

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, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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：本開示にかかる教示支援装置（１）は、ユーザから入力された作業内容とロボット（４）の環境をモデル化した３次元モデルである環境モデルとに基づいて、ロボット（４）と環境との干渉を回避した、ロボット（４）の動作軌道を生成するロボット動作演算部（１２）、を備える。

明 細 書

発明の名称：

教示支援装置、作業システム、教示支援方法および教示支援プログラム

技術分野

[0001] 本開示は、作業機械の教示を支援する教示支援装置、作業システム、教示支援方法および教示支援プログラムに関する。

背景技術

[0002] 産業ロボットをはじめとした作業機械を用いた作業では、作業機械に所望の動作を行わせるための位置情報を教え込む教示が行われ、教示される位置情報すなわち教示点の調整に基づいてロボットの動作プログラムが作成される。この調整は、システムインテグレータのエンジニアにより行われる。このような調整は、ユーザによって行われることもある。このため、プログラム言語に不慣れな場合でも、容易に調整を実施できることが望ましい。特許文献1には、ロボットの動作プログラミングの作成を支援するプログラミング支援装置が開示されている。特許文献1に記載のプログラミング支援装置は、ロボットの動作環境を指定する環境条件を、ユーザインタフェースへの入力に応じて設定し、ロボットに実行させる複数の実行対象の作業ジョブを、ユーザインタフェースへの入力に応じて設定し、設定された複数の実行対象の作業ジョブの実行順序を定めた実行フローにおいて、作業ジョブが環境条件を満たすか否かを、当該実行順序に基づいて判定する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2018/194094号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載のプログラミング支援装置は、ユーザは、ユーザインタフェースを用いて、作業を行うためのロボットの動作に関して、作業ジョブ

ごとに教示点および制約条件を設定し、各作業ジョブの順序も設定する必要があり、この設定は、ユーザにとって時間がかかりシステムが稼働状態となるまでに時間を要する。

[0005] 本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、ユーザがシステムを稼働状態にするまでの時間を短くできることが可能な教示支援装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示にかかる教示支援装置は、ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとに基づいて、作業機械と環境との干渉を回避した、作業機械の動作軌道を生成する動作演算部、を備える。

発明の効果

[0007] 本開示にかかる教示支援装置は、ユーザがシステムを稼働状態にするまでの時間を短くできるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施の形態1にかかる作業システムの構成例を示す図
[図2]実施の形態1の教示支援装置における処理手順の一例を示すフローチャート
[図3]実施の形態1における環境計測データの取得方法の一例を模式的に示す図
[図4]実施の形態1の作業選択画面の一例を示す図
[図5]実施の形態1の入力部が作業内容として受け付ける情報の一例を示す図
[図6]実施の形態1の作業設定部およびロボット動作演算部の構成例を示す図
[図7]実施の形態1の複数工程一括動作演算の一例を示す図
[図8]工程単位動作演算によって生成される軌道と複数工程一括動作演算によって生成される軌道の一例を示す図
[図9]実施の形態1の教示支援装置を実現するコンピュータシステムの構成例を示す図

[図10]実施の形態2にかかる教示支援装置の構成例を示す図

[図11]実施の形態2の表示画面の一例を示す図

[図12]実施の形態3にかかる作業システムの構成例を示す図

[図13]実施の形態3の教示支援装置における処理手順の一例を示すフローチャート

[図14]実施の形態4にかかる作業システムの構成例を示す図

[図15]実施の形態5にかかる作業システムの構成例を示す図

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、実施の形態にかかる教示支援装置、作業システム、教示支援方法および教示支援プログラムを図面に基づいて詳細に説明する。

[0010] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1にかかる作業システムの構成例を示す図である。本実施の形態の作業システム6は、教示支援装置1、画像センサ2、ロボット制御装置3、ロボット4およびセンサ5を備える。作業システム6は、ロボット4を用いて、作業を行うシステムである。ロボット4は、作業機械の一例であり、例えば、箱詰め、組立、加工、搬送、包装などを行う産業用ロボットであってもよいし、人を支援するサービスロボットであってもよい。また、ロボット4は、農作業、建築作業などを行う屋外用ロボットであってもよいし、屋内用ロボットであってもよい。また、ロボット4は、例えば、多軸の垂直多関節ロボットであるが、これに限らず、直動ロボットであってもよいし、直動と回転とを組み合わせたロボットであってもよくロボットの種類に制約はない。以下では、一例として、ロボット4が、産業用の多軸の垂直多関節ロボットである例について説明する。

[0011] ロボット制御装置3は、教示支援装置1から、ロボットの動作に関する指令であるロボット動作指令を受信し、受信したロボット動作指令にロボット4が追従するよう、ロボットのモータを制御するための制御量を演算し、制御量をロボット4へ出力することでロボット4の動作を制御する。ロボット制御装置3は、センサ5の検出結果を用いてロボット4の動作の修正を行っ

てもよい。センサ5は、ロボット4の作業の対象物の位置、姿勢などを検出するセンサであり、例えば、2次元または3次元のビジョンセンサである。ロボット制御装置3は、ロボット4における各軸の図示しないモータを駆動することでロボット4の動作を制御する。ロボット制御装置3における制御は一般的な方法を用いることができるため、詳細な説明を省略する。図1では、ロボット制御装置3をロボット4と別に設けているが、ロボット制御装置3がロボットに含まれていてもよい。また、センサ5は、ロボット4とは別の位置に設けられていてもよいし、ロボット4に設けられていてもよい。

[0012] 画像センサ2は、3次元画像を取得するセンサであり、ロボット4の周囲の環境を計測することで、環境計測データを取得する。環境計測データは、画像センサ2が環境を撮影することで得られるデータである。ロボット4の周囲の環境は、例えば、ロボット4の可動範囲を含む領域における物体や構造物などである。画像センサ2は、例えば、深度とカラーとを取得することで3次元画像を得られるRGB-D (Depth) センサである。

[0013] 教示支援装置1は、ロボット4に行わせたい作業に対応する動作プログラムを、画像センサ2から環境計測データとユーザから入力される作業内容とに基づいて自動生成し、動作プログラムを用いてロボット動作指令を生成し、生成したロボット動作指令をロボット制御装置3へ送信する。本実施の形態では、教示支援装置1は、作業内容自体の入力を、自然言語および作業を示す動画からの選択などにより受け付けることで、プログラミングに不慣れなユーザであっても容易に作業内容の指示を行うことができる。

[0014] 教示支援装置1は、例えば、タブレット、スマートフォン、パーソナルコンピュータなどのモバイル端末装置であるが、モバイル端末装置に限定されない。教示支援装置1は、モデリング部11、ロボット動作演算部12、作業情報記憶部13、表示部14、入力部15および作業設定部16を備える。

[0015] モデリング部11は、画像センサ2から環境計測データを受信することで環境計測データを取得し、取得した環境計測データを用いて環境をモデル化

した3次元モデルである環境モデルを生成し、生成した環境モデルを表示部14およびロボット動作演算部12へ出力する。モデリング部11は、例えば、点群データである環境計測データに基づいて、複数の部分的な3次元データをつなぎ合わせる3次元再構成により環境モデルを生成する。

[0016] 入力部15は、ユーザからの入力を受け付ける。例えば、入力部15は、ユーザからの作業内容の入力を受け付け、受け付けた作業内容（作業内容を示す情報）を表示部14および作業設定部16へ出力する。入力部15は、ユーザの発話を音声として受け付けてもよいし、表示部14に表示された選択肢からユーザによって選択された選択結果を受け付けてもよい。音声として入力を受け付ける場合には、入力部15は、図示しないマイクと音声認識処理を行う音声認識部とを備える。なお、マイクは教示支援装置1とは別に設けられ、マイクにより取得された音声が入力部15に入力されてもよい。表示部14に表示された選択肢からユーザによって選択された選択結果を受け付ける場合、選択肢は、作業内容の候補を示す文字情報であってもよいし、動画または画像であってもよい。入力部15は、タップ動作、キーボード操作、マウス操作などにより選択結果を受け付ける。また、入力部15は、ジェスチャーまたはアイコンタクトを画像認識することにより、作業内容の入力、または選択結果を受け付けてもよい。ジェスチャーまたはアイコンタクトにより入力を受け付ける場合には、入力部15が、撮像機能を有していてもよいし、入力部15とは別の撮像手段によって撮像された画像が入力部15に入力されてもよい。

[0017] 表示部14は、各種の情報、画像、映像などを表示する。例えば、表示部14は、入力部15から受け取った作業内容を表示する。また、表示部14は、モデリング部11から受け取った環境モデルと、ロボット動作演算部12から受け取ったロボットモデルおよびロボット動作指令（またはロボットの動作を示す情報）とに基づいて、ロボットの動作をAR（Augmented Reality：拡張現実）表示により表示する。なお、ロボットモデルは、図示しない教示支援装置1のモデル記憶部に格納され、表示部14がモデル記憶部から

読み出してもよい。環境モデルについても同様に、モデリング部 11 がモデル記憶部に格納し、表示部 14 がモデル記憶部から読み出してもよい。また、モデル記憶部は、教示支援装置 1 の外部に設けられてもよい。また、複数のロボットモデルに対応可能な場合には、モデル記憶部に複数のロボットモデルが記憶され、ロボット動作演算部 12 または作業設定部 16 から使用するロボットモデルが指定され、表示部 14 が指定されたロボットモデルをモデル記憶部から読み出してもよい。

[0018] なお、表示部 14 は、タッチパネルのように入力を受け付ける機能を有するハードウェアを用いて実現されてもよい。例えば、表示部 14 がタッチパネルと AR 表示などを行うための表示データ生成部とで構成され、タッチパネルが入力部 15 の機能のうちの一部を有していてもよい。例えば、タッチパネルに表示された画像、文字などを、ユーザがタップしたことを検出することで、ユーザからの入力を受け付けてもよい。

[0019] 作業設定部 16 は、入力部 15 から受け取った作業内容をプログラミング言語に変換し、変換した結果を含む作業設定情報をロボット動作演算部 12 へ出力する。なお、作業情報記憶部 13 は、例えば、作業ごとの、当該作業に対応するロボット 4 の動作を示す雛形を作業データベース（以下、作業 DB (Database) と呼ぶ）内に記憶する。雛形は、作業に対応する動作プログラムの主要部分を定めたものであり、動作プログラムに対応する動作を自然言語または動画で示した情報も含む。作業に関して複数の作業の雛形が用意され作業情報記憶部 13 の作業 DB に格納されている場合には、作業設定部 16 は、雛形を示す情報を表示部 14 に表示させる。複数の雛形を示す情報は、文字により作業の動作が示されたものであってもよいし、雛形に対応する識別情報であってもよい。また、雛形に対応する動画が表示部 14 に表示されてもよい。さらに、作業設定部 16 は、雛形ごとに、説明動画、説明図、説明文などを表示部 14 に表示させてもよい。表示部 14 は、例えば、雛形を示す情報をプルダウンメニューとして表示し、入力部 15 が選択結果の入力を受け付ける。入力部 15 が選択結果を作業設定部 16 へ出力する。な

お、雛形を示す情報の表示方法は、この例に限定されない。作業設定部16は、雛形の選択結果を用いて雛形に応じた作業内容を、入力部15を介して取得し、取得した入力に基づいて作業内容を認識し、認識した内容をプログラミング言語に変換する。

[0020] 雛形は、典型的な作業の概要を示し、例えば、箱詰め作業、組み立て作業、包装作業などの作業ごとに作成される。箱詰め作業であれば、ロボット4は、対象物をつかみ、目的の場所に詰める作業を行うため、例えば、「Xをつかみ、Yまで運び、Yに詰める」という動作を示す情報である。Xは対象物でYは詰める場所である。XとYがユーザから入力されることで作業内容が決まる。また、雛形は、「Xをつかみ、Yまで運び、YにZ個詰める」といったように、詰める個数が含まれていてもよい。

[0021] 作業情報記憶部13には、ロボット4が行う作業に関する作業情報が作業DBとして記憶される。作業情報は、例えば、上述した各作業に対応する雛形、雛形ごとの制約条件を含む。

[0022] ロボット動作演算部12は、ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとに基づいて、ロボット4と環境との干渉を回避した、ロボット4の動作軌道を生成する動作演算部である。詳細には、ロボット動作演算部12は、作業設定部16から受け取った作業設定情報とモデリング部11から受け取った環境モデルとセンサ5による検出結果とを用いて、作業内容に応じた作業を行うためのロボット4の軌道（ロボット動作軌道）を、ロボット4が環境に干渉しないように決定する。図1では、ロボット動作演算部12は、センサ5による検出結果を、ロボット制御装置3を介して取得しているが、センサ5からセンサ5による検出結果を取得してもよい。本実施の形態では、後述するように、複数の工程を含む作業を一括して1つの動作として扱ってロボット4の軌道を決定する。ロボット動作演算部12は、決定した軌道に基づいてロボット4の動作指令であるロボット動作指令を生成し、生成したロボット動作指令をロボット制御装置3へ送信する。

- [0023] 次に、本実施の形態の動作について説明する。図2は、本実施の形態の教示支援装置1における処理手順の一例を示すフローチャートである。図2に示すように、教示支援装置1は環境モデルが有るか否かを判断する（ステップS1）。具体的には、モデリング部11が、環境モデルが既に生成されているか否かを判断する。
- [0024] 環境モデルが無い場合（ステップS1 No）、教示支援装置1は、環境モデルを生成し（ステップS2）、処理をステップS3へ進める。詳細には、ステップS2では、モデリング部11が、例えば、画像センサ2によって取得された環境計測データを用いて3次元再構成により環境モデルを生成する。
- [0025] 図3は、本実施の形態における環境計測データの取得方法の一例を模式的に示す図である。図3では、「唐揚げを弁当箱に詰める」という作業をロボット4に行わせる例を示しており、図3に示すように、ユーザは、教示支援装置1を携帯してロボット4の周囲を移動する。図3に示した例では、画像センサ2は教示支援装置1に取り付けられており、ユーザは、教示支援装置1を介して画像センサ2を操作する、または画像センサ2を直接操作することで、ロボット4の周囲を複数の箇所から撮影する。これにより、複数の箇所から撮影された複数の3次元画像が取得される。モデリング部11は、これらの複数の3次元画像をつなぎ合わせる3次元再構成を行うことで環境の3次元モデルである環境モデルを生成する。環境モデルは、例えば、MESH、OBB (Oriented Bounding Box)、ポリゴンなどで表されるが、環境モデルの表現形式はこれらに限定されず、どのような形式であってもよい。
- [0026] 3次元再構成は、複数の部分的に撮影された環境計測データから特徴点と平面とをそれぞれ抽出し、これらをつなぎあわせることで全体の3次元モデルを生成する技術である。なお、ここでは、RGB-Dセンサである画像センサ2によって取得された環境計測データを用いて3次元モデルを生成する例を説明するが、2次元センサである画像センサ2によって取得された画像を複数用いて3次元モデルを生成してもよい。

- [0027] 図3に示した例では、ロボット4は、番重31内に積まれた唐揚げ32を、弁当箱33の複数の区画のうち、唐揚げ32を詰める区画である目的区画34に詰める作業を行う。ロボット4がこの動作を行う際には、ロボット4が移動させる対象物である唐揚げ32以外に、弁当箱33、番重31、番重31の載置されている図示しない台など周囲に存在する物体、周囲の構造などを環境として把握する必要がある。本実施の形態の教示支援装置1は、例えば、図3に示すように、ユーザが画像センサ2により周囲を撮影することで自動的に環境モデルを生成する。
- [0028] なお、図3に示した例では、ロボット4とは別に対象物である唐揚げ32の位置、姿勢を検出するセンサ5が設けられているが、これに限らず、センサ5はロボット4に含まれてもよいし、ロボット4に取り付けられていてもよい。
- [0029] また、図3に示した例では、教示支援装置1に画像センサ2が取り付けられているが、画像センサ2は教示支援装置1とは別に設けられ、ユーザが画像センサ2を携帯して周囲を撮影してもよい。教示支援装置1は、画像センサ2と有線または無線接続することで環境計測データを取得してもよいし、画像センサ2において記録媒体に環境計測データが格納され、教示支援装置1が記録媒体から環境計測データを読み出してもよい。
- [0030] また、図3に示した例に限らず、例えば、ロボット4の先端などに画像センサ2を取付け、ロボット4を動作させて画像センサ2の撮像が行われることで環境計測データが取得されてもよい。また、センサ5を画像センサ2として用いることも可能な場合には、センサ5をロボット4の先端などに取り付けてロボット4を動作させて画像センサ2の撮像が行われることで環境計測データが取得されてもよい。
- [0031] 図2の説明に戻る。環境モデルが有る場合（ステップS1 Yes）、教示支援装置1は、処理をステップS3へ進める。ステップS3では、教示支援装置1は、作業の選択を受け付ける。詳細には、作業設定部16が、作業情報記憶部13の作業DBに格納されている作業ごとの雛形（作業種類ごと

の雛形)を表示部14に表示させ、入力部15がユーザの選択結果の入力を受け付け、受け付けた選択結果を作業設定部16へ出力する。なお、教示支援装置1が対応する作業が1種類だけの場合には、ステップS3の処理は行わなくてもよい。

[0032] 上述したように、作業はプルダウンメニューで表示され、プルダウンメニューにより選択されてもよいし、作業の選択を促す選択画面が表示され、ユーザが当該画面で選択を行ってもよい。図4は、本実施の形態の作業選択画面の一例を示す図である。図4に示した例では、各作業に対応するボタン21, 22, 23が表示され、ユーザは対応するボタンを押下することで作業を選択する。なお、図4は例示であり、作業選択画面の内容、選択方法はこの例に限定されない。

[0033] 次に、教示支援装置1は、選択された作業の内容の指示を受け付ける(ステップS4)。詳細には、作業設定部16が、ステップS3で選択された選択結果に対応する雛形を入力部15へ出力する。そして、入力部15が、ユーザからの入力を受け付け、入力された情報と雛形とに基づいて、選択された作業の内容(作業内容)を決定し、決定した作業内容を表示部14および作業設定部16へ出力する。

[0034] 入力部15は、上述したように、音声、タップ動作などによって作業内容の入力を受け付ける。図5は、本実施の形態の入力部15が作業内容として受け付ける情報の一例を示す図である。図5に示した例では、作業Aが選択され、作業Aの雛形として「Xをつかみ、Yまで運び、YにZ個詰める」という動作が定められている。この場合、ユーザが例えば、「唐揚げを弁当箱に詰める」と発声することで作業内容を指示したとすると、入力部15は、検出した音声を、雛形を用いて音声認識により認識する。音声認識は、汎用の音声認識であってもよいし、ロボット4を用いた作業内容に特化した機械学習による学習済モデルを用いて音声認識を行うといったようにロボット4の作業内容の認識に特化した処理であってもよい。

[0035] 入力部15は、音声認識の結果、X, Y, Zのうち入力されていない情報

、または認識できなかった情報がある場合には、表示部14に、その内容の入力を促す情報を表示させることで、不足する情報の入力を受け付ける。例えば、「唐揚げを弁当箱に詰める」と発声を検出して音声認識することで、Xが「唐揚げ」で、Yが「弁当箱」であることを認識できたとすると、Zの情報不足しているため、表示部14に、唐揚げの個数を問う質問を表示させる。なお、表示部14の代わりに、スピーカを用いて音声により質問をユーザに提示してもよい。または表示とともに音声をユーザに提示してもよい。また、弁当箱が複数の区画に分かれている場合には、「弁当箱」のどこの区画に唐揚げを詰めるかを問う質問をユーザに提示して、区画の入力を促す。

[0036] 入力部15は、上述した音声認識を用いる例に限定されず、X、Y、Zの選択肢を示す情報を、文字、画像などとして表示部14に表示させ、タップ動作、その他の選択動作により、X、Y、Zの入力を受け付けてもよい。

[0037] 図2の説明に戻る。教示支援装置1は、作業内容を表示する（ステップS5）。詳細には、入力部15が、ステップS4で受け付けた作業内容を表示部14に表示するよう指示し、表示部14が作業内容を表示する。表示部14は、作業内容に対応するロボットの動作をAR表示してもよい。これにより、ユーザは、決定された作業内容が所望のものであるかを確認することができる。作業内容が所望のものでない場合には、ステップS3からの処理、またはステップS4の処理が再度実行されてもよい。

[0038] 次に、教示支援装置1は、作業内容と環境モデルからロボット動作を演算する（ステップS6）。詳細には、作業設定部16が作業内容を動作プログラムに変換した結果を含む作業設定情報をロボット動作演算部12へ出力する。ロボット動作演算部12が、作業設定部16から受け取った作業設定情報と、モデリング部11から受け取ったまたは図示しないモデル記憶部から読み出した環境モデルとを用いて、ロボットの軌道を決定し、決定した軌道に基づいてロボット動作指令を生成する。本実施の形態では、ロボット動作演算部12は、例えば、作業を構成する複数の工程に対応する複数の動作を

1つの一括動作とし、一括動作の開始位置および終了位置と作業機械の動作に関する制約条件とを用いて動作軌道を生成する。なお、ロボット動作演算部12の軌道の決定方法はこの例に限定されない。

[0039] 図6は、本実施の形態の作業設定部16およびロボット動作演算部12の構成例を示す図である。図6に示した例では、作業設定部16は、作業指定部161および対象情報設定部162を備える。

[0040] 作業指定部161は、入力部15が受け付けた作業内容に応じた動作プログラムを、作業を指定する作業指定情報として生成する。対象情報設定部162は、作業内容に基づいて、例えば、対象物および供給状態をそれぞれ示す情報を含む対象物情報を生成する。対象物は、例えば、唐揚げ、ネジといったように対象物の種類を示す。供給状態は、対象物が番重に積まれて供給されるのか、ベルトコンベアなどで搬送されて供給されるのかといったように、対象物がどのように供給されるかを示す。供給状態は、例えば、対象物ごとにあらかじめ定められ、対象物と供給状態との対応を示す対応情報が作業DBに格納される。対象情報設定部162は、作業DBの対応情報を参照することで対象物に対応する供給状態を決定する。また、供給状態に限らず、対象物ごとにロボット4の動作の設定に必要な情報がある場合には、同様に作業DBに当該情報と対象物との対応を示す対応情報が格納され、対象情報設定部162が、この対応情報を用いて当該情報を求めて対象情報に含めてもよい。

[0041] ロボット動作演算部12は、作業指定部161が生成する作業指定情報と対象情報設定部162が生成した対象物情報とを、作業設定情報としてロボット動作演算部12に出力する。なお、ここでは、ロボット4を動作させるための動作プログラムを作業設定部16が生成する例を説明するが、動作プログラムの生成はロボット動作演算部12が行ってもよい。

[0042] 図6に示すように、ロボット動作演算部12は、一括動作演算部121を備える。一括動作演算部121は、作業指定情報と対象物情報と、図6では図示を省略する環境モデルおよびセンサ情報とを用いて、複数工程一括動作

演算を行うことで、工程ごとに別々に計算して繋ぎ合わせる軌道よりも、動作時間が短いロボット4の軌道を生成する。

[0043] 図7は、本実施の形態の複数工程一括動作演算の一例を示す図である。図7では、番重31に積まれた唐揚げ32を弁当箱33の目的区画34に詰める作業をロボット4が行う例を示している。この作業は、図7の上側に示すように、ロボット4が番重31から唐揚げ32を取り出す工程である工程#1と、ロボット4が番重31から取り出した唐揚げ32を弁当箱33まで運ぶ工程である工程#2と、ロボット4が唐揚げ32を弁当箱33の目的区画34に詰める工程である工程#3とを含む。

[0044] 一般には、図7の上側の図に示すように工程ごとにロボット4の動作を最適化する演算である工程単位動作演算により環境に干渉しない軌道を生成することが可能であるが、図6に示した一括動作演算部121は、ロボット4の動作を工程で分割せずに、図7の下側に示す図のように1つの動作として扱って環境に干渉しない、かつ、前後工程の軌道の制約（軌道の向きや動作速度）を考慮した上で動作時間の短くなる軌道を生成する。なお、ロボット動作演算部12は、工程単位動作演算により環境に干渉しない軌道を生成してもよい。

[0045] 図8は、工程単位動作演算によって生成される軌道と複数工程一括動作演算によって生成される軌道との一例を示す図である。図8の上側には工程単位動作演算によって生成される軌道の一例を示しており、この場合、図7に示した工程#1に対応する動作#1～#4と、図7に示した工程#2に対応する動作#5、#6と、図7に示した工程#3に対応する動作#7とのそれぞれの動作の軌道が生成される。動作#1～#3は、ロボット4が番重31に向かって移動を開始する動作であるが、ロボット4の動作の開始時と停止時の付近では動作の制約により低速動作となっており、動作#2は高速動作となっている。動作#4は、ロボット4の先端に設けられる把持部であるハンドを閉とする動作である。なお、作業の開始時にはハンドは開であるとする。動作#5は弁当箱33へ移動を開始する低速動作であり、動作#6は弁

当箱 3 3 へ移動する高速動作である。動作 # 7 でハンドを開とすることで唐揚げ 3 2 が弁当箱 3 3 の目的区画 3 4 に詰められる。なお、図 8 の動作は一例であり、具体的な動作は図 8 に示した例に限定されない。

[0046] ロボット 4 の目標位置は、センサ情報に基づいて決定される。工程単位動作演算を行う場合、目標位置と環境モデルとに基づいて、工程ごとに最適な軌道が生成される。ここで、最適な軌道とは、例えば、制約条件の元で評価関数を最小にする軌道であり環境に干渉しない軌道である。なお、最適な軌道は、評価関数を最小にする軌道に限らず、評価関数を閾値以下にする軌道であってもよい。評価関数は、例えば、ロボット 4 の作業時間、ロボット 4 の消費電力、ロボット 4 の移動距離などのうちの少なくとも 1 つである。制約条件は、ロボットの速度、移動方向に関する制約であり、作業 DB に格納されている。

[0047] 複数工程一括動作演算によって軌道が生成される場合、図 8 の下側に示すように、動作 A と動作 B が定義され、一括動作演算部 1 2 1 は、センサ情報を用いて各動作の目標位置を決定する。一括動作演算部 1 2 1 は、動作 A に関して最適な軌道を算出する。すなわち、一括動作演算部 1 2 1 は、動作 # 1 ~ # 3 を動作 A として統合し、センサ情報と対象物情報と速度の制約条件とを用いて、評価関数を閾値以下とする 1 本の軌道を生成する。例えば、一括動作演算部 1 2 1 は、残距離を参照として速度の制約条件を用いて軌道を生成する。一括動作演算部 1 2 1 は、同様に、動作 # 5, # 6 を動作 B として統合し、1 本の軌道を生成する。

[0048] 複数工程一括動作演算を行うことにより、作業全体として、工程単位動作演算を行う場合に比べてより適切な軌道を生成することができる。例えば、動作 A に対応する 1 本の軌道に対応する評価関数は、工程単位動作演算により生成された動作 # 1 ~ # 3 に対応する各軌道に対応する評価関数の合計より小さくなる。このように、複数工程一括動作演算を行うことにより、各工程で最適化を行う場合に比べて、より適切な軌道を生成することができる。これにより、例えば、ロボット 4 の動作時間の短縮、消費電力の低減などの

効果が得られる。

[0049] 図2の説明に戻る。教示支援装置1は、ステップS6の後、ロボット動作を表示する(ステップS7)。詳細には、ロボット動作演算部12は、生成した軌道(動作軌道)に対応するロボット動作を示す情報を表示部14へ出力し、表示部14が動作軌道に対応するロボット4の動作を表示する。例えば、表示部14は、各瞬間の動作指令である関節角度情報を入力としてロボットモデルを所望の姿勢で表示することで、ロボット動作をAR表示することができる。これにより、ユーザは、決定されたロボット動作が所望のものであるかを確認することができる。ロボット動作が所望のものでない場合には、ステップS3からの処理、またはステップS4の処理が再度実行されてもよい。

[0050] 次に、教示支援装置1は、ロボット動作指令をロボット制御装置3に送信し(ステップS8)、処理を終了する。詳細には、ステップS8では、ロボット動作演算部12が、ステップS7で生成したロボット動作指令をロボット制御装置3へ送信する。

[0051] なお、ロボット動作演算部12は、把持対象の対象物の認識に用いる3次元センサであるセンサ5をロボット4に取り付けている場合は、センサ5を把持対象の上空で一旦停止させて、センサ5に撮像させ、センサ情報を取得することで、対象物の位置などの認識を行ってもよい。センサ5をロボット4に取り付けている場合は、ロボット4の動作に伴いセンサ5も動き、撮影時にブレが生じるが、ロボット4の動作を一旦停止させることでブレを防ぐことができる。また、3次元センサであるセンサ5が対象物の上空に固定されている場合は、把持対象の上空にロボット4を停止させず、対象物の把持が終了し把持対象エリアを通過した後に、センサ5に撮像させ、センサ情報を取得することで、対象物の位置などの認識を行ってもよい。

[0052] 次に、本実施の形態の教示支援装置1のハードウェア構成について説明する。本実施の形態の教示支援装置1は、コンピュータシステム上で、教示支援装置1における処理が記述されたコンピュータプログラムであるプログラ

ムが実行されることにより、コンピュータシステムが教示支援装置1として機能する。図9は、本実施の形態の教示支援装置1を実現するコンピュータシステムの構成例を示す図である。図9に示すように、このコンピュータシステムは、制御部101と入力部102と記憶部103と表示部104と通信部105と出力部106とを備え、これらはシステムバス107を介して接続されている。

[0053] 図9において、制御部101は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサであり、本実施の形態の教示支援装置1における処理が記述されたプログラムを実行する。なお、制御部101の一部が、GPU (Graphics Processing Unit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array) などの専用ハードウェアにより実現されてもよい。入力部102は、たとえばキーボード、マウスなどで構成され、コンピュータシステムの使用者が、各種情報の入力を行うために使用する。入力部102は、マイクを含んでいてもよい。記憶部103は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) などの各種メモリおよびハードディスクなどのストレージデバイスを含み、上記制御部101が実行すべきプログラム、処理の過程で得られた必要なデータ、などを記憶する。また、記憶部103は、プログラムの一時的な記憶領域としても使用される。表示部104は、ディスプレイ、LCD (液晶表示パネル) などで構成され、コンピュータシステムの使用者に対して各種画面を表示する。また、表示部104は、入力部102としての機能を有するタッチパネルであってもよい。通信部105は、通信処理を実施する受信機および送信機である。出力部106は、プリンタ、スピーカなどである。なお、図9は、一例であり、コンピュータシステムの構成は図9の例に限定されない。

[0054] ここで、本実施の形態のプログラムが実行可能な状態になるまでのコンピュータシステムの動作例について説明する。上述した構成をとるコンピュータシステムには、たとえば、図示しないCD (Compact Disc) -ROMドライブまたはDVD (Digital Versatile Disc) -ROMドライブにセット

されたCD-ROMまたはDVD-ROMから、コンピュータプログラムが記憶部103にインストールされる。そして、プログラムの実行時に、記憶部103から読み出されたプログラムが記憶部103の主記憶領域に格納される。この状態で、制御部101は、記憶部103に格納されたプログラムに従って、本実施の形態の教示支援装置1としての処理を実行する。

[0055] なお、上記の説明においては、CD-ROM、DVD-ROMなどの記録媒体を用いて、教示支援装置1における処理を記述したプログラムを提供しているが、これに限らず、コンピュータシステムの構成、提供するプログラムの容量などに応じて、たとえば、通信部105を経由してインターネットなどの伝送媒体により提供されたプログラムを用いることとしてもよい。

[0056] 本実施の形態の教示支援プログラムは、例えば、ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとを取得するステップと、作業内容と環境モデルとに基づいて、作業機械と環境との干渉を回避した、作業機械の動作軌道を生成するステップと、をコンピュータシステムに実行させる。

[0057] 図1に示したモデリング部11、ロボット動作演算部12および作業設定部16は、図9に示した記憶部103に記憶されたコンピュータプログラムが図9に示した制御部101により実行されることにより実現される。図1に示したモデリング部11、ロボット動作演算部12および作業設定部16の実現には、図9に示した記憶部103も用いられる。図1に示した作業情報記憶部13は、図9に示した記憶部103の一部である。図1に示した表示部14は、図9に示した表示部104および制御部101により実現される。図1に示した入力部15は、図9に示した入力部102および制御部101により実現される。また、入力部15が音声により入力を受け付ける場合には、入力部102にマイクが含まれていてもよいし、外付けのマイクが用いられてもよい。

[0058] また、教示支援装置1は複数のコンピュータシステムにより実現されてもよい。例えば、図1に示した入力部15、表示部14および作業設定部16

がタブレットなどのコンピュータシステムにより実現され、モデリング部 1 1、ロボット動作演算部 1 2 および作業情報記憶部 1 3 が別のコンピュータシステムにより実現されてもよい。また、ロボット動作演算部 1 2 以外がタブレットなどのコンピュータシステムにより実現され、ロボット動作演算部 1 2 が別のコンピュータシステムにより実現されてもよい。教示支援装置 1 が複数のコンピュータシステムにより実現される場合、各コンピュータシステムに実装される機能部の組み合わせはこの例に限定されない。また、ロボット制御装置 3 に、図 1 に示した教示支援装置 1 のうちの一部の機能部を備えていてもよい。例えば、教示支援装置 1 は、クラウドコンピュータシステムにより実現されてもよい。

[0059] なお、図 1 に示した例では、教示支援装置 1 が画像センサ 2 によって取得された環境計測データに基づいて環境モデルを生成したが、C A D (Computer Aided Design) モデルなどとして環境モデルが生成されている場合には、環境モデルが外部から入力されてもよい。例えば、図示しない他の装置から教示支援装置 1 が環境モデルを受信し、環境モデルがロボット動作演算部 1 2 および表示部 1 4 に入力される。この場合、作業システム 6 は画像センサ 2 を備えなくてもよく、教示支援装置 1 はモデリング部 1 1 を備えなくてもよい。または、図 1 に示した教示支援装置 1 が、さらに、外部から入力された環境モデルをロボット動作演算部 1 2 および表示部 1 4 に入力する機能を有し、環境計測データに基づいた環境モデルと、作成済みの環境モデルとの両方を利用できるようにしてもよい。

[0060] 以上述べたように、本実施の形態の教示支援装置 1 は、ユーザから作業内容の入力を受け付け、受け付けた作業内容に基づいて自動で動作プログラムを生成するようにした。なお、作業 D B にテンプレート情報として作業ごとのプログラムは登録されており、該当する作業に対応する者がロボット動作演算部 1 2 にロードされる。ロボット動作演算部 1 2 では、ロードしたプログラムに対して、作業タスクに関連した作業エリアのサイズ、作業エリアの位置の情報を与える。与えられたタスク固有のエリア情報、環境モデル、に

基づいてテンプレートからロードしたプログラムの必要な教示点設定や軌道生成を自動的に行えるよう構成されたプログラムになっている。すなわち、ロボット動作を指定するユーザ入力が必要としない。このため、作業エリアのサイズ、作業エリアの位置、作業対象といった情報のみ指定すれば、ロボット動作を実施させることができる。さらに、環境やロボットに装着されたセンサ情報に基づいてオンラインで動作を調整しながら動作するセンサフィードバック制御も構成可能であり、状況に応じて自律的に動作修正を行う。このため、ユーザはジョブごとの様々な入力を行う必要はなく、また、プログラム言語の知識を要することなく、ロボット4を動作させる動作プログラムが自動生成される。これにより、ユーザがシステムを稼働状態にするまでの時間を短くできる。

[0061] また、本実施の形態の教示支援装置1は、画像センサ2によって取得された環境計測データを用いて環境モデルを自動生成し、生成した環境モデルを用いて環境に干渉しないロボットの軌道を決定するため、環境モデル自体をユーザが作成する場合に比べて環境モデルの作成に要する時間を短縮することができる。

[0062] また、本実施の形態の教示支援装置1は、作業を構成する工程のうち複数の工程を1つの動作としてロボット4の軌道を生成するため、ロボットの動作時間を短縮でき、また、動作プログラムの調整時間を短縮することができる。

[0063] また、本実施の形態の教示支援装置1は、あらかじめ各作業に対応する雛形を作成し、ユーザは作業に対応する雛形を示す情報をユーザに提示することで、不慣れなユーザであっても作業内容を容易に入力することができる。また、各雛形に対応する動画、説明などをユーザに提示することで、ユーザはより適切な雛形（作業）を選択することができる。

[0064] 実施の形態2.

図10は、実施の形態2にかかる教示支援装置の構成例を示す図である。本実施の形態の教示支援装置1aは、図1に示した教示支援装置1からモデ

リング部 1 1 が削除されシミュレーション部 1 7 が追加される以外は、実施の形態 1 の教示支援装置 1 と同様である。実施の形態 1 と同様の機能を有する構成要素は実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

[0065] 本実施の形態では、シミュレータであるシミュレーション部 1 7 が、ロボット 4 の動作を模擬するシミュレーションを行う。例えば、ロボット 4 を実際に設置する前の事前検討にシミュレーション結果を役立てることができる。

[0066] シミュレーションを行う際の作業内容の設定、およびロボット動作演算部 1 2 の処理は、実施の形態 1 と同様である。ただし、ロボット動作演算部 1 2 には、CADモデルとして作成された環境モデルが入力される。ロボット動作演算部 1 2 は、ロボット動作指令とロボットモデルと環境モデルとをシミュレーション部 1 7 へ出力する。

[0067] シミュレーション部 1 7 は、ロボット動作演算部 1 2 が決定した動作軌道と環境モデルとを用いてロボット 4 の動作を模擬するシミュレーションを行う。例えば、ロボット動作演算部 1 2 から受け取ったロボット動作指令とロボットモデルと環境モデルとを用いてロボット 4 の動作を模擬するシミュレーションを行い、シミュレーションの結果であるシミュレーション結果を表示部 1 4 へ出力する。

[0068] 表示部 1 4 は、シミュレーション結果を表示する。また、表示部 1 4 は、ビジュアルプログラミング画面を表示してもよく、ビジュアルプログラミング画面とシミュレーション結果とを重畳して表示してもよい。ビジュアルプログラミング画面は、例えば、ブロックを並べることで動作を規定するための画面であり、例えば、「Scratch」のようなブロックプログラミングのための簡易的なプログラミング言語を用いることができるが、プログラム言語はこの例に限定されない。

[0069] 図 1 1 は、本実施の形態の表示画面の一例を示す図である。図 1 1 に示した例では、教示支援装置 1 a にシミュレーション結果が表示されており、例

例えば、表示画面におけるロボットをタップすることで、ビジュアルプログラミング画面が重畳表示される。図11は、一例であり、具体的な表示画面は図11に示した例に限定されない。

[0070] ビジュアルプログラミング画面では、センサ類、ロボットの変更などの入力を受け付けることもでき、センサ類、ロボットの配置も、例えば、シミュレーション結果の表示されている画面で変更を受け付けてもよい。例えば、ロボットが表示されている部分を選択して移動させることで、ロボットの配置の変更を受け付けてもよい。これらの変更は、入力部15が受け付け、受け付けた結果を作業設定部16へ出力する。

[0071] ビジュアルプログラミング画面では、例えば、作業アイテムリストとして雛形のリストが表示され、ユーザが作業を選択すると、選択された作業に対応したロボット、ハンド、センサ、のプリセットが表示される。さらに、ロボットリスト（様々なタイプのロボット）、センサリスト（ビジョンセンサ、力覚センサ、触覚センサ、距離計測センサなど）が表示され、これらのリストから追加したい要素をタップ操作で画面にドラッグすることで変更および追加が可能であってもよい。センサが追加されると、センサが計測する物理量val（環境との接触力、対象物の位置、指定した地点間の距離）の定義が行われる。定義された物理量valを入力として、シミュレーション部17は、ブロックプログラミングの動作条件に基づいて、動作成立性チェックの上、表示部14にシミュレーション結果を動画として表示させる。例えば、対象物がコンベア上を流れる場合、対象物の位置を検出するセンサであるビジョンセンサを取り付ける位置がロボットに近すぎると認識時間が間に合わないなど不都合が生じることがあるが、ロボットの動作を模擬することで適切な位置関係を事前検討できる。

[0072] このように、表示部14が、ブロックプログラミングを行うための画面を表示し、入力部15が、ブロックプログラミングにおける、ロボットの変更の入力を受け付け、ロボット動作演算部12が、入力部15が受け付けた入力を反映して軌道を生成してもよい。ブロックプログラミングにおける、ロ

ボットの動作の決定に用いるセンサの追加または変更の入力を受け付け、ロボット動作演算部 1 2 が、入力部 1 5 が受け付けた入力を反映して軌道を生成してもよい。

[0073] なお、図 1 0 では、シミュレーションを行う場合の機能構成を示しているが、シミュレーションに特化した図 1 0 に示した構成の教示支援装置 1 a が用いられてもよいし、図 1 に示した教示支援装置 1 に、シミュレーション部 1 7 を追加して、実施の形態 1 で述べた動作と、シミュレーションとの両方を実施できるようにしてもよい。

[0074] 本実施の形態の教示支援装置 1 a のハードウェア構成は、実施の形態 1 の教示支援装置 1 と同様である。例えば、シミュレーション部 1 7 は、図 9 に示した記憶部 1 0 3 に記憶されたコンピュータプログラムが図 9 に示した制御部 1 0 1 により実行されることにより実現される。シミュレーション部 1 7 の実現には、図 9 に示した記憶部 1 0 3 も用いられる。また、実施の形態 1 と同様に、教示支援装置 1 a は複数のコンピュータシステムで構成されてもよい。

[0075] また、実施の形態 1 で述べた画像センサ 2 を用い、教示支援装置 1 a が、モデリング部 1 1 を備え、モデリング部 1 1 が環境計測データを用いて環境モデルを生成し、シミュレーション部 1 7 が生成された環境モデルを用いてシミュレーションを行ってもよい。

[0076] 本実施の形態では、教示支援装置 1 a がロボットの動作を模擬するシミュレーションを行うようにしたので、シミュレーション結果を事前の検討に役立てることができる。

[0077] 実施の形態 3.

図 1 2 は、実施の形態 3 にかかる作業システムの構成例を示す図である。本実施の形態の作業システム 6 b は、教示支援装置 1 の代わりに教示支援装置 1 b を備える以外は、実施の形態 1 の作業システム 6 と同様である。実施の形態 1 と同様の機能を有する構成要素は実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する

- 。
- [0078] 教示支援装置 1 b は、モデリング部 1 1、入力部 1 5 および作業設定部 1 6 の代わりに、モデリング部 1 1 a、入力部 1 5 a および作業設定部 1 6 a を備える以外は実施の形態 1 の教示支援装置 1 と同様である。作業設定部 1 6 a は、動作修正部 1 6 3 が追加される以外は実施の形態 1 の作業設定部 1 6 と同様である。
- [0079] 本実施の形態の教示支援装置 1 b は、実施の形態 1 と同様の動作に加えて、環境モデルおよびロボット 4 の動作のうちの少なくとも一方の修正を受け付け、修正を反映する。図 1 3 は、本実施の形態の教示支援装置 1 b における処理手順の一例を示すフローチャートである。ステップ S 1 ~ S 7 は、実施の形態 1 と同様である。
- [0080] ステップ S 7 の後、教示支援装置 1 b は、修正指示があったか否かを判断する（ステップ S 9）。詳細には、入力部 1 5 a が、ユーザから環境モデルおよびロボット 4 の動作のうちの少なくとも一方の修正の指示を受け付けたか否かを判断する。教示支援装置 1 b は、修正指示があった場合（ステップ S 9 Yes）、ロボット動作を修正し（ステップ S 1 0）、処理をステップ S 8 へ進める。また、修正指示が無い場合（ステップ S 9 No）、教示支援装置 1 b は、処理をステップ S 8 へ進める。ステップ S 8 は実施の形態 1 と同様である。
- [0081] 例えば、ステップ S 7 で表示されたロボット 4 の軌道が、ロボット 4 と協働する作業者にとって脅威を感じられる軌道である場合、禁止エリアおよび許可エリアのうちの少なくとも一部を、入力部 1 5 a を用いて入力する。例えば、表示部 1 4 が入力部 1 5 a の一部の機能も有するタッチパネルである場合、ユーザは、環境が表示されている状態で、タップ操作により禁止エリアモデルおよび許可エリアのうちの少なくとも一方の位置を指定することにより、禁止エリアモデルおよび許可エリアモデルのうちの少なくとも一方を指定する。入力部 1 5 a は、入力された、禁止エリアおよび許可エリアモデルのうちの少なくとも一方をモデリング部 1 1 a へ出力する。モデリ

ング部 1 1 a は、入力部 1 5 a から受け取った情報を用いて、環境モデルに禁止エリアモデルおよび許可エリアモデルのうち少なくとも一方を追加する修正を行い、修正後の環境モデルを表示部 1 4 およびロボット動作演算部 1 2 へ出力する。これにより、ロボット動作演算部 1 2 は、修正された環境モデルを用いて実施の形態 1 と同様にロボット動作演算を実施する。すなわち、ロボット動作演算部 1 2 は、入力部 1 5 a が受け付けた修正の指示を反映した軌道を生成する。詳細には、禁止エリアモデルが追加された場合、ロボット動作演算部 1 2 は、環境に干渉しないという条件に加えて禁止エリアをロボット 4 が通過しないように軌道を決定する。また、許可エリアモデルが追加された場合、ロボット動作演算部 1 2 は、環境と干渉する場合であっても許可エリア内であればロボット 4 が通過できるという条件のもとで軌道を決定する。

[0082] 例えば、ユーザは、禁止エリアを、ロボット 4 と協働する作業者にとって脅威を感じるエリアに設定する。また、環境モデルは全て干渉の対象となるため、そのままでは、把持対象の対象物付近にも進入できない場合もあるが、許可エリアを設定することで、対象物付近に進入できるようになる。また、対象物付近の許可エリアは、センサ 5 によって取得されたセンサ情報を用いて自動で設定されてもよい。例えば、モデリング部 1 1 a がセンサ情報を用いてセンサ情報が示す対象物の周囲の領域を自動的に許可エリアモデルとして追加してもよい。

[0083] また、例えば、表示部 1 4 に、環境モデルのうち、ユーザによって選択された部分モデルのサイズを、もとのサイズより大きくするためのボタンなどを表示し、入力部 1 5 a が、当該ボタンが押下されたことを検出すると、モデリング部 1 1 a へ選択された部分モデルを大きくするよう指示してもよい。モデリング部 1 1 a は、入力部 1 5 a からの指示に基づいて、ユーザによって選択された部分モデルの大きさをあらかじめ定められた規則により大きくする。あらかじめ定められた規則は、特定の方向または全方向に一定量サイズを増加させる規則であってもよいし、特定の方向または全方向にサイズ

に1以上の実数の係数を乗算することでサイズを大きくしてもよく、これら以外の方法でサイズを大きくしてもよい。これにより実際の環境からの距離に余裕を持った軌道が生成される。

[0084] また、入力部15aは、ロボット4の動作の修正内容として、「Pをちょっと右」などのように、修正対象と修正内容をユーザの発話を音声として受け付けて音声認識することで、修正内容を認識してもよい。入力部15aは、音声の認識結果を作業設定部16aで出力し、作業設定部16aが、修正内容に応じて動作プログラムを修正する。また、ロボット4の動作の目標位置などの修正対象の項目は、選択肢をユーザに提示した上で選択結果の入力を受け付け、当該項目の修正内容を音声で受け付けてもよい。入力部15aは、ロボット4の動作の修正内容として、ロボット4の動作の制約条件の変更の入力を受け付けてもよい。ロボット4の動作の修正内容は、作業設定部16aを介してロボット動作演算部12へ出力され、ロボット動作演算部12が修正を反映して軌道を生成する。

[0085] また、表示部14は、AR表示の速度の変更、AR表示動作の一時停止などを指示するためのボタンなどを表示し、入力部15aが、当該ボタンが押下されたことを検出することでAR表示に対する指示を受け付けてもよい。この場合、入力部15aは受け付けた指示を表示部14へ通知し、表示部14は、通知にしたがってAR表示を制御する。これにより、ユーザは、動作のうち確認したい箇所がある場合、速度を遅くして詳細に確認したり、停止させて詳細に確認したりすることができる。

[0086] なお、本実施の形態では、図1に示した構成例に修正機能を追加したが、生成済の環境モデルを用いる場合に、修正機能を追加してもよい。また、本実施の形態の教示支援装置1bに実施の形態2で述べたシミュレーションを実施する機能を追加してもよい。

[0087] 本実施の形態の教示支援装置1bのハードウェア構成は、実施の形態1の教示支援装置1と同様である。また、実施の形態1と同様に、教示支援装置1bは複数のコンピュータシステムで構成されてもよい。

[0088] 本実施の形態では、自動生成された動作プログラムに基づく動作を確認した上で修正することができるため、ユーザの意思を盛り込んだ調整を容易かつ短時間に実施することができる。

[0089] 実施の形態4.

図14は、実施の形態4にかかる作業システムの構成例を示す図である。本実施の形態の作業システム6cは、教示支援装置1bの代わりに教示支援装置1cを備え、分析装置7が追加される以外は、実施の形態3の作業システム6bと同様である。実施の形態3と同様の機能を有する構成要素は実施の形態3と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態3と異なる点を主に説明する。

[0090] 本実施の形態の教示支援装置1cは、実施の形態3の教示支援装置1bに、送受信部18が追加されている。作業設定部16aは、作業設定情報を作業情報記憶部13の作業DBに格納することにより、作業DBには、設定された作業に関する、作業（作業の種類）、対象物、対象エリアなどの設定情報が格納される。ロボット動作演算部12は、ロボット動作指令などロボット動作に関する情報である動作情報を送受信部18へ出力する。送受信部18は、作業DBから設定情報を読み出し、読み出した設定情報とロボット動作演算部12から受け取った動作情報とを分析装置7へ送信する。

[0091] 分析装置7は、送受信部71および分析部72を備える。送受信部71は、教示支援装置1cから設定情報および動作情報を受信し、周辺機器8から計測情報を受信し、教示支援装置1cまたは他の装置から作業の成否を示す成否情報を受信し、受信した情報を分析部72へ出力する。なお、成否情報は、教示支援装置1cの入力部15aがユーザからの入力を受け付けて送受信部18が、分析装置7へ送信してもよいし、図示しない他の装置がユーザからの入力を受け付けて分析装置7へ送信してもよい。また、送受信部71は、分析部72から受け取った分析結果を教示支援装置1cへ送信する。

[0092] 分析部72は、設定情報、動作情報、計測情報および成否情報を用いて、失敗の要因となる可能性の高い影響因子を分析し、分析結果を送受信部71

へ出力する。周辺機器 8 は、例えば、ロボット 4 の状態を検出するセンサであり、ロボット 4 および環境のうち少なくとも一方に取り付けられている温度センサ、モータの速度センサ、振動センサなどの各種センサである。なお、図 14 では、分析装置 7 が周辺機器 8 から直接計測情報を受信しているが、これに限らず、分析装置 7 は、ロボット制御装置 3 または教示支援装置 1c を介して計測情報を受信してもよいし、図示しない他の装置を介して計測情報を受信してもよい。

[0093] 分析部 72 は、例えば、設定情報、動作情報、計測情報および成否情報で構成される入力情報を、作業内容が同一のグループ、または作業内容が類似するグループに分類する。分析部 72 は、グループごとに、動作情報および計測情報の各項目の情報のそれぞれが、正常範囲を超えているか否かを判断し、正常範囲判断結果と成否情報との対応を記憶する。例えば、分析部 72 は、ガウス過程回帰などを用いて、ある作業を行った際に取得したデータから平均的なふるまいを回帰モデルとして表現し、正常時に分布する領域（正常範囲）を予め求めておき、それからどの程度逸脱しているか、を評価して異常と判別してもよい。正常範囲は、例えば、複数回試行した場合のある特徴量（例えばセンサ出力が正常値からどの程度はなれていたか）とその分散から、 3σ 以内なら正常、それ以上なら異常といったように統計的に定義することができる。分析部 72 は、グループごとに、成否情報が失敗であることを示す入力情報に対応する判断結果が正常範囲から逸脱しており、成否情報が成功であることを示す入力情報に対応する判断結果が正常範囲内である項目を抽出し、抽出した項目を影響因子に対応する情報と判定する。例えば、センサ K の計測情報が、成否情報が失敗である場合には正常範囲から逸脱し、成否情報が成功である場合に正常範囲内であれば、センサ K の計測情報が影響因子に対応する情報であると判断する。例えば、センサ K が、ロボット 4 の部品 P の温度であるとしたら、部品 P が失敗の影響因子である可能性が高い。

[0094] または、分析部 72 は、失敗を示す成否情報に対応する動作情報および計

測情報のうち正常範囲から逸脱する項目があれば、当該項目を影響因子に対応する情報と判定してもよい。また、分析部72は、蓄積された入力情報を用いて、成否情報が成功を示す場合の入力情報を用いてクラスタ分析などの機械学習または統計的な手法により、各項目の正常範囲を決定してもよい。また、分析装置7は、複数の教示支援装置1cから取得した情報を用いて分析を行ってもよい。

[0095] または、分析部72は、成否情報として失敗した場合の失敗の種類（失敗の内容）を示す情報を取得し、失敗した場合に、作業者などがロボット4を確認して要因となる箇所が判明した場合には、判明した箇所を正解データとして機械学習を行ってもよい。例えば、分析部72は、失敗の種類と対応する正解データである要因（要因となる箇所）とで構成されるデータセットを複数用いて教師あり学習により学習済モデルを生成する。分析部72は、影響因子の分析時には、失敗の種類を学習済モデルに入力することで、要因を推論してもよい。また、教師あり学習において、失敗の種類に加えて上述した入力情報のうちの少なくとも1つを入力データとして用いて学習済モデルを生成してもよいし、上述した入力情報のうちの少なくとも1つを入力データとして用いて学習済モデルを生成してもよい。これにより、同様に、入力データを学習済モデルに入力することで失敗の要因を推論することができる。また、他の例示として、以下のものもある。予め、実システムにおいて、特定の異常状態を作業者が意図的に発生させ、その際の各機器の出力やエラー信号のデータを複数回集める。その際の各機器の異常が出る順番・タイミングを学習するために、「各信号の時系列データあるいは、時系列データをグラフ化した情報」を入力として機械学習させ、それに類似する信号変化パターンが発生したら、事前に登録した異常状態と判定する。なお、異常状態という判別は、情報を収集しながら行っても、情報収集後に行っても良い。特にオンラインで情報を収集しながら行う場合は、ある程度類似の異常状態になればシステムが故障に至るような状況の前に予めシステムを停止することができるといった効果を得られる。さらに、他の例示として、以下のもの

もある。さらに、複数の機械システムに置いて得られたデータをサーバにおいて収集し、異常状態がラベル付けされた、各センサなどの出力、エラー信号、状態監視信号の少なくとも1つを含むデータベースを基に教師あり学習で学習し、推論を行う構成もある。これにより、実際に使うシステムにおいて学習データを作成しなくても、過去の別システムの事例によって得られたデータに基づいて異常判別ができるため、学習作業にかかる時間を低減させ、異常判別・分析を行うシステム立上げ時間を短縮させる効果がある。以上述べた分析部72の分析方法は例示であり、分析部72の分析方法は上述した例に限定されない。また、分析部72が分析に用いる情報も上述した例に限定されない。

[0096] 教示支援装置1cの送受信部18は、分析装置7から分析結果を受信すると、表示部14へ出力し、表示部14が分析結果を表示する。

[0097] 以上のように、本実施の形態では、教示支援装置1cが、例えば、作業内容を示す情報および動作情報のうち少なくとも一方を分析装置7へ送信し、分析装置7は、ロボット4の状態を検出するセンサから取得した情報と、作業内容を示す情報と、作業の成否を示す成否情報とを用いて、作業の失敗の要因を分析する。分析結果を教示支援装置1cへ送信する。教示支援装置1cの表示部14は、分析装置7から受信した分析結果を表示する。ユーザは、表示部14に表示された分析結果、すなわち推定される要因を把握して、対応する箇所になんらかの対応を試みることができる。これにより、不具合からの復旧を促進することができる。

[0098] 本実施の形態の教示支援装置1cのハードウェア構成は、実施の形態1の教示支援装置1と同様である。また、実施の形態1と同様に、教示支援装置1cは複数のコンピュータシステムで構成されてもよい。

[0099] 本実施の形態の分析装置7も、実施の形態1の図9に例示したようなコンピュータシステムによって実現される。分析装置7はクラウドシステム上に構築されてもよい。

[0100] また、同様に、実施の形態1で述べた教示支援装置1が、分析装置7へ情

報を送信し、分析装置 7 から分析結果を取得して表示してもよい。

[0101] 実施の形態 5.

図 15 は、実施の形態 5 にかかる作業システムの構成例を示す図である。本実施の形態の作業システム 6 d は、教示支援装置 1 の代わりに教示支援装置 1 d を備える以外は、実施の形態 1 の作業システム 6 と同様である。実施の形態 1 と同様の機能を有する構成要素は実施の形態 1 と同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、実施の形態 1 と異なる点を主に説明する。

[0102] 本実施の形態の教示支援装置 1 d は、作業設定部 16 および入力部 15 の代わりに、設定情報取得部 19 を備える以外は、実施の形態 1 の教示支援装置 1 と同様である。

[0103] 教示支援装置 1 d の設定情報取得部 19 は、実施の形態 1 の作業設定部 16 がロボット動作演算部 12 へ出力する作業設定情報と同様の作業設定情報を、図示しない他の装置から受信し、受信した作業設定情報をロボット動作演算部 12 へ出力する。例えば、過去に別の教示支援装置 1 d である他支援装置によって作業設定情報が生成されており、当該作業設定情報を利用可能な場合には、教示支援装置 1 d は、他支援装置から作業設定情報を受信する。本実施の形態の教示支援装置 1 d は、これにより、ユーザの負荷を軽減することができる。

[0104] 本実施の形態の教示支援装置 1 d のハードウェア構成は、実施の形態 1 の教示支援装置 1 と同様である。また、実施の形態 1 と同様に、教示支援装置 1 d は複数のコンピュータシステムで構成されてもよい。

[0105] 以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略、変更することも可能である。

符号の説明

[0106] 1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d 教示支援装置、2 画像センサ、3 ロボ

ット制御装置、4 ロボット、5 センサ、6, 6 b, 6 c, 6 d 作業システム、7 分析装置、8 周辺機器、11, 11 a モデリング部、12 ロボット動作演算部、13 作業情報記憶部、14 表示部、15, 15 a 入力部、16, 16 a 作業設定部、17 シミュレーション部、18, 71 送受信部、19 設定情報取得部、72 分析部、121 一括動作演算部、161 作業指定部、162 対象情報設定部、163 動作修正部。

請求の範囲

- [請求項1] ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成する動作演算部、
を備えることを特徴とする教示支援装置。
- [請求項2] 3次元画像を取得する画像センサが前記環境を撮影することで得られるデータである環境計測データを用いて前記環境モデルを生成するモデリング部、
を備えることを特徴とする請求項1に記載の教示支援装置。
- [請求項3] 前記動作演算部は、作業を構成する複数の工程に対応する複数の動作を1つの一括動作とし、前記一括動作の開始位置および終了位置と前記作業機械の動作に関する制約条件とを用いて前記動作軌道を生成することを特徴とする請求項1または2に記載の教示支援装置。
- [請求項4] 前記動作軌道に対応する前記作業機械の動作を表示する表示部、
を備えることを特徴とする請求項1から3のいずれか1つに記載の教示支援装置。
- [請求項5] 前記表示部は、前記作業機械の動作を拡張現実表示により表示することを特徴とする請求項4に記載の教示支援装置。
- [請求項6] 前記環境モデルおよび前記作業機械の動作のうち少なくとも一方の修正の指示を受け付ける入力部、
を備え、
前記動作演算部は、前記指示を反映した前記動作軌道を生成することを特徴とする請求項4または5に記載の教示支援装置。
- [請求項7] 前記入力部は、音声またはタップ動作により、前記作業内容の入力を受け付けることを特徴とする請求項6に記載の教示支援装置。
- [請求項8] 作業ごとの、当該作業に対応する前記作業機械の動作を示す雛形を記憶する作業情報記憶部、

を備え、

前記表示部は、前記雛形が記憶されている前記作業を示す情報を表示する表示部と、

前記入力部は、前記表示部に表示された前記作業のなかからの前記ユーザによる選択結果を受け付け、受け付けた選択結果に対応する前記作業の前記雛形と、前記ユーザから入力された情報とに基づいて前記作業内容を決定することで前記作業内容の入力を受け付けることを特徴とする請求項 7 に記載の教示支援装置。

[請求項9] 前記動作軌道と前記環境モデルとを用いて前記作業機械の動作を模擬するシミュレーションを行うシミュレーション部と、
前記シミュレーションの結果を表示する表示部と、
を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の教示支援装置。

[請求項10] 入力部、を備え、
前記表示部は、ブロックプログラミングを行うための画面を表示し、
前記入力部は、前記ブロックプログラミングにおける、前記作業機械の変更の入力を受け付け、
前記動作演算部は、前記入力部が受け付けた入力を反映して前記動作軌道を生成することを特徴とする請求項 9 に記載の教示支援装置。

[請求項11] 前記入力部は、前記ブロックプログラミングにおける、前記作業機械の動作の決定に用いるセンサの追加または変更の入力を受け付け、
前記動作演算部は、前記入力部が受け付けた入力を反映して前記動作軌道を生成することを特徴とする請求項 10 に記載の教示支援装置。

[請求項12] 前記動作演算部は、前記動作軌道に基づいて前記作業機械を制御するための動作指令を生成することを特徴とする請求項 1 から 11 のいずれか 1 つに記載の教示支援装置。

[請求項13] 前記動作軌道を用いて前記作業機械を動作させるための動作プログ

ラムを生成することを特徴とする請求項1から12のいずれか1つに記載の教示支援装置。

[請求項14] 作業機械の環境を撮影することで3次元画像を環境計測データとして取得する画像センサと、
教示支援装置と、
を備え、
前記教示支援装置は、
3次元画像を取得する画像センサが前記環境を撮影することで得られるデータである環境計測データを用いて環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルを生成するモデリング部と、
ユーザから入力された作業内容と前記環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成する動作演算部と、
を備えることを特徴とする作業システム。

[請求項15] 教示支援装置と、
分析装置と、
を備え、
前記教示支援装置は、ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成し、前記作業内容を示す情報を前記分析装置へ送信し、
前記分析装置は、前記作業機械の状態を検出するセンサから取得した情報と、前記作業内容を示す情報と、作業の成否を示す成否情報とを用いて、作業の失敗の要因を分析し、分析結果を前記教示支援装置へ送信し、
前記教示支援装置は、前記分析装置から受信した前記分析結果を表示することを特徴とする作業システム。

[請求項16] 前記作業機械と、

前記作業機械を制御する制御装置と、
を備え、

前記教示支援装置は、前記動作軌道に基づいて前記作業機械の動作指令を生成し、前記動作指令を前記制御装置へ送信することを特徴とする請求項14または15に記載の作業システム。

[請求項17]

教示支援装置における教示支援方法であって、

ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとを取得するステップと、

前記作業内容と前記環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成するステップと、

を含むことを特徴とする教示支援方法。

[請求項18]

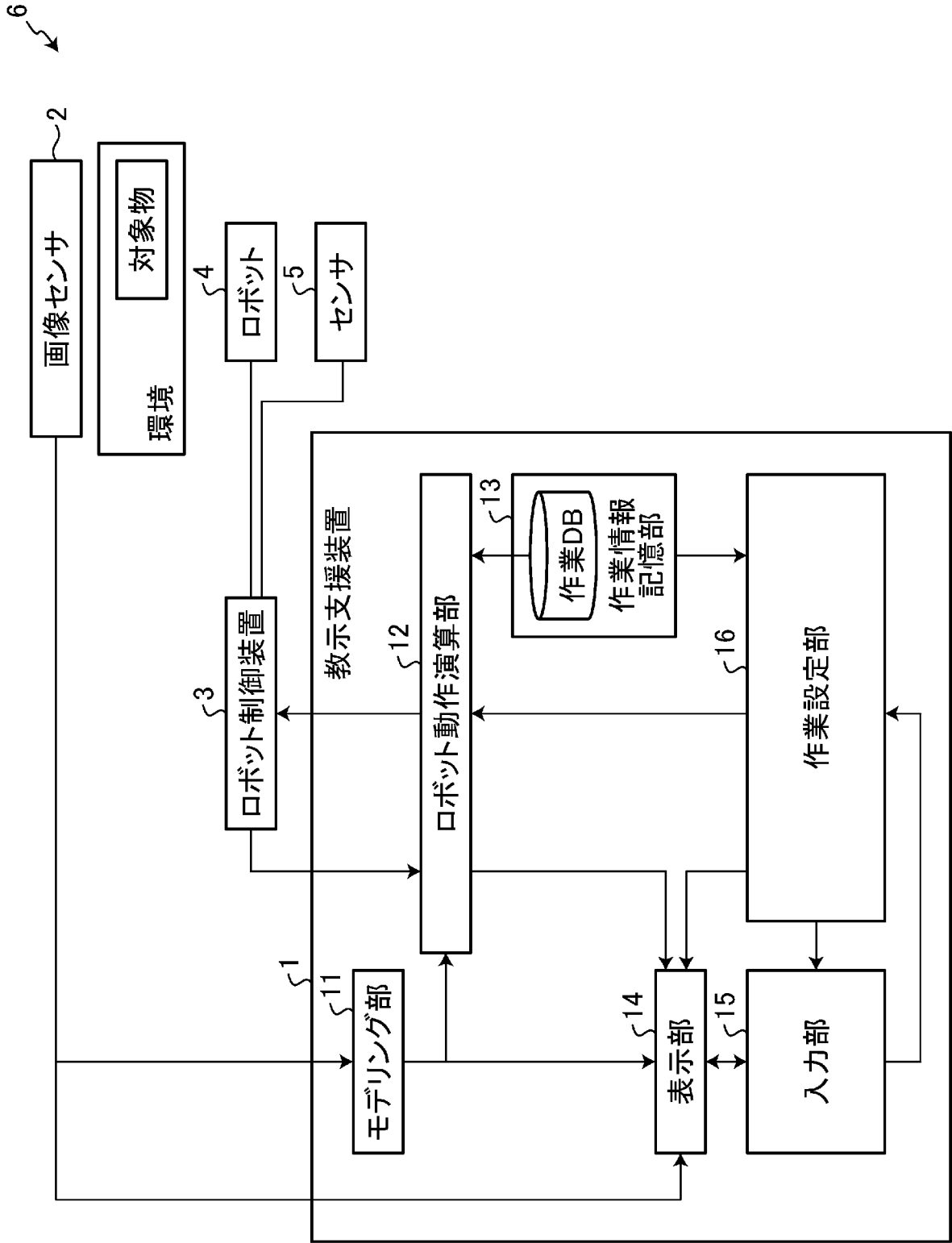
コンピュータシステムに、

ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとを取得するステップと、

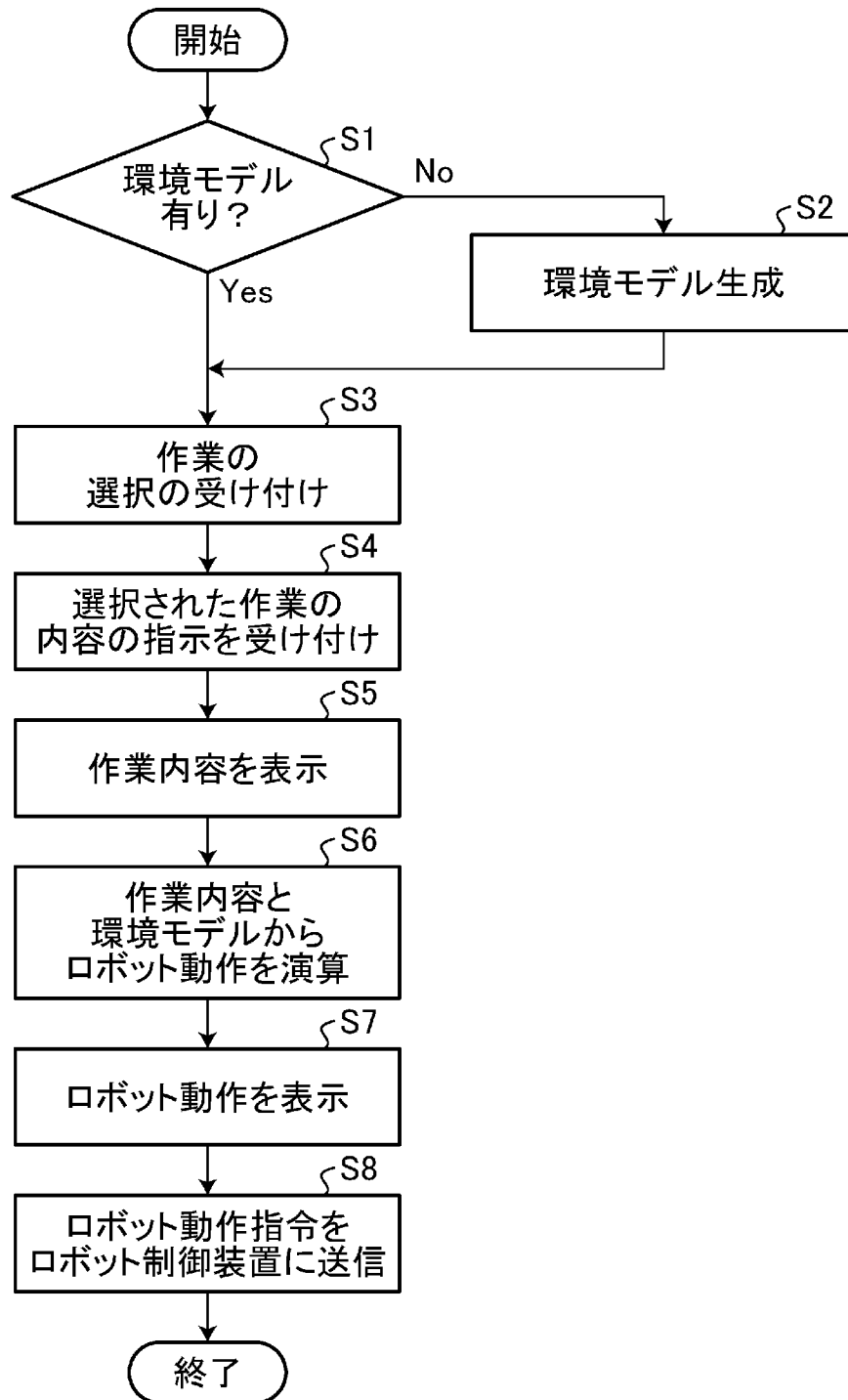
前記作業内容と前記環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成するステップと、

を実行させることを特徴とする教示支援プログラム。

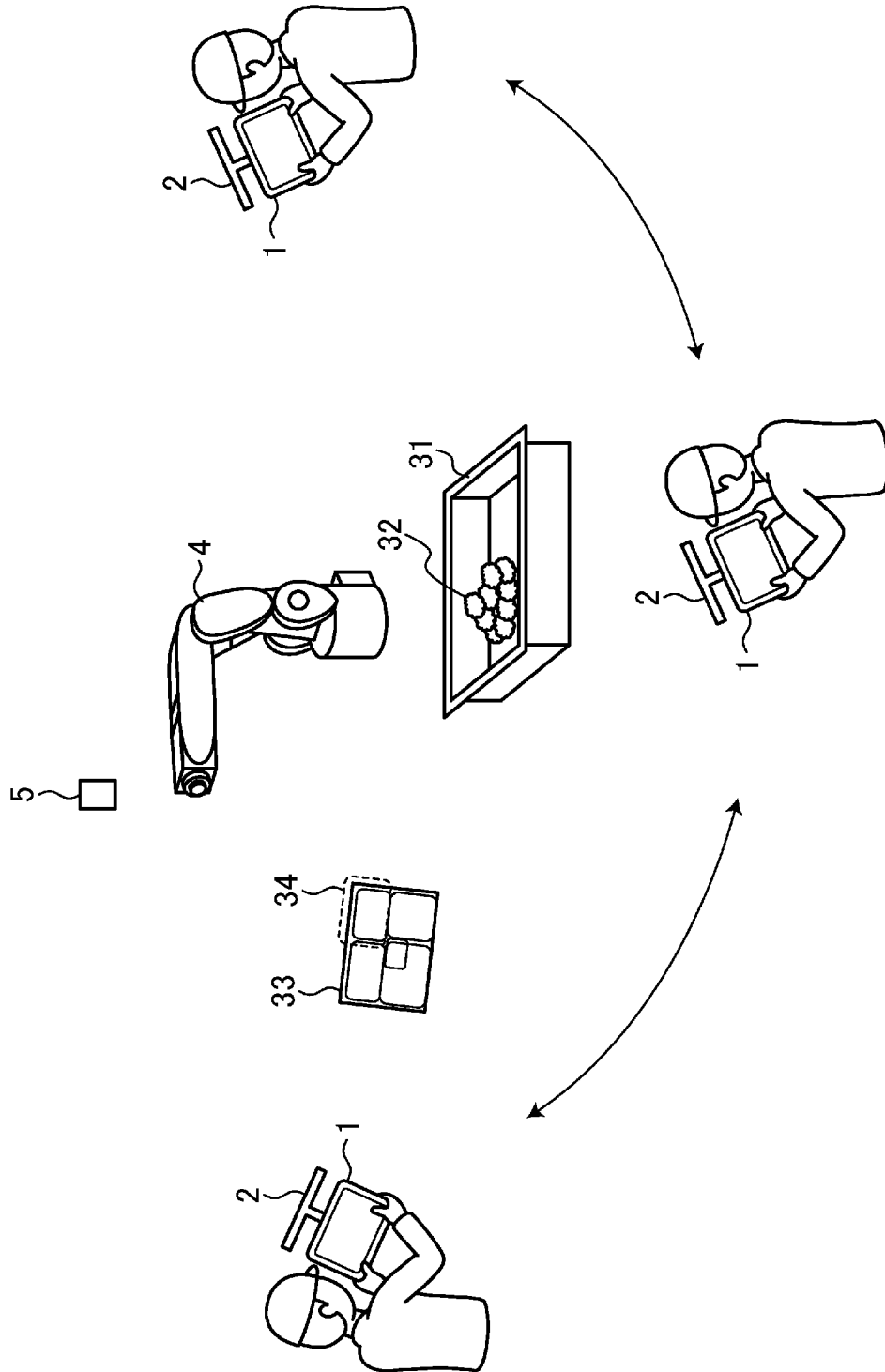
[図1]



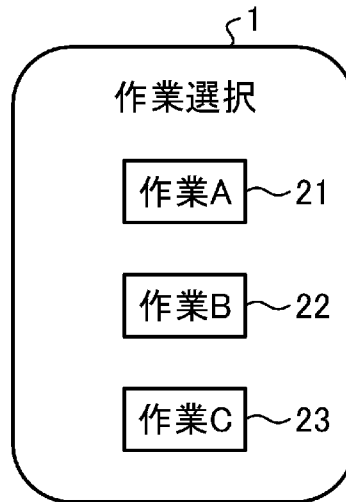
[図2]



[図3]



[図4]



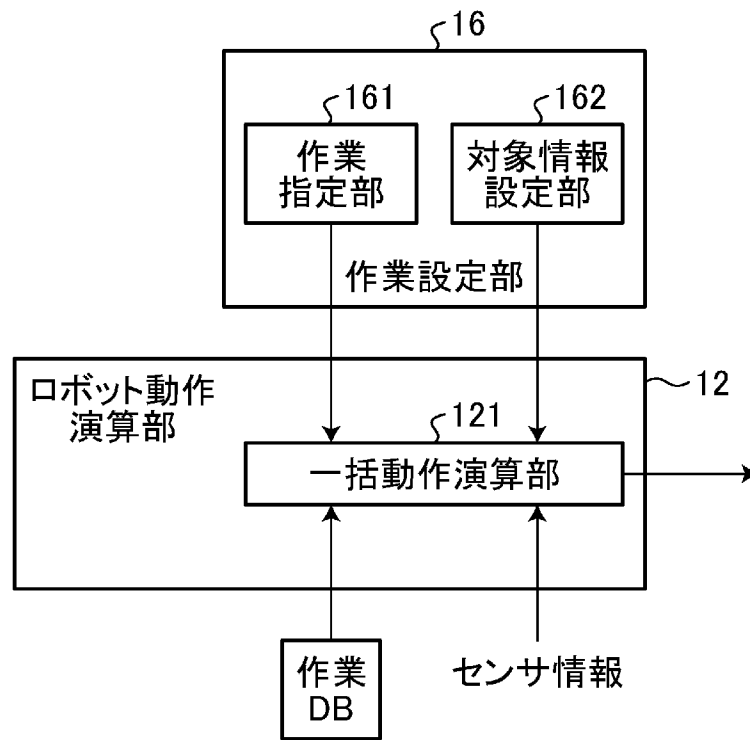
[図5]

作業A
Xをつかみ、Yまで運び、YにZ個詰める

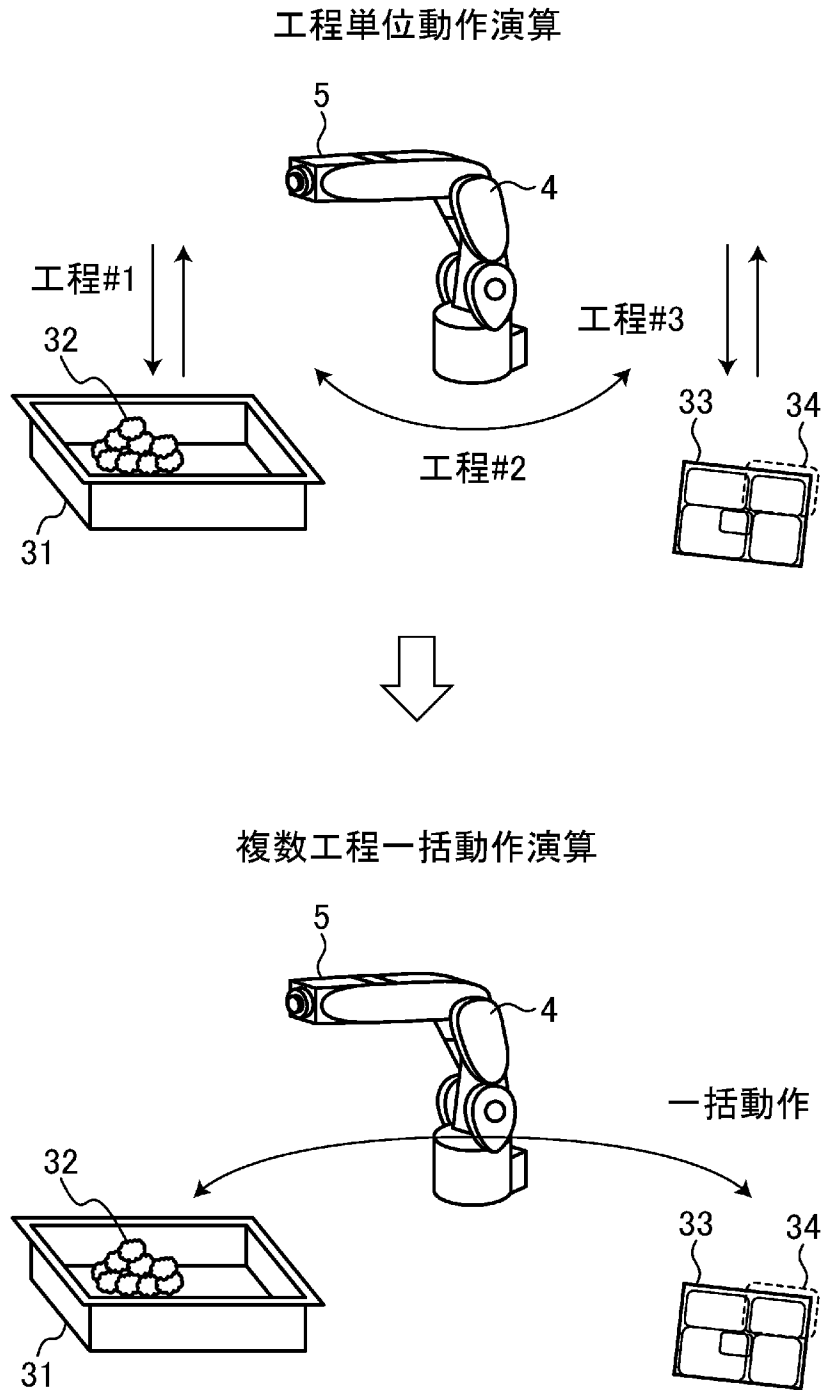


入力
X:唐揚げ
Y:弁当箱(弁当箱の第1区画)
Z:2個

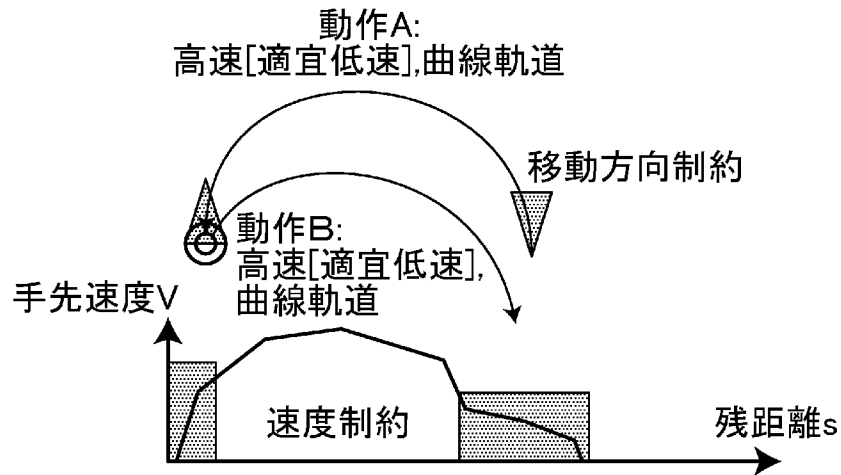
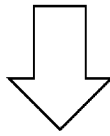
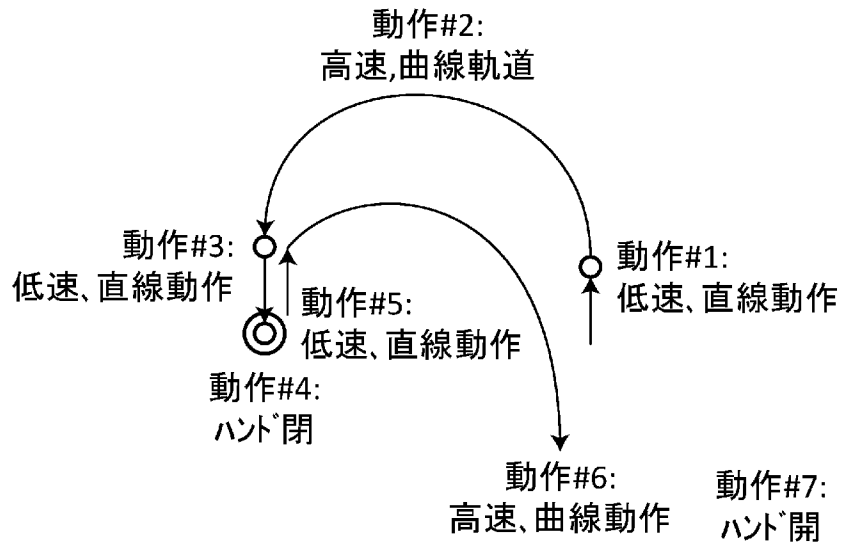
[図6]



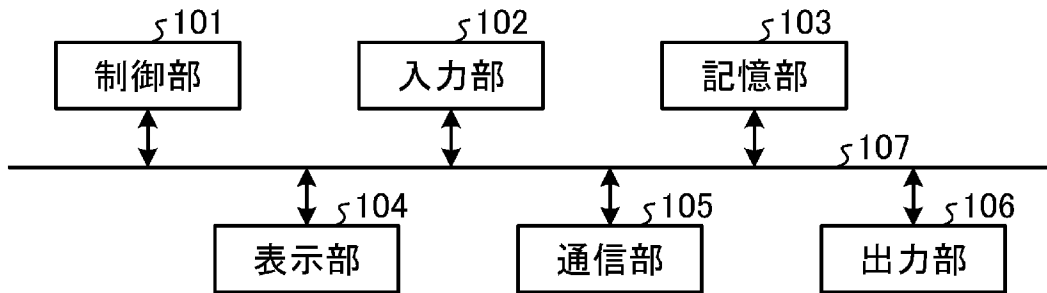
[図7]



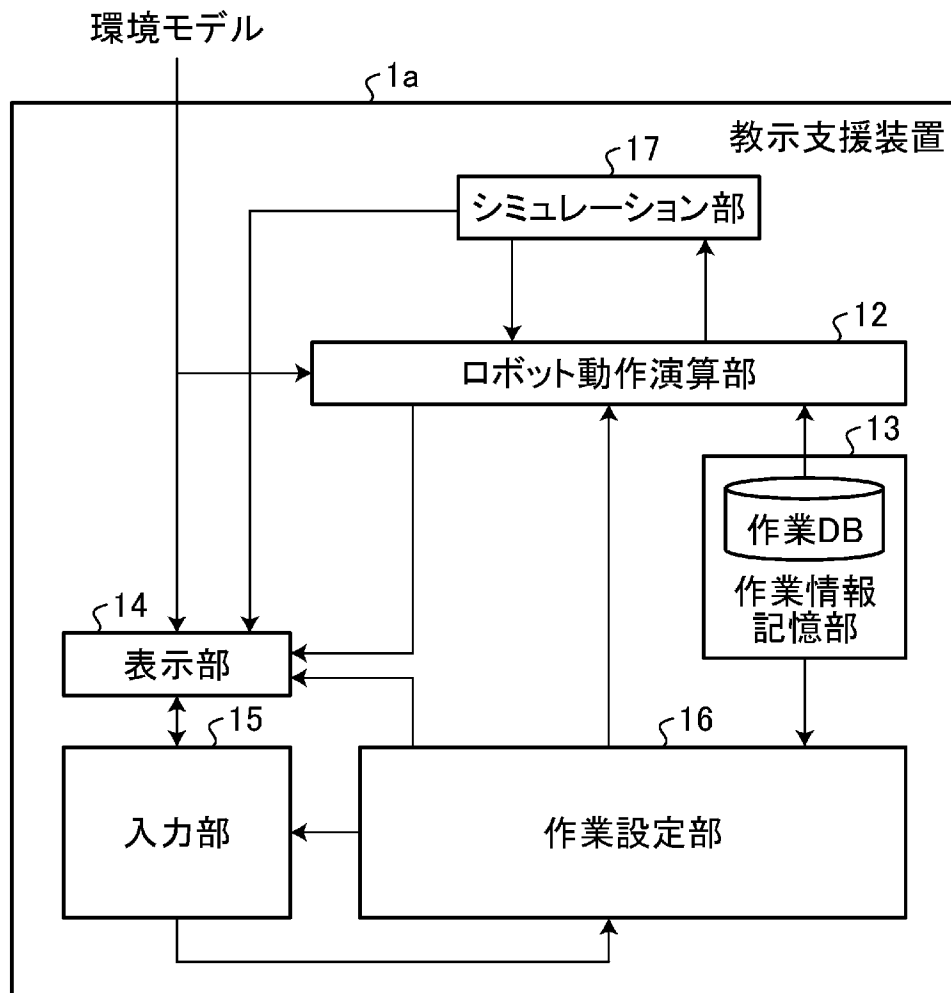
[図8]



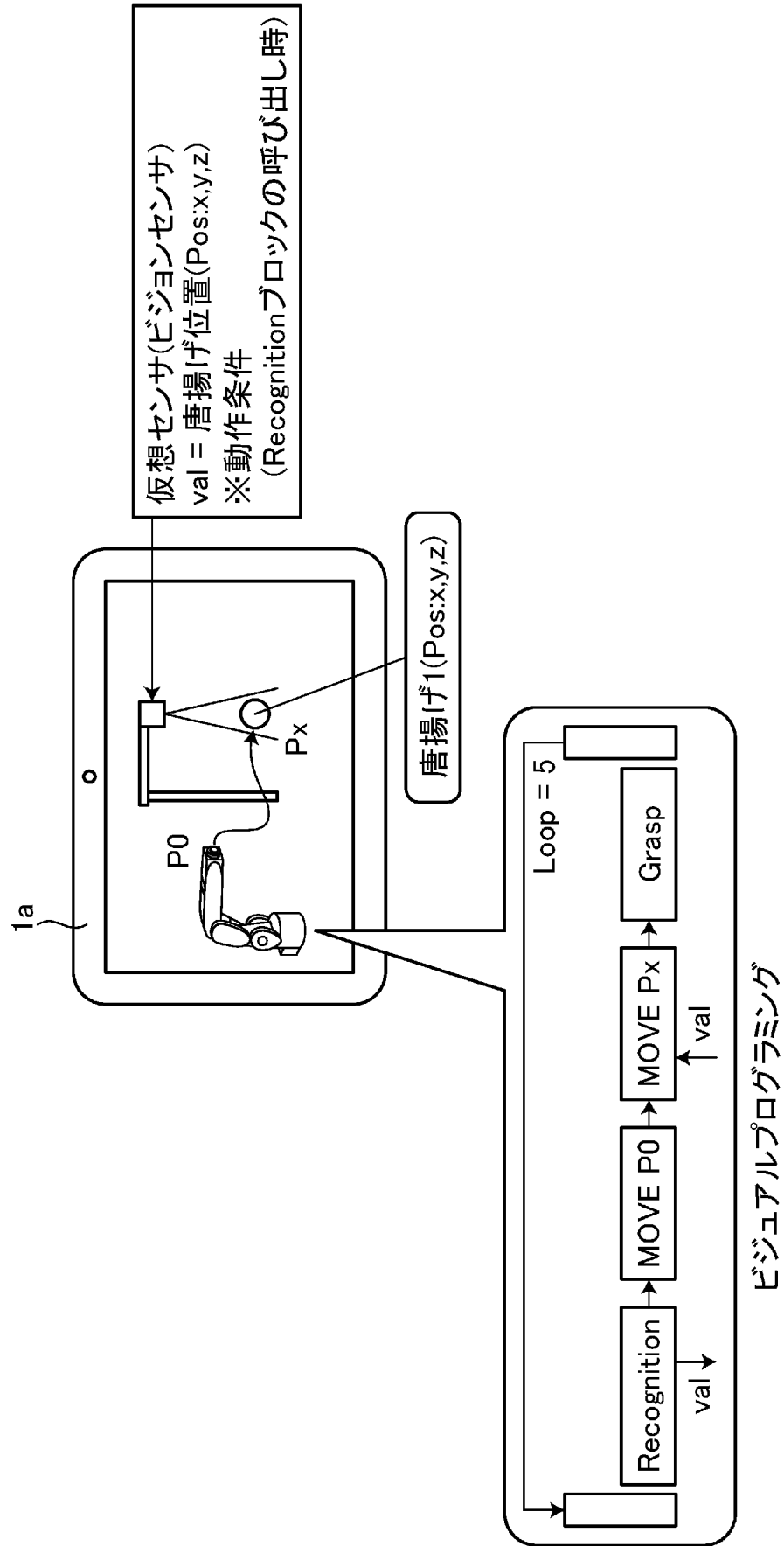
[図9]



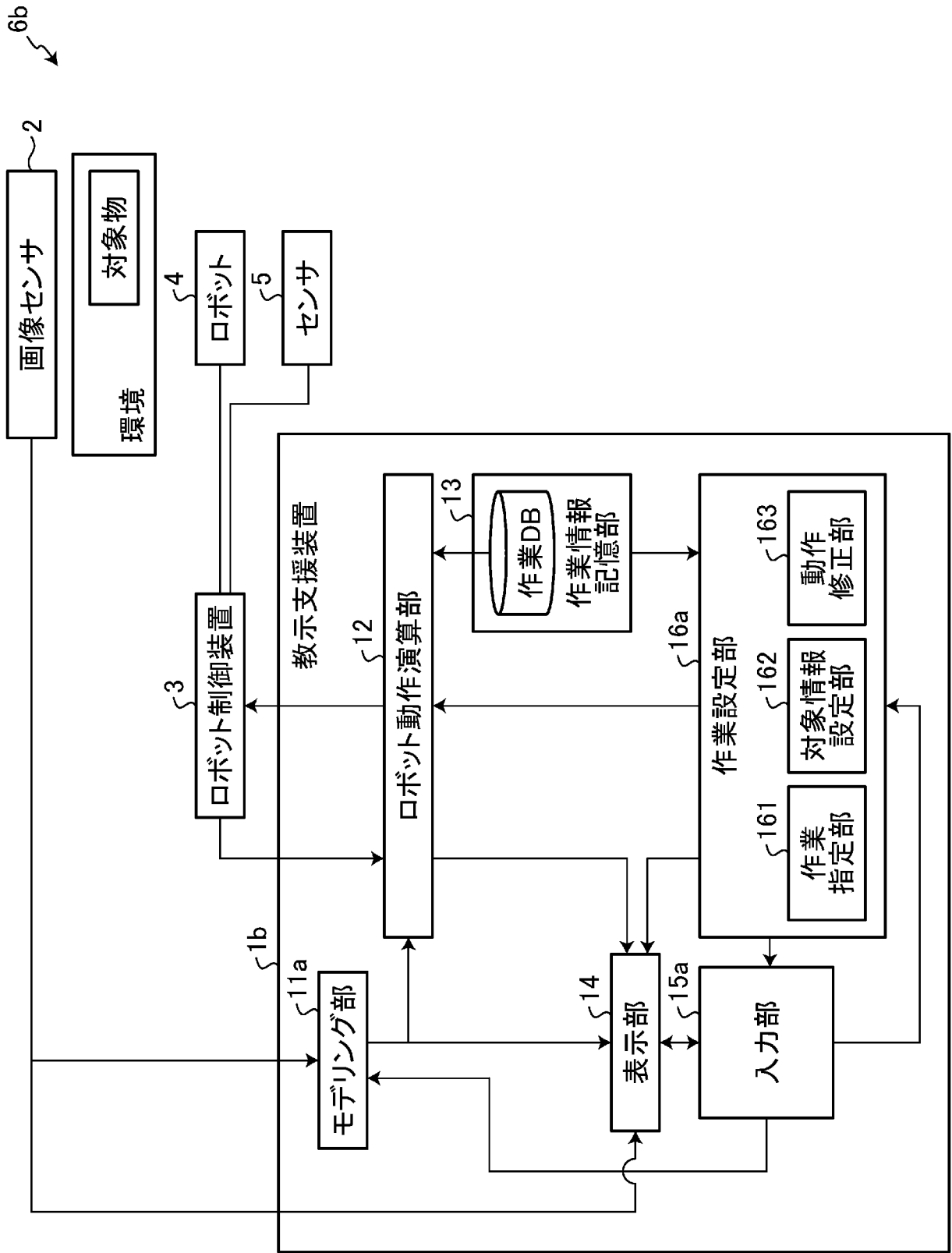
[図10]



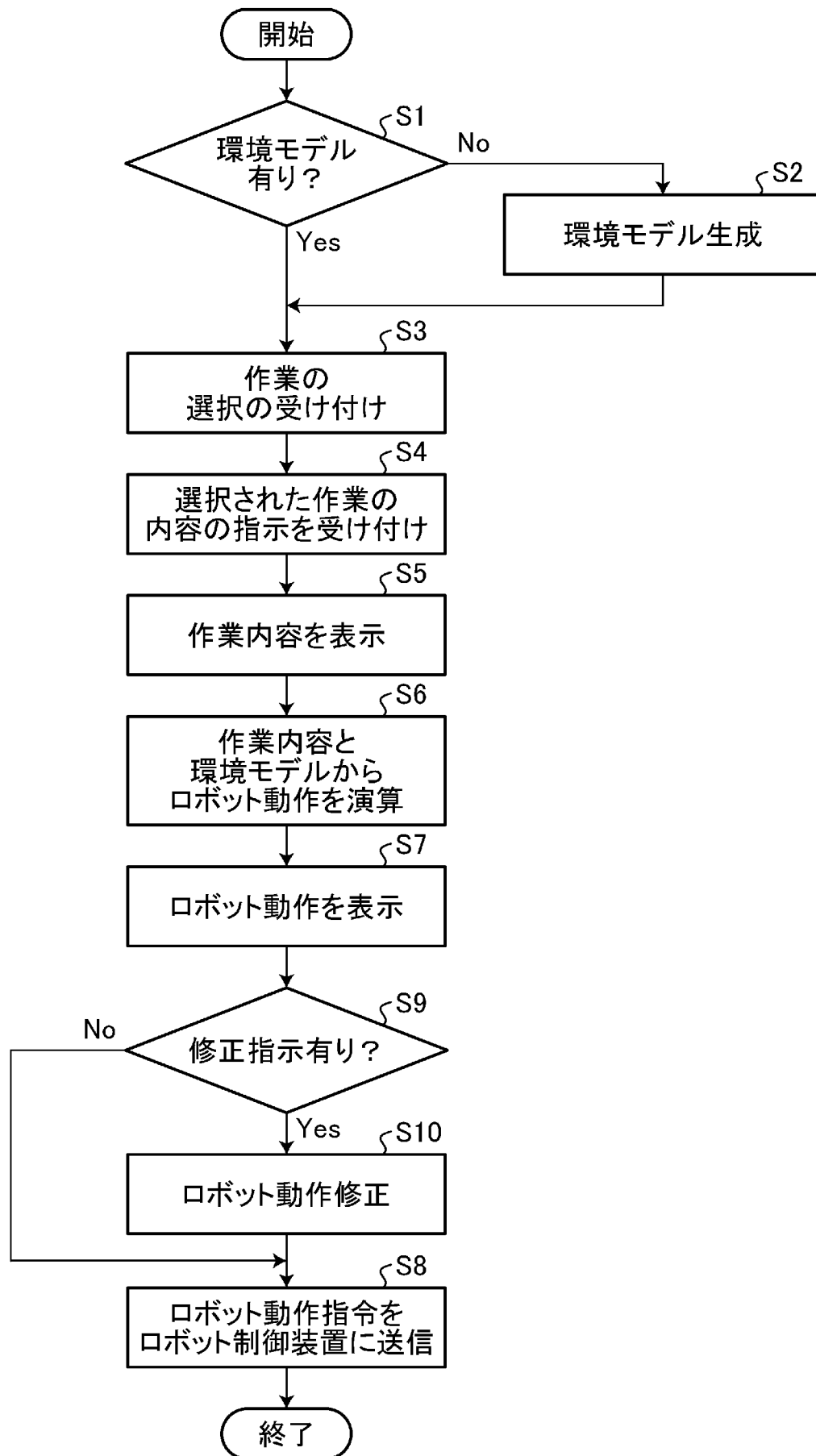
[図11]



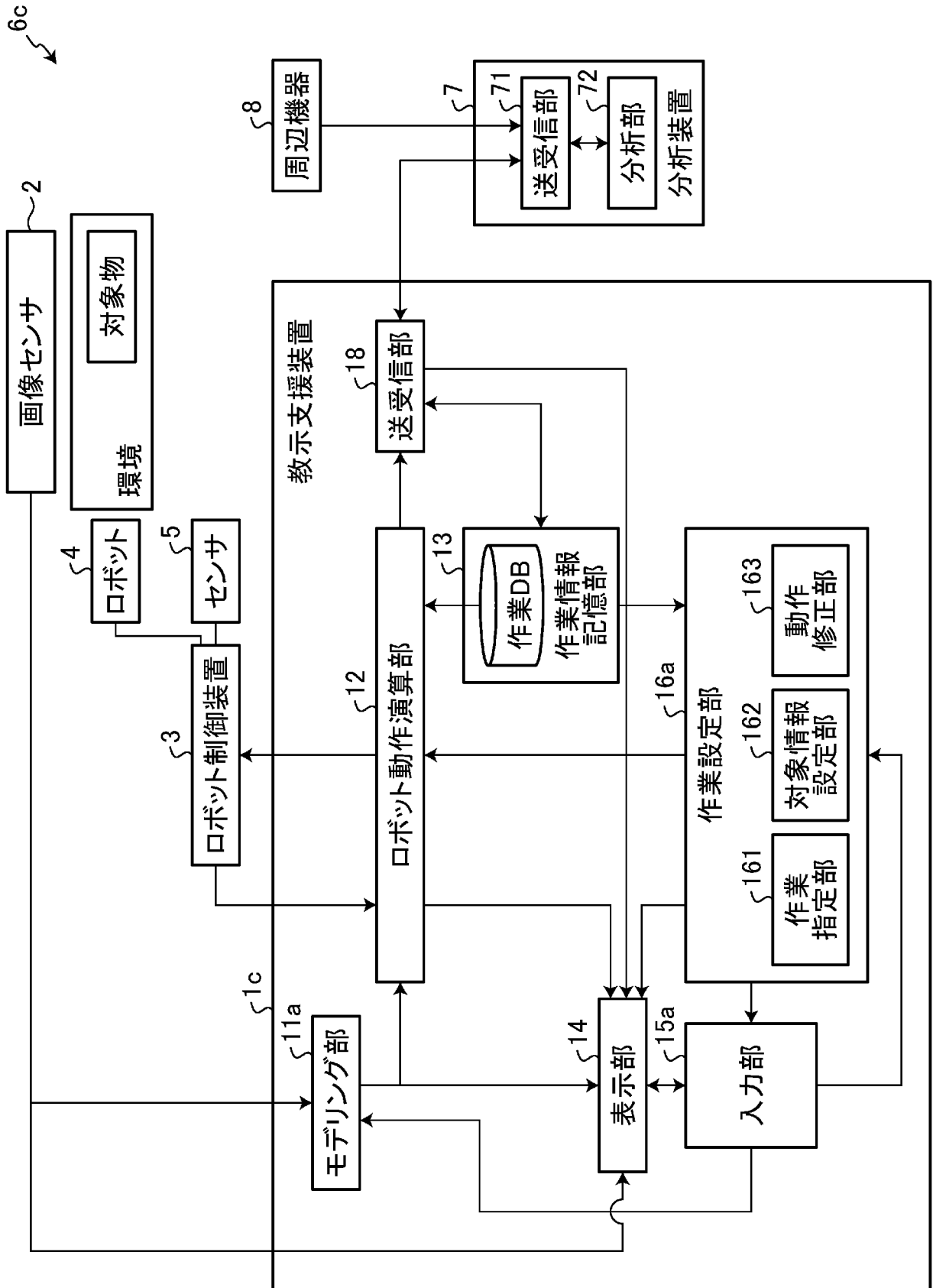
[図12]



[図13]

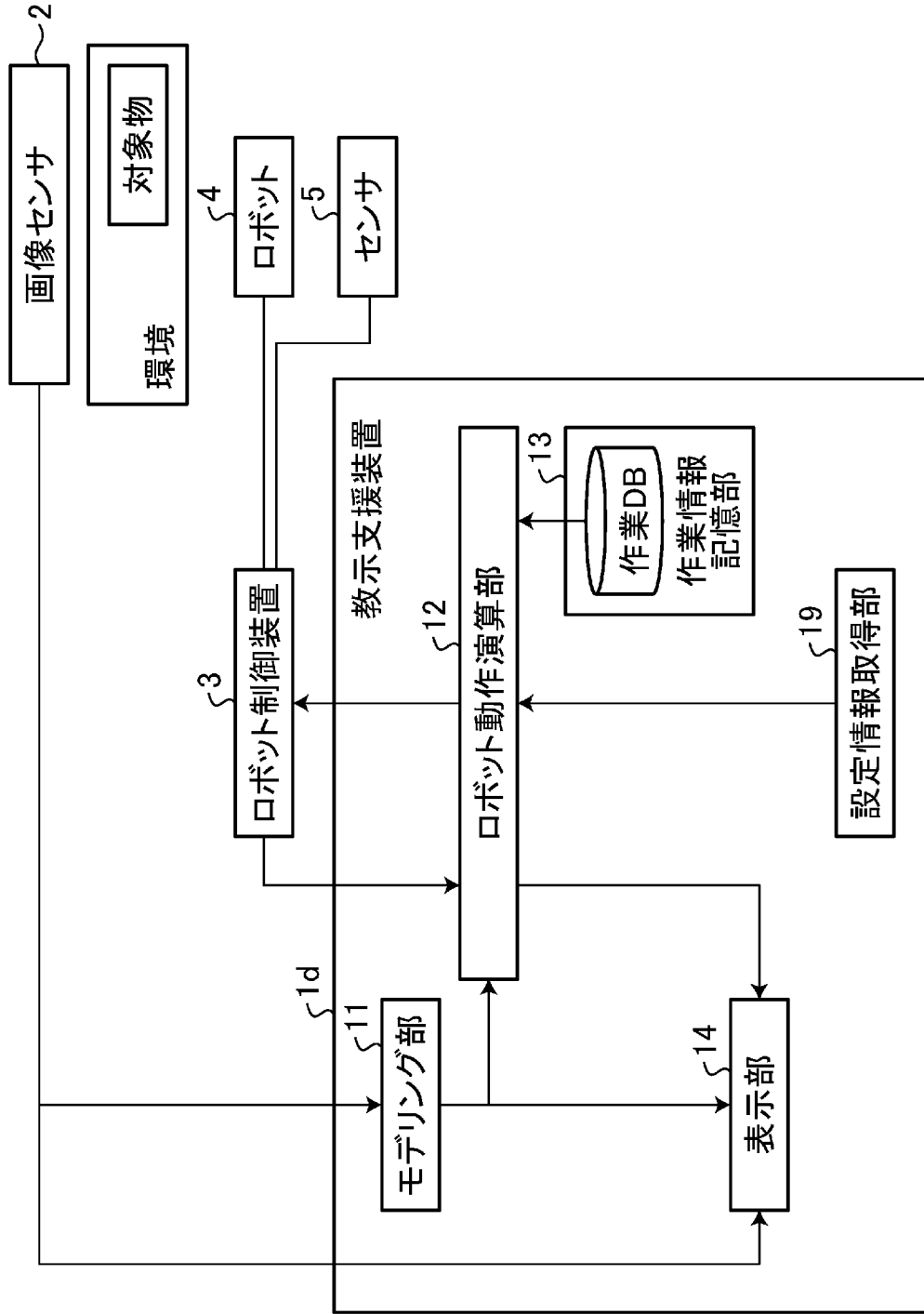


[図14]



[図15]

6d



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/007996

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G05B 19/4093</i> (2006.01)i; <i>B25J 9/22</i> (2006.01)i; <i>G05B 19/409</i> (2006.01)i FI: G05B19/4093 E; B25J9/22 A; G05B19/409 C		
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) G05B19/4093; B25J9/22; G05B19/409		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2018-134703 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 30 August 2018 (2018-08-30) paragraphs [0010]-[0140], fig. 1-17	1-7, 9, 12-14, 17-18
Y	paragraphs [0010]-[0140], fig. 1-17	8, 10-13, 15-16
Y	JP 2019-093492 A (FANUC LTD.) 20 June 2019 (2019-06-20) paragraphs [0015]-[0036]	8, 12-13
Y	JP 2018-069377 A (FANUC LTD.) 10 May 2018 (2018-05-10) paragraphs [0038]-[0039], [0042], [0047]-[0048], fig. 4	10-13
Y	WO 2021/245746 A1 (FANUC CORPORATION) 09 December 2021 (2021-12-09) fig. 2-5, 8-10	10-13
Y	JP 2011-230245 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 17 November 2011 (2011-11-17) paragraphs [0036]-[0038], [0058]	15-16
A	JP 2020-006472 A (FANUC LTD.) 16 January 2020 (2020-01-16) entire text, all drawings	1-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 09 May 2022		Date of mailing of the international search report 17 May 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/007996

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2021-003736 A (FANUC LTD.) 14 January 2021 (2021-01-14) entire text, all drawings	1-18
A	WO 2020/149021 A1 (OMRON CORPORATION) 23 July 2020 (2020-07-23) entire text, all drawings	1-18
A	US 2020/0230817 A1 (DOOSAN ROBOTICS INC.) 23 July 2020 (2020-07-23) entire text, all drawings	1-18

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(Invention 1) Claims 1-8, 12-13, 14, and 17-18

The information processing unit 130 in JP 2018-134703 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.; paragraphs [0010]-[0140], fig. 1-17; hereinafter, referred to as "document 1") corresponds to the "operation calculation unit that generates work content input by a user ..., ..., ... and an operation trajectory for the work machine" in claim 1 of the present application. Claims 1-7 thus lack novelty and do not involve an inventive step in the light of document 1 alone, and thus do not have special technical features.

However, claim 8 depending from claim 1 has the special technical feature of comprising a "work task information storage unit that stores, for each work task, a model indicating an operation of the work machine corresponding to the work task" and "a display unit, the display unit displaying information indicating the work task for which the model is stored", and the input unit being configured to "accept selection results by the user from among the work tasks displayed on the display unit, and accept input of the work task content by determining the work task content on the basis of the model for the work task corresponding to the accepted selection results and the information input by the user".

Therefore, claims 1-8 are classified as invention 1.

Furthermore, claims 12-13 can cite claim 8, and thus are classified as invention 1.

Additionally, claim 14 has the same or similar content as claim 2, and thus is classified as invention 1.

Moreover, claims 17-18 has the same content as claim 1, and thus are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 9-11

Claims 9-11 do not cite claim 8 and cannot be said to have the same or corresponding features with claim 8 classified as invention 1.

Furthermore, although claims 9-11 depend from claim 1 classified as invention 1, the specific problem to be solved by the invention, ascertained from the features added to claim 1, i.e., "making it possible to use the simulation results for investigation conducted in advance", has little relevance with the problem to be solved by claim 1, i.e., "shortening the time until the user sets the system to an operational state" by "automatic generation of an operational program to cause the robot to operate, without requiring various types of input for each job by the user, and without requiring the user to have knowledge of a programming language". Thus, claims 9-11 are not considered to be inventively linked with claim 1. Moreover, claims 9-11 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 9-11 cannot be classified as invention 1.

With regard to claims 9-11,

while the simulation unit and the display unit in claim 9 are disclosed in document 1 and thus cannot be special technical features,

claim 10 has the special technical features in which an "input unit" is provided, the display unit is configured so as to "display a screen for block programming", the input unit is configured to "accept input of a change to the work mask in the block programming", and the operation calculation unit is configured to "generate the operation trajectory by reflecting the input accepted by the input unit".

As a result of having the special technical feature, claims 9-11 are classified as invention 2.

(Invention 3) Claims 15-16

Claims 15-16 cannot be said to share the same or corresponding features with claim 8 classified as invention 1 or claim 10 classified as invention 2.

Furthermore, claims 15-16 have a configuration that is the same in spirit as the invention-defining feature in claim 1 of comprising a teaching assistance device and the teaching assistance device being configured to "generate an operation trajectory for the work machine that avoids interference between the work machine and the environment on the basis of an environment model, which is a three-dimensional model that models work content input from a user and the environment of the work machine". However, this shared feature is disclosed in document 1 described above and thus cannot be a special technical feature.

Additionally, claims 15-16 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1 or invention 2.

Therefore, claims 15-16 cannot be classified as either invention 1 or invention 2.

Claims 15-16 are classified as invention 3 as a result of having the special technical feature of an analysis device that receives "information indicating work task content" received by a teaching assistance device, "analyzes the cause of failure of the work task by using information acquired by a sensor that detects the state of

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

the work machine, information indicating the work task content, and success/failure information indicating success/failure of the work task, and transmits the analysis results to the teaching assistance device".

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/007996

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2018-134703	A	30 August 2018	US 2018/0236657 A1 paragraphs [0024]-[0165], fig. 1-17	
				EP 3363604 A2	
				CN 108453702 A	
JP	2019-093492	A	20 June 2019	US 2019/0160663 A1 paragraphs [0023]-[0044]	
				DE 102018009024 A1	
				CN 109834698 A	
JP	2018-069377	A	10 May 2018	US 2018/0117766 A1 paragraphs [0079]-[0080], [0083], [0088]-[0090], fig. 4	
				DE 102017125190 A1	
				CN 108000524 A	
WO	2021/245746	A1	09 December 2021	(Family: none)	
JP	2011-230245	A	17 November 2011	(Family: none)	
JP	2020-006472	A	16 January 2020	US 2020/0009724 A1 entire text, all drawings	
				DE 102019117877 A1	
				CN 110682288 A	
JP	2021-003736	A	14 January 2021	US 2020/0406453 A1 entire text, all drawings	
				DE 102020206463 A1	
				CN 112123330 A	
WO	2020/149021	A1	23 July 2020	US 2021/0260763 A1 entire text, all drawings	
				CN 112672857 A	
US	2020/0230817	A1	23 July 2020	EP 3579100 A1 entire text, all drawings	
				WO 2018/143607 A1	
				KR 10-2018-0090623 A	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/4093(2006.01)i; B25J 9/22(2006.01)i; G05B 19/409(2006.01)i FI: G05B19/4093 E; B25J9/22 A; G05B19/409 C</p>										
<p>B. 調査を行った分野</p>										
<p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G05B19/4093; B25J9/22; G05B19/409</p>										
<p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
<p>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）</p>										
<p>C. 関連すると認められる文献</p>										
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 2018-134703 A (株式会社安川電機) 30.08.2018 (2018 - 08 - 30) [0010]-[0140], Fig.1-17	1-7, 9, 12-14, 17-18								
Y	[0010]-[0140], Fig.1-17	8, 10-13, 15-16								
Y	JP 2019-093492 A (ファナック株式会社) 20.06.2019 (2019 - 06 - 20) [0015]-[0036]	8, 12-13								
Y	JP 2018-069377 A (ファナック株式会社) 10.05.2018 (2018 - 05 - 10) [0038]-[0039], [0042], [0047]-[0048], Fig.4	10-13								
Y	WO 2021/245746 A1 (ファナック株式会社) 09.12.2021 (2021 - 12 - 09) Fig.2-5, 8-10	10-13								
Y	JP 2011-230245 A (株式会社安川電機) 17.11.2011 (2011 - 11 - 17) [0036]-[0038], [0058]	15-16								
A	JP 2020-006472 A (ファナック株式会社) 16.01.2020 (2020 - 01 - 16) 全文、全図	1-18								
A	JP 2021-003736 A (ファナック株式会社) 14.01.2021 (2021 - 01 - 14) 全文、全図	1-18								
<p><input checked="" 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。</p>										
<p>* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献</p>										
国際調査を完了した日	09.05.2022	国際調査報告の発送日 17.05.2022								
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） 松浦 陽 3C 3752 電話番号 03-3581-1101 内線 3364									

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2020/149021 A1 (オムロン株式会社) 23.07.2020 (2020 - 07 - 23) 全文、全図	1-18
A	US 2020/0230817 A1 (DOOSAN ROBOTICS INC) 23.07.2020 (2020 - 07 - 23) 全文、全図	1-18

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

（発明1）請求項1-8、12-13、14、17-18

JP2018-134703 A（株式会社安川電機； [0010]-[0140], Fig.1-17； 以下「文献1」という。）における情報処理部130は、本願請求項1における「ユーザから入力された作業内容と・・・、・・・、・・・前記作業機械の動作軌道を生成する動作演算部」に相当し、請求項1～7は、文献1のみにより新規性ないし進歩性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。

しかしながら、請求項1の従属請求項である請求項8は、「作業ごとの、当該作業に対応する前記作業機械の動作を示す雛形を記憶する作業情報記憶部」および「前記表示部は、前記雛形が記憶されている前記作業を示す情報を表示する表示部」を備えるとともに、入力部が、「前記表示部に表示された前記作業のなかからの前記ユーザによる選択結果を受け付け、受け付けた選択結果に対応する前記作業の前記雛形と、前記ユーザから入力された情報とに基づいて前記作業内容を決定することで前記作業内容の入力を受け付ける」ように構成されている、という特別な技術的特徴を有している。

したがって、請求項1-8を発明1に区分する。

また、請求項12-13は請求項8を引用し得ることから、発明1に区分する。

また、請求項14は、請求項2と同様ないし類似の内容であることから、発明1に区分する。

そしてまた、請求項17-18は、請求項1と同様の内容であることから、発明1に区分する。

（発明2）請求項9-11

請求項9-11は、請求項8を引用しておらず、発明1に区分された請求項8と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項9-11は、発明1に区分された請求項1の従属請求項であるが、請求項1に対して追加された技術的特徴から把握される、発明が解決しようとする具体的課題である「シミュレーション結果を事前の検討に役立てることができる」ことは、請求項1が解決しようとする課題である「ユーザはジョブごとの様々な入力を行う必要はなく、また、プログラム言語の知識を要することなく、ロボット4を動作させる動作プログラムが自動生成」されることにより「ユーザがシステムを稼働状態にするまでの時間を短くできる」ようになることとの関連性が低い。このため、請求項9-11が請求項1に対して発明の連関性を有しているとは認められない。さらに、請求項9-11は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項9-11は発明1に区分できない。

そして、請求項9-11は、

請求項9における、シミュレーション部および表示部は、上記文献1に開示されており特別な技術的特徴たり得ない一方で、

請求項10における、「入力部」を備え、表示部が、「ブロックプログラミングを行うための画面を表示」するように構成され、入力部が、「ブロックプログラミングにおける、前記作業機械の変更の入力を受け付け」るように構成され、動作演算部が、「前記入力部が受け付けた入力を反映して前記動作軌道を生成」するように構成されていること、

という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

（発明3）請求項15-16

請求項15-16は、発明1に区分された請求項8又は発明2に区分された請求項10と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項15-16は、教示支援装置を備え、当該教示支援装置が、「ユーザから入力された作業内容と作業機械の環境をモデル化した3次元モデルである環境モデルとに基づいて、前記作業機械と前記環境との干渉を回避した、前記作業機械の動作軌道を生成」するように構成されているという、請求項1における発明特定事項と同趣旨の構成を有しているが、当該共通する技術的特徴は、上述した文献1に開示のある点であって、特別な技術的特徴たり得ない。

さらに、請求項15-16は、発明1又は発明2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項15-16は発明1及び発明2のいずれにも区分できない。

そして、請求項15-16は、

教示支援装置が送信した「作業内容を示す情報」を受け取り、「前記作業機械の状態を検出するセンサから取得した情報と、前記作業内容を示す情報と、作業の成否を示す成否情報とを用いて、作業の失敗の要因を分析し、分析結果を前記教示支援装置へ送信」する分析装置、

という特別な技術的特徴を有しているため、発明3に区分する。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2022/007996

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2018-134703 A	30.08.2018	US 2018/0236657 A1 [0024]-[0165], Fig. 1-17 EP 3363604 A2 CN 108453702 A	
JP 2019-093492 A	20.06.2019	US 2019/0160663 A1 [0023]-[0044] DE 102018009024 A1 CN 109834698 A	
JP 2018-069377 A	10.05.2018	US 2018/0117766 A1 [0079]-[0080], [0083], [0088]-[0090], Fig. 4 DE 102017125190 A1 CN 108000524 A	
WO 2021/245746 A1	09.12.2021	(ファミリーなし)	
JP 2011-230245 A	17.11.2011	(ファミリーなし)	
JP 2020-006472 A	16.01.2020	US 2020/0009724 A1 全文、全図 DE 102019117877 A1 CN 110682288 A	
JP 2021-003736 A	14.01.2021	US 2020/0406453 A1 全文、全図 DE 102020206463 A1 CN 112123330 A	
WO 2020/149021 A1	23.07.2020	US 2021/0260763 A1 全文、全図 CN 112672857 A	
US 2020/0230817 A1	23.07.2020	EP 3579100 A1 全文、全図 WO 2018/143607 A1 KR 10-2018-0090623 A	