

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5124319号

(P5124319)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月2日 (2012. 11. 2)

(51) Int. Cl.

F 1

G O 1 C 15/00 (2006. 01)

G O 1 C 15/00 1 O 3 E

G O 1 C 15/06 (2006. 01)

G O 1 C 15/06 T

請求項の数 9 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2008-73826 (P2008-73826)
 (22) 出願日 平成20年3月21日 (2008. 3. 21)
 (65) 公開番号 特開2009-229192 (P2009-229192A)
 (43) 公開日 平成21年10月8日 (2009. 10. 8)
 審査請求日 平成23年2月21日 (2011. 2. 21)

(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
 (74) 代理人 100096884
 弁理士 末成 幹生
 (72) 発明者 熊谷 薫
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
 トプコン内
 (72) 発明者 上園 史彦
 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 須中 栄治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測量機、測量システム、測定対象の検出方法、および測定対象の検出プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定対象の三次元位置を測定するための測量機であって、
 少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を回転照射することにより測定対象の
 存在する方向を検出する検出部と、

追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系と、
 測定対象で反射した追尾光を受光する追尾光受光部と、
 前記検出部の出力及び前記追尾光受光部の出力に基づいて前記光学系を駆動して測定対
 象に対して視準させる駆動部と

を備え、

前記扇状レーザ光の回転照射は扇状レーザ光照射部により行われ、

前記扇状レーザ光照射部が鉛直面内で回転駆動可能とされ、前記検出部によりターゲッ
 トの方向が検出されない場合に、前記扇状レーザ光照射部における前記扇状レーザ光の鉛
 直面内での照射方向を変更することを特徴とする測量機。

【請求項 2】

測定対象の三次元位置を測定するための測量機を含む測量システムであって、
 少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を回転照射することにより測定対象の
 存在する方向を検出する検出部と、

追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系と、

測定対象で反射した追尾光を受光する追尾光受光部と、

10

20

前記検出部の出力及び前記追尾光受光部の出力に基づいて前記光学系を駆動して測定対象に対して視準させる駆動部と

を備え、

前記扇状レーザ光の回転照射は扇状レーザ光照射部により行われ、

前記扇状レーザ光照射部が鉛直面内で回転駆動可能とされ、前記検出部によりターゲットの方向が検出されない場合に、前記扇状レーザ光照射部における前記扇状レーザ光の鉛直面内での照射方向を変更することを特徴とする測量システム。

【請求項 3】

前記測定対象が反射体を含むターゲットであって、

前記検出部は、

前記反射体で反射した扇状レーザ光を受光する扇状レーザ光受光部を有し、

前記回転照射による回転の位置および前記扇状レーザ光受光部の受光信号に基づいて前記測定対象の存在する方向を検出することを特徴とする請求項 2 に記載の測量システム。

【請求項 4】

前記測定対象が前記扇状レーザ光を受光する扇状レーザ光受光体を含むターゲットであって、

前記測定対象と測量機の間で無線通信する無線通信部と、

前記検出部は、水平面内での扇状レーザ光の回転照射の方向を検出するとともに、

前記回転照射の方向および前記無線通信部を介して得られた前記扇状レーザ光受光体の受光信号に基づいて前記測定対象の存在する方向を演算する演算部を有することを特徴とする請求項 2 に記載の測量システム。

【請求項 5】

前記演算部が測定対象側に設けられていることを特徴とする請求項 4 に記載の測量システム。

【請求項 6】

前記演算部が測量機側に設けられていることを特徴とする請求項 5 に記載の測量システム。

【請求項 7】

前記検出部による出力に基づいて前記駆動部を駆動した際に、前記追尾光受光部の出力により視準できなかった場合に、鉛直方向に駆動部を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の測量機。

【請求項 8】

測定対象の三次元位置を測定するための測量機による測定対象の検出方法であって、

少なくとも 1 つが傾斜した 2 以上の扇状レーザ光を扇状レーザ光照射部により回転照射することにより測定対象の方向を検出する第 1 ステップと、

前記第 1 ステップの出力に基づいて、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系を駆動部により測定対象の存在する方向へ駆動する第 2 ステップと、

前記測定対象の存在する方向へ追尾光を照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光できなかった際に、前記扇状レーザ光照射部の光軸と前記光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて前記駆動部を駆動する第 3 ステップと、

追尾光を測定対象の存在する方向へ向けて照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光して前記駆動部を駆動する第 4 ステップと、

からなることを特徴とする測量機による測定対象の検出方法。

【請求項 9】

測定対象の三次元位置を測定するための測量機による測定対象の検出プログラムであって、

少なくとも 1 つが傾斜した 2 以上の扇状レーザ光を扇状レーザ光照射部により回転照射することにより測定対象の方向を検出する第 1 ステップと、

前記第 1 ステップの出力に基づいて、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射

10

20

30

40

50

する測距光照射部を含む光学系を駆動部により測定対象の存在する方向へ駆動する第2ステップと、

前記測定対象の存在する方向へ追尾光を照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光できなかった際に、前記扇状レーザ光照射部の光軸と前記光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて前記駆動部を駆動する第3ステップと、

追尾光を測定対象の存在する方向へ向けて照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光して前記駆動部を駆動する第4ステップと、

を測量機に実行させるための測定対象の検出プログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象に設けられた反射体を追尾して測距・測角を行う測量機に係り、測定対象の探索時間を短縮した測量機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、測量作業は、基準点に設置された測量機と、測量機が視準する測定対象に設けられた反射体（コーナーキューブなど）を用いて行われている。測量機は、視準方向を検出する水平角検出部および鉛直角検出部と、視準目標までの距離を測定する光波測距装置とを備えている。近年では、測量機は、測定対象の反射体（視準目標）を追尾する追尾機能を備えており、作業者は一人で測量することが可能となっている。

20

【0003】

このような測量機において、作業者は、視準目標側におり、作業工程に応じて測量すべき視準目標を移動させる。作業者が視準目標を移動させると、測量機は視準目標を追尾し、自動的に視準目標を視準するように構成されている。

【0004】

測量機の追尾機能は、視準方向を水平回りと鉛直回りに回転駆動させる駆動部と、視準目標である反射体に対して略平行光である追尾光を照射する追尾光照射部と、反射体で反射した追尾光を受光する追尾光受光部とから構成される。反射した追尾光が、追尾光受光部の受光素子の中心に位置するように駆動部を制御することにより、測量機は、視準目標を追尾することができる。

30

【0005】

追尾可能な範囲は、測量機の望遠鏡部の視準範囲に限られている。したがって、作業者が移動させる視準目標の移動速度が測量機の追尾可能な速度より大きい場合や、視準目標が視準範囲外となった場合等では、測量機が視準目標を失い、追尾することができなくなる。このような場合、測量機は水平回りと鉛直回りに回転駆動して、視準目標を探索する。このような測量機に関する発明としては、例えば、特許文献1が開示されている。

【0006】

また、測量機と測定対象が、GPS受信機によって自身の位置情報を受信し、測量機は、測定対象の位置情報を無線により受信することで、自身の位置情報と測定対象の位置情報から視準目標の探索を行う発明も開示されている（例えば、特許文献2）。

40

【特許文献1】特開2000-356518号公報

【特許文献2】特開平8-178652号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、特許文献1に記載の測量機においては、測定対象を探索する場合に、測量機の視準範囲の制約により視準方向を水平回りおよび鉛直回りに全周回転させる必要がある。視準範囲は、探索領域に比べて狭いため、測定対象の存在する方向が分かっている場合

50

であっても、測定対象を捕捉するまでに時間を要するため、作業効率が低下する。

【0008】

また、特許文献2に記載のとおり、測定対象の位置を捕捉するためにGPS受信機を利用するシステムも提案されているが、このシステムは、例えば、トンネル内、地下、森林などのような屋内作業には不向きであるため、迅速な測定対象の探索が期待できるものではない。

【0009】

このような背景において、本発明は、測定対象に設けられた反射体を追尾して測距・測角を行う測量機において、測定対象の探索時間を短縮する技術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】

【0010】

請求項1に記載の発明は、測定対象の三次元位置を測定するための測量機であって、少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を回転照射することにより測定対象の存在する方向を検出する検出部と、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系と、測定対象で反射した追尾光を受光する追尾光受光部と、前記検出部の出力及び前記追尾光受光部の出力に基づいて前記光学系を駆動して測定対象に対して視準させる駆動部とを備え、前記扇状レーザ光の回転照射は扇状レーザ光照射部により行われ、前記扇状レーザ光照射部が鉛直面内で回転駆動可能とされ、前記検出部によりターゲットの方向が検出されない場合に、前記扇状レーザ光照射部における前記扇状レーザ光の鉛直面内での照射方向を変更することを特徴とする測量機である。

【0011】

請求項1に記載の発明によれば、扇状レーザ光は、測定対象の探索領域が広いため、測定対象の探索時間を短縮することができる。この扇状レーザ光により、測量機は概略の視準を行い、略平行光である追尾光により、精密な視準を行う。また、請求項1に記載の発明によれば、扇状レーザ光の探索領域に測定対象がない場合であっても、測定対象を探索することができる。

【0012】

請求項2に記載の発明は、測定対象の三次元位置を測定するための測量機を含む測量システムであって、少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を回転照射することにより測定対象の存在する方向を検出する検出部と、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系と、測定対象で反射した追尾光を受光する追尾光受光部と、前記検出部の出力及び前記追尾光受光部の出力に基づいて前記光学系を駆動して測定対象に対して視準させる駆動部とを備え、前記扇状レーザ光の回転照射は扇状レーザ光照射部により行われ、前記扇状レーザ光照射部が鉛直面内で回転駆動可能とされ、前記検出部によりターゲットの方向が検出されない場合に、前記扇状レーザ光照射部における前記扇状レーザ光の鉛直面内での照射方向を変更することを特徴とする測量システムである。請求項2に記載の発明によれば、測量機と測定対象とが連携する測量システムの構成により上述の効果を奏することができる。

【0013】

請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記測定対象が反射体を含むターゲットであって、前記検出部は、前記反射体で反射した扇状レーザ光を受光する扇状レーザ光受光部を有し、前記回転照射による回転の位置および前記扇状レーザ光受光部の受光信号に基づいて前記測定対象の存在する方向を検出することを特徴とする。請求項3に記載の発明によれば、測定対象は反射体のみを備える構成にすることができる。

【0014】

請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の発明において、前記測定対象が前記扇状レーザ光を受光する扇状レーザ光受光体を含むターゲットであって、前記測定対象と測量機の間で無線通信する無線通信部と、前記検出部は、水平面内での扇状レーザ光の回転照射の方向を検出するとともに、前記回転照射の方向および前記無線通信部を介して得られた

10

20

30

40

50

前記扇状レーザ光受光体の受光信号に基づいて前記測定対象の存在する方向を演算する演算部を有することを特徴とする。請求項4に記載の発明によれば、測定対象側で扇状レーザ光を受光する構成にすることができる。

【0015】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、前記演算部が測定対象側に設けられていることを特徴とする。請求項5に記載の発明によれば、測定対象側で測定対象の存在する方向を演算する構成にすることができる。

【0016】

請求項6に記載の発明は、請求項5に記載の発明において、前記演算部が測量機側に設けられていることを特徴とする。請求項6に記載の発明によれば、測量機側で測定対象の存在する方向を演算する構成にすることができる。

10

【0017】

請求項7に記載の発明は、請求項1に記載の発明において、前記検出部による出力に基づいて前記駆動部を駆動した際に、前記追尾光受光部の出力により視準できなかった場合に、鉛直方向に駆動部を制御することを特徴とする。

【0018】

請求項7に記載の発明によれば、扇状レーザ光で測定対象を探索できたが、追尾光の視準範囲内に測定対象がない場合であっても、測定対象を視準することができる。

【0019】

請求項8に記載の発明は、測定対象の三次元位置を測定するための測量機による測定対象の検出方法であって、少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を扇状レーザ光照射部により回転照射することにより測定対象の方向を検出する第1ステップと、前記第1ステップの出力に基づいて、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系を駆動部により測定対象の存在する方向へ駆動する第2ステップと、前記測定対象の存在する方向へ追尾光を照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光できなかった際に、前記扇状レーザ光照射部の光軸と前記光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて前記駆動部を駆動する第3ステップと、追尾光を測定対象の存在する方向へ向けて照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光して前記駆動部を駆動する第4ステップと、からなることを特徴とする測量機による測定対象の検出方法である。

20

30

【0020】

請求項8に記載の発明によれば、扇状レーザ光で測定対象を探索できたが、追尾光の視準範囲内に測定対象がない場合には、扇状レーザ光照射部の光軸と光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて駆動部を駆動することにより、測定対象を視準することができる。

【0021】

請求項9に記載の発明は、測定対象の三次元位置を測定するための測量機による測定対象の検出プログラムであって、少なくとも1つが傾斜した2以上の扇状レーザ光を扇状レーザ光照射部により回転照射することにより測定対象の方向を検出する第1ステップと、前記第1ステップの出力に基づいて、追尾光を照射する追尾光照射部及び測距光を照射する測距光照射部を含む光学系を駆動部により測定対象の存在する方向へ駆動する第2ステップと、前記測定対象の存在する方向へ追尾光を照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光できなかった際に、前記扇状レーザ光照射部の光軸と前記光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて前記駆動部を駆動する第3ステップと、追尾光を測定対象の存在する方向へ向けて照射し、前記測定対象で反射した追尾光を追尾光受光部で受光して前記駆動部を駆動する第4ステップと、を測量機に実行させるための測定対象の検出プログラムである。請求項9に記載の発明によれば、扇状レーザ光で測定対象を探索できたが、追尾光の視準範囲内に測定対象がない場合には、扇状レーザ光照射部の光軸と光学系の光軸との相対的位置関係に基づいて駆動部を駆動することにより、測定対象を視準することができる。

40

【発明の効果】

50

【0022】

本発明によれば、測定対象に設けられた反射体を追尾して測距・測角を行う測量機において、測定対象の探索時間を短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

1. 第1の実施形態

以下、扇状レーザ光照射部を備える測量機および測量システムの一例について説明する。

【0024】

(測量システムの構成)

図1は、測量システムの構成例を示す図である。測量システムは、測量機1、測定対象2で構成する。測量機1は、図1に示すように、少なくとも一つが傾斜した2以上の扇状レーザ光3a、3b、3c（N字光）を全方位に回転照射することにより測定対象2の存在する方向を検出する。また、測量機1は、測定対象2を検出した後、略平行光である追尾光4を照射することにより測定対象2を捕捉して追跡する。測定対象2が視準中心になったとき、測量機1は、測距光5を照射することにより測距し、エンコーダ等の角度検出部により測角を行う。

10

【0025】

測定対象2は、測量機1が照射した扇状レーザ光3a、3b、3cを扇状レーザ光受光部6で受光して、測量機1の扇状レーザ光3a、3b、3cの出射位置と測定対象2の扇状レーザ光3a、3b、3cの受光位置とがなす高低角を算出し、高低角と受光時刻を測量機1に送信する。測量機1は、高低角と受光時刻から測定対象2の存在する方向を検出する。また、測定対象2は、追尾光4、測距光5を反射する反射体であるコーナーキューブ7を備えている。

20

【0026】

なお、上述の場合は、測量機1と測定対象2との時刻が同期しているが、同期していない場合には、測定対象2は、扇状レーザ光3a、3b、3cを受光した際にまず受光通知のみを測量機1に送信し、測量機1は、受信した際の水平角を検出する。その後、測定対象2は高低角を演算して、高低角を測量機1に送信してもよい。さらに、本出願人による特願2007-152842号に記載の方法を用いてもよい。

30

【0027】

(測量機および測定対象の構成)

図2は、測量機の一例を示す図である。測量機1は、三脚に取り付けられた基板部8と、基板部8に鉛直軸9を中心に回転可能に軸支された測量機本体10と、測量機本体10に設けられた水平軸11を中心に回転可能に軸支された鏡筒部12と、鏡筒部12上に設けられた扇状レーザ光照射部13とを備えている。

【0028】

測量機本体10には、鏡筒部12、扇状レーザ光照射部13を鉛直軸9回りに水平回転させる水平回転機構が設けられる。測量機本体10は、水平回転駆動ギア14を介して水平回転モータ15により回転駆動する。また、鉛直軸9には水平角エンコーダ16が設けられ、水平角エンコーダ16は水平角を検出する。

40

【0029】

鏡筒部12には、鏡筒部12を水平軸11回りに鉛直回転させる鉛直回転機構が設けられる。鏡筒部12は、鉛直回転駆動ギア17を介して鉛直回転モータ18により回転駆動する。また、水平軸11には鉛直角エンコーダ19が設けられ、鉛直角エンコーダ19は鉛直角を検出する。測量機1が測定対象2を追尾して視準中心となった時の水平角エンコーダ16が検出した水平角、鉛直角エンコーダ19が検出した鉛直角により測定対象2の測角を行う。

【0030】

次に、扇状レーザ光照射部13の光学系と鏡筒部12内の光学系について説明する。図

50

3は、扇状レーザ光照射部の光学系の配置図（A）と鏡筒部内の光学系の配置図（B）である。

【0031】

扇状レーザ光照射部13は、扇状レーザ光源20と、リレーレンズ21と、分割プリズム22、23、24と、シリンドリカルレンズ25、26、27とを備えている。扇状レーザ光源20から射出されたレーザ光は、リレーレンズ21により平行光とされ、分割プリズム22、23、24で3つに分割される。分割された3つのレーザ光のうち両側から出射される2つのレーザ光3a、3cは、シリンドリカルレンズ25、27で略鉛直方向に拡大される。また、分割された3つのレーザ光3a、3b、3cのうち中央から出射されるレーザ光3bは、シリンドリカルレンズ26で略鉛直方向に対して傾斜した方向に拡大される。扇状レーザ光3a、3b、3cは、測定対象2の扇状レーザ光受光体6で受光する。

10

【0032】

鏡筒部12内の光学系は、視準用の望遠鏡部30、追尾光学系31、測距光学系32を備えている。望遠鏡部30の光軸上には、対物レンズ33、ダイクロイックプリズム34、合焦点レンズ35、正立プリズム36、焦点鏡37、接眼レンズ38を順次配設する。ダイクロイックプリズム34は、プリズム39、プリズム40、プリズム41とから構成され、ダイクロイックミラー面である第1面、第2面を形成する。

【0033】

第1面は、対物レンズ33からの入射光の内、可視光を透過し、赤外光を反射する。一方、第2面は、測距光5（赤外光）を透過し、追尾光4（赤外光）を反射する。例えば、第1面は、400～650nmの可視光を透過し、650～850nmの赤外光を反射する。また、例えば第2面は、650～720nmの赤外光（追尾光4）を反射し、720～850nmの赤外光（測距光5）を透過する。対物レンズ33から入射して第1面を透過した可視光は、合焦点レンズ35により焦点鏡37に結像し視準される。また、第1面で反射した反射光軸上に測距光学系32を設け、第2面で反射した反射光軸上に追尾光学系31を設ける。

20

【0034】

追尾光学系31は、追尾光照射部42、追尾光受光部43を備えている。追尾光照射部42は、追尾光軸44上に配置された孔明ミラー45と、孔明ミラー45の透過光軸上に配設されたリレーレンズ46と、追尾用レーザ光源47とで構成している。追尾光受光部43は、孔明ミラー45の反射光軸上に配設されたリレーレンズ48と、受光素子49とで構成している。追尾光レーザ光源47から出射された追尾光4は、孔明ミラー45を透過して、第2面、第1面で反射して対物レンズ33から出射する。出射した追尾光4が測定対象2のコーナーキューブ7で反射すると、対物レンズ33に入射して、第1面、第2面、および孔明ミラー45で反射して追尾光受光部43に受光する。

30

【0035】

測距光学系32は、測距光照射部50、測距光受光部51を備えている。測距光照射部50は、測距光軸52上に配置された孔明ミラー53と、孔明ミラー53の透過光軸上に配設されたリレーレンズ54と、測距用レーザ光源55とで構成している。測距光受光部51は、孔明ミラー53の反射光軸上に配設されたリレーレンズ56と、受光素子57とで構成している。側距光レーザ光源55から出射された側距光5は、孔明ミラー53、第2面を透過して、第1面で反射して対物レンズ33から出射する。出射した側距光5は、測定対象2のコーナーキューブ7で反射すると、対物レンズ33に入射して、第1面で反射し、第2面を透過して測距光受光部51に受光する。

40

【0036】

なお、追尾光の光路と測距光の光路は別となる態様でもよい。また、扇状レーザ光照射部13の光学系と、追尾光光学系31および測距光学系32とを含む鏡筒部12内の光学系は、同一の筐体内に構成し、水平角エンコーダ、鉛直角エンコーダを兼用する態様でもよい。

50

【0037】

以下、測量機1および測定対象2のブロック図について説明する。図4は、第1の実施形態に係る測量機および測定対象のブロック図である。測量機1は、操作部65により操作される。そして、測量機1の制御演算部60は、水平回転モータ15を駆動させ、測量機本体10を水平回転し、扇状レーザ光照射部13から扇状レーザ光3a、3b、3cを回転照射する。この際、測量機1は、水平角エンコーダ16によって所定の時間間隔で水平角を検出し、これを記憶部61に記憶する。また、この際、電力消費を抑えるため、測量機1は、追尾光4、測距光5は出射しない。

【0038】

なお、測量機1は、扇状レーザ光照射部13を水平面内で回転しながら高低角方向に駆動することにより、扇状レーザ光3a、3b、3cの照射範囲外に測定対象2が存在する場合も検出することができる。この場合、扇状レーザ光3a、3b、3cは探索範囲が広い場合、これを適用しない場合と比べて、測量機1は、迅速に測定対象2を視準することができる。

【0039】

測定対象2は、扇状レーザ光3a、3b、3cを扇状レーザ光受光体6で受光する。なお、測定対象2の扇状レーザ光受光体6とコーナーキューブ7は、同一の鉛直線上に配置されており、測量機1の扇状レーザ光照射部13と望遠鏡部30の視準位置も、同一の鉛直軸9上に配置されている。このため、測定対象2の扇状レーザ光受光体6とコーナーキューブ7との位置オフセットは、測量機1の扇状レーザ光照射部13と望遠鏡部30の視準位置との位置オフセットと一致している。したがって、扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出した高低角と実際の視準位置での鉛直角との間に角度オフセットがない。

【0040】

一方、扇状レーザ光照射部13と、追尾光学系31および測距光学系32を含む光学系は、同一の鉛直軸9を中心として水平面内で回転駆動する。また、扇状レーザ光3a、3b、3cの照射方向と追尾光4および測距光5の出射方向も同一である。したがって、扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出した水平角と実際の視準位置での水平角との間にも角度オフセットはない。

【0041】

測定対象2の制御演算部62は、扇状レーザ光3a、3b、3cの受光信号から測量機1と測定対象2との間の高低角を算出する。高低角と受光時刻は、記憶部66に記憶される。算出した高低角と受光信号の受光時刻は、無線通信部63により測量機1に送信される。測量機1は、無線通信部64により高低角と受光時刻を受信する。なお、測定対象2側で高低角を算出せず、受光信号a、b、cの受光時刻のみを測量機1に送信し、測量機1側で高低角、水平角を算出してもよいし、測定対象2は、受光通知のみを測量機1に送信し、その後高低角を算出して測量機1に送信してもよい。

【0042】

図5は、扇状レーザ光による高低角の算出方法の説明図である。図5(A)は、扇状レーザ光の正面図であり、図5(B)は、扇状レーザ光の側面図であり、図5(C)は、扇状レーザ光受光体がB点の位置にある場合の受光信号の図であり、図5(D)は、扇状レーザ光受光体がA点の位置にある場合の受光信号の図である。

【0043】

図5(A)に示すように、扇状レーザ光受光体6がB点の位置にある場合、すなわち、扇状レーザ光受光体6が扇状レーザ光3a、3b、3cの中心からずれている場合、図5(C)に示すように、受光信号70a、70bと受光信号70b、70cの時間間隔は異なる。図5(A)に示すように、扇状レーザ光受光体6がA点の位置にある場合、すなわち、扇状レーザ光受光体6が扇状レーザ光3a、3b、3cの中心にある場合、受光信号70a、70bと受光信号70b、70cの時間間隔は等しくなる。したがって、受光信号70a、70bと受光信号70b、70cの時間間隔比、扇状レーザ光3bの傾斜角 θ 、扇状レーザ光3a、3b、3cの広がり角 δ から、高低角 γ を算出できる。

【0044】

なお、測定対象2の制御演算部62は、扇状レーザ光3a、3b、3cの受光信号の時間間隔が異常な場合（例えば、扇状レーザ光3aと3cとの受光時間が一定でない場合）や、一定期間内の受光信号数が異常な場合には不要な反射物の存在であると判断し、この受光信号を除外する。また、測定対象2の制御演算部は、扇状レーザ光受光体6の受光感度を調整して受光信号の強度により不要な反射物の存在を除外する。

【0045】

図4において、測量機1の無線通信部64が、測定対象2の無線通信部63から高低角と受光時刻を受信すると、測量機1の制御演算部60は、受光時刻と水平角エンコーダが所定の時間間隔で検出する水平角とに基づいて、時間的内挿処理により測定対象2に対する水平角を算出する。測量機1の制御演算部60は、受信した高低角分だけ鉛直回転モータ18を駆動させ、算出した水平角分だけ水平回転モータ15を駆動させて、視準位置を測定対象2の存在する方向に合わせ込む。

10

【0046】

視準が完了すると、測量機1の制御演算部60は、追尾光照射部42から追尾光4を照射して、測定対象2を捕捉する。追尾光4は追尾光受光部43で受光し、視準中心になった時に測距光照射部50から測距光5を照射して、測距・測角を行う。測量機1の制御演算部60は、測距光5の出射時から測定対象2のコーナーキューブ7で反射して受光した時までの時間と光速に基づいて、測量機1から測定対象2までの距離を算出する。また、測量機1の制御演算部60は、測距光5の出射時に水平角エンコーダ16および鉛直角エンコーダ19により水平角および鉛直角を算出する。なお、例えば、扇状レーザ光3a、3b、3cの広がり、 $\pm 10^\circ$ の幅を持ち、追尾光4は $\pm 1^\circ$ の領域に照射される。すなわち、照射領域は、扇状レーザ光3a、3b、3c $>$ 追尾光4 $\geq$ 測距光5となる（追尾光4と測距光5は兼用してもよい）。

20

【0047】

（測量機および測定対象の動作）

以下、測量機1および測定対象2の動作について説明する。図6は、第1の実施形態に係るフローチャートである。図6のフローチャートを実行する制御プログラムは、測量機1の記憶部61に記憶され、制御演算部60によって実行される。この制御プログラムは、CDROM等の記憶媒体に格納して提供可能である。

30

【0048】

まず、測量機1は、測定対象2の方向を探索する探索モードとなる。測量機1は、水平回転モータ15を駆動させて測量機本体10を水平回転し（ステップS1）、扇状レーザ光照射部13から扇状レーザ光3a、3b、3cを回転照射する（ステップS2）。この際、測量機1は、水平角エンコーダ16によって所定の時間間隔で水平角を検出し、これを記憶部61に記憶する。

【0049】

測定対象2は、扇状レーザ光3a、3b、3cを扇状レーザ光受光体6で受光する（ステップS3）。この際、測量機1は、扇状レーザ光3a、3b、3cの本数に対し、受光信号の数が少なければ光量不足であるとして、受光感度を上げる制御を行い、受光信号の数が多ければ不要な反射物が存在するとして、受光強度を下げる制御を行う。次に、測定対象2の制御演算部62は、扇状レーザ光3a、3b、3cの受光信号70a、70b、70cから測量機1と測定対象2との間の高低角を演算する（ステップS4）。高低角と受信信号70a、70b、70cの受光時刻は、無線通信部63により測量機1に送信される（ステップS5）。なお、上述のとおり、測定対象2は、高低角を演算せず、受光信号70a、70b、70cの受光時刻のみを測量機1に送信してもよいし、測定対象2は、受光通知のみを測量機1に送信し、その後高低角を算出して測量機1に送信してもよい。

40

【0050】

測量機1は、測定対象2から高低角と受光時刻を受信できない場合、すなわち、扇状レ

50

ーザ光 3 a、3 b、3 c により測定対象 2 を検出できない場合には、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の照射方向を鉛直回りに変更する。一方、測量機 1 は、高低角と受光時刻を受信すると（ステップ S 6）、受光時刻から水平角を算出する（ステップ S 7）。

【0051】

そして、測量機 1 は、鉛直回転モータ 1 8 および水平回転モータ 1 5 を駆動させて視準の位置合わせを行う（ステップ S 8）。視準が完了すると、測量機 1 は、測定対象 2 を追尾する追尾モードに移行する。測量機 1 は、追尾光照射部 4 2 から追尾光 4 を照射する（ステップ S 9）。測定対象 2 のコーナーキューブ 7 で反射した追尾光 4 が受光したか否かを判定し（ステップ S 1 0）、追尾光受光部 4 3 が追尾光 4 を受光できない場合（ステップ S 1 0 の NO）、すなわち視準範囲外であった場合には、測量機 1 は、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c と追尾光 4・測距光 5 の水平面における出射方向は同一であることから、鉛直方向に回転して視準の位置合わせを再度行い（ステップ S 8）、追尾光 4 を再度照射する（ステップ S 9）。

10

【0052】

追尾光受光部 4 3 が追尾光 4 を受光できた場合には（ステップ S 1 0 の YES）、追尾の位置合わせを行う（ステップ S 1 1）。追尾の位置合わせでは、受光した追尾光 4 の重心位置が追尾光受光部 4 3 の受光素子の中心位置（視準中心）となるように位置を合わせる（ステップ S 1 2）。そして、視準中心になった時（ステップ S 1 2 の YES）、測量機 1 は測距・測角を行う（ステップ S 1 3）。視準中心でない場合には（ステップ S 1 2 の NO）、ステップ S 1 0 に戻る。

20

【0053】

（第 1 の実施形態の優位性）

第 1 の実施形態によれば、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c は、測定対象 2 の探索領域が広いと、測定対象 2 の探索時間を短縮することができる。この扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c により、測量機 1 は概略の視準を行い、略平行光である追尾光 4 により、精密な視準を行う。

【0054】

また、第 1 の実施形態によれば、測定対象 2 側で扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c を受光するとともに、測定対象 2 側で測定対象 2 の存在する方向を演算する構成にすることができる。

30

【0055】

さらに、鉛直面内に照射方向を変更することにより、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の探索領域に測定対象 2 がいない場合であっても、測定対象 2 を迅速に探索することができる。また、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c で測定対象 2 を探索できたが、追尾光 4 の視準範囲内に測定対象 7 2 がいない場合であっても、鉛直方向に駆動することにより、測定対象 2 を視準することができる。

【0056】

2. 第 2 の実施形態

以下、扇状レーザ光照射部および扇状レーザ光受光部を備える測量機および測量システムの一例について説明する。なお、第 1 の実施形態と同様の構成については省略する。

40

【0057】

（測量機および測定対象の構成）

図 7 は、第 2 の実施形態に係る測量機および測定対象のブロック図であり、図 8 は、扇状レーザ照射部と扇状レーザ受光部の光学系を示す図である。測量機 7 1 は、図 7 に示すように扇状レーザ光受光部 7 3 を備え、測定対象 7 2 は、コーナーキューブ 7 のみを備える。扇状レーザ光受光部 7 3 は、図 8 に示すように、扇状レーザ光源 2 0 とリレーレンズ 2 1 との間に孔明ミラー 7 4 と、受光素子 7 5 とをさらに備える。

【0058】

測量機 7 1 の制御演算部 6 0 は、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c を扇状レーザ光受光部 7 3 で受光すると、制御演算部 6 0 は、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の受光時刻と水平

50

角エンコーダ16の検出値に基づいて、水平角を算出する。また、測量機71の制御演算部60は、扇状レーザ光3a、3b、3cの受光信号70a、70b、70cの時間間隔比に基づいて、高低角を算出する。なお、算出した高低角は、特に測量機71と測定対象72とが近距離の場合に、以下の位置オフセットによりズレが生じる。

【0059】

以下、扇状レーザ光3a、3b、3cと追尾光4・測距光5との間における位置オフセットについて説明する。図9は、扇状レーザ光と追尾光4・測距光5との位置オフセットの説明図である。Oは望遠鏡部の視準位置、O'は扇状レーザ光3a、3b、3cの出射位置、Pは測定対象72のコーナーキューブ7の位置である。測量機71における扇状レーザ光3a、3b、3cの光路と追尾光4・測距光5の光路は異なっており、位置オフセットHが存在する。

10

【0060】

図9の場合、扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出する高低角 θ' と実際の視準位置での鉛直角 θ の関係は、 $\theta > \theta'$ となる。測量機71と測定対象72との距離が近距離になると、角度オフセットの影響が大きくなるため、許容範囲内での使用が好ましい。例えば、位置オフセットHが300mmであった場合に、扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出する高低角 θ' と実際の視準位置での鉛直角 θ との差（角度オフセット）が1度程度生じる距離は約20mである。この程度の距離であれば、作業者がその影響度を判別し易い。この角度オフセットは、以下の手順で予め測量機71に設定することにより補正することができる。なお、角度オフセットは、予め定数として測量機71の記憶部61に記憶することもできる。

20

【0061】

(1) 適当な距離に測定対象72を設置する。

(2) 測定対象72のコーナーキューブ7を望遠鏡部30で視準し、鉛直角、水平角の測角を行う。

(3) 扇状レーザ光3a、3b、3cにより測定対象72の高低角、水平角を検出する。

(4) 相互の角度オフセットを記憶し、実際に扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出した高低角を角度オフセットで補正する。

【0062】

一方、扇状レーザ光3a、3b、3cと追尾光4・測距光5の出射方向は同一であり、扇状レーザ光照射部13と追尾光4・測距光5を照射する鏡筒部12は、同一の鉛直軸を中心として水平回転し、同一の水平角エンコーダ16によって水平角が検出される。このため、扇状レーザ光3a、3b、3cと追尾光4・測距光5との間に水平角における角度オフセットはない。したがって、扇状レーザ光3a、3b、3cで測定対象72の存在する方向を検出した場合に視準範囲外であっても、測定対象72の存在する方向は鉛直方向に限定する。よって、鉛直角と水平角の2つの角度オフセットがある場合と比べて、測量機71は短時間に測定対象72の存在する方向を検出することができる。

30

【0063】

ただし、扇状レーザ光3a、3b、3cと追尾光4・測距光5との間に水平角における角度オフセットがある場合、例えば、扇状レーザ光3a、3b、3cの出射方向と追尾光4・測距光5の出射方向が正反対である場合であっても、その角度オフセットを予め記憶部61に記憶し、扇状レーザ光3a、3b、3cにより検出した水平角を補正してもよい。また、上述の手順で水平角の角度オフセットを求めてもよい。

40

【0064】

(測量機および測定対象の動作)

以下、測量機71および測定対象72の動作について説明する。図10は、第2の実施形態に係るフローチャートである。図10のフローチャートを実行する制御プログラムは、測量機71の記憶部61に記憶され、制御演算部60によって実行される。この制御プログラムは、CDROM等の記憶媒体に格納して提供可能である。

【0065】

50

まず、測量機 7 1 は、測定対象 7 2 の方向を探索する探索モードとなる。測量機 7 1 は、水平回転モータ 1 5 を駆動させて測量機本体 1 0 を水平回転し（ステップ S 2 1）、扇状レーザ光照射部 1 3 から扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c を回転照射する（ステップ S 2 2）。この際、測量機 7 1 は、水平角エンコーダ 1 6 によって所定の時間間隔で水平角を検出し、これを記憶部 6 1 に記憶する。

【0066】

その後、扇状レーザ光受光部 7 0 は、測定対象 7 2 のコーナーキューブ 7 で反射した扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c を受光する（ステップ S 2 3）。この際、測量機 2 は、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の本数に対し、受光信号の数が少なければ光量不足であるとして、受光感度を上げる制御を行い、受光信号の数が多ければ不要な反射物が存在するとして、受光強度を下げる制御を行う。また、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c を受光できない場合は、位置オフセットがある鉛直方向に回転照射してもよい。

10

【0067】

次に、測量機 7 1 の制御演算部 6 0 は、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の受光信号から測量機 7 1 と測定対象 7 2 との間の高低角を演算し、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c の受光時刻と水平角エンコーダ 1 6 により水平角を演算する（ステップ S 2 4）。そして、測量機 7 1 は、鉛直回転モータ 1 8 および水平回転モータ 1 5 を駆動させて視準の位置合わせを行う（ステップ S 2 5）。

【0068】

視準が完了すると、測量機 7 1 は、測定対象 7 2 を追尾する追尾モードに移行する。測量機 7 1 は、追尾光照射部 4 2 から追尾光 4 を照射する（ステップ S 2 6）。測定対象 7 2 のコーナーキューブ 7 で反射した追尾光 4 が受光したか否かを判定し（ステップ S 2 7）、追尾光受光部 4 3 が追尾光 4 を受光できない場合、すなわち視準範囲外であった場合には（ステップ S 2 7 の NO）、測量機 7 1 は、位置オフセットがある鉛直方向に回転して視準の位置合わせを再度行い（ステップ S 2 5）、追尾光 4 を再度照射する（ステップ S 2 6）。なお、追尾光受光部 4 3 が追尾光 4 を受光できない場合、測量機 7 1 は、外乱光等の影響によって測定対象 7 2 の概略方向が検出できなかったことが考えられるため、扇状レーザ光 3 a、3 b、3 c により測定対象 7 2 を再探索してもよい。

20

【0069】

追尾光受光部 4 3 が追尾光 4 を受光できた場合には（ステップ S 2 7 の YES）、追尾の位置合わせを行う（ステップ S 2 8）。追尾の位置合わせでは、受光した追尾光 4 の重心位置が追尾光受光部 4 3 の受光素子の中心位置（視準中心）となるように位置を合わせる（ステップ S 2 9）。そして、視準中心になった時（ステップ S 2 9 の YES）、測量機 7 1 は測距・測角を行う（ステップ S 3 0）。視準中心でない場合には（ステップ S 2 9 の NO）、ステップ S 2 7 に戻る。

30

【0070】

（第 2 の実施形態の優位性）

第 2 の実施形態によれば、測定対象 7 2 は反射体（コーナーキューブ 7）のみを備える構成にすることができる。測量機 7 1 側で測定対象 7 2 の存在する方向を演算する構成にすることができる。

40

【産業上の利用可能性】

【0071】

本発明は、測定対象に設けられた反射体を追尾して測距・測角を行う測量機に利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図 1】測量システムの構成例を示す図である。

【図 2】測量機の一例を示す図である。

【図 3】扇状レーザ光照射部の光学系の配置図（A）と鏡筒部内の光学系の配置図（B）である。

50

【図４】第１の実施形態に係る測量機および測定対象のブロック図である。

【図５】扇状レーザ光による高低角の算出方法の説明図（Ａ）～（Ｄ）である。

【図６】第１の実施形態に係るフローチャートである。

【図７】第２の実施形態に係る測量機および測定対象のブロック図である。

【図８】扇状レーザ照射部と扇状レーザ受光部の光学系を示す図である。

【図９】扇状レーザ光と追尾光・測距光との位置オフセットの説明図である。

【図１０】第２の実施形態に係るフローチャートである。

【符号の説明】

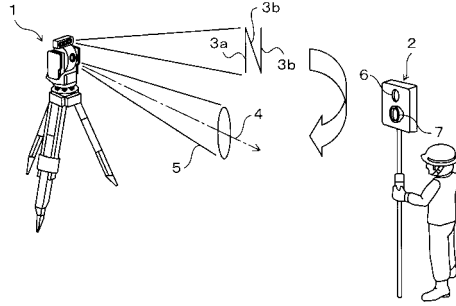
【００７３】

１…測量機、２…測定対象、３ａ、３ｂ、３ｃ…扇状レーザ光、４…追尾光、５…測距光、６…扇状レーザ光受光体、７…コーナーキューブ、８…基板部、９…鉛直軸、１０…測量機本体、１１…水平軸、１２…鏡筒部、１３…扇状レーザ光照射部、１４…水平回転駆動ギア、１５…水平回転モータ、１６…水平角エンコーダ、１７…鉛直回転駆動ギア、１８…鉛直回転モータ、１９…鉛直回転エンコーダ、２０…扇状レーザ光源、２１…リレーレンズ、２２、２３、２４…分割プリズム、２５、２６、２７…シリンдриカルレンズ、３０…望遠鏡部、３１…追尾光光学系、３２…測距光光学系、３３…対物レンズ、３４…ダイクロイックプリズム、３５…合焦レンズ、３６…正立プリズム、３７…焦点鏡、３８…接眼レンズ、３９、４０、４１…プリズム、４２…追尾光照射部、４３…追尾光受光部、４４…追尾光軸、４５…孔明ミラー、４６…リレーレンズ、４７…追尾用レーザ光源、４８…リレーレンズ、４９…受光素子、５０…追尾光照射部、５１…測距光受光部、５２…測距光軸、５３…孔明ミラー、５４…リレーレンズ、５５…測距用レーザ光源、５６…リレーレンズ、５７…受光素子、６０…制御演算部、６１…記憶部、６２…制御演算部、６３、６４…無線通信部、６５…操作部、６６…記憶部、７０ａ、７０ｂ、７０ｃ…受光信号、７１…測量機、７２…測定対象、７３…扇状レーザ光受光部、７４…孔明ミラー、７５…受光素子。

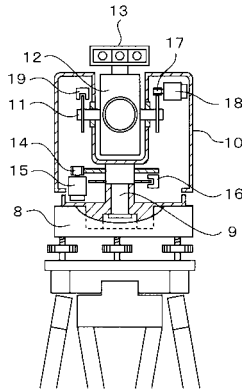
10

20

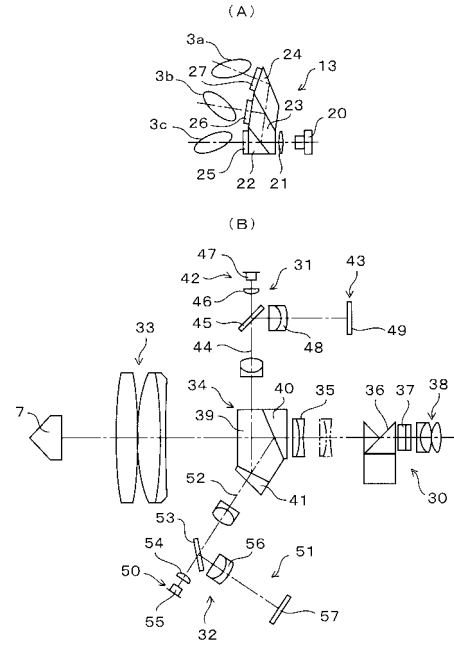
【図 1】



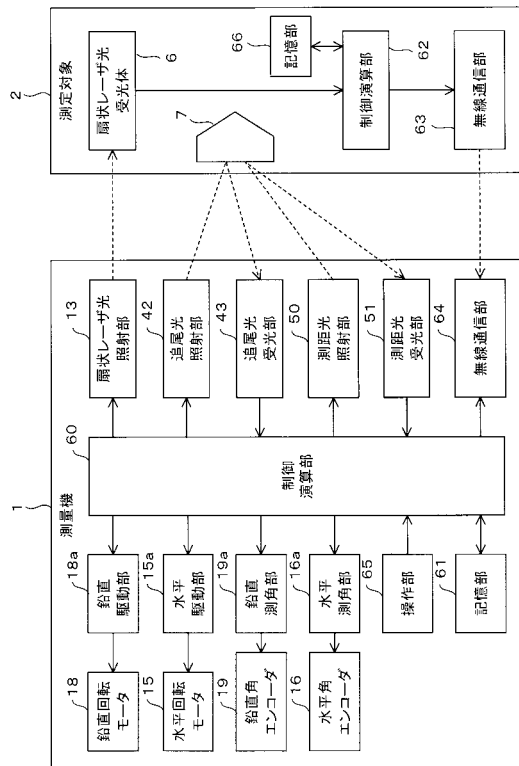
【図 2】



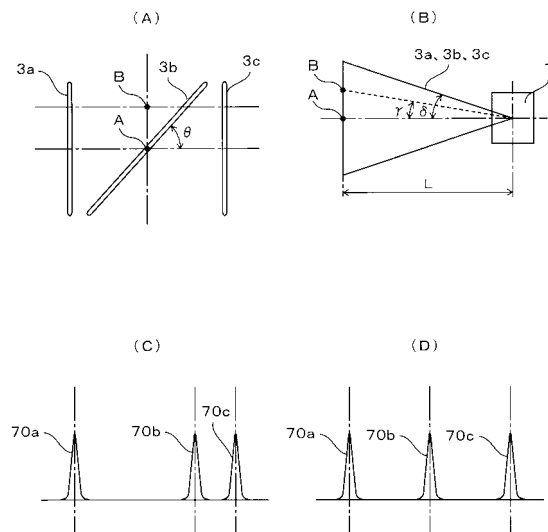
【図 3】



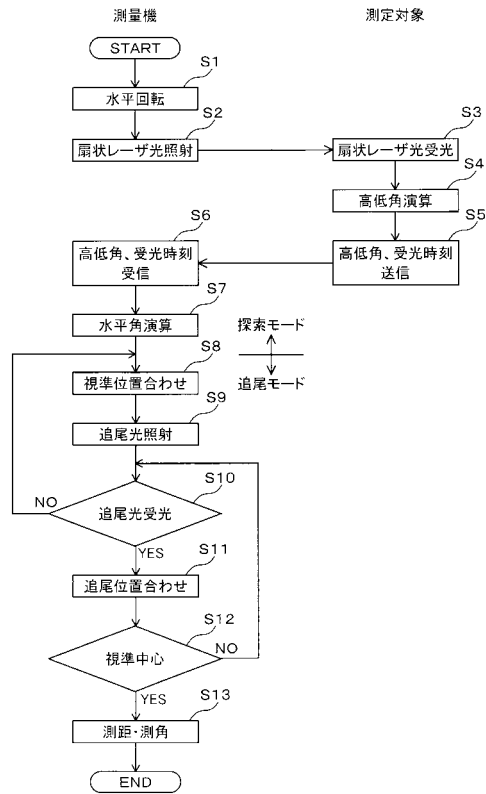
【図 4】



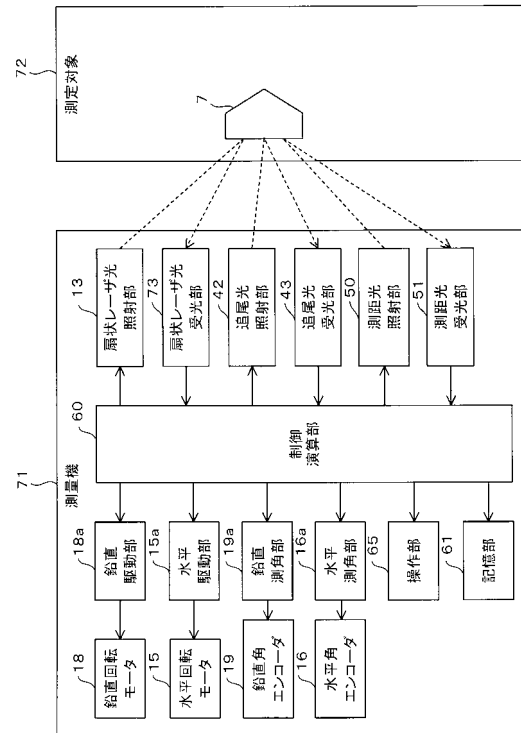
【図 5】



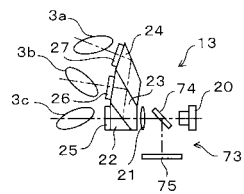
【図 6】



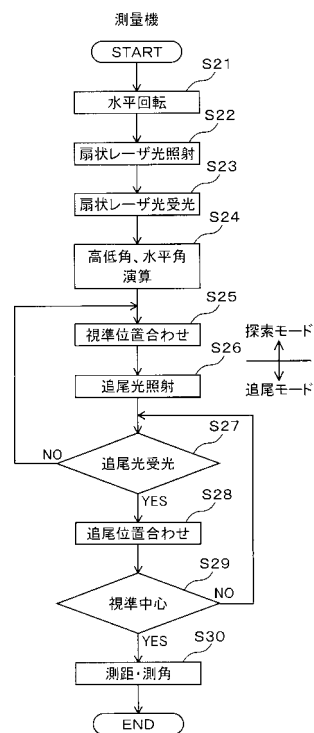
【図 7】



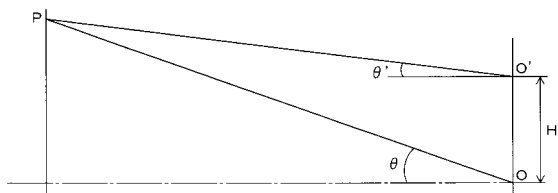
【図 8】



【図 10】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-005660 (JP, A)
特開2006-226881 (JP, A)
特開2005-274228 (JP, A)
特開2006-337302 (JP, A)
特開2002-039755 (JP, A)
特開平05-322569 (JP, A)
特開2006-105833 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C15/00
G01C3/00-3/32