

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-527357

(P2008-527357A)

(43) 公表日 平成20年7月24日(2008.7.24)

(51) Int.Cl.

G01C 9/20 (2006.01)  
G01C 9/06 (2006.01)  
G01C 15/00 (2006.01)

F 1

G01C 9/20  
G01C 9/06 A  
G01C 15/00 103A

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2007-550753 (P2007-550753)  
 (86) (22) 出願日 平成18年1月12日 (2006.1.12)  
 (85) 翻訳文提出日 平成19年7月11日 (2007.7.11)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2006/000225  
 (87) 國際公開番号 WO2006/074929  
 (87) 國際公開日 平成18年7月20日 (2006.7.20)  
 (31) 優先権主張番号 60/643,513  
 (32) 優先日 平成17年1月12日 (2005.1.12)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 505093943  
 トリンブル イエナ ゲゼルシャフト ミ  
 ット ベシュレンクテル ハフツング  
 Trimble Jena GmbH  
 ドイツ国, 07745 イエナ, カー  
 ルーツァイス-プロムナード 10  
 (74) 代理人 100076185  
 弁理士 小橋 正明  
 (72) 発明者 グリム, アンドレアス  
 ドイツ国, 99425 バイマール,  
 ライネル-マリア-リルケ-ストラーゼ  
 6

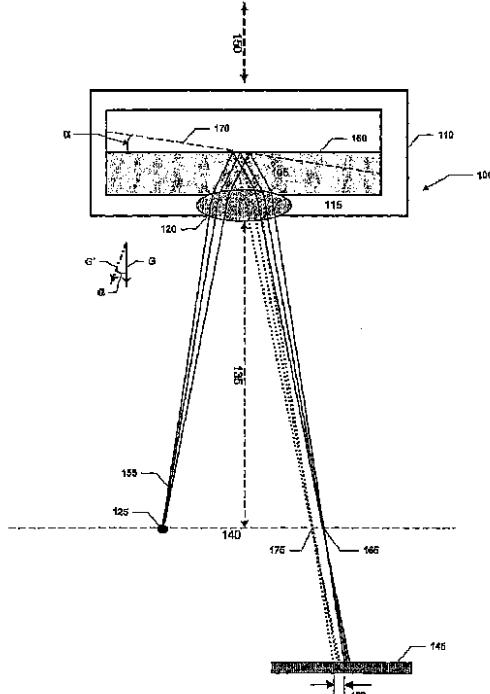
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 傾斜検知方法及び装置

## (57) 【要約】

傾斜を検知するための装置及び方法が点光源(125)を使用し、それから光がレンズ(120)を介して容器(110)内に収容されている液体(105)の反射表面(160)に向かって射出される。該表面から反射された光は該レンズを介して通過し検知器要素からなる二次元アレイ(145)上に該点光源のデフォーカスされた画像を形成する。該アレイから採取されたデータは該検知器の各々に入射する光の強度を表わす。該容器の傾斜を表わす重心が該データから決定される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

反射表面(160)を有する液体(105)を収容する容器(110)、  
レンズ(120)、  
液体表面(160)に向かってレンズ(120)を介して光を射出する点源(125)

、  
反射表面(160)から反射された光がレンズ(120)を介して検知要素上通過する  
ように位置されている検知要素の二次元アレイ(140)であって、各検知器要素が入射  
光の振幅に対応する値を発生する二次元アレイ(145)、

検知器要素上に形成された画像の重心を計算するために検知器要素により発生された値  
に応答するプロセッサ(810)、

を有しており、計算された重心が容器(110)の傾斜に依存する装置。

## 【請求項 2】

請求項1において、該光が該検知器要素上に点源(125)の画像を形成する装置。

## 【請求項 3】

請求項1又は2のうちの1つにおいて、該検知器要素上に形成される画像が点源(125)  
のデフォーカスした画像であるように、点源(125)及びアレイ(145)がレンズ(120)  
及び反射表面(160)と相対的に位置されている装置。

## 【請求項 4】

請求項1乃至3のうちの1つにおいて、光源(125)がレンズ(120)の実質的に  
フォーカルプレーン(140)内に位置しており且つアレイ(145)がレンズ(120)  
の実質的にフォーカルプレーン(140)の外に位置しており、該検知器要素上に形成  
される画像が点源(125)のデフォーカスした画像である装置。

## 【請求項 5】

請求項1乃至3のうちの1つにおいて、アレイ(145)がレンズ(120)の実質的に  
フォーカルプレーン(140)内に位置しており且つ光源(125)がレンズ(120)  
の実質的にフォーカルプレーン(145)の外に位置しており、該検知器要素上に形成  
される画像が点源(125)のデフォーカスした画像である装置。

## 【請求項 6】

請求項1乃至5のうちの1つにおいて、点源(125)及び二次元アレイ(145)の  
うちの少なくとも1つが実質的にレンズ(120)のフォーカルプレーン(140)の外  
に位置している装置。

## 【請求項 7】

請求項1乃至6のうちの1つにおいて、該プロセッサがサブピクセル精度で重心を計算  
する装置。

## 【請求項 8】

請求項1乃至7のうちの1つにおいて、該計算した重心が2つの直交軸に関して容器(110)  
の傾斜に依存する装置。

## 【請求項 9】

請求項1乃至8のうちの1つにおいて、レンズ(520)が液体(505)と接觸する  
非平坦な表面を有している装置。

## 【請求項 10】

請求項1乃至9のうちの1つにおいて、更に、点源(530)と反射表面(575)との間の光路内に位置されており且つ点源(530)からの光を液体表面(575)へ向けて  
指向させるべく作用するプリズム(525)を有している装置。

## 【請求項 11】

請求項10において、プリズム(525)が反射表面(575)からの光を二次元アレイ(540)  
へ向かって指向させるべく作用する装置。

## 【請求項 12】

請求項1乃至11のうちの1つにおいて、プロセッサ(810)が該検知器要素上に形

10

20

30

40

50

成される画像の重心を計算するためのスレッシュホールド（330）を超える該検知器により発生される値に応答する装置。

【請求項13】

請求項1乃至12のうちの1つにおいて、更に、大気温度に依存する信号を発生するセンサー（835）を有しており、且つプロセッサ（810）が該検知器要素上に形成される画像の重心を計算する場合に温度補正を適用するための信号に応答する装置。

【請求項14】

請求項1乃至13のうちの1つにおいて、プロセッサ（810）が所定の時間間隔にわたり平均化された該検知器要素上に形成される画像の重心を計算するために所定の時間間隔にわたり該検知器要素により発生される値に応答する装置。

10

【請求項15】

請求項14において、該プロセッサが該所定の時間間隔のユーザ選択に応答する装置。

【請求項16】

請求項1乃至15のうちの1つにおいて、プロセッサ（810）が点源（805）からの光の射出を制御する装置。

【請求項17】

請求項1乃至16のうちの1つにおいて、該検知器要素がCMOSフォトダイオードを有している装置。

【請求項18】

請求項1乃至17のうちの1つにおいて、更に、ベース（904）、支持軸（906）周りに回転するためにベース（904）上に装着されているアリダード（902）、及びエレベーション軸（914）周りに回転するためにアリダード（902）上に回転自在に装着されているテレスコープユニット（908）を有している装置。

20

【請求項19】

請求項18において、更に、アリダード（902）の回転オリエンテーションを検知するための方位センサー（920）及びテレスコープユニット（908）の回転方位を検知するためのエレベーションセンサー（926）を有している装置。

【請求項20】

請求項19において、更に、方位センサー（920）及びエレベーションセンサー（926）に応答して回転制御信号を発生するプロセッサ、及び該回転制御信号に応答してアリダード（902）及びテレスコープユニット（908）を方向付けさせるドライブ（916, 922）を有している装置。

30

【請求項21】

請求項19及び20のうちの1つにおいて、該プロセッサが、  
(i) 本装置の軸の垂直からの逸れに対する補正、及び  
(ii) コリメーションエラーに対する補正、  
のうちの少なくとも1つを決定するために該計算した重心を使用する装置。

【請求項22】

請求項20において、該プロセッサが、

40

- (i) 照準補償、
- (ii) 垂直線拡張、及び
- (iii) 水平線拡張、

のうちの少なくとも1つを決定するために該計算した重心を使用する装置。

【請求項23】

請求項18乃至22のうちの1つにおいて、テレスコープユニット（908）が本装置から遠隔のターゲットへの距離を測定するための距離測定モジュール（1030）を有している装置。

【請求項24】

請求項18乃至23のうちの1つにおいて、テレスコープユニット（908）がテレスコープ及び該テレスコープの光学的フォーカシングのためのサーボフォーカスモジュール

50

(1032)を有している装置。

【請求項25】

請求項18乃至24のうちの1つにおいて、該テレスコープユニットが遠隔ターゲットと相対的な該テレスコープユニットのオリエンテーションを検知するためのトラッカー(1034)を有しており、且つプロセッサ(1004)がトラッカー(1034)に応答してテレスコープユニット(908)が該遠隔ターゲットを該テレスコープの光路に沿って維持するようにアリダード(902)及び該テレスコープユニットを方向付けるための回転制御信号を発生する装置。

【請求項26】

請求項1乃至25のうちの1つにおいて、更に、プロセッサ(1004)と遠隔制御ユニットとの間で情報を通信するための無線通信機(942)を有している装置。

【請求項27】

請求項1乃至26のうちの1つにおいて、更に、少なくとも1つの入力装置(1022)及び少なくとも1つのディスプレイ(1020)を有している装置。

【請求項28】

傾斜を決定する方法において、  
レンズ(120)を介して点源(125)からの光を容器(110)内に収容されている反射性液体表面(160)へ向かって射出させ、  
液体表面(160)から反射され且つレンズ(120)を介して通過する検知器要素のアレイ(145)上に入射する光を検知して該検知器要素の各々に入射する光の検知された強度を表わすデータを採取するためにアレイ(145)上に点源(125)のデフォーカスしたイメージを形成させ、  
該データから重心を決定し、該重心が容器(110)の傾斜を表わしている、  
ことを包含している方法。

【請求項29】

請求項28において、更に、大気温度を表わす温度値を採取することを包含しており、且つ該データから重心を決定する場合に、該温度値を適用して大気温度に対して補正された重心を決定する方法。

【請求項30】

請求項28乃至29のうちの1つにおいて、データを採取するために光を検知する場合に、データセットにおけるデータを採取し且つデータのフレームを得るために複数のデータセットを収集し、且つ重心を決定する場合に、データのフレームから重心を計算する方法。

【請求項31】

請求項28乃至30のうちの1つにおいて、重心を決定する場合に、選択した時間間隔にわたり採取したデータを平均化することを包含している方法。

【請求項32】

請求項28乃至31のうちの1つにおいて、更に、2つの直交軸周りに該容器の傾斜の表示として重心のディスプレイを発生することを包含している方法。

【請求項33】

請求項28乃至32のうちの1つにおいて、更に、大気温度に対しチルト感度を補正することを包含している方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は傾斜を検知する方法及び装置に関するものであって、特に、トータルステーション等の測地装置の傾斜を検知する方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

幾つかの傾斜検知器は、重力ベクトルを測定することにより真の垂直からの逸れを決定

10

20

30

40

50

するために容器内の液体を使用する。供給源からの光ビームが該液体の表面上で反射される。その反射された光ビームは検知器上に入射する。該検知器上の入射位置は、該容器が傾斜されると共に変化する。

#### 【0003】

センサーとしてCCDラインを使用し、反射ビームが検知器に入射する位置は出力信号として与えることが可能である。シェブロンパターンにある互いに直交する2つのこのような検知器を使用して、2つの直交方向における傾斜を米国特許第6,088,090号におけるように検知することが可能である。

#### 【0004】

WO99/57513は、単一の大型の平凸ポールレンズと共に2個の光源及び2個のCCDラインを具備する2軸傾斜検知器を示している。この形態の直径及び高さは多くの適用例に対して大き過ぎるものである。

#### 【0005】

DE19610941A1はエリアセンサーを使用する傾斜検知器を示している。

#### 【0006】

米国特許第4,159,422号は発光ダイオード及び水銀溜まりから反射されたラジエーションに比例する出力信号を発生するフォトセルを使用する変位センサーを示している。

#### 【0007】

【特許文献1】米国特許第6,088,090号

【特許文献2】WO99/57513

【特許文献3】DE19610941A1

【特許文献4】米国特許第4,159,422号

#### 【発明の開示】

##### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

より小さいな全体的な寸法、低い全体的な高さ、低コスト、最近のセンサー及びデータインターフェース技術との適合性、動作範囲、正確度及び寸法に関する要求が異なる種々の適用例において使用するためのスケーラビリティ及び/又は半自動化製造を提供する傾斜検知器の改良が必要とされている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0009】

本発明の実施例によれば、傾斜を検知する装置及び方法が点光源を使用し、それから光が容器内に収容されている液体の反射表面に向けてレンズを介して射出される。該表面から反射された光は該レンズを介して通過して検知器要素からなる二次元アレイ上に点光源のデフォーカスされた即ち焦点のずれた画像を形成する。該アレイから採取したデータは該検知器要素の各々に入射する光の強度を表わしている。該容器の傾斜を表わす重心が該データから決定される。

#### 【0010】

本発明に基づく装置の実施例は、反射表面を有する液体を収容する容器、該反射表面と該レンズのフォーカルプレーンとの間の光路内に位置されているレンズ、該レンズを介して該液体表面に向かって光を射出させる点源、該反射表面から反射された光が該レンズを介して該検知器要素へ通過し、各検知器要素が入射光の振幅に対応する値を発生するように位置されている検知器要素からなる二次元アレイ、及び該検知器要素上に形成された画像の重心を計算するために該検知器要素により発生される値に応答するプロセッサ、を有しており、該計算される重心が該容器の傾斜に依存する。

#### 【0011】

本発明の実施例に基づく装置は、1つ又はそれ以上の付加的な特徴を包含することが可能である。該光は該検知器要素上に該点源の画像を形成することが可能である。該光源及び該アレイのうちの一方又は両方が、該検知器要素上に形成される画像が該点源のデフオ

10

20

30

40

50

ーカスされた画像であるように該フォーカルプレーン及び該レンズから実質的に外れて位置することが可能である。該プロセッサはサブピクセル精度で重心を計算することが可能である。その計算された重心は2つの直交軸に関して該要素の傾斜に依存することが可能である。該レンズは該液体と接触する非平坦な表面を有することが可能である。該点源と該反射表面との間の光路内にプリズムを位置させることができあり、それは該点源から該液体表面に向けて光を指向させるべく作用する。該プリズムは該反射表面から該二次元アレイに向けて光を指向させるべく作用することが可能である。

## 【0012】

該プロセッサは該検知器要素上に形成される画像の重心を計算するためのスレッシュホールドを超える該検知器要素により発生される値に応答することが可能である。該装置は、更に、大気温度に依存する信号を発生するセンサーを有することが可能であり、その場合に、該プロセッサは、該検知器要素上に形成されている画像の重心を計算する場合に、該信号に応答して温度補正を適用する。該プロセッサは所定の時間間隔にわたり該検知器要素により発生される値に応答して該所定の時間間隔にわたり平均化された該検知器要素上に形成された画像の重心を計算することが可能である。該プロセッサは該所定の時間間隔のユーザ選択に応答することが可能である。該プロセッサは該点源からの光の射出を制御することが可能である。該検知器要素はCMOSフォトダイオードを有することが可能である。

## 【0013】

本発明の実施例に基づく装置は、更に、ベース、支持軸周りに回転するために該ベース上に装着したアリダード、及びエレベーション軸即ち仰角軸周りに回転するために該アリダード上に回転自在に装着したテレスコープユニットを有することが可能である。本装置は、更に、該アリダードの回転オリエンテーションを検知するための方位センサー及び該テレスコープユニットの回転方位を検知するためのエレベーションセンサーを有することが可能である。該プロセッサは、更に、該方位センサー及び該エレベーションセンサーに応答して回転制御信号を発生することが可能であり、且つ該回転制御信号に応答して該アリダード及び該テレスコープユニットをオリエンティング即ち方向付けするために駆動する。

## 【0014】

該プロセッサは、(i)本装置の軸の垂直からの逸れに対する補正、及び(ii)コリメーションエラーに対する補正、のうちの少なくとも1つを決定するために該計算された重心を使用することが可能である。該プロセッサは、(i)照準補償、(ii)垂直ライン拡張、(iii)水平ライン拡張、のうちの少なくとも1つを決定するために該計算された重心を使用することが可能である。該テレスコープユニットは、本装置から遠隔にあるターゲットへの距離を測定するための距離測定モジュールを有することが可能である。該テレスコープユニットは、テレスコープ、及び該テレスコープの光学的フォーカシングのためのサーボフォーカスモジュールを有することが可能である。該テレスコープユニットは、遠隔ターゲットと相対的な該テレスコープユニットのオリエンテーションを検知するためのトラッカー(tracker)を有することが可能であり、その場合に、該プロセッサは該トラッカーに応答して該テレスコープユニットが該テレスコープの光路に沿って該遠隔ターゲットを維持するように該アリダード及び該テレスコープユニットを方向付けるための回転制御信号を発生する。本装置は、更に、該プロセッサと遠隔制御ユニットとの間で情報を通信するための無線通信機を有することが可能である。本装置は、更に、少なくとも1個の入力装置及び少なくとも1個のディスプレイを有することが可能である。

## 【0015】

本発明の実施例に基づく傾斜を決定する方法は、該液体表面から反射され且つ該レンズを介して通過してアレイ上に該点源のデフォーカスした画像を形成する検知器要素からなるアレイ上に入射する光を検知して該検知器要素の各々に入射する光の検知された強度を表わすデータを採取し、且つ該データから重心を決定し、該重心が該容器の傾斜を表わし

10

20

30

40

50

ている、ことを包含することが可能である。

【0016】

本発明の実施例に基づく方法は、1つ又はそれ以上の付加的な特徴を包含することが可能である。大気温度を表わす温度値を採取することが可能であり、且つ該データから重心を決定する場合に、大気温度に対して補正された重心を決定するために該温度値を適用することが可能である。データを採取するために光を検知する場合に、データセットにおけるデータを採取し且つデータのフレームを得るために複数のデータセットを収集することが可能であり、且つ重心を決定する場合に、データのフレームから重心を計算することが可能である。重心を決定する場合に、選択した時間間隔にわたって採取したデータを平均化することが可能である。方法は、更に、2つの直交軸に関しての容器の傾斜の表現として重心のディスプレイを発生することが可能である。方法は、更に、大気温度に対するチルト感度を補正することを包含することが可能である。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1は本発明の1実施例に基づく傾斜検知器100を模式的に例示している。図1は何等かの特定の縮尺で描かれているものではなく、動作原理を例示するために相対的な寸法が誇張されている。流体105が、レンズ120が嵌められている床115を具備する容器110内に収容されている。光源125がフォーカルプレーン140におけるレンズ120の焦点距離135に位置されている。検知器アレイ145がレンズ120のフォーカルプレーン140の外に位置されている。傾斜検知器100は、例えば、図1には示していない測地装置の中心線150上に装着されている。

20

【0018】

流体105は、例えば、約1.4の屈折率( $n_s$ )を有するシリコンオイルである。レンズ120は、例えば、約1.5の屈折率( $n_g$ )を有しているガラスであり且つ光源125からの光を無限遠に対してコリメートさせる。光源125は約150μmの直径の射出面積を有する発光ダイオード等の点光源である。

20

【0019】

光源125からの光線155はレンズ120及び流体105を介して通過し、液体105の上側表面から反射され、且つ流体105及びレンズ120を介して検知器アレイ145へ通過する。検知器アレイ145上に入射する光線が検知され且つ検知器信号へ変換される。

30

【0020】

静止状態において、液体105の上側表面は重力ベクトルに対して直交している。傾斜検知器100が水平である場合には、液体105の上側表面は160において示した如くであり且つ重力ベクトルの相対的なオリエンテーション即ち配向状態はGで示した如くである。液体105の上側表面から反射された光線165はレンズ120のフォーカルプレーン140における1つの点へフォーカスする。検知器アレイ145がレンズ120のフォーカルプレーンの外に位置されると、検知器アレイ145上に入射する光線は光源125のデフォーカスされた即ち焦点のずれた画像を発生し(1つの点ではなく光のスポット)、その1つの例を図2に示してある。

40

【0021】

傾斜検知器100が角度θでチルトされると、液体105の上側表面は170における点線で示した如く容器110内において対応的にチルト即ち傾斜され、且つ重力ベクトルの相対的オリエンテーションはGにおいて示した如くである。液体105の上側表面に入射する光線と相対的な液体105の上側表面の対応する角度チルトθは、反射角度においてシフトを発生させ、点線の光線175で示した如く検知器アレイ145に入射する光線は光源125のデフォーカスされた画像を発生し、それは検知器アレイ145の表面上で位置がシフトされている。この位置シフトは図1における180において模式的に表わしてある。検知器アレイ145上の画像の位置シフトは2つの直交方向のいずれか一方又は両方において発生する場合がある。

50

## 【0022】

1 実施例においては、検知器アレイ 145 は検知器要素からなる N 個の行と M 個の列の二次元アレイであり、例えば、検知器要素の 256 個の行と 256 個の列である。図 2 は検知器アレイ 145 上に入射する光のスポットを示しており、この光のスポットは光源 125 のデフォーカスされた画像である。何故ならば、検知器アレイ 145 はレンズ 120 のフォーカルプレーン 140 の外側に位置しているからである。図 2 の画像において、光のスポットの中心は検知器アレイ上に中心位置決めされており、256 個の行のうちの行 128 及び 256 個の列のうちの列 128 にある。該光スポットの中心は、傾斜検知器 100 のチルト角度  $\theta$  が変化されると検知器アレイ上において変位される。

10

## 【0023】

図 3 は検知器アレイ上に入射する光のスポットと交差する検知器アレイ要素の行からの検知器信号の振幅を示している。例えば、光のスポットの中心近くに位置している検知器アレイ 145 の行（例えば、256 個の行のうちの行 128）の夫々の検知器要素上に入射する光の検知された振幅（A/D レベル）は実質的に 310 において示したような分布を有している。光のスポットの外側に位置している検知器アレイの 1 つの行（例えば、256 個の行のうちの行 1 又は行 256）の夫々の検知された要素上に入射する光の検知された振幅（I/D レベル）は、実質的に 320 で示したような分布を有しており、このレベルはレンズ 120 と液体 105 との間の界面から反射された光等のファクタに起因するものであり、従ってバックグラウンドノイズと考えられる。バックグラウンドノイズはその他のファクタからも発生する場合がある。好適には、検知器アレイ 145 からの信号がスレッシュホールド 330 を適用することによりフィルタされ、従って光のスポットを表わす検知器信号 130 の部分が維持され且つバックグラウンドノイズが拒否される。検知器アレイ 145 からの信号の採取及び処理の例を以下に与える。

20

## 【0024】

図 3 は、更に、強度分布の最大強度  $I_{max}$ 、強度分布の最小強度  $I_{min}$ 、及び最大強度  $I_{max}$  と最小強度  $I_{min}$  との間の差  $I$  を表示している。線 I10 は  $I_{min}$  より  $I$  の 10% 上である強度（A/D レベル）に対応しており、且つ線 I90 は  $I_{min}$  より 90% の  $I$  高いか又は  $I_{max}$  より  $I$  の 10% 低い強度（A/D レベル）に対応している。Dmax は  $I_{max}$  を超える強度を有する強度分布の部分の直径を表わしており、且つ Dmin は  $I_{min}$  を超える強度を有する強度分布の部分の直径を表わしている。検知器要素からなるアレイ上に形成される光源の画像はデフォーカスされた画像であるので、Dmax は Dmin よりも実質的により小さく、例えば  $D_{max} < 0.95 \times D_{min}$  である。更にデフォーカスされた画像の場合においては、 $D_{max} < 0.90 \times D_{min}$  又は  $D_{max} < 0.80 \times D_{min}$  又は  $D_{max} < 0.60 \times D_{min}$  の場合も充足される場合がある。特に、線 310 の形状はガウス形状である場合がある。

30

## 【0025】

図 4 は図 2 及び図 3 に対応する検知された振幅分布の三次元透視表現 400 を示している。

## 【0026】

図 5 は光ビームを折り曲げ且つ光源及び検知器アレイを容器の側部に配置させることにより装置の高さを減少させるためにプリズムを使用する本発明に基づく傾斜検知器 500 の 1 実施例を示している。図 5 はいずれかの特定の縮尺に描いたものではなく、且つ動作原理を例示するために相対的な寸法を誇張してある。この形態は、2 つの直交軸に関する傾斜を測定する能力を維持しながら横方向に小さな寸法を有している。流体 505 がレンズ 520 とプリズム 525 とが嵌め込まれた床 515 を有する容器 510 内に収容されている。光源 530 がフォーカルプレーン 535 内のレンズ 520 の焦点距離に位置されている。検知器アレイ 540 はレンズ 520 のフォーカルプレーン 535 の外側に位置されている。傾斜検知器 500 は、例えば、図 5 には示していない測地装置の中心線 550 とその光学的垂直経路 545 とを実質的に整合させて装着されている。

40

## 【0027】

50

流体 505 は、例えば、約 1.4 の屈折率  $n_s$  を有するシリコンオイルである。レンズ 520 及びプリズム 525 は、例えば、約 1.5 の屈折率  $n_g$  を有するガラスである。レンズ 520 は光源 530 からの光を無限遠に対してコリメートさせる。光源 530 は約 150  $\mu\text{m}$  の直径の射出面積を有する発光ダイオード等の点光源である。

【0028】

光源 530 からの光線 555 はプリズム 525 を介して通過し、プリズム 525 の表面 560 から反射され、且つレンズ 520 及び流体 505 を介して液体 505 の上側表面へ通過する。液体 505 の上側表面から反射された光線 565 は流体 505 、レンズ 520 及びプリズム 525 を介して通過し、プリズム 525 の表面 560 から反射され、且つプリズム 525 を介して検知器アレイ 540 へ通過する。検知器アレイ 540 上に入射する光線が検知され且つ検知器信号へ変換される。

10

【0029】

静止状態においては、液体 505 の上側表面は重力ベクトルに対して直交している。傾斜検知器 500 が水平である場合には、液体 505 の上側表面は 575 に示した如くであり且つ重力ベクトルの相対的なオリエンテーションは G に示した如くである。液体 505 の上側表面から反射された光線 565 はレンズ 520 のフォーカルプレーン 535 における 1 つの点へフォーカスされる。検知器アレイ 540 はレンズ 520 のフォーカルプレーンの外側に位置されており、検知器アレイ 540 上に入射する光線は、例えば、図 2 に示したように光源 530 のデフォーカスされた即ち焦点がずれた画像を発生する（1 つの点ではなく光のスポット）。

20

【0030】

傾斜検知器 500 が角度  $\theta$  にチルトされると、液体 505 の上側表面は 570 における点線により示したように容器 510 において対応的にチルトされ且つ重力ベクトルの相対的なオリエンテーションは G  $\theta$  に示した如くである。液体 505 の上側表面上に入射する光線と相対的な液体 505 の上側表面の対応する角度のチルト  $\theta$  は、反射角度においてシフトを発生させ、従って検知器アレイ 540 上に入射する光線は光源 530 のデフォーカスされた画像を発生し、それは検知器アレイ 540 の表面上において位置がシフトされている。この位置シフトは図 5 における 580 において模式的に表わしてある。検知器アレイ 540 上の画像のこの位置シフトは、2 つの直交方向のうちのいずれか一方又は両方において発生する場合がある。

30

【0031】

図 5 の実施例においては、光源 530 及び検知器アレイ 540 は種々の信号処理コンポーネントを例えば 585 及び 590 として示した回路ボード 582 上に装着されている。

【0032】

図 6 は本発明の 1 実施例に基づく傾斜検知器モジュールの断面図である。

【0033】

図 7 は図 6 の傾斜検知器モジュールの一部切断斜視図である。

【0034】

図 8 は本発明の実施例に基づく傾斜検知器において有用な信号処理回路 800 の概略図である。発光ダイオード 805 等の点光源がマイクロコントローラ 810 からの制御信号に応答して光を射出する。ダイオード 805 からの光線は上述した如く容器内の液体の表面から反射され、且つ反射光線は検知器アレイ 815 上のダイオード 805 の発光区域のデフォーカスされた画像を形成する。マイクロコントローラ 810 は制御線 820 、データ線 825 及びインター集積回路（I2C）バス 830 を介して検知器アレイ 815 と通信を行う。温度センサー 835 及びユニバーサルシリアルバス（USB）インターフェース 840 も I2C バス 830 を介してマイクロコントローラ 810 と通信を行う。電源 850 がマイクロコントローラ 810 及びダイオード 805 、検知器アレイ 815 、温度センサー 835 及び USB インターフェース 840 を動作させるための電力を供給する。USB インターフェース 840 は、図 8 に示していない外部プロセッサ又はディスプレイへ USB コネクタ 855 を介して傾斜測定信号の通信を可能とする。電源 850 は、例えば

40

50

、図8には示していない外部供給源からUSBコネクタを介して電力供給される。

【0035】

検知器アレイ815は任意の適宜のイメージセンサーとすることが可能であり、その多くは、アジレント(Agilent)テクノロジーズインコ-ボレイテッドから市販されているADC SシリーズアジレントCMOSイメージセンサー等が市販されている。これらはタイミング制御及びオンボードアナログ・デジタル(A/D)変換器と共に感応性フォトダイオード要素からなるアレイを統合する。ウインドウ寸法はアレイ全体(例えば、 $640 \times 480$ ピクセル)から $4 \times 4$ ピクセルまで、又は $256 \times 256$ ピクセル等の中間の何等かの値にプログラムすることが可能である。統合されたタイミング制御は行及び列アドレッシング、及びプログラム可能な露光制御、フレームレート及びデータレートを与える。マイクロコントローラ810はアトメル(Atmel)コーポレーションから市販されているAVR8ビットRISC装置等の任意の適宜の装置とすることが可能である。発光ダイオード805は、ELCOS GmbHから市販されている点源ダイオードモデルPL15-R等の任意の適宜の装置とすることが可能である。

10

【0036】

傾斜検知器の傾斜は、検知器アレイ上に入射する光スポットの重心を計算することにより決定される。検知器アレイのフォトダイオード要素の行の方向における傾斜は、例えば、以下の関係から決定され、

【0037】

【数1】

20

$$U(r) = p(r) \times [r \times A(c, r)] / [A(c, r)] + U_0(r)$$

【0038】

尚、 $U(r)$ は行の方向における傾斜であり、 $U_0(r)$ は行の方向における水準点エラーであり、 $p(r)$ は行の方向における感度であり、 $r$ は行順序数であり、 $c$ は列順序数であり、 $A(c, r)$ は行 $c$ 及び列 $r$ におけるピクセルのA/D値であり、[...]は全てのピクセルにわたっての和である。検知器アレイのフォトダイオード要素の列の方向における傾斜は、例えば、次の関係から決定され、

【0039】

【数2】

30

$$U(c) = p(c) \times [c \times A(c, r)] / [A(c, r)] + U_0(c)$$

【0040】

尚、 $U(c)$ は列の方向における傾斜であり、 $U_0(c)$ は列の方向における水準点エラーであり、 $p(c)$ は列の方向における感度であり、 $r$ は行順序数であり、 $c$ は列順序数であり、 $A(c, r)$ は行 $c$ 及び列 $r$ におけるピクセルのA/D値であり、且つ[...]は全てのピクセルにわたっての和である。

【0041】

チルト感度 $p(c)$ 、 $p(r)$ は光学系の焦点距離及びピクセル間隔に依存する。入射光強度に関する感度は、例えば、入射光に対するフォトダイオード感度の線形範囲を使用するために150(8ビット形態における256レベルのうちの)のレベルへ規制される。

40

【0042】

例えば、所望の限界を超えたフォトダイオード要素からの値(A/Dレベル)のみを使用することによりノイズ拒否のためのスレッシュホールド処理が実施される。

【0043】

温度センサー835は、傾斜検知器回路のキャリブレーションのためにオプションとして設けられている。流体の屈折率は温度と共に変化し、傾斜検知器の水準点 $U_0(r)$ 、 $U_0(c)$ を変化させ、従って、広い範囲の大気温度にわたって傾斜検知器を使用するための温度キャリブレーションを与えることが望ましい。チルト感度 $p(c)$ 、 $p(r)$ を

50

温度で補正することも可能である。補正定数は人工気象室内において測定し且つマイクロコントローラ810内に格納することが可能であり、従って傾斜検知器が使用中である場合に、マイクロコントローラ810は温度センサー635から大気温度値を獲得し且つその大気温度に対して適切な水準点エラー値 $U_0(r)$ ,  $U_0(c)$ に基づいて傾斜値 $U(r)$ ,  $U(c)$ を計算することが可能である。

【0044】

マイクロコントローラ810はI2Cバス830を介して検知器アレイ815の動作モードを制御し、且つ計算した傾斜値をI2Cバス830を介してUSBインターフェース840へ通信する。マイクロコントローラ810は、発光ダイオード805への電流を制御することにより及び/又は露光時間を制御することにより光強度レベルを制御する。発光ダイオード805は、所望により、連続して照明させることが可能であり、又は光出力にわたってより精細な制御を与えるためにパルス動作させることが可能である。例えば、マイクロコントローラ810が15個の電流レベルを可能とする場合には、中間レベルの光出力を得るために発光ダイオード805への電流をパルス動作させることによりより細かい電流制御を得ることが可能である。1つの可能なスキームは、8-10msの期間でパルス動作させ且つ各電流レベルの間で8個のステップを与えることである(0個のパルスがオンで8個のパルスがオフから8個のパルスがオンで0個のパルスがオフまで)。

10

【0045】

1実施例においては、マイクロコントローラ810は開始コマンドをI2Cバス830を介して検知器アレイ815へ送信する。動作において、検知器アレイ815はプログラムされているフォトダイオードアレイ(例えば、256×256)を介して継続的にループ動作し且つデータバス825を介して各フォトダイオードに対して8ビットレベルの値をマイクロコントローラ810へ送信する。マイクロコントローラ810が情報からなるフレームを得ると、それは傾斜値を計算し且つ計算した傾斜値を、USBケーブル855を介して再送するためにUSBインターフェース840へI2Cバス830を介して送信する。

20

【0046】

1実施例においては、マイクロコントローラ810は継続的に検知器アレイ815からデータを受取り且つデータの各新たなフレームに対して新しい組の計算した傾斜値を送信する。傾斜測定の頻繁なアップデートが、例えば、装置が衝撃や振動に露呈される場合のある建設現場等の厳しい環境条件の下における装置において使用する場合に望ましい。

30

【0047】

厳しい環境条件の下において、情報の喪失を回避するために高い露光時間に対して検知器アレイをプログラムすることが望ましい。1実施例においては、露光時間がデータの1つのフレーム(例えば、256本のライン)を送信するために検知器アレイ815に対して必要とされる時間とマッチするように、露光強度が発光ダイオード805へ印加される電流を調節することにより調節される。1実施例においては、露光時間は、このラインのフォトダイオードの電荷をリセットすることによりそのラインをクリアすることと複数のライン番号におけるこのラインのフォトダイオードのデータを読み出す時間との間の時間である。この固定されたライン数は1から例えば5又はそれより多いライン等の何等かのより大きな数の範囲にわたることが可能である。

40

【0048】

1実施例においては、傾斜値の計算はローリングプロセスであり、その場合に、データが1つのフレームの遅延又は1つの露光時間間隔の遅延で処理される。1実施例においては、データがフレームあたり0.2秒のレートで採取され且つマイクロコントローラ810は毎秒5組の傾斜値を計算する。1実施例においては、マイクロコントローラ810が例えば0.2秒の露光時間にわたる平均として傾斜値を計算する間にデータが継続的に採取される。1実施例においては、傾斜値は複数個のフレームの期間にわたる平均として計算され、その計算はマイクロコントローラ810におけるか又は本発明に基づく傾斜検知器を構成する装置の別個の制御器(不図示)におけるかのいずれかで発生する。

50

## 【0049】

実施例においては、ダイオード電流、露光時間、平均間隔等のパラメータの選択は意図された使用、予測される振動条件、大気温度、容器内の流体の静止状態を乱す装置の予測された移動及び／又はその他の考慮事項に基づいている。例えば、人間のオペレータが手作業により装置のレベリングを行う場合には、人間のオペレータは手作業のレベリングが行われる場合に即時に測定変化を見ることを望むものであるから、長期間にわたっての傾斜測定値を平均化することは望ましいことではない。手作業のレベリング動作が完了すると、人間のオペレータは改良した測定精度のために平均化が多数のフレームにわたって（例えば、3秒の期間にわたって）発生するモードへ変化することを望む場合がある。従って、装置は人間のオペレータにより選択されるべき異なる動作モードを提供することが可能である。

10

## 【0050】

本発明に基づく実施例は、以下の特性のうちの1つ又はそれ以上を有することが可能である。第一に、光ビームは90度に近い角度で液体表面に入射する。CCDライン検知器を使用する従来の装置は、より大きな光エネルギーを与えるために入射光の全反射に対し約45度の入射角度を有している。CMOSフォトダイオードアレイ等のエリアセンサーは、より少ないエネルギーを必要とし、従って約2.5%の反射エネルギーが充分である。より大きな入射角度はよりコンパクトな傾斜検知器形態を可能とする。

20

## 【0051】

第二に光源はドット源である。ドット源を使用することが可能である理由は、検知器アレイが高感度の要素（例えば、CMOSダイオード）及び、それからサブピクセル精度で検知された信号の重心を計算することが可能なデータを供給する内部アナログ・デジタル変換器を有しているからである。ピクセル寸法（フォトダイオード間隔）は、例えば、7 $\mu\text{m}$ である。

20

## 【0052】

第三に、検知器アレイ上のドットの画像は、検知器アレイをレンズのフォーカルプレーンの外に配置することによりデフォーカスされている。例えば、約150 $\mu\text{m}$ 直径のドット源からのドットの検知器アレイ上の画像は約250 $\mu\text{m}$ のエリアへデフォーカスされる。画像の重心を計算する場合の高精度のために、シャープな画像端部を有するものでないことが有益的である。ピクセル振幅（フォトダイオードレベル）のガウス分布の端部は、サブピクセル精度でドット画像の重心を計算するために使用される。センサーパッケージ内のプロセッサ（マイクロコントローラ）でもって、該画像の重心が実時間で計算される。

30

## 【0053】

第四に、液体と接触しているレンズ表面（例えば、液体105と接触しているレンズ120の上側表面及び液体505と接触しているレンズ520の上側表面）は非平坦状である。ドット源からの光が該液体の上側表面に対してほぼ直交する角度で入射すると、低い反射率（例えば、約2.5%）のために信号は低い。平坦状の上側レンズ表面はレンズ／液体界面における反射を発生させ、検知器アレイに入射するスポットの中央領域におけるノイズを増加させる傾向となる。凸状又は凹状の上側レンズ表面は、広い区域にわたりレンズ・液体界面において発生する反射を分散させる傾向となり、興味のある区域（検知器アレイに入射する光のスポットの中心）におけるより高い信号対ノイズ比を発生させる。該レンズのアクティブなフォーカシング表面は凸状であり且つ液体と接触しているレンズの非アクティブな表面は凸状（図1におけるように）又は凹状（図5におけるように）である。

40

## 【0054】

1実施例において、フォーカルプレーンはレンズの後の単一の焦点距離に位置されている。1実施例においては、光源及び検知器アレイのうちの少なくとも一方がフォーカルプレーンの外に位置しており、従って検知器アレイに入射する光源の画像は、例えば、ガウス分布でデフォーカスされる。1実施例においては、全アーチャが使用される。

50

## 【0055】

1実施例においては、レンズは液体と接触していないが、液体の近くに配置されており且つウインドウが設けられており、ドット源からの光はレンズ及びウインドウを介して液体内へ通過し且つウインドウ及びレンズを介して検知器アレイへ戻る。ウインドウが設けられる場合には、1実施例においては、液体と接触するウインドウ表面は非平坦状である（例えば、凸状又は凹状）。

## 【0056】

本発明に基づく実施例は、傾斜検知器を組込んだ測地装置を包含している。例えば、図9は本発明の1実施例に基づくトータルステーションの部分断面正面図を示しており、且つ図10はこのようなトータルステーションの機能ブロック図である。

10

## 【0057】

図9を参照すると、トータルステーション900は支持軸906周りに回転するためには調節可能な整準台904上に装着されているアリダード902を有しており、支持軸906はアリダード902が水平である場合に垂直である。光学的中心線（視線方向）912を具備するテレスコープ910を有するテレスコープユニット908が、支持軸906に直交するエレベーション軸914周りに回転するために装着されている。

## 【0058】

制御可能な水平ドライブ916が制御信号に応答して支持軸906周りにアリダード902を回転させる。整準台904に関して固定されている目盛りが付けられたリング918のマーキングが、アリダード902が回転される場合に、水平角度センサー920により検知される。制御可能な垂直ドライブ922は制御信号に応答してエレベーション軸914周りにテレスコープユニット908を回転させる。テレスコープユニット908に関して固定されている目盛りの付いたリング924のマーキングが、テレスコープユニット908が回転される場合に、垂直角度センサー926によって検知される。手動的に動作可能なノブを具備する水平制御部928及び手動的に動作可能なノブを具備する垂直制御部930は、夫々、水平ドライブ916及び垂直ドライブ922の制御に対するユーザ入力を与える。

20

## 【0059】

アリダード902は支持軸906周りを任意の所望の角度へ回転可能であり且つテレスコープユニット920はエレベーション軸914周りを任意の所望の角度へ回転可能であり、任意に位置された外部ターゲットに対してテレスコープ910へ照準させるために365度を超える角度であっても可能である。スリップリング932は、外部電源（図10に示してある）からアリダード902への電力の伝達及び/又はアリダード902と外部制御ユニット（図10に示してある）との間のデータ及びコマンドの通信を与える。スリップリング934は、アリダード902からテレスコープユニット908への電力の伝達及びアリダード902とテレスコープユニット908との間のデータ及びコマンドの通信を与える。

30

## 【0060】

アリダード902は容易な運搬のためのハンドル936を包含している。支持軸906と同軸上に垂直下方向への光ビームを射出させるか又は選択した点において938における小さなテレスコープを介して観察することのいずれかにより調査目標又はその他の選択した点にわたってトータルステーション900の手動的位置決めを簡単化するために光学的下げる938が設けられている。図1-8を参照して説明したような傾斜検知器940が、2つの相互に直交する方向におけるアリダード902の傾斜を表わす信号を供給し、従って、支持軸906が垂直であり且つエレベーション軸が水平であるようにトータルステーションをセットアップすることを可能とする。傾斜センサー940が図5, 6, 7の形状を有している場合には、該センサーをアリダードの側部の代わりに光学的下げる938の側の中心で且つ装置の回転期間中の擾乱を最小とするために支持軸906と同軸上に装着することが望ましい。

40

## 【0061】

50

アンテナ 944 を具備する無線中心モジュール 942 が、トータルステーション 900 と外部無線中心制御ユニット（図 10 に示してある）との間のデータ及びコマンドの通信を与える。バッテリ 946 が、トータルステーション 900 に対する電力を供給するためには設けられている。トータルステーション 900 は、又、キーパッド及び / 又はその他の入力装置及びディスプレイスクリーン（図 10 に示してある）を具備する着脱自在な制御ユニットを有している。

【0062】

図 10 のブロック線図 1000 を参照すると、点線は夫々の要素が配置されている物理的なユニットを表わしている。アリダード 902 内においてメインプロセッサ 1004 及びトータルステーションのその他の要素へ電力を供給するために電源 1002 がバッテリ 946 へ接続している。メインプロセッサ 1004 は、図示していない関連するメモリ、プログラム格納部等を包含している。電源接続はコンポーネントの機能的関係をぼかすことがないように図示していない。電力が電源 1002 からトータルステーションのコンポーネントへ個々の接続を介して及び / 又は電力分布とデータ通信とを結合させるユニバーサルシリアルバス（USB）等のバスを介して供給される。同様に、メインプロセッサ 1004 とトータルステーションのその他のコンポーネントとの間の通信は、個々の接続を介して及び / 又はユニバーサルシリアルバス等の共通バス 1006 を介して行われる。スリップリング 932 は電源 1010 及び / 又は外部制御ユニット 1012 を具備する外部ユニット 1008 への電気的接続を与える。スリップリング 934 はメインプロセッサ 1004 とテレスコープユニット 908 のコンポーネントとの間のデータ通信及びテレスコープユニット 908 のコンポーネントへの電力の供給を与える。該機能的要素の各々はメインプロセッサ 1004 の制御下にあり且つ測定結果をメインプロセッサ 1004 へ送信すべく命令される場合がある。

10

20

30

40

【0063】

水平制御部 928 、垂直制御部 930 及びフォーカス制御部 1014 は、アリダード 902 、エレベーションテレスコープユニット 908 及びテレスコープ 910 の光学的フォーカスの方位方向におけるオリエンテーションを設定するためのコマンドの手動的入力を与える。該コマンドはインターフェース 1016 を介してメインプロセッサ 1004 へ通信される。着脱自在なコンソール 1018 はディスプレイスクリーン 1020 及びキーパッド及び / 又はタッチスクリーン等の入力装置 1022 を与える。コンソール 1018 は人間のオペレータとトータルステーションとの間の通信を司り、コマンド及びデータの手動的入力及びユーザメニュー及びデータの表示を可能とする。コンソール 1018 はメインプロセッサ 1004 との通信を管理し且つ測地計算等のその他の作業をサポートするための入力 / 出力プロセッサ 1024 を包含している。コンソール 1018 はコネクタ 1026 によってメインプロセッサ 1004 及び電源 1002 と接続されている。

【0064】

無線通信モジュール 942 はバス 1006 を介してメインプロセッサ 1004 と及びアンテナ 944 を介してアンテナ 1028 を具備する無線通信制御ユニット 1026 と通信を行う。トータルステーションは、例えば、測定ターゲットに位置されている場合に、無線通信制御ユニット 1026 から遠隔的に制御することが可能である。

【0065】

テレスコープユニット 908 は距離測定モジュール 1030 、サーボフォーカスモジュール 1032 、トラッカーモジュール 1034 及びトラッキングアシスタントモジュール 1036 を包含している。

【0066】

距離測定モジュール 1030 は、例えば、ターゲットに向けて光を射出し且つ反射光の位相変化を検知することにより又はターゲットに向けて光パルスを射出し且つ反射パルスの飛行時間を決定することにより、トータルステーションからターゲットへの距離を測定する。距離測定計算は、距離測定モジュール 1030 の回路において及び / 又はメインプロセッサ 1004 において実施される。

50

## 【0067】

サーボフォーカスモジュール1032は、フォーカス制御部1014の手動的調節に応答して及び／又はサーボフォーカスモジュール1032内のオートフォーカス回路に応答してメインプロセッサ1004からの信号に依存して、テレスコープ光学系の制御可能なフォーカスを与える。

## 【0068】

トラッカーモジュール1034は、トータルステーションが自動的にターゲットにテレスコープを照準させ且つターゲットが移動する場合にターゲットに追従することを可能とする。トラッカーモジュール1034は、テレスコープ光学系を介して幅狭の光ビームを射出する。この光は、ターゲットから反射された場合に、センサーにより検知され、該センサーは追跡信号をメインプロセッサ1004へ送信してアジャス即ち方位角及びエレベーション即ち仰角の必要とされる変化を表示する。

10

## 【0069】

トラッキングアシスタントモジュール1036は、テレスコープの視線方向の片側又は反対側に位置された場合に人間のオペレータが夫々の異なる色を見るように指向される光を射出することにより、人間のオペレータが移動可能なターゲットをテレスコープの光軸内に配置させることを助ける。

## 【0070】

アリダード902の方位方向オリエンテーションは水平角度センサー920から受取った信号からメインプロセッサ1004に対して既知である。アリダード902の方位方向オリエンテーションは、メインプロセッサ1004から水平駆動制御部1040へ送信される信号により命令される。水平駆動部916は水平駆動制御部1040に応答して支持軸906周りにアリダード902を回転させる。テレスコープユニット908のエレベーションは垂直角度センサー926から受取った信号からメインプロセッサ1004にとつて既知である。テレスコープユニット908のエレベーションは、メインプロセッサ1004から垂直駆動制御部1042へ送信される信号により命令される。垂直駆動部922は垂直駆動制御部1042に応答してエレベーション軸914周りにテレスコープユニット908を回転させる。

20

## 【0071】

メインプロセッサ1004は幾つかの供給源、即ち制御部928及び930の手動的設定、入力装置1022を介してのデータの手動的エントリ、無線通信制御ユニット1028からの遠隔コマンド、及びトラッキング機能がイネーブルされている場合のトラッカーモジュール1036からの自動的信号、のうちの1つから所望の方位角及び仰角を決定する。

30

## 【0072】

図11は本発明の実施例に基づくトータルステーション等の傾斜検知器及び測地装置の動作を例示したフローチャート1100を示している。理解を容易にさせるために、図11のフローチャートは、最初に、人間のオペレータにより実施される機能と装置により実施される機能との間で分けられている。装置内において実施される機能は、メインプロセッサ1004等の装置のメインプロセッサにより実施されるものと傾斜検知器940等の装置の傾斜検知器により実施されるものとの間で分けられている。傾斜検知器内に実施される機能は、更に、マイクロコントローラ810等の傾斜検知器のマイクロコントローラにより実施されるものと検知器アレイ815等の傾斜検知器の検知器アレイにより実施されるものとの間で分けられている。

40

## 【0073】

人間のオペレータが開始コマンド1102で装置を開始させる。メインプロセッサは1104において動作を開始させ且つ1106においてマイクロコントローラを開始させるためのコマンドを送信する。マイクロコントローラは1108において動作を開始し、1110において検知器アレイを開始させるためのコマンドを送信し、且つ1112において点源LEDを照明させるための電力を送る。検知器アレイは1114において動作を開始し且つ1116においてデータセットの採取を開始する。データセットが採取されると

50

( 例えば、1つの光検知器の A / D 値 ) 、検知器アレイは 1118 において採取したデータを 1120 においてマイクロコントローラへ送信する。検知器アレイは 1124 において検知器要素をインクリメントさせる。検知器アレイはそれが動作状態に留まる限り、データの採取及び送信を継続して行う。

【 0074 】

マイクロコントローラにより受取られるデータセット 1118 は 1126 においてメモリ内に格納される。マイクロコントローラは、完全なデータフレームが採取されたか否かを 1128 においてチェックする ( 例えば、点源 LED の完全なデフォーカスされた画像を表わすデータセットの総数 ) 。マイクロコントローラは、オプションとして、温度補正した傾斜測定値を計算する場合に使用すべき温度値を 1130 において採取する。平均化パラメータは、オプションとして、1132 において人間の入力から及び / 又は予めプログラムしたか又はデフォルトパラメータから供給される。メインプロセッサは、オプションとして、1134 において適宜のパラメータを設定し及び / 又はオプションとして平均化パラメータ 1136 をマイクロコントローラへ送信する。マイクロコントローラは、オプションとして、その平均化パラメータを設定する。

10

【 0075 】

マイクロコントローラは 1140 において傾斜測定値を計算し、オプションとして温度補正を適用し且つオプションとして複数のデータセット及び / 又は複数のデータフレームにわたり平均化する。マイクロコントローラは 1142 において計算した傾斜測定値をメインプロセッサへ送信し且つデータの別のフレームを待機する。メインプロセッサは、オプションとして、1146 において指定した時間間隔にわたっての傾斜測定値を平均化する。メインプロセッサは、傾斜測定信号を 1150 においてディスプレイへ送信する。ディスプレイスクリーン又はその他の適宜の出力装置は人間のオペレータの情報のための傾斜測定値を表示する。

20

【 0076 】

角度センサーは角度データを表示し且つ格納するためのみならず、角度計算のための高速データでサーボシステムをサポートするように構成されている。更に、角度測定システムは以下のことを補償する。

【 0077 】

- ・垂直軸の逸れに対する自動補正
- ・コリメーションエラーの自動補正
- ・トラニオン軸チルトの自動補正
- ・照準エラーを減少させるための演算的平均化。

30

【 0078 】

垂直軸における逸れは、不安定な土地又は道路舗装の加熱等の土地粘度における変化の結果として三脚の脚部のうちの 1 つ又はそれ以上が移動する場合に発生する場合がある。この移動に対する補正は正確な測定を確保する。

【 0079 】

最も最近のトータルステーションは整準誤りにより発生される垂直軸における何等かの逸れに対する水平及び垂直角度を自動的に補正する二軸補償器が装備されている。本発明の実施例によれば、レベル補償器センサーが、装置の振動及び回転に対する感度を最小とさせるために装置の中心に装着されている。その装着設備は、好適には、絶対的なレベル補償器を与えることが可能であるよう最も高い安定性に対して設計されており、従って該補償器は装置がパワーアップされた直ぐ後に完全な正確度で活性化することが可能である。更に、該補償器のルーチンのキャリブレーションのために自動的手順を設けることが可能である。そのキャリブレーションプロセスは、装置の 360 度の回転期間中に装置のバランスされた垂直軸と相対的に水平基準面を確立することが関与する。基準面のオリエンテーションは、大きな温度変動又はその他の機械的応力と共に僅かに変化する場合がある。

40

【 0080 】

50

整準誤りに対する水平及び垂直角度の補正に加えて、水準誤りにより発生される照準エラーが本発明の実施例に基づいて補正される。整準誤り補正は装置を再度照準させるためにサーボ駆動部へ印加される。例えば、真の垂直線を得ることが可能であることを確保するために垂直線を拡張する場合に照準を補正することが可能である。その結果は、装置が正しい位置において正確に照準される一方、水平及び垂直角度が整準誤りに対して補正される。この能力は、整準誤りが正確な角度測定値を与えるために補正されることを確保する。

【0081】

測定された水平及び垂直角度に影響を与えるコリメーションエラーも本発明の実施例に基づいて補正される。水平コリメーションエラーは、視線方向とトラニオン軸に対して垂直な面との間の差であり、垂直コリメーションエラーは垂直メモリ盤ゼロと垂直軸との間の差である。従来、両方の装置面上の角度を観察することによりコリメーションエラーが除去されていた。本発明の実施例によれば、コリメーションエラーは測定前コリメーションテストを実施することにより予め決定することが可能である。コリメーションエラーを計算し且つ夫々の補正值を装置内に格納することを可能するために角度測定値が両方の装置面上で観察される。次いで、コリメーション補正值はその後の全ての角度測定値に対して適用される。単一面上で観察された角度は、従って、コリメーションエラーに対して補正され、それにより両方の装置面上で測定することの必要性を取除いている。トラッカーユニットは、自動的にターゲットをロックし且つ追跡することを可能とする。ターゲットへの照準は装置により実施されるので、水平及び垂直コリメーションの効果は手動的照準期間中に経験されるものと同様である。トラッカーユニットにおけるコリメーションエラーを補正するために、オートロックコリメーションテストを実施することが可能である。オートロックコリメーションテストは、両方の装置面上におけるターゲットに対する角度測定値を自動的に観察する。次いで、オートロックコリメーションエラーが計算され且つ夫々の補正值が装置内に格納される。オートロックコリメーション補正值は、次いで、オートロックがイネーブルされている場合に観察されるその後の全ての角度測定値に対して適用される。従って、単一面上で観察される角度はコリメーションエラーに対して補正され、それにより両方の装置面上で測定することの必要性を取除いている。

10

20

30

40

50

【0082】

トラニオン軸チルトエラーも本発明の実施例に基づいて自動的に補正される。トラニオン軸チルトエラーはトラニオン軸と垂直軸に対して垂直な面との間の差である。トラニオン軸チルトエラーは、測定前トラニオン軸チルトテストを実施することにより決定することが可能である。水平チルト軸エラーを計算し且つ夫々の補正值を装置内に格納することを可能するために両方の装置面上で角度測定値が観察される。次いで、水平チルト軸補正值が全てのその後の水平角度に対して適用される。

【0083】

整準誤りに対する視線方向の補償も本発明の実施例に基づいて実施することが可能である。従来のトータルステーションは、整準の誤りの効果に対する水平及び垂直角度を補正するために二軸補償器を使用している。然しながら、その角度補正は整準誤りにより導入されるエイミング(aiming)即ち照準エラーを補償するものではない。本発明の実施例によれば、チルトセンサー出力が整準誤りに対する水平及び垂直角度を補正するばかりでなく、整準誤りにより発生される照準エラーも補正するために使用される。整準誤り補正は装置を正しい位置に対して再度照準させるためにサーボドライブへ適用される。その結果は、装置が正しい位置において正確に照準されると共に水平及び垂直角度が整準誤りに対して補正されることとなる。

【0084】

従来のトータルステーションの制限は、単純に垂直衛御ノブを移動させることにより同一の水平角度で垂直線を上又は下へ拡張させることの能力である。この能力は、装置が全ての軸が完全に調節された状態で完全に整準されていることを要求する。実際に、装置は垂直方向に回転され、水平角度が僅かに変化する。真の垂直線を得るために、水平角度

が調節されねばならない。本発明の実施例によれば、垂直制御ノブが回転される場合に水平角度及び照準を固定した値に自動的に調節するために補償及びエラー情報が使用される。従って、単純に垂直制御ノブを回転させることにより完全な垂直線を拡張させることが可能である。

【0085】

垂直線を拡張させるために使用される技術と同様に、与えられた水平方向と正確に反対の方向に水平な直線を設定する従来の方法は、単純に垂直制御ノブを回転させることによりテレスコープを180度トランシットさせることである。従来の装置では、この技術は正確な結果のために水平コリメーションエラーなしで完全に調節された軸を必要とする。本発明の実施例によれば、垂直制御ノブが回転される場合に水平角度を固定した値に自動的に調節させるためにコリメーション及び補償器エラー情報が使用される。垂直制御ノブのみを回転させることにより水平角度は正確な直線方向を与えるために調節される。

10

【0086】

説明の便宜上、ここに記載した実現例のルーチンの特徴の全てが示され且つ記載されているものではない。理解されるように、いずれかのこのような実際の実現例の開発においては、応用及びビジネスに関連する拘束条件の遵守等の開発者の特定の目標を達成するために多くの実現例に特定の決定がなされねばならず、且つこれらの特定の目標は実現例毎に且つ開発者毎に異なるものである。更に、理解されるように、このような開発努力は複雑且つ時間がかかる場合があるが、それにも拘わらず、本開示の利益を有する当業者にとって日常のエンジニアリング作業である。

20

【0087】

本発明に基づく実施例及び適用例について示し且つ説明したが、本開示の利益を有する当業者にとって、上述したもの以外のより多くの修正例がここにおける発明概念から逸脱することなしに可能なものであることは明らかである。従って、本発明は特許請求の範囲の精神を除いて制限されるべきものではない。

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図1】本発明の1実施例に基づく傾斜検知器を模式的に例示した概略図。

【図2】本発明の1実施例に基づく検知器アレイに入射する光の焦点ずれスポットを示した概略図。

30

【図3】検知器アレイに入射する光のスポットと交差する検知器アレイ要素の行からの検知器信号の振幅を示した概略図。

【図4】図2及び図3に対応する検知された振幅分布の三次元透視表現を示した概略図。

【図5】本発明に基づく傾斜検知器の第二実施例を示した概略図。

【図6】本発明の1実施例に基づく傾斜検知器モジュールの断面を示した概略図。

【図7】図6の傾斜検知器モジュールの一部切断斜視図を示した概略図。

【図8】本発明の実施例に基づく傾斜検知器において有用な信号処理回路800を示した概略図。

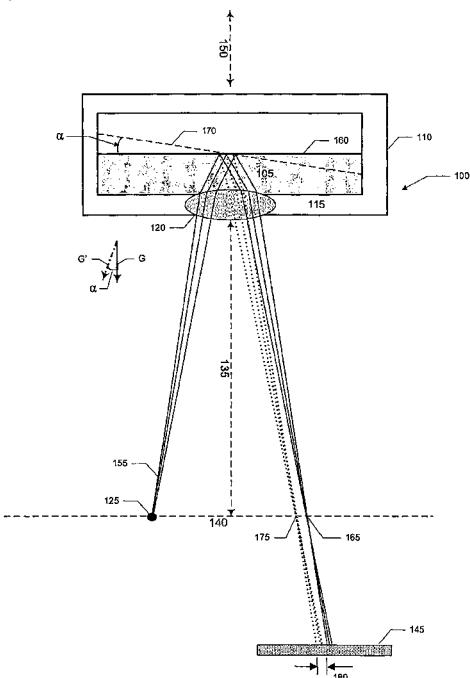
【図9】本発明の1実施例に基づくトータルステーションの部分断面正面図を示した概略図。

40

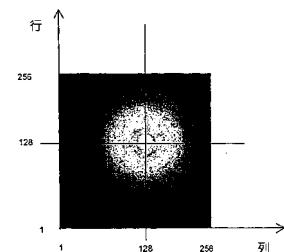
【図10】図9のトータルステーションの機能的プロック図。

【図11】本発明の実施例に基づく傾斜検知器及びトータルステーションの動作を例示したフローチャート。

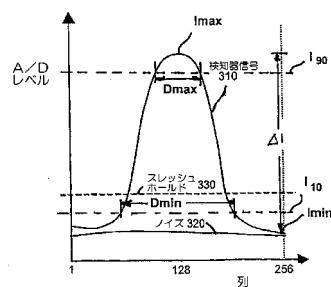
【図1】



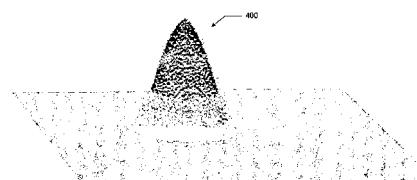
【 図 2 】



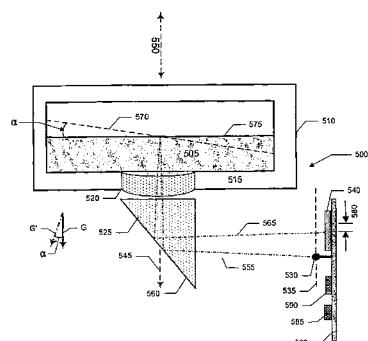
【 図 3 】



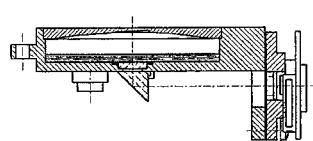
〔 四 〕



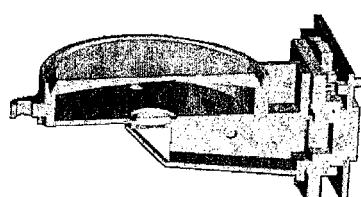
【 図 5 】



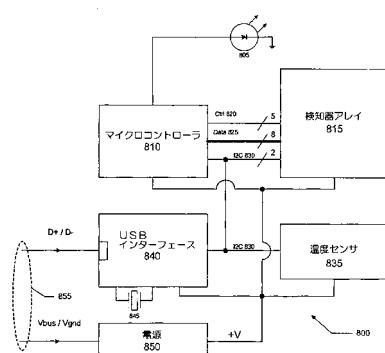
【圖 6】



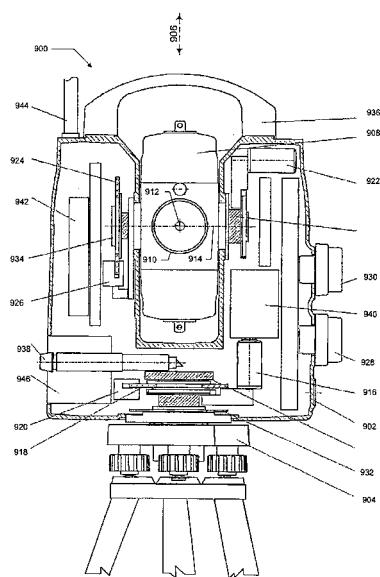
〔 7 〕



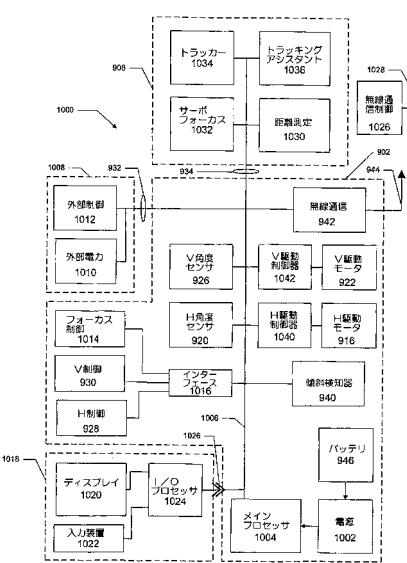
【 図 8 】



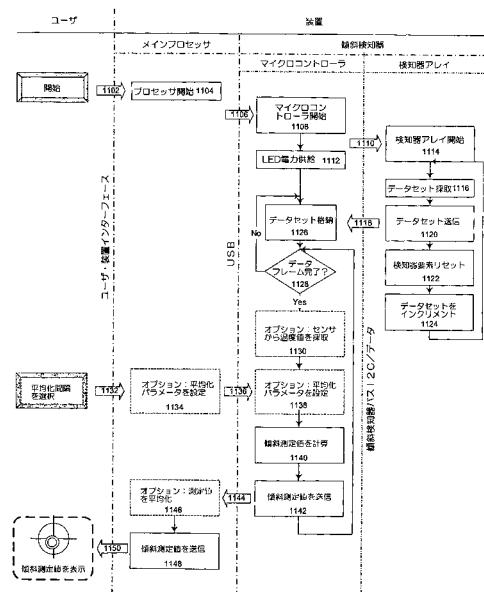
【図9】



【図10】



【図11】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/000225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01C9/20 G01C1/02  
ADD. G01C9/06

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)  
G01C

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

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

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 088 090 A (HOSHI ET AL) 11 July 2000 (2000-07-11)  abstract; figures 1,3a,3b,3c	1-7, 9-11, 14-20, 28,30-32
Y	DE 196 10 941 A1 (CARL ZEISS JENA GMBH, 07745 JENA, DE) 25 September 1997 (1997-09-25)  abstract; figures 1,5 column 4, lines 3-7,52-68 column 5, line 9 - column 6, line 8	1-7, 9-11, 14-20, 28,30-32
A	DE 36 34 244 A1 (TELEFUNKEN ELECTRONIC GMBH) 21 April 1988 (1988-04-21) abstract; figure 4	9  -/-

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 document 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

Date of mailing of the International search report

12 May 2006

06/06/2006

Name and mailing address of the ISA/  
European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax. (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de la Rosa Rivera, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/000225

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 371 951 A (PISKE ET AL) 13 December 1994 (1994-12-13) column 3, lines 19-22; figure 5 -----	18
A	EP 1 245 926 A (KABUSHIKI KAISHA TOPCON) 2 October 2002 (2002-10-02) figures 5-7 -----	10,11

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2006/000225

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6088090	A	11-07-2000	JP	10239051 A		11-09-1998
DE 19610941	A1	25-09-1997	NONE			
DE 3634244	A1	21-04-1988	NONE			
US 5371951	A	13-12-1994	DE EP JP JP	4110858 A1 0507102 A2 3119715 B2 5099666 A	08-10-1992 07-10-1992 25-12-2000 23-04-1993	
EP 1245926	A	02-10-2002	JP US	2002286450 A 2002138997 A1	03-10-2002 03-10-2002	

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF, BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, L R, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY , TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW