(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
2025年1月2日(02.01.2025)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2025/004716 A1

(51) 国際特許分類:
G06T 7/70 (2017.01) *H01L 21/683* (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2024/020453

(22) 国際出願日： 2024年6月5日(05.06.2024)

(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 2023-105016 2023年6月27日(27.06.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス (**SCREEN HOLDINGS CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ Kyoto (JP).

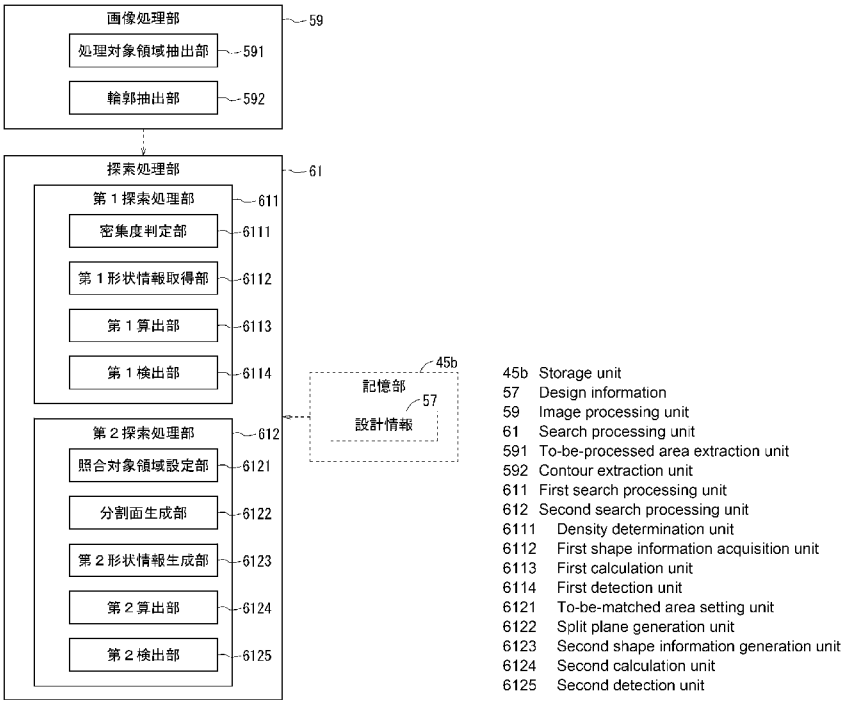
(72) 発明者: 清水 進二 (**SHIMIZU Shinji**); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮセミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外 (**YOSHITAKE Hidetoshi** et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見１丁目４番７０号住友生命ＯＢＰプラザビル１０階 Osaka (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,

(54) **Title:** SUBSTRATE PROCESSING DEVICE AND INFORMATION PROCESSING METHOD FOR SUBSTRATE PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称： 基板処理装置、および基板処理装置における情報処理方法



(57) **Abstract:** In order to efficiently recognize a component posture in this substrate processing device, reference shape information relating to a two-dimensional shape of a 3D model of a target component is obtained for each of a plurality of first virtual camera positions on a plurality of virtual planes along a virtual sphere surrounding the 3D model, on the basis of design information of the target component. For each first virtual camera position, the degree of matching between actual shape information relating to the two-dimensional shape of an object in an actual image and the reference shape

WO 2025/004716 A1

［続葉有］

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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))

information is calculated. A high-matching-degree virtual camera position among the plurality of first virtual camera positions for which the degree of matching is the highest is detected. The virtual plane on which the high-matching-degree virtual camera position is set is divided to generate a plurality of virtual split planes. Reference shape information relating to a two-dimensional shape of the 3D model is generated for each of a plurality of second virtual camera positions on the plurality of virtual split planes on the basis of the design information of the target component. A numerical value indicating the degree of matching between the actual shape information and the reference shape information for each second virtual camera position is calculated.

(57) 要約:基板処理装置について部品の姿勢の認識を効率良く行うために、対象部品の設計情報に基づき、対象部品の３Ｄモデルを囲む仮想的な球面に沿った複数の仮想面における複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて３Ｄモデルの二次元形状に係る参照形状情報が取得される。各第１仮想カメラ位置について実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報と参照形状情報との間における一致度が算出される。複数の第１仮想カメラ位置のうち、一致度が最も大きな高一致度仮想カメラ位置が検出される。高一致度仮想カメラ位置が設定された仮想面が分割されて複数の仮想分割面が生成される。対象部品の設計情報に基づき、複数の仮想分割面における複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、３Ｄモデルの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。各第２仮想カメラ位置について、実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。

明　細　書

発明の名称 ：

基板処理装置、および基板処理装置における情報処理方法

技術分野

[0001]　本発明は、基板の処理を行う基板処理装置において、部品の姿勢を認識する技術に関する。基板処理装置において処理の対象となる基板には、例えば、半導体基板、液晶表示装置もしくは有機ＥＬ（Electroluminescence）表示装置などのフラットパネルディスプレイ（Flat Panel Display：ＦＰＤ）用基板、フォトマスク用ガラス基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、または太陽電池用基板などが含まれる。

背景技術

[0002]　基板処理装置には、処理室と、基板保持部と、ノズルと、カメラと、画像処理部と、監視部とを備えたものがある（例えば、特許文献１参照）。

[0003]　この基板処理装置では、基板保持部と、ノズルと、カメラと、が処理室内に配置されている。基板保持部は、基板を水平姿勢で保持する。基板保持部は、基板を水平面内で回転させる。ノズルは、該ノズルが固定された駆動アームの旋回によって、基板の側方に外れた待機位置と、基板の上方における吐出位置との間で移動する。ノズルは、基板が基板保持部に対して着脱される際に待機位置に配置され、ノズルから基板に向けて処理液が吐出される際に吐出位置に配置される。カメラは、処理室内の所定位置に取り付けられており、吐出位置に移動したノズルを含む所定領域を撮影する。画像処理部は、カメラからの画像に基づいて、ノズルの位置を示す第２ノズル位置情報を取得し、第２ノズル位置情報を監視部に出力する。監視部は、制御部からのノズルの配置位置を直接的または間接的に示す情報としての第１ノズル位置情報と、画像処理部からの第２ノズル位置情報と、の対応性に基づいて、ノズルの位置に異常があるか否かを判断する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第２０１９／１４６４５６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、基板処理装置については、部品の姿勢の認識を効率良く行う点で改善の余地がある。

課題を解決するための手段

[0006] 第１の態様に係る基板処理装置は、基板の処理を行う基板処理装置であって、対象部品に関する三次元の設計情報を記憶した記憶部と、前記対象部品を捉えた実画像を撮影によって得る撮影部と、前記三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される、複数の仮想カメラ位置からの前記対象部品の三次元モデルの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける前記三次元モデルの二次元形状に係る参照形状情報と、前記実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報とに基づいて、前記複数の仮想カメラ位置のうち、前記参照形状情報と前記実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する探索処理部と、を備え、前記探索処理部は、前記三次元の設計情報に基づいて、前記三次元モデルの基準点を中心として該三次元モデルを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面を含む面集合体を仮想的に設定し、且つ前記複数の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得する第１形状情報取得部と、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第１算出部と、前記第１算出部による算出結果に基づいて、前記複数の第１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメ

ラ位置である高一致度仮想カメラ位置を検出する第１検出部と、前記複数の仮想面のうちの前記高一致度仮想カメラ位置が仮想的に設定された仮想面である高一致度仮想面を分割することで複数の仮想分割面を生成する分割面生成部と、前記三次元の設計情報に基づいて、前記複数の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する第２形状情報生成部と、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第２算出部と、を含む。

[0007] 第２の態様に係る基板処理装置は、第１の態様に係る基板処理装置であって、前記第１形状情報取得部は、前記三次元の設計情報に基づいて、前記基準点からの距離が相互に異なるＴ１個（Ｔ１は２以上の自然数）の前記面集合体を仮想的に設定し、且つ前記Ｔ１個の面集合体のそれぞれにおけるＭ１個（Ｍ１は２以上の自然数）の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ１×Ｔ１個の仮想カメラ位置であるＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得し、前記第１算出部は、前記Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出し、前記第１検出部は、前記第１算出部による算出結果に基づいて、前記Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である前記高一致度仮想カメラ位置を検出し、前記分割面生成部は、前記Ｔ１個の面集合体のそれぞれにおける前記Ｍ１個の仮想面のうち、前記高一致度仮想面を含み且つ前記基準点よりも前記高一致度仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記高一致度仮

想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ２個（Ｔ２は２以上の自然数）の仮想面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該Ｔ２個の仮想面のそれぞれについてＭ２個（Ｍ２は２以上の自然数）の仮想分割面を生成することで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面を生成し、前記第２形状情報生成部は、前記三次元の設計情報に基づいて、前記Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ２×Ｔ２個の仮想カメラ位置であるＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成し、前記第２算出部は、前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する。

[0008] 第３の態様に係る基板処理装置は、第２の態様に係る基板処理装置であって、前記探索処理部は、前記高一致度仮想カメラ位置ならびに前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する第２検出部、を含む。

[0009] 第４の態様に係る基板処理装置は、第３の態様に係る基板処理装置であって、前記探索処理部は、前記対象部品について、第１の単位処理を実行した後に、１回以上の第ｎの単位処理（ｎは２以上の自然数）を実行し、前記探索処理部は、前記第１の単位処理において、第１Ａ処理と、第１Ｂ処理と、第１Ｃ処理と、第１Ｄ処理と、を順に行い、前記第１Ａ処理は、前記分割面生成部が、前記Ｔ２個の仮想面がそれぞれ分割されることで生成された複数の仮想分割面であって、前記第２検出部で１番目に検出された仮想カメラ位置である１番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ前記基準点よりも前記１番目の基準仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記１番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ３個（Ｔ３は２以上の自然数）の仮想分割

面である１番目のＴ３個の仮想分割面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個（Ｍ３は２以上の自然数）の仮想分割面である１番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面である１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する処理であり、前記第１Ｂ処理は、前記第２形状情報生成部が、前記三次元の設計情報に基づいて、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置である１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する処理であり、前記第１Ｃ処理は、前記第２算出部が、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理であり、前記第１Ｄ処理は、前記第２検出部が、前記１番目の基準仮想カメラ位置ならびに前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である２番目の基準仮想カメラ位置を検出する処理であり、前記探索処理部は、前記１回以上の第ｎの単位処理のそれぞれにおいて、第ｎＡ処理と、第ｎＢ処理と、第ｎＣ処理と、第ｎＤ処理と、を順に行い、前記第ｎＡ処理は、前記分割面生成部が、ｎ－１番目の前記Ｔ３個の仮想分割面がそれぞれ分割されることで生成された複数の仮想分割面であって、前記第２検出部でｎ番目に検出された仮想カメラ位置であるｎ番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ前記基準点よりも前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ３個の仮想分割面であるｎ番目のＴ３個の仮想分割面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、

Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する処理であり、前記第ｎＢ処理は、前記第２形状情報生成部が、前記三次元の設計情報に基づいて、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置であるｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する処理であり、前記第ｎＣ処理は、前記第２算出部が、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理であり、前記第ｎＤ処理は、前記第２検出部が、前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置ならびに前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する処理である。

[0010] 第５の態様に係る基板処理装置は、第４の態様に係る基板処理装置であって、前記探索処理部は、前記第２検出部によって、前記１番目の基準仮想カメラ位置から前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置のうちの１つの基準仮想カメラ位置が、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置として、予め設定された第１所定回数連続して検出されたことに応答して、前記１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了する。

[0011] 第６の態様に係る基板処理装置は、第４の態様に係る基板処理装置であって、前記探索処理部は、前記１回以上の第ｎの単位処理における該第ｎの単位処理を、予め設定された第２所定回数実行したことに応答して、前記１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了する。

[0012] 第７の態様に係る基板処理装置は、第４から第６の何れか１つの態様に係る基板処理装置であって、前記１回以上の第ｎの単位処理における最後の前記第ｎＤ処理において前記第２検出部によってｎ＋１番目に検出された前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメ

ラ位置に基づいて認識される前記対象部品の姿勢に係る現実情報と、前記対象部品の状態が正常である場合の前記三次元の設計情報に基づく前記対象部品の姿勢に係る正常情報と、を比較することで、前記対象部品の異常を検出する異常検出部、をさらに備えている。

[0013] 第８の態様に係る基板処理装置は、第２から第７の何れか１つの態様に係る基板処理装置であって、前記同一のルールは、分割される対象である分割対象面の中心点と該分割対象面の全ての頂点とをそれぞれ結ぶ複数の線分によって、前記分割対象面を複数の面に分割するルールを含む。

[0014] 第９の態様に係る基板処理装置は、第１から第８の何れか１つの態様に係る基板処理装置であって、前記複数の仮想面のそれぞれは、三角形の面であり、前記面集合体は、多数の三角形の面で構成された多面体である。

[0015] 第１０の態様に係る基板処理装置は、第９の態様に係る基板処理装置であって、前記分割面生成部は、前記高一致度仮想面における３つの頂点と前記高一致度仮想カメラ位置とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、前記高一致度仮想面を、前記複数の仮想分割面としての３つの仮想分割面に分割する。

[0016] 第１１の態様に係る基板処理装置における情報処理方法は、基板の処理を行う基板処理装置における情報処理方法であって、演算部によって、撮影部による撮影によって得られた対象部品を捉えた実画像を取得する実画像取得ステップと、演算部によって、記憶部に記憶された前記対象部品に関する三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される、複数の仮想カメラ位置からの前記対象部品の三次元モデルの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける前記三次元モデルの二次元形状に係る参照形状情報と、前記実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報と、に基づいて、前記複数の仮想カメラ位置のうち、前記参照形状情報と前記実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する探索ステップと、を有し、前記探索ステップは、前記三次元の設計情報に基づいて、前記三次元モデルの基準点を中心として該三次元モデルを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面を含む面集合体を仮想的に設定し、且つ前記複数の仮想面のそ

れぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得する第１形状情報取得ステップと、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第１算出ステップと、前記第１算出ステップにおける算出結果に基づいて、前記複数の第１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置である高一致度仮想カメラ位置を検出する第１検出ステップと、前記複数の仮想面のうちの前記高一致度仮想カメラ位置が仮想的に設定された仮想面である高一致度仮想面を分割することで複数の仮想分割面を生成する分割面生成ステップと、前記三次元の設計情報に基づいて、前記複数の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する第２形状情報生成ステップと、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第２算出ステップと、を含む。

発明の効果

[0017] 第１の態様に係る基板処理装置によれば、複数の仮想面のうちの第１検出部によって検出された高一致度仮想カメラ位置が設定された仮想面である高一致度仮想面が分割されることで生成された複数の仮想分割面のそれぞれに第２仮想カメラ位置が設定され、各第２仮想カメラ位置について、実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。このため、高一致度仮想面と複数の仮想分割面とは無関係な面ではなく、複数の仮想分割面については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得

る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置において、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0018] 第２の態様に係る基板処理装置によれば、撮影部と対象部品との距離が変化する場合に、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0019] 第３の態様に係る基板処理装置によれば、実形状情報と参照形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置が効率良く検出され得る。

[0020] 第４の態様に係る基板処理装置によれば、単位処理が繰り返して実行される際に、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ対象部品からの距離が相互に異なる複数の仮想分割面がそれぞれ分割されて、次回の仮想カメラ位置が設定される複数の仮想分割面が生成される。これにより、分割前の仮想分割面と、分割後の仮想分割面とは無関係な面ではなく、分割後の仮想分割面については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置において、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0021] 第５の態様に係る基板処理装置によれば、計算量の低減により、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0022] 第６の態様に係る基板処理装置によれば、計算量の低減により、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0023] 第７の態様に係る基板処理装置によれば、基板処理装置における部品の姿勢に係る現実情報の認識が効率良く行われ得るため、部品の異常の検出が効率良く行われ得る。

[0024] 第８の態様に係る基板処理装置によれば、面の分割が容易に行われ得る。

[0025] 第９の態様に係る基板処理装置によれば、複数の仮想面を含む面集合体の設定が容易に行われ得る。

[0026] 第１０の態様に係る基板処理装置によれば、仮想面の分割が容易に行われ得る。

[0027] 第１１の態様に係る基板処理装置における情報処理方法によれば、複数の仮想面のうちの第１検出ステップにおいて検出された高一致度仮想カメラ位置が設定された仮想面である高一致度仮想面が分割されることで生成された複数の仮想分割面のそれぞれに第２仮想カメラ位置が設定され、各第２仮想カメラ位置について、実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。このため、高一致度仮想面と複数の仮想分割面とは無関係な面ではなく、複数の仮想分割面については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置において、部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図１は、第１実施形態に係る基板処理装置の概略的な構成の一例を模式的に示す側面図である。

[図2]図２は、第１実施形態に係る基板処理装置の概略的な構成の一例を模式的に示す平面図である。

[図3]図３は、第１実施形態に係る基板処理装置の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

[図4]図４は、制御部における探索処理に関する機能的な構成の具体的な一例を示すブロック図である。

[図5]図５は、カメラによる撮影で得られた実画像の具体的な一例を示す図である。

[図6]図６は、実画像における処理対象領域の具体的な一例を示す図である。

[図7]図７は、処理対象実画像の具体的な一例を示す図である。

[図8]図８は、エッジ画像の具体的な一例を示す図である。

[図9]図９は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図10]図１０は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図11]図１１は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図12]図１２は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図13]図１３は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図14]図１４は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図15]図１５は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図16]図１６は、探索処理の基本的な考え方を説明するための図である。

[図17]図１７は、複数の第１仮想カメラ位置の設定態様の一例を示す図である。

[図18]図１８は、仮想面における第１仮想カメラ位置の設定態様の一例を示す図である。

[図19]図１９は、対象部品の３Ｄモデルの基準点からの距離が相互に異なるＴ１個の面集合体が仮想的に設定される態様の一例を説明するための図である。

[図20]図２０は、１つの第１仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[図21]図２１は、１つの第１仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[図22]図２２は、１つの第１仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[図23]図２３は、１つの第１仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[図24]図２４は、１つの第１仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[図25]図２５は、実形状情報としてのエッジ画像に照合対象領域が設定される一具体例を示す図である。

[図26]図２６は、高一致度仮想面が複数の仮想分割面に分割される一具体例を模式的に示す図である。

[図27]図２７は、Ｔ２個の仮想面の一例を模式的に示すイメージ図である。

[図28]図２８は、１番目のＴ３個の仮想分割面の一例を模式的に示すイメージ図である。

[図29]図２９は、分割面生成部によって１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第１の具体例を説明するための図である。

[図30]図３０は、分割面生成部によって１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第２の具体例を説明するための図である。

[図31]図３１は、分割面生成部によって１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第２の具体例を説明するための図である。

[図32]図３２は、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の一具体例である２番目のＴ３個の仮想分割面の一例を模式的に示すイメージ図である。

[図33]図３３は、分割面生成部によって２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第１の具体例を説明するための図である。

[図34]図３４は、分割面生成部によって２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第２の具体例を説明するための図である。

[図35]図３５は、分割面生成部によって２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される第２の具体例を説明するための図である。

[図36]図３６は、基板処理装置における処理の概略的な流れの具体例を示す流れ図である。

[図37]図３７は、図３６のステップＳ３およびステップＳ１０における画像処理の流れの具体例を示す流れ図である。

[図38]図３８は、図３６のステップＳ４およびステップＳ１１の探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。

[図39]図３９は、図３８のステップＳｂ１の１次探索処理における処理の流

れの具体例を示す流れ図である。

[図40]図４０は、図３８のステップＳｂ２の２次探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。

[図41]図４１は、図３８のステップＳｂ２の２次探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。

[図42]図４２は、図３８のステップＳｂ２の２次探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。

[図43]図４３は、対象部品が原点位置に移動した状態の一例を模式的に示す図である。

[図44]図４４は、チャックの異常の検出を説明するための図である。

[図45]図４５は、チャックの異常の検出を説明するための図である。

[図46]図４６は、ノズルおよびガードの異常の検出を説明するための図である。

[図47]図４７は、基板処理システムの概略的な構成の一例を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0029] 処理室と、基板保持部と、ノズルと、カメラと、画像処理部と、監視部とを備えた基板処理装置がある。

[0030] この基板処理装置では、基板保持部、ノズル、およびカメラが処理室内に配置されている。基板保持部は、基板を水平姿勢で保持した状態でこの基板を水平面内において回転させる。ノズルは、このノズルが固定された駆動アームの旋回により、基板の側方に外れた待機位置と、基板の上方における吐出位置と、の間で移動する。ノズルは、基板が基板保持部に対して着脱される際に待機位置に配置され、ノズルから基板に向けて処理液が吐出される際に吐出位置に配置される。カメラは、処理室内の所定位置に配置されており、吐出位置に移動したノズルを含む所定領域を撮影する。画像処理部は、カメラからの画像に基づいて、ノズルの位置を示す第２ノズル位置情報を取得して監視部に出力する。監視部は、制御部からのノズルの位置を直接的また

は間接的に示す情報としての第１ノズル位置情報と、画像処理部からの第２ノズル位置情報と、の対応性に基づいて、ノズルの位置に異常があるか否かを判断する。

[0031] ところで、基板処理装置においては、例えば、ノズル、基板保持部において基板の周縁を保持するチャック、および基板保持部の側方を囲む領域で昇降するガードなどの各種の部品のうちの１つ以上の部品について、部品の異常および動作状態などを検出させるために、部品の姿勢を認識させたい場合がある。

[0032] この場合には、基板処理装置において、例えば、次の［処理Ａ］から［処理Ｅ］を順に行う手法によって部品の姿勢を認識させることが考えられる。

[0033] ［処理Ａ］部品の三次元ＣＡＤ（Computer Aided Design）データなどで表される部品の三次元の設計形状（三次元部品モデルともいう）を中心とする球面に沿った複数の仮想面で構成された仮想的な多面体が設定される。各仮想面は、例えば、三角形の面で構成される。

[0034] ［処理Ｂ］上記処理Ａで設定された仮想的な多面体を構成する各仮想面上の所定の位置（仮想カメラ位置ともいう）にカメラ（仮想カメラともいう）が仮想的に設置される。これにより、三次元部品モデルを中心にして囲むように複数の仮想カメラが仮想的に設置される。

[0035] ［処理Ｃ］上記処理Ｂで複数の仮想カメラ位置に設置された複数の仮想カメラによる三次元部品モデルの仮想的な撮影によって取得される複数の画像（仮想画像ともいう）が生成される。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって三次元部品モデルが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。

[0036] ［処理Ｄ］上記処理Ｃで生成された複数の仮想画像のそれぞれと、実際にカメラ（実カメラともいう）で部品が撮影されることで得られた画像（実画像ともいう）との間で、テンプレートマッチングなどを用いたマッチング（照合）の処理が行われる。これにより、複数の仮想カメラ位置のうち、捉えられた部品の形状、向きおよび大きさなどについて実画像と仮想画像との間

における一致の度合い（一致度ともいう）が最も大きくなる仮想カメラ位置が検出される。一致の度合い（一致度）は、類似の度合い（類似度）ともいう。

[0037] ［処理Ｅ］上記処理Ｄにおける検出結果に基づいて、部品の姿勢が認識される。ここでは、例えば、上記処理Ｄにおける検出結果によって、実カメラの位置を基準とした部品の姿勢が認識されることで、実画像で捉えられた部品の姿勢が認識される。

[0038] 上記手法では、例えば、実カメラと部品との距離が変化する場合には、上記処理Ａにおいて、三次元部品モデルの中心からの距離が相互に異なる、複数の仮想的な多面体が設定される。

[0039] ここで、例えば、上記処理Ａにおいて仮想的な多面体を構成する複数の仮想面を非常に細かい多数の仮想面にして、上記処理Ｂにおいて仮想的に設置される仮想カメラ位置の数を増加させることで、部品の姿勢を認識する精度を高める手法が考えられる。しかしながら、この手法によれば、計算量の増大によって計算に要する時間が長くなる。

[0040] そこで、例えば、上記処理Ａから上記処理Ｄを順に所定の回数だけ繰り返し実行した後に上記処理Ｅを実行する手法が考えられる。この手法では、１回目の上記処理Ａでは、比較的大きな複数の仮想面によって仮想的な多面体が構成されるとともに、２回目以降の上記処理Ａでは、前回の上記処理Ａよりも相対的に細かい多数の仮想面によって仮想的な多面体が構成され、２回目以降の上記処理Ｂでは、直前の上記処理Ａで設定された多面体のうち、直近の上記処理Ｄで検出された仮想カメラ位置に近い一部の複数の仮想面のそれぞれの上の所定の仮想カメラ位置に仮想カメラが仮想的に設置される。この手法により、部品の姿勢が認識される精度が高められつつ、計算量の低減によって計算に要する時間が短縮され得る。

[0041] しかしながら、この手法では、複数回の上記処理Ａにおいて段階的に細かい仮想的な多面体が設定される必要があり、２回目以降の上記処理Ａにおいて設定される仮想的な多面体は、前回の上記処理Ａにおいて設定された仮想

的な多面体とは無関係である。このため、部品の姿勢が認識される精度が維持されるためには、２回目以降の上記処理Ｂにおいて仮想カメラが仮想的に設定される上記の一部の複数の仮想面は、直近の上記処理Ｄで検出された仮想カメラの位置の近くに位置するある程度広いエリアをカバーすることになる。その結果、２回目以降の上記処理Ｂにおいて仮想カメラ位置が設定される上記の一部の複数の仮想面については、数および面積のうちの少なくとも一方がある程度増大してしまい、２回目以降の上記処理Ｂにおいて設定される仮想カメラ位置の数が増加し得るため、計算量の低減を十分に図ることが容易でない。

[0042] よって、基板処理装置については、部品の姿勢の認識を効率良く行う点で改善の余地がある。

[0043] 以下、添付される図面が参照されながら実施形態について説明される。なお、図面は、概略的に示されるものであり、説明の便宜のため、適宜、構成の省略、または、構成の簡略化がなされるものである。また、図面に示される構成の大きさおよび位置の相互関係は、必ずしも正確に記載されるものではなく、適宜変更され得るものである。

[0044] また、以下に示される説明では、同様の構成要素には同じ符号が付されて図示され、それらの名称と機能とについても同様のものとされる。したがって、それらについての詳細な説明が、重複を避けるために省略される場合がある。

[0045] また、以下に記載される説明において、「第１」または「第２」などの序数が用いられる場合があっても、これらの用語は、実施形態の内容を理解することを容易にするために便宜上用いられるものであり、これらの序数によって生じ得る順序に限定するものではない。

[0046] 相対的または絶対的な位置関係を示す表現（例えば「一方向に」「一方向に沿って」「平行」「直交」「中心」「同心」「同軸」など）が用いられる場合、該表現は、特に断られない限り、その位置関係を厳密に表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる範囲で相対的に角度または距離に

関して変位された状態も表すものとする。等しい状態であることを示す表現（例えば「同一」「等しい」「均質」など）が用いられる場合、該表現は、特に断られない限り、定量的に厳密に等しい状態を表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる差が存在する状態も表すものとする。形状を示す表現（例えば、「四角形状」または「円筒形状」など）が用いられる場合、該表現は、特に断られない限り、幾何学的に厳密にその形状を表すのみならず、同程度の効果が得られる範囲で、例えば凹凸および面取りの何れかなどを有する形状も表すものとする。一つの構成要素を「備える」「具える」「具備する」「含む」または「有する」という表現が用いられる場合には、該表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的表現ではない。「Ａ、ＢおよびＣのうちの少なくとも１つ」という表現が用いられる場合には、該表現は、Ａのみ、Ｂのみ、Ｃのみ、Ａ、ＢおよびＣのうち任意の２つ、ならびに、Ａ、ＢおよびＣの全て、を含む。

[0047] ＜１．基板処理装置の全体構成＞

図１は、第１実施形態に係る基板処理装置１の概略的な構成の一例を模式的に示す側面図である。図２は、第１実施形態に係る基板処理装置１の概略的な構成の一例を模式的に示す平面図である。

[0048] 基板処理装置１は、基板（例えば、半導体ウエハ）Ｗの処理を行う装置である。本第１実施形態では、基板処理装置１は、基板Ｗを一枚ずつ処理する枚葉式の装置である。基板Ｗには、略円盤状の薄い平板が適用される。換言すれば、基板Ｗは、平面視した場合に円形状の形状を有する。平面視については、特に条件が記載されていない場合には、各部を上方から下方に向けて見た平面視を意味する。基板処理装置１は、基板Ｗを回転させつつ処理液を供給して所定の処理を基板Ｗに対して行う。基板処理装置１には、例えば、処理液を用いて基板Ｗを洗浄する基板洗浄装置などが適用される。

[0049] 基板処理装置１は、筐体ＣＡを備えている。筐体ＣＡは、この筐体ＣＡの内部をこの筐体ＣＡの周囲の雰囲気から遮断する。

[0050] 基板処理装置１は、スピンチャック３を備えている。スピンチャック３は

、平面視で基板Ｗよりも径が大きな円形状の構造を有する。スピンチャック３の下面には、回転軸５の上端が連結されている。回転軸５の下端は、モータ７に連結されている。スピンチャック３は、モータ７の駆動によって回転中心ＰＬ１を中心として回転する。回転中心ＰＬ１は、鉛直方向に伸びている。

[0051] スピンチャック３は、複数個のチャック９を備えている。より具体的には、スピンチャック３は、このスピンチャック３の上面の周縁部に複数個のチャック９を備えている。本第１実施形態では、スピンチャック３が４個のチャック９を備えている。スピンチャック３が基板Ｗを水平姿勢で支持した状態で安定的に回転中心ＰＬ１を中心として回転させることが可能であれば、スピンチャック３が備えているチャック９の個数は、４個に限られない。

[0052] チャック９は、例えば、下面支持部１１と、周縁支持部１３と、回転用磁石１５と、を備えている。下面支持部１１は、基板Ｗの下面に下方から当接することで、基板Ｗを支持するための部分である。例えば、下面支持部１１における基板Ｗの下面との接触面積が小さくなるように構成されていれば、基板Ｗとチャック９との間で、相互に汚染が生じる程度が小さくなり得る。下面支持部１１は、回転中心ＰＬ２で回転自在にスピンチャック３の本体部の上面側に取り付けられている。回転中心ＰＬ２は、鉛直方向に伸びている。周縁支持部１３は、下面支持部１１の上面に立設されている。例えば、周縁支持部１３における下面支持部１１の上面からの高さが基板Ｗの厚みより高ければ、周縁支持部１３は、基板Ｗの周縁を安定して保持することができる。周縁支持部１３は、平面視した場合に、回転中心ＰＬ２から下面支持部１１の外縁に向かって離れた位置に設けられている。換言すると、周縁支持部１３は、回転中心ＰＬ２から偏芯している。回転用磁石１５は、スピンチャック３の下面側において、回転中心ＰＬ２に対応する位置に取り付けられている。回転用磁石１５は、下面支持部１１に連結されている。回転用磁石１５は、回転中心ＰＬ２を中心として回転自在に設けられている。

[0053] 基板処理装置１は、回転用磁石１５の下方に配置されたチャック駆動機構

１７を備えている。チャック駆動機構１７は、チャック９よりも回転軸５側に配置されている。チャック駆動機構１７は、例えば、エアシリンダ１９と、駆動用磁石２１と、を備えている。駆動用磁石２１は、平面視した場合に環状の形態を有する。エアシリンダ１９は、鉛直方向に沿って位置するピストンロッド（ロッドとも作動軸ともいう）を有する。エアシリンダ１９のロッドの上端には、駆動用磁石２１が取り付けられている。チャック駆動機構１７は、制御部４５からのチャック動作指令に応じて動作される。チャック駆動機構１７は、エアシリンダ１９によって駆動用磁石２１を上昇させることで駆動用磁石２１をチャック９に接近させることが可能であり、エアシリンダ１９によって駆動用磁石２１を下降させることで駆動用磁石２１をチャック９から離れる方向に移動させることが可能である。チャック駆動機構１７は、駆動用磁石２１を上昇した位置（上昇位置ともいう）と下降した位置（下降位置ともいう）との間で移動させることができる。

[0054] チャック９は、図示を省略する付勢機構を備えている。駆動用磁石２１が下降して上昇位置から下降位置へ移動すると、チャック９は、開放位置から閉止位置へ移動する。駆動用磁石２１が上昇して下降位置から上昇位置へ移動すると、チャック９は、閉止位置から開放位置へ移動する。チャック９が開放位置から閉止位置へ移動すると、周縁支持部１３が回転中心ＰＬ２を中心として回転し、周縁支持部１３が回転中心ＰＬ１に近づく方向に移動して、基板Ｗの周縁に当接する。これにより、複数個のチャック９は、閉止位置において基板Ｗを挟持することができる。チャック９が閉止位置から開放位置へ移動する際には、周縁支持部１３が回転中心ＰＬ２を中心として回転し、周縁支持部１３が回転中心ＰＬ１から離れる方向に移動する。これにより、複数個のチャック９は、開放位置において基板Ｗを挟持していない状態となる。この状態では、筐体ＣＡ外からスピンチャック３上への基板Ｗの搬入、およびスピンチャック３上から筐体ＣＡ外への基板Ｗの搬出が可能となる。また、下面支持部１１上に基板Ｗが載置されていない状態では、駆動用磁石２１が下降して上昇位置から下降位置へ移動すると、チャック９の位置は

、下面支持部１１上に基板Ｗが載置された場合に想定される基板Ｗの外縁の位置よりも周縁支持部１３が若干基板Ｗの内側に移動した位置（原点位置ともチャック原点位置ともいう）となる。換言すれば、チャック９の位置が原点位置にある場合には、周縁支持部１３の位置は、チャック９が閉止位置にある場合における位置よりも回転中心ＰＬ１側に位置する。

[0055] 基板処理装置１は、チャック９の回転用磁石１５付近に配置された原点センサＺ１を備えている。原点センサＺ１は、チャック９が閉止位置または原点位置に移動すると、この原点センサＺ１から出力する信号（出力信号ともいう）を変化させる。例えば、原点センサＺ１は、チャック９が閉止位置または原点位置に移動すると、出力信号をオンにする。

[0056] 基板処理装置１は、スピンチャック３の周囲に配置されたガード２３を備えている。ガード２３は、スピンチャック３の側方を囲っている。ガード２３は、スピンチャック３によって支持され且つ回転されている基板Ｗ上から周囲への処理液の飛散を防止するための部分である。ガード２３は、筒状の形態を有する。ガード２３は、上部に形成された開口部２３ａを有する。開口部２３ａの内径は、スピンチャック３の外径よりも大きい。

[0057] 基板処理装置１は、ガード２３を昇降させることが可能なガード移動機構２５を備えている。ガード移動機構２５は、例えば、エアシリンダ２７と、係止片２９とを備えている。ガード移動機構２５は、例えば、ガード２３の外周側に配置されている。ガード移動機構２５は、ガード２３を昇降させることが可能であれば、ガード２３の内周側に配置されていてもよい。エアシリンダ２７は、鉛直方向に沿って位置するピストンロッド（ロッドとも作動軸ともいう）を有する。エアシリンダ２７のロッドの上端には、係止片２９が取り付けられている。係止片２９は、ガード２３の外周面に固定されている。ガード移動機構２５は、ガード２３を昇降させることが可能であれば、上記のような構成に限定されない。

[0058] ガード移動機構２５は、制御部４５からのガード動作指令に応じて、ガード２３を原点位置と処理位置との間で移動させる。ガード２３の原点位置は

、ガード移動機構２５によってガード２３が下降された際のガード２３の位置である。換言すれば、原点位置は、ガード２３の上端が低い位置である。ガード２３の処理位置は、ガード移動機構２５によってガード２３が上昇された際のガード２３の位置である。換言すれば、原点位置は、処理位置よりも低い位置であり、処理位置は、原点位置よりも高い位置である。ガード２３が原点位置に位置している状態では、ガード２３の上縁の位置がスピンチャック３に支持されている基板Wの位置よりも低い。ガード２３が処理位置に位置している状態では、ガード２３の上縁の位置がスピンチャック３に支持されている基板Wの位置よりも高い。このため、ガード２３が処理位置に位置している状態では、ガード２３は、このガード２３の内周面によって、スピンチャック３によって支持され且つ回転されている基板W上から周囲へ飛散する処理液を受けることができる。基板処理装置１は、例えば、ガード２３の内周側に配置された原点センサＺ２を備えている。原点センサＺ２は、ガード２３が原点位置に移動すると、この原点センサＺ２から出力される信号（出力信号）を変化させる。例えば、原点センサＺ２は、ガード２３が原点位置に移動すると、出力信号をオンにする。

[0059] 基板処理装置１は、ガード２３の内周側に位置している図示を省略する排液ポートを備えている。廃液ポートは、スピンチャック３によって支持され且つ回転されている基板W上から周囲に飛散してガード２３の内周面で受けられた処理液を回収するための部分である。ガード２３の数は、１つに限られず、複数であってもよい。廃液ポートの数は、１つに限られず、複数であってもよい。ガード２３の数が複数である場合には、ガード２３ごとに廃液ポートが配置されていてよい。この場合には、各ガード２３が、ガード移動機構２５によって昇降されて、基板W上から飛散する処理液を受けるガード２３と、このガード２３の内周面で受けた処理液を回収する廃液ポートと、の組み合わせが切り換わるように、複数のガード２３と複数の廃液ポートとが構成されていてよい。例えば、処理液の種類に応じて、ガード移動機構２５によって各ガード２３が昇降されることで、基板W上から飛散する処理液

を受けるガード２３と、このガード２３の内周面で受けた処理液を回収する廃液ポートと、の組み合わせが切り換えられることが考えられる。

[0060] 基板処理装置１は、処理液供給機構３１を備えている。処理液供給機構３１は、ガード２３の外周側に配置されていてよい。処理液供給機構３１は、例えば、ノズル３３と、基台部３７と、ノズル移動機構３５と、を備えている。本第１実施形態では、処理液供給機構３１は、例えば、２本のノズル３３を備えている。以下の説明において、２本のノズル３３を区別する必要がある場合には、適宜に図２における左側のノズル３３をノズル３３Ａと称し、右側のノズル３３をノズル３３Ｂと称する。処理液供給機構３１におけるノズル３３の数は、１本であってもよいし、３本以上であってもよい。本第１実施形態では、２本のノズル３３が同じ構成を有するものとする。

[0061] ノズル３３は、例えば、延出部３３ａと、垂下部３３ｂと、先端部３３ｃと、を備えている。ノズル３３は、延出部３３ａの一端が基台部３７に取り付けられている。延出部３３ａは、基台部３７から水平方向に延出されている。延出部３３ａの他端は、垂下部３３ｂにつながっている。垂下部３３ｂは、延出部３３ａから鉛直方向の下方に伸びている。先端部３３ｃは、垂下部３３ｂの下端側に位置している。先端部３３ｃは、下面側から処理液を吐出する。処理液としては、例えば、フォトレジスト液、ＳＯＧ（Spin-on-Glass）液、現像液、リンス液、純水および洗浄液などが挙げられる。

[0062] ノズル移動機構３５は、例えば、モータ３９と、回転軸４１と、位置検出部４３と、を備えている。モータ３９は、鉛直姿勢で配置されている。回転軸４１は、モータ３９によって回転中心ＰＬ３を中心として回転される。回転軸４１は、基台部３７に連結されている。基台部３７は、モータ３９の駆動により回転される。ノズル３３は、ノズル移動機構３５によって、基台部３７とともに回転中心ＰＬ３を中心として揺動される。位置検出部４３は、回転軸４１の回転中心ＰＬ３を中心とした回転方向における回転軸４１の位置（回転位置ともいう）を検出する。位置検出部４３は、平面視における回転中心ＰＬ３を中心とした回転軸４１の角度を検出する。位置検出部４３は

、例えば、回転軸４１の回転位置に応じてパルス信号を出力する。

[0063] 基板処理装置１は、平面視でガード２３から側方に離れた位置に配置された、待機カップ４４を備えている。待機カップ４４は、平面視した場合に、ノズル３３の先端部３３ｃがこの待機カップ４４の上方に位置することが可能に配置されている。別の観点から言えば、待機カップ４４は、ノズル３３の原点位置の下方に位置している。待機カップ４４は、ノズル３３の先端部３３ｃの乾燥を防止するための部分である。待機カップ４４は、ノズル３３からの処理液の空吐出に利用される。ノズル移動機構３５は、モータ３９を駆動することでノズル３３を揺動させる。ノズル移動機構３５は、制御部４５からのノズル動作指令に応じて、原点位置と、スピンチャック３の回転中心ＰＬ１の上にあたる吐出位置と、の間でノズル３３の先端部３３ｃを移動させる。ノズル３３の吐出位置は、ノズル３３の先端部３３ｃから基板W上に向けて処理液を吐出する際にノズル３３が配置される位置である。

[0064] 基板処理装置１は、例えば、回転軸４１の外周部側に配置された原点センサＺ３を備えている。原点センサＺ３は、ノズル３３が原点位置に位置すると、この原点センサＺ３から出力される信号（出力信号）を変化させる。例えば、原点センサＺ３は、ノズル３３が原点位置に移動すると、出力信号をオンにする。なお、原点センサＺ３が省略されて構成の簡易化が図られてもよい。この場合には、回転軸４１の一部に突起（回転側突起ともいう）が設けられているとともに、回転軸４１の外周部側に配置され且つ筐体ＣＡに固定された突起（固定側突起ともいう）が設けられていてもよい。例えば、位置検出部４３が、回転軸４１の回転中心ＰＬ３を中心とした回転によって回転軸４１の回転側突起が固定側突起に当接して、回転軸４１の回転中心ＰＬ３を中心とした回転が不可能となったことを検出することで、ノズル３３が原点位置に位置していることを検出してもよい。ここでは、位置検出部４３のパルス信号が不変となった時点におけるノズル３３の位置が原点位置として取り扱われてよい。

[0065] 基板処理装置１は、撮影部としてのカメラＣＭを備えている。カメラＣＭ

は、後述する１つ以上の対象部品を捉えた画像（実画像ともいう）を撮影によって得る。カメラＣＭは、例えば、筐体ＣＡの一部位に取り付けられている。カメラＣＭの位置は、後述する対象部品が視野に収まれるのであれば、何れの箇所であってもよい。カメラＣＭは、例えば、後述する１つ以上の対象部品の全てが視野内に収まる視野角（画角）を有する。カメラＣＭは、例えば、後述する１つ以上の対象部品の原点位置の全てが視野内に収まる視野角（画角）を有する。

[0066] 基板処理装置１は、制御部４５と、指示部４７と、報知部４９と、を備えている。制御部４５の詳細については、後述される。指示部４７は、基板処理装置１のオペレータによって操作される。指示部４７は、例えば、キーボードもしくはタッチ式パネルである。指示部４７は、例えば、オペレータの操作に応じた信号を制御部４５に出力する。指示部４７は、後述される対象部品、要確認タイミング、許容範囲、レシピおよび処理の開始などを指示する。報知部４９は、制御部４５が異常を検出した場合に、オペレータに異常を報知する。報知部４９としては、例えば、表示器、ランプおよびスピーカなどが挙げられる。報知部４９は、例えば、制御部４５からの信号に応答して動作する。

[0067] ＜２．基板処理装置における制御系の構成＞

図３は、第１実施形態に係る基板処理装置１の機能的な構成の一例を示すブロック図である。

[0068] 制御部４５は、例えば、演算部４５ａおよび記憶部４５ｂなどを備えている。演算部４５ａは、例えば、中央演算装置（ＣＰＵ）などのプロセッサとして機能する電子回路、およびプロセッサが処理を実行するためのデータを一時的に記憶するランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）などのメモリとして機能する電子回路を有する。記憶部４５ｂは、ハードディスクまたはフラッシュメモリなどの不揮発性の記憶媒体として機能する部分などを有する。記憶部４５ｂは、例えば、１つの不揮発性の記憶媒体として機能する部分を有していてもよいし、２つ以上の不揮発性の記憶媒体として機能する部分を有し

ていてもよい。

[0069] 演算部４５ａは、例えば、複数の機能な構成として、動作制御部５１と、画像処理部５９と、探索処理部６１と、異常検出部６３と、を備えている。記憶部４５ｂは、例えば、レシピ情報５３、パラメータ情報５５、設計情報５７およびプログラムＰｇ１などを記憶している。演算部４５ａでは、例えば、動作制御部５１、画像処理部５９、探索処理部６１、および異常検出部６３は、記憶部４５ｂ内のプログラムＰｇ１などをＣＰＵが読み出して実行することで実現される機能的な処理部（機能処理部ともいう）であってよい。

[0070] 動作制御部５１は、上述されたモータ７，３９、エアシリンダ１９，２７、およびカメラＣＭの動作を制御する。動作制御部５１には、原点センサＺ１，Ｚ２，Ｚ３、および位置検出部４３からの信号が与えられる。動作制御部５１によるモータ７，３９、エアシリンダ１９，２７、およびカメラＣＭなどの各部の動作の制御は、例えば、記憶部４５ｂに記憶されたレシピ情報５３内のレシピに応じて行われる。例えば、レシピに基づく各部の動作の開始がオペレータによって指示された後に、動作制御部５１は、レシピに基づいて各部に対して各種の動作指令を出力して、モータ７など各部を所定のタイミングで動作させる。

[0071] レシピ情報５３は、記憶部４５ｂに予め記憶された各種のレシピを示す情報である。レシピは、基板Ｗを処理する各種の手順を規定している。オペレータは、指示部４７を操作することで所望のレシピの実行を指示することができる。

[0072] パラメータ情報５５は、記憶部４５ｂに予め記憶された、対象部品ごとの、要確認タイミング、および許容範囲などの情報である。対象部品は、基板処理装置１を構成する部品のうち、特定の処理の対象となる部品である。本第１実施形態では、特定の処理には、異常の検出が含まれる。要確認タイミングは、対象部品の動作状態を確認するためのタイミングである。要確認タイミングは、動作制御部５１が動作指令を出力したタイミングと重なる場合

があってもよいし、この動作指令に応じて対象部品が移動を完了したタイミングと重なる場合があってもよい。対象部品、要確認タイミング、および許容範囲などは、オペレータが指示部４７を操作することで任意に設定され得る。オペレータは、どの部品を対象部品とするか、どのタイミングを要確認タイミングとするか、どの程度の対象部品の位置の誤差を許容する範囲（許容範囲）とするかなど、を指示部４７から指示することができる。

[0073] 対象部品には、例えば、チャック９、ガード２３、およびノズル３３などが含まれ得る。要確認タイミングには、例えば、チャック駆動機構１７がチャック動作指令に応じてチャック９を移動させてチャック９の移動が完了したタイミング、ノズル移動機構３５がノズル動作指令に応じてノズル３３を移動させてノズル３３の移動が完了したタイミング、およびガード移動機構２５がガード動作指令に応じてガード２３を昇降させてガード２３の移動が完了したタイミング、チャック９がチャック動作指令によって閉止位置に位置するように設定されたタイミング、ノズル３３がノズル動作指令によって吐出位置に位置するように設定されたタイミング、およびガード２３がガード動作指令によって処理位置に位置するように設定されたタイミング、などが含まれ得る。

[0074] 許容範囲は、要確認タイミングにおいて、対象部品が正常に動作した場合に対象部品が本来あるべき位置に対する許容度合いを示す。許容範囲は、例えば、対象部品が設計的に意図された位置および角度からのズレをどの程度許容するかを表す度合いである。許容範囲は、基板Wに対する処理を基準として、要確認タイミングにおいて、対象部品が設計的に意図された位置および角度からずれていても、基板Wに対する処理として許容され得る、対象部品のずれの範囲を示す。

[0075] 上述された動作制御部５１は、位置検出部４３からのパルス信号と、記憶部４５ｂ内のパラメータ情報５５に基づいて、対象部品としてのノズル３３が要確認タイミングにあれば、要確認タイミングにある対象部品としてのノズル３３を示す情報と、要確認タイミングにある対象部品としてのノズル３

３が要確認タイミングにおいて本来あるべき位置（例えば、吐出位置など）を示す情報と、を探索処理部６１に知らせる。動作制御部５１は、原点センサＺ１，Ｚ２，Ｚ３からの信号に基づいて、対象部品が原点位置に位置していれば、原点位置に位置している対象部品を特定する情報を探索処理部６１に知らせる。ここで、対象部品が１つしか存在していなければ、動作制御部５１は、原点位置に位置している対象部品を特定する情報を探索処理部６１に知らせなくてもよい。動作制御部５１は、エアシリンダ１９，２７およびモータ３９への動作の制御に応じて、各対象部品について、対象部品が要確認タイミングにあれば、要確認タイミングにある対象部品の情報と、要確認タイミングにおいて対象部品が本来あるべき位置（例えば、チャック９の閉止位置、ノズル３３の吐出位置、またはガード２３の処理位置など）を示す情報と、を探索処理部６１に知らせる。ここで、対象部品が１つしか存在していなければ、動作制御部５１は、要確認タイミングにある対象部品の情報を探索処理部６１に知らせなくてもよい。動作制御部５１は、レシピに応じて各部に動作指令を出力したことを探索処理部６１に知らせてもよい。

[0076] 設計情報５７は、記憶部４５ｂに記憶された、基板処理装置１を構成している部品に係る設計情報を含む。設計情報５７は、基板処理装置１における処理対象としての基板Ｗに係る設計情報を含んでいてもよい。設計情報５７は、例えば、３Ｄ－ＣＡＤ（three-dimensional Computer Aided Design）のデータを含む。設計情報５７は、処理に用いる処理液および各種の材料に関する物性情報などを含んでいてもよい。

[0077] ３Ｄ－ＣＡＤデータは、例えば、座標軸が直交する３軸で表現され、三次元空間上に部品が配置された場合に、部品に係る位置および角度の情報（位置情報とも総称される）で表現される。記憶部４５ｂは、図示しないホストコンピュータから転送された少なくとも対象部品に係る設計情報を、予め記憶している。換言すれば、記憶部４５ｂは、対象部品に関する三次元の設計情報を記憶している。図示しないホストコンピュータは、基板処理装置１の全ての部品および材料に関する３Ｄ－ＣＡＤデータを三次元の設計情報とし

て記憶していてもよい。ここで、記憶部４５ｂに記憶された設計情報５７が、基板処理装置１の全部品に関する設計情報ではなく、対象部品の設計情報に限定されていれば、記憶部４５ｂの記憶容量が節約され得る。

[0078] 画像処理部５９は、カメラＣＭによる撮影で得られた実画像を処理する。画像処理部５９は、実画像に対して画像処理を施し、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報ともいう）を抽出する。画像処理部５９は、例えば、実画像のうちの全ての領域もしくは予め設定された一部の領域で捉えられている全ての部品について、例えば、輪郭を抽出する処理を行うことで実形状情報を抽出する。ここでいう輪郭は、部品の外形の輪郭だけでなく、部品の外形の内側に位置する縁部分を含んでいてもよい。画像処理部５９で抽出された実形状情報は、探索処理部６１に与えられる。

[0079] 探索処理部６１は、複数の参照形状情報と実形状情報とに基づいて、複数の仮想的なカメラの位置（仮想カメラ位置ともいう）のうち、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する処理（探索処理ともいう）を行う。ここで、複数の参照形状情報は、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される情報である。より具体的には、この複数の参照形状情報は、複数の仮想カメラ位置からの対象部品の三次元モデル（３Ｄモデルともいう）の撮影で取得され得る複数の仮想的な画像（仮想画像ともいう）のそれぞれにおける対象部品の３Ｄモデルの二次元形状に係る情報である。例えば、１つの参照形状情報は、１つの対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、１つの仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデルの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデルの二次元形状に係る情報である。対象部品の３Ｄモデルは、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて仮想的に生成される対象部品の三次元の模型である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデルが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。参照形状情報と実形状情報との間における一致度とは、例えば、実形状情報に対して参照形状情報が近似している

程度をいう。一致度が大きいほど参照形状情報は実形状情報に近似しており、一致度が小さいほど参照形状情報は実形状情報に相違している。参照形状情報と実形状情報との間における一致度は、例えば、参照形状情報と実形状情報との間における一致度を示す数値によって表される。一致度および一致度を示す数値については、さらに後述される。３Ｄモデルの二次元形状に係る情報は、例えば、図形であってよい。

[0080] 探索処理部６１の探索処理によれば、カメラＣＭによる撮影で得られた実画像において、複数の仮想カメラ位置のうちの何れの仮想カメラ位置からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデルの二次元形状に対して一致度が最も大きくなる対象部品が捉えられているのかが探索され得る。この探索の結果に基づいて、探索処理部６１では、対象部品の姿勢が認識され得る。

[0081] 探索処理部６１は、少なくとも要確認タイミングとなった対象部品について、探索処理を行う。これにより、基板処理装置１において、要確認タイミングとなった対象部品の姿勢が認識され得る。探索処理部６１は、実画像を用いて認識された対象部品の姿勢に係る情報（現実情報ともいう）を異常検出部６３に出力する。換言すれば、現実情報は、例えば、探索処理部６１によって検出された一致度が最も大きな仮想カメラ位置に基づく対象部品の姿勢に係る情報である。この現実情報は、実画像に基づくものであり、要確認タイミングにおいて、基板処理装置１で現実に対象部品が位置している状態を表す情報である。

[0082] 探索処理部６１は、動作制御部５１からの指示によって、要確認タイミングでないタイミングであっても対象部品についての探索処理を行う場合がある。例えば、原点センサＺ１，Ｚ２，Ｚ３からの出力信号に基づいた動作制御部５１からの指示に応答して、探索処理部６１は、原点位置に位置している対象部品についての探索処理（原点探索処理ともいう）を行ってもよい。原点探索処理は、例えば、基板処理装置１が起動されて、基板Ｗに対する処理が開始される際に、各対象部品について一度だけ行われてよい。また、探

索処理部６１は、要確認タイミングを含む任意のタイミングにおいて、対象部品についての探索処理を行ってもよい。

[0083] 異常検出部６３は、探索処理部６１から出力された情報に応じて、対象部品の異常を検出する。具体的には、異常検出部６３は、探索処理部６１によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置に基づく対象部品の姿勢に係る情報（現実情報）と、対象部品の状態が正常である場合の三次元の設計情報に基づく対象部品の姿勢に係る情報（正常情報ともいう）と、を比較することで、対象部品の異常を検出する。より具体的には、異常検出部６３は、対象部品についての現実情報と正常情報との比較の結果、現実情報と正常情報とが一致しない場合には、対象部品についての異常を検出する。ここで、対象部品についての正常情報は、許容範囲内にある場合においての対象部品の姿勢に係る情報を含んでいてもよい。この場合には、現実情報が正常情報に一致するとは、正常情報の許容範囲内における何れかの対象部品の姿勢に係る情報と、現実情報における対象部品の姿勢に係る情報とが一致していることを含む。

[0084] 異常検出部６３は、検出結果に応じて報知部４９に報知動作を行わせる。具体的には、異常検出部６３は、対象部品についての異常の検出に応答して、報知部４９に報知動作を行わせる。報知動作は、例えば、異常の発生を知らせる動作であってよい。報知部４９は、異常の発生とともに、例えば、異常が検出された対象部品を特定する情報を併せて報知してもよいし、異常が検出された対象部品の位置情報を併せて報知してもよい。ここで、異常が検出された対象部品を特定する情報としては、例えば、複数個のチャック９のそれぞれを特定する名称もしくは記号、１つ以上のガード２３のそれぞれを特定する名称もしくは記号、ならびに１つ以上のノズル３３のそれぞれを特定する名称もしくは記号などを示す文字列もしくは音声などが挙げられる。異常が検出された対象部品の位置情報を示す情報としては、チャック９についての閉止位置および開放位置、ガード２３についての原点位置および処理位置、ならびにノズル３３についての原点位置および吐出位置など、を示す

文字列もしくは音声などの各種情報が挙げられる。

[0085] ＜３．探索処理に関する機能的な構成の具体例＞

図４は、制御部４５における探索処理に関する機能的な構成の具体的な一例を示すブロック図である。図４では、制御部４５における複数の機能的な構成のうち、記憶部４５ｂ、画像処理部５９および探索処理部６１についての機能的な構成が示されている。

[0086] ＜３－１．画像処理部＞

画像処理部５９は、複数の機能処理部として、例えば、処理対象領域抽出部５９１と、輪郭抽出部５９２と、を有する。これらの処理対象領域抽出部５９１および輪郭抽出部５９２は、例えば、制御部４５（より具体的には、演算部４５ａ）において、記憶部４５ｂに格納されているプログラムＰｇ１をＣＰＵが読み出して実行することで実現される。

[0087] 処理対象領域抽出部５９１は、カメラＣＭによる撮影で得られた対象部品を捉えた実画像を取得し、この実画像から処理を行う対象の領域（処理対象領域ともいう）に係る部分を画像（処理対象実画像ともいう）として抽出する。これにより、例えば、輪郭抽出部５９２における処理および探索処理部６１における処理において、演算の処理量が低減され得る。その結果、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0088] 図５から図７は、それぞれ実画像から処理対象領域に係る部分を抽出する処理を説明するための図である。図５には、カメラＣＭによる撮影で得られた実画像Ｉｒ１の具体的な一例が示されている。図６には、実画像Ｉｒ１における処理対象領域Ｒ１の具体的な一例が示されている。図７には、実画像Ｉｒ１から抽出された処理対象実画像Ｉｒ２の具体的な一例が示されている。

[0089] 処理対象領域抽出部５９１は、例えば、図５で示された実画像Ｉｒ１を取得した場合に、図６で示されるように実画像Ｉｒ１のうちの太い二点鎖線で囲まれた処理対象領域Ｒ１に係る部分を抽出することで、図７で示されるような処理対象実画像Ｉｒ２を得る。

[0090] 処理対象領域Ｒ１は、例えば、対象部品ごとに、実画像上において要確認タイミングに対象部品が存在し得る領域を包含するように、予め設定されていてよい。例えば、処理対象領域Ｒ１は、事前にカメラＣＭによる撮影で得られた実画像が参照されることで設定されてもよいし、基板処理装置１を構成している部品の設計情報とカメラＣＭの撮影方向および画角とに基づいて設定されてもよい。

[0091] 輪郭抽出部５９２は、例えば、処理対象領域抽出部５９１で得られた処理対象実画像Ｉｒ２で捉えられている全ての部品について、輪郭を抽出する処理を行うことによって実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）を抽出する。これにより、画像処理部５９は、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る実形状情報を取得することができる。画像処理部５９で取得された実形状情報は、探索処理部６１に与えられる。

[0092] ここでは、処理対象領域抽出部５９１で得られた処理対象実画像Ｉｒ２は、対象部品を捉えた実画像とみなされてよい。輪郭は、上述されたように、部品の外形の輪郭だけでなく、部品の外形の内側に位置する縁部分も含んでいてもよい。輪郭を抽出する処理は、例えば、Ｃａｎｎｙ法などのエッジを検出する手法などを用いて実現され得る。ここでは、さらに検出されたエッジにモルフォロジー変換などの線を膨張させる処理が施されることで、処理対象実画像Ｉｒ２で捉えられている全ての部品について輪郭が抽出されてもよい。実形状情報は、例えば、実画像で捉えられた物体の輪郭を示すエッジ画像であってよい。エッジ画像としては、例えば、物体の輪郭と、それ以外の部分と、が区別可能な二値画像などが採用される。ここでは、実形状情報としてのエッジ画像は、実画像における物体の二次元形状を示す情報であると言える。換言すれば、実形状情報は、例えば、実画像における物体の二次元形状を示す情報であってよい。図８は、輪郭抽出部５９２において取得された実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３の具体的な一例を示す図である。図８で例示されたエッジ画像Ｉｒ３は、図７で例示された処理対象実画像Ｉｒ２で捉えられている全ての部品について輪郭を抽出する処理を行うことで

得られたエッジ画像の一例である。図８で例示されたエッジ画像Ｉｒ３は、輪郭抽出部５９２で抽出された部品の輪郭が白色で示され、それ以外の部分が黒色で示された二値画像である。

[0093] ＜３－２．探索処理部＞

＜３－２－１．探索処理の基本的な考え方の一例＞

図９から図１６は、それぞれ探索処理の基本的な考え方の一例を説明するための図である。

[0094] 例えば、図９で示されるように、対象部品（例えば、チャック９）に関する三次元の設計情報に基づいて仮想的に生成される対象部品の三次元の模型である対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが中心とされて、複数の仮想的なカメラの位置（仮想カメラ位置）Ｐ１が適宜設定されながら、各仮想カメラ位置Ｐ１からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想的な画像（仮想画像）における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報（参照形状情報）が生成される。つまり、各仮想カメラ位置Ｐ１に対して参照形状情報が生成される。この参照形状情報としては、例えば、図１０で示されるように、各仮想カメラ位置Ｐ１からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状としての輪郭を示す画像（リファレンス画像ともいう）Ｉｖ１が採用され得る。ここでは、参照形状情報としてリファレンス画像は、仮想画像における３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状を示す情報であると言える。換言すれば、参照形状情報は、例えば、仮想画像における３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状を示す情報であってよい。図１０では、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭が便宜的に太い二点鎖線で描かれたリファレンス画像Ｉｖ１の一例が示されている。図１０で例示されたリファレンス画像Ｉｖ１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状としての輪郭が黒色で示され、それ以外の部分が白色で示された二値画像である。

[0095] そして、例えば、複数の仮想カメラ位置Ｐ１について得られた複数の参照形状情報としての複数のリファレンス画像Ｉｖ１のそれぞれと、図１１で示

されるような実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３と、の間で、一致度を示す数値が算出される。図１１で例示されたエッジ画像Ｉｒ３は、物体の輪郭が黒色で示され、それ以外の部分が白色で示された二値画像である。ここでは、例えば、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３に対して、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１の相対的な回転移動および平行移動が行われる。この際に、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３に対する参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１の一致度が最大となる場合におけるこの一致度を示す数値が、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３と参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１との間における一致度を示す数値として算出され得る。換言すれば、各仮想カメラ位置Ｐ１について、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３に対する参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１の一致度が最大となる場合におけるこの一致度を示す数値が、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３と参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１との間における一致度を示す数値として算出され得る。さらに換言すれば、各仮想カメラ位置Ｐ１について、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３に対する参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１の一致度が最大となる場合におけるこの一致度が、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３と参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１との間における一致度とされる。

[0096] さらに、例えば、図１２で示されるように、複数の仮想カメラ位置Ｐ１のうち、実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３と参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置Ｐ１が検出される。これにより、対象部品について、カメラＣＭによる撮影で得られた実画像において、複数の仮想カメラ位置のうちの何れの仮想カメラ位置からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に対して一致度が最も大きな対象部品が捉えられているのかが探索され得る。

[0097] ところで、図１３で示されるように、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの中心

が基準点Ｐｏとしての原点とされた右手系のｘｙｚ座標が設定された場合を想定する。３Ｄモデル３ｄｍの中心には、例えば、３Ｄモデル３ｄｍの重心が適用される。この場合には、３Ｄモデル３ｄｍを中心とした複数の仮想カメラ位置Ｐ１は、ｘ軸を中心とした回転方向における角度（緯度ともいう）αと、ｚ軸を中心とした回転方向における角度（経度ともいう）βと、原点からの距離Ｄと、によって規定され得る。また、仮想カメラ位置Ｐ１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢は、基準点Ｐｏと仮想カメラ位置Ｐ１とを通る細い一点鎖線で描かれた直線Ｌｎ１を中心とした回転方向における角度（ロール角ともいう）γによって規定され得る。

[0098] ここでは、仮想カメラ位置Ｐ１を規定する緯度αおよび経度βが変化すると、仮想カメラ位置Ｐ１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する方向が変化する。このため、仮想カメラ位置Ｐ１を規定する緯度αおよび経度βが変化すると、例えば、図１４で示されるように、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１における太い二点鎖線で描かれた対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状は、形が変化し得る。

[0099] また、ここでは、仮想カメラ位置Ｐ１を規定する距離Ｄが変化しても、仮想カメラ位置Ｐ１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する方向は変化しない。このため、仮に仮想カメラ位置Ｐ１を規定する距離Ｄが変化すると、例えば、図１５で示されるように、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１における太い二点鎖線で描かれた対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状は、形が変化せずに大きさが変化し得る。

[0100] また、ここでは、仮想カメラ位置Ｐ１における仮想的なカメラの姿勢を規定するロール角γが変化すると、例えば、図１６で示されるように、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１における太い二点鎖線で描かれた対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状は、形も大きさも変化せずに向きが変化し得る。

[0101] 本第１実施形態では、探索処理部６１は、探索処理を効率的に進めるために、１次探索処理を行った後、この１次探索処理の結果を用いた２次探索処

理を行う。換言すれば、探索処理は、順に行われる１次探索処理と２次探索処理とを含む。１次探索処理は、緯度αおよび経度βをある程度粗く異ならせることで、限定された数の仮想カメラ位置Ｐ１について、参照形状情報と実形状情報との間における一致度を示す数値を算出して、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置Ｐ１を検出する処理である。２次探索処理は、１次探索処理で検出された仮想カメラ位置Ｐ１に基づいて、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置Ｐ１をさらに細かく探索する処理である。１次探索処理および２次探索処理において参照形状情報と実形状情報との間における一致度を示す数値が算出される際には、例えば、この一致度がより大きくなるロール角γも求められ、このロール角γも考慮されて一致度を示す数値が算出される。これにより、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置Ｐ１についての緯度α、経度β、距離Ｄおよびロール角γが探索処理の結果として取得され得る。これらの緯度α、経度β、距離Ｄおよびロール角γにより、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置Ｐ１を基準とした３Ｄモデル３ｄｍの姿勢が認識され得る。このため、探索処理の結果によれば、対象部品を捉えた実画像を取得したカメラＣＭの位置を基準とした対象部品の姿勢が認識され得る。換言すれば、探索処理の結果によれば、実画像で捉えられた対象部品の姿勢が認識され得る。ここでは、例えば、対象部品の姿勢が、緯度α、経度β、距離Ｄおよびロール角γの形式で認識されてよい。

[0102] ＜３－２－２．探索処理部の機能的な構成＞

探索処理部６１は、複数の機能処理部として、例えば、第１探索処理部６１１と、第２探索処理部６１２と、を有する。これらの第１探索処理部６１１および第２探索処理部６１２は、例えば、制御部４５（より具体的には、演算部４５ａ）において、記憶部４５ｂに格納されているプログラムＰｇ１をＣＰＵが読み出して実行することで実現される。第１探索処理部６１１は、１次探索処理に関する処理を行う部分であり、第２探索処理部６１２は、

２次探索処理に関する処理を行う。

[0103] ＜３－２－２－１．第１探索処理部＞

第１探索処理部６１１は、複数の機能処理部として、例えば、密集度判定部６１１１、第１形状情報取得部６１１２、第１算出部６１１３および第１検出部６１１４を含む。これらの密集度判定部６１１１、第１形状情報取得部６１１２、第１算出部６１１３および第１検出部６１１４は、例えば、制御部４５（より具体的には、演算部４５ａ）において、記憶部４５ｂに格納されているプログラムＰｇ１をＣＰＵが読み出して実行することで実現される。第１探索処理部６１１では、例えば、第１形状情報取得部６１１２、第１算出部６１１３および第１検出部６１１４によって１次探索処理が実現され得る。

[0104] ＜＜密集度判定部６１１１＞＞

密集度判定部６１１１は、例えば、輪郭抽出部５９２で取得された実形状情報としてのエッジ画像について、部品の輪郭の密集度が低い領域（低密集度領域ともいう）を判定する。密集度判定部６１１１では、例えば、実形状情報としてのエッジ画像において、所定の大きさの領域（単位判定領域ともいう）ごとに、部品の輪郭が占める割合が、部品の輪郭の密集度として算出され、この密集度が所定値以下である単位判定領域が、低密集度領域として判定され得る。単位判定領域における所定の大きさは、例えば、上述された参照形状情報としてのリファレンス画像の大きさに応じて設定され得る。所定値は、例えば、ゼロなどの数値に設定され得る。

[0105] 例えば、所定値にゼロが適用される場合には、実形状情報としてのエッジ画像のうち、部品の輪郭が全く含まれていない単位判定領域が、低密集度領域として判定される。密集度判定部６１１１における判定結果は、第１算出部６１１３および第２探索処理部６１２に与えられる。ここでは、低密集度領域には、対象部品の輪郭が含まれていないものと推定される。このため、例えば、後述される第１算出部６１１３および第２算出部６１２４において、実形状情報としてのエッジ画像のうちの低密集度領域については、実形状

情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の算出を行うための計算の対象外とされることで、探索処理に要する計算量が低減され得る。

[0106] ＜＜第１形状情報取得部６１１２＞＞

第１形状情報取得部６１１２は、例えば、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の仮想カメラ位置（第１仮想カメラ位置ともいう）のそれぞれから対象部品の３Ｄモデルが撮影される場合を想定して、複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、参照形状情報を取得する。複数の第１仮想カメラ位置は、対象部品の３Ｄモデルの基準点を中心としてこの対象部品の３Ｄモデルを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面を含む面の集合体（面集合体ともいう）を仮想的に設定した場合に、複数の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である。ここで、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、仮想カメラ位置からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデルの二次元形状に係る情報である。対象部品の３Ｄモデルの基準点は、例えば、対象部品の３Ｄモデルの重心点などの中心点に設定されてよい。ここでは、面集合体を構成する複数の仮想面の数がＭ１個（Ｍ１は２以上の自然数）に設定されることで、複数の第１仮想カメラ位置は、Ｍ１個の第１仮想カメラ位置に限定される。各仮想面では、例えば、仮想面の所定の位置に第１仮想カメラ位置が仮想的に設定される。所定の位置には、例えば、仮想面の中心の位置が適用される。仮想面の中心には、例えば、仮想面の重心が適用される。

[0107] 本第１実施形態では、面集合体を構成する複数の仮想面のそれぞれには、例えば、三角形の面が適用され、面集合体には、多数の三角形の面で構成された多面体が適用される。換言すれば、面集合体には、多数の三角形で構成された球面状の多面体が適用される。これにより、複数の仮想面を含む面集合体の設定が容易に行われ得る。ここで、三角形には、正三角形が適用され得る。仮想面が三角形の面であれば、仮想面の中心は、例えば、三角形の重

心であってもよいし、内心であってもよい。

[0108] 第１形状情報取得部６１１２は、例えば、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置を設定するとともに、複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて参照形状情報を生成することで、複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された参照形状情報を取得することができる。

[0109] ここでは、例えば、図１３で示されたように、対象部品に関する三次元の設計情報で規定される対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを原点とした右手系のｘｙｚ座標が設定されることで、複数の仮想面の位置および姿勢などが規定され得る。さらに、ｘ軸を中心とした回転方向における角度（緯度）αと、ｚ軸を中心とした回転方向における角度（経度）βと、原点からの距離Ｄと、によって、複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれ位置が規定され得る。

[0110] 図１７は、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１が設定される態様の一例を示す図である。図１８は、仮想面Ｓｔ１における第１仮想カメラ位置Ｐ１１の設定態様の一例を示す図である。図１７では、図面の複雑化を避ける目的で、右手系のｘｙｚ座標のうち基準点Ｐｏとしての原点のみが示されており且つｘｙｚの３軸の記載が省略されており、角度（緯度）αおよび角度（経度）βの記載も省略されている。また、図１７では、第１仮想カメラ位置Ｐ１１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢を規定する、基準点Ｐｏとしての原点と第１仮想カメラ位置Ｐ１１とを通る直線を中心とした回転方向における角度（ロール角）γの記載も省略されている。また、図１７では、多面体のうちの手前側の部分は輪郭が実線で描かれており、多面体のうちの奥側の部分は輪郭が細い破線で描かれている。また、図１７では、便宜的に対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの一例として六角形の上下面を有する部品が示されており、この部品の輪郭が太い破線で描かれている。

[0111] 第１形状情報取得部６１１２では、例えば、図１７で示されるように、対

象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏが中心とされて、この対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の三角形の仮想面Ｓｔ１を含む面集合体Ａｓ１が仮想的に設定される。そして、複数の三角形の仮想面Ｓｔ１のそれぞれに対して複数の仮想カメラ位置Ｐ１としての複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１が仮想的に設定される。

[0112] 図１７では、面集合体Ａｓ１の一例として、２００個程度の三角形の仮想面Ｓｔ１によって構成された球面状の多面体が示されている。図１７では、便宜的に複数の仮想面Ｓｔ１のうちの３つの三角形の仮想面Ｓｔ１に対して符合“Ｓｔ１”が付されている。そして、この３つの三角形の仮想面Ｓｔ１である仮想面Ｓｔ１ａ、仮想面Ｓｔ１ｂおよび仮想面Ｓｔ１ｃのそれぞれには便宜的に梨地を用いたハッチングが付されている。図１７では、複数の三角形の仮想面Ｓｔ１のうちの３つの仮想面Ｓｔ１に対してそれぞれ設定される第１仮想カメラ位置Ｐ１１が黒塗りの丸印で例示されている。より具体的には、仮想面Ｓｔ１ａに対して設定される第１仮想カメラ位置Ｐ１１に符合“Ｐ１１ａ”が付されており、仮想面Ｓｔ１ｂに対して設定される第１仮想カメラ位置Ｐ１１に符合“Ｐ１１ｂ”が付されており、仮想面Ｓｔ１ｃに対して設定される第１仮想カメラ位置Ｐ１１に符合“Ｐ１１ｃ”が付されている。ここでは、例えば、図１８で示されるように、１つの三角形の仮想面Ｓｔ１の所定位置としての１つの三角形の仮想面Ｓｔ１の中心に、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１が設定される。換言すれば、例えば、三角形の各仮想面Ｓｔ１の所定位置としての三角形の各仮想面Ｓｔ１の中心に、第１仮想カメラ位置Ｐ１１が設定される。

[0113] また、第１形状情報取得部６１１２では、例えば、図１７で示された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、第１仮想カメラ位置Ｐ１１からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。このとき、第１仮想カメラ位置Ｐ１１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラによる撮影方向は、第１仮想カメラ位置Ｐ１１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍ

の基準点Ｐｏに向かう方向に設定される。また、第１仮想カメラ位置Ｐ１１から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢を規定するロール角γは、例えば、ゼロ（０）度に設定される。

[0114] 図１７の下部には、３つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成される参照形状情報として、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状としての輪郭を示す画像（リファレンス画像）Ｉｖ１が例示されている。

[0115] ところで、対象部品の移動、あるいは基板処理装置１において対象部品が取り付けられる位置の誤差などによって、カメラＣＭと対象部品との距離が変化する場合が想定される。この場合には、カメラＣＭによる撮影で得られる実画像において、対象部品の大きさが変化し得る。これに対して、上述されたように、仮想カメラ位置Ｐ１を規定する距離Ｄを変化させると、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状の大きさが変化する。このため、カメラＣＭと対象部品との距離が変化する場合を想定すれば、第１形状情報取得部６１１２は、距離Ｄを異ならせた複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１を仮想的に設定して、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１について生成した参照形状情報を得る必要がある。

[0116] そこで、第１形状情報取得部６１１２は、例えば、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、Ｍ１×Ｔ１個（Ｍ１およびＴ１の何れも２以上の自然数）の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれから対象部品の３Ｄモデルが撮影される場合を想定して、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された、参照形状情報を取得する。Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１は、第１形状情報取得部６１１２によって、対象部品の３Ｄモデルの基準点からの距離が相互に異なるＴ１個の面集合体が仮想的に設定され、且つこのＴ１個の面集合体のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮

想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である。ここで、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第１仮想カメラ位置Ｐ１１からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデルの二次元形状に係る情報である。Ｍ１個は、例えば、１００個から３００個程度の範囲で適宜設定される。Ｔ１個は、例えば、３個から３０個程度の範囲で適宜設定される。

[0117] 図１９は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるＴ１個の面集合体が仮想的に設定される態様の一例を説明するための図である。図１９では、Ｔ１個の仮想的な球面（仮想球面ともいう）の外縁が、細い二点鎖線で描かれている。このＴ１個の仮想的な球面は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて仮想的に生成される。このＴ１個の仮想的な球面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる。さらに、このＴ１個の仮想的な球面のそれぞれは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心としてこの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む。図１９では、Ｔ１個の仮想的な球面Ｓｖ１，Ｓｖ２，・・・，ＳｖＴ１の外縁のうち、３つの仮想的な球面Ｓｖ１，Ｓｖ２，ＳｖＴ１の外縁以外の図示が省略されている。仮想的な球面Ｓｖ１は、Ｔ１個の仮想的な球面のうち、基準点Ｐｏからの距離が距離Ｄ１である１番目の仮想的な球面である。仮想的な球面Ｓｖ２は、Ｔ１個の仮想的な球面のうち、基準点Ｐｏからの距離が距離Ｄ２である２番目の仮想的な球面である。仮想的な球面ＳｖＴ１は、Ｔ１個の仮想的な球面のうち、基準点Ｐｏからの距離が距離ＤＴ１であるＴ１番目の仮想的な球面である。

[0118] 第１形状情報取得部６１１２では、例えば、図１９で示されるＴ１個の仮想的な球面Ｓｖ１，Ｓｖ２，・・・，ＳｖＴ１のそれぞれに沿って、図１７で示されたような面集合体Ａｓ１が仮想的に設定される。これにより、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１が仮想的に設定される。Ｔ１個の面集合体Ａｓ１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。換言すれば、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１は

、相互に大きさが異なるものの、相互に同一の形状を有しており且つ３Ｄモデル３ｄｍに対して同一の姿勢を有する。また、第１形状情報取得部６１１２では、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおいて、Ｍ１個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれに対して第１仮想カメラ位置Ｐ１１が仮想的に設定される。これにより、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおいて、Ｍ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１が仮想的に設定される。換言すれば、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１が仮想的に設定される。そして、第１形状情報取得部６１１２では、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合が想定されて、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、参照形状情報が生成される。

[0119] ＜＜第１算出部６１１３＞＞

第１算出部６１１３は、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する。

[0120] ここで、上述されたように、例えば、第１形状情報取得部６１１２によってＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された参照形状情報が取得される場合を想定する。この場合には、第１算出部６１１３は、上述されたＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する。

[0121] ここで、第１算出部６１１３における、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理について、１つの具体例が挙げられて説明される。

[0122] 図２０から図２４は、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例を説明するための図である。

[0123] 図２０には、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての参照形状情報と

してのリファレンス画像Ｉｖ１の一例が示されている。第１算出部６１１３では、例えば、第１形状情報取得部６１１２で取得された参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１と、画像処理部５９で取得された実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３（図８）との間で、輪郭の二次元形状の一致度を示す数値が算出される。

[0124] 第１算出部６１１３は、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、［処理１ａ］エッジ画像とリファレンス画像との間におけるロール角γのずれに対応する輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する処理、［処理１ｂ］ロール角γのずれに応じたエッジ画像の回転を行う処理、ならびに［処理１ｃ］回転後のエッジ画像を対象としたリファレンス画像との一致度が最大となる領域の位置を検出する処理、をこの記載の順に行う。

[0125] 上記処理１ａでは、第１算出部６１１３は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、回転不変位相限定相関（ＲＩＰＯＣ）法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。この輪郭の二次元形状の向きのずれ量は、画像上における輪郭の回転方向のずれ量である。ここでは、第１算出部６１１３は、例えば、図２１で示されるように、画像処理部５９から入力された実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３を、複数の比較対象領域Ｒｅ１に分けた上で、比較対象領域Ｒｅ１ごとに、ＲＩＰＯＣ法によって、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ１を算出する。このずれ量γ１は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0126] 各比較対象領域Ｒｅ１のサイズは、例えば、参照形状情報としてのリファレンス画像のサイズを基準として、縦方向および横方向のそれぞれにおいて１倍以上で且つ数倍以下（例えば、３倍）に設定される。また、複数の比較

対象領域Ｒｅ１は、隣り合う比較対象領域Ｒｅ１において相互に一部が重複するように設定される。図２１の例では、エッジ画像Ｉｒ３において、６つの比較対象領域Ｒｅ１が設定されている。図２１では、１つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第１比較対象領域Ｒｅ１１の外縁が太い一点鎖線で描かれている。２つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第２比較対象領域Ｒｅ１２の外縁が細い一点鎖線で描かれている。３つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第３比較対象領域Ｒｅ１３の外縁が太い破線で描かれている。４つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第４比較対象領域Ｒｅ１４の外縁が細い破線で描かれている。５つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第５比較対象領域Ｒｅ１５の外縁が太い二点鎖線で描かれている。６つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第６比較対象領域Ｒｅ１６の外縁が細い二点鎖線で描かれている。ここでは、第１算出部６１１３は、複数の比較対象領域Ｒｅ１のうち、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る１つの比較対象領域Ｒｅ１と、この１つの比較対象領域Ｒｅ１と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ１と、を検出する。

[0127] 上記処理１ｂでは、第１算出部６１１３は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像を、上記処理１ａで検出されたずれ量γ１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、第１算出部６１１３は、例えば、上記処理１ａで検出された比較対象領域Ｒｅ１のエッジ画像を、上記処理１ａで検出されたずれ量γ１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する比較対象領域Ｒｅ１における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。図２２および図２３には、例えば、図２２で示される４つ目の比較対象領域Ｒｅ１である第４比較対象領域Ｒｅ１４のエッジ画像が、ずれ量γ

１だけ回転されて、図２３で示される回転後のエッジ画像Ｉｒ４が生成される様子が示されている。図２３には、回転前の第４比較対象領域Ｒｅ１４のエッジ画像の外縁が細い二点鎖線で模式的に示されている。

[0128] 上記処理１ｃでは、第１算出部６１１３は、例えば、上記処理１ｂで生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、第１算出部６１１３は、例えば、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、参照形状情報としてのリファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大となる領域の位置（マッチング候補位置ともいう）が検出され得る。ここで言う一致度（類似度）は、特に限定されないものの、この一致度には、例えば、回転後のエッジ画像の各部分領域とリファレンス画像とを重畳させた場合における、回転後のエッジ画像の部分領域に対するリファレンス画像の一致の程度が適用される。この一致度（類似度）は、例えば、画素値の差分の二乗和（Sum of Squared Difference）、画素値の差分の絶対値の和（Sum of Absolute Difference）、正規化相互相関、または零平均正規化相互相関などの公知の一致度（類似度）を示すスコア（マッチングスコアともいう）を用いて表現されてよい。また、ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。換言すれば、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１について、回転後のエッジ画像内の部分領域に対するリファレンス画像の一致度が最大となる場合におけるこの一致度が、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度とされる。ここでは、一致度

を示す数値は、例えば、一致度を示すマッチングスコアであってよい。例えば、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が大きいほど、一致度を示すマッチングスコアが大きくなってもよいし、一致度を示すマッチングスコアが小さくなってもよい。換言すれば、一致度を示すマッチングスコアが大きいほど、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が大きいものと評価され得る場合と、一致度を示すマッチングスコアが小さいほど、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が大きいものと評価され得る場合と、がある。以下では、特に条件が記載されていない場合には、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が大きいほど一致度を示すマッチングスコアが大きくなるものとする。図２４には、エッジ画像Ｉｒ４におけるマッチング候補位置Ｐｍ０の一例の外縁が細い二点鎖線で描かれている。

[0129] ＜＜第１検出部６１１４＞＞

第１検出部６１１４は、第１算出部６１１３による算出結果に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１である高一致度仮想カメラ位置を検出する。ここでは、例えば、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、第１算出部６１１３によって実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間について算出されたマッチングスコアが最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１が高一致度仮想カメラ位置として検出されてよい。

[0130] ここで、上述されたように、例えば、第１形状情報取得部６１１２によってＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された参照形状情報が取得される場合を想定する。この場合には、第１検出部６１１４は、第１算出部６１１３による算出結果に基づいて、Ｍ１×Ｔ１個の第

１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である高一致度仮想カメラ位置を検出する。ここでは、例えば、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、第１算出部６１１３によって実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間について算出されたマッチングスコアが最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１が高一致度仮想カメラ位置として検出されてよい。

[0131] また、第１検出部６１１４は、例えば、高一致度仮想カメラ位置を検出する際に、第１算出部６１１３によって高一致度仮想カメラ位置について検出されたマッチング候補位置を対象部品候補位置として併せて検出する。

[0132] ＜３－２－２－２．第２探索処理部＞

第２探索処理部６１２は、複数の機能処理部として、例えば、照合対象領域設定部６１２１、分割面生成部６１２２、第２形状情報生成部６１２３、第２算出部６１２４および第２検出部６１２５を含む。これらの照合対象領域設定部６１２１、分割面生成部６１２２、第２形状情報生成部６１２３、第２算出部６１２４および第２検出部６１２５は、例えば、制御部４５（より具体的には、演算部４５ａ）において、記憶部４５ｂに格納されているプログラムＰｇ１をＣＰＵが読み出して実行することで実現される。第２探索処理部６１２では、例えば、分割面生成部６１２２、第２形状情報生成部６１２３、第２算出部６１２４および第２検出部６１２５によって２次探索処理が実現され得る。

[0133] ＜＜照合対象領域設定部６１２１＞＞

照合対象領域設定部６１２１は、第１検出部６１１４によって検出された対象部品候補位置に基づいて、輪郭抽出部５９２で取得された実形状情報としてのエッジ画像のうちの第２算出部６１２４におけるマッチング（照合）の処理に用いる領域（照合対象領域ともいう）を設定する。これにより、第２算出部６１２４の処理における計算量が低減され、第２算出部６１２４の処理の効率が向上し得る。

[0134] 図２５は、輪郭抽出部５９２で取得された実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３に照合対象領域Ｒｅ２が設定される一具体例を示す図である。図２５で示されるように、エッジ画像Ｉｒ３に対して、第１検出部６１１４によって検出された対象部品候補位置Ｐｍ１を包含し、且つ対象部品候補位置Ｐｍ１よりも大きなサイズの領域が、照合対象領域Ｒｅ２として設定される。図２５では、対象部品候補位置Ｐｍ１の外縁が細い二点鎖線で描かれており、照合対象領域Ｒｅ２の外縁が太い破線で描かれている。照合対象領域Ｒｅ２のサイズは、例えば、対象部品候補位置Ｐｍ１のサイズを基準として、縦方向および横方向のそれぞれにおいて１倍よりも大きく且つ数倍以下（例えば、２倍）に設定される。

[0135] ＜＜分割面生成部６１２２＞＞

分割面生成部６１２２は、複数の仮想面Ｓｔ１のうち、第１検出部６１１４で検出された高一致度仮想カメラ位置が仮想的に設定された仮想面である高一致度仮想面を分割することで、複数の分割後の仮想面（仮想分割面ともいう）を生成する。複数の仮想面Ｓｔ１は、面集合体Ａｓ１を構成しており且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心としてこの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿って位置する。

[0136] 図２６は、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが複数の仮想分割面Ｓｔ２に分割される一具体例を模式的に示す図である。図２６には、図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面である場合についての一具体例が示されている。図２６では、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが白抜きの丸印で示されている。図２６で示されるように、分割面生成部６１２２は、例えば、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍにおける３つの頂点と、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍを、複数の仮想分割面Ｓｔ２としての３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割する。これにより、仮想面の分割が容易に行われ得る。

[0137] ここで、上述されたように、例えば、第１形状情報取得部６１１２によっ

てＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成した参照形状情報が取得される場合を想定する。この場合には、分割面生成部６１２２は、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１のうち、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍを含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるＴ２個（Ｔ２は２以上の自然数）の仮想面Ｓｔ１、のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれについてＭ２個（Ｍ２は２以上の自然数）の仮想分割面Ｓｔ２を生成することで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２を生成する。ここでは、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍの側において基準点Ｐｏと高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとを通る直線と交差しているとともに、基準点Ｐｏからの距離が相互に異なっている複数の仮想面Ｓｔ１である。Ｔ２個は、例えば、Ｔ１個と同一である。Ｔ２個は、例えば、Ｔ１個未満であってもよい。

[0138] 図２７は、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１の一例を模式的に示すイメージ図である。図２７では、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍに向かう方向（第１方向ともいう）Ｄｒ１１が細線で描かれた矢印で示されており、基準点Ｐｏと高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとを通る直線Ｌｎ１１が細い二点鎖線で描かれている。図２７では、基準点Ｐｏを通り且つ上記のＴ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれの外縁を通る線が細い破線で描かれている。図２７では、便宜的にＴ２個の仮想面Ｓｔ１のうち、３個の仮想面Ｓｔ１が描かれており、その他の仮想面Ｓｔ１の図示が省略されている。図２７で示されるように、上記のＴ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、直線Ｌｎ１１のうちの基準点Ｐｏよりも高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍの側に位置している部分と交差している。

[0139] ここでは、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見

た場合、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。これにより、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１においては、Ｍ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ２個の仮想分割面Ｓｔ２が存在する状態となる。

[0140] 上述されたＴ２個の仮想面Ｓｔ１の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれを同じ形で分割するルールであってよい。換言すれば、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合に、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれを、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割するルールであってよい。さらに換言すれば、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１の間においてＭ２個の仮想分割面のそれぞれについて同一の形状のＴ２個の分割仮想面が生成されるように、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１を分割するルールであってよい。上述されたＴ２個の仮想面Ｓｔ１の分割に係る同一のルールは、例えば、分割の対象である面（分割対象面ともいう）の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。これにより、分割対象面の分割が容易に行われ得る。図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、Ｍ２個は、３個であってよい。この場合には、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、図２６で示された高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同様に、３つの頂点と、第１仮想カメラ位置Ｐ１１とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割されてよい。これにより、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ２に

分割され得る。

[0141] ＜＜第２形状情報生成部６１２３＞＞

第２形状情報生成部６１２３は、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、分割面生成部６１２２によって生成された複数の仮想分割面Ｓｔ２に設定される複数の仮想カメラ位置（第２仮想カメラ位置）Ｐ１２のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、参照形状情報を生成する。複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２は、分割面生成部６１２２によって生成された複数の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、仮想カメラ位置（より具体的には、第２仮想カメラ位置Ｐ１２）からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。

[0142] 各仮想分割面Ｓｔ２では、例えば、仮想分割面Ｓｔ２の所定の位置に第２仮想カメラ位置Ｐ１２が仮想的に設定される。所定の位置には、例えば、仮想分割面Ｓｔ２の中心の位置が適用される。仮想分割面Ｓｔ２の中心には、例えば、仮想分割面Ｓｔ２の重心が適用される。例えば、図２６で示されるように、各仮想分割面Ｓｔ２に、第２仮想カメラ位置Ｐ１２が設定される。複数の仮想分割面Ｓｔ２が三角形の面であれば、仮想分割面Ｓｔ２の中心は、例えば、三角形の重心であってもよいし、内心であってもよい。

[0143] 第２形状情報生成部６１２３では、例えば、図２６で示された複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、第２仮想カメラ位置Ｐ１２からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。このとき、第２仮想カメラ位置Ｐ１２から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラによる撮影

方向は、第２仮想カメラ位置Ｐ１２から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏに向かう方向に設定される。第２仮想カメラ位置Ｐ１２から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢を規定するロール角γは、例えば、ゼロ（０）度に設定される。

[0144] ここで、上述されたように、例えば、第１形状情報取得部６１１２によってＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された参照形状情報が取得される場合を想定する。この場合には、第２形状情報生成部６１２３は、例えば、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、参照形状情報を生成する。Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２は、上述されたＭ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ２×Ｔ２個の仮想カメラ位置である。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第２仮想カメラ位置Ｐ１２からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。

[0145] ここでは、Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２は、例えば、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれにおいて図２６で示されたように複数の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに設定された第２仮想カメラ位置Ｐ１２によって構成される。

[0146] ＜＜第２算出部６１２４＞＞

第２算出部６１２４は、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する。

[0147] 上記のようにして、本第１実施形態では、複数の仮想面Ｓｔ１のうちの第

１検出部６１１４によって検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが設定された仮想面（高一致度仮想面）Ｓｔ１ｍが分割されることで生成された複数の仮想面（仮想分割面）Ｓｔ２のそれぞれに第２仮想カメラ位置Ｐ１２が設定され、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。このため、１次探索処理における高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと２次探索処理における複数の仮想分割面Ｓｔ２とは無関係な面ではなく、複数の仮想分割面Ｓｔ２については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置１において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0148] 上述されたように、例えば、第１形状情報取得部６１１２によってＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された参照形状情報が取得される場合を想定する。この場合には、第２算出部６１２４は、上記のＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する。これにより、例えば、対象部品の移動あるいは基板処理装置１において対象部品が取り付けられる位置の誤差などによって、カメラＣＭと対象部品との距離が変化する場合において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0149] ここで、第２算出部６１２４における、１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理について、１つの具体例が挙げられて説明される。

[0150] 第２算出部６１２４における、１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例は、上述された第１算出部６１１３における、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値の計算処理の一具体例と同様なものとなり得る。

[0151] 但し、第２算出部６１２４は、例えば、第２形状情報生成部６１２３で取得された参照形状情報としてのリファレンス画像と、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）との間で、輪郭の二次元形状の一致度を示す数値を算出する。

[0152] 第２算出部６１２４は、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、［処理２ａ］エッジ画像とリファレンス画像との間におけるロール角γのずれに対応する輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する処理、［処理２ｂ］ロール角γのずれに応じたエッジ画像の回転を行う処理、ならびに［処理２ｃ］回転後のエッジ画像を対象としたリファレンス画像との一致度が最大である領域の位置を検出する処理、をこの記載の順に行う。

[0153] 上記処理２ａでは、上記処理１ａと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。この輪郭の二次元形状の向きのずれ量は、画像上における輪郭の回転方向のずれ量である。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、ＲＩＰＯＣ法によって、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２を検出する。このずれ量γ２は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0154] 上記処理２ｂでは、上記処理１ｂと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像を、上記処理２ａで検出されたずれ量γ２を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが

整合する。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、照合対象領域Ｒｅ２のエッジ画像を、上記処理２ａで検出されたずれ量γ２を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域Ｒｅ２における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0155] 上記処理２ｃでは、上記処理１ｃと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、上記処理２ｂで生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、参照形状情報としてのリファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大である領域の位置（マッチング候補位置）が検出され得る。ここで言う一致度（類似度）は、特に限定されないものの、この一致度には、例えば、回転後のエッジ画像の各部分領域とリファレンス画像とを重畳させた場合における、回転後のエッジ画像の部分領域に対するリファレンス画像の一致の程度が適用される。この一致度（類似度）は、例えば、上述されたように、画素値の差分の二乗和、画素値の差分の絶対値の和、正規化相互相関、または零平均正規化相互相関などの公知の一致度（類似度）を示すスコア（マッチングスコア）が用いられて表現されてよい。また、ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第２仮想カメラ位置Ｐ１２についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。換言すれば、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、回転後のエッジ画像内の部分領域に対する

リファレンス画像の一致度が最大となる場合におけるこの一致度が、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度とされる。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0156] ＜＜第２検出部６１２５＞＞

第２検出部６１２５は、第１検出部６１１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍ、ならびに上述されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する。これにより、実形状情報と参照形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置が効率良く検出され得る。

[0157] ここでは、例えば、第１算出部６１１３によって高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについて算出されたマッチングスコア、ならびに第２算出部６１２４によってＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍおよびＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった仮想カメラ位置が検出される。

[0158] ここで、第２検出部６１２５によって検出された仮想カメラ位置は、対象部品についての探索処理において、第２検出部６１２５によって１番目に検出された仮想カメラ位置とされる。この第２検出部６１２５で１番目に検出された仮想カメラ位置は、例えば、後述する１番目の基準仮想カメラ位置となる。本明細書において、Ｘ番目（Ｘは自然数）とは、１つの対象部品についての探索処理を行う際におけるＸ番目を意味している。

[0159] ＜３－２－２－３．単位処理の繰り返し＞

探索処理部６１は、例えば、第２探索処理部６１２によって、対象部品について、第１の単位処理を実行した後に、１回以上の第ｎの単位処理（ｎは

２以上の自然数）を実行する。

[0160] 単位処理は、互いに同一または類似の２回以上の特定の処理が繰り返される場合における、この特定の処理を意味している。本第１実施形態では、第１の単位処理と第ｎの単位処理とは、類似する処理であり、第ｎの単位処理どうしは、実質的に同一の処理である。ここで、第１の単位処理は、２回以上の単位処理における１回目の単位処理を意味している。第ｎの単位処理における２以上の自然数である変数ｎは、第ｎの単位処理が何回目の単位処理であるかを示している。換言すれば、第ｎの単位処理は、２回以上の単位処理におけるｎ回目の単位処理を意味している。例えば、変数ｎが２であれば、第ｎの単位処理は、２回目の単位処理である第２の単位処理を意味する。別の観点から言えば、１回以上の第ｎの単位処理が実行される際には、２以上の自然数である変数ｎが初期値としての２に設定され、第ｎの単位処理が行われるたびに、変数ｎに１が加算されて、次回の第ｎの単位処理が行われる。そして、探索処理部６１が、第１の単位処理を実行した後に、１回以上の第ｎの単位処理を実行するとは、例えば、探索処理部６１が、第１の単位処理と、第２の単位処理と、・・・を順に実行することを意味する。例えば、探索処理部６１が、第１の単位処理を実行した後に、１回の第ｎの単位処理を実行する場合には、探索処理部６１が、第１の単位処理と、第２の単位処理と、を順に実行する。探索処理部６１が、第１の単位処理を実行した後に、２回の第ｎの単位処理を実行する場合には、探索処理部６１が、第１の単位処理と、第２の単位処理と、第３の単位処理と、を順に実行する。

[0161] 第１の単位処理は、例えば、探索処理部６１において対象部品についての２次探索処理が行われる際に、第２検出部６１２５によって仮想カメラ位置が１番目に検出されたことに応答して開始される。

[0162] ここで、探索処理部６１は、第２探索処理部６１２によって、第１の単位処理において、下記の第１Ａ処理と、下記の第１Ｂ処理と、下記の第１Ｃ処理と、下記の第１Ｄ処理と、を順に行う。また、探索処理部６１は、第２探索処理部６１２によって、第ｎの単位処理において、下記の第ｎＡ処理と、

下記の第ｎＢ処理と、下記の第ｎＣ処理と、下記の第ｎＤ処理と、を順に行う。換言すれば、探索処理部６１は、第２探索処理部６１２によって、１回以上の第ｎの単位処理のそれぞれにおいて、下記の第ｎＡ処理と、下記の第ｎＢ処理と、下記の第ｎＣ処理と、下記の第ｎＤ処理と、を順に行う。

[0163] ＜＜第１Ａ処理＞＞

第１Ａ処理は、分割面生成部６１２２が、１番目のＭ３×Ｔ３個（Ｍ３およびＴ３はそれぞれ２以上の自然数）の仮想分割面を生成する処理である。この処理では、分割面生成部６１２２は、上記のＴ２個の仮想面Ｓｔ１がそれぞれ分割されることで生成された、複数の仮想分割面であるＴ３個の仮想分割面（１番目のＴ３個の仮想分割面ともいう）、のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面（１番目のＭ３個の仮想分割面ともいう）を生成することで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。ここでは、１番目のＴ３個の仮想分割面は、第２検出部６１２５で１番目に検出された仮想カメラ位置である１番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面（１番目の基準仮想分割面ともいう）を含み、且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる。さらに、１番目のＴ３個の仮想分割面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも１番目の基準仮想カメラ位置の側において該基準点Ｐｏと該１番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線に交差している複数の仮想分割面である。Ｔ３個は、例えば、Ｔ２個と同一である。Ｔ３個は、例えば、Ｔ２個未満であってもよい。

[0164] ここで、１番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを同じ形で分割するルールであってよい。換言すれば、１番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合に、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小

された相似の関係の形状を有する線で分割するルールであってよい。さらに換言すれば、１番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、１番目のＴ３個の仮想分割面の間においてＭ３個の仮想分割面のそれぞれについて同一の形状のＴ３個の分割仮想面が生成されるように、１番目のＴ３個の仮想分割面を分割するルールであってよい。これにより、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２においては、Ｍ３個の仮想分割面のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ３個の仮想分割面が存在する状態となる。１番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、例えば、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。これにより、分割対象面の分割が容易に行われ得る。Ｍ３個は、例えば、Ｍ２個と同一であってよい。１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが三角形の面であれば、Ｍ３個は３個であってよい。

[0165] 図２８は、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２の一例を模式的に示すイメージ図である。図２８では、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１に向かう方向（第２方向ともいう）Ｄｒ１２が細線で描かれた矢印で示されており、基準点Ｐｏと１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１とを通る直線Ｌｎ１２が細い二点鎖線で描かれている。図２８では、基準点Ｐｏを通り且つ上記の１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれの外縁を通る線が細い破線で描かれている。図２８では、便宜的に、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のうち、３個の仮想分割面Ｓｔ２が描かれており、その他の仮想分割面Ｓｔ２の図示が省略されている。図２８で示されるように、上記の１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、直線Ｌｎ１２のうちの基準点Ｐｏよりも１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１の側に位置している部分と交差している。ここでは、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として

、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0166] この第１Ａ処理では、第２検出部６１２５によって１番目に検出された仮想カメラ位置（１番目の基準仮想カメラ位置）Ｐｓ１に応じて、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面の生成方法が異なる。より具体的には、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１が、上述されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうちの何れか１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２である場合（１番目の第１の場合ともいう）と、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１が、第１検出部６１１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍである場合（１番目の第２の場合ともいう）とで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面の生成方法が異なる。

[0167] ＜＜＜１番目の第１の場合＞＞＞

第２検出部６１２５によって、上述されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうちの何れか１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２が、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１として検出された場合には、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍよりも、上述されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の何れかについて、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が大きい。

[0168] 換言すれば、１次探索処理において第１算出部６１１３によって算出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度よりも、２次探索処理の第１の単位処理において第２算出部６１２４によって算出されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の何れかについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度が大きい。より具体的には、例えば、１次探索処理において第１算出部６１１３によって算出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアよりも、２次探索処理の第１の単位処理において第２算出部６１２４によって算出されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の何れかについての実形状情報と参

照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアが大きい。

[0169] そこで、分割面生成部６１２２は、上述されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな第２仮想カメラ位置Ｐ１２を次の仮想面の分割の基準である１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１として、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。これにより、例えば、２次探索処理において、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置が探索され得る。

[0170] ここでは、分割面生成部６１２２は、上述されたＭ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１を包含する仮想分割面（１番目の基準仮想分割面）を含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面である１番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１の側において該基準点Ｐｏと該１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１とを通る直線Ｌｎ１２に交差している複数の仮想分割面Ｓｔ２である。

[0171] ここで、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２の分割に係る同一のルールは、上述されたように、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。例えば、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが三角形であれば、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、３つの頂点と、第２仮想カメラ位置Ｐ１２とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、Ｍ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割されてよい。これにより、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、

３つの三角形の仮想分割面に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される。

[0172] ここで、例えば、図２６における３つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうちの左上の１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２が１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１として検出された場合を想定する。この場合には、図２６で示されるように、仮想面Ｓｔ１が分割されることで生成された３つの仮想分割面Ｓｔ２のうちの１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１を包含する仮想分割面Ｓｔ２が、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１となる。

[0173] 図２９は、分割面生成部６１２２によって１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される第１の具体例を説明するための図である。図２９では、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１の分割について示されている。１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、分割面生成部６１２２によって生成されたＭ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のうちのＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２である。１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。図２９には、図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面である場合についての一具体例が示されている。図２９では、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１が白抜きの丸印で示されている。図２９で示されるように、分割面生成部６１２２は、例えば、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１における３つの頂点と、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１とを結ぶ３つの線分によって、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１を、１番目のＭ３個の仮想分割面としての３つの仮想分割面Ｓｔ３に分割する。

[0174] ここでは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成され

る。これにより、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２においては、Ｍ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３が存在する状態となる。Ｍ３個は、例えば、Ｍ２個と同一であってよい。

[0175] 図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、Ｍ３個は、Ｍ２個と同じく、３個であってよい。この場合には、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、図２９で示された１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１と同様に、３つの頂点と、第２仮想カメラ位置Ｐ１２とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ３に分割されてよい。これにより、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ３に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。

[0176] ＜＜＜１番目の第２の場合＞＞＞

第２検出部６１２５によって、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１として検出された場合には、上述したＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の何れよりも、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについて、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が大きい。

[0177] 換言すれば、１次探索処理において第１算出部６１１３によって算出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度よりも、２次探索処理において第２算出部６１２４によって算出されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の全てについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度が小さい。より具体的には、例えば、１次探索処理において第１算出部６１１３によって算出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアよりも、２次探索処理において第２

算出部６１２４によって算出されたＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２の全てについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアが小さい。

[0178] そこで、分割面生成部６１２２は、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを次の仮想面の分割の基準である１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１として、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３を生成する。これにより、例えば、２次探索処理において、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置が探索され得る。

[0179] ここでは、分割面生成部６１２２は、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍと同一である１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１を包含する仮想分割面（１番目の基準仮想分割面）を含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面である１番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。１番目のＴ３個の仮想分割面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１の側において該基準点Ｐｏと該１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１とを通る直線Ｌｎ１２に交差している複数の仮想分割面である。

[0180] ここで、１番目の基準仮想分割面は、所定のルールで設定される。例えば、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、複数の仮想面Ｓｔ１のうちの高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが各辺の中点を結ぶ線で分割されることで生成される４個の三角形の仮想分割面のうち、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを包含する１つの仮想分割面が、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１として設定されてよい。ここで、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0181] 図３０および図３１は、それぞれ分割面生成部６１２２によって１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される第２の具体例を説明するため

の図である。図３０および図３１には、図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面である場合についての一具体例が示されている。図３０および図３１では、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１としての高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが白抜きの丸印で示されている。

[0182] ここでは、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが分割されることで生成された、Ｍ４個（Ｍ４は２以上の自然数）の仮想分割面のうち、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１としての高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを包含する仮想分割面が、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１となる。ここで、Ｍ４個の仮想分割面のそれぞれは、仮想面Ｓｔ１が分割されることで生成された面であるため、再設定された仮想分割面Ｓｔ２とされる。例えば、図３０で示されるように、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが、この高一致度仮想面Ｓｔ１ｍの各辺の中点をそれぞれ結ぶ３つの線分で分割されることで、Ｍ４個としての４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。そして、この４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ２のうち、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１としての高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを包含する仮想分割面Ｓｔ２が、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１となる。ここで、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0183] ここでは、上記のＴ２個の仮想面Ｓｔ１のうちのＴ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同じルールで分割されることで、Ｔ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが、Ｍ４個の仮想分割面Ｓｔ２に分割される。別の観点から言えば、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、Ｔ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、Ｍ４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。そして、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１を含む１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、Ｍ４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの一部であり、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大

および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0184] 例えば、上記のＴ２個の仮想面Ｓｔ１のうちのＴ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、図３０で示された高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同様に、各辺の中点をそれぞれ結ぶ線で分割されてよい。これにより、Ｔ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ２に分割され得る。別の観点から言えば、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、Ｔ３個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。そして、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１を含む１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの一部であり、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0185] ここで、１番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、例えば、上述されたように、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。例えば、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが三角形であれば、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、３つの頂点と、第１仮想カメラ位置Ｐ１１とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、Ｍ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割されてよい。これにより、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される。

[0186] 図３１では、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１の分割について示されている。１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。図３１で示されるように、分割面生成部６１２２は、例えば、１番目の基準仮

想分割面Ｓｓ１における３つの頂点と、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１としての高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１を、１番目のＭ３個の仮想分割面としての３つの仮想分割面Ｓｔ３に分割する。

[0187] ここでは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。これにより、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２においては、Ｍ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３が存在する状態となる。

[0188] 図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、Ｍ３個は、３個であってよい。この場合には、１番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、図３１で示された１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１と同様に、３つの頂点と、第１仮想カメラ位置Ｐ１１とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ３に分割されてよい。これにより、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ３に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。

[0189] ＜＜第１Ｂ処理＞＞

第１Ｂ処理は、第２形状情報生成部６１２３が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、参照形状情報を生成する処理である。１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置は、第１Ａ処理で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想

分割面Ｓｔ３のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置である。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、仮想カメラ位置から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。

[0190] １番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれでは、例えば、仮想分割面Ｓｔ３の所定の位置に第３仮想カメラ位置Ｐ１３が仮想的に設定される。所定の位置には、例えば、仮想分割面Ｓｔ３の中心の位置が適用される。仮想分割面Ｓｔ３の中心には、例えば、仮想分割面Ｓｔ３の重心が適用される。例えば、図２９または図３１で示されるように、各仮想分割面Ｓｔ３に、第３仮想カメラ位置Ｐ１３が設定される。１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれが三角形の面であれば、仮想分割面Ｓｔ３の中心は、例えば、三角形の重心であってもよいし、内心であってもよい。図２９または図３１では、第３仮想カメラ位置Ｐ１３が黒丸で示されている。

[0191] 第２形状情報生成部６１２３では、例えば、図２９または図３１で示された複数の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて、第３仮想カメラ位置Ｐ１３からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。このとき、第３仮想カメラ位置Ｐ１３から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラによる撮影方向は、第３仮想カメラ位置Ｐ１３から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏに向かう方向に設定される。第３仮想カメラ位置Ｐ１３から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢を規定するロール角γは、例えば、ゼロ（０）度に設定される。ここでは、各第３仮想カメラ位置Ｐ１３について、例えば、図１０で模式的に示されたような、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１が生成される。

[0192] ＜＜第１Ｃ処理＞＞

第１Ｃ処理は、第２算出部６１２４が、上記の１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理である。

[0193] 第１Ｃ処理において、第２算出部６１２４は、例えば、第１Ｂ処理において第２形状情報生成部６１２３で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像と、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）との間で、輪郭の二次元形状の一致度を示す数値を算出する。

[0194] 第１Ｃ処理において、第２算出部６１２４は、各第３仮想カメラ位置Ｐ１３について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、［処理２ａ１］エッジ画像とリファレンス画像との間におけるロール角γのずれに対応する輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する処理、［処理２ｂ１］ロール角γのずれに応じたエッジ画像の回転を行う処理、ならびに［処理２ｃ１］回転後のエッジ画像を対象としたリファレンス画像との一致度が最大である領域の位置を検出する処理、をこの記載の順に行う。

[0195] 上記処理２ａ１では、上記処理２ａと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。この輪郭の二次元形状の向きのずれ量は、画像上における輪郭の回転方向のずれ量である。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、ＲＩＰＯＣ法によって、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２１を算出する。このずれ量γ２１は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一

致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0196] 上記処理２ｂ１では、上記処理２ｂと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像を、上記処理２ａ１で検出されたずれ量γ２１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、例えば、第２算出部６１２４は、照合対象領域Ｒｅ２のエッジ画像を、上記処理２ａ１で検出されたずれ量γ２１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域Ｒｅ２における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0197] 上記処理２ｃ１では、上記処理２ｃと同様に、第２算出部６１２４は、例えば、上記処理２ｂ１で生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大である領域の位置（マッチング候補位置）が検出され得る。また、ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第３仮想カメラ位置Ｐ１３についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。換言すれば、各第３仮想カメラ位置Ｐ１３について、回転後のエッジ画像内の部分領域に対するリファレンス画像の一致度が最大となる場合におけるこの一致度が、実形状

情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度とされる。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0198] ＜＜第１Ｄ処理＞＞

第１Ｄ処理は、第２検出部６１２５が、上記の１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１ならびに上記の１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である２番目の基準仮想カメラ位置を検出する処理である。

[0199] ここでは、例えば、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１について算出されたマッチングスコア、ならびに第１Ｃ処理において第２算出部６１２４によって１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１および１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間について算出されたマッチングスコアが最も大きい仮想カメラ位置が２番目の基準仮想カメラ位置として検出される。

[0200] ＜＜第ｎＡ処理＞＞

第ｎＡ処理は、分割面生成部６１２２が、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する処理である。この処理では、分割面生成部６１２２は、ｎ－１番目のＴ３個の仮想分割面がそれぞれ分割されることで生成された、Ｔ３個の仮想分割面（ｎ番目のＴ３個の仮想分割面ともいう）、のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面（ｎ番目のＭ３個の仮想分割面ともいう）を生成することで、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。ここでは、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面は、第２検出部６１２５でｎ番目に検出された仮想カメラ位置であるｎ番目の基準仮想カメラ

位置を包含する仮想分割面（ｎ番目の基準仮想分割面ともいう）を含み、且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる。さらに、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりもｎ番目の基準仮想カメラ位置の側において該基準点Ｐｏと該ｎ番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差している複数の仮想分割面である。

[0201] ここで、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを同じ形で分割するルールであってよい。換言すれば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合に、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割するルールであってよい。さらに換言すれば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見て、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の間においてＭ３個の仮想分割面のそれぞれについて同一の形状のＴ３個の分割仮想面が生成されるように、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面を分割するルールであってよい。ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、例えば、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。これにより、分割対象面の分割が容易に行われ得る。

[0202] 図３２は、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３の一具体例である２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３の一例を模式的に示すイメージ図である。図３２では、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２に向かう方向（第３方向ともいう）Ｄｒ１３が細線で描かれた矢印で示されており、基準点Ｐｏと２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２とを通る直線Ｌｎ１３が細い二点鎖線で描かれている。図３２では、基準点Ｐｏ

を通り且つ上記の２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれの外縁を通る線が細い破線で描かれている。図３２では、便宜的に、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうち、３個の仮想分割面Ｓｔ３が描かれており、その他の仮想分割面Ｓｔ３の図示が省略されている。図３２で示されるように、上記の２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、直線Ｌｎ１３のうちの基準点Ｐｏよりも２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２の側に位置している部分と交差している。ここでは、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３は、探索対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0203] この第ｎＡ処理では、第２検出部６１２５によってｎ番目に検出された仮想カメラ位置（ｎ番目の基準仮想カメラ位置）に応じて、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面の生成方法が異なる。より具体的には、ｎ番目の基準仮想カメラ位置が、ｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうちの何れか１つの第３仮想カメラ位置である場合（ｎ番目の第１の場合ともいう）と、ｎ番目の基準仮想カメラ位置が、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置である場合（ｎ番目の第２の場合ともいう）とで、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面の生成方法が異なる。

[0204] ＜＜＜ｎ番目の第１の場合＞＞＞

第２検出部６１２５によって、上述したｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうちの何れか１つの第３仮想カメラ位置が、ｎ番目の基準仮想カメラ位置として検出された場合には、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置よりも、上述したｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置の何れかについて、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が大きい。

[0205] 例えば、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアよりも、ｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置の何れかについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアが大きい。

[0206] そこで、分割面生成部６１２２は、上述したｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな第３仮想カメラ位置を次の仮想面の分割の基準であるｎ番目の基準仮想カメラ位置として、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。これにより、例えば、２次探索処理において、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がさらに大きくなる仮想カメラ位置が探索され得る。

[0207] ここでは、分割面生成部６１２２は、上述したｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のうちのｎ番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面であるｎ番目の基準仮想分割面を含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。ｎ番目のＴ３個の仮想分割面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりもｎ番目の基準仮想カメラ位置の側において該基準点Ｐｏと該ｎ番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差している複数の仮想分割面である。

[0208] ここで、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、上述されたように、例えば、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。例えば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形であれば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、３つの頂点と、ｎ－１番目の第３仮想カメラ位置とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、ｎ番目のＭ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割されてよい。これにより、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としてのｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される。

[0209] ここで、例えば、図２９における３つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３のうちの下側の１つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３が２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２として検出された場合を想定する。この場合には、図２９で示されるように、仮想分割面Ｓｔ２を分割することで生成された、３つの仮想分割面Ｓｔ３のうちの２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２を包含する仮想分割面Ｓｔ３が、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２となる。

[0210] 図３３は、分割面生成部６１２２によってｎ番目のＭ３×Ｔ３個の一例としての２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される第１の具体例を説明するための図である。図３３では、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうちの２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２の分割について示されている。２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３は、分割面生成部６１２２によって生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうちの Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３である。２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。図３３には、図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面である場合についての一具体例が示されている。図３３では、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２が白抜きの丸印で示されている。図３３で示されるように、分割面生成部６１２２は、例えば、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２における３つの頂点と、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２を、２番目のＭ３個の仮想分割面としての３つの仮想分割面Ｓｔ３ａに分割する。

[0211] ここでは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される。これにより、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３においては、Ｍ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａのそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの

基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが存在する状態となる。

[0212] 図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、図３３で示された２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２と同様に、３つの頂点と、第３仮想カメラ位置Ｐ１３とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ３ａに分割されてよい。これにより、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ３ａに分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての２番目の３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される。

[0213] ＜＜＜ｎ番目の第２の場合＞＞＞

第２検出部６１２５によって、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置が、ｎ番目の基準仮想カメラ位置として検出された場合には、上述したｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置の何れよりも、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置について、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が大きい。

[0214] 換言すれば、第１算出部６１１３または第２算出部６１２４によって算出されたｎ－１番目の基準仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度よりも、第ｎ－１の単位処理において第２算出部６１２４によって算出されたｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置の全てについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度が小さい。より具体的には、例えば、第１算出部６１１３または第２算出部６１２４によって算出されたｎ－１番目の基準仮想カメラ位置についての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアよりも、第ｎ－１の単位処理において第２算出部６１２４によって算出されたｎ－１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置の全てについての実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示すマッチングスコアが小さい。

[0215] そこで、分割面生成部６１２２は、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置を次の仮想分割面の分割の基準であるｎ番目の基準仮想カメラ位置として、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。これにより、例えば、２次探索処理において、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がさらに大きくなる仮想カメラ位置が探索され得る。

[0216] ここでは、分割面生成部６１２２は、ｎ－１番目の基準仮想カメラ位置と同一であるｎ番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面（ｎ番目の基準仮想分割面）を含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。ｎ番目のＴ３個の仮想分割面は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりもｎ番目の基準仮想カメラ位置の側において該基準点Ｐｏと該ｎ番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差している複数の仮想分割面である。

[0217] ここで、ｎ番目の基準仮想分割面は、所定のルールで設定される。

[0218] 例えば、変数ｎが２である場合には、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが三角形の面であれば、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のうちの１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１が各辺の中点を結ぶ線で分割されることで生成される４個の三角形の仮想分割面のうち、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２を包含する仮想分割面が、２番目の基準仮想分割面として設定されてよい。ここでも、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0219] また、例えば、変数ｎが３以上である場合には、ｎ－２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形の面であれば、ｎ－２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のうちのｎ－１番目の基準仮想分割面が各辺の中点をそれぞれ結ぶ３つの線分で分割されることで生成される４個の三角形の仮想分割面のうち、ｎ番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面が、ｎ番目の基

準仮想分割面として設定されてよい。ここでも、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0220] 図３４および図３５は、それぞれ分割面生成部６１２２によってｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面の一例としての２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される第２の具体例を説明するための図である。図３４および図３５には、上述したＭ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが三角形の面である場合についての一具体例が示されている。図３４および図３５では、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２が白抜きの丸印で示されている。

[0221] ここでは、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１が分割されることで生成された、Ｍ４個の仮想分割面のうち、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２を包含する仮想分割面が、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２となる。ここで、Ｍ４個の仮想分割面のそれぞれは、仮想分割面Ｓｔ２が分割されることで生成された面であるため、再設定された仮想分割面Ｓｔ３とされる。例えば、図３４で示されるように、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１は、この１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１の各辺の中点をそれぞれ結ぶ３つの線分で分割されることで、Ｍ４個としての４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。そして、この４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ３のうち、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２を包含する１つの仮想分割面Ｓｔ３が、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２となる。

[0222] ここでは、上記のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１と同じルールで分割されることで、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれが、Ｍ４個の仮想分割面Ｓｔ３に分割される。別の観点から言えば、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、Ｍ４個×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。そして、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２を含む２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３は、Ｍ４

×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうちの一部であり、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0223] 例えば、上記のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、図３４で示された１番目の基準仮想分割面Ｓｓ１と同様に、各辺の中点をそれぞれ結ぶ３つの線分で分割されてよい。これにより、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、４個の三角形の仮想分割面Ｓｔ３に分割され得る。別の観点から言えば、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３が生成される。そして、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２を含む２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３は、４×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうちの一部であり、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。

[0224] ここで、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面の分割に係る同一のルールは、例えば、上述したように、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。例えば、変数ｎが２である場合には、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれが三角形であれば、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、３つの頂点と、所定の位置としての中心の位置（例えば、重心の位置）とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、Ｍ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割され得る。これにより、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される。

[0225] 図３５では、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のうちの２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２の分割について示されている。２番目のＴ３個の仮想分割面

Ｓｔ３は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。図３５で示されるように、分割面生成部６１２２は、例えば、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２における３つの頂点と、２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２を、２番目のＭ３個の仮想分割面としての３つの仮想分割面Ｓｔ３ａに分割する。

[0226] ここでは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される。これにより、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３においては、Ｍ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａのそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが存在する状態となる。

[0227] 図１７で示されたように、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、図３５で示された２番目の基準仮想分割面Ｓｓ２と同様に、３つの頂点と、第２仮想カメラ位置Ｐ１２とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ３ａに分割されてよい。これにより、２番目のＴ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ３ａに分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての２番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３ａが生成される。

[0228] また、例えば、変数ｎが３以上である場合には、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形であれば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、３つの頂点と、所定の位置としての中心の位置（例えば、重心の位置）とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、ｎ番目のＭ３個の仮想分割面である

３つの仮想分割面に分割され得る。これにより、ｎ番目のＴ３個の仮想面のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面に分割され得る。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としてのｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成される。

[0229] ＜＜第ｎＢ処理＞＞

第ｎＢ処理は、第２形状情報生成部６１２３が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、ｎ番目の第３仮想カメラ位置のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、参照形状情報を生成する処理である。ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置は、ｎ番目のＭ３×Ｔ３の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置である。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。

[0230] ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれでは、例えば、仮想分割面の所定の位置に第３仮想カメラ位置（ｎ番目の第３仮想カメラ位置）が仮想的に設定される。所定の位置には、例えば、仮想分割面の中心の位置が適用される。仮想分割面の中心には、例えば、仮想分割面の重心が適用される。例えば、変数ｎが２の場合には、図３３または図３５で示されるように、各仮想分割面Ｓｔ３ａに、第３仮想カメラ位置Ｐ１３ａが設定される。ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形の面であれば、仮想分割面の中心は、例えば、三角形の重心であってもよいし、内心であってもよい。図３３および図３５では、第３仮想カメラ位置Ｐ１３ａが黒丸で示されている。

[0231] 第２形状情報生成部６１２３では、例えば、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、第３仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。このとき、各第３仮想カメラ位置から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラによる撮影方向は、第３仮想カメラ位置から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏに向かう方向に設定される。第３仮想カメラ位置から対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを撮影する仮想的なカメラの姿勢を規定するロール角γは、例えば、ゼロ（０）度に設定される。ここでも、各第３仮想カメラ位置について、例えば、図１０で模式的に示されたような、参照形状情報としてのリファレンス画像Ｉｖ１が生成される。

[0232] ＜＜第ｎＣ処理＞＞

第ｎＣ処理は、第２算出部６１２４が、上記のｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と、参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理である。

[0233] 第ｎＣ処理において、第２算出部６１２４は、例えば、第ｎＢ処理において第２形状情報生成部６１２３で取得された参照形状情報としてのリファレンス画像と、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）との間で、輪郭の二次元形状の一致度を示す数値を算出する。

[0234] 第ｎＣ処理において、第２算出部６１２４は、各第３仮想カメラ位置について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、［処理２ａｎ］エッジ画像とリファレンス画像との間におけるロール角γのずれに対応する輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する処理、［処理２ｂｎ］ロール角γのずれに応じたエッジ画像の回転を行う処理、ならびに［処理２ｃｎ］回転後のエッジ画像を対象としたリファレンス画像との一致度が最大である

領域の位置を検出する処理、をこの記載の順に行う。

[0235] 上記処理２ａｎでは、上記処理２ａ１と同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。この輪郭の二次元形状の向きのずれ量は、画像上における輪郭の回転方向のずれ量である。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、ＲＩＰＯＣ法によって、照合対象領域設定部６１２１で実形状情報としてのエッジ画像に設定された照合対象領域Ｒｅ２（図２５）と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２ｎを算出する。このずれ量γ２ｎは、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0236] 上記処理２ｂｎでは、上記処理２ｂ１と同様に、第２算出部６１２４は、例えば、実形状情報としてのエッジ画像を、上記処理２ａｎで検出されたずれ量γ２ｎを補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、照合対象領域Ｒｅ２のエッジ画像を、上記処理２ａｎで検出されたずれ量γ２ｎを補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域Ｒｅ２における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0237] 上記処理２ｃｎでは、上記処理２ｃ１と同様に、第２算出部６１２４は、例えば、上記処理２ｂｎで生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、第２算出部６１２４は、例えば、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分

領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大である領域の位置（マッチング候補位置）が検出され得る。また、ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第３仮想カメラ位置についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。換言すれば、各第３仮想カメラ位置について、回転後のエッジ画像内の部分領域に対するリファレンス画像の一致度が最大となる場合におけるこの一致度が、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度とされる。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0238] ＜＜第ｎＤ処理＞＞

第ｎＤ処理は、第２検出部６１２５が、上記のｎ番目の基準仮想カメラ位置ならびに上記のｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する処理である。

[0239] ここでは、例えば、ｎ番目の基準仮想カメラ位置について算出されたマッチングスコア、ならびに第ｎＣ処理において第２算出部６１２４によってｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、ｎ番目の基準仮想カメラ位置およびｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、対象部品を捉えた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）と参照形状情報との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった仮想カメラ位置が検出される。

[0240] ＜＜単位処理の繰り返しによる効果＞＞

上述されたように、単位処理が繰り返し実行される際には、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きくなる仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なる複数の仮想分割面がそれぞれ同一のルールで分割されて、次回の仮想カメラ位置が設定される複数の仮想分割面が生成される。これにより、分割前の仮想分割面と、分割後の仮想分割面とは無関係な面ではなく、分割後の仮想分割面については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。その結果、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。よって、基板処理装置１において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0241] ＜＜１回以上の第ｎの単位処理の終了＞＞

探索処理部６１は、例えば、第２検出部６１２５によって、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１からｎ番目の基準仮想カメラ位置のうちの１つの基準仮想カメラ位置が、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置として、予め設定された所定回数（第１所定回数ともいう）連続して検出されたことに応答して、１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了する。第１所定回数は、例えば、２回以上の任意の回数に設定されてよい。この場合には、２次探索処理において、単位処理がある程度繰り返し行われても、参照形状情報と実形状情報との間における一致度がより大きくなる仮想カメラ位置が検出されなければ、単位処理の繰り返しの実行が終了される。これにより、計算量の低減によって、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0242] また、例えば、探索処理部６１は、第ｎの単位処理を、予め設定された所定回数（第２所定回数ともいう）実行したことに応答して、１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了してもよい。換言すれば、探索処理部６１は、１回以上の第ｎの単位処理における第ｎ単位処理を、予め設定された第２所定回数実行したことに応答して、１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了しても

よい。第２所定回数は、例えば、１回以上の任意の回数に設定されてよい。これにより、計算量の低減によって、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0243] ここで、探索処理部６１は、例えば、実行された１回以上の第ｎの単位処理における最後の第ｎＤ処理において第２検出部６１２５によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置（最高一致度仮想カメラ位置ともいう）について、この最高一致度仮想カメラ位置を規定する緯度α、経度βおよび距離Ｄと、第２算出部６１２４で算出したずれ量γ２ｎに対応するロール角γと、を探索処理の結果として取得することができる。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢が認識され得る。ここでは、探索処理部６１は、例えば、探索処理の結果としての、最高一致度仮想カメラ位置を規定する緯度α、経度βおよび距離Ｄ、ならびに最高一致度仮想カメラ位置について第２算出部６１２４で算出されたずれ量γ２ｎに対応するロール角γを、対象部品の姿勢に係る情報（現実情報）として認識してよい。この場合には、例えば、異常検出部６３で用いられる、対象部品の状態が正常である場合の三次元の設計情報に基づく対象部品の姿勢に係る情報（正常情報）も、緯度α、経度β、距離Ｄ、ならびにロール角γについての情報であってよい。

[0244] 換言すれば、探索処理部６１は、例えば、実行された１回以上の第ｎの単位処理における最後の第ｎＤ処理において第２検出部６１２５によってｎ＋１番目に検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置に基づいて、異常検出部６３で用いるための対象部品の姿勢に係る情報（現実情報）を認識してよい。これにより、対象部品の姿勢に係る現実情報の認識が効率良く行われ得るため、対象部品の異常の検出が効率良く行われ得る。

[0245] また、探索処理部６１は、例えば、最高一致度仮想カメラ位置について、第２算出部６１２４によって検出された、実形状情報としてのエッジ画像内において参照形状情報としてのリファレンス画像との一致度（類似度）が最

大となったマッチング候補位置（最終マッチング位置ともいう）を、探索処理の結果の一部として取得してもよい。

[0246] ＜４．基板処理装置における処理の具体例＞

次に、図３６から図４６が参照されて、基板処理装置１における処理の具体例が説明される。図３６は、基板処理装置１における処理の概略的な流れの具体例を示す流れ図である。図３７は、図３６のステップＳ３およびステップＳ１０における画像処理の流れの具体例を示す流れ図である。図３８は、図３６のステップＳ４およびステップＳ１１の探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。図３９は、図３８のステップＳｂ１の１次探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。図４０から図４２は、図３８のステップＳｂ２の２次探索処理における処理の流れの具体例を示す流れ図である。図４３は、対象部品が原点位置に移動した状態の一例を模式的に示す図である。図４４および図４５は、チャック９の異常の検出を説明するための図である。図４６は、ノズル３３およびガード２３の異常の検出を説明するための図である。

[0247] オペレータは、予め指示部４７を操作して、レシピ情報５３内のレシピの実行を指示する。動作制御部５１は、実行が指示されたレシピに応じて各部の動作を制御して各基板Ｗに対する処理を進める。このとき、図３６のステップＳ１からステップＳ１８の処理が行われる。

[0248] ＜＜ステップＳ１＞＞

ステップＳ１では、対象部品が原点位置に移動する。ここでは、動作制御部５１が、チャック駆動機構１７、ガード移動機構２５およびノズル移動機構３５の動作を制御する。

[0249] 動作制御部５１は、チャック動作指令によってチャック駆動機構１７を動作させて、チャック９を原点位置に移動させる。ここでは、チャック９は、下面支持部１１上に基板Ｗが載置されていない状態で、チャック動作指令に応じて、回転中心ＰＬ２を中心として回転し、周縁支持部１３がスピンチャック３の回転中心ＰＬ１側の原点位置に移動する。このとき原点センサＺ１

の出力信号がオンとなる。動作制御部５１は、原点センサＺ１の出力信号により、チャック９が原点位置に移動したことを認識する。図４４では、チャック９が原点位置に位置している状態が実線で示されており、下面支持部１１上に基板Wが載置された場合における基板Wの外縁の位置が細い二点鎖線で示されている。ここでは、下面支持部１１上に基板Wが載置された場合における基板Wの外縁よりも若干回転中心ＰＬ１側の円に接する位置に各チャック９の周縁支持部１３が移動する。

[0250] 動作制御部５１は、ガード動作指令によってガード移動機構２５を動作させて、ガード２３を原点位置に移動させる。ここでは、ガード２３は、下降した原点位置に移動する。このとき原点センサＺ２の出力がオンとなる。動作制御部５１は、原点センサＺ２の出力信号により、ガード２３が原点位置に移動したことを認識する。図４３では、ガード２３が原点位置に位置している状態が実線で示されており、ガード２３が処理位置に位置している状態が細い二点鎖線で示されている。

[0251] 動作制御部５１は、ノズル動作指令によってノズル移動機構３５を動作させて、ノズル３３を原点位置に移動させる。ここでは、ノズル３３は、回転中心ＰＬ３を中心として回転し、ガード２３から側方に外れた原点位置に先端部３３ｃが移動する。このとき原点センサＺ３の出力がオンとなる。動作制御部５１は、原点センサＺ３の出力信号により、ノズル３３が原点位置に移動したことを認識する。図４３では、ノズル３３の先端部３３ｃが原点位置に位置している状態が実線で示されており、ノズル３３の先端部３３ｃが吐出位置に位置している状態が細い二点鎖線で示されている。

[0252] ＜＜ステップＳ２＞＞

ステップＳ２では、カメラＣＭによる撮影が行われる。ここでは、動作制御部５１は、複数の対象部品としてのノズル３３、チャック９およびガード２３のそれぞれが原点位置に移動したことをトリガとして、カメラＣＭにより撮影を行わせる。具体的には、カメラＣＭによって、複数の対象部品としてのノズル３３、チャック９およびガード２３を対象とした撮影が行われる

。

[0253] ＜＜ステップＳ３＞＞

ステップＳ３では、画像処理部５９が、ステップＳ２におけるカメラＣＭによる撮影で取得された実画像に画像処理を施す。このステップＳ３では、図３７のステップＳａ１からステップＳａ４の処理が順に行われる。

[0254] ステップＳａ１では、画像処理部５９が、ステップＳ２の撮影で得られた実画像をカメラＣＭから取得する。このステップＳａ１は、本発明のうち、演算部４５ａによってカメラＣＭによる撮影によって得られた対象部品を捉えた実画像を取得するステップ（実画像取得ステップともいう）に相当する。

[0255] ステップＳａ２では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像に対して処理対象領域を設定する。ここでは、対象部品ごとに処理対象領域が設定される。

[0256] ステップＳａ３では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像から処理対象領域に係る部分を画像（処理対象実画像）として抽出する。

[0257] ステップＳａ４では、画像処理部５９の輪郭抽出部５９２が、処理対象実画像で捉えられている全ての部品について、輪郭を抽出する処理を行う。これにより、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。より具体的には、ノズル３３を含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。チャック９を含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。ガード２３を含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。

[0258] ＜＜ステップＳ４＞＞

ステップＳ４では、探索処理部６１が、各対象部品について探索処理を行う。より具体的には、ノズル３３、チャック９およびガード２３のそれぞれについて探索処理が行われる。

[0259] ここでは、探索処理部６１が、複数の参照形状情報と実形状情報とに基づいて、複数の仮想カメラ位置のうち、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する探索処理を行う。ここで、複数の参照形状情報は、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される情報であって、複数の仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。１つの参照形状情報は、１つの対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、１つの仮想カメラ位置からの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。このステップＳ４は、本発明のうちの演算部４５ａによって行われる探索ステップに相当する。

[0260] このステップＳ４では、各対象部品について、図３８のステップＳｂ１の処理と、ステップＳｂ２の処理とが順に行われる。ステップＳｂ１では、第１探索処理部６１１が、１次探索処理を行う。より具体的には、ステップＳｂ１では、図３９のステップＳｂ１１からステップＳｂ１４の処理が行われる。ステップＳｂ２では、第２探索処理部６１２が、２次探索処理を行う。より具体的には、ステップＳｂ２では、図４０のステップＳｂ２１からステップＳｂ２５の処理、図４１のステップＳｂ３１からステップＳｂ３４の処理、および図４２のステップＳｂ４１からステップＳｂ４８の処理が行われる。ここで、図４１のステップＳｂ３１からステップＳｂ３４の処理は、上述した第１の単位処理に対応している。図４２のステップＳｂ４２からステップＳｂ４５の処理は、上述した第ｎの単位処理に対応している。

[0261] ＜＜＜ステップＳｂ１＞＞＞

＜＜＜＜ステップＳｂ１１＞＞＞＞

ステップＳｂ１１では、密集度判定部６１１１が、ステップＳａ４で取得された実形状情報としてのエッジ画像について、部品の輪郭の密集度が低い領域（低密集度領域）を判定する。この密集度判定部６１１１における判定

結果は、第１算出部６１１３および第２算出部６１２４における処理に利用される。例えば、第１算出部６１１３および第２算出部６１２４における処理において、実形状情報としてのエッジ画像のうちの低密集度領域については、一致度を示す数値の算出を行うための計算の対象外とされることで、探索処理に要する計算量が低減され得る。

[0262] ＜＜＜＜ステップＳｂ１２＞＞＞＞

ステップＳｂ１２では、第１形状情報取得部６１１２が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の仮想カメラ位置（第１仮想カメラ位置）Ｐ１１のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された、参照形状情報を取得する。複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心としてこの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面Ｓｔ１を含む面の集合体（面集合体）Ａｓ１が仮想的に設定された場合に、複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である。参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第１仮想カメラ位置Ｐ１１からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。参照形状情報は、具体的には、リファレンス画像である。このステップＳｂ１２は、本発明のうちの第１形状情報取得ステップに相当する。

[0263] より具体的には、ステップＳｂ１２では、第１形状情報取得部６１１２が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、Ｍ１×Ｔ１個（Ｍ１およびＴ１の何れも２以上の自然数）の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて

生成された、参照形状情報を取得する。Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるＴ１個の面集合体Ａｓ１が仮想的に設定された場合に、このＴ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である。参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第１仮想カメラ位置Ｐ１１からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。

[0264] ここで、各仮想面Ｓｔ１では、仮想面Ｓｔ１の所定の位置に第１仮想カメラ位置Ｐ１１が仮想的に設定される。所定の位置には、仮想面Ｓｔ１の中心の位置が適用されてよい。仮想面の中心には、仮想面の重心が適用されてよい。面集合体Ａｓ１は、多数の三角形の仮想面で構成された多面体であってよい。ここでは、図１３で示されたように、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて仮想的に生成される対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを原点とした右手系のｘｙｚ座標が設定されることで、複数の仮想面Ｓｔ１の位置および姿勢などが規定される。さらに、ｘ軸を中心とした回転方向における角度（緯度）αと、ｚ軸を中心とした回転方向における角度（経度）βと、原点からの距離Ｄと、によって、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれ位置が規定される。

[0265] ステップＳｂ１２では、第１形状情報取得部６１１２は、例えば、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１を設定するとともに、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて参照形状情報を生成することで、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された参照形状情報を取得してよい。

[0266] ＜＜＜＜ステップＳｂ１３＞＞＞＞

ステップＳｂ１３では、第１算出部６１１３が、複数の第１仮想カメラ位

置Ｐ１１のそれぞれについて、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ１２で得られた参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。このステップＳｂ１３は、本発明のうちの第１算出ステップに相当する。

[0267] より具体的には、ステップＳｂ１３では、第１算出部６１１３が、上述したＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ１２で得られた参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0268] ここでは、第１算出部６１１３は、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、上述した処理１ａ、処理１ｂ、および処理１ｃをこの記載の順に行う。具体的には、ステップＳｂ１３では、第１算出部６１１３によって、ステップＳｂ１３１からステップＳｂ１３５の処理が行われる。ステップＳｂ１３２の処理が上述した処理１ａに相当し、ステップＳｂ１３３の処理が上述した処理１ｂに相当し、ステップＳｂ１３４の処理が上述した処理１ｃに相当する。

[0269] ステップＳｂ１３１では、第１算出部６１１３が、ステップＳｂ１２で取得された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについての参照形状情報としてのリファレンス画像のうち、１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１に係る参照形状情報としてのリファレンス画像をステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として指定する。

[0270] ステップＳｂ１３２では、第１算出部６１１３が、例えば、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。ここでは、例えば、図２１で示されるように、第１算出部６１１３が、画像処理部

５９から入力された実形状情報としてのエッジ画像Ｉｒ３を、複数の比較対象領域Ｒｅ１に分けた上で、比較対象領域Ｒｅ１ごとに、ＲＩＰＯＣ法によって、リファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ１を算出する。このずれ量γ１は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。ここでは、複数の比較対象領域Ｒｅ１のうち、リファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る１つの比較対象領域Ｒｅ１と、この１つの比較対象領域Ｒｅ１とリファレンス画像との間で輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ１と、が検出される。

[0271] ステップＳｂ１３３では、第１算出部６１１３が、例えば、実形状情報としてのエッジ画像を、ステップＳｂ１３２で検出されたずれ量γ１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、第１算出部６１１３が、例えば、ステップＳｂ１３２で検出された比較対象領域Ｒｅ１のエッジ画像を、上記ステップＳｂ１３２で検出されたずれ量γ１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する比較対象領域Ｒｅ１における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0272] ステップＳｂ１３４では、第１算出部６１１３が、例えば、ステップＳｂ１３３で生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、第１算出部６１１３が、例えば、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対

象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状と一致度が最大となる領域の位置（マッチング候補位置）が検出される。ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第１仮想カメラ位置Ｐ１１についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、上述した公知の一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0273] ステップＳｂ１３５では、第１算出部６１１３が、ステップＳｂ１２で取得された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについての参照形状情報のうち、ステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として未だに指定されていない、第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその第１仮想カメラ位置Ｐ１１に係る参照形状情報があるか否か判定する。ここで、ステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として未だに指定されていない、第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその第１仮想カメラ位置Ｐ１１に係る参照形状情報があれば、ステップＳｂ１３１に戻って、第１算出部６１１３が、ステップＳｂ１２で取得された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについての参照形状情報のうち、次の１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその１つの第１仮想カメラ位置Ｐ１１に係る参照形状情報をステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として指定する。一方、ステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として未だに指定されていない、第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその第１仮想カメラ位置Ｐ１１に係る参照形状情報がなければ、ステップＳｂ１３５からステップＳ１４へ移行する。

[0274] つまり、第１算出部６１１３は、ステップＳｂ１２で取得された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについての参照形状情報において、ステップＳｂ１３２からステップＳｂ１３４の処理の対象として未だに指定されていない、第１仮想カメラ位置Ｐ１１およびその第１仮想カメラ位置Ｐ１１

に係る参照形状情報がなくなるまで、ステップＳｂ１３１からステップＳｂ１３５の処理を繰り返す。これにより、第１算出部６１１３は、各第１仮想カメラ位置Ｐ１１について、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0275] ＜＜＜＜ステップＳｂ１４＞＞＞＞

ステップＳｂ１４では、第１検出部６１１４が、ステップＳｂ１３における算出結果に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１である高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを検出する。ここでは、例えば、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、ステップＳｂ１３において実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった第１仮想カメラ位置Ｐ１１が高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとして検出される。このステップＳｂ１４は、本発明のうちの第１検出ステップに相当する。

[0276] より具体的には、ステップＳｂ１４では、第１検出部６１１４が、ステップＳｂ１３における算出結果に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１としてのＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１である高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍを検出する。ここでは、例えば、Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、ステップＳｂ１３において実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった第１仮想カメラ位置Ｐ１１である高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが検出される。

[0277] このステップＳｂ１４では、第１検出部６１１４は、高一致度仮想カメラ

位置Ｐ１１ｍを検出する際に、ステップＳｂ１３において高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについて検出されたマッチング候補位置を対象部品候補位置として併せて検出する。

[0278] ＜＜＜ステップＳｂ２＞＞＞

＜＜＜＜ステップＳｂ２１＞＞＞＞

ステップＳｂ２１では、第２探索処理部６１２の照合対象領域設定部６１２１が、ステップＳｂ１４において検出された対象部品候補位置に基づいて、ステップＳａ４で取得された実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２４におけるマッチング（照合）の処理に用いる領域（照合対象領域）を設定する。ここでは、エッジ画像に対して、対象部品候補位置を包含し、且つ対象部品候補位置よりも大きなサイズの領域が、照合対象領域として設定される。

[0279] ＜＜＜＜ステップＳｂ２２＞＞＞＞

ステップＳｂ２２では、分割面生成部６１２２が、面集合体Ａｓ１を構成しており且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心としてこの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面Ｓｔ１のうち、ステップＳｂ１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが仮想的に設定された仮想面（高一致度仮想面）Ｓｔ１ｍを分割することで、複数の仮想面（仮想分割面）Ｓｔ２を生成する。ここでは、複数の仮想面Ｓｔ１は、ステップＳｂ１２の処理で用いた複数の仮想面Ｓｔ１である。複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍは、この高一致度仮想面Ｓｔ１ｍにおける３つの頂点と高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、複数の分割後の仮想面（仮想分割面）Ｓｔ２としての３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割される。このステップＳｂ２２は、本発明のうちの分割面生成ステップに相当する。

[0280] より具体的には、ステップＳｂ２２では、分割面生成部６１２２が、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１のうち、高一

致度仮想面Ｓｔ１ｍを含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるＴ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれを同一のルールで分割する。これにより、分割面生成部６１２２は、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれについてＭ２個の仮想分割面Ｓｔ２を生成することで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２を生成する。ここで、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍの側において該基準点Ｐｏと該高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとを通る直線と交差している仮想面である。ここでは、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１は、ステップＳｂ１２の処理で用いたＴ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１である。

[0281] ここでは、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１は、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として、放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する。対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏから見た場合、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、基準点Ｐｏを中心とした放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有する線で分割されることで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。これにより、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１においては、Ｍ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として放射状の方向において相互に拡大および縮小された相似の関係の形状を有するＴ２個の仮想分割面Ｓｔ２が存在する状態となる。Ｔ２個は、Ｔ１個と同一であってよいし、Ｔ１個未満であってもよい。上述したＴ２個の仮想面Ｓｔ１の分割に係る同一のルールは、例えば、分割の対象である分割対象面の中心点と、この分割対象面の全ての頂点と、をそれぞれ結ぶ複数の線分によって、分割対象面を複数の面に分割するルールであってよい。複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが三角形の面であれば、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同様に、３つの頂点と、第１仮想カメラ位置Ｐ１１とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割

されてよい。これにより、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、３つの三角形の仮想分割面Ｓｔ２に分割される。

[0282] ＜＜＜＜ステップＳｂ２３＞＞＞＞

ステップＳｂ２３では、第２形状情報生成部６１２３が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置（第２仮想カメラ位置）Ｐ１２のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、参照形状情報を生成する。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第２仮想カメラ位置Ｐ１２からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。仮想画像は、例えば、レンダリングなどの処理によって３Ｄモデル３ｄｍが仮想的な平面に投影されることで生成され得る。参照形状情報の具体例は、リファレンス画像である。このステップＳｂ２３は、本発明のうちの第２形状情報生成ステップに相当する。

[0283] より具体的には、ステップＳｂ２３では、第２形状情報生成部６１２３が、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合を想定して、Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、参照形状情報を生成する。Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２は、ステップＳｂ２２で生成されたＭ２×Ｔ２個の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ２×Ｔ２個の仮想カメラ位置である。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第２仮想カメラ位置Ｐ１２からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。

[0284] ここで、各仮想分割面Ｓｔ２では、仮想分割面Ｓｔ２の所定の位置に第２仮想カメラ位置Ｐ１２が仮想的に設定される。所定の位置には、仮想分割面Ｓｔ２の中心の位置が適用されてよい。仮想分割面Ｓｔ２の中心には、仮想分割面Ｓｔ２の重心が適用されてよい。複数の仮想分割面Ｓｔ２は三角形の面であってよい。

[0285] ＜＜＜＜ステップＳｂ２４＞＞＞＞

ステップＳｂ２４では、第２算出部６１２４が、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ２３で得られた参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。このステップＳｂ２４は、本発明のうちの第２算出ステップに相当する。

[0286] 上記のようにして、複数の仮想面Ｓｔ１のうちのステップＳｂ１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが設定された仮想面（高一致度仮想面）Ｓｔ１ｍが分割されることで生成された複数の仮想面（仮想分割面）Ｓｔ２のそれぞれに第２仮想カメラ位置Ｐ１２が設定され、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。このため、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと複数の仮想分割面Ｓｔ２とは無関係な面ではなく、複数の仮想分割面Ｓｔ２については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置１において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0287] より具体的には、ステップＳｂ２４では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２３で仮想的に設定された上記のＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ２３で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算

出する。

[0288] ここでは、第２算出部６１２４は、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、上述した処理２ａ、処理２ｂ、および処理２ｃをこの記載の順に行う。具体的には、ステップＳｂ２４では、第２算出部６１２４によって、ステップＳｂ２４１からステップＳｂ２４５の処理が行われる。ステップＳｂ２４２の処理が上述した処理２ａに相当し、ステップＳｂ２４３の処理が上述した処理２ｂに相当し、ステップＳｂ２４４の処理が上述した処理２ｃに相当する。

[0289] ステップＳｂ２４１では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２３で生成された複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについての参照形状情報としてのリファレンス画像のうち、１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報としてのリファレンス画像をステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として指定する。

[0290] ステップＳｂ２４２では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２１で設定された照合対象領域と、リファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２を検出する。このずれ量γ２は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0291] ステップＳｂ２４３では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像を、ステップＳｂ２４２で検出されたずれ量γ２を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報として

のリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２１で設定された照合対象領域のエッジ画像を、上記ステップＳｂ２４２で検出されたずれ量γ２を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0292] ステップＳｂ２４４では、例えば、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２４３で生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状と一致度が最大となる領域の位置（マッチング候補位置）が検出される。ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第２仮想カメラ位置Ｐ１２についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、上述した公知の一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0293] ステップＳｂ２４５では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２３で取得された複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについての参照形状情報のうち、ステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として未だに指定されていない、第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報があるか否か判定する。ここで、ステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として未だに指定されて

いない、第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報があれば、ステップＳｂ２４１に戻って、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ２３で生成された複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについての参照形状情報のうち、次の１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその１つの第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報をステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として指定する。一方、ステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として未だに指定されていない、第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報がなければ、ステップＳｂ２４５からステップＳｂ２５へ移行する。

[0294] つまり、第２算出部６１２４は、ステップＳｂ２３で取得された複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについての参照形状情報において、ステップＳｂ２４２からステップＳｂ２４４の処理の対象として未だに指定されていない、第２仮想カメラ位置Ｐ１２およびその第２仮想カメラ位置Ｐ１２に係る参照形状情報がなくなるまで、ステップＳｂ２４１からステップＳｂ２４５の処理を繰り返す。これにより、第２算出部６１２４は、各第２仮想カメラ位置Ｐ１２について、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0295] ＜＜＜＜ステップＳｂ２５＞＞＞＞

ステップＳｂ２５では、第２検出部６１２５が、ステップＳｂ１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍ、ならびに上述したＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうち、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ１２およびステップＳｂ２３で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像と、の間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する。ここで検出された仮想カメラ位置は、第２検出部６１２５で１番目に検出された仮想カメラ位置である１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１となる。

[0296] ここでは、例えば、ステップＳｂ１３において高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍについて算出されたマッチングスコア、ならびにステップＳｂ２４によってＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍおよびＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のうち、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった仮想カメラ位置が検出される。

[0297] ＜＜＜＜ステップＳｂ３１＞＞＞＞

ステップＳｂ３１では、探索処理部６１が、上述した第１Ａ処理を行う。ここでは、分割面生成部６１２２が、１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３を生成する。

[0298] ＜＜＜＜ステップＳｂ３２＞＞＞＞

ステップＳｂ３２では、探索処理部６１が、上述した第１Ｂ処理を行う。ここでは、第２形状情報生成部６１２３が、ステップＳｂ３１で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面Ｓｔ３のそれぞれ対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて、参照形状情報としてのリファレンス画像を生成する。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第３仮想カメラ位置Ｐ１３からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る情報である。

[0299] ＜＜＜＜ステップＳｂ３３＞＞＞＞

ステップＳｂ３３では、探索処理部６１が、上述した第１Ｃ処理を行う。ここでは、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ３２で仮想的に設定された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（

実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ３２で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0300] ここで、第２算出部６１２４は、各第３仮想カメラ位置Ｐ１３について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、上述した処理２ａ１、処理２ｂ１、および処理２ｃ１をこの記載の順に行う。具体的には、ステップＳｂ３３では、第２算出部６１２４によって、ステップＳｂ３３１からステップＳｂ３３５の処理が行われる。ステップＳｂ３３２の処理が上述した処理２ａ１に相当し、ステップＳｂ３３３の処理が上述した処理２ｂ１に相当し、ステップＳｂ３３４の処理が上述した処理２ｃ１に相当する。

[0301] ステップＳｂ３３１では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ３２で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについての参照形状情報としてのリファレンス画像のうち、１つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３およびその１つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報としてのリファレンス画像をステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として指定する。

[0302] ステップＳｂ３３２では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。ここでは、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２１で設定された照合対象領域と、リファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２１を検出する。このずれ量γ２１は、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0303] ステップＳｂ３３３では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像を、ステップＳｂ３３２で検出されたずれ量γ２１を補正

するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２１で設定された照合対象領域のエッジ画像を、上記ステップＳｂ３３２で検出されたずれ量γ２１を補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0304] ステップＳｂ３３４では、例えば、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ３３３で生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大となる領域の位置（マッチング候補位置）が検出される。ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第３仮想カメラ位置Ｐ１３についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、上述した公知の一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0305] ステップＳｂ３３５では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ３２で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについての参照形状情報のうち、ステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置Ｐ１３およ

びその第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報があるか否か判定する。ここで、ステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置Ｐ１３およびその第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報があれば、ステップＳｂ３３１に戻って、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ３２で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについての参照形状情報のうち、次の１つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３およびその１つの第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報をステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として指定する。一方、ステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置Ｐ１３およびその第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報がなければ、ステップＳｂ３３５からステップＳｂ３４へ移行する。

[0306] つまり、第２算出部６１２４は、ステップＳｂ３２で生成された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについての参照形状情報において、ステップＳｂ３３２からステップＳｂ３３４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置Ｐ１３およびその第３仮想カメラ位置Ｐ１３に係る参照形状情報がなくなるまで、ステップＳｂ３３１からステップＳｂ３３５の処理を繰り返す。これにより、第２算出部６１２４は、１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0307] ＜＜＜ステップＳｂ３４＞＞＞

ステップＳｂ３４では、探索処理部６１が、上述した第１Ｄ処理を行う。ここでは、第２検出部６１２５が、ステップＳｂ２５で検出された仮想カメラ位置である１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１、ならびにステップＳｂ３２で仮想的に設定された１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のうち、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ１２もしくは

ステップＳｂ２３およびステップＳｂ３２で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である２番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ２を検出する。

[0308] ここでは、例えば、ステップＳｂ１３もしくはステップＳｂ２４において１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１について算出されたマッチングスコア、ならびにステップＳｂ３３において１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１および１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置Ｐ１３のうち、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった仮想カメラ位置が検出される。

[0309] ＜＜＜＜ステップＳｂ４１＞＞＞＞

ステップＳｂ４１では、探索処理部６１が、変数ｎを初期値である２に設定する。

[0310] ＜＜＜＜ステップＳｂ４２＞＞＞＞

ステップＳｂ４２では、探索処理部６１が、上述した第ｎＡ処理を行う。ここでは、分割面生成部６１２２が、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する。

[0311] ＜＜＜＜ステップＳｂ４３＞＞＞＞

ステップＳｂ４３では、探索処理部６１が、上述した第ｎＢ処理を行う。ここでは、第２形状情報生成部６１２３が、ステップＳｂ４２で生成されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面にそれぞれ１つの仮想カメラ位置が設定されることで設定されるｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、参照形状情報としてのリファレンス画像を生成する。ここでも、参照形状情報は、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて生成される情報であって、第３仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次

元形状についての情報である。

[0312] ＜＜＜＜ステップＳｂ４４＞＞＞＞

ステップＳｂ４４では、探索処理部６１が、上述した第ｎＣ処理を行う。ここでは、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ４３で仮想的に設定されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と、ステップＳｂ４３で生成された参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0313] ここで、第２算出部６１２４は、各第３仮想カメラ位置について、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、一致度を示す数値を算出する際には、例えば、上述した処理２ａｎ、処理２ｂｎ、および処理２ｃｎをこの記載の順に行う。具体的には、ステップＳｂ４４では、第２算出部６１２４によって、ステップＳｂ４４１からステップＳｂ４４５の処理が行われる。ステップＳｂ４４２の処理が上述した処理２ａｎに相当し、ステップＳｂ４４３の処理が上述した処理２ｂｎに相当し、ステップＳｂ４４４の処理が上述した処理２ｃｎに相当する。

[0314] ステップＳｂ４４１では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ４３で生成されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについての参照形状情報としてのリファレンス画像のうち、１つの第３仮想カメラ位置およびその１つの第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報としてのリファレンス画像をステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として指定する。

[0315] ステップＳｂ４４２では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間で、ＲＩＰＯＣ法を用いて、輪郭の二次元形状の向きのずれ量を検出する。ここでは、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２１で設定された照合対象領域と、リファレンス画像との間で、輪郭の一致度が最も大きくなり得る回転方向におけるずれ量γ２ｎを検出する。

このずれ量γ２ｎは、参照形状情報としてのリファレンス画像と実形状情報としてのエッジ画像との間における一致度がより大きくなり得るロール角γに相当する。

[0316] ステップＳｂ４４３では、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像を、ステップＳｂ４４２で検出されたずれ量γ２ｎを補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報としてのエッジ画像における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きが整合する。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、実形状情報としてのエッジ画像のうちのステップＳｂ２１で設定された照合対象領域のエッジ画像を、上記ステップＳｂ４４２で検出されたずれ量γ２ｎを補正するように回転させる。これにより、回転後のエッジ画像が生成され、実形状情報を構成する照合対象領域における輪郭の二次元形状と、参照形状情報としてのリファレンス画像における輪郭の二次元形状との間で、向きの一致が図られる。

[0317] ステップＳｂ４４４では、例えば、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ４４３で生成された実形状情報に係る回転後のエッジ画像を対象として、参照形状情報としてのリファレンス画像を用いたテンプレートマッチングを行う。ここでは、例えば、第２算出部６１２４が、回転後のエッジ画像内でリファレンス画像を走査し、回転後のエッジ画像内の各部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる領域の位置を検出する。これにより、実形状情報としてのエッジ画像において、リファレンス画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの輪郭の二次元形状との一致度が最大となる領域の位置（マッチング候補位置）が検出される。ここで、上記のテンプレートマッチングが行われる際には、回転後のエッジ画像内の部分領域とリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となる場合における一致度（類似度）を示す数値が、第３仮想カメラ位置についての、実形状情報としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値として算出される。ここでも、一致度を示す数値は、例えば、上述した

公知の一致度を示すマッチングスコアであってよい。

[0318] ステップＳｂ４４５では、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ４３で生成されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについての参照形状情報のうち、ステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置およびその第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報があるか否か判定する。ここで、ステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置およびその第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報があれば、ステップＳｂ４４１に戻って、第２算出部６１２４が、ステップＳｂ４３で生成されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについての参照形状情報のうち、次の１つの第３仮想カメラ位置およびその１つの第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報をステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として指定する。一方、ステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置およびその第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報がなければ、ステップＳｂ４４５からステップＳｂ４５へ移行する。

[0319] つまり、第２算出部６１２４は、ステップＳｂ４３で生成されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについての参照形状情報において、ステップＳｂ４４２からステップＳｂ４４４の処理の対象として未だに指定されていない、第３仮想カメラ位置およびその第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報がなくなるまで、ステップＳｂ４４１からステップＳｂ４５の処理を繰り返す。これにより、第２算出部６１２４は、ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、実形状情報としてのエッジ画像と、参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度を示す数値を算出する。

[0320] ＜＜＜＜ステップＳｂ４５＞＞＞＞

ステップＳｂ４５では、探索処理部６１が、上述した第ｎＤ処理を行う。ここでは、第２検出部６１２５が、ステップＳｂ３４もしくはｎ－１回目の

ステップＳｂ４５で検出された仮想カメラ位置であるｎ番目の基準仮想カメラ位置、ならびにステップＳｂ４３で仮想的に設定されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する。

[0321] ここでは、例えば、ステップＳｂ１３、ステップＳｂ２４、ステップＳｂ３３もしくはｎ－１回目のステップＳｂ４４においてｎ番目の基準仮想カメラ位置について算出されたマッチングスコア、ならびにステップＳｂ４４によって算出されたｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて算出されたマッチングスコア、が比較される。そして、例えば、ｎ番目の基準仮想カメラ位置およびｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、ステップＳａ４で得られた実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像と参照形状情報としてのリファレンス画像との間について算出されたマッチングスコアが最も大きくなった仮想カメラ位置が検出される。

[0322] ＜＜＜＜ステップＳｂ４６，Ｓｂ４７＞＞＞＞

ステップＳｂ４６では、探索処理部６１が、第２探索処理を終了する条件（終了条件ともいう）を満たしているか否か判定する。ここで、終了条件を満たしていなければ、ステップＳｂ４７において、探索処理部６１が、変数ｎに１を加算して、ステップＳｂ４７からステップＳｂ４２に戻る。一方、終了条件を満たしていれば、ステップＳｂ４６からステップＳｂ４８へ移行する。つまり、終了条件を満たすまで、ステップＳｂ４２からステップＳｂ４６の処理が繰り返して行われる。

[0323] ここで、終了条件は、例えば、第２検出部６１２５によって、１番目の基準仮想カメラ位置Ｐｓ１からｎ番目の基準仮想カメラ位置のうちの１つの基準仮想カメラ位置が、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置として、予め設定された第１所定回数だけ連続して検出されたこと、であってよい。また、終了条件は、例えば、第２探索処理

において、第ｎの単位処理が、予め設定された第２所定回数だけ実行されたこと、であってもよい。換言すれば、終了条件は、例えば、第２探索処理において、第ｎの単位処理が行われた回数であるｎ－１回が、第２所定回数に到達したこと、であってもよい。

[0324] ＜＜＜＜ステップＳｂ４８＞＞＞＞

ステップＳｂ４８では、探索処理部６１が、探索処理の結果を認識する。具体的には、探索処理部６１は、第２探索処理における最後のステップＳｂ４５において第２検出部６１２５によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を最高一致度仮想カメラ位置として検出する。換言すれば、第２探索処理における最後のステップＳｂ４５において第２検出部６１２５によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置が、最高一致度仮想カメラ位置である。そして、探索処理部６１が、この最高一致度仮想カメラ位置を規定する緯度α、経度βおよび距離Ｄと、最高一致度仮想カメラ位置について第１算出部６１１３もしくは第２算出部６１２４で算出されたずれ量（ずれ量γ１、ずれ量γ２、ずれ量γ２１もしくはずれ量γ２ｎ）に対応するロール角γと、を探索処理の結果として取得する。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢が認識され得る。ここでは、探索処理部６１は、例えば、探索処理の結果としての、最高一致度仮想カメラ位置を規定する緯度α、経度βおよび距離Ｄ、ならびに最高一致度仮想カメラ位置について第１算出部６１１３もしくは第２算出部６１２４で算出されたずれ量（ずれ量γ１、ずれ量γ２、ずれ量γ２１もしくはずれ量γ２ｎ）に対応するロール角γを、対象部品の姿勢に係る情報として認識してよい。

[0325] また、ここでは、探索処理部６１が、最高一致度仮想カメラ位置について、ステップＳｂ１３、ステップＳｂ２４、ステップＳｂ３３もしくはステップＳｂ４４で検出された、実形状情報としてのエッジ画像内において参照形状情報としてのリファレンス画像との一致度（類似度）が最大となったマッチング候補位置（最終マッチング位置）を、探索処理の結果の一部として取

得してもよい。

[0326] ここで、探索処理部６１は、探索処理の結果に基づいて、実画像を用いて認識された対象部品の姿勢に係る現実情報を取得する。

[0327] ＜＜ステップＳ５＞＞

ステップＳ５では、制御部４５は、ステップＳ４において対象部品ごとに取得された探索処理の結果に基づいて、対象部品ごとに正常情報を設定する。

[0328] 例えば、ノズル３３については、制御部４５は、ステップＳ４において各ノズル３３について取得された探索処理の結果に応じて、各ノズル３３について原点位置以外に位置している際の要確認タイミングにおける正常情報を設定する。より具体的には、制御部４５は、各ノズル３３が原点位置に位置している状態について取得された探索処理の結果に基づいて得られる各ノズル３３の姿勢の三次元の情報を、各ノズル３３の原点位置にひも付ける。そして、制御部４５は、ノズル移動機構３５が各ノズル３３を原点位置から吐出位置まで移動させる際に位置検出部４３から出力されるパルス信号の数と各ノズル３３の設計情報とに基づいて各ノズル３３の吐出位置における正常情報を設定する。

[0329] 例えば、チャック９については、制御部４５は、ステップＳ４において各チャック９について取得された探索処理の結果と各チャック９の設計情報とに基づいて各チャック９について原点位置以外に位置している際の要確認タイミングにおける正常情報を設定する。

[0330] 例えば、ガード２３については、制御部４５は、ステップＳ４においてガード２３について取得された探索処理の結果とガード２３の設計情報とに基づいてガード２３について原点位置以外に位置している際の要確認タイミングにおける正常情報を設定する。

[0331] ＜＜ステップＳ６＞＞

ステップＳ６では、処理の対象である基板Ｗが基板処理装置１の内部に搬入される。基板処理装置１の内部への基板Ｗの搬入は、例えば、図示を省略

する搬送ロボットなどによって行われる。このとき、各チャック９は開放位置に配置される。

[0332] ＜＜ステップＳ７＞＞

ステップＳ７では、基板Ｗに対する処理がレシピに沿って進められる。具体的には、まず、複数個のチャック９上に基板Ｗが載置される。動作制御部５１は、例えば、チャック動作指令によりチャック駆動機構１７を動作させて、各チャック９を開放位置から閉止位置に移動させる。この状態は、例えば、図４５に示すようなものとなる。つまり、各チャック９は、基板Ｗが載置されている状態で、回転中心ＰＬ２を中心として回転し、周縁支持部１３がスピンチャック３の回転中心ＰＬ１側に移動する。これにより、各チャック９の周縁支持部１３が基板Ｗの外径に当接して、複数個のチャック９によって基板Ｗが挟持される。このときの周縁支持部１３は、平面視すると、図４４における周縁支持部１３より若干外周側に位置している。この外周側は、スピンチャック３の外周側であってよい。

[0333] ＜＜ステップＳ８＞＞

ステップＳ８では、動作制御部５１によって、対象部品が要確認タイミングであるか否かが確認される。具体的には、動作制御部５１は、パラメータ情報５５における対象部品とその要確認タイミングとを参照する。ここで、対象部品が要確認タイミングになければステップＳ８からステップＳ１４へ移行し、対象部品が要確認タイミングにある場合には、ステップＳ８からステップＳ９へ移行する。このステップＳ８では、例えば、対象部品としてのチャック９が閉止位置に位置するように設定された要確認タイミングにあれば、ステップＳ８からステップＳ９へ移行する。

[0334] ＜＜ステップＳ９＞＞

ステップＳ９では、動作制御部５１が、カメラＣＭに撮影を行わせる。具体的には、例えば、動作制御部５１は、チャック動作指令によって各チャック９が閉止位置に移動されるタイミングに応じてカメラＣＭを動作させる。このとき、カメラＣＭは、撮影によって各チャック９を含む実画像を取得す

る。

[0335] ＜＜ステップＳ１０＞＞

ステップＳ１０では、上記のステップＳ３と同様な処理によって、画像処理部５９が、ステップＳ９におけるカメラＣＭによる撮影で取得された実画像に画像処理を施す。このステップＳ１０では、上記のステップＳ３と同様に、図３７のステップＳａ１からステップＳａ４の処理が順に行われる。

[0336] 具体的には、ステップＳａ１では、画像処理部５９が、ステップＳ９の撮影で得られた実画像をカメラＣＭから取得する。このステップＳａ１は、本発明のうちの実画像取得ステップに相当する。ステップＳａ２では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像に対して処理対象領域を設定する。ここでは、例えば、各対象部品としての各チャック９について処理対象領域が設定される。ステップＳａ３では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像から処理対象領域に係る部分を画像（処理対象実画像）として抽出する。ステップＳａ４では、画像処理部５９の輪郭抽出部５９２が、処理対象実画像で捉えられている全ての部品について、輪郭を抽出する処理を行う。これにより、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。より具体的には、チャック９を含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。ここでは、例えば、各対象部品としての各チャック９についてエッジ画像が取得される。

[0337] ＜＜ステップＳ１１＞＞

ステップＳ１１では、上記のステップＳ４と同様な処理によって、探索処理部６１が、各対象部品である各チャック９について探索処理を行う。ここでは、ステップＳ１０において取得された対象部品としての各チャック９についての実形状情報としてのエッジ画像が用いられる。このステップＳ１１は、上記のステップＳ４と同様に、本発明のうちの演算部４５ａによって行われる探索ステップに相当する。また、ここでは、探索処理部６１は、探索処理の結果に基づいて、各対象部品としての各チャック９の姿勢に係る現実

情報を取得する。

[0338] ＜＜ステップＳ１２＞＞

ステップＳ１２では、異常検出部６３が、ステップＳ１１で取得された現実情報に応じて、各対象部品としての各チャック９の異常を検出する。ここでは、異常検出部６３は、各対象部品である各チャック９について、現実情報と正常情報とを比較する。異常検出部６３は、各対象部品である各チャック９について、現実情報と正常情報との比較の結果、現実情報が正常情報に一致しない場合には、異常を検出する。

[0339] ＜＜ステップＳ１３＞＞

ステップＳ１３では、制御部４５によって、ステップＳ１２において各対象部品としての各チャック９について異常が検出されたか否かが判定される。ここで、ステップＳ１２において各対象部品としての各チャック９について異常が検出されていなければ、ステップＳ１３からステップＳ１４へ移行する。一方、ステップＳ１２において対象部品としてのチャック９について異常が検出されていれば、ステップＳ１３からステップＳ１７へ移行する。

[0340] ＜＜ステップＳ１４＞＞

ステップＳ１４では、制御部４５が、基板Ｗに対する処理が完了したか否か判定する。ここで、基板Ｗに対する処理が完了していれば、ステップＳ１４からステップＳ１５へ移行する。一方、基板Ｗに対する処理が完了していなければ、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。例えば、基板Ｗが複数個のチャック９上に載置されて、複数個のチャック９によって基板Ｗが挟持されただけであれば、基板Ｗに対する処理が完了しておらず、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。

[0341] ＜＜ステップＳ７＞＞

ステップＳ７では、基板Ｗに対する処理がレシピに沿って進められる。具体的には、例えば、動作制御部５１が、ガード移動機構２５をガード動作指令によって動作させて、図４３で示されるように原点位置に位置しているガード２３を、図４６で示されるように処理位置まで移動させる。この時点で

は、図４６において基板Wの上方に位置しているノズル３３は、原点位置に位置している。

[0342] ＜＜ステップＳ８＞＞

ステップＳ８では、上述したように、動作制御部５１によって、対象部品が要確認タイミングであるか否かが確認される。具体的には、動作制御部５１は、パラメータ情報５５における対象部品とその要確認タイミングとを参照する。ここで、対象部品が要確認タイミングになければステップＳ８からステップＳ１４へ移行し、対象部品が要確認タイミングにある場合には、ステップＳ８からステップＳ９へ移行する。このステップＳ８では、例えば、対象部品であるガード２３が処理位置に位置するように設定された要確認タイミングにあれば、ステップＳ８からステップＳ９へ移行する。

[0343] ＜＜ステップＳ９＞＞

２回目のステップＳ９では、動作制御部５１が、カメラＣＭに撮影を行わせる。具体的には、例えば、動作制御部５１は、ガード移動機構２５がガード動作指令によってガード２３を上昇させてガード２３の処理位置への移動が完了したタイミングに応じてカメラＣＭを動作させる。このとき、カメラＣＭは、撮影によってガード２３を含む実画像を取得する。

[0344] ＜＜ステップＳ１０＞＞

２回目のステップＳ１０では、上記の１回目のステップＳ１０と同様な処理によって、画像処理部５９が、２回目のステップＳ９におけるカメラＣＭによる撮影で取得された実画像に画像処理を施す。この２回目のステップＳ１０では、上記の１回目のステップＳ１０と同様に、図３７のステップＳａ１からステップＳａ４の処理が順に行われる。

[0345] 具体的には、ステップＳａ１では、画像処理部５９が、２回目のステップＳ９の撮影で得られた実画像をカメラＣＭから取得する。このステップＳａ１は、本発明のうちの実画像取得ステップに相当する。ステップＳａ２では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像に対して処理対象領域を設定する。ここでは、対象部品としてのガード２３に対して処理対象

領域が設定される。ステップＳａ３では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像から処理対象領域に係る部分を画像（処理対象実画像）として抽出する。ステップＳａ４では、画像処理部５９の輪郭抽出部５９２が、処理対象実画像で捉えられている全ての部品について、輪郭を抽出する処理を行う。これにより、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。より具体的には、ガード２３を含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。

[0346] ＜＜ステップＳ１１＞＞

２回目のステップＳ１１では、上記のステップＳ４と同様な処理によって、探索処理部６１が、対象部品であるガード２３について探索処理を行う。ここでは、２回目のステップＳ１０において取得された対象部品としてのガード２３についての実形状情報としてのエッジ画像が用いられる。このステップＳ１１は、上記のステップＳ４と同様に、本発明のうちの演算部４５ａによって行われる探索ステップに相当する。また、ここでは、探索処理部６１は、探索処理の結果に基づいて、対象部品としてのガード２３の姿勢に係る現実情報を取得する。

[0347] ＜＜ステップＳ１２＞＞

２回目のステップＳ１２では、異常検出部６３が、２回目のステップＳ１１で取得された現実情報に応じて、対象部品としてのガード２３の異常を検出する。ここでは、異常検出部６３は、対象部品であるガード２３について、現実情報と正常情報とを比較する。異常検出部６３は、対象部品であるガード２３について、現実情報と正常情報との比較の結果、現実情報が正常情報に一致しない場合には、異常を検出する。

[0348] ＜＜ステップＳ１３＞＞

２回目のステップＳ１３では、制御部４５によって、２回目のステップＳ１２において対象部品としてのガード２３について異常が検出されたか否かが判定される。ここで、２回目のステップＳ１２において対象部品としての

ガード２３について異常が検出されていなければ、ステップＳ１３からステップＳ１４へ移行する。一方、２回目のステップＳ１２において対象部品としてのチャック９について異常が検出されていれば、ステップＳ１３からステップＳ１７へ移行する。

[0349] ＜＜ステップＳ１４＞＞

ステップＳ１４では、制御部４５が、基板Ｗに対する処理が完了したか否か判定する。ここで、基板Ｗに対する処理が完了していれば、ステップＳ１４からステップＳ１５へ移行する。一方、基板Ｗに対する処理が完了していなければ、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。例えば、基板Ｗが複数個のチャック９によって挟持されて、ガード２３が処理位置に移動しただけであれば、基板Ｗに対する処理が完了しておらず、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。

[0350] ＜＜ステップＳ７＞＞

ステップＳ７では、基板Ｗに対する処理がレシピに沿って進められる。具体的には、例えば、動作制御部５１が、ノズル移動機構３５をノズル動作指令によって動作させて、ノズル３３Ａ，３３Ｂのうちのノズル３３Ｂを、図４３で示された原点位置に位置している状態から図４６で示された吐出位置に位置している状態となるまで移動させる。吐出位置は、例えば、回転中心ＰＬ１上の位置である。

[0351] ＜＜ステップＳ８＞＞

ステップＳ８では、上述したように、動作制御部５１によって、対象部品が要確認タイミングであるか否かが確認される。具体的には、動作制御部５１は、パラメータ情報５５における対象部品とその要確認タイミングとを参照する。ここで、対象部品が要確認タイミングになければステップＳ８からステップＳ１４へ移行し、対象部品が要確認タイミングにある場合には、ステップＳ８からステップＳ９へ移行する。このステップＳ８では、例えば、対象部品であるノズル３３（ノズル３３Ｂ）が吐出位置に位置するように設定された要確認タイミングにあれば、ステップＳ８からステップＳ９へ移行

する。

[0352] ＜＜ステップＳ９＞＞

３回目のステップＳ９では、動作制御部５１が、カメラＣＭに撮影を行わせる。具体的には、例えば、動作制御部５１は、ノズル移動機構３５がノズル動作指令によってノズル３３（ノズル３３Ｂ）を移動させてノズル３３（ノズル３３Ｂ）の吐出位置への移動が完了したタイミングに応じてカメラＣＭを動作させる。このとき、カメラＣＭは、撮影によってノズル３３を含む実画像を取得する。

[0353] ＜＜ステップＳ１０＞＞

３回目のステップＳ１０では、上記の２回目のステップＳ１０と同様な処理によって、画像処理部５９が、３回目のステップＳ９におけるカメラＣＭによる撮影で取得された実画像に画像処理を施す。この３回目のステップＳ１０では、上記の２回目のステップＳ１０と同様に、図３７のステップＳａ１からステップＳａ４の処理が順に行われる。

[0354] 具体的には、ステップＳａ１では、画像処理部５９が、３回目のステップＳ９の撮影で得られた実画像をカメラＣＭから取得する。このステップＳａ１は、本発明のうちの実画像取得ステップに相当する。ステップＳａ２では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像に対して処理対象領域を設定する。ここでは、対象部品としてのノズル３３Ｂに対して処理対象領域が設定される。ステップＳａ３では、画像処理部５９の処理対象領域抽出部５９１が、実画像から処理対象領域に係る部分を画像（処理対象実画像）として抽出する。ステップＳａ４では、画像処理部５９の輪郭抽出部５９２が、処理対象実画像で捉えられている全ての部品について、輪郭を抽出する処理を行う。これにより、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。より具体的には、ノズル３３Ｂを含む物体の二次元形状に係る情報（実形状情報）としてのエッジ画像が取得される。

[0355] ＜＜ステップＳ１１＞＞

３回目のステップＳ１１では、上記のステップＳ４と同様な処理によって、探索処理部６１が、対象部品であるノズル３３Ｂについて探索処理を行う。ここでは、３回目のステップＳ１０において取得された対象部品としてのノズル３３Ｂについての実形状情報としてのエッジ画像が用いられる。このステップＳ１１は、上記のステップＳ４と同様に、本発明のうちの演算部４５ａによって行われる探索ステップに相当する。また、ここでは、探索処理部６１は、探索処理の結果に基づいて、対象部品としてのノズル３３Ｂの姿勢に係る現実情報を取得する。

[0356] ＜＜ステップＳ１２＞＞

３回目のステップＳ１２では、異常検出部６３が、３回目のステップＳ１１で取得された現実情報に応じて、対象部品としてのノズル３３Ｂの異常を検出する。ここでは、異常検出部６３は、対象部品であるノズル３３Ｂについて、現実情報と正常情報とを比較する。異常検出部６３は、対象部品であるノズル３３Ｂについて、現実情報と正常情報との比較の結果、現実情報が正常情報に一致しない場合には、異常を検出する。

[0357] ＜＜ステップＳ１３＞＞

３回目のステップＳ１３では、制御部４５によって、３回目のステップＳ１２において対象部品としてのノズル３３Ｂについて異常が検出されたか否かが判定される。ここで、３回目のステップＳ１２において対象部品としてのノズル３３Ｂについて異常が検出されていなければ、ステップＳ１３からステップＳ１４へ移行する。一方、３回目のステップＳ１２において対象部品としてのノズル３３Ｂについて異常が検出されていれば、ステップＳ１３からステップＳ１７へ移行する。

[0358] ＜＜ステップＳ１４＞＞

ステップＳ１４では、制御部４５が、基板Ｗに対する処理が完了したか否か判定する。ここで、基板Ｗに対する処理が完了していれば、ステップＳ１４からステップＳ１５へ移行する。一方、基板Ｗに対する処理が完了していなければ、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。例えば、基板Ｗが複数

個のチャック９によって挟持されて、ガード２３が処理位置に移動し、ノズル３３Ｂが吐出位置に移動しただけであれば、基板Ｗに対する処理が完了しておらず、ステップＳ１４からステップＳ７に戻る。

[0359] ＜＜ステップＳ７，Ｓ８，Ｓ１４＞＞

これ以降においては、対象部品についての要確認タイミングにはならないものとする。このため、ステップＳ７の処理と、ステップＳ８の処理と、ステップＳ１４の処理と、が繰り返される。この際には、ステップＳ７では、動作制御部５１が、実行が指示されたレシピに応じて各部の動作を制御して基板Ｗに対する処理を進める。具体的には、例えば、レシピに応じたモータ７の駆動によるスピンチャック３の回転およびノズル３３Ｂから基板Ｗ上に対する処理液の供給などが順に行われることで、実行が指示されたレシピに応じた各部の動作による基板Ｗに対する処理が完了する。そして、基板Ｗに対する処理が完了した時点で、ステップＳ１４からステップＳ１５へ移行する。

[0360] ＜＜ステップＳ１５＞＞

ステップＳ１５では、動作制御部５１が、チャック駆動機構１７、ガード移動機構２５およびノズル移動機構３５の動作を制御することで、各チャック９を開放位置に移動させるとともに、ガード２３およびノズル３３のそれぞれを原点位置に移動させる。そして、複数個のチャック９上に載置された基板Ｗが基板処理装置１の外部に搬出される。基板処理装置１の外部への基板Ｗの搬出は、例えば、図示を省略する搬送ロボットなどによって行われる。

[0361] ＜＜ステップＳ１６＞＞

ステップＳ１６では、動作制御部５１が、実行が指示されたレシピに応じた処理の対象である次の基板Ｗがあるか否か判定する。ここで、次の基板Ｗがあれば、ステップＳ１６からステップＳ６へ移行する。このため、ステップＳ１２において異常が検出されない場合には、処理の対象である次の基板Ｗが存在している限り、ステップＳ６からステップＳ１６の処理が繰り返し

行われる。そして、ステップＳ１６において、処理の対象である次の基板Ｗがなければ、図３６で示される基板処理装置１における処理が終了される。

[0362] ＜＜ステップＳ１７＞＞

ステップＳ１２などにおいて対象部品について異常が検出されている場合には、ステップＳ１７の処理が行われる。

[0363] ステップＳ１７では、異常検出部６３が報知部４９に報知動作を行わせる。これにより、異常検出部６３は、対象部品についての異常の検出に応答して、報知部４９に報知動作を行わせる。ここでは、報知部４９は、例えば、異常の発生だけでなく、異常が検出された対象部品を特定する情報、異常が検出された対象部品の位置情報、および検出された異常の内容を示す情報のうちの１つ以上の情報などを併せて報知してもよい。

[0364] ＜＜ステップＳ１８＞＞

ステップＳ１８では、例えば、オペレータが、報知部４９による報知に応答して、基板処理装置１の動作を停止させる。これにより、基板処理装置１において、異常が存在している状態で複数の基板Ｗに対する処理が順に行われる不具合が回避され得る。その結果、基板Ｗに対する処理の不良の発生が回避され得る。

[0365] なお、基板処理装置１では、例えば、実画像取得ステップを含むステップＳ３，Ｓ１０の処理と、探索ステップに相当するステップＳ４，Ｓ１１の処理と、において、画像処理などの情報処理が行われている。このため、本第１実施形態においては、基板Ｗの処理を行う基板処理装置１における情報処理方法は、実画像取得ステップと、探索ステップと、を有していると言える。また、探索ステップに相当するステップＳ４，Ｓ１１のそれぞれは、第１形状情報取得ステップに相当するステップＳｂ１２と、第１算出ステップに相当するステップＳｂ１３と、第１検出ステップに相当するステップＳｂ１４と、分割面生成ステップに相当するステップＳｂ２２と、第２形状情報生成ステップに相当するステップＳｂ２３と、第２算出ステップに相当するステップＳｂ２４と、を含む。

[0366] ＜５．まとめ＞

以上のように、第１実施形態に係る基板処理装置１では、例えば、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される、複数の仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報と、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る実形状情報とに基づいて、複数の仮想カメラ位置のうち、参照形状情報と実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置が探索される。この仮想カメラ位置の探索が行われる際には、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心として対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿った複数の仮想面Ｓｔ１のそれぞれに対して仮想的に設定される複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合が想定されて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて生成された、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が取得される。次に、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、対象部品を捉えた実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。次に、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のうち、実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置Ｐ１１である高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが検出される。次に、複数の仮想面Ｓｔ１のうちの高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが仮想的に設定された仮想面である高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが分割されることで複数の仮想分割面Ｓｔ２が生成される。次に、対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の仮想分割面Ｓｔ２のそれぞれに対して仮想的に設定される複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれから対象部品の３Ｄモデル３ｄｍが撮影される場合が想定されて、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれについて、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報が生成される。そして、複数の第２仮想カメラ位置Ｐ１２のそれぞれにつ

いて、対象部品を捉えた実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報と参照形状情報との間における一致度を示す数値が算出される。ここでは、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと複数の仮想分割面Ｓｔ２とは無関係な面ではないため、複数の仮想分割面Ｓｔ２については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置１において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0367] ＜６．変形例＞

本発明は上述の第１実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更および改良などが可能である。

[0368] 例えば、上記第１実施形態では、単体の基板処理装置１について説明したが、複数の基板処理装置１を備えた基板処理システム９１が採用されてもよい。図４７は、基板処理システム９１の概略的な構成の一例を模式的に示す図である。基板処理システム９１は、例えば、積層された複数の基板処理装置１を備えている。基板処理システム９１は、例えば、４つの基板処理装置１が積層されてそれぞれ構成された複数のタワーＴＷを備えている。基板処理システム９１においては、複数のタワーＴＷが相互に離間して対向した状態で位置している。基板処理システム９１は、複数のタワーＴＷの間に位置している搬送ロボットＴＲを備えている。搬送ロボットＴＲは、高さ方向に昇降自在に構成されている。搬送ロボットＴＲは、図示を省略するアームを基板処理装置１に対して進退させることが可能な構成を有する。搬送ロボットＴＲは、複数の基板処理装置１のそれぞれに対して、基板Ｗの搬入および搬出を行うことができる。上記構成を有する基板処理システム９１においても、各基板処理装置１において上述した効果が奏される。

[0369] 上記第１実施形態では、実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る実形状情報の一例として、実画像から抽出されるエッジ画像を挙げられて説明された。そして、対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状に係る参照形状情報の一例として、仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影

で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状としての輪郭を示すリファレンス画像が挙げられて説明された。しかしながら、これに限られない。実画像で捉えられた物体の二次元形状に係る実形状情報は、例えば、実画像で捉えられた物体の二次元形状を特徴付ける複数の角部などの複数の特徴点が実画像から抽出されることで得られる、複数の特徴点を含む画像（実特徴点画像ともいう）であってもよい。例えば、実形状情報が、上記実特徴点画像である場合には、参照形状情報は、仮想カメラ位置からの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの撮影で取得され得る仮想画像における対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの二次元形状を特徴付ける複数の角部などの複数の特徴点の位置を特定している画像（参照特徴点画像ともいう）であってよい。ここで、例えば、実形状情報が実特徴点画像であり、参照形状情報が参照特徴点画像である場合には、実形状情報としての実特徴点画像と、参照形状情報としての参照特徴点画像との間における一致度（類似度）を示す数値としてのマッチングスコアは、例えば、回転後の実特徴点画像内で参照特徴点画像が走査された際に特徴点が一致する点数が最も多い場合における一致する特徴点の点数であってもよい。

[0370] また、上記第１実施形態では、各仮想面Ｓｔ１が三角形であれば、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが、３つの頂点と高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割されたが、これに限られない。高一致度仮想面Ｓｔ１ｍは、例えば、他のルールで複数の仮想分割面Ｓｔ２に分割されてもよい。例えば、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍは、各辺の中点どうしをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、４つの仮想分割面Ｓｔ２に分割されてもよい。ここで、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0371] また、上記第１実施形態では、各仮想面Ｓｔ１が三角形であれば、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれが、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同様に、３つの頂点と、三角形の中心点としての第１仮想カメラ位置Ｐ１１とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、３つの仮想分割面Ｓｔ２に分割されたが、これに限ら

れない。例えば、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍが、他のルールで複数の仮想分割面Ｓｔ２に分割される場合には、Ｔ２個の仮想面Ｓｔ１のそれぞれは、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと同様に、他のルールで複数の仮想分割面Ｓｔ２に分割されてよい。

[0372] また、上記第１実施形態では、上記第１Ａ処理において、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形であれば、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが、３つの頂点と三角形の中心点とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、Ｍ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割されたが、これに限られない。１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、例えば、他のルールでＭ３個の複数の仮想分割面に分割されてもよい。例えば、１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、各辺の中点どうしをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、Ｍ３個の仮想分割面である４つの仮想分割面に分割されてもよい。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としての１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成されてよい。ここで、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0373] また、上記第１実施形態では、上記第ｎＡ処理において、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが三角形であれば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれが、３つの頂点と三角形の中心点とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、ｎ番目のＭ３個の仮想分割面である３つの仮想分割面に分割されたが、これに限られない。ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、例えば、他のルールでＭ３個の複数の仮想分割面に分割されてもよい。例えば、ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれは、各辺の中点どうしをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、ｎ番目のＭ３個の仮想分割面である４つの仮想分割面に分割されてもよい。その結果、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面としてのｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面が生成されてよい。ここで、各辺の中点は、例えば、各辺の中点から若干ずれた点であってもよい。

[0374] また、上記第１実施形態では、面集合体Ａｓ１を構成している複数の仮想面Ｓｔ１は、例えば、それぞれ曲面であってもよい。この場合には、例えば

、面集合体Ａｓ１は、球面体であってもよい。面集合体Ａｓ１が球面体であれば、複数の仮想面Ｓｔ１は、球面の一部を構成している曲面であってよい。この場合には、複数の仮想面Ｓｔ１は、例えば、球面が緯度の方向において第１の所定角度ごとに分割されるとともに経度の方向において第２の所定角度ごとに分割されることで生成された複数の仮想面であってよい。第１の所定角度および第２の所定角度には、例えば、１０度から２０度程度の角度が適用され得る。そして、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍは、例えば、経度の方向および緯度の方向のそれぞれにおいて２分割されることで、複数の仮想分割面Ｓｔ２に分割されてよい。また、仮想分割面を分割するルールは、経度の方向および緯度の方向のそれぞれにおける角度などで規定されてよい。

[0375] また、上記第１実施形態では、探索処理部６１は、第ｎの単位処理を行わなくてもよい。この場合には、探索処理部６１は、第１の単位処理における第１Ｄ処理において第２検出部６１２５によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を最高一致度仮想カメラ位置として検出してよい。換言すれば、第１の単位処理における第１Ｄ処理において第２検出部６１２５によって検出された実形状情報と参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置が、最高一致度仮想カメラ位置であってよい。そして、探索処理部６１は、例えば、この最高一致度仮想カメラ位置を規定する緯度α、経度βおよび距離Ｄと、この最高一致度仮想カメラ位置について第１算出部６１１３もしくは第２算出部６１２４で算出されたずれ量（ずれ量γ１、ずれ量γ２もしくはずれ量γ２１）に対応するロール角γと、を探索処理の結果として取得してもよい。

[0376] また、上記第１実施形態では、第１形状情報取得部６１１２は、記憶部４５ｂに記憶された対象部品に関する三次元の設計情報に基づいて、複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについて、参照形状情報を生成することで、この参照形状情報を取得したが、これに限られない。例えば、第１形状情報取得部６１１２は、予め生成されて記憶部４５ｂなどに記憶された複数の第１仮想カメラ位置Ｐ１１のそれぞれについての参照形状情報を読み出す

ことで取得してもよい。

[0377] また、上記実施形態では、例えば、第１探索処理部６１１は、密集度判定部６１１１を有していたが、これに限られない。例えば、第１探索処理部６１１は、密集度判定部６１１１を有していなくてもよい。この場合には、例えば、第１算出部６１１３および第２算出部６１２４において、実形状情報としてのエッジ画像のうちの全体が、一致度を示す数値の算出を行うための計算の対象とされてよい。

[0378] また、上記実施形態では、例えば、第２探索処理部６１２は、照合対象領域設定部６１２１を有していたが、これに限られない。例えば、第２探索処理部６１２は、照合対象領域設定部６１２１を有していなくてもよい。この場合には、例えば、上記処理１ａで検出された比較対象領域Ｒｅ１が照合対象領域Ｒｅ２とされてもよい。

[0379] また、上記第１実施形態では、分割面生成部６１２２は、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のそれぞれにおけるＭ１個の仮想面Ｓｔ１のうち、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍを含み且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏよりも高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍの側において該基準点Ｐｏと該高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍとを通る直線Ｌｎ１１と交差しているとともに該基準点Ｐｏからの距離が相互に異なるＴ２個（Ｔ２は２以上の自然数）の仮想面Ｓｔ１のそれぞれを分割したが、これに限られない。例えば、分割面生成部６１２２は、Ｔ１個の面集合体Ａｓ１のうちの１つの面集合体Ａｓ１のみを構成しており且つ対象部品の３Ｄモデル３ｄｍの基準点Ｐｏを中心としてこの対象部品の３Ｄモデル３ｄｍを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面Ｓｔ１のうち、第１検出部６１１４で検出された高一致度仮想カメラ位置Ｐ１１ｍが仮想的に設定された仮想面（高一致度仮想面）Ｓｔ１ｍを分割することで、複数の分割後の仮想面（仮想分割面）Ｓｔ２を生成してもよい。このような構成が採用されても、高一致度仮想面Ｓｔ１ｍと複数の仮想分割面Ｓｔ２とは無関係な面ではなく、複数の仮想分割面Ｓｔ２については数および面積のうちの少なくとも１つの増大が低減され得る。これにより、実画像

で捉えられた対象部品の姿勢を認識するための計算量が低減され得る。その結果、基板処理装置１において、対象部品の姿勢の認識が効率良く行われ得る。

[0380] また、上記第１実施形態では、対象部品についての正常情報は、許容範囲内にある場合における対象部品の姿勢に係る情報を含んでいなくてもよい。換言すれば、対象部品についての正常情報は、対象部品が正常であるとされる１つの三次元の設計情報に基づいて設定されてもよい。

[0381] また、上記第１実施形態では、対象部品の例として、チャック９と、ガード２３と、ノズル３３とが挙げられて説明された。しかしながら、本発明は、このような構成に限定されない。例えば、上記第１実施形態のように、複数の部品が対象部品として設定されてもよいが、単数の部品が対象部品として設定されてもよい。換言すれば、探索処理を行う対象の部品である対象部品は、チャック９、ガード２３およびノズル３３のうちの１つ以上の部品であってもよいし、基板処理装置１を構成する部品のうち、回転移動または平行移動などの各種の移動を行う他の１つ以上の部品であってもよい。

[0382] また、上記第１実施形態では、各対象部品について、原点位置に位置しているタイミング以外の１回の要確認タイミングで一度だけ探索処理が行われている。しかしながら、本発明はこれに限定されない。例えば、ノズル３３について、原点位置に位置しているタイミングと、ノズル３３が吐出位置に位置するように設定されたタイミングとの間における、複数の要確認タイミングで探索処理が行われるように設定されてもよい。これにより、ノズル３３が原点位置と吐出位置との間に位置するように設定された複数の要確認タイミングにおいて異常が検出された場合には、例えば、ノズル移動機構３５によるノズル３３の移動速度に関する異常が検出され得る。また、ガード２３について、原点位置と処理位置との間に位置するように設定された複数のタイミングが複数の要確認タイミングとされてもよい。この場合には、例えば、ガード移動機構２５によるガード２３の移動速度に関する異常も検出され得る。また、上記第１実施形態では、要確認タイミングにおいて、探索処

理および異常検出が行われた。しかしながら、要確認タイミングの設定は、必須でなくてもよい。例えば、チャック動作指令などの対象部品を動作させる指令が出され、対象部品が移動したタイミングごとに探索処理および異常の検出が行われてもよい。

[0383] また、上記第１実施形態では、各対象部品について、原点位置に位置しているタイミングにおける探索処理は、必ずしも行われなくてもよい。この場合には、例えば、対象部品に係る正常情報は、原点位置における探索処理の結果に基づいて設定されず、対象部品の状態が正常である場合の三次元の設計情報に基づいて設定されてもよい。

[0384] また、上記第１実施形態では、仮想カメラ位置が、緯度α、経度βおよび距離Ｄによって規定されたが、これに限られない。例えば、仮想カメラ位置は、球面座標系などの他のルールに従った複数のパラメータで規定されてもよい。

[0385] また、上記第１実施形態では、基板処理装置１が１台のカメラＣＭを備えていたが、これに限られない。例えば、基板処理装置１は、２台以上のカメラＣＭを備えていてもよい。例えば、基板処理装置１は、対象部品ごとの専用のカメラＣＭを備えていてもよい。

[0386] また、上記第１実施形態では、制御部４５（より具体的には、演算部４５ａ）で実現される機能処理部の一部もしくは全部は、例えば、専用の電子回路などのハードウェアで構成されてもよい。

[0387] また、上記第１実施形態では、基板処理装置１は、基板洗浄装置に限定されるものではなく、熱処理装置、露光装置、塗布現像装置、計測装置または検査装置などの基板の処理を行う基板処理装置であればよい。基板処理装置１が基板洗浄装置である場合には、基板処理装置１は、複数の基板Ｗを一括して洗浄するバッチ式の基板洗浄装置であってもよい。

[0388] なお、上記の第１実施形態および上記の各種の変形例をそれぞれ構成する全部または一部を、適宜、矛盾しない範囲で組み合わせ可能であることは、言うまでもない。

符号の説明

[0389] １　基板処理装置

２３　ガード

３３，３３Ａ，３３Ｂ　ノズル

３ｄｍ　三次元モデル（３Ｄモデル）

４５ｂ　記憶部

５７　設計情報

６１　探索処理部

６１１２　第１形状情報取得部

６１１３　第１算出部

６１１４　第１検出部

６１２２　分割面生成部

６１２３　第２形状情報生成部

６１２４　第２算出部

６１２５　第２検出部

６３　異常検出部

９　チャック

Ａｓ１　面集合体

ＣＭ　カメラ

Ｉｒ１　実画像

Ｉｒ３，Ｉｒ４　エッジ画像

Ｉｖ１　リファレンス画像

Ｌｎ１，Ｌｎ１１，Ｌｎ１２，Ｌｎ１３　直線

Ｐ１　仮想カメラ位置

Ｐ１１　第１仮想カメラ位置

Ｐ１１ｍ　高一致度仮想カメラ位置

Ｐ１２　第２仮想カメラ位置

Ｐ１３，Ｐ１３ａ　第３仮想カメラ位置

Ｐｏ　基準点

Ｐｓ１　１番目の基準仮想カメラ位置

Ｐｓ２　２番目の基準仮想カメラ位置

Ｓｓ１　１番目の基準仮想分割面

Ｓｓ２　２番目の基準仮想分割面

Ｓｔ１，Ｓｔ１ａ，Ｓｔ１ｂ，Ｓｔ１ｃ　仮想面

Ｓｔ１ｍ　高一致度仮想面

Ｓｔ２，Ｓｔ３，Ｓｔ３ａ　仮想分割面

Ｓｖ１，Ｓｖ２，ＳｖＴ１　球面

Ｗ　基板

請求の範囲

[請求項1] 基板の処理を行う基板処理装置であって、

対象部品に関する三次元の設計情報を記憶した記憶部と、

前記対象部品を捉えた実画像を撮影によって得る撮影部と、

前記三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される、複数の仮想カメラ位置からの前記対象部品の三次元モデルの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける前記三次元モデルの二次元形状に係る参照形状情報と、前記実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報とに基づいて、前記複数の仮想カメラ位置のうち、前記参照形状情報と前記実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する探索処理部と、を備え、

前記探索処理部は、

前記三次元の設計情報に基づいて、前記三次元モデルの基準点を中心として該三次元モデルを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面を含む面集合体を仮想的に設定し、且つ前記複数の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得する第１形状情報取得部と、

前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第１算出部と、

前記第１算出部による算出結果に基づいて、前記複数の第１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置である高一致度仮想カメラ位置を検出する第１検出部と、

前記複数の仮想面のうちの前記高一致度仮想カメラ位置が仮想的に

設定された仮想面である高一致度仮想面を分割することで複数の仮想分割面を生成する分割面生成部と、

前記三次元の設計情報に基づいて、前記複数の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する第２形状情報生成部と、

前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第２算出部と、を含む、基板処理装置。

[請求項2] 請求項１に記載の基板処理装置であって、

前記第１形状情報取得部は、

前記三次元の設計情報に基づいて、前記基準点からの距離が相互に異なるＴ１個（Ｔ１は２以上の自然数）の前記面集合体を仮想的に設定し、且つ前記Ｔ１個の面集合体のそれぞれにおけるＭ１個（Ｍ１は２以上の自然数）の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ１×Ｔ１個の仮想カメラ位置であるＭ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得し、

前記第１算出部は、

前記Ｍ１×Ｔ１個の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出し、

前記第１検出部は、

前記第１算出部による算出結果に基づいて、前記Ｍ１×Ｔ１個の第

１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である前記高一致度仮想カメラ位置を検出し、

前記分割面生成部は、

前記Ｔ１個の面集合体のそれぞれにおける前記Ｍ１個の仮想面のうち、前記高一致度仮想面を含み且つ前記基準点よりも前記高一致度仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記高一致度仮想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ２個（Ｔ２は２以上の自然数）の仮想面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該Ｔ２個の仮想面のそれぞれについてＭ２個（Ｍ２は２以上の自然数）の仮想分割面を生成することで、Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面を生成し、

前記第２形状情報生成部は、

前記三次元の設計情報に基づいて、前記Ｍ２×Ｔ２個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ２×Ｔ２個の仮想カメラ位置であるＭ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成し、

前記第２算出部は、

前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する、基板処理装置。

[請求項3] 請求項２に記載の基板処理装置であって、

前記探索処理部は、

前記高一致度仮想カメラ位置ならびに前記Ｍ２×Ｔ２個の第２仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する第２検出部、を含む

、基板処理装置。

[請求項4] 請求項３に記載の基板処理装置であって、

前記探索処理部は、

前記対象部品について、第１の単位処理を実行した後に、１回以上の第ｎの単位処理（ｎは２以上の自然数）を実行し、

前記探索処理部は、

前記第１の単位処理において、第１Ａ処理と、第１Ｂ処理と、第１Ｃ処理と、第１Ｄ処理と、を順に行い、

前記第１Ａ処理は、

前記分割面生成部が、前記Ｔ２個の仮想面がそれぞれ分割されることで生成された複数の仮想分割面であって、前記第２検出部で１番目に検出された仮想カメラ位置である１番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ前記基準点よりも前記１番目の基準仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記１番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ３個（Ｔ３は２以上の自然数）の仮想分割面である１番目のＴ３個の仮想分割面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該１番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個（Ｍ３は２以上の自然数）の仮想分割面である１番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面である１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する処理であり、

前記第１Ｂ処理は、

前記第２形状情報生成部が、前記三次元の設計情報に基づいて、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置である１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参

照形状情報を生成する処理であり、

前記第１Ｃ処理は、

前記第２算出部が、前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理であり、

前記第１Ｄ処理は、

前記第２検出部が、前記１番目の基準仮想カメラ位置ならびに前記１番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置である２番目の基準仮想カメラ位置を検出する処理であり、

前記探索処理部は、

前記１回以上の第ｎの単位処理のそれぞれにおいて、第ｎＡ処理と、第ｎＢ処理と、第ｎＣ処理と、第ｎＤ処理と、を順に行い、

前記第ｎＡ処理は、

前記分割面生成部が、ｎ－１番目の前記Ｔ３個の仮想分割面がそれぞれ分割されることで生成された複数の仮想分割面であって、前記第２検出部でｎ番目に検出された仮想カメラ位置であるｎ番目の基準仮想カメラ位置を包含する仮想分割面を含み且つ前記基準点よりも前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置の側において前記基準点と前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置とを通る直線と交差しているとともに前記基準点からの距離が相互に異なるＴ３個の仮想分割面であるｎ番目のＴ３個の仮想分割面、のそれぞれを同一のルールで分割して、該ｎ番目のＴ３個の仮想分割面のそれぞれについてＭ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３個の仮想分割面を生成することで、Ｍ３×Ｔ３個の仮想分割面であるｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面を生成する処理であり、

前記第ｎＢ処理は、

前記第２形状情報生成部が、前記三次元の設計情報に基づいて、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想

カメラ位置が仮想的に設定されることで設定されるＭ３×Ｔ３個の仮想カメラ位置であるｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する処理であり、

前記第ｎＣ処理は、

前記第２算出部が、前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する処理であり、

前記第ｎＤ処理は、

前記第２検出部が、前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置ならびに前記ｎ番目のＭ３×Ｔ３個の第３仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を検出する処理である、基板処理装置。

[請求項5] 請求項４に記載の基板処理装置であって、

前記探索処理部は、

前記第２検出部によって、前記１番目の基準仮想カメラ位置から前記ｎ番目の基準仮想カメラ位置のうちの１つの基準仮想カメラ位置が、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置として、予め設定された第１所定回数連続して検出されたことに応答して、前記１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了する、基板処理装置。

[請求項6] 請求項４に記載の基板処理装置であって、

前記探索処理部は、

前記１回以上の第ｎの単位処理における該第ｎの単位処理を、予め設定された第２所定回数実行したことに応答して、前記１回以上の第ｎの単位処理の実行を終了する、基板処理装置。

[請求項7] 請求項４から請求項６の何れか１つの請求項に記載の基板処理装置

であって、

前記１回以上の第ｎの単位処理における最後の前記第ｎＤ処理において前記第２検出部によってｎ＋１番目に検出された前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置に基づいて認識される前記対象部品の姿勢に係る現実情報と、前記対象部品の状態が正常である場合の前記三次元の設計情報に基づく前記対象部品の姿勢に係る正常情報と、を比較することで、前記対象部品の異常を検出する異常検出部、をさらに備えている、基板処理装置。

[請求項8] 請求項２から請求項６の何れか１つの請求項に記載の基板処理装置であって、

前記同一のルールは、

分割される対象である分割対象面の中心点と該分割対象面の全ての頂点とをそれぞれ結ぶ複数の線分によって、前記分割対象面を複数の面に分割するルールを含む、基板処理装置。

[請求項9] 請求項１から請求項６の何れか１つの請求項に記載の基板処理装置であって、

前記複数の仮想面のそれぞれは、

三角形の面であり、

前記面集合体は、

多数の三角形の面で構成された多面体である、基板処理装置。

[請求項10] 請求項９に記載の基板処理装置であって、

前記分割面生成部は、

前記高一致度仮想面における３つの頂点と前記高一致度仮想カメラ位置とをそれぞれ結ぶ３つの線分によって、前記高一致度仮想面を、前記複数の仮想分割面としての３つの仮想分割面に分割する、基板処理装置。

[請求項11] 基板の処理を行う基板処理装置における情報処理方法であって、

演算部によって、撮影部による撮影によって得られた対象部品を捉えた実画像を取得する実画像取得ステップと、

演算部によって、記憶部に記憶された前記対象部品に関する三次元の設計情報に基づいてそれぞれ生成される、複数の仮想カメラ位置からの前記対象部品の三次元モデルの撮影で取得され得る複数の仮想画像のそれぞれにおける前記三次元モデルの二次元形状に係る参照形状情報と、前記実画像における物体の二次元形状に係る実形状情報とに基づいて、前記複数の仮想カメラ位置のうち、前記参照形状情報と前記実形状情報との間における一致度が最も大きな仮想カメラ位置を探索する探索ステップと、を有し、

前記探索ステップは、

前記三次元の設計情報に基づいて、前記三次元モデルの基準点を中心として該三次元モデルを囲む仮想的な球面に沿って位置する複数の仮想面を含む面集合体を仮想的に設定し、且つ前記複数の仮想面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて生成された、前記参照形状情報を取得する第１形状情報取得ステップと、

前記複数の第１仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第１算出ステップと、

前記第１算出ステップにおける算出結果に基づいて、前記複数の第１仮想カメラ位置のうち、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度が最も大きな第１仮想カメラ位置である高一致度仮想カメラ位置を検出する第１検出ステップと、

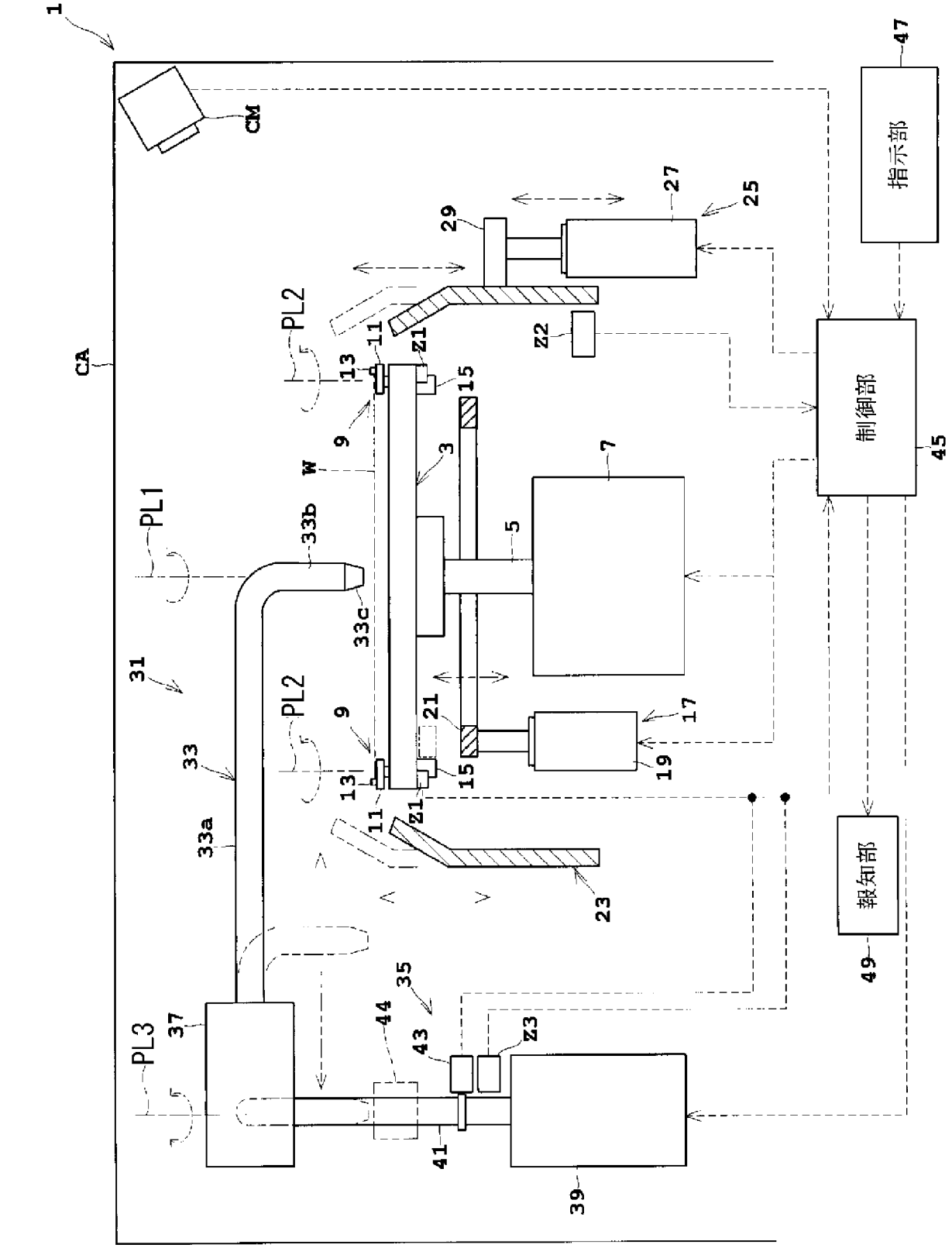
前記複数の仮想面のうちの前記高一致度仮想カメラ位置が仮想的に設定された仮想面である高一致度仮想面を分割することで複数の仮想

分割面を生成する分割面生成ステップと、

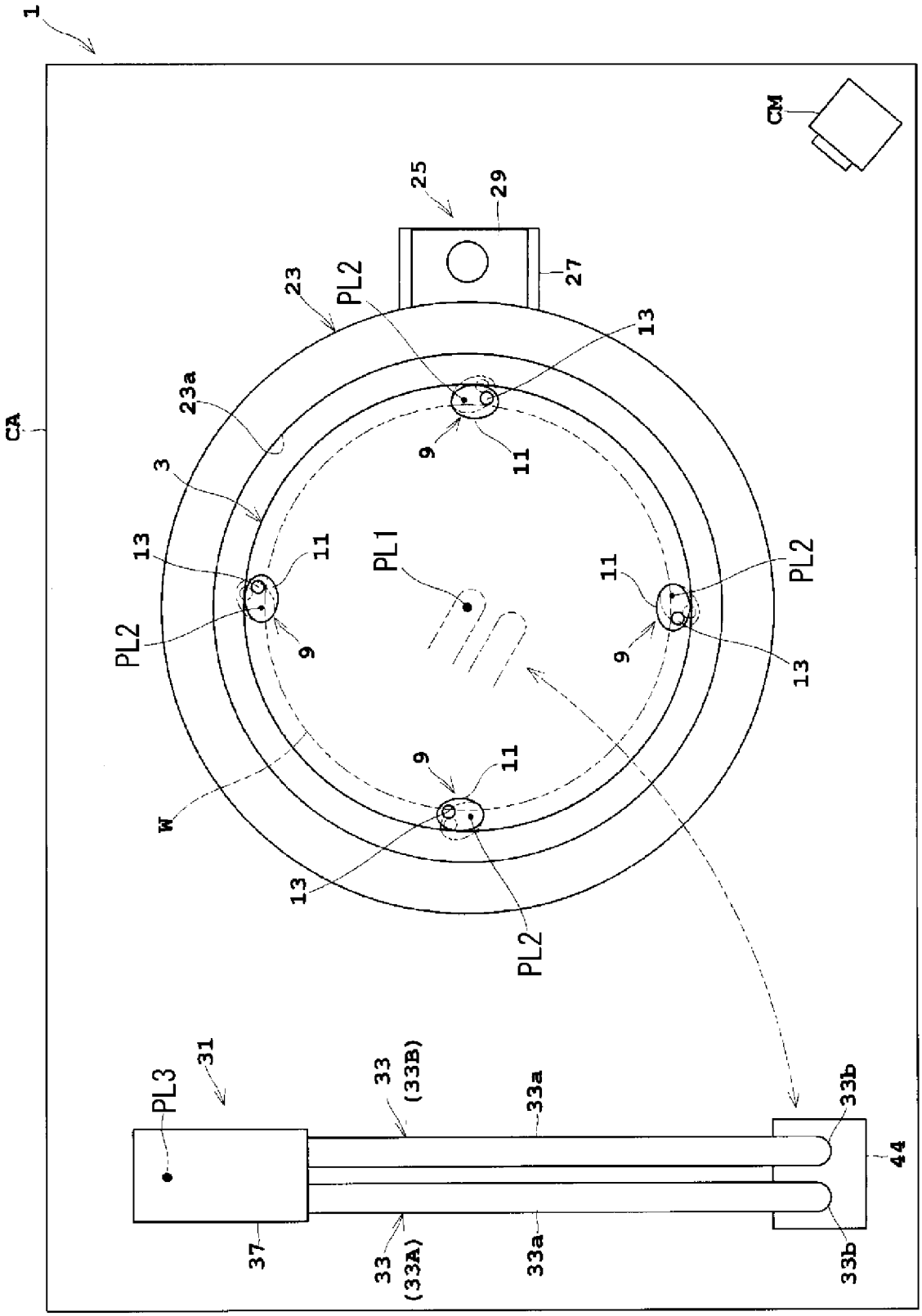
前記三次元の設計情報に基づいて、前記複数の仮想分割面のそれぞれに対して１つの仮想カメラ位置が仮想的に設定されることで設定される複数の仮想カメラ位置である複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれから前記三次元モデルが撮影される場合を想定して、前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記参照形状情報を生成する第２形状情報生成ステップと、

前記複数の第２仮想カメラ位置のそれぞれについて、前記実形状情報と前記参照形状情報との間における一致度を示す数値を算出する第２算出ステップと、を含む、基板処理装置における情報処理方法。

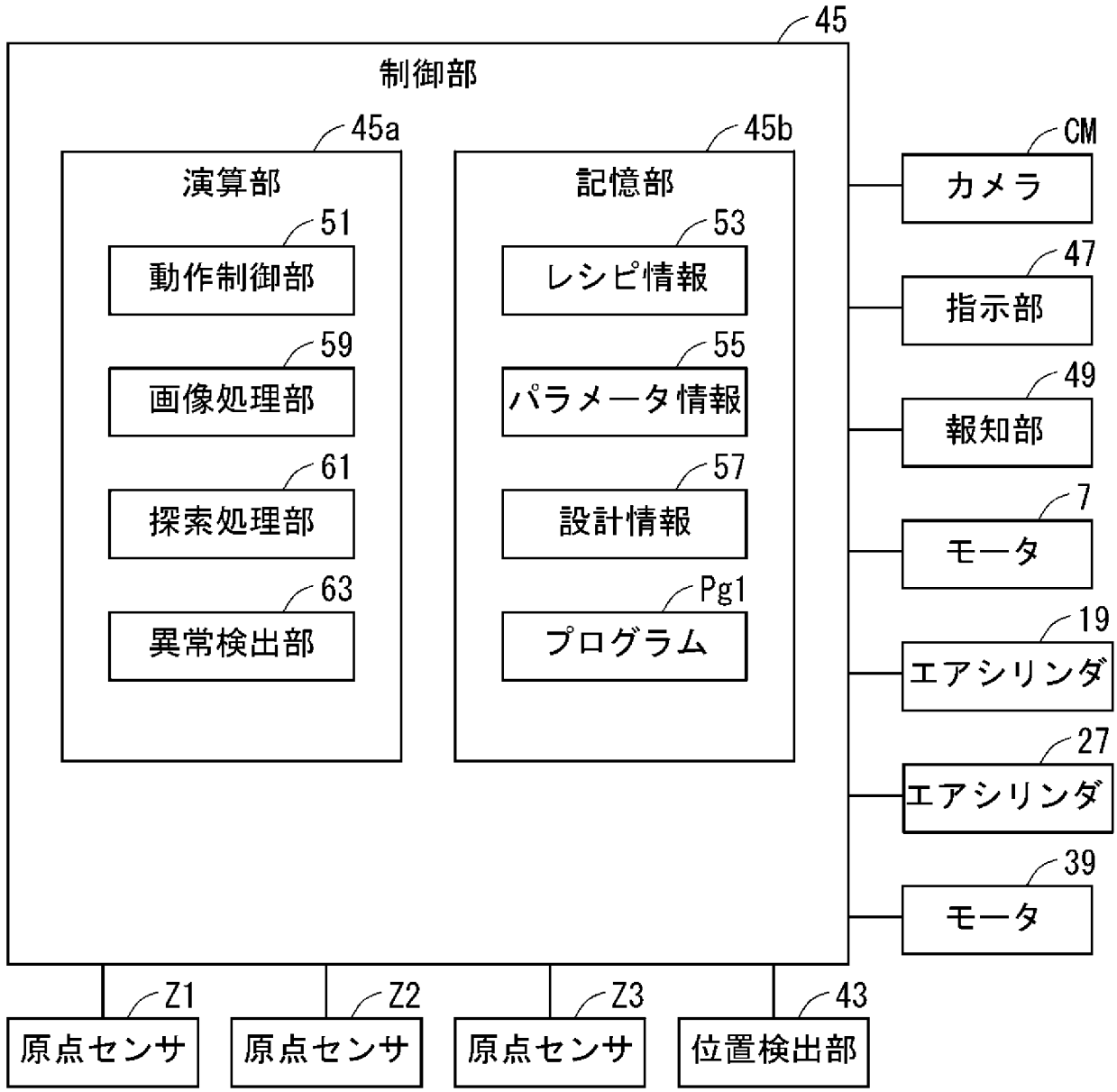
[図1]


1
CM
CA
47
指示部
27
25
29
PL2
11
Z1
13
15
9
W
3
Z2
制御部
45
7
PL1
33b
5
33c
31
PL2
9
21
17
33
13
15
19
11
Z1
33a
23
報知部
49
35
37
44
43
Z3
PL3
41
39

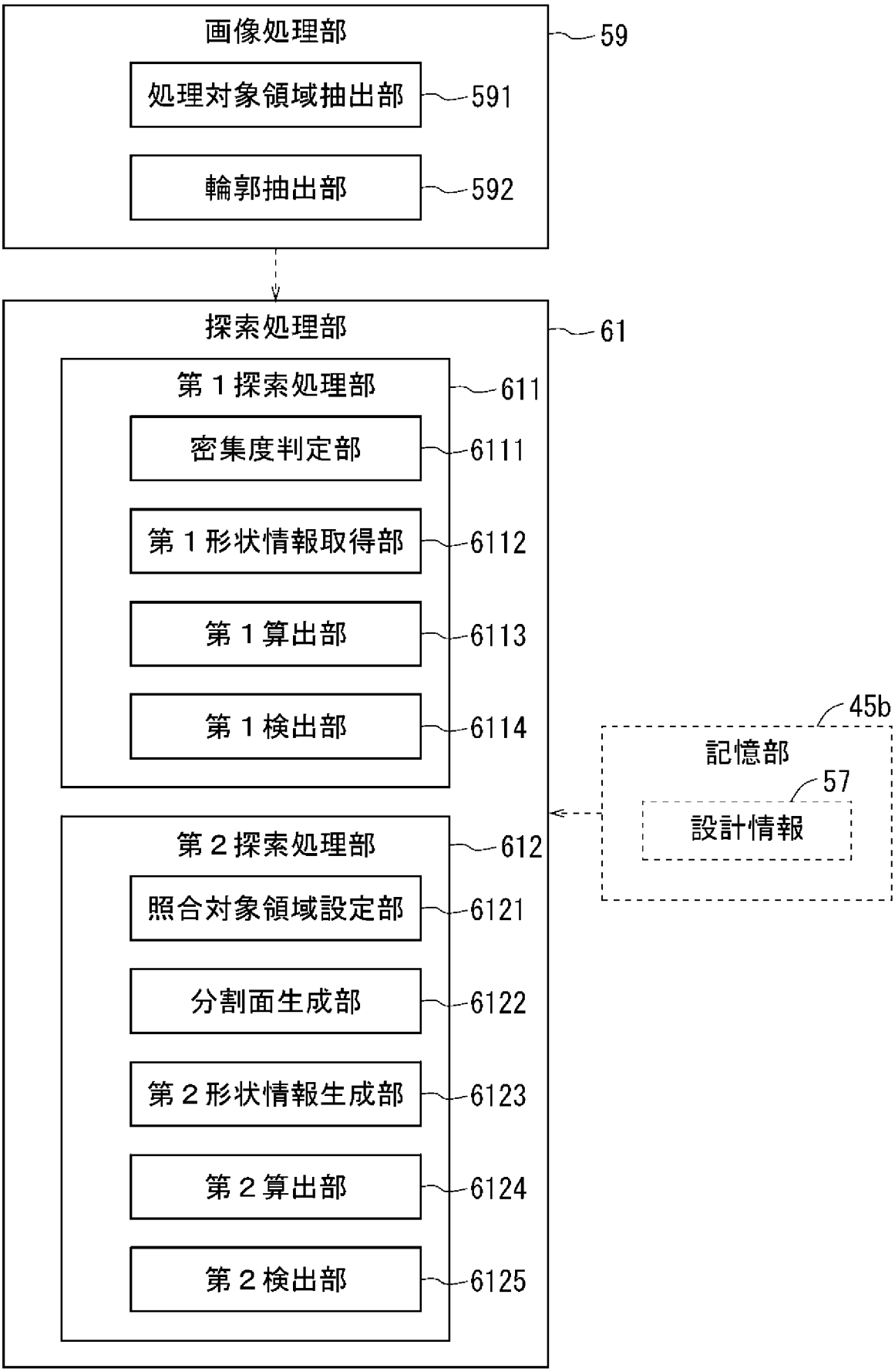
[図2]


1
CM
25
29
27
23
PL2
13
23a
CA
3
9
11
PL1
PL2
13
11
PL2
9
9
13
W
9
11
13
PL2
PL3
31
33
(33B)
33a
33b
44
37
33
(33A)
33a
33b

[図3]

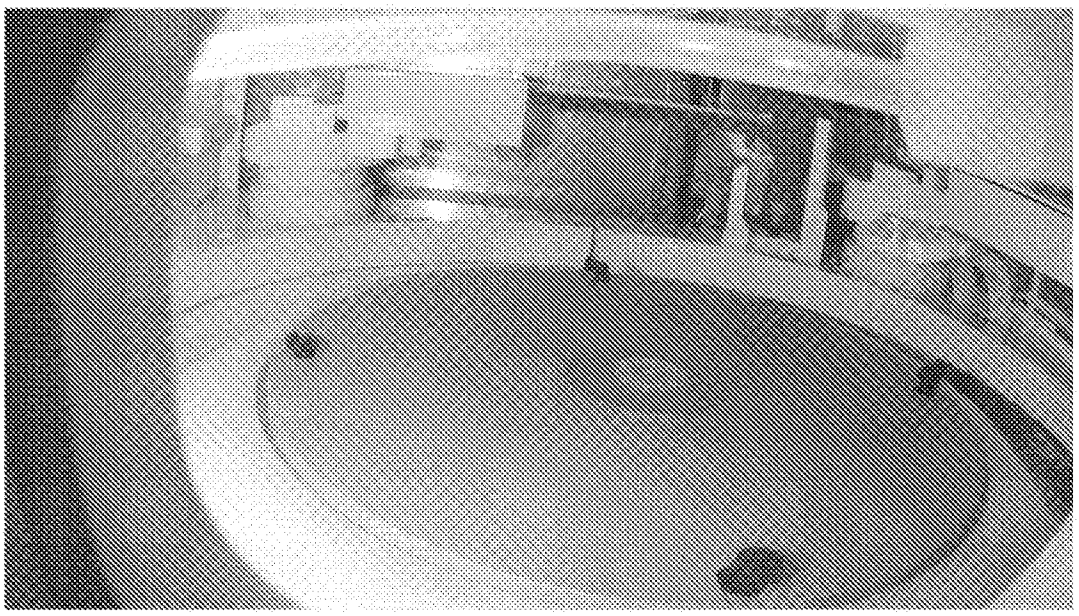

45
制御部
45a
演算部
51
動作制御部
59
画像処理部
61
探索処理部
63
異常検出部
45b
記憶部
53
レシピ情報
55
パラメータ情報
57
設計情報
Pg1
プログラム
CM
カメラ
47
指示部
49
報知部
7
モータ
19
エアシリンダ
27
エアシリンダ
39
モータ
Z1
原点センサ
Z2
原点センサ
Z3
原点センサ
43
位置検出部

[図4]


画像処理部
59
処理対象領域抽出部
591
輪郭抽出部
592
探索処理部
61
第１探索処理部
611
密集度判定部
6111
第１形状情報取得部
6112
第１算出部
6113
第１検出部
6114
第２探索処理部
612
照合対象領域設定部
6121
分割面生成部
6122
第２形状情報生成部
6123
第２算出部
6124
第２検出部
6125
45b
記憶部
57
設計情報

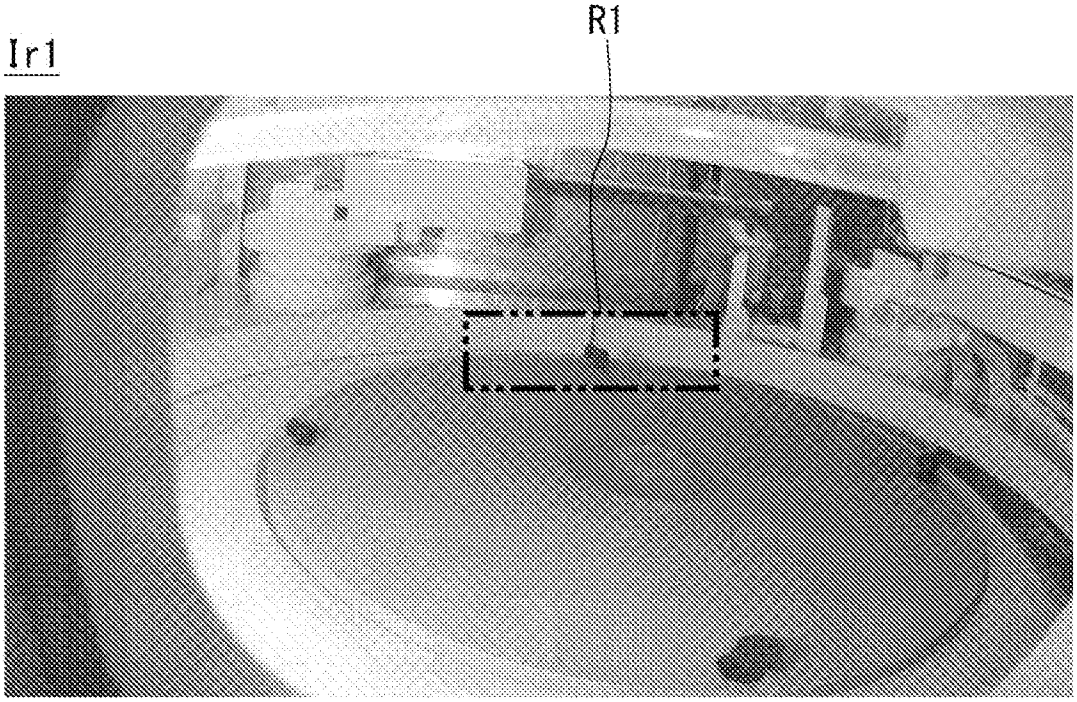
[図5]

Ir1



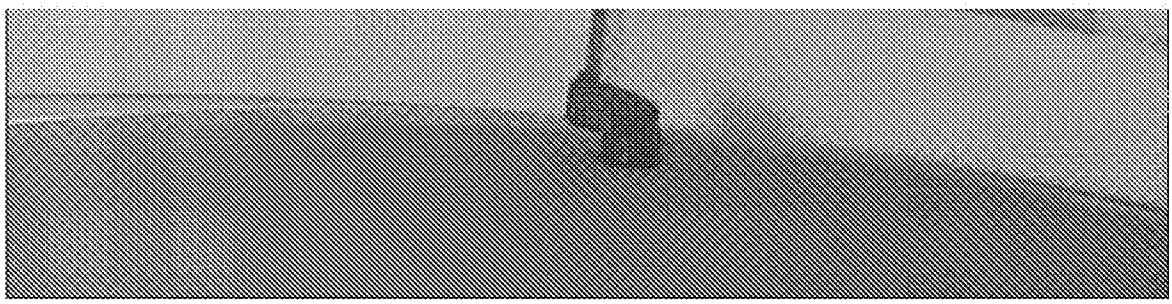
[図6]

Ir1



[図7]

Ir2

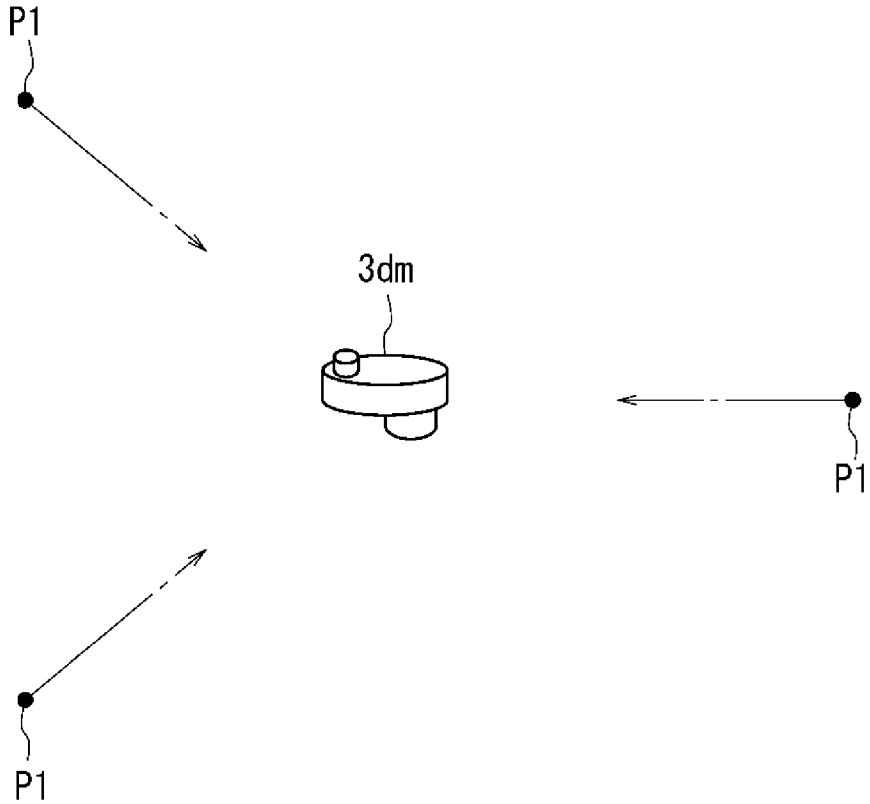


[図8]

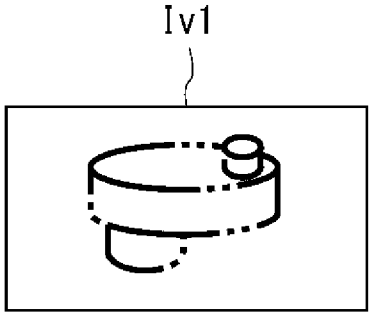
Ir3



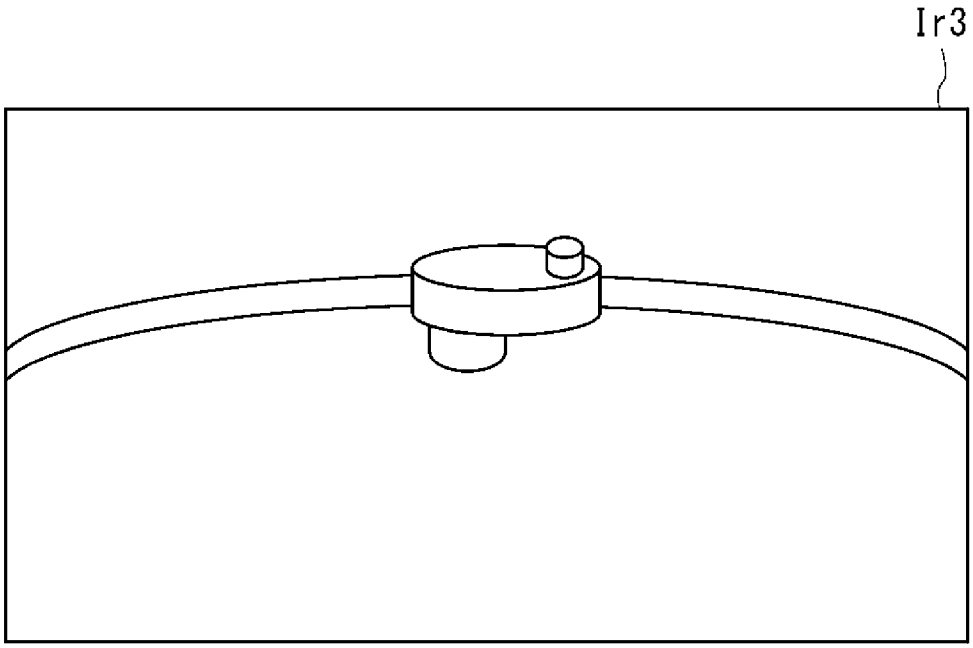
[図9]



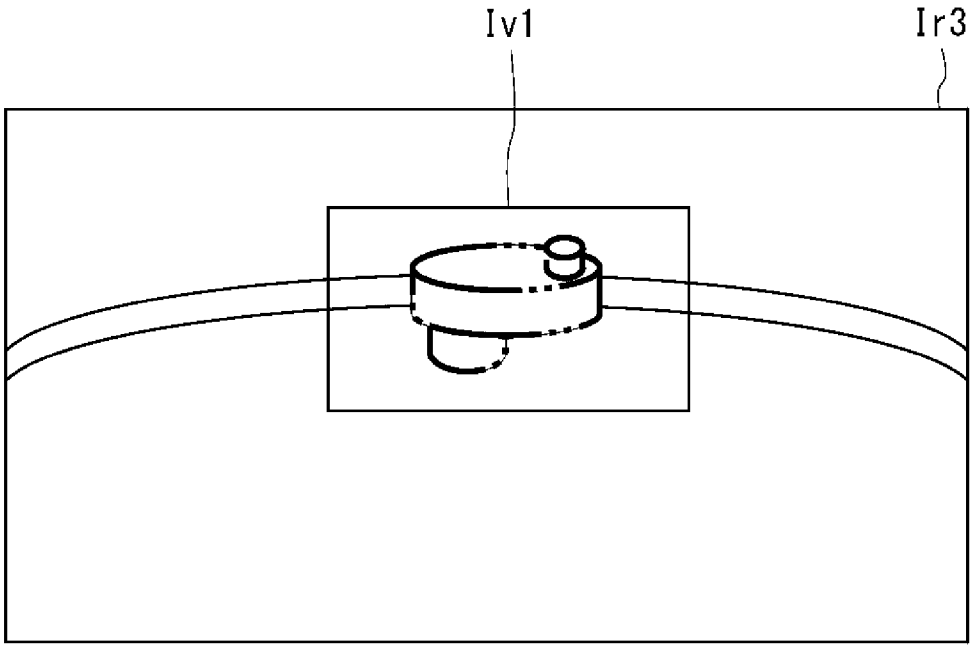
[図10]



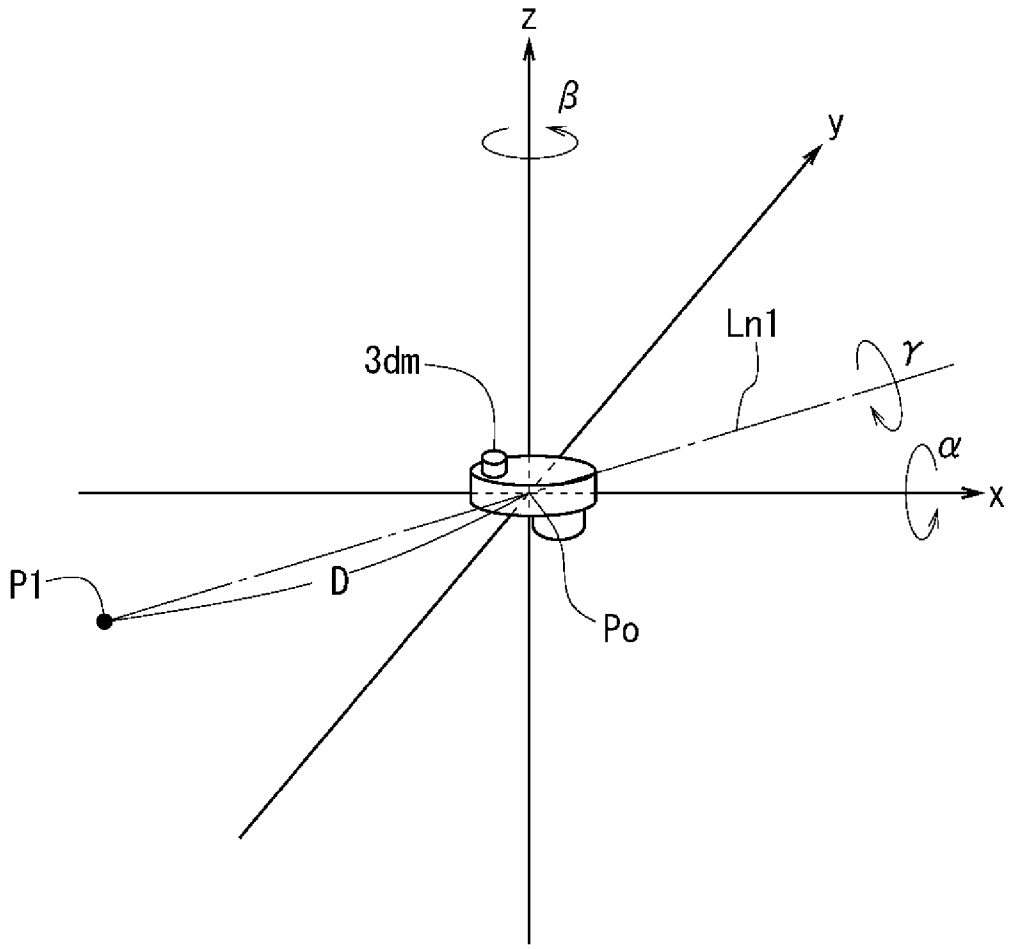
[図11]



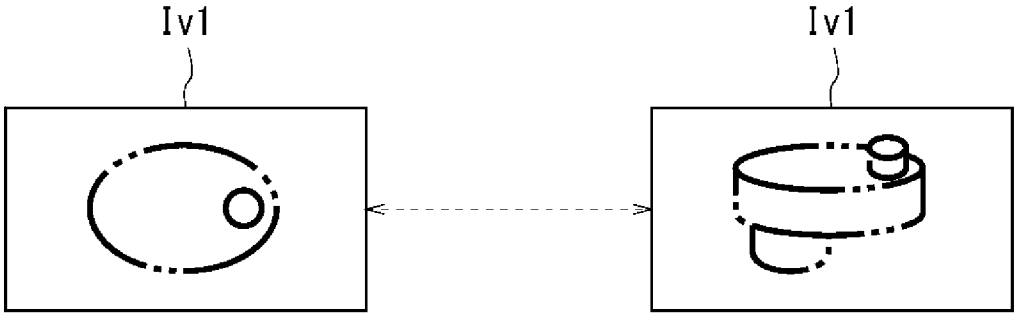
[図12]



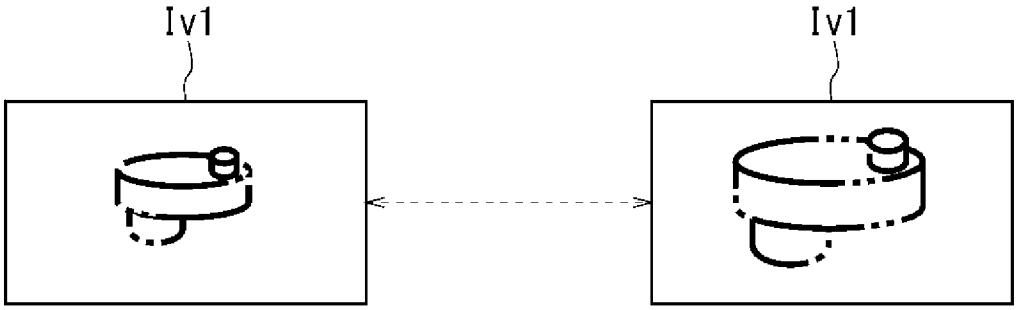
[図13]



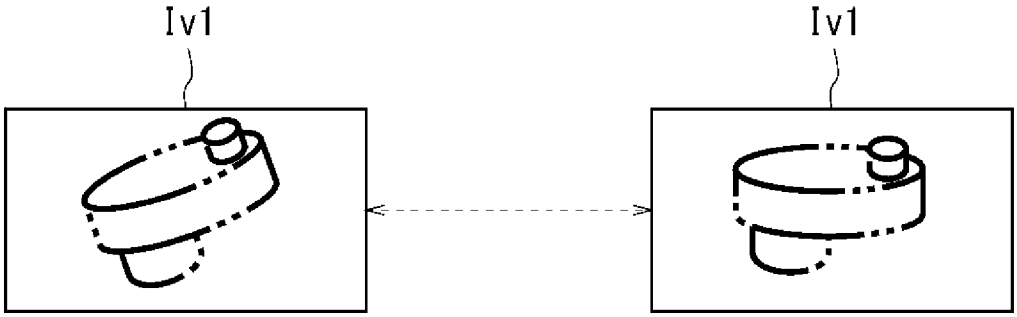
[図14]



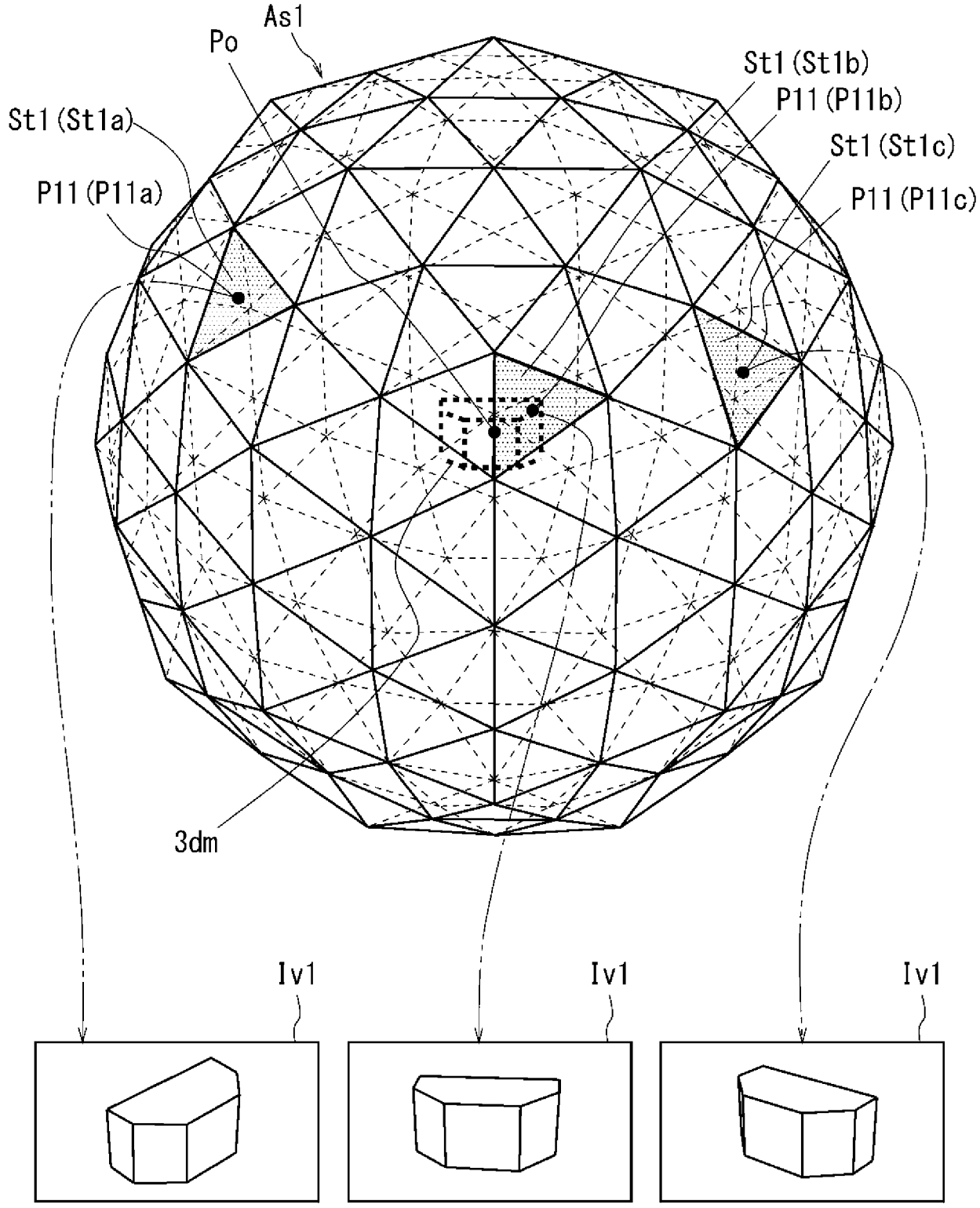
[図15]



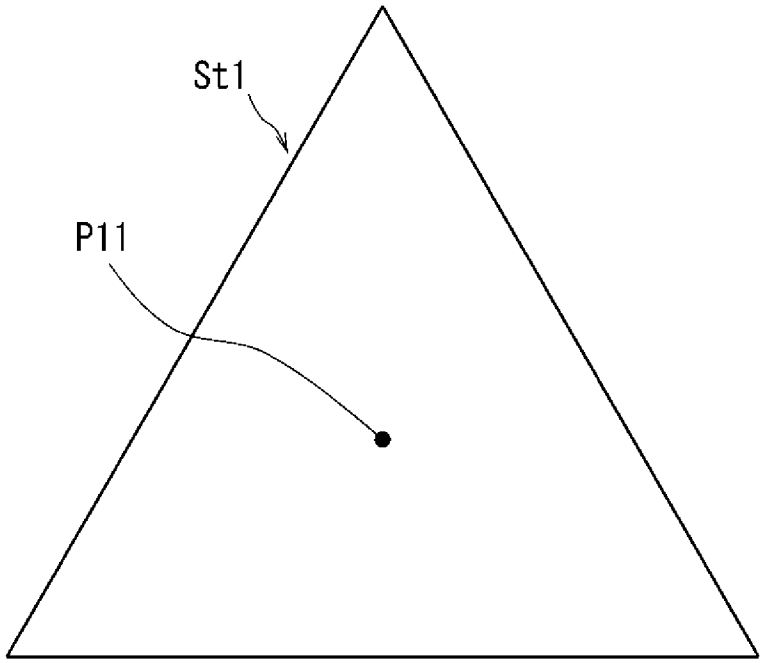
[図16]


Iv1
Iv1

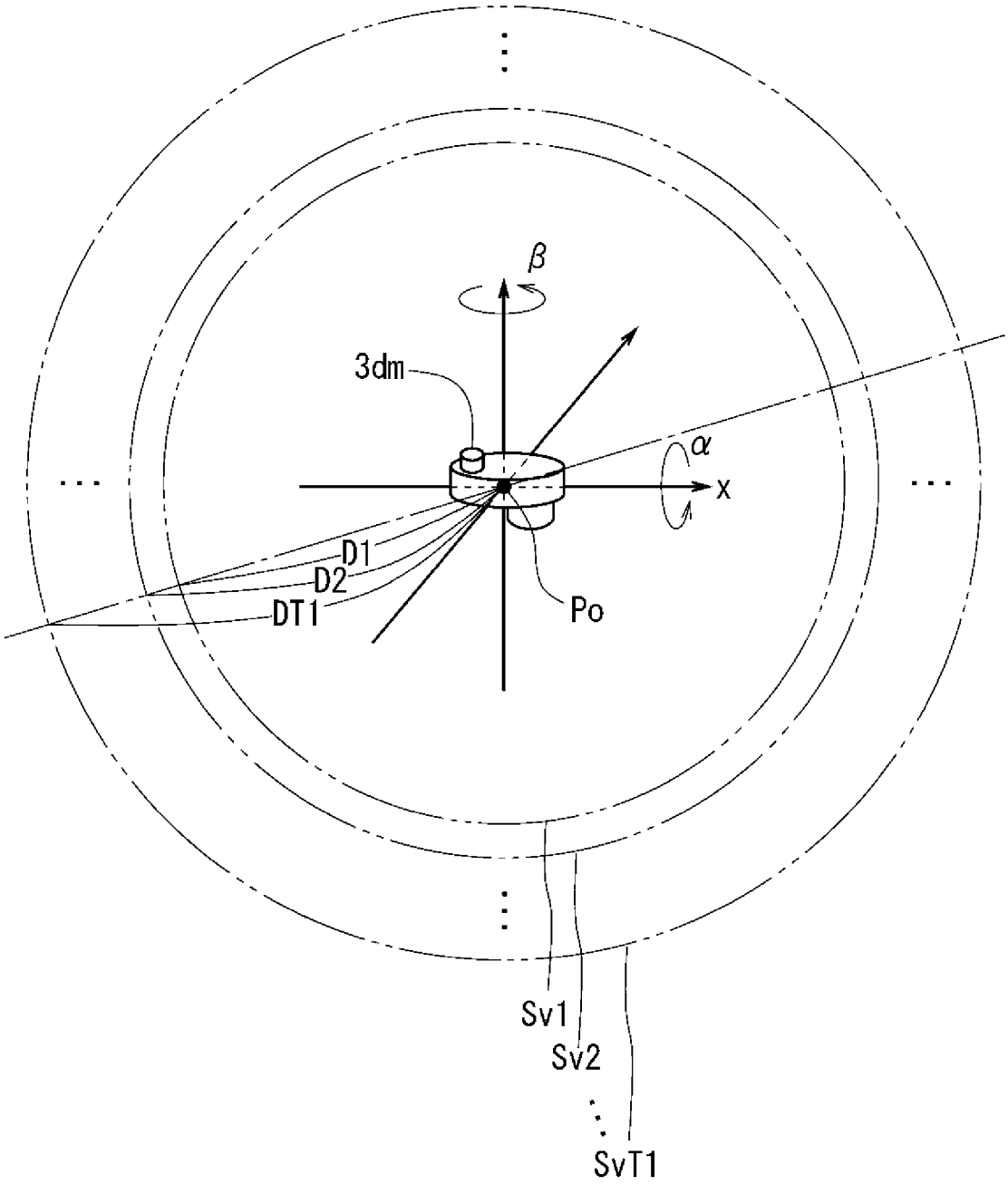
[図17]


As1
Po
St1(St1b)
P11(P11b)
St1(St1a)
St1(St1c)
P11(P11a)
P11(P11c)
3dm
Iv1
Iv1
Iv1

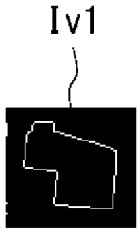
[図18]



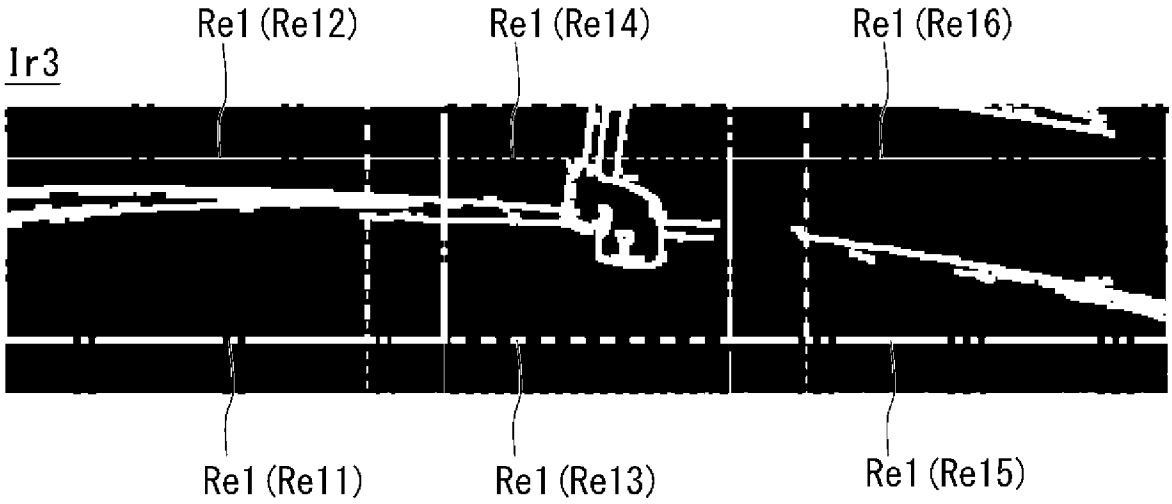
[図19]



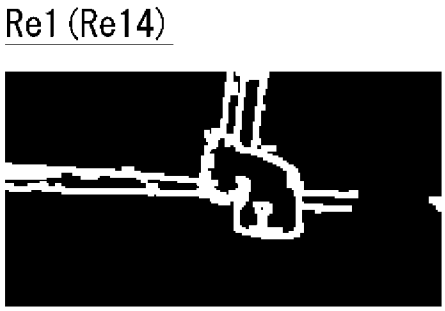
[図20]



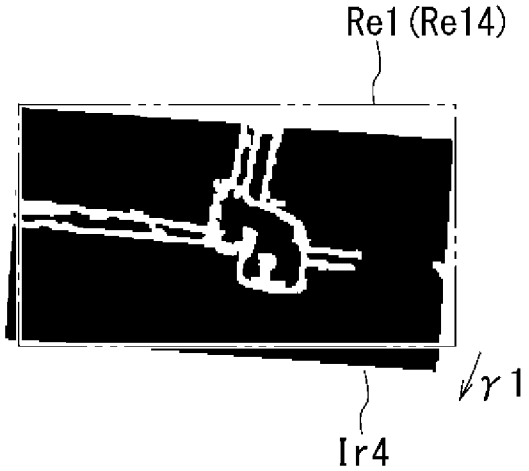
[図21]



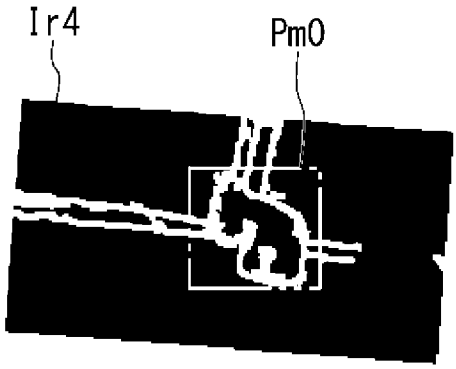
[図22]



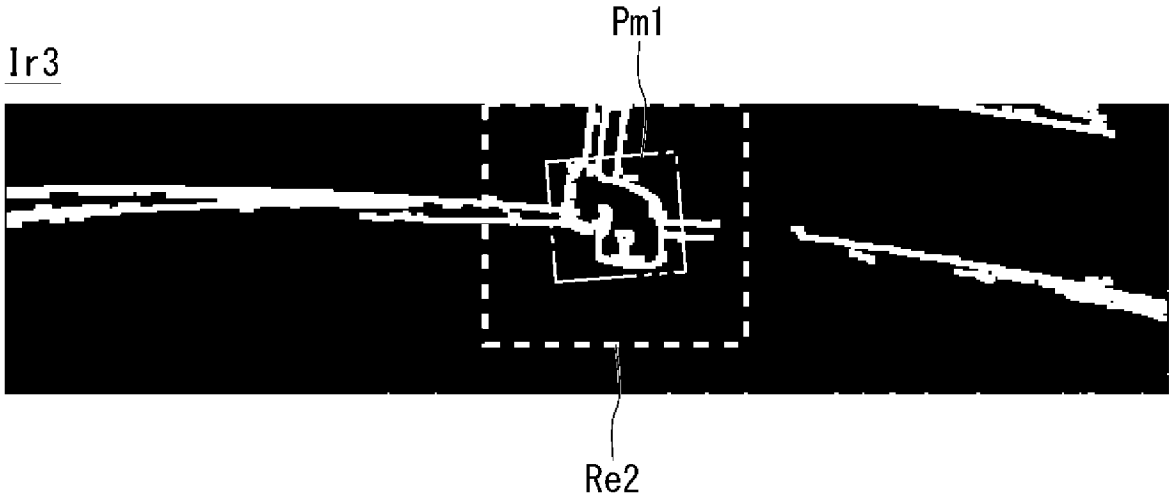
[図23]



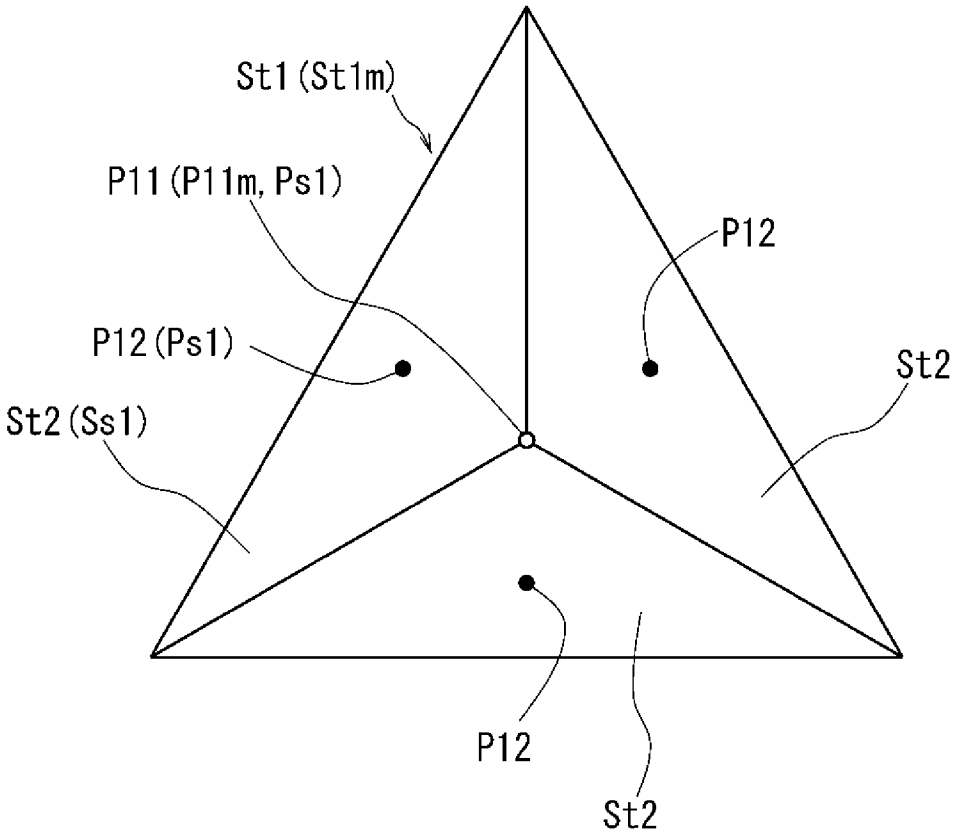
[図24]



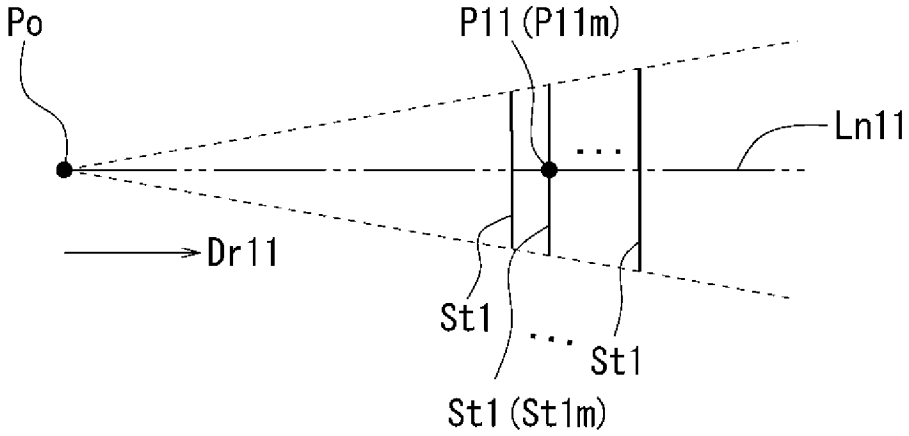
[図25]


Ir3
Pm1
Re2

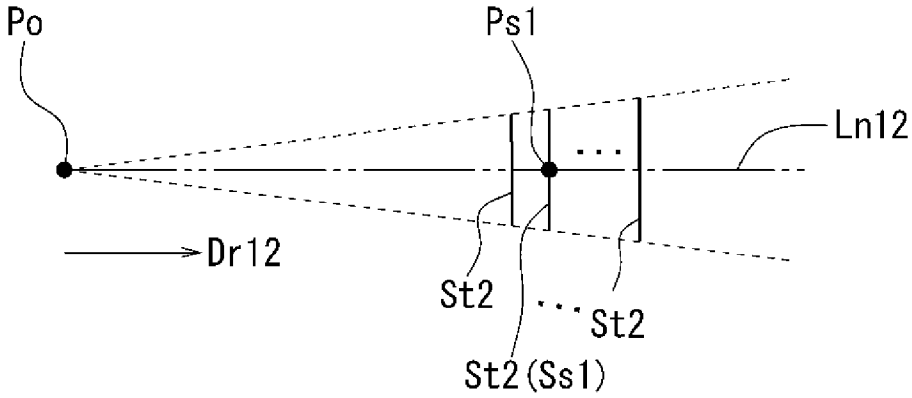
[図26]


St1 (St1m)
P11 (P11m, Ps1)
P12
P12 (Ps1)
St2
St2 (Ss1)
P12
St2

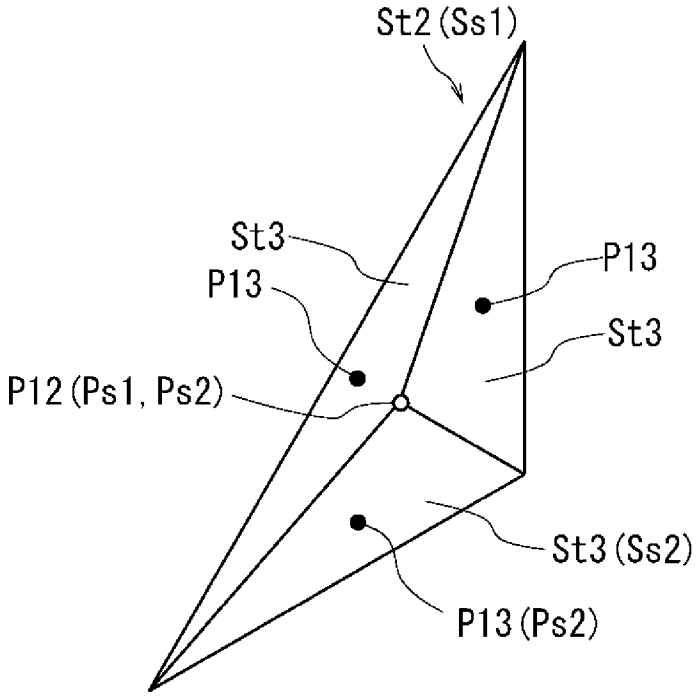
[図27]


Po
P11 (P11m)
Ln11
Dr11
St1
St1
St1 (St1m)

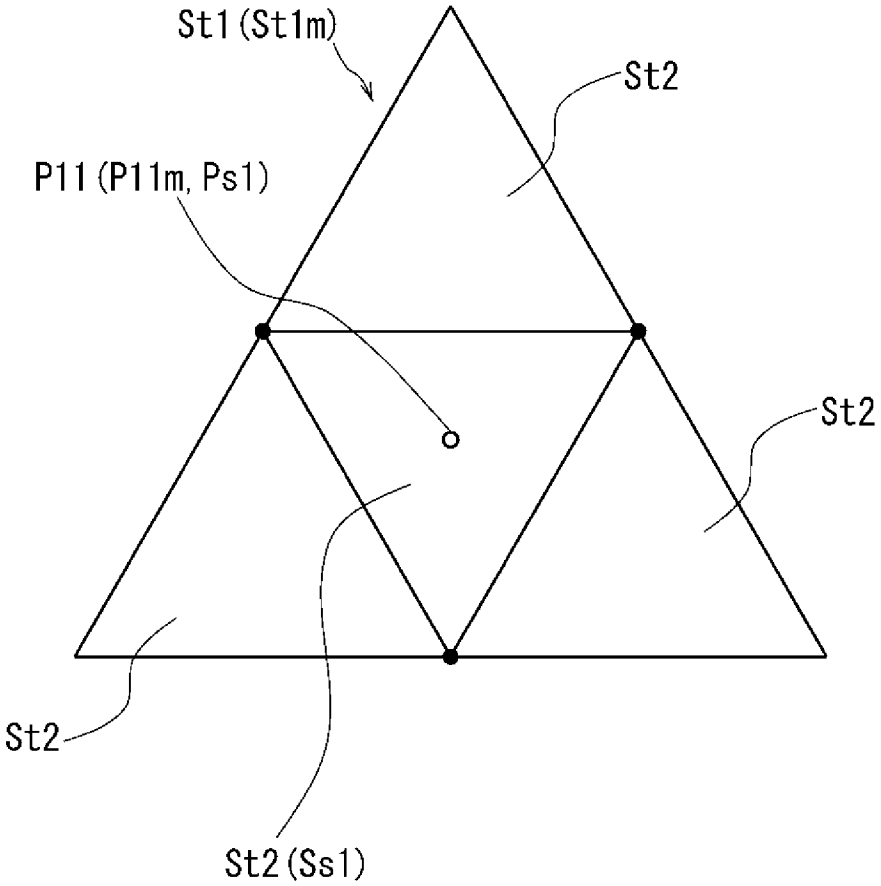
[図28]


Po
Ps1
Ln12
Dr12
St2
St2
St2(Ss1)

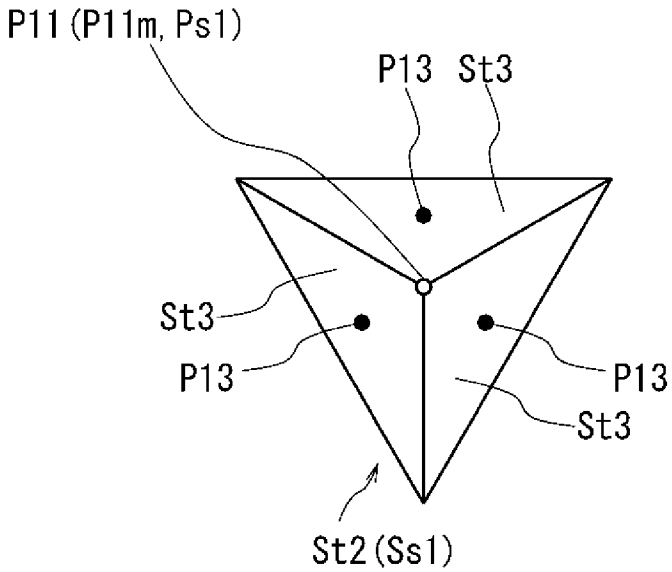
[図29]


St2(Ss1)
St3
P13
P13
St3
P12(Ps1, Ps2)
St3(Ss2)
P13(Ps2)

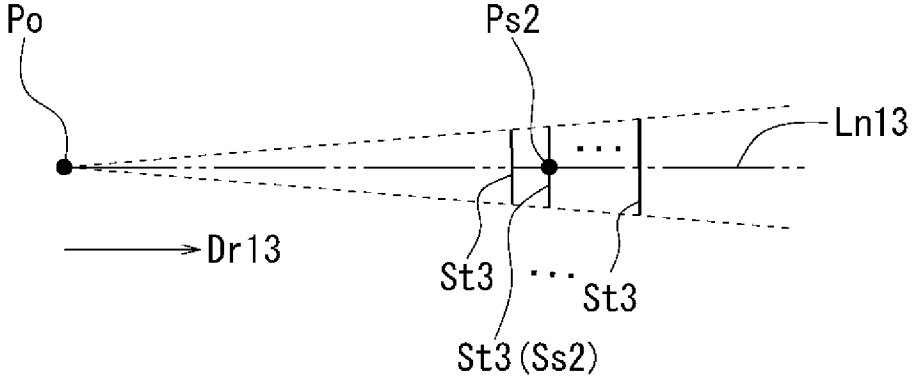
[図30]


St1(St1m)
St2
P11(P11m, Ps1)
St2
St2
St2(Ss1)

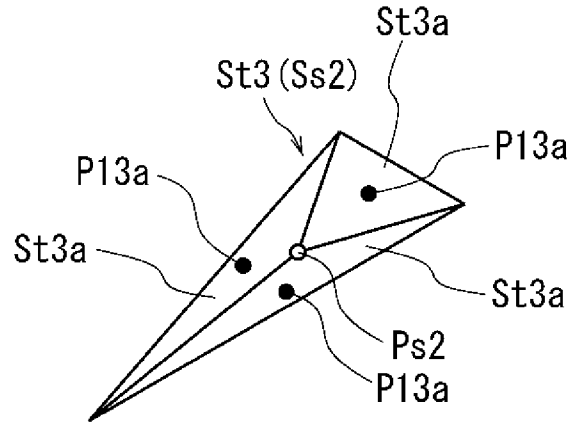
[図31]


P11(P11m, Ps1)
P13
St3
St3
P13
P13
St3
St2(Ss1)

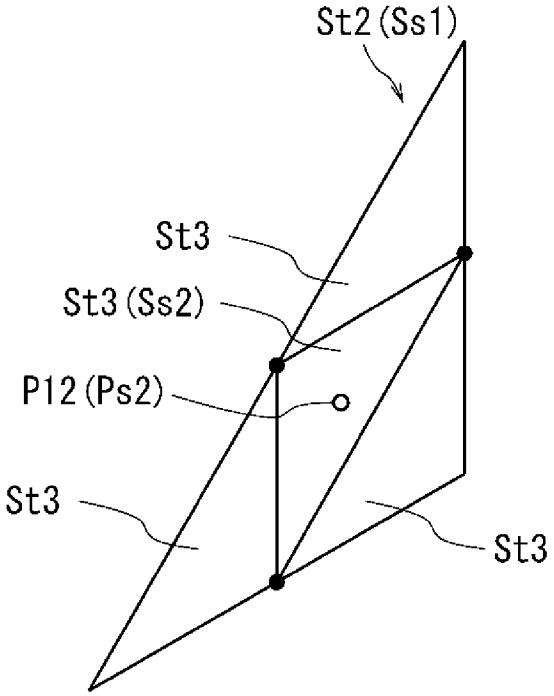
[図32]


Po
Ps2
Ln13
Dr13
St3
St3
St3(Ss2)

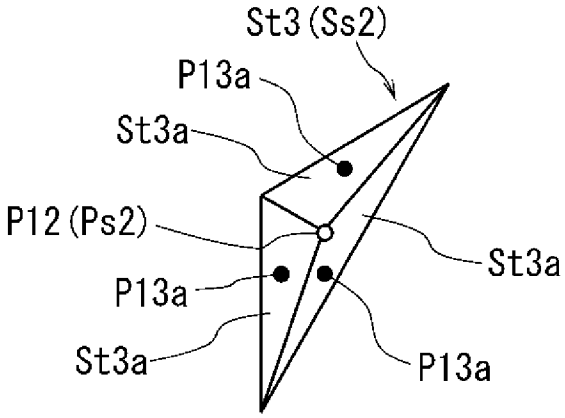
[図33]


St3a
St3 (Ss2)
P13a
P13a
St3a
St3a
Ps2
P13a

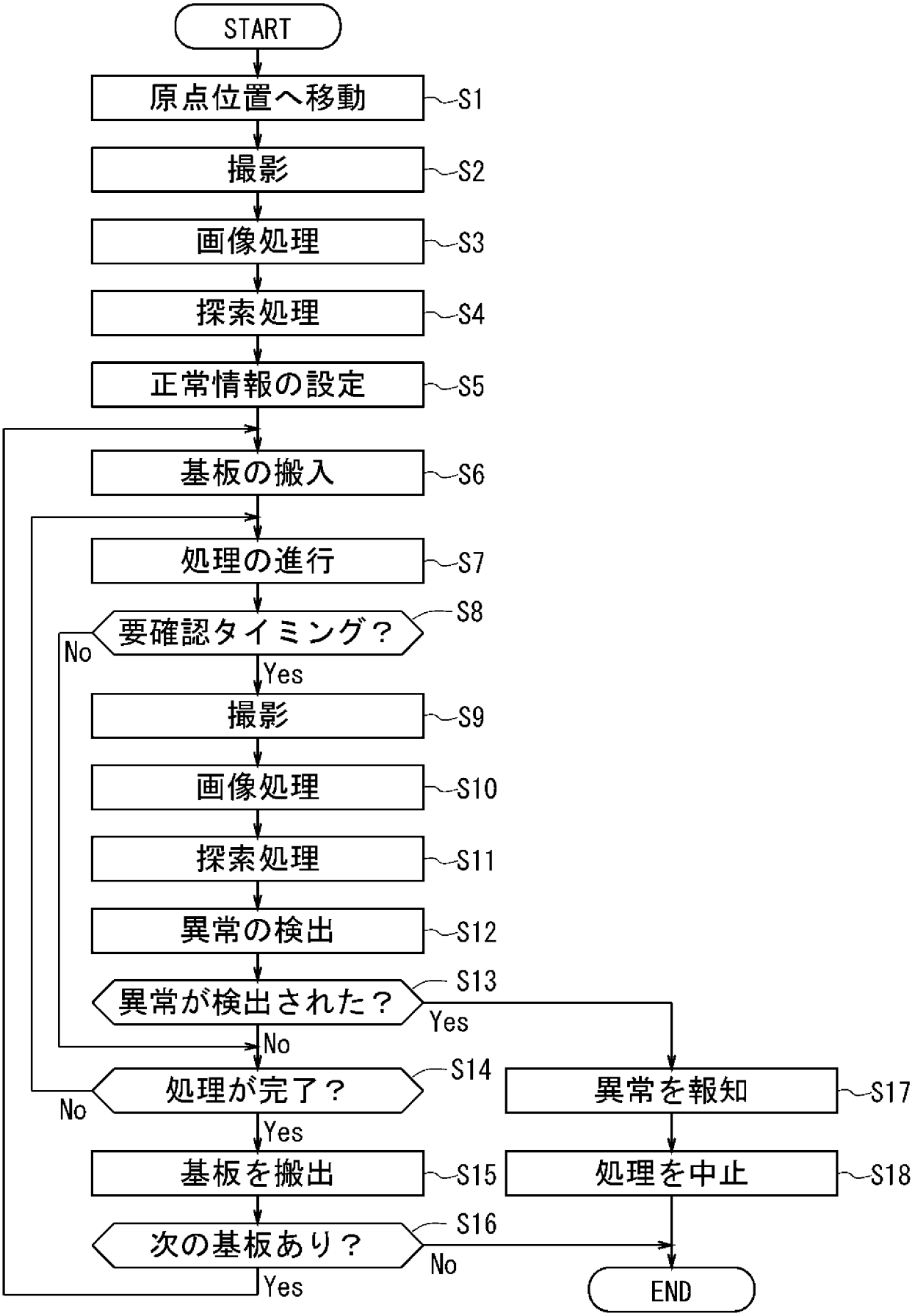
[図34]


St2 (Ss1)
St3
St3 (Ss2)
P12 (Ps2)
St3
St3

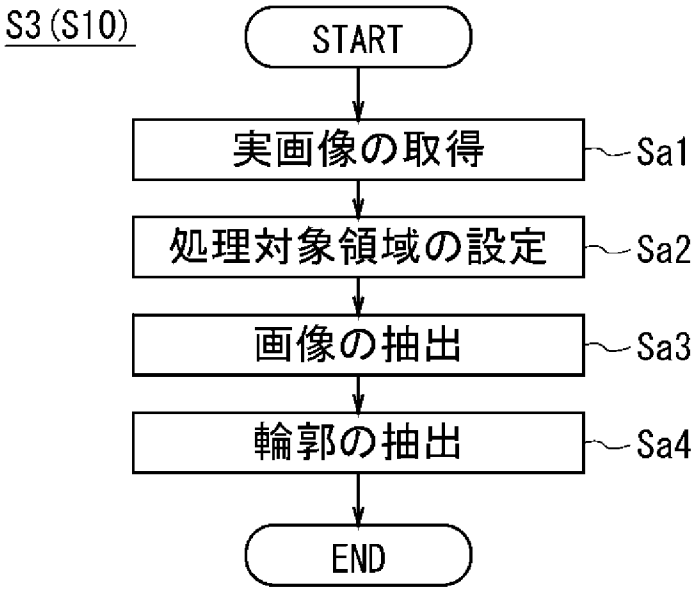
[図35]


St3 (Ss2)
P13a
St3a
P12 (Ps2)
St3a
P13a
St3a
P13a

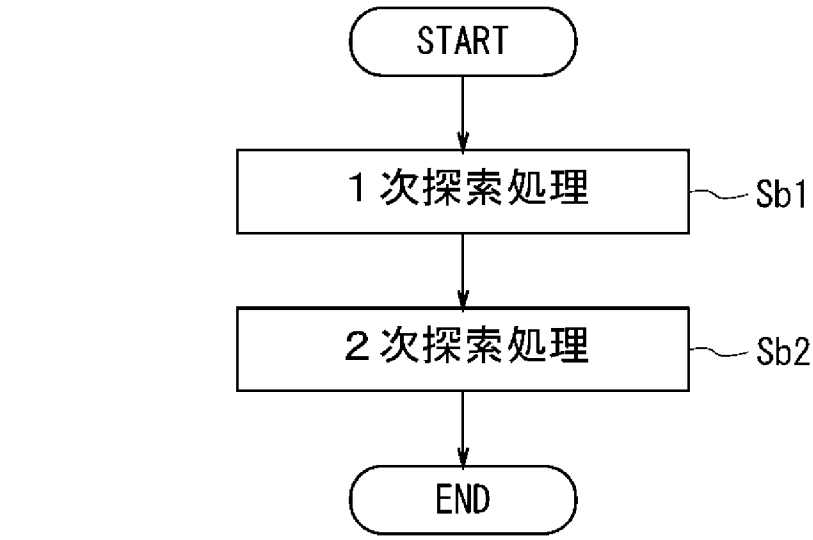
[図36]


START
原点位置へ移動
S1
撮影
S2
画像処理
S3
探索処理
S4
正常情報の設定
S5
基板の搬入
S6
処理の進行
S7
要確認タイミング？
S8
No
Yes
撮影
S9
画像処理
S10
探索処理
S11
異常の検出
S12
異常が検出された？
S13
Yes
No
処理が完了？
S14
No
Yes
異常を報知
S17
基板を搬出
S15
処理を中止
S18
次の基板あり？
S16
No
Yes
END

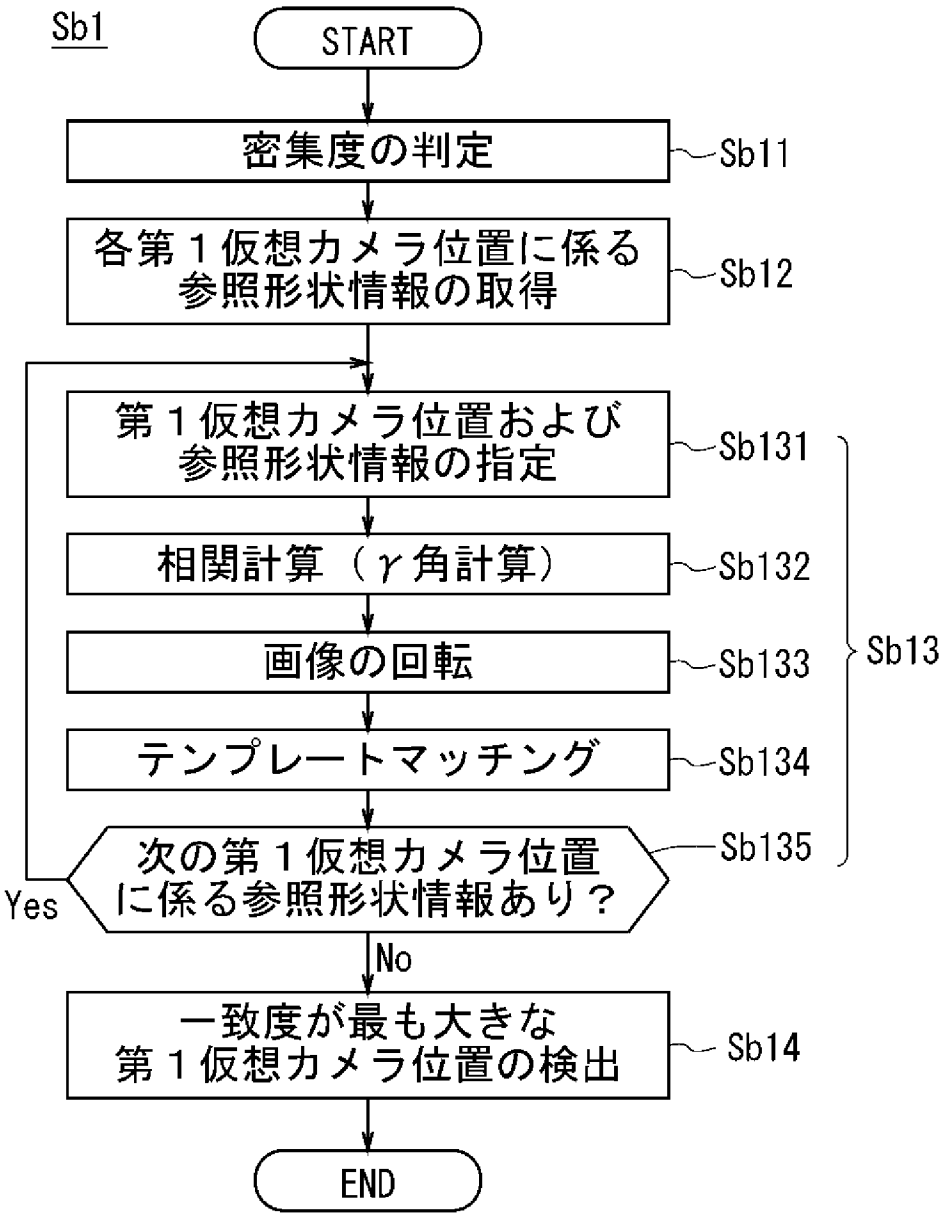
[図37]


S3(S10)
START
実画像の取得
Sa1
処理対象領域の設定
Sa2
画像の抽出
Sa3
輪郭の抽出
Sa4
END

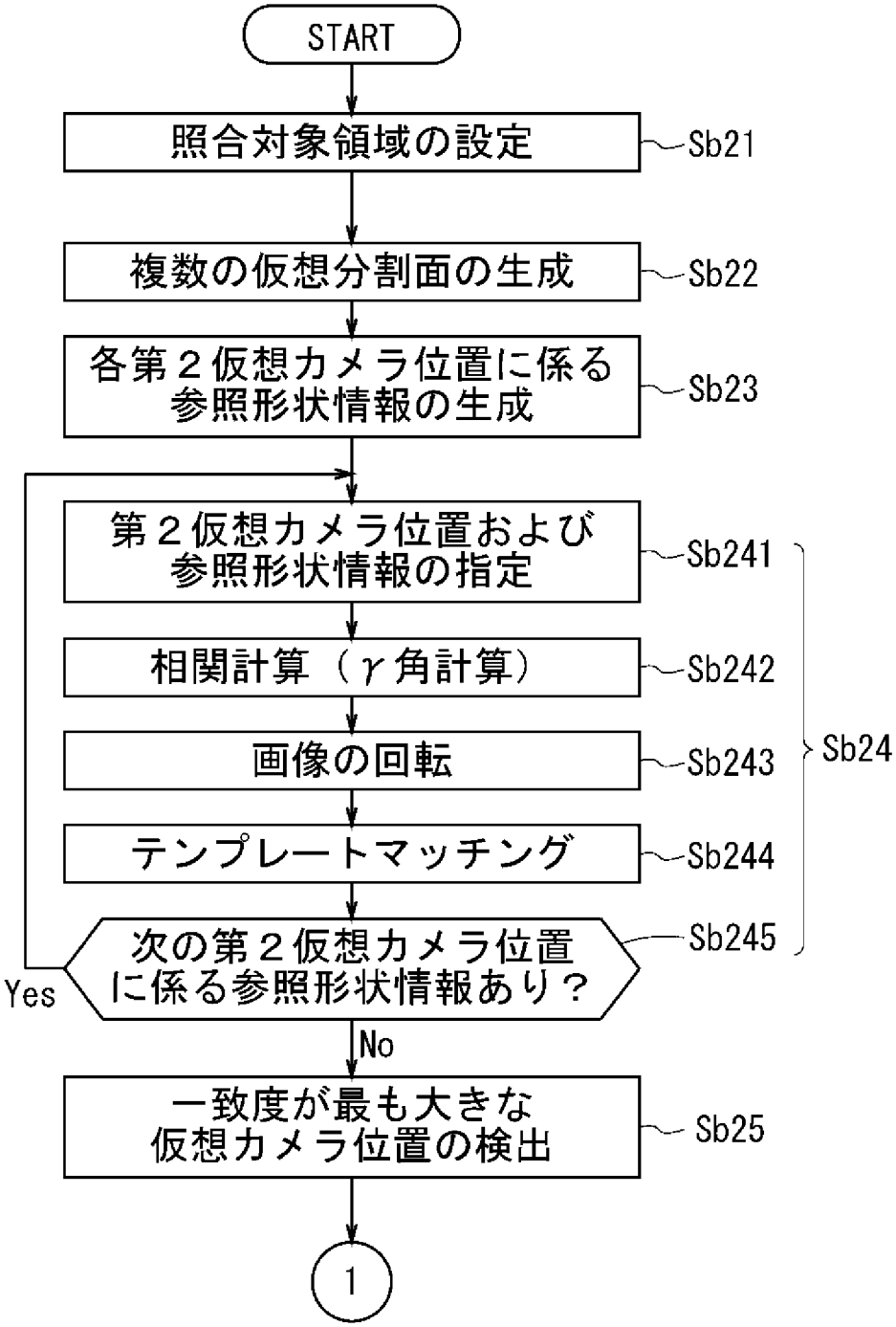
[図38]


S4(S11)
START
１次探索処理
Sb1
２次探索処理
Sb2
END

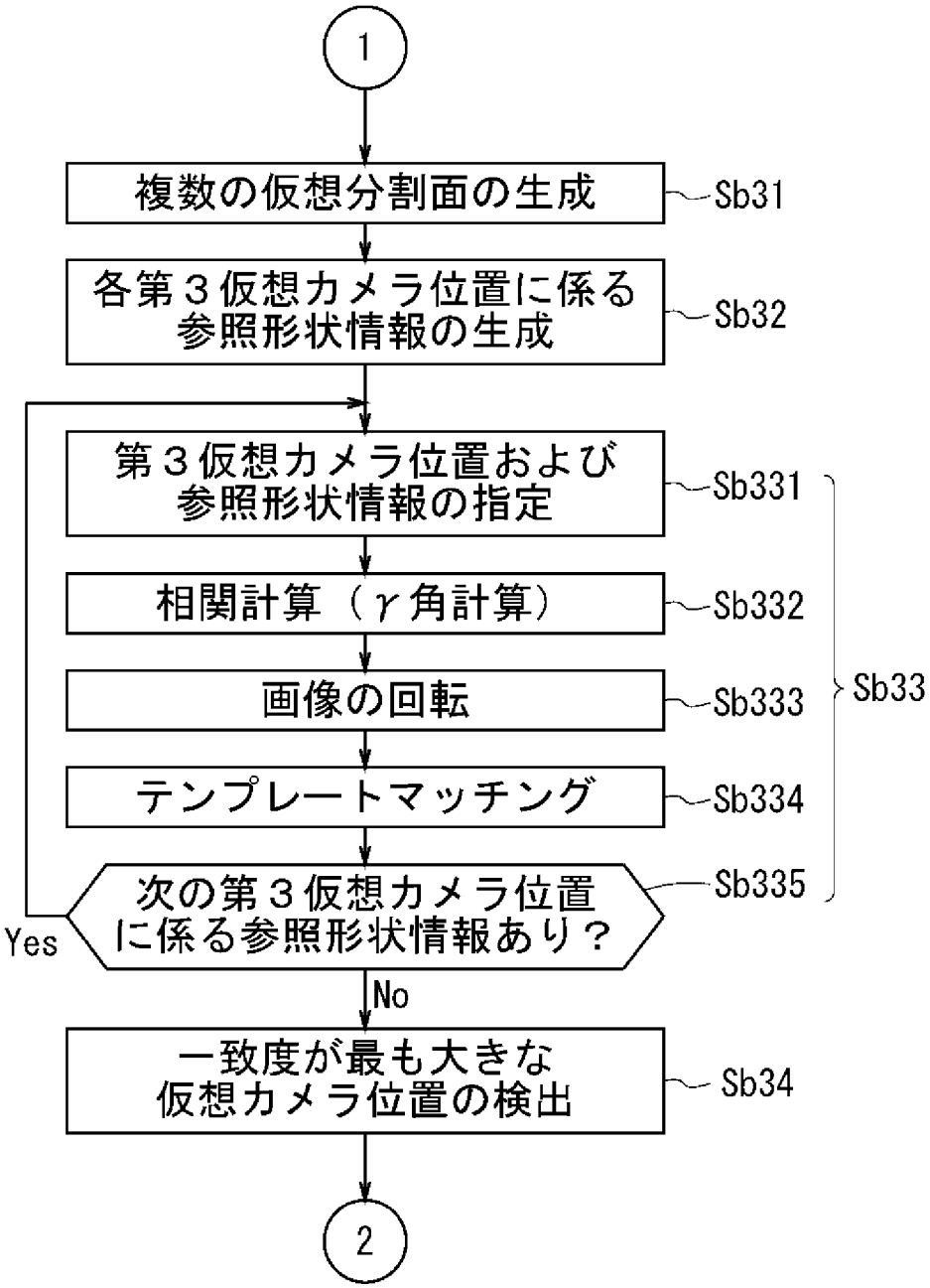
[図39]


Sb1
START
密集度の判定
Sb11
各第１仮想カメラ位置に係る
参照形状情報の取得
Sb12
第１仮想カメラ位置および
参照形状情報の指定
Sb131
相関計算（γ角計算）
Sb132
画像の回転
Sb133
テンプレートマッチング
Sb134
次の第１仮想カメラ位置
に係る参照形状情報あり？
Sb135
Sb13
Yes
No
一致度が最も大きな
第１仮想カメラ位置の検出
Sb14
END

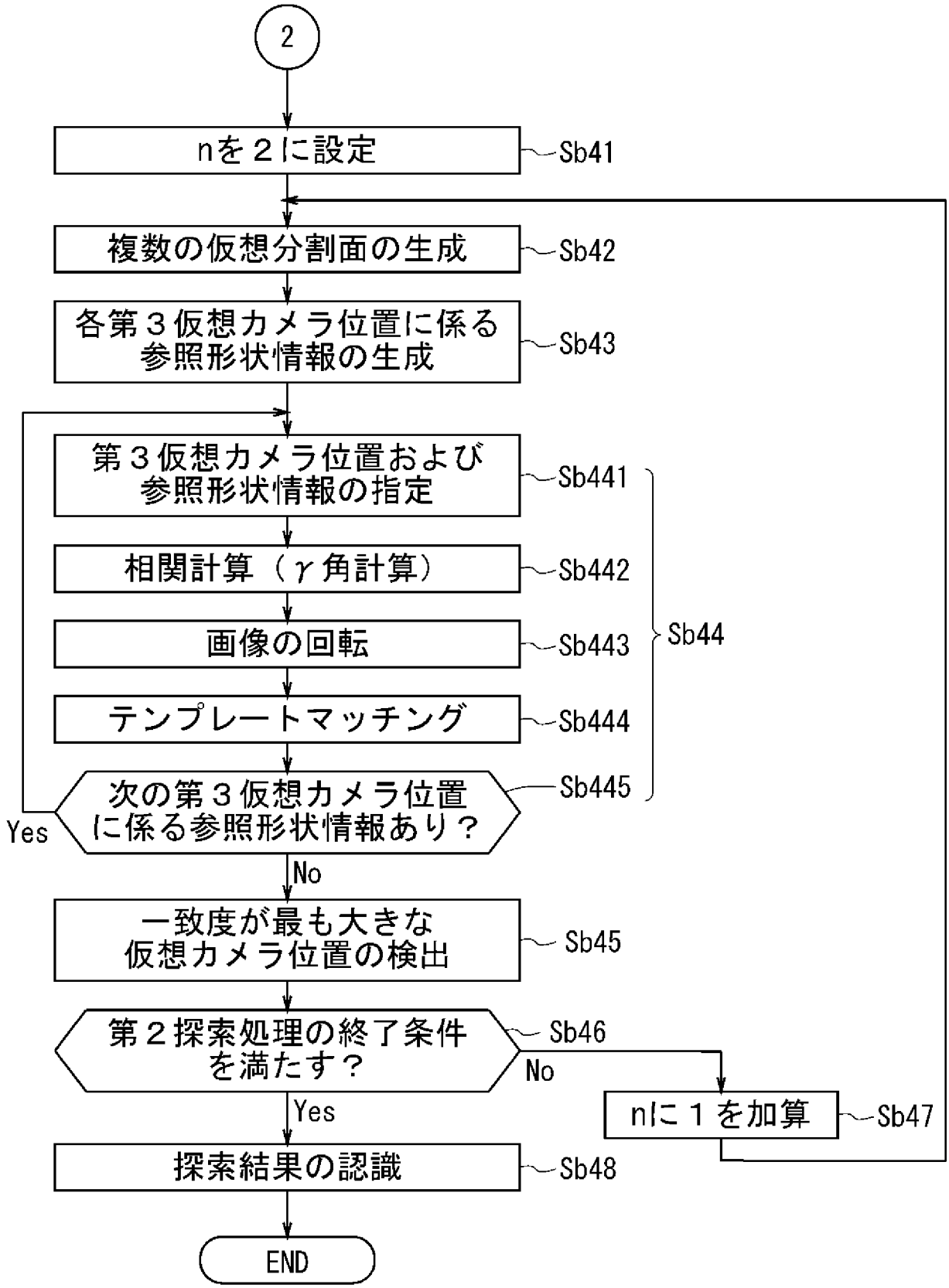
[図40]


START
照合対象領域の設定
Sb21
複数の仮想分割面の生成
Sb22
各第２仮想カメラ位置に係る
参照形状情報の生成
Sb23
第２仮想カメラ位置および
参照形状情報の指定
Sb241
相関計算（γ角計算）
Sb242
画像の回転
Sb243
テンプレートマッチング
Sb244
Sb24
次の第２仮想カメラ位置
に係る参照形状情報あり？
Sb245
Yes
No
一致度が最も大きな
仮想カメラ位置の検出
Sb25
1

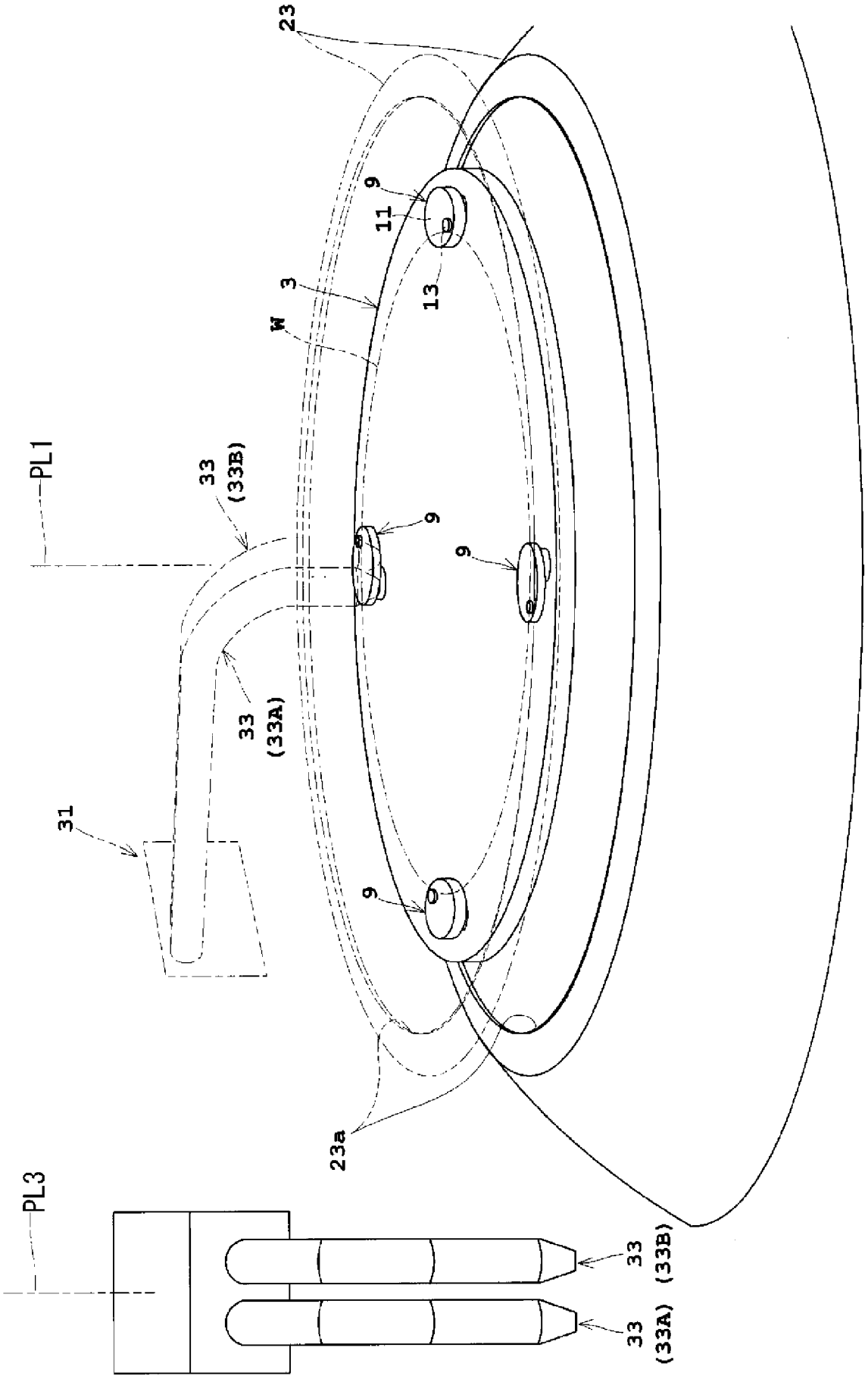
[図41]


1
複数の仮想分割面の生成
Sb31
各第３仮想カメラ位置に係る
参照形状情報の生成
Sb32
第３仮想カメラ位置および
参照形状情報の指定
Sb331
相関計算（γ角計算）
Sb332
画像の回転
Sb333
テンプレートマッチング
Sb334
次の第３仮想カメラ位置
に係る参照形状情報あり？
Sb335
Sb33
Yes
No
一致度が最も大きな
仮想カメラ位置の検出
Sb34
2

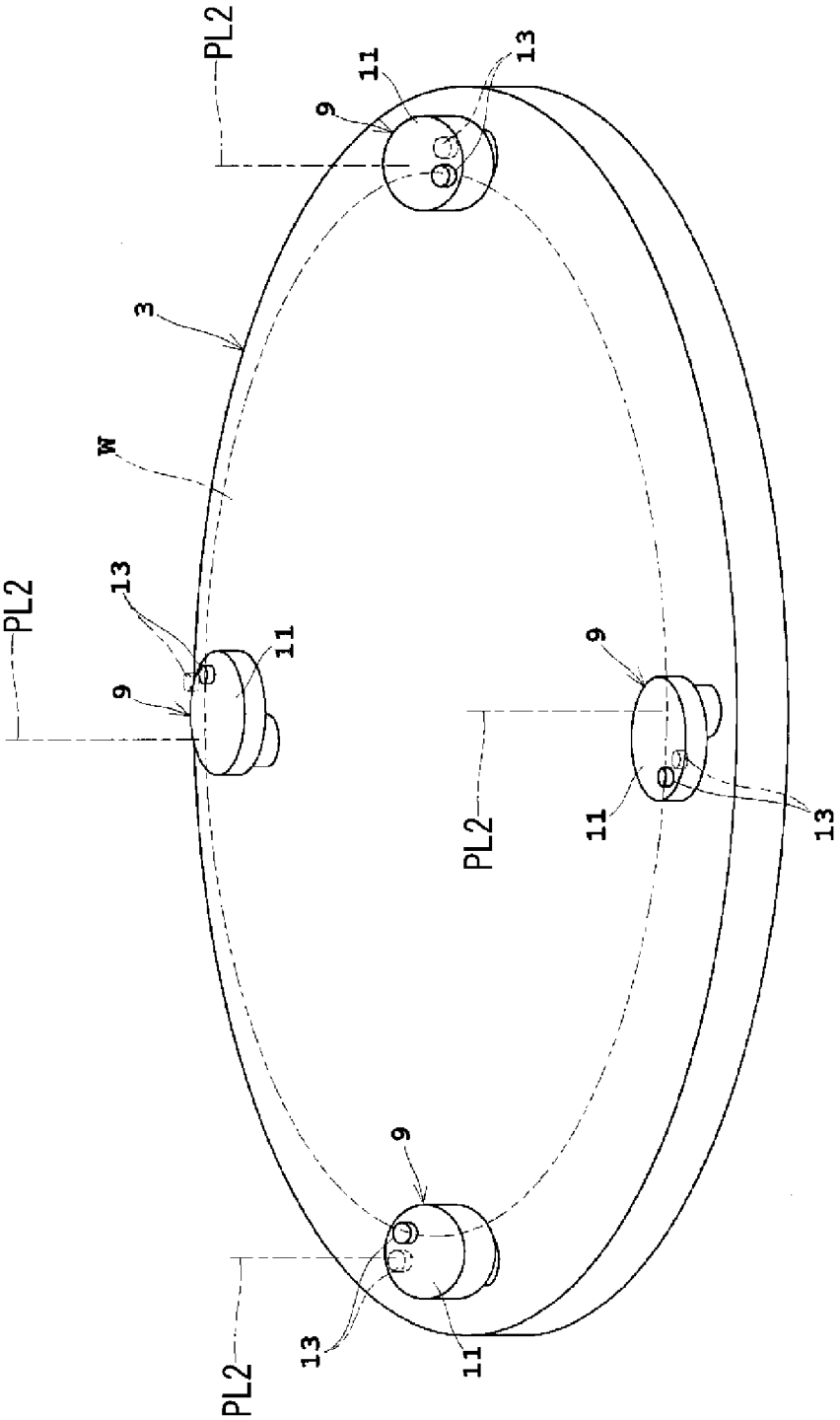
[図42]


2
nを２に設定
Sb41
複数の仮想分割面の生成
Sb42
各第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報の生成
Sb43
第３仮想カメラ位置および参照形状情報の指定
Sb441
相関計算（γ角計算）
Sb442
画像の回転
Sb443
テンプレートマッチング
Sb444
次の第３仮想カメラ位置に係る参照形状情報あり？
Sb445
Sb44
Yes
No
一致度が最も大きな仮想カメラ位置の検出
Sb45
第２探索処理の終了条件を満たす？
Sb46
No
Yes
nに１を加算
Sb47
探索結果の認識
Sb48
END

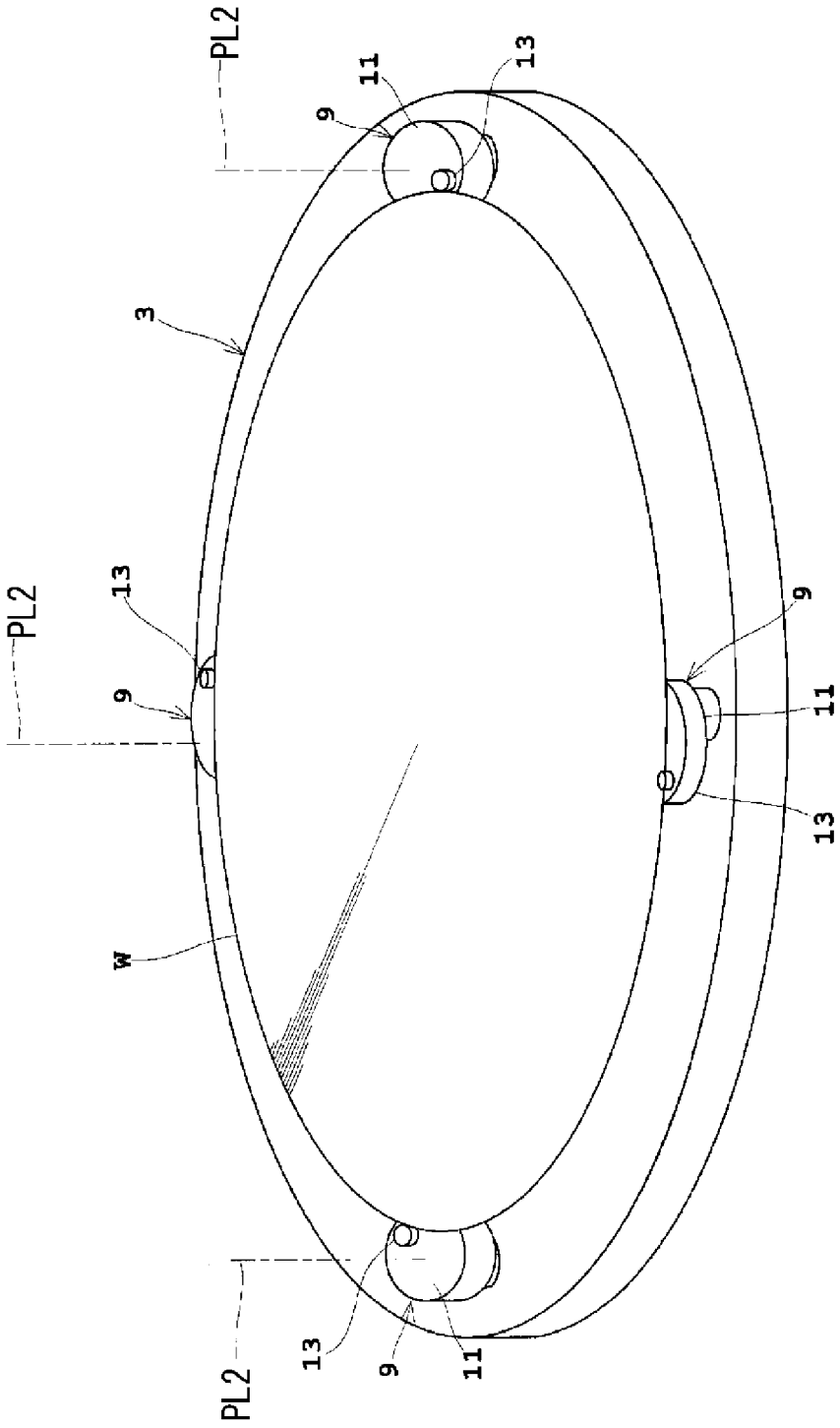
[図43]



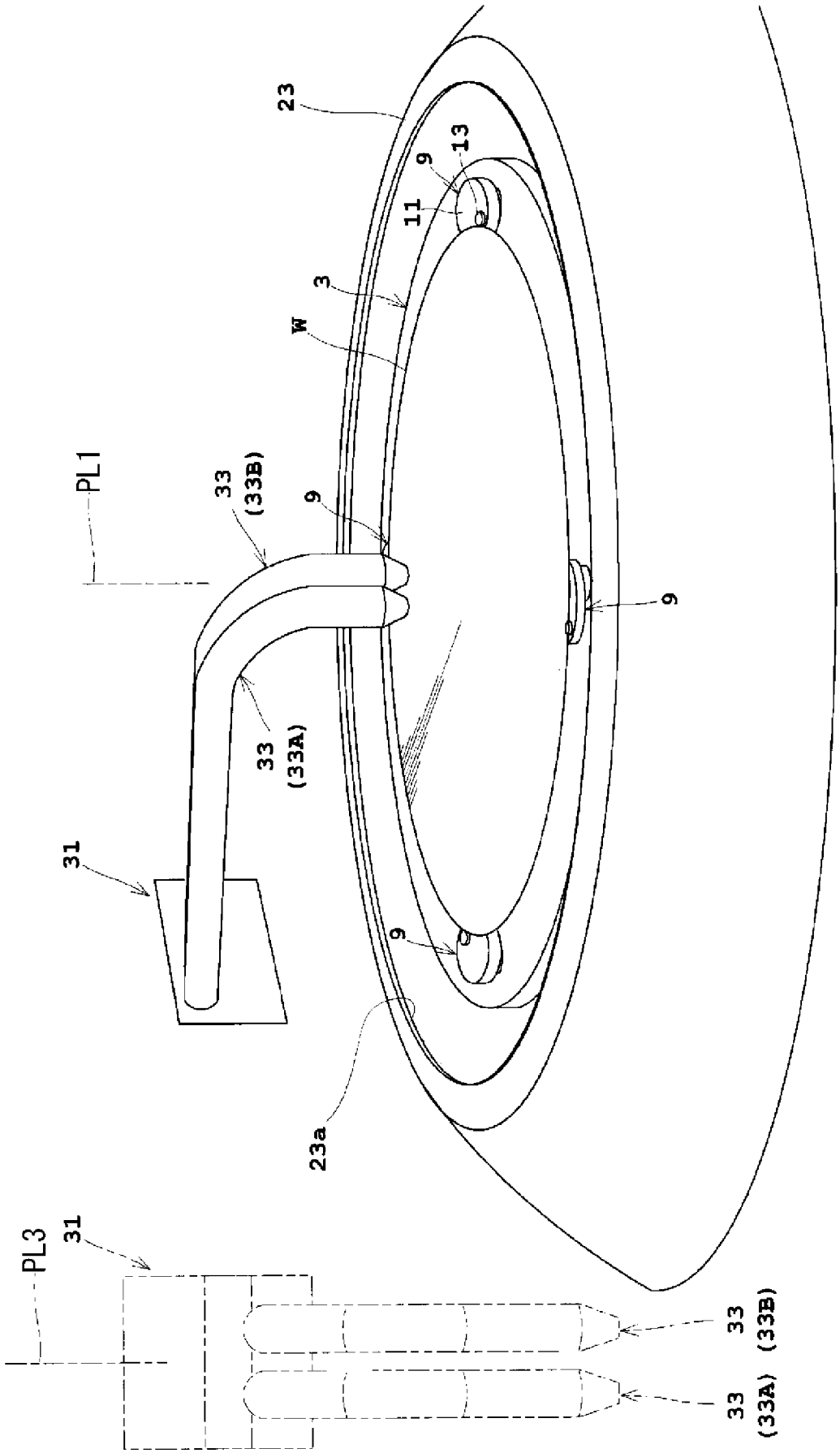
[図44]



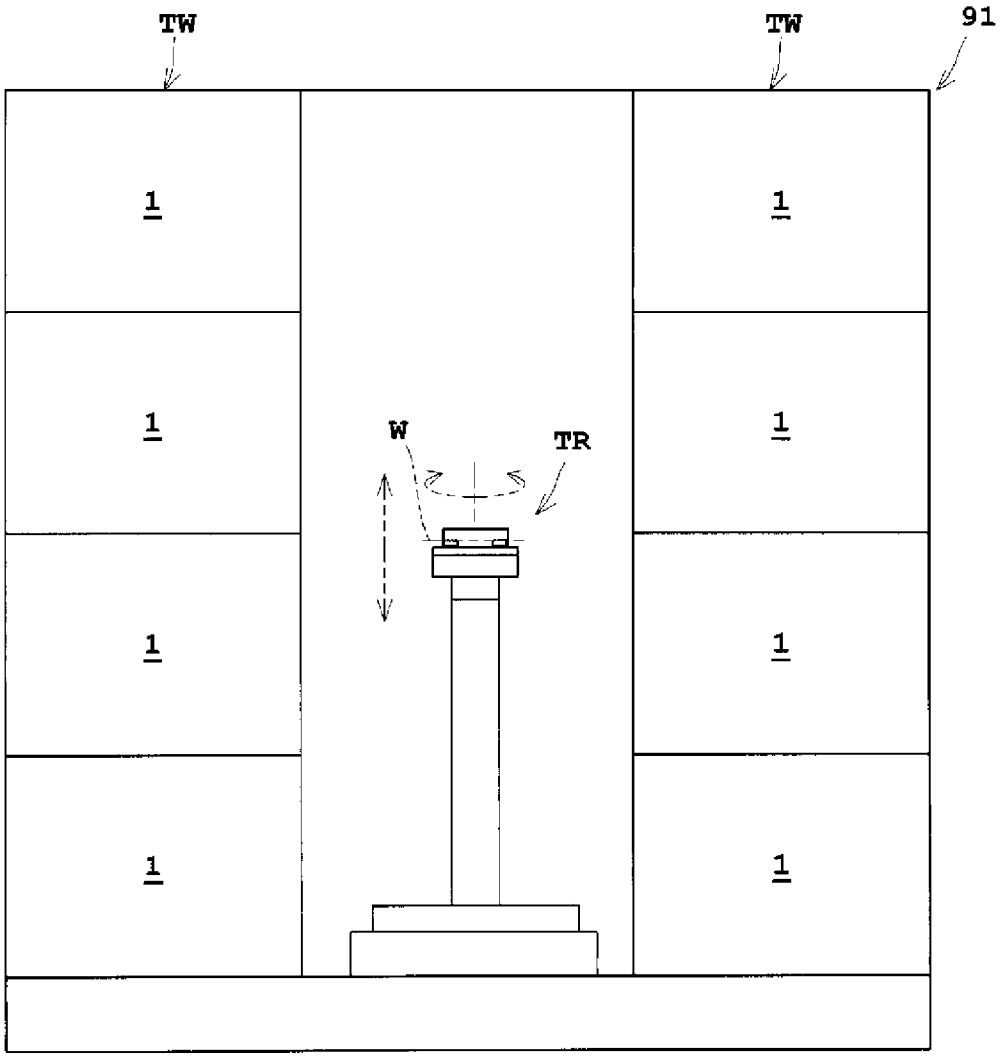
[図45]



[図46]



[図47]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2024/020453

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/70(2017.01)i; ***G01B 11/24***(2006.01)i; ***H01L 21/683***(2006.01)i
FI: G06T7/70 Z; G01B11/24 K; H01L21/68 N

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)

G06T7/70; G01B11/24; H01L21/683

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 1971-2024
Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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	US 2019/0228263 A1 (SEIKO EPSON CORP.) 25 July 2019 (2019-07-25) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2015-32256 A (KDDI CORPORATION) 16 February 2015 (2015-02-16) entire text, all drawings	1-11

☐ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
30 July 2024	**13 August 2024**

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/020453

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2019/0228263 A1	25 July 2019	(Family: none)	
JP 2015-32256 A	16 February 2015	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2024/020453

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G06T 7/70(2017.01)i; G01B 11/24(2006.01)i; H01L 21/683(2006.01)i
FI: G06T7/70 Z; G01B11/24 K; H01L21/68 N

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））

G06T7/70; G01B11/24; H01L21/683

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	１９７１－２０２４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２４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	US 2019/0228263 A1 (SEIKO EPSON CORPORATION) 25.07.2019 (2019-07-25) 全文，全図	1-11
A	JP 2015-32256 A（ＫＤＤＩ株式会社）16.02.2015 (2015-02-16) 全文，全図	1-11

☐ 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、一般的技術水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“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	国際調査報告の発送日
30.07.2024	13.08.2024

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）
山田　辰美 5P 8383
電話番号 03-3581-1101 内線 3539

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/JP2024/020453

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
US 2019/0228263 A1	25.07.2019	（ファミリーなし）	
JP 2015-32256 A	16.02.2015	（ファミリーなし）	