

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-27988

(P2019-27988A)

(43) 公開日 平成31年2月21日(2019.2.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
GO1C 9/00 (2006.01) GO1C 9/00 Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-149838 (P2017-149838)
 (22) 出願日 平成29年8月2日 (2017.8.2)

(71) 出願人 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町75番1号
 (74) 代理人 100096884
 弁理士 末成 幹生
 (72) 発明者 西田 信幸
 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社
 トプコン内

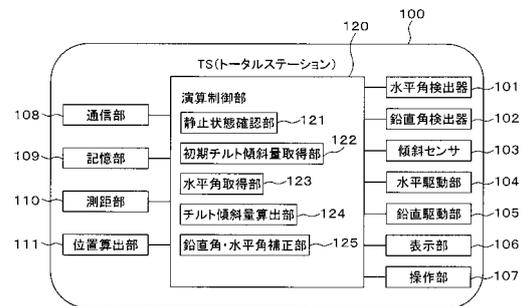
(54) 【発明の名称】 測量装置

(57) 【要約】

【課題】 測量装置における傾斜角の精度の低下を抑える技術を得る。

【解決手段】 光学測量による測距部110を備え、水平回転を行う回転部と、前記回転部の前記水平回転の回転角を検出する水平角検出器101と、前記回転部の鉛直方向に対する傾きを検出する傾斜センサ103と、前記回転部の回転の前後における前記水平回転角検出センサ101の検出値に基づき、前記回転部の傾きを算出するチルト傾斜量算出部124とを備えるTS(トータルステーション)100。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学測量を行う光学機器を備え、水平回転が可能な回転部と、前記回転部の水平回転角を検出する水平回転角検出センサと、前記回転部の鉛直方向に対する傾きを検出する傾き検出センサと、前記回転部の回転の前における前記水平回転角検出センサおよび前記傾き検出センサの出力と、前記回転部の前記回転の後における前記水平回転角センサの出力とに基づき、前記回転の後における前記回転部の傾きを算出する傾き算出部とを備える測量装置。

【請求項 2】

前記傾き算出部で算出される傾きは、前記回転部の垂直軸に沿う垂直ベクトルを X - Y 水平面に投影した際の X 成分と Y 成分の値 (x 、 y) で表され、前記 X 成分と Y 成分の前記回転の前の値を (x₀ 、 y₀) 、前記回転の前における前記水平角センサの検出値を θ₀ 、前記回転の後における前記水平角センサの検出値を θ として、前記 (x 、 y) は、

【数 1】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta - \theta_0) & \sin(\theta - \theta_0) \\ -\sin(\theta - \theta_0) & \cos(\theta - \theta_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

により算出される請求項 1 に記載の測量装置。

【請求項 3】

前記回転部が静止している状態において、前記 (x₀ 、 y₀) の取得が行われる請求項 2 に記載の測量装置。

【請求項 4】

前記回転部を前記水平回転が可能な状態で支持する支持部を備え、前記支持部には、前記支持部の傾きを検出する他の傾き検出センサが配置され、前記他の傾き検出センサは、前記回転部が前記水平回転を行っている状態で前記支持部の傾きを検出し、前記他の傾き検出センサの検出値に基づいて前記 (x 、 y) の補正が行われる請求項 2 に記載の測量装置。

【請求項 5】

前記他の傾き検出センサの検出値を (C x₁ , C y₁) 、前記他の傾き検出センサの初期値を (C x₀ , C y₀) として、前記数 1 により計算される (x 、 y) は、 x + C x₁ - C x₀ 、 y + C y₁ - C y₀ と補正される請求項 4 に記載の測量装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測量装置の傾斜を検出する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

測量装置は、使用時に傾いた状態とならるように注意深く設置され、また調整されるが、何らかの理由により、僅かな傾きがある状態で使用される場合がある。一般に測量装置は、この傾きを検出する傾斜センサを備え、この傾斜センサが検出した当該測量装置の傾きの情報を用いて計測値を補正する処理が行われる。傾斜センサとしては、液面の傾きを光学的に検出する仕組みのもの（例えば、特許文献 1 を参照）が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 1 2 7 6 2 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

液面を利用した傾斜センサは簡素な構造で高い精度が得られ、また信頼性が高い。しかしながら、測量装置の急激な水平回転があった場合に、液体（通常オイル）の粘性による遅れ（追従性の悪さ）、遠心力による傾斜、加速度による液面の変形、といった要因により計測精度が低下する場合がある。また、液面の揺らぎの影響を抑えるために、例えば 4 秒間の平均値を用いるといった平均化処理が行われるが、これも応答性良く高い計測精度を得る場合の阻害要因となる。更に、温度により液体の粘性が変化することによる応答性への影響もある。

10

【 0 0 0 5 】

例えば、トータルステーション（TS）により飛行する UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を追跡しつつその位置の測定を行う場合、TS の光軸方向の急激な変化に対応して応答性良く UAV の位置の測定を行う性能が要求される。この場合、UAV の旋回等に従って、TS の光軸の向きが急激に変化するが、この際に液面を利用した傾斜センサは上述した理由により傾斜角の検出精度が低下する。

【 0 0 0 6 】

このような背景において、本発明は、測量装置における傾斜角の精度の低下を抑える技術の提供を目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

請求項 1 に記載の発明は、光学測量を行う光学機器を備え、水平回転が可能な回転部と、前記回転部の水平回転角を検出する水平回転角検出センサと、前記回転部の鉛直方向に対する傾きを検出する傾き検出センサと、前記回転部の回転の前における前記水平回転角検出センサおよび前記傾き検出センサの出力と、前記回転部の前記回転の後における前記水平回転角センサの出力とに基づき、前記回転の後における前記回転部の傾きを算出する傾き算出部とを備える測量装置。

【 0 0 0 8 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の発明において、前記傾き算出部で算出される傾きは、前記回転部の垂直軸に沿う垂直ベクトルを X - Y 水平面に投影した際の X 成分と Y 成分の値（x、y）で表され、前記 X 成分と Y 成分の前記回転の前の値を（x₀、y₀）、前記回転の前における前記水平角センサの検出値を θ₀、前記回転の後における前記水平角センサの検出値を θ とし、前記（x、y）は、下記「数 1」により算出されることを特徴とする。

30

【 0 0 0 9 】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta - \theta_0) & \sin(\theta - \theta_0) \\ -\sin(\theta - \theta_0) & \cos(\theta - \theta_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

40

【 0 0 1 0 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の発明において、前記回転部が静止している状態において、前記（x₀、y₀）の取得が行われることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 2 に記載の発明において、前記回転部を前記水平回転が可能な状態で支持する支持部を備え、前記支持部には、前記支持部の傾きを検出する他の傾き検出センサが配置され、前記他の傾き検出センサは、前記回転部が前記水平回転を

50

行っている状態で前記支持部の傾きを検出し、前記他の傾き検出センサの検出値に基づいて前記 (x、y) の補正が行われることを特徴とする。

【0012】

請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の発明において、前記他の傾き検出センサの検出値を (Cx, Cy)、前記他の傾き検出センサの初期値を (Cx0, Cy0) として、前記数1により計算される (x、y) は、 $x + Cx - Cx0$ 、 $y + Cy - Cy0$ と補正されることを特徴とする。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、測量装置における傾斜角の精度の低下を抑える技術が提供される。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】TS (トータルステーション) の斜視図である。

【図2】TSのブロック図である。

【図3】傾斜センサのブロック図である。

【図4】傾斜量を説明する説明図である。

【図5】水平回転に伴う傾斜量の変化を説明する説明図である。

【図6】処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図7】チルト角 (傾斜角) の検出値の補正無なしのデータと補正ありのデータを示すグラフである。

20

【図8】傾斜センサのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

1. 第1の実施形態

(構成)

図1には、TS (トータルステーション) 100が示されている。TS 100は、レーザー測距によりターゲットまでの距離を計測し、またその方向を計測することで、自身の位置を原点としたターゲットの三次元位置を計測する。図1には、TS 100の垂直軸Z'が鉛直軸に対して角度傾いている状態が示されている。TS 100に関しては、例えば特開2009-229192号公報や特開2012-202821号公報に記載されている。

30

【0016】

TS 100は、図示しない三脚の上部に固定された基台12、基台12に水平回転可能な状態で支持された本体部10、本体部10に対して鉛直上下方向に回転動作 (仰角および俯角動作) 可能な状態で保持された上下動可動部11を備えている。上下動可動部11は、望遠鏡13とレーザーキャナの光学窓14を備え、また内部にレーザー光を用いた測距を行う測距部110 (図2参照) を備えている。

【0017】

望遠鏡13は、対象物の画像を取得する光学系であり、内部に測距用レーザー光の光学系を備えている。望遠鏡13の対物レンズを介して、測距用のレーザー光が対象物に照射され、またその反射光が上下動可動部11に取り込まれる。またTS 100は、オペレータによる操作が行われる操作パネル兼表示ディスプレイであるタッチパネルディスプレイで構成された表示部106を備える。TS 100は、各種の調整ダイヤル、通信用アンテナ等を備えるが、それらは通常のTSの場合と同じなので、説明は省略する。

40

【0018】

図2には、TS 100のブロック図が示されている。TS 100は、水平角検出器101、鉛直角検出器102、傾斜センサ103、水平駆動部104、鉛直駆動部105、表示部106、操作部107、通信部108、記憶部109、測距部110、位置算出部111および演算制御部120を備えている。

【0019】

50

水平角検出器101は、本体部10の基台12に対する水平回転角を検出する。水平角検出器101は、ロータリーエンコーダ、ロータリーエンコーダの出力を角度情報として出力する周辺回路を備える。水平回転は、TS100の垂直軸周りの回転である。仮に傾きがない状態でTS100が設置されている場合、本体部10の水平回転の回転軸は、鉛直軸に一致する。水平回転角は、例えば北の方向を基準として、そこから時計回り方向の角度として検出される。

【0020】

鉛直角検出器102は、上下動可動部11の鉛直角（仰角および俯角）を検出する。角度検出の仕組みは、水平角検出器101と同じである。鉛直角は、天頂を0°として、水平方向を90°、鉛直下方向を180°として出力される。

10

【0021】

傾斜センサ103は、本体部103に配置され、本体部10の垂直軸の鉛直方向に対する傾きを検出する。図1の場合でいうと、角度に係る情報が傾斜センサ103で検出される。傾斜センサ103の原理は、特開2007-127628号公報に記載されたものと同じである。

【0022】

図3には、傾斜センサ103の概念図が示されている。傾斜センサ103は、光源301、光学系302、ハーフミラー303、受光素子304、液面305を有する。光源301は、発光ダイオード等により構成される。光源301からの光は、光学系302を透過することで、格子模様、格子点像、同心円模様等の投影パターンが付与され、ハーフミラー303を介して、液面305に投影される。この投影光は液面305で反射され、更にハーフミラー303で反射され、受光素子304で検出される。

20

【0023】

受光素子304は、CCDセンサやCMOSイメージセンサであり、液面305で反射した投影パターンを検出する。液面305は、オイル等の液体の液面であり、液面に水平面からの傾きがあると、受光素子304で検出される液面で反射された投影パターンに歪みが生じる。この歪みから液面の傾きが検出される。傾きの情報は、水平面に投影したベクトルの直交する成分(x、y)により記述される後述する傾斜量として把握される。

【0024】

水平駆動部104は、基台12に対する本体部10の水平回転を駆動するモータ、およびこのモータの駆動回路を有する。鉛直駆動部105は、上下動可動部11の仰角制御および俯角制御を行うためのモータ、およびこのモータの駆動回路を有する。

30

【0025】

表示部106は、TS100の操作や測定結果に係る各種の情報等を表示するタッチパネルディスプレイである。操作部107は、TS100を操作するオペレータにより操作される各種のスイッチ等を有する。この例では、表示部106がタッチパネルディスプレイであり、表示部106が操作部107を兼ねている。表示部106に各種の操作ボタン等が表示され、それが指で押されることでTS100の操作が行われる。

【0026】

通信部108は、外部の機器との間で通信を行う。通信の形態は、有線、無線、光通信等が挙げられる。外部の機器としては、TS100を遠隔操作するための端末、GPS機器、PC（パーソナルコンピュータ）、スマートフォン、外部メモリ等が挙げられる。また、通信部108からネット回線に接続する形態も可能である。

40

【0027】

記憶部109は、TS100の動作に必要な動作プログラム、各種の情報、測定結果等を記憶する。測距部110は、レーザー測距により、対象物（ターゲット）までの距離を測定する。測定の原理は、通常のレーザー測距の場合と同じである。

【0028】

位置算出部111は、測距部110がレーザー測距したターゲットまでの距離、その際の測距部110の光学系（望遠鏡13）の方向に基づき、TS100に対するターゲット

50

の三次元位置を算出する。測定に先立ち予めTS100の地図座標系上における位置を正確に求めておくことで、ターゲットの地図座標系における位置をTS100により計測することができる。なお、地図座標系というのは、地図データを扱う際に用いられる座標系である。地図座標系における位置を示すパラメータとしては、例えば緯度、経度、平均海面から標高が挙げられる。

【0029】

演算制御部120は、TS100の動作に係る各種の演算および制御を行う。演算制御部120は、コンピュータとしての機能を有し、CPU(Central Processing Unit)、メモリ回路、インターフェース回路、その他コンピュータとして機能させるのに必要な回路を備える。

10

【0030】

演算制御部120は、静止状態確認部121、初期チルト傾斜量取得部122、水平角取得部123、チルト傾斜量算出部124、鉛直角・水平角補正部125を備える。上記の各機能部の一部または全部は、CPUによるプログラムの実行によりソフトウェア的に実現する形態でもよいし、PLD(Programmable Logic Device)等の専用の電子回路を用いて実現する形態でもよい。

【0031】

静止状態確認部121は、本体部10が基台12に対して静止している状態を水平角検出器101の出力に基づいて確認する。具体的には、水平角検出器101が検出する本体部10の水平角の変化が予め定めた期間ない場合に、本体部10が静止状態にあると認識する。

20

【0032】

初期チルト傾斜量取得部122は、静止状態確認部121で確認された静止状態(この状態を初期状態とする)におけるTS100の鉛直方向に対する傾斜量(チルト初期値： (x_0, y_0))を取得する。傾斜量は、図1の角度を定量的に捉えたパラメータであり、傾斜センサ103により計測される。

【0033】

以下、傾斜量について説明する。図4には、本体部10に固定され、本体部10と共に回転するXYZ座標系が示されている。なお図4のZ軸は、鉛直上方の方向である。

【0034】

ベクトルTは、TS100の垂直軸(本体部10の回転軸)の方向を向いた予め定めた長さを有したベクトルである。本体部10に固定された座標系における傾斜量は、図4の座標系におけるベクトルTのx成分とy成分とによって表される。

30

【0035】

TS100の傾斜がなければ、すなわちTS100の垂直軸が鉛直方向に一致すれば、ベクトルTは鉛直方向を向き、そのx成分およびy成分はない。TS100に傾斜があると、ベクトルTは図4の座標系でx成分およびy成分の少なくとも一方を有する。

【0036】

水平角取得部123は、本体部10の水平回転角を水平角検出器101の出力から取得する。水平角は、例えば北方向を基準とし、そこから時計回り方向の角度で記述される。

40

【0037】

チルト傾斜量算出部124は、特定の水平回転角における傾斜量(x, y)を算出する。以下、チルト傾斜量算出部124で行われる水平回転角における傾斜量(x, y)の算出について説明する。

【0038】

本体部10が回転すると、図4のXYZ座標系は、Z軸を中心として本体部10と共に回転する。この回転に従って、ベクトルTの本体部10に固定されたXYZ座標系におけるXY成分は変化する。以下、この点について図5を用いて説明する。

【0039】

図5には、気泡の位置により傾斜を検出するタイプの傾斜センサの気泡を上方から見た

50

場合のイメージ図が示されている。図 5 には、傾斜センサが鉛直方向に対して少し傾いており、気泡が十字の交点（中央）から少しずれた位置にある場合が示されている。ここで、気泡の位置を示す X 座標値と Y 座標値が傾斜量に対応する。この場合、傾斜センサを水平回転させると、視野内の X - Y 座標軸に対する気泡の位置が変化する。

【 0 0 4 0 】

ここで必要なのは、水平回転させた後の水平角 θ において、本体部 10 がどのように傾いているのかを定量的に把握することである。なぜならば、水平角 θ における測量結果（水平角検出器 101 と鉛直角検出器 102 の出力）をその時点における本体部 10 の傾斜の状態に対応させて補正する必要があるからである。そして、水平角 θ における傾きの状態を定量的に示すのがその時点における本体部 10 に固定された X Y Z 座標系における傾斜量 (x, y) である。よって、この傾斜量 (x, y) を知ることで、その状態で取得されたターゲットの方向に係る計測量（水平角と鉛直角）を傾斜の影響を考慮した値に補正できる。

10

【 0 0 4 1 】

図 5 に示されているのは、X Y 座標系の回転である。図 5 において、気泡の絶対位置（地上に対する位置）は、X Y 座標系を回転させても不動である。ここで、回転させた後における気泡の X Y 座標位置は、X Y 座標系を回転させた場合における座標変換の式によって求めることができる。

【 0 0 4 2 】

つまり、本体部 10 が回転すると、本体部 10 に固定された座標系も回転し、当該座標系における傾斜量の (x, y) 成分は変化する。この変化は、X Y Z 座標系を Z 軸周りに回転させた場合における座標変換の式によって求めることができる。

20

【 0 0 4 3 】

この座標変換の式は、傾斜量の初期値を (x_0, y_0) 、水平角の初期値 (θ_0) が得られた水平角 θ を θ_0 から水平回転を行った後における水平角 θ 、水平角 θ における傾斜量を (x, y) とすると、下記の数 1 となる。

【 0 0 4 4 】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta - \theta_0) & \sin(\theta - \theta_0) \\ -\sin(\theta - \theta_0) & \cos(\theta - \theta_0) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$$

30

【 0 0 4 5 】

数 1 は、傾斜量が初期値 (x_0, y_0) の状態から、本体部 10 を $(\theta - \theta_0)$ 回転させた場合における回転後の新たな X Y Z 座標系における傾斜量 (x, y) を求める式である。数 1 により、回転後に水平角 θ となった状態における本体部 10 の傾きの状態を定量的に把握できる。

【 0 0 4 6 】

以上述べたように、水平角 θ における傾斜量 (x, y) は、水平角の初期値 θ_0 、および傾斜量の初期値 (x_0, y_0) を用いて数 1 により計算される。

40

【 0 0 4 7 】

数 1 で求めた傾斜量 (x, y) は、水平角の変化から求めた計算値であり、傾斜センサ 103 から直接求めた値ではない。これは、課題の欄で述べたように、水平角の急激な変化が生じた場合、傾斜センサ 103 の精度が期待できない事情による。よって、このような事情がある場合に数 1 を用いた傾斜量の予想が役に立つ。

【 0 0 4 8 】

鉛直角・水平角補正部 125 は、チルト傾斜量算出部 124 が算出した傾斜量を用いて、水平角検出器 101 および鉛直角検出器 102 が検出した角度、すなわち、TS 100 から見たターゲットの水平方向における角度と鉛直方向における角度を補正する。この処

50

理は、従来から行われている傾斜センサが検出した傾斜量に基づく水平角の計測値と鉛直角の計測値の補正処理と同じである。

【0049】

TS100の本体部10に傾きがなければ、水平角検出器101および鉛直角検出器102が検出した角度をそのまま用いればよい。しかしながら、様々な理由により、TS100の水平を正確に確保することは難しく、多少の傾きを許容しなければならない状況が多々ある。この場合、数1を用いて本体部10の傾きを算出し、その値を用いて計測値を補正する。この補正が鉛直角・水平角補正部125において行われる。

【0050】

(処理の一例)

図6に演算制御部120で行われる処理の手順の一例を示す。図6のフローチャートを実行するプログラムは、記憶部109に記憶されている。当該プログラムを適当な記憶媒体や記憶サーバに記憶させ、そこから提供される形態も可能である。

【0051】

処理が開始されると、本体部10が静止状態か否か(水平角の変化の有無)が判定される(ステップS101)。この処理は、静止状態確認部121で行われる。この処理では、水平角検出部101で検出される水平角の変化が予め定めた一定時間(例えば、5秒や10秒)検出されていないか否かが判定される。傾斜センサ103の液面が安定する時間、および平均化処理に要する時間を考慮すると、静止状態の確認は、水平角の変化が5秒以上検出できない場合とすることが好ましい。

【0052】

ステップS101の処理において、一定時間水平角の変化がない場合、静止状態とみなして、ステップS102に進み、そうでない場合ステップS101の処理を繰り返す。

【0053】

ステップS102では、水平角の初期値(基準値) θ_0 、傾斜量の初期値(x_0, y_0)を取得する。次に、本体部10の水平方向の回転が静止状態か否かの判定が行われる(ステップS103)。ここで、静止状態になく、水平角の変化がある場合、変化後の水平角 θ を取得する(ステップS104)。静止状態の場合(一定時間水平角の変化がない場合)、ステップS103の処理を繰り返す。

【0054】

ステップS104において変化した後の水平角 θ を取得したら、数1を用いて水平角における傾斜量(x, y)を算出する(ステップS105)。この処理は、チルト傾斜量算出部124で行われる。傾斜量(x, y)を算出したら、それに基づき、水平角 θ における水平角検出器101の検出値と鉛直角検出器102の検出値を補正する(ステップS106)。この処理は、鉛直角・水平角補正部125で行われる。

【0055】

その後、水平角の変化の有無が判定され、水平角の変化がなければ、ステップS102以下の処理を行い、水平角の変化があれば、ステップS104以下の処理を行う。

【0056】

(効果の判定)

図7に数1による傾斜角(チルト角)の算出データと、傾斜センサ103の出力に基づく傾斜角の生データとを示す。図7の縦軸は、水平面における特定の方向における傾斜角であり、横軸は水平角検出器101で検出された水平角である。

【0057】

理論的には、水平角の変化に従い図7の傾斜角は、サインカーブにしたがって変化する。この観点で見て、図7に示す傾斜センサ103の出力は、水平角の急激な変化に追従できておらず、また角度方向が反転する場合に、検出値が大きく乱れている。これは、液面の揺らぎ、加速度による液面の変形、急激な回転に対する液面の追従性の悪さが要因であると考えられる。

【0058】

10

20

30

40

50

これに対して、数 1 を用いて算出した傾斜角は、サインカーブに乗っており、乱れがない。このことから、本発明を利用することで、水平角の変化に追従した傾斜角の取得が可能となることが結論される。

【0059】

(優位性)

以上述べたように、TS 100 は、光学測量による測距部 110 を備え、水平回転を行う回転部である本体部 10 と、本体部 10 の水平回転の回転角を検出する水平角検出器 101 と、本体部 10 の鉛直方向に対する傾きを検出する傾斜センサ 103 と、本体部 10 の回転の前後における水平回転角検出センサ 101 の検出値に基づき、本体部 10 の傾きを算出するチルト傾斜量算出部 124 とを備える。

10

【0060】

この構成によれば、傾斜センサの応答性が悪く、水平角の急激な変化に伴う傾斜量の検出精度の低下があっても、水平角に基づき計算により傾斜量を求めることで、水平角の急激な変化に追従して、高い精度で傾斜に係るデータを取得できる。

【0061】

このため、例えば飛行する UAV の追跡を TS で行う場合において、UAV の急激な方向転換や旋回に対して、TS の傾斜に係る計測値の補正をリアルタイムで追従性良く行える。

【0062】

また、TS 100 を支える三脚の先端が徐々に地面に食い込む等の要因により、初期値 (x_0, y_0) として取得したパラメータが変動する場合がある。図 6 の処理では、水平角の変化がないことが確認できた場合に、ステップ S 102 の処理を再度行い、初期値の取得をやり直し、初期値の更新を行う。このため、初期値が動的に更新され、初期値の変動による誤差の発生が抑えられる。

20

【0063】

2. 第 2 の実施形態

図 6 の処理では、水平角の変動が連続して行われる状況において初期値 (x_0, y_0) の更新が行われない。すなわち、図 6 の処理では、初期値の更新には水平角の変化が一旦停止する必要がある。よって、本体部 10 の回転中 (あるいは停止と見なせない期間) に傾斜量の変動 (初期値 (x_0, y_0) の変動) があると、数 1 から算出される傾斜量 (x, y) に誤差が生じる。

30

【0064】

本実施形態では、本体部 10 の傾斜を検出する傾斜センサ 103 に加えて、基台 12 の傾きを検出する別の傾斜センサを用意する。そして本体部 10 の水平角が変化している状態であっても、基台 12 の傾斜情報を取得し、基台 12 の傾斜状態の変化に基づくリアルタイムな傾斜量の補正を行う。

【0065】

図 8 は、光源を共有した 2 つの傾斜検出部を有する傾斜センサ 300 の概念図である。この例では、図 3 と同じ構造の傾斜センサを本体部 10 の側に配置し、基台 12 の側に光学系 402、ハーフミラー 403、受光素子 404、液面 405 を備えた傾斜センサ機構を配置する。

40

【0066】

この構造では、液面 305 の傾きが受光素子 304 で検出され、液面 405 の傾きが受光素子 404 で検出される。ここで、液面 305 は、本体部 10 の傾きを検出し、液面 405 は基台 12 の傾きを検出する。光源 301 は、上下のセンサ部で共有され、回転ミラー 406 によって上側 (本体部 10 側) の傾斜センサ (液面 305 を利用した傾斜センサ) と下側 (基台 12 の側) の傾斜センサ (液面 405 を利用した傾斜センサ) のうちの一方が選択される。

【0067】

基台 12 は、地面に対して回転しないので、本体部 10 が水平回転している状態であっ

50

ても液面405は本体部10の回転の影響を受けない。このことを利用して本体部10の回転中に生じた初期値(x_0, y_0)の変動を勘案した傾斜量(x, y)の補正を行う。例えば、TS100によるUAVの追跡では、本体部10の回転が止まるタイミングがなく、TS100が動作する場合がある。このような場合であっても、図8の傾斜センサの構造を採用することで、基台12の傾斜量に基づく数1の算出結果(傾斜量(x, y))の補正を行い計測精度の低下を抑えることができる。

【0068】

以下、図8の傾斜センサを採用した場合の処理の一例を説明する。(1)まず、本体部10が静止時において、通常チルト T_x, T_y 、水平角 H_0 、固定チルト C_x0, C_y0 を読み取る。ここで、通常チルト T_x, T_y は、上側(本体部10側)の傾斜センサから得られる傾斜量である。また、固定チルト C_x0, C_y0 は、下側(基台12の側)の傾斜センサから得られる傾斜量である。この場合、通常チルト T_x, T_y が傾斜量の初期値として取得される。

10

【0069】

(2)そして、本体部10が回転している状態では常時、固定チルト C_x, C_y を読み取り、 $C_x = C_x - C_x0$ と $C_y = C_y - C_y0$ を計算する。この場合、水平角 H_1 時におけるチルト補正量は、数1により計算されるチルト量(傾斜量)を T_x1, T_y1 として、 $T_x1 + C_x1, T_y1 + C_y1$ で求められる。また、回転動作後に本体部10が静止すると、上記の(1)の処理が再び行われる。(1)と(2)の処理は、チルト傾斜量算出部124で行われる。

20

【0070】

なお、初期値の変動は、TS100に人がぶつかる等して力が加わることや、TS100を支える三脚の先端が地面に食い込む等の要因により生じるが、傾斜量の初期値の変動がない場合、 C_x, C_y は0となり、 T_x1, T_y1 の補正は行われない。換言すれば、傾斜量の初期値の変動が生じると、それが C_x, C_y として検出され、数1の結果が補正される。

【0071】

本体部10と基台12のそれぞれに傾斜センサを分離して配置する形態も可能である。この場合、基台12の傾斜の検出値を用いて数1の補正が行われる。

【0072】

(その他)

本発明における光学測量を行う光学機器としては、レーザー測距装置以外に水平を計測する光学機器や高さの差を計測する光学機器等が挙げられる。すなわち、本発明は、セオドライト(theodolite)、オートレベル、レーザーレベル等に適用することもできる。

30

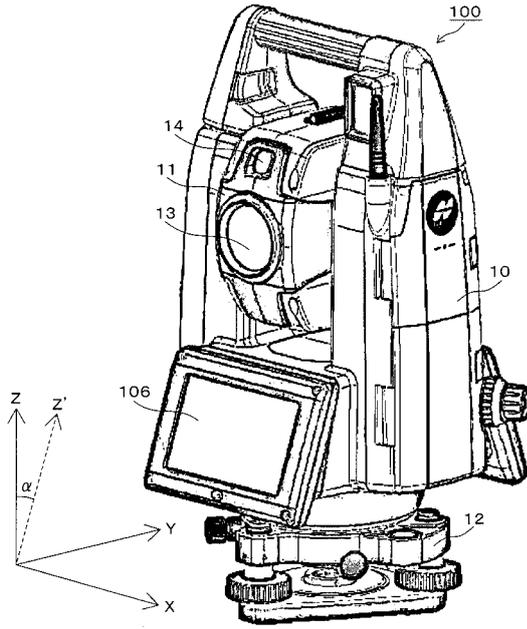
【符号の説明】

【0073】

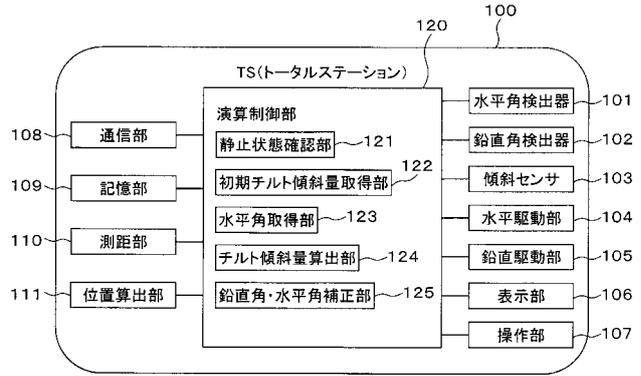
100...TS(トータルステーション)、10...本体部、11...上下動可動部、12...望遠鏡、13...基台、14...望遠鏡、15...レーザーキャナの光学窓、103...傾斜センサ、300...傾斜センサ、301...光源、302...光学系、303...ハーフミラー、304...受光素子、305...液面、402...光学系、403...ハーフミラー、404...受光素子、405...液面。

40

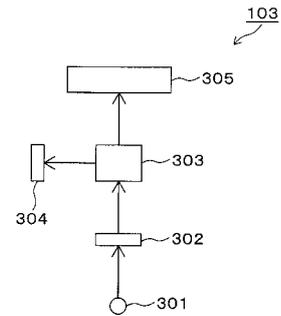
【図1】



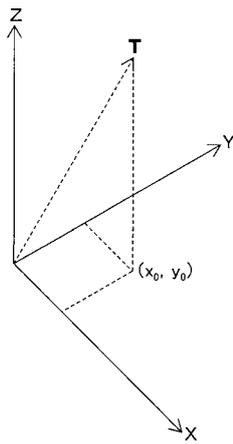
【図2】



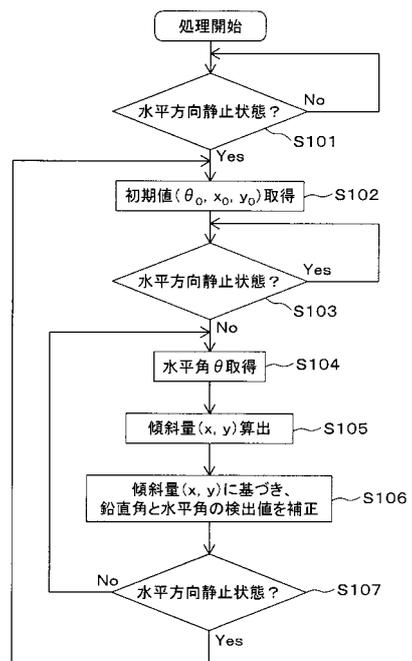
【図3】



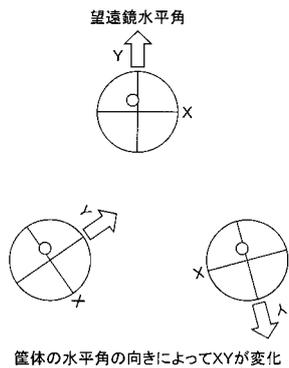
【図4】



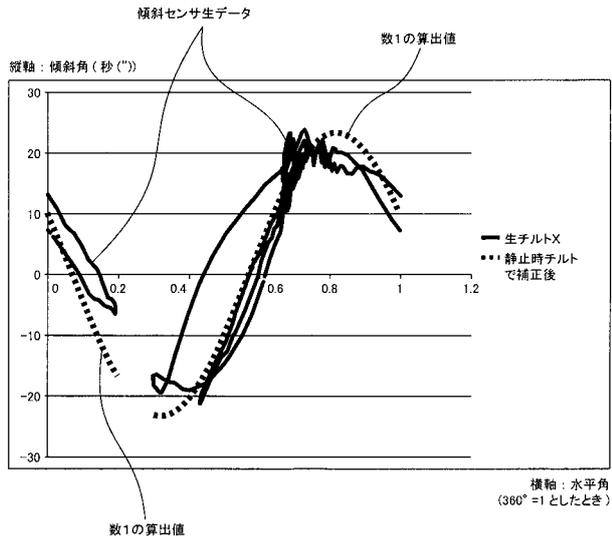
【図6】



【図5】



【 図 7 】



【 図 8 】

