

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月5日(05.12.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/247136 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/020185

(22) 国際出願日: 2023年5月30日(30.05.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (**KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

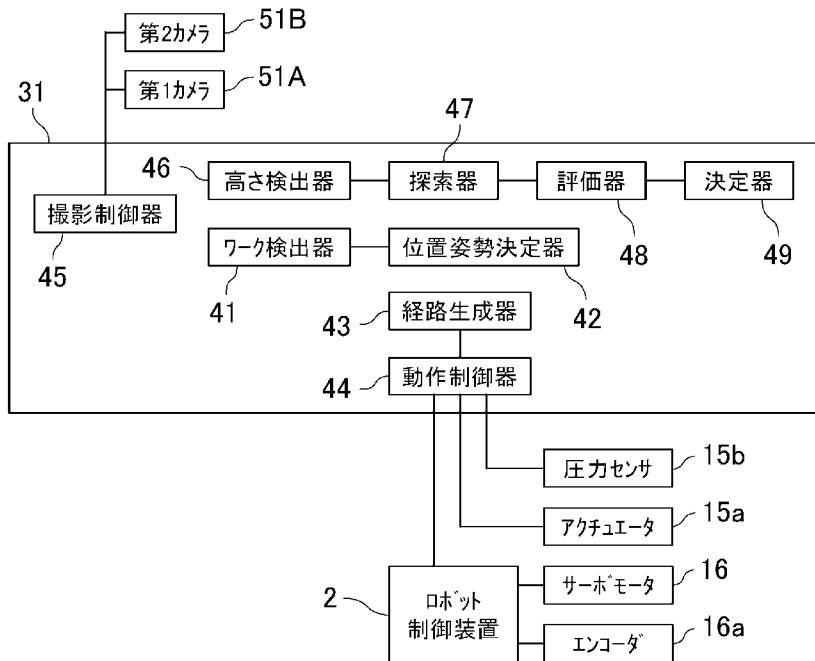
(72) 発明者: 藤田 龍平 (**FUJITA Ryuhei**). 入江 響 (**IRIE Kyo**). 正岡 孝一 (**MASAOKA Koichi**). 高山 裕規 (**TAKAYAMA Yuki**).

(74) 代理人: 河部 大輔 (**KAWABE Daisuke**); 〒5300055 大阪府大阪市北区野崎町9番13号 梅田扇町通ビル 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, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: CONTROL DEVICE, ROBOT SYSTEM, AND ROBOT CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 制御装置、ロボットシステム及びロボットの制御方法



2 Robot control device
15a Actuator
15b Pressure sensor
16 Servo motor
16a Encoder
41 Workpiece detector
42 Position/orientation determiner
43 Path generator
44 Operation controller
45 Imaging controller
46 Height detector
47 Searcher
48 Evaluator
49 Determiner
51A First camera
51B Second camera

(57) Abstract: A main control device 3 comprises: a searcher 47 that searches for a plurality of position candidates that are candidates for a place target position of a target workpiece W in a storage space; an evaluator 48 that calculates an evaluation value for each of the plurality of position candidates; and a determiner 49 that, on the basis of the evaluation values, determines a place target position from among the plurality of position candidates. The evaluator 48 calculates the evaluation values on the basis of an empty space in the storage space after the target workpiece W is placed in each

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))

position candidate.

(57) 要約: 主制御装置 3 は、収容スペースにおける対象ワーク W のブレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索する探索器 4 7 と、複数の位置候補のそれぞれの評価値を算出する評価器 4 8 と、複数の位置候補の中から評価値に基づいてブレース目標位置を決定する決定器 4 9 とを備えている。評価器 4 8 は、それぞれの位置候補に対象ワーク W がブレースされた後の収容スペース内の空きスペースに基づいて評価値を算出する。

明 細 書

発明の名称：

制御装置、ロボットシステム及びロボットの制御方法

技術分野

[0001] ここに開示された技術は、制御装置、ロボットシステム及びロボットの制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来より、ワークをプレースするロボットを制御する制御装置が知られている。例えば、特許文献1に記載された制御装置は、ワークのプレース位置を演算する。制御装置は、収納容器の空きスペース内を走査して、ワークが既存の他のワークと干渉しないプレース位置を探索する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2019-181620号公報

発明の概要

[0004] 現在のワークを他の物体と干渉しない位置にプレースできたとしても、後続するワークを適切にプレースできない虞がある。その結果、多くのワークを適切にプレースできない虞がある。

[0005] ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、複数のワークの適切なプレースを実現することにある。

[0006] 本開示の制御装置は、収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索する探索器と、複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出する評価器と、複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定する決定器とを備え、前記評価器は、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出する。

[0007] 本開示のロボットシステムは、ロボットアームと前記ロボットアームに取

り付けられたハンドとを有するロボットと、前記制御装置とを備える。

[0008] 本開示のロボットの制御方法は、ロボットアームと前記ロボットアームに取り付けられたハンドとを有するロボットの制御方法であって、収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索することと、複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出することと、複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定することとを含み、前記評価値を算出することは、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出する。

[0009] 前記制御装置によれば、複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

[0010] 前記ロボットシステムによれば、複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

[0011] 前記ロボットの制御方法によれば、複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、ロボットシステムの構成を示す模式図である。

[図2]図2は、ロボット制御装置及び主制御装置の概略的なハードウェア構成を示す図である。

[図3]図3は、処理器の制御システムの構成を示すブロック図である。

[図4]図4は、第1コンテナ内を上方から見た図である。

[図5]図5は、対象ワークを吸着するときのハンドを示す説明図である。

[図6]図6は、第2コンテナ内を示す例示的な斜視図である。

[図7]図7は、位置候補の探索を説明するための第2コンテナ内の模式的な平面図である。

[図8]図8は、位置候補の絞り込みを説明するための第2コンテナ内の模式的な平面図である。

[図9]図9は、対象ワークがプレースされた後の空きスペースを示す第2コン

テナ内の例示的な斜視図である。

[図10]図10は、複数種類の仮想ワークを示す図である。

[図11]図11は、評価値の算出を説明するための第2テナ内の模式的な平面図である。

[図12]図12は、ピックアンドプレース処理のフローチャートである。

[図13]図13は、吸着位置計画のサブルーチンのフローチャートである。

[図14]図14は、基準軸の方向に見た場合のハンドの相対位置姿勢を示す模式図である。

[図15]図15は、基準側部としての辺と吸着器のオフセット方向とのなす角が閾値 α 以上となる領域と、なす角が閾値 α 未満となる領域とを示す模式図である。

[図16]図16は、プレース位置計画のサブルーチンのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。図1は、ロボットシステム100の構成を示す模式図である。

[0014] ロボットシステム100は、ロボット1と、ロボット1を制御する主制御装置3とを備えている。主制御装置3は、ロボット1を制御してロボット1に処理を実行させる。この例では、ロボット1による処理は、ピックアンドプレース処理である。例えば、ロボット1は、複数のワークがバラ積みされた第1テナ91内の対象ワークをピックアップして第2テナ92内に移送する。ロボット1は、対象ワークを第2テナ92内に規則的に配列する。ロボットシステム100は、ピックアンドプレース処理を繰り返すことによって、第1テナ91内の複数のワークを第2テナ92内に配列する。対象ワークは、例えば、略直方体の形状を有する。

[0015] ロボットシステム100は、ワークの画像を取得するカメラ51を備えていてもよい。カメラ51は、第1テナ91内の画像を取得する第1カメラ51Aと、第2テナ92内の画像を取得する第2カメラ51Bとを含む。

んでいてもよい。第1カメラ51Aは、第1コンテナ91の上方に固定的に配置されている。第1カメラ51Aは、第1コンテナ91内の画像を上方から撮影する。第1カメラ51Aは、第1コンテナ91内の複数のワークを含む画像を取得する。第2カメラ51Bは、第2コンテナ92の上方に固定的に配置されている。第2カメラ51Bは、第2コンテナ92内の画像を上方から撮影する。第2カメラ51Bは、第2コンテナ92内の複数のワークを含む画像を取得する。以下、第1カメラ51Aと第2カメラ51Bとを区別しない場合には、単にカメラ51と称する。

[0016] ここで、画像は、二次元画像又は三次元画像である。三次元画像は、点群データ、RGB-D画像、RGB画像、デプス画像又はボクセル等であり得る。つまり、カメラ51は、三次元カメラ、即ち、RGB-D画像を出力するRGB-Dカメラ、RGB画像を取得するステレオカメラ、又は、点群データを取得する三次元ビジョンセンサ等であり得る。

[0017] ーロボットー

ロボット1は、ロボットアーム12及びロボットアーム12に取り付けられたハンド14を有する。ロボット1は、この例では、産業用ロボットである。ハンド14は、いわゆるエンドエフェクタである。ロボット1が配置される空間には、直交3軸のベース座標系が規定されている。

[0018] ロボットアーム12は、三次元状に動作するように構成されている。具体的には、ロボットアーム12は、少なくとも3自由度の並進を含む動作を行うように構成されている。この例では、ロボットアーム12は、垂直多関節型のロボットアームである。ロボットアーム12は、ベース10に支持されている。ロボットアーム12は、複数のリンクと、複数のリンクを接続する複数の関節と、複数の関節を回転駆動するサーボモータとを有している。

[0019] 詳しくは、ロボットアーム12は、ベース10に連結された第1リンク12aと、第1リンク12aに連結された第2リンク12bと、第2リンク12bに連結された第3リンク12cと、第3リンク12cに連結された第4リンク12dと、第4リンク12dに連結された第5リンク12eとを有し

ている。

[0020] 詳しくは、ベース10と第1リンク12aとは、鉛直方向に延びる軸回りに回転可能な第1関節13aを介して互いに連結されている。第1リンク12aと第2リンク12bとは、水平方向に延びる軸回りに回転可能な第2関節13bを介して互いに連結されている。第2リンク12bと第3リンク12cとは、水平方向に延びる軸回りに回転可能な第3関節13cを介して互いに連結されている。第3リンク12cと第4リンク12dとは、第4リンク12dの軸心（即ち、第4リンク12dが延びる方向）回りに回転可能な第4関節13dを介して互いに連結されている。第4リンク12dと第5リンク12eとは、第4リンク12dの軸心と直交する軸回りに回転可能な第5関節13eを介して互いに連結されている。

[0021] ロボットアーム12は、各関節を回転駆動するサーボモータ16（図2参照）を有している。各サーボモータ16は、エンコーダ16a（図2参照）を有している。

[0022] このように構成されたロボットアーム12は、直交三軸のそれぞれの方向への並進動作、及び、直交三軸のそれぞれの軸回りの回転動作を行うように構成されている。

[0023] ハンド14は、ロボットアーム12の所定の基準軸Tを中心とする半径方向へオフセットした位置に配置された吸着器15を含む。吸着器15は、基準軸Tに対して偏心した位置に配置されている。例えば、ハンド14は、ロボットアーム12に取り付けられるベース14aを有している。ベース14aは、基準軸Tを中心とする半径方向へ延びている。ベース14aのうち基準軸Tから遠い方の端部にプレート又はブロック等を介して吸着器15が取り付けられている。

[0024] さらに、吸着器15は、ロボットアーム12に対する位置を変更可能に構成されている。例えば、ハンド14は、基準軸T回りに回転可能にロボットアーム12に取り付けられる。具体的には、ハンド14は、ロボットアーム12の先端部、即ち、第5リンク12eに連結されている。第5リンク12

eとハンド14とは、基準軸T回りに回転可能に第6関節13fを介して互いに連結されている。吸着器15は、基準軸T回りのハンド14の回転によってロボットアーム12に対する相対位置を変更する。

[0025] ハンド14は、吸着器15によってワークを吸着する。吸着器15は、吸着パッドを有している。吸着器15には、負圧発生装置に接続されたエアホースが接続されている。エアホースには、アクチュエータ15a（図2参照）としての電磁弁が設けられている。電磁弁が制御されることによって、吸着器15による吸着及びその解除が切り替えられる。吸着器15は、対象ワークWの面を吸着する。エアホースには、圧力センサ15b（図2参照）が設けられている。圧力センサ15bは、エアホース内の負圧の大きさを検出する。

[0026] 図2は、ロボット制御装置2及び主制御装置3の概略的なハードウェア構成を示す図である。主制御装置3は、ロボット制御装置2と信号及び情報等の送受信を行う。主制御装置3は、ロボット制御装置2を介してロボット1を制御する。主制御装置3は、指令をロボット制御装置2に出力する。ロボット制御装置2は、主制御装置3からの指令に応じて、ロボットアーム12のサーボモータ16を制御する。

[0027] 主制御装置3には、第1カメラ51A及び第2カメラ51Bからの画像が入力される。主制御装置3は、画像に基づいて対象ワークWを検出する。それに加えて、主制御装置3は、検出された対象ワークWに基づいてロボット1の目標経路を生成し、生成された目標経路に対応する指令をロボット制御装置2に出力する。主制御装置3には、アクチュエータ15a及び圧力センサ15bが接続されている。主制御装置3は、アクチュエータ15a及び圧力センサ15bを介してハンド14による吸着を制御する。主制御装置3は、制御装置の一例である。

[0028] ロボット制御装置2は、処理器21と記憶器22とメモリ23とを有している。

[0029] 処理器21は、ロボット制御装置2の全体を制御する。処理器21は、各

種の演算処理を行う。例えば、処理器 2 1 は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサで形成されている。処理器 2 1 は、MCU (Micro Controller Unit)、MPU (Micro Processor Unit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、PLC (Programmable Logic Controller)、システム LSI 等で形成されていてもよい。

[0030] 記憶器 2 2 は、処理器 2 1 で実行されるプログラム及び各種データを格納している。記憶器 2 2 は、不揮発性メモリ、HDD (Hard Disc Drive) 又は SSD (Solid State Drive) 等で形成される。メモリ 2 3 は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ 2 3 は、揮発性メモリで形成される。

[0031] 処理器 2 1 は、主制御装置 3 からの指令に基づいてサーボモータ 1 6 を駆動する。このとき、ロボット制御装置 2 は、エンコーダ 1 6 a の検出結果に基づいてサーボモータ 1 6 への供給電流をフィードバック制御する。

[0032] 主制御装置 3 は、処理器 3 1 と記憶器 3 2 とメモリ 3 3 とを有している。

[0033] 処理器 3 1 は、主制御装置 3 の全体を制御する。処理器 3 1 は、各種の演算処理を行う。例えば、処理器 3 1 は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサで形成されている。処理器 3 1 は、MCU (Micro Controller Unit)、MPU (Micro Processor Unit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、PLC (Programmable Logic Controller)、システム LSI 等で形成されていてもよい。

[0034] 記憶器 3 2 は、処理器 3 1 で実行されるプログラム及び各種データを格納している。記憶器 3 2 は、不揮発性メモリ、HDD (Hard Disc Drive) 又は SSD (Solid State Drive) 等で形成される。

[0035] 例えば、記憶器 3 2 は、物体を検出する物体検出プログラム、ハンド 1 4 の位置姿勢を決定する位置姿勢決定プログラム及びロボット 1 の目標経路を生成する経路生成プログラム等を格納している。各種プログラムは、主制御装置 3 に各種機能を実現させる。

[0036] メモリ 3 3 は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ 3 3 は、揮発性メモリで形成される。メモリ 3 3 は、カメラ 5 1 からの画像を記憶する

。

[0037] 処理器 3 1 は、ロボット 1 に、ハンド 1 4 を対象ワーク W まで移動させて吸着器 1 5 に対象ワーク W を吸着させるピッキング動作及び対象ワーク W を吸着したハンド 1 4 をプレース目標位置まで移動させて吸着器 1 5 に対象ワーク W の吸着を解除させるプレース動作を実行させる。処理器 3 1 は、ピッキング動作の後にプレース動作をロボット 1 に実行させる。

[0038] 処理器 3 1 は、ピッキング動作に先立ち、ピッキング時の対象ワーク W に対するハンド 1 4 の位置及び姿勢である、ハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定する。処理器 3 1 は、プレース動作に先立ち、プレース時の対象ワーク W のプレース目標位置を決定する。

[0039] 図 3 は、処理器 3 1 の制御システムの構成を示すブロック図である。処理器 3 1 は、記憶器 3 2 からプログラムをメモリ 3 3 に読み出して展開することによって、各種機能を実現する。詳しくは、処理器 3 1 は、収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索する探索器 4 7 と、複数の位置候補のそれぞれの評価値を算出する評価器 4 8 と、複数の位置候補の中から評価値に基づいてプレース目標位置を決定する決定器 4 9 として機能する。処理器 3 1 は、収容スペースの高さ情報を検出する高さ検出器 4 6 としても機能する。さらに、処理器 3 1 は、ピッキングの対象ワーク W を検出するワーク検出器 4 1 と、ハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定する位置姿勢決定器 4 2 と、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標経路を生成する経路生成器 4 3 と、ピッキング動作及びプレース動作をロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 に実行させる動作制御器 4 4 と、カメラ 5 1 に画像を取得させる撮影制御器 4 5 としても機能し得る。

[0040] 撮影制御器 4 5 は、第 1 カメラ 5 1 A 及び第 2 カメラ 5 1 B を制御して、第 1 カメラ 5 1 A 及び第 2 カメラ 5 1 B のそれぞれに画像を取得させる。第 1 カメラ 5 1 A は、第 1 コンテナ 9 1 内の画像を取得する。第 2 カメラ 5 1 B は、第 2 コンテナ 9 2 内の画像を取得する。撮影制御器 4 5 は、カメラ 5 1 からの画像をメモリ 3 3 に記憶させる。

[0041] ワーク検出器 4 1 は、画像の中から対象ワーク W を画像認識によって検出する。画像には、複数のワークが含まれ得る。ワーク検出器 4 1 は、例えば、RANSAC (Random Sample Consensus) によって平面検出を行って、対象ワーク W の面（以下、「対象面 S」という）を検出する。つまり、ワーク検出器 4 1 は、画像に含まれる所定の形状の平面を検出することによって対象ワーク W を検出する。図 4 は、第 1 コンテナ 9 1 内を上方から見た図である。ワーク検出器 4 1 は、複数の対象面 S、即ち、複数の対象ワーク W を検出し得る。ワーク検出器 4 1 は、対象面 S を検出する際に、少なくとも対象面 S の中心位置、対象面 S の法線方向、対象面 S の縦横の向き及び対象面 S のサイズ（例えば、縦横サイズ）を求める。尚、対象面 S のサイズは、予め記憶器 3 2 に保存されていてもよい。

[0042] 位置姿勢決定器 4 2 は、対象ワーク W として検出された対象面 S を吸着面とし、ピッキング時のハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定する。図 5 は、対象ワーク W を吸着するときのハンド 1 4 を示す説明図である。詳しくは、対象面 S における吸着位置に吸着器 1 5 が位置するようにハンド 1 4 の位置姿勢が決定される。吸着位置は、例えば、対象面 S の中央である。吸着器 1 5 は基準軸 T に対して偏心しているので、吸着器 1 5 の位置が決まっても、基準軸 T は、吸着器 1 5 を中心として 360 度の任意の位置に配置され得る。よって、ハンド 1 4 の相対位置姿勢は、対象ワーク W に対する吸着器 1 5 の位置、基準軸 T の位置、基準軸 T の姿勢によって規定される。すなわち、ハンド 1 4 の相対位置姿勢が決定されると、対象ワーク W に対する基準軸 T の位置及び姿勢と、基準軸 T に対する吸着器 1 5 のオフセット方向が決定される。「基準軸 T に対する吸着器 1 5 のオフセット方向」は、基準軸 T の方向へ見た場合に、基準軸 T と吸着器 1 5 とを結ぶ直線が基準軸 T から延びる方向であり、この例ではベース 1 4 a が基準軸 T から延びる方向である。言い換えると、基準軸 T に対する吸着器 1 5 のオフセット方向は、基準軸 T に対する吸着器 1 5 の偏心方向である。以下、基準軸 T に対する吸着器 1 5 のオフセット方向を単に「吸着器 1 5 のオフセット方向」と称する。

[0043] この例では、位置姿勢決定器 4 2 は、基準軸 T の方向に見た場合に、対象ワーク W のうち基準となる側部（以下、「基準側部」という）とハンド 1 4 とが重ならず且つ、基準軸 T に対する吸着器 1 5 のオフセット方向が基準側部と非平行となるようにハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定する。

[0044] 「対象ワーク W の側部」は、対象ワーク W のうち側方を向く部分である。具体的には、対象ワーク W を基準軸 T の方向へ見た場合に、対象ワーク W のうち法線方向と交差する方向を向く部分である。すなわち、対象ワーク W の側部は、対象ワーク W のうち、吸着器 1 5 によって吸着する吸着面と交差する側面である。この例では、対象ワーク W は略直方体の形状を有するので、対象ワーク W のうち対象面 S の法線方向と略直交する方向を向く部分、つまり、対象面 S 及びその反対側の面以外の 4 つの側面が、対象ワーク W の側部である。

[0045] 経路生成器 4 3 は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標経路を生成する。目標経路は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標位置及び目標姿勢の順序集合である。すなわち、目標経路は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標位置及び目標姿勢の経時的な変化である。目標経路は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標位置及び目標姿勢の経時的な変化を実現する、ロボットアーム 1 2 の各関節（第 6 関節 1 3 f を含む）の目標回転角度の順序集合であってもよい。目標経路は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の位置及び姿勢を一義的に規定する。目標経路は、基準軸 T 回りの吸着器 1 5 の目標回転位置も規定する。例えば、経路生成器 4 3 は、決定されたハンド 1 4 の相対位置姿勢にハンド 1 4 を移動させるためのロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標経路を生成する。経路生成器 4 3 は、決定されたプレース目標位置に対象ワーク W を移動させるためのロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標経路を生成する。

[0046] 例えば、経路生成器 4 3 は、PRM (Probabilistic Roadmap Method) 又は RRT (Rapidly-Exploring Random Tree) 等によって経路計画を実行する。経路生成器 4 3 は、これらの手法において干渉チェック、即ち、ロボット

アーム 1 2 及びハンド 1 4 が他の物体と干渉しないかの確認も実行する。干渉チェックとしては、例えば、点群データ又は C A D データを用いた干渉チェック等が行われる。

[0047] 動作制御器 4 4 は、目標経路に応じた指令をロボット制御装置 2 に出力する。具体的には、動作制御器 4 4 は、ロボットアーム 1 2 の各関節の目標回転角度に応じた指令をロボット制御装置 2 に出力する。ロボット制御装置 2 が前述の如く、指令に基づいてサーボモータ 1 6 を駆動することによって、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 が目標経路に従って移動する。

[0048] 動作制御器 4 4 は、ハンド 1 4 のアクチュエータ 1 5 a を制御することによって吸着器 1 5 による吸着及びその解除を切り替える。動作制御器 4 4 は、アクチュエータ 1 5 a を制御して吸着器 1 5 に負圧を発生させることによって、吸着器 1 5 にワークを吸着させる。動作制御器 4 4 は、アクチュエータ 1 5 a を制御して吸着器 1 5 の負圧を解放することによって、吸着器 1 5 によるワークの吸着を解除させる。動作制御器 4 4 は、圧力センサ 1 5 b の検出結果に基づいて、吸着器 1 5 による対象ワーク W の吸着の完了を判定する。動作制御器 4 4 は、圧力センサ 1 5 b によって検出される負圧が所定の閾値以上になる場合に吸着の完了を判定する。

[0049] 高さ検出器 4 6 は、対象ワーク W の収容先となる収容スペースの高さ情報を検出する。この例では、収容スペースは、第 2 コンテナ 9 2 の内部である。高さ情報は、収容スペースの各位置の高さに関する情報であり、具体的には、第 2 コンテナ 9 2 内の各位置の高さ情報である。第 2 コンテナ 9 2 内のうち底面が露出しているエリアでは、底面の各位置の高さが高さ情報となる。第 2 コンテナ 9 2 内のうちワークが存在するエリアでは、ワークの上面の各位置の高さが高さ情報となる。高さ検出器 4 6 は、第 2 コンテナ 9 2 内の画像に基づいて、収容スペースの高さ情報を検出する。高さ検出器 4 6 は、例えば、三次元画像の点群データから、離散化又は平滑化などの前処理を行った上で、収容スペースの高さ情報を求める。高さ検出器 4 6 は、収容スペースの高さ情報を高さマップとして出力する。

[0050] 探索器47は、収容スペースにおける対象ワークWのプレイス目標位置の候補である複数の位置候補を探索する。ワーク検出器41及び位置姿勢決定器42が対象ワークWを特定することによって、対象ワークWの寸法も取得される。探索器47は、収容スペースにおいて対象ワークWをプレイスできる位置をプレイス目標位置の位置候補として探索する。

[0051] 例えば、探索器47は、収容スペースのうち対象ワークWをプレイス可能なスペース（以下、「プレイス可能スペース」という）を検出する。探索器47は、収容スペースにおいて対象ワークWをプレイスできる平面（以下、「プレイス可能面」という）Pを高さマップに基づいて検出し、プレイス可能面Pの上方のスペースをプレイス可能スペースとする。図6は、第2コンテナ92内を示す例示的な斜視図である。図6において、ドットを付された面がプレイス可能面Pである。プレイス可能面Pは、上方に露出する平面であり、高さマップにおいて高さが一様な領域である。プレイス可能面Pは、第2コンテナ92の底面のうち露出する部分である。既存ワークW0の上面も露出している場合にはプレイス可能面Pとなり得る。尚、複数の既存ワークW0が並び、それらの既存ワークW0の上面が上方へ露出し、且つ、それらの既存ワークW0の上面の高さが揃っている場合には、それらの既存ワークW0の上面が単一のプレイス可能面Pとなる。図6の例では、2つの既存ワークW0の上面は、それぞれ別のプレイス可能面Pとして扱われる。

[0052] 探索器47は、プレイス可能面Pにおいて対象ワークWの位置を変更しながら、各位置において対象ワークWをプレイスできるか否かを判定する。図7は、位置候補の探索を説明するための第2コンテナ92内の模式的な平面図である。プレイス可能と判定された位置は、位置候補となる。プレイスできるか否かは、対象ワークWが他の物体に干渉することなくプレイスできるか否かによって判定される。このとき、探索器47は、対象ワークWの実際の大きさ（一点鎖線参照）に所定のマージンを加えた大きさを探索用の対象ワークWの大きさ（破線参照）とする。具体的には、探索器47は、対象ワークWの底面を所定のマージンの分だけ拡大する。

[0053] このように、探索器 47 は、第 2 コンテナ 92 の底面だけでなく、既存ワーク W0 の上面もプレース可能面 P として、位置候補を探索する。

[0054] さらに、探索器 47 は、複数の位置候補をワークの収容効率の観点で絞り込む。例えば、探索器 47 は、複数の位置候補の中から、収容スペースにおける角のスペースに対応する位置候補を選抜する。図 8 は、位置候補の絞り込みを説明するための第 2 コンテナ 92 内の模式的な平面図である。第 2 コンテナ 92 内には、第 2 コンテナ 92 の側壁及び既存ワーク W0 の側面によって角が形成され得る。第 2 コンテナ 92 内にワークを収容する際には、角を含むスペースにワークを詰めて配置することがワークの収容効率の観点で好ましい。そのため、探索器 47 は、図 8 に示すように、複数の位置候補の中から角のスペースに対応する位置候補を選抜する。尚、複数の位置候補の中に角のスペースに対応する位置候補が含まれない場合には、探索器 47 は、位置候補の絞り込みを行わない。

[0055] 評価器 48 は、それぞれの位置候補に対象ワーク W がプレースされた後の収容スペース内の空きスペースに基づいて評価値を算出する。図 9 は、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースを示す第 2 コンテナ 92 内の例示的な斜視図である。図 9 において、ドットを付された面がプレース可能面 P である。空きスペースは、プレース可能スペースと同様のスペースである。すなわち、空きスペースは、対象ワーク W がプレースされた後においてワークをプレース可能なスペースである。探索時と同様に、プレース可能面 P の上方に空きスペースが形成される。プレース可能面 P は、上方に露出する平面である。位置候補にプレースされた対象ワーク W が既存ワーク W0 と並び、両ワークの上面が上方へ露出し、且つ、両ワークの上面の高さが揃っている場合には、両ワークの上面は単一のプレース可能面 P とみなされる。

[0056] 評価値は、空きスペースへの仮想ワークの収容効率を示すパラメータである。収容効率は、仮想ワークを空きスペースに収容する効率であり、空きスペースにいかに効率よく仮想ワークを収容できるかを表す。例えば、収容できる仮想ワークの個数が多いほど、及び、仮想ワークを収容できる位置のバ

リエーションが多いほど、収容効率は高くなる。例えば、評価値は、空きスペースに仮想ワークをプレースできる位置の候補数に関連するパラメータである。あるいは、評価値は、空きスペースにプレースできる仮想ワークの収容数に関するパラメータであってもよい。

[0057] 具体的には、評価器48は、対象となる位置候補に対象ワークWがプレースされた後のプレース可能面Pにおいて仮想ワークW_iをプレースできる位置の候補数を算出する。図10は、複数種類の仮想ワークを示す図である。図11は、評価値の算出を説明するための第2コンテナ92内の模式的な平面図である。

[0058] 仮想ワークW_iは、大きさが異なる複数種類の仮想ワークW_iを含んでもよい。仮想ワークW_iの種類を区別する場合には、符号の「W_i」の後の数字によって区別する。具体的には、複数種類の仮想ワークW_iは、第1仮想ワークW_{i1}、第2仮想ワークW_{i2}、第3仮想ワークW_{i3}、第4仮想ワークW_{i4}及び第5仮想ワークW_{i5}を含む。複数種類の仮想ワークW_iは、それぞれ異なる二次元的な大きさを有する。この例では、複数種類の仮想ワークW_iは、それぞれ面積の異なる略正方形の二次元形状を有する。第1仮想ワークW_{i1}は、最も小さな正方形の二次元形状を有する。第2仮想ワークW_{i2}は、第1仮想ワークW_{i1}よりも大きな二次元形状を有する。第3仮想ワークW_{i3}は、第2仮想ワークW_{i2}よりも大きな二次元形状を有する。第4仮想ワークW_{i4}は、第3仮想ワークW_{i3}よりも大きな二次元形状を有する。第5仮想ワークW_{i5}は、第4仮想ワークW_{i4}よりも大きな二次元形状を有する。

[0059] 複数種類の仮想ワークW_iのそれぞれには、異なるスコアが割り当てられている。この例では、複数種類の仮想ワークW_iのそれぞれに、大きさに対応するスコアが割り当てられている。大きい形状の仮想ワークW_iを収容できる場合、当然ながらより小さい形状の仮想ワークW_iを収容できる。そのため、複数種類の仮想ワークW_iは、二次元形状の面積が大きいほど高いスコアが割り当てられている。より具体的には、第1仮想ワークW_{i1}には、

3点のスコアが割り当てられている。第2仮想ワーク W_i 2には、6点のスコアが割り当てられている。第3仮想ワーク W_i 3には、9点のスコアが割り当てられている。第4仮想ワーク W_i 4には、12点のスコアが割り当てられている。第5仮想ワーク W_i 5には、15点のスコアが割り当てられている。

[0060] 評価器48は、対象ワーク W をプレス後の空きスペースにおいて仮想ワーク W_i をプレスする位置候補がいくつあるか求める。評価器48は、空きスペース内で仮想ワーク W_i の位置を所定量ずつ二次元的に移動させ、仮想ワーク W_i を他の物体に干渉することなくプレスできるか否かを判定する。詳しくは、評価器48は、図11に示すように、対象となる一の位置候補に対象ワーク W がプレスされた後のプレス可能面 P 上で、仮想ワーク W_i を移動させながら、各位置において仮想ワーク W_i を他の物体に干渉することなくプレスできるか否かを判定する。仮想ワーク W_i がプレス可能な場合には、評価器48は、その位置を位置候補として計数する。評価器48は、プレス可能面 P の全範囲で仮想ワーク W_i を移動させ、候補数を計数する。評価器48は、対象ワーク W 及び既存ワーク W_0 のプレス可能面 P にも仮想ワーク W_i を移動させて、候補数を計数する。対象ワーク W が既存ワーク W_0 と並び、対象ワーク W の上面と既存ワーク W_0 の上面が上方に露出し、且つ、両ワークの上面の高さが揃っている場合には、評価器48は、両ワークの上面を一様なプレス可能面 P として仮想ワーク W_i をプレスできるか否かを判定する。

[0061] 候補数が多いほど、より多くの仮想ワークの W_i を収容できる可能性が高い。つまり、候補数は、仮想ワーク W_i の収容量に関連している。評価器48は、仮想ワーク W_i に割り当てられたスコアを候補数に乗じて、仮想ワーク W_i の合計スコアを求める。

[0062] 評価器48は、全種類の仮想ワーク W_i に関して、仮想ワーク W_i の合計スコアを求める。評価器48は、全種類の仮想ワーク W_i の合計スコアを合算した値を評価値とする。

- [0063] 評価器 48 は、一の位置候補に関して評価値を算出した後、対象ワーク W が別の位置候補にプレースされた場合の評価値を求める。最終的に、評価器 48 は、全ての位置候補に関して評価値を求める。
- [0064] このように求められた評価値は、空きスペースにより大きな仮想ワーク W_i をより多く収容できるほど大きくなる。より大きな仮想ワーク W_i をより多く収容できるということは、将来的により多くのワークをより高い自由度でプレースできることを意味する。つまり、評価値は、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースへの仮想ワーク W_i の収容効率を示している。
- [0065] 決定器 49 は、複数の位置候補の中から最も評価値が高い位置候補をプレース目標位置として決定する。経路生成器 43 は、決定されたプレース目標位置へ対象ワーク W を移送するためのロボットアーム 12 及びハンド 14 の目標経路を生成する。
- [0066] 続いて、このように構成されたロボットシステム 100 の動作について説明する。ロボットシステム 100 におけるピックアンドプレース処理について図 12 のフローチャートを参照して説明する。図 12 は、ピックアンドプレース処理のフローチャートである。
- [0067] まず、ステップ S101 において、撮影制御器 45 は、第 1 コンテナ 91 内の画像を取得する。詳しくは、撮影制御器 45 は、第 1 カメラ 51A に第 1 コンテナ 91 内の画像を取得させる。
- [0068] 次に、ステップ S102 において、ワーク検出器 41 は、第 1 コンテナ 91 内の画像の中から対象ワーク W、具体的には対象面 S を検出する。例えば、ワーク検出器 41 は、複数の対象面 S を検出する。
- [0069] 続いて、ステップ S103 において、位置姿勢決定器 42 は、吸着位置計画を実行する。吸着位置計画では、ハンド 14 によって吸着する対象ワーク W が決定されると共に、対象ワーク W に対するハンド 14 の相対位置姿勢が決定される。このとき、ハンド 14 の相対位置姿勢を実現するための、ロボットアーム 12 及びハンド 14 の目標経路も生成される。
- [0070] ハンド 14 の相対位置姿勢が決定されると、ステップ S104 において、

動作制御器４４は、ロボットアーム１２及びハンド１４にピッキング動作を実行させる。つまり、動作制御器４４は、吸着位置計画で決定された対象ワークWを決定されたハンド１４の相対位置姿勢で吸着するように、ロボットアーム１２及びハンド１４を制御する。具体的には、動作制御器４４は、ロボットアーム１２及びハンド１４を目標経路に従って移動させ、吸着器１５を対象ワークWまで移動させる。動作制御器４４は、吸着器１５に対象ワークWを吸着させる。

[0071] ピッキング動作中又はピッキング動作完了後に、ステップＳ１０５において、撮影制御器４５は、第２コンテナ９２内の画像を取得する。詳しくは、撮影制御器４５は、第２カメラ５１Ｂに第２コンテナ９２内の画像を取得させる。

[0072] 次に、ステップＳ１０６において、プレース位置計画が実行される。プレース位置計画では、対象ワークWのプレース目標位置が決定される。このとき、対象ワークWのプレース目標位置を実現するための、ロボットアーム１２及びハンド１４の目標経路も生成される。

[0073] プレース目標位置が決定されると、ステップＳ１０７において、動作制御器４４は、ロボットアーム１２及びハンド１４にプレース動作を実行させる。つまり、動作制御器４４は、プレース位置計画で決定されたプレース目標位置に対象ワークWが配置されるように、ロボットアーム１２及びハンド１４を制御する。具体的には、動作制御器４４は、ロボットアーム１２及びハンド１４を目標経路に従って移動させ、対象ワークWをプレース目標位置まで移動させる。対象ワークWがプレース目標位置に到達すると、動作制御器４４は、吸着器１５による吸着を解除させる。こうして、プレース目標位置への対象ワークWのプレースが完了する。これにより、ピックアンドプレース処理が完了する。

[0074] 主制御装置３は、一の対象ワークWについてピックアンドプレース処理が完了すると、別の対象ワークWのピックアンドプレース処理のために、ステップＳ１０１からの処理を繰り返す。主制御装置３は、このような制御を繰

り返すことによって、第1コンテナ91内の対象ワークWを順次、第2コンテナ92内へ移送する。

[0075] ＝吸着位置計画＝

次に、吸着位置計画について詳しく説明する。図13は、吸着位置計画のサブルーチンのフローチャートである。

[0076] ステップS201において、位置姿勢決定器42は、ハンド14の相対位置姿勢の候補を作成する。このとき、位置姿勢決定器42は、ハンド14の相対位置姿勢の複数の候補を作成し得る。詳しくは、位置姿勢決定器42は、一の対象面Sに関し、ハンド14の相対位置姿勢の候補を複数作成し得る。さらに、複数の対象面Sがある場合には、位置姿勢決定器42は、それぞれの対象面Sに対して、ハンド14の相対位置姿勢の候補を作成し得る。

[0077] 図14は、基準軸Tの方向に見た場合のハンド14の相対位置姿勢を示す模式図である。図14において、一点鎖線は、吸着器15のオフセット方向ODを示している。ピッキング時には、吸着器15が対象面Sの吸着位置に位置し、且つ、基準軸Tが対象面Sに対して略直交する。基準軸Tの位置は、吸着器15を中心として360度の任意の位置を採り得る。つまり、位置姿勢決定器42は、対象面Sの吸着位置を中心とする周方向の異なる位置に基準軸Tが配置された、ハンド14の相対位置姿勢の複数の候補を作成し得る。この例では、吸着位置は、対象面Sの略中心である。さらに、位置姿勢決定器42は、対象面Sが異なる、ハンド14の相対位置姿勢の複数の候補を作成し得る。

[0078] 次に、ステップS202において、位置姿勢決定器42は、ハンドの14の相対位置姿勢の候補に優先度を付与する。例えば、位置姿勢決定器42は、2つの観点で優先度を付与する。

[0079] 第1の観点では、基準軸Tの方向に見た場合に、対象ワークWのうち基準側部とハンド14とが重ならず且つ、基準軸Tに対する吸着器15のオフセット方向が基準側部と非平行となる候補に、高い優先度が付与される。この条件が満たされる場合、基準軸Tの方向に見た場合に基準軸Tと基準側部と

が比較的離れた状態でハンド 14 が対象ワークWを吸着する。

[0080] この例では、位置姿勢決定器 42 は、対象ワークWに 2 つの基準側部を設定する。例えば、位置姿勢決定器 42 は、対象ワークWの側部 R1, R2, R3, R4 のうちいずれか 2 つの側部、具体的には、対象ワークWの角を形成するように繋がる 2 つの側部を基準側部とする。そして、位置姿勢決定器 42 は、基準側部である 2 つの側部の両方ともハンド 14 が重ならず且つ、基準軸 T に対する吸着器 15 のオフセット方向が 2 つの側部の両方とも非平行となる候補に、高い優先度を付与する。さらに、位置姿勢決定器 42 は、基準側部を別の 2 つの側部に変更し、変更後の 2 つの側部に関して前述の条件を満たす候補に、高い優先度を付与してもよい。

[0081] 具体的には、位置姿勢決定器 42 は、対象面 S の辺を対象ワークWの側部とみなす。位置姿勢決定器 42 は、対象面 S の 4 つの角を形成する各 2 つの辺、即ち、合計 4 組の辺に関して前述の条件を満たす候補に相対的に高い優先度を付与する。そして、位置姿勢決定器 42 は、残った候補に相対的に低い優先度を付与する。例えば、位置姿勢決定器 42 は、基準側部としての辺と吸着器 15 のオフセット方向とのなす角が閾値 α 以上の場合に、基準側部とオフセット方向とが非平行とみなす。図 15 は、基準側部としての辺と吸着器 15 のオフセット方向とのなす角が閾値 α 以上となる領域 A と、なす角が閾値 α 未満となる領域 B とを示す模式図である。その結果、図 15 に示すように、吸着器 15 のオフセット方向が領域 A に含まれる候補には、相対的に高い優先度が付与される。一方、吸着器 15 のオフセット方向が領域 B に含まれる候補には、相対的に低い優先度が付与される。

[0082] あるいは、対象ワークWにおける 2 つの基準側部が予め決められていてもよい。その場合、位置姿勢決定器 42 は、一組の基準側部に関し前述の条件を満たす候補に高い優先度を付与し、それ以外の候補に低い優先度を付与する。

[0083] 第 2 の観点では、位置姿勢決定器 42 は、ロボットアーム 12 の現状、即ち、現在位置からの移動量が少ない候補に、高い優先度が付与される。例え

ば、ロボットアーム 1 2 の全ての関節の変化量の合計が小さい順に高い優先度が付与され得る。

[0084] 次に、ステップ S 2 0 3 において、位置姿勢決定器 4 2 は、ハンド 1 4 の相対位置姿勢の候補があるか否かを判定する。適切な対象面 S が存在しない場合などには、前述のステップ S 2 0 1 においてハンド 1 4 の相対位置姿勢の候補が 1 つも作成されないこともあり得る。そのような場合には、ステップ S 2 0 6 において、ピックアンドプレイス処理が終了する。

[0085] ハンドの 1 4 の相対位置姿勢の候補が存在する場合には、ステップ S 2 0 4 において、位置姿勢決定器 4 2 は、優先度の最も高い候補を抽出する。そして、経路生成器 4 3 は、現在のハンド 1 4 の位置姿勢から抽出されたハンド 1 4 の相対位置姿勢までのロボットアーム 1 2 の目標経路を生成する。このとき、経路生成器 4 3 は、目標経路の干渉チェックを行い、干渉の無い目標経路を生成する。干渉がある場合には、経路生成器 4 3 は、目標経路を生成しない。

[0086] ステップ S 2 0 5 において、位置姿勢決定器 4 2 は、目標経路が生成されたか否かを判定する。目標経路が生成されなかった場合には、位置姿勢決定器 4 2 は、抽出されたハンド 1 4 の相対位置姿勢の候補を候補から除外し、ステップ S 2 0 3 に戻る。位置姿勢決定器 4 2 は、優先度の最も高い候補を再び抽出し、経路生成器 4 3 は、目標経路の生成及び干渉チェックを再び実行する。

[0087] こうして、位置姿勢決定器 4 2 は、ハンド 1 4 の相対位置姿勢の候補の中から優先度の高い順に候補を抽出する。抽出された候補に関し、干渉の無い目標経路が生成されると、位置姿勢決定器 4 2 は、ハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定し、吸着位置計画を終了する。

[0088] = プレース位置計画 =

次に、プレース位置計画について詳しく説明する。図 1 6 は、プレース位置計画のサブルーチンのフローチャートである。

[0089] ステップ S 3 0 1 において、高さ検出器 4 6 は、収容スペース、即ち、第

2 コンテナ 9 2 の内部の高さマップを作成する。

[0090] 次に、ステップ S 3 0 2 において、探索器 4 7 は、プレース目標位置の複数の位置候補を探索する。詳しくは、探索器 4 7 は、第 2 コンテナ 9 2 内において、対象ワーク W のプレース目標位置の位置候補を複数作成する。ステップ S 3 0 2 は、収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索することに相当する。

[0091] 続いて、ステップ S 3 0 3 において、探索器 4 7 は、位置候補があるか否かを判定する。第 2 コンテナ 9 2 内にスペースが無い場合などには、ステップ S 3 0 2 において位置候補が 1 つも見つけれないこともあり得る。そのような場合には、ステップ S 3 0 9 において、ピックアッププレース処理が終了する。

[0092] 位置候補が存在する場合には、ステップ S 3 0 4 において、探索器 4 7 は、位置候補を絞り込む。例えば、探索器 4 7 は、複数の位置候補の中から、収容スペースにおける角のスペースに対応する位置候補を選抜する。尚、絞り込みの対象となる位置候補が存在しない場合には、探索器 4 7 は、位置候補の絞り込みを行わない。

[0093] その後、ステップ S 3 0 5 において、評価器 4 8 は、位置候補の評価値を算出する。ステップ S 3 0 4 で複数の位置候補が選抜された場合には、評価器 4 8 は、複数の位置候補のそれぞれの評価値を算出する。ステップ S 3 0 5 は、複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出することに相当する。

[0094] ステップ S 3 0 6 において、経路生成器 4 3 は、最も評価値の高い位置候補に関して目標経路を生成する。つまり、経路生成器 4 3 は、ロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の現在の位置姿勢から最も評価値の高い位置候補に対応する位置姿勢までのロボットアーム 1 2 及びハンド 1 4 の目標経路を生成する。このとき、経路生成器 4 3 は、目標経路の干渉チェックを行い、干渉の有無を確認する。干渉がある場合には、経路生成器 4 3 は、干渉があった位置候補を除外し、次に評価値の高い位置候補に関して目標経路を生成する。こうして、経路生成器 4 3 は、位置候補の中から評価値の高い順に目標経

路を生成する。

- [0095] ステップS 3 0 7において、決定器4 9は、プレース目標位置を、干渉の無い目標経路が生成された位置候補に決定する。これにより、プレース位置計画が終了する。ステップS 3 0 7は、複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定することに相当する。
- [0096] 一方、干渉のない目標経路が生成されない場合、即ち、プレース目標位置が決定されない場合には、探索器4 7は、ステップS 3 0 8において、位置候補の探索時に対象ワークWの実際の大きさに加えられるマージンを変更し、ステップS 3 0 2の位置候補の探索に戻る。
- [0097] 位置候補の探索時に用いる対象ワークWの大きさを変更することによって、導出される位置候補が前回の探索時から変化し得る。具体的には、探索器4 7は、マージンを拡大する。これにより、探索器4 7は、位置候補の再度の探索時には、前回よりも大きな対象ワークWを用いて位置候補を探索する。
- [0098] このような位置候補に基づいて求められるプレース目標位置に対象ワークWがプレースされると、対象ワークWは周囲の物体との間により大きなマージンを有する。そのため、ステップS 3 0 6において、このような位置候補を用いることによって、干渉の無い目標経路が生成される可能性が高まる。プレース目標位置及び目標経路が生成されると、プレース位置計画が終了する。
- [0099] それでもなお適切な目標経路が生成されない場合には、マージンがさらに拡大され、ステップS 3 0 2の処理から繰り返される。
- [0100] このようなピックアッププレース処理では、対象ワークWが収容スペースにプレースされた後の将来的なワークの収容効率に基づいてプレース目標位置が決定される。今回の対象ワークWのことだけを考慮してプレース目標位置が決定されると、次回以降の対象ワークWの収容効率が低下する虞がある。主制御装置3は、対象ワークWのプレース後の空きスペースに基づいて評価値を求め、評価が高い位置候補をプレース目標位置に決定する。これによ

り、今回の対象ワークWだけでなく、次回以降の対象ワークWを含む複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

[0101] 空きスペースの評価は、様々な観点で行うことができる。例えば、空きスペースにどれだけ多くのワークを収容できるかが評価されてもよい。あるいは、空きスペースにワークをどれだけ自由に配置できるかが評価されてもよい。この例では、評価値は、空きスペースへの仮想ワークW_iの収容効率に関連する。これにより、対象ワークWのプレース後の空きスペースへの仮想ワークW_iの収容効率が高くなるように、プレース目標位置を決定することができる。つまり、今回以降の複数のワークの収容効率を向上させることができる。

[0102] さらに、仮想ワークW_iは大きさの異なる複数種類の仮想ワークを含み、複数種類の仮想ワークW_iに関して評価値が算出される。そのため、将来的に様々な大きさのワークがプレースされる場合でも、それらの複数のワークの収容効率を向上させることができる。

[0103] 評価器48は、今回の対象ワークWの上面も空きスペースとして扱う。つまり、対象ワークWと既存ワークW₀とが並んで配置され、対象ワークWの上面と既存ワークW₀の上面とが上方へ露出し、且つ、対象ワークWの上面と既存ワークW₀の上面との高さが揃っている場合には、それらの上面も単一のプレース可能面Pとして評価値が求められる。つまり、対象ワークWを高さの同じ既存ワークW₀に並べてプレースする方が、空きスペースが拡大し、評価値が高くなる傾向にある。このように、評価器48は、空きスペースの仮想ワークW_iの平面的な収容効率だけでなく、三次元的な収容効率も考慮することができる。

[0104] また、評価器48は、空きスペースに仮想ワークW_iをプレースできる位置の候補数に関連するパラメータを評価値として算出している。評価器48は、空きスペースにプレースできる仮想ワークW_iの収容数に関連するパラメータを評価値として算出することもできる。しかし、評価器48は、空きスペースに仮想ワークW_iをプレースできる位置の候補数に関連するパラメ

ータを用いることによって、演算量を低減できる。

[0105] この例では、評価器48は、複数の位置候補の中から収容スペースの角に対応する位置候補について優先的に評価値を算出する。ワークを角から詰めてプレースする方が収容効率が高くなる傾向にある。そのため、角に対応する位置候補について優先的に評価値を算出して、プレース目標位置を決定することによって、演算量を低減することができる。

[0106] それに加えて、対象ワークWを吸着するハンド14の相対位置姿勢が、基準軸Tの方向に見た場合に対象ワークWの基準側部とハンド14とが重ならず且つ、吸着器15のオフセット方向が基準側部と非平行となるように決定される。基準側部は、対象ワークWのうち角を形成するように繋がる2つの側部である。これにより、基準軸Tの方向に見た場合に、吸着器15と2つの基準側部のそれぞれとの距離よりも、基準軸Tと2つの基準側部のそれぞれとの距離の方が離れる。そのため、基準軸Tの方向に見た場合に、ロボットアーム12の先端部と2つの基準側部とが重なりにくくなる。その結果、対象ワークWの角を収容スペースの角に合わせて対象ワークWをプレースし易くなる。

[0107] さらに、位置候補は、対象ワークWの実際の大きさを所定のマージンだけ拡大された、対象ワークWの大きさに基づいて探索される。そのため、最終的に決定されたプレース目標位置は、対象ワークWが変位可能なマージンを有する。プレース動作では、ロボットアーム12及びハンド14は、対象ワークWをプレース目標位置まで移動させた後、対象ワークWを横移動させて、収容スペースの角を形成する他の物体に対象ワークWを接触させる。これにより、対象ワークWの角を収容スペースの角に適切に合わせることができる。

[0108] 《その他の実施形態》

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能であ

る。また、前記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせ、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、前記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

[0109] 例えば、主制御装置 3 が組み込まれたロボットシステム 100 は、対象ワーク W を第 1 コンテナ 91 から第 2 コンテナ 92 へ移送するものに限定されない。例えば、ロボット 1 は、デバンニングを実行するものであってもよい。対象ワーク W の収容先は、第 2 コンテナ 92 に限定されない。例えば、対象ワーク W の収容先は、コンベア、棚又はパレット等であってもよい。

[0110] ロボットアーム 12 は、垂直多関節型のロボットアームに限定されない。ロボットアーム 12 は、水平多関節型、パラレルリンク型、直角座標型、又は極座標型のロボットアーム等であってもよい。

[0111] 吸着器 15 は、ロボットアーム 12 に対して基準軸 T 回りに回転しなくてもよい。吸着器 15 は、基準軸 T 回りに回転不能であっても、ロボットアーム 12 の基準軸 T を中心とする半径方向にオフセットした位置に配置、即ち、基準軸 T に対して偏心した位置に配置されていればよい。吸着器 15 は、負圧ではなく、磁力等によってワークを吸着してもよい。

[0112] カメラ 51 は、第 1 カメラ 51A 及び第 2 カメラ 51B を含んでいなくてもよい。1つのカメラ 51 が第 1 コンテナ 91 内の画像と第 2 コンテナ 92 内の画像とを取得してもよい。カメラ 51 は、固定的に配置されたものではなく、ロボットアーム 12 に取り付けられ、ロボットアーム 12 によって移動させられてもよい。

[0113] ロボットシステム 100 は、カメラ 51 を備えていなくてもよい。その場合、外部から主制御装置 3 に画像が入力されてもよい。画像の取得方法は問わない。外部から入力された画像は、メモリ 33 に記憶されてもよいし、記

憶器 3 2 に記憶されてもよい。

[0114] 尚、ピックアップされる対象ワークは、バラ積みされてなく、整列されていてもよい。対象ワークは、直方体のワークに限定されない。例えば、対象ワークは、略三角柱の形状を有していてもよい。対象ワークは、肥料、石灰、砂利等の粉体又は粒体が詰められた袋であってもよい。

[0115] ワーク検出器 4 1、位置姿勢決定器 4 2、動作制御器 4 4 及び撮影制御器 4 5 の処理は、一例に過ぎない。例えば、ワーク検出器 4 1 は、様々な手法によって画像から対象面 S を検出し得る。位置姿勢決定器 4 2 は、様々な手法によってハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定し得る。

[0116] 対象ワークの基準側部は、平面に限定されない。対象ワークが袋状のワークの場合、吸着器 1 5 が接触する吸着面に対して側方を向く部分が、基準側部になり得る。

[0117] また、位置姿勢決定器 4 2 は、対象ワークを直方体に近似して、近似直方体のうちの一の面を吸着面として、吸着面に対して側面となる面を基準側部としてもよい。例えば、位置姿勢決定器 4 2 は、対象ワークを、O B B (Oriented Bounding Box) によって近似してもよい。

[0118] 位置姿勢決定器 4 2 は、プレース位置計画の後に吸着位置計画を実行してもよい。この場合、位置姿勢決定器 4 2 は、先に決定されるプレース目標位置に基づいて、ピックアップ時のハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定することができる。例えば、収容スペースの角に対応する位置がプレース目標位置の場合、角を形成する 2 つの側面に接触する、対象ワーク W の 2 つの側部が予め決められる。位置姿勢決定器 4 2 は、その 2 つの側部を基準側部としてハンド 1 4 の相対位置姿勢を決定する。

[0119] 位置姿勢決定器 4 2 は、ハンド 1 4 の相対位置姿勢の候補を作成する際に、基準軸 T の方向に見た場合に対象ワーク W の基準側部とハンド 1 4 とが重なるハンド 1 4 の相対位置姿勢、又は、基準軸 T の方向に見た場合に吸着器 1 5 のオフセット方向が基準側部と平行となるハンド 1 4 の相対位置姿勢を候補として作成しなくてもよい。つまり、位置姿勢決定器 4 2 は、基準軸 T

の方向に見た場合に対象ワークWのうち基準側部とハンド14とが重ならず且つ、基準軸Tに対する吸着器15のオフセット方向が基準側部と非平行となるハンド14の相対位置姿勢のみを候補として作成してもよい。

[0120] さらに、位置姿勢決定器42によるハンド14の相対位置姿勢の決定は、好ましい一例に過ぎず、基準軸Tの方向に見た場合に対象ワークWの基準側部とハンド14とが重なる、又は、基準軸Tの方向に見た場合に吸着器15のオフセット方向が基準側部と平行となってもよい。

[0121] 探索器47、評価器48又は決定器49の処理は、一例に過ぎない。例えば、探索器47は、複数の位置候補の絞り込みを行う場合、複数の位置候補を段階的に絞り込んでもよい。前述の如く、角に対応する位置候補に絞り込んでプレース目標位置が決定できなかった場合、残りの位置候補を、収容スペース内の側面に接触する位置候補に絞り込んでもよい。あるいは、探索器47は、複数の位置候補を角に対応する位置候補及び側面に接触する位置候補の両方で1度に絞り込んでもよい。探索器47は、複数の位置候補の絞り込みを行わなくてもよい。

[0122] 探索器47は、位置候補を探索するときに、対象ワークWの実際の大きさに所定のマージンを加えているが、これに限定されない。探索器47は、対象ワークWの実際の大きさを用いて、位置候補を探索してもよい。

[0123] 評価器48は、空きスペースにプレースできる仮想ワークW_iの収容数に関するパラメータを評価値として算出してもよい。つまり、評価器48は、空きスペース内での仮想ワークW_iの配置を調節して、空きスペースに収容できる仮想ワークW_iの最大個数を複数種類の仮想ワークW_iのそれぞれについて求めてもよい。評価器48は、各仮想ワークW_iの最大個数に対応するスコアを乗じて各仮想ワークW_iの合計スコアを算出し、それらの合計を評価値としてもよい。

[0124] 仮想ワークW_iは、複数種類の仮想ワークW_iを含んでいなくてもよい。つまり、評価器48は、単一種類の仮想ワークW_iを用いて評価値を算出してもよい。

- [0125] 仮想ワークW_iが複数種類の仮想ワークW_iを含む場合、種類の数、5に限定されない。種類の数、2、3、4でもよく、6以上であってもよい。
- [0126] 仮想ワークW_iの二次元形状は、正方形に限定されない。例えば、将来のワークの形状が既知の場合には、仮想ワークW_iの二次元形状は既知のワーク形状であってもよい。
- [0127] 複数種類の仮想ワークW_iのそれぞれに割り当てられた、前述のスコアは、一例に過ぎない。評価値は、任意に設定され得る。評価が高いほど値が小さくなるように、評価値が設定されてもよい。複数種類の仮想ワークW_iのそれぞれに異なるスコアが割り当てられる場合、例えば、実際の頻度が高いと想定される仮想ワークW_iほど高いスコアが割り当てられてもよい。
- [0128] 制御装置は、主制御装置3のような単一の装置でなくてもよい。制御装置は、分離された複数の装置を含んでいてもよい。例えば、ワーク検出器41と位置姿勢決定器42と動作制御器44とは、別々の装置によってそれぞれ実現されてもよい。
- [0129] フローチャートは、一例に過ぎない。フローチャートにおけるステップを適宜、変更、置き換え、付加、省略等を行ってもよい。また、フローチャートにおけるステップの順番を変更したり、直列的な処理を並列的に処理したりしてもよい。例えば、図12のステップS105の第2コンテナ92内の撮影及びステップS106のプレース位置計画は、プレース動作の前であればいつ実行されてもよい。具体的には、第2コンテナ92内の撮影及びプレース位置計画は、吸着位置計画等に先立って又は並行して実行されてもよい。
- [0130] 本明細書中に記載されている構成要素により実現される機能は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、汎用プロセッサ、特定用途プロセッサ、集積回路、ASICs (Application Specific Integrated Circuits)、CPU (a Central Processing Unit)、従来型の回路、及び／又は

それらの組合せを含む、回路 (c i r c u i t r y) 又は演算回路 (p r o c e s s i n g c i r c u i t r y) において実装されてもよい。プロセッサは、トランジスタ及びその他の回路を含み、回路又は演算回路とみなされる。プロセッサは、メモリに格納されたプログラムを実行する、プログラマブルプロセッサ (p r o g r a m m e d p r o c e s s o r) であってもよい。

[0131] 本明細書において、回路 (c i r c u i t r y)、ユニット、手段は、記載された機能を実現するようにプログラムされたハードウェア、又は実行するハードウェアである。当該ハードウェアは、本明細書に開示されているあらゆるハードウェア、又は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、又は、実行するものとして知られているあらゆるハードウェアであってもよい。

[0132] 当該ハードウェアが回路 (c i r c u i t r y) のタイプであるとみなされるプロセッサである場合、当該回路、手段、又はユニットは、ハードウェアと、当該ハードウェア及び又はプロセッサを構成する為に用いられるソフトウェアの組合せである。

[0133] 本開示の技術をまとめると以下になる。

[0134] [1] 主制御装置3(制御装置)は、収容スペースにおける対象ワークWのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索する探索器47と、複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出する評価器48と、複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定する決定器49とを備え、前記評価器48は、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークWがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出する。

[0135] この構成によれば、プレース目標位置は、対象ワークWがプレースされた後の空きスペースに基づいて決定される。これにより、対象ワークWがプレースされた後に後続するワークをさらにプレースすることも考慮して、プレース目標位置が決定され得る。その結果、今回の対象ワークWだけでなく、

次回以降のワークを含む複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

[0136] [2] [1]に記載の主制御装置3において、前記評価値は、前記空きスペースへの仮想ワーク W_i の収容効率を示すパラメータである。

[0137] この構成によれば、プレース目標位置は、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースへの仮想ワーク W_i の収容効率に基づいて決定される。これにより、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースへ仮想ワーク W_i をいかに効率よくプレースできるかを考慮してプレース目標位置が決定され得る。その結果、今後プレースされる複数のワークの収容効率を向上させることができる。

[0138] [3] [1]又は[2]に記載の主制御装置3において、前記評価値は、前記空きスペースにプレースできる仮想ワーク W_i の収容数又は前記空きスペースに仮想ワーク W_i をプレースできる位置の候補数に関連するパラメータである。

[0139] この構成によれば、プレース目標位置は、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースへの仮想ワーク W_i の収容量に基づいて決定される。つまり、仮想ワーク W_i の収容数は、仮想ワーク W_i の収容量を直接的に示す。仮想ワーク W_i をプレースできる位置の候補数は、仮想ワーク W_i の収容量に関連している。これにより、対象ワーク W がプレースされた後の空きスペースへいかに多くの仮想ワーク W_i をプレースできるかを考慮してプレース目標位置が決定され得る。その結果、今後プレースされる複数のワークの収容効率を向上させることができる。

[0140] [4] [1]乃至[3]の何れか1つに記載の主制御装置3において、前記仮想ワーク W_i は、大きさの異なる複数種類の仮想ワークを含み、前記複数種類の仮想ワークには、異なるスコアが割り当てられ、前記評価器48は、前記収容数又は前記候補数と前記スコアに応じて前記評価値を算出する。

[0141] この構成によれば、仮想ワークの大きさの違いを考慮して、空きスペース

への仮想ワークW_iの収容効率が評価される。言い換えると、空きスペースへの仮想ワークW_iの収容効率を評価する際に、仮想ワークの大きさの違いを考慮することができる。その結果、将来的にプレースされるワークの大きさのバリエーションも考慮して、複数のワークの収容効率を向上させることができる。

[0142] [5] [1]乃至[4]の何れか1つに記載の主制御装置3において、前記評価器48は、前記収容スペースの底面のうち露出する部分の上のスペース及び前記収容スペースにおける既存のワークW₀の上面のうち露出する部分の上のスペースを前記空きスペースとして前記評価値を算出する。

[0143] この構成によれば、評価器48は、収容スペースの底面だけでなく、既存ワークW₀の上面の上方のスペースも仮想ワークW_iをプレースするスペースとして評価する。その結果、空きスペースにおける仮想ワークW_iの平面的な収容効率だけでなく、三次元的な収容効率も考慮することができる。

[0144] [6] [1]乃至[5]の何れか1つに記載の主制御装置3において、前記評価器48は、前記対象ワークWと前記既存のワークW₀とが並び、前記対象ワークWの上面及び前記既存のワークW₀の上面とが露出し、且つ、前記対象ワークWの上面と前記既存のワークW₀の上面との高さが揃っている場合に、前記対象ワークWの上面及び前記既存のワークW₀の上面を単一の面として前記評価値を算出する。

[0145] この構成によれば、高さが揃った状態で並ぶ、対象ワークWの上面及び既存ワークW₀の上面は、単一の面として扱われるため、仮想ワークW_iの収容効率の向上に寄与する。既存ワークW₀と高さが揃うように対象ワークWをプレースした方が評価値が高くなる傾向にある。つまり、プレースされた後の対象ワークWの上面に仮想ワークW_iがどれくらいプレースできるかも考慮された上で、プレース目標位置が決定される。その結果、空きスペースにおける仮想ワークW_iの平面的な収容効率だけでなく、三次元的な収容効率もより詳細に考慮される。

[0146] [7] [1]乃至[6]の何れか1つに記載の主制御装置3において、

前記探索器 47 は、前記収容スペースに含まれる角に対応する前記位置候補を探索する。

[0147] この構成によれば、評価値の演算量を低減できる。詳しくは、収容スペースに対象ワークWを収容する際には、角を含むスペースに対象ワークWを詰めて配置することがワークの収容効率の観点で好ましい。結局、空きスペースへの仮想ワークW_iの収容効率が高くなるのは、角を含むスペースに対象ワークWがプレースされた場合であることが多い。プレース目標位置の位置候補を、収容スペースに含まれる角に対応する位置候補を予め絞っておくことによって、可能性の低い位置候補に関する評価値の演算を省略できる。結果として、評価値の演算量を低減できる。

[0148] [8] ロボットシステム100は、ロボットアーム12と前記ロボットアーム12に取り付けられたハンド14とを有するロボット1と、[1]乃至[7]の何れか1つに記載の主制御装置3とを備える。

[0149] この構成によれば、プレース目標位置は、対象ワークWがプレースされた後の空きスペースに基づいて決定される。これにより、対象ワークWがプレースされた後に後続するワークをさらにプレースすることも考慮して、プレース目標位置が決定され得る。その結果、今回の対象ワークWだけでなく、次回以降のワークを含む複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

[0150] [9] ロボットアーム12と前記ロボットアーム12に取り付けられたハンド14とを有するロボット1の制御方法であって、収容スペースにおける対象ワークWのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索することと、複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出することと、複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定することとを含み、前記評価値を算出することは、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークWがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出する。

[0151] この構成によれば、プレース目標位置は、対象ワークWがプレースされた

後の空きスペースに基づいて決定される。これにより、対象ワークWがプレースされた後に後続するワークをさらにプレースすることも考慮して、プレース目標位置が決定され得る。その結果、今回の対象ワークWだけでなく、次回以降のワークを含む複数のワークの適切なプレースを実現することができる。

符号の説明

[0152]	1 0 0	ロボットシステム
	1	ロボット
	1 2	ロボットアーム
	1 4	ハンド
	3	主制御装置（制御装置）
	4 7	探索器
	4 8	評価器
	4 9	決定器
	W	対象ワーク

請求の範囲

- [請求項1] 収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索する探索器と、
複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出する評価器と、
複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定する決定器とを備え、
前記評価器は、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出する制御装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の制御装置において、
前記評価値は、前記空きスペースへの仮想ワークの収容効率を示すパラメータである制御装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の制御装置において、
前記評価値は、前記空きスペースにプレースできる仮想ワークの収容数又は前記空きスペースに仮想ワークをプレースできる位置の候補数に関連するパラメータである制御装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の制御装置において、
前記仮想ワークは、大きさの異なる複数種類の仮想ワークを含み、
前記複数種類の仮想ワークのそれぞれには、異なるスコアが割り当てられ、
前記評価器は、前記収容数又は前記候補数と前記スコアに応じて前記評価値を算出する制御装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の制御装置において、
前記評価器は、前記収容スペースの底面のうち露出する部分の上のスペース及び前記収容スペースにおける既存のワークの上面のうち露出する部分の上のスペースを前記空きスペースとして前記評価値を算出する制御装置。
- [請求項6] 請求項5に記載の制御装置において、

前記評価器は、前記対象ワークと前記既存のワークとが並び、前記対象ワークの上面及び前記既存のワークの上面とが露出し、且つ、前記対象ワークの上面と前記既存のワークの上面との高さが揃っている場合に、前記対象ワークの上面及び前記既存のワークの上面を単一の面として前記評価値を算出する制御装置。

[請求項7]

請求項1に記載の制御装置において、

前記探索器は、前記収容スペースに含まれる角に対応する前記位置候補を探索する制御装置。

[請求項8]

ロボットアームと前記ロボットアームに取り付けられたハンドとを有するロボットと、

請求項1乃至7の何れか1つに記載の制御装置とを備えるロボットシステム。

[請求項9]

ロボットアームと前記ロボットアームに取り付けられたハンドとを有するロボットの制御方法であって、

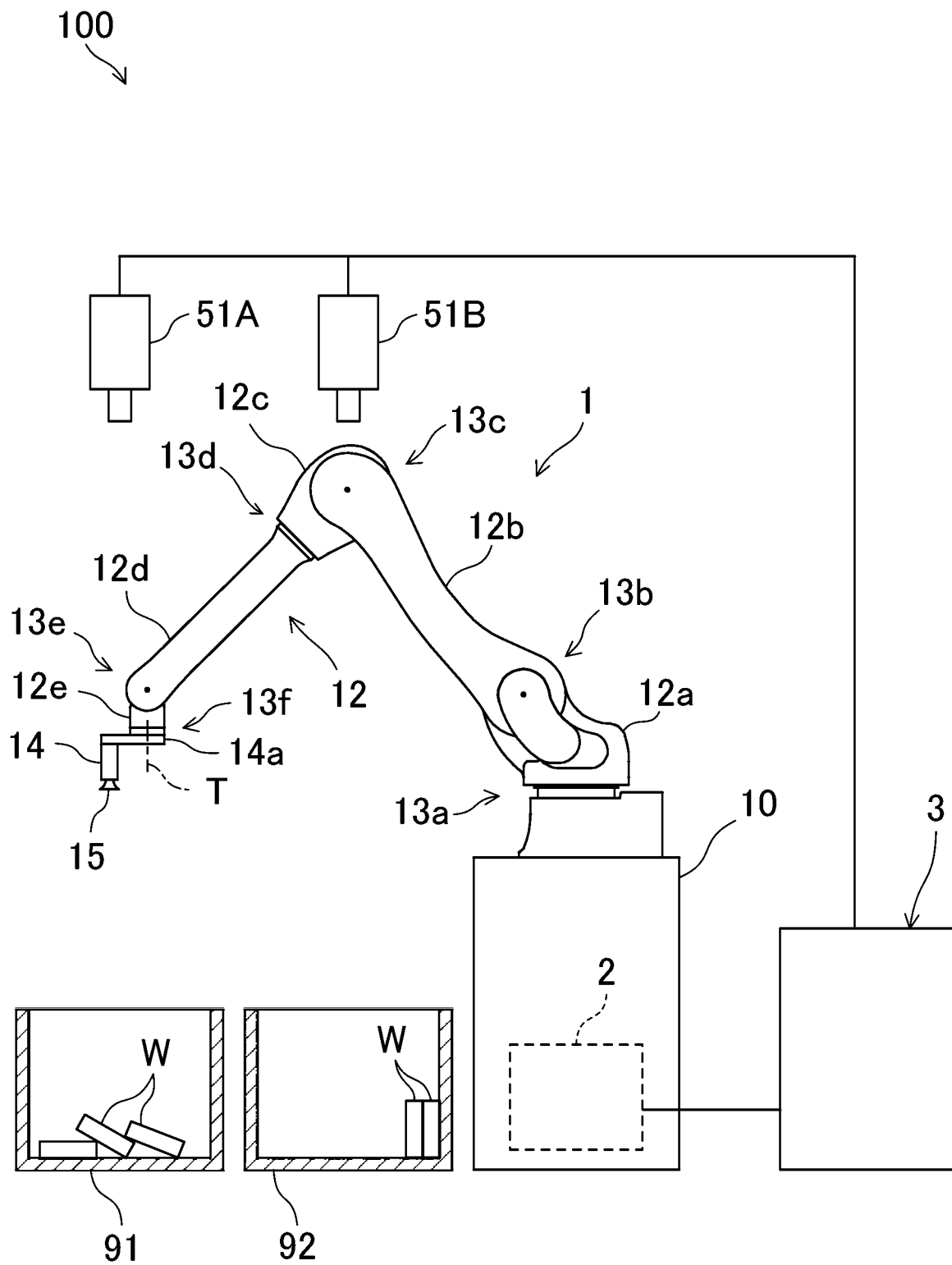
収容スペースにおける対象ワークのプレース目標位置の候補である複数の位置候補を探索することと、

複数の前記位置候補のそれぞれの評価値を算出することと、

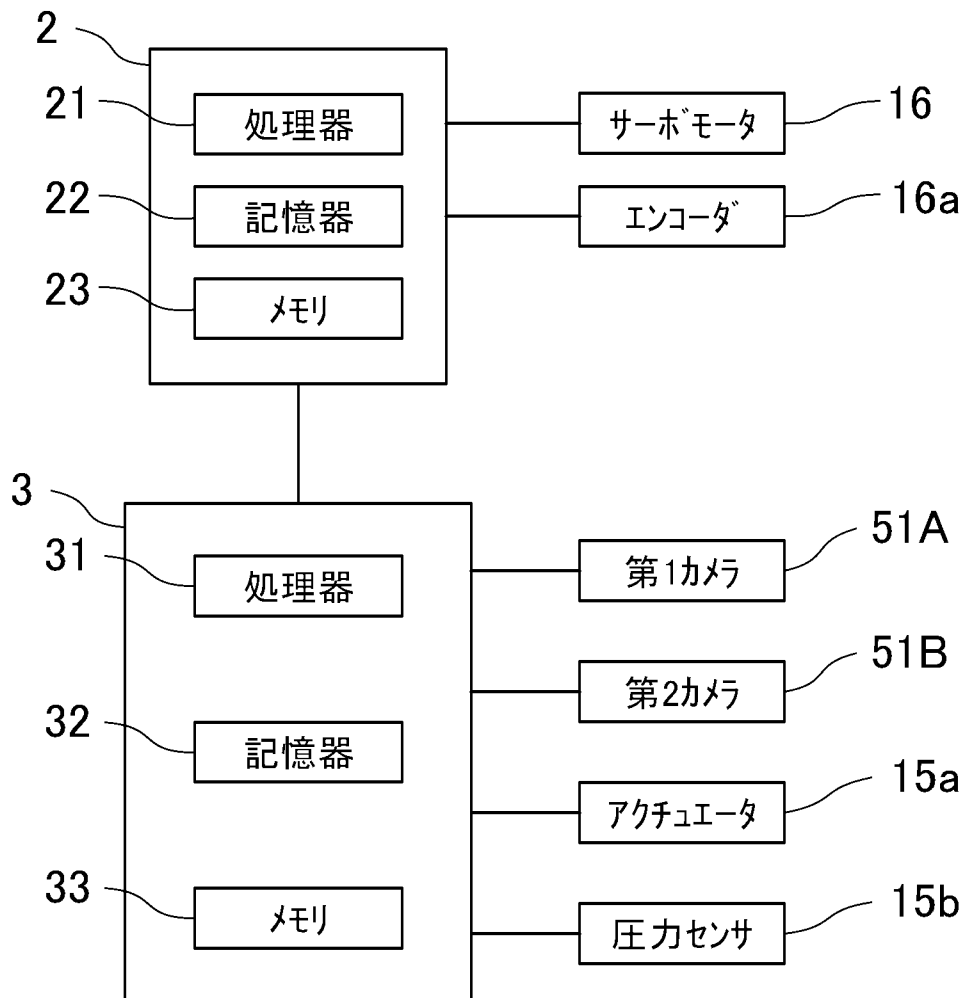
複数の前記位置候補の中から前記評価値に基づいて前記プレース目標位置を決定することとを含み、

前記評価値を算出することは、それぞれの前記位置候補に前記対象ワークがプレースされた後の前記収容スペース内の空きスペースに基づいて前記評価値を算出するロボットの制御方法。

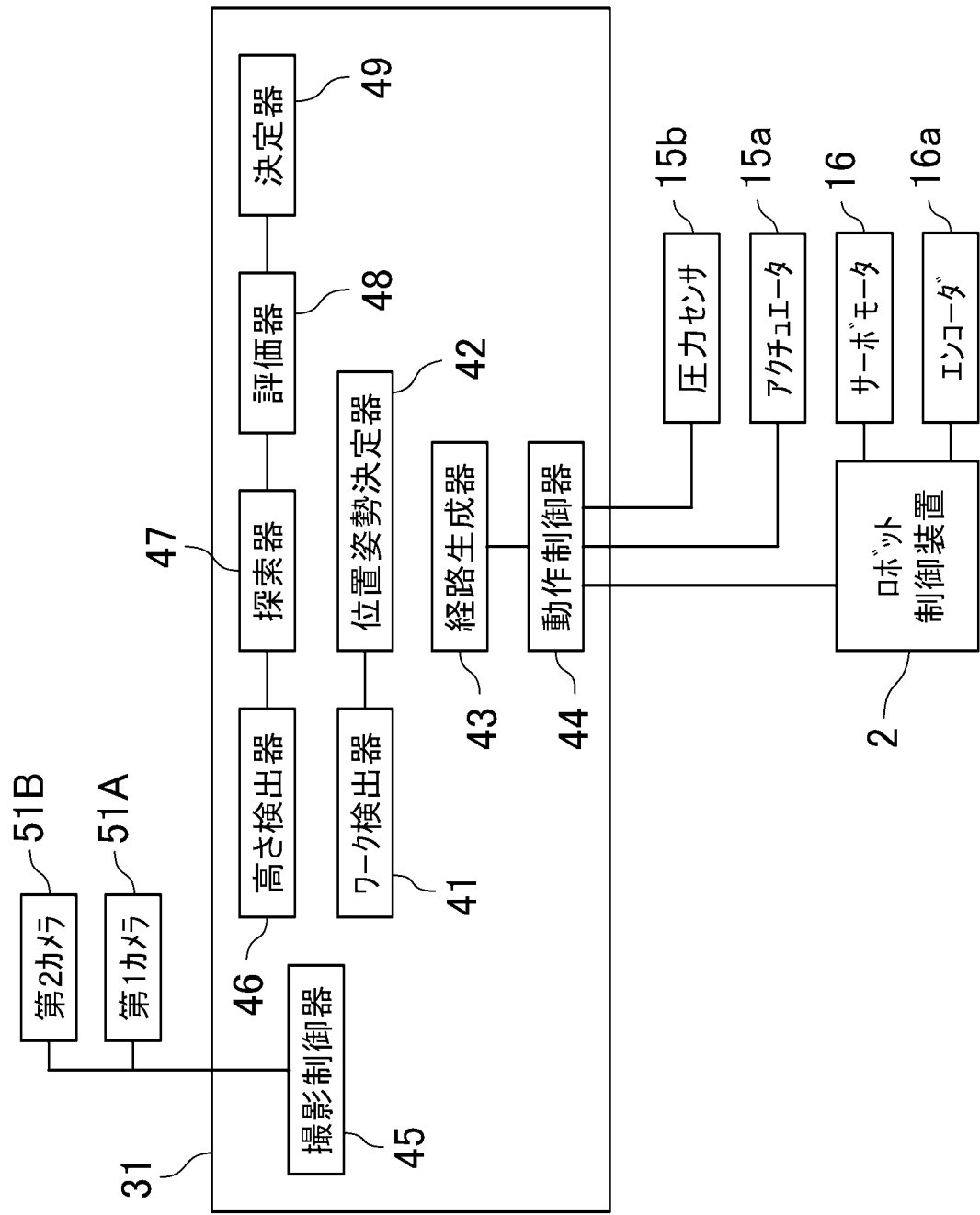
[図1]



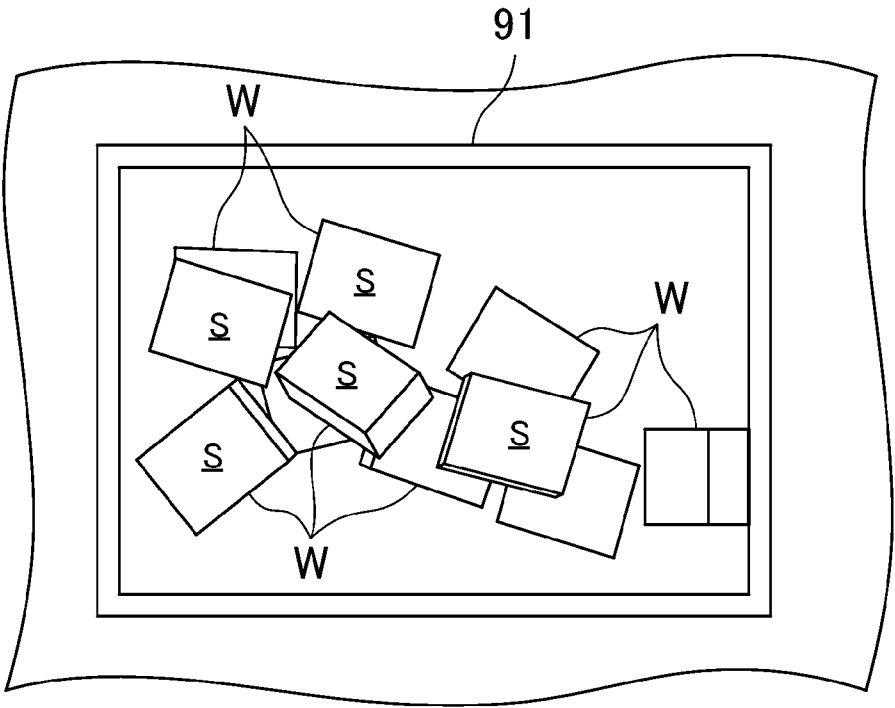
[図2]



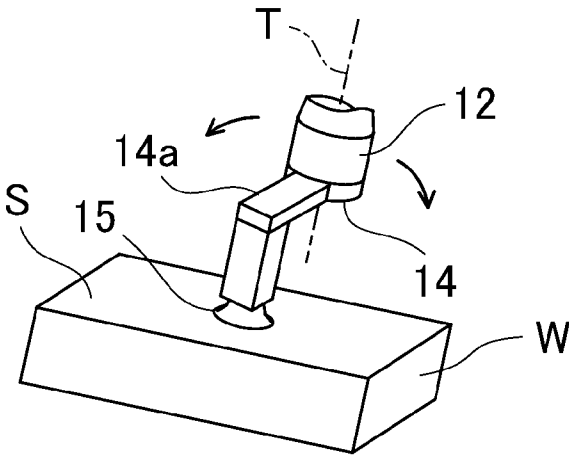
[図3]



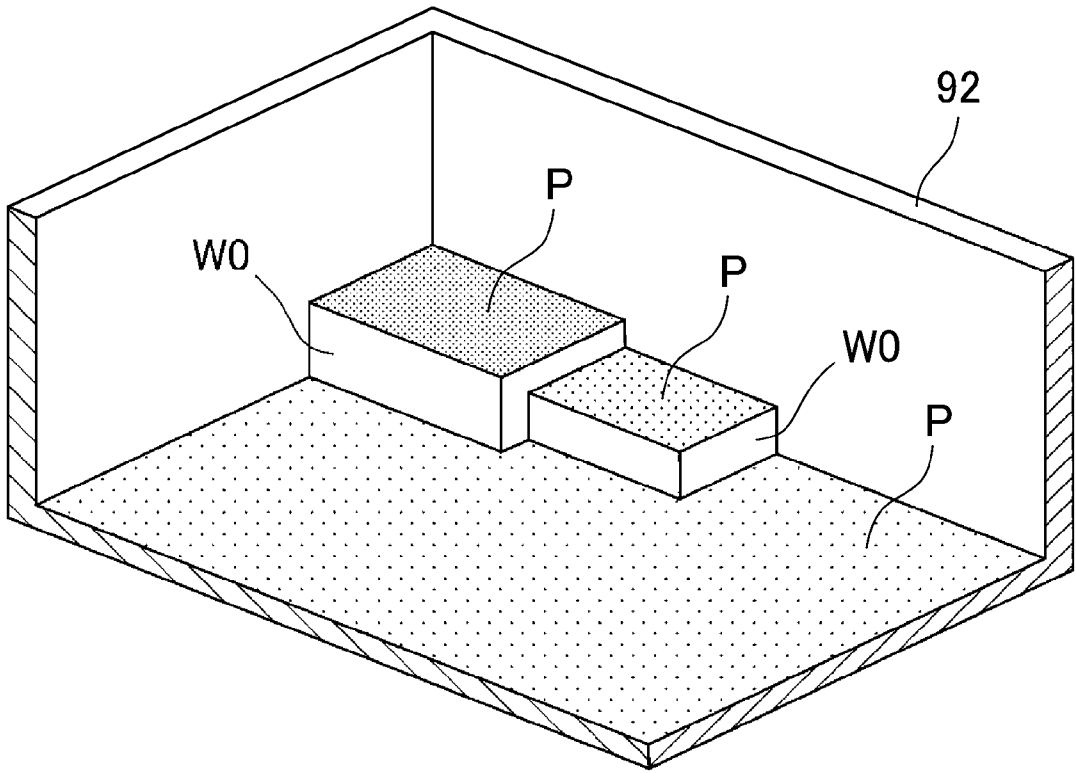
[図4]



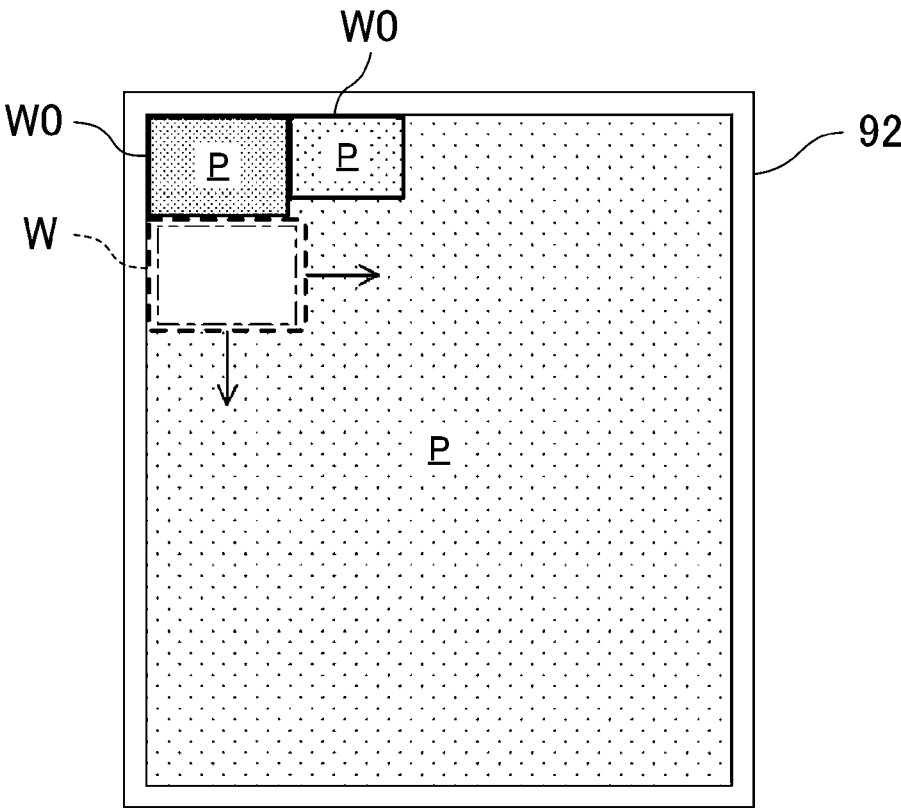
[図5]



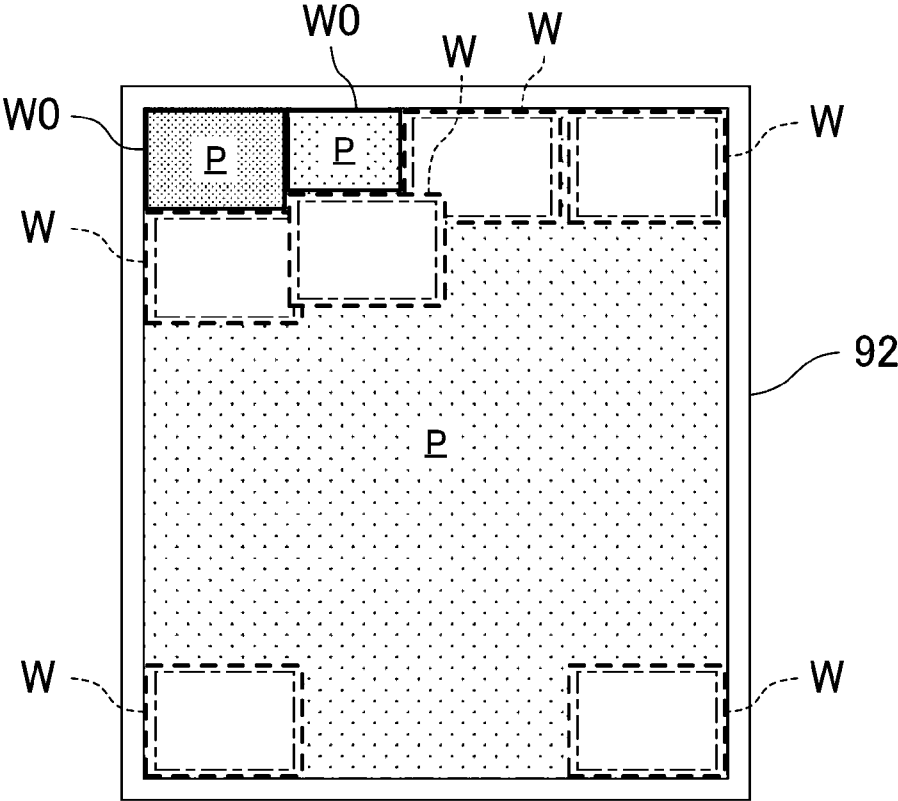
[図6]



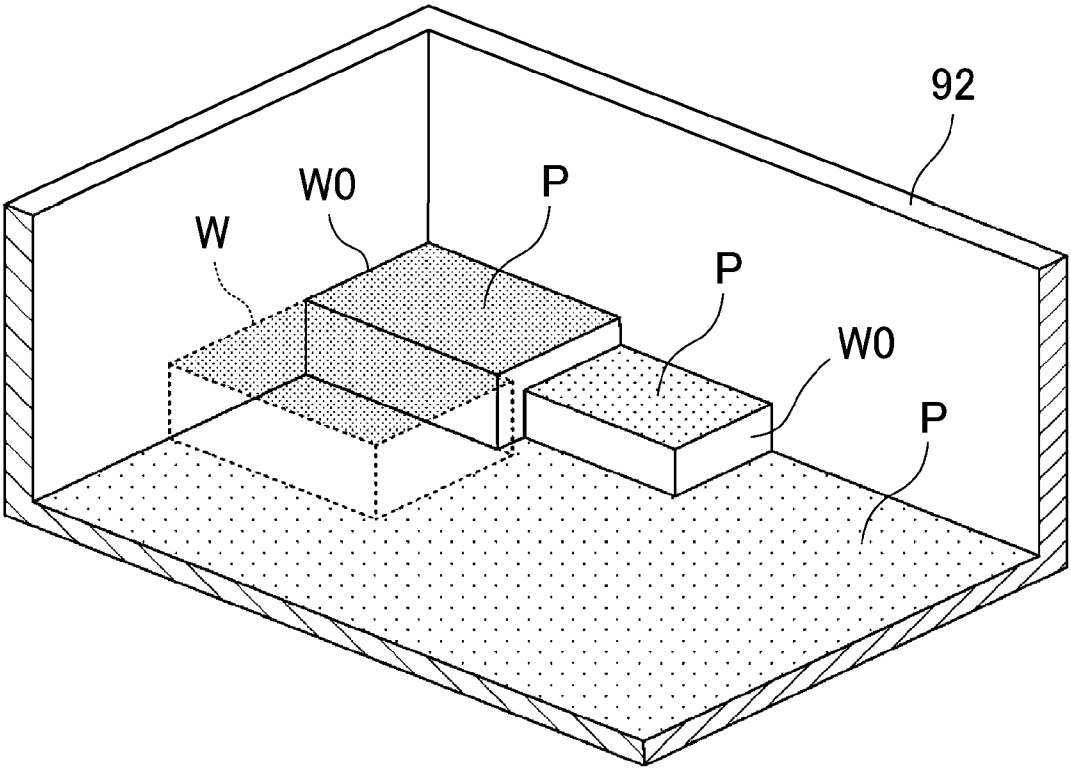
[図7]



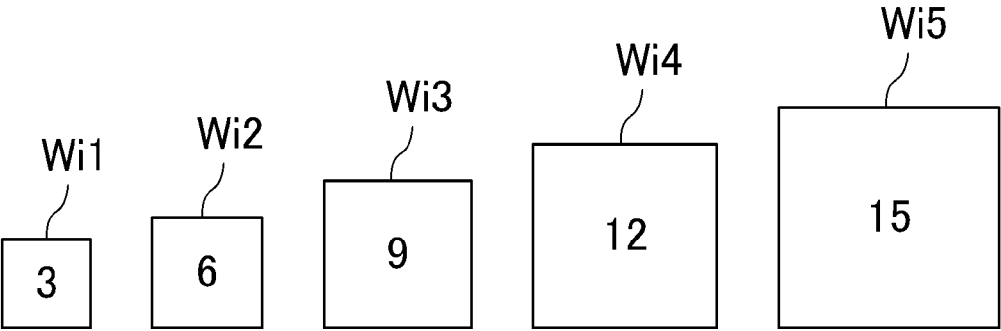
[図8]



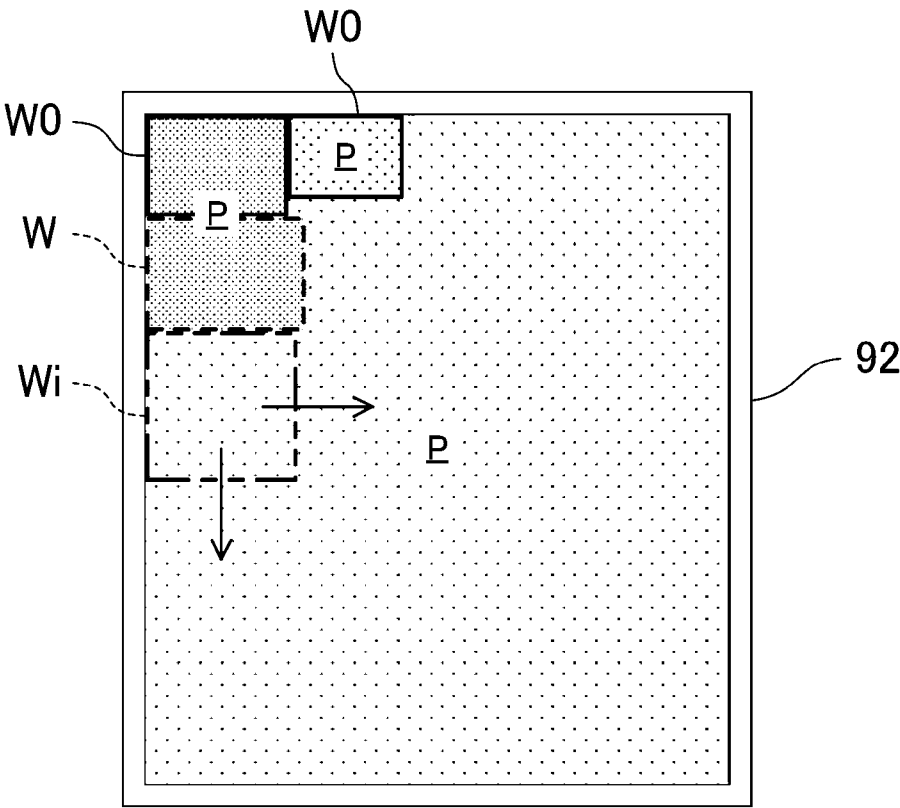
[図9]



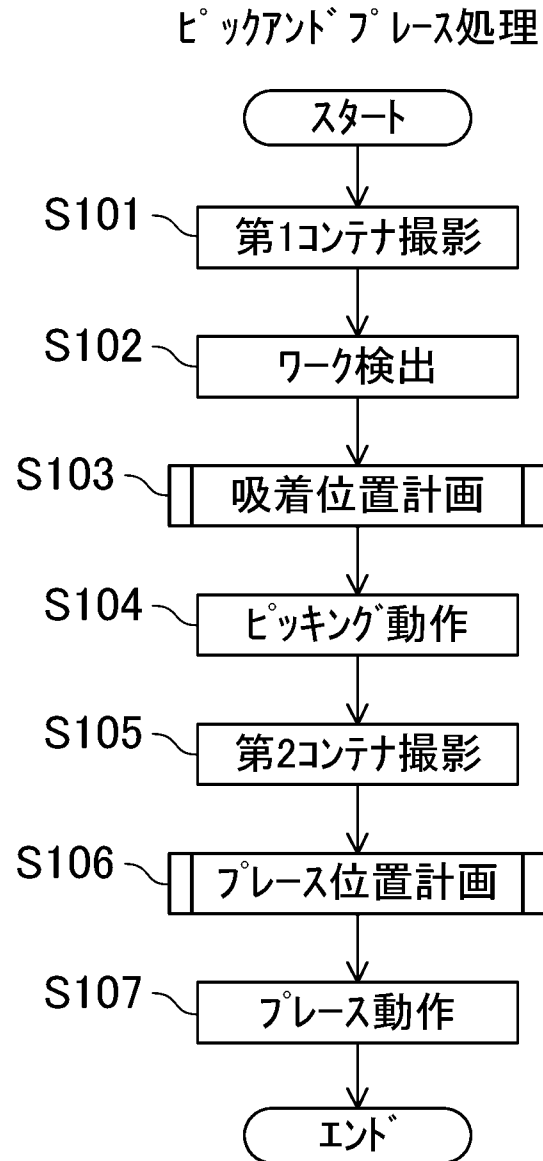
[図10]



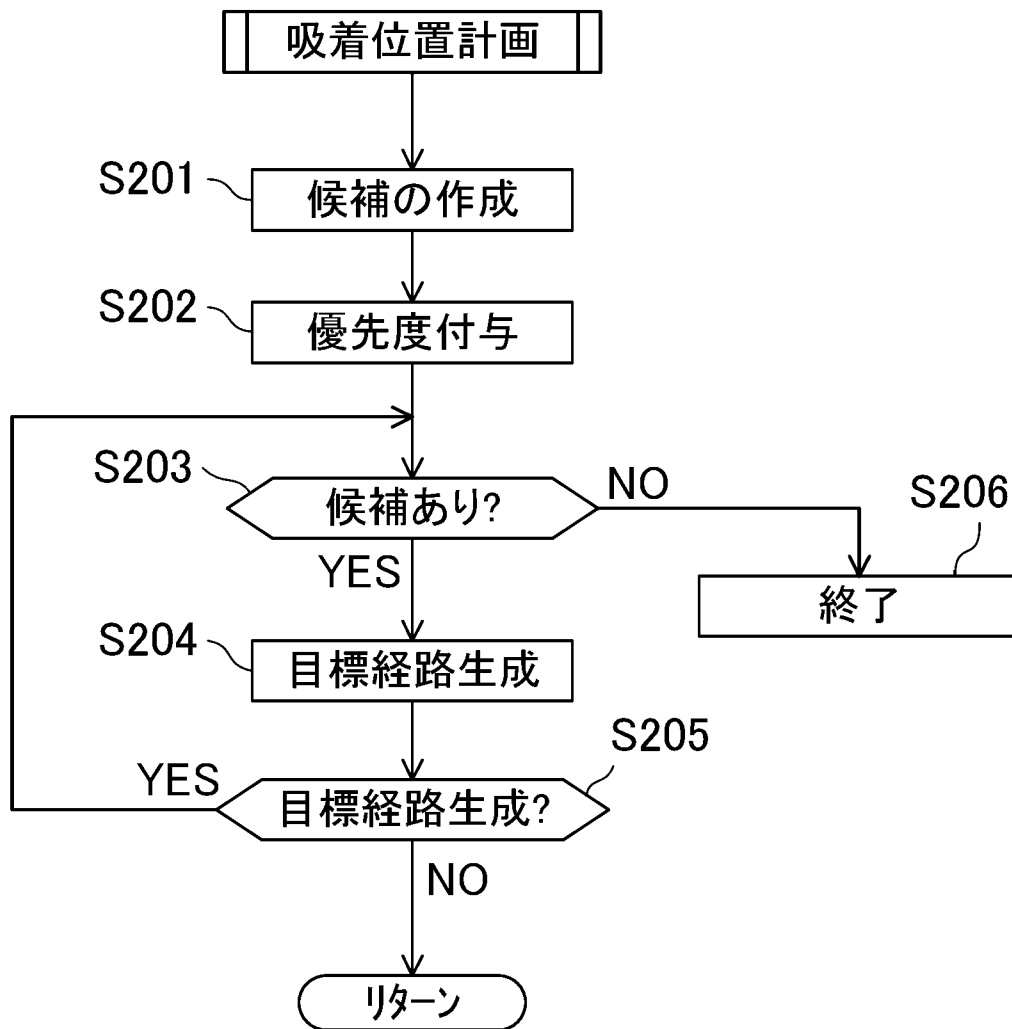
[図11]



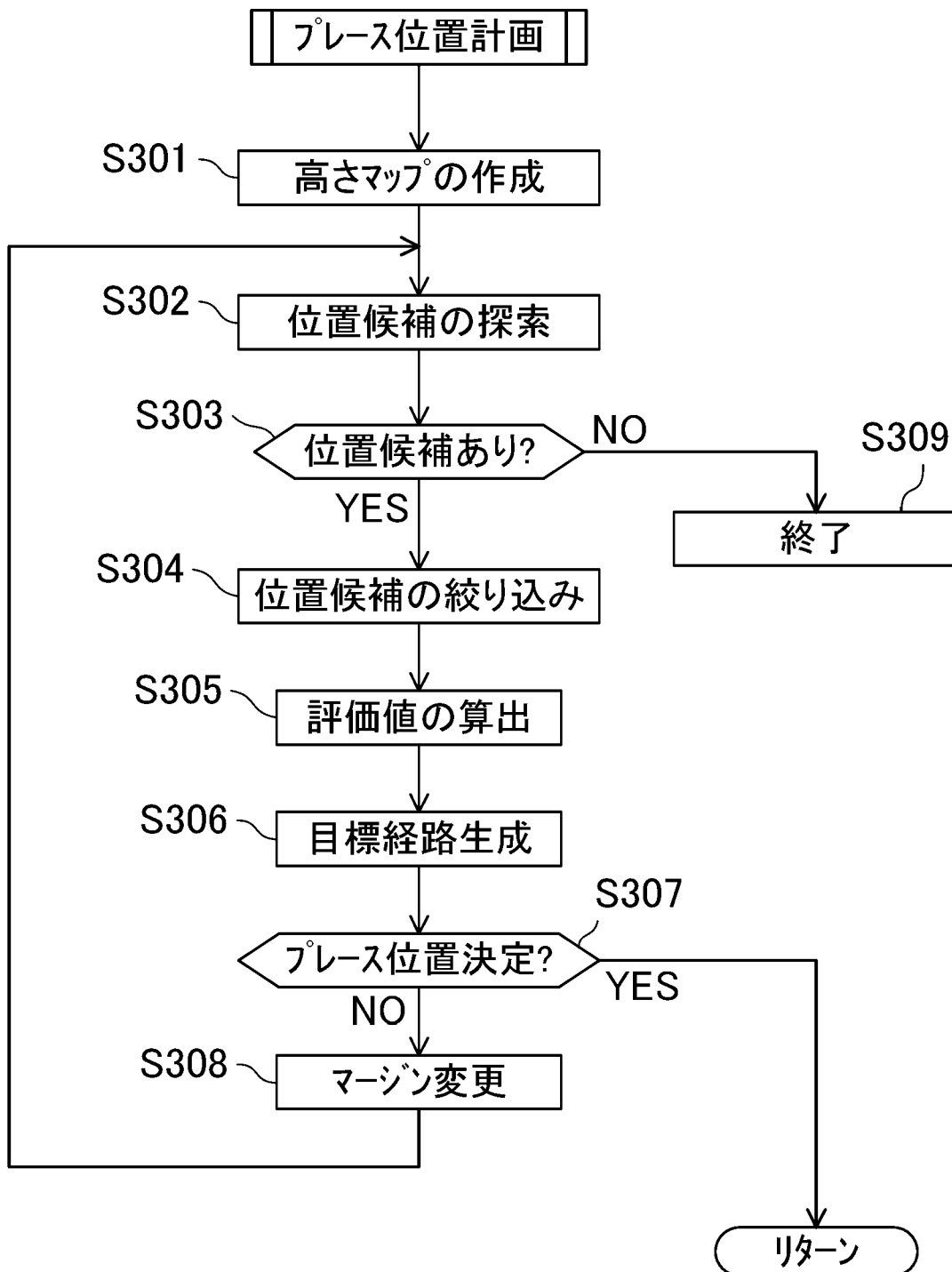
[図12]



[図13]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/020185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 13/00**(2006.01)i

FI: B25J13/00 Z

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)

B25J13/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
X	JP 2020-196611 A (MUJIN, INC.) 10 December 2020 (2020-12-10) paragraphs [0049]-[0066]	1-9
A	CN 113183156 A (GUANGDONG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 30 July 2021 (2021-07-30)	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 July 2023

Date of mailing of the international search report

25 July 2023

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/JP2023/020185

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-196611	A	10 December 2020	US 10647528 B1 column 12, line 49 to column 17, line 8 DE 102019130923 A1 CN 112009923 A KR 10-2020-0138075 A	
CN	113183156	A	30 July 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/00(2006.01)i FI: B25J13/00 Z		
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）） B25J13/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
X	JP 2020-196611 A (株式会社MUJIN) 10.12.2020 (2020-12-10) [0049]-[0066]	1-9
A	CN 113183156 A (UNIV GUANGDONG TECHNOLOGY) 30.07.2021 (2021-07-30)	1-9
☐ 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 “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 10.07.2023	国際調査報告の発送日 25.07.2023	
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） 牧 初 3U 9064 電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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/JP2023/020185

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-196611	A	10.12.2020	US 10647528 B1 第12欄第49行-第17欄第8行 DE 102019130923 A1 CN 112009923 A KR 10-2020-0138075 A	
CN	113183156	A	30.07.2021	(ファミリーなし)	