

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7702452号
(P7702452)

(45)発行日 令和7年7月3日(2025.7.3)

(24)登録日 令和7年6月25日(2025.6.25)

(51)国際特許分類		F I	
G 0 1 S	17/10 (2020.01)	G 0 1 S	17/10
G 0 1 S	17/89 (2020.01)	G 0 1 S	17/89
G 0 1 S	7/483(2006.01)	G 0 1 S	7/483
G 0 1 S	17/931(2020.01)	G 0 1 S	17/931
G 0 1 C	3/06 (2006.01)	G 0 1 C	3/06
		1 2 0 Q	
		請求項の数 20 外国語出願 (全52頁) 最終頁に続く	
(21)出願番号	特願2023-123312(P2023-123312)	(73)特許権者	317015065
(22)出願日	令和5年7月28日(2023.7.28)		ウェイモ エルエルシー
(65)公開番号	特開2024-31847(P2024-31847A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4
(43)公開日	令和6年3月7日(2024.3.7)		0 4 3 マウンテン ビュー アンフィシ
審査請求日	令和5年9月29日(2023.9.29)		アター パークウェイ 1 6 0 0
(31)優先権主張番号	17/821,535	(74)代理人	100079108
(32)優先日	令和4年8月23日(2022.8.23)		弁理士 稲葉 良幸
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100126480
			弁理士 佐藤 睦
		(72)発明者	ゲッツ, ジョージス
			アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9
			4 0 4 3, マウンテン ビュー, アンフ
			ィシアター パークウェイ 1 6 0 0
		(72)発明者	ダンフィ, ジェームズ
			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】 光検出及び測距（L I D E R）デバイスにおけるクロストーク軽減のための時間分割多重アクセススキミング

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

光検出及び測距（L I D A R）デバイスの第一の群の光エミッタから、第一の群の光信号を周囲環境に放出することであって、前記第一の群の光信号が、前記周囲環境に対する第一の角分解能に対応する、放出することと、

第一のリスニングウィンドウの間に、前記L I D A Rデバイスの第一の群の光検出器によって、前記周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出することであって、前記第一の群の反射光信号が、前記周囲環境内の物体からの前記第一の群の光信号の反射に対応する、検出することと、

前記L I D A Rデバイスの第二の群の光エミッタから、前記周囲環境に第二の群の光信号を放出することであって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光エミッタが、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光エミッタの部分集合を表し、前記第二の群の光信号が、前記周囲環境に対する第二の角分解能に対応し、前記第二の角分解能が、第一の角分解能よりも低い、放出することと、

第二のリスニングウィンドウ中に、前記L I D A Rデバイスの第二の群の光検出器によって、前記周囲環境からの第二の群の反射光信号を検出することであって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光検出器が、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光検出器の部分集合を表し、前記第二の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記第二の群の光信号の反射に対応し、前記第二のリスニングウィンドウの持続時間が、前記第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い、検出することと、

前記 L I D A R デバイスのコントローラによって、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成することであって、前記データセットが、前記検出された第一の群の反射光信号及び前記検出された第二の群の反射光信号に基づく、合成することと、を含む、方法。

【請求項 2】

前記 L I D A R デバイスの第三の群の光エミッタから、前記周囲環境に第三の群の光信号を放出することであって、前記 L I D A R デバイスの前記第三の群の光エミッタが、前記第二の群の光エミッタではない、前記 L I D A R デバイスの前記第一の群の光エミッタの部分集合を表し、前記第三の群の光信号が、前記周囲環境に対する第三の角分解能に対応し、前記第三の角分解能が、第二の角分解能と同じである、放出することと、

10

第三のリスニングウィンドウ中に、前記 L I D A R デバイスの第三の群の光検出器によって、前記周囲環境からの第三の群の反射光信号を検出することであって、前記 L I D A R デバイスの前記第三の群の光検出器が、前記第二の群の光検出器ではない、前記 L I D A R デバイスの前記第一の群の光検出器の部分集合を表し、前記第三の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記第三の群の光信号の反射に対応し、前記第三のリスニングウィンドウの持続時間が、前記第二のリスニングウィンドウの前記持続時間と同じである、検出することと、を含む、

前記データセットが、前記検出された第三の群の反射光信号に基づく、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

20

前記第三のリスニングウィンドウが、前記第二のリスニングウィンドウと重複しない、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第二の群の光信号が、複数の光信号を含み、前記第三の群の光信号が、複数の光信号を含み、前記第二の群の光信号と前記第三の群の光信号が、前記周囲環境において空間的に交互に放出される、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第二の群の光検出器が、複数の光検出器を備え、前記第二の群の光検出器が、前記第一の群の光検出器全体に一樣に分布するように、前記第一の群の光検出器から選択される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記第二の群の光検出器が、最大検出可能距離に位置する再帰反射器を前記第二の群の光信号の群内の光信号で照射する際に、前記第二の群内の光検出器間でクロストークが発生しないように、前記第一の群の光検出器全体に空隙をおいて分散され、前記最大検出可能距離が、前記第二のリスニングウィンドウの前記持続時間に基づく、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記 L I D A R デバイス内の前記光エミッタのそれぞれから、校正光信号を前記周囲環境に放出することと、

校正リスニングウィンドウ中に、前記 L I D A R デバイスの前記光検出器の各々によって、前記周囲環境からの反射校正光信号を検出することであって、各反射校正光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記校正光信号の 1 つの反射に対応する、検出することと、

40

前記検出された反射校正光信号に基づいて、前記対応する校正光信号が前記周囲環境において再帰反射器から反射された、前記 L I D A R デバイス内の 1 つ以上の光エミッタを識別することと、

前記 L I D A R デバイス内の全てのエミッタのセットから、前記 L I D A R デバイスの前記第一の群の光エミッタを選択することであって、前記第一の群の光エミッタが、前記周囲環境の再帰反射器から前記対応する校正光信号が反射された、前記 L I D A R デバイス内の前記 1 つ以上の光エミッタとして識別されなかった光エミッタに対応する、選択す

50

ることと、をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記対応する校正光信号が、前記周囲環境中の再帰反射器から反射された、前記 L I D A R デバイス内の前記 1 つ以上の光エミッタが、前記周囲環境からの前記対応する検出された反射校正光信号について検出された強度に基づいて識別される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第一の群の光信号を前記周囲環境に放出することが、第一の放出パワーを使用して前記第一の群の光信号を前記周囲環境に放出することを含み、前記第二の群の光信号を前記周囲環境に放出することが、第二の放出パワーを使用して前記第二の群の光信号を前記周囲環境に放出することを含み、前記第二の放出パワーが前記第一の放出パワーよりも小さい、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 10】

前記第二の放出パワーが、前記第一の放出パワーの 25 % 未満である、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記データセットが、第一の点群及び第二の点群を生成するために使用可能であり、前記第一の点群が、前記第一の群の検出された反射光信号に関連するデータを含み、前記第二の点群が、前記第二の群の検出された反射光信号に関連するデータを含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 12】

前記データセットを合成することが、前記第二の群の検出された反射光信号内の前記検出された反射光信号のそれぞれについて、

前記それぞれの検出された反射光信号に基づいて、第二の標的距離を決定することと、

前記第一の群の検出された反射光信号内の対応する検出された反射光信号に基づいて第一の標的距離を決定することであって、前記第一の群の検出された反射光信号内の対応する検出された反射光信号が、前記 L I D A R デバイス内にある同じ光検出器によって検出されたものである、決定することと、

前記第二の標的距離と前記第一の標的距離との間の差を決定することと、

前記差が閾値差値よりも小さい場合に、前記第二の標的距離又は前記第一の標的距離を前記データセット内に含めることと、を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 13】

前記閾値差値が、0.1 m ~ 5.0 m である、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記第一のリスニングウィンドウの前記持続時間が、2.0 μ s ~ 3.0 μ s であり、前記第二のリスニングウィンドウの前記持続時間が、0.3 μ s ~ 0.5 μ s である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記第一の群の光エミッタ内のうちのどの光エミッタが、前記 L I D A R デバイスの 1 つ以上の光学素子の汚れの程度に基づいて前記第二の群の光エミッタに含められるかを決定することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 16】

前記汚れの程度が、前記 L I D A R デバイス又は異なるセンサを使用した以前の測定に基づいて決定される、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記汚れの程度が、前記 L I D A R デバイス近くの周囲気象条件に基づいて決定される、請求項 15 に記載の方法。

【請求項 18】

前記データセットが、前記第二の群の検出された反射光信号内のそれぞれの前記検出された反射光信号に関連付けられた複数の点を含み、それぞれの前記複数の点が、標的距離

50

を含み、各標的距離が、前記第二の群の検出された反射光信号内の前記検出された反射光信号と、前記第一の群の検出された反射光信号内の対応する第一の検出された反射光信号とに基づいて決定される、関連する信頼レベルを有する、請求項1に記載の方法。

【請求項19】

光検出及び測距（L I D A R）デバイスであって、

第一の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第一の群の光エミッタであって、前記第一の群の光信号が、前記周囲環境に対する第一の角分解能に対応する、第一の群の光信号と、

第一のリスニングウィンドウの間に、前記周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出するように構成された第一の群の光検出器であって、前記第一の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記第一の群の光信号の反射に対応する、第一の群の光検出器と、

10

第二の群の光信号を前記周囲環境に放出するように構成された、第二の群の光エミッタであって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光エミッタが、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光エミッタの部分集合を表し、前記第二の群の光信号が、前記周囲環境に対する第二の角分解能に対応し、前記第二の角分解能が、前記第一の角分解能よりも低い、第二の群の光エミッタと、

第二のリスニングウィンドウ中に、前記周囲環境からの第二の群の反射光信号を検出するように構成された、第二の群の光検出器であって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光検出器が、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光検出器の部分集合を表し、前記第二の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記第二の群の光信号の反射に対応し、前記第二のリスニングウィンドウの持続時間が、前記第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い、第二の群の光検出器と、

20

1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成するように構成されたコントローラであって、前記データセットが、前記検出された第一の群の反射光信号及び前記検出された第二の群の反射光信号に基づく、コントローラと、を備える、光検出及び測距（L I D A R）デバイス。

【請求項20】

システムであって、

光検出及び測距（L I D A R）デバイスであって、

30

第一の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第一の群の光エミッタであって、前記第一の群の光信号が、前記周囲環境に対する第一の角分解能に対応する、第一の群の光信号と、

第一のリスニングウィンドウの間に、前記周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出するように構成された第一の群の光検出器であって、前記第一の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの第一の群の光信号の反射に対応する、第一の群の光検出器と、

第二の群の光信号を前記周囲環境に放出するように構成された、第二の群の光エミッタであって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光エミッタが、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光エミッタの部分集合を表し、前記第二の群の光信号が、前記周囲環境に対する第二の角分解能に対応し、前記第二の角分解能が、第一の角分解能よりも低い、第二の群の光エミッタと、

40

第二のリスニングウィンドウ中に、前記周囲環境からの第二の群の反射光信号を検出するように構成された、第二の群の光検出器であって、前記L I D A Rデバイスの前記第二の群の光検出器が、前記L I D A Rデバイスの前記第一の群の光検出器の部分集合を表し、前記第二の群の反射光信号が、前記周囲環境内にある物体からの前記第二の群の光信号の反射に対応し、前記第二のリスニングウィンドウの持続時間が、前記第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い、第二の群の光検出器と、

1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成するように構成されたL I D A Rコントローラであって、前記データセットが、前記検出された第一の群の

50

反射光信号及び前記検出された第二の群の反射光信号に基づく、L I D A Rコントローラと、

システムコントローラであって、

前記L I D A Rコントローラから前記データセットを受信し、

前記データセットに基づいて、前記1つ以上の点群を生成するように構成された、システムコントローラと、を含む、システム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本明細書に別段の記載がない限り、この章の説明は、本出願の特許請求の範囲の先行技術ではなく、この章に含めることにより先行技術であると認められるべきではない。

【0002】

自律車両又は自律モードで動作する車両は、様々なセンサを使用してそれらの周囲を検出し得る。例えば、光検出及び測距（L I D A R）デバイス、無線検出及び測距（R A D A R）デバイス、並びに／又はカメラを使用して、自律車両の周囲環境で物体を識別し得る。このようなセンサは、例えば、物体の検出及び回避、並びに／又はナビゲーションに使用され得る。

【発明の概要】

【0003】

本明細書に記載される実施形態は、L I D A Rデバイスにおける検出チャンネル間のクロストークの軽減に関する。特に、例示的な実施形態は、2つの対応する検出サイクルを用いて2つの放出サイクルを実施することを含む。第一のサイクルの間、L I D A Rデバイス内のすべての光エミッタは、光信号を放出し、光検出器は、比較的長距離（例えば、300m～450m）に対応する持続時間の間、反射光信号を聴取する。しかしながら、第二のサイクルの間、光デバイス内の光エミッタの部分集合のみが光信号を（潜在的に順次的に）放出し、対応する光検出器は、比較的短距離（例えば、45m～75m）に対応する持続時間の間、反射光信号を聴取する。2つのサイクルの間に検出された光信号によって表される距離を比較することによって、クロストークに対応する信号を識別し、及び／又は結果として得られるデータセットから除去することができる。

【0004】

第一の態様では、方法が提供される。方法は、光検出及び測距（L I D A R）デバイスの第一の群の光エミッタから、第一の群の光信号を周囲環境に放出することを含む。第一の群の光信号は、周囲環境に対する第一の角分解能に対応する。方法はまた、第一のリスニングウィンドウ中に、L I D A Rデバイスの第一の群の光検出器によって、周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出することを含む。第一の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第一の群の光信号の反射に対応する。さらに、本方法は、L I D A Rデバイスの第二の群の光エミッタから、第二の群の光信号を周囲環境に放出することを含む。L I D A Rデバイスの第二の群の光エミッタは、L I D A Rデバイスの第一の群の光エミッタのうちの部分集合を表す。第二の群の光信号は、周囲環境に対する第二の角分解能に対応する。第二の角分解能は、第一の角分解能よりも低い。さらに、本方法は、第二のリスニングウィンドウ中に、L I D A Rデバイスの第二の群の光検出器によって、周囲環境から第二の群の反射光信号を検出することを含む。L I D A Rデバイスの第二の群の光検出器は、L I D A Rデバイスの第一の群の光検出器の部分集合を表す。第二の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第二の群の光信号の反射に対応する。第二のリスニングウィンドウの持続時間は、第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い。さらに、方法は、L I D A Rデバイスのコントローラによって、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成することを含む。データセットは、検出された第一の群の反射光信号及び検出された第二の群の反射光信号に基づく。

【0005】

第二の態様では、光検出及び測距（L I D A R）デバイスが提供される。L I D A Rデ

10

20

30

40

50

バイスは、第一の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第一の群の光エミッタを含む。第一の群の光信号は、周囲環境に対する第一の角分解能に対応する。L I D A R デバイスはまた、第一のリスニングウィンドウの間に、周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出するように構成された第一の群の光検出器を含む。第一の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第一の群の光信号の反射に対応する。さらに、L I D A R デバイスは、第二の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第二の群の光エミッタを含む。L I D A R デバイスの第二の群の光エミッタは、L I D A R デバイスの第一の群の光エミッタのうちの部分集合を表す。第二の群の光信号は、周囲環境に対する第二の角分解能に対応する。第二の角分解能は、第一の角分解能よりも低い。さらに、L I D A R デバイスは、第二のリスニングウィンドウの間に、周囲環境から第二の群の反射光信号を検出するように構成された第二の群の光検出器を含む。L I D A R デバイスの第二の群の光検出器は、L I D A R デバイスの第一の群の光検出器の部分集合を表す。第二の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第二の群の光信号の反射に対応する。第二のリスニングウィンドウの持続時間は、第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い。さらに、L I D A R デバイスは、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成するように構成されたコントローラを含む。データセットは、検出された第一の群の反射光信号及び検出された第二の群の反射光信号に基づく。

【0006】

第三の態様では、システムが提供される。システムは、光検出及び測距（L I D A R）デバイスを含む。L I D A R デバイスは、第一の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第一の群の光エミッタを含む。第一の群の光信号は、周囲環境に対する第一の角分解能に対応する。L I D A R デバイスはまた、第一のリスニングウィンドウの間に、周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出するように構成された第一の群の光検出器を含む。第一の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第一の群の光信号の反射に対応する。さらに、L I D A R デバイスは、第二の群の光信号を周囲環境に放出するように構成された第二の群の光エミッタを含む。L I D A R デバイスの第二の群の光エミッタは、L I D A R デバイスの第一の群の光エミッタのうちの部分集合を表す。第二の群の光信号は、周囲環境に対する第二の角分解能に対応する。第二の角分解能は、第一の角分解能よりも低い。さらに、L I D A R デバイスは、第二のリスニングウィンドウの間に、周囲環境から第二の群の反射光信号を検出するように構成された第二の群の光検出器を含む。L I D A R デバイスの第二の群の光検出器は、L I D A R デバイスの第一の群の光検出器の部分集合を表す。第二の群の反射光信号は、周囲環境中の物体からの第二の群の光信号の反射に対応する。第二のリスニングウィンドウの持続時間は、第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短い。さらに、L I D A R デバイスは、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成するように構成されたL I D A R コントローラを含む。データセットは、検出された第一の群の反射光信号及び検出された第二の群の反射光信号に基づく。システムはまた、システムコントローラを含む。システムコントローラは、L I D A R コントローラからデータセットを受信するように構成される。システムコントローラはまた、データセットに基づいて1つ以上の点群を生成するように構成される。

【0007】

これらの並びに他の態様、利点、及び代替物は、当業者には、以下の詳細な説明を添付の図面を適宜参照して読み取ることにより明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、例示的な実施形態による、車両を例解する機能ブロック図である。

【図2A】図2Aは、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。

【図2B】図2Bは、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。

【図2C】図2Cは、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。

【図2D】図2Dは、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。

【図2E】図2Eは、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。

【図 2 F】図 2 F は、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。
【図 2 G】図 2 G は、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。
【図 2 H】図 2 H は、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。
【図 2 I】図 2 I は、例示的な実施形態による、車両の物理的構成の例解図である。
【図 2 J】図 2 J は、例示的な実施形態による、様々なセンサの視野の例解図である。
【図 2 K】図 2 K は、例示的な実施形態による、センサに対するビームステアリングの例解図である。

【図 3】図 3 は、例示的な実施形態による、自律又は半自律車両に関連する様々なコンピューティングシステム間の無線通信の概念例解図である。

【図 4 A】図 4 A は、例示的な実施形態による、L I D A R デバイスを含むシステムのブロック図である。

10

【図 4 B】図 4 B は、例示的な実施形態による、L I D A R デバイスのブロック図である。

【図 5 A】図 5 A は、例示的な実施形態による、一群の光信号を放出し、一群の反射光信号を検出するために使用可能な L I D A R デバイスの例解図である。

【図 5 B】図 5 B は、例示的な実施形態による、L I D A R デバイス内の潜在的なクロストークの例解図である。

【図 6 A】図 6 A は、例示的な実施形態による、第一のサイクル中の第一の群の放出光信号及び第一の群の反射光信号の例解図である。

【図 6 B】図 6 B は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中の第二の群の放出光信号と、第二の群の反射光信号の例解図である。

20

【図 6 C】図 6 C は、例示的な実施形態による、第一のサイクル中に使用される発射シーケンスの例解図である。

【図 6 D】図 6 D は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中に使用される発射シーケンスの例解図である。

【図 6 E】図 6 E は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中に使用される光エミッタと光検出器との対の例解図である。

【図 6 F】図 6 F は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中に使用される光エミッタと光検出器との対の例解図である。

【図 6 G】図 6 G は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中に使用される発射シーケンスの例解図である。

30

【図 6 H】図 6 H は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中に使用される発射シーケンスの例解図である。

【図 7 A】図 7 A は、例示的な実施形態による、第一の角分解能での照明パターンの例解図である。

【図 7 B】図 7 B は、例示的な実施形態による、第二の角分解能での照明パターンの例解図である。

【図 8 A】図 8 A は、例示的な実施形態による、発射回路及び関連する光エミッタの概略例解図である。

【図 8 B】図 8 B は、例示的な実施形態による、発射回路及び関連する光エミッタの概略例解図である。

40

【図 9】図 9 は、例示的な実施形態による、第二のサイクル中の、第二の群の放出光信号と第二の群の反射光信号の例解図である。

【図 10】図 10 は、例示的な実施形態による、方法を図示するフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

例示的な方法及びシステムが本明細書で企図されている。本明細書において説明される任意の例示的な実施形態又は特徴の例は、必ずしも他の実施形態又は特徴よりも好ましいか、又は有利であると解釈されるべきではない。さらに、本明細書において説明される例示的な実施形態は、限定的であることを意味するものではない。開示されるシステム及び方法の特定の態様は、多種多様な異なる構成で配置し、組み合わせることができ、これら

50

の構成の全てが、本明細書において企図されることは容易に理解されよう。加えて、図に示される特定の配置は、限定としてみなされるべきではない。他の実施形態は、所定の図に示されるそれぞれの要素をより多く、又はより少なく含むことができることが理解されるべきである。追加的に、例解される要素のうちのいくつかは、組み合わせられ得るか、又は省略され得る。なおさらに、例示的な実施形態は、図に例解されていない要素を含み得る。

【0010】

本明細書に説明される L I D A R デバイスは、1つ以上の光エミッタと、1つ以上の光エミッタによって放出され、L I D A R デバイスを取り囲む環境内の1つ以上の物体によって反射される光を検出するために使用される1つ以上の検出器と、を含み得る。一例として、周囲環境は、建物の内側又は建物の外側などの、内部又は外部環境を含み得る。追加的又は代替的に、周囲環境は、車両の内部を含み得る。なおさらに、周囲環境は、道路の周り及び／又は道路上の周辺を含み得る。周囲環境にある物体の例としては、限定されるものではないが、他の車両、交通標識、歩行者、自転車に乗る人、道路表面、建物、地形などが挙げられる。追加的に、1つ以上の光エミッタは、L I D A R 自体の局所環境中に光を放出し得る。例えば、1つ以上の光エミッタから放出された光は、L I D A R のハウジング及び／又は L I D A R に結合された表面若しくは構造と相互作用し得る。場合によっては、L I D A R は、車両に取り付けられ得、その場合、1つ以上の光エミッタは、車両の周辺内の物体と相互作用する光を放出するように構成され得る。光エミッタは、他の可能性の中でも、光ファイバ増幅器、レーザダイオード、発光ダイオード (L E D) を含み得る。

【0011】

「部分集合」という用語は、本開示全体を通して、様々なデバイス及びシステム（例えば、L I D A R デバイス）内のチャンネル、光検出器、光エミッタの群などを記述するために使用される。本明細書で使用される場合、「部分集合」という用語は、数学的用語で「真部分集合」又は「厳密な部分集合」を表す。さらに、本明細書で使用される場合、「部分集合」という用語は、空集合を除外する。言い換えれば、本開示の目的のために、集合が n 個の要素を含む場合、その集合の「部分集合」は、1要素から最大 $n - 1$ 個を含めた要素までの任意の整数要素を含んでもよい。

【0012】

L I D A R デバイスは、シーンをスキャンする間に、反射性環境特徴までの距離を決定することができる。次いで、それらの距離を、周囲環境内の表面を示す「点群」（又は他のタイプの表現）に集めることができる。点群の個々の点は、例えば、レーザパルスを送信し、周囲環境における物体から反射されたリターンパルスがあればそれを検出し、その後、パルスの送信とその反射パルスの受信との間の時間遅延に従って物体までの距離を測定することによって判定することができる。その結果得られる点群は、例えば、周囲環境における反射性特徴の位置を示す点の三次元マップを生成することができる。

【0013】

例示的な実施形態では、L I D A R デバイスは、1つ以上の光エミッタ（例えば、レーザダイオード）及び1つ以上の光検出器（例えば、シリコンフォトマルチプライヤー (S i P M) 、単一光子アバランシェダイオード (S P A D) 、及び／又はアバランシェフォトダイオード (A P D) ）を含み得る。例えば、L I D A R デバイスは、光検出器及び対応する光エミッタを含むチャンネルのアレイを含み得る。こうしたアレイは、シーン内の物体を照射し、シーン内の物体から反射光を受信して、L I D A R デバイスに対する特定の画角に対する点群を生成するために使用されうるデータを収集し得る。さらに、強化された視野（例えば、完全な360度視野）を有する点群を生成するために、光エミッタのアレイ及び対応する光検出器のアレイは、その強化された視野内の所定の時間及び／又は位置で光を送受信し得る。例えば、L I D A R デバイスは、光が360度の視野の周りに同時に複数の方向に送受信されるように、垂直軸の周りに配置されるチャンネルのアレイを含み得る。別の例として、L I D A R デバイスは、中心軸の周りをスキャンし（例えば、回

転させるか、又は他の機構を使用してビームスキャンする）、複数セットのデータを送受信し得る。データは、複合して、強化された視野を生成することができる点群を形成するために使用することができる。

【0014】

一部のLIDARデバイスは、高強度のリターン信号から生じるノイズの影響を受けやすい場合がある。例えば、1つの光エミッタが、高反射性物体（例えば、再帰反射器）に向かって光パルスを放出する場合、その物体からのリターンパルスは、高強度を有する場合がある。一部の事例では、リターンパルスの強度が十分大きい場合、リターンパルスは、LIDARデバイスのチャンネル間のクロストークをもたらす場合がある。言い換えれば、放出パルスを放出した光エミッタに対応する光検出器によって検出されることに加えて、高強度のリターンパルスは、LIDARデバイス内の他の光検出器（例えば、放出パルスを放出した光エミッタに対応する光検出器に隣接する光検出器）によって検出されてもよい。こうしたクロストークは、光検出器と検出される物体との間の光経路内の1つ以上の欠陥の結果、及び／又はそれらによって悪化する場合がある。例えば、LIDARデバイスの光学窓は、雨、結露、雪、埃、泥、埃、氷、破片などを有する場合がある。こうした欠陥は、周囲環境内の1つ以上の物体からの1つ以上の反射光信号を反射、屈折、及び／又は分散し、それによってクロストークをもたらし得る。

【0015】

クロストークは、原因にかかわらず、検出エラーの原因となり得る。例えば、検出器がクロストークの結果であるリターンパルスを検出すると、LIDARデバイスに関連付けられたコンピューティングデバイスは、現実にはそのような物体が存在しないが（すなわち、LIDARデバイスは偽陽性検出を生成しうる）、物体が周囲環境内の位置に存在すると不適切に判断し得る。追加的又は代替的に、高強度クロストークリターンパルスを検出した結果、適切なリターンパルス（例えば、より低い強度で）が不適切に見落とされ得る。このように、本明細書に開示される例示的な実施形態は、ノイズ源から生じる不適切な検出を軽減及び／又は排除する役割を果たし得る。高反射性物体から生じるクロストークは、本開示全体を通して参照されるが、他のノイズ源もまた考えられ、本明細書に記載される技術を使用して軽減され得ることが理解される。例えば、様々な光検出器への干渉（例えば、異なるLIDARデバイスなど、偽の光源に由来する、又は誰かがLIDARデバイスでレーザーポインターを照射するなど、悪意のある光源に由来する）も、本明細書に記述された技術のうちの1つ以上を使用して軽減され得る。追加的又は代替的に、電気的クロストークは、本明細書に記載される技術を使用して軽減され得る。電気的クロストークは、例えば、1つの光検出器が大きな検出信号を経験する時に、隣接又は近くの光検出器内に結合される電気信号を含み得る。

【0016】

いくつかの実施形態では、LIDARデバイスが提供される。上述のように、LIDARデバイスは、チャンネルのアレイを含み得る。アレイ内のチャンネルの各々は、光検出器及び対応する光エミッタを含み得る。例えば、所与のチャンネル内の光エミッタは、特定の放出ベクトルに沿って光パルスを放出するように構成されてもよく、対応する光検出器は、放出ベクトルの経路にある周囲環境内の物体から反射された光パルスを検出するように構成されてもよい。チャンネルのアレイのうち異なるチャンネルの光検出器の各々は、光検出器のアレイのLIDARデバイス内で互いに近接して位置付けられてもよい。このように、任意の高強度リターンパルスは、高強度リターンパルスを検出する一次光検出器の近くにある光検出器に影響を与え得る。

【0017】

こうしたクロストークを軽減する1つの方法は、チャンネルのアレイ内のどのチャンネルが、高強度リターンの原因となる周囲環境内の高反射率物体と交差する放出ベクトルを有するかを特定することである。次に、クロストークの源であるチャンネルを識別すると、そのチャンネル内の光エミッタは、将来の放出サイクルで光パルスを放出することを単に控えることができる。しかしながら、高強度反射に対応する光エミッタからの光パルスを、いつ

(例えば、どの放出サイクルで) 放出を再開するかを決定することは、困難である場合がある。同様に、別の考えられる軽減技術は、高強度反射を検出した一次光検出器の近くにあるアレイ内の光検出器によって検出される、将来の検出サイクルで検出されるパルスを一に無視することであろう。しかし、これは、1つ以上の検出サイクルの間に、多数のチャンネルが本質的に未使用となる結果を招き得る。明らかであるように、上記の軽減戦略は、複数の検出されたパルスを、おそらく不必要に無視する結果を招き得る。

【0018】

そのため、本明細書に記載されるのは、前述の軽減技術と併せて、又は代わりに使用できる代替的なノイズ軽減技術である。すなわち、本明細書に記載される技術は、2つの発射サイクルにわたって光信号を放出／検出することが関与し得る。第一のサイクルは、L I D A R デバイスの全てのチャンネルを発射し、全てのリターンを検出することが関与し得る。この第一のサイクルは、比較的長距離又は比較的短距離にかかわらず、考えられる全てのリターンを検出することを求め得る。しかしながら、第二のサイクルは、一連の時差的な放出／検出が関与し得る。一連の放出／検出は、L I D A R デバイス内のチャンネルの部分集合(例えば、互いにクロストークの影響を受けにくいよう物理的に互いに十分離れている部分集合)によって行われてもよい。さらに、第二のサイクルにおける放出／検出は、第一のサイクルにおける放出／検出よりも短い距離の放出／検出に対応し得る。そのため、本明細書に記載される技術は、クロストークは、より短い距離において、より深刻な問題でありうるという事実を利用しうる(例えば、第二のサイクルにおける検出イベントは、より短い距離の物体を検出するために使用されてもよく、一方で、第一のサイクルにおける検出イベントは、より長い距離の物体を検出するために使用されてもよい)。最後に、第二のサイクルからの検出イベントを、第一のサイクルからの検出イベントと組み合わせて、単一のデータセットを形成してもよい。本明細書に記載される技術は、L I D A R デバイスの様々なチャンネルに対して時間分割多重アクセスを行う方法を表しうる(すなわち、検出イベントを時間的に分離することによって、クロストークを識別し、無視することができる)。

【0019】

完全な検出サイクルは、以下の方法で進行し得る。まず(すなわち、第一のサイクルの間)、L I D A R デバイス内にある各々のチャンネルの光エミッタは、光信号を放出し得る。その後、L I D A R デバイス内の対応する光検出器は、第一の検出ウィンドウ中に周囲環境中の物体からの反射を検出し得る。第一の検出ウィンドウの持続時間(すなわち、時間の長さ)は、比較的長距離(例えば、300m～450mの範囲まで)にある物体の検出を可能にするために、比較的長い(例えば、2.0μs～3.0μsの間)場合がある。光検出器からの第一の検出ウィンドウの間の検出イベントは、その後、一時的に(例えば、揮発性メモリなどのメモリ内に)保存されてもよい。例えば、これらの検出イベントは、完全な波形(例えば、対応する光検出器からの強度波形)及び／又はメタデータ(例えば、検出時間に対応するデータ、検出された強度、及び／又は検出された偏光)として格納されてもよい。

【0020】

その後(すなわち、第二のサイクルの間)、光エミッタの部分集合は、より短い時間セグメントの間に発射され得る。例えば、L I D A R デバイスが16チャンネル(例えば、「チャンネル0」、「チャンネル1」、「チャンネル2」、...「チャンネル15」と標識)を有する場合、チャンネルの予め選択された部分集合の光エミッタが、順次発射され得る。例えば、チャンネル0の光エミッタは、第二のサイクルの一部分の間にそれ自体(すなわち、他の光エミッタを照射することなく)発射されてもよい。第二のサイクルのこの部分の間、チャンネル0の光検出器は、第二の検出ウィンドウ中に周囲環境中の物体からの反射を検出し得る。第二の検出ウィンドウの持続時間は、第一の検出ウィンドウの持続時間よりも短くてもよい。例えば、第二の検出ウィンドウの持続時間は、比較的短距離(例えば、45m～75mの範囲まで)にある物体を検出するために、0.3μs～0.5μsとし得る。第二のサイクルのこの部分からの検出イベントはまた、一時的に(例えば、揮発性メモ

りなどのメモリ内に) 格納されてもよい。第一のサイクル中の検出イベントと同様に、これらの検出イベントは、完全な波形 (例えば、対応する光検出器からの強度波形) 及び／又はメタデータ (例えば、検出時間に対応するデータ、検出された強度、及び／又は検出された偏光) として格納されてもよい。

【0021】

次に、チャンネル0に対して実施される第二のサイクルの上記部分は、第二のサイクル中に、チャンネル2、チャンネル4、チャンネル6、チャンネル8、チャンネル10、チャンネル12、及びチャンネル14に対して別々に繰り返されてもよい。すべてのチャンネルが使用されない (例えば、チャンネル1、3、5、7、9、11、13、及び15は前の実施例で使用されなかった) という事実によって明らかであるように、第二のサイクル中に選択されるチャンネルの角分解能は、組み合わされたすべてのチャンネルの角分解能 (例えば、第一のサイクルの間に使用されるチャンネル) よりも小さくてもよい。しかし、第二のサイクル中にプローブされる距離は、第一のサイクル中よりも短くてもよい。より低い角分解能が許容される (例えば、周囲環境が、より長い距離で適切に直線的に解決され得るように、より短い距離で直線的に過剰に解決される場合)。言い換えれば、角分解能の減少があっても、第二のサイクルの間に捕捉されるデータは、第二のサイクルの間に関与する、より短い距離 (例えば、75 m未満の範囲) で考慮されるとき、十分な直線分解能 (例えば、1インチ当たりのドット数) を提供し得る。角分解能の減少の量は、少なくとも部分的に、第二のサイクルに割り当てられる総持続時間に基づいてもよい。例えば、第二のサイクルに5 μ sが割り当てられ、各第二の検出ウィンドウが持続時間0.5 μ sである場合、第二のサイクルの間に利用可能な10個の発射スロット／部分があり得る。このように、チャンネルが第二のサイクルの間に個別に発射される場合、角分解能の減少は、チャンネルの総数を、利用可能な発射スロットの数で割ったもの (例えば、16個の合計チャンネル／10個の発射スロット、又は1.6倍による角分解能の減少) に対応し得る。

【0022】

当然のことながら、上述の第二のサイクルの間に発射されるチャンネルの配置は、一例として提供され、他の配置も考えられ、本明細書で意図されている。さらに、上述のように、単一のチャンネルのみの光エミッタは、第二のサイクルの各部分の間に発射されうるが、他の数のチャンネルが、第二のサイクルの部分の間に使用されうる (例えば、チャンネルの対、3つのチャンネルの群、4つのチャンネルの群、及び／又は5つのチャンネルの群)。例えば、チャンネルの対は、第二のサイクルの連続的な部分における同時放出／検出のために選択され得る。こうした実施形態では、第二のサイクルの部分のそれぞれの間に選択されるチャンネルの対は、使用されるチャンネル (例えば、使用されるチャンネル内の検出器) が、第二のサイクルの部分のそれぞれについてチャンネル間のクロストークが発生するのを防止するように、互いに物理的に十分離れているように選択されてもよい。第二のサイクルの複数の部分にわたって使用される連続的なチャンネルの対はまた、いくつかの実施形態では、LIDARデバイス／周囲環境にわたるインターレースを表し得る。さらに、いくつかの実施形態では、第二のサイクルの1つの部分 (例えば、一对のチャンネル) の間に発射されるチャンネルの数は、第二のサイクルの別の部分 (例えば、3つのチャンネルの群) の間に発射されるチャンネルの数とは異なってもよい。さらには、上述の第一のサイクルは、より長い距離、増加した角分解能サイクルであり、上述の第二のサイクルは、より短い距離、減少した角分解能サイクルである一方で、これらのサイクルの順序は逆転しうる (すなわち、第一のサイクルが、第二のサイクルの後に実施される) ことが理解される。

【0023】

追加的又は代替的に、いくつかの実施形態では、以前の検出データは、発射スキームに組み込まれてもよい。例えば、いくつかの実施形態では、周囲環境内の高反射率表面 (例えば、再帰反射器) は、(例えば、LIDARデバイスの1つ以上の光検出器によって検出される高強度反射に基づいて) 以前の発射サイクルの間に識別されてもよい。さらに、識別された高反射率表面を標的とするチャンネル (例えば、チャンネルの光エミッタ) も識別され得る。次に、続く発射サイクル (例えば、上述の第一のサイクル及び第二のサイクル

の両方の間)では、再帰反射器に向けられるチャネルの光エミッタは、完全に発射を控えてもよい。これにより、偶発的なクロストークに対するさらなる頑健性を提供することができる。

【0024】

第一のサイクル及び第二のサイクルからすべての検出イベントが収集されると、それらの検出イベントを合成して、1つ以上の点群を生成するのに使用可能なデータセットを形成してもよい。例えば、第一のサイクルからのデータは、第一の点群を生成するのに利用可能なデータのセットとして(例えば、LIDARデバイスのコントローラによるコンピューティングデバイスに)提供されてもよく、第二のサイクルからのデータは、第二の点群を生成するのに利用可能なデータのセットとして(例えば、LIDARデバイスのコントローラによるコンピューティングデバイスに)提供されてもよい。あるいは、いくつかの実施形態では、2つのサイクルからの検出イベントは、結果として得られるデータセットが単一の点群を生成するのに使用可能となるように、組み合わせられてもよい。こうした実施形態では、第一のサイクルと第二のサイクルの間の、所与のチャネルに対応する検出イベントを比較してもよい。例えば、第一のサイクル中に所定のチャネル(例えば、チャネル1)に対して決定される周囲環境内の物体までの距離を、第二のサイクル中に同じチャネル(例えば、チャネル1)に対して決定される周囲環境内の物体までの距離と比較してもよい。2つの距離が同じ(又は何らかの閾値差値内)である場合、測定値は適切であり、クロストークを表していないと判定され得る。したがって、測定された距離の一方又は両方は、単一の点群を生成するために使用可能なデータセットに含まれ得る。さらに、第二のサイクル中の測定が、結果的に距離の測定につながらなかったが、第一のサイクル中の測定が、結果的に距離の測定につながり、第一のサイクル中の測定が、第二のサイクル中に測定された範囲を超えた範囲であった場合、第一のサイクル中に測定された距離は、単一の点群を生成するために(例えば、その測定がクロストークに対応していないと判定され得るため)使用可能なデータセットに同様に含まれ得る。しかしながら、第二のサイクル中、及び第一のサイクル中に検出された検出イベントが一致しない(例えば、閾値差内にない)場合、及び両方とも、第二のサイクル中に測定される範囲内である標的範囲に対応する場合、決定された距離は、データセット内に含まれなくてもよい(例えば、第一のサイクル中の測定は、クロストークの結果でありうる)か、又は第二のサイクル中に測定された距離のみが、データセットに含まれ得る。

【0025】

以下の説明及び添付図面は、様々な例示的な実施形態の特徴を明らかにする。提供される実施形態は、例としてのものであり、限定することを意図するものではない。したがって、図面の寸法は、必ずしも縮尺どおりではない。

【0026】

ここで、本開示の範囲内の例示的なシステムをより詳細に説明する。例示的なシステムは、自動車に実装され得るか、又は自動車の形態を採り得る。追加的に、例示的なシステムはまた、車、トラック(例えば、ピックアップトラック、バン、トラクタ、及び/又はトラクタトレーラーなど)、オートバイ、バス、飛行機、ヘリコプタ、ドローン、芝刈り機、ブルドーザ、ボート、潜水艦、全地形対応車両、スノーモービル、航空機、レクリエーション車両、遊園地車両、農機具又は農業用車両、建設機械又は建設車両、倉庫設備又は倉庫車両、工場設備又は工場車両、トラム、ゴルフカート、電車、トロリー、歩道運搬車両、ロボットデバイスなどの、様々な車両において実装され得るか、又は様々な車両の形態を採り得る。他の車両も同じく可能である。さらに、いくつかの実施形態では、例示的なシステムは、車両を含まない場合がある。

【0027】

ここで図を参照すると、図1は、自律モードで完全に又は部分的に動作するように構成され得る、例示的な車両100を例解する機能ブロック図である。より具体的には、車両100は、コンピューティングシステムから制御命令を受信することを通して、人間の相互作用なしに自律モードで動作し得る。自律モードにおける動作の一部として、車両10

0 は、センサを使用して、周囲環境の物体を検出し、場合によっては識別して、安全なナビゲーションを可能にし得る。追加的に、例示的な車両 100 は、車両 100 のいくつかの機能が車両 100 の人間の運転手によって制御され、車両 100 のいくつかの機能がコンピューティングシステムによって制御される、部分的に自律（すなわち、半自律）モードで動作し得る。例えば、車両 100 はまた、運転手がステアリング、加速、及びブレーキなどの車両 100 の動作を制御することを可能にするサブシステムを含み得るが、一方で、コンピューティングシステムは、周囲環境内の他の物体（例えば、車両）に基づいて、車線逸脱警告／車線維持支援又はアダプティブクルーズコントロールなどの支援機能を実施する。

【0028】

本明細書に説明されるように、部分的自律運転モードでは、車両が1つ以上の運転動作（例えば、レーンセンタリング、アダプティブクルーズコントロール、先進運転支援システム（ADAS）、及び／又は緊急ブレーキを実施するためのステアリング、ブレーキ、及び／又は加速）を支援するが、人間の運転手は、車両の周囲を状況的に認識し、支援された運転動作を監督することが期待される。ここで、車両が特定の状況で全ての運転タスクを実施し得るが、人間の運転手は、必要に応じて制御を行う責任を負うことが期待される。

【0029】

簡略化及び簡潔化のために、様々なシステム及び方法が自律車両と併せて以下に説明されているが、これら又は同様のシステム及び方法は、完全自律運転システム（すなわち、部分的に自律運転システム）のレベルに達しない様々な運転支援システムで使用され得る。米国では、自動車技術者協会（SAE）は、車両が運転をどの程度多く、又はどの程度少なく制御するかを示すために、異なるレベルの自動化された運転動作を定義しているが、米国又は他の国における異なる組織が、レベルを異なって分類し得る。より具体的には、本開示のシステム及び方法は、ステアリング、ブレーキ、加速、レーンセンタリング、アダプティブクルーズコントロールなど、及び他の運転手サポートを実装するSAEレベル2の運転支援システムで使用され得る。開示されるシステム及び方法は、限定された（例えば、高速道路）条件下で自律運転が可能なSAEレベル3の運転支援システムで使用され得る。同様に、開示されるシステム及び方法は、ほとんどの通常の運転状況下で自律的に動作し、人間のオペレータの時折の注意のみを必要とする、SAEレベル4の自動運転システムを使用する車両に使用され得る。全てのそのようなシステムでは、正確なレーン推定は、運転手の入力又は制御（例えば、車両が移動中）なしで自動的に実施され、車両測位及びナビゲーションの改善された信頼性、並びに自律運転、半自律運転、及び他の運転支援システムの全体的な安全性を結果的にもたらす。上記のように、SAEが自動運転動作のレベルを分類する方式に加えて、米国又は他の国における他の組織は、自動運転動作のレベルを異なって分類し得る。限定されるものではないが、本明細書の開示されるシステム及び方法は、これらの他の組織の自動運転動作のレベルによって定義される運転支援システムに使用され得る。

【0030】

図1に示されるように、車両100は、推進システム102、センサシステム104、制御システム106、1つ以上の周辺機器108、電源110、データストレージ114を有するコンピュータシステム112（コンピューティングシステムとも称され得る）、及びユーザインターフェース116などの様々なサブシステムを含み得る。他の例では、車両100は、各々複数の要素を含み得る、より多いか又はより少ないサブシステムを含み得る。車両100のサブシステム及び構成要素は、様々な方法で相互接続され得る。加えて、本明細書で説明される車両100の機能は、追加の機能的又は物理的構成要素に分割されるか、又は実施形態内でより少ない機能的若しくは物理的構成要素に組み合わせられ得る。例えば、制御システム106及びコンピュータシステム112は、様々な動作に従って車両100を動作させる単一のシステムに組み合わせられ得る。

【0031】

推進システム１０２は、車両１００に対して動力付き運動を提供するように動作可能な１つ以上の構成要素を含み得、他の可能な構成要素の中でも、エンジン／モータ１１８、エネルギー源１１９、トランスミッション１２０、及び車輪／タイヤ１２１を含み得る。例えば、エンジン／モータ１１８は、エネルギー源１１９を機械的エネルギーに変換するように構成され得、他の可能なオプションの中でも、内燃エンジン、電気モータ、蒸気エンジン、又はスターリングエンジンのうちの１つ又は組み合わせに対応し得る。例えば、いくつかの実施形態では、推進システム１０２は、ガソリンエンジン及び電気モータなどの多数のタイプのエンジン及び／又はモータを含み得る。

【００３２】

エネルギー源１１９は、完全に又は部分的に、車両１００の１つ以上のシステム（例えば、エンジン／モータ１１８）に動力を供給し得るエネルギー源を表す。例えば、エネルギー源１１９は、ガソリン、ディーゼル、他の石油ベースの燃料、プロパン、他の圧縮ガスの燃料、エタノール、ソーラパネル、電池、及び／又は他の電力源に対応することができる。いくつかの実施形態では、エネルギー源１１９は、燃料タンク、電池、コンデンサ、及び／又はフライホイールの組み合わせを含み得る。

【００３３】

トランスミッション１２０は、エンジン／モータ１１８からの機械動力を、車輪／タイヤ１２１及び／又は車両１００の他の可能なシステムに伝達し得る。したがって、トランスミッション１２０は、他の可能な構成要素の中でもとりわけ、ギアボックス、クラッチ、ディファレンシャル、及び駆動シャフトを含み得る。駆動シャフトは、１つ以上の車輪／タイヤ１２１に接続する車軸を含み得る。

【００３４】

車両１００の車輪／タイヤ１２１は、例示的な実施形態内で様々な構成を有し得る。例えば、車両１００は、他の可能な構成の中でも、一輪車、自転車／オートバイ、三輪車、又は自動車／トラックの四輪の形態で存在し得る。したがって、車輪／タイヤ１２１は、様々な方法で車両１００に接続することができ、金属及びゴムなどの異なる材料で存在することができる。

【００３５】

センサシステム１０４は、他の可能なセンサの中でも特に、全地球測位システム（GPS）１２２、慣性測定ユニット（IMU）１２４、RADAR １２６、LIDAR １２８、カメラ１３０、ステアリングセンサ１２３、及びスロットル／ブレーキセンサ１２５などの様々なタイプのセンサを含むことができる。いくつかの実施形態では、センサシステム１０４は、車両１００の内部システムを監視するように構成されたセンサ（例えば、O₂ モニタ、燃料計、エンジンオイル温度、及び／又はブレーキ摩耗）も含み得る。

【００３６】

GPS １２２は、地球に対する車両１００の位置に関する情報を提供するように動作可能なトランシーバを含み得る。IMU １２４は、１つ以上の加速度計及び／又はジャイロスコープを使用する構成を有し得、慣性加速度に基づいて車両１００の位置及び配向の変化を感知し得る。例えば、IMU １２４は、車両１００が静止しているか、又は動いている間に車両１００のピッチ及びヨーを検出し得る。

【００３７】

RADAR １２６は、物体の速さ及び方位を含めて、無線信号を使用して、車両１００の周囲環境内の物体を感知するように構成された１つ以上のシステムを表すことができる。したがって、RADAR １２６は、無線信号を送信及び受信するように構成されたアンテナを含み得る。いくつかの実施形態では、RADAR １２６は、車両１００の周囲環境の測定値を得るように構成された取り付け可能なRADARに対応し得る。

【００３８】

LIDAR １２８は、他のシステム構成要素の中でも特に、１つ以上のレーザー源、レーザスキャナ、及び１つ以上の検出器を含み得、コヒーレントモード（例えば、ヘテロダイン検出を使用）又はインコヒーレント検出モード（すなわち、飛行時間モード）で動

10

20

30

40

50

作し得る。いくつかの実施形態では、L I D A R 128の1つ以上の検出器は、特に感度の高い検出器（例えば、アバランシェフォトダイオード）であり得る、1つ以上の光検出器を含み得る。いくつかの例では、そのような光検出器は、単一光子を検出することが可能であり得る（例えば、S P A D）。さらに、そのような光検出器は、アレイ内に配置され得る（例えば、S i P Mのように）（例えば、直列の電気接続を通して）。いくつかの例では、1つ以上の光検出器は、ガイガーモードで動作するデバイスであり、L I D A Rは、そのようなガイガーモード動作のために設計されたサブ構成要素を含む。

【0039】

カメラ130は、車両100の周囲環境の画像を捕捉するように構成された、1つ以上のデバイス（例えば、静止カメラ、ビデオカメラ、熱画像カメラ、ステレオカメラ、及び／又はナイトビジョンカメラなど）を含み得る。

10

【0040】

ステアリングセンサ123は、車両100のステアリング角度を感知し得、これは、ステアリングホイールの角度を測定すること、又はステアリングホイールの角度を表す電気信号を測定することを含み得る。いくつかの実施形態では、ステアリングセンサ123は、車両100の前方軸に対する車輪の角度を検出するなど、車両100の車輪の角度を測定し得る。ステアリングセンサ123はまた、ステアリングホイールの角度、ステアリングホイールの角度を表す電気信号、及び車両100の車輪の角度の組み合わせ（又は部分集合）を測定するように構成され得る。

【0041】

20

スロットル／ブレーキセンサ125は、車両100のスロットル位置又はブレーキ位置のいずれかの位置を検出し得る。例えば、スロットル／ブレーキセンサ125は、アクセルペダル（スロットル）及びブレーキペダルの両方の角度を測定し得るか、又は、例えば、アクセルペダル（スロットル）の角度及び／又はブレーキペダルの角度を表す電気信号を測定し得る。スロットル／ブレーキセンサ125はまた、エンジン／モータ118（例えば、バタフライバルブ又はキャブレタなど）にエネルギー源119のモジュレーションを提供する物理的機構の一部を含み得る、車両100のスロットルボディの角度を測定し得る。追加的に、スロットル／ブレーキセンサ125は、車両100のロータ上の1つ以上のブレーキパッドの圧力、又はアクセルペダル（スロットル）及びブレーキペダルの角度の組み合わせ（又は部分集合）、アクセルペダル（スロットル）及びブレーキペダルの角度を表す電気信号、スロットルボディの角度、並びに少なくとも1つのブレーキパッドが車両100のロータに加える圧力、を測定し得る。他の実施形態では、スロットル／ブレーキセンサ125は、スロットル又はブレーキペダルなどの車両のペダルに加えられた圧力を測定するように構成され得る。

30

【0042】

制御システム106は、ステアリングユニット132、スロットル134、ブレーキユニット136、センサ融合アルゴリズム138、コンピュータビジョンシステム140、ナビゲーション／経路探索システム142、及び障害物回避システム144など、車両100をナビゲートすることを支援するように構成された構成要素を含み得る。より具体的には、ステアリングユニット132は、車両100の方位を調整するように動作可能であり得、スロットル134は、エンジン／モータ118の動作スピードを制御して、車両100の加速を制御し得る。ブレーキユニット136は、車両100を減速することができ、これは、摩擦を使用して車輪／タイヤ121を減速することを伴い得る。いくつかの実施形態では、ブレーキユニット136は、車両100の1つ以上のシステムによるその後の使用のために、車輪／タイヤ121の運動エネルギーを電流に変換し得る。

40

【0043】

センサ融合アルゴリズム138は、カルマンフィルタ、ベイジアンネットワーク、又はセンサシステム104からのデータを処理することができる他のアルゴリズムを含み得る。いくつかの実施形態では、センサ融合アルゴリズム138は、個々の物体及び／若しくは特徴の評価、特定の状況の評価、並びに／又は所与の状況内の可能性のある影響の評価

50

など、着信センサデータに基づくアセスメントを提供し得る。

【0044】

コンピュータビジョンシステム140は、移動中である物体（例えば、他の車両、歩行者、自転車に乗る人、及び／又は動物）及び移動中ではない物体（例えば、信号機、車道境界、スピードバンプ、及び／又はくぼみ）を判定するために画像を処理及び分析するように動作可能なハードウェア及びソフトウェア（例えば、中央処理装置（CPU）などの汎用プロセッサ、グラフィカルプロセッシングユニット（GPU）又はテンソルプロセッシングユニット（TPU）などの専用プロセッサ、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、及び／又は1つ以上の機械学習モデル）を含み得る。したがって、コンピュータビジョンシステム140は、物体認識、ストラクチャフロムモーション（SFM）、ビデオ追跡、及び、例えば、物体を認識し、環境をマッピングし、物体を追跡し、物体のスピードを推定するためなどにコンピュータビジョンで使用される他のアルゴリズムを使用し得る。

【0045】

ナビゲーション／経路探索システム142は、車両100の運転経路を判定することができ、これは、動作中にナビゲーションを動的に調整することを伴い得る。したがって、ナビゲーション／経路探索システム142は、数ある情報源の中でも特に、センサ融合アルゴリズム138、GPS 122、及びマップからのデータを使用して、車両100をナビゲートし得る。障害物回避システム144は、センサデータに基づいて潜在的な障害物を評価し、車両100のシステムに潜在的な障害物を回避させるか、又は別様に切り抜

【0046】

図1に示されるように、車両100はまた、無線通信システム146、タッチスクリーン148、内部マイクロフォン150、及び／又はスピーカ152などの周辺機器108を含み得る。周辺機器108は、ユーザがユーザインターフェース116と相互作用するための制御又は他の要素を提供し得る。例えば、タッチスクリーン148は、車両100のユーザに情報を提供し得る。ユーザインターフェース116はまた、タッチスクリーン148を介してユーザからの入力を受け入れ得る。周辺機器108はまた、車両100が、他の車両のデバイスなどのデバイスと通信することを可能にし得る。

【0047】

無線通信システム146は、1つ以上のデバイスと直接又は通信ネットワークを介して無線で通信し得る。例えば、無線通信システム146は、符号分割多重アクセス（CDMA）、エボリューションデータ最適化（EVDO）、モバイル通信用グローバルシステム（GSM）／汎用パケット無線サービス（GPRS）などの3Gセルラー通信、又は4Gワールドワイドインターオペラビリティフォーマイクロウェーブアクセス（WiMAX）若しくはロングタームエボリューション（LTE）などのセルラー通信、又は5Gを使用することができる。代替的に、無線通信システム146は、WIFI（登録商標）又は他の可能な接続を使用して無線ローカルエリアネットワーク（WLAN）と通信し得る。無線通信システム146はまた、例えば、赤外線リンク、Bluetooth、又はZigBeeを使用してデバイスと直接通信し得る。様々な車両通信システムなどの他の無線プロトコルが、本開示の文脈内で可能である。例えば、無線通信システム146は、車両及び／又は路側給油所間の公共及び／又は私的データ通信を含み得る1つ以上の専用狭域通信（DSRC）デバイスを含み得る。

【0048】

車両100は、構成要素に電力を供給するための電源110を含み得る。電源110は、いくつかの実施形態では、再充電可能なリチウムイオン又は鉛蓄電池を含み得る。例えば、電源110は、電力を提供するように構成された1つ以上の電池を含み得る。車両100はまた、他のタイプの電源を使用して得る。例示的な実施形態では、電源110とエネルギー源119とが、統合されて単一のエネルギー源になり得る。

【0049】

車両１００はまた、そこに説明されている動作などの動作を行うためのコンピュータシステム１１２を含み得る。したがって、コンピュータシステム１１２は、データストレージ１１４などの非一時的なコンピュータ可読媒体に記憶された命令１１５を実行するように動作可能な少なくとも１つのプロセッサ１１３（少なくとも１つのマイクロプロセッサを含み得る）を含み得る。いくつかの実施形態では、コンピュータシステム１１２は、車両１００の個々の構成要素又はサブシステムを分散方式で制御するように機能し得る複数のコンピューティングデバイスを表し得る。

【００５０】

いくつかの実施形態では、データストレージ１１４は、図１に関連して上述したものを含めて、車両１００の様々な機能を実行するための、プロセッサ１１３によって実行可能な命令１１５（例えば、プログラム論理）を含み得る。データストレージ１１４は、推進システム１０２、センサシステム１０４、制御システム１０６、及び周辺機器１０８のうちの１つ以上にデータを送信する、データを受信する、相互作用する、及び／又は制御する命令を含む追加の命令も含み得る。

【００５１】

命令１１５に加えて、データストレージ１１４は、情報の中でもとりわけ、道路地図、経路情報などのデータを記憶し得る。そのような情報は、自律モード、半自律モード、及び／又は手動モードにおける車両１００の動作中に、車両１００及びコンピュータシステム１１２によって使用され得る。

【００５２】

車両１００は、車両１００のユーザに情報を提供するか、又は車両１００のユーザから入力を受信するためのユーザインターフェース１１６を含み得る。ユーザインターフェース１１６は、タッチスクリーン１４８上に表示され得るコンテンツ及び／又はインタラクティブ画像のレイアウトを制御する又は制御を可能にし得る。さらに、ユーザインターフェース１１６は、無線通信システム１４６、タッチスクリーン１４８、マイクロフォン１５０、及びスピーカ１５２などの周辺機器１０８のセット内の１つ以上の入力／出力デバイスを含むことができる。

【００５３】

コンピュータシステム１１２は、様々なサブシステム（例えば、推進システム１０２、センサシステム１０４、及び／又は制御システム１０６）から、並びにユーザインターフェース１１６から受信した入力に基づいて、車両１００の機能を制御し得る。例えば、コンピュータシステム１１２は、推進システム１０２及び制御システム１０６によって生成された出力を推定するために、センサシステム１０４からの入力を利用し得る。実施形態に応じて、コンピュータシステム１１２は、車両１００及びそのサブシステムの多くの態様を監視するように動作可能であり得る。いくつかの実施形態では、コンピュータシステム１１２は、センサシステム１０４から受信した信号に基づいて、車両１００の一部又は全ての機能を無効にし得る。

【００５４】

車両１００の構成要素は、それらのそれぞれのシステム内又は外部の他の構成要素と相互接続された方式で機能するように構成され得る。例えば、例示的な実施形態では、カメラ１３０は、自律又は半自律モードで動作している車両１００の周囲環境の状態に関する情報を表すことができる複数の画像を捕捉することができる。周囲環境の状態は、車両が動作している道路のパラメータを含み得る。例えば、コンピュータビジョンシステム１４０は、道路の複数の画像に基づいて、傾斜（勾配）又は他の特徴を認識することが可能であり得る。追加的に、GPS １２２とコンピュータビジョンシステム１４０によって認識された特徴との組み合わせは、具体的な道路パラメータを判定するために、データストレージ１１４に記憶された地図データとともに使用され得る。さらに、RADAR １２６及び／若しくはLIDAR １２８、並びに／又はいくつかの他の環境マッピング、範囲、及び／若しくは測位センサシステムもまた、車両の周囲についての情報を提供し得る。

【００５５】

言い換えると、様々なセンサ（入力指標センサ及び出力指標センサと呼ぶことができる）とコンピュータシステム１１２との組み合わせが相互作用して、車両を制御するために提供される入力指標又は車両の周囲の指標を提供することができる。

【００５６】

いくつかの実施形態では、コンピュータシステム１１２は、無線システム以外のシステムによって提供されるデータに基づいて、様々な物体に関する判定を行い得る。例えば、車両１００は、車両の視野内の物体を感知するように構成されたレーザー又は他の光学センサを有し得る。コンピュータシステム１１２は、様々なセンサからの出力を使用して、車両の視野内の物体に関する情報を判定し得、様々な物体までの距離及び方向情報を判定し得る。コンピュータシステム１１２はまた、様々なセンサからの出力に基づいて、物体が望ましいか、又は望ましくないかを判定し得る。

10

【００５７】

図１は、車両１００の様々な構成要素（すなわち、無線通信システム１４６、コンピュータシステム１１２、データストレージ１１４、及びユーザインターフェース１１６）を車両１００に統合されているものとして示しているが、これらの構成要素のうちの１つ以上は、車両１００とは別個に取り付けられるか又は関連付けられ得る。例えば、データストレージ１１４は、部分的又は完全に、車両１００とは別個に存在することができる。したがって、車両１００は、別個に又は一緒に位置し得るデバイス要素の形態で提供され得る。車両１００を構成するデバイス要素は、有線及び／又は無線方式で一緒に通信可能に結合され得る。

20

【００５８】

図２Ａ～２Ｅは、図１を参照して車両１００に関連して説明される機能の一部又は全てを含み得る例示的な車両２００（例えば、完全自律車両、半自律車両）を示す。車両２００は、例解目的で、側面ミラーを有するバンとして図２Ａ～２Ｅに例解されているが、本開示は、そのように限定されるものではない。例えば、車両２００は、トラック、乗用車、セミトレーラトラック、オートバイ、ゴルフカート、オフロード車両、農業用車両、又は本明細書の他の箇所で説明される任意の他の車両（例えば、バス、ボート、飛行機、ヘリコプタ、ドローン、芝刈り機、ブルドーザ、潜水艦、全地形対応車両、スノーモービル、航空機、レクリエーション車両、遊園地車両、農機具、建設機械又は建設車両、倉庫設備又は倉庫車両、工場設備又は工場車両、トラム、電車、トロリー、歩道運搬車両、及び／又はロボットデバイスなど）を表し得る。

30

【００５９】

例示的な車両２００は、１つ以上のセンサシステム２０２、２０４、２０６、２０８、２１０、２１２、２１４、及び２１８を含み得る。いくつかの実施形態では、センサシステム２０２、２０４、２０６、２０８、２１０、２１２、２１４、及び／又は２１８は、１つ以上の光学システム（例えば、カメラ）、１つ以上のＬＩＤＡＲ、１つ以上のレーダー、１つ以上の慣性センサ、１つ以上の湿度センサ、１つ以上の音響センサ（例えば、マイクロフォン、ソナーデバイス）、又は車両２００を取り囲む環境についての情報を感知するように構成された１つ以上の他のセンサを表し得る。言い換えると、現在既知又は今後作り出される任意のセンサシステムは、車両２００に結合され得、及び／又は車両２００の様々な動作と併せて利用され得る。一例として、ＬＩＤＡＲは、自動運転、又は車両２００の他のタイプのナビゲーション、計画、知覚、及び／若しくはマッピング動作に利用され得る。加えて、センサシステム２０２、２０４、２０６、２０８、２１０、２１２、２１４、及び／又は２１８は、本明細書に説明されるセンサ（例えば、１つ以上のＬＩＤＡＲ及びＲＡＤＡＲ、１つ以上のＬＩＤＡＲ及びカメラ、１つ以上のカメラ及びＲＡＤＡＲ、１つ以上のＬＩＤＡＲ、カメラ、及びＲＡＤＡＲなど）の組み合わせを表し得る。

40

【００６０】

図２Ａ～Ｅに描写されるセンサシステム（例えば、２０２、２０４）の数、場所、及びタイプが、自律又は半自律車両のそのようなセンサシステムの場所、数、及びタイプの非限定的な例として意図されていることに留意されたい。そのようなセンサの代替的な数、

50

場所、タイプ、及び構成が可能である（例えば、車両サイズ、形状、空気力学、燃料経済、美観、及び／又はコストを低減するか、特殊な環境若しくは適用状況に適合するための他の条件などと適合するために）。例えば、センサシステム（例えば、202、204）は、車両（例えば、場所216にある）上の様々な他の場所に配設され得、車両200の内部及び／又は周囲環境に対応する視野を有し得る。

【0061】

センサシステム202は、車両200の上部に取り付けられ、車両200を取り囲む環境についての情報を検出し、情報の指標を出力するように構成された1つ以上のセンサを含み得る。例えば、センサシステム202は、カメラ、RADAR、LIDAR、慣性センサ、湿度センサ、及び音響センサ（例えば、マイクロフォン、及び／又はソナーデバイス）の任意の組み合わせを含み得る。センサシステム202は、センサシステム202内の1つ以上のセンサの配向を調整するように動作可能であり得る1つ以上の可動マウントを含み得る。一実施形態では、可動マウントは、車両200の周囲の各方向から情報を得るようにセンサを走査することができる回転プラットフォームを含み得る。別の実施形態では、センサシステム202の可動マウントは、特定の角度及び／又は方位角及び／又は仰角の範囲内で走査するように移動可能であり得る。センサシステム202は、他の取り付け場所も考えられ得るが、車の屋根上に取り付けられ得る。

【0062】

追加的に、センサシステム202のセンサは、様々な場所に分散され得、単一の場所に併置される必要はない。さらに、センサシステム202の各センサは、センサシステム202の他のセンサとは独立して移動又は走査されるように構成され得る。追加的又は代替的に、複数のセンサは、センサ場所202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218のうちの1つ以上に取り付けられ得る。例えば、センサ場所に取り付けられた2つのLIDARデバイスが存在し得、並びに／又はセンサ場所に取り付けられた1つのLIDARデバイス及び1つのRADARが存在し得る。

【0063】

1つ以上のセンサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218は、1つ以上のLIDARセンサを含み得る。例えば、LIDARセンサは、所与の平面（例えば、 $x-y$ 平面）に対してある角度範囲にわたって配設された複数の光エミッタデバイスを含み得る。例えば、センサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218のうちの1つ以上は、車両200を取り囲む環境を光パルスで照明するように、所与の平面に垂直な軸（例えば、 z 軸）の周りを回転又は駆動するように構成され得る。反射光パルスの様々な態様（例えば、経過した飛行時間、偏光、及び／又は強度）の検出に基づいて、周囲環境についての情報が判定され得る。

【0064】

例示的な実施形態では、センサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218は、車両200の周囲環境内の物理的物体に関連し得るそれぞれの点群情報を提供するように構成され得る。車両200、並びにセンサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び218は、特定の特徴を含むものとして例解されているが、他のタイプのセンサシステムが本開示の範囲内で企図されることが理解されよう。さらに、例示的な車両200は、図1の車両100に関連して説明される構成要素のいずれかを含むことができる。

【0065】

例示的な構成では、1つ以上のRADARが車両200上に位置し得る。上記のRADAR 126と同様に、1つ以上のRADARは、電波（例えば、30Hz～300GHzの周波数を有する電磁波など）を送信及び受信するように構成されたアンテナを含み得る。そのような電波は、車両200の周囲環境内の1つ以上の物体の距離及び／又は速度を判定するために使用され得る。例えば、1つ以上のセンサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218は、1つ以上のRADARを

含み得る。いくつかの例では、1つ以上のRADARが、車両200の後部付近に位置して（例えば、センサシステム208、210）、電波反射物体の存在に関して、車両200の背面付近の環境を能動的に走査し得る。同様に、1つ以上のRADARが、車両200の前方付近に位置して（例えば、センサシステム212、214）、車両200の前方付近の環境を能動的に走査し得る。RADARは、例えば、車両200の他の特徴によって塞がれることなく、車両200の前進路を含む領域を照明するのに好適な場所に位置付けられ得る。例えば、RADARは、フロントバンパー、フロントヘッドライト、カウル、及び／若しくはフードなどに埋め込まれる、並びに／又はそれらに若しくはそれらの近くに取り付けられ得る。さらに、1つ以上の追加のRADARは、リアバンパー、サイドパネル、ロッカーパネル、及び／又は車台などに、又はそれらの近くにそのようなデバイスを含めることなどによって、電波反射物体の存在に関して、車両200の側面及び／又は後方を能動的に走査するように位置し得る。

10

【0066】

車両200は、1つ以上のカメラを含み得る。例えば、1つ以上のセンサシステム202、204、206、208、210、212、214、及び／又は218は、1つ以上のカメラを含み得る。カメラは、車両200の周囲環境の複数の画像を捕捉するように構成されている、静止カメラ、ビデオカメラ、熱画像カメラ、ステレオカメラ、ナイトビジョンカメラなどの感光性機器であり得る。この目的のために、カメラは、可視光を検出するように構成され得、追加的又は代替的に、赤外光又は紫外光などのスペクトルの他の部分からの光を検出するように構成され得る。カメラは、二次元検出器であり得、任意選択的に、三次元空間の感度範囲を有し得る。いくつかの実施形態では、カメラは、例えば、カメラから周囲環境内のいくつかの点までの距離を示す二次元画像を生成するように構成された範囲検出器を含み得る。この目的のために、カメラは、1つ以上の範囲検出技法を使用し得る。例えば、カメラは、構造化光技法を使用することによって範囲情報を提供することができ、この構造化光技法では、車両200が、格子又はチェッカーボードパターンなどの所定の光パターンで周囲環境内の物体を照明し、カメラを使用して、環境周囲からの所定の光パターンの反射を検出する。反射光パターンの歪みに基づいて、車両200は、物体上の点までの距離を判定し得る。所定の光パターンは、赤外光、又はそのような測定に好適な他の波長の放出線で構成され得る。いくつかの例では、カメラは、車両200のフロントガラスの内側に取り付けられ得る。具体的には、カメラは、車両200の配向に対して前方視から画像を捕捉するように位置付けられ得る。カメラの他の取り付け場所及び視野角も使用することができ、車両200の内部又は外部のいずれであり得る。また、カメラは、調整可能な視野を提供するように動作可能な関連する光学素子を有し得る。さらにまた、カメラは、パン／チルト機構などを介して、カメラの指向角を変えるように、可動マウントを用いて車両200に取り付けられ得る。

20

30

【0067】

車両200はまた、車両200の周囲環境を感知するために使用される1つ以上の音響センサを含み得る（例えば、センサシステム202、204、206、208、210、212、214、216、218のうちの1つ以上が、1つ以上の音響センサを含み得る）。音響センサは、車両200を取り囲む環境の流体（例えば、空気）中の音響波（すなわち、圧力差）を感知するために使用されるマイクロフォン（例えば、圧電マイクロフォン、コンデンサマイクロフォン、リボンマイクロフォン、及び／又はマイクロ電気機械システム（MEMS）マイクロフォン）を含み得る。そのような音響センサは、車両200の制御戦略に基づき得る周囲環境中の音（例えば、サイレン、人間の発話、動物の音、及び／又は警報）を識別するために使用され得る。例えば、音響センサがサイレン（例えば、移動性サイレン、及び／又は消防車のサイレン）を検出する場合、車両200は、減速する、及び／又は道路の縁にナビゲートし得る。

40

【0068】

図2A～2Eには示されていないが、車両200は、無線通信システム（例えば、図1の無線通信システム146と同様の、及び／又は図1の無線通信システム146に加えて

50

など)を含み得る。無線通信システムは、車両200の外部又は内部のデバイスと通信するように構成され得る無線送信機及び無線受信機を含み得る。具体的には、無線通信システムは、例えば、車両通信システム又は道路給油所において、他の車両及び／又はコンピューティングデバイスと通信するように構成されたトランシーバを含み得る。このような車両通信システムの例としては、DSRC、無線周波数識別(RFID)、及びインテリジェントトランスポートシステム向けに提案された他の通信規格が挙げられる。

【0069】

車両200は、これら示されたものに加えて、又はその代わりに1つ以上の他の構成要素を含み得る。追加の構成要素は、電氣的又は機械的機能を含み得る。

【0070】

車両200の制御システムは、複数の可能な制御戦略の中から制御戦略に従って車両200を制御するように構成され得る。制御システムは、車両200に結合されたセンサ(車両200上又は車両200外)から情報を受信し、その情報に基づいて制御戦略(及び関連する運転挙動)を修正し、修正された制御戦略に従って車両200を制御するように構成され得る。制御システムは、センサから受信した情報を監視し、運転状態を継続的に評価するようにさらに構成され得、また、運転状態の変化に基づいて、制御戦略及び運転挙動を修正するように構成され得る。例えば、1つの目的地から別の目的地までの、車両によって取られる経路は、運転条件に基づいて修正され得る。追加的又は代替的に、速度、加速度、転回角度、車間距離(すなわち、現在の車両の前方の車両までの距離)、レーン選択などは、全て、運転条件の変化に応答して修正され得る。

【0071】

上記のように、いくつかの実施形態では、車両200は、バンの形態を採り得るが、代替形態もまた可能であり、本明細書で企図される。したがって、図2F~2Iは、車両250がセミトラックの形態を採る実施形態を例解する。例えば、図2Fは、車両250の正面図を例解し、図2Gは、車両250の等角図を例解する。車両250がセミトラックである実施形態では、車両250は、トラクタ部分260及びトレーラー部分270(図2Gに例解される)を含み得る。図2H及び2Iは、それぞれ、トラクタ部分260の側面図及び上面図を提供する。上記に例解される車両200と同様に、図2F~2Iに例解される車両250はまた、様々なセンサシステム(例えば、図2A~2Eを参照して示され、説明されるセンサシステム202、206、208、210、212、214と同様)を含み得る。いくつかの実施形態では、図2A~2Eの車両200は、いくつかのセンサシステム(例えば、センサシステム204)の単一コピーのみを含み得るが、図2F~2Iに例解される車両250は、そのセンサシステム(例えば、例解されるように、センサシステム204A及び204B)の複数のコピーを含み得る。

【0072】

図面及び全体的説明は、所与の車両形態(例えば、セミトラック車両250又はバン車両200)を参照し得るが、本明細書に説明される実施形態は、様々な車両の文脈(例えば、車両のフォームファクタを考慮するために採用される修正を用いて)で等しく適用されることが理解される。例えば、バン車両200の一部であるとして説明又は例解されるセンサ及び／又は他の構成要素もまた、セミトラック車両250で使用され得る(例えば、ナビゲーション並びに／又は障害物検出及び回避のために)。

【0073】

図2Jは、様々なセンサ視野(例えば、上記の車両250と関連付けられる)を例解する。上記のように、車両250は、複数のセンサ／センサユニットを含有し得る。様々なセンサの場所は、例えば、図2F~2Iに開示されるセンサの場所に対応し得る。しかしながら、場合によっては、センサは、他の場所を有し得る。図面の簡略化のために、センサ場所参照番号は、図2Jから省略される。車両250の各センサユニットについて、図2Jは、代表的な視野(例えば、252A、252B、252C、252D、254A、254B、256、258A、258B、及び258Cとしてラベル付けされた視野)を例解する。センサの視野は、センサが物体を検出し得る角度領域(例えば、方位角領域及

10

20

30

40

50

び／又は仰角領域）を含み得る。

【0074】

図2Kは、例示的な実施形態による、車両（例えば、図2F～2Jを参照して示され、説明される車両250）のセンサに対するビームステアリングを例解する。様々な実施形態では、車両250のセンサユニットは、RADAR、LIDAR、ソナーなどであり得る。さらに、いくつかの実施形態では、センサの動作中、センサは、センサの視野内で走査され得る。例示的なセンサに対する様々な異なる走査角度が、領域272として示されており、各々は、センサが動作している角度領域を示す。センサは、それが動作している領域を、定期的に又は反復的に変化させ得る。いくつかの実施形態では、複数のセンサが、領域272を測定するために車両250によって使用され得る。加えて、他の領域が、他の例に含まれ得る。例えば、1つ以上のセンサは、車両250のトレーラー270の態様及び／又は車両250の前方の領域を測定し得る。

10

【0075】

いくつかの角度において、センサの動作領域275は、トレーラー270の後輪276A、276Bを含み得る。したがって、センサは、動作中に後輪276A及び／又は後輪276Bを測定し得る。例えば、後輪276A、276Bは、センサによって送信されたLIDAR信号又はRADAR信号を反射し得る。センサは、後輪276A、276Bから反射された信号を受信し得る。それゆえに、センサによって収集されるデータは、車輪からの反射からのデータを含み得る。

20

【0076】

センサがRADARであるときなどの、いくつかの事例では、後輪276A、276Bからの反射は、受信されたRADAR信号内のノイズとして現れ得る。結果として、RADARは、後輪276A、276Bが、センサから離れるようにRADAR信号を向ける事例では、増強された信号対雑音比で動作し得る。

【0077】

図3は、例示的な実施形態による、自律又は半自律車両に関連する様々なコンピューティングシステム間の無線通信の概念例解図である。特に、無線通信は、ネットワーク304を介して、リモートコンピューティングシステム302と車両200との間で発生し得る。無線通信はまた、サーバコンピューティングシステム306とリモートコンピューティングシステム302との間、及びサーバコンピューティングシステム306と車両200との間でも発生し得る。

30

【0078】

車両200は、場所間で乗客又は物体を輸送することができる様々なタイプの車両に対応することができ、上で考察される車両のうちの任意の1つ以上の形態を採り得る。場合によっては、車両200は、制御システムがセンサ測定値を使用して目的地間で車両200を安全にナビゲートすることを可能にする自律又は半自律モードで動作し得る。自律又は半自律モードで動作しているとき、車両200は、乗客の有無にかかわらずナビゲートし得る。結果として、車両200は、所望の目的地間で乗客を拾い、降ろし得る。

【0079】

リモートコンピューティングシステム302は、本明細書で説明されるものを含むがこれに限定されないリモートアシスタンス技術に関連する任意のタイプのデバイスを表し得る。例の中で、リモートコンピューティングシステム302は、(i) 車両200に関係する情報を受信し、(ii) インターフェースを提供し、それを通して、次に人間のオペレータが情報に気付く、情報に関係する応答を入力することができ、(iii) 応答を車両200に、又は他のデバイスに送信するように構成された任意のタイプのデバイスを表し得る。リモートコンピューティングシステム302は、ワークステーション、デスクトップコンピュータ、ラップトップ、タブレット、携帯電話（例えば、スマートフォン）、及び／又はサーバなどの、様々な形態を採り得る。いくつかの例では、リモートコンピューティングシステム302は、ネットワーク構成で一緒に動作する複数のコンピューティングデバイスを含み得る。

40

50

【0080】

リモートコンピューティングシステム302は、車両200のサブシステム及び構成要素と同様又は同一の1つ以上のサブシステム及び構成要素を含み得る。少なくとも、リモートコンピューティングシステム302は、本明細書で説明する様々な動作を実行するように構成されたプロセッサを含むことができる。いくつかの実施形態では、リモートコンピューティングシステム302は、タッチスクリーン及びスピーカなどの入力／出力デバイスを含むユーザインターフェースも含み得る。他の例も同じく可能である。

【0081】

ネットワーク304は、リモートコンピューティングシステム302と車両200との間の無線通信を可能にするインフラストラクチャを表す。ネットワーク304はまた、サーバコンピューティングシステム306とリモートコンピューティングシステム302との間、及びサーバコンピューティングシステム306と車両200との間の無線通信を可能にする。

【0082】

リモートコンピューティングシステム302の位置は、例の範囲内で変わることができる。例えば、リモートコンピューティングシステム302は、ネットワーク304を介した無線通信を有する車両200からリモート位置にあり得る。別の例では、リモートコンピューティングシステム302は、車両200とは別個であるが、人間のオペレータが車両200の乗客又は運転手と相互作用することができる、車両200内のコンピューティングデバイスに対応し得る。いくつかの例では、リモートコンピューティングシステム302は、車両200の乗客によって操作可能なタッチスクリーンを備えたコンピューティングデバイスであり得る。

【0083】

いくつかの実施形態では、リモートコンピューティングシステム302によって行われる本明細書で説明される動作は、追加的又は代替的に、車両200によって（すなわち、車両200の任意のシステム又はサブシステムによって）行われ得る。言い換えると、車両200は、車両の運転手又は乗客が相互作用することができるリモートアシスタンス機構を提供するように構成され得る。

【0084】

サーバコンピューティングシステム306は、ネットワーク304を介してリモートコンピューティングシステム302及び車両200と（又は、場合によっては、リモートコンピューティングシステム302及び／若しくは車両200と直接）無線通信するように構成され得る。サーバコンピューティングシステム306は、車両200及びそのリモートアシスタンスに関する情報を受信し、記憶し、判定し、かつ／又は送信するように構成された任意のコンピューティングデバイスを表し得る。このように、サーバコンピューティングシステム306は、リモートコンピューティングシステム302及び／又は車両200によって行われるものとして本明細書で説明される任意の動作又はそのような動作の部分を行うように構成され得る。リモートアシスタンスに関連する無線通信のいくつかの実施形態では、サーバコンピューティングシステム306を利用できるが、他の実施形態では利用できない。

【0085】

サーバコンピューティングシステム306は、本明細書に説明される様々な動作を行うように構成されたプロセッサ、並びにリモートコンピューティングシステム302及び車両200から情報を受信し、それらに情報を提供するための無線通信インターフェースなどの、リモートコンピューティングシステム302及び／又は車両200のサブシステム及び構成要素と同様又は同一の1つ以上のサブシステム及び構成要素を含み得る。

【0086】

上記の様々なシステムは、様々な動作を行い得る。ここで、これらの動作及び関連する特徴について説明する。

【0087】

上の考察に沿えば、コンピューティングシステム（例えば、リモートコンピューティングシステム 302、サーバコンピューティングシステム 306、及び／又は車両 200 にローカルなコンピューティングシステム）は、カメラを使用して自律又は半自律車両の周囲環境の画像を捕捉するように動作し得る。概して、少なくとも 1 つのコンピューティングシステムが画像を分析して、可能であれば自律又は半自律車両を制御することができる。
【0088】

いくつかの実施形態では、自律又は半自律動作を容易にするために、車両（例えば、車両 200）は、車両を取り囲む環境内の物体を表すデータ（本明細書では「環境データ」とも称される）を様々な方式で受信し得る。車両のセンサシステムは、周囲環境の物体を表す環境データを提供し得る。例えば、車両は、カメラ、RADAR、LIDAR、マイクロフォン、無線ユニット、及び他のセンサを含む様々なセンサを有し得る。これらのセンサの各々は、各それぞれのセンサが受信する情報について、環境データを車両内のプロセッサに通信し得る。

10

【0089】

一例では、カメラが、静止画像及び／又はビデオを捕捉するように構成され得る。いくつかの実施形態では、車両は、異なる配向に位置付けられた 2 つ以上のカメラを有し得る。また、いくつかの実施形態では、カメラは、異なる方向で画像及び／又はビデオを捕捉するために移動することが可能であり得る。カメラは、車両の処理システムによる後の処理のために、捕捉された画像及びビデオをメモリに記憶するように構成され得る。捕捉された画像及び／又はビデオは、環境データであり得る。さらに、カメラは、本明細書で説明されるような画像センサを含み得る。

20

【0090】

別の例では、RADAR が、車両の近くの様々な物体によって反射される電磁信号を送信し、次いで物体から反射する電磁信号を捕捉するように構成され得る。捕捉された反射電磁信号は、RADAR（又は処理システム）が電磁信号を反射した物体について様々な判定を行うことを可能にし得る。例えば、様々な反射物体までの距離及び位置が判定され得る。いくつかの実施形態では、車両は、異なる配向に 2 つ以上の RADAR を有し得る。RADAR は、車両の処理システムによる後の処理のために、捕捉された情報をメモリに記憶するように構成され得る。RADAR によって捕捉された情報は、環境データであり得る。

30

【0091】

別の例では、LIDAR が、車両近くの標的物体によって反射される電磁信号（例えば、気体若しくはダイオードレーザ、又は他の可能な光源からのものなどの赤外光）を送信するように構成され得る。LIDAR は、反射された電磁（例えば、赤外光）信号を取得することが可能であり得る。捕捉された反射電磁信号は、測距システム（又は処理システム）が様々な物体までの距離を判定することを可能にし得る。LIDAR はまた、標的物体の速度又はスピードを判定することができ、それを環境データとして記憶することができる。

【0092】

追加的に、一例では、マイクロフォンが、車両の周囲環境のオーディオを捕捉するように構成され得る。マイクロフォンで捕捉された音は、緊急車両のサイレン及び他の車両の音を含み得る。例えば、マイクロフォンは、救急車、消防自動車、警察車両のサイレンの音を捕捉し得る。処理システムは、捕捉されたオーディオ信号が緊急車両を示していることを識別することが可能であり得る。別の例では、マイクロフォンは、オートバイからの排気など、別の車両の排気の音を捕捉し得る。処理システムは、捕捉されたオーディオ信号がオートバイを示していることを識別することが可能であり得る。マイクロフォンによって捕捉されたデータは、環境データの一部を形成し得る。

40

【0093】

さらに別の例では、ラジオユニットが、Bluetooth 信号、802.11 信号、及び／又は他の無線技術信号の形態を採り得る電磁信号を送信するように構成され得る。

50

第一の電磁放出された信号は、無線ユニットに位置する1つ以上のアンテナを介して送信され得る。さらに、第一の電磁放出された信号は、多くの異なる無線信号モードのうちの1つで送信され得る。しかしながら、いくつかの実施形態では、自律又は半自律車両の近くに位置するデバイスからの応答を要求する信号モードで第一の電磁放出された信号を送信することが望ましい。処理システムは、ラジオユニットに返信された応答に基づいて近くのデバイスを検出し、この通信された情報を環境データの一部として使用することが可能であり得る。

【0094】

いくつかの実施形態では、処理システムは、車両の周囲環境をさらに判定するために、様々なセンサからの情報を組み合わせることが可能であり得る。例えば、処理システムは、RADAR情報及び捕捉された画像の両方からのデータを組み合わせ、別の車両又は歩行者が自律又は半自律車両の前にいるかどうかを判定し得る。他の実施形態では、センサデータの他の組み合わせが、処理システムによって使用されて、周囲環境についての判定を行い得る。

【0095】

自律モード（又は半自律モード）で動作している間、車両はほとんど又はまったく人間の入力なしでその動作を制御し得る。例えば、人間のオペレータが住所を車両に入力した場合、車両は、人間からの更なる入力なしに（例えば、人間がブレーキ／アクセルペダルを操縦したり触れたりする必要がなく）、指定された目的地まで運転することが可能であり得る。さらに、車両が自律的又は半自律的に動作している間、センサシステムは、環境データを受信している場合がある。車両の処理システムは、様々なセンサから受信した環境データに基づいて車両の制御を変更し得る。一部の実施例では、車両は、様々なセンサからの環境データに応答して車両の速度を変更し得る。車両は、障害物を回避し、交通法に従うなどのために速度を変え得る。車両での処理システムが車両の近くの物体を識別すると、車両は速度を変更するか、又は別の方法で動きを変えることが可能であり得る。

【0096】

車両が物体を検出したが物体の検出に十分自信がない場合、車両は、人間のオペレータ（若しくはより強力なコンピューター）に、（i）物体が実際に周囲環境内に存在するかどうかを確認する（例えば、実際に一時停止標識があるか、若しくは実際に一時停止標識がないか）、（ii）車両の物体の識別が正しいかどうかを確認する、（iii）識別が正しくなかった場合、識別を訂正する、及び／又は（iv）自律又は半自律車両に対して補足的な命令を提供する（若しくは現在の命令を修正する）などの、1つ以上のリモートアシスタンスタスクを行うよう要求することができる。リモートアシスタンスタスクにはまた、人間のオペレータが車両の動作を制御するための命令を提供する（例えば、人間のオペレータが、物体は一時停止標識であると判定した場合、一時停止標識で停止するよう車両に命令する）ことが含まれるが、いくつかのシナリオでは、物体の識別に関連する人間のオペレータのフィードバックに基づいて、車両自体が自身の動作を制御する場合がある。

【0097】

これを容易にするために、車両は、周囲環境の物体を表す環境データを分析して、閾値未満の検出信頼度を有する少なくとも1つの物体を判定し得る。車両のプロセッサは、様々なセンサからの環境データに基づいて周囲環境の様々な物体を検出するように構成され得る。例えば、一実施形態では、プロセッサは、車両が認識するのに重要であり得る物体を検出するように構成され得る。このような物体には、歩行者、自転車に乗る人、街路標識、他の車両、他の車両のインジケータ信号、及び捕捉された環境データで検出された他の様々な物体が含まれ得る。

【0098】

検出信頼度は、判定された物体が周囲環境内で正しく識別されている、又は周囲環境内に存在している可能性を示し得る。例えば、プロセッサは、受信した環境データにおける画像データ内の物体の物体検出を行い、少なくとも1つの物体が、閾値を超える検出信頼

10

20

30

40

50

度を有すると識別することができないことに基づいて、その物体が閾値を下回る検出信頼度を有すると判定し得る。物体の物体検出又は物体認識の結果が決定的でない場合、検出信頼度が低いか、又は設定閾値を下回っている場合がある。

【0099】

車両は、環境データのソースに応じて、様々な方法で周囲環境の物体を検出し得る。いくつかの実施形態では、環境データは、カメラから来る、画像又はビデオデータであり得る。他の実施形態では、環境データはL I D A Rから来る場合がある。車両は、捕捉された画像又はビデオデータを分析して、画像又はビデオデータ内の物体を識別し得る。方法及び装置は、周囲環境の物体があるかについて、画像及び／又はビデオデータを監視するように構成され得る。他の実施形態では、環境データは、R A D A R、オーディオ、又は他のデータであり得る。車両は、R A D A R、オーディオ、又は他のデータに基づいて周囲環境の物体を識別するように構成され得る。

10

【0100】

いくつかの実施形態では、物体を検出するために車両が使用する技術は、既知のデータのセットに基づき得る。例えば、環境物体に関連するデータは、車両に位置するメモリに記憶され得る。車両は、受信したデータを記憶されたデータと比較して、物体を判定し得る。他の実施形態では、車両は、データの文脈に基づいて物体を判定するように構成され得る。例えば、工事に関連する街路標識は、概してオレンジ色を有し得る。したがって、車両は、道路脇近くに位置するオレンジ色の物体を、工事関連の街路標識として検出するように構成され得る。追加的に、車両の処理システムは、捕捉されたデータ内の物体を検出すると、それはまた各物体の信頼度を計算することができる。

20

【0101】

さらに、車両はまた、信頼度閾値を有し得る。信頼度閾値は、検出される物体のタイプに応じて異なり得る。例えば、別の車両のブレーキライトなど、車両からの迅速な応答アクションを要求し得る物体については、信頼度閾値が低くなり得る。しかしながら、他の実施形態では、検出された全ての物体について、信頼度閾値が同じであり得る。検出された物体に関連付けられた信頼度が信頼度閾値より高い場合、車両は、物体が正しく認識されたと想定し、その想定に基づいて車両の制御を応答的に調整し得る。

【0102】

検出された物体と関連付けられた信頼度が信頼度閾値より低い場合、車両が講じるアクションは変わり得る。いくつかの実施形態では、車両は、低い信頼度レベルにもかかわらず、検出された物体が存在するかのように反応することがある。他の実施形態では、車両は、検出された物体が存在しないかのように反応することがある。

30

【0103】

車両は、周囲環境の物体を検出すると、特定の検出された物体と関連付けられた信頼度も計算することができる。信頼度は、実施形態に応じて様々な方法で計算され得る。一例では、周囲環境の物体を検出すると、車両は、環境データを既知の物体に関連する所定のデータと比較し得る。環境データと所定のデータとの一致が近いほど、信頼度はより高くなる。他の実施形態では、車両は、環境データの数学的分析を使用して、物体と関連付けられた信頼度を判定し得る。

40

【0104】

物体が閾値を下回る検出信頼度を有するとの判定に応答して、車両は、リモートコンピューティングシステムに、物体の識別とともにリモートアシスタンスの要求を送信し得る。上で考察されるように、リモートコンピューティングシステムは、様々な形態を採り得る。例えば、リモートコンピューティングシステムは、車両とは別個の車両内のコンピューティングデバイスであるが、それによって人間のオペレータが車両の乗客又は運転手と相互作用することができる、リモートアシスタンス情報を表示するためのタッチスクリーンインターフェースなどであり得る。追加的又は代替的に、別の例として、リモートコンピューティングシステムは、車両の近くではない場所に位置するリモートコンピュータ端末又は他のデバイスであり得る。

50

【0105】

リモートアシスタンスの要求は、画像データ、オーディオデータなどの、物体を含む環境データを含み得る。車両は、ネットワーク（例えば、ネットワーク304）上で、いくつかの実施形態では、サーバ（例えば、サーバコンピューティングシステム306）を介してリモートコンピューティングシステムに環境データを送信し得る。リモートコンピューティングシステムの人間のオペレータは、次に、要求に応答するための基礎として環境データを使用し得る。

【0106】

いくつかの実施形態では、物体が信頼度閾値を下回る信頼度を有するとして検出された場合、物体には予備識別が与えられ得、車両は、予備識別に応答して車両の動作を調整するように構成され得る。そのような動作の調整は、他の可能な調整の中でも特に、車両を停止する、車両を人間制御モードに切り替える、車両の速度（例えば、スピード及び／又は方向）を変更するという形態を採り得る。

【0107】

他の実施形態では、車両が閾値を満たす、又は超える信頼度を有する物体を検出した場合でも、車両は検出された物体に従って動作し得る（例えば、物体が一時停止標識として高い信頼度で識別された場合に停止する）が、車両が検出された物体に従って動作すると同時に（又は後で）リモートアシスタンスを要求するように構成され得る。

【0108】

図4Aは、例示的な実施形態による、システムのブロック図である。特に、図4Aは、システムコントローラ402、LIDARデバイス410、複数のセンサ412、及び複数の制御可能な構成要素414を含むシステム400を示す。システムコントローラ402は、プロセッサ404、メモリ406、及びメモリ406上に記憶され、機能を実施するためにプロセッサ404によって実行可能な命令408を含む。

【0109】

プロセッサ404は、1つ以上の汎用マイクロプロセッサ（例えば、シングルコア又はマルチコアを有する）及び／又は1つ以上の特殊用途マイクロプロセッサなどの1つ以上のプロセッサを含み得る。1つ以上のプロセッサは、例えば、1つ以上の中央処理装置（CPU）、1つ以上のマイクロコントローラ、1つ以上のグラフィカルプロセッシングユニット（GPU）、1つ以上のテンソルプロセッシングユニット（TPU）、1つ以上のASIC、及び／又は1つ以上のフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）を含み得る。ソフトウェア命令を実行するように構成される他のタイプのプロセッサ、コンピュータ、又はデバイスもまた、本明細書において企図される。

【0110】

メモリ406は、限定なしで、リードオンリーメモリ（ROM）、プログラマブルリードオンリーメモリ（PROM）、消去可能なプログラマブルリードオンリーメモリ（EPROM）、電氣的に消去可能なプログラマブルリードオンリーメモリ（EEPROM）、不揮発性ランダムアクセスメモリ（例えば、フラッシュメモリ）、固体ドライブ（SSD）、ハードディスクドライブ（HDD）、コンパクトディスク（CD）、デジタルビデオディスク（DVD）、デジタルテープ、リード／ライト（R／W）CD、R／W DVDなどを含み得る、非一時的なコンピュータ可読媒体などのコンピュータ可読媒体を含み得る。

【0111】

以下でさらに説明されるLIDARデバイス410は、光を放出する（例えば、光パルスで）ように構成された複数の光エミッタ、及び光（例えば、光パルスの反射部分）を検出するように構成された1つ以上の光検出器を含む。LIDARデバイス410は、光検出器の出力から三次元（3D）点群データを生成し、3D点群データをシステムコントローラ402に提供し得る。システムコントローラ402は、次に、3D点群データ上で動作を実施して、周囲環境（例えば、周囲環境内の物体の相対位置、エッジ検出、物体検出、及び／又は近接感知）の特性を判定し得る。

【0112】

同様に、システムコントローラ402は、複数のセンサ412からの出力を使用して、システム400の特性及び／又は周囲環境の特性を判定し得る。例えば、センサ412は、GPS、IMU、画像捕捉デバイス（例えば、カメラ）、光センサ、熱センサ、並びにシステム400及び／又は周囲環境に関連するパラメータを示す他のセンサのうちの1つ以上を含み得る。LIDARデバイス410は、例として、センサ412とは別個のものとして描写されており、いくつかの例では、センサ412の一部として、又はセンサ412としてみなされ得る。

【0113】

システム400並びに／又はLIDARデバイス410及びセンサ412からの出力に基づいてシステムコントローラ402によって判定された周囲環境の特性に基づいて、システムコントローラ402は、制御可能な構成要素414を制御して、1つ以上のアクションを実施し得る。例えば、システム400は、車両に対応し得、その場合、制御可能な構成要素414は、車両のブレーキシステム、転回システム、及び／又は加速システムを含み得、システムコントローラ402は、LIDARデバイス410及び／又はセンサ412から判定された特性（例えば、システムコントローラ402が車両を自律又は半自律モードで制御するときなど）に基づいて、これらの制御可能な構成要素の態様を変更し得る。例の中で、LIDARデバイス410及びセンサ412はまた、システムコントローラ402によって制御可能である。

【0114】

図4Bは、例示的な実施形態による、LIDARデバイスのブロック図である。特に、図4Bは、複数の光エミッタ424及び1つ以上の光検出器、例えば、複数の光検出器426を制御するように構成されたコントローラ416を有する、LIDARデバイス410を示す。LIDARデバイス410は、複数の光エミッタ424のそれぞれの光エミッタへの電力を選択及び提供するように構成された発射回路428をさらに含み、複数の光検出器426のそれぞれの光検出器を選択するように構成されたセクタ回路430を含み得る。コントローラ416は、プロセッサ418、メモリ420、及びメモリ420上に記憶された命令422を含む。

【0115】

プロセッサ404と同様に、プロセッサ418は、1つ以上の汎用マイクロプロセッサ及び／又は1つ以上の特殊用途マイクロプロセッサなどの1つ以上のプロセッサを含み得る。1つ以上のプロセッサは、例えば、1つ以上のCPU、1つ以上のマイクロコントローラ、1つ以上のGPU、1つ以上のTPU、1つ以上のASIC、及び／又は1つ以上のFPGAを含み得る。ソフトウェア命令を実行するように構成される他のタイプのプロセッサ、コンピュータ、又はデバイスもまた、本明細書において企図される。

【0116】

メモリ406と同様に、メモリ420は、限定されるものではないが、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、不揮発性ランダムアクセスメモリ（例えば、フラッシュメモリ）、SSD、HDD、CD、DVD、デジタルテープ、R/W CD、R/W DVDなどの非一時的コンピュータ可読媒体などのコンピュータ可読媒体を含み得る。

【0117】

命令422は、メモリ420上に記憶され、プロセッサ418によって実行可能であり、3D点群データを生成するために、及び3D点群データを処理するために（又はシステムコントローラ402などの別のコンピューティングデバイスによって3D点群データを処理することをおそらく容易にするために）、発射回路428及びセクタ回路430を制御することに関連する機能を実施する。

【0118】

コントローラ416は、光のパルスを放出するために、光エミッタ424を使用することによって、3D点群データを判定し得る。放出時間は、各光エミッタに対して確立され、放出時間の相対場所も追跡される。様々な物体などのLIDARデバイス410の周囲

10

20

30

40

50

環境の態様は、光のパルスを反射する。例えば、L I D A R デバイス 4 1 0 が道路を含む周囲環境にある場合、そのような物体は、車両、標識、歩行者、路面、建設用コーンなどを組み得る。いくつかの物体は、反射光の強度が光パルスを反射する物体のタイプを示し得るように、他のものよりもより反射性が高い場合がある。さらに、物体の表面は、L I D A R デバイス 4 1 0 に対して異なる位置にあり、したがって、光パルスの一部分を反射して、L I D A R デバイス 4 1 0 に戻すのに多少の時間がかかり得る。したがって、コントローラ 4 1 6 は、反射光パルスが光検出器によって検出される検出時間、及び検出時間における光検出器の相対位置を追跡し得る。放出時間と検出時間との間の時間差を測定することによって、コントローラ 4 1 6 は、光パルスが受信される前にどの程度の距離を移動するか、したがって、対応する物体の相対距離を判定し得る。放出時間及び検出時間における相対位置を追跡することによって、コントローラ 4 1 6 は、L I D A R デバイス 4 1 0 に対する光パルス及び反射光パルスの配向、したがって、物体の相対的な配向を判定し得る。受信された光パルスの強度を追跡することによって、コントローラ 4 1 6 は、物体がどの程度反射するかを判定し得る。この情報に基づいて判定される 3 D 点群データは、したがって、検出された反射光パルス（例えば、デカルト座標系などの座標系内の）の相対位置及び各反射光パルスの強度を示し得る。

【 0 1 1 9 】

発射回路 4 2 8 は、光パルスを放出するための光エミッタを選択するために使用される。同様に、セレクト回路 4 3 0 は、光検出器からの出力をサンプリングするために使用される。

【 0 1 2 0 】

図 5 A は、例示的な実施形態による、一群の光信号を放出し、一群の反射光信号を検出するために使用可能な L I D A R デバイスの例解図である。例えば、図 5 A は、図 4 B を参照して示され説明される、L I D A R デバイス 4 1 0 内の光エミッタ 4 2 4 及び光検出器 4 2 6 の物理的配置を表し得る。こうした光エミッタ 4 2 4 及び光検出器 4 2 6 は、いくつかの実施形態では、基体 5 0 0 上に位置付けられてもよい（例えば、基体 5 0 0 に取り付けられるか、又はその上に作製される）。さらに、光エミッタ 4 2 4 及び光検出器 4 2 6 は、チャンネル内に配置されてもよい。各チャンネルは、単一の光エミッタ 4 2 4 及び単一の対応する光検出器 4 2 6 を組み得る。例えば、図 5 A に示すように、光検出器 4 2 6 は、基体 5 0 0 上のその対応する光エミッタ 4 2 4 のすぐそばに（例えば、図示するように、z 方向に沿って上下に）隣接して位置してもよい。しかしながら、他の実施形態もまた、本明細書で可能であり、企図されることが理解される。例えば、複数の光検出器は、単一の光エミッタに対応してもよく、複数の光エミッタは、単一の光検出器に対応してもよく、及び／又は光検出器は、対応する光エミッタに隣接して位置付けられない場合がある。

【 0 1 2 1 】

さらに、図 5 A に示すように、光エミッタ 4 2 4 及び光検出器 4 2 6 は、それぞれ（例えば、図 4 B に類似して）、発射回路 4 2 8 及びセレクト回路 4 3 0 に（例えば、電氣的に）接続されてもよい。こうした接続は、例えば、導電性トレース 5 2 2 を使用して発生し得る。しかしながら、本明細書に記載される技術は広く適用可能であり、発射回路 4 2 8 及びセレクト回路 4 3 0 の組み込みを含む図 5 A の配置は、単に例として提供されることが理解される。

【 0 1 2 2 】

アレイ内の光エミッタ 4 2 4 は、レーザダイオードなどの光源を組み得る。いくつかの実施形態では、光エミッタ 4 2 4 は、パルス光源を組み得る。例えば、光源は、1 つ以上のパルスレーザ（例えば、Q スイッチレーザ）を組み得る。代替的な実施形態では、連続波（C W）光源が使用されてもよい。いくつかの実施形態では、光エミッタ 4 2 4 は、光増幅器に結合されたファイバーレーザを組み得る。特に、ファイバーレーザは、アクティブ利得媒質（すなわち、レーザ内の光学利得の源）が光ファイバ内にあるレーザであってもよい。さらに、ファイバーレーザは、L I D A R デバイス 4 1 0 内に様

々な方法で配置され得る（例えば、部分的に基体500上に配置されるか、又は基体500上に完全に配置される）。しかし、さらに他の実施形態では、アレイ内の1つ以上の光エミッタ424は、追加的又は代替的に、LED、垂直共振器型面発光レーザー（VCSEL）、有機発光ダイオード（OLED）、ポリマー発光ダイオード（PLED）、発光ポリマー（LEP）、液晶表示装置（LCD）、MEMS、及び／又は選択的に光を透過、反射、及び／又は放出して、放出された光ビーム及び／又はパルスを提供するように構成された任意の他のデバイスを含み得る。光エミッタ424は、こうした物体によって反射された時に、光検出器426によって検出されて、LIDARデバイス410とそれぞれの物体との間の距離を決定することができる、周囲環境の中にある物体に向かって光信号を放出するように構成され得る。

10

【0123】

光エミッタ424によって放出される波長範囲は、例えば、電磁スペクトルの紫外線部分、可視部分、及び／又は赤外線部分内であり得る。一部の実施例では、波長範囲は、レーザーによって提供されるような狭い波長範囲とすることができる。いくつかの実施形態では、波長範囲は、約905nmの波長を含む。この波長は、一例としてのみ提供され、限定することを意図するものではないことに留意されたい。

【0124】

図5Aには図示されていないが、アレイ内の光エミッタ424によって放出される光信号（例えば、光パルス）は、1つ以上のレンズ、ミラー、色フィルター、偏光子、導波管、開口などを介して周囲環境内に伝送され得ることが理解される。例えば、いくつかの実施形態では、光エミッタ424からの光信号は、周囲環境に送信される前に、方向転換、集束、コリメート、フィルタリング、及び／又はその他の方法で調整されてもよい。いくつかの実施形態では、光エミッタ424は、共有される光学素子（例えば、すべての光エミッタ424又は光エミッタ424の群の間で共有される単一のレンズ）を使用して、及び／又は単一の光エミッタ424（例えば、その光エミッタ424によってのみ使用される偏光子又は色フィルター）にのみ対応する光学素子を使用して、光信号を周囲環境に伝送し得る。

20

【0125】

いくつかの実施形態では、例えば、光エミッタ424の各々は、周囲環境の異なる領域に光信号を送信して、周囲環境の視野を観察してもよい。所与の光エミッタ424が光信号を送信しうる周囲環境内での位置は、光エミッタ424（例えば、基体500上の光エミッタ424の（y、z）位置）の位置、基体500の表面に対する光エミッタ424の角度方向（存在する場合）、及び／又は光エミッタ424が光信号を周囲環境に提供する光学素子（例えば、ミラー及び／又はレンズ）の位置／配向に依存し得る。ほんの一例ではあるが、基体500上の光エミッタ424は、光エミッタ424の各々によって使用される共有テレセントリックレンズアセンブリに対する基体500上の光エミッタ424の位置に基づいて、方位角及び／又は仰角の範囲（例えば、周囲環境内の対応する角度の範囲を求めるため）にわたって周囲環境に光信号を放出して、周囲環境に光を提供することができる。共有テレセントリックレンズアセンブリの形状から、光信号は、方位角及び／又は仰角の範囲全体にわたって広がり得る。

30

40

【0126】

光検出器426は、様々なタイプの検出器（例えば、単一光子検出器）を含み得る。例えば、光検出器426は、SPAD及び／又はSiPMを含み得る。SPADは、逆バイアスされたp-n接合（すなわち、ダイオード）内のアバランシェ降伏を使用して、SPADに対する所与の入射照明の出力電流を増加させてもよい。さらに、SPADは、単一の入射光子に対して複数の電子正孔対を生成することができる。いくつかの実施形態では、光検出器426は、アバランシェ破壊電圧の上方に付勢されてもよい。こうした付勢状態は、1より大きいループ利得を有するポジティブフィードバックループを生成し得る。さらに、閾値アバランシェ破壊電圧より上に付勢されたSPADは、単一光子感受性であってもよい。他の実施例では、光検出器426は、フォトレジスター、電荷結合デバイス

50

(CCD)、光起電力セル、及び／又は任意の他のタイプの光検出器を含み得る。

【0127】

一部の実装では、光検出器426のアレイは、アレイ全体にわたって複数タイプの光検出器を含み得る。例えば、光検出器のアレイ426は、複数の所定の光の波長を検出するように構成され得る(例えば、光エミッタ424が光エミッタのアレイ424にわたって異なる光の波長を放出する実施形態で)。その目的のために、例えば、光検出器のアレイ426は、ある範囲の波長に感受性のあるいくつかのSPAD、及び異なる範囲の波長に感受性のある他のSPADを含んでもよい。いくつかの実施形態では、光検出器426は、400nm~1.6μm(可視及び／又は赤外線の波長)の波長に感受性があってもよい。さらに、光検出器426は、様々なサイズ及び形状を有してもよい。例えば、光検出器426は、基体500の総面積の1%、0.1%、又は0.01%であるパッケージサイズを有するSPADを含んでもよい。さらに、いくつかの実施形態では、1つ以上の光検出器426は、検出器固有の光学素子を含み得る。例えば、光検出器426の各々は、光検出器426の検出面に伝送される受光量を高めるために、光検出器426の上に配置されたマイクロレンズを含んでもよい。追加的又は代替的に、1つ以上の光検出器426は、1つ以上の光学フィルター(例えば、NDフィルター、偏光フィルター、及び／又は色フィルター)を含み得る。

10

【0128】

上述のように、光検出器426の各々は、光エミッタ424に対応してもよい。いくつかの実施形態では、光検出器426は、1つ以上の光学素子(例えば、色フィルター、偏光子、レンズ、ミラー、及び／又は導波管)を介して周囲のシーンからの光を受信し得る。こうした光学素子は、光検出器426のうちの1つに特異的であってもよく、及び／又は光検出器426の群(例えば、基体500上のすべての光検出器)によって共有されてもよい。さらに、いくつかの実施形態では、1つ以上の受信光学素子は、1つ以上の光検出器426の受信経路の一部であることに加えて、1つ以上の光エミッタ424の送信経路の一部であってもよい。例えば、ミラーは、1つ以上の光エミッタ424からの光を周囲環境に反射してもよく、また、周囲環境から受信した光を1つ以上の光検出器426に向けてもよい。

20

【0129】

上述のように、光エミッタ424は、方位角及び／又は仰角(すなわち、偏揺れ角及び／又はピッチ角)の範囲に全体わたって、光信号を周囲環境に送信するように構成され得る。同様に、LIDARデバイス410内の光検出器426の位置に基づいて、光検出器426は、LIDARデバイス410を囲む環境中の物体から反射された光信号を、対応する範囲の方位角及び／又は仰角(すなわち、偏揺れ角及び／又はピッチ角)にわたって受信するように配置されてもよい。

30

【0130】

光エミッタのアレイ424は、発射回路428によって給電され、及び／又は制御されてもよい。同様に、光検出器426は、セレクト回路430によって給電され、これらによって制御され、及び／又は検出信号を提供し得る。図5Aに示すように、発射回路428は、基体500に画定される導電性トレース522によって、1つ以上の光エミッタ424に接続されてもよく、セレクト回路430は、基体500に画定される導電性トレース522によって、1つ以上の光検出器426に接続されてもよい。図5Aは、発射回路428を光エミッタ424に接続する第一の導電性トレース522と、セレクト回路430を光検出器426に接続する第二の導電性トレース522とを示す。これは、一例としてのみ提供されることが理解される。他の実施形態では、発射回路428は、別個の導電性トレース522によって、それぞれ光エミッタ424に個別に接続されてもよい。同様に、セレクト回路430は、別個の導電性トレース522によって、光検出器426のそれぞれに個別に接続されてもよい。別の方法として、発射回路428は、単一の導電性トレース522によって光エミッタ424のバンクに接続されてもよく、及び／又はセレクト回路430は、単一の導電性トレース522によって光検出器426のバンクに接続さ

40

50

れてもよい。例えば、4つの光エミッタ424の群は、単一の導電性トレース522によって発射回路428に接続されてもよい。このようにして、4つの光エミッタ424のバンクは、発射回路428によって同時に発射され得る。群内の他の数の光エミッタ424又は光検出器426も可能である。

【0131】

いくつかの実施形態では、発射回路428は、1つ以上のキャパシタを含み得る。こうしたキャパシタは、1つ以上の電源によって充電されてもよい。次に、光エミッタ424に光信号を放出させる（すなわち、「発射」する）ために、キャパシタ内の保存されたエネルギーは、光エミッタ424を通して放出され得る。いくつかの実施形態では、発射回路428は、光エミッタ424に、互いに同時に光信号を放出させ得る。他の実施形態では、発射回路428は、光エミッタ424に光信号を順次的に放出させ得る。他の発射パターン（ランダム及び疑似ランダムの発射パターンを含む）も可能であり、本明細書で意図されている。

【0132】

さらに、いくつかの実施形態では、発射回路428は、コントローラ（例えば、図4Bを参照して図示及び説明されるコントローラ416）によって制御されてもよい。コントローラ416は、（例えば、所定のパターンに従って）発射制御信号を介して、発射回路428を使用して光エミッタ424を選択的に発射してもよい。いくつかの実施形態では、コントローラ416はまた、LIDARデバイス410の他の機能を制御するように構成されてもよい。例えば、コントローラは、LIDARデバイス410に関連付けられた1つ以上の移動可能ステージの動きを制御してもよく、及び／又は環境中の物体から反射された検出された光信号に対応する、LIDARデバイス410内の光検出器426から受信した電子信号に基づいて、LIDARデバイス410を囲む環境の点群表現を生成してもよい。点群表現の生成は、様々な実施形態で、放出された信号の強度と比較した検出された信号の強度に基づいて、及び／又は放出された信号のタイミングと比較した検出された信号のタイミングに基づいて行われてもよい。代替的な実施形態では、検出された光信号及び／又は放出された光信号（例えば、タイミングデータ又は強度データ）に関するデータは、別個のコンピューティングデバイス（例えば、遠隔に位置するサーバーコンピューティングデバイス、又は図4Aを参照して図示及び記載したシステムコントローラ402などの車載車両コントローラ）に送信されてもよい。別個のコンピューティングデバイスが、点群表現を生成する（例えば、点群表現をメモリ406などのメモリに格納し、及び／又は点群表現をLIDARコントローラに送信する）ように構成され得る。

【0133】

図5Aに図示される配列は、例として提供され、他の実施形態もまた可能であり、本明細書で企図される。例えば、LIDARデバイス410は、代わりに、複数の基体500を含んでもよく、それぞれがその上に光エミッタ424及び光検出器426を有する。追加的又は代替的に、いくつかの実施形態では、基体500上の光エミッタ424の数は、図5Aに図示したものと異なってもよく（例えば、16個より多い又は少ない光エミッタ424）、基体500上の光検出器426の数は、図5Aに図示したものと異なってもよく（例えば、16個より多い又は少ない光検出器426）、基体500上の光エミッタ424の配置は、図5Aに図示したものと異なってもよく、基体500上の光検出器426の配置は、図5Aに図示したものと異なってもよく、導電性トレース522の位置及び／又は数は、図5Aに図示したものと異なってもよく、1つ以上の光エミッタ424の相対サイズは、図5Aに図示したものと異なってもよく、及び／又は、1つ以上の光検出器426の相対サイズは、図5Aに図示したものと異なってもよい。他の差異もまた可能であり、本明細書で企図される。

【0134】

図5Bは、例示的な実施形態による、LIDARデバイス（例えば、図4A、4B及び5Aを参照しながら図示され説明されるLIDARデバイス410）内のチャネル間の潜在的なクロストークの例解図である。例えば、LIDARデバイス410は、基体500

、チャンネルのアレイ（例えば、図 5 A に示すように、光エミッタ 4 2 4 及び光検出器 4 2 6 を含む各チャンネル）、発射回路 4 2 8、セレクト回路 4 3 0、及び導電性トレース 5 2 2 を含む得る。

【0135】

例として、L I D A R デバイス 4 1 0 は、第一の光エミッタ 5 0 2 を含む得る。第一の光エミッタ 5 0 2 は、光信号を周囲環境に放出し得る。典型的には、放出された光信号が、中程度の反射率を有する表面によって反射されると、中程度の強度の反射光信号 5 0 4 が、L I D A R デバイスに戻され得る。図 5 B に示すように、中程度の強度の反射光信号 5 0 4 は、L I D A R デバイス 4 1 0 内の対応する第一の光検出器 5 1 4 を照射してもよい。さらに、中程度の強度の反射光信号 5 0 4 のサイズは、L I D A R デバイス内の他の光検出器 4 2 6 を実質的に及び／又は測定可能に照射するのに十分な大きさではない場合がある。しかしながら、第一の光エミッタ 5 0 2 から周囲環境に放出される光信号が、高い反射率を有する表面（例えば、再帰反射器）によって反射される場合、反射信号の強度は、光検出器のアレイ 4 2 6 上に入射した時に、より高い、及び／又はより大きな検出可能領域を占有してもよい。図 5 B に図示するように、高強度反射光信号 5 0 6 は、複数の光検出器 4 2 6 を照射してもよい。例えば、高強度反射光信号 5 0 6 は、第一の光検出器 5 1 4 ならびに 1 つ以上の第二の光検出器 5 1 6 を照射し得る。第二の光検出器 5 1 6 は、本明細書では、クロストークの影響を受けやすい光検出器（例えば、第一の光エミッタ 5 0 2 からの放出信号から生じる反射光信号からのクロストーク）と呼ばれることもあり、これは、第二の光検出器 5 1 6 が、第一のチャンネルからの光を不必要に検出しうる（例えば、第二の光検出器 5 1 6 の検出に基づいて、ノイズ又は不適切な検出イベントをもたらしうる）ことを意味する。

【0136】

L I D A R デバイス内の光検出器 4 2 6 のどれが、所与の反射信号を検出できるか（例えば、どちらの光検出器 4 2 6 がクロストークの影響を受けやすいか）は、反射信号の強度（例えば、周囲環境中の表面の反射率に基づく）、光検出器 4 2 6 の感度、L I D A R デバイス内の光検出器 4 2 6 の位置、L I D A R デバイス内での光検出器 4 2 6 の配向（例えば、光検出器 4 2 6 の方位角／偏揺れ角の配向及び／又は仰角／ピッチ角の配向）、周囲環境内の反射面までの距離などに依存しうるということが理解される。例えば、いくつかの実施形態では、L I D A R デバイス 4 1 0 から周囲環境内の反射面までの距離が遠ければ遠くなるほど、クロストークによって影響され得る光検出器 4 2 6 の数が減少する（例えば、反射面までの距離が遠くなるほど、高強度の反射光信号 5 0 6 の半径が小さくなる）。これは、周囲環境（例えば、周囲環境内の埃、煙などによる）を伝搬する反射光信号の減衰／発散の結果である場合があり、結果として、光信号の強度が減少し、L I D A R デバイスと反射面との間の分離がさらに進む。

【0137】

上記を考慮すると、様々な実施形態では、反射信号は、L I D A R デバイス 4 1 0 の意図しない光検出器 4 2 6 によって検出され、それによってクロストークが生じることが理解される。本明細書に記述された実施形態は、原因にかかわらず（例えば、クロストークが高反射率表面によって生じたか、及び／又はクロストークが高反射率表面によって生じたかに関わらず、L I D A R デバイス 4 1 0 と高反射率表面との間の分離に関わらず）、L I D A R デバイス 4 1 0 内のクロストークの軽減を試み得る。

【0138】

図 6 A 及び 6 B は、クロストークを軽減するために使用されうる例示的な実施形態による技術を示す。技術は、異なる放出パターン及び／又は発射シーケンスに従って光信号を放出し、その後に反射光信号を検出する、L I D A R デバイス（例えば、図 4 B、5 A 及び 5 B に関して示され説明される L I D A R デバイス 4 1 0）の異なるチャンネルを含む得る。例えば、図 6 A は、L I D A R デバイス 4 1 0 の光エミッタ 4 2 4 によって放出される光信号、及び第一のサイクル中に L I D A R デバイス 4 1 0 の光検出器 4 2 6 によって検出される反射光信号を図示し得る。図 5 A に示すように、L I D A R デバイス 4 1 0 は

、16チャンネル（例えば、番号付けされたチャンネル0、チャンネル1、チャンネル2、．．．、チャンネル15）を有してもよく、それぞれは光エミッタ424及び対応する光検出器426を含む。第一のサイクルの間、16チャンネルの各々の光エミッタ424は、光信号を放出してもよく、放出された光信号が周囲環境中の物体から反射される場合、対応する光検出器426は、反射光信号を検出してもよい。LIDARデバイス410内の光検出器426は、第一のサイクルのリスニングウィンドウの間に反射光信号を待ってもよい。このリスニングウィンドウは、遠くの物体（例えば、150m超、200m超、250m超、300m超、350m超、400m超、450m超、又は500m超離れた物体）から反射された光信号がまだ光検出器426によって検出されるのを可能にするのに十分な持続時間であってもよい。

【0139】

一方、図6Bは、LIDARデバイス410の光エミッタ424によって放出される光信号、及び第二のサイクル中にLIDARデバイス410の光検出器426によって検出された反射光信号を示し得る。図6Bに示すように、チャンネルの部分集合のみが、第二のサイクル中に光を放出しうる（例えば、順次的リスニングウィンドウの間）。こうした放出戦略は、隣接するチャンネルが同時に放出／検出することに起因して、クロストークが発生することを防止し得る。例えば、図示するように、偶数番号のチャンネル（例えば、チャンネル0、チャンネル2、チャンネル4）の光エミッタ424のみが、第二のサイクル中に光信号を放出し得る。第一のサイクルと同様に、LIDARデバイス410内の光検出器426は、第二のサイクルのリスニングウィンドウの間に反射光信号を待つことができる。しかしながら、この第二のリスニングウィンドウは、比較的近くの物体（例えば、150m未満、125m未満、100m未満、75m未満、又は50m未満離れた物体）から反射された光信号が光検出器426によって検出されるのを可能にするのに十分な持続時間のみであり得る。第二のサイクル中のリスニングウィンドウは、第一のサイクル中のリスニングウィンドウよりも短くてもよい。第二のサイクルの全体的持続時間は、第一のサイクルの全体的持続時間よりも短くてもよい。別の方法として（例えば、第二のサイクルの全体的持続時間が第一のサイクルの全体的持続時間と同じか、又はそれよりも大きい場合）、第二のサイクルの間の光エミッタ424からの放出のうちの1つ以上は、互いに対して時差があってもよい。これは、第二のサイクル中のそれらの放出／検出ウィンドウが互いに（例えば、時差の結果として）重複しないため、チャンネル間のクロストークに対するさらなる頑健性を提供し得る。

【0140】

第一のサイクルのより長い距離の検出能力と、第二のサイクルのより短い距離ながら、よりクロストーク耐性の高い検出能力とを組み合わせることによって、強化されたデータセット（例えば、1つ以上の点群を生成するために使用可能）が生成され得る。例えば、LIDARデバイス410の完全な発射サイクルは、第一のサイクルに続いて第二のサイクルを含み得る。発射サイクルの間、第一及び第二のサイクルの間の複数の放出／検出イベントが記録され、組み合わせられて、クロストークのマイナスの影響を軽減するデータセットが生成され得る。

【0141】

図6Cは、第一のサイクルの発射図（例えば、図6Aを参照して図示及び説明される第一のサイクル）を図示する。「1」は、それぞれのチャンネルが、指定された時点で光信号を放出していることを示し、一方、「0」は、それぞれのチャンネルが光信号の放出を控えていることを示す。したがって、図6Cに図示するように、LIDARデバイス410のチャンネルの各々の光エミッタ424の各々は、同時に発射されてもよい。その後、比較的遠くの物体にとって十分な持続時間を有する単一のリスニングウィンドウが、LIDARデバイス410のチャンネルの光検出器426によって使用され得る。例えば、2.0 μ s～3.0 μ s（例えば、2.5 μ sで、これは375mの距離に対応する）のリスニングウィンドウを使用してもよい。LIDARデバイス410の複数のチャンネルで同時に（例えば、図6Cに示すように、LIDARデバイス410の全てのチャンネルの全ての光エミ

10

20

30

40

50

ツタ 4 2 4 を同時発射することによって) 光エミッタ 4 2 4 の群を発射することにより、L I D A R デバイス 4 1 0 内の内部反射の悪影響が低減され得る。例えば、光エミッタ 4 2 4 を発射した後、L I D A R デバイス 4 1 0 の内部構成要素からの反射が、L I D A R デバイス 4 1 0 の 1 つ以上の光検出器 4 2 6 によって検出される、短い期間があってもよい。こうした検出された内部反射は、それらの光検出器 4 2 6 が、その短い期間(例えば、その後、光検出器 4 2 6 の潜在的な飽和による追加の期間)の間に、周囲環境から反射された信号を検出すること(すなわち、光検出器 4 2 6 を効果的に遮光すること)を効果的に防止し得る。複数の光エミッタ 4 2 4 を同時に発射することによって、それらの光エミッタ 4 2 4 の発射に基づく内部反射の時間が重複し、それによって、L I D A R デバイス 4 1 0 内の光検出器 4 2 6 が遮光される(例えば、代替的な順次的発射シーケンスと比較されるとき)全体的な時間を減少させることができる。

10

【0 1 4 2】

一方、図 6 D は、第二のサイクル(例えば、図 6 B を参照して図示及び説明される第二のサイクル)の発射図を示す。図 6 D に示すように、第二のサイクルは、複数の発射時間及び複数の対応するリスニングウィンドウを含み得る。各発射時間の間、単一のチャンネルのみが光信号を放出し得る。例えば、図示するように、第二のサイクルの第一の発射時間の間、チャンネル 0 の光エミッタ 4 2 4 は光信号を放出し得る。チャンネル 0 が光信号を放出した後、L I D A R デバイス 4 1 0 の光検出器 4 2 6 は、比較的近くの物体にとって十分な持続時間を有するリスニングウィンドウに対して反射信号の検出を試み得る。例えば、 $0.3 \mu s \sim 0.7 \mu s$ (例えば、 $0.5 \mu s$ で、これは 75 m の距離に対応する)のリスニングウィンドウが使用されてもよい。その後、第二のサイクルの第二の発射時間の間、チャンネル 2 の光エミッタ 4 2 4 は光信号を放出し得る。チャンネル 2 が光信号を放出した後、L I D A R デバイス 4 1 0 の光検出器 4 2 6 は、再び、リスニングウィンドウ(例えば、前のリスニングウィンドウと同じ持続時間又は異なる持続時間を有するリスニングウィンドウ)の反射信号の検出を試み得る。このプロセスは、チャンネル 4、次にチャンネル 6、次にチャンネル 8、次にチャンネル 10、次にチャンネル 12、そして最後にチャンネル 14 に続く。これは、図 6 D では、第五のリスニングウィンドウに隣接した 3 つのドットによって示されている。

20

【0 1 4 3】

代替的な実施形態では、第二のサイクルに割り当てられた合計時間が満了するまで、順次的発射時間の間に、1 つおきのチャンネルに順次的に発射することができる(例えば、 $3.0 \mu s$ が第二のサイクルに割り当てられる場合、6 回の発射時間/各 $0.5 \mu s$ のリスニングウィンドウのみを使用してもよい)。チャンネルは、第二のサイクル中に使用されるチャンネルが、L I D A R デバイス 4 1 0 の光検出器 4 2 6 内に均一に分布するように選択されてもよい。追加的又は代替的に、いくつかの実施形態では、チャンネル(例えば、チャンネル 0 ~ チャンネル 15)は、第二のサイクル中に、インターレース様式(例えば、チャンネル 0、次にチャンネル 2、次にチャンネル 4、次にチャンネル 6、次にチャンネル 8、次にチャンネル 10、次にチャンネル 12、次にチャンネル 14、次にチャンネル 1、次にチャンネル 3、次にチャンネル 5、次にチャンネル 7、次にチャンネル 9、次にチャンネル 11、次にチャンネル 13、次にチャンネル 15 又はチャンネル 0、次にチャンネル 3、次にチャンネル 6、次にチャンネル 9、次にチャンネル 12、次にチャンネル 15、次にチャンネル 1、次にチャンネル 4、次にチャンネル 7、次にチャンネル 10、次にチャンネル 13、次にチャンネル 2、次にチャンネル 5、次にチャンネル 8、次にチャンネル 11、次にチャンネル 14)で発射されてもよい。さらに他の実施形態では、第二のサイクル中に使用されるチャンネルは、L I D A R デバイス 4 1 0 の 1 つ以上の光学素子(例えば、窓、レンズ、及び/又はミラー)上の汚れの程度(例えば、存在する結露、存在する雨、存在する雪、存在する氷、存在する亀裂、存在する昆虫の残骸、及び/又は存在する埃)に基づいて決定され得る。例えば、所与のチャンネルの光エミッタ 4 2 4 又は光検出器 4 2 6 の前方に位置する光学窓に亀裂がある場合、そのチャンネルは、第二のサイクルの間に回避され得る。汚れの程度は、L I D A R デバイス 4 1 0 又は異なるセンサを使用してなされた以前の測定値に基づいてもよく、及び/又は L I D A R

30

40

50

デバイス 410 付近の周囲気象条件（例えば、気象予測、現在の温度、及び／又はドップラーレーダーデータ）に基づいてもよい。第二のサイクルが完了した後、第二のサイクルからの検出結果を第一のサイクルの検出結果と組み合わせて、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを生成してもよい。

【0144】

第二のサイクル中に使用されるチャンネル（例えば、連続する発射時間／リスニングウィンドウで反復される）は、様々な方法論に従って選択され得る。例えば、上述の配置（例えば、1つおきのチャンネル、2つおきのチャンネル、及び／又は2つ一組でインターリーブされたチャンネル）のうちの1つ以上は、LIDARデバイスのコントローラのメモリ内に格納されてもよい。こうしたメモリは、第二のサイクルの間にどのチャンネルがどの順序で発射されるかという所定のリストを含み得る。こうした実施形態では、使用されるチャンネルの順序は固定され、発射サイクル全体にわたって繰り返されてもよい。いくつかの実施形態では、例えば、チャンネルは、保存された所定のリストに従って、連続する発射サイクルの第二のサイクルの間に総当たり方式で発射されてもよい。

【0145】

あるいは、第二のサイクル中に使用するためにどのチャンネルが選択されるかは、1つ以上の以前の発射サイクルに基づいて、及び／又はそれぞれの発射サイクルの第一のサイクルに基づいてもよい。例えば、第一のサイクルを分析することによって、高強度リターン信号を識別できる。こうした高強度リターン信号は、周囲環境内の1つ以上の高反射率表面（例えば、再帰反射器）の存在を表し得る。さらに、こうした高反射率表面は、クロストークを生じさせる可能性が高くなる場合がある。そのため、第一のサイクル中に高強度リターンを検出したチャンネル（例えば、LIDARデバイス内にあるそのチャンネルの所定の角度内のチャンネル）は、第二のサイクルの間に使用されない場合がある。さらに他の実施形態では、しかし（例えば、及びおそらくより可能性が高い）、検出された高強度リターン信号の近くのチャンネルは、第二のサイクル中に意図的に探査されてもよい。第一のサイクル中に高強度リターンを受信するチャンネルの近くのチャンネルは、第一のサイクル中にクロストークによる影響を受けた可能性が最も高いため、第二のサイクル中にそれらのチャンネルを別々に探査することが最も有益であり得る。このように、第一のサイクル中に高強度リターンを受信するチャンネルから所定の分離角内にあるチャンネルは、第二のサイクル中に反復されてもよい（例えば、第二のサイクルの発射スロット中に順次的に発射される）。

【0146】

さらに他の実施形態では、チャンネルは、第二のサイクル中に可能な限り、画角全体にわたってカバレッジの頑健性を提供するために、第二のサイクル中に発射するために選択され得る。例えば、チャンネルの部分集合（例えば、チャンネルの対、チャンネルの三つ組、チャンネルの四つ組）は、第二のサイクルの各発射スロットに対して選択され得る。所与の部分集合内のチャンネルの各々は、最小の所定の角分解能条件が満たされるように選択されてもよい。例えば、チャンネルは、第二のサイクルの各発射スロットの間に発射されたチャンネルの各部分集合内の各チャンネルが、方位角及び／又は仰角で少なくとも所定の数度だけ分離されるように、選択され得る。所定の度数は、LIDARデバイス（例えば、開口、レンズ、導波管、ミラー、及び／又は窓）の1つ以上の光学部品に基づいて決定され得る。

【0147】

図6Eは、図6Dに関連して図示及び記載される発射シーケンスに従って光信号を放出及び検出するとき、第二のサイクル中に光信号を放出及び検出する、LIDARデバイス410内のチャンネルの例解図である。例えば、図6Dの第二のサイクル中に使用されるチャンネルは、破線で囲まれた箱の中に示されている。図6Eに示すように、使用される光検出器426は、周囲環境にある物体から反射（例えば、前のリスニングウィンドウ中に反射）された光が、後続するリスニングウィンドウまで、LIDARデバイス410の検出面に到達せず、かつクロストークが検出され得ない（例えば、順次的リスニングウィンドウでも、LIDARデバイス410内の隣接する光検出器426が使用されていないた

10

20

30

40

50

め)ように、互いに対して時差的(例えば、z方向に沿って垂直に)でもよい。他の光検出器426のその他の配置が、第二のサイクル(例えば、図6Fに図示する配置)の間に使用されることが理解される。

【0148】

さらには、図6Dに図示した発射シーケンスは一例であり、第二のサイクルについて他の発射パターンも可能であり、本明細書で意図されていることが理解される。例えば、チャンネルの各々(1つおきのチャンネルではなく)は、順次的な発射時間/リスニングウィンドウ(例えば、チャンネル0、次にチャンネル1、次にチャンネル2、次にチャンネル3)の間に光を放出するように構成されてもよい。あるいは、2つおきのチャンネル(1つおきのチャンネルではなく)は、順次的な発射時間/リスニングウィンドウ(例えば、チャンネル0、次にチャンネル3、次にチャンネル6、次にチャンネル9)の間に光を放出するように構成されてもよい。順次的時間窓の間に発射されるチャンネル間の間隔は、LIDARデバイス410の光検出器426の物理的間隔に基づいてもよい。例えば、光検出器426が互いにどれほど近いかを使用して、隣接するチャンネルからのクロストークの影響を受けやすい後続チャンネルの数を決定してもよく、互いにクロストークの影響を受けないチャンネルのみが、隣接する発射時間/リスニングウィンドウで使用するために選択されてもよい。

【0149】

さらに他の実施形態では、複数のチャンネルが、第二のサイクル中の各発射時間/リスニングウィンドウ中に使用され得る。例えば、図6Gに図示するように、2つのチャンネルは、第二のサイクルの各発射時間の間に発射されてもよい。いくつかの実施形態では、同時発射のために選択される2つのチャンネルは、(例えば、チャンネルインデックス及び/又はLIDARデバイス410内の物理的位置によって)LIDARデバイス410内の互いに可能な限り離れていてもよい。これにより、関連するリスニングウィンドウ中に使用される2つのチャンネル間のクロストークを防止し得る。例えば、図示したように、第二のサイクルの第一の発射時間/リスニングウィンドウの間、チャンネル0及びチャンネル8の光エミッタ424は光信号を放出しうるが、第二のサイクルの第二の発射時間/リスニングウィンドウの間、チャンネル1及びチャンネル9の光エミッタ424は光信号を放出しうる。これにより、第二のサイクル中に、より大きなチャンネルの全体的数を使用することが可能になりうる(例えば、それによって、結果として得られるデータセットの解像度を増加させる)が、それでもクロストークの可能性は防止される。さらに、いくつかの実施形態では、第二のサイクル中に同時発射のために選択されるチャンネルは、第二のリスニングウィンドウの持続時間に基づいて最大検出可能距離に位置する高反射性物体(例えば、再帰反射器)を照射する時でさえも、チャンネル間でクロストークが発生しないように選択され得る。本開示全体を通じて、「チャンネル間でクロストークが発生しないように」という語句が使用される。当然のことながら、チャンネル間のクロストークを文字通り提供しない実施形態は明確に意図されているが、実質的に低減されたクロストークを提供する実施形態もまた、この語句によって意図されている。例えば、いくつかの実施形態では、LIDARデバイスの光検出器による検出に使用される最小閾値強度が存在し得る。その最小閾値強度を下回ると、検出イベントは登録されない場合がある(例えば、光検出器、及び/又は光検出器からの検出データを分析しているコンピューティングデバイスによって)。こうした実施形態では、次いで、「チャンネル間でクロストークが発生しないように」という語句は、最小閾値強度よりも低いチャンネル間のクロストークのレベルに対応し得る(例えば、一方では、ゼロ以外の強度を有するチャンネル間のクロストーク信号を維持する)。

【0150】

さらに他の実施形態では、3つのチャンネル、4つのチャンネル、5つのチャンネルなどは、各発射時間/リスニングウィンドウの間に光信号を放出/検出するように構成され得る。さらには、いくつかの実施形態では、異なる数のチャンネルが、第二のサイクルの異なる部分の間に使用され得る。例えば、図6Hに示すように、チャンネル0、チャンネル7、及びチャンネル14が、第二のサイクルの第一の発射時間/リスニングウィンドウ中に使用され、その後、第二のサイクルの第二の発射時間/リスニングウィンドウ中に、チャンネル1、チ

チャンネル 5、チャンネル 9、及びチャンネル 13 が続き、その後、第二のサイクルの第三の発射時間／リスニングウィンドウ中に、チャンネル 2、チャンネル 8、及びチャンネル 15 が続き得る。当然のことながら、第二のサイクルの発射シーケンスに対する他の実施形態も可能であり、本明細書で意図されている。例えば、第二のサイクルの順次的リスニングウィンドウの持続時間は、リスニングウィンドウごとに変化する（例えば、 $0.3\ \mu\text{s}$ のリスニングウィンドウ、続いて $0.5\ \mu\text{s}$ のリスニングウィンドウ、続いて $0.7\ \mu\text{s}$ のリスニングウィンドウ、続いて $0.5\ \mu\text{s}$ のリスニングウィンドウ、続いて $0.3\ \mu\text{s}$ のリスニングウィンドウ）。

【0151】

本明細書に記述された実施形態は、周囲環境内の近くの物体を検出する際に、L I D A R デバイス 410 のチャンネルが直線的に過剰に分解され得る（すなわち、必要よりも高い解像度を有する）という事実を利用してよい。この概念を図 7 A 及び 7 B に示す。図 7 A は、第一のサイクル中に第一の角分解能で光信号を放出する L I D A R デバイス 410 を示し、図 7 B は、第二のサイクル中に第二の角分解能で光信号を放出する L I D A R デバイス 410 を示す。図示するように、図 7 A の第一の角分解能（例えば、1 度当たりの放出された光信号数）は、図 7 B の第二の角分解能よりも高い。さらに、第一のサイクルのリスニングウィンドウは、第二のサイクルのリスニングウィンドウよりも広い範囲に対応し得る。例えば、図示するように、第一のサイクルのリスニングウィンドウは 300 m に対応してもよく、一方で、第二のサイクルのリスニングウィンドウは 50 m に対応してもよい（図示されるのと同じ原理が、図示されたものとは異なる範囲に適用されることになる）。図示したように、直線分解能（例えば、図 7 A 及び 7 B の y 方向に沿って 1 cm に対応する線によって表される）は、第二のサイクルの放出パターンについて、より低い第二の角分解能にもかかわらず、2 つの放出パターンについて同じであってもよい。言い換えれば、両方の放出パターンは、同じ角分解能を示さなくても、それぞれの範囲で 1 cm までの物体を分解することができる場合がある。このように、近くの物体に対する第二のサイクルの結果は、クロストークを防止するために、放出パターンから特定の光信号をドロップアウトする場合でも、依然として使用可能であり得る。

【0152】

いくつかの実施形態では、第一のサイクル及び第二のサイクルの間（例えば、図 6 A 及び 6 B に図示するように）に使用される異なる発射パターンを生成するために、発射回路は、第一のサイクルの発射シーケンス及び第二のサイクルの発射シーケンスの両方を収容するように設計されてよい。一例として、図 8 A は、L I D A R デバイスの関連する光エミッタ 424（例えば、図 4 B を参照して表示及び記載する L I D A R デバイス 410）と共に、発射回路 428 を示す。図 8 A に示すように、各チャンネル（例えば、チャンネル 0 からチャンネル 15）は、所与の発射時間の間にそのチャンネルが発射されるかどうかを選択するために使用できる、対応する信号ライン（例えば、C H G 0 から C H G 15）を有してもよい。これらの信号ラインを使用して、問題のチャンネルに対してそれぞれのキャパシタ（例えば、発射電圧、V L A S E R）を充電するために、充電スイッチ（例えば、トランジスタ）を反転させることができる。次に、所望の発射時間において、トリガ制御信号を使用して、それぞれの光エミッタ 424 を通してキャパシタから電流が流れるように、発射スイッチ（例えば、トランジスタ）を閉じることによって、1 つ以上の光エミッタ 424（例えば、レーザダイオード）を発射させることができる。

【0153】

図 8 A は、単に一例として提供され、他の発射回路 428 が可能であり、本明細書で企図されていることが理解される。1 つの代替として、光エミッタ 424 が 4 つ一組で（例えば、第二のサイクルの間に）発射された場合、図 8 B の発射回路 428 及び光エミッタ 424 の配置が使用されてよい。図 8 A の発射回路 428 とは異なり、図 8 B の発射回路 428 は、4 つの信号ライン（例えば、C H G 0 ～ C H G 3）のみを含み得る。各信号ラインを使用して、所定の発射時間／関連するリスニングウィンドウの間に、4 つのチャンネルの特定の群を発射するかどうかを選択することができる。図 8 B に示すように、信号

ラインは、四つのそれぞれのチャネル用の四つのそれぞれのキャパシタ（例えば、発射電圧、 V_{LASER} ）を充電するために使用され得る。次に、所望の発射時間で、トリガ制御（すなわち、放電）信号（例えば、DIS0からDIS3）信号を使用して、充電されたキャパシタから、電流が群内のそれぞれの光エミッタ424を通して流れるようにするために、所与の群の光エミッタ424について、4つの対応する発射スイッチ（例えば、トランジスタ）を閉じることにより、4つの光エミッタ424（例えば、レーザダイオード）の群のうちの1つ以上を発射させることができる。

【0154】

上述のクロストークを軽減又は排除するために使用される技術は、追加的又は代替的な技術によって増強され得る。上述の第一のサイクル／第二のサイクル技術と併せて採用され得る追加のクロストーク軽減技術の一例として、周囲環境中の特定の物体の識別を使用して、将来の検出サイクルにおけるクロストークを防止することができる。例えば、周囲環境中の高反射性（例えば、再帰反射性）の物体は、高強度反射を生成し得、これはクロストークを生じさせる可能性がある。このように、（例えば、物体から検出された反射の強度に基づいて）所与の検出サイクルで高反射性物体が識別される場合、LIDARデバイス410は、将来の検出サイクルでその物体に向けた光信号の放出を控えてもよい。例えば、図9は、第二のサイクル中に放出される潜在的な信号の代替的なセットを示す。図9の第二のサイクルの間に放出される信号（例えば、異なる発射時間／リスニングウィンドウの間に順次的に）は、図6Bの第二のサイクルの間に放出される信号と類似していてもよい。しかしながら、図6B及び図9に図示した交通標識は、高反射性部分を有してもよい（例えば、標識のレタリングは、再帰反射器を含みうる）。このように、クロストークをさらに軽減するために、図9に示す実施形態はまた、交通標識の高反射部分を含むシーンの一部分に向けた光信号の放出を控えうる（例えば、図9では、図6Bとは異なり、チャネル10の光エミッタ424は、第二のサイクルの間の光信号の放出を控えうる）。周囲環境内の高反射性物体は、1つ以上の以前の検出サイクル中に検出する目的で、周囲環境内に放出される光信号に基づいて識別され得る。追加的又は代替的に、実行時の放出／検出が行われる前に高反射性物体を識別する目的で、周囲環境内の高反射性物体は、LIDARデバイス410の光エミッタ424によって周囲環境内に放出される校正信号に基づいて識別され得る。

【0155】

上述のように、第一のサイクル／第二のサイクルに関連するリスニングウィンドウ及び／又は角分解能を調節することに加えて、又はその代わりに、検出信号からクロストーク信号を明確にするために、電力変調を実施することもできる。例えば、第一のサイクル中に放出される光信号に対してではなく、第二のサイクル中に放出される光信号に対して、より低い放出パワーが使用され得る。この放出パワーの二分法は、エネルギーの節約（例えば、放出された光信号は、リスニングウィンドウ／範囲がより短いため、第二のサイクルの間に遠くまで移動しなくてもよい）、充電時間の短縮（例えば、充電回路のRC時定数又はRLC時定数に基づいて、光エミッタ424を発射させるために使用されるキャパシタについて）、隣接するチャネルでクロストークを誘発する可能性を低減（例えば、低減された放出パワーの結果としての、より低い強度の反射による）、LIDARデバイスの光検出器／受信器に必要なダイナミックレンジの量を低減、及び／又は第二のサイクル中に光検出器の飽和を防止し得る。いくつかの実施形態では、例えば、第二のサイクル中に使用される放出パワーは、第一のサイクル中に使用される放出パワーの75%未満、50%未満、25%未満、又は10%未満であってもよい。

第一のサイクルと第二のサイクルの間に用いられる差異にかかわらず、本明細書に記載される

【0156】

実施形態はまた、第一のサイクルの検出イベントと第二のサイクルの検出イベントとを組み合わせる技術を含む。いくつかの実施形態では、LIDARデバイス410は、データの2つのセグメントを含むデータセットを単純に生成してもよく、第一の点群を生成す

るのに使用可能な1つのセグメント（例えば、放出／検出信号の第一のサイクルに対応する）と、第二の点群を生成するのに使用可能な1つのセグメント（例えば、放出／検出信号の第二のサイクルに対応する）とを含む。他の実施形態では、L I D A Rデバイス410（例えば、L I D A Rデバイス410のコントローラ416）は、第一のサイクル及び第二のサイクルの両方の間、使用される各チャネルについて、第一のサイクルの間の検出イベントに基づく標的視距離、及び第二のサイクルの間の検出イベントに基づく標的視距離を決定し得る。次に、L I D A Rデバイス410（例えば、L I D A Rデバイス410のコントローラ416）は、各チャネルに対する2つの視距離の差を決定してもよい。次に各チャネルについて、L I D A Rデバイス410（例えば、L I D A Rデバイス410のコントローラ416）は、視距離の差を閾値差値（例えば、0.1～5.0m、例えば、0.5m、1.0m、又は2.5m）と比較してもよく、また差が閾値差値より小さい場合、サイクル（例えば、第二のサイクル又は第一のサイクル）のうちの1つからの視距離を、2つのサイクルの間の検出イベントの組み合わせを表す単一の点群を生成するのに使用可能なデータセット中に含めてもよい。差値が閾値差よりも大きい場合、L I D A Rデバイス410（例えば、L I D A Rデバイス410のコントローラ416）は、代わりに、視距離の両方を除外する、デフォルトで視距離のうちの1つを含める、2つの測定値のいくつかの組み合わせを表すハイブリッド距離を計算する、及び、そのハイブリッド距離を含めて（例えば、差値に基づく関連する信頼レベルを有する）もよい。

【0157】

図10は、例示的な実施形態による、方法1000のフローチャート図である。いくつかの実施形態では、方法1000は、L I D A Rデバイス内の隣接チャネルからのクロストークを軽減するために実施され得る。いくつかの実施形態では、方法1000は、L I D A Rデバイスを含むシステム（例えば、図4B及び5Aに図示したL I D A Rデバイス410）によって実施され得る。

【0158】

ブロック1002では、方法1000は、光検出及び測距（L I D A R）デバイスの第一の群の光エミッタから、第一の群の光信号を周囲環境に放出することを含み得る。第一の群の光信号は、周囲環境に対する第一の角分解能に対応し得る。

【0159】

ブロック1004で、方法1000は、第一のリスニングウィンドウ中に、L I D A Rデバイスの第一の群の光検出器によって、周囲環境からの第一の群の反射光信号を検出することを含み得る。第一の群の反射光信号は、周囲環境にある物体からの第一の群の光信号の反射に対応し得る。

【0160】

ブロック1006で、方法1000は、L I D A Rデバイスの第二の群の光エミッタから、第二の群の光信号を周囲環境に放出することを含み得る。L I D A Rデバイスの第二の群の光エミッタは、L I D A Rデバイスの第一の群の光エミッタの部分集合を表し得る。第二の群の光信号は、周囲環境に対する第二の角分解能に対応してもよい。第二の角分解能は、第一の角分解能よりも低くてもよい。

【0161】

ブロック1008で、方法1000は、第二のリスニングウィンドウ中にL I D A Rデバイスの第二の群の光検出器によって、周囲環境からの第二の群の反射光信号を検出することを含み得る。L I D A Rデバイスの第二の群の光検出器は、L I D A Rデバイスの第一の群の光検出器の部分集合を表し得る。第二の群の反射光信号は、周囲環境にある物体からの第二の群の光信号の反射に対応し得る。第二のリスニングウィンドウの持続時間は、第一のリスニングウィンドウの持続時間よりも短くてもよい。

【0162】

ブロック1010で、方法1000は、L I D A Rデバイスのコントローラによって、1つ以上の点群を生成するために使用可能なデータセットを合成することを含み得る。データセットは、検出された第一の群の反射光信号及び検出された第二の群の反射光信号に

基づいてもよい。

【0163】

いくつかの実施形態では、方法1000はまた、LIDARデバイスの第三の群の光エミッタから、第三の群の光信号を周囲環境に放出することを含み得る。LIDARデバイスの第三の群の光エミッタは、第二の群の光エミッタではなく、LIDARデバイスの第一の群の光エミッタの部分集合を表し得る。第三の群の光信号は、周囲環境に対する第三の角分解能に対応してもよい。第三の角分解能は、第二の角分解能と同一であってもよい。方法1000はまた、第三のリスニングウィンドウ中に、LIDARデバイスの第三の群の光検出器によって、周囲環境からの第三の群の反射光信号を検出することを含んでもよい。LIDARデバイスの第三の群の光検出器は、第二の群の光検出器とは異なる、LIDARデバイスの第一の群の光検出器の部分集合を表し得る。第三の群の反射光信号は、周囲環境にある物体からの第三の群の光信号の反射に対応し得る。第三のリスニングウィンドウの持続時間は、第二のリスニングウィンドウの持続時間と同じであってもよい。データセットは、検出された第三の群の反射光信号に基づいてもよい。

10

【0164】

方法1000のいくつかの実施形態では、第三のリスニングウィンドウは、第二のリスニングウィンドウと重複しない場合がある。

【0165】

方法1000のいくつかの実施形態では、第二の群の光信号は、複数の光信号を含み得る。第三の群の光信号は、複数の光信号を含み得る。第二の群の光信号の群及び第三の群の光信号は、周囲環境に対してインターレースされてもよい。

20

【0166】

方法1000のいくつかの実施形態では、第二の群の光検出器は、複数の光検出器を含み得る。第二の群の光検出器は、第一の群の光検出器にわたって均一に分布するように、第一の群の光検出器から選択されてもよい。

【0167】

方法1000のいくつかの実施形態では、第二の群の光検出器が、最大検出可能距離に位置する再帰反射器を第二の群の光信号の群内の光信号で照射する際に、第二の群内の光検出器間でクロストークが発生しないように、第一の群の光検出器全体に十分な空隙をおいて分散され得る。最大検出可能距離は、第二のリスニングウィンドウの持続時間に基づいてもよい。

30

【0168】

いくつかの実施形態では、方法1000はまた、LIDARデバイスの各光エミッタから、校正光信号を周囲環境に放出することを含んでもよい。さらに、方法1000は、校正リスニングウィンドウ中にLIDARデバイスの光検出器の各々によって、周囲環境からの反射された校正光信号を検出することを含み得る。各反射された校正光信号は、周囲環境内の物体からの校正光信号のうちの1つの反射に対応してもよい。さらに、方法1000は、検出された反射校正光信号に基づいて、対応する校正光信号が周囲環境内の再帰反射器から反射された、LIDARデバイス内の1つ以上の光エミッタを識別することを含み得る。さらに、方法1000は、LIDARデバイスのすべてのエミッタのセットから、LIDARデバイスの第一の群の光エミッタを選択することを含み得る。第一の群の光エミッタは、対応する校正光信号が周囲環境内の再帰反射器から反射された、LIDARデバイス内の1つ以上の光エミッタとして識別されなかった、それらの光エミッタに対応してもよい。

40

【0169】

方法1000のいくつかの実施形態では、対応する校正光信号が周囲環境内の再帰反射器から反射されたLIDARデバイス内の1つ以上の光エミッタは、周囲環境からの対応する検出された反射校正光信号の検出された強度に基づいて識別され得る。

【0170】

方法1000のいくつかの実施形態では、第一の群の光信号の群を周囲環境に放出する

50

ことは、第一の放出パワーを使用して第一の群の光信号を周囲環境に放出することを含み得る。第二の群の光信号の群を周囲環境に放出することは、第二の放出パワーを使用して第二の群の光信号を周囲環境に放出することを含み得る。第二の放出パワーは、第一の放出パワーよりも小さくてもよい。

【0171】

方法1000のいくつかの実施形態では、第二の放出パワーは、第一の放出パワーの25%未満であってもよい。

【0172】

方法1000のいくつかの実施形態では、データセットは、第一の点群及び第二の点群を生成するために使用可能であってもよい。第一の点群は、第一の群の検出された反射光信号に関連するデータを含み得る。第二の点群は、第二の群の検出された反射光信号に関連するデータを含み得る。

【0173】

方法1000のいくつかの実施形態では、データセットを合成することは、第二の群の検出された反射光信号における検出された反射光信号のそれぞれに対して、検出されたそれぞれの反射光信号に基づいて第二の標的距離を決定することを含み得る。データセットを合成することはまた、第二の群の検出された反射光信号における検出された反射光信号のそれぞれについて、第一の群の検出された反射光信号における対応する検出された反射光信号に基づいて、第一の標的距離を決定することを含んでもよい。第一の群の検出された反射光信号における対応する検出された反射光信号は、LIDARデバイス内の同じ光検出器によって検出されてもよい。さらに、データセットを合成することは、第二の群の検出された反射光信号における検出された反射光信号のそれぞれについて、第二の標的距離と第一の標的距離との間の差を決定することを含み得る。さらに、データセットを合成することは、第二の群の検出された反射光信号における検出された反射光信号のそれぞれに対して、差が閾値差値よりも小さい場合、第二の標的距離又は第一の標的距離をデータセットに含めることを含み得る。

【0174】

方法1000のいくつかの実施形態では、閾値差値は、0.1m~5.0mであり得る。

【0175】

方法1000のいくつかの実施形態では、第一のリスニングウィンドウの持続時間は、2.0 μ s~3.0 μ sであり得る。第二のリスニングウィンドウの持続時間は、0.3 μ s~0.5 μ sであり得る。

【0176】

いくつかの実施形態では、方法1000は、第一の群の光エミッタ内のうちのどの光エミッタが、LIDARデバイスの1つ以上の光学素子の汚れの程度に基づいて、第二の群の光エミッタに含められるかを決定することも含み得る。

【0177】

方法1000のいくつかの実施形態では、汚れの程度は、LIDARデバイス又は異なるセンサを使用した以前の測定に基づいて決定され得る。

【0178】

方法1000のいくつかの実施形態では、汚れの程度は、LIDARデバイス近くの周囲気象条件に基づいて決定され得る。

【0179】

方法1000のいくつかの実施形態では、データセットは、第二の群の検出された反射光信号における、検出された反射光信号のそれぞれに関連付けられた複数の点を含み得る。複数の点のそれぞれは、標的距離を含み得る。各標的距離は、検出された反射光信号の第二の群の検出された反射光信号内の検出された反射光信号と、第一の群の検出された反射光信号内の対応する第一の検出された反射光信号とに基づいて決定される、関連する信頼レベルを有し得る。

【0180】

本開示は、本出願に説明される特定の実施形態に関して限定されるものではなく、特定の
実施形態は、様々な態様の例解として意図されるものである。当業者には明らかなこと
であるが、多くの修正及び変形を本開示の趣旨及び範囲から逸脱することなく行うことが
できる。本明細書において列挙される方法及び装置に加えて、本開示の範囲内の機能的に
同等の方法及び装置は当業者には、これまでの説明から明らかであろう。このような修正
及び変形は、添付の特許請求の範囲内にいることが意図されている。

【0181】

上記の詳細な説明は、添付の図面を参照して、開示されたシステム、デバイス、及び方
法の様々な特徴及び機能を説明している。図では、文脈が別の方法で指示しない限り、同
様の記号は、典型的には、同様の構成部品を同一に扱っている。本明細書に記載の、及び
図中の例示的な実施形態は、限定的であることを意味するものではない。本明細書におい
て提示される主題の範囲から逸脱することなく、他の実施形態を利用することができ、他
の変更を行うことができる。本明細書で概して説明され、かつ図に例解されている、本開
示の態様は、多種多様な異なる構成で配置、置換、結合、分離、及び設計することができ
、その全てが明示的に企図されることは容易に理解されよう。

【0182】

図における、また本明細書において考察されるメッセージフロー図、シナリオ、及びフ
ローチャートのいずれか又は全てに関して、各ステップ、ブロック、動作、及び／又は通
信は、例示的な実施形態に従った情報の処理及び／又は情報の送信を表し得る。代替的な
実施形態は、これらの例示的な実施形態の範囲内に含まれる。これらの代替的な実施形態
では、例えば、ステップ、ブロック、送信、通信、要求、応答、及び／又はメッセージと
して記載される動作は、関連する機能に応じて、実質的に同時に又は逆の順序でなど、示
されたもの又は論じられたものとは異なる順序で実行することができる。さらに、それよ
り多いか又は少ないブロック及び／又は動作を、本明細書で考察されるメッセージフロー
図、シナリオ、及びフローチャートのいずれかで使用することができ、これらのメッセ
ージフロー図、シナリオ、及びフローチャートは、部分的に又は全体として互いに組み合わ
せることができる。

【0183】

情報の処理に相当するステップ、ブロック、又は動作は、本明細書に説明される方法又
は技法の特定の論理機能を果たすように構成され得る回路網に対応し得る。代替的に又は
追加的に、情報の処理に相当するステップ又はブロックは、モジュール、セグメント、又
はプログラムコード（関連データを含む）の一部分に対応し得る。プログラムコードには
、特定の論理演算又は動作を方法又は技法において実施するためのプロセッサにより実行
可能な1つ以上の命令を含めることができる。プログラムコード及び／又は関連データは
、RAM、ディスクドライブ、ソリッドステートドライブ、又は別の記憶媒体を含む記憶
デバイスなど、いずれのタイプのコンピュータ可読媒体にも記憶され得る。

【0184】

さらに、1つ以上の情報送信に相当するステップ、ブロック、又は動作は、同じ物理デ
バイスにおけるソフトウェアモジュール及び／又はハードウェアモジュール間の情報送信
に対応し得る。しかしながら、他の情報送信は、様々な物理デバイスにおけるソフトウェ
アモジュール及び／又はハードウェアモジュール間の情報送信であり得る。

【0185】

図に示される特定の配置は、限定としてみなされるべきではない。他の実施形態は、所
与の図に示されるそれぞれの要素をより多く、又はより少なく含むことができることが理
解されるべきである。さらに、例示された要素の一部は、組み合わせられ得る、又は省略
され得る。なおさらに、例示的な実施形態は、図に示されていない要素を含み得る。

【0186】

様々な態様及び実施形態が本明細書に開示されているが、他の態様及び実施形態が、当
業者には明らかであろう。本明細書に開示される様々な態様及び実施形態は、例解を目的
とするものであり、限定することを意図するものではなく、真の範囲は、以下の特許請求

10

20

30

40

50

の範囲によって示される。

【図面】

【図 1】

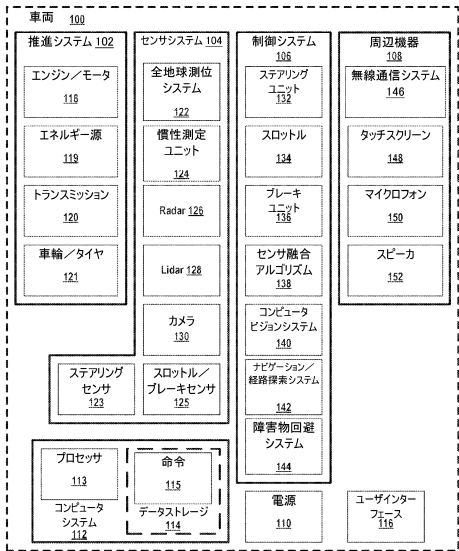


図 1

【図 2 A】

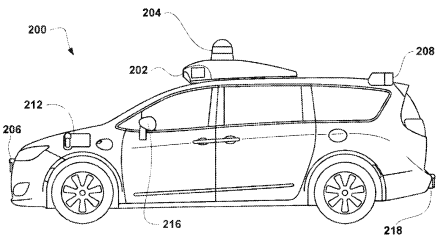


図 2A

10

20

【図 2 B】

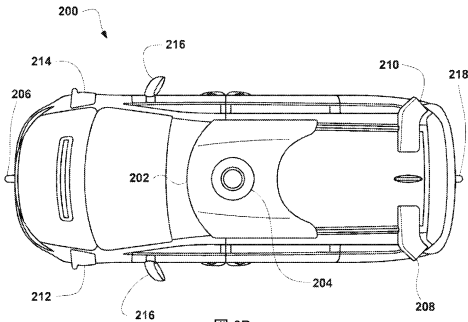


図 2B

【図 2 C】

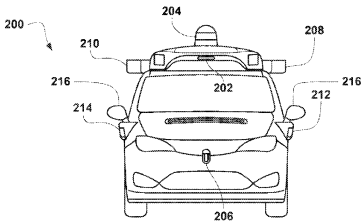


図 2C

30

40

50

【図 2 D】

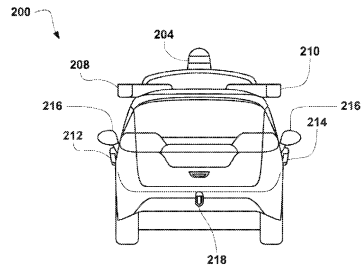


図 2D

【図 2 E】

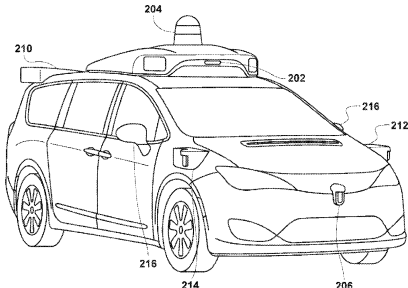


図 2E

10

【図 2 F】

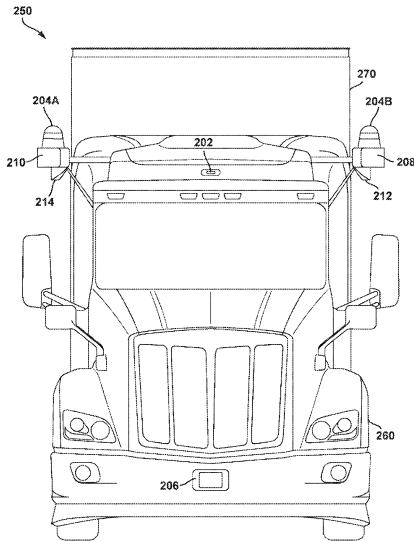


図 2F

【図 2 G】

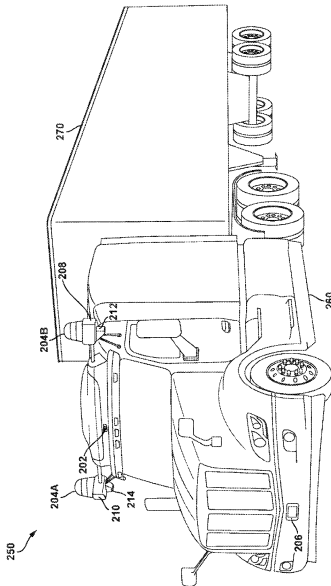


図 2G

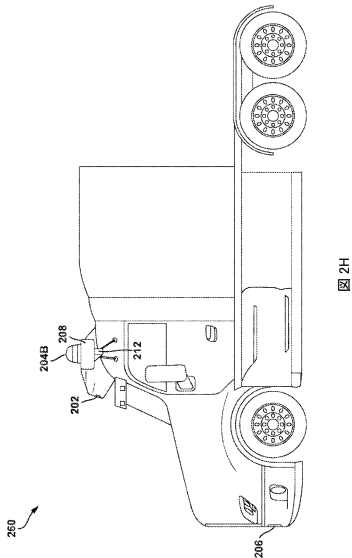
20

30

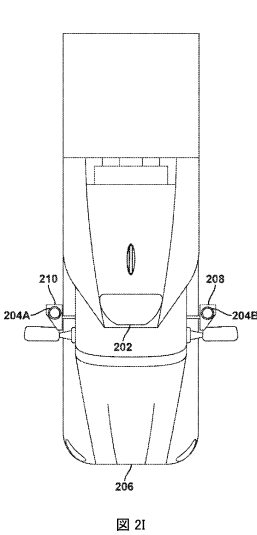
40

50

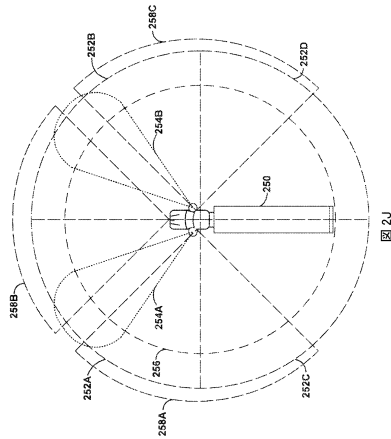
【図 2 H】



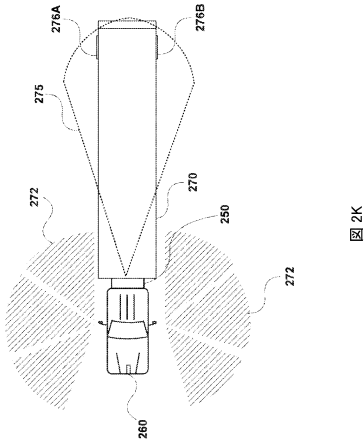
【図 2 I】



【図 2 J】



【図 2 K】



10

20

30

40

50

【図 3】

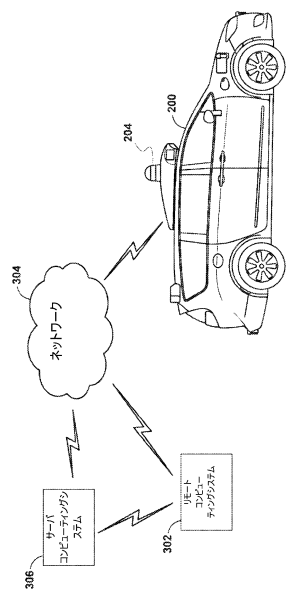


図 3

【図 4 A】

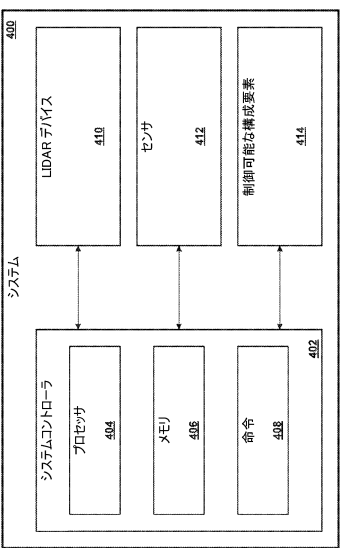


図 4A

【図 4 B】

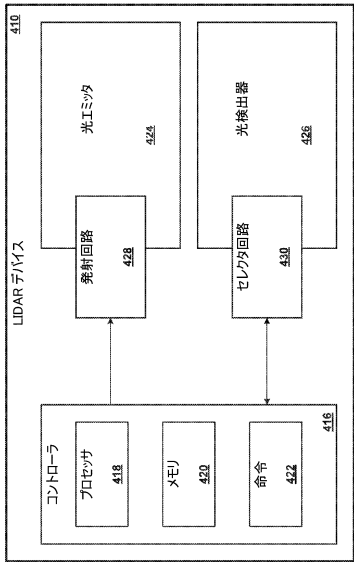


図 4B

【図 5 A】

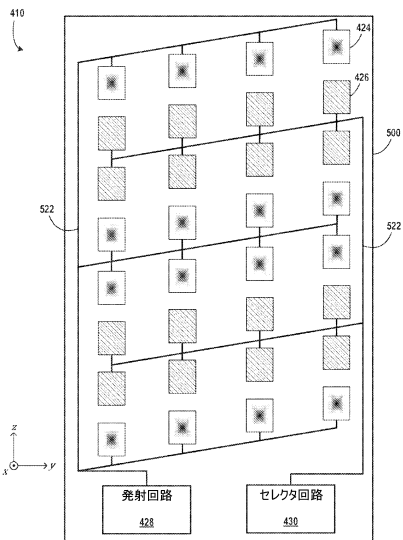


図 5A

10

20

30

40

50

【図 5 B】

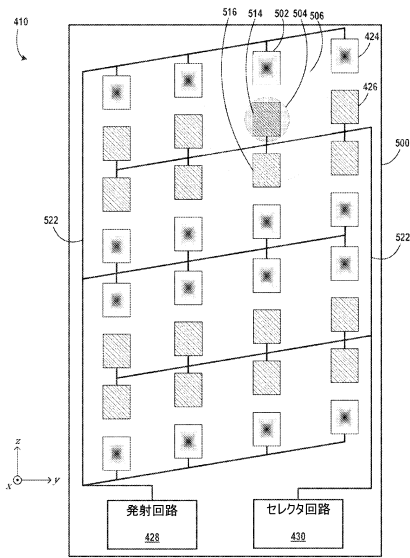


図 5B

【図 6 A】

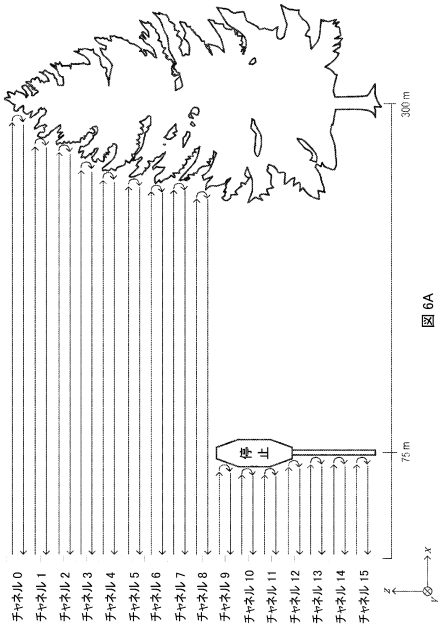


図 6A

【図 6 B】

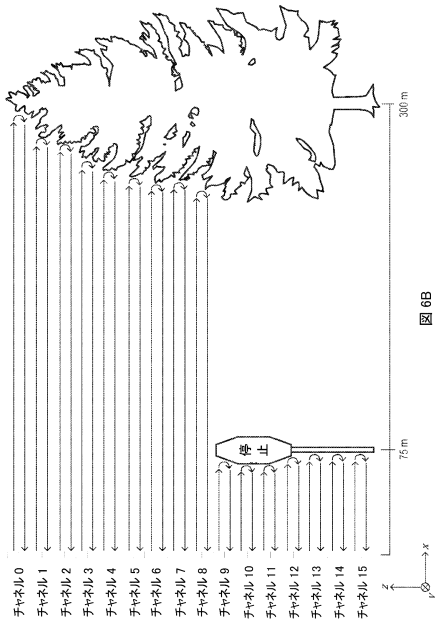


図 6B

【図 6 C】

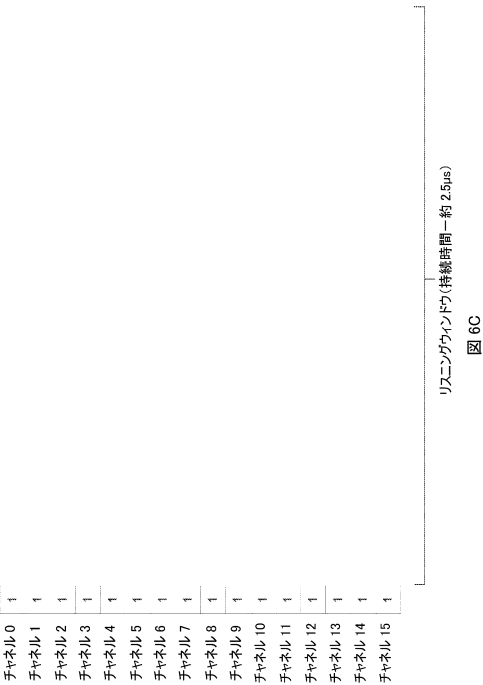


図 6C

チャネル 0	1
チャネル 1	1
チャネル 2	1
チャネル 3	1
チャネル 4	1
チャネル 5	1
チャネル 6	1
チャネル 7	1
チャネル 8	1
チャネル 9	1
チャネル 10	1
チャネル 11	1
チャネル 12	1
チャネル 13	1
チャネル 14	1
チャネル 15	1

リズニングウィンドフ(持続時間一約 2.5μs)

10

20

30

40

50

【図 6 D】

[illegible]

6D ☒

【図 6 E】

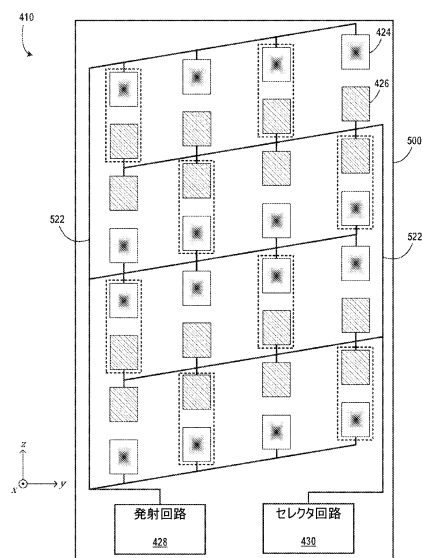


图 6E

【図 6 F】

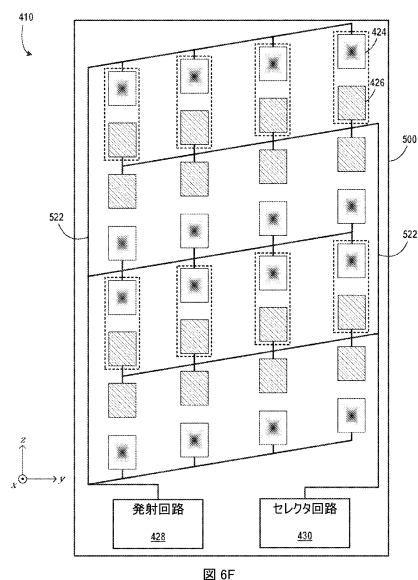


図 6F

【図 6 G】

リニアゲインの特性				リニアゲインの特性				リニアゲインの特性				リニアゲインの特性			
時間遅延 (0.5ms)				時間遅延 (0.5ms)				時間遅延 (0.5ms)				時間遅延 (0.5ms)			
チャネル0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
チャネル8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル11	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル12	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル14	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
チャネル15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

6G

【図 8 B】

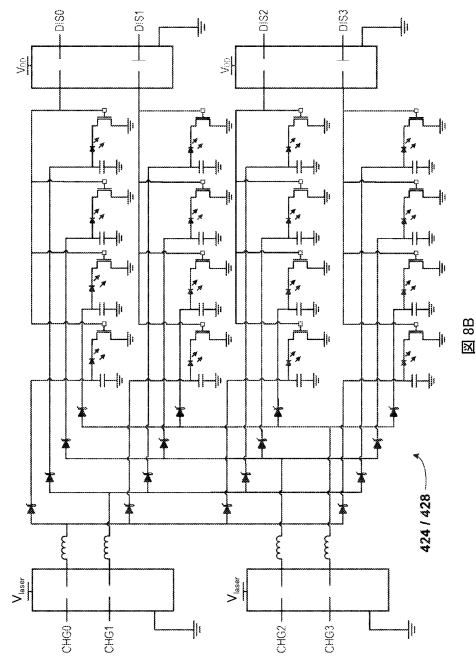


図 8B

【図 9】

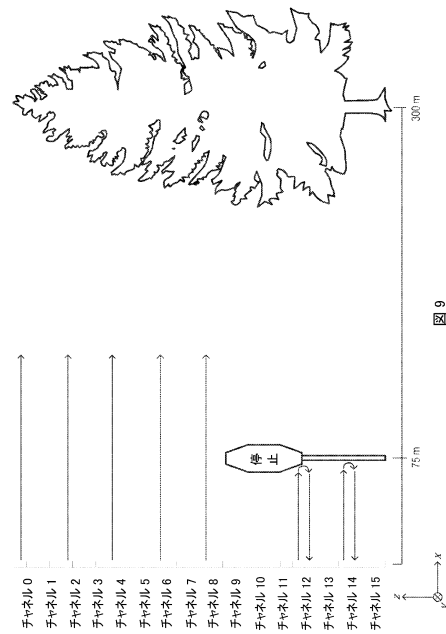


図 9

【図 10】

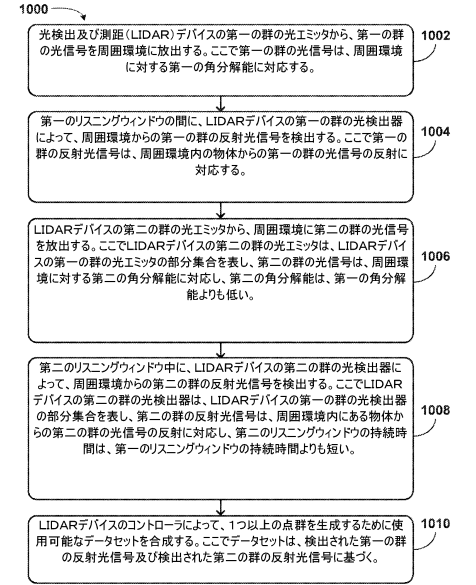


図 10

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I
G 0 1 C 3/06 1 4 0

4 0 4 3, マウンテン ビュー, アンフィシアター パークウェイ 1 6 0 0

(72)発明者 タツォーリ, アウグスト

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 4 3, マウンテン ビュー, アンフィシアター パーク
ウェイ 1 6 0 0

(72)発明者 シュロイニング, デイビッド

アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 4 0 4 3, マウンテン ビュー, アンフィシアター パーク
ウェイ 1 6 0 0

審査官 藤脇 昌也

(56)参考文献

国際公開第2022/087384 (WO, A1)

特表2022-533119 (JP, A)

国際公開第2021/065138 (WO, A1)

特開2016-205953 (JP, A)

特開2019-144072 (JP, A)

特開2019-113530 (JP, A)

特開2022-105771 (JP, A)

特開2011-7616 (JP, A)

特開2020-73901 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 0 1 S 7/48 - 7/51

G 0 1 S 17/00 - 17/95

G 0 1 C 3/00 - 3/32