

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-12504
(P2022-12504A)

(43)公開日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)
G 0 1 B 11/03 (2006.01) G 0 1 B 11/03 Z 2 F 0 6 5

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全25頁)

(21)出願番号	特願2020-114374(P2020-114374)	(71)出願人	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
(22)出願日	令和2年7月1日(2020.7.1)	(74)代理人	100147485 弁理士 杉村 憲司
		(74)代理人	230118913 弁理士 杉村 光嗣
		(74)代理人	100132045 弁理士 坪内 伸
		(74)代理人	100195534 弁理士 内海 一成
		(72)発明者	岡田 浩希 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内
		Fターム(参考)	2F065 AA04 AA12 AA22 AA32 最終頁に続く

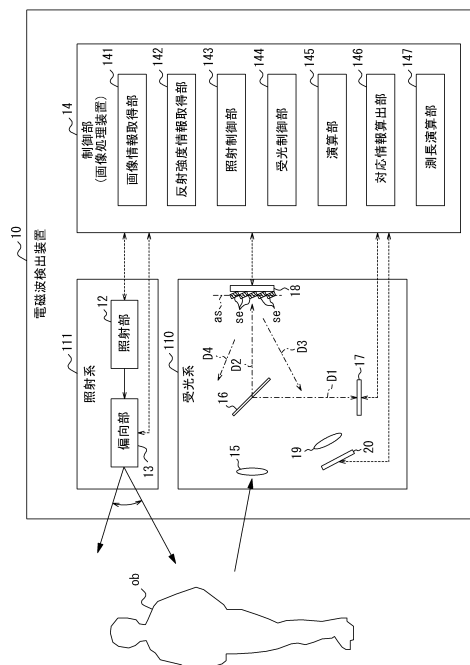
(54)【発明の名称】 測定装置

(57)【要約】

【課題】測長誤差を低減できる測定装置を提供する。

【解決手段】測定装置10は、測定対象が存在する空間において測定対象のサイズを測定するための2の地点である第1地点と第2地点とを特定し、第1地点と第2地点の空間における位置を示す第1空間座標と第2空間座標とを、基準位置から第1地点と第2地点との各々までの距離に関する距離情報に基づき算出し、第1空間座標と第2空間座標とに基づいて、第1地点と第2地点との間の距離を算出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

測定対象が存在する空間において前記測定対象のサイズを測定するための 2 の地点である第 1 地点と第 2 地点とを特定し、
前記第 1 地点と前記第 2 地点との前記空間における位置を示す第 1 空間座標と第 2 空間座標とを、基準位置から前記第 1 地点と前記第 2 地点との各々までの距離に関する距離情報に基づき算出し、
前記第 1 空間座標と前記第 2 空間座標とに基づいて、前記第 1 地点と前記第 2 地点との間の距離を算出する、測定装置。

【請求項 2】

前記基準位置から前記第 1 地点と前記第 2 地点との各々への方向に関する角度情報を取得し、
前記距離情報と前記角度情報とに基づいて、前記第 1 空間座標及び前記第 2 空間座標を算出する、請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

測定対象が存在する空間において前記測定対象のサイズを測定するための 2 の地点である第 1 地点と第 2 地点とを特定し、
前記第 1 地点と前記第 2 地点との前記空間における位置を示す第 1 空間座標と第 2 空間座標とを、基準位置から前記第 1 地点と前記第 2 地点との各々までの距離に関する距離情報に基づき算出し、
前記測定対象の画像に基づいて、前記測定対象のサイズを測定するための 2 の地点である第 1 端点と第 2 端点とを特定し、
前記第 1 空間座標と前記第 2 空間座標とに基づいて、前記第 1 端点と前記第 2 端点との前記空間における位置を示す第 1 端点座標と第 2 端点座標とを算出し、
前記第 1 端点座標と前記第 2 端点座標とに基づいて、前記第 1 端点と前記第 2 端点との間の距離を算出する、測定装置。

【請求項 4】

前記測定対象の画像における前記第 1 地点と前記第 1 端点との位置関係及び前記第 2 地点と前記第 2 端点との位置関係に基づいて、前記基準位置から前記第 1 端点及び前記第 2 端点の各々への方向に関する角度情報を取得し、
前記第 1 端点座標と前記第 2 端点座標とを前記角度情報に基づいて算出する、請求項 3 に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記第 1 空間座標と前記第 1 端点座標との、前記空間上における奥行方向の位置は同一とする、請求項 3 又は 4 に記載の測定装置。

【請求項 6】

前記第 1 地点及び前記第 2 地点までの距離に関する情報を取得する測距部と、前記測定対象の画像を取得する撮像部とを有し、
前記測距部と前記撮像部とは光軸を共有する、請求項 3 から 5 までのいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 7】

前記測距部の解像度は前記撮像部の解像度よりも低い、請求項 6 に記載の測定装置。

【請求項 8】

前記測定対象の画像に基づき認識した識別情報と、前記第 1 端点と前記第 2 端点との間の距離を関連付けて記憶する、請求項 3 から 7 までのいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 9】

前記第 1 地点及び前記第 2 地点までの距離に関する情報は、前記第 1 地点及び前記第 2 地点に対して照射部から照射した電磁波が前記対象で反射した反射波の受信によって取得される、請求項 1 から 8 までのいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記測定対象は、前記空間に存在する物体の一部である、請求項 1 から 9 までのいずれか一項に記載の測定装置。

【請求項 1 1】

空間中の地点である第 1 地点に対して所定の照射角度で電磁波を照射する照射部と、前記照射部が照射した電磁波の反射波を検出する第 1 の検出部と、前記反射波に基づき、基準位置から前記第 1 地点までの距離である距離情報を測定する測距部と、前記空間からの電磁波を検出して前記空間の画像を取得する第 2 の検出部と、前記画像に含まれる地点の前記空間における位置を示す座標情報を、前記距離情報、前記照射角度、前記画像における前記第 1 地点の位置に基づき算出する制御部とを有し、前記第 1 地点からの入射する電磁波のうち、前記第 1 の検出部に検出される前記反射波と前記第 2 の検出部に検出される電磁波とは光軸が一致している、測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

撮像画像において、撮影距離又は撮影レンズの焦点距離等のデータと、ファインダー視野内に設定したスケール長データとに基づいて、被写体の実寸法を算出する構成が知られている（例えば、特許文献 1 等参照）。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開昭 62 - 259004 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載されている構成において、交換レンズの焦点測距情報のバラツキに起因する測長誤差が生じることがある。また、被写体がレンズ光軸に対して傾斜している場合に、カメラと被写体との間の距離が変化することによって、被写体からの反射光を検出するセンサ上での位置が変化する。その結果、測長誤差が生じることがある。

30

【0005】

本開示の目的は、測長誤差を低減できる測定装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の一実施形態に係る測定装置は、測定対象が存在する空間において前記測定対象のサイズを測定するための 2 の地点である第 1 地点（P1）と第 2 地点（P2）を特定する。前記測定装置は、前記第 1 地点と前記第 2 地点の前記空間における位置を示す第 1 空間座標と第 2 空間座標を、基準位置から前記第 1 地点と前記第 2 地点の各々までの距離に関する距離情報（d1、d2）に基づき算出する。前記測定装置は、前記第 1 空間座標と前記第 2 空間座標とに基づいて、前記第 1 地点と前記第 2 地点との間の距離を算出する。

40

【発明の効果】

【0007】

本開示によれば、測長誤差を低減できる測定装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図 1】一実施形態に係る電磁波検出装置の概略構成を示す構成図である。

【図 2】図 1 の電磁波検出装置の第 1 の状態と第 2 の状態における電磁波の進行方向を説

50

明する図である。

【図 3】反射波を含む電磁波の検出を説明するための図である。

【図 4】距離の演算を説明するためのタイミングチャートである。

【図 5】X 座標を考慮しない場合の対象の測距点の算出を説明する図である。

【図 6】対象が傾いている場合における距離に基づくサイズの算出結果と画像に基づくサイズの算出結果との差を表す図である。

【図 7】X 座標を考慮した場合の対象の測距点の算出を説明する図である。

【図 8】X Y 平面における測距点の位置を説明する平面図である。

【図 9】X Y 平面における測距点の位置を説明する斜視図である。

【図 10】対象として車輪の直径を測定する例を示す図である。

10

【図 11】対象として魚の体長を測定する例を示す図である。

【図 12】測距情報に基づいてサイズを測定する方法の一例を示すフローチャートである。

【図 13】測距情報に基づいて算出された座標を画像に基づいて補正してサイズを測定する方法の一例を示すフローチャートである。

【図 14】路面に対して平面視する方向から、路面上の車両の測距情報を取得する構成例を示す図である。

【図 15】図 14 の例で取得した測距情報をプロットしたグラフである。

【図 16】路面上の車両の高さを測定する方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

20

【0009】

図 1 に示されるように、一実施形態に係る電磁波検出装置 10 は、照射系 111 と、受光系 110 と、制御部 14 とを備える。本実施形態に係る電磁波検出装置 10 は測距装置として機能する。本実施形態において、電磁波検出装置 10 は、1 つの照射系 111 と 1 つの受光系 110 とを備えるとして説明される。照射系 111 及び受光系 110 それぞれの数は、1 つに限られず、2 つ以上であってよい。電磁波検出装置 10 が複数の照射系 111 及び複数の受光系 110 を備える場合、各照射系 111 と各受光系 110 とが対応づけられる。

【0010】

照射系 111 は、照射部 12 と、偏向部 13 とを備える。受光系 110 は、入射部 15 と、分離部 16 と、第 1 の検出部 20 と、第 2 の検出部 17 と、切替部 18 と、第 1 の後段光学系 19 とを備える。制御部 14 は、画像情報取得部 141 と、反射強度情報取得部 142 と、照射制御部 143 と、受光制御部 144 と、演算部 145 と、対応情報算出部 146 とを備える。電磁波検出装置 10 の各機能ブロックの詳細な説明は後述される。

30

【0011】

図面において、各機能ブロックを結ぶ破線は、制御信号又は通信される情報の流れを示す。破線が示す通信は有線通信であってよいし、無線通信であってよい。また、実線の矢印はビーム状の電磁波を示す。また、図面において、対象 ob は、電磁波検出装置 10 の被写体である。被写体は、例えば道路、中央分離帯、歩道、街路樹、車両等の物を含んでよいし、人を含んでよい。また対象 ob は 1 つに限られない。

40

【0012】

電磁波検出装置 10 は、被写体を含む画像を取得するとともに、被写体で反射した反射波を検出することによって被写体を識別可能に構成される。電磁波検出装置 10 は、対象 ob までの距離を計測する演算部 145 を備えることによって測距装置として機能する。

【0013】

(照射系 111 の構成例)

照射系 111 は、対象 ob が存在する空間に電磁波を照射する。本実施形態において、照射系 111 は、照射部 12 が照射する電磁波を、偏向部 13 を介して、対象 ob が存在する空間に向けて照射する。別の例として、照射系 111 は、照射部 12 が電磁波を対象 ob に向けて直接に照射する構成であってよい。

50

【 0 0 1 4 】

照射部 1 2 は、赤外線、可視光線、紫外線及び電波のうち少なくとも一つを照射する。本実施形態において、照射部 1 2 は赤外線を照射する。また、本実施形態において、照射部 1 2 は、幅の細い、例えば広がり角が 0.5° となるビーム状の電磁波を照射する。また、照射部 1 2 は電磁波をパルス状に照射する。照射部 1 2 は、電磁波照射素子として、例えば LED (Light Emitting Diode) を含んで構成され得る。また、照射部 1 2 は、電磁波照射素子として、例えば LD (Laser Diode) を含んで構成され得る。照射部 1 2 は、制御部 1 4 の制御に基づいて電磁波の照射及び停止を切替える。ここで、照射部 1 2 は複数の電磁波照射素子をアレイ状に配列させた LED アレイ又は LD アレイを構成し、複数本のビームを同時に照射させてよい。

10

【 0 0 1 5 】

偏向部 1 3 は、照射部 1 2 が照射した電磁波を複数の異なる方向に出力させて、対象 o b が存在する空間に照射される電磁波の照射位置を変更する。複数の異なる方向への出力は、偏向部 1 3 の向きを変えながら照射部 1 2 からの電磁波を反射することで行ってよい。例えば偏向部 1 3 は、照射部 1 2 が照射した電磁波で一次元方向又は二次元方向に対象 o b を走査する。ここで、照射部 1 2 が例えば LD アレイとして構成されている場合、偏向部 1 3 は LD アレイから出力される複数のビームの全てを反射させて、同一方向に出力させてよい。すなわち、照射系 1 1 1 は、1 つ又は複数の電磁波照射素子を有する照射部 1 2 に対して 1 つの偏向部 1 3 を有してよい。

20

【 0 0 1 6 】

偏向部 1 3 は、電磁波を出力する空間である照射領域の少なくとも一部が、受光系 1 1 0 における電磁波の検出範囲に含まれるように構成されている。したがって、偏向部 1 3 を介して対象 o b が存在する空間に照射される電磁波の少なくとも一部は、対象 o b の少なくとも一部で反射して、受光系 1 1 0 において検出され得る。ここで、照射波が対象 o b の少なくとも一部で反射した電磁波を反射波と称する。照射波とは、対象 o b が存在する空間の複数の方向に向けて、照射系 1 1 1 から照射される電磁波である。

30

【 0 0 1 7 】

偏向部 1 3 は、例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラー、ポリゴンミラー、又はガルバノミラー等を含んでよい。本実施形態において、偏向部 1 3 は、MEMS ミラーを含むとする。

40

【 0 0 1 8 】

偏向部 1 3 は、制御部 1 4 の制御に基づいて、電磁波を反射する向きを変える。また、偏向部 1 3 は、例えばエンコーダ等の角度センサを有してよい。偏向部 1 3 は、角度センサで検出された角度を、電磁波を反射する方向情報として制御部 1 4 に出力してよい。このような構成において、制御部 1 4 は、偏向部 1 3 から取得する方向情報に基づいて、電磁波の照射位置を算出し得る。また、制御部 1 4 は、偏向部 1 3 に電磁波を反射する向きを変えさせるために入力する駆動信号に基づいても照射位置を算出し得る。

【 0 0 1 9 】

(受光系 1 1 0 の構成例)

以下の説明において、「反射波を含む電磁波」は、対象 o b での反射波を含んで受光系 1 1 0 に入射する電磁波を意味する。つまり、照射波と区別するために、受光系 1 1 0 に入射する電磁波は「反射波を含む電磁波」と称されることがある。反射波を含む電磁波は、照射系 1 1 1 から照射された電磁波が対象 o b で反射した反射波のみならず、太陽光等の外光、又は、外光が対象 o b で反射した光等を含み得る。

50

【 0 0 2 0 】

入射部 1 5 は、少なくとも 1 つの光学部材を有する光学系であって、被写体となる対象 o b の像を結像させる。光学部材は、例えばレンズ、ミラー、絞り及び光学フィルタ等の少なくとも 1 つを含む。

【 0 0 2 1 】

分離部 1 6 は、入射部 1 5 と、入射部 1 5 から所定の位置をおいて離れた対象 o b の像の

60

、入射部 15 による結像位置である一次結像位置との間に設けられている。分離部 16 は、反射波を含む電磁波を波長に応じて分離し、第 1 の方向 D 1 又は第 2 の方向 D 2 に進行するように分離する。分離部 16 は、反射波を含む電磁波を、反射波と、反射波を除く電磁波とに分離してよい。反射波を除く電磁波は、例えば可視光等の光を含んでよい。

【0022】

本実施形態において、分離部 16 は、反射波を含む電磁波の一部を第 1 の方向 D 1 に反射し、別の一部を第 2 の方向 D 2 に透過する。本実施形態において、分離部 16 は、入射する電磁波のうち、太陽光等の環境光が対象 o b で反射した可視光を第 1 の方向 D 1 に反射する。また、分離部 16 は、入射する電磁波のうち、照射部 12 が照射した赤外線が対象 o b で反射した赤外線を第 2 の方向 D 2 に透過する。別の例として、分離部 16 は、入射する電磁波の一部を第 1 の方向 D 1 に透過し、電磁波の別の一部を第 2 の方向 D 2 に反射してよい。また、分離部 16 は、入射する電磁波の一部を第 1 の方向 D 1 に屈折させ、電磁波の別の一部を第 2 の方向 D 2 に屈折させてよい。分離部 16 は、例えば、ハーフミラー、ビームスプリッタ、ダイクロイックミラー、コールドミラー、ホットミラー、メタサーフェス、偏向素子又はプリズム等を含んで構成されてよい。

10

【0023】

第 2 の検出部 17 は、分離部 16 から第 1 の方向 D 1 に進行する電磁波の経路上に設けられている。第 2 の検出部 17 は、第 1 の方向 D 1 における対象 o b の結像位置又は結像位置の近傍に設けられている。第 2 の検出部 17 は、分離部 16 から第 1 の方向 D 1 に進行した電磁波を検出する。

20

【0024】

また、第 2 の検出部 17 は、分離部 16 から第 1 の方向 D 1 に進行する電磁波の第 1 の進行軸が第 2 の検出部 17 の第 1 の検出軸に平行となるように、分離部 16 に対して配置されてよい。第 1 の進行軸は、分離部 16 から第 1 の方向 D 1 に向けて放射状に広がりながら進行する電磁波の中心軸に対応する。本実施形態において、第 1 の進行軸は、入射部 15 の光軸を分離部 16 まで延ばし、分離部 16 において第 1 の方向 D 1 に平行になるように折曲げた軸として表される。第 1 の検出軸は、第 2 の検出部 17 の検出面の中心を通り、検出面に垂直な軸として表される。

【0025】

さらに、第 2 の検出部 17 は、第 1 の進行軸及び第 1 の検出軸の間隔が第 1 の間隔閾値以下となるように配置されていてよい。また、第 2 の検出部 17 は、第 1 の進行軸及び第 1 の検出軸が一致するように配置されていてよい。本実施形態において、第 2 の検出部 17 は、第 1 の進行軸及び第 1 の検出軸が一致するように配置されている。

30

【0026】

また、第 2 の検出部 17 は、第 2 の検出部 17 の検出面に対して第 1 の進行軸がなす第 1 の角度が第 1 の角度閾値以下又は所定の角度となるように、分離部 16 に対して配置されていてよい。本実施形態において、第 2 の検出部 17 は、第 1 の角度が 90° となるように配置されている。

【0027】

本実施形態において、第 2 の検出部 17 は、パッシブセンサであるとする。本実施形態において、第 2 の検出部 17 は、さらに具体的には、素子アレイを含む。例えば、第 2 の検出部 17 は、イメージセンサ又はイメージングアレイ等の撮像素子を含み、検出面において結像した電磁波による像を撮像して、撮像した対象 o b を含む空間の画像情報を生成する。

40

【0028】

本実施形態において、第 2 の検出部 17 は、さらに具体的には可視光の像を撮像するように構成されとする。第 2 の検出部 17 は、生成した画像情報を信号として制御部 14 に送信する。第 2 の検出部 17 は、赤外線、紫外線、及び電波の像等の可視光以外の像を撮像するように構成されてよい。

【0029】

50

切替部 18 は、分離部 16 から第 2 の方向 D2 に進行する電磁波の経路上に設けられている。切替部 18 は、第 2 の方向 D2 における対象 ob の一次結像位置又は一次結像位置近傍に設けられている。

【0030】

本実施形態において、切替部 18 は、結像位置に設けられている。切替部 18 は、入射部 15 及び分離部 16 を通過した電磁波が入射する作用面 as を有している。作用面 as は、2次元状に沿って並ぶ複数の切替素子 se によって構成されている。作用面 as は、後述する第 1 の状態及び第 2 の状態の少なくともいずれかにおいて、電磁波を反射したり電磁波を透過したりする等の電磁波に対する作用を生じさせる。

【0031】

切替部 18 は、作用面 as に入射する電磁波を、第 3 の方向 D3 に進行させる第 1 の状態と、第 4 の方向 D4 に進行させる第 2 の状態とに、切替素子 se 毎に切替可能である。本実施形態において、第 1 の状態は、作用面 as に入射する電磁波を、第 3 の方向 D3 に反射する第 1 の反射状態である。また、第 2 の状態は、作用面 as に入射する電磁波を、第 4 の方向 D4 に反射する第 2 の反射状態である。

【0032】

本実施形態において、切替部 18 は、さらに具体的には、切替素子 se 毎に電磁波を反射する反射面を含んでいる。切替部 18 は、切替素子 se 毎の各々の反射面の向きを任意に変更することにより、第 1 の反射状態及び第 2 の反射状態を切替素子 se 毎に切替える。

【0033】

本実施形態において、切替部 18 は、例えばデジタルマイクロミラーデバイス (DMD : Digital Micro-mirror Device) を含む。DMD は、作用面 as を構成する微小な反射面を駆動することにより、切替素子 se 毎に反射面を作用面 as に対して +12° 及び -12° のいずれかの傾斜状態に切替可能である。作用面 as は、DMD における微小な反射面を載置する基板の板面に平行である。

【0034】

切替部 18 は、制御部 14 の制御に基づいて、第 1 の状態及び第 2 の状態を、切替素子 se 毎に切替える。例えば、図 2 に示すように、切替部 18 は、一部の切替素子 se1 を第 1 の状態に切替えることによって切替素子 se1 に入射する電磁波を第 3 の方向 D3 に進行させ得る。また、切替部 18 は、別の一部の切替素子 se2 を第 2 の状態に切替えることにより切替素子 se2 に入射する電磁波を第 4 の方向 D4 に進行させ得る。切替部 18 は、各切替素子の状態を同時に切り替え得る。より具体的には、制御部 14 は偏向部 13 からの方向情報に基づいて、電磁波が照射された方向又は電磁波が照射された位置を検出する。そして、検出した電磁波の照射方向又は照射位置に応じた切替素子 se1 を第 1 の状態とし、それ以外の切替素子 se1 は第 2 の状態とすることで、対象 ob からの反射波を選択的に第 3 の方向 D3 に進行させる。分離部 16 を通過した電磁波のうち、対象 ob からの反射波以外の電磁波は第 4 の方向 D4 に進行するため、第 1 の検出部 20 には入射しない。

【0035】

図 1 に示すように、第 1 の後段光学系 19 は、切替部 18 から第 3 の方向 D3 に設けられている。第 1 の後段光学系 19 は、例えば、レンズ及びミラーの少なくとも一方を含む。第 1 の後段光学系 19 は、切替部 18 において進行方向を切替えられた電磁波としての対象 ob の像を結像させる。

【0036】

第 1 の検出部 20 は反射波を検出する。第 1 の検出部 20 は、切替部 18 による第 3 の方向 D3 に進行した後に第 1 の後段光学系 19 を経由して進行する電磁波を検出可能な位置に配置されている。第 1 の検出部 20 は、第 1 の後段光学系 19 を経由した電磁波、すなわち第 3 の方向 D3 に進行した電磁波を検出して、検出信号を出力する。

【0037】

また、第 1 の検出部 20 は、切替部 18 とともに、分離部 16 から第 2 の方向 D2 に進行

10

20

30

40

50

して切替部 18 により第 3 の方向 D3 に進行方向が切替えられた電磁波の第 2 の進行軸が、第 1 の検出部 20 の第 2 の検出軸に平行となるように、分離部 16 に対して配置されていてよい。第 2 の進行軸は、切替部 18 から第 3 の方向 D3 に進行する、放射状に広がりながら伝播する電磁波の中心軸に対応する。本実施形態において、第 2 の進行軸は、入射部 15 の光軸を切替部 18 まで延ばし、切替部 18 において第 3 の方向 D3 に平行になるように折曲げた軸として表される。第 2 の検出軸は、第 1 の検出部 20 の検出面の中心を通り、検出面に垂直な軸として表される。

【0038】

さらに、第 1 の検出部 20 は、切替部 18 とともに、第 2 の進行軸及び第 2 の検出軸の間隔が第 2 の間隔閾値以下となるように配置されていてよい。第 2 の間隔閾値は、第 1 の間隔閾値と同じ値であってよいし、異なる値であってよい。また、第 1 の検出部 20 は、第 2 の進行軸及び第 2 の検出軸が一致するように配置されていてよい。本実施形態において、第 1 の検出部 20 は、第 2 の進行軸及び第 2 の検出軸が一致するように配置されている。

10

【0039】

また、第 1 の検出部 20 は、切替部 18 とともに、第 2 の進行軸と、第 1 の検出部 20 の検出面とのなす第 2 の角度が第 2 の角度閾値以下又は所定の角度となるように、分離部 16 に対して配置されていてよい。第 2 の角度閾値は、第 1 の角度閾値と同じ値であってよいし、異なる値であってよい。本実施形態において、第 1 の検出部 20 は、上記のように、第 2 の角度が 90° となるように配置されている。

20

【0040】

本実施形態において、第 1 の検出部 20 は、照射部 12 から対象 o b に向けて照射された電磁波の反射波を検出するアクティブセンサである。第 1 の検出部 20 は、例えば APD (Avalanche Photo-Diode)、PD (Photo-Diode) 又は測距イメージセンサ等の単一の素子を含む。また、第 1 の検出部 20 は、APD アレイ、PD アレイ、測距イメージングアレイ又は測距イメージセンサ等の素子アレイを含むものであってよい。

【0041】

本実施形態において、第 1 の検出部 20 は、被写体からの反射波を検出したことを示す検出情報を信号として制御部 14 に送信する。第 1 の検出部 20 は、さらに具体的には、赤外線帯域の電磁波を検出する。

30

【0042】

また、本実施形態において、第 1 の検出部 20 は、対象 o b までの距離を測定するための検出素子として用いられる。換言すると、第 1 の検出部 20 は、測距センサを構成する素子であって、電磁波を検出できればよく、検出面において結像される必要がない。それゆえ、第 1 の検出部 20 は、第 1 の後段光学系 19 による結像位置である二次結像位置に設けられなくてよい。すなわち、この構成において、第 1 の検出部 20 は、全ての画角からの電磁波が検出面上に入射可能な位置であれば、切替部 18 により第 3 の方向 D3 に進行した後第 1 の後段光学系 19 を経由して進行する電磁波の経路上のどこに配置されていてよい。

【0043】

以上のような構成を有することにより、電磁波検出装置 10 は画像上における所定位置と、当該位置の距離を測定するための反射波の光軸を一致させている。言い換えれば、電磁波検出装置 10 において、画像を取得する画像情報取得部 141 の光軸と、距離情報取得するための電磁波の反射波を受信する受光系 110 の光軸とが一致する。画像情報取得部 141 は、撮像部とも称される。受光系 110 を含む距離情報取得する構成は、測距部とも称される。撮像部と測距部とは、光軸を共有するともいえる。

40

【0044】

ここで、図 3 は反射波を含む電磁波の検出を説明するための図である。図 3 において、対象 o b が存在する空間は、照射系 111 が電磁波を照射する 1 フレームあたりの回数で分割され、格子状に区分されている。一般に、反射波を含む電磁波の 1 フレーム分の検出に

50

要する時間は、撮像素子等によって1フレーム分の画像が取得される時間より長い。一例として、撮像素子は1920×1080ピクセルの画像を1秒間に30フレーム取得可能である。一方、照射した電磁波の反射波を受光しての距離測定に要する時間は、1ポイントで20μs程度かかることがある。したがって、空間からの反射波を受光して測距情報を取得する地点の数(ポイント数)は、1フレームあたりで1920×1080よりも小さくなる。

【0045】

図3の例では、照射部12から照射されたビーム状の電磁波が偏向部13で反射されて、照射波として、空間における1つの領域Rに入射されている。本実施形態において、照射波は赤外線である。領域Rに存在する対象obで反射した反射波を含む電磁波が、入射部15に入射される。本実施形態において、反射波は赤外線である。また、反射波を含む電磁波は、外光が領域Rに存在する対象obで反射した可視光を含む。分離部16は、反射波を含む電磁波のうち可視光を第1の方向D1に反射する。反射された可視光は第2の検出部17で検出される。また、分離部16は、反射波を含む電磁波のうち赤外線を第2の方向D2に透過する。分離部16を透過した赤外線は、切替部18で反射して、少なくとも一部が第3の方向D3に進行する。第3の方向D3に進行した赤外線は、第1の後段光学系19を通過して、第1の検出部20で検出される。

10

【0046】

(制御部の構成例)

照射制御部143は、照射系111を制御する。照射制御部143は、例えば照射部12に、電磁波の照射及び停止を切替えさせる。照射制御部143は、例えば偏向部13に、電磁波を反射する向きを変えさせる。

20

【0047】

受光制御部144は、受光系110を制御する。受光制御部144は、例えば切替部18に、第1の状態及び第2の状態を切替素子se毎に切替えさせる。

【0048】

画像情報取得部141は、空間からの電磁波を検出する第2の検出部17から、対象obが存在する空間の画像情報を取得する。

【0049】

演算部145は、第1の検出部20の検出情報に基づいて、対象obとの距離を演算する。演算部145は、取得した検出情報に基づいて、例えばToF(Time-of-Flight)方式で距離を演算可能である。

30

【0050】

図4に示すように、制御部14は、照射部12に電磁波放射信号を入力することにより、照射部12にパルス状の電磁波を照射させる(“電磁波放射信号”欄参照)。照射部12は、入力された電磁波放射信号に基づいて電磁波を照射する(“照射部放射量”欄参照)。照射部12が照射し、かつ、偏向部13が反射して、対象obが存在する空間である照射領域に照射された電磁波は、照射領域において反射する。制御部14は、照射領域の反射波の入射部15による切替部18における結像領域の中の少なくとも一部の切替素子seを第1の状態に切替え、他の切替素子seを第2の状態に切替える。そして、第1の検出部20は、照射領域において反射された電磁波を検出するとき(“電磁波検出量”欄参照)、検出情報を制御部14に通知する。

40

【0051】

演算部145は、検出情報を含む上記の信号の情報を取得する。演算部145は、例えば、時間計測LSI(Large Scale Integrated circuit)を含み、照射部12に電磁波を照射させた時期T1から、検出情報を取得(“検出情報取得”欄参照)した時期T2までの時間Tを計測する。演算部145は、時間Tに光速を乗算し、かつ、2で除算することにより、照射位置までの距離を算出する。

【0052】

第1の検出部20で検出される対象obまでの測距情報の1フレームあたりの平面方向の

50

解像度は、第2の検出部17で検出される対象o bの画像の解像度よりも低い。この理由は以下のとおりである。まず、測距情報を取得するための反射波を含む電磁波の検出の解像度は、対象o bを含む空間における電磁波による距離の検出個所数、すなわち測距情報を取得する地点の数で定まるからである。レーザーによって空間をスキャンする場合には、電磁波の検出の解像度は、対象空間の1回のスキャンにおけるレーザーの照射箇所の数（すなわち、視野の範囲へのレーザーの照射箇所の数）を指す。これに対して、第2の検出部17で検出される対象o bの画像は、撮像素子の性能の向上によって、レーザーの照射箇所の間隔よりも狭い間隔の画素で撮像される。したがって、測距情報の平面方向の解像度は、画像の解像度よりも低くなる。以下、本明細書において、測距情報の解像度とは、1フレームあたりの平面方向の解像度を指すものとする。また、測距部の解像度は、撮像部の解像度よりも低いともいえる。

10

【0053】

（測距情報に基づくサイズの算出）

本実施形態に係る電磁波検出装置10の制御部14は、測長演算部147を更に備える。測長演算部147は、第1の検出部20で検出される対象o bまでの測距情報に基づいて対象o bのサイズを算出する。電磁波検出装置10は、測定装置とも称される。対象o bは、測定対象とも称される。

【0054】

具体的には、測長演算部147は、測距情報と、測距情報を取得するために照射した電磁波の射出方向とに基づいて、対象o bに含まれる2点の座標を算出し、2点間の距離を対象o bのサイズとして算出する。一例として、図5に示される対象o bのサイズの算出手順が説明される。対象o bは、人物であるとする。また、簡略化のために、紙面に垂直なX軸方向の座標を考慮せず、紙面に沿うYZ平面内に限定して算出手順が説明される。

20

【0055】

制御部14の演算部145は、照射系111が位置する原点Oから対象o bの頭部に位置する測距点P1までの距離と、原点Oから対象o bの足に位置する測距点P2までの距離とを測定する。原点Oから測距点P1までの距離は、 d_1 で表されるとする。原点Oから測距点P2までの距離は、 d_2 で表されるとする。 d_1 及び d_2 は、距離情報とも称される。原点Oは、基準位置とも称される。測距点P1及びP2はそれぞれ、第1地点及び第2地点とも称される。測距点P1及びP2はそれぞれ、第1測距点及び第2測距点とも称される。測距点P1及びP2を特定する情報はそれぞれ、第1測距情報及び第2測距情報とも称される。

30

【0056】

ここで、照射系111は、照射電磁波をスキャンできる範囲に含まれる照射軸111Aを有する。本実施形態において、照射軸111Aは、照射電磁波をスキャンできる範囲の中心軸に対応する。XYZ座標系は、Z軸が照射軸111Aに一致するように設定されている。したがって、照射軸111Aは、YZ平面内に含まれる。

【0057】

測長演算部147は、演算部145から、測距点P1及びP2までの距離を取得する。測長演算部147は、演算部145又は照射系111から、原点Oと測距点P1とを結ぶ線分が照射軸111Aに対してなす角度 θ_1 を更に取得する。角度 θ_1 は、YZ平面における原点Oから測距点P1への方向を特定する。つまり、角度 θ_1 は、方向に関する情報ともいえる。角度 θ_1 は、測距点P1への方向に関する角度情報とも称される。角度 θ_1 は偏向部13から取得した方向情報に基づいて取得してよい。測長演算部147は、 d_1 と θ_1 とに基づいて、以下の式(1)及び(2)に示されるように測距点P1のY座標 (Y_1) 及びZ座標 (Z_1) を算出できる。

40

【数1】

$$Y_1 = d_1 \sin \theta_1 \quad (1)$$

【数 2】

$$Z_1 = d_1 \cos \theta_1 \quad (2)$$

10

【0058】

また、測長演算部 147 は、演算部 145 又は照射系 111 から、原点 O と測距点 P2 とを結ぶ線分が照射軸 111A に対してなす角度 (2) を取得する。測長演算部 147 は、測距点 P1 と同様に、測距点 P2 の Y 座標 (Y2) 及び Z 座標 (Z2) を d2 と 2 とに基づいて算出できる。第 1 地点及び第 2 地点それぞれの地点の座標は、第 1 空間座標及び第 2 空間座標とも称される。

【0059】

ここで、対象 ob のサイズは、頭部から足までの長さで表される。つまり、測長演算部 147 は、対象 ob の長さを線分 P1P2 の長さとして算出できる。図 6 に例示される対象 ob に含まれる線分 P1P2 は、XY 平面、つまり撮像面に交差する。測長演算部 147

20

【数 3】

$$L = \sqrt{(Z1 - Z2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \quad (3)$$

【0060】

電磁波検出装置 10 は、対象 ob を撮影した画像のみに基づいて、対象 ob のサイズを算出する場合、以下の理由によって実際の対象 ob のサイズと異なり得る。

30

【0061】

電磁波検出装置 10 は、Z 軸上に位置する場合、対象 ob を Z 軸の正の方向から撮影する。したがって、電磁波検出装置 10 が撮影する画像の撮像面は、Z 軸に垂直な面、つまり XY 平面に平行な面となる。対象 ob に含まれる線分 P1P2 が撮像面に交差する場合、線分 P1P2 は、撮像面に対する正射影として画像に写る。X 軸方向 (紙面の奥行方向) の広がりが無視される場合、線分は、Y 軸に対する正射影として画像に写る。線分の正射影の長さは、線分の実際の長さより短い。具体的には、図 6 に例示される線分 P1P2 の Y 軸への正射影の長さは、Y1 - Y2 であり、上述の式 (3) で算出される L よりも短い。したがって、画像に基づいて線分 P1P2 の長さとして算出された対象 ob のサイズは、

40

【0062】

また、仮に、線分 P1P2 が撮像面に平行である場合であっても、電磁波検出装置 10 から対象 ob までの距離が短いか長いかによって画像に写る線分の長さが増減する。したがって、画像だけに基づいて線分 P1P2 の真の長さを算出できないことがある。

【0063】

以上述べてきたように、本実施形態に係る電磁波検出装置 10 は、対象 ob に含まれる測距点 P1 及び P2 の座標を算出する。そして、電磁波検出装置 10 は、P1 及び P2 の座標に基づいて、対象 ob のサイズとして線分 P1P2 の長さを算出できる。対象 ob のサイズの算出精度は、測距結果に基づいて算出されることによって、画像のみに基づいて算

50

出される場合よりも高められる。

【0064】

(座標の補正による高精度化)

上述したように、対象o bまでの測距情報の解像度は、対象o bの画像の解像度よりも低い。測距情報の解像度が低い場合、測距点P 1及びP 2の位置と対象o bの輪郭部分とのずれが大きくなるため、測距情報に基づいて算出される対象o bのサイズの誤差も大きい。したがって、測長演算部147は、対象o bのサイズを算出するために用いる座標を、対象o bを撮影した画像に基づいて補正することによって、対象o bの算出精度をより一層高めることができる。

【0065】

例えば、図5に示されるように、対象o bのサイズを算出するために用いる、対象o bの頭部の側の端点は、P 1からP 1'に補正される。また、対象o bのサイズを算出するために用いる、対象o bの足の側の端点は、P 2からP 2'に補正される。P 1とP 1'とが大きく離れるほど、又は、P 2とP 2'とが大きく離れるほど、補正によってサイズの算出精度が大きく向上する。対象o bの撮影画像における輪郭部分のうち、測距点P 1、P 2の位置に最も近接する位置を、それぞれP 1'、P 2'としてよい。P 1'、P 2'は、図示しない操作手段によって対象o bの撮影画像から任意に指定されてもよい。P 1'、P 2'は対象o bの撮影画像における輪郭部分に限定されず、対象o bのうち測距したい部分の間隔を規定する地点であってよい。

【0066】

P 1からP 1'への補正は、具体的に以下のように実現され得る。測長演算部147は、対象o bまでの測距情報をマッピングした距離画像を生成する。測長演算部147は、対象o bを撮影した撮像画像を取得する。測長演算部147は、撮像画像に基づいて対象o bの輪郭部分を検出する。測長演算部147は、輪郭部分の中から測距点P 1に対応し、P 1と同一XY平面上に位置する頭部の側の端点P 1'を取得し、撮影画像における測距点P 1の位置と端点P 1'の位置関係から原点Oと端点P 1'とを結ぶ線分が照射軸111Aに対してなす角度 θ_1' を算出する。距離画像と撮像画像とを重ね合わせることで、角度 θ_1' を算出してよい。測長演算部147は、例えば、撮像画像のY座標がゼロである点に対応する角度をゼロ度であるとみなした上で、測距点P 1のY座標と端点P 1'のY座標との比と、原点Oと測距点P 1とを結ぶ線分が照射軸111Aに対してなす角度が θ_1 であることに基づいて、角度 θ_1' を算出できる。

【0067】

測長演算部147は、測距点P 1のZ座標を表すZ 1と、角度 θ_1' とに基づいて、原点Oと端点P 1'とを結ぶ線分の長さd 1'を以下の式(4)で算出する。

【数4】

$$d_1' = \frac{Z_1}{\cos \theta_1'} \quad (4)$$

【0068】

さらに、測長演算部147は、d 1'に基づいて、端点P 1'のY座標Y 1'を以下の式(5)で算出する。

【数5】

$$Y_1' = d_1' \sin \theta_1' \quad (5)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 6 9 】

端点 P 1 ' の Z 座標は、測距点 P 1 の Z 座標である Z 1 と同じであるとみなされるところ。これによって、端点 P 1 ' の座標が特定される。その結果、P 1 から P 1 ' への補正が実現される。また、P 2 から P 2 ' への補正は、P 1 から P 1 ' への補正と同様に実現され得る。端点 P 1 ' 及び P 2 ' は、それぞれ第 1 端点及び第 2 端点とも称される。第 1 端点及び第 2 端点それぞれの座標は、第 1 端点座標及び第 2 端点座標とも称される。上述したように、測長演算部 1 4 7 は、第 1 端点の Z 座標を第 1 地点の Z 座標と同じであるとする。つまり、照射系 1 1 1 の原点 O から見た空間の奥行方向において、第 1 地点の位置と第 1 端点の位置とが同一とされる。

【 0 0 7 0 】

測長演算部 1 4 7 は、補正後の P 1 ' 及び P 2 ' の座標で表される 2 点間の距離を以下の式 (6) に基づいて、線分 P 1 ' P 2 ' の長さを対象 o b のサイズとして算出できる。

【 数 6 】

$$L = \sqrt{(Z1 - Z2)^2 + (Y1' - Y2')^2} \quad (6)$$

【 0 0 7 1 】

以上述べてきたように、測長演算部 1 4 7 は、線分の長さを算出するための両端の 2 点の座標を撮像画像に基づいて補正できる。その結果、対象 o b のサイズの算出精度が高められる。

【 0 0 7 2 】

また、上述したように、電磁波検出装置 1 0 は、距離画像を生成するために用いられる反射波の光軸を撮像画像の光軸に一致させることができる。したがって、測長演算部 1 4 7 は、距離画像と撮像画像とを重ね合わせたときに生じる位置の誤差をゼロにする、又は、ゼロに近づけることができる。距離画像と撮像画像とを高精度に重ね合わせることによって、測長演算部 1 4 7 は、距離画像に含まれる角度及び距離の情報と撮像画像に含まれる情報とを組み合わせ、対象 o b の端点の座標を高精度で補正することができる。その結果、対象 o b のサイズの算出精度が高められる。

【 0 0 7 3 】

(X 軸方向の広がり考慮したサイズの算出)

図 5 及び図 6 を参照して X 軸方向 (紙面の奥行方向) の広がり考慮しない場合のサイズの算出方法が説明されてきた。以下、図 7、図 8 及び図 9 を参照して、X 軸方向の広がりを考慮した場合のサイズの算出方法が説明される。図 7、図 8 及び図 9 に例示される対象 o b は、車両であるとする。測長演算部 1 4 7 は、車両の全長 (前後の長さ) を測定する。

【 0 0 7 4 】

図 7 に示されるように、測長演算部 1 4 7 は、対象 o b としての車両の前方の端部に対応する測距点 P 1 の測距情報と、車両の後方の端部に対応する測距点 P 2 の測距情報とを取得する。照射系 1 1 1 が位置する原点 O から測距点 P 1 及び P 2 までの距離は、d 1 及び d 2 で表される。線分 O P 1 及び O P 2 が照射軸 1 1 1 A に対してなす角度は、 θ_1 及び θ_2 で表される。測距点 P 1 及び P 2 の X 座標がゼロではない場合、線分 O P 1 及び O P 2 は、YZ 平面に交差する平面に含まれる。具体的には、図 8 及び図 9 に示されるように、線分 O P 1 は、YZ 平面に対して θ_3 で表される角度だけ回転した平面内に位置する。図 9 に示されるように、 θ_1 の大きさは、YZ 平面に対して角度 θ_3 だけ回転した平面内で表される。

【 0 0 7 5 】

測長演算部 1 4 7 は、図 5 及び図 6 の例と異なり X 座標も考慮した場合の測距点 P 1 の座標 (X 1 , Y 1 , Z 1) を、以下の式 (7) ~ (9) で算出できる。

10

20

30

40

50

$$Z_1 = d_1 \cdot \cos \theta_1 \quad (7)$$

$$X_1 = d_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \cos \theta_3 \quad (8)$$

$$Y_1 = d_1 \cdot \sin \theta_1 \cdot \sin \theta_3 \quad (9)$$

なお、角度 θ_1 は偏向部 13 から取得した方向情報に基づいて取得してよく、角度 θ_3 は撮影画像または測距画像における測距点 P1 の位置に基づいて取得してよい。

【0076】

測長演算部 147 は、測距点 P1 の座標と同様に測距点 P2 の座標を算出できる。また、測長演算部 147 は、P1 及び P2 それぞれの座標を三平方の定理に基づく以下の式 (10) に適用することによって、対象 ob のサイズ (車両の全長) として、線分 P1 P2 の長さ L を算出できる。

10

【数7】

$$L = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2} \quad (10)$$

【0077】

さらに、測長演算部 147 は、対象 ob を撮影した画像に基づいて、対象 ob のサイズ (車両の全長) を算出するために用いる座標を補正できる。測長演算部 147 は、例えば、車両の前方の端部の座標を以下のように補正できる。

20

【0078】

測長演算部 147 は、対象 ob までの測距情報をマッピングした距離画像を生成する。測長演算部 147 は、対象 ob を撮影した撮像画像を取得する。測長演算部 147 は、撮像画像に基づいて、P1 と同一 XY 平面上に位置する対象 ob の前方の端点 P1' を検出し、撮影画像における測距点 P1 の位置と端点 P1' の位置関係から、原点 O と端点 P1' とを結ぶ線分が照射軸 111A に対してなす角度 θ_1' を算出する。測長演算部 147 は、例えば、撮像画像の X 座標及び Y 座標がゼロである点に対応する角度をゼロ度であるとみなす。そして、XY 平面の原点 (0, 0) から測距点 P1 (X1, Y1) までの距離と、XY 平面の原点 (0, 0) から端点 P1' までの距離との比と、測距点 P1 の角度が θ_1 であることとに基づいて、撮像画像の端点 P1' における角度 θ_1' を算出できる。

30

【0079】

測長演算部 147 は、測距点 P1 の Z 座標を表す Z1 と、角度 θ_1' とに基づいて、原点 O と端点 P1' とを結ぶ線分の長さ d1' を以下の式 (11) で算出する。

【数8】

$$d_1' = \frac{Z_1}{\cos \theta_1'} \quad (11)$$

40

【0080】

さらに、測長演算部 147 は、d1' に基づいて、端点 P1' の X 座標 X1' 及び Y 座標 Y1' を以下の式 (12) 及び (13) で算出する。

$$Y_1' = d_1' \cdot \sin \theta_1' \cdot \sin \theta_3' \quad (12)$$

$$X_1' = d_1' \cdot \sin \theta_1' \cdot \cos \theta_3' \quad (13)$$

【0081】

端点 P1' の Z 座標は、測距点 P1 の Z 座標である Z1 と同じであるとみなされるところ。これによって、端点 P1' の座標が特定される。その結果、P1 から P1' への補正が実現される。また、P2 から P2' への補正は、P1 から P1' への補正と同様に実現され得

50

る。

【 0 0 8 2 】

測長演算部 1 4 7 は、補正後の P 1 ' 及び P 2 ' の座標で表される 2 点間の距離を以下の式 (1 4) に基づいて、線分 P 1 ' P 2 ' の長さを対象 o b のサイズとして算出できる。

【 数 9 】

$$L = \sqrt{(X1' - X2')^2 + (Y1' - Y2')^2 + (Z1 - Z2)^2} \quad (14)$$

10

【 0 0 8 3 】

以上述べてきたように、測長演算部 1 4 7 は、X 軸方向の広がり を考慮した場合でも、線分の長さを算出するための両端の 2 点の座標を撮像画像に基づいて補正できる。その結果、対象 o b のサイズの算出精度が高められる。

【 0 0 8 4 】

図 1 0 に示されるように、測長演算部 1 4 7 は、対象 o b の全体のサイズだけでなく、撮影画像に含まれる対象の一部についてもサイズを測定しうる。一例として、測長演算部 1 4 7 は、撮影画像から認識した大型車両のタイヤ部分を対象 o b としてその直径を測定することができる。本実施形態によれば、電磁波検出装置 1 0 による撮像画像の撮像面がタイヤに対して傾いている場合であっても、タイヤの直径の測定精度が高められ得る。測長演算部 1 4 7 は、他の種々の物品を対象 o b として測定してもよい。

20

【 0 0 8 5 】

制御部 1 4 は、画像情報取得部 1 4 1 が取得した画像情報を解析して、サイズ測定が必要な部分 (例えばタイヤ部分等) を特定することができる。上述したように、照射制御部 1 4 3 は、照射系 1 1 1 を制御して、サイズ測定の対象となる対象の測距点 P 1、P 2 までの距離を測定し、測長演算部 1 4 7 が線分 P 1 P 2 の長さを算出することで、対象のサイズを測定することができる。

【 0 0 8 6 】

例えば大型車両のタイヤが摩耗することは、当該大型車両が従事する作業の支障となる恐れがある。電磁波検出装置 1 0 は、タイヤ等のサイズを継続的に測定することで、修理、交換が必要となる車両の部材を発見し、メンテナンスを促すことができる。複数の車両のタイヤ等のサイズを定期的に測定し、画像情報取得部 1 4 1 が取得した画像情報によって特定した車両の固有情報 (ID 等の識別情報) と関連付けて記憶手段に記憶させる構成としてもよい。

30

【 0 0 8 7 】

図 1 1 に示されるように、測長演算部 1 4 7 は、魚等の家畜を対象 o b としてその全長を測定することができる。本実施形態によれば、電磁波検出装置 1 0 による撮像画像の撮像面が対象 o b である魚に対して傾いている場合であっても、魚の全長の測定精度が高められ得る。測長演算部 1 4 7 は、魚に限られず、牛、馬など他の種々の動物を対象 o b として測定してもよい。

40

【 0 0 8 8 】

家畜は生物である故に、様々な姿勢を取りうる。電磁波検出装置 1 0 は、画像情報取得部 1 4 1 が取得した画像情報によって、測定対象の家畜が所定の姿勢を取ったことを認識したタイミングで、そのサイズの測定を行ってよい。

【 0 0 8 9 】

家畜の大きさを測定することは、その成長管理において有意である。電磁波検出装置 1 0 によって、継続的に家畜の大きさを測定することにより、成長管理を容易に行うことができる。測定した家畜の大きさの情報を、画像情報取得部 1 4 1 が取得した画像情報によって特定した家畜の固有情報と関連付けて記憶手段に記憶させることで、複数の家畜の成長管理を行う構成としてもよい。

50

【 0 0 9 0 】

(フローチャートの例)

< 測距点の座標を端点としたサイズの算出 >

測長演算部 1 4 7 は、図 1 2 に例示されるフローチャートの手順を含むサイズ測定方法を実行してもよい。サイズ測定方法は、測長演算部 1 4 7 を構成するプロセッサに実行させるサイズ測定プログラムとして実現されてもよい。サイズ測定プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

【 0 0 9 1 】

測長演算部 1 4 7 は、対象 o b に含まれる少なくとも 2 点の測距情報を取得する (ステップ S 1) 。具体的には、測長演算部 1 4 7 は、対象 o b のサイズを測定するために、対象 o b の両端に対応する 2 点として、測距点 P 1 及び P 2 を選択し、各測距点の測距情報を取得する。測長演算部 1 4 7 は、測距情報として、原点 O から測距点 P 1 までの距離と、原点 O から測距点 P 2 までの距離とを取得する。

10

【 0 0 9 2 】

測長演算部 1 4 7 は、2 つの測距点への照射方向を取得する (ステップ S 2) 。具体的には、測長演算部 1 4 7 は、測距点 P 1 に対して照射系 1 1 1 が電磁波を照射した方向と、測距点 P 2 に対して照射系 1 1 1 が電磁波を照射した方向とを、照射系 1 1 1 から取得する。

【 0 0 9 3 】

測長演算部 1 4 7 は、2 つの測距点の座標を算出する (ステップ S 3) 。測長演算部 1 4 7 は、距離と方向とに基づいて、各測距点の座標を算出できる。

20

【 0 0 9 4 】

測長演算部 1 4 7 は、2 つの測距点の間の長さを算出する (ステップ S 4) 。測長演算部 1 4 7 は、ステップ S 4 の手順の終了後、図 1 2 のフローチャートの手順の実行を終了する。

【 0 0 9 5 】

< 撮像画像に基づいて補正した端点によるサイズの算出 >

測長演算部 1 4 7 は、図 1 3 に例示されるフローチャートの手順を含むサイズ測定方法を実行してもよい。

【 0 0 9 6 】

測長演算部 1 4 7 は、対象 o b に含まれる少なくとも 2 点の測距情報を取得する (ステップ S 1 1) 。具体的には、測長演算部 1 4 7 は、対象 o b のサイズを測定するために、対象 o b の両端に対応する 2 点として、測距点 P 1 及び P 2 を選択し、各測距点の測距情報を取得する。測長演算部 1 4 7 は、測距情報として、原点 O から測距点 P 1 までの距離と、原点 O から測距点 P 2 までの距離とを取得する。

30

【 0 0 9 7 】

測長演算部 1 4 7 は、2 つの測距点への照射方向を取得する (ステップ S 1 2) 。具体的には、測長演算部 1 4 7 は、測距点 P 1 に対して照射系 1 1 1 が電磁波を照射した方向と、測距点 P 2 に対して照射系 1 1 1 が電磁波を照射した方向とを、照射系 1 1 1 から取得する。

40

【 0 0 9 8 】

測長演算部 1 4 7 は、2 つの測距点の座標を算出する (ステップ S 1 3) 。測長演算部 1 4 7 は、距離と方向とに基づいて、各測距点の座標を算出できる。

【 0 0 9 9 】

測長演算部 1 4 7 は、対象 o b の撮像画像においてサイズを測定する両端の 2 点 (P 1 ' 、 P 2 ') を検出する (ステップ S 1 4) 。具体的には、測長演算部 1 4 7 は、X Y 平面に沿う撮像面上に対象 o b の各点が位置すると仮定し、撮像面上において両端の 2 点を検出する。

【 0 1 0 0 】

測長演算部 1 4 7 は、撮像画像で検出した両端の 2 点への角度を算出する (ステップ S 1

50

5)。具体的には、測長演算部147は、測距情報と、測距情報を取得した測距点の測距画像内におけるX座標又はY座標と、各点の撮像画像内におけるX座標又はY座標とに基づいて、両端の2点への角度を算出できる。

【0101】

測長演算部147は、撮像画像で検出した両端の2点までの距離を算出する(ステップS16)。具体的には、測長演算部147は、各点への角度と、各点に近い測距点のZ座標とに基づいて、各点までの距離を算出する。

【0102】

測長演算部147は、撮像画像で検出した両端の2点の空間座標を算出する(ステップS17)。具体的には、測長演算部147は、各点までの距離と、各点への角度とに基づいて、各点の空間座標(X座標、Y座標及びZ座標)を算出する。

10

【0103】

測長演算部147は、座標を算出した2点の間の長さを算出する(ステップS18)。測長演算部147は、ステップS18の手順の終了後、図13のフローチャートの手順の実行を終了する。

【0104】

(他の実施形態)

測長演算部147は、照射系111が電磁波を照射する照射軸111Aの方向に沿って対象obの長さを測定することもできる。例えば、測長演算部147は、路面上に位置する車両を対象obとして、車両の上面側から電磁波を照射することによって、車両の高さを測定できる。

20

【0105】

具体的には、測長演算部147は、対象obとして車両と、その車両が位置する路面とを撮影した画像を取得する。測長演算部147は、路面と推定される領域に位置する点を検出して測距情報を取得する。測長演算部147は、路面と推定される領域に位置する少なくとも2点の座標を測距情報に基づいて算出する。測長演算部147は、路面の座標に基づいて、路面の傾斜、及び、車両の下の路面の位置を算出する。測長演算部147は、車両の上面に位置する点の測距情報を取得し、路面の傾斜及び路面の位置の算出結果に基づいて、車両の高さを算出できる。

【0106】

測長演算部147は、例えば図14に示されるように、路面上に位置する車両を路面に対して平面視したときに路面と車両とを通る直線状に位置する複数の点の測距情報を取得してよい。測距情報を取得する点は、Y軸に沿って並んでおり、Y座標で特定される。また、その点におけるZ座標と対応付けられることによって、その点の測距情報は、 $(y(n), z(n))$ と表されるとする。nは、各点を識別するためのパラメータであり、自然数であるとする。

30

【0107】

測距情報は、図15に示されるように、YZ平面にプロットされる。測長演算部147は、測距情報をプロットしたグラフに基づいて、路面の領域を推定してもよい。図15において、路面の領域は、A1及びA3で示される領域であると推定される。測長演算部147は、例えば、領域A1に含まれる少なくとも1点の測距情報と、領域A3に含まれる少なくとも1点の測距情報とに基づいて、路面を表す式 $ay + bz + c = 0$ の係数a、b及びcを算出することによって、路面の情報を特定できる。路面は、基準面とも称される。基準面としての路面を特定する情報は、第1測距情報に対応する。

40

【0108】

測長演算部147は、図15においてA2で示される、路面を表す式から外れる領域を車両の上面の領域であると推定できる。測長演算部147は、車両の上面の各点の座標と、路面を表す式とに基づいて、車両の上面の各点の路面からの距離を算出できる。測長演算部147は、算出した距離のうち最大の値を、車両の高さとして算出してよい。測長演算部147は、例えば以下の式(15)に基づいて、車両の高さを算出してよい。

50

【数 1 0】

$$H = \text{Max}_n \frac{|ay(n) + bz(n) + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}} \quad (15)$$

ここで、 Max_n は、最大値を選択する関数である。式(15)は、YZ平面において各点の座標から路面を表す直線への距離のうち最大の値を選択することを意味している。 10

【0109】

測長演算部147は、基準面としての路面から遠い側の端点を特定して端点の空間座標を特定し、端点の空間座標と基準面としての路面を表す式とに基づいて車両の高さを算出するともいえる。基準面としての路面から遠い側の端点を特定する情報は、第2測距情報に対応する。

【0110】

測長演算部147は、路面を平面視する方向から対象obとしての車両を撮影した画像を取得し、画像に基づいて路面の領域と車両の領域とを判別してもよい。このようにすることで、路面を表す式の算出が容易になる。 20

【0111】

測長演算部147は、図16に例示されるフローチャートの手順を含むサイズ測定方法を実行してもよい。サイズ測定方法は、測長演算部147を構成するプロセッサに実行させるサイズ測定プログラムとして実現されてもよい。サイズ測定プログラムは、非一時的なコンピュータ読み取り可能な媒体に格納されてよい。

【0112】

測長演算部147は、対象obの画像を取得する(ステップS21)。具体的には、路面を平面視する方向から車両を撮影した画像を取得してよい。

【0113】

測長演算部147は、対象obの画像から路面を検出して路面に含まれる少なくとも2点までの距離を測定する(ステップS22)。路面に含まれる、距離を測定する対象となった点は、路面の測距点とも称される。 30

【0114】

測長演算部147は、路面の測距点の座標を算出する(ステップS23)。測長演算部147は、ステップS22で少なくとも2点までの距離を測定しているので、少なくとも2つの測距点の座標を算出できる。

【0115】

測長演算部147は、路面の傾きを算出する(ステップS24)。具体的には、測長演算部147は、上述したように、路面を表す式 $ay + bz + c = 0$ の係数a、b及びcを算出してよい。路面の傾きは、aとbとの比に相当する。 40

【0116】

測長演算部147は、対象obの画像から車両を検出して車両の上面に位置する点までの距離を測定する(ステップS25)。車両の上面に位置する、距離を測定する対象となった点は、車両の測距点とも称される。

【0117】

測長演算部147は、車両の測距点の座標を算出する(ステップS26)。

【0118】

測長演算部147は、車両の高さを算出する(ステップS27)。具体的には、測長演算部147は、車両の測距点から路面を表す線までの距離を車両の高さとして算出できる。

測長演算部147は、ステップS27の手順の終了後、図16のフローチャートの手順の 50

実行を終了する。

【0119】

(変形例)

本開示を諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形及び改変を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形及び改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。

【0120】

上記の実施形態において、電磁波検出装置10は、上記のように、レーザー光を照射して、返ってくるまでの時間を直接測定するDirect ToFにより測距情報を作成する構成である。しかし、電磁波検出装置10は、このような構成に限られない。例えば、電磁波検出装置10は、放射状に(すなわち複数の方向に同時に)電磁波を一定の周期で照射し、照射された電磁波と返ってきた電磁波との位相差から、返ってくるまでの時間を間接的に測定するFlash ToFにより測距情報を作成してよい。また、電磁波検出装置10は、他のToF方式、例えば、PhaseD ToFにより測距情報を作成してよい。

10

【0121】

上記の実施形態において、切替部18は、作用面asに入射する電磁波の進行方向を2方向に切替え可能であるが、2方向のいずれかへの切替えでなく、3以上の方向に切替え可能であってよい。

【0122】

上記の実施形態の切替部18において、第1の状態及び第2の状態は、作用面asに入射する電磁波を、それぞれ、第3の方向d3に反射する第1の反射状態、及び第4の方向d4に反射する第2の反射状態であるが、他の態様であってよい。

20

【0123】

例えば、第1の状態が、作用面asに入射する電磁波を、透過させて第3の方向d3に進行させる透過状態であってよい。上記の切替部18に代わる別構成の切替部181は、さらに具体的には、切替素子毎に電磁波を第4の方向d4に反射する反射面を有するシャッタを含んでいてよい。このような構成の切替部181においては、切替素子毎のシャッタを開閉することにより、第1の状態としての透過状態及び第2の状態としての反射状態を切替素子毎に切替え得る。

30

【0124】

このような構成の切替部181として、例えば、開閉可能な複数のシャッタがアレイ状に配列されたMEMSシャッタを含む切替部が挙げられる。また、切替部181は、電磁波を反射する反射状態と電磁波を透過する透過状態とを液晶配向に応じて切替え可能な液晶シャッタを含む切替部が挙げられる。このような構成の切替部181においては、切替素子毎の液晶配向を切替えることにより、第1の状態としての透過状態及び第2の状態としての反射状態を切替素子毎に切替え得る。

【0125】

また、電磁波検出装置10において、受光系110がさらに第2の後段光学系及び第3の検出部を備えてよい。第2の後段光学系は、切替部18から第4の方向d4に設けられて、対象obの像を結像させる。第3の検出部は、切替部18による第4の方向d4に進行した後に第2の後段光学系を経由して進行する電磁波の経路上に設けられて、第4の方向d4に進行した電磁波を検出する。

40

【0126】

また、上記の実施形態において、電磁波検出装置10は、第2の検出部17がパッシブセンサであり、第1の検出部20がアクティブセンサである構成を有する。しかし、電磁波検出装置10は、このような構成に限られない。例えば、電磁波検出装置10において、第2の検出部17及び第1の検出部20が共にアクティブセンサである構成でも、パッシブセンサである構成でも上記の実施形態と類似の効果が得られる。

【0127】

50

画像情報取得部 1 4 1、反射強度情報取得部 1 4 2、照射制御部 1 4 3、受光制御部 1 4 4、演算部 1 4 5 及び対応情報算出部 1 4 6 の一部は、制御部 1 4 に含まれるのではなく、制御部 1 4 と別に設けられてよい。例えば、演算部 1 4 5 は、制御部 1 4 から独立した制御装置として設けられてよい。

【 0 1 2 8 】

制御部 1 4 に設けられた、画像情報取得部 1 4 1、反射強度情報取得部 1 4 2、又は対応情報算出部 1 4 6 等の各機能は、電磁波検出装置 1 0 に含まれている必要はなく、別装置として設けられてよい。

【 0 1 2 9 】

上記の実施形態において、対象 o b のサイズを測定するために、2 の点 (P 1 と P 2、 P 1 ' と P 2 ') を用いたが、これに限られない。3 以上の点を用いてそれぞれの点の間の長さ

を求め、その和によって対象 o b のサイズを測定してもよい。対象 o b の形状が湾曲している等、2 点間の直線では対象 o b の正確な長さを測定できない場合には、対象 o b の測定箇所に沿って 3 以上の点を設定してサイズの測定をしてもよい。

【 0 1 3 0 】

上記の実施形態において代表的な例を説明したが、本開示の趣旨及び範囲内で、多くの変更及び置換が可能であることは当業者に明らかである。したがって、本開示は、上記の実施形態によって制限するものと解するべきではなく、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形及び変更が可能である。例えば、実施形態の構成図に記載の複数の構成ブロックを 1 つに組み合わせたり、あるいは 1 つの構成ブロックを分割したりすることが可能である。

【 0 1 3 1 】

また、本開示の解決手段を装置として説明してきたが、本開示は、これらを含む態様としても実現し得るものであり、また、これらに実質的に相当する方法、プログラム、プログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものであり、本開示の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

【 符号の説明 】

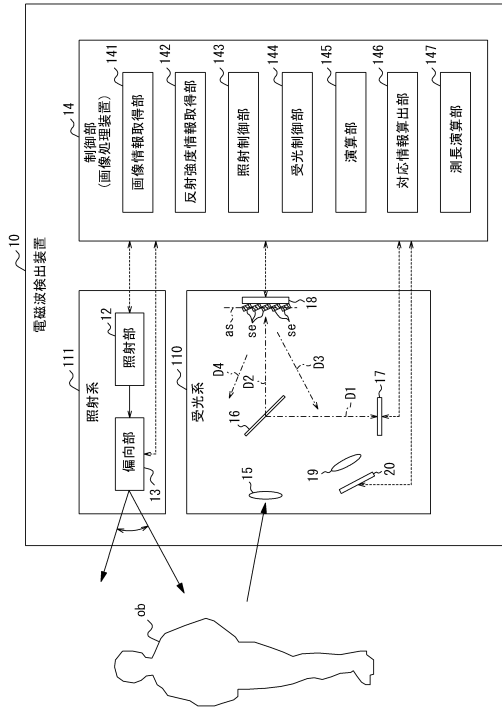
【 0 1 3 2 】

1 0	電磁波検出装置	30
1 2	照射部	
1 3	偏向部	
1 4	制御部	
1 5	入射部	
1 6	分離部	
1 7	第 2 の検出部	
1 8、1 8 1	切替部	
1 9	第 1 の後段光学系	
2 0	第 1 の検出部	
1 1 0	受光系	40
1 1 1	照射系	
1 4 1	画像情報取得部	
1 4 2	反射強度情報取得部	
1 4 3	照射制御部	
1 4 4	受光制御部	
1 4 5	演算部	
1 4 6	対応情報算出部	
1 4 7	測長演算部	
a s	作用面	
D 1、D 2、D 3、D 4	第 1 の方向、第 2 の方向、第 3 の方向、第 4 の方向	50

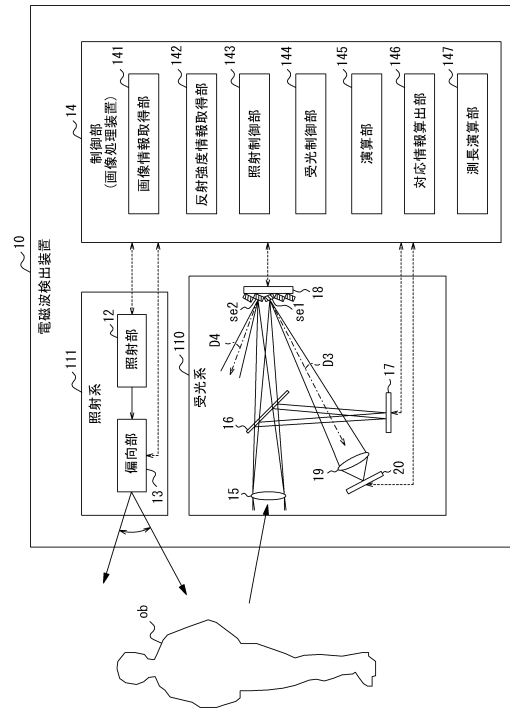
o b 対象

【 図面 】

【 図 1 】



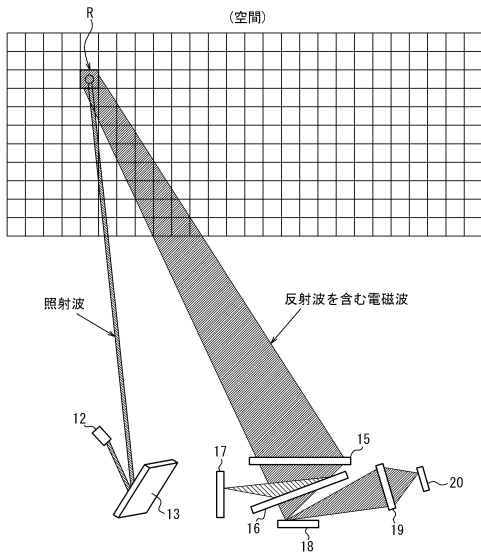
【 図 2 】



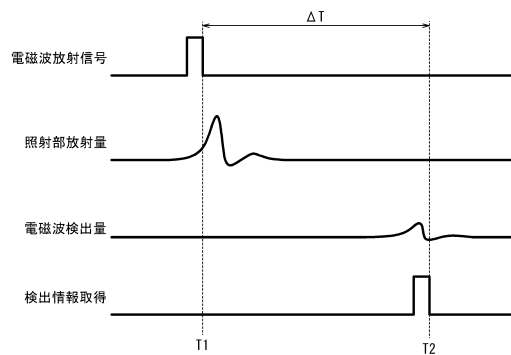
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

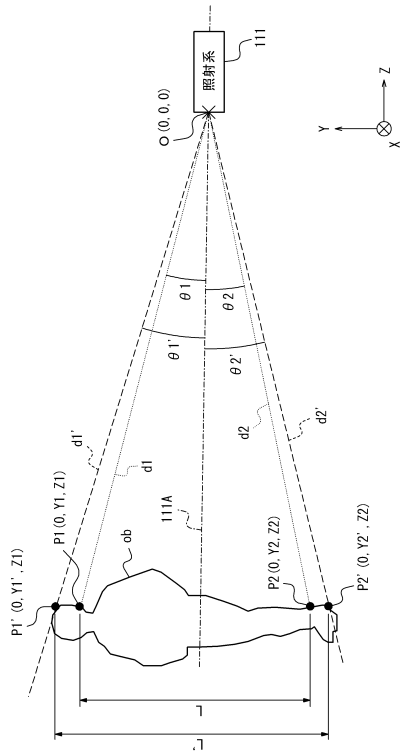


30

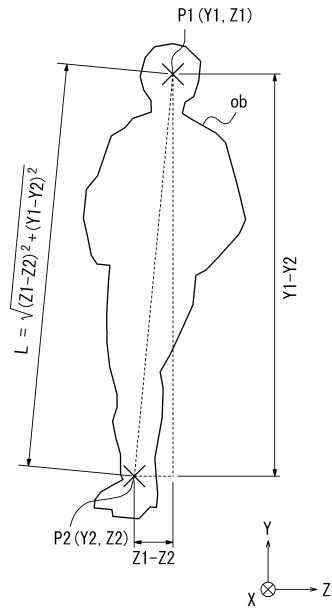
40

50

【 図 5 】



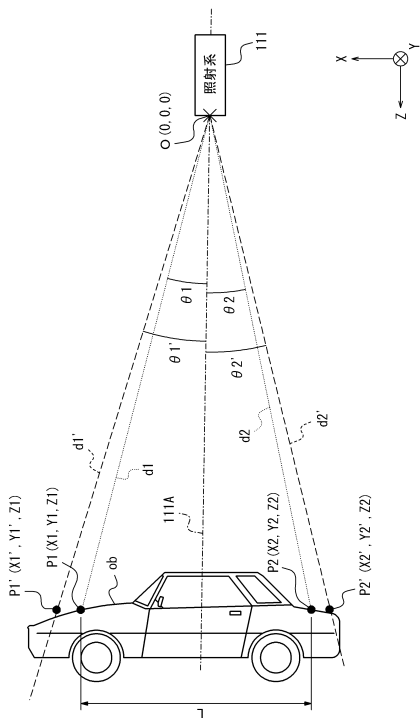
【 図 6 】



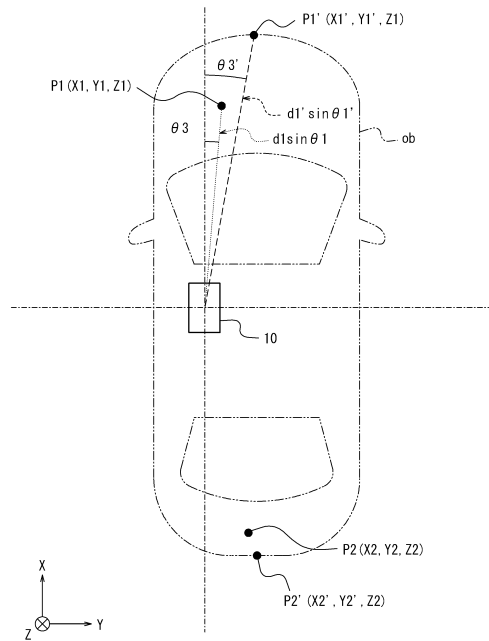
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

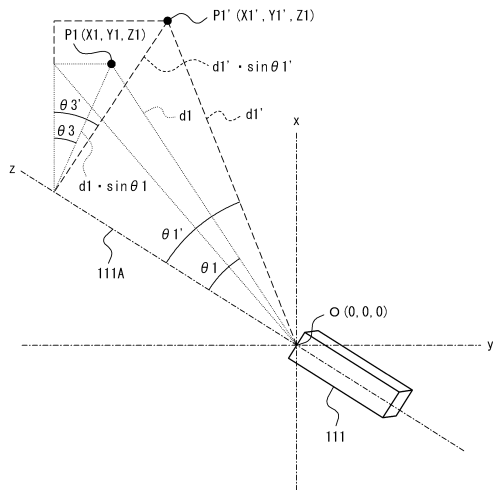


30

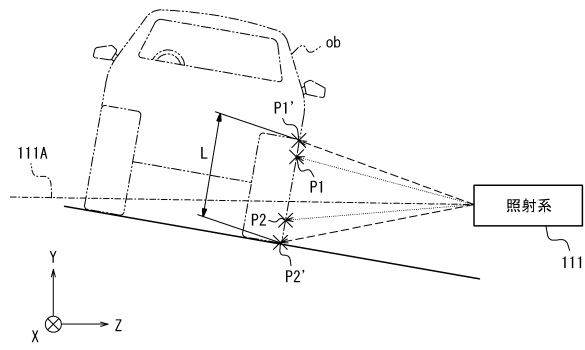
40

50

【図 9】



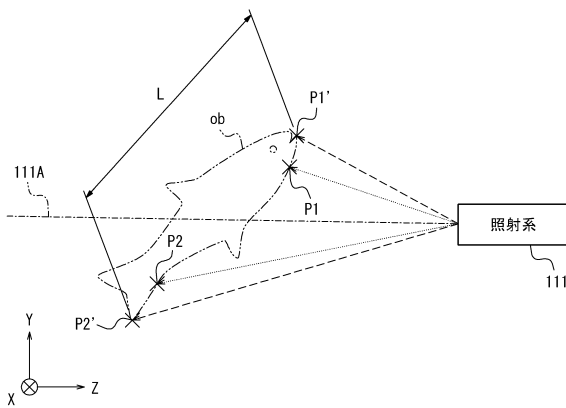
【図 10】



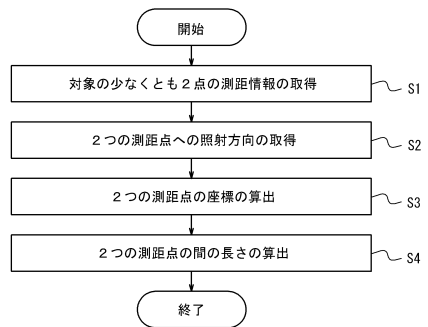
10

20

【図 11】



【図 12】

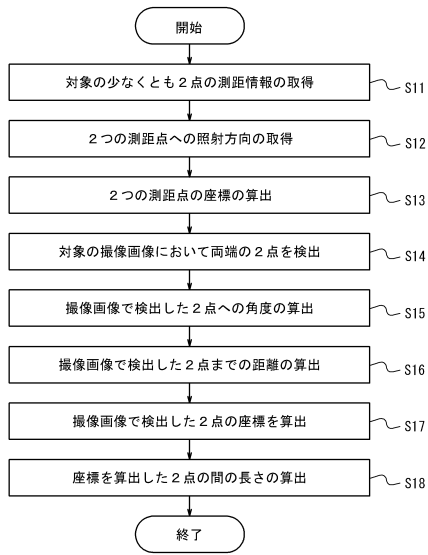


30

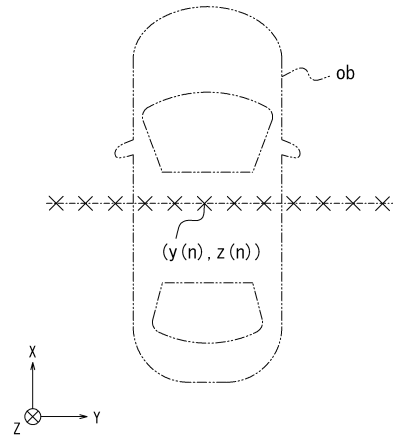
40

50

【 図 1 3 】



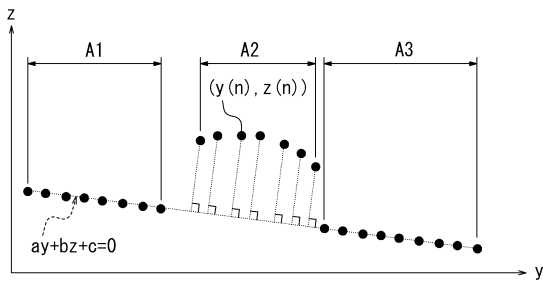
【 図 1 4 】



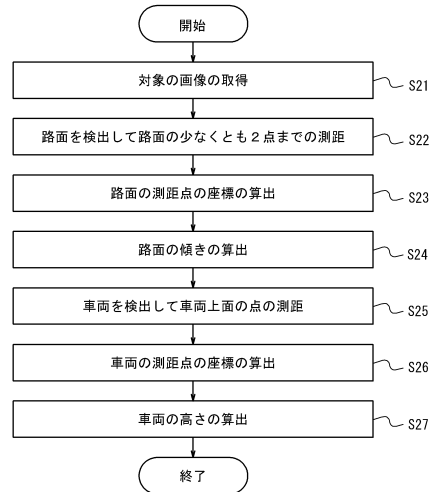
10

20

【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考)

BB05 CC16 DD03 FF11 GG06 GG07 HH04 JJ01 JJ03 LL20
LL62 MM16 PP22 QQ03 QQ21 QQ25 QQ28 UU05