

(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
2023年1月19日(19.01.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/286138 A1

(51) 国際特許分類:

B25J 13/00 (2006.01)

(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2021/026192

(22) 国際出願日:

2021年7月12日(12.07.2021)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(71) 出願人: 株式会社安川電機 (KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 Fukuoka (JP).

(72) 発明者: 橘 ▲ 高 ▼ 達也 (KITAKA Tatsuya); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A

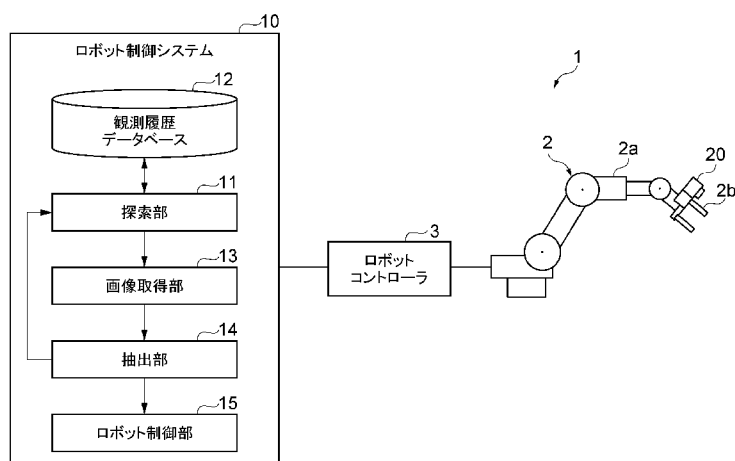
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, 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,

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

(54) 発明の名称: ロボット制御システム、ロボットシステム、ロボット制御方法、およびロボット制御プログラム

【図1】



3 Robot controller
10 Robot control system
11 Searching unit
12 Observation history database
13 Image acquisition unit
14 Extraction unit
15 Robot control unit

(57) Abstract: A robot control system pertaining to an embodiment comprises: an extraction unit which extracts, from an observation area around a robot, a task area in which the robot can execute a task for processing an object; and a robot control unit which controls, in response to the extraction of the task area, the robot so that the robot accesses the object, wherein the extraction unit extracts the task area again after the robot accesses the object.

[続葉有]

TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：一例に係るロボット制御システムは、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出する抽出部と、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するロボット制御部とを備え、抽出部は、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

明 細 書

発明の名称：

ロボット制御システム、ロボットシステム、ロボット制御方法、およびロボット制御プログラム

技術分野

[0001] 本開示の一側面は、ロボット制御システム、ロボットシステム、ロボット制御方法、およびロボット制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、各種のセンサを用いてセンサ周囲の外部環境を認識する能動的環境認識システムが記載されている。このシステムは、外部環境の情報を収集する単数あるいは複数のセンサ機構と、外部環境を変化させるアクチュエータ機構と、センサ機構からのセンサ情報により、アクチュエータ機構への適切な運動指令を生成する階層型の情報処理機構とを備える。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8-30327号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ロボットにタスクを効率良く実行させることが望まれている。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一側面に係るロボット制御システムは、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出する抽出部と、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するロボット制御部とを備え、抽出部は、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

[0006] 本開示の一側面に係るロボット制御方法は、少なくとも一つのプロセッサ

を備えるロボット制御システムにより実行されるロボット制御方法であって、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するステップとを含み、抽出するステップでは、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

[0007] 本開示の一側面に係るロボット制御プログラムは、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するステップとをコンピュータに実行させ、抽出するステップでは、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

発明の効果

[0008] 本開示の一側面によれば、ロボットにタスクを効率良く実行させることができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]ロボット制御システムの適用の一例を示す図である。

[図2]ロボット制御システムのために用いられるコンピュータのハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]ロボット制御システムでの処理の一例を示すフローチャートである。

[図4]タスク領域の抽出の一例を示す図である。

[図5]ロボット制御システムによるロボット制御の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付図面を参照しながら本開示での実施形態を詳細に説明する。図面の説明において同一または同等の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

[0011] [システムの構成]

本実施形態では、本開示に係るロボット制御システムの一例をロボットシ

ステム 1 の一構成要素として示す。ロボットシステム 1 は、所与の目的を達成するための動作をロボットに実行させることにより、所与の作業を自動化する仕組みである。

[0012] 図 1 は、ロボットシステム 1 の構成の一例を示すと共に、ロボット制御システムの適用の一例も示す図である。この例では、ロボットシステム 1 は、ロボット制御システム 10 と、1 以上のロボット 2 と、1 以上のロボット 2 に対応する 1 以上のロボットコントローラ 3 とを備える。図 1 は一つのロボット 2 および一つのロボットコントローラ 3 を示し、一つのロボットコントローラ 3 に一つのロボット 2 が接続される構成を示す。しかし、各装置の台数も接続方法も図 1 の例に限定されない。例えば、一つのロボットコントローラ 3 が複数台のロボット 2 と接続してもよい。装置間を接続する通信ネットワークは、有線ネットワークでも無線ネットワークでもよい。通信ネットワークはインターネットおよびイントラネットの少なくとも一方を含んで構成されてもよい。あるいは、通信ネットワークは単純に 1 本の通信ケーブルによって実現されてもよい。

[0013] ロボット制御システム 10 は、少なくとも一部の状況においてロボット 2 を自律的に動作させるためのコンピュータシステムである。ロボット制御システム 10 は所与の演算を実行して、ロボット 2 を制御するための指令信号を生成する。一例では、指令信号はロボット 2 を制御するためのデータを含み、例えば、ロボット 2 の軌道を示すパスを含む。ロボット 2 の軌道とは、ロボット 2 またはその構成要素の動きの経路のことをいう。例えば、ロボット 2 の軌道は先端部の軌道であり得る。ロボット制御システム 10 は生成された指令信号をロボットコントローラ 3 に向けて送信する。

[0014] ロボットコントローラ 3 は、ロボット制御システム 10 からの指令信号に従ってロボット 2 を動作させる装置である。一例では、ロボットコントローラ 3 は、指令信号で示される目標値に先端部の位置および姿勢を一致させるための関節角度目標値（ロボット 2 の各関節の角度目標値）を算出し、その角度目標値に従ってロボット 2 を制御する。

- [0015] ロボット2は、人に代わって作業する装置または機械である。一例では、ロボット2は多軸のシリアルリンク型の垂直多関節ロボットである。ロボット2は、マニピュレータ2aと、該マニピュレータ2aの先端に取り付けられたツールであるエンドエフェクタ2bとを備える。ロボット2はそのエンドエフェクタ2bを用いて様々な処理を実行できる。ロボット2は、所与の範囲内においてエンドエフェクタ2bの位置および姿勢を自在に変更し得る。ロボット2は、6軸の垂直多関節ロボットでもよいし、6軸に1軸の冗長軸を追加した7軸の垂直多関節ロボットでもよい。
- [0016] ロボット2はロボット制御システム10による制御に基づいて動作して所与のタスクを実行する。本開示においてタスクとは、或る目的を達成するためにロボット2に実行させる一連の処理をいう。ロボット2がタスクを実行することで、ロボットシステム1のユーザが望む結果が得られる。例えば、タスクは何らかの対象物を処理するために設定される。タスクの例として「対象物を把持してコンベヤ上に置く」、「部品を掴んでその部品をワークに取り付ける」、「対象物にスプレーで塗装する」が挙げられる。本開示において対象物とは、ロボット2によって処理される有体物をいう。
- [0017] ロボット制御システム10は、ロボット2の周辺環境が未知である状況において、ロボット2がタスクを実行できると見込まれる領域、すなわち、対象物を処理できると見込まれる領域をタスク領域として能動的に抽出し、その対象物（タスク領域）に向けてロボット2を接近させる。ロボット制御システム10はタスク領域の抽出を繰り返しながらロボット2を対象物に接近させていく。ロボット2がタスク領域に到達すると、ロボット制御システム10はそのロボット2にタスクを実行させる。本開示において、ロボット2がタスク領域に到達するとは、ロボット2がタスクを実行できる程に十分に対象物に接近したことを意味する。
- [0018] ロボット制御システム10は、ロボット2の周辺環境の認識だけでなく、その環境においてロボットが動作することができるか否かを示す行為可能性（potential for action）にも基づいて、タスク領域

を抽出する。すなわち、ロボット制御システム 10 は環境認識および行為可能性という二つの要素を別々に考慮するのではなく、これら双方の要素を考慮して、タスク領域を抽出する。このようにタスク領域を抽出することで、それら二つの要素を別々に考慮する場合よりもロボット 2 を効率良く制御することが可能になる。

[0019] ロボット制御システム 10 は未知の周辺環境を認識するために、センサの条件を能動的に変化させて必要な情報を探索および収集する技術であるアクティブセンシング (active sensing) を用いる。この技術によって、対象物または周辺環境に関する条件が頻繁に変わったり、事前のモデル化が不可能または困難であったりする場合でも、ロボット 2 が目指すべき目標を認識することが可能になる。アクティブセンシングは未知の目標を発見する技術であり、したがって、既知の目標に向けて機械系の位置を決めるビジュアルフィードバック (visual feedback) とは異なる。

[0020] 行為可能性を考慮することは、認識された環境がロボット 2 の動作に与える意味を考慮することであるともいえる。したがって、ロボット制御システム 10 によるロボット制御は、アフォーダンス (affordance) という概念を利用した仕組みであるともいえる。ロボット制御システム 10 は、知覚 (センサ) とロボットの動作とを結び付けて記号化することにより、ロボット制御に関する高度な意思決定を実現し得る。行為可能性を考慮することで、厳密なモデルを用いることなく同類のタスクを柔軟に処理することが可能になる。また、ロボットの動作に直接に関係する情報を処理すれば足りるので、ロボット制御のための計算を効率的に実行できる。

[0021] ロボット 2 の周囲の 3 次元空間を認識するためのセンサの例として、カメラなどの視覚センサが挙げられる。一例では、ロボット 2 は、エンドエフェクタ 2 b の周辺を撮影するカメラ 20 を備える。カメラ 20 の被写範囲は、エンドエフェクタ 2 b の少なくとも一部を映すように設定されてもよい。カメラ 20 はマニピュレータ 2 a 上に配置されてもよく、例えばマニピュレー

タ 2 a の先端付近に取り付けられる。カメラ 2 0 はロボット 2 の動作に対応して移動する。この移動は、カメラ 2 0 の位置および姿勢の少なくとも一方の変化を含み得る。ロボット 2 の動作に対応して移動する限り、カメラ 2 0 はロボット 2 とは異なる場所に設けられてもよい。例えば、カメラ 2 0 は別のロボットに取り付けられてもよいし、天井、壁面、またはカメラスタンドに移動可能に設けられてもよい。

[0022] ロボット制御システム 1 0 は少なくとも一つの所与のセンサから得られる情報に基づいて、ロボット 2 の周囲の観測領域からタスク領域を抽出する。カメラ 2 0 が用いられる場合には、「センサから得られる情報」は、カメラ 2 0 から得られる画像（静止画または映像）である。タスク領域を抽出できた場合には、ロボット制御システム 1 0 はロボット 2 が対象物に接近するようにロボット 2 を制御する。ロボット制御システム 1 0 は、ロボット 2 が対象物に接近した後にタスク領域を再び抽出し、タスク領域を抽出できた場合にはロボット 2 を対象物に更に接近させる。このように、ロボット制御システム 1 0 はタスク領域の抽出と、ロボット 2 を対象物に接近させる制御とを繰り返す。ロボット 2 がタスク領域に到達した場合には、ロボット制御システム 1 0 はそのロボット 2 にタスクを実行させる。タスク領域の抽出と対象物への接近とを繰り返すことにより、周辺の状況の変化に適応しながら対象物を処理できる。また、その繰り返し処理により、センサの感度が高くなかったり、センサのキャリブレーション誤差があったりする場合でも、タスクを精度良く実行できる。

[0023] ロボット制御システム 1 0 が、互いに異なる複数のタスク（すなわち、複数種類のタスク）をロボット 2 に実行させる場合には、ロボット制御システム 1 0 はそれぞれの種類のタスクに対応してタスク領域を抽出する。

[0024] 一例では、タスクはロボット 2 が対象物に接触する工程を含む。このようなタスクの例として、対象物の把持を含むタスク、対象物を押すかまたは引くことを含むタスクが挙げられる。このようなタスクをロボット 2 に実行させる場合には、ロボット制御システム 1 0 は、ロボット 2 がタスクを実行す

るために対象物に接触できる領域をタスク領域として抽出する。

[0025] 本開示において観測領域とは、タスク領域を抽出するための範囲として設定される領域をいう。観測領域はセンサで捕捉される領域であるともいえる。例えば、観測領域はカメラ20で撮影された領域である。

[0026] 或る観測領域においてタスク領域を抽出できない場合には、ロボット制御システム10は観測領域の位置を変更し、変更後の観測領域においてタスク領域の抽出を試みる。「観測領域においてタスク領域を抽出できない」という状況は、その観測領域において未処理のタスク領域が無くなった場合を含む。一例では、ロボット制御システム10はロボット2の周囲の3次元空間において観測領域の位置を変更しながら、それぞれの観測領域において、タスク領域の抽出とロボット2を対象物に接近させる制御とを繰り返す。このように、ロボット制御システム10は探索(exploration)と利用(Exploitation)とを使い分けながらロボット2を制御する。ロボット2はその制御に従って、該ロボット2の周辺に位置する1以上の対象物を自律的に処理する。

[0027] 図1はロボット制御システム10の機能構成の一例も示す。一例では、ロボット制御システム10は機能的構成要素として探索部11、観測履歴データベース12、画像取得部13、抽出部14、およびロボット制御部15を備える。探索部11は観測領域の位置を設定する機能モジュールである。探索部11は、タスク領域が探索された観測領域を示す観測データを記録する。観測履歴データベース12はその観測データを記憶する機能モジュールである。画像取得部13は観測領域の画像をカメラ20から取得する機能モジュールである。抽出部14はその画像に基づいて観測領域からタスク領域を抽出する機能モジュールである。ロボット制御部15はそのタスク領域に基づいてロボット2を制御する機能モジュールである。一例では、ロボット制御部15はタスク領域が抽出されたことに応答してロボット2を対象物に接近させ、ロボット2がタスク領域に到達したことに応答して該ロボット2にタスクを実行させる。

- [0028] ロボット制御システム１０は任意の種類のコンピュータによって実現され得る。そのコンピュータは、パーソナルコンピュータ、業務用サーバなどの汎用コンピュータでもよいし、特定の処理を実行する専用装置に組み込まれてもよい。
- [0029] 図２は、ロボット制御システム１０のために用いられるコンピュータ１０のハードウェア構成の一例を示す図である。この例では、コンピュータ１０は本体１１０、モニタ１２０、および入力デバイス１３０を備える。
- [0030] 本体１１０は回路１６０を有する装置である。回路１６０は、少なくとも一つのプロセッサ１６１と、メモリ１６２と、ストレージ１６３と、入出力ポート１６４と、通信ポート１６５とを有する。ストレージ１６３は、本体１１０の各機能モジュールを構成するためのプログラムを記録する。ストレージ１６３は、ハードディスク、不揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスクなどの、コンピュータ読み取り可能な記録媒体である。メモリ１６２は、ストレージ１６３からロードされたプログラム、プロセッサ１６１の演算結果などを一時的に記憶する。プロセッサ１６１は、メモリ１６２と協働してプログラムを実行することで各機能モジュールを構成する。入出力ポート１６４は、プロセッサ１６１からの指令に応じて、モニタ１２０または入力デバイス１３０との間で電気信号の入出力を行う。入出力ポート１６４はロボットコントローラ３などの他の装置との間で電気信号の入出力を行ってもよい。通信ポート１６５は、プロセッサ１６１からの指令に従って、通信ネットワークＮを介して他の装置との間でデータ通信を行う。
- [0031] モニタ１２０は、本体１１０から出力された情報を表示するための装置である。モニタ１２０は、グラフィック表示が可能であればいかなるものであってもよく、その具体例としては液晶パネルが挙げられる。
- [0032] 入力デバイス１３０は、本体１１０に情報を入力するための装置である。入力デバイス１３０は、所望の情報を入力可能であればいかなるものであってもよく、その具体例としてはキーパッド、マウス、操作コントローラなどの操作インタフェースが挙げられる。

[0033] モニタ 120 および入力デバイス 130 はタッチパネルとして一体化されていてもよい。例えばタブレットコンピュータのように、本体 110、モニタ 120、および入力デバイス 130 が一体化されていてもよい。

[0034] [ロボット制御方法]

本開示に係るロボット制御方法の一例として、図 3 を参照しながら、ロボット制御システム 10 により実行される一連の処理手順の一例を説明する。図 3 はロボット制御システム 10 での処理の一例を処理フロー S1 として示すフローチャートである。すなわち、ロボット制御システム 10 は処理フロー S1 を実行する。

[0035] ステップ S11 では、抽出部 14 が観測領域からタスク領域を抽出する。抽出部 14 は、所与の事前設定に基づく初期位置に設定された観測領域、または探索部 11 によって位置が変更された観測領域から、タスク領域を抽出する。一例では、画像取得部 13 が観測領域の画像をカメラ 20 から取得し、抽出部 14 がその画像に基づいてタスク領域を抽出する。抽出部 14 は一つの観測領域において複数のタスク領域を抽出し得る。

[0036] 抽出部 14 は、ロボット 2 の構成と観測領域内の現在状況とに基づいてタスク領域を抽出してもよい。観測領域内の現在状況とは、ロボット 2 の周囲の現在の状況をいう。抽出部 14 は観測領域内の現在状況として、対象物が観測領域内に存在するか否かを判定してもよいし、対象物の構造を判定してもよいし、対象物とは異なる障害物が観測領域内に存在するか否かを判定してもよい。

[0037] 抽出部 14 は、実行しようとするタスクに対応するタスク領域を抽出する。複数種類のタスクをロボット 2 に実行させることが可能である場合には、抽出部 14 は、これから実行しようとするタスクに対応するタスク領域を抽出する。

[0038] 一例では、抽出部 14 は深層学習を用いた機械学習（例えば畳み込みニューラルネットワーク（CNN））、カラーフィルタリング、テンプレートマッチングなどの手法によって画像の各画素を解析し、対象物が存在する確率

を画素ごとに算出する。そして、抽出部14は各画素での確率を示すグレースケール画像を生成する。このグレースケール画像は、観測領域内の対象物の位置を確率的に示す情報であるといえる。抽出部14はそのグレースケール画像に基づいて、対象物が写った領域をタスク領域として抽出してもよい。

[0039] あるいは、抽出部14はそのグレースケール画像とは別に深度画像 (depth image) を取得し、この2種類の画像に基づいてタスク領域を抽出してもよい。抽出部14はカメラ20によって生成された深度画像を用いてもよいし、カメラ20からの画像と深度情報とに基づいて深度画像を生成してもよい。抽出部14はグレースケール画像および深度画像に基づいて、対象物が存在すると見込まれる位置での深度を特定する。抽出部14はその深度とエンドエフェクタ2bの構成とに基づいて、ロボット2がその位置において対象物を処理できるか否かを計算する。このように、抽出部14はエンドエフェクタ2bの構成と対象物の構造とを比較してタスク領域を抽出してもよい。一例では、抽出部14はその計算においてガウス関数を用いて、ロボット2が対象物を処理できるか否かを確率的に算出する。タスクが対象物の把持を含む場合には、抽出部14は、対象物を把持することができる位置を特定するための手法である Fast Graspability Evaluation (FGE) を用いてその計算を実行してもよい。抽出部14はそのような確率的な計算によって、観測領域における、タスク領域が存在する確率の分布を算出する。本開示ではその分布を領域マップともいう。一例では、抽出部14は、その確率が所与の閾値に達する領域をタスク領域として抽出する。

[0040] 上記の例のように、抽出部14は、対象物が観測領域内に存在することに少なくとも基づいてタスク領域を抽出してもよい。抽出部14は、ロボット2がタスクを実行する際に障害物に干渉しないことに更に基づいてタスク領域を抽出してもよい。FGEの利用は、その干渉を考慮してタスク領域を抽出する一例である。

[0041] 図4はタスク領域の抽出の一例を示す図である。この例では、ロボット2はオレンジを把持して所与の位置にそのオレンジを移動させるタスクを実行する。この自律的な処理を実現するために、抽出部14はカメラ20から得られた画像200を解析し、ロボット2がオレンジを把持できると見込まれるタスク領域を抽出する。すなわち、抽出部14は、ロボット2がタスクを実行するために対象物（オレンジ）に接触できる領域をタスク領域として抽出する。

[0042] 画像200は、床211に置かれているオレンジ221と、フェンス212の上方で保持されたオレンジ222とを映している。オレンジ221の周辺には、タスクの実行において障害物となり得るいくつかの別の物体231が置かれている。画像200は、エンドエフェクタ2bの一例であるグリッパの先端も映す。

[0043] 抽出部14はその画像200を解析して、オレンジ221に対応するタスク領域311を抽出し、オレンジ222に対応するタスク領域312を抽出する。領域マップ300はタスク領域が存在する確率の分布を示す。領域マップ300では、その確率が高い領域は相対的に白く表され、その確率が低い領域は相対的に黒く表される。タスク領域311は暗いグレーで表されているのに対して、タスク領域312は白く表されている。これは、オレンジ222を把持できる可能性が、オレンジ221を把持できる可能性よりも高いことを意味する。このような差は、オレンジ221の近くに別の物体231が存在することと、オレンジ221がオレンジ222よりも遠くにあることとの少なくとも一方に起因すると予想される。

[0044] 図3に戻って、少なくとも一つのタスク領域が抽出された場合には（ステップS12においてYES）、処理はステップS13に進む。ステップS13では、ロボット制御部15が、ロボット2が更に接近すべき位置である接近目標位置を決定する。この処理は、観測領域内のどこをより詳細に探索するかを決定することであるともいえる。一例では、ロボット制御部15は観測領域に対して、ロボット2がタスクを実行できる可能性を表すスコアを算

出し、そのスコアが最大である位置を接近目標位置として決定してもよい。ロボット制御部 15 はそのスコアの分布として上記の領域マップを用いてもよい。あるいは、ロボット制御部 15 は検出された対象物の中心の位置を接近目標位置として算出してもよい。

[0045] 複数のタスク領域が抽出された場合には、ロボット制御部 15 は該複数のタスク領域から一つのタスク領域を選択し、選択されたタスク領域について接近目標位置を決定する。例えば、ロボット制御部 15 は最大のスコアに対応するタスク領域を選択してもよい。

[0046] ステップ S 14 では、ロボット制御部 15 が、ロボット 2 がタスク領域に到達したか否かを判定する。

[0047] 一例では、ロボット制御部 15 はエンドエフェクタ 2 b と接近目標位置との距離を算出し、この距離に基づいて判定を実行してもよい。算出された距離が所与の閾値以下である場合には、ロボット制御部 15 はロボット 2 がタスク領域に到達したと判定する。一方、算出された距離がその閾値より大きい場合には、ロボット制御部 15 はロボット 2 がタスク領域に到達していないと判定する。

[0048] 別の例では、ロボット制御部 15 は、タスク領域においてタスクを実行するために必要なロボット 2 の状態を示す目標コンフィグレーションとその不確実度とを算出してもよい。目標コンフィグレーションは例えば、タスクを開始するためのロボット 2 の位置および姿勢を含む。目標コンフィグレーションの詳細については後述する。算出された不確実度が所与の閾値以下である場合には、ロボット制御部 15 はロボット 2 がタスク領域に到達したと判定する。一方、算出された不確実度がその閾値より大きい場合には、ロボット制御部 15 はロボット 2 がタスク領域に到達していないと判定する。

[0049] ロボット 2 がタスク領域に到達していないと判定された場合には（ステップ S 14 において NO）、処理はステップ S 15 に進む。ステップ S 15 では、ロボット制御部 15 がタスク領域に向けてロボットを制御する。すなわち、ロボット制御部 15 はロボット 2 が対象物に接近するように該ロボット

2を制御する。複数のタスク領域から一つが選択された場合には、ロボット制御部15はロボット2がその選択されたタスク領域（対象物）に接近するようにロボット2を制御する。

[0050] 一例では、ロボット制御部15はエンドエフェクタ2bを現在位置から接近目標位置へと動かすためのロボット2のパスをプランニングにより生成する。あるいは、ロボット制御部15はその距離を小さくすると共に、接近目標位置がカメラ20の画像の中心に映るようにロボット2のパス（軌道）をプランニングにより生成してもよい。ロボット制御部15は、事前に設定されたロボット2の位置および姿勢の候補から適切な位置および姿勢を選択し、選択された位置および姿勢を実現するためのパスをプランニングにより生成してもよい。ロボット制御部15はパスのプランニングの少なくとも一部として、ロボット2と障害物との干渉が発生しないパスの生成と、ロボット2の特異姿勢（特異点）が発生しないパスの生成とのうちの少なくとも一つを実行し得る。特異姿勢（特異点）とは、ロボット2の構造上の観点から該ロボット2を制御できなくなる姿勢をいう。

[0051] ロボット制御部15は生成されたパスを示す指令信号をロボットコントローラ3に出力し、ロボットコントローラ3はその指令信号に従ってロボット2を制御する。この結果、ロボット2がそのパスに沿って対象物に向かって接近する。

[0052] ステップS15の後に処理はステップS11に戻り、ロボット制御システム10がステップS11以降の処理を再び実行する。すなわち、ロボット制御システム10はロボット2が対象物に接近した後にタスク領域を再び抽出し、この抽出の結果に基づいて後続の処理を実行する。

[0053] ロボット2がタスク領域に到達したと判定された場合には（ステップS14においてYES）、処理はステップS16に進む。ステップS16では、ロボット制御部15がロボット2にタスクを実行させる。

[0054] 一例では、ロボット制御部15は目標コンフィグレーションを算出し、その目標コンフィグレーションに基づくプランニングによってパスを生成する

。上述したように、目標コンフィグレーションはタスクを開始するためのロボット2の位置および姿勢を含み得る。例えば、ロボット2に対象物を把持させる場合には、ロボット制御部15は、その把持のためのグリッパの開き幅を含む、ロボット2の位置および姿勢を算出する。タスクが複数の主要動作を含む場合（例えば、第1の位置で対象物を把持する動作と、第2の位置にその対象物を置く動作とを含むタスクの場合）には、ロボット制御部15はそれぞれの主要動作について目標コンフィグレーションを算出してもよい。続いて、ロボット制御部15はその目標コンフィグレーションとタスクとを実行するためのパスをプランニングにより生成する。このプランニングにおいても、ロボット制御部15は、ロボット2と障害物との干渉が発生しないパスの生成と、ロボット2の特異姿勢（特異点）が発生しないパスの生成とのうちの少なくとも一つを実行し得る。

[0055] ロボット制御部15は生成されたパスを示す指令信号をロボットコントローラ3に出力し、ロボットコントローラ3はその指令信号に従ってロボット2を制御する。ロボット制御部15は、目標コンフィグレーションを実行するためのパスを示す指令信号をロボットコントローラ3に出力し、その後、タスクを実行するためのパスを示す指令信号をロボットコントローラ3に出力してもよい。いずれにしても、ロボット2は目標コンフィグレーションに基づく位置および姿勢に向かって動作し、次いでタスクを実行する。

[0056] ステップS17では、ロボット制御部15が、ロボット制御を終了する否かを判定する。ロボット制御部15は任意の終了条件に基づいてこの判定を実行してよい。例えば、ロボット制御部15は規定回数のタスクを実行した場合にはロボット制御を終了すると判定し、タスクの実行回数がその規定回数未満である場合にはロボット制御を継続すると判定してもよい。あるいは、ロボット制御部15はロボット制御においてエラーが発生した場合にはロボット制御を終了すると判定し、そのエラーが発生していない場合にはロボット制御を継続すると判定してもよい。

[0057] ロボット制御を終了すると判定された場合には（ステップS17において

YES)、処理はステップS 18に進む。ステップS 18では、ロボット制御システム10が終了処理を実行する。この終了処理において、ロボット制御部15はロボット2を初期の姿勢および位置に戻してもよい。あるいは、ロボット制御部15はすべてのタスクを終了したことを視覚情報または音声によってユーザに通知してもよい。

[0058] ロボット制御を続ける場合には（ステップS 17においてNO）、処理はステップS 19に進む。ステップS 19では、ロボット制御部15が次のタスクのための準備を実行する。例えば、ロボット制御部15はロボット2を初期の姿勢および位置に戻してもよい。あるいは、ロボット制御部15は次のタスクを実行することを視覚情報または音声によってユーザに通知してもよい。

[0059] ステップS 19の後に処理はステップS 11に戻り、ロボット制御システム10が次のタスクについてステップS 11以降の処理を実行する。

[0060] 上述した一連の処理手順は、探索と利用のうち、主に利用に関連する。次に、主に探索に関連する処理手順について説明する。

[0061] タスク領域が抽出されなかった場合には（ステップS 12においてNO）、処理はステップS 20に進む。ステップS 20では、探索部11がこれまでに観測された少なくとも一つの観測領域を示す観測データを記録する。例えば、探索部11はロボット2を対象物に接近させながら観測してきた複数の観測領域を示す観測データを記録する。一例では、探索部11は個々の観測領域について観測データのレコードを生成する。そのレコードは観測領域の代表座標と、観測時刻と、該代表座標におけるタスクの実行可能性を示すスコアとをデータ項目として含み得る。個々のレコードは、領域マップ、抽出されたタスク領域、処理された対象物の個数、およびタスクの実行履歴のうちの少なくとも一つを更に含んでもよい。探索部11は少なくとも一つのレコードを観測履歴データベース12に格納する。

[0062] ステップS 21では、探索部11が対象物の探索を続けるか否かを判定する。一例では、探索部11は観測履歴データベース12内の観測データに基

づいて、新たな対象物を発見する可能性があるか否かを判定する。探索部 11 はその可能性があるとは判定した場合に探索を続けると判定し、その可能性がないとは判定した場合に探索を終了すると判定する。例えば、探索部 11 はその観測データをガウス過程回帰によって処理して、ロボットの周囲の 3 次元空間において行為可能性についての予測値および不確実度を算出する。探索部 11 はその不確実度が所与の閾値より大きい位置が存在する場合に探索を続けると判定し、そのような位置が存在しない場合に探索を終了すると判定する。不確実度がその閾値より大きいということは、タスク領域が抽出されるか否かの判断に自信を持てないことを意味するので、そのような場所について探索を試みる価値がある。

[0063] あるいは、探索部 11 は、観測データによって示される最も近い代表座標までの距離が所与の閾値より長い位置が、ロボットの周囲の 3 次元空間に対応する被写平面内に存在する場合に探索を続けると判定し、そのような位置が存在しない場合に探索を終了すると判定してもよい。

[0064] あるいは、探索部 11 は事前に設定された観測範囲内に未観測領域が存在する場合に探索を続けると判定し、その未観測領域が存在しない場合に探索を終了すると判定してもよい。その観測範囲は、例えば、ロボットの周囲の 3 次元空間の全体または一部である。この方法は観測範囲の全体を漏れなく探索する手法であるといえる。

[0065] 探索を続けると判定された場合には（ステップ S 21 において YES）、処理はステップ S 22 に進む。ステップ S 22 では、探索部 11 がロボット 2 の周囲の 3 次元空間における観測領域の位置を変更する。ステップ S 22 は、観測領域からタスク領域が抽出されない場合に（ステップ S 12 において NO）に実行され得る。すなわち、探索部 11 は、抽出部 14 がタスク領域を抽出しないことに応答して、観測領域の位置を変更する。

[0066] 一例では、探索部 11 は観測領域の位置を動的に変更する。この動的な変更は、観測領域の次の位置が予め定められておらず、探索部 11 がロボット 2 の周囲の現在状況に応じて観測領域の次の位置を決定することを意味する

。探索部 1 1 は観測履歴データベース 1 2 内の観測データに基づいて、観測領域の次の位置を動的に変更してもよい。例えば、探索部 1 1 は過去の少なくとも一つの位置における観測領域でのタスク領域の抽出の結果に基づいて、ロボット 2 の周囲の 3 次元空間においてタスク領域が抽出される可能性を表すスコアを算出し、そのスコアに基づいて観測領域の位置を変更してもよい。探索部 1 1 はそのスコアが最も高い位置に観測領域を移してもよい。あるいは、探索部 1 1 は観測データに基づいて、3 次元空間におけるタスク領域の存在の不確実度の分布を算出し、その分布に基づいて観測領域の位置を変更してもよい。探索部 1 1 はその不確実度が最も高い位置に観測領域を移してもよい。スコアおよび不確実度の双方を考慮する手法として、探索部 1 1 は観測データを入力として用いるベイズ最適化を実行し、このベイズ最適化で得られる獲得関数に基づいて観測領域の位置を変更してもよい。例えば、探索部 1 1 は獲得関数の値が最も高い位置に観測領域を移す。

[0067] あるいは、探索部 1 1 は観測データによって示される代表座標までの最短距離が最も長い位置を、ロボットの周囲の 3 次元空間に対応する被写平面から選択し、その位置に観測領域を移してもよい。この処理も、観測領域の位置を動的に変更する一例である。

[0068] あるいは、探索部 1 1 は予め定められた順序に従って観測領域の位置を変更してもよいし、観測領域の次の位置をランダムに決定してもよい。

[0069] 探索部 1 1 が観測領域の次の位置を決定したことに応答して、ロボット制御部 1 5 は、カメラ 2 0 が次の観測領域を撮影するようにロボット 2 のパスをプランニングにより生成する。例えば、ロボット制御部 1 5 は、次の位置がカメラの中心に映るようにパスをプランニングしてもよい。ロボット制御部 1 5 は、カメラ 2 0 が次の観測領域を撮影するように、事前に設定されたロボット 2 の位置および姿勢の候補から適切な位置および姿勢を選択し、選択された位置および姿勢を実現するためのパスを生成してもよい。ロボット制御部 1 5 はパスのプランニングの少なくとも一部として、ロボット 2 と障害物との干渉が発生しないパスの生成と、ロボット 2 の特異姿勢（特異点）

が発生しないパスの生成とのうちの少なくとも一つを実行し得る。

[0070] ロボット制御部 15 は生成されたパスを示す指令信号をロボットコントローラ 3 に出力し、ロボットコントローラ 3 はその指令信号に従ってロボット 2 を制御する。この結果、カメラ 20 が次の観測領域を撮影する。

[0071] ステップ S 21 の後に処理はステップ S 11 に戻り、ロボット制御システム 10 がステップ S 11 以降の処理を実行する。ステップ S 11 では、抽出部 14 が変更された観測領域からタスク領域を抽出する。すなわち、抽出部 14 は観測領域の位置が変更される度にタスク領域を抽出する。

[0072] 探索を終了すると判定された場合には（ステップ S 21 において NO）、処理はステップ S 18 に進み、ロボット制御システム 10 が終了処理を実行する。

[0073] 図 5 を参照しながら、処理フロー S 1 に基づくロボットの動作の一例について説明する。図 5 はロボット制御システム 10 によるロボット制御の一例を示す図である。この例では、ロボット 2 は周囲に存在するボールを箱 410 に収納するタスクを実行する。すなわち、この例では対象物はボールである。図 5 はロボット 2 の一連の動作を場面 S 31～S 39 により順に表す。以下の説明では処理フロー S 1 との対応も示す。

[0074] 場面 S 31 では、カメラ 20 はボール 421 が映った画像を取得し、画像取得部 13 がその画像を取得する。ロボット制御システム 10 はボール 421 に対応するタスク領域をその画像（観測領域）から抽出する（ステップ S 11）。

[0075] 場面 S 32 では、ロボット制御システム 10 は、ロボット 2 がボール 421 に接近するように該ロボット 2 を制御する（ステップ S 12～S 15）。この制御によってエンドエフェクタ 2b とボール 421 との距離は短くなる。この後も、ロボット制御システム 10 はタスク領域の抽出と、ロボット 2 をボール 421 に接近させる制御（ステップ S 11～S 15）とを繰り返す。

[0076] 場面 S 33 では、ロボット 2 がタスク領域に到達したことに応答して（ス

テップS 1 4においてYES)、ロボット制御システム10はロボット2にタスクを実行させる(ステップS 1 6)。

[0077] 場面S 3 3から場面S 3 4にかけて、ロボット2はロボット制御システム10の制御によってタスクを実行する(ステップS 1 6)。ロボット2はエンドエフェクタ2bでボール4 2 1を把持して、そのボール4 2 1を箱4 1 0に入れる。

[0078] その後、ロボット制御システム10は観測領域の位置を変更しながらタスク領域の抽出を試みる(ステップS 1 1, S 1 2, S 2 0~S 2 2)。この探索の結果として、場面S 3 5では、カメラ20は二つのボール4 2 2, 4 2 3が映った画像を取得し、画像取得部13がその画像を取得する。この画像では、ボール4 2 2は障害物4 3 0によって遮られるように映っており、ボール4 2 3は全体が映っている。一例では、ロボット制御システム10はボール4 2 3に対応するタスク領域をその画像(観測領域)から抽出するが(ステップS 1 1)、ボール4 2 2に対応する部分はタスク領域として抽出しない。

[0079] 場面S 3 6では、ロボット制御システム10は、ロボット2がボール4 2 3に接近するように該ロボット2を制御する(ステップS 1 2~S 1 5)。この制御によってエンドエフェクタ2bとボール4 2 3との距離は短くなる。この後も、ロボット制御システム10はタスク領域の抽出と、ロボット2をボール4 2 3に接近させる制御(ステップS 1 1~S 1 5)とを繰り返す。

[0080] 場面S 3 7では、ロボット2がタスク領域に到達したことに応答して(ステップS 1 4においてYES)、ロボット制御システム10は該ロボット2にタスクを実行させる(ステップS 1 6)。

[0081] 場面S 3 7から場面S 3 9にかけて、ロボット2はロボット制御システム10の制御によってタスクを実行する(ステップS 1 6)。ロボット2はエンドエフェクタ2bでボール4 2 3を把持して(場面S 3 7)、そのボール4 2 3を箱4 1 0に向けて運び(場面S 3 8)、ボール4 2 3を箱4 1 0に

入れる（場面S39）。

[0082] [プログラム]

ロボット制御システム10の各機能モジュールは、プロセッサ161またはメモリ162の上にロボット制御プログラムを読み込ませてプロセッサ161にそのプログラムを実行させることで実現される。ロボット制御プログラムは、ロボット制御システム10の各機能モジュールを実現するためのコードを含む。プロセッサ161はロボット制御プログラムに従って入出力ポート164または通信ポート165を動作させ、メモリ162またはストレージ163におけるデータの読み出しおよび書き込みを実行する。このような処理によりロボット制御システム10の各機能モジュールが実現される。

[0083] ロボット制御プログラムは、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリなどの非一時的な記録媒体に固定的に記録された上で提供されてもよい。あるいは、ロボット制御プログラムは、搬送波に重畳されたデータ信号として通信ネットワークを介して提供されてもよい。

[0084] [効果]

以上説明したように、本開示の一側面に係るロボット制御システムは、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出する抽出部と、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するロボット制御部とを備え、抽出部は、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

[0085] 本開示の一側面に係るロボット制御方法は、少なくとも一つのプロセッサを備えるロボット制御システムにより実行されるロボット制御方法であって、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するステップとを含み、抽出するステップでは、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。

- [0086] 本開示の一側面に係るロボット制御プログラムは、対象物を処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、タスク領域が抽出されたことに応答して、ロボットが対象物に接近するように該ロボットを制御するステップとをコンピュータに実行させ、抽出するステップでは、ロボットが対象物に接近した後に、タスク領域を再び抽出する。
- [0087] このような側面においては、ロボットが対象物に接近する度にタスク領域が抽出されるので、ロボットの周囲の状況の変化に適応しながらロボットを制御できる。このような制御によって、ロボットにタスクを効率良く実行させることが可能になる。
- [0088] 他の側面に係るロボット制御システムでは、ロボット制御部は、ロボットがタスク領域に到達したことに応答して、ロボットにタスクを実行させてもよい。この構成により、ロボットは、対象物を処理できる位置に到達したタイミングでタスクを実行できる。したがって、ロボットにタスクを効率良く実行させることができる。
- [0089] 他の側面に係るロボット制御システムでは、観測領域の画像を、ロボットの動作に対応して移動するカメラから取得する画像取得部を更に備え、抽出部は、画像に基づいてタスク領域を抽出してもよい。このようなカメラからの画像を用いることでロボットの周囲の状況を明確にかつ確実に認識することが可能になる。その結果、タスク領域を精度良く抽出できる。
- [0090] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、複数のタスク領域を抽出し、ロボット制御部は、複数のタスク領域から一つのタスク領域を選択し、ロボットが選択されたタスク領域に接近するようにロボットを制御してもよい。この構成により、複数のタスク領域が抽出された場合にもロボットを適切に特定のタスク領域へと接近させることができる。
- [0091] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、互いに異なる複数のタスクのそれぞれについて、該タスクに対応するタスク領域を抽出してもよい。この構成により、それぞれの種類のタスクに応じてロボットを効率的

に制御できる。

[0092] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、ロボットの構成と、観測領域内の現在状況とに基づいて、タスク領域を抽出してもよい。これら二つの要素を考慮することで、タスク領域を精度良く抽出できる。

[0093] 他の側面に係るロボット制御システムでは、現在状況は、対象物が観測領域内に存在するか否かを示し、抽出部は、対象物が観測領域内に存在することに少なくとも基づいて、タスク領域を抽出してもよい。対象物の存在を認識して初めてロボットを接近させることで、ロボットの無駄な動きを抑えつつ該ロボットにタスクを実行させることができる。

[0094] 他の側面に係るロボット制御システムでは、現在状況は、対象物とは異なる障害物が観測領域内に存在するか否かを更に示し、抽出部は、ロボットがタスクを実行する際に障害物に干渉しないことに更に基づいて、タスク領域を抽出してもよい。障害物の存在を考慮した上でロボットを接近させることで、ロボットの無駄な動きを抑えつつ該ロボットにタスクを実行させることができる。

[0095] 他の側面に係るロボット制御システムでは、ロボットの構成は、ロボットに取り付けられたエンドエフェクタの構成を含み、現在状況は、対象物の構造を更に示し、抽出部は、エンドエフェクタの構成と対象物の構造とを比較して、タスク領域を抽出してもよい。対象物の構造と、その対象物を取り扱うエンドエフェクタの構成とを考慮してロボットを対象物に接近させることで、ロボットの無駄な動きを抑えつつ該ロボットにタスクを実行させることができる。

[0096] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、タスク領域が存在する確率を算出し、確率が所与の閾値に達する場合に、タスク領域を抽出してもよい。タスク領域を確率的に抽出することで、ロボットの周辺の状況に柔軟に適応しながらロボットを制御できる。

[0097] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、観測領域における確率の分布を算出し、確率が閾値に達する領域をタスク領域として抽出して

もよい。確率の分布を考慮することで、観測領域からタスク領域を精度良くかつ効率的に抽出できる。

[0098] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部がタスク領域を抽出しないことに応答して、ロボットの周囲の3次元空間における観測領域の位置を変更する探索部を更に備えてもよい。タスク領域が抽出されない場合に観測領域の位置を変えることで、ロボットの無駄な動きを抑えつつ該ロボットにタスクを実行させることができる。

[0099] 他の側面に係るロボット制御システムでは、探索部は、3次元空間において観測領域の位置を動的に変更してもよい。この構成によって、ロボットの周囲の状況に応じて適切に観測領域を設定できる。

[0100] 他の側面に係るロボット制御システムでは、探索部は、過去の少なくとも一つの位置における観測領域でのタスク領域の抽出の結果に基づいて、3次元空間においてタスク領域が抽出される可能性を表すスコアを算出し、スコアに基づいて、観測領域の位置を変更してもよい。過去の結果に基づく、タスク領域が抽出される可能性の程度に基づいて観測領域を設定することで、タスク領域を効率的に抽出することが可能になる。

[0101] 他の側面に係るロボット制御システムでは、探索部は、3次元空間におけるタスク領域の存在の不確実度の分布を算出し、不確実度の分布に基づいて、観測領域の位置を変更してもよい。この不確実度を考慮することで観測領域が効率的に設定され、その結果、タスク領域を効率的に抽出できる。

[0102] 他の側面に係るロボット制御システムでは、抽出部は、観測領域の位置が変更される度にタスク領域を抽出してもよい。観測領域を変えながらタスク領域を抽出することで、ロボットにタスクを効率良く実行させることができる。

[0103] 他の側面に係るロボット制御システムでは、タスクは、ロボットが対象物に接触する工程を含み、抽出部は、ロボットがタスクを実行するために対象物に接触できる領域をタスク領域として抽出してもよい。この構成により、対象物への接触を伴うタスクをロボットに効率良く実行させることができる。

。

[0104] 本開示の一側面に係るロボットシステムは、上記のロボット制御システムと、ロボット制御部の制御によって動作するロボットとを備える。この側面においては、ロボットにタスクを効率良く実行させることが可能になる。

[0105] [変形例]

以上、本開示の実施形態に基づいて詳細に説明した。しかし、本開示は上記実施形態に限定されるものではない。本開示の要旨を逸脱しない範囲で様々な変形が可能である。

[0106] ロボット制御システムの機能構成は上記の例に限定されない。本開示に係るロボット制御方法は、上記の例とは異なる機能構成を用いて実行されてもよい。

[0107] システムのハードウェア構成は、プログラムの実行により各機能モジュールを実現する態様に限定されない。例えば、上記の例における機能モジュールの少なくとも一部が、その機能に特化した論理回路により構成されていてもよいし、該論理回路を集積したASIC (Application Specific Integrated Circuit) により構成されてもよい。

[0108] 少なくとも一つのプロセッサにより実行される方法の処理手順は上記の例に限定されない。例えば、上述したステップ（処理）の一部が省略されてもよいし、別の順序で各ステップが実行されてもよい。また、上述したステップのうちの任意の2以上のステップが組み合わせられてもよいし、ステップの一部が修正または削除されてもよい。あるいは、上記の各ステップに加えて他のステップが実行されてもよい。上記の処理フローS1において、それぞれのステップは直接に実行されてもよいし、いくつかのステップが並行して実行されてもよい。

[0109] コンピュータシステムまたはコンピュータ内で二つの数値の大小関係を比較する際には、「以上」および「よりも大きい」という二つの基準のどちらを用いてもよく、「以下」および「未満」という二つの基準のうちのどちら

を用いてもよい。このような基準の選択は、二つの数値の大小関係を比較する処理についての技術的意義を変更するものではない。

符号の説明

[0110] 1…ロボットシステム、2…ロボット、11…探索部、12…観測履歴データベース、13…画像取得部、14…抽出部、15…ロボット制御部、2b…エンドエフェクタ、3…ロボットコントローラ、10…ロボット制御システム、20…カメラ、100…コンピュータ、110…本体、120…モニタ、130…入力デバイス、200…画像、221, 222…オレンジ（対象物）、300…領域マップ、311, 312…タスク領域、421～423…ボール（対象物）。

請求の範囲

- [請求項1] 対象物処理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出する抽出部と、
 前記タスク領域が抽出されたことに応答して、前記ロボットが前記対象物に接近するように該ロボットを制御するロボット制御部と、
 を備え、
 前記抽出部は、前記ロボットが前記対象物に接近した後に、前記タスク領域を再び抽出する、
 ロボット制御システム。
- [請求項2] 前記ロボット制御部は、前記ロボットが前記タスク領域に到達したことに応答して、前記ロボットに前記タスクを実行させる、
 請求項1に記載のロボット制御システム。
- [請求項3] 前記観測領域の画像を、前記ロボットの動作に対応して移動するカメラから取得する画像取得部を更に備え、
 前記抽出部は、前記画像に基づいて前記タスク領域を抽出する、
 請求項1または2に記載のロボット制御システム。
- [請求項4] 前記抽出部は、複数の前記タスク領域を抽出し、
 前記ロボット制御部は、
 前記複数のタスク領域から一つのタスク領域を選択し、
 前記ロボットが前記選択されたタスク領域に接近するように前記ロボットを制御する、
 請求項1～3のいずれか一項に記載のロボット制御システム。
- [請求項5] 前記抽出部は、互いに異なる複数のタスクのそれぞれについて、該タスクに対応する前記タスク領域を抽出する、
 請求項1～4のいずれか一項に記載のロボット制御システム。
- [請求項6] 前記抽出部は、前記ロボットの構成と、前記観測領域内の現在状況とに基づいて、前記タスク領域を抽出する、
 請求項1～5のいずれか一項に記載のロボット制御システム。

- [請求項7] 前記現在状況は、前記対象物が前記観測領域内に存在するか否かを示し、
- 前記抽出部は、前記対象物が前記観測領域内に存在することに少なくとも基づいて、前記タスク領域を抽出する、
- 請求項6に記載のロボット制御システム。
- [請求項8] 前記現在状況は、前記対象物とは異なる障害物が前記観測領域内に存在するか否かを更に示し、
- 前記抽出部は、前記ロボットが前記タスクを実行する際に前記障害物に干渉しないことに更に基づいて、前記タスク領域を抽出する、
- 請求項7に記載のロボット制御システム。
- [請求項9] 前記ロボットの構成は、前記ロボットに取り付けられたエンドエフェクタの構成を含み、
- 前記現在状況は、前記対象物の構造を更に示し、
- 前記抽出部は、前記エンドエフェクタの構成と前記対象物の構造とを比較して、前記タスク領域を抽出する、
- 請求項7または8に記載のロボット制御システム。
- [請求項10] 前記抽出部は、
- 前記タスク領域が存在する確率を算出し、
- 前記確率が所与の閾値に達する場合に、前記タスク領域を抽出する、
- 請求項1～9のいずれか一項に記載のロボット制御システム。
- [請求項11] 前記抽出部は、
- 前記観測領域における前記確率の分布を算出し、
- 前記確率が前記閾値に達する領域を前記タスク領域として抽出する、
- 請求項10に記載のロボット制御システム。
- [請求項12] 前記抽出部が前記タスク領域を抽出しないことに応答して、前記ロボットの周囲の3次元空間における前記観測領域の位置を変更する探

索部を更に備える請求項 1 ～ 1 1 のいずれか一項に記載のロボット制御システム。

[請求項13] 前記探索部は、前記 3 次元空間において前記観測領域の位置を動的に変更する、請求項 1 2 に記載のロボット制御システム。

[請求項14] 前記探索部は、

過去の少なくとも一つの位置における前記観測領域での前記タスク領域の抽出の結果に基づいて、前記 3 次元空間において前記タスク領域が抽出される可能性を表すスコアを算出し、

前記スコアに基づいて、前記観測領域の位置を変更する、請求項 1 2 または 1 3 に記載のロボット制御システム。

[請求項15] 前記探索部は、

前記 3 次元空間における前記タスク領域の存在の不確実度の分布を算出し、

前記不確実度の分布に基づいて、前記観測領域の位置を変更する、請求項 1 4 に記載のロボット制御システム。

[請求項16] 前記抽出部は、前記観測領域の位置が変更される度に前記タスク領域を抽出する、請求項 1 2 ～ 1 5 のいずれか一項に記載のロボット制御システム。

[請求項17] 前記タスクは、前記ロボットが前記対象物に接触する工程を含み、前記抽出部は、前記ロボットが前記タスクを実行するために前記対象物に接触できる領域を前記タスク領域として抽出する、請求項 1 ～ 1 6 のいずれか一項に記載のロボット制御システム。

[請求項18] 請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載のロボット制御システムと、前記ロボット制御部の制御によって動作するロボットと、を備えるロボットシステム。

[請求項19] 少なくとも一つのプロセッサを備えるロボット制御システムにより実行されるロボット制御方法であって、

対象物进行处理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、

前記タスク領域が抽出されたことに応答して、前記ロボットが前記対象物に接近するように該ロボットを制御するステップと、
を含み、

前記抽出するステップでは、前記ロボットが前記対象物に接近した後、前記タスク領域を再び抽出する、
ロボット制御方法。

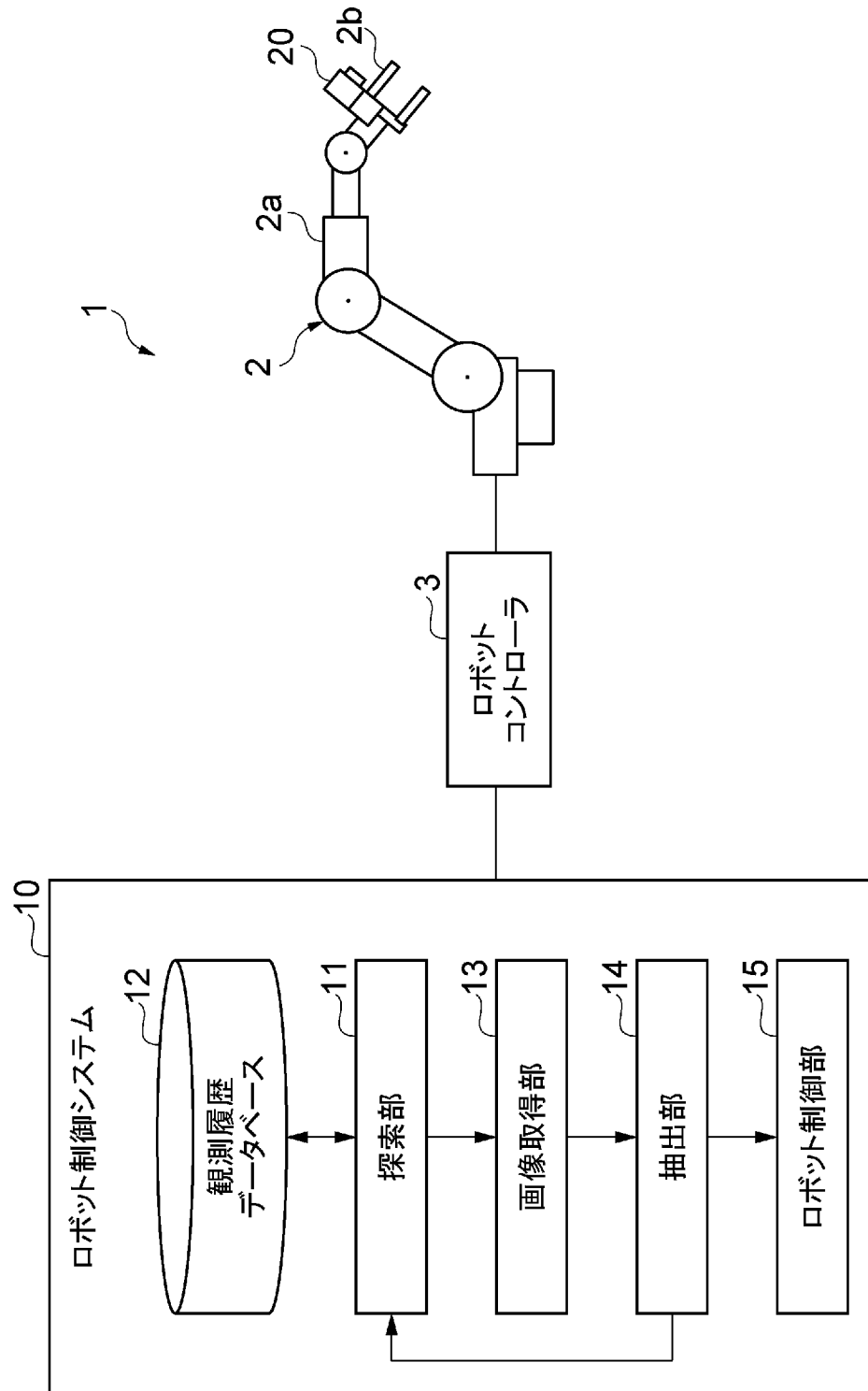
[請求項20]

対象物进行处理するためのタスクをロボットが実行できるタスク領域を、該ロボットの周囲の観測領域から抽出するステップと、

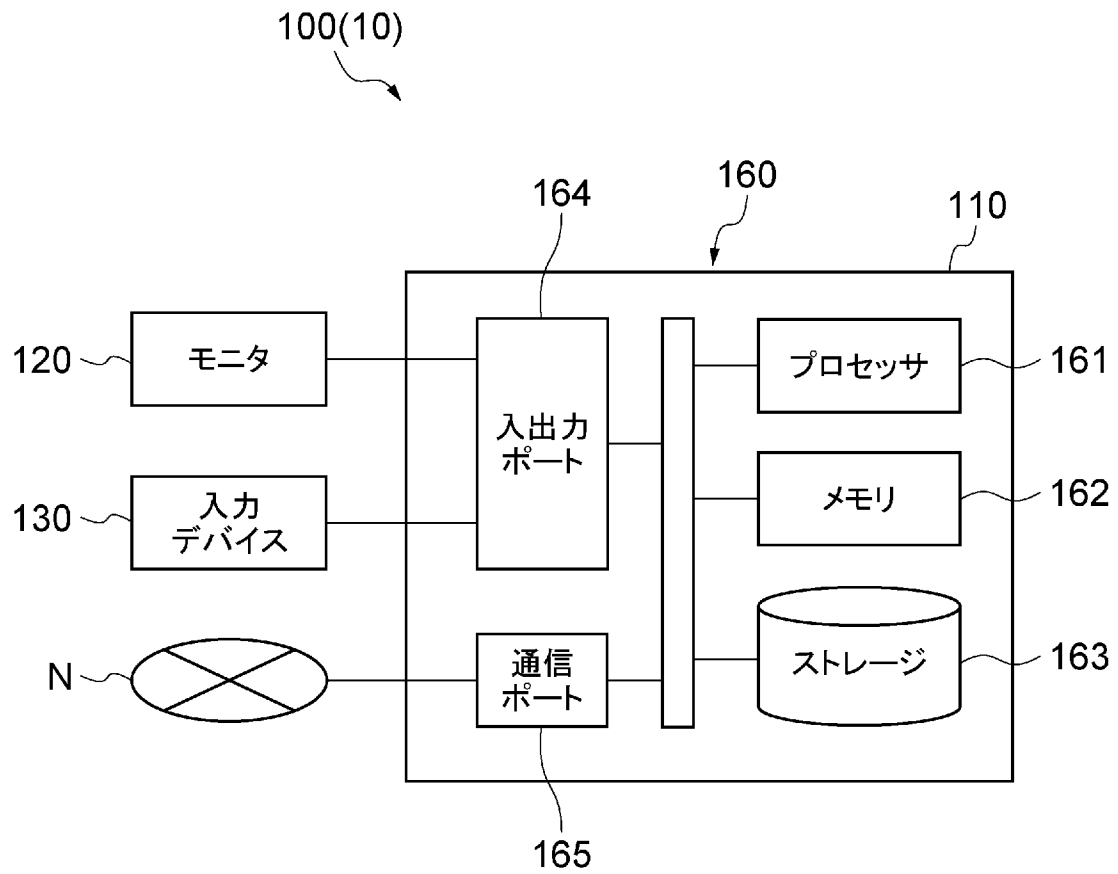
前記タスク領域が抽出されたことに応答して、前記ロボットが前記対象物に接近するように該ロボットを制御するステップと、
をコンピュータに実行させ、

前記抽出するステップでは、前記ロボットが前記対象物に接近した後、前記タスク領域を再び抽出する、
ロボット制御プログラム。

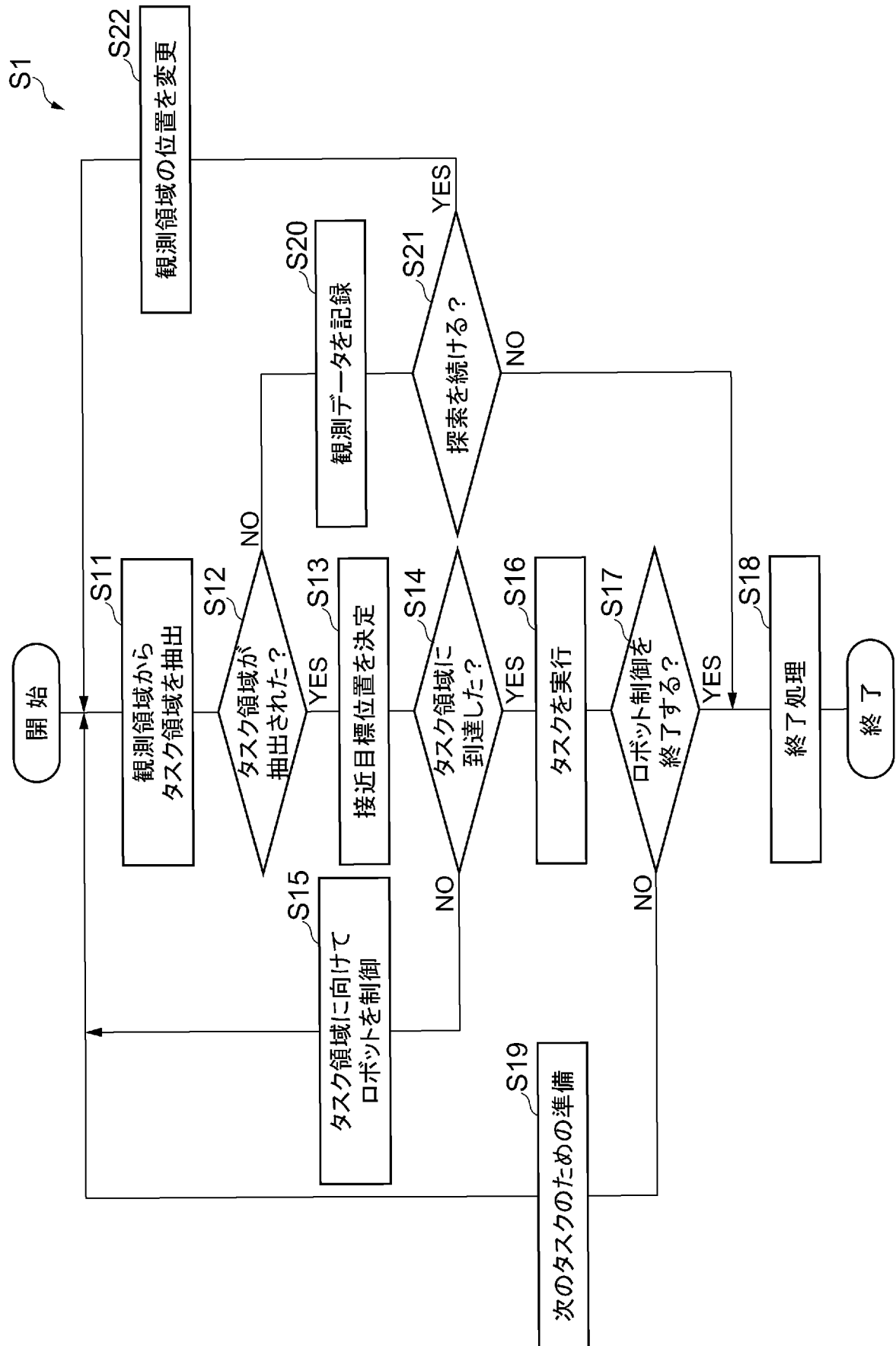
[図1]



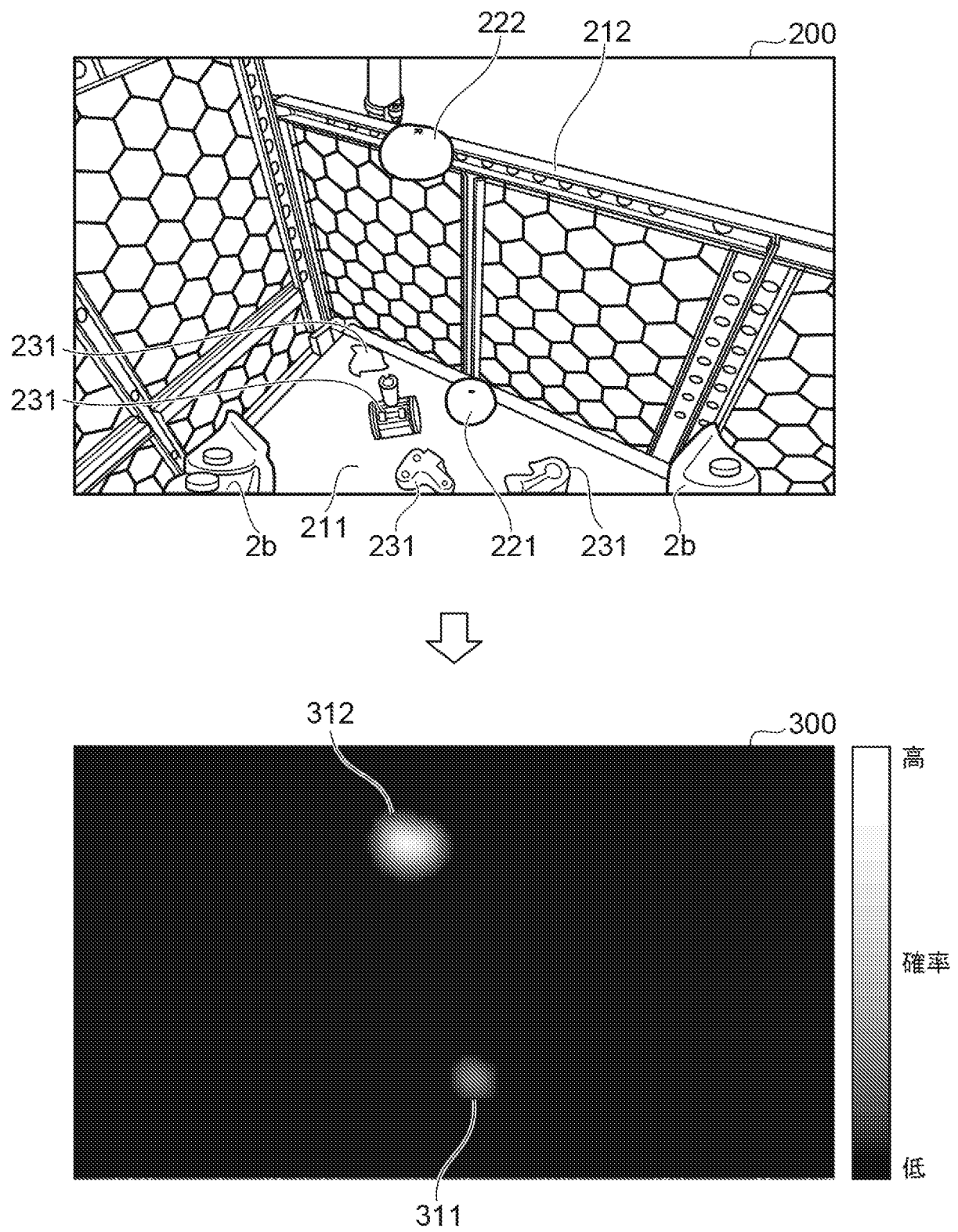
[図2]



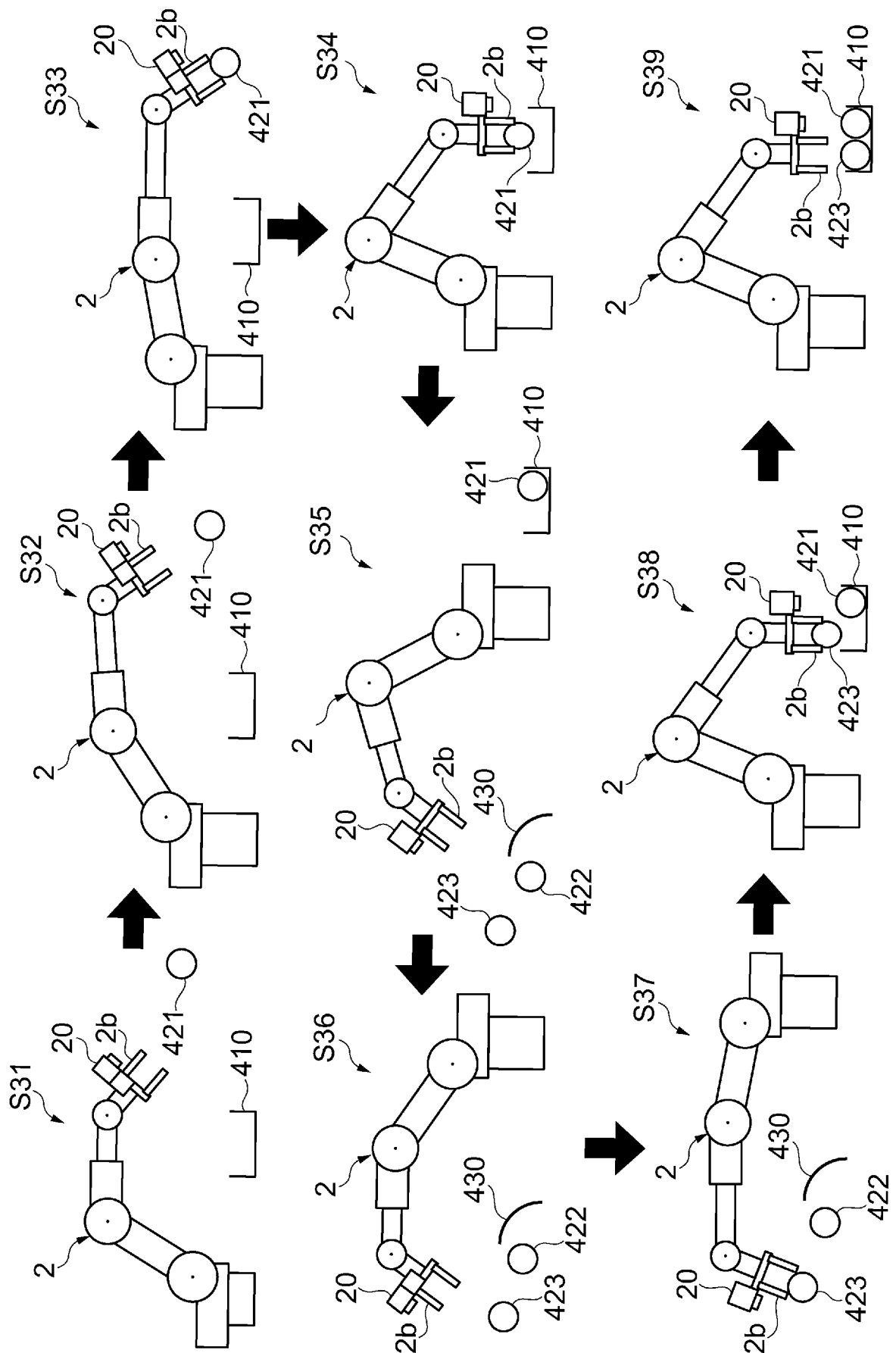
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/026192

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 13/00(2006.01)i

FI: B25J13/00 Z

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J13/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2020-127102 A (KANAGAWA INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE AND TECH) 20 August 2020 (2020-08-20) paragraphs [0020]-[0135], fig. 1-24	1-7, 19-20 8-18
Y	JP 2021-60849 A (UNIV SHIZUOKA NAT UNIV CORP) 15 April 2021 {2021-04-15} fig. 3-4	8-18
Y	JP 2012-225752 A (TOYOTA CENTRAL R&D LABS INC) 15 November 2012 (2012-11-15) paragraphs [0019]-[0049]	10-18
Y	JP 6743526 B2 (NEC CORP) 19 August 2020 (2020-08-19) in particular, paragraph [0143]	14-18
Y	JP 2021-44749 A (TOSHIBA CORP) 18 March 2021 (2021-03-18) paragraphs [0203]-[0223]	15-18

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September 2021 (08.09.2021)

Date of mailing of the international search report
21 September 2021 (21.09.2021)

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/JP2021/026192

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2020-127102 A	20 Aug. 2020	(Family: none)	
JP 2021-60849 A	15 Apr. 2021	(Family: none)	
JP 2012-225752 A	15 Nov. 2012	(Family: none)	
JP 6743526 B2	19 Aug. 2020	(Family: none)	
JP 2021-44749 A	18 Mar. 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/00(2006.01)i FI: B25J13/00 Z		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B25J13/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2020-127102 A（地方独立行政法人神奈川県立産業技術総合研究所）20.08.2020 （2020-08-20） 段落 [0020] - [0135]，第1-24図	1-7, 19-20
Y		8-18
Y	JP 2021-60849 A（国立大学法人静岡大学）15.04.2021（2021-04-15） 第3-4図	8-18
Y	JP 2012-225752 A（株式会社豊田中央研究所）15.11.2012（2012-11-15） 段落 [0019] - [0049]	10-18
Y	JP 6743526 B2（日本電気株式会社）19.08.2020（2020-08-19） 特に、段落 [0143]	14-18
Y	JP 2021-44749 A（株式会社東芝）18.03.2021（2021-03-18） 段落 [0203] ~ [0223]	15-18
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的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 08.09.2021		国際調査報告の発送日 21.09.2021
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 杉山 悟史 3U 3322 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/JP2021/026192

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-127102	A	20.08.2020	(ファミリーなし)	
JP	2021-60849	A	15.04.2021	(ファミリーなし)	
JP	2012-225752	A	15.11.2012	(ファミリーなし)	
JP	6743526	B2	19.08.2020	(ファミリーなし)	
JP	2021-44749	A	18.03.2021	(ファミリーなし)	