

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6654649号
(P6654649)

(45) 発行日 令和2年2月26日(2020.2.26)

(24) 登録日 令和2年2月3日(2020.2.3)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 B 11/24 (2006.01)	GO 1 B 11/24 K
GO 1 B 11/30 (2006.01)	GO 1 B 11/30 A
GO 1 C 11/02 (2006.01)	GO 1 C 11/02
GO 1 C 11/06 (2006.01)	GO 1 C 11/06
GO 1 C 15/00 (2006.01)	GO 1 C 15/00 1 O 3 Z
請求項の数 19 (全 39 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2017-555893 (P2017-555893)
 (86) (22) 出願日 平成27年12月14日(2015.12.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2015/084983
 (87) 国際公開番号 W02017/103982
 (87) 国際公開日 平成29年6月22日(2017.6.22)
 審査請求日 平成30年11月2日(2018.11.2)

(73) 特許権者 303047872
 株式会社ニコン・トリンプル
 東京都大田区南蒲田2丁目16番2号
 (74) 代理人 100105957
 弁理士 恩田 誠
 (74) 代理人 100068755
 弁理士 恩田 博宣
 (72) 発明者 大島 裕一
 東京都大田区南蒲田2丁目16番2号 株
 式会社 ニコン・トリンプル 内
 審査官 九鬼 一慶

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 欠陥検出装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

構造物の外観を測量機で撮像して生成された外観画像データから画像処理により前記構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出部と、

前記外観画像データに対応づけられた座標データを用いて、前記欠陥検出部により検出された欠陥に関する欠陥データを算出する算出部と、

前記座標データを用いて前記外観画像データにオルソ補正処理を施すオルソ補正処理部であって、前記測量機で撮像して生成された第1外観画像データ及び前記測量機で撮像して生成された第2外観画像データそれぞれにオルソ補正処理を施す前記オルソ補正処理部と、

前記第1外観画像データに対応づけられた第1座標データと前記第2外観画像データに対応づけられた第2座標データとを用いて、前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせるスティッチング処理を施すスティッチング処理部とを備え、

前記第1外観画像データと前記第2外観画像データは、前記測量機で順次撮像して生成された画像データであり、

更に、表示部の表示を制御する表示制御部を備え、

前記表示制御部は、前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第2

外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理部により施されていない場合、前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データに基づく第1外観画像を表示部に表示し、

前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理部により施された場合、前記スティッチング処理部により前記スティッチング処理が施されたスティッチング処理済み外観画像データに基づくスティッチング処理済み外観画像を前記表示部に表示する
欠陥検出装置。

【請求項2】

前記座標データは、グローバル座標系に従ったデータである
請求項1に記載の欠陥検出装置。

【請求項3】

前記座標データは、前記外観画像データを構成する画素に対応づけられたグローバル座標値である
請求項2に記載の欠陥検出装置。

【請求項4】

前記欠陥検出部は、前記オルソ補正処理部による前記オルソ補正処理が施されていない前記外観画像データから前記欠陥を検出する
請求項1に記載の欠陥検出装置。

【請求項5】

前記表示制御部は、
前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理部により施されていない場合、前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データに基づく第1外観画像と、前記算出部により算出された前記第1外観画像データに関する第1欠陥データに基づく第1欠陥情報とを前記表示部に表示し、

前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理部により前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理部により施された場合、前記スティッチング処理部により前記スティッチング処理が施された前記スティッチング処理済み外観画像データに基づくスティッチング処理済み外観画像と、前記算出部により算出された前記第1外観画像データに関する前記第1欠陥データに基づく前記第1欠陥情報と、前記算出部により算出された前記第2外観画像データに関する第2欠陥データに基づく第2欠陥情報とを前記表示部に表示する

請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項6】

前記第1欠陥情報は、欠陥の位置、長さ及び幅を含み、
前記第2欠陥情報は、欠陥の位置、長さ及び幅を含む
請求項5に記載の欠陥検出装置。

【請求項7】

前記表示制御部は、前記座標データに基づく前記欠陥の位置をユーザが識別できるように地図画像とともに前記表示部に表示する
請求項1から請求項6のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項8】

前記測量機を更に備え、
前記測量機は、
前記構造物を測量する測量部と、
前記構造物を撮像する撮像部と、

10

20

30

40

50

前記測量部及び前記撮像部を前記測量機の鉛直軸周りに回転する水平角駆動部と、
 前記測量部及び前記撮像部を前記測量機の水平軸周りに回転する鉛直角駆動部と、
 基準方向に対する視準方向の角度を検出する角度検出部と、
 前記水平角駆動部及び前記鉛直角駆動部を制御するとともに、前記構造物を撮像して外
 観画像データを生成するよう前記撮像部を制御する制御部とを備える

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項 9】

前記撮像部は、第 1 画角を有する第 1 撮像部と、前記第 1 画角より広い第 2 画角を有する
 第 2 撮像部とを含み、

前記制御部は、前記構造物の少なくとも 2 点それぞれについて測距及び測角することで
 測定面を定義する

請求項 8 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記構造物の少なくとも 2 点それぞれについて測距及び測角することで
 、定義された前記測定面において測定範囲を設定する

請求項 9 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 11】

前記第 1 撮像部が鉛直角が 45° 以上、 135° 以下、又は、 225° 以上、 315° 以下の前記測定範囲を順次撮像するとき、前記制御部は、現在の撮像領域に対して次に撮像する撮像領域を、優先して前記現在の撮像領域に対して隣接する撮像領域とする

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 12】

前記第 1 撮像部が鉛直角が 0° 以上、 45° 以下、又は、 315° 以上、 360° 以下の前記測定範囲を順次撮像するとき、前記制御部は、前記第 1 撮像部を、天頂を中心に同心円状、又は、天頂を通る放射方向に移動する

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 13】

前記第 1 撮像部が前記測定範囲を順次撮像する場合において、前記測定範囲の外縁を含む領域を撮像するとき、前記制御部は、前記外縁からはみ出す領域が縮小するように前記第 1 撮像部の前記第 1 画角を制御する

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 14】

前記第 1 撮像部が前記測定範囲を順次撮像する場合において、前記測定範囲の外縁を含む領域を撮像するとき、前記制御部は、前記第 1 画角を変更することなく前記外縁からはみ出す領域が縮小するように前記第 1 撮像部を移動する

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 15】

鉛直角が 0° から 180° の範囲において鉛直角が 90° から離れるほど、又は、鉛直角が 180° から 360° の範囲において鉛直角が 270° から離れるほど、前記制御部は、前記第 1 撮像部を前記鉛直軸周りに回転量が大きくなるように移動する

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 16】

前記第 1 画角内において、フォーカス深度を外れる領域を前記第 1 画角の縁部に含む場合、前記制御部は、前記フォーカス深度を外れる領域を含まないように、前記第 1 画角を縮小して前記第 1 撮像部で撮像し、

次いで、前記フォーカス深度を外れる領域にフォーカスが合うように、前記第 1 撮像部を移動し、前記第 1 撮像部で撮像する

請求項 10 に記載の欠陥検出装置。

【請求項 17】

前記第 1 画角内において、フォーカス深度を外れる領域を前記第 1 画角の縁部に含む場

合、前記制御部は、前記第1撮像部を移動させることなく、前記フォーカス深度を外れる領域にフォーカスを合わせ前記第1撮像部で撮像する

請求項10に記載の欠陥検出装置。

【請求項18】

前記欠陥は、前記構造物の外観に現れたひびである

請求項1から請求項17のいずれか一項に記載の欠陥検出装置。

【請求項19】

構造物の外観を測量機で撮像して生成された外観画像データから画像処理により前記構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出ステップと、

前記外観画像データに対応づけられた座標データを用いて、前記欠陥検出ステップにより検出された欠陥に関する欠陥データを算出する算出ステップと、

前記座標データを用いて前記外観画像データにオルソ補正処理を施すオルソ補正処理ステップであって、前記測量機で撮像して生成された第1外観画像データ及び前記測量機で撮像して生成された第2外観画像データそれぞれにオルソ補正処理を施す前記オルソ補正処理ステップと、

前記第1外観画像データに対応づけられた第1座標データと前記第2外観画像データに対応づけられた第2座標データとを用いて、前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせるスティッチング処理を施すスティッチング処理ステップとを備え、

前記第1外観画像データと前記第2外観画像データは、前記測量機で順次撮像して生成された画像データであり、

更に、表示部の表示を制御する表示制御ステップを備え、

前記表示制御ステップは、前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理ステップにより施されていない場合、前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データに基づく第1外観画像を表示部に表示し、

前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第1外観画像データと前記オルソ補正処理ステップにより前記オルソ補正処理が施された前記第2外観画像データとをつなぎ合わせる前記スティッチング処理が前記スティッチング処理ステップにより施された場合、前記スティッチング処理ステップにより前記スティッチング処理が施されたスティッチング処理済み外観画像データに基づくスティッチング処理済み外観画像を前記表示部に表示するステップ

を実行するプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出装置及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、コンクリート構造物の外観に現れたひびを、測量機が備えた超望遠のカメラで撮像し、撮像画像を画像解析することにより、微細なひびを検出する装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-53126号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1のような装置において、検出されたひびに関し、自動的に、その形状や長さや幅や位置等を算出することが望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一態様によれば、構造物の外観を測量機で撮像して生成された外観画像データから画像処理により前記構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出部と、前記外観画像データに対応づけられた座標データを用いて、前記欠陥検出部により検出された欠陥に関する欠陥データを算出する算出部とを備える欠陥検出装置が提供される。

10

【0006】

本発明の他の態様によれば、構造物の外観を測量機で撮像して生成された外観画像データから画像処理により前記構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出ステップと、前記外観画像データに対応づけられた座標データを用いて、前記欠陥検出ステップにより検出された欠陥に関する欠陥データを算出する算出ステップとを実行するプログラムが提供される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】欠陥検出システムの構成を示す図。

20

【図2】測量機の正面図。

【図3】測量機の背面図。

【図4】測量機の底面図。

【図5】測量機のシステム構成を示すブロック図。

【図6】欠陥検出装置のブロック図。

【図7】(a)は、測定面と測定範囲の関係を示す図、(b)は、測定面と測定範囲と撮像範囲の関係を示す図。

【図8】構造物の欠陥検出の手順を示すフローチャート。

【図9】器械設置を説明する図。

【図10】デジタル画像上の任意の画素の座標データを説明する図。

30

【図11】測定面の種類を特定する手順を示すフローチャート。

【図12】測定面が鉛直面であるときの定義方法を示す図。

【図13】測定面が水平面であるときの定義方法を示す図。

【図14】測定面が斜面であるときの定義方法を示す図。

【図15】測定面が自由曲面であるときの測定面の定義方法を示す図。

【図16】(a)及び(b)は、測量機と正対していない測定範囲を指定する方法を示す図。

【図17】測定範囲を定義する方法を説明する図であり、(a)は、2点を指定して測定範囲を設定した状態を示す図、(b)は、設定した測定範囲の一部を除外する場合を示す図、(c)は、測定範囲を複数個所に設定した状態を示す図、(d)は、6点を指定して測定範囲を設定した状態を示す図、(e)は、設定した測定範囲の一部を除外し測定範囲から削除する場合を示す図。

40

【図18】測定範囲を定義する手順を説明するフローチャート。

【図19】測量機の水平軸周りの回転駆動の範囲を説明する図。

【図20】第1撮像部による自動測定の手順を説明するフローチャート。

【図21】鉛直面の測定範囲をタイル状に自動測定する状態を説明する図。

【図22】鉛直面の測定範囲に除外領域を有する場合の自動測定を説明する図。

【図23】天井面を同心円状に同一方向に撮像する状態を示す図。

【図24】天井面を中心に一方向に回転した後、逆方向に回転して撮像する状態を示す図

50

【図25】天井面を放射方向に撮像する状態を示す図。

【図26】(a)及び(b)は、測定範囲の外縁を含む領域を撮像するとき、外縁からはみ出す領域が縮小するように第1撮像部の第1画角を制御する動作を説明する図。

【図27】測定範囲の外縁を含む領域を撮像するとき、外縁からはみ出す領域が縮小するように撮像領域の位置を移動する動作を説明する図。

【図28】(a)ないし(c)は、鉛直角が 0° (180°)から 180° (360°)の範囲において鉛直角が 90° (270°)から離れるほど、第1撮像部を鉛直軸周りに回転量が大きくなるように回転する動作を説明する図。

【図29】(a)及び(b)は、第1画角内において、フォーカス深度を外れる領域を第1画角の縁部に含む場合、フォーカス深度を外れる領域を含まないように、前記第1画角を縮小して第1撮像部で撮像する動作を説明する図。

10

【図30】(a)及び(b)は、第1撮像部11の第1画角内において、フォーカス深度Dを外れる領域を第1画角の縁部に含む場合、フォーカス深度を外れる領域にフォーカスを合わせ第1撮像部で撮像する動作を説明する図。

【図31】欠陥の一例であるひびの検出及び測定をする手順を示すフローチャート。

【図32】(a)は、ひびを有する外観画像を示す図、(b)は、ひびに対して強調表示処理を施した外観画像を示す図、(c)は、ひびをセグメントに分けセグメントごとに強調表示処理を施した外観画像を示す図。

【図33】欠陥検出装置の表示部に表示された検査画面の一例を示す図。

【図34】図33に示した検査画面に次ぐ表示状態を示す図。

20

【図35】連続する複数のセグメントを選択した状態の検査画面を示す図。

【図36】非連続な複数のセグメントを選択した状態の検査画面を示す図。

【図37】(a)は、オルソ補正前を示し図、(b)は、オルソ補正処理後を示す図。

【図38】ステッチング処理部された全体外観画像を示す図。

【図39】地図データに欠陥を重畳した状態を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、構造物の外観に現れた欠陥を検出する欠陥検出システムを説明する。

図1に示すように、欠陥検出システムは、測量機1と、欠陥検出装置50とを備えている。一例として、測量機1は、測量対象物を測量する機器であり、測量対象物との角度と、測量対象物との距離とを計測する。一例として、測量機1は、距離を測る光波測距儀と、角度を測るセオドライトとを組み合わせた機器である。一例として、測量機1は、測量対象物との角度と、測量対象物との距離とを同時に計測する機器である。一例として、測量機1は、トータルステーションである。一例として、測量対象物は、プリズム方式を採用している場合、プリズム、ミラー、レフシート等の反射プリズムで構成された第1ターゲットである。なお、測量対象物は、測標、目標物と呼ぶ場合がある。

30

【0009】

一例として、測量機1は、プリズム、ミラー、レフシート等の反射プリズムを使用しないノンプリズム方式を採用している。ノンプリズム方式では、測量対象物に直接レーザー等の測距光を照射し、測定面で反射した戻りの反射光を検出して測量対象物の測定面との距離を計測する。ノンプリズム方式の測量対象物として、例えば橋梁、ダム、ビル、トンネル、鉄骨、道路、電車、飛行機、送電線及び古墳等の構造物が挙げられる。プリズム方式ではなく、モータ駆動により鉛直角及び水平角の駆動が行われ、視準先をオートフォーカスにて視準可能とすれば、測量機1を現場に設置した後はユーザが現場に足を踏み入れることなく離れた場所から測量することが可能となる。一例として、測量機1は、カメラ等の撮像装置を有し、測量対象物である構造物の壁面を撮像する。一例として、測定面の画像は、構造物の外観画像である。測量機1は、撮像した測定面の位置データと、撮像した外観画像データとを出力する。

40

【0010】

測量機1は、電源から電力が供給される。一例として、電源は、測量機1に内蔵された

50

電源、測量機 1 に着脱可能に構成された電源、測量機 1 に対して外部から電力を供給する外部電源 4 9 である。一例として、電源は、ニッケル水素電池やリチウムイオン電池等の二次電池、商用電源、発電機等である。

【 0 0 1 1 】

一例として、欠陥検出装置 5 0 は、コンピュータ、タブレット等の汎用の情報処理装置である。一例として、欠陥検出装置 5 0 は、有線（例えば接続ケーブル）又は無線で測量機 1 と接続される。一例として、欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 と数メートル離して設置される。欠陥検出装置 5 0 は、ソフトウェアがインストールされる。一例として、ソフトウェアは、画像から構造物の欠陥を検出する欠陥検出プログラムである。欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 を制御する制御装置であり、欠陥検出プログラムを実行して、測量機 1 を

10

【 0 0 1 2 】

欠陥検出装置 5 0 は、外観画像データと外観画像データに含まれる観測点の位置データが測量機 1 から入力されると、外観画像データから構造物の外観に現れた欠陥を検出する。一例として、欠陥は、構造物の外観に劣化として現れたひびや窪みである。欠陥検出装置 5 0 は、外観画像データから構造物の欠陥を検出し、位置データを参照して欠陥に関連する欠陥データを算出する。欠陥データは、欠陥の位置を示すデータを含む。一例として、位置データ及び欠陥データは、好ましくは、グローバル座標系（ローカル座標系ではない座標系、世界測地系、日本測地系）に従った座標データである。

20

【 0 0 1 3 】

一例として、欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 の制御装置である。欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 に対して、構造物の外観を撮像するための指示を出力し、測量機 1 の動作を制御する。一例として、欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 を鉛直軸及び水平軸回りに回転させ、構造物の外観を撮像させる。

【 0 0 1 4 】

〔 測量機の構成 〕

図 2 に示すように、測量機 1 は、整準部 2 と、本体部 6 と、撮像部 7 とを備えている。整準部 2 は、例えば整準台である。整準部 2 は、底板 3 と、上板 4 と、整準ねじ 5 とを含んでいる。底板 3 は、三脚に固定される部材である。底板 3 は、例えば、ねじ等で三脚の脚頭に固定される。上板 4 は、整準ねじ 5 を用いることで、底板 3 に対する傾きが変更可能に構成されている。上板 4 には、本体部 6 が取り付けられている。測量機 1 の第 1 軸である鉛直軸 O 1 の傾きは、整準ねじ 5 を用いることで変更可能である。

30

【 0 0 1 5 】

整準とは、測量機 1 の鉛直軸を鉛直にすることである。整準した測量機 1 は、鉛直軸 O 1 が鉛直方向に沿った状態である。整準した測量機 1 は、鉛直軸 O 1 が鉛直方向に沿った状態であり、且つ、測量機 1 の第 2 軸である水平軸 O 2 が鉛直軸 O 1 に対して直角の状態である。整準は、レベルリング (l e v e l i n g) と表現することがある。

【 0 0 1 6 】

求心とは、測量機 1 の鉛直中心を第 2 ターゲット (測標) の中心に一致させることである。求心とは、地上の測量基準位置 (基準点) 等の測点の鉛直線上に測量機 1 の機械中心を一致させることである。求心は、致心やセンタリング (c e n t e r i n g) と表現することがある。求心した測量機 1 は、鉛直軸 O 1 が第 2 ターゲットの中心を通過する状態である。第 2 ターゲットは、例えば器械高計測用ターゲットや測量鋏である。

40

【 0 0 1 7 】

図 2 及び図 3 に示すように、本体部 6 は、整準部 2 により鉛直軸周りに回転可能に支持されている。本体部 6 は、整準部 2 に対して鉛直軸周りに回転可能に構成されている。本体部 6 は、整準部 2 の上方に位置している。本体部 6 は、撮像部 7 を水平軸周りに回転可能に支持している。本体部 6 は、支柱部である。本体部 6 は、托架部である。本体部 6 は、第 1 表示部 1 8 と、第 2 表示部 1 9 と、水平角操作部 2 3 と、鉛直角操作部 2 4 と、把持部 2 5 と、第 3 撮像部 1 4 (図 4 参照) とを含んでいる。

50

【 0 0 1 8 】

第1表示部18及び第2表示部19は、画像やオブジェクトを表示する表示機能を有している。一例として、第1表示部18および第2表示部19は、各表示部の表示面に、撮像部7が生成した画像データに基づく画像や観測データに基づく情報を表示する。一例として、第1表示部18及び第2表示部19は、液晶ディスプレイ、有機ELディスプレイである。一例として、第1表示部18は、反側に配置されている。一例として、第1表示部18は、例えば反観測を行う場合に利用される。第2表示部19は、正側に配置されている。一例として、第2表示部19は、正観測を行う場合に利用される。一例として、第1表示部18及び第2表示部19は、ユーザによる操作を受け付ける操作部としての機能を有している。この場合、第1表示部18及び第2表示部19は、静電容量式のタッチパネルや感圧式のタッチパネル等により構成されている。一例として、第1表示部18は、水平軸周り又は鉛直軸周りに回転可能である。一例として、第2表示部19は、水平軸周り又は鉛直軸周りに回転可能である。一例として、第2表示部19は、鉛直方向の傾斜変更が可能である。

10

【 0 0 1 9 】

水平角操作部23は、本体部6を水平方向に回転するためにユーザにより操作される部材である。ユーザにより水平角操作部23が操作されると、本体部6及び撮像部7はともに水平方向に回転する。鉛直角操作部24は、撮像部7を鉛直方向に回転するためにユーザにより操作される部材である。水平角操作部23及び鉛直角操作部24は、例えばノブである。把持部25は、例えば測量機1を持ち運ぶ際にユーザが把持するための部材である。把持部25は、例えばキャリングハンドルである。把持部25は、例えば本体部6の上面に固定されている。

20

【 0 0 2 0 】

図4に示すように、第3撮像部14は、第3対物レンズ10を含む第3光学系と、第3撮像素子とを含んでいる。第3光学系は、第2ターゲットからの光を第3撮像素子に導く。第3撮像素子は、第2ターゲットを撮像して、画像データを生成する。第3撮像部14は、測量機1の下方を撮像して、画像データを生成する。第3撮像部14は、鉛直軸O1を含む下方を撮像して、画像データを生成する。一例として、第3撮像素子は、CCDやCMOSで構成されている。第3撮像部14で生成された画像データは、画像処理部33に出力される。一例として、第3撮像部14は、ユーザが測量機1を整準したり求心したりする場合に、測量機1の下方の画像を第1表示部18や第2表示部19に表示させるための画像データを生成する。第3撮像部14は、本体部6に固定されている。一例として、第3撮像部14は、求心カメラである。一例として、第3撮像部14は、求心望遠鏡である。

30

【 0 0 2 1 】

撮像部7は、本体部6によって水平軸周りに回転可能に支持されている。撮像部7は、水平軸O2周りに回転可能に構成されている。撮像部7は、整準部2に対して鉛直軸O1周りに回転可能に構成されている。撮像部7は、鉛直軸O1周りに回転可能であり、且つ、水平軸O2周りに回転可能である。撮像部7は、ユーザにより水平角操作部23が操作された操作量に応じて、水平方向に回転する。撮像部7は、ユーザにより鉛直角操作部24が操作された操作量に応じて、鉛直方向に回転する。

40

【 0 0 2 2 】

撮像部7は、第1撮像部11と、第2撮像部12とを備えている。第1撮像部11及び第2撮像部12も、CCDやCMOSで構成されている。第1撮像部11及び第2撮像部12で生成された画像データは、画像処理部33に出力される。一例として、第1撮像部11及び第2撮像部12は、視準する場合に、第1ターゲットを含む視野の画像を第1表示部18や第2表示部19に表示させるための画像データを生成する。一例として、プリズム方式の場合、第1撮像部11及び第2撮像部12は、測量対象物である第1ターゲットを撮像する。一例として、ノンプリズム方式の場合、第1撮像部11及び第2撮像部12は、構造物の外観を構成する測定面を測定する。第1撮像部11及び第2撮像部12が

50

撮像する視野は、第3撮像部14が撮像する視野とは異なり、第3撮像部14が撮像する視野とは重複しない。

【0023】

第1撮像部11は、第1対物レンズ8を含む第1光学系と、第1撮像素子とを含んでいる。第1光学系は、撮像視野内の光（例えば第1ターゲットからの光を含む）を第1撮像素子に導く。一例として、第1撮像部11は、望遠カメラである。一例として、第1撮像部11は、視準カメラである。一例として、第1撮像部11は、視準望遠鏡である。一例として、第1撮像部11は、望遠カメラである。一例として、第1撮像部11は、第1画角を有する。一例として、第1撮像部11は、第1視野を有する。

【0024】

第2撮像部12は、第2対物レンズ9を含む第2光学系と、第2撮像素子とを含んでいる。第2光学系は、撮像視野内の光（例えば第1ターゲットからの光を含む）を第2撮像素子に導く。第2対物レンズ9は、第1対物レンズ8とは別個に備えている。一例として、第2対物レンズ9は、撮像部7において第1対物レンズ8が配置されている面と同じ面に配置されている。一例として、第2対物レンズ9は、第1対物レンズ8と鉛直方向に並んで配置されている。一例として、第2対物レンズ9の光軸は、第1対物レンズ8の光軸と平行である。第2撮像部12の画角は、第1撮像部11の第1画角より広い第2画角を有する。第1撮像部11の第1画角は、第2撮像部12の第2画角より狭い。第2撮像部12の第2視野角は、第1撮像部11の第1視野角より広い。第1撮像部11の第1視野角は、第2撮像部12の第2視野角より狭い。一例として、第2撮像部12は、視準する場合に第1ターゲットを含み第1視野よりも広い第2視野の画像を第1表示部18や第2表示部19に表示させるための画像データを生成する。一例として、第2撮像部12は、広角カメラである。一例として、第2撮像部12は、広角望遠鏡である。

【0025】

視準とは、対物レンズをターゲットに向けて、視準軸をターゲットの中心に一致させることである。視準軸は、対物レンズの光学的な中心点を通り、水平軸に垂直に交差する軸である。視準軸は、第1撮像部11の第1対物レンズ8の光学的な中心点を通り、水平軸O2に垂直に交差する軸である。視準軸は、セオドライトの対物レンズの中心を通り水平軸と直交する軸である。視準軸は、第1対物レンズ8の光軸と一致している。視準した測量機1は、第1対物レンズ8を第1ターゲットに向けて、測量機1の第3軸である視準軸O3が第1ターゲットの中心に一致した状態である。視準軸において測量機1内部から測量機1外部に向かう方向を視準方向と呼ぶ場合がある。

【0026】

〔測量機のシステム構成〕

図5は、測量機1のシステム構成を示すブロック図である。

測量機1は、第1撮像部11及び第2撮像部12を含む撮像部7と第3撮像部14とを備えている。測量機1は、測距部13と、水平角駆動部15と、レーザポインタ16と、鉛直角駆動部17と、第1表示部18と、第2表示部19と、通信部20と、水平角操作部用エンコーダ21と、鉛直角操作部用エンコーダ22と、水平角操作部23と、鉛直角操作部24と、水平角測角部31と、鉛直角測角部32と、画像処理部33と、一時記憶部34と、記憶部35と、操作部36と、制御部40と、傾き検出部37とを備えている。

【0027】

第1撮像部11及び第2撮像部12は、制御部40により設定された撮像条件（ゲイン、蓄積時間（シャッタ速度）等）に基づいて撮像して生成した画像データを画像処理部33に出力する。第1撮像部11及び第2撮像部12は、撮像して生成した画像データに基づく画像の明るさが適正となるよう制御部40により適正露出が自動的に設定される。第1撮像部11及び第2撮像部12は、制御部40により自動露出機能が実行される。第1撮像部11における第1光学系は、制御部40によるフォーカス調節指示に応じてフォーカスレンズ駆動部がフォーカスレンズの位置を光軸方向に沿って変更可能に構成されてい

10

20

30

40

50

る。第3撮像部14は、制御部40により設定された撮像条件（ゲイン、蓄積時間（シャッタ速度）等）に基づいて撮像して生成した第3画像データを画像処理部33に出力する。第1撮像部11は、オートフォーカス部11aを備えている。

【0028】

画像処理部33は、第1撮像部11、第2撮像部12及び第3撮像部14から出力された画像データに対して画像処理を施す。画像処理部33で画像処理が施された画像データは、一時記憶部34に記憶される。例えばライブビュー動作時において、第1撮像部11や第2撮像部12、第3撮像部14が連続して撮像した場合、順次出力される画像データは、一時記憶部34に順次記憶される。

【0029】

一時記憶部34は、画像データを一時的に記憶する。一例として、一時記憶部34は、揮発性メモリである。一例として、一時記憶部34は、RAM（Random Access Memory）である。

【0030】

画像処理部33で施される画像処理は、表示用画像データを生成する処理、圧縮した画像データを生成する処理、記録用画像データを生成する処理、画像データに基づく画像から一部切り出すことで電子的に画像を拡大する（デジタルズーム）処理等が挙げられる。画像処理部33により生成された表示用画像データは、制御部40の制御により第1表示部18や第2表示部19に表示される。

【0031】

なお、測量機1は、視準用接眼光学系や求心用接眼光学系を備えていてもよいし、備えていなくてもよい。

画像処理部33により生成された記録用画像データは、通信部20を介して外部メモリに記録される。一例として、外部メモリは、不揮発性メモリである。一例として、外部メモリは、フラッシュメモリやハードディスクや光ディスクである。

【0032】

測距部13は、測量部であり、一例として、発光素子とダイクロイックミラーと受光素子とを備える光波距離計として構成されている。一例として、発光素子は、パルスレーザダイオード（PLD）等のレーザダイオード、赤外発光ダイオード等の発光ダイオードである。一例として、測距部13は、発光素子が出射する測距光を、ダイクロイックミラーによって第1対物レンズ8と同軸の光線として測量対象物である第1ターゲット（例えば反射プリズムや構造物の外観を構成する測定面）に向けて送光する。測量対象物で反射された光は、再び第1対物レンズ8に戻り、ダイクロイックプリズムで測距光と分離され、受光素子へ入射する。測量対象物までの距離は、発光素子から測距部13内部で受光素子に入射する参照光と、測量対象物からの測距光との時間差から算出される。なお、測距部13は、位相差に基づいて測量対象物までの距離を算出する位相差測距方式であってもよい。

【0033】

レーザポインタ16は、第1ターゲットに対して送光し第1ターゲットを照射する。一例として、レーザポインタ16は、測距部13の発光ダイオードである。一例として、レーザポインタ16と測距部13は、同一の発光ダイオードを兼用する。レーザポインタ16は、第1対物レンズ8と同軸の光線を第1ターゲットに向けて送光する。一例として、レーザポインタ16は、測距部13とは別に設けられた発光ダイオードである。

【0034】

水平角測角部31は、視準軸O3の水平方向の回転角度（鉛直軸O1周りの角度）を検出する。水平角測角部31は、検出した回転角度に対応する信号を制御部40に出力する。水平角測角部31は、一例として、エンコーダにより構成されている。水平角測角部31は、一例として、光学式アブソリュート形ロータリエンコーダにより構成されている。水平角測角部31は、水平角を検出する角度検出部である。

【0035】

10

20

30

40

50

鉛直角測角部 3 2 は、視準軸 O 3 の鉛直（高低）方向の回転角度（水平軸 O 2 周りの角度）を検出する。鉛直角測角部 3 2 は、検出した角度に対応する検出信号を制御部 4 0 に出力する。鉛直角測角部 3 2 は、一例として、エンコーダにより構成されている。鉛直角測角部 3 2 は、一例として、光学式アブソリュート形ロータリエンコーダにより構成されている。鉛直角測角部 3 2 は、鉛直角を検出する角度検出部である。

【 0 0 3 6 】

水平角操作部用エンコーダ 2 1 は、水平角操作部 2 3 の回転角度を検出する。水平角操作部用エンコーダ 2 1 は、検出した回転角度に対応する信号を制御部 4 0 に出力する。

水平角駆動部 1 5 は、整準部 2 に対して本体部 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。水平角駆動部 1 5 が整準部 2 に対して本体部 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動することで、撮像部 7 は、整準部 2 に対して鉛直軸 O 1 周りに回転する。一例として、水平角駆動部 1 5 は、モータで構成されている。

10

【 0 0 3 7 】

一例として、水平角駆動部 1 5 は、ユーザにより第 1 表示部 1 8 や第 2 表示部 1 9 のタッチパネルがタッチされた位置に基づき制御部 4 0 が算出した駆動量に応じて、整準部 2 に対して本体部 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

【 0 0 3 8 】

一例として、水平角駆動部 1 5 は、欠陥検出装置 5 0 や遠隔操作装置等の外部機器から回転駆動指示を受け付けた場合、外部機器から受け付けた回転駆動指示に基づき制御部 4 0 が算出した駆動量に応じて、整準部 2 に対して本体部 6 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

20

【 0 0 3 9 】

一例として、水平角駆動部 1 5 は、水平角操作部 2 3 が操作された場合、整準部 2 に対して本体部 6 を測量機 1 の鉛直軸 O 1 周りに回転駆動する。

鉛直角操作部用エンコーダ 2 2 は、鉛直角操作部 2 4 の回転角度を検出する。鉛直角操作部用エンコーダ 2 2 は、検出した回転角度に対応する信号を制御部 4 0 に出力する。

【 0 0 4 0 】

鉛直角駆動部 1 7 は、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。鉛直角駆動部 1 7 は、例えばモータで構成されている。

30

【 0 0 4 1 】

一例として、鉛直角駆動部 1 7 は、ユーザにより第 1 表示部 1 8 や第 2 表示部 1 9 のタッチパネルがタッチされた位置に基づき制御部 4 0 が算出した駆動量に応じて、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。

【 0 0 4 2 】

一例として、鉛直角駆動部 1 7 は、外部機器から回転駆動指示を受け付けた場合、外部機器から受け付けた回転駆動指示に基づき制御部 4 0 が算出した駆動量に応じて、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。

【 0 0 4 3 】

一例として、鉛直角駆動部 1 7 は、鉛直角操作部 2 4 が操作された場合、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。

40

通信部 2 0 は、外部機器である欠陥検出装置 5 0 との通信を行う。通信部 2 0 は、外部機器とのデータ入出力を行うインタフェースである。通信部 2 0 として、例えば、Active Sync 規格の通信用インタフェースや、USB (Universal Serial Bus) 規格の通信用インタフェースや、Bluetooth (登録商標) 規格の無線通信用インタフェースや、RS - 232C シリアル通信規格の通信用インタフェースが挙げられる。通信部 2 0 は、測量機 1 で撮像された画像データや位置データを欠陥検出装置 5 0 に対して送信し、また、欠陥検出装置 5 0 から送信された測量機 1 を制御する指示信号を受信する。

【 0 0 4 4 】

50

記憶部 35 は、測量機 1 の動作に必要なプログラムやパラメータ、工事の基礎となる設計データ等を記憶する。記憶部 35 は、プログラム、パラメータ及び設計データを測量機 1 の非動作時にも失われないように格納する。記憶部 35 は、一例として、不揮発性メモリやハードディスクである。一例として、記憶部 35 は、ROM (Read Only Memory) である。一例として、記憶部 35 は、測量機 1 が撮像した測定面の画像データを保存する。一例として、記憶部 35 は、グローバル座標系で作成された地図データを記憶する。一例として、記憶部 35 は、欠陥検出プログラムを保存する。欠陥検出プログラムは、測量機 1 で実行することもできる。記憶部 35 は、傾き検出部 37 により検出された測量機 1 の鉛直軸の傾き状態 (傾斜データ) を記憶する。記憶部 35 に記憶されている傾斜データは、例えば欠陥検出装置 50 に送信され、測量機 1 で撮像して生成された画像データに対して欠陥検出装置 50 がオルソ補正処理を施す際に使用される。欠陥検出装置 50 は、測量機 1 で撮像して生成された画像データに対して、測量機 1 の鉛直軸の傾き状態に基づいてオルソ補正処理を施す。

10

【0045】

操作部 36 は、一例として、筐体に配置された押ボタン、ボリュームスイッチ、スライドスイッチ等の機械的な操作部材である。操作部 36 は、一例として、第 1 表示部 18 や第 2 表示部 19 の表示部の表示面に配置されたタッチパネルである。機械的な操作部材は、ユーザにより操作されると、各操作部材に関連付けられた機能を実行する指示信号を制御部 40 に出力する。また、タッチパネルは、表示されたオブジェクトがタッチされたとき、オブジェクトに定義づけられた機能を実行する指示信号を制御部 40 に出力する。

20

【0046】

制御部 40 は、測量機 1 の全体の動作を制御する。

一例として、制御部 40 は、操作部 36 や外部機器からの指示信号に従って、整準部 2 に対して本体部 6 を鉛直軸 O1 周りに回転駆動する。一例として、制御部 40 は、操作部 36 や外部機器からの指示に従って、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O2 周りに回転駆動する。一例として、制御部 40 は、ユーザにより水平角操作部 23 が操作されたことに応じて、本体部 6 に対して撮像部 7 を水平軸 O2 周りに回転駆動する。

【0047】

一例として、制御部 40 は、第 1 撮像部 11 及び第 2 撮像部 12 を動作して、設定された撮像条件に基づいて、第 1 ターゲットである反射プリズムや構造物の外観を構成する測定面を撮像し、撮像して生成した画像データを画像処理部 33 に出力する。

30

【0048】

一例として、制御部 40 は、欠陥検出装置 50 から駆動指示信号が入力されると、指示信号に従って、第 1 撮像部 11 (オートフォーカス部 11a を含む)、第 2 撮像部 12、第 3 撮像部 14、撮像部 7、水平角駆動部 15、鉛直角駆動部 17 等を駆動する。

【0049】

一例として、制御部 40 は、欠陥検出装置 50 に対して撮像部 7 が生成した画像データや観測データを通信部 20 から出力する。

〔欠陥検出装置のシステム構成〕

図 6 は、欠陥検出装置 50 のシステム構成を示すブロック図である。

40

【0050】

欠陥検出装置 50 は、制御部 51 と、表示部 52 と、操作部 53 と、記憶部 54 と、通信部 55 とを備えている。

制御部 51 は、コンピュータと同様な構成を有しており、CPU 51a、ROM 51b 及び RAM 51c がバスを介して相互に接続されている。一例として、制御部 51 は、記憶部 54 を構成するハードディスク等にインストールされた欠陥検出プログラム 51d を実行する。一例として、制御部 51 は、表示部 52 に画像等を表示させる表示制御部として機能する。制御部 51 は、撮像部 7 が生成した画像データに基づく画像や観測データに基づく情報を表示部 52 に表示させる。一例として、制御部 51 は、構造物の外観を構成する測定面の画像を表示部 52 に表示させる。一例として、制御部 51 は、外観画像デー

50

タに含まれる構造物の欠陥を検出する欠陥検出部として機能する。制御部 5 1 は、外観画像データに対応づけられた座標データを用いて、欠陥検出部により検出された欠陥に関する欠陥データを算出する算出部として機能する。一例として、制御部 5 1 は、測量機 1 に対して、第 1 撮像部 1 1、第 2 撮像部 1 2、第 3 撮像部 1 4、撮像部 7、水平角駆動部 1 5、鉛直角駆動部 1 7 等を駆動する指示信号を通信部 5 5 を介して出力する。

【 0 0 5 1 】

表示部 5 2 は、画像やオブジェクトを表示する表示機能を有している。一例として、表示部 5 2 は、液晶ディスプレイ、有機 E L ディスプレイ、C R T である。一例として、表示部 5 2 は、表示部の表示面に、第 1 撮像部 1 1 や第 2 撮像部 1 2 が生成した画像データに基づく画像や観測データに基づく情報を表示する。

10

【 0 0 5 2 】

操作部 5 3 は、一例として、キーボードであり、マウスであり、表示部 5 2 の表示面に配置されたタッチパネルである。操作部 5 3 は、表示部 5 2 に表示されたオブジェクトを選択することによって、オブジェクトに定義づけられた機能を実行する指示を制御部 5 1 に出力する。

【 0 0 5 3 】

記憶部 5 4 は、プログラムやパラメータ等を測量機 1 の非動作時にも失われないように格納する。一例として、記憶部 5 4 は、不揮発性メモリやハードディスクである。一例として、記憶部 5 4 は、欠陥検出プログラム 5 1 d、工事の基礎となる設計データ等を記憶する。一例として、記憶部 5 4 は、構造物の外観を構成する測定面の画像データを記憶する。一例として、記憶部 5 4 は、グローバル座標系で作成された地図データを記憶する。一例として、記憶部 5 4 には、欠陥検出プログラム 5 1 d に従って、フォルダが設置される。フォルダには、欠陥検出プログラム 5 1 d に従って撮像された測定範囲の複数の外観画像データ等が保存される。

20

【 0 0 5 4 】

通信部 5 5 は、測量機 1 の通信部 2 0 と通信をする。一例として、通信部 5 5 は、測量機 1 で撮像され画像データや位置データを受信し、また、測量機 1 を制御する指示信号を出力する。一例として、通信部 5 5 は、ワイドエリアネットワークやローカルエリアネットワーク等のネットワークを介して外部機器と通信する。一例として、通信部 5 5 は、外部のサーバ装置と通信する。一例として、通信部 5 5 は、地図サーバ装置 5 6 から地図データを受信する。例えば、地図データは、グローバル座標系に従って作成されている。一例として、通信部 5 5 は、工事の基礎となる設計データを格納した管理サーバ装置から設計データを受信する。一例として、通信部 5 5 は、管理サーバ装置に対して、構造物の外観を構成する測定面の画像データを受信する。

30

【 0 0 5 5 】

〔 構造物の欠陥検出の概要 〕

図 7 は、構造物の欠陥検出の概要を示す図であり、図 7 (a) は、測定面と測定範囲の関係を示す図である。

【 0 0 5 6 】

欠陥検出では、構造物における少なくとも任意の 2 点を観測（視準及び測距）して得られた観測データ（測距部 1 3 で測距して得られた測距データ、水平角測角部 3 1 で測角して得られた水平角データ及び鉛直角測角部 3 2 で測角して得られた鉛直角データ）から測定面 6 1 を定義する。測定面 6 1 を定義するとき、第 2 撮像部 1 2 で撮像して生成された画像データに基づく画像を第 1 表示部 1 8 及び第 2 表示部 1 9 に表示したり、レーザポイント 1 6 から送光したりすることで、ユーザは測量機 1 が構造物のどこを観測しようとしているのかを把握することが可能となる。

40

【 0 0 5 7 】

測定範囲 6 2 は、構造物における少なくとも任意の 2 点について測角（水平角及び鉛直角を測定）することで設定される。測定面 6 1 の定義を行った後に測定範囲 6 2 の設定を行う場合、測定範囲 6 2 の設定は、測定面 6 1 を定義しているため、構造物の少なくとも

50

任意の2点を測距することなく測角するだけでも可能となる。測定面61の定義を行った後に測定範囲62の設定を行う場合、測定範囲62の設定は、構造物の少なくとも任意の2点について、測距部13で測距して得られた測距データ、水平角測角部31で測角して得られた水平角データ及び鉛直角測角部32で測角して得られた鉛直角データのうち、測距部13で測距して得られた測距データを用いることなく、水平角測角部31で測角して得られた水平角データ及び鉛直角測角部32で測角して得られた鉛直角データを用いるだけで可能となる。

【0058】

測定面61を定義するときに観測する2点と、測定範囲62を設定するときに測角する2点は、異なる観測点でもよいし、同じ観測点でもよい。

図7(b)は、測定面と測定範囲と撮像範囲の関係を示す図である。測量機1は、設定した測定範囲62すべての外観画像データを得るために、第1撮像部11による撮像を順次行い、第1画角の撮像範囲63の外観画像データを順次生成する。測定面61が既に定義されていることで、デジタル画像である外観画像データに基づく外観画像の任意の画素の位置は、撮像時に視準した観測点からの角度を変換することによって座標データで特定することができる。各外観画像データに対しては、欠陥の検出が行われる。検出された欠陥の位置は、欠陥データである座標データで特定される。一例として、外観画像データの位置データや欠陥の位置等を示す欠陥データは、グローバル座標データである。撮像された測定範囲62における各外観画像データは、オルソ補正処理が行われ、次いで、ステッチング処理部が行われ、記憶部54等に保存される。

【0059】

図8は、構造物の欠陥検出の手順を示すフローチャートである。

ステップS1において、欠陥検出装置50の制御部51は、測量機1のリモート制御を開始し、測量機1は、構造物の測定面61等を視準する。一例として、制御部51は、測量機1の制御部40を介して、第1撮像部11、及び、第2撮像部12の画角の切り替え、撮像、測距、オートフォーカス、マニュアル露出、ホワイトバランス、レーザポインタ16のオンオフ切り替え等をを行うことができるようになる。一例として、制御部51は、測角値や整準状態を表示部52に表示させる。

【0060】

ステップS2において、制御部51は、記憶部54に外観画像データを保存する記録フォルダを作成する。

ステップS3において、測量機1は、制御部51の制御に従って、トライアルメジャーを行う。一例として、トライアルメジャーでは、ユーザがこれから欠陥検出したいと考える構造物の外観に現れた欠陥を含むように測量機1の第1撮像部11又は第2撮像部12で撮像する。一例として、欠陥は、第1撮像部11又は第2撮像部12で撮像して生成された外観画像データを欠陥検出装置50で画像解析しコントラストを測定することによって検出される。制御部51は、第1撮像部11又は第2撮像部12で撮像して生成された外観画像データに基づく外観画像を表示部52に表示させる。ユーザは、表示部52に表示された外観画像を見て、操作部53を操作し、制御部51は、制御部40を介して、第1撮像部11の感度、露出等を調整し、第1撮像部11の設定を、外観画像の中から欠陥を検出できる設定とする。一例として、トライアルメジャーは、複数の場所で行う。一例として、測量機1は、トライアルメジャーの結果、発見された測定環境の良い場所で器械設置される。

【0061】

ステップS4において、測量機1の器械設置が行われる。図9は、器械設置を説明する図である。一例として、器械設置では、第3撮像部14で第2ターゲットを撮像して測量機1の整準及び求心をする。一例として、測量機1は、制御部51の制御に従って、既知点2点A1(X1, Y1, Z1), A2(X2, Y2, Z2)それぞれを測角及び測距する。図9に示すように、器械設置により、測量機1は、グローバル座標64上の測量機1の位置を示す座標値((X, Y, Z) = (Xi, Yi, Zi))を算出することで、グロ

10

20

30

40

50

ーバル座標 6 4 上に設置される。

【 0 0 6 2 】

一例として、トライアルメジャーは、器械設置の前に行われる。一例として、トライアルメジャーは、器械設置の後に行われる。一例として、トライアルメジャーと器械設置の順番は、欠陥検出装置 5 0 を用いてユーザが設定する。ユーザがトライアルメジャーと器械設置の順番を設定する場合は、一例として、表示部 5 2 にトライアルメジャーと機器設置を選択するためのオブジェクトを表示させ、操作部 5 3 で選択させる。器械設置は、手間のかかる作業であるので、トライアルメジャーの後に行うことが好ましい。

【 0 0 6 3 】

ステップ S 5 において、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に基づいて、測定面 6 1 を定義する。一例として、測量機 1 は、構造物の外観（例えば壁面）の少なくとも任意の 2 点について測角及び測距を行い、任意の 2 点を含む面を測定面 6 1 として定義する。測量機 1 は、器械設置によりグローバル座標 6 4 における測量機 1 の位置を特定し、測定面 6 1 を定義することで、測定面 6 1 のいずれの観測点もグローバル座標で特定することができる。

10

【 0 0 6 4 】

図 1 0 は、測定面 6 1 の定義により特定可能なデジタル画像上の任意の画素の位置データを説明する図である。

上述したように、測定面 6 1 の定義がされることで、測量機 1 が撮像した撮像範囲 6 3 における任意の画素（P）は、測量機 1 が十字形状を有したレチクルの中心が示す観測点 O の角度（HA, VA）を算出し、画素（P）の観測点 O からの角度をグローバル座標データに変換することができる。これにより、外観画像データにおける各画素の位置は、各画素に対して角度観測を行った場合と同じように、位置データであるグローバル座標データで特定することができる。一例として、第 1 撮像部 1 1 の第 1 撮像素子が 1 9 2 0 画素 × 1 0 8 0 画素を有する場合、デジタル画像は、第 1 撮像素子が有する画素数に応じた精度で位置を特定することができる。

20

【 0 0 6 5 】

なお、測定面 6 1 の定義方法についての詳細は後述する。

ステップ S 6 において、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に基づいて、定義された測定面 6 1 内において、構造物の欠陥検出を行う測定範囲 6 2 を指定する。

30

【 0 0 6 6 】

なお、測定範囲 6 2 の定義についての詳細は後述する。

ステップ S 7 において、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、水平角駆動部 1 5 を駆動して撮像部 7 を鉛直軸 O 1 周りに回転駆動し、鉛直角駆動部 1 7 を駆動して撮像部 7 を水平軸 O 2 周りに回転駆動する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、測定範囲 6 2 の自動測定を行う。測量機 1 は、撮像ごとに視準方向を変えながら、測定範囲 6 2 を第 1 撮像部 1 1 で順次撮像する。欠陥検出装置 5 0 には、順次撮像された外観画像データが位置データと共に入力される。制御部 5 1 は、測量機 1 から入力された外観画像データについて、欠陥を検出する。

40

【 0 0 6 7 】

なお、第 1 撮像部 1 1 の自動測定についての詳細は後述する。

〔測定面の定義（ステップ S 5）〕

測定対象となる構造物の外観には、一例として、平面と、曲面とがある。平面の種類には、一例として、鉛直面および水平面と、斜面とがある。曲面の種類には、一例として、設計データが存在する曲面と、円柱又は楕円柱上の曲面と、それ以外の自由曲面とがある。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、測定面の種類を特定する手順を示すフローチャートである。

欠陥検出装置 5 0 の制御部 5 1 は、先ず、測定面 6 1 の測定面 6 1 の種類を選択する選択画面を表示部 5 2 に表示させる。ステップ S 1 1 において、制御部 5 1 は、表示部 5 2

50

に、測定面 6 1 の壁面種が平面種であるか曲面種であるかを選択するオブジェクトを表示させる。平面種が選択されたとき、ステップ S 1 2 において、制御部 5 1 は、平面種の種類を選択するオブジェクトを表示部 5 2 に表示させる。ステップ S 1 2 - 1 において、制御部 5 1 は、鉛直面及び水平面が選択されたとき、鉛直面及び水平面の定義方法を設定する。一例として、鉛直面は、構造物の壁面である。一例として、水平面は、地面であり、天井面である。ステップ S 1 2 - 2 において、制御部 5 1 は、斜面が選択されたとき、斜面の定義方法を設定する。一例として、斜面は法面である。

【 0 0 6 9 】

ステップ S 1 1 で曲面種が選択されたとき、ステップ S 1 3 において、制御部 5 1 は、曲面種の種類を選択するオブジェクトを表示部 5 2 に表示させる。制御部 5 1 は、設計データが存在する曲面が選択されたとき、ステップ S 1 3 - 1 において、設計データを有する定義方法を設定する。制御部 5 1 は、円柱又は楕円柱上の曲面が選択されたとき、ステップ S 1 3 - 2 において、円柱又は楕円柱上の曲面の定義方法を設定する。制御部 5 1 は、自由曲面が選択されたとき、ステップ S 1 3 - 3 において、自由曲面の定義方法を設定する。

10

【 0 0 7 0 】

図 1 2 は、ステップ S 1 2 - 1 における鉛直面の測定面 6 1 の定義方法を示す図である。鉛直面の測定面 6 1 の定義方法は、鉛直の測定面 6 1 上の測定面 6 1 内の任意の 2 つの観測点 P 1 , P 2 を、第 2 撮像部 1 2 で撮像しながら、例えばレーザポインタ 1 6 を用いて指定し、観測点 P 1 , P 2 の測角及び測距による観測を行う。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、視準、測距を行った任意の観測点 P 1 , P 2 を含む鉛直面を測定面 6 1 として定義する。

20

【 0 0 7 1 】

図 1 3 は、ステップ S 1 2 - 1 における水平面の測定面 6 1 の定義方法を示す図である。水平面の測定面 6 1 の定義方法は、水平の測定面 6 1 上の測定面 6 1 内の任意の 2 つの観測点 P 1 , P 2 を、第 2 撮像部 1 2 で撮像しながら、例えばレーザポインタ 1 6 を用いて指定し、観測点 P 1 , P 2 の測角及び測距による観測を行う。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、視準、測距を行った任意の観測点 P 1 , P 2 を含む水平面を測定面 6 1 として定義する。

【 0 0 7 2 】

鉛直面および水平面の任意の観測点の数は、2 点以上であれば、特に限定されるものではない。

30

図 1 4 は、ステップ S 1 2 - 2 における斜面の測定面 6 1 の定義方法を示す図である。斜面の測定面 6 1 の定義方法は、斜面の測定面 6 1 上の測定面 6 1 内の任意の 3 つの観測点 P 1 , P 2 , P 3 を、第 2 撮像部 1 2 で撮像しながら、例えばレーザポインタ 1 6 を用いて指定し、測角及び測距による観測を行う。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、測角及び測距を行った任意の観測点 P 1 , P 2 , P 3 を含む斜面を測定面 6 1 として定義する。

【 0 0 7 3 】

斜面の任意の測点の数は、3 点以上であれば、特に限定されるものではない。

40

一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、測定面 6 1 を定義するときに、常に 3 点以上を測角及び測距を行い、3 点の観測データに基づいて、測定面 6 1 が鉛直もしくは水平であるか、斜面であるかを判定する。

【 0 0 7 4 】

測定面 6 1 の種類が曲面である場合は、曲面の一部を平面に近似させて、測定面 6 1 の定義を行う。

ステップ S 1 3 - 1 における測定面 6 1 が設計データが存在する曲面である場合、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、観測点の観測を行い、グローバル座標データを算出する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、一例として記憶部 5 4 や管理サーバ装置に格納された設計データにより、座標観測により算出したグローバル座標データにおける

50

接平面を定義する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、接平面の定義を複数箇所について行うことによって、測定面 6 1 を定義する。

【 0 0 7 5 】

ステップ S 1 3 - 2 における測定面 6 1 が円柱又は楕円柱上の曲面である場合、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、壁面上の 3 つ以上の複数点について、観測点の観測を行い、グローバル座標データを算出する。一例として観測点は、半径を算出可能な 3 点以上である。制御部 5 1 は、得られた複数のグローバル座標データより円又は楕円を定義する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、観測点の円の接平面を定義することによって、測定面 6 1 を定義する。

【 0 0 7 6 】

図 1 5 は、ステップ S 1 3 - 3 における測定面 6 1 が自由曲面であるときの定義方法を示す図である。測定面 6 1 が自由曲面である場合、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、壁面上の 3 つ以上の複数点について、観測点の観測を行う。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、連続する 3 つの観測点 A 1 , B 1 , C 1 のうちで、両側の 2 つの観測点 A 1 , C 1 を通る平面 6 1 a を定義し、定義した平面 6 1 a を中央の観測点 B 1 を通る位置にオフセットし、近似する平面 6 1 b で測定面 6 1 を定義する。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、隣接する 2 つの観測点 A 1 , B 1 を通る平面 6 1 a に近似する平面 6 1 b を定義してもよい。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、近似する平面 6 1 a により測定面 6 1 を定義する。

【 0 0 7 7 】

〔測定範囲の定義（ステップ S 6）〕

図 1 6 (a) に示すように、測定範囲 6 2 を含む測定面 6 1 が鉛直面の場合、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、第 2 撮像部 1 2 で撮像しながら、レーザポインタ 1 6 を用いて、測定面 6 1 内の任意の 2 つの観測点 P 3 , P 4 を指定し、各観測点 P 3 , P 4 について、測角を行う。この測角位置は、測定面 6 1 が定義されていることで、グローバル座標データとして算出される (P 3 (X 3 , Y 3 , Z 3) , P 4 (X 4 , Y 4 , Z 4)) 。測定範囲 6 2 は、単に指定された観測点 P 3 , P 4 によって指定された範囲ではなく、定義された測定面 6 1 に投影された範囲となる。測定範囲 6 2 が測量機 1 と正対している場合、測定範囲 6 2 は、観測点 P 3 , P 4 を対角とした長方形となる。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 (b) に示すように、測定範囲 6 2 が測量機 1 と正対していない場合には、測定した角度のみから単純に P 3 , P 4 の範囲の長方形 6 5 とすると、一部観測できない領域 6 6 a が発生する。長方形 6 5 には、測定範囲 6 2 に含まれない不要な領域 6 6 b も発生する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、定義した測定面 6 1 に投影した測定範囲 6 2 a を計算により求め設定する。この測定範囲 6 2 a は、測量機 1 に対して遠い側の辺が測量機 1 に対して近い側の辺に対して短い四角形となる。

【 0 0 7 9 】

一例では、測定面 6 1 を定義する際に指定した任意の観測点 P 1 , P 2 をそのまま測定範囲を指定するための観測点 P 3 , P 4 として用いることもできる。

測定範囲 6 2 は、長方形形状が 1 つだけの場合に限定されない。測定範囲 6 2 は、複数であってもよく、2 つ以上に追加することも可能であり、また、指定した測定範囲の一部の範囲を除外することも可能である。

【 0 0 8 0 】

図 1 7 (a) は、2 点を指定して測定範囲を設定した状態を示す図である。2 点 A , B を指定した場合、測定範囲 6 2 は、指定点である 2 点 A , B を対角とした長方形 6 7 となる。

【 0 0 8 1 】

図 1 7 (b) は、設定した測定範囲の一部を除外し測定範囲から除外する場合を示す図である。長方形 6 7 の内側にさらに指定点である 2 点 C , D を指定した場合には、長方形 6 7 の内側に、2 点 C , D を対角としたさらに長方形 6 8 が指定される。一例として、こ

10

20

30

40

50

の長方形 6 8 は、測定範囲 6 2 の長方形 6 7 から除外する領域として設定される。

【 0 0 8 2 】

図 1 7 (c) は、測定範囲を複数個所に設定した状態を示す図である。指定点 A , B を指定した長方形 6 7 の外側にさらに 2 点 E , F を指定した場合には、追加の測定範囲 6 2 となる 2 点 E , F を対角とした長方形 6 7 a が設定される。

【 0 0 8 3 】

図 1 7 (d) は、6 点を指定して測定範囲を設定した状態を示す図である。一例として、測定範囲 6 2 は、指定点として 6 点 O , P , Q , R , S , T を指定することで、長方形以外の形状 6 9 を有した測定範囲 6 2 を設定することができる。指定する点の数は、限定されるものではなく、3 つ以上の指定点の数に応じて、様々な形状を有した測定範囲 6 2

10

【 0 0 8 4 】

図 1 7 (e) 6 点を指定して設定された測定範囲の一部を除外する場合を示す図である。測定範囲 6 2 は、長方形以外の形状 6 9 の内側に、指定点である 3 点 X , Y , Z を指定することで、除外する領域となる三角形 6 8 a を指定することができる。除外する領域は、指定点を 3 点以上とすることで、三角形以外の形状とすることができる。

【 0 0 8 5 】

一例として、3 点以上指定する場合において、隣接する指定点の間は、直線で結ぶのではなく、曲線で結ぶこともできる。一例として、直線と曲線は、ユーザの操作部 5 3 の操作に応じて選択できる。

20

【 0 0 8 6 】

図 1 8 は、測定範囲を定義する手順を説明するフローチャートである。欠陥検出装置 5 0 の制御部 5 1 は、まず、測定範囲 6 2 の選択画面を表示部 5 2 に表示させる。

図 1 8 に示すように、ステップ S 2 1 において、制御部 5 1 は、表示部 5 2 に、測定範囲 6 2 を指定するための指定点の数が 2 点であるか、3 点以上であるのかを選択をするオブジェクトを表示させる。測定範囲 6 2 を指定するための指定点の数が 2 点であるとき、ステップ S 2 2 において、制御部 5 1 は、表示部 5 2 に、測定範囲 6 2 を追加又は除外するかしないかを選択をするオブジェクトを表示させる。ステップ S 2 2 で測定範囲 6 2 を追加又は除外する処理を行わないとき、及び、ステップ S 2 4 で測定範囲 6 2 を追加又は除外する処理を継続しないとき、制御部 5 1 は、ステップ S 2 3 において、図 1 7 (a) から (c) に示したような 2 点指定による範囲指定の処理に移行する。

30

【 0 0 8 7 】

測定範囲 6 2 を指定するための指定点の数が 3 点以上であるとき、ステップ S 2 5 において、制御部 5 1 は、表示部 5 2 に、測定範囲 6 2 を追加又は除外するかしないかを選択をするオブジェクトを表示させる。ステップ S 2 5 で測定範囲 6 2 を追加又は除外する処理を行わないとき、及び、ステップ S 2 7 で測定範囲 6 2 を追加又は除外する処理を継続しないとき、制御部 5 1 は、ステップ S 2 6 において、図 1 7 (d) 及び (e) に示したような多点指定による範囲指定の処理に移行する。

【 0 0 8 8 】

一例として、定義された測定面 6 1 を外れる点を含む測定範囲 6 2 を指定しようとした場合、制御部 5 1 は、表示部 5 2 に、指定しようとする点は測定面 6 1 に含まれていない旨のエラー表示をさせたり、指定しようとする点は測定範囲 6 2 として指定できない旨のエラー表示をさせたりする。

40

【 0 0 8 9 】

〔 自動測定 (ステップ S 7) 〕

設定した測定範囲 6 2 の大きさによっては、第 1 撮像部 1 1 による 1 回の撮像では設定した測定範囲 6 2 をすべてカバーすることができないことがある。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、撮像範囲が重複するように、且つ、重複する領域が不必要に大きくなるように、水平角駆動部 1 5 及び鉛直角駆動部 1 7 を駆動制御する。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、測定範囲 6 2 の全体を撮像する。

50

【 0 0 9 0 】

図 19 は、測量機 1 の水平軸周りの回転駆動の範囲を説明する図である。測量機 1 の鉛直角駆動部 17 による水平軸 O2 周りの回転駆動は、次のように制御される。

一例として、測定面 61 の種類が鉛直面、斜面、曲面である場合は、概ね、鉛直角が鉛直角が 45°以上、135°以下の範囲で撮像部 7 が水平軸 O2 周りに回転駆動される。また、測定面 61 の種類が鉛直面、斜面、曲面である場合は、概ね、鉛直角が 225°以上、315°以下の範囲で撮像部 7 が水平軸 O2 周りに回転駆動される。

【 0 0 9 1 】

一例として、天井面の場合は、概ね、鉛直角が 0°以上、45°以下の範囲で撮像部 7 が水平軸 O2 周りに回転駆動される。また、天井面の場合は、概ね、鉛直角が 315°以上、360°以下の範囲で撮像部 7 が水平軸 O2 周りに回転駆動される。

10

【 0 0 9 2 】

鉛直角とは、水平軸 O2 周りにおける撮像部 7 の回転角で、測量機 1 の視準方向が天頂を向いているときを 0°、水平を向いているときを 90°として示す角度である。

図 20 は、ステップ S7 で示した自動測定の詳細な手順を説明するフローチャートである。

【 0 0 9 3 】

ステップ S31 において、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、測定範囲 62 内の撮像領域を順次撮像できるように、水平角駆動部 15 及び鉛直角駆動部 17 を制御し、撮像部 7 を回転する。そして、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、測定範囲 62 内において、現在の撮像領域を撮像した後、隣接する撮像領域に順次移動し、第 1 撮像部 11 で測定範囲 62 の全ての領域を自動測定する。

20

【 0 0 9 4 】

なお、測量機 1 の自動測定についての詳細は後述する。

ステップ S32 において、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、各撮像領域との距離を算出する。ステップ S33 において、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、第 1 撮像部 11 のオートフォーカス制御を行う。オートフォーカス制御では、第 1 撮像部 11 における第 1 光学系を構成するフォーカスレンズを、制御部 40 によるフォーカス調節指示に応じて光軸方向に沿って変位し、光を第 1 撮像素子上に合焦させる。

【 0 0 9 5 】

一例として、オートフォーカス制御は、測定点のグローバル座標データと測量機 1 の位置を示すグローバル座標データから観測点と測量機 1 との距離を算出し、算出した距離に基づいてフォーカスレンズを光軸方向に沿って変位する。

30

【 0 0 9 6 】

一例として、オートフォーカス制御は、測距部 13 で、測量機 1 と観測点との距離を測距して、測距した距離に基づいてフォーカスレンズを光軸方向に沿って変位する。

一例として、オートフォーカス制御は、フォーカスレンズをコントラストが最大となる位置に変位させるコントラスト方式で行う。

【 0 0 9 7 】

測定面 61 は、コンクリート壁面であることが多く、コントラストを検出しにくい。オートフォーカス制御は、ステップ S33 で測距した距離に基づいて行う方式が好ましい。

40

ステップ S34 において、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、測定範囲 62 における第 1 画角の各撮像範囲 63 を撮像する。測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、各撮像範囲 63 のレチクルの中心が示す観測点 O の角度 (HA, VA) を算出する。測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、撮像した外観画像データの各画素のグローバル座標データを、観測中心の観測点 O からの角度を変換することによって算出する。これにより、撮像範囲 63 の全ての画素がグローバル座標データに変換される。

【 0 0 9 8 】

一例として、測量機 1 は、外観画像データの中に欠陥が検出されると、欠陥の始点と終点の画素を、位置データとしての観測中心の観測点 O からの角度を変換することによって

50

算出する。

【0099】

測量機1は、グローバル座標データにより画素の位置が特定された外観画像データを、欠陥検出装置50に送信する。制御部51は、表示部52に、順次、外観画像データに基づく外観画像を表示させる。

【0100】

一例として、測量機1は、撮像した各外観画像データの位置データとして、全ての画素のグローバル座標データを算出し、欠陥検出装置50に出力する。

ステップS35において、測量機1は、制御部51の制御に従って、オルソ補正処理を行うため、撮像した外観画像の4隅の座標データを算出する。4隅の座標データは、各外観画像データにおける4隅の画素の座標データである。

10

【0101】

ステップS36において、制御部51は、撮像した外観画像データのそれぞれについて、ひびや窪み等の欠陥の検出を行い欠陥の位置な長さや幅を測定する。

なお、欠陥の検出についての詳細は後述する。

【0102】

ステップS37において、制御部51は、各外観画像データのオルソ化処理を行う。一例として、制御部51は、外観画像データにオルソ補正処理を施すオルソ補正処理部として機能する。

【0103】

ステップS38において、制御部51は、各外観画像データを繋ぎ合わせるスティッチング処理部を行う。一例として、制御部51は、オルソ補正処理が施された第1外観画像データとオルソ補正処理が施された第2外観画像データとをつなぎ合わせるスティッチング処理を施すスティッチング処理部として機能する。

20

【0104】

なお、オルソ処理とスティッチング処理部についての詳細は後述する。

〔測量機1の自動測定(ステップS31)〕

測定面61である壁面が鉛直面、斜面、曲面である場合は、概ね、鉛直角が45°以上、135°以下の範囲で撮像部7が水平軸O2周りに回転駆動される。また、測定面61である壁面が鉛直面、斜面、曲面である場合は、概ね、鉛直角が225°以上、315°以下の範囲で撮像部7が水平軸O2周りに回転駆動される。

30

【0105】

図21は、鉛直面の測定範囲62をタイル状に自動測定する状態を説明する図である。

一例として、測定範囲62は、長方形である。一例として、測定範囲62の内側には、測定の除外領域を有していない。測量機1は、制御部51の制御に従って、測定範囲62より広い長方形の全撮像範囲71を、第1撮像部11を用いて撮像する。自動測定では、第1画角の第1撮像部11を用いる。第1撮像部11は、全撮像範囲71内を、第1画角の撮像領域72の大部分が重ならないように撮像する。一例として、各撮像領域72は、上下左右に隣接する撮像領域72と外縁部が重複する重複部分70を有する。各撮像領域72は、一例として、同じ大きさの長方形である。各撮像領域72は、一例として、同じ大きさの正方形でもよい。測量機1は、撮像領域72がタイル状に並ぶように、全撮像範囲71を撮像する。一例として、測量機1は、全撮像範囲71内において、第1撮像部11をS字状に移動させて、全撮像範囲71を撮像する。撮像開始は、S形状のルートの何れの端部であってもよい。一例として、測量機1は、全撮像範囲71を、連続して撮像できるルートで順次撮像する。一例として、測量機1は、全撮像範囲71を、水平角駆動部15及び鉛直角駆動部17による撮像部7の移動量が最少となるルートで順次撮像する。一例として、測量機1は、現在の撮像領域72に対して次に撮像する撮像領域72を、優先して現在の撮像領域72に対して隣接する撮像領域72とする。

40

【0106】

図22は、鉛直面の測定範囲に除外領域を有する場合の自動測定を説明する図である。

50

測定範囲 6 2 は、内側に測定範囲の除外領域となる長方形 6 8 を有している。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、長方形 6 8 を囲むルートで順次撮像する。ルートが環状である場合、撮像開始は、環状のルートの何れの位置からでもよい。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 を、現在の撮像領域 7 2 に対して隣接する何れかの撮像領域 7 2 を優先して撮像する。一例として、測量機 1 は、現在の撮像領域 7 2 に対して次に撮像する撮像領域 7 2 を、優先して現在の撮像領域 7 2 に対して隣接する撮像領域 7 2 とする。したがって、長方形 6 8 を跨ぐような撮像ルートが選択されることは、次の移動先の候補として除外領域しかない場合を除いてない。

【 0 1 0 7 】

天井面の場合、鉛直角が 0° 以上、 45° 以下の範囲で撮像部 7 が鉛直軸 O 1 及び水平軸 O 2 周りに回転駆動される。また、天井面の場合、鉛直角が 315° 以上、 360° 以下の範囲で撮像部 7 が鉛直軸 O 1 及び水平軸 O 2 周りに回転駆動される。

【 0 1 0 8 】

図 2 3 は、天井面を同心円状に同一方向に撮像する状態を示す図である。

測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、全撮像範囲 7 1 を、第 1 撮像部 1 1 を用いて撮像する。自動測定において、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 を、上下左右に隣接する撮像領域 7 2 との一部重複する重複部分 7 0 を許容しながら撮像する。各撮像領域 7 2 は、一例として、正方形である。一例として、各撮像領域 7 2 は、長方形でもよい。長方形の方が 1 枚の撮像領域 7 2 の範囲を広くすることができる。正方形の場合は、第 1 画角が正方形に変更される。測量機 1 は、撮像領域 7 2 が天頂を中心に同心円状となるように、全撮像範囲 7 1 を撮像する。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 における天頂を撮像した後、天頂を含む撮像領域 7 2 の周囲を同一方向に回りながら撮像領域 7 2 を順次同一方向に撮像する。撮像開始は、天頂から開始してもよいし、外周端部から開始してもよい。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 内を、連続して撮像できるルートで、順次撮像する。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、順次、撮像部 7 を鉛直軸 O 1 周りに所定の角度ずつ回転するように水平角駆動部 1 5 を制御する。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 内を、水平角駆動部 1 5 及び鉛直角駆動部 1 7 による撮像部 7 の移動量が最少となるように順次撮像する。一例として、測量機 1 は、現在の撮像領域 7 2 に対して隣接する領域に除外領域 7 3 があるとき、次の移動先に、除外領域 7 3 よりも隣接する撮像領域 7 2 を優先する。

【 0 1 0 9 】

図 2 4 は、天井面を中心に一方向に回転した後、逆方向に回転して撮像する状態を示す図である。

一例として、測量機 1 は、欠陥検出装置 5 0 との間が有線で接続される。測量機 1 は、鉛直軸 O 1 回りに同一方向に回転し続けると、接続ケーブルが測量機 1 に巻き付いてしまう。一例として、測量機 1 は、鉛直軸 O 1 回りに、同一方向に回転し続けることはない。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、一方向に 360° 鉛直軸 O 1 回りに回転した後、逆方向に 360° 鉛直軸 O 1 回りに回転するように、水平角駆動部 1 5 を制御する。これにより、測量機 1 と欠陥検出装置 5 0 とを有線接続するケーブルが測量機 1 に巻き付くことを防止できる。

【 0 1 1 0 】

図 2 5 は、天井面を放射方向に撮像する状態を示す図である。

測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 内における天頂を通る放射方向に撮像する。各撮像領域 7 2 は、一例として、正方形である。一例として、各撮像領域 7 2 は、長方形である。長方形の方が 1 枚の撮像領域 7 2 の範囲を広くすることができる。撮像開始は、天頂から開始してもよいし、鉛直角の大きい端部から開始してもよい。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 7 1 を、連続して撮像できるルートで順次撮像する。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、天頂を通るルート 7 4 のとき、撮像部 7 を鉛直軸 O 1 周りに所定の角度ずつ回転させることなく一列分撮像する。次に、測量機 1 は、撮像を終えた一列の撮像領域 7 2 を拡張する領域 7 5 を撮像するとき、順次、撮像部 7 を鉛直軸 O 1 周りに

所定の角度ずつ回転するように水平角駆動部 15 を制御する。一例として、測量機 1 は、全撮像範囲 71 を、撮像部 7 の移動量が最少となるように、水平角駆動部 15 及び鉛直角駆動部 17 を制御する。一例として、測量機 1 は、現在の撮像領域 72 に対して隣接する領域に除外領域 73 があるとき、次の移動先に、除外領域 73 よりも隣接する撮像領域 72 を優先する。

【0111】

図 26 (a) 及び (b) は、鉛直面の測定範囲 62 の外縁を含む領域を撮像するとき、測定範囲 62 の外縁からはみ出す領域 76 が縮小するように第 1 撮像部 11 の第 1 画角を制御する動作を説明する図である。

【0112】

図 26 (a) に示すように、測定範囲 62 が測量機 1 と正対していない場合には、定義した測定面 61 に投影した測定範囲 62 が設定される。測定範囲 62 は、長方形とはならず、測量機 1 に対して遠い側の辺が近い側の辺に対して短い四角形となる。一例として、1 行目の 2 列目や 3 列目の撮像領域 72 や 3 行目の 2 列目や 3 列目の撮像領域 72 は、その大部分が測定範囲 62 から外れる。図 26 (b) に示すように、一例として、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、1 行目の 2 列目や 3 列目の撮像領域 72 や 3 行目の 2 列目や 3 列目の撮像領域 72 の第 1 画角を鉛直方向に縮小する制御をし、全撮像範囲 71 のデータサイズを小さくする。

【0113】

図 26 は水平方向について図示しているが、鉛直方向についても同様である。すなわち、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、測定範囲 62 の外縁からはみ出す領域 76 が大きくなる。一例として、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、撮像領域 72 の第 1 画角を水平方向に縮小する制御をし、全撮像範囲 71 のデータサイズを小さくする。

【0114】

図 27 は、測定範囲 62 の外縁を含む領域を撮像するとき、外縁からはみ出す領域 76 が縮小するように撮像領域 72 の位置を移動する動作を説明する図である。

一例として、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、2 列目や 3 列目の両端に位置する撮像領域 72 を、第 1 画角を変更することなく、行方向の中央線に寄せるように鉛直方向に移動する。これにより、全撮像範囲 71 における撮像領域 72 の数は、図 26 (a) の場合と比較して、2 列目において、4 枚が 3 枚になり、3 列目において 4 枚が 2 枚になる。測量機 1 は、全撮像範囲 71 における撮像枚数を減らすことができる。

【0115】

図 27 は水平方向について図示しているが、鉛直方向についても同様である。すなわち、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、測定範囲から外れる領域が大きくなる。この場合、一例として、測量機 1 は、制御部 51 の制御に従って、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、第 1 画角を変更することなく、列方向の中央線に寄せるように水平方向に移動し、全撮像範囲 71 における撮像枚数を減らす制御を行う。

【0116】

図 28 (a) ないし (c) は、鉛直角が 0° から 180° の範囲において鉛直角が 90° から離れるほど、第 1 撮像部 11 を鉛直軸 O1 周りに回転する水平角が大きくなるように回転する動作を説明する図である。また、鉛直角が 180° から 360° の範囲において鉛直角が 270° から離れるほど、第 1 撮像部 11 を鉛直軸 O1 周りに回転する水平角が大きくなるように回転する動作を説明する図である。

【0117】

1 回で撮像される撮像領域 72 に対する水平角相当範囲は、撮像されるとき鉛直角に依存し変化する。図 28 (a) に示すように、一例として、鉛直角が 90° (270°) であるときの水平角相当範囲 77a は、鉛直角が 45° (315°) 程度の水平角相当範囲 77b より狭くなる。撮像される画像に対する水平角相当範囲 77b は、撮像時の鉛直角が 90° (270°) から離れるほど、大きくなる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 8 】

図 2 8 (b) に示すように、鉛直角の違いによらずに、第 1 撮像部 1 1 を鉛直軸 O 1 周りに回転させることなく、水平軸 O 2 周りに鉛直角駆動部 1 7 を駆動すると、鉛直角が 90° (270°) から離れるほど、水平方向に互いに隣接する撮像領域 7 2 の重複部分 7 0 が大きくなる。これにより、撮像枚数も増え、撮像時間も増加する。

【 0 1 1 9 】

図 2 8 (c) に示すように、一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、鉛直角が 90° (270°) から離れるほど、第 1 撮像部 1 1 の鉛直軸 O 1 周りの回転量が大きくなるよう水平角駆動部 1 5 を制御する。これにより、隣接する撮像領域の重複部分 7 0 が少なくなり、撮像枚数を減らすことができる。

10

【 0 1 2 0 】

図 2 9 (a) 及び (b) は、第 1 撮像部 1 1 の第 1 画角内において、フォーカス深度 D を外れる領域を第 1 画角の縁部に含む場合において、フォーカス深度 D を外れる領域を含まないように、第 1 画角を縮小して第 1 撮像部 1 1 で撮像する動作を説明する図である。

【 0 1 2 1 】

測定面 6 1 が定義されているため、測量機 1 と測定面 6 1 の観測点との距離は既知である。したがって、第 1 撮像部 1 1 は、測量機 1 と測定面 6 1 の観測点との距離に従ってフォーカスを合わせることができる。図 2 9 (a) に示すように、測定面 6 1 の測定範囲 6 2 における撮像領域 7 2 が測量機 1 と正対している場合、第 1 画角の撮像領域 7 2 の全体は、フォーカス深度 D 内に位置し、フォーカスがあったフォーカス領域 7 8 a となる。撮像領域 7 2 が測量機 1 と正対せず測定面 6 1 に対して測量機 1 が傾斜した状態の場合、第 1 画角の撮像領域 7 2 の縁部は、フォーカス深度から外れるデフォーカス領域 7 8 b となる。デフォーカス領域 7 8 b は、測定面 6 1 に対して測量機 1 の傾きが大きくなるほど大きくなる。

20

【 0 1 2 2 】

図 2 9 (b) に示すように、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、撮像領域 7 2 と正対する位置において、第 1 画角で撮像し、左右両端に近づくほど、第 1 画角を水平方向に縮小して、デフォーカス領域 7 8 b が含まれないようにする。各撮像領域 7 2 の全ての領域は、フォーカス領域 7 8 a となる。測量機 1 は、水平角駆動部 1 5 を制御して、測定範囲 6 2 の右端や左端に近い方向を撮像するとき、順次、水平方向の第 1 画角を縮小するように第 1 撮像部 1 1 を制御する。撮像される外観画像は、測定範囲 6 2 の右端や左端に近い方向を撮像するときほど、狭い画像となる。

30

【 0 1 2 3 】

図 2 9 は水平方向について図示しているが、鉛直方向についても同様である。すなわち、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、デフォーカス領域 7 8 b が大きくなる。この場合、一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、順次、鉛直方向の第 1 画角を縮小するように第 1 撮像部 1 1 を制御する。

【 0 1 2 4 】

図 3 0 (a) 及び (b) は、第 1 撮像部 1 1 の第 1 画角内において、フォーカス深度 D を外れる領域を第 1 画角の縁部に含む場合、フォーカス深度を外れる領域に改めてフォーカスを合わせ第 1 撮像部 1 1 で撮像する動作を説明する図である。

40

【 0 1 2 5 】

撮像領域 7 2 が測量機 1 と正対せず測定面 6 1 に対して測量機 1 が傾斜した状態の場合、第 1 画角の撮像領域 7 2 の縁部は、フォーカス深度から外れるデフォーカス領域となる。

【 0 1 2 6 】

一例として、図 3 0 (a) に示すように、撮像領域 7 2 が測量機 1 と正対していない場合、フォーカス深度 D a 内には、第 1 画角より狭い撮像領域 7 2 a が位置している。撮像領域 7 2 a の両側に位置する撮像領域 7 2 b , 7 2 c は、フォーカス深度 D a からは外れ

50

、デフォーカスとなる。撮像領域 7 2 b は、測量機 1 から撮像領域 7 2 a までの距離より遠い位置にあり、フォーカス深度 D b 内に位置している。撮像領域 7 2 c は、測量機 1 から撮像領域 7 2 a までの距離より近い位置にあり、フォーカス深度 D c 内に位置している。

【 0 1 2 7 】

図 3 0 (b) に示すように、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、撮像領域 7 2 a を撮像するとき、第 1 画角を水平方向に縮小する制御を行い、撮像領域 7 2 a の全てがフォーカスのあった状態で撮像する。

【 0 1 2 8 】

次いで、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、水平角駆動部 1 5 を駆動することなく、撮像領域 7 2 a に隣接する撮像領域 7 2 b にフォーカスを合わせる。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、撮像領域 7 2 a を撮像するときよりも第 1 画角をさらに水平方向に縮小する制御を行い、撮像領域 7 2 b の全ての領域についてフォーカスのあった状態で撮像する。

10

【 0 1 2 9 】

測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、水平角駆動部 1 5 を駆動することなく、撮像領域 7 2 a に隣接する撮像領域 7 2 c にフォーカスを合わせる。測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、撮像領域 7 2 a を撮像するときよりも水平方向の第 1 画角をさらに縮小する制御を行い、撮像領域 7 2 c の全てがフォーカスのあった状態で撮像する。

【 0 1 3 0 】

一例として、撮像領域 7 2 a , 7 2 b , 7 2 c を合わせた領域が第 1 画角の撮像領域 7 2 となる。

20

図 3 0 は水平方向について図示しているが、鉛直方向についても同様である。すなわち、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、デフォーカス領域 7 8 b が大きくなる。この場合、一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、鉛直角が 90° (270°) から離れる程、順次、鉛直方向の第 1 画角を縮小するように第 1 撮像部 1 1 を制御する。

【 0 1 3 1 】

〔 ひび検出・測定 (ステップ S 3 6) 〕

図 3 1 は、欠陥の一例であるひびの検出及び測定をする手順を示すフローチャートである。

30

【 0 1 3 2 】

ステップ S 4 1 において、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、測定範囲 6 2 における各撮像領域 7 2 を撮像する。一例として、測量機 1 は、制御部 5 1 の制御に従って、各撮像領域 7 2 を撮像する際、測量機 1 が十字形状を有したレチクルの中心が示す観測点の角度 (H A , V A) を算出し、中心の観測点からの角度 (H A , V A) を変換することによって、各画素のグローバル座標データを算出する。測量機 1 は、位置データとして、撮像した外観画像データ、及び、画素に対応づけられたグローバル座標データを欠陥検出装置 5 0 に送信する。

【 0 1 3 3 】

ステップ S 4 2 において、欠陥検出装置 5 0 の制御部 5 1 は、表示部 5 2 に、外観画像データに基づく外観画像を順次表示させる。図 3 2 (a) は、欠陥 8 1 を有する外観画像の一例を示している。

40

【 0 1 3 4 】

ステップ S 4 3 において、制御部 5 1 は、欠陥検出部として機能する。制御部 5 1 は、各外観画像データについて、欠陥の検出を行う。欠陥の検出は、外観画像のコントラストを検出して行われる。制御部 5 1 は、欠陥を検出すると、欠陥の位置を示す欠陥データを算出する。一例として、欠陥データは、グローバル座標系で特定される座標データである。欠陥データは、位置データとしてのレチクルの示す観測点 O からの角度を変換することによって欠陥の位置を特定する座標データである。具体的に、制御部 5 1 は、欠陥 8 1 の

50

始点の画素に対応したグローバル座標データを特定する。また、制御部 5 1 は、欠陥 8 1 の終点の画素に対応したグローバル座標データを特定する。制御部 5 1 は、欠陥の始点と終点との間の距離を、欠陥の長さデータとして算出する。制御部 5 1 は、欠陥データに基づく情報を、外観画像データに基づく外観画像と共に表示部 5 2 に表示させる。

【 0 1 3 5 】

一例として、検出するひびや窪みの幅は、特に限定されないが、一例として、0.2 m 以上であり、また、0.1 mm 以上である。

一例として、欠陥 8 1 の検出は、測量機 1 が行ってもよい。

【 0 1 3 6 】

ステップ S 4 4 において、制御部 5 1 は、検出した欠陥に対して強調表示処理を行う。図 3 2 (b) に示すように、一例として、強調表示処理は、検出された欠陥に対して、周辺の色とは異なる色や線種の異なるライン 8 1 a を重畳する。一例として、ステップ S 4 4 は、省略してもよい。

10

【 0 1 3 7 】

ステップ S 4 5 において、制御部 5 1 は、検出した欠陥の幅データを算出する。一例として、欠陥 8 1 の検出のみを目的とする場合、ステップ S 4 4 や以降の処理を省略してもよい。

【 0 1 3 8 】

ステップ S 4 6 において、制御部 5 1 は、欠陥のひびが折れ曲がる場所や幅が変化する場所を変化点 8 2 として検出する。制御部 5 1 は、隣接する変化点 8 2 の間のセグメント 8 3 を一単位として取り扱う。制御部 5 1 は、欠陥関連データとしての各セグメント 8 3 の始点と終点の画素に対応したグローバル座標データを特定する。制御部 5 1 は、各セグメント 8 3 の始点と終点との間の距離を、セグメント 8 3 の長さデータとして算出する。また、制御部 5 1 は、各セグメント 8 3 の幅データを算出する。図 3 2 (c) に示すように、一例として、制御部 5 1 は、セグメント 8 3 ごとに、異なる強調表示処理を行う。一例として、制御部 5 1 は、同じ幅を有したセグメント 8 3 ごとに異なる強調表示処理を行う。一例として、強調表示処理は、セグメント 8 3 に対して、周辺の色とは異なる色や線種の異なるライン 8 3 a を重畳する。

20

【 0 1 3 9 】

ステップ S 4 7 において、制御部 5 1 は、欠陥に関する欠陥データを格納するデータファイルを作成し、記憶部 5 4 のフォルダに保存する。

30

図 3 3 及び図 3 4 は、欠陥検出装置 5 0 の表示部 5 2 に表示された検査画面の一例を示す。図 3 3 に示すように、表示部 5 2 には、検査画面として、外観画像表示オブジェクト 8 6 と、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 と、一覧表示オブジェクト 8 8 とが表示される。

【 0 1 4 0 】

外観画像表示オブジェクト 8 6 は、測量機 1 が直近に撮像した外観画像データに基づく外観画像を表示する。外観画像表示オブジェクト 8 6 は、撮像された順番に、外観画像データに基づく外観画像が表示される。

【 0 1 4 1 】

図 3 4 に示すように、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 は、外観画像表示オブジェクト 8 6 に表示される次の外観画像データが欠陥検出装置 5 0 に入力されると、これまで外観画像表示オブジェクト 8 6 に表示されていた外観画像が移動される。一例として、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 は、撮像の順番に従って、隣接する外観画像が順次表示される。一例として、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 は、縦と横のスクロールバー 8 5 を表示する。多数の外観画像データに基づく外観画像が表示された場合、制御部 5 1 は、操作部 3 6 でスクロールバー 8 5 の操作することによって、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 を縦横にスクロールする。ユーザは、所望の外観画像を見ることができる。一例として、制御部 5 1 は、スティッチ画像表示オブジェクト 8 7 に新たに組み込まれた外観画像が表示されるように自動的にスクロールする。一例として、制御部 5 1 は、ス

40

50

ティッチ画像表示オブジェクト 87 に、全撮像枚数中何枚目までが表示されたかを示す進捗状況を表示する。

【0142】

一例として、測量機で順次撮像して生成された第 1 外観画像データと第 2 外観画像データは、ステッチング処理が施されていない場合、オルソ補正処理が施された第 1 外観画像データに基づく第 1 外観画像が外観画像表示オブジェクト 86 に表示される。制御部 51 は、第 1 外観画像データと第 2 外観画像データとのステッチング処理が施された場合、ステッチング処理済み外観画像データに基づくステッチング処理済み外観画像をステッチ画像表示オブジェクト 87 に表示する。

【0143】

一例として、測量機で順次撮像して生成された第 1 外観画像データと第 2 外観画像データは、ステッチング処理が施されていない場合、オルソ補正処理が施された第 1 外観画像データに基づく第 1 外観画像が外観画像表示オブジェクト 86 に表示される。これと共に、第 1 外観画像データに関する第 1 欠陥データに基づく第 1 欠陥情報がを一覧表示オブジェクト 88 に表示される。制御部 51 は、第 1 外観画像データと第 2 外観画像データとのステッチング処理が施された場合、ステッチング処理済み外観画像データに基づくステッチング処理済み外観画像をステッチ画像表示オブジェクト 87 に表示する。加えて、制御部 51 は、第 1 外観画像データに関する第 1 欠陥データに基づく前記第 1 欠陥情報と、第 2 外観画像データに関する第 2 欠陥データに基づく第 2 欠陥情報とを一覧表示オブジェクト 88 に表示する。

【0144】

一例として、ステッチ画像表示オブジェクト 87 に外観画像データが移動される時には、既に、欠陥の検出処理が終了し、オルソ化処理が完了している。欠陥 81 やセグメント 83 に対する強調表示処理は、外観画像表示オブジェクト 86 に表示されているとき行ってもよいし、ステッチ画像表示オブジェクト 87 に表示されてから行ってもよい。

【0145】

一覧表示オブジェクト 88 は、検出した欠陥 81 のセグメント 83 ごとに、識別データとなる番号を振り、欠陥データとなる始点座標データの X 座標データと、始点座標データの Y 座標データと、始点座標データの Z 座標データと、終点座標データの X 座標データと、終点座標データの Y 座標データと、終点座標データの Z 座標データとを表示する。また、一覧表示オブジェクト 88 は、検出した欠陥 81 のセグメント 83 ごとに、セグメント 83 の幅データと長さデータを表示する。

【0146】

外観画像表示オブジェクト 86、及び、ステッチ画像表示オブジェクト 87 において、1つのセグメント 83 が操作部 53 によって選択されたとき、制御部 51 は、強調表示処理として、選択されたセグメント 83 を四角形状等の選択枠 89 で包囲する。また、制御部 51 は、一覧表示オブジェクト 88 において、選択されたセグメント 83 のデータに対して網掛け表示等の強調表示を行う。一覧表示オブジェクト 88 において、1つ又は複数のセグメント 83 が操作部 53 によって選択されたとき、制御部 51 は、選択されたセグメント 83 を四角形状の選択枠 89 で包囲する。一例として、選択枠 89 は、円形や三角形等である。一例として、選択枠 89 の形状は、セグメント 83 の長さや形状に応じて適宜変更される。一例として、制御部 51 は、連続する同じ幅のセグメント 83 を選択枠 89 で包囲する。

【0147】

図 35 は、連続する複数のセグメント 83 を選択した状態の検査画面を示す図である。一例として、制御部 51 は、連続する複数のセグメント 83 が選択されたとき、選択されたセグメント 83 ごとに選択枠 89 で包囲するとともに、一覧表示オブジェクト 88 において、選択されたセグメント 83 のデータに対して網掛け表示等の強調表示を行う。一例として、制御部 51 は、欠陥データとして、欠陥 81 の連続性を各セグメント 83 の始点座標データと終点座標データに基づいて自動検出する。一例として、始点となるセグメン

10

20

30

40

50

ト 8 3 と終点となるセグメント 8 3 が選択されると、最初のセグメント 8 3 の始点と最後のセグメント 8 3 の終点のセグメントの間における連続するセグメント 8 3 を検出し選択する。

【 0 1 4 8 】

一例として、制御部 5 1 は、さらに、選択された複数のセグメント 8 3 で構成された欠陥 8 1 の始点座標データ、終点座標データ、長さデータ、幅データの最大値や最小値や平均値等を算出し表示する。一例として、制御部 5 1 は、選択したセグメント 8 3 の割合を表示する。例えば、制御部 5 1 は、ひび幅が 0 . 1 mm ~ 0 . 2 mm は X %、0 . 2 mm ~ 0 . 3 mm は Y % と表示する。一例として、複数のセグメント 8 3 が選択された後にも、新たなセグメント 8 3 を選択することができる。

10

【 0 1 4 9 】

図 3 6 は、非連続なセグメント 8 3 を選択した状態の検査画面を示す図である。一例として、制御部 5 1 は、欠陥データとして、選択されたセグメント 8 3 の数、選択したセグメント 8 3 の長さの合計、選択したセグメント 8 3 の幅データの平均値、選択したセグメント 8 3 の幅データの最大値、選択したセグメント 8 3 の幅データの最小値等を表示する。一例として、制御部 5 1 は、選択されたセグメント 8 3 の幅データの割合を表示する。例えば、制御部 5 1 は、ひびの幅データが 0 . 1 mm ~ 0 . 2 mm は X %、0 . 2 mm ~ 0 . 3 mm は Y % と表示する。

【 0 1 5 0 】

〔 オルソ補正処理 (ステップ S 3 7) 〕

20

図 3 7 はオルソ補正処理を示す図であり、(a) は、オルソ補正前を示し、(b) は、オルソ補正処理 (正射投影補正処理) 後を示す。

【 0 1 5 1 】

図 3 7 (a) に示すように、測定面 6 1 と測量機 1 とは正対していない場合には、各外観画像データに基づく外観画像 9 1 a には歪みが発生する。撮像された各外観画像データは、各画素をグローバル座標で特定することができる。制御部 5 1 は、各画素をグローバル座標データを用いて外観画像データを測定面 6 1 に投影したオルソ化処理を行う。一例として、制御部 5 1 は、各外観画像データの四隅のグローバル座標データを算出する。制御部 5 1 は、4 隅の画素のグローバル座標データに基づいて測定面 6 1 に投影したオルソ補正を行う。オルソ補正処理の際には、記憶部 5 4 に格納されている第 1 撮像部 1 1 の第 1 撮像素子や第 1 光学系の傾斜に関する傾斜データも考慮に入れる。これにより、オルソ化処理がされた外観画像 9 1 b は、全体が測量機 1 と正対した状態で撮像された画像と同じとなる。制御部 5 1 は、検出した欠陥 8 1 に対してもオルソ補正処理を行う。

30

【 0 1 5 2 】

一例として、オルソ補正処理を行うと外観画像が若干劣化するため、オルソ補正処理は、ひび検出・測定後に行う。制御部 5 1 は、オルソ補正処理が施されていない外観画像データから欠陥を検出する。一例として、幅検出・測定の前にオルソ補正処理を行ってもよい。

【 0 1 5 3 】

〔 スティック処理部 (ステップ S 3 8) 〕

40

オルソ化処理が施された各外観画像データにあっても、各画素について、グローバル座標データを有する。

【 0 1 5 4 】

一例として、互いに隣接する外観画像データを繋ぎ合わせる場合、制御部 5 1 は、互いに隣接する外観画像データの同じ座標値の画素が重なるように繋ぎ合わせる。

一例として、制御部 5 1 は、互いに隣接する外観画像データを繋ぎあわせなくても、座標上に、各外観画像データのグローバル座標データに基づいて、その外観画像データを当てはめる。この場合、制御部 5 1 は、各外観画像データの中心のグローバル座標データは任意の画素のグローバル座標データ等、複数の画素のグローバル座標データを用いて、座標上に、外観画像データを当てはめる。

50

【 0 1 5 5 】

一例として、隣接する外観画像データは、重複部分を有する。重複部分は、同じグローバル座標データが与えられている。スティッチング処理部する際、制御部 5 1 は、グローバル座標データで特定される何れか一方の外観画像データの重複部分を削除する。

【 0 1 5 6 】

図 3 8 は、4 枚の外観画像データに基づく外観画像 9 2 a ~ 9 2 d のスティッチング処理部を施した全体外観画像 9 2 を示す図である。制御部 5 1 は、測定範囲 6 2 を撮像した個々の外観画像データを繋ぎ合わせ、測定範囲 6 2 の全体外観画像データに基づく全体外観画像 9 2 を構成する。

【 0 1 5 7 】

一例として、制御部 5 1 は、第 1 外観画像データに対応づけられた第 1 座標データと第 2 外観画像データに対応づけられた第 2 座標データとを用いて、オルソ補正処理が施された第 1 外観画像データとオルソ補正処理が施された第 2 外観画像データとをつなぎ合わせるスティッチング処理を施す。

【 0 1 5 8 】

〔保存(ステップ S 4 7)〕

記憶部 5 4 のフォルダには、撮像した複数の外観画像データが保存される。フォルダには、各外観画像データを関連付けて、位置データとしての各外観画像データを構成する画素のグローバル座標データも保存される。外観画像データは、例えば、J P E G 形式やビットマップ形式で保存され、座標データは、テキストファイルで保存される。また、外観画像データと座標データとは、E X I F 形式で保存される。外観画像データの保存形式は、J P E G 形式以外のデータであってもよい。

【 0 1 5 9 】

制御部 5 1 は、記憶部 5 4 のフォルダに、実際に撮像された外観画像データ等を保存する。制御部 5 1 は、記憶部 5 4 のフォルダに、オルソ化処理された外観画像データ、オルソ化処理された外観画像データをスティッチング処理部した全体外観画像データ等を保存する。制御部 5 1 は、記憶部 5 4 のフォルダに、オルソ化処理前の外観画像データをスティッチング処理部した全体外観画像データ、欠陥に対して強調表示処理が施された外観画像データ、欠陥データ等を保存する。

【 0 1 6 0 】

制御部 5 1 は、保存された外観画像データに対して、測量機 1 やソフトウェアの性能向上等が行われた後に改めて測定することが可能となる。

欠陥検出装置 5 0 は、グローバル座標系で作成された地図データに基づく地図画像上に、欠陥 8 1 を表示することができる。一例として、制御部 5 1 は、地図サーバ装置 5 6 から地図データを受信し、表示部 5 2 に、地図データに基づく構造物の画像を表示させる。図 3 9 に示すように、一例として、構造物は橋脚 9 8 である。橋脚 9 8 の欠陥 8 1 を検査している場合、制御部 5 1 は、橋脚 9 8 に対して、フォルダに保存されている外観画像データに含まれる欠陥 8 1 を重ねて表示する。一例として、地図データ上の橋脚 9 8 を操作部 5 3 で指定したとき、制御部 5 1 は、欠陥 8 1 の欠陥データに基づいて、橋脚 9 8 に重畳して欠陥 8 1 を表示する。また、欠陥 8 1 は、グローバル座標に従った設計データにも重畳して表示することができる。

【 0 1 6 1 】

以上のような欠陥検出装置 5 0 によれば、以下に列挙する効果が得られる。

(1) 欠陥検出装置 5 0 には、測量機 1 で撮像された外観画像データと、入力される外観画像データの位置データとしてのグローバル座標データが入力される。したがって、外観画像データに含まれる欠陥 8 1 の欠陥データとしてのグローバル座標データも算出することができる。欠陥データは、測量機 1 が測定した観測データに従ったものであるから、正確なものとなる。

【 0 1 6 2 】

(2) 外観画像データに基づく外観画像は、欠陥検出装置 5 0 の表示部 5 2 に表示され

10

20

30

40

50

る。表示部 5 2 は、測量機 1 の第 1 表示部 1 8 及び第 2 表示部 1 9 より大画面であり、外観画像を目視しやすく、欠陥 8 1 の状態も確認しやすい。

【 0 1 6 3 】

(3) 表示部 5 2 には、外観画像とともに欠陥 8 1 の欠陥データも表示される。ユーザは、欠陥データを、実際の欠陥 8 1 を目視しながら確認することができる。

(4) 欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 で測定面 6 1 における測定範囲 6 2 が撮像されるごとに表示部 5 2 に外観画像データに基づく外観画像を表示する。ユーザは、撮像時に、リアルタイムに外観画像を確認することができる。

【 0 1 6 4 】

(5) 表示部 5 2 に表示される欠陥 8 1 は、強調表示処理がされるので視認性が向上される。 10

(6) 欠陥データとしては、欠陥 8 1 の長さデータと幅データとが表示されるので、欠陥 8 1 を目視しながら欠陥 8 1 の具体的な長さや幅を数値で把握することができる。

【 0 1 6 5 】

(7) 欠陥 8 1 は、セグメント 8 3 の単位で長さデータと幅データの確認を数値で把握することができる。

(8) 欠陥 8 1 は、セグメント 8 3 の単位で強調表示処理が施されるので、セグメント 8 3 の単位で欠陥 8 1 を把握される。

【 0 1 6 6 】

(9) 外観画像は、オルソ化処理が施されることで、全体が測量機 1 と正対した状態で撮像された画像と同じとなる。 20

(1 0) オルソ化処理に際しては、記憶部 5 4 に格納されている第 1 撮像部 1 1 (第 1 撮像素子) や本体部 6 の傾斜に関する傾斜データも考慮に入れる。これにより、外観画像 9 1 b は、正確なオルソ化処理が施される。

【 0 1 6 7 】

(1 1) オルソ化処理が施されると、外観画像データは、若干劣化する。欠陥 8 1 の検出は、オルソ化処理前に行うことで、欠陥 8 1 が正確に検出される。

(1 2) 測定範囲 6 2 を撮像した複数の外観画像データは、ステッチング処理部が施されることで、測定範囲 6 2 の全体を 1 枚の外観画像として目視することができる。

【 0 1 6 8 】

(1 3) 外観画像データの位置データは、外観画像データの各画素にグローバル座標データが対応していることから、正確な位置データとなる。欠陥データもまた、グローバル座標データが対応していることから、正確な位置データとなる。 30

【 0 1 6 9 】

(1 4) 位置データや欠陥データは、グローバル座標データであることから、汎用性が高い。

(1 5) 欠陥 8 1 は、グローバル座標系で作成された地図データに重畳表示することができる。

【 0 1 7 0 】

(1 6) 測量機 1 は、第 2 撮像部 1 2 で視準された測点を測距及び測角し、正確な位置データを算出することができる。 40

(1 7) 第 1 撮像部 1 1 と第 2 撮像部 1 2 とで機能と用途を分けることで、第 1 撮像部 1 1 では高精細な外観画像データを望遠で撮像することができる。第 2 撮像部 1 2 は、広角であることから視準を容易に行うことができる。

【 0 1 7 1 】

(1 8) 測量機 1 は、測定を行う測定面 6 1 となる壁面の任意の少なくとも 2 点について測角及び測距を行い、任意の 2 点を含む面を測定面 6 1 として定義する。これにより、測量機 1 は、測定面 6 1 の何れの点も、グローバル座標で特定することができる。

【 0 1 7 2 】

(1 9) 測定面 6 1 が鉛直面、斜面、曲面である場合は、概ね、鉛直角が鉛直角が 4 5 50

°以上、135°以下、又は、225°以上、315°以下の範囲で撮像部7が水平軸O2周りに回転駆動されることで、外観画像データを撮像することができる。

【0173】

(20)天井面の場合は、鉛直角が0°以上、45°以下、又は、315°以上、360°以下の範囲で撮像部7が水平軸O2周りに回転駆動されることで、外観画像データを撮像することができる。

【0174】

(21)測定範囲62の外縁を含む領域を撮像するとき、外縁からはみ出す領域が縮小するように第1撮像部11の前記第1画角を制御し、前記第1撮像部11で撮像する。これにより、全撮像範囲71のデータサイズが小さくなる。

10

【0175】

(22)測定範囲62の外縁を含む領域を撮像するとき、外縁からはみ出す領域が縮小するように水平角駆動部15及び鉛直角駆動部17を制御して第1撮像部11を回転する。これにより、撮像する測量機1は、全撮像範囲71における撮像枚数を減らすことができる。

【0176】

(23)測定面61が鉛直面、斜面、曲面等である場合において、鉛直角が0°から180°の範囲において鉛直角が90°から離れるほど、又は、鉛直角が180°から360°の範囲において鉛直角が270°から離れるほど、第1撮像部11は、鉛直軸周りに回転量が大きくなるように水平角駆動部15が制御される。これにより、隣接する撮像領域の重複部分が少なくなり、撮像枚数を減らすことができる。

20

【0177】

(24)第1画角内において、フォーカス深度を外れる領域を第1画角の縁部に含む場合、フォーカス深度を外れる領域を含まないように、第1画角を縮小して第1撮像部11で撮像し、フォーカス深度を外れる領域にフォーカスが合うように、水平角駆動部15及び鉛直角駆動部17を制御して第1撮像部11を回転し、第1撮像部11で撮像する。これにより、デフォーカスの状態で、外観画像が撮像されることが抑制され、正確に、欠陥81も検出することができる。

【0178】

(25)第1画角内において、フォーカス深度を外れる領域を第1画角の縁部に含む場合、第1撮像部11を回転させることなく、フォーカス深度を外れる領域にフォーカスを合わせ前記第1撮像部11で撮像する。これにより、デフォーカスの状態で、外観画像が撮像されることが抑制され、正確に、欠陥81も検出することができる。

30

【0179】

(26)外観画像は、望遠カメラである第1撮像部11で撮像されることから、微小なひびであっても検出することができる。

なお、上記欠陥検出装置50は、以下のように変更してもよい。

【0180】

・測量機1は、第1画角内において、フォーカス深度を外れる領域を第1画角の縁部に含む場合であっても、第1画角内にフォーカス深度を外れる領域を含まないようにする処理を行わなくてもよい。フォーカス深度を外れる領域は、隣接する撮像領域を撮像するときに、フォーカスが合った状態で撮像されていればよい。

40

【0181】

・鉛直角が0°から180°の範囲、又は、鉛直角が180°から360°の範囲を撮像するときにも、水平角駆動部15を駆動する制御を行わなくてもよい。

・測定範囲62の外縁を含む領域を撮像するとき、隣接する外観画像データとの重複部分70が多くなることを許容するのであれば、測量機1は、第1画角を縮小する制御や、撮像領域72をずらす制御を行わなくてもよい。

【0182】

・第1撮像部11が鉛直角が0°以上、45°以下、又は、315°以上、360°以

50

下の測定範囲 6 2 を撮像する場合にあって、第 1 撮像部 1 1 が天頂を中心に同心円状、又は、天頂を通る放射方向に回転するように水平角駆動部 1 5 及び鉛直角駆動部 1 7 を制御する際に、撮像の順番は、特に限定されるものではない。

【 0 1 8 3 】

・第 1 撮像部 1 1 が鉛直角が 45° 以上、 135° 以下、又は、 225° 以上、 315° 以下の前記測定範囲 6 2 を撮像する場合において、撮像の順番は、特に限定されるものではない。

【 0 1 8 4 】

・測定面 6 1 の定義や測定範囲 6 2 の定義は 3 点以上指定して行ってもよい。
 ・測定面 6 1 を定義する際に指定する 2 点で、測定範囲 6 2 も定義するようにしてもよい。

10

【 0 1 8 5 】

・欠陥検出装置 5 0 は、測量機 1 を備えていてもよい。また、測量機 1 が欠陥検出装置 5 0 としても機能してもよい。
 ・一例として、位置データ、及び、欠陥データは、グローバル座標系の代わりにローカル座標系に従った座標データであってもよい。

【 0 1 8 6 】

・位置データや欠陥データは、測量機 1 の G N S S で算出したデータであってもよい。
 ・位置データは、測量機 1 から入力された外観画像データの観測点の角度 (H A , V A) を含む観測データであってもよいし、観測点の画素に対応付いた座標データであってもよい。

20

【 0 1 8 7 】

・欠陥 8 1 の欠陥データは、グローバル座標データとすることで、グローバル座標に従った地図データや設計データ以外のデータにも、組み合わせて使用することができる。また、欠陥 8 1 の欠陥データは、グローバル座標系に対応した様々なソフトウェアで使用することができる。

【 0 1 8 8 】

・ステッチング処理部の方法は、特に限定されるものではない。
 ・オルソ補正処理は、欠陥 8 1 の検出処理の後ではなく前に行ってもよい。
 ・オルソ補正処理は、第 1 撮像部 1 1 の第 1 撮像素子や第 1 光学系の傾斜に関する傾斜データを考慮しなくてもよい。

30

【 0 1 8 9 】

・オルソ補正処理は、互いに隣接す画像の共通する一部分を繋ぎ合わせるようにして行ってもよい。
 ・欠陥 8 1 やセグメント 8 3 は、外観画像データから検出し、外観画像データから欠陥データを生成できるのであれば、どのような形態で表示されてもよい。例えば、欠陥 8 1 やセグメント 8 3 は、強調表示処理を行わなくてもよい。

【 0 1 9 0 】

・欠陥 8 1 は、変化点によって、セグメント 8 3 にまで分解しなくてもよい。
 ・欠陥データは、少なくとも、欠陥 8 1 の始点及び終点の位置データを含んで入れればよい。

40

【 0 1 9 1 】

・欠陥検出装置 5 0 の表示部 5 2 に表示される外観画像の表示順序は、撮像順に限定されるものではない。
 ・欠陥検出装置 5 0 の表示部 5 2 には、外観画像と欠陥データとが同じ画面に表示されなくてもよい。

【 0 1 9 2 】

・外観画像と欠陥データは、同じウィンドウに表示されてもよいし、異なるウィンドウに表示されてもよい。
 ・一例として、測量機 1 は、撮像した各外観画像データの位置データとして、測定面 6

50

1の定義に従って全ての画素のグローバル座標データを算出し、欠陥検出装置50に出力する。この場合、欠陥検出装置50は、検出した欠陥81の位置を示す欠陥データを全ての画素に対応付いたグローバル座標データで特定する。

【0193】

・一例として、測量機1は、撮像した各外観画像データの位置データとして、各外観画像データの予め定められた所定位置、例えばレチクルが示す中心のグローバル座標データを算出し、欠陥検出装置50に出力する。この場合、グローバル座標データが算出されていない画素については、欠陥検出装置50が測定面61の定義に従って観測点Oからの角度を変換することによって算出する。そして、欠陥検出装置50は、検出した欠陥81の位置を示す欠陥データを、全ての画素に対応付いたグローバル座標データで特定する。

10

【0194】

・一例として、測量機1は、撮像した各外観画像データの位置データとして、各外観画像データの例えばレチクルが示す中心の観測点Oの角度(HA, VA)を含む観測データを欠陥検出装置50に出力する。この場合、欠陥検出装置50が測定面61の定義に従って外観画像データの各画素のグローバル座標データを観測点Oからの角度を変換することによって算出する。そして、欠陥検出装置50は、検出した欠陥81の位置を示す欠陥データを、全ての画素に対応付いたグローバル座標データで特定する。

【0195】

・欠陥81の検出は、欠陥検出装置50が行ってもよいし、測量機1が行ってもよい。
 ・欠陥としては、壁面のひびの他、道路、滑走路等のひびや窪みであってもよい。また、橋げた等の構造物の一部である鉄骨が劣化して形成されたひび等であってもよい。欠陥としては、撮像装置でコントラストによって検出可能なものであれば、ひびや窪みに限定されるものではない。

20

【符号の説明】

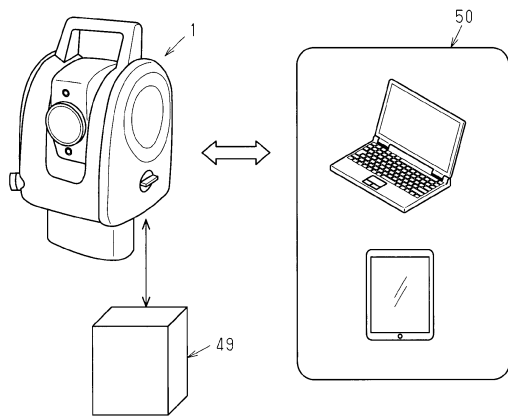
【0196】

1...測量機、2...整準部、3...底板、4...上板、5...整準ねじ、6...本体部、7...撮像部、8...第1対物レンズ、9...第2対物レンズ、10...第3対物レンズ、11...第1撮像部、11a...オートフォーカス部、12...第2撮像部、13...測距部、14...第3撮像部、15...水平角駆動部、17...鉛直角駆動部、18...第1表示部、19...第2表示部、20...通信部、21...水平角操作部用エンコーダ、22...鉛直角操作部用エンコーダ、23...水平角操作部、24...鉛直角操作部、25...把持部、31...水平角測角部、32...鉛直角測角部、33...画像処理部、34...一時記憶部、35...記憶部、36...操作部、37...傾き検出部、40...制御部、49...外部電源、50...欠陥検出装置、51...制御部、51a...CPU、51b...ROM、51c...RAM、51d...欠陥検出プログラム、52...表示部、53...操作部、54...記憶部、55...通信部、60...壁面、61...測定面、61a...平面、61b...近似する平面、62...測定範囲、62a...測定範囲、63...撮像範囲、64...グローバル座標、65...長方形、66...長方形、66a...一部観測できない領域、66b...不要な領域、67...長方形、67a...長方形、68...長方形、68a...三角形、69...長方形以外の形状、70...重複部分、71...全撮像範囲、72...撮像領域、72a~72c...撮像領域、73...除外領域、74...ルート、75...拡張する領域、76...外縁からはみ出す領域、77a...水平角相当範囲、77b...鉛直角相当範囲、81...欠陥、81a...ライン、82...変化点、83...セグメント、83a...ライン、85...スクロールバー、86...外観画像表示オブジェクト、87...ステイッチ画像表示オブジェクト、88...一覧表示オブジェクト、89...選択枠、91a...外観画像、91b...外観画像、92...全体外観画像、92a...外観画像、92b...外観画像、92c...外観画像、92d...外観画像、98...橋脚。

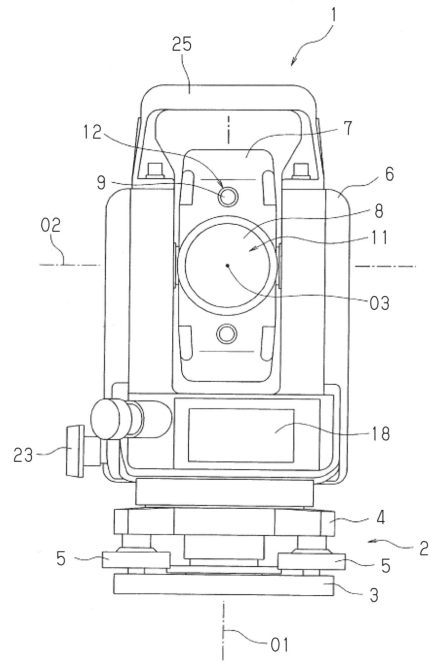
30

40

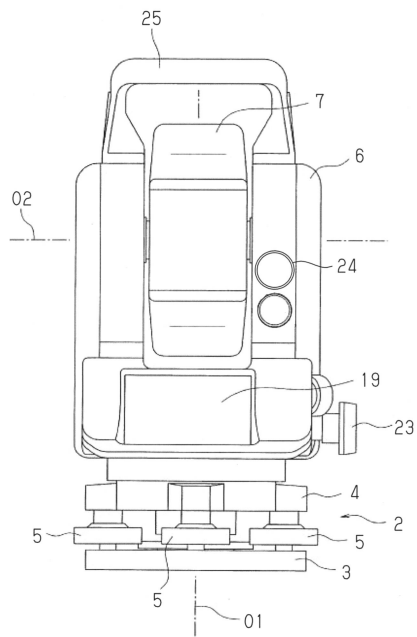
【図1】



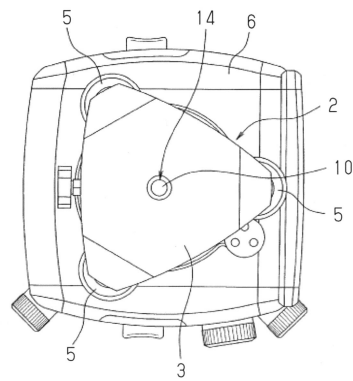
【図2】



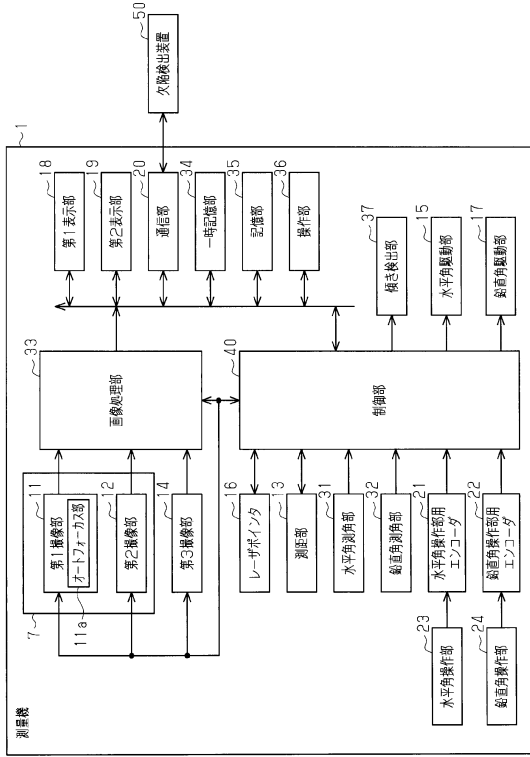
【図3】



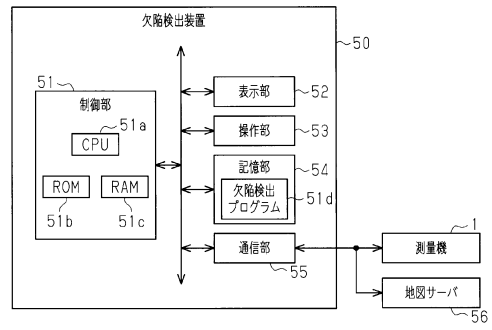
【図4】



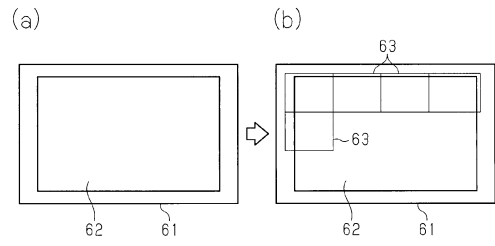
【図5】



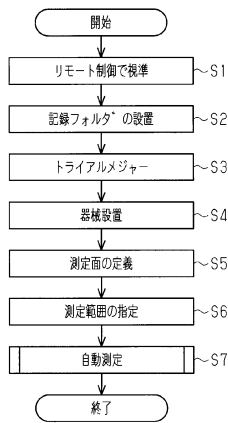
【図6】



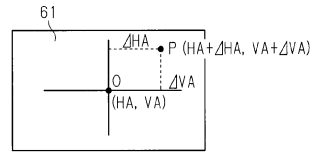
【図7】



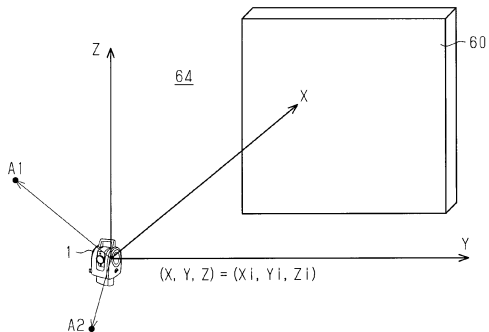
【図8】



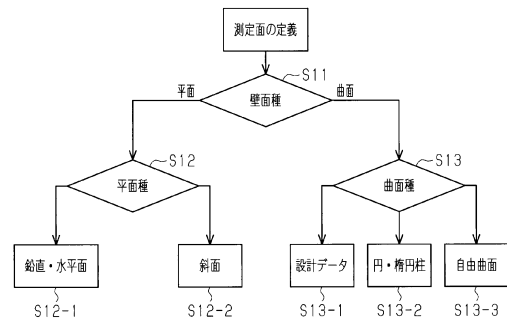
【図10】



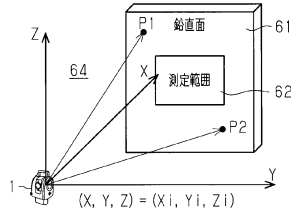
【図9】



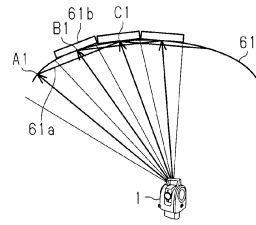
【図11】



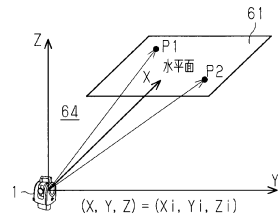
【図12】



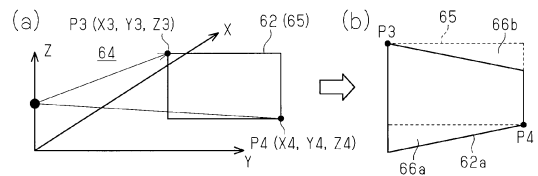
【図15】



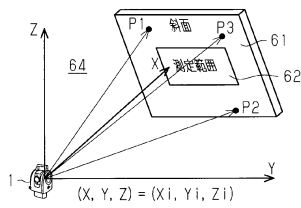
【図13】



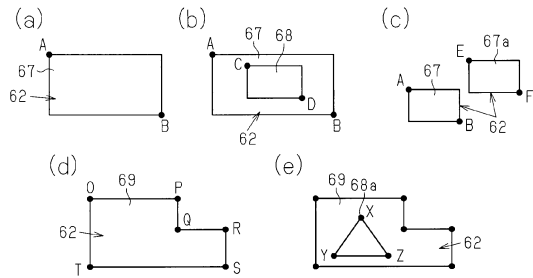
【図16】



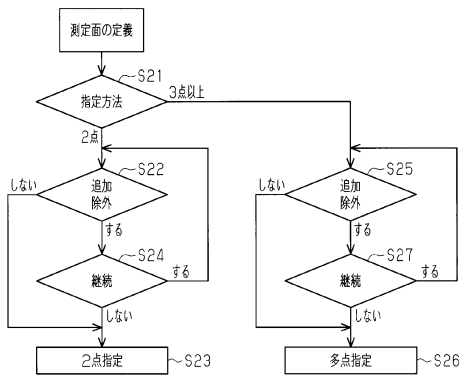
【図14】



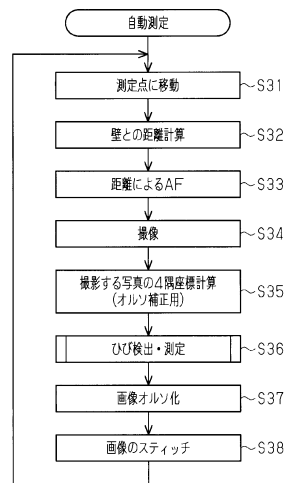
【図17】



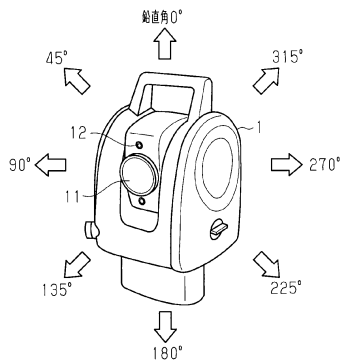
【図18】



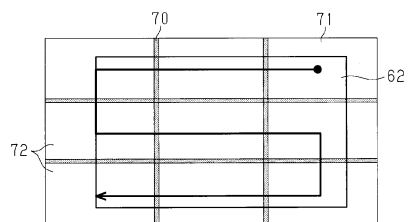
【図20】



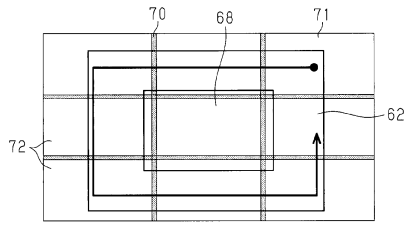
【図19】



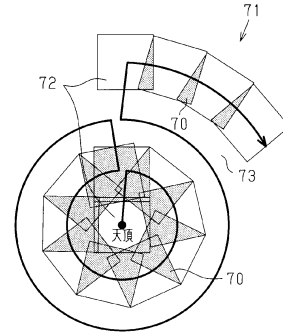
【図21】



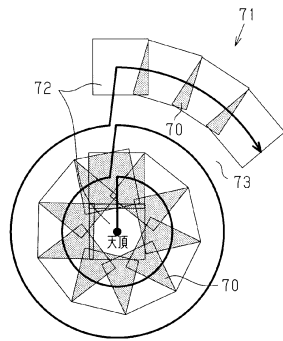
【図22】



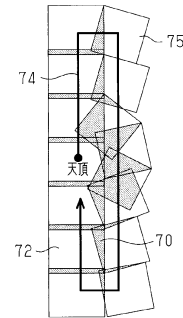
【図24】



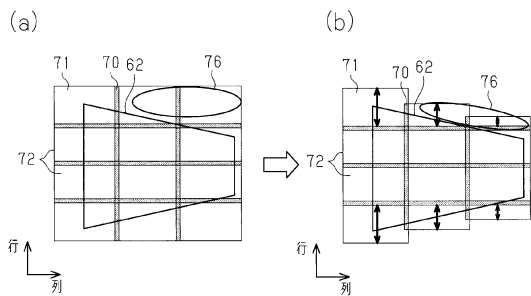
【図23】



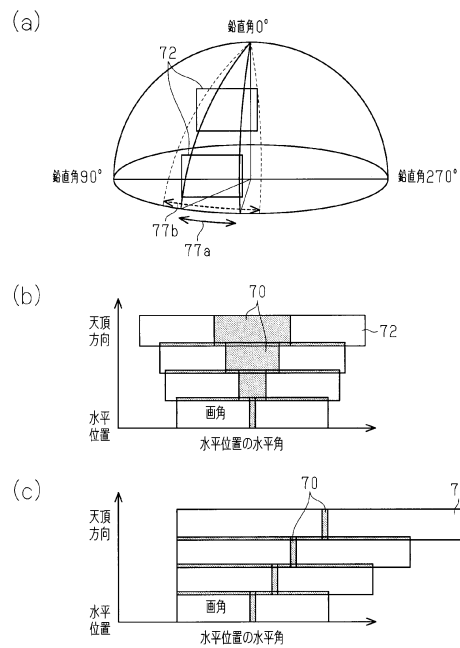
【図25】



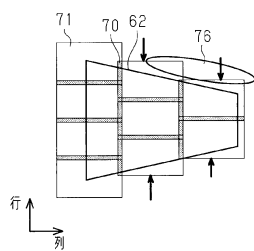
【図26】



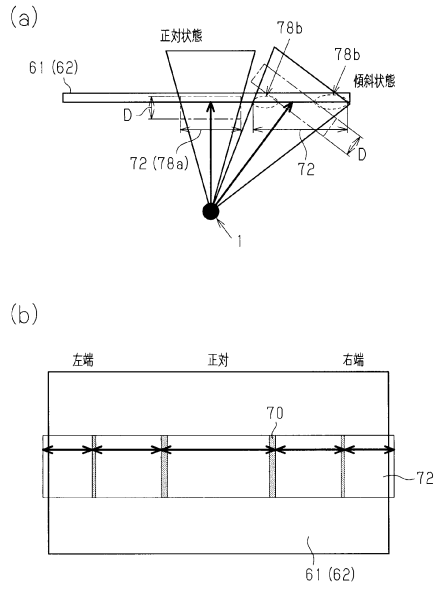
【図28】



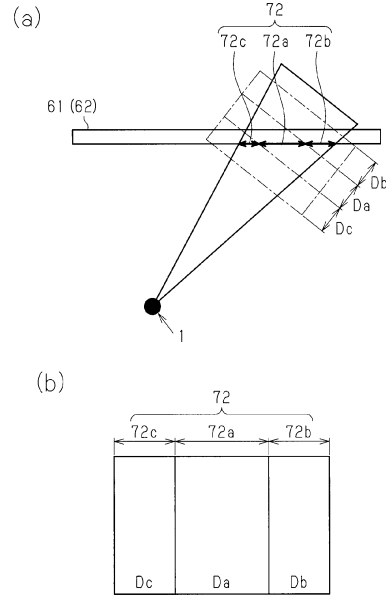
【図27】



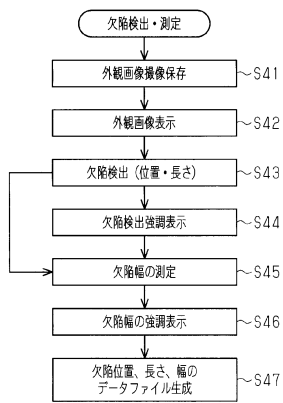
【図 29】



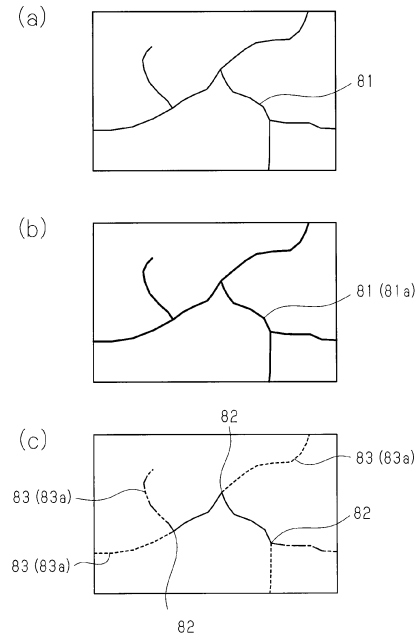
【図 30】



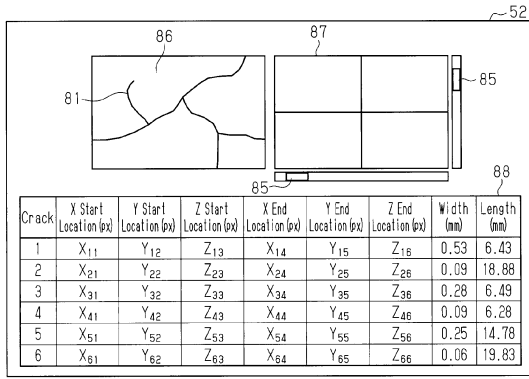
【図 31】



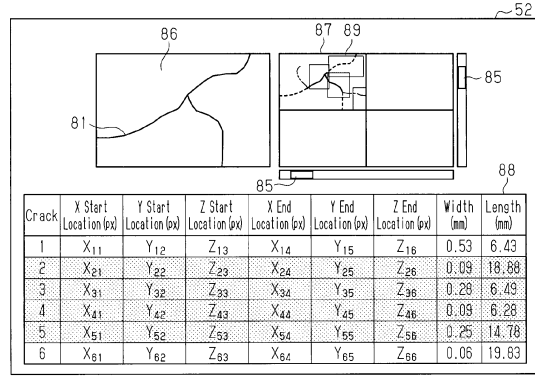
【図 32】



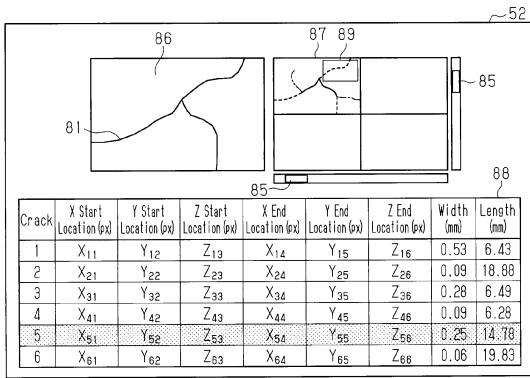
【図 33】



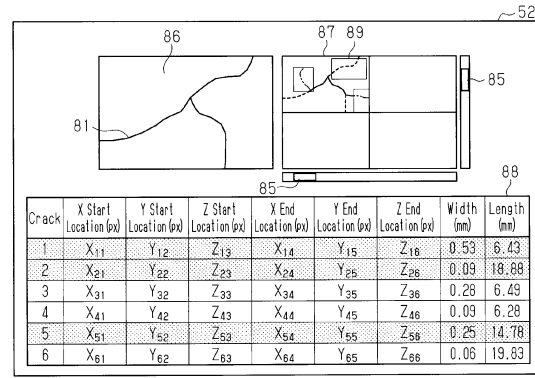
【図 35】



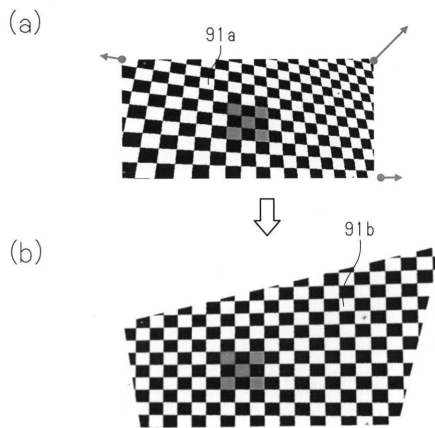
【図 34】



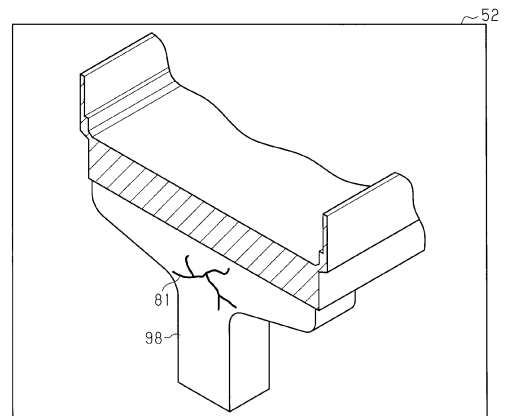
【図 36】



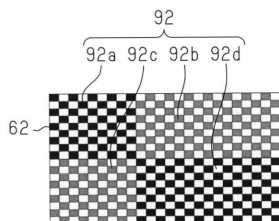
【図 37】



【図 39】



【図 38】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
G 0 1 N	21/88	(2006.01)	G 0 1 N	21/88	J
G 0 3 B	15/00	(2006.01)	G 0 3 B	15/00	T
G 0 6 T	1/00	(2006.01)	G 0 3 B	15/00	W
			G 0 6 T	1/00	3 0 0

(56)参考文献 特開2009-053126(JP,A)
 特開2004-145680(JP,A)
 特開2010-038901(JP,A)
 特開2014-021672(JP,A)
 特開2011-237713(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 1 B 1 1 / 0 0 - 1 1 / 3 0
 G 0 1 C 1 / 0 0 - 1 / 1 4
 G 0 1 C 5 / 0 0 - 1 1 / 3 4
 G 0 1 C 1 3 / 0 0 - 1 5 / 1 4
 G 0 1 N 2 1 / 8 4 - 2 1 / 9 5 8
 G 0 3 B 1 5 / 0 0 - 1 5 / 0 3 5
 G 0 3 B 1 5 / 0 6 - 1 5 / 1 6
 G 0 6 T 1 / 0 0
 SPIE Digital Library