

(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
2021年3月11日(11.03.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/044751 A1

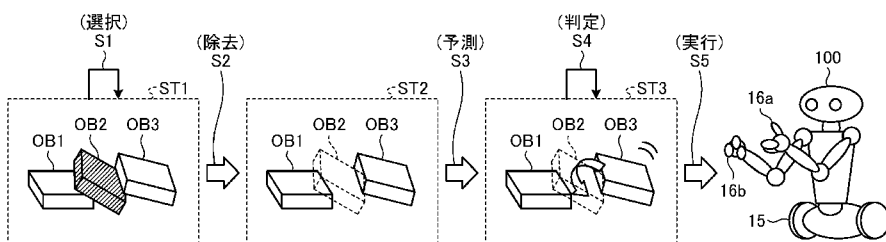
- (51) 国際特許分類:
B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/028134
- (22) 国際出願日: 2020年7月20日(20.07.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2019-159316 2019年9月2日(02.09.2019) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 宮澤 清和 (MIYAZAWA, Kiyokazu); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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).

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

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法及び情報処理プログラム

【図1】



(57) Abstract: The information processing device according to the present disclosure is provided with: a prediction unit that predicts, on the basis of image information obtained by photographing a target object which is a candidate for an operation target and an adjacent object which is adjacent to the target object, a change related to an arrangement state of the adjacent object caused by an operation with respect to the target object; and an execution unit that executes a process for operating the adjacent object when the change in the arrangement state of the adjacent object predicted by the prediction unit satisfies a predetermined condition.

(57) 要約: 本開示に係る情報処理装置は、操作対象の候補となる物体である対象物体と、対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する予測部と、予測部により予測された隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する実行部と、を備える。



WO 2021/044751 A1

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、情報処理方法及び情報処理プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、情報処理装置、情報処理方法及び情報処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] 自律的に物品（物体）を片付けたり、状況に応じて物体の配置位置を変更したりする自律ロボットに関する技術が知られている。例えば、操作対象となる物体を電子タグ等により認識することで、物体に対する操作を実行する（特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-249389号公報
特許文献2：特開2005-88137号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来技術によれば、物体の配置位置を変更する際に、指定された設置位置に他の物品が存在する場合の設置位置を修正する。

[0005] しかしながら、上記の従来技術では、変更後の設置位置に他の物品が存在する場合に設置位置を修正しているに過ぎず、変更前の状態で隣接する物体が存在する物体を対象に操作する場合については考慮されていない。そのため、上記の従来技術では、例えば隣接する物体を先に操作する必要がある物体など、その時点では操作困難な物体を操作対象としてしまう可能性が有る。

[0006] そこで、本開示では、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にする情報処理装置、情報処理方法及び情報処理プログラム

ラムを提案する。

課題を解決するための手段

[0007] 上記の課題を解決するために、本開示に係る一形態の情報処理装置は、操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する予測部と、前記予測部により予測された前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する実行部と、を備える。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本開示の第1の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。
[図2]第1の実施形態に係る操作可能物体の判定の一例を示す図である。
[図3]第1の実施形態に係るロボット装置の構成例を示す図である。
[図4]第1の実施形態に係る閾値情報記憶部の一例を示す図である。
[図5]第1の実施形態に係る密度情報記憶部の一例を示す図である。
[図6]第1の実施形態に係る情報処理の手順を示すフローチャートである。
[図7]第1の実施形態に係る情報処理の手順を示すフローチャートである。
[図8]ロボットの構成の概念図の一例を示す図である。
[図9]N次物体操作の処理の一例を示す図である。
[図10]本開示の第2の実施形態に係るロボット装置の構成例を示す図である。
。
[図11]第2の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。
[図12]本開示の第3の実施形態に係るロボット装置の構成例を示す図である。
。
[図13]第3の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。
[図14]本開示の変形例に係る情報処理システムの構成例を示す図である。
[図15]本開示の変形例に係る情報処理装置の構成例を示す図である。
[図16]ロボット装置や情報処理装置の機能を実現するコンピュータの一例を示すハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本開示の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態により本願にかかる情報処理装置、情報処理方法及び情報処理プログラムが限定されるものではない。また、以下の各実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

[0010] 以下に示す項目順序に従って本開示を説明する。

1. 第1の実施形態

1-1. 本開示の第1の実施形態に係る情報処理の概要

1-1-1. 処理例

1-1-2. 操作可能物体判定

1-1-3. 物体群の操作

1-1-4. ロボット装置の概要・効果

1-2. 第1の実施形態に係るロボット装置の構成

1-3. 第1の実施形態に係る情報処理の手順

1-3-1. 情報処理の手順の概要を示すフローチャート

1-3-2. 情報処理の手順の詳細を示すフローチャート

1-4. 情報処理装置の構成の概念図

1-5. N次物体操作の処理例

2. 第2の実施形態

2-1. 本開示の第2の実施形態に係るロボット装置の構成

2-2. 第2の実施形態に係る情報処理の概要

3. 第3の実施形態

3-1. 本開示の第3の実施形態に係るロボット装置の構成

3-2. 第3の実施形態に係る情報処理の概要

4. その他の実施形態

4-1. その他の構成例

4-2. その他

5. 本開示に係る効果

6. ハードウェア構成

[0011] [1. 第1の実施形態]

[1-1. 本開示の第1の実施形態に係る情報処理の概要]

図1は、本開示の第1の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。本開示の第1の実施形態に係る情報処理は、図1に示すロボット装置100によって実現される。

[0012] ロボット装置100は、第1の実施形態に係る情報処理を実行する情報処理装置である。ロボット装置100は、位置の移動を行うための機能を有する移動部15を有し、所望の位置に移動可能な自律ロボットである。また、ロボット装置100は、第1操作部16aと、第2操作部16bとの2つの操作部（マニピュレータ）を有する。以下では、第1操作部16aや第2操作部16bを区別せずに説明する場合、「操作部16」と記載する場合がある。なお、ロボット装置100が有する操作部16の数は2つに限らず、1つや3つ以上であってもよいが、この点についての詳細は後述する。

[0013] ロボット装置100は、画像センサ141（図3参照）により検知（撮像）した画像情報（単に「画像」ともいう）に基づいて、物体を操作する処理を実行する情報処理装置である。ロボット装置100は、画像中の物体から操作対象の候補となる対象物体を選択し、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測し、予測した隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する。なお、図1の例では、対象物体の隣接物体の一例として、対象物体と接触している物体を一例として説明するが、隣接物体は、対象物体に接触している物体に限らず、対象物体から所定の範囲内に位置する物体であってもよい。例えば、隣接物体は、対象物体の除去の影響を受ける範囲内に位置する物体であってもよい。例えば、対象物体が磁性を有する物体である場合、隣接物体は、対象物体の磁性の影響を受ける範囲内に位置する物体であってもよい。また、図1の例では、対象物体の除去を対象物体に対する操作の一例とし、対象物体の除去により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する場

合を説明する。なお、対象物体に対する操作は、対象物体を除去する（取り除く）ことに限らず、例えば対象物体の位置を変更することや、対象物体の姿勢を変更する等、隣接物体に影響を与えうる種々の操作を含む概念である。

[0014] [1-1-1. 処理例]

ここから、図1を用いて、複数の物体が積み重ねられた物体群を対象に処理を行う場合を一例として説明する。図1では、書籍である物体OB1、OB2、OB3の3つの物体が積み重ねられている状態ST1を対象とする処理を示す。ロボット装置100は、状態ST1を画像センサ141により撮像し、物体OB1、OB2、OB3が積み重ねられた状態ST1を示す画像（以下「画像IM1」とする場合がある）を取得する。ロボット装置100は、画像解析等の技術により、画像IM1を解析することにより、画像IM1に物体OB1、OB2、OB3が含まれることを特定する。

[0015] まず、ロボット装置100は、操作対象の候補となる物体（対象物体）を選択する（ステップS1）。例えば、ロボット装置100は、物体OB1、OB2、OB3の物体群から、対象物体をランダムに選択する。図1の例では、ロボット装置100は、物体OB1、OB2、OB3の物体群から、対象物体として物体OB2（以下「対象物体OB2」ともいう）を選択する。なお、ロボット装置100は、重量が所定の閾値未満であると推定される物体を操作対象物に選択するが、この点については図2で説明する。ロボット装置100は、対象物体OB2の周囲にある物体（隣接物体）と、対象物体OB2との物理接触状態を認識する。ロボット装置100は、画像IM1を解析することにより、対象物体OB2が、物体OB1及び物体OB3と接触していると認識する。

[0016] そして、ロボット装置100は、対象物体を除去する（ステップS2）。図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2を除去する。ロボット装置100は、物体OB1、OB2、OB3が積み重ねられた状態ST1を示す画像IM1から、対象物体OB2を除去する。ロボット装置100は

、画像IM1から対象物体OB2を除去することにより、物体OB1、OB2、OB3の物体群から、対象物体OB2のみが除去された状態ST2を対象に処理を行う。

[0017] ロボット装置100は、対象物体を除去した場合の隣接物体の配置状態に関する変化を予測する（ステップS3）。ロボット装置100は、対象物体を除去した場合の隣接物体の姿勢や位置の変化を予測する。ロボット装置100は、物理シミュレーションに関する種々の技術を適宜用いて、隣接物体の姿勢や位置の予測を行う。例えば、ロボット装置100は、画像を基に、各物体の形状データ（W[幅]、D[奥行き]、H[高さ]）から重心を推定し、重力方向を検出する。そして、ロボット装置100は、内蔵の物理モデルシミュレータにより隣接物体の姿勢や位置の予測を行う。なお、上記は一例であり、ロボット装置100は、対象物体を除去した場合の隣接物体の姿勢や位置が予測可能であれば、どのような情報や方法により、予測を行ってもよい。

[0018] 例えば、ロボット装置100は、対象物体を除去した場合の隣接物体の姿勢量（姿勢変化予測値）や位置の変化量（位置変化予測値）を予測する。図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1、OB3の配置状態に関する変化を予測する。ロボット装置100は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢や位置の変化や物体OB3の姿勢や位置の変化を予測する。

[0019] ロボット装置100は、物体OB1が対象物体OB2の下に位置するため、対象物体OB2の除去により、物体OB1の位置や姿勢の変化はないと予測する。ロボット装置100は、物体OB1が対象物体OB2を支える状態であるため、対象物体OB2の除去により、物体OB1の位置や姿勢の変化はないと予測する。例えば、ロボット装置100は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値が0であると予測する。

[0020] また、ロボット装置100は、物体OB3が対象物体OB2の上に位置す

るため、対象物体OB2の除去により、物体OB3の位置や姿勢の変化があると予測する。ロボット装置100は、物体OB3が対象物体OB2により支えられている状態であるため、対象物体OB2の除去により、物体OB3の位置や姿勢の変化があると予測する。また、ロボット装置100は、対象物体OB2の除去による物体OB3の位置や姿勢の変化量を予測する。例えば、ロボット装置100は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値を予測する。このように、ロボット装置100は、画像IM1から対象物体OB2を除去した場合、状態ST3に示すように、隣接物体の物体OB3に姿勢や位置の変化があると予測する。

[0021] そして、ロボット装置100は、隣接物体の周囲物体の動作が閾値以上であるかを判定する（ステップS4）。ロボット装置100は、隣接物体の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。例えば、ロボット装置100は、記憶部12（図4参照）に記憶された姿勢に関する閾値（姿勢閾値）や位置に関する閾値（位置閾値）を用いて、隣接物体の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。

[0022] ロボット装置100は、判定結果に基づいて操作に関する処理を実行する（ステップS5）。ロボット装置100は、対象物体の除去により生じる隣接物体の姿勢の変化量の予測値（姿勢変化予測値）と、姿勢閾値とを比較し、姿勢変化予測値が姿勢閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行する。また、ロボット装置100は、対象物体の除去により生じる隣接物体の位置の変化量の予測値（位置変化予測値）と、位置閾値とを比較し、位置変化予測値が位置閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行する。なお、ロボット装置100は、上記のように姿勢変化または位置変化の一方が閾値以上になる場合に隣接物体を操作する処理を実行してもよいし、姿勢変化及び位置変化の両方が閾値以上となる場合、隣接物体を操作する処理を実行してもよい。また、ロボット装置100は、姿勢変化と位置変化とを合成した変化量（合成変化量）を所定の閾値（図4中の閾値TH2等）と

比較し、合成変化量が所定の閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行してもよい。

[0023] 図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2の除去により生じる物体OB1の姿勢変化予測値が姿勢閾値未満であり、物体OB1の姿勢変化予測値が姿勢閾値未満であるため、物体OB1を操作する処理を実行しない。

[0024] また、図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2の除去により生じる物体OB3の姿勢変化予測値が姿勢閾値以上であるため、物体OB3を操作する処理を実行する。例えば、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB2の操作を実行し、第2操作部16bで物体OB3の操作を実行する。例えば、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB2の操作を実行し、第2操作部16bで隣接物体である物体OB3を支える操作を実行する。このように、ロボット装置100は、第2操作部16bに対象物体の移動による隣接物体である物体OB3の配置状態の変化を抑制させる処理を実行する。ロボット装置100は、第1操作部16aに対象物体OB2を移動させる処理を実行する。この場合、ロボット装置100は、対象物体OB2を移動させるなどの操作後に、第2操作部16bを駆動させ、物体OB3を安定した位置に配置する操作を実行してもよい。

[0025] また、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB2を保持する操作を実行し、第2操作部16bで物体OB3を保持する操作を実行し、移動部15により、所望の位置まで物体OB2とともに物体OB3を運んでもよい。ロボット装置100は、第1操作部16aに対象物体OB2を移動させ、第2操作部16bに隣接物体である物体OB3を移動させてもよい。

[0026] 上述したように、ロボット装置100は、対象物体を除去した場合の対象物体に隣接する隣接物体の配置状態の変化を基に、対象物体や隣接物体を操作する処理を実行する。このように、ロボット装置100は、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができ

る。

[0027] [1-1-2. 操作可能物体判定]

ここから、操作可能物体の判定の概要について図2を用いて説明する。図2は、第1の実施形態に係る操作可能物体の判定の一例を示す図である。ロボット装置100は、画像を基に、操作可能物体を判断する。

[0028] ロボット装置100は、画像センサ141により未知物体操作群（未知物体群SG1）を含む画像を検知（撮像）する（ステップS11）。ロボット装置100は、画像センサ141により検知された画像に基づいて、複数の未知物体操作群（未知物体群SG1）を認識する。図2の例では、ロボット装置100は、本棚及び収納された複数の本を含む未知物体群SG1を認識する。

[0029] ロボット装置100は、積み重なった複数の未知物体群の画像情報から、まず各物体にセグメンテーションする。ロボット装置100は、画像のセグメンテーションに関する種々の技術を適宜用いて、画像センサ141が検知した画像中に含まれる未知物体群SG1をセグメンテーションする。図2の例では、ロボット装置100は、物体OB11～OB17等の複数の書籍を含む書籍群SG11や複数の書籍を含む書籍群SG12や複数の書籍を含む書籍群SG13や本棚である物体OB10等に、未知物体群SG1をセグメンテーションする。なお、ロボット装置100は、書籍群SG11を物体OB11～OB17の各々にセグメンテーションし、書籍群SG12や書籍群SG13も各書籍にセグメンテーションする。

[0030] そして、ロボット装置100は、未知物体群SG1を分類する（ステップS12）。ロボット装置100は、例えば「マニピュレータの可搬重量」などの閾値（図4中の閾値TH1の値「Wload」等）を用いて、閾値の外力で動かすことのできない物体群G0と、閾値内の外力で動かすことのできる物体群G1とのいずれかに未知物体群SG1を分類（区分け）する。

[0031] ロボット装置100は、未知物体群SG1に含まれる各物体の重量と、「Wload」とを比較し、重量が「Wload」を超える物体を操作不可能

な物体として、物体群G0に分類する。また、ロボット装置100は、未知物体群SG1に含まれる各物体の重量と、「Wload」とを比較し、重量が「Wload」以下である物体を操作可能な物体として、物体群G1に分類する。

[0032] ここで、未知物体群SG1に含まれる各物体の質量については未知情報であるため、ロボット装置100は、画像データから推定する。ロボット装置100は、一般物体認識等の物体認識に関する種々の技術を適宜用いて、画像センサ141が検知した画像中に含まれる未知物体群SG1の各物体を認識する。ロボット装置100は、画像から抽出した物体の形状データ（W[幅]、D[奥行き]、H[高さ]）を推定する。また、ロボット装置100は、物体の材質を推定し、物体の密度 ρ を推定する。そして、ロボット装置100は、推定した物体の形状データ（W[幅]、D[奥行き]、H[高さ]）と、物体の密度 ρ とを用いて、物体の推定重量を算出する。例えば、ロボット装置100は、物体の幅、奥行き、高さ及び密度を乗算することにより、推定重量「Wp」を算出する。ロボット装置100は、下記の式（1）により、推定重量「Wp」を算出する。

$$[0033] \quad W_p = \rho W D H \quad \dots \quad (1)$$

[0034] なお、密度を推定できない場合、ロボット装置100は、環境の平均密度をあらかじめデータとして保持しておき、平均密度を用いて重量を推定する。例えば、ロボット装置100は、密度情報記憶部122（図5参照）に記憶された環境平均の密度DS1の値「VL1」を、物体の推定密度「 ρ 」の代わりに用いて、物体の重量を推定する。

[0035] そして、ロボット装置100は、算出した各物体の推定重量「Wp」と、閾値「Wload」とを比較し、各物体が操作可能かどうかを判定し、各物体を操作可能な物体群G1と、操作不可能な物体群G0とのいずれかに分類する。

[0036] 図2の例では、ロボット装置100は、書籍群SG11～SG13に含まれる物体OB11～OB17等の各書籍の重量を推定し、推定重量が閾値「

W l o a d」以下であると判定する。これにより、ロボット装置100は、書籍群SG11～SG13に含まれる物体OB11～OB17等の各書籍を、操作可能な物体群G1に分類する。

[0037] また、ロボット装置100は、本棚である物体OB10の重量を推定し、推定重量が閾値「W l o a d」より大きいと判定する。これにより、ロボット装置100は、本棚である物体OB10を、操作不可能な物体群G0に分類する。そして、ロボット装置100は、物体群G1に属する物体の中から操作対象とする対象物体を選択する。

[0038] なお、ロボット装置100は、物体群G1の物体群のみを操作対象とするが、物体群G1に属する物体少ない場合、他のロボットに応援を要請したり、複数のマニピュレータで協調作業したりしてもよい。ロボット装置100は、物体群G1に属する物体少ない場合、物体群G0に属する物体を操作対象に選択し、他のロボットに応援を要請したり、複数のマニピュレータで協調作業したりしてもよい。

[0039] 例えば、ロボット装置100は、物体群G1に属する物体の数が所定の基準値未満である場合、物体群G0に属する物体を操作対象に選択し、他のロボットに応援を要請したり、複数のマニピュレータで協調作業したりしてもよい。例えば、ロボット装置100は、物体群G1に属する全物体が隣接物体の変化の条件により、操作不可である場合、物体群G0に属する物体を操作対象に選択し、他のロボットに応援を要請したり、複数のマニピュレータで協調作業したりしてもよい。

[0040] また、上述のように、ロボット装置100は、操作対象物体を自律的に選択してもよいし、ロボット装置100の管理者等の人間による指示に応じて、操作対象物体を選択してもよい。例えば、ロボット装置100は、遠隔もしくはその場で操作可否を判断可能な人間がいる場合、物体の操作可否を示す情報を外部から取得してもよい。また、ロボット装置100は、事前に知識として各物体が操作可能かどうかを示す操作可否情報を記憶部12に記憶し、記憶部12に記憶した操作可否情報を基に操作可否を判定してもよい。

[0041] [1-1-3. 物体群の操作]

次に、互いに物理作用し合う物体群の操作方法についての概要を説明する。なお、互いに物理接触した物体群を操作するフローの詳細については図7において詳述する。ロボット装置100は、画像データより運動解析し、互いに物理作用し合う物体群を操作する。

[0042] 例えば、物体Aに自重を支えられながら接触している物体Bが存在するとしたとき、物体Aを操作しようとするとき物体Aに支えられながら姿勢を保っていた物体Bの位置・姿勢は崩れ、物体Bは倒れて落下したり破損したり、周囲の環境に影響を与える場合がある。このような事象発生を抑制するために、ロボット装置100は、事前に物体Bの運動を予測する。まず、ロボット装置100は、操作対象となる物体Aを取り除いたときに、該当物体に接触している他の物体（物体B等）がどのような動作をするのかを事前に解析し、隣接物体（物体B）の動きや姿勢を予測する。このとき、ロボット装置100は、各物体の形状データ（W [幅]、D [奥行き]、H [高さ]）から重心を推定し、重力方向を検出して、内蔵の物理モデルシミュレータにより物体Bの姿勢や位置の予測を行う。隣接物体（物体B）の予測される動きが閾値内で収束するとき、物体Aは操作可能と判定する。

[0043] なお、隣接物体の予測動作が閾値内かどうかで物体操作を選択すると、操作不可能な場合がある。このような場合、ロボット装置100は、動きの大きな物体等の隣接物体を別のマニピュレータ（操作部16）で支え動かないように固定しながら、対象物体を操作してもよい。なお、ロボット装置100は、単純に固定するだけでなく、2つ以上のマニピュレータ（操作部16）を用いて、互いに支え合ったり、一時的に把持したり、手渡したり等の協調作業することで、操作部16間で物体操作の役割を分割してもよい。また、ロボット装置100は、他のロボット装置と協調して、互いに支え合ったり、一時的に把持したり、手渡したり等の協調作業することで、ロボット装置間で物体操作の役割を分割してもよい。

[0044] また、ロボット装置100は、操作部16（マニピュレータのエンドエフ

エクタ部)にカメラ(画像センサ)を備える場合、エンドエフェクタ部からの画像を参考に物体の姿勢や位置の予測が可能となる。そのため、ロボット装置100は、オクルージョンを回避し、より姿勢や位置の正確な予測判断が可能となる。

[0045] [1-1-4. ロボット装置の概要・効果]

上述のように、ロボット装置100は、操作部16(アーム、ハンド)、移動部15(台車等)、認識部(視覚センサとしての画像センサ141や力触覚センサ142等)を備えた移動可能なロボットであり、上述した流れにより未知物体を操作する。

[0046] 具体的には、ロボット装置100は、互いに接触し合った物体群に対して、画像情報を利用してマニピュレータが操作可能な物体かどうかを判別し、操作可能物体と操作不可能な物体に区別する。また、ロボット装置100は、互いに接触し合った物体群から操作対象物体を抽出し、操作対象物体を画像から排除し、操作対象物体に接触する物体について、操作対象物体排除後の姿勢や位置を予測する。そして、ロボット装置100は、操作対象物体に接触する物体の姿勢や位置の変化が閾値以上である場合、操作対象物体に接触する物体に対する操作を実行したり、操作対象を変更したりする。また、ロボット装置100は、操作対象物体に接触する物体の姿勢や位置の変化が閾値未満である場合、操作対象物体を操作可能とする。

[0047] マニピュレータ(操作部16)を複数備えている場合、ロボット装置100は、操作対象物体に接触する物体の姿勢が動かないように操作部16を把持制御する。ロボット装置100は、操作部16を複数備えている場合、一の操作部16で操作対象物体に対する操作を実行し、他の操作部16で操作対象物体に接触する物体に対する操作を実行する。

[0048] また、ロボット装置100は、対象物体表面を閾値以内の力でロボットハンド(操作部16)と接触させて、物体に動く箇所がないかどうかを確認した後、操作対象物体を選択してもよい。なおこの点についての詳細は後述する。

- [0049] 上述のように、ロボット装置100は、積み重なった複数の物体OB1～OB3のような物体群の中から、周辺物体の位置姿勢を変化させずに対象物体を安定操作することができる。ロボット装置100は、積み重なった複数の未知物体群の中から、周辺物体の位置姿勢を変化させずに特定の物体を安定操作することができる。例えば、ロボット装置100は、質量や摩擦係数などの物理特性が不明の物体の中から、周辺物体の位置姿勢を変化させずに特定の物体を安定操作することができる。
- [0050] このように、ロボット装置100は、部屋等の空間を移動可能であり、自律的に部屋を片付けることができ、空間や物体の情報が既知ではない場合であっても、円滑に操作を実行することができる。
- [0051] 従来では、例えば操作対象物体を非接触タグ等で認識したり特定したりすることで、該当物体の形状・種類・位置・姿勢等の詳細な情報を、あらかじめ用意してあるデータベースを参照することで、物体に対する処理を実行する。この場合、データベースに記憶された対象物体のパラメータ等の情報を用いて、ロボットは物体の操作や移動を実施する。
- [0052] しかし、上記の場合、物理パラメータが未知の物体に対して操作を行うことは困難であり、未知物体を含めたあらゆる物体を操作対象にすることができるとは限らない。自律ロボットがあらゆる状況や環境で自律的に動作することが求められるため、ロボットが未知の環境に置かれたときに適切に操作できることが望まれる。
- [0053] そこで、ロボット装置100は、画像により物体を認識し、隣接物体に対する影響を考慮して、物体に対する操作を行う。そのため、ロボット装置100は、未知物体を含めたあらゆる物体を操作対象にすることができ、他の物体への影響も考慮して動作することができる。
- [0054] 上記のように、ロボット装置100は、構造化されていない未知の環境において、自律的に移動し、未知物理パラメータの物体を操作することができる。これにより、ロボット装置100は、データベース等が不要となり、様々な環境において操作可能となる。また、データベースを作成する手間やコ

ストが不要となる。

[0055] また、ロボット装置100は、操作前に周囲の物体の姿勢や位置の予測を行うため、操作に伴う物体の落下や破損などリスクを低減することができる。また、ロボット装置100は、人間が細かく指示しなくても操作することができるようになる物体や環境が増えるため、ロボット装置100の自律性が高まり、生産性が向上することができる。

[0056] [1-2. 第1の実施形態に係るロボット装置の構成]

次に、第1の実施形態に係る情報処理を実行する情報処理装置の一例であるロボット装置100の構成について説明する。図3は、第1の実施形態に係るロボット装置100の構成例を示す図である。

[0057] 図3に示すように、ロボット装置100は、通信部11と、記憶部12と、制御部13と、センサ部14と、移動部15と、第1操作部16aと、第2操作部16bとを有する。

[0058] 通信部11は、例えば、NIC (Network Interface Card) や通信回路等によって実現される。通信部11は、ネットワークN (インターネット等) と有線又は無線で接続され、ネットワークNを介して、他の装置等との間で情報の送受信を行う。

[0059] 記憶部12は、例えば、RAM (Random Access Memory)、フラッシュメモリ (Flash Memory) 等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。記憶部12は、閾値情報記憶部121と密度情報記憶部122とを有する。なお、記憶部12は、閾値情報記憶部121や密度情報記憶部122に限らず、各種の情報が記憶される。記憶部12は、操作部16に関する各種情報を記憶してもよい。例えば、記憶部12は、操作部16の数や操作部16の設置位置を示す情報を記憶してもよい。例えば、記憶部12は、物体の特定 (推定) に用いる各種情報を記憶してもよい。

[0060] 第1の実施形態に係る閾値情報記憶部121は、閾値に関する各種情報を記憶する。閾値情報記憶部121は、各種判定に用いる閾値に関する各種情

報を記憶する。図4は、第1の実施形態に係る閾値情報記憶部の一例を示す図である。図4に示す閾値情報記憶部121には、「閾値ID」、「対象」、「用途」、「閾値」といった項目が含まれる。

[0061] 「閾値ID」は、閾値を識別するための識別情報を示す。「対象」は、閾値を用いる対象を示す。「用途」は、閾値の用途を示す。「閾値」は、対応する閾値IDにより識別される閾値の具体的な値を示す。

[0062] 図4の例では、閾値ID「TH1」により識別される閾値（閾値TH1）は、対象が「重量」であることを示す。閾値TH1は、物体の重量を対象とする判定に用いられる閾値であることを示す。閾値TH1の用途は、可搬物体判定であり、物体がロボット装置100により操作可能であるかの判定に用いられることを示す。また、閾値TH1の値は、「Wload」であることを示す。なお、図4の例では、「Wload」といった抽象的な符号で示すが、閾値TH1の値は具体的な数値である。

[0063] また、閾値ID「TH2」により識別される閾値（閾値TH2）は、対象が「位置姿勢」であることを示す。閾値TH2は、物体の位置姿勢を対象とする判定に用いられる閾値であることを示す。閾値TH2の用途は、隣接物体変化であり、対象物体に対する操作による隣接物体の配置状態の変化の判定に用いられることを示す。また、閾値TH2の値は、「PVL」であることを示す。なお、図4の例では、「PVL」といった抽象的な符号で示すが、閾値TH2の値は具体的な数値である。

[0064] なお、閾値情報記憶部121は、上記に限らず、目的に応じて種々の情報を記憶してもよい。閾値情報記憶部121は、姿勢に関する閾値（姿勢閾値）と、位置に関する閾値（位置閾値）とを記憶してもよい。この場合、ロボット装置100は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の姿勢の変化量の予測値（姿勢変化予測値）と、姿勢閾値とを比較し、姿勢変化予測値が姿勢閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行する。また、ロボット装置100は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の位置の変化量の予測値（位置変化予測値）と、位置閾値とを比較し、位置変化予測

値が位置閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行する。

[0065] 第1の実施形態に係る密度情報記憶部122は、密度に関する各種情報を記憶する。密度情報記憶部122は、物体の重量推定に用いる密度に関する各種情報を記憶する。図5は、第1の実施形態に係る密度情報記憶部の一例を示す図である。図5に示す密度情報記憶部122には、「密度ID」、「密度名」、「用途」、「密度」といった項目が含まれる。

[0066] 「密度ID」は、密度を識別するための識別情報を示す。「対象」は、密度の対象を示す。「値」は、対応する密度IDにより識別される密度の具体的な値を示す。

[0067] 図5の例では、密度ID「DS1」により識別される密度（密度DS1）は、対象が「環境平均」であることを示す。密度DS1は、地球環境における物体の平均密度であり、環境の各物体に適用される密度であることを示す。また、密度DS1の値は、「VL1」であることを示す。なお、図4の例では、「VL1」といった抽象的な符号で示すが、密度DS1の値は、例えば「3 (g/cm³)」や「4 (g/cm³)」といった具体的な数値である。

[0068] なお、密度情報記憶部122は、上記に限らず、目的に応じて種々の情報を記憶してもよい。密度情報記憶部122は、物体毎の密度を示す情報を記憶してもよい。密度情報記憶部122は、物体毎にその物体の平均密度を対応付けて記憶してもよい。

[0069] 図3に戻り、説明を続ける。制御部13は、例えば、CPU (Central Processing Unit) やMPU (Micro Processing Unit) 等によって、ロボット装置100内部に記憶されたプログラム（例えば、本開示に係る情報処理プログラム）がRAM (Random Access Memory) 等を作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部13は、例えば、ASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field Programmable Gate Array) 等の集積回路により実現されてもよい。

[0070] 図3に示すように、制御部13は、取得部131と、解析部132と、分

類部 133 と、選択部 134 と、予測部 135 と、判定部 136 と、計画部 137 と、実行部 138 とを有し、以下に説明する情報処理の機能や作用を実現または実行する。なお、制御部 13 の内部構成は、図 3 に示した構成に限られず、後述する情報処理を行う構成であれば他の構成であってもよい。

[0071] 取得部 131 は、各種情報を取得する。取得部 131 は、外部の情報処理装置から各種情報を取得する。取得部 131 は、記憶部 12 から各種情報を取得する。取得部 131 は、閾値情報記憶部 121 や密度情報記憶部 122 から各種情報を取得する。取得部 131 は、解析部 132 や、分類部 133 や、選択部 134 や、予測部 135 や、判定部 136 や、計画部 137 から情報を取得する。取得部 131 は、取得した情報を記憶部 12 に格納する。

[0072] 取得部 131 は、センサ部 14 により検知されたセンサ情報を取得する。取得部 131 は、画像センサ 141 によって検知されるセンサ情報（画像情報）を取得する。取得部 131 は、画像センサ 141 により撮像された画像情報（画像）を取得する。取得部 131 は、力覚センサ 142 によって検知されるセンサ情報（接触情報）を取得する。

[0073] 取得部 131 は、操作対象の候補となる物体である対象物体と、対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報を取得する。取得部 131 は、対象物体と、対象物体に接触する隣接物体とが撮像された画像情報を取得する。取得部 131 は、積み重ねられた対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報を取得する。取得部 131 は、対象物体と、対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する隣接物体とが撮像された画像情報を取得する。

[0074] 図 1 の例では取得部 131 は、物体 OB1、OB2、OB3 が積み重ねられた状態 ST1 を示す画像（画像 IM1）を取得する。

[0075] 解析部 132 は、各種情報を解析する。解析部 132 は、物理的な解析を行う物理解析部として機能する。解析部 132 は、物理的な性質に関する情報を用いて、各種情報を解析する。解析部 132 は、画像情報を解析する。解析部 132 は、外部の情報処理装置からの情報や記憶部 120 に記憶され

た情報に基づいて、画像情報から各種情報を解析する。解析部 132 は、画像情報から各種情報を特定する。解析部 132 は、画像情報から各種情報を抽出する。解析部 132 は、解析結果に基づく認識を行う。解析部 132 は、解析結果に基づいて、種々の情報を認識する。

[0076] 解析部 132 は、画像に関する解析処理を行う。解析部 132 は、画像処理に関する各種処理を行う。解析部 132 は、取得部 131 により取得された画像情報（画像）に対して処理を行う。解析部 132 は、画像センサ 141 により撮像された画像情報（画像）に対して処理を行う。解析部 132 は、画像処理に関する技術を適宜用いて、画像に対する処理を行う。

[0077] 解析部 132 は、画像中の対象物体を除去する処理を実行する。解析部 132 は、画像処理に関する技術を適宜用いて、画像中の対象物体を除去する処理を実行する。図 1 の例では、解析部 132 は、物体 OB1～OB3 が隣接した状況 ST1 を撮像した画像中の対象物体 OB2 を除去する処理を実行する。解析部 132 は、物体 OB2 が物体 OB1 及び物体 OB3 と接触した状況 ST1 を撮像した画像から、対象物体 OB2 を除去する処理を実行する。

[0078] 図 1 の例では解析部 132 は、画像解析等の技術により、画像 IM1 を解析することにより、画像 IM1 に物体 OB1、OB2、OB3 が含まれることを特定する。解析部 132 は、対象物体 OB2 の周囲にある物体（隣接物体）と、対象物体 OB2 との物理接触状態を認識する。ロボット装置 100 は、画像 IM1 を解析することにより、対象物体 OB2 が、物体 OB1 及び物体 OB3 と接触していると認識する。

[0079] 分類部 133 は、各種の分類を行う。分類部 133 は、各種情報を分類する。分類部 133 は、取得部 131 により取得された情報に基づいて、分類処理を行う。分類部 133 は、取得部 131 により取得された情報を分類する。分類部 133 は、記憶部 12 に記憶された情報に基づいて、分類処理を行う。分類部 133 は、各種の推定を行う。分類部 133 は、各種情報を推定する。分類部 133 は、物体の重量を推定する。

- [0080] 分類部133は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種分類を行う。分類部133は、センサ部14により検知された各種のセンサ情報を用いて、各種分類を行う。分類部133は、画像センサ141によって検知されるセンサ情報を用いて、各種分類を行う。分類部133は、力覚センサ142によって検知されるセンサ情報を用いて、各種分類を行う。
- [0081] 分類部133は、画像情報に含まれる物体の重量を推定する。分類部133は、画像情報に含まれる物体の画像と、密度情報とに基づいて、画像情報に含まれる物体の重量を推定する。分類部133は、画像情報に含まれる物体のサイズと、密度情報とに基づいて、画像情報に含まれる物体の重量を推定する。分類部133は、画像情報に含まれる物体のサイズを推定し、推定したサイズと密度情報とを用いて、画像情報に含まれる物体の重量を推定する。
- [0082] 分類部133は、画像情報に含まれる物体群を、操作可能な物体と、操作不可能な物体とに分類する。分類部133は、推定した物体の重量と、閾値とを比較することにより、物体を、操作可能な物体と、操作不可能な物体とのいずれかに分類する。
- [0083] 分類部133は、未知物体群SG1に含まれる各物体の重量と、「Wload」とを比較し、重量が「Wload」を超える物体を操作不可能な物体として、物体群G0に分類する。分類部133は、未知物体群SG1に含まれる各物体の重量と、「Wload」とを比較し、重量が「Wload」以下である物体を操作可能な物体として、物体群G1に分類する。分類部133は、書籍群SG11~SG13に含まれる物体OB11~OB17等の各書籍を、操作可能な物体群G1に分類する。分類部133は、本棚である物体OB10を、操作不可能な物体群G0に分類する。
- [0084] 選択部134は、各種情報を選択する。選択部134は、各種情報を抽出する。選択部134は、各種情報を特定する。選択部134は、外部の情報処理装置から取得された情報に基づいて、各種情報を選択する。選択部134は、記憶部12に記憶された情報に基づいて、各種情報を選択する。

- [0085] 選択部134は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種選択を行う。選択部134は、分類部133により分類された情報に基づいて、各種選択を行う。選択部134は、センサ部14により検知された各種のセンサ情報を用いて、各種選択を行う。選択部134は、画像センサ141によって検知されるセンサ情報を用いて、各種選択を行う。選択部134は、力覚センサ142によって検知されるセンサ情報を用いて、各種選択を行う。
- [0086] 選択部134は、分類部133による分類結果に基づいて、物体群のうち、操作可能な物体を、対象物体として選択する。
- [0087] 図1の例では、選択部134は、物体OB1、OB2、OB3の物体群から、対象物体をランダムに選択する。選択部134は、物体OB1、OB2、OB3の物体群から、対象物体として物体OB2を選択する。
- [0088] 予測部135は、各種情報を予測する。予測部135は、外部の情報処理装置から取得された情報に基づいて、各種情報を予測する。予測部135は、記憶部12に記憶された情報に基づいて、各種情報を予測する。予測部135は、解析部132による解析処理の結果に基づいて、各種情報を予測する。
- [0089] 予測部135は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種予測を行う。予測部135は、センサ部14により検知された各種のセンサ情報を用いて、各種予測を行う。予測部135は、画像センサ141によって検知されるセンサ情報を用いて、各種予測を行う。予測部135は、力覚センサ142によって検知されるセンサ情報を用いて、各種予測を行う。
- [0090] 予測部135は、取得部131により取得された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。例えば、予測部135は、対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体の除去により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。例えば、予測部135は、対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体の位置の変更により生じる隣接物体の配置状

態に関する変化を予測する。例えば、予測部135は、対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体の姿勢の変更により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。予測部135は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の姿勢の変化を予測する。予測部135は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の位置の変化を予測する。

[0091] 予測部135は、対象物体と、対象物体に接触する隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。予測部135は、積み重ねられた対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。予測部135は、対象物体と、対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。予測部135は、選択部134により選択された対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。

[0092] 図1の例では、予測部135は、対象物体を除去した場合の隣接物体の姿勢量（姿勢変化予測値）や位置の変化量（位置変化予測値）を予測する。予測部135は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1、OB3の配置状態に関する変化を予測する。予測部135は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢や位置の変化やOB3の姿勢や位置の変化を予測する。

[0093] 予測部135は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値が0であると予測する。予測部135は、対象物体OB2の除去による物体OB3の位置や姿勢の変化量を予測する。予測部135は、対象物体OB2を除去した場合の物体OB1の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値を予測する。

[0094] 判定部136は、各種情報を判定する。判定部136は、各種情報を決定する。判定部136は、各種情報を特定する。判定部136は、外部の情報

処理装置から取得された情報に基づいて、各種情報を判定する。判定部136は、記憶部12に記憶された情報に基づいて、各種情報を判定する。

[0095] 判定部136は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種判定を行う。判定部136は、センサ部14により検知された各種のセンサ情報を用いて、各種判定を行う。判定部136は、画像センサ141によって検知されるセンサ情報を用いて、各種判定を行う。判定部136は、力覚センサ142によって検知されるセンサ情報を用いて、各種判定を行う。判定部136は、解析部132による解析処理の結果に基づいて、各種情報を判定する。判定部136は、予測部135による予測処理の結果に基づいて、各種情報を判定する。

[0096] 判定部136は、操作部16による物体への接触結果に基づいて、当該物体に当該物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定する。

[0097] 図1の例では、判定部136は、隣接物体の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。判定部136は、記憶部12に記憶された姿勢に関する閾値（姿勢閾値）や位置に関する閾値（位置閾値）を用いて、隣接物体の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。

[0098] 図2の例では、判定部136は、書籍群SG11～SG13に含まれる物体OB11～OB17等の各書籍の重量を推定し、推定重量が閾値「Wload」以下であると判定する。判定部136は、本棚である物体OB10の重量を推定し、推定重量が閾値「Wload」より大きいと判定する。

[0099] 計画部137は、各種計画を行う。計画部137は、行動計画に関する各種情報を生成する。計画部137は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種計画を行う。計画部137は、予測部135による予測結果に基づいて、各種計画を行う。計画部137は、判定部136による判定結果に基づいて、各種計画を行う。計画部137は、行動計画に関する種々の技術を用いて、行動計画を行う。

[0100] 実行部138は、各種処理を実行する。実行部138は、外部の情報処理装置からの情報に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、記憶部

12に記憶された情報に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、閾値情報記憶部121や密度情報記憶部122に記憶された情報に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、取得部131により取得された情報に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、操作部16の操作を制御する操作制御部として機能する。

[0101] 実行部138は、予測部135による予測結果に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、判定部136による判定結果に基づいて、各種処理を実行する。実行部138は、計画部137による行動計画に基づいて、各種処理を実行する。

[0102] 実行部138は、計画部137により生成された行動計画の情報に基づいて、移動部15を制御して行動計画に対応する行動を実行する。実行部138は、行動計画の情報に基づく移動部15の制御により、行動計画に沿ってロボット装置100の移動処理を実行する。

[0103] 実行部138は、計画部137により生成された行動計画の情報に基づいて、操作部16を制御して行動計画に対応する行動を実行する。実行部138は、行動計画の情報に基づく操作部16の制御により、行動計画に沿ってロボット装置100による物体の操作処理を実行する。

[0104] 図1の例では、実行部138は、対象物体OB2の除去により生じる物体OB3の姿勢変化予測値が姿勢閾値以上であるため、物体OB3を操作する処理を実行する。実行部138は、第1操作部16aで対象物体OB2の操作を実行し、第2操作部16bで物体OB3の操作を実行する。実行部138は、第1操作部16aで対象物体OB2の操作を実行し、第2操作部16bで隣接物体である物体OB3を支える操作を実行する。

[0105] センサ部14は、所定の情報を検知する。センサ部14は、画像を撮像する撮像手段としての画像センサ141や力覚センサ142を有する。

[0106] 画像センサ141は、画像情報を検知、ロボット装置100の視覚として機能する。例えば、画像センサ141は、ロボット装置100の頭部に設けられる。画像センサ141は、画像情報を撮像する。図1の例では、画像セ

ンサ 141 は、未知物体操作群（未知物体群 S G 1）を含む画像を検知（撮像）する。

[0107] 力覚センサ 142 は、力を検知し、ロボット装置 100 の触覚として機能する。例えば、力覚センサ 142 は、操作部 16 の先端部（保持部）に設けられる。力覚センサ 142 は、操作部 16 による物体への接触に関する検知を行う。

[0108] また、センサ部 14 は、画像センサ 141 や力覚センサ 142 に限らず、各種センサを有してもよい。センサ部 14 は、近接センサを有してもよい。センサ部 14 は、LiDAR (Light Detection and Ranging, Laser Imaging Detection and Ranging) やToF (Time of Flight) センサやステレオカメラ等の測距センサを有してもよい。センサ部 14 は、GPS (Global Positioning System) センサ等のロボット装置 100 の位置情報を検知するセンサ（位置センサ）を有してもよい。なお、センサ部 14 は、上記に限らず、種々のセンサを有してもよい。センサ部 14 は、加速度センサ、ジャイロセンサ等の種々のセンサを有してもよい。また、センサ部 14 における上記の各種情報を検知するセンサは共通のセンサであってもよいし、各々異なるセンサにより実現されてもよい。

[0109] 移動部 15 は、ロボット装置 100 における物理的構成を駆動する機能を有する。移動部 15 は、ロボット装置 100 の位置の移動を行うための機能を有する。移動部 15 は、例えばアクチュエータである。なお、移動部 15 は、ロボット装置 100 が所望の動作を実現可能であれば、どのような構成であってもよい。移動部 15 は、ロボット装置 100 の位置の移動等を実現可能であれば、どのような構成であってもよい。ロボット装置 100 がキャタピラやタイヤ等の移動機構を有する場合、移動部 15 は、キャタピラやタイヤ等を駆動する。例えば、移動部 15 は、実行部 138 による指示に応じて、ロボット装置 100 の移動機構を駆動することにより、ロボット装置 100 を移動させ、ロボット装置 100 の位置を変更する。

[0110] 第 1 の実施形態に係るロボット装置 100 は、第 1 操作部 16 a 及び第 2

操作部 16 b の 2 つの操作部 16 を有する。操作部 16 は、人間でいう「手（腕）」に相当する部であり、ロボット装置 100 が他の物体に作用するための機能を実現する。ロボット装置 100 は、2 本の手としての第 1 操作部 16 a や第 2 操作部 16 b を有する。

[0111] 操作部 16 は、実行部 138 による処理に応じて駆動する。操作部 16 は、物体を操作するマニピュレータである。例えば、操作部 16 は、アームとエンドエフェクタを有するマニピュレータであってもよい。操作部 16 は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する。複数の操作部 16 のうち少なくとも 1 つは、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する。

[0112] 操作部 16 は、例えばエンドエフェクタやロボットハンド等である物体を保持する保持部と、例えばアクチュエータ等である保持部を駆動する駆動部とを有する。操作部 16 の保持部は、グリッパー、多指ハンド、ジャミングハンド、吸着ハンド、ソフトハンド等、所望の機能を実現可能であればどのような方式であってもよい。なお、操作部 16 の保持部は、物体を保持可能であればどのような構成により実現されてもよく、物体を把持する把持部であってもよいし、物体を吸着し保持する吸着部であってもよい。

[0113] また、操作部 16 の保持部は、対象物体の位置および力の情報を取得できるように、力覚センサ、画像センサ、近接覚センサ等を備えてもよい。例えば、ロボット装置 100 は、操作部 16 の保持部に力覚センサ 142 が設けられ、操作部 16 による対象物体への接触による力の情報を取得することができる。

[0114] 第 1 操作部 16 a や第 2 操作部 16 b は、ロボット装置 100 の胴体部（基部）の両側部に各々設けられる。第 1 操作部 16 a は、ロボット装置 100 の左側部から延び、ロボット装置 100 の左手として機能する。また、第 2 操作部 16 b は、ロボット装置 100 の右側部から延び、ロボット装置 100 の右手として機能する。なお、操作部 16 は、その数やロボット装置 100 の形状に応じて、種々の位置に設けられてもよい。

[0115] [1-3. 第1の実施形態に係る情報処理の手順]

次に、図6及び図7を用いて、第1の実施形態に係る情報処理の手順について説明する。図6及び図7は、第1の実施形態に係る情報処理の手順を示すフローチャートである。図6は、ロボット装置100による情報処理の手順の概要を示すフローチャートである。図7は、ロボット装置100による情報処理の手順の詳細を示すフローチャートである。

[0116] [1-3-1. 情報処理の手順の概要を示すフローチャート]

まず、図6を用いて、第1の実施形態に係る情報処理の流れの概要について説明する。

[0117] 図6に示すように、ロボット装置100は、対象物体と、対象物体に隣接する隣接物体とが撮像された画像情報を取得する（ステップS101）。例えば、ロボット装置100は、画像センサ141から複数の物体が撮像された画像情報を取得する。

[0118] ロボット装置100は、画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する（ステップS102）。例えば、ロボット装置100は、画像情報中の複数の物体のうち、対象物体に選択した物体の除去により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。

[0119] そして、ロボット装置100は、隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する（ステップS103）。例えば、ロボット装置100は、対象物体の除去により、隣接物体の位置または姿勢が所定の閾値以上変化する場合、隣接物体を操作する処理を実行する。

[0120] [1-3-2. 情報処理の手順の詳細を示すフローチャート]

次に、図7を用いて、第1の実施形態に係る情報処理の流れの詳細について説明する。なお、図7の例では、ロボット装置100は、複数の物体が撮像された画像情報を取得済みであるものとする。

[0121] 図7に示すように、ロボット装置100は、操作対象物をランダムに選択

する（ステップS201）。ロボット装置100は、画像に含まれる複数の物体のうち、重量が所定の閾値未満であると推定される物体を操作対象物に選択する。図1の例では、ロボット装置100は、物体OB1～OB3のうち、物体OB2を操作対象物（対象物体）に選択する。なお、ロボット装置100は、選択可能な物体が無い場合処理を終了してもよい。

[0122] そして、ロボット装置100は、対象物体の周囲にある物体との物理接触状態を認識する（ステップS202）。ロボット装置100は、画像を解析することにより、対象物体の周囲にある物体との物理接触状態を認識する。図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2が、物体OB1及び物体OB3と接触していると認識する。

[0123] そして、ロボット装置100は、周囲に物理接触する物体があるかを判定する（ステップS203）。ロボット装置100は、対象物体の周囲に物理接触する隣接物体があるかを判定する。図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2の周囲に物理接触する隣接物体があるかを判定する。

[0124] そして、ロボット装置100は、周囲に物理接触する物体がないと判定した場合（ステップS203：No）、対象物体の操作を実行する（ステップS208）。例えば、ロボット装置100は、第1操作部16aや第2操作部16bを制御し、対象物体の位置や姿勢を変更する操作を実行する。

[0125] 一方、ロボット装置100は、周囲に物理接触する物体があると判定した場合（ステップS203：Yes）、対象物体を取り除いたとき物理接触のある周辺物体（隣接物体）の姿勢を予測する（ステップS204）。ロボット装置100は、周囲に物理接触する物体がある場合、対象物体を取り除いたとき物理接触のある周辺物体の姿勢や位置の変化を予測する。

[0126] そして、ロボット装置100は、周辺物体の動作が閾値以上であるかを判定する（ステップS205）。ロボット装置100は、隣接物体の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。図1の例では、ロボット装置100は、対象物体OB2の隣接物体である物体OB1やOB3の姿勢または位置の変化が閾値以上であるかを判定する。

- [0127] そして、ロボット装置100は、周囲物体の動作が閾値以上でないと判定した場合（ステップS205：No）、対象物体の操作を実行する（ステップS208）。
- [0128] 一方、ロボット装置100は、周囲物体の動作が閾値以上であると判定した場合（ステップS205：Yes）、別の操作可能なマニピュレータがあるかを判定する（ステップS206）。ロボット装置100は、対象物体を操作するマニピュレータ（操作部16）の他に操作可能なマニピュレータ（操作部16）があるかを判定する。
- [0129] ロボット装置100は、対象物体を操作する操作部16以外に、動作が閾値以上である周辺物体の数の他の操作部16があるかを判定する。例えば、ロボット装置100は、動作が閾値以上である周辺物体が2つである場合、対象物体を操作する操作部16以外に、操作可能な2つの操作部16があるかを判定する。例えば、ロボット装置100は、動作が閾値以上である周辺物体が1つである場合、対象物体を操作する操作部16以外に、操作可能な1つの操作部16があるかを判定する。例えば、ロボット装置100は、対象物体を操作する操作部16（例えば、第1操作部16a）以外に、他の操作部16（例えば、第2操作部16b）があるかを判定する。
- [0130] ロボット装置100は、別の操作可能なマニピュレータがないと判定した場合（ステップS206：No）、ステップS201に戻って処理を繰り返す。
- [0131] ロボット装置100は、別の操作可能なマニピュレータがあると判定した場合（ステップS206：Yes）、別のマニピュレータで周辺物体を支える（ステップS207）。ロボット装置100は、対象物体を操作する操作部16以外に、別の操作可能な操作部16がある場合、別の操作部16で周辺物体（隣接物体）を支える等の隣接物体に対する操作を実行する。なお、ロボット装置100は、隣接物体に対する操作として、隣接物体を支える操作に限らず、隣接物体の位置や姿勢を変化させる操作を実行してもよい。ロボット装置100は、一の操作部16で対象物体を移動させるとともに、別

の操作部 16 で隣接物体も移動させてよい。

[0132] そして、ロボット装置 100 は、対象物体の操作を実行する（ステップ S208）。例えば、ロボット装置 100 は、第 1 操作部 16 a で対象物体の操作を実行し、第 2 操作部 16 b で隣接物体の操作を実行してもよい。図 1 の例では、ロボット装置 100 は、第 1 操作部 16 a で対象物体 OB2 の操作を実行し、第 2 操作部 16 b で隣接物体である OB3 を支える操作を実行してもよい。

[0133] このように、ロボット装置 100 は、操作部 16 の数に応じて対象物体と周辺物体とに対する操作を行うことができる。

[0134] [1-4. 情報処理装置の構成の概念図]

ここで、図 8 を用いて、ロボット装置 100 における各機能構成を概念的に示す。図 8 は、ロボットの構成の概念図の一例を示す図である。図 8 に示す構成群 FCB1 は、センサ処理部、物体・環境判定部、タスク計画部、動作計画部、制御部等が含まれる。

[0135] センサ処理部は、例えば図 4 中のセンサ部 14 や取得部 131 に対応し、視覚、力覚、触覚（振動）、近接覚、温度といった種々の種別の情報を検知する。物体・環境判定部は、例えば図 4 中の解析部 132～判定部 136 に対応し、推定や判定などの各種処理を実行する。物体・環境判定部は、隣接物体の判定、隣接物体の重量推定、隣接物体の重心推定、隣接物体の動作解析、隣接物体の動作予測、隣接物体の安定性判定等の種々の処理を実行する。

[0136] 動作計画部は、例えば図 4 中の計画部 137 に対応し、把持計画（エンドエフェクタ）、移動経路計画（移動体）、腕部軌道計画（マニピュレータ）を行う。動作計画部は、操作部 16 の保持部（エンドエフェクタ）による把持計画や、移動部 15 による移動経路計画や、操作部 16（マニピュレータ）による腕部軌道計画を行う。制御部は、例えば図 4 中の実行部 138 に対応し、アクチュエータ制御やセンサ制御を行う。

[0137] [1-5. N 次物体操作の処理例]

ロボット装置100は、単体の物体を操作するだけでなく、積み重なった複数の物体や、主物に従物が付随するような複数の物体を操作するケースも想定される。この場合のロボット装置100による処理について、図9を用いて説明する。図9は、N次物体操作の処理の一例を示す図である。具体的には、図9は、二次物体操作の処理の一例を示す図である。なお、図1と同様の点については、適宜説明を省略する。

[0138] 例えば、物体Aに別の物体Bが重力方向に積み重なっている状態で、物体Bの姿勢や物体Aとの接触状態に注意しながら物体Aを操作するとき、これを二次物体操作と定義する。図9では、急須の蓋（物体PT1）がこぼれ落ちないように急須（物体OB21）を操作する場合を一例として示す。このように、図9では、急須である物体OB21（主物）から急須の蓋である物体PT1（従物）が落下などしないように、物体OB21を操作する例を示す。

[0139] ここで、このようなN次物体操作（Nは2以上の任意の数、図9の場合「2」）の場合、画像センサ141等による視覚情報をベースとした、物体抽出、重心検出、物理モデルシミュレーションだけでは安定に操作できるかどうか判断できない場合がある。例えば、急須（物体OB21）の蓋（物体PT1）を抑えながら、急須を傾けてお茶を注ぐ場合、急須の蓋は急須本体によって重力方向に支えられているだけで、弱い力でどの方向にも動く可能性がある。このように、姿勢変化や弱い外力によって動く可能性がある未知物体群の操作安定性検出には、例えば操作の事前にマニピュレータによって対象物体に弱い外力を与えて、対象物に動く箇所があるかどうか確認するプロセスを追加する。

[0140] 図9において、ロボット装置100は、急須本体と急須の蓋が動くという知識を有しないものとする。すなわち、ロボット装置100は、急須（物体OB21）と蓋（物体PT1）とが分離可能であるという知識を有しないものとする。ロボット装置100は、対象物体を閾値以内の力で、画像センサ141によって認識された対象物体表面とロボットハンドを接触させて動く

箇所がないかどうかを確認する。

[0141] ロボット装置100は、物体OB21や物体PT1に操作部16を接触させる（ステップS21）。ロボット装置100は、閾値以内の力で第2操作部16bを物体OB21（物体PT1）に接触させる。ロボット装置100は、第2操作部16bによる物体OB21（物体PT1）への接触に関する力を力覚センサ142により検知し、検知した力に関する情報を基に、第2操作部16bを物体OB21（物体PT1）に接触させる強さを制御する。ロボット装置100は、接触により動いた場合、動く前の画像との差分を抽出してセグメンテーションし、物体を認識する。ロボット装置100は、第2操作部16bによる物体OB21（物体PT1）への接触により物体PT1が動いた場合、動く前の画像との差分を抽出してセグメンテーションし、急須本体（物体OB21）と蓋（物体PT1）を認識する。なお、ロボット装置100は、操作部16の保持部（エンドエフェクタ）に搭載されたToFなどの測距センサを用いて、動く物体（物体PT1）の形状認識をしてもよい。

[0142] ロボット装置100は、操作部16による物体への接触結果に基づいて、物体にその物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定する（ステップS22）。図9の例では、ロボット装置100は、第2操作部16bの物体OB21（物体PT1）への接触に応じて、物体PT1が物体OB21から独立して動いたため、物体OB21に物体PT1があると判定する。

[0143] ロボット装置100は、判定結果に応じて、物体を操作する（ステップS23）。ロボット装置100は、物体にその物体から独立して動く箇所があると判定した場合、操作部16の数に応じた当該物体を操作する処理を実行する。図9の例では、ロボット装置100は、物体OB21にその物体OB21から独立して動く箇所（物体PT1）があると判定し、操作部16の数に応じた当該物体を操作する処理を実行する。ロボット装置100は、操作部16の数が2つであるため、第2操作部16bで蓋である物体PT1を保持し、第1操作部16aで急須である物体OB21を操作することにより、

茶器（カップ）にお茶を注ぐという行動を実行する。

[0144] このように、ロボット装置100は、物体にその物体から独立して動く箇所があると判定し、判定した結果に応じて、物体を操作することにより、物体に応じた適切な操作を実行することができる。

[0145] [2. 第2の実施形態]

[2-1. 本開示の第2の実施形態に係るロボット装置の構成]

上記第1の実施形態においては、ロボット装置100が複数（2つ）の操作部16を有する場合を示したが、ロボット装置は、単一（1つ）の操作部16を有してもよい。第2の実施形態では、ロボット装置100Aが1つの操作部16のみを有する場合を一例として説明する。なお、第1の実施形態に係るロボット装置100と同様の点については、適宜説明を省略する。

[0146] まず、第2の実施形態に係る情報処理を実行する情報処理装置の一例であるロボット装置100Aの構成について説明する。図10は、本開示の第2の実施形態に係るロボット装置の構成例を示す図である。

[0147] 図10に示すように、ロボット装置100Aは、通信部11と、記憶部12と、制御部13と、センサ部14と、移動部15と、操作部16とを有する。

[0148] 図11の例では、操作部16は、ロボット装置100aの基部に設けられる。操作部16は、ロボット装置100aの移動部15を連結する基部から延びるように設けられる。なお、操作部16は、ロボット装置100Aの形状に応じて、別の位置に設けられてもよい。

[0149] [2-2. 第2の実施形態に係る情報処理の概要]

次に、第2の実施形態に係る情報処理の概要について、図11を用いて説明する。図11は、第2の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。第2の実施形態に係る情報処理は、図11に示すロボット装置100Aによって実現される。図11を用いて、複数の物体が積み重ねられた物体群を対象に処理を行う場合を一例として説明する。なお、図11中の図1と同様の点については、適宜説明を省略する。図11に示す状態ST1～ST3やス

ステップS 1～S 4の処理は図1と同様であるため説明を省略する。

[0150] ステップS 4の処理により、ロボット装置100aは、対象物体OB 2の除去により生じる物体OB 3の姿勢変化予測値が姿勢閾値以上であると判定する。また、図11の例では、ロボット装置100aは、1つの操作部16しか有しない。そのため、ロボット装置100aは、対象物体OB 2の操作が不可であると判定し、他の操作対象の候補となる対象物体を選択する（ステップS 31）。ロボット装置100aは、物体OB 2以外の残りの物体OB 1、OB 3の物体群から、対象物体として物体OB 3（以下「対象物体OB 3」ともいう）を選択する。すなわち、ロボット装置100aは、対象物体OB 2の隣接物体である物体OB 3を対象として処理を実行する。

[0151] そして、ロボット装置100aは、対象物体を除去する（ステップS 2）。図11の例では、ロボット装置100aは、対象物体OB 3を除去する。ロボット装置100aは、物体OB 1、OB 2、OB 3が積み重ねられた状態ST 1を示す画像IM 1から、対象物体OB 3を除去する。ロボット装置100aは、画像IM 1から対象物体OB 3を除去することにより、物体OB 1、OB 2、OB 3の物体群から、対象物体OB 3のみが除去された状態ST 32を対象に処理を行う。

[0152] ロボット装置100aは、対象物体を除去した場合の隣接物体の配置状態に関する変化を予測する（ステップS 33）。ロボット装置100aは、対象物体を除去した場合の隣接物体の姿勢や位置の変化を予測する。なお、ロボット装置100aは、対象物体に直接接触している物体（接触物体）に限らず、接触物体に接触している物体、すなわち対象物体に連鎖的に接触している物体等を、隣接物体として処理を行ってもよい。図11の状態ST 1に示すように、対象物体OB 3には物体OB 2のみが直接接触しているが、物体OB 1は物体OB 2に接触しており、対象物体OB 3に連鎖的に接触している物体であるため、ロボット装置100aは、物体OB 1を隣接物体として処理を行う。このように、ロボット装置100aは、対象物体OB 3を除去した場合の物体OB 1、OB 2の配置状態に関する変化を予測する。ロボ

ット装置100aは、対象物体OB3を除去した場合の物体OB1の姿勢や位置の変化やOB2の姿勢や位置の変化を予測する。

[0153] ロボット装置100aは、物体OB2が対象物体OB3の下に位置するため、対象物体OB3の除去により、物体OB2の位置や姿勢の変化はないと予測する。ロボット装置100aは、物体OB2が対象物体OB3を支える状態であるため、対象物体OB3の除去により、物体OB2の位置や姿勢の変化はないと予測する。例えば、ロボット装置100aは、対象物体OB3を除去した場合の物体OB2の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値が0であると予測する。

[0154] また、ロボット装置100aは、物体OB1が対象物体OB3や物体OB2の下に位置するため、対象物体OB3の除去により、物体OB1の位置や姿勢の変化はないと予測する。ロボット装置100aは、物体OB1が対象物体OB3や物体OB2を支える状態であるため、対象物体OB3の除去により、物体OB1の位置や姿勢の変化はないと予測する。例えば、ロボット装置100aは、対象物体OB3を除去した場合の物体OB1の姿勢変化予測値や位置の位置変化予測値が0であると予測する。

[0155] そして、ロボット装置100aは、隣接物体の周囲物体の動作が閾値以上であるかを判定する（ステップS4）。ロボット装置100aは、対象物体OB3の隣接物体である物体OB1及び物体OB2の両方とも、姿勢や位置の変化が閾値未満であると判定する。

[0156] ロボット装置100aは、判定結果に基づいて操作に関する処理を実行する（ステップS5）。図11の例では、ロボット装置100aは、対象物体OB3の隣接物体である物体OB1及び物体OB2の両方とも、姿勢や位置の変化が閾値未満であるため、対象物体OB3が操作可能であるとして、操作部16で対象物体OB2の操作を実行する。この場合、ロボット装置100aは、対象物体OB3を移動させるなどの操作を実行する。

[0157] その後、ロボット装置100aは、物体OB2、物体OB1の順で操作を実行することにより、物体OB1～OB3の全ての操作の実行を完了する。

[0158] 上述したように、ロボット装置100aは、対象物体を除去した場合の対象物体に隣接する隣接物体の配置状態の変化を基に、対象物体や隣接物体を操作する処理を実行する。このように、ロボット装置100aは、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0159] [3. 第3の実施形態]

[3-1. 本開示の第3の実施形態に係るロボット装置の構成]

上記第1の実施形態や第2の実施形態においては、ロボット装置100、100aが複1つまたは2つの操作部16を有する場合を示したが、ロボット装置は、3つ以上の操作部16を有してもよい。第3の実施形態では、ロボット装置100Bが3つの操作部16を有する場合を一例として説明する。なお、第1の実施形態に係るロボット装置100や第2の実施形態に係るロボット装置100aと同様の点については、適宜説明を省略する。

[0160] まず、第3の実施形態に係る情報処理を実行する情報処理装置の一例であるロボット装置100Bの構成について説明する。図12は、本開示の第3の実施形態に係るロボット装置の構成例を示す図である。

[0161] 図12に示すように、ロボット装置100Bは、通信部11と、記憶部12と、制御部13と、センサ部14と、移動部15と、第1操作部16aと、第2操作部16bと、第3操作部16cとを有する。

[0162] 第3の実施形態に係るロボット装置100bは、第1操作部16a、第2操作部16b及び第3操作部16cの3つの操作部16を有する。第1操作部16aや第2操作部16bや第3操作部16cは、ロボット装置100の胴体部（基部）の両側部に設けられる。第1操作部16aは、ロボット装置100の左側部から延び、ロボット装置100の左手として機能する。また、第2操作部16b及び第3操作部16cは、ロボット装置100の右側部から延び、ロボット装置100の右手として機能する。なお、操作部16は、その数やロボット装置100の形状に応じて、種々の位置に設けられてもよい。例えば、第3操作部16cは、基部の中央部に設けられてもよい。

- [0163] ロボット装置100Bの判定部136は、図1中の状態ST1に示すような物体OB1～OB3を操作する場合、物体OB1が最初に対象物体に選択された場合であっても、操作可能であると判定する。ロボット装置100Bの判定部136は、物体OB1に接触する物体OB2に接触する物体OB1も隣接物体として処理してもよい。
- [0164] 例えば、ロボット装置100Bは、対象物体OB1の除去により生じる物体OB2、OB3の姿勢変化予測値が姿勢閾値以上であるため、物体OB2、OB3を操作する処理を実行する。例えば、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB1の操作を実行し、第2操作部16bで物体OB2の操作を実行し、第3操作部16cで物体OB3の操作を実行する。例えば、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB1の操作を実行し、第2操作部16bで隣接物体である物体OB2を支える操作を実行し、第3操作部16cで隣接物体である物体OB3を支える操作を実行する。この場合、ロボット装置100は、対象物体OB1を移動させるなどの操作後に、第2操作部16bを駆動させ、物体OB2を安定した位置に配置する操作を実行し、第3操作部16cを駆動させ、物体OB3を安定した位置に配置する操作を実行してもよい。
- [0165] また、ロボット装置100は、第1操作部16aで対象物体OB1を保持する操作を実行し、第2操作部16bで物体OB3を保持する操作を実行し、第3操作部16cで物体OB3を保持する操作を実行してもよい。そして、ロボット装置100は、操作部16により物体OB1～OB3を保持した状態で、移動部15により、所望の位置まで物体OB1とともに物体OB2、OB3を運んでもよい。
- [0166] 上述したように、ロボット装置100bは、対象物体を除去した場合の対象物体に隣接する隣接物体の配置状態の変化を基に、対象物体や隣接物体を操作する処理を実行する。このように、ロボット装置100bは、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0167] [3-2. 第3の実施形態に係る情報処理の概要]

次に、第3の実施形態に係る情報処理の概要について、図13を用いて説明する。図13は、第3の実施形態に係る情報処理の一例を示す図である。第3の実施形態に係る情報処理は、図12に示すロボット装置100Bによって実現される。図13を用いて、複数の物体が載ったお盆を運ぶ処理を行う場合を一例として説明する。なお、上記の例と同様の点については、適宜説明を省略する。

[0168] 図13の例では、ロボット装置100Bは、複数の料理（食器）である物体OB41～OB46が載ったお盆である物体OB40を操作する場合を示す。このように、ロボット装置100Bがお盆（物体OB40）の上に料理（物体OB41～OB46）を載せて、料理を配膳する場合、お盆の上のコップの中の飲み物をこぼさないように注意する必要がある。この場合、操作部16（ロボットアーム）→お盆→コップ→飲み物との関係になり、操作部16から見た場合、飲み物は三次物体となる。また、お盆の上の料理を運ぶときにも、振動や外部接触によって、料理や飲み物がこぼれる可能性がある。

[0169] 例えば、お盆で料理を配膳する場合、事前に食器を動きやすい順にラベル付けしてもよい。ロボット装置100Bは、事前に操作部16（マニピュレータ）による外力によって動きやすい食器を動きやすい順にラベル付けしてもよい。例えば、ロボット装置100Bは、操作部16（マニピュレータ）による外力を食器に加え、各物体OB41～OB46の動きを計測して、物体OB41～OB46動きやすい順にラベル付けしてもよい。そして、ロボット装置100Bは、お盆である物体OB40を保持するために必要な操作部16以外の残りの操作部16により、動きやすい物体を保持してもよい。ロボット装置100Bは、物体OB46、OB42、OB45、OB41、OB43、OB44の順に動きやすいとラベル付する。このように、ロボット装置100Bは、内容物が液体である物体OB46、OB42が動きやすいとラベリングする。

[0170] 図13の例では、ロボット装置100Bは、第2操作部16bによりお盆である物体OB40を保持し、残りの第1操作部16aで内容物（液体）がこぼれやすい物体OB46を保持し、第3操作部16cで内容物（液体）がこぼれやすい物体OB42を保持する。このように、ロボット装置100Bは、お盆を持つ操作部16（マニピュレータ）とは別の操作部16（マニピュレータ）で不安定な食器を押さえることで、安定的に配膳タスクを実施することが可能となる。

[0171] [4. その他の実施形態]

上述した各実施形態に係る処理は、上記各実施形態以外にも種々の異なる形態（変形例）にて実施されてよい。

[0172] [4-1. その他の構成例]

例えば、上述した例では、情報処理を行う情報処理装置がロボット装置100、100A、100Bである例を示したが、情報処理装置とロボット装置とは別体であってもよい。この点について、図14及び図15を用いて説明する。図14は、本開示の変形例に係る情報処理システムの構成例を示す図である。図15は、本開示の変形例に係る情報処理装置の構成例を示す図である。

[0173] 図14に示すように、情報処理システム1は、ロボット装置10と、情報処理装置100Cとが含まれる。ロボット装置10及び情報処理装置100CはネットワークNを介して、有線又は無線により通信可能に接続される。なお、図14に示した情報処理システム1には、複数台のロボット装置10や、複数台の情報処理装置100Cが含まれてもよい。この場合、情報処理装置100Cは、ネットワークNを介してロボット装置10と通信し、ロボット装置10や各種センサが収集した情報を基に、ロボット装置10の制御の指示を行ったりしてもよい。

[0174] ロボット装置10は、画像センサや力覚センサ等のセンサにより検知したセンサ情報を情報処理装置100Cへ送信する。ロボット装置10は、画像センサにより物体群を撮像した画像情報を情報処理装置100Cへ送信する

。これにより、情報処理装置100Cは、物体群を含む画像情報を取得する。ロボット装置10は、情報処理装置100Cとの間で情報の送受信が可能であれば、どのような装置であってもよく、例えば、自律移動ロボット等の種々のロボットであってもよい。

[0175] 情報処理装置100Cは、行動計画等、ロボット装置10を制御するための情報（制御情報）をロボット装置10へ送信する情報処理装置である。例えば、情報処理装置100Cは、記憶部12Cに記憶された情報や、ロボット装置10から取得した情報に基づいて、ロボット装置10の行動計画等、ロボット装置10を制御するための制御情報を生成する。情報処理装置100Cは、生成した制御情報をロボット装置10へ送信する。情報処理装置100Cからロボット装置10を受信したロボット装置10は、制御情報を基に移動部15を制御し、移動したり、制御情報を基に操作部16を制御し、物体を操作したりする。

[0176] 図15に示すように、情報処理装置100Cは、通信部11Cと、記憶部12Cと、制御部13Cとを有する。通信部11Cは、ネットワークN（インターネット等）と有線又は無線で接続され、ネットワークNを介して、ロボット装置10との間で情報の送受信を行う。

[0177] 記憶部12Cは、例えば、RAM、フラッシュメモリ等の半導体メモリ素子、または、ハードディスク、光ディスク等の記憶装置によって実現される。記憶部12Cは、記憶部12と同様の情報を記憶する。記憶部12Cは、閾値情報記憶部121と密度情報記憶部122とを有する。記憶部12Cは、ロボット装置10の移動を制御するための情報やロボット装置10から受信した各種情報やロボット装置10へ送信する各種情報を記憶する。

[0178] 制御部13Cは、例えば、CPUやMPU等によって、情報処理装置100C内部に記憶されたプログラム（例えば、本開示に係る情報処理プログラム）がRAM等を作業領域として実行されることにより実現される。また、制御部13Cは、例えば、ASICやFPGA等の集積回路により実現されてもよい。制御部13Cは、取得部131と、解析部132と、分類部13

3と、選択部134と、予測部135と、判定部136と、計画部137と、送信部138Cとを有する。

[0179] 送信部138Cは、外部の情報処理装置へ各種情報を送信する。送信部138Cは、外部の情報処理装置へ各種情報を送信する。例えば、送信部138Cは、ロボット装置10へ各種情報を送信する。送信部138Cは、記憶部12に記憶された情報を提供する。送信部138Cは、記憶部12に記憶された情報を送信する。

[0180] 送信部138Cは、ロボット装置10からの情報に基づいて、各種情報を提供する。送信部138Cは、記憶部12に記憶された情報に基づいて、各種情報を提供する。

[0181] 送信部138Cは、制御情報をロボット装置10へ送信する。送信部138Cは、行動計画部により作成された行動計画をロボット装置10へ送信する。送信部138Cは、ロボット装置10に隣接物体を操作させるためにロボット装置10に制御情報を送信する処理を実行する。このように、送信部138Cは、ロボット装置10に制御情報を送信する処理を実行することにより、隣接物体を操作する処理を実行する実行部として機能する。

[0182] このように、情報処理装置100Cは、センサ部や移動部や操作部等を有さず、ロボット装置としての機能を実現するための構成を有しなくてもよい。なお、情報処理装置100Cは、情報処理装置100Cを管理する管理者等から各種操作を受け付ける入力部（例えば、キーボードやマウス等）や、各種情報を表示するための表示部（例えば、液晶ディスプレイ等）を有してもよい。

[0183] [4-2. その他]

また、上記各実施形態において説明した各処理のうち、自動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を手動的に行うこともでき、あるいは、手動的に行われるものとして説明した処理の全部または一部を公知の方法で自動的に行うこともできる。この他、上記文書中や図面中で示した処理手順、具体的名称、各種のデータやパラメータを含む情報については、特

記する場合を除いて任意に変更することができる。例えば、各図に示した各種情報は、図示した情報に限られない。

[0184] また、図示した各装置の各構成要素は機能概念的なものであり、必ずしも物理的に図示の如く構成されていることを要しない。すなわち、各装置の分散・統合の具体的形態は図示のものに限られず、その全部または一部を、各種の負荷や使用状況などに応じて、任意の単位で機能的または物理的に分散・統合して構成することができる。

[0185] また、上述してきた各実施形態及び変形例は、処理内容を矛盾させない範囲で適宜組み合わせることが可能である。

[0186] また、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

[0187] [5. 本開示に係る効果]

上述のように、本開示に係る情報処理装置（実施形態ではロボット装置100、100A、100B、情報処理装置100C）は、予測部（実施形態では予測部135）と、実行部（実施形態では実行部138）とを備える。予測部は、操作対象の候補となる物体である対象物体と、対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。実行部は、予測部により予測された隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する。

[0188] このように、本開示に係る情報処理装置は、操作対象の候補となる物体である対象物体に隣接物体が有る場合、対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。例えば、情報処理装置は、対象物体と隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、対象物体の除去や、対象物体の位置の変更や、対象物体の姿勢の変更により生じる隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。そして、情報処理装置は、隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、隣接する物

体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0189] また、実行部は、隣接物体の配置状態に関する変化量が閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体の配置状態に関する変化量が閾値以上である場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0190] また、予測部は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の姿勢の変化を予測する。実行部は、隣接物体の姿勢の変化が姿勢変化に関する条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体の姿勢の変化を予測し、隣接物体の姿勢の変化が姿勢変化に関する条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0191] また、予測部は、対象物体に対する操作により生じる隣接物体の位置の変化を予測する。実行部は、隣接物体の位置の変化が位置変化に関する条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体の位置の変化を予測し、隣接物体の位置の変化が位置変化に関する条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0192] また、予測部は、対象物体と、対象物体に接触する隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。このように、情報処理装置は、対象物体に接触する隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、接触する物体が存在する場合であっても適切な操作を可能にすることができる。

[0193] また、予測部は、積み重ねられた対象物体と隣接物体とが撮像された画像

情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。このように、情報処理装置は、対象物体に積み重ねられた隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、積み重ねられた物体が存在する場合であっても適切な操作を可能にすることができる。

[0194] また、予測部は、対象物体と、対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する。このように、情報処理装置は、対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0195] また、情報処理装置は、操作部（実施形態では操作部16）を備える。操作部は、実行部による処理に応じて駆動する。これにより、情報処理装置は、実行部による処理に応じて駆動する操作部により、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を行うことができる。

[0196] また、操作部は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する。このように、情報処理装置は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0197] また、情報処理装置は、複数の操作部（実施形態では第1操作部16a、第2操作部16b、第3操作部16c）を備える。複数の操作部は、実行部による処理に応じて駆動する。これにより、情報処理装置は、実行部による処理に応じて駆動する複数の操作部により、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を行うことができる。

[0198] また、複数の操作部のうち少なくとも1つは、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作する。このように、情報

処理装置は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、隣接物体を操作することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0199] また、実行部は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、複数の操作部のうちの操作部に対象物体を操作させる処理を実行するとともに、複数の操作部のうち他の操作部に隣接物体を操作させる処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、複数の操作部のうちの操作部に対象物体を操作させる処理を実行し、他の操作部に隣接物体を操作させる処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0200] また、実行部は、一の操作部に対象物体を移動させる処理を実行する。このように、情報処理装置は、対象物体を移動させる処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0201] また、実行部は、他の操作部に対象物体の移動による隣接物体の配置状態の変化を抑制させる処理を実行する。このように、情報処理装置は、対象物体の移動による隣接物体の配置状態の変化を抑制させる処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0202] また、実行部は、他の操作部に隣接物体を支持させる処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体を支持させる処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0203] また、実行部は、他の操作部に隣接物体を移動させる処理を実行する。このように、情報処理装置は、隣接物体を移動させる処理を実行することで、隣接する物体が存在する場合であっても物体に対する適切な操作を可能にすることができる。

[0204] また、情報処理装置は、力覚センサ（実施形態では力覚センサ142）を備える。力覚センサは、操作部による物体への接触に関する検知を行う。実行部は、力覚センサにより検知されたセンサ情報に基づいて、操作部を物体に接触させる処理を実行する。これにより、情報処理装置は、操作部による物体への接触に関する検知を行うことで、物体の状態に関する情報を取得できるため、物体に応じた適切な操作を行うことができる。

[0205] また、情報処理装置は、判定部（実施形態では判定部136）を備える。判定部は、操作部による物体への接触結果に基づいて、当該物体に当該物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定する。実行部は、判定部により当該物体に箇所があると判定された場合、操作部の数に応じた当該物体を操作する処理を実行する。これにより、情報処理装置は、操作部による物体への接触結果に基づいて、当該物体に当該物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定し、判定結果と操作部の数とに応じた当該物体を操作する処理を実行することで、物体の状態や操作部の数に応じた適切な操作を行うことができる。

[0206] [6. ハードウェア構成]

上述してきた各実施形態に係るロボット装置100、100A、100Bや情報処理装置100C等の情報機器は、例えば図16に示すような構成のコンピュータ1000によって実現される。図16は、ロボット装置100、100A、100Bや情報処理装置100C等の情報処理装置の機能を実現するコンピュータ1000の一例を示すハードウェア構成図である。以下、第1の実施形態に係るロボット装置100を例に挙げて説明する。コンピュータ1000は、CPU1100、RAM1200、ROM (Read Only Memory) 1300、HDD (Hard Disk Drive) 1400、通信インターフェイス1500、及び入出力インターフェイス1600を有する。コンピュータ1000の各部は、バス1050によって接続される。

[0207] CPU1100は、ROM1300又はHDD1400に格納されたプログラムに基づいて動作し、各部の制御を行う。例えば、CPU1100は、

ROM 1300又はHDD 1400に格納されたプログラムをRAM 1200に展開し、各種プログラムに対応した処理を実行する。

[0208] ROM 1300は、コンピュータ1000の起動時にCPU 1100によって実行されるBIOS (Basic Input Output System)等のブートプログラムや、コンピュータ1000のハードウェアに依存するプログラム等を格納する。

[0209] HDD 1400は、CPU 1100によって実行されるプログラム、及び、かかるプログラムによって使用されるデータ等を非一時的に記録する、コンピュータが読み取り可能な記録媒体である。具体的には、HDD 1400は、プログラムデータ1450の一例である本開示に係る情報処理プログラムを記録する記録媒体である。

[0210] 通信インターフェイス1500は、コンピュータ1000が外部ネットワーク1550（例えばインターネット）と接続するためのインターフェイスである。例えば、CPU 1100は、通信インターフェイス1500を介して、他の機器からデータを受信したり、CPU 1100が生成したデータを他の機器へ送信したりする。

[0211] 入出力インターフェイス1600は、入出力デバイス1650とコンピュータ1000とを接続するためのインターフェイスである。例えば、CPU 1100は、入出力インターフェイス1600を介して、キーボードやマウス等の入力デバイスからデータを受信する。また、CPU 1100は、入出力インターフェイス1600を介して、ディスプレイやスピーカーやプリンタ等の出力デバイスにデータを送信する。また、入出力インターフェイス1600は、所定の記録媒体（メディア）に記録されたプログラム等を読み取るメディアインターフェイスとして機能してもよい。メディアとは、例えばDVD (Digital Versatile Disc)、PD (Phase change rewritable Disk)等の光学記録媒体、MO (Magneto-Optical disk)等の光磁気記録媒体、テープ媒体、磁気記録媒体、または半導体メモリ等である。例えば、コンピュータ1000が実施形態に係るロボット装置100として機能する場

合、コンピュータ1000のCPU1100は、RAM1200上にロードされた情報処理プログラムを実行することにより、制御部13等の機能を実現する。また、HDD1400には、本開示に係る情報処理プログラムや、記憶部12内のデータが格納される。なお、CPU1100は、プログラムデータ1450をHDD1400から読み取って実行するが、他の例として、外部ネットワーク1550を介して、他の装置からこれらのプログラムを取得してもよい。

[0212] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する予測部と、

前記予測部により予測された前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する実行部と、

を備える情報処理装置。

(2)

前記実行部は、

前記隣接物体の配置状態に関する変化量が閾値以上である場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する

(1)に記載の情報処理装置。

(3)

前記予測部は、

前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の姿勢の変化を予測し、

前記実行部は、

前記隣接物体の姿勢の変化が姿勢変化に関する条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する

(1) または (2) に記載の情報処理装置。

(4)

前記予測部は、

前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の位置の変化を予測し、

前記実行部は、

前記隣接物体の位置の変化が位置変化に関する条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する

(1) ~ (3) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(5)

前記予測部は、

前記対象物体と、前記対象物体に接触する前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

(1) ~ (4) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(6)

前記予測部は、

積み重ねられた前記対象物体と前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

(1) ~ (5) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(7)

前記予測部は、

前記対象物体と、前記対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

(1) ~ (6) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(8)

前記画像情報を撮像する画像センサと、
前記画像センサにより撮像された前記画像情報を取得する取得部と、
をさらに備える

(1) ~ (7) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(9)

前記実行部による処理に応じて駆動する操作部、
をさらに備える

(1) ~ (8) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(10)

前記操作部は、
物体を操作するマニピュレータである

(9) に記載の情報処理装置。

(11)

前記操作部は、
前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、前記隣
接物体を操作する

(9) または (10) に記載の情報処理装置。

(12)

前記実行部による処理に応じて駆動する複数の操作部、
をさらに備える

(1) ~ (8) のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

(13)

前記複数の操作部の各々は、
物体を操作するマニピュレータである

(12) に記載の情報処理装置。

(14)

前記複数の操作部のうち少なくとも 1 つは、
前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、前記隣

接物体を操作する

(12) または (13) に記載の情報処理装置。

(15)

前記実行部は、

前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、前記複数の操作部のうちの操作部に前記対象物体を操作させる処理を実行するとともに、前記複数の操作部のうち他の操作部に前記隣接物体を操作させる処理を実行する

(12) ~ (14) のいずれか1項に記載の情報処理装置。

(16)

前記実行部は、

前記一の操作部に前記対象物体を移動させる処理を実行する

(15) に記載の情報処理装置。

(17)

前記実行部は、

前記他の操作部に前記対象物体の移動による前記隣接物体の配置状態の変化を抑制させる処理を実行する

(16) に記載の情報処理装置。

(18)

前記実行部は、

前記他の操作部に前記隣接物体を支持させる処理を実行する

(16) または (17) に記載の情報処理装置。

(19)

前記実行部は、

前記他の操作部に前記隣接物体を移動させる処理を実行する

(16) または (17) に記載の情報処理装置。

(20)

操作部による物体への接触に関する検知を行う力覚センサ、

をさらに備え、

前記実行部は、

前記力覚センサにより検知されたセンサ情報に基づいて、操作部を物体に接触させる処理を実行する

(9) ~ (19) のいずれか1項に記載の情報処理装置。

(21)

操作部による物体への接触結果に基づいて、当該物体に当該物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定する判定部、

をさらに備え、

前記実行部は、

前記判定部により当該物体に前記箇所があると判定された場合、操作部の数に応じた当該物体を操作する処理を実行する

(20) に記載の情報処理装置。

(22)

前記画像情報に含まれる物体群を、操作可能な物体と、操作不可能な物体とに分類する分類部と、

前記分類部による分類結果に基づいて、前記物体群のうち、操作可能な物体を、前記対象物体として選択する選択部と、

をさらに備え、

前記予測部は、

前記選択部により選択された前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

(1) ~ (21) のいずれか1項に記載の情報処理装置。

(23)

操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測し、

予測した前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記

隣接物体を操作する処理を実行する

制御を実行する情報処理方法。

(24)

操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測し、

予測した前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する、

制御を実行させる情報処理プログラム。

符号の説明

- [0213] 100、100A、100B ロボット装置
100C 情報処理装置
11、11C 通信部
12、12C 記憶部
121 閾値情報記憶部
122 密度情報記憶部
13、13C 制御部
131 取得部
132 解析部
133 分類部
134 選択部
135 予測部
136 判定部
137 計画部
138 実行部
138C 送信部
14 センサ部
141 画像センサ

1 4 2 力覚センサ

1 5 移動部

1 6 操作部

1 6 a 第1操作部

1 6 b 第2操作部

1 6 c 第3操作部

請求の範囲

- [請求項1] 操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する予測部と、
- 前記予測部により予測された前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する実行部と、
- を備える情報処理装置。
- [請求項2] 前記実行部は、
- 前記隣接物体の配置状態に関する変化量が閾値以上である場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記予測部は、
- 前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の姿勢の変化を予測し、
- 前記実行部は、
- 前記隣接物体の姿勢の変化が姿勢変化に関する条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記予測部は、
- 前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の位置の変化を予測し、
- 前記実行部は、
- 前記隣接物体の位置の変化が位置変化に関する条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する
- 請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記予測部は、

前記対象物体と、前記対象物体に接触する前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項6]

前記予測部は、

積み重ねられた前記対象物体と前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項7]

前記予測部は、

前記対象物体と、前記対象物体に対する操作の影響を受ける範囲内に位置する前記隣接物体とが撮像された前記画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測する

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項8]

前記実行部による処理に応じて駆動する操作部、
をさらに備える

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項9]

前記操作部は、

前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、
前記隣接物体を操作する

請求項 8 に記載の情報処理装置。

[請求項10]

前記実行部による処理に応じて駆動する複数の操作部、
をさらに備える

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項11]

前記複数の操作部のうち少なくとも1つは、

前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、
前記隣接物体を操作する

請求項 10 に記載の情報処理装置。

[請求項12]

前記実行部は、

前記隣接物体の配置状態に関する変化が所定の条件を満たす場合、前記複数の操作部のうちの操作部に前記対象物体を操作させる処理を実行するとともに、前記複数の操作部のうち他の操作部に前記隣接物体を操作させる処理を実行する

請求項 10 に記載の情報処理装置。

[請求項13]

前記実行部は、

前記一の操作部に前記対象物体を移動させる処理を実行する

請求項 12 に記載の情報処理装置。

[請求項14]

前記実行部は、

前記他の操作部に前記対象物体の移動による前記隣接物体の配置状態の変化を抑制させる処理を実行する

請求項 13 に記載の情報処理装置。

[請求項15]

前記実行部は、

前記他の操作部に前記隣接物体を支持させる処理を実行する

請求項 13 に記載の情報処理装置。

[請求項16]

前記実行部は、

前記他の操作部に前記隣接物体を移動させる処理を実行する

請求項 13 に記載の情報処理装置。

[請求項17]

操作部による物体への接触に関する検知を行う力覚センサ、
をさらに備え、

前記実行部は、

前記力覚センサにより検知されたセンサ情報に基づいて、操作部を物体に接触させる処理を実行する

請求項 8 に記載の情報処理装置。

[請求項18]

操作部による物体への接触結果に基づいて、当該物体に当該物体から独立して動く箇所があるかどうかを判定する判定部、

をさらに備え、

前記実行部は、

前記判定部により当該物体に前記箇所があると判定された場合、操作部の数に応じた当該物体を操作する処理を実行する

請求項 17 に記載の情報処理装置。

[請求項19]

操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測し、

予測した前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する

制御を実行する情報処理方法。

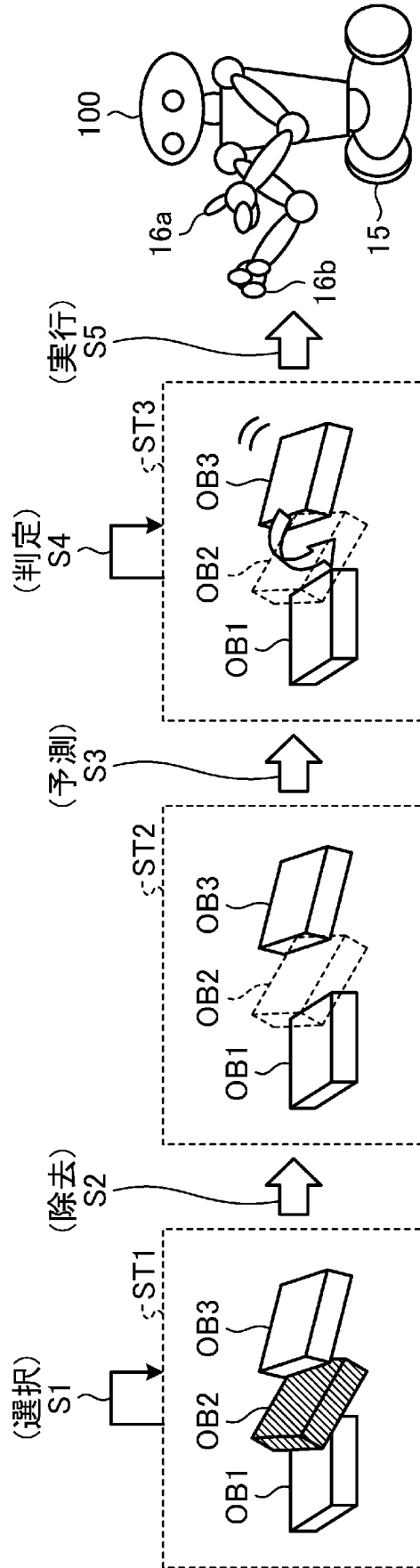
[請求項20]

操作対象の候補となる物体である対象物体と、前記対象物体に隣接する物体である隣接物体とが撮像された画像情報に基づいて、前記対象物体に対する操作により生じる前記隣接物体の配置状態に関する変化を予測し、

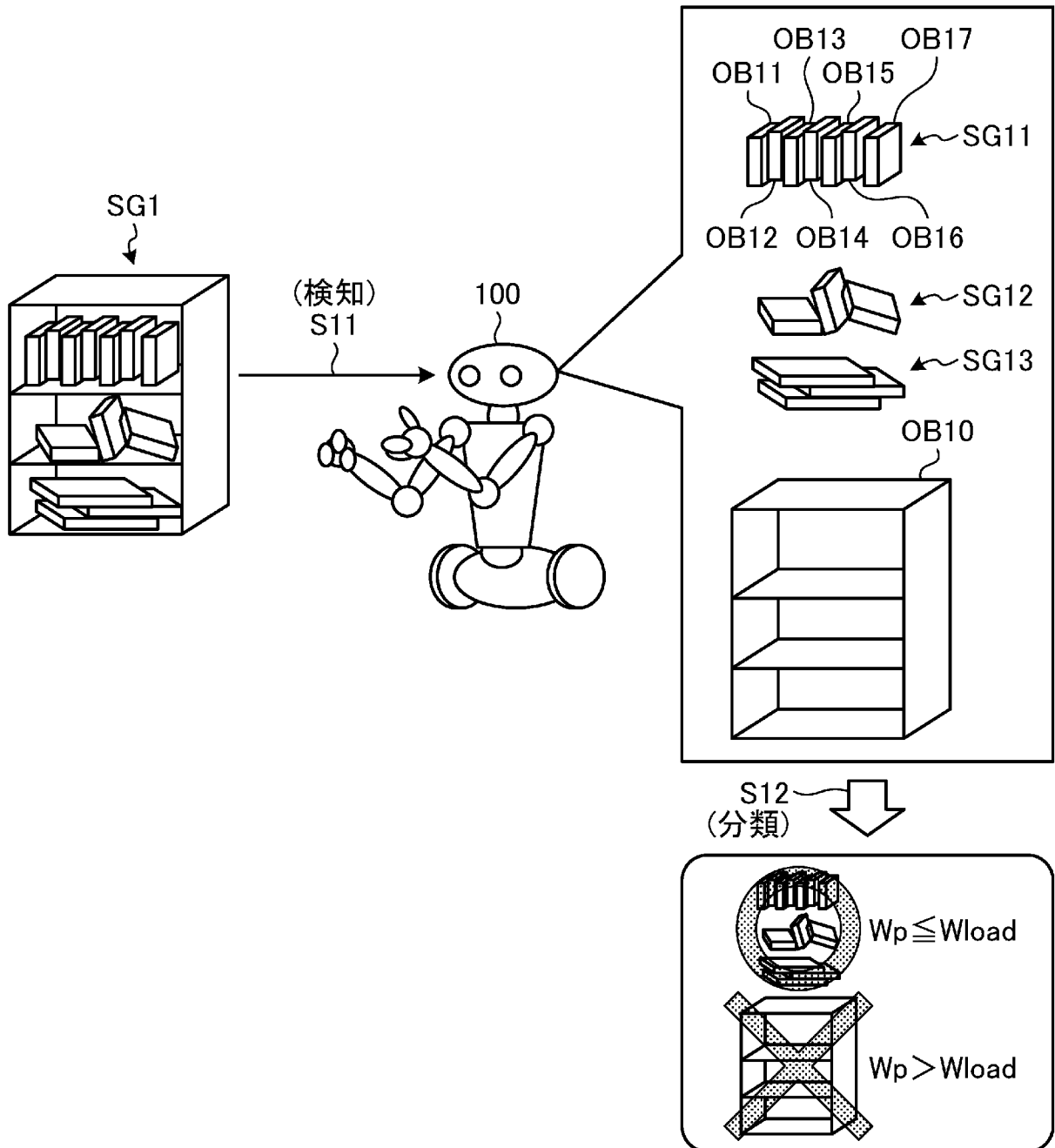
予測した前記隣接物体の配置状態の変化が所定の条件を満たす場合、前記隣接物体を操作する処理を実行する、

制御を実行させる情報処理プログラム。

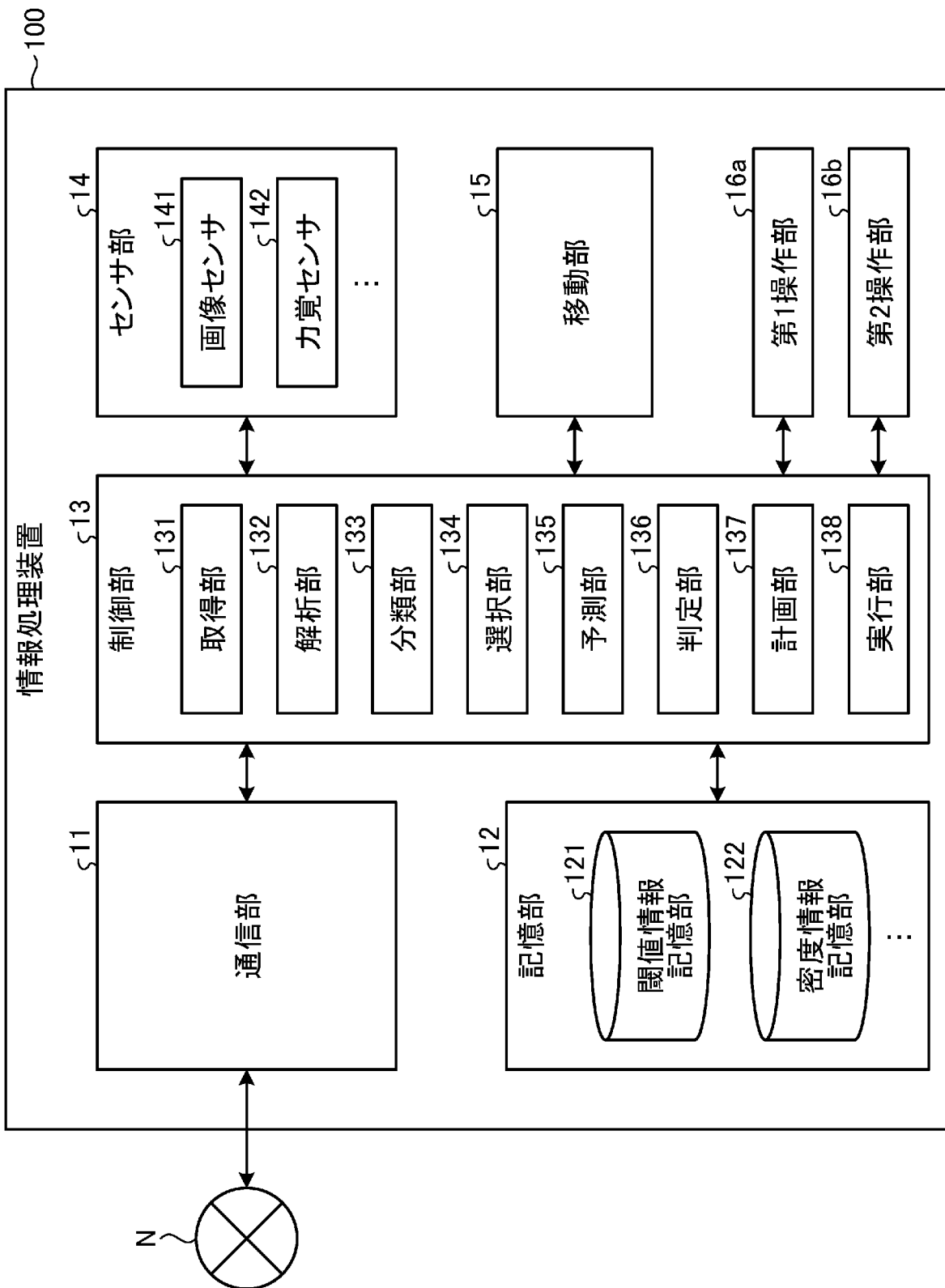
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

121

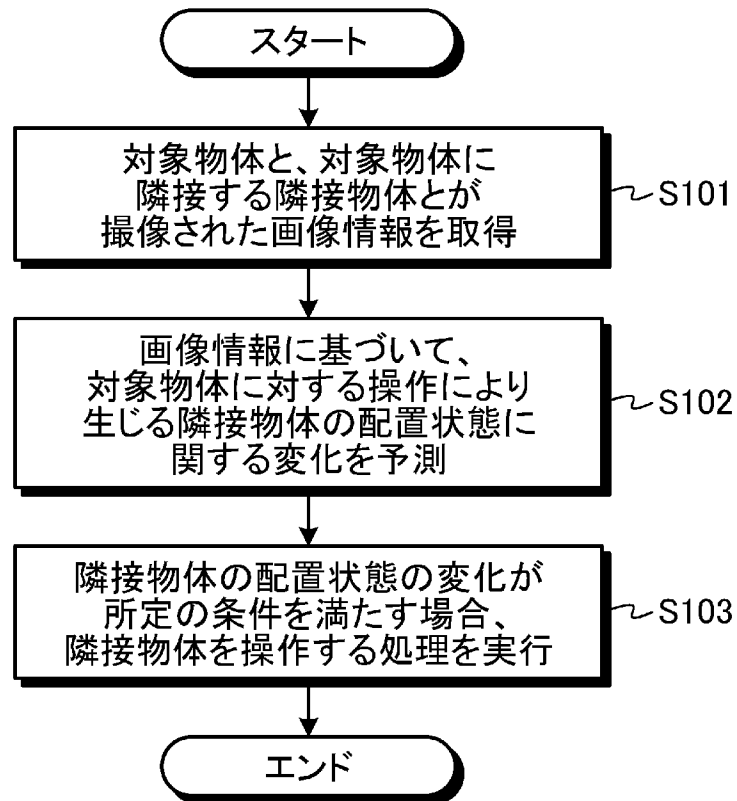
閾値ID	対象	用途	閾値	...
TH1	重量	可搬物体判別	Wload	...
TH2	位置姿勢	隣接物体変化	PVL	...
...

[図5]

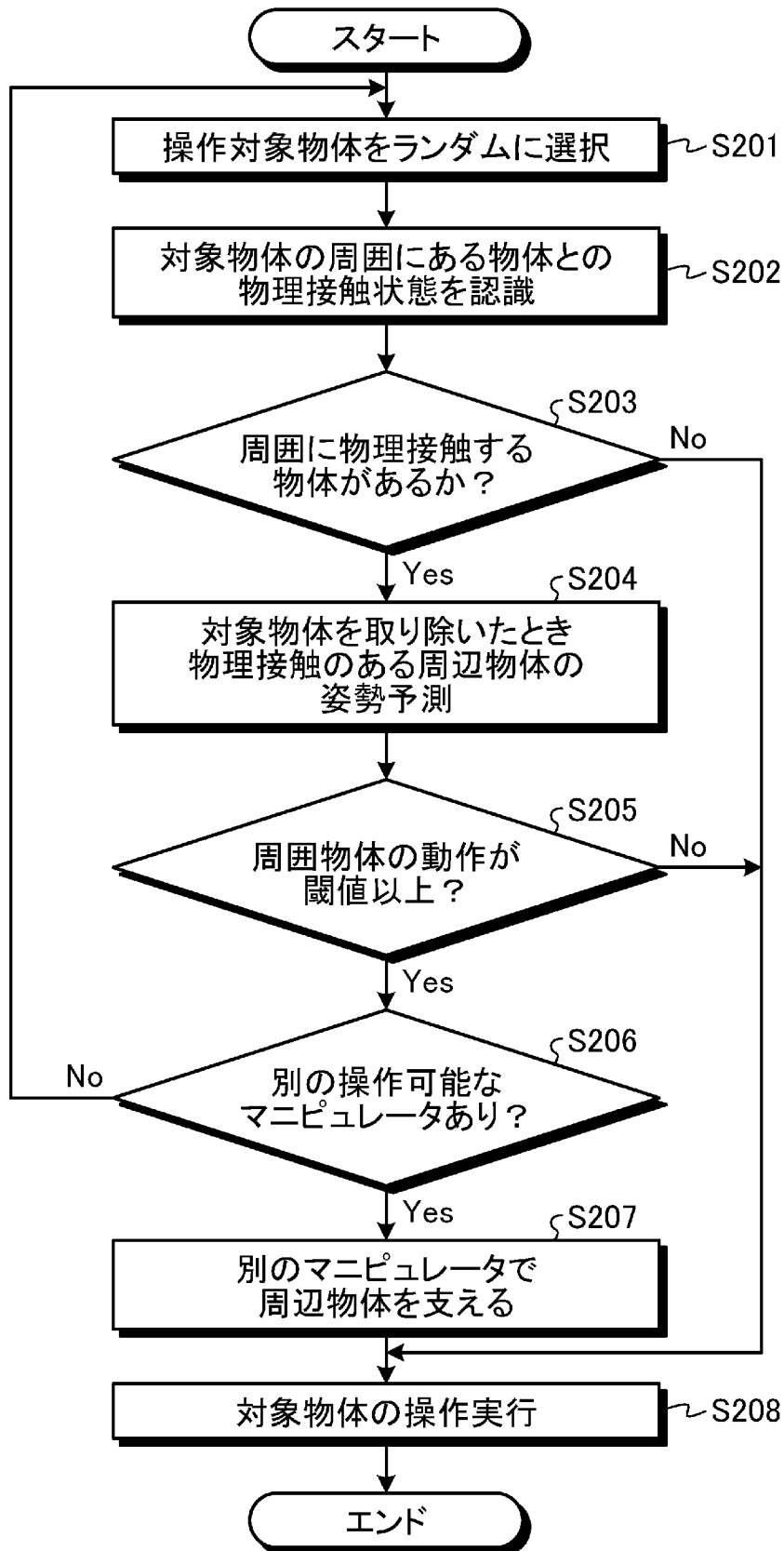
122

密度ID	対象	値	...
DS1	環境平均	VL1	...
...

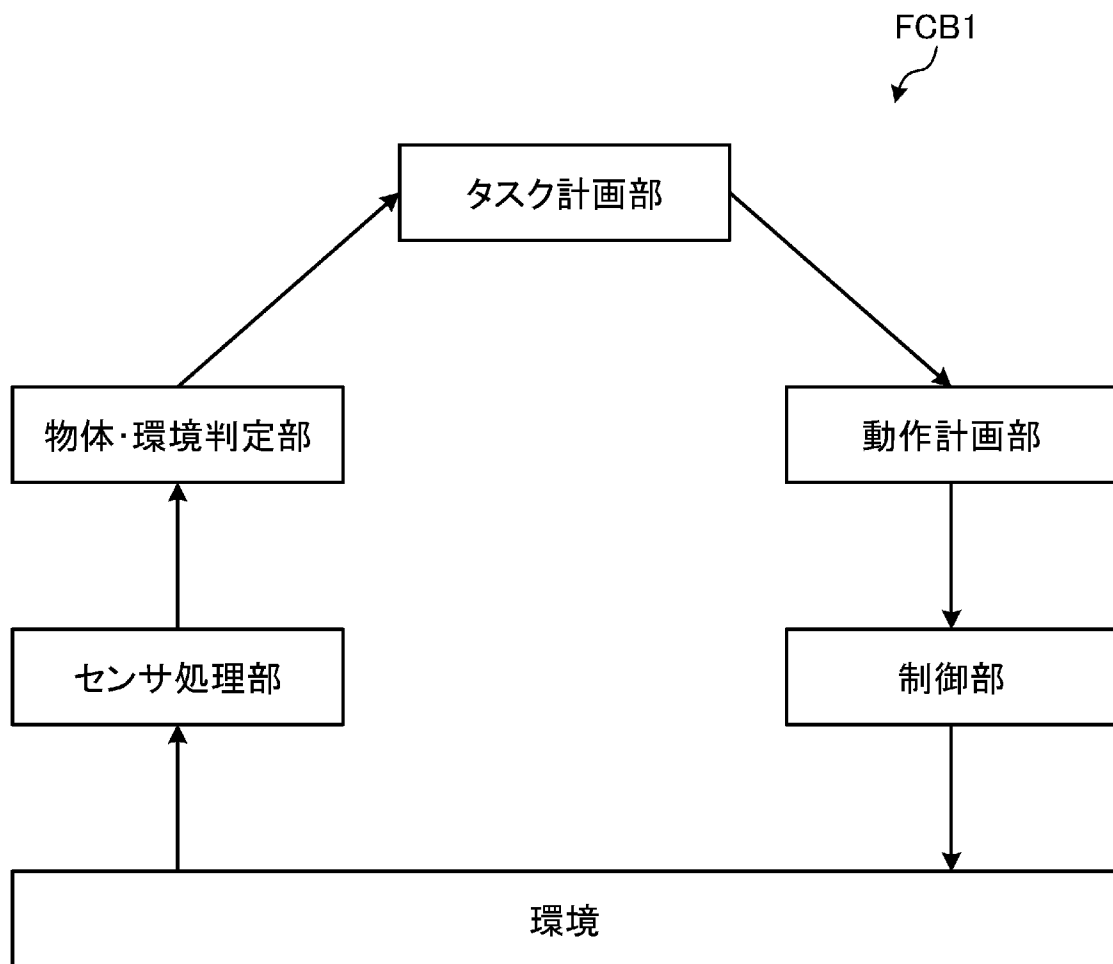
[図6]



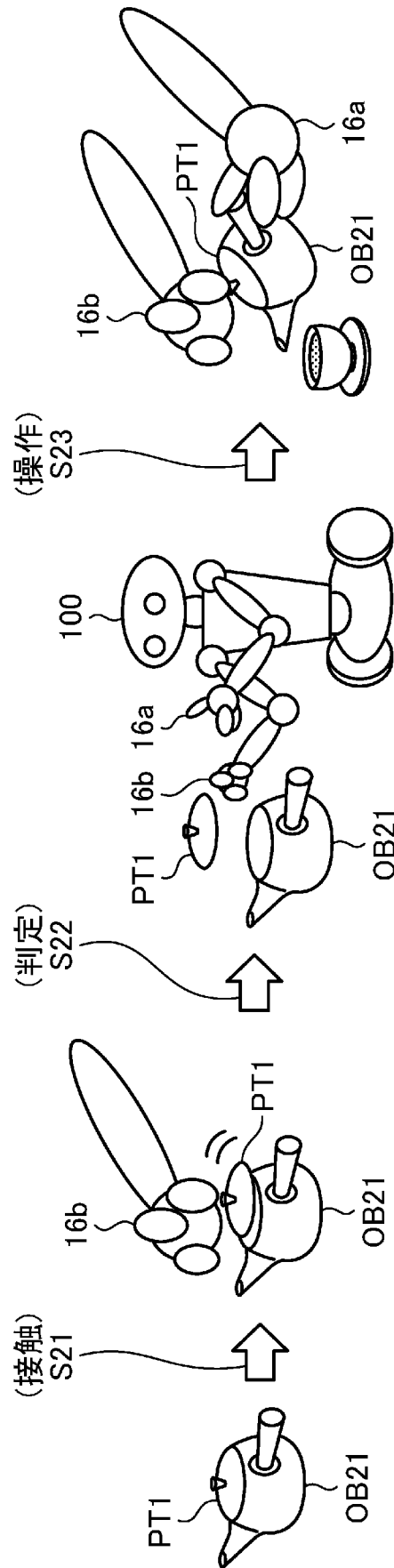
[図7]



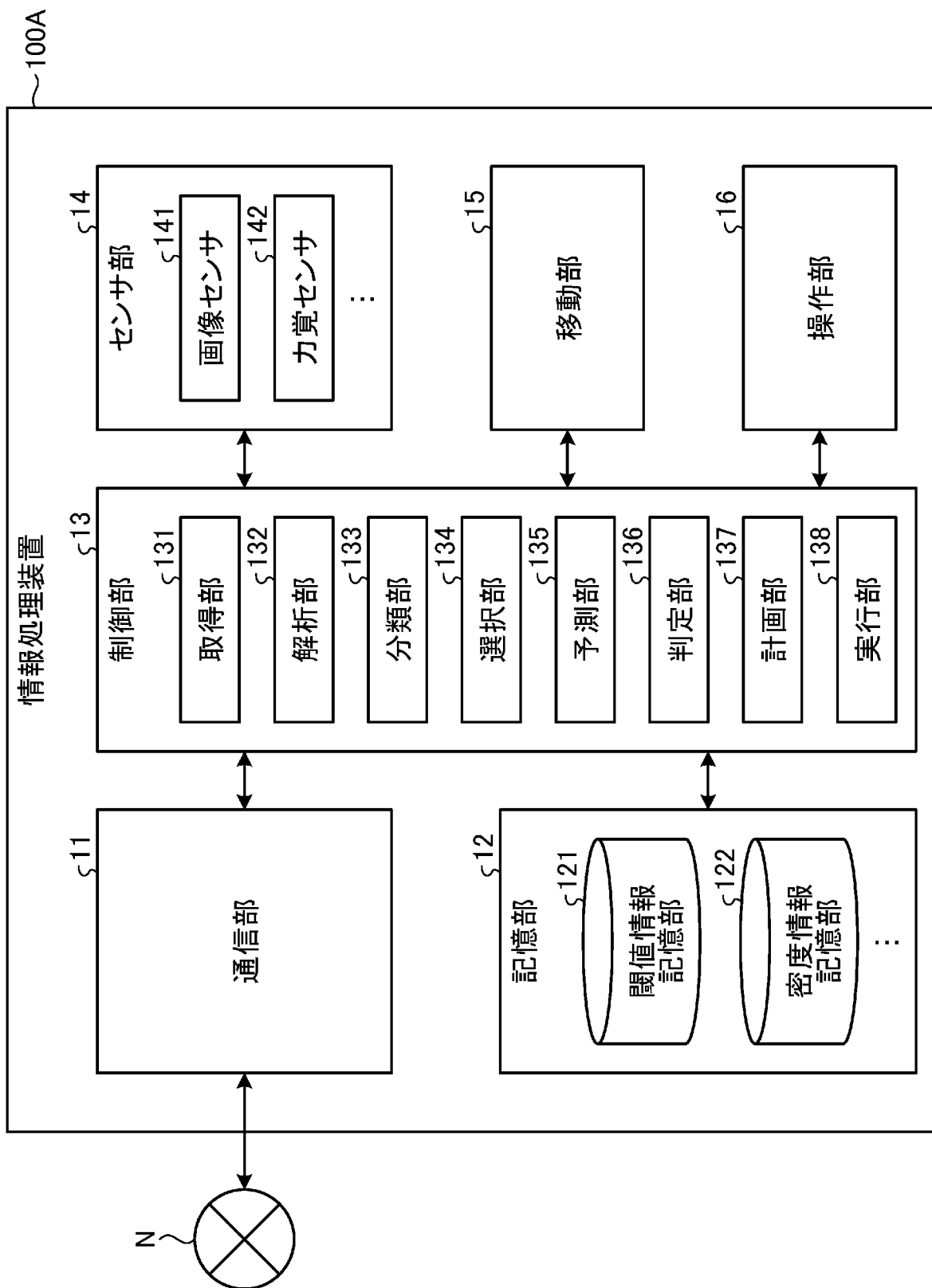
[図8]



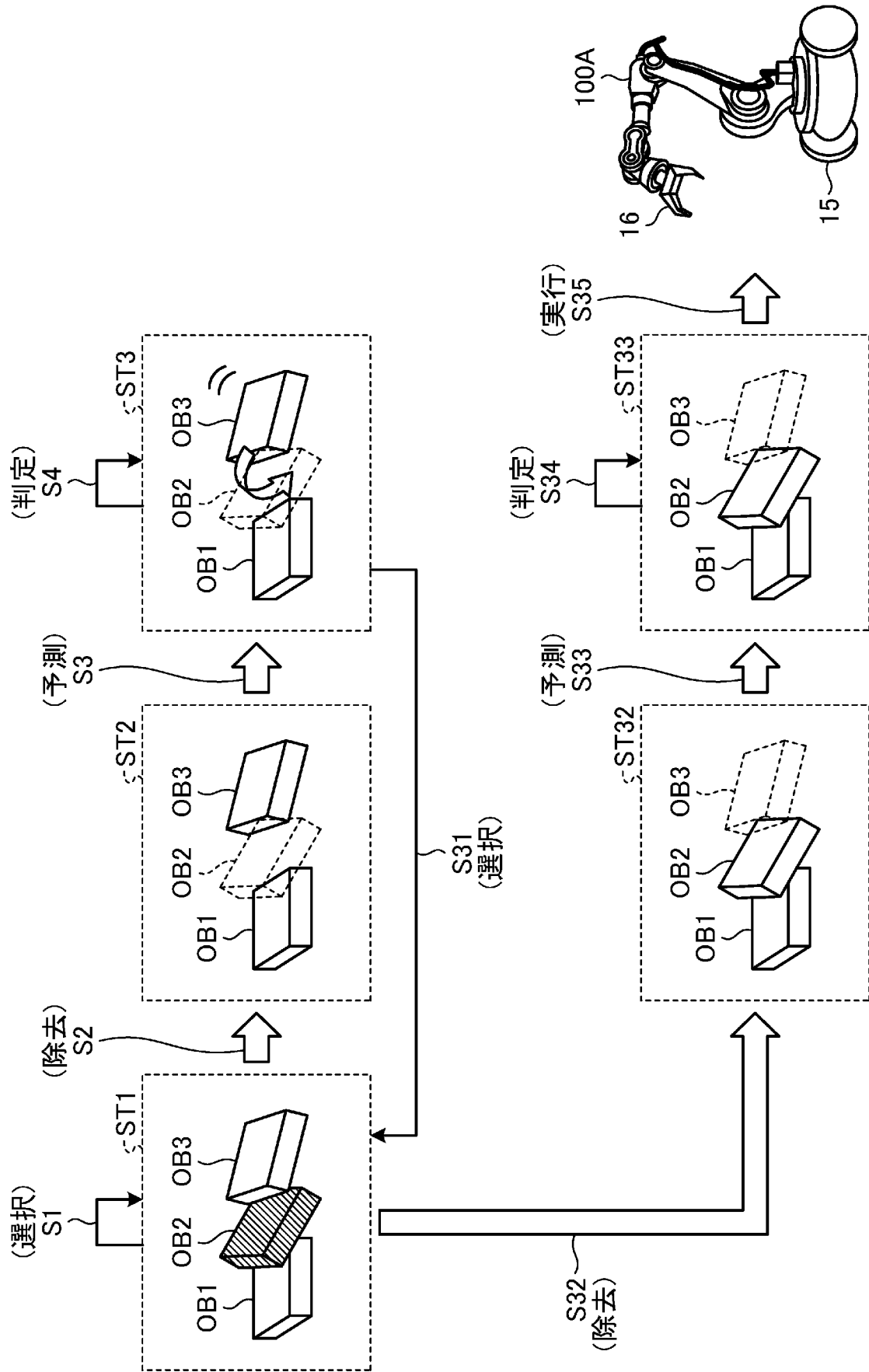
[図9]



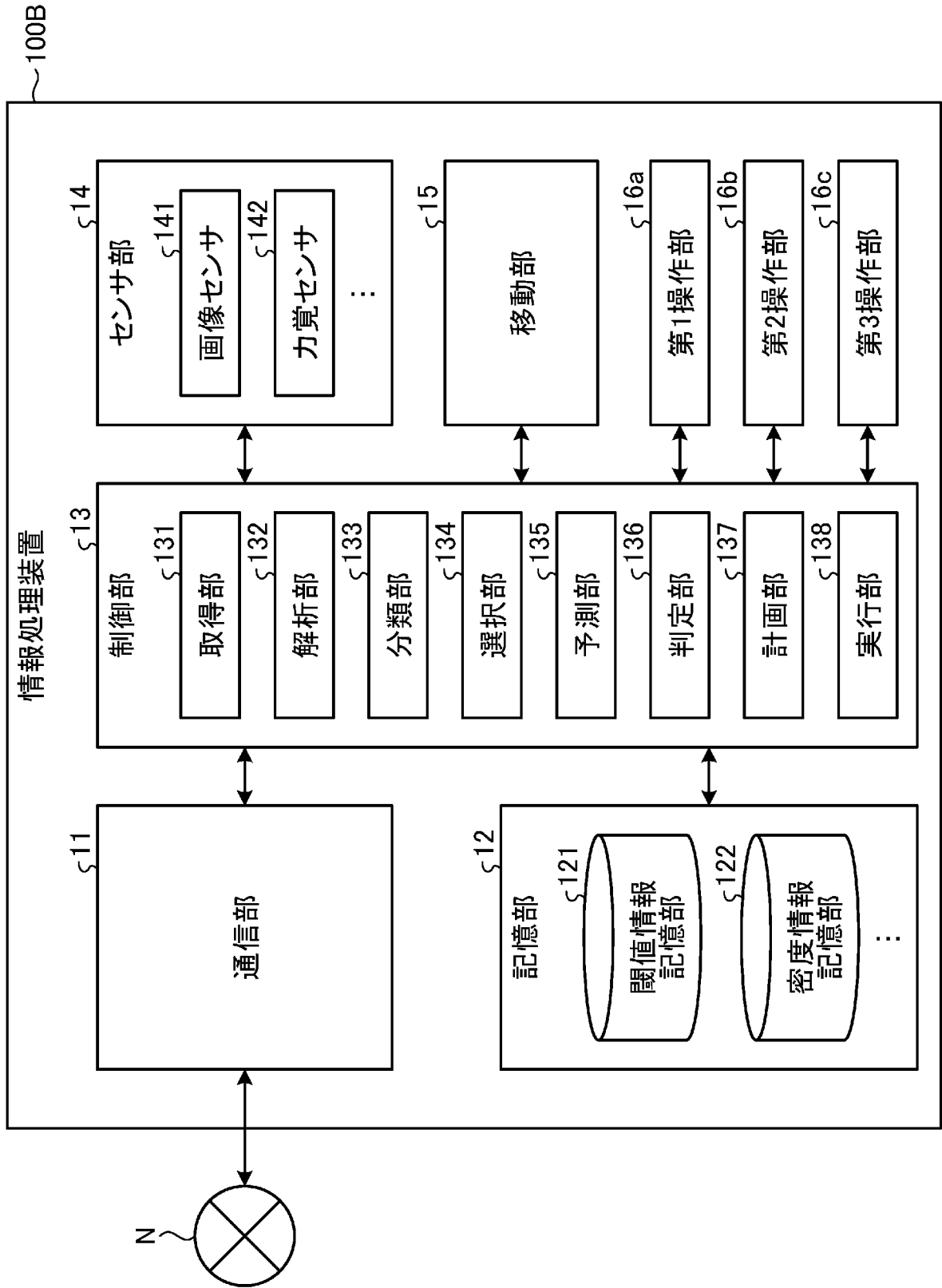
[図10]



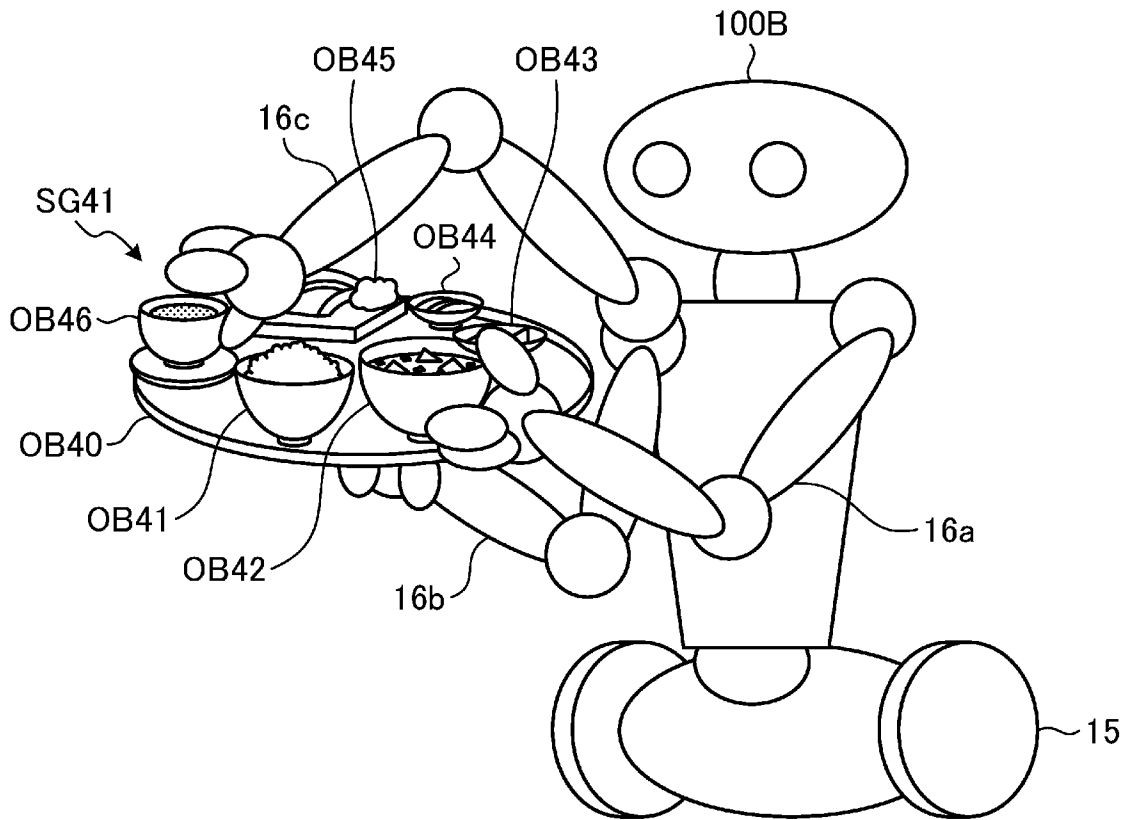
[図11]



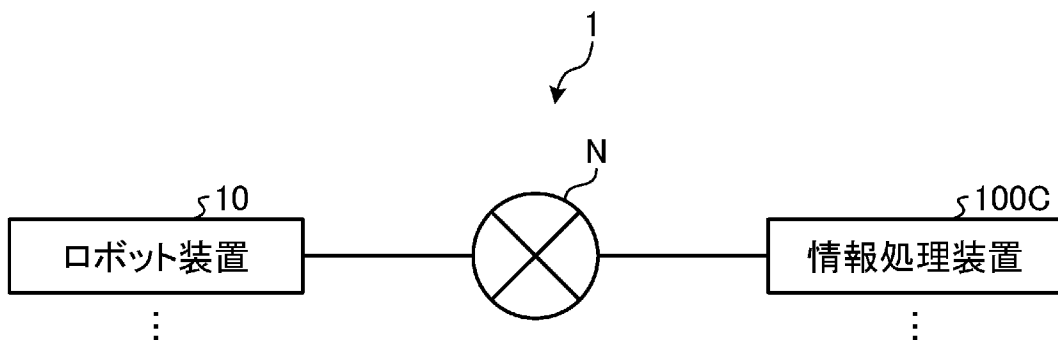
[図12]



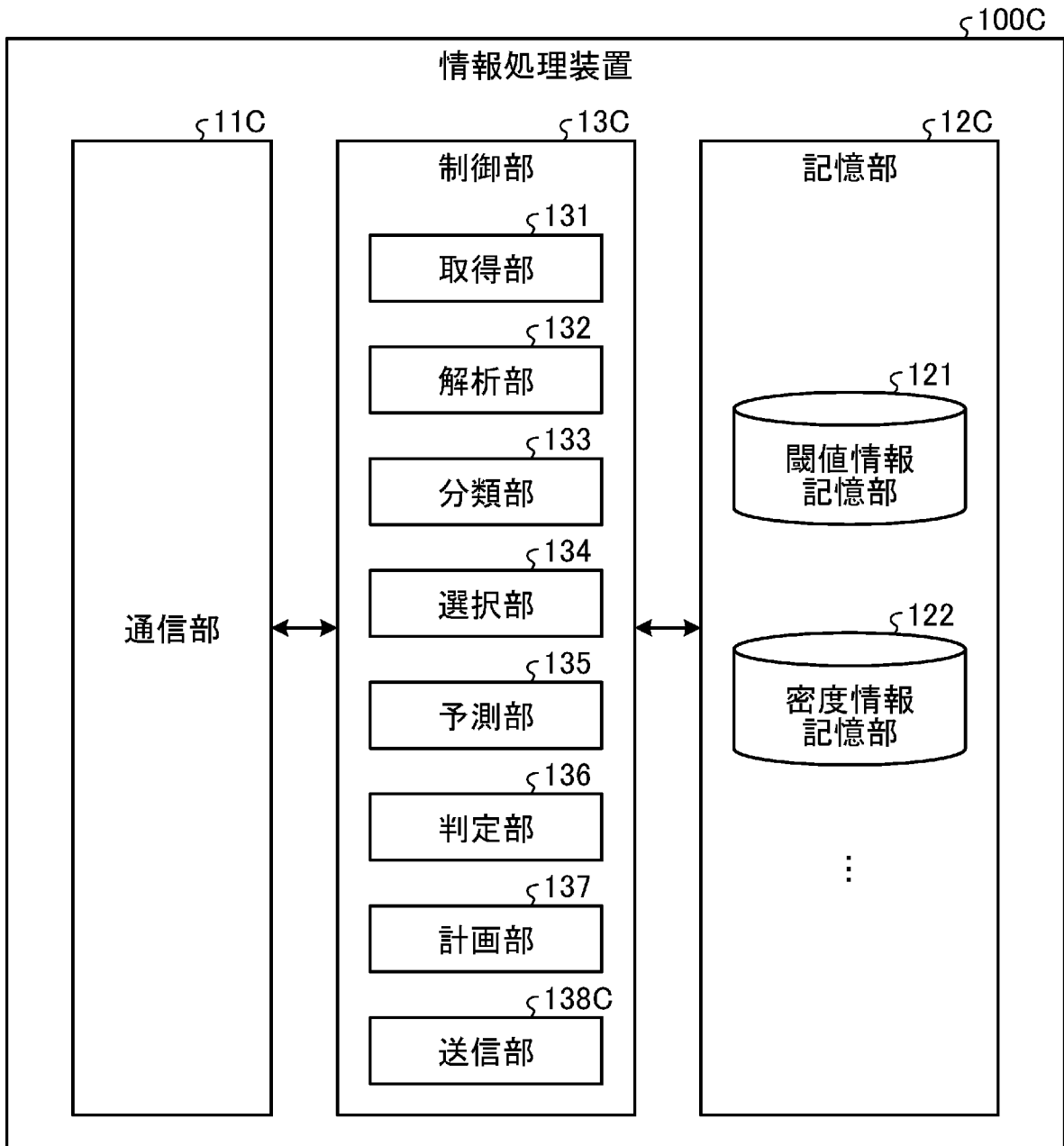
[図13]



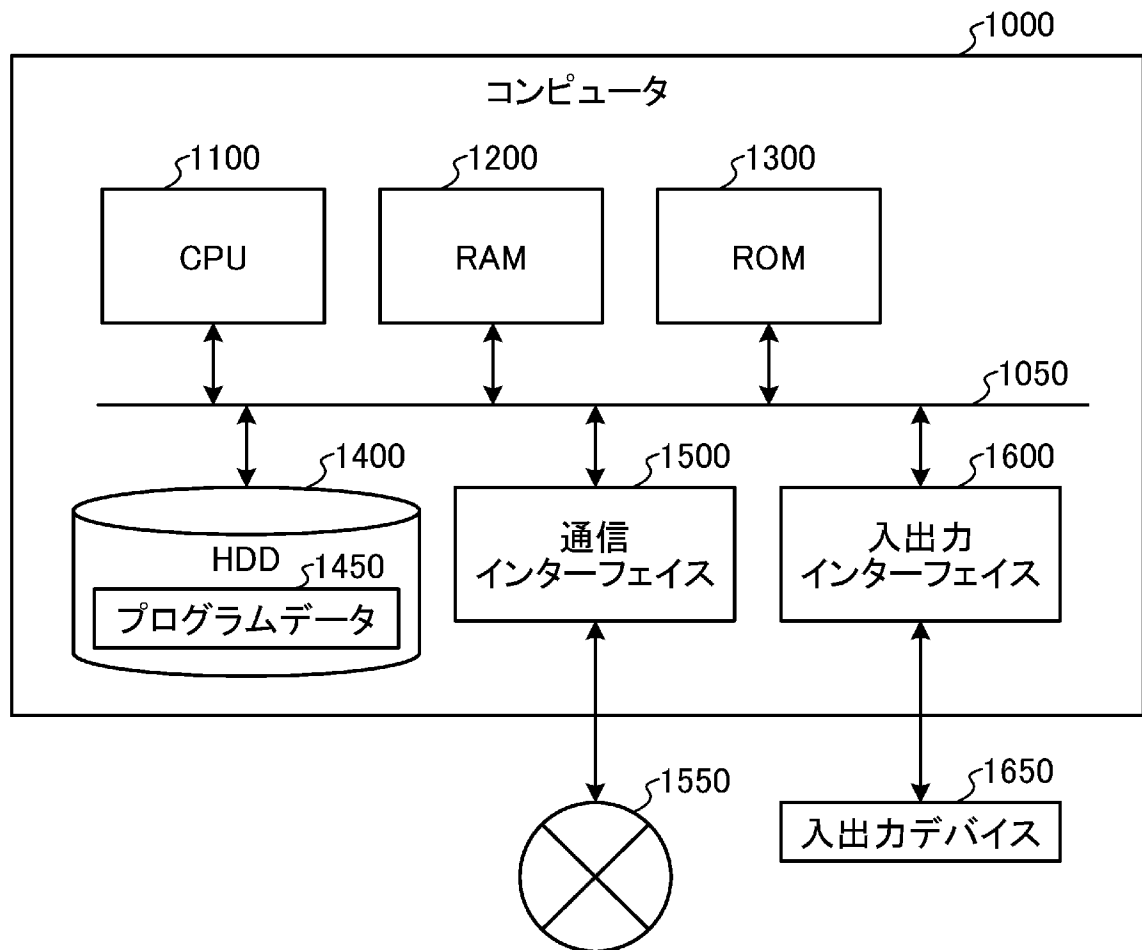
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/028134

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B25J13/08 (2006.01) i
FI: B25J13/08A

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B25J1/00-21/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
Y A	JP 2019-516568 A (GOOGLE LLC) 20.06.2019 (2019-06-20), paragraphs [0039], [0093]-[0104], fig. 7	1-11, 17, 19-20 12-16, 18
Y A	JP 2013-119121 A (IHI CORPORATION) 17.06.2013 (2013-06-17), paragraphs [0038]-[0044], fig. 3	1-11, 17, 19-20 12-16, 18
Y A	JP 2016-196077 A (CANON INC.) 24.11.2016 (2016-11-24), paragraphs [0055]-[0060]	2-4, 17
A	JP 2018-144152 A (KEYENCE CO., LTD.) 20.09.2018 (2018-09-20), paragraphs [0212]-[0214]	1-20

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

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 29.09.2020	Date of mailing of the international search report 06.10.2020
-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/028134

JP 2019-516568 A	20.06.2019	US 2017/0334066 A1 paragraphs [0047], [0101]-[0112], fig. 7 WO 2017/201023 A1 CN 109153123 A KR 10-2018-0137026 A
JP 2013-119121 A	17.06.2013	(Family: none)
JP 2016-196077 A	24.11.2016	(Family: none)
JP 2018-144152 A	20.09.2018	US 2018/0250820 A1 paragraphs [0294]-[0296] DE 102018202389 A1 CN 108537875 A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/08(2006.01)i FI: B25J13/08 A		
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）） B25J1/00-21/02 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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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
Y A	JP 2019-516568 A (グーグル エルエルシー) 20.06.2019 (2019-06-20) 段落[0039], [0093]-[0104], 図7	1-11, 17, 19-20 12-16, 18
Y A	JP 2013-119121 A (株式会社 I H I) 17.06.2013 (2013-06-17) 段落[0038]-[0044], 図3	1-11, 17, 19-20 12-16, 18
Y A	JP 2016-196077 A (キヤノン株式会社) 24.11.2016 (2016-11-24) 段落[0055]-[0060]	2-4, 17
A	JP 2018-144152 A (株式会社キーエンス) 20.09.2018 (2018-09-20) 段落[0212]-[0214]	1-20
<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 29.09.2020		国際調査報告の発送日 06.10.2020
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） 岩▲崎▼ 優 3U 1573 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/JP2020/028134

引用文献			公表日	パテントファミリー文献		公表日
JP	2019-516568	A	20.06.2019	US 2017/0334066	A1	
				段落[0047], [0101]-[0112], 図7		
				WO 2017/201023	A1	
				CN 109153123	A	
				KR 10-2018-0137026	A	
JP	2013-119121	A	17.06.2013	(ファミリーなし)		
JP	2016-196077	A	24.11.2016	(ファミリーなし)		
JP	2018-144152	A	20.09.2018	US 2018/0250820	A1	
				段落[0294]-[0296]		
				DE 102018202389	A1	
				CN 108537875	A	