

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6498513号
(P6498513)

(45) 発行日 平成31年4月10日 (2019. 4. 10)

(24) 登録日 平成31年3月22日 (2019. 3. 22)

(51) Int. Cl.

F I

G O 1 C 15/00 (2006.01)

G O 1 C 15/00 1 O 3 A

G O 1 C 15/00 1 O 3 E

請求項の数 8 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-92816 (P2015-92816)	(73) 特許権者	000220343
(22) 出願日	平成27年4月30日 (2015. 4. 30)		株式会社トプコン
(65) 公開番号	特開2016-211873 (P2016-211873A)		東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号
(43) 公開日	平成28年12月15日 (2016. 12. 15)	(74) 代理人	100083563
審査請求日	平成30年4月23日 (2018. 4. 23)		弁理士 三好 祥二
		(72) 発明者	松本 秀之
			東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社
			トプコン内
		(72) 発明者	田中 康司
			東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社
			トプコン内
		(72) 発明者	林 彰二
			東京都板橋区蓮沼町 7 5 番 1 号 株式会社
			トプコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元測量装置及び3次元測量方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測距光を発光する光源部と、該光源部からの測距光を測距光軸上へ照射する投光光学部と、測定対象物からの反射光を受光する受光光学部と、該受光光学部で集光された前記反射光を電気信号へと変換する受光素子と、托架部に設けられ前記測定対象物に対して測距光を走査する走査部と、該走査部により走査される測距光の照射方向を検出する角度検出部と、前記托架部の振動量を検出する振動検出部と、閾値が格納された記憶部を有する制御演算部とを具備し、該制御演算部は、前記走査部の回転数が低回転数から最大回転数迄漸次増大する様制御し、回転数と検出された振動量と関連付けて前記記憶部に格納し、測定条件に基づき演算された回転数に対応する振動量と、前記閾値とを比較し、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を実行することを特徴とする3次元測量装置。

【請求項 2】

前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、前記演算された回転数とは異なる回転数で測定を実行する請求項 1 の3次元測量装置。

【請求項 3】

前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、設置条件の変更を促すアラームを通知する請求項 1 の3次元測量装置。

【請求項 4】

前記振動検出部が前記測定対象物の測定中に振動を検出すると、前記制御演算部は検出された振動量と前記閾値とを比較し、前記検出された振動量が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を継続させる請求項 1 の 3 次元測量装置。

【請求項 5】

前記制御演算部は、前記検出された振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、更に前記検出された振動量が継続して発生していると判断すると、前記走査部の回転を停止させ、前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算し、前記検出された振動量が一時的に発生した場合は、前記閾値を越えた状態で取得した測定値を削除し、測定を継続させる請求項 4 の 3 次元測量装置。

【請求項 6】

所定の測定条件に基づき測定対象物の測定を行う 3 次元測量方法であって、托架部に設けられた走査部の回転数を低回転数から最大回転数迄漸次増大させる工程と、該走査部の回転数とその時の前記托架部の振動量を関連付けて記憶部に格納する工程と、測定条件に基づき前記走査部の回転数を演算する工程と、演算された回転数に対応する振動量を予め設定された閾値と比較する工程と、該閾値よりも小さいと判断されると前記測定対象物の測定処理を行い、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程とを有することを特徴とする 3 次元測量方法。

【請求項 7】

前記測定対象物の測定処理を行う工程は、前記托架部の振動を検出すると、検出された振動量と前記閾値とを比較し、該閾値よりも小さいと判断されると前記測定対象物の測定処理を続行し、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程を有する請求項 6 の 3 次元測量方法。

【請求項 8】

走査部を回転して測距光を回転照射し、点群データを取得する 3 次元測量方法であって、振動量に対する閾値を設定し、測定を実行して振動量が前記閾値を越えた場合は、前記走査部の回転数を変更することを特徴とする 3 次元測量方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高精度に測定可能な 3 次元測量装置及び 3 次元測量方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来より、短時間に測定対象物の多数の 3 次元データ（3D データ）（3 次元点群データ）を取得する為の測量装置として、3 次元レーザスキャナが知られている。

【0003】

3 次元レーザスキャナは三脚上に設置され、測距光を測定方向に偏向させるミラー等の走査部を回転させることで、測定対象物を走査し、測定対象物の 3 次元データを取得している。

【0004】

3 次元レーザスキャナや三脚の設置場所や設置状況、或は三脚の材質等により、走査部を回転させた際に 3 次元レーザスキャナが共振し、振動を生じることがある。

【0005】

従来の 3 次元レーザスキャナの場合、振動を検知する手段を有していない為、測定時に振動があったかどうかを検出できず、更に振動が発生した場合に振動の影響を抑制することができず、測定結果に誤差を生じていた。又、測定結果から振動の影響を取除く為の後処理工程が煩雑であり、時間も掛っていた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特表2007-517204号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は斯かる実情に鑑み、振動の影響を抑制し、高精度な測定が可能な3次元測量装置及び3次元測量方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、測距光を発光する光源部と、該光源部からの測距光を測距光軸上へ照射する投光光学部と、測定対象物からの反射光を受光する受光光学部と、該受光光学部で集光された前記反射光を電気信号へと変換する受光素子と、托架部に設けられ前記測定対象物に対して測距光を走査する走査部と、該走査部により走査される測距光の照射方向を検出する角度検出部と、前記托架部の振動量を検出する振動検出部と、閾値が格納された記憶部を有する制御演算部とを具備し、該制御演算部は、前記走査部の回転数が低回転数から最大回転数迄漸次増大する様制御し、回転数と検出された振動量と関連付けて前記記憶部に格納し、測定条件に基づき演算された回転数に対応する振動量と、前記閾値とを比較し、前記演算された回転数が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を実行する3次元測量装置に係るものである。

【0009】

又本発明は、前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、前記演算された回転数とは異なる回転数で測定を実行する3次元測量装置に係るものである。

【0010】

又本発明は、前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、設置条件の変更を促すアラームを通知する3次元測量装置に係るものである。

【0011】

又本発明は、前記振動検出部が前記測定対象物の測定中に振動を検出すると、前記制御演算部は検出された振動量と前記閾値とを比較し、前記検出された振動量が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を継続させる3次元測量装置に係るものである。

【0012】

又本発明は、前記制御演算部は、前記検出された振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、更に前記検出された振動量が継続して発生していると判断すると、前記走査部の回転を停止させ、前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算し、前記検出された振動量が一時的に発生した場合は、前記閾値を越えた状態で取得した測定値を削除し、測定を継続させる3次元測量装置に係るものである。

【0013】

又本発明は、所定の測定条件に基づき測定対象物の測定を行う3次元測量方法であって、托架部に設けられた走査部の回転数を低回転数から最大回転数迄漸次増大させる工程と、該走査部の回転数とその時の前記托架部の振動量を関連付けて記憶部に格納する工程と、測定条件に基づき前記走査部の回転数を演算する工程と、演算された回転数に対応する振動量を予め設定された閾値と比較する工程と、該閾値よりも小さいと判断されると前記測定対象物の測定処理を行い、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程とを有する3次元測量方法に係るものである。

【0014】

又本発明は、前記測定対象物の測定処理を行う工程は、前記托架部の振動を検出すると

10

20

30

40

50

、検出された振動量と前記閾値とを比較し、該閾値よりも小さいと判断されると前記測定対象物の測定処理を続行し、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程を有する３次元測量方法に係るものである。

【００１５】

更に又本発明は、走査部を回転して測距光を回転照射し、点群データを取得する３次元測量方法であって、振動量に対する閾値を設定し、測定を実行して振動量が前記閾値を越えた場合は、前記走査部の回転数を変更する３次元測量方法に係るものである。

【発明の効果】

【００１６】

本発明によれば、測距光を発光する光源部と、該光源部からの測距光を測距光軸上へ照射する投光光学部と、測定対象物からの反射光を受光する受光光学部と、該受光光学部で集光された前記反射光を電気信号へと変換する受光素子と、托架部に設けられ前記測定対象物に対して測距光を走査する走査部と、該走査部により走査される測距光の照射方向を検出する角度検出部と、前記托架部の振動量を検出する振動検出部と、閾値が格納された記憶部を有する制御演算部とを具備し、該制御演算部は、前記走査部の回転数が低回転数から最大回転数迄漸次増大する様制御し、回転数と検出された振動量と関連付けて前記記憶部に格納し、測定条件に基づき演算された回転数に対応する振動量と、前記閾値とを比較し、前記演算された回転数が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を実行するので、設置場所や設置状態等の設置条件に拘わらず、前記托架部に共振が生じる前記走査部の共振回転数を確実に検出することができる。

【００１７】

又本発明によれば、前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、前記演算された回転数とは異なる回転数で測定を実行するので、共振により托架部が大きく振動した状態で測定が行われることがなく、測定結果に対する共振による振動の影響を抑制でき、高精度に測定対象物の測定を行うことができる。

【００１８】

又本発明によれば、前記制御演算部は、前記演算された回転数に対応する振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、設置条件の変更を促すアラームを通知するので、設置条件の変更により前記演算された回転数で測定対象物の測定を行うことができる。

【００１９】

又本発明によれば、前記振動検出部が前記測定対象物の測定中に振動を検出すると、前記制御演算部は検出された振動量と前記閾値とを比較し、前記検出された振動量が前記閾値よりも小さいと判断すると、前記測定対象物の測定を継続させるので、該測定対象物の測定中に外的要因により生じる振動を検出することができる。

【００２０】

又本発明によれば、前記制御演算部は、前記検出された振動量が前記閾値よりも大きいと判断すると、更に前記検出された振動量が継続して発生していると判断すると、前記走査部の回転を停止させ、前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算し、前記検出された振動量が一時的に発生した場合は、前記閾値を越えた状態で取得した測定値を削除し、測定を継続させるので、托架部が閾値を超える振動量で振動した状態で測定が継続されるのを防止でき、測定結果に対する振動の影響が抑制され、高精度に測定対象物の測定を行うことができる。

【００２１】

又本発明によれば、所定の測定条件に基づき測定対象物の測定を行う３次元測量方法であって、托架部に設けられた走査部の回転数を低回転数から最大回転数迄漸次増大させる工程と、該走査部の回転数とその時の前記托架部の振動量を関連付けて記憶部に格納する工程と、測定条件に基づき前記走査部の回転数を演算する工程と、演算された回転数に対応する振動量を予め設定された閾値と比較する工程と、該閾値よりも小さいと判断される

10

20

30

40

50

と前記測定対象物の測定処理を行い、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程とを有するので、前記閾値を越える振動が生じた状態で前記測定対象物の測定が行われるのが防止され、測定結果に対する振動の影響を抑制でき、高精度に前記測定対象物の測定を行うことができる。

【0022】

又本発明によれば、前記測定対象物の測定処理を行う工程は、前記托架部の振動を検出すると、検出された振動量と前記閾値とを比較し、該閾値よりも小さいと判断されると前記測定対象物の測定処理を続行し、前記閾値よりも大きいと判断されると前記演算された回転数とは異なる回転数となる様前記走査部の回転数を再度演算する工程を有するので、測定処理中に振動が生じた場合であっても、前記閾値を越える振動が生じた状態で前記測定対象物の測定が行われるのが防止され、測定結果に対する振動の影響を抑制でき、高精度に前記測定対象物の測定を行うことができる。

10

【0023】

更に又本発明によれば、走査部を回転して測距光を回転照射し、点群データを取得する3次元測量方法であって、振動量に対する閾値を設定し、測定を実行して振動量が前記閾値を越えた場合は、前記走査部の回転数を変更するので、該走査部の回転数と振動量との関連付けが不要となり、処理を簡略化でき、作業時間の短縮を図ることができるという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

20

【0024】

【図1】本発明の実施例に係る3次元測量装置の一例である3次元レーザスキャナの概略立断面図である。

【図2】該3次元レーザスキャナの構成を示すブロック図である。

【図3】(A)、(B)は、設置条件の違いにより異なる共振回転数を説明するグラフである。

【図4】本発明の実施例に係る共振回転数検出処理を説明するフローチャートである。

【図5】(A)～(C)は共振回転数検出処理で検出される3軸の振動量の一例を示すグラフである。

【図6】本発明の実施例に係る外部振動抑制処理を説明するフローチャートである。

30

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を説明する。

【0026】

先ず、図1に於いて、本実施例に係る3次元測量装置の一例である3次元レーザスキャナについて説明する。

【0027】

図1に示される様に、3次元レーザスキャナ1は、三脚(図示せず)に取付けられる整準部2と、該整準部2に設けられた基盤部3と、該基盤部3に水平回転部4を介して水平方向に回転可能に設けられた托架部5と、該托架部5に鉛直回転軸6を中心に鉛直方向(高低方向)に回転可能に設けられた走査ミラー7とを有している。

40

【0028】

前記整準部2は、例えば3つの調整螺子8を有し、前記托架部5に設けられた傾斜センサ(図示せず)が水平を検出する様前記調整螺子8を調整することで、前記整準部2の整準がなされる。

【0029】

前記水平回転部4は、前記基盤部3に軸受9を介して回転自在に、且つ鉛直に支持された水平回転軸11を有している。該水平回転軸11に前記托架部5が支持され、該托架部5が前記水平回転軸11と一体に回転する様になっている。

【0030】

50

前記水平回転部 4 には、水平駆動モータ 12 を含む水平駆動部 13、前記水平回転軸 11 の回転角を検出する水平角検出器（例えばエンコーダ）14 が収納されている。前記水平駆動モータ 12 によって前記水平回転軸 11 を中心に前記托架部 5 が回転され、前記水平回転軸 11 の前記基盤部 3 に対する回転角、即ち前記托架部 5 の回転角は前記水平角検出器 14 によって検出される様になっている。

【0031】

又、該水平角検出器 14 の検出結果（水平角）は、制御演算部 15（後述）に入力され、検出結果に基づき該制御演算部 15 により前記水平駆動モータ 12 の駆動が制御される様になっている。

【0032】

前記托架部 5 の中央部に凹部 16 が形成され、該凹部 16 を挟み左右に室 5a, 5b が形成されている。一方の前記室 5a（図示では左側の室）には、鉛直駆動部 17、鉛直角検出器 18 が収納され、他方の前記室 5b（図示では右側の室）には、測距発光部 19、共通光路部 21、測距部 22、撮像部 23 等が収納されている。又、前記托架部 5 の内部の所要位置には、前記制御演算部 15、振動検出部である加速度センサ 24 等が収納されている。更に、前記托架部 5 の所要部分には、表示部 25、操作部 26 が設けられている。

【0033】

前記鉛直回転軸 6 は水平に延びる軸心を有し、前記托架部 5 に軸受 27 を介して回転自在に支持されている。前記鉛直回転軸 6 の一端部は前記凹部 16 に突出しており、前記鉛直回転軸 6 の突出端に前記走査ミラー 7 が前記鉛直回転軸 6 の軸心に対して 45° 傾いた状態で設けられている。前記走査ミラー 7 は、前記鉛直回転軸 6 によって前記凹部 16 内に支持され、前記鉛直回転軸 6 を中心に鉛直方向に回転自在となっている。

【0034】

前記鉛直駆動部 17 は鉛直駆動モータ 28 を有し、該鉛直駆動モータ 28 により前記鉛直回転軸 6 が回転される様になっている。前記鉛直駆動モータ 28 により、前記鉛直回転軸 6 を介して前記走査ミラー 7 が回転される。尚、前記鉛直回転軸 6、前記走査ミラー 7、前記鉛直駆動モータ 28 等により走査部 29 が構成される。

【0035】

前記鉛直回転軸 6 には前記鉛直角検出器 18、例えばインクリメンタルエンコーダが設けられ、該鉛直角検出器 18 により、前記托架部 5 に対する前記鉛直回転軸 6 の回転角が検出される。前記鉛直角検出器 18 の検出結果（鉛直角）は、前記制御演算部 15 に入力され、検出結果に基づき該制御演算部 15 により前記鉛直駆動モータ 28 の駆動が制御される様になっている。

【0036】

又、前記加速度センサ 24 は、前記托架部 5 に生じた X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向の 3 軸方向の振動量（振幅）を検出可能となっている。前記加速度センサ 24 の検出結果は、前記制御演算部 15 に入力される様になっている。

【0037】

前記測距発光部 19 は、測距光源部 31 と、ハーフミラーやビームスプリッタ等の光路分割部材 32 と、対物レンズ等から構成される投光光学部 33 と、ミラー 34 とを有している。前記測距光源部 31 は、例えば半導体レーザ等であり、測距光 35 として測距光軸 36 上に不可視光である赤外光のパルスレーザ光線を発する。又、前記測距光源部 31 は、所要の光強度、所要のパルス間隔等、所要の状態でパルス光が発光される様前記制御演算部 15 に制御される様になっている。

【0038】

前記共通光路部 21 は、第 1 ビームスプリッタ 38 と第 2 ビームスプリッタ 39 とを有している。又、前記測距部 22 は、集光レンズ等から構成される受光光学部 41 と、光路延長部 42 と、光路結合部 43 と、受光素子 44 とを有している。

【0039】

10

20

30

40

50

前記測距光源部 3 1 より出力された前記測距光 3 5 は、一部が前記光路分割部材 3 2 を透過し、前記投光光学部 3 3 を介して前記ミラー 3 4 に入射される。前記測距光 3 5 は、前記ミラー 3 4 に反射されて前記共通光路部 2 1 へと導かれる。又、残りの前記測距光 3 5 は、内部参照光として前記光路分割部材 3 2 により反射され、内部参照光路 3 7 へと導かれる。

【 0 0 4 0 】

前記ミラー 3 4 に反射された前記測距光 3 5 は、前記第 1 ビームスプリッタ 3 8、前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 により順次反射され、該第 2 ビームスプリッタ 3 9 に反射された後、前記走査ミラー 7 へと導かれる。尚、前記第 1 ビームスプリッタ 3 8、前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 を透過した前記測距光 3 5 は、図示しない反射防止部材により吸収される。

10

【 0 0 4 1 】

尚、前記走査ミラー 7 は偏向光学部材であり、該走査ミラー 7 は水平方向から入射した前記測距光 3 5 を直角に反射し、又前記走査ミラー 7 に入射した反射測距光を前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 に向って水平方向に反射する様になっている。

【 0 0 4 2 】

前記共通光路部 2 1 から前記走査ミラー 7 に導かれた前記測距光 3 5 は、前記走査ミラー 7 により反射され、図示しない測定対象物へと照射される。又、該走査ミラー 7 が前記鉛直回転軸 6 を中心に回転されることで、前記測距光 3 5 は鉛直面内で回転照射される。又、前記水平回転部 4 が前記托架部 5 を水平方向に回転させることで、前記測距光 3 5 は前記水平回転軸 1 1 を中心に水平方向に回転照射される。従って、前記走査ミラー 7 の鉛直方向の回転と前記托架部 5 の水平方向の回転の協働により、測定範囲全域を前記測距光 3 5 により走査できる。

20

【 0 0 4 3 】

測定範囲内に存在する測定対象物にて反射された反射測距光は、前記走査ミラー 7 に入射し、該走査ミラー 7 によって反射され、前記共通光路部 2 1 に入射する。前記反射測距光は、前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 にて反射され、更に第 1 ビームスプリッタ 3 8 を透過し、前記測距部 2 2 へと導かれる。

【 0 0 4 4 】

該測距部 2 2 は、前記第 1 ビームスプリッタ 3 8 を透過した反射測距光を前記受光素子 4 4 へ導くと共に、前記内部参照光路 3 7 により導かれた内部参照光を前記光路結合部 4 3 を介して前記受光素子 4 4 に導く様になっている。

30

【 0 0 4 5 】

前記第 1 ビームスプリッタ 3 8 を透過した反射測距光は、前記受光光学部 4 1 に入射し、該受光光学部 4 1 にて集光され、前記光路延長部 4 2 へと入射する。該光路延長部 4 2 を透過した反射測距光は、前記光路結合部 4 3 を介して前記受光素子 4 4 に受光される。又、前記内部参照光路 3 7 を経た内部参照光が、前記光路結合部 4 3 を介して前記受光素子 4 4 に受光される。

【 0 0 4 6 】

該受光素子 4 4 に於いて、前記反射測距光と前記内部参照光は、反射測距光電気信号と内部参照光電気信号へと変換され、前記制御演算部 1 5 へと送られる。前記反射測距光電気信号と前記内部参照光電気信号との時間間隔の差に基づき測定対象物迄の距離が測定される様になっている。

40

【 0 0 4 7 】

前記制御演算部 1 5 は、測定した測定対象物迄の距離と、前記鉛直角検出器 1 8 により検出された鉛直角と、前記水平角検出器 1 4 により検出された水平角とに基づき、測定対象物の座標値を算出する。又、パルス毎の測定対象物の座標値を記録することで、測定範囲全域に関する、或は測定対象物に関する点群データを取得することができる。前記水平角検出器 1 4 及び前記鉛直角検出器 1 8 により、前記測距光軸 3 6 の方向を検出する角度検出部が構成される。

50

【 0 0 4 8 】

前記撮像部 2 3 の撮像光軸上には撮像素子 4 5 が設けられ、該撮像素子 4 5 はデジタル画像信号を出力する様になっている。該撮像素子 4 5 は、例えば C C D や C M O S センサ等、画素（ピクセル）の集合体で構成されたものであり、各画素は前記撮像素子 4 5 内の位置が特定できる様になっている。

【 0 0 4 9 】

次に、図 2 を参照して、前記 3 次元レーザスキャナ 1 の制御系について説明する。

【 0 0 5 0 】

前記制御演算部 1 5 には、前記操作部 2 6、前記鉛直角検出器 1 8、前記水平角検出器 1 4 が電氣的に接続されている。前記制御演算部 1 5 には、前記鉛直角検出器 1 8、前記水平角検出器 1 4 からの角度検出信号が入力されると共に、作業者の操作により前記操作部 2 6 からの信号が入力される。

10

【 0 0 5 1 】

作業者は、該操作部 2 6 から前記 3 次元レーザスキャナ 1 の測定を開始するのに必要な条件設定、例えば測定範囲の設定、点群データ密度（ピッチ）の設定、或は撮像時の撮像条件の設定等を行い、更に後述する共振回転数検出処理の開始指示や測定開始の指令等の入力ができる。前記操作部 2 6 から入力された設定条件等は、前記表示部 2 5 により確認できる様になっている。尚、前記操作部 2 6 や前記表示部 2 5 は、前記托架部 5 に設けられてもよく、或は別途独立して設けられ、無線、赤外線等の信号伝達媒体により遠隔操作可能としてもよい。

20

【 0 0 5 2 】

前記制御演算部 1 5 は、前記測距光源部 3 1、前記水平駆動モータ 1 2、前記鉛直駆動モータ 2 8 を駆動すると共に、作業状況、測定結果等を表示する前記表示部 2 5 を制御する。又、前記制御演算部 1 5 には、メモリーカード、H D D 等の外部記憶装置 4 6 が設けられる。該外部記憶装置 4 6 は、前記制御演算部 1 5 に固定的に設けられてもよく、或は着脱可能に設けられてもよい。

【 0 0 5 3 】

次に、前記制御演算部 1 5 の概略について説明する。

【 0 0 5 4 】

該制御演算部 1 5 は、C P U に代表される演算部 4 7 と、記憶部 4 8 と、前記測距光源部 3 1 の発光を制御する為の測距発光駆動部 4 9 と、前記水平駆動モータ 1 2 を駆動制御する為の前記水平駆動部 1 3 と、前記鉛直駆動モータ 2 8 を駆動制御する為の前記鉛直駆動部 1 7 とを有している。又、前記制御演算部 1 5 は、前記測距部 2 2 により得られた距離データを処理する為の距離データ処理部 5 1 と、前記撮像部 2 3 により得られた画像データを処理する為の画像データ処理部 5 2 と、前記加速度センサ 2 4 により得られた振動量データと前記走査部 2 9 の回転数を関連付ける振動量データ処理部 5 3 等を有している。

30

【 0 0 5 5 】

前記記憶部 4 8 は、測距、鉛直角の測定、水平角の測定を実行させる為のシーケンスプログラム、測距の演算等を行う演算プログラム、測定データの処理を実行する測定データ処理プログラム、前記撮像部 2 3 の撮像状態を制御する為の撮像プログラム、画像処理を実行する画像処理プログラム、前記加速度センサ 2 4 に検出された振動量を前記走査部 2 9 の回転数と関連付ける関連付けプログラム、検出された振動量が閾値を越えたかどうかを判断する判断プログラム、判断結果を通知する通知プログラム、データを前記表示部 2 5 に表示させる為の画像表示プログラム等のプログラム、或はこれらのプログラムを統合管理するプログラム等を格納する。

40

【 0 0 5 6 】

又、前記記憶部 4 8 は、測定データ、画像データ、振動量データ等のデータを格納すると共に、予め設定された振動量の閾値等を格納している。

【 0 0 5 7 】

50

尚、前記距離データ処理部 5 1、前記画像データ処理部 5 2、前記振動量データ処理部 5 3 の機能を前記演算部 4 7 に実行させてもよく、この場合前記距離データ処理部 5 1 と前記画像データ処理部 5 2 と前記振動量データ処理部 5 3 は省略できる。

【 0 0 5 8 】

又、前記距離データ処理部 5 1 と前記画像データ処理部 5 2 と前記振動量データ処理部 5 3 とを別途設けてもよい。例えば、別途 P C を装備し、該 P C に前記距離データ処理部 5 1 と前記画像データ処理部 5 2 と前記振動量データ処理部 5 3 の機能を実行させる様にしてもよい。この場合、前記 3 次元レーザスキャナ 1 と前記 P C とに通信手段を設け、距離データ、画像データ、振動量データを該 P C に送信し、該 P C で距離データ処理、画像データ処理、振動量データ処理を実行する様にしてもよい。尚、通信手段としては、光通信、無線通信、L A N 等所要の通信手段を採用することが可能である。

10

【 0 0 5 9 】

前記 3 次元レーザスキャナ 1 により測定対象物を高精度に測定する為には、前記托架部 5 に大きな振動、例えば共振が生じた状態で測定を行わない様にし、測定結果に対する共振の影響を抑制するのが望ましい。

【 0 0 6 0 】

前記 3 次元レーザスキャナ 1 は、三脚や前記 3 次元レーザスキャナ 1 を設置する地面の状態、三脚の材質、三脚の脚の伸ばし具合等の設置条件により、前記走査部 2 9 を回転させた際に、前記托架部 5 が共振し、振動量が急激に増大する回転数（共振回転数）が異なる（図 3（A）、図 3（B）参照）。従って、前記 3 次元レーザスキャナ 1 を設置した後、前記托架部 5 に共振が生じる前記走査部 2 9 の回転数を検出する必要がある。

20

【 0 0 6 1 】

本実施例では、測定対象物の測定を行う前工程として、前記走査部 2 9 を低回転数から最大回転数迄回転数を変化させて回転させ、予め設定された閾値を越える振動量を生じた回転数を共振回転数として検出し、共振回転数で測定を行わない様にしている。尚、本実施例に於いて、低回転数は前記走査部 2 9 が回転していない状態も含むものとする。

【 0 0 6 2 】

図 4 のフローチャートを用い、共振回転数を検出する為の、前記走査部 2 9 の共振回転数検出処理について説明する。

【 0 0 6 3 】

S T E P : 0 1 まず、前記制御演算部 1 5 は、前記鉛直駆動部 1 7 に前記鉛直駆動モータ 2 8 を駆動させ、例えば 1 0 秒程度で前記走査部 2 9 の回転数を 0 r p m から前記 3 次元レーザスキャナ 1（前記走査部 2 9）の最大回転数、例えば 2 0 0 0 r p m 迄一定の増加率で漸次増大させる。

30

【 0 0 6 4 】

S T E P : 0 2 前記走査部 2 9 を回転させている間、前記托架部 5 に生じる振動量は前記加速度センサ 2 4 により常時検出されている。前記振動量データ処理部 5 3 は、前記加速度センサ 2 4 により検出された振動量と、その時の前記走査部 2 9 の回転数とを所定回転数間隔でサンプリングし、前記振動量と前記回転数とを関連付け、前記走査部 2 9 の回転数とそれに対応する予想振動量として前記記憶部 4 8 に格納する。

40

【 0 0 6 5 】

図 5（A）～図 5（C）は、平坦ではない床の上に直接前記 3 次元レーザスキャナ 1 を載置し、前記托架部 5（H 軸）を 2 r p m で回転させた状態で、前記走査部 2 9（V 軸）の回転数を変化させた場合の振動量の一例を示すグラフである。尚、上側の振動波形は X 軸方向の振動量を示し、中間の振動波形は Y 軸方向の振動量を示し、下側の振動波形は Z 軸方向の振動量を示している。又、図 5（A）～図 5（C）中、縦軸は前記托架部 5 の振動量を加速度で示しており、横軸は前記走査部 2 9 の回転角を示している。

【 0 0 6 6 】

図 5（A）は、前記走査部 2 9 の回転数を 6 0 0 r p m とした場合を示し、6 0 0 r p m で該走査部 2 9 を回転させた際の振動量が、予想振動量として該走査部 2 9 の回転数と

50

関連付けられて前記記憶部 48 に格納される。

【0067】

図5(B)は、前記走査部29の回転数を1700rpmとした場合を示し、1700rpmで該走査部29を回転させた際の振動量が、予想振動量として該走査部29の回転数と関連付けられて前記記憶部48に格納される。

【0068】

図5(C)は、前記走査部29の回転数を1950rpmとした場合を示し、1950rpmで該走査部29を回転させた際の振動量が、予想振動量として該走査部29の回転数と関連付けられて前記記憶部48に格納される。

【0069】

尚、図示はしないが、0rpm~2000rpm間の、図5(A)~図5(C)以外の回転数についても同様に、検出された振動量が予想振動量として前記走査部29の回転数と関連付けられて前記記憶部48に格納される。STEP:02の工程を実行することで、0rpm~2000rpmの間で共振回転数があるかどうか、更に存在する場合には共振回転数の取得が行われる。

【0070】

STEP:03 0rpm~2000rpm迄の前記走査部29の回転数と前記加速度センサ24により検出された振動量との関連付けが完了すると、次に、前記操作部26より測定範囲や点群データの密度(ピッチ)等の測定条件が入力される。

【0071】

STEP:04 該操作部26より測定条件が入力されると、前記制御演算部15は、入力された測定条件を満たせる様な前記走査部29の回転数を演算する。

【0072】

STEP:05 前記振動量データ処理部53は、演算された前記走査部29の回転数と対応する予想振動量を前記記憶部48より取出し、予想振動量が予め設定された閾値を越えるかどうかを比較する。

【0073】

例えば、閾値を100mgとした場合、演算された前記走査部29の回転数が600rpmの場合、図5(A)に示される様に、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のいずれの振動量も閾値内であるので、前記托架部5に共振が発生していないと判断される。

【0074】

又、演算された前記走査部29の回転数が1700rpmの場合、図5(B)に示される様に、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向の振動量がやや増大しているが、いずれの振動量も閾値内であるので、前記托架部5に共振が発生していないと判断される。

【0075】

又、演算された前記走査部29の回転数が1950rpmの場合、図5(C)に示される様に、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向のいずれの場合も、所定の回転角周期で振動量が大幅に増大し、閾値を越えた振動量が検出される。この場合には、前記托架部5に共振が発生していると判断され、前記走査部29の回転数1950rpmが共振回転数であると判断される。

【0076】

上記した様に、予想振動量が閾値を越えていた場合には、前記振動量データ処理部53によりその時の前記走査部29の回転数が共振回転数であると判断される。前記制御演算部15は、STEP:04にて演算された前記走査部29の共振回転数を除く他の回転数を演算し、再度予想振動量を求める。又、前記振動量データ処理部53は、予想振動量が閾値を超えるかどうかを再度比較する。

【0077】

尚、前記制御演算部15が前記走査部29の他の回転数を演算する場合、共振回転数が上限に近い場合には該走査部29の回転数を減少させる様演算し、共振回転数が下限に近い場合には該走査部29の回転数を増大させる様演算するのが望ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 8 】

又、予想振動量が閾値を越えないと判断された場合には、入力された測定条件にて測定対象物の測定が可能と判断され、共振回転数検出処理を終了する。

【 0 0 7 9 】

尚、STEP : 0 2 に於いて、検出された振動量が閾値を超えるものについては、対応する前記走査部 2 9 の回転数を共振回転数として設定してもよい。この場合、STEP : 0 5 に於いて、前記振動量データ処理部 5 3 は、演算された前記走査部 2 9 の回転数が共振回転数であるかどうかを判断するだけでよい。

【 0 0 8 0 】

又、STEP : 0 2 にて検出される振動量が、前記走査部 2 9 の回転によるものか、或は外部的要因による突発的なものであるかどうかは、振動している時間及び振動周波数により判断することができる。

10

【 0 0 8 1 】

共振回転数検出処理の終了後、作業者が改めて前記操作部 2 6 より測定開始を入力する様にしてもよい。又、共振回転数検出処理の終了後、自動的に前記 3 次元レーザスキャナ 1 による測定が開始される様にしてもよい。

【 0 0 8 2 】

測定処理では、前記測距発光駆動部 4 9 により前記測距光源部 3 1 が駆動され、該測距光源部 3 1 からパルスレーザ光線が前記測距光 3 5 として発光される。

【 0 0 8 3 】

20

該測距光 3 5 は、前記光路分割部材 3 2 により平行光束とされ、更に前記ミラー 3 4、前記第 1 ビームスプリッタ 3 8、前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 に反射された後、前記走査ミラー 7 によって直角に偏向され、測定対象物に向けて照射される。

【 0 0 8 4 】

前記測定対象物で反射された反射測距光は、前記走査ミラー 7 に入射し、該走査ミラー 7 により直角に偏向され、前記第 2 ビームスプリッタ 3 9 に反射され、前記第 1 ビームスプリッタ 3 8 に透過された後、前記受光光学部 4 1 により集光される。該受光光学部 4 1 により集光された反射測距光は、前記光路延長部 4 2 を透過し、前記光路結合物 4 3 を介して前記受光素子 4 4 へと入射する。又、前記光路分割部材 3 2 により分割された前記測距光 3 5 (内部参照光)も、前記内部参照光路 3 7 を介し、前記光路結合物 4 3 を経て前記受光素子 4 4 へと入射される。

30

【 0 0 8 5 】

前記測距光 3 5 及び反射測距光は、前記受光素子 4 4 にて測距光電気信号と反射測距光電気信号へと変換され、前記制御演算部 1 5 へと送られる。該制御演算部 1 5 では、前記距離データ処理部 5 1 により前記測距光電気信号と前記反射測距光電気信号の時間間隔が測定され、測定された時間間隔を基に測定対象物迄の距離が算出される。算出された測定対象物迄の距離は、前記記憶部 4 8 に格納される。

【 0 0 8 6 】

又、距離測定と並行して、前記撮像部 2 3 により測定対象物の画像が取得され、前記画像データ処理部 5 2 により所定の画像処理がなされ、前記記憶部 4 8 に格納される。

40

【 0 0 8 7 】

尚、測定処理中、前記 3 次元レーザスキャナ 1 の近傍をトラクターが通過した等、外部的要因により前記 3 次元レーザスキャナ 1 に振動が生じることがある。測定対象物を高精度に測定する為には、前記 3 次元レーザスキャナ 1 の設置条件に起因する共振の他に、外部的要因による突発的な振動の影響についても抑制するのが望ましい。

【 0 0 8 8 】

図 6 のフローチャートを用い、測定処理中に前記托架部 5 に外部的要因により振動が発生した場合の外部振動抑制処理について説明する。

【 0 0 8 9 】

STEP : 1 1 測定が開始されると、前記制御演算部 1 5 により演算された回転数に

50

基づき前記走査部 29 が回転されると共に、前記托架部 5 が所定の速度で回転されて測定が行われる。

【0090】

STEP: 12 測定処理中、前記加速度センサ 24 により、前記托架部 5 に生じる振動量が常時検出され、前記振動量データ処理部 53 により検出された振動量が閾値を超えるかどうか常時比較されている。検出された振動量が閾値を下回る場合には、測定処理が続行される。

【0091】

STEP: 13 前記加速度センサ 24 により検出された振動量が、閾値を越えた場合には、前記制御演算部 15 が前記水平駆動部 13、前記鉛直駆動部 17、前記測距発光駆動部 49 を停止させる。

10

【0092】

STEP: 14 前記水平駆動部 13、前記鉛直駆動部 17、前記測距発光駆動部 49 の停止後、前記制御演算部 15 は、閾値を越えた振動量が検出された際の前記走査部 29 の回転数とは異なり、且つ入力された測定条件を満たす前記走査部 29 の回転数を再度演算する。該走査部 29 の回転数の再演算後、前記制御演算部 15 は演算した回転数に基づいて前記走査部 29 を回転させると共に、前記水平駆動部 13、前記鉛直駆動部 17、前記測距発光駆動部 49 を駆動させる。

【0093】

尚、STEP: 11 ~ STEP: 14 の処理は、前記 3 次元レーザスキャナ 1 による測定処理が終了する迄繰返される。

20

【0094】

前記 3 次元レーザスキャナ 1 による測定処理中、STEP: 11 ~ STEP: 14 の外部振動抑制処理が行われることで、測定処理中に外部的要因で前記托架部 5 に振動が生じた状態で測定が行われるのを防止することができる。従って、測定結果に対する外部的要因による振動の影響を抑制でき、高精度に測定対象物の測定を行うことができる。

【0095】

尚、STEP: 12 に於いて、更に閾値を越えた振動量の検出が一時的なものかどうかを判断する様にしてもよい。閾値を越えた振動が一時的なものであると判断された場合には、閾値を越えた振動量が検出された時の測定値を削除し、前記走査部 29 の回転数は変更されずに測定が継続される。

30

【0096】

上述の様に、本実施例では、前記 3 次元レーザスキャナ 1 により測定を行う前に共振回転数検出処理を行っているので、前記 3 次元レーザスキャナ 1 の設置場所や設置状態等の設置条件に拘わらず、確実に共振回転数を検出でき、共振回転数で前記走査部 29 が回転されるのを防止することができる。

【0097】

従って、共振により前記托架部 5 が大きく振動した状態で測定が行われることがないので、測定結果に対する共振による振動の影響を抑制でき、高精度に測定対象物の測定を行うことができる。

40

【0098】

又、前記 3 次元レーザスキャナ 1 による測定処理中に外部振動抑制処理を行っているので、測定処理中に外部的要因によって前記托架部 5 に振動が生じた場合に、該托架部 5 が振動した状態で測定が行われるのを防止することができる。従って、測定結果に対する外部的要因による振動の影響を抑制でき、高精度に測定対象物の測定を行うことができる。

【0099】

尚、本実施例では、STEP: 01 ~ STEP: 05 を測定を実行する前の共振回転数検出処理としているが、当該処理を前記 3 次元レーザスキャナ 1 の設置可否処理としても行ってもよい。

【0100】

50

設置可否処理の場合、STEP：04で演算された前記走査部29の回転数に対応する予想振動量が、STEP：05で予め設定された閾値を上回ると判断されると、前記表示部25の表示、或は音声等により、前記3次元レーザスキャナ1の設置場所や設置状態等の設置条件の変更を促すアラームが通知される。

【0101】

作業者は、通知されたアラームに従って前記3次元レーザスキャナ1の設置条件を変更し、再度設置可否処理を行うことで、該3次元レーザスキャナ1の設置条件が妥当であるかを再度確認することができる。

【0102】

該3次元レーザスキャナ1を設置する際に、設置可否処理を行う様にすることで、例えば前記測距光源部31に使用されるレーザ結晶の質等の部品の制約により、前記制御演算部15により演算された回転数で測定したい場合等に効果的に測定を行うことができる。

10

【0103】

更に、前記3次元レーザスキャナ1を設置した後、測定条件を入力し、測定条件に基づき前記走査部29を所定回数で回転させ、その時の振動量が閾値を越えるか判断する様にしてもよい。該振動量が閾値を越える場合には、予め設定された回転数に前記走査部29の回転数を変更し、その時の振動量と閾値とを比較する。

【0104】

上記の様に処理することで、STEP：02の回転数と振動量との関連付けが不要となり、処理を簡略化でき、作業時間の短縮を図ることができる。

20

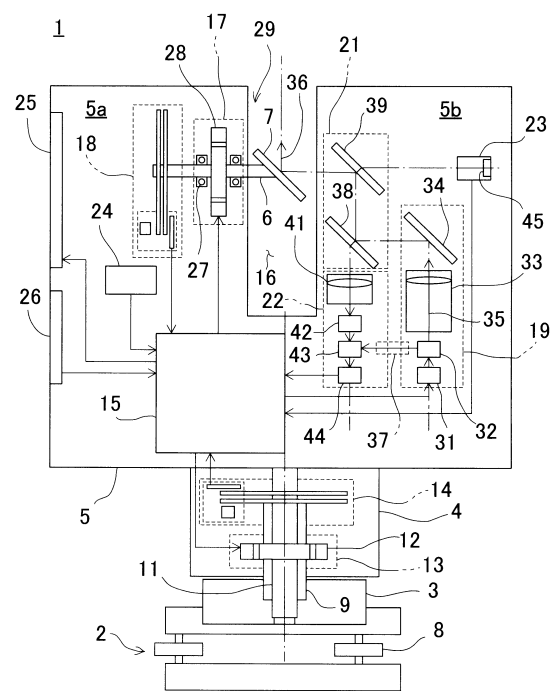
【符号の説明】

【0105】

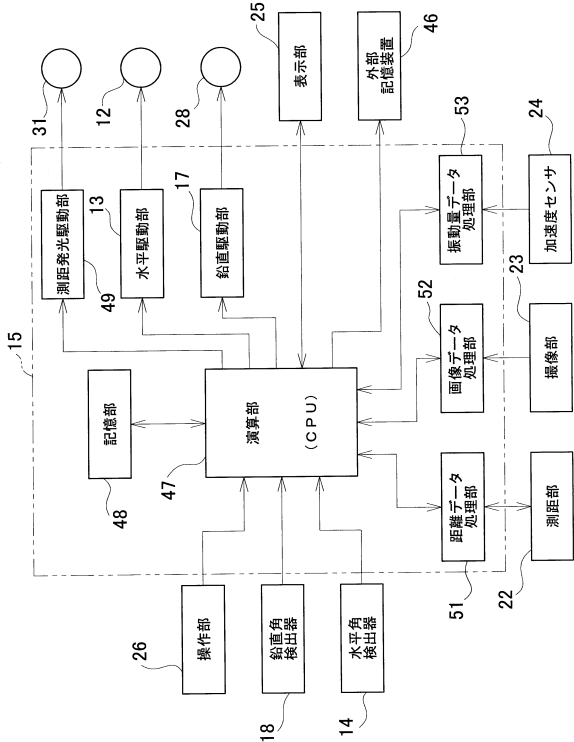
1	3次元レーザスキャナ
5	托架部
7	走査ミラー
13	水平駆動部
14	水平角検出器
15	制御演算部
17	鉛直駆動部
18	鉛直角検出器
19	測距発光部
22	測距部
24	加速度センサ
29	走査部
47	演算部
48	記憶部
53	振動量データ処理部

30

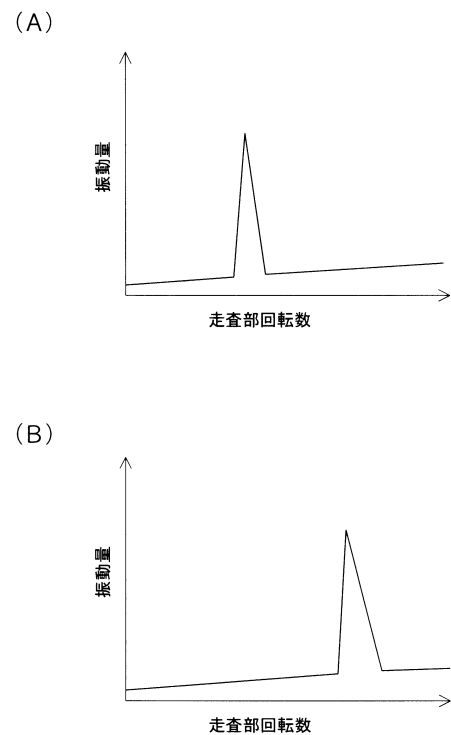
【図 1】



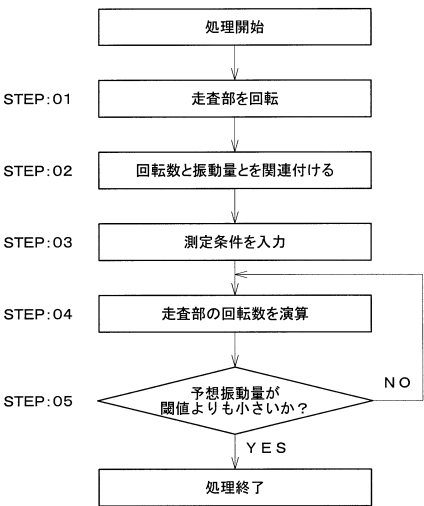
【図 2】



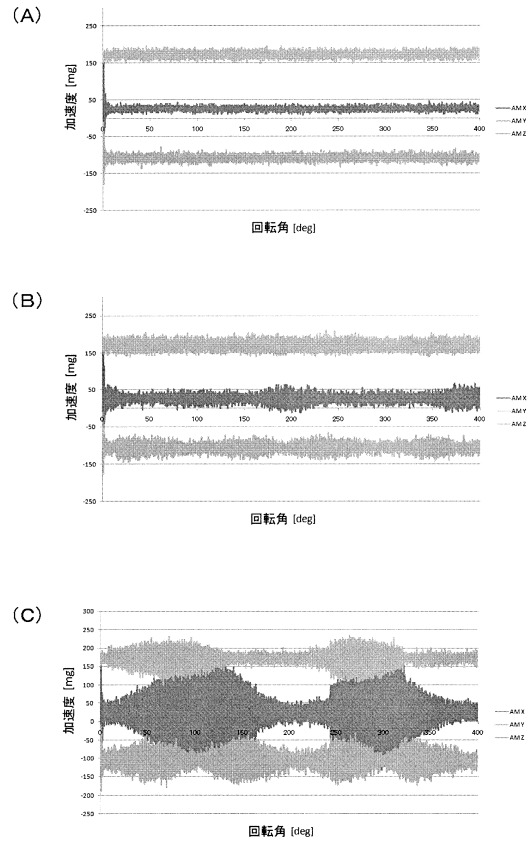
【図 3】



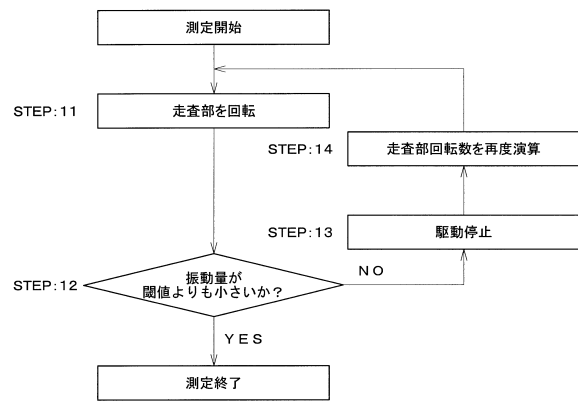
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 齋藤 貴昭
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 九鬼 一慶

(56)参考文献 特開2001-221635(JP,A)
特開2014-085134(JP,A)
特開2013-000850(JP,A)
特開平10-170269(JP,A)
特開2009-109458(JP,A)
米国特許出願公開第2015/0077762(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01C 15/00 - 15/04