

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6722876号
(P6722876)

(45) 発行日 令和2年7月15日(2020.7.15)

(24) 登録日 令和2年6月25日(2020.6.25)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 C 15/00 (2006.01)
 GO 1 C 15/00 1 0 3 A
 GO 1 C 15/00 1 0 3 E

請求項の数 7 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-239281 (P2018-239281) (22) 出願日 平成30年12月21日(2018.12.21) (65) 公開番号 特開2019-117191 (P2019-117191A) (43) 公開日 令和1年7月18日(2019.7.18) 審査請求日 平成31年2月4日(2019.2.4) (31) 優先権主張番号 特願2017-248602 (P2017-248602) (32) 優先日 平成29年12月26日(2017.12.26) (33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国(JP)</p>	<p>(73) 特許権者 599157284 クモノスコーポレーション株式会社 大阪府箕面市船場東2丁目1番15号 (74) 代理人 100101454 弁理士 山田 卓二 (72) 発明者 杉原 裕明 長野県上田市上丸子1078 シナノケン シ株式会社内 審査官 櫻井 仁</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 三次元レーザー光走査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザー光を周囲環境に投射して戻る反射光を受光し測定対象物の三次元座標を求める三次元レーザー光走査装置であって、

レーザー光を出射するレーザー光源および該レーザー光が測定対象物から反射されて戻る戻り光を受光する受光器を備えた光学ユニットと、

前記レーザー光源から出射されるレーザー光の光路を偏向させると共に前記戻り光の光路を偏向させるミラーおよび該ミラーを第1の軸回りに回転させる回転機構を備えたミラー駆動部と、

前記光学ユニットおよび前記ミラー駆動部を前記第1の軸と直交する第2の軸回りに回転または回動させる本体駆動部と、

レーザー光源から出射した前記レーザー光と測定対象物から反射されて戻る前記戻り光とを比較して得られる前記測定対象物まで距離および前記第1の軸ならびに前記第2の軸の回転角度に基づいて前記測定対象物の三次元座標値を演算して記憶するとともに、前記ミラー駆動部の回転および前記本体駆動部の回転または回動の制御を行う制御部と

を備え、

前記制御部は、

前記測定対象物が平面で且つ前記平面に直交する方向に対して前記第2の軸が所定の角度で交叉するとき、前記平面における測定対象が近傍から遠端になるに従い、前記第2の軸の回転または回動の角速度を漸減させ、

10

20

前記測定対象が近傍から遠端になるに従い、前記第 1 の軸の回転の角速度を前記第 2 の回転または回動の角速度の変化に対応させて漸減させる、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の三次元レーザー光走査装置であって、

前記制御部は、あらかじめ通常より粗い密度で測定された前記平面の測定結果に基づいて、設定された測定点密度の基準を満たすように、前記第 2 の軸の回転または回動の角速度を制御する、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の三次元レーザー光走査装置であって、

前記制御部は、あらかじめ通常より粗い密度で測定された前記平面の測定結果に基づいて、設定された測定点密度の基準を満たすように、前記第 1 の軸の回転の角速度を制御する、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 4】

レーザー光を周囲環境に投射して戻る反射光を受光し測定対象物の三次元座標を求める三次元レーザー光走査装置であって、

レーザー光を出射するレーザー光源および該レーザー光が測定対象物から反射されて戻る戻り光を受光する受光器を備えた光学ユニットと、

前記レーザー光源から出射されるレーザー光の光路を偏向させると共に前記戻り光の光路を偏向させるミラーおよび該ミラーを第 1 の軸回りに回転させる回転機構を備えたミラー駆動部と、

前記光学ユニットおよび前記ミラー駆動部を前記第 1 の軸と直交する第 2 の軸回りに回転または回動させる本体駆動部と、

レーザー光源から出射した前記レーザー光と測定対象物から反射されて戻る前記戻り光とを比較して得られる前記測定対象物まで距離および前記第 1 の軸ならびに前記第 2 の軸の回転角度に基づいて前記測定対象物の三次元座標値を演算して記憶するとともに、前記ミラー駆動部の回転および前記本体駆動部の回転または回動の制御を行う制御部と

を備え、

前記制御部は、

前記測定対象物が平面で且つ前記平面に直交する方向に対して前記第 2 の軸が所定の角度で交叉するとき、前記測定対象面が近傍から遠端になるに従って、1 つの測量点への前記レーザー光の照射時間または前記レーザー光の強度を増加させる、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の三次元レーザー光走査装置であって、

前記制御部は、前記測定対象面が近傍から遠端になるに従い、前記第 2 の軸の回転または回動の角速度を漸減させる、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の三次元レーザー光走査装置であって、

前記制御部は、あらかじめ通常より粗い走査を行い、前記第 2 の軸を制御して回転または回動させる範囲の情報を取得する、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の三次元レーザー光走査装置であって、

前記制御部は、あらかじめ通常より粗い走査を行い、前記第 1 の軸を制御して回転させる範囲の情報を取得する、ことを特徴とする三次元レーザー光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、三次元レーザー光走査装置に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

測定対象物にレーザー光を照射し、その反射光を受光して距離を測定するレーザー測距技術は、様々な分野で活用されている。特に、ファクトリーオートメーション（FA）の分野では従来から広く利用されており、さらに、最近では自動車の衝突安全回避用のレーザーレーダーが実用化され、さらなる需要の拡大が期待されている。

【0003】

また、建設市場においても、ICT施工（情報化施工）の普及が促進され、工事現場の施工前、施工後の三次元データの計測が必要になり、建設用途向け三次元レーザー光走査装置の需要が伸びている。三次元レーザー光走査装置は、また、土木建築・建設分野に限らずその活用は多岐にわたり、工場やプラント、文化財調査保存、製品検査、リバーエンジニアリング、犯罪・事故現場捜査解析、森林調査、農業、バーチャルリアリティ等、様々な分野で利用されている。

【0004】

以下従来の三次元レーザー光走査装置を説明する。

従来の三次元レーザー光走査装置には、レーザー光を出力するレーザー光源と測定対象物から反射されて戻る戻り光を受光する受光器とを備える光学ユニット、レーザー光を周囲環境の測定対象物に投射する走査装置として、レーザー光源からのレーザー光を水平軸回りに回転するミラーによって光路を偏向して周囲環境に投射するミラー回転駆動機構、このミラー回転駆動機構および光学ユニットを垂直軸回りに回転させて、水平方向に走査させる水平回転機構を備えたものがある。そして、光学ユニット内に、出射するレーザー光と測定対象物から反射して戻った戻り光との時間差や位相差から、測定対象物までの距離を算出し、測定対象物までの距離、ミラー回転駆動機構のミラー回転角度、水平回転機構の回転角度から測定対象物の三次元座標情報を得る制御部を備えている。

この制御部は、測定対象となる周囲環境の三次元座標情報を算出する演算装置とともに、レーザー光源、受光器、ミラーや装置の回転駆動を制御する制御機構を備え、また、算出した三次元座標情報を外部に出力する機能を有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特表2009-531674号公報

【特許文献2】特表2015-535337号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

（走査不能領域の存在）

従来の三次元レーザー光走査装置（以下従来の装置ともいう）を土木建設現場で用いる場合、三脚などの支持構造体を設置した上で使用する。この場合、従来の装置は、本体装置を水平面に垂直な軸まわりに回転しながら、水平面に対して45度になるミラーを水平な軸まわりに回転させるため、設置場所の直下近傍が走査できない。この測定できない領域を「走査不能領域」という。

例えば、道路舗装の工事完了部分である出来形を確認する場合、従来の装置を使って測量するには、走査不能領域を意識して、路側（ろそく）に従来の装置の三脚において、測量を行う必要がある。また、道路内で測量する場合には、設置場所直下近傍の走査不能領域を考慮して、走査不能領域を解消するように測定領域を重複して測量を行う必要がある。

このため、測定回数が多くなり、測定時間も増加する。また、重複測定部分が多くなり、その分、後処理にも時間がかかる。

【0007】

（点群データの密度ばらつき）

同様に、従来の装置を土木建設現場で用いる場合、従来の装置は、ミラーを水平軸回り

に定速度で高速に回転させるとともに、本体を垂直軸回りに回転させて、レーザー光を周囲環境に投射する構造であるため、一定間隔の時間で測距を行うことによって得られる点群データは、測定を行う領域によって密度にばらつきが生じる。例えば、道路舗装の出来形を確認する際には、従来の装置の設置場所から近い領域においては、点群データ密度は高いが、遠くに行くにしたがって点群データの密度は低くなる。

これは、ミラーの回転が定速度であるため、一定時間間隔によって生じる回転角度の差は同じであっても、ミラーによって反射されたレーザー測距のレーザー光が到達する距離が遠い領域においては、距離が近い領域と比較して道路面に照射されるレーザー光の間隔が大きく広がってしまうからである。つまり、従来の装置と測定対象面である道路との \tan の傾きが によって大きく異なるためである。

10

【0008】

一方、道路の出来形の確認には、規定の広さに何点以上の点群データを要するという基準が定められており、この水準以上の精度を必要とする。求められる精度を満たすように、測定可能な最遠端領域で点群データの密度が規定以上になるようにすると、こんどは、従来の装置の近傍の点群データの密度が過密となり、取得する点群データ量は、必要以上となってしまうアンバランスが生ずる。

【0009】

このように、装置から遠い領域を求められる測定精度を満たすように測定することは、必要以上に測定回数を増やすこととなって、出来形の確認作業に時間がかかることになる。また、従来の装置の近傍については、必要以上の測定をするため、必要以上の点群データを取り込み、記憶していることになるので、過大なデータ量を記憶する記憶装置、データ処理のために過大なハードウェアを必要として装置のコストがかさみ、また、多量なデータの処理が必要となり、データ処理がリアルタイムでできない問題が生ずる。

20

【0010】

(反射率の低下の問題)

加えて、従来の装置を土木建設の現場で用いる場合、特定の面の測定を要求されることが多い。例えば、道路や法面、擁壁や護岸等である。

道路などの面を測定対象面とすると、装置から遠くなると、反射角度が小さくなるので、測定点に入射するレーザー光の角度は小さくなって、反射が少なくなる。また、道路舗装の出来形検査では、アスファルト舗装面にレーザー光を当てるが、アスファルトのよ

30

【0011】

このように、三次元レーザー光走査装置から遠い地点から戻ってくる戻り光が少なくなると、測定精度が悪化することになる。このため、点群データ密度の基準を満たしたとしても、必要な測定精度を満たさなくなるため、測定範囲が狭くなってしまふ。測定範囲が狭くなると、測定回数を多くする必要があり、また、測定時間も増加する。

【0012】

(過大なデータ量の問題)

従来の装置は、要求される点群データの密度の水準を満たそうとすると、近傍については、多くの点群データを取り込んでいる。この取り込んだ点群データを用いて、現場で設計図面と比較して出来形確認を行うことは難しい。例えば、測定対象面が道路である場合、道路以外のものに照射されて測定された点群データは、不要のものであるので、一連の測定作業が完了してから後処理で点群データを加工することになる。このため、データ処理に時間がかかっており、現場でリアルタイムに行われるのが好ましい設計図面と比較する出来形検査には適さない問題がある。また、一連の測定作業で、多量の点群データを保持する必要があり、その点群データの記憶のために大容量の記憶装置が必要となる。また、点群データから三次元座標値に基づく画像を生成するなどの情報処理を行う装置を高速化する必要もあり、ハードウェアのコストが高くなる問題がある。

40

【0013】

本発明は、このような問題を解決するもので、従来の三次元レーザー光走査装置の機構

50

を大きく変更することなく、点群データの密度のばらつきを低減できる三次元レーザー光走査装置を提供することを目的とする。また、測定対象面の測定時間を短縮でき、測定効率を向上することができる三次元レーザー光走査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】

【0014】

上記課題を解決するために、本発明の第1の側面の三次元レーザー光走査装置は、レーザー光を周囲環境に投射して戻る反射光を受光し測定対象物の三次元座標を求める三次元レーザー光走査装置であって、レーザー光を出射するレーザー光源および該レーザー光が測定対象物から反射されて戻る戻り光を受光する受光器を備えた光学ユニットと、レーザー光源から出射されるレーザー光の光路を偏向させると共に戻り光の光路を偏向させるミラーおよび該ミラーを第1の軸回りに回転させる回転機構を備えたミラー駆動部と、光学ユニットおよびミラー駆動部を第1の軸と直交する第2の軸回りに回転または回動させる本体駆動部と、レーザー光の伝搬時間および第1の軸ならびに第2の軸の回転角度に基づいて測定対象物の三次元座標値を演算して記憶するとともに、ミラー駆動部の回転および本体駆動部の回転または回動の制御を行う制御部とを備え、測定対象物は、平面である測定対象面であり、測定対象面に直交する方向に対して第2の軸方向が所定の角度で交叉することを特徴する。

10

【0015】

なお、制御部は、測定対象面が近傍から遠端になるに従い、第2の軸の回転または回動の角速度を漸減させることが好ましく、また、測定対象面が近傍から遠端になるに従い、第1の軸の回転の角速度を第2の回転または回動の角速度の変化に対応させて漸減させることが好ましい。

20

【0016】

また、本発明の制御部は、あらかじめ通常より粗い密度で測定された測定対象面の測定結果に基づいて、設定された測定点密度の基準を満たすように、第2の軸の回転または回動の角速度を制御し、あるいは、第1の軸の回転の角速度を制御することが好ましい。

【0017】

また、本発明の他の側面の三次元レーザー光走査装置の制御部は、測定対象面が近傍から遠端になるに従って、1つの測量点への前記レーザー光の照射時間またはレーザー光の強度を増加させることを特徴とする。

30

【0018】

なお、本発明の制御部は、あらかじめ通常より粗い走査を行い、第2の軸を制御して回転または回動させる範囲の情報を取得し、また、第1の軸を制御して回転させる範囲の情報を取得することができる。

【発明の効果】

【0019】

量産可能な装置を用いて、測定対象面の点群データの密度のばらつきを低減でき、測定時間を短縮し、測定効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】三次元レーザー光走査装置の構成を示す図である。

【図2】従来の三次元レーザー光走査装置による点群の分布を示す上面図である。

【図3】第1の実施の形態の三次元レーザー光走査装置を路側に設置した例を示す図である。

【図4】第1の実施の形態での道路での点群の分布の例を示す図である。

【図5】第2の実施の形態での本体回転軸の制御を示す図である。

【図6】第2の実施の形態での効果を示す図である。

【図7】第3の実施の形態でのミラー回転軸の制御を示す図である。

【図8】近端と遠端でのレーザー光の反射率の違いを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

40

50

【0021】

以下図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。

図1は、本発明の実施の形態に用いる三次元レーザー光走査装置の構成を示す図である。

この図1に示す三次元レーザー光走査装置の機械的な機構構成は、従来の三次元レーザー光走査装置と共通であり、後述するように、測定対象物が平面である点、本体軸まわりの回転または回動制御、ミラーの回転制御が従来の三次元レーザー光走査装置とは異なっている。

【0022】

まず、装置の構成とその動作について説明する、本実施の形態の三次元レーザー光走査装置は、レーザー光を周囲環境に投射して測定対象物から反射して戻った戻り光を受光して、測定対象物への距離、角度を検出して、測定対象物の三次元座標情報を得る測量装置として構成されたものである。

10

【0023】

この三次元レーザー光走査装置は、三次元の走査装置として、水平面に対して45度傾いたミラーをモータにより回転させてレーザー光を垂直方向に投射するミラー回転駆動機構30、レーザー光を出射するレーザー光源および周囲環境から反射して戻る戻り光を受光する受光器とを備える光学ユニット20、これらのミラー回転駆動機構30と光学ユニット20とをミラーの回転軸方向と直交する方向(以下本体回転軸という)に回転させる本体回転機構を備えている。また、投射したレーザー光と測定対象物から反射して戻った戻り光との時間から測定対象物までの距離を算出し、ミラーの回転軸方向の回転角度、本体回転軸方向の回転角度から、測定対象物の三次元座標情報を得る演算装置を備える制御部25を有している。この制御部25は、装置の駆動制御も担う。

20

【0024】

以下装置の構成および動作を図1を参照して説明する。

光学ユニット20、ミラー回転駆動機構30を本体回転軸回りに回転させる本体回転機構は、基台10上で、光学ユニット20、ミラー回転駆動機構30が載置された載置台12の回転軸であるスピンドル13を回転駆動するモータ、減速機構を有する装置回転駆動機構11を有する。スピンドル13には、このスピンドル13の回転角度を検出するエンコーダ14が設けられている。

30

なお、三次元レーザー光走査装置1を測量に使用するときには、この基台10が三脚の上に取り付けられ、基台10とともに、本体も傾けることが可能となっている。

【0025】

光学ユニット20には、レーザー光41を出射するレーザー光源21、測定対象物から反射して戻った戻り光を受光する受光器として、ミラー22、集光レンズ23、受光センサ24を備えている。

【0026】

レーザー光源21は、赤外帯域の波長のレーザー光を出射できるレーザーダイオードがあり、レーザー光源21からは、レーザーダイオードで発生するレーザー光41が出射される。レーザー光の波長は、赤外波長で例えば約980nmの波長域のものである。レーザー光源21から出射したレーザー光41は、ミラー22の中心にある孔を通過して、ミラー回転駆動機構30のミラー33によって反射して周囲環境にある測定対象物へレーザー光41として出射される。

40

【0027】

測定対象物から反射して戻った戻り光42は、光学ユニット20内のミラー22によって反射され、集光レンズ23によって集光されて、受光センサ24に導かれる。集光された戻り光42は、受光センサ24で電気信号に変換され、その信号は制御部25へ送られる。

【0028】

ミラー回転駆動機構30は、光学ユニット20に相対した位置に設けられており、レー

50

ザー光源 2 1 からのレーザー光 4 1 を周囲環境の測定対象物に届くように、ミラー 3 3 を回転してレーザー光の光路の偏向を行う。また、測定対象物から反射して戻った戻り光 4 2 も光学ユニット 2 0 の受光器に届くようにミラー 3 3 で光路を偏向する。

【 0 0 2 9 】

ミラー 3 3 は、シリンダ (円筒) 3 2 の先端に 4 5 度の角度で取り付けられており、そのシリンダ 3 2 は、ミラー駆動モータ 3 1 により回転される。このミラーの回転軸は、装置が水平に置かれ、本体軸が垂直軸回りに回転するときは、水平軸回りである。また、シリンダ 3 2 には、エンコーダ 3 4 が取り付けられており、シリンダ 2 2 の回転角度を検出できるようになっている。シリンダ 3 3 は、ミラー回転軸回りに、例えば 2 0 0 0 r p m あるいは 6 0 0 0 r p m というような数千 r p m の高速度で回転する。この回転によって、シリンダ 3 2 の先端のミラー 3 3 は高速で回転し、レーザー光源 2 1 から出射したレーザー光 4 1 をミラー回転軸回りに周囲環境に出射する。すなわち装置が水平に置かれているときは、垂直方向に周囲環境を走査することになる。ただし、上述のように装置の下方方向については装置自身が障害となるために対象物との距離は測定できないので、垂直方向の走査空間は、平角以上に開いた扇形となり、装置の下方方向に走査不能領域ができる。

10

【 0 0 3 0 】

エンコーダ 3 4 は、シリンダ 3 2 の回転角度を検出して、このデータは制御部 2 5 に送出されているので、制御部 2 5 は、周囲環境への垂直方向の走査データを取得することができる。

20

【 0 0 3 1 】

装置は、基台 1 0 に減速装置の付いたモータによって駆動する装置回転駆動機構 1 1 が設けられており、装置回転駆動機構 1 1 が、光学ユニット 2 0、ミラー回転駆動機構 3 0 を載置した載置台 1 2 を本体回転軸回りに回転させる。この装置回転駆動機構 1 1 は、ミラー回転駆動機構とちがって、1 回転が数十秒から分単位 (数 r p m) となる程度の遅い回転角度で本体回転軸回り、すなわち、装置本体を傾けないときは水平方向に回転する。この装置回転駆動機構の回転により、装置は、ミラーの回転による垂直方向の走査とともに、水平方向の走査を行い、垂直、水平の三次元の走査を行うことができる。装置回転駆動機構 1 1 のスピンドル 1 3 には、エンコーダ 1 4 が取り付けられており、装置の本体回転軸回りの回転角度を検出する。

30

【 0 0 3 2 】

制御部 2 5 は、演算装置および記憶部を備えており、レーザー光源 2 1 から出射したレーザー光 4 1 と測定対象物から反射して戻った戻り光 4 2 とを比較し、T O F 方法あるいは位相差方法等によって測定対象物までの距離を算出する。そして、エンコーダ 3 4 からの本体回転軸回りの回転角度、エンコーダ 1 4 からのミラー回転軸回りの回転角度に基づいて、測定対象物までの距離、水平角度、垂直角度から、測定対象物の三次元座標情報を得る。この三次元座標情報は制御部 2 5 内の記憶部に記憶される。また、測定対象物の三次元座標情報は、インタフェースを介して、外部のパーソナルコンピュータなどに出力できる。同時に、制御部 2 5 は、レーザー光源 2 1 の変調発光制御、ミラー駆動モータ 3 1 等、装置の駆動、測定の制御も行う。

40

【 0 0 3 3 】

以下、測定対象物が道路面である実施の形態について説明する。

上述の三次元レーザー光走査装置が三脚の上に載置され、レーザー光が周囲に照射されて測量が行われるとする。

先述の通り、三次元レーザー光走査装置 (以下装置と略することもある) が三脚に載置された上で平面に設置されて走査を行った場合、装置の足元には測定不能領域ができる。三脚や装置の構造上の都合で下方方向へレーザー光が照射できないからである。

この状況を図 2 で示している。図 2 は装置を平面に置いて走査した際のレーザー光が照射される点の状況を上から見たものである。中心部にある円内の空白が測定不能領域である。また、中心からの距離が遠くなるにしたがって、レーザー光の照射される点の間隔

50

が広がっていく。

仮に道路面の長辺方向が上下になるよう上からみた場合、装置を道路右側の路側に設置するためには、この測定不能領域である円が道路面にかからないよう、道路と路側の境が測定不能領域の中心円の左縁に接するようになる必要がある。

よって、点群データの中心は道路面の外である路側の領域となるため、測定した点群データの半分以上が無駄となる。

【 0 0 3 4 】

(第1実施形態)

図3は、本発明の第1の実施の形態の一例であり、路側に置いた装置を三脚上で90度傾けて、本体回転軸を道路面に対して平行にするとともに、道路の短辺方向に本体回転軸方向を向けた様子を示している。

本体回転軸を90度傾けることで、基台10の本体回転軸、すなわち本体回転軸方向が垂直方向であったものが、水平方向になり、道路の短辺方向(道路を横断する方向)と平行となる。

一方、ミラーの回転軸は本体回転軸と直交しているので従来は水平であったものが、本実施形態では本体回転軸の回転に応じて変化することになる。ミラーの回転軸と本体回転軸とを回転させながら一定の時間間隔でレーザー光を照射すると、レーザー光が照射された測定対象である各点の連なりは言うなればレーザー光照射の軌跡と看做することができる。

先述のとおり、ミラーの回転軸における回転速度は本体回転軸の回転速度より1000倍程度速い。よって、本実施例でのレーザー光照射の軌跡は道路面の短辺方向に平行な筋となり、この筋が複数に道路面の長辺方向に現れる。

【 0 0 3 5 】

図4は、装置を路側において道路面に平行に装置を傾けて、レーザー光を出射したときの道路にレーザー光が照射される点(上述の軌跡、筋)を模式的に描いたものである。この場合、道路の短辺方向に平行にレーザー光照射の軌跡が形成される。本体回転軸が道路面に平行になるよう傾けられることにより本体回転軸が回転すると上述の軌跡は直前の軌跡と道路長辺方向に一定の間隔を以って平行となる。結果、道路短辺方向と平行な方向に伸びる複数の筋として道路面上にレーザー光が照射されることとなり、この軌跡に相当する点群データを取得することができる。

【 0 0 3 6 】

従来のように装置を水平に設置してレーザー光を照射した場合、装置を中心として同心円の点群データが形成されるのに対して、本実施例のように装置を90度傾けて、本体回転軸を道路面に平行にすると、道路短辺方向に平行なレーザー光照射の軌跡が道路長辺方向に複数平行して現れ、これに相当する点群データを得ることができる。この点群データは、装置を従来のように水平に置いたときに比べて、足元の走査不能領域が解消されるので、無駄な点群データは少なくなる。また、道路の長辺方向においては、従来に比べて遠くの点群密度は高くなる利点がある。

これにより、従来に比べると、測定可能距離が伸びるので、装置を路側に設置する回数を減らすことができ、段取り時間などを含めた総測定時間を短縮することが可能である。

【 0 0 3 7 】

なお、測定対象面は、必ずしも完全な平面であることはないので、三次元レーザー光走査装置の能力や許容される誤差などから、精密に90度傾ける必要はない。可能な角度の範囲で傾ければよく、道路面に対して厳密に平行である必要はない。測定対象が壁などの法面であれば、当該法面に対して概ね平行な角度に傾ければよい。

【 0 0 3 8 】

(第2実施の形態)

第2の実施の形態は、装置を道路面に対して90度傾けておいて、本体回転軸まわりの回転の速度、すなわち角速度を、装置の近傍を測定する際には高速に、測定する箇所が装置から遠ざかるにしたがって低速にするように制御する。

図3の第1の実施の形態は、装置足元の測定不能領域は解消するが、装置の近傍と遠端では点群データ密度に差異があり、近傍は密度が高く、遠端は密度が低い。なお、遠端とは、装置から計測可能な遠くの距離にある測定対象物の意味で用いている。

【0039】

第2の実施の形態では、本体回転軸の角速度を可変とし、測定対象が装置の近傍の際には角速度を速くし、遠端では角速度を遅くするように制御する。

図5は、本体回転軸の角速度と距離との対応関係を示す図であり、測定対象との距離が長くなる(=本体回転軸の回転角度が大きくなる)にしたがって、本体回転軸回りの角速度を漸減させている。

【0040】

図6は、この第2の実施の形態における点群データの分布を模式的に示すものである。

道路面に垂直方向をZ軸、道路の短辺方向をX軸、長辺方向をY軸方向とする。第2の実施の形態では、装置の近傍、足元では、角速度を大きく、遠くに行くにしたがって、角速度が低下するので、Y軸方向の点群データの間隔を図6に示されるように、均整化することができる。

【0041】

この制御は、本体回転軸に設けられているエンコーダ14により回転の角度が検出されていることにより可能となる。エンコーダ14の検出出力に基づき、Z軸方向の角度を0度としたとき、水平方向である左右90度に近づくにしたがって、図5に示すように回転速度を遅くなるよう制御する。

【0042】

上述の説明は、本体回転軸を回転、すなわち、同一方向に回転させることで説明したが、本体軸を回動、すなわち、ある角度の範囲内で往復運動させるように制御してもよい。この場合、遠端部を照射する角度で本体軸の角速度が低下するので、一旦停止して逆方向に回るようにし、反対側の遠端部でも同様にする。すなわち、振り子のような軸運動になる。

この回動は、180度の幅で往復するようにしてもよいし、また、180度以上、以下でもよい。

このように、本体回転軸の角速度をレーザー光を照射する距離、すなわち、装置から測量点までの角度によって可変とすることで、点群データの密度の均整化を図ることが可能である。

【0043】

(第3実施の形態)

(X軸方向の点群データ密度均整化 ミラー回転速度の制御)

第2の実施の形態で、本体回転軸の角速度を変化させることで、道路の長辺方向であるY軸方向での点群データ密度を均整化できることを説明した。

一方、道路の短辺(横断)方向であるX軸方向でも装置の近傍から遠端に行くにしたがって、点群データの密度は低くなるので、装置の近傍と遠端とでは、点群データ密度にばらつきが生ずる。

【0044】

ここで、本体回転軸の角速度を変化させると同様にミラー回転軸の角速度を変化させることを考える。

ミラー回転軸の回転は、上述のように、2000rpmから6000rpmというように数千rpmで回転させており、数rpm程度の速度で回転する本体軸回転速度と異なり、経済的な部品を採用した三次元レーザー走査装置では、1回転中での角速度の可変制御は困難である。

しかしながら、本体回転軸の回転の角速度をY軸方向の距離に対応して可変に制御しても、X軸方向の点群データ密度は、装置の近傍と遠端とでは、X軸方向の点群データの密度が異なっている。

【0045】

10

20

30

40

50

そこで、図7に示すように、Y軸方向の距離、すなわち、本体回転軸の角度に応じてミラーの回転速度を漸減可変とすることで、道路のY軸方向の近傍と遠端とでの点群データの密度均整化を図ることができる。

なお、装置から測定対象面である道路をみた近傍と遠端とでは、点群データの密度のアンバランスは完全に解消されない場合がある。この際には、遠端部で規定の点群データ密度となるようにした上で、近傍の点群過密領域において、点群データを間引くようにしてもよい。このようにして、点群データ全体の精度とデータ総量のバランスをとることが可能である。

【0046】

(第4実施の形態)

(近傍から遠端に行くに伴う光量低下による計測精度の悪化の抑止)

図8は、三次元レーザー光走査装置から照射されるレーザー光の様子を示すものである。三次元レーザー光走査装置は、三脚の上に載置されており、近くの地表面と遠くの地表面とのそれぞれについてのレーザー光の入射する角度が異なることを明示している。

このように、照射距離が長くなる(遠い)地点ほど光路長が伸びることによる反射光量の減衰がある。また、入射角が浅くなることによる反射光量の低下が生ずる。さらに、測定対象面である道路面がアスファルトのような光を吸収しやすい低反射率な素材であると、道路面で反射して戻る戻り光の光量はさらに低下するので、測距精度の低下に結びつく。従って、レーザー光の発光量が一定であると、遠い地点ほど測距精度が低下してしまうことになる。

【0047】

このような測距精度の低下を補償するため、1点の測距にかかる時間を長くすることで対応する。この「測距にかかる時間を長くする」とは、同一点の測距においてレーザー光測距を通常の数倍回行い平均値を求めて精度を向上させることや、レーザー光測距の際に照射するレーザー光の変調基準周波数をより低い周波数に変更することである。

通常では多数の点群データを短時間で取得することが求められるために、変調基準周波数には例えば1GHzといった周波数が採用される。この周波数を維持したまま同一点に対して複数回の測距を行って平均値を求めても良いし、変調基準周波数をより低い周波数の発振回路に切り換えたり分周器などで低周波化したりするなどして同一点の測距におけるレーザー光照射時間を長くしても良い。また、この両者を組合せ、変調基準周波数をより低い値にしつつ同一点に対して複数回の測距を行っても良い。

【0048】

従来の三次元レーザー光走査装置では、測距精度を決める変調基準周波数以外に複数の変調周波数を用いて中精度な中距離測距や低精度な長距離測距といった特徴のある測距を同時に行い、これらの結果を合成してレーザー光測距を実現している。例えば1GHz、1000kHz、100kHzといった周波数が採用される。

これらは個別に発振回路を設けても良いが、精度に影響力のある一番周波数が高い変調基準周波数で発振させ他の周波数は分周やPLLなどで生成させると精度安定度が向上する。

位相差方式での場合、変調基準周波数を掃引することによってレーザー光照射時間を増加させても良い。掃引を施すことで、出射されるレーザー光41と測定対象に反射されて戻る戻り光42との比較の際に変調基準周波数の変化が距離成分として加味されるため、測距精度向上につながる。

【0049】

以上の場合、1点に当たる照射時間を長くするように制御するものであるが、反射して戻る光量の低下を補償しようとするものであるので、レーザー光源から出射されるレーザー光の強度を距離によって増加するように制御してもよい。

【0050】

(第5実施の形態)

(予備的粗走査による走査パラメーターの取得)

10

20

30

40

50

上述の走査の前にあらかじめ粗走査を行って、測定を行う測定対象物を認識して、本走査のための各種パラメータを設定して、測定を行うことができる。

まず、測定の事前設定として、「測定に必要な最低限の点群密度」や「許容される測距精度」などの情報を入力しておき、三次元レーザー光走査装置を測定対象である道路工事現場近傍に設置する。

操作者は、装置に対して一次粗走査を指示し、装置は、一次粗走査として、通常より粗い点密度での走査を行い、周囲に存在する測定面を検出する。そして、所定の条件に合致する面を測定対象面として自動認識する。続けて二次粗走査を自動認識した対象面に対して行う。この際に、「対象面の全領域で点群データ密度が所定値以上になること」、「対象面内の各領域の計算上の反射率および実際の受光量より測距精度を担保するための必要な1点あたりの測距時間」などを考慮して本体回転軸、ミラー回転軸の変化範囲および角速度変化特性などの各種パラメータを決定する。

10

そして、この決定されたパラメータに基づいて本走査を行う。

【0051】

このような手順を自動的に実行することで、三次元レーザー光走査装置を測定対象物である道路などに設置してから点群データを取得するまでの時間が大幅に短縮され、かつ、必要十分な精度で無駄な情報のない利用効率の高い点群データを取得することができる。

【0052】

以上、本発明について好適な実施の形態を説明したが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、発明の精神を逸脱しない限り多くの改変を施すことが可能であるのはもちろんである。

20

【0053】

(産業上の利用可能性)

本発明では、三次元レーザー光走査装置のミラー回転駆動機構、光学ユニット、本体回転駆動機構は、従来装置と大幅な変更はなく、量産可能な三次元レーザー光走査装置を使用して、短時間で高精度な点群データを容易に得ることができる。

このため、装置のコストが高価になることなく、短時間で高精度な測定ができるので、道路面などの測量に用いた場合において、高い実用性を発揮できる。

【符号の説明】

【0054】

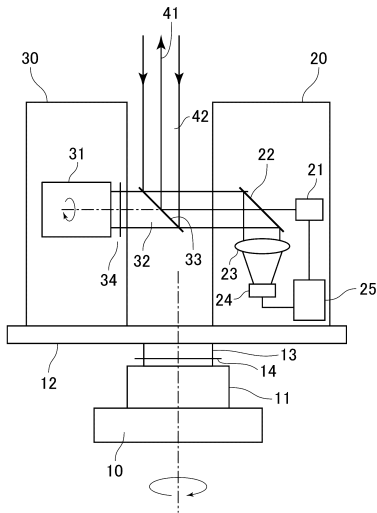
30

- 10 基台
- 11 装置回転駆動機構
- 12 載置台
- 13 スピンドル
- 14 エンコーダ
- 20 光学ユニット
- 21 レーザー光源
- 22 ミラー
- 23 集光レンズ
- 24 受光センサ
- 25 制御部
- 30 ミラー回転駆動機構
- 31 モータ
- 32 シリンダ
- 33 ミラー
- 34 エンコーダ
- 41 レーザー光
- 42 戻り光

40

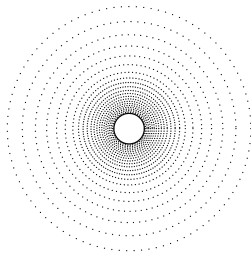
【 図 1 】

Fig.1



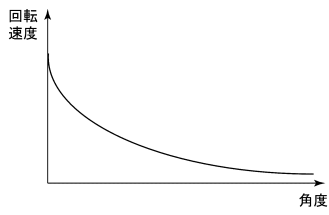
【 図 2 】

Fig.2



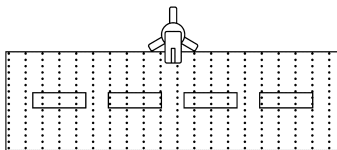
【 図 5 】

Fig.5



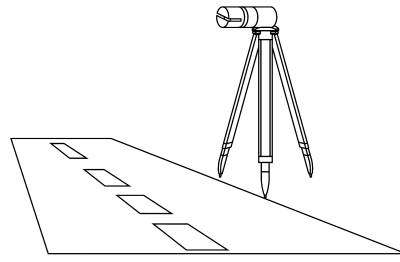
【 図 6 】

Fig.6



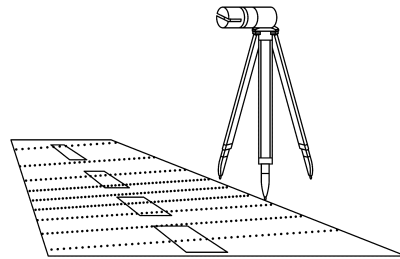
【 図 3 】

Fig.3



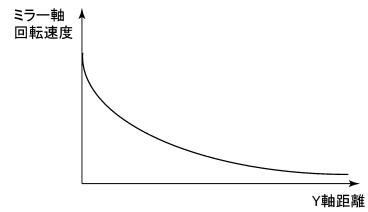
【 図 4 】

Fig.4



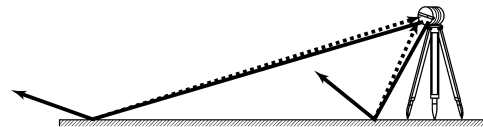
【 図 7 】

Fig.7



【 図 8 】

Fig.8



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2008-076303(JP,A)
特開2008-020370(JP,A)
特開2005-072654(JP,A)
米国特許出願公開第2009/0147319(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C 15/00
G01B 11/00 - 11/30
G01B 21/00 - 21/32