

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-160363

(P2022-160363A)

(43)公開日 令和4年10月19日(2022.10.19)

(51)国際特許分類

B 2 5 J 13/08 (2006.01)

F I

B 2 5 J 13/08

A

テーマコード(参考)

3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全30頁)

(21)出願番号 特願2022-33167(P2022-33167)

(22)出願日 令和4年3月4日(2022.3.4)

(31)優先権主張番号 特願2021-64754(P2021-64754)

(32)優先日 令和3年4月6日(2021.4.6)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74)代理人 110003133

特許業務法人近島国際特許事務所

(72)発明者 小田 明裕

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

キャノン株式会社内

(72)発明者 松本 大志

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

キャノン株式会社内

(72)発明者 工藤 雄一郎

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

キャノン株式会社内

Fターム(参考) 3C707 AS04 BS10 KS03 KS04

最終頁に続く

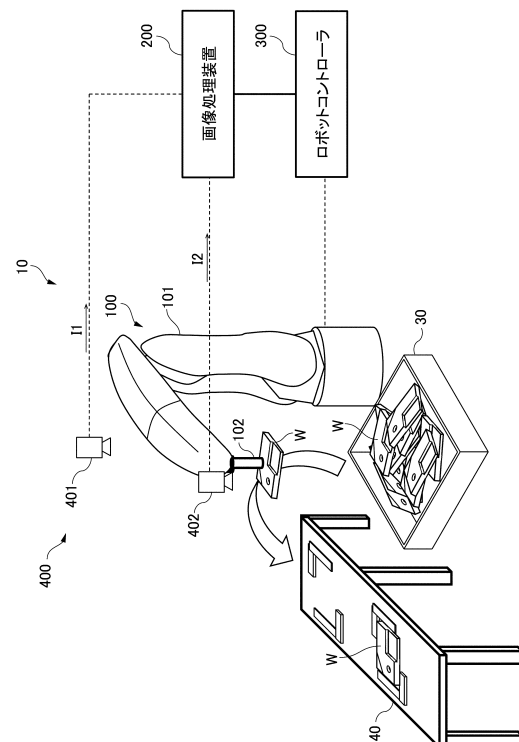
(54)【発明の名称】 ロボットシステム、制御方法、画像処理装置、画像処理方法、物品の製造方法、プログラム、及び記録媒体

(57)【要約】

【課題】ワークの認識に関する画像処理に要する時間を短縮することを目的とする。

【解決手段】ロボットシステムは、ロボットと、撮像装置と、前記撮像装置によって取得された、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも1つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び/又は姿勢の情報を取得する画像処理部と、前記所定対象物の位置及び/又は姿勢の情報に基づき前記ロボットに前記所定対象物を保持させるよう前記ロボットを制御する制御部と、を備える。

【選択図】図1



10

20

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロボットと、
撮像装置と、

前記撮像装置によって取得された、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも 1 つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得する画像処理部と、

前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報に基づき前記ロボットに前記所定対象物を保持させるよう前記ロボットを制御する制御部と、を備える、

ことを特徴とするロボットシステム。

10

【請求項 2】

前記画像処理部は、前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得するのに用いる、前記所定対象物の形状を示すモデルの姿勢を、前記所定姿勢に基づいて決める、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記画像処理部は、機械学習済みの学習済みモデルを用いて、前記領域を特定する、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記所定姿勢は、前記所定対象物の第 1 面が撮像される第 1 姿勢、または前記所定対象物の前記第 1 面と異なる第 2 面が撮像される第 2 姿勢である、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

20

【請求項 5】

前記画像処理部は、対象物の第 1 面が撮像された画像、及び / 又は対象物の前記第 1 面と異なる第 2 面が撮像された画像を用いて、前記学習済みモデルを取得する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記画像処理部は、前記領域を表示装置に表示する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記画像処理部は、前記所定対象物の状態に関する情報を表示装置に表示する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

30

【請求項 8】

前記画像処理部は、2 つ以上の前記領域を特定し、前記 2 つ以上の領域に対応する所定対象物について優先順位を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 9】

前記画像処理部は、前記優先順位を表示装置に表示する、

ことを特徴とする請求項 8 に記載のロボットシステム。

【請求項 10】

前記画像処理部は、前記 2 つ以上の領域に対応する前記所定対象物について、複数の因子を用いて前記優先順位を取得する、

ことを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のロボットシステム。

40

【請求項 11】

前記複数の因子のうちの 1 つは、過去に前記ロボットに対象物を保持させようとした際の成功率である、

ことを特徴とする請求項 10 に記載のロボットシステム。

【請求項 12】

前記複数の因子は、前記所定対象物の露出度、前記所定対象物の散在度、及びばら積み状態の前記所定対象物の高さ、のうちの少なくとも 1 つを含む、

ことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載のロボットシステム。

50

【請求項 1 3】

前記画像処理部は、前記領域にパターンマッチングを行うことで前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 1 4】

前記画像処理部は、前記領域において前記パターンマッチングを行い、前記領域以外は前記パターンマッチングを行わない、

ことを特徴とする請求項 1 3 に記載のロボットシステム。

【請求項 1 5】

前記制御部は、前記複数の対象物のうち前記領域に対応する前記所定対象物から前記ロボットに保持させる、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 4 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 1 6】

前記撮像装置は、前記複数の対象物を撮像可能な第 1 撮像ユニットと、前記第 1 撮像ユニットよりも狭域を撮像可能な第 2 撮像ユニットと、を有し、

前記画像処理部は、前記第 1 撮像ユニットにより前記複数の対象物を撮像させて前記領域を特定し、前記第 2 撮像ユニットにより前記領域における前記所定対象物を撮像させた画像に基づいて前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 1 7】

前記画像処理部は、前記第 2 撮像ユニットに前記所定対象物を撮像させた画像にパターンマッチングを行うことで前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 6 に記載のロボットシステム。

【請求項 1 8】

前記第 2 撮像ユニットは、前記ロボットに設けられている、

ことを特徴とする請求項 1 6 又は 1 7 に記載のロボットシステム。

【請求項 1 9】

前記画像処理部は、前記領域を前記所定対象物の輪郭に基づき特定する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 2 0】

前記所定対象物には、前記ロボットによって保持するための複数の保持位置が設定されており、

前記画像処理部は、前記所定対象物の状態に基づき、前記複数の保持位置の優先順位を取得する、

ことを特徴とする請求項 1 9 に記載のロボットシステム。

【請求項 2 1】

前記画像処理部は、前記複数の保持位置の優先順位を、ばら積み状態における前記所定対象物の前記複数の保持位置の各々の高さ、前記所定対象物の重心、及び前記ロボットが前記所定対象物の前記複数の保持位置の各々へアプローチするのに要する時間、のうち少なくとも 1 つに基づき取得する、

ことを特徴とする請求項 2 0 に記載のロボットシステム。

【請求項 2 2】

前記所定対象物には、前記ロボットによって保持するための複数の保持位置が設定されており、

前記画像処理部は、前記複数の保持位置のうち、前記所定対象物を保持する際に前記所定対象物以外の対象物と前記ロボットが干渉する保持位置を特定する、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 2 3】

前記画像処理部は、前記ロボットが前記所定対象物以外の前記対象物と干渉するかどうかを、前記所定対象物の高さおよび前記所定対象物以外の前記対象物の高さ、及び / 又は

10

20

30

40

50

前記所定対象物の輪郭および前記所定対象物以外の前記対象物の輪郭に基づき判定する、
ことを特徴とする請求項 2 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 2 4】

ロボットと、撮像装置と、を有するロボットシステムの制御方法であって、
画像処理部が、前記撮像装置によって取得された、複数の対象物が撮像された画像にお
いて所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも 1 つの領域を特定し、前
記領域における前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取得し、

制御部が、前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報に基づき前記ロボットに前記対
象物を保持させるよう前記ロボットを制御する、
ことを特徴とする制御方法。

10

【請求項 2 5】

複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在してい
る少なくとも 1 つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び / 又は姿
勢の情報を取得する画像処理部を備える、

ことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2 6】

画像処理部が、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象
物が存在している少なくとも 1 つの領域を特定し、

前記画像処理部が、前記領域における前記所定対象物の位置及び / 又は姿勢の情報を取
得する、

20

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2 7】

請求項 1 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシステムを用いて物品を製造するこ
とを特徴とする物品の製造方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 4 に記載の制御方法を、コンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 2 9】

請求項 2 6 に記載の画像処理方法を、コンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 3 0】

請求項 2 8 又は 2 9 に記載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
能な記録媒体。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、画像処理に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

工場では、ワークを所定位置に整頓するキッティング作業や、ワークを別のワークに嵌
合又は挿入して、物品を組み立てるアセンブリ作業などが行われている。これらの作業に
おいては、産業用ロボットが活用され、工場の自動化が実施されている。このような作業
において、ばら積みされた複数のワークの中からワークを 1 つずつ取り出すピッキング作
業がある。

40

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、ばら積みされた複数のワークをカメラによって撮像し、撮像画像と、
事前に取得しておいた教示モデルとを照合するパターンマッチングといった画像処理を行
うことが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 2 9 3 6 9 5 号公報

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、従来の方法では、ワークの認識に関する画像処理に時間がかかっていたため、生産ラインにおける物品の生産性の観点から、ワークの認識に関する画像処理に要する時間の短縮が求められていた。

【0006】

そこで、本発明は、ワークの認識に関する画像処理に要する時間を短縮することを目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明のロボットシステムは、ロボットと、撮像装置と、前記撮像装置によって取得された、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも1つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報を取得する画像処理部と、前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報に基づき前記ロボットに前記所定対象物を保持させるよう前記ロボットを制御する制御部と、を備える、ことを特徴とする。

【0008】

本発明の制御方法は、ロボットと、撮像装置と、を有するロボットシステムの制御方法であって、画像処理部が、前記撮像装置によって取得された、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも1つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報を取得し、制御部が、前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報に基づき前記ロボットに前記対象物を保持させるよう前記ロボットを制御する、ことを特徴とする。

【0009】

本発明の画像処理装置は、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも1つの領域を特定し、前記領域における前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報を取得する画像処理部を備える、ことを特徴とする。

【0010】

本発明の画像処理方法は、画像処理部が、複数の対象物が撮像された画像において所定姿勢となっている所定対象物が存在している少なくとも1つの領域を特定し、前記画像処理部が、前記領域における前記所定対象物の位置及び／又は姿勢の情報を取得する、ことを特徴とする。

【発明の効果】**【0011】**

本発明によれば、ワークの認識に関する画像処理に要する時間を短縮することができる。

【図面の簡単な説明】**【0012】**

【図1】第1実施形態に係るロボットシステムの概略構成を示す説明図である。

【図2】第1実施形態に係る画像処理装置の説明図である。

【図3】第1実施形態に係るロボットシステムにおけるコンピュータシステムのブロック図である。

【図4】(a)は第1実施形態に係るCPUの機能を示すブロック図である。(b)はワークの状態を説明するための模式図である。

【図5】第1実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。

【図6】(a)は第1実施形態に係る画像の一例を示す模式図である。(b)は第1実施形態に係る検出処理を説明するための模式図である。

【図7】(a)は第1実施形態に係るタグ付け作業の説明図である。(b)は第1実施形態に係るタグ付け作業の説明図である。

10

20

30

40

50

【図 8】(a) は第 1 実施形態に係る認識結果の一例を示す模式図である。(b) は第 1 実施形態に係るワークの露出度の計算方法を説明するための模式図である。

【図 9】(a) は第 1 実施形態に係る各候補領域に対応するワークの高さの一例を示すグラフである。(b) は第 1 実施形態に係る優先順位の一例を示すテーブルである。

【図 10】(a) は第 1 実施形態に係るカメラから得られる画像の模式図である。(b) は比較例のパターンマッチング処理を説明するための模式図である。(c) は第 1 実施形態に係るパターンマッチング処理を説明するための模式図である。

【図 11】第 1 実施形態に係るディスプレイの表示の一例を示す図である。

【図 12】第 2 実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。

【図 13】第 3 実施形態に係る CPU の機能を示すブロック図である。

10

【図 14】(a) は第 3 実施形態に係るトリミング処理を説明するための模式図である。

(b) は第 3 実施形態に係る学習済みモデルを説明するための模式図である。

【図 15】第 4 実施形態に係るロボットの制御方法を示すフローチャートである。

【図 16】(a) は第 5 実施形態に係る画像の一例を示す模式図である。(b) は第 5 実施形態に係る検出処理を説明するための模式図である。

【図 17】第 6 実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。

【図 18】第 6 実施形態に係る複数の保持位置候補を示した図である。

【図 19】第 7 実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。

【図 20】(a) ~ (d) は第 7 実施形態に係る 2 つのワークが重なった状態を示した模式図である。

20

【図 21】変形例のロボットハンドとワークとの干渉判定を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための形態を、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0014】

[第 1 実施形態]

図 1 は、第 1 実施形態に係るロボットシステム 10 の概略構成を示す説明図である。ロボットシステム 10 は、ロボット 100 と、画像処理装置 200 と、制御装置の一例であるロボットコントローラ 300 と、撮像装置の一例である撮像システム 400 と、を備える。ロボット 100 は、産業用ロボットであり、生産ラインに配置され、物品の製造に用

30

【0015】

ロボット 100 は、マニピュレータである。ロボット 100 は、例えば架台に固定される。ロボット 100 の周囲には、上部が開口した容器 30 と、載置台 40 とが配置される。容器 30 内には、複数のワーク W がばら積みされる。各ワーク W は、対象物の一例であり、例えば部品である。容器 30 内の複数のワーク W が 1 つずつロボット 100 に保持され、載置台 40 上の所定位置へと搬送される。複数のワーク W は、互いに同一の形状、同一の大きさ、同一の色であり、容器 30 内にランダムに配置される。ワーク W は、平板状の部材であり、表面と裏面とで形状が異なる。

【0016】

40

ロボット 100 とロボットコントローラ 300 とは、通信可能に配線で接続されている。ロボットコントローラ 300 と画像処理装置 200 とは、通信可能に配線で接続されている。撮像システム 400 と画像処理装置 200 とは、通信可能に有線接続又は無線接続されている。

【0017】

ロボット 100 は、ロボットアーム 101 と、エンドエフェクタ、即ち保持機構の一例であるロボットハンド 102 と、を有する。ロボットアーム 101 は、垂直多関節のロボットアームである。ロボットハンド 102 は、ロボットアーム 101 に支持されている。ロボットハンド 102 は、ロボットアーム 101 の所定部位、例えばロボットアーム 101 の先端部に取り付けられている。ロボットハンド 102 は、ワーク W を保持可能に構成

50

されている。なお、保持機構がロボットハンド 102 である場合について説明するが、これに限定するものではなく、例えば保持機構がワークを吸着することによってワークを保持可能な吸着機構であってもよい。第 1 実施形態では、ロボットハンド 102 は、ワーク W を把持可能に構成されている。

【0018】

以上の構成により、ロボットアーム 101 によりロボットハンド 102 を任意の位置に動作させ、ロボット 100 に所望の作業を行わせることができる。例えば、材料としてワーク W と他のワークとを用意しておき、ワーク W を他のワークに組み付ける処理をロボット 100 に行わせることで、成果物として組付けワークを製造することができる。以上によりロボット 100 によって物品を製造することができる。なお、本実施形態ではロボット 100 によるワークの組付けによる物品の製造を例に取り説明したがこれに限られない。例えば、ロボットアーム 101 に切削工具や研磨工具などのツールを設け、ツールによりワークを加工することで物品の製造を行っても構わない。

10

【0019】

撮像システム 400 は、第 1 撮像ユニットの一例であるカメラ 401 と、第 2 撮像ユニットの一例であるカメラ 402 と、を含む。各カメラ 401, 402 は、デジタルカメラである。カメラ 401 は、不図示のフレームに固定されている。カメラ 401 は、容器 30 に配置された複数のワーク W を含む領域を撮像可能な位置に配置されている。即ち、カメラ 401 は、ロボット 100 に保持させる対象物であるワーク W を含む領域を撮像可能である。

20

【0020】

カメラ 402 は、ロボット 100 の所定部位、例えばロボットハンド 102 に取り付けられることで、ロボット 100 に支持されている。カメラ 402 の撮像位置、即ちカメラ 402 に撮像される撮像領域は、ロボット 100 の姿勢に応じて自在に変えることができる。具体的には、カメラ 402 は、ロボット 100 の動作によって、容器 30 にばら積みされた複数のワーク W に対して、カメラ 401 よりも近接した位置に移動可能であり、カメラ 401 よりも狭域を撮像することが可能となる。そして、カメラ 402 は、ロボット 100 の動作によって、複数のワーク W のうち、ロボット 100 に保持させる対象物であるワーク W の上空に移動可能である。

【0021】

画像処理装置 200 は、第 1 実施形態ではコンピュータで構成されている。画像処理装置 200 は、カメラ 401 に撮像指令を送ってカメラ 401 に撮像を行わせることができる。また、画像処理装置 200 は、カメラ 402 に撮像指令を送ってカメラ 402 に撮像を行わせることができる。画像処理装置 200 は、カメラ 401 によって生成された第 1 画像の一例である画像 I1 を取得可能に構成されており、取得した画像 I1 を処理可能に構成されている。また、画像処理装置 200 は、カメラ 402 によって生成された第 2 画像の一例である画像 I2 を取得可能に構成されており、取得した画像 I2 を処理可能に構成されている。図 2 は、第 1 実施形態に係る画像処理装置 200 の説明図である。画像処理装置 200 は、本体 201 と、本体 201 に接続された表示装置の一例であるディスプレイ 202 と、本体 201 に接続された入力装置の一例であるキーボード 203 及びマウス 204 と、を有する。

30

40

【0022】

図 1 に示すロボットコントローラ 300 は、第 1 実施形態ではコンピュータで構成されている。ロボットコントローラ 300 は、ロボット 100 の動作、即ちロボット 100 の姿勢を制御することが可能に構成されている。

【0023】

図 3 は、第 1 実施形態に係るロボットシステム 10 におけるコンピュータシステムのブロック図である。画像処理装置 200 の本体 201 は、プロセッサの一例である CPU (Central Processing Unit) 251 を備える。CPU 251 は、画像処理部の一例である。また、本体 201 は、記憶部として、ROM (Read On

50

l y Memory) 252、RAM(Random Access Memory) 253、及びHDD(Hard Disk Drive) 254を備える。また、本体201は、記録ディスクドライブ255、及び入出力インタフェースであるインタフェース256を備える。CPU251、ROM252、RAM253、HDD254、記録ディスクドライブ255、及びインタフェース256は、互いに通信可能にバスで接続されている。

【0024】

ROM252には、コンピュータの動作に関する基本プログラムが格納されている。RAM253は、CPU251の演算処理結果等、各種データを一時的に記憶する記憶装置である。HDD254には、CPU251の演算処理結果や外部から取得した各種データ等が記録されると共に、CPU251に、各種処理を実行させるためのプログラム261が記録されている。プログラム261は、CPU251が実行可能なアプリケーションソフトウェアである。

10

【0025】

CPU251は、HDD254に記録されたプログラム261を実行することで、後述する画像処理を実行することが可能となる。記録ディスクドライブ255は、記録ディスク262に記録された各種データやプログラム等を読み出すことができる。

【0026】

なお、第1実施形態では、コンピュータによって読み取り可能な非一時的な記録媒体がHDD254であり、HDD254にプログラム261が記録されているが、これに限定するものではない。プログラム261は、コンピュータによって読み取り可能な非一時的な記録媒体であれば、いかなる記録媒体に記録されていてもよい。プログラム261をコンピュータに供給するための記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープ、不揮発性メモリ等を用いることができる。

20

【0027】

ロボットコントローラ300は、プロセッサの一例であるCPU351を備える。CPU351は、制御部の一例である。また、ロボットコントローラ300は、記憶部として、ROM352、RAM353、及びHDD354を備える。また、ロボットコントローラ300は、記録ディスクドライブ355、及び入出力インタフェースであるインタフェース356を備える。CPU351、ROM352、RAM353、HDD354、記録ディスクドライブ355、及びインタフェース356は、互いに通信可能にバスで接続されている。

30

【0028】

ROM352には、コンピュータの動作に関する基本プログラムが格納されている。RAM353は、CPU351の演算処理結果等、各種データを一時的に記憶する記憶装置である。HDD354には、CPU351の演算処理結果や外部から取得した各種データ等が記録されると共に、CPU351に、各種処理を実行させるためのプログラム361が記録(格納)されている。プログラム361は、CPU351が実行可能なアプリケーションソフトウェアである。

40

【0029】

CPU351は、HDD354に記録されたプログラム361を実行することで制御処理を実行し、図1のロボット100の動作を制御することが可能となる。記録ディスクドライブ355は、記録ディスク362に記録された各種データやプログラム等を読み出すことができる。

【0030】

なお、第1実施形態では、コンピュータによって読み取り可能な非一時的な記録媒体がHDD354であり、HDD354にプログラム361が記録されているが、これに限定するものではない。プログラム361は、コンピュータによって読み取り可能な非一時的な記録媒体であれば、いかなる記録媒体に記録されていてもよい。プログラム361をコ

50

ンピュータに供給するための記録媒体としては、例えば、フレキシブルディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、磁気テープ、不揮発性メモリ等を用いることができる。

【0031】

なお、第1実施形態では、画像処理及び制御処理を複数のコンピュータ、即ち複数のCPU251, 351で実行するが、これに限定するものではない。画像処理及び制御処理を1つのコンピュータ、即ち1つのCPUで実行するようにしてもよい。この場合、1つのCPUが画像処理部及び制御部として機能するように構成すればよい。

【0032】

CPU251は、プログラム261を実行することにより、複数のワークWが存在する領域をカメラ401に撮像させ、その撮像により得られた画像I1から取出し可能なワークWを検出するよう機能する。即ち、CPU251は、取出し可能なワークWに対応するワーク画像を含む所定領域を特定するよう機能する。以下、この所定領域を探索領域と呼ぶ。また、CPU251は、プログラム261を実行することにより、探索領域に対応する実空間の領域をカメラ402に撮像させ、画像処理の一例であるパターンマッチング処理によってワークWの位置及び姿勢を計測するよう機能する。

【0033】

CPU351は、プログラム361を実行することにより、ロボット100を制御して、カメラ402を探索領域に対応する実空間の領域を撮像可能な位置へ移動させるよう機能する。また、CPU351は、プログラム361を実行することにより、CPU251により計測されたワークWを保持する位置へロボットハンド102を移動させるよう機能する。また、CPU351は、プログラム361を実行することにより、ロボットハンド102にワークWを保持させ、載置台40へワークWを移載させるよう機能する。

【0034】

図4(a)は、第1実施形態に係るCPU251の機能を示すブロック図である。CPU251は、プログラム261を実行することにより、ワーク検出部211、認識部212、高さ検出部213、優先順位決定部214、及び計測部215として機能する。各カメラ401, 402と各部211~215の処理動作について大まかに説明する。

【0035】

カメラ401は、複数のワークWが存在する領域を撮像し、画像I1として、RGBの濃淡の画像を出力可能である。なお、第1実施形態においては、第1撮像ユニットがカメラ401であるが、これに限定するものではない。第1撮像ユニットは、ワークWの特徴をデジタル的に数値化できるものであればよい。

【0036】

ワーク検出部211は、カメラ401から取得した画像I1から、1つのワークWの画像、即ちワーク画像が含まれる、少なくとも1つの候補領域を検出する。認識部212は、ワーク検出部211により検出された候補領域について、ワークWの状態を認識する。ここでワークWの状態とは、ワークWの姿勢情報を意味する。図4(b)は、ワークWの状態を説明するための模式図である。ワークWの状態、即ちワークWの姿勢情報とは、図4(b)に示すように、カメラ401から見て、ワークWの表面F1及び裏面F2のうち、いずれの面が上向きであるかを示す情報である。表面F1は、第1面の一例であり、裏面F2は、第1面とは異なる第2面の一例である。裏面F2は、表面F1とは形状が異なる。

【0037】

高さ検出部213は、少なくとも1つの候補領域が2つ以上の候補領域である場合、各候補領域に含まれるワーク画像に対応するワークWについて、基準位置に対するワークWの鉛直方向の高さを検出する。高さ検出部213は、例えばワークWの高さに応じた信号を出力する不図示のセンサを用い、センサからの信号によってワークWの高さを検出する。不図示のセンサは、例えばToF(Time of Flight)方式の高さセンサ又は距離画像を出力する深度センサなどである。また、高さ検出部213は、RGB画像

10

20

30

40

50

及び 3D 点群を出力する不図示の 3 次元カメラを用いて、ワーク W の高さを検出してもよい。その際、3 次元カメラは、カメラ 401 と一体となってもよい。優先順位決定部 214 は、ワーク検出部 211 により検出された複数の候補領域の各々に、ロボット 100 がワークを取り易い順に優先順位を付け、優先順位が最も高い候補領域を抽出する。優先順位が最も高い候補領域が、上述した探索領域である。探索領域に含まれるワーク画像に対応するワーク W が、ロボット 100 に保持させる対象物である。ロボット 100 に保持させる対象物は、所定対象物の一例である。

【0038】

カメラ 402 は、画像 I 1 内の探索領域に含まれるワーク画像に対応するワーク W を含む撮像領域であって、カメラ 401 の撮像領域よりも狭い撮像領域を撮像する。カメラ 402 の撮像によって得られる画像 I 2 は、例えば RGB の濃淡の画像である。カメラ 402 は、画像 I 2 とともに、必要に応じて高さ情報を含む距離画像を出力する。

【0039】

計測部 215 は、カメラ 402 から取得した画像 I 2 に対してパターンマッチング処理を行い、ワーク W の位置及び姿勢に関する 3 次元情報を求める。この際、計測部 215 は、認識部 212 により求められたワーク W の姿勢情報に基づいて、パターンマッチング処理を行う。このため、計算量が削減される。

【0040】

以下、第 1 実施形態に係る画像処理方法を含むロボット 100 の制御方法について具体的に説明する。図 5 は、第 1 実施形態に係るロボット 100 の制御方法のフローチャートである。

【0041】

ワーク検出部 211 は、カメラ 401 に撮像指令を送り、カメラ 401 に複数のワーク W を含む領域を撮像させる (S101)。これにより、カメラ 401 は、容器 30 にばら積みされた複数のワーク W を撮像する。複数のワーク W の中には、ロボット 100 に保持させる対象物が含まれる。ワーク検出部 211 は、複数のワーク W が写り込んだ画像 I 1 をカメラ 401 から取得する。

【0042】

図 6 (a) は、第 1 実施形態に係る画像 I 1 の一例を示す模式図である。図 6 (a) に示すように、画像 I 1 には、ばら積みされた複数のワーク W に対応する複数のワーク画像 W I が、濃淡の画像として含まれている。なお、画像 I 1 には、ワーク W を格納する容器 30 のような、ワーク W 以外の物が画像として写り込んでいてもよい。図 6 (a) の例では、容器 30 に対応する画像 30 I が写り込んでいる。

【0043】

次に、ワーク検出部 211 は、画像 I 1 からワーク W を検出する検出処理を実行する (S102)。図 6 (b) は、第 1 実施形態に係る検出処理を説明するための模式図である。ワーク W の検出処理が成功すると、図 6 (b) に示すように、画像 I 1 において、破線で囲まれた 2 つ以上の領域として、例えば 4 つの候補領域 A, B, C, D が得られる。各候補領域 A ~ D は、1 つのワーク画像 W I を囲む矩形状の領域である。各候補領域 A ~ D には、1 つのワーク画像 W I が含まれており、ワーク画像 W I に対応するワーク W の姿勢情報が紐付けされている。よって、ステップ S102 では、ワーク検出部 211 は、2 つ以上の候補領域 A ~ D を検出することで、画像 I 1 の中から 2 つ以上のワーク画像 W I を抽出することになる。

【0044】

ここで、画像 I 1 においては、複数のワーク W がばら積みされた状態で写り込んでおり、また、撮像領域も広いため、ロボット 100 に保持させる対象物とするワーク W を、パターンマッチング処理で抽出するには時間がかかる。第 1 実施形態では、パターンマッチング処理以外の処理で候補領域 A ~ D を検出する。候補領域 A ~ D の検出には、物体検出と呼ばれる画像認識手法を用い、第 1 実施形態では、ディープラーニングを用いた学習ベースの画像認識方法を例に説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

物体検出において、ワーク検出部 2 1 1 は、学習済みモデル 2 6 3 を用いて、画像 I 1 の中から、ワーク W に対応するワーク画像 W I を探し出し、ワーク画像 W I を囲う矩形の候補領域 A ~ D を出力する。各候補領域 A ~ D には、所定姿勢となっているワーク W に対応するワーク画像 W I が含まれている。即ち、ワーク検出部 2 1 1 は、画像 I 1 において、所定姿勢となっているワーク W に対応するワーク画像 W I が存在している候補領域 A ~ D を特定する。第 1 実施形態において、所定姿勢とは、図 4 (b) に示すワーク W の表面 F 1 が撮像される、第 1 姿勢である姿勢 P 1 0、またはワーク W の裏面 F 2 が撮像される、第 2 姿勢である姿勢 P 2 0 である。よって、各候補領域 A ~ D には、姿勢 P 1 0 または姿勢 P 2 0 のワーク W に対応するワーク画像 W I が含まれる。

10

【 0 0 4 6 】

ディープラーニングを用いてワーク W を探し出すには、カメラ 4 0 1 によって撮像された、画像上のワーク W の特徴を学習させておく必要がある。学習においては、入力データと出力データとをセットにした学習データセットを複数準備する。入力データには、生の濃淡の画像が用いられ、出力データには、濃淡の画像と、濃淡の画像にタグ情報が付与されたタグ付けデータとが用いられる。タグ付け作業は、作業者が行う。図 7 (a) は、第 1 実施形態に係るタグ付け作業の説明図である。学習に際しては、多数の濃淡の画像 I 0 を用意しておく。図 7 (a) には、その中の 1 つの濃淡の画像 I 0 を図示している。なお、第 1 実施形態における画像 I 0 は、ロボットハンド 1 0 2 に保持させるワーク W に対応する形状の対象物を撮像することにより得られる。以下、学習に用いられる対象物をワーク W とし、画像 I 0 に含まれる、対象物に対応する画像もワーク画像 W I として説明する。

20

【 0 0 4 7 】

作業者は、画像 I 0 に含まれるワーク画像 W I を囲むように矩形の領域 R 0 を指定し、この領域 R 0 に対してワーク W の状態の情報を紐付けする。領域 R 0 は、画像 I 0 の一部分である。領域 R 0 は、始点座標 P 1 と終点座標 P 2 とで指定される。即ち、始点座標 P 1 と終点座標 P 2 とを対角とする矩形の領域が領域 R 0 として指定される。ワーク W の状態を示す情報とは、定義域が決められた姿勢情報、例えばワーク W の表面 F 1 及び裏面 F 2 を示す情報である。ワーク W の状態を示す情報は、領域 R 0 に対応付けて付与される。

30

【 0 0 4 8 】

図 7 (b) は、第 1 実施形態に係るタグ付け作業の説明図である。まず、図 7 (b) に示すように、ワーク W の表面 F 1 が上を向いている場合について説明する。ワーク W の表面 F 1 が上を向いている場合、ワーク W の表面 F 1 が撮像されることになる。表面 F 1 に垂直な軸 C 1 が、特定の面、例えば水平面に垂直な軸 C 0 に対して立体角 θ_1 以内に含まれるワーク W の姿勢については、ワーク W の表面 F 1 が上を向いていることを示す姿勢情報 T 1 を付与する。ワーク W の裏面 F 2 が上を向いている場合、ワーク W の裏面 F 2 が撮像されることになる。ワーク W の裏面 F 2 が上を向いている場合についても、同様に、ワーク W の裏面 F 2 が上を向いていることを示す姿勢情報を付与する。C P U 2 5 1 は、ワーク W の表面 F 1 が撮像された画像、及びワーク W の裏面 F 2 が撮像された画像を含む複数の画像 I 0 を用いて学習済みモデル 2 6 3 を取得する、なお、見た目及び形状が同じであれば、異なる面であっても同じ姿勢情報を付与しても良い。例えば、表面 F 1 と裏面 F 2 とが同じ見た目、同じ形状であれば、両者とも姿勢情報 T 1 を付与しても良い。逆に形状が同じでも見た目が異なる場合、例えばサイコロの面の数字が異なる場合などにおいては、サイコロの面ごとに異なる姿勢情報を付与することで、サイコロの面の数字を認識させることが可能となる。このようにして、作業者は、カメラ 4 0 1 から得られた生の濃淡の画像 I 0 に対して領域 R 0 と姿勢情報とを指定することで、画像処理装置 2 0 0 に複数の学習データセットを登録することができる。そして、画像処理装置 2 0 0 の C P U 2 5 1 は、複数の学習データセットを用いて所定の学習アルゴリズムにより機械学習することで、機械学習済みの学習済みモデル 2 6 3 を取得することができる。学習済みモデル 2 6

40

50

3 は、例えば H D D 2 5 4 に記憶される。

【 0 0 4 9 】

学習アルゴリズムとしては、S S D (S i n g l e S h o t m u l t i b o x D e t e c t o r) や Y O L O (Y o u L o o k O n l y O n c e) などのアルゴリズムを用いることができる。なお、ワーク W の状態を示す情報を含めて候補領域 A ~ D を出力できるものであれば、これらに限定するものではなく、どのような学習アルゴリズムを用いてもよい。また、上述した学習データセットの準備については、上述したように実際の撮像画像を用いてもよいし、物理シミュレータのような仮想空間上で生成した画像を用いてもよい。

【 0 0 5 0 】

第 1 実施形態では、C P U 2 5 1 は、候補領域を検出するのに用いる学習済みモデル 2 6 3 を、濃淡の画像 I 0 に写り込んだワークの輪郭、即ちエッジ情報のみならず、ワーク W に対応するワーク画像 W I の濃淡の特徴について、多数のパターンをニューラルネットワークで学習することにより取得する。これにより、複数のワーク W が様々なばら積み状態であっても、C P U 2 5 1 は、ばら積み状態の複数のワーク W の中から特定のワーク W を認識する、即ち候補領域を抽出することができる。

【 0 0 5 1 】

認識部 2 1 2 は、ワーク検出部 2 1 1 が学習済みモデル 2 6 3 を用いて検出した複数の候補領域 A ~ D の各々について、対応するワーク W の状態を認識する (S 1 0 3)。このステップ S 1 0 3 は、S S D や Y O L O などのアルゴリズムを用いることで、ステップ S 1 0 2 の候補領域 A ~ D の検出とともに実行することができる。このように、認識部 2 1 2 は、予め設定された学習済みモデル 2 6 3 を用いて、各候補領域 A ~ D に対応するワーク W の状態として、候補領域 A ~ D に対応するワーク W の姿勢を求めることができる。

【 0 0 5 2 】

図 8 (a) は、第 1 実施形態に係る認識結果の一例を示す模式図である。図 8 (a) では、複数の候補領域 A ~ D の全てに、ワーク W の表面 F 1 が上を向いていることを示す姿勢情報 T 1 が付与されている場合を例示している。なお、このステップ S 1 0 3 で求められるワーク W の姿勢情報の精度は、ロボット 1 0 0 にワーク W を保持させるには、低いものである。したがって、第 1 実施形態では、ワーク W の姿勢を、後述するステップ S 1 0 8 のパターンマッチング処理で高精度に求める。

【 0 0 5 3 】

次に、高さ検出部 2 1 3 は、複数の候補領域 A ~ D の各々に含まれるワーク画像 W I に対応するワーク W の鉛直方向の高さを検出する (S 1 0 4)。高さ検出部 2 1 3 は、各候補領域 A ~ D に対応するワーク W における部位の最大の高さを検出する。これにより、複数の候補領域 A ~ D 間でワーク W の高低差を比較することができる。ロボット 1 0 0 にとって、ばら積みされた複数のワーク W のうち、低い位置にあるワーク W よりも、高い位置にあるワーク W の方が取り出しやすい。なぜならば、低い位置にあるワーク W は、確率的に上方のワーク W を支える支点となっている可能性が高く、ワーク W を取り出す際に別のワーク W が崩れたり、取り出すワーク W に別のワーク W が共連れしたりしやすいためである。従って、次のステップ S 1 0 5 においてワーク W の優先順位を付けるのに用いるために、高さ検出部 2 1 3 は、各候補領域 A ~ D に対応するワーク W の高さを検出する。

【 0 0 5 4 】

次に、優先順位決定部 2 1 4 は、ロボット 1 0 0 に保持させる対象物とするワーク W を選択する (S 1 0 5)。優先順位決定部 2 1 4 では、各候補領域 A ~ D に対し、複数の因子に基づいて優先順位を付与する。各因子は、ロボット 1 0 0 によるワーク W の保持のしやすさ、即ち、取出しの成功率を示す因子である。因子には、例えば下記に示す 3 つの因子 1 ~ 3 がある。

【 0 0 5 5 】

因子 1 : ワーク W の露出度 \times_1

ワーク W の露出度 \times_1 とは、ワーク W の特定面、例えば表面 F 1 又は裏面 F 2 の全面積

10

20

30

40

50

に対して見えている部分の面積の割合をいう。ワークWの露出度 x_1 が低いほど、複数のワークW同士の重なりが密の状態を示しており、ワークWの露出度 x_1 が高いほど、複数のワークW同士の重なりが疎の状態を示している。従って、ワークWの露出度 x_1 が高いほど、そのワークW取り出しの失敗の確率が低くなるため、そのワークWの取り出しの成功率が高まる。この因子1の計算方法について説明する。

【0056】

図8(b)は、第1実施形態に係るワークの露出度 x_1 の計算方法を説明するための模式図である。ワークWの露出度 x_1 の算出には、画像I1におけるワーク画像WIを用いる。露出度 x_1 は、0以上1以下の範囲の数値である。

【0057】

1つのワーク画像WIに着目した際に、ワークWの特定面の全部がワーク画像WIとして現れている場合には、 $x_1 = 1$ である。ワークWの特定面の半分の面積がワーク画像WIとして現れている場合には、 $x_1 = 0.5$ である。このように、カメラ401から見て、ワークWの露出部分の面積によってワークWの露出度 x_1 が計算される。このような計算結果を得るためには、SSDやYOLOといった物体検出の学習済みモデル263を作成する際に、 $x_1 = 1$ のワークWのみの状態を学習させることで実現することができる。即ち、SSDやYOLOといった物体検出では、学習したデータ群に対して、対象物の類似度をソフトマックス関数などの確率密度関数で出力することができるため、見えている面積比に応じて類似度が減じられるといった特徴がある。これを利用してワークWの露出度 x_1 を求めることができる。なお、ワークWの露出度 x_1 を計測する方法は、これに限

10

20

【0058】

因子2：ワークWの散在度 x_2

ワークWの散在度 x_2 とは、複数の候補領域同士の位置関係である。ばら積み状態の複数のワークWにおいて、各ワークWの位置及び姿勢はランダムである。このため、各ワークWの存在領域において、ワークWの密集部と過疎部といった偏りが生じる。ワークWが密集している部分では、確率的にワークW同士の絡まり合いや、外力に対してワークWの崩れが発生し易い。従って、ワークWが疎の場所、つまりワークWの密集部から離間して孤立している場所の方が、比較的取出し成功率が上がりやすい傾向にある。これらのことから、ワークWが孤立している度合いを示す散在度 x_2 を加味するのが好適である。例えば、図6(b)に示す候補領域Aの場合、散在度 x_2 を以下の式(1)のように計算することができる。

30

【数1】

$$x_2 = \frac{S(A) - (S(A) \cap S(B) + S(A) \cap S(C) + S(A) \cap S(D))}{S(A)} \quad (1)$$

【0059】

ここで、 $S(A)$ は、候補領域Aの面積を表している。散在度 x_2 は自身の候補領域Aの面積に対し、他の候補領域B～Dとの共通部分を減算して算出される。このため、密集部に在るワークWほど散在度 x_2 は0に近づき、孤立しているワークWほど散在度 x_2 は1に近づくといった特徴がある。従って、散在度 x_2 が高いほど取出しの優先順位が高くなる。露出度 x_1 と散在度 x_2 の違いについて説明する。露出度 x_1 は、物体検出処理で検出できなかったワークWの隠れ部分を考慮しているのに対し、散在度 x_2 は、物体検出処理で検出できたワークWに対する疎密を加味している観点で異なる。

40

【0060】

因子3：ばら積み状態のワークWの高さ x_3

高さ x_3 は、地面を基準としたワークWの鉛直方向の高さである。地面とは、第1実施形態では容器30の底面である。

【0061】

50

ロボット 100 がばら積み状態の複数のワーク W の上空から取出し対象物のワーク W にアプローチする場合、取出し対象物のワーク W が複数のワーク W のうちの上部に近いほど、ワーク W の取出し成功率は上がる。露出度 x_1 及び散在度 x_2 が同一の複数のワーク W がある場合、これら複数のワーク W のうち、取出し成功率を上げるため、高い位置にあるワーク W が優先される。例えば、候補領域 A に対応するワーク W の高さ x_3 は、以下の式 (2) により計算される。

【数 2】

$$x_3 = \frac{H(A)}{\max(H(A), H(B), H(C), H(D))} \quad (2)$$

10

【0062】

ここで、 $H(A)$ は、候補領域 A に対応するワーク W の高さの値を表し、高さ検出部 213 により検出された値である。高さ情報である $H(A)$ は、候補領域 A に対応するワーク W の最大高さでも平均値でもよく、適宜選択することができる。

【0063】

図 9 (a) は、第 1 実施形態に係る各候補領域 A ~ D に対応するワーク W の高さ x_3 の一例を示すグラフである。図 9 (a) に示すように、高さ x_3 は、全候補領域 A ~ D に対応する全ワーク W の中で最大の高さに対する、各候補領域に対応するワーク W の高さの比で算出される。すなわち、高さ x_3 は、最大高さに比べて自身のワーク W の高さが低いほど 0 に近づき、最大高さに近いほど 1 に近づく特徴を持つ。従って、高さ x_3 が高いほど、取出しの優先順位が高くなる。

20

【0064】

次に、優先順位決定部 214 は、複数の因子として上述した 3 つの因子 1 ~ 3 を含む以下の式 (3) を用いて、優先順位を決めるのに用いる指標 f_i を計算する。具体的には、優先順位決定部 214 は、式 (3) に示すように、各因子 1 ~ 3 に重みを係数として乗じて合計することで、指標 f_i を計算する。指標 f_i は、各候補領域におけるワークの取出し易さを示す。

【数 3】

$$f_i = \alpha x_{1i} + \beta x_{2i} + \gamma x_{3i} \quad (3)$$

30

但し、 $\alpha + \beta + \gamma = 1$ である。

【0065】

ここで、添え字の i は、複数の候補領域の各々に振られた番号を意味している。例えば 4 つの候補領域 A ~ D が検出された場合、 i は 1 ~ 4 の値を取る。指標 f_i はそれぞれの候補領域に対する取出し易さを示す評価値である。また、 α 、 β 、 γ は、合計で 1 となる係数であり、どの因子を重視するかによって係数の値を自由に設定することができる。ワーク W に対応する指標 f_i が高いほど、そのワーク W をロボット 100 が保持しやすいことを示す。

40

【0066】

優先順位決定部 214 は、全候補領域 A ~ D について、指標 f_i を計算する。そして、優先順位決定部 214 は、全候補領域 A ~ D に対応する指標 f_i の大小関係を比較することで、優先順位を決定する。即ち、優先順位決定部 214 は、複数の因子 1 ~ 3 を用いて指標 f_i を計算し、指標 f_i に基づいて、容器 30 から取り出すワーク W の優先順位を決定する。

【0067】

第 1 実施形態では、優先順位決定部 214 は、指標 f_i が最大の候補領域を、次のステップ S106 で使用する、ワーク W の位置及び姿勢を探索する探索領域として決定する。

50

即ち、優先順位決定部 214 は、検出された 2 つ以上の候補領域のうち、優先順位が最も高い候補領域を探索領域とする。探索領域には、ロボット 100 に保持させる対象物に対応するワーク画像が含まれている。これにより、優先順位決定部 214 は、2 つ以上のワーク W のうちの 1 つを、ロボット 100 に保持させる対象物とする。より具体的には、優先順位決定部 214 は、2 つ以上のワーク W の各々について優先順位を求め、2 つ以上のワーク W の中から優先順位が最も高いものを、ロボット 100 に保持させる対象物として選択する。

【0068】

図 9 (b) は、第 1 実施形態に係る優先順位の一例を示すテーブルである。例えば、式 (3) において、 $\alpha = 0.3$ 、 $\beta = 0.4$ 、 $\gamma = 0.3$ とした場合、散在度 \times_2 の重み係数 α が重視され、優先順位は、候補領域 D が最も高い優先順位となる。なお、指標 f_i の算出について、3 つの因子 1 ~ 3 を用いる場合を例に説明したが、これに限定するものではなく、他にも取出し成功率に係る因子があれば、式 (3) に追加してもよい。このように、優先順位決定部 214 は、2 つ以上のワーク W の各々について、複数の因子 1 ~ 3 を用いて優先順位を計算する。

【0069】

なお、ステップ S102 において、ワーク検出部 211 が 1 つの候補領域のみを検出した場合には、ステップ S105 において、優先順位決定部 214 がその候補領域を探索領域として決定する。よって、この場合には、優先順位の計算処理、及びそのための高さ検出の処理は省略可能である。

【0070】

次に、ロボットコントローラ 300 の CPU 351 は、優先順位決定部 214 によって選ばれた対象物であるワーク W に、カメラ 402 が近接する位置へ移動するように、ロボット 100 を動作させる (S106)。ここで、カメラ 402 がワーク W に近接する位置とは、ワーク W の上空の位置であって、カメラ 402 の撮像領域内に探索領域に対応する実空間の領域が含まれる位置である。このとき、カメラ 402 の撮像領域の中心と探索領域に対応する実空間の領域の中心とを一致させるのが好ましい。このように、カメラ 402 を、優先順位決定部 214 によって選ばれた対象物であるワーク W に近接させることで、撮像対象をばら積みされた複数のワーク W の中の 1 つに絞り込むことができ、かつ探索領域に対応する実空間の領域を撮像することにより得られる画像 I2 の解像度を上げることができる。このため、後述するステップ S108 で行うパターンマッチング処理の処理時間を短縮することができる。

【0071】

次に、計測部 215 は、カメラ 402 に撮像指令を送り、カメラ 402 に、優先順位決定部 214 によって選ばれた対象物であるワーク W を撮像させる (S107)。カメラ 402 から取得される画像 I2 は、濃淡の画像でも奥行き情報を含む 3 次元点群画像であってもよく、次のステップ S108 でパターンマッチング処理に使える形式であればよい。第 1 実施形態では、画像 I2 は、濃淡の画像である。図 10 (a) は、第 1 実施形態に係る、カメラ 402 の撮像によって得られる画像 I2 の模式図である。画像 I2 は、例えば図 10 (a) に示すように、優先順位決定部 214 によって選ばれた対象物であるワーク W がワーク画像 WI として写り込んだ画像となる。

【0072】

次に、計測部 215 は、画像 I2 に対してパターンマッチング処理を行うことで (S108)、優先順位決定部 214 によって選ばれた対象物であるワーク W の位置及び姿勢を求める。第 1 実施形態においてパターンマッチング処理によって求められるワーク W の姿勢情報の精度は、ステップ S103 によって求められるワーク W の姿勢情報の精度よりも高い。パターンマッチング処理は、カメラ 402 により出力された画像 I2 に対し、予め、図 3 の HDD 254 等の記憶装置に保存された CAD データ 260 を用いて行われる。CAD データ 260 は、対象物であるワーク W の形状を示すモデルであり、ワーク W の稜線情報、即ち線分情報を保持する。第 1 実施形態では、計測部 215 は、濃淡の画像であ

10

20

30

40

50

る画像 I 2 に対してエッジ検出などの前処理を施し、それにより得られる線分情報と、C A D データ 2 6 0 の線分情報とを照合することで、その一致度をスコアとして算出する。

【 0 0 7 3 】

ここで、比較例のパターンマッチング処理について説明する。図 1 0 (b) は、比較例のパターンマッチング処理を説明するための模式図である。比較例のパターンマッチング処理では、図 1 0 (b) に示すように、各軸 3 6 0 ° の全ての姿勢の C A D データ 2 6 0 の線分情報を用いて行われる。そして、画像 I 2 の左上の画素からインターレース状に網羅的に照合していく。このため、計算処理のオーダーは、姿勢を表す軸数に基づき $O(n^3)$ となるため、計算量が多く、処理時間が長くなる。

【 0 0 7 4 】

図 1 0 (c) は、第 1 実施形態に係るパターンマッチング処理を説明するための模式図である。第 1 実施形態では、計測部 2 1 5 は、認識部 2 1 2 にて求めた姿勢情報に基づいて、マッチング処理を行う。詳述すると、計測部 2 1 5 は、パターンマッチング処理に用いる、C A D データであるモデルの姿勢を、認識部 2 1 2 にて認識されたワーク W の姿勢に基づいて決める。例えば、認識部 2 1 2 において、既に探索領域に含まれるワーク W の姿勢が特定の面、例えば水平面に垂直な軸に対して所定の角度 1 以内であることが認識されているので、パターンマッチング処理で照合に用いられる C A D データ 2 6 0 の稜線の姿勢を、各軸において角度 1 以内に削減することができる。これにより、認識部 2 1 2 で認識する角度を細かく設定するほど、パターンマッチング処理の負荷を大幅に削減することができる。

【 0 0 7 5 】

このようにして得られた認識結果は、図 1 1 のようにディスプレイ 2 0 2 の画面上に表示することで、作業員、即ちユーザに知らせても構わない。C P U 2 5 1 は、ディスプレイ 2 0 2 の画面上に、ワーク表示部 2 0 2 a 及びワーク詳細表示部 2 0 2 b を表示する。ワーク詳細表示部 2 0 2 b には、詳細内容表示部 2 0 2 c が含まれる。ワーク表示部 2 0 2 a において、ステップ S 1 0 2 で取得された候補領域が、ステップ S 1 0 5 で取得された優先順位と共に表示される。ワーク詳細表示部 2 0 2 b において、検出されたワーク数と、取り出そうとしているワークのナンバーが表示される。図 1 1 に示す例では、検出されたワーク数として、4 が表示され、ワークのナンバーとして、優先順位が 1 のワークが表示されている。また、図 1 1 に示す例では、詳細内容表示部 2 0 2 c において、優先順位が 1 のワークの詳細内容が表示されている。詳細内容表示部 2 0 2 c では、ステップ S 1 0 5 で取得された露出度、散在度、高さなどの因子情報、ステップ S 1 0 8 で取得されたワークの座標情報、スコア情報が表示される。図 1 1 に示す例では、ワークの座標情報として (1 0 0 , 1 0 0 , 2 0 0 , 0 ° , 0 ° , 4 5 °) が表示されている。また、図 1 1 に示す例では、スコア情報として 0 . 9 5 が表示され、露出度として 0 . 9 が表示され、散在度として 0 . 8 が表示され、高さとして 0 . 8 が表示されている。以上により、作業員は、ディスプレイ 2 0 2 の画面を見ることにより、バラ積み状態のワークの内、どのワークを優先的に取り出し、取り出そうとしているワークの状態がどのようになっているのかを容易に判別することができる。

【 0 0 7 6 】

また、探索領域の中心とカメラ 4 0 2 の撮像領域の中心とを一致させていることから、探索したいワーク画像 W I は画像 I 2 の中央付近に存在している。したがって、画像 I 2 の全体をモデルでインターレース状に照合せずとも、ワーク W のサイズを考慮して画像 I 2 の中央付近に絞ってパターンマッチング処理を行うことも可能である。これらの処理を併せても、パターンマッチング処理に要する処理時間を短縮することができる。

【 0 0 7 7 】

次に、ロボットコントローラ 3 0 0 の C P U 3 5 1 は、パターンマッチング処理の結果として得られたワーク W の位置情報及び姿勢情報に基づき、ロボットハンド 1 0 2 がワーク W を保持する保持位置へ移動するようロボット 1 0 0 を制御する (S 1 0 9)。そして、C P U 3 5 1 は、ロボットハンド 1 0 2 にワーク W を保持させるようロボット 1 0 0 を

10

20

30

40

50

制御する（S 1 1 0）。そして、C P U 3 5 1は、ワークWを載置台4 0の所定の位置まで搬送するようにロボット1 0 0を制御する（S 1 1 1）。次のワークWを容器3 0から取り出す際には、ステップS 1 0 1の処理に戻って、ステップS 1 0 1からステップS 1 1 0の処理を繰り返すことで、ばら積みされたワークWを1つずつロボット1 0 0に連続してピッキングさせることができる。

【0 0 7 8】

以上のフローチャートに従ってワークWのピッキング作業を行うことで、ばら積み状態のワークWであっても、探索領域の絞り込みが可能である。また、ロボット1 0 0に取出し易いワークを優先的に選択することで、ロボット1 0 0がワークを取得するときの成功率が高められる。また、学習済みモデル2 6 3を用いることで取出し易いワークの認識数を向上させることができる。また、従来では取得された画像の領域を絞らずパターンマッチングを行っていたが、本第1実施形態では、探索領域に絞ってパターンマッチングを行うため、パターンマッチング処理に要する処理時間を短縮することができる。よって、ロボット1 0 0による物品の生産性が向上する。

10

【0 0 7 9】

〔第2実施形態〕

第2実施形態について説明する。図1 2は、第2実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。なお、第2実施形態では、ロボットシステムの構成は、第1実施形態と同様であるため、説明を省略する。また、図1 2に示すステップS 2 0 1～S 2 1 1の処理は、第1実施形態において説明した図5に示すステップS 1 0 1～S 1 1 1の処理と同様であるため、説明を省略する。

20

【0 0 8 0】

容器3 0からワークWを取り出した後、ステップS 2 1 2において、優先順位決定部2 1 4は、ステップS 2 0 5で探索領域として選んだ候補領域以外に候補領域があるかどうかを判断する。

【0 0 8 1】

優先順位決定部2 1 4は、候補領域がある場合（S 2 1 2：Y E S）、ステップS 2 0 5の処理に戻り、次点の優先順位の候補領域を、新たな探索領域とする。その際、優先順位の計算は省略される。即ち、ステップS 2 0 5において、優先順位決定部2 1 4は、2つ以上のワークWのうち、優先順位決定部2 1 4によって前に選ばれた対象物以外のワークWの中から次に優先順位の高い別のワークWを選ぶ。優先順位決定部2 1 4に選ばれた別のワークWは、次にロボット1 0 0に保持させる対象物である。

30

【0 0 8 2】

第1実施形態の例では、候補領域Dに対応するワークWを容器3 0から取出した後、取り易さの指標 f_i の次点は、候補領域Bに対応するワークWとなる。このため、優先順位決定部2 1 4は、候補領域Bを新たに探索領域として設定する。これによりステップS 2 0 1～S 2 0 4の処理、及びステップS 2 0 5における指標 f_i の演算処理を省略することができる。

【0 0 8 3】

ここで、ステップS 2 0 1～S 2 0 4の処理、及びステップS 2 0 5における指標 f_i の演算処理を省略することができるのは、次点のワークWの位置及び姿勢が大きく変化していない場合である。よって、ワークWの位置及び姿勢を監視するための監視装置を別途備えてもよい。また、ロボット1 0 0がワークWを容器3 0から取り出し後に、C P U 2 5 1がカメラ4 0 1に再度撮像を行わせ、探索領域を除外した候補領域で状態が変化したか否かを、前後の2つの画像の差分で比較して判断してもよい。なお、第2実施形態およびその変形例のいずれかと、上述の第1実施形態およびその変形例のいずれかと、を組み合わせ実施しても構わない。

40

【0 0 8 4】

〔第3実施形態〕

第3実施形態について説明する。第1実施形態では、図5のステップS 1 0 5の処理に

50

において、優先順位決定部 214 が 3 つの因子 1 ~ 3 を用いて指標 f_i を計算し、指標 f_i に基づいて、容器 30 から取り出すワーク W の優先順位を決定する場合について説明した。しかし、指標 f_i の計算に用いる因子の数は、3 つに限定するものではない。第 3 実施形態では、指標 f_i の計算に用いる因子として、第 1 実施形態で説明した 3 つの因子 1 ~ 3 のほかに、別の因子を追加する場合について説明する。第 3 実施形態において追加する因子は、過去の取出し実績に基づくワークの取出し成功率の因子である。なお、第 3 実施形態に係るロボットシステムの構成は、第 1 実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0085】

図 13 は、第 3 実施形態に係る CPU 251 の機能を示すブロック図である。CPU 251 は、プログラム 261 を実行することにより、ワーク検出部 211、認識部 212、高さ検出部 213、優先順位決定部 214、及び計測部 215 に加えて、確認部 216 として機能する。確認部 216 は、図 5 のステップ S110 においてロボット 100 によるワーク W の保持が成功したか失敗したかを確認する。

【0086】

第 3 実施形態では、ワーク W の有無を確認する不図示の物検センサがロボットハンド 102 に設けられており、確認部 216 は、不図示の物検センサからの信号に基づいて、ワーク W の保持が成功したか失敗したかを確認する。なお、確認部 216 は、ロボットハンド 102 を撮像した画像を不図示の撮像装置から取得し、その画像に基づいてワーク W の保持が成功したか失敗したかを確認するようにしてもよい。

【0087】

確認部 216 は、ワーク W の有無に応じて、2 値を出力するように構成されている。例えば、確認部 216 は、ワーク W “有り”を確認したら“1”、ワーク W “無し”を確認したら“0”を出力する。

【0088】

次に、確認部 216 は、ワーク W に対応する探索領域を、画像 I1 からトリミングする。図 14 (a) は、第 3 実施形態に係るトリミング処理を説明するための模式図である。図 14 (a) の例では、候補領域 D をトリミングしている。

【0089】

図 14 (b) は、第 3 実施形態に係る学習済みモデルを説明するための模式図である。ワーク W の保持が成功したか失敗したかの情報と、トリミング画像とのデータセットが準備される。これにより、トリミング画像と、ワーク W の保持が成功したか否かの情報との相関を、ニューラルネットワークで学習することができるようになる。ここで用いるニューラルネットワークには、クラス分類で用いられるようなモデルでよく、例えば VGG (Visual Geometry Group) などのアルゴリズムが知られている。このようにトリミング画像と保持の成否とが関連付けられた学習済みモデルが作成される。この学習済みモデルは、例えば図 3 の HDD 254 などの記憶装置によって記憶させておけばよい。これにより、優先順位決定部 214 は、図 5 のステップ S102 の処理で得られる各候補領域に対して、過去の取出し実績に基づいて、過去にロボット 100 にワーク W を保持させようとしたときの成功率 x_4 を推測可能となる。従って、成功率 x_4 を式 (3) に加えると、指標 f_i は、以下の式 (4) のようになる。

【数 4】

$$f_i = \alpha x_{1i} + \beta x_{2i} + \gamma x_{3i} + \delta x_{4i} \quad (4)$$

但し、 $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$ である。

【0090】

このように、過去の取出し実績の成功率を含めて取出しワークの優先順位を決定することで、取出し成功率を高めることができる。なお、第 3 実施形態およびその変形例のい

れかと、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせる実施しても構わない。

【0091】

[第4実施形態]

第4実施形態について説明する。図1に示す撮像システム400において、カメラ401及びカメラ402のうちのいずれか一方を省略してもよい。第4実施形態では、図1に示すロボットシステム10において、カメラ402を省略した場合について説明する。図15は、第4実施形態に係るロボットの制御方法を示すフローチャートである。図15に示すフローチャートは、近接撮像を行わない場合を示している。

【0092】

第4実施形態のステップS401～ステップS405の処理は、第1実施形態で説明した図5に示すステップS101～ステップS105の処理と同様であるため、説明を省略する。

【0093】

ステップS406において、計測部215は、カメラ401から取得した画像I1から、第1実施形態で説明した探索領域をトリミングすることで、探索領域の画像データを取得する。例えば、図14(a)に示すように、候補領域Dが探索領域に決定された場合、その領域Dをトリミングする。探索領域は、画像I1の部分領域である。探索領域には、対象物であるワークWが写り込んでいる。

【0094】

ステップS407において、計測部215は、トリミングした探索領域に対してパターンマッチング処理を行う。この際にも計測部215は、認識部212で認識したワークWの姿勢情報に基づいてパターンマッチング処理を行う。これにより、パターンマッチング処理に要する計算量を軽減することができ、パターンマッチングに要する処理時間を短縮することができる。

【0095】

ステップS408～ステップS410の処理は、第1実施形態で説明した図5に示すステップS109～ステップS111の処理と同様であるため、説明を省略する。

【0096】

なお、カメラ401において、ズームレンズなどを用いて探索領域を絞り込んで撮像することができれば、撮像システム400においてカメラ402を省略し、カメラ401で画像I2を生成するようにしてもよい。また、撮像システム400において、カメラ401が省略される場合であってもよい。この場合には、ロボット100の動作によってカメラ402の位置を調整し、カメラ402で画像I1を生成するようにしてもよい。なお、第4実施形態およびその変形例のいずれかと、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせる実施しても構わない。

【0097】

[第5実施形態]

第5実施形態について説明する。上述の第1の実施形態では、図4(a)のワーク検出部211は、ディープラーニングの学習アルゴリズムとしてSSDやYOLOを用いて、ワークWを矩形の候補領域として検出する方法について説明した。しかし、検出される候補領域の形は、矩形に限定されるものではない。第5実施形態では、矩形以外の領域でワークWを検出するアルゴリズムを用いた場合について説明する。第5実施形態において用いることができるアルゴリズムとして、例えば、Instance Segmentationなどがある。図16(a)は、第5実施形態に係る画像I2の一例を示す模式図である。学習に際しては図16(a)のような画像I2を多数用意しておく。作業者は、画像I2に含まれるワーク画像WIの輪郭に沿ってワーク画像WIを囲う領域R1を設定し、領域R1と、領域R1に囲まれたワーク画像WIの状態を示す情報とを紐づける。そしてこれらの情報をアルゴリズムおよびニューラルネットワークにより画像処理装置200に学習させる。ワークWの状態を示す情報およびニューラルネットワークによる学習は、

10

20

30

40

50

第 1 実施形態の図 7 (b) を用いて説明した内容と同様であるため、説明を省略する。

【 0 0 9 8 】

図 1 6 (b) は、第 5 実施形態に係る検出処理を説明するための模式図である。図 1 6 (b) より、ワーク検出部 2 1 1 のアルゴリズムに Instance Segmentation を用い、候補領域としてワーク画像 W I の輪郭に沿う領域を出力させるように学習させる。こうすることで、ワーク検出部 2 1 1 は、図 1 6 (b) により候補領域 E ~ J を出力することができる。これらの候補領域 E ~ J は、ワーク W の状態の情報と紐づけされている。このため、計測部 2 1 5 がパターンマッチング処理を行う際に、対象ワークの輪郭内でパターンマッチングの処理を行うことができる。よって矩形の場合、本来パターンマッチング処理に不要な、ワークの輪郭外を処理対象領域に含む場合が発生すること
10
に対し、ワークの輪郭内でパターンマッチング処理を行うことで、パターンマッチングの処理に要する時間を短縮することができる。なお、第 5 実施形態において、ワーク画像 W I の輪郭に沿った領域とワーク W の状態の情報を紐づけした結果を出力できるアルゴリズムとして Instance Segmentation を例に説明したが、同様の機能を持つものであれば、他のアルゴリズムを用いても良い。なお、第 5 実施形態およびその変形例のいずれかと、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせ

【 0 0 9 9 】

[第 6 実施形態]

第 6 実施形態について説明する。上述の第 1 実施形態では、図 5 のステップ S 1 0 9 の
20
処理において、ロボットハンド 1 0 2 を保持位置へ移動させ、ステップ S 1 1 0 においてワークを保持する処理について説明した。保持位置は、最終的に 1 カ所となるが、1 つのワークにおける保持位置の候補は、必ずしも 1 カ所だけではなく、複数あっても良い。第 6 実施形態では、複数の保持位置の候補の中から最終的に 1 カ所の保持位置を決定し、取出し成功率を高める方法について説明する。

【 0 1 0 0 】

図 1 7 は、第 6 実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。なお、第 6 実施形態では、ロボットシステムの構成は、第 1 実施形態と同様であるため、説明を省略する。また図 1 7 における、ステップ S 6 0 1 ~ S 6 0 8、S 6 1 0 ~ S 6 1 2 の処理は、第 1 実施形態において説明した図 5 に示すステップ S 1 0 1 ~ S 1 0 8、S 1 0 9 ~
30
S 1 1 1 の処理と同様であるため、説明を省略する。図 1 8 は、ワーク W に設定される複数の保持位置候補を示した模式図である。

【 0 1 0 1 】

第 6 実施形態では、ステップ S 6 0 8 のパターンマッチング処理の後に、複数の保持位置候補の中から保持位置を選択するステップ S 6 0 9 が追加されている。複数の保持位置候補は、図 1 8 に示すように作業者によって決めておく。図 1 8 には、ワーク W の基準の位置及び姿勢 0 と、保持位置候補 K 1 の位置及び姿勢 1、保持位置候補 K 2 の位置及び姿勢 2 を示している。すなわち、位置及び姿勢 1、2 の情報は、作業者によって任意に定めることができ、基準の位置及び姿勢 0 から見た位置及び姿勢 1、2 の相
40
対的な位置及び姿勢の関係は、作業者が既知のものとすることができる。

【 0 1 0 2 】

ステップ S 6 0 8 でパターンマッチング処理を行うと、ワーク W の位置及び姿勢として基準の位置及び姿勢 0 が、図示しない他の座標系から見た位置及び姿勢で求められる。ここで述べる他の座標系とは、例えばロボットシステム 1 0 における座標系などがある。そして、基準の位置及び姿勢 0 から見た位置及び姿勢 1、2 の相対的な位置及び姿勢は既知であるため、他の座標系から見た各保持位置候補 K 1、K 2 の位置及び姿勢を取得することができる。同様に各保持位置候補 K 1、K 2 の地面からの高さ、即ち容器 3 0 の底面からの高さは、第 1 実施形態で述べた手法により取得する。

【 0 1 0 3 】

ステップ S 6 0 9 では、CPU 2 5 1 は、これらの保持位置候補 K 1、K 2 の中から、
50

最終的な保持位置とするための１カ所を選択する。この選択方法として、例えば下記のような因子のいずれかを用いることができる。

因子１：地面、即ち容器３０の底面から最も高い位置にある。

因子２：ワークの重心に最も近い位置にある。

因子３：ロボットアーム１０１が最短の時間でアプローチできる。

これらの因子を加味することは、以下の点で有利であると言える。

【０１０４】

因子１を用いる場合、バラ積み部品の状態を考えると、ワークはバラ積み状態の上部に位置するほど、他のワークから露出している可能性が高く、逆にバラ積み状態の下部に位置するほど、他のワークと密集及び密接している可能性が高いと言える。従って、複数の保持位置候補のうち、上部の保持位置候補を保持位置とすることで、対象ワークの取出し時に対象ワーク以外のワークが同時に取り出されることを低減することができる。

10

【０１０５】

因子２を用いる場合、ロボット１００が取出し対象ワークを把持した後、把持したワークを移動させる際に、ワークには遠心力が発生する。この場合、ワークの重心付近で大きな遠心力が発生するため、よりワークの重心位置付近を掴んでいた方が、遠心力により発生する慣性モーメントに対する抗力を発生させ易く、移動中にワークがロボットハンド１０２から脱落することを低減することができる。

【０１０６】

因子３を用いる場合、最短時間でアプローチできる他、ロボットアーム１０１は最小限の移動量となるため、ロボットアーム１０１と対象ワーク以外のワークとが干渉することによる取り出し失敗を低減することができる。

20

【０１０７】

以上、第６実施形態によれば、複数の保持位置候補の中から、ワーク取出し時のワークの状況に応じて、取出し失敗を低減できる保持位置を選択することができる。よってワーク取出しの成功率を向上させることができる。もちろん、これら複数の因子のうち２つ以上の因子を複合的に組み合わせて最終的に１カ所の保持位置を選択するようにしても良い。なお、第６実施形態およびその変形例のいずれかと、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせる実施しても構わない。

【０１０８】

30

〔第７実施形態〕

第７実施形態について説明する。上述の第６実施形態では、図１７のステップＳ６０８の処理において、パターンマッチング処理を行った後、ステップＳ６０９の保持位置を選択する処理に進む。第７実施形態では、保持位置を選択する前に、ロボットハンド１０２と、取り出そうとしているワークＷ以外のワークＷとの干渉判定を行うステップを追加した制御方法について説明する。図１９は、第７実施形態に係るロボットの制御方法のフローチャートである。なお第７実施形態では、ロボットシステムの構成は、第１実施形態と同様であるため、説明を省略する。図１９における、ステップＳ７０１～Ｓ７０８、Ｓ７１０～Ｓ７１３の処理は、第６実施形態において説明した図１７に示すステップＳ６０１～Ｓ６１２の処理と同様であるため説明を省略する。

40

【０１０９】

第７実施形態では、ＣＰＵ２５１は、第６実施形態と同様にステップＳ７０８でパターンマッチングを行うことで、複数の保持位置候補を取得する。次に、ステップＳ７０９において、ＣＰＵ２５１は、各保持位置候補において、ロボットハンド１０２が取出し対象となっているワークＷ以外のワークＷに干渉すること無くアプローチ可能かどうかの判定を行う。干渉判定には、ステップＳ７０４で取得した高さ情報を用いる。

【０１１０】

図２０（ａ）～図２０（ｄ）は、第７実施形態における取出し対象となるワークＷ１とそれ以外のワークＷ２とが重なった状態を、仮想的かつ模式的に示した図である。説明のため、図２０（ａ）～図２０（ｄ）ではワークＷ２を透過させて示している。図２０（ａ）

50

）には、ステップ S 7 0 8 のパターンマッチング処理で検出されたワーク W 1 とその基準の位置及び姿勢 0、位置及び姿勢 1、2にある保持位置候補 K 1、K 2が示されており、保持位置候補 K 1の上部に別のワーク W 2が覆いかぶさる状態が示されている。

【 0 1 1 1 】

図 2 0 (b) は、図 2 0 (a) の状態において検出される鉛直方向の高さを点群情報で示した図である。図 2 0 (c) 及び図 2 0 (d) は、仮想的なロボットハンド 1 0 2 を配置した図である。図 2 0 (a) の状態において、例えば位置及び姿勢 1 となる保持位置候補 K 1 を用いてワーク W 1 を取り出そうとすると、ワーク W 2 にロボットハンド 1 0 2 が干渉してしまいワーク W 1 の取出しに失敗してしまう可能性がある。また、ワーク W 2 の姿勢が傾いているためロボットハンド 1 0 2 がワーク W 2 をうまく保持することができず、ワーク W 2 の保持にも失敗してしまう可能性がある。

10

【 0 1 1 2 】

図 2 0 (a) のような状態において、ステップ S 7 0 4 の高さ情報は、図 2 0 (b) に示されるように、位置と高さの点群情報として仮想モデルとして得ることができる。この場合、位置及び姿勢 1 及び点群情報は既知であるため、更にロボットハンド 1 0 2 の形状情報を追加することによって、図 2 0 (c) のように仮想的なロボットハンド 1 0 2 を、位置及び姿勢 1 にある保持位置候補 K 1 に、仮想的に配置することができる。ここで、仮想的なロボットハンド 1 0 2 の形状情報とは、ロボットハンド 1 0 2 の大きさやロボットハンド 1 0 2 とワークが当接する当接面の位置情報を指し、例えばロボットハンド 1 0 2 の CAD (Computer Aided Design) 情報などがある。

20

【 0 1 1 3 】

以上により、仮想的なロボットハンド 1 0 2 とワーク W 2 の点群が干渉するかどうかを判定することができる。同様に図 2 0 (d) に示すように、位置及び姿勢 2 にある保持位置候補 K 2 に、仮想的なロボットハンド 1 0 2 を配置した際にも、同様の処理でロボットハンド 1 0 2 とワーク W 2 の点群が干渉するかどうかを判定することができる。よって図 2 0 (a) ~ 図 2 0 (d) の例では、位置及び姿勢 1 にある保持位置候補 K 1 は、取り出し対象となるワーク W 1 以外のワーク W 2 とロボットハンド 1 0 2 とが干渉すると判断できる。また、図 2 0 (a) ~ 図 2 0 (d) の例では、位置及び姿勢 0 2 にある保持位置候補 K 2 は、取出し対象となるワーク W 1 以外のワーク W 2 とロボットハンド 1 0 2 とが干渉せずにワーク W 1 を取り出すことが可能であると判断できる。そしてステップ S 7 1 0 で、CPU 2 5 1 は、取出し対象となるワーク W 1 以外のワーク W 2 とロボットハンド 1 0 2 とが干渉しない保持位置候補の中から好適な保持位置を選択する。そして、ロボット 1 0 0 は、ステップ S 7 1 1、S 7 1 2 においてワーク W 1 を取出し、ステップ S 7 1 3 においてワーク W 1 を搬送する。

30

【 0 1 1 4 】

以上、第 7 実施形態によれば、ステップ S 7 0 9 の干渉判定の処理を追加することで、ロボットハンド 1 0 2 が取出し対象ワークにアプローチする前に、別のワークと干渉するか否かを判定することができる。ここで干渉すると判定された保持位置候補に関しては、次のステップ S 7 1 0 において選択しないようにする。こうすることで、ロボットハンド 1 0 2 とワーク W 2 の干渉を避けることができ、取出ししやすい姿勢となっているワーク W 1 を確実に保持させることが可能となるため、ワークの取出し成功率を向上させることができる。なお、第 7 実施形態およびその変形例のいずれかと、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせる実施しても構わない。

40

【 0 1 1 5 】

[変形例]

上述の第 7 実施形態では、ステップ S 7 0 9 における干渉判定を、ステップ S 7 0 4 で取得した高さ情報を用いて実行する場合について説明した。しかしながら上述の第 5 実施形態で述べたワークの輪郭情報を用いて干渉判定することも可能である。以下で詳述する。

【 0 1 1 6 】

50

図 2 1 には、ステップ S 7 0 8 のパターンマッチング処理で検出されたワーク W 1 とその基準の位置及び姿勢 0、位置及び姿勢 1、2 となる保持位置候補 K 1、K 2 が示されている。そして、これら位置及び姿勢 1、2 を、ステップ S 7 0 2 のワーク検出で得られたワークの輪郭の領域を示す画像 I 1 へ投影した状態を示している。領域 R W 1 がワーク W 1 の輪郭の領域、領域 R W 2 がワーク W 2 の輪郭の領域である。説明のため図 2 1 ではワーク W 2 を透過させて示している。このような投影画像を用いることにより、干渉判定を行うことができる。例えば、ワーク W 1 の位置及び姿勢 1 にある保持位置候補 K 1 は、ワーク W 2 の輪郭である領域 R W 2 内に存在するため、C P U 2 5 1 は、ロボットハンド 1 0 2 が保持位置候補 K 1 にアプローチするのであればロボットハンド 1 0 2 がワーク W 2 に干渉すると判断することができる。一方、ワーク W 1 の位置及び姿勢 2 10 にある保持位置候補 K 2 は、領域 R W 2 外にあるため、C P U 2 5 1 は、ロボットハンド 1 0 2 が保持位置候補 K 2 にアプローチするのであればロボットハンド 1 0 2 がワーク W 2 に干渉せずにワーク W 1 を取り出すことが可能と判断することができる。

【 0 1 1 7 】

以上、本変形例によれば、ステップ S 7 0 9 の干渉判定の処理を追加することで、ロボットハンド 1 0 2 が取出し対象ワークにアプローチする前に、別のワークと干渉するか否かを判定することができる。ここで干渉すると判定された保持位置候補に関しては、次のステップ S 7 1 0 において選択しないようにする。こうすることで、ロボットハンド 1 0 2 とワーク W 2 の干渉を避けることができ、取出しやすい姿勢となっているワーク W 1 を確実に保持させることが可能となるため、ワークの取出し成功率を向上させることができる。なお、本変形例と、上述の種々の実施形態およびそれらの変形例のいずれかと、を組み合わせて実施しても構わない。 20

【 0 1 1 8 】

本発明は、以上説明した実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で多くの変形が可能である。また、実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、実施形態に記載されたものに限定されない。

【 0 1 1 9 】

上述の実施形態では、ロボットアーム 1 0 1 が垂直多関節のロボットアームの場合について説明したが、これに限定するものではない。ロボットアームが、例えば、水平多関節のロボットアーム、パラレルリンクのロボットアーム、直交ロボット等、種々のロボットアームであってもよい。また、制御装置に設けられる記憶装置の情報に基づき、伸縮、屈伸、上下移動、左右移動もしくは旋回の動作、またはこれらの複合動作を自動的に行うことができる機械によって、ワークを保持する機構を実現するようにしてもよい。 30

【 0 1 2 0 】

また、上述の実施形態では、画像処理装置 2 0 0 とロボットコントローラ 3 0 0 とが別個のコンピュータで構成される場合について説明したが、これに限定するものではない。画像処理装置 2 0 0 とロボットコントローラ 3 0 0 とが 1 つのコンピュータで構成されていてもよい。この場合、コンピュータの C P U がプログラムを実行することにより、画像処理部及び制御部として機能するように構成すればよい。 40

【 0 1 2 1 】

また、画像処理装置 2 0 0 が、1 つの C P U 2 5 1 を有する場合について説明したが、これに限定するものではなく、画像処理装置 2 0 0 が複数の C P U 又は複数のコンピュータを有していてもよい。この場合、複数の C P U 又は複数のコンピュータで画像処理部の機能を分担するようにしてもよい。

【 0 1 2 2 】

また、上述の実施形態では、撮像装置である撮像システム 4 0 0 が、第 1 撮像ユニットであるカメラ 4 0 1 と、第 2 撮像ユニットであるカメラ 4 0 2 を有する場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、カメラ 4 0 1 の撮像動作によって得られる画像 I 1 において、探索領域内でパターンマッチングが可能であれば、カメラ 4 0 2 50

、即ち画像 I 2 は省略してもよい。また、ロボットアーム 1 0 1 の動作によりカメラ 4 0 2 で画像 I 1 及び画像 I 2 の撮像が可能であれば、カメラ 4 0 1 は省略してもよい。また、上述の実施形態ではワークの位置及び姿勢を計測したが、ワークの位置のみの計測、ワークの姿勢のみの計測を行っても構わない。

【 0 1 2 3 】

（その他の実施例）

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、A S I C）によっても実現可能である。

10

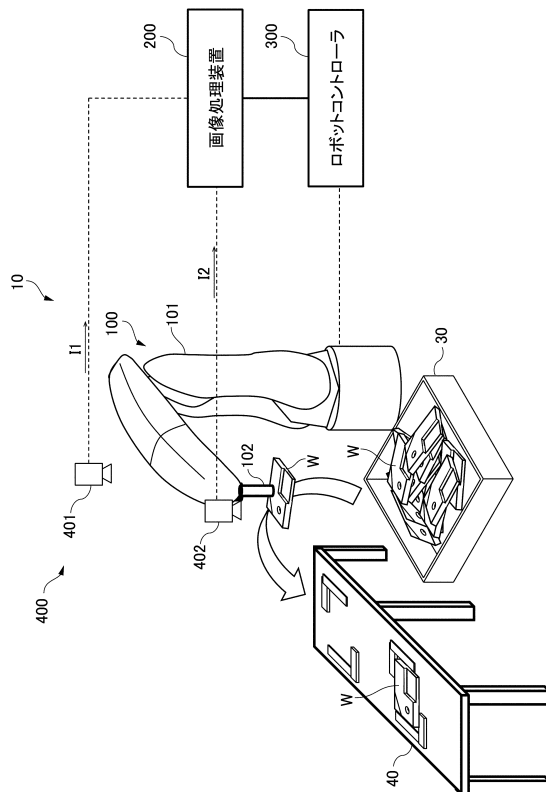
【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

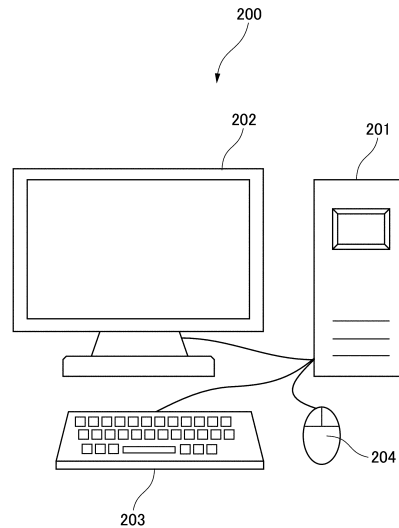
1 0 ... ロボットシステム、1 0 0 ... ロボット、2 0 0 ... 画像処理装置、2 5 1 ... C P U（画像処理部）、3 5 1 ... C P U（制御部）、4 0 0 ... 撮像システム（撮像装置）

【 図面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



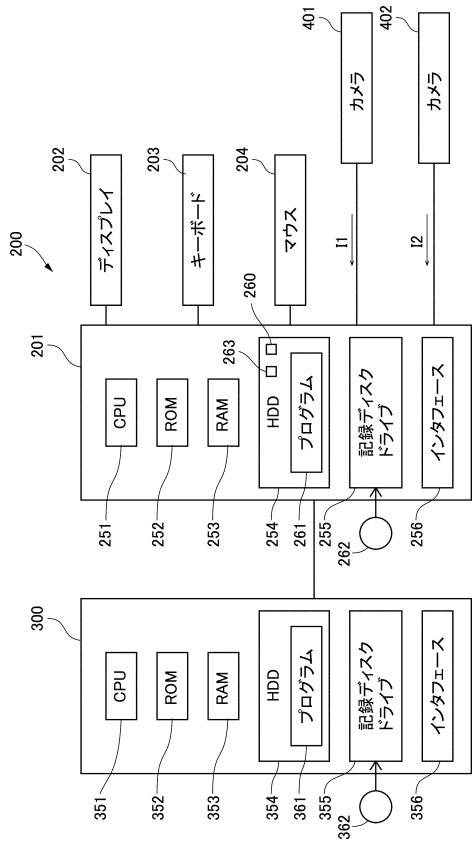
20

30

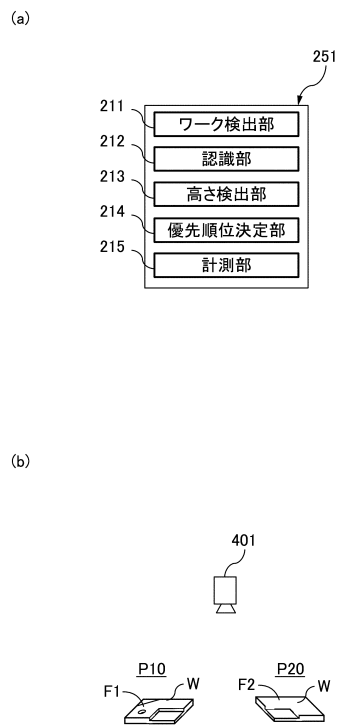
40

50

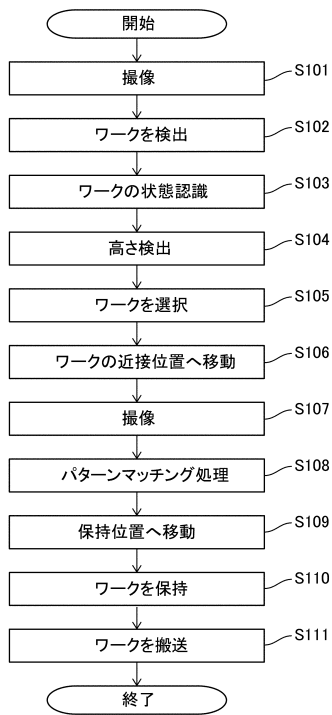
【 図 3 】



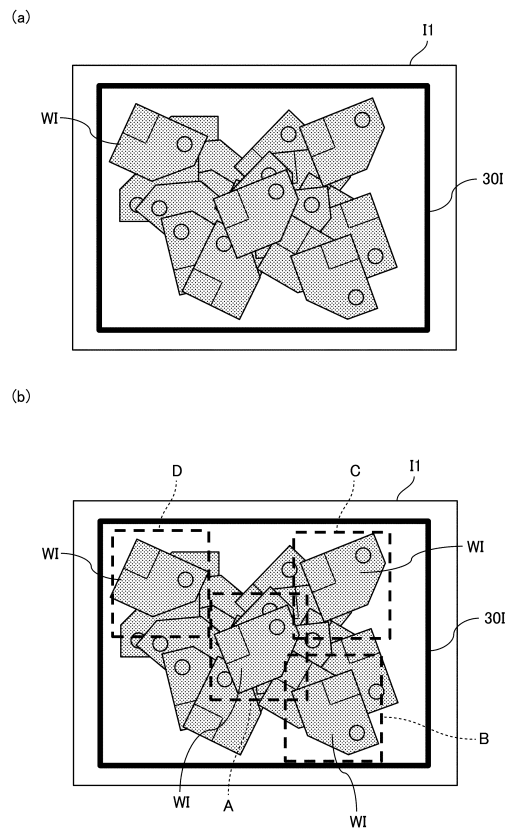
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



10

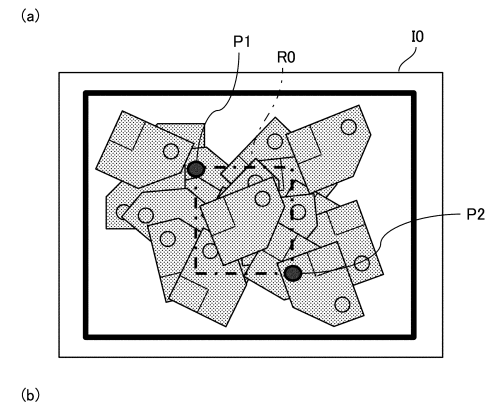
20

30

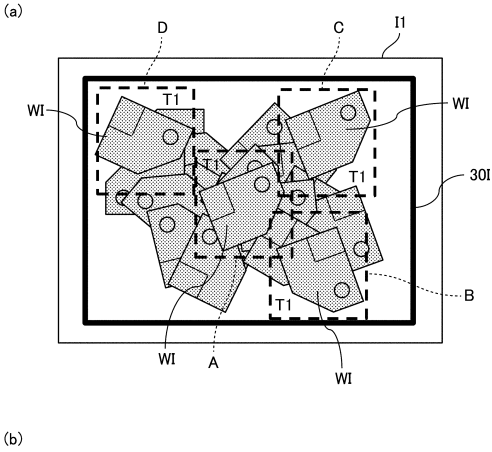
40

50

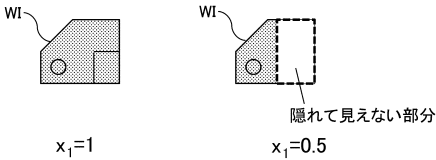
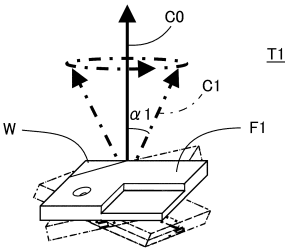
【 図 7 】



【 図 8 】

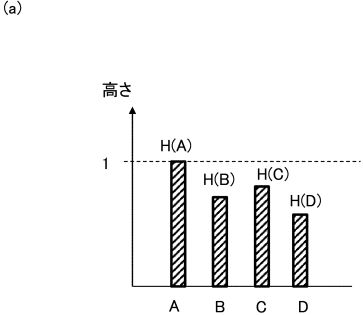


10



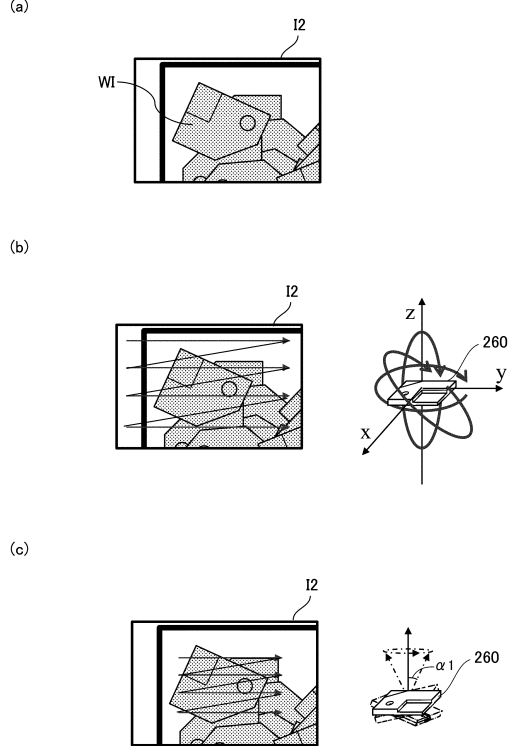
20

【 図 9 】



領域	f	優先順位
A	0.5	4
B	0.7	2
C	0.6	3
D	0.9	1

【 図 10 】

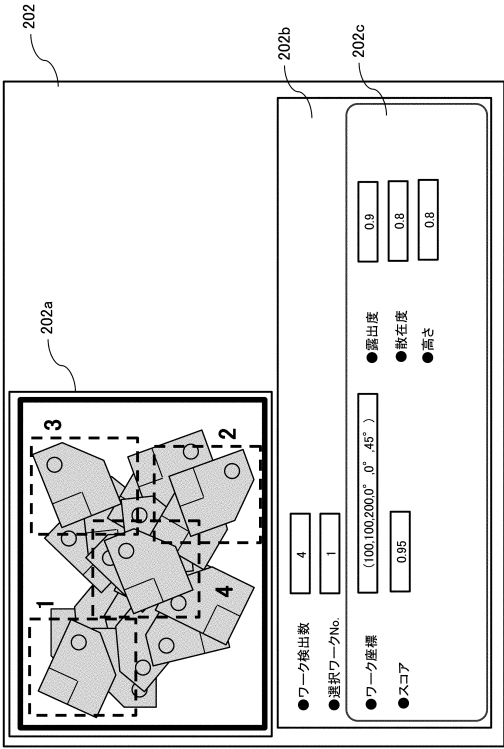


30

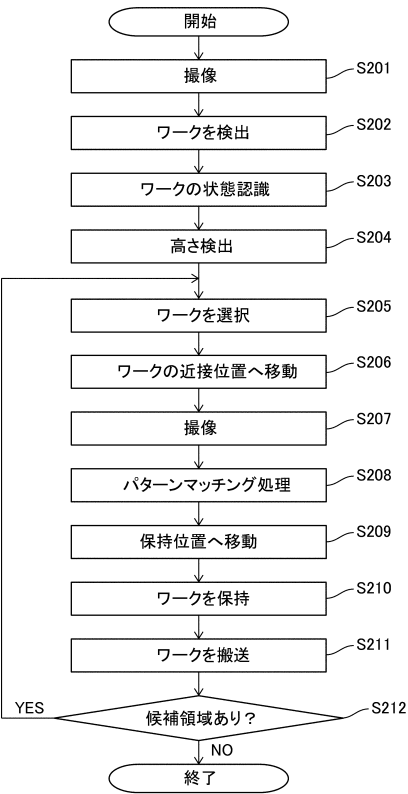
40

50

【 図 1 1 】



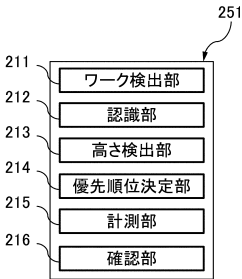
【 図 1 2 】



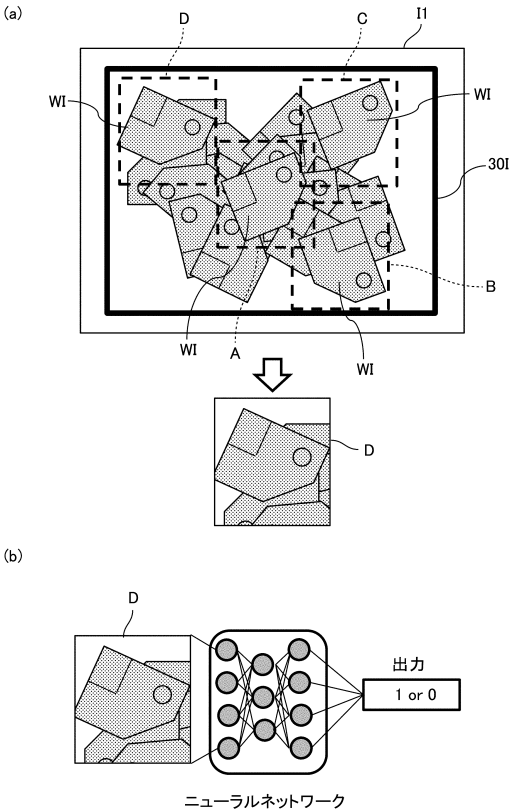
10

20

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

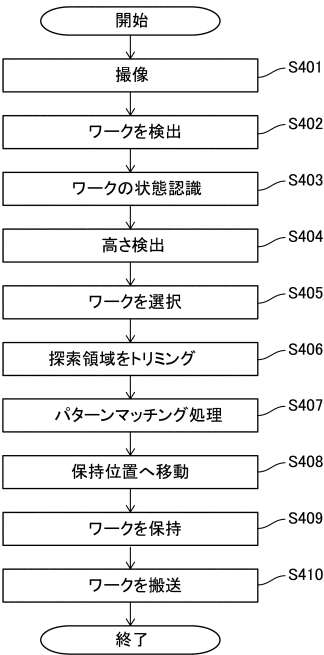


30

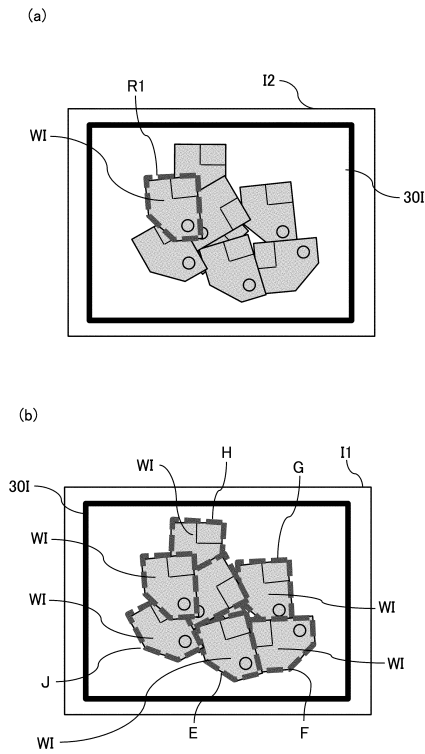
40

50

【 図 1 5 】



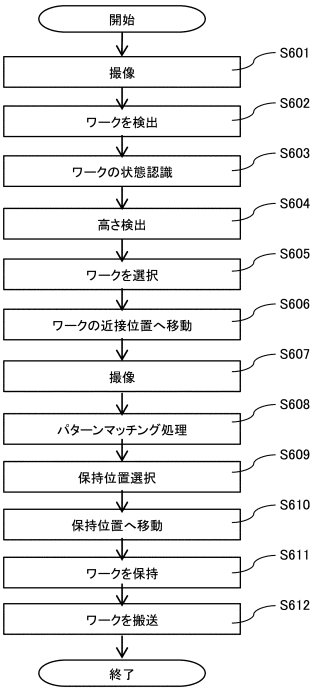
【 図 1 6 】



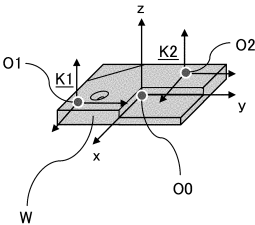
10

20

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

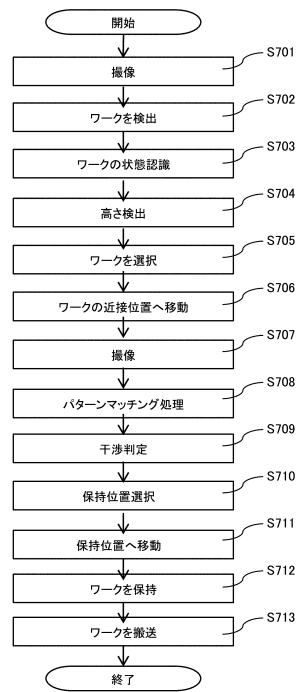


30

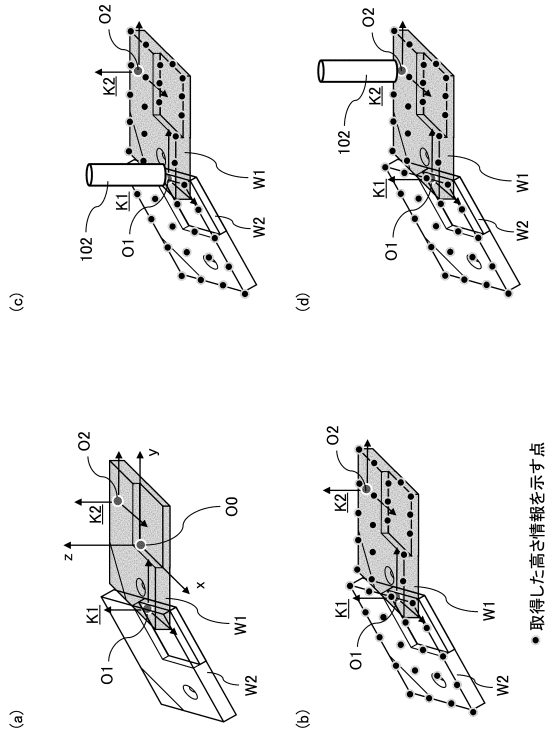
40

50

【図 19】



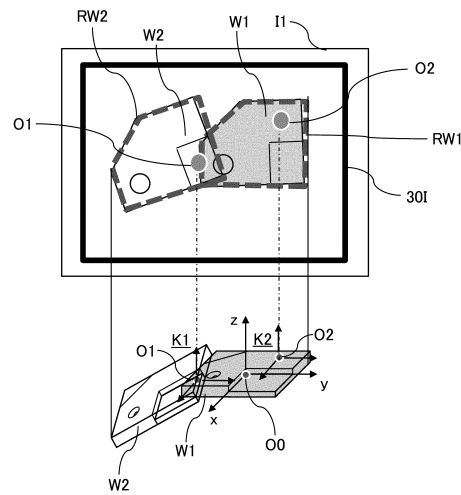
【図 20】



10

20

【図 21】



30

40

50

フロントページの続き

F ターム (参考) KS36 KT02 KT03 KT05 KT06 KT11 LS15 LV07 LW03 LW12