｉｃ ｗａｒｎｉｎｇ）、衝突警報システム（ＣＷＳ：ｃｏｌｌｉｓｉｏｎ ｗａｒｎｉｎｇ ｓｙｓｔｅｍ）、レーン・センタリング（ＬＣ：ｌａｎｅ ｃｅｎｔｅｒｉｎｇ）、及び／又は他の特徴及び機能を含み得る。

【０１１３】

ＡＣＣシステムは、ＲＡＤＡＲセンサ４６０、ＬＩＤＡＲセンサ４６４、及び／又はカメラを使用し得る。ＡＣＣシステムは、縦ＡＣＣ及び／又は横ＡＣＣを含み得る。縦ＡＣＣは、移動車４００の直ぐ前の移動車までの距離を監視及び制御し、前方の移動車からの安全距離を維持するために移動車速度を自動的に調整する。横ＡＣＣは、距離の保持を実行し、必要なときにレーンを変更するように移動車４００にアドバイスする。横ＡＣＣは

、ＬＣＡ及びＣＷＳなどの他のＡＤＡＳアプリケーションに関連する。
【０１１４】
ＣＡＣＣは、ワイヤレス・リンクを介して他の移動車からネットワーク・インターフェース４２４及び／又はワイヤレス・アンテナ４２６を介して、或いは間接的にネットワーク接続を介して（たとえば、インターネットを介して）、受信することができる、他の移動車からの情報を使用する。直接リンクは、移動車対移動車（Ｖ２Ｖ：ｖｅｈｉｃｌｅ－ｔｏ－ｖｅｈｉｃｌｅ）通信リンクによって提供され得、一方、間接リンクは、インフラストラクチャ対移動車（Ｉ２Ｖ：ｉｎｆｒａｓｔｒｕｃｔｕｒｅ－ｔｏ－ｖｅｈｉｃｌｅ）通信リンクでもよい。一般に、Ｖ２Ｖ通信概念は、直前の移動車（たとえば、移動車４００と同じレーン内にある、移動車４００の直ぐ前の移動車）に関する情報を提供し、一方、Ｉ２Ｖ通信概念は、さらに前の交通に関する情報を提供する。ＣＡＣＣシステムは、Ｉ２Ｖ情報ソースとＶ２Ｖ情報ソースとのいずれか又は両方を含み得る。移動車４００の前方の移動車の情報を所与として、ＣＡＣＣは、より高信頼になり得、ＣＡＣＣは、交通の流れをよりスムーズにし、道路の渋滞を減らす可能性を有する。
【０１１５】
運転者が修正行動を取ることができるように、ＦＣＷシステムは、危険を運転者に警告するように設計される。ＦＣＷシステムは、ディスプレイ、スピーカ、及び／又は振動部品など、運転者フィードバックに電気的に連結された、専用のプロセッサ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、及び／又はＡＳＩＣに連結された、前向きのカメラ及び／又はＲＡＤＡＲセンサ４６０を使用する。ＦＣＷシステムは、音響、視覚的警報、振動及び／又はクイック・ブレーキ・パルスなどの形で、警報を提供することができる。
【０１１６】
ＡＥＢシステムは、別の移動車又は他の物体との差し迫った前方衝突を検出し、運転者が指定された時間又は距離パラメータ内に修正行動を取らない場合に、ブレーキを自動的に適用することができる。ＡＥＢシステムは、専用のプロセッサ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、及び／又はＡＳＩＣに連結された、前向きのカメラ及び／又はＲＡＤＡＲセンサ４６０を使用することができる。ＡＥＢシステムが危険を検出するとき、ＡＥＢシステムは通常は、先ず、衝突を回避するための修正行動を取るように運転者に警告し、運転者が修正行動を取らない場合、ＡＥＢシステムは、予測される衝突の影響を防ぐ、又は少なくとも軽減するための努力の一環としてブレーキを自動的に適用することができる。ＡＥＢシステムは、ダイナミック・ブレーキ・サポート及び／又は衝突切迫ブレーキなどの技法を含み得る。
【０１１７】
ＬＤＷシステムは、ハンドル又はシートの振動など、視覚的、可聴式、及び／又は触覚的警報を提供して、移動車４００が車線区分線を越えたときに運転者に警告する。ＬＤＷシステムは、運転者が、方向指示器を起動することによって、意図的な車線逸脱を指示するときには、起動しない。ＬＤＷシステムは、ディスプレイ、スピーカ、及び／又は振動部品など、運転者フィードバックに電気的に連結された、専用のプロセッサ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、及び／又はＡＳＩＣに連結された、前側を向いたカメラを使用することができる。
【０１１８】
ＬＫＡシステムは、ＬＤＷシステムの変更形態である。ＬＫＡシステムは、移動車４００が車線をはみ出し始めた場合に移動車４００を修正するためにステアリング入力又はブレーキを提供する。
ＢＳＷシステムは、自動車の死角において移動車の運転者に検出及び警告する。ＢＳＷシステムは、合流又はレーンの変更が安全ではないことを指示するために視覚的、可聴式、及び／又は触覚的警告を提供することができる。システムは、運転者が方向指示器を使用するときに、付加的警告を提供することができる。ＢＳＷシステムは、運転者フィードバック、たとえば、ディスプレイ、スピーカ、及び／又は振動部品、に電気的に結合された、専用プロセッサ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、及び／又はＡＳＩＣに結合された、後ろ側を向いたカメラ及び／又はＲＡＤＡＲセンサ４６０を使用することができる。
【０１１９】

ＲＣＴＷシステムは、車両４００がバックしているときにリアカメラの範囲外で物体が検出されたときに視覚的、可聴式、及び／又は触覚的通知を提供することができる。いくつかのＲＣＴＷシステムは、衝突を回避するために車両ブレーキが適用されることを確実にするために、ＡＥＢを含む。ＲＣＴＷシステムは、運転者フィードバック、たとえば、ディスプレイ、スピーカ、及び／又は振動部品、に電気的に結合された、専用プロセッサ、ＤＳＰ、ＦＰＧＡ、及び／又はＡＳＩＣに結合された、１つ又は複数の後ろを向いたＲＡＤＡＲセンサ４６０を使用することができる。

【０１２０】

従来のＡＤＡＳシステムは、運転者に警告し、安全状態が本当に存在するかどうかを運転者が判定し、それに応じて行動することを可能にするので、従来のＡＤＡＳシステムは、通常は壊滅的ではないが、運転者を悩ませている及び気を散らせていることがある誤判定結果を生み出す傾向にあることがあった。しかしながら、自律型車両４００では、結果が矛盾する場合には、移動車４００自体が、１次的コンピュータ又は２次的コンピュータ（たとえば、第１のコントローラ４３６又は第２のコントローラ４３６）からの結果を聞き入れるかどうかを決定しなければならない。たとえば、一部の実施例では、ＡＤＡＳシステム４３８は、知覚情報をバックアップ・コンピュータ合理性モジュールに提供するためのバックアップ及び／又は２次的コンピュータでもよい。バックアップ・コンピュータ合理性モニタは、ハードウェア構成要素で冗長な多様なソフトウェアを実行して、知覚及び動的運転タスクにおいて障害を検出することができる。ＡＤＡＳシステム４３８からの出力は、監督ＭＣＵに提供され得る。１次的コンピュータ及び２次的コンピュータからの出力が矛盾する場合、監督ＭＣＵは、安全な動作を確実にするためにその矛盾をどのように調整するかを決定する必要がある。

【０１２１】

いくつかの実例では、１次的コンピュータは、選択された結果における１次的コンピュータの信頼性を指示する、信頼性スコアを監督ＭＣＵに提供するように構成され得る。信頼性スコアが閾値を超えた場合、監督ＭＣＵは、２次的コンピュータが矛盾する又は不整合の結果を与えるかどうかにかかわらず、１次的コンピュータの指示に従い得る。信頼性スコアが閾値を満たさない場合、及び１次的及び２次的コンピュータが異なる結果を示す（たとえば、矛盾する）場合、監督ＭＣＵは、コンピュータの間で調停して適切な結果を決定することができる。

【０１２２】

監督ＭＣＵは、２次的コンピュータが誤ったアラームを提供する状態を、１次的コンピュータ及び２次的コンピュータからの出力に基づいて、判定するようにトレーニング及び構成されたニューラル・ネットワークを実行するように構成され得る。したがって、監督ＭＣＵ内のニューラル・ネットワークは、２次的コンピュータの出力が信頼できるとき、及びそれが信頼できないときを学習することができる。たとえば、２次的コンピュータがＲＡＤＡＲベースのＦＣＷシステムであるとき、監督ＭＣＵ内のニューラル・ネットワークは、アラームをトリガする下水溝の鉄格子又はマンホールの蓋など、実際には危険ではない金属製の物をいつＦＣＷが識別しているかを学習することができる。同様に、２次的コンピュータがカメラベースのＬＤＷシステムであるとき、監督ＭＣＵ内のニューラル・ネットワークは、自転車に乗った人又は歩行者が存在し、車線逸脱が、実際には、最も安全な操作であるときに、ＬＤＷを無視することを学習することができる。監督ＭＣＵ上で実行中のニューラル・ネットワークを含む実施例では、監督ＭＣＵは、関連メモリを有するニューラル・ネットワークを実行するのに適したＤＬＡ又はＧＰＵのうちの少なくとも１つを含み得る。好ましい実施例において、監督ＭＣＵは、ＳｏＣ４０４の構成要素を備え得る、及び／又はＳｏＣ４０４の構成要素として含まれ得る。

【０１２３】

他の実例において、ＡＤＡＳシステム４３８は、コンピュータ・ビジョンの従来のルールを使用するＡＤＡＳ機能を実行する２次的コンピュータを含み得る。そのようなものとして、２次的コンピュータは、古典的コンピュータ・ビジョン・ルール（ｉｆ－ｔｈｅｎ

）を使用することができ、監督ＭＣＵ内のニューラル・ネットワークの存在は、信頼性、安全性及び性能を向上させることができる。たとえば、多様な実装形態及び意図的な非同一性は、特にソフトウェア（又はソフトウェア－ハードウェア・インターフェース）機能によって引き起こされる障害に対して、システム全体をよりフォールトトレラントにする。たとえば、１次的コンピュータで実行中のソフトウェア内にソフトウェア・バグ又はエラーが存在し、２次的コンピュータで実行中の同一でないソフトウェア・コードが同じ総合的結果を提供する場合、監督ＭＣＵは、総合的結果は正しく、１次的コンピュータによって使用されるソフトウェア又はハードウェア内のバグは重大なエラーを引き起こしていないというより大きな確信を有し得る。

【０１２４】

いくつかの実例では、ＡＤＡＳシステム４３８の出力は、１次的コンピュータの知覚ブロック及び／又は１次的コンピュータの動的運転タスク・ブロックに供給され得る。たとえば、ＡＤＡＳシステム４３８が、直ぐ前の物体が原因で、前方衝突警報を示した場合、知覚ブロックは、物体を識別するときに、この情報を使用することができる。他の実例において、２次的コンピュータは、本明細書に記載のように、トレーニングされ、それ故に誤判定のリスクを減らす、独自のニューラル・ネットワークを有し得る。

【０１２５】

移動車４００は、インフォテインメントＳｏＣ４３０（たとえば、移動車内のインフォテインメント・システム（ＩＶＩ：ｉｎ－ｖｅｈｉｃｌｅ　ｉｎｆｏｔａｉｎｍｅｎｔ　ｓｙｓｔｅｍ））をさらに含み得る。ＳｏＣとして図示及び記述されているが、インフォテインメント・システムは、ＳｏＣでなくてもよく、２個以上の個別の構成要素を含み得る。インフォテインメントＳｏＣ４３０は、オーディオ（たとえば、音楽、携帯情報端末、ナビゲーション命令、ニュース、無線など）、ビデオ（たとえば、ＴＶ、映画、ストリーミングなど）、電話（たとえば、ハンズフリー通話）、ネットワーク接続（たとえば、ＬＴＥ、Ｗｉ－Ｆｉなど）、及び／又は情報サービス（たとえば、ナビゲーション・システム、後方駐車支援、無線データシステム、燃料レベル、総移動距離、ブレーキ燃料レベル、オイル・レベル、ドアを開ける／閉じる、エア・フィルタ情報などの移動車関連情報）を移動車４００に提供するために使用され得るハードウェア及びソフトウェアの組合せを含み得る。たとえば、インフォテインメントＳｏＣ４３０は、無線、ディスク・プレイヤ、ナビゲーション・システム、ビデオ・プレイヤ、ＵＳＢ及びブルートゥース（登録商標）接続、カーピュータ、車内エンターテインメント、Ｗｉ－Ｆｉ、ハンドル・オーディオ制御装置、ハンズ・フリー音声制御、ヘッドアップ・ディスプレイ（ＨＵＤ：ｈｅａｄｓ－ｕｐ　ｄｉｓｐｌａｙ）、ＨＭＩディスプレイ４３４、テレマティックス・デバイス、制御パネル（たとえば、様々な構成要素、特徴、及び／又はシステムを制御する及び／又はこれと相互に作用するための）、及び／又は他の構成要素を含み得る。インフォテインメントＳｏＣ４３０は、ＡＤＡＳシステム４３８からの情報、計画された移動車操作などの自律運転情報、軌道、周囲環境情報（たとえば、交差点情報、移動車情報、道路情報など）、及び／又は他の情報など、移動車のユーザへの情報（たとえば、視覚的及び／又は可聴式の）を提供するためにさらに使用され得る。

【０１２６】

インフォテインメントＳｏＣ４３０は、ＧＰＵ機能性を含み得る。インフォテインメントＳｏＣ４３０は、バス４０２（たとえば、ＣＡＮバス、イーサネット（登録商標）など）を介して、移動車４００の他のデバイス、システム、及び／又は構成要素と通信することができる。いくつかの実例では、インフォテインメント・システムのＧＰＵが、１次的コントローラ４３６（たとえば、移動車４００の１次的及び／又はバックアップ・コンピュータ）が故障した場合に、いくつかのセルフドライブ機能を実行することができるように、インフォテインメントＳｏＣ４３０は、監督ＭＣＵに連結され得る。そのような実例では、インフォテインメントＳｏＣ４３０は、本明細書に記載のように、移動車４００をショーファーの安全停止モードにすることができる。

【０１２７】

移動車４００は、計器群４３２（たとえば、デジタル・ダッシュ、電子計器群、デジタル計器パネルなど）をさらに含み得る。計器群４３２は、コントローラ及び／又はスーパーコンピュータ（たとえば、個別のコントローラ又はスーパーコンピュータ）を含み得る。計器群４３２は、スピードメーター、燃料レベル、油圧、タコメーター、オドメーター、方向指示器、ギアシフト位置インジケータ、シート・ベルト警告灯、パーキングブレーキ警告灯、エンジン故障灯、エアバッグ（ＳＲＳ）システム情報、照明制御装置、安全システム制御装置、ナビゲーション情報など、１セットの器具類を含み得る。いくつかの実例では、情報は、インフォテインメントＳｏＣ４３０及び計器群４３２の間で表示及び／又は共有され得る。言い換えれば、計器群４３２は、インフォテインメントＳｏＣ４３０の一部として含まれてもよく、逆もまた同様である。

【０１２８】

図４Ｄは、本開示のいくつかの実施例による、図４Ａのクラウドベースのサーバと例示的自律型車両４００との間の通信のシステム図である。システム４７６は、サーバ４７８、ネットワーク４９０、及び、移動車４００を含む移動車を含み得る。サーバ４７８は、複数のＧＰＵ４８４（Ａ）～４８４（Ｈ）（本明細書でＧＰＵ４８４と総称される）、ＰＣＩｅスイッチ４８２（Ａ）～４８２（Ｈ）（本明細書でＰＣＩｅスイッチ４８２と総称される）、及び／又はＣＰＵ４８０（Ａ）～４８０（Ｂ）（本明細書でＣＰＵ４８０と総称される）を含み得る。ＧＰＵ４８４、ＣＰＵ４８０、及びＰＣＩｅスイッチは、たとえば、ＮＶＩＤＩＡによって開発されたＮＶＬｉｎｋインターフェース４８８及び／又はＰＣＩｅ接続４８６などの、これらに限定されない、高速相互接続で相互に接続され得る。いくつかの実例では、ＧＰＵ４８４は、ＮＶＬｉｎｋ及び／又はＮＶＳｗｉｔｃｈ ＳｏＣを介して接続され、ＧＰＵ４８４及びＰＣＩｅスイッチ４８２は、ＰＣＩｅ相互接続を介して接続される。８個のＧＰＵ４８４、２個のＣＰＵ４８０、及び２個のＰＣＩｅスイッチが図示されているが、これは制限を意図されていない。実施例に応じて、それぞれのサーバ４７８は、任意の数のＧＰＵ４８４、ＣＰＵ４８０、及び／又はＰＣＩｅスイッチを含み得る。たとえば、サーバ４７８は、それぞれ、８個、１６個、３２個、及び／又はそれ以上のＧＰＵ４８４を含み得る。

【０１２９】

サーバ４７８は、最近開始された道路工事など、予想外の又は変更された道路状態を示す画像を表す画像データを、ネットワーク４９０を介して、移動車から、受信することができる。サーバ４７８は、ニューラル・ネットワーク４９２、更新されたニューラル・ネットワーク４９２、及び／又は、交通及び道路状態に関する情報を含むマップ情報４９４をネットワーク４９０を介して移動車に送信することができる。マップ情報４９４の更新は、建設現場、くぼみ、迂回路、洪水、及び／又は他の障害物に関する情報など、ＨＤマップ４２２の更新を含み得る。いくつかの実例では、ニューラル・ネットワーク４９２、更新されたニューラル・ネットワーク４９２、及び／又はマップ情報４９４は、環境において任意の数の移動車から受信されたデータにおいて表された新しいトレーニング及び／又は経験から、及び／又は（たとえば、サーバ４７８及び／又は他のサーバを使用する）データ・センタにおいて実行されたトレーニングに基づいて、生じた可能性がある。

【０１３０】

サーバ４７８は、トレーニング・データに基づいてマシン学習モデル（たとえば、ニューラル・ネットワーク）をトレーニングするために使用され得る。トレーニング・データは、移動車によって生成され得る、及び／又は（たとえば、ゲーム・エンジンを使用して）シミュレーションにおいて生成され得る。いくつかの実例では、トレーニング・データは、タグ付けされる（たとえば、ニューラル・ネットワークが、監督された学習の恩恵を受ける場合）及び／又は他の事前処理を受けるが、他の実例において、トレーニング・データは、タグ付け及び／又は事前処理されない（たとえば、ニューラル・ネットワークが、監督された学習を必要としない場合）。トレーニングは、たとえば以下のクラスを含むがこれらに限定されない、任意の１つ又は複数のクラスのマシン学習技法に従って、実行され得る：監視されたトレーニング、半監視されたトレーニング、監視されていないトレ

ーニング、自己学習、強化学習、連合型学習、転移学習、特徴学習（主要構成要素及びクラスタ分析を含む）、マルチ線形部分空間学習、多様体学習、表現学習（予備辞書学習を含む）、ルールに基づくマシン学習、異常検出、及びそれらの変更形態若しくは組合せ。マシン学習モデルがトレーシングされた後は、マシン学習モデルは、移動車によって使用され得（たとえば、ネットワーク４９０を介して移動車に送信される）、及び／又は、マシン学習モデルは、移動車を遠隔監視するために、サーバ４７８によって使用され得る。

【０１３１】

いくつかの実例では、サーバ４７８は、移動車からデータを受信し、リアルタイムのインテリジェント推論のために最新のリアルタイムのニューラル・ネットワークにデータを適用することができる。サーバ４７８は、ＮＶＩＤＩＡによって開発されたＤＧＸ及びＤＧＸステーション・マシンなど、ＧＰＵ４８４によって電力供給される深層学習スーパーコンピュータ及び／又は専用のＡＩコンピュータを含み得る。しかしながら、一部の実例では、サーバ４７８は、ＣＰＵ電源式データ・センタのみを使用する深層学習インフラストラクチャを含み得る。

【０１３２】

サーバ４７８の深層学習インフラストラクチャは、高速のリアルタイム推論の能力を有することでき、その能力を使用して移動車４００内のプロセッサ、ソフトウェア、及び／又は関連ハードウェアの調子を評価及び検証することができる。たとえば、深層学習インフラストラクチャは、移動車４００がそのシーケンスの画像内に位置したシーケンスの画像及び／又は物体など、移動車４００からの定期的更新を受信することができる（たとえば、コンピュータ・ビジョン及び／又は他のマシン学習物体分類技法を介して）。深層学習インフラストラクチャは、物体を識別し、移動車４００によって識別された物体とそれらを比較するために、独自のニューラル・ネットワークを実行することができ、結果が一致せず、インフラストラクチャが、移動車４００内のＡＩは正常に機能していないという結論を下した場合、サーバ４７８は、制御を推測し、乗客に通知し、安全な駐車操作を完了するように移動車４００のフェイルセーフ・コンピュータに命じる移動車４００への信号を送信することができる。

【０１３３】

推論のために、サーバ４７８は、ＧＰＵ４８４及び１つ又は複数のプログラマブル推論加速装置（たとえば、ＮＶＩＤＩＡのＴｅｎｓｏｒＲＴ）を含み得る。ＧＰＵ電源式サーバ及び推論加速の組合せは、リアルタイムの反応性を可能にすることができる。パフォーマンスがさほど必要とされない場合など、他の実例では、ＣＰＵ、ＦＰＧＡ、及び他のプロセッサによって電力供給されるサーバが、推論のために使用され得る。

【０１３４】

図５は、本開示のいくつかの実施例の実装に使用するのに適した計算デバイス５００の一実例のブロック図である。計算デバイス５００は、以下のデバイスを間接的に又は直接的につなぐ相互接続システム５０２を含み得る：メモリ５０４、１つ又は複数の中央処理装置（ＣＰＵ）５０６、１つ又は複数のグラフィック処理ユニット（ＧＰＵ）５０８、通信インターフェース５１０、Ｉ／Ｏポート５１２、入力／出力構成要素５１４、電力供給装置５１６、１つ又は複数の提示構成要素５１８（たとえば、ディスプレイ）、及び１つ又は複数の論理ユニット５２０。

【０１３５】

図５の様々なブロックは、線で相互接続システム５０２を介して接続しているように示されているが、これは制限することを意図されておらず、単に分かりやすくするためである。たとえば、一部の実施例では、表示デバイスなどの提示構成要素５１８は、Ｉ／Ｏ構成要素５１４と考えられ得る（たとえば、ディスプレイがタッチ・スクリーンである場合）。別の実例として、ＣＰＵ５０６及び／又はＧＰＵ５０８はメモリを含み得る（たとえば、メモリ５０４は、ＧＰＵ５０８、ＣＰＵ５０６、及び／又は他の構成要素のメモリに加えた記憶デバイスを表し得る）。言い換えれば、図５の計算デバイスは、単に例示である。「ワークステーション」、「サーバ」、「ラップトップ」、「デスクトップ」、「タ

ブレット」、「クライアント・デバイス」、「モバイル・デバイス」、「ハンドヘルド・デバイス」、「ゲーム機」、「電子制御ユニット（ＥＣＵ：ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃ ｃｏｎｔｒｏｌ ｕｎｉｔ）」、「仮想現実システム」、「拡張現実システム」、及び／又は他のデバイス若しくはシステム・タイプなどのカテゴリはすべて、図５の計算デバイスの範囲内にあることが意図されているので、これらは区別されない。

【０１３６】

相互接続システム５０２は、１つ又は複数のリンク又はバス、たとえば、アドレス・バス、データ・バス、制御バス、又はその組合せ、を表し得る。相互接続システム５０２は、１つ又は複数のバス又はリンク・タイプ、たとえば、業界標準アーキテクチャ（ＩＳＡ：ｉｎｄｕｓｔｒｙ ｓｔａｎｄａｒｄ ａｒｃｈｉｔｅｃｔｕｒｅ）バス、拡張業界標準アーキテクチャ（ＥＩＳＡ：ｅｘｔｅｎｄｅｄ ｉｎｄｕｓｔｒｙ ｓｔａｎｄａｒｄ ａｒｃｈｉｔｅｃｔｕｒｅ）バス、ＶＥＳＡ（ｖｉｄｅｏ ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ ｓｔａｎｄａｒｄｓ ａｓｓｏｃｉａｔｉｏｎ）バス、周辺構成要素相互接続（ＰＣＩ：ｐｅｒｉｐｈｅｒａｌ ｃｏｍｐｏｎｅｎｔ ｉｎｔｅｒｃｏｎｎｅｃｔ）バス、周辺構成要素相互接続エクスプレス（ＰＣＩｅ：ｐｅｒｉｐｈｅｒａｌ ｃｏｍｐｏｎｅｎｔ ｉｎｔｅｒｃｏｎｎｅｃｔ ｅｘｐｒｅｓｓ）バス、及び／又は別のタイプのバス若しくはリンク、を含み得る。一部の実施例では、構成要素の間に直接接続が存在する。一実例として、ＣＰＵ５０６は、メモリ５０４に直接接続され得る。さらに、ＣＰＵ５０６は、ＧＰＵ５０８に直接接続され得る。構成要素の間に直接、又はポイント対ポイント接続が存在する場合、相互接続システム５０２は、接続を実施するためのＰＣＩｅリンクを含み得る。これらの実例では、ＰＣＩバスは、計算デバイス５００に含まれる必要はない。

【０１３７】

メモリ５０４は、様々なコンピュータ可読媒体のいずれかを含み得る。コンピュータ可読媒体は、計算デバイス５００によってアクセスすることができる任意の利用可能な媒体でもよい。コンピュータ可読媒体は、揮発性及び不揮発性媒体の両方、及び取り外し可能な及び取り外し不可能な媒体を含み得る。例として、しかし限定ではなく、コンピュータ可読媒体は、コンピュータ記憶媒体及び通信媒体を備え得る。

【０１３８】

コンピュータ記憶媒体は、コンピュータ可読命令、データ構造体、プログラム・モジュール、及び／又は他のデータ・タイプなどの情報の記憶のための任意の方法又は技術において実装された揮発性及び不揮発性媒体及び／又は取り外し可能な及び取り外し不可能な媒体の両方を含み得る。たとえば、メモリ５０４は、オペレーティング・システムなど、（たとえば、プログラム及び／又はプログラム要素を表す）コンピュータ可読命令を記憶することができる。コンピュータ記憶媒体は、ＲＡＭ、ＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、フラッシュメモリ又は他のメモリ技術、ＣＤ－ＲＯＭ、デジタル多用途ディスク（ＤＶＤ：ｄｉｇｉｔａｌ ｖｅｒｓａｔｉｌｅ ｄｉｓｋ）又は他の光ディスク・ストレージ、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスク・ストレージ又は他の磁気記憶デバイス、或いは、所望の情報を記憶するために使用し得る及び計算デバイス５００によってアクセスし得る任意の他の媒体を含み得るが、これらに限定されない。本明細書では、コンピュータ記憶媒体は、信号自体を含まない。

【０１３９】

コンピュータ記憶媒体は、搬送波などの変調データ信号又は他の移送機構においてコンピュータ可読命令、データ構造体、プログラム・モジュール、及び／又は他のデータ・タイプを実施することができ、任意の情報配信媒体を含む。「変調データ信号」という用語は、その特性セットのうちの１つ又は複数を有する或いは信号内の情報をエンコードするような方式で変化した信号を指し得る。例として、しかし限定せず、コンピュータ記憶媒体は、ワイヤード・ネットワーク又は直接ワイヤード接続などのワイヤード媒体と、音響、ＲＦ、赤外線及び他のワイヤレス媒体などのワイヤレス媒体とを含み得る。前述のいずれかの組合せもまた、コンピュータ可読媒体の範囲に含まれるべきである。

【０１４０】

ＣＰＵ５０６は、コンピュータ可読命令のうちの少なくともいくつかを実行して計算デバイス５００の１つ又は複数の構成要素を制御して本明細書に記載の方法及び／又はプロセスのうちの１つ又は複数を実行するように構成され得る。ＣＰＵ５０６は、多数のソフトウェア・スレッドを同時に処理する能力を有する１つ又は複数の（たとえば、１個、２個、４個、８個、２８個、７２個などの）コアをそれぞれ含み得る。ＣＰＵ５０６は、任意のタイプのプロセッサを含み得、実装された計算デバイス５００のタイプに応じて、異なるタイプのプロセッサを含み得る（たとえば、モバイル・デバイスのためのより少数のコアを有するプロセッサ、及びサーバのためのより多数のコアを有するプロセッサ）。たとえば、計算デバイス５００のタイプに応じて、プロセッサは、縮小命令セット計算（ＲＩＳＣ：Ｒｅｄｕｃｅｄ Ｉｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ Ｓｅｔ Ｃｏｍｐｕｔｉｎｇ）を使用して実装されたＡｄｖａｎｃｅｄ ＲＩＳＣ Ｍａｃｈｉｎｅｓ（ＡＲＭ）プロセッサ、又は複合命令セット計算（ＣＩＳＣ：Ｃｏｍｐｌｅｘ Ｉｎｓｔｒｕｃｔｉｏｎ Ｓｅｔ Ｃｏｍｐｕｔｉｎｇ）を使用して実装されたｘ８６プロセッサでもよい。計算デバイス５００は、計算コプロセッサなど、１つ又は複数のマイクロプロセッサ又は補助コプロセッサ内の１つ又は複数のＣＰＵ５０６を含み得る。

【０１４１】

ＣＰＵ５０６に加えて又はその代わりに、ＧＰＵ５０８は、コンピュータ可読命令のうちの少なくともいくつかを実行して計算デバイス５００の１つ又は複数の構成要素を制御して本明細書に記載の方法及び／又はプロセスのうちの１つ又は複数を実行するように構成され得る。ＧＰＵ５０８のうちの１つ若しくは複数は、統合されたＧＰＵ（たとえば、ＣＰＵ５０６のうちの１つ又は複数とでもよく、及び／又はＧＰＵ５０８のうちの１つ若しくは複数は、離散ＧＰＵでもよい。実施例では、ＧＰＵ５０８のうちの１つ又は複数は、ＣＰＵ５０６のうちの１つ又は複数のコプロセッサでもよい。ＧＰＵ５０８は、グラフィックス（たとえば、３Ｄグラフィックス）をレンダリングする又は汎用計算を実行するために、計算デバイス５００によって使用され得る。たとえば、ＧＰＵ５０８は、ＧＰＵによる汎用計算（ＧＰＧＰＵ：Ｇｅｎｅｒａｌ－Ｐｕｒｐｏｓｅ ｃｏｍｐｕｔｉｎｇ ｏｎ ＧＰＵ）のために使用され得る。ＧＰＵ５０８は、同時に数百又は数千のソフトウェア・スレッドを処理する能力を有する数百又は数千のコアを含み得る。ＧＰＵ５０８は、レンダリング・コマンド（たとえば、ホスト・インターフェースを介して受信されたＣＰＵ５０６からのレンダリング・コマンド）に応答して、出力画像のための画素データを生成することができる。ＧＰＵ５０８は、画素データ又は任意の他の適切なデータ、たとえばＧＰＧＰＵデータ、を記憶するためのグラフィックス・メモリ、たとえば表示メモリ、を含み得る。表示メモリは、メモリ５０４の一部として含まれ得る。ＧＰＵ５０８は、並行して動作する（たとえば、リンクを介して）２個以上のＧＰＵを含み得る。リンクは、ＧＰＵに直接接続することができ（たとえば、ＮＶＬＩＮＫを使用して）、又はスイッチを介して（たとえば、ＮＶＳｗｉｔｃｈを使用して）ＧＰＵを接続することができる。ともに結合されるとき、各ＧＰＵ５０８は、出力の異なる部分の又は異なる出力の画素データ又はＧＰＧＰＵデータ（たとえば、第１の画像の第１のＧＰＵ及び第２の画像の第２のＧＰＵ）を生成することができる。各ＧＰＵは、独自のメモリを含むことができ、又は他のＧＰＵとメモリを共有することができる。

【０１４２】

ＣＰＵ５０６及び／又はＧＰＵ５０８に加えて又はその代わりに、論理ユニット５２０は、コンピュータ可読命令のうちの少なくともいくつかを実行して計算デバイス５００のうちの１つ又は複数を制御して本明細書に記載の方法及び／又はプロセスのうちの１つ又は複数を実行するように構成され得る。実施例では、ＣＰＵ５０６、ＧＰＵ５０８、及び／又は論理ユニット５２０は、方法、プロセス及び／又はその部分の任意の組合せを離散的に又は合同で実行することができる。論理ユニット５２０のうちの１つ若しくは複数は、ＣＰＵ５０６及び／若しくはＧＰＵ５０８のうちの１つ若しくは複数の一部でもよく及び／又はそこで統合されてもよく、及び／又は、論理ユニット５２０のうちの１つ若しくは複数は、ＣＰＵ５０６及び／若しくはＧＰＵ５０８に対する離散構成要素であっても若

しくは他の方法でそれらの外部にあってもよい。実施例では、論理ユニット５２０のうちの１つ又は複数は、ＣＰＵ５０６のうちの１つ若しくは複数及び／又はＧＰＵ５０８のうちの１つ若しくは複数のコプロセッサでもよい。

【０１４３】

論理ユニット５２０の実例は、１つ又は複数の処理コア及び／又はその構成要素、たとえば、テンソル・コア（ＴＣ：Ｔｅｎｓｏｒ　Ｃｏｒｅ）、テンソル処理ユニット（ＴＰＵ：Ｔｅｎｓｏｒ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）、画素ビジュアル・コア（ＰＶＣ：Ｐｉｘｅｌ　Ｖｉｓｕａｌ　Ｃｏｒｅ）、ビジョン処理ユニット（ＶＰＵ：Ｖｉｓｉｏｎ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）、グラフィックス処理クラスタ（ＧＰＣ：Ｇｒａｐｈｉｃｓ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｃｌｕｓｔｅｒ）、テクスチャ処理クラスタ（ＴＰＣ：Ｔｅｘｔｕｒｅ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｃｌｕｓｔｅｒ）、ストリーミング・マルチプロセッサ（ＳＭ：Ｓｔｒｅａｍｉｎｇ　Ｍｕｌｔｉｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）、木の走査ユニット（ＴＴＵ：Ｔｒｅｅ　Ｔｒａｖｅｒｓａｌ　Ｕｎｉｔ）、人工知能加速装置（ＡＩＡ：Ａｒｔｉｆｉｃｉａｌ　Ｉｎｔｅｌｌｉｇｅｎｃｅ　Ａｃｃｅｌｅｒａｔｏｒ）、深層学習加速装置（ＤＬＡ：Ｄｅｅｐ　Ｌｅａｒｎｉｎｇ　Ａｃｃｅｌｅｒａｔｏｒ）、論理演算ユニット（ＡＬＵ）、特定用途向け集積回路（ＡＳＩＣ）、浮動小数点演算ユニット（ＦＰＵ）、Ｉ／Ｏエレメント、周辺構成要素相互接続（ＰＣＩ）又は周辺構成要素相互接続エクスプレス（ＰＣＩｅ）エレメント、及び／又は同類のもの、を含む。

【０１４４】

通信インターフェース５１０は、ワイヤード及び／又はワイヤレス通信を含む、電子通信ネットワークを介して計算デバイス５００が他の計算デバイスと通信することを可能にする、１つ又は複数のレシーバ、トランスミッタ、及び／又はトランシーバを含み得る。通信インターフェース５１０は、ワイヤレス・ネットワーク（たとえば、Ｗｉ－Ｆｉ、Ｚ－Ｗａｖｅ、ブルートゥース（登録商標）、ブルートゥース（登録商標）ＬＥ、ＺｉｇＢｅｅなど）、ワイヤード・ネットワーク（たとえば、イーサネット（登録商標）又はＩｎｆｉｎｉＢａｎｄを介して通信すること）、低電力ワイド・エリア・ネットワーク（たとえば、ＬｏＲａＷＡＮ、ＳｉｇＦｏｘなど）、及び／又はインターネットなどの、いくつかの異なるネットワークのうちのいずれかを介する通信を可能にするための構成要素及び機能を含み得る。

【０１４５】

Ｉ／Ｏポート５１２は、そのうちのいくつかは計算デバイス５００に内蔵（たとえば、統合）され得る、Ｉ／Ｏ構成要素５１４、提示構成要素５１８、及び／又は他の構成要素を含む、他のデバイスに計算デバイス５００が＊論理的に連結されることを可能にすることができる。例示的なＩ／Ｏ構成要素５１４は、マイクロフォン、マウス、キーボード、ジョイスティック、ゲーム・パッド、ゲーム・コントローラ、サテライト・ディッシュ、スキャナ、プリンタ、ワイヤレス・デバイスなどを含む。Ｉ／Ｏ構成要素５１４は、エア・ジェスチャ、音声、又は、ユーザによって生成される他の生理的入力を処理する自然ユーザ・インターフェース（ＮＵＩ：ｎａｔｕｒａｌ　ｕｓｅｒ　ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）を提供することができる。場合によっては、入力は、さらなる処理のための適切なネットワーク要素に送信され得る。ＮＵＩは、音声認識、スタイラス認識、顔認識、生体認識、画面上での及び画面の隣でのジェスチャ認識、エア・ジェスチャ、頭部及び視標追跡、並びに計算デバイス５００のディスプレイに関連するタッチ認識（さらに詳しく後述するような）の任意の組合せを実装し得る。計算デバイス５００は、ジェスチャ検出及び認識のための、ステレオスコープ・カメラ・システム、赤外線カメラ・システム、ＲＧＢカメラ・システム、タッチ画面技術、及びこれらの組合せなど、深度カメラを含み得る。追加で、計算デバイス５００は、動きの検出を可能にする加速度計又はジャイロスコープを含み得る（たとえば、慣性測定ユニット（ＩＭＵ：ｉｎｅｒｔｉａ　ｍｅａｓｕｒｅｍｅｎｔ　ｕｎｉｔ）の一部として）。いくつかの実例では、加速度計又はジャイロスコープの出力は、没入型拡張現実又は仮想現実をレンダリングするために、計算デバイス５００によって使用され得る。

【０１４６】
電力供給装置５１６は、ハードワイヤード電力供給装置、バッテリ電力供給装置、又はその組合せを含み得る。電力供給装置５１６は、計算デバイス５００の構成要素が動作することを可能にするために計算デバイス５００に電力を提供することができる。
提示構成要素５１８は、ディスプレイ（たとえば、モニタ、タッチ画面、テレビジョン画面、ヘッドアップ表示装置（ＨＵＤ）、他のディスプレイタイプ、又はその組合せ）、スピーカ、及び／又は他の提示構成要素を含み得る。提示構成要素５１８は、他の構成要素（たとえば、ＧＰＵ５０８、ＣＰＵ５０６など）からデータを受信し、データを（たとえば、画像、ビデオ、音響などとして）出力することができる。
【０１４７】
本開示は、コンピュータ又は、携帯情報端末若しくは他のハンドヘルド・デバイスなどの、他のマシンによって実行されている、プログラム・モジュールなどのコンピュータ実行可能命令を含む、コンピュータ・コード又はマシン使用可能命令との一般的関連において説明されることがある。一般に、ルーティン、プログラム、オブジェクト、構成要素、データ構造体などを含むプログラム・モジュールは、特定のタスクを実行する又は特定の抽象データ・タイプを実装するコードを指す。本開示は、ハンドヘルド・デバイス、家電製品、汎用コンピュータ、より特殊な計算デバイスなどを含む、様々な構成で実施され得る。本開示はまた、通信ネットワークを介してリンクされた遠隔処理デバイスによってタスクが実行される分散型コンピューティング環境において実施され得る。
【０１４８】
本明細書では、２個以上の要素に関する「及び／又は」の記述は、１つの要素のみ、又は要素の組合せを意味すると解釈されるべきである。たとえば、「要素Ａ、要素Ｂ、及び／又は要素Ｃ」は、要素Ａのみ、要素Ｂのみ、要素Ｃのみ、要素Ａ及び要素Ｂ、要素Ａ及び要素Ｃ、要素Ｂ及び要素Ｃ、或いは、要素Ａ、Ｂ、及びＣを含み得る。加えて、「要素Ａ又は要素Ｂのうちの少なくとも１つ」は、要素Ａの少なくとも１つ、要素Ｂの少なくとも１つ、或いは、要素Ａの少なくとも１つ及び要素Ｂの少なくとも１つを含み得る。さらに、「要素Ａ及び要素Ｂのうちの少なくとも１つ」は、要素Ａのうちの少なくとも１つ、要素Ｂのうちの少なくとも１つ、或いは、要素Ａのうちの少なくとも１つ及び要素Ｂのうちの少なくとも１つを含み得る。
【０１４９】
本開示の主題は、法定の要件を満たすために特異性を有して記述されている。しかしながら、その記述自体が本開示の範囲を制限することは意図されていない。そうではなくて、本発明者は、請求されている主題が、他の現在の又は未来の技術と併せて、異なるステップ又は本文書に記載されたものと類似のステップの組合せを含むように、他の形で実施され得ることを意図している。さらに、「ステップ」及び／又は「ブロック」という用語は、使用される方法の異なる要素を含意するように本明細書で使用され得るが、これらの用語は、個別のステップの順番が明示的に記載されていない限り及びそのように記載されているときを除いて本明細書で開示される様々なステップの間に何らかの特定の順番を暗示するものとして解釈されるべきではない。
【０１５０】
図６に関連して以下で説明される方法の各ブロックは、任意の組合せのハードウェア、ファームウェア、及び／又はソフトウェアを使用して実行され得る計算プロセスを含む。たとえば、様々な機能が、メモリに記憶された命令を実行するプロセッサによって、実施され得る。本方法はまた、コンピュータ記憶媒体に記憶されたコンピュータ使用可能命令として実施され得る。本方法は、いくつか例を挙げると、独立型アプリケーション、サービス又はホスト型サービス（独立型の又は別のホスト型サービスと組み合わせた）、或いは別の製品へのプラグインによって提供され得る。加えて、図６の方法は、例として、図４Ａ～４Ｄの例示的自律型車両システムに関して、説明されている。しかしながら、これらの方法は、本明細書に記載のものを含むが、これらに限定されない、任意の１つのシステム、又は任意の組合せのシステムによって、追加で又は別法として、実行され得る。

【０１５１】
図６は、本開示の実施例による、グレアの存在下で注視方向を判定するためのプロセス・ステップを示す流れ図である。図６のプロセスは、計算デバイス３００がカメラ３１０によって撮られた対象者の画像を受信する（ステップ６００）ときに、開始し得る。計算デバイスは、次いで、受信された画像において対象者の顔及び目を識別する（ステップ６１０）。対象者の顔は、ニューラル・ネットワークを使用せずに顔を検出する知られているコンピュータ・ビジョン・ベースの顔検出プロセス、たとえば、エッジ検出方法、特徴検索方法、確率的顔モデル、グラフ・マッチング、サポート・ベクトル・マシンなどの分類器に供給される配向勾配のヒストグラム（ＨＯＧ：ｈｉｓｔｏｇｒａｍｓ　ｏｆ　ｏｒｉｅｎｔｅｄ　ｇｒａｄｉｅｎｔ）、ＨａａｒＣａｓｃａｄｅ分類器、及び類似のもの、を含む、任意の方法又はプロセスを使用して画像内で位置特定され得る。顔位置の判定はまた、ディープ・ニューラル・ネットワーク（ＤＮＮ）顔認識スキームを使用するものなどのニューラル・ネットワークベースの顔認識方法、並びに任意の他のものを使用して、実行され得る。本開示の実施例はまた、同じ画像からの対象者の目の位置特定を意図する。目の位置特定は、たとえば、前述の非ニューラル・ネットワーク・ベースの技法、ニューラル・ネットワークベースの目認識方法、及び類似のもののうちのいずれかを含む知られているコンピュータ・ビジョン・ベースの目検出プロセスによって、任意の方式で実施され得る。

【０１５２】
対象者の顔及び目が、受信された画像内で位置特定された後は、計算デバイス３００は、受信された画像からグレア・ポイントを抽出し、顔表現を生成する（ステップ６２０）。グレアは、任意の方法又はプロセスを使用して、識別され得る。たとえば、グレア画素は、所定の閾値を超える輝度値を有する受信画像のそれらの画素として識別され得る。もう１つの実例として、グレア画素は、キャプチャされた画像内の知られている又は特徴的グレア形状（たとえば、円形又は星形のスポット、又は類似のもの）に従って、識別され得る。グレア・マスクは、たとえば、白い若しくは飽和画素としてのグレア画素、及び黒い画素としての残りの画素を設定することによって、形成され得る。

【０１５３】
顔表現、たとえば、識別された顔のバイナリ・マスク、は、任意の方法又はプロセスを使用して、判定され得る。そのようなバイナリ・マスクは、たとえば、識別された顔に対応する画素を白い又は別の同一色として設定し、残りの画素を黒い画素として設定することによって、形成され得る。

【０１５４】
目のクロップは、たとえば、知られている方式でステップ６１０において識別された各目の周りの境界ボックスを描くことと、それに応じて画像をクロップすることとによって、選択される（ステップ６３０）。類似して、顔グリッドが、次いで、計算される（ステップ６４０）。顔グリッド２２５は、たとえば任意の知られている方式で描かれ得る境界ボックスに従って識別された顔をクロップすること、並びに、顔画素を含むグリッド要素を１つ又は複数の色（又は第１の値）を割り当て、及び顔画素を含まないグリッド要素を黒（又は第１の値とは異なる値）に設定して、クロップされた画像を所定の粗いグリッドに投影することによって、形成され得る。

【０１５５】
ステップ６２０のマスク、ステップ６３０の目クロップ、及びステップ６４０の顔グリッドは、前述のような注視方向を計算する（ステップ６５０）ために、本開示の実施例のマシン学習モデル（たとえば、特徴抽出層２３０、２３５、及び２４０、及び全結合層２４５及び２５５）に入力される。この注視方向は、次いで、注視支援システム３２０に出力されて（ステップ６６０）、注視支援システム３２０は、それが受信する注視方向に基づいて任意の１つ又は複数のアクションを実行し得る（ステップ６７０）。

【０１５６】
本開示の実施例は、図２に表されたもの以外にも他の方法で構成されたマシン学習モデ

ルを意図している。図７は、１つのそのような代替実例のブロック図表現である。ここで、図７のマシン学習モデルは、全結合層７１０、７４０、及び７５５、並びに特徴抽出層７１５、７４５、及び７５０を含む。特徴抽出層７４５及び７５０、及び全結合層７５５は、左目表現７２５、右目表現７３０、及び顔表現７３５を入力として有する。図７のモデルの右端から３つのブランチは、図２のそれらと実質的に同一でもよい。すなわち、特徴抽出層７４５及び７５０、及び全結合層７５５は、それぞれ、特徴抽出層２３５及び２４０、及び全結合層２４５と実質的に同一でもよい。類似して、入力７２５、７３０、及び７３５は、それぞれ、入力２１５、２２０、及び２２５と実質的に同一でもよい。

【０１５７】

グレア表現７００及び顔表現７０５は、図２の入力２００及び２０５と実質的に同一でもよい。したがって、グレア表現７００は、入力画像１００において識別されたグレア・ポイントのバイナリ・マスクでもよく、顔表現７０５は、入力画像１００から抽出された顔画素のバイナリ・マスクでもよい。しかしながら、図２とは異なり、グレア表現７００は、全結合層７１０に入力され、顔表現７０５は、特徴抽出層７１５に入力される。全結合層７１０は、入力画像１００におけるグレアの空間的位置を説明する特徴を出力し、特徴抽出層７１５は、入力画像１００における顔の向きを説明する特徴を出力する。これらの２つの出力は、連結ブロック７２０によって連結され、入力画像１００における顔の向きを説明する１セットの特徴を出力する全結合層７４０に入力される。全結合層７４０、特徴抽出層７４５及び７５０、及び全結合層７５５の出力は、次いで、図２に関して前述したように処理される。具体的には、出力は、連結ブロック７６０によって連結され、注視方向を出力する全結合層７６５に入力される。この方式では、グレアの空間的位置は、グレア・ポイント自体ではなくて、顔の向きを判定するために使用される。

【０１５８】

本開示の実施例の全結合層及び特徴抽出層のうちのいずれのトレーニングも、任意の適切な方式で行われ得る。いくつかの実施例において、本開示の実施例のマシン学習モデル、たとえば、図２及び７のアーキテクチャ、は、端から端までトレーニングされ得る。ある種の実施例において、本開示の実施例の全結合層及び特徴抽出層は、注視方向が知られている対象者のラベル付き入力画像を使用する監督された方式で、トレーニングされ得る。いくつかの実施例において、グレア・スポットは、グレアの存在をシミュレーションするために、これらの入力画像に追加され得る。追加されたグレア・スポットは、任意の方式で、たとえば、様々な画像内でのランダム配置、入力画像内の所定の位置における配置、又は類似のものによって、それぞれの画像に追加され得る。

【０１５９】

本開示の実施例は注視の推定に限定されないことに、当業者は気付くであろう。具体的には、本開示の実施例の方法及びシステムは、任意の眼球運動変数の判定においてグレアを説明するために使用され得る。たとえば、ＦＣ層２５５、７６５の出力が、注視に加えた任意の他の眼球運動変数、たとえば、瞳孔サイズ、瞳孔運動、認知的負荷、疲労、たとえば、ドラッグ又はアルコールによる、無能力、虹彩を介する人又は物体認識、任意の他の生理的応答、或いは類似のもの、の推定値であるように、図２及び／又は７のマシン学習モデルは、構築及びトレーニングされ得る。これは、たとえば、対象の任意の眼球運動変数の値でラベル付けされた入力データ・セット（たとえば、グレア・マスク、顔マスク、目クロップ、顔グリッドなど）を使用して本開示の実施例のマシン学習モデルをトレーニングすることによって、成し遂げられ得る。マシン学習モデルはまた、そのような眼球運動変数の判定において有用な任意の特徴を抽出するように構築され得る。この方式では、本開示の実施例のマシン学習モデルは、グレア耐性のある方式で任意の眼球運動変数を推定するように、すなわち、任意の眼球運動変数の判定においてグレアを説明するように、構築及びトレーニングされ得る。

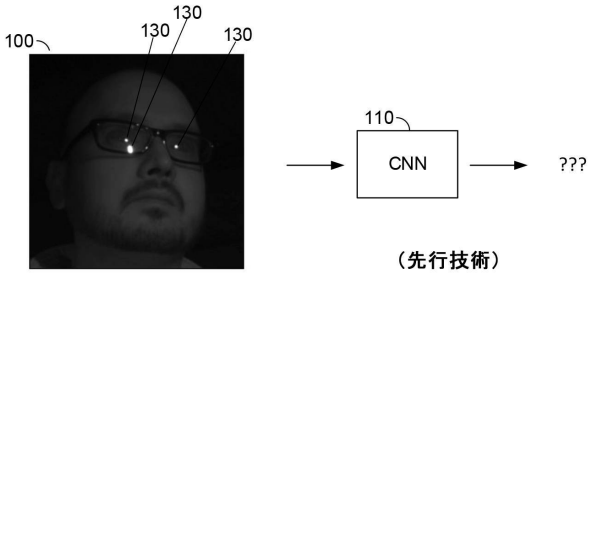
【０１６０】

前述は、説明を目的として、本開示の完全な理解を実現するために特定の用語体系を使用した。しかしながら、特定の詳細は本開示の方法及びシステムを実施するために必要とさ

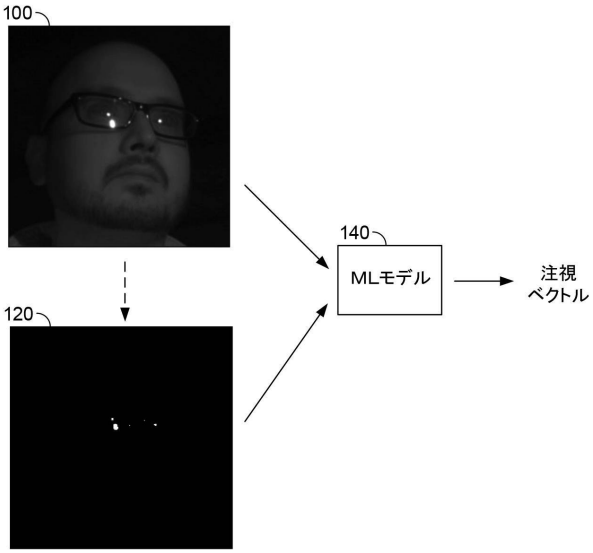
れないことが、当業者には明らかとなろう。したがって、本発明の特定の実施例の前述の説明は、例示及び説明を目的として提示されている。それらは、排他的であること又は開示された正確な形に本発明を限定することを意図していない。多数の修正及び変更が、前述の教示を考慮して可能である。たとえば、グレア・ポイントは、グレア・ポイントのバイナリ・マスクの入力、グレア位置のテーブル若しくはセットの入力、又はグレアの任意の他の表現などによって、任意の方式で様々なマシン学習モデルに入力され得る。実施例は、本発明の原理及びその実際の適用例を最もよく説明して、それによって、意図された特定の使用に適するものとしての様々な修正を有する本開示及び様々な実施例の方法及びシステムを当業者が最もよく活用することを可能にするために、選択及び記述された。加えて、開示されている又はされていない、様々な実施例の異なる特徴は、本開示が意図するさらなる実施例を生み出すために、混合及びマッチ或いは他の方法で結合され得る。

【図面】

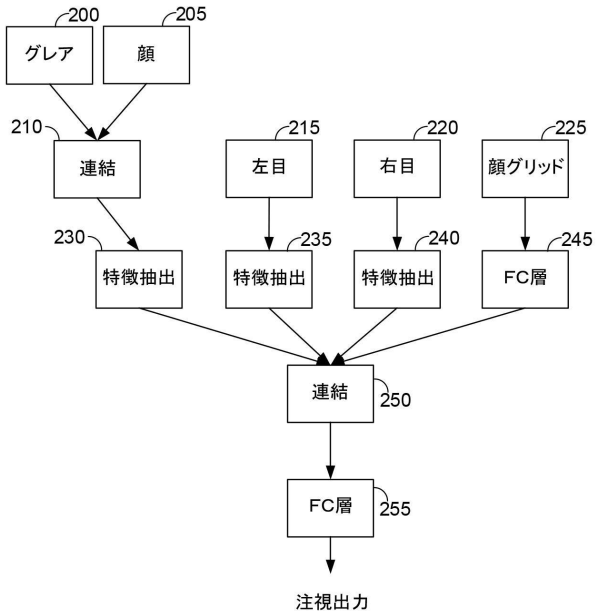
【図１Ａ】



【図１Ｂ】



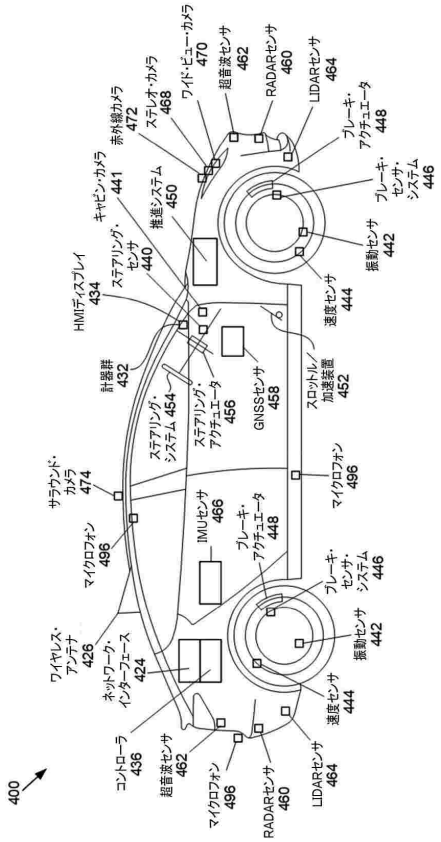
【図２】


200
グレア
205
顔
210
連結
215
左目
220
右目
225
顔グリッド
230
特徴抽出
235
特徴抽出
240
特徴抽出
245
FC層
連結
250
FC層
255
注視出力

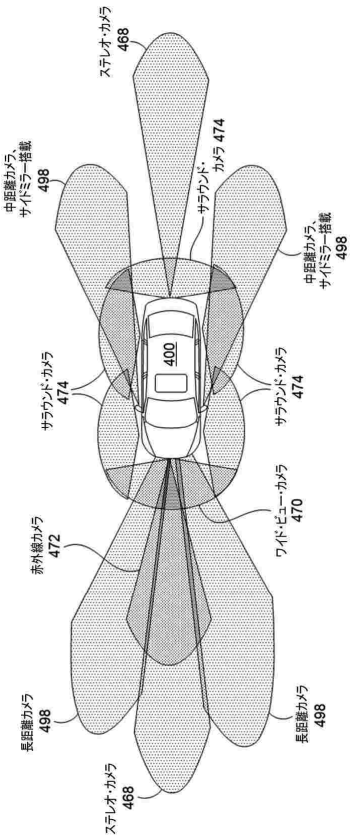
【図３】


310
カメラ
300
計算デバイス
320
注視支援システム

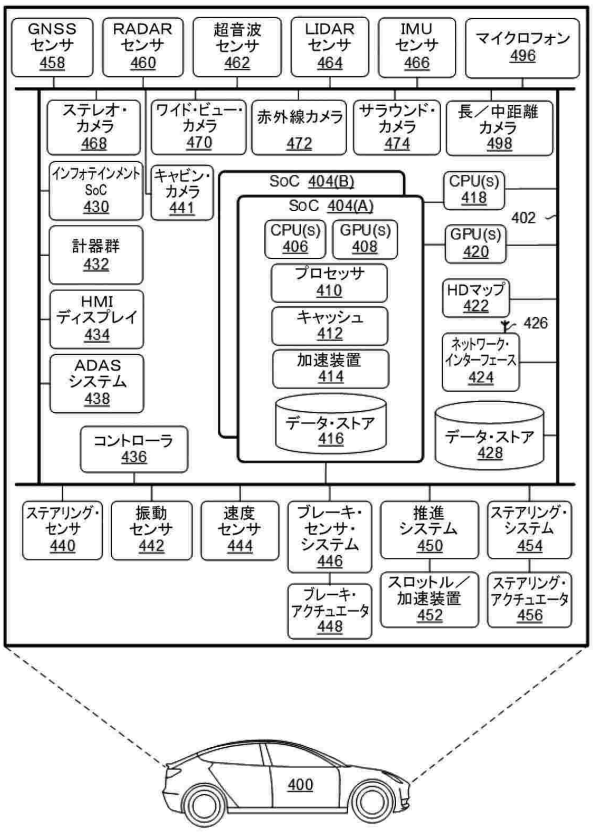
【図４Ａ】


400
コントローラ 436
超音波センサ 462
マイクロフォン 496
RADARセンサ 460
LIDARセンサ 464
速度センサ 444
振動センサ 442
ブレーキ・センサ・システム 446
ブレーキ・アクチュエータ 448
IMUセンサ 466
ワイヤレス・アンテナ 426
ネットワーク・インターフェース 424
サラウンド・カメラ 474
マイクロフォン 496
ステアリング・センサ 440
ステアリング・システム 454
ステアリング・アクチュエータ 456
GNSSセンサ 458
スロットル/加速装置 452
計器群 432
HMIディスプレイ 434
キャビン・カメラ 441
推進システム 450
赤外線カメラ 472
ステレオ・カメラ 468
ワイド・ビュー・カメラ 470
超音波センサ 462
RADARセンサ 460
LIDARセンサ 464
ブレーキ・アクチュエータ 448
ブレーキ・センサ・システム 446
振動センサ 442
速度センサ 444
マイクロフォン 496
サラウンド・カメラ 474

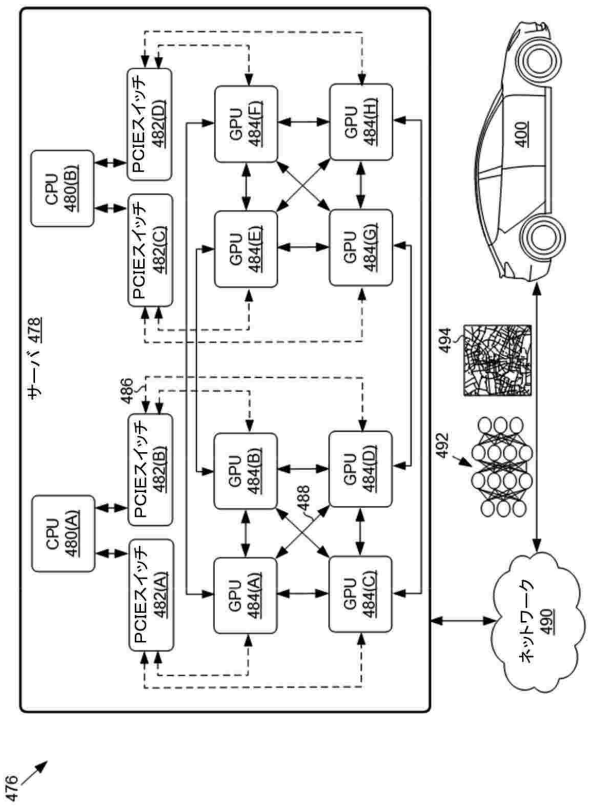
【図４Ｂ】


ステレオ・カメラ 468
中距離カメラ、サイドミラー搭載 498
サラウンド・カメラ 474
中距離カメラ、サイドミラー搭載 498
400
サラウンド・カメラ 474
サラウンド・カメラ 474
ワイド・ビュー・カメラ 470
赤外線カメラ 472
長距離カメラ 498
長距離カメラ 498
ステレオ・カメラ 468

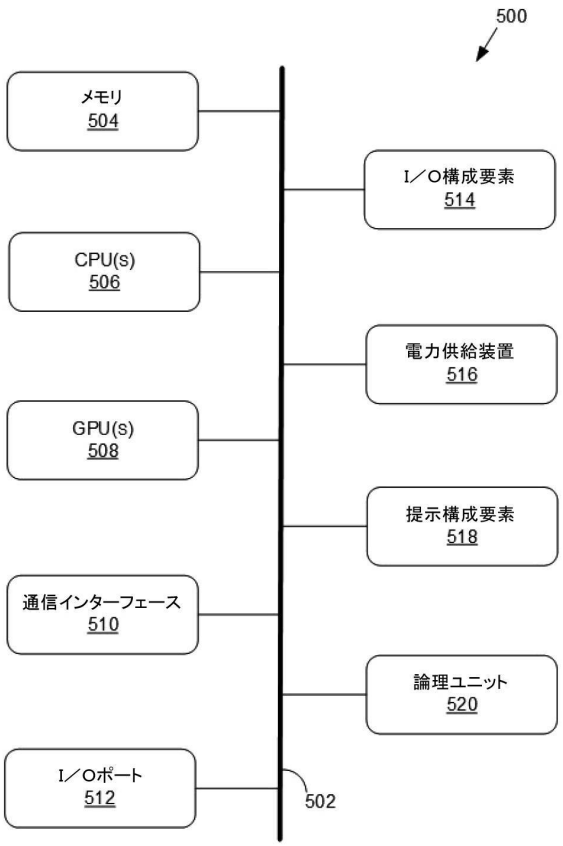
【図４Ｃ】


GNSS センサ 458
RADAR センサ 460
超音波センサ 462
LIDAR センサ 464
IMU センサ 466
マイクロフォン 496
ステレオ・カメラ 468
ワイド・ビュー・カメラ 470
赤外線カメラ 472
サラウンド・カメラ 474
長／中距離カメラ 498
インフォテインメントSoC 430
キャビン・カメラ 441
計器群 432
HMI ディスプレイ 434
ADAS システム 438
コントローラ 436
SoC 404(B)
SoC 404(A)
CPU(s) 406
GPU(s) 408
プロセッサ 410
キャッシュ 412
加速装置 414
データ・ストア 416
CPU(s) 418
GPU(s) 420
HDマップ 422
ネットワーク・インターフェース 424
402
426
データ・ストア 428
ステアリング・センサ 440
振動センサ 442
速度センサ 444
ブレーキ・センサ・システム 446
推進システム 450
ステアリング・システム 454
ブレーキ・アクチュエータ 448
スロットル／加速装置 452
ステアリング・アクチュエータ 456
400

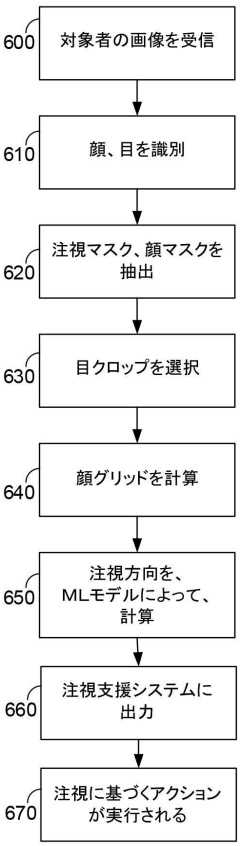
【図４Ｄ】


サーバ 478
CPU 480(B)
CPU 480(A)
PCIEスイッチ 482(D)
PCIEスイッチ 482(C)
PCIEスイッチ 482(B)
PCIEスイッチ 482(A)
GPU 484(F)
GPU 484(H)
GPU 484(E)
GPU 484(G)
GPU 484(B)
GPU 484(D)
GPU 484(A)
GPU 484(C)
486
488
400
494
492
ネットワーク 490
476

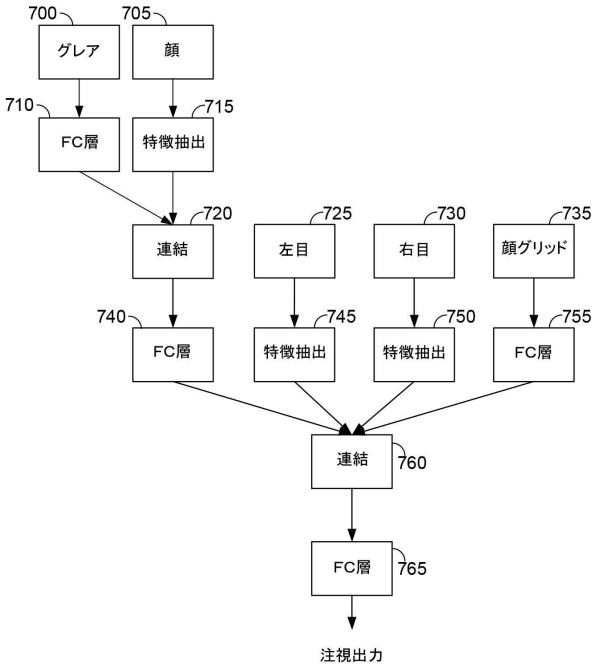
【図５】


500
メモリ 504
CPU(s) 506
GPU(s) 508
通信インターフェース 510
I／Oポート 512
I／O構成要素 514
電力供給装置 516
提示構成要素 518
論理ユニット 520
502

【図６】


600 対象者の画像を受信
610 顔、目を識別
620 注視マスク、顔マスクを抽出
630 目クロップを選択
640 顔グリッドを計算
650 注視方向を、MLモデルによって、計算
660 注視支援システムに出力
670 注視に基づくアクションが実行される

【図７】


700
705
グレア
顔
710
715
FC層
特徴抽出
720
725
730
735
連結
左目
右目
顔グリッド
740
745
750
755
FC層
特徴抽出
特徴抽出
FC層
連結
760
FC層
765
注視出力

フロントページの続き

ウェイ ２７８８、エヌビディア コーポレーション 気付
(72)発明者 ニランジャン アヴァダナム
アメリカ合衆国、カリフォルニア、サンタクララ、サン トーマス エクスプレスウェイ ２７８８、エヌビディア コーポレーション 気付
(72)発明者 ヌーリー ムラート アラル
アメリカ合衆国、カリフォルニア、サンタクララ、サン トーマス エクスプレスウェイ ２７８８、エヌビディア コーポレーション 気付

審査官 横山 幸弘

(56)参考文献
特表２０１７－５２１７３８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０２８８４３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０９１２５５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１９／１５５５７０（WO，Ａ１）
特開２０２０－０４７０８７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－１２９９７３（ＪＰ，Ａ）
特開２０２２－１６１６８９（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ６０Ｗ ３０／００－６０／００
Ｇ０８Ｇ １／００－ １／１６