

(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
2022年3月17日(17.03.2022)

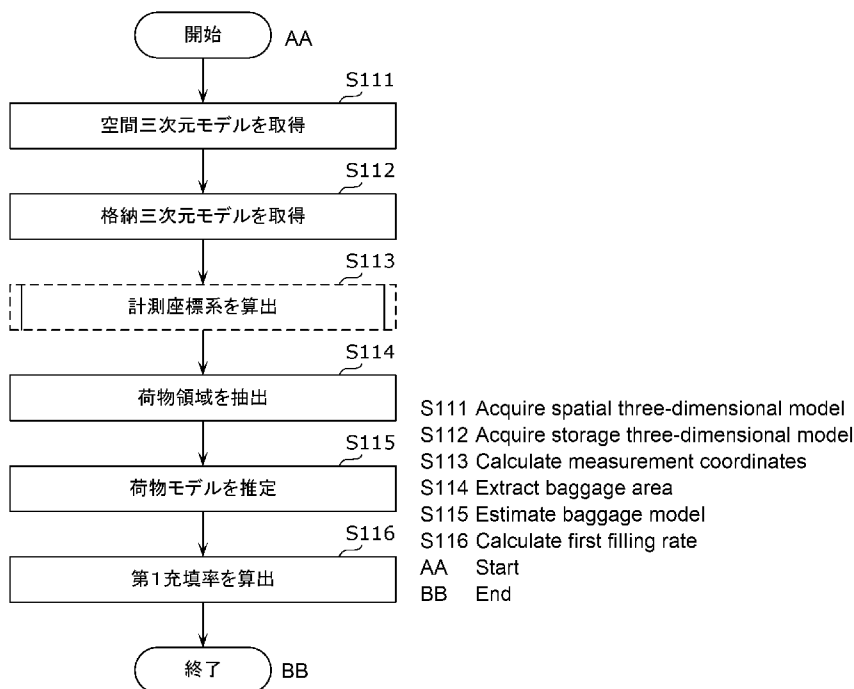


(10) 国際公開番号
WO 2022/054497 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/24 (2006.01) *G06T 7/50* (2017.01)
G06T 7/00 (2017.01) *G06T 7/62* (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/029882
- (22) 国際出願日: 2021年8月16日(16.08.2021)
- (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 2020-150437 2020年9月8日(08.09.2020) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207
- 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 桂 右京 (KATSURA, Ukyou). 松延 徹 (MATSUNOBU, Toru). 吉川 哲史 (YOSHIKAWA, Satoshi). 福田 将貴(FUKUDA, Masaki). 寺西 研翔 (TERANISHI, Kensho). 一力 知一 (ICHIRIKI, Tomokazu). 木村 雅典 (KIMURA, Masanori). 杉尾 敏康 (SUGIO, Toshiyasu).
- (74) 代理人: 新居 広守, 外 (NIJ, Hiromori et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号タナカ・イトーピア新大阪ビル6階新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(54) Title: FILLING RATE MEASUREMENT METHOD, INFORMATION PROCESSING DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 充填率計測方法、情報処理装置およびプログラム



(57) Abstract: The present invention: acquires a spatial three-dimensional model obtained by being measured through an opening by a ranging sensor that faces a storage unit having the opening (S111); acquires a storage three-dimensional model which is a three-dimensional model of a storage unit (S112); extracts an object portion which is a portion of an object to be measured in the spatial three-dimensional model (S114); specifies a line segment indicating the shape of the opening from a two-dimensional image of the opening, the image being generated by measurement in a specific direction

WO 2022/054497 A1

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

from the location of the ranging sensor (S113); estimates an object three-dimensional model, which is a three-dimensional model of the object to be measured, on the basis of the object portion and three-dimensional coordinates based on the location of the opening in a three-dimensional space specified on the basis of the location of the ranging sensor, the specific direction, and the shape of the opening (S115); and calculates a filling rate of the object to be measured with respect to a storage space (S116).

(57) 要約 : 開口を有する格納部に対向している測距センサにより開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し (S 1 1 1)、格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し (S 1 1 2)、空間三次元モデルのうちの計測対象物の部分である対象物部分を抽出し (S 1 1 4)、測距センサの位置から特定の方向への計測で生成された、開口の二次元画像から開口の形状を示す線分を特定し (S 1 1 3)、測距センサの位置、特定の方向、および、開口の形状に基づいて特定した三次元空間上における開口の位置を基準とした三次元座標系と、対象物部分とに基づいて、計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し (S 1 1 5)、格納空間に対する計測対象物の充填率を算出する (S 1 1 6)。

明 細 書

発明の名称： 充填率計測方法、情報処理装置およびプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、充填率計測方法、情報処理装置およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、3次元レーザスキャナを用いて3次元形状を取得する3次元形状計測装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-87319号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 計測した三次元形状の応用例について十分な検討が為されていない。例えば、所定の格納空間に、どのくらいの量の計測対象物が格納されているかを示す充填率の算出について十分に検討されていない。

[0005] 本開示は、計測対象物の充填率を算出することができる充填率計測方法等を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様に係る充填率計測方法は、計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納

三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する。

[0007] 本開示の一態様に係る情報処理装置は、プロセッサと、メモリと、を備え、前記プロセッサは、前記メモリを用いて、計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する。

[0008] なお、本開示は、上記充填率計測方法に含まれるステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能なCD-ROM等の非一時的な記録媒体として実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを示す情報、データ又は信号として実現されてもよい。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネット等の通信ネットワークを介して配信されてもよい。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、計測対象物の充填率を算出することができる充填率計測方法等を提供できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施の形態1に係る充填率計測方法の概要を説明するための図である。

[図2]図2は、実施の形態1に係る三次元計測システムの特徴的な構成を示すブロック図である。

[図3]図3は、測距センサの構成の第1の例を説明するための図である。

[図4]図4は、測距センサの構成の第2の例を説明するための図である。

[図5]図5は、測距センサの構成の第3の例を説明するための図である。

[図6]図6は、第1の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。

[図7]図7は、第1の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。

[図8]図8は、第2の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、第2の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。

[図10]図10は、第3の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。

[図11]図11は、第3の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。

[図12]図12は、モデル生成部の構成の一例を示すブロック図である。

[図13]図13は、モデル生成部による格納空間の容積を算出する処理のフローチャートである。

[図14]図14は、充填率算出部の構成の一例を示すブロック図である。

[図15]図15は、充填率算出部による充填率の算出方法の一例について説明するための図である。

[図16]図16は、充填率算出部による充填率の算出方法の他の一例について説明するための図である。

[図17]図17は、情報処理装置により行われる充填率計測方法のフローチャ

ートである。

[図18]図18は、第1の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理（S113）のフローチャートである。

[図19]図19は、第2の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理（S113）のフローチャートである。

[図20]図20は、第3の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理（S113）のフローチャートである。

[図21]図21は、実施の形態2に係る座標系算出部の構成を示すブロック図である。

[図22]図22は、実施の形態2に係る座標系算出部が有する検出部の構成を示すブロック図である。

[図23]図23は、実施の形態2に係る検出部による開口点端点の抽出方法について説明するための図である。

[図24]図24は、実施の形態2の座標系算出部による計測座標系を算出する処理（S113）のフローチャートである。

[図25]図25は、充填率の算出方法について説明するための図である。

[図26]図26は、変形例1に係る充填率算出部の算出部の構成の一例を示すブロック図である。

[図27]図27は、変形例1に係る充填率算出部の算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[図28]図28は、2以上の棚をトラックの荷台などの格納空間に格納する場合の例を示す図である。

[図29]図29は、荷台の格納空間に格納されている棚と、その充填率との関係を示す表である。

[図30]図30は、変形例2に係る充填率算出部の算出部の構成の一例を示すブロック図である。

[図31]図31は、変形例2に係る充填率算出部の算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[図32]図32は、変形例3に係るかご台車の構成を説明するための図である。

[図33]図33は、変形例3に係る充填率算出部の構成の一例を示すブロック図である。

[図34]図34は、変形例3に係る充填率算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[図35]図35は、充填率を算出する第2の方法の一例について説明するための図である。

[図36]図36は、充填率を算出する第2の方法の他の一例について説明するための図である。

[図37]図37は、変形例4に係る空間三次元モデルの生成方法について説明するための図である。

[図38]図38は、変形例5に係る空間三次元モデルの生成方法について説明するための図である。

[図39]図39は、変形例5に係る空間三次元モデルの生成方法について説明するための図である。

[図40]図40は、1台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[図41]図41は、2台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[図42]図42は、3台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[図43]図43は、変形例7に係る三次元計測システムの特徴的な構成を示すブロック図である。

[図44]図44は、変形例7に係る情報処理装置により行われる充填率計測方法のフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] (本開示に至った経緯)

物流、流通現場において格納空間に対する荷物などの計測対象物の充填率を計測し、格納空間の使用効率を向上させることが求められている。また、物流、流通現場においては、多くのコンテナなどの格納部に計測対象物を格納することになるため、短時間でより多くの充填率を計測することが求められている。しかしながら、容易に充填率を計測する方法は、十分に検討されていない。

[0012] そこで、本開示では、計測対象物が格納されている格納部に対して三次元モデルを生成する手法を適用することで、短時間でより多くの格納部の充填率を容易に算出するための充填率計測方法等を提供する。

[0013] 本開示の一態様に係る充填率計測方法は、計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する。

[0014] これによれば、開口の位置を基準とした三次元座標系と、推定した対象物三次元モデルを用いて計測対象物の対象物三次元モデルを推定する。これにより、計測対象物が格納された状態の格納部の計測を行うだけで、容易に格納空間に対する計測対象物の充填率を算出することができる。

[0015] また、前記二次元画像は、カメラにより前記開口を撮影することで生成さ

れたRGB画像を含み、前記位置姿勢情報は、前記開口の撮影時の前記カメラの位置および姿勢を示してもよい。

[0016] また、前記二次元画像は、前記測距センサによる前記開口の計測に基づいて生成されたデプス画像を含み、前記位置姿勢情報は、前記開口の計測時の前記測距センサの位置および姿勢を示してもよい。

[0017] また、前記二次元画像は、RGB画像、グレースケール画像、赤外線画像およびデプス画像の少なくとも一方を含み、前記RGB画像は、カメラにより前記開口を撮影することで生成され、前記デプス画像は、前記測距センサによる計測結果に基づいて生成される画像であってもよい。

[0018] これにより、開口の形状を示す線分を精度よく抽出することができる。

[0019] また、前記線分の特定では、前記RGB画像から特定された線分と、前記デプス画像から特定された線分の両方に基づいて、前記線分を特定してもよい。

[0020] また、前記測距センサは、ToF (Time of Flight) センサ、ステレオカメラの少なくとも1つを含んでもよい。

[0021] また、前記測距センサは、第1測距センサおよび第2測距センサを含み、前記第1測距センサの第1計測領域と、前記第2測距センサの第2計測領域とは、重複する領域を有してもよい。

[0022] これにより、より広い範囲で計測対象物を計測することができる。

[0023] また、前記重複する領域は、前記測距センサの測距する方向において、前記計測対象物の長さ以上の長さを有してもよい。

[0024] これにより、より広い範囲で計測対象物を計測することができる。

[0025] また、前記重複する領域は、前記計測対象物が存在する範囲の全てを含んでもよい。

[0026] これにより、オクルージョンの少ない空間三次元モデルを取得することができる。

[0027] また、前記格納部は、前記測距センサの測距する方向に対して交差する方向に前記測距センサに対して相対的に移動し、前記空間三次元モデルは、前

記測距センサにより第1のタイミングで計測された第1計測結果と、第2のタイミングで計測された第2計測結果とを用いて生成されてもよい。

[0028] これにより、オクルージョンの少ない空間三次元モデルを取得することができる。

[0029] また、前記格納三次元モデルの位置と前記空間三次元モデルの位置は、回転行列と並進ベクトルを用いて対応付けられてもよい。

[0030] また、1以上の前記格納部が格納される第2格納空間を有する第2格納部に対する、前記複数の前記1以上の格納部の第2充填率を算出してもよい。

[0031] また、1以上の前記格納部が格納される第2格納空間を有する第2格納部に対する、前記1以上の格納部のそれぞれに格納された前記計測対象物の第3充填率を算出してもよい。

[0032] 本開示の一態様に係る充填率計測装置は、プロセッサと、メモリと、を備え、前記プロセッサは、前記メモリを用いて、計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する。

[0033] これによれば、開口の位置を基準とした三次元座標系と、推定した対象物三次元モデルを用いて計測対象物の対象物三次元モデルを推定する。これに

より、計測対象物が格納された状態の格納部の計測を行うだけで、容易に格納空間に対する計測対象物の充填率を算出することができる。

[0034] なお、本開示は、上記充填率計測方法に含まれるステップをコンピュータに実行させるプログラムとして実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能なCD-ROM等の非一時的な記録媒体として実現されてもよい。また、本開示は、そのプログラムを示す情報、データ又は信号として実現されてもよい。そして、それらプログラム、情報、データ及び信号は、インターネット等の通信ネットワークを介して配信されてもよい。

[0035] 以下では、本開示に係る三次元モデル生成方法等の各実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施の形態は、いずれも本開示の一具体例を示すものである。したがって、以下の各実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置及び接続形態、ステップ、ステップの順序等は、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。

[0036] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する場合がある。

[0037] (実施の形態1)

図1を参照しながら、実施の形態1に係る充填率計測方法の概要について説明する。

[0038] 図1は、実施の形態1に係る充填率計測方法の概要を説明するための図である。

[0039] 充填率計測方法では、図1に示すように、格納空間101を有する棚102に格納されている荷物103を、測距センサ210を用いて計測する。そして、得られた計測結果を用いて、格納空間101に対する荷物103の充填率を算出する。棚102には、荷物103を格納空間101に出し入れするための開口102aが形成されている。測距センサ210は、棚102の

開口102aに対向する位置に、開口102aを含む棚102を計測する向きで配置されており、開口102aを通して格納空間101の内部を含む計測領域R1を計測する。

[0040] なお、棚102は、例えば、図1に示すように、箱状の形状を有する。棚102は、荷物103が載置される載置面と、載置面の上方に荷物103が格納される格納空間101とを有する構成であれば、箱状の形状を有していてもよい。棚102は、格納部の一例である。格納空間101は、第1格納空間の一例である。格納空間101は、棚102が有する内部空間であるとしたが、これに限らずに、荷物103などの計測対象物が格納される倉庫内の空間であってもよい。荷物103は、計測対象物の一例である。計測対象物は、荷物103に限らずに、商品であってもよい。つまり、計測対象物は、可搬の物体であればどのような物体であってもよい。

[0041] 図2は、実施の形態1に係る三次元計測システムの特徴的な構成を示すブロック図である。図3は、測距センサの構成の第1の例を説明するための図である。図4は、測距センサの構成の第2の例を説明するための図である。図5は、測距センサの構成の第3の例を説明するための図である。

[0042] 三次元計測システム200は、図2に示すように、測距センサ210と、情報処理装置220とを備える。三次元計測システム200は、複数の測距センサ210を備えていてもよいし、1つの測距センサ210を備えていてもよい。

[0043] 測距センサ210は、棚102の第1格納空間を含む三次元空間を、棚102の開口102aを介して計測することで、棚102および棚102の格納空間101を含む計測結果を取得する。測距センサ210は、具体的には、棚102または荷物103（以下、計測対象という。）上（計測対象の表面）の複数の計測点それぞれの三次元位置を示す三次元点の集合で表される空間三次元モデルを生成する。三次元点の集合は、三次元点群と言う。三次元点群の各三次元点を示す三次元位置は、例えば、XYZ軸からなる三次元座標空間のX成分、Y成分、Z成分からなる三値情報の三次元座標で表され

る。なお、三次元モデルは、三次元座標のみだけでなく、各点の色を示す色情報、又は、各点及びその周辺の表面形状を表す形状情報を含んでもよい。色情報は、例えば、RGBの色空間で表されてもよいし、HSV、HLS、YUVなどの別の色空間で表されてもよい。

[0044] 測距センサ210の具体例について、図3～図5を用いて説明する。

[0045] 第1の例の測距センサ210は、図3に示すように、電磁波を発し、かつ、発した電磁波が計測対象で反射された反射波を取得することで、空間三次元モデルを生成する。具体的には、測距センサ210は、発した電磁波が発せられてから計測対象に反射して測距センサ210に戻るまでにかかった時間を計測し、計測した時間と計測に用いた電磁波の波長とを用いて、測距センサ210と計測対象の表面上の点P1との間の距離を算出する。測距センサ210は、測距センサ210の基準点からから予め定められた放射状の複数の方向へ電磁波を発する。例えば、測距センサ210は、水平方向周りに第1の角度間隔で電磁波を発し、垂直方向周りに第2の角度間隔で電磁波を発してもよい。このため、測距センサ210は、測距センサ210の周りの複数の方向それぞれにおける計測対象との間の距離を検出することで、計測対象上の複数の点の三次元座標を算出することができる。よって、測距センサ210は、計測対象上の複数の三次元位置を示す位置情報を算出することができ、位置情報を有する空間三次元モデルを生成することができる。位置情報は、複数の三次元位置を示す複数の三次元点を含む三次元点群であってもよい。

[0046] 第1の例の測距センサ210は、図3に示すように、電磁波としてのレーザー光を照射するレーザー照射部211と、照射したレーザー光が計測対象で反射された反射光を受光するレーザー受光部212とを有する三次元レーザー計測器である。測距センサ210は、レーザー照射部211およびレーザー受光部212を備えるユニットを異なる2軸で回転もしくは揺動させる、または、照射もしくは受光するレーザーの経路上に2軸で揺動する可動式のミラー（MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）ミラー）を設置することで計測対

象上をレーザ光でスキャンする。これにより、測距センサ210は、計測対象の高精度かつ高密度な三次元モデルを生成することができる。

[0047] 測距センサ210は、レーザ光を照射することで計測対象との間の距離を計測する三次元レーザ計測器を例示したが、これに限らずに、ミリ波を出射することで計測対象との間の距離を計測するミリ波レーダ計測器であってもよい。

[0048] また、測距センサ210は、色情報を有する三次元モデルを生成してもよい。第1色情報は、測距センサ210により撮影された画像を用いて生成される色情報であって、第1三次元点群に含まれる複数の第1三次元点それぞれの色を示す色情報である。

[0049] 具体的には、測距センサ210は、測距センサ210の周囲にある計測対象を撮影するカメラを内蔵していてもよい。測距センサ210が内蔵するカメラは、測距センサ210が照射するレーザ光の照射範囲を含む領域を撮影することで画像を生成する。なお、カメラは、測距センサ210に内蔵されていなくてもよく、測距センサ210の外部に配置されていてもよい。測距センサ210の外部に配置されるカメラは、測距センサ210が配置される位置と同じ位置に配置されていてもよい。また、カメラにより撮影される撮影範囲は、照射範囲と予め対応付けられている。具体的には、レーザ光が測距センサ210により照射される複数の方向と、カメラにより撮影された画像における各画素とは、予め対応付けられており、測距センサ210は、三次元点群に含まれる複数の三次元点のそれぞれの色を示す色情報として、当該三次元点の方向に対応付けられた画像の画素値を設定する。

[0050] 第2の例の測距センサ210Aは、図4に示すように、構造化光法を用いた測距センサである。測距センサ210Aは、赤外パターン照射部211Aと、赤外カメラ212Aとを有する。赤外パターン照射部211Aは、予め定められた赤外パターン213Aを計測対象の表面に投影する。赤外カメラ212Aは、赤外パターン213Aが投影された計測対象を撮影することで、赤外画像を取得する。測距センサ210Aは、得られた赤外画像に含まれ

る赤外パターン213Aを探索し、実空間における計測対象上の赤外パターンのうちの一点P1の位置、赤外パターン照射部211Aの位置および赤外カメラ212Aの位置の3つの位置を結んでできる三角形に基づいて、赤外パターン照射部211Aまたは赤外カメラ212Aから計測対象上の上記一点P1の位置までの距離を算出する。これにより、測距センサ210Aは、計測対象上の計測点の三次元点を取得することができる。

[0051] なお、測距センサ210Aは、赤外パターン照射部211Aと赤外カメラ212Aとを有する測距センサ210Aのユニットを移動させる、または、赤外パターン照射部211Aにより照射される赤外パターンを細かいテクスチャとすることで、高密度な三次元モデルを取得することができる。

[0052] また、測距センサ210Aは、赤外カメラ212Aで取得できる色情報の可視光領域を用いることで、赤外パターン照射部211Aまたは赤外カメラ212Aの位置または向きを考慮して、得られた可視光領域と三次元点とを関連付けることで、色情報を有する三次元モデルを生成してもよい。また、測距センサ210Aは、色情報を付加するための可視光カメラをさらに有する構成であってもよい。

[0053] 第3の例の測距センサ210Bは、図5に示すように、ステレオカメラ計測で三次元点を計測する測距センサである。測距センサ210Bは、2つのカメラ211B、212Bを有するステレオカメラである。測距センサ210Bは、2つのカメラ211B、212Bで同期したタイミングで計測対象を撮影することで、視差を有するステレオ画像を取得する。測距センサ210Bは、得られたステレオ画像（2枚の画像）を用いて2枚の画像間において特徴点のマッチング処理を行い、画素精度または小数画素精度で2枚の画像間の位置合わせ情報を取得する。測距センサ210Bは、実空間における計測対象上の一点P1のマッチング位置と、2つのカメラ211B、212Bそれぞれの位置との3つの位置を結んでできる三角形に基づいて、2つのカメラ211B、212Bのいずれかのカメラから計測対象上のマッチング位置（つまり、点P1）までの距離を算出する。これにより、測距センサ2

10Bは、計測対象上の計測点の三次元点を取得することができる。

[0054] なお、測距センサ210Bは、2つのカメラ211B、212Bを有する測距センサ210Bのユニットを移動させる、または、測距センサ210Bに搭載されるカメラの数を3以上に増やして、同一の計測対象を撮影してマッチング処理を行うことで、高精度な三次元モデルを取得することができる。

[0055] また、測距センサ210Bが有するカメラ211B、212Bを可視光カメラとすることで、取得される三次元モデルに色情報を付加することが容易にできる。

[0056] なお、本実施の形態では、情報処理装置220は、第1の例の測距センサ210を備える例で説明するが、第1の例の測距センサ210の代わりに第2の例の測距センサ210Aまたは第3の例の測距センサ210Bを備える構成であってもよい。

[0057] なお、2つのカメラ211B、212Bは、可視光画像あるいは赤外画像を含むモノクロ画像を撮影できる。この場合、三次元計測システム200における2枚の画像間におけるマッチング処理は、例えば、SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)やSfM(Structure from Motion)を用いて行われてもよい。また、この処理をすることにより得られたカメラ211B、212Bの位置および姿勢を示す情報を用いて、MVS(Multi View Stereo)により計測空間モデルの点群密度を増やしてもよい。

[0058] 図2に戻り、情報処理装置220の構成について説明する。

[0059] 情報処理装置220は、取得部221と、座標系算出部222と、モデル生成部223と、充填率算出部224と、記憶部225とを備える。

[0060] 取得部221は、測距センサ210で生成された空間三次元モデルおよび画像を取得する。取得部221は、具体的には、測距センサ210から空間三次元モデルおよび画像を取得してもよい。取得部221により取得された空間三次元モデルおよび画像は、記憶部225に記憶されてもよい。

[0061] 座標系算出部222は、空間三次元モデルおよび画像を用いて測距センサ

210と棚102との間の位置関係を算出する。これにより、座標系算出部222は、棚102の一部の形状を基準とした計測座標系を算出する。座標系算出部222は、棚102の一部の形状のみを基準とした計測座標系を算出してもよい。具体的には、座標系算出部222は、計測座標系を算出する基準となる一部の形状として、棚102の開口102aの形状を基準として計測座標系を算出する。なお、計測座標系を算出する基準となる開口102aの形状は、実施の形態1に示すように開口102aの形状が矩形である場合、開口102aの形状の角としてもよいし、当該開口102aの形状の辺としてもよい。

[0062] なお、計測座標系は、三次元直交座標系であり、第1三次元座標系の一例である。計測座標系を算出することで、棚102を基準とする測距センサ210の相対的な位置および姿勢を特定することができる。つまり、これにより、測距センサ210のセンサ座標系を計測座標系に合わせることができ、棚102と測距センサ210との間のキャリブレーションを行うことができる。なお、センサ座標系は、三次元直交座標系である。

[0063] なお、本実施の形態では、直方体形状の棚102について、棚102の1面に開口102aを有しているがこれに限らない。棚は、前面と後面との2面に開口を有している、または、前面と上面との2面に開口を有しているなどのように、直方体形状のうちの複数面に開口が設けられた構成であってもよい。棚が複数の開口を有する場合、複数の開口のうちの1つの開口について、後述する所定の基準位置が設定されていてもよい。所定の基準位置は、棚102の三次元モデルである格納三次元モデルの三次元点あるいはボクセルの存在しない空間に設定されていてもよい。

[0064] ここで、第1の例の座標系算出部222について図6および図7を用いて説明する。

[0065] 図6は、第1の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。図7は、第1の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。

- [0066] 座標系算出部 222 は、計測座標系を算出する。計測座標系は、空間三次元モデルの基準となる三次元座標系である。例えば、測距センサ 210 は、計測座標系の原点に設置されており、棚 102 の開口 102a に対して正対する向きに設置されている。このとき、計測座標系は、測距センサ 210 の上向きが X 軸に設定され、右向きが Y 軸に設定され、手前向きが Z 軸に設定されてもよい。座標系算出部 222 は、補助部 301 と、算出部 302 とを有する。
- [0067] 補助部 301 は、図 7 の (a) に示すように、取得部 221 により取得された測距センサ 210 による計測結果である画像 2001 をリアルタイムに逐次取得し、逐次取得した画像 2001 毎に調整用マーカー 2002 を重畳する。補助部 301 は、調整用マーカー 2002 を画像 2001 に重畳した重畳画像 2003 を図示しない表示装置に逐次出力する。表示装置は、情報処理装置 220 により出力された重畳画像 2003 を逐次表示する。なお、補助部 301 および表示装置は、測距センサ 210 に一体に設けられてもよい。
- [0068] 調整用マーカー 2002 は、棚 102 に対する測距センサ 210 の位置および姿勢が特定の位置および姿勢になるように、ユーザに測距センサ 210 を移動させることを支援するためのマーカーである。ユーザは、表示装置に表示されている重畳画像 2003 を見ながら、調整用マーカー 2002 が棚 102 の所定の基準位置に重なるように測距センサ 210 の位置および姿勢を変更することで、測距センサ 210 を棚 102 に対して特定の位置および姿勢となるように配置することができる。棚 102 の所定の基準位置とは、例えば、棚 102 の四角形の開口 102a の 4 つの角の位置である。
- [0069] 棚 102 に対して特定の位置および姿勢で測距センサ 210 が配置されたときに、棚 102 の開口 102a の 4 つの角の位置に対応する 4 つの位置に 4 つの調整用マーカー 2002 が重畳された重畳画像 2003 が生成される。例えば、ユーザは、図 7 の (a) のに示す矢印の方向に調整用マーカー 2002 が移動するように、測距センサ 210 を移動させることで、図 7 の (

b) のように、4つの調整用マーカー2002を開口102aの4つの角の位置に合わせることができる。

[0070] なお、補助部301は、画像2001に調整用マーカー2002を重畳するとしたが、空間三次元モデルに調整用マーカーを重畳し、調整用マーカーが重畳された空間三次元モデルを表示装置へ表示させてもよい。

[0071] 算出部302は、図7の(c)に示すように、4つの調整用マーカー2002を開口102aの4つの角の位置に合わせられた時における測距センサ210と、棚102との位置関係を示す回転行列2005および並進ベクトル2006を算出する。算出部302は、算出した回転行列2005および並進ベクトル2006を用いて測距センサ210のセンサ座標系2004を変換することで、開口102aの任意の角(4つの角のうちの一つ)を原点とする計測座標系2000を算出する。これにより、算出部302は、格納三次元モデルの位置を空間三次元モデルの位置に対応付けることができる。なお、4つの調整用マーカー2002を開口102aの4つの角の位置に合わせられた時に、ユーザは、図示しない入力装置に入力を行ってもよい。情報処理装置220は、入力装置から当該入力があった時を取得することで、4つの調整用マーカー2002を開口102aの4つの角の位置に合わせられた時を判断してもよい。また、情報処理装置220は、画像2001を解析することで4つの調整用マーカー2002が開口102aの4つの角の位置に合わせられたか否かを判定してもよい。

[0072] 次に、第2の例の座標系算出部222Aについて図8および図9を用いて説明する。

[0073] 図8は、第2の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。図9は、第2の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。

[0074] 座標系算出部222Aは、検出部311と、抽出部312と、算出部313とを有する。

[0075] 検出部311は、図9の(a)に示す、取得部221により取得された測

測距センサ210による計測結果である空間三次元モデル2011と、図9の(b)に示す、格納三次元モデル2012とを用いて、図9の(c)に示すように、棚102に対応する棚領域2014を検出する。なお、格納三次元モデル2012は、荷物103が格納されていない棚102の三次元モデルであり、荷物103が格納されていないときの棚102について予め測距センサ210による計測結果を用いて生成された三次元モデルである。格納三次元モデル2012は、後述するモデル生成部223により生成され、記憶部225に記憶されている。格納三次元モデル2012は、棚102の開口102aの4つの角の位置を示す位置情報2013を含んでいてもよい。

[0076] 抽出部312は、図9の(d)に示すように、格納三次元モデル2012における位置情報2013を用いて、棚領域2014における開口2015の4つの角の位置である4つの開口部端点2016を抽出する。4つの開口部端点2016で規定される開口2015の形状は、計測座標系を算出する基準となる一部の形状の一例である。

[0077] 算出部313は、図9の(e)に示すように、4つの開口部端点2016の測距センサ210から見た形状に基づいて、測距センサ210と棚102との位置関係を示す回転行列2017および並進ベクトル2018を算出する。算出部313は、回転行列2017および並進ベクトル2018を用いて、測距センサ210のセンサ座標系2004を変換することで計測座標系2000を算出する。これにより、算出部313は、格納三次元モデルの位置を空間三次元モデルの位置に対応付けることができる。算出部313は、具体的には、回転行列2017をRとし、並進ベクトル2018をTとすると、センサ座標系2004における三次元点xは、下記に示す式1により計測座標系2000の三次元点Xに変換することができる。これにより、算出部313は、計測座標系2000を算出することができる。

[0078] $X = R \cdot x + T \cdots$ 式1

[0079] 次に、第3の例の座標系算出部222Aについて図10および図11を用いて説明する。

- [0080] 図10は、第3の例の座標系算出部の構成を示すブロック図である。図11は、第3の例の座標系算出部による計測座標系の算出方法について説明するための図である。
- [0081] 座標系算出部222Bは、検出部321と、抽出部322と、算出部323とを有する。第3の例では、棚102の特定の位置（例えば、上面の位置）に、マーカ104が配置されており、座標系算出部222Bは、マーカ104の位置を基準にして計測座標系2000を特定する。つまり、この場合の計測座標系2000は、棚102に設置されたマーカ104の位置を基準とした座標系である。
- [0082] なお、マーカ104は、例えば、チェックパターンを有する。マーカ104は、所定の形状を有するアライメントマーク（位置決めマーク）であれば、チェックパターンに限らない。
- [0083] 検出部321は、図11の(a)に示す、取得部221により取得された測距センサ210による計測結果である画像2021から、図11の(c)に示すように、棚102に設置されたマーカ104に対応するマーカ領域2024を検出する。
- [0084] 抽出部322は、画像2021上のマーカ領域2024から、図11の(d)に示すように、チェックパターンの輪郭であるパターン輪郭2025を抽出する。
- [0085] 算出部323は、抽出されたパターン輪郭2025の形状に基づいて、測距センサ210とマーカ104との位置関係を示す回転行列2026および並進ベクトル2027を算出する。算出部323は、回転行列2026および並進ベクトル2027と、図11の(b)に示す格納三次元モデル2022およびマーカ2023の位置関係とを用いて、測距センサ210および棚102の三次元的な位置関係を算出し、算出した三次元的な位置関係を用いてセンサ座標系2004を変換することで計測座標系2000を算出する。これにより、算出部323は、格納三次元モデルの位置を空間三次元モデルの位置に対応付けることができる。なお、格納三次元モデル2022お

よびマーカー 2023 の位置関係は、事前に計測されていてもよいし、マーカー 104 が配置された棚 102 設計データに基づいて事前に生成されていてもよい。

[0086] 図 2 に戻り、モデル生成部 223 について説明する。

[0087] モデル生成部 223 は、荷物 103 が格納されていない棚 102 の三次元モデルである格納三次元モデルを生成する。モデル生成部 223 は、測距センサ 210 により荷物 103 が格納されていない棚 102 の計測結果を取得し、格納三次元モデルを生成する。モデル生成部 223 による具体的な処理については、後述する。生成された格納三次元モデルは、記憶部 225 に記憶される。

[0088] ここで、モデル生成部 223 について図 12 および図 13 を用いて具体的に説明する。

[0089] 図 12 は、モデル生成部の構成の一例を示すブロック図である。図 13 は、モデル生成部による格納空間の容積を算出する処理のフローチャートである。

[0090] モデル生成部 223 は、検出部 401 と、生成部 402 と、容積算出部 403 とを有する。

[0091] 検出部 401 は、測距センサ 210 により計測された空間三次元モデルから棚 102 に対応する棚領域を検出する (S101)。検出部 401 は、三次元計測システム 200 が複数の測距センサ 210 を備える場合、複数の測距センサ 210 のそれぞれについて、ステップ S101 の処理を行う。これにより、検出部 401 は、複数の測距センサ 210 にそれぞれ対応する複数の棚領域を検出する。

[0092] 生成部 402 は、三次元計測システム 200 が複数の測距センサ 210 を備える場合、複数の棚領域を統合し、格納三次元モデルを生成する (S102)。生成部 402 は、具体的には、複数の棚領域を統合するために、ICP (Iterative Closest Point) により、三次元点群の位置合わせを行ってもよいし、複数台の測距センサ 210 の相対位置関係を予め算出しておき、算

出した相対位置関係に基づいて複数の棚領域を統合してもよい。相対位置関係の算出は、複数の測距センサ 210 でそれぞれ取得された複数の画像を多視点画像とし、SfM (Structure from Motion) を用いて算出してもよい。複数の測距センサ 210 は、相対位置関係が決められた設計図に基づいて設置されていてもよい。

[0093] なお、複数台の測距センサ 210 ではなく、1台の測距センサ 210 を移動させて、複数位置から計測された複数の計測結果を用いて、複数の計測結果からそれぞれ得られた複数の棚領域を統合することで棚 102 の格納三次元モデルを生成してもよい。

[0094] なお、格納三次元モデルは、測距センサ 210 により計測された結果を用いずに、棚 102 の設計時の 3DCAD データに基づいて生成されてもよいし、棚 102 の寸法計測データまたはメーカ公開の機材仕様データに基づいて生成されてもよい。また、格納三次元モデルは、人手で採寸された棚 102 の寸法が情報処理装置 220 に入力されることで生成されてもよい。

[0095] なお、三次元計測システム 200 が複数の測距センサ 210 を備えておらず 1つの測距センサ 210 のみを備えており 1つの位置から計測された 1つの計測結果を用いる場合、モデル生成部 223 は、生成部 402 を有していてもよい。つまり、モデル生成部 223 は、ステップ S102 を行わなくてもよい。

[0096] 容積算出部 403 は、格納三次元モデルを用いて棚 102 の格納空間 101 の容積を算出する (S103)。

[0097] 図 2 に戻り、充填率算出部 224 について説明する。

[0098] 充填率算出部 224 は、棚 102 の格納空間 101 に対する荷物 103 の充填率を算出する。充填率算出部 224 は、例えば、測距センサ 210 で取得した空間三次元モデル、画像および計測座標系 2000 を用いて、格納空間 101 の容積に対する荷物 103 の体積の割合を充填率として算出してもよい。

[0099] ここで、充填率算出部 224 について図 14 および図 15 を用いて具体的

に説明する。

- [0100] 図14は、充填率算出部の構成の一例を示すブロック図である。図15は、充填率算出部による充填率の算出方法の一例について説明するための図である。なお、図15は、測距センサ210が棚102の開口102aに対して正対する場合の例を示す。測距センサ210は、棚102の開口102aが形成されるZ軸マイナス方向側に配置され、棚102の開口102aを介して棚102の格納空間101を計測する。この例は、第1の例の座標系算出部222で計測座標系2000が計測された場合の例である。つまり、この場合、センサ座標系2004と計測座標系2000とは一致する。
- [0101] 充填率算出部224は、抽出部501と、推定部502と、算出部503とを有する。
- [0102] 抽出部501は、空間三次元モデル2011および格納三次元モデルを用いて、空間三次元モデルのうちの荷物103に対応する部分である荷物領域2033を抽出する。抽出部501は、具体的には、図15の(a)に示す、取得部221により取得された測距センサ210による計測結果である空間三次元モデル2011のデータ構造を変換してボクセルデータ化することで、図15の(b)に示すボクセルデータ2031を生成する。抽出部501は、生成したボクセルデータ2031と、図15の(c)に示す、ボクセル化された格納三次元モデルである格納三次元モデル2032とを用いて、ボクセルデータ2031から格納三次元モデル2032を減じることで、図15の(d)に示す、ボクセルデータ2031のうちの荷物103が計測された結果の領域である荷物領域2033を抽出する。荷物領域2033は、計測対象物に対応する部分である対象物部分の一例である。
- [0103] 推定部502は、抽出した荷物領域2033を用いて格納空間101内における荷物103の三次元モデルである荷物モデル2034を推定する。荷物モデル2034は、対象物三次元モデルの一例である。推定部502は、具体的には、荷物領域2033を用いて、測距センサ210と棚102との並び方向であるZ軸方向において測距センサ210に対して荷物103が隠

れている領域、つまり、Z軸プラス方向側に荷物領域2033を補間する。推定部502は、例えば、荷物領域2033を構成する複数のボクセルのそれぞれについて、当該ボクセルが複数のボクセルのうちで最もZ軸プラス方向側配置される最遠ボクセルよりもZ軸マイナス方向側に配置されるボクセルであるか否かを判定する。推定部502は、最遠ボクセルよりもZ軸マイナス方向側に配置されるボクセルである場合、当該ボクセルよりもZ軸プラス方向側にボクセルが配置されていない場合、最遠ボクセルと同じZ軸方向における位置までボクセルを補間する。これにより、推定部502は、図15の(e)に示すような荷物モデル2034を推定する。

[0104] 算出部503は、格納三次元モデルおよび荷物モデル2034を用いて、格納空間101に対する荷物103の第1充填率を算出する。算出部503は、具体的には、荷物モデル2034を構成する複数のボクセルの数をカウントし、予め定められたボクセルサイズにカウントした数を乗じることで、荷物103の体積を算出する。算出部503は、モデル生成部223により算出された棚102の格納空間101の容積に対する、算出した荷物103の体積の割合を、第1充填率として算出する。

[0105] 測距センサ210は、棚102の開口102aに対して正対していなくてもよい。図16は、充填率算出部による充填率の算出方法の他の一例について説明するための図である。図16は、測距センサ210が棚102の開口102aに対して傾いて配置されている場合の例を示す。この例は、第2の例の座標系算出部222A、または、第3の例の座標系算出部222Bで計測座標系2000が計測された場合の例である。つまり、この場合、センサ座標系2004と計測座標系2000とは異なる。

[0106] 図16の例の場合に用いられる座標系は、計測座標系2000である。推定部502は、荷物領域2033を用いて、測距センサ210と棚102との並び方向である、計測座標系2000のZ軸方向において測距センサ210に対して荷物103が隠れている領域、つまり、Z軸プラス方向側に荷物領域2033を補間する。

- [0107] 充填率算出部 224 によるその他の処理は、図 15 の場合と同様であるため説明を省略する。
- [0108] なお、座標系算出部 222 による計測座標系の算出と、充填率算出部 224 による充填率の算出とに用いられる、空間三次元モデルおよび画像のペアは、測距センサ 210 によって同一時刻に計測された結果であってもよいし、異なる時刻に計測された結果であってもよい。
- [0109] 測距センサ 210 と情報処理装置 220 とは、通信ネットワークにより互いに通信可能に接続されていてもよい。通信ネットワークは、インターネットなどの公衆通信網、または、専用通信網であってもよい。これにより、測距センサ 210 により得られた空間三次元モデルおよび画像は、測距センサ 210 から情報処理装置 220 へ通信ネットワークを介して送信される。
- [0110] また、情報処理装置 220 は、空間三次元モデルおよび画像を、通信ネットワークを介さずに測距センサ 210 から取得してもよい。例えば、空間三次元モデルおよび画像は、測距センサ 210 から、ハードディスクドライブ（HDD）やソリッドステートドライブ（SSD）などの外部記憶装置に一旦記憶され、情報処理装置 220 は、外部記憶装置から空間三次元モデルおよび画像を取得してもよい。また、外部記憶装置は、クラウドサーバであってもよい。
- [0111] 情報処理装置 220 は、例えば、制御プログラムと、当該制御プログラムを実行するプロセッサ又は論理回路等の処理回路と、当該制御プログラムを記憶する内部メモリ又はアクセス可能な外部メモリ等の記録装置と、を備えるコンピュータシステムを少なくとも備える。情報処理装置 220 の各処理部による機能は、ソフトウェアによって実現されてもよいし、ハードウェアによって実現されてもよい。
- [0112] 次に、情報処理装置 220 の動作について説明する。
- [0113] 図 17 は、情報処理装置により行われる充填率計測方法のフローチャートである。
- [0114] 情報処理装置 220 は、測距センサ 210 から空間三次元モデルを取得す

- る（S 1 1 1）。このとき、情報処理装置 2 2 0 は、さらに、測距センサ 2 1 0 から計測対象の画像を取得してもよい。
- [0115] 情報処理装置 2 2 0 は、記憶部 2 2 5 に記憶されている格納三次元モデルを取得する（S 1 1 2）。
- [0116] 情報処理装置 2 2 0 は、棚 1 0 2 の開口 1 0 2 a の形状を基準とした計測座標系を算出する（S 1 1 3）。ステップ S 1 1 3 は、座標系算出部 2 2 2 による処理である。
- [0117] 情報処理装置 2 2 0 は、空間三次元モデル 2 0 1 1 のボクセルデータ 2 0 3 1 および格納三次元モデルの格納三次元モデル 2 0 3 2 を用いて、ボクセルデータ 2 0 3 1 のうちの荷物 1 0 3 に対応する荷物領域 2 0 3 3 を抽出する（S 1 1 4）。ステップ S 1 1 4 は、充填率算出部 2 2 4 の抽出部 5 0 1 による処理である。
- [0118] 情報処理装置 2 2 0 は、抽出した荷物領域 2 0 3 3 を用いて格納空間 1 0 1 内における荷物 1 0 3 の三次元モデルである荷物モデル 2 0 3 4 を推定する（S 1 1 5）。ステップ S 1 1 5 は、充填率算出部 2 2 4 の推定部 5 0 2 による処理である。
- [0119] 情報処理装置 2 2 0 は、格納三次元モデルおよび荷物モデル 2 0 3 4 を用いて、格納空間 1 0 1 に対する荷物 1 0 3 の第 1 充填率を算出する（S 1 1 6）。ステップ S 1 1 6 は、充填率算出部 2 2 4 の算出部 5 0 3 による処理である。
- [0120] 図 1 8 は、第 1 の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理（S 1 1 3）のフローチャートである。
- [0121] 座標系算出部 2 2 2 は、取得部 2 2 1 により取得された測距センサ 2 1 0 による計測結果である画像 2 0 0 1 をリアルタイムに逐次取得し、逐次取得した画像 2 0 0 1 に調整用マーカー 2 0 0 2 を逐次重畳する（S 1 2 1）。ステップ S 1 2 1 は、座標系算出部 2 2 2 の補助部 3 0 1 による処理である。
- [0122] 座標系算出部 2 2 2 は、測距センサ 2 1 0 の位置および姿勢を取得する（

S 1 2 2)。ステップS 1 2 1は、座標系算出部 2 2 2の補助部 3 0 1による処理である。

[0123] 座標系算出部 2 2 2は、4つの調整用マーカー 2 0 0 2を開口 1 0 2 aの4つの角の位置に合わせられた時における測距センサ 2 1 0の位置および姿勢を用いて測距センサ 2 1 0のセンサ座標系 2 0 0 4を特定し、特定したセンサ座標系 2 0 0 4を用いて計測座標系 2 0 0 0を算出する (S 1 2 3)。ステップS 1 2 3は、座標系算出部 2 2 2の算出部 3 0 2による処理である。

[0124] 図 1 9は、第2の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理 (S 1 1 3)のフローチャートである。

[0125] 座標系算出部 2 2 2 Aは、取得部 2 2 1により取得された測距センサ 2 1 0による計測結果である空間三次元モデル 2 0 1 1と、格納三次元モデル 2 0 1 2とを用いて、棚 1 0 2に対応する棚領域 2 0 1 4を検出する (S 1 2 1 A)。ステップS 1 2 1 Aは、座標系算出部 2 2 2 Aの検出部 3 1 1による処理である。

[0126] 座標系算出部 2 2 2 Aは、格納三次元モデル 2 0 1 2における位置情報 2 0 1 3を用いて、棚領域 2 0 1 4における開口 2 0 1 5の4つの角の位置である4つの開口部端点 2 0 1 6を抽出する (S 1 2 2 A)。ステップS 1 2 2 Aは、座標系算出部 2 2 2 Aの抽出部 3 1 2による処理である。

[0127] 座標系算出部 2 2 2 Aは、4つの開口部端点 2 0 1 6の測距センサ 2 1 0から見た形状に基づいて、測距センサ 2 1 0と棚 1 0 2との位置関係を示す回転行列 2 0 1 7および並進ベクトル 2 0 1 8を算出する。そして、座標系算出部 2 2 2 Aは、回転行列 2 0 1 7および並進ベクトル 2 0 1 8を用いて、測距センサ 2 1 0のセンサ座標系 2 0 0 4を変換することで計測座標系 2 0 0 0を算出する (S 1 2 3 A)。ステップS 1 2 3 Aは、座標系算出部 2 2 2 Aの算出部 3 1 3による処理である。

[0128] 図 2 0は、第3の例の座標系算出部による計測座標系を算出する処理 (S 1 1 3)のフローチャートである。

- [0129] 座標系算出部222Bは、取得部221により取得された測距センサ210による計測結果である画像2021からマーカ領域2024を検出する(S121B)。ステップS121Bは、座標系算出部222Bの検出部321による処理である。
- [0130] 座標系算出部222Bは、画像2021上のマーカ領域2024からパターン輪郭2025を抽出する(S122B)。ステップS122Bは、座標系算出部222Bの抽出部322による処理である。
- [0131] 座標系算出部222Bは、抽出されたパターン輪郭2025の形状に基づいて、測距センサ210とマーカ104との位置関係を示す回転行列2026および並進ベクトル2027を算出する。そして、座標系算出部222Bは、回転行列2026および並進ベクトル2027と、格納三次元モデル2022およびマーカ2023の位置関係とを用いて、測距センサ210および棚102の三次元的な位置関係を算出し、算出した三次元的な位置関係を用いてセンサ座標系2004を変換することで計測座標系2000を算出する(S123B)。ステップS123Bは、座標系算出部222Bの算出部323による処理である。
- [0132] なお、情報処理装置220により算出された充填率は、情報処理装置220から出力されてもよい。充填率は、情報処理装置220が備える図示しない表示装置によって表示されてもよいし、情報処理装置220とは異なる外部装置に送信されてもよい。例えば、算出された充填率は、荷物運搬システムに出力され、荷物運搬システムの制御に用いられてもよい。
- [0133] 本実施の形態に係る充填率計測方法によれば、荷物103が格納された状態の棚102が計測された空間三次元モデルと、荷物103が格納されていない棚102の格納三次元モデルとを用いて抽出した荷物領域2033を用いて荷物103の荷物モデル2034を推定する。これにより、荷物103が格納された状態の棚102の計測を行うだけで、容易に格納空間101に対する荷物103の第1充填率を算出することができる。
- [0134] また、充填率計測方法において、棚102の一部の形状を基準とした三次

元座標系に基づいて、荷物モデル 2034 を推定する。このため、荷物モデル 2034 の推定の処理量を低減することができる。

[0135] また、充填率計測方法において、棚 102 の一部の形状のみを基準とした三次元座標系に基づいて、荷物モデル 2034 を推定する。画像上で抽出しやすい格納部の一部のみの形状を計測座標系の算出に利用することができる。よって、荷物モデルの推定の処理速度を向上させることができ、計測座標系の算出精度を向上させることができる。

[0136] また、充填率計測方法において、三次元座標系は、Z 軸を有する三次元直交座標系であり、推定では、荷物領域 2033 の Z 軸マイナス方向とは反対の Z 軸プラス方向側を補間することで、荷物モデル 2034 を推定する。このため、荷物モデル 2034 の推定の処理量を効果的に低減することができる。

[0137] また、充填率計測方法において、三次元座標系は、棚 102 の開口 102a の形状を基準とした座標系である。このため、棚 102 開口 102a の形状を基準とした座標系を容易に算出ことができ、算出した座標系に基づいて荷物モデル 2034 を推定することができる。

[0138] また、充填率計測方法において、三次元座標系は、棚 102 に設置されたマーカー 104 を基準とした座標系であってもよい。このため、マーカー 104 を基準とした座標系を容易に算出ことができ、算出した座標系に基づいて荷物モデル 2034 を推定することができる。

[0139] (実施の形態 2)

実施の形態 2 に係る情報処理装置は、実施の形態 1 に係る情報処理装置と比較して、座標系算出部の構成が異なる。以下、具体的に説明する。

[0140] 図 21 は、実施の形態 2 に係る座標系算出部の構成を示すブロック図である。図 22 は、実施の形態 2 に係る座標系算出部が有する抽出部の構成を示すブロック図である。図 23 は、実施の形態 2 に係る抽出部による開口部端点の抽出方法について説明するための図である。

[0141] 座標系算出部 222C は、座標系算出部 222A が有する検出部 311 お

よび抽出部312の代わりに抽出部321Cを有する点が異なる。

[0142] 抽出部321Cは、検出部311および抽出部312と同様に、取得部221により取得された測距センサ210による計測結果と、格納三次元モデル2012とを用いて、棚領域2014における開口2015の4つの角の位置である4つの開口部端点2016を抽出する。なお、抽出部321Cは、棚領域2014における開口2015の4つの開口部端点2016を特定できればよく、4つの開口部端点2016を抽出する処理をしなくてもよい。抽出部321Cは、線分検出部1331と、開口抽出部1332と、端点算出部1333とを有する。

[0143] 実施の形態2の測距センサ210による計測結果は、RGB画像およびデプス画像を含む。RGB画像は、測距センサ210に内蔵されているカメラにより撮像された二次元画像である。RGB画像は、開口2015の全体が映り込んでいる画像、つまり、開口2015の二次元画像である。このように、RGB画像は、測距センサ210の位置から特定の方向への計測で生成された、開口2015の二次元画像の一例である。RGB画像は、特定の方向を向いて測距センサ210の位置に配置されたカメラにより撮影（計測）されることで得られた画像である。特定の方向は、RGB画像を撮影したときのカメラの姿勢を示す方向（例えば撮影方向）であり、例えば、測距センサ210の位置から開口2015へ向かう方向である。なお、特定の方向は、測距センサ210の位置から開口2015へ向かう方向と一致していなくてもよく、カメラが撮影する範囲が開口2015を含むときのカメラの撮影方向であればよい。測距センサ210の位置、および、特定の方向は、それぞれカメラの位置および姿勢（カメラの外部パラメータ）として用いられてもよい。また、カメラの位置および姿勢は、予め設定されてもよい。カメラの外部パラメータは、RGB画像に対応する位置姿勢情報である。

[0144] デプス画像は、測距センサ210により生成される画像である。デプス画像は、測距センサ210により計測された、測距する方向（奥行方向）における開口2015を含む計測対象までの距離を画素値として有する二次元画

像である。つまり、デプス画像は、開口2015の二次元画像の他の一例である。デプス画像は、例えば、測距センサ210による計測結果に基づいて生成される画像である。デプス画像は、開口2015とその近傍を含む領域のみの計測結果から生成されてもよいし、空間三次元モデルまたは空間三次元モデルを生成する基になった計測結果から生成されてもよい。この場合、測距センサ210による開口2015の再計測は省略される。特定の方向は、デプス画像の生成の基になった、測距センサ210による計測結果が計測されたときの測距センサ210の姿勢を示す方向（例えば測距する方向）であり、例えば、測距センサ210の位置から開口2015へ向かう方向である。なお、特定の方向は、測距センサ210の位置から開口2015へ向かう方向と一致していなくてもよく、測距センサ210の計測範囲が開口2015を含むときの測距センサ210が測距する方向であればよい。測距センサ210の位置、および、特定の方向は、それぞれ測距センサ210の位置および姿勢を示し、測距センサ210の外部パラメータである。測距センサ210の外部パラメータは、デプス画像に対応する位置姿勢情報である。

[0145] なお、二次元画像は、RGB画像およびデプス画像に限らずに、グレースケール画像、赤外線画像などが用いられてもよい。

[0146] カメラにおける特定の方向と、測距センサ210における特定の方向とは、互いに同じであってもよいし異なってもよい。カメラの外部パラメータは、測距センサ210の外部パラメータと同じであってもよい。このため、測距センサ210の外部パラメータがカメラの外部パラメータとして用いられてもよい。

[0147] 線分検出部1331は、図23の(a)に示すRGB画像2101に対して線分を検出する処理を実行する。線分検出部1331は、RGB画像2101から線分を検出することで、図23の(b)に示すように、RGB画像2101における線分2103を含む線分画像2102を生成する。

[0148] 同様に、線分検出部1331は、図23の(c)に示すデプス画像2111に対して線分を検出する処理を実行する。線分検出部1331は、デプス

画像 2 1 1 1 から線分を検出することで、図 2 3 の (d) に示すように、デプス画像 2 1 1 1 における線分 2 1 1 3 を含む線分画像 2 1 1 2 を生成する。

[0149] なお、線分検出部 1 3 3 1 は、線分を検出する処理において、各画像の隣接する画素間の画素値の差に基づいてエッジを検出し、検出されたエッジの方向に対して垂直な方向を検出することで、線分を検出する。

[0150] 開口抽出部 1 3 3 2 は、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 と、図 2 3 の (e) に示す格納三次元モデル 2 0 1 2 とを用いて、図 2 3 の (f) に示すように、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 から開口 2 0 1 5 の形状を示す線分 2 1 2 2 を抽出し、線分 2 1 2 2 を含む線分画像 2 1 2 1 を生成する。具体的には、開口抽出部 1 3 3 2 は、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 を組み合わせた線分画像に対して、格納三次元モデル 2 0 1 2 の開口の形状をテンプレートとするパターンマッチングを行うことで、線分 2 1 2 2 を抽出する。線分画像 2 1 0 2 と線分画像 2 1 1 2 とは、カメラの外部パラメータおよび測距センサ 2 1 0 の外部パラメータを用いて位置合わせした上で、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 の一方に含まれる複数の線分を、他方における当該複数の線分の位置に配置することで組み合わせられてもよい。線分画像 2 1 2 1 は、開口 2 0 1 5 の形状を示す線分 2 1 2 2 のみを含む画像であってもよい。図 2 3 の (f) の線分画像 2 1 2 1 では、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 に格納三次元モデル 2 0 1 2 と合致する形状が 4 つあると判定されたため、4 つの開口 2 0 1 5 の形状を含む線分 2 1 2 2 が抽出されている。

[0151] 端点算出部 1 3 3 3 は、図 2 3 の (g) に示すように、カメラの外部パラメータおよび測距センサ 2 1 0 の外部パラメータと、線分画像 2 1 2 1 に含まれる線分 2 1 2 2 と、に基づいて棚領域 2 0 1 4 における各開口 2 0 1 5 の 4 つの角の位置である 4 つの開口部端点 2 0 1 6 を抽出する。カメラの外部パラメータおよび測距センサ 2 1 0 の外部パラメータは、情報処理装置 2 2 0 の記憶部 2 2 5 が予め記憶していてもよい。なお、図 2 3 の例では、4 つの開口 2 0 1 5 の形状が検出されているため、1 6 個の開口部端点 2 0 1

6が抽出される。図23の(g)では、一部の開口部端点2016が重なっているため、9つの開口部端点2016が図示されている。

[0152] なお、開口抽出部1332により開口2015の形状を含む線分2122が抽出されれば、開口2015の位置を特定することができるため、端点算出部1333による処理は必ずしも行われなくてもよい。開口2015の形状は、線分2122により定義されてもよいし、開口部端点2016により定義されてもよいし、線分2122および開口部端点2016の組合せにより定義されてもよい。開口2015の形状は、四角形である場合、4つの線分により定義されてもよいし、4つの頂点を示す開口部端点により定義されてもよいし、線分および開口部端点の組合せで定義されてもよい。つまり、開口の形状は、多角形である場合、多角形の辺を構成する線分により定義されてもよいし、多角形の頂点により定義されてもよいし、線分および頂点の組合せで定義されてもよい。また、開口の形状は、楕円および真円を含む円形である場合、円形の外縁の曲線の形状により定義されてもよい。

[0153] このように、抽出部321Cは、RGB画像2101およびデプス画像2111から開口2015の形状を示す線分を特定する。そして、抽出部321Cは、測距センサ210の位置、特定の方向、および、特定した開口2015の形状（つまり線分画像2121における線分2122）に基づいて、三次元空間上における開口2015の位置を算出する。

[0154] 4つの開口部端点2016が抽出された後の算出部313の処理は、実施の形態1と同様であるので、説明を省略する。

[0155] なお、図23では、二次元画像として、RGB画像2101およびデプス画像2111の両方に基づいて、開口2015の線分を抽出する例について説明したが、これに限らない。例えば、RGB画像2101およびデプス画像2111の一方に基づいて、開口2015の線分を抽出してもよい。

[0156] なお、RGB画像2101からの線分抽出の精度は、例えば、開口2015の周囲の明るさ（照度）などの環境に影響される。RGB画像2101は、デプス画像2111に比べて、情報量が多いため、多くの線分が検出され

る。

[0157] 一方で、デプス画像 2 1 1 1 からの線分抽出の精度は、RGB 画像 2 1 0 1 よりも環境（明るさ）に影響されにくい。デプス画像 2 1 1 1 は、測距により距離情報が得られなかった場合に、距離情報が得られなかった領域において欠落を有する場合がある。このように、RGB 画像 2 1 0 1 およびデプス画像 2 1 1 1 は、互いに異なる特性を有するため、各画像の特性に応じて、開口 2 0 1 5 の線分を抽出する処理が行われてもよい。

[0158] 例えば、線分を抽出する処理では、開口 2 0 1 5 付近の明るさが所定の照度を超えていれば RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせ、組み合わせの結果から開口 2 0 1 5 の線分を抽出することで、線分の抽出精度を向上させてもよい。反対に、線分を抽出する処理では、開口 2 0 1 5 付近の明るさが所定の照度以下であればデプス画像 2 1 1 1 を RGB 画像 2 1 0 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせることで、開口 2 0 1 5 の線分の抽出精度を向上させてもよい。

[0159] 開口 2 0 1 5 付近の明るさは、RGB 画像 2 1 0 1 に含まれる画素の画素値から推定されてもよい。

[0160] また、開口 2 0 1 5 付近の明るさは、棚 1 0 2 の格納空間 1 0 1 への荷物 1 0 3 の充填率が高いほど低くなる場合がある。この場合、一度充填率を算出し、算出した充填率に応じて、線分を抽出する処理において優先する二次元画像を決定してもよい。つまり、線分を抽出する処理では、一度算出した充填率が所定の充填率以下であれば、RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせ、組み合わせの結果から開口 2 0 1 5 の線分を抽出することで、線分の抽出精度を向上させてもよい。反対に、線分を抽出する処理では、一度算出し

た充填率が所定の充填率を超えていればデプス画像 2 1 1 1 を RGB 画像 2 1 0 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせることで、開口 2 0 1 5 の線分の抽出精度を向上させてもよい。

[0161] また、線分を抽出する処理では、空間三次元モデルに欠落が所定の閾値よりも多い場合、デプス画像 2 1 1 1 から開口の形状を計測しにくいいため、RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせ、組み合わせの結果から開口 2 0 1 5 の線分を抽出することで、線分の抽出精度を向上させてもよい。例えば、測距センサ 2 1 0 が測距する方向に対して直交する方向において測距センサ 2 1 0 から所定の距離よりも遠い位置にある開口 2 0 1 5 の距離情報は、測距センサ 2 1 0 からのレーザ光が反射し難いため、十分な精度が得られなかったり、欠落が生じたりする。よって、RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせてもよい。反対に、線分を抽出する処理では、空間三次元モデルに欠落が所定の閾値以下の場合、デプス画像 2 1 1 1 を RGB 画像 2 1 0 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせることで、開口 2 0 1 5 の線分の抽出精度を向上させてもよい。

[0162] なお、上記において、RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせ、組み合わせの結果から開口 2 0 1 5 の線分を抽出するとしたが、具体的には、以下の処理を行ってもよい。

[0163] この処理の第 1 の例について説明する。RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先する場合、この組み合わせの結果は、線分画像 2 1 0 2

のみであってもよい。この場合、デプス画像 2 1 1 1 から線分画像 2 1 1 2 を生成しなくてもよい。

[0164] 次に、第 2 の例について説明する。第 2 の例において、線分を抽出する処理では、抽出される個々の線分には尤度（精度）を示す評価値が付与されていてもよい。つまり、この場合、線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 に含まれる複数の線分それぞれには、評価値が付与されている。線分画像 2 1 0 2 および線分画像 2 1 1 2 の組み合わせにおいては、開口 2 0 1 5 の周囲の照度に応じた重みで各線分画像 2 1 0 2、2 1 1 2 の各線分の評価値が重み付け加算される。これにより、線分画像 2 1 0 2 および線分画像 2 1 1 2 は統合される。このときの重みが RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先する場合には、重み付け加算における線分画像 2 1 0 2 に対する重みが線分画像 2 1 1 2 に対する重みよりも大きく設定される。

[0165] そして、統合された画像における複数の線分のうち評価値が閾値以上の線分を開口 2 0 1 5 の線分の候補が抽出され、抽出された候補の線分に対してパターンマッチングすることで開口 2 0 1 5 の線分を抽出する。尤度を示す評価値は、線分の長さが長いほど高い値であってもよいし、線分を検出するときのエッジを境界として隣接する 2 つ画素の画素値の差、あるいは、当該エッジを境界として隣接する 2 つの領域にそれぞれ属する 2 つの画素の画素値の差が大きいほど高い値であってもよい。

[0166] なお、デプス画像 2 1 1 1 を RGB 画像 2 1 0 1 よりも優先するように、RGB 画像 2 1 0 1 から得られた線分画像 2 1 0 2 と、デプス画像 2 1 1 1 から得られた線分画像 2 1 1 2 とを組み合わせる場合には、RGB 画像 2 1 0 1 をデプス画像 2 1 1 1 よりも優先するときの説明において、RGB 画像 2 1 0 1 およびデプス画像 2 1 1 1 を入れ替え、線分画像 2 1 0 2 および線分画像 2 1 1 2 を入れ替えることで説明できる。

[0167] 次に、実施の形態 2 に係る情報処理装置の動作について説明する。実施の形態 2 に係る情報処理装置は、実施の形態 1 に係る情報処理装置と比較して座標系算出部の構成が異なるため、座標系算出部における動作（S 1 1 3）

について説明する。

- [0168] 図24は、実施の形態2の座標系算出部による計測座標系を算出する処理(S113)のフローチャートである。
- [0169] 座標系算出部222Cは、二次元画像から線分を検出する(S1121)。具体的には、座標系算出部222Cは、RGB画像2101から線分を検出することで、RGB画像2101の線分2103を含む線分画像2102を生成する。また、座標系算出部222Cは、デプス画像2111から線分を検出することで、デプス画像2111の線分2113を含む線分画像2112を生成する。ステップS1121は、座標系算出部222Cの抽出部321Cの線分検出部1331による処理である。
- [0170] 座標系算出部222Cは、検出した線分から開口2015の線分を抽出する(S1122)。具体的には、座標系算出部222Cは、線分画像2102、2112と、格納三次元モデル2012とを用いて、線分画像2102、2112から開口2015の形状を示す線分2122を抽出し、線分2122を含む線分画像2121を生成する。ステップS1122は、座標系算出部222Cの抽出部321Cの開口抽出部1332による処理である。
- [0171] 座標系算出部222Cは、測距センサ210の位置と、RGB画像2101およびデプス画像2111を計測した方向(つまり、特定の方向)と、線分画像2121に含まれる線分2122と、に基づいて棚領域2014における各開口2015の4つの角の位置である4つの開口部端点2016を抽出する(S1123)。ステップS1123は、座標系算出部222Cの抽出部321Cの端点算出部1333による処理である。
- [0172] 座標系算出部222Cは、4つの開口部端点2016の測距センサ210から見た形状に基づいて、測距センサ210と棚102との位置関係を示す回転行列2017および並進ベクトル2018を算出する。そして、座標系算出部222Aは、回転行列2017および並進ベクトル2018を用いて、測距センサ210のセンサ座標系2004を変換することで計測座標系2000を算出する(S1124)。ステップS1124は、座標系算出部2

22Cの算出部313による処理である。つまり、この処理は、座標系算出部222Aの算出部313による処理と同様である。これにより、座標系算出部222Cは、格納三次元モデルの位置を空間三次元モデルの位置に対応付けることができる。

[0173] なお、ステップS1123の処理は、必ずしも行われなくてもよい。ステップS1123の処理が行われない場合、ステップS1124では、座標系算出部222Aは、開口2015の形状を示す線分2122に基づいて、測距センサ210と棚102との位置関係を示す回転行列2017および並進ベクトル2018を算出する。そして、座標系算出部222Aは、回転行列2017および並進ベクトル2018を用いて、測距センサ210のセンサ座標系2004を変換することで計測座標系2000を算出する。

[0174] (変形例1)

上記実施の形態に係る情報処理装置220では、格納空間101の容積に対する、格納空間101に格納されている荷物103の体積の割合を充填率として算出するとしたが、これに限らない。

[0175] 図25は、充填率の算出方法について説明するための図である。

[0176] 図25の(a)および(b)では、棚102の格納空間101は、16個の荷物103をちょうど格納する容積を有する。図25の(a)に示すように、隙間なく8個の荷物103が配置されている場合、空いている格納空間101にあと8個の荷物103を格納することができる。一方で、図25の(b)に示すように、隙間がある状態で荷物が配置されている場合、格納空間101の残りの空間に8個の荷物103を格納しようとする、既に格納されている荷物103を移動させる必要がある。既に格納されている荷物103を移動させずに、格納空間101の残りの空間に荷物103を格納すると、6個の荷物103しか格納することができない。

[0177] このように、図25の(a)の場合と、図25の(b)の場合とで格納空間101の残りの空間に格納可能な荷物103は異なるのに、両方の場合で、充填率は同じ50%と算出される。このため、格納空間101の残りの空

間の形状に合わせて、実質的に格納することができる空間を考慮した充填率を算出することが考えられる。

[0178] 図26は、変形例1に係る充填率算出部の算出部の構成の一例を示すブロック図である。図27は、変形例1に係る充填率算出部の算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[0179] 図26に示すように、算出部503は、荷物体積算出部601と、領域分割部602と、予定荷物計測部603と、領域推定部604と、算出部605とを有する。

[0180] 荷物体積算出部601は、荷物モデル2034から荷物103の体積である荷物体積を算出する(S131)。荷物体積算出部601は、格納空間101に格納されている荷物103の体積を実施の形態1と同様の方法で算出する。

[0181] 次に、領域分割部602は、空間三次元モデル2011の格納空間101を、荷物103が占有している占有領域2041と、荷物103が占有していない空領域2042とに分割する(S132)。

[0182] 次に、予定荷物計測部603は、格納する予定の荷物1個分の体積を算出する(S133)。予定荷物計測部603は、格納する予定の荷物の形状およびサイズが図25の(c)に示すように複数種類ある場合、種類毎に荷物1個分の体積を算出する。例えば、予定荷物計測部603は、荷物103aの体積、荷物103bの体積、および、荷物103cの体積をそれぞれ算出する。

[0183] 次に、領域推定部604は、空領域2042に、格納予定の荷物103を最も多く格納できる置き方を推定し、その場合の格納予定の荷物103の数を推定する。つまり、領域推定部604は、格納予定の荷物103を空領域2042に格納可能な最大の数を推定する。領域推定部604は、荷物1個分の体積に、格納可能な荷物の数を乗じることで、空領域2042のうちの格納可能な容積を算出する(S134)。

[0184] なお、領域推定部604は、複数種類の荷物がある場合には、種類毎にど

のくらいの数の荷物を格納できるかを推定してもよいし、複数種類の混合でどのくらいの数ずつ荷物を格納できるかを推定してもよい。領域推定部604は、複数種類の混合で荷物を格納する場合、種類毎に荷物1個分の体積に、格納可能な当該種類の荷物の数を乗じて得られた容積の積算値を空領域2042のうちの格納可能な容積として算出する。例えば、領域推定部604は、荷物103aをn1個、荷物103bをn2個、荷物103cをn3個格納可能と推定した場合、荷物103aの体積にn1を乗じた第1の体積、荷物103bの体積にn2を乗じた第2の体積、および、荷物103cの体積にn3を乗じた第3の体積の積算値を、空領域2042のうちの格納可能な容積として算出する。なお、n1、n2およびn3は、それぞれ0以上の整数である。

[0185] 算出部605は、格納済みの荷物の体積と、格納可能な容積とを、下記の式2に適用することで充填率を算出する(S135)。

[0186] 充填率(%) = (格納済みの荷物の体積) / (格納済みの荷物の体積 + 格納可能な容積) × 100・・・式2

[0187] このように、充填率算出部224は、格納空間101のうちで、荷物103を格納可能な空間の容積に対する、格納空間101に格納されている荷物103の体積の割合を、充填率として算出してもよい。

[0188] これにより、格納空間101の空いている空間にどのくらいの荷物103を格納することが可能かを適切に判断するための第1充填率を算出することができる。

[0189] なお、格納空間101に格納されている荷物の種別が予め与えられている場合、格納済みの荷物の体積から予め与えられた荷物の種別の体積を除算することで、格納されている荷物の数量を算出してもよい。例えば、格納空間101に格納されている荷物の種別は、当該格納空間101を有する棚102を識別するIDと共に、情報処理装置220の記憶部225に記憶されていてもよい。記憶部225は、棚102を識別するIDと、当該棚102の格納空間101に格納されている荷物の種別とを対応付けた格納情報を記憶

していてもよい。また、情報処理装置 220 の記憶部 225 は、荷物の種別と、各種別の荷物の体積とが対応付けられた荷物情報を記憶していてもよい。荷物情報における核種別の荷物の体積は、流通業界で一般的に使用されている荷物のサイズに基づいて算出される体積である。格納情報および荷物情報は、例えば、テーブルである。これにより、情報処理装置 220 は、記憶部 225 に記憶されている格納情報に基づいて、棚 102 の格納空間 101 に格納されている荷物 103 の種別と、その種別の荷物の体積を特定し、算出された格納済みの荷物の体積から、特定した荷物の体積を除算することで、格納されている荷物の数量を算出することができる。

[0190] 算出した荷物の数量は、充填率とともに出力されてもよい。例えば、格納されている荷物が荷物 103 a である場合、格納済みの荷物の体積から荷物 103 a の体積を除算することで、格納されている荷物の数量を算出することができる。

[0191] (変形例 2)

上記実施の形態に係る情報処理装置 220 では、一つの棚 102 の格納空間 101 に対する荷物 103 の充填率を算出するとしたが、2 以上の棚 102 の格納空間 101 に対する荷物 103 の充填率を算出してもよい。

[0192] 図 28 は、2 以上の棚をトラックの荷台などの格納空間に格納する場合の例を示す図である。図 29 は、荷台の格納空間に格納されている棚と、その充填率との関係を示す表である。

[0193] 図 28 に示すように、格納空間 105 を有する荷台 106 には、複数のかご台車 112 が格納されている。荷台 106 は、例えば、トラックのバンボディ型荷台であってもよい。荷台 106 は、第 2 格納部の一例である。第 2 格納部は、荷台 106 に限らずに、コンテナであってもよいし、倉庫であってもよい。

[0194] 格納空間 105 は、第 2 格納空間の一例である。格納空間 105 は、複数のかご台車 112 を格納することが可能な大きさの容積を有する。変形例 2 では、格納空間 105 は、6 つかご台車 112 を格納することができる。

格納空間 105 は、複数のかご台車 112 を格納可能であるため、格納空間 105 は、格納空間 111 よりも大きい。

[0195] かご台車 112 は、複数の荷物 103 を格納することが可能な格納空間 111 を有する。かご台車 112 は、格納部の一例である。変形例 2 における格納部は、移動可能なコンテナであれば、かご台車 112 やロールボックスに限らない。格納空間 111 は、第 1 格納空間の一例である。なお、格納空間 105 には、実施の形態 1 で説明した棚 102 が格納されてもよい。

[0196] 複数の荷物 103 は、荷台 106 に直接格納されずに、複数のかご台車 112 に格納される。そして、複数の荷物 103 が格納されたかご台車 112 が荷台 106 に格納される。

[0197] この場合、充填率算出部 224 の算出部 503 の構成について説明する。

[0198] 図 30 は、変形例 2 に係る充填率算出部の算出部の構成の一例を示すブロック図である。図 31 は、変形例 2 に係る充填率算出部の算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[0199] 図 30 に示すように、変形例 2 に係る算出部 503 は、取得部 701 と、計数部 702 と、算出部 703 とを有する。

[0200] 取得部 701 は、荷台 106 に格納可能なかご台車 112 の数を取得する (S141)。変形例 2 の場合、荷台 106 に格納可能なかご台車 112 の最大数は 6 であるので、6 を取得する。

[0201] 計数部 702 は、荷台 106 に格納するかご台車 112 の数をカウントする (S142)。図 29 に示すかご台車 112 が荷台 106 に格納される場合、計数部 702 は、かご台車 112 の数として 3 台をカウントする。

[0202] 算出部 703 は、荷台 106 に対する 1 以上のかご台車 112 の充填率である第 2 充填率を算出する (S143)。具体的には、算出部 703 は、荷台 106 に格納可能なかご台車 112 の最大数に対する、荷台 106 に格納されているかご台車 112 の数の割合を第 2 充填率として算出してもよい。算出部 703 は、例えば、最大 6 台のかご台車 112 が荷台 106 に格納可能であり、そのうちの 3 台のかご台車 112 が荷台 106 格納されるため、

50%を第2充填率として算出する。

[0203] なお、算出部703は、荷台106に格納する1以上のかご台車112のそれぞれについて、当該かご台車112に対する荷物103の充填率を算出し、算出した充填率を用いて、第2格納空間に対する荷物103の充填率を算出してもよい。算出部703は、具体的には、かご台車112に対する荷物103の充填率の平均を、第2格納空間に対する荷物103の充填率として算出してもよい。この場合、算出部703は、荷台106の格納空間105にかご台車112を格納可能な空間が余っている場合には、かご台車112を格納可能な余っている空間に、格納可能な数のかご台車112の充填率を0%として平均を算出してもよい。

[0204] 例えば、図29に示す3台のかご台車112の充填率のそれぞれが、70%、30%、20%であり、荷台106には最大で6台のかご台車112が格納可能である場合、6台のかご台車112の充填率を、それぞれ、70%、30%、20%、0%、0%、0%として平均を求めることで得られた20%を第2格納空間に対する荷物103の充填率として算出してもよい。

[0205] このため、格納空間105に1以上のかご台車112が格納される場合の第2充填率を適切に算出することができる。

[0206] (変形例3)

次に変形例3について説明する。

[0207] 図32は、変形例3に係るかご台車の構成を説明するための図である。

[0208] 図32の(a)は、開閉部113が閉状態であるかご台車112を示す図である。図32の(b)は、開閉部113が開状態であるかご台車112を示す図である。

[0209] 変形例3に係るかご台車112は、開口112aを開閉する開閉部113を有する。開閉部113は、複数の貫通孔113aを有する格子状または網目状のカバーである。このため、測距センサ210は、かご台車112の開閉部113が閉状態であっても、複数の貫通孔113aおよび開口112aを介してかご台車112の格納空間111の内部の三次元形状を計測するこ

とができる。

[0210] これは、測距センサ210が発する電磁波は、複数の貫通孔113aおよび開口112aを通過するためである。なお、測距センサ210Aの場合にも、測距センサ210Aが照射する赤外パターンは、複数の貫通孔113aおよび開口112aを通過するため、かご台車112の開閉部113が閉状態であっても、複数の貫通孔113aおよび開口112aを介してかご台車112の格納空間111の内部の三次元形状を計測することができる。また、測距センサ210Bの場合にも、2つのカメラ211B、212Bは、複数の貫通孔113aおよび開口112aを介して、格納空間111の内部を撮影することができるため、かご台車112の格納空間111の内部の三次元形状を計測することができる。

[0211] よって、情報処理装置220は、格納空間111に荷物103が格納されているか否かを判定することができる。しかしながら、開閉部113が閉状態である場合、開状態である場合または開閉部113がない場合とは充填率を算出する方法を異なる方法に切り替えないと、正しい充填率を求めることが難しい。このため、変形例3に係る充填率算出部224は、開閉部113が開状態である場合、第1の方法で充填率を算出し、開閉部113が閉状態である場合、第2の方法で充填率を算出する。

[0212] 図33は、変形例3に係る充填率算出部の構成の一例を示すブロック図である。図34は、変形例3に係る充填率算出部の充填率算出処理のフローチャートである。

[0213] 図33に示すように、変形例3に係る充填率算出部224は、検知部801と、切替部802と、第1充填率算出部803と、第2充填率算出部804とを有する。

[0214] 検知部801は、空間三次元モデルを用いて開閉部113の開閉状態を検知する(S151)。具体的には、検知部801は、空間三次元モデルを用いて、かご台車112の開口112aの領域の前後方向(つまり、測距センサ210とかご台車112との並び方向)で格納空間111の内部と外部と

のそれぞれの位置に三次元点群が存在する場合、開閉部 1 1 3 が閉状態であることを検知する。検知部 8 0 1 は、格納空間 1 1 1 の内部のみに三次元点群が存在する場合、開閉部 1 1 3 が開状態であることを検知する。

[0215] 切替部 8 0 2 は、開閉部 1 1 3 が開状態であるか閉状態であるかを判定し (S 1 5 2)、判定結果に応じて次の処理を切り替える。

[0216] 第 1 充填率算出部 8 0 3 は、切替部 8 0 2 により開閉部 1 1 3 が開状態であると判定された場合 (S 1 5 2 で開状態)、第 1 の方法で充填率を算出する (S 1 5 3)。具体的には、第 1 充填率算出部 8 0 3 は、実施の形態 1 の充填率算出部 2 2 4 による処理と同様の処理を行うことでかご台車 1 1 2 の充填率を算出する。

[0217] 第 2 充填率算出部 8 0 4 は、切替部 8 0 2 により開閉部 1 1 3 が閉状態であると判定された場合 (S 1 5 2 で閉状態)、第 2 の方法で充填率を算出する (S 1 5 4)。第 2 の方法の詳細は、図 3 5 を用いて説明する。

[0218] 図 3 5 は、充填率を算出する第 2 の方法の一例について説明するための図である。

[0219] 図 3 5 の (a) に示すように、空間三次元モデル 2 0 5 1 が取得された場合を考える。

[0220] 図 3 5 の (b) は、空間三次元モデル 2 0 5 1 のうちの領域 R 2 を拡大した図である。図 3 5 の (b) に示すように、第 2 充填率算出部 8 0 4 は、領域 R 2 を、開閉部 1 1 3 が検出されている第 2 部分と、荷物 1 0 3 が検出されている第 1 部分とに区分する。

[0221] 第 1 部分は、開口 1 1 2 a の領域の奥側に三次元点群を含む領域である。また、第 1 部分は、測距センサ 2 1 0 から荷物 1 0 3 に向かう方向において、測距センサ 2 1 0 が荷物 1 0 3 と対向する部分である。つまり、第 1 部分は、測距センサ 2 1 0 から荷物 1 0 3 に向かう方向において、閉状態の開閉部 1 1 3 における貫通孔 1 1 3 a に対向する部分である。なお、開閉部 1 1 3 は、1 つの貫通孔 1 1 3 a を有する構成であってもよい。

[0222] 第 2 部分は、かご台車 1 1 2 の開口 1 1 2 a の領域の前後方向の手前側に

三次元点群を含む領域である。また、第2部分は、測距センサ210から荷物103に向かう方向において、測距センサ210が荷物103と対向しない部分である。つまり、第2部分は、測距センサ210から荷物103に向かう方向において、閉状態の開閉部113により隠れている部分である。

[0223] 第2充填率算出部804は、第1部分と第2部分とをそれぞれボクセル化することで、図35の(c)に示されるボクセルデータ2052を生成する。ボクセルデータ2052において、ハッチングがない白の領域が第2部分がボクセル化された領域であり、ドットのハッチングの領域が第1部分がボクセル化された領域である。

[0224] そして、第2充填率算出部804は、開閉部113の領域に対応する白の領域について、開閉部113の奥側に荷物103が存在するか否かを推定する。具体的には、第2充填率算出部804は、ボクセル化された領域において、荷物103の存在するドットのハッチングのボクセルに隣接する26個のボクセルに荷物が存在する確率を基にしたスコアを割り当てる。そして、荷物103の存在する複数のボクセルに隣接する白の領域で示されるボクセルに加算したスコアを割り当てる。第2充填率算出部804は、これを荷物103の存在する全てのボクセルについて行い、スコアの合計値が任意の閾値以上の、白の領域で示されるボクセルには荷物103が存在すると判定する。第2充填率算出部804は、例えば、任意の閾値を0.1とする場合、全ての領域に荷物103が存在すると判定するため、図35の(e)に示されるように開閉部113により隠蔽されている領域の形状が推定された荷物モデル2053を算出することができる。

[0225] このように、情報処理装置220は、測距センサ210が荷物103と対向する第1部分の形状に基づいて、測距センサが計測対象物と対向しない第2部分の形状を推定するため、第2部分がある場合であっても、対象物三次元モデルを適切に推定することができる。

[0226] なお、かご台車112の内部に荷物103を隙間なく配置することがルール付けられている場合には、図36に示すように、第2充填率算出部804

は、1以上の荷物103が配置されている領域の輪郭R3を抽出し、抽出した輪郭R3の内部に荷物103が存在する領域と判定してもよい。そして、第2充填率算出部804は、輪郭R3の内部の開閉部113の領域を、開閉部113の複数の貫通孔113aの領域における三次元点群を用いて推定してもよい。

[0227] 変形例3に係る充填率計測方法では、かご台車112は、さらに、複数の貫通孔113aを有し、かつ、開口112aを開閉する開閉部113を有する。充填率計測方法では、さらに、開閉部113が開状態であるか閉状態であるかを判定し、開閉部113が開状態である場合、実施の形態1の充填率算出部224と同様に、抽出、および、推定を行うことで荷物モデル2034を推定する。充填率算出部224は、開閉部113が閉状態である場合、空間三次元モデル2011に基づくボクセルデータ2031のうちの、開閉部113の複数の貫通孔113aに対応する複数の第1部分に基づいて、開閉部113により隠れている第2部分を推定し、複数の第1部分および推定した第2部分と、格納三次元モデル2032とを用いて、荷物モデル2034を推定する。

[0228] これによれば、開口112aを開閉する開閉部113が設けられたかご台車112に荷物103を格納する場合であっても、開閉部113の開閉状態に応じて荷物モデル2034の推定方法を第1の方法と第2の方法とで切り替えるため、適切に対象物三次元モデルを推定することができる。

[0229] (変形例4)

図37は、変形例4に係る空間三次元モデルの生成方法について説明するための図である。

[0230] 図37に示すように、空間三次元モデルを生成する場合においても、三次元計測システム200は、モデル生成部223の処理と同様に、複数の測距センサ210の計測結果を統合してもよい。この場合、三次元計測システム200は、複数の測距センサ210の位置および姿勢を事前にキャリブレーションすることで特定し、特定した複数の測距センサ210の位置および姿

勢に基づいて、得られた複数の計測結果を統合することでオクルージョンが少ない三次元点群を含む空間三次元モデルを生成することができる。

[0231] (変形例5)

図38および図39は、変形例5に係る空間三次元モデルの生成方法について説明するための図である。

[0232] 図38に示すように、空間三次元モデルを生成する場合においても、三次元計測システム200は、1つの測距センサ210の計測領域R1を横切るようにかご台車112および1つの測距センサ210の少なくとも一方を移動させ、移動させている間の複数のタイミングで測距センサ210により得られた複数の計測結果を統合してもよい。かご台車112は、例えば、無人搬送車(AGV: Automated Guided Vehicle)1101により搬送されることで、測距センサ210の計測領域R1を横切るように移動してもよい。

[0233] この場合、情報処理装置220は、かご台車112と1つの測距センサ210との間の、各計測結果が計測された各タイミングにおける相対的な位置および姿勢を算出する。例えば、情報処理装置220は、図39に示すように、測距センサ210から計測結果2010を取得し、無人搬送車1101から無人搬送車1101の位置情報2061を取得する。計測結果2010は、測距センサ210により第1のタイミングで計測された第1計測結果と、第2のタイミングで計測された第2計測結果とを含む。第1のタイミングおよび第2のタイミングは、互いに異なるタイミングである。位置情報2061は、第1のタイミングにおける無人搬送車1101の第1の位置と、第2のタイミングにおける無人搬送車1101の第2の位置とを含む。第1の位置および第2の位置は、互いに異なる位置である。位置情報2061は、無人搬送車1101により推定された、複数のタイミングにおける無人搬送車1101の自己位置である。

[0234] 自己位置は、既存の方法を用いることで推定できる。例えば、無人搬送車1101は、特定の位置に配置されており、特定の位置を示す特定位置情報

を含むマーカまたはタグから特定位置情報を読み取ることで特定の位置にいることを推定してもよい、マーカまたはタグから特定位置情報を読み取ることで推定した特定の位置を基準に走行した距離および方向に基づいて自己位置を推定してもよい。無人搬送車1101は、読み取った特定位置情報と、特定の位置から走行した距離および方向とを情報処理装置220に送信し、情報処理装置220が、特定位置情報と、特定の位置から走行した距離および方向とに基づいて無人搬送車1101の位置を推定してもよい。また、無人搬送車1101の位置は、無人搬送車1101の外部に配置されたカメラにより撮像された画像を用いて推定されてもよい。

[0235] 情報処理装置220は、かご台車112を異なる視点から計測した複数の計測結果を含む計測結果2010と、位置情報2061とに基づいて、棚領域2014における各開口2015の4つの角の位置である4つの開口部端点2016を抽出する。情報処理装置220は、位置情報2061に含まれる第1の位置に基づいて第1計測結果におけるかご台車112の開口112aが存在する可能性が高い領域を特定し、特定した領域に対して計測座標系を算出する処理を行ってもよい。情報処理装置220は、位置情報2061に含まれる第2の位置に基づいて第2計測結果におけるかご台車112の開口112aが存在する可能性が高い領域を特定し、特定した領域に対して計測座標系を算出する処理を行ってもよい。

[0236] また、情報処理装置220は、位置情報2061に含まれる第1の位置および第2の位置に基づいて第1計測結果および第2計測結果を統合することでオクルージョンが少ない三次元点群を含む空間三次元モデルを生成してもよい。これにより、より精度の高い充填率を算出することができる。

[0237] なお、位置情報2061は、特定のタイミングにおける1つの位置のみを含み、計測結果2010は、特定のタイミングにおける1つの計測結果のみを含んでいてもよい。

[0238] 情報処理装置220は、複数の無人搬送車が1台ずつ測距センサ210の計測領域R1を順次通過する場合に、順次通過した複数の無人搬送車が搬送

するかご台車 1 1 2 に対して得られた各無人搬送車が搬送するかご台車 1 1 2 に対する計測結果に基づいて各かご台車 1 1 2 における充填率を算出してもよい。

[0239] (変形例 6)

変形例 6 では、測距センサの計測領域について説明する。

[0240] 図 4 0 は、1 台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[0241] 図 4 0 に示すように、1 台の測距センサ 2 1 0 は、この測距センサ 2 1 0 の計測領域 R 1 0 に計測対象の複数のかご台車 1 1 2 が全て含まれるように配置される。例えば、測距センサ 2 1 0 は、測距する方向における計測領域 R 1 0 の最大の長さにかご台車 1 1 2 の測距センサ 2 1 0 から遠い方の面が含まれる位置に配置されてもよい。

[0242] 図 4 1 は、2 台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[0243] 図 4 1 に示すように、2 台の測距センサ 2 1 0 a、2 1 0 b は、これらの測距センサ 2 1 0 a、2 1 0 b の計測領域 R 1 1、R 1 2 に計測対象の複数のかご台車 1 1 2 が存在する範囲が全て含まれるように配置される。さらに、2 台の測距センサ 2 1 0 a、2 1 0 b は、例えば、計測領域 R 1 1 および計測領域 R 1 2 が重複する領域 R 1 3 の測距方向 D 1 における長さ 9 0 2 が、かご台車 1 1 2 の測距方向 D 1 の長さ 9 0 1 よりも長くなるように配置される。なお、長さ 9 0 1 および長さ 9 0 2 は、かご台車 1 1 2 の配置面を基準とした測距方向 D 1 における長さ（高さ）である。つまり、重複する領域 R 1 3 は、測距方向 D 1 において、かご台車 1 1 2 の長さ 9 0 1 以上の長さ 9 0 2 を有する。これにより、2 台の測距センサ 2 1 0 a、2 1 0 b により計測可能となる複数のかご台車 1 1 2 の数を最大化することができる。なお、測距方向 D 1 は、測距センサ 2 1 0 a、2 1 0 b のそれぞれが測距する方向である。図 4 0 および図 4 1 では、測距方向 D 1 は、垂直方向に沿っているが、測距方向 D 1 が沿う方向は垂直方向に限らない。測距方向 D 1 は、水

平方向に沿っていてもよい。

[0244] 各測距センサ210a、210bは、図40の測距センサ210と同じセンサであり、その計測領域も同じ大きさである。図40では、1台の測距センサ210に対して最大4台のかご台車112を計測可能である。図41では、上記のように重複する領域R13の高さ902がかご台車112の高さ901よりも高くなるように2台の測距センサ210a、210bを配置することで、1台分のかご台車112をさらに配置することができる。この結果、2台の測距センサ210a、210bで9台のかご台車112を計測することができ、1台の測距センサ210で計測できるかご台車112の数を2倍した数よりも多い数のかご台車112を計測することができる。

[0245] 図42は、3台の測距センサで複数のかご台車を計測する例を示す図である。

[0246] 図42に示すように、3台の測距センサ210a、210b、210cは、これらの測距センサ210a、210b、210cの計測領域R21、R22、R23に計測対象の複数のかご台車112が全て含まれるように配置される。さらに、3台の測距センサ210a、210b、210cは、例えば、計測領域R21、計測領域R22および計測領域R23のうちの少なくとも2つの計測領域が重複する領域R24に計測対象の複数のかご台車112が全て含まれるように配置される。これにより、複数のかご台車112の全ては、複数の測距センサにより計測されることとなる。このため、オクルージョンが少ない三次元点群を含む空間三次元モデルを生成することができる。

[0247] (変形例7)

変形例7に係る三次元計測システム200Aについて説明する。

[0248] 図43は、変形例7に係る三次元計測システムの特徴的な構成を示すブロック図である。

[0249] 変形例7に係る三次元計測システム200Aは、2つの測距センサ210aおよび210bを備える点が実施の形態1に係る三次元計測システム20

0とは異なる。また、変形例7に係る情報処理装置220Aは、実施の形態1に係る情報処理装置220の構成要素に加えてさらに統合部226を備える点異なる。ここでは、実施の形態1と異なる点について主に説明する。

[0250] 取得部221は、複数の測距センサ210a、210bのそれぞれから計測結果を取得する。取得部221は、具体的には、測距センサ210aによる第1計測結果と、測距センサ210bによる第2計測結果とを取得する。第1計測結果は、測距センサ210aにより生成された第1空間三次元モデルを含む。第2計測結果は、測距センサ210bにより生成された第2空間三次元モデルを含む。

[0251] 統合部226は、第1空間三次元モデルと第2空間三次元モデルとを統合する。具体的には、統合部226は、記憶部225に記憶されている測距センサ210aの位置および姿勢（外部パラメータ）と、測距センサ210bの位置および姿勢（外部パラメータ）とに基づいて、第1空間三次元モデルと第2空間三次元モデルとを統合する。これにより、統合部226は、統合空間三次元モデルを生成する。記憶部225に記憶されている測距センサ210aの位置および姿勢と、測距センサ210bの位置および姿勢とは、予め行われるキャリブレーションにより生成される。

[0252] 座標系算出部222、モデル生成部223および充填率算出部224は、空間三次元モデルとして統合空間三次元モデルを用いて実施の形態1で説明した処理を実行する。

[0253] 図44は、変形例7に係る情報処理装置により行われる充填率計測方法のフローチャートである。

[0254] 情報処理装置220Aは、測距センサ210a、210bから複数の空間三次元モデルを取得する（S111a）。複数の空間三次元モデルは、第1空間三次元モデルおよび第2空間三次元モデルを含む。このとき、情報処理装置220は、さらに、測距センサ210a、210bから計測対象の画像を取得してもよい。

[0255] 情報処理装置220Aは、複数の空間三次元モデルを統合し、統合空間三

次元モデルを生成する（S 1 1 1 b）。

[0256] 情報処理装置 2 2 0 A は、記憶部 2 2 5 に記憶されている格納三次元モデルを取得する（S 1 1 2）。

[0257] ステップ S 1 1 3 ~ S 1 1 6 は、空間三次元モデルの代わりに統合空間三次元モデルを用いることが異なる以外は、実施の形態 1 と同様の処理であるので説明を省略する。

[0258] （変形例 8）

実施の形態 2 に係る情報処理装置 2 2 0 では、R G B 画像およびデプス画像を含む二次元画像から線分を検出し、検出した線分から格納三次元モデルの開口の形状の線分を特定するとしたが、二次元画像に基づいて開口の形状の線分を特定することに限らない。情報処理装置 2 2 0 は、測距センサ 2 1 0 の計測結果または空間三次元モデルから開口の形状の線分（エッジ）を特定してもよい。例えば、測距センサ 2 1 0 の計測結果または空間三次元モデルのうちで、一定の方向に沿って一定の間隔以下で並ぶ一定の個数より多い三次元点群を線分として検出し、検出した線分から格納三次元モデルの開口の形状の線分を特定してもよい。

[0259] （その他の実施の形態）

以上、本開示に係る充填率計測方法等について、上記各実施の形態に基づいて説明したが、本開示は、上記各実施の形態に限定されるものではない。

[0260] 例えば、上記実施の形態では、情報処理装置等が備える各処理部は、C P U と制御プログラムとによって実現されると説明した。例えば、当該処理部の構成要素は、それぞれ 1 つ又は複数の電子回路で構成されてもよい。1 つ又は複数の電子回路は、それぞれ、汎用的な回路でもよいし、専用の回路でもよい。1 つ又は複数の電子回路には、例えば、半導体装置、I C (I n t e g r a t e d C i r c u i t)、又は、L S I (L a r g e S c a l e I n t e g r a t i o n) 等が含まれてもよい。I C 又は L S I は、1 つのチップに集積されてもよく、複数のチップに集積されてもよい。ここでは、I C 又は L S I と呼んでいるが、集積の度合いによって呼び方が変わり

、システムLSI、VLSI (Very Large Scale Integration)、又は、ULSI (Ultra Large Scale Integration) と呼ばれるかもしれない。また、LSIの製造後にプログラムされるFPGA (Field Programmable Gate Array) も同じ目的で使うことができる。

[0261] また、本開示の全般的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、又は、コンピュータプログラムで実現されてもよい。或いは、当該コンピュータプログラムが記憶された光学ディスク、HDD (Hard Disk Drive) 若しくは半導体メモリ等のコンピュータ読み取り可能な非一時的記録媒体で実現されてもよい。また、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

[0262] その他、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

産業上の利用可能性

[0263] 本開示は、計測対象物の充填率を算出することができる充填率計測方法、情報処理装置、プログラムなどとして有用である。

符号の説明

[0264] 101、105、111 格納空間
102 棚
102a、112a 開口
103、103a~103c 荷物
104 マーカー
106 荷台
112 かご台車
113 開閉部
113a 貫通孔

200、200A 三次元計測システム

210、210A、210B、210a、210b 測距センサ

211 レーザ照射部

211A 赤外パターン照射部

211B、212B カメラ

212 レーザ受光部

212A 赤外カメラ

213A 赤外パターン

220、220A 情報処理装置

221、701 取得部

222、222A、222B、222C 座標系算出部

223 モデル生成部

224 充填率算出部

225 記憶部

226 統合部

301 補助部

302、313、323、503、605、703 算出部

311、321、401 検出部

312、322、501、321C 抽出部

402 生成部

403 容積算出部

502 推定部

601 荷物体積算出部

602 領域分割部

603 予定荷物計測部

604 領域推定部

702 計数部

801 検知部

- 802 切替部
- 803 第1充填率算出部
- 804 第2充填率算出部
- 901 長さ
- 902 幅
- 1101 無人搬送車
- 1331 線分検出部
- 1332 開口抽出部
- 1333 端点算出部
- 2000 計測座標系
- 2001、2021 画像
- 2002 調整用マーカー
- 2003 重畳画像
- 2004 センサ座標系
- 2005、2017、2026 回転行列
- 2006、2018、2027 並進ベクトル
- 2010 計測結果
- 2011、2051 空間三次元モデル
- 2012、2022、2032 格納三次元モデル
- 2013 位置情報
- 2014 棚領域
- 2015 開口
- 2016 開口部端点
- 2023 マーカー
- 2024 マーカー領域
- 2025 パターン輪郭
- 2031、2052 ボクセルデータ
- 2033 荷物領域

2034、2053 荷物モデル
2041 占有領域
2042 空領域
2061 位置情報
2101 RGB画像
2102、2112、2121 線分画像
2103、2113、2122 線分
2111 デプス画像
P1 一点
R1、R10、R11、R12、R21、R22、R23 計測領域
R2 領域
R3 輪郭
R13、R24 重複する領域

請求の範囲

- [請求項1] 計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、
前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、
前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、
前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、
前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、
算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、
前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、
前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する
充填率計測方法。
- [請求項2] 前記二次元画像は、カメラにより前記開口を撮影することで生成されたRGB画像を含み、
前記位置姿勢情報は、前記開口の撮影時の前記カメラの位置および姿勢を示す
請求項1に記載の充填率計測方法。
- [請求項3] 前記二次元画像は、前記測距センサによる前記開口の計測に基づいて生成されたデプス画像を含み、
前記位置姿勢情報は、前記開口の計測時の前記測距センサの位置お

よび姿勢を示す

請求項 1 に記載の充填率計測方法。

[請求項4] 前記二次元画像は、RGB画像、グレースケール画像、赤外線画像およびデプス画像の少なくとも一方を含み、

前記RGB画像は、カメラにより前記開口を撮影することで生成され、

前記デプス画像は、前記測距センサによる計測結果に基づいて生成される画像である

請求項 1 に記載の充填率計測方法。

[請求項5] 前記線分の特定では、前記RGB画像から特定された線分と、前記デプス画像から特定された線分の両方に基づいて、前記線分を特定する

請求項 4 に記載の充填率計測方法。

[請求項6] 前記測距センサは、ToF (Time of Flight) センサ、ステレオカメラの少なくとも1つを含む

請求項 1 から5のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項7] 前記測距センサは、第1測距センサおよび第2測距センサを含み、前記第1測距センサの第1計測領域と、前記第2測距センサの第2計測領域とは、重複する領域を有する

請求項 1 から6のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項8] 前記重複する領域は、前記測距センサの測距する方向において、前記計測対象物の長さ以上の長さを有する

請求項 7 に記載の充填率計測方法。

[請求項9] 前記重複する領域は、前記計測対象物が存在する範囲の全てを含む
請求項 7 に記載の充填率計測方法。

[請求項10] 前記格納部は、前記測距センサの測距する方向に対して交差する方向に前記測距センサに対して相対的に移動し、

前記空間三次元モデルは、前記測距センサにより第1のタイミング

で計測された第1計測結果と、第2のタイミングで計測された第2計測結果とを用いて生成される

請求項1から9のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項11] 前記格納三次元モデルの位置と前記空間三次元モデルの位置は、回転行列と並進ベクトルを用いて対応付けられる、

請求項1から10のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項12] 1以上の前記格納部が格納される第2格納空間を有する第2格納部に対する、前記複数の前記1以上の格納部の第2充填率を算出する、

請求項1から11のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項13] 1以上の前記格納部が格納される第2格納空間を有する第2格納部に対する、前記1以上の格納部のそれぞれに格納された前記計測対象物の第3充填率を算出する、

請求項1から11のいずれか1項に記載の充填率計測方法。

[請求項14] プロセッサと、

メモリと、を備え、

前記プロセッサは、前記メモリを用いて、

計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、

前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、

前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、

前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、

前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、

算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位

置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、

前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、

前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する

情報処理装置。

[請求項15]

充填率計測方法をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記充填率計測方法は、

計測対象物が格納される格納空間を有し、かつ、開口が形成されている格納部が、前記格納部に対向している測距センサにより前記開口を介して計測されることで得られた空間三次元モデルを取得し、

前記計測対象物が格納されていない前記格納部の三次元モデルである格納三次元モデルを取得し、

前記開口の二次元画像と、前記二次元画像に対応する位置姿勢情報と、を取得し、

前記格納三次元モデルを用いて、前記二次元画像における、前記開口の形状を示す線分を特定し、

前記位置姿勢情報、および、特定した前記線分に基づいて、三次元空間上における前記開口の位置を算出し、

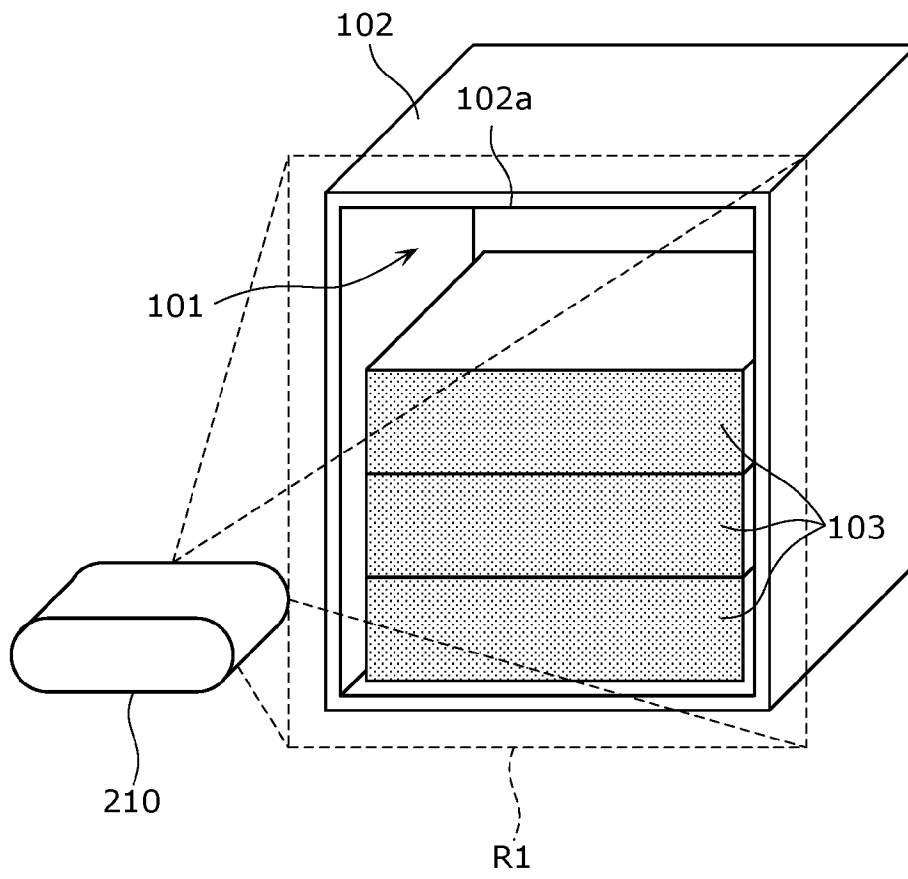
算出された前記開口の位置に基づいて、前記格納三次元モデルの位置を前記空間三次元モデルの位置に対応付け、

前記対応付け後の前記格納三次元モデルおよび前記空間三次元モデルに基づいて、前記格納空間内における計測対象物の三次元モデルである対象物三次元モデルを推定し、

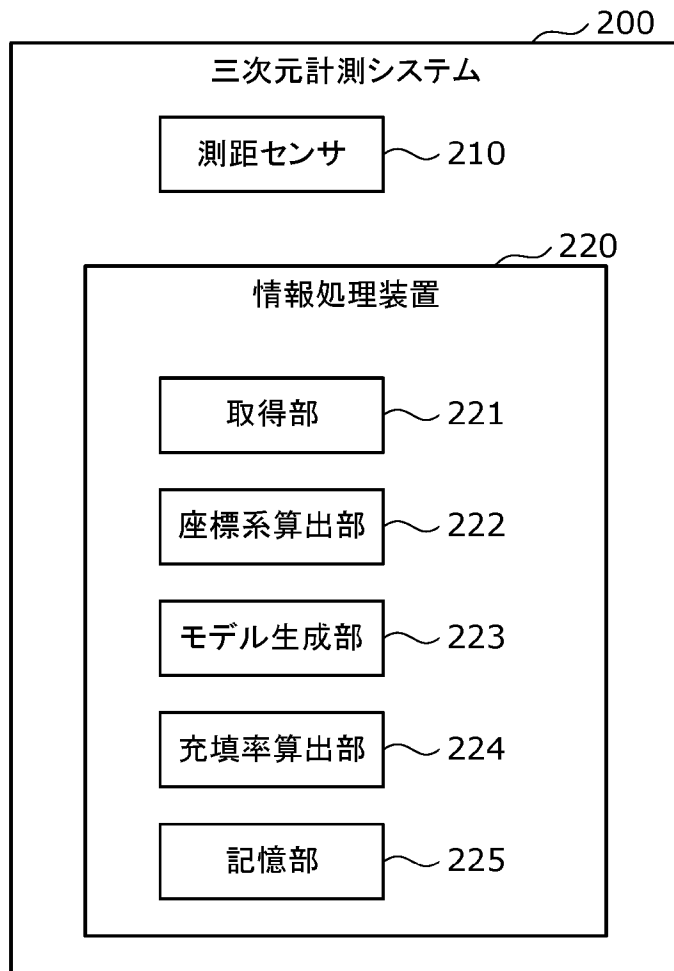
前記格納三次元モデルおよび前記対象物三次元モデルを用いて、前記格納空間に対する前記計測対象物の充填率を算出する

プログラム。

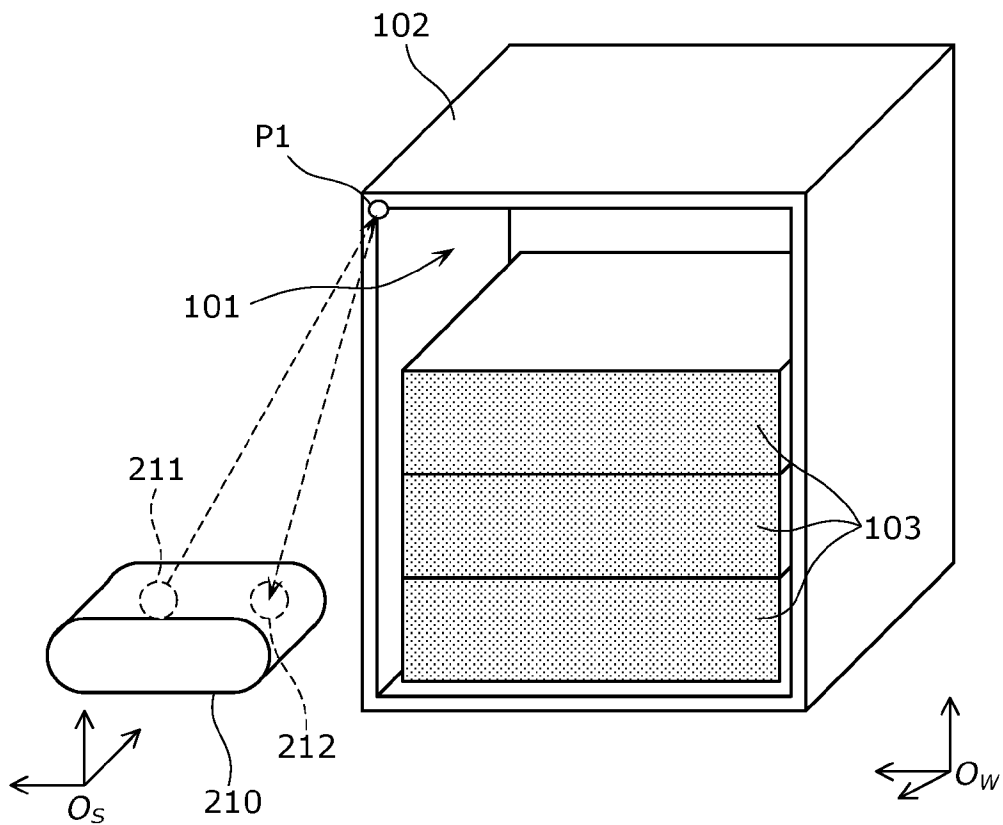
[図1]



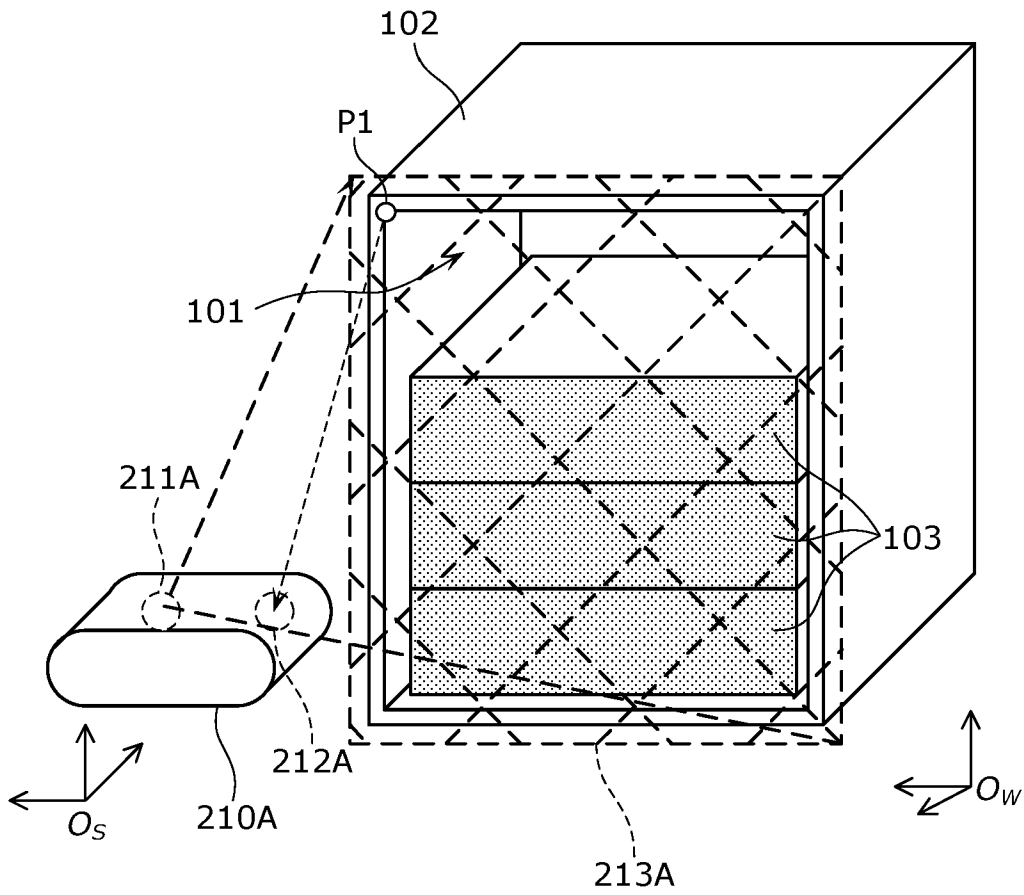
[図2]



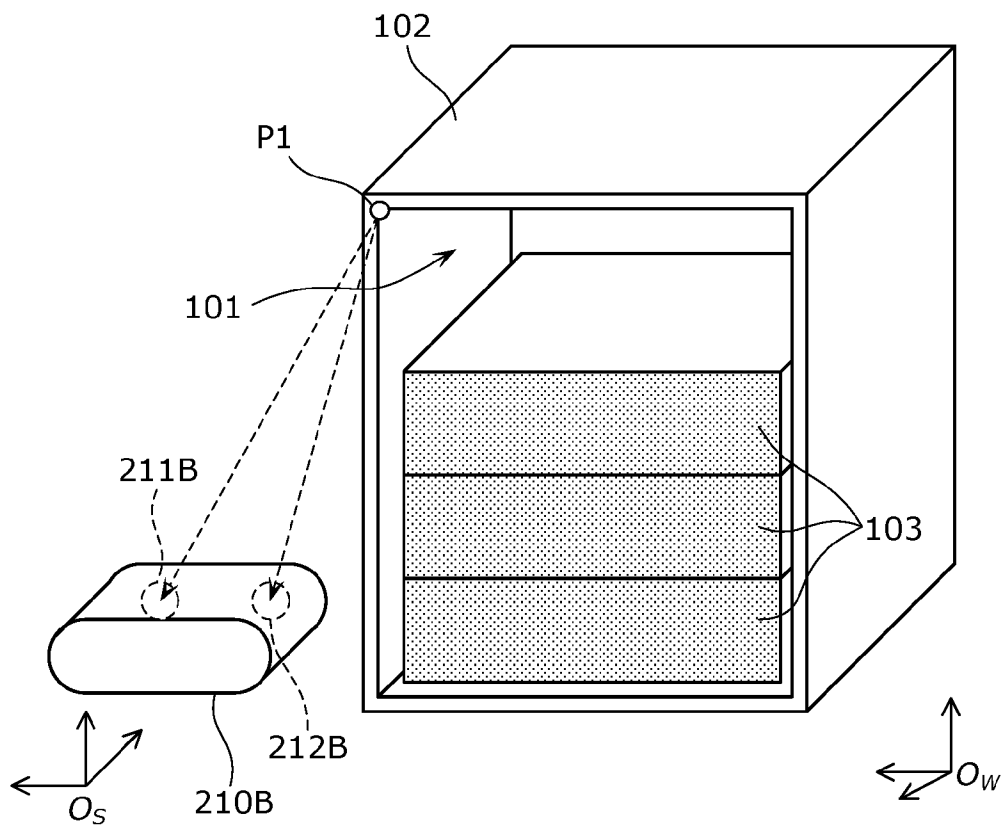
[図3]



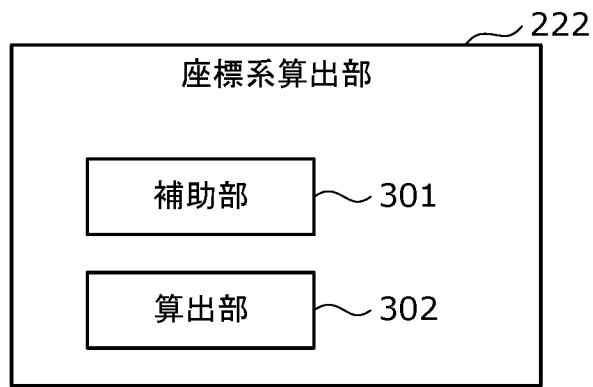
[図4]



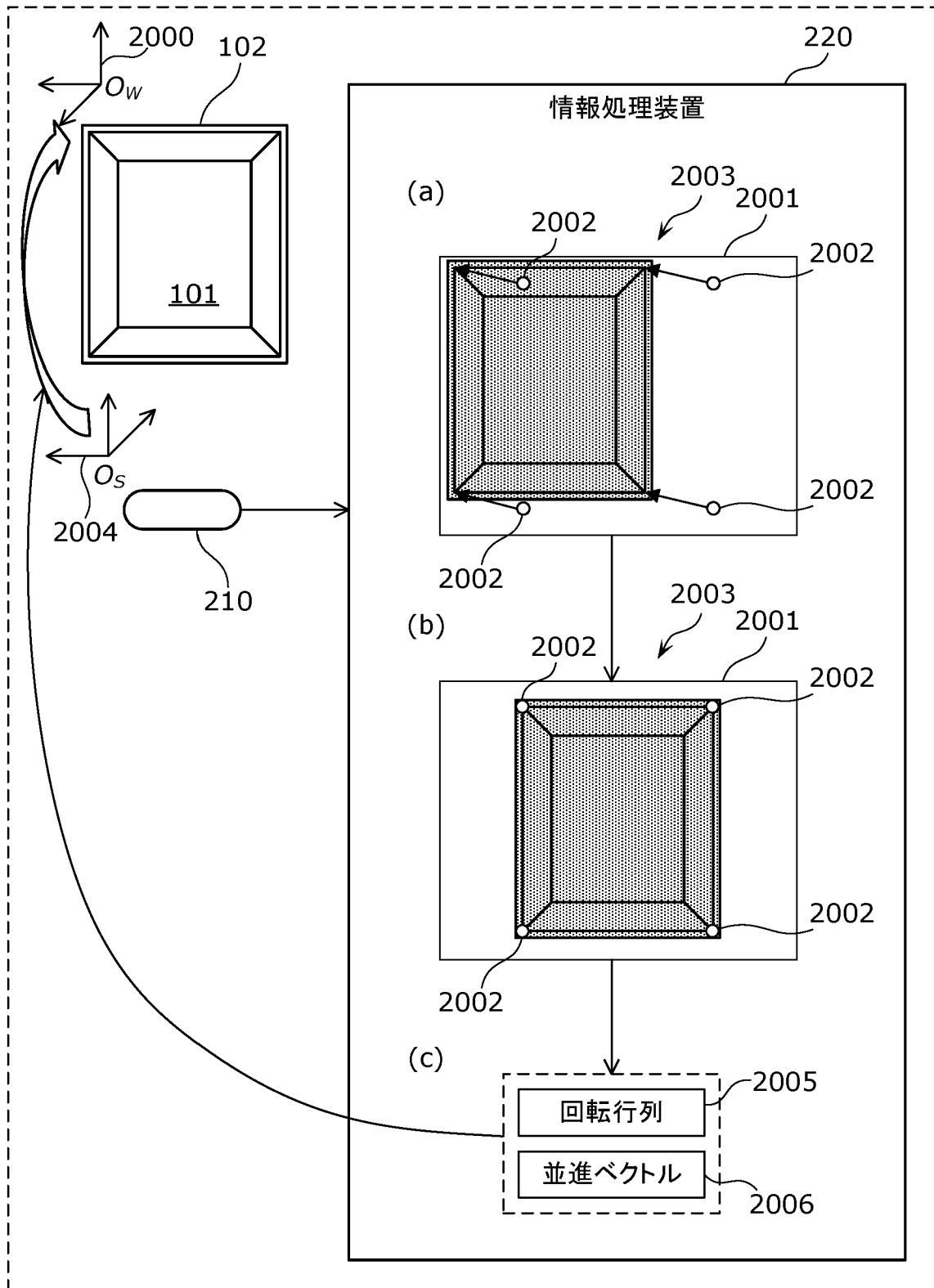
[図5]



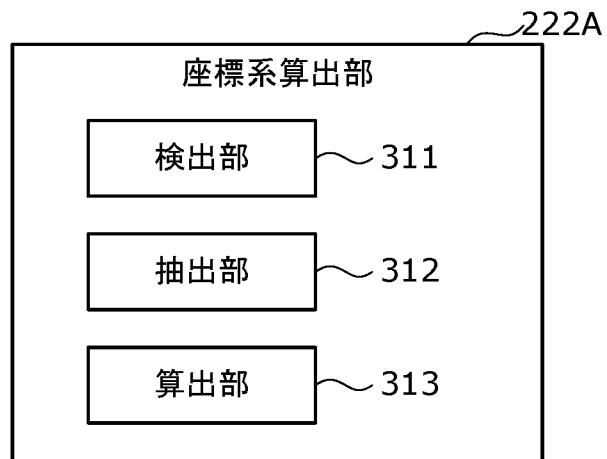
[図6]



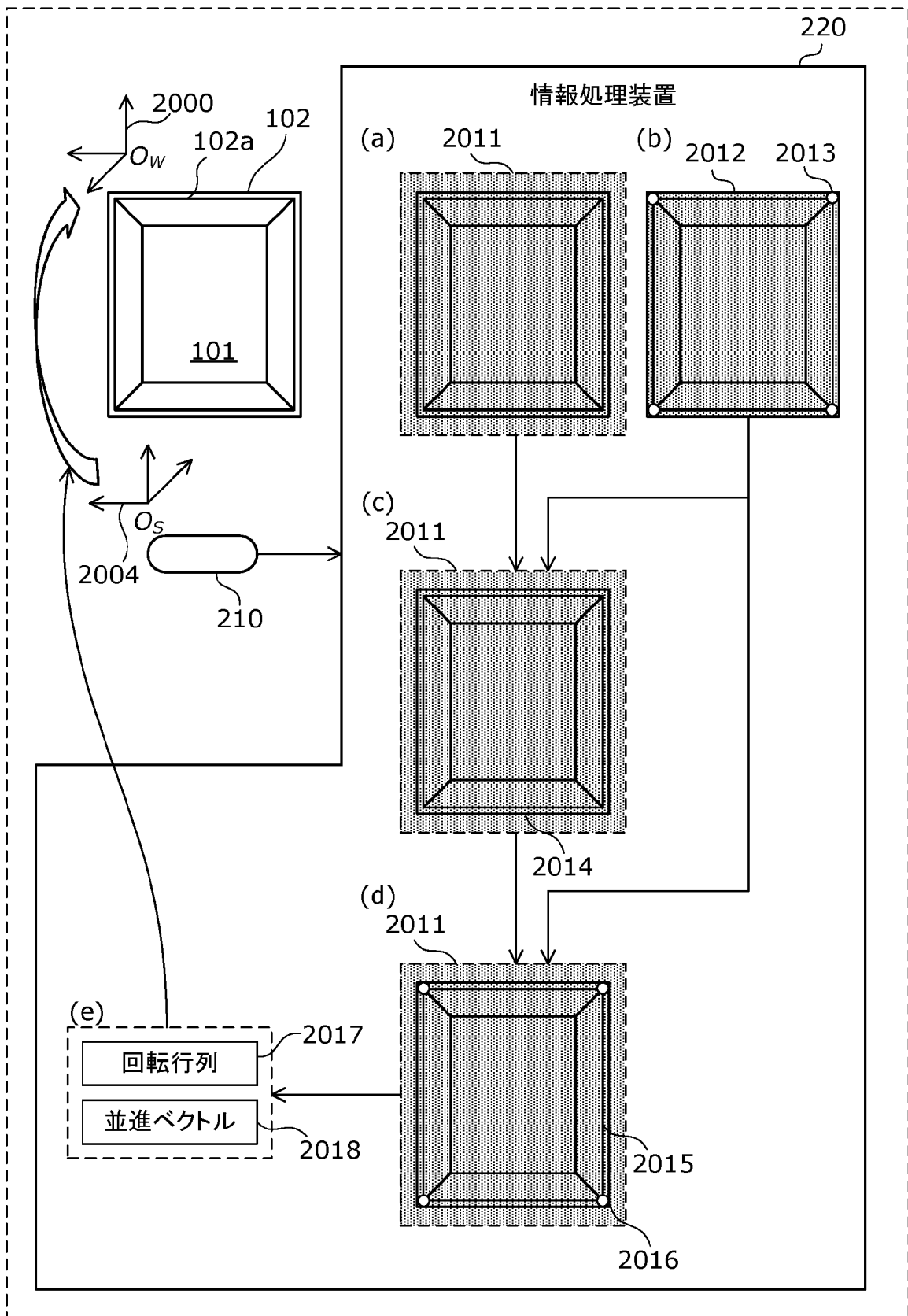
[図7]



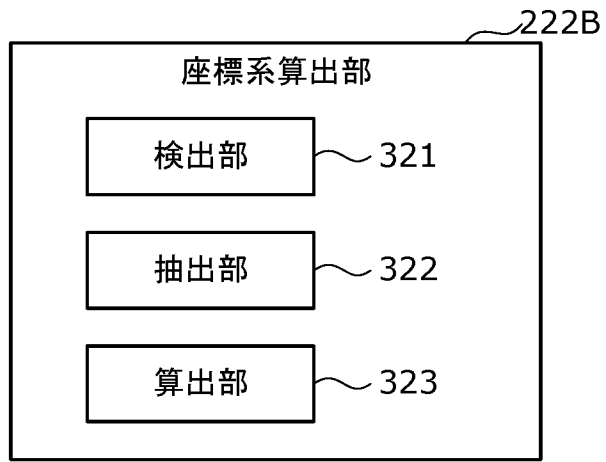
[図8]



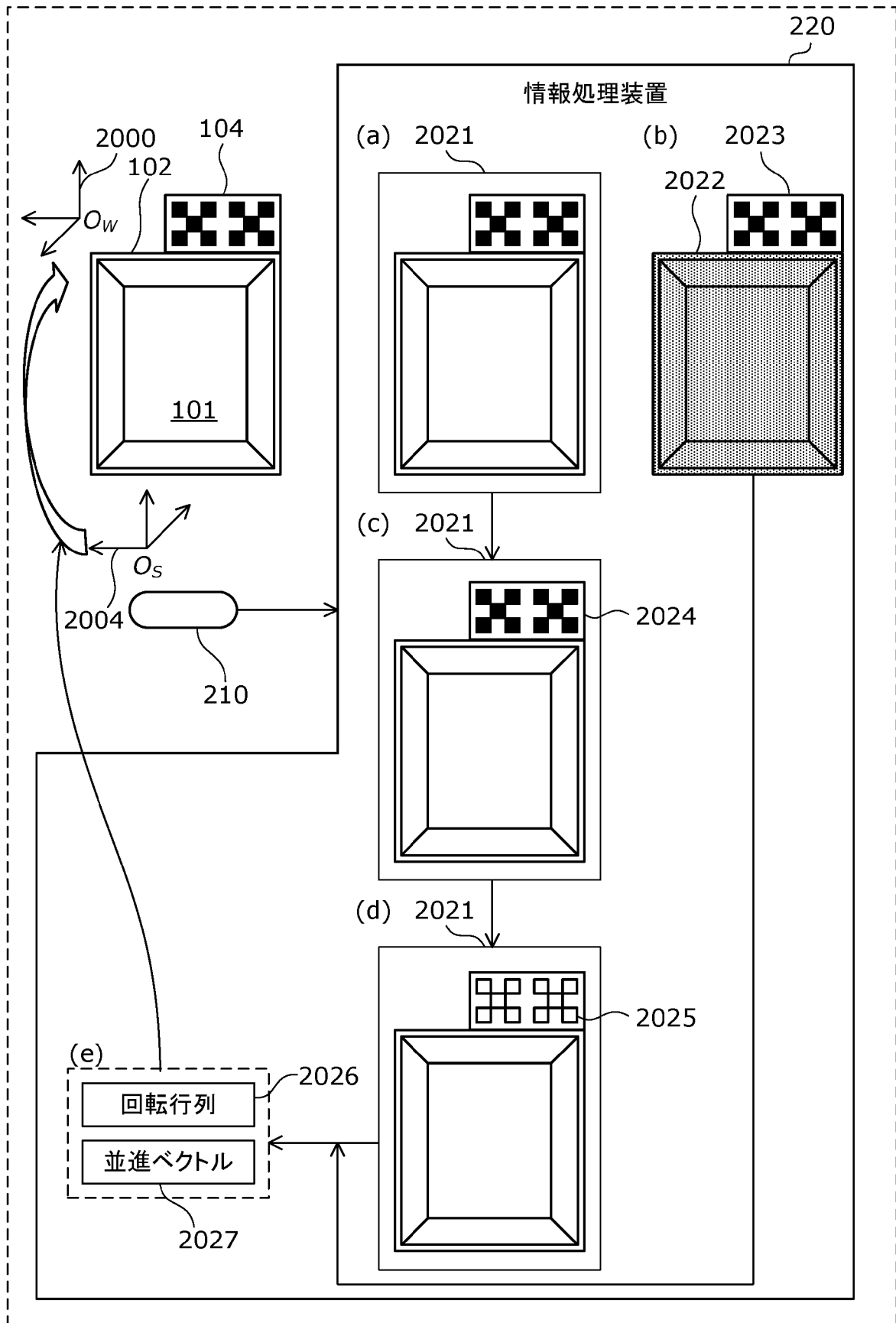
[図9]



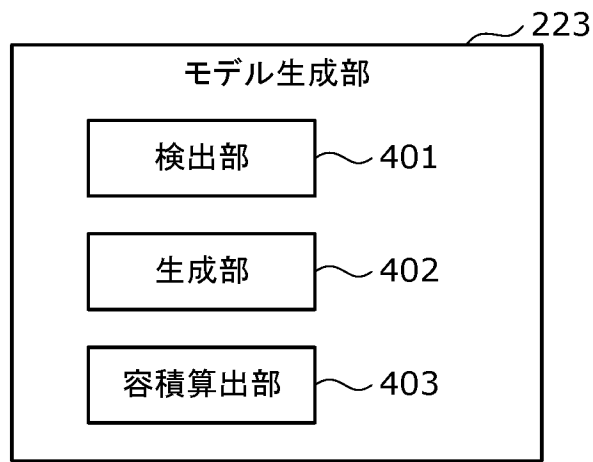
[図10]



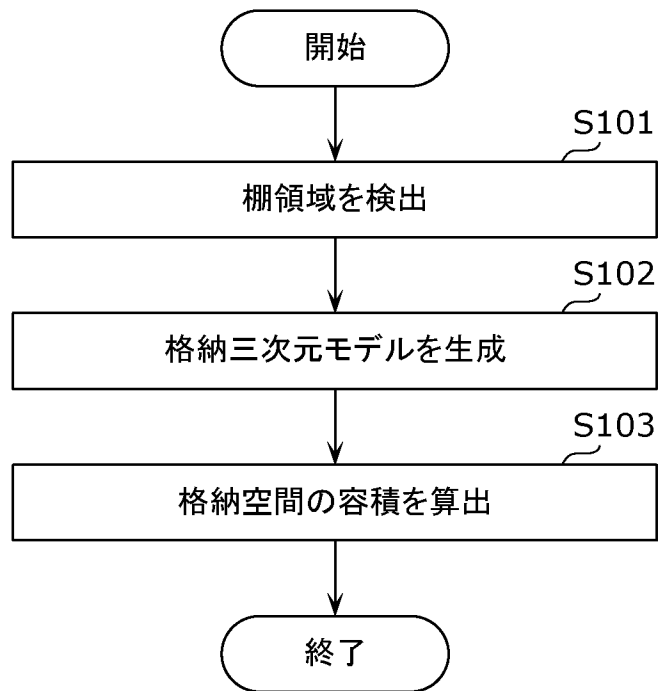
[図11]



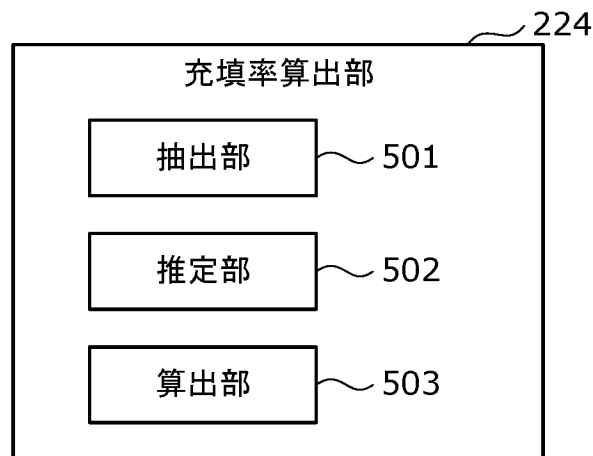
[図12]



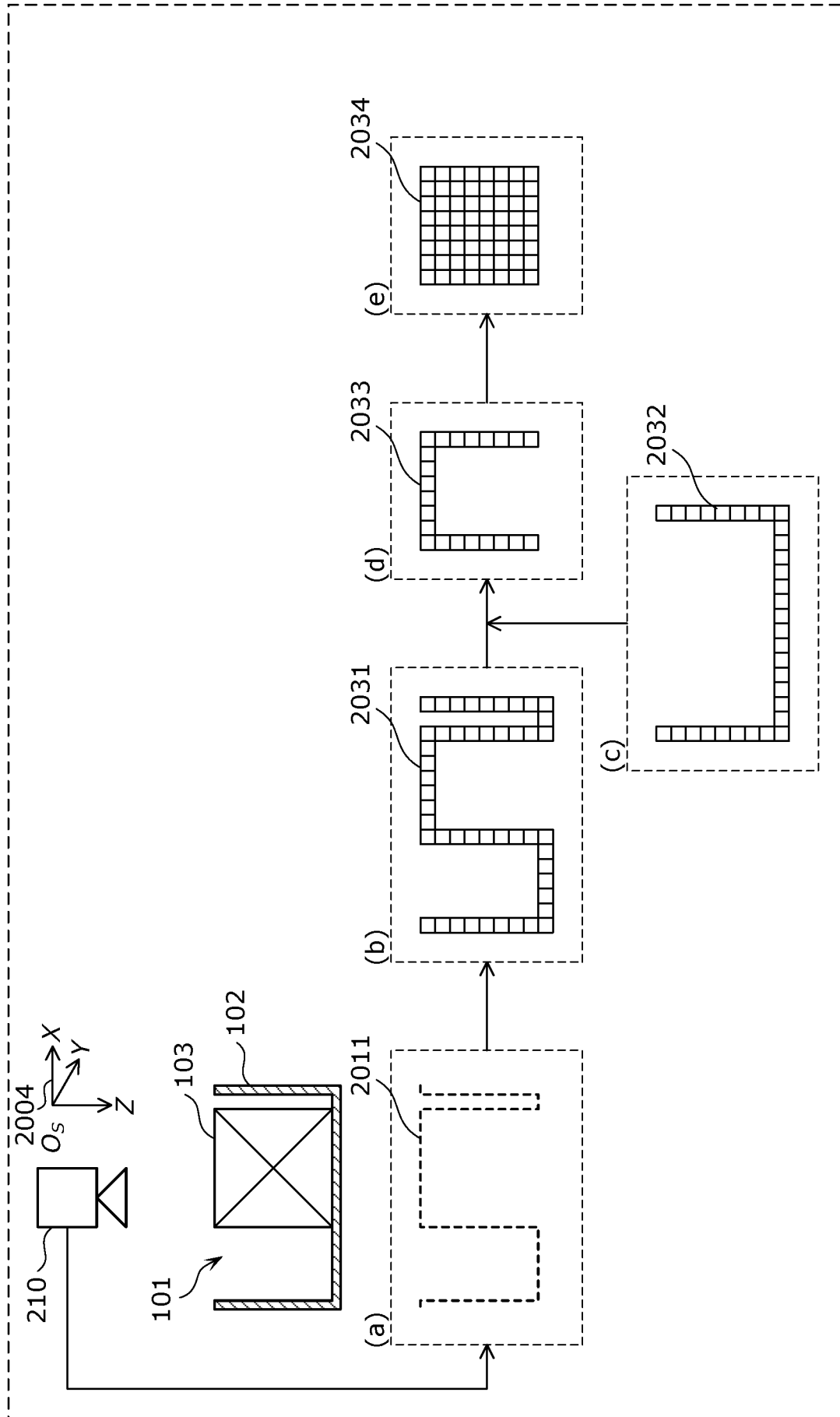
[図13]



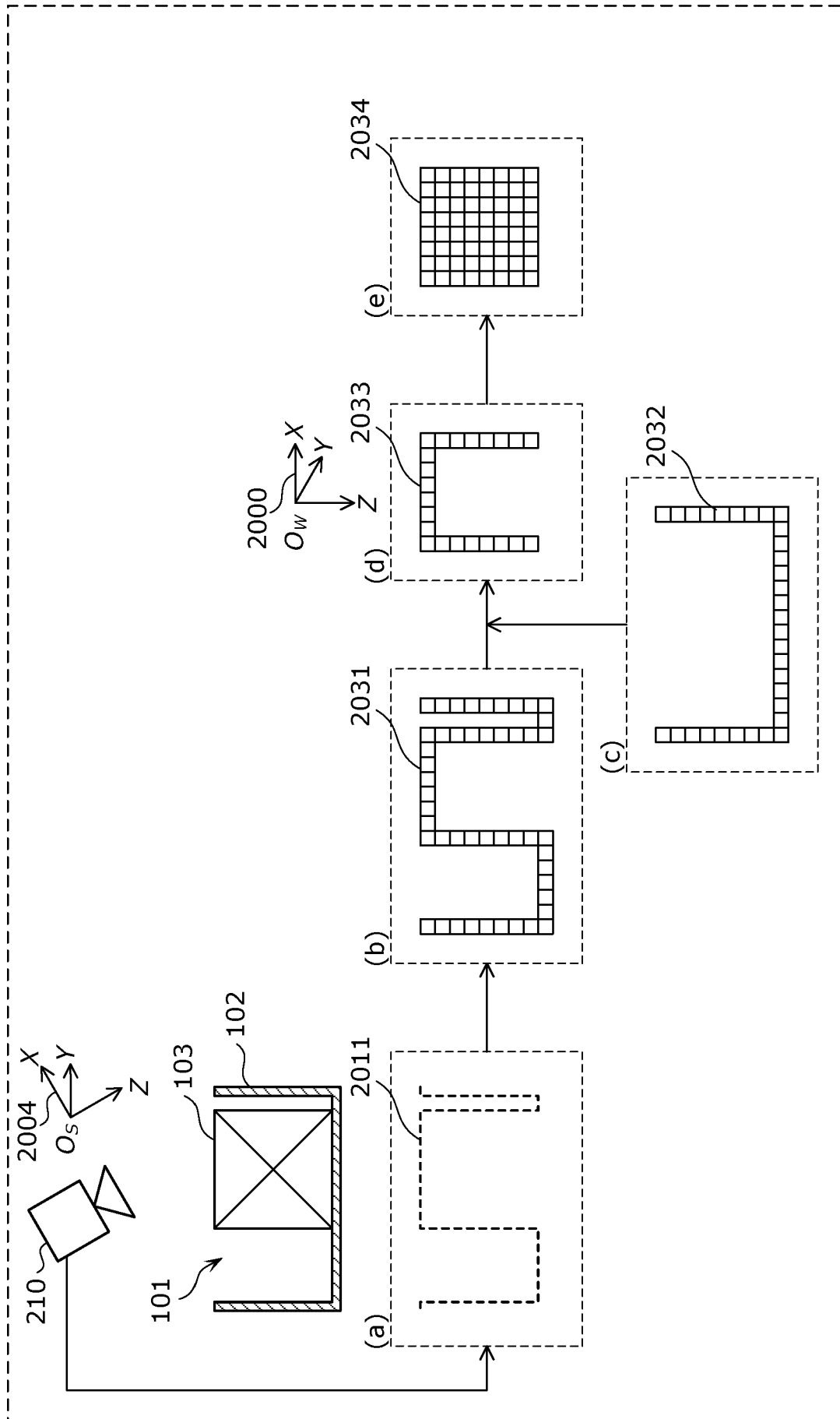
[図14]



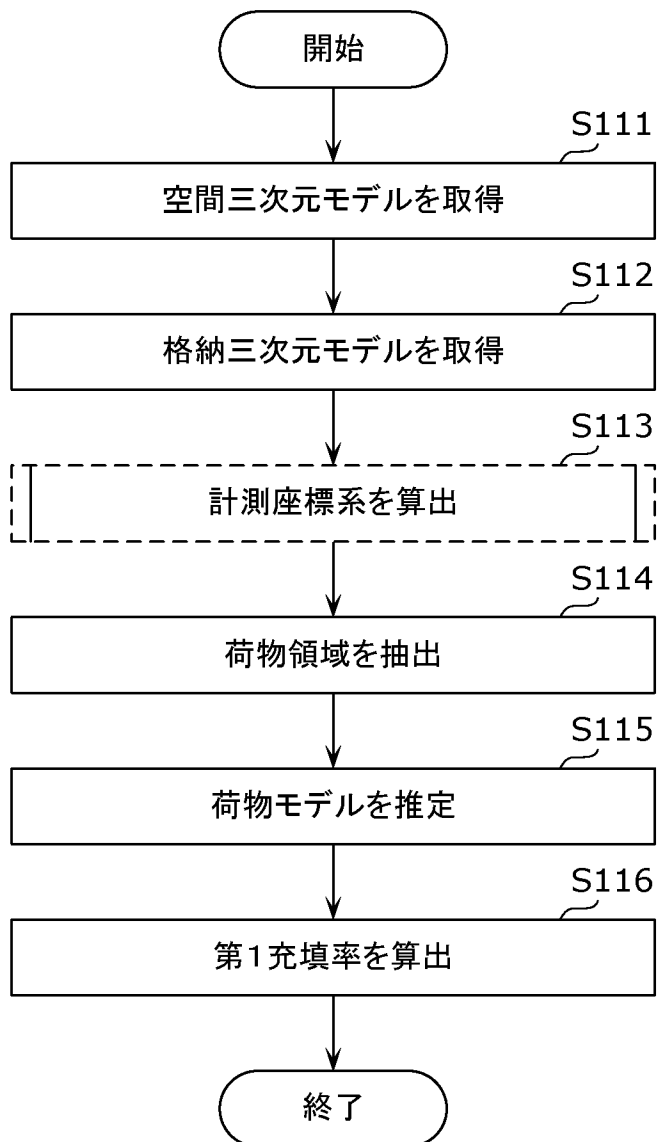
[図15]



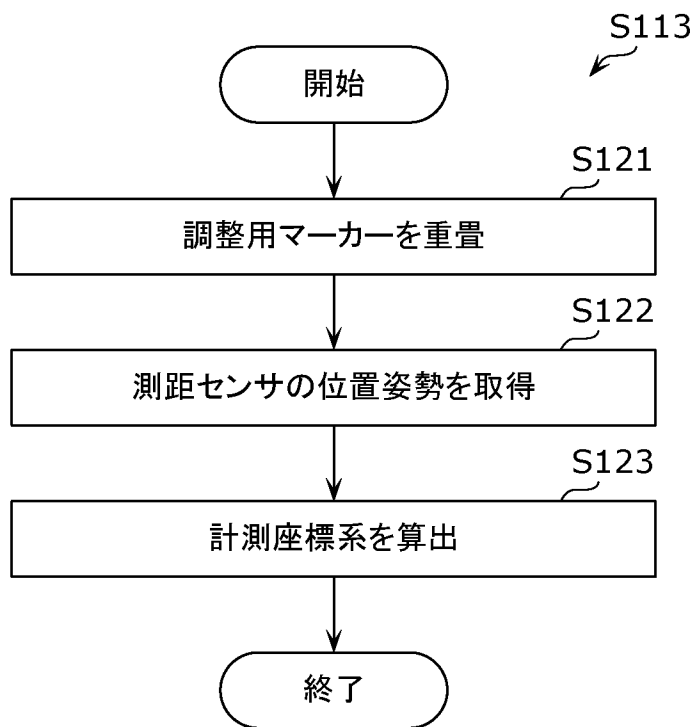
[図16]



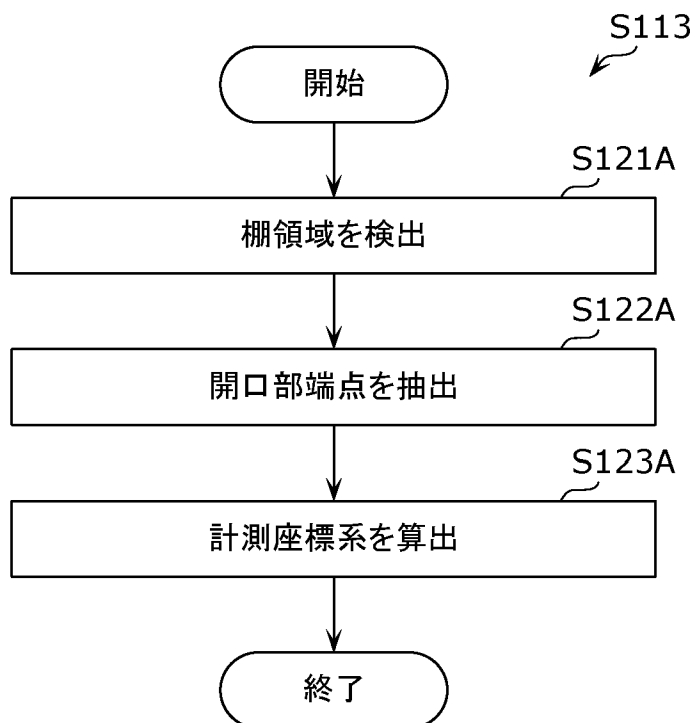
[図17]



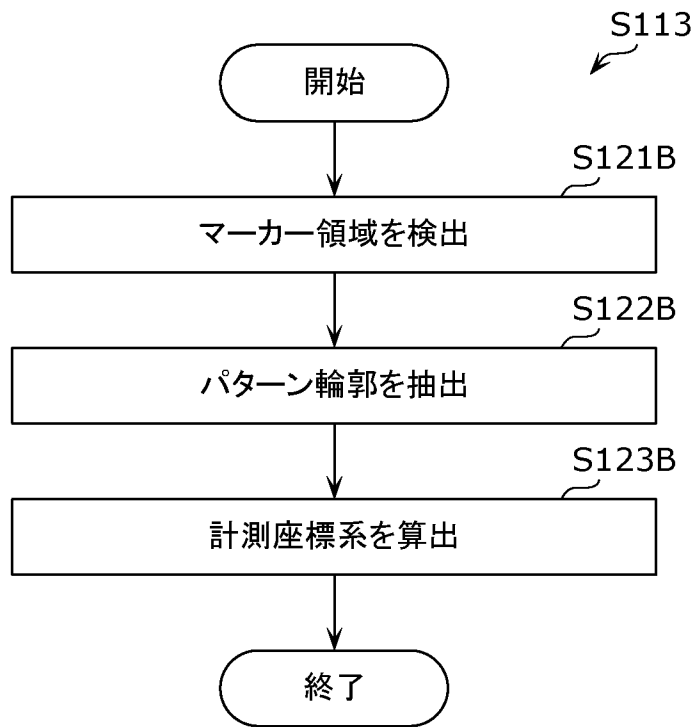
[図18]



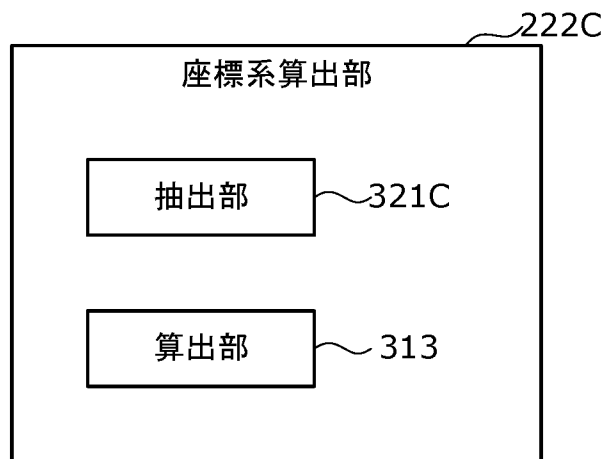
[図19]



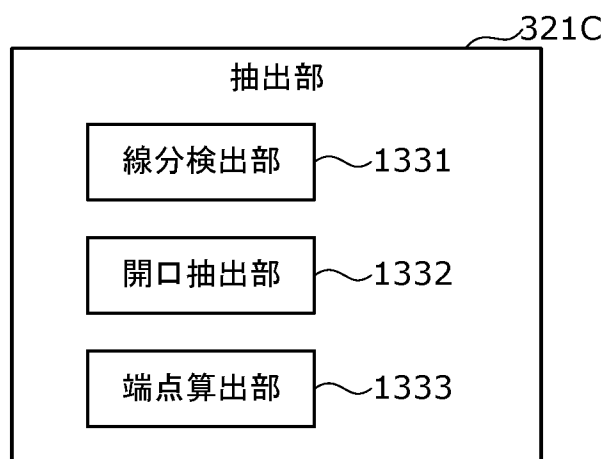
[図20]



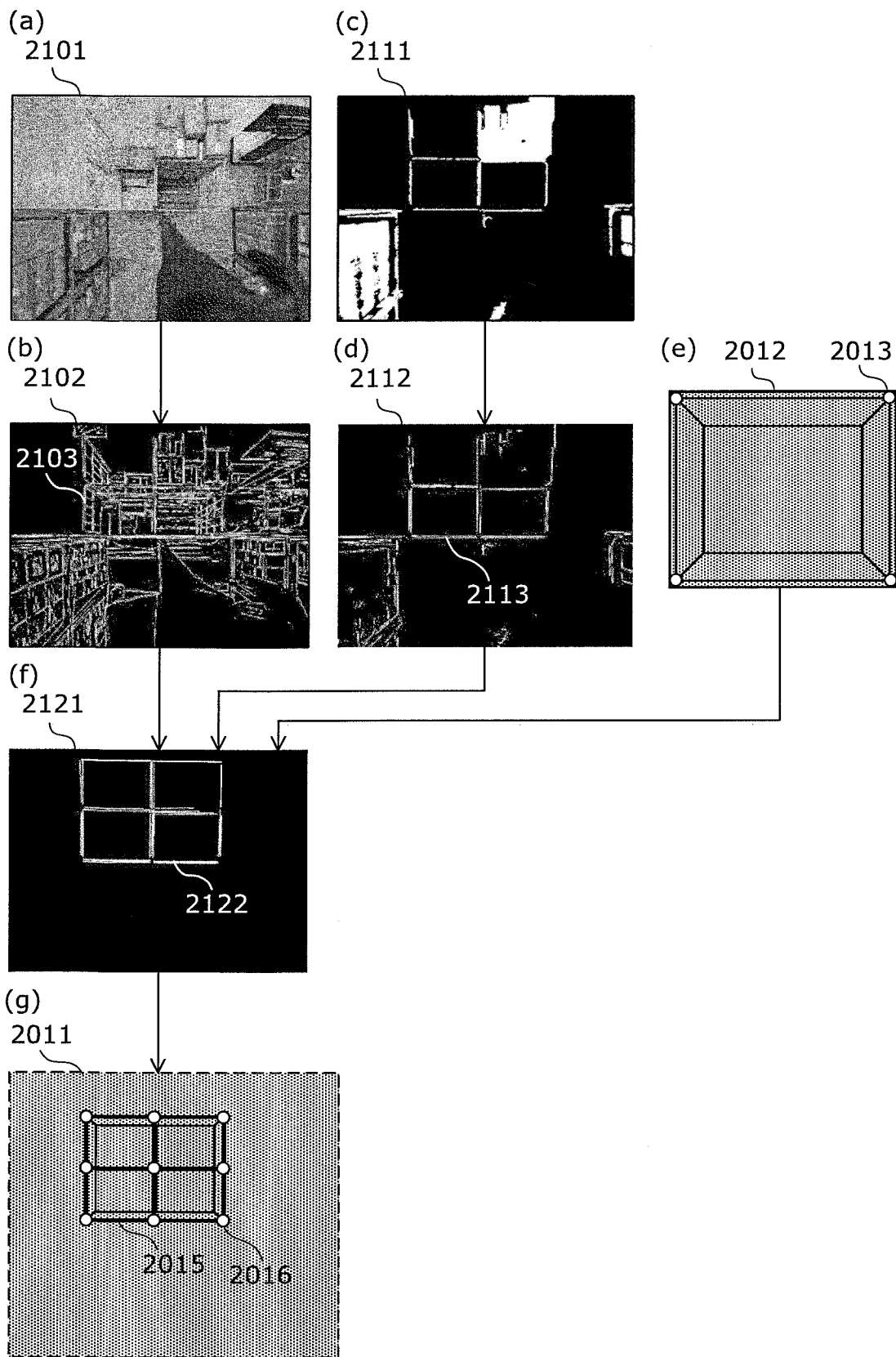
[図21]



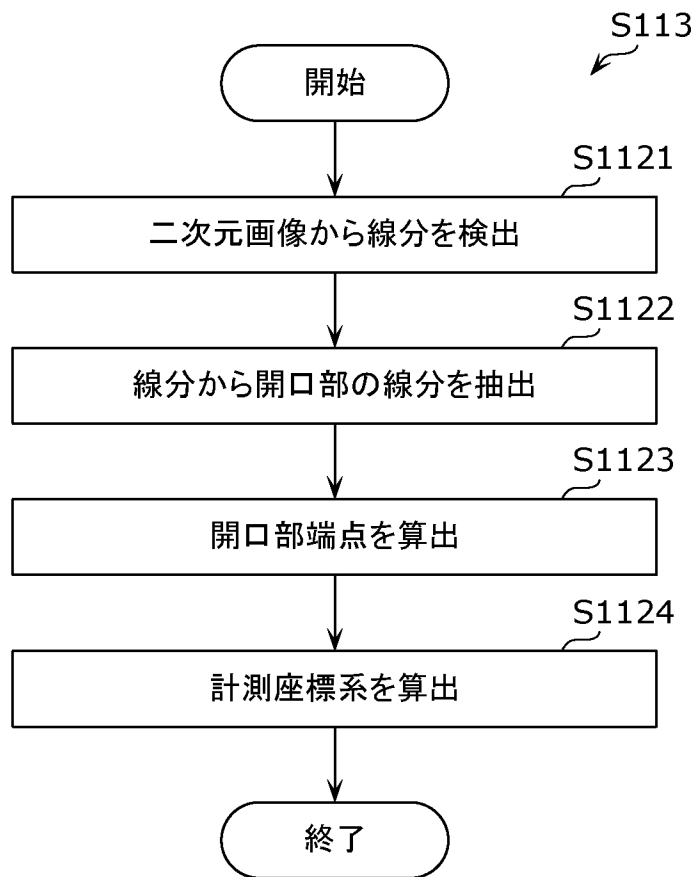
[図22]



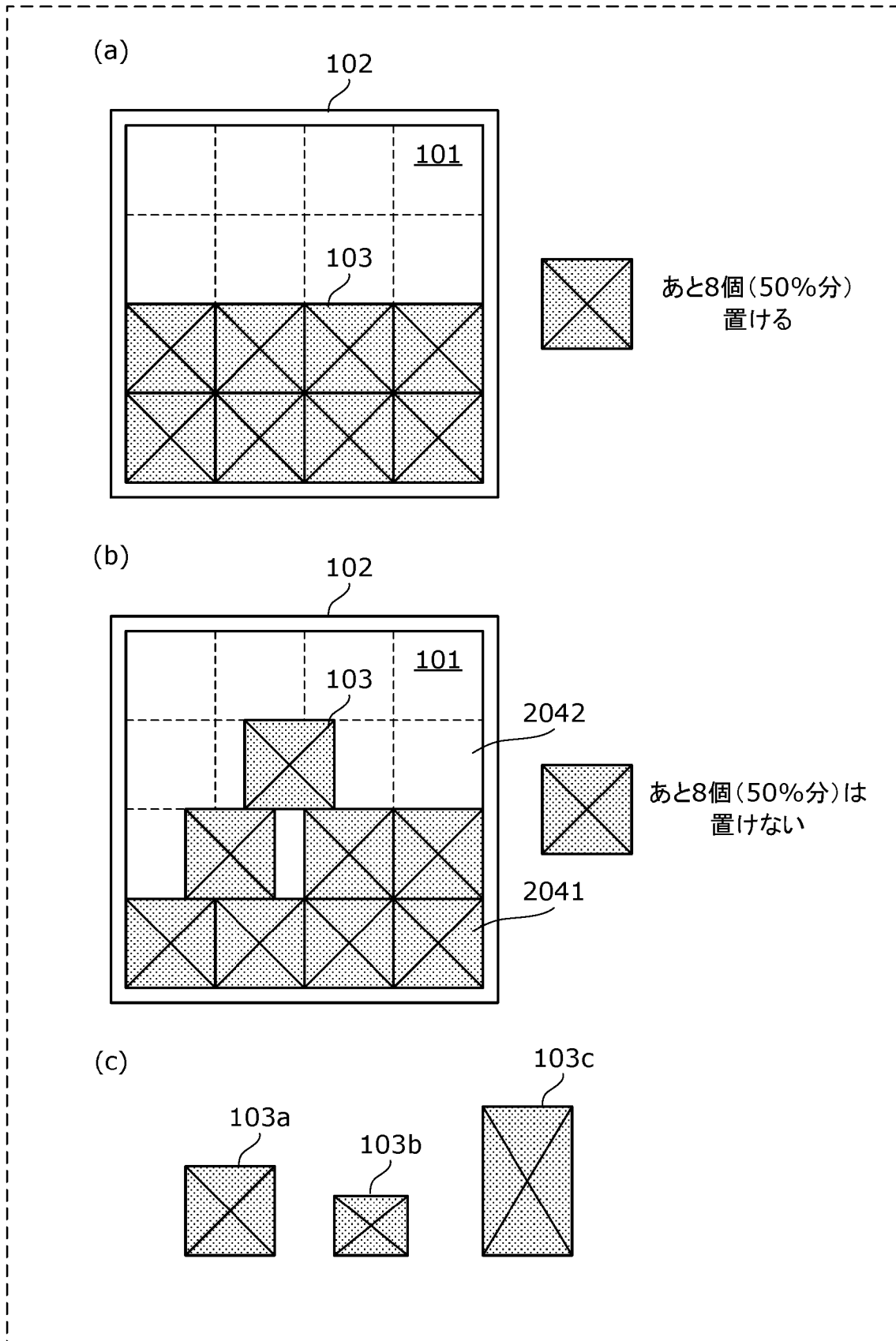
[図23]



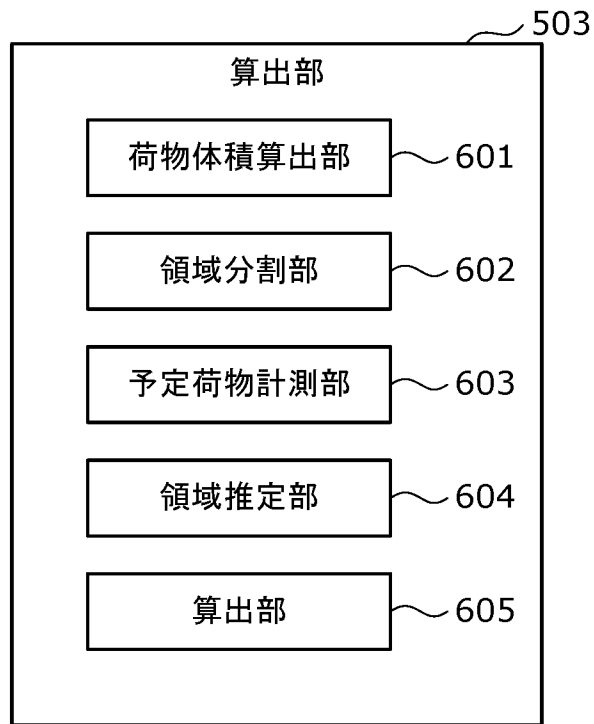
[図24]



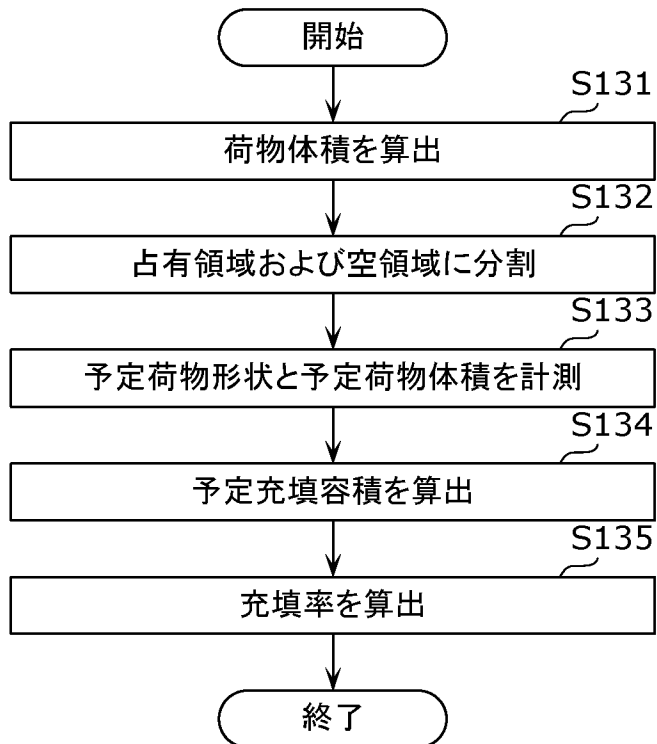
[図25]



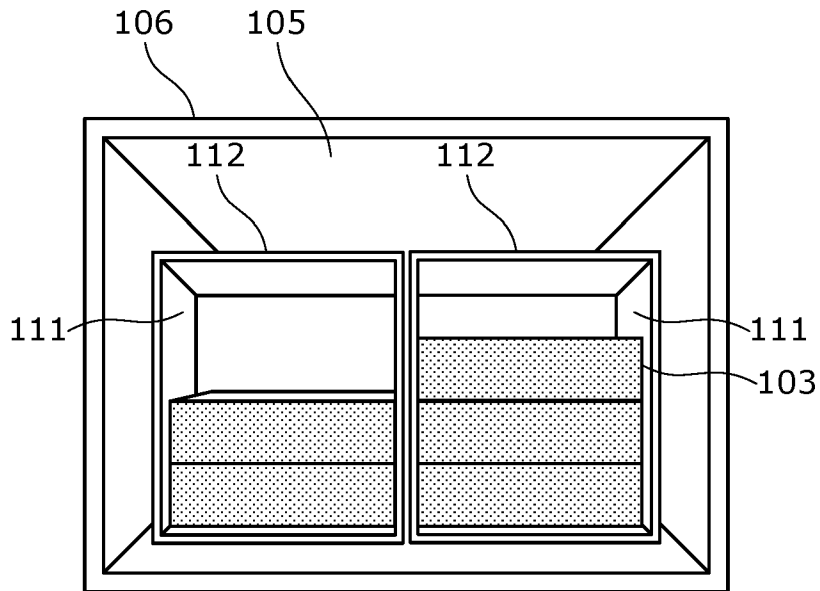
[図26]



[図27]



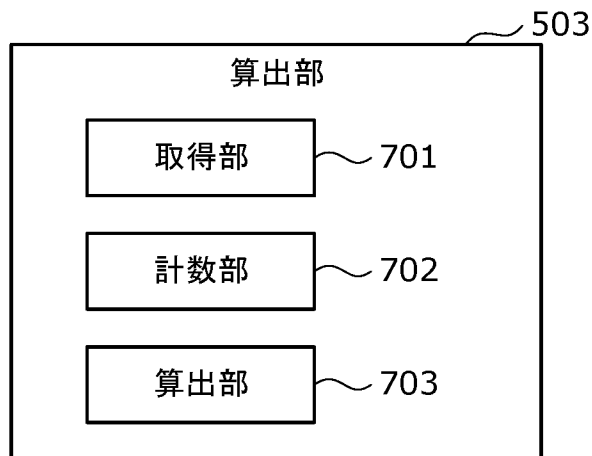
[図28]



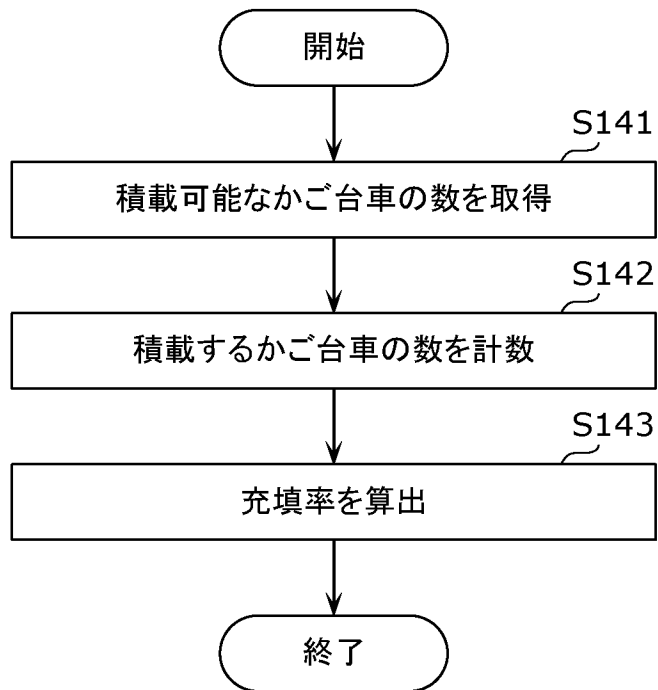
[図29]

ID	充填率
200	70%
201	30%
202	20%

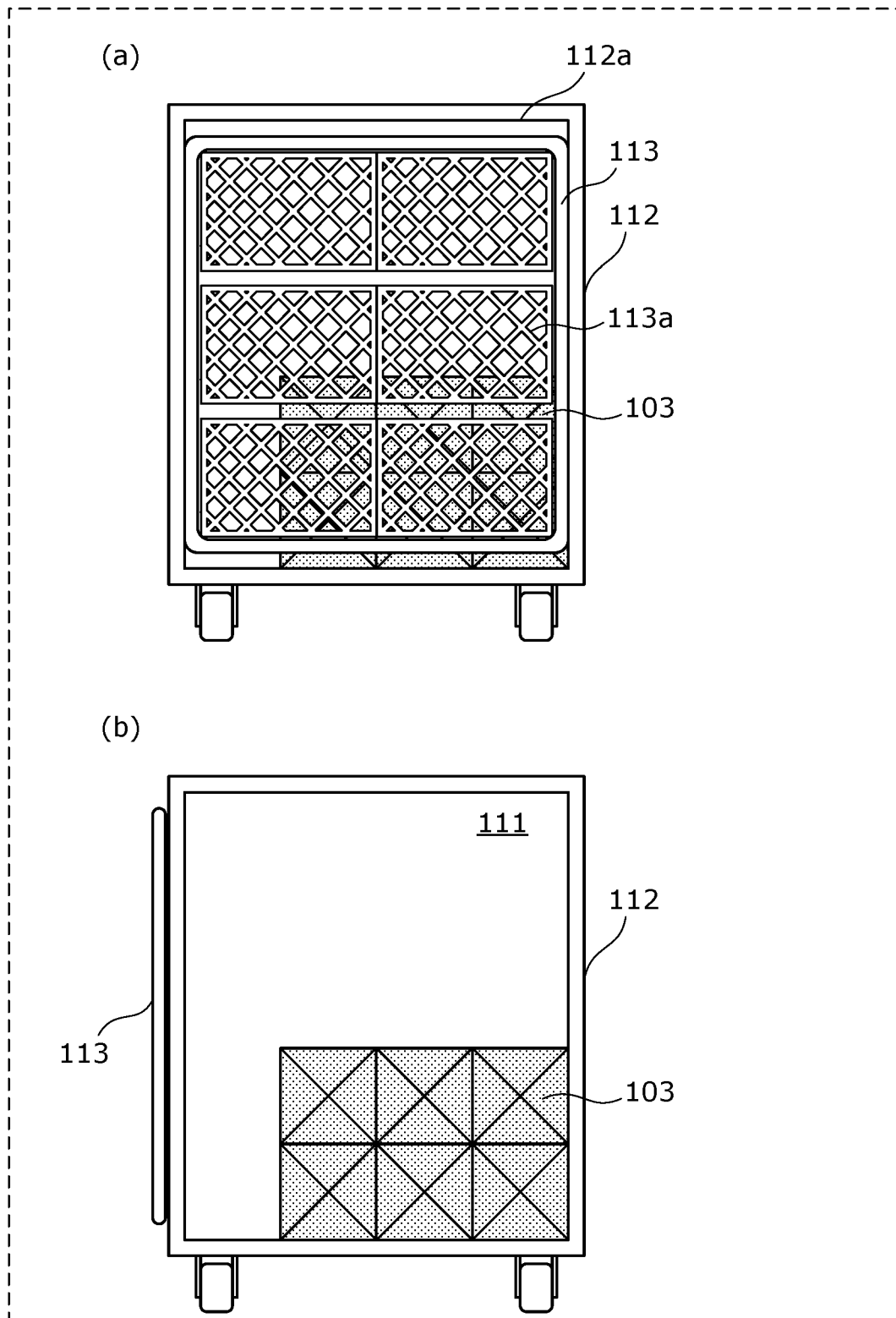
[図30]



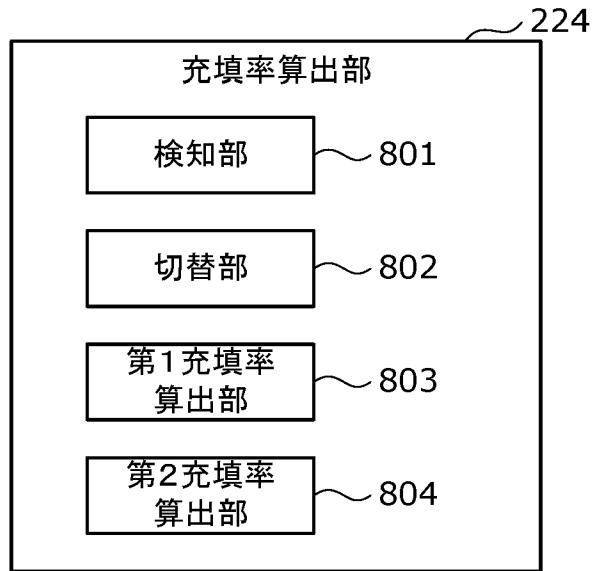
[図31]



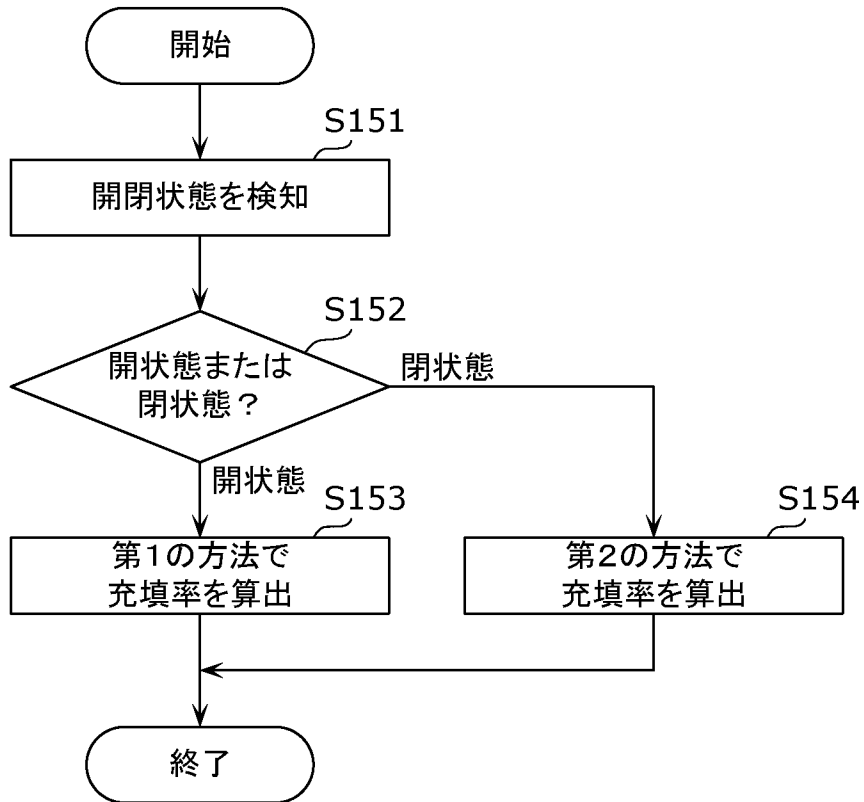
[図32]



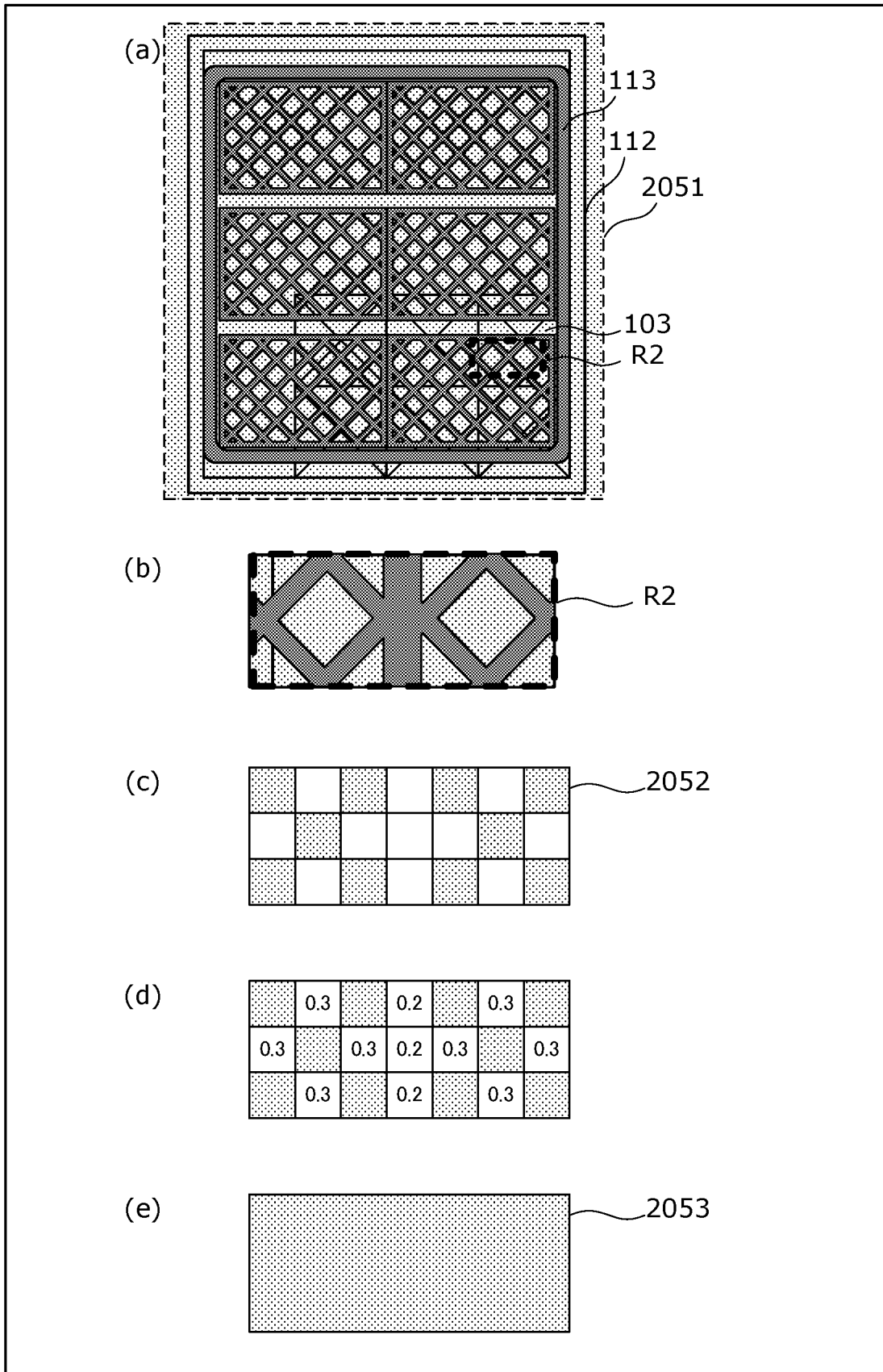
[図33]



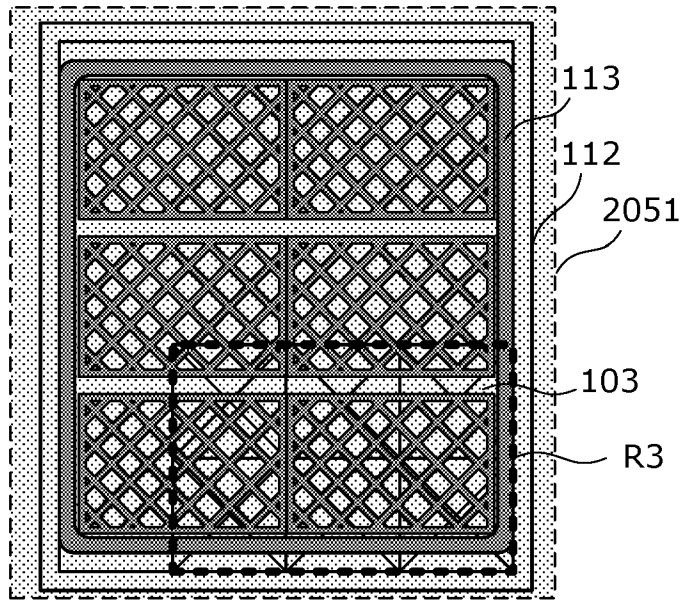
[図34]



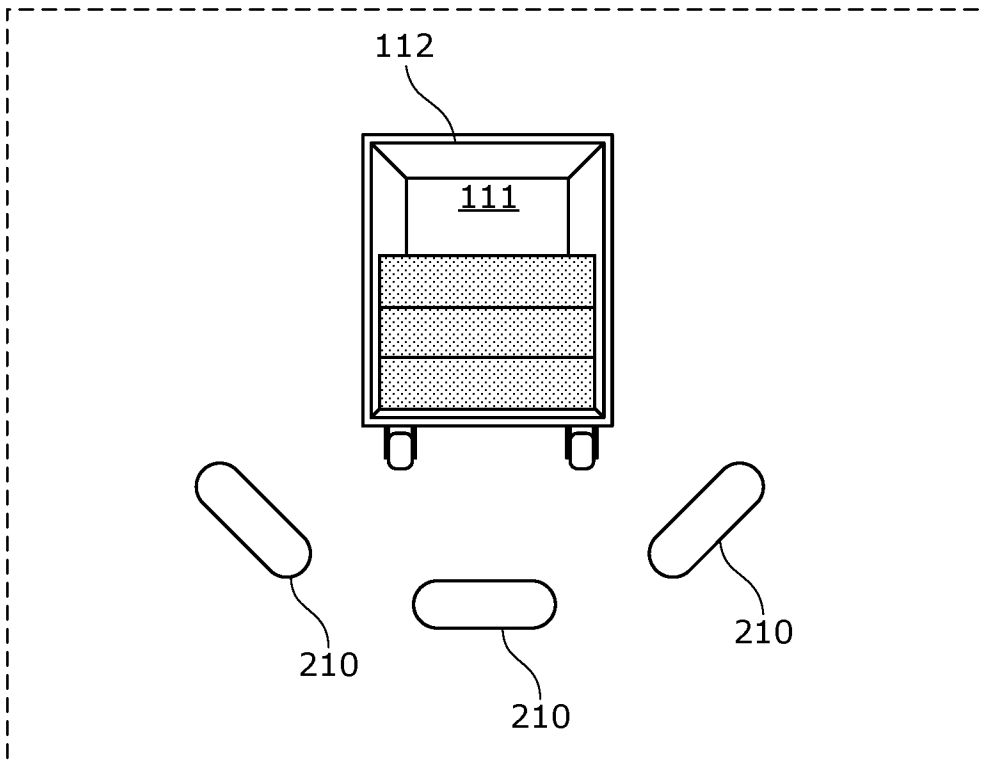
[図35]



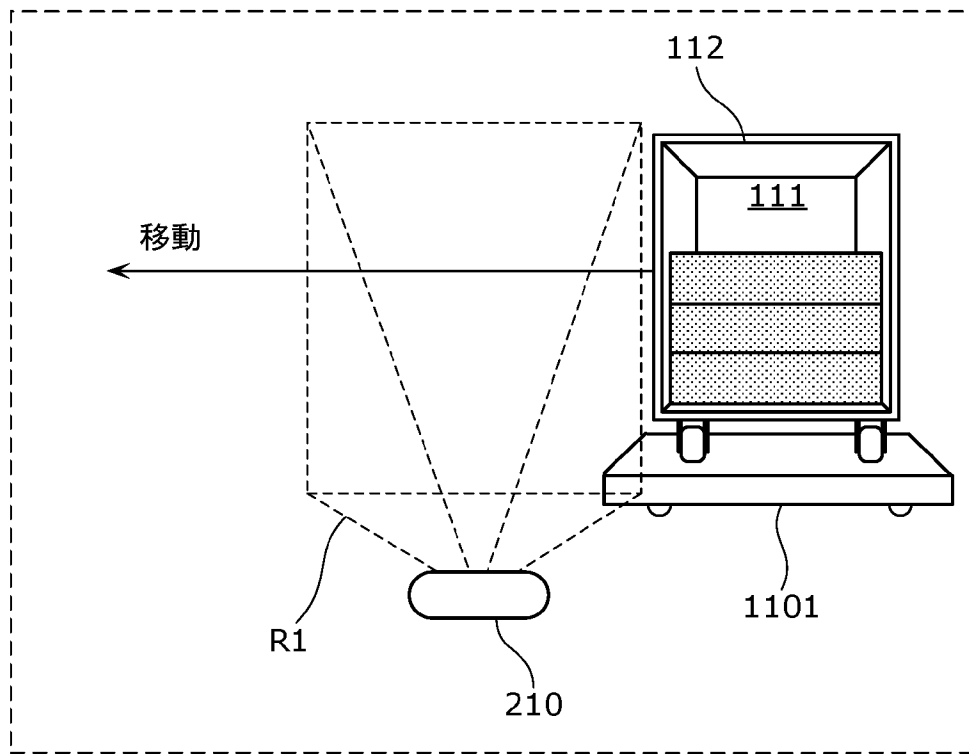
[図36]



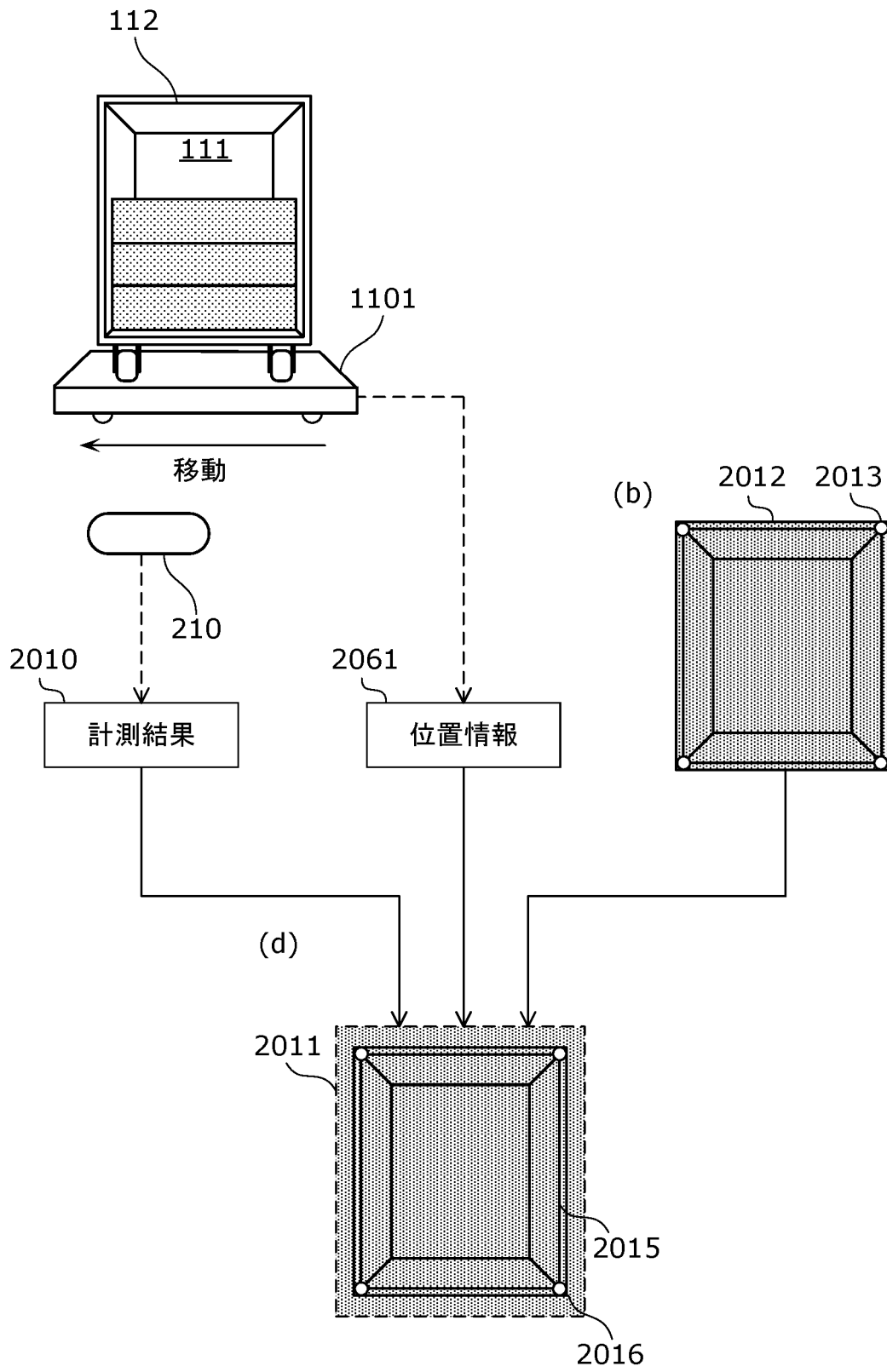
[図37]



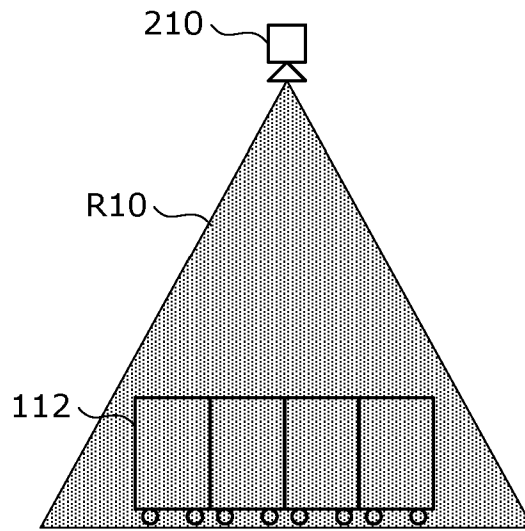
[図38]



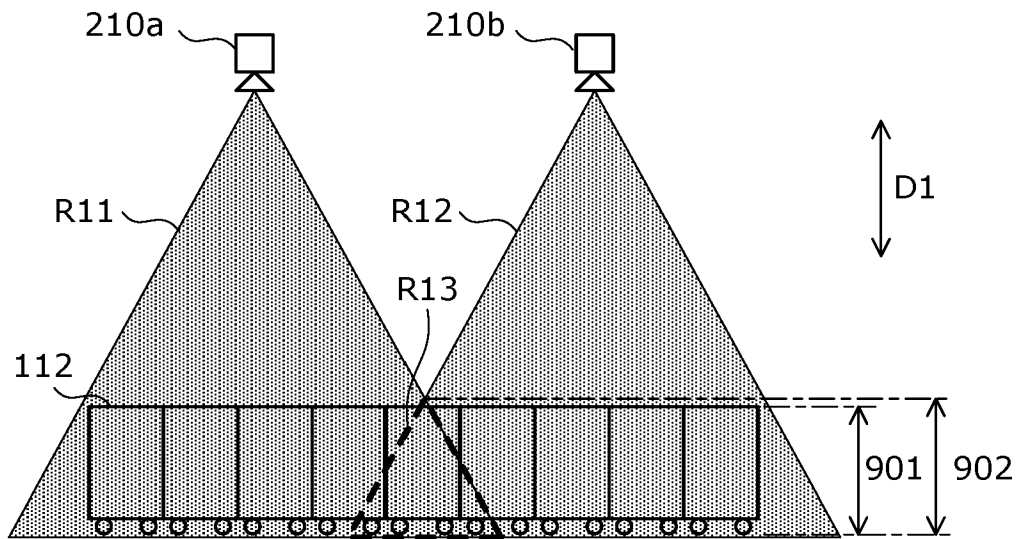
[図39]



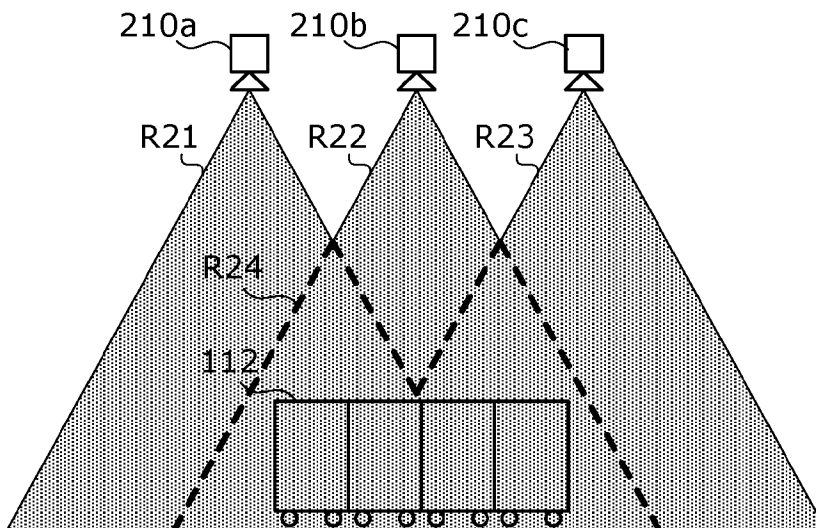
[図40]



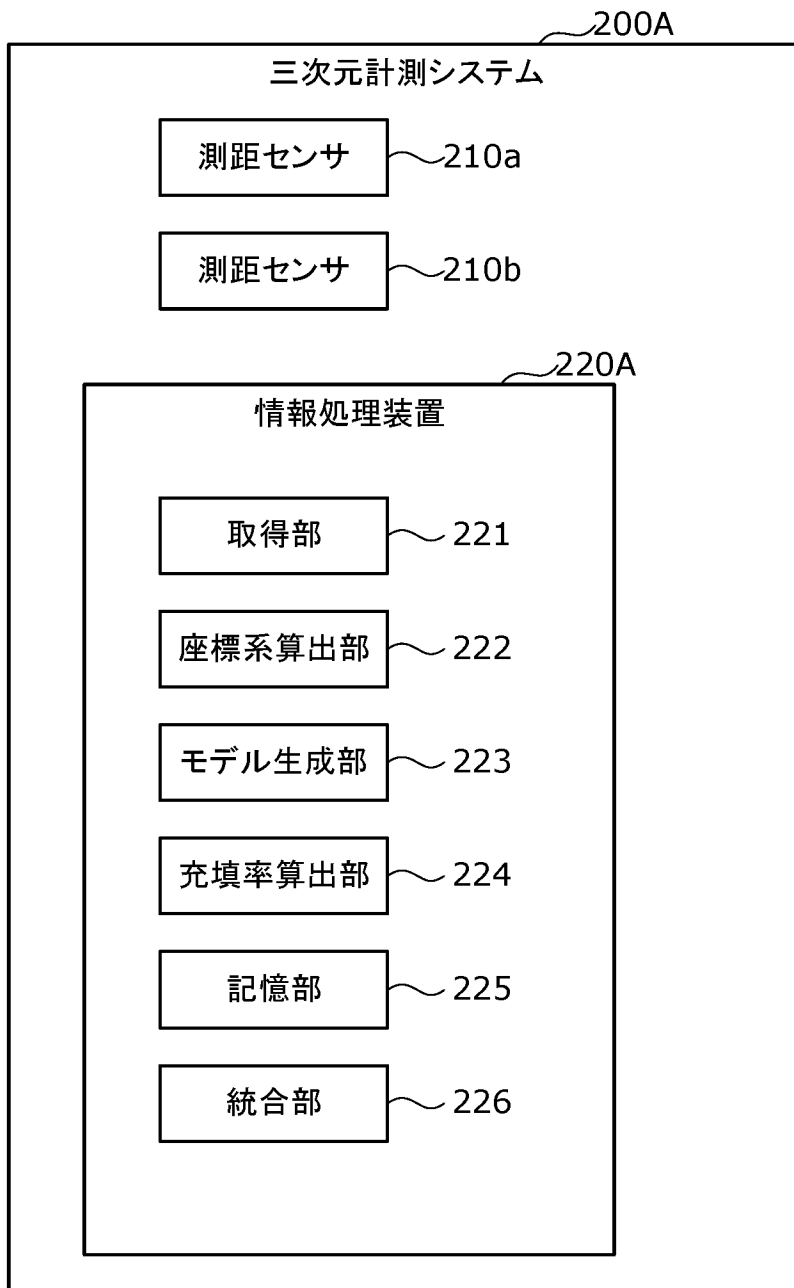
[図41]



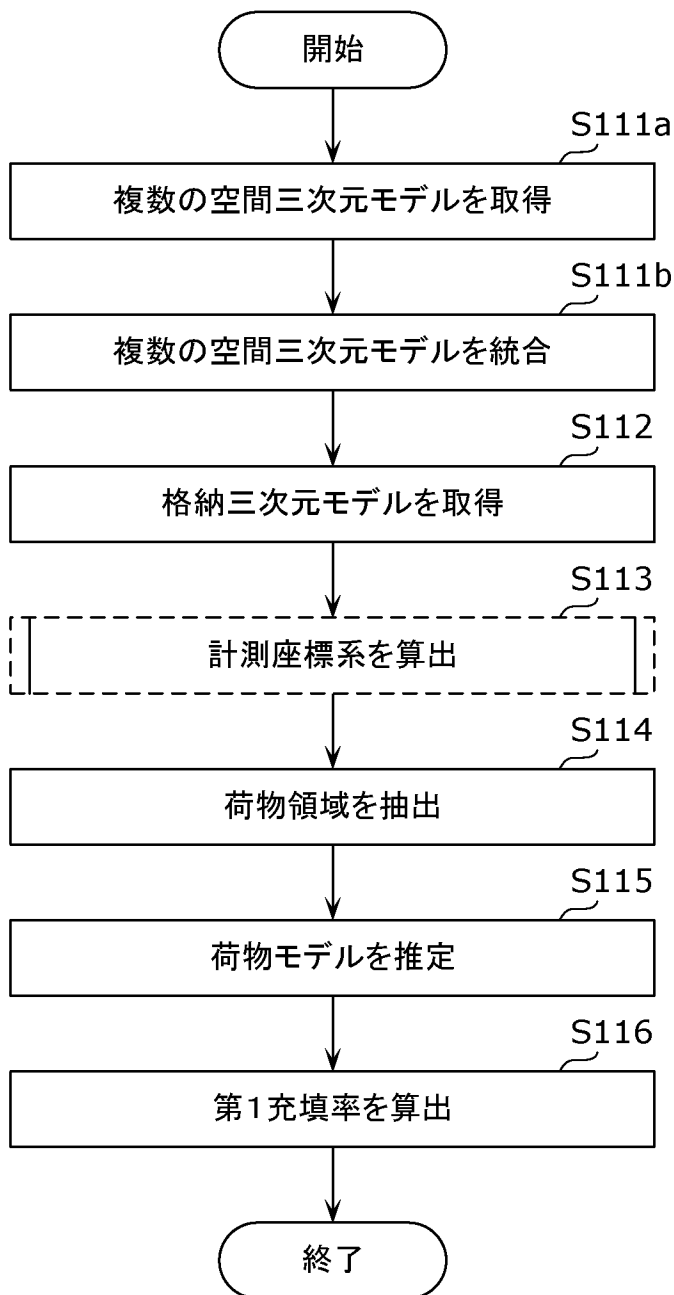
[図42]



[図43]



[図44]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/029882

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01B 11/24</i> (2006.01)i; <i>G06T 7/00</i> (2017.01)i; <i>G06T 7/50</i> (2017.01)i; <i>G06T 7/62</i> (2017.01)i FI: G01B11/24 Z; G06T7/00 C; G06T7/62; G06T7/50		
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) G01B11/24; G06T7/00; G06T7/50; G06T7/62		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
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	WO 2017/175312 A1 (HITACHI TRANSPORT SYSTEM, INC.) 12 October 2017 (2017-10-12) entire text	1-15
A	JP 2012-220479 A (OPTEX CO., LTD.) 12 November 2012 (2012-11-12) entire text	1-15
A	JP 2019-213082 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 12 December 2019 (2019-12-12) entire text	1-15
A	JP 2019-211981 A (CANON INC.) 12 December 2019 (2019-12-12) entire text	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 04 October 2021		Date of mailing of the international search report 19 October 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2021/029882

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2017/175312 A1	12 October 2017	(Family: none)	
JP 2012-220479 A	12 November 2012	(Family: none)	
JP 2019-213082 A	12 December 2019	US 2019/0379836 A1 entire text	
		CN 110568450 A	
JP 2019-211981 A	12 December 2019	US 2019/0371001 A1 entire text	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01B 11/24(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/50(2017.01)i; G06T 7/62(2017.01)i FI: G01B11/24 Z; G06T7/00 C; G06T7/62; G06T7/50		
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）） G01B11/24; G06T7/00; G06T7/50; G06T7/62 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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021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	WO 2017/175312 A1 (株式会社日立物流) 12.10.2017 (2017-10-12) 全文	1-15
A	JP 2012-220479 A (オプテックス株式会社) 12.11.2012 (2012-11-12) 全文	1-15
A	JP 2019-213082 A (トヨタ自動車株式会社) 12.12.2019 (2019-12-12) 全文	1-15
A	JP 2019-211981 A (キヤノン株式会社) 12.12.2019 (2019-12-12) 全文	1-15
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 04.10.2021	国際調査報告の発送日 19.10.2021	
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） 仲野 一秀 2S 4779 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

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/JP2021/029882

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2017/175312 A1	12.10.2017	(ファミリーなし)	
JP 2012-220479 A	12.11.2012	(ファミリーなし)	
JP 2019-213082 A	12.12.2019	US 2019/0379836 A1 全文	
		CN 110568450 A	
JP 2019-211981 A	12.12.2019	US 2019/0371001 A1 全文	