

(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
2020年2月13日(13.02.2020)



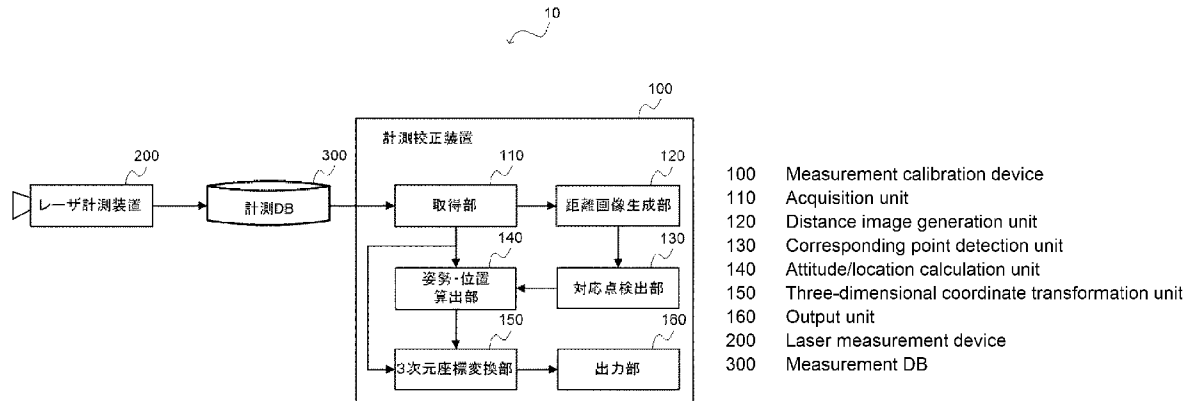
(10) 国際公開番号

WO 2020/031950 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01) G01C 15/00 (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/030705
- (22) 国際出願日: 2019年8月5日(05.08.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-148804 2018年8月7日(07.08.2018) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮川 勲(MIYAGAWA, Isao); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 杵渕 哲也(KINEBUCHI, Tetsuya); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 Tokyo (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,

(54) Title: MEASUREMENT CALIBRATION DEVICE, MEASUREMENT CALIBRATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 計測校正装置、計測校正方法、及びプログラム



(57) Abstract: The present invention makes it possible to easily estimate the location and attitude of a local coordinate system for a laser measurement device relative to the world coordinate system. According to the present invention, on the basis of three-dimensional coordinate data for a specific object as in each of a plurality of locations/attitudes, a distance image generation unit 120 generates distance images that represent the distance to the specific object as in the plurality of locations/attitudes. A corresponding point detection unit 130 detects corresponding points that, of corner points that have been detected for each of the distance images for the plurality of locations/attitudes and are points at which the tone of the distance images changes, are points that correspond between distance images. An attitude/location calculation unit 140 calculates the location and attitude of an individual coordinate system for a laser measurement device relative to the world coordinate system on the basis of a matrix that is for a plane projective transformation between two-dimensional coordinates on the distance image for a reference location/attitude and two-dimensional coordinates on the world coordinate system and is calculated on the basis of the corresponding points and of reference coordinates that correspond to the corresponding points from among reference coordinates that are three-dimensional coordinates for each of the points on



WO 2020/031950 A1

CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, 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,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

the specific object on the world coordinate system as found from the three-dimensional coordinate data for the reference location/attitude.

(57) 要約: 世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定することができるようにする。距離画像生成部120が、複数の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データに基づき複数の位置姿勢毎に特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、対応点検出部130が、複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について検出した、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナー点のうち、距離画像間に対応する対応点を検出し、姿勢・位置算出部140が、対応点と、基準位置姿勢での3次元座標データから求められる世界座標系の特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、当該対応点に相当する基準座標とに基づいて算出した、世界座標系の2次元座標と基準となる位置姿勢での距離画像上の2次元座標との間での平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置の固有の座標系の位置及び姿勢を算出する。

明 細 書

発明の名称：計測校正装置、計測校正方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、計測校正装置、計測校正方法、及びプログラムに係り、特に、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を推定する計測校正装置、計測校正方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] レーザ計測装置（あるいはレンジファインダ装置）は、3次元空間の形状や3次元物体の形状を密な3次元座標データとして獲得することができるセンシングデバイスである。計測仕様の範囲内であれば、人物の形状、室内空間、屋外の景観データ、あるいは市街地の地形データ等を計測することができる。

[0003] 一般的に、レーザ計測装置の内部に3次元座標系（以下、ローカル座標系）が設定され、その座標系において外界の3次元座標（X、Y、Z）を含む3次元座標データが計測される。

[0004] 複数台のレーザ計測装置（あるいは複数台のレンジファインダ装置）を使って3次元形状のデータを計測するときは、各レーザ計測装置に設置された座標系で3次元座標データが計測される。

[0005] このため、統一した3次元座標系（以降、世界座標系）において、それぞれの3次元座標データを合成するあるいは統合する必要がある。従来から、この技術はレジストレーションとして知られている。

[0006] 例えば、3次元物体を取り囲むようにレーザ計測装置を配置して、獲得した3次元座標データを世界座標系において合成すると、3次元物体全周囲の密な3次元座標データが得られる。

[0007] 3次元座標データのレジストレーションには、外界に世界座標系を設置する必要がある。

[0008] 図20にて、レーザ計測装置Aにローカル座標系XYZ、レーザ計測装置

Bにローカル座標系 $X' Y' Z'$ 、外界に世界座標系 $X_w Y_w Z_w$ をそれぞれ設定したとき、世界座標系の3次元座標データを使ってレジストレーションする例を示す。これは基準点測量又は基準点計測と呼ばれている。

[0009] まず、世界座標系の3次元座標データ（基準点）を各レーザ計測装置で計測する。次に、レーザ計測装置で得た3次元座標データはローカル座標系で計測されているため、各レーザ計測装置で得たそれぞれの3次元座標データを、世界座標系の3次元座標データへ変換する。

[0010] 測量分野では、このような基準点を使った3次元座標データの合成が用いられている。このときに行われる3次元座標系の変換は、3次元回転変換と平行移動変換とを行う。

[0011] 非特許文献1には、与えられた基準点の3次元座標データから3次元回転変換と平行移動量を算出する方法が記載されており、非特許文献2には、レーザ計測装置で得た3次元座標に関して正解の3次元形状モデルが与えられることを前提として、獲得した3次元座標データの位置を調整する方法が記載されている。

[0012] また、非特許文献3には、2次元平面パターンを使ったキャリブレーション方法が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0013] 非特許文献1: B. K. P. Horn, "Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions", Journal of the Optical Society of America A, Vol.4, Issue 4, 1987, pp.629-642.

非特許文献2: P.J. Besl and N.D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.14, No.2, 1992, pp.239-256.

非特許文献3: Z. Zhang, "A Flexible New Technique for Camera Calibration", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.22, No.11, 2000.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0014] レーザ計測装置を常に固定した状態で使用することを前提とすれば、外界に正確な基準点を設置して、その基準点を同定する処理により3次元座標データのレジストレーションを実施できる。
- [0015] しかし、獲得した3次元点群データから基準点到該当する1つの3次元座標を正確に抽出する必要があり、専門的なキャリブレーション作業が伴う。
- [0016] 非特許文献1では、図20に示したように、レーザ計測装置Aとレーザ計測装置Bを使って3次元座標データが測定したとき、片方のローカル座標系（レーザ計測装置Bの3次元座標系）をもう一方のローカル座標系（レーザ計測装置Aの3次元座標系）へ剛体変換する方法が公開されている。
- [0017] この剛体変換では、3次元座標系間の3次元回転行列と3次元並進ベクトルとが構成されており、剛体変換によって両レーザ計測装置で測定した3次元座標データが同じ座標系上に合成することができる。
- [0018] 片方の3次元座標系からもう一方の3次元座標系への剛体変換は、世界座標系において各ローカル座標系の姿勢と位置とを求めることと等価である。
- [0019] 以下、これをレーザ計測のキャリブレーションと呼ぶことにする。
- [0020] 非特許文献1の方法を利用するにあたり、空間中の同一の点をそれぞれレーザ計測装置Aとレーザ計測装置Bとで測定する必要がある。また、当然ながら、正確な剛体変換を求めるためには、1点ではなく100点等と多くの3次元点のペアが必要になる。
- [0021] レーザ計測した3次元座標データの中から、同じ点であるか否かを特定する作業はやや面倒な作業である上に、レーザ計測の空間解像度の限界により、精密に同じ点であることを特定することは容易ではない、という問題があった。
- [0022] 非特許文献2では、2つの点群データの位置合わせを自動で行うICP (Iterative Closest Point) アルゴリズムが公知となっている。

- [0023] 例えば、まず、レーザ計測装置Bで得た点群を構成する各点に対し、レーザ計測装置Aで得た点群における最近傍点を探索し、これらを仮の対応点とする。次に、これらの対応点間の距離を最小化するような剛体変換を推定する。
- [0024] ICPアルゴリズムは、対応点探索と剛体変換推定を繰り返すことにより、2つの点群の位置を正確に合わせることができる。
- [0025] ただし、ICPアルゴリズムでは、2つの点群を位置合わせする運動（回転運動と並進運動）が大きいとき、良い初期値を与えないと対応点探索がうまくいかず、ICPアルゴリズムにおいて回転運動と並進運動が局所解に陥る。
- [0026] このため、レーザ計測のキャリブレーションが不十分となって、2つの点群の位置合わせが不安定になってしまう、という問題があった。
- [0027] また、レーザ計測装置の台数が新たに増えたり、固定したレーザ計測装置の位置又は姿勢を変更したりする度に、レーザ計測装置のキャリブレーションが必要になる。
- [0028] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定することができる計測校正装置、計測校正方法、及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0029] 本発明に係る計測校正装置は、物体上の複数の点の各々についての前記点の3次元座標を含む3次元座標データを計測するレーザ計測装置によって得られた、特定物体の前記3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の前記特定物体の前記3次元座標データに基づいて、前記複数の位置姿勢毎に、前記特定物体までの距離を表す距離画像を生成する距離画像生成部と、前記距離画像生成部により生成された前記複数の位置姿勢毎の前記距離画像の各々について、前記距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、前記距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出する対応点検出部

と、前記検出された前記対応点と、前記複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での前記3次元座標データから求められる、世界座標系における前記特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、前記対応点に相当する前記特定物体上の点の前記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、前記平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出する姿勢・位置算出部と、を備えて構成される。

[0030] また、本発明に係る計測校正方法は、距離画像生成部が、物体上の複数の点の各々についての前記点の3次元座標を含む3次元座標データを計測するレーザ計測装置によって得られた、特定物体の前記3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の前記特定物体の前記3次元座標データに基づいて、前記複数の位置姿勢毎に、前記特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、対応点検出部が、前記距離画像生成部により生成された前記複数の位置姿勢毎の前記距離画像の各々について、前記距離画像の濃淡が変化する点であるコーナー点を検出し、前記距離画像間で対応するコーナー点である対応点を検出し、姿勢・位置算出部が、前記検出された前記対応点と、前記複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での前記3次元座標データから求められる、世界座標系における前記特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、前記対応点に相当する前記特定物体上の点の前記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、前記平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出する。

[0031] 本発明に係る計測校正装置及び計測校正方法によれば、距離画像生成部が、物体上の複数の点の各々についての当該点の3次元座標を含む3次元座標データを計測するレーザ計測装置によって得られた、特定物体の3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データに基づい

て、複数の位置姿勢毎に、特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、対応点検出部が、距離画像生成部により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出する。

[0032] そして、姿勢・位置算出部が、検出された対応点と、複数の位置姿勢のうち基準となる位置姿勢での3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と基準となる位置姿勢での距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、当該平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出する。

[0033] このように、レーザ計測装置によって得られた、特定物体の3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データに基づいて、複数の位置姿勢毎に、特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出し、検出された対応点と、複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、当該平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出することにより、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定することができる。

[0034] また、本発明に係る計測校正装置は、前記姿勢・位置算出部により算出された前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置のローカル座標系の位置及

び姿勢に基づいて、前記レーザ計測装置が計測した3次元座標データを、前記世界座標系に変換する3次元変換部を更に含むことができる。

[0035] また、本発明に係る計測校正装置は、前記複数の位置姿勢毎に、撮像装置により得られた前記特定物体を表す撮像画像を取得する撮像画像取得部を更に含み、前記対応点検出部は、更に、前記複数の位置姿勢毎の前記撮像画像の各々について、前記撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナー点を検出し、前記撮像画像間で対応する前記第2コーナー点である第2対応点を検出し、前記姿勢・位置算出部は、更に、前記検出された前記第2対応点と、前記第2対応点に相当する前記特定物体上の点の前記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列を算出し、前記第2平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記撮像装置の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出することができる。

[0036] また、本発明に係る計測校正装置の前記特定物体は、手前側に、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔で配置され、かつ、垂直方向に h の間隔で配置され、正面からみたときに手前側の表面形状が、市松模様状となるように構成することができる。

[0037] 本発明に係るプログラムは、上記の計測校正装置の各部として機能させるためのプログラムである。

発明の効果

[0038] 本発明の計測校正装置、計測校正方法、及びプログラムによれば、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定することができる。

図面の簡単な説明

[0039] [図1]本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の構成を示すブロック図である。

[図2]本発明の第1の実施の形態に係る特定物体の一例を示すイメージ図であ

る。

[図3]本発明の第1の実施の形態に係る特定物体の一例を示すイメージ図である。

[図4]本発明の第1の実施の形態に係る距離画像の例を示すイメージ図である。

[図5]本発明の第1の実施の形態に係る対応点検出の一例を示すイメージ図である。

[図6]本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の計測校正処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図7]本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の距離画像生成処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図8]本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の対応点検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図9]本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の姿勢・位置算出処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図10]本発明の実施の形態に係る計測校正装置の3次元座標変換処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図11]本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の構成を示すブロック図である。

[図12]本発明の第2の実施の形態に係る特定物体の一例を示すイメージ図である。

[図13]本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の距離画像生成処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図14]本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の対応点検出処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図15]本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の姿勢・位置算出処理ルーチンを示すフローチャートである。

[図16]本発明の第3の実施の形態に係る計測校正装置の構成を示すブロック

図である。

[図17]本発明の第3の実施の形態に係る特定物体の一例を示すイメージ図である。

[図18]本発明の第4の実施の形態に係る計測校正装置の構成を示すブロック図である。

[図19]本発明の第4の実施の形態に係る特定物体の一例を示すイメージ図である。

[図20]従来技術におけるレーザ計測装置のレジストレーションの例を示す図。

発明を実施するための形態

[0040] 以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

[0041] <本発明の実施の形態に係る計測校正装置の概要>

まず、本発明の実施の形態の概要について説明する。

[0042] レーザ計測装置により3次元物体を計測した物体上の複数の点の各々についての3次元座標を含む3次元座標データ（ローカル座標系XYZ上の3次元座標の集合）を、2次元座標系の2次元座標データに変換することができる。

[0043] 一方で、当該3次元物体の世界座標系 $X_w Y_w Z_w$ 上の座標 (x_w, y_w, z_w) には2次元座標 (x_w, y_w) が含まれており、2次元座標 $\{u, v\}$ と2次元座標 (x_w, y_w) の間には平面射影変換の関係がある。

[0044] このことに基づき、本発明の実施の形態では、レーザ計測装置により3次元物体を計測した3次元座標データを距離画像に変換する。

[0045] 当該距離画像から3次元物体に対応する点を検出し、距離画像上の対応点の2次元座標と、3次元物体の世界座標系上の2次元座標との平面射影変換行列

H

を求める。

[0046] そして、平面射影変換行列

H

から、世界座標系に対するローカル座標系の原点位置を表す3次元並進ベクトル T 及び世界座標系に対するローカル座標系の姿勢を表す回転行列

R

を算出する。

[0047] 本発明によれば、特定の3次元物体を計測するだけで世界座標系におけるレーザ計測装置のローカル座標系の位置姿勢を簡単に推定することを可能とする。

[0048] さらに、レーザ計測装置の姿勢又は位置を変更した場合でも、同様の作業を行うことにより、瞬時にレーザ計測装置のローカル座標系の位置姿勢を簡単に推定することを可能とする。

[0049] また、3次元物体を取り囲むように複数台のレーザ計測装置を使って3次元座標データを獲得するとき、それらの点群データを世界座標系において合成することができ、3次元物体の全周囲形状の3次元座標データを得ることができ、映画製作あるいは番組制作などのコンピュータグラフィックス、更には実環境とのリアルな仮想現実感(virtual reality)や拡張現実感(augmented reality)を生み出すことができる。

[0050] <本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の構成>

図1を参照して、本発明の第1の実施の形態に係る計測システム10の構成について説明する。図1は、本発明の第1の実施の形態に係る計測システム10の構成を示すブロック図である。

[0051] 計測システム10は、計測校正装置100と、レーザ計測装置200と、計測データベース(DB)300とを含んで構成される。

[0052] レーザ計測装置200は、物体上の複数の点の各々についての当該点の3次元座標を含む3次元座標データを計測する。

[0053] 具体的には、レーザ計測装置200は、特定物体の3次元座標データを計

測する。

- [0054] 本実施形態では、特定物体の一例として、図2に示す3次元の物体を計測する。図3に、当該特定物体の正面図、及び水平方向と垂直方向とのそれぞれの断面図を示す。
- [0055] 当該特定物体は、手前側に、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔、垂直方向に h の間隔で配置され、正面から見たときに手前側の表面形状が、市松模様状となる物体である。
- [0056] 基準となる位置姿勢での特定物体の正面図において、水平方向に X_w 軸、垂直方向に Y_w 軸を定義し、その2つの軸に直交する方向に Z_w 軸を定義し、その原点を、あらかじめ定められた特定物体の中心 O とした $X_w Y_w Z_w$ 座標系を世界座標系とする（図2）。
- [0057] レーザ計測装置200は、当該特定物体の位置姿勢を変えて、レーザ計測装置200のローカル座標系 $X Y Z$ における S 個（ S は2以上の自然数）の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データを計測する。
- [0058] ここで、3次元座標データは、特定物体上の複数の点の各々についての当該点の3次元座標（ X ， Y ， Z ）を含む。また、 S 個の位置姿勢には、特定物体の基準となる位置姿勢が含まれるものとする。
- [0059] 具体的には、レーザ計測装置200は、当該レーザ計測装置200の計測中心を原点とし、レーザ計測装置に設定したローカル座標系により、特定物体の3次元座標を得る。特定物体の S 個の位置姿勢は、位置のみ変更したもの、及び姿勢のみ変更したものを含んでもよい。
- [0060] そして、レーザ計測装置200は、計測した S 個の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データの全てを、計測DB300に格納する。
- [0061] 計測DB300には、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系における各点の3次元座標である基準座標と、レーザ計測装置200により計測された特定物体の3次元座標データであって、ローカル座標系 $X Y Z$ における S 個の位置姿勢毎の3次元座標データとが格納される。また、計測DB300には、基準となる位置姿勢での特定物体の3次元座標データから求めら

れる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標が格納される。

[0062] 計測校正装置100は、CPUと、RAMと、後述する計測校正処理ルーチンを実行するためのプログラムを記憶したROMとを備えたコンピュータで構成され、機能的には次に示すように構成されている。

[0063] 図1に示すように、本実施形態に係る計測校正装置100は、取得部110と、距離画像生成部120と、対応点検出部130と、姿勢・位置算出部140と、3次元座標変換部150と、出力部160とを備えて構成される。

[0064] 取得部110は、計測DB300から、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系における各点の3次元座標である基準座標、及びレーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データを取得する。

[0065] そして、取得部110は、レーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の3次元座標データを距離画像生成部120に、特定物体の基準座標を姿勢・位置算出部140に、特定物体の基準座標及びレーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の3次元座標データを3次元座標変換部150にそれぞれ渡す。

[0066] 距離画像生成部120は、レーザ計測装置200によって得られた、S個の位置姿勢毎の当該特定物体の3次元座標データに基づいて、S個の位置姿勢毎に、当該特定物体までの距離を表す距離画像を生成する。

[0067] 具体的には、距離画像生成部120は、まず、距離画像を生成するためのパラメータfを設定する。パラメータfの設定では、パラメータfに予め定めた値を与える（例えば、 $f = 1000$ とする）。

[0068] 次に、距離画像生成部120は、レーザ計測装置200により得られたS個の位置姿勢の各々について、当該位置姿勢の3次元座標データに基づいて、距離画像を生成する。距離画像とは、物体までの距離を表す画像であり、奥行き距離を白黒濃淡等で可視化した透視投影画像である。

[0069] 特定物体のある位置姿勢の3次元座標データの3次元座標 (X, Y, Z) から、距離画像上の2次元座標 (u, v) を求める計算には、下記式 (1) に示す透視投影の式を用いる。

[0070] [数1]

$$u = f \frac{X}{Z}, \quad v = f \frac{Y}{Z} \quad \dots \quad (1)$$

[0071] レーザ計測装置200をカメラ装置に置き換えて考えると、式(1)はカメラの透視投影に対応し、パラメータfは距離画像の焦点距離に対応する。

[0072] 次に、距離画像生成部120は、レーザ計測装置から各点までの距離Lを下記式(2)を用いて算出し、距離Lの値に応じて値0から値255へ量子化することにより距離画像の濃淡値gを算出する。

[0073] [数2]

$$L = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad \dots \quad (2)$$

[0074] 例えば、式(2)で得られる距離Lの値が小さい値ほど黒(濃淡値g=0)に、大きい値ほど白(濃淡値g=255)に近づくように、2次元座標データ(u, v)の濃淡値gを算出する。

[0075] 距離画像生成部120は、当該位置姿勢の3次元座標データに含まれる全ての3次元座標(X, Y, Z)について、同様に2次元座標データ(u, v)の濃淡値gを算出することにより、当該位置姿勢の3次元座標データの特定物体までの距離を表す距離画像を生成する。

[0076] 同様に、距離画像生成部120は、他の位置姿勢の各々について、当該位置姿勢の3次元座標データに基づいて、距離画像を生成する。すなわち、距離画像生成部120は、図4に示すS枚の距離画像を得る。

[0077] そして、距離画像生成部120は、S個の位置姿勢の各々についての距離画像を、対応点検出部130に渡す。

[0078] 対応点検出部130は、距離画像生成部120により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナー点を検出し、距離画像間で対応するコーナー点である対応点を検出する。

[0079] 具体的には、対応点検出部130は、まず、1番目の距離画像の白黒濃淡のコーナー点を検出する。コーナー点検出の例を図5に示す。

[0080] 非特許文献3で公知になっている2次元平面パターンを使ったカメラキャリブレーションの例では、このような白黒濃淡の画像が使われている。対応点検出部130は、3次元座標データを距離画像へ変換することにより、従来の画像処理手法を使ってコーナー点を検出する。

[0081] 次に、次の距離画像においても同様のコーナー点を検出する。

[0082] このとき、先の距離画像で検出したコーナー点に対応するコーナー点かどうかをチェックして、同じ位置のコーナー点であれば、対応点とする。

[0083] この処理を全ての距離画像に行い、得られた対応点のうち、特定物体にある各直方体の表面の格子点に相当する対応点の2次元座標データを、対応点の検出結果とする。

[0084] そして、対応点検出部130は、検出した全ての対応点を、姿勢・位置算出部140に渡す。

[0085] 姿勢・位置算出部140は、各距離画像における対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出し、平面射影変換行列

$$H$$

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置200の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する。

[0086] 具体的には、姿勢・位置算出部140は、まず、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系 $X_w Y_w Z_w$ における各点（各格子点）の3次元座標である基準座標 (X_w, Y_w, Z_w) から、世界座標系の各点の2次元座標 (X_w, Y_w) を求める。

[0087] より具体的には、図2で示されているように、特定物体の各直方体の幅 w と高さ h の値に応じて、各格子点に相当する3次元座標 $(X_w, Y_w, 0)$ を得る。すなわち、各格子点は、 $Z_w = 0$ の平面とみなす。

[0088] 次に、姿勢・位置算出部140は、対応点検出部130により得られた対応点のうち、各距離画像における対応点の2次元座標 (u, v) と、基準座標の2次元座標 (X_w, Y_w) から平面射影変換行列

H

を求める。

[0089] 対応点検出部130により得られた対応点の2次元座標 (u, v) と、基準座標の2次元座標 (X_w, Y_w) の間には、平面射影変換 (plane-homography) の関係が成り立つためである。

[0090] 平面射影変換とは、非特許文献3で示されているように、下記式(3)で与えられる平面物体の透視投影である。

[0091] [数3]

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{H} \begin{bmatrix} X_w \\ Y_w \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0092] 上記式(3)において、 λ はスケール係数であり、 \mathbf{H} は 3×3 の平面射影変換行列である。

[0093] 上述したように、姿勢・位置算出部140は、式(3)に従って、平面射影変換をするための平面射影変換行列

H

を推定する。

[0094] 次に、姿勢・位置算出部140は、推定した平面射影変換行列

H

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置200の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する

[0095] 本実施形態では、世界座標系に対するローカル座標系の姿勢を回転行列

R

、世界座標系に対するローカル座標系の原点位置を3次元並進ベクトル

T

とする。

[0096] 回転行列

R

は、 3×3 の行列であり、3次元ベクトル r_1 , r_2 , r_3 を用いて下記式(4)として表される。

[0097] [数4]

$$R = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \end{bmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

[0098] 平面射影変換行列

H

、回転行列

R

、及び3次元並進ベクトル

T

は、平面射影変換の関係において、下記(5)の関係を有する。

[0099]

[数5]

$$\begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}_1 & \mathbf{r}_2 & \mathbf{T} \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

[0100] 姿勢・位置算出部140は、上記式(5)の関係に基づいて、回転行列を構成する3次元ベクトル \mathbf{r}_1 及び \mathbf{r}_2 と、3次元並進ベクトル

\mathbf{T}

とを、下記式(6)により求める。

[0101] [数6]

$$\mathbf{r}_1 = \begin{bmatrix} h_{11} \\ h_{21} \\ h_{31} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{r}_2 = \begin{bmatrix} h_{12} \\ h_{22} \\ h_{32} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} h_{13} \\ h_{23} \\ h_{33} \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

[0102] また、姿勢・位置算出部140は、回転行列

\mathbf{R}

を構成するもう1つのベクトル \mathbf{r}_3 を、下記式(7)により求める。

[0103] [数7]

$$\mathbf{r}_3 = \mathbf{r}_1 \times \mathbf{r}_2 \quad \dots (7)$$

[0104] ここで、式(7)の

\times

は、ベクトルの外積を表す。

[0105] そして、姿勢・位置算出部140は、算出した回転行列

\mathbf{R}

、及び3次元並進ベクトル

\mathbf{T}

を、3次元座標変換部150に渡す。

[0106] 3次元座標変換部150は、姿勢・位置算出部140により算出された世界座標系に対するレーザ計測装置200のローカル座標系の位置及び姿勢に基づいて、レーザ計測装置200が新たに計測した3次元座標データを、世界座標系に変換する。

[0107] 具体的には、3次元座標変換部150は、姿勢・位置算出部140により算出された世界座標系に対するレーザ計測装置200のローカル座標系の位置及び姿勢を示す回転行列

R

、及び3次元並進ベクトル

T

を用いて、レーザ計測装置200が計測した3次元座標データの3次元座標 (X, Y, Z) を、世界座標系の3次元座標 (X_w, Y_w, Z_w) に変換する。

[0108] そして、3次元座標変換部150は、世界座標系に変換したレーザ計測装置200が計測した3次元座標データを、出力部160に渡す。

[0109] 出力部160は、世界座標系に変換したレーザ計測装置200が計測した3次元座標データを出力する。

[0110] <本発明の第1の実施の形態に係る計測校正装置の作用>

図6は、本発明の実施の形態に係る計測校正処理ルーチンを示すフローチャートである。

[0111] レーザ計測装置200により、特定物体の位置姿勢を変えながら、レーザ計測装置200のローカル座標系XYZにおけるS個の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データを計測する。取得部110に計測データが入力されると、計測校正装置100において、図6に示す計測校正処理ルーチンが実行される。

[0112] まず、ステップS100において、取得部110が、レーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の3次元座標データを取得する。また

、基準となる位置姿勢での特定物体の3次元座標データから、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標を求める。

[0113] ステップS 1 1 0において、距離画像生成部 1 2 0は、レーザ計測装置 2 0 0によって得られた、S個の位置姿勢毎の当該特定物体の3次元座標データに基づいて、S個の位置姿勢毎に、当該特定物体までの距離を表す距離画像を生成する。

[0114] ステップS 1 2 0において、対応点検出部 1 3 0は、上記ステップS 1 1 0により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナー点を検出し、距離画像間に対応するコーナー点である対応点を検出する。

[0115] ステップS 1 3 0において、姿勢・位置算出部 1 4 0は、各距離画像における対応点と、当該対応点に相当する特定物体の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出し、平面射影変換行列

$$H$$

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置 2 0 0の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する。

[0116] ステップS 1 4 0において、3次元座標変換部 1 5 0は、上記ステップS 1 3 0により算出された世界座標系に対するレーザ計測装置 2 0 0のローカル座標系の位置及び姿勢に基づいて、レーザ計測装置 2 0 0が新たに計測した3次元座標データを、世界座標系に変換する。

[0117] ステップS 1 5 0において、出力部 1 6 0は、世界座標系に変換したレーザ計測装置 2 0 0が計測した3次元座標データを出力する。

[0118] 次に、図7を用いて、ステップS 1 1 0における距離画像生成処理ルーチンについて説明する。

- [0119] ステップS200において、距離画像生成部120は、距離画像を生成するためのパラメータ f を設定する。
- [0120] ステップS210において、距離画像生成部120は、レーザ計測装置200によって得られた、 S 個の位置姿勢毎の当該特定物体の3次元座標データのうち、1番目の3次元座標データを選択する。
- [0121] ステップS220において、距離画像生成部120は、上記式(1)を用いて、選択された3次元座標データの各点の3次元座標(X , Y , Z)から、2次元座標(u , v)を計算する。
- [0122] ステップS230において、距離画像生成部120は、レーザ計測装置から選択された3次元座標データの各点までの距離 L を、上記式(2)を用いて算出し、距離 L の値に応じて値0から値255へ量子化することにより距離画像の濃淡値 g を算出する。
- [0123] ステップS240において、距離画像生成部120は、全ての3次元座標データについて処理したか否かの判定を行う。
- [0124] 全ての3次元座標データについて処理していない場合(ステップS240のNO)、ステップS250において、距離画像生成部120は、次の3次元座標データを選択し、ステップS220に戻る。
- [0125] 一方、全ての3次元座標データについて処理している場合(ステップS240のYES)、リターンする。
- [0126] 次に、図8を用いて、ステップS120における対応点検出処理ルーチンについて説明する。
- [0127] ステップS300において、対応点検出部130は、上記ステップS110により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像のうち、1番目の距離画像を選択する。
- [0128] ステップS310において、対応点検出部130は、選択された距離画像のコーナー点を検出する。
- [0129] ステップS320において、対応点検出部130は、既にコーナー点を検出した距離画像で検出したコーナー点に対応するコーナー点かどうかをチェ

ックして、同じ位置のコーナ点であれば、対応点として検出する。

[0130] ステップS 3 3 0において、対応点検出部 1 3 0は、全ての距離画像について処理したか否かの判定を行う。

[0131] 全ての距離画像について処理していない場合（ステップS 3 3 0のNO）、ステップS 3 4 0において、対応点検出部 1 3 0は、次の距離画像を選択し、ステップS 3 1 0に戻る。

[0132] 一方、全ての距離画像について処理している場合（ステップS 3 3 0のYES）、リターンする。

[0133] 次に、図9を用いて、ステップS 1 3 0における姿勢・位置算出処理ルーチンについて説明する。姿勢・位置算出部 1 4 0は、各距離画像における対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の各点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出し、平面射影変換行列

$$H$$

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置 2 0 0の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する。

[0134] ステップS 4 0 0において、姿勢・位置算出部 1 4 0は、各対応点について、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標を取得する。

[0135] ステップS 4 1 0において、姿勢・位置算出部 1 4 0は、各対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出する。

[0136] ステップS 4 2 0において、姿勢・位置算出部 1 4 0は、上記ステップS

410により算出した平面射影変換行列

H

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置200の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出し、リターンする。

[0137] 次に、図10を用いて、ステップS140における3次元座標変換処理ルーチンについて説明する。

[0138] 3次元座標変換部150は、上記ステップS130により算出された世界座標系に対するレーザ計測装置200のローカル座標系の位置及び姿勢に基づいて、レーザ計測装置200が新たに計測した3次元座標データを、世界座標系に変換する。

[0139] ステップS500において、3次元座標変換部150は、レーザ計測装置200によって得られた、S個の位置姿勢毎の当該特定物体の3次元座標データのうち、1番目の3次元座標データを選択する。

[0140] ステップS510において、3次元座標変換部150は、上記ステップS130により算出された世界座標系に対するレーザ計測装置200のローカル座標系の位置及び姿勢に基づいて、選択された3次元座標データを、世界座標系に変換する。

[0141] ステップS520において、3次元座標変換部150は、処理を停止するか否かの判定を行う。

[0142] 全ての3次元座標データについて処理していない処理を停止しない場合（ステップS520のNO）、ステップS530において、3次元座標変換部150は、次の3次元座標データを選択し、ステップS510に戻る。

[0143] 一方、全ての3次元座標データについて処理している場合（ステップS520のYES）、リターンする。

[0144] 以上説明したように、本発明の実施形態に係る計測校正装置によれば、レーザ計測装置によって得られた、特定物体の3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データに基づいて、複数の位置姿勢毎に、特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、複数の位置姿勢毎の距

離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出し、検出された対応点と、複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、当該平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出することにより、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定することができる。

[0145] また、このような構成により、レーザ計測装置の姿勢又は位置を変更した場合であっても、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を高速に推定することができる。

[0146] <本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の構成>

図11を参照して、本発明の第2の実施の形態に係る計測システム20の構成について説明する。なお、第1の実施の形態に係る計測システム10と同様の構成については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0147] 図11は、本発明の第2の実施の形態に係る計測システム20の構成を示すブロック図である。

[0148] 本実施形態では、計測校正装置500は、レーザ計測装置200と撮像装置400とを共に校正する。

[0149] 計測システム10は、レーザ計測装置200と、計測データベース(DB)310と、撮像装置400と、計測校正装置500とを含んで構成される。

[0150] 本実施形態では、特定物体の一例として、図12に示す3次元の物体を計測する。当該特定物体の正面図、及び水平方向と垂直方向とのそれぞれの断面図は、図3と同様であるが、当該特定物体では、手前の表面は黒色、奥の

表面などのそれ以外の表面は白色となっている。

[0151] また、当該特定物体は、手前側に、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔、垂直方向に h の間隔で配置され、正面から見たときに手前側の表面形状が、市松模様状となる物体である。

[0152] 基準となる位置姿勢における特定物体の正面図において、水平方向に X_w 軸、垂直方向に Y_w 軸を定義し、その2つの軸に直交する方向に Z_w 軸を定義し、その原点を特定物体の中心 O とした $X_w Y_w Z_w$ 座標系を世界座標系とする（図12）。

[0153] 撮像装置400は、レーザ計測装置200と同様に、当該特定物体の位置姿勢を変えて、特定物体をカメラ等で撮影し、 S 枚の撮像画像を生成する。なお、位置姿勢の数である S は、レーザ計測装置200と異なる値としてもよい。

[0154] そして、撮像装置400は、生成した S 枚の撮像画像を、計測DB310に格納する。

[0155] 計測DB310には、第1の実施の形態に係る計測DB300と同様に、レーザ計測装置200により計測された特定物体の3次元座標データであって、ローカル座標系 XYZ における S 個の位置姿勢毎の3次元座標データとが格納される。また、計測DB310には、基準となる位置姿勢での特定物体の3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標が格納される。

[0156] また、計測DB310には、更に、撮像装置400により得られた S 個の位置姿勢毎の撮像画像が格納される。

[0157] 計測校正装置500は、CPUと、RAMと、後述する計測校正処理ルーチンを実行するためのプログラムを記憶したROMとを備えたコンピュータで構成され、機能的には次に示すように構成されている。

[0158] 図11に示すように、本実施形態に係る計測校正装置500は、撮像画像取得部510と、距離画像生成部120と、対応点検出部530と、姿勢・位置算出部540と、3次元座標変換部150と、出力部560とを備えて

構成される。

- [0159] 撮像画像取得部510は、取得部110と同様に、計測DB310から、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系における各点の3次元座標である基準座標、及びレーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データを取得する。
- [0160] また、撮像画像取得部510は、複数の位置姿勢毎に、計測DB310から、撮像装置400により得られた特定物体を表す撮像画像を取得する。
- [0161] そして、撮像画像取得部510は、レーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の3次元座標データを距離画像生成部120に、特定物体の基準座標を姿勢・位置算出部540に、特定物体の基準座標及びレーザ計測装置200により計測されたS個の位置姿勢毎の3次元座標データを3次元座標変換部150にそれぞれ渡す。
- [0162] また、撮像画像取得部510は、撮像装置400により得られた特定物体を表す撮像画像を、対応点検出部530に渡す。
- [0163] 対応点検出部530は、対応点検出部130と同様に、距離画像生成部120により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、距離画像間で対応するコーナ一点である対応点を検出する。
- [0164] 対応点検出部530は、更に、複数の位置姿勢毎の撮像画像の各々について、当該撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナ一点を検出し、撮像画像間で対応する第2コーナ一点である第2対応点を検出する。
- [0165] 具体的には、対応点検出部530は、まず、1番目の撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナ一点を検出する。
- [0166] 図12に示す3次元物体を撮像装置400が撮影すると、黒色の面は全て平面射影の画像として観測することができる。すなわち、第1実施形態において3次元座標データから平面射影変換による距離画像を得た場合と同様に、撮像装置400は、撮像観測によって平面射影による白黒パターンを撮影することとなる。奥の面は白色であるため、撮像画像は図4に示す市松模様

のような画像となる。

[0167] 対応点検出部530は、このような撮像画像の黒色と白色との画素値が変化する点である第2コーナ一点を、従来の画像処理手法を用いて検出する。

[0168] 次に、対応点検出部530は、次の撮像画像においても同様に、第2コーナ一点を検出する。

[0169] このとき、対応点検出部530は、先の撮像画像で検出した第2コーナ一点に対応する第2コーナ一点かどうかをチェックして、同じ位置の第2コーナ一点であれば、第2対応点とする。

[0170] 対応点検出部530は、この処理を全ての撮像画像に行い、得られた対応点のうち、特定物体にある各直方体の表面の格子点に相当する対応点の2次元座標データを、第2対応点の検出結果とする。

[0171] そして、対応点検出部530は、検出した全ての対応点及び第2対応点を、姿勢・位置算出部540に渡す。

[0172] 姿勢・位置算出部540は、姿勢・位置算出部140と同様に、各距離画像における対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出し、平面射影変換行列

$$H$$

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置200の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する。

[0173] また、姿勢・位置算出部540は、更に、検出された第2対応点と、当該第2対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列

$$H'$$

を算出し、第2平面射影変換行列

$$H'$$

に基づいて、世界座標系に対する撮像装置400の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出する。

- [0174] 具体的には、姿勢・位置算出部540は、対応点検出部530により得られた第2対応点のうち、各撮像画像における第2対応点の2次元座標（ u ， v ）と、基準座標の2次元座標（ X_w ， Y_w ）から、上記式（3）に従って、平面射影変換をするための第2平面射影変換行列

$$H'$$

を推定する。

- [0175] 次に、姿勢・位置算出部540は、推定した第2平面射影変換行列

$$H'$$

に基づいて、世界座標系に対する撮像装置400の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する

- [0176] 本実施形態では、世界座標系に対するローカル座標系の姿勢を回転行列

$$R'$$

、世界座標系に対するローカル座標系の原点位置を3次元並進ベクトル

$$T'$$

とする。

- [0177] 回転行列

$$R'$$

は、 3×3 の行列であり、3次元ベクトル r_1 ， r_2 ， r_3 を用いて上記式（4）として表される。

- [0178] 姿勢・位置算出部540は、上記式（5）の関係に基づいて、回転行列を構成する3次元ベクトル r_1 及び r_2 と、3次元並進ベクトル

$$T'$$

とを、上記式（6）により求める。

[0179] また、姿勢・位置算出部540は、回転行列

$$R'$$

を構成するもう1つのベクトル r_3 を、上記式（7）により求める。

[0180] そして、姿勢・位置算出部540は、算出したレーザ計測装置200の回転行列

$$R$$

、及び3次元並進ベクトル

$$T$$

を、3次元座標変換部150に渡す。

[0181] また、姿勢・位置算出部540は、算出した撮像装置400の回転行列

$$R'$$

、及び3次元並進ベクトル

$$T'$$

を、出力部560に渡す。

[0182] 出力部560は、世界座標系に変換したレーザ計測装置200が計測した3次元座標データを出力する。また、出力部560は、撮像装置400の回転行列

$$R'$$

、及び3次元並進ベクトル

$$T'$$

を出力する。

[0183] <本発明の第2の実施の形態に係る計測校正装置の作用>

図13は、本発明の第2の実施の形態に係る計測校正処理ルーチンを示すフローチャートである。なお、第1の実施の形態に係る計測校正処理ルーチンと同様の処理については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0184] レーザ計測装置200により、特定物体の位置姿勢を変えながら、レーザ計測装置200のローカル座標系XYZにおけるS個の位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データを計測すると共に、撮像装置400により、S個の位置姿勢毎の特定物体の撮像画像を取得する。計測DB310に計測データ及び撮像画像が格納されると、計測校正装置500において、図13に示す計測校正処理ルーチンが実行される。

[0185] ステップS605において、撮像画像取得部510は、計測DB310から、撮像装置400により得られた特定物体を表す撮像画像を取得する。

[0186] ステップS620において、対応点検出部530は、上記ステップS110により生成された複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナー点を検出し、距離画像間に対応するコーナー点である対応点を検出すると共に、複数の位置姿勢毎の撮像画像の各々について、当該撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナー点を検出し、撮像画像間に対応する第2コーナー点である第2対応点を検出する。

[0187] ステップS630において、姿勢・位置算出部540は、各距離画像における対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列

$$H$$

を算出し、平面射影変換行列

$$H$$

に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置200の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出する。検出された第2対応点と、当該第2対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列

H'

を算出し、第2平面射影変換行列

 H'

に基づいて、世界座標系に対する撮像装置400の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出する。

[0188] 次に、図14を用いて、ステップS620における対応点検出処理ルーチンについて説明する。

[0189] ステップS750において、対応点検出部530は、上記ステップS605により取得した複数の位置姿勢毎の撮像画像のうち、1番目の撮像画像を選択する。

[0190] ステップS760において、対応点検出部530は、選択された撮像画像の第2コーナー点を検出する。

[0191] ステップS770において、対応点検出部530は、既に第2コーナー点を検出した撮像画像で検出した第2コーナー点に対応する第2コーナー点かどうかをチェックして、同じ位置の第2コーナー点であれば、第2対応点として検出する。

[0192] ステップS780において、対応点検出部530は、全ての撮像画像について処理したか否かの判定を行う。

[0193] 全ての撮像画像について処理していない場合（ステップS780のNO）、ステップS790において、対応点検出部530は、次の撮像画像を選択し、ステップS760に戻る。

[0194] 一方、全ての撮像画像について処理している場合（ステップS780のYES）、リターンする。

[0195] 次に、図15を用いて、ステップS630における姿勢・位置算出処理ルーチンについて説明する。

[0196] ステップS830において、姿勢・位置算出部540は、各対応点と、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と撮像画像上の2次元座標との間で平面射影変換するため

の平面射影変換行列

$$H$$

を算出する。

[0197] ステップS840において、姿勢・位置算出部540は、上記ステップS830により算出した第2平面射影変換行列

$$H'$$

に基づいて、世界座標系に対する撮像装置400の固有の座標系であるローカル座標系XYZの位置及び姿勢を算出し、リターンする。

[0198] 以上説明したように、本発明の実施形態に係る計測校正装置によれば、更に、複数の位置姿勢毎に、撮像装置により得られた特定物体を表す撮像画像を取得し、複数の位置姿勢毎の撮像画像の各々について、当該撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナ点を検出し、撮像画像間に対応する第2コーナ点である第2対応点を検出し、基準となる位置姿勢での撮像画像における第2対応点と、第2対応点に相当する特定物体の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と基準となる位置姿勢での撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列を算出し、第2平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対する撮像装置の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出するため、世界座標系に対するレーザ計測装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を容易に推定すると共に、撮像装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢も同時に推定することができる。

[0199] また、このような構成により、撮像装置の姿勢又は位置を変更した場合であっても、世界座標系に対する撮像装置におけるローカル座標系の位置及び姿勢を高速に推定することができる。

[0200] <本発明の第3の実施の形態に係る計測校正装置の構成>

図16を参照して、本発明の第3の実施の形態に係る計測システム30の構成について説明する。なお、第1の実施の形態に係る計測システム10と

同様の構成については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0201] 図16は、本発明の第3の実施の形態に係る計測システム30の構成を示すブロック図である。

[0202] 計測システム30は、計測校正装置100と、N台のレーザ計測装置200#1～#Nと、計測データベース(DB)320とを含んで構成される。

[0203] 本実施形態において、計測校正装置100の各部の処理内容は、1台のレーザ計測装置200を使った場合と同様である。

[0204] 本実施形態に係る計測システム30では、レーザ計測装置200#1～レーザ計測装置200#Nを切り替えながら、計測DB320に各レーザ計測装置200により得られた3次元座標データを格納する。

[0205] 計測DB320には、第1の実施の形態に係る計測DB300と同様に、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系における各点の3次元座標である基準座標と、レーザ計測装置200により計測された特定物体の3次元座標データであって、ローカル座標系XYZにおけるS個の位置姿勢毎の3次元座標データとが格納される。

[0206] また、計測DB320には、各レーザ計測装置200の、基準となる位置姿勢での特定物体の3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標が格納される。

[0207] また、本実施形態は、原則として、第1実施形態と同様に、図2に示す3次元物体を特定物体として用いる。

[0208] しかし、特定物体を取り囲むようにレーザ計測装置200#1～レーザ計測装置200#Nを配置した場合には、特定物体として図17に示す3次元物体を使う。

[0209] 図17に示す特定物体は、幅w、高さh、奥行きdの直方体が水平方向にwの間隔、垂直方向にhの間隔で配置される物体である。また、当該特定物体は、正面と背面は同じ形状であるように構成される。

[0210] 以上説明したように、本実施形態に係る計測校正装置によれば、レーザ計測装置によって得られた、特定物体の3次元座標データであって、複数の位

位置姿勢毎の特定物体の3次元座標データに基づいて、複数の位置姿勢毎に、特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、複数の位置姿勢毎の距離画像の各々について、当該距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出し、検出された対応点と、複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、当該対応点に相当する特定物体上の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、当該平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対するレーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出することを、複数のレーザ計測装置の各々について行うことにより、複数のレーザ計測装置の各々により得られる3次元座標データを世界座標系において容易に合成することができる。

[0211] また、特定物体を取り囲むように複数のレーザ計測装置を配置することにより、特定物体の全周囲形状の3次元座標データを容易に得ることができる。

[0212] <本発明の第4の実施の形態に係る計測校正装置の構成>

図18を参照して、本発明の第4の実施の形態に係る計測システム40の構成について説明する。なお、第2の実施の形態に係る計測システム20と同様の構成については、同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

[0213] 図18は、本発明の第4の実施の形態に係る計測システム40の構成を示すブロック図である。

[0214] 計測システム40は、計測校正装置500と、N台のレーザ計測装置200#1～#Nと、計測データベース(DB)330と、M台の撮像装置400#1～#Mを含んで構成される。

[0215] 本実施形態において、計測校正装置500の各部の処理内容は、1台のレーザ計測装置200を使った場合と同様である。

[0216] 本実施形態に係る計測システム40では、第3実施形態と同様に、レーザ

計測装置 200 # 1 ~ レーザ計測装置 200 # N を切り替えながら、計測 DB 330 に各レーザ計測装置 200 により得られた 3次元座標データを格納する。

[0217] 同様に、本実施形態に係る計測システム 40 では、撮像装置 400 # 1 ~ 撮像装置 400 # M を切り替えながら、計測 DB 330 に各撮像装置 400 により得られた撮像画像を格納する。

[0218] 計測 DB 330 には、第 1 の実施の形態に係る計測 DB 300 と同様に、特定物体の基準となる位置姿勢での世界座標系における各点の 3次元座標である基準座標と、レーザ計測装置 200 により計測された特定物体の 3次元座標データであって、ローカル座標系 XYZ における S 個の位置姿勢毎の 3次元座標データとが格納される。

[0219] また、計測 DB 330 には、第 3 の実施の形態に係る計測 DB 320 と同様に、各レーザ計測装置 200 の、基準となる位置姿勢での特定物体の 3次元座標データから求められる、世界座標系における特定物体上の各点の 3次元座標である基準座標が格納される。

[0220] また、計測 DB 330 には、第 2 の実施の形態に係る計測 DB 310 と同様に、撮像装置 400 により得られた S 個の位置姿勢毎の撮像画像が格納される。

[0221] また、本実施形態は、原則として、第 2 実施形態と同様に、図 12 に示す 3次元物体を特定物体として用いる。

[0222] しかし、特定物体を取り囲むようにレーザ計測装置 200 # 1 ~ レーザ計測装置 200 # N、及び M 台の撮像装置 400 # 1 ~ # M を配置した場合には、特定物体として図 19 に示す 3次元物体を使う。

[0223] 図 19 に示す特定物体は、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔、垂直方向に h の間隔で配置される物体である。また、当該特定物体は、正面と背面は同じ形状であるように構成され、手前の表面は黒色、奥の表面は白色である。

[0224] 以上説明したように、本実施形態に係る計測校正装置によれば、複数の位

置姿勢毎に、撮像装置により得られた特定物体を表す撮像画像を取得し、複数の位置姿勢毎の撮像画像の各々について、当該撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナ一点を検出し、撮像画像間に対応する第2コーナ一点である第2対応点を検出し、基準となる位置姿勢での撮像画像における第2対応点と、第2対応点に相当する特定物体の点の基準座標とに基づいて、世界座標系の各点の2次元座標と基準となる位置姿勢での撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列を算出し、第2平面射影変換行列に基づいて、世界座標系に対する撮像装置の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出することを、複数のレーザ計測装置の各々及び複数の撮像装置の各々について行うことにより、複数のレーザ計測装置の各々により得られる3次元座標データを世界座標系において容易に合成すると共に、複数の撮像装置の各々により得られる撮像画像を容易に合成することができる。

[0225] また、特定物体を取り囲むように複数のレーザ計測装置及び複数の撮像装置を配置することにより、特定物体の全周囲形状の3次元座標データを容易に得ることができると共に、特定物体の全周囲形状の撮像画像を容易に得ることができる。

[0226] なお、本発明は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内で様々な変形や応用が可能である。

[0227] 上述の実施形態において、当該特定物体は、手前側に、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔、垂直方向に h の間隔で配置されるものとして記載したが、当該直方体は、立方体であってもよい。

[0228] 上述の実施形態では、各処理部が接続されるものとして説明したが、これに限定されるものではない。各処理部間のデータの受け渡しは、ハードディスク、RAID装置、CD-ROMなどの記録媒体を利用する、又は、ネットワークを介してリモートなデータ資源を利用する形態としてもよい。

[0229] また、本願明細書中において、プログラムが予めインストールされている実施形態として説明したが、当該プログラムを、コンピュータ読み取り可能

な記録媒体に格納して提供することも可能である。

符号の説明

- [0230] 1 0 計測システム
- 2 0 計測システム
- 3 0 計測システム
- 4 0 計測システム
- 1 0 0 計測校正装置
- 1 1 0 取得部
- 1 2 0 距離画像生成部
- 1 3 0 対応点検出部
- 1 4 0 姿勢・位置算出部
- 1 5 0 次元座標変換部
- 1 6 0 出力部
- 2 0 0 レーザ計測装置
- 3 0 0 計測DB
- 3 1 0 計測DB
- 3 2 0 計測DB
- 3 3 0 計測DB
- 4 0 0 撮像装置
- 5 0 0 計測校正装置
- 5 1 0 撮像画像取得部
- 5 3 0 対応点検出部
- 5 4 0 姿勢・位置算出部
- 5 6 0 出力部

請求の範囲

[請求項1] 物体上の複数の点の各々についての前記点の3次元座標を含む3次元座標データを計測するレーザ計測装置によって得られた、特定物体の前記3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の前記特定物体の前記3次元座標データに基づいて、前記複数の位置姿勢毎に、前記特定物体までの距離を表す距離画像を生成する距離画像生成部と、

前記距離画像生成部により生成された前記複数の位置姿勢毎の前記距離画像の各々について、前記距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、前記距離画像間に対応するコーナ一点である対応点を検出する対応点検出部と、

前記検出された前記対応点と、前記複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での前記3次元座標データから求められる、世界座標系における前記特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、前記対応点に相当する前記特定物体上の点の前記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、前記平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出する姿勢・位置算出部と、

を含む計測校正装置。

[請求項2] 前記姿勢・位置算出部により算出された前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置のローカル座標系の位置及び姿勢に基づいて、前記レーザ計測装置が計測した3次元座標データを、前記世界座標系に変換する3次元変換部

を更に含む請求項1記載の計測校正装置。

[請求項3] 前記複数の位置姿勢毎に、撮像装置により得られた前記特定物体を表す撮像画像を取得する撮像画像取得部を更に含み、

前記対応点検出部は、更に、前記複数の位置姿勢毎の前記撮像画像

の各々について、前記撮像画像の画素値が変化する点である第2コーナ一点を検出し、前記撮像画像間で対応する前記第2コーナ一点である第2対応点を検出し、

前記姿勢・位置算出部は、更に、前記検出された前記第2対応点と、前記第2対応点に相当する前記特定物体上の点の前記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記撮像画像上の2次元座標との間での平面射影変換するための第2平面射影変換行列を算出し、前記第2平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記撮像装置の固有の座標系である第2ローカル座標系の位置及び姿勢を算出する

請求項1又は2記載の計測校正装置。

[請求項4]

前記特定物体は、手前側に、幅 w 、高さ h 、奥行き d の直方体が水平方向に w の間隔で配置され、かつ、垂直方向に h の間隔で配置され、正面からみたときに手前側の表面形状が、市松模様状となる請求項1乃至3の何れか1項記載の計測校正装置。

[請求項5]

距離画像生成部が、物体上の複数の点の各々についての前記点の3次元座標を含む3次元座標データを計測するレーザ計測装置によって得られた、特定物体の前記3次元座標データであって、複数の位置姿勢毎の前記特定物体の前記3次元座標データに基づいて、前記複数の位置姿勢毎に、前記特定物体までの距離を表す距離画像を生成し、

対応点検出部が、前記距離画像生成部により生成された前記複数の位置姿勢毎の前記距離画像の各々について、前記距離画像の濃淡が変化する点であるコーナ一点を検出し、前記距離画像間で対応するコーナ一点である対応点を検出し、

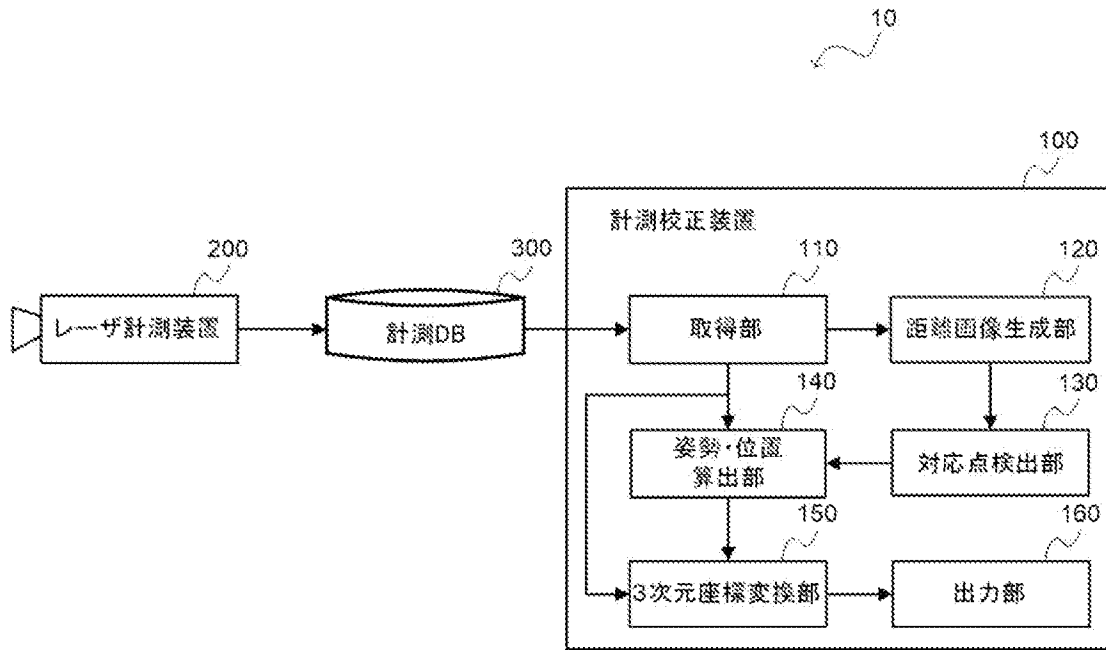
姿勢・位置算出部が、前記検出された前記対応点と、前記複数の位置姿勢のうちの基準となる位置姿勢での前記3次元座標データから求められる、世界座標系における前記特定物体上の各点の3次元座標である基準座標のうち、前記対応点に相当する前記特定物体上の点の前

記基準座標とに基づいて、前記世界座標系の各点の2次元座標と前記距離画像上の2次元座標との間で平面射影変換するための平面射影変換行列を算出し、前記平面射影変換行列に基づいて、前記世界座標系に対する前記レーザ計測装置の固有の座標系であるローカル座標系の位置及び姿勢を算出する

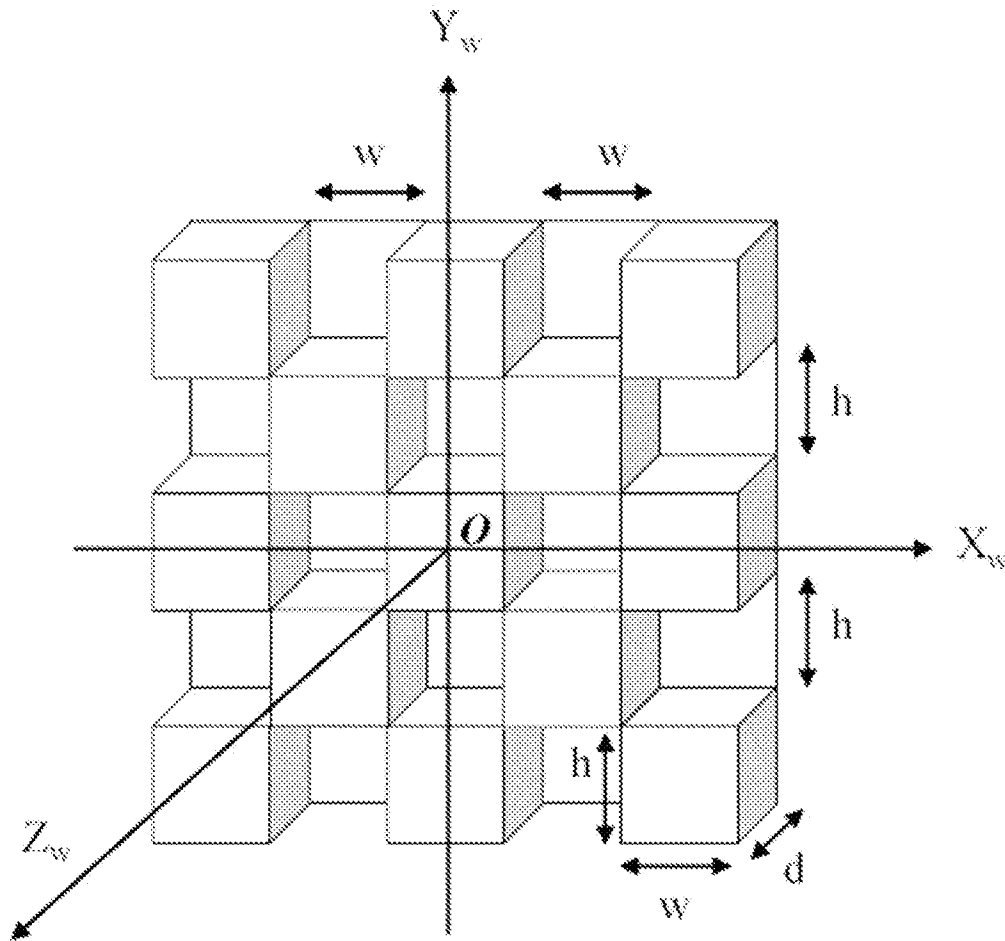
計測校正方法。

[請求項6] コンピュータを、請求項1乃至4の何れか1項記載の計測校正装置の各部として機能させるためのプログラム。

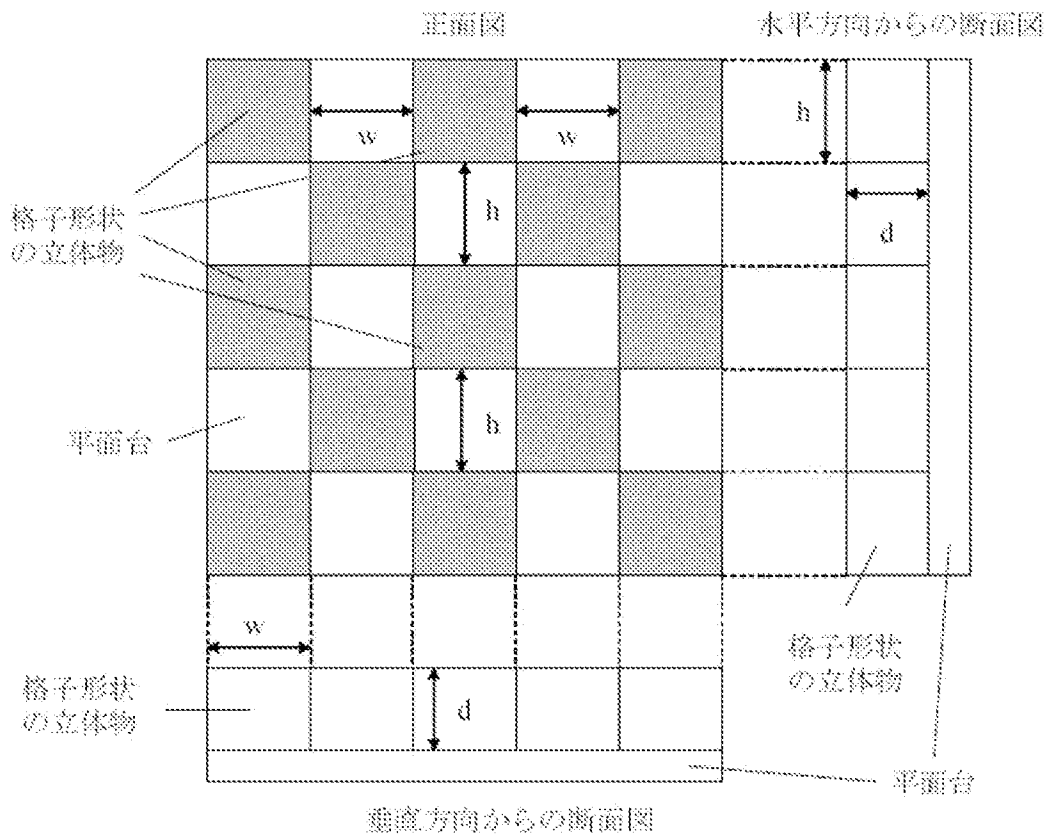
[図1]



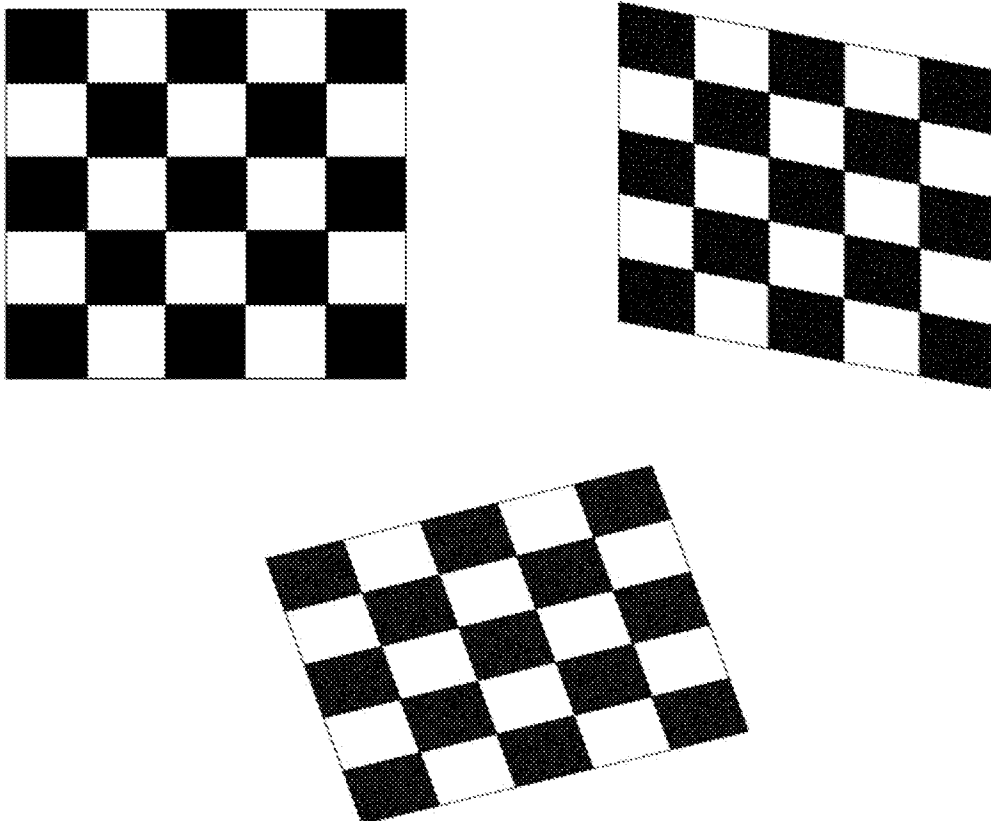
[図2]



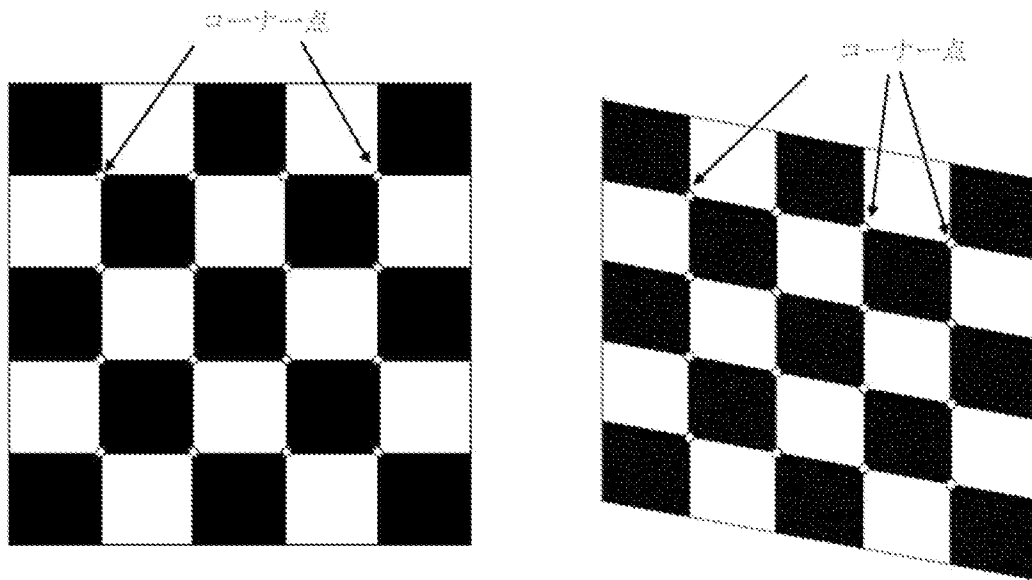
[図3]



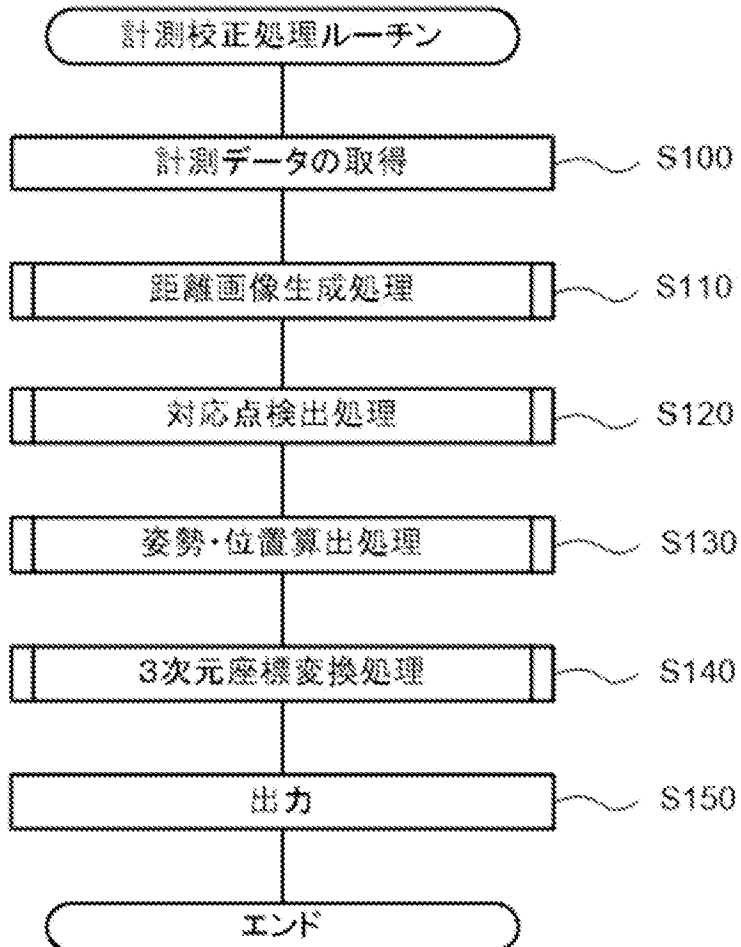
[図4]



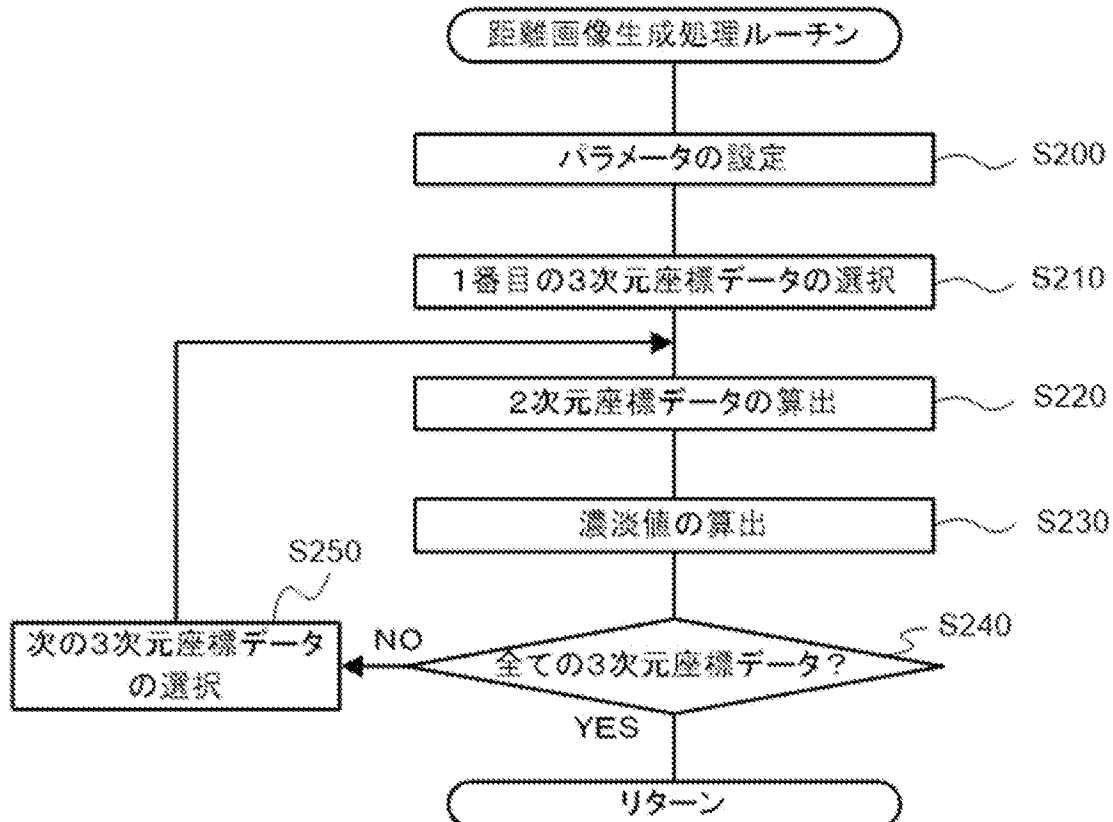
[図5]



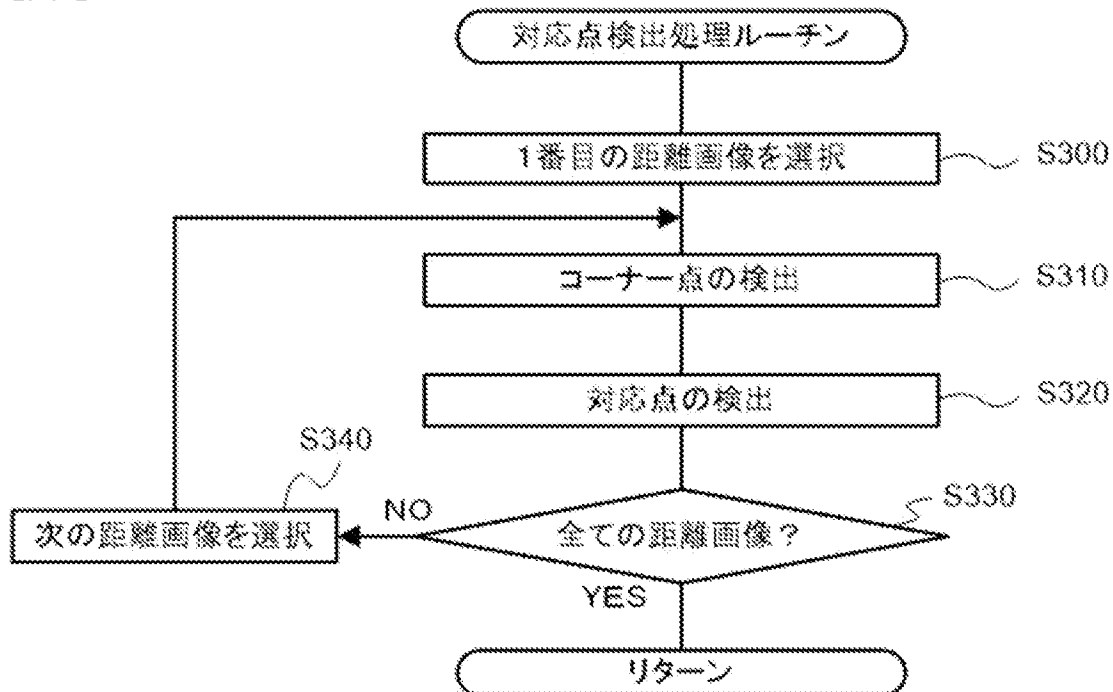
[図6]



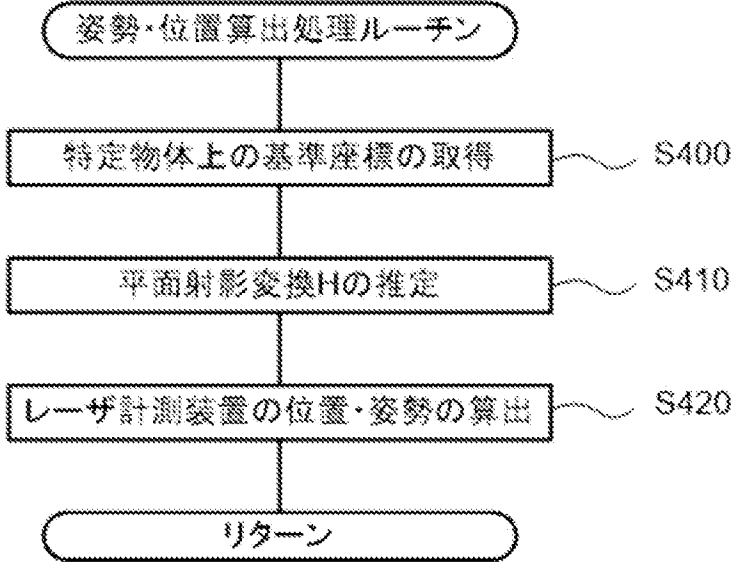
[図7]



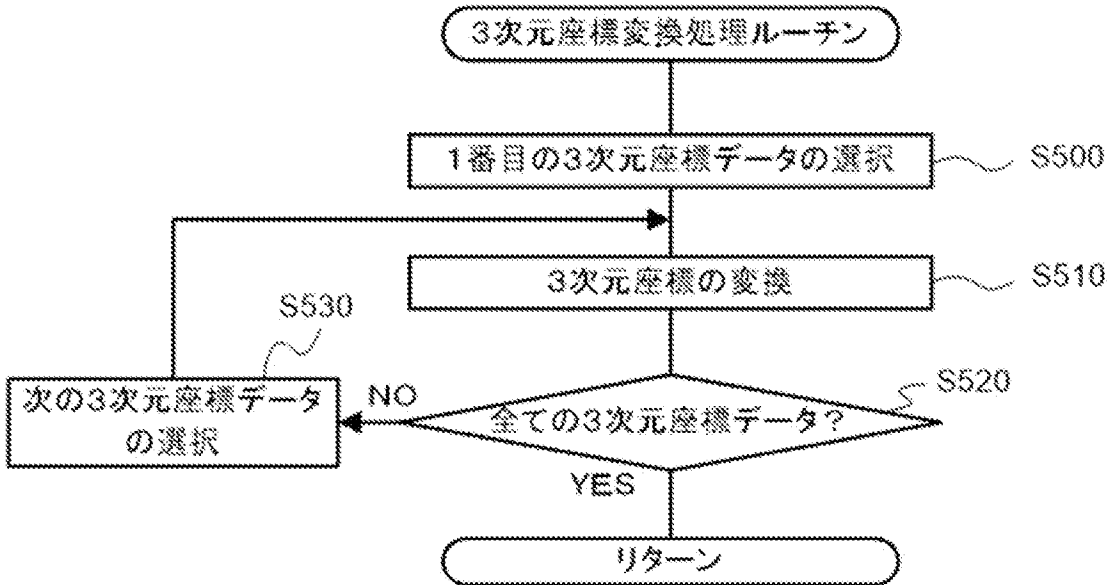
[図8]



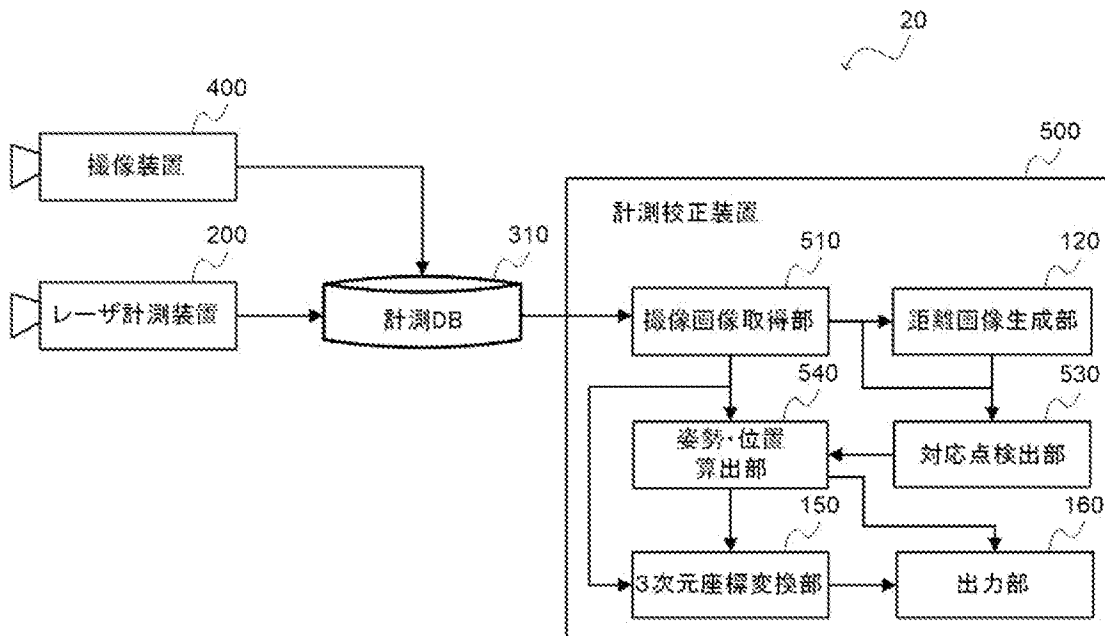
[図9]



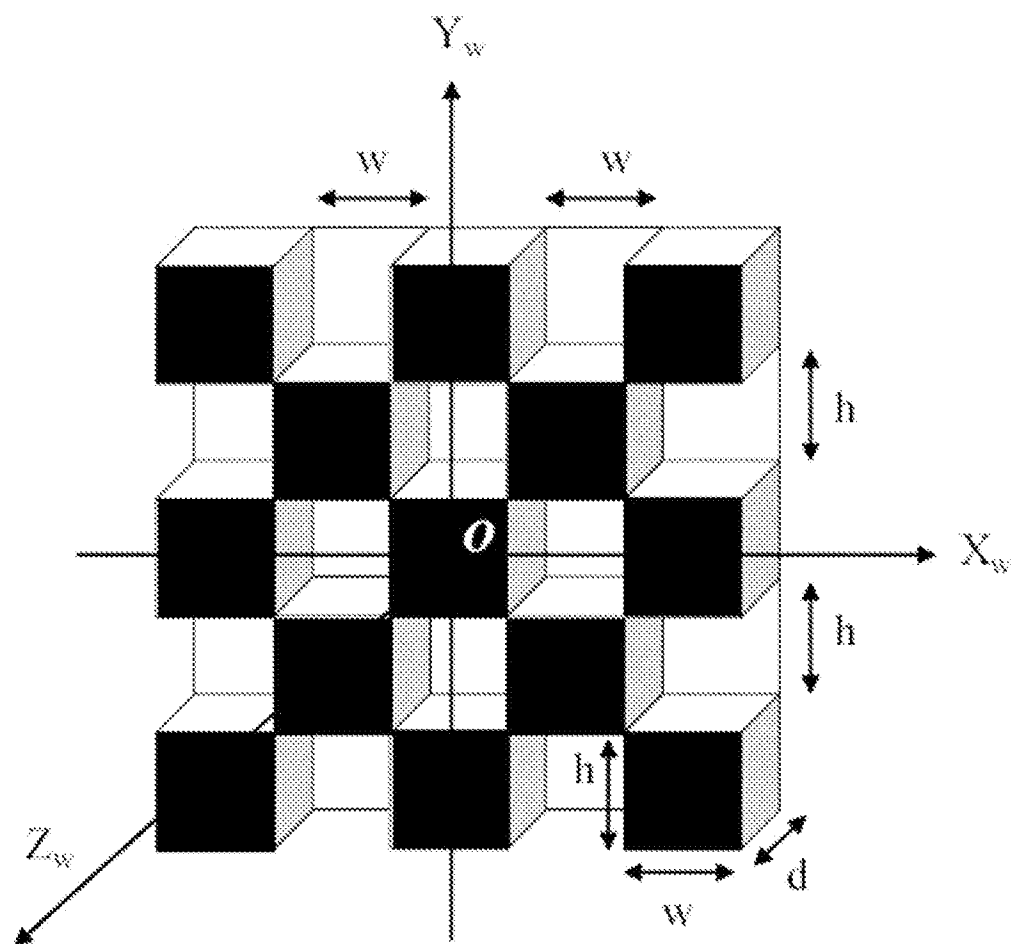
[図10]



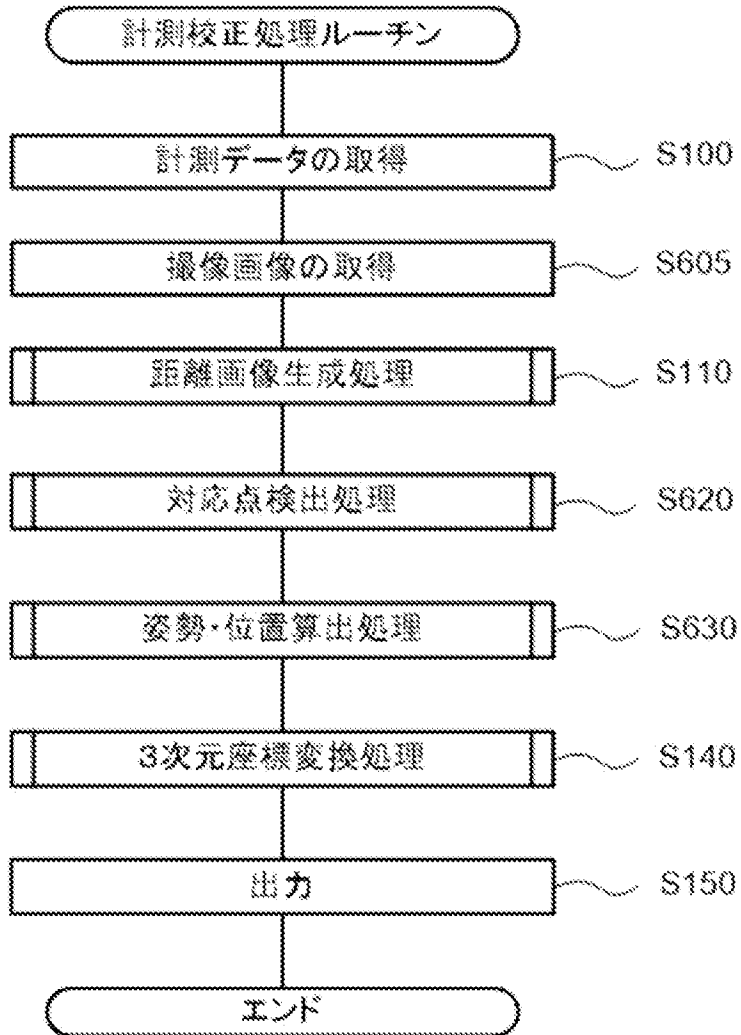
[図11]



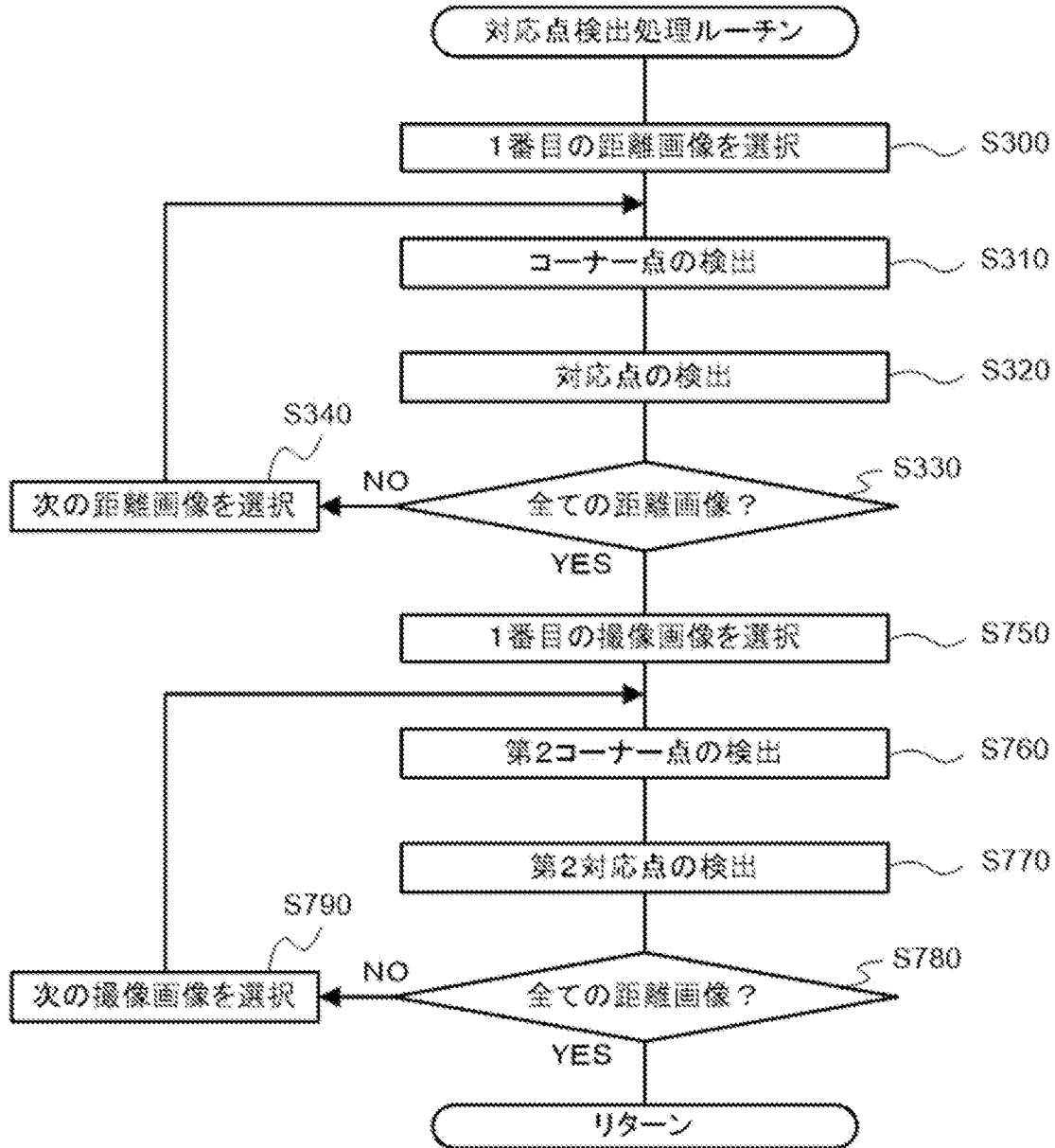
[図12]



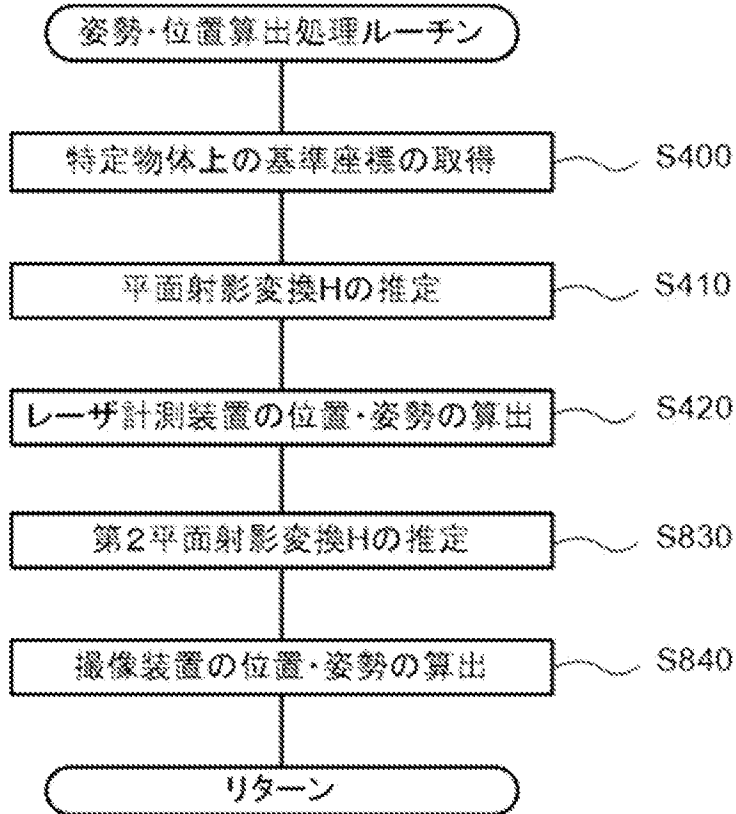
[図13]



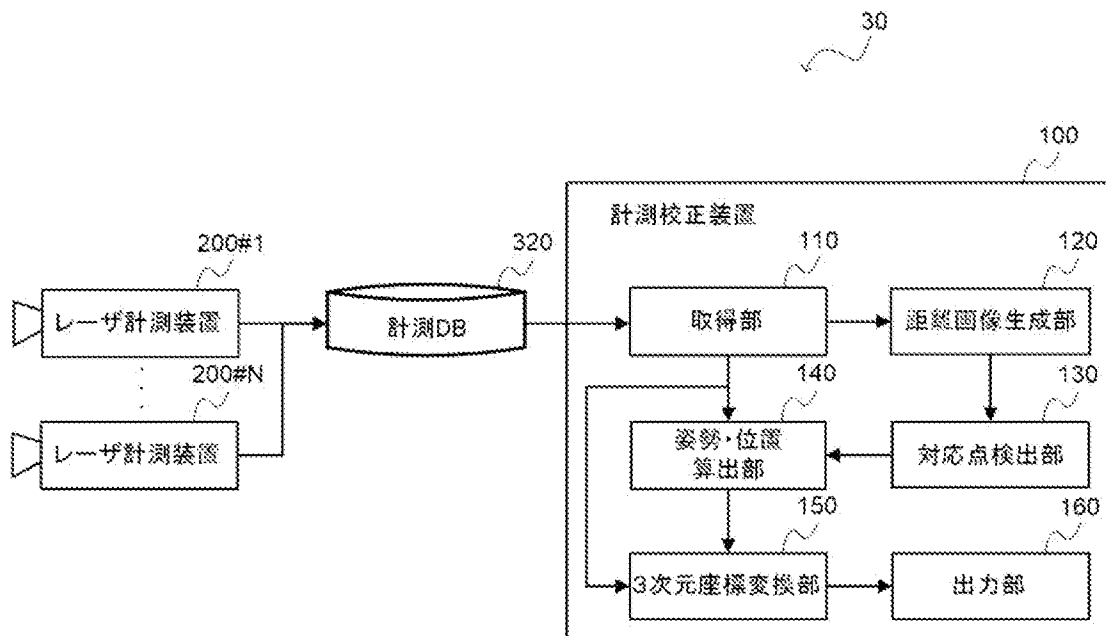
[図14]



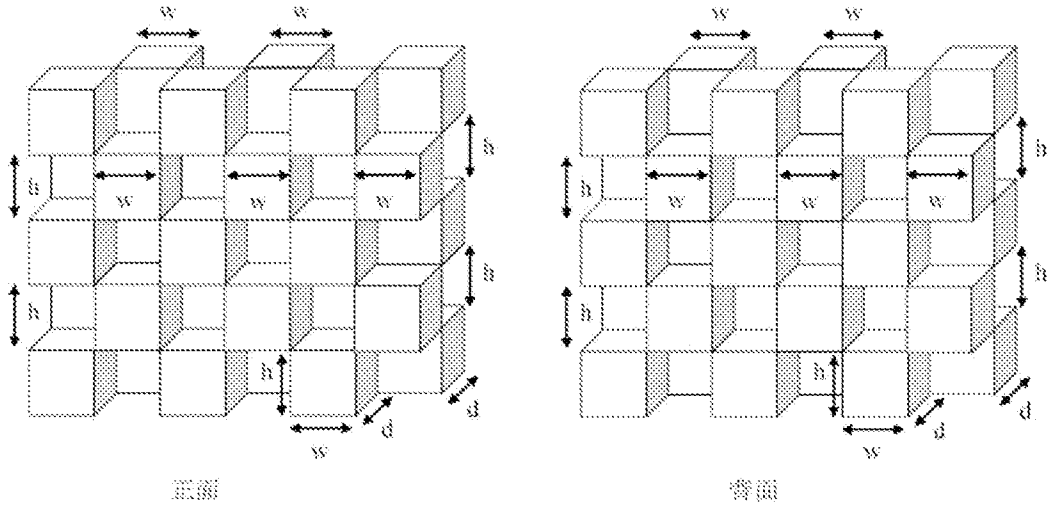
[図15]



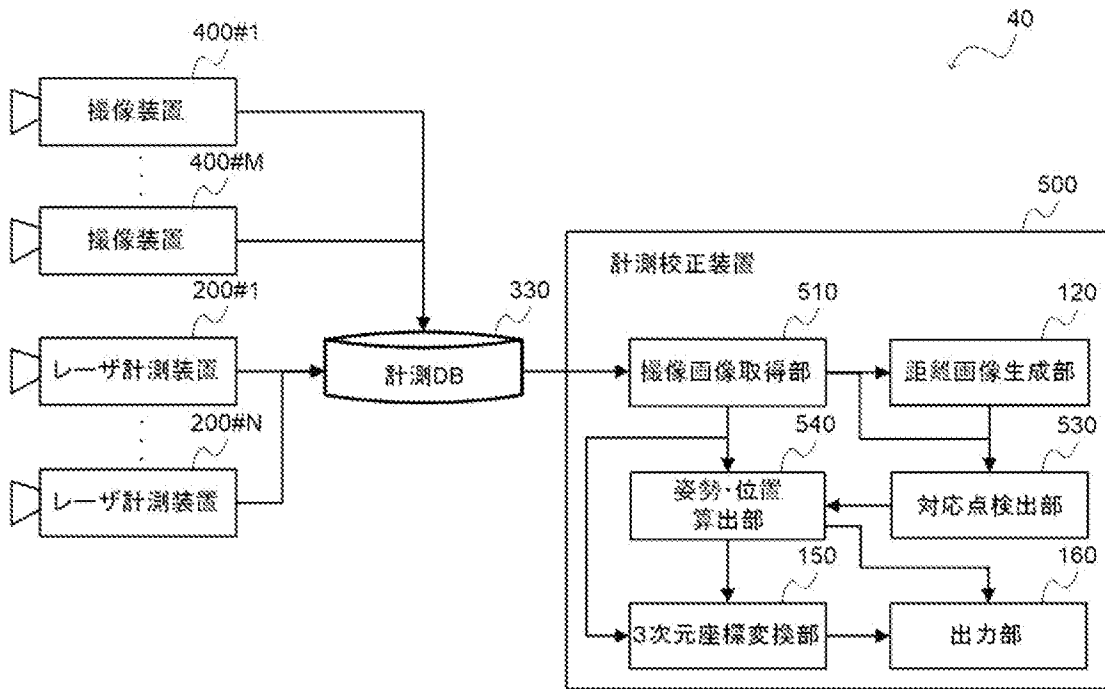
[図16]



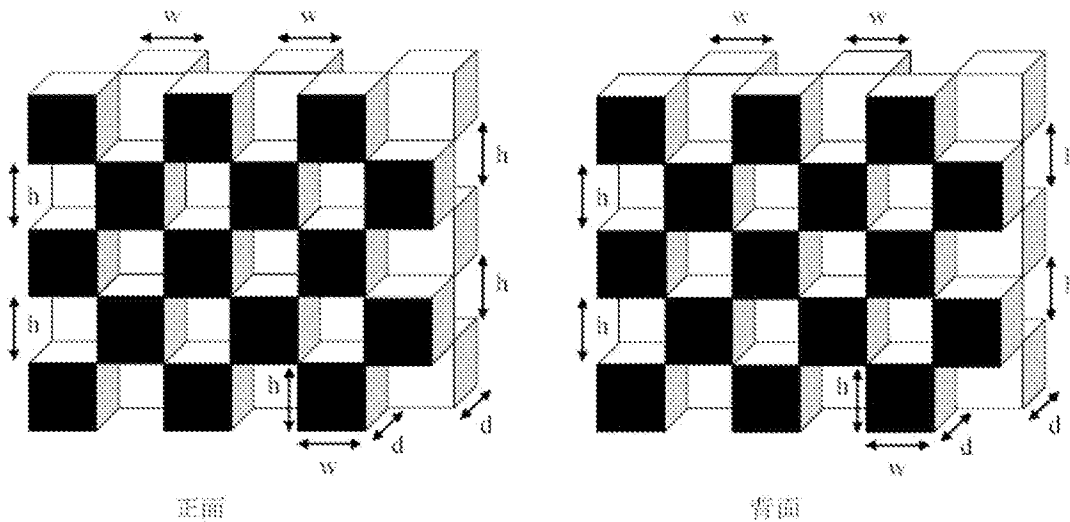
[図17]



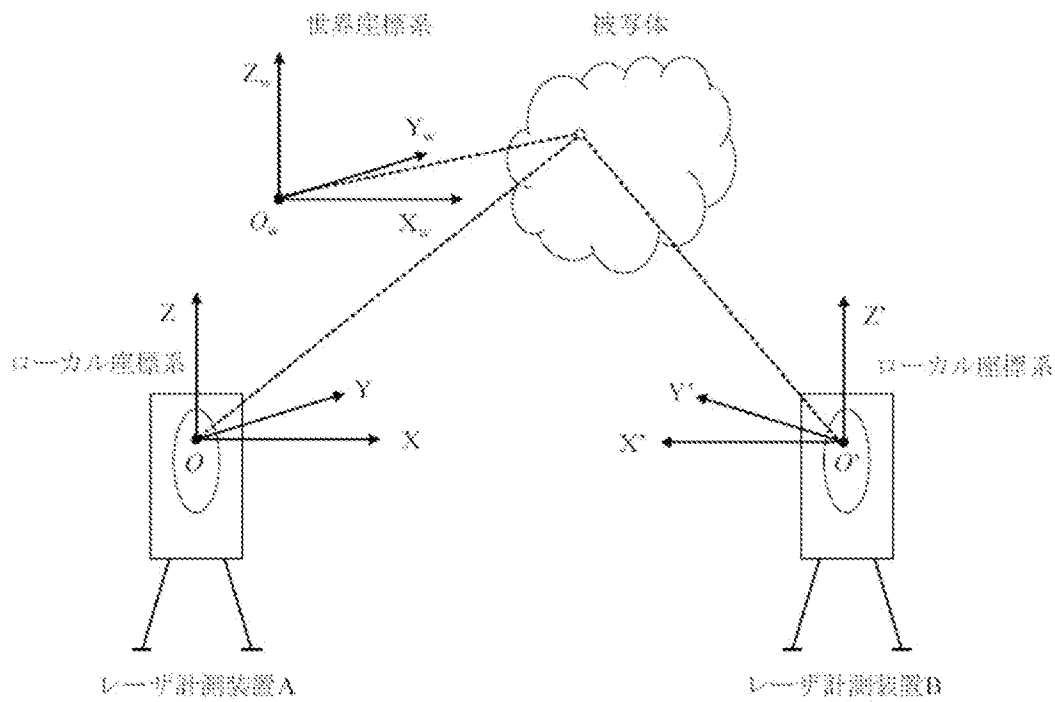
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030705

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G01B11/00 (2006.01) i, G01B11/26 (2006.01) i, G01C15/00 (2006.01) i

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)

Int.Cl. G01B11/00-11/30, G01C15/00-15/06

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2017-122712 A (SICK AG) 13 July 2017, entire text, all drawings & EP 3176606 A2 & DE 102015119707 B	1-6
A	JP 2007-192585 A (DEVELO KK) 02 August 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2007-17318 A (TAISEI CORPORATION) 25 January 2007, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 12 September 2019 (12.09.2019)	Date of mailing of the international search report 24 September 2019 (24.09.2019)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030705

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-168472 A (ZENRIN CO., LTD.) 30 July 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01B11/00(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i

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））
 Int.Cl. G01B11/00-11/30, G01C15/00-15/06

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2017-122712 A（ジック アーゲー） 2017.07.13, 全文, 全図 & EP 3176606 A2 & DE 102015119707 B	1-6
A	JP 2007-192585 A（株式会社デベロ） 2007.08.02, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2007-17318 A（大成建設株式会社） 2007.01.25, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-6

☑ 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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 12.09.2019	国際調査報告の発送日 24.09.2019
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 丑田 真悟 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 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 2009-168472 A (全文, 全図) 2009.07.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6