

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7324026号  
(P7324026)

(45)発行日 令和5年8月9日(2023.8.9)

(24)登録日 令和5年8月1日(2023.8.1)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 C 15/00 (2006.01)	G 0 1 C 15/00 1 0 3 D
	G 0 1 C 15/00 1 0 3 A
	G 0 1 C 15/00 1 0 3 E

請求項の数 7 (全22頁)

(21)出願番号	特願2019-58442(P2019-58442)	(73)特許権者	000220343 株式会社トプコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号
(22)出願日	平成31年3月26日(2019.3.26)	(74)代理人	100098796 弁理士 新井 全
(65)公開番号	特開2020-159823(P2020-159823 A)	(74)代理人	100121647 弁理士 野口 和孝
(43)公開日	令和2年10月1日(2020.10.1)	(74)代理人	100187377 弁理士 芳野 理之
審査請求日	令和4年3月24日(2022.3.24)	(72)発明者	西田 信幸 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会 社トプコン内
		審査官	續山 浩二

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定光を発する発光素子と、前記測定光を射出する測定光射出部と、反射測定光を受光する受光部と、前記反射測定光を受光して受光信号を発生する受光素子と、を有し、前記受光素子からの受光信号に基づき測定対象物の測距を行う測距部と、

前記測定光を走査可能な偏向部と、

前記測距部および前記偏向部を制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記測定対象物の面を把握し、前記測定対象物の面において等間隔に配置されるラインであって基準方向に平行な成分および垂直な成分を含むラインを有するグリッドを生成し、前記測定光の走査軌跡が前記グリッドの前記ラインを辿るように前記偏向部の偏向作動を制御し、

前記制御部は、前記測定対象物の面に隣接した側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする測定装置。

【請求項2】

前記偏向部は、前記測定光の射出方向を基準光軸に対して偏向するとともに所定の中心に対して周方向に前記測定光を走査可能であることを特徴とする請求項1に記載の測定装置。

【請求項3】

前記制御部は、前記基準光軸の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする請求項

2 に記載の測定装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記測定対象物の面と、前記測定対象物の面に隣接した側面と、の境界を跨ぐ範囲において前記測定光を走査することにより前記測定対象物の面を把握するとともに前記側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記側面と、前記測定対象物の面に対向した対向面と、の境界を跨ぐ範囲において前記測定光をさらに走査することにより前記対向面を把握するとともに前記側面の方向をさらに把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする請求項 4 に記載の測定装置。

10

【請求項 6】

前記制御部は、前記測定対象物の面を把握するために選択された前記測定対象物の面上の第 1 点と、前記第 1 点とは離れた位置において選択された前記測定対象物の面上の第 2 点と、を結ぶ線方向を前記基準方向に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

【請求項 7】

前記測定対象物の面の画像を取得する撮像部をさらに備え、前記制御部は、前記撮像部により取得された前記画像に基づいて、前記測定対象物の面と前記測定対象物の面に隣接した側面との境界と、前記測定対象物の面に対向した対向面と前記側面との境界と、の消失点を算出し、前記消失点に基づいて前記測定対象物の面および前記対向面を把握するとともに前記側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の測定装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

土木や建築等の現場において、例えば床などのコンクリート施工の検査が行われている。コンクリート施工の検査としては、例えばコンクリートの面の任意の位置における 3 次元座標の検出が挙げられる。あるいは、例えばコンクリートの建築物の距離測定や形状測定などが挙げられる。コンクリート施工の検査においては、例えば、標尺レベルや 3 次元レーザスキャナ装置などが用いられる。

30

【0003】

例えばコンクリートの面の高さを標尺レベルを用いて測定する場合には、作業者が任意のグリッドを辿って 1 点ごとに高さを測定する。そのため、標尺レベルを用いた測定では、測定作業が煩雑であるとともに、測定作業に多大な時間を要するという問題がある。

【0004】

特許文献 1 には、3 次元レーザスキャナ装置の例が開示されている。特許文献 1 に記載されたレーザスキャナのような 3 次元レーザスキャナ装置は、例えば、鉛直方向に一定の角度間隔で測距レーザを連続的に照射し、かつ水平方向に本体を回転させることで鉛直方向と水平方向の 2 軸の回転方向に沿って走査を行うことができる。しかし、3 次元レーザスキャナ装置を用いてコンクリート施工の検査を行うと、鉛直方向に一定の角度間隔で測距レーザを照射しているため、レーザスキャナから測定対象物までの距離が長くなるにつれて、得られる測距データの点密度が疎になることがある。そうすると、コンクリート施工の均一な検査を行うことができないという問題がある。また、多大な測距データの後処理作業が必要であり、後処理作業にかかる時間を含む検査時間に多大な時間を要するという問題がある。

40

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2018-66571号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、前記課題を解決するためになされたものであり、均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記課題は、測定光を発する発光素子と、前記測定光を射出する測定光射出部と、反射測定光を受光する受光部と、前記反射測定光を受光して受光信号を発生する受光素子と、を有し、前記受光素子からの受光信号に基づき測定対象物の測距を行う測距部と、前記測定光を走査可能な偏向部と、前記測距部および前記偏向部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記測定対象物の面を把握し、前記測定対象物の面において等間隔に配置されるラインであって基準方向に平行な成分および垂直な成分を含むラインを有するグリッドを生成し、前記測定光の走査軌跡が前記グリッドの前記ラインを辿るように前記偏向部の偏向作動を制御し、前記制御部は、前記測定対象物の面に隣接した側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする測定装置測定装置により解決される。

【0008】

本発明に係る測定装置によれば、制御部は、測定対象物の面を把握し、測定対象物の面において等間隔に配置されるラインを有するグリッドを生成する。グリッドのラインは、基準方向に平行な成分と、基準方向に垂直な成分と、を含む。そして、制御部は、測定光の走査軌跡がグリッドのラインを辿るように偏向部の偏向作動を制御する。これにより、本発明に係る測定装置は、例えばコンクリート等の測定対象物の面に関する3次元座標の集合体である点群データ（成果物）を測定対象物の面において等間隔で取得することができる。そのため、本発明に係る測定装置は、測定対象物の面に関して均一な検査を行うことができる。また、本発明に係る測定装置は、測定対象物の面に関して均一な検査を行うことができるため、取得された点群データをそのまま用いてヒートマップ等を作成する場合であっても、可視化が容易なヒートマップ等を作成することができる。そのため、点群データを取得した後のデータ処理作業にかかる時間を短くすることができ、後処理作業の時間を含む検査時間の短縮を図ることができる。

また、本発明に係る測定装置によれば、制御部は、測定対象物の面に隣接した側面の方向を基準方向に設定する。そのため、制御部は、側面の方向に基づいて、側面の方向（基準方向）に平行な成分と、側面の方向に垂直な成分と、を含むラインを有するグリッドを生成する。そのため、本発明に係る測定装置は、測定装置が向いている方向（基準光軸の方向）だけではなく、測定対象物の面に隣接した側面の方向に基づいて生成されたグリッドのラインを辿って点群データを測定対象物の面において等間隔で取得することができる。そのため、本発明に係る測定装置は、測定対象物の面に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

【0009】

本発明に係る測定装置において、好ましくは、前記偏向部は、前記測定光の射出方向を基準光軸に対して偏向するとともに所定の中心に対して周方向に前記測定光を走査可能であることを特徴とする。

【0010】

本発明に係る測定装置によれば、偏向部は、測定光の走査軌跡を例えば円とするスキャン（円スキャン）を行うことができる。これにより、制御部は、測定対象物の面をより高い精度で把握することができ、基準方向に平行な成分および垂直な成分を含むラインを有するグリッドをより高い精度で生成することができる。

10

20

30

40

50

## 【0011】

本発明に係る測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記基準光軸の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする。

## 【0012】

本発明に係る測定装置によれば、制御部は、測定光の射出方向が偏向部により偏向されていないときの射出光軸または受光光軸に合致する基準光軸の方向を基準方向に設定する。すなわち、基準光軸は、偏向部の中心を透過する真直な光軸である。そのため、基準光軸の方向は、測定装置が向いている方向に相当する。そして、制御部は、測定装置が向いている方向に基づいて、基準光軸の方向（基準方向）に平行な成分と、基準光軸の方向に垂直な成分と、を含むラインを有するグリッドを生成する。そのため、本発明に係る測定装置は、測定装置が向いている方向（基準光軸の方向）に基づいて生成されたグリッドのラインを辿って点群データを測定対象物の面において等間隔で取得することができる。そのため、例えば鉛直方向に延びた回転軸を中心とする水平方向の回転角を検出する水平エンコーダ等の水平角検出器は、必ずしも設けられていなくともよい。そのため、本発明に係る測定装置は、簡易的な構成で、測定対象物の面に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

10

## 【0015】

本発明に係る測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記測定対象物の面と、前記測定対象物の面に隣接した側面と、の境界を跨ぐ範囲において前記測定光を走査することにより前記測定対象物の面を把握するとともに前記側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする。

20

## 【0016】

本発明に係る測定装置によれば、制御部は、測定対象物の面と、測定対象物の面に隣接した側面と、の境界を跨ぐ範囲において測定光を走査する。そして、制御部は、測定対象物の面を把握し、側面の方向を基準方向に設定する。このように、制御部は、測定対象物の面を把握と、基準方向の設定と、を一度の走査により行うことができる。これにより、検査時間のより一層の短縮を図ることができる。

## 【0017】

本発明に係る測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記側面と、前記測定対象物の面に対向した対向面と、の境界を跨ぐ範囲において前記測定光をさらに走査することにより前記対向面を把握するとともに前記側面の方向をさらに把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする。

30

## 【0018】

本発明に係る測定装置によれば、測定対象物の面と側面との境界だけではなく、側面と、測定対象物の面に対向した対向面と、の境界を跨ぐ範囲において測定光をさらに走査する。例えば、測定対象物の面が床面である場合には、測定対象物の面に対向した対向面は、天井面である。そのため、本発明に係る測定装置は、測定対象物の面だけではなく、測定対象物の面に対向した対向面に関しても、対向面に隣接した側面の方向に基づいて生成されたグリッドのラインを辿って点群データを対向面において等間隔で取得することができる。これにより、測定対象物の面に対向した対向面に関しても均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。例えば、天井面などの対向面や壁面などの側面に沿って配置された配管の径の測定などのように、測定箇所を絞った検査を行うことができ、検査時間の短縮を図ることができる。

40

## 【0019】

本発明に係る測定装置において、好ましくは、前記制御部は、前記測定対象物の面を把握するために選択された前記測定対象物の面上の第1点と、前記第1点とは離れた位置において選択された前記測定対象物の面上の第2点と、を結ぶ線の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする。

## 【0020】

本発明に係る測定装置によれば、制御部は、例えば測定装置が向いている方向（基準光

50

軸の方向)や測定対象物の面に隣接した側面の方向などに関係なく、任意の成分を含むラインを有するグリッドを生成する。そのため、本発明に係る測定装置は、任意に選択された第1点と第2点とを結ぶ線の方向に基づいて生成されたグリッドのラインを辿って点群データを測定対象物の面において等間隔で取得することができる。そのため、本発明に係る測定装置は、例えば測定対象物の面に隣接した側面などが設置されていない現場においても点群データを測定対象物の面において等間隔で取得することができる。これにより、本発明に係る測定装置は、例えば測定対象物の面に隣接した側面などが設置されていない現場においても、測定対象物の面に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

#### 【0021】

本発明に係る測定装置は、好ましくは、前記測定対象物の面の画像を取得する撮像部をさらに備えることを特徴とする。また、前記制御部は、前記撮像部により取得された前記画像に基づいて、前記測定対象物の面と前記測定対象物の面に隣接した側面との境界と、前記測定対象物の面に対向した対向面と前記側面との境界と、の消失点を算出し、前記消失点に基づいて前記測定対象物の面および前記対向面を把握するとともに前記側面の方向を把握し、前記側面の方向を前記基準方向に設定することを特徴とする。

#### 【0022】

本発明に係る測定装置によれば、制御部は、撮像部により取得された測定対象物の面の画像に基づいて、測定対象物の面と測定対象物の面に隣接した側面との境界と、測定対象物の面に対向した対向面と測定対象物の面に隣接した側面との境界と、の消失点を算出する。そして、制御部は、算出した消失点に基づいて、測定対象物の面および対向面を把握するとともに側面の方向を把握し、側面の方向を基準方向に設定する。これにより、消失点に基づいて把握された測定対象物の面および対向面に関して、側面の方向に基づいて生成されたグリッドのラインを辿って点群データを測定対象物の面および対向面において等間隔で取得することができる。これにより、制御部が消失点を算出することにより、測定対象物の面および対向面に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。例えば、天井面などの対向面や壁面などの側面に沿って配置された配管の径の測定などのように、測定箇所を絞った検査を行うことができ、検査時間の短縮を図ることができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0023】

本発明によれば、均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる測定装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0024】

【図1】本実施形態に係る測量システムを表す斜視図である。

【図2】本実施形態のレーザスキャナを表す概略構成図である。

【図3】本実施形態の偏向部を表す概略図である。

【図4】本実施形態に係る測量システムを表す概略構成図である。

【図5】本実施形態の演算制御部が実行する処理を表すフローチャートである。

【図6】本実施形態の偏向部の作用説明図である。

【図7】本実施形態のグリッドの生成を説明する概略図である。

【図8】本実施形態の基準方向の第1変形例を説明する概略図である。

【図9】本実施形態の基準方向の第2変形例を説明する概略図である。

【図10】本実施形態の基準方向の第3変形例を説明する概略図である。

【図11】本実施形態の基準方向の第3変形例を説明する概略図である。

【図12】本実施形態の基準方向の第4変形例を説明する概略図である。

【図13】本実施形態の基準方向の第5変形例を説明する概略図である。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0025】

以下に、本発明の好ましい実施形態を、図面を参照して詳しく説明する。

なお、以下に説明する実施形態は、本発明の好適な具体例であるから、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限られるものではない。また、各図面中、同様の構成要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0026】

先ず、図1において、本実施形態に係る測量システム（測定装置）について概略を説明する。本実施形態に係る測量システム1は、本発明の「測定装置」の一例である。図1に表した光軸Oは、後述する偏向部35により偏向されていない状態での光軸を示す。偏向部35により偏向されていない状態での光軸は、偏向部35の中心を透過する真直な光軸であり、基準光軸に相当する。

10

【0027】

測量システム1は、主に支持装置としての三脚2と、レーザスキャナ3と、操作装置4と、回転台5と、を備える。回転台5は、三脚2の上端に取り付けられている。回転台5にレーザスキャナ3は、横回転可能および縦回転可能に回転台5に取り付けられている。

【0028】

回転台5には、横方向に延びるレバー7が設けられる。作業者は、レバー7の操作により、レーザスキャナ3を上下方向（鉛直方向）または横方向（水平方向）に回転させることができ、レーザスキャナ3を所要の姿勢で固定することも可能となっている。

【0029】

レーザスキャナ3は、測距部3A（図2参照）と、姿勢検出部17（図2参照）と、を内蔵する。測距部3Aは、測定光23を測定対象物あるいは測定範囲に射出し、反射測定光24（図2参照）を受光して測定を行う。また、姿勢検出部17は、レーザスキャナ3の鉛直（又は水平）に対する姿勢を高精度に検出可能である。

20

【0030】

操作装置4は、レーザスキャナ3との間で有線、無線等所要の手段を介して通信を行う通信機能を有する。また、操作装置4は、アタッチメント8を介してレーザスキャナ3に着脱可能となっている。作業者は、取り外した操作装置4を片手で保持し操作可能であり、操作装置4によりレーザスキャナ3の遠隔操作を行うことができる。

【0031】

さらに、レーザスキャナ3は、画像、測定状態、測定結果等が操作装置4に送信する。レーザスキャナ3から送信された画像、測定状態、測定結果等は、操作装置4に記憶され操作装置4の表示部4a（図3参照）に表示される。操作装置4は、例えばスマートフォンであってもよい。

30

【0032】

図2を参照して、レーザスキャナ3について説明する。

レーザスキャナ3は、測定光射出部11と、受光部12と、測距演算部13と、撮像部14と、射出方向検出部15と、モータドライバ16と、姿勢検出部17と、通信部18と、演算制御部19と、記憶部20と、撮像制御部21と、画像処理部22と、を具備する。これらは、筐体9に収納され、一体化されている。なお、測定光射出部11、受光部12、測距演算部13等は、測距部3Aの少なくとも一部を構成する。また、本実施形態の演算制御部19は、本発明の「制御部」の一例である。

40

【0033】

測定光射出部11は、射出光軸26を有する。射出光軸26上には、例えばレーザダイオード（LD）などの発光素子27が設けられている。また、射出光軸26上に投光レンズ28が設けられている。さらに、射出光軸26上に設けられた偏向光学部材としての第1反射鏡29と、受光光軸31（後述）上に設けられた偏向光学部材としての第2反射鏡32と、によって、射出光軸26は、受光光軸31と合致する様に偏向される。第1反射鏡29と第2反射鏡32とで射出光軸偏向部の少なくとも一部が構成される。発光素子27は、パルスレーザ光線を発する。測定光射出部11は、発光素子27から発せられたパ

50

ルスレーザ光線を測定光 2 3 として射出する。

【 0 0 3 4 】

受光部 1 2 について説明する。受光部 1 2 には、測定対象物（即ち測定点）からの反射測定光 2 4 が入射する。受光部 1 2 は、受光光軸 3 1 を有する。受光光軸 3 1 には、上記した様に、第 1 反射鏡 2 9、第 2 反射鏡 3 2 によって偏向された射出光軸 2 6 が合致する。

【 0 0 3 5 】

偏向された射出光軸 2 6 上に、即ち受光光軸 3 1 上に偏向部 3 5（後述）が配設される。偏向部 3 5 の中心を透過する真直な光軸は、基準光軸 0 となっている。基準光軸 0 は、偏向部 3 5 によって偏向されなかった時の射出光軸 2 6 または受光光軸 3 1 と合致する。

【 0 0 3 6 】

偏向部 3 5 を透過し、入射した受光光軸 3 1 上に、結像レンズ 3 4 と、例えばフォトダイオード（PD）などの受光素子 3 3 と、が設けられている。結像レンズ 3 4 は、反射測定光 2 4 を受光素子 3 3 に結像する。受光素子 3 3 は、反射測定光 2 4 を受光し、受光信号を発生する。受光信号は、測距演算部 1 3 に入力される。測距演算部 1 3 は、受光信号に基づき測定点までの測距を行う。

【 0 0 3 7 】

ここで、図 3 を参照して、偏向部 3 5 について説明する。偏向部 3 5 は、一对の光学プリズム 3 6 a、3 6 b を有する。光学プリズム 3 6 a、3 6 b は、それぞれ円板状であり、受光光軸 3 1 上に直交して配置され、重なり合い、平行に配置されている。光学プリズム 3 6 a、3 6 b として、それぞれリズレープリズムが用いられることが、装置を小型化するために好ましい。偏向部 3 5 の中央部は、測定光 2 3 が透過し、射出される第 1 偏向部である測定光偏向部 3 5 a となっており、中央部を除く部分は反射測定光 2 4 が透過し、入射する第 2 偏向部である反射測定光偏向部 3 5 b となっている。

【 0 0 3 8 】

光学プリズム 3 6 a、3 6 b として用いられるリズレープリズムは、それぞれ平行に形成されたプリズム要素 3 7 a、3 7 b と、多数のプリズム要素 3 8 a、3 8 b と、を有し、円板形状を呈する。光学プリズム 3 6 a、3 6 b と、各プリズム要素 3 7 a、3 7 b と、プリズム要素 3 8 a、3 8 b と、は、同一の光学特性を有する。

【 0 0 3 9 】

プリズム要素 3 7 a、3 7 b は、測定光偏向部 3 5 a を構成する。プリズム要素 3 8 a、3 8 b は、反射測定光偏向部 3 5 b を構成する。リズレープリズムは、光学ガラスから製作されてもよいが、光学プラスチック材料でモールド成形されてもよい。リズレープリズムを光学プラスチック材料でモールド成形することで、安価なリズレープリズムを製作できる。

【 0 0 4 0 】

光学プリズム 3 6 a、3 6 b は、それぞれ受光光軸 3 1 を中心に独立して個別に回転可能に配設されている。光学プリズム 3 6 a、3 6 b は、回転方向、回転量、回転速度を独立して制御されることで、射出光軸 2 6 を通過する測定光 2 3 を任意の方向に偏向し、受光される反射測定光 2 4 を受光光軸 3 1 と平行に偏向する。光学プリズム 3 6 a、3 6 b の外形形状は、それぞれ受光光軸 3 1 を中心とする円形である。光学プリズム 3 6 a、3 6 b の直径は、反射測定光 2 4 の広がりを考慮し、光学プリズム 3 6 a、3 6 b が十分な光量を取得できる様に設定されている。

【 0 0 4 1 】

光学プリズム 3 6 a の外周には、リングギア 3 9 a が嵌設されている。光学プリズム 3 6 b の外周には、リングギア 3 9 b が嵌設されている。リングギア 3 9 a には、駆動ギア 4 1 a が噛合している。駆動ギア 4 1 a は、モータ 4 2 a の出力軸に固着されている。同様に、リングギア 3 9 b には、駆動ギア 4 1 b が噛合している。駆動ギア 4 1 b は、モータ 4 2 b の出力軸に固着されている。モータ 4 2 a、4 2 b は、モータドライバ 1 6 に電氣的に接続されている。

【 0 0 4 2 】

10

20

30

40

50

モータ42a, 42bとしては、回転角を検出することができるもの、あるいは駆動入力値に対応した回転をするもの、例えばパルスモータが用いられる。あるいは、モータの回転量は、モータの回転量(回転角)を検出する例えばエンコーダ等の回転角検出器を用いて検出されてもよい。モータ42a, 42bの回転量がそれぞれ検出され、モータドライバ16によりモータ42a, 42bが個別に制御される。なお、リングギア39a, 39bにそれぞれ直接取付けられたエンコーダが、リングギア39a, 39bの回転角を直接検出してもよい。

【0043】

駆動ギア41a, 41b、モータ42a, 42bは、測定光射出部11と干渉しない位置、例えばリングギア39a, 39bの下側に設けられている。

投光レンズ28、第1反射鏡29、第2反射鏡32、測定光偏向部35a等は、投光光学系の少なくとも一部を構成する。反射測定光偏向部35b、結像レンズ34等は、受光光学系の少なくとも一部を構成する。

【0044】

測距演算部13は、発光素子27を制御し、測定光23としてパルスレーザ光線を発光させる。測定光23が、プリズム要素37a, 37b(測定光偏向部35a)により、測定点に向かうよう偏向される。

【0045】

測定対象物から反射された反射測定光24は、プリズム要素38a, 38b(反射測定光偏向部35b)と、結像レンズ34と、を介して入射し、受光素子33に受光される。受光素子33は、受光信号を測距演算部13に送出する。測距演算部13は、受光素子33からの受光信号に基づき、パルス光毎に測定点(測定光23が照射された点)の測距を行う。測距データは、記憶部20に格納される。而して、測距演算部13は、測定光23をスキャンしつつ、パルス光毎に測距を行うことで各測定点の測距データを取得できる。

【0046】

射出方向検出部15は、モータ42a, 42bに入力する駆動パルスのカウントすることで、モータ42a, 42bの回転角を検出する。あるいは、射出方向検出部15は、エンコーダからの信号に基づき、モータ42a, 42bの回転角を検出する。また、射出方向検出部15は、モータ42a, 42bの回転角に基づき、光学プリズム36a, 36bの回転位置を演算する。

【0047】

さらに、射出方向検出部15は、光学プリズム36a, 36bの屈折率と回転位置とに基づき、測定光23の射出方向を演算し、演算結果を演算制御部19に出力する。演算制御部19は、測定光23の射出方向から基準光軸Oに対する測定点の水平角 $\theta_1$ および鉛直角 $\theta_2$ を演算し、各測定点について、水平角 $\theta_1$ および鉛直角 $\theta_2$ を測距データに関連付けることで、測定点の3次元データを求めることができる。

【0048】

姿勢検出部17について説明する。姿勢検出部17は、フレーム45を有する。フレーム45は、筐体9に固定され、あるいは構造部材に固定され、レーザスキャナ3と一体となっている。フレーム45には、ジンバルを介してセンサブロック46が取付けられている。センサブロック46は、直交する2軸を中心に360°回転自在となっている。センサブロック46には、第1傾斜センサ47、第2傾斜センサ48が取付けられている。

【0049】

第1傾斜センサ47は、水平を高精度に検出するものである。第1傾斜センサ47としては、例えば水平液面に検出光を入射させ反射光の反射角度の変化で水平を検出する傾斜検出器が挙げられる。あるいは、第1傾斜センサ47としては、封入した気泡の位置変化で傾斜を検出する気泡管が挙げられる。また、第2傾斜センサ48は、傾斜変化を高応答性で検出するものであり、例えば加速度センサである。なお、第1傾斜センサ47および第2傾斜センサ48は、必ずしも設けられていなくともよい。

【0050】

10

20

30

40

50

センサブロック 4 6 のフレーム 4 5 に対する 2 軸についての相対回転角は、エンコーダ 4 9 , 5 0 によって検出される。また、センサブロック 4 6 を回転させ、水平に維持するモータ（図示せず）が 2 軸に関して設けられている。モータは、第 1 傾斜センサ 4 7、第 2 傾斜センサ 4 8 からの検出結果に基づきセンサブロック 4 6 を水平に維持する様に、演算制御部 1 9 によって制御される。

【 0 0 5 1 】

センサブロック 4 6 が傾斜していた場合（レーザスキャナ 3 が傾斜していた場合）、センサブロック 4 6 に対する相対回転角がエンコーダ 4 9 , 5 0 によって検出され、エンコーダ 4 9 , 5 0 の検出結果に基づき、レーザスキャナ 3 の傾斜角、傾斜方向が検出される。センサブロック 4 6 は、2 軸について  $360^\circ$  回転自在であるので、姿勢検出部 1 7 がどの様な姿勢となるうとも（例えば、姿勢検出部 1 7 の天地が逆になった場合でも）、全方向での姿勢検出が可能である。

10

【 0 0 5 2 】

姿勢検出において、高応答性を要求する場合は、第 2 傾斜センサ 4 8 の検出結果に基づき姿勢検出と姿勢制御とが行われる。但し、一般的に、第 2 傾斜センサ 4 8 の検出精度は、第 1 傾斜センサ 4 7 の検出精度よりも悪い。姿勢検出部 1 7 は、高精度の第 1 傾斜センサ 4 7 と高応答性の第 2 傾斜センサ 4 8 とを具備することで、第 2 傾斜センサ 4 8 の検出結果に基づき姿勢制御を行い、第 1 傾斜センサ 4 7 により高精度の姿勢検出を可能とする。

【 0 0 5 3 】

第 1 傾斜センサ 4 7 の検出結果で、第 2 傾斜センサ 4 8 の検出結果を較正することができる。すなわち、第 1 傾斜センサ 4 7 が水平を検出した時のエンコーダ 4 9 , 5 0 の値、即ち実際の傾斜角と第 2 傾斜センサ 4 8 が検出した傾斜角との間で偏差が生じれば、偏差に基づき第 2 傾斜センサ 4 8 の傾斜角を較正することができる。

20

【 0 0 5 4 】

従って、予め、第 2 傾斜センサ 4 8 の検出傾斜角と、第 1 傾斜センサ 4 7 による水平検出とエンコーダ 4 9 , 5 0 の検出結果に基づき求めた傾斜角との関係を取得しておけば、第 2 傾斜センサ 4 8 に検出された傾斜角の較正（キャリブレーション）をすることができ、第 2 傾斜センサ 4 8 による高応答性での姿勢検出の精度を向上させることができる。

【 0 0 5 5 】

演算制御部 1 9 は、傾斜の変動が大きい時、傾斜の変化が速い時は、第 2 傾斜センサ 4 8 からの信号に基づき、モータを制御する。また、演算制御部 1 9 は、傾斜の変動が小さい時、傾斜の変化が緩やかな時、すなわち第 1 傾斜センサ 4 7 が追従可能な状態では、第 1 傾斜センサ 4 7 からの信号に基づき、モータを制御する。

30

【 0 0 5 6 】

なお、記憶部 2 0 には、第 1 傾斜センサ 4 7 の検出結果と第 2 傾斜センサ 4 8 の検出結果との比較結果を示す対比データが格納されている。第 2 傾斜センサ 4 8 からの信号に基づき、第 2 傾斜センサ 4 8 による検出結果を較正する。この較正により、第 2 傾斜センサ 4 8 による検出結果を第 1 傾斜センサ 4 7 の検出精度まで高めることができる。よって、姿勢検出部 1 7 による姿勢検出において、高精度を維持しつつ高応答性を実現することができる。

40

【 0 0 5 7 】

撮像部 1 4 は、レーザスキャナ 3 の基準光軸 0 と平行な撮像光軸 4 3 を有し、例えば  $50^\circ$  の画角を有するカメラであり、レーザスキャナ 3 のスキャン範囲を含む画像データを取得する。撮像光軸 4 3 と射出光軸 2 6 及び基準光軸 0 との関係は既知となっている。また、撮像部 1 4 は、動画像、又は連続画像を取得可能である。

【 0 0 5 8 】

撮像制御部 2 1 は、撮像部 1 4 の撮像を制御する。撮像制御部 2 1 は、撮像部 1 4 が動画像、又は連続画像を撮像する場合に、動画像、又は連続画像を構成するフレーム画像を取得するタイミングとレーザスキャナ 3 でスキャンするタイミングとの同期を取っている。演算制御部 1 9 は画像と点群データとの関連付けも実行する。

50

## 【 0 0 5 9 】

撮像部 1 4 の撮像素子 4 4 は、画素の集合体である CCD あるいは CMOS センサである。撮像素子 4 4 の各画素は、画像素子上での位置を特定できる。例えば、各画素は、撮像光軸 4 3 を原点とした座標系での画素座標を有する。画像素子上での位置は、画素座標によって特定される。画像処理部 2 2 は、撮像部 1 4 で取得した画像データに操作装置 4 で表示させる情報を重ね合わせる画像処理等を行う。画像処理部 2 2 が生成した画像は、演算制御部 1 9 により操作装置 4 の表示部 4 a に表示される。

## 【 0 0 6 0 】

図 4 を参照して、本実施形態に係る測量システム 1 をさらに説明する。

図 4 に表したように、本実施形態に係る測量システム 1 は、図 2 に表したブロック図に  
10  
対して、水平回転駆動部 5 1 と、鉛直回転駆動部 5 2 と、水平角検出器 5 3 と、鉛直角検出器 5 4 と、を備える。また、操作装置 4 は、例えば操作者の指の接触等を検出可能なタッチパネルを含むディスプレイであり、表示部 4 a と、操作部 4 b と、を有する。

## 【 0 0 6 1 】

水平回転駆動部 5 1 は、演算制御部 1 9 から送信された制御信号に基づいて、モータ（  
図示略）が発生する駆動力により、鉛直方向に延びた軸（鉛直軸）Z 1 を中心にレーザス  
キャナ 3 を水平方向に回転させる。鉛直回転駆動部 5 2 は、演算制御部 1 9 から送信され  
た制御信号に基づいて、モータ（図示略）が発生する駆動力により、水平方向に延びた軸  
（水平軸）X 1 を中心にレーザスキャナ 3 を鉛直方向に回転させる。なお、本実施形態に  
10  
係る測量システム 1 は、必ずしも、水平回転駆動部 5 1 および鉛直回転駆動部 5 2 を備え  
ていなくともよい。

## 【 0 0 6 2 】

水平角検出器 5 3 は、水平方向の基準位置に対するレーザスキャナ 3 の水平方向の回転  
角を検出するセンサである。水平角検出器 5 3 は、レーザスキャナ 3 の水平方向の回転角  
を検出し、演算制御部 1 9 へ伝達する。演算制御部 1 9 は、水平角検出器 5 3 から伝達さ  
れる水平方向の回転角が所望の目標値となるように、レーザスキャナ 3 の水平方向の位置  
を制御する。

## 【 0 0 6 3 】

鉛直角検出器 5 4 は、鉛直方向の基準位置に対するレーザスキャナ 3 の鉛直方向の回転  
角を検出するセンサである。鉛直角検出器 5 4 は、レーザスキャナ 3 の鉛直方向の回転角  
30  
を検出し、演算制御部 1 9 へ伝達する。演算制御部 1 9 は、鉛直角検出器 5 4 から伝達さ  
れる鉛直方向の回転角が所望の目標値となるように、レーザスキャナ 3 の鉛直方向の位置  
を制御する。

## 【 0 0 6 4 】

表示部 4 a は、測距演算部 1 3、画像処理部 2 2 および演算制御部 1 9 が処理する各種  
の情報を表示して測量システム 1 の操作者に通知する装置である。

操作部 4 b は、測量システム 1 の操作者による操作を受け付けて測量システム 1 の各種  
の設定や測距演算部 1 3 および演算制御部 1 9 に対する指示を入力する装置である。

## 【 0 0 6 5 】

図 5 ~ 図 7 を参照して、レーザスキャナ 3 の測定作動について説明する。まず、三脚 2  
40  
を既知点、または所定点に設置し、基準光軸 O を測定対象物に向ける。この時の基準光軸  
O の水平角は、回転台 5 の水平角検出機能によって検出され、基準光軸 O の水平に対する  
傾斜角は、姿勢検出部 1 7 によって検出される。

## 【 0 0 6 6 】

続いて、ステップ S 1 1 において、作業者は、撮像部 1 4 により取得され表示部 4 a に  
表示された画像上において、例えばコンクリートの面などの測定対象物の面（測定面）1  
0 0 を操作部 4 b を用いて指示する。測定面 1 0 0 の指示は、作業者が表示部 4 a に表示  
された画像上において測定したい面（測定面）1 0 0 の一部 1 0 2 を選択することにより  
行われる。このとき、作業者は、表示部 4 a に表示された画像上において測定面 1 0 0 の  
任意の 1 点を指示してもよいし、測定面 1 0 0 の任意の範囲を指示してもよい。図 7（a  
50

) および図 7 ( b ) に表した例では、作業者は、測定面 1 0 0 の一部 1 0 2 として任意の 1 点を指示している。

【 0 0 6 7 】

続いて、ステップ S 1 2 において、演算制御部 1 9 は、モータドライバ 1 6 によりモータ 4 2 a , 4 2 b を個別に制御し、測定面 1 0 0 において測定光 2 3 の走査軌跡 T 1 を円とするスキャン ( 円スキャン ) を行う。すなわち、演算制御部 1 9 は、偏向部 3 5 を制御することにより、測定光 2 3 の射出方向を基準光軸 O に対して偏向するとともに所定の中心に対して周方向に測定光 2 3 を走査する。そして、演算制御部 1 9 は、パルス光毎に測距を行うことで測定光 2 3 の走査軌跡 T 1 上の各測定点の測距データを測距演算部 1 3 を介して取得し記憶部 2 0 に格納する。このときの偏向部 3 5 の偏向作用、スキャン作用について、図 6 を参照してさらに説明する。

10

【 0 0 6 8 】

なお、図 6 では説明を簡略化するため、光学プリズム 3 6 a , 3 6 b について、プリズム要素 3 7 a , 3 7 b とプリズム要素 3 8 a , 3 8 b とを分離して示している。また、図 6 は、プリズム要素 3 7 a , 3 7 b 、プリズム要素 3 8 a , 3 8 b が同方向に位置した状態を示している。この状態では、最大の偏向角が得られる。また、最小の偏向角は、光学プリズム 3 6 a , 3 6 b のいずれか一方が 1 8 0 ° 回転した位置にある状態のときに得られる。すなわち、光学プリズム 3 6 a , 3 6 b の相互の光学作用が相殺され、偏向角は 0 ° となる。従って、この状態では、光学プリズム 3 6 a , 3 6 b を経て射出される測定光 2 3 と、光学プリズム 3 6 a , 3 6 b を経て受光される反射測定光 2 4 と、は、基準光軸 O と合致する。

20

【 0 0 6 9 】

発光素子 2 7 から発せられた測定光 2 3 は、投光レンズ 2 8 で平行光束とされ、測定光偏向部 3 5 a ( プリズム要素 3 7 a , 3 7 b ) を透過して測定面 1 0 0 に向けて射出される。ここで、測定光 2 3 は、測定光偏向部 3 5 a を透過することで、プリズム要素 3 7 a , 3 7 b によって所要の方向に偏向されて射出される。測定面 1 0 0 で反射された反射測定光 2 4 は、反射測定光偏向部 3 5 b を透過して入射され、結像レンズ 3 4 により受光素子 3 3 に集光される。

【 0 0 7 0 】

反射測定光 2 4 は、反射測定光偏向部 3 5 b ( 図 3 参照 ) を透過することで、受光光軸 3 1 と合致する様にプリズム要素 3 8 a , 3 8 b によって偏向される。光学プリズム 3 6 a と光学プリズム 3 6 b との回転位置の組み合わせにより、射出する測定光 2 3 の偏向方向、偏向角を任意に変更することができる。

30

【 0 0 7 1 】

従って、演算制御部 1 9 は、発光素子 2 7 よりレーザ光線を発光させつつ、偏向部 3 5 を制御することにより、測定光 2 3 の走査軌跡 T 1 を円とするスキャン ( 円スキャン ) を行うことができる。なお、反射測定光偏向部 3 5 b は、測定光偏向部 3 5 a と一体に回転していることは言うまでもない。

【 0 0 7 2 】

さらに、偏向部 3 5 の偏向角を連続的に変更して測定光 2 3 をスキャンしつつ測距を実行することで測定光 2 3 の走査軌跡 ( スキャン軌跡 ) T 1 に沿って測距データ ( スキャンデータ ) を取得することができる。また、スキャン速度、スキャン密度等で定まるスキャン条件について、スキャン速度は、モータ 4 2 a , 4 2 b 間の関係を維持して、回転速度を増減することで、増減する。スキャン密度は、スキャン速度と測定光 2 3 のパルス発光周期との関係を制御することで所望の値に設定できる。

40

【 0 0 7 3 】

また、測定時の測定光 2 3 の射出方向角は、モータ 4 2 a , 4 2 b の回転角により検出される。そして、演算制御部 1 9 は、測定時の射出方向角と測距データとを関連付けることで、3次元の測距データを取得することができる。従って、レーザスキャナ 3 を、3次元位置データを有する点群データを取得するレーザスキャナとして機能させることができ

50

る。

【 0 0 7 4 】

なお、ステップ S 1 2 において、演算制御部 1 9 は、円スキャンを行うことに限定されるわけではない。例えば、測定面 1 0 0 が略水平面であることを前提とする場合には、測定面 1 0 0 における任意の 1 点に関する測距データが取得されてもよい。

【 0 0 7 5 】

続いて、ステップ S 1 3 において、演算制御部 1 9 は、測量システム 1 に対する現場の測定面 1 0 0 を把握する。具体的には、演算制御部 1 9 は、見かけの測定面 1 0 0 の法線 N 1 の方向を算出する。例えば、演算制御部 1 9 は、ステップ S 1 2 において測距演算部 1 3 により取得され記憶部 2 0 に格納された測定面 1 0 0 上の点群データに基づいて、見かけの測定面 1 0 0 のパラメータを計算し、法線 N 1 を算出する。

10

【 0 0 7 6 】

続いて、ステップ S 1 4 において、演算制御部 1 9 は、測定面 1 0 0 におけるグリッド 1 1 0 の間隔 D を設定する。演算制御部 1 9 により設定されるグリッド 1 1 0 の間隔 D は、測定面 1 0 0 における実際の距離（実寸）であり、測量システム 1 から見た見かけの間隔ではない。グリッド 1 1 0 の間隔 D は、作業者により入力され設定されてもよく、測定の分解能や比率などに基づいて設定されてもよい。あるいは、グリッド 1 1 0 の間隔 D は、作業者が測定対象物の大きさを入力することにより自動的に算出されてもよい。グリッド 1 1 0 の間隔 D は、例えば約 1 m 程度に設定される。

【 0 0 7 7 】

続いて、ステップ S 1 5 において、演算制御部 1 9 は、測定面 1 0 0 において間隔 D で等間隔に配置されるライン 1 1 1 を有するグリッド 1 1 0 を生成する。このとき、グリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 は、基準方向に平行な成分 1 1 1 a と、基準方向に垂直な成分 1 1 1 b と、を含む。このように、演算制御部 1 9 は、ステップ S 1 4 において設定された間隔 D で等間隔に配置されるライン 1 1 1 であって、基準方向に平行な成分 1 1 1 a と基準方向に垂直な成分 1 1 1 b とを含むライン 1 1 1 を有するグリッド 1 1 0 を生成する。

20

【 0 0 7 8 】

図 7 ( a ) および図 7 ( b ) に表した例では、演算制御部 1 9 は、基準光軸 O の方向を基準方向に設定している。基準光軸 O は、測定光 2 3 の射出方向が偏向部 3 5 により偏向されていないときの射出光軸 2 6 または受光光軸 3 1 に合致する光軸であり、偏向部 3 5 の中心を透過する真直な光軸である。そのため、基準光軸 O の方向は、測量システム 1 が向いている方向に相当する。そして、演算制御部 1 9 は、測量システム 1 が向いている方向に基づいて、基準光軸 O の方向（基準方向）に平行な成分 1 1 1 a と、基準光軸 O の方向に垂直な成分 1 1 1 b と、を含むライン 1 1 1 を有するグリッド 1 1 0 を生成する。

30

【 0 0 7 9 】

続いて、ステップ S 1 6 において、演算制御部 1 9 は、測定光 2 3 の走査軌跡がステップ S 1 5 において生成されたグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を迎えるルートを計算する。続いて、ステップ S 1 7 において、演算制御部 1 9 は、ステップ S 1 6 において計算されたルートに基づいて、測定光 2 3 の走査軌跡がステップ S 1 5 において生成されたグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を迎えるように偏向部 3 5 の偏向動作を制御し、グリッドスキャンを実行する。

40

【 0 0 8 0 】

具体的には、演算制御部 1 9 は、測定光 2 3 の走査軌跡がグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を迎えるように偏向部 3 5 の偏向角を連続的に変更させ、測定光 2 3 をスキャンしつつ測距を実行することで測定光 2 3 の走査軌跡（グリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 ）に沿って測距データ（スキャンデータ）を取得することができる。測定光 2 3 の走査軌跡（グリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 ）に沿って取得された測距データ（スキャンデータ）は、記憶部 2 0 に格納される。

【 0 0 8 1 】

また、測定時の測定光 2 3 の射出方向角は、モータ 4 2 a , 4 2 b の回転角により検出

50

される。そして、演算制御部 19 は、測定時の測定光 23 の射出方向角と、記憶部 20 に格納された複数の測定点の測距データと、に基づいて、複数の測定点の 3 次元座標の集合体である点群データを取得する。具体的には、演算制御部 19 は、測定時の射出方向角と測距データとを関連付けることで、3 次元の測距データを取得する。演算制御部 19 は、取得した点群データを記憶部 20 に格納する。

#### 【0082】

続いて、ステップ S 18 において、演算制御部 19 は、測定を終了するか否かを判断する。演算制御部 19 は、測定を終了しない場合には（ステップ S 18：NO）、ステップ S 12 に関して前述した処理を再び実行する。一方で、演算制御部 19 は、測定を終了する場合には（ステップ S 18：YES）、レーザスキャナ 3 の測定作動を終了する。

10

#### 【0083】

本実施形態に係る測量システム 1 によれば、演算制御部 19 は、測定面 100 を把握し、測定面 100 において等間隔に配置されるライン 111 を有するグリッド 110 を生成する。グリッド 110 のライン 111 は、基準方向に平行な成分 111 a と、基準方向に垂直な成分 111 b と、を含む。そして、演算制御部 19 は、測定光 23 の走査軌跡がグリッド 110 のライン 111 を辿るように偏向部 35 の偏向作動を制御する。これにより、本実施形態に係る測量システム 1 は、例えばコンクリート等の測定対象物の面（測定面 100）に関する 3 次元座標の集合体である点群データ（成果物）を測定面 100 において等間隔で取得することができる。そのため、本実施形態に係る測量システム 1 は、測定面 100 に関して均一な検査を行うことができる。また、本実施形態に係る測量システム 1 は、測定面 100 に関して均一な検査を行うことができるため、取得された点群データをそのまま用いてヒートマップ等を作成する場合であっても、可視化が容易なヒートマップ等を作成することができる。そのため、点群データを取得した後のデータ処理作業にかかる時間を短くすることができ、後処理作業の時間を含む検査時間の短縮を図ることができる。

20

#### 【0084】

また、演算制御部 19 は、偏向部 35 を制御することにより、測定面 100 において測定光 23 の走査軌跡 T1 を円とするスキャン（円スキャン）を行い、測定面 100 を把握する。これにより、演算制御部 19 は、測定面 100 をより高い精度で把握ことができ、基準方向に平行な成分 111 a および垂直な成分 111 b を含むライン 111 を有するグリッド 110 をより高い精度で生成することができる。

30

#### 【0085】

また、図 7 (a) および図 7 (b) に表した例では、演算制御部 19 は、測定光 23 の射出方向が偏向部 35 により偏向されていないときの射出光軸 26 または受光光軸 31 に合致する基準光軸 O の方向を基準方向に設定する。すなわち、基準光軸 O は、偏向部 35 の中心を透過する真直な光軸である。そのため、基準光軸 O の方向は、測量システム 1 が向いている方向に相当する。そして、演算制御部 19 は測量システム 1 が向いている方向に基づいて、基準光軸 O の方向（基準方向）に平行な成分 111 a と、基準光軸 O の方向に垂直な成分 111 b と、を含むライン 111 を有するグリッド 110 を生成する。そのため、本実施形態に係る測量システム 1 は、測量システム 1 が向いている方向（基準光軸 O の方向）に基づいて生成されたグリッド 110 のライン 111 を辿って点群データを測定面 100 において等間隔で取得することができる。そのため、図 7 (a) および図 7 (b) に表した例では、水平角検出器 53 は、必ずしも設けられていなくともよい。そのため、本実施形態に係る測量システム 1 は、簡易的な構成で、測定面 100 に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

40

#### 【0086】

次に、演算制御部 19 により設定される基準方向の変形例を、図面を参照して説明する。

以下に説明する変形例において、レーザスキャナ 3 の測定作動は、図 5 に関して前述したステップ S 11 ~ ステップ S 18 と同様である。一方で、ステップ S 15 において演算制御部 19 により設定される基準方向が、図 7 (a) および図 7 (b) に関して前述した

50

基準方向とは異なる。なお、以下に説明する測量システムの構成要素が、図 1 ~ 図 7 ( b ) に関して前述した測量システム 1 の構成要素と同様である場合には、重複する説明は適宜省略し、以下、相違点を中心に説明する。

【 0 0 8 7 】

まず、図 8 ( a ) および図 8 ( b ) を参照して、本実施形態の基準方向の第 1 変形例を説明する。本変形例では、演算制御部 1 9 は、基準方向の設定を行う際に、測定面 1 0 0 に隣接した壁面や柱の側面 1 5 0 を選択し、側面 1 5 0 の方向 A 1 を把握する。側面 1 5 0 の選択は、作業者が表示部 4 a に表示された画像上において側面 1 5 0 の一部を選択することにより行われる。このとき、作業者は、表示部 4 a に表示された画像上において側面 1 5 0 の任意の 1 点を指示してもよいし、側面 1 5 0 の任意の範囲を指示してもよい。

10

【 0 0 8 8 】

具体的には、図 8 ( a ) および図 8 ( b ) に表したように、演算制御部 1 9 は、測定面 1 0 0 に隣接した壁面や柱の側面 1 5 0 を選択するとともに、モータドライバ 1 6 によりモータ 4 2 a , 4 2 b を個別に制御し、側面 1 5 0 において測定光 2 3 の走査軌跡 T 2 を円とするスキャンを行う。そして、演算制御部 1 9 は、パルス光毎に測距を行うことで測定光 2 3 の走査軌跡 T 2 上の各測定点の測距データを取得し記憶部 2 0 に格納する。また、演算制御部 1 9 は、測定光 2 3 の射出方向角と測距データとを関連付けることで、側面 1 5 0 における 3 次元の測距データを取得する。

【 0 0 8 9 】

このようにして、演算制御部 1 9 は、側面 1 5 0 の方向 A 1 を取得するとともに、側面 1 5 0 の方向 A 1 を基準方向に設定する。その他の測定作動は、図 5 ~ 図 7 に関して前述したレーザスキャナ 3 の測定作動と同様である。

20

【 0 0 9 0 】

本変形例によれば、演算制御部 1 9 は、側面 1 5 0 の方向 A 1 に基づいて、側面 1 5 0 の方向 A 1 ( 基準方向 ) に平行な成分 1 1 1 a と、側面 1 5 0 の方向 A 1 の方向に垂直な成分 1 1 1 b と、を含むライン 1 1 1 を有するグリッド 1 1 0 を生成する。そのため、本変形例に係る測量システム 1 は、測量システム 1 が向いている方向 ( 基準光軸 O の方向 ) だけではなく、測定面 1 0 0 に隣接した側面 1 5 0 の方向 A 1 に基づいて生成されたグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を辿って点群データを測定面 1 0 0 において等間隔で取得することができる。そのため、本変形例に係る測量システム 1 は、測定面 1 0 0 に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

30

【 0 0 9 1 】

次に、図 9 ( a ) および図 9 ( b ) を参照して、本実施形態の基準方向の第 2 変形例を説明する。本変形例では、演算制御部 1 9 は、基準方向の設定を行う際に、測定面 1 0 0 に隣接した壁面や柱の側面 1 5 0 を選択し、測定面 1 0 0 を把握するとともに側面 1 5 0 の方向 A 1 を把握する。側面 1 5 0 の選択は、図 8 ( a ) および図 8 ( b ) に関して前述した通りである。

【 0 0 9 2 】

具体的には、図 9 ( a ) および図 9 ( b ) に表したように、演算制御部 1 9 は、測定面 1 0 0 に隣接した壁面や柱の側面 1 5 0 を選択するとともに、モータドライバ 1 6 によりモータ 4 2 a , 4 2 b を個別に制御し、測定面 1 0 0 と側面 1 5 0 との境界 1 5 1 を跨ぐ範囲において測定光 2 3 の走査軌跡 T 3 を円とするスキャンを行う。そして、演算制御部 1 9 は、パルス光毎に測距を行うことで測定光 2 3 の走査軌跡 T 3 上の各測定点の測距データを測距演算部 1 3 を介して取得し記憶部 2 0 に格納する。また、演算制御部 1 9 は、測定光 2 3 の射出方向角と測距データとを関連付けることで、測定面 1 0 0 および側面 1 5 0 における 3 次元の測距データを取得する。

40

【 0 0 9 3 】

このようにして、演算制御部 1 9 は、見かけの測定面 1 0 0 の法線 N 1 の方向を算出するとともに、側面 1 5 0 の方向 A 1 を取得する。そして、演算制御部 1 9 は、側面 1 5 0 の方向 A 1 を基準方向に設定する。その他の測定作動は、図 5 ~ 図 7 に関して前述したレ

50

ーガスキャナ 3 の測定作動と同様である。

【0094】

本変形例によれば、演算制御部 19 は、測定面 100 を把握と、基準方向の設定と、を一度の走査により行うことができる。そのため、本変形例では、図 5 に関して前述したステップ S 12 およびステップ S 13 の処理は、必ずしも実行されなくともよく、側面 150 の方向 A 1 を把握するタイミングと同じタイミングで実行されてもよい。これにより、検査時間のより一層の短縮を図ることができる。

【0095】

次に、図 10 (a) ~ 図 11 (b) を参照して、本実施形態の基準方向の第 3 変形例を説明する。本変形例では、演算制御部 19 は、基準方向の設定を行う際に、測定面 100 に隣接した壁面や柱の側面 150 と、を選択し、測定面 100 に対向した天井面 160 と、を選択し、測定面 100 および天井面 160 を把握するとともに側面 150 の方向 A 1 を把握する。本実施形態の天井面 160 は、本発明の「対向面」の一例である。天井面 160 は、本発明の「測定対象物の面」すなわち測定面 100 の一例であってもよい。側面 150 および天井面 160 の選択は、図 8 (a) および図 8 (b) に関して前述した通りである。

【0096】

具体的には、図 10 (a) および図 10 (b) に表したように、演算制御部 19 は、測定面 100 に隣接した壁面や柱の側面 150 を選択するとともに、モータドライバ 16 によりモータ 42 a , 42 b を個別に制御し、測定面 100 と側面 150 との境界 151 を跨ぐ範囲において測定光 23 の走査軌跡 T 3 を円とするスキャンを行う。さらに、演算制御部 19 は、天井面 160 に隣接した壁面や柱の側面 150 を選択するとともに、モータドライバ 16 によりモータ 42 a , 42 b を個別に制御し、天井面 160 と側面 150 との境界 152 を跨ぐ範囲において測定光 23 の走査軌跡 T 4 を円とするスキャンを行う。そして、演算制御部 19 は、パルス光毎に測距を行うことで測定光 23 の走査軌跡 T 3 上および走査軌跡 T 4 上の各測定点の測距データを測距演算部 13 を介して取得し記憶部 20 に格納する。また、演算制御部 19 は、測定光 23 の射出方向角と測距データとを関連付けることで、測定面 100、側面 150 および天井面 160 における 3 次元の測距データを取得する。

【0097】

このようにして、演算制御部 19 は、見かけの測定面 100 の法線 N 1 の方向および見かけの天井面 160 の法線 N 2 の方向を算出するとともに、側面 150 の方向 A 1 を取得する。そして、演算制御部 19 は、側面 150 の方向 A 1 を基準方向に設定する。これにより、図 11 (b) に表したように、演算制御部 19 は、天井面 160 において間隔 D で等間隔に配置されるライン 111 を有するグリッド 110 を生成することができる。このとき、グリッド 110 のライン 111 は、側面 150 の方向 A 1 (基準方向) に平行な成分 111 a と、基準方向に垂直な成分 111 b と、を含む。このように、演算制御部 19 は、間隔 D で等間隔に配置されるライン 111 であって、基準方向に平行な成分 111 a と基準方向に垂直な成分 111 b とを含むライン 111 を有するグリッド 110 を測定面 100 および天井面 160 において生成することができる。

【0098】

本変形例によれば、測量システム 1 は、測定面 100 だけではなく天井面 160 に関しても、天井面 160 に隣接した側面 150 の方向 A 1 に基づいて生成されたグリッド 110 のライン 111 を辿って点群データを天井面 160 において等間隔で取得することができる。これにより、測定面 100 に対向した天井面 160 に関しても均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。例えば、天井面 160 や壁面などの側面 150 に沿って配置された配管の径の測定などのように、測定箇所を絞った検査を行うことができ、検査時間の短縮を図ることができる。

【0099】

なお、演算制御部 19 は、基準方向の設定を行う際に、境界 151 と境界 152 との消

10

20

30

40

50

消失点 P 1 ( 図 1 1 ( b ) 参照 ) を算出し、消失点 P 1 に基づいて測定面 1 0 0 および天井面 1 6 0 を把握するとともに側面 1 5 0 の方向 A 1 を把握してもよい。これについては、後述する。

#### 【 0 1 0 0 】

次に、図 1 2 ( a ) および図 1 2 ( b ) を参照して、本実施形態の基準方向の第 4 変形例を説明する。本変形例では、演算制御部 1 9 は、基準方向の設定を行う際に、ステップ S 1 1 ( 図 5 参照 ) において選択した測定面 1 0 0 の一部 1 0 2 とは異なる他の一部 1 0 3 をさらに選択し、測定面 1 0 0 の方向 A 2 を把握する。本変形例において、一部 1 0 2 は、本発明の「第 1 点」の一例である。また、他の一部 1 0 3 は、本発明の「第 2 点」の一例である。

10

#### 【 0 1 0 1 】

すなわち、まず、ステップ S 1 1 において、作業者は、撮像部 1 4 により取得され表示部 4 a に表示された画像上において、例えばコンクリートの面などの測定対象物の面 ( 測定面 ) 1 0 0 を操作部 4 b を用いて指示する。続いて、ステップ S 1 2 およびステップ S 1 3 において、演算制御部 1 9 は、モータドライバ 1 6 によりモータ 4 2 a , 4 2 b を個別に制御し、測定面 1 0 0 において測定光 2 3 の走査軌跡 T 1 を円とするスキャンを行い、測量システム 1 に対する現場の測定面 1 0 0 を把握する。これらは、図 5 に関して前述した通りである。

#### 【 0 1 0 2 】

そして、本変形例では、演算制御部 1 9 は、基準方向の設定を行う際に、ステップ S 1 1 において選択した測定面 1 0 0 の一部 1 0 2 とは異なる他の一部 1 0 3 をさらに選択する。測定面 1 0 0 の他の一部 1 0 3 の選択 ( 指示 ) は、作業者が表示部 4 a に表示された画像上において測定面 1 0 0 の他の一部 1 0 3 を選択することにより行われる。演算制御部 1 9 は、測定面 1 0 0 の一部 1 0 2 と、測定面 1 0 0 の他の一部 1 0 3 と、を結ぶ線の方法を測定面 1 0 0 の方向 A 2 として把握するとともに、測定面 1 0 0 の方向 A 2 を基準方向に設定する。その他の測定作動は、図 5 ~ 図 7 に関して前述したレーザスキャナ 3 の測定作動と同様である。

20

#### 【 0 1 0 3 】

本変形例によれば、演算制御部 1 9 は、例えば測量システム 1 が向いている方向 ( 基準光軸 O の方向 ) や測定面 1 0 0 に隣接した側面 1 5 0 の方向 A 1 などに関係なく、任意の成分 1 1 1 a、1 1 1 b を含むライン 1 1 1 を有するグリッド 1 1 0 を生成する。例えば、作業者は、基準光軸 O の方向や側面 1 5 0 の方向 A 1 などに関係なく、意図した測定面 1 0 0 の方向 A 2 に基づいてグリッド 1 1 0 を生成することができる。そのため、測量システム 1 は、任意に選択された測定面 1 0 0 の一部 1 0 2 と測定面 1 0 0 の他の一部 1 0 3 とを結ぶ線の方法 ( 測定面の方向 ) A 2 に基づいて生成されたグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を辿って点群データを測定面 1 0 0 において等間隔で取得することができる。そのため、測量システム 1 は、例えば測定面 1 0 0 に隣接した側面 1 5 0 などが設置されていない現場においても点群データを測定面 1 0 0 において等間隔で取得することができる。これにより、測量システム 1 は、例えば測定面 1 0 0 に隣接した側面 1 5 0 などが設置されていない現場においても、測定面 1 0 0 に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。

30

40

#### 【 0 1 0 4 】

次に、図 1 3 ( a ) および図 1 3 ( b ) を参照して、本実施形態の基準方向の第 5 変形例を説明する。本変形例では、演算制御部 1 9 は、基準方向の設定を行う際に、撮像部 1 4 により取得された画像に基づいて、測定面 1 0 0 と測定面 1 0 0 に隣接した側面 1 5 0 との境界 1 5 1 と、測定面 1 0 0 に対向した天井面 1 6 0 と側面 1 5 0 との境界 1 5 2 と、の消失点 P 1 を算出する。消失点 P 1 は、例えば直線検出や AI ( 人工知能 : Artificial Intelligence ) などの画像処理により算出されてもよい。そして、演算制御部 1 9 は、消失点 P 1 に基づいて、測定面 1 0 0 および天井面 1 6 0 を把握するとともに側面 1 5 0 の方向 A 1 を把握する。演算制御部 1 9 は、側面 1 5 0 の方向 A 1 を基準方向に設定する。

50

## 【0105】

本変形例によれば、消失点 P 1 に基づいて把握された測定面 1 0 0 および天井面 1 6 0 に関して、演算制御部 1 9 は、側面 1 5 0 の方向 A 1 に基づいて生成されたグリッド 1 1 0 のライン 1 1 1 を辿って点群データを測定面 1 0 0 および天井面 1 6 0 において等間隔で取得することができる。これにより、演算制御部が消失点 P 1 を算出することにより、測定面 1 0 0 および天井面 1 6 0 に関して均一な検査を行うことができるとともに検査時間の短縮を図ることができる。例えば、天井面 1 6 0 や壁面などの側面 1 5 0 に沿って配置された配管の径の測定などのように、測定箇所を絞った検査を行うことができ、検査時間の短縮を図ることができる。

## 【0106】

以上、本発明の実施形態について説明した。しかし、本発明は、上記実施形態に限定されず、特許請求の範囲を逸脱しない範囲で種々の変更を行うことができる。上記実施形態の構成は、その一部を省略したり、上記とは異なるように任意に組み合わせたりすることができる。

## 【符号の説明】

## 【0107】

1 : 測量システム、 2 : 三脚、 3 : レーザスキャナ、 3 A : 測距部、 4 : 操作装置、 4 a : 表示部、 4 b : 操作部、 5 : 回転台、 7 : レバー、 8 : アタッチメント、 9 : 筐体、 1 1 : 測定光射出部、 1 2 : 受光部、 1 3 : 測距演算部、 1 4 : 撮像部、 1 5 : 射出方向検出部、 1 6 : モータドライバ、 1 7 : 姿勢検出部、 1 8 : 通信部、 1 9 : 演算制御部、 2 0 : 記憶部、 2 1 : 撮像制御部、 2 2 : 画像処理部、 2 3 : 測定光、 2 4 : 反射測定光、 2 6 : 射出光軸、 2 7 : 発光素子、 2 8 : 投光レンズ、 2 9 : 第 1 反射鏡、 3 1 : 受光光軸、 3 2 : 第 2 反射鏡、 3 3 : 受光素子、 3 4 : 結像レンズ、 3 5 : 偏向部、 3 5 a : 測定光偏向部、 3 5 b : 反射測定光偏向部、 3 6 a、3 6 b : 光学プリズム、 3 7 a、3 7 b、3 8 a、3 8 b : プリズム要素、 3 9 a、3 9 b : リングギア、 4 1 a、4 1 b : 駆動ギア、 4 2 a、4 2 b : モータ、 4 3 : 撮像光軸、 4 4 : 撮像素子、 4 5 : フレーム、 4 6 : センサブロック、 4 7 : 第 1 傾斜センサ、 4 8 : 第 2 傾斜センサ、 4 9、5 0 : エンコーダ、 5 1 : 水平回転駆動部、 5 2 : 鉛直回転駆動部、 5 3 : 水平角検出器、 5 4 : 鉛直角検出器、 1 0 0 : 測定面、 1 0 2、1 0 3 : 一部、 1 1 0 : グリッド、 1 1 1 : ライン、 1 1 1 a : 平行な成分、 1 1 1 b : 垂直な成分、 1 5 0 : 側面、 1 5 1、1 5 2 : 境界、 1 6 0 : 天井面、 N 1、N 2 : 法線、 O : 基準光軸、 P 1 : 消失点、 T 1、T 2、T 3、T 4 : 走査軌跡

10

20

30

40

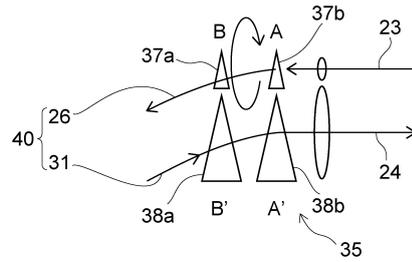
50



【 図 5 】



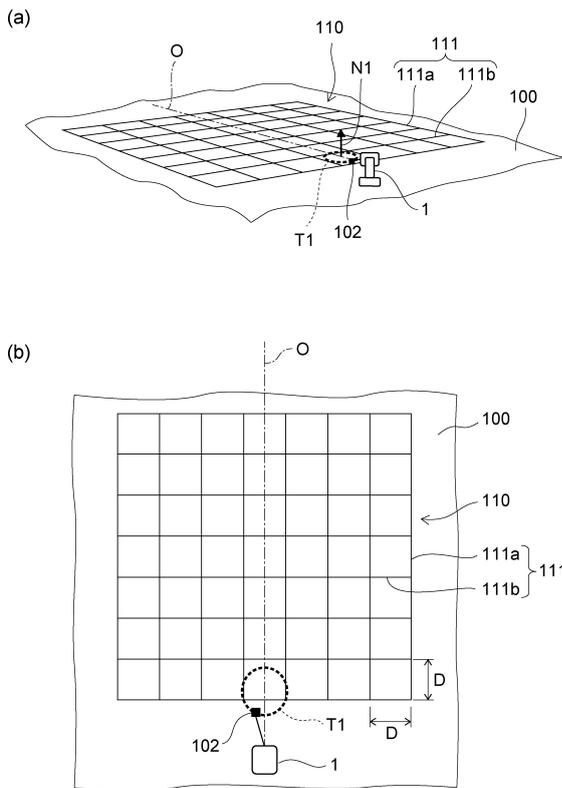
【 図 6 】



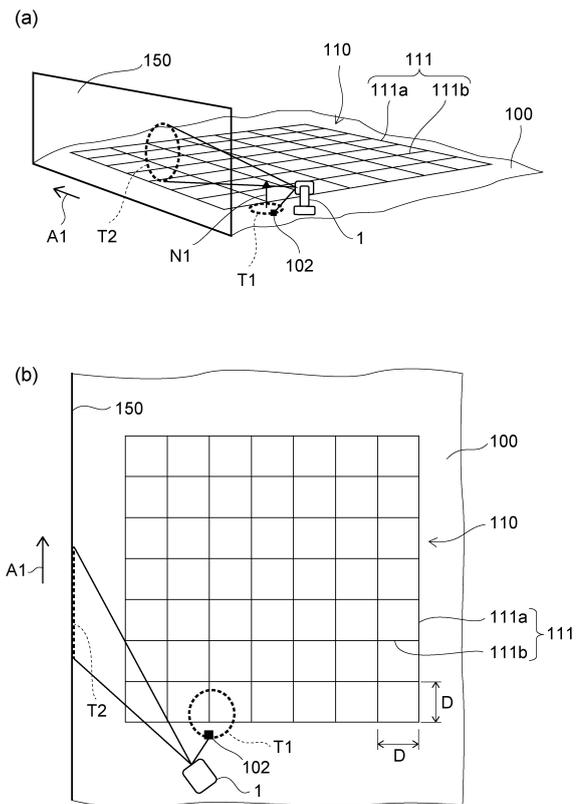
10

20

【 図 7 】



【 図 8 】

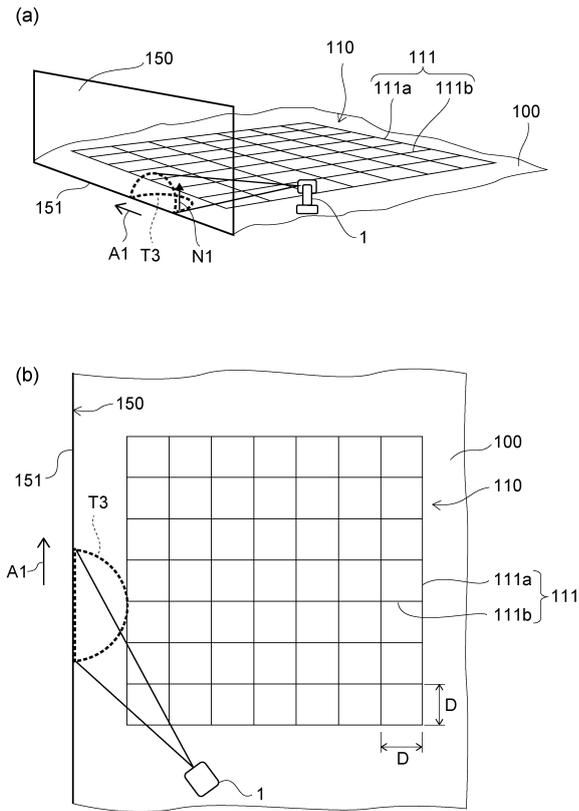


30

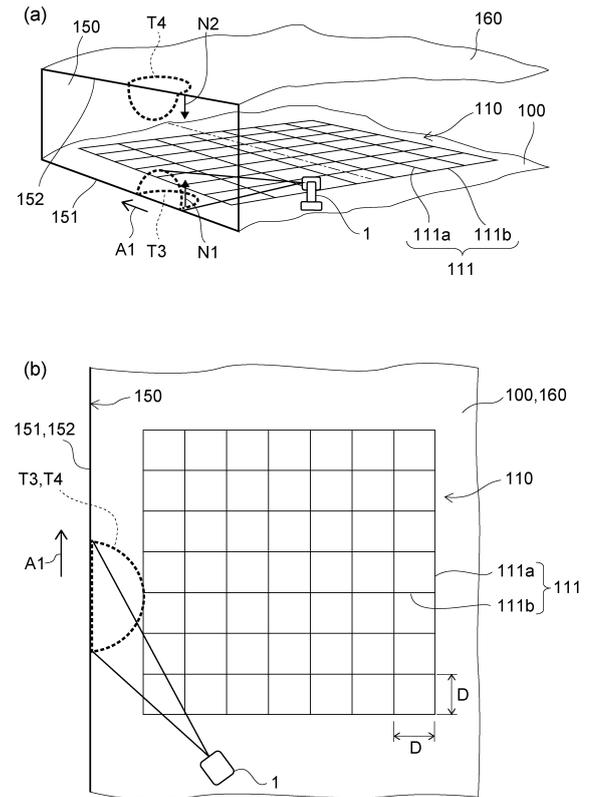
40

50

【 図 9 】



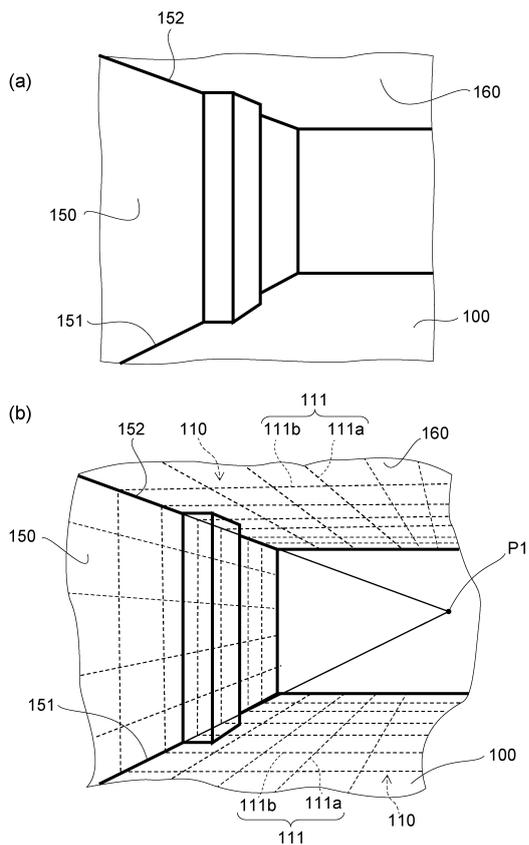
【 図 1 0 】



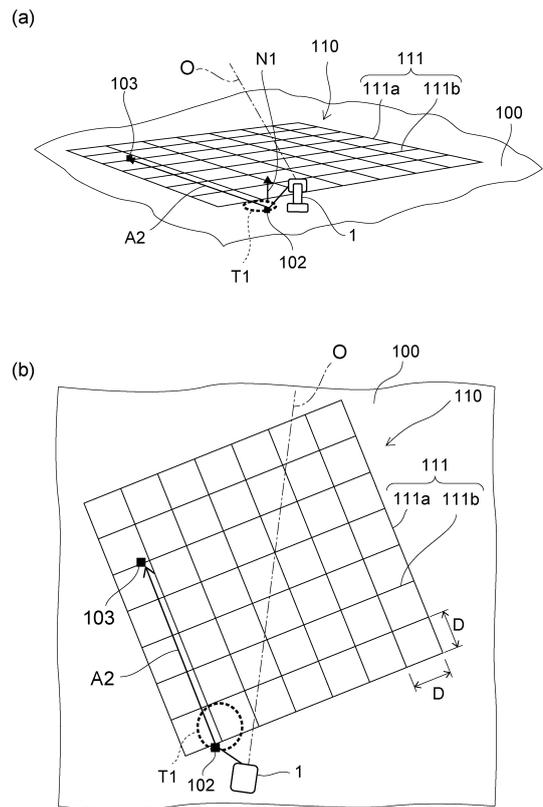
10

20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

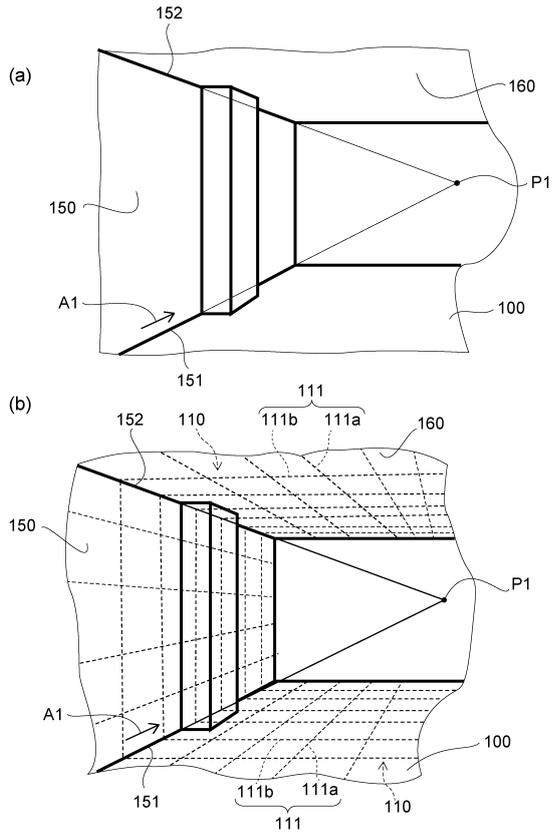


30

40

50

【 図 13 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 8 - 0 5 4 2 9 0 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 1 8 6 4 8 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 7 - 1 7 0 8 2 0 ( J P , A )  
特開平 0 9 - 1 1 3 2 6 5 ( J P , A )  
特開平 0 3 - 1 2 5 9 2 6 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 0 3 5 4 0 3 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 2 0 6 0 2 5 ( J P , A )  
特開 2 0 1 8 - 0 0 9 3 9 4 ( J P , A )  
特開 2 0 1 6 - 1 6 1 4 4 5 ( J P , A )
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)  
G 0 1 C 1 5 / 0 0