

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7300948号
(P7300948)

(45)発行日 令和5年6月30日(2023.6.30)

(24)登録日 令和5年6月22日(2023.6.22)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 C 15/00 (2006.01) G 0 1 C 15/00 1 0 3 A
G 0 1 C 11/06 (2006.01) G 0 1 C 11/06

請求項の数 3 (全18頁)

(21)出願番号	特願2019-172699(P2019-172699)	(73)特許権者	000220343 株式会社トブコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号
(22)出願日	令和1年9月24日(2019.9.24)	(74)代理人	100096884 弁理士 未成 幹生
(65)公開番号	特開2020-52046(P2020-52046A)	(72)発明者	佐々木 大輔 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会 社トブコン内
(43)公開日	令和2年4月2日(2020.4.2)	(72)発明者	古明地 隆浩 東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会 社トブコン内
審査請求日	令和4年8月24日(2022.8.24)	審査官	國田 正久
(31)優先権主張番号	特願2018-178656(P2018-178656)		
(32)優先日	平成30年9月25日(2018.9.25)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 測量データ処理装置、測量データ処理方法、測量データ処理用プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の視点から得た第1のパノラマ画像の画像データおよび第2の視点から得た第2のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付部と、

前記第1のパノラマ画像を得るための第1の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第1のレーザースキャナにより取得した第1の点群データ、および前記第2のパノラマ画像を得るための第2の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第2のレーザースキャナにより取得した第2の点群データを受け付ける点群データ受付部と、

前記第1のパノラマ画像および前記第2のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付部と、

前記共通の部分に対応する前記第1の点群データと前記共通の部分に対応する前記第2の点群データに基づき、前記第1の点群データと前記第2の点群データの対応関係を特定する対応関係特定部と、

前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像を2分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御部と

を備え、

前記画像表示における前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像のそれぞれには、前記第1のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第1のレーザースキャナの方位と、前記第2のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第

10

20

2のレーザースキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理装置。

【請求項2】

第1の視点から得た第1のパノラマ画像の画像データおよび第2の視点から得た第2のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付ステップと、

前記第1のパノラマ画像を得るための第1の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第1のレーザースキャナにより取得した第1の点群データ、および前記第2のパノラマ画像を得るための第2の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第2のレーザースキャナにより取得した第2の点群データを受け付ける点群データ受付ステップと、

前記第1のパノラマ画像および前記第2のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付ステップと、

前記共通部分に対応する前記第1の点群データと前記共通部分に対応する前記第2の点群データに基づき、前記第1の点群データと前記第2の点群データの対応関係を特定する対応関係特定ステップと、

前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像を2分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御ステップと

を備え、

前記画像表示における前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像のそれぞれには、前記第1のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第1のレーザースキャナの方位と、前記第2のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第2のレーザースキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理方法。

【請求項3】

コンピュータに読み取らせて実行させる測量データ処理用プログラムであって、

コンピュータに

第1の視点から得た第1のパノラマ画像の画像データおよび第2の視点から得た第2のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付ステップと、

前記第1のパノラマ画像を得るための第1の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第1のレーザースキャナにより取得した第1の点群データ、および前記第2のパノラマ画像を得るための第2の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第2のレーザースキャナにより取得した第2の点群データを受け付ける点群データ受付ステップと、

前記第1のパノラマ画像および前記第2のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付ステップと、

前記共通部分に対応する前記第1の点群データと前記共通部分に対応する前記第2の点群データに基づき、前記第1の点群データと前記第2の点群データの対応関係を特定する対応関係特定ステップと、

前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像を2分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御ステップと

を実行させ、

前記画像表示における前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像のそれぞれには、前記第1のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第1のレーザースキャナの方位と、前記第2のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第2のレーザースキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理用プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザースキャナが得た情報を処理する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

レーザー光を用いてレーザーสキャンを行い点群データを得るレーザーสキャナが知られている（例えば、特許文献1を参照）。レーザーสキャナから見て影となる部分は、測定用のレーザー光が届かず、点群データは得られない。この現象をオクルジョンという。この問題に対応するため、異なる2以上の機械点からレーザーสキャンを行って、機械点異なる2つの点群データを得、それを合成することでオクルジョンの無い（あるいは減らした）点群データを得る。

【0003】

機械点の異なる複数の点群データを合成するには、複数の点群データ同士の間における対応関係を求める必要がある。各機械点におけるレーザーสキャナの外部標定要素（位置と姿勢）が取得できれば、複数の点群データを共通の座標系で扱うことができるので、点群データの合成は簡単に行うことができる。しかしながらこの方法は、各機械点におけるレーザーสキャナの外部標定要素を求める作業が必要であり、簡便性に欠ける。また、形状による点群マッチング等で点群データ同士のマッチング（対応関係の特定）を行う方法もあるが、ソフトウェア処理では、ある程度の粗マッチングが行われた後でないとな駄な演算が多くなる問題や精度が得られない問題が生じる。よって通常は、オペレータの操作により対応点が指定され、その後ソフトウェア処理による詳細なマッチングが行われる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特許第6184237号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

2つの点群データの間における対応点の指定をマニュアル操作で行う方法は、対応点を見つけ出す作業の作業性が良くなく、より簡便な方法が求められている。このような背景において、本発明は、レーザーสキャナを用いて複数の機械点から得た複数の点群データの対応関係の特定を簡便に行える技術の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、第1の視点から得た第1のパノラマ画像の画像データおよび第2の視点から得た第2のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付部と、前記第1のパノラマ画像を得るための第1の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第1のレーザーสキャナにより取得した第1の点群データ、および前記第2のパノラマ画像を得るための第2の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第2のレーザーสキャナにより取得した第2の点群データを受け付ける点群データ受付部と、前記第1のパノラマ画像および前記第2のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付部と、前記共通の部分に対応する前記第1の点群データと前記共通の部分に対応する前記第2の点群データに基づき、前記第1の点群データと前記第2の点群データの対応関係を特定する対応関係特定部と、前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像を2分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御部とを備え、前記画像表示における前記第1のパノラマ画像と前記第2のパノラマ画像のそれぞれには、前記第1のレーザーสキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第1のレーザーสキャナの方位と、前記第2のレーザーสキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第2のレーザーสキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理装置である。

30

40

【0011】

本発明は、第1の視点から得た第1のパノラマ画像の画像データおよび第2の視点から得た第2のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付ステップと、前記第1のパノラマ画像を得るための第1の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第1のレーザーสキャナにより取得した第1の点群データ、および

50

前記第 2 のパノラマ画像を得るための第 2 の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第 2 のレーザースキャナにより取得した第 2 の点群データを受け付ける点群データ受付ステップと、前記第 1 のパノラマ画像および前記第 2 のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付ステップと、前記共通部分に対応する前記第 1 の点群データと前記共通部分に対応する前記第 2 の点群データに基づき、前記第 1 の点群データと前記第 2 の点群データの対応関係を特定する対応関係特定ステップと、前記第 1 のパノラマ画像と前記第 2 のパノラマ画像を 2 分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御ステップとを備え、前記画像表示における前記第 1 のパノラマ画像と前記第 2 のパノラマ画像のそれぞれには、前記第 1 のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第 1 のレーザースキャナの方位と、前記第 2 のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第 2 のレーザースキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理方法である。

10

【 0 0 1 2 】

本発明は、コンピュータに読み取らせて実行させる測量プログラムであって、コンピュータに第 1 の視点から得た第 1 のパノラマ画像の画像データおよび第 2 の視点から得た第 2 のパノラマ画像の画像データを受け付けるパノラマ画像データ受付ステップと、前記第 1 のパノラマ画像を得るための第 1 の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第 1 のレーザースキャナにより取得した第 1 の点群データ、および前記第 2 のパノラマ画像を得るための第 2 の機器に対する位置と姿勢の関係が既知であり方位センサを備えた第 2 のレーザースキャナにより取得した第 2 の点群データを受け付ける点群データ受付ステップと、前記第 1 のパノラマ画像および前記第 2 のパノラマ画像における共通の部分の指定を受け付ける共通部分指定受付ステップと、前記共通部分に対応する前記第 1 の点群データと前記共通部分に対応する前記第 2 の点群データに基づき、前記第 1 の点群データと前記第 2 の点群データの対応関係を特定する対応関係特定ステップと、前記第 1 のパノラマ画像と前記第 2 のパノラマ画像を 2 分割して同時に表示する画像表示の制御を行う表示制御ステップとを実行させ、前記画像表示における前記第 1 のパノラマ画像と前記第 2 のパノラマ画像のそれぞれには、前記第 1 のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第 1 のレーザースキャナの方位と、前記第 2 のレーザースキャナが備えた前記方位センサが計測した前記第 2 のレーザースキャナの方位の関係を示す角度の値が表示される測量データ処理プログラムである。

20

30

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、レーザースキャナを用いて複数の機械点から得た複数の点群データの対応関係の特定を簡便に行える技術が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】実施形態の概念図である。

【図 2】レーザースキャナの正面図である。

【図 3】レーザースキャナのブロック図である。

【図 4】測量データ処理装置のブロック図である。

【図 5】点群データの統合を説明する原理図である。

【図 6】パノラマ画像の表示例を示すイメージ図である。

【図 7】パノラマ画像の表示例を示すイメージ図である。

【図 8】処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 9】処理の手順の一例を示すフローチャートである。

【図 10】反射強度画像とパノラマ画像の図面代用写真である。

【図 11】距離画像とパノラマ画像の図面代用写真である。

【図 12】法線ベクトル画像とパノラマ画像の図面代用写真である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

40

50

(概要)

図1には、室内を対象に、レーザースキャンを2カ所の機械点で行う場合が示されている。この例では、1台のレーザースキャナを用い、第1の機械点でレーザースキャンを行い、次に第2の機械点で2回目のレーザースキャンを行う。図1では、第1の機械点に設置されたレーザースキャナに符号100を付与し、第2の機械点に設置されたレーザースキャナに符号100'を付与している。当然、レーザースキャナ100とレーザースキャナ100'は同じものである。勿論、2台のレーザースキャナを用いる形態も可能である。また、3点以上の機械点を選択することもできる。機械点とは、レーザースキャナの光学原点の位置であり、レーザースキャンの視点となる点のことである。この機械点を原点として点群データが得られる。

10

【0016】

ここで、レーザースキャナ100とレーザースキャナ100'は、水平が確保された状態で配置され、またその位置は未知である。ただし、方位計によりレーザースキャナ100の方位は計測され既知である。ここで、方位は、水平面内におけるレーザースキャナの方向であり、例えば、北の方向を0°として、上から見て時計回りに測った角度である。例えば、東の方向は、方位90°となる。

【0017】

(レーザースキャナ)

図2にレーザースキャナ100が示されている。レーザースキャナ100は、点群データを得る。点群データは、対象物にレーザー光を点々と照射し、各反射点の三次元座標をレーザー測位の原理で求めることで得られる。点群データでは、三次元座標が取得された多数の点の集合として対象物の三次元計測データが得られる。レーザースキャナについては、例えば特開2010-151682号公報、特開2008-268004号公報等に記載されている。

20

【0018】

レーザースキャナ100は、本体となる水平回転部101、水平回転部101を水平回転が可能な状態で支える基台部102、基台部102が載せられた架台部103を有している。水平回転部101は、電動により基台部102に対して水平回転が可能である。架台部103は、水平回転部101の水平状態を調整できる調整機構を有している。なお、水平回転部101には水平状態を確認するための図示省略した水準器が配置されている。架台部103は、三脚等の上部に固定される。

30

【0019】

水平回転部101は、略U字形状を有し、U字形状を構成する上方に延在する双頭形状の一对の延在部の間には、鉛直回転部104が配置されている。鉛直回転部104は、水平軸を中心に電動により鉛直回転(縦回転)する。鉛直回転部104は、対物レンズ105を備えている。水平回転部101の内部には、狭角カメラ111(図3参照)が配置されている。対物レンズ105は、点群データを得るための測距光(測距用レーザー光)と上記の狭角カメラ111とで共用されている。また、鉛直回転部104には、測距光と狭角カメラ111の光学系110の一部が内蔵されている。また、水平回転部101には、広角カメラ106が配置されている。

40

【0020】

ここで、狭角カメラ111の画角は、水平角および鉛直角(上下角)で9~12°程度であり、広角カメラ106の画角は、水平角および鉛直角(上下角)で170°程度である。また、狭角カメラ111、広角カメラ106、レーザースキャナ100の位置と姿勢の関係(外部標定要素の関係)は、予め求められており、既知である。

【0021】

水平回転部101を水平回転させつつ、鉛直回転部104を鉛直回転させ、スキャンレーザー光(測距用レーザー光)を数十kHz~数百kHzの間隔でパルス照射することで、レーザースキャンが行なわれ、点群データが得られる。

【0022】

50

その他、水平回転部 101 には、各種の情報の表示および操作を行うためのタッチパネルディスプレイ（図示省略）が配置されている。

【0023】

図 3 にレーザースキャナ 100 の機能ブロック図を示す。レーザースキャナ 100 は光学系 110 を備える。光学系 110 は、その一部が対物レンズ 105 の奥にある。光学系 110 により、狭角カメラ 111 と測距光の光路が分離され、また測距光の発光系と受光系とが分離される。

【0024】

測距光は、測距光発光部 112 から発光され、光学系 110 と対物レンズ 105 を介して、外部に照射される。点群データ取得対象の対象物から反射された測距光は対物レンズ 105 に入射し、光学系 110 を介して、測距光受光部 113 で受光される。

10

【0025】

水平回転部 101 の内部には、図示しない基準光路が設けられており、測距光発光部 112 からのパルス光は、分岐され、一方が測距光として対象物に照射され、他方が基準光として上記基準光路に導かれる。対物レンズ 105 から取り込まれた測距光と基準光路を伝搬した基準光は、光学系 110 で合成され、測距光受光部 113 で検出させる。この際、測距光と基準光には光路差があるので、測距光受光部 113 からの出力波形に位相差が生じる。この位相差に基づき、測距光の反射点までの距離が算出される。この計算が測距部 120 で行われる。

【0026】

上記の測距値と、その時の水平回転部 101 の水平角および鉛直回転部 104 の鉛直角とからレーザースキャナ 100 の光学原点（機械点）を原点とする測距光の反射点の三次元位置が算出される。この反射点の座標が点の座標となる。この処理が三次元位置算出部 121 で行われる。この反射点がスキャン点であり、その座標値の集まりが点群データとなる。そして、この点群データが点群データ取得部 114 で取得される。

20

【0027】

また、レーザースキャナ 100 周囲のパノラマ画像がパノラマ画像取得部 122 で取得される。パノラマ画像は、狭角カメラ 111 を用いて得ることもできるし、広角カメラ 106 を用いて得ることもできる。狭角カメラ 111 を用いてパノラマ画像を得る場合、複数の単写真画像を組み合わせることでパノラマ画像を得る。広角カメラ 106 を用いた場合、1 回の撮影で広角範囲のパノラマ画像が取得できる。

30

【0028】

回転制御部 119 は、水平回転部 101 の水平回転と鉛直回転部 104 の鉛直回転の回転制御を行う。水平回転部 101 の回転は、モータ、その駆動回路、ギア等の機構を備えた水平回転駆動部 115 によって行われる。鉛直回転部 104 の回転は、モータ、その駆動回路、ギア等の機構を備えた鉛直回転駆動部 116 によって行われる。

【0029】

水平回転部 101 の水平角は、ロータリーエンコーダ等の角度検出センサとその周辺回路を備えた水平回転角計測部 117 によって計測される。鉛直回転部 104 の鉛直角は、ロータリーエンコーダ等の角度検出センサとその周辺回路を備えた鉛直回転角計測部 118 によって計測される。

40

【0030】

方位センサ 130 は、レーザースキャナ 100 の方位を計測する。方位センサ 130 として、磁気センサ、磁気センサとジャイロセンサを組み合わせたものが挙げられる。簡便な方法として、スマートフォンに内蔵された方位センサを利用する方法もある。この場合、水平回転部 101 にスマートフォンを固定するアタッチメントを装備させ、そこにスマートフォンを固定し、スマートフォンを方位センサとして利用する。

【0031】

操作インターフェース部（タッチパネルディスプレイ）131 は、レーザースキャナ 100 の操作内容を受け付け、また各種情報を利用者に提供する。通信装置 123 は、後述

50

する測量データ処理装置 300 やその他の機器との間で通信を行う。この例では、通信装置 123 を介して、レーザースキャナ 100 からパノラマ画像の画像データと点群データが測量データ処理装置 300 に送信される。

【0032】

(測量データ処理装置)

図 4 には、測量データ処理装置 300 が示されている。測量データ処理装置 300 は、図示する各機能部の機能を発揮するコンピュータである。測量データ処理装置 300 は、図示する各機能部の機能を実現するための CPU、メモリ、インターフェースを構成する電子回路により構成されている。測量データ処理装置 300 は、汎用のコンピュータを利用して構成してもよいし、専用のハードウェアとして構成してもよい。例えば、タブレット、スマートフォン、ノート型 PC 等のコンピュータに、図 3 に示す各機能部の機能を実現するプログラムをインストールし、当該コンピュータを測量データ処理装置 300 として利用することもできる。また、レーザースキャナ 100 の内部に測量データ処理装置 300 を組み込む形態も可能である。

10

【0033】

測量データ処理装置 300 は、パノラマ画像データ受付部 301、点群データ受付部 302、共通部分指定受付部 303、対応関係特定部 304、角度関係算出部 306、表示制御部 309、通信部 311、パノラマ画像と点群データの統合部 312、三次元モデル作成部 313、面または線の方角算出部 314、同一部位抽出部 315、点群データ統合部 316 を備える。

20

【0034】

パノラマ画像データ受付部 301 は、レーザースキャナ 100 が備えたカメラが撮影した画像に基づくパノラマ画像のデータを受け付ける。パノラマ画像は、パノラマ画像の取得機能を有する広角カメラ 106 が撮影したものであってもよいし、狭角カメラ 111 が撮影した単写真画像を複数合成することで得たものであってもよい。測量データ処理装置 300 の内部でパノラマ画像を作成する形態も可能である。この場合、測量データ処理装置 300 の内部にパノラマ画像作成部を設け、そこで作成したパノラマ画像を利用する。

【0035】

点群データ受付部 302 は、レーザースキャナ 100 が取得した点群データを受け付ける。点群データとしてステレオ写真画像から得たものを利用することも可能である。ステレオ写真画像から点群データを得る技術については、例えば特開 2013-186816 号公報や特開 2013-178656 号公報に記載されている。

30

【0036】

共通部分指定受付部 303 は、視点(機械点)の異なる 2 つのパノラマ画像中における共通する部分の指定を受け付ける。共通する部分の指定は、オペレータの手作業により行われる。この例では、測量データ処理装置 300 を構成する PC 等のディスプレイ上に第 1 のパノラマ画像と第 2 のパノラマ画像とが分割表示され、その表示画像上で上記共通する部分の指定が行われる。この 2 分割表示されるパノラマ画像には、通常のパノラマ画像の他に、パノラマ表示した点群画像、パノラマ表示した反射強度画像、パノラマ表示した距離画像、パノラマ表示した法線ベクトル画像も含まれる。

40

【0037】

対応関係特定部 304 は、指定された 2 つのパノラマ画像における共通する部分に基づき、各パノラマ画像に対応する点群データの対応関係を特定する。例えば、図 1 の状態で取得した 2 つの点群データは、異なる視点(機械点)からのレーザースキャンにより取得されている。ここで、レーザースキャン時の各機械点におけるレーザースキャナ 100 の外部標定要素(位置と姿勢)は未知である。なお、姿勢は方位センサ 130 の計測値から得られるが、精度が低く、点群データのマッチングに利用できるレベルではない。よって、2 つの点群データの対応関係は未知である。対応関係を求める方法としてテンプレートマッチング等の各種のマッチング技術があるが、粗マッチングを行い、ある程度初期条件を狭めなければ処理の負担が大きく、またマッチング誤差が大きい。

50

【 0 0 3 8 】

2つの点群データにおいて対応部分を指定することで、2つの点群データ間におけるある程度のマッチング（対応関係の特定）が行える。2つの点群データのマッチングを行うことで、2つの点群データが統合され、2つの点群データを共通の座標系で取り扱うことができる。上記の対応関係の特定に係る処理が対応関係特定部304で行われる。この処理として、以下の2通りの方法がある。

【 0 0 3 9 】

第1の方法は、1点の共通点と各機械点におけるレーザースキャナの方位を用いる方法である。図5に1点の共通点と各機械点におけるレーザースキャナの方位を用いて2つの点群データのマッチングを行う原理を示す。図5(A)には、水平面における第1の点群データ C_1 と第2の点群データ C_2 が示されている。点群データ C_1 は、図1のレーザースキャナ100によって取得された点群に対応し、点群データ C_2 は、図1のレーザースキャナ100'によって取得された点群に対応する。

10

【 0 0 4 0 】

点群データ C_1 と点群データ C_2 を得た段階では、各機械点におけるレーザースキャナ100および100'の外部標定要素は未知なので、点群データ C_1 と点群データ C_2 の関係は未知であり、また座標系 $X_1 - Y_1$ と座標系 $X_2 - Y_2$ の関係も未知である。なお、レーザースキャン時におけるレーザースキャナ100と100'の水平は確保されているので、未知なのは、点群データ C_1 と点群データ C_2 の水平角の関係と平面上の座標の関係となる。

20

【 0 0 4 1 】

ここで、2つの点群データで共通する点Pが指定されたとする。点Pの座標系 $X_1 - Y_1$ における三次元座標系 (X_1, Y_1, Z_1) と、点Pの座標系 $X_2 - Y_2$ における三次元座標系 (X_2, Y_2, Z_2) は、点群データ C_1 と点群データ C_2 から判るので、 $(X_1, Y_1, Z_1) = (X_2, Y_2, Z_2)$ となり、点Pにおける2つの点群データ間の対応関係が判別する。

【 0 0 4 2 】

各座標系における点Pの座標は、以下のようにして取得される。まず、共通部分指定受付部303が各パノラマ画像中における点Pの位置を受け付ける。この指定は、測量データ処理装置300を操作するオペレータが手動で行う。各パノラマ画像中で点Pが指定されることで、各パノラマ画像における点Pの画面座標値（画面中の位置の座標）が得られる。パノラマ画像と点群データの統合部312の機能により、点群データ C_1 の各点と対応するパノラマ画像（点群データ C_1 を得た視点で取得されたパノラマ画像）の画面座標位置との関係が判る。よって、点群データ C_1 に対応するパノラマ画像上で点Pが指定されると、当該点Pの三次元座標値が点群データ C_1 から得られる。

30

【 0 0 4 3 】

なお、点群データには隙間があるので、パノラマ画像中の特定の点に対応する点群データにおける点が存在しない場合も有り得る。この場合は、指定された位置に最も近い点群データの点に対応する点として取得される。

【 0 0 4 4 】

点群データ C_1 と点群データ C_2 において、1点の共通点が確定した状態が図5(B)に示されている。この段階では、2つの点群データの水平面内における向きの関係が未知なので、点P以外の対応関係は判らない。この場合、点群データ C_1 と点群データ C_2 の水平角の関係が判れば、点群データ C_1 と点群データ C_2 の対応関係が判明する。すなわち、図5(B)の角度 θ が判れば、点群データ C_1 と点群データ C_2 の対応関係が判明する。角度 θ は、座標系 $X_1 - Y_1$ と座標系 $X_2 - Y_2$ の向きの関係である。この場合、点Pを中心に、座標系 $X_1 - Y_1$ を角度 θ 回転させると、座標系 $X_1 - Y_1$ と座標系 $X_2 - Y_2$ が一致する。

40

【 0 0 4 5 】

角度 θ は、レーザースキャナ100と100'の水平角の差である。水平角の差 α は、レ

50

レーザースキャナ 100 と 100' における方位センサ 130 の測定値から取得できる。

【0046】

よって、点群データ C_1 に対応するパノラマ画像と点群データ C_2 に対応するパノラマ画像において共通する 1 点を指定し、更に方位センサ 130 から各機械点における水平角の差を得ることで、点群データ C_1 と点群データ C_2 のマッチング（対応関係の特定）が可能となる。なお、点の指定は厳密なものではなく、また方位センサ 130 の精度の問題もあるので、上記のマッチングは大凡の粗マッチングとなる。なお、共通の点の指定は、複数であってもよい。

【0047】

以上が第 1 のパノラマ画像に対応する第 1 の点群データと、第 2 のパノラマ画像に対応する第 2 の点群データとの対応関係を特定する第 1 の方法である。次に第 2 の方法を説明する。この方法では、2 つのパノラマ画像上で異なる 2 点の共通点を指定することで、該 2 つのパノラマ画像それぞれに対応する 2 つの点群データの対応関係が求められる。

10

【0048】

この方法では、図 5 (B) の状態において、点 P に加えて別のもう一点の共通点が指定されることで、点群データ C_1 と点群データ C_2 のマッチング（対応関係の特定）が行われる。

【0049】

この方法の応用として、線分の部分を共通部分として指定する形態、面の部分を共通部分として指定する形態も可能である。線分を利用する場合は、線状に分布した点を利用した形態、面を利用する場合は、面状に分布した点を利用した形態となる。

20

【0050】

角度関係算出部 306 は、第 1 の機械点におけるレーザースキャナ 100 の方位と第 2 の機械点におけるレーザースキャナ 100' の方位との関係を算出する。例えば、第 1 の機械点におけるレーザースキャナ 100 のレーザースキャン開始時の方位が 0° であり、第 2 の機械点におけるレーザースキャナ 100' のレーザースキャン開始時の方位が 30° である場合、両者の方位のズレが 30° であることが判る。この計算が角度関係算出部 306 で行われる。

【0051】

表示制御部 309 は、上述したディスプレイ上におけるパノラマ画像その他の画像表示の制御を行う。表示制御部 309 は、アシスト表示制御部 310 を含んでいる。アシスト表示制御部 310 は、第 1 のパノラマ画像と第 2 のパノラマ画像の関係を視覚的に把握し易くする表示の制御を行う。

30

【0052】

図 6 にアシスト表示が行われていない場合の画面表示を示し、図 7 にアシスト表示が行われている場合の画面表示を示す。なお、ここで例示する画面は、測量データ処理装置 300 を構成する PC 等のディスプレイに表示される。

【0053】

図 6, 7 には、異なる 2 点の機械点から取得した 2 つのパノラマ画像を左右に 2 分割して同時に表示した場合の例が示されている。なお、図 6, 7 の画面表示は、四角形の部屋の内部にレーザースキャナ 100 を設置してパノラマ画像を得た場合が示されている。なお、実際のパノラマ画像は歪みがあるが、画角を狭め、また分かり易い様に歪みが目立たない場合の例が図 6, 7 に示されている。

40

【0054】

また、画面の下には、実際には表示されない位置関係概念図が示されている。この位置関係概念図は、この段階では未知である測定対象となる部屋とレーザースキャナ 100 の位置関係を示すものである。

【0055】

図示する例では、シンプルな対象が示されているが、それでも図 6 の画面表示の場合、左画面（第 1 のパノラマ画像）と右画面（第 2 のパノラマ画像）の対応関係の確定は難し

50

い。

【 0 0 5 6 】

図 7 には、右画面の画像中にアシスト表示を行った場合の例である。この場合、各機械点におけるレーザースキャナ 1 0 0 の方位情報に基づき、右画面と左画面の方位を統合させた（合わせた）表示とする。また、方位の情報を各画面中に表示する。このアシスト表示画面の表示制御がアシスト表示制御部 3 1 0 により行われる。

【 0 0 5 7 】

この例の場合、第 1 のパノラマ画像の基準方向と第 2 のパノラマ画像の基準方向とは、 45° ずれている。そこで、第 2 のパノラマ画像（右画像）の方位の表示を -45° ずらし、2 つのパノラマ画像で方位の表示と対象の位置関係を一致させる。これにより、図 7 に示す左右のパノラマ画像の中心の方位が略一致する。左右のパノラマ画像の視点（機械点）は異なるので、方位を合わせても、見える画像の様子は図 7 のように異なる。

【 0 0 5 8 】

しかしながら、方位を統一したパノラマ画像となるので、左右のパノラマ画像で共通の部分を容易に見出すことができる。オペレータは、図 7 の分割画像を見て、左右のパノラマ画像で共通する部分を見つけ、GUI を用いて当該共通部分を指定する。この指定情報が共通部分指定受付部 3 0 3 で受け付けられる。

【 0 0 5 9 】

表示制御部 3 0 9 は、後述する反射強度画像、距離画像、法線ベクトル画像の表示制御も行う。通信部 3 1 1 は、測量データ処理装置 3 0 0 と外部との間の通信を行う。

【 0 0 6 0 】

パノラマ画像と点群データの統合部 3 1 2 は、パノラマ画像と点群データを統合する。パノラマ画像と点群データを統合することで、パノラマ画像中の任意の点の三次元座標を点群データから得ることができる。ここでは、上記の統合処理の一例として、パノラマ画像と点群画像を合成した合成画像を得る場合を説明する。なお、点群画像というのは、点群データの各点を視点（レーザースキャンの原点）から見た状態を視覚化した画像である。点群画像では、各スキャン点が点として表示され、この点の集まりにより、対象物が画像として表示される。

【 0 0 6 1 】

以下、パノラマ画像と点群画像を合成した合成画像の作成方法について説明する。この処理では、まずパノラマ画像の投影中心（光学原点）とレーザースキャンにより得た点群の各点とを結ぶ方向線を取得する。パノラマ画像を取得するためのカメラの投影中心とレーザースキャンの光学原点の位置の関係は既知である。よって、パノラマ画像の投影中心 O とレーザースキャンにより得た点群の各点 P_n と位置関係は計算で求めることができる。点 O と点 P_n の位置関係を求めることができれば、点 O と点 P_n を結ぶ方向線を求めることができる。

【 0 0 6 2 】

レーザースキャンで得られた点群の各点に関して、上記の方向線を得たら、パノラマ画像の投影面と上記の方向線との交点に点群の各点を投影し、当該投影面に点として表示させる。こうして、レーザースキャンで得た点群を点として表示した点群画像が得られる。この点群画像は、対応するパノラマ画像と同じ視点から見たパノラマ表示となる。そして両画像は、データ上で統合され、パノラマ画像と点群画像を合成した合成画像が得られる。

【 0 0 6 3 】

上記の合成画像において、パノラマ画像と点群画像を同時にディスプレイ上に表示することもできるし、いずれか一方のみをディスプレイ上に表示することもできる。ディスプレイは、測量データ処理装置 3 0 0 として利用する PC 等のディスプレイ装置（液晶ディスプレイ等）が利用される。

【 0 0 6 4 】

三次元モデル作成部 3 1 3 は、レーザースキャンで得た点群データに基づき、レーザースキャン対象の三次元モデルを作成する。具体的には、点群データから線と面を抽出し、

10

20

30

40

50

被測定物の輪郭線のデータを得る。この技術に関しては、例えば、国際公開番号W O 2 0 1 1 / 0 7 0 9 2 7号公報、特開 2 0 1 2 - 2 3 0 5 9 4号公報、特開 2 0 1 4 - 3 5 7 0 2号公報等に記載されている。

【 0 0 6 5 】

面または線の方位算出部 3 1 4 は、上記の三次元モデルを構成する線または面の方位を算出する。ここで、面は、鉛直な面を対象とし、その方位は、当該面の法線ベクトルの水平方向の方位（東西南北の方向）である。線は水平方向に延在する直線を対象とし、その方位は当該線の延在方向が対象となる。

【 0 0 6 6 】

同一部位抽出部 3 1 5 は、第 1 の三次元モデルと第 2 の三次元モデルから同じ面および / または線を抽出する。ここで、第 1 の三次元モデルは、第 1 の機械点で得た第 1 の点群データに基づく三次元モデルであり、第 2 の三次元モデルは、第 2 の機械点で得た第 2 の点群データに基づく三次元モデルである。

10

【 0 0 6 7 】

同じ線の抽出は、比較の対象となる 2 つの線において、線の方位の差と線の長さの差が予め定めた閾値以下であるか否か、を判定することで行われる。なお、線の長さは、線を構成する点群の両端の点の間の距離として算出される。

【 0 0 6 8 】

同じ面の抽出は、比較の対象となる 2 つの面において、面の法線の方位の差と面の面積の差が予め定めた閾値以下であるか否か、を判定することで行われる。なお、面の面積は、当該面を構成する点の占める面積を計算することで算出される。また、面は鉛直面を対象とする。

20

【 0 0 6 9 】

点群データ統合部 3 1 6 は、異なる機械点から取得された第 1 の点群データと第 2 の点群データとを統合する。具体的には、2 つの点群データを同じ座標系で取り扱えるように一方または両方の点群データに座標変換を施す。レーザースキャナ 1 0 0 を用いて第 1 の点群データを得、レーザースキャナ 1 0 0 ' を用いて第 2 の点群データを得た場合、共通する 1 点と方位の関係を求めるかまたは共通する 2 点以上の点を指定することで、2 つの点群データの統合が可能となる。

【 0 0 7 0 】

（処理の一例）

以下、測量データ処理装置 3 0 0 に係る処理の一例を説明する。最初に、異なる 2 つの機械点において点群データとパノラマ画像のデータを取得する。図 8 にこの際のフローを示す。まず、第 1 の機械点にレーザースキャナ 1 0 0 を設置し、周囲の点群データの取得（ステップ S 1 0 1）、方位データの取得（ステップ S 1 0 2）、パノラマ画像の取得（ステップ S 1 0 3）を行う。

30

【 0 0 7 1 】

点群データとパノラマ画像の取得は、周囲 3 6 0 ° に対してレーザースキャンを行うが、角度範囲を絞って行うことも可能である。これは、第 2 の機械点における計測でも同様である。なお、第 1 の機械点における計測対象（点群データとパノラマ画像の取得対象）と第 2 の機械点とにおける計測対象とを重複させる必要がある。

40

【 0 0 7 2 】

次に、第 2 の機械点にレーザースキャナ 1 0 0 ' を設置し、周囲の点群データの取得（ステップ S 1 0 4）、方位データの取得（ステップ S 1 0 5）、パノラマ画像の取得（ステップ S 1 0 6）を行う。なお、第 1 の機械点で用いるレーザースキャナと第 2 の機械点で用いるレーザースキャナとを別の機器で行う形態も可能である。

【 0 0 7 3 】

第 1 の機械点における点群データとパノラマ画像、および第 2 の機械点における点群データとパノラマ画像を取得したら図 9 の処理を行う。図 9 の処理は測量データ処理装置 3 0 0 で行われる。図 9 の処理を実行するプログラムは、測量データ処理装置 3 0 0 にお

50

る適当な記憶領域に記憶される。このプログラムをサーバや記憶媒体に記憶させ、そこからダウンロードして利用する形態も可能である。

【0074】

まず、第1の機械点と第2の機械点におけるレーザースキャナ100の方位を取得する。(ステップS201)。次に、ステップS201で得た各機械点におけるレーザースキャナ100の方位の情報に基づき、第1の機械点と第2の機械点におけるレーザースキャナ100の方位の関係を算出する(ステップS202)。この処理は、角度関係算出部306で行われる。この処理により、第1の機械点と第2の機械点におけるレーザースキャナ100の方位の初期値(基準方位)の差(ズレ)が得られる。

【0075】

2つ機械点における基準方位の関係を得たら、アシスト表示を行う(ステップS203)。この場合、2つのパノラマ画像を左右に並べて同時に表示する。この状態でアシスト表示を行うことで、例えば図7の表示画面が得られる。アシスト表示をしたら、パノラマ画像上における指定部分の受付を行う(ステップS204)。

【0076】

この際、図7に例示するように、パノラマ画像の方位が画面上に表示される。これにより、2つのパノラマ画像間における対応する部分の関係が視覚的に把握し易くなり、両パノラマ画像で対応する部分の指定が容易に行える。対応部分の指定を受け付けたら、それに基づき2つの点群データの統合を行う(ステップS205)。

【0077】

(表示画面の例)

以下、図6に対応するディスプレイ上への第1のパノラマ画像と第2のパノラマ画像の表示例を説明する。図10には、パノラマ表示された反射強度画像が示されている。反射強度画像は、点群各点の測距光の反射強度に応じて色彩を設定した画像である。なお、本実施形態の図では反射強度に応じた階調を設定している。図10では、左側の上下に第1の反射強度画像と第2の反射強度画像が示され、右側の上下に第1のパノラマ画像と第2のパノラマ画像が示されている。

【0078】

図11には、パノラマ表示された距離画像が示されている。距離画像は、レーザースキャナから反射点までの距離に応じて色彩を設定した画像である。なお、本実施形態の図では距離に応じた階調を設定している。図11では、左側の上下に第1の距離画像と第2の距離画像が示され、右側の上下に第1のパノラマ画像と第2のパノラマ画像が示されている。

【0079】

図12には、パノラマ表示された法線ベクトル画像が示されている。法線ベクトル画像は、面の法線の方向の違いが反映されるように、色彩を設定した画像である。なお、本実施形態の図では面の法線の方向の違いに応じた階調を設定している。図12では、左側の上下に第1の法線ベクトル画像と第2の法線ベクトル画像が示され、右側の上下に第1のパノラマ画像と第2のパノラマ画像が示されている。

【0080】

(他の例)

以下、アシスト表示の他の例を説明する。この例では、図12に示す法線ベクトル画像において、面または線の方位を算出し、図12に示す第1のパノラマ画像と第2のパノラマ画像において、同じ方位の面または線を強調表示する。

【0081】

以下、面の場合を説明する。この例では、面として鉛直面を対象とする。まず、第1の機械点で取得した第1のパノラマ画像と第1の点群画像、さらにそれらを合成した第1の合成画像を取得する。また、第2の機械点で取得した第2のパノラマ画像と第2の点群画像、さらにそれらを合成した第2の合成画像を取得する。また、第1の機械点におけるレーザースキャナ100の基準方位(第1の基準方位)と、第2の機械点におけるレーザ-

10

20

30

40

50

スキャナ 100' の基準方位（第 2 の基準方位）を取得する。ここで基準方位は、レーザー
スキャン開始時におけるレーザー スキャナの光軸の方位を採用する。

【0082】

次に、第 1 の点群データに基づく三次元モデル（第 1 の三次元モデル）と第 2 の点群デ
ータに基づく三次元モデル（第 2 の三次元モデル）を三次元モデル作成部 313 で作成す
る。そして、第 1 の三次元モデルから鉛直面を抽出する。抽出する鉛直面の数は、可能な
限り多くする。室内を計測対象とした場合、通常は、複数の鉛直面が抽出される。

【0083】

レーザー スキャナ 100 は水平に設置されているので、第 1 の基準方位が得られること
で、点群データ各点の第 1 の機械点からの絶対方位が判る。よって、点群データに基づく
三次元モデルの向きが判り、上記鉛直面の法線の方位は計算できる。この原理により、第
1 の三次元モデルから抽出した複数の鉛直面の法線の方位を算出する。また、各鉛直面の
面積を計算する。

10

【0084】

同様の方法により、第 2 の三次元モデルからの鉛直面の抽出、各鉛直面の法線の方向の
方位の算出を行う。また、各鉛直面の面積を計算する。

【0085】

ここで、第 1 の三次元モデルから抽出された面と、第 2 の三次元モデルから抽出された
面とを比較し、法線の方位と面積が一致すると見なせる組を抽出する。また、線の場合は
、第 1 の三次元モデルから抽出された線と、第 2 の三次元モデルから抽出された線とを比
較し、線の延在方向と長さが一致すると見なせる組を抽出する。この処理が、同一部位抽
出部 315 で行われる。

20

【0086】

そして、法線の方位と面積が一致すると見なせる 1 組の面を 2 つの三次元モデルで共通
する面とみなし、例えば図 6 や図 7 の表示画面上で強調表示する。強調表示の方法として
は、同じ色で表示する方法や同じタイミングで同期して点滅表示する方法等が挙げられる
。また、抽出された 2 つの三次元モデルで同一とみなせる 1 組の線を、例えば図 6 や図 7
の表示画面上で強調表示する。強調表示の方法としては、面の場合と同じである。この強
調表示に係る制御は、アシスト表示制御部 310 で行われる。

【0087】

同一の面と判定する基準として、法線の方位と面の面積の一方のみを利用することも可
能である。また、同一の線と判定する基準として、線の延在方向と線の長さの一方のみを
利用することも可能である。

30

【0088】

（カメラを利用しない場合の例）

パノラマ画像として、カメラが撮影した画像ではなく、レーザー スキャナが得た点群デ
ータを画像化し、それをパノラマ画像としたものを採用することもできる。点群データを
画像化したものとしては、点群画像、反射強度画像、距離画像、法線ベクトル画像が挙げ
られる。

【0089】

点群画像は、投影面に点群データの点を投影した点で構成される画像である。RGB 画
像は、反射点の色強度の情報を点として表示した点群画像である。反射強度画像は、点群
各点の測距光の反射強度に応じて色彩を設定した画像である。距離画像は、レーザー ス
キャナから反射点までの距離に応じて色彩を設定した画像である。法線ベクトル画像は、面
の法線の方向の違いが反映されるように、色彩を設定した画像である。

40

【0090】

これら点群データをパノラマ画像化したものをパノラマ画像として用いる場合、カメラ
は利用されない。よって、カメラを備えていないレーザー スキャナを用いることができる
。あるいは、レーザー スキャナにカメラを備えているが、その撮影画像を用いないで本発
明を実施することができる。なお、点群画像等の点群に基づく画像に基づくパノラマ画像

50

を用いる場合、パノラマ画像を得るための機器とレーザースキャンを行う機器とは同一の機器となる。当然、パノラマ画像を得るための機器とレーザースキャナが同一であるので、両者の外部標定要素の関係は既知である。

【 0 0 9 1 】

なお、点群画像、後述のRGB画像、反射強度画像、距離画像、法線ベクトル画像等の点群データに基づく画像は、各画素の情報として、水平角、鉛直角、距離が記録されている。そのため、ユーザが画像中の特定の点をクリックした際に、即座に当該点のXYZ座標の抽出が可能となる。

【 0 0 9 2 】

(RGB画像を利用する場合の例)

パノラマ画像としてRGB画像をパノラマ画像化したものを用いることもできる。RGB画像は、点群画像にカメラが撮影した画像から取得した色情報を付与した画像である。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 3 】

本発明は、異なる機械点から取得した点群データ同士のマッチングを行う技術に利用することができる。

10

20

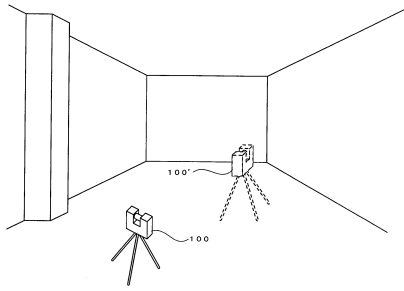
30

40

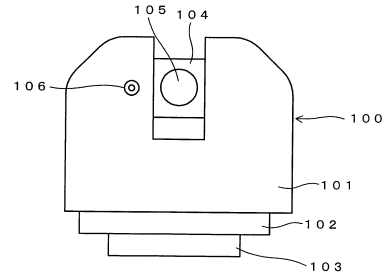
50

【図面】

【図 1】

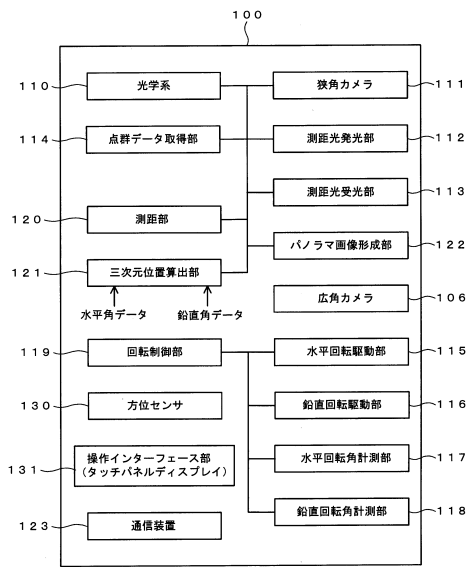


【図 2】

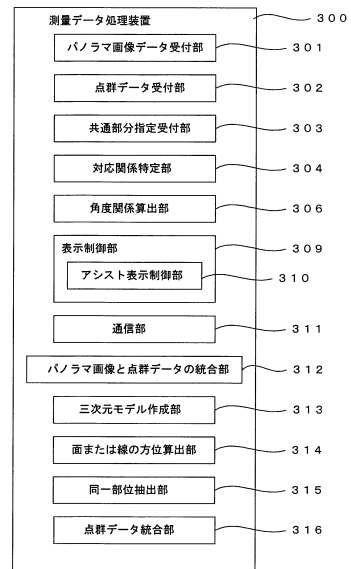


10

【図 3】



【図 4】



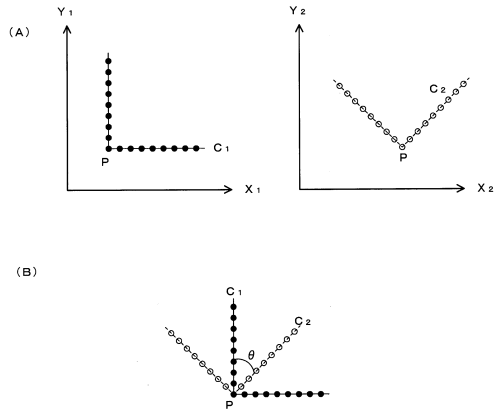
20

30

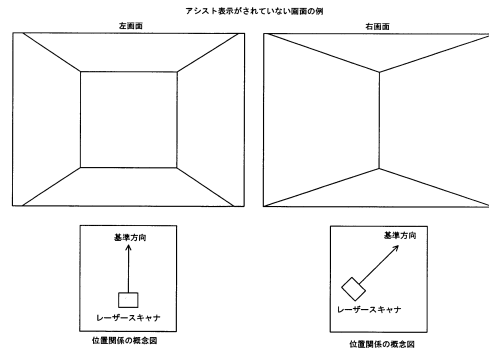
40

50

【図5】

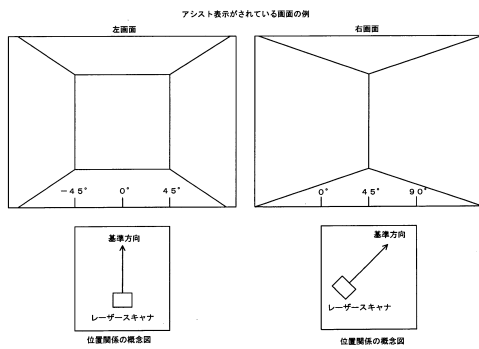


【図6】



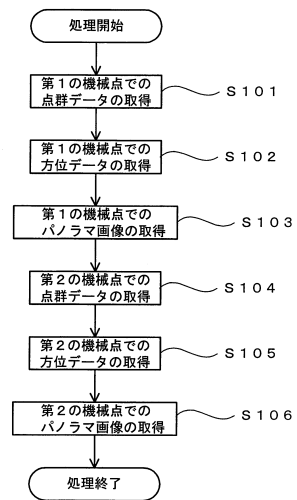
10

【図7】



【図8】

パノラマ画像と点群データの取得



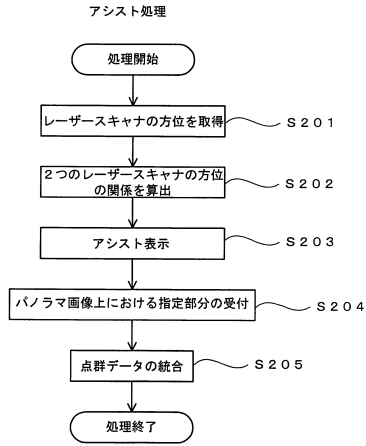
20

30

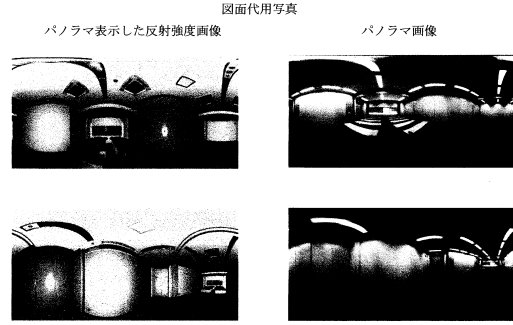
40

50

【図 9】

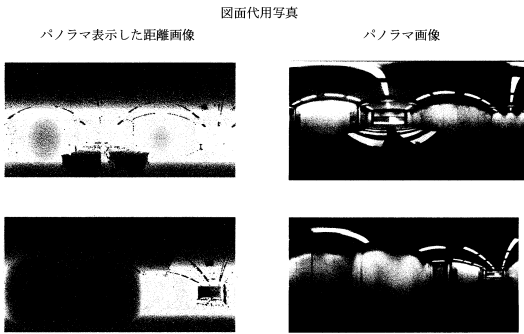


【図 10】



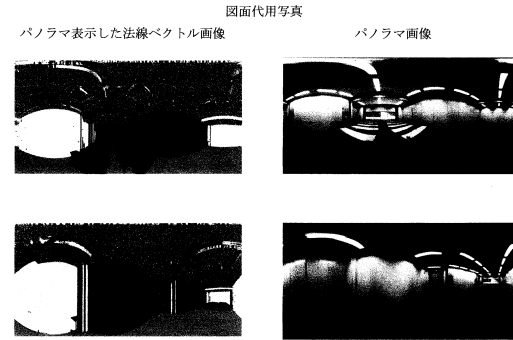
10

【図 11】



20

【図 12】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2018-054380(JP,A)
特開2017-166933(JP,A)
特開2008-082707(JP,A)
特開2018-028464(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01C 15/00
G01C 11/00 - 11/36