

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年3月19日(19.03.2020)



(10) 国際公開番号

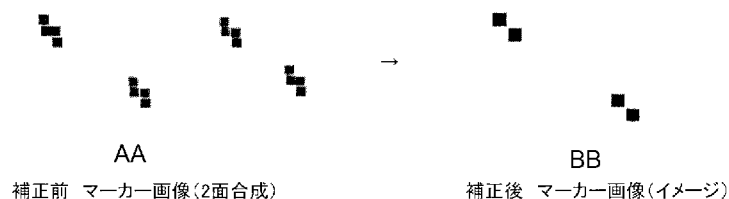
WO 2020/054094 A1

- (51) 国際特許分類:
G01C 15/00 (2006.01) *G01C 3/00* (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01) *G01C 3/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/005776
- (22) 国際出願日: 2019年2月18日(18.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-172115 2018年9月14日(14.09.2018) JP
- (71) 出願人: クモノスコーポレーション株式会社 (**KUMONOS CORPORATION**) [JP/JP];
〒5620035 大阪府箕面市船場東2丁目1番15号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 篠塚 幸男 (**SHINOZUKA Yukio**);
〒3860498 長野県上田市上丸子1078 シナノケンシ株式会社内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 山尾 憲人, 外(**YAMAO, Norihito et al.**);
〒5300017 大阪府大阪市北区角田町8番1号 梅田阪急ビルオフィスタワー 青山特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** MEASUREMENT DATA CORRECTION METHOD FOR THREE-DIMENSIONAL LASER-LIGHT-SCANNING DEVICE

(54) 発明の名称: 三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法

[図4]



AA Marker image before correction (two-plane combination)
BB Marker image after correction (image)

(57) **Abstract:** The present invention addresses the problem of providing a measurement data correction method for a three-dimensional laser-light-scanning device that makes it possible to enhance measurement accuracy through simple calibration of the three-dimensional laser-light-scanning device by a user. To address this problem, in the present invention: point cloud data, which is obtained in the time it takes for a full rotation at the slower from among the horizontal rotation speed and vertical rotation speed of a reflection mirror (2) of a laser measurement unit (1) in the direction in which laser light is reflected by the reflection mirror, is divided into a pair of layers consisting of point cloud data A and point cloud data B; a prescribed mechanical error parameter is selected; the selected mechanical error parameter is applied to point cloud data A and point cloud data B; marker coordinate values are obtained from point cloud data A and point cloud data B and compared; and a mechanical error parameter correction value resulting in a coordinate value difference less than or equal to a prescribed threshold is calculated.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: ユーザー自身で三次元レーザー光走査装置の較正を簡易に行って計測精度を高めることができる三次元レーザー光走査装置の計測データ較正方法を提供することを課題とする。解決手段として、レーザー計測ユニット(1)の反射ミラー(2)のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転が1周回する間に得られる点群データを点群データAおよび点群データBの2組に層別し、所定の機械誤差パラメーターを選択し、点群データAおよび点群データBに対して選択された機械誤差パラメーターを適用してそれぞれの点群データよりマーカの座標値を得て比較し、座標値の差が所定閾値以下になるような機械誤差パラメーターの補正値を算出する。

明 細 書

発明の名称： 三次元レーザー光走査装置の計測データ較正方法
技術分野

[0001] 本開示は、三次元レーザー光走査装置の計測データ較正方法に関するものである。

背景技術

[0002] 以前より、レーザー光測距を行う装置のレーザー光を三次元空間へ照射し点群データを取得する試みがなされてきた。点群データとは、三次元座標値データ群のことであり、周囲の環境に存在する物体の形状を表現したものなどである。先行技術としては、例えば特開 2 0 1 7 - 1 3 4 2 9 3 号（特許文献 1 参照）に開示されている技術のような方法が知られている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2 0 1 7 - 1 3 4 2 9 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 三次元レーザー光走査装置は、実際には部品の寸法バラツキや光軸調整の誤差などによりレーザー光の発光方向は設計と実際では差があり厳密には一致しない。よって、この差が一定の範囲内に収まるよう三次元レーザー光走査装置の構成部品の機械的な調整を行う必要がある。しかしながら、機械的な調整のみで必要な点群データの精度を得ることは非常に困難でありコストアップの要因となる。

そこで、三次元レーザー光走査装置の構成部品の機械的なずれを測定して実際の測定方向を演算することで点群の精度を向上させる作業が行われている。

これらの作業をキャリブレーションといい、通常は三次元レーザー光走査装置の製造工程において行われる。

[0005] しかしながら、キャリブレーションを行うためには、三次元レーザー光走査装置とレーザー光線の幾何学的な位置関係を精密に測定する必要があり、専用の特別な環境が必要となる。このため、製造工程以外でのキャリブレーションの実行は困難である。また、キャリブレーションを行うことができるのは特殊な技能を持った専門家であるため、誰でも行うことができるものではなく、また専門家であっても工数がかかるという問題があった。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示はこれらの課題を解決すべくなされたものであり、三次元レーザー光走査装置の計測精度に影響を与える構成部品の機械的なずれを機械誤差パラメーターとして選定し、計測した点群データを補正するキャリブレーション（校正）を行う方法を提案するものである。その目的とするところは、ユーザー自身で三次元レーザー光走査装置の校正を簡易に行って計測精度を高めることができる三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法を提供することにある。

[0007] 上記目的を達成するため、以下に述べる実施形態には、次の構成を備える。

レーザー光を投光して被照射体からの反射光を受光することで測距するレーザー光測距装置と、前記レーザー光測距装置から照射されたレーザー光を反射面で反射させて被照射体に向けて照射し、被照射体からの反射光を前記反射面で反射させて受光する反射鏡と、前記反射鏡を水平回転軸を中心に回転駆動させる第一駆動部と、前記レーザー光測距装置と前記第一駆動部を支持固定する回転支持部と、前記回転支持部を鉛直軸を中心に回転駆動させる第二駆動部と、前記レーザー光測距装置、前記第一駆動部及び第二駆動部の動作を制御する制御ユニットと、を備え、前記制御ユニットは、前記第一駆動部と前記第二駆動部を制御して前記回転駆動される反射鏡のレーザー光を反射させる方向を水平方向および垂直方向のそれぞれについて特定の回転速度となるようにしつつ前記レーザー光測距装置を制御してレーザー光測距を行うことにより、前記反射鏡を中心とした任意の半径の仮想的球体の表面で

ある仮想球面の上を一定のパターンで前記レーザー光測距を行うよう制御し、前記反射鏡のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転が1周回する間に得られる点群データを点群データAおよび点群データBの2組に層別し、所定の機械誤差パラメーターを選択し、前記点群データAおよび前記点群データBに対して該選択された機械誤差パラメーターを適用してそれぞれの点群データよりマーカの座標値を得て比較し、該座標値の差が所定閾値以下になるよう前記機械誤差パラメーターの補正値を得ることを特徴とする。

[0008] より具体的には、レーザー光測距装置の反射鏡のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転が1周回する間に得られる点群データを点群データAおよび点群データBの2組に層別し、所定の機械誤差パラメーターを選択し、点群データAおよび点群データBに対して選択された機械誤差パラメーターを適用してそれぞれの点群データよりマーカの座標値を得て比較し、座標値の差が所定閾値以下になるような機械誤差パラメーターの補正値を算出する。

実際には、点群データAと点群データBのそれぞれで得られるマーカの座標値の差の二乗平方和が目標値を下回ったところでキャリブレーションは終了とする。これにより、ユーザー自身で三次元レーザー光走査装置を用いて簡易に計測した点群データをしようしてキャリブレーションを行い、計測精度を高めることができる。

[0009] 複数の前記機械誤差パラメーターを包含し、初期値として任意の機械誤差パラメーター $E = E_0$ 、機械誤差パラメーター $F = F_0$ を選定して、前記機械誤差パラメーター $F = F_0$ の値を固定して前記機械誤差パラメーター E をある範囲内で変化させて最良値 E_1 を求め、次に前記機械誤差パラメーター $E = E_1$ を固定して前記機械誤差パラメーター F をある範囲内で変化させて最良値 F_1 を求める計測動作を繰り返すことで、マーカの座標値の差異が所定閾値以下で最も小さくなるよう収束したときの E_n 、 F_n を補正値として採用することが好ましい。

[0010] これにより、複数の機械誤差パラメーターのうち2つを選択して点群データAと点群データBのそれぞれで得られるマーカの座標値の差の二乗平方和が閾値より小さくなるよう機械誤差パラメーターの最適値をひとつずつ探索していく。機械誤差パラメーターには相互作用があるため、固定する機械誤差パラメーターを相互に入れ替えて作業を行うことで、校正作業の精度が向上する。そして、点群データAと点群データBのそれぞれで得られるマーカの座標値の差異が最も小さくなるよう収束したときの E_n 、 F_n を補正值として採用することで、点群データの座標精度を高めることができる。

[0011] 前記機械誤差パラメーターは、少なくとも前記反射鏡のZ相ずれ、角度誤差、軸倒れ角度若しくは軸倒れ方向、前記レーザー光測距装置の傾き角度若しくは傾き方向、レーザー光軸の倒れ角度若しくは倒れ方向のいずれかを複数含んでいることが望ましい。

これにより、三次元レーザー光走査装置の寸法精度が十分に出ている場合には、点群データAと点群データBのそれぞれで得られるマーカの座標値が非常に近い値となるため、三次元レーザー光走査装置を構成する部品の寸法バラツキや光軸調整の誤差、更には測定方向誤差などの機械的な要素に起因する計測精度を機械誤差パラメーターに反映させて点群の座標精度を高めることができる。

発明の効果

[0012] ユーザー自身で三次元レーザー光走査装置を用いて簡易に計測した点群データの校正を行って計測精度を高めることができる三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明装置の概要を示す正面図である。

[図2]本発明装置の概要を示す斜視図である。

[図3]三次元レーザー光走査装置の照射するレーザー光の回転走査線が形成する仮想球面を示す説明図である。

[図4]機械誤差パラメーター補正前後のマーカ画像を合成した説明図である

。

[図5]図4の機械誤差パラメーターの補正テーブルを示す表図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、三次元レーザー光走査装置の概略構成について、図1および図2を参照しながら説明する。図1は、三次元レーザー光走査装置の正面図、図2はその斜視図である。

図1及び図2において、レーザー計測ユニット1（レーザー光測距装置）は、レーザー光を発光し、測距対象に照射し、測距対象から反射したレーザー光を受光して、レーザー計測ユニット1と測距対象との直線距離を測定する。

[0015] 具体的には、レーザー計測ユニット1が発光するレーザー光を一旦反射ミラー2（反射鏡）に当てて、ミラー表面における反射を利用して測距対象に向けて照射するようになっている。反射ミラー2としてはロッドミラーが好適に用いられ、円柱状の物質（ガラス等）を斜めに切断しその切断平面に銀などを蒸着したものである。蒸着以外にミラーそのものを切断平面に貼付けても良い。本実施例では、円柱の中心軸と切断平面は45度の傾斜角度を有する。

[0016] 反射ミラー2は、ミラー駆動モータ3（第一駆動部）により円柱の中心軸（水平回転軸）を中心として回転可能に軸支されている。これにより、レーザー計測ユニット1からのレーザー光は、円柱の中心軸（水平回転軸）から90度の方向へ偏向される。このミラー2の回転により測距のレーザー光は垂直方向のあらゆる角度に向かって照射される。ミラーエンコーダ4は、ミラー駆動モータ3によるミラー2の回転の角度を検出するためのものである。

。

[0017] レーザー計測ユニット1及びミラー駆動モータ3は回転支持台5（回転支持部）上に支持固定されている。回転支持台5は、設置面に載置固定される支持脚5aと支持脚5aに起立形成された固定軸5bを有する。支持台本体5cは固定軸5bに対して軸受5c1を介して回転可能に支持されている。

支持台本体 5 c の上端部には、上部支持板 5 d が固定軸 5 b と直交する方向に支持台本体 5 c より外側に張り出して設けられている。上部支持板 5 d には、レーザー計測ユニット 1 及び制御ユニット 6 が支持されている。上部支持板 5 d 上には起立板 5 e が起立形成されており、該起立板 5 e には、ミラー駆動モータ 3 が支持固定されている。

[0018] 支持台本体 5 c の下端部には、下部支持板 5 f が固定軸 5 b と直交する方向に支持台本体 5 c より外側に張り出して設けられている。下部支持板 5 f 上には、スピンドル駆動モータ 7（第二駆動部）がモータ軸 7 a を下向きに支持固定されている。モータ軸 7 a にはモータ歯車 8 a が一体に設けられている。またモータ歯車 8 a は固定軸 5 b に一体に組み付けられた固定歯車 8 b と噛み合っている。固定軸 5 b にはスピンドルエンコーダ 9 が設けられている。スピンドルエンコーダ 9 は、スピンドル駆動モータ 7 による支持台本体 5 c の回転の角度を検出するためのものである。

[0019] 制御ユニット 6（制御部）は、レーザー計測ユニット 1、ミラー駆動モータ 3 及びスピンドル駆動モータ 7 の動作を統括的に制御する。制御ユニット 6 にはミラーエンコーダ 4 からミラー駆動モータ 3 の回転情報、スピンドルエンコーダ 9 からスピンドル駆動モータ 7 の回転情報を取得してこれらの回転駆動を制御する。具体的には、制御ユニット 6 は、ミラー駆動モータ 3 とスピンドル駆動モータ 7 を制御して反射ミラー 2 のレーザー光を反射させる方向を変化させつつレーザー計測ユニット 1 を制御してレーザー光測距を行う。

[0020] スピンドル駆動モータ 7 を回転駆動すると、モータ軸 7 a に設けられたモータ歯車 8 a が回転する。モータ歯車 8 a は固定軸 5 b に設けられた固定歯車 8 b に噛み合いながら公転する。これにより、支持台本体 5 c が軸受 5 c 1 を介して固定軸 5 b を中心として回転させる。よって、回転支持台 5 が回転するので、回転支持台 5 に組み付けられたレーザー計測ユニット 1 及び反射ミラー 2 も固定軸 5 b を中心として自転することとなる。

[0021] このように、レーザー計測ユニット 1 が発光するレーザー光を反射ミラー

2にてレーザー光照射方向を 90° 偏向させて水平回転軸を中心として回転させることで垂直方向の全周へ照射し、かつレーザー計測ユニット1及び反射ミラー2は回転支持台5と共に固定軸5bを中心に自転を行うことで、周囲に対する全球的な三次元レーザー光走査を実現している。結果として、反射ミラー2を中心とした任意の半径の仮想的球体の表面である仮想球面10の上を一定のパターンでレーザー光測距を行うことになる。

尚、回転支持台5に対するレーザー計測ユニット1、ミラー駆動モータ3、制御ユニット6及びスピンドル駆動モータ7の組み付けは、固定軸5bを中心とする回転支持台5の回転バランスを考慮して組み付けられるのが好ましい。本実施例では、レーザー計測ユニット1及び制御ユニット6とミラー駆動モータ3及びスピンドル駆動モータ7とで重量バランスの調整がされている。

[0022] 図3は、仮に三次元レーザー光走査装置の周囲に任意の半径の透明な球体が仮想的に存在するとした場合、この球体の表面（以下「仮想球面10」という）上に測距用レーザー光がどのように照射されるかを概念的に例示するものである。即ち、反射ミラー2がミラー駆動モータ3とスピンドル駆動モータ7の回転の合成によって一定のパターンを以って運動し反射面の方向がどの様に変化するか、加えてレーザー計測ユニット1が発光するレーザー光が反射ミラー2で反射された結果として仮想球面10上に測距用レーザー光の軌跡（走査線）がどのようなパターンを描くか（走査パターン）を示したイメージ図である。

本実施例においては、反射ミラー2の質量に比べて回転支持台5の質量の方が大きいため、ミラー駆動モータ3の回転速度はスピンドル駆動モータ7の回転速度に比べて大幅に高くなるように設定している。図示の条件では、仮想球面10上に照射されるレーザー光は緯度（上下）方向に密となり、経度（水平）方向に粗となっている。緯度方向、経度方向にどのような密度で計測するかは各スピンドルの回転速度と測定レートによって調整が可能である。等速回転、一定レートの測距をする場合には仮想球面10の北極点付近

においてレーザー光の照射される点の密度が高くなる。

[0023] 本実施例では、前記の通り、ミラー駆動モータ 3 の回転速度はスピンドル駆動モータ 7 の回転速度と比較して大幅に高い。

反射ミラー 2 は、スピンドル駆動モータ 7 の回転駆動力とミラー駆動モータ 3 の回転駆動力とが合成された結果、図 3 に例示したように、レーザー計測ユニット 1 が発光するレーザー光を仮想球面 10 上に、南北方向に密で東西方向に疎となる一定の走査パターンを描くように照射されるが、これは走査パターンを説明するためにパターン全体を描いたものである。

より短い時間においては、ミラー駆動モータ 3 の回転駆動力によってレーザー光が反射される方向が南北に 1 周する間にスピンドル駆動モータ 7 の回転駆動力によってレーザー光が反射される方向が東西にわずかに回転することになる。

この際にレーザー光が仮想球面 10 上に描く走査線は、厳密には円弧では無いが、仮想球面 10 上で経線が東西方向へ螺旋状に僅かに歪んだ円弧に近い形状となる。

このレーザー光が反射される方向が南北に 1 周することで、仮想球面 10 上のある経度の経線上を走査線が 1 周することになる（走査線は厳密には経線に合致しない）。

[0024] このように、走査線が仮想球面 10 上の経線をなぞるように周回することを継続した状態で、スピンドル駆動モータ 7 が回転駆動し反射ミラー 2 が水平方向に半周（180度）回転する間に、反射ミラー 2 を中心とした全球の点群データを得ることができる。

引き続いて、もう半周（180度）回転する間に、反射ミラー 2 を中心とした全球のもう 1 つの点群データを同様に得ることができる。

このようにして、反射ミラー 2 のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転である水平回転が 1 周回する間に得られる点群データを 2 組の点群データに層別する。

これら 2 組の点群データをそれぞれ点群データ A および点群データ B とす

る。

なお、前述では、水平回転角度の0～180度と180～360度とでそれぞれ得られる点群データを点群データAと点群データBとしたが、異なる考え方として、反射ミラー2のレーザー光を反射させる方向の水平回転角度の1周回の0～360度において、垂直回転角度（真上を0度）について0～180度側で得られる点群データと180～360度側で得られる点群データを、それぞれ点群データAと点群データBとしても良い。また、より精度を高めるために、複数周回してより多くの点群データを用いて処理してもよい。

[0025] 三次元レーザー光走査装置の計測精度に影響を与える構成部品の機械的なずれが無い理想的な状況である場合、点群データAと点群データBは周囲の形状データとしては合同であり、校正の目的で周囲に配置しているマーカー（市松模様が描かれた板状物や球などの特徴物）の座標値は同一値を示す筈である。

しかしながら、前述の通り、実際には三次元レーザー光走査装置には構成部品の機械的なずれが存在するため、点群データAから得られるマーカー座標値と点群データBから得られるマーカー座標値を比較すると異なる値を示すことになる。

このような点群データに影響を及ぼす構成部品の機械的なずれのことを本発明では機械誤差パラメーターと定義している。機械誤差パラメーターは複数存在し、それぞれを数値として取り扱う。

取得した点群データは適切な機械誤差パラメーターを適用して補正することで精度の高いものとなり、前述の「マーカー座標値の差異」も極めて小さくなる。

[0026] しかしながら先述の従来方法では、三次元レーザー光走査装置とレーザー光線の幾何学的な位置関係を精密に測定して機械誤差パラメーターの値を得るためには、専用の特別な環境下で特殊な技能を持った専門家が工数をかけて行う必要があった。このため、装置の出荷後においてユーザー自身がこの

作業を行うのは困難であった。

[0027] 本発明の主旨は、点群データ A と点群データ B に対して所定の機械誤差パラメーターを適用して補正を行った上でそれぞれの点群データからマーカース座標値を得て 2 つの座標値を比較して差異を求め、この差異が機械誤差パラメーターを変動させた際にどのように変化するかを確認し、差異が小さくなるときの機械誤差パラメーターを適切なものとして採用することで、較正を行おうとするものである。

すなわち、合同性のある 2 組の点群データ A と点群データ B を用いて、それぞれの点群データより得られるマーカース座標値は本来同一であることに基づき、機械誤差パラメーターを演算によって求める、ということである。

[0028] 較正作業を行う場合には、前述の通り 2 組の合同性のある点群データが必要である。本実施例の場合、反射ミラー 2 のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転である水平回転が 1 周回し、この間に計測された点群データを 2 組の点群データに層別する。

[0029] 例えば図 3 において、反射ミラー 2 のレーザー光を反射させる方向が水平方向に 1 周回している間、垂直方向において P 側（反射ミラー 2 の $0 \rightarrow 180^\circ$ ）で得られた点群データを点群データ A、Q 側（反射ミラー 2 の $180 \rightarrow 360^\circ = 0^\circ$ ）で得られた点群データを点群データ B に層別する。あるいは、スピンドル駆動モータ 7 が水平方向に X（仮想球面 10 の手前側の赤道上）から Y（ $0 \rightarrow 180^\circ$ ）にかけて回転した際に得られる点群データを点群データ A、同様に同じ回転方向で Y から X（ $180 \rightarrow 360^\circ = 0^\circ$ ）にかけて回転した際に得られる点群データを点群データ B としても良い。

すなわち、合同性のある 2 組の点群データが得られればどちらでも良い。

[0030] このようにして得られた 2 組の点群データに対して、複数ある機械誤差パラメーターのうち 1 つを選択し、この機械誤差パラメーターの数値を一定の範囲内で一定の変化量を以って複数回変動させ、変動の度ごとに点群データ A および点群データ B に対して適用してマーカース座標を得て比較し差異を求める。この差異が所定の閾値以下となる機械誤差パラメーターの数値が適切

なものとして採用される。

[0031] さらに、複数の機械誤差パラメーターのうち任意の2つの機械誤差パラメーターを選択して、初期値として任意の機械誤差パラメーター $E = E_0$ 、機械誤差パラメーター $F = F_0$ を選定して、前記機械誤差パラメーター $F = F_0$ の値を固定して前記機械誤差パラメーター E をある範囲内で順次値を変化させて最良値 E_1 を求め、次に前記機械誤差パラメーター $E = E_1$ を固定して前記機械誤差パラメーター F をある範囲内で順次値を変化させて最良値 F_1 を求める計測動作を繰り返す。そして、点群データAと点群データBのそれぞれのマーカの座標値の差の二乗平方和が閾値以下で最も小さくなるよう収束したときに較正作業を終了し、その際の E_n と F_n をそれぞれ機械誤差パラメーター E および F の値として採用する。

[0032] 図4は、点群データAと点群データBから得られるマーカ座標値の差異について説明するものである。この画像は、本発明の三次元レーザー光走査装置で得られた点群データを画像として表示したもので点群データAと点群データBを層別せず表示している。図4の左半図は、4つの市松模様のマーカを測定した部分を拡大したものについて、機械誤差パラメーターを適用せずに表示している。点群データAと点群データBのマーカ座標が上下方向にずれて2重に表示されていることがわかる。

図4の右半図は、おなじ点群データに、適切な機械誤差パラメーターを適用して補正された点群データを示しており、点群データAと点群データBのマーカ座標値が一致しているため重なって表示されている。すなわち、点群データAと点群データBをそれぞれ機械誤差パラメーターによって補正した結果、マーカ座標値が一致するようになったことを示している。

[0033] 前述の機械誤差パラメーターの一例を図5に示す。図5に示すように、機械誤差パラメーターは、少なくとも反射ミラー2のZ相ずれ、角度誤差、軸倒れ角度若しくは軸倒れ方向の補正、レーザー計測ユニット1の傾き角度若しくは傾き方向、レーザー光軸の倒れ角度若しくは倒れ方向の補正を含んでいる。

これにより、三次元レーザー光走査装置における構成部品の機械的なずれをある程度許容した場合であっても、前述の方法で算出した機械誤差パラメーターを加味することで点群データに基づいた座標精度を高めることができる。

[0034] 尚、上記機械誤差パラメーターの他にも、更に多くの他の機械誤差パラメーターを含んでいてもよい。例えば、レーザー計測ユニット1の光軸倒れ角度若しくは光軸倒れ方向の補正、ミラーエンコーダ4の位相ずれ、ディスクの偏心若しくは偏心方向の補正、スピンドルエンコーダ9の位相ずれ、ディスクの偏心若しくは偏心方向の補正、反射ミラー2の反射点位置（X，Y，Z方向）など他の機械誤差パラメーターを含んでいてもよい。

[0035] 以上は、ミラー駆動モータ3の回転が速くスピンドル駆動モータ7の回転が遅い三次元レーザー光走査装置について説明してきたが、ミラー駆動モータ3とスピンドル駆動モータ7の回転速度の関係が逆（ミラー駆動モータ3の回転が遅くスピンドル駆動モータ7の回転が速い場合）であっても良い。

この場合、前述の「反射ミラー2のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方」は垂直回転となる。

[0036] また、マーカーについては、マーカーの配置は水平方向および垂直方向に複数設定することが好適である。実用的にはマーカーの数は5つ以上が望ましい。

[0037] 上述した三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法を用いれば、機械誤差パラメーターの算出できる機能を三次元レーザー光走査装置本体に搭載したり、同様の機能を持つソフトウェアをユーザーに提供したりすることによって、ユーザー自身で三次元レーザー光走査装置を用いて簡易に計測データの校正を行って計測精度を高めることができる。

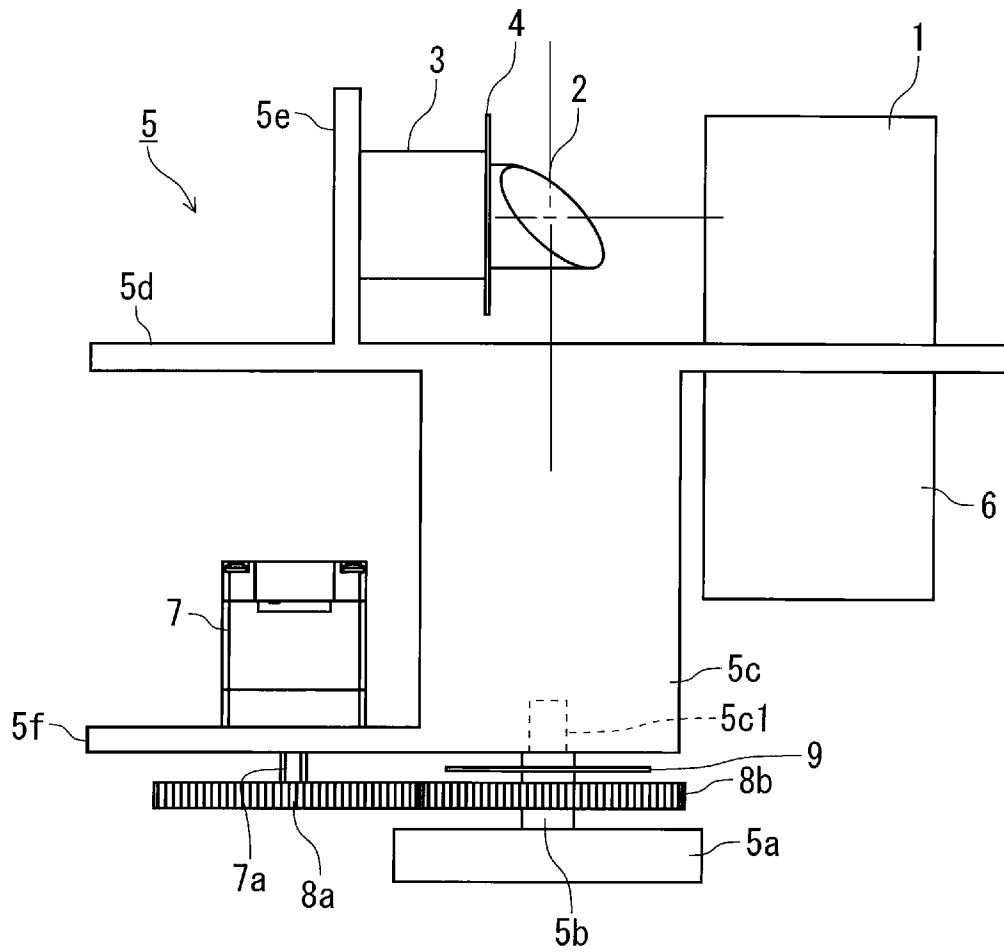
請求の範囲

- [請求項1] レーザー光を投光して被照射体からの反射光を受光することで測距するレーザー光測距装置と、
- 前記レーザー光測距装置から照射されたレーザー光を反射面で反射させて被照射体に向けて照射し、被照射体からの反射光を前記反射面で反射させて受光する反射鏡と、
- 前記反射鏡を水平回転軸を中心に回転駆動させる第一駆動部と、
- 前記レーザー光測距装置と前記第一駆動部を支持固定する回転支持部と、
- 前記回転支持部を鉛直軸を中心に回転駆動させる第二駆動部と、
- 前記レーザー光測距装置、前記第一駆動部及び第二駆動部の動作を制御する制御ユニットと、を備え、
- 前記制御ユニットは、前記第一駆動部と前記第二駆動部を制御して前記回転駆動される反射鏡のレーザー光を反射させる方向を水平方向および垂直方向のそれぞれについて特定の回転速度となるようにしつつ前記レーザー光測距装置を制御してレーザー光測距を行うことにより、前記反射鏡を中心とした任意の半径の仮想的球体の表面である仮想球面の上を一定のパターンで前記レーザー光測距を行うよう制御し、
- 前記反射鏡のレーザー光を反射させる方向の水平回転速度と垂直回転速度のうち遅い方の回転が1周回する間に得られる点群データを点群データAおよび点群データBの2組に層別し、所定の機械誤差パラメーターを選択し、前記点群データAおよび前記点群データBに対して該選択された機械誤差パラメーターを適用してそれぞれの点群データよりマーカの座標値を得て比較し、該座標値の差が所定閾値以下になるような前記機械誤差パラメーターの補正値を算出し使用することを特徴とする三次元レーザー光走査装置の計測データ較正方法。
- [請求項2] 複数の前記機械誤差パラメーターを包含し、初期値として任意の機

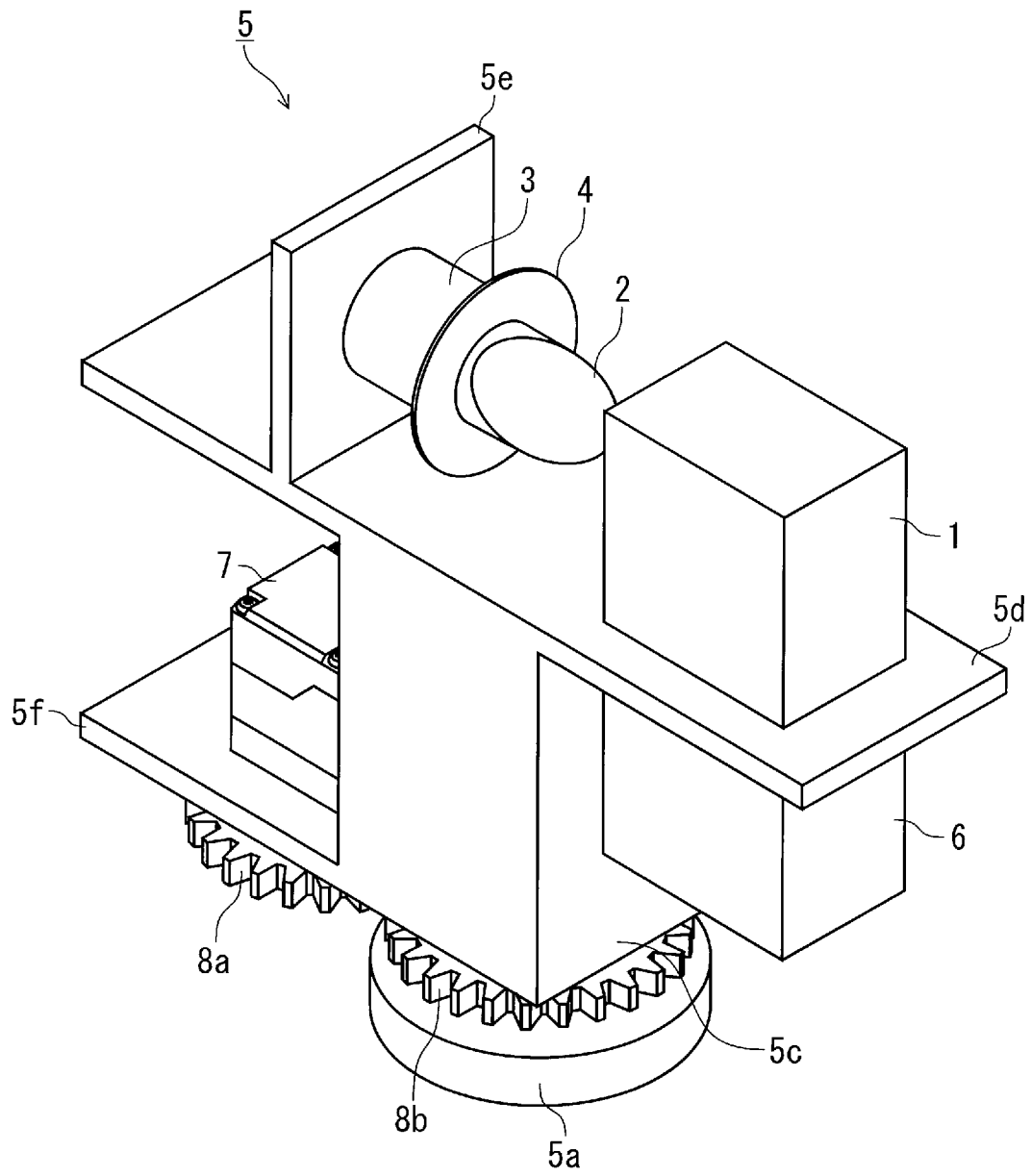
械誤差パラメーター $E = E_0$ 、機械誤差パラメーター $F = F_0$ を選定して、前記機械誤差パラメーター $F = F_0$ の値を固定して前記機械誤差パラメーター E をある範囲内で変化させて最良値 E_1 を求め、次に前記機械誤差パラメーター $E = E_1$ を固定して前記機械誤差パラメーター F をある範囲内で変化させて最良値 F_1 を求める計測動作を繰り返すことで、マーカーの座標値の差異が所定閾値以下で最も小さくなるよう収束したときの E_n 、 F_n を補正值として採用する請求項 1 記載の三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法。

[請求項3] 前記機械誤差パラメーターは、少なくとも前記反射鏡の Z 相ずれ、角度誤差、軸倒れ角度若しくは軸倒れ方向の補正、前記レーザー光測距装置の傾き角度若しくは傾き方向、レーザー光軸の倒れ角度若しくは倒れ方向の補正を含む請求項 1 もしくは請求項 2 に記載の三次元レーザー光走査装置の計測データ校正方法。

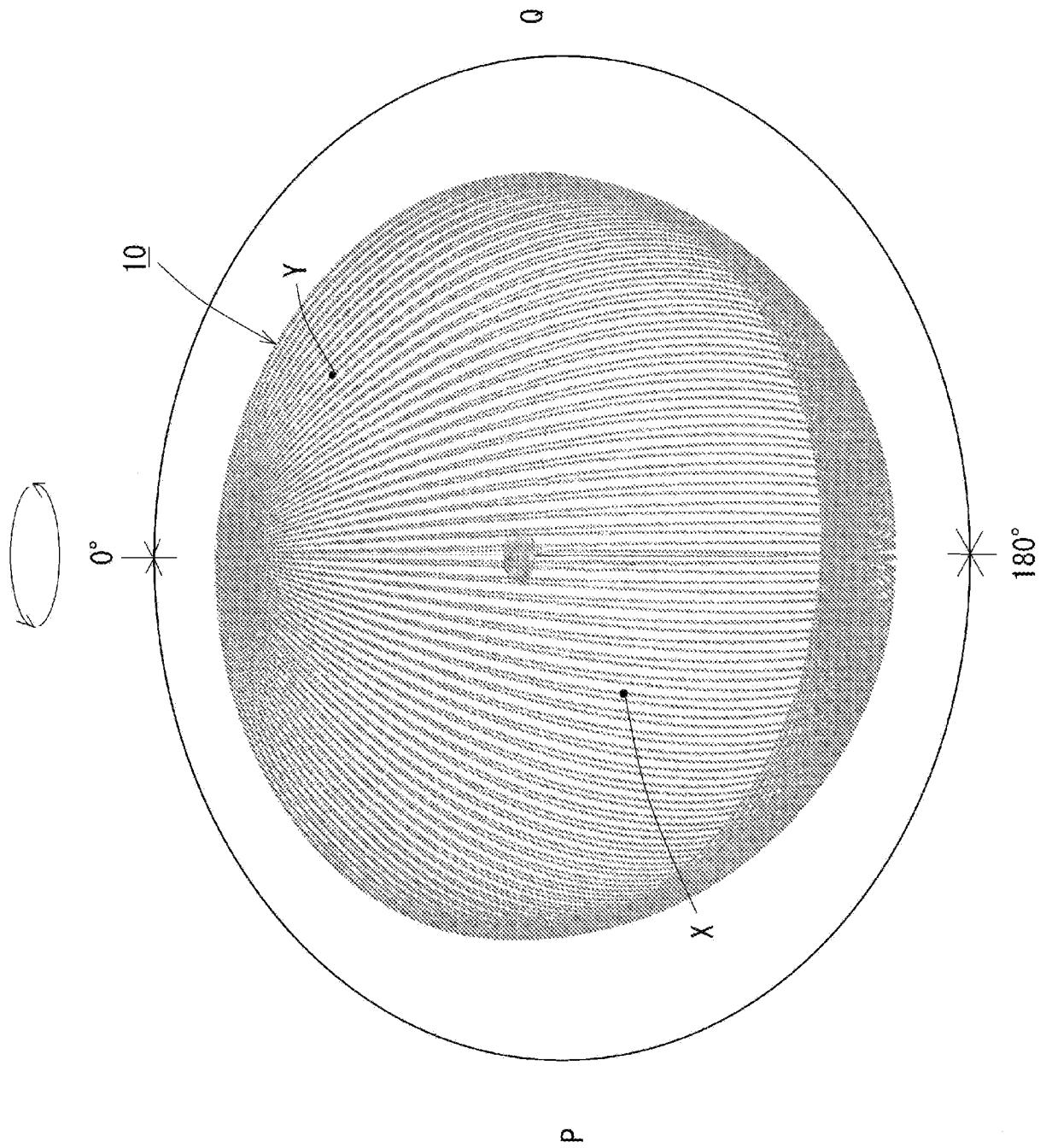
[図1]



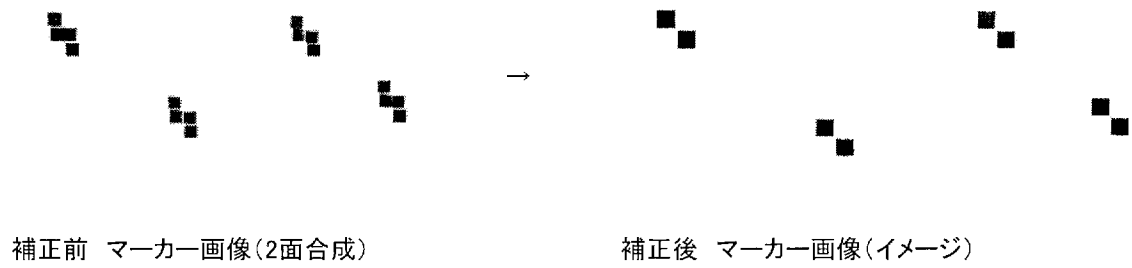
[図2]



[図3]



[図4]



[図5]

ミラーZ相ずれ[°]	-1
ミラー角度誤差[°]	0.025
ミラー軸倒れ:角度[°]	1.0625
ミラー軸倒れ:方向[°]	153.281
スキャンユニットの傾き:角度[°]	-0.0375
スキャンユニットの傾き:方向[°]	0
レーザの倒れ:角度[°]	1.6375
レーザの倒れ:方向[°]	161.016

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/005776

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01C15/00 (2006.01) i, G02B26/10 (2006.01) i, G01C3/00 (2006.01) n, G01C3/06 (2006.01) n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G01C15/00, G02B26/10, G01C3/00, G01C3/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2018-54408 A (TOPCON CORP.) 05 April 2018, paragraphs [0002]-[0007], fig. 7-10 (Family: none)	1-3
Y	JP 2017-198555 A (FUJITSU LTD.) 02 November 2017, paragraphs [0010]-[0051], [0080]-[0122], fig. 1-12 (Family: none)	1-3
Y	JP 7-146121 A (NIPPONDENSO CO., LTD.) 06 June 1995, paragraphs [0062]-[0068], fig. 10 & US 5499306 A, column 26, line 35 to column 27, line 30, fig. 21	2-3
A	JP 2008-82782 A (TOPCON CORP.) 10 April 2008, entire text, all drawings & US 2008/0074637 A1	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18.04.2019

Date of mailing of the international search report
07.05.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/005776

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2013/128265 A1 (TRIMBLE A. B.) 06 September 2013, entire text, all drawings & US 2015/0046456 A1	1-3

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C15/00(2006.01)i, G02B26/10(2006.01)i, G01C3/00(2006.01)n, G01C3/06(2006.01)n

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01C15/00, G02B26/10, G01C3/00, G01C3/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2018-54408 A (株式会社トプコン) 2018.04.05, [0002] - [0007]、図7-10 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 2017-198555 A (富士通株式会社) 2017.11.02, [0010] - [0051]、[0080] - [0122]、図1-12 (ファミリーなし)	1-3
Y	JP 7-146121 A (日本電装株式会社) 1995.06.06, [0062] - [0068]、図10 & US 5499306 A, 第26欄3	2-3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18.04.2019

国際調査報告の発送日

07.05.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

眞岩 久恵

2S

4067

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	5行ー第27欄30行、図21	
A	JP 2008-82782 A (株式会社トプコン) 2008.04.10, 全文、全図 & US 2008/0074637 A1	1-3
A	WO 2013/128265 A1 (TRIMBLE A.B.) 2013.09.06, 全文、全図 & US 2015/0046456 A1	1-3