

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6860656号
(P6860656)

(45) 発行日 令和3年4月21日(2021.4.21)

(24) 登録日 令和3年3月30日(2021.3.30)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 S 7/481 (2006.01)
GO 1 S 17/93 (2020.01)
GO 2 B 26/10 (2006.01)
GO 1 S 17/89 (2020.01)
GO 1 S 7/484 (2006.01)

GO 1 S 7/481 A
GO 1 S 17/93
GO 2 B 26/10 Z
GO 1 S 17/89
GO 1 S 7/484

請求項の数 20 (全 117 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2019-513740 (P2019-513740)
(86) (22) 出願日 平成29年5月15日(2017.5.15)
(65) 公表番号 特表2019-526056 (P2019-526056A)
(43) 公表日 令和1年9月12日(2019.9.12)
(86) 国際出願番号 PCT/US2017/032585
(87) 国際公開番号 W02017/200896
(87) 国際公開日 平成29年11月23日(2017.11.23)
審査請求日 令和2年5月13日(2020.5.13)
(31) 優先権主張番号 62/441,563
(32) 優先日 平成29年1月3日(2017.1.3)
(33) 優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)
(31) 優先権主張番号 62/441,492
(32) 優先日 平成29年1月2日(2017.1.2)
(33) 優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)

(73) 特許権者 518408969
オキーフェ, ジェームス
O' KEEFEE, James
アメリカ合衆国 94040 カリフォル
ニア州 マウンテン ビュー, チュリン
ドライブ 3437
(74) 代理人 100107364
弁理士 齊藤 達也
(72) 発明者 オキーフェ, ジェームス
アメリカ合衆国 94040 カリフォル
ニア州 マウンテン ビュー, チュリン
ドライブ 3437

審査官 仲野 一秀

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の形状に適応したダイナミックステアド L I D A R

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車両に配置されたレーザレンジファインダであって、視野を有するレーザレンジファイ
ンダと、

ビームガイドと、

を備えるシステムであって、

前記ビームガイドは、

前記レーザレンジファインダから入力方向にレーザビームを受ける第1の端部と、

前記入力方向に基づいた出力方向を有するレーザビームを前記車両を越えて送るために
、前記ビームガイドの第2の端部に配置されたレンズと、を備え、

前記レンズと前記レーザレンジファインダは、ボディパネルの背後にあるキャビティの
少なくとも一部によって分離されており、

前記ビームガイドが、前記車両の前記ボディパネルの後方に位置する前記キャビティ内
に少なくとも部分的に延びており、

前記レーザビームが、前記キャビティ内で前記ビームガイドの前記第1の端部から前記
第2の端部まで移動する、

システム。

【請求項 2】

前記レンズは、前記車両の少なくとも1つのライトアセンブリによって共有されている
、請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記レンズは、前記車両の少なくとも一部によって前記レーザレンジファインダでの直接的な視線から見えない領域に、前記レーザビームを反射させる、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記ビームガイドは、前記レーザレンジファインダからの前記レーザビームを反射し、それによって前記レーザビームの方向を前記入力方向から変更するように機能する、前記キャビティ内の少なくとも 1 つの反射器を、更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記ビームガイドは、
前記レーザビームを可変量で反射し、それによってレーザビームの出力方向を少なくとも一部決定するための、位置変更可能な電動リフレクタと、
前記電動リフレクタの位置を制御するための制御部と、
を更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記レーザビームを前記キャビティ内に反射させ、それによって前記レーザビームを前記車両ルーフの外周部に導くための 1 つ以上の反射板を、更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記レーザビームのレーザ反射を検出するためのレーザ検出器であって、レーザ反射は、反射位置からビームガイド内に導かれる、レーザ検出器と、
前記レーザの反射に基づいて、前記反射位置を示す 3 次元位置を計算するための回路と、
を更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

車両に配置されたレーザレンジファインダであって、視野を有するレーザレンジファインダと、
ビームガイドと、
を備えるシステムであって、
前記ビームガイドは、
前記レーザレンジファインダから入力角度範囲内の対応する入力方向を持つ複数のレーザビームを受ける第 1 の端部と、
前記レーザレンジファインダから分離されており、前記ビームガイドの第 2 の端部に配置されたレンズと、を備え、
前記レンズは、前記複数のレーザビームの各々を、前記入力方向に基づいた対応する出力方向で前記車両を越えて送るように機能し、
前記レンズと前記レーザレンジファインダは、ボディパネルの背後にあるキャビティの少なくとも一部によって分離されており、
前記複数のレーザビームを前記第 1 の端部から前記第 2 の端部まで導くために、前記ビームガイドが、前記車両の前記ボディパネルの後方に位置する前記キャビティ内に少なくとも部分的に延びている、
システム。

【請求項 9】

前記レンズが、前記ボディパネルの周囲に配置されており、それによって、前記複数のレーザビームが前記ボディパネルの背後にあるキャビティから出射するための場所が提供される、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記レーザレンジファインダの前記視野内に少なくとも部分的に配置されたアダプタを、更に備え、
前記アダプタは、

前記複数のレーザビームのうちのゼロではない第1のサブセットを、前記入力角範囲の第1のサブセットに対応する方向を有する前記ビームガイドの各々に送るように機能する第1の開口部と、

前記複数のレーザビームのうちのゼロではない第2のサブセットを、前記入力角範囲の前記第1のサブセットから排他的である前記入力角範囲の前記第2のサブセットに対応する方向を有する前記ビームガイドの各々に送るように機能する第2の開口部と、

請求項8に記載のシステム。

【請求項11】

アダプタを、更に備え、

前記アダプタは、

前記レーザレンジファインダに取り付けられると共に、前記ビームガイドに取り付けられており、

前記レーザレンジファインダの前記視野内に少なくとも部分的に配置されたミラーを備える、

請求項8に記載のシステム。

【請求項12】

前記ビームガイドが、前記レーザレンジファインダからの前記複数のレーザビームを反射し、それによって前記複数のレーザビームを前記ビームガイドの前記第1の端部から第2の端部に導くように機能する、少なくとも1つの反射器を前記キャビティ内に有する、請求項8に記載のシステム。

【請求項13】

前記レンズが、前記入力角範囲を、少なくとも1次元において前記入力角範囲の少なくとも3倍の幅を有する出力角範囲に広げるように機能する、請求項8に記載のシステム。

【請求項14】

前記視野が、前記レーザレンジファインダが前記車両を越えてレーザビームを直接出射することができる全ての方向を有する直接部分を有し、

前記レーザレンジファインダが、

前記車両を越えて前記視野の前記直接部分の外側にある複数の反射位置からの、複数のレーザビームに対応する複数のレーザ反射、を検出するレーザ検出器と、

前記複数のレーザ反射を用いて、前記複数の反射位置を示す複数の3次元位置を計算する回路と、を備える、

請求項8に記載のシステム。

【請求項15】

車両のボディパネルの背後にあるキャビティ内にレーザを誘導する方法であって、

レーザレンジファインダを用いてレーザビームを発生させるステップと、

第1の端部と、レンズを有する第2の端部と、車両の前記ボディパネルの後方に位置する前記キャビティを備えるビームガイドにおいて、第1の端部において入力方向のレーザビームを受けるステップであって、前記レンズと前記レーザレンジファインダは、前記ボディパネルの背後にあるキャビティの少なくとも一部によって分離されている、ステップと、

前記車両の前記ボディパネルの後方に延びる前記キャビティ内の前記レーザビームを前記第2の端部に導くステップと、

前記レンズを用いて、前記レーザビームを、前記車両の境界を越えて、前記入力方向の少なくとも一部に基づく出力方向に、送るステップと、

を含む方法。

【請求項16】

前記レーザビームからの反射を前記レーザレンジファインダにおいて受けるステップは、前記レーザビームからの前記反射を前記ボディパネルの後方に位置する前記キャビティ内に導くステップ、を含む、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

前記レーザビームを前記車両の前記ボディパネルの後方に位置する前記キャビティ内に導くステップは、前記キャビティ内に配置された少なくとも1つの反射器で前記レーザビームを反射させ、それによって前記レーザビームの方向を前記入力方向から変更するステップをさらに含む、請求項15に記載の方法。

【請求項18】

前記レーザビームを生成する前に、前記レーザレンジファインダに操作可能に結合された回路を用いて、前記ビームガイド内の少なくとも1つの光学素子を電子的に制御することにより、前記少なくとも1つの光学素子を再構成するステップ、を更に含む、請求項15に記載の方法。

【請求項19】

前記ビームガイドを用いて、前記車両の少なくとも一部によって前記レーザレンジファインダでの直接的な視線が遮られている前記車両の向こう側の物体に、レーザビームを送るステップと、

前記レーザレンジファインダで、前記ビームガイドを介して、前記レーザビームに対応する前記物体からのレーザ反射を受けるステップと、

前記レーザレンジファインダを用いて、前記レーザ反射を用いて前記物体の少なくとも一部の3次元位置を計算するステップと、

を更に含む、請求項15に記載の方法。

【請求項20】

前記ビームガイドが、前記レーザレンジファインダでの直接的な視線から、前記車両の少なくとも一部によって遮られる空間の領域に、前記レーザビームを送る、請求項1に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車両の形状に適応したダイナミックステアドLIDARに関する。

【背景技術】

【0002】

デジタル写真撮影において、電荷結合素子CCDセンサーは詳細な画像を作成するために数百万の特定の方向から同時に光を集めることができる。対照的に、光検出と測距システム(LIDAR)のような大部分のレーザーレンジファインダーにおいてはレーザー光線を走査や回転させ、より少ない方向での光の飛行時間(TOF)を測定する。この順次的な測定方法は一秒間の測距の総数を限定する。従って、視野(FOV)を均一で決定的に走査する手法のLIDARは角度分解能が貧弱になりうる。例えば、仰角40度で方位角360度の角度領域が10Hzで回転し、1秒間に百万回のレーザー測定をするLIDARを検討する。測定がFOV(例えば40×360度)内に均一に分散するならば角度分解能は仰角と方位角共に0.38度になる。このような角度分解能ではLIDARから50mの領域において30cmの間隔を持つ測距を作り出す。この測定間隔(すなわち角度分解能)は、物体の詳細な境界を区別するのに不十分となり得る。

【0003】

テンブルトンのUS9,383,753には、動的に調整可能な角度分解能を持つLIDARが開示されているが、LIDARを回転するための単軸における動的な角速度を記述するのみである。さらにUS9,383,753では回転式LIDARを想定しており、一回の走査中の任意の方向のレーザーについては提供されていない。US9,383,753では、開示されたLIDARの角速度は早い方向反転や変化を除外するため、後続する走査の角度分解能を前の走査に基づいて部分的に修正する。従って、FOV内での物体境界探知の正確さを向上させるため、LIDARの一回の走査内での測定密度を動的に適応させることは課題として残っている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

本発明は、上記従来技術の課題を解決するためになされたものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本開示の実施形態はレーザーステアリングパラメータ s に基づき FOV を非均一的に走査する 1 個またはそれ以上の操縦可能なレーザーからなるレーザレンジファインダー（例えば $LIDAR$ ）を提供する。第一の実施形態のグループではセンサーデータに基づいて動的に操縦される $LIDAR$ で FOV を非均一的に走査する方法を提供する。レーザーステアリングパラメータ s （例えば 指示）が局地的な環境からのセンサーデータを用いて生成される。レーザーステアリングパラメータ s は $LIDAR$ の操縦可能なレーザーを、動的な角速度で FOV を走査するよう設定または指示を出し、それによって、レーザパルス密度を増加させたまたは非均一にした複雑な形状の領域を走査中に作成するよう機能することができる。 $LIDAR$ の FOV 中の複数の重要な領域を多様なタイプや様相のセンサーデータ（例えば 以前のレーザ測距データや、カメラ映像、天気、GPS や車両間の通信データなどの外部データ）に基づいて区別することができる。これらの領域は物体の境界に関する情報を含むため重要になり得る。いくつかの実施形態は、動的に操縦されたレーザ走査の過程で、増加させたレーザパルス密度でのこれらの重要な領域の走査を提供する。ひとつの様態では、向上された解像度でのレーザ走査を必要とする重要な物体が FOV 内の多種多様な場所に存在し得る制御されていない環境で、しばしば使用される自動運転車両に搭載の $LIDAR$ にとって、提案される技術は特に有用である。一例として、局地的な環境からの第 1 のデータが、第 2 の車両の $LIDAR$ に一連のレーザーステアリングパラメータ s を取得または生成させ、 $LIDAR$ のレーザが FOV を非均一的に走査するよう動的に操縦または設定させる、第 1 の車両からの車両間通信データとなり得るのである。

【 0 0 0 6 】

関連する第二の実施形態のグループでは、動的に操縦された $LIDAR$ の FOV の走査が、目標時間内に完了する方法が開示される。 $LIDAR$ が FOV の操作を完了する目標時間は、 $LIDAR$ をレーザ測距の過程でレーザ光を動的に操縦するよう設定可能なレーザーステアリングパラメータ s を生成できるように、局地的な環境からのセンサーデータと組み合わせることができる。このように、走査の目標時間に一部基づいたレーザーステアリングパラメータ s は、全 FOV または FOV の規定された部分の走査を目標時間内に確実に行うためにレーザ測距の密度を調整するよう機能できる。 FOV の最初の走査中に FOV の領域を区別することができる。区別された領域は FOV の第二の走査中に平均の間隔よりも狭い間隔で高密度な走査を受けることができる。領域の形状と走査密度は操作を適切な時間（例えば 目標時間）に完了させるための要件に基づいた選択が可能である。

【 0 0 0 7 】

関連する第三の実施形態のグループでは、 $LIDAR$ が、 FOV 内の注意を引く物体や領域を区別すること及び $LIDAR$ リソース（例えば レーザパルスの数や密度）を動的に分配することによって、 $LIDAR$ を動的に設定する方法が開示されている。

【 0 0 0 8 】

実施形態の例示的な一例では、レーザ測距システムは $LIDAR$ に特有な環境からのセンサーデータを取得しそれにより複数の物体を区別する。そしてレーザ測距システムは複数の物体のそれぞれに一つまたはそれ以上の重要度を割り当て、重要度は $LIDAR$ の FOV 内のレーザ測距を非均一的に分配するよう機能する。レーザ測距システムは、レーザーステアリングパラメータ s （例えば $LIDAR$ の動的操縦可能なレーザーを設定するための指示）を生成し、 $LIDAR$ の操縦可能なレーザーをレーザーステアリングパラメータ s により動的に操縦するよう、重要度を利用する。これにより、この方法は、発見された物体の数や相対的な重要度に基づいたレーザ測距の非均一な密度のパターンを生成するよう $LIDAR$ を動的に操縦することを可能にする。

【 0 0 0 9 】

第四の実施形態のグループでは、局所的環境のタイプ（例えば 区分）に基づいて、動的に操縦される L I D A R を設定できる。局所的環境からのセンサーデータは、L I D A R に区分や位置（例えば 自転車が多数と知られている G P S 位置やたくさんのランナーがいることを示すカメラデータの風景）を提供できる。センサーデータ（例えば G P S データやカメラデータ）は局所的環境を区分することに利用できる。このようにして、局所的な環境の区分（例えば 都会の道路に対して郊外のハイウェイ）を用いて、特定の危険や発生の可能性の変化に対しレーザー操縦が修正や適応ができるよう L I D A R の動的操縦可能なレーザーを設定することができる。G P S データは位置データを提供するために用いることができる。部分的な F O V のレーザーステアリングパラメータ s は、ホスト車の地理的位置に基づいて選ばれる。例えば、G P S データによって都会環境（例えば 都市）と示された中では、レーザーステアリングパラメータ s は、横断歩道や曲がり角といった、歩行者事故を避けることが重要とされる領域の F O V に操縦可能なレーザーを操縦することができる。同様に、狭い道でのサイドミラー、郊外での鹿や踏切での列車など位置特有の危険があると知られている特定の高度では、レーザーポイント密度の増加が可能である。他の例では、落石があると知られている地理的位置を示す G P S データは、岩があるかもしれない領域（例えば 道路の縁や曲がり角）の F O V でレーザーポイント密度を増加させるようレーザーレンジファインダー内の操縦可能なレーザーを操縦するために用いることができる。

10

【 0 0 1 0 】

本開示の第五の実施形態のグループは、L I D A R のレーザーを動的に操縦しそれにより F O V 内の物体の境界を漸進的に限定する方法を提供する。この方法は、飛行時間の境界（例えば 物体の縁）を含むと推定された領域にレーザーをより小さい間隔で繰り返し走査し、それにより連続する走査で境界が推定される小領域を繰り返し生成する。レーザー測距データ（例えば 飛行時間）は解析され（例えば T O F 境界を特定する処理）、処理されたレーザー測距データは、いくつかの走査点が更に情報を含むと推定された領域（例えば 縁、境界、特色のある特徴）に非均一的に分布するよう操縦可能なレーザーを動的に動かすまたは設定するために用いられる。他の例では、動的に操縦されるレーザーレンジファインダーが、最後の二つのレーザー反射間での T O F の大きな変化のような直近のデータに反応でき、二つの走査点間の領域の間隔の非均一な走査を実行するようこのデータをを用いることができる。このように、開示されたシステムは T O F が傾きを示す領域を二等分するようレーザーを配置できる。間隔とレーザーの位置は、T O F の傾きが十分に限定されるか繰り返し数が最大数に到達するまで領域を調査するよう、動的に操縦できる。従って、この実施形態は一回の走査または数回の操作にわたって境界の検知を改良できる。他の実施例では、コンピュータが走査からのいくつかまたは全てのデータを解析し、増加した走査点密度あるいは小さなレーザースポットサイズを後続する繰り返しで受ける一つまたはそれ以上の領域を特定することができる。

20

30

【 0 0 1 1 】

本開示の第六の実施形態のグループは、コンピュータがいくつかまたは全ての F O V の物体を推定または区分でき、非均一な走査点の分布（例えば 複雑な形をした領域内での高密度）を物体の区分に基づいて選択することができる。レーザーは非均一な走査のパターンを実行するよう、動的に操縦されることができ、そして実際に戻るレーザー反射の期待される値との合致に基づいて物体はさらに特定できる。例えば、電子的に操縦されたレーザー L I D A R は F O V の 1 0 0 0 ポイントの走査を実行することができる。走査は、最初にそれぞれの掃引が 1 0 0 点の格子状の 1 0 の F O V の掃引に分割でき、掃引は最後の点群を生成するよう設定できる。1 0 の掃引のひとつにおいて、電子的に操縦される L I D A R 内に連動または合体されたコンピュータは F O V の一部を動く物体を特定し、物体が F O V の一部に位置する車両（すなわち 『車両』の物体区分）だと推定することができる。コンピュータは物体の区分に基づいて非均一な点の分布を選択でき（例えば 一連のレーザーステアリングパラメータ s に基づく、非均一な間隔の一連のレーザー測定）

40

50

、非均一な一連のレーザーパルスからの反射データを車両区分の仮定を検証するために用いることができる。開示された区分方法は、残りの走査の間レーザーを非均一な走査ポイントパターンを実行するよう動的に操縦することができる。例えば、物体の特定と区分の推定において（例えば 区分 = 車両）8、9、10のF O Vの掃引を動的に操縦された非均一な走査部分の実行に充てることができる。

【0012】

本開示のいくつかの実施例はF O Vから生成されたセンサーデータを、操縦可能なレーザーを大部分のデータを含む場所と領域に誘導するために用いる方法を提供する。例には、物体区分と推定される物体配置に基づき、推定される物体の速度をもとにして今後の走査パターンを設定する（例えば 今後のF O V走査で、高密度で走査する領域をどこに生成するか）レーザーステアリングパラメータsを含む。さらなるF O Vの局地的領域のためのレーザーステアリングパラメータs生成（例えば 高密度走査領域）の例は、カメラからの物体検知または縁の検知を含む。

【0013】

第七の実施形態のグループでは、L I D A RはF O Vのいくつかの最小角度間隔内にて飛行時間（T O F）の境界の位置を決定する漸進的境界限定法（P B L）を実行する（すなわち L I D A Rに局所的な環境の中で漸進的に物体の境界を決定する）。この方法は一連のレーザーパルスを生成し、対応する一連のレーザー反射を測定し、それぞれのレーザーパルスに対応する飛行時間と方向を測定できる。T O Fの差がT O Fの閾値より大きい方向の領域内の隣接する1ペアのレーザーパルスを特定することに反応して、少なくとも1つの隣接する1ペアのレーザーパルス方向をもとにした方向に、1つまたはそれ以上の連続するレーザーパルスを生成するようL I D A Rを動的に操縦する。この方法は、全てのT O Fの差がT O Fの閾値より大きい隣接するペアが、方向閾値（例えば 0.5度未満の方向差）より小さい角度分離（すなわち それぞれのペアにおけるレーザーパルスの方向の差）になるまで続けることができる。このようにして、P B L法はT O Fの大きな変化が起こった領域の角距離をその距離が十分に小さくなるまで精密化することにより境界を限定することができる。

【0014】

第八の実施形態のグループでは、L I D A Rで外挿的漸進的境界限定法（E P B L）を実行する方法が開示されている。この方法はF O V内の境界の最初の一部を発見するようL I D A Rを用い、境界の方向を外挿し、それによりF O Vの第二の領域を、境界に走査をするようL I D A Rを動的に操縦することができる。従って、L I D A Rを境界に走査させるよう動的に操縦するために、連続そして“直線”という物体境界の特質を用いることができる。同様に、区分された物体（例えば バン）が持ちうる、物体の一部分の発見と物体境界の第二部分の外挿または予測（例えば 区分または特定された方向の直線の縁に基づく）のような予測境界を、L I D A R走査を動的に操縦することに用いる。一例では、L I D A RはF O V内の最初の搜索領域を走査し、位置の第一の集合体か、境界（例えば 物体の縁）が交わるか位置している最初の搜索領域の副領域を特定する。例示的なE P B L法は、続いて、位置の第一の集合体または副領域に基づいて推定された境界の位置を最初の搜索領域の外側に外挿する。続いてL I D A Rは推定された境界の位置を、第二の搜索領域内でレーザーを設定または動的な操縦をするのに用いる。続いてL I D A Rは、推定された境界の位置に境界が存在するかどうかを判定するために第二の搜索領域からの反射の処理を行うことができる。

【0015】

第九の実施形態のグループは、車両に統合されたレーザー分配システムを持つロープロファイルL I D A Rシステムを提供する。L I D A Rからのレーザー光は、車両の車体外板の下部の空洞領域内に送信可能であり、それにより車体外板（例えば ルーフ）の下を、車両周囲を被覆するカーテンの内部に光を送信または屈折させることができるレンズに誘導することが可能である。内部の反射体とレンズはレーザー光ガイドを形成することができる。レーザー光ガイドは、全体的または部分的にL I D A Rに組み込まれた限られた

10

20

30

40

50

直接視野を、十分に制御された間接的な光路（例えば いくつかの反射を必要とする）を提供することにより増大させることができる。光ガイドからのレーザー出力角は L I D A R からの入力角の関数である。このようにして、光ガイドは車両デザインに共通する外板の後方に存在する空洞を、レーザー光を測距のために誘導し分配するように利用および改良することができる。光ガイドは、L I D A R がロープロファイルなまま、または車両構造に組み込まれたままで、L I D A R の対象範囲を F O V の到達が困難な部分（例えば F O V の車両のルーフや側面によって隠される部分）に拡張することができる。

【 0 0 1 6 】

第十の実施形態のグループでは、L I D A R は F O V 内で起こる重要な変化（例えば 前方車両の車線変更）の早めの兆候を提供可能な複数のスマートテストベクタを選択し評価することにより、F O V を迅速に評価することができる。実施例は、F O V の走査の早期に動的にレーザー光を操縦し初めに複数のテストベクタと関連する一連の検証位置にレーザー走査を行うことにより、改善された反応時間を提供する。レーザーの動的制御に基づく早期の走査は、F O V 全体の均一的（すなわち 非動的）な走査の過程で一連の検証ポイントを段階的に走査することの代わりとなる。一つまたはそれ以上のテストベクタの結果は非均一なレーザーパルス密度で視野を動的に走査する一連のレーザーステアリングパラメータ s の取得に用いられる。従って、テストベクタはレーザー測距の空間的分布を設計することに用いることができ、それにより次の走査の非均一な測定密度の複雑なパターンを生成する。テストベクタはドアミラーの位置、縁、または車両の車線位置の変化のような決定的な特徴に基づくことができる。いくつかの実施例では、検証位置からのデータ

【 発明の効果 】

【 0 0 1 7 】

本明細書に記載された技術は以下に例示する優位性の達成のために実施できる。

【 0 0 1 8 】

F O V 全般にわたって均一的なレーザーパルス密度を生成する代わりに、開示された技術は、F O V 内の重要な特徴の位置（例えば 物体の境界、デジタル画像に認識された人物）を示すデータに基づいてレーザーを動的に操縦することで非均一なレーザーパルス密度を提供する。このデータ主導型の非均一なレーザーパルス間隔には、さらに重要な特徴を限定するという、さらなる利点がある。別の優位性としては、F O V の領域内のレーザーステアリングパラメータ s を精密化することによって F O V 内の物体の境界が漸進的に限定されうる。

【 0 0 1 9 】

別の優位性では、レーザーパルス密度はレーザーレンジファインダーの位置の様相（例えば 地形、G P S 位置、時刻または都市部や郊外といった場所タイプの区分）に基づいて F O V の多様な部分（例えば 左側、右側、または 2 0 度と 3 0 度の間）から選択できる。

【 0 0 2 0 】

関連性のある優位性では、開示された技術はレーザーステアリングパラメータ s が多様な所定の高密度レーザーパターンをエンコードすることを可能にする。そのようなレーザーステアリングパラメータ s で操縦可能なレーザーを指示または設定することで、操縦可能なレーザーは対応する非均一パルス密度の領域を F O V に作り出すことができる。例えば、動的に操縦されるレーザーレンジファインダーが付いたモデル A の車両は、モデル B の車両が F O V 内にいるという仮説の検証に有効なレーザーポイントパターンのライブラリを、開発または共有することが可能である。開示された方法の一つまたはそれ以上を用いてモデル A の車両はモデル B の車両が F O V に存在するかを推定し、F O V 内の車両はモデル B という仮説を検証するよう設計されたレーザーステアリングパラメータ s のデータベースにアクセスし、車両がモデル B という仮説を検証するのに最良の一連の非均一なレーザーパルスを作り出すよう動的操縦可能なレーザーを設定できる。従って、開示された技術はカスタマイズされたレーザーパルスを作成、共有そして操縦可能なレーザーレン

ジファインダーの誘導に用いることを可能にする。レーザーパルスのパターンは車両モデルAの形状と動的に操縦されるレーザーレンジファインダーの配置に合わせてカスタマイズすることができる。動的に操縦される距離計は、それが搭載されている車両と車両での配置に対応するレーザーパルスパターンのライブラリでプリプログラムされることができる。

【0021】

開示された技術は、レーザーレンジファインダーのコスト効果を改善できる。より低価格のレーザーレンジファインダーはレーザーの数が少なかったり、レーザーパルス速度が遅いことがあり得る。開示された技術により、1秒当たりのレーザーパルス総数が少ないレーザーレンジファインダーがそれらのレーザーパルスを動的かつ賢明に選択された方法で配分することを可能にする。同様に、電子的に制御されたLIDARはしばしば回転式LIDARよりも1秒当たりより少ないポイントを走査することができる。開示された技術は、データ主導による方法で、電子的に操縦されるLIDARをもっとも情報を含む領域に動的に操縦することを提供する。

10

【0022】

開示された技術はFOV内の物体の速度検知を改善できる。レーザー測距での速度検知の精度はそれぞれの走査中に物体の境界を正確に判定する性能に関係する。開示された技術は、境界の位置を推定し境界の位置を搜索するようレーザーを動的に操縦することができる。開示された技術は、境界限定法と動的なレーザーパルス密度の選択を用いて物体区分の速度を向上させる。

20

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1A】図1Aは本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと視野内の複数のレーザーパルス位置の例示的な図である。

【図1B】図1Bは本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと視野内の複数のレーザーパルス位置の例示的な図である。

【図2A】図2Aは視野内に一連のレーザーパルスを生成する均一的に操縦される回転式LIDARを示す。

【図2B】図2Bは本開示の実施形態による、多様な非均一に分布された一連のレーザーパルスを生成する動的に操縦されるLIDARを示す。

30

【図2C】図2Cは本開示の実施形態による、多様な非均一に分布された一連のレーザーパルスを生成する動的に操縦されるLIDARを示す。

【図2D】図2Dは本開示の実施形態による、多様な非均一に分布された一連のレーザーパルスを生成する動的に操縦されるLIDARを示す。

【図2E】図2Eは本開示の実施形態による、多様な非均一に分布された一連のレーザーパルスを生成する動的に操縦されるLIDARを示す。

【図2F】図2Fは本開示の実施形態による、多様な非均一に分布された一連のレーザーパルスを生成する動的に操縦されるLIDARを示す。

【図3】図3は本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと視野内の非均一なレーザーパルス位置の分布の例示的な図である。

40

【図4A】図4Aは本開示の実施形態による、例示的な動的に操縦されるレーザーレンジファインダーsのいくつかの構成要素を示す機能図である。

【図4B】図4Bは本開示の実施形態による、例示的な動的に操縦されるレーザーレンジファインダーsのいくつかの構成要素を示す機能図である。

【図5】図5は本開示の実施形態による、通信回線で接続された処理サブアセンブリと動的操縦レーザーアセンブリを含む例示的なレーザー測距システムを示す図である。

【図6】図6A 6Dは本技術の1態様による例示的なレーザーステアリングパラメータを示す。

【図7】図7は本技術の1態様によるレーザーステアリングパラメータsと物体境界の推定を繰り返し改良するための過程を示す。

50

【図 8】図 8 は本開示の実施形態による、動的に操縦されるレーザーレンジファインダーに基づく例示的な物体境界の推定を示す図である。

【図 9】図 9 は本開示の実施形態による例示的な動的に操縦されるレーザーレンジファインダーのいくつかの構成要素を示す機能図である。

【図 10 A】図 10 A は本開示の実施形態による、レーザーステアリングパラメータ s の選択とレーザーレンジファインダーの動的な操縦の過程のフローチャートである。

【図 10 B】図 10 B は本開示の実施形態による、レーザーステアリングパラメータ s の選択とレーザーレンジファインダーの動的な操縦の過程のフローチャートである。

【図 10 C】図 10 C は本開示の実施形態による、レーザーステアリングパラメータ s の選択とレーザーレンジファインダーの動的な操縦の過程のフローチャートである。

10

【図 10 D】図 10 D は本開示の実施形態による、レーザーステアリングパラメータ s の選択とレーザーレンジファインダーの動的な操縦の過程のフローチャートである。

【図 11】図 11 は本開示の実施形態による、測定データに基づいた一連のレーザーステアリングパラメータ s の精密化の過程のフローチャートである。

【図 12 A】図 12 A は本開示の実施形態による、区分に基づく一連のレーザーステアリングパラメータ s の選択のプロセスのフローチャートである。

【図 12 B】図 12 B は本開示の実施形態による、区分に基づく一連のレーザーステアリングパラメータ s の選択のプロセスのフローチャートである。

【図 13】図 13 は漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 14】図 14 A 14 B は漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

20

【図 15】図 15 は漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 16】図 16 は漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 17】図 17 A 17 F は漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 18】図 18 は外挿的漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 19】図 19 は外挿的漸進的境界限定法のいくつかの態様を示す。

【図 20】図 20 はパルスレーザー測距が可能な例示的なレーザー測距システムと連続波レーザー光を生成可能な例示的なレーザー測距システムを示す。

【図 21 A】図 21 A は本開示の 1 態様によるレーザー L I D A R と関連した視野を示す。

【図 21 B】図 21 B は本開示の 1 態様による、車両と視野の態様の配置に関連する影響に相対的な L I D A R のいくつかの配置を示す。

30

【図 21 C】図 21 C は本開示の 1 態様による、車両と視野の態様の配置に関連する影響に相対的な L I D A R のいくつかの配置を示す。

【図 21 D】図 21 D は本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーとレーザー光ガイドを含む車両のルーフに組み込まれた統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

【図 21 E】図 21 E は本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと光ガイドを含む車両のルーフに取り付けられた車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

【図 21 F】図 21 F は本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと光ガイドを含む車両のルーフに取り付けられた車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

40

【図 22 A】図 22 A は本開示のいくつかの実施形態によるいくつかの例示的な光ガイドを示す。

【図 22 B】図 22 B は本開示のいくつかの実施形態によるいくつかの例示的な光ガイドを示す。

【図 22 C】図 22 C は本開示のいくつかの実施形態によるいくつかの例示的な光ガイドを示す。

【図 23】図 23 は本開示の実施形態による車両に統合されたレーザー分布システムの多様な構成要素の分解図である。

50

【図 2 4 A】図 2 4 A は本開示の実施形態による、各々が表す方向に沿ったレーザー L I D A R の F O V の直接視野の外側にある物体からの間接的な反射が、車両に統合されたレーザー分布システムの多様な構成要素を用いて L I D A R に供給される、複数の平面を示す。

【図 2 4 B】図 2 4 B は本開示の実施形態による、各々が表す方向に沿ったレーザー L I D A R の F O V の直接視野の外側にある物体からの間接的な反射が、車両に統合されたレーザー分布システムの多様な構成要素を用いて L I D A R に供給され得る、複数の平面を示す。

【図 2 5】図 2 5 は本開示の実施形態による、統合されたレーザー分布システムのいくつかの構成要素のブロック図である。

10

【図 2 6】図 2 6 は本開示の実施形態による、統合されたレーザー分布システムのいくつかのレーザー光路の図である。

【図 2 7 A】図 2 7 A は本開示の実施形態による、車両のルーフに組み込まれた、レーザーレンジファインダーと光ガイドを含む車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

【図 2 7 B】図 2 7 B は本開示の実施形態による、底仰角において広い方位角の対象範囲を持つ、車両のルーフに組み込まれた、車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

【図 2 7 C】図 2 7 C は本開示の実施形態による、底仰角において広い方位角の対象範囲を持つ、車両のルーフに組み込まれた、車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

20

【図 2 8】図 2 8 は車両のバンパー / ボンネットパネルの後方の、間接的な視野を L I D A R に提供する車両に統合されたレーザー分布システムの例示的な図である。

【図 2 9 A】図 2 9 A は、本技術の態様による車両搭載ビームガイドを使用して拡張されたカバレッジを有するレーザ距離計を提供するプロセスを示す。

【図 2 9 B】図 2 9 B は、本技術の態様による車両搭載ビームガイドを使用して拡張されたカバレッジを有するレーザ距離計を提供するプロセスを示す。

【図 3 0 A】図 3 0 A は光検知器の視野内でのレーザー反射光の位置に基づいて動的に配置された開口部を備えたレーザー測距システムのいくつかの態様を示す。

【図 3 0 B】図 3 0 B は光検知器の視野内でのレーザー反射光の位置に基づいて動的に配置された開口部を備えたレーザー測距システムのいくつかの態様を示す。

30

【図 3 1】図 3 1 は光検知器の視野内でのレーザー反射光の位置に基づいて動的に配置された開口部を備えたレーザー測距システムのいくつかの態様を示す。

【図 3 2】図 3 2 は光検知器の視野内でのレーザー光の位置に基づいて動的に生成できるいくつかの開口部を示す。

【図 3 3】図 3 3 は本開示の実施形態による例示的なレーザーレンジファインダーのいくつかの構成要素を示す機能図である。

【図 3 4】図 3 4 は視野内のレーザー光の位置を示すデータに基づき空間光変調器に開口部を生成する方法を示す。

【図 3 5】図 3 5 は本開示の実施形態による、レーザーレンジファインダーと視野内の複数のレーザーパルスの位置を示す例示的な図である。

40

【図 3 6 A】図 3 6 A は本開示の実施形態による、禁止領域に基づいてレーザーを操縦する方法を示す。

【図 3 6 B】図 3 6 B は本開示の実施形態による、禁止領域に基づいてレーザーを操縦する方法を示す。

【図 3 6 C】図 3 6 C は本開示の実施形態による、禁止領域に基づいてレーザーを操縦する方法を示す。

【図 3 7】図 3 7 は一つまたはそれ以上の禁止領域に基づいた信号受信およびレーザー送信器にマスクした入力信号を提供可能な禁止マスク回路を示す。

【図 3 8 A】図 3 8 A は本開示の実施形態による視野内の一部の方向のレーザー光を光ガ

50

イドに迂回させるための付随アダプタを備え、それにより間接的な測距を可能にするソリッドステート L I D A R のいくつかの図を示す。

【図 3 8 B】図 3 8 B は本開示の実施形態による視野内の一部の方向のレーザー光を光ガイドに迂回させるための付随アダプタを備え、それにより間接的な測距を可能にするソリッドステート L I D A R のいくつかの図を示す。

【図 3 8 C】図 3 8 C は本開示の実施形態による視野内の一部の方向のレーザー光を光ガイドに迂回させるための付随アダプタを備え、それにより間接的な測距を可能にするソリッドステート L I D A R のいくつかの図を示す。

【図 3 9】図 3 9 は L I D A R の直接の見通しから提供された測距領域の外側の車両に関連するいくつかの領域からのレーザー反射を提供する直接視野と間接視野を備える、L I D A R の視野を示す。

10

【図 4 0】図 4 0 は本開示の実施形態による、電子的に操縦される L I D A R の方向のフィードバック制御を提供するいくつかの構成要素を示す。

【図 4 1】図 4 1 は本開示の実施形態による、選択的な光変調器を備えた電子的に操縦される L I D A R のいくつかの構成要素を示す。

【図 4 2】図 4 2 は本開示の実施形態による、レーザー測距システムの視野内の象に関連する複数の検証領域を示す。

【図 4 3】図 4 3 は本開示の実施形態による、例示的な一連のレーザーステアリングパラメータ s、一連の検証位置、一連の検証データ、一連のルールと一連の結果のいくつかを示す。

20

【図 4 4 A】図 4 4 A は本開示の実施形態によるレーザー測距システムによる例示的な走査設計方法の応用を示す例示的な図である。

【図 4 4 B】図 4 4 B は本開示の実施形態によるレーザー測距システムによる例示的な走査設計方法の応用を示す例示的な図である。

【図 4 5 A】図 4 5 A は本開示の実施形態による例示的な走査設計方法の多様な段階を示す。

【図 4 5 B】図 4 5 B は本開示の実施形態による例示的な走査設計方法の多様な段階を示す。

【図 4 5 C】図 4 5 C は本開示の実施形態による例示的な走査設計方法の多様な段階を示す。

30

【図 4 5 D】図 4 5 D は本開示の実施形態による例示的な走査設計方法の多様な段階を示す。

【図 4 5 E】図 4 5 E は本開示の実施形態による例示的な走査設計方法の多様な段階を示す。

【図 4 6 A】図 4 6 A は本開示の実施形態による、視野内の均一に分布した一連の検証位置から集められた検証データを示す。

【図 4 6 B】図 4 6 B は本開示の実施形態による、視野内の非均一に分布した一連の検証位置から集められた検証データを示す。

【図 4 7】図 4 7 は本開示の実施形態による、一連の検証位置からの検証データの処理に基づいて視野の非均一走査を生成する過程のフローチャートを示す。

40

【図 4 8 A】図 4 8 A は本開示の実施形態による、一連の検証領域からの検証データの処理に基づいて視野の非均一走査を生成し、それにより検証領域を更新する過程のフローチャートを示す。

【図 4 8 B】図 4 8 B は本開示の実施形態による、一連の検証領域から周期的に収集する検証データに基づいて視野の非均一走査を生成し、それにより非均一走査生成に用いられる一連のレーザーステアリングパラメータ s を更新する過程のフローチャートを示す。

【図 4 9】図 4 9 は本開示の実施形態により実行される例示的なレーザー測距走査を示す。

【図 5 0】図 5 0 は本開示の実施形態による、飛行時間測定を用いたレーザー走査設計の例示的な方法のフローチャートを示す。

50

【発明を実施するための形態】

【0024】

デジタル写真の光は、ローカル環境における様々な点から一度にセンサーで受信されます。それに対してレーザーレンジファインダーは、多数を順次に狙うことができるレーザーパルス生成する（例：100, 000）ことで比較的少ないレーザー数（例：164）でのレーザー測距のFOVスキンの実行を可能にします。したがって、レーザーパルス（例：離散方向の飛行測定に対応する時間）は希少な資源であり、FOVはローカル環境でのオブジェクト詳細の境界感知に関しては多くの場合アンダーサンプリングであると言えます。多くのライダーは、一定またはほぼ一定の角速度で機械的に回転します。このような回転ライダーは、1つ以上のレーザーを決定可能方向の範囲（例：360度の方位角範囲を通る各レーザー掃引）を通してスイープすることができます。このタイプの操作は、LIDAR内のレーザーを動的に操作するものではありません。機械仕掛けライダーの回転部分の角運動量は角速度の急激な変化を防ぎます。機械仕掛けライダー内各レーザーは、1次元の角度範囲内であれば均一に間隔をあけたレーザーパルスの生成を可能にします。多くの機会仕掛けライダーに対する角速度の選択が可能です（例：カリフォルニアのモーガンヒルのペロダイン社からのHDL 64Eにおける520Hzなど）が、フォームは一定の1回転になります。

10

【0025】

FOV全体のユニフォームスキンはシンプルのため回転ライダーに固有のものになりがちですが、FOVから最も多くの情報を収集するためには次善策だと考えられます。例えば、FOVの大部分（例：壁や道路）は予測可能で時間不変な均質的な応答を返すことができます。最新のライダーは、毎秒200万ポイント以上のスキンが可能で、したがって、現代技術の実施形態ではダイナミックな方法でレーザーを操縦することによる、200万のスキンポイントと最も多くの情報（例：エッジや境界）の同時選択を試しているのです。

20

【0026】

最近では、電子走査レーザーとフェーズドアレイレーザービームフォーミングの進歩により、FOV内でのレーザーの動的操縦が可能になりました。A操縦可能なレーザーは機械的操縦が可能（例：レーザーをリダイレクトするための移動部品を含む）または、電子的な操縦が可能（例：多方向のうちの一点でビームを作る選択的フェーズドアレイを含む）になります。この操縦可能なレーザーの開示目的は、操縦可能なレーザーがレーザービームの軌跡やパワーレベルを変更することができるレーザーの集合体（例えば、ポジショニングコンポーネントを含む）であるということです。この操縦可能なレーザーの開示目的は、操縦可能なレーザーがインプット（例：ユーザーコマンドも含む）できる場合は、FOVスキンのコース内でのレーザービームのパワーレベルまたは軌道の変化に応答できる場合の動的操縦が可能であるということです。この動的操縦レーザーの開示目的は、動的操縦レーザーがFOVスキン中にレーザービームのパワーや軌道の動的調節を引き起こす操縦可能なレーザーへの入力データ（例：レーザーステアリングパラメータsなどの指示）の提供のプロセスです。例えば、一定のスキンレート（例えば10度/秒）、パルスレート数（例えば10パルス/秒）でのFOVのラスタースキンを行うように設計されたレーザー集合体は動的操縦ではありません。別の例では、過去のレーザー集合体は入力信号（例：それによるFOV内表面でのイメージ生成をする）を基にしたFOV内の不均一レーザーパルスの生成をするレーザー集合体の角速度を力学的に変更する入力信号や回路を供給することで動的に操作されることがあります。軌道の変化は、方向の変化（複数のパルスによって形成される方向）または速度の変化（すなわち、レーザーがFOVの反対側へ向かって進む速さ）です。例えば、動的に角速度を変化させる一定の方向へのパルスレーザーのFOVはパルス間隔の増減により力学的に定義されたレーザーパルス密度を生成します。

30

40

【0027】

現在の開示における多数の回転ライダーは、1回のスキンではレーザービームのパワ

50

ーも軌道も力学的な制御ができないことから動的操縦可能なレーザーを構成していません。しかしながら、回転または機械仕掛けライダーの場合には動的操作が可能です。例えば、最終結果がF O Vの特定部分での不均一な密度レーザーパルスパターンを生成のガイドまたは操縦ができるシステムであることで、入力データの提供がF O Vのスキャン内で力学的にレーザーパルスをレートを変化させる原因となる場合があります。

【 0 0 2 8 】

最近では、カリフォルニア州サニーベイルのQ u a n e r g y社のS 3モデルのような電子的スキャンがされたライダーの開発がされています。これらのソリッドステート電子スキャンライダーは可動部品を含んでいません。可動部には角運動量がないため、電子スキャンされたソリッドステートライダーシステムによる1つ以上のレーザーの動的操作が

10

【 0 0 2 9 】

レーザー範囲検出システムの多くでは、レーザーの定期的な脈動がF O V内で正確なパルス位置の操作に影響を与えます。しかし、このような周期パルスレーザーは現在開示と用いることで、領域内のレーザー滞在時間の増幅による領域周囲よりも高いパルス密度の複雑形状領域の提供が可能になります。このような方法で、周期的にパルスされたレーザーはF O Vにより高密度で複雑な形状領域のパルスを生成します。この複雑な形状の領域の情報開示の目的は、4つ以上の直線エッジを持つ境界や、一つ以上の湾曲した部分と2つ以上の異なる曲率の半径を持つ複雑な形状の領域が挙げられます。典型的な複合領域の例としては、五角形の境界を持つ領域、楕円の周囲または車の詳細な輪郭を捉えたような六角形の境界線が挙げられます。その他のレーザー範囲検出システムは、連続的なレーザー信号の送信やレーザー光の強度を変調・検出することによって測距を行います。連続的なレーザー光線システムでの飛行時間は受信および送信されたレーザー信号間の位相差に直接比例しています。

20

【 0 0 3 0 】

1つの側面としては、動的に操縦されたレーザーレンジファインダーはF O Vのオブジェクト関連の境界の調査に使用が可能です。例えば、ライダーレーザーの位置に小さな変化を加えることで100フィート離れたT O Fのオブジェクト境界に大きな変化を確認することができます。それに対してレーザーは、はるかに大きなビーム発散力を持っており、それゆえ、はるかに広い領域内でもオブジェクトに影響を与えます(多くの場合、オブジェクトのサイズは何倍にもなる)。したがって、ビームスキャンされたライダーからの反射はオブジェクトからの反射を意味しており、それによってビーム操縦レーザーはオブジェクトの検出に有用にはなるものの、詳細な境界局在化を実行するためには実用的でないと考えられます。したがって、ライダービームによる大規模なビーム発散で起こるライダー反射方向の小さな変化が、オブジェクトエッジに関する任意の実用的情報のほとんどを提供していることとなります。しかしながら、対照的にレーザーのスポットサイズの多くの主要オブジェクト(人、犬、縁石)の境界は小さいままになります。本技術は、電子操縦ライダーの走査点を反復的に精製するプロセスによって、対象境界(例えば エッジ)の力学的識別が可能になります。例えば、ライダーは二分アルゴリズムアプローチを使用して、F O V内に存在する歩行者の境界を反復的に検索することができます。ライダーはポイント・クラウド内のポイントP 1が歩行者との間に一貫性のあるT O Fを持つことができ、また歩行者と周辺環境の境界の正確な位置を推定するための角度範囲の減少(例えば、二分のアプローチで)をP 1の左右の反復的なスキャンにより示すことが可能になります。一般的には、この手法により、ライダー内にあるレーザーの力学的構成によるポイントクラウドのT O Fの変化の調査、また境界定義を反復的に向上させることが可能になります。

30

40

【 0 0 3 1 】

図1Aは、操縦可能なレーザアセンブリ115を構成するレーザーレンジファインダーシステム105(例:ライダーなど)を示しています。操縦可能なレーザアセンブリ115は、視野F O V130内の1つ以上のレーザー(例:操縦可能なレーザー121)をス

50

キャンします。視野 130 は、方位角（例：水平）角度範囲 140 と標高（例：垂直）の角度範囲 145 によって定義することができます。操縦可能なレーザー 121 は、F O V 130 をスキャンし、連続方向内で複数存在する、または連続するレーザーパルス（例えばレーザーパルス 150 a、150 b と 150 c）を生成します。F O V 方向内の各レーザーパルスは、大概の場合「+」記号で例示される。レーザーパルス（例：150 a と 150 b）の一部は、オブジェクトによって反射されます（例：人 160 と車両 170）。図 1 A の実施形態では、レーザーパルスは F O V 内で等間隔に配置されており、隣接するレーザーパルス間の角度分離は水平方向と垂直のどちらか一方または両方において一定値となっています。従って、いくつかのレーザーパルス（例：56 パルス）のみが、F O V を通したある程度に不均等なレーザーパルスの人口密度内でオブジェクト 160 と 170 から反映されることとなります。この開示の目的のために F O V レーザーレンジファインダーの 110 は、レーザーレンジファインダーがレーザー測距測定を行うことができるすべての方向（例：標高と方位角の組み合わせ）の組み合わせとして定義することができます。

10

【0032】

図 1 B はレーザーレンジファインダー 110 が、F O V 内の 130 の操縦可能なレーザー 121 をスキャンした操縦可能なレーザアセンブリ 120 とほぼ同じ数のレーザーパルスを生成していることを示しています。図 1 B の例では操縦可能なレーザーは境界 180 と 190、または人 160 と車両 170 を囲む非一様で高いレーザーパルス密度を発生させるため動的に操縦（非一様でも非動的な操縦でもない）されています。操縦可能なレーザアセンブリ 120 は動的に操作されているレーザー集合体の一例であり、力学的指示を受ける回路（例：レーザーステアリングパラメータ）を含むレーザービームの方向またはパルスレートの急速に変更をするレーザー 121 を構成します。現在の技術は、レーザーステアリングパラメータの動的操縦、ガイド、指導、または増加したレーザーパルス密度または不均一なパルス密度の領域を生成するための操縦可能なレーザー（例：電子レーザーレンジファインダー）設計のための技術のいくつかの例を提供しています。レーザーレンジファインダー 110 は、レーザーパルスからの反射を検出するためのレーザー検出器 122 のさらなる設備が可能です。

20

【0033】

図 2 A は、動的操縦されていない回転ライダーの特徴と特性の一部を示しています（例えば、ベロダイン社の H D L 64 e またはカリフォルニア、モーガンヒル）。215 a and 215 b . 回転 L I D A R 205 には、それぞれ固定対応の仰角 215 a と 215 b を持つ 2 つのレーザー 210 a と 210 b があります。レーザーは方位角方向 218 で機械的に回転されます（すなわち、方位角 0 360 度をスイープします）。レーザー 210 a と 210 b は一定の角速度で回転し、一定のパルスレートを保ちます。各レーザーは、それによって一定の仰角と共に非一様で連続的なレーザーパルス（例えばシーケンス 222）を生成します。レーザーは、方位角の一定の角度の分離によって直前のレーザーパルスから離れた方向性を有する配列の各レーザーパルスによる予測可能な方法で F O V 220 を横断して進みます。特に、これらのレーザーは、各スキャン間で動的に角速度または脈拍数を変えるような再構成がされることはありません。例えば、シーケンス 222 の各レーザーパルスは、仰角（極角とも呼ばれる）と方位角によって球面座標上で一意に定義することができます。シーケンス 222 の場合には、各レーザーパルスは一定の仰角 215 b と等間隔の方位角を有する。図 2 A の場合には、1 つのレーザーパルスから次（例えば角度分離 223）までの方位角の分離の範囲は単一値となります。

30

40

【0034】

対照的に、図 2 B では、レーザーを一定の角速度で回転させながらレーザのパルス周波数を変調することによって動的操縦される L I D A R 207 を示しています。パルス周波数を動的に変調するようにレーザー 210 a を構成した結果により、レーザーパルス 224 のシーケンスでは各種量より異なる 1 次元範囲の方向を持つということとなります。なお、図 2 B の場合には、1 つのレーザーパルスから次の方向への分離（例えば角度分離 2

50

23)には1次元範囲となり、それゆえL I D A R 207は1次元で動的に操縦される事になります。シーケンス224の方向は1次元範囲に及びます。

【0035】

図2Cの電子的操作されたライダー230は、パルスレートを一定に保つ間はレーザ8722; 235の変調角度により動的操作されています。変化量によって異なる1次元範囲の方向を持つレーザパルスのシーケンス238が、電子的操縦可能なレーザを動的に角速度(または視野236のレーザの位置)を調節するために構成した結果です。図2Cでは密接的パルスのグループ化のためにレーザ軌跡を減速した後、初期の通常スピードによるレーザパルスの分離のためのスピード加速が通常分離以上になることをF O Vの単掃引のコースが示しています。

10

【0036】

図2Dは、2次元レーザを動的操作することで二次元の角度範囲にまたがるレーザパルスのシーケンスを生成することを示しています。結果のシーケンスは、1つのレーザから2次元の角度範囲を持っており、また各レーザは1次元の角度範囲を持つシーケンスを生成する回転ライダーとは対照的になります。ライダーは、レーザの角速度または位置を2次元(例:方位角と標高)で動的操作することで、シーケンス240の生成が可能なレーザの動的操縦を構成できるようになります。このようなシーケンスは旋回する部品の角運動量により方位角上下の仰角の高速変調を防止しているため、回転ライダーによる実行は不可能になります。

【0037】

20

図2Eは、シーケンス中で複数の方向反転を含むレーザパルスを生成する為のレーザの動的操作を示しています。例えば、レーザパルスシーケンス242は、F O V 244を横切って左から右へのレーザプロGRESSによって開始されます。レーザパルス245の後にはレーザは、正のx方向から負のx方向にレーザの方向のx成分を反転するように再構成されます。レーザパルス246の後には、レーザは再び方向転換するように構成されています(すなわち、正のx方向に戻る)。速度を正のx方向に変調するだけのレーザ235とは対照的に、方向転換により検出された境界を越えて走査を有効にするようにレーザを動的操作します。また、F O V 244スキンの過程で方向転換と組み合わせた2次元動的操作は、レーザ235がオブジェクトの複雑な形状の境界に沿った動的スキンを可能にします。

30

【0038】

図2Fは、動的に操縦可能なレーザ(例:図2Eの電子的操縦可能なレーザ235)を操作することで、複雑な(例:スパイラル)形状を生成するレーザパルス250のシーケンスを生成することを示しています。複雑なシーケンス250は、動的操縦されていないライダーとの使用ができません(例:単軸を中心に回転するライダーなど)。不均一な間隔で複雑な形状のシーケンスを生成する利点は、F O V 255でスキンされた部分の順序を決定する機能があるということです。例えば、シーケンス250は最終的に回転ライダーと同様密度の領域をスキンすることができますが、最初に周囲境界を操作して徐々にF O V 255の中心に向かって進むことができるという利点があります。

【0039】

40

図3は、F O V 130の残りの平均パルス密度に対してレーザパルス密度を増加させた(例:レーザパルス150d)2つの高密度スキン領域310aと310bの生成に伴うF O V 130で動的操作のレーザ121を示しています。他の実施例では、動的操作によりレーザパルス密度の大きい高密度スキン領域(すなわち、レーザ測定の数または単位のソリッド角度あたりのパルス)を、直ちに周囲の面積、F O Vに対する平均レーザパルス密度、或いは同じまたは類似の領域の前のスキンを基準に対して相対的な生成が可能です。ソリッドステートL I D A R 305は、F O Vで最初に識別されたオブジェクトによってF O Vの動的操縦されたスキンの実行を可能にします。(例:F O Vの均一な低密度スキンに基づく)。第二に、操縦可能なレーザアセンブリ120は検出されたオブジェクトを囲む領域(例えば310a)で増加したレーザパルス密度生

50

成の操作が可能なレーザーステアリングパラメータs（例：命令または構成パラメータ）を受け取ることができます。レーザーステアリングパラメータは正方形、長方形または円のような均一に定形密集したスキャン領域（例えば310a）の生成が可能です。またレーザーステアリングパラメータは、より複雑な形状の高密度スキャン領域（310bなど）の生成もできます。310aなどの均一な形状の定形密集した領域を生成するレーザーステアリングパラメータは、物体の境界が不明な場合に有用です。（例：図1Bの人160の境界180）

【0040】

逆に、オブジェクトの境界位置がある程度の精度で知られている場合、レーザーステアリングパラメータのセットを選択することにより、操縦可能なレーザへより複雑な高密度スキャン領域（310bなど）を生成する指示または設定が可能になりますがこの時点ではまだ境界が含まれている状態になります。たとえば、図1Bの車両170の境界190は、前回のレーザースキャンデータから、外周320と内側の境界330の間にあると推定することができます。レーザーステアリングパラメータは、介在領域310bで走査線密度の実行が可能な操縦可能なレーザ121の設計として選択されることができます。310aと310bの境界を包含する高密度スキャン領域の利点は、反射検出器によって容易に検証され、反射パルスの飛行時間またはレーザ強度の様相を測定するが可能な点です。ある実施形態では、ライダー305によるFOX130のスキャンが、FOV平均レーザパルス密度内で動的操縦する操縦可能なレーザの設計によりFOVの一部または全てをカバーする部分を含むことで、更に大きなレーザパルス密度での複数の高密度領域内スキャンを可能にします。動的操作は、2次元方向の変化と方向転換を含む各高密度スキャン領域内のレーザパルスシーケンスの生成が可能です。

【0041】

動的操縦 レーザレンジファインダー

図4Aは、この開示の実施の形態に従って動的操縦されたレーザレンジファインダー405の代表的な幾つかの構成要素を例示しています。レーザレンジファインダー405は操縦可能なレーザアセンブリ406を含んでいることとします。レーザレンジファインダー405は、センサーデータを受信し、そのセンサーデータに基づいてレーザステアリングパラメータを生成するレーザステアリングパラメータジェネレータ410を含むこととします。センサーデータは、センサーデータ処理機475またはセンサーから直接受信されます。センサーデータは、ローカル環境の複数の側面を示すことができます。レーザステアリングパラメータ発電機410は、レーザステアリングパラメータ（例：命令）生成された情報を操縦可能なレーザアセンブリ406にパラメータ送信する機能にもなります。レーザステアリングパラメータ発電機410は、各レーザステアリングパラメータを受信した際に操縦可能なレーザアセンブリ406がレーザステアリングパラメータの受信に対して適切な実行または反応するように、パラメータを適時に送信する設定が可能です。また、レーザステアリングパラメータは操縦可能なレーザアセンブリ406の使用により、一定期間にわたって実行されるひとまとまりの命令ファイルの送信が可能です。

【0042】

操縦可能レーザアセンブリ406は、1つまたは複数のレーザ発電機420およびレーザポジショナー430の設備が可能です。複数のレーザ発電機420（多くの場合は“レーザ”に短縮）は、レーザポジショナー430によって調節されたFOV内の複数の場所にて複数のレーザビームを生成する（例：ビーム435）レーザダイオードが可能です。レーザポジショナー430は、レーザステアリングパラメータに基づいて複数のレーザビーム（例：ビーム435）を操縦する機能を果たします。レーザポジショナー430は、レーザ発電機420から機械的にレーザビームを操縦することができます。回転ライダーは、通常機械的に操縦されたレーザポジショナーを使用します。模範的な機械的に操縦されたレーザポジショナー430は、複数のレーザ発電機に対する光学部品の移動をするステッピングモーターや誘導電動機などの機械的な手

段を含みます。模範的な機械レーザーポジショナーの光学部品としては、複数のミラー、ジンバル、プリズム、レンズおよび回折格子が挙げられます。音響および温度は、複数のレーザー発生器 4 2 0 に相対的なレーザーポジショナー 4 3 0 の光学素子の位置をコントロールするためにも用いられています。レーザーポジショナー 4 3 0 はまた、ソリッドステートのレーザーポジショナーとしての機動が可能で可動品もなく操縦可能な入射光レーザービームの代わりに F O V 内でのアウトプット方向へ操縦可能な電子的手段のレーザービームを使用できます。例えば、電子操縦可能なレーザアセンブリは入射したレーザービームを多数の部分へと分割するための複数の光学スプリッタ（例：分岐、方向性結合器、またはマルチモード干渉カプラー）のソリッドステートレーザーポジションを確保することが可能です。その後その入射されたレーザービームは、各部分が選択可能量に従って遅延になったとして（例：波長の一部分で部分が遅れたなど）遅延線データに送信されます。また、遅延線データは波長調整の提供（例：入射レーザービームからわずかに異なる波長の識別）が可能です。入射したレーザービームの可変遅延部分を組み合わせることで複数の遅延線によって創られた遅延のパターンが確認でき、それによって、少なくとも部分的に定義した角度からの出力レーザービームの作成ができるようになります。複数の遅延線データの作動機構としては、熱光学作動、電気光学作動、電気吸収作動、磁気光学作動または液晶作動が可能です。レーザーポジショナー 4 3 0 は、国防高等研究計画局の短距離で広い視野のある非常に機敏な電子的操縦のフォトリックエミッター（掃除機）のようなチップスケールの光走査システム上の複数のレーザー発電機 4 2 0 と組み合わせることが出来ます。レーザーポジショナー 4 3 0 はまた、米国特許 9 1 2 8 1 9 0 でウルリッヒらに開示された電気機械ミラーの配列のような一つ以上の電気機械ミラーにもなりえます。この開示の目的は、操縦可能なレーザアセンブリ（例：図 4 a の 4 0 6）は、レーザーポジショナー（例：ポジショナー 4 3 0）が視野のスキャンコース内でレーザーパルスを動的操縦することができる場合にのみ、動的操縦が可能なレーザアセンブリと見なされます。ある実施形態では、動的操縦レーザアセンブリは、F O V のスキャン中に命令を処理する回路（例：レーザーステアリングパラメータ）に加え、スキャン中の 1 つ以上のレーザーパルスへの指示の再構成が可能な機械的または電子チューニング部分を備えたレーザーポジショナー回路も備えています。たとえば、操縦可能なレーザアセンブリは 6 4 のレーザーと単純回転のミラーを含むレーザーポジショナーの装備が可能です。対照的に動的操縦レーザアセンブリは、6 4 のレーザーを持つことは可能ですが、光ビームステアリング配列により F O V のスキャン中に提供される命令構成（例：レーザーステアリングパラメータ）に基づいたレーザーの各々からのレーザーパルス操縦になります。

【 0 0 4 3 】

レーザーレンジファインダー 4 0 5 は、標的サブアセンブリ 4 3 8 のさらなる装備が可能です。標的サブアセンブリ 4 3 8 は、光検出器 4 5 0（例：フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、ピンダイオードまたは電荷結合デバイス C C D s、単一光子アバランシェ検出器（S P A D s）、ストリークカメラ）を含む光検出器 4 4 0 の装備ができます。光検出器 4 5 0 は、C C D 配列や I n G a A s 配列などの 2 D 光検出配列にすることも可能です。検出器 4 4 0 は、光電流を電圧信号に変換するための信号増幅器および調節装置 4 5 2（例：オペアンプまたはトランスコンダクタンスアンプ）をさらに生成します。標的サブアセンブリ 4 3 8 は飛行計算回路 4 5 5（例：位相コンパレータ）や強度電卓 4 6 0 のような回路生成が可能です。操縦可能なレーザアセンブリ 4 0 6 は、出射レーザービームの方向内で指摘され、反射光が来ることが予想される F O V 狭い部分に焦点を当てることができるような探知機 4 4 0 や T A 4 0 6 との同一場所への設計が可能です。

【 0 0 4 4 】

操縦可能レーザアセンブリ 4 0 6 は飛行計算機 4 5 5 の時間を含むことで、レーザーパルスに関連付けられる物体への飛行とリターンにかかった時間の計算が可能です。また飛行計算機 4 5 5 の時間は発信レーザービームの位相と反射波の位相角を比較し、飛行時間を推定するためにも機能することができます。さらに飛行計算機 4 5 5 は、反射光子が

ら生じるアナログ信号をデジタル信号に変換するためのアナログ デジタルコンバータを含むことも可能です。レーザーレンジファインダー 4 0 5 には、反射光の強度を計算する強度計算機 4 6 0 の装備が可能です。レーザーレンジファインダー 4 0 7 は、レーザー反射 4 4 5 に関連付けられた 3 d 位置を計算するための 3 D 位置計算機 4 6 4 のさらなる設備が可能になります。

【 0 0 4 5 】

レーザーレンジファインダー 4 0 5 は、飛行計算機 4 5 5 と強度計算機 4 6 0 または 3 D 位置計算機 4 6 4 の時間からデジタル化されたデータ収集のためのデータアグリゲータ 4 6 5 を含むことができます。データアグリゲータ 4 6 5 は、発信機 4 7 0 またはセンサーデータプロセッサ 4 7 5 のパケットへのデータのグループ化が可能です。レーザーレンジファインダー 4 0 5 はデータパケットを送信する送信機 4 7 0 を含むことができます。発信機 4 7 0 は、イーサネット、R S 2 3 2、8 0 2 . 1 1 などのさまざまな有線またはワイヤレスプロトコルを使用して、データを処理サブアセンブリ (コンピューターやリモートのセンサーデータプロセッサなど) に送信し、さらに分析することができます。

【 0 0 4 6 】

レーザーレンジファインダー 4 0 5 はセンサーデータの処理、また F O V 内の一部またはすべての特徴あるいは分類の識別のためのセンサーデータプロセッサ 4 7 5 の装備が可能です。たとえば、データプロセッサ 4 7 5 は特徴識別子 4 8 0 の使用による、F O V 内のオブジェクトの境界やエッジなどの特徴識別が可能です。データプロセッサ 4 7 5 は、特長識別子 4 8 5 を使用した境界あるいはエッジがある領域の識別ができるようになります。同様に、分類器 4 9 0 はセンサーデータのパターンを使用した F O V 内のオブジェクトの分類識別ができます。たとえば、分類子 4 9 0 は、オブジェクトメモリ 4 9 5 に格納されている以前に記憶したオブジェクトや特性のデータベースを使用して、車両、歩行者、または建物などからのデータの一部を反射パルスから分類することができます。図 4 A の実施例では、センサーデータプロセッサ 4 7 5 が操縦可能なレーザアセンブリの近く (例 : 同じ包囲の中) に位置する場合には有線または無線リンクを介して反射データの送信無しでのセンサーデータ (反射範囲など) 処理が可能になります。図 4 A は、距離データをセンサーデータプロセッサに送信する際の長距離通信リンク (例 : イーサネット) に潜伏関連する埋め込み型プロセスアーキテクチャの一例です。

【 0 0 4 7 】

図 4 は、この開示の実施形態に従って動的操縦されたレーザーレンジファインダー 4 0 7 の構成要素を示しています。本実施例では、データ処理およびレーザーステアリングパラメータ生成コンポーネントは、その操縦可能なレーザアセンブリ 4 0 6 から離れた場所に配置しています。操縦可能なレーザアセンブリ 4 0 6 は、1 つまたは複数のレーザー (例 : レーザー発生器 4 2 0)、およびポジショナー 4 3 0 を含むことができ、またこの場合レーザーステアリングパラメータの処理に基づくレーザー光発電機からの動的操縦するレーザービームの回路は含まれます。レーザーレンジファインダー 4 0 7 は、離れた場所に配置するレーザーステアリングパラメータジェネレータ 4 1 0 からレーザーステアリングパラメータを受信する受信機 4 1 5 を含みます。受信機 4 1 5 は、有線または無線受信機とイーサネット、R S 2 3 2 または 8 0 2 . 1 1 などの様々な通信プロトコルの実施が可能です。送信機 4 7 0 は、飛行計算機 4 5 5 の時間、強度電卓や 3 次元位置計算機 4 6 4 (図 4 a A) から遠隔地データアグリゲータ 4 6 5 にデータを送信することができます。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、本開示の幾つかの具体例に基づくレーザーレンジファインダー 5 1 0 のある構成要素を示しています。レーザーレンジファインダー 5 1 0 はプロセスと操縦可能なレーザアセンブリを連結するため、処理サブアセンブリ 5 2 0、動的操縦のレーザアセンブリ 5 0 5、また通信リンク 5 3 0 を含みます。処理サブアセンブリ 5 2 0 は 1 つ以上のプロセッサ (図 4 A および 4 B のセンサーデータプロセッサ 4 7 5 など) や、イーサネット、R S 4 8 5、光ファイバー、w i f i、B l u e t o o t h、C A N B U S または

10

20

30

40

50

USBなどの1つ以上のトランシーバ(受信機415および送信機470を含むトランシーバなど)を含むことができます。サブアセンブリ520の処理には、コンピューターで読み取り可能なストレージメディア(フラッシュメモリやハードディスクドライブなど)を使用したりモットミラー(例:道路反射鏡)の検出と利用の方法の格納も可能です。動的操縦可能なレーザーアセンブリ505は、レーザー発電機420およびレーザーポジショナー430のレーザーステアリングパラメータに基づいた視野の中の1つ以上の地点でレーザー光線の操縦を含んでいます。レーザーポジショナー430は、1つ以上の光遅延線や音響または熱ベースのレーザーステアリング要素を含むことができます。ソリッドステート操縦可能なレーザーアセンブリレーザーポジショナー430は指示(例えば、レーザーステアリングパラメータ)を受け取る機能があり、それによりレーザービームの一部分を遅らす(すなわち、レーザービームをコピーする際に位相差を作成する)ことで、そのレーザービーム部分とFOV内に位置された出力ビームを組み合わせます。メカニカルレーザーポジショナー430は、レーザーステアリングパラメータに基づいた入力信号(ステッパーモーターのPWM入力など)を受信することで、ミラーをFOV方向にレーザーを標的にし、Tミラーまたはミラーの位置操作可能要素となることがあります。操縦可能なレーザーアセンブリ505もまた、光センサー(複数)450のような成分を含む検出器440、飛行計算機455、光強度算出部460及び3D位置を含むことができます。操縦可能なレーザーアセンブリ505は、イーサネット、RS485、光ファイバー、Wi-Fi、Bluetooth、CANBUS、またはUSBトランシーバなどのトランシーバ(受信器415や送信機470など)を含むことができます。通信リンク530は、有線リンク(イーサネット、USBまたは光ファイバーケーブルなど)またはワイヤレスリンク(Bluetooth トランシーバのペアなど)にすることができます。通信リンク530は、処理サブアセンブリ520から操縦可能なレーザーアセンブリ505へのレーザーステアリングパラメータまたは同等の命令の転送が可能です。通信リンク530は、操縦可能なレーザーアセンブリから処理サブアセンブリ520への転送が可能です。

【0049】

図6Aは、技術面によるレーザーステアリングパラメータの模範例を示しています。レーザーステアリングパラメータ601のセットには、602が示すような一つ以上のレーザーステアリングパラメータ適用開始位置を含みます。開始位置602は、関連する測定単位を持つデカルト座標系の点(例:右に20mm、視野の左下隅の右下隅より20mm)とします。この場合複数のレーザーレンジファインダーFOVは、FOVの原点に相対する角度位置の点と説明されています。たとえば、始点を水平方向に+30度、垂直方向に10度にするとFOV内の点が示されます。

【0050】

レーザーステアリングパラメータは領域幅604または領域の高さ606が可能です。その幅と高さは、FOV内の度数で表されます。レーザーステアリングパラメータの模範的なセットは開始位置、領域の幅および領域の高さの4つの側面のFOV内での領域定義が含まれています。レーザーステアリングパラメータの他の模範的なレーザースキンスピード614、レーザーパルスサイズ616(例:ライダー出口におけるレーザーパルスの横断区域、レーザーパルス618の数、またはパルス強度といったような領域内でのスキャン適応方法を含みます。

【0051】

レーザーステアリングパラメータは、領域の境界を定義する1つ以上の領域境界608とします。例えば、図6Bの領域620は、アウトバウンド320とインナーバウンド330とすることで定義できます。A操縦可能なレーザーは、領域の境界608によって定義された領域620内で密度の増加(例:低速のスキャン速度と一定のパルスレート)を利用したスキャンの指示が可能です。

【0052】

レーザーステアリングパラメータは、1つ以上のレーザーパルス位置610であるとして、パルス位置610は、FOV内の対向位置に移動することで操縦可能なレーザーへ

10

20

30

40

50

の指示の提供が可能になルコとで1つ以上のレーザーパルスを生成します。このような例では、レーザーはある場所から別の場所へと操縦される間にレーザービームを生成し、またレーザーパルスの位置する場所で一定期間留まることも可能になります。他の実施形態では操縦可能なレーザーはこれらの位置610を使用することで、定義された位置への離散パルスの生成が可能です。このような実施形態では、レーザービームを離散パルス位置で生成することで、一定期間のパルス位置への滞留が可能になります。図6Cでは、複数のレーザーパルス位置がパルス630のパターンを形成しています。レーザーステアリングパラメータは、方向変化の実践ができる操縦可能なレーザー(例:図1Aの115)のようにFOVでポイントを定義することができる1つ以上のパスウェイポイント612の機能となることも可能です。図6Dは、パスウェイポイント(例:ウェイポイント612)によって定義され、操縦可能なレーザー110の指示に使用される2つの典型的なパス640と650を示しています。この技術を持つ人々にとっては、レーザーステアリングパラメータが不均一なパルス密度に同等またはほぼ同等の領域を生成することができる技術を保有していることは明らかです。たとえば、以下のようにレーザーステアリングパラメータの異なる条件を組み合わせると、図6Bの領域620、図6Cのパルス630のパターン、パス640と650ではレーザーパルス密度の増加または不均一領域が生成されます。

【0053】

図7は、レーザーステアリングパラメータの精緻化を反復して行い、それによって視野内に存在する物体の境界線を段階的に局所化するプロセスを示す。初期レーザーステアリングパラメータセットはレーザパルス分布702aを生成するために使用される。図7は、繰り返し境界特定(IBL)の例を示し、FOVの走査を数回実施するにしたがい、物体(例えば、車両170の境界線190)の境界線が、FOVの一部の範囲に、より小さく、もしくは、より絞り込まれて局在化する。飛行時間演算処理装置455および反射強度演算処理装置460を含む反射光検出装置(例えば、図4の450)によって測定された反射光の特性に基づいて反射光のデータセット705aが収集される。図7の実施形態では、車両170の境界線の外側に位置する反射に対しては、「0」を反射光のデータセットに与え、境界線220の内側に所在を示すTOFを記録したレーザパルスに対しては、「1」を与え簡素化する。この開示の目的のために、境界領域はFOV内に存在する物体の境界線を包囲する視野領域とすることができる。例えばレーザ測距データが物体(例えば、車両170)と一致するTOFに明瞭な変化を示す場合、前記物体の境界線を含むすべての計測点を包囲する境界領域710aを算出することができる。この場合、境界領域は、FOV内に存在する物体境界線のすべての可能な計測点を包囲することができる。反射光データセット705aに基づいて、境界領域710aを決めることができ、境界線190を含む判明している複数の計測点の周囲に基づいて境界領域を選択することができる。境界領域705aは前記レーザパルス分布によって生成された第1の高密度走査領域よりも縮小できる。この高密度走査領域に対する境界領域の縮小は、反射光データ点703のように、いくつかの反射光データ点が車両170の境界線190に近接しないことに起因する。境界領域710aはレーザパルス分布702bを生成するために、操縦可能なレーザーを誘導するレーザーステアリングパラメータの生成に使用できる。第2のレーザパルスセット702bによって生成された高密度走査領域310dは境界領域710aと同様な形状を有することがある。このプロセスは、第2のレーザパルスセット702bを使用して繰り返され、第2の反射光データセット705bを得ることができる。第2の反射光データセット705bは、さらに小さな境界領域710bを示し、レーザーステアリングパラメータを精緻化するのに使用され、それによって第3のレーザパルスセット702cを生成することができる。レーザパルス分布702cは、高密度走査領域310eの外周の内側に位置することができる。このプロセスを繰り返し、N番目の反射光データのセット(例えば、第3の反射光データセット705c)から物体の境界線720(例えば、車170)を推定することが可能となる。図7の例では、最終的な推定境界線は、物体の境界線の内側にある計測点と物体の境界線の外側にある計測点との中間に位置する外周を

10

20

30

40

50

選択することによって得ることができる。レーザーステアリングパラメータの精緻化は、境界線の外側と内側にある計測点間の距離が距離要件を満たすまで（例えば、すべての位置で境界線は50mm以内に局在化される）繰り返すことができる。

【0054】

1つの実施形態では、最後に取得した反射光データセットをそれ以前に取得した1つまたは複数の反射光データセットと統合して、統合した反射光データセットを生成することができる。前記統合した反射光データセットに基づいてレーザーステアリングパラメータセットを修正または選択することができる。同様に、前記統合した反射光データセットは、物体の境界線を含む領域の識別を果たす修正境界領域を判定するために処理できる。次に前記修正境界領域を使用してレーザーステアリングパラメータを生成又は精緻化し、レーザーステアリングパラメータはレーザビームを動的に誘導し、修正境界領域の形状及び位置を有する高密度走査領域を生成する（例えば、操縦可能なレーザを構成する）。

10

【0055】

図8は、第1のデータセット705aおよび第3のデータセット705cに対して、推定境界線を得るために共通の基準の適用を示し、それによって推定境界線810および720を各々得る。レーザーステアリングパラメータを繰り返し精緻化することにより、最初に得る推定境界線810に対してより精密な推定境界線720を得ることができることが理解できる。

【0056】

図9は機能図を示し、様々なソースのうち1つまたは複数のセンサデータを使用して、操縦可能なレーザ用のレーザーステアリングパラメータを生成する。FOV130内の均一なレーザ走査パターンは、周辺環境から、もしくは周辺環境に関するセンサデータに基づいて、1つまたは複数のレーザーステアリングパラメータセットによって拡張、絞り込み、または置き換えることができる。例としてカメラ910aから得られる画像データを処理、分類装置490で人物として検出、それによってレーザーステアリングパラメータ601cを生成するなどの事象駆動によるレーザーステアリングパラメータの選択を含むことができる。レーザーステアリングパラメータ601cは、人物の輪郭に対応した走査経路950を含み1回目のデータによって示されるFOV130内の部分的にまたは位置に適用することができる。またレーザーステアリングパラメータは、事象が発生する確率に基づくこともできる。例えば、GPS受信機910から得られるGPSセンサデータを利用すれば、前記のレーダ測距システム（例えば、図1Bの110）は市街地に位置していることがわかる。前記システム（例えば、図1Bの110）は、歩行者、交差点、障害物のある通り、狭い通りなど市街地における、危険な事態が発生する確率を考慮し、動的にレーザを誘導することができる特定のレーザーステアリングパラメータセット（例えば、都市レーザーステアリングパラメータs601d）を保存および導入できるようにプログラム化できる。同様に、センサデータ処理装置475は、気象センサ（例えば、降雨センサまたは温度センサ）または照度センサから気象データを受信することができる。センサデータ処理装置475またはクラス分類処理装置490は、前記気象データを処理し、その気象データに基づいて昼/夜のパラメータ601eなどのレーザーステアリングパラメータセットを生成するようにレーザーステアリングパラメータ生成装置410に処理命令を出すことができる。例えば、路面が濡れている状況では、車の停止距離の増加を考慮して、遠方の障害物を検出するように作られたFOVの領域にレーザパルスの照射を集中させることができる。

20

30

40

【0057】

一般的に、広範囲なセンサデータをカメラ910a、車間トランシーバ910b、GPS受信機910c、RADAR910d、LIDAR910e、赤外線センサ（PIR）910f、音検出センサ910gおよび気象・環境センサ910hなどの様々なソースから収集することができる。このセンサデータは、データ処理装置475で処理後、クラス分類処理装置490で分類され、レーザーステアリングパラメータ生成装置410に与えられる。レーザーステアリングパラメータ生成装置/修正装置410は、601aのよう

50

な車両の側面を示す分類に対応して既定義されたレーザパルス点のパターン（例えば、パターン 920）を含むセンサデータに基づいて多くのレーザステアリングパラメータセットを生成することができる。別の例示としてレーザステアリングパラメータセット 601b は、乗用車の後部を示す分類またはセンサデータに対応する領域 940 を定義することができる。前記乗用車の後部に関連する特徴が存在するか否かを判定するために、高密度レーザパルスのパターンで領域 940 を走査することができる。

オペレーション

【0058】

図 10A は本開示の実施形態にしたがって、センサデータに基づいてレーザステアリングパラメータを選択し、前記レーザステアリングパラメータに基づいて動的にレーザを誘導するプロセス 1000 のフロー図である。ブロック 1010 において、方法 1000 が開始する。ブロック 1020 において、周囲の環境に関して、1 つまたは複数の特性を示すレーザを有するレーザレンジファインダーのセンサデータを得る。ブロック 1030 において、センサデータに基づいてレーザステアリングパラメータセットを得る。ブロック 1040 において、レーザをレーザステアリングパラメータセットにしたがって動的に誘導し、視野内の方向の順番にレーザパルスセットを生成する。ブロック 1050 において、レーザレンジファインダーは、レーザパルスセットに対する反射光から得る 1 つまたは複数の特性を測定し、それによって反射光データを生成する。ブロック 1060 において、方法 1000 が終了する。

【0059】

図 10B は本開示の実施形態にしたがって、データに基づいてレーザステアリングパラメータを選択し、前記レーザステアリングパラメータに基づいて動的にレーザを誘導するプロセス 1001 のフロー図である。ブロック 1015 において、1 つもしくは複数の操縦可能なレーザを有するレーザレンジファインダーが視野内の最初のセットの方向に対して第 1 のレーザパルスセットを生成する。ブロック 1025 において、レーザレンジファインダーは、第 1 のレーザパルスセットに対する反射光から得る 1 つもしくは複数の特性を測定する。ブロック 1035 において、レーザレンジファインダーは、少なくとも部分的に最初のデータに基づいてレーザステアリングパラメータセットを生成する。ブロック 1045 において、レーザステアリングパラメータセットに基づいてレーザレンジファインダーは、少なくとも 1 つもしくは複数の操縦可能なレーザを動的に誘導し、それによって、視野内の第 2 の 1 つもしくは複数の位置に向けて、第 2 の 1 つもしくは複数のレーザパルスを生成する。ブロック 1055 において、レーザレンジファインダーは、第 2 の 1 つもしくは複数のレーザパルスに対する反射光から得る 1 つもしくは複数の特性を測定し、第 2 のデータを生成する。1 つの例では、周囲の環境から得られるセンサデータは、第 1 の車両からの車々間通信データでも良い、この車々間通信データは第 2 の車両に設置した L I D A R にレーザステアリングパラメータセットを取得または生成させ、L I D A R のレーザを動的に誘導または配置して、不均一に F O V を走査する。

【0060】

関連する第 2 の実施形態のグループでは、F O V に対して動的に誘導した不均一な L I D A R 走査をターゲット時間内に完了する方法を開示する。F O V の L I D A R 走査を完了するための時間ターゲットは周囲の環境から得られるセンサデータと統合することができ、L I D A R を動的に誘導可能に設定できる T I を生成する。レーザステアリングパラメータ（例えば、レーザへの命令）は周囲の環境から得られる情報ならびに、少なくとも部分的には走査を完了させる時間ターゲットに基づいて選択される。このようにして、レーザ測距測定の密度を調整して、F O V 全体または F O V 内で指定した範囲をターゲット時間内に確実に走査できるようにする。第 1 の F O V 走査中に、F O V の領域が特定できる。第 2 の F O V 走査の間、前記特定された領域に対して、平均レーザパルス間隔よりも短い点間距離で高密度での走査を実行できる。領域の形状および走査点密度は、適正な

時間内に走査を完了するための要件に基づいて選択することができる。

【0061】

レーザステアリングパラメータ値（例えば、レーザへの命令）は周囲の環境から得られる情報ならびに、少なくとも部分的には走査を完了させる時間ターゲットに基づいて選択される。このようにして、レーザステアリングパラメータはLIDARを設定し、レーザパルスのシーケンスを生成し（例えば、分類、判明した物体の境界線もしくは位置に基づいて）かつ走査がターゲット時間内もしくは目標とするレーザパルスのターゲット回数内で確実に完了することができる。FOVの1回目の走査中に、FOVの領域を特定することができる。レーザステアリングパラメータは少なくとも部分的には、ターゲット時間かつ部分的に特定された領域に基づいて生成される。第2の走査中に、レーザステアリングパラメータにしたがってレーザを動的に誘導し、平均レーザパルス間隔よりも短い点間距離で高密度走査を実行する。

10

【0062】

関連する実施形態では、レーザレンジファインダーの処理サブアセンブリ（例えば、図5の520）により得られた1回目のデータはFOV内に存在する1つまたは複数の注目する物体（例えば、車両、自転車を運転している人、歩行者）の領域を識別することができる。前記処理サブアセンブリは、FOVの不均一なレーザ測距走査を完了するためのターゲット時間に基づいて操縦可能なレーザアセンブリを構成することができる。場合によっては、1回目のデータは高密度走査領域を特定することができ、各領域に対してレーザパルス密度（角度範囲当たりのパルス数）、走査速度、ドエルタイムを制御する高密度走査領域用のレーザステアリングパラメータを生成するためにターゲット時間を使用することができる。

20

【0063】

1つの例では、レーザ測距システム（例えば、LIDAR）は、レーザ反射光に基づいて飛行時間境界線（例えば、物体の輪郭）を識別し、その境界線を調べるために複雑なレーザの軌跡を用いてレーザステアリングパラメータセットを生成する。レーザステアリングパラメータは、動的に誘導する追加のレーザパルスを用いて、境界線の局在化作業の停止をするタイミングを決める基準となるが、それを生成するのにターゲット時間を使用することができる。例えば、100ミリ秒でレーザ測距スキャンを完了するために、レーザレンジファインダーシステムは、境界線が0.5度の方位角範囲にある時、その境界線の局在化は十分であると命令するレーザステアリングパラメータを生成することができる。レーザステアリングパラメータが、ターゲット時間の存在または値に基づいて演算処理、選択、設定されている場合、レーザステアリングパラメータはターゲット時間に基づくことができる。

30

【0064】

1つの実施形態において、レーザ測距システムによって実行される方法は以下の構成となる。まず、周辺の環境に1つまたは複数の特性を示す第1のデータを、レーザを有するレーザレンジファインダーから取得し、2に、レーザ測距走査を完了させる時間ターゲットを得る。第3に、本方法は、第1のデータ及び少なくとも部分的に時間ターゲットに基づいてレーザステアリングパラメータを得る。第4に、本方法は、レーザステアリングパラメータセットにしたがってレーザ動的に誘導することにより、視野内の走査を実行し、方向の順番にレーザパルスセットを生成する。第5に、この方法は、レーザパルスセットに対する反射光から得る1つまたは複数の特性を測定しそれによって反射光データを生成する。最後に、この方法は、ターゲット時間内にレーザ測距走査を完了させる。

40

【0065】

図10Cは方法1002のフロー図を示し、本開示の実施形態にしたがって、走査を完了するためにセンサデータと時間ターゲットに基づいてレーザステアリングパラメータを選択し、そのレーザステアリングパラメータに基づいて動的にレーザを誘導するものである。

【0066】

50

ブロック 1020 において、周囲の環境の 1 つまたは複数の特性を示す、レーザを有するレーザレンジファインダーのセンサデータを得る。このセンサデータは、ワイヤレス信号（例えば、他の車両から）で取得することができ、レーザレンジファインダーを設置する同じ車両上のセンサから得てもよく、レーザレンジファインダーによって、またセンサデータを含むメモリから取得してもよい。ブロック 1023 において、少なくとも視野の一部領域を走査するための時間ターゲットを得る。時間ターゲットは、F O V 全体の走査の合計時間（例えば、100ms）とすることができる。ブロック 1033 において、センサデータおよびターゲット時間に基づいてレーザステアリングパラメータセットを得ることができる。レーザステアリングパラメータセットは、演算処理、選択、またはメモリアクセスによって得ることができる。例えば、図 1A の人物 160 と車両 170 の識別に応じかつ、F O V を 0.1 秒で走査する時間ターゲットの取得に応じるのに、レーザレンジファインダーは、図 1B の人物 160 および車両 170 を取り囲む 2 つの高密度走査領域を走査するレーザパルス密度および軌道を決定することができる。1 つの例では、F O V 内に注目する物体があることを示すセンサデータを使用して、高密度走査領域のサイズを定義するレーザステアリングパラメータを生成することができる。さらに、時間ターゲットは、高密度走査領域内での角速度（したがって、レーザパルス密度）を定義するレーザステアリングパラメータを生成するために使用することができる。

【0067】

ブロック 1043 において、レーザステアリングパラメータセットにしたがって、レーザを動的に誘導し、ターゲット時間内に視野を走査する方向の順番にレーザパルスセットを生成する。ブロック 1050 において、レーザパルスセットに対する反射光から得る 1 つもしくは複数の特性を測定して、反射光データを生成する。

【0068】

関連する第 3 の実施形態のグループでは、F O V 内の注目する物体や領域を識別し、識別された物体の相対的な重要度によって動的に L I D A R リソース（例えば、レーザパルス数または密度）を割り当てることにより動的に L I D A R を設定する方法を開示する。1 つの実施形態では、レーザ測距システムは、L I D A R で周辺環境からのセンサデータを取得し、それにより、複数の物体を識別する。次にレーザ測距システムは複数の物体それぞれに、1 つもしくは複数の重みを割り当て、その重みは L I D A R の F O V のレーザ距離測定値を不均一に配分するように機能する。レーザ測距システムはレーザステアリングパラメータ（例えば、L I D A R 内の操縦可能なレーザを動的に設定する処理命令）を生成するために、重みを使用し、レーザステアリングパラメータに従って、L I D A R 内の操縦可能なレーザを動的に誘導する。それによって、本方法は動的に L I D A R を誘導して、識別された物体の相対的重要度に基づいてレーザ測距測定の不均一な密度のパターンを生成することができる。

【0069】

1 つの例では、動的 T 3 を有する L I D A R は、1 つの重要な物体を示し、他に重要な物体は示さない F O V からセンサデータを収集してもよい。F O V 内で前記物体を囲む領域内に水平掃引 0.2 度当たり 1 つのレーザパルスの密度で、物体を含む領域の外側は水平掃引 1 度当たり 1 パルスの密度のレーザを誘導するためのレーザステアリングパラメータを生成することができる。後で同等の重要度を有する 3 つ物体（例えば重み付け）が F O V 内で検出された場合、レーザステアリングパラメータは、前記 3 つの各物体を囲む領域に対して水平掃引 0.5 度当たり 1 つのパルスを生成するように変更することができる。したがって、本開示の実施形態は、の割り当て優先順位または重みに基づいてレーザパルスを配分することができる。重みは相対的な重みであり、第 1 の物体に割り当てられた重みは少なくとも部分的に第 2 の物体に割り当てられた重みに基づいている。例えば、重みは、最初に各物体に重みを割り当て、複数の物体を作成し、その後、各物体の重みを複数の各物体の重みの合計で除算することにより、正規化することができる。関心を引く、または動作の変化を示す物体（例えば、動き、F O V に出現、関心を引く分類）には高い重みを割り当てることができ、したがってレーザステアリングパラメータセットに基

10

20

30

40

50

づいて、より高いレーザ測距測定を密度を割り当てることができる。F O V内の複数の物体または領域にそれぞれに割り当てられた重みを使用して、個別に設定した密度、高密度走査領域形状、レーザビーム軌道、強度、スポットサイズまたはL I D A R内の操縦可能なレーザが再走査する領域または物体と、その周期を有するレーザステアリングパラメータセットを生成することができる。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 Dは本開示の実施形態にしたがって、識別された物体に割り当てられた1つもしくはは複数の重みに基づいてレーザステアリングパラメータを選択し、そのレーザステアリングパラメータに基づいて動的にレーザを誘導する方法 1 0 0 3のフロー図である。

【 0 0 7 1 】

ブロック 1 0 2 0において、周囲の環境の1つまたは複数の特性を示す、レーザを有するレーザレンジファインダーのセンサデータを得る。センサデータは、レーザレンジファインダーにより検出、共通の車両上にある他のセンサにより検出もしくは、センサデータのデータベースから車両の位置に基づいてルックアップをすることができ、ワイヤレス信号で受信することができる。

【 0 0 7 2 】

ブロック 1 0 2 4において、センサデータは、周囲の環境にある複数の物体を識別するように処理される。ブロック 1 0 2 6において、複数の個別の識別物体に対して、1つもしくはは複数の重みを割り当てる。重みの割り当ては、動き、物体の分類、物体の軌道を識別するセンサデータの処理に基づいて行うことができる。重みの割り当てはルックアップ作業（例えば、レーザレンジファインダーから10メートル以内の範囲にある、すべての物体に5の重みを割り当てるなど）に基づいて行うことができる。別の例では、第1の物体は、車両として識別ができ、センサデータは、車車間（V V）通信信号でもよく、車車間通信信号を処理した結果、物体（すなわち車両）には、10の重みが割り当てられる。別の物体（例えば、歩行者）には15の重みを割り当てることができる、これは車両と相対的に正規化された重み、歩行者の存在を示す車車間（V V）通信信号の内容、F O V内で新たな歩行者の出現、歩行者の軌跡（例えば、方法 1 0 0 3を実行中のレーザレンジファインダーの走査経路に出現）移動に基づくものである。

【 0 0 7 3 】

ブロック 1 0 2 8において、複数の物体のうち、第1の物体に対応する第1の重みに少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを得る。いくつかの実施形態では、レーザステアリングパラメータは、複数の識別された物体に対応する重みを処理することによって演算処理できる。例えば、高いレーザパルス密度を必要とする特定の対応する物体を識別するために、重みに対して正規化、優先順位付け、またはランク付けの処理を実施することができる。ブロック 1 0 4 0において、レーザを、レーザステアリングパラメータセットにしたがって動的に誘導し、視野内の方向の順番にレーザパルスセットを生成する。ブロック 1 0 5 0において、レーザレンジファインダーはレーザパルスセットに対する反射光から得る1つもしくはは複数の特性を測定し、反射光データを生成する。ブロック 1 0 6 0において、方法 1 0 0 3が終了する。

【 0 0 7 4 】

図 1 1は本開示の実施形態にしたがって、測定データに基づいてレーザステアリングパラメータセットを精緻化するプロセス 1 1 0 0のフロー図を示す。ブロック 1 1 1 0において、方法 1 1 0 0が開始する。ブロック 1 1 2 0において、操縦可能なレーザのセット中の少なくとも1つのレーザに対するレーザステアリングパラメータセットを得る。ブロック 1 1 3 0において、レーザステアリングパラメータセットに基づいて、操縦可能なレーザのセット中の少なくとも1つのレーザを動的に誘導し、それにより、視野内の最初の1つもしくはは複数の計測点に対する、最初の1つもしくはは複数のレーザパルスを生成する。ブロック 1 1 4 0において、1つもしくはは複数の第1のレーザパルスに対する反射光から得る1つもしくはは複数の特性を測定し、それにより最初のデータを生成する。ブロック 1 1 5 0において、方法 1 1 0 0は、最初のデータから得る特徴が十分に局在

10

20

30

40

50

化されているかどうかを評価する。第1データにおいて、境界線または輪郭などの特徴が十分に局在化されていると判定した場合、方法1100はステップ1170で終了する。それ以外の場合、方法1100はブロック1160に進み、そこで第1のデータに基づくレーザステアリングパラメータセットを精緻化し、領域内のレーザパルス密度を増加させ、特徴を取り込めるようにする。

【0075】

図12Aは、本開示の実施形態にしたがって、周囲の環境に存在する物体の分類に基づいてレーザステアリングパラメータセットを選択するコンピュータ実装型方法1200のフロー図を示す。ブロック1205において、周囲の環境からのセンサデータに基づく物体の分類を生成する。ブロック1210において、物体の分類に基づくレーザステアリングパラメータセットを得る。例えば、周囲の環境内の物体が車両として分類された場合、レーザステアリングパラメータのセットは、演算処理するか、もしくはメモリから取得する。ブロック1215において、方法1200は、レーザステアリングパラメータに基づいて操縦可能なレーザアセンブリに誘導するよう処理命令し、それにより、視野内の最初の計測点セットに対する、最初のレーザパルスセットを生成する。ブロック1227において、最初のレーザパルスに対する反射光から得る1つもしくは複数の特性を示す最初のデータを測定する。

【0076】

図12Bは物体の分類に応じてレーザレンジファインダーを誘導し、得られた距離データに対して分類テストを実施してレーザ反射光データ（及び物体）が物体の分類テストを満たすか否かを判定する方法のフロー図を示す。ブロック1204において、操縦可能なレーザアセンブリを有するレーザレンジファインダーの視野内に存在する対応する物体の分類を得る。物体の分類は、レーザレンジファインダーの周囲の環境からのセンサデータに基づく。ブロック1210において、物体の分類結果に基づいて、レーザステアリングパラメータセットを得る。ブロック1215において、方法1200は、レーザステアリングパラメータに基づいて、操縦可能なレーザアセンブリに誘導するよう処理命令し、視野内に存在する最初のセットの計測点に対する最初のレーザパルスセットを生成する。ブロック1220において、レーザパルスの第1のセットに対する反射光から得る1つもしくは複数の特性を示す第1のデータを得る。ブロック1225で、分類テストを取得し、第1のデータに適用する。分類テストは、物体の分類（例えば、自動車、人物、または建物の特徴）の特徴に関するテストベクタを有することができる。

【0077】

ブロック1230で、第1のデータについて分類テストを評価する。第1のデータが分類テストの方法を満たす場合、方法1200は1235で終了する。それ以外の場合、方法1201はブロック1204に戻り、別の分類を生成する。方法1201は、さらに詳細な分類テストを用いて複数回実施し、物体のより詳細なタイプやモデル（例えば、車両の分類）を識別することができる。

繰り返し境界線局在化

【0078】

図13、14A、14B、15および16に繰り返し境界線局在化（PBL）法のいくつかの実施形態を示す。PBL法は、飛行時間差を有する領域（例えば、物体の境界を示す）を示す距離データに部分的に基づいて動的にレーザレンジファインダーを誘導し、それにより前記領域内に追加のレーザパルス生成させることにより境界線位置の精度を高めることができる。

【0079】

第1のPBL実施形態では、飛行時間（TOF）境界線を局在化しながら、ある方向の範囲のレーザ走査を実施する方法は以下の工程を含む。レーザパルスのシーケンスを照射しながら、ある方向の範囲にLIDAR装置を誘導し、LIDAR装置でレーザパルスのシーケンスに応答する反射光のセットを受光そして各レーザパルスのシーケンスに対して

、対応するTOFおよび対応する方向を測定する。この方法はさらに、最近傍であって対応するTOFがTOF閾値よりも大きな値を有するレーザパルスの対を特定することに応じて、レーザ走査中に1回または複数回、LIDAR装置を誘導し、少なくとも前記レーザパルスの対のうち、1つのレーザパルスの方向に基づく新たな方向のシーケンスを持つ新たなレーザパルスを生成し、かつ生成後は、最近傍になるように止まる工程を含む。この方法はさらにレーザ測距走査を完了し、かつ完了後、レーザパルスのシーケンス内の最近傍であって対応するTOF値がTOF閾値よりも大きな値を有する全てのレーザパルスの対は、最低間隔の値よりも、小さな方向差を有する工程を含むことができる。

【0080】

図13を参照すると、PBL法の1つの実施形態では、レーザーレンジファインダー110は1つもしくは複数の動的な操縦可能なレーザー（例えば、レーザ121）を含み、方位角範囲1315および仰角範囲1320からなるFOV1310を走査することができる。動的操縦可能なレーザー121は、複数のレーザステアリングパラメータを受光、処理して、FOV1310内の走査経路1325によって示される複数の方向全体をレーザビームで掃引することができる。走査経路1325を掃引する間、操縦可能なレーザー121は、それぞれ図13の“+”で示される対応する方向を有するレーザパルスセットもしくはシーケンスを生成することができる。いくつかのレーザパルス（例えば、パルス1330）は物体（例えば、境界線190によって示される車両170）と交差することができる。他のパルス（例えば、パルス1335）は、車両と交差しない。

【0081】

図14Aを参照するとレーザーレンジファインダーは、レーザパルスのシーケンスに対応するレーザ反射光のセットを受光でき、レーザパルスのシーケンスの各レーザパルスに対して、対応する方向、対応する飛行時間（例えば、100ns）または範囲（例えば、30m）を計測できる。レーザパルスのシーケンスに対応するTOFのセットおよび方向のセットは、データマトリックス1405として示される。またデータマトリックス1405はレーザパルスのシーケンスの各レーザパルスに対して方向と対応するTOFのリストとして保存することもできる。説明の目的のため、車両170からのレーザ反射光のTOFは3を有し、車両170の境界線190の外側からのレーザ反射光のTOFは9を有する。課題は、データマトリックス1405から、境界線190の位置を特定することである。1つの方法として、各レーザ反射に対して最近傍を特定し、最近傍の対の間にTOF境界線があるかどうかを特定することである。各レーザパルス（例えば、データポイント1410により示されるレーザパルス）は複数の方向または複数の方向範囲（例えば、方向1415および1420）において複数の最近傍を有することができる。

【0082】

図14Bを参照すると、各レーザーパルス対間のTOF値の差が閾値よりも大きくなるような、いくつかのレーザパルスの対（例えば、対1424a-c）を特定することができる。例えば、対1425aでは、車両境界内にTOFが3である第1のレーザパルスを含み、車両境界外にTOFが9である第2のレーザパルスを含む。TOF値の差は、TOF閾値5よりも大きくなることもあり、それによって各対のレーザパルスのそれぞれに関連する方向との間の角度範囲内にTOF境界線（例えば、車両の輪郭）の存在を示す。

【0083】

図15に、第1のFOV1310および第1のレーザパルスシーケンスを示す。TOF値の差が閾値よりも大きな対（例えば、図14Bの対1425a-c）を識別したことに応じて、走査経路1520に沿って操縦可能なレーザーを誘導する1つまたは複数の第2のレーザステアリングパラメータを動的に生成することができ、レーザステアリングパラメータは各対に対応する中間の空間に追加のレーザパルスを生成する。例えば、レーザパルス1510a-bは、操縦可能なレーザーが走査経路1520に沿って移動するときに生成される。走査経路1520は、複雑な形状（例えば、車両170の境界線190周辺のおおよその輪郭）となり得る。1つの側面においては、走査経路1520を生成する第2のレーザステアリングパラメータセットは隣接するレーザパルス1510dと1

10

20

30

40

50

5 1 0 e との間で同時に 2 つの角速度を変化させることができる。別の側面では、走査経路 1 5 2 0 は、操縦可能なレーザーに対してレーザパルス 1 5 1 0 c の前までは負の方位角速度、レーザパルス 1 5 1 0 c の後正の方位角速度へと方向の変更を引き起こさせることができる。P B L 法では、F O V 1 3 1 0 内に物体の境界線を含むと推定される（すなわち、T O F 閾値より大きい T O F 差を有する）部分に介在レーザパルス 1 5 1 0 e を配置することができる。

【 0 0 8 4 】

介在レーザパルス 1 5 1 0 e の各方向は、F O V 1 3 1 0 内の 2 次元位置によって示される。介在パルス 1 5 1 0 a の方向は、対応するレーザパルス対 1 4 2 5 a の 1 つまたは複数の方向に基づくことができる。例えば、走査経路 1 5 2 0 を、レーザパルス対 1 4 2 5 a の中間にパルス 1 5 1 0 a を配置するように設計することができる。経路 1 5 2 0 は、T O F 差を有する各レーザパルス対の 1 つのパルスに対して特定の角度方向に介在レーザパルス 1 5 1 0 a e を配置することができる。例えば、図 1 3 の走査経路 1 3 2 5 に沿って L I D A R 1 1 0 を誘導して生成される最初のレーザパルスのシーケンスは仰角が 1 度、方位角が 1 度の角度間隔を持つことができる。介在レーザパルス 1 5 1 0 a e は、対応するレーザパルス対の内、1 つのレーザパルスの方向から 0 . 3 度から 0 . 5 度の間隔を持つように F O V 1 3 1 0 の方向内に配置することができる。介在レーザパルス 1 5 1 0 a e は、対応するレーザーパルス対の第 1 パルスから定義された角度間隔で、かつ、その対の第 2 パルスの方向に向かって配置することができ、これにより、各介在レーザパルスが対応するレーザパルス対（例えば、図 1 4 B の 1 4 2 5 a ）が有する最近傍の関係を確実に解消するようにする。このようにして、T O F 値の差が T O F 閾値よりも大きな最近傍の対 1 4 2 5 a c は、介在レーザパルスが生成されたときには、もはや最近傍の対とはならない。

【 0 0 8 5 】

介在レーザパルス（例えば、パルス 1 5 1 0 a b ）をレーザパルスのシーケンスに加えることができる。1 つの側面において、介在レーザパルス 1 5 1 0 a により、もはや図 1 4 B のレーザパルス対 1 4 2 5 a は最近傍の対とはならなくなる。したがって、介在レーザパルスがレーザパルスのシーケンスに追加されると最近接のパルスの対は、新たな介在レーザパルスによって修正される。

【 0 0 8 6 】

図 1 6 を参照すると、レーザ測距システムは、介在レーダパルスの各々について T O F 1 6 1 0 a h を演算処理することができる。図 1 7 A E は、P B L 法の実施形態を示し、L I D A R は F O V を走査し、飛行時間境界線を段階的に局在化させる距離測定値のシーケンスを生成する。図 1 7 A E の実施形態では、最近傍のレーザパルスの各対をなすパルス間の T O F 値の差が T O F 閾値よりも大きくなるような最近傍のレーザパルスの対がレーザパルスのシーケンスで特定され、その後、対応するレーザパルスの対の最近傍の関係が解消する方向に、繰り返し介在レーザパルスを追加する。L I D A R は動的に介在レーザパルスを誘導し生成することができ、それによって T O F の閾値より大きい T O F 差を有する各最近傍ペアが閾値距離（例えば、0 . 5 未満の方向差）まで、離れるまで（例えば、0 . 5 度以下の方向差）、T O F 境界線の精緻化をおこなう。

【 0 0 8 7 】

図 1 7 A において、レーダー測距システムはレーザパルス 1 7 0 5 のシーケンスを生成しながら、2 次元（高度、方位角）方向の範囲を走査することができる。図 1 7 B では、レーザパルス 1 7 0 5 のシーケンスに対応するレーザ反射光 1 7 0 7 のシーケンスを受光でき、レーザパルスの出力シーケンスそれぞれに対応する方向および T O F を計測または演算処理することができる。レーザーレンジファインダーシステムは最近傍のパルスに対して T O F 値の差が閾値よりも大きい 1 つもしくは複数のレーザパルスのシーケンス（例えば、図 1 7 A のパルス 1 7 0 9 ）を特定することができる。例えば車両 1 7 0 の内側にあるレーザパルス 1 7 0 8 と、車両の境界線の外側にある最近傍のパルス 1 7 0 9 a c 間の T O F 値の差は閾値（例えば、T O F の閾値 5 ）よりも大きくなり得る。図 1 7 B に

、T O F 値の差（すなわち、対の第 1 パルスの T O F 値と対の第 2 パルスの T O F 値との差）が閾値より大きいレーザ反射光の 3 つの対 1 7 1 0 a c を示す。

【 0 0 8 8 】

図 1 7 C に示すように、レーザレンジファインダーシステムは、レーザステアリングパラメータのセットを生成し、これらを使用して経路 1 7 1 2 に沿ってシステムを誘導し、介在するレーザパルスを生成する。介在するレーザパルスおよび経路 1 7 1 2 は、レーザパルス対 1 7 1 0 a ~ 1 7 1 0 c のうちの 1 つまたは複数のレーザパルスに基づいて F O V 内に方向を有することができる。図 1 図 1 7 D の飛行時間データは、介在するレーザパルスについて測定することができ、それらをレーザパルス列 1 7 0 5 に加えることができる。T O F テストは、T O F 差が T O F 閾値。T O F 閾値は、より小さい T O F 差を反復的に定めるために、T O F 試験が実行されるたびに変更され得る。図 1 図 1 7 D では、T O F 試験に合格しない（すなわち、T O F 閾値より大きい T O F 差を有する）3 つの新しいレーザパルス対 1 7 2 0 a c が生成される。いくつかの実施形態の 1 つの態様では、介在パルスの位置は、T O F 試験のその後の適用中に元のレーザパルス対 1 7 1 0 a c が再発生することを防止し、それによって境界（例えば、図 1 7 A の境界 1 9 0）が T O F テストの連続反復でより小さな領域にローカライズされます。図 1 図 1 7 E では、レーザレンジファインダーシステムは、識別されたレーザパルス対を使用して、より介在するレーザパルス（例えば、1 7 2 7）を有する新しい経路 1 7 2 5 を生成する。イチジク。図 1 7 F は、T O F 境界 1 9 0 が存在する最近接レーザパルス対（1 7 3 0 a c）を識別するために T O F 試験を再び適用できることを示す。T O F 試験に不合格である最近傍パルスの各対が角度の分離を有するまで、T O F 試験を適用することができる。閾値間隔または距離（例えば、0 . 5 ° 未満の各対の点間の角度間隔）よりも小さい。

【 0 0 8 9 】

いくつかの実施形態では、L I D A R は、境界方向定位試験を、対応する方向および T O F 値を有するレーザパルスの既存の組の各点に適用することができる。ローカリゼーションテストでは、いくつかの角度範囲を定義できます。図 1 4 のレーザ反射 1 4 1 0 が、図 1 4 A は、0 度の仰角および 0 度の方位角に位置することができる。角度範囲は、方向 1 4 1 5 に沿ったすべての負の仰角であってもよい。点 1 4 1 0 に対する 2 次元角度範囲の例は、0 1 度の範囲の仰角と 0 1 度の範囲の方位角であり、定位試験は、各レーザパルスについて、T O F 差が T O F 閾値よりも大きく、角間隔（例えば、仰角および方位角軸の各々に沿った角間隔の 2 乗）が閾値分離よりも大きい。このような最近傍が存在するとき、シーケンス内のレーザパルスは定位試験に失敗し、P B L 方法はレーザパルスと最近傍との間の領域に介在するレーザパルスを配置し、その介在するレーザパルスをシーケンスに加え、レーザパルスと元々の最も近い隣接物との間の関係。一態様では、P B L 法は、介在するレーザパルスを生成した直後に、L I D A R が新しい介在レーザパルスに定位試験を適用することができる。このようにして、L I D A R は T O F 境界を反復的に定位することができ、その間に T O F 境界が存在するレーザパルスのすべての対が閾値角度分離だけで分離される。

【 0 0 9 0 】

図 1 8 は、L I D A R が F O V 内の T O F 境界の第 1 の部分を識別し、L I D A R が第 2 の領域を探索するサーチゾーン（例えば、角度範囲）に達する方向（すなわち、F O V の角度オフセット）を推定する P B L 方法を示す。T O F 境界の一部である。

【 0 0 9 1 】

別ウィンドウ（タブ）の大きな表示で見る 1 8 は、外挿法に基づくプログレッシブ境界定位（E P B L）法と考えることができる。E P B L を使用して、F O V 内の第 1 の探索領域内の L I D A R によって識別される T O F 境界上の 1 つまたは複数の位置を使用して、第 1 の探索領域外の推定境界位置を推定または予測することができる。次いで、L I D A R は、推定された境界位置に基づいて第 2 の探索領域を生成するように動的に調整することができる。推定された境界位置の外挿は、境界上で識別された 1 つ以上の位置（例え

ば、2つの位置を通る直線フィットまたは3つ以上の位置を通る曲線)を通る線の形状に基づくことができる。他の実施形態では、第1の探索領域外の予測または推定境界位置の外挿は、境界の種類の種類に基づくことができる。例えば、自律型車両上のLIDARが遭遇することができる多くのオブジェクトは、一般道路交差パターン、トラック形状、陸橋、歩行者、サイクリストまたは建物などの様々なオブジェクト分類内の共通の形状特性を有する。推定された境界位置の外挿は、1つ以上の予測されたオブジェクト分類の文脈における1つ以上の既知の境界位置の処理に基づくことができる。例えば、新たに発見されたTOF境界は、1つまたは複数のオブジェクトタイプ(例えば、道路交差点の隅にある樹木または歩行者)であってもよい。例示的なEPBL実施形態は、境界が樹木の幹である確率50%、境界が人体である確率50%を適用し、混合分類に基づいて第1の探索領域外の境界位置を推定することができる。1つまたは複数の既知の境界位置。推定された境界位置に基づいて生成された後続の探索領域は、予測された分類をツリーまたは人のいずれかに優先させ、推定された境界位置の将来の外挿を、既知の境界位置のセットおよび更新された分類重みに従って重み付けすることができる。

【0092】

様々な実施形態は、方向(すなわち、推定された境界位置またはベクトルによって定義される新しいサーチゾーンに到達するための角度オフセット)に関連する信頼値または標準偏差を計算することを提供する。例えば、毎日のオブジェクトは、単純な形状(直線または単純な曲線)の境界またはエッジを観測点に対する方向に並べることができます。したがって、回転するLIDARが任意の向きで物体の境界を動的に追跡して走査しようとするのは実用的ではないかもしれないが、動的に操縦可能なLIDARを使用する方が現実的かもしれない。開示されたPBL方法は、1つのスキャンから別のスキャンへのオブジェクトの動きを追跡し、オブジェクトの方向を予測することができる操舵可能なレーダと比較して、エッジの第1の部分を見つけ出し、エッジの方向(カーブフィッティング、オブジェクトの分類または外挿に基づく)。この方法は、次に、FOVにおける境界の予測された方向に沿っていくらかの距離の第2の位置のパターンでレーザビームを走査することができる。図1に戻る。図18では、LIDAR1805は、第1の2D角度範囲1815(例えば、仰角範囲1830および方位角範囲1825によって画定される)で動的に操縦可能なレーザー1806を走査することができる。LIDAR1805の全FOVは、道路エッジ1810、1811、1812などのいくつかの境界を含むことができる。LIDAR1805は、2次元角度範囲内の一連の方向を含む経路を走査することができる。経路を走査している間、LIDAR1805は一連のレーザパルスを生成し、レーザ反射の対応するシーケンスを測定することができる。LIDAR1805は、TOF(例えば、TOF1820)または出射レーザパルスのシーケンスのそれぞれに対応する距離を計算することができる。TOF値(例えば、TOF1820)は、境界1810の一部を包含する角度領域1835a bを示すことができる。一実施形態では、LIDAR1805は、境界と交差する角度範囲1815内の1つ以上の領域を計算することができる。他の実施形態では、LIDAR1805は、境界1810上の点の1つ以上の位置推定値を計算することができる。例えば、PBL法は、境界1810上の点が、TOF境界に対して反対側にあることを示す最近傍点TOFの違いに基づいています。境界1810上の1つ以上の第1の位置または領域は、境界1810の第2の部分に重なりと推定される第2の領域にLIDAR1805を誘導するために使用されるベクトル1840または1841を計算するためにLIDARによって使用され得る。操縦可能なレーザー1806の向きを第1の角度範囲1815から第2の角度範囲1846に変更するための2D方向シフト(例えば、10度の仰角シフトおよび10度の方位角シフト)を含む。一態様では、シフトベクトル1841は、この場合、探索領域(例えば、レーザパルス1850を含む領域1847)が境界を含まないことの識別にตอบสนองして、新たなより大きな探索領域1855が、境界1810に広がっていない探索領域1847に定義される。境界1810を再獲得するための努力を必要とする。図18のEPBL方法の1つの利点は、第2の探索領域は、第1の探索領域を囲む必要はない。代わりに、第1の探索領域は、T

10

20

30

40

50

OF境界の方向を識別することができる。この方向は、L I D A R 1 8 0 5を新しいサーチ位置にシフトするように機能するベクトル1 8 4 0（すなわち、1次元または2次元の角度シフト）を生成するために使用することができる。関連する実施形態では、第1の探索領域から計算された境界の第1の部分上のいくつかの位置を使用して、境界の形状および方向（例えば、線または曲線）を補間することができる。例えば、レーザパルス1 8 2 0を含むレーザパルスの第1のシーケンスから境界1 8 1 0上で識別される3つの位置は、境界1 8 1 0の他の部分が存在すると予想される曲線または円弧1 8 5 7を画定するために使用され得る。

【0093】

関連する実施形態では、L I D A Rは、F O Vの第1の2 D探索領域1 8 6 0において一連の方向付けを含む経路を走査することができる。経路を走査する間に、L I D A Rは、複数のレーザパルスを生成し、レーザ反射の対応するシーケンスを受信し、各出力レーザパルスに対応するT O Fを計算することができる。L I D A Rは、T O F差がT O F閾値より大きい1つ以上の最近のレーザ反射の対を特定することによって、T O F境界の存在（例えば、車両のエッジまたは道路のエッジ1 8 1 1）を識別することができる。L I D A Rは、第1の探索領域1 8 6 0からのT O F測定値に基づいて境界位置のセット（例えば、位置1 8 6 2 aおよび1 8 6 2 b）を計算することができる。L I D A Rは、境界位置のセット（例えば、位置1 8 6 2 aおよび1 8 6 2 b）の1つまたは複数の位置を、第1の探索領域の外側に位置する推定境界位置1 8 6 3 aを予測する。L I D A Rは、推定された境界位置に基づいて1組のレーザステアリングパラメータを生成し、第2の探索領域に第2の複数のレーザパルス（例えば、レーザパルス1 8 7 0を含む）を生成するために、レーザステアリングパラメータに基づいてレーザ1 8 0 6を動的に操縦する。このようにして、L I D A R走査は、T O F境界上にあるF O V（例えば、F O V内の位置）の方向を特定して追加すること、第1の探索領域外の予測境界位置を予測し、第2探索領域をレーザパルスで走査すること予測されたT O F境界の軌跡に基づいて決定する。この方法は、確認された境界位置の集合を構築し、推定された境界位置を予測し、推定された境界位置の周りの第2の探索領域を走査することによって、1回のスキャンの間に反復して実行することができる。E P B L法の一実施形態では、図1 8に示すように、第1の探索領域1 8 6 0は境界位置1 8 6 2 a bを生成するために使用され、第2の探索領域を指す推定境界位置1 8 6 3 aまたはベクトル1 8 6 5 aを外挿するために使用される。L I D A Rは、境界位置のセットに追加される別の境界位置1 8 6 2 cを識別するために第2の探索領域を走査する。境界位置の更新されたセットは、新しい推定境界位置1 8 6 3 bまたは関連するベクトル1 8 6 5 bを外挿して、経路1 8 6 4によって定義することができる第3の探索領域に導くことができる。経路1 8 6 4は、多数の直角回転またはF O Vと方向反転することにより、L I D A Rの動的ステアリングが必要となる。図1例えば、経路1 8 6 4に沿ったすべてのレーザパルスは、境界1 8 1 1の一方または他方の側に関連する共通T O Fを示す反射を有することができる。図1 8では、第3の探索領域（例えば、経路1 8 6 4によって定義される）は、T O F境界1 8 1 1と交差しなく、1つの態様では、探索領域が境界位置を含まない（すなわち、T O F境界と交差しなく）ことに応答して、E P B L方法は、新しい推定境界位置1 8 6 3 cを生成し、レーザ1 8 0 6を動的に操縦して新しい探索領域1 8 7 2新しい探索領域1 8 7 2は、新しい推定境界位置1 8 6 3 cを取り囲む境界位置を再獲得するように設計されたより広い角度範囲を有することができる。新たに推定された境界位置1 8 6 3 cは、境界位置の組の1つ、いくつか又は全て、及び新たな境界位置を生成することができなかった推定境界位置1 8 6 3 bに基づくことができる。探索領域1 8 7 2は、T O F境界の発散または分割を示す反射を生成することができる。このようなT O F境界分割は、オブジェクトがL I D A R 1 8 0 5のF O V内で重なり合っているところで発生することができる。車両ベースのL I D A Rが遭遇する可能性のある多くの共通オブジェクトは、一連の交差する直線または曲線境界、高架または高速道路の出口。L I D A Rは、探索領域1 8 7 2内の2つの交差境界または発散境界（例えば、境界位置1 8 6 2 dおよび1 8 6 2 eによって示される）

10

20

30

40

50

を識別することに対応して、複数の異なる T O F 境界 1 8 1 1 および 1 8 1 1 について個別の推定境界位置 1 8 6 3 d および 1 8 6 3 e (またはベクトル 1 8 6 5 d および 1 8 6 5 e) 1 8 1 2。

【 0 0 9 4 】

E P B L 法の別の実施形態では、L I D A R 1 8 0 5 は、いくつかの T O F 境界 1 8 1 0 および 1 8 1 1 を同時にいくつかの異なる境界位置のセットによって追跡し、新しい外挿推定境界位置に基づいてそれぞれの新しい探索領域を周期的に生成する。一度にいくつかの境界を追跡する E P B L 方法は、第 2 境界のための新しい探索領域を走査しながら、第 1 境界の推定境界位置を外挿するなど、異なる機能を並行して実行することができる。同様に、E P B L 法は、新しい T O F 境界を探索し、境界位置を外挿し、以前に発見された 1 つ以上の境界を追跡するために、F O V の広角 2 D スキャンを実行することができる。

10

【 0 0 9 5 】

図 1 9 は、角度範囲 1 9 3 0 が、境界位置 1 9 1 1 a および 1 9 1 1 b のセットから外挿されたベクトル 1 9 2 5 に関連する実施形態を示している。この角度範囲または信頼値は、境界位置がどのように特定の形状にどのくらいフィットするかに基づくことができる。例えば、角度範囲または信頼値は、ベクトル 1 9 2 5 または推定された境界位置 1 9 1 2 a を生成するために使用される境界位置のセットに対する線または曲線当てはめの平均二乗誤差に基づくことができる。

【 0 0 9 6 】

20

詳細に図 1 を参照する。図 1 9 に示すように、L I D A R 1 8 0 5 は、可能な仰角 1 9 0 6 の範囲および可能な方位角 1 9 0 7 の範囲を含む 2 次元角度範囲を含む F O V 1 9 0 5 を有することができる。L I D A R によって実行される E P B L 方法は、仰角範囲 1 9 1 0 および方位角範囲 1 9 1 1 を有し、第 1 の組のレーザパルス生成する。L I D A R は、レーザパルスの出力シーケンスに対応する一組の反射 1 9 1 5 を測定することができる。シーケンス内の各レーザパルスに対応する T O F (例えば、1 9 2 0) を測定することができる。L I D A R は、T O F 境界 1 9 0 8 上の位置の組 (例えば、位置 1 9 1 1 a および 1 9 1 1 b) を計算することができる。ベクトル 1 9 2 5 (および信頼範囲 1 9 3 0) を推定境界位置 1 9 1 2 a にさらに外挿することができる。L I D A R は、ベクトル 1 9 2 5 または推定された境界位置 1 9 1 2 a に基づいてレーザパルス 1 9 3 5 の第 2 のセットを生成するように、レーザ 1 8 0 6 を動的に操縦することができる。例えば、境界位置のセットを処理することが、小さな平均二乗誤差線の当てはめを有する直線境界を示す場合、角度範囲または信頼度値は、信頼限界値 1 9 3 0 に基づいて決定することができる。ベクトル 1 9 3 0 に関連付けられた第 2 の組のレーザパルス 1 9 3 5 は小さくてもよく、その結果、第 2 の組のレーザパルス 1 9 3 5 のサイズは小さくてもよい。逆に、境界位置の組が複雑な形状 (例えば樹木) との境界を示す場合、角度範囲 1 9 3 0 は高く保つことができ、または推定境界位置 1 9 1 2 a に関連する信頼値は低く留まることができ、それによりレーザ 1 8 0 5 は、時間の経過とともに、境界位置の組が 1 9 1 1 c および 1 9 1 1 d を含むように成長するにつれて、次の推定境界位置 1 9 1 2 b の位置を示す後続ベクトル 1 9 4 0 に関連する角度範囲 1 9 4 5 は、T O F 境界 1 9 0 8 の全体形状が明らか。したがって、後続の探索領域 1 9 5 0 のサイズは、推定された境界位置 1 9 1 2 b 内の L I D A R の信頼水準に従ってサイズ決定することができる。一態様では、動的に操縦される L I D A R は、少なくとも 2 つの寸法 (例えば、仰角によって示される仰角寸法および方位角によって示される方位角寸法) を有する F O V を有することができる。

30

40

【 0 0 9 7 】

図 2 0 は、2 つのレーザ測距システム 2 0 1 0 a 及び 2 0 1 0 b を示す。各レーザレンジ検出システムは、レーザーステアリングパラメータに従ってレーザビームを動的に操縦するように動作可能な操縦可能なレーザアセンブリ 2 0 2 0 a および 2 0 2 0 b を含む。レーザ測距システム (例えば、L I D A R) は、パルスレーザまたは連続レーザを有することができる。レーザレンジファインダー 0 2 0 a は、パルスレーザを有し、グラフ 2

50

025 aに示される離散的な時系列のレーザパルス（例えば、2030 aおよび2030 b）を生成する。例えば、パルスは持続時間が5ナノ秒であり、1ミリ秒ごとに発生する。レーザレンジファインダー020 bは連続レーザであり、グラフ2025 bに示す連続波を生成する。連続レーザ測距システムは、連続レーザの振幅（例えば、正弦波変調）を変調し、視野内の位置（例えば、方向）の範囲を計算するために反射波の位相を測定することが多い。振幅変調波の振幅ピークはレーザ光のパルスと考えることができる2025 bの波形を見ると分かるだろう。本開示の目的のために、連続波レーザは、連続振幅変調レーザのピークに対応する1つ以上のパルス（例えば、2030 c）を生成する。操縦可能なレーザアセンブリ2020 bは、特定の位置にいくつかのパルスを生成することができる。例えば、パルス2030 cおよび2030 dは、システム2010 bの視野内の第1の位置（例えば、方向）に生成され得、パルス2030 eおよび2030 fは、後続の時間および位置において生成され得る。

ロープロファイル車両統合LIDAR

【0098】

LIDARは、多くの場合、対象となるオブジェクトを直接視認する必要があります。この理由から、LIDARはしばしば車両の上方に取り付けられ、障害のない視界を得る。本開示のいくつかの実施形態は、車両一体型レーザ分配システムを有する低プロファイルLIDARシステムを提供するために使用され得る。LIDARからのレーザビームは、車両の車体パネルの下空洞領域に伝達され、それにより車体パネル（例えば屋根）の下に、車両の周りのカバレッジカーテンにビームを透過または屈折させるレンズに導かれる。内部のリフレクターとレンズはレーザビームガイドを作ることができます。レーザビームガイドは、十分に制御された間接ビーム経路（例えば、いくつかの反射を必要とする）を提供することによって、完全にまたは部分的に埋め込まれたLIDARの限定された直接視野を増強することができる。ビームガイドからの出力レーザ角度は、LIDARからの入力ビーム角度の関数である。このようにして、ビームガイドは、自動車設計において一般的なボディパネルの背後にある既存のキャビティを利用して修正して、レーザ測距のためのレーザビームを案内し、分配することができる。ビームガイドは、LIDARを低姿勢のまままたは車両構造内に埋め込むことを可能にしながら、FOVの部分に到達しにくい（例えば、屋根または車両の側面によって覆われたFOVの部分）までLIDARカバレッジを拡張することができる。

【0099】

第1の実施形態では、薄いレーザビームガイドは、車両ルーフパネルの下に収容され、狭いエアギャップと、実質的に水平で対向する1組の光学反射器とを備えることができる。レーザビームガイドは、1つ以上の方向に細長くすることができ、それにより、典型的な車両ルーフパネルの下形状に輪郭を描く。LIDARは、ルーフパネルの下に位置することができる（それによって視界から外れる）、レーザビームガイドによって屋根の端に向かって案内されるレーザビームを生成することができる。車両屋根の端部に来ると、レーザビームは、LIDARによって生成されたビームの入力角度によって部分的に決定された出力角度で視野内に入射することができる。第1の実施形態では、レーザビームガイドは、レーザビームを下方に屈折させ、車両に近い領域に対してレーザカバレッジを提供するように機能するビームガイドの外側エッジに出力レンズをさらに備えることができる。

【0100】

第2の実施形態では、ビームガイドは、車両屋根の周囲に配置されたプリズムレンズを備えることができる。第2の実施形態では、LIDARは、1つまたは複数の反射器およびプリズムレンズを含む光ガイドにレーザビームを送信することができる。リフレクタは、ルーフパネルの外側に配置され、車両天井の平面に平行なレーザビームを、レーザビームの初期角度によって決定されるプリズムレンズ上の位置に導くように働くことができる。第3の実施形態では、限定された視野（例えば、50度）を有する固体状態のLIDARを備えた車両は、FOVの一部からレーザビームを導くための車両一体型レーザ分配シ

システムを使用することができ、単一の L I D A R。

【 0 1 0 1 】

いくつかの態様は、直接視野を越えて物体にレーザビームを反射および / または透過させるための間接的な経路を提供することによって、L I D A R F O V の閉塞部分を最小化するシステムを提供する。物体は、車体パネルのような障害物または直接視界の設計上の制限のために、直接的な視野の外にある可能性がある。1つの態様では、レーザ分配システム内の1つまたは複数の反射器またはレンズを再配置可能（たとえば、モータ駆動）にすることができる。これは、駐車や逆転などのタスクのために、レーザ配信が L I D A R のリソースを再分配することを可能にする。

車両に組み込まれたレーザレンジファインダーの利点

10

【 0 1 0 2 】

いくつかの実施形態では、屋根の端部のレンズを使用してレーザ光を屈折させることにより、ルーフィングラインの水平線より下の領域でレーザ測距能力を維持しながら、L I D A R のプロファイル（例えば、車両ルーフの高さ）を低減することができる。いくつかの実施形態では、L I D A R をルーフパネルの下に完全に隠すことができる。L I D A R を車両ルーフパネルの下に部分的または完全に配置すると、燃費が向上し、審美的な魅力があり、ルーフラックのオプションが制限されません。

【 0 1 0 3 】

開示された技術は、L I D A R が車体パネルの後ろに完全にまたは部分的に埋め込まれることを可能にし、それによって損傷または盗難のリスクを低減する。

20

【 0 1 0 4 】

別の利点では、開示された技術を実装して、固体状態の L I D A R の F O V を拡張することができる。ソリッドステート L I D A R は、機械的または回転する L I D A R （例えば、360度）に対してより小さい視野（例えば、水平または方位面において40～60度）を有することができる。本開示の実施形態は、レーザ光を、車両の部品によって隠された位置に、および L I D A R の F O V に案内することができる。L I D A R の遮られていない F O V を超える場所にレーザビームを導くことで、L I D A R の利用率が向上し、車両の周りを完全にカバーするために必要な L I D A R の総数を減らすことができます。提案された技術は、レーザ光が身体パネルの後ろの薄い層（例えば、ビームガイド）に導かれることを可能にする。ビームガイドは、光コンポーネント（例えば、反射器、レンズ、および L I D A R ）を清潔な（例えば、ほこりのない）専用の隠れた環境に保つ利点を有する。提案された技術は、単一の L I D A R をより有効に活用し、潜在的に他の L I D A R の必要性を排除することができます。

30

【 0 1 0 5 】

別の利点では、本技術は、レーザビームの輸送領域としてリフレクタおよび既存の空洞の基体として既存のパネルを利用し、それによって最小の追加重量または複雑な光伝導媒体でレーザ誘導および方向変更を提供することができる。別の利点では、開示された技術は、本体パネルの後ろの狭い領域にレーザビームを閉じ込める手段を提供し、レーザビームを本体パネルの端部に向けて案内し、レーザビームを出力水平 L I D A R における初期ビームの水平角に基づく角度。入力角度に基づいてレーザの出力角度を選択するこの能力は、L I D A R の遮られていない視野を増大させるために使用することができる第2の視野を生成するのに有利である。これに対して、光ファイバコアの狭い性質は、光ファイバケーブルの出力における入力角度の回復を実質的に不可能にする。

40

【 0 1 0 6 】

別の利点では、ビームガイドを形成するリフレクタおよびレンズを成形ストリップの従来の位置または後部ブレーキライトの位置に配置することができる。別の利点では、レーザ分配システムは、レーザ強度が眼の安全限界（例えば、ANSI Z136）よりも大きくなるように、制御された（例えば密封された）環境において車両の周囲にレーザ光を分配し、より低い、眼に安全な強度（例えば、拡大されたビーム）を周囲の環境に放出する。

50

【0107】

別の利点では、開示されたレーザ分配システムは、2つの異なる方向からの共通物体の測距を提供する間接FOVおよび直接FOVを提供し、それによってシャドウイングを低減し、物体認識を改善することができる。例えば、車両バンパーの後ろに取り付けられたレーザ分配システムは、車両前方に直接視界を持ち、バンパー内部のリフレクターアセンブリを使用して車両の側面のレンズにFOVの一部からのレーザビームを導くことができ、これにより、2つの異なる視点から、直接視野内の車両の前方の領域の一部の範囲が提供される。

【0108】

別の利点では、開示された技術は、LIDARからレンズへのビームガイド内のレーザ測距のためにレーザビームを導くことを提供する。ビームガイドは空洞とすることができ、空洞は、車両の周囲に（すなわち、ビームガイドが空調ダクトであり得るように）加熱された空気または冷却された空気を運ぶなど、複数の代替車両機能を果たすことができる。例えば、レーザ分配システムは、ダクトと一体化されて、空気を車両のフロントまたはリアのフロントガラスに分配することができる。

【0109】

別の利点では、本開示の実施形態は、車両の周囲に配置された複数の比較的安価なレーザからレーザパルスを生成し、レーザ反射をレーザ測距を行うことができる集中型レーザ検出器（例えば、光検出器）に導くビームガイドを使用する。このようにして、より高価なレーザ検出器アレイ（例えば、アバランシェフォトダイオードアレイまたはシングルフォトンアバランシェ検出器アレイ）は、車体パネルの後ろの反射を導くプロセスによって、いくつかの遠隔FOVからの反射を受け取ることができる。

【0110】

本開示の目的のための車両は、それ自体を輸送する力を生成するように動作可能な機械である。例示的な車両には、車、ミニバン、バス、オートバイ、トラック、列車、ロボット、フォークリフト、農業用機器、ボート、無人機および飛行機が含まれるが、これらに限定されない。

【0111】

乗用車は、1人または複数の人々を運ぶように設計された車両のサブセットである。例示的な乗用車には、車、ミニバン、バス、オートバイ、トラック、列車、フォークリフト、農業用機器、ボート、および飛行機が含まれるが、これらに限定されない。イチジク。図21Aは、LIDAR 2120a（例えば、カリフォルニア州モーガンヒルのVelodyne LIDARsから入手可能なモデルHDL 64E）が、LIDARがレーザを放出することができるすべての方向のセットを含むFOV 2115を有することができることを示す。FOV 2115は、垂直面内の角度範囲2116（例えば、水平面に対する仰角範囲または角度）および方位面内の角度範囲2118によって記述することができる。したがって、LIDAR 2120aのFOV 2115は、LIDARがレーザビームを生成することができる全ての可能な方向のセット（すなわち、仰角と方位角の組み合わせ）である。角度範囲2116及び2118は、LIDAR 2120aの回転軸線に対して可能である。

【0112】

図2を参照する。図21Bに示すように、LIDAR 2120aは、車両2110の上方に取り付けることができる。LIDARは、車両の境界を越えて直線状に走行する多くの方向の1つにレーザビームまたはパルスを発生させることができる。遮られていない方向に放射されたレーザは、車両を越えて物体に直線的に移動することができ、同じ直線経路に沿って反射することができる。図1図21Bに示すように、角度範囲2127aによって特徴付けられるFOVの大きな部分2125aで放射されるレーザは、車両を越えた対象物（例えば、人2130）への直接のサイトラインを有する。LIDAR FOVは、遮蔽された部分2128a（例えば、角度範囲2129aにより特徴付けられる）を有することもできる。例えば、車両の屋根は、仰角範囲2129a内の対象物への直接的な

10

20

30

40

50

視線を遮ることによって、L I D A Rの人工的地平線を形成することができる。遮蔽された方向に沿って放射されるレーザビームは、車両の境界を越えて物体に直線的に進むことができない。図2に示すL I D A R 2 1 2 0 aの場合、図2 1 Bでは、仰角範囲2 1 2 9 aによって特徴付けられるF O Vの一部2 1 2 8 aは、車両2 1 1 0によって遮られる。【0 1 1 3】

L I D A Rは、レーザビームまたはパルスを送信するように動作可能な1つまたは複数のレーザと、1つまたは複数の反射検出器（たとえば、光検出器）とを備えることができる。いくつかのL I D A R設計では、レーザと反射検出器が共に配置され（例えば、V e l l o d y n e L I D A R SのモデルH D L 6 4 E）、共通の視野を共有する。この開示の目的のために、F O Vの妨げられないF O Vまたは妨げられない部分は、F O Vにおけるすべての妨げられない方向のセット（例えば、範囲2 1 2 7 a内の角度と図2 1 Aの範囲2 1 1 8）。妨げられない方向は、放射されたレーザビームまたは受信されたレーザ反射が車両の境界を越えて進むことができるL I D A RのF O Vの方向であり得る。逆に、本開示の目的のために、遮蔽されたF O Vは、レーザビームが車両の境界を越えて延在することができないF O V内の全方向のセットである（例えば、図2 1 Aの範囲2 1 2 9 aおよび2 1 1 8）。

【0 1 1 4】

他のL I D A R設計（例えば、バイスタティックL I D A R）では、レーザ（1つまたは複数）が分離され（例えば、レーザが車両の外側にあり、反射検出器が屋根上に配置されている車両の）。この状況では、L I D A Rは別個のレーザF O Vと反射検出器F O Vを有することができる。レーザF O Vは、L I D A Rのレーザがレーザビームを送信することができるすべての方向のセットと考えることができる。あるいは、L I D A R測距領域は、各レーザがレーザビームを透過することができるL I D A Rを取り囲む3 D空間の一部と考えることができる。バイスタティックL I D A Rの場合、レーザ（例えば、レーザ送信機）F O Vは、レーザが車両の境界を越えて伸びることができないことができ、伸びることができない方向を含む遮られていない部分と妨げられない部分とに分けることができる。同様に、バイスタティックL I D A Rの場合、反射検出器F O Vは、遮られた遮られていない部分を含むことができる。反射検出器F O Vの遮蔽された部分は、車両の外側からのレーザ反射が不明瞭である検出器F O V内のすべての方向のサブセット（例えば、車両または車両に取り付けられた物体）であってよく、したがって反射検出器。逆に、反射検出器F O Vの障害のない部分は、反射検出器F O V内の全方向のサブセットであってもよく、それにより、車両を越えたレーザ反射は妨げられず、反射位置から直線状に反射検出器に到達することができる。

【0 1 1 5】

効果的であるためには、多くのL I D A Rは、F O Vの大きな部分を妨害する必要がない。図2 1 Bでは、車両の屋根の上にL I D A R 2 1 2 0 aを配置することにより、遮られていないF O Vが閉塞されたF O Vより大きい（例えば、角度範囲2 1 2 7 aが2 1 2 9 aより大きい）ことが保証され、したがって人2 1 3 0が車両に接近し、水平線に対して相対的に低い角度で現れる（例えば、水平線に対して 5 0 度、または水平線より5 0 度下にある）。

【0 1 1 6】

図2 1 Cは、車両2 1 1 0の屋根上に直接位置するL I D A R 2 1 2 0 aを示し、それによって障害のないF O Vを減少させ、障害のあるF O Vを増加させる。車両2 1 1 0の屋根により近いL I D A Rを下げることににより、角度範囲2 1 2 9 bによって特徴付けられる遮蔽部分2 1 2 8 bは、角度範囲2 1 2 7 bによって特徴付けられるF O V 2 1 2 5 bの妨げられない部分よりも大きくなる。したがって、L I D A R 2 1 2 0 aの低プロファイル配置は、大きな遮蔽されたF O V（すなわち、死角）に寄与し、それによって人2 1 3 0を検出することができない。車両設計者にとっての課題は、競合する要件（例えば、風の抵抗、人間工学、乗り物の美学、そしてL I D A Rの摩耗）を可能にします。

【0 1 1 7】

図21Aでは、LIDAR2120aのFOV2115は、LIDAR2120aがレーザービームまたはパルスを放出または受信することができるすべての方向のセットとすることができる。図2のFOV2115。図21Aは、FOV2115（すなわち、LIDARからのレーザービームが通過することができるLIDARを取り囲む空間の3次元領域）によって取り囲まれた対応するレーザー測定領域を有する。本開示の文脈において、レーザー測定領域は、FOV内に放射されるレーザーがレーザー距離測定を提供することができる空間内の全ての位置の組である。従って、レーザー測定領域は、FOV内で放出されたレーザーが、レーザービームに対して非透過性であるように動作可能な表面に達するまで移動する場所のセットとすることができる。車両の外側のレーザー測定領域を通過した後、LIDAR2120aレーザービームからのレーザービームは、反射位置のセットに衝突することができる。

10

【0118】

LIDAR2120aは、車両の境界を越えて直線状に走行する多くの方向の1つにレーザーを発生させることができると考えられる。しかしながら、LIDAR2120aは、LIDARを出た後の少なくとも1つの方向の変化を含む、車両の境界を越えた間接的な経路を走行するFOVの方向にレーザービームを放出することもできる。間接的に照明された物体からの反射光は、同じ間接的な経路に沿ってLIDARによって受光されることができる。

【0119】

本開示の目的のために、遮られていないFOVは2つの方向のサブセットに分割することができる。間接的なFOVおよび直接的なFOVを含む。本開示の目的のために、直接FOVは、レーザービームが車両の境界を越える点（すなわち、直接経路）まで直線的に移動することができるFOV内の全方向の集合として定義される。

20

【0120】

本開示の目的のために、間接FOVは、レーザービームが車両の境界を越えて空間内の或る場所へ又はそこから間接的な経路で移動することができるFOV内の全ての方向のセットとして定義される屈折の反射のような少なくとも1つの方向変化）。妨げられないFOVは、直接FOVと間接FOVとの和集合（すなわち、組み合わせ）であり得ることが理解されよう。さらに、慎重な設計では、LIDARを車両に密接に統合することができ（例えば、図21Cに示すように屋根の近く）、本開示の様々な実施形態を使用して、FOVの閉塞部分の一部または全部を間接的なFOVを生成し、それによって障害のないFOVを増加させる。

30

【0121】

FOVの直接的および間接的部分と同様に、レーザービームが進むLIDARを取り囲むレーザー測定領域は、直接測定領域と間接測定領域に分けることができる。本開示の文脈において、直接レーザー領域は、LIDARにおけるレーザーの直接FOVによって包含される車両を越えた3次元空間の領域である。直接測定領域は、LIDARの目に見えない線の中にあります。例えば、図21の人2130は、図21Bは、LIDAR2120aの直接FOV2125a内にある。したがって、人2130は、LIDAR2120aを取り囲む3次元空間の直接測定領域に位置する。同様に、間接測定領域は、FOVの間接部分のレーザービームがレーザー測定を行うことができる車両を越えた3次元空間の測定領域である。例えば、LIDARから放射され、車両2110の縁にあるレンズによって回折され、それによって、図21Cの人2130を含む間接測定領域を通過して進むレーザーを考える。

40

【0122】

本開示の文脈では、直接反射位置のセットは、LIDARにおけるレーザーFOVの直接的な部分（すなわち、レーザー光線が直線的に例えば、図21Bにおいて、直接測距位置の組の中のいくつかの位置は、人2130上の位置を含む。図21Cの別の例では、FOVの方向は、車両2110の屋根が人2130をFOVから遮断するので、人2130上の位置がLIDAR2120aの直接反射位置の組内にはないことを示す。したがって、図2

50

1 Cでは、F O V内で直線方向に移動するレーザ本開示のいくつかの実施形態では、車両一体型レーザ分配システムは、間接反射位置（すなわち、pのセットを超える点）から反射を提供することができるF O Vに包含されるo i n t）。

【0123】

ソリッドステートL I D A Rは、狭いF O V（例えば、50度の方位角範囲）を有することができ、それによって、局所環境における方向および反射の適切な被覆を提供するために、いくつかの（6～8）L I D A Rを必要とする。本開示の実施形態は、ビームガイドを使用して狭いF O V内の点を広げることを提供し、それによって直接測距範囲の範囲外のより広い範囲の反射位置を提供する。

【0124】

本開示のいくつかの実施形態は、車両パネルまたはフレームの上または後ろに埋め込まれたレーザビームガイドを使用して間接F O Vを増加させる車両一体型レーザ分配システムを提供する。このアプローチは、間接的なF O Vを形成する専用かつ時には複雑な間接レーザ経路を提供することによって、L I D A Rがより密接に統合される場合に生じる直接F O Vの減少を相殺することができる。いくつかの場合において、間接F O Vは、放出されたレーザビームをより広い遮られないF O Vを有するレンズに導くことによって増加させることができ、他の実施形態では、レンズはレーザビームを屈折させることによって間接F O Vを増加させる。

【0125】

一態様では、ソリッドステートL I D A Rはより限定された視界を有することができ、本開示の実施形態は、車両の遠隔部分との間でレーザビームを導き、それによってL I D A RのF O Vを超えてレーザパルスを分配する。例えば、F O Vからの小さな範囲の角度は、統合されたレーザ分配システムにより広い範囲の出力角度に分配され、遠隔位置（例えば、ホイールアーチのエッジ）でレンジングを実行するために使用される車両。広範囲の出力角度は、より大きいレーザパルス間隔を提供し、これは、物体検出が高密度物体プロファイリングよりも好ましい場合に有用であり得る。例えば、このような車両一体型レーザ分配システムは、車輪アーチ領域内の物体検出器（例えば、縁石、車線マーカー）として機能するために、L I D A R F O Vのいくつかの小さな部分を配備するために使用することができる。

【0126】

図21D F車両一体型レーザ測距システムの様々な実施形態を示している。一般に、車両一体型レーザ測距システムは、L I D A Rによって使用されるレーザビームの少なくともいくつかを案内するように機能する車両に一体化されるように設計された光検出および測距システム（例えば、L I D A R）およびビームガイドを備えることができる。ビームガイドの効果は、L I D A Rをより統合された、目立たない、保護された多機能位置（例えば、相互に排他的なF O V部分を処理する位置）に配置することを可能にすることができる。L I D A Rはレーザビームを送受信することができます。車両一体型レーザ測距システムの1つのサブセットは、車両一体型レーザ分配システムであってもよく、その場合、L I D A Rによって送信されたレーザビームは、車両統合ビームガイドを介して分配され得る。車両一体型レーザ測距システムの第2のサブセットは、局所環境の反射位置からL I D A Rへのレーザ反射が、車両一体型ビームガイドによってL I D A Rのレーザ検出器に導かれる、車両一体型レーザ反射取得システムとすることができる。車両一体型レーザ測距システムのL I D A Rは、スキャンされたL I D A R（例えば、カリフォルニア州モーガンヒルのV e l o d y n e I n c . o f M o r g a n H i l l , C A）,フラッシュL I D A R、モノスタティックL I D A RまたはバイスタティックL I D A Rであってもよい。いくつかの実施形態では、ビームガイドは、ビームガイドの光透過領域（例えば、完全にまたは部分的に閉じ込められた空洞、または、空洞の所定部分にある狭い範囲の角度（例えば、10°の仰角）L I D A Rからビームガイドの遠隔端のレンズ（例えば、車両の屋根の端部）のレンズまでの距離（例えば、車両の外側）を決定する。遠隔端では、ビームガイドは、狭い角度範囲をL I D A Rの入力角度範囲よりも広い

10

20

30

40

50

または大きい角度範囲に広げるレンズを有することができる。このようにして、車両一体型レーザ分配システムのビームガイドは3つの機能を果たすことができる。第1に狭い範囲の角度でレーザービームを受け入れる；第2に、レーザービームを狭い角度範囲を保ちながらビームガイドの出力端に案内し、第3に、より広い出力角度範囲でレーザービームを透過させる。いくつかの実施形態は、L I D A Rだけでアクセス可能なレーザ測距領域から排他的なレーザ測距領域にレーザビームを送信するようにも機能する。

【0127】

逆に、車両一体型レーザ反射取得システムにおけるビームガイドは、3つの機能を果たすことができる。第1に、L I D A Rから離れた第1の端部（例えば、ルーフパネルの端部にあるレンズ）の広い第1の角度範囲のレーザビームを受け入れる。第2に、レーザビームをより狭い角度範囲に集束させ、レーザビームをビームガイドのL I D A R端部に案内すること。第3に、第1端の広角範囲におけるレーザビーム角度の方向とL I D A Rにおける狭い角度範囲の方向との間の関係を維持しながら、レーザビームを狭い角度範囲でL I D A Rに供給する。

【0128】

一実施形態では、車両一体型レーザ測距システムは、複数のレーザビームを生成するように構成されたレーザと、車両に配置された光検出及び測距システム（L I D A R）と、前記複数のレーザビームを検出し、前記ビームガイドは、前記レーザ検出器とは別体であり、前記複数のレーザビームの少なくとも一部を、前記第1の端部と第2の端部との間で案内する少なくとも1つの光学素子と、ビームガイド；前記複数のレーザビームのうちの少なくともいくつかのレーザビームに対して対応するビーム方向を変更する少なくとも1つの光学素子とを含む。本開示の目的のために、光学素子は、レーザビームの態様を変化させながら入射レーザビームを透過または反射するように設計された固体部品である。入射レーザビームを透過する典型的な光学部品は、レンズ、部分的に透明なミラー、プリズム、フレネルレンズ、光学ディフューザ、光学スプリッタ、光学遅延線を含む。レーザビームを透過させる光学素子はまた、レーザビームを屈折させる（例えば、方向を変える）ことができる。入射レーザビームを反射する典型的な光学部品には、反射器、部分的に透明な鏡、金属化されたポリマー表面、研磨された金属表面、粗面化されたまたは面取りされた反射表面および電気活性化されたミラーが含まれる。光学素子によって変更することができるレーザビームの例示的な態様は、ビーム方向、ビーム強度、ビーム軌道、ビーム発散角および構成電磁周波数（例えば、プリズムが異なる量だけ異なる周波数を屈折させる）を含む。L I D A Rのレーザは、一定の仰角でレーザを配置し、レーザ軌道の角速度を設定し、レーザパルスレート、持続時間または強度を設定することによって構成することができる。

【0129】

図21Dは、車両2110の屋根部2135に埋め込まれた車両一体型レーザ分配システム2140の例示的な図である。車両一体型レーザ分配システム2140は、レーザーレンジファインダーからのレーザビーム（例えば、2145a）を、（例えば、L I D A R 2120a）。図21Dの屋根に取り付けられたレーザ分配システムは、光透過領域2152a内に配置された反射器のセット（例えば、2150a、2150b、2150c、2150dおよび2150e）を使用して、L I D A R 2120aから放出された入力レーザビーム（例えば2145a）光透過領域は、ビームガイドの一部であり、レーザビームは、ビームガイドの一端から他端に導かれることができる。屋根の縁に位置する1組のレンズ（例えば、2160aおよび2160b）に、入力ビーム（例えば、2145a）を誘導して、ビームを透過、拡大または屈折させることができる（例えば、屈折ビーム2180a）。ビームガイド（例えば、2141a）は、1つまたは複数の反射器を、離れた場所（例えば、屋根パネルまたは後部ブレーキライトアセンブリの周囲）にレーザビームおよびレンズを運ぶためのキャビティで構成することができる。一般に、入力ビーム角度2190の範囲は、L I D A Rの直接視野の外側の領域に、出力ビーム角度2195の対応するセットを形成するように（例えば、2150eで）反射され、屈折されるか、

10

20

30

40

50

または（例えば、レンズ 2 1 6 0 b において）。図 2 1 D の実施形態では、レーザビームからの反射光は、逆方向経路に沿って進むことができ、それによって間接 F O V を L I D A R 2 1 2 0 a に提供することができる。図 2 1 D の屋根に取り付けられたレーザ分配システム 2 1 4 0 は、乗用車の既存の車体構造のいくつかの態様を利用することができる。例えば、リフレクタ（例えば、2 1 5 0 a および 2 1 5 0 b）をボディパネル 2 1 5 5 および 2 1 5 6 の平らな対向面に取り付けることができる。レンズ 2 1 6 0 a および 2 1 6 0 b は、多くの車両が既にリアライトまたはモールディングストリップを有する屋根の縁に配置することができる。屋根パネルの継ぎ目を隠すための、しばしば黒いストリップ）。L I D A R 2 1 2 0 a は、ルーフパネル 2 1 5 5 の下に埋め込むことができる。いくつかの実施形態では、L I D A R 2 1 2 0 a は、埋め込まれたときに直接 F O V をほとんどまたは全く有さず、レーザ分配システム 2 1 4 0 が間接 F O V を提供する。図 1 は、図 2 1 E は、本開示の一実施形態による、L I D A R 2 1 2 0 a およびビームガイド 2 1 4 1 b を含む、車両の屋根の頂部に取り付けられた車両一体型レーザ分配システム 2 1 4 0 を示す。ビームガイド 2 1 4 1 b は、光透過領域 2 1 5 2 b と、レンズ 2 1 6 0 b と、L I D A R からレンズまでの光透過領域のレーザ光を導くためのリフレクタ 2 1 5 0 b とを備えている。別ウィンドウ（タブ）の大きな表示で見る図 2 1 E の入力レーザビームまたはパルス 2 1 4 5 b は、レンズ 2 1 6 0 a によって屈折されて出力ビーム 2 1 8 0 b を形成する。出力ビーム 2 1 8 0 b は、（例えば、L I D A R F O V の設計上の制約のために）L I D A R 2 1 2 0 a の直接 F O V からアクセス可能な領域の範囲を超えている領域 2 1 9 8 a を通って進む。入力ビーム 2 1 4 5 c は反射器 2 1 5 0 b で反射され、次に出力ビーム 2 1 8 0 c としてレンズ 2 1 6 0 b を透過する。出力ビーム 2 1 8 0 c は、（例えば、屋根パネル 2 1 5 5 によって形成された人工的な水平線に起因して）L I D A R 2 1 2 0 a の直接測距領域の外、または L I D A R 2 1 2 0 a の直接 F O V の外側にある領域 2 1 9 8 b を通って進む。

【 0 1 3 0 】

図 2 1 E は、本開示の一実施形態による、L I D A R 2 1 2 0 a およびビームガイド 2 1 4 1 b を含む、車両の屋根の上部に取り付けられた車両一体型レーザ分配システム 2 1 4 0 を示す。ビームガイド 2 1 4 1 b は、光透過領域 2 1 5 2 b と、レンズ 2 1 6 0 b と、L I D A R からレンズまでの光透過領域のレーザ光を導くためのリフレクタ 2 1 5 0 b とを備えている。図 2 1 E の実施形態では、入力レーザビームまたはパルス 2 1 4 5 b は、レンズ 2 1 6 0 a によって屈折されて出力ビーム 2 1 8 0 b を形成する。出力ビーム 2 1 8 0 b は、（例えば、L I D A R F O V の設計上の制約のために）L I D A R 2 1 2 0 a の直接 F O V からアクセス可能な領域の範囲を超えている領域 2 1 9 8 a を通って進む。入力ビーム 2 1 4 5 c は反射器 2 1 5 0 b で反射され、次に出力ビーム 2 1 8 0 c としてレンズ 2 1 6 0 b を透過する。出力ビーム 2 1 8 0 c は、（例えば、屋根パネル 2 1 5 5 によって形成された人工的な水平線に起因して）L I D A R 2 1 2 0 a の直接測距領域の外、または L I D A R 2 1 2 0 a の直接 F O V の外側にある領域 2 1 9 8 b を通って進む。

【 0 1 3 1 】

図 2 1 F は、車両 2 1 1 0 の屋根部 2 1 3 5 に埋め込まれた車両一体型レーザ反射取得システム 2 1 4 2 の例示的な図である。車両一体型レーザ反射捕捉システム 2 1 4 2 は、レーザ反射（例えば、レーザ反射 2 1 4 6 a）を車両周囲の物体から除去する。一実施形態では、車両一体型レーザ反射取得システム 2 1 4 2 は、L I D A R 2 1 2 0 b およびビームガイド 2 1 4 1 c を備える。L I D A R 2 1 2 0 b は、レーザ検出器がレーザ反射を検出することができる 1 組の方向を含む F O V 2 1 3 7 を有するレーザ検出器 2 1 2 1 を含む。L I D A R 2 1 2 0 b は、車両 2 1 1 0 上に配置され、F O V 2 1 3 7 は、F O V 2 1 3 8 の直接的な部分と、車両を越えてレーザ反射を直接受けることから（例えば屋根パネルによって）遮られる間接部分 2 1 3 9 とを含む。

【 0 1 3 2 】

L I D A R 2 1 2 0 b は、2 つの静的な L I D A R であり、検出器 2 1 2 1 から遠隔に

10

20

30

40

50

配置された1つ以上のレーザ2143aおよび2143bをさらに備え、レーザパルス車両を超えて複数の反射位置に送信する。このバイスタティック配置は、異なるF O Vを有する車両上の様々な点に1つまたは複数のレーザを搭載することを可能にする。レーザは、車両周囲の様々な重なり合った反射位置または相互に排他的な反射位置に到達することができ、それによって様々な目的（例えば、駐車）または危険場所（例えば、盲点）に適応可能なカバーを提供する。図21Fにおいて、ビームガイド2141cは、レーザ検出器2121とは別個に車両上に配置され、反射からのレーザパルスに対応するレーザ反射（例えば、反射2180a）を受信するように（例えば、反射器2150a dおよびレンズ2160a bを用いて）対応する入力方向（例えば、入力仰角）を変更し、それにより、F O Vの間接部分のレーザ検出器における出力方向を有するレーザ検出器2121にレーザ反射を導く。

10

【0133】

したがって、間接部分（図21F）で受信されたレーザ反射は、外部からのレーザ反射からのレーザ反射の間接反射経路を提供し、L I D A R 2120bのF O V 2138に向かう。3D位置計算機2191のような回路は、入力2141の角度変換器2192において、F O V 2137の出力（例えば、位置2139）がレーザ検出器2121に到達する。レーザ反射に対応する反射位置の3次元座標。3D位置計算機2191は、（例えば、レンズ2160aにおける）レーザ反射の入射角または入射角を、間接的なポルの角度または方向へと変化させる、F O Vの間接部分における方向によるレーザ反射の間接的なサブセットの同定（すなわち、3次元反射位置の3次元座標2193を点群として表示

20

【0134】

いくつかの実施形態では、ビームガイド内の光学素子は、車両の位置（例えば、都市の通りまたは駐車場）などの様々な要因に基づいて再構成することができる。ビームガイドは、第1の端部（例えば、レンズ2160a）および第2の端部（例えば、検出器2121）におけるレーザビームの入力角度間の関係を変更するように再構成することができる。車両一体型レーザ分配システムでは、ビームガイドを再構成して、送信レーザのレーザF O Vにおける方向の関係を変化させることができる。3D位置計算機は、ビームガイドの再構成に回答して伝達関数を再構成し、反射位置の3次元座標2193に応じてビームガイド内の1組の反射器を再構成して、自律車両がガレージに駐車している間に障害物回避を提供することができる。別の実施形態では、再構成されたビームガイドの反射位置の3次元座標にレーザ反射に関連付けるために使用される伝達関数を再構成するためにデータを転送するための伝達関数がある。3次元位置計算機は、再構成されたビームガイドの新しい状態を示すデータに基づいて、計算によって獲得された新しい伝達関数またはメモリから置き換えることができる。別ウィンドウ（タブ）の大きな表示で見る22Cの自動車製造業者は、リフレクタとレンズとを含む密封されたヘッドライトユニットをますます実現している。ビームガイド2141dは、2つ以上の非透過面2225および2226、レンズ2160a、および基板2230上に配置された1つまたは複数の反射器（例えば、2150aおよび2150d）を含む密封または半密封されたビームガイドを示す。1つまたは複数の基板2230（例えば、成形ポリマーまたは成形金属）の一部とすることが

30

40

【0135】

図22Aは、入射方向（例えば、2145b）のレーザビームをレンズ2160aに導

50

き、レンズから出力ビーム 2180b を送信するように機能するビームガイド 2141b を示す。ビームガイド 2141b は、ビーム 2180b がダイレクトレンジング領域の外側であるが間接レンジング領域の内側にある間接反射位置に当たるような方向に出力ビーム 2180b を生成するようにさらに機能することができる（すなわち、LIDAR は、FOV を形成する一連の方向において直線方向に移動する）。この開示のために、レーザビーム（例えば、2145b）が LIDAR（例えば、2120a）からレンズから送信される点までの直線距離は、誘導距離（例えば、距離 2210）。いくつかの実施形態では、ビームガイドは、案内された距離 2210 に沿ってレーザビームを案内するために囲まれた領域または半密閉された領域を提供するように機能する。ビームガイドは、密閉された光アセンブリ（例えば、乗用車のヘッドライトまたは後部ブレーキライト）（例えば、30センチメートル、1メートルまたは車両の前部から車両の後部へ）レーザビームは、車両の周りの大きな案内距離にわたって広がる。同様に、ビームガイドは、集中源からのレーザビームを分配するか、または車両の大きく多様な部分の周辺からのレーザビームを集めるように機能することができる。別ウィンドウ（タブ）の大きな表示で見るレンズ 2160a を有する図 22A のビームガイド 2141b は、基板 2220 に取り付けられている。入射レーザビームは、基板に近接してまたは平行に移動することができる。基材 2220 は、車両の外部パネル（例えば、図 21E の屋根パネル 2155）とすることができる。図 22B において、ビームガイド 2141c は、2つの車両パネル（例えば、パネル 2156 および屋根パネル 2155）、反射器 2150a およびレンズ 2160a を備える。図 22B のビームガイドでは、固体 LIDAR 2120c からの入射レーザビーム 2145b は、本体パネル（例えば、2155）の前面 2227 の後ろを進む。車体パネルの前面は、車両と車両周囲の環境との間の面として定義することができる。別の態様では、少なくとも 1つの非光透過性内面（例えば、不透明または反射面 2225）が、身体パネル（例えば、2155）の前面（例えば、2227）の後ろに配置される。ビームガイド 2141c において、反射器は、前面 2227 の内側の内面 2225 に取り付けられ、または内面 2225 に埋め込まれる。反射器 2150a は、入射角度の範囲を有する入力ビームの範囲を誘導する働きをする。出力ビーム角度の対応する範囲を形成する。レンズ 2160a は、レーザビーム 2180b を屈折させるか、または単に透過することができる。レンズ 2160a は、ビームガイドの端部でパネル 2156 と 2155 との間隙を封止するように機能することができる。パネル 2155 および反射器 2150a の内面 2225 は、不透明または反射コーティングまたはテープでパネル 2155 を機能化することによって形成することができる。空洞 2152a は、本体パネル 2155 の外面 2227 の背後に位置する内面 2255 と 2226 との間の空間または領域として定義することができる。ビームガイド 2141c の実施形態では、空洞は、レーザビームの経路に沿って LIDAR におけるレーザ入力点とレンズにおける出力点との間の線によって形成される方向）を有する。空洞は、内面 2225 に垂直な方向に薄く（例えば、1mm から 10cm まで）することができる。表面 2225 および 2226 がレーザビームの進行方向に沿って平行に保たれる場合、実質的に均一な厚さを有することができる。キャビティ 2152a は、本体パネル 2155 および 2156 によって少なくとも部分的に囲まれ、それにより、キャビティが汚れないようにすることができ、またはレーザの分布または集まりを妨げる障害物を排除することができる。例えば、LIDAR 2120b をキャビティ 2152a に封入することにより、車両の寿命を通してレーザ分配経路（例えば、ビーム 2145c 用）にほこり及び異物が無いようにすることができる。レンズ 2160a は、LIDAR 2120b の開口部よりも大きな表面積を有する本体パネル 2155 の縁部にある細長いストリップとすることができ、それによって、レンズの外面に蓄積する汚れおよび破片からの耐性を高めることができる。図 1 は、図 23 は、本開示の一実施形態による車両一体型レーザ分配システムの様々な構成要素の分解図である。4つの細長いレンズ 2160a、2160b、2160c および 2160d が、車両ルーフの縁部に配置されている。レンズは、車両の窓またはフロントガラスの後ろに一体化することができる。例えば、多くの車両は、フロントガラスによって保護されているリアウインドシールドの

10

20

30

40

50

内側に、第3のリアブレイクライト用のレンズを組み込んでいる。レンズ2160dは同様にフロントガラスの後ろに配置することができる。一実施形態では、1つまたは複数のレンズを、ブレイクライトまたはヘッドライト用の既存のレンズとすることができる。1組の反射器は、狭い（例えば、1インチ）キャビティの反対側に配置された2つの実質的に対向するサブセット（例えば、2150fおよび2150g）に配置することができる。リフレクタサブセット2150fおよび2150gは、ヘッドライトリフレクタに使用されるのと同様のメタリックプラスチックとすることができる。リフレクタサブセット2150fおよび2150gは、車体の研磨された金属部分（例えばパネル）であってもよく、または、リフレクタサブセット2150fを屋根パネル2155fに取り付けてもよい。またはフレーム（例えば、ピラーまたはBピラー）。空洞2152aは、金属屋根支持体2310のような広範囲の伝統的な構造支持要素を含むことができる。一態様において、車両屋根支持体（例えば2310）の穴または開口部2320は、レーザービームがレーザー分配システム。

10

【0136】

図22Cを参照すると、自動車製造業者は、リフレクタおよびレンズを含む密封されたヘッドライトユニットをますます実装している。ビームガイド2141dは、2つ以上の非透過面2225および2226、レンズ2160a、および基板2230上に配置された1つまたは複数の反射器（例えば、2150aおよび2150d）を含む密封または半密封されたビームガイドを示す。1つまたは複数の基板2230（例えば、成形ポリマーまたは成形金属）の一部とすることができる。基板2230は、封止されたヘッドライトと同様にレンズに封止され、それにより、密閉されたビームガイド2141dに塵や水分が侵入するのを防ぐように設計された防水シールを提供する。ビームガイドの入口で、LIDAR2120aは、基板2230と密接に接触することができる。基板2230は、様々な取り付け技術（例えば、リベット、ねじ、スペーサ）を使用して車両フレーム（例えば2240）に取り付けることができる。一例では、密封されたビームガイド2141dは、ヘッドライトリフレクタと同様の単一の金属化ポリマー基板とすることができ、入射レーザービームをレンズに導くように設計されている。

20

【0137】

いくつかの実施形態では、ビームガイドは、光が移動することができるキャビティを備え、キャビティは、車体パネルの前面の背後に位置する2つ以上の実質的に対向する非光透過面の間に配置される。ビームガイドは、入力角度を有するレーザービームを受け入れるための第1の端部と、レーザービームを透過させるための第2の端部のレンズとをさらに備え、レンズからレーザービームを送信すると、レーザービームは、入力方向（例えば、ビーム2145cの方向）に基づいて、直接測距点のセットの外側の点に当たる方向（例えば、ビーム2180bの方向）に移動する。レーザービームは、2つ以上の実質的に対向する非光透過面の1つ以上の反射部分によってキャビティに沿って案内され得る。

30

【0138】

図23は、本開示の一実施形態による車両一体型レーザー分配システムの様々な構成要素の分解図である。4つの細長いレンズ2160a、2160b、2160cおよび2160dが、車両ルーフの縁部に配置されている。レンズは、車両の窓またはフロントガラスの後ろに一体化することができる。例えば、多くの車両は、フロントガラスによって保護されているリアウインドシールドの内側に、第3のリアブレイクライト用のレンズを組み込んでいる。レンズ2160dは同様にフロントガラスの後ろに配置することができる。一実施形態では、1つまたは複数のレンズを、ブレイクライトまたはヘッドライト用の既存のレンズとすることができる。1組の反射器は、狭い（例えば、1インチ）キャビティの反対側に配置された2つの実質的に対向するサブセット（例えば、2150fおよび2150g）に配置することができる。リフレクタサブセット2150fおよび2150gは、ヘッドライトリフレクタに使用されるのと同様のメタリックプラスチックとすることができる。リフレクタサブセット2150fおよび2150gは、車体の研磨された金属部分（例えばパネル）であってもよく、または、リフレクタサブセット2150fを屋根

40

50

パネル 2 1 5 5 f に取り付けてもよい。またはフレーム（例えば、ピラーまたは B ピラー）。空洞 2 1 5 2 a は、金属屋根支持体 2 3 1 0 のような広範囲の伝統的な構造支持要素を含むことができる。一態様において、車両屋根支持体（例えば 2 3 1 0）の穴または開口部 2 3 2 0 は、レーザビームがレーザ分配システム。

【 0 1 3 9 】

図 2 4 A は、複数の面（例えば、2 4 1 0 a、2 4 1 0 b、2 4 1 0 c、2 4 1 0 d、2 4 1 0 e、2 4 1 0 f）を示し、それぞれが、レーザ L I D A R 2 1 2 0 a の直接 F O V の外にある物体からの間接反射が、本開示の一実施形態による車両一体型レーザ分配システムの様々な構成要素を使用して L I D A R に提供されてもよい。各平面（例えば、2 4 1 0 a）は、方位平面内の様々な角度での複数の出力方向と、高さ平面内の一定の角度とを含む。平面 2 4 1 0 a ~ f は、レーザパルス及び反射が車両を越えて測距位置へ及びそこから移動することができる測距領域（即ち、3 次元空間）の部分も示している。図 2 4 B は、車両の前方の低仰角でレーザ反射を提供するように動作可能な追加の平面 2 4 1 0 h と、車両の後ろの低い仰角からの反射を提供するように動作可能な平面 2 4 1 0 g とを示す。これらの低い仰角面（例えば、2 4 1 0 a）は、駐車（例えば、ガレージ及びコンパクト駐車場）に特に有益であり得る。低仰角面（例えば、2 4 1 0 a）はまた、高い点から発散し、したがって、側面に取り付けられた L I D A R が行うように広い弧を張る必要なしに、全面を地面に結像することができるという利点を有する。

【 0 1 4 0 】

図 2 5 は、L I D A R および細長いレンズを含む車両一体型レーザ分配システムのいくつかの構成要素を示す。細長いレンズ 2 1 6 0 a は、車体パネル（例えば、2 1 5 5）の縁部に配置することができる。乗用車では、ルーフパネル 2 1 5 5 とサイドパネル 2 5 1 0 との間の接合部に成形ストリップを有し、パネル間の接合部を覆うことが一般的である。細長いレンズ 2 1 6 0 a は、ルーフパネル 2 1 5 5 とサイドパネル 2 5 1 0 との間の接合領域 2 5 2 0 内に配置することができる。この配置の選択により、レーザ光線を屋根パネルの上に、または屋根パネルの下に、またはルーフパネルの下に（例えば 2 1 D）。図 2 5 および図 2 6 を参照すると、レンズ 2 1 6 0 a は、様々な方法でレーザビームを送信するように動作可能な様々な特徴を有することができる。例えば、平坦部分 2 5 1 0 は、同じ方向を有する出力ビーム 2 1 8 0 e として入力レーザビーム 2 1 4 5 b を送信し、それによって直接 F O V に寄与することができる。入力レーザビーム 2 1 4 5 d は、レンズ 2 1 6 0 a のセクション 2 5 2 0 によって拡大され、それにより、より大きなレーザスポットサイズ 2 1 8 0 d を生成することができる。より大きいスポットサイズ 2 1 8 0 d は、小さなスポットサイズよりも多くの物体からの反射を提供することによって物体検出に有用であり得る。入力レーザビーム 2 1 4 5 c は、反射器 2 1 5 0 b によって反射され、レンズ 2 1 6 0 a の部分 2 5 3 0 によって屈折され、出力ビーム 2 1 8 0 c を生成することができる。図 2 6 は、レンズ、L I D A R、およびルーフパネル 2 1 5 5 に組み込まれたリフレクタ 2 1 5 0 b を含む車両一体型レーザ分配システムを示す。図 2 6 において、出力ビーム 2 1 8 0 c は、ダイレクト F O V の外側の間接レーザ測定領域 2 6 1 0 を通って進み、間接反射位置（例えば、2 6 2 0）。このようにして、車両 2 1 6 0 a に一体化されたレンズ 2 1 6 0 a は、反射位置の範囲を L I D A R 2 1 2 0 a の F O V 外の位置に広げることができ、または車両によって覆い隠された F O V の一部分を補償することができる。このようにして、レンズ 2 1 6 0 a は、レーザ反射のための間接的な経路を提供することによって、遮光されていない部分に F O V の他の部分を遮ることができる。入力ビーム 2 1 4 5 e は、車両を越えて直接 F O V 内を移動することができる。図 2 6 のレーザ分配システムの一実施形態では、F O V の大部分は、従来の回転 L I D A R と同様の直接 F O V から構成することができる。1 つまたは複数の仰角では、方位角の範囲（例えば、図 2 5 の 2 1 9 0）が車両一体化レーザ分配システムと相互作用し、それによって車両形状に適合するように複雑な方法で分散させることができる（例えば、ブラインドスポットなどの特定の領域で解像度を向上させるために角度分解能を集中させるか、または拡大する）。

10

20

30

40

50

【0141】

図27Aは車両一体型レーザ分配システムが車両に組み込まれたものを図形化、現時点での実施形態においてそれは車両の天井に装着され、レーザーレンジファインダーとビームガイドが搭載されている。カルフォルニア州サニーヴェールはQuangy社のLIDAR S3モデルと違い、LIDAR 2120bはソリッドステート型で有りながら可動部を有していない。主にソリッドステート型LIDARは視野方位角範囲に制限(例:前方方向より+25度と-25度)がある事が多い。その結果、LIDAR 2120bは直接視野において2110車両後方範囲をカバーしきれない恐れがある。LIDAR 2120bは直接視野を測距定し、2125cは平面オブジェクトでの間接測距、さらに2410gと2410hは直接視野を超えた重要な盲点(例:車両の車線変更のため)に役立たせる。車両一体型レーザ分配システムはLIDAR 2120bで構成される:2150gと2150fであるリフレクター、そしてレンズ2160eを曲げる。リフレクター2150gはLIDAR 2120bの視野を幾ばくか反射する事でレーザービームを車両パネル2156に実質並行及び近くにガイドし、レンズ2160eを経由し平面2410gに伝道される。例えば、特定の方位角(例:LIDAR 2120b前方方向からみて20-25度)と一つまたは複数の仰角(例:地面より+20度)はリフレクター2150gによって反射され、レンズ2160eによって屈折し間接レーザー測距平面2410gが作成される。これによりビームガイドは車両内での狭い角度範囲(例:5-10度)からレーザーパルスをより広域角度範囲(例:30-60度)に車両周辺の間接レーザー測距範囲を拡大する事が可能である。

【0142】

いくつかの実施形態では一つまたは複数のリフレクターは再配置可能(例:電動化)である。様々なLIDARは方位角を作成するための高速回転鏡を搭載しているが、車両一体型レーザ分配システムの鏡はレーザー測定範囲または間接視野の平面(例:2410g)を変更するために再配置が可能だ。リフレクターは車両の状態変化(例:バックに入れる、基準スピードを超えて走行する)に対応して再配置する事が可能である。位置情報やセンサーデータ(例:カメラ映像またはレーダーデータ)、特定の動作(例:駐車動作)または危険(例:縁石や他車両のサイドミラー)に対する反応をリフレクターの再配置をする事で対応可能である。例えば、車両2110が駐車しようとしているデータに対応して車両一体型レーザ分配システムはリフレクター2150gを駐車目的のために再配置する。リフレクター2150gの再配置はインプットレーザービームをある配置(例:2530)のレンズ2160eを通じて低い仰角(例:地面に向けて)に向けてレーザーを屈折する事ができる。これにより車両一体型レーザ分配システムは様々な危険(例:駐車中におけるガレージ内の障害物等)に対して柔軟に対応可能。同車両一体型レーザ分配システムはリフレクター(例:2150g-2150h)を車両2110の高速道路走行に対応するため、仰角2410gと2410hを上げてより長距離における盲点検知を可能とする。また、平面2410gと2410hは背面検知拡張のためにも用いられる。

【0143】

図27BはLIDAR 2120a及びレンズ2160eを搭載した車両一体型レーザ分配システムを図に表したものである。レンズ2160eはLIDAR 2198aの視野からカーテン状の平面2410iに対し光を狭い仰角に屈折する。カーテン状の平面2410iはインプット角度範囲(例:2190)に対応するように狭いアウトプット角度範囲(例:2195)を定めてレンズ2160eに照射する事ができる。なお、レンズ2160eは広い範囲の方位角(例:図27Bに示される通り2180°)も照射可能である。この方法を用いると平面2410iは非常に車両2110に近い障害物を狭い仰角で効率的に探知する事ができる。仰角範囲は視野閉塞された部分()から選択可能だ。そのため、図27Bに示されるデザインなら視野閉塞が起きている部分を用いて車両2110に近い障害物(例:歩行者、縁石、乱雑なガレージ内の置物等)のイメージング目的で効率よく再利用できる。それに比べ、サイドマウント型LIDAR(例:2120d)は広い仰角範囲(例:2116)を必要とし、車両2110と同じ領域(例:2125d)の測距

をするために広い方位角（図解無し）を必要とする。

【0144】

図27Cは車両一体型レーザ分配システムの別実施形態で車両2110天井下の部分的にLIDAR2120aを搭載、さらにレンズ2160fはLIDARの直接視野より広い平面2410iにレーザー測距をする。実施形態図27Cのレンズ2160fとLIDAR直接視野の一部は車両2110の天井の下に埋め込まれている。このデザインはレンズ2160fをルーファインの下（例：背面ガラスの裏）に搭載する事ができる。また、このデザインなら車両一体型レーザ分配システムがブレーキライトに関連するレンズを一部または全てをレンズ2160iとして使用可能である。LIDAR2120aの一部視野は車両2110ルーフパネルの下にレンズ2160fのために割り振る事も可能である。もう一部のLIDAR視野はルーフパネルの上で直接視野を網羅する。

10

【0145】

図28はLIDARの間接視野を網羅するためにフロントパネル（例：バンパー、フードとグリル）の裏に車両一体型レーザ分配システムを搭載した車両の模範的な図である。ソリッドステート型LIDAR2120bの視野は方位角面の角度範囲2118と仰角面角度範囲（図28に図解無し）から成立する。角度範囲2127cによって成立する直接視野は障害物の直接測距をレーザー測定範囲2125cで達成する。角度範囲2118のサブセット（例：サブセット2820）は直接視野（市販のLIDARが検知できる角度範囲）が検知できない一つまたは複数の間接レーザー測定範囲（例：2810）の間接測距に特化する。また、間接視野は様々な方角、範囲2820にある方位角、そしてLIDAR2120b視野の仰角（例：地面より+20°と20°）によって成立する。図28の実施形態では車両2110のフロントパネル2805（例：フロントバンパー）の裏に設置されたりフレクター（例：2150h、2150i、2150j、2150k及び2150l）によって方位角2820のレーザーが反射される。方位角2820にあるレーザービームはフロントパネル2805と実質平行に反射する。そのリフレクターのセットはヘッドライト構成に似たプラスチック基板にマウントされている。図28の実施形態において方位角範囲2820から反射されたレーザーは最終リフレクター2150mとレンズ2160fによってアウトプット仰角範囲2830を経て領域2810に反射する。この時リフレクターを（例：2150h、2150i、2150j、2150k及び2150l）固定配置する事で車両の組み立て時に固定的に設置する事も可能である。例えば、リフレクターを車両バンパーの発泡衝撃吸収材（例：フォームブロック）に埋め込む等ができる。他のリフレクター、例えばインプットまたはアウトプット側のビームガイド2150mは再配置（例：手動または電動配置）をする事も可能である。この可動あるいは電動リフレクターは角度範囲2830を動的に再構成し続ける事で様々な領域2810を作成する。複数の実施形態では領域2810は直接視野（角度範囲2127cから成立）から探知できる範囲（例：2125c）より独立、なお一部のケースでLIDAR2120bの直接視野（角度範囲2118から成立）から完全に外れた領域を指す。他の実施形態では連続リフレクター2150o及び2150nをボディーパネル2805配下の細い空間に対角する様に設置し、レーザービームをレンズ2160gに反射するように設計されている。

20

30

40

【0146】

図29は車両マウント型ビームガイドを用いて拡大測距レーザーレンジファインダー（合計レーザー測定範囲または閉塞されていない直接視野の拡大）を達成するためのプロセス2900を表している。

【0147】

ブロック2910にてLIDARの設置及び車両に取り付けによるLIDARの視野が設定される。ブロック2920にてアダプターが設置され、多少LIDARの視野範囲に収まる場所にアダプターを設置する。アダプターは視野の一部からレーザービームを車両に設置されたビームガイドに伝導する役割を果たす。

【0148】

50

ブロック 2 9 3 0 にて、L I D A R が照射するレーザーのインプット方角は視野の範囲内に設定される。

【 0 1 4 9 】

ブロック 2 9 4 0 にてレーザービームはビームガイドに伝導されるが、ビームガイドはレンズ及びリフレクター 2 セットによって構成され、L I D A R から離れている。

【 0 1 5 0 】

ブロック 2 9 5 0 にてレーザービームは車両ボディーパネル裏で 2 対のリフレクターの間にあるレーザー伝導媒体によって伝導される。実施形態によっては手法 2 9 0 0 のリフレクターセットはそれぞれ一つのリフレクターから構成される。また他の実施形態では最初のセットにある各リフレクターは平面状態で基盤（例：ポリマーあるいは金属）に張り付いており、各自同じ設計となっている。さらに別の実施形態では 2 セットあるリフレクターの各リフレクターは一つの基盤の一部、あるいは張り付いている設計だ（例：一体型ポリマー基盤に各リフレクターセットが対面に張り付いている）。実施形態によってリフレクターセットは各セットにリフレクターが一つずつしかない状態で一つの基盤の一部になっている、あるいは張り付いている設計もある（例：一体型ポリマーあるいは金属基盤に付いた二つの細長い反射体を用いてレーザービームを伝導）。また、一部の実施形態は 2 つのリフレクターセットの間にレーザービームを伝導する際、最低 5 0 c m 相当の距離をボディーパネルから伝導する事ができる。

【 0 1 5 1 】

ブロック 2 9 6 0 にてレーザービームはレンズを通じてアウトプットされるが、インプット方向によってアウトプットの向きが決定し、ビームガイドによってレーザービームの反射位置を車両の直接反射位置の境目より遠方に伝導する（すなわち、L I D A R の直線照射方向から測定できる直接測距レーザー測定範囲を除いた測定位置）。

【 0 1 5 2 】

図 2 9 B は車両マウント型ビームガイドを用いた拡大測距レーザーレンジファインダーを実現する別手段 2 9 0 5 を表している。

【 0 1 5 3 】

ブロック 2 9 4 5 にてレーザービームはビームガイドに伝導されるが、L I D A R から独立しているビームガイドはレンズ付属がかつ車両に搭載されている。そのビームガイドは L I D A R に向けられるインプットレーザービーム角度範囲をレンズによってアウトプットレーザービーム角度範囲に変換する。これはレンズがビームガイドにおけるリフレクターの役割を果たし、レンズがレーザービームの屈折、複数のリフレクター、レンズまたはプリズムでもある。

ブロック 2 9 6 5 にてレーザービームは車両に取りつけられたレンズを通じてアウトプットされるが、インプット方向によってアウトプットの向きが決定し、アウトプット方向によってレーザービームが車両視野の直線照射方向の境目より遠方に伝導する。

【 0 1 5 4 】

図 3 8 A は L I D A R 電子回路 3 8 2 0、アダプター 3 8 1 0 及びリアハウジング 3 8 3 0 から構成する L I D A R 3 8 0 1 を図に表したものである。L I D A R 3 8 0 1 の視野はレーザービームが照射できる方向全てを網羅する。アダプター 3 8 1 0 は L I D A R 電子回路 3 8 2 0 の前方に設置する事で L I D A R 3 8 0 1 の役割を特定のビームガイド向けに対応・設定・カスタマイズ（例：特定のモデル、型の車両に設置されたビームガイド）された車両搭載型車両一体型レーザ分配システム、または車両搭載型レーザー反射収集システムに設定する事ができる。L I D A R 電子回路 3 8 2 0 は光フェーズドアレイ（O P A）を組み込めばレーザービームを様々な方向に照射し視野を構成する事が可能である。L I D A R 3 8 0 1 は最初のサブセットレーザービームを直接周辺に照射する事で障害物の直接レーザー測距を L I D A R 電子回路 3 8 2 0 の前方で可能とする。アダプター 3 8 2 0 全面 3 8 3 5 の一部を L I D A R 電子回路 3 8 2 0 の照射するレーザービームが通過する事で直接レーザー測距を補助する役割を果たす。

【 0 1 5 5 】

アダプター 3810 は一つまたは複数のレーザービームガイドに二つ目のレーザーサブセットを伝導する役割を持つ。一つまたはそれ以上の窓口あるいは透明窓 3840 a c はレーザービームを通過する事で (例: ガラス製) 一つまたは複数のビームガイドにレーザービームを伝導する事が可能である (例: 図 21D のビームガイド 2141 a または図 22A のビームガイド 2141 b)。なお、アダプター 3810 の利点は車両メーカーは数ある標準またはカスタム型アダプターを選択でき、その数と配置を搭載型車両一体型レーザ分配システムのレーザービームガイドに合わせる事が可能である。L I D A R 電子回路 3820 に合わせて標準またはカスタム型アダプター集合体のデザインが可能である。そうする事で、L I D A R メーカーは L I D A R 電子回路体を開発・改良し、車両メーカーは L I D A R 電子回路 3820 (例: 一度のスキャンで計測できるポイント数、視野の方位角と仰角範囲) の視野に関する基礎的知識を以ってしてアダプター 3810 を開発あるいは選択する事ができる。同じく、車両メーカーはアダプター 3810 を元にアダプター 3810 からレーザービームを収集するビームガイドのデザイン (例: 図 28 の 215101 に見られるようなりフレクターの配置) を開発する事が可能である。アダプター 3810 は高周波やマイクロ波のガイドをする R F コネクタに似た機能を有している。アダプターの特徴の一つで、コネクタシェルをビームガイドの配置場所のガイドライン及び車両・L I D A R への設置ポイントとして使用される。

【0156】

図 38B は L I D A R アダプター 3810 の表面 3850 から直接視野内の複数箇所 (例: 3860 a 及び 3860 b) にレーザービームを伝導し、レーザービーム 3870 をアウトプット方向 3875 を経てビームガイドに反射または屈折する様子を図に表している。

【0157】

図 38C はアダプター 3810 が視野 3880 の直接領域と視野の間接領域 3890 a 及び 3890 b の表面 (例: 図 38B における 3860 a 及び 3860 b) で反射・屈折し、最終的に角度範囲 3895 a 及び 3895 b を形成した後にレーザービームガイドに伝導される様子を図で表している。

【0158】

図 39 は車両 L I D A R 視程の測距範囲外から複数方面より反射されるレーザーによってもたらされた直接視野及び間接視野を含む L I D A R の視野を図で表している。L I D A R 110 から照射されるレーザービームは直接視野 3980 方面に伝導され、直接測距ポイントの集合体内のポイント (例: 150 d あるいは 150 e) に直線で伝導される。また、L I D A R 110 の視野 3910 は領域 3890 a 及び 3890 b にガイドされたレーザービームによって構成された間接視野を含んでいる。例えば、図 39 では方位角の範囲 0 10° と 50 60° は順番にリフレクター (例: 図 38B における 3860 a 及び 3860 b) に飛ばされ、アダプターの窓口 (例: 図 38A における 3840 a) を通り抜けてレーザービームガイドに到達する。直接測距ポイント集合体を外れたポイントからの反射 (レーザーが直線で反射されるポイントの集合体の事) は 3920 a 及び 3920 b の様な盲点、前方低地上高 3920 c や背面反射 3920 d などを含む間接測距領域を構成する。間接領域 3890 a や 3890 b は搭載された L I D A R の閉塞された部分にオーバーラップするように選択する事が可能である。そのため、図 38A に見られるアダプター 3810 は L I D A R の閉塞された一部視野を効果的に再利用できるため、車両の視野範囲を網羅するために必要な L I D A R の数を減らす事ができる。

【0159】

レーザーレンジファインダー付属ダイナミック計測開口

図 30A では動的操縦されたレーザーレンジファインダー 3010 (例: L I D A R または 3D レーザースキャナ) が空間光変調器 3030 を用いて電子制御開口 (例: 窓口) をレーザー受信部の視野に作り、その開口の位置は対応する操縦可能なレーザーの位置情報を元に電子的に設定されたものである事に関連した技術を図で表している。L I D A R における一つの課題はレーザー検知器視野にある様々な発光あるいは明度の高い障害物か

10

20

30

40

50

らレーザー反射を識別する事にある。機械式操縦 L I D A R (例: カルフォルニア州 V e l o d y n e L I D A R s または M o r g a n H i l l 社製 H D L 6 4 E) はレーザー送信機 (例: レーザーダイオード) をレーザー受信機 (例: P I N フォトダイオード) のレーザー導線に沿った小さな領域に焦点を合わせるように向ける事ができる。これにより L I D A R レーザー検知器をレーザー送信機へ方向に対して効率的に焦点を合わせる事が可能である。機械式 L I D A R 送信機とレーザー検知器は機軸を元に 3 6 0 ° 視野が達成可能となる。この方式の利点はレーザー検知器が常にレーザー反射を受信できる方向に向けられている事にある。それにより、機械式 L I D A R のレーザー検知器は検知器が瞬間的に向いている方向の外にある眩しい光源 (例: 太陽や車両ヘッドライト) に対抗できるデザインとなっている。

10

【 0 1 6 0 】

それに比べて、ソリッドステート型 L I D A R (例: カルフォルニア州サニーヴエール Q u a n e r g y 社の S 3 モデル) のレーザー検知器は幅広い視野から光を受信可能である。例えば、方位角面に 5 0 ° 視野を持つソリッドステート型 L I D A R はレーザービームを視野内で操縦できるが同時に視野内の全ポイントから光を受信する事もある。この場合レーザー検知器は視野内にある光源の影響を一度に受けてしまう事がある。これは電荷飽和状態を招き、電荷結合素子 (C C D) アレイの様なよりコストパフォーマンスの高いレーザー検知器電子回路の利用を妨げる恐れがある。 C C D はとりわけ飽和電荷量が低いとされているがそのため、飽和電荷量が小さい C C D は飽和状態に達した時光量が飽和する。フォトダイオードアレイ (P D A) は C C D に比べ電荷飽和量が多いため多くの L I D A R に利用されている。自動車両の多くに L I D A R は利用され、 L I D A R レーザー検知器における明るい光源 (例: ヘッドライトや太陽等) や他レーザー供給源 (例: 他 L I D A R や D o S 攻撃) への耐久性を大幅に改善できるとされている。

20

【 0 1 6 1 】

ある実施形態では現存技術と電子操縦開口により L I D A R レーザー検知器は動的に推定されるレーザー位置情報から受信可能な光量を制限する事で視野をコントロールする事が可能である。電子操縦開口は空間光変調器 (S L M) の複数のセグメントを以ってして光透過性を電子的に制御 (例: 液晶アレイセグメント) する事が可能である。セグメントのサブセットを暗色化する事でレーザー検知器に到達する予想されたレーザー反射光の範囲外から来た光を遮断する。図 3 0 A 及び図 3 0 B に戻るが、動的操縦型レーザーレンジファインダー 3 0 1 0 は操縦可能なレーザー送信機 3 0 1 5 の様な光フェーズドアレイ (O P A) を利用する事ができる。操縦可能なレーザー送信機 3 0 1 5 はレーザー、レーザースプリッター、多モード干渉カブラ、光移相器 (例: 線形抵抗加熱電極)、スプリットを結合するための面外光結合器、位相シフトビームをアウトプットレーザービームとして操縦方向に向けると言った要素で構成されている。動的操縦レーザーレンジファインダー 3 0 1 0 は光検出器 3 0 2 0 (例: P I N フォトダイオード、アバランシェフォトダイオードまたは C C D アレイ) を含んでいる。空間光変調器 (S L M) は光検出器 3 0 2 0 の前方 (例: 光検出器 3 0 2 0 の視野内) に設置する事ができる。また S L M は光透過性を電子制御できる複数のセグメント (例: セグメント 3 0 3 2) で出来ている。模範的な S L M はセグメントの中に複数のコンポーネントを持っており、それは L C D アレイの様な酸化インジウムスズを含むガラス基板を用いて各セグメントの境目を作り、液晶レイヤー、レーザー波長を含む波長範囲を選別する偏光板と色フィルタで構成されている。動的操縦レーザーレンジファインダー 3 0 1 0 は周辺の光を光検出器 3 0 2 0 に焦点を合わせるレンズを含んでいる。また、動的操縦レーザーレンジファインダー 3 0 1 0 は制御回路 3 0 2 5 も含んでいる。制御回路 3 0 2 5 はレーザーステアリングパラメータを作成または受信する事でレーザーをどうステアリング (例: 方向、軌道、またはレーザースキャンすべき領域) するべきかを決定する。制御回路 3 0 2 5 はさらにコマンドや信号を操縦可能なレーザー送信機 3 0 1 5 に転送し操縦可能なレーザー送信機からレーザービームを照射する。また、制御回路 3 0 2 5 は S L M 3 0 3 0 に開口 3 0 6 0 a を作成する事も制御する。開口は非ゼロサブセットセグメント (例: 3 0 3 2) を以ってして光検出器 3 0 2

30

40

50

0 視野から到達する最初の光を遮断し、次に視野から到達するレーザー照射方向データから発生したと思われる小さい光を伝導する。図 3 0 A の実施形態にて遮断された視野は電子制御セグメントの非ゼロサブセットに電圧をかける事で液晶を一つまたは複数の偏光板に対して回転させた上でセグメントに光を通過させない状態を発生させる。すなわち、多くのセグメントサブセットは視野から届く光を電子的に遮光（例：3 0 7 0）し、さらに車両 3 0 7 5 や太陽 3 0 8 0 から遮光する事ができる。

【 0 1 6 2 】

図 3 0 B は光検出器 3 0 2 0 と S L M 3 0 3 0 を図で表している。光検出器 3 0 2 0 の一部視野は角度範囲 3 0 8 5 で表現されているが、S L M の開口 3 0 6 0 a を通じて光を受信する。光検出器 3 0 2 0 のもう一部の視野は角度範囲 3 0 9 0 の構成によって遮断されてお

10

【 0 1 6 3 】

図 3 1 は動的操縦レーザーレンジファインダー 3 0 1 0 の複数コンポーネントを図で表している。制御回路 3 0 2 5 はレーザーステアリングパラメータ生成・変更器 3 1 1 0 を用いて操縦可能なレーザー送信機 3 0 1 5 のためにレーザーステアリングパラメータを受信または生成する。例えば、レーザーステアリングパラメータ生成器 3 1 1 0 は 1 0 ミルビーム発散相当のレーザービームを高頻度で出力し、スポットサイズが半径 5 ミリのレーザーを送信機視野にて左右上下 1 0 H z スキャンレートでスキャンする命令を受信することもある。あるいは、レーザーステアリングパラメータ生成・変更器 3 1 1 0 はレーザーステアリングパラメータのレーザースキャン軌道を生成・変更し、直列軌道ポイント、直列レーザーパルスの位置を用いてレーザー送信機が特定のポイント密度・スキャンレートでレーザー

20

【 0 1 6 4 】

図 3 2 は他の開口形状を図で表している。図 3 1 の開口 3 0 6 0 b は 3 0 6 0 a より広い

40

【 0 1 6 5 】

図 3 3 はこの実施形態における模範的なレーザーレンジファインダー 3 0 1 0 の複数コ

50

ンポーネントを図で表している。レーザーレンジファインダー 3010 はセンサーデータプロセッサ 3375 のデータを元にレーザーステアリングパラメータを生成するためにレーザーステアリングパラメータ生成・変更器 3110 を含んでいる。レーザーレンジファインダー 3010 はレーザーポジショナ 3120 をレーザーパルス生成またはレーザービームステアリングをレーザーステアリングパラメータに基づいた視野の一つまたは複数位置をするために含まれる。電子操縦レーザーポジショナ 3120 は一つまたは複数の光遅延線、音響性または熱性レーザーステアリング要素を含んでいる。レーザーレンジファインダー 3010 はレーザー送信機 3015 を含むが、一つまたは複数のレーザービーム 2440 をレーザーポジショナ 3110 によって検知された視野内にある一つまたは複数の位置に照射する。レーザー生成器は一つまたは複数のレーザーダイオード、近赤外レーザーを生成する事ができる。レーザーポジショナ 3120 及びレーザー送信機 3015 はアメリカ国防高等研究計画局の S W E E P E R の様なチップスケール光学走査システムと結合する事が可能である。レーザーレンジファインダー 3010 は一つまたは複数のパルスを入射レーザービーム 3040 から生成できる。また、レーザーレンジファインダー 3010 は一つまたは複数のレーザー反射 3050 を入射レーザービーム 3040 から受信する事ができる。SLM 開口ポジショナはレーザーステアリングパラメータ生成器 3110 からレーザービーム 3040 の方向データを受信する事ができる。様々な実施形態においてレーザービーム 3040 の位置データはこれから来る未来のレーザーパルスであり、それは特定視野にレーザーを向けるべき未来の位置であったり、開口をどこに向けて配置するかの情報でもある。レーザーレンジファインダー 3010 は光検知器 3020 を含み、それは反射された光及び連続レーザービームを検知する。光検知器 3020 は一つまたは複数のフォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、PIN ダイオード、電荷結合素子 (CCD) アレイ、増幅器やレンズを用いて反射された光が予想される狭い視野から入射する光の焦点を合わせる。

【0166】

レーザーレンジファインダー 3010 は飛行時間計算器 3355 を用いてレーザーパルスが物体に照射し反射する飛行時間を計測する。飛行時間計算器 3355 は反射された波と照射されたレーザービーム位相の位相角を比較する事で飛行時間を推定する。飛行時間計算器はアナログ・デジタル変換器を含み、それは反射された光子のアナログ信号をデジタル信号に変換する。レーザーレンジファインダー 3010 は光量計 3360 を有しており、反射された光の強度を計算する。飛行時間計算器はアナログ・デジタル変換器を含み、それは反射された光子のアナログ信号をデジタル信号に変換する。

【0167】

レーザーレンジファインダー 3010 はデータアグリゲーター 3365 を用いて飛行時間計算器 3355 と光量計 2460 から集めたデジタル化データを収集する。データアグリゲーターはデータをパケット単位で収集し、送信機 3370 またはデータプロセッサ 3175 に転送する。レーザーレンジファインダー 3010 には送信機 3370 を含む事でデータを転送する。送信機 3370 はデータを有線またはイーサネットの様なワイヤレスプロトコル、RS232 または 802.11 を用いて様々な分析を行うコンピュータに転送する。

【0168】

レーザーレンジファインダー 3010 はセンサーデータプロセッサ 3375 を含み、それはセンサーデータを用いて視野の特徴や分類を判別するために用いる。例えば、データプロセッサ 3375 は特徴判定器 3380 を用いて障害物の境界線や縁等の視野の特徴を判定する。データプロセッサ 2475 は特徴ローカライザ 3385 を用いてどの領域に境界線や縁があるかを判定する。同じく、分類器 3390 はセンサーデータのパターンを分析し視野内にある障害物を分類する。例えば、分類器 3390 はデータベースにある障害物メモリ 3395 に保存された過去分類済みの障害物や特徴を呼び出し、車両・通行人・建物から反射されたパルスのデータを分類する。

【0169】

図34は空間光変調器3030を用いてレーザーレンジファインダー3010の視野から反射されたレーザービーム反射の位置情報及び光検知器3020の視野を利用して開口を作成するプロセス3400を図に表したものである。ブロック3410では光検知器3020は視野を持つ(例:光検知器が受信する光の方向の集合体)。空間光変調器は視野の一部分に重なる場所に配置される。また、空間光変調器は複数の透過性が電子制御可能なセグメント(例:LCDセクション)を含んでいる。

【0170】

ブロック3420では取得データはレーザービームの方向を指す。レーザービームは光フェーズドアレイ(OPA)の様な操縦可能なレーザー送信器によって電子的に生成される。ブロック3430では非ゼロサブセットの複数のセグメントがレーザービームの方向データによって選択される。ブロック3440では選択されたセグメントのサブセットの透過性は電子制御されている。ブロック3450では空間光変調器の開口はレーザービームの反射を含む視野から生成される。開口は空間光変調器にある透明なセクションであり、少なくとも一部は一つまたは複数の非光透過性セグメントに囲まれている。

10

立ち入り禁止マスクエリア

【0171】

類似技術で図35はレーザーレンジファインダー110は体、頭、目、一人または複数人存在する視野へのレーザービーム照射を動的操縦によって避ける様子を図で表している。レーザーレンジファインダー(例:LIDARと3Dスキャナは近年自動車両のリアルタイム深度マップ作製用途のために人気を博している。LIDARはスマートビルディングにおける人口動態や人物の位置情報の推定に利用できると言われている。それによりこれから多くの人が眼球に向けて突発的にレーザー照射される現象が発生すると思われる(例:インドアLIDARシステム搭載のビル内に人が座っている時)。自動車両においてはレーザー強度を上げる事でLIDAR範囲(例:100mから200m)を拡大する事に関心が寄せられている)。

20

【0172】

近年、電子的操縦可能レーザー及びフェーズドアレイレーザービームフォーミングの進歩により、FOV以内でレーザを動的に操縦することが可能になっている。操縦可能なレーザーは、機械的に操縦可能であり(例えば、レーザを方向転換するために、可動部分を含む)、または電子的に操縦可能である(例えば、多くの方向の1つにビームを形成するために、光フェーズドアレイを含む)。本開示の目的のために、操縦可能なレーザーは、レーザービームの軌道またはパワーレベルを変更することができるレーザアセンブリ(例えば、位置決めコンポーネントを含む)である。この開示の目的のために、入力(例えば、ユーザコマンド)に応答し、それによってFOVの走査中にレーザービームのパワーまたは軌道を動的に変更することができる場合、操縦可能なレーザーは動的に操縦可能である。本開示の目的のために、レーザを動的に操縦することは、FOVの走査中にレーザがレーザービームのパワーまたは軌道を動的に変調するように、入力データを操縦可能なレーザーに提供するプロセスである。例えば、一定の走査速度およびパルスレートでFOVをラスタスキャンするように設計されたレーザアセンブリは、操縦可能なレーザーとして動作しているが、動的に操縦されていない。別の例では、操縦可能なレーザーは、入力信号に基づいて例えば、FOV内の表面上に画像を生成する)、操縦可能なレーザーにFOV内の位置で可変のレーザ出力を生成させる入力信号を提供することによって、動的に操縦される。軌道の変化は、方向変化(すなわち、複数のパルスによって形成される方向)または速度変化(すなわち、レーザがFOVを横切って単一方向にどのくらい速く上進しているか)であり得る。例えば、パルスレーザのFOVを一定の方向に横切って角速度を動的に変化させることにより、インターパルス間隔を増加または減少させ、それによって動的に画定されたレーザパルス密度が生成される。

30

40

【0173】

本開示の文脈では、レーザービームのパワーも軌道も単一スキャン以内に動的に制御する

50

ことができないので、多くの回転 L I D A R は動的に操縦可能なレーザー s を含まない。ところが、回転式または機械式の L I D A R を動的に操作することができる。例えば、F O V のスキャン以内でレーザーパルスレートを動的に変化させる入力データを提供することによって、純結果は、レーザーを誘導または操縦して不均一な密度のレーザーパルスパターンを F O V の特定の部分の中で生成することができるシステムである。

【 0 1 7 4 】

最近、カリフォルニア州サニーベールの Q u a n e r g y I n c . からの S 3 モデルのような電子的に走査された L I D A R は開発されていた。これらのソリッドステートの電子的に走査された L I D A R は可動部分を含まない。可動部分に伴う角運動量の不在は、電子的に走査されたソリッドステート L I D A R システムにおける 1 つ以上のレーザの動的操縦を可能にする。

10

【 0 1 7 5 】

多くのレーザ測距システムでは、レーザは周期的にパルスされ、F O V の中での正確なパルス位置を制御することはできません。それにもかかわらず、周期的パルスレーザは、本開示と使用され、領域内のレーザ滞留時間を増加させることによって、領域を囲むエリアよりも高いパルス密度の複雑な形状の領域を生成する。このようにして、周期的にパルスレーザは、複雑な形状の領域においてより大きな密度のパルスを生成する。他のレーザ測距システムは、連続レーザ信号を送信し、測距は、レーザ光の強度の変化を変調して検波することによって実行される。連続レーザビームシステムでは、飛行時間は、受信されたレーザ信号及び送信されたレーザ信号との間の位相差に正比例する。

20

【 0 1 7 6 】

この技術の 1 つの形態では、動的に操縦可能なレーザーレンジファインダーは、低仰角（例えば、地平線より 20 度下）で、ほとんどの人々の目の高さよりも低い F O V の走査を開始することができる。動的に操縦されるレーザーレンジファインダーは、方位角範囲を走査しながら（例えば、横に掃引しながらゆっくりと上昇する）仰角をゆっくりと増加させることができる。スキャンのある点で、センサデータプロセッサは、スキャンからの初期データに基づいて（例えば、プロセス初期データに基づいて人の脚および胴体を見る）人を含むと推定される F O V の領域を識別することができる。センサデータプロセッサは、人の頭の推定位置に対応するキープアウト領域を定義することができる。回路（例えば、データプロセッサまたはレーザーステアリングパラメータ発生器または遠隔プロセッサに動作可能に結合されたレーザ検出器）は、キープアウト領域位置に少なくとも部分的に基づいて、命令を生成することができ、一つ以上の定義された人々の頭においてレーザパルスを送信することを避けるために命令に基づいて操縦可能なレーザーを動的に操縦する。1 つの代替実施形態では、1 つ以上のセンサ技術（例えば、カメラ、超音波またはレーダ）を使用して、L I D A R の F O V 内の人物の存在および位置を推定し、推定位置を使用してキープアウト領域を生成することができる。レーザーステアリングパラメータ s （例えば、命令）は、キープアウト領域の位置に基づいてレーザーステアリングパラメータを生成または変更することができる。別の代替実施形態では、L I D A R は、前のスキャンに基づいて人物の位置を推定することができる。別の実施形態では、特定することができる F O V 内の位置は、人間の頭部または目（例えば、車のフロントガラスの背後または目の高さ）を含むことができる。一実施形態では、1 つまたは複数のプロセッサが、人々の頭部および目を含む可能性が高い領域の指標に基づいて、1 つまたは複数のキープアウト領域を計算することができる。

30

40

【 0 1 7 7 】

この技術は、例えば次のような目的に使われる。頭や目へレーザが当たるのを減らすことができる。人や動物がいないと判断された場所では、レーザを強めることができる。より安全な環境を提供するために、レーザを大きく動かすことができる。

【 0 1 7 8 】

図 15 を参照すると、レーザ測距装置システムは、視野 F O V 内で操縦可能なレーザを走査することができる。視野角は、水平掃引角および垂直掃引角によって定義することが

50

できる。操縦可能なレーザは、F O Vを走査し、複数のレーザパルスを生成する。いくつかのレーザパルスは物体から反射することがある。図 1 3 の実施形態では、レーザパルスは F O V 内で均等に間隔を置かれている。数レーザ点 (5 6) は、F O V 全体にわたる均一なレーザパルス密度に起因する各対象物から反射する。

【 0 1 7 9 】

図 1 6 は、同じ数のレーザパルスを有する同じ F O V を示しているが、レーザが動的に操縦されて、物体の境界を囲む不均一な密度の高パルスパターンを生成する点が異なる。本技術のいくつかの実施形態は、動作可能なレーザステアリングパラメータを規定して、操縦可能なレーザ (例えば、電子的に操縦可能なレーザ) を誘導して、増加したレーザパルス密度または不均一なパルス密度の領域を生成する。

【 0 1 8 0 】

図 3 5 は、2つの異なる不均一な密度のレーザパルスパターン 3 5 0 5 および 3 5 1 0 を示す。不均一な密度パルスパターン 3 5 0 5 は、人 1 6 0 の頭部を目標とするいくつかのレーザパルス (例えば、1 5 0 a) を含む。不均一な密度パルスパターン 3 5 1 0 は、部分的にキープアウト領域 3 5 2 0 に基づく。不均一なパルス密度パターン 3 5 1 0 のレーザパルスが生成されて、キープアウト領域 3 5 2 0 への方向付けられたパルスを回避する。この開示のために、キープアウト領域はレーザの F O V の一部である。キープアウト領域は、キープアウト領域に基づく F O V の領域内でパルスを生成することを避けるために、操縦可能なレーザへの命令を生成するように使用することができる。キープアウト領域は、境界座標 (例えば、X = 1 0、Y = 2 0 などの F O V 定義コーナー 3 5 3 0 内の点) によって定義することができる。キープアウト領域は、F O V 内の角度範囲のセットと表現される (例えば、方位角平面では + 1 5 度から + 1 0 度、仰角平面では + 0 度から + 5 度までの角度範囲のセットとして表すことができ、それにより正方形領域を定義する)。キープアウト領域は、予め定義された形状の形 (例えば、ヘッド形状のキープアウト領域) からの形状とすることができる。これらの予め定義された形状は、スケール (例えば、もっと大きくされる) であり得、F O V 内の人または動物の存在を示すセンサデータに基づいて F O V 内に位置決めされる。

【 0 1 8 1 】

キープアウト領域 3 5 2 0 は、人の頭部の現在の推定位置または頭部の将来の予想される位置に基づいて、サイズを決めて配置することができる。例えば、図 3 3 のセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 は、いくつかのカメラ画像からデータを受信し、画像の前景内を移動する人を識別することができる。図 3 3 のセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 は、その人の軌道 (例えば歩行速度) を推定し、将来のある時点で人頭を含む可能性のある F O V の領域を包含するように設計されたキープアウト領域を生成することができる。図 3 3 のセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 は、キープアウト領域をレーザステアリングパラメータ発生器 / 変更器 3 1 1 0 に送信して、キープアウト領域を動的に操縦可能な操縦可能なレーザ 3 0 1 5 に動作可能な命令セットに変換することができる。命令により、操縦可能なレーザはキープアウト領域またはキープアウト領域に基づく同様の形状の領域を回避し、それによって人の頭部でレーザを送信することを回避することができる。一実施形態では、図 3 3 のセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 は、計算された基準の集合に基づいて、センサデータを処理し、レーザ命令のリストにアクセスし、レーザ命令を直接修正することができる。このようにして、キープアウト領域は、命令生成中に明示的に定義される必要はないが、キープアウト領域を有するレーザ走査パターンを生成する命令を生成するために使用される基準のセットによって暗黙的に定義されることができる。例えば、図 3 3 のセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 は、カメラからのセンサデータを処理することができ、それによって、不均一密度レーザパルスパターン 3 5 1 0 からポイントのリストを削除してパターン 3 5 2 0 を生成するようにレーザステアリングパラメータ発生器に指示することができる (例えば、ゼロレーザエネルギーを定義するか、またはレーザに電力を供給しないように指示するか、または F O V 内の特定の位置でレーザ増幅器をマスクする)。レーザステアリングパラメータ s 結果 (例えば、命令) は、特定の領域 (すな

10

20

30

40

50

わち、暗黙的に定義されたキーブアウト領域)を回避する不均一密度レーザパルスパターン(例えば3510)を生成することができ、にもかかわらず、キーブアウト領域の境界が図33のセンサデータプロセッサ3375によって明示的に識別されない。別の代替実施形態では、操縦可能なレーザを制御するために提案された方法を使用して、多種多様な識別されたオブジェクト(例えば、人、動物、車両フロントガラス、家の窓)に基づいてキーブアウト領域を定義することができる。

【0182】

図36Aは、回避すべき物体に基づいてレーザパルスを操縦するように動作可能な方法3600を示す。ブロック3610において、方法3600が開始する。ブロック3620において、動的ステアリング機能を備えた操縦可能なレーザの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータが取得される。ブロック3630において、物体の少なくとも一部分の位置が、センサデータに基づいて推定される。ブロック3640において、T3のキーブアウト領域が、物体の少なくとも1つの部分の推定位置に基づいて決定される。ブロック3650において、キーブアウト領域に基づいて命令セットが生成される。ブロック3655において、操縦可能なレーザは命令セットを使用して操縦される。ブロック3660において、方法3600が終了する。

【0183】

図36Bは、回避すべき物体に基づいてレーザを操縦する方法3601を示す。ブロック3610において、方法3600が開始する。ブロック3620において、動的ステアリング機能を備えた操縦可能なレーザの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータが取得される。ブロック3630において、物体の少なくとも一部分の位置が、センサデータに基づいて推定される。ブロック3635において、物体の物体分類が、センサデータに基づいて決定される。例示的な分類には、人物、動物、車両、または建物が含まれ得る。ブロック3645において、T3のキーブアウト領域が、物体の少なくとも1つの部分の推定位置および物体の分類に基づいて決定される。例えば、キーブアウト領域は、人または車両の予想される形状に合わせることができる。関連する実施形態では、分類は、都市環境または農村環境などの環境分類であり得る。例えば、環境分類は都市設定であり、センサデータは車両の進行方向またはヘディングを示すことができる。都市分類と旅行のヘディングの組み合わせは、歩道に歩行者を含むと予想されるFovの部分にキーブアウト領域を生成するために使用することができる。ブロック3650において、キーブアウト領域に基づいて命令セットが生成される。ブロック3655において、操縦可能なレーザは命令セットを使用して操縦される。一例では、キーブアウト領域は、物体の将来または予想される位置を組み込むために、移動する物体の軌跡に基づいている。別の例では、キーブアウト領域は、検出された物体の速度に基づいて計算される。

【0184】

図36Cは、回避すべき物体に基づいてレーザを操縦する方法3602を示す。ブロック3610において、方法3600が開始する。ブロック3620において、動的ステアリング機能を備えた操縦可能なレーザの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータが取得される。ブロック3633において、物体の少なくとも一部分の位置が、センサデータに基づいて推定される。ブロック3643において、センサデータが処理され、視野内の物体の位置を識別し、物体の特定された位置に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータsのセットを生成する。ブロック3653において、操縦可能なレーザはレーザステアリングパラメータsのセットを使用して操縦され、キーブアウト領域を回避する視野内の方向でのレーザパルスのセットを生成する。ブロック3660において、方法3602が終了する。関連する実施形態では、センサデータ(例えば、レーザレンジ測定)は、物体までの距離を示すことができる。方法3600、3601または3602は、さらに、視野内の物体までの距離を決定するためにセンサデータを処理するステップを含むことができる。少なくとも部分的に物体までの距離に基づいてレーザステアリングパラメータsのセットを生成して、その結果レーザステアリングパラメータs機能のセットが物体の距離に少なくとも部分的に基づいてキーブアウト領域のサ

イズを定義するステップを含む。例えば、センサデータが L I D A R から 2 0 m の人物を示す場合、キープアウト領域は、F O V 内の人の位置を中心に、それぞれ 5 度および 1 0 度の仰角および方位角範囲によって定義することができるその人が後で L I D A R から 1 0 m の距離に移動すると、キープアウト領域をそれぞれ仰角方向と方位角方向に 1 0 度と 2 5 度に増加させることができる。

【 0 1 8 5 】

図 3 7 は一つ以上のキープアウト領域に基づいて信号を受信し、マスクされた入力信号をレーザ送信機に提供するように動作可能なキープアウトマスク回路を示す。典型的な回転 L I D A R では、レーザ生成信号 3 7 1 0 がレーザ送信機 / 発生器 3 0 1 5 に供給される。レーザ生成信号は、レーザ送信機 3 0 1 5 に 1 つ以上のレーザパルス 3 7 0 5 を生成 10
させるように機能することができる。レーザ生成信号は、レーザ送信機をオン / オフするために使用されるスイッチを閉じることによって生成される低電力信号（例えば、5 V）であり得る。低出力レーザ生成信号は、レーザ送信器 3 0 1 5 で増幅器への入力として使用され、それによりレーザパルスを生成するように動作可能のもっと強力な電気信号を生成する。レーザパルス 3 7 0 5 は、光学系 3 7 3 0（例えば、ミラー、リフレクタまたはプリズム）を含む回転 L I D A R ヘッド 3 7 2 0 内に移動することができる。回転 L I D A R ヘッド 3 7 2 0 の角度位置は、位置センサ 3 7 4 0 によって測定されることができる。図 3 7 の実施形態では、キープアウトマスク回路 3 7 6 0 は、マスク信号に基づいてレーザ生成信号を動的にマスクし、それによって L I D A R の送信された F O V 内にキープ 20
アウト領域を生成するように機能することができる。位置センサ 3 7 4 0 は、L I D A R ヘッド位置の指示をキープアウト領域メモリに供給することができる。キープアウト領域メモリは、L I D A R ヘッド位置を使用してマスク信号 3 7 5 5 を生成することができるプロセッサの一部とすることができる。一実施形態では、各位置センサ値は、対応するマスク信号値（例えば、マスクされた場合は「0」、マスクされていない場合は「1」）を有することができる。

【 0 1 8 6 】

キープアウト領域メモリは、いくつかまたはすべての可能な位置センサ値に対応するマスク信号値を格納することができる。キープアウト領域メモリ 3 7 5 0 は、図 3 3 のレーザーステアリングパラメータ発生器 / 修飾器 3 1 1 0 またはセンサデータプロセッサ 3 3 7 5 によって更新することができる。キープアウトマスク回路 3 7 6 0 は、キープアウト 30
マスク信号 3 7 5 5 およびレーザ生成信号 3 7 1 0 を受信し、マスクされたレーザ生成信号 3 7 6 5 を生成することができる。マスクされたレーザ生成信号 3 7 6 5 は、位置センサが、L I D A R ヘッド 3 7 2 0 が特定のキープアウト領域の外側に向けられていることを示すとき、レーザ送信器 3 0 1 5 にレーザパルスを送信させ、逆に L I D A R ヘッドがキープアウト領域を指しているとき、レーザパルスを止めさせることができる。システム 3 7 0 0 は、回転する L I D A R ヘッドを有する場合のように、F O V へのレーザパルスの分配が動的に制御可能でない状況において特に有用である。その代わりに、L I D A R ヘッド位置が検知され、レーザ送信機は、キープアウトマスク回路 3 7 6 0 によって動的にゲート制御される。関連する実施形態では、ソリッドステート L I D A R は、シーンを分析し、シーン内の人物を識別し、複雑な形状の 2 D キープアウト領域を生成 40
することができる。例えば、車両の前方を歩いている人の周りに安全マージンを提供するように設計された F O V 内の複雑な形状の 2 D 形状の領域では、ソリッドステート L I D A R は、F O V の走査における対応する間に、レーザ発生器にキープアウトマスク信号を提供することができる。

【 0 1 8 7 】

方向フィードバック付き L I D A R

図 4 0 を参照すると、方向検出ソリッドステート L I D A R 4 0 0 0 は、共通エンクロージャ L I D A R 4 0 0 2 に光位相配列（O P A）4 0 0 5 および方向フィードバック部分組立体 4 0 1 0 を備えることができる。ほとんどの状況において、L I D A R 内のレーザ検出器は、エンクロージャ L I D A R 4 0 0 2 の外側の物体からのレーザ反射を受信す 50

る。方向フィードバック部分組立体4010は、1つまたは複数の校正方向で出力レーザービームを直接検出するように機能することができる。いくつかの実施形態では、方向フィードバック部分組立体4010は、OPAを調整し、それによって自己校正フィードバックに基づくソリッドステートLIDARを提供する制御回路を含むことができる。方向フィードバック部分組立体回路は、1つ以上の校正方向におけるレーザー強度を直接検出し、出力レーザー方向を変更するようにOPAを調整することができる。一態様では、フィードバック回路は、温度または湿度などの環境要因ならびに製造ばらつきを補償するために、電気信号をOPAの位相シフタに調整することができる。別の態様では、電子回路は、回路内のOPAおよびレーザー検出器が、1つまたは複数の校正方向でレーザービームを送信したり、レーザービームを受信することができることを確認するように機能することができる。

10

【0188】

図40を参照すると、OPA4005は、レーザーダイオードなどのレーザー発生器4015と、レーザービームを複数のサブビームに分割する動作可能なレーザスプリッタ4020を備えることができる。複数の位相シフタ4025（例えば、液晶、熱位相シフタまたは位相シフタまたはインジウムリン化合物位相シフタ）は、量を変化させることによって各サブビームを遅延させることができる。合力位相シフトされたサブビームは、一連の導波路またはアンテナ4030を介して結合されて、一次遠方場ローブ4040とともに指向性レーザービームを生成することができる。一態様では、方向フィードバック部分組立体4010は、特定の校正方向4045にOPA4005によって送信されたレーザービームを反射するための反射器4050を備えることができる。他には、複数の反射器4060は、レーザービームを複数の校正方向に反射することができる。反射型の液晶材料の最近の進歩は、電子的に切り替え可能ミラーが可能になったことを作った（例えば、ニューヨークのHopewell JunctionのKent Optoelectronicsから入手可能なelectrotransflector製品ライン）。一態様では、1つの反射器4050または反射器アレイ4060は、電子的に切り替え可能なミラーとすることができる。これらの電子的に切り替え可能なミラーは、スイッチがオンのときに反射器4065に向かってレーザービームを反射するように機能し、オフにされたときにレーザービーム（例えば方向4045に）に透明になり、それによってエンクロージャ4002を越えてレーザービームを通過する。このようにして、電子的に切り替え可能なミラーと共に方向フィードバック部分組立体4010の実施形態は、切り替え可能なミラー4050または4060の反射状態（すなわちON状態）におけるOPAの方向精度を測定するように機能することができる。レーザー検出器4065は、専用のフォトダイオード、またはLIDAR4000のレーザー検出器の少なくとも一部であってもよい。レーザー検出器4065は、反射レーザービームを受け取り、レーザー反射の強度を示す反射信号4080を生成することができる。レーザー反射の強度及び反射信号は、制御回路4070によって期待値と比較することができる。代替制御回路4070は、位相シフタ4025に摂動信号4085を生成することができる。そのためその位相シフタは主ローブ方向4040を変化、それによって校正方向4045における最大強度を引き起こすオフセット調整信号4072を識別し、それによって主ローブ4040が校正方向4045に向けられていることを示す。関連する実施形態では、レーザー検出器4065は、校正方向におけるおおよび同じような方向にレーザーの強度を直接的に検出することができる。オフセット調整信号4072は、LIDARの温度または経年変化による変動を考慮に入れるOPAを調整するように機能することができる。

20

30

40

【0189】

同様に、制御回路は、対応入力校正信号4075が校正方向4045を指すようにOPAを指揮するとき、校正方向に最大強度を提供するようOPAを調整するよう機能することができる。一実施形態では、制御回路4070は、OPAが入力校正信号4075に応答し、レーザービームを校正方向4045に向ける場合、障害インジケータ信号4085（例えば、0.12V値）をアサートすることができる。障害インジケータ信号4085

50

は、制御回路またはレーザ検出器 4065 を、L I D A R 4000 のエンクロージャ 4002 上の障害インジケータピン 4090 に接続することができる。一実施形態では、入力校正信号 4075 とオフセット調整信号の両方は、制御回路 4070 によって生成されることがある。

【0190】

図 41 は、エンクロージャ 4102 内のソリッドステート L I D A R 4100 を示す。O P A 4110 は、ビーム幅 4117 で近接場ビームパターンおよび一次遠距離場ローブ 4115 を生成することができる。L I D A R 4100 は、4130 および 4125 などのピクセルを選択的に透明および不透明にすることができる L C D アレイなどのような選択光変調器 (S L M) 4120 をさらに備えることができる。S L M 4120 は、遠距離場ローブ 4115 のビーム幅をコリメートまたは狭め、コリメートされたビーム 4140 を生成するように機能することができる。コリメートされたレーザビーム 4140 は、コリメートされていない遠方場ローブ 4117 より小さいスポットサイズを有することがあり、したがって、反射ターゲット 4150 の別個の領域から反射することができる。レーザ検出器 4160 は、反射レーザパルス 4155 を受け取り、反射信号 4165 を生成することができる。一態様では、制御回路 4170 は、O P A 4110 を制御して、特定のアパーチャ (例えば、S L M の 4130 のような透明ピクセルのサブセット) に対して最大レーザ強度を生成するために、遠距離場ローブ方向を調整することができる。別の態様では、S L M の開口は変えて、所定の O P A 設定が全遠視野ビーム幅のサブセットを選択的に送信することに対して、レーザ分解能を高めることを取得することができる。例えば、O P A は、10000 の異なるレーザビーム方向を生成することができる。S L M は、400×600 の L C D ピクセルを含むことがあり、それにより 240000 個の異なるコリメートされたレーザビーム 4140 を提供することができる。一実施形態では、O P A は特定のレーザ方向に調整され、一連の S L M 開口形状は遠距離場レーザ断面のサブセットを送信し、それによりレーザ分解能を向上させる。

スマート・テストベクトルでのレーザ走査の計画

【0191】

レーザ測距システムは、1 秒当たり限定的な数のレーザパルスを生成する。しばしば、多くのパルスが F O V の日常的な部分 (例えば道路の空の部分) に向けられ、同時に F O V の別の部分が重要な変化を受けている。多くの L I D A R によって実行される方法的なスキャンパターンは、F O V の興味深く、重要で、または非常に指示的な部分がしばしば不均一に分布し、よく知られていることを考慮すると、損気である。他の場合では、F O V 内の興味深い物体 (例えば、トラック) は、有り触れ、予測され、または変更されない方法 (例えば、一定の相対的な位置) で行動することができる。動的に操縦されるレーザ測距システム (例えば、固体状態の L I D A R) は、対象物を識別し、物体が大きく変化しない方法で動作しているにも関わらず、関心のある物体 (例えば、レーザ測距位置のもっと高い密度) に不均等な数のレーザ走査位置を繰り返し捧げる。例えば、高密度の測定位置を有する F O V 内の 10 台の車両を連続的に走査することは、利用可能な走査時間の大部分を消費することができる。1 つの態様では、各 10 台の車両の現在位置を表すいくつかの位置を特定し、各車両の密集した走査が必要であるかどうかを識別するための簡単なテストベクトルまたは規則を適用する方が良い。開示された方法のいくつかの実施形態は、以前に識別された重要な位置のセットを最初にテストすることに基づいて、レーザ測距計測の不均一な間隔のセット (例えば、F O V の主走査) を計画したり、実行することを提供する。テスト位置のセットからの測距計測データの特性は、場合によっては視野の走査中にしばしば早期に評価されることがある。テスト位置のセットからの測距測定データの特性は、場合によっては視野の走査中にしばしば早期に評価されることがある。

【0192】

本開示のいくつかの実施形態は、F O V 内のオ物体を特徴付けるために使用され、それによって規則のセット (例えば、小さなテスト領域内の物体エッジの存在を示すように動

作可能なテストベクトル)を生成し、後で規則を評価する。その結果に基づいてより大きなレーザ測距走査を計画する。本技術のいくつかの実施形態では、重要な(すなわち、高度に指標となる)テスト位置の小さなセットからのレーザ反射が、F O Vの走査で早期に収集され、F O Vのより大きな走査のためのパラメータ(例えば、高いパルス密度のパターンおよび領域)を決定するために評価される。

【0193】

いくつかの実施形態の4つの態様は以下の通りである。最初に、反射されたレーザパルスが重要な物体の位置を非常に表すところで(すなわち、代表的)、F O Vの小さなテストサブセット(例えば100つのテスト位置のセット)を特定する。次に、F O Vの小さなテストサブセットをスキャンで早期にレーザ走査することである。3つ目に、一つの規則セット(例えば、試験ベクトルまたは基準)は、テスト位置のセットからの反射を使用して評価されることがある。最後に、F O Vのより大きな部分のより大きな主走査は、規則のセットの結果に基づいて計画されることがある。

【0194】

いくつかの実施形態の重要な有益な側面は、操縦可能なレーザアセンブリを使用して次々にテスト位置のセットを動的に走査し、それによりスキャンの早期にテストデータを収集し、それに応じてスキャンの残りを計画する。同様に、操縦可能なレーザアセンブリは、テスト位置からの学習を使用して、テストデータに基づいて可変レーザパルス密度の複雑な形状の領域を生成する能力を提供する。対照的に、従来の非動的操縦可能なレーザレンジファインダー(例えば、カリフォルニア州モガンヒルのV e l o d y n e L I D A RからのH D L 64 E)は、所定のスキャンパターンを実行する。非動的スキャンパターンは、日常的なレーザスキャン位置(例えば、地面または建物の側面)の以上のテストベクトル(例えば、自動車のエッジまたは歩行者の腕と足の配置)に関連する重要な位置を好むように調整することができない。しかし、動的に操縦されるレーザシステムは、まず、テストベクトルに関連するテスト位置のセットを走査し、その後、結果に基づいて不均一な方法で視野のスキャンを計画することができる。

【0195】

一実施形態では、レーザ測距システムは、コンピュータプロセッサと、コンピュータプロセッサからレーザステアリングパラメータsを受信し、それに応じて1つ以上のレーザビームを操縦できる操縦可能なレーザアセンブリを備える。レーザ測距システムは、以前のレーザ測距スキャンに基づいて、複数のテストベクトルを生成する。レーザ測距システムは、以前のレーザ測距スキャンに基づいて、複数のテストベクトルを生成する。各テストベクトルは、テスト位置のセット内の1つ以上の位置からのレーザ反射(例えば、飛行時間)の態様によって満たすことができる基準である。例えば、テストベクトルは、物体のエッジ(例えば、飛行時間のずれ)がテスト位置のセットの2つの位置の間に位置する場合に満たされる基準であってもよい。別の例では、テストベクトルは、テスト領域内の物体の境界のある程度早い時期の存在に部分的に基づいて、小さなテスト領域(例えば、仰角が39°; 41度、標高が9°; 11度)に対して策定されることがある。テストベクトルは、テスト領域内のテスト位置からの少なくとも1つの反射が物体からの反射を示す一方、テスト領域内のテスト位置の少なくともいくつかからの反射がバックグラウンドからの反射(すなわち、物体を越えた反射)を示す場合に満たされる基準であり得る。

【0196】

レーザ測距システムは、最初に、操縦可能なレーザアセンブリを用いて1つ以上のレーザを操縦して、テスト位置のセットでレーザパルスを生成し、反射レーザパルスの態様に基づいてのテストベクトルを評価し、結果のセットを生成する(例えば、各テストベクトルに対してT R U EまたはF A L S E)。次いで、レーザ測距システムは、テストベクトルのセットを評価することによって集められた結果セットに基づいて、F O Vのより大きなスキャン(例えば100,000ポイントのスキャン)を計画する。例えば、レーザ測距システムのコンピュータプロセッサは、結果セット(例えば、位置が変化し、もはやテス

10

20

30

40

50

トベクトルを満足しない自動車タイヤ)から故障したテストベクトルを識別し、F O V の特徴(例えば、自動車タイヤの新しい位置)を探索するように動作可能である密集したスキャン領域を含むため、より大きなスキャンを計画する。

【0197】

いくつかの実施形態では、テスト位置のセットおよび関連する規則のセット(例えば、テストベクトル)は、F O V の以前のスキャンによって提供されたレーザ測距データから生成されることがある。他の実施形態では、テスト位置は、カメラのような他のセンサにおいて部分的に基づいて選択されることがある。最初にテスト位置のセットを走査し、規則のセット(例えば、テストベクトル)を評価することにより、F O V の新しいレーザ走査を事前に計画されることがある。いくつかの実施形態では、走査の開始時に、動的に操縦可能なレーザアセンブリ(例えば、光学フェーズドアレイまたは機械的レーザビームステアリング光学系に基づく)は、レーザステアリングパラメータsの最初のセットに従ってレーザビームを操縦して、テスト位置のセットにおけるテストデータを生成することができる。所定のテストベクトルのセットが評価され、それにより、各テストベクトルがTRUE(すなわちテストベクトルが満たされる)またはFALSE(テストベクトルが満たされない)のいずれかであることを示すテスト結果のセットを生成することができる。

10

【0198】

テストベクトルは、ある前の時間(例えば、以前のレーザスキャンの間)における視野内の様々な物体の位置または向きを示すレーザ測距ポイントクラウドの態様を識別することができる。例えば、自律車両上のレーザ測距システムは、近くの車に関連する複数のエッジおよび頂点を識別することができる。テストベクトルは、近くの車のエッジと頂点の位置に基づいて生成されることがある。同様に、テストベクトルは、車線マーカー(例えば、車線ディバイダストライプ)に対して、近くの車にタイヤのエッジを配置することに基づいて生成されることがある。

20

【0199】

1つの例示的な実施形態では、テストベクトルが失敗したことを識別すると(例えば、FALSEと評価する)、レーザステアリングパラメータのセットを生成して、F O V の探索領域内でレーザスキャンを実行することができ、それにより、レーザ測距スキャンに基づいての置換または更新されたテストベクトルを生成する。探索領域のレーザ走査は、F O V の他の領域に関連して不均一な間隔(例えば、F O V 内の1つ以上の方向での角度分離を減少し、それによってより高密度の測定方向のを生成する)を有することができる。例えば、レーザ測距システムが、近くの車の側面に関連するエッジがもはやテスト位置の組の1つ以上の位置によって包含されないことを識別する場合、システムは、探索領域を識別し、探索領域の高密度レーザスキャンを実行して、エッジ位置を再獲得して、更新されたテストベクトルを生成することができる。

30

【0200】

スキャン計画方法の別の実施形態では、F O V のスキャンは、F O V 内の操縦可能なレーザアセンブリを移動させるように機能するレーザステアリングパラメータの第1のセットから開始し、それによってテスト位置のセットでテストデータのセットを生成することができる。テスト位置のセットは、F O V 内で均一または不均一に離間することができる。このテスト位置のセットは、F O V のより大きな主走査をシードするように機能する。規則の一つのセットは選択され、テストデータと、主走査を実行するために操縦可能なレーザアセンブリでレーザビームを動的に操縦するように動作可能なレーザステアリングパラメータsの第2セットの中で伝達関数として機能する。1つの簡単な例では、検査位置のセットは、視野内の10×10グリッド内に配置された100個の位置とすることができる。主走査は、いくつかの以前の測定値と比較して大きな変化を示す試験位置になるように計画することができ、または隣接するテスト位置に関連して、主走査の間に対応する位置の点のより高い密度を引き起こす。

40

【0201】

50

別の例では、コンピュータ実装方法は、視野内のテスト位置のセットからのレーザ反射の1つまたは複数の態様を示すテストデータの少なくとも一つのセットを使用して評価されるテストのセットを取得することから開始することができる。次いで、レーザレンジファインダーは、一つ以上のテストレーザパルスを生じ、一つ以上のレーザパルスからレーザ反射の一つ以上の態様を測定することによって、テストデータのセットを生成することができる。次いで、コンピュータ実装の方法は、テストデータの少なくともいくつかのセットを使用してテストセットのそれぞれを評価することに少なくとも部分的に基づいて、レーザステアリングパラメータの走査セットを生成することができる。次いで、本方法は、レーザステアリングパラメータsの走査セットに基づいて、レーザレンジファインダー内の操縦可能なレーザアセンブリを使用して少なくとも一つのレーザビームを操縦し、それにより、視野内の走査位置のセットでレーザパルスの走査セットを生成する。

10

【0202】

本明細書に記載された技術は、次の例示的な利点を達成するために実施することができる。レーザ測距システムの性能は、最新のテスト位置の小さなセットに基づいて、視野の不均一に分布したスキャンを計画することによって改善することができる。走査位置の不均一な分布は、新しい物体を探索し、変化を示す物体の分解能を高めるために使用することがある。

【0203】

レーザ測距システムの性能は重要な検証位置の最新リストの特定と保持を行うことにより改良することができる。対応するルールセットは保持が可能であり、それによって新しい検証データと以前の測距との比較のための迅速な基準を提供する。開示された走査設計法はまた、特性付けが必要なFOV内の重要な位置を特定するための他の検知技術（例えば カメラと超音波）の利用を提供する。したがって、提案された走査設計法は、FOV内の物体の複雑な振る舞いを、不均一なレーザ測距を設計するための迅速な基準を提供する、検証位置とルールの小さなセットへと抽出する。

20

【0204】

走査設計法の実施例は、LIDARシステムの効率性を改良できる。現行のレーザ測距システムは平凡な場所（例えば 開けた道路）を系統的に走査するためかなりのリソースを費やす。既存の動的に操縦されるレーザ測距システムは絶えず物体の特定を続けてかなりの時間とレーザのリソースを変化のない物体を繰り返し走査することに充たしかねない。開示された技術の実施例は、関心を引く物体または領域が、後続する主走査の設計の一部として高密度走査が必要かを決定するため、検証位置の小さなセットを迅速に検証する。

30

【0205】

走査設計法の実施例は、検証位置のセットから検証データを収集するのに先立ってテストベクタを生成することにより、レーザ測距走査のより早い設計を可能にする。例えば、物体の一般的な縁に沿った多数のテストベクタを設けることができ、それによって方向変換の迅速な判断の基準を提供する。

【0206】

開示された技術は、レーザ測距システムに依存するシステムの反応時間（例えば プレーキやハンドル操作）を改善することが可能である。検証位置のセットとルールのセットを走査開始の前に生成することで、FOV内でどこを最重要な位置とするかの先行情報を提供する。いくつかの実施例ではこれらの検証位置を最初に走査することを提供する。例えば、10Hzで回転する機械式走査型LIDARは100ms毎にFOVを走査する。したがって、テストベクタの検証位置のセットが機械式LIDAR走査の最後になるといった最悪のシナリオでは、テストベクタのセットの評価に必要な時間はデータ取得時間部分の100msを含むことになる。対照的に、開示された技術は検証位置のセットを最初に走査を提供でき、それによってテストベクタを評価する時間（例えば 他車両による迅速な方向変換への反応）をほぼ100ms減少させる。ちなみに、人間の平均的な資格反応時間は250msになることがある。

40

50

【0207】

開示されたシステムはF O Vの一度の走査を通してテストベクタに関連するポイントを複数回走査し、結果に照らし合わせてレーザーステアリングパラメータsを調整することができる。関心のある物体を特定しその物体を高頻度で走査するシステムと異なり、開示された技術はF O Vの走査の過程を通して、より小さなテストベクタのセットの、より計算的な効率化された評価を複数回実行する。例えば、例示的なレーザ測距システムは360度の100msの走査の過程で200,000の走査ができる。もしもレーザ測距システムが速く動く車両を特定しその車両に10ms毎に10,000点の走査を試みるとしたら、当該車両の走査の目的に全体の走査ポイントの半分を充たししなければならない。開示された技術は、その代わりに、10ms毎に検証位置のセットを走査し、テストベクタが位置や進路からの逸脱の兆候を見せたときにだけ車両の走査を行うようにする。

10

【0208】

別の優位性として、複数のテストベクタを物体の区分と関連づけることができる。例えば、自動運転車両が個別のタイプの車両（例えば スクールバス）を特定することができる。複数のテストベクタを関連するレーザ測距システムに提供することができる。

【0209】

走査設計法の実施例の重要な優位性は、移動中の物体の動きの結果の影響を減少させることである。L I D A Rを均一または非動的に走査することにおける課題は、移動する物体の様々な部分が様々な時間に走査中の至る所で走査されることである。左から右、そして上から下へのF O Vの100ms以上の均一的走査は、車両のルーフを最初に走査しタイヤを最後に走査することになると考察する。車両は走査の過程で著しく移動してしまうことができる（例えば 30mphの車両は走査の間に1.3m移動する）。開示された技術は、移動する物体を特定するためにテストベクタのセットを用い、それによりレーザを動的に操作して移動する物体上の全てのポイントを短い時間内（例えば 連続的に）で走査することを提供する。これは動きの結果の減少をもたらす。

20

【0210】

開示された技術の別の優位性は、最大の変化を示した領域に基づき、F O Vのどの部分が走査されるかの順序の優先順位付けを提供することである。例えば、レーザ測距システムは100個のテストベクタを持ち、そのうちの未充足の10個が、F O Vの第一の部分と関連した9個の未充足のテストベクタとF O Vの第二の部分と関連した1個の未充足のテストベクタであってもよい。開示された技術は、非均一なレーザパルス密度での走査をF O Vの第一の部分内に実行した後に第二の部分に行えるよう、F O Vの第一の部分（すなわち 更新がより必要とされる領域）を優先順位付けするレーザーステアリングパラメータsの生成を可能にする。

30

【0211】

開示された技術はレーザレンジファインダーのコスト効果を改善できる。より低価格のレーザレンジファインダーはレーザの数が少ないまたは、レーザパルス速度が遅いことがあるかもしれない。開示された技術により、1秒当たりのレーザパルス総数が少ないレーザレンジファインダーが動的かつ合理的に選択された方法でそれらのレーザパルスを配分することを可能にする。

40

【0212】

図42は動的に操縦可能なレーザ組立体120からなるレーザレンジファインダー110を示す。動的操縦可能なレーザ組立体120はレーザーステアリングパラメータsに基づいた指示を受けることができ、それによりレーザ光を視野F O V 4230内の複雑な非線形パターンに移動させる。いくつかの応用例（例えば 自動運転車両）では、関心を引く物体（例えば 象4240）の位置の追跡をレーザレンジファインダー110の目標とすることができる。レーザレンジファインダー110は動的レーザ操作を用いて象に関連する複雑な形状の走査領域（例えば 4250）内でのレーザ測距を実行する。このようにして、レーザ走査位置の密度（例えば ラジアン毎に4走査位置というような、視野の角度単位毎の数）は象4240のような関心を引く物体のためには増

50

加させ、象の周辺の地面のような平凡な領域には減少させることができる。背景に比較して独特な境界（例えば 象 4 2 4 0）を示す F O V の領域に基づいてレーザーパルスの密度を増加させることをレーザーレンジファインダー 1 1 0 の操作方法のひとつとすることができる。この手法の不都合な点は、象 4 2 4 0 が F O V 内に動かずに留まることがあり、増加した測距密度で領域 4 2 5 0 を繰り返し走査する過程で多数のレーザー測距が費やされる点である。

【 0 2 1 3 】

テストの場所

いくつかの応用例では、レーザーレンジファインダー 1 1 0（例えば ロボットの誘導）は、象の全てのポイントを後続の走査で確認するよりも、待ち時間を最も少なくできそうないつ象が位置を変更するかという点により関心を持つ。この、「待ち時間の少ない移動検知」という方針は、象の位置と方向に関する高い予測力によって、小さな検証ポイントのセットを特定することでより効果的に実行できる。この開示のいくつかの実施例の基本の様態は、予測度の高い検証位置の最新のセットを特定することである。検証位置のセット（例えば 象の鼻先に近い 4 2 7 0 a）は指紋のような役割を果たすことにより、はるかに規模の大きいポイントのセット（例えば 象の胴体上）を高度に示唆する反射データ（例えば 相関関係の高い要因）を提供する。F O V 内の検証位置は走査され、測距データは F O V の本走査の前に収集される。指紋が特徴の基準のセットを満たすことにより特定される方法と同様の手法で、検証位置のセットに対応したルール of the セットの取得できる。いくつかの場合では、検証ポイントのセットを収集する前にルール of the セットの取得できる。結果のセットを生成するために、検証位置のセットからの検証データに基づいて、ルール of the セットを評価することが可能である。結果のセットはより大規模の走査（例えば F O V の残りの部分またはより高密度なレーザーパルスでの F O V の一部の走査）の設計のために用いることができる。

【 0 2 1 4 】

一つの例では、操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 は最初はレーザーステアリングパラメータ s の第一のセットにより操縦され、検証領域のセット 4 2 6 0 a と 4 2 6 0 b 内の検証位置のセット（例えば 4 2 7 0 a と 4 2 7 0 b）での検証レーザーパルスのセットを生成する。検証データは、検証位置のセットでの反射の様態から収集でき、ルール of the セットを検証データに適用することができる。検証結果では象 4 2 4 0 が前回の走査から動かなかったと示され、したがって象に関連する走査領域の高密度測定を行わないよう本走査を設計できる。その後、検証位置のセットは再測定が可能で、検証位置 4 2 7 0 a と 4 2 7 0 b からの更新された検証データが象が移動したと示すことができ、象の探索を実行する（例えば 領域 4 2 5 0 を高密度で）ようレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットを生成することができる。

【 0 2 1 5 】

カリフォルニア州モーガン・ヒルの V e l o d y n e L I D A R s 社製の例示的な L I D A R H D 6 4 E が 1 秒あたり 2 百 2 十万のレーザーパルスを生成すると考察する。F O V の一度の走査（例えば 本走査）に 1 0 0 ミリ秒かかり、2 2 0 , 0 0 0 の位置を含む。H D L 6 4 E は動的に操縦できないが、当走査設計法の実施例を利用できる動的操縦可能な類似の L I D A R は：1 0 0 0 の重要な検証位置のセットの第一の走査を 0 . 5 ミリ秒未満で行い、それからより合理的かつ非均一な手法で F O V の残りの走査を設計し実行することができる。

【 0 2 1 6 】

データのより大規模な部分に相互関係あるいは予測力を提供するといった合理的な手法によって画像処理の関連した分野（例えば 顔認識）の特性を画像から引き出すことができる。顔認識は、顔を区別する役割において、関連性が最大で不要性が最小となる特徴をしばしば選択する。象の場合は、物体を象と特定する、または象を他の象と区別する特徴はなおさら重要ではないかもしれない。その代わり、測距の役割においては；より広く明確に定義された F O V での距離の変化には、有効な特徴は高い相互関係と特異性を持つこ

10

20

30

40

50

とができる。特徴は、測距データのパターン（例えば 象の鼻に関連した測距データのパターン）とすることができる。一つまたはそれ以上のテストベクタがその特徴と関連づけられる。それぞれのテストベクタは、その特徴が検証領域に存在するかどうかの検証として機能できる。例えば、象の密な走査を実行した後、レーザーレンジファインダー 110 はその特徴を特定する（例えば 鼻と尾の先端）。後続の走査開始の際にシステム 110 は最初に特定された小さな検証領域 4260a と 4260b 内を走査し、検証領域からの検証データを処理することによって象の位置を確認する。

【0217】

しばらくの間、象は特徴と検証領域に関連するテストベクタを充足させる。その後の特徴は FOV 内の位置を移動し、一つまたはそれ以上のテストベクタを充足させられないかもしれない。一つまたはそれ以上の検証領域は、象が移動するに伴い更新が可能である。特徴は、変化を経ることがある（例えば 象がレーザー測距システムに向けて向きを変えた場合、特徴の全体像は変化し得る）。この場合、特徴の様態および関連するテストベクタの様態は更新が可能である。

検証領域 / 検証位置

【0218】

図 42 を綿密に参照すると、検証領域（例えば 4260a）や検証位置（例えば 4270a）を合理的に選択することは、より大規模な走査の設計における最初の段階とすることができる。いくつかの実施例では、検証位置は一部または全部の FOV 4230 を通して均一に分散させることができる。その他の実施例では、検証領域または検証位置は非均一に分散させることができ、また、検証位置のセットの外側での多数の中間の測定を実行する必要なく検証位置に到達する動的な操縦の恩恵を受けられる。いくつかの実施例では検証位置のセットを指定し操縦可能なレーザアセンブリに提供することができる。他の実施例では、操縦可能なレーザアセンブリはレーザーを進路に沿って掃引し、パルス絶え間なく生成する。したがって、継続的なレーザーパルス生成機構と掃引レーザー保定機構では、検証パルスのための正確な位置を特定するのは難しいか、または実用的でないかもしれない。この理由から、レーザー光をその内部へ操作させる検証領域を特定し、それにより検証レーザーパルスを検証位置のセット（例えば 4270a と 4270b）に生成することは、より好都合といえる。この場合、レーザー光を検証領域のセットに動的に操作する際に、正確な検証位置のセットが明らかになる。

【0219】

有効な検証領域（例えば 4260a）または検証位置（例えば 4270a）は、FOV のより大きな部分（例えば 物体）の予測度の高い測距データ（例えば 距離と反射率）を提供する。いくつかの実施例の目的は、FOV 内の物体と高い相互関係にある、これらいくつかの位置を発見することである。検証領域と検証位置は境界検知、画像処理または特徴認識のような多様な技術を用いて選択が可能である。境界検知は物体の境界の検出に基づいて検証領域と検証位置を選択するシンプルな方法である。象の境界 4240 をカメラ画像から認識でき、検証領域 4260c を象の頭部の境界上に設けることができる。特徴認識は機械学習において画像内の物体を区分するのにしばしば用いられる。画像処理と機械学習では、最も高度な特異性（例えば 象と馬を区別する）の提供のため、特徴が頻繁に予測される。検証領域は、特定された特徴（例えば 象の鼻と尾）に基づいて選択することができる。検証領域は、例えばレーザーレンジファインダー 110 が特定の特徴（例えば 自動車のバンパーの角や象の鼻）を認識するよう訓練され、それに応じて検証領域を配置するといった、教師あり機械学習に基づいて選択することができる。興味深いことに、レーザーレンジファインダー 110 は特徴を生成し検証領域を配置するのに教師なし学習を用いることもできる。例えば、検証領域（または検証領域内の検証位置のセット）が位置（すなわち 距離）と物体の方向（すなわち FOV 内に存在する物体の断面の変化から方向が推定できる）をどの程度満足に予測するかの尺度を特定するといった報酬機能を設置することができる。数秒間の間にレーザーレンジファインダー 110 は変化を経る多様な物体についての報酬機能を最大化する検証領域を割り出すことができる。

例えば、象の中央部の検証領域 4 2 6 0 d は象の距離の変化とは高い相互関係を持つかもしれないが、象の左から右への小さな移動との相互関係は低いであろう。したがって領域 4 2 6 0 d は検証領域の選択としては下手であるといえる。検証領域 4 2 6 0 a と 4 2 6 0 b は決定的な特徴（例えば 鼻と尾）を含んでいるかもしれないが、鼻と尾の動きは象の全体的な位置の変化とは相互関係のない距離の変化を引き起こすかもしれない。検証領域 4 2 6 0 c は、距離の変化と横方向の動き（左、右）と相互関係があるので検証領域の選択としてはいい選択（例えば 高い報酬価値を持つ）かもしれない。検証領域 4 2 6 0 c は象の頭部上の位置でもあり、それにより頭部が動いたことに続いて方向変換が起きるかもしれないという早い兆候を提供できる。検証領域 4 2 6 0 c を選択する最善の方法は、より大きな領域内での変化と最も相互関係を持つ F O V 内のポイントの教師なし機械学習を通してかもしれない。一つの例では、レーザーレンジファインダー 1 1 0 は教師なし機械学習を用いて検証領域 4 2 6 0 c と操作領域 4 2 5 0 間の相互関係を特定でき、続いて、走査領域 4 2 5 0 の密度が検証領域 4 2 6 0 c に適用したルールの少なくとも一部の結果に基づくよう F O V の走査を実行する。

10

【 0 2 2 0 】

検証領域や検証位置を選択するもう一つの手法は、履歴学習を用いることである。例えば、レーザーレンジファインダーシステム 1 1 0 は類似した以前の例（例えば コンピュータ視覚システムが象が F O V 内にいると知らせた場合）を、検証位置を選択し配置するのに利用することができる。さらに別の手法は、検証位置または検証領域をレーザーレンジファインダーシステム 1 1 0 の地理的位置に基づいて選択することである。例えば、GPS システムはレーザーレンジファインダー 1 1 0 に、所有者の自宅のガレージにいると知らせることができる。この情報は履歴による特徴（例えば 自転車、作業台およびガレージドアの境界）に対応した検証領域を選択するのに利用できる。このようにしてレーザーレンジファインダー 1 1 0 は検証位置のセットと一般的な地理的位置（例えば GPS 位置や、位置を示す W i F i シグナル）に関連したルールを発展させることができる。他の例では、地理的位置はレーザーレンジファインダー 1 1 0 に場所の区分（例えば 都会）を選択させ、それにより検証領域のセット（例えば 横断歩道を渡るのを待つ歩行者に通常関係する場所）の選択を行うことができる。検証領域（例えば 4 2 6 0 a と 4 2 6 0 b ）と検証位置（例えば 4 2 7 0 a ）のセットはレーザーステアリングパラメータ s の第一のセットを用いて操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 に伝達できる。検証位置または検証位置を生成するのに用いられるその他の状況には；盲点の障害物、別の車両の車線逸脱、F O V 内の新しい車両、交通の流れの突然の変化、交差点で接近してくる車両、渋滞時に接近する障害物、道路上の瓦礫、穴、亀裂や凸凹を含む危険な道路状況や危険な気象状況を含むことができる。

20

30

【 0 2 2 1 】

図 4 3 はテストベクタに基づいた走査設計法の例示的な実施例によって生成され利用される、データのいくつかの例示的なセットを示す。図 4 4 は走査設計法の例示的な実施例を実行しているレーザーレンジファインダー 1 1 0 の F O V 内のいくつかの車両を示す。図 4 3 は例示的なレーザーステアリングパラメータ s の第一のセット 4 3 1 0 を示す。レーザーステアリングパラメータ s の第一のセット 4 3 1 0 は操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 に一つまたはそれ以上のレーザー光を動的に操作しそれにより検証位置のセット 4 3 2 0 または検証領域のセット内において測距を行う指示をするよう機能できる。レーザーステアリングパラメータ s の第一のセット 4 3 1 0 のレーザーステアリングパラメータ（例えば 4 3 1 6 ）は一つまたはそれ以上の検証位置（例えば X 1 , X 2 ）を指定できる。他のレーザーステアリングパラメータ s （例えば 4 3 1 7 ）は検証領域の境界を指定でき、それにより一つまたはそれ以上のポイントを検証領域（例えば 検証位置のセット 4 3 2 0 内の位置 X 1 1 ）内に生成する。レーザーステアリングパラメータ s の第一のセット 4 3 1 0 は図 6 A の開始位置 6 0 2、領域幅 6 0 4、領域高さ 6 0 6、走査進路ウェイポイント例えば 6 1 2、レーザー走査速度例えば 6 1 4、レーザーパルスサイズ例えば 6 1 6、そして図 6 A のパルス数 6 1 8 を含むことができる。レーザーステアリング

40

50

パラメータ s の第一のセットは図 4 A のレーザーステアリングパラメータジェネレーター 4 1 0 のようなコンピュータプロセッサによって生成することができる。代案として、レーザーステアリングパラメータ s の第一のセット（例えば 4 3 1 0）はレーザレンジファインダー内のメモリ（例えば 均一な 1 0 x 1 0 の格子内に 1 0 0 の検証位置を生成可能なレーザーステアリングパラメータ s を格納する不揮発性メモリ）に保存できる。レーザーステアリングパラメータ s の第一のセットの全体的な機能は検証位置のセット 4 3 2 0 にて測距する（例えば 飛行時間と反射パルスの強さ）ことといえる。検証位置のセットから迅速に測定を収集するため、レーザーステアリングパラメータ s の第一のセットは図 4 2 の操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 を動的そして非均一な手法で操縦できる。図 4 2 のレーザレンジファインダーシステム 1 1 0 は図 4 A の飛行時間計算機 4 4 5 と強度計算機 4 6 0 を一つまたはそれ以上の検証位置のセット 4 3 2 0 からの反射レーザーパルスの一つまたはそれ以上の様態を測定するために用いることができ、それにより距離のセット 4 3 3 3 と反射強度のセット 4 4 3 6 を含む検証データのセット 4 3 3 0 を生成する。

【 0 2 2 2 】

走査設計法のいくつかの実施例では、ルールセット（例えば 4 3 4 0）が検証データのサブセットに基づいて選択され評価される。ルールセット 4 3 4 0 は検証データ 4 3 3 0 を二進値（例えば 充足、不充足、正か誤）またはアナログ値（例えば 一つまたはそれ以上の検証位置での前回に相対する変化の測定、または近隣の検証位置間での距離の違いの測定）のような結果のセット 4 3 6 0 に変換するよう機能できる。

いくつかのルール（例えば 4 3 5 1, 4 3 5 2, 4 3 5 5）はテストベクタ；検証位置のセットのサブセットからのレーザーパルスからの反射の一つまたはそれ以上の様相に基づいて、充足か不充足（すなわち 正誤の判定）とする基準にすることができる。例えば、ルール 4 3 5 1 は検証位置 X 1 での距離が 1 0 メートル未満であれば充足となるテストベクタである。同様に、ルール 4 3 5 2 は検証データのセットのエントリーが X 1 での距離が 9 メートルを超える場合、充足となるテストベクタである。位置 X 1 は図 4 4 A の車両 4 4 2 0 のリアバンパー上にあり、ルール 4 3 5 1 と 4 3 5 2 は 9 1 0 メートルの距離内に物体がある場合だけ、同時に充足できる。したがって、テストベクタ 4 3 5 1 と 4 3 5 2 は、充足が車両 4 4 2 0 が図 4 2 のシステム 1 1 0 の 9 1 0 メートル以内にいることを示す場合、検証として機能することが可能である。例えば、本走査中の第一の領域内の密度は、頂点 X 7、X 8、X 9 と X 1 0 によって定義された領域内の測距の変化の二倍と同等とする、とルール 4 3 5 7 は提示している。したがって、頂点 X 7 X 1 0 で区切られた領域内の距離の変化が小さければ、レーザーステアリングパラメータ s のセットによる、後続する本走査中の選択された測距の密度もまた低くなる。

【 0 2 2 3 】

いくつかのルールのサブセットは特徴（例えば図 4 4 A の第一の車両 4 4 2 0 の境界を限定する特徴 4 3 5 0 a と図 4 4 A の第二の車両 4 4 2 0 の境界を限定する特徴 4 3 5 0 b）の位置を検証できる。ルールは検証データのサブセットとレーザーステアリングパラメータ s の第二のセット間の関係を定義し、入力する伝達機能（例えば 4 3 5 7）にできる。例示的なレーザーステアリングパラメータ s の第二のセット 4 3 7 0 は第二の領域（例えば レーザーステアリングパラメータ 4 3 8 0 b により生成された普通の密度の領域）よりも密度の高いレーザーパルス領域を生成するパラメータ 4 3 8 0 a を含むことができる。

【 0 2 2 4 】

図 4 4 A は操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 がレーザーステアリングパラメータ s の第一のセット（例えば 図 4 3 の 4 3 1 0）により動的にレーザービームを操作し、4 4 1 0 a、4 4 1 0 b、4 4 1 0 c、4 4 1 0 d、4 4 1 0 e、4 4 1 0 f、4 4 1 0 g を含む検証位置のセットから検証データを生成する例示的な実施例を示す。レーザレンジファインダー 1 1 0 は隣接する車線内の車両 4 4 2 0 と 4 4 2 5 に対し、相対的に一定の速度で移動する車両に乘せることができる。いくつかの位置（例えば 4 4 1 0 c と 4 4

10 d) は車線境界線 4430 で示された車線の横側と相対する車両 4420 の位置を検証するのに用いることができる。したがって、車両 4420 が車線の端に極端に近づくような移動をしたか判定するためにテストベクタ (例えば 図 43 の 4355) の評価をすることができる。

【0225】

図 44B で、および図 43 の参照から、車両 4420 は車線変更の途上にある。位置に基づいた例示的な測距走査設計法は、検証位置からの検証データ (例えば 4330) を生成するため、走査の初期に検証位置のセットでのレーザー測距を第一に実行できる。図 44B の実施例では、車両 4420 の境界特徴 4350a と関連するいくつかのテストベクタ (例えば 4351 と 4352) が評価され、不充足となり、それにより車両 4420 が FOV 内で移動したとの速い兆候を提供する。図 44B の例示的な走査設計法は、を検証位置からの検証データに基づいてレーザーステアリングパラメータ s の第二のセット (例えば 4370) を生成することができる。レーザーステアリングパラメータ s の第二のセットは車両 4420 を位置付け可能な高密度走査領域 (例えば 4440) を含むことができ、検証位置、検証領域のセットとルールの (例えば 4340) セット更新のための基準を提供できる。図 44B の実施例では、車両 4425 はレーザーレンジファインダー 110 に相対的に一定の位置を保ち、そのため関連するルール (例えば 4350b) が充足している。レーザーステアリングパラメータ s の第二のセットは、関連するルールが充足している場合、車両 4425 を囲むより低密度のレーザーパルスを生成することができる。例えば、走査領域 4450 はレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットに応じて走査される FOV の一部にできる。走査領域 4450 は車両 4425 のいくつかの特徴と関連を持つことができ、検証データ (例えば 4330) を評価するためにルールのセット 4340 のサブセット (例えば 4350b) と関連させることができる。したがって、ルールのセットのサブセット 4350b が充足した時、レーザーステアリングパラメータ s の第二のセットは対応する走査領域 4450 に、より低密度のレーザー測距位置 (例えば レーザーパルス) を作り出すことができる。

【0226】

図 45A E は例示的な実施例によるレーザー走査設計法の多様な様相を示す。図 45A と 45B を参照すると、操縦可能なレーザアセンブリは一つまたはそれ以上のレーザー光を FOV 4520 内の進路 4505 と 4510 に沿って動的に操作できる。レーザー光はレーザーステアリングパラメータ s の第一のセットにより進路 4505 と 4510 に沿って進むよう操作が可能である。進路 4505 と 4510 は検証領域 (例えば 図 45B の内側境界 4530 と外側境界 4535 間の領域) にレーザー測距 (例えば 個別のレーザーパルス) を実行するよう選択ができる。進路 4505 と 4510 は検証位置のセットからのレーザー反射データを生成するよう選択することができる。検証位置のセット (例えば図 45B の 4540a と 4540b を含む) は操縦可能なレーザアセンブリが走査をする前に正確にわかっていなくてもよい。しかしながら進路 4505 と 4510 は、初期にルールのセットを充足する確率の高い検証ポイントのセットを生成するように選択が可能である。図 45A E の例では車両 4515 は左から右に FOV 4520 を横切って移動をしている。平均的または瞬間的な車両の速度は推測可能で、車両 4515 のその後予測される位置に基づいたルールのセットの充足が可能である、図 45B の検証位置のセットからの検証データのセットを生成するために、進路 4505 と 4510 の選択が可能である。例えば、ルールのセットのテストベクタは、検証位置 4540b の距離は車両 4515 のフロントバンパーまでの距離に一致するべきとする一方で、検証位置 4540a はより長い、車両を囲む背景と一致する距離であるべきとすることができる。したがって、ポイント 4540a と 4540b に車両 4515 の境界と一致する距離に関して違いがある場合、テストベクタは充足できる。このようにして、レーザーステアリングパラメータ s の第一のセットは車両 4515 の予想される位置に基づいて検証位置の小さな最新のセット (例えば 1000 位置) を生成するよう修正される。そして、レーザーステアリングパラメータ s の第二のセットを用いてより大規模の走査を設計するよう対応するルール

のセットが評価される。

【 0 2 2 7 】

図 4 5 C では車両 4 5 1 5 が速度の変更をしている。したがって検証位置のセットに対応する検証データ（すなわち 車両の予想速度に基づいたもの）は多数の対応するルールを充足させることができない。例えば、ポイント 4 5 4 0 と 4 5 4 0 b 間の距離の差を必要とする先のテストベクタは充足されないであろう。検証位置のセットからの検証データの生成に先立ってテストベクタの取得が可能であり、テストベクタを充足しようとして後からいくつかの検証データのサブセットに適用されると理解できる。例えば、走査設計法の一つの実施例では、検証データの収集の前にルールのセットを取得し、検証位置のセットのサブセットのいずれか二つのレーザー測距位置が、一つまたはそれ以上のテストベクタを充足できるかどうかを後で判定することができる。例えば、車両 4 5 1 5 のフロントバンパーでの距離の変化を規定するテストベクタは、車両の境界の内側と予想される検証領域からの第一の位置と車両の境界の外側と予想される検証領域からの第二の位置で数回にわたって評価され得る。

【 0 2 2 8 】

図 4 5 D は密な方法（例えば 領域 4 5 5 0 をより遅い速度でレーザー光描画、またはより高速のレーザーパルスの生成）で走査される走査領域 4 5 5 0 を示す。走査領域 4 5 5 0 はレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットにより生成できる。走査領域 4 5 5 0 は、図 4 5 C の検証位置のセット（例えば 4 5 4 0 a と 4 5 4 0 b ）からのデータに適用されるルールのセット中の、特定の充足されないルールに対応ができる。このようにして、動的な操作により走査される検証位置の小さなセットが、後続する領域（例えば領域 4 5 5 0 ）の密なスキャンを部分的に決定できる。

【 0 2 2 9 】

いくつかの実勢例の一つの様態では、走査領域 4 5 5 0 は車両 4 5 1 5 の位置と相関関係を持つことができ、それによって車両と関係する視野内の位置（すなわち 方向）を迅速に次々と走査できる。車両 4 5 1 5 と関連するポイントを、均一な走査の過程でそれらのポイントを分散させるのではなく、集中的に走査することは走査データ上の車両の動きの影響を低下させる。これらの、視野内の移動する物体の走査と関連する動きの結果は、非動的に操作されるレーザー走査において位置エラーの大きな原因の一つである。例えば、車両 4 5 1 5 が時速 3 0 マイルで左から右へ視野を横切って移動していると考える。10 Hz（すなわち 1 0 0 m s）で F O V の均一的走査を行う間に、車両 4 5 1 5 は 1 . 4 メートル移動を完了する。この位置エラーは車両 4 5 1 5 の正確な境界の推測を困難にする。提案される走査設計法の実施例では、部分的に検証データに基づいて車両に関連する位置のサブセットを特定し、それらを順次に走査することができる。そのため開示された手法の実施例は一般的にテストベクタの評価に基づいて移動する物体を特定することができ、それによって移動の結果（例えば 走査する物体の動きに起因する歪み）を低減するよう順番に走査位置のセットの測距を実行するようなレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットを生成する。走査領域 4 5 5 0 の外側の場所はより低密度のレーザー測距位置（例えば 4 5 4 0 c）で走査ができる。図 4 5 E は走査領域 4 5 5 0 の高密度走査に続いて、新しく更新された検証位置のセット 4 5 5 0 が生成される様子を示す。いくつかの実施例では、ルールのセットのそれぞれのルールを評価するために用いられた検証位置のサブセットを更新することで、更新された検証位置のセットからの検証データに多数の同じルールを適用できる。

【 0 2 3 0 】

図 4 6 A は、操縦可能なレーザアセンブリが均一なパターンにレーザー光を走査し F O V 内に検証位置の 1 0 × 1 0 格子を生成する簡潔な例を示す。1 0 0 の検証位置それぞれで測定された距離 4 6 1 0 は、以前の走査（例えば 2 0 0 , 0 0 0 ポイントの大規模な走査）での同等の位置との比較が可能である。それぞれの検証位置（例えば 位置 4 6 2 0）の距離の変化は算出が可能で、後に続く非均一密度の走査においてレーザー走査位置を分散する指針として用いられる。例えば、検証位置 4 6 2 0 は以前の走査に比較して距

10

20

30

40

50

離の大きな変化を示し、したがって検証位置（例えば 4 6 4 0）がほとんど変化を示さない領域と比較してより高密度のレーザー測距を受ける。

【 0 2 3 1 】

図 4 6 B は検証位置のセットに関して距離の変化が算出され、ルール of the セットがより大規模な走査の指針に用いられるという、より簡潔な状況を示す。図 4 6 B では、検証位置（例えば 検証位置 4 6 2 0）は、図 4 6 A での均一な操作と比較して動的な操作で走査される。図 4 6 A と図 4 6 B の両方において検証データのセットは大規模な走査の前に少ない数の検証ポイント（例えば 図 4 6 A では 1 0 0 そして図 4 6 B では 1 1）から収集され、大規模な走査をより生産的に設計するために用いることができる。

【 0 2 3 2 】

図 4 7 は少なくとも一部の検証位置に基づいた、レーザー測距測定が非均一な空間分布であるレーザー測距の走査を生成する方法を示す。ステップ 4 7 1 0 で、操縦可能なレーザアセンブリはレーザーステアリングパラメータ s の第一のセットにより視野内で一つまたはそれ以上のレーザー光を操作し、そしてそれにより検証位置のセットの検証データを生成する。

【 0 2 3 3 】

検証データは検証位置のセットからの反射レーザー光の一つまたはそれ以上の様態に基づいている。ステップ 4 7 2 0 で検証データはルール of the セットにより処理され、それによりレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットが生成される。ステップ 4 7 3 0 で操縦可能なレーザアセンブリは、少なくとも一部はレーザーステアリングパラメータ s の第二のセットに基づいて少なくとも一つのレーザー光を動的に操作し、それによりレーザーパルスの走査のセットを生成する。

【 0 2 3 4 】

図 4 8 A は、レーザ測距走査（例えば 主走査）を実施するための方法 4 8 0 0 を示すが、このレーザ測距走査は、少なくとも一部は、テスト計測用位置のセットから得られたレーザ反射光の分析結果に基づいて空間上に不均一に分布するレーザ測距測定位置を走査する。ステップ 4 8 0 5 において、テストを実施する機能のセットを選択する。ステップ 4 8 1 0 において、テスト用の領域のセットを選択する。ステップ 4 8 1 5 において第 1 のレーザーステアリングパラメータセットを選択する。ステップ 4 8 2 0 においてレーザー光は前記第 1 のレーザーステアリングパラメータセットに従って動的に誘導され、テスト計測用位置のセットに対して、テスト用レーザパルスのセットを生成する。ステップ 4 8 2 5 において、テスト計測用位置のセットから得られた 1 つまたは複数の反射光レーザパルスの属性に対応する、テストデータを得る。ステップ 4 8 3 0 において、テストベクタのセットを選択する。ステップ 4 8 3 5 で、テスト計測用位置のセットから得られた、前記テストデータに基づいて前記テストベクタのセットを評価し、それにより、テスト結果のセットを生成する。ステップ 4 8 4 0 では、この後続くレーザ測距走査で、より高い密度の走査計測位置を有するように 1 つまたは複数の高密度走査領域を選択する。ステップ 4 8 4 5 では、少なくとも一部は前記テスト結果のセットに基づいて、第 2 のレーザーステアリングパラメータセットを生成する。ステップ 4 8 5 0 において前記レーザー光は前記第 2 のレーザーステアリングパラメータセットに従って動的に誘導され、それにより走査位置のセットに対して走査するレーザパルスのセットを生成する。ステップ 4 8 5 5 では、前記テストを実施する機能のセット内容を更新する。ステップ 4 8 6 0 では、前記テストベクタのセットを更新する。ステップ 4 8 6 5 で、前記テスト用領域のセットを更新する。

【 0 2 3 5 】

図 4 8 B は、レーザ測距走査（例えば主走査）を実施するための方法 4 8 0 2 を示すが、このレーザ測距走査は、少なくとも一部は、テスト計測用位置のセットから得られたレーザ反射光の分析結果に基づいて空間上に不均一に分布するレーザ測距測定位置を走査する。方法 4 8 0 0 と比較して、方法 4 8 0 2 は割り込みの条件が満たされたときに、主走査（すなわち、前記第 2 のレーザーステアリングパラメータセットに基づく走査）を一時

10

20

30

40

50

中断するため、および、前記第1のレーザステアリングパラメータセットに従って前記テスト計測用位置を再計測するために用いられる。それにより方法4802により、前記走査位置のセットを主走査する間にわたって、前記テスト計測用位置のセットの走査と計測を数回実施することが可能となる。例えば、方法4802は、あまり注意を引かない空間領域（例えば、人気のない道路）の走査過程の間に、定期的に重要地点を繰り返し見直し、テストベクタのセットを再評価することができる。従って、方法4802は、迅速に重要地点で発生する変化を識別しながら、多くの注意を引かない領域を含むF O V全体を走査して新たな重要な物体、地点の兆候を見つけるといった競合する目的を実施する方法を提供する。1つの側面において、方法4802は包括的な主走査を実施する最中に、一方で、「単刀直入に」、重要な変化を見つけ出すという前記競合する目的を仲介する手段を提供する。

10

【0236】

ステップ4854において、割込みの条件が満たされ、既に進行中の主走査は一時中断する。この割込みの条件は割り込みタイマーによる数値の到達（例えば、タイマーによる割り込みの条件は20ミリ秒毎に満たす）か、もしくは最後の一時中断からの走査地点数（例えば主走査中に、20,000走査パルス生成毎に割り込みを発生）とすることができる。さらに前記割り込みの条件は主走査中に得たデータの属性に基づく場合もある。例えば、主走査は前記第2のレーザステアリングパラメータセットに従って、開始することができる。

【0237】

20

前記主走査中に得られる初期の測距データは、その前に実施した走査の測距データと比較してかなりの変化量を示すことがある。それにより、ステップ4854において、変動の測定結果に基づき、割込みの条件を満たした結果、方法4802で前記テスト用計測位置の再測定をすみやかに実施し、前記第2のレーザステアリングパラメータセットの更新を行うようにする。

【0238】

ステップ4847において、評価後のテストベクタから得られるテスト結果のセットに基づいて前記第2のレーザステアリングパラメータセットを更新することができる。ステップ4852において、視野の主走査は、前記第2のレーザステアリングパラメータセットに基づいて開始または再開することができる。例えば、前記第2のレーザステアリングパラメータセットは、図44A内の操縦可能なレーザアセンブリ120が動的に誘導されて走査する経路（例えば、図45A内の4505）を定義することができる。この全経路の走査を実施するのに50ミリ秒かかるとする。ステップ4852において、最初の経路の20%を走査した主走査は、ステップ4854で中断して、テスト計測用位置のセットからの最新のレーザ反射光を得る前に、前記第2のレーザステアリングパラメータセットで定義された経路の走査を再開し、次の20%の走査を終了することができる。

30

【0239】

自律自動車（例えば自動運転車）上に設置されるレーザ測距システムの1つの課題は遠方までレーザ測距を実施する必要性があることである。例えば、図44A内のレーザ測距システム110によって生成されたレーザパルスは、200メートル離れた物体からの反射光を得るのに約1.3マイクロ秒かかる。従って、動的に誘導されないレーザは、毎秒75万点の測距測定値しか生成できない。このような10Hzの走査速度（例えば、F O V全体を毎秒10回走査する）を有する動的に誘導されないレーザは、毎秒75,000回の測距測定値を生成するに過ぎない。

40

【0240】

方法4802は、最大測定距離200mを維持しながら測距測定の数を増加させることができる。距離測定値が200mまたはそれを超える反射を示す場合、方法4802はステップ4854で主走査を一時中断させることができる。方法4802は、前記テスト測定用位置セットから得たテストデータを再評価することができ、それにより、ステップ4847で第2のレーザステアリングパラメータセットを更新して、レーザ光をより速く

50

移動させることができ、結果、変更後の走査密度（例えば、より低い密度の）を有する測距測定位置を生成することができる。このようにして、方法 4802（可変パルス発生率と組み合わせる場合もある）は、前記主走査の速度を増減することができる。例えば、図 44A 内のシステム 110 は、主走査で 100 ミリ秒以内に 10 万の測定値の生成を目標とすることができる。システム 110 の検知範囲の最端に存在する物体からの反射を得るのに、長時間がかかることがある。従って、方法 4802 は、予定時間より遅れた場合は、前記第 2 のレーザステアリングパラメータセットを一時中断して変更することができる。

【0241】

図 5 は、走査プランニング方法のいくつかの実施形態を実行させるためのレーザレンジファインダー 510 の構成要素を示す。システム 110 は、処理サブアセンブリ 510 と、操縦可能なレーザアセンブリサブアセンブリ 505 と、処理アセンブリと操縦可能なレーザアセンブリをリンクするためのコミュニケーションリンク 530 を含めることができる。処理サブアセンブリ 520 は、1 つまたは複数のプロセッサ（例えば、図内のセンサデータプロセッサ 475）、イーサネット、RS485、光ファイバー、Wi-Fi、Bluetooth、CANBUS または USB トランシーバ等の 1 つまたは複数のトランシーバ（例えば、受信機 415 および送信機 470 を含む）を含めることができる。処理サブアセンブリ 520 はまた、図 47 内の方法 4700、図 48A 内の方法 4800 もしくは、図 48B 内の方法 4802 の 1 つまたは複数の実施形態を実行するための命令の保存が可能な、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体（例えば、フラッシュメモリまたはハードディスクドライブ）を含めることができる。操縦可能なレーザアセンブリ 505 は、レーザステアリングパラメータに基づいて FOV 内の 1 つまたは複数の地点でレーザ光を誘導するために、1 つまたは複数のレーザ発振器 420 およびレーザポジショナ 430 を含めることができる。レーザポジショナ 430 は、1 つまたは複数の光遅延線、音響または熱ベースのレーザ誘導素子を含むことができる。電子制御された個体レーザ測距サブアセンブリでは、レーザポジショナは、レーザステアリングパラメータに基づいて命令を受け取り、それによってレーザ光の対象となる部分を遅延させる（すなわち、レーザ光のコピー間に位相差を生成する）ように機能し、次いで、レーザ光の対象となる部分を組み合わせ、FOV 内のある方向に配置する出力ビームを形成する。機械式レーザポジショナ 430 は、レーザステアリングパラメータに基づいて入力（例えば、ステップモータへの PWM の入力）を受け取り、それによってミラーを操向してレーザを FOV 内のある方向に配置できるようにするミラーおよびミラー配置構成要素とすることができる。操縦可能なレーザアセンブリ 505 はまた、図 4A 内の反射検出装置 450、飛行時間演算処理装置 455 および反射強度演算処理装置 460 のようなデータ収集構成要素 540 を含むことができる。操縦可能なレーザアセンブリ 505 は、1 つまたは複数のイーサネット、RS485、光ファイバー、Wi-Fi、Bluetooth、CANBUS または USB トランシーバ等のトランシーバ（例えば、図 4A 内の受信機 415 および送信機 470 を含む）を含めることができる。コミュニケーションリンク 530 は、有線接続（例えば、イーサネット、USB または光ファイバケーブル）または無線接続でもよい。コミュニケーションリンク 530 は、処理サブアセンブリ 520 からのレーザステアリングパラメータまたは同等の命令を操縦可能なレーザアセンブリ 505 に転送することができる。コミュニケーションリンクは、操縦可能なレーザアセンブリで得た距離データを処理サブアセンブリ 520 に転送することができる。

【0242】

操縦可能なレーザアセンブリ 505 へのリンクができるようになると、処理サブアセンブリ 520 は、本開示における、測距走査プランニング法の 1 つまたは複数の実施形態を実行することができる。具体的には、処理サブアセンブリ 510 により、第 1 の T1 セットが生成し、操縦可能なレーザアセンブリ 505 に送信することができ、そこで前記第 1 の T1 セットは、操縦可能なレーザアセンブリ 505 が視野内で、レーザ光を動的に誘導できるようにさせる、それによって視野内のテスト計測点用位置セットに対するレーザパルスのテストセットを生成する。第 2 に、処理サブアセンブリ 520 は、テスト計測用位

10

20

30

40

50

置セットにおけるレーザパルスから得られる1つまたは複数の反射光の属性から構成される操縦可能なレーザアセンブリテストデータを受け取ることができる。第3に、処理サブアセンブリ520は、テストベクタのセットを選択することができ、テストベクタのセットを構成する各テストベクタは、評価することができる基準であり、テスト計測用地点のセットのサブセットから得られる1つもしくは複数の反射したレーザパルスの属性に基づいている。第4に、処理サブアセンブリ520は、少なくとも部分的にテストデータに基づいてテストベクタのセットを構成する各テストベクタを評価することができる、それによってテストベクタのセットに対応するテスト結果のセットを少なくとも部分的に生成することができる。最後に、処理サブアセンブリ520は、テスト結果のセットに基づいて第2のレーザステアリングパラメータセットを生成することができ、これにより、操縦可能なレーザアセンブリに主走査を実行するように指示する、これには操縦可能なレーザアセンブリを用いて動的にレーザ光を誘導し少なくとも部分的にテストベクタの結果に基づいて、不均等な間隔に配置された走査用のレーザパルスのセットを生成することを含む。

10

タイムオブフライトに基づく適応型レーザ走査プランニング

【0243】

LIDARを適用できる成長分野は自律走行車である（例えば、自動走行車、自動走行トラック）。高速道路走行上の一般的な走行速度（例えば時速65マイル）においては、車両前方200mまでの距離測定値を提供する必要がある。LIDARシステムの最大測定距離は、一部は図4A内の反射光検出器450の感度及び一部はLIDARが許容できる反射光を受光するまでの時間によって決定される。最大測定距離200mで設計されたLIDARは、レーザパルスが最大測定距離地点にある物体まで反射して、往復400mの距離を進むのに、最大1.3マイクロ秒の間待機する必要がある。1組のレーザと検出器の組み合わせで、最大測定距離200mの地点において、1秒間に最大75万点の測定数を得ることができる。中には、複数のレーザと検出器のペアを使用して、各ペアを特定の水平角に焦点を合わせるように設置し、より多くの測定数を得るLIDARモデル（例えば、カリフォルニア州Morgan Hillを拠点とするVelodyne LIDAR社のHDL 64E）もある。

20

【0244】

最大測定距離（例えば、200m）を維持しながら測定レート（例えばFOVの1走査あたりの測定数）を増加させる別の方法として、周期レーザパルス列の代わりに不規則レーザパルス列を使用する方法がある。例えば、最大測定距離200mで設計されたLIDARシステムは1.3マイクロ秒の最大パルス幅を有するが、最大測定距離よりも近い地点に位置する物体においては、照射されたレーザパルスの多くは、より早く反射することができる。従って、前記レーザは、a) 1.3マイクロ秒毎、またはb) 反射が検出された時の、どちらか小さい時点で、新しいレーザパルスを生成するように設定することができる。不規則レーザパルス列はFOV内のオブジェクトの配置に基づいてLIDARが確実に最低75万回、最大未知数の測定数を得られるようにできる。これは改善ではあるが、不規則レーザパルス列を有するLIDARは、FOV内の大部分に対象物体が存在しない領域の測定を実施するときには、依然として測定数が少なくなるという問題を抱える可能性がある。動的に誘導をしないLIDAR（例えば、一定の角速度を保って回転するLIDAR）はFOV内の所定の経路を走査し、FOV内の大部分に対象物体が存在しない領域に直面する際、測定数が減少してしまう前記問題に対する解決法はほとんどない。

30

40

【0245】

動的に誘導可能なLIDAR（例えば、電子的に誘導可能なLIDAR）に関する最近の技術進歩により、FOV内で動的に測定位置を分散配置させることが可能となった。例えばFOV内のある領域に対して、最大測定距離に近く、もしくはそれを超える反射を得た時、測定地点の密度を下げることができ、これによりLIDARが妥当な時間内（例えば、ターゲット時間）に走査を完了または、FOV内の部分的もしくは全ての領域におい

50

て、目標とする測定数の計測を達成することができるようになる。従って、動的な誘導は、L I D A R が確実にサービスレベル（例えば 1 秒あたりに F O V を 1 0 回走査する、もしくは 1 回の走査あたり最低 1 0 万の測定値を得る）を維持するための基盤を提供する。

【 0 2 4 6 】

動的に誘導ができない L I D A R は、均一のサービスレベル（例えば、毎 1 0 0 ミリ秒毎に F O V を 1 回走査）を提供する。動的に誘導可能な L I D A R は、費用対効果の高いハードウェアを動的に誘導することで、より低いコストで同等もしくは、より高いレベルのサービスを提供することができる。1 つの実施形態では、レーザ測距走査を実施する方法を開示し、走査から得るタイムオブフライト計測値に基づいて、ターゲット時間内に走査を完了させるために、レーザの動的な誘導を適用した方法である。

10

【 0 2 4 7 】

他の実施形態では、コンピュータを実装した方法により、F O V のある部分を測距走査するためのサービス基準を選択することができる。このサービル基準は、走査を完了するための時間ターゲットまたは走査で得る目標測定値数でも良い。前記方法は、レーザーステアリングパラメータセットに基づいてレーザ測距走行を開始することができる。走査開始後のある時点で、前記方法は、走査から得たタイムオブフライト測定値に基づいてレーザーステアリングパラメータセットを修正し、走査完了後にはサービスレベル基準を満たしているように、変更後のレーザーステアリングパラメータセットに従って走査を継続することができる。

【 0 2 4 8 】

20

さらに他の実施形態では、前記方法は、レーザレンジファインダーによって提供されるサービスレベル（例えば、最大走査完了時間または最小測定値数）を示すサービス基準を選択することができ、また走査の完了基準（例えば、レーザが特定の経路を横切った時、もしくは F O V の一部または全部領域の掃引が完了した時）も選択することができる。適応型レーザ走査プランニング方法では、レーザ走査全行程中において、レーザーステアリングパラメータの初期セットを変更することができる。これは、前記受け取る測距データに基づいて、レーザ走査が確実に完了基準を満たし、同時にある時点（例えば、ターゲット時間でもしくはその前で）でサービスレベル基準も満たすように変更するものとする。

【 0 2 4 9 】

30

例示的な適応型 L I D A R （例えば、適応型レーザ走査プランニング法を実施するレーザレンジファインダー）は、動的に誘導が可能であり、F O V の走査を完了するための時間ターゲットを有することができる。走査の過程で、適応型 L I D A R は時間ターゲットを達成するために周辺からのタイムオブフライトデータに部分的に基づいて測定位置の分布を適応させることができる。例えば、ある適応型 L I D A R は、F O V （例えば、単一の仰角で方位角 3 6 0 度）を走査するために 1 0 0 m s の時間ターゲットを有することができる。走査の中間点（例えば、1 8 0 度）で、前記適応型 L I D A R は、時間ターゲットの達成に対して、予定より遅れていることを識別する。これは、最大測定時間（例えば、最長測定距離 2 0 0 m に対応する 1 . 3 マイクロ秒）に近いかそれを超えて到着する反射光の原因となる F O V の一部の領域に起因している場合がある。これにより、前記例示的な適応型 L I D A R は、時間ターゲットを達成するために既に計画されていた、走査をしていない部分の測定位置の分布を変更することができる。

40

【 0 2 5 0 】

多くのタスク（例えば、ビル建設または統一テストの終了）に関連して、完了基準およびサービスレベル基準が設定されることよくある。完了基準は、あるタスクが完了したかどうかを判断するテスト（たとえば、テストのすべての質問に回答していますか？）である。サービスレベル基準は、完了したタスクに関連するサービスレベルのテスト（例えば、割り当てられた時間内にテストが完了したか、または回答した質問のうち、少なくとも 8 0 % は正解か？）である。

【 0 2 5 1 】

50

動的に誘導可能なレーザーレンジファインダーは、不均一に分布した測定位置に基づいて、F O Vの一部に関して、インテリジェントで徹底的に精査を実施するために、動的にレーザ光を配置することができる。しかしながら、動的に誘導可能なレーザーレンジファインダーは、物体の境界や遠方にある物体の調査（例えば、長い測定時間を要する）に必要以上の時間がかかると、使用が制限され、その結果走査を完了しない（例えば、F O Vの一部の走査に失敗する）。走査を完了するのに時間がかかりすぎるためである。

【 0 2 5 2 】

いくつかの実施形態では、コンピュータを実装した方法を提供する。この方法は、レーザ測距システムによって実行され、走査の全過程において、レーザステアリングパラメータを修正し、走査が完了した時（例えば、完了基準を満たす）にサービスレベル基準を満たすように、以後の測定ポイントの分布を適応させることを可能とする。

10

【 0 2 5 3 】

図 4 9 を参照すると、レーザーレンジファインダー 1 1 0 は F O V 4 9 1 0 内で動的にレーザ光を誘導できるよう動作可能にする操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 を含む。適応型レーザ走査プランニング方法の 1 実施形態によれば、完了目標または基準を選択することができる（例えば、方位角を 0 度で開始し、完了目標は方位角 1 8 0 度までの経路の走査を終了させる）。またサービスレベル基準も選択することもできる、例えば走査は 1 0 0 ミリ秒以内に完了もしくは測定値数 1 0 0 , 0 0 0 以上で完了するように選択することができる。さらにサービスレベル基準は最小要求密度を指定しておこなうこともできる（例えば、方位角および水平角面に対しての単位角度当たりの測定値数）。F O V 4 9 1 0 は、人物 4 9 1 5 および車両 4 9 2 0 などのいくつかの注意をひく物体を含む。前記注意をひく物体との間の空間には、レーダ反射が生じない大きな領域があり、それによってシステム 1 1 0 の性能は、返ってこない反射を待つことで、影響を受ける。適応型レーザ走査プランニング方法の実施形態に従って、レーザーレンジファインダー 1 1 0 は経路（例えば 4 9 2 5 ）に沿ってレーザ光を走査させ（ 4 9 2 5 ）、それによって複数のレーザ測距測定値を生成することができる。動的に誘導可能な操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 の性質を使用することで、高密度のレーザパルス（例えば、レーザパルス 4 9 3 0 および 4 9 4 0 ）を有する領域および低密度のレーザパルス例えば 4 9 3 7 を有する領域ができるようになる。レーザパルスは、動的に選択されたスポットサイズ（例えば、大きなスポットサイズ 4 9 3 5 ）を有することができる。適応型レーザ走査プランニング方法の特徴 1 つの例として、経路 4 9 2 5 の特定の属性が走査の開始時には不明であることである（例えば、正確なレーザパルス密度、スポットサイズまたはパルスサイズ）。これらの属性は走査完了時にサービスレベル基準を満たしているよう適応的に選択される。例えば、走査中のある測定地点においての、正確なレーザパルス密度は、ターゲットの完了時間に対して走査が先行しているか、遅行しているかに基づいて選択することができる。

20

30

【 0 2 5 4 】

グラフ 4 9 4 2 は、走査開始から、経過時間に対する走査の進行（すなわち、開始時の方位角 0 度から完了時 1 8 0 度までのレーザ光の方位角位置）を示す。経過時間に対する走査の進行（すなわち、開始点 0 度から終了点まで 1 8 0 度スキャンするときのレーザ光の方位角位置）を示す。グラフ線 4 9 4 3 は、完了基準（例えば、方位角 1 8 0 度に達する）が満たされた時に、サービスレベル基準（例えば、ターゲット時間 4 9 4 5 以内で走査を実行）も満たされるように F O V を均一に走査したときの経過時間を示す。グラフ線 4 9 4 4 は、サービスレベル基準を満たしつつ、走査を完了させるためにレーザステアリングパラメータのセットを変更して、F O V を走査したときのレーザーレンジファインダー 1 1 0 の実際の性能を示す。走査は方位角 4 9 4 6 で開始する。方位角 4 9 4 6 と 4 9 5 0 との間では、走査により車両を検知し、最初の T 1 のセットを使用して操縦可能なレーザアセンブリ 1 2 0 にレーザパルスの初期設定密度（例えば、レーザパルス 4 9 3 0 ）を生成するように指示する。経過時間 4 9 5 5 において、ターゲット時間からわずかに遅れている（すなわち進行を示すグラフ線 4 9 4 4 はグラフ線 4 9 4 3 の上に位置している）。方位角 4 9 5 0 と 4 9 6 0 との間では、レーザパルスは、レーザーレンジファイン

40

50

ダー１１０の最大測定距離内において、物体からの反射を受けない。従って、４９５０から４９６０間の範囲の測定時間は遅くなり、経過時間４９６５で示されるように走査はターゲット時間から、さらに遅れる。適応型レーザ走査プランニング方法の例では、レーザステアリングパラメータセットの変更に応じて、経路４９２５に沿っての走査速度を増加、方位角方向へのステップサイズの増加、スポットサイズの増加をはかる。速度およびステップサイズの増加は、中央領域４９３７における測定位置密度の減少に効果を有する。スポットサイズを大きくすることで、より多くのレーザエネルギーを照射でき、最大測定距離に近い物体からの反射の識別に役立つ。操縦可能なレーザアセンブリ１２０は変更後の前記レーザステアリングパラメータのセットに従って、１つまたは複数のレーザ光を誘導し、方位角４９６０と４９７０との間では、走査は地点４９７５で予定よりも先行するように早く進む。方位角４９７０と完了角４９８０（例えば１８０度）間では、レーザレンジファインダー１１０は別の注意をひく物体、人物４９１５を検知する。システム１１０は、走査は予定より先行し、走査完了前であることを識別し、従って、レーザステアリングパラメータの２回目の変更を実施し、計測位置（例えば、レーザパルス４９４０）の密度を上げることができる。それによって、サービスレベル基準を満たしながら、走査を完了させることができる。

【０２５５】

別の実施形態では、レーザステアリングパラメータのセットは、測距走査開始後、ターゲット時間に基づいて生成または変更することができる。例えば、レーザステアリングパラメータは、１００ミリ秒で走査完了という、時間ターゲットに基づいて、最初は、高密度走査領域においては、角度範囲１度当たり１レーザパルスという密度を算出する。前記走査中に、前記レーザレンジファインダーは走査が予定より遅行していることを識別すると、ターゲット時間内にレーザ測距走査を完了させるために、前記レーザステアリングパラメータを変更して２度毎に１レーザパルスの照射の密度に設定し直すことができる。

【０２５６】

図５０は例示的な適応型レーザ走査プランニング方法５０００を示す。ステップ５０１０において、方法５０００が開始する。ステップ５０２０で、視野内の少なくとも一部の範囲をレーザ測距走査するためのサービス基準を選択する。ステップ５０２０で、走査の完了基準も選択することができる。サービスレベル基準の例として、走査を完了するためのターゲット時間、目標とする測定値数、目標とするレーザパルスの密度（例えば、ＦＯＶ内における単位角度当たりの測定値数）を含む。完了基準の例としては、経路の終点に到達すること（例えば、最初のレーザステアリングパラメータのセットで定義された経路）、ＦＯＶ内の端点位置に到達すること、ＦＯＶ内の定義された範囲の走査の完了を含む。ステップ５０３０では、レーザステアリングパラメータのセットを選択する。ステップ５０４０において、前記レーザステアリングパラメータのセットに従って、操縦可能なレーザアセンブリで、少なくとも１つのレーザ光が動的に誘導され、それによって、視野内に最初のセットのレーザパルスを生成する。ステップ５０５０において、最初のロケーションのセットに対して１つまたは複数のレーザパルスから得られる１つまたは複数の反射光のタイムオブフライトを測定する。ステップ５０６０において、１つもしくは複数のレーザパルスから得られる１つもしくは複数の反射光に対応するタイムオブフライトに少なくとも部分的に基づいて前記レーザステアリングパラメータセットの変更を行い、変更した前記レーザステアリングパラメータセットはレーザ測距走査の完了時に確実にサービスレベル基準を満たすよう機能するものとする。ステップ５０７０において、変更した前記レーザステアリングパラメータのセットに従って、操縦可能なレーザアセンブリで、少なくとも１つのレーザ光が動的に誘導され、それによって走査完了時には、サービスレベル基準を満たしているようにレーザ測距走査を完了する。

【０２５７】

上記の記載は多くの具体例を含んでいるが、これらはいずれの実施形態の範囲に対する制限として解釈されるべきではなく、その様々な、その実施形態の例示として解釈される

10

20

30

40

50

べきである。様々な実施形態の教示の範囲で、その他の多くの派生形態や変形形態が可能である。従って、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲およびその法的効力に基づいて定められるべきであり、説明した実施例によって定められるべきではない。

【0258】

本明細書で説明する、いずれの方法（ユーザーインターフェイスを含む）はソフトウェア、ハードウェアまたはファームウェアとして実装されてもよく、プロセッサによって実行可能な命令のセットを記憶した非一時的コンピュータ可読記憶媒体（例えば、コンピュータ、タブレット、スマートフォンなど）として説明でき、プロセッサによって実行されると、プロセッサは、任意のステップを実行するように制御することができる。この任意のステップには表示、ユーザとの通信、解析、パラメータの変更（タイミング、周波数、強度などを含む）、決定、警告などが挙げられるが、これらに限定されない。

10

【0259】

ある機能または要素が、別の機能または要素の「上に」ある、と以下記載される場合、それは他の特徴または要素上に直接存在することができ、または介在する機能および/または要素も存在することができる。対照的に、ある機能または要素が別の機能または要素の「直接上にある」と記載される場合、介在する機能または要素は存在しない。さらに、ある機能または要素が他の機能または要素に「接続された」、「取り付けられた」または「結合された」と記載される場合、それは他の機能または要素に直接的に接続、取り付け、または結合され得ること、もしくは介在する機能または要素が存在することも理解されるべきである。対照的にある機能または要素が他の機能または要素に「直接接続された」、「直接取り付けられた」または「直接結合された」と記載される場合、介在する機能または要素は存在しない。1つの実施形態に関して機能および要素が記載または図示されているが、そのように記載または図示された機能および要素は、他の実施形態にも適用することができる。

20

【0260】

当業者であれば、別の機能に「隣接して」配置される構造または機能の言及は、隣接する機能と重なるか、その根拠をなす部分を有してもよいことが理解されよう。本明細書で使用する用語は、特定の実施形態のみを説明するためのものであり、本発明を限定するものではない。本明細書中で使用される単数形「a」、「an」および「the」は、文脈上明らかに別の意味をしていると判断されない限り、複数形も含むことを意図している。本明細書で、「含む」および/もしくは「含んでいる」という用語が使用される場合、記載された機能、工程、工程、要素および/もしくはコンポーネントを特定するが、1つまたは複数の他の機能、工程、操作、要素、コンポーネントおよび/もしくはそのグループの存在または追加を排除しない。本明細書中で使用される場合、「および/または」という用語は、言及されている関連事項のそれぞれ、単独あるいはそれらあらゆる形態の組み合わせを含み、「/」と省略することができる。

30

【0261】

「下に」、「下向き」、「下方」、「上に」、「上向き」、「上方」などのような空間上の相対的な位置を表す用語は、図面に例示されているように、ある要素もしくは機能とその他の要素（複数可）もしくは機能（複数可）との関係を容易に説明するために用いられる。空間上の相対的な位置を表す用語は、図面に例示されている向きに加えて、使用中または動作中の装置の異なる向きが含まれるものとする。例えば、図面中の装置が反対向きになる場合、他の要素または機能の「下に」または「下向き」と記述された要素は、従ってその他の要素または機能の「上に」と反対に記述される。従って、例として記述した「下に」という用語は、上および下の両方向を含むことができる。この装置は、そうでない場合は他の方向に向いていてもよく（90度回転または他の方向へ向く）、本明細書で記述される空間上の相対的な位置はそれに従って解釈される。同様に、特に記述がない限り、「上向き」、「下向き」、「垂直」、「水平」などの用語は説明の目的でのみ使用される。

40

【0262】

50

本明細書中において、様々な機能／要素（ステップを含む）を記述するにあたって「第１の」、「第２の」という用語を用いる場合があるが、特に記述がない限りこれらの機能／要素をその用語によって制限的に解釈すべきではない。これらの用語は、ある機能／要素を他の機能／要素から識別する目的で使われている。従って、以下の記述において第１の機能／要素は第２の機能／要素と言い換えることができ、また同様に第２の機能／要素は本発明の趣旨から離れることなく、第１の機能／要素と言い換えることができる。

【０２６３】

本明細書および以下に続く、特許請求の範囲を通して、文脈上明白に他の意味に解すべき場合を除き、「含む」およびその変形である「有する」や「含んでいる」という語は、様々なコンポーネントが方法や物品（例えば、装置および方法を含む組成物や装置の集合体）の中で一緒に使用できることを意味する。例えば、「含んでいる」という語は、記述された、いずれの要素もしくはステップを含むものであるが、他の要素もしくはステップを除外するものではないと理解される。

【０２６４】

一般に、本明細書に記載された装置および方法のいずれも包括的であると理解されるべきであるが、コンポーネントおよび／ステップのすべて、またはサブセットは代替的に排他的であっても良く、様々なコンポーネント、ステップ、サブコンポーネントまたはサブステップの「からなる」または「から実質的になる」と表現してもよい。

【０２６５】

実施例も含む、本明細書および特許請求の範囲で記述されている、すべての数字は特に明記しない限り、あたかも「約」や「おおよそ」という語句が、明確に記述されていない場合でも、数字の前についているように解釈することができる。「約」や「おおよそ」という語句は、記述された値および／または位置が、値および／または位置の予想される合理的な範囲にあることを示すために用いられる。例えば、ある値は記述された数値（もしくは数値の範囲）の＋／０．１％の値、記述された数値＋／２％（もしくは数値の範囲）、記述された数値（もしくは数値の範囲）の＋／５％、記述された数値（もしくは数値の範囲）の＋／１０％などの範囲の値を有してもよい。また、本明細書に記載される、いかなる数値は、文脈上明白に他の意味に解すべき場合を除き、約またはおおよその値を含むと理解されるべきである。例えば、値として「１０」が開示されている場合、「約１０」も開示される。本明細書に記載されているあらゆる数値範囲は、それらの範囲に包含されるすべての部分範囲を包含するものと理解すべきである。さらに、数値が開示されている場合、数値「以下」、数値「以上」そして数値間の可能性のある範囲もあわせて開示されるものと理解すべきである。例えば、値「X」が開示されている場合、X「以下」またはX「以上」（例えばXは数値とする）も合わせて開示される。本出願全体を通して、データは多数の異なるフォーマットで提供され、このデータは終点、開始点およびデータポイントの任意の組み合わせの範囲を表すものと理解すべきである。例えば、特定のデータポイント「１０」と特定のデータポイント「１５」が開示されている場合、１０と１５に対して、超過、以上、未満、以下、同等の数値そして、１０から１５の間の数値が開示されていると理解すべきである。さらに、２つの特定単位間の各単位も開示されていると理解されるべきである。例えば、１０と１５が開示されている場合、１１、１２、１３および１４も開示されている。

【０２６６】

以上、様々な実施形態について説明したが、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲から逸脱することなく、様々な実施形態に変更を加えることができる。例えば、様々な方法を説明したステップを実行する順序は、代替実施形態において変更されることが多く、別の代替実施形態においては、ひとつもしくは複数のステップが同時に省かれることもある。さまざまな装置およびシステム実施形態の任意選択の機能は、ある実施形態には含まれ、他の実施形態には含まれない場合がある。従って、前述の説明は、主に例示的な目的として提供され、特許請求の範囲に記載される本発明の範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

10

20

30

40

50

【 0 2 6 7 】

本明細書に含まれる実施例および図は、本発明を実施することができる特定の実施形態を、限定するものではなく説明するものとして示す。上述したように、本開示の範囲から逸脱することなく、構造的および論理的な代替および変更が実施できるように、他の実施形態を利用したり、そこから導き出すことができる。本発明の主題のそのような実施形態は、便宜上かつ、2つ以上開示されている場合、任意の単一の発明または発明の概念に自発的に限定しようしないで、単に「発明」という用語によって個々にまたは集合的に、言及されてもよい。従って、本明細書では具体的な実施形態を例示し説明したが、同じ目的を達成するために計算された任意の構成を、例示した具体的な実施形態の代替として用いることができる。この開示は、様々な実施形態のすべての適応形または変形を包含することを意図している。上記実施形態、および本明細書に具体的に説明されていないその他の実施形態の組み合わせは上記の説明を検討することによって、当業者には明らかとなろう。

10

〔付記 1〕

車両一体型レーザ測距システムであって、

車両に配置された光検出及び測距システム（L I D A R）であって、前記 L I D A R は

複数のレーザビームを生成するように構成されたレーザと、

前記複数のレーザビームを検出するレーザ検出器と、そして

前記ビームガイドは、前記レーザ検出器とは別体であり、前記ビームガイドは、

前記複数のレーザビームを前記ビームガイド内に導く少なくとも1つの光学素子と、そして複数のレーザビームの対応するビーム方向を変更するための少なくとも1つの光学素子を含む。

20

〔付記 2〕

前記ビームガイドは、前記車両のボディパネルの後ろに配置されることを特徴とする付記 1 に記載の車両一体型レーザ測距システム。

〔付記 3〕

前記ビームガイドは、車両のボディパネルの後ろの前記レーザビームの少なくとも一部を案内するように、前記車両上に配置される、付記 1 に記載の車両一体型レーザ測距システム。

30

〔付記 4〕

車両一体型レーザ測距システムであって、

車両に配置された光検出及び測距システム（L I D A R）であって、前記 L I D A R は

複数のレーザビームを生成するレーザと、

前記複数のレーザビームを検出するレーザ検出器と、そして

車両のボディパネルの下方に配置され、L I D A R からの複数のレーザビームを車両のボディパネルの周囲に案内するビームガイドであって、

光透過領域と、

前記複数のレーザビームを前記光透過領域に反射させ、前記複数のレーザビームを前記ボディパネルの外周に導く対向する2組の反射器と、そして

複数のレーザビームを透過させるレンズとを備えている。

40

〔付記 5〕

前記ビームガイドは、前記複数のレーザビームのそれぞれについて、前記 L I D A R における前記ビームガイドの第1の端部における入力角度範囲内の対応する入力角度を対応する前記レーザビームの対応する対応するものに変換するように構成され、前記レンズにおける前記ビームガイドの第2の端部における出力角度範囲内の出力角度を有する。

〔付記 6〕

前記レーザ検出器に結合され、前記ビームガイドの構成に基づく伝達関数で構成され、前記ビーム検出器を通過する複数の3次元反射位置を計算する回路をさらに備えた付記 5

50

に記載の車両一体型レーザ測距システム前記複数のレーザビームからの反射を検出することに応答して。

〔付記 7〕

前記ビームガイドは、入力角度と出力角度との間の関係を変更するように再構成可能であり、前記回路は、前記ビームガイドの再構成に応答して前記伝達関数を再構成するように機能し、それにより、ビームガイドの再構成に応答して車両を越える反射位置を表す複数の 3 次元座標を生成する。

〔付記 8〕

車両一体型レーザ測距システムであって、
光検出及び測距システム (L I D A R) は、
視野 (F O V) を有するレーザ検出器であって、前記 F O V は、前記レーザ検出器がレーザ反射を検出することができる 1 組の方向を含み、

前記 F O V の前記第 1 の部分内の複数の方向について、前記レーザ検出器が前記車両を超えて前記レーザ反射を直接受け取ることができないように、前記 L I D A R が前記車両上に配置され、

車両を超えた複数の反射位置にレーザパルスを送信するレーザと、
前記複数の反射位置から前記レーザパルスに対応するレーザ反射を受信し、各レーザ反射に対して対応する入力方向を変えて前記レーザビームを導くように構成されたビームガイドと、

第 1 部分のレーザ検出器の方向にレーザ検出器へのレーザ反射を検出する。

〔付記 9〕

車両に組み込まれたレーザ測距システムであって、
車両上に位置する L I D A R と、光検出及び測距システム (L I D A R) とを備え、
前記 L I D A R は、
視野 (F O V) を有するレーザ検出器であって、前記 F O V は、前記レーザ検出器がレーザ反射を検出することができる 1 組の方向を含み、
前記 L I D A R は、

前記車両を越えた複数の反射位置が前記レーザ検出器の直接的な視線から遮られるように、前記 F O V の第 1 の部分が遮られるように前記車両上に配置され、車両を超えて複数の反射位置にレーザパルスを送信するためのレーザと、

前記レーザ・パルスに応答して、前記複数の反射位置から対応する反射方向を有するレーザ反射を受信するように構成されたビーム・ガイドとを備え、

前記ビーム・ガイドは、ビームガイドは、F O V の第 1 の部分における入力方向に対応する出力方向に変化させるための少なくとも 1 つの光学素子を含み、それにより、レーザ反射をレーザ検出器に導き、F O V。

〔付記 10〕

システムであって、
視野 (F O V) を有するレーザレンジファインダと、車両に取り付けられたレーザレンジファインダと、

1 つまたは複数のビームガイドであって、

レーザレンジファインダから入力方向にレーザビームを受ける第 1 の端部と、

前記ビームガイドの第 2 端に位置し、前記入力方向に基づく出力方向で前記車両から前記レーザビームを透過するレンズと、

前記キャビティ内で前記ビームガイドの前記第 1 の端部から前記第 2 の端部まで前記レーザビームが移動する、付記 1 に記載のシステム。

〔付記 11〕

前記ビームガイドの前記第 1 および第 2 の端部は、少なくとも 30 センチメートル離れていることを特徴とする付記 10 に記載のシステム。

〔付記 12〕

前記レーザビームが前記キャビティ内で前記第 1 の端部から前記第 2 の端部まで移動し

10

20

30

40

50

た後、前記対象物からの前記レーザビームの反射が、前記キャビティ内を移動する、付記 10 に記載のシステム。

〔付記 13〕

前記 1 つまたは複数のビームガイドは、前記 1 つまたは複数の内部表面のうちの少なくとも 1 つに取り付けられて前記レーザビームを反射する 1 つまたは複数の反射器をさらに備える、付記 10 に記載のシステム。

〔付記 14〕

少なくとも 2 つのビームガイドをさらに備え、前記少なくとも 2 つのビームガイドの各ビームガイドは、共通レーザレンジファインダから別個のレーザビームを受け取る、付記 10 に記載のシステム。

〔付記 15〕

レーザレンジファインダの遮られていない視界を増加させる方法であって、
L I D A R (L i g h t D e t e c t i o n a n d R a n g i n g S y s t e m) を用いて、車両に搭載された L I D A R と、視界を有する L I D A R とを入力方向に生成し、

前記 L I D A R から分離されたビームガイドとを備え、

前記ビームガイドは、前記車両に取り付けられたレンズを備え、前記 L I D A R における入力レーザビーム角度の範囲に対応するレンズにおける出力ビーム角度の範囲、

前記出力方向は、前記入力方向に基づいており、前記出力方向は、前記レーザビームを、前記セットから排他的な前記車両の限界を超えた点を通して移動させる視野内の方向を有するレーザビームにより直線的に到達可能な点の数である。

〔付記 16〕

前記ビームガイド内の第 1 および第 2 の組の反射器の間のギャップに前記レーザビームを導くステップをさらに含む、付記 15 に記載の方法。

〔付記 17〕

本体パネルの後ろに位置する非光透過面を提供することをさらに含み、前記非光透過面は、前記 L I D A R と前記レンズとの間に前記レーザビームの経路を少なくとも部分的に囲む、付記 15 に記載の方法。

〔付記 18〕

車両の境界を越える点は、L I D A R から直線状に走行するレーザが衝突することができるすべての点の集合から排他的である、付記 15 に記載の方法。

〔付記 19〕

車載レーザ配信システムであって、

視野 (F O V) 内の入力角度でレーザビームを生成するように車両に取り付けられるように構成された光検出及び測距システム (L I D A R) と、

ビームガイドは、

車両を越えた領域にレーザビームを透過させるための細長いレンズであって、レンズから出力角度で送信され、出力角度は入力角度に基づいており、

前記ビームガイドは、前記ビームガイドを出るときに、前記レーザビームが前記 L I D A R の前記 F O V によって囲まれていない領域を通過するように、前記レーザビームの方向を変更する。

〔付記 20〕

車載用レーザ分配システムであって、

視野 (F O V) 内の入力角度でレーザビームを生成するように車両に取り付けられるように構成され、前記レーザビームからの反射を検出するレーザ検出器を備える光検出測距システム (L I D A R) と、

ビームガイドは、

車両を越えた領域にレーザビームを透過させるための細長いレンズであって、レンズから出力角度で送信され、出力角度は入力角度に基づいており、

前記ビームガイドは、前記ビームガイドを出るときに、前記レーザビームが前記 L I D

10

20

30

40

50

A Rの前記F O Vによって囲まれていない領域を通過するように、前記レーザビームの方向を変更する。

〔付記21〕

前記L I D A Rは、前記L I D A Rの前記F O Vによって包含されない領域内の3次元反射位置を計算するように構成された回路を備え、

伝達関数は、車両のアスペクトを示す車両データに少なくとも部分的に基づいており、入力角度と出力角度との間の関係に少なくとも部分的に基づいている。

〔付記22〕

前記回路は、前記L I D A Rの前記F O Vによって包含されない領域内の3次元反射位置を計算するための伝達関数で構成され、前記伝達関数は、

前記伝達関数は、前記ビームガイドの構成を示すデータに少なくとも部分的に基づいて選択される。

〔付記23〕

レーザレンジファインダであって、

一組のレーザステアリングパラメータを受信し、一組のレーザステアリングパラメータに基づく方向にレーザビームを生成するように構成された操縦可能なレーザ送信機と、

前記レーザ光の反射光を受光するレーザ検出器と、そして

前記電子制御可能セグメントの少なくとも1つは、前記1組のレーザステアリングパラメータからの少なくとも1つのレーザステアリングパラメータに基づいて電子制御される、付記1に記載の方法。

〔付記24〕

レーザレンジファインダであって、

1組のレーザステアリングパラメータを用いて構成され、1組のレーザステアリングパラメータに基づいて1組のレーザパルスを設定オフ方向に生成するように構成された操縦可能なレーザトランスミッタと、

1組のレーザパルスからレーザ反射を受信するように構成されたレーザ検出器と、そして前記電子制御可能セグメントの少なくとも1つは、前記1組のレーザステアリングパラメータからの少なくとも1つのレーザステアリングパラメータに基づいて電子制御される付記1に記載の方法。

〔付記25〕

レーザレンジファインダであって、

レーザステアリングパラメータのセットを受け取り、レーザステアリングパラメータのセットに基づく方向にレーザビームを生成するための操縦可能なレーザトランスミッタと、

前記レーザ光の反射光を受光するレーザ検出器と、

前記レーザ検出器の前に配置され、一組の電子的に制御可能なセグメントを含む空間光変調器と、

電子的に制御可能なセグメントの第1の非ゼロサブセットが、光がレーザ検出器に到達するのをブロックし、電子的に制御可能なセグメントの第2の非ゼロのサブセットが光をレーザ検出器に送信し、

第1および第2のサブセットは電子的に制御可能なアパーチャを形成し、アパーチャの位置はレーザステアリングパラメータのセットからの少なくとも1つのレーザステアリングパラメータに少なくとも部分的に基づいている。

〔付記26〕

電子的に制御可能なアパーチャを有するレーザ検出器であって、

視野を有する光レーザ検出器と、そして

電子的に制御可能な透過性を有する複数のセグメントを含む空間光変調器であって、反射レーザビームの視野内の位置を示すデータを受信すると、前記空間光変調器は、前記複数のセグメントの非ゼロのサブセットを電子的に制御する視野の第1の部分から光を遮断し、それにより視野の第2の部分を通して光を透過させ、第2の部分はその位置を含む。

10

20

30

40

50

〔付記 27〕

電子的に制御可能なアパーチャを有するレーザ検出器であって、
視野を有する光レーザ検出器と、そして

視野内の反射位置を示すデータを受信すると、空間光変調器は、複数のセグメントの非ゼロのサブセットを電子的に制御して、光の形態をブロックするように電子的に制御可能な透明性を有する複数のセグメントを含む空間光変調器視野の第1の部分に有し、それによって視野の第2の部分を通して光を透過し、第2の部分は反射位置を含む。

〔付記 28〕

電子的に制御可能なアパーチャを有するレーザ検出器であって、
視野を有する光レーザ検出器と、
電子的に制御可能な透明性を有する複数のセグメントと、そして

反射レーザビームの視野内の位置を示すデータを受信するアパーチャポジションであって、前記アパーチャポジションは、前記複数のセグメントの非ゼロサブセットを制御して前記視野の第1の部分から光をブロックし、光が透過する視野の第2の部分を提供し、第2の部分はその位置を含む。

〔付記 29〕

方法であって、

動的操縦能力を有する操縦可能レーザの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータを取得するステップと、

前記センサデータに基づいて物体の少なくとも一部分の位置を推定するステップと、

前記物体の前記少なくとも一部分の前記推定された位置に基づいて前記操縦可能レーザのためのキープアウト領域を決定するステップと、

前記キープアウト領域に基づいて一組の命令を生成するステップと、そして
命令セットを用いて操縦可能なレーザを操縦する。

〔付記 30〕

方法であって、

動的操縦能力を有する操縦可能レーザの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータを取得するステップと、

前記センサデータに基づいて物体の少なくとも一部分の位置を推定するステップと、

前記オブジェクトの前記少なくとも1つの部分の前記位置に少なくとも部分的に基づいて命令セットを生成することと、そして

オブジェクトの少なくとも一部分を包含するキープアウト領域を回避する視野内の方向を有するレーザパルスのセットを生成するために、命令セットを使用して操縦可能なレーザを操縦する。

〔付記 31〕

コンピュータにより実施される方法であって、

動的操縦能力を有する操縦可能なレーザアセンブリの視野内の環境の1つ以上の態様を示すセンサデータを取得するステップと、

前記センサデータに基づいて人の位置を推定するステップと、

前記人の推定位置に基づいて前記操縦可能なレーザアセンブリのキープアウト領域を生成するステップと、そして

キープアウト領域に基づく命令セットを使用して操縦可能なレーザを操縦するステップとを含む。

〔付記 32〕

前記1組の命令を使用して前記操縦可能なレーザを操縦することは、前記操縦可能なレーザを動的に操縦することを含む、付記29に記載の方法。

〔付記 33〕

前記1組の命令を使用して前記操縦可能なレーザを操縦することは、操縦可能なレーザを動的に操向して少なくとも1つの方向の逆転を実行することを含む、付記29に記載の方法。

10

20

30

40

50

〔付記 3 4〕

前記 1 組の命令を用いて前記操縦可能なレーザを操縦することは、前記操縦可能なレーザが 2 次元のレーザビームの角速度を変化させ、それにより前記レーザビームを前記キープアウト領域の周りに導くことを特徴とする付記 2 9 に記載の方法。

〔付記 3 5〕

前記命令セットを使用して前記操縦可能なレーザを操縦することは、操縦可能なレーザの角速度を 2 次元で変化させ、それにより前記操縦可能なレーザを前記キープアウト領域の周りに導く、付記 2 9 に記載の方法。

〔付記 3 6〕

コンピュータによって実施される方法であって、
動的操縦能力を有する操縦可能なレーザアセンブリの視野内の環境の 1 つ以上の態様を示すセンサデータを取得するステップと、

前記センサデータに基づいて物体の位置を推定するステップと、
前記視野内の物体の位置を識別するように前記センサデータを処理し、前記操縦可能なレーザアセンブリでレーザパルス生成することを回避するように機能する、前記物体の位置に少なくとも部分的に基づいてレーザ操縦パラメータのセットを生成するステップと、
キープアウト領域内で；そして

キープアウト領域を回避する視野内の方向を有するレーザパルスのセットを生成するために、操縦可能なレーザを操縦パラメータのセットを用いて操縦する。

〔付記 3 7〕

前記処理が前記物体の分類を決定し、前記レーザ操縦パラメータの前記組が、前記物体の位置および前記物体の分類に少なくとも部分的に基づいている、付記 3 6 に記載のコンピュータ実装方法。

〔付記 3 8〕

前記一組のレーザステアリングパラメータは、前記キープアウト領域の形状を規定するように機能し、前記キープアウト領域の形状は、前記対象の前記分類に少なくとも部分的に基づいている、付記 3 6 に記載のコンピュータ実装方法。

〔付記 3 9〕

前記 1 組のレーザステアリングパラメータは、前記キープアウト領域のサイズを定義するように機能し、前記キープアウト領域のサイズは、前記対象の分類に少なくとも部分的に基づいていることを特徴とする付記 3 8 に記載のコンピュータ実装方法。

〔付記 4 0〕

前記処理は、前記視野内の前記対象物までの距離を決定し、前記レーザ操縦パラメータの前記セットは、前記対象物までの距離に少なくとも部分的に基づいている、付記 3 6 に記載のコンピュータ実装方法。

〔付記 4 1〕

付記 3 6 に記載のコンピュータにより実施される方法であって、
視界内の物体までの距離を決定するためにセンサデータを処理するステップと、前記対象物までの距離に少なくとも部分的に基づいて、前記対象物までの距離に少なくとも部分的に基づいて前記レーザ操縦パラメータのセットを生成するステップと、を含むことを特徴とする方法。

〔付記 4 2〕

方法であって、
レーザを有するレーザレンジファインダの局所環境の 1 つまたは複数の態様を示すセンサデータを取得するステップと、
前記センサデータに基づいて一組のレーザステアリングパラメータを取得するステップと、
視野内の一連の方向にレーザパルスのセットを生成するために、レーザステアリングパラメータのセットに従ってレーザを動的に操縦するステップと、そして
レーザレンジファインダを用いて、レーザパルスのセットからの反射光の 1 つ以上の態様

10

20

30

40

50

を測定し、それにより反射データを生成する。

〔付記 4 3〕

前記 1 組のレーザパルスは、前記センサデータに少なくとも部分的に基づいて、視野内の不均一な間隔の分布を有する、付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 4〕

前記動的ステアリングは、前記一連の方向を 2 次元の角度範囲にすることを特徴とする付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 5〕

レーザステアリングパラメータは、方向のシーケンスに少なくとも 1 つの方向反転を含むようにさせる、付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 6〕

前記レーザステアリングパラメータは、前記一連の方向により前記センサデータによって示される物体の境界を描写することを特徴とする付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 7〕

前記方法は、第 1 の車両において実行され、前記センサデータが、第 2 の車両から前記第 1 の車両に送信される無線車間通信信号を処理することによって取得される、付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 8〕

前記レーザは、固体状態の電氣的に操縦可能なレーザである、付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 4 9〕

付記 4 2 に記載の方法であって、
前記センサデータに少なくとも部分的に基づいて前記レーザレンジファインダの前記局所環境内の物体の分類を取得するステップと、
レーザステアリングパラメータは、少なくとも部分的には、
オブジェクト。

〔付記 5 0〕

付記 4 2 に記載の方法であって、
前記センサデータは、前記レーザレンジファインダのローカルローカル環境内のオブジェクトの分類を含み、
レーザステアパラメータは、レーザを動的に操縦してスキャンするように機能する
視野内の領域、
領域はオブジェクトの分類に基づいて複雑な形状を有する。

〔付記 5 1〕

前記センサデータに基づいて前記視野内の物体を識別するステップと、
識別された物体に基づいてレーザステアリングパラメータを生成するステップとを含む。

〔付記 5 2〕

前記 1 つ以上の第 2 のレーザパルスは、不均一なレーザポイント分布を生成し、前記 1 つ以上の第 2 のレーザパルスの前記外周囲は、前記視野の複雑な形状の領域を形成する、付記 4 2 に記載の方法。

〔付記 5 3〕

付記 4 2 に記載の方法であって、
オブジェクトの境界、オブジェクトの特徴的な特徴、および前記センサの少なくとも一部に少なくとも部分的に基づいて特徴を識別するステップと、
識別された特徴に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータを生成するステップとを含む。

〔付記 5 4〕

前記視野の少なくとも一部の走査を完了するための目標時間を取得するステップと、
センサデータと目標時間とを用いてレーザステアリングパラメータのセットを生成するステップとを含む。

〔付記 5 5〕

10

20

30

40

50

前記 1 組のレーザステアリングパラメータに従って前記レーザを動的に操縦することは、前記ターゲット時間内の前記視野内の前記一連の方向の前記レーザパルスのセットを生成する、付記 5 4 に記載の方法。

〔付記 5 6〕

前記ローカル環境内の複数のオブジェクトを識別するために前記センサデータを処理するステップをさらに含み、

複数の識別されたオブジェクトのそれぞれに 1 つ以上の重みを割り当て、レーザステアリングパラメータのセットは、複数のオブジェクトの少なくとも 1 つに割り当てられた重みの少なくとも 1 つに少なくとも部分的に基づいている。

〔付記 5 7〕

前記ローカル環境内の複数のオブジェクトを識別するために前記センサデータを処理するステップをさらに含み、

複数の識別されたオブジェクトのそれぞれに 1 つ以上の重みを割り当てることは、前記複数の物体からの第 1 の物体に対応する第 1 の重みに少なくとも部分的に基づいて前記レーザ操舵パラメータの組を生成するステップと、

前記第 1 の重みは、前記第 1 の重みが、前記複数のオブジェクト内の第 2 のオブジェクトに対応する第 2 の重みに少なくとも部分的に基づいているような相対重み付けである、付記 1 に記載の方法。

〔付記 5 8〕

方法であって、

1 つ以上の操縦可能なレーザを有するレーザレンジファインダで、視野内の第 1 の組の方向に第 1 の組のレーザパルスを発生させ、

レーザレンジファインダを用いて、第 1 の組のレーザパルスからの反射光の 1 つ以上の態様を測定し、それによって第 1 のデータを生成するステップと、

第 1 のデータに少なくとも部分的に基づいて 1 組のレーザステアリングパラメータを生成するステップと、

視野内の 1 つまたは複数の第 2 の位置で 1 つまたは複数の第 2 のレーザパルスを生成するステップと、前記 1 つまたは複数の第 2 のレーザパルスを生成するステップと、

第 2 のデータを生成するために、1 つ以上の第 2 のレーザパルスからの反射光の 1 つ以上の態様を測定することを含む。

〔付記 5 9〕

付記 5 8 に記載の方法であって、

視野内の物体の境界位置を第 1 のデータに基づいて推定するステップと、

前記物体の前記推定された境界位置に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを生成するステップとを含む方法。

〔付記 6 0〕

付記 5 8 に記載の方法であって、

視界内の第 1 のオブジェクトの境界領域を識別するために第 1 のデータのセットを処理するステップであって、境界領域は第 1 のオブジェクトの境界の少なくとも一部を包含し、前記レーザステアリングパラメータは、前記視野内の平均レーザパルス密度よりも大きなレーザパルス密度で前記境界領域の少なくとも一部を走査するように前記操縦可能なレーザを構成する。

〔付記 6 1〕

前記レーザステアリングパラメータは、前記 1 つ以上の操縦可能なレーザに、前記視野内の不均一な方向間隔を有する前記レーザパルスの前記第 2 のセットを生成させる、付記 5 8 に記載の方法。

〔付記 6 2〕

付記 5 8 に記載の方法であって、

視野内の物体を識別し、

前記操縦パラメータに少なくとも部分的に基づいて前記操縦可能なレーザを動的に操舵す

10

20

30

40

50

ると、前記生成された１つ以上の第２レーザパルスの少なくとも一部が、前記領域内の境界領域の周辺を画定するように、オブジェクトの境界の少なくとも一部を包含するビュー。

〔付記６３〕

付記５８に記載の方法であって、
視野内の物体の境界の少なくとも一部を描写する高密度スキャン領域を１つ以上の第２のレーザパルスで生成するステップと、第１のレーザパルスセットの密度よりも大きなレーザパルス密度を含む高密度スキャン領域とを生成するステップ。

〔付記６４〕

前記レーザステアリングパラメータの組は、少なくとも１つの経路を含み、前記少なくとも１つの経路は、前記第１のデータに少なくとも部分的に基づいて選択される、付記５８に記載の方法。

〔付記６５〕

前記１組のレーザステアリングパラメータは、少なくとも１つのレーザスポットサイズを含み、前記少なくとも１つのスポットサイズは、前記第１のデータに少なくとも部分的に基づいて選択される、付記５８に記載の方法。

〔付記６６〕

前記１組のレーザステアリングパラメータは、少なくとも１つのレーザパルス間隔を含み、

〔付記６７〕

以下を含む方法：
操縦可能なレーザを有するレーザ距離計を用いて、第１の一連の方向に第１の組のレーザパルスを発生させるステップと、
第１の組のレーザパルスからの反射光の１つ以上の態様を測定して第１のデータを生成するステップと、
第１のデータに少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを取得するステップと、
パルスレーザビームを動的に操縦し、それによって第２の一連の方向に第２のレーザパルスを生成するように、前記１組のレーザステアリングパラメータに従って前記操縦可能なレーザを構成するステップと、そして
１つ以上の第２のレーザパルスから反射された光の１つ以上の態様を測定し、それによって第２のデータを生成するステップとを含む。

〔付記６８〕

前記第１の組のレーザパルスにおける連続するレーザパルスは、第１の平均角度間隔を有し、前記第２の組のレーザパルスにおける連続するレーザパルスは、第２の平均角度間隔を有し、第１のレーザステアリングパラメータは、第２の平均角度間隔を第１の平均角度間隔より小さくするように機能する。

〔付記６９〕

前記ステアリングパラメータは、少なくとも１つの領域を含み、前記少なくとも１つの領域は、前記第１のデータに少なくとも部分的に基づいて選択される、付記６７に記載の方法。

〔付記７０〕

前記方法は、前記ＦＯＶの単一走査の過程で実行される、付記６７に記載の方法。

〔付記７１〕

付記６７に記載の方法であって、
前記第１のデータに基づいてオブジェクトのオブジェクト分類を生成し、前記オブジェクト分類に少なくとも部分的に基づいて前記レーザステアリングパラメータを生成するステップと、を含む方法。

〔付記７２〕

前記１組のレーザステアリングパラメータにおける少なくとも１つのレーザステアリン

10

20

30

40

50

グパラメータが、前記視野内の局在領域を規定し、前記 1 組のレーザステアリングパラメータ内の少なくとも 1 つの他のレーザステアリングパラメータが操舵に適用される、付記 6 7 に記載の方法。電子制御されたレーザ。

〔付記 7 3〕

前記 1 組のレーザステアリングパラメータ内の少なくとも 1 つのレーザステアリングパラメータは、前記 1 組のレーザステアリングパラメータ内の少なくとも 1 つの他のレーザステアリングパラメータについて視野内の基準位置を画定する、付記 6 7 に記載の方法。

〔付記 7 4〕

方法であって、

レーザを有するレーザレンジファインダの局所環境の 1 つまたは複数の態様を示すセンサデータを取得するステップと、

前記センサデータに基づいて一組のレーザステアリングパラメータを計算するステップと、

視野内の一連の方向にレーザパルスのセットを生成するために、レーザステアリングパラメータのセットに従ってレーザを操縦するステップと、そして

レーザレンジファインダを用いて、レーザパルスのセットからの反射光の 1 つ以上の態様を測定し、それにより反射データを生成する。

〔付記 7 5〕

コンピュータにより実施される方法であって、

操縦可能なレーザアセンブリを含む装置のためのレーザステアリングパラメータのセットを生成するステップと、

反復的に以下のステップを実行する：

レーザステアリングの組に従って操縦可能なレーザアセンブリを構成するステップ

視野内の 1 つ以上の第 1 の位置で 1 つ以上のレーザパルスを生成するためのパラメータであって、前記 1 つ以上の第 1 の位置は、少なくとも部分的に前記レーザステアリングパラメータに基づいており、

前記 1 つ以上の第 1 の点位置における前記 1 つ以上のレーザパルスからの反射光の 1 つ以上の態様を測定し、それにより第 1 のデータを生成するステップと、

第 1 のデータに少なくとも部分的に基づいてステアリングパラメータの組を精緻化するステップとを含む。

〔付記 7 6〕

レーザレンジファインダの視野内の物体の境界を漸進的に定位させる方法であって、

視野内にレーザパルスの第 1 のセットを生成するために、レーザステアリングパラメータのセットに従って、レーザレンジファインダ内の操縦可能なレーザを動的に操縦すること第 1 の組のレーザパルスからの反射をレーザレンジファインダで測定することによって第 1 の組の反射データを生成するステップとを含む。

前記境界内のオブジェクトの境界を包含するように機能する境界領域を決定するために、前記第 1 の反射データセットを処理するステップと、

境界領域に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを修正するステップと、

視野内の第 2 の組のレーザパルスを生成するために、変更された組のレーザ操縦パラメータに従ってレーザレンジファインダ内の操縦可能なレーザを動的に操縦するステップと、

前記レーザレンジファインダを用いて、前記第 2 の組のレーザパルスからの反射を測定することによって反射データの第 2 のセットを生成するステップと、そして

第 2 の反射データセットの処理に少なくとも部分的に基づいて、視野内のオブジェクトの境界を包含するように機能する修正された境界領域を生成するステップとを含む。

〔付記 7 7〕

付記 7 6 に記載の方法であって、

第 2 の反射データセットに少なくとも部分的に基づいて、視野内のオブジェクトの境界を推定するステップとを含む。

10

20

30

40

50

〔付記 7 8〕

前記第 1 の組のレーザパルスは、前記視野内の高密度スキャン領域内に形成され、前記高密度スキャン領域は、前記視野内の平均レーザパルス密度よりも高いレーザパルス密度を有する、付記 7 6 に記載の方法。

〔付記 7 9〕

前記第 1 の組のレーザパルスは、前記視野内に高密度スキャン領域を形成し、前記反射データの前記第 1 のセットを処理する際に、前記境界領域が前記高密度走査領域内にあることを特徴とする方法。

〔付記 8 0〕

レーザレンジファインダの視野内の物体の境界を次第に定位させる方法であって、
反復的に以下のステップを実行する：

視野の高密度スキャン領域内にレーザパルスのセットを生成するために、レーザステアリングパラメータのセットに従って、レーザレンジファインダ内の操縦可能なレーザを動的に操縦すること

前記レーザパルスセットからの前記レーザレンジファインダ反射による測定によって反射データを生成するステップと、

視野内の物体の境界を包含するように機能する境界領域を生成するために前記反射データを処理し、前記境界領域は前記密集走査領域よりも小さく包囲され、

境界領域に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを変更するステップとを含む方法。

〔付記 8 1〕

前記視野内の前記物体の前記境界を推定することをさらに含む、付記 8 0 に記載の方法。

〔付記 8 2〕

方法であって、
視界からのセンサデータに基づいてオブジェクト分類を生成するステップと、
前記物体分類に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを生成するステップと、
そして

レーザ・ステアリング・パラメータのセットを使用して、レーザ・レンジ・ファインダ内の操縦可能なレーザを構成して、レーザ・ビームを動的に操縦し、それによって、視野内の第 1 の組の位置にレーザ・パルスの第 1 セットを生成する。

〔付記 8 3〕

方法であって、
視界からのセンサデータに基づいてオブジェクト分類を生成するステップと、
前記オブジェクト分類に基づいて 1 組のステアリングパラメータを生成するステップと、
そして
ステアリングパラメータに基づいて電子操縦レーザを操縦し、それにより、視野内の第 1 の組の位置にレーザパルスの第 1 のセットを生成するステップとを含む。

〔付記 8 4〕

方法であって、
レーザを有するレーザレンジファインダの局所環境の 1 つまたは複数の態様を示すセンサデータを取得するステップと、
前記センサデータを処理してオブジェクト分類を生成するステップと、
前記物体分類に少なくとも部分的に基づいて 1 組のレーザステアリングパラメータを生成するステップと、
視野内の一連の方向にレーザパルスのセットを生成するために、レーザステアリングパラメータのセットに従ってレーザを動的に操縦するステップと、そして
レーザレンジファインダを用いて、レーザパルスのセットからの反射光の 1 つ以上の態様を測定し、それにより反射データを生成するステップとを含む。

〔付記 8 5〕

付記 4 3 に記載の方法であって、
前記センサデータを処理して、前記オブジェクトに対応するオブジェクト位置を生成する
ステップ

分類と

対象物に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを生成する
ステップ

オブジェクトの位置に少なくとも部分的に基づいている。

〔付記 8 6〕

付記 8 5 に記載の方法であって、

分類テストを取得し、

反射データに分類テストを適用して、分類データが反射データによって満たされているか
どうかの判定を生成し、

分類データが反射データによって満たされているかどうかの判定に少なくとも部分的に基
づいてレーザステアリングパラメータを修正するステップとを含む。

〔付記 8 7〕

コンピュータによって実施される方法であって、

それぞれ対応する方向の複数のレーザパルスを送信するステップと、

前記複数のレーザパルスのそれぞれについて、対応する飛行時間 (T O F) を検出するス
テップと、

前記複数のレーザパルスのうちの第 2 のレーザパルスが第 1 の角度範囲内の最近隣であり
、かつ前記第 1 のレーザパルスに対応する第 1 の T O F と第 2 のレーザパルスに対応する
第 2 の T O F とが、第 2 のレーザパルスに対応する第 2 のレーザパルスは、 T O F 閾値よ
りも大きな差を有する。そして

第 1 または第 2 のレーザパルスに対応する方向に少なくとも部分的に基づいて第 3 の方向
の第 3 のレーザパルスを生成するようにレーザを操縦し、第 3 のレーザパルスが第 1 のレ
ーザパルスの第 1 の角度範囲。

〔付記 8 8〕

付記 8 7 に記載の方法であって、レーザのセットを生成するステップ

第 1 のレーザパルスに対応する方向に基づくステアリングパラメータと、

レーザステアリングパラメータのセットに従って第 3 のレーザパルスを生成するようにレ
ーザを動的に操縦する。

〔付記 8 9〕

飛行時間 (T O F) 境界を局在化しながらある範囲の配向のレーザ走査を行う方法であ
って、

各方向を含む一連のレーザパルスを放射しながら、方向の範囲内で光検出及び測距 (L I
D A R) 装置を操縦するステップと、

L I D A R デバイスで、レーザパルスのシーケンスに対応する 1 組の反射を受信し、対応
する T O F のレーザパルスのシーケンスの各々について計算するステップと、

レーザースキャンの間に 1 回または複数回、対応する T O F が T O F 閾値より大きい差を
有する最近傍である一対のレーザパルスを特定するステップと、

一対のレーザパルス中の少なくとも 1 つのレーザパルスの方向に基づいて新しい方向のレ
ーザパルスのシーケンス内に新しいレーザパルスを発生させるように L I D A R 装置を操
縦し、その発生の際に一対のパルスが最近接；そして

レーザ測距走査の完了時に、対応する T O F が T O F 閾値より大きい差を有する最近傍で
あるレーザパルスのシーケンスにおけるレーザパルスの全ての対が最小値よりも小さい方
向の差を有するようにレーザ測距走査を完了する分離。

〔付記 9 0〕

前記新しいレーザパルスの生成時に、前記レーザパルス対はもはや最近接特性を有さな
い、付記 8 9 に記載の方法。

〔付記 9 1〕

10

20

30

40

50

付記 8 9 に記載の方法であって、前記レーザ走査の完了は、最も近い近傍であって閾値より大きい T O F 差を有するレーザパルスの各対が、閾値距離未満の距離だけ分離される方法。

〔付記 9 2〕

コンピュータによって実施される方法であって、複数のレーザパルスのそれぞれについて、対応する飛行時間 (T O F) および対応する方向を検出するステップと、

反復的に以下のステップを実行する：

第 1 のレーザパルスを識別するステップと、第 2 のレーザパルスが

第 2 のレーザパルスに対応する第 1 の T O F および T O F に対応する T O F が T O F 閾値よりも大きな差を有するように、そして

新しい方向の新しいレーザパルスを生成するようにレーザを操縦するステップとを含み、新しい方向は、第 1 および第 2 の方向の少なくとも 1 つに少なくとも部分的に基づいており、生成時に新しいレーザパルスが第 1 のレーザ第 1 の角度範囲内のパルスである。

〔付記 9 3〕

コンピュータによって実施される方法であって、

対応する飛行時間 (T O F) および対応する方向を、複数のレーザパルスのそれぞれについて検出するステップと、

反復的に以下のステップを実行する：

対応する方向に基づいて最近傍である複数のレーザパルスの対を特定し、対応する T O F が T O F 閾値より大きな差を有するようにするステップと、

前記複数のレーザパルスの対の中の少なくとも 1 つのレーザパルスの方向に基づく方向でレーザを操縦して新たなレーザパルスを発生させるステップと、

対応する T O F を新しいレーザパルスについて測定するステップと、そして

新しいレーザパルスを複数のレーザパルスに加える。

〔付記 9 4〕

付記 9 3 に記載の方法であって、前記新しいレーザパルスの生成時に、前記レーザパルス対はもはや最近接特性を有さない、方法。

〔付記 9 5〕

付記 9 3 に記載の方法であって、前記方法は、最近接であり且つ閾値より大きい T O F 差を有するレーザパルスの各対を、閾値距離未満の距離だけ分離する方法。

〔付記 9 6〕

以下を含む方法：

処理に応答して、光検出及び測距システム (L I D A R) を用いて、視野内の第 1 の探索領域の走査からの複数のレーザ反射が、視野内の飛行時間境界の一部の推定境界位置を決定する。最初の探索領域。

推定された境界位置に従って、L I D A R 内の操縦可能なレーザを操縦してレーザパルスのセットで第 2 の探索領域を走査するステップと、

処理レーザ反射がレーザパルスの組を形成して、飛行時間境界の部分が第 2 の探索領域に存在するかどうかを決定する。

〔付記 9 7〕

前記第 2 の探索領域は、前記第 1 の探索領域から排他的である、付記 9 6 に記載の方法。

〔付記 9 8〕

以下を含む方法：

視野内の第 1 の探索領域である光検出及び測距システム (L I D A R) を用いて走査するステップと、

前記第 1 の探索領域内の飛行時間 (T O F) 境界の第 1 の部分を包含する第 1 の探索領域内の位置の第 1 のセットを識別するステップと、

第 1 の探索領域の外側にある T O F 境界の第 2 の部分の推定境界位置を推定するステップ

10

20

30

40

50

と、

視野内の第2の探索領域内の方向を有するレーザパルスのセットを生成するために、推定された境界位置に少なくとも部分的に基づいて、L I D A R内の操縦可能なレーザを動的に操縦するステップと、そして

処理レーザ反射がレーザパルスの組を形成して、飛行時間境界の少なくともいくつかが第2の探索領域に存在するかどうかを決定する。

〔付記99〕

方法であって、

(L I D A R)を用いて、視野内の第1探索領域のスキャンからのレーザ反射を処理し、第1探索領域外の飛行時間境界の第1部分の推定境界位置を決定する；

飛行時間境界の第1の部分の推定された境界位置に従って、L I D A R内の操縦可能なレーザを動的に操縦して第1の組のレーザパルスで第2の探索領域を走査するステップと、そして

飛行時間境界の第1の部分が第2の探索領域に存在するかどうかを判定するために、第1のレーザパルスセットを形成する少なくともいくつかのレーザ反射を使用して境界検出基準を評価する。

〔付記100〕

操縦可能なレーザを操縦するステップをさらに含む、付記99に記載の方法
境界検出基準が、レーザ反射の少なくとも一部によって満たされているかどうかに応じて、第1の組のレーザパルスを形成する。

〔付記101〕

前記操縦可能なレーザを操縦するステップをさらに含む、付記99に記載の方法
飛行時間境界の部分が第2の探索領域内に存在するかどうかの判定に基づいて決定される。

〔付記102〕

付記99に記載の方法であって、
それに応答して、戦闘境界の時間の第1の部分が
第2の探索領域外の飛行時間境界の第2の部分の推定境界位置を決定するステップと、そして

飛行時間境界の第2の部分の推定された境界位置に従って、第2の組のレーザパルスで第3の探索領域を走査するために、L I D A Rの操縦可能なレーザを操縦する。

〔付記103〕

方法であって、
視野内のテスト位置のセットからのレーザ反射の1つまたは複数の態様を示す1組のテストデータの少なくとも一部を使用して評価される1組のテストを取得するステップと、
1つ以上のテストレーザパルスを生成するステップと、
1つ以上のレーザパルスからのレーザ反射の1つまたは複数の態様を測定することによって試験データのセットを生成するステップと、

前記一組の試験データの少なくとも一部を使用して前記一組の試験のそれぞれを評価することに少なくとも部分的に基づいて、レーザ操縦パラメータの走査セットを生成するステップと、そして

操縦可能なレーザアセンブリを用いて、レーザステアリングパラメータのスキャンセットに基づいて少なくとも1つのレーザビームを操縦し、それによって、視野内のスキャン位置のセットでレーザパルスのスキャンセットを生成する。

〔付記104〕

前記レーザステアリングパラメータのスキャンセットは、前記少なくとも1つのレーザビームを操縦するように前記操縦可能レーザアセンブリに指示するように機能する、付記103に記載の方法。

〔付記105〕

前記レーザステアリングパラメータのスキャンセットは、前記少なくとも1つのレーザ

10

20

30

40

50

ビームを操縦するように前記操縦可能なレーザアセンブリを動的に構成するように機能する、付記 103 に記載の方法。

〔付記 106〕

付記 103 に記載の方法であって、前記レーザステアリングパラメータのスキャンセットは、操縦可能なレーザアセンブリを構成して、少なくとも 1 つのレーザビームを動的に操縦して、走査位置の組における不均一なレーザパルス密度の 1 つ以上の領域を生成する。

〔付記 107〕

方法であって、

第 1 組のレーザステアリングパラメータに従って、視野内の 1 つ以上のレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで操縦し、それにより、テスト位置のセットからテストデータを生成するステップであって、前記テストデータは、または 1 組の試験位置からの反射レーザパルス（レーザ反射）のより多くの態様、

ルールセットに従って前記テストデータを処理し、それによって第 2 の組のレーザステアリングパラメータを生成するステップと、そして

第 2 の組のレーザ操縦パラメータに少なくとも部分的に基づいて、操縦可能なレーザアセンブリによって少なくとも 1 つのレーザビームを動的に操縦し、それによりレーザパルスの走査セットを生成するステップとを含み、少なくとも部分的にテストデータに基づいて、視野の少なくとも 1 つの他の領域よりも高い密度のレーザパルスを有する視野を提供する。

〔付記 108〕

付記 107 に記載の方法であって、

第 1 の組のステアリングパラメータを生成するように第 1 のデータを処理し、第 1 の組のレーザステアリングパラメータが 1 つ以上の関心対象の位置を表すテストセットを生成するように第 1 の組のレーザステアリングパラメータを生成するように機能する F O V で

〔付記 109〕

付記 107 に記載の方法であって、前記方法は、単一スキャン

視野の走査の第 1 の部分における第 1 の組のレーザ操縦パラメータに従って 1 つ以上のレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで動的に操縦し、その後操縦可能なもので動的に操縦する生成された第 2 の組のレーザステアリングパラメータに従って、視野のスキャンの第 2 の部分に 1 つ以上のレーザビームをレーザアセンブリする。

〔付記 110〕

付記 107 に記載の方法であって、

a. 第 1 の領域からのレーザ反射を処理し、それによって第 1 の組のレーザステアリングパラメータを更新するステップと、

b. 更新された第 1 の組のレーザ操縦パラメータに従って、操縦可能なレーザアセンブリで 1 つまたは複数のレーザビームを動的に操縦し、それにより更新されたテスト位置のセットでレーザ測距を行う。

〔付記 111〕

付記 107 に記載の方法であって、前記第 1 の組のレーザステアリングパラメータは、操縦可能なレーザの物理的位置に少なくとも部分的に依存する。

〔付記 112〕

前記第 1 の組のレーザステアリングパラメータは、視野内のオブジェクトの分類に少なくとも部分的に基づいている。

〔付記 113〕

付記 107 に記載の方法であって、前記ルール組のうちの少なくとも 1 つのルールは、少なくとも視野内のオブジェクトの分類に関わる部分。

〔付記 114〕

方法であって、

10

20

30

40

50

視野内のテスト位置のセットからのレーザ反射の1つまたは複数の態様を示す1組のテストデータの少なくとも一部に基づいて評価されるように動作可能な基準であるテストベクトルのセットを取得するステップと、

操縦可能なレーザアセンブリを用いて、視野内のテスト位置のセットにおいてレーザパルスのテストセットを生成するステップと、

レーザ反射の1つまたは複数の態様を測定して、レーザパルスのテストセットを形成し、

それによってテストデータのセットを生成するステップと、

テスト・セットのセットの少なくとも一部に基づいてテスト・ベクトルのセット内の各テスト・ベクトルを評価し、それによって少なくとも1組のテスト結果を生成するステップと、

10

前記1組のテスト結果に基づいてレーザステアリングパラメータのスキャンセットを生成するステップと、

操縦可能なレーザアセンブリを用いて、レーザステアリングパラメータのスキャンセットに基づいて少なくとも1つのレーザビームを動的に操舵し、それにより、視野内のスキャン位置のセットでレーザパルスのスキャンセットを生成する。

〔付記115〕

前記レーザパルスの前記テストセットを生成する前に、

視野内の1つまたは複数のフィーチャを示すデータを取得するステップと、

テストベクトルのセットは、1つまたは複数のフィーチャを示すデータを処理することによって少なくとも部分的に得られる。

20

〔付記116〕

付記114に記載の方法であって、

レーザパルスのテストセットを生成する前に、操舵可能なレーザアセンブリの近傍のローカル環境からセンサデータを取得し、一組のテストベクトルは、センサデータを処理することによって少なくとも部分的に得られる。

〔付記117〕

付記114に記載の方法であって、

視野に関連する1つまたは複数のフィーチャを取得するレーザパルスのテストセットを生成する前に、

前記1つまたは複数のフィーチャに基づいて、前記1組のテスト位置において前記レーザパルスの前記テストセットを生成するように動作可能な第1の組のレーザステアリングパラメータを生成するステップとを含む方法。

30

〔付記118〕

付記114に記載の方法であって、前記レーザパルスの前記テストセットと前記レーザのスキャンセットパルスは視野の単一走査内で生成される。

〔付記119〕

付記114に記載の方法であって、視野のスキャンの

〔付記120〕

付記114に記載の方法であって、前記テスト位置の組における前記テスト位置の数1組の走査位置における走査位置の数よりも少ない。

40

〔付記121〕

付記114に記載の方法であって、前記レーザの走査セット内のレーザパルスの数パルスは、レーザパルスのテストセット内のレーザパルスの数の少なくとも4倍であり、それにより、レーザパルスのテストセットを、レーザパルスのスキャンセットより短い時間で集めることが可能になる。

〔付記122〕

付記114に記載の方法であって、前記レーザパルスの前記テストセットは、操縦可能なレーザアセンブリで第1のレーザビームを操縦する。

〔付記123〕

付記114に記載の方法であって、

50

第1の組のレーザステアリングパラメータを取得し、第1の組のレーザステアリングパラメータに従って第1のレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで動的に操縦するように構成された操縦可能なレーザアセンブリと、

〔付記124〕

付記114に記載の方法であって、前記レーザステアリングパラメータのスキャンセットは、

少なくとも部分的に、視野のスキャン領域内の走査レーザパルスの稠密なセットを、検査ベクトルのセットからの故障した検査ベクトルを示す検査結果のセットからの1つ以上の検査結果に基づいて生成する。

〔付記125〕

第1の組のレーザを取得するステップをさらに含む、付記114に記載の方法
操縦可能なレーザアセンブリを操縦して、視野内の試験位置の組においてレーザパルスの試験セットを生成するように動作可能な操縦パラメータとを含む。

〔付記126〕

付記125記載の方法において、
レーザパルスのスキャンセットを生成しながら、レーザパルスのスキャンセットの生成を1回以上中断して、第1のレーザパラメータセットに従って操縦可能なレーザアセンブリを動的に操縦し、それにより、テスト場所のセット。

〔付記127〕

付記114に記載の方法であって、
前記テストベクトルの組の各々から前記テスト位置の少なくともいくつかを収集することによって前記テスト位置のセットを生成するステップと、
レーザステアリングパラメータの第1のセットを生成するステップと、
操縦可能なレーザアセンブリで少なくとも1つのレーザビームをステアリングパラメータの第1のセットに従ってステアリングして、操縦可能なレーザアセンブリによってレーザパルスのテストセットを生成するステップを実行する。

〔付記128〕

付記114に記載の方法であって、前記走査位置の組は、
視野の少なくとも一部分を含み、不均一な間隔は、レーザ操縦パラメータのスキャンセットに少なくとも部分的に基づく。

〔付記129〕

付記114に記載の方法であって、前記テストベクトルのセット内の少なくとも1つのテストベクトル
オブジェクトが少なくとも1組のテスト位置のサブセットによって包含されているかどうかを識別する機能を有する。

〔付記130〕

付記114に記載の方法であって、前記テストベクトルのセット内の少なくとも1つのテストベクトル
オブジェクトのエッジが1組のテスト位置のサブセットによって包含されるかどうかを識別する機能を有する。

〔付記131〕

前記テストベクトルのセット内の少なくとも1つのテストベクトルが、
オブジェクトのコーナーがテスト位置の組のサブセットによって包含されるかどうかを識別する機能を有する。

〔付記132〕

方法であって、
操縦可能なレーザアセンブリに第1の組のレーザステアリングパラメータを提供するステップと、

第1のレーザステアリングパラメータセットは、操縦可能なレーザアセンブリに、視野内の1つ以上の第1のレーザビームを動的に操舵させ、それにより、視野内のテスト位置の

10

20

30

40

50

セットにおいてレーザパルスのテストセットを生成する。

操縦可能なレーザアセンブリから、レーザパルスの試験セット内の各レーザパルスからの反射光の1つ以上の態様を含む試験データを受け取るステップと、

テストベクトルのセットを取得するステップであって、テストベクトルのセット内の各テストベクトルは、テスト位置のセットのサブセットからの反射レーザパルスの1つ以上の態様に基づいて評価されるように動作可能な基準であり、

テストベクトルのセットのうちの少なくともいくつかに基づいてテストベクトルのセット内の各テストベクトルを評価し、それによってテストベクトルのセットに対応するテスト結果のセットを少なくとも部分的に生成するステップと、

前記1組の試験結果に基づいてレーザ操縦パラメータの第2の組を生成するステップと、そして

操縦可能なレーザアセンブリに、第2の組のレーザステアリングパラメータに従って1つ以上の第2のレーザビームを動的に操縦するように指示するステップとを含む。

〔付記133〕

方法であって、

操縦可能なレーザアセンブリに第1の組のレーザステアリングパラメータを提供するステップと、

第1のレーザステアリングパラメータセットは、操縦可能なレーザアセンブリに、視野内の1つ以上の第1のレーザビームを動的に操舵させ、それにより、視野内のテスト位置のセットにおいてレーザパルスのテストセットを生成する。

操縦可能なレーザアセンブリから、レーザパルスの試験セット内の各レーザパルスからの反射光の1つ以上の態様を含む試験データを受け取るステップと、

テストベクトルのセットを取得するステップであって、テストベクトルのセット内の各テストベクトルは、テスト位置のセットのサブセットからの反射レーザパルスの1つ以上の態様に基づいて評価されるように動作可能な基準であり、

テストベクトルのセットのうちの少なくともいくつかに基づいてテストベクトルのセット内の各テストベクトルを評価し、それによってテストベクトルのセットに対応するテスト結果のセットを少なくとも部分的に生成するステップと、

前記1組の試験結果に基づいてレーザ操縦パラメータの第2の組を生成するステップと、そして

第2の組のレーザステアリングパラメータに従って、操縦可能なレーザアセンブリを用いて1つ以上の第2のレーザビームを操縦する。

〔付記134〕

方法であって、

複数のテストベクトルを取得するステップであって、前記複数のテストベクトル内の各テストベクトルは、視野内の1つ以上の対応するテスト位置における反射光の1つまたは複数のアスペクトに関する基準を含むステップと、

a。前記複数のテストベクトルの各々について、前記1つ以上の対応するテスト位置に応じて1つ以上のレーザビームを操縦し、それにより、前記1つ以上の対応するテスト位置のそれぞれにおいてレーザパルスを生成するステップと、

b。前記1つまたは複数の対応するテスト位置での前記レーザパルスからの反射光の1つまたは複数の態様に基づいて、前記複数のテストベクトルのそれぞれについて前記対応する基準を評価するステップと、そして

対応する基準を満たすことに応答して、1つ以上の対応する試験位置の少なくとも1つに基づいて、複数の試験ベクトルから第1の試験ベクトルについて1つ以上のレーザビームを操縦するステップとを含む。

〔付記135〕

命令を格納する非一時的なコンピュータ可読媒体であって、

コンピュータ・プロセッサに、視野の動的操縦レーザ測距走査を実行するように操縦可能なレーザに指示させることであって、前記命令は、前記プロセッサに、

10

20

30

40

50

第1の組のレーザステアリングパラメータに従って視野内の1つまたは複数の第1のレーザビームを操縦するように操縦可能なレーザに指示し、それにより、第1の組のレーザステアリングパラメータの組のテスト方向からの反射レーザパルスの1つ以上の態様を測定することによって、視野；

ルールのセットに従って前記テストデータを処理し、それによって第2の組のレーザステアリングパラメータを生成するステップと、

少なくとも1つのレーザビームを、操縦可能なレーザアセンブリによって第2の組のレーザ操縦パラメータに基づいて操縦し、それにより、レーザパルスの走査セットを生成するステップと、少なくとも部分的にテストデータに基づいて、視野の少なくとも1つの他の領域よりも大きい。

〔付記136〕

方法であって、

第1の組のレーザステアリングパラメータに基づいて視野内の1つ以上のレーザビームを動的に操縦するように構成されたレーザポジショナを備え、操縦可能なレーザ測距アセンブリは、

処理サブアセンブリから命令を受け取り、それにより、第1組のレーザステアリングパラメータに従って操縦可能なレーザを操向して、テスト位置の組においてテストレーザパルスのセットを生成する。

テスト位置の組におけるテストレーザパルスのセットからの反射光の1つ以上の態様に基づいてテストデータを生成するステップと、

前記試験データを前記処理サブアセンブリに送信するステップと、

前記処理サブアセンブリから第2の組のレーザステアリングパラメータを受信し、それによりレーザポジショナで1つ以上のレーザビームを動的に操縦してレーザパルスのスキャンセットを生成し、前記動的ステアリングは、前記視野内の少なくとも1つの他の領域と、そして

前記処理サブアセンブリは、

ルールのセットに従って前記テストデータを処理し、それによって前記レーザステアリングパラメータの前記第2のセットを生成し、

前記ルールセット内の各ルールは、前記テストデータの少なくとも一部に少なくとも部分的に基づいて評価されるように動作可能であり、そして

第2の組のレーザステアリングパラメータを操縦可能なレーザアセンブリに送信する。

〔付記137〕

方法であって、

視野の少なくともいくつかのレーザ測距走査のための時間目標を選択することと、

操縦可能なレーザアセンブリを有する少なくとも1つのレーザビームを、レーザステアリングパラメータのセットに従って動的に操縦し、それによって視野の少なくとも一部における第1の組の位置でレーザパルスを生成するステップと、

1つまたは複数のレーザパルスからの1つまたは複数のレーザ反射の飛行時間を測定することに応答して、時間ターゲット内でレーザ測距スキャンを完了するように機能する修正された1組のレーザステアリングパラメータを生成するステップと、

変更されたレーザステアリングパラメータのセットに従って、少なくとも1つのレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで動的に操縦し、それにより、時間目標内の視野の少なくともいくつかのレーザ測距スキャンを完了する。

〔付記138〕

方法であって、

視野の第1の部分のレーザ測距走査のための時間目標を選択することと、

レーザステアリングパラメータのセットを選択するステップと、

操縦可能なレーザアセンブリを有する少なくとも1つのレーザビームを、レーザステアリングパラメータのセットに従って動的に操縦し、それにより、レーザ測距走査の一部として視野の第1の部分の第1の組の位置にレーザパルスを生成するステップと、

10

20

30

40

50

前記第 1 の組の位置における第 1 の位置における 1 つ以上のレーザパルスからの 1 つ以上の反射の飛行時間を測定するステップと、

第 1 の位置での 1 つ以上のレーザパルスの 1 つ以上の反射の飛行時間に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを修正するステップであって、修正されたレーザステアリングパラメータのセットがレーザ測距スキャンを完了するように機能する時間目標内にある。そして

変更されたレーザステアリングパラメータセットに従って、少なくとも 1 つのレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで動的に操縦し、それによって、時間目標内の視野の第 1 の部分のレーザ測距走査を完了する。

〔付記 1 3 9〕

方法であって、

視野の第 1 の部分のレーザ測距走査のためのサービスレベル基準を選択することと、

レーザステアリングパラメータのセットを選択するステップと、

レーザ操縦パラメータの組に従って操縦可能なレーザアセンブリを有する少なくとも 1 つのレーザビームを操縦し、それによって視野内の第 1 の組の位置にレーザパルスを発生させるステップと、

第 1 の組の位置における第 1 の位置における 1 つ以上のレーザパルスからの 1 つ以上の反射の飛行時間を測定するステップと、

第 1 の位置での 1 つ以上のレーザパルスの 1 つ以上の反射の飛行時間に少なくとも部分的に基づいてレーザステアリングパラメータのセットを修正するステップであって、修正されたレーザステアリングパラメータのセットは、レーザ測距走査が完了したときのサービスレベル基準の値。修正されたレーザステアリングパラメータの組に従って、少なくとも 1 つのレーザビームを操縦可能なレーザアセンブリで動的に操縦し、それによってレーザ測距スキャンが完了したときにサービスレベル基準が満たされるようにレーザ測距スキャンを完了する。

〔付記 1 4 0〕

フィードバック較正を備えたレーザレンジファインダであって、

レーザ光を発生させるレーザ

複数の出射方向に出射レーザパルスを配置するレーザポジショナ

方向フィードバックサブアセンブリであって、

較正方向における第 1 の出射レーザパルスを検出し、第 1 の出射レーザパルスの 1 つ以上の態様を測定するための 1 つ以上の光学素子であって、

前記 1 つ以上の光学素子のうちの少なくとも 1 つに結合され、前記レーザポジショナに動作可能に結合され、前記第 1 の出射レーザパルスの前記 1 つ以上の態様に少なくとも部分的に基づいて前記レーザ位置を調整する制御回路。

〔付記 1 4 1〕

フィードバック較正を備えたレーザレンジファインダであって、

レーザ光を発生させるレーザ

複数の出射方向に出射レーザパルスを配置するレーザポジショナ

前記複数の出射レーザビームのうちの少なくともいくつかをコリメートするために、前記出射レーザビームの少なくとも一部の経路に配置された選択的光変調器。

〔付記 1 4 2〕

前記第 1 の組のレーザパルスは、

ビュー、

前記第 2 の組のレーザパルスは視野内に第 2 の密度を有し、

第 2 の密度は第 1 の密度よりも大きい。

10

20

30

40

【図 1 A】

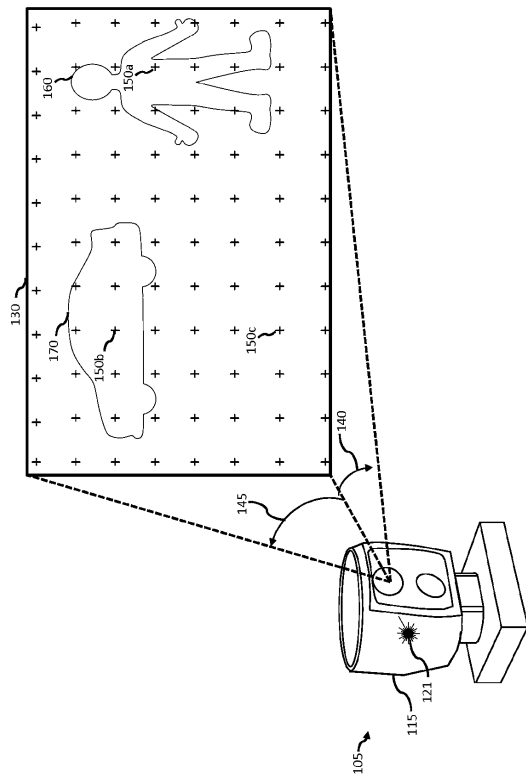


図 1A

【図 1 B】

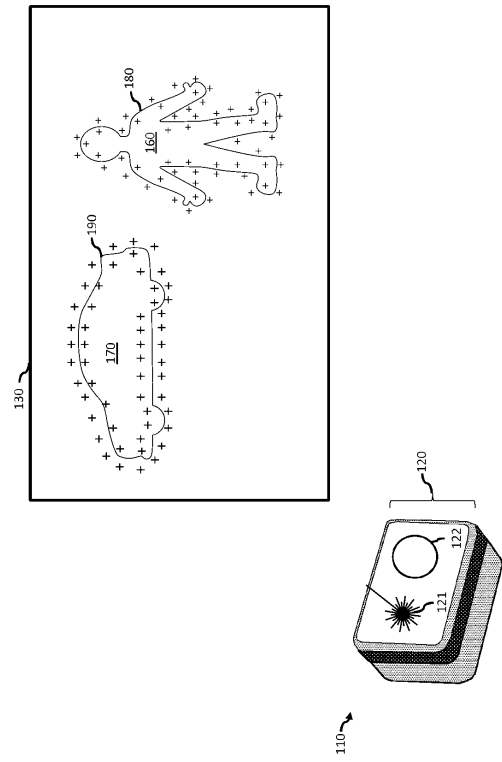


図 1B

【図 2 - 1】

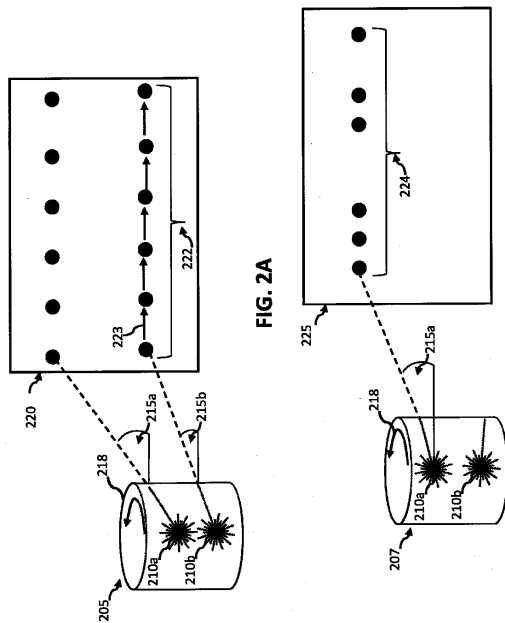


FIG. 2A

FIG. 2B

【図 2 - 2】

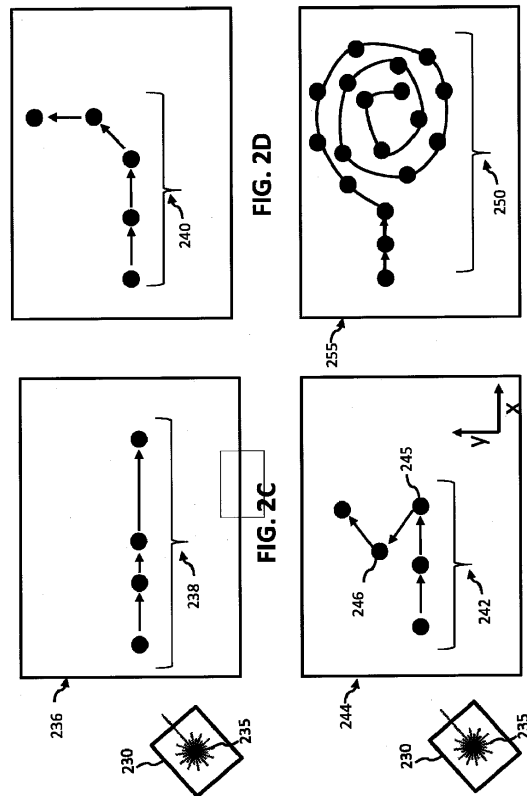


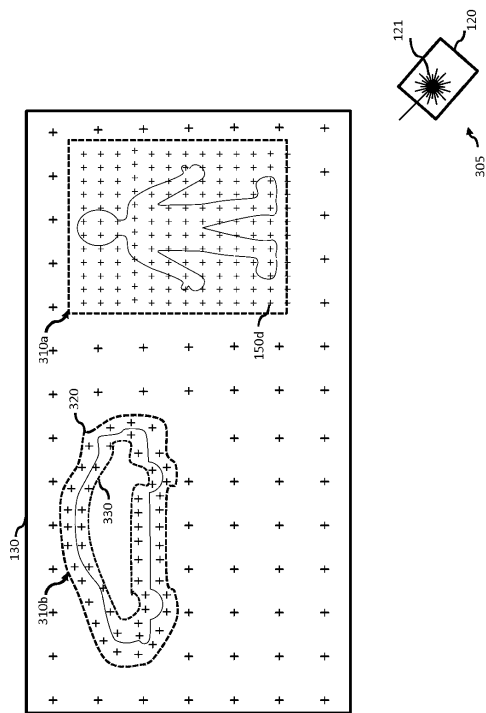
FIG. 2D

FIG. 2C

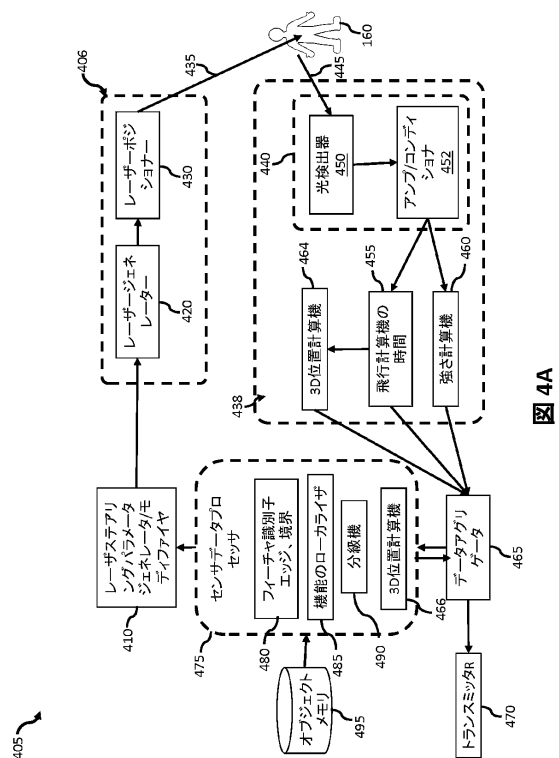
FIG. 2F

FIG. 2E

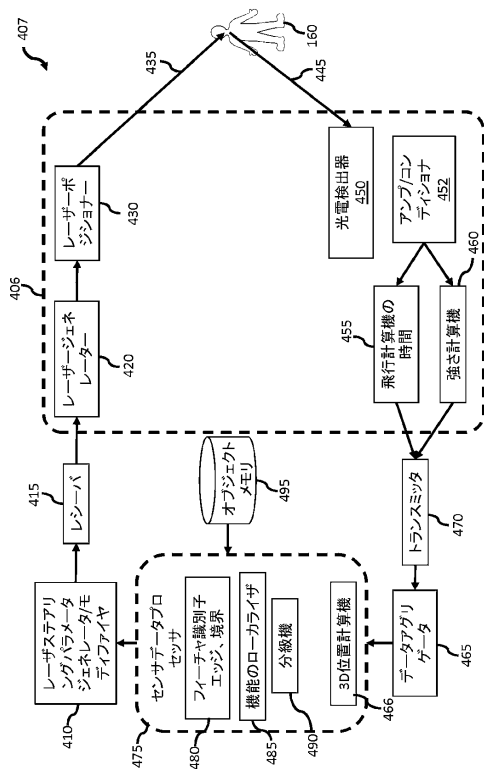
【 図 3 】



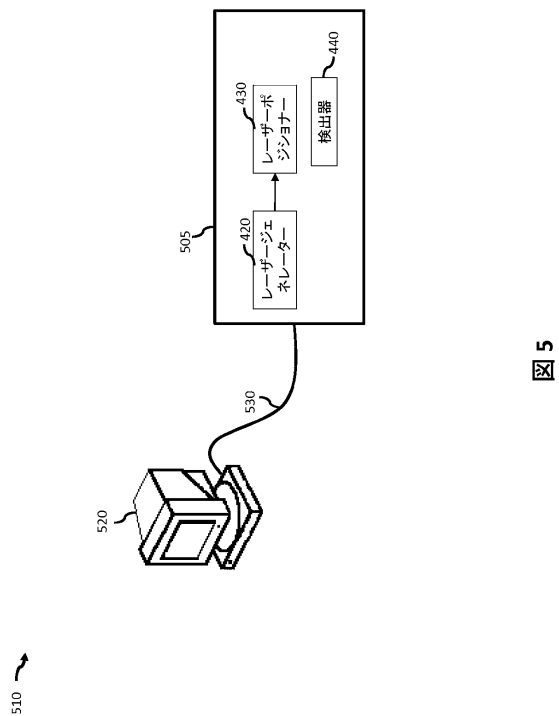
【 図 4 A 】



【圖 4 B】



【 図 5 】



【図 6】

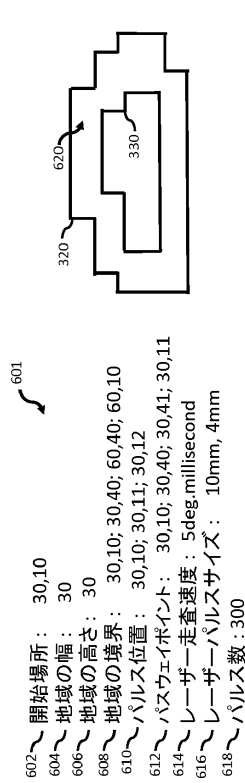


図 6A

図 6B

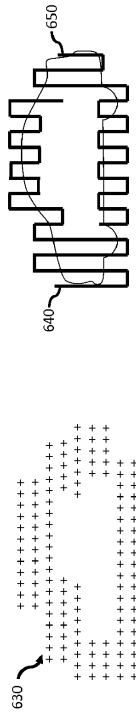


図 6C

図 6D

【図 7】

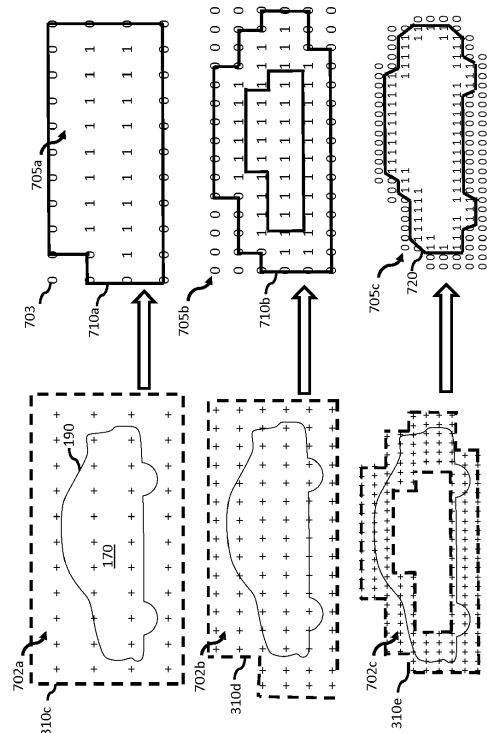


図 7

【図 8】

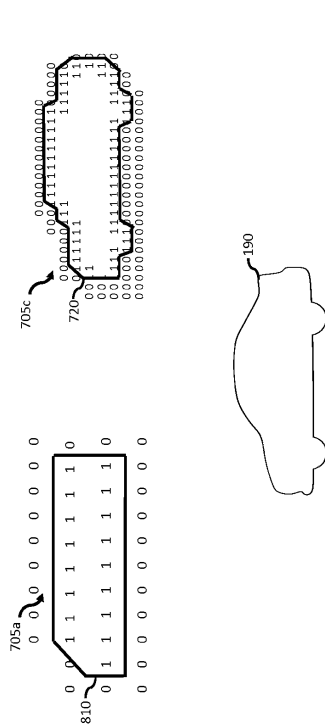


図 8

【図 9】

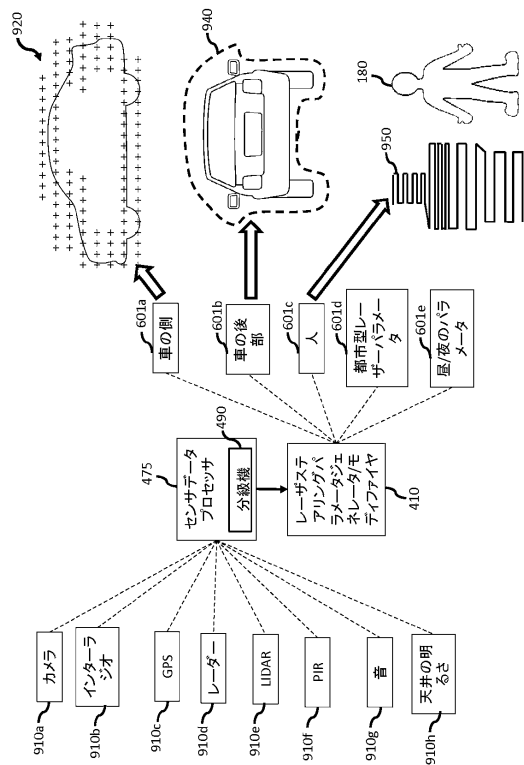


図 9

【図 10A】

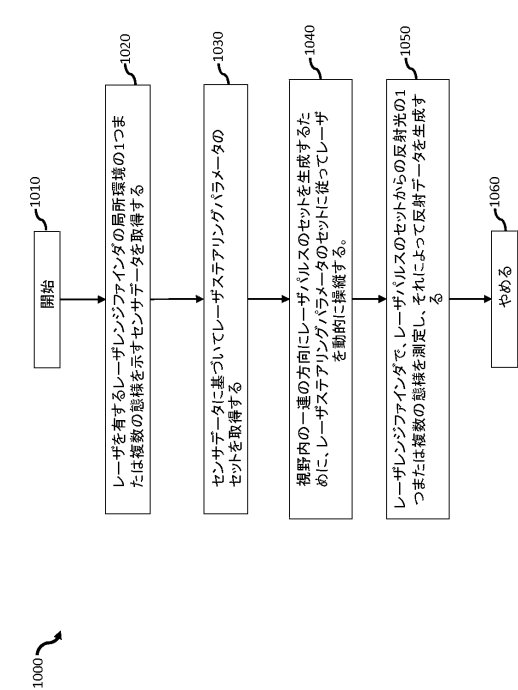


図 10A

【図 10B】

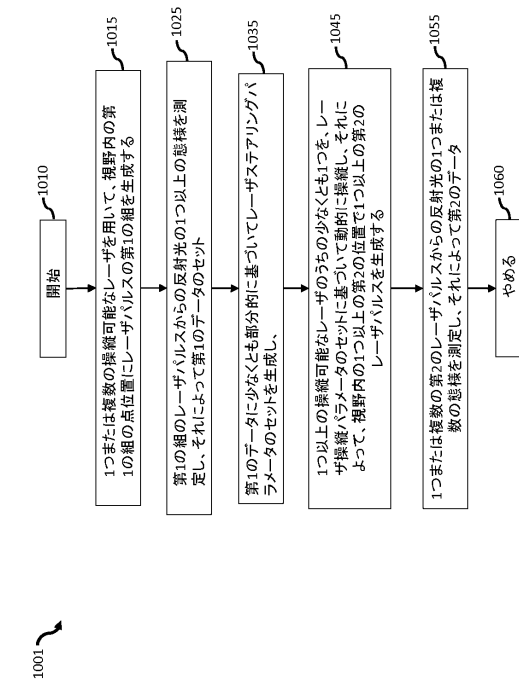


図 10B

【図 10C】

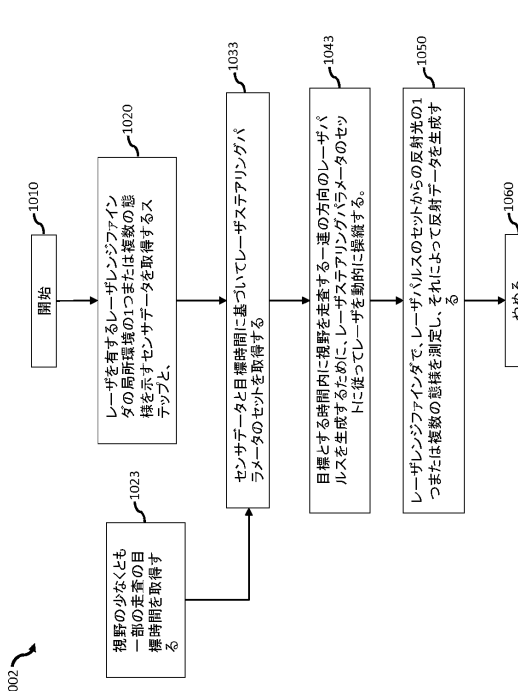


図 10C

【図 10D】

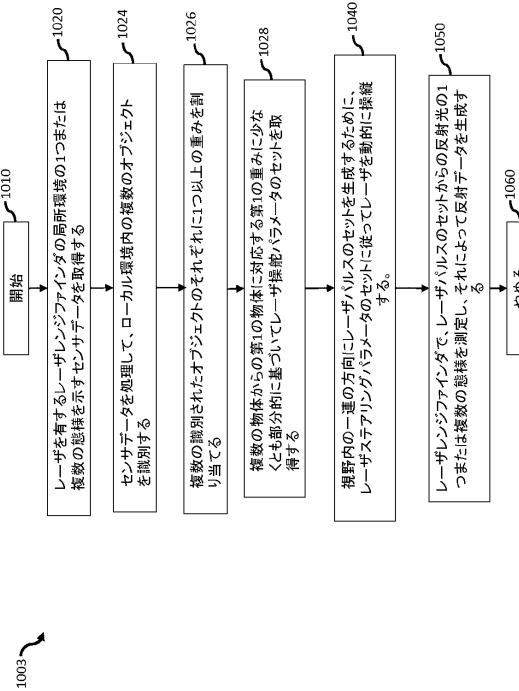


図 10D

【図 1 1 1】

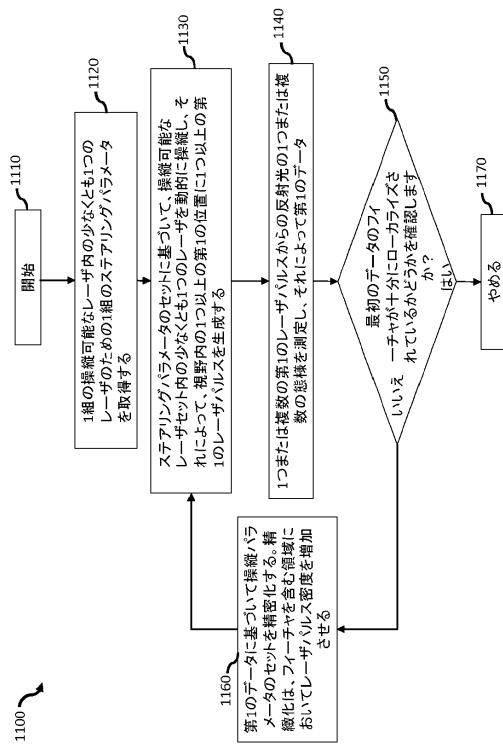


図 11

【図 1 2 A】

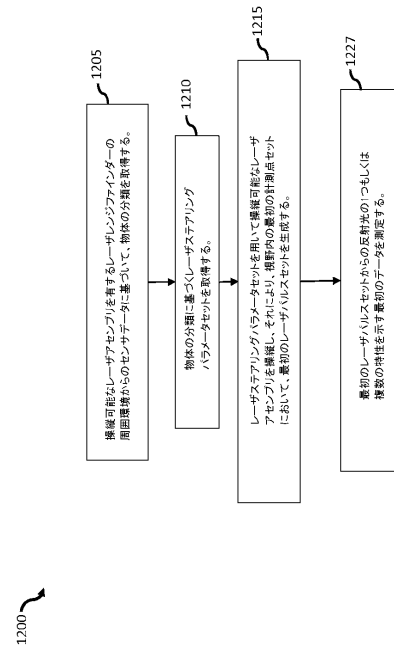


図 12A

【図 1 2 B】

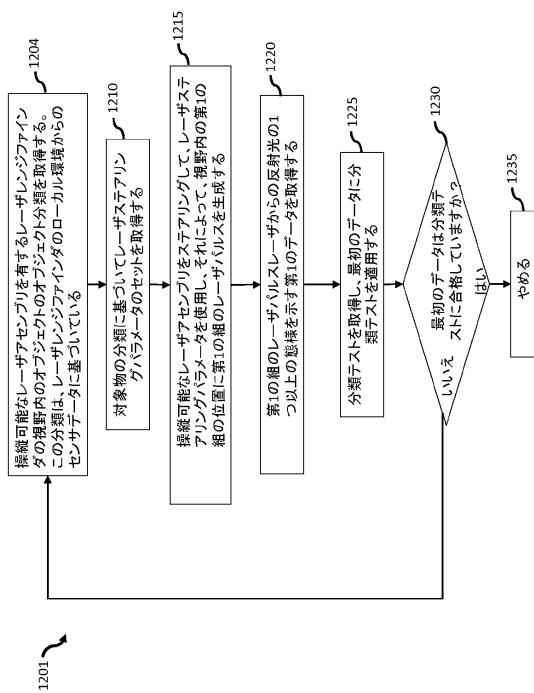


図 12B

【図 1 3】

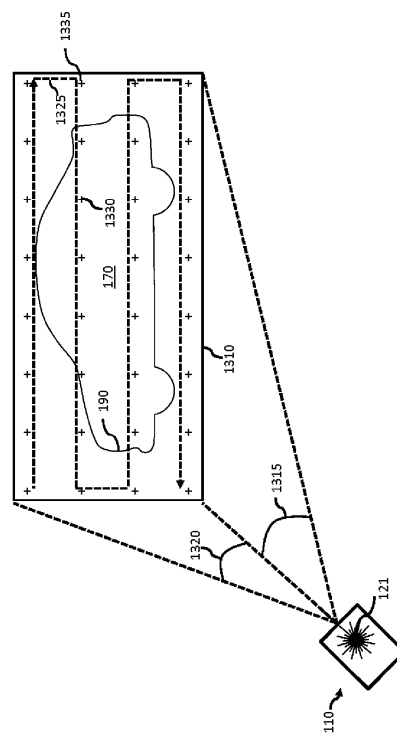


図 13

【図 14】

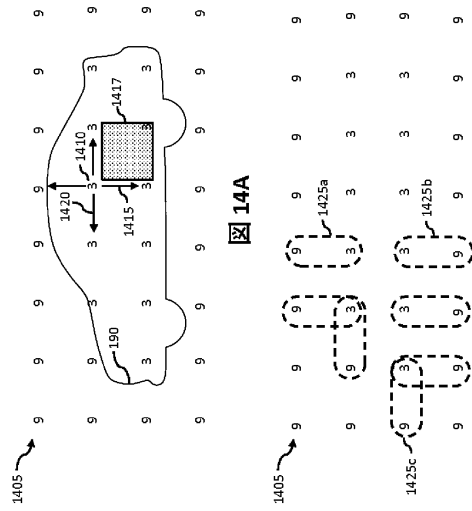


図 14A

図 14B

【図 15】

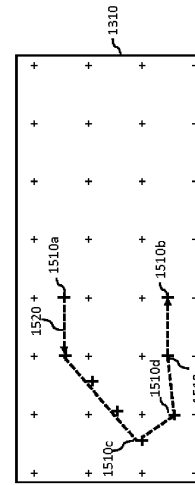


図 15

【図 16】

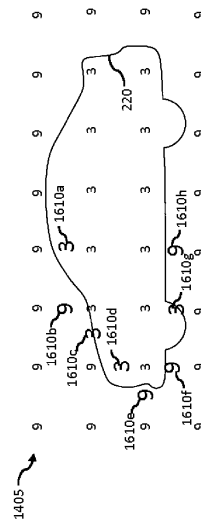


図 16

【図 17】

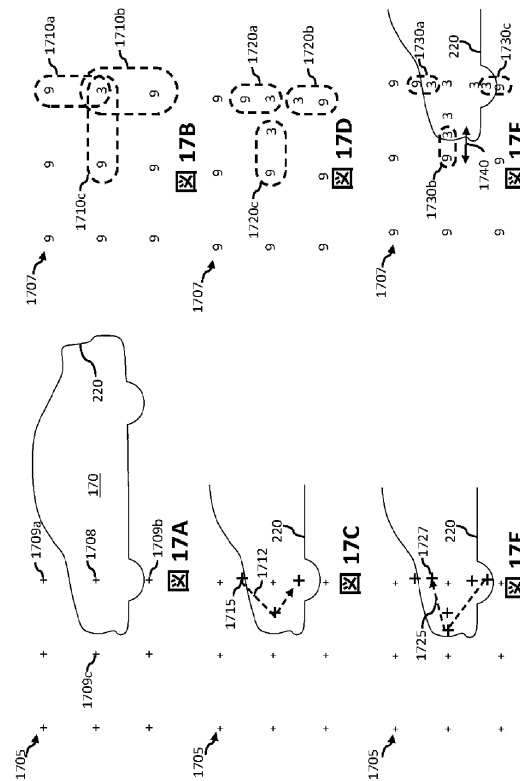


図 17A

図 17B

図 17C

図 17D

図 17E

図 17F

【圖 18】

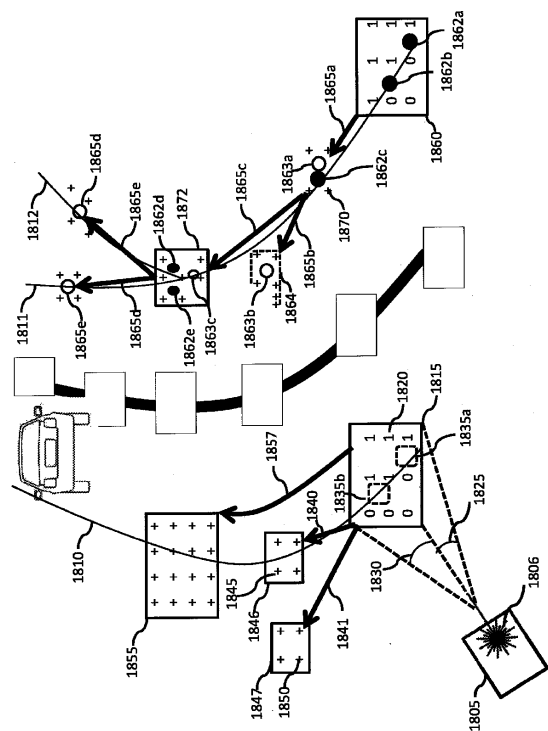


FIG. 18

【 図 1 9 】

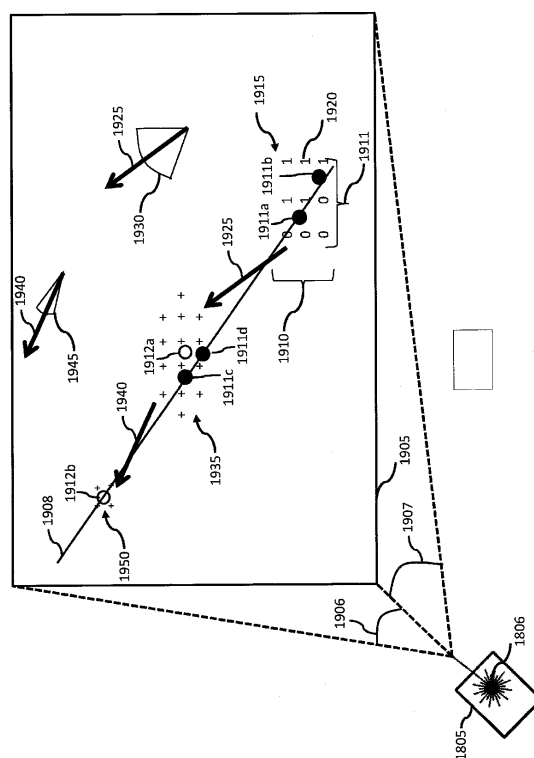
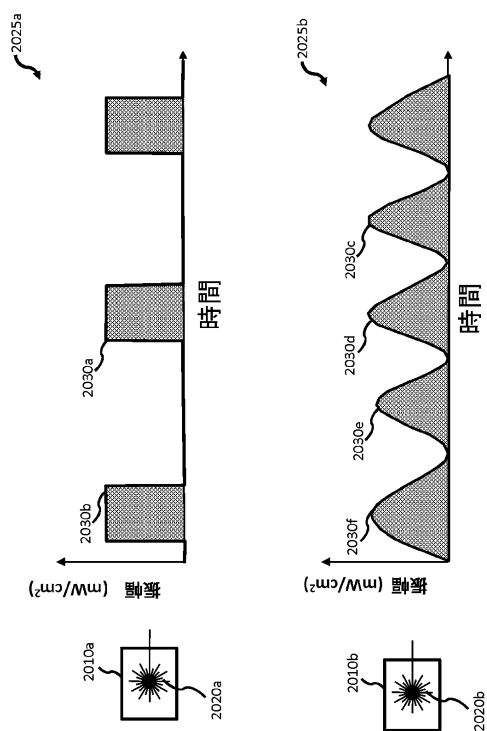


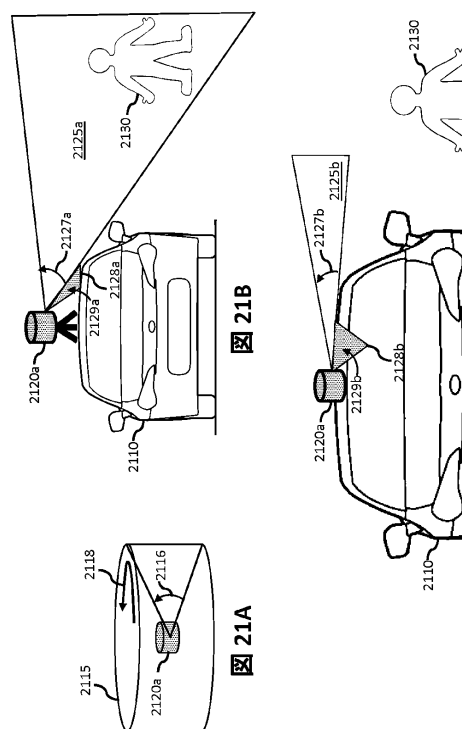
FIG. 19

【 図 2 0 】



20

【 図 2 1 】



21C

图 21A

图 21B

【図 23】

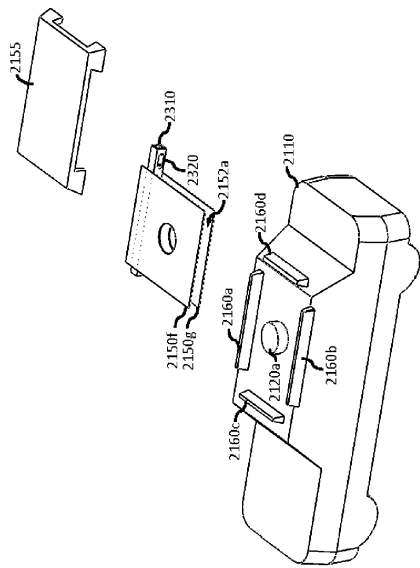


図 23

【図 24 A】

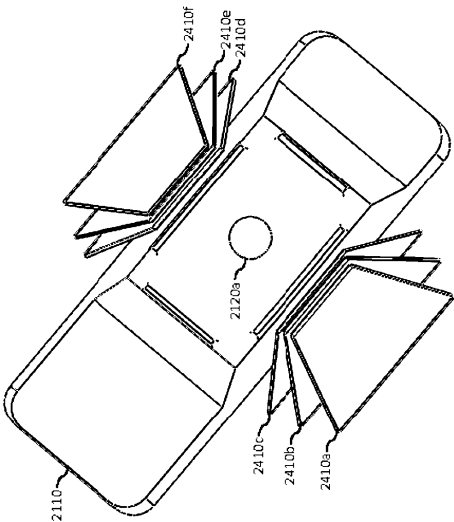


図 24A

【図 24 B】

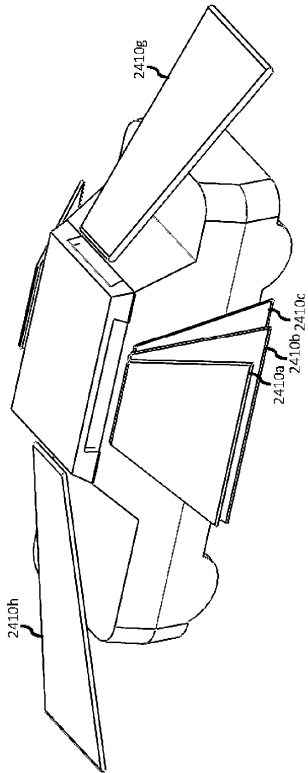


図 24B

【図 25】

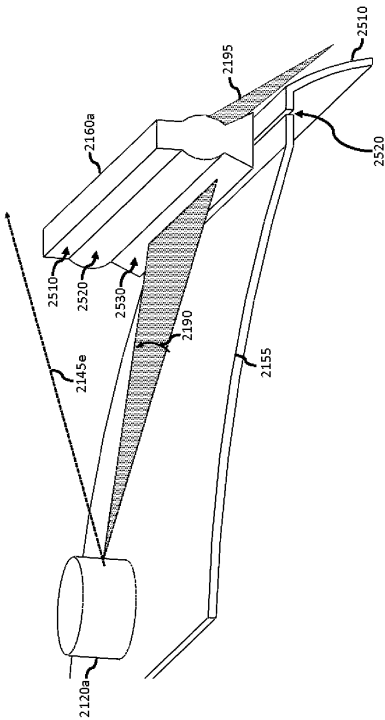


図 25

【図 26】

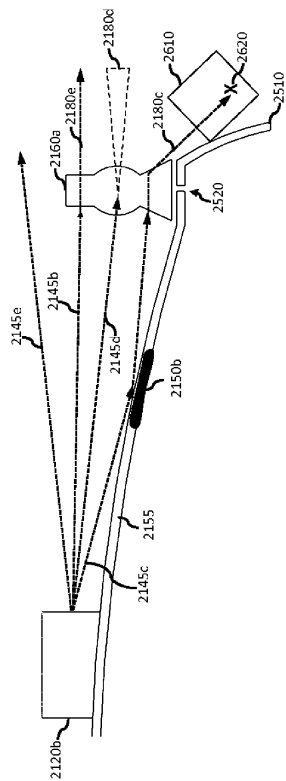


図 26

【図 27 A】

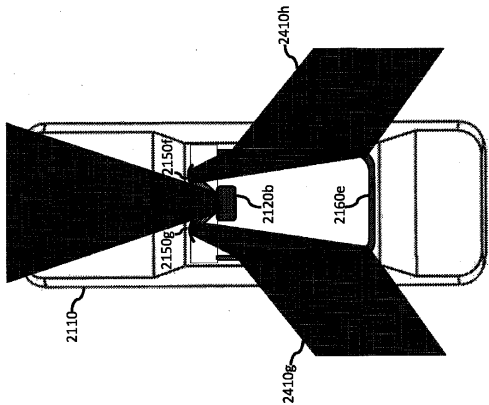


FIG. 27A

【図 27 B】

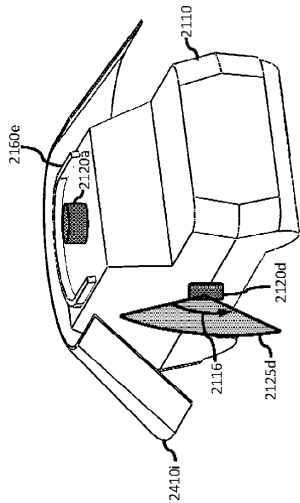


図 27B

【図 27 C】

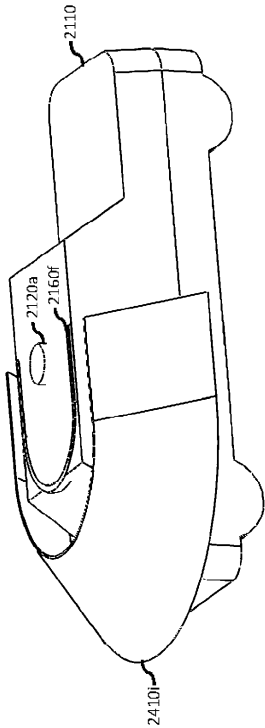
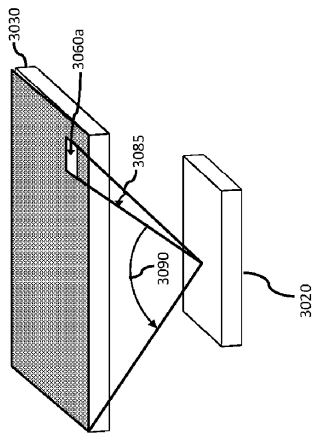


図 27C

【 図 3 0 B 】



【 図 3 1 】

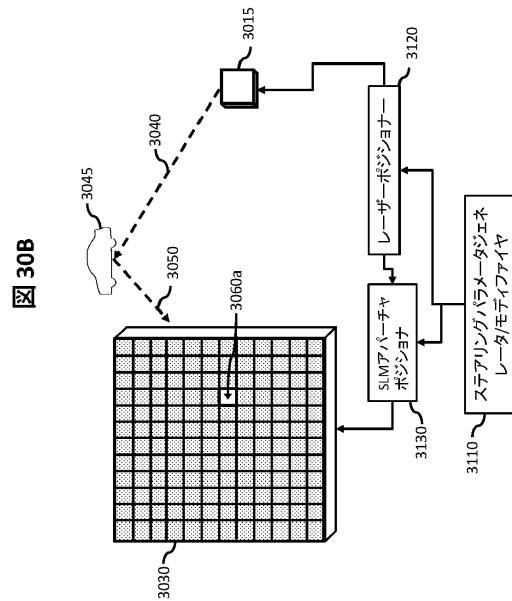
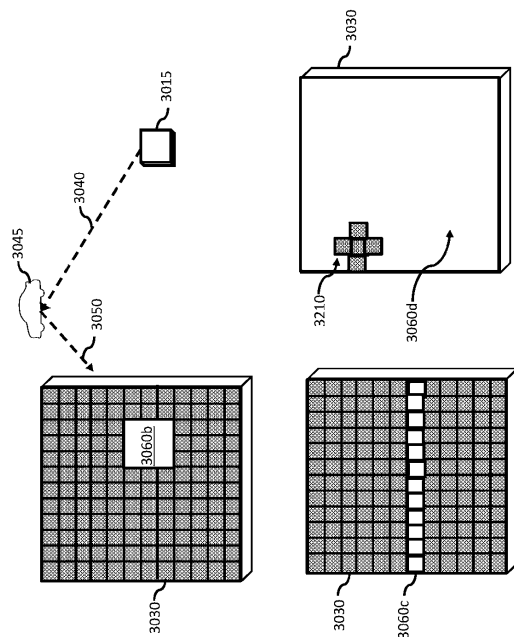
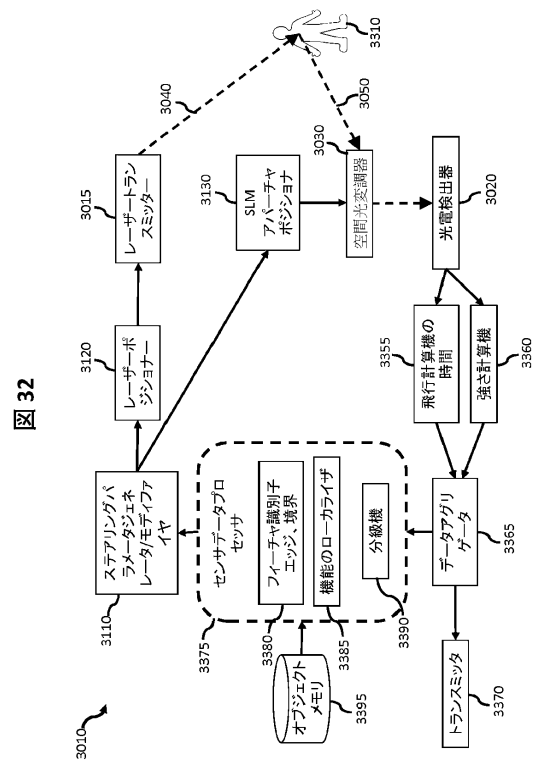


图 31

【 図 3 2 】

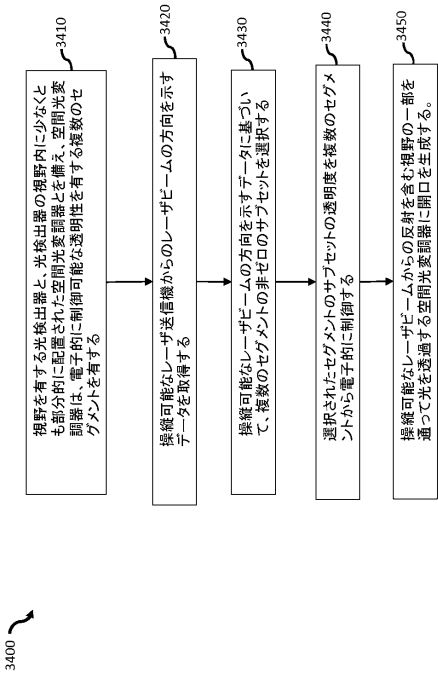


【 図 3 3 】

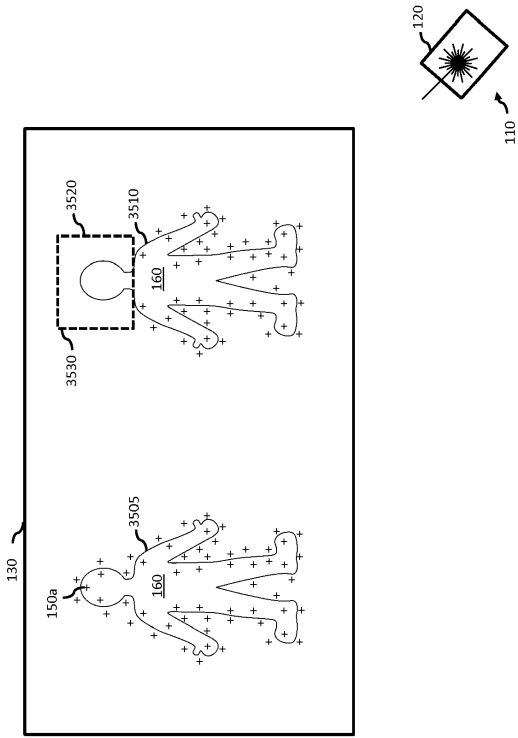


33

【 図 3 4 】



【 図 3 5 】



【 図 3 6 A 】

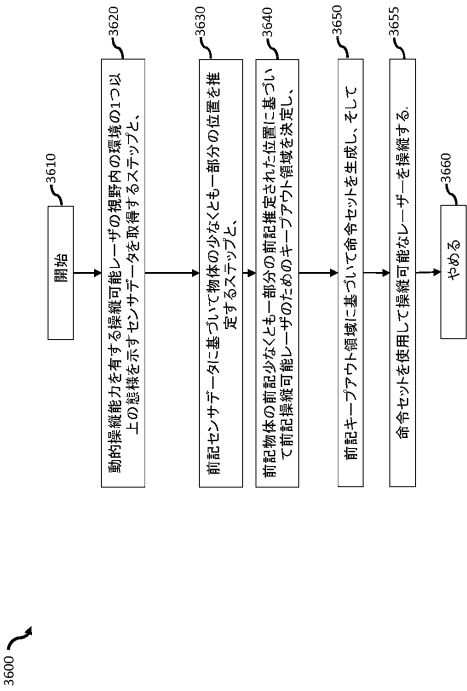


図 36A

【 図 3 6 B 】

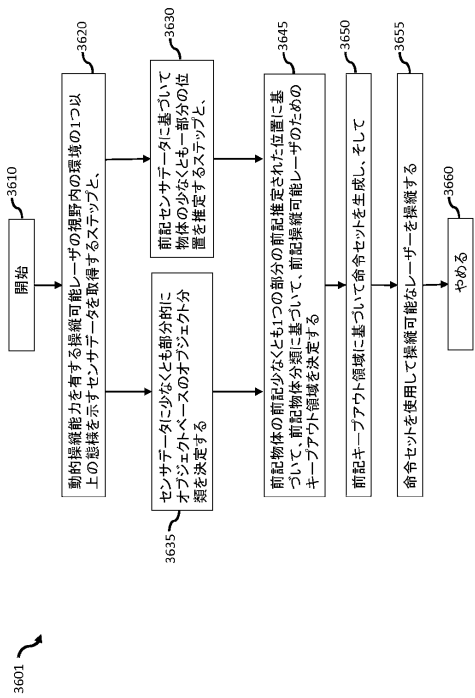


図 36B

【図 36C】

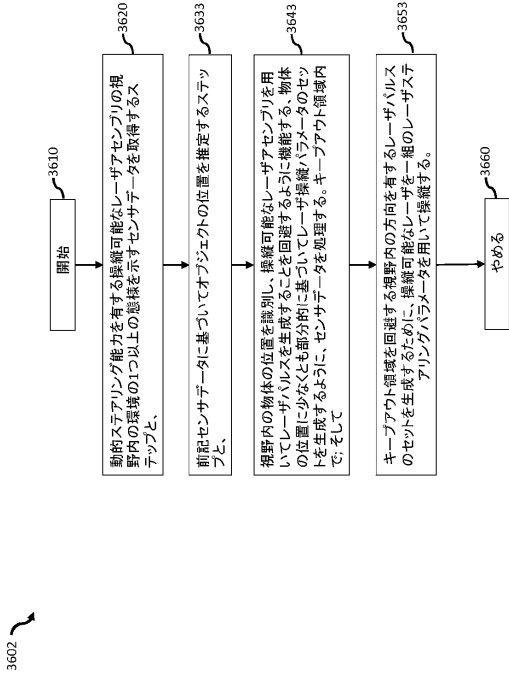
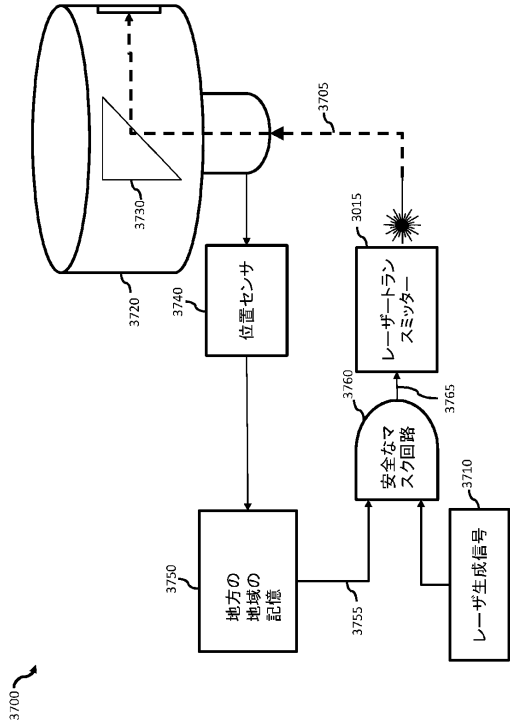
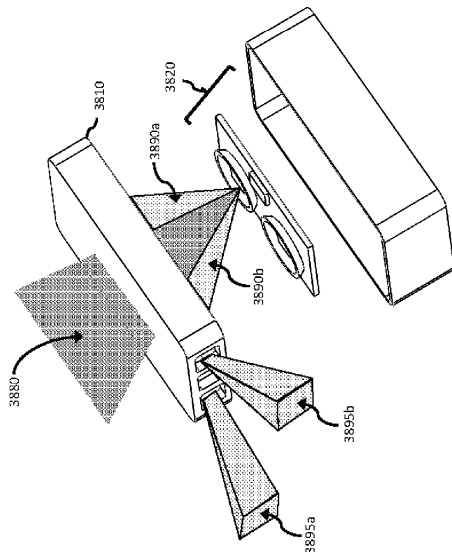


図 36C

【図 37】

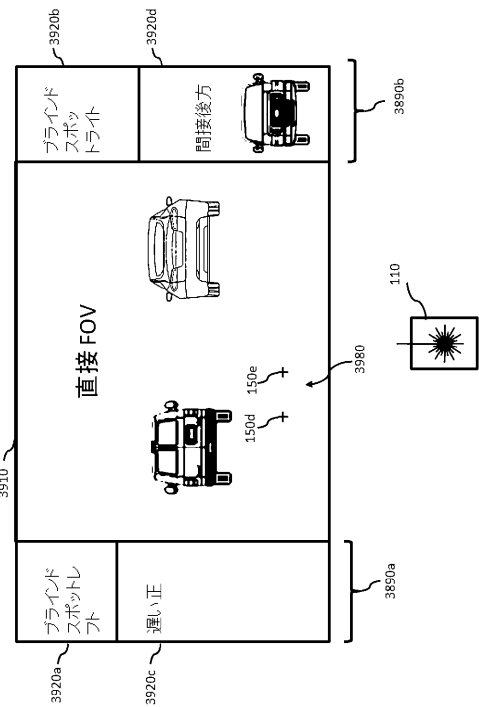


【 ㊦ 3 8 C 】



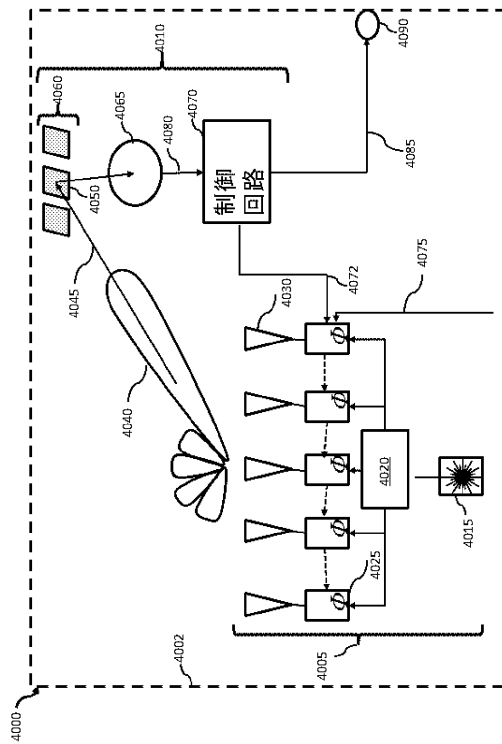
38C

【 図 3 9 】



39

【 図 4 0 】



☒ 40

【 図 4 1 】

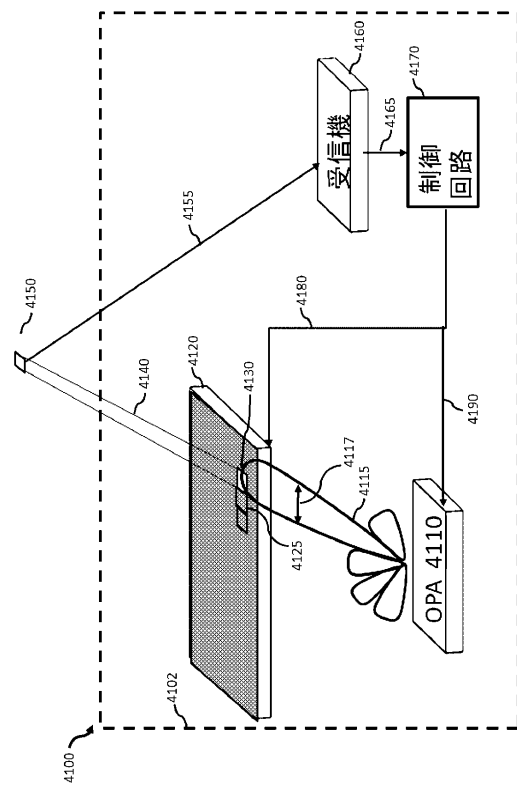
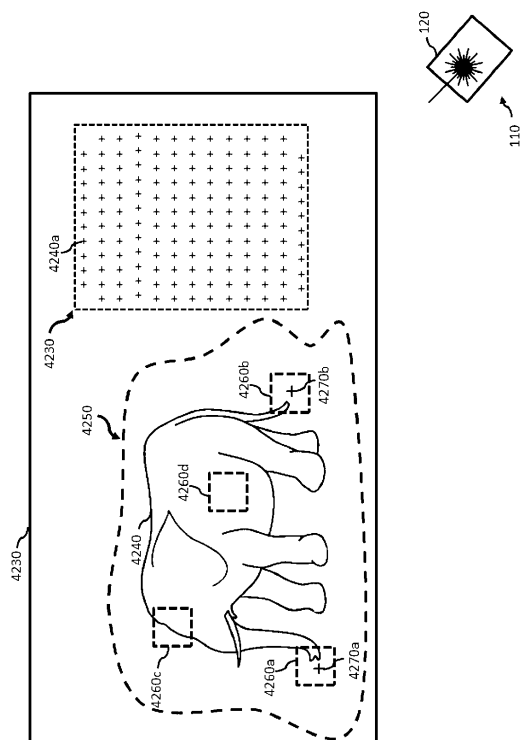
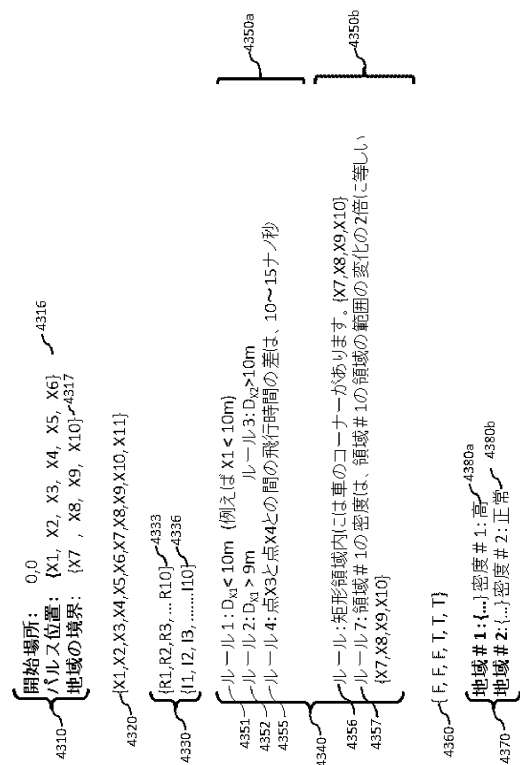


図 41

【 図 4 2 】

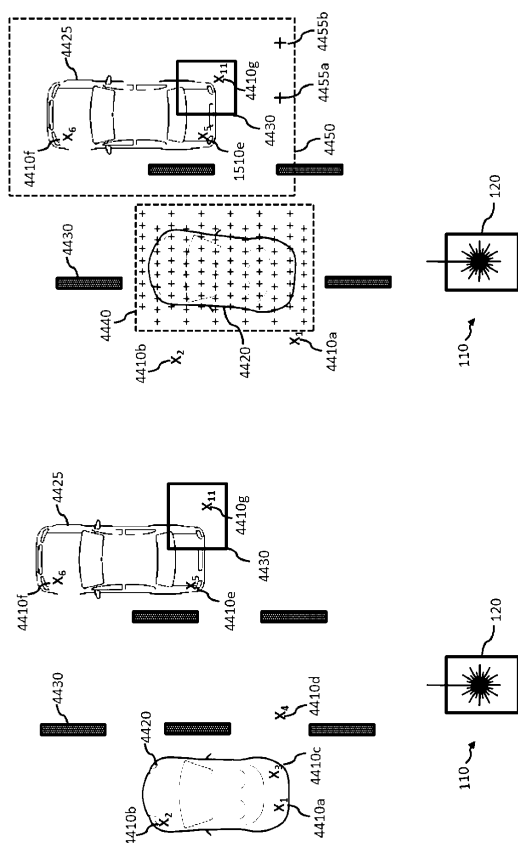


【 図 4 3 】



43

【 図 4 4 】



44B

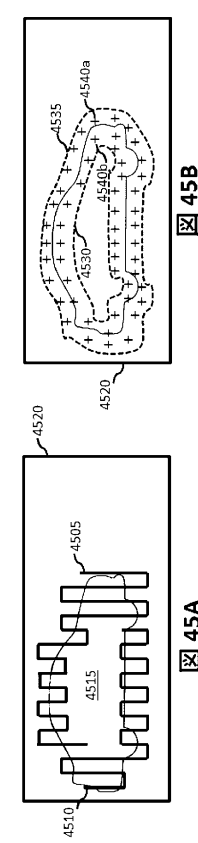
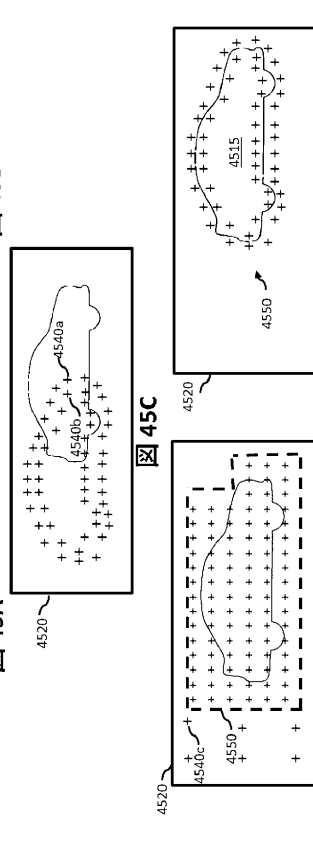


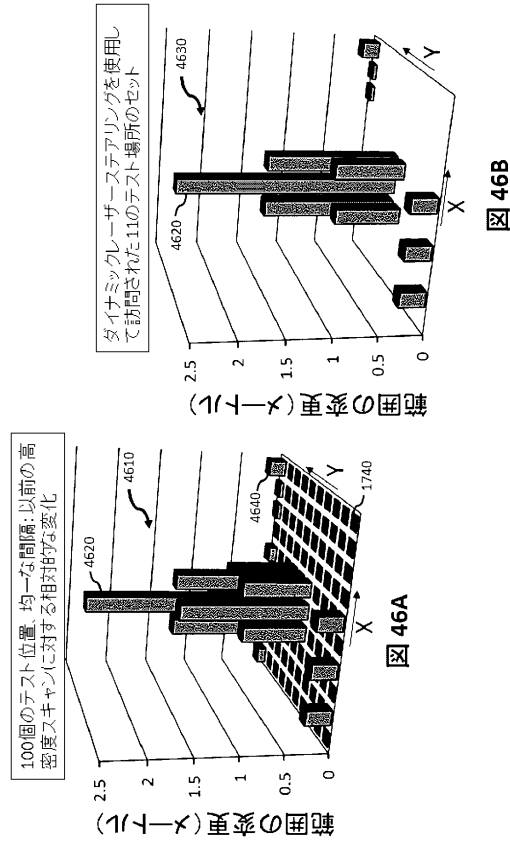
図 45B



45E

図 45D

【図46】



【図47】

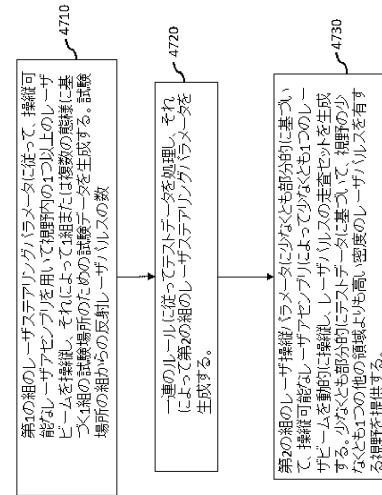


図47

【図48A】

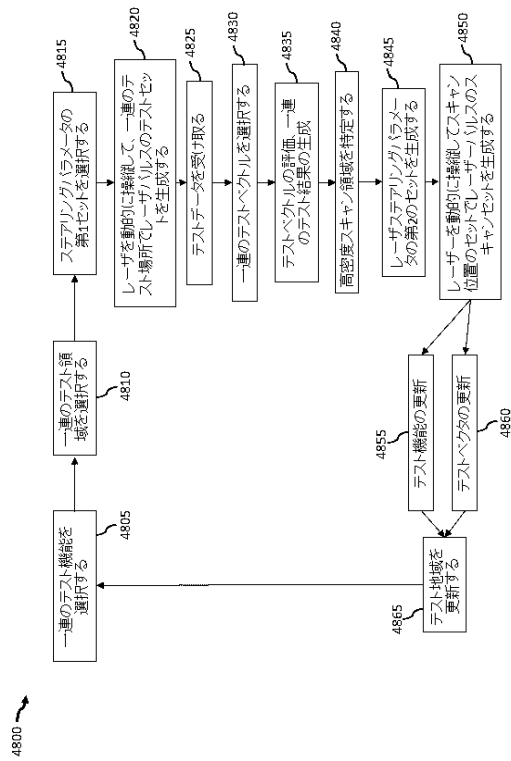


図48A

【図48B】

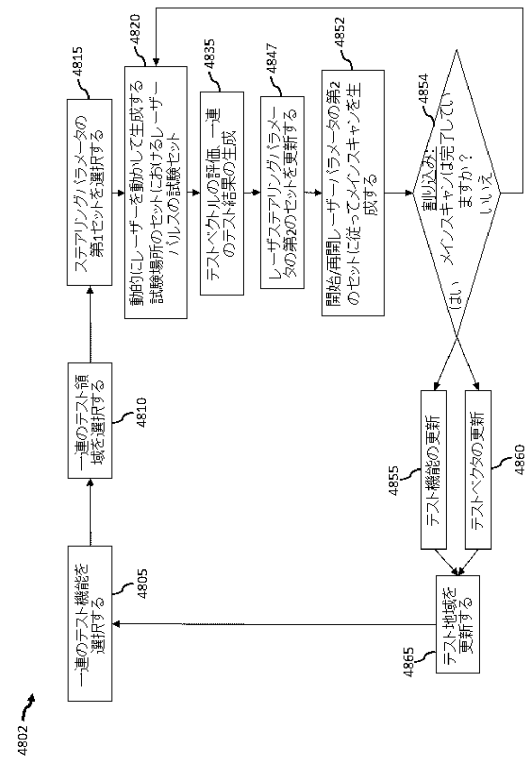
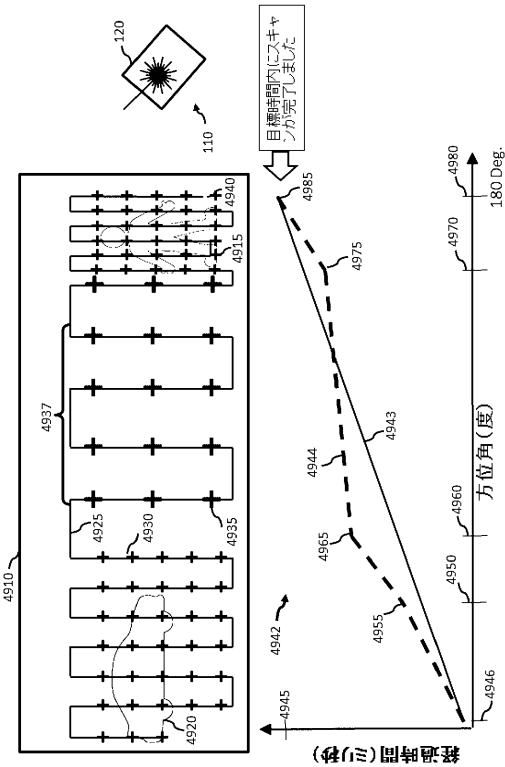


図48B

【図 49】



【図 50】

図 49

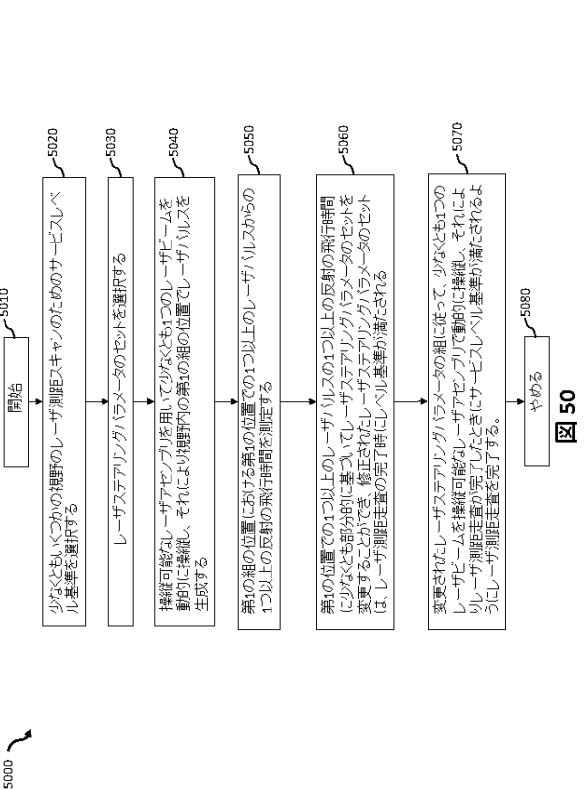


図 50

フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	
G 0 1 S	7/486	(2020.01)	G 0 1 S 7/486
G 0 1 S	17/87	(2020.01)	G 0 1 S 17/87
G 0 1 C	3/06	(2006.01)	G 0 1 C 3/06 1 4 0
G 0 8 G	1/16	(2006.01)	G 0 8 G 1/16 C

(31)優先権主張番号 62/350,670

(32)優先日 平成28年6月15日(2016.6.15)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

(31)優先権主張番号 62/337,867

(32)優先日 平成28年5月18日(2016.5.18)

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)(56)参考文献 実開昭62-121855(JP, U)
特開2002-323565(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 S	7 / 4 8 - 7 / 5 1
	1 7 / 0 0 - 1 7 / 9 5
G 0 1 C	3 / 0 0 - 3 / 3 2
G 0 1 B	1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0