

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年4月25日(25.04.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/084601 A1

- (51) 国際特許分類:
G01V 8/10 (2006.01) G01S 17/89 (2020.01)
G01B 11/00 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/038830
- (22) 国際出願日: 2022年10月18日(18.10.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 藤 若 雅 也 (FUJIWAKA Masaya); 〒1088001 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 家入 健 (IEIRI Takeshi); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目3番8 アーバンセンター横浜ウエスト5階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,

(54) Title: CHANGE DETECTION METHOD, CHANGE DETECTION SYSTEM, AND CHANGE DETECTION APPARATUS

(54) 発明の名称: 変化検出方法、変化検出システム及び変化検出装置

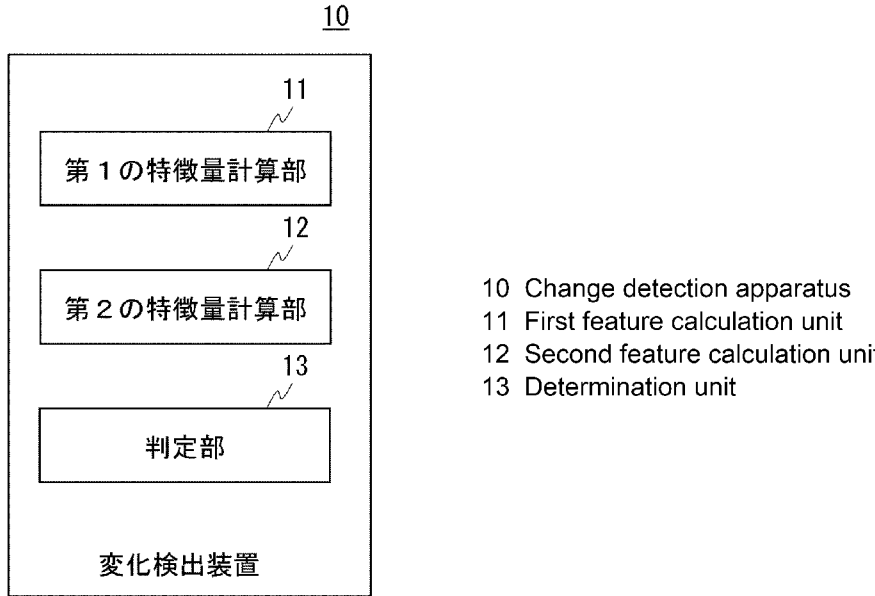


Fig. 1

(57) Abstract: In one aspect, a change detection apparatus (10) according to the present embodiment includes: a first feature calculation unit (11) that calculates a first feature of first coordinates in a first point cloud by using information about the presence of a point in each of a plurality of first subregions in a first region which is formed from the first subregions and which contains the first coordinates; a second feature calculation unit (12) that calculates a second feature of second coordinates in a second point cloud, the second coordinates corresponding to the first coordinates, using infor-

LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

mation indicating whether a point is present, a point is absent, or the presence of a point is indeterminate in each of a plurality of second subregions in a second region which is formed from the second subregions and which contains the second coordinates; and a determination unit (13) that uses the first and second features to determine whether or not a change in the presence or absence of a point has occurred between the first coordinates and the second coordinates.

(57) 要約：本実施形態にかかる一態様の変化検出装置（10）は、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、第1の座標を含む第1の領域において、各第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第1の特徴量計算部（11）と、第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、第2の座標を含む第2の領域において、各第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第2の特徴量計算部（12）と、第1の特徴量及び第2の特徴量を用いて、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定部（13）とを備える。

明 細 書

発明の名称：変化検出方法、変化検出システム及び変化検出装置 技術分野

[0001] 本発明は、変化検出方法、変化検出システム及び変化検出装置に関する。

背景技術

[0002] 各種インフラ設備の点検や、防犯等の理由により、ドローン等のロボットが監視対象場所を巡回しながら所定の場所を撮影することで、監視作業を行う技術の研究がなされている。

[0003] 例えば、特許文献1には、過去に撮影された映像と今回撮影された映像とを比較し、対象部分に変化が生じているかを検出する技術が記載されている。このとき、作業に起因して生じた変化部分の対象データは、出力の対象から除外される。また、特許文献2には、3次元距離データを取得し、3次元極座標グリッドマップを用いることで、取得した3次元距離データに基づく物体の有無を検知する技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2022-063600号公報

特許文献2：特開2021-081235号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 2つの点群データを比較する際に、点群データの撮影環境や撮影するデバイスが異なる場合、点群データにおける点の密度が異なることが想定される。すなわち、一方の点群の密度が他方の点群の密度よりも低いことになる。このとき、点群同士の正確な比較がしにくくなり、変化を検出する精度が低下してしまう可能性があった。特許文献1及び2にかかる技術は、映像同士の比較や物体の有無を検知する点について開示しているが、このような課題について言及しておらず、この課題を解決できるものではなかった。

[0006] 本開示の目的は、比較対象となる点群が正確な情報を示していない場合であっても、点群同士の変化を検出する精度を高めることが可能な変化検出方法、変化検出システム及び変化検出装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 本実施形態にかかる一態様の変化検出方法は、コンピュータが実行するものであって、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算し、前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算し、前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定するものである。

[0008] 本実施形態にかかる一態様の変化検出システムは、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第1の特徴量計算手段と、前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第2の特徴量計算手段と、前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段とを備えるものである。

[0009] 本実施形態にかかる一態様の変化検出装置は、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する

情報を用いて計算する第 1 の特徴量計算手段と、前記第 1 の座標と対応する、第 2 の点群における第 2 の座標の第 2 の特徴量を、複数の第 2 の小領域から構成され、前記第 2 の座標を含む第 2 の領域において、各前記第 2 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第 2 の特徴量計算手段と、前記第 1 の特徴量及び前記第 2 の特徴量を用いて、前記第 1 の座標と前記第 2 の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段とを備えるものである。

発明の効果

[0010] 本開示によれば、比較対象となる点群が正確な情報を示していない場合であっても、点群同士の変化を検出する精度を高めることが可能な変化検出方法、変化検出システム及び変化検出装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]実施の形態 1 にかかる変化検出装置の一例を示すブロック図である。
[図2]実施の形態 1 にかかる特徴量計算部の計算を説明するための図である。
[図3]実施の形態 1 にかかる変化検出装置の代表的な処理の一例を示すフローチャートである。
[図4]実施の形態 1 にかかる変化検出システムの一例を示すブロック図である。
[図5]実施の形態 2 にかかる監視システムの一例を示すブロック図である。
[図6]実施の形態 2 にかかるセンターサーバの一例を示すブロック図である。
[図7A]実施の形態 2 にかかる参照点群の一例を示す。
[図7B]実施の形態 2 にかかる入力点群の一例を示す。
[図8A]実施の形態 2 にかかる参照点群のデータを取得する状況の一例を示す。
[図8B]実施の形態 2 にかかる入力点群のデータを取得する状況の一例を示す。
[図8C]実施の形態 2 にかかる参照点群と入力点群の理想的な比較結果を示す

。

[図8D]実施の形態2にかかる参照点群と入力点群の実際の比較結果を示す。

[図9A]実施の形態2にかかる参照点群の計算対象となる座標を中心とした極座標系を示す図である。

[図9B]実施の形態2にかかる参照点群の座標について計算された空間特徴量の一例である。

[図9C]実施の形態2にかかる入力点群の座標について計算された空間特徴量の一例である。

[図9D]図9B及び9Cの例において、式(5)を説明するための図である。

[図10A]実施の形態2にかかるセンターサーバの処理例の概略を示すフローチャートである。

[図10B]センターサーバの詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

[図10C]センターサーバの詳細な処理の別の例を示すフローチャートである。

[図11A]直接比較の手法によって変化を検出した場合の画像の例を示す。

[図11B]本開示の手法によって変化を検出した場合の画像の例を示す。

[図12]実施の形態2にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。

[図13A]実施の形態2にかかるセンターサーバの処理例の概略を示すフローチャートである。

[図13B]センターサーバの詳細な処理の一例を示すフローチャートである。

[図13C]センターサーバの詳細な処理の別の例を示すフローチャートである。

[図14A]実施の形態2にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。

[図14B]実施の形態2にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。

[図15A]実施の形態2にかかるセンターサーバの処理例の概略を示すフローチャートである。

[図15B]実施の形態2にかかるセンターサーバの処理例の概略を示すフローチャートである。

ャートである。

[図16]各実施の形態にかかる装置のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面を参照して、本開示の実施の形態について説明する。なお、実施の形態における以下の記載及び図面は、説明の明確化のため、適宜、省略及び簡略化がなされている。また、この開示では、明記のない限り、複数の項目について「その少なくともいずれか」が定義された場合、その定義は、任意の1つの項目を意味しても良いし、任意の複数の項目（全ての項目を含む）を意味しても良い。

[0013] 実施の形態1

(1A)

以下、図面を参照して本開示の実施の形態1について説明する。この(1A)では、変化検出装置について説明する。

[0014] 図1は、変化検出装置の一例を示すブロック図である。変化検出装置10は、第1の特徴量計算部11、第2の特徴量計算部12及び判定部13を備える。変化検出装置10の各部（各手段）は、不図示の制御部（コントローラ）により制御される。以下、各部について説明する。

[0015] [構成の説明]

第1の特徴量計算部11は、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を計算する。第1の点群は、所定の領域内において、領域の各座標における点の有無を示す第1のデータである。第1の点群は、例えば3次元空間における物体の形を表したものであり、その一例として、センサを用いて取得された、所定の場所にある物体が視覚化されたデータが挙げられる。用いられるセンサは、例えば測域センサであってもよいし、カメラ等の撮像素子であってもよい。測域センサを用いた場合、第1の点群は、所定の場所にある物体が計測され、視覚化されたマッピングデータとなる。測域センサの具体例として、光検出及び測距を用いたL i D A R (Light Detection And Rang

ng) が挙げられる。LiDARは、3DLiDAR、2DLiDARのどちらも用いることが可能である。3DLiDARを用いた場合の例については実施の形態2で後述する。また、カメラを用いた場合、第1の点群は、所定の場所が撮影された2次元の画像に基づいて生成されたマッピングデータとなる。なお、上述の計測又は撮影は、実際になされたものであってもよいし、コンピュータで仮想的になされたものであってもよい。ただし、第1の点群が示す対象は、これに限られない。変化検出装置10は、この第1の点群データを、変化検出装置10の外部から取得してもよいし、変化検出装置10内で生成してもよい。

[0016] 第1の特徴量計算部11は、第1の特徴量を次のように計算する。第1の特徴量計算部11は、第1の点群に関して、複数の第1の小領域から構成され、第1の座標を含む第1の領域を定義する。そして、各第1の小領域における点の存在に関する情報を用いることにより、第1の特徴量を計算する。点の存在に関する情報は、例えば、各第1の小領域において点が存在するか存在しないかのいずれかを示す情報であってもよい。別の例として、点の存在に関する情報は、各第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報であってもよい。点の存在が不明であることの定義については後述する。点の存在に関する情報は、第1の特徴量計算部11が、取得した第1の点群を解析することにより生成してもよいし、第1の特徴量計算部11が外部から取得した情報に含まれていてもよい。

[0017] 図2は、第1の特徴量計算部11の計算を説明するための図である。図2では、第1の点群がG1、第1の座標がFC、FCを含む第1の領域がR1として示されている。領域R1は、小領域SR1として分割することができる。また、図2では、点群G1において点があることが黒丸で、点がないことが白丸でそれぞれ表記されている。

[0018] 図2の状態において、第1の特徴量計算部11は、特徴量の計算対象となる座標FCについて、複数の小領域SR1から構成され、座標FCを含む領

域 R 1 を定義する。そして、第 1 の特徴量計算部 1 1 は、領域 R 1 の各小領域 S R 1 における点の存在に関する情報を用いることにより、座標 F C についての特徴量を計算する。

[0019] 計算される第 1 の特徴量は、スカラー量で表されてもよいし、ベクトル量として表されてもよい。第 1 の特徴量がスカラー量として表される場合、第 1 の特徴量に対応する第 2 の特徴量（後述）もスカラー量で表される。そして、後述の判定部 1 3 の判定処理において、第 1 の特徴量と、それに対応する第 2 の特徴量とを比較することで、後述の判定処理を実行する。

[0020] また、第 1 の特徴量がベクトル量として表される場合、対応する第 2 の特徴量もベクトル量で表される。そして、後述の判定部 1 3 の判定処理において、第 1 の特徴量における各要素と、その各要素に対応する第 2 の特徴量における各要素とを比較することで、後述の判定処理を実行する。特徴量がベクトル量として表される具体例は、実施の形態 2 で詳細に説明する。

[0021] なお、図 2 では、1 つの小領域 S R 1 に対して、1 つの点の有無の情報が対応付けられる例を示している。しかしながら、小領域 S R 1 の大きさを大きくすることにより、1 つの小領域 S R 1 に対して、複数の点の有無の情報が対応付けられていてもよい。領域 R 1 が含む小領域 S R 1 の個数や、領域 R 1 及び小領域 S R 1 の形状は任意である。

[0022] 第 2 の特徴量計算部 1 2 は、第 1 の点群と異なる、第 2 の点群における第 2 の座標の第 2 の特徴量を計算する。第 2 の点群は、所定の領域内において、領域の各座標における点の有無を示す第 2 のデータであり、その例は第 1 の点群と同様である。変化検出装置 1 0 は、第 2 の点群データを、変化検出装置 1 0 の外部から取得してもよいし、変化検出装置 1 0 内で生成してもよい。

[0023] ここで、第 1 の点群と、第 2 の点群とは、比較対象となる点群であり、例えば同じ場所が計測されたマッピングデータである。また、第 1 の座標と、第 2 の座標は比較対象となっており、例えば、第 1 の座標と第 2 の座標とは同じ位置を示すものであってもよいが、第 1 の座標と第 2 の座標との関係は

これに限られない。

[0024] 変化検出装置 10 は、第 1 の点群における第 1 の座標と、第 1 の座標と対応する、第 2 の点群における第 2 の座標について、第 1 の特徴量計算部 11、第 2 の特徴量計算部 12 によって、それぞれの特徴量を計算する。これらの特徴量を用いることで、第 1 の座標と第 2 の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定することができる。

[0025] 第 2 の特徴量計算部 12 は、第 2 の特徴量を次のように計算する。第 2 の特徴量計算部 12 は、第 2 の点群に関して、複数の第 2 の小領域から構成され、第 2 の座標を含む第 2 の領域を定義する。この第 2 の領域及び第 2 の小領域の定義については、第 1 の特徴量計算部 11 が実行する手法と同様であり、図 2 の例で説明した通りである。

[0026] 第 2 の特徴量計算部 12 は、第 2 の特徴量を、この第 2 の領域において、各第 2 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する。「点の存在が不明」とは、第 2 の特徴量計算部 12 が取得した第 2 の点群における第 2 の小領域では点の有り又は無しが定義されているものの、実際には点が存在しているかどうかは不明と考えられることを示す。第 2 の特徴量計算部 12 は、第 2 の小領域において点の存在が不明である場合、その小領域に関する特徴量を、点が存在する、又は点が存在しない場合のいずれとも比較して異なるように計算する。

[0027] 点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることは、例えば以下のようにして定義される。

[0028] 一例では、第 2 の点群が、測域センサを用いた計測により取得されたマッピングデータであるとする。第 2 の小領域において点が有る場合、その第 2 の小領域には、点が存在すると定義される。一方、第 2 の小領域において点がない場合、その第 2 の小領域が、計測時における第 2 の点群において点が存在する位置と、測域センサの位置との間に位置するか否かが判定される。第 2 の小領域が、計測時における第 2 の点群において点が存在する位置と、

測域センサの位置との間に位置する場合、第2の小領域に点が存在しないと定義される。一方、第2の点群において点が存在する位置と、測域センサの位置との間に第2の小領域が位置しない場合、第2の小領域において点の存在が不明であると定義される。

[0029] この定義は、測域センサがマッピングデータを取得する場合、マッピングデータに写っている物体から測域センサに光が入射されるはずであり、物体と測域センサとの間には何の物体も存在しないはずであるという仮定に基づいている。この定義付けには、レイトレーシングの技術を適用することが可能である。これは、例えば第2の点群の点の密度が、第1の点群の点の密度よりも疎である場合に、検出の精度を高めるために、特に有効な定義である。第2の点群の点の密度が疎である場合に、第2の点群において点が無い箇所は、現実には点が存在しない場合だけでなく、計測において物体が存在したにもかかわらずデータとして記録されないような場合が考えられる。この場合には、現実には点が存在しないことが確定できないようなときに、点が無い箇所を、点の存在が不明であると定義することが好ましい。

[0030] また、以下のような別の例も考えられる。まず、第2の小領域内に存在する点の数を N とする。また、上記のレイトレーシングの手法により、第2の点群内に存在するあらゆる点から測域センサに対して光が入射する状況を仮定したときに、光がその第2の小領域を通過する回数を M とする。このとき、 $N - M$ 及び $N + M$ の値に応じて、点の有無、不明を定義することができる。

[0031] 具体的には、 $N + M$ の値が閾値 T_{h1} (T_{h1} は0以上の整数)未満である場合、第2の小領域において点の存在が不明であると定義される。これは、第2の点群において、第2の小領域内に存在する点の数自体が少なく、また、第2の点群内に存在する他の点からの光がその第2の小領域を通過する場合の数も少ないため、第2の小領域において点が存在するか否かが判定しにくいためである。一方、 $N + M$ の値が閾値 T_{h1} 以上である場合、 $N - M$ の値が閾値 T_{h2} (T_{h2} は整数であり、一例としては0であるが、これに

限られない) 以上であるか否かによって、第2の小領域における点が存在の有無が定義される。 $N - M$ の値が閾値 T_h2 以上である場合、第2の小領域には、点が存在する確率が高いと考えられるため、点が存在すると定義される。一方、 $N - M$ の値が閾値未満である(例えば負の値である)場合、第2の小領域には、点が存在しない確率が高いと考えられるため、点が存在しないと定義される。

[0032] 以上に示した、点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることの情報は、第2の特徴量計算部12が、取得した第2の点群を解析することにより生成してもよいし、第2の特徴量計算部12が外部から取得した情報に含まれていてもよい。

[0033] 判定部13は、第1の特徴量計算部11が計算した第1の特徴量及び第2の特徴量計算部12が計算した第2の特徴量を用いて、第1の座標と、それに対応する第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する。

[0034] 判定部13の判定方法は、第1の特徴量と第2の特徴量を用いた、四則演算等の任意の演算処理で実行されてもよいし、事前に定義されたルールベースに基づくアルゴリズムで実行されてもよい。例えば、第1の特徴量及び第2の特徴量がスカラー量である場合、判定部13は、第1の特徴量及び第2の特徴量の差分を計算し、その差分が閾値以上であるか否かを判定してもよい。判定部13は、差分が閾値以上である場合に、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたと判定し、その差分が閾値未満である場合に、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたと判定する。

[0035] 別の例として、第1の特徴量及び第2の特徴量がベクトル量である場合、判定部13は、各ベクトル量の対応する要素同士を比較し、全要素に関するその比較結果に基づいて、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定してもよい。例えば、判定部13は、要素同士を比較する際に、要素が同じ値を取るか否か、又は要素の差分値と閾値との大小関係について判定し、その判定に基づいて、全要素に関する比較結果として類似度を算出してもよい。この類似度が所定の閾値以上である場合、第1の座

標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じていないと判定される。これは、第1の座標と第2の座標の両方に点が存在する場合か、又はいずれにも点が存在していない場合が該当する。この類似度が所定の閾値未満である場合、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じていると判定される。これは、第1の座標と第2の座標の一方に点が存在し、他方に点が存在していない場合が該当する。このようなアルゴリズムに基づく判定の実施例については、実施の形態2で後述する。

[0036] さらに、判定部13の判定方法は、ニューラルネットワーク等、事前に学習がなされたAI (Artificial Intelligence) モデルを用いることで実行されてもよい。この学習は、サンプルとなる第1の特徴量及び第2の特徴量の情報と、その情報に対応する、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを示す情報（正解ラベル）と、を含む教師データを、AIモデルに入力させることでなされる。教師データを用いてAIモデルが学習された後、判定部13は、第1の特徴量計算部11によって計算された第1の特徴量と、第2の特徴量計算部12によって計算された第2の特徴量とを、AIモデルに入力する。AIモデルは、この入力情報に基づいて、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを示す情報を出力する。このようにしても、判定部13は、判定処理を実行することができる。なお、学習モデルの学習には、ロジスティック回帰、ニューラルネットワークといった任意の技術を用いることができる。

[0037] [処理フローの説明]

図3は、変化検出装置10の代表的な処理の一例を示したフローチャートであり、このフローチャートによって、変化検出装置10の処理の概要が説明される。なお、各処理の詳細については上述の通りであるため、説明を省略する。

[0038] まず、第1の特徴量計算部11は、第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を計算する（ステップS11；第1の特徴量計算ステップ）。また、第2の特徴量計算部12は、第2の点群における第2の座標の第2の特微

量を計算する（ステップS 1 2；第2の特徴量計算ステップ）。判定部1 3は、第1の特徴量及び第2の特徴量を用いて、第1の座標と第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する（ステップS 1 3；判定ステップ）。なお、ステップS 1 1の処理とS 1 2の処理とは、いずれの処理が先に実行されてもよいし、両方の処理が並列でなされてもよい。

[0039] [効果の説明]

以上に示したように、第2の点群のある箇所において点の存在が不明である場合、第2の特徴量計算部1 2は、その状態を反映するように第2の特徴量を計算する。そして、判定部1 3は、第1の特徴量及び第2の特徴量を反映した判定をする。このため、第2の点群において本来点が存在する（又は存在しない）にも関わらず、第2の点群において点が存在しない（又は存在する）ような、誤った点の情報が示される箇所について、判定部1 3は、その箇所の存在が不明であるとして判定をすることが可能である。この判定結果は、誤った点の情報をそのまま用いたときと比較して、判定の精度が高くなると推定される。そのため、第1の点群と比較対象となる第2の点群が正確な情報を示していない場合であっても、変化検出装置1 0は、点群同士の変化を検出する精度を高めることが可能となる。

[0040] なお、判定部1 3は、第1の点群と第2の点群とにおいて対応する複数の座標で上記の判定を実行することにより、点群の所定の領域について点の有無の変化を検出してもよい。例えば、判定部1 3は、第1の点群の全座標又は第2の点群の全座標について、上述の判定を実行してもよい。これにより、第1の点群又は第2の点群の全体における点の有無の変化を検出することが可能となる。そのため、例えば第1の点群及び第2の点群が、同じ場所を計測した点群のデータである場合、変化検出装置1 0は、2つの点群において変化した箇所を特定することが可能となる。変化した箇所は、例えば2つの点群のうち一方の点群において存在していた物体が、他方の点群において存在しなくなった箇所である。

[0041] 変化検出装置1 0は、判定部1 3の上記の判定結果に基づいて、第1の点

群と第2の点群との間で物体の有無の変化があったことを検知する検知部をさらに有してもよい。具体的な検知方法については、実施の形態2で後述する。

[0042] また、第1の特徴量計算部11は、第1の特徴量を、第1の領域において、各第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算してもよい。点の存在が不明であることの定義は、上述に示した通りである。これにより、第1の点群において点の存在が不明となるような状態を変化の検出に反映することができるため、変化検出装置10における変化検出精度をさらに高めることが可能となる。

[0043] また、変化検出装置10は、判定部13の判定結果を変化検出装置10の内部又は外部に出力する出力部をさらに有してもよい。例えば、出力部は、判定部13が点の有無の変化が生じたと判定した箇所を視覚的に強調するようにして、判定結果のデータを画像、点群等の視認可能な形式で、変化検出装置10の外部（例えばモニタ）に出力することができる。この処理は、判定部13が点の有無の変化が生じたと判定した全ての箇所に実行されてもよく、それにより、2つの点群において物体の有無が変化した箇所をユーザに提示することができる。なお、「視覚的に強調」の例として、点の有無の変化が生じた箇所（又は、物体の有無が変化した箇所）を枠で囲む、その箇所の外形を、他の物体の外形の色と異なる色（例えば赤い色）で表示する、その箇所を点滅させる、その箇所を塗りつぶして影のように表示する、等が挙げられるが、これに限られない。また、出力部は、判定部13の判定結果を、スピーカを介して音声等によって出力してもよい。このようにして、出力部は、画像や音声によってアラートを出力することができる。また、出力部は、判定部13の判定結果を他の装置に出力してもよい。さらに、出力部は、第1の点群と第2の点群との間で物体の有無の変化を検知した検知結果を、上記に示したように出力してもよい。

[0044] (1B)

次に、（１Ｂ）では、変化検出システムについて説明する。図４は、変化検出システムの一例を示すブロック図である。変化検出システム２０は、特徴量計算装置２１及び判定装置２２を備える。特徴量計算装置２１は、第１の特徴量計算部１１及び第２の特徴量計算部１２を有し、判定装置２２は、判定部１３及び出力部１４を有する。この第１の特徴量計算部１１～判定部１３は、（１Ａ）に示したものと同一処理を実行する。特徴量計算装置２１が第１及び第２の特徴量を生成した場合、生成された特徴量の情報は判定装置２２に出力される。判定装置２２の判定部１３は、その特徴量の情報を用いて、（１Ａ）に示した処理を実行する。なお、判定装置２２の出力部１４は、（１Ａ）において説明した出力部であり、判定部１３の判定結果を判定装置２２の内部又は外部に出力するものである。

[0045] 以上に示したように、本開示に関する変化検出処理は、（１Ａ）に示したように、単一の装置によって実現されてもよいし、（１Ｂ）に示したように、実行される処理が複数の装置に分散されたシステムとして実現されてもよい。なお、（１Ｂ）に示した装置構成はあくまで例示である。他の例として、第１の装置が第１の特徴量計算部１１を有し、第２の装置が第２の特徴量計算部１２及び判定部１３を有してもよい。第１の装置は、第１の点群を取得する取得部を有していてもよい。また、異なる装置が３個設けられ、各装置がそれぞれ第１の特徴量計算部１１、第２の特徴量計算部１２、判定部１３を有してもよい。ここで、各装置は、第１の点群を取得する取得部、第２の点群を取得する取得部、出力部１４をさらに有してもよい。

[0046] さらに別の例として、変化検出システム２０は、その一部又は全部が、クラウド上に構築されたクラウドサーバに設けられてもよいし、仮想化技術等を用いて生成されたその他の種類の仮想化サーバに設けられてもよい。このようなサーバに設けられた機能以外の機能は、エッジに配置される。例えば、ネットワークを介して現場で撮影された映像を監視するシステムにおいて、エッジは現場や現場の近くに配置された装置であり、また、ネットワークの階層として端末に近い装置である。

[0047] 実施の形態 2

以下の実施の形態 2 では、実施の形態 1 にて説明した変化検出手法の具体例を開示する。ただし、実施の形態 1 に示した変化検出手法の具体例は、以下に示したものに限られない。また、以下で説明される構成及び処理は例示であり、これに限定されるものではない。

[0048] (2 A)

[構成の説明]

図 5 は、監視システムの一例を示すブロック図である。監視システム 100 は、複数のロボット 101 A、101 B 及び 101 C（以下、総称してロボット 101 と記載）、基地局 110、センターサーバ 120 並びに参照点群 DB 130 を備える。図 5 の例において、ロボット 101 は監視システム 100 のエッジ側（現場側）に設けられ、センターサーバ 120 は、現場から離れた位置（クラウド側）に配置されている。以下、各装置について説明する。

[0049] ロボット 101 は、インフラ設備の故障又は異常に関する点検をするために、監視対象となる現場を移動しながら所定の場所を計測する端末として機能する。換言すれば、ロボット 101 は、ネットワークに接続されたエッジデバイスであって、LiDAR 102 を有し、任意の場所を計測することができる。ロボット 101 は、計測した点群のデータを、基地局 110 を介してセンターサーバ 120 に送信する。ロボット 101 は、この例では、無線回線によって点群のデータを送信する。ただし、点群のデータは、有線回線によって送信されてもよい。また、ロボット 101 は、LiDAR 102 による計測で取得された点群のデータをそのままセンターサーバ 120 に送信してもよいし、取得した点群のデータに適宜前処理を行ってセンターサーバ 120 に送信してもよい。

[0050] さらに、ロボット 101 は、計測位置を示す情報を、その位置で取得した点群のデータと併せてセンターサーバ 120 に送信してもよい。ロボット 101 は、例えば AMCL (Adaptive Monte Carlo Localization) 又は SLAM

(Simultaneous Localization and Mapping)等の機能を有しており、それらの機能を用いて自己の位置を推定し、その情報をセンターサーバ120に送信する。別の例として、ロボット101は、GPS (Global Positioning System) 等の衛星測位システム機能を用いて計測位置を示す情報を取得し、その情報をセンターサーバ120に送信してもよい。さらに別の例として、ロボット101の移動ルート及び計測地点が予め決定され、ロボット101及びセンターサーバ120がその情報を事前に共有することで、センターサーバ120がロボット101の位置を把握していてもよい。

[0051] ロボット101は、例えばセンターサーバ120から制御されることによって走行するAGV (Automatic Guided Vehicle)、自律的な移動が可能なAMR (Autonomous Mobile Robot)、ドローン等であってもよいが、これに限られない。

[0052] 基地局110は、ネットワークを介して各ロボット101から送信された点群をセンターサーバ120に転送する。例えば、基地局110は、ローカル5G (5th Generation) の基地局、5GのgNB (next Generation Node B)、LTEのeNB (evolved Node B)、無線LANのアクセスポイント等であるが、その他の中継装置でもよい。ネットワークは、例えば、5GC (5th Generation Core network) やEPC (Evolved Packet Core) などのコアネットワーク、インターネット等である。

[0053] なお、基地局110には、センターサーバ120以外のサーバが接続されていてもよい。例えば、基地局110にMEC (Multi-access Edge Computing) サーバが接続されていてもよい。MECサーバは、例えば、各ロボット101が基地局110に送信するデータのビットレートを割り当て、その情報を各ロボット101に送信することにより、各ロボット101が送信するデータのビットレートを制御することができる。また、MECサーバが各ロボット101のビットレート情報をセンターサーバ120に送信することにより、センターサーバ120はビットレート情報を把握することができる。

[0054] 図6は、センターサーバ120の一例を示すブロック図である。センターサーバ120は、参照点群取得部121、入力点群取得部122、参照特徴量計算部123、入力特徴量計算部124、変化検出部125及び検出結果生成部126を備える。センターサーバ120は、ロボット101が計測して取得した点群のデータ毎に、参照データと比較することによって、変化を検出し、比較結果を生成することができる。以下、センターサーバ120の各部について説明する。

[0055] 参照点群取得部121は、ロボット101が計測で取得した点群と比較するための参照点群を取得する。参照点群は、ロボット101が計測した場所を以前に計測して取得した点群であり、参照点群DB130に格納されている。参照点群は、3次元空間における物体の形を表したデータである。

[0056] 例えば、センターサーバ120は、ロボット101が送信した点群のデータ（以下、入力点群とも記載）を後述の入力点群取得部122が取得した場合に、その入力点群の計測位置の情報を併せて取得する。また、参照点群DB130には、参照点群と、その参照点群が計測された位置情報とが関連付けて格納されている。参照点群取得部121は、入力点群の計測位置の情報と、参照点群DB130に格納された計測位置情報とを比較する。比較した結果、参照点群DB130に格納された計測位置情報で一致するものがあつた場合に、参照点群取得部121は、一致した計測位置情報と関連付けられた参照点群を取得する。このようにして、参照点群取得部121は、ロボット101が計測して取得した点群と比較対象となる参照点群のデータを、参照点群DB130を検索することによって取得する。

[0057] なお、参照点群DB130には、以前に計測して取得したデータが点群としてではなく、画像して格納されていてもよい。この場合、参照点群取得部121は、上述の参照点群DB130に対する検索によって一致した計測位置情報を特定した場合に、一致した計測位置情報と関連付けられた画像を取得し、画像のデータ形式を点群に変換することによって、参照点群を取得することができる。

[0058] 入力点群取得部 122 は、センターサーバ 120 の通信部を介して、ロボット 101 が計測で取得した入力点群を取得する。これにより、入力点群取得部 122 は、リアルタイムで計測がなされた点群のデータを取得することができる。ただし、ロボット 101 が画像を撮影し、その画像データをセンターサーバ 120 に送信した場合、入力点群取得部 122 は、その画像のデータ形式を点群に変換することによって、入力点群を取得することができる。入力点群は、参照点群と同様、3次元空間における物体の形を表したデータである。しかしながら、入力点群と参照点群とでは、以下に示す相違点が存在する。

[0059] 以上に示すようにして取得した参照点群及び入力点群を用いて、リアルタイムによる点群の比較処理を実行する場合、以下に示す2つの課題が想定される。第1の課題は、参照点群及び入力点群における点の密度が異なる場合があるということであり、第2の課題は、ロボット 101 の計測位置が、参照点群の計測位置とずれることがあるということである。以下、各課題について説明する。

[0060] (1) 図7A及び7Bは、参照点群及び入力点群の一例を示す。図7Aにおける参照点群は、ロボット 101 が入力点群に係る計測を実行する前に、センサを用いて計測された3Dデータである。入力点群に係る計測を実行する前とは、ロボットが現場に配置された時であってもいいし、ロボットを現場で稼働前の現場確認時であってもいいし、稼働日の朝のような業務開始前であってもよい。また、図7Bは、ロボット 101 が計測によって取得した3Dデータである。図7A及び図7Bは、倉庫の中を計測したデータであり、倉庫の中にあるラックLが点群として写っている。また、図7Bでは、図7AにはないオブジェクトOBが点群として写っている。

[0061] 図7A及び7Bを比較すると、参照点群T1の方が点の密度が密であるのに対し、入力点群T2の方が点の密度が疎である。これは、入力点群T2が、リアルタイムで計測されたデータであり、そのデータ量が少なくなるためである。換言すれば、入力点群T2では、参照点群T1と比較すると、物体

が存在し、本来点があるべき座標において、点の情報が記録されないことがある。また、参照点群T 1 及び入力点群T 2 の計測環境によっても、参照点群T 1 と入力点群T 2 とにおいて、点の密度は変化することがある。このように、実際の使用において、参照点群及び入力点群のそれぞれの点の密度が大きく異なることが想定される。この2つの点群を直接比較すると、2つの点群における変化の正確な検出が困難になる可能性がある。そのため、入力点群が参照点群と比較して、点群の密度の変化に伴い、正確な情報を示していない場合であっても、点群同士の変化を検出する精度を高めるようにできることが好ましい。

[0062] (2) 図8 Aは、参照点群を計測で取得する状況の一例を示し、図8 Bは、入力点群を計測で取得する状況の一例を示す。図8 Aでは、工場設備がある場所I 1を、専用センサSによって計測している。この専用センサSは、L i D A Rを用いることで、点群を取得する。このとき、専用センサSの計測範囲はG 1 1で示される。G 1 1の範囲内には、ガスタンクT 1 及びT 2 が含まれる。一方、図8 Bでは、同じ場所I 1を、ロボット1 0 1のL i D A R 1 0 2によって計測している。このとき、専用センサSの計測範囲はG 1 2で示される。G 1 2の範囲内には、ガスタンクT 1 及びT 2のほか、図8 Aではなかった物体L 1が含まれる。このような状況では、参照点群及び入力点群を比較することにより、この物体L 1を変化として検出し、他の物体については変化として検出しないようにすることが好ましい。換言すれば、入力点群が参照点群と比較して、計測範囲の変化に伴い、正確な情報を示していない場合であっても、点群同士の変化を検出する精度を高めるようにできることが好ましい。

[0063] 図8 Bにおいて、ロボット1 0 1は計測時に、ロボット1 0 1の推定された位置が専用センサSの計測位置と同じ位置となるように制御される。したがって、理想的には、G 1 1とG 1 2は同じ範囲となる。しかしながら、ロボット1 0 1の自己の位置推定は、ロボット1 0 1がおかれた環境に応じて、その誤差が大きくなることがある。また、ロボット1 0 1の位置がセンタ

ーサーバ120の制御によって修正できないような場合にも、その誤差が大きくなることがある。このような場合、図8Bに示すように、G11とG12にズレが生じる。このズレは、計測位置自体のズレ（以下、並進方向のズレとも記載）と、計測方向自体のズレ（以下、回転方向のズレとも記載）の2種類のものがある。

[0064] 図8Cは、参照点群と入力点群の理想的な比較結果を示し、図8Dは、参照点群と入力点群の実際の比較結果を示す。G11とG12が同じ範囲となる場合、参照点群と入力点群とを比較することにより、図8Cに示したように、参照点群と入力点群との変化として物体L1のみが検出され、他の物体は検出されない。しかしながら、実際には、上述の通り、G11とG12にズレが生じる。したがって、図8Dに示したように、参照点群と入力点群との変化として、物体L1だけでなく、ガスタンクT1及びT2も検出されてしまうことがある。このように、計測範囲のズレが生じることで、変化検出精度が悪化してしまう可能性があった。

[0065] 本開示で提案する変化検出手法は、以下に示す処理により、このような課題を解決することを可能とする。

[0066] 図6に戻り、説明を続ける。参照特徴量計算部123は、実施の形態1における第1の特徴量計算部11に対応し、参照点群における各座標の特徴量を計算する。この特徴量は、計算対象となる座標及びその周辺の座標における点の有無の情報がベクトル化されて表されるものであり、以降、空間特徴量とも記載する。参照特徴量計算部123の空間特徴量の計算方法の詳細について、以下で記載する。

[0067] 図9Aは、参照点群の計算対象となる座標を中心とした極座標系を示す図である。計算対象となる座標F1を中心Oに配置した場合に、中心Oからの距離 r 及び角度（ θ 、 ϕ ）をパラメータとして用いることにより、座標F1を含む所定の領域（実施の形態1における第1の領域）に含まれる座標を特定することが可能となる。

[0068] この例では、参照特徴量計算部123は、参照点群において、座標F1を

中心とした半径 ε の球体領域 S_1 における点群のデータを取得する。そして、球体領域 S_1 における各座標における、図 9 A で示した極座標系におけるパラメータ (r 、 θ 、 ϕ) を計算して求める。

[0069] 参照特徴量計算部 123 は、球体領域 S_1 を複数の小領域 S_{R1} (実施の形態 1 における第 1 の小領域) に分割し、その小領域 S_{R1} 内に各座標が含まれるようにする。ここで、各々の小領域 S_{R1} における距離 r と角度 (θ 、 ϕ) が離散化された値となるように、球体領域 S_1 は分割される。この例では、角度 θ は 2α (rad) で分割され、角度 ϕ は α (rad) で分割され、距離 r は d で分割される。なお、 2α は π 以下の値であり、 d は $\varepsilon/2$ 以下の値である。このとき、球体領域 S_1 は、

式 1

$$[0070] \quad [2\pi/\alpha] \times [2\pi/2\alpha] \times [\varepsilon/d] \quad (1)$$

又は

式 2

$$[0071] \quad [2\pi/\alpha] \times [2\pi/2\alpha] \times [\varepsilon/d] \quad (2)$$

の数の小領域 S_{R1} に分割される。(1)、(2) では、それぞれ床関数、天井関数を用いることで、小領域 S_{R1} の数が表されている。参照特徴量計算部 123 は、区切られた各小領域 S_{R1} における点の有無を空間特徴量の要素として定義することにより、ベクトル化された空間特徴量を計算する。例えば、各座標において点が存在する場合は 1、存在しない場合は 2 と示されたベクトル表記が想定されるが、ベクトル表記の例はこれに限られない。

[0072] 図 9 B は、参照点群の座標について計算された空間特徴量の一例である。図 9 B には、座標 F_1 が中心 O である球体領域 S_1 において、小領域 S_{R1} において点があることが黒丸で、点がないことが白丸でそれぞれ表記されている。また、図 9 B には、以降の空間特徴量の計算を説明する際に例示する、球体領域 S_1 上の座標 H_1 が示される。

[0073] さらに、参照特徴量計算部 123 は、参照点群における座標 F_1 の近傍領

域 $\delta 1$ を設定する。近傍領域 $\delta 1$ は、座標 $F 1$ 以外の座標を少なくとも 1 つ含む領域であり、例えば、座標 $F 1$ を中心とする極座標系において半径 $\lambda 1$ の領域として設定されるが、近傍領域 $\delta 1$ の設定はこれに限られない。そして、参照特徴量計算部 123 は、近傍領域 $\delta 1$ に含まれる座標 $F 1$ 以外の各座標についても、上記で示した座標 $F 1$ における空間特徴量の算出と同様に、空間特徴量を算出する。つまり、参照特徴量計算部 123 は、近傍領域 $\delta 1$ に含まれる座標 $F 1$ 以外の各座標について、球体領域 $S 1$ 及び小領域 $S R 1$ と同様の手法で、複数の小領域（第 3 の小領域）から構成され、座標を含む球体領域（第 3 の領域）を定義する。そして、各小領域における点の存在の有無の情報を用いることで、空間特徴量を計算する。

[0074] 次に、入力特徴量計算部 124 の計算方法について説明する。入力特徴量計算部 124 は、実施の形態 1 における第 2 の特徴量計算部 12 に対応し、入力点群における各座標の空間特徴量を計算する。この空間特徴量は、計算対象となる座標及びその周辺の座標において、点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることを示す情報がベクトル化されて表されるものである。

[0075] 入力特徴量計算部 124 は、入力点群において計算対象となる座標 $F 2$ を中心 O に配置した場合に、中心 O からの距離 r 及び角度（ θ 、 ϕ ）をパラメータとして用いることにより、座標 $F 2$ を含む所定の領域（実施の形態 1 における第 2 の領域）に含まれる座標を特定する。座標 $F 2$ は、座標 $F 1$ と空間特徴量を比較する対象となる座標であり、ここでは、参照点群と入力点群において同じ座標を示す。

[0076] 入力特徴量計算部 124 は、入力点群において、座標 $F 2$ を中心とした半径 ε の球体領域 $S 2$ における点群のデータを取得する。球体領域 $S 2$ の大きさは、球体領域 $S 1$ と同じである。そして、球体領域における各座標における、図 9 A で示した極座標系におけるパラメータ（ r 、 θ 、 ϕ ）を計算して求める。

[0077] 入力特徴量計算部 124 は、球体領域 $S 2$ を複数の小領域 $S R 2$ （実施の

形態 1 における第 2 の小領域) に分割し、その小領域 $S R 2$ 内に各座標が含まれるようにする。球体領域 $S 1$ は、球体領域 $S 2$ と同じように分割される。すなわち、角度 θ は 2α (rad) で分割され、角度 ϕ は α (rad) で分割され、距離 r は d で分割される。なお、 2α は π 以下の値であり、 d は $\varepsilon/2$ 以下の値である。そのため、球体領域 $S 2$ は、

式 3

$$[0078] \quad [2\pi/\alpha] \times [2\pi/2\alpha] \times [\varepsilon/d] \quad (3)$$

又は

式 4

$$[0079] \quad [2\pi/\alpha] \times [2\pi/2\alpha] \times [\varepsilon/d] \quad (4)$$

の数の小領域 $S R 2$ に分割される。(3)、(4) は、それぞれ (1)、(2) と同じ式である。入力特徴量計算部 124 は、区切られた各小領域 $S R 2$ において、点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることを示す情報を空間特徴量の要素として定義することにより、ベクトル化された空間特徴量を計算する。例えば、各座標において点が存在する場合は 1、存在しない場合は 2、点の存在が不明である場合は 0 と示されたベクトル表記が想定されるが、ベクトル表記の例はこれに限られない。

[0080] ここで、入力特徴量計算部 124 は、各小領域 $S R 2$ において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることを示す情報を次のようにして決定する。入力特徴量計算部 124 は、小領域 $S R 2$ において点がある場合、その小領域 $S R 2$ には、点が存在すると定義する。一方、小領域 $S R 2$ において点が無い場合、入力特徴量計算部 124 は、その小領域 $S R 2$ が、計測時における入力点群において点が存在する位置と、 $L i D A R 1 0 2$ の位置との間に位置するか否かを判定する。小領域 $S R 2$ が、計測時における入力点群において点が存在する位置と、 $L i D A R 1 0 2$ の位置との間に位置する場合、入力特徴量計算部 124 は、小領域 $S R 2$ 内に点が存在しないと定義する。一方、計測時における入力点群において点が存在する位置

と、L i D A R 1 0 2 の位置との間に小領域 S R 2 が位置しない場合、小領域 S R 2 において点の存在が不明であると定義する。定義には、このようなレイトレーシングの技術が適用できる。

[0081] 上述の通り、入力点群の点の密度は、参照点群の点の密度よりも疎である。そのため、参照点群で写っていた物体が、入力点群において正確に写らなくなり、物体の一部の点が入力点群に記録されないような場合が考えられる。したがって、現実には点が存在しないことが確定できないようなときに、点が内部に無い小領域 S R 2 について、点の存在が不明であると定義することが好ましい。

[0082] 図 9 C は、入力点群の座標について計算された空間特徴量の一例である。図 9 C には、座標 F 2 が中心 O である球体領域 S 2 において、小領域 S R 2 において点があることが黒丸、点がないことが白丸、点の存在が不明であることが三角でそれぞれ表記されている。また、図 9 C には、以降の空間特徴量の計算を説明する際に例示する、球体領域 S 2 上の座標 H 2 が示される。なお、座標 H 1 と座標 H 2 は、参照点群と入力点群において同じ座標を示す。

[0083] さらに、入力特徴量計算部 1 2 4 は、入力点群における座標 F 2 の近傍領域 $\delta 2$ を設定する。近傍領域 $\delta 2$ は、座標 F 2 以外の座標を少なくとも 1 つ含む領域であり、例えば、座標 F 2 を中心とする極座標系において半径 $\lambda 2$ の領域として設定されるが、近傍領域 $\delta 2$ の設定はこれに限られない。そして、入力特徴量計算部 1 2 4 は、近傍領域 $\delta 2$ に含まれる座標 F 2 以外の各座標についても、上記で示した座標 F 2 における空間特徴量の算出と同様に、空間特徴量を算出する。つまり、入力特徴量計算部 1 2 4 は、近傍領域 $\delta 2$ に含まれる座標 F 2 以外の各座標について、球体領域 S 2 及び小領域 S R 2 と同様の手法で、複数の小領域（第 4 の小領域）から構成され、座標を含む球体領域（第 4 の領域）を定義する。そして、各小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いることで、空間特徴量を計算する。

[0084] なお、入力点群における近傍領域 $\delta 2$ の大きさは、参照点群における近傍領域 $\delta 1$ の大きさと同じであってもよいし、異なってもよい。すなわち、この例では、半径 $\lambda 1$ は半径 $\lambda 2$ と同じ長さであってもよいし、異なる長さであってもよい。

[0085] 以上のようにして、参照特徴量計算部 1 2 3 と、入力特徴量計算部 1 2 4 は、参照点群と入力点群の各座標において上述の空間特徴量を計算する。

[0086] 図 6 に戻り、説明を続ける。変化検出部 1 2 5 は、実施の形態 1 における判定部 1 3 に対応する。変化検出部 1 2 5 は、参照点群における座標 F 1 と、入力点群における座標 F 2 について、空間特徴量を比較することによって類似度を算出する。そして、その類似度を用いて、参照点群から入力点群に変化した際に、座標 F 1 における点の有無が座標 F 2 において変化したか否かを判定する。

[0087] 変化検出部 1 2 5 が実行可能な判定処理は、以下の 2 種類がある。

(1) 参照点群の座標 F 1 において存在しなかった点が、入力点群の座標 F 2 において存在するようになったか否かを判定する

(1 1) 参照点群の座標 F 1 において存在した点が、入力点群の座標 F 2 において存在しなくなったか否かを判定する

以下、処理 (1) 及び (1 1) の詳細について説明する。

[0088] (1) の処理において、変化検出部 1 2 5 は、参照特徴量計算部 1 2 3 が計算した、参照点群における座標 F 1 の特徴量と、入力特徴量計算部 1 2 4 が計算した、入力点群における座標 F 2 の特徴量との類似度を算出する。ここで、座標 F 1 の特徴量を P 1、座標 F 2 の特徴量を P 2 とし、両者の類似度を $S(P 1, P 2)$ とする。

[0089] 変化検出部 1 2 5 は、 $S(P 1, P 2)$ を次のように計算する。

式 5

[0090]
$$S(P1, P2) = \sum_{\varphi} \sum_{\theta} \sum_r \text{Score}(P1_{\varphi\theta r}, P2_{\varphi\theta r}) / \text{ValidNum} \quad (5)$$

式 6

$$[0091] \quad \text{Score}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{Same}_{\text{around}}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r}) \text{ exists,} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

式 7

$$[0092] \quad \text{Same}_{\text{around}}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r}) \text{ exists if} \\ \bigcup_{-\rho_1 < d1 < \rho_1, -\rho_2 < d2 < \rho_2} P1_{(\phi+d1)(\theta+d2)(r)} == P2_{\phi\theta r} \quad (7)$$

(5) ~ (7) における ϕ 、 θ 、 r は、上記の通り、それぞれ 2α 、 α 、 d を単位として分割されている。(5) の右辺における $P1_{\phi\theta r}$ は、特徴量 $P1$ の一要素を示し、これは、球体領域 $S1$ における小領域 $SR1$ において定義された空間特徴量の一要素である。 $P2_{\phi\theta r}$ は、特徴量 $P2$ の一要素を示し、これは、球体領域 $S2$ における小領域 $SR2$ において定義された空間特徴量の一要素である。 $P1_{\phi\theta r}$ と $P2_{\phi\theta r}$ は、参照点群と入力点群とを比較したときに同じ位置にある小領域 $SR1$ と小領域 $SR2$ における、それぞれの特徴量の要素である。

[0093] また、(5) における ValidNum は、球体領域 $S2$ において、「点の存在が不明」とであると定義された小領域 $SR2$ 以外の小領域 $SR2$ の数である。したがって、(5) は、球体領域 $S2$ における全ての小領域 $SR2$ (又は、球体領域 $S1$ における全ての小領域 $SR1$) にわたって、 $\text{Score}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ が合計され、合計値が ValidNum によって規格化されることを示している。このとき、「点の存在が不明」とであると定義された小領域 $SR2$ については、類似度の計算において評価がなされない (すなわち、計算上無視される)。

[0094] (6) は、 $\text{Score}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ の定義を示している。 $\text{Score}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ は、 $P1_{\phi\theta r}$ と $P2_{\phi\theta r}$ に関して、後述の $\text{Same}_{\text{around}}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ が存在する場合には 1 となり、それ以外の場合では 0 となる。

[0095] (7) は、参照領域において ϕ が $-\rho_1 + \phi_1$ から $\rho_1 + \phi_1$ までの範囲を取り、 θ が $-\rho_2 + \theta_2$ から $\rho_2 + \theta_2$ までの範囲をとる $P1_{(\phi+d1)(\theta+d2)r}$ と、 $P2_{\phi\theta r}$ とが同じ値となる場合があるときに、 $\text{Same}_{\text{around}}(P$

$P_{1\phi\theta r}, P_{2\phi\theta r}$ ）が存在することを示している。なお、 ϕ_1, θ_2 は、 $P_{1\phi\theta r}$ における小領域 S_{R1} の ϕ, θ の値である。また、 ρ_1, ρ_2 は、それぞれ ϕ, θ に対するズレの許容値であり、少なくとも、 $P_{1\phi\theta r}$ における小領域 S_{R1} に対して隣接した小領域 S_{R1} が含まれるように定義される。このように、(7)では、小領域 S_{R1} の $P_{1\phi\theta r}$ （空間特徴量の要素）だけでなく、その小領域 S_{R1} の周辺領域に含まれる第1の小領域の空間特徴量の要素についても、その小領域 S_{R1} に対応する入力点群における小領域 S_{R2} の空間特徴量の要素との比較がなされる。

[0096] また、小領域 S_{R1} 又は S_{R2} において点の存在が不明である場合には、 $Same_{around}(P_{1\phi\theta r}, P_{2\phi\theta r})$ は定義されず、(6)において $Score(P_{1\phi\theta r}, P_{2\phi\theta r})$ は0となる。

[0097] 図9Dは、図9B及び9Cの例において、上記の式(7)を説明するための図である。この図においては、図9Bにおける座標 H_1 の近傍である球体領域 S_1 の一部と、図9Cにおける座標 H_2 の近傍である球体領域 S_2 の一部が示されている。座標 H_1 を含む小領域 S_{R1} の空間特徴量における要素は $P_{1\phi\theta r}$ 、座標 H_2 を含む小領域 S_{R2} の空間特徴量における要素は $P_{2\phi\theta r}$ である。また、図9Dでは、 ϕ 方向において、座標 H_1 を含む小領域 S_{R1} に ϕ 方向において隣接した小領域 S_{R1} の空間特徴量における要素は、 $P_{1(\phi+1)\theta r}$ 及び $P_{1(\phi-1)\theta r}$ である。さらに、図9Dでは、座標 H_1 を含む小領域 S_{R1} 、 $P_{1(\phi+1)\theta r}$ にかかる小領域 S_{R1} 及び $P_{1(\phi-1)\theta r}$ にかかる小領域 S_{R1} のそれぞれにおいて、 r 方向において隣接した小領域 S_{R1} が定義されている。これらの小領域 S_{R1} の空間特徴量における要素は、それぞれ $P_{1\phi\theta(r-1)}$ 、 $P_{1(\phi+1)\theta(r-1)}$ 、 $P_{1(\phi-1)\theta(r-1)}$ である。

[0098] 図9Dの例において、 $P_{1\phi\theta r}$ は点が存在しないことを示し、 $P_{2\phi\theta r}$ は点が存在することを示すため、両者は同じ要素ではない。しかしながら、式(7)が示す ϕ の範囲は、 $P_{1(\phi+1)\theta r}$ 及び $P_{1(\phi-1)\theta r}$ を含む。この例では、 $P_{1(\phi-1)\theta r}$ が、点が存在することを示すものであるため、 $P_{1(\phi-1)\theta r}$ と $P_{2\phi\theta r}$ は同じ要素となる。そのため、図9Dの例では、(7)に示す Sa

$m e_{a r o u n d} (P 1_{\phi \theta r}, P 2_{\phi \theta r})$ が存在し、(6) に示す $S c o r e (P 1_{\phi \theta r}, P 2_{\phi \theta r})$ は 1 となる。

[0099] このようにして、変化検出部 125 は、全ての ϕ 、 θ 、 r について $S c o r e (P 1_{\phi \theta r}, P 2_{\phi \theta r})$ を算出することで、式 (5) に示す類似度 $S (P 1, P 2)$ を計算するマッチング処理を実行する。

[0100] また、変化検出部 125 は、参照特徴量計算部 123 が設定した近傍領域 $\delta 1$ に含まれる座標 $F 1$ 以外の各座標についても、 $S (P 1, P 2)$ と同様の算出手法を用いて、類似度 $S (P n, P 2)$ を算出する。なお、 $P n$ は、座標 $F 1$ 以外の各座標における特徴量であって、参照特徴量計算部 123 が上記の処理で計算したものである。以下、 $S (P 1, P 2)$ と $S (P n, P 2)$ を含む近傍領域 $\delta 1$ 内の類似度 S として、 $S (P N, P 2)$ を定義する。

[0101] 変化検出部 125 は、このようにして近傍領域 $\delta 1$ 内における全ての類似度 $S (P N, P 2)$ を算出した後、 $S (P N, P 2)$ の中で最大値となる $S_{m a x} (P N, P 2)$ を特定する。この $S_{m a x} (P N, P 2)$ にかかる参照点群の座標は、参照点群における近傍領域 $\delta 1$ に含まれる座標の中で、点が存在するか否かを示す状態が、入力点群における座標 $F 2$ と最も類似している座標である。変化検出部 125 は、 $S_{m a x} (P N, P 2)$ と、所定の閾値 $T h S 1$ との大小関係を比較する。

[0102] $S_{m a x} (P N, P 2)$ が $T h S 1$ 以下である場合、変化検出部 125 は、近傍領域 $\delta 1$ に含まれる座標は、座標 $F 2$ との類似度合いが低いと判定する。そして、変化検出部 125 は、参照点群の座標 $F 1$ において存在しなかった点が、入力点群の座標 $F 2$ において存在するようになったことを判定する。一方、 $S_{m a x} (P N, P 2)$ が $T h S 1$ よりも大きい場合、変化検出部 125 は上記のように判定しない。

[0103] 次に、(11) の処理について説明する。変化検出部 125 は、座標 $F 1$ の特徴量と座標 $F 2$ の特徴量との類似度である $S (P 1, P 2)$ を算出するマッチング処理を実行する。この算出方法は (1) と同様であるため、説明

を省略する。

- [0104] また、変化検出部 125 は、入力特徴量計算部 124 が設定した近傍領域 $\delta 2$ に含まれる座標 $F 2$ 以外の各座標についても、 $S(P 1, P 2)$ と同様の算出手法を用いて、類似度 $S(P 1, P m)$ を算出する。なお、 $P m$ は、座標 $F 2$ 以外の各座標における特徴量であって、入力特徴量計算部 124 が上記の処理で計算したものである。以下、 $S(P 1, P 2)$ と $S(P 1, P m)$ を含む近傍領域 $\delta 2$ 内の類似度 S として、 $S(P 1, P M)$ を定義する。
- [0105] 変化検出部 125 は、このようにして近傍領域 $\delta 2$ 内における全ての類似度 $S(P 1, P M)$ を算出した後、 $S(P 1, P M)$ の中で最大値となる $S_{max}(P 1, P M)$ を特定する。この $S_{max}(P 1, P M)$ にかかる参照点群の座標は、入力点群における近傍領域 $\delta 2$ に含まれる座標の中で、点が存在するか否かを示す状態が、参照点群における座標 $F 1$ と最も類似している座標である。変化検出部 125 は、 $S_{max}(P 1, P M)$ と、所定の閾値 $Th S 2$ との大小関係を比較する。
- [0106] $S_{max}(P 1, P M)$ が $Th S 2$ 以下である場合、変化検出部 125 は、近傍領域 $\delta 2$ に含まれる座標は、座標 $F 1$ との類似度合いが低いと判定する。そして、変化検出部 125 は、参照点群の座標 $F 1$ において存在していた点が、入力点群の座標 $F 2$ において存在しなくなったことを判定する。一方、 $S_{max}(P 1, P M)$ が $Th S 2$ よりも大きい場合、変化検出部 125 は上記のように判定しない。
- [0107] (I) において、 $S_{max}(P N, P 2)$ が $Th S 1$ より大きいと判定され、(I I) において、 $S_{max}(P 1, P M)$ が $Th S 2$ より大きいと判定された場合には、変化検出部 125 は、座標 $F 1$ における点の有無が座標 $F 2$ において変化しなかったと判定する。つまり、座標 $F 1$ と座標 $F 2$ との間に変化がないと判定される。
- [0108] なお、参照特徴量計算部 123 及び入力特徴量計算部 124 は、それぞれ近傍領域 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ の大きさを、状況に応じて変更することが可能である。例えば、参照特徴量計算部 123 は、参照点群の計測時に座標 $F 1$ が示す位

置と、計測時の専用センサSの位置との間の距離が長くなるほど、近傍領域 $\delta 1$ の大きさ（例えば、半径 $\lambda 1$ の大きさ）を大きくしてもよい。これは、参照点群の座標F1が計測時に専用センサSから離れているほど、上記のズレの影響がより広範囲に生じるため、比較対象となる参照点群側の座標をより広範囲に設定することが好ましいためである。同様の理由で、入力特徴量計算部124は、入力点群の計測時に座標F2が示す位置と、計測時のLIDAR102の位置との間の距離が長くなるほど、近傍領域 $\delta 2$ の大きさ（例えば、半径 $\lambda 2$ の大きさ）を大きくしてもよい。

[0109] 変化検出部125は、参照点群における各座標と、その各座標に対応する入力点群における各座標について、上記の(1)及び(11)の処理を実行する。これにより、変化検出部125は、参照点群及び入力点群の全座標において、点の有無の変化を検出することができる。なお、(1)では、変化を検出する際の起点として入力点群の座標が選択され、入力点群の各座標について変化の有無が判定されることから、参照点群にない点が入力点群で新しく追加されたか否かが検出される。一方、(11)では、変化を検出する際の起点として参照点群の座標が選択され、参照点群の各座標について変化の有無が判定されることから、参照点群で有る点が、入力点群ではなくなったか否かが検出される。

[0110] 図6に戻り、説明を続ける。検出結果生成部126は、変化検出部125が(1)に示した処理を実行した結果、変化検出部125が検出した変化を示す画像を生成する。例えば、図8A及び8Bに示した状況において参照点群と入力点群が取得された場合、検出結果生成部126は、変化検出部125が(1)に示した処理を実行した結果として、図8Cに示す画像を生成することが可能となる。また、検出結果生成部126は、変化検出部125が(11)に示した処理を実行した結果、変化検出部125が検出した変化を示す画像を生成することもできる。このようにして生成される画像には、参照点群と入力点群との比較において変化しないと判定された箇所は表示されず、両者の差分の箇所を表示させることができる。なお、センターサーバ1

20は、検出結果生成部126が生成した画像をユーザに見せるディスプレイ等のインタフェースを有していてもよい。また、検出結果生成部126は、画像に代えて、変化検出部125が検出した変化を示す3Dデータの点群を生成してもよい。さらに、検出結果生成部126は、実施の形態1に示した出力部と同様に、生成した画面又は点群上で、点の有無の変化が生じた箇所（又は、物体の有無が変化した箇所）を視覚的に強調する処理を実行してもよい。

[0111] [処理の説明]

図10A～10Cは、センターサーバ120の代表的な処理の一例を示したフローチャートであり、このフローチャートによって、センターサーバ120の処理の概要が説明される。各処理の詳細については上述の通りであるため、適宜説明を省略する。図10Aは、センターサーバ120の処理例の概略を示したフローチャートであり、まず、図10Aを用いて処理のフローを説明する。

[0112] まず、参照点群取得部121は、参照点群DB130から参照点群のデータを取得する（ステップS21；取得ステップ）。また、入力点群取得部122は、ロボット101が送信したデータを取得することで、入力点群のデータを取得する（ステップS22；取得ステップ）。なお、ステップS21とS22の処理は、どちらが先になされてもよいし、両方の処理が並列になされてもよい。

[0113] 次に、参照特徴量計算部123、入力特徴量計算部124及び変化検出部125は、処理（A）を実行する（ステップS23；処理（A）ステップ）。処理（A）は、上記の処理（1）及びそれに関連する処理を示し、その詳細は図10Bを用いて説明される。

[0114] また、参照特徴量計算部123、入力特徴量計算部124及び変化検出部125は、処理（B）も実行する（ステップS24；処理（B）ステップ）。処理（B）は、上記の処理（11）及びそれに関連する処理を示し、その詳細は図10Cを用いて説明される。なお、ステップS23とS24の処理

は、どちらが先になされてもよいし、両方の処理が並列になされてもよい。

[0115] 検出結果生成部 126 は、処理 (A) によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、処理 (A) に関して、検出された変化を示す画像を生成する。同様に、検出結果生成部 126 は、処理 (B) によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、処理 (B) に関して、検出された変化を示す画像を生成する (ステップ S25 ; 検出結果画像生成ステップ)。

[0116] 次に、図 10B を用いて、センターサーバの詳細な処理 (A) の一例を示す。まず、入力特徴量計算部 124 は、入力点群内のまだ特徴量が計算されていない座標について、その空間特徴量を計算する (ステップ S31 ; 特徴量計算ステップ)。入力特徴量計算部 124 は、計算した座標の情報を、参照特徴量計算部 123 に出力する。

[0117] 参照特徴量計算部 123 は、出力された座標の情報に基づき、その座標と対応する参照点群内の座標を特定する。ここでは、入力特徴量計算部 124 が出力した座標の情報が、上記の例における座標 F2 の情報であり、参照特徴量計算部 123 が特定する座標の情報は、上記の例における座標 F1 の情報であるとする。参照特徴量計算部 123 は、座標 F1 を含む近傍領域 $\delta 1$ を設定し、近傍領域 $\delta 1$ 内に含まれる各座標について、それらの空間特徴量を計算する (ステップ S32 ; 特徴量計算ステップ)。なお、上記では、ステップ S31 の処理がステップ S32 の処理よりも先になされているが、ステップ S32 の処理がステップ S31 の処理よりも先になされるようにしてもよいし、両方の処理が並列になされてもよい。

[0118] 変化検出部 125 は、ステップ S31 及び S32 でそれぞれ計算された空間特徴量を用いて、座標 F1 と座標 F2 との類似度を計算する (ステップ S33 ; 類似度計算ステップ)。変化検出部 125 は、計算された類似度の最大値と、所定の閾値とを比較することにより、座標 F2 において点の有無に変化が生じたか否かを判定する (ステップ S34 ; 変化検出ステップ)。

[0119] 変化検出部 125 は、入力点群内の全座標について、類似度の計算及び変

化検出の判定が終了したか否かを判定する（ステップS 3 5；終了判定ステップ）。入力点群内の全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了していない場合（ステップS 3 5のN o）、類似度を計算していない入力点群内の座標について、ステップS 3 1に戻り、処理を繰り返す。入力点群内の全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了した場合（ステップS 3 5のY e s）、処理（A）は終了する。そして、上記の通り、検出結果生成部1 2 6は、処理（A）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、変化検出画像を生成する。

[0120] 次に、図1 0 Cを用いて、センターサーバの詳細な処理（B）の一例を示す。まず、参照特徴量計算部1 2 3は、参照点群内のまだ特徴量が計算されていない座標について、その空間特徴量を計算する（ステップS 4 1；特徴量計算ステップ）。参照特徴量計算部1 2 3は、計算した座標の情報を、入力特徴量計算部1 2 4に出力する。

[0121] 入力特徴量計算部1 2 4は、出力された座標の情報に基づき、その座標と対応する入力点群内の座標を特定する。ここでは、参照特徴量計算部1 2 3が出力した座標の情報が、上記の例における座標F 1の情報であり、入力特徴量計算部1 2 4が特定する座標の情報は、上記の例における座標F 2の情報であるとする。入力特徴量計算部1 2 4は、座標F 2を含む近傍領域 δ 2を設定し、近傍領域 δ 2内に含まれる各座標について、それらの空間特徴量を計算する（ステップS 4 2；特徴量計算ステップ）。なお、上記では、ステップS 4 1の処理がステップS 4 2の処理よりも先になされているが、ステップS 4 2の処理がステップS 4 1の処理よりも先になされるようにしてもよいし、両方の処理が並列になされてもよい。

[0122] 変化検出部1 2 5は、ステップS 4 1及びS 4 2でそれぞれ計算された空間特徴量を用いて、座標F 1と座標F 2との類似度を計算する（ステップS 4 3；類似度計算ステップ）。変化検出部1 2 5は、計算された類似度の最大値と、所定の閾値とを比較することにより、座標F 1において点の有無に変化が生じたか否かを判定する（ステップS 4 4；変化検出ステップ）。

[0123] 変化検出部 125 は、参照点群内の全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了したか否かを判定する（ステップ S45；終了判定ステップ）。参照点群内の全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了していない場合（ステップ S45 の No）、類似度を計算していない参照点群内の座標について、ステップ S41 に戻り、処理を繰り返す。参照点群内の全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了した場合（ステップ S45 の Yes）、処理（B）は終了する。そして、上記の通り、検出結果生成部 126 は、処理（B）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、変化を検出した画像を生成する。

[0124] なお、図 10B において、先に入力点群内の全座標についての類似度を計算した後に、入力点群内の各座標について、変化検出の判定を実行してもよい。同様に、図 10C において、先に参照点群内の全座標についての類似度を計算した後に、参照点群内の各座標について、変化検出の判定を実行してもよい。

[0125] 上記の例では、処理（A）、（B）の両方が実行される例について説明したが、処理（A）、（B）のいずれか一方だけが実行され、実行された処理のみについて、変化検出部 125 で画像が生成されてもよい。また、各処理を順に実行する際に、以前の処理で算出された特徴量や類似度といった情報について、後の処理で使用する際には、再度算出することなく、以前算出された結果を流用可能であることは言うまでもない。

[0126] また、ロボット 101 が計測によって複数枚の点群を取得する場合、入力点群取得部 122 において、入力点群は複数生成される。センターサーバ 120 は、その各々の入力点群と、参照点群との間で、上記に示した比較処理を実行することにより、入力点群ごとに検出画像を生成することが可能である。

[0127] [効果の説明]

以上に示したように、入力特徴量計算部 124 は、点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることを示す情報をベクトル化すること

で、入力点群における空間特徴量を計算する。変化検出部 125 は、計算された参照点群における空間特徴量と入力点群における空間特徴量とを用いることにより、参照点群と入力点群との間において、点の有無の変化が生じたか否かを判定することができる。上記の通り、入力点群の点の密度は、参照点群の点の密度よりも疎であり、物体が存在し、本来点があるべき座標において、点が記録されていないことがある。このような場合においても、センタサーバ 120 において上記の処理を実行することにより、入力点群のデータをそのまま用いたときと比較して、判定の精度が高くなると推定される。これは、リアルタイムによる点群の比較処理を実行する場合に、特に有効である。

[0128] また、参照特徴量計算部 123 は、参照点群の計算対象座標（上記の例における座標 F 1）の空間特徴量を計算する際に、計算対象座標の近傍領域 $\delta 1$ における各座標の特徴量についても計算してもよい。変化検出部 125 は、計算対象座標の空間特徴量と、計算対象座標の近傍領域 $\delta 1$ における各座標の空間特徴量と、計算対象座標と対応する入力点群における対応座標における空間特徴量とを用いて、計算対象座標において存在しない点が、入力点群における対応座標において存在するか否かを判定することができる。これにより、参照点群の計測と入力点群の計測において並進方向のズレが生じた場合であっても、類似度算出においてそのズレを考慮した計算が可能となるため、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0129] 同様に、入力特徴量計算部 124 は、入力点群の計算対象座標（上記の例における座標 F 2）の空間特徴量を計算する際に、計算対象座標の近傍領域 $\delta 2$ における各座標の特徴量についても計算してもよい。変化検出部 125 は、計算対象座標の空間特徴量と、計算対象座標の近傍領域 $\delta 2$ における各座標の空間特徴量と、計算対象座標と対応する参照点群における座標における空間特徴量とを用いて、計算対象座標において存在する点が、参照点群における対応座標において存在しないか否かを判定することができる。これにより、参照点群の計測と入力点群の計測において並進方向のズレが生じた場

合であっても、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0130] 図 1 1 A 及び 1 1 B は、図 7 A 及び 7 B で示した参照点群と入力点群とにおいて、点の有無をそのまま直接比較することによって両者の変化を検出した画像と、本開示の手法によって両者の変化を検出した画像を示したものである。上記の通り、図 7 A 及び 7 B は、センサによって倉庫内のラック L を計測したものである。このとき、参照点群の計測位置と入力点群の計測位置とは、並進方向に所定の位置だけずれていると仮定する。一般的に、参照点群と入力点群の計測条件は全く同じにはならず、異なることが多く、この状況はそれを反映したものである。また、入力点群計測時には、参照点群計測時になかったオブジェクト O B が存在する。

[0131] 図 1 1 A の画像 C 1 及び 1 1 B の画像 C 2 において、点で表された箇所が、参照点群と入力点群との変化として検出される箇所である。図 1 1 A 及び 1 1 B の画像において点が濃い箇所ほど、変化として強く検出された箇所となる。図 1 1 A の画像 C 1 においては、本来変化として検出されるべきオブジェクト O B だけでなく、参照点群と入力点群とでセンサから見え方が変化するラック L についても、変化として検出されている。しかしながら、図 1 1 B の画像 C 2 においては、ラック L が変化として検出することが抑制され、オブジェクト O B が明瞭な変化として検出されている。このように、本開示の手法は、参照点群の計測と入力点群の計測において並進方向のズレが生じた場合であっても、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0132] さらに効果として、点群同士の変化検出精度の悪化が抑制されるため、正確な変化の検出をするためにロボット 1 0 1 が計測し、取得するデータの量を少なくする（すなわち、計測回数を削減する）ことや、ロボット 1 0 1 がより遠方から計測対象を計測することが可能となる。そのため、ロボット 1 0 1 が移動する距離を削減することができ、インフラ施設の効率的な監視又は点検が可能となる。

[0133] また、参照点群は、センサを用いて取得されたデータであり、参照点群取得部 1 2 1 は、変化検出の対象となる座標が計測時に示す位置とセンサの位

置との間の距離が長くなるほど、近傍領域 $\delta 1$ の大きさを大きくしてもよい。これにより、センサからの距離が遠くなる領域を計測し、ズレの影響がより大きく生じる場合であっても、そのズレの影響がカバーできるように近傍領域を設定することができるため、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0134] 同様に、入力点群は、センサを用いて取得されたデータであり、入力点群取得部 122 は、変化検出の対象となる座標が計測時に示す位置とセンサの位置との間の距離が長くなるほど、近傍領域 $\delta 2$ の大きさを大きくしてもよい。これにより、センサからの距離が遠くなる領域を計測し、ズレの影響がより大きく生じる場合であっても、そのズレの影響がカバーできるように近傍領域を設定することができるため、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0135] また、入力点群の小領域において点が存在しない場合に、点がないと判定するか、それとも点の存在が不明であるかを判定するかは、上記のレイトラシングの技術によって決定されてもよい。これにより、入力点群の計測時において物体が存在しているものの、入力点群において点として記録されなかった箇所において、点の存在が不明であると判定することができる。そのため、このような箇所について点がないものとして取り扱う場合と比較して、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0136] また、変化検出部 125 は、(1) の処理を実行する場合に、参照点群の計算対象座標の空間特徴量と、計算対象座標と対応する、入力点群の対応座標の空間特徴量との類似度と、近傍領域 $\delta 1$ における各座標の空間特徴量と、入力点群の対応座標の空間特徴量との類似度と、を算出してもよい。

[0137] ここで、計算対象座標の空間特徴量と対応座標の空間特徴量との類似度は、球体領域 $S 1$ における所定の小領域 $S R 1$ と、その小領域 $S R 1$ の周辺領域に含まれる小領域 $S R 1$ と、の各々における計算対象座標の空間特徴量の要素と、所定の小領域 $S R 1$ に対応する、球体領域 $S 2$ における小領域 $S R 2$ の要素とを用いて計算される。

- [0138] また、近傍領域 $\delta 1$ における各座標の空間特徴量と対応座標の空間特徴量との類似度は、各座標の球体領域 $S 1$ における所定の小領域 $S R 1$ と、その小領域 $S R 1$ の周辺領域に含まれる小領域 $S R 1$ と、の各々における空間特徴量の要素と、所定の小領域 $S R 1$ に対応する、球体領域 $S 2$ における小領域 $S R 2$ の要素とを用いて計算される。
- [0139] 同様に、変化検出部 125 は、(11) の処理を実行する場合に、入力点群の計算対象座標の空間特徴量と、計算対象座標と対応する、参照点群の対応座標の空間特徴量との類似度と、近傍領域 $\delta 2$ における各座標の空間特徴量と、参照点群の対応座標の空間特徴量との類似度と、を算出してもよい。
- [0140] ここで、計算対象座標の空間特徴量と対応座標の空間特徴量との類似度は、球体領域 $S 2$ における所定の小領域 $S R 2$ と、その小領域 $S R 2$ の周辺領域に含まれる小領域 $S R 2$ と、の各々における計算対象座標の空間特徴量の要素と、所定の小領域 $S R 2$ に対応する、球体領域 $S 1$ における小領域 $S R 1$ の要素とを用いて計算される。
- [0141] また、近傍領域 $\delta 2$ における各座標の空間特徴量と対応座標の空間特徴量との類似度は、各座標の球体領域 $S 2$ における所定の小領域 $S R 2$ と、その小領域 $S R 2$ の周辺領域に含まれる小領域 $S R 2$ と、の各々における空間特徴量の要素と、所定の小領域 $S R 2$ に対応する、球体領域 $S 1$ における小領域 $S R 1$ の要素とを用いて計算される。
- [0142] このような処理により、参照点群の計測と入力点群の計測において回転方向のズレが生じた場合であっても、類似度算出においてそのズレを考慮した計算が可能となるため、変化検出精度の悪化を抑制することができる。なお、変化検出部 125 は、上記の処理において、小領域 $S R 1$ の周辺領域、又は小領域 $S R 2$ の周辺領域の少なくともいずれかについて、その大きさを適宜変更してもよい。これにより、回転方向のズレに対する許容度を変更することができる。
- [0143] なお、参照特徴量計算部 123 においても、入力特徴量計算部 124 と同様の方法で、点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であるこ

とを示す情報をベクトル化することで、入力点群における空間特徴量を計算してもよい。点の存在が不明であることを示す情報の定義には、入力特徴量計算部 124 の説明において示した、レイトレーシングの技術が適用できる。

[0144] 変化検出部 125 は、このようにして計算された空間特徴量と、入力特徴量計算部 124 が計算した空間特徴量を用いて、上記の方法で、類似度を算出する。このとき、(11) の処理において、式 (5) における Valid Num は、球体領域 S1 において、「点の存在が不明」とであると定義された小領域 SR1 以外の小領域 SR1 の数となる。そのため、「点の存在が不明」とであると定義された小領域 SR1 については、類似度の計算において評価がなされない。これにより、参照点群において点の存在が不明となるような状態を変化の検出に反映することができるため、参照点群と入力点群との間の変化の検出精度をさらに高めることが可能となる。

[0145] なお、参照点群と入力点群は、所定の場所がカメラや測位センサによって撮影された 2 次元の画像に基づいて生成されたマッピングデータであってもよい。参照点群にかかる画像の撮影と入力点群にかかる画像の撮影においてズレが生じる場合として、上記の例で示した場合のほか、次のような場合も想定される。例えば、人が持って移動する可動式のカメラで同じ場所の画像を異なるタイミングで撮影し、その画像に基づいて参照点群と入力点群を生成した場合に、ズレが生じることがある。また、設備に固定された定点カメラが同じ場所の画像を異なるタイミングで撮影した場合であっても、地震又は設備の劣化に伴い定点カメラの位置又は撮影方向がずれることによってズレが生じることが想定される。このような場合においても、上記の処理を実行することで、変化検出精度の悪化を抑制することができる。

[0146] 変化検出部 125 は、(1) の処理を、入力点群のうち全部ではない複数の座標と、それに対応する参照点群の複数の座標について実行してもよい。同様に、変化検出部 125 は、(11) の処理を、参照点群のうち全部ではない複数の座標と、それに対応する入力点群の複数の座標について実行して

もよい。検出結果生成部 1 2 6 は、この判定結果に基づいて、変化検出部 1 2 5 が検出した変化を示す画像を生成する。このようにして、点群のうち判定が不要な領域がある場合には、センターサーバ 1 2 0 は、その領域を除いた座標について変化を検出することができる。

[0147] (2 B)

[構成の説明]

図 1 2 は、実施の形態 2 にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。センターサーバ 1 2 0 は、図 6 に示した構成要素のほか、抽出部 1 2 7 をさらに備える。以下、センターサーバ 1 2 0 の処理について、(2 A) で説明した点については省略し、本例に特有な点について説明する。

[0148] 抽出部 1 2 7 は、参照点群取得部 1 2 1 が取得した参照点群と、入力点群取得部 1 2 2 が取得した入力点群とにおいて、それぞれの対応する各座標同士の点の有無を、そのまま直接比較する。これにより、参照点群と、入力点群とのそれぞれにおいて、対応する座標における点の有無が異なる座標の情報（変化した座標の情報）が抽出され、そうでない座標については抽出されない。

[0149] 参照特徴量計算部 1 2 3 及び入力特徴量計算部 1 2 4 は、このようにして抽出された参照点群の座標と、入力点群の座標について、(2 A) に示した処理を実行し、空間特徴量を計算する。また、変化検出部 1 2 5 及び検出結果生成部 1 2 6 は、計算された空間特徴量を用いて、(2 A) に示した処理を実行する。

[0150] [処理の説明]

図 1 3 A ~ 1 3 C は、図 1 0 A ~ 1 0 C に対応する、(2 B) におけるセンターサーバ 1 2 0 の代表的な処理の一例を示したフローチャートであり、このフローチャートによって、センターサーバ 1 2 0 の処理の概要が説明される。なお、(2 A) と同じ点については、適宜記載を省略する。

[0151] まず、図 1 3 A において、参照点群取得部 1 2 1 は、参照点群 DB 1 3 0 から参照点群のデータを取得する（ステップ S 2 1 ; 取得ステップ）。また

、入力点群取得部 1 2 2 は、ロボット 1 0 1 が送信したデータを取得することで、入力点群のデータを取得する（ステップ S 2 2 ; 取得ステップ）。

[0152] 次に、抽出部 1 2 7 は、参照点群取得部 1 2 1 が取得した参照点群と、入力点群取得部 1 2 2 が取得した入力点群とにおいて、それぞれの対応する各座標同士の点の有無を直接比較する。これにより、変化した座標の情報を検出する（ステップ S 2 6 ; 変化検出ステップ）。参照特徴量計算部 1 2 3、入力特徴量計算部 1 2 4 及び変化検出部 1 2 5 は、処理（A'）を実行する（ステップ S 2 3' ; 処理（A'）ステップ）。処理（A'）の詳細は図 1 3 B を用いて説明される。

[0153] また、参照特徴量計算部 1 2 3、入力特徴量計算部 1 2 4 及び変化検出部 1 2 5 は、処理（B'）も実行する（ステップ S 2 4' ; 処理（B'）ステップ）。処理（B'）は、上記の処理（1 1）及びそれに関連する処理を示し、その詳細は図 1 3 C を用いて説明される。なお、ステップ S 2 3' と S 2 4' の処理は、どちらが先になされてもよいし、両者が並列になされてもよい。

[0154] 検出結果生成部 1 2 6 は、処理（A'）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、処理（A'）に関して、検出された変化を示す画像を生成する。同様に、検出結果生成部 1 2 6 は、処理（B'）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、処理（B'）に関して、検出された変化を示す画像を生成する（ステップ S 2 5 ; 検出結果画像生成ステップ）。

[0155] 次に、図 1 3 B を用いて、センターサーバの詳細な処理（A'）の一例を示す。まず、入力特徴量計算部 1 2 4 は、抽出部 1 2 7 によって抽出された入力点群の座標のうち、入力点群内のまだ特徴量が計算されていない座標について、その空間特徴量を計算する（ステップ S 3 1 ; 特徴量計算ステップ）。入力特徴量計算部 1 2 4 は、計算した座標の情報を、参照特徴量計算部 1 2 3 に出力する。

[0156] 参照特徴量計算部 1 2 3 は、出力された座標の情報に基づき、その座標と

対応する参照点群内の座標 F 1 を特定する。参照特徴量計算部 1 2 3 は、座標 F 1 を含む近傍領域 δ 1 を設定し、近傍領域 δ 1 内に含まれる各座標について、それらの空間特徴量を計算する（ステップ S 3 2；特徴量計算ステップ）。上記の通り、ステップ S 3 1 の処理とステップ S 3 2 の処理は、いずれが先になされてもよいし、両方の処理が並列でなされてもよい。

[0157] 変化検出部 1 2 5 は、ステップ S 3 1 及び S 3 2 でそれぞれ計算された空間特徴量を用いて、座標 F 1 と座標 F 2 との類似度を計算する（ステップ S 3 3；類似度計算ステップ）。変化検出部 1 2 5 は、計算された類似度の最大値と、所定の閾値とを比較することにより、座標 F 2 において点の有無に変化が生じたか否かを判定する（ステップ S 3 4；変化検出ステップ）。

[0158] 変化検出部 1 2 5 は、入力点群において抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了したか否かを判定する（ステップ S 3 6；終了判定ステップ）。抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了していない場合（ステップ S 3 6 の No）、類似度を計算していない座標について、ステップ S 3 1 に戻り、処理を繰り返す。抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了した場合（ステップ S 3 6 の Yes）、処理（A'）は終了する。そして、上記の通り、検出結果生成部 1 2 6 は、処理（A'）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、変化検出画像を生成する。

[0159] 次に、図 1 3 C を用いて、センターサーバの詳細な処理（B'）の一例を示す。まず、参照特徴量計算部 1 2 3 は、抽出部 1 2 7 によって抽出された参照点群の座標のうち、参照点群内のまだ特徴量が計算されていない座標について、その空間特徴量を計算する（ステップ S 4 1；特徴量計算ステップ）。参照特徴量計算部 1 2 3 は、計算した座標の情報を、入力特徴量計算部 1 2 4 に出力する。

[0160] 入力特徴量計算部 1 2 4 は、出力された座標の情報に基づき、その座標と対応する入力点群内の座標 F 2 を特定する。入力特徴量計算部 1 2 4 は、座標 F 2 を含む近傍領域 δ 2 を設定し、近傍領域 δ 2 内に含まれる各座標につ

いて、それらの空間特徴量を計算する（ステップS 4 2；特徴量計算ステップ）。上記の通り、ステップS 4 1の処理とステップS 4 2の処理は、いずれが先になされてもよいし、両方の処理が並列でなされてもよい。

[0161] 変化検出部1 2 5は、ステップS 4 1及びS 4 2でそれぞれ計算された空間特徴量を用いて、座標F 1と座標F 2との類似度を計算する（ステップS 4 3；類似度計算ステップ）。変化検出部1 2 5は、計算された類似度の最大値と、所定の閾値とを比較することにより、座標F 1において点の有無に変化が生じたか否かを判定する（ステップS 4 4；変化検出ステップ）。

[0162] 変化検出部1 2 5は、参照点群において抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了したか否かを判定する（ステップS 4 6；終了判定ステップ）。抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了していない場合（ステップS 4 6のN o）、類似度を計算していない座標について、ステップS 4 1に戻り、処理を繰り返す。抽出された全座標について、類似度の計算及び変化検出の判定が終了した場合（ステップS 4 6のY e s）、処理（B'）は終了する。そして、上記の通り、検出結果生成部1 2 6は、処理（B'）によって生成された、各座標における変化の有無を示す情報に基づいて、変化を検出した画像を生成する。

[0163] 以上に示したように、センターサーバ1 2 0は、抽出部1 2 7が変化した座標の情報を抽出し、その抽出された座標について、（2 A）に示した変化検出処理を実行することが可能である。これにより、全ての入力点群又は参照点群の座標に対して（2 A）に示した変化検出処理を実行するよりも、処理の全工程に必要な計算コストを低減させることができる。

[0164] （2 C）

図1 4 Aは、実施の形態2にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。センターサーバ1 2 0は、図1 2に示した構成要素のほか、物体識別部1 2 8をさらに備える。以下、センターサーバ1 2 0の処理について、（2 A）及び（2 B）で説明した点については省略し、本例に特有な点について説明する。

- [0165] 物体識別部 128 は、検出結果生成部 126 によって生成された、(1) に示した処理を実行した結果の画像又は (11) に示した処理を実行した結果の画像について、画像に示された点の有無の変化箇所が、何らかの物体（例えば、コンテナ、車両、工事資材等）に相当するか否かを判定する。
- [0166] 例えば、物体識別部 128 は、変化した点群の箇所が所定の大きさ以上か否かを判定し、所定の大きさ以上である場合、変化した点群の箇所が何らかの物体に相当すると判定する。物体識別部 128 は、変化した点群の箇所が所定の大きさ未満である場合、変化した点群の箇所はノイズであると判定する。
- [0167] 別の例として、物体識別部 128 は、変化した点群の箇所と、事前に記憶したコンテナ、車両、工事資材等といった判定用の各種物体の点群データとを比較してもよい。変化した点群の箇所がいずれかの物体の点群データと一致、又は、例えば数パーセント程度の誤差を除いて一致する場合に、物体識別部 128 は、その一致した物体を、入力点群と参照点群との間で存在の有無が変化した物体であると特定する。
- [0168] あるいは、物体識別部 128 は、事前に学習がなされた AI モデルを用いて、物体判定を実行してもよい。この学習は、サンプルとなる変化した点群を示す画像情報と、その情報に対応する各種物体を示す情報（正解ラベル）と、を含む教師データを、AI モデルに入力させることでなされる。教師データを用いて AI モデルが学習された後、物体識別部 128 は、検出結果生成部 126 によって生成された画像を AI モデルに入力する。AI モデルは、この入力画像に基づいて、その入力画像で示された物体を示す情報を出力する。このようにしても、物体識別部 128 は物体の識別処理を実行することができる。なお、学習モデルの学習には、ロジスティック回帰、ニューラルネットワークといった任意の技術を用いることができる。
- [0169] なお、検出結果生成部 126 が検出結果として 3D データの点群を生成した場合でも、物体識別部 128 は、検出結果である点群において示された点の有無の変化箇所が、何らかの物体に相当するか否かを判定する。例えば、

検出結果生成部 126 は、事前に学習がなされた AI モデルを用いて、物体判定を実行することができる。この学習は、サンプルとなる変化した点群と、その情報に対応する各種物体を示す情報（正解ラベル）と、を含む教師データを、AI モデルに入力させることでなされる。教師データを用いて AI モデルが学習された後、物体識別部 128 は、検出結果生成部 126 によって生成された点群を AI モデルに入力する。AI モデルは、この点群に基づいて、その点群で示された物体を示す情報を出力することができる。検出結果生成部 126 が実行可能なその他の判定方法は、上記の通りである。

[0170] [効果の説明]

以上のようにして、センターサーバ 120 は、参照点群と入力点群との間で、物体の有無の変化があったか否かを検知することができる。さらに好ましくは、センターサーバ 120 は、参照点群と入力点群との間において存在の有無が変化した物体を識別することもできる。なお、物体識別部 128 は、識別した物体について、その物体を視覚的に強調する処理を実行した画面を生成し、出力してもよい。視覚的に強調する処理については、実施の形態 1 に説明した通りである。また、物体識別部 128 は、何らかの物体を識別した場合に、スピーカを介して、音声によってアラートを出力してもよい。また、物体識別部 128 は、判定部 13 の判定結果を他の装置に出力してもよい。

[0171] (2D)

図 14B は、実施の形態 2 にかかるセンターサーバの別の例を示すブロック図である。センターサーバ 120 は、図 14A に示した構成要素のほか、移動制御部 129 をさらに備える。以下、センターサーバ 120 の処理について、(2A) ~ (2C) で説明した点については省略し、本例に特有な点について説明する。

[0172] 移動制御部 129 は、ロボット 101 の移動を制御する。例えば、物体識別部 128 が、変化した点群の箇所が何らかの物体に相当すると判定したとき、移動制御部 129 は、ロボット 101 に対して、変化した点群の箇所に

対して接近した後、さらに当該箇所を計測するように指示することができる。この指示は、当該箇所の更に詳細な点群のデータを取得し、解析をするためになされるものである。あるいは、移動制御部 129 は、物体識別部 128 が特定の種類の物体を識別した場合に、上記のようにロボット 101 を制御してもよい。

[0173] この指示は、(1) に示した処理の結果、参照点群において物体が存在せず、入力点群において物体が存在するようになったと判定された場合、又は (11) に示した処理の結果、参照点群において物体が存在しており、入力点群において物体が存在しなくなったと判定された場合、の少なくともいずれかの場合に出力される。ただし、変化箇所について詳細な解析をするためには、少なくとも、参照点群において物体が存在せず、入力点群において物体が存在するようになった場合において、指示が出力されるのが好ましい。

[0174] [処理の説明]

図 15 A ~ 15 B は、図 13 A に対応する、(2 D) におけるセンターサーバ 120 の代表的な処理の一例を示したフローチャートであり、このフローチャートによって、センターサーバ 120 の処理の概要が説明される。なお、(2 A) 及び (2 B) と同じ点については、適宜記載を省略する。

[0175] ステップ S21 ~ S25 については、図 13 A と同様であるため、説明を省略する。ステップ S25 の後、物体識別部 128 は (2 C) に示した処理を実行し、(1) の処理によって検出結果生成部 126 により生成された画像において、変化した点群の箇所が、何らかの物体に相当するか否かを判定する (ステップ S27 ; 物体検出判定ステップ)。変化した点群の箇所が物体に相当しない場合 (ステップ S27 の No)、移動制御部 129 は特段の制御を実行しない。この場合、ロボット 101 は、例えば従前に設定された移動ルートに沿って移動する。一方、変化した点群の箇所が何らかの物体に相当する場合 (ステップ S27 の Yes)、移動制御部 129 は、ロボット 101 に対して、変化した点群の箇所に対して接近した後、さらに当該箇所を計測するように指示するように制御する (ステップ S28 ; ロボット移動

ステップ)。この場合、ロボット１０１は、従前に設定された移動ルートを一旦外れて移動する。

[0176] なお、（１１）の処理によって検出結果生成部１２６により生成された画像についても、ステップＳ２７及びＳ２８に示した処理を実行することが可能である。また、ステップＳ２８の処理の結果、ロボットが接近して計測することにより取得した画像についても、センターサーバ１２０は、（２Ａ）～（２Ｄ）に示した処理を実行することができる。

[0177] [効果の説明]

以上に示したように、検出結果生成部１２６が生成した画像において何らかの物体が検出されたような場合に、センターサーバ１２０は、ロボット１０１に対して詳細な点群のデータを取得させるように制御する。これにより、インフラ設備の故障又は異常に関する、より詳細な点検が可能となる。なお、検出結果生成部１２６が点群を生成する場合であっても、物体識別部１２８の物体判定結果に基づいて、移動制御部１２９は同様の制御を実行することができる。

[0178] 他の例として、移動制御部１２９は、物体識別部１２８が検出した物体が、従前に設定された移動ルート上に存在すると判定した場合、移動ルートを、物体が存在する箇所を避けるようなルートに設定してもよい。移動制御部１２９は、新たに設定したルート上を移動するように、ロボット１０１の移動を制御する。

[0179] なお、本開示は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、上記実施の形態に記載した各構成又は各処理は、任意に組み合わせることが可能である。また、各フローチャートに記載の処理の順番は、図面の通りでなく、適宜入れ替えられてもよいし、複数の処理が並列に実行されてもよい。

[0180] 例えば、図１０Ｂでは、ステップＳ３１～Ｓ３４の処理が、入力点群の各点に対して繰り返し実行されている。しかしながら、これに代えて、入力点群において処理対象である全座標について空間特徴量を計算する処理と、入

力点群の各座標と対応する参照点群の座標を含む領域について空間特徴量を計算する処理と、が先になされてもよい。その後、全座標についてステップ S 3 3 ~ S 3 4 の処理が実行されることで、処理対象となる領域における点の有無の変化を検知することができる。他のフローチャートでも、同様の処理の順番の入れ替えが可能である。

[0181] 実施の形態 2 では、極座標を用いて、座標 F 1 の周辺領域である球体領域 S 1 及び座標 F 2 の周辺領域である球体領域 S 2 を定義した。しかしながら、極座標に限らず、円筒座標等、他の種類の座標系を用いることにより、座標 F 1 及び F 2 の周辺領域を定義することも可能である。ただし、極座標を用いることにより、参照特徴量計算部 1 2 3 及び入力特徴量計算部 1 2 4 の計算が容易になるという効果を奏する。

[0182] また、実施の形態 2 において (5) ~ (7) に示した類似度の計算方法は、適宜変更することができる。例えば、(5) では、変化検出部 1 2 5 は、(6) に示す $Score(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ を単純加算することで $S(P1, P2)$ を計算した。しかしながら、それ以外の方法で、 $Same_{around}(P1_{\phi\theta r}, P2_{\phi\theta r})$ が ϕ 、 θ 、 r の全範囲において存在する数に関して $S(P1, P2)$ が単調増加となるように、 $S(P1, P2)$ を計算してもよい。また、(5) では、変化検出部 1 2 5 は、 $S(P1, P2)$ は $ValidNum$ の逆数に比例している。しかしながら、それ以外の方法で、 $ValidNum$ に関して $S(P1, P2)$ が単調減少となるように、 $S(P1, P2)$ を計算してもよい。

[0183] 実施の形態 2 において、センターサーバ 1 2 0 が各部で実行する上述の処理における任意の一部は、ロボット 1 0 1 又は異なるサーバの少なくともいずれかによって実行されてもよい。つまり、センターサーバ 1 2 0 の処理は分散システムで実現されてもよい。

[0184] また、別の例として、センターサーバ 1 2 0 が設けられず、ロボット 1 0 1 がスタンドアローンで上述のセンターサーバ 1 2 0 の処理を実行してもよい。この場合、ロボット 1 0 1 内の記憶部に、参照点群と、その参照点群が

計測された位置情報とが関連付けて格納されている。ロボット１０１は、自身のＬｉＤＡＲ１０２で計測を行い、入力点群を取得する。ロボット１０１は、入力点群を計測した位置情報を用いて記憶部を検索し、入力点群と比較対象となる参照点群のデータを取得する。この詳細については、上記の参照点群取得部１２１の処理と同様である。そして、ロボット１０１は、上記の参照特徴量計算部１２３～検出結果生成部１２６に関する処理を実行することができる。また、ロボット１０１は、物体識別部１２８に関する処理を実行してもよい。さらに、ロボット１０１は、物体識別部１２８で何らかの物体を検出した場合、変化した点群の箇所に対して接近した後、さらに当該箇所を計測するように、自身の移動部を制御することもできる。

[0185] 以上に示した実施の形態では、この開示をハードウェアの構成として説明したが、この開示は、これに限定されるものではない。この開示は、上述の実施形態において説明された変化検出装置、変化検出システムにおける各装置又はセンターサーバの処理（ステップ）を、コンピュータ内のプロセッサにコンピュータプログラムを実行させることにより実現することも可能である。

[0186] 図１６は、以上に示した各実施の形態の処理が実行される情報処理装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。図１６を参照すると、この情報処理装置９０は、信号処理回路９１、プロセッサ９２及びメモリ９３を含む。

[0187] 信号処理回路９１は、プロセッサ９２の制御に応じて、信号を処理するための回路である。なお、信号処理回路９１は、送信装置から信号を受信する通信回路を含んでいても良い。

[0188] プロセッサ９２は、メモリ９３と接続されて（結合して）おり、メモリ９３からソフトウェア（コンピュータプログラム）を読み出して実行することで、上述の実施形態において説明された装置の処理を行う。プロセッサ９２の一例として、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Micro Processing Unit）、ＦＰＧＡ（Field-Programmable Gate Array）、ＤＳＰ（Deman

d-Side Platform)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) が挙げられる。プロセッサ92として、1個のプロセッサが用いられてもよいし、複数のプロセッサが協働して用いられてもよい。

[0189] メモリ93は、揮発性メモリや不揮発性メモリ、またはそれらの組み合わせで構成される。なお、揮発性メモリは、例えば、DRAM (Dynamic Random Access Memory)、SRAM (Static Random Access Memory)等のRAM (Random Access Memory)であってもよい。不揮発性メモリは、例えば、PROM (Programmable Random Only Memory)、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)等のROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリや、SSD (Solid State Drive)であってもよい。メモリ93として、1個のメモリが用いられてもよいし、複数のメモリが協働して用いられてもよい。

[0190] メモリ93は、1以上の命令を格納するために使用される。ここで、1以上の命令は、ソフトウェアモジュール群としてメモリ93に格納される。プロセッサ92は、これらのソフトウェアモジュール群をメモリ93から読み出して実行することで、上述の実施形態において説明された処理を行うことができる。

[0191] なお、メモリ93は、プロセッサ92の外部に設けられるものに加えて、プロセッサ92に内蔵されているものを含んでもよい。また、メモリ93は、プロセッサ92を構成するプロセッサから離れて配置されたストレージを含んでもよい。この場合、プロセッサ92は、I/O (Input/Output) インタフェースを介してメモリ93にアクセスすることができる。

[0192] 以上に説明したように、上述の実施形態における各装置が有する1又は複数のプロセッサは、図面を用いて説明されたアルゴリズムをコンピュータに行わせるための命令群を含む1又は複数のプログラムを実行する。この処理により、各実施の形態に記載された情報処理が実現できる。

[0193] プログラムは、コンピュータに読み込まれた場合に、実施形態で説明された1又はそれ以上の機能をコンピュータに行わせるための命令群（又はソフ

トウェアコード)を含む。プログラムは、非一時的なコンピュータ可読媒体又は実体のある記憶媒体に格納されてもよい。限定ではなく例として、コンピュータ可読媒体又は実体のある記憶媒体は、random-access memory (RAM)、read-only memory (ROM)、フラッシュメモリ、solid-state drive (SSD)又はその他のメモリ技術、CD-ROM、digital versatile disk (DVD)、Blu-ray (登録商標)ディスク又はその他の光ディスクストレージ、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスクストレージ又はその他の磁気ストレージデバイスを含む。プログラムは、一時的なコンピュータ可読媒体又は通信媒体上で送信されてもよい。限定ではなく例として、一時的なコンピュータ可読媒体又は通信媒体は、電氣的、光学的、音響的、またはその他の形式の伝搬信号を含む。

[0194] 上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載されうるが、以下には限られない。

(付記1)

第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算し、

前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算し、

前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する、

コンピュータが実行する変化検出方法。

(付記2)

前記第1の特徴量を、各前記第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、

付記 1 に記載の変化検出方法。

(付記 3)

前記第 1 の点群における前記第 1 の座標の第 1 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 3 の小領域から構成され、前記座標を含む第 3 の領域において、各前記第 3 の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、

前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定する、

付記 1 又は 2 に記載の変化検出方法。

(付記 4)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 1 の点群のデータの取得時に前記第 1 の座標が示す位置と前記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 3 に記載の変化検出方法。

(付記 5)

前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

付記 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

(付記 6)

前記判定を、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群とにおいて対応する複数の

座標で実行することによって、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群との間で物体の有無の変化を検出し、

前記検出の結果を出力する、

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

(付記 7)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 2 の点群において点が無い前記第 2 の小領域について、前記第 2 の小領域が、前記データの取得時における前記第 2 の点群において点が存在する位置と、前記第 2 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 2 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 2 の点群において点が存在する位置と前記第 2 のセンサの位置との間に前記第 2 の小領域が位置しない場合、前記第 2 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

付記 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

(付記 8)

前記第 1 の点群と、前記第 2 の点群とを比較し、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群において点の有無が異なる座標を抽出し、

前記第 1 の座標又は前記第 2 の座標の少なくともいずれかは、点の有無が異なるとして抽出される座標である、

付記 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

(付記 9)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 1 の点群において点が無い前記第 1 の小領域について、前記第 1 の小領域が、前記データの取得時における前記第 1 の点群において点が存在する位置と、前記第 1 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 1 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 1 の点群において点が存在する位置と前記第 1 のセンサの位置との間に前記第 1 の小領域が位置しない場

合、前記第 1 の小領域において点の存在が不明であると定義される、
付記 2 に記載の変化検出方法。

(付記 1 0)

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 1 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域と、前記第 1 の小領域の周辺領域に含まれる第 1 の小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 1 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 3 の領域における前記第 3 の小領域と、前記第 3 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 3 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 3 又は 4 に記載の変化検出方法。

(付記 1 1)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 2 の点群のデータの取得時に前記第 2 の座標が示す位置と前記第 2 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 2 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 5 に記載の変化検出方法。

(付記 1 2)

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 2 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 1 の特徴量との類似度

と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域と、前記第 2 の小領域の周辺領域に含まれる第 2 の小領域と、の各々における前記第 2 の特徴量の要素と、前記第 2 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 1 の特徴量との類似度は、前記第 4 の領域における前記第 4 の小領域と、前記第 4 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 4 の特徴量の要素と、前記第 4 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 5 又は 11 に記載の変化検出方法。

(付記 13)

第 1 の点群における第 1 の座標の第 1 の特徴量を、複数の第 1 の小領域から構成され、前記第 1 の座標を含む第 1 の領域において、各前記第 1 の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第 1 の特徴量計算手段と、

前記第 1 の座標と対応する、第 2 の点群における第 2 の座標の第 2 の特徴量を、複数の第 2 の小領域から構成され、前記第 2 の座標を含む第 2 の領域において、各前記第 2 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第 2 の特徴量計算手段と、

前記第 1 の特徴量及び前記第 2 の特徴量を用いて、前記第 1 の座標と前記第 2 の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段と、
を備える変化検出システム。

(付記 14)

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の特徴量を、各前記第 1 の小領域

において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、

付記 1 3 に記載の変化検出システム。

(付記 1 5)

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の点群における前記第 1 の座標の第 1 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 3 の小領域から構成され、前記座標を含む第 3 の領域において、各前記第 3 の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定する、

付記 1 3 又は 1 4 に記載の変化検出システム。

(付記 1 6)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の点群データの取得時に前記第 1 の座標が示す位置と前記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 1 5 に記載の変化検出システム。

(付記 1 7)

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

付記 1 3 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

(付記 1 8)

前記判定を、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群とにおいて対応する複数の座標で実行することによって、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群との間で物体の有無の変化を検出する検出部と、

前記検出の結果を出力する出力部と、をさらに備える、

付記 1 3 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

(付記 1 9)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 2 の点群において点が無い前記第 2 の小領域について、前記第 2 の小領域が、前記データの取得時における前記第 2 の点群において点が存在する位置と、前記第 2 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 2 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 2 の点群において点が存在する位置と前記第 2 のセンサの位置との間に前記第 2 の小領域が位置しない場合、前記第 2 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

付記 1 3 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

(付記 2 0)

前記第 1 の点群と、前記第 2 の点群とを比較し、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群において点の有無が異なる座標を抽出する抽出部をさらに備え、

前記第 1 の座標又は前記第 2 の座標の少なくともいずれかは、前記抽出部が抽出した座標である、

付記 1 3 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

(付記 2 1)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 1 の点群において点が無い前記第 1 の小領域について、前記第 1 の小領域が、前記データの取得時における前記第 1 の点群において点が存在す

る位置と、前記第 1 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 1 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 1 の点群において点が存在する位置と前記第 1 のセンサの位置との間に前記第 1 の小領域が位置しない場合、前記第 1 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

付記 1 4 に記載の変化検出システム。

(付記 2 2)

前記判定手段は、前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 1 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域と、前記第 1 の小領域の周辺領域に含まれる第 1 の小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 1 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 3 の領域における前記第 3 の小領域と、前記第 3 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 3 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 1 5 又は 1 6 に記載の変化検出システム。

(付記 2 3)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群のデータの取得時に前記第 2 の座標が示す位置と前記第 2 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 2 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 1 7 に記載の変化検出システム。

(付記 2 4)

前記判定手段は、前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 2 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 1 の特徴量との類似度と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域と、前記第 2 の小領域の周辺領域に含まれる第 2 の小領域と、の各々における前記第 2 の特徴量の要素と、前記第 2 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 1 の特徴量との類似度は、前記第 4 の領域における前記第 4 の小領域と、前記第 4 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 4 の特徴量の要素と、前記第 4 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 1 7 又は 2 3 に記載の変化検出システム。

(付記 2 5)

第 1 の点群における第 1 の座標の第 1 の特徴量を、複数の第 1 の小領域から構成され、前記第 1 の座標を含む第 1 の領域において、各前記第 1 の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第 1 の特徴量計算手段と、

前記第 1 の座標と対応する、第 2 の点群における第 2 の座標の第 2 の特徴量を、複数の第 2 の小領域から構成され、前記第 2 の座標を含む第 2 の領域において、各前記第 2 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第 2 の特徴量計算手段と、

前記第 1 の特徴量及び前記第 2 の特徴量を用いて、前記第 1 の座標と前記第 2 の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段と、

を備える変化検出装置。

(付記 2 6)

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の特徴量を、各前記第 1 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、

付記 2 5 に記載の変化検出装置。

(付記 2 7)

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の点群における前記第 1 の座標の第 1 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 3 の小領域から構成され、前記座標を含む第 3 の領域において、各前記第 3 の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定する、

付記 2 5 又は 2 6 に記載の変化検出装置。

(付記 2 8)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサを用いて撮影されるデータであり、

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記データの取得時に前記第 1 の座標が示す位置と前記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 2 7 に記載の変化検出装置。

(付記 2 9)

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

付記 25 乃至 28 のいずれか 1 項に記載の変化検出装置。

(付記 30)

前記第 1 の点群と、前記第 2 の点群とを比較し、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群において点の有無が異なる座標を抽出する抽出部をさらに備え、

前記第 1 の座標又は前記第 2 の座標の少なくともいずれかは、前記抽出部が抽出した座標である、

付記 25 乃至 29 のいずれか 1 項に記載の変化検出装置。

(付記 31)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 2 の点群において点が無い前記第 2 の小領域について、前記第 2 の小領域が、前記データの取得時における前記第 2 の点群において点が存在する位置と、前記第 2 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 2 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 2 の点群において点が存在する位置と前記第 2 のセンサの位置との間に前記第 2 の小領域が位置しない場合、前記第 2 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

付記 25 乃至 30 のいずれか 1 項に記載の変化検出装置。

(付記 32)

前記第 1 の点群のデータは、第 1 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 1 の点群において点が無い前記第 1 の小領域について、前記第 1 の小領域が、前記データの取得時における前記第 1 の点群において点が存在する位置と、前記第 1 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 1 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 1 の点群において点が存在する位置と前記第 1 のセンサの位置との間に前記第 1 の小領域が位置しない場

合、前記第 1 の小領域において点の存在が不明であると定義される、
付記 2 6 に記載の変化検出装置。

(付記 3 3)

前記判定手段は、前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 1 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在しない点が前記第 2 の座標において存在するか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域と、前記第 1 の小領域の周辺領域に含まれる第 1 の小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 1 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 1 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 3 の領域における前記第 3 の小領域と、前記第 3 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 1 の特徴量の要素と、前記第 3 の小領域に対応する、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 2 7 又は 2 8 に記載の変化検出装置。

(付記 3 4)

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群のデータの取得時に前記第 2 の座標が示す位置と前記第 2 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 2 の近傍領域の大きさを大きくする、

付記 2 9 に記載の変化検出装置。

(付記 3 5)

前記判定手段は、前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度と、前記第 2 の近傍領域における各座標について、前記座標の特徴量と前記第 1 の

特徴量との類似度と、を算出することにより、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定し、

前記第 1 の特徴量と前記第 2 の特徴量との類似度は、前記第 2 の領域における前記第 2 の小領域と、前記第 2 の小領域の周辺領域に含まれる第 2 の小領域と、の各々における前記第 2 の特徴量の要素と、前記第 2 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算され、

前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と前記第 1 の特徴量との類似度は、前記第 4 の領域における前記第 4 の小領域と、前記第 4 の小領域の周辺領域に含まれる小領域と、の各々における前記第 4 の特徴量の要素と、前記第 4 の小領域に対応する、前記第 1 の領域における前記第 1 の小領域の要素と、を用いて計算される、

付記 29 又は 34 に記載の変化検出装置。

(付記 36)

第 1 の点群における第 1 の座標の第 1 の特徴量を、複数の第 1 の小領域から構成され、前記第 1 の座標を含む第 1 の領域において、各前記第 1 の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算し、

前記第 1 の座標と対応する、第 2 の点群における第 2 の座標の第 2 の特徴量を、複数の第 2 の小領域から構成され、前記第 2 の座標を含む第 2 の領域において、各前記第 2 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算し、

前記第 1 の特徴量及び前記第 2 の特徴量を用いて、前記第 1 の座標と前記第 2 の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する、

ことをコンピュータに実行させるプログラムが格納された非一時的なコンピュータ可読媒体。

[0195] 以上、実施の形態を参照して本開示を説明したが、本開示は上記によって限定されるものではない。本開示の構成や詳細には、開示のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。

符号の説明

[0196]	1 0	変化検出装置		
	1 1	第 1 の特徴量計算部	1 2	第 2 の特徴量計算部
	1 3	判定部	1 4	出力部
	2 0	変化検出システム		
	2 1	特徴量計算装置	2 2	判定装置
	1 0 0	監視システム		
	1 0 1	ロボット	1 0 2	L i D A R
	1 1 0	基地局		
	1 2 0	センターサーバ		
	1 2 1	参照点群取得部	1 2 2	入力点群取得部
	1 2 3	参照特徴量計算部	1 2 4	入力特徴量計算部
	1 2 5	変化検出部	1 2 6	検出結果生成部
	1 2 7	抽出部	1 2 8	物体識別部
	1 2 9	移動制御部		
	1 3 0	参照点群 D B		

請求の範囲

- [請求項1] 第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算し、
- 前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算し、
- 前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する、
- コンピュータが実行する変化検出方法。
- [請求項2] 前記第1の特徴量を、各前記第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、
- 請求項1に記載の変化検出方法。
- [請求項3] 前記第1の点群における前記第1の座標の第1の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第3の小領域から構成され、前記座標を含む第3の領域において、各前記第3の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、
- 前記第1の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第1の特徴量と、前記第2の特徴量とを用いて、前記第1の座標において存在しない点が前記第2の座標において存在するか否かを判定する、
- 請求項1又は2に記載の変化検出方法。
- [請求項4] 前記第1の点群のデータは、第1のセンサを用いて取得されるデータであり、
- 前記第1の点群のデータの取得時に前記第1の座標が示す位置と前

記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

請求項 3 に記載の変化検出方法。

[請求項5] 前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

[請求項6] 前記判定を、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群とにおいて対応する複数の座標で実行することによって、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群との間で物体の有無の変化を検出し、

前記検出の結果を出力する、

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

[請求項7] 前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 2 の点群において点が無い前記第 2 の小領域について、前記第 2 の小領域が、前記データの取得時における前記第 2 の点群において点が存在する位置と、前記第 2 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 2 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 2 の点群において点が存在する位置と前記第 2 のセンサの位置との間に前記第 2 の小領域が位置しない場合、前記第 2 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の変化検出方法。

[請求項8] 第 1 の点群における第 1 の座標の第 1 の特徴量を、複数の第 1 の小

領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第1の特徴量計算手段と、

前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第2の特徴量計算手段と、

前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段と、

を備える変化検出システム。

[請求項9] 前記第1の特徴量計算手段は、前記第1の特徴量を、各前記第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、

請求項8に記載の変化検出システム。

[請求項10] 前記第1の特徴量計算手段は、前記第1の点群における前記第1の座標の第1の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第3の小領域から構成され、前記座標を含む第3の領域において、各前記第3の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第1の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第1の特徴量と、前記第2の特徴量とを用いて、前記第1の座標において存在しない点が前記第2の座標において存在するか否かを判定する、

請求項8又は9に記載の変化検出システム。

[請求項11] 前記第1の点群のデータは、第1のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第1の特徴量計算手段は、前記第1の点群のデータの取得時に

前記第 1 の座標が示す位置と前記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

請求項 10 に記載の変化検出システム。

[請求項12]

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

請求項 8 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

[請求項13]

前記判定を、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群とにおいて対応する複数の座標で実行することによって、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群との間で物体の有無の変化を検出する検出部と、

前記検出の結果を出力する出力部と、をさらに備える、

請求項 8 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

[請求項14]

前記第 2 の点群のデータは、第 2 のセンサによって取得されるデータであり、

前記第 2 の点群において点が無い前記第 2 の小領域について、前記第 2 の小領域が、前記データの取得時における前記第 2 の点群において点が存在する位置と、前記第 2 のセンサの位置との間に位置する場合、前記第 2 の小領域において点が存在しないと定義され、前記第 2 の点群において点が存在する位置と前記第 2 のセンサの位置との間に前記第 2 の小領域が位置しない場合、前記第 2 の小領域において点の存在が不明であると定義される、

請求項 8 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の変化検出システム。

[請求項15] 第1の点群における第1の座標の第1の特徴量を、複数の第1の小領域から構成され、前記第1の座標を含む第1の領域において、各前記第1の小領域における点の存在に関する情報を用いて計算する第1の特徴量計算手段と、

前記第1の座標と対応する、第2の点群における第2の座標の第2の特徴量を、複数の第2の小領域から構成され、前記第2の座標を含む第2の領域において、各前記第2の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する第2の特徴量計算手段と、

前記第1の特徴量及び前記第2の特徴量を用いて、前記第1の座標と前記第2の座標との間で点の有無の変化が生じたか否かを判定する判定手段と、

を備える変化検出装置。

[請求項16] 前記第1の特徴量計算手段は、前記第1の特徴量を、各前記第1の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いて計算する、

請求項15に記載の変化検出装置。

[請求項17] 前記第1の特徴量計算手段は、前記第1の点群における前記第1の座標の第1の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第3の小領域から構成され、前記座標を含む第3の領域において、各前記第3の小領域における点の存在に関する情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第1の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第1の特徴量と、前記第2の特徴量とを用いて、前記第1の座標において存在しない点が前記第2の座標において存在するか否かを判定する、

請求項15又は16に記載の変化検出装置。

[請求項18] 前記第1の点群のデータは、第1のセンサを用いて取得されるデータであり、

前記第 1 の特徴量計算手段は、前記第 1 の点群のデータの取得時に前記第 1 の座標が示す位置と前記第 1 のセンサの位置との間の距離が長くなるほど、前記第 1 の近傍領域の大きさを大きくする、

請求項 1 7 に記載の変化検出装置。

[請求項19]

前記第 2 の特徴量計算手段は、前記第 2 の点群における前記第 2 の座標の第 2 の近傍領域における各座標の特徴量を、複数の第 4 の小領域から構成され、前記座標を含む第 4 の領域において、各前記第 4 の小領域において点が存在する、点が存在しない、又は点の存在が不明であることのいずれかを示す情報を用いてさらに計算し、

前記判定手段は、前記第 2 の近傍領域における各座標の特徴量と、前記第 1 の特徴量と、前記第 2 の特徴量とを用いて、前記第 1 の座標において存在する点が前記第 2 の座標において存在しないか否かを判定する、

請求項 1 5 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の変化検出装置。

[請求項20]

前記第 1 の点群と、前記第 2 の点群とを比較し、前記第 1 の点群と前記第 2 の点群において点の有無が異なる座標を抽出する抽出部をさらに備え、

前記第 1 の座標又は前記第 2 の座標の少なくともいずれかは、前記抽出部が抽出した座標である、

請求項 1 5 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の変化検出装置。

[図1]

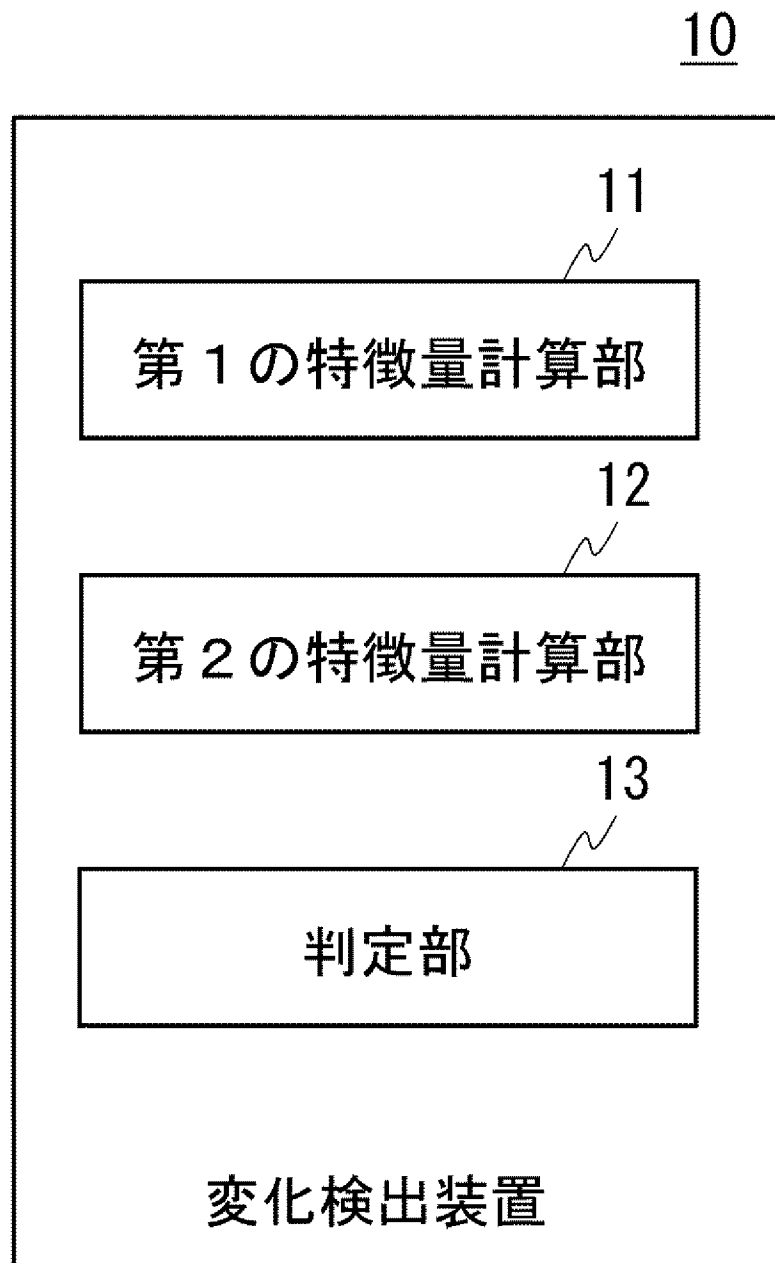


Fig. 1

[図2]

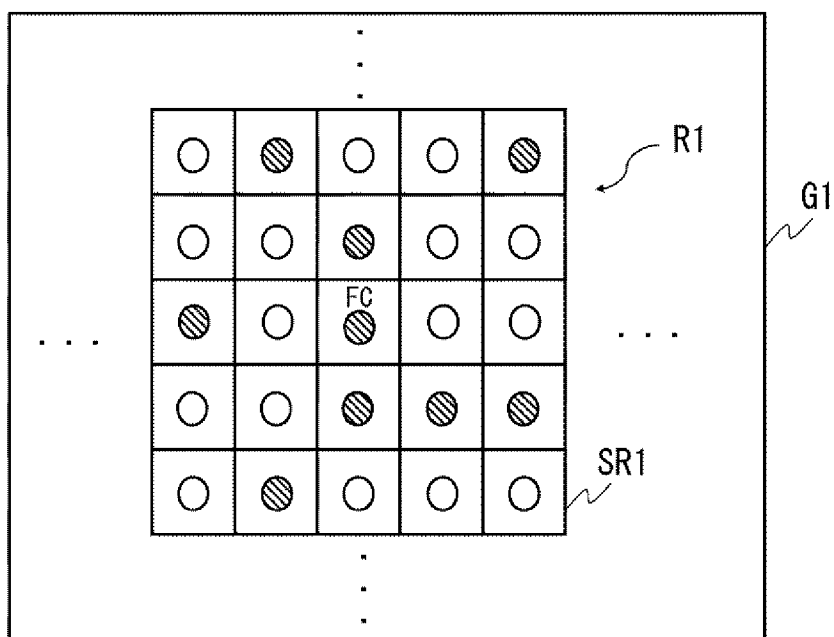


Fig. 2

[図3]

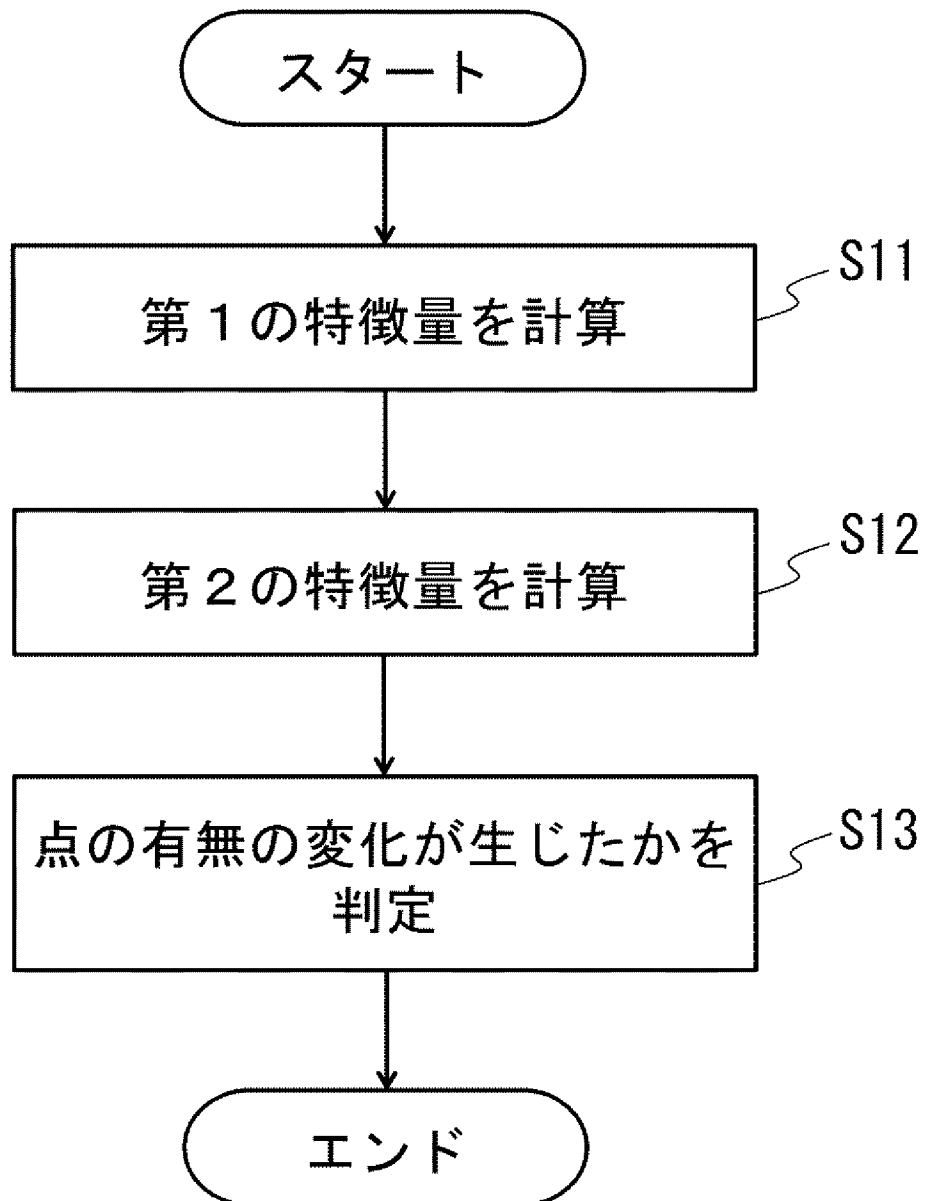


Fig. 3

[図4]

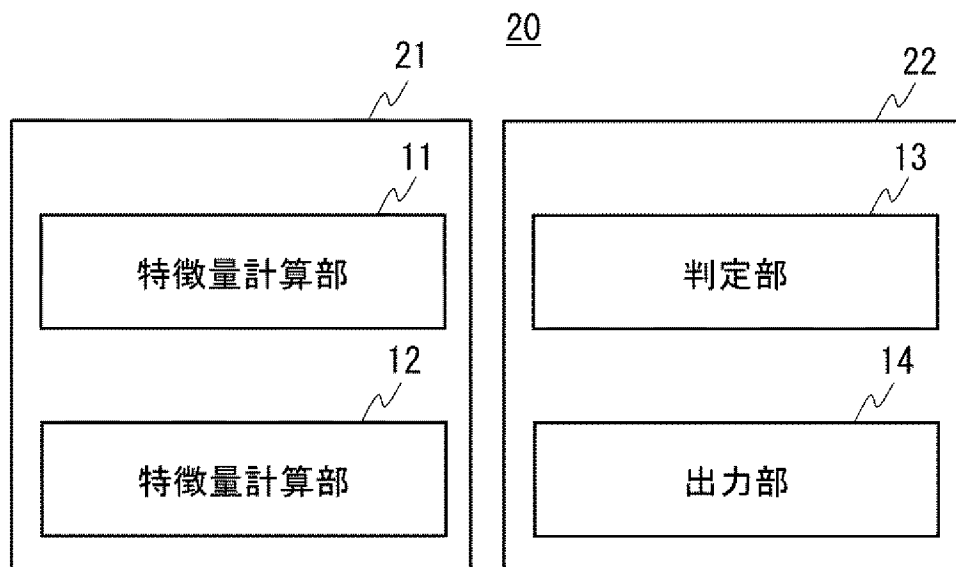


Fig. 4

[図5]

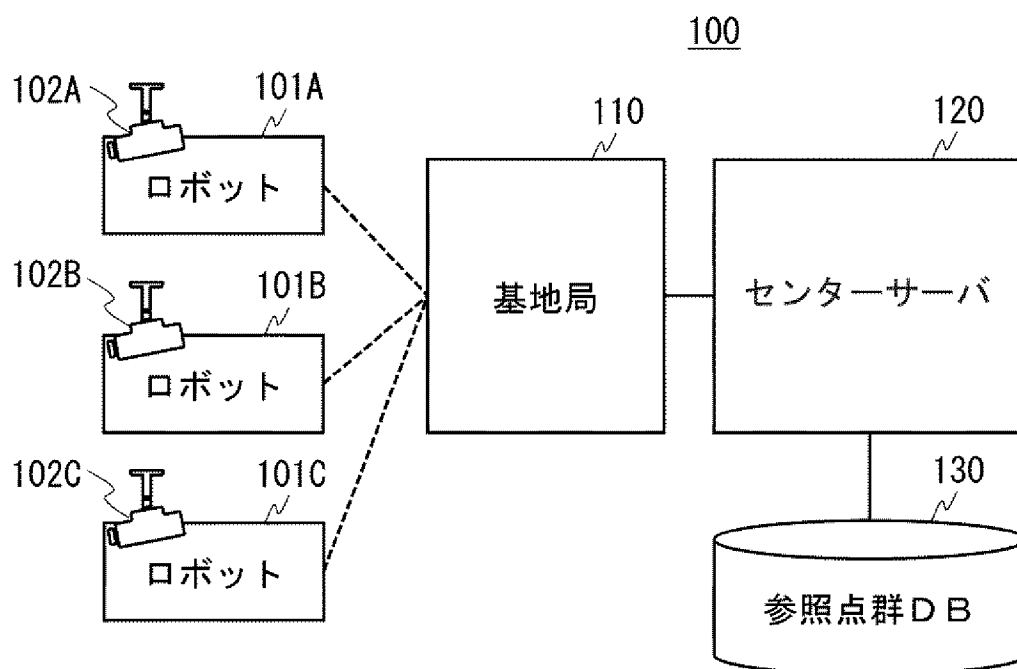


Fig. 5

[図6]

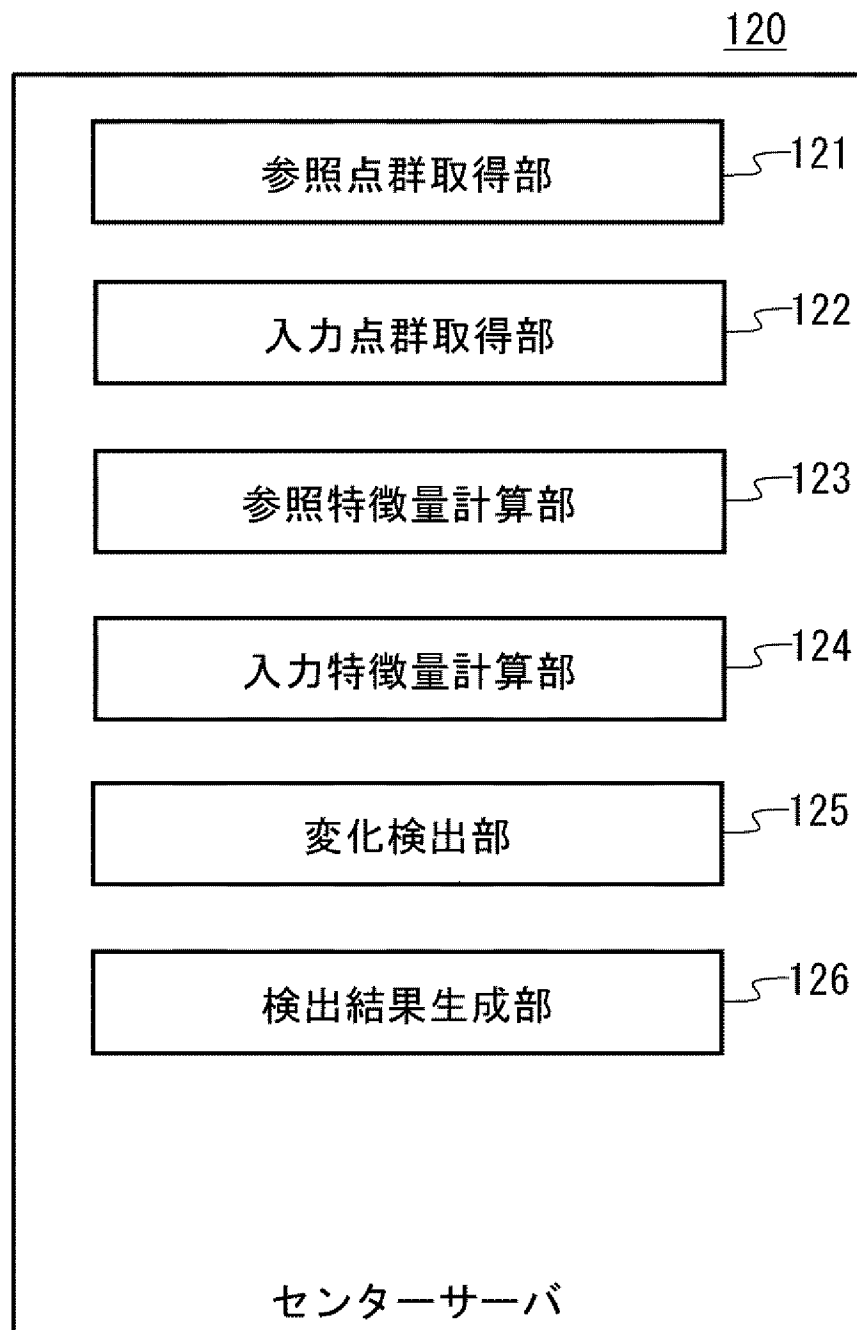
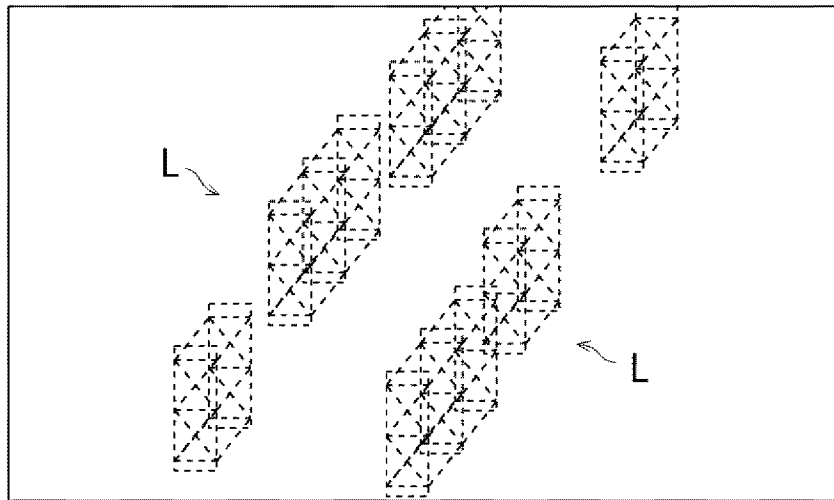


Fig. 6

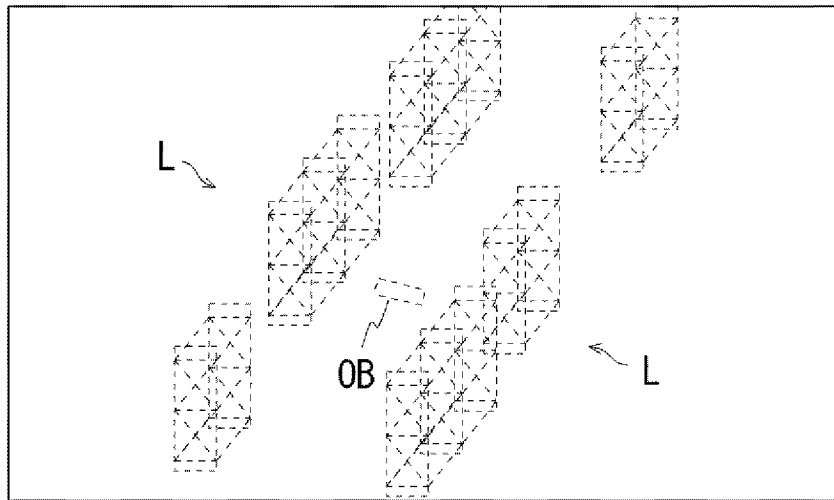
[図7A]

T1

参照点群の一例

Fig. 7A

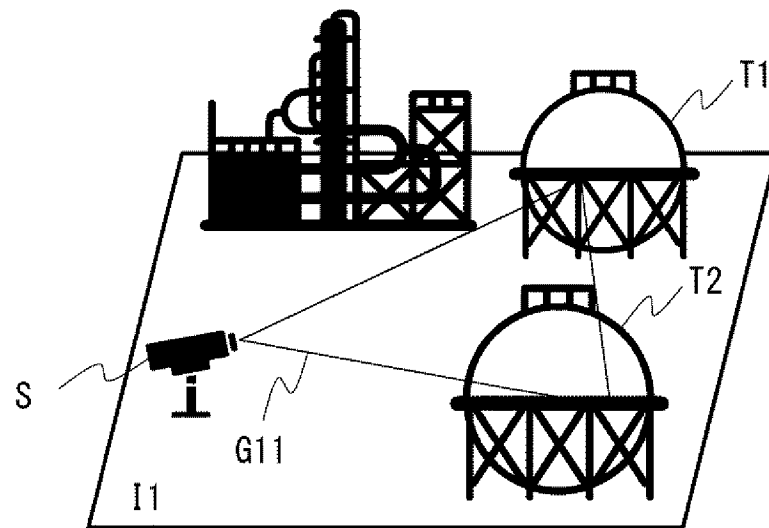
[図7B]

T2

入力点群の一例

Fig. 7B

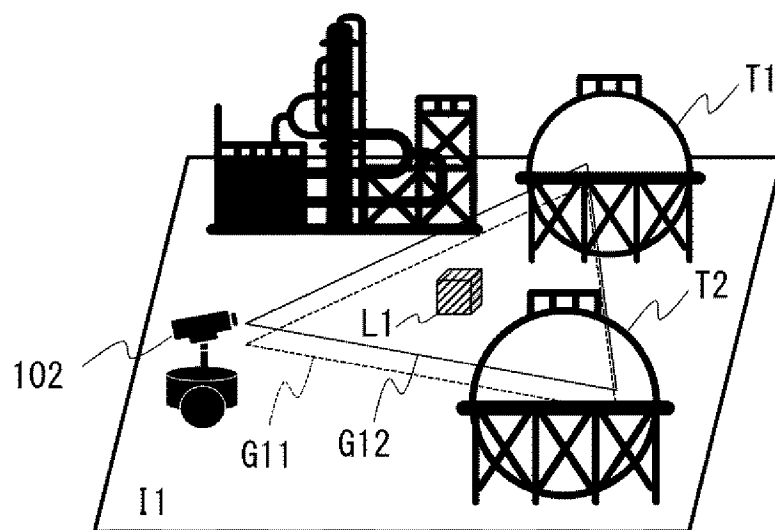
[図8A]



参照点群撮影
(過去に計測した3D点群)

Fig. 8A

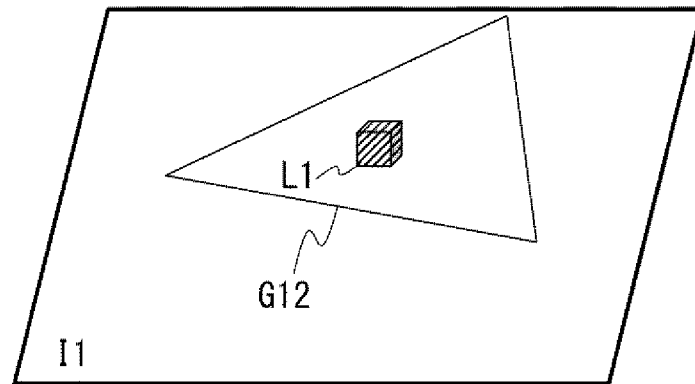
[図8B]



入力点群の計測

Fig. 8B

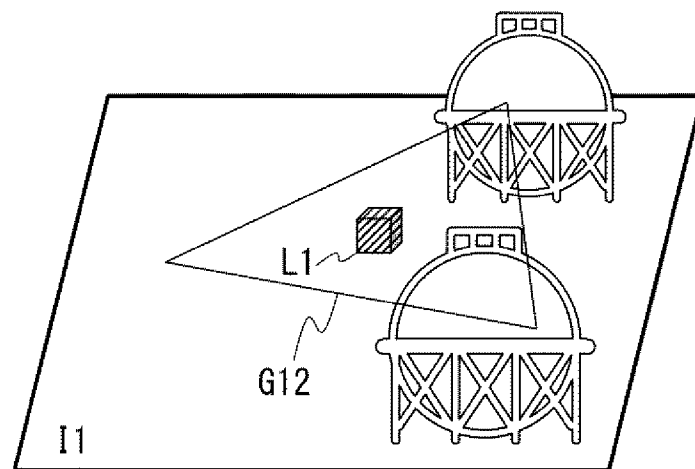
[図8C]



理想の比較結果

Fig. 8C

[図8D]



実際の比較結果

Fig. 8D

[図9A]

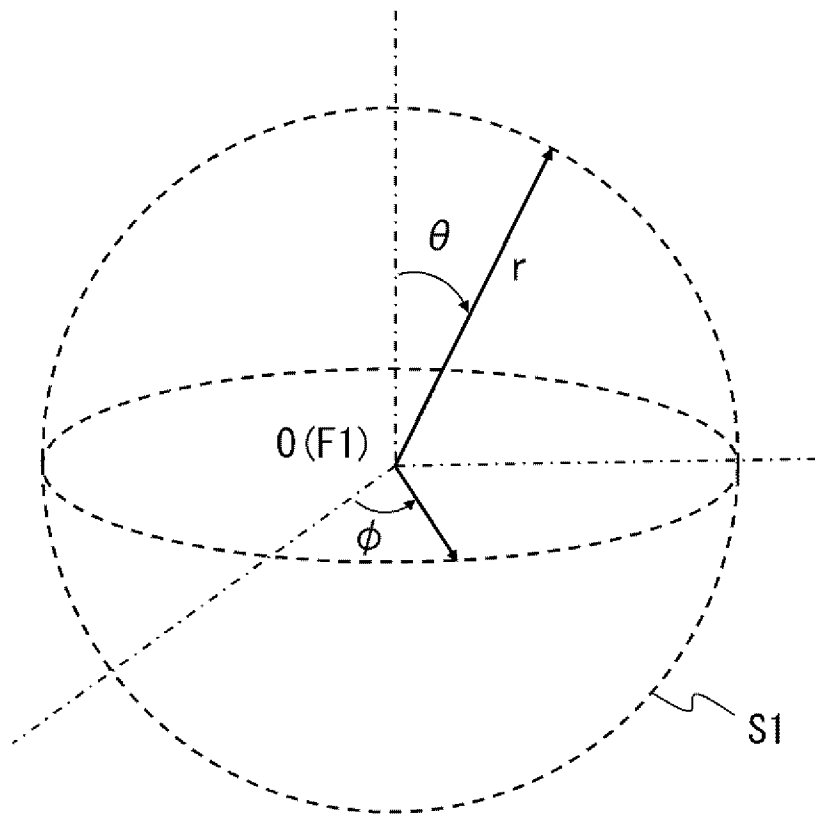
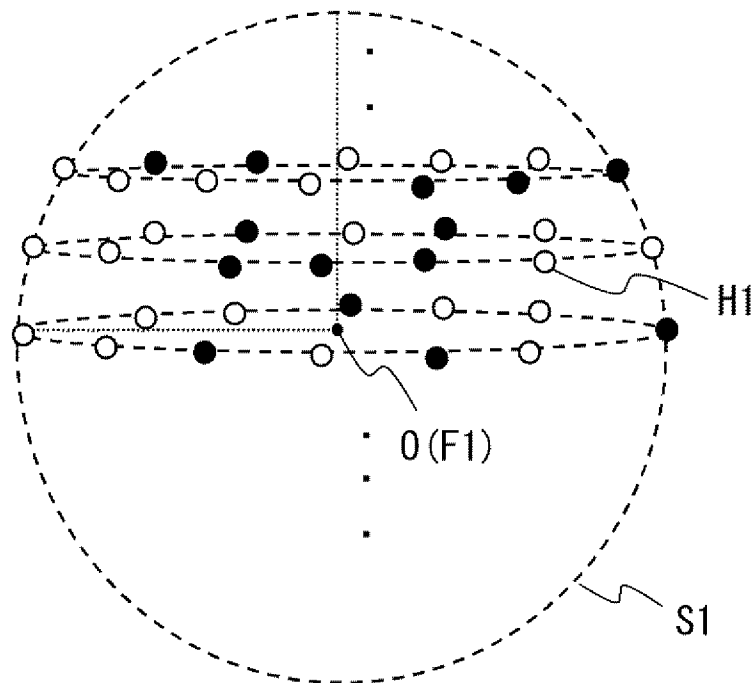


Fig. 9A

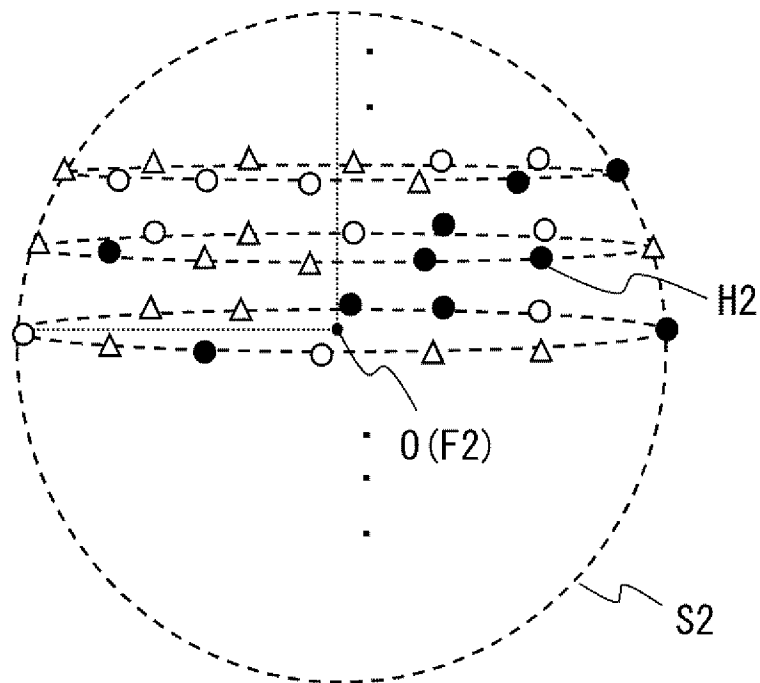
[図9B]



参照点群の空間特徴量

Fig. 9B

[図9C]



入力点群の空間特徴量

Fig. 9C

[図9D]

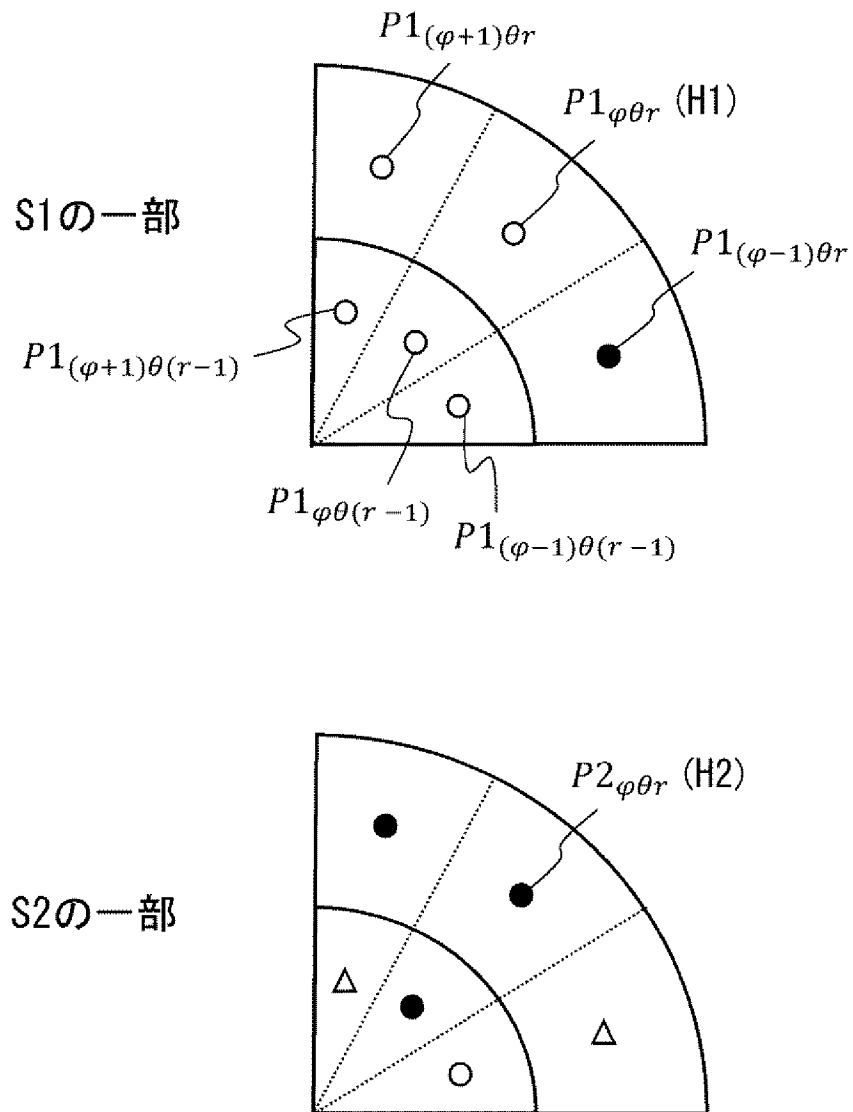


Fig. 9D

[図10A]

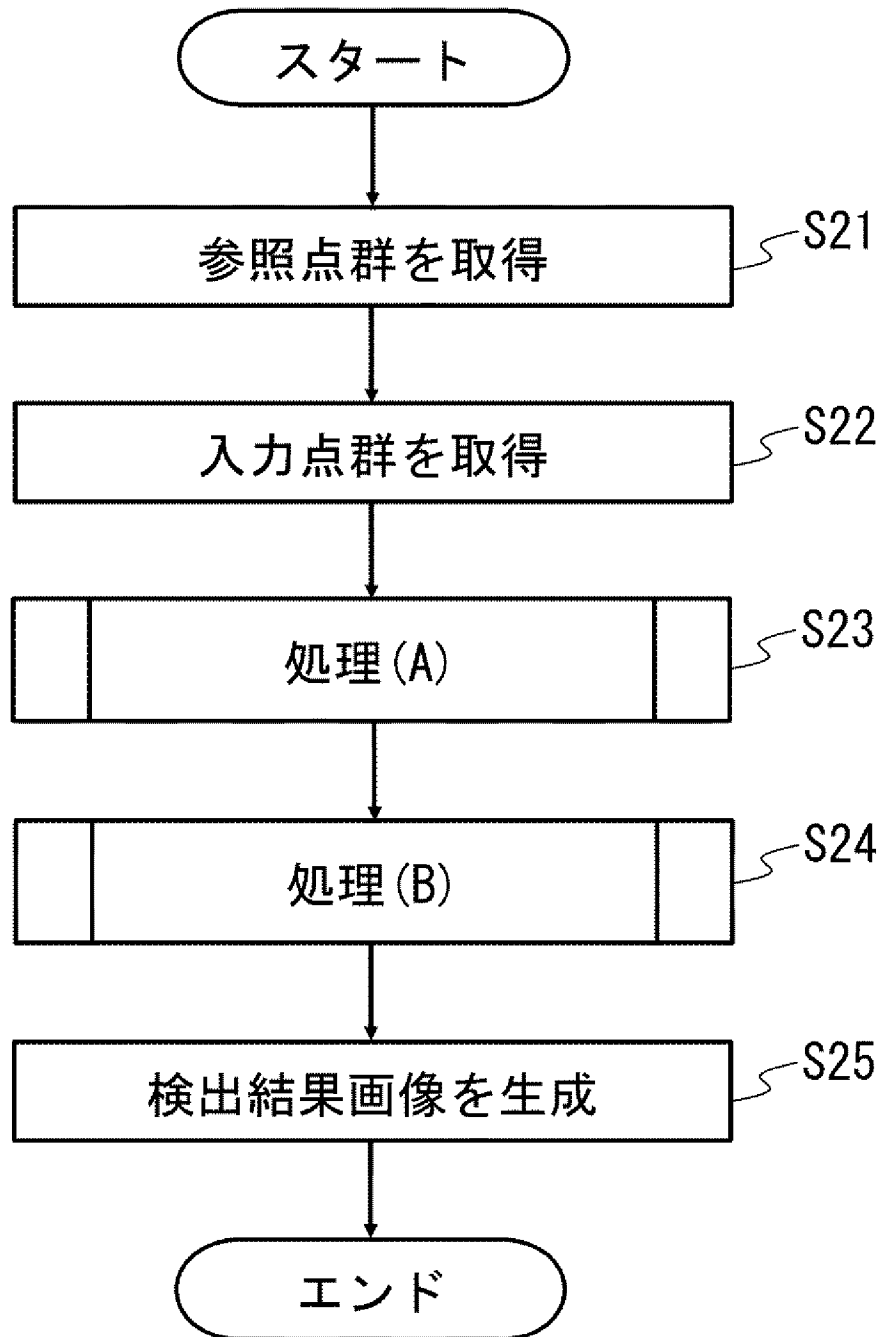


Fig. 10A

[図10B]

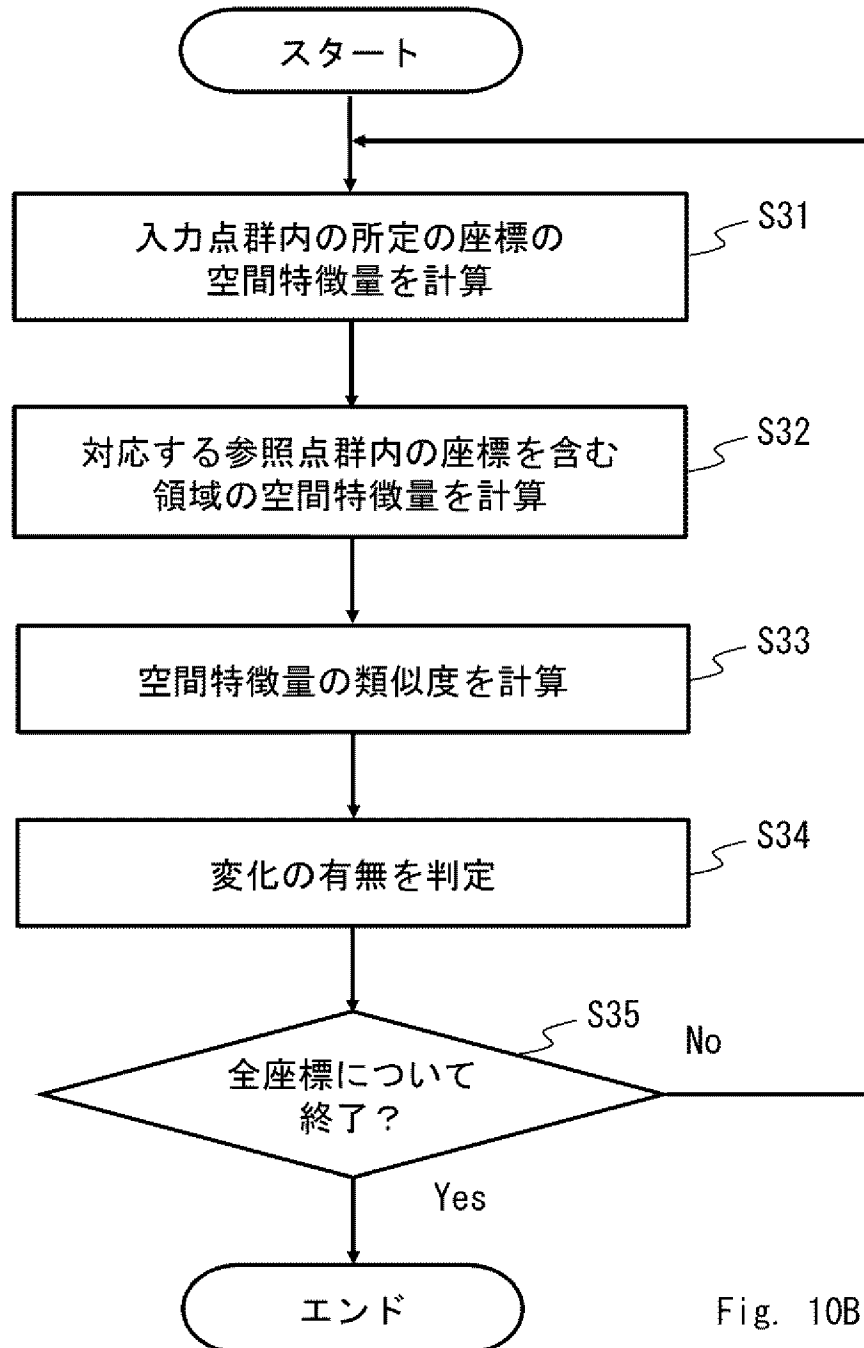


Fig. 10B

[図10C]

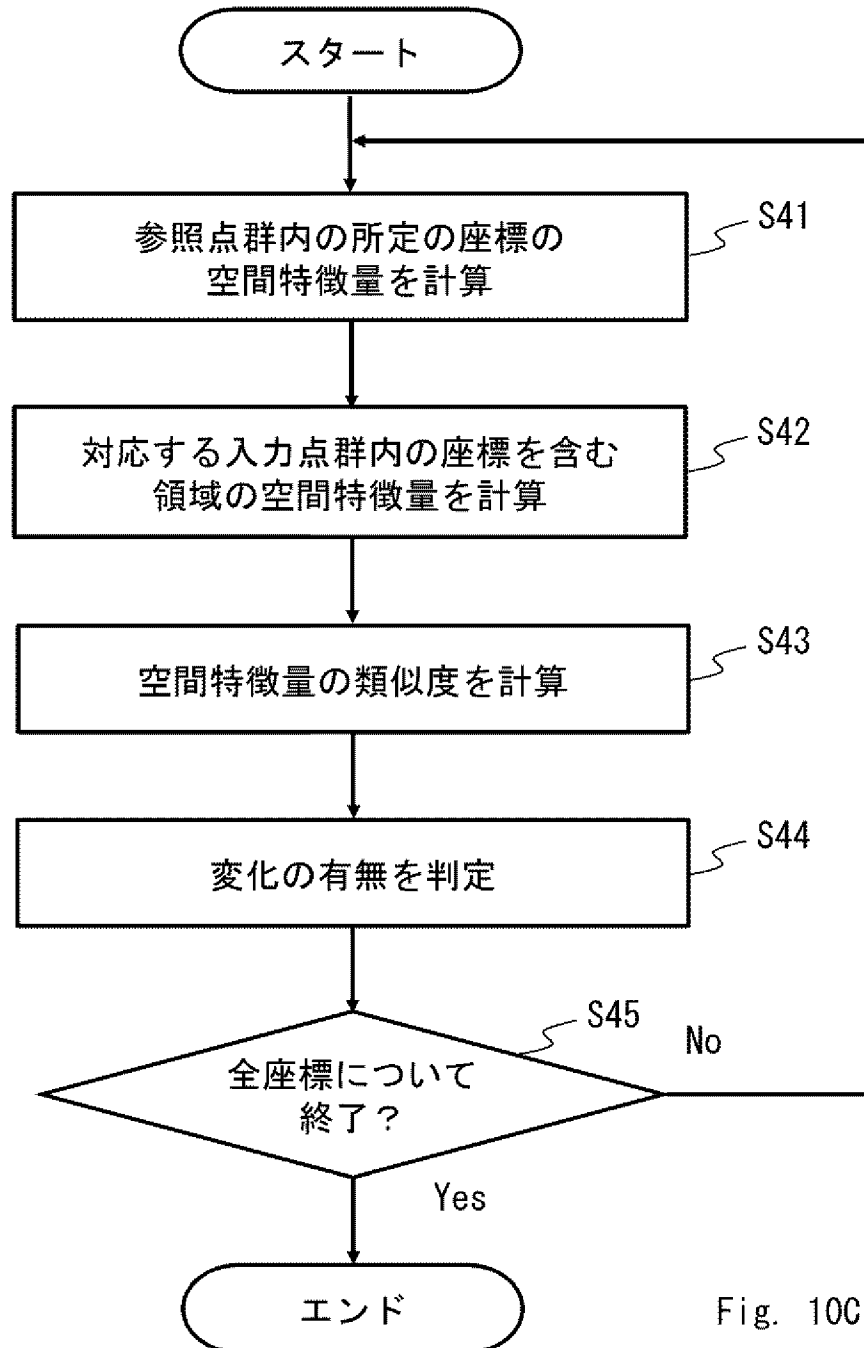
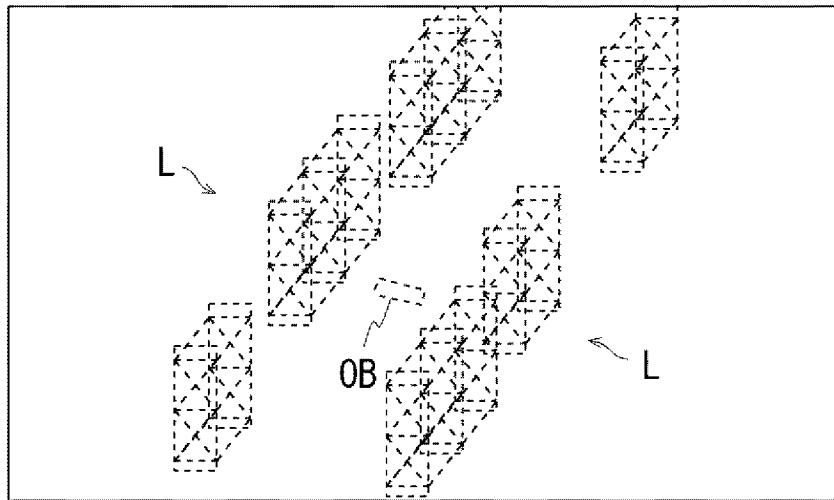


Fig. 10C

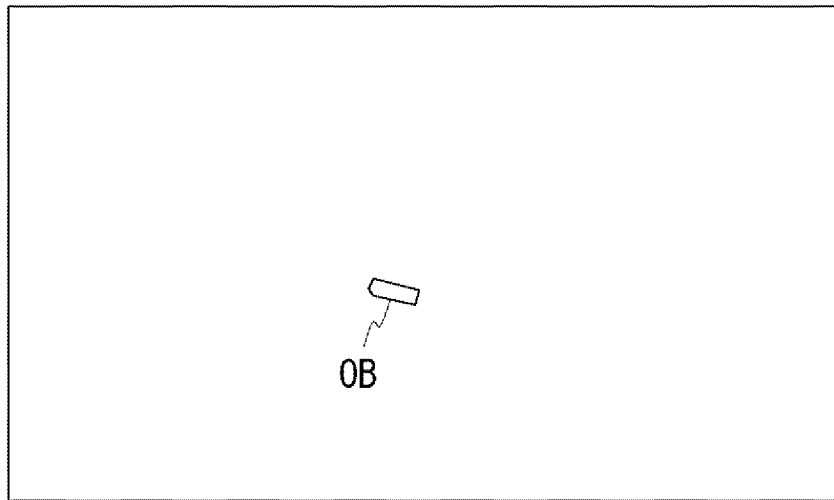
[図11A]

C1

直接比較の手法による検出結果

Fig. 11A

[図11B]

C2

本開示の手法による検出結果

Fig. 11B

[図12]

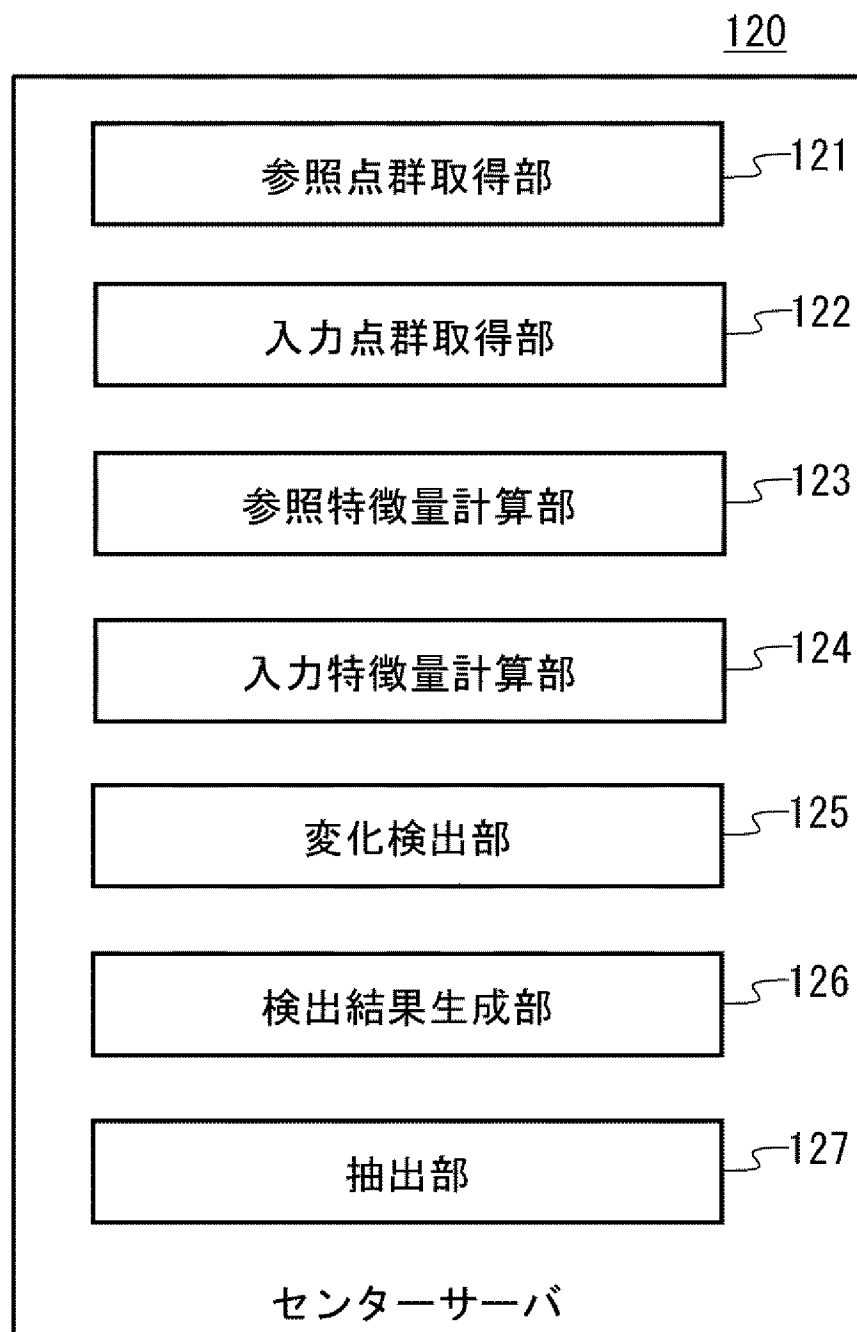


Fig. 12

[図13A]

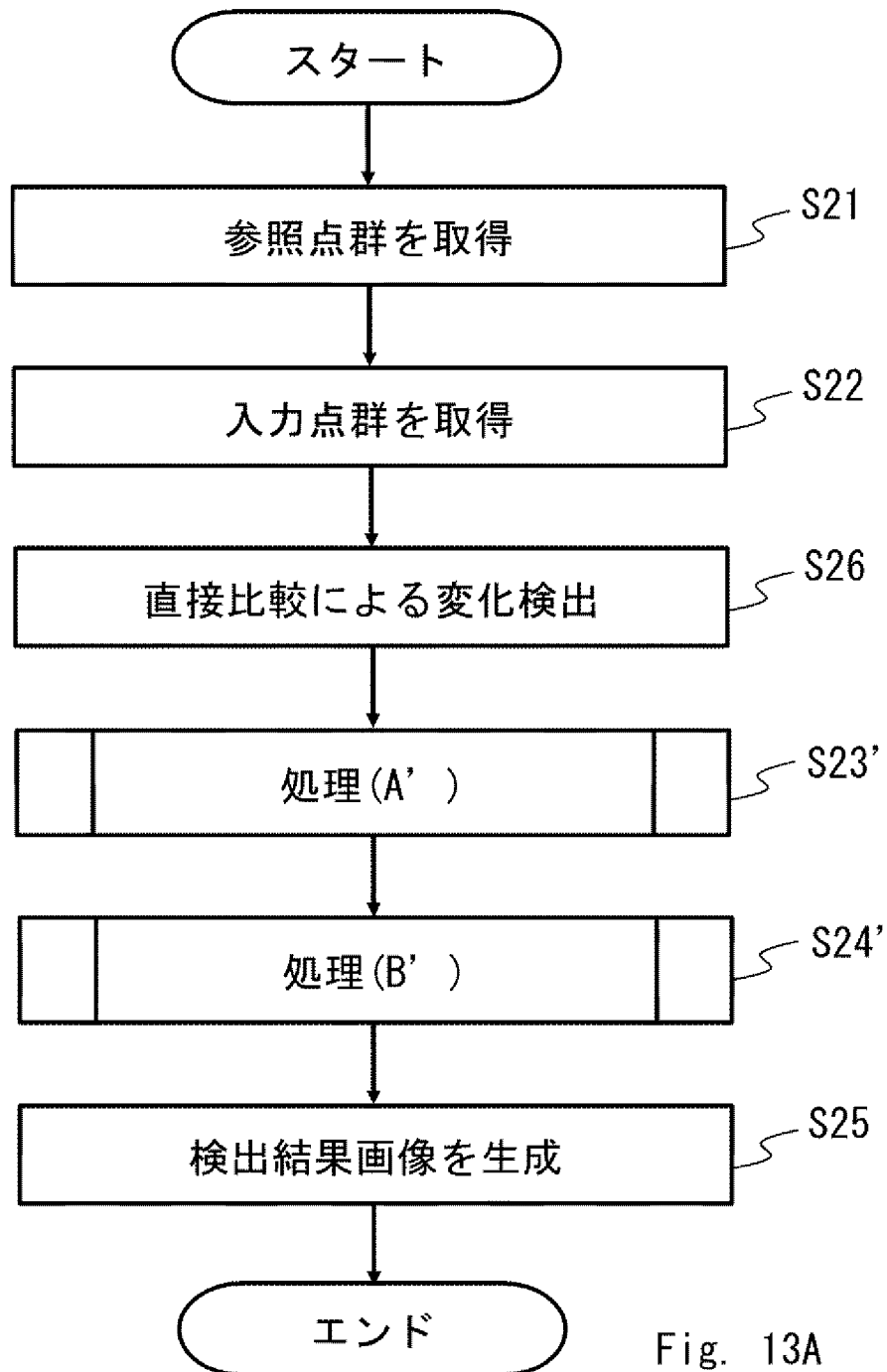


Fig. 13A

[図13B]

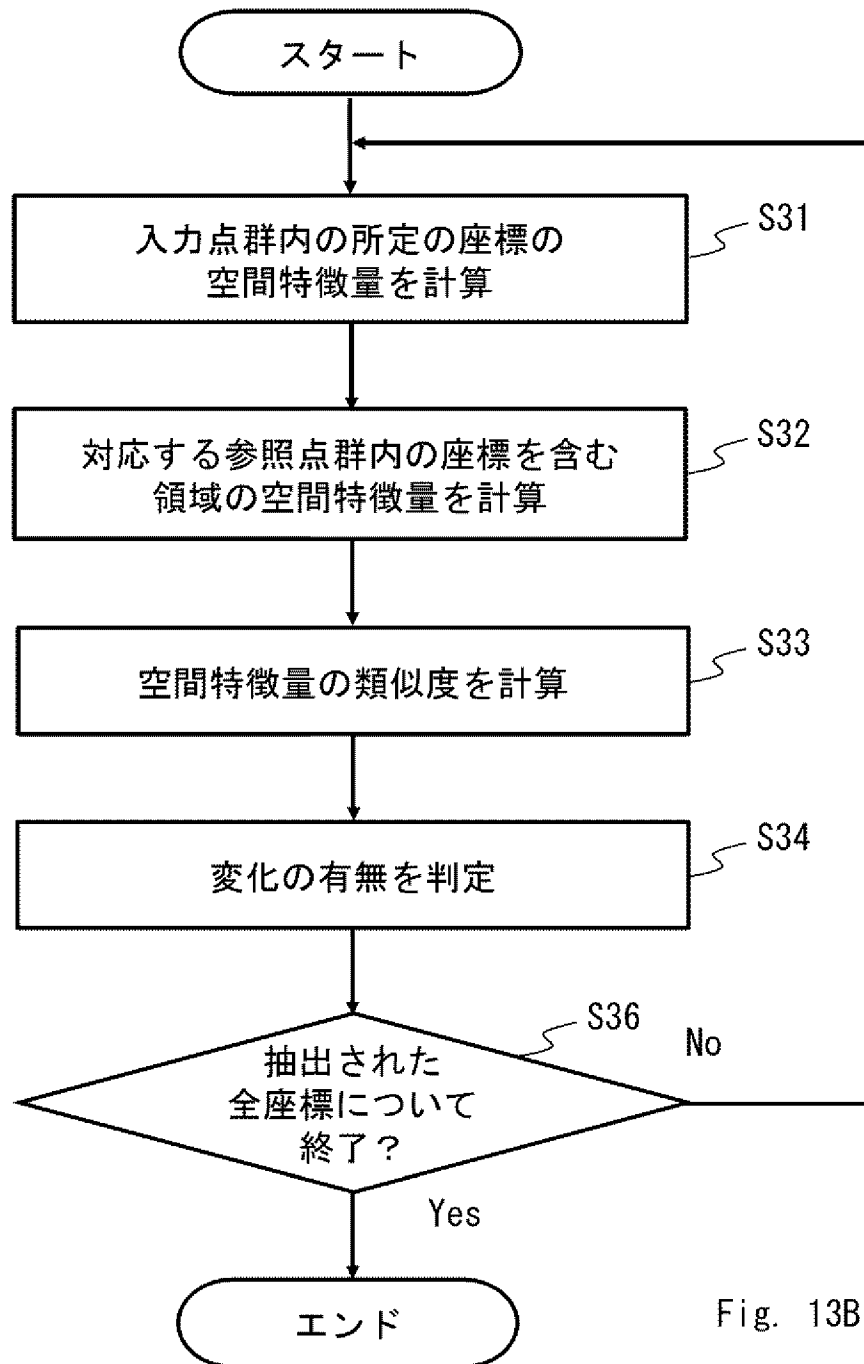


Fig. 13B

[図13C]

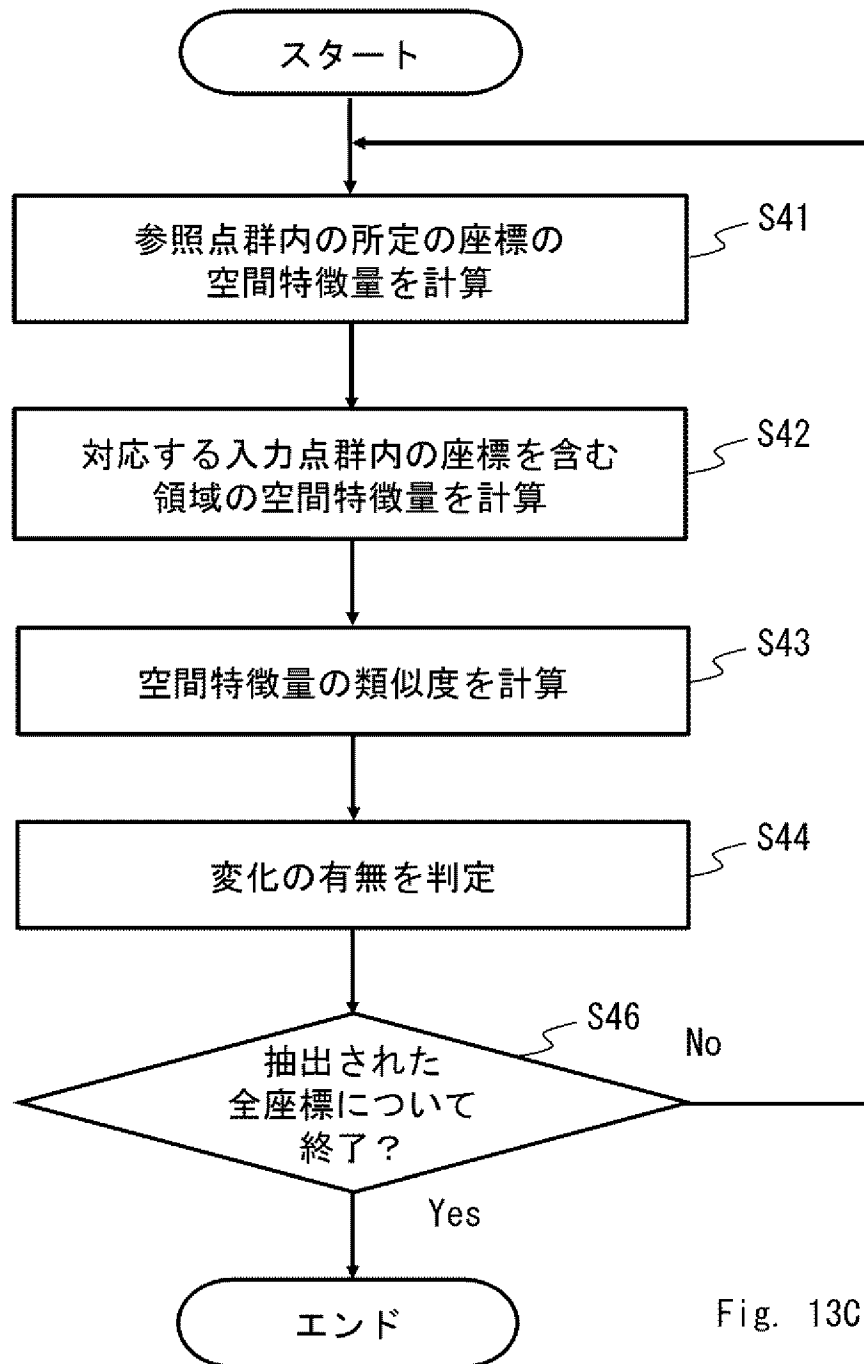


Fig. 13C

[図14A]

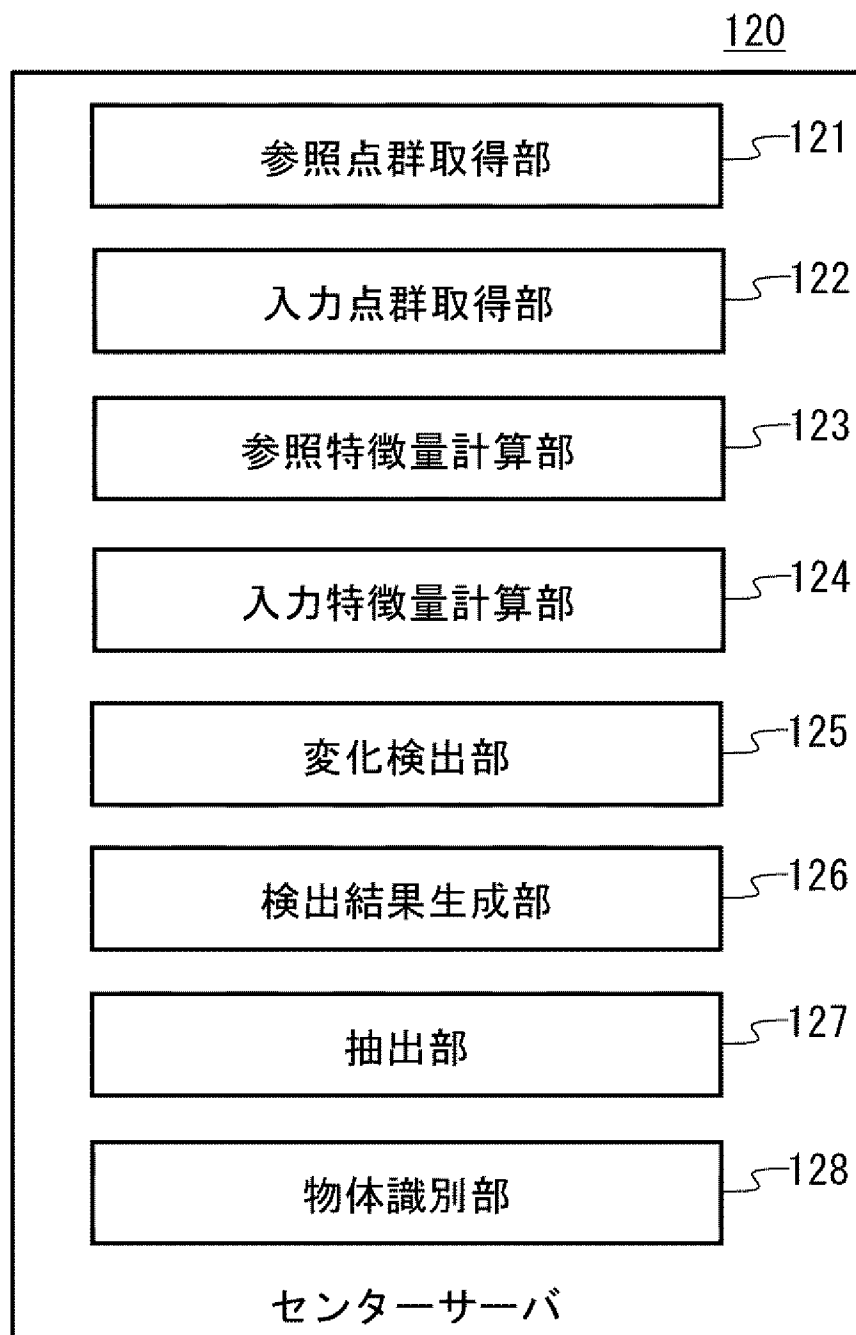


Fig. 14A

[図14B]

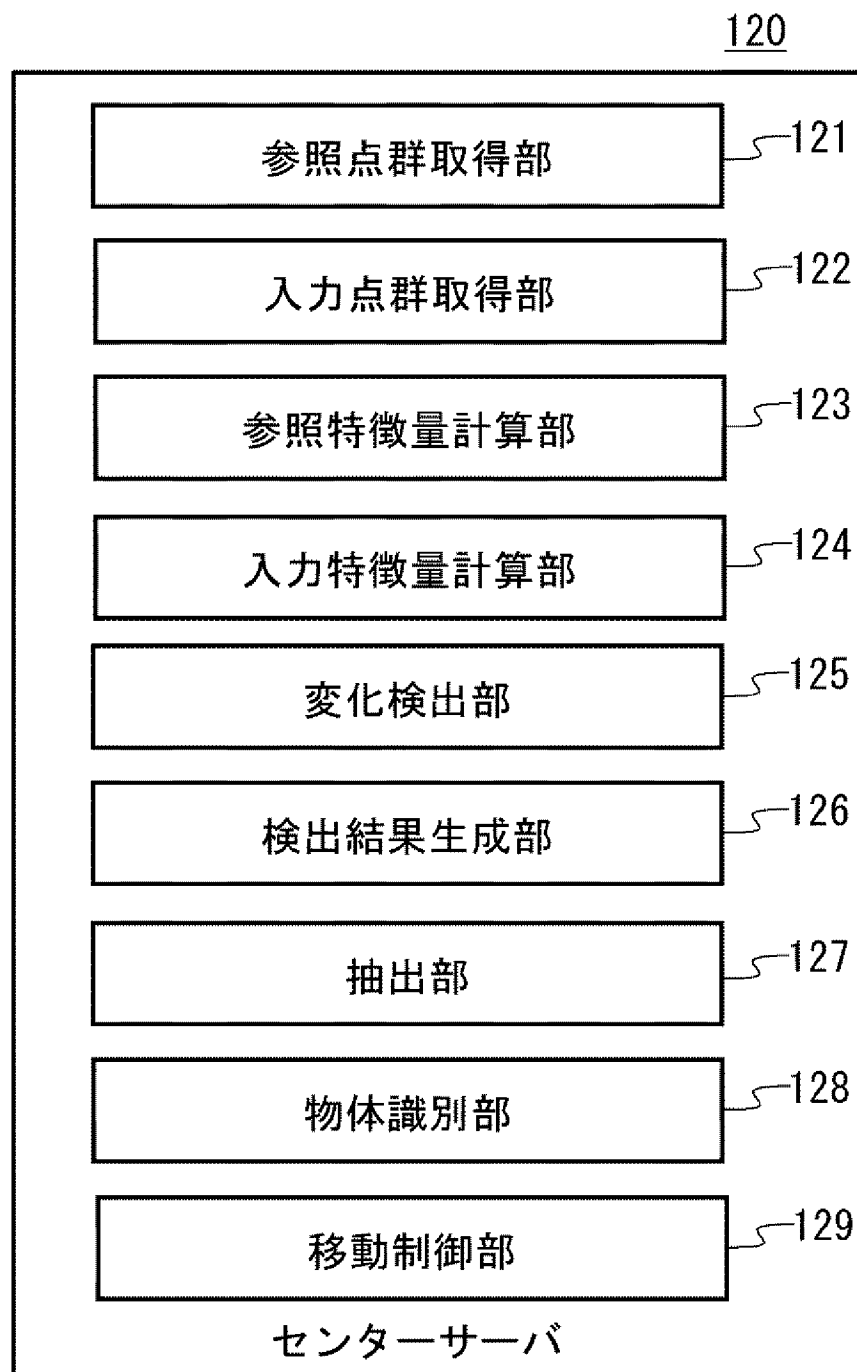


Fig. 14B

[図15A]

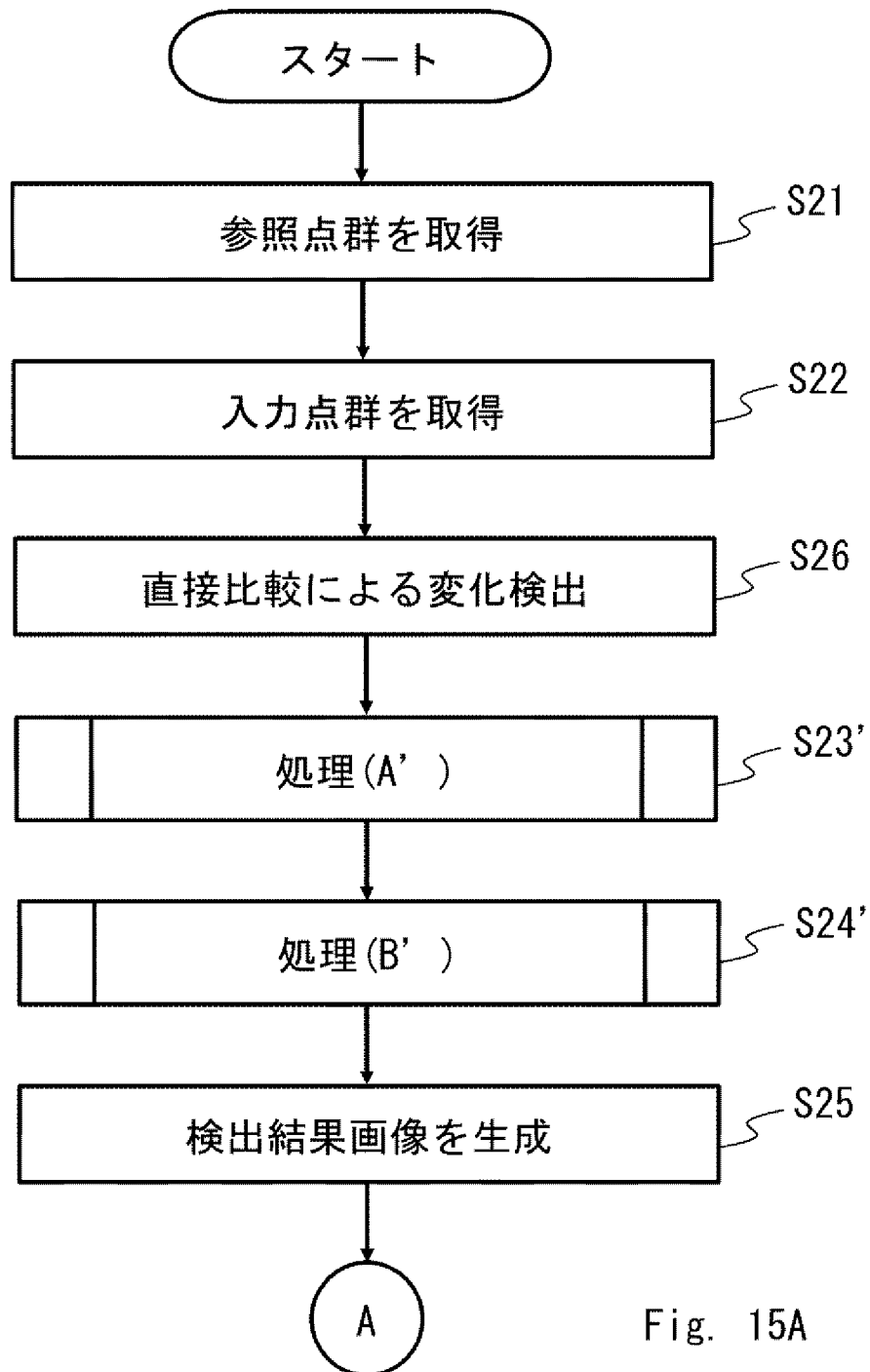


Fig. 15A

[図15B]

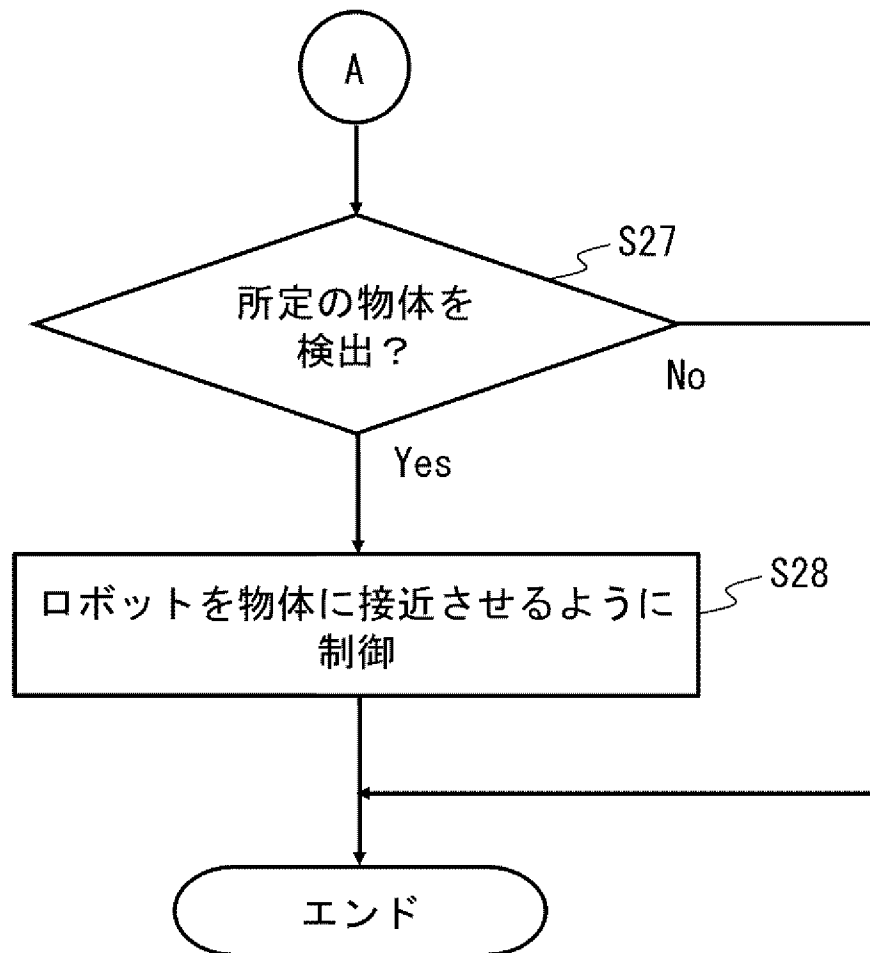


Fig. 15B

[図16]

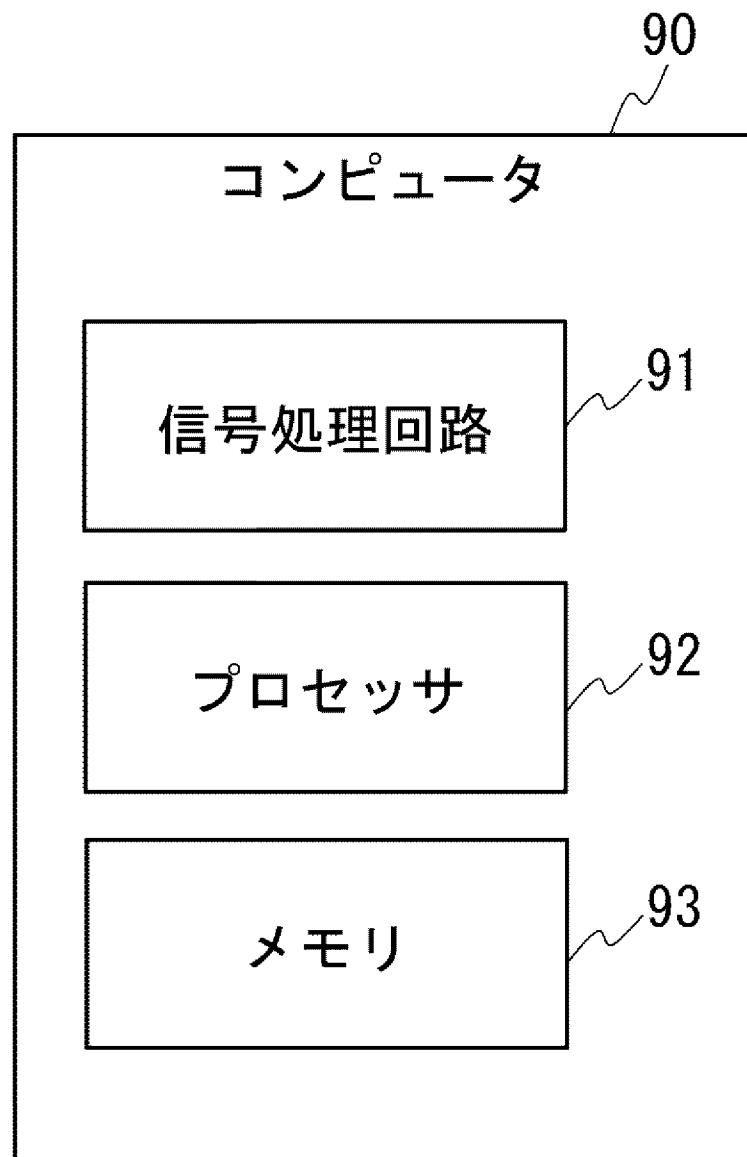


Fig. 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/038830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01V 8/10**(2006.01)i; **G01B 11/00**(2006.01)i; **G01S 17/89**(2020.01)i; **G06T 7/00**(2017.01)i

FI: G01V8/10 S; G06T7/00 C; G01S17/89; G01B11/00 B

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)

G01V8/10; G01B11/00; G01S17/89; G06T7/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-217941 A (TOSHIBA CORP) 22 December 2016 (2016-12-22) paragraphs [0027]-[0060]	1-20
A	JP 2020-166516 A (TANAKA, Shigenori) 08 October 2020 (2020-10-08) paragraphs [0103]-[0131]	1-20
A	JP 2019-046295 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22 March 2019 (2019-03-22) paragraphs [0014]-[0015]	1-20
A	JP 2009-064287 A (MEIDENSHA CORP) 26 March 2009 (2009-03-26) paragraphs [0024]-[0036]	1-20
A	JP 2018-181056 A (FUJITSU LTD) 15 November 2018 (2018-11-15) paragraphs [0043]-[0123]	1-20
A	JP 2022-098432 A (COMMONWEALTH SCIENT AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION) 01 July 2022 (2022-07-01) paragraph [0063]	7, 14

☐ 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 application or patent 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

14 November 2022

Date of mailing of the international search report

29 November 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/038830

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-217941	A	22 December 2016	(Family: none)	
JP	2020-166516	A	08 October 2020	(Family: none)	
JP	2019-046295	A	22 March 2019	(Family: none)	
JP	2009-064287	A	26 March 2009	(Family: none)	
JP	2018-181056	A	15 November 2018	(Family: none)	
JP	2022-098432	A	01 July 2022	US 2022/0196410 A1 paragraph [0084] KR 10-2022-0089615 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01V 8/10(2006.01)i; G01B 11/00(2006.01)i; G01S 17/89(2020.01)i; G06T 7/00(2017.01)i FI: G01V8/10 S; G06T7/00 C; G01S17/89; G01B11/00 B		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01V8/10; G01B11/00; G01S17/89; G06T7/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2016-217941 A（株式会社東芝） 22.12.2016（2016-12-22） [0027]-[0060]	1-20
A	JP 2020-166516 A（田中 成典） 08.10.2020（2020-10-08） [0103]-[0131]	1-20
A	JP 2019-046295 A（三菱電機株式会社） 22.03.2019（2019-03-22） [0014]-[0015]	1-20
A	JP 2009-064287 A（株式会社明電舎） 26.03.2009（2009-03-26） [0024]-[0036]	1-20
A	JP 2018-181056 A（富士通株式会社） 15.11.2018（2018-11-15） [0043]-[0123]	1-20
A	JP 2022-098432 A（コモンウェルス サイエントフィック アンド インダストリアル リサーチ オーガナイゼーション） 01.07.2022（2022-07-01） [0063]	7, 14
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 14. 11. 2022		国際調査報告の発送日 29. 11. 2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 福田 裕司 2J 9109 電話番号 03-3581-1101 内線 3252

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/038830

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-217941	A	22.12.2016	(ファミリーなし)	
JP	2020-166516	A	08.10.2020	(ファミリーなし)	
JP	2019-046295	A	22.03.2019	(ファミリーなし)	
JP	2009-064287	A	26.03.2009	(ファミリーなし)	
JP	2018-181056	A	15.11.2018	(ファミリーなし)	
JP	2022-098432	A	01.07.2022	US 2022/0196410 A1	
				[0084]	
				KR 10-2022-0089615 A	