

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6747039号
(P6747039)

(45) 発行日 令和2年8月26日(2020.8.26)

(24) 登録日 令和2年8月11日(2020.8.11)

(51) Int.Cl. F 1
GO 1 S 7/497 (2006.01) GO 1 S 7/497

請求項の数 6 (全 22 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-89918 (P2016-89918) (22) 出願日 平成28年4月27日 (2016. 4. 27) (65) 公開番号 特開2017-198556 (P2017-198556A) (43) 公開日 平成29年11月2日 (2017. 11. 2) 審査請求日 平成31年1月15日 (2019. 1. 15)</p>	<p>(73) 特許権者 000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 (74) 代理人 100104190 弁理士 酒井 昭徳 (72) 発明者 日高 洋士 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 審査官 山下 雅人</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 情報処理装置、キャリブレーション方法、およびキャリブレーションプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、

前記回転軸に対してチルト軸が垂直となるように前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記チルト軸を中心に回転する光学系により、前記チルト軸を中心に回転する方向であるチルト方向に走査しながらレーザを物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、

前記測定装置がレーザを照射する範囲のうちの前記回転軸に対する前記チルト方向の回転角であるチルト角が0～180度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト角が180～360度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記チルト角が0度のときのレーザを照射する方向の前記回転軸に対する角度を示す前記測定装置のチルト傾斜角を算出する制御装置と、

を有することを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】

前記制御装置は、

前記有効範囲を用いて前記床面に配置された対象物の特徴点までの距離が測定されたときの前記パン方向の回転角と、前記冗長範囲を用いて前記対象物の特徴点までの距離が測定されたときの前記パン方向の回転角との差に基づいて、前記回転軸に垂直な面に対する前記チルト軸の角度を示す前記測定装置のロール傾斜角を算出する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記制御装置は、

前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの距離のうちの最大値と最小値から得られる前記床面の傾斜角に基づいて、前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの距離を補正し、

前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離のうちの最大値と最小値から得られる前記床面の傾斜角に基づいて、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離を補正し、

前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの補正後の距離と、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの補正後の距離との差に基づいて、前記チルト傾斜角を算出する、ことを特徴とする請求項 2 に記載の情報処理装置。

10

【請求項 4】

前記制御装置は、

算出した前記チルト傾斜角と前記ロール傾斜角とに基づいて、前記測定装置によって距離が測定された各点の 3 次元座標を含む 3 次元モデルを生成し、

生成した前記 3 次元モデルを出力する、ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、前記回転軸に対してチルト軸が垂直となるように前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記チルト軸を中心に回転する光学系により、前記チルト軸を中心に回転する方向であるチルト方向に走査しながらレーザを物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、を有する情報処理装置のコンピュータが、

20

前記測定装置がレーザを照射する範囲のうちの前記回転軸に対する前記チルト方向の回転角であるチルト角が 0 ~ 180 度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト角が 180 ~ 360 度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離とを取得し、

前記有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記チルト角が 0 度のときのレーザを照射する方向の前記回転軸に対する角度を示す前記測定装置のチルト傾斜角を算出する、

30

処理を実行することを特徴とするキャリブレーション方法。

【請求項 6】

回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、前記回転軸に対してチルト軸が垂直となるように前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記チルト軸を中心に回転する光学系により、前記チルト軸を中心に回転する方向であるチルト方向に走査しながらレーザを物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、を有する情報処理装置のコンピュータに、

前記測定装置がレーザを照射する範囲のうちの前記回転軸に対する前記チルト方向の回転角であるチルト角が 0 ~ 180 度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト角が 180 ~ 360 度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離とを取得し、

40

前記有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記チルト角が 0 度のときのレーザを照射する方向の前記回転軸に対する角度を示す前記測定装置のチルト傾斜角を算出する、

処理を実行させることを特徴とするキャリブレーションプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、情報処理装置、キャリブレーション方法、およびキャリブレーションプログラムに関する。

50

【背景技術】

【0002】

従来、物体に向けてレーザを照射し、反射光が返ってくるまでの時間を測定することにより、物体までの距離を計測するセンサがある。また、センサ内で光学系を回転させて水平方向のスキャニングを行いながら物体までの距離を計測する、いわゆる2D(2次元: 2-Dimensions)センサがある。

【0003】

先行技術としては、例えば、レーザレンジファインダのペアから共通に観測される対象物の位置の誤差が最小となるように、センサネットワーク座標系での各レーザレンジファインダの位置および向きを校正する技術がある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2015-127664号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来技術では、2Dセンサを駆動装置により回転させて3D計測を行おうとすると、2Dセンサを駆動装置に取り付ける際の組み立て誤差により、2Dセンサが正規姿勢から傾斜して計測誤差が発生してしまう場合がある。具体的には、2Dセンサが正規姿勢から傾斜していると計測空間に歪みが生じてしまう。このため、2Dセンサの正規姿勢からの傾斜を校正することになるが、どの方向にどの程度傾斜しているのかを人手で判断することが難しく、校正作業に時間や手間がかかる。

20

【0006】

一つの側面では、本発明は、測定装置の正規姿勢からの傾斜角を算出することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様によれば、回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記パン方向に垂直なチルト方向に走査しながら光を物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、を有する情報処理装置が、前記測定装置が光を照射する範囲のうちの前記チルト方向に0~180度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト方向に180~360度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記測定装置のチルト傾斜角を算出する情報処理装置、キャリブレーション方法、およびキャリブレーションプログラムが提案される。

30

【発明の効果】

【0008】

本発明の一側面によれば、測定装置の正規姿勢からの傾斜角を算出することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0009】

【図1】図1は、実施の形態にかかる情報処理装置100の一実施例を示す説明図である。

【図2】図2は、測定装置102の傾斜角を示す説明図である。

【図3】図3は、測定装置102が正規姿勢から傾斜している場合の計測誤差を示す説明図である。

【図4】図4は、有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点を示す説明図である。

【図5】図5は、情報処理装置100のハードウェア構成例を示すブロック図である。

【図6】図6は、情報処理装置100の機能的構成例を示すブロック図である。

【図7】図7は、測距値の差 L とチルト傾斜角 θ との関係を示す説明図である。

50

【図 8】図 8 は、測距値 L , L' の具体例を示す説明図である。

【図 9】図 9 は、回転角の差 θ_{hp} とロール傾斜角 θ_r との関係を示す説明図である。

【図 10】図 10 は、床面が傾斜している場合の測距値 L , L' の具体例を示す説明図である。

【図 11】図 11 は、最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} と傾斜角 θ_g との関係を示す説明図である。

【図 12】図 12 は、情報処理装置 100 のキャリブレーション処理手順の一例を示すフローチャート(その 1)である。

【図 13】図 13 は、情報処理装置 100 のキャリブレーション処理手順の一例を示すフローチャート(その 2)である。

【図 14】図 14 は、第 1 の補正処理の具体的処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 15】図 15 は、モデル生成処理の具体的処理手順の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下に図面を参照して、本発明にかかる情報処理装置、キャリブレーション方法、およびキャリブレーションプログラムの実施の形態を詳細に説明する。

【0011】

(実施の形態)

図 1 は、実施の形態にかかる情報処理装置 100 の一実施例を示す説明図である。図 1 において、情報処理装置 100 は、駆動装置 101 と、測定装置 102 と、制御装置 103 と、を有する。情報処理装置 100 は、例えば、水平床面に設置されて使用される。

【0012】

駆動装置 101 は、回転軸 110 (図 1 中、 z 軸に対応) を中心にパン方向 d_1 に回転するモータである。以下の説明では、パン方向 d_1 の回転角(図 1 中、 x 軸に対する角度)を「回転角 θ_h ($\theta_h = 0 \sim 360^\circ$ (度))」と表記する場合がある。ただし、駆動装置 101 が初期位置のときの正面方向と x 軸方向とが一致しているものとする。

【0013】

測定装置 102 は、チルト方向 d_2 に走査しながら光(例えば、レーザ)を物体に向けて照射し、反射光を受光するまでの時間を用いて自装置から物体までの距離を測定する 2D センサである。チルト方向 d_2 は、チルト軸 120 を中心に回転する方向である。すなわち、測定装置 102 は、チルト軸 120 を中心に光学系(例えば、後述の図 5 に示す発光部 511、受光部 512 等)を回転させながら、図 1 中の太線矢印で示す方向(照射方向)に光を照射する。

【0014】

情報処理装置 100 において、測定装置 102 は、パン方向 d_1 に対してチルト方向 d_2 が垂直となるように駆動装置 101 に取り付けられる。そして、測定装置 102 は、回転軸 110 を中心として円軌道に沿って移動される状態で、チルト方向 d_2 に走査しながら光(以下、「レーザ」という)を物体に向けて照射して物体までの距離を測定する。

【0015】

この際、測定装置 102 は、チルト方向 d_2 に「 $0 \sim 225^\circ$ (0° 以上 225° 未満)、 $315 \sim 360^\circ$ 」の範囲でレーザを照射する。チルト方向 d_2 に「 $225 \sim 315^\circ$ 」の範囲は、レーザを照射しない死角部分となる。ただし、チルト方向 d_2 に「 $180 \sim 360^\circ$ 」の範囲のうち、どの範囲にレーザを照射するかは任意に設定可能であり、例えば、チルト方向 d_2 に「 $180 \sim 360^\circ$ 」の範囲にレーザを照射することにしてもよい(死角部分なし)。

【0016】

より詳細に説明すると、例えば、測定装置 102 は、チルト方向 d_2 に「 $0 \sim 225^\circ$ 、 $315 \sim 360^\circ$ 」の範囲を 1080 分割して、1 周当たり 25 [msec] で 108

10

20

30

40

50

0 点の計測を行う。測定装置 1 0 2 は、駆動装置 1 0 1 によってパン方向 d 1 に、0 ° から 3 6 0 ° まで 0 . 2 4 ° ずつ移動される度に、この計測を行う。

【 0 0 1 7 】

これにより、2 D センサである測定装置 1 0 2 を利用して 3 D 計測を行うことができる。3 D 計測とは、立体的なものの位置や形状をデータ化することである。3 D 計測によって得られるデータ (3 次元モデル) は、例えば、各種シミュレーションや C A D (C o m p u t e r A i d e d D e s i g n) などのアプリケーションに利用することができる。

【 0 0 1 8 】

制御装置 1 0 3 は、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレ (傾斜) を解析するコンピュータである。測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレは、測定装置 1 0 2 を駆動装置 1 0 1 に取り付ける際の組み立て誤差 (あるいは、経年劣化) により生じるものであり、例えば、図 2 に示すような、測定装置 1 0 2 の傾斜角 (チルト傾斜角 θ_t 、ロール傾斜角 θ_r) によって表される。

【 0 0 1 9 】

図 2 は、測定装置 1 0 2 の傾斜角を示す説明図である。図 2 において、チルト傾斜角 θ_t は、チルト角 θ_v が 0 ° のときのレーザを照射する方向の回転軸 1 1 0 に対する角度を表す。チルト角 θ_v は、回転軸 1 1 0 に対するチルト方向 d 2 の角度である。すなわち、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレがなければ、チルト傾斜角 θ_t は 0 ° となる。

【 0 0 2 0 】

また、ロール傾斜角 θ_r は、回転軸 1 1 0 に垂直な面に対するチルト軸 1 2 0 の角度を表す。すなわち、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレがなければ、ロール傾斜角 θ_r は 0 ° となる。ところが、測定装置 1 0 2 を駆動装置 1 0 1 により回転させて 3 D 計測を行う場合、図 2 に示したように、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜していると、計測誤差が発生して計測空間に歪みが生じてしまう。

【 0 0 2 1 】

ここで、図 3 を用いて、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜している場合の計測誤差について説明する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜している場合の計測誤差を示す説明図である。図 3 の (3 - 1) において、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からの傾斜として、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = - 5 °$ 」である場合を想定する。この場合、チルト角 θ_v を「 $\theta_v = 1 6 0 °$ 」として、回転角 θ_h が 0 ~ 1 8 0 ° の 1 0 ° 間隔で床面までの距離を測定した際の計測点 (レーザが照射されて距離が測定される点) は、(3 - 1) に示すように、らせん状にずれる。

【 0 0 2 3 】

(3 - 1) において、印は、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = - 5 °$ 」である場合の計測点を示す。一方、印は、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜していない場合の計測点を示す。このように、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜 ($\theta_t = - 5 °$) しているときの計測点「 印」は、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜していないときの計測点「 印」に比べて、計測方向へずれることになり、計測誤差が発生する。

【 0 0 2 4 】

図 3 の (3 - 2) において、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からの傾斜として、ロール傾斜角 θ_r が「 $\theta_r = - 5 °$ 」である場合を想定する。この場合、チルト角 θ_v を「 $\theta_v = 1 6 0 °$ 」として、回転角 θ_h が 0 ~ 1 8 0 ° の 1 0 ° 間隔で床面までの距離を測定した際の計測点は、(3 - 2) に示すように、らせん状にずれる。

【 0 0 2 5 】

(3 - 2) において、印は、ロール傾斜角 θ_r が「 $\theta_r = - 5 °$ 」である場合の計測点を示す。一方、印は、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜していない場合の計測点を示す。このように、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜 ($\theta_r = - 5 °$) しているときの計

10

20

30

40

50

測点「印」は、測定装置102が正規姿勢から傾斜していないときの計測点「印」に比べて、計測方向と垂直方向へずれることになり、計測誤差が発生する。

【0026】

したがって、測定装置102を駆動装置101に取り付けて3D計測を行う場合、測定装置102の正規姿勢からの傾斜(ズレ)を校正する必要がある。しかしながら、測定装置102の正規姿勢からの傾斜を手で判断して校正するには知識やスキルが必要となるとともに時間や手間がかかる。

【0027】

そこで、本実施の形態では、測定装置102の有効範囲外の計測(冗長スキャン)を利用して、測定装置102の傾斜角(チルト傾斜角 θ_t 、ロール傾斜角 θ_r)を求めることで、測定装置102の正規姿勢からの傾斜に伴う計測誤差を自動校正可能にするキャリブレーション方法について説明する。

10

【0028】

ここで、測定装置102の有効範囲および冗長範囲について説明する。測定装置102は、駆動装置101に取り付けられて回転軸110を中心として円軌道に沿って移動される。したがって、測定装置102がチルト方向d2に0~180°の範囲を走査(スキャン)すれば、3次元空間全体の3D計測が行えることになる。

【0029】

換言すれば、測定装置102がレーザを照射する範囲のうち、チルト方向に180~360°(180° $\leq\theta_v<360^\circ$)の範囲は、レーザを照射しなくてもよい範囲となる。このため、チルト方向に0~180°(0° $\leq\theta_v<180^\circ$)の範囲を「有効範囲」と表記し、チルト方向に180~360°(180° $\leq\theta_v<360^\circ$)の範囲を「冗長範囲」と表記する。

20

【0030】

例えば、測定装置102は、チルト方向d2に「0~225°、315~360°」の範囲でレーザを照射する。この場合、測定装置102がレーザを照射する範囲のうち、「0~180°」は有効範囲であり、「180~225°、315~360°」は冗長範囲となる。

【0031】

つぎに、図4を用いて、測定装置102が正規姿勢から傾斜している場合の有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点について説明する。

30

【0032】

図4は、有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点を示す説明図である。図4の(4-1)において、測定装置102の正規姿勢からの傾斜として、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = -5^\circ$ 」である場合を想定する。この場合、床面までの距離を測定した際の有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点は、(4-1)に示すようになる。

【0033】

(4-1)において、印は、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = -5^\circ$ 」である場合に、チルト角 θ_v を有効範囲内の「 $\theta_v = 160^\circ$ 」として、回転角 θ_h が0~180°の10°間隔で床面までの距離を測定した際の有効範囲の計測点を示す。一方、印は、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = -5^\circ$ 」である場合に、チルト角 θ_v を冗長範囲内の「 $\theta_v = 200^\circ$ 」として、回転角 θ_h が0~180°の10°間隔で床面までの距離を測定した際の冗長範囲の計測点を示す。

40

【0034】

なお、「 $\theta_v = 200^\circ$ 」は、有効範囲のチルト角 θ_v に対応する冗長範囲のチルト角 θ_v である。すなわち、冗長範囲のチルト角 θ_v は、チルト方向d2の反対方向に有効範囲のチルト角 θ_v (160°)分回転した角度($-160^\circ = 200^\circ$)となる。また、印は、測定装置102が正規姿勢から傾斜していない場合に、チルト角 θ_v を「 $\theta_v = 160^\circ$ 」として、回転角 θ_h が0~180°の10°間隔で床面までの距離を測定した際の計測点を示す。

50

【 0 0 3 5 】

ここで、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレ（傾斜）がなければ、ある回転角 θ_h のときに、有効範囲を用いて測定された床面までの距離 L と、冗長範囲を用いて測定された床面までの距離 L' とは一致するはずである。すなわち、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレ（傾斜）がなければ、 L と L' は一致するはずである。

【 0 0 3 6 】

ところが、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレ（傾斜）があれば、チルト傾斜角 θ_t に応じて、有効範囲を用いて測定された床面までの距離 L と、冗長範囲を用いて測定された床面までの距離 L' との間に差（ ΔL ）が生じる。そこで、本実施の形態では、情報処理装置 1 0 0 は、距離 L と距離 L' との間に差（ ΔL ：測距値の差分）に基づいて、チルト傾斜角 θ_t を算出する。

10

【 0 0 3 7 】

図 4 の（4 - 2）において、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からの傾斜として、ロール傾斜角 θ_r が「 $\theta_r = -5^\circ$ 」である場合を想定する。この場合、床面までの距離を測定した際の有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点は、（4 - 2）に示すようになる。

【 0 0 3 8 】

（4 - 2）において、 L は、ロール傾斜角 θ_r が「 $\theta_r = -5^\circ$ 」である場合に、チルト角 θ_v を有効範囲内の「 $\theta_v = 160^\circ$ 」として、回転角 θ_h が $0 \sim 180^\circ$ の 10° 間隔で床面までの距離を測定した際の有効範囲の計測点を示す。一方、 L' は、ロール傾斜角 θ_r が「 $\theta_r = -5^\circ$ 」である場合に、チルト角 θ_v を冗長範囲内の「 $\theta_v = 200^\circ$ 」として、回転角 θ_h が $0 \sim 180^\circ$ の 10° 間隔で床面までの距離を測定した際の冗長範囲の計測点を示す。

20

【 0 0 3 9 】

なお、 L' は、測定装置 1 0 2 が正規姿勢から傾斜していない場合に、チルト角 θ_v を「 $\theta_v = 160^\circ$ 」として、回転角 θ_h が $0 \sim 180^\circ$ の 10° 間隔で床面までの距離を測定した際の計測点を示す。

【 0 0 4 0 】

ここで、測定装置 1 0 2 の正規姿勢からのズレ（傾斜）があれば、図 4 に示したように、ロール傾斜角 θ_r に応じて、有効範囲の計測点は進行方向に対して角度 θ 分ずれ、冗長方向の計測点は進行方向とは逆方向に角度 θ 分ずれる。したがって、床面に配置された対象物上のある点（特徴点 p ）までの距離が測定されるまでの時間は、有効範囲では早くなり、冗長範囲では遅れる。

30

【 0 0 4 1 】

換言すれば、ロール傾斜角 θ_r が大きくなるにつれて、対象物上の特徴点 p までの距離が、有効範囲を用いて測定されたときのパン方向 d_1 の回転角 θ_{h1} は小さくなり、冗長範囲を用いて測定されたときのパン方向 d_1 の回転角 θ_{h2} は大きくなる。そこで、本実施の形態では、情報処理装置 1 0 0 は、有効範囲を用いて測定されたときの回転角 θ_{h1} と、冗長範囲を用いて測定されたときの回転角 θ_{h2} との差（ $\Delta\theta_{hp}$ ：測距方向の変化）に基づいて、ロール傾斜角 θ_r を算出する。

【 0 0 4 2 】

（情報処理装置 1 0 0 のハードウェア構成例）

つぎに、情報処理装置 1 0 0 のハードウェア構成例について説明する。

40

【 0 0 4 3 】

図 5 は、情報処理装置 1 0 0 のハードウェア構成例を示すブロック図である。図 5 において、情報処理装置 1 0 0 は、CPU（Central Processing Unit）5 0 1 と、メモリ 5 0 2 と、I/F（Interface）5 0 3 と、駆動装置 1 0 1 と、測定装置 1 0 2 と、を有する。また、各構成部は、バス 5 0 0 によってそれぞれ接続される。

【 0 0 4 4 】

ここで、CPU 5 0 1 は、情報処理装置 1 0 0 の全体の制御を司る。メモリ 5 0 2 は、

50

例えば、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory) およびフラッシュROMなどを有する。具体的には、例えば、フラッシュROMやROMが各種プログラムを記憶し、RAMがCPU 501のワークエリアとして使用される。メモリ502に記憶されるプログラムは、CPU 501にロードされることで、コーディングされている処理をCPU 501に実行させる。

【0045】

I/F 503は、有線または無線のネットワークに接続され、ネットワークを介して他のコンピュータ（例えば、利用者のパーソナル・コンピュータ）に接続される。そして、I/F 503は、ネットワークと自装置内部とのインターフェースを司り、他のコンピュータからのデータの入出力を制御する。なお、図1に示した制御装置103は、例えば、CPU 501と、メモリ502と、I/F 503と、を含む。

10

【0046】

駆動装置101は、図1に示したように、回転軸110を中心にパン方向d1に回転するモータである。測定装置102は、発光部511と、受光部512と、駆動部513と、センサ制御部514と、を含む。発光部511は、レーザを照射する光源であり、例えば、半導体レーザである。受光部512は、反射光を受光する。駆動部513は、チルト軸120（図1参照）を中心にチルト方向d2に発光部511を回転させる。センサ制御部514は、チルト方向d2に走査しながらレーザを物体に向けて照射し、反射光を受光するまでの時間を用いて自装置から物体までの距離を測定する。

【0047】

20

なお、情報処理装置100は、上述した構成部のほかに、例えば、ディスクドライブ、ディスク、SSD (Solid State Drive)、入力装置、ディスプレイなどを有することにしてもよい。

【0048】

（情報処理装置100の機能的構成例）

図6は、情報処理装置100の機能的構成例を示すブロック図である。図6において、情報処理装置100は、取得部601と、算出部602と、生成部603と、出力部604と、を含む構成である。取得部601～出力部604は制御部となる機能であり、具体的には、例えば、図5に示したメモリ502に記憶されたプログラムをCPU 501に実行させることにより、または、I/F 503により、その機能を実現する。各機能部の処理結果は、例えば、メモリ502に記憶される。

30

【0049】

取得部601は、測定装置102がレーザを照射する範囲のうち、チルト方向d2に0～180度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、チルト方向d2に180～360度の冗長範囲を用いて測定された床面までの距離とを取得する。

【0050】

具体的には、例えば、取得部601は、パン方向d1の回転角 θ_h と、チルト方向d2のチルト角 θ_v と、測距値とを対応付けて表すレンジデータを取得する。ただし、 θ_h を「 $\theta_h = 0 \sim 360^\circ$ 」とし、 θ_h を「 $\theta_h = 0.24^\circ / \text{step}$ 」とする。また、 θ_v を「 $\theta_v = 0 \sim 225^\circ, 315 \sim 360^\circ$ 」とし、 θ_v を「 $\theta_v = 0.25^\circ / \text{step}$ 」とする。測距値は、パン方向d1の回転角が「 θ_h 」、チルト方向d2のチルト角が「 θ_v 」のときに測定された物体（床面や対象物）までの距離（単位：mm）である。

40

【0051】

以下の説明では、パン方向d1の回転角が「 θ_h 」、チルト方向d2のチルト角が有効範囲内の「 θ_v 」のときの測距値を「測距値L」と表記する場合がある。また、パン方向d1の回転角が「 θ_h 」、チルト方向d2のチルト角が冗長範囲内の「 θ_v 」のときの測距値を「L'」と表記する場合がある。なお、チルト角「 θ_v 」は、有効範囲のチルト角 θ_v に対応する冗長範囲のチルト角である。

【0052】

算出部602は、測定装置102がレーザを照射する範囲のうち、有効範囲を用いて測

50

定された床面までの距離と、冗長範囲を用いて測定された床面までの距離との差に基づいて、チルト傾斜角 ϕ_t を算出する。具体的には、例えば、算出部 602 は、測距値 L と測距値 L' との差 $\Delta L (= L - L')$ に基づいて、チルト傾斜角 ϕ_t を算出する。

【0053】

ここで、図7を用いて、測距値 L と測距値 L' との差 ΔL とチルト傾斜角 ϕ_t との関係について説明する。

【0054】

図7は、測距値の差 ΔL とチルト傾斜角 ϕ_t との関係を示す説明図である。図7において、ある回転角 θ_h のときに測定された床面までの距離を表す測距値 L と測距値 L' とが示されている。この場合、測距値 L 、 L' とチルト角 θ_v との関係は、下記式(1)によって表される。また、測距値 L と測距値 L' との差 ΔL とチルト傾斜角 ϕ_t との関係は、下記式(2)によって表される。

10

【0055】

【数1】

$$b = \sqrt{L^2 + L'^2 + 2LL' \cos 2\theta_v} \quad \dots(1)$$

$$\frac{\sin \phi_t}{\Delta L} = \frac{\cos \theta_v}{b} \quad \dots(2)$$

【0056】

20

このため、算出部 602 は、例えば、下記式(3)を用いて、チルト傾斜角 ϕ_t を算出することができる。なお、 L は、例えば、測距値 L ($\theta_h: 0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v : 固定) の平均値から測距値 L' の平均値を減算することにより得られる。

【0057】

【数2】

$$\phi_t = \sin^{-1} \left(\frac{\Delta L}{b} \cos \theta_v \right) \quad \dots(3)$$

【0058】

図6の説明に戻り、算出部 602 は、回転角 θ_{h1} と回転角 θ_{h2} との差 θ_{hp} に基づいて、ロール傾斜角 ϕ_r を算出する。回転角 θ_{h1} は、有効範囲を用いて床面に配置された対象物 T の特徴点 p までの距離が測定されたときのパン方向 d1 の回転角である。回転角 θ_{h2} は、冗長範囲を用いて対象物 T の特徴点 p までの距離が測定されたときのパン方向 d1 の回転角である。対象物 T は、床面に配置される任意の物体(例えば、板状の物体)である。

30

【0059】

ここで、図8を用いて、床面に対象物 T を配置して物体までの距離を計測した場合の測距値 L 、 L' について説明する。

【0060】

図8は、測距値 L 、 L' の具体例を示す説明図である。図8において、レンジデータ群 810 は、回転角 θ_h を 0.24° 間隔で変化させて測定された物体(床面または対象物 T) までの測距値 L (回転角: θ_h 、チルト角: θ_v) を示す。また、レンジデータ群 820 は、回転角 θ_h を 0.24° 間隔で変化させて測定された物体(床面または対象物 T) までの測距値 L' (回転角: θ_h 、チルト角: $-\theta_v$) を示す。

40

【0061】

ただし、算出部 602 によって算出されたチルト傾斜角 ϕ_t が「 $\phi_t = 0$ 」の場合は、チルト角 θ_v 、 $-\theta_v$ は、チルト傾斜角 ϕ_t を考慮した角度となる。例えば、チルト傾斜角 ϕ_t が「 $\phi_t = 3^\circ$ 」の場合、チルト傾斜角 ϕ_t を考慮したチルト角 θ_v は「 $\theta_v = \theta_v - 3$ 」となる。

【0062】

50

具体的には、例えば、算出部 602 は、レンジデータ群 810 を参照して、直前の測距値 L との変化量が閾値以上となるときの回転角 θ_h を、床面に配置された対象物 T の特徴点 p までの距離（測距値 L_p ）が測定されたときの回転角 θ_{h1} として特定する。閾値は、任意に設定可能であり、例えば、対象物 T の高さが 1000 [mm] であれば、50 [mm] 程度の値に設定される。

【0063】

また、算出部 602 は、レンジデータ群 820 を参照して、直前の測距値 L' との変化量が閾値以上となるときの回転角 θ_h を、床面に配置された対象物 T の特徴点 p までの距離（測距値 L'_p ）が測定されたときの回転角 θ_{h2} として特定する。これにより、有効範囲および冗長範囲それぞれを用いて対象物 T の特徴点 p までの距離が測定されたときの回転角 θ_{h1} と回転角 θ_{h2} との差 θ_{hp} を求めることができる。

10

【0064】

つぎに、図 9 を用いて、回転角 θ_{h1} と回転角 θ_{h2} との差 θ_{hp} と、ロール傾斜角 ϕ_r との関係について説明する。

【0065】

図 9 は、回転角の差 θ_{hp} とロール傾斜角 ϕ_r との関係を示す説明図である。図 9 において、床面に配置された対象物 T の特徴点 p までの測距値 L_p, L'_p ($L_p = L'_p$) が測定されたときの回転角 θ_{h1}, θ_{h2} が示されている。なお、D は、回転軸 110 から測定装置 102 の中心までの最短距離を表すオフセット値である（図 1 参照）。

【0066】

20

この場合、符号 910 の部分について、下記式 (4) が成り立つ。また、下記式 (5) から、下記式 (6) が導出される。そして、下記式 (4) および (6) から、下記式 (7) が導出される。このため、算出部 602 は、例えば、下記式 (7) を用いて、ロール傾斜角 ϕ_r を算出することができる。

【0067】

【数 3】

$$\tan \alpha = \frac{e}{s} = \frac{\sin \phi_r}{-\tan \theta_v} \quad \dots (4)$$

$$\tan \frac{\Delta \theta_{hp}}{2} = \frac{s}{D+e} = \frac{1}{\frac{D}{L_p \sin \theta_v} - \tan \alpha} \quad \dots (5)$$

30

$$\tan \alpha = \frac{D}{L_p \sin \theta_v} - \frac{1}{\tan \frac{\Delta \theta_{hp}}{2}} \quad \dots (6)$$

$$\phi_r = \sin^{-1} \left(\frac{\tan \theta_v}{\tan \frac{\Delta \theta_{hp}}{2}} - \frac{D}{L_p \cos \theta_v} \right) \quad \dots (7)$$

【0068】

40

図 6 の説明に戻り、生成部 603 は、算出されたチルト傾斜角 ϕ_t とロール傾斜角 ϕ_r とに基づいて、3次元モデル P を生成する。ここで、3次元モデル P は、情報処理装置 100 の周囲環境を表す 3次元モデルであり、測定装置 102 の傾斜角（チルト傾斜角 ϕ_t 、ロール傾斜角 ϕ_r ）を反映した校正済みの計測点の 3次元座標群を含む情報である。計測点は、測定装置 102 によって距離（測距値 L ）が測定された点である。

【0069】

ここで、測定装置 102 の正規姿勢からの傾斜がない場合の計測点の 3次元座標 M_c は、下記式 (8) を用いて表すことができる。ただし、 M_s は、センサ座標系における計測点の位置を示す 3次元座標である。センサ座標系は、測定装置 102 の中心（例えば、光学中心）を原点とする、不図示の X_s 軸と Y_s 軸と Z_s 軸とからなる直交座標系である（ X_s

50

= 0)。R_zは、Z軸周りの回転行列である。Lは、測距値である。 θ_h, θ_v は、距離（測距値L）が測定されたときの水平インデックス（回転角）、垂直インデックス（チルト角）である。tは、並進を表す。Dは、回転軸110から測定装置102の中心までの最短距離を表すオフセット値である（例えば、図1参照）。

【0070】

【数4】

$$M_c = R_z(M_s + t) \quad \dots(8)$$

$$\text{ただし、} M_c = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad R_z = \begin{bmatrix} \cos \theta_h & -\sin \theta_h & 0 \\ \sin \theta_h & \cos \theta_h & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad M_s = \begin{bmatrix} 0 \\ L \cos \theta_v \\ L \sin \theta_v \end{bmatrix} \quad t = \begin{bmatrix} D \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

10

【0071】

そして、測定装置102の正規姿勢からの傾斜がある場合の計測点の3次元座標M_cは、下記式(9)を用いて表すことができる。ただし、R_x、R_yは、それぞれX、Y軸周りの回転行列である。 ϕ_t, ϕ_r は、測定装置102のチルト傾斜角である。 ϕ_r は、測定装置102のロール傾斜角である。

【0072】

【数5】

$$M_c = R_z R_y R_x (M_s + t) \quad \dots(9)$$

$$\text{ただし、} R_y = \begin{bmatrix} \cos \phi_r & 0 & \sin \phi_r \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \phi_r & 0 & \cos \phi_r \end{bmatrix} \quad R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi_t & -\sin \phi_t \\ 0 & \sin \phi_t & \cos \phi_t \end{bmatrix}$$

20

【0073】

このため、生成部603は、例えば、全周（ $0^\circ < \theta_h < 360^\circ$ 、 $0^\circ < \theta_v < 360^\circ$ （ただし、死角部分を除く））のレンジデータ群に基づいて、上記式(9)を用いて、測定装置102の傾斜角（ ϕ_t, ϕ_r ）を考慮した各計測点の3次元座標M_cを算出することにより、3次元モデルPを生成することができる。各レンジデータL（ θ_h, θ_v ）は、パン方向d1の回転角が「 θ_h 」、チルト方向d2のチルト角が「 θ_v 」のときの測距値Lを示す情報である。

30

【0074】

なお、ここでは、測定装置102のチルト傾斜角 ϕ_t およびロール傾斜角 ϕ_r の両方を考慮して、計測点の3次元座標M_cを算出することにしたが、これに限らない。例えば、生成部603は、チルト傾斜角 ϕ_t およびロール傾斜角 ϕ_r のいずれか一方の傾斜角を考慮して、計測点の3次元座標M_cを算出することにしてもよい。

【0075】

出力部604は、生成された3次元モデルPを出力する。出力部604の出力形式としては、例えば、I/F503による外部のコンピュータへの送信、メモリ502への記憶、不図示のディスプレイへの表示、不図示のプリンタへの印刷出力などがある。

【0076】

（測距値L、L'の補正）

上述した説明では、駆動装置101の回転軸110が床面に対して垂直である、すなわち、駆動装置101の回転面が水平面に平行であることを想定している。ところが、情報処理装置100を床面（水平床面）に設置する際に、水平器などを用いて、回転軸110が床面に垂直となるように人手で調整しようとしても、実環境で精度よく合わせることは難しく誤差が生じる場合がある。

【0077】

図10は、床面が傾斜している場合の測距値L、L'の具体例を示す説明図である。図10において、駆動装置101の回転軸110に対する実床面1010と仮想床面1020とが示されている。実床面1010は、情報処理装置100が設置された実際の床面を

40

50

表しており、回転軸 1 1 0 に対して垂直となっていない。仮想床面 1 0 2 0 は、回転軸 1 1 0 に対して垂直な仮想的な床面を表している。

【 0 0 7 8 】

実床面 1 0 1 0 の場合は、回転軸 1 1 0 に対して垂直となっていないため、測距値 L (または、測距値 L') の計測点の軌跡 1 0 1 1 は楕円形となる。このため、回転角 θ_h を変化させて測定された実床面 1 0 1 0 までの測距値 L (回転角: θ_h 、チルト角: θ_v) は、グラフ 1 0 1 2 が示すように、サインカーブを描くように変化する。

【 0 0 7 9 】

一方、仮想床面 1 0 2 0 の場合には、回転軸 1 1 0 に対して垂直なため、測距値 L (または、測距値 L') の計測点の軌跡 1 0 2 1 は円形となる。このため、回転角 θ_h を変化させて測定された仮想床面 1 0 2 0 までの測距値 L (回転角: θ_h 、チルト角: θ_v) は、グラフ 1 0 2 2 に示すように、一定 (実際は誤差等により微少に変化) となる。

10

【 0 0 8 0 】

そこで、駆動装置 1 0 1 の回転軸 1 1 0 に対して床面が傾斜していると仮定して、床面の傾斜角に基づいて、測距値 L , L' を補正することにしてもよい。具体的には、例えば、算出部 6 0 2 は、床面までの測距値 L (または、測距値 L') のうちの最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} とから床面の傾斜角 ϕ_G を求め、測距値 L (または、測距値 L') を補正する。

【 0 0 8 1 】

ここで、図 1 1 を用いて、最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} と傾斜角 ϕ_G との関係について説明する。

20

【 0 0 8 2 】

図 1 1 は、最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} と傾斜角 ϕ_G との関係を示す説明図である。図 1 1 において、床面の傾斜角が「 ϕ_G 」である場合の最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} とが示されている。 θ_v は、測距方向 (チルト角) である。

【 0 0 8 3 】

この場合、傾斜角 ϕ_G は、下記式 (10) で表される最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} との関係から、下記式 (11) を用いて表すことができる。このため、算出部 6 0 2 は、例えば、下記式 (11) を用いて、測距方向 θ_v 、最大測距値 L_{max} および最小測距値 L_{min} に基づいて、傾斜角 ϕ_G を算出することができる。

30

【 0 0 8 4 】

【 数 6 】

$$L_{min} \cos(\pi - \theta_v - \phi_G) = L_{max} \cos(\pi - \theta_v + \phi_G) \quad \dots (10)$$

$$\phi_G = \sin^{-1} \left(\frac{L_{min} - L_{max}}{L_{min} + L_{max}} \cdot \frac{1}{\tan \theta_v} \right) \quad \dots (11)$$

【 0 0 8 5 】

そして、算出部 6 0 2 は、例えば、レンジデータ群 1 1 0 1 に示すような測距値 L (実測値) を、図 1 1 中点線で示すようなサインカーブで近似して (近似式: $L_a + L_{ave}$)、測距値 L を平均化するように補正する。

40

【 0 0 8 6 】

具体的には、例えば、算出部 6 0 2 は、下記式 (12) を用いて、補正後の測距値 L を定義する。そして、算出部 6 0 2 は、下記式 (13) および (14) を用いて、床面の傾斜角 ϕ_G に基づいて、測距値 L (回転角: θ_h 、チルト角: θ_v) を補正する。ただし、 ϕ_G は、床面の傾斜方向を表す角度であり、測距値 L が最大測距値 L_{max} のときの回転角 θ_h である。

【 0 0 8 7 】

【数 7】

$$L = L - L_a \quad \dots (12)$$

$$L_{ave} = (L_{min} + L_{max})/2 \quad \dots (13)$$

$$L_a = L_{ave} \tan \theta_v \sin \phi_G \cos(\theta_h - \theta_{hG}) \quad \dots (14)$$

【0088】

これにより、レンジデータ群 1102 に示すように、床面の傾斜（傾斜角 ϕ_G ）に応じて、測距値 L （回転角： θ_h 、チルト角： θ_v ）を補正することができる。また、測距値 L' についても、測距値 L と同様に、最大測距値 L'_{max} と最小測距値 L'_{min} とから得られる床面の傾斜（傾斜角 ϕ_G ）に応じて補正することができる。

10

【0089】

（情報処理装置 100 のキャリブレーション処理手順）

つぎに、図 12 を用いて、情報処理装置 100 のキャリブレーション処理手順について説明する。キャリブレーション処理は、情報処理装置 100 を床面（水平床面）に設置して実行される。

【0090】

図 12 および図 13 は、情報処理装置 100 のキャリブレーション処理手順の一例を示すフローチャートである。図 12 のフローチャートにおいて、まず、情報処理装置 100 は、測距方向 θ_v を固定し、回転角 θ_h を $0 \sim 360^\circ$ として床面までの距離を測定することにより、測距値 L （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を示す第 1 のレンジデータ群を取得する（ステップ S1201）。なお、 θ_v は、 $135 \sim 180^\circ$ のいずれかの角度である。

20

【0091】

つぎに、情報処理装置 100 は、測距方向（ θ_v ）を固定し、回転角 θ_h を $0 \sim 360^\circ$ として床面までの距離を測定することにより、測距値 L' （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を示す第 2 のレンジデータ群を取得する（ステップ S1202）。

【0092】

そして、情報処理装置 100 は、回転軸 110 に対して床面が傾斜していると仮定して、測距値 L （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を補正する第 1 の補正処理を実行する（ステップ S1203）。なお、第 1 の補正処理の具体的な処理手順については、図 14 を用いて後述する。

30

【0093】

また、情報処理装置 100 は、回転軸 110 に対して床面が傾斜していると仮定して、測距値 L' （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を補正する第 2 の補正処理を実行する（ステップ S1204）。なお、第 2 の補正処理の具体的な処理手順については、第 1 の補正処理と同様のため説明を省略する。

【0094】

つぎに、情報処理装置 100 は、補正後の測距値 L （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）と、補正後の測距値 L' （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）とに基づいて、測距値 L 、 L' の差 ΔL を算出する（ステップ S1205）。具体的には、例えば、情報処理装置 100、補正後の測距値 L の平均値から補正後の測距値 L' の平均値を減算することにより、測距値 L 、 L' の差 ΔL を算出する。

40

【0095】

そして、情報処理装置 100 は、上記式（3）を用いて、算出した測距値 L 、 L' の差 ΔL に基づいて、チルト傾斜角 ϕ_t を算出して（ステップ S1206）、図 13 に示すステップ S1301 に移行する。

【0096】

図 13 のフローチャートにおいて、まず、情報処理装置 100 は、測距方向 θ_v を固定し、回転角 θ_h を $0 \sim 360^\circ$ として、対象物 T が配置された床面までの距離を測定することにより、測距値 L （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を示す第 3 のレンジデータ群を

50

取得する（ステップS1301）。

【0097】

また、情報処理装置100は、測距方向（ θ_v ）を固定し、回転角 θ_h を $0 \sim 360^\circ$ として、対象物Tが配置された床面までの距離を測定することにより、測距値 L' （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を示す第4のレンジデータ群を取得する（ステップS1302）。

【0098】

なお、チルト傾斜角 θ_t が「 $\theta_t = 0$ 」の場合は、測距方向（チルト角） θ_v 、 θ_v は、チルト傾斜角 θ_t を考慮した角度となる。

【0099】

そして、情報処理装置100は、第3のレンジデータ群を参照して、直前の測距値 L との変化量が閾値以上となるときの回転角 θ_h を、床面に配置された対象物Tの特徴点pまでの距離が測定されたときの回転角 θ_{h1} として特定する（ステップS1303）。

【0100】

つぎに、情報処理装置100は、第4のレンジデータ群を参照して、直前の測距値 L' との変化量が閾値以上となるときの回転角 θ_h を、床面に配置された対象物Tの特徴点pまでの距離が測定されたときの回転角 θ_{h2} として特定する（ステップS1304）。

【0101】

つぎに、情報処理装置100は、算出した回転角 θ_{h1} と回転角 θ_{h2} との差 θ_{hp} を算出する（ステップS1305）。そして、情報処理装置100は、上記式（7）を用いて、算出した差 θ_{hp} に基づいて、ロール傾斜角 θ_r を算出する（ステップS1306）。

【0102】

つぎに、情報処理装置100は、算出したチルト傾斜角 θ_t とロール傾斜角 θ_r とに基づいて、3次元モデルPを生成するモデル生成処理を実行する（ステップS1307）。なお、モデル生成処理の具体的な処理手順については、図15を用いて後述する。

【0103】

そして、情報処理装置100は、生成した3次元モデルPを出力して（ステップS1308）、本フローチャートによる一連の処理を終了する。

【0104】

これにより、駆動装置101に取り付ける際の組み立て誤差により生じる測定装置102の正規姿勢からの傾斜に伴う計測誤差を自動校正することができる。

【0105】

・第1の補正処理の具体的な処理手順

つぎに、図14を用いて、図12に示したステップS1203の第1の補正処理の具体的な処理手順について説明する。

【0106】

図14は、第1の補正処理の具体的な処理手順の一例を示すフローチャートである。図14において、まず、情報処理装置100は、第1のレンジデータ群を参照して、最大測距値 L_{max} 、最小測距値 L_{min} および傾斜方向 θ_G を特定する（ステップS1401）。

【0107】

つぎに、情報処理装置100は、上記式（11）を用いて、測距方向 θ_v 、最大測距値 L_{max} および最小測距値 L_{min} に基づいて、床面の傾斜角 θ_G を算出する（ステップS1402）。そして、情報処理装置100は、上記式（12）～（14）を用いて、算出した床面の傾斜角 θ_G に基づいて、測距値 L （ θ_h ： $0 \sim 360^\circ$ 、 θ_v ：固定）を補正して（ステップS1403）、第1の補正処理を呼び出したステップに戻る。

【0108】

これにより、床面の傾斜（傾斜角 θ_G ）に応じて、測距値 L を補正することができる。

【0109】

・モデル生成処理の具体的な処理手順

つぎに、図15を用いて、図13に示したステップS1307のモデル生成処理の具体

10

20

30

40

50

的な処理手順について説明する。

【0110】

図15は、モデル生成処理の具体的処理手順の一例を示すフローチャートである。図15のフローチャートにおいて、まず、情報処理装置100は、全周($0^\circ < \theta_h < 360^\circ$ 、 $0^\circ < \theta_v < 360^\circ$ (ただし、死角部分は除く))のレンジデータ群を取得する(ステップS1501)。

【0111】

そして、情報処理装置100は、水平インデックス(回転角): θ_h を「0」とし、3次元モデルPを{ }とする(ステップS1502)。つぎに、情報処理装置100は、垂直インデックス(チルト角): θ_v を「0」とする(ステップS1503)。

10

【0112】

そして、情報処理装置100は、上記式(9)を用いて、レンジデータL(θ_h, θ_v)とチルト傾斜角 α_t とロール傾斜角 α_r とに基づいて、3次元座標 M_c を算出する(ステップS1504)。つぎに、情報処理装置100は、算出した3次元座標 M_c を3次元モデルP{ }に追加する(ステップS1505)。

【0113】

つぎに、情報処理装置100は、垂直インデックス: θ_v を「 $\theta_v + \Delta\theta_v$ 」として(ステップS1506)、垂直インデックス: θ_v が 180° よりも大きくなったか否かを判断する(ステップS1507)。ただし、 $\Delta\theta_v$ は、垂直インデックス: θ_v における増分である。ここで、垂直インデックス: θ_v が 180° 以下の場合(ステップS1507: No)、情報処理装置100は、ステップS1504に戻る。

20

【0114】

一方、垂直インデックス: θ_v が 180° より大きい場合(ステップS1507: Yes)、情報処理装置100は、水平インデックス: θ_h を「 $\theta_h + \Delta\theta_h$ 」として(ステップS1508)、水平インデックス: θ_h が 360° 以上となったか否かを判断する(ステップS1509)。ただし、 $\Delta\theta_h$ は、水平インデックス: θ_h における増分である。

【0115】

ここで、水平インデックス: θ_h が 360° 未満の場合(ステップS1509: No)、情報処理装置100は、ステップS1503に戻る。一方、水平インデックス: θ_h が 360° 以上の場合(ステップS1509: Yes)、情報処理装置100は、モデル生成処理を呼び出したステップに戻る。

30

【0116】

これにより、測定装置102の傾斜角(チルト傾斜角 α_t 、ロール傾斜角 α_r)を反映した校正済みの各計測点の3次元座標 M_c を含む3次元モデルPを生成することができる。

【0117】

以上説明したように、実施の形態にかかる情報処理装置100によれば、測定装置102がレーザを照射する範囲のうち、有効範囲を用いて測定された床面までの測距値Lと、冗長範囲を用いて測定された床面までの測距値L'との差 ΔL に基づいて、チルト傾斜角 α_t を算出することができる。

【0118】

これにより、測定装置102を駆動装置101に取り付ける際の組み立て誤差により生じる、測定装置102の正規姿勢からのズレ(傾斜)を表すチルト傾斜角 α_t を特定して、測定装置102の正規姿勢からの傾斜に伴う計測誤差を自動校正することが可能となる。

40

【0119】

また、情報処理装置100によれば、有効範囲を用いて対象物Tの特徴点pまでの距離が測定されたときの回転角 θ_{h1} と、冗長範囲を用いて対象物Tの特徴点pまでの距離が測定されたときの回転角 θ_{h2} との差 $\Delta\theta_{hp}$ に基づいて、ロール傾斜角 α_r を算出することができる。

【0120】

50

これにより、測定装置 102 を駆動装置 101 に取り付ける際の組み立て誤差により生じる測定装置 102 の正規姿勢からのズレ（傾斜）を表すロール傾斜角 α_r を特定して、測定装置 102 の正規姿勢からの傾斜を自動校正することが可能となる。

【0121】

一例として、測定装置 102 のロール傾斜角 α_r が「 $\alpha_r = 0.97^\circ$ 」の状態から、測定装置 102 の下にスペーサを入れて、ロール傾斜角 α_r を「 -3.85° 」変化させた場合を想定する。この場合、情報処理装置 100 により「 $\alpha_r = -2.75^\circ$ 」が得られた。これは、スペーサを入れる前の「 $\alpha_r = 0.97^\circ$ 」の状態から「 -3.72° 」となっており、誤差が僅か「 0.13° 」で精度よくロール傾斜角 α_r を求めることができる。 10

【0122】

また、情報処理装置 100 によれば、有効範囲を用いて測定された床面までの測距値 L のうちの最大測距値 L_{max} と最小測距値 L_{min} から得られる床面の傾斜角 α_g に基づいて、測距値 L を補正することができる。同様に、情報処理装置 100 によれば、冗長範囲を用いて測定された床面までの測距値 L' のうちの最大測距値 L'_{max} と最小測距値 L'_{min} から得られる床面の傾斜角 α_g に基づいて、測距値 L' を補正することができる。そして、情報処理装置 100 によれば、補正後の測距値 L と、補正後の測距値 L' との差 ΔL に基づいて、チルト傾斜角 α_t を算出することができる。

【0123】

これにより、床面に対して回転軸 110 が垂直となっていない場合、床面の傾斜（傾斜角 α_g ）に応じて、測距値 L 、 L' を補正してチルト傾斜角 α_t を導出することができ、ひいては、3D計測の精度を向上させることができる。 20

【0124】

また、情報処理装置 100 によれば、算出したチルト傾斜角 α_t とロール傾斜角 α_r とに基づいて、測定装置 102 によって距離が測定された各計測点の 3次元座標 M_0 を含む 3次元モデル P を生成して出力することができる。これにより、測定装置 102 の傾斜角（チルト傾斜角 α_t 、ロール傾斜角 α_r ）を反映した校正済みの計測点の 3次元座標群を含む 3次元モデル P を生成することができる。

【0125】

なお、本実施の形態で説明したキャリブレーション方法は、予め用意されたプログラムをパーソナル・コンピュータやワークステーション等のコンピュータで実行することにより実現することができる。本キャリブレーションプログラムは、ハードディスク、フレキシブルディスク、CD-ROM、MO (Magneto-Optical disk)、DVD (Digital Versatile Disk)、USB (Universal Serial Bus) メモリ等のコンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され、コンピュータによって記録媒体から読み出されることによって実行される。また、本キャリブレーションプログラムは、インターネット等のネットワークを介して配布してもよい。 30

【0126】

上述した実施の形態に関し、さらに以下の付記を開示する。 40

【0127】

(付記1) 回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、

前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記パン方向に垂直なチルト方向に走査しながら光を物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、

前記測定装置が光を照射する範囲のうちの前記チルト方向に $0 \sim 180$ 度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト方向に $180 \sim 360$ 度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記測定装置のチルト傾斜角を算出する制御装置と、

を有することを特徴とする情報処理装置。 50

【 0 1 2 8 】

(付記 2) 前記制御装置は、

前記有効範囲を用いて前記床面に配置された対象物の特徴点までの距離が測定されたときの前記パン方向の回転角と、前記冗長範囲を用いて前記対象物の特徴点までの距離が測定されたときの前記パン方向の回転角との差に基づいて、前記測定装置のロール傾斜角を算出する、ことを特徴とする付記 1 に記載の情報処理装置。

【 0 1 2 9 】

(付記 3) 前記制御装置は、

前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの距離のうちの最大値と最小値から得られる前記床面の傾斜角に基づいて、前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの距離を補正し、

前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離のうちの最大値と最小値から得られる前記床面の傾斜角に基づいて、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離を補正し、

前記有効範囲を用いて測定された前記床面までの補正後の距離と、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの補正後の距離との差に基づいて、前記チルト傾斜角を算出する、ことを特徴とする付記 2 に記載の情報処理装置。

【 0 1 3 0 】

(付記 4) 前記制御装置は、

算出した前記チルト傾斜角と前記ロール傾斜角とに基づいて、前記測定装置によって距離が測定された各点の 3 次元座標を含む 3 次元モデルを生成し、

生成した前記 3 次元モデルを出力する、ことを特徴とする付記 3 に記載の情報処理装置

【 0 1 3 1 】

(付記 5) 前記チルト傾斜角は、前記チルト方向に 0 度のときに光を照射する方向の前記回転軸に対する角度を表す、ことを特徴とする付記 1 に記載の情報処理装置。

【 0 1 3 2 】

(付記 6) 前記チルト方向は、チルト軸を中心に回転する方向であり、

前記ロール傾斜角は、前記回転軸に垂直な面に対する前記チルト軸の角度を表す、ことを特徴とする付記 2 に記載の情報処理装置。

【 0 1 3 3 】

(付記 7) 回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記パン方向に垂直なチルト方向に走査しながら光を物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、を有する情報処理装置のコンピュータが、

前記測定装置が光を照射する範囲のうちの前記チルト方向に 0 ~ 180 度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト方向に 180 ~ 360 度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離とを取得し、

前記有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離との差に基づいて、前記測定装置のチルト傾斜角を算出する、

処理を実行することを特徴とするキャリブレーション方法。

【 0 1 3 4 】

(付記 8) 回転軸を中心にパン方向に回転する駆動装置と、前記駆動装置に取り付けられて前記回転軸を中心として円軌道に沿って移動される状態で、前記パン方向に垂直なチルト方向に走査しながら光を物体に向けて照射して自装置から前記物体までの距離を測定する測定装置と、を有する情報処理装置のコンピュータに、

前記測定装置が光を照射する範囲のうちの前記チルト方向に 0 ~ 180 度の有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記範囲のうちの前記チルト方向に 180 ~ 360 度の冗長範囲を用いて測定された前記床面までの距離とを取得し、

前記有効範囲を用いて測定された床面までの距離と、前記冗長範囲を用いて測定された

10

20

30

40

50

前記床面までの距離との差に基づいて、前記測定装置のチルト傾斜角を算出する、
処理を実行させることを特徴とするキャリブレーションプログラム。

【符号の説明】

【 0 1 3 5 】

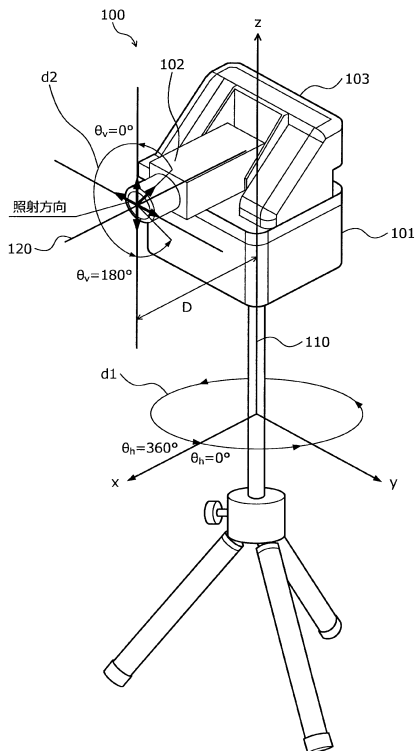
- 1 0 0 情報処理装置
- 1 0 1 駆動装置
- 1 0 2 測定装置
- 1 0 3 制御装置
- 1 1 0 回転軸
- 1 2 0 チルト軸
- 5 0 0 バス
- 5 0 1 C P U
- 5 0 2 メモリ
- 5 0 3 I / F
- 5 1 1 発光部
- 5 1 2 受光部
- 5 1 3 駆動部
- 5 1 4 センサ制御部
- 6 0 1 取得部
- 6 0 2 算出部
- 6 0 3 生成部
- 6 0 4 出力部

10

20

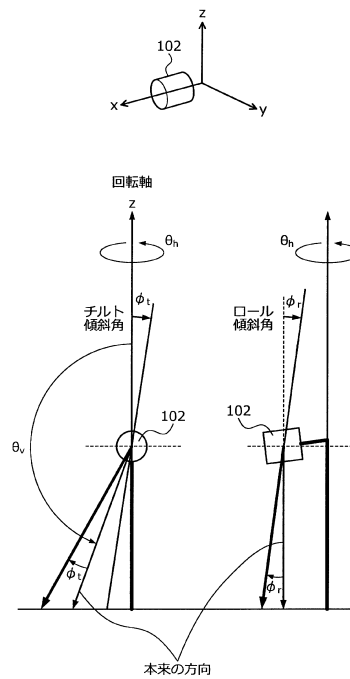
【 図 1 】

実施の形態にかかる情報処理装置 100 の一実施例を示す説明図



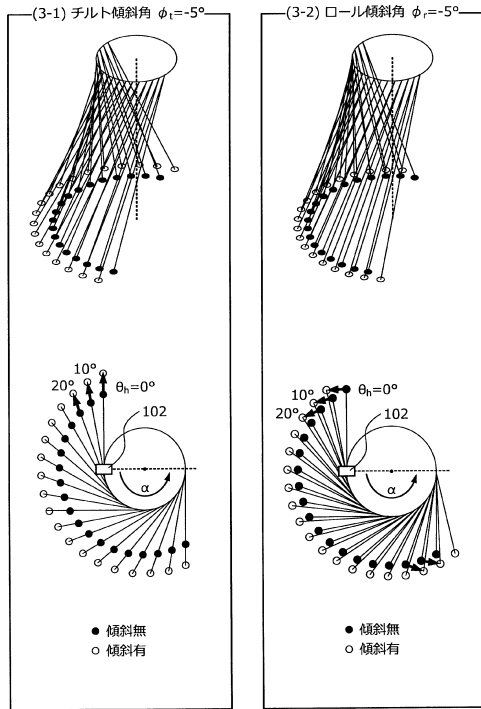
【 図 2 】

測定装置 102 の傾斜角を示す説明図



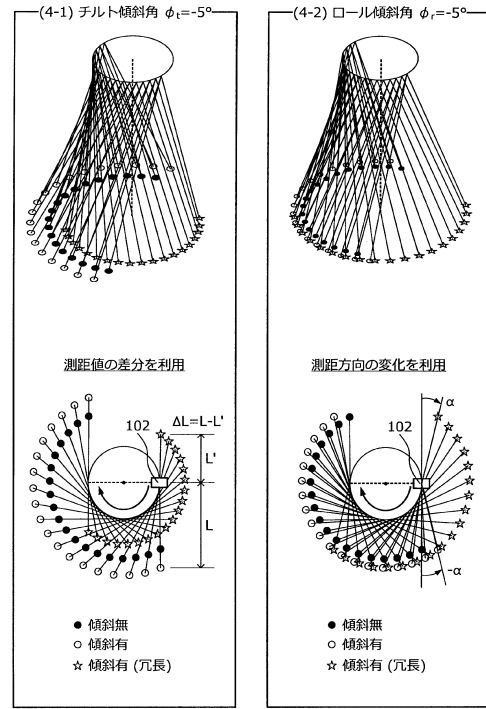
【図3】

測定装置102が正規姿勢から傾斜している場合の計測誤差を示す説明図



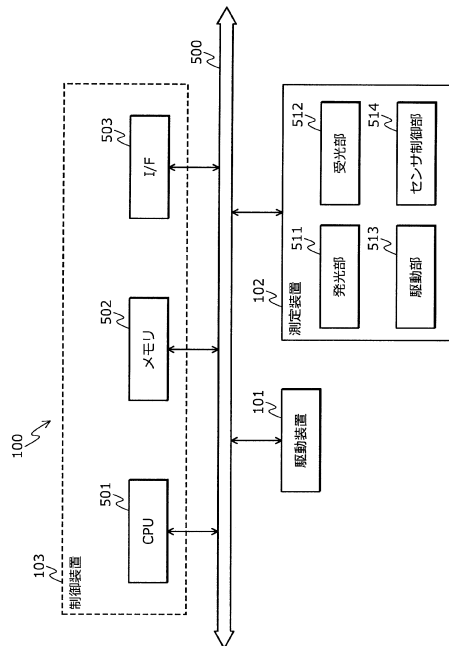
【図4】

有効範囲の計測点と冗長範囲の計測点を示す説明図



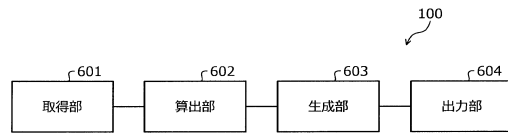
【図5】

情報処理装置100のハードウェア構成例を示すブロック図



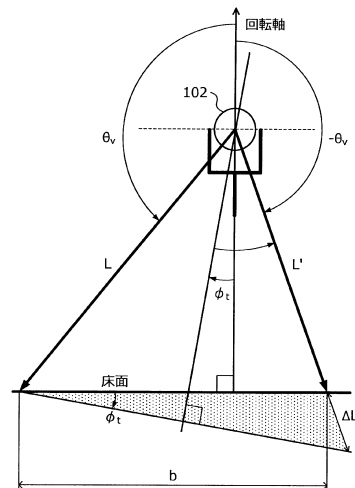
【図6】

情報処理装置100の機能的構成例を示すブロック図



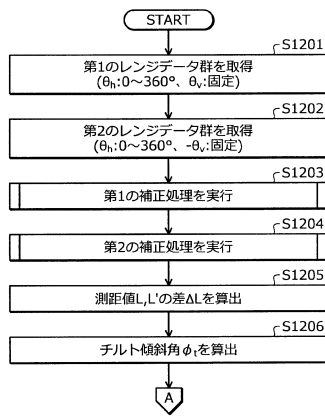
【図7】

測距値の差ΔLとチルト傾斜角φ_tとの関係を示す説明図



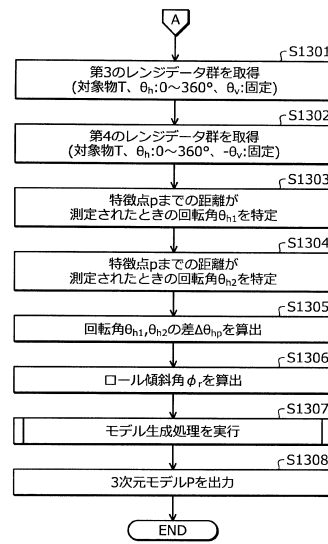
【図12】

情報処理装置100のキャリブレーション処理手順の一例を示すフローチャート(その1)



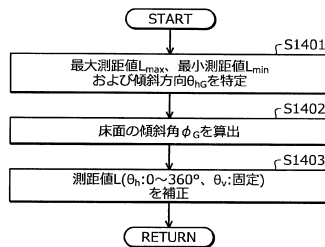
【図13】

情報処理装置100のキャリブレーション処理手順の一例を示すフローチャート(その2)



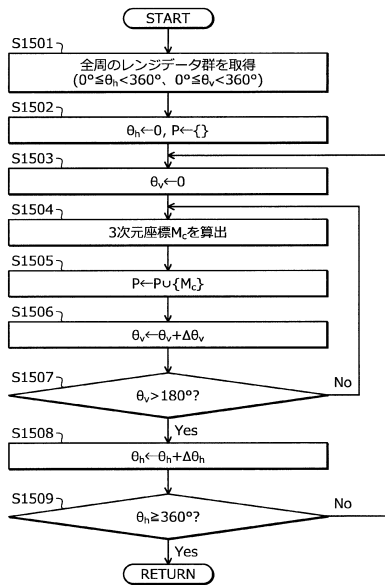
【図14】

第1の補正処理の具体的な処理手順の一例を示すフローチャート



【図15】

モデル生成処理の具体的な処理手順の一例を示すフローチャート



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-064692(JP,A)
特開2008-134163(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0375795(US,A1)
特表2009-508122(JP,A)
特表2007-514943(JP,A)
特開平06-011346(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/48 - 7/51
G01S 17/00 - 17/95
G01B 11/00 - 11/30
G01C 3/06 - 3/08
G01C 9/00 - 9/36
G01C 15/00 - 15/14