

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月26日(26.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/262136 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 5/00 (2006.01) B25J 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/014142

(22) 国際出願日: 2024年4月5日(05.04.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

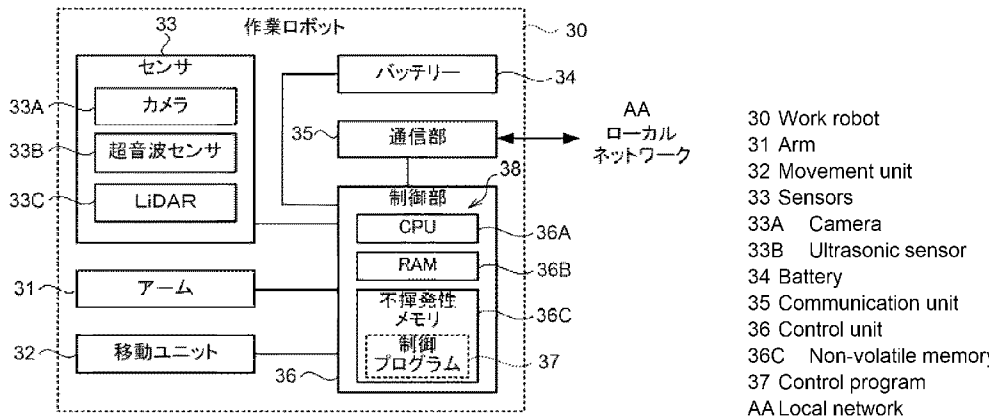
(30) 優先権データ:
特願 2023-100361 2023年6月19日(19.06.2023) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 加藤 章(KATO, Akira); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 高橋 幸宏(TAKAHASHI, Yukihiko); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 大山 貢司(OHYAMA, Kohji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 土屋 裕志(TSUCHIYA, Yuji); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 森 敏史(MORI, Toshifumi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 馬場 裕康(BABA, Hiroyasu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 吉岡 裕記(YOSHIOKA,

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

(54) 発明の名称: 作業ロボット、作業ロボットの制御方法、作業ロボットの制御プログラム、及び作業システム



(57) Abstract: A work robot (30) comprises: at least one arm (31) that performs an instructed operation with respect to an article; a movement unit (32) that moves on a floor surface; and a control unit (36) that uses state information indicating at least one of a state of another work robot and a state of the work robot (30) to control the arm and the movement unit to autonomously carry out work with respect to the article while cooperating with the other work robot.

(57) 要約: 作業ロボット (30) は、物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアーム (31) と、床面を移動する移動ユニット (32) と、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、他の作業ロボットと連携しながら物品に対する作業を自律的に実行するようにアーム及び移動ユニットを制御する制御部 (36) と、を備える。

Yuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 岡本 陽(OKAMOTO, Akira); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 秋山 航平(AKIYAMA, Kohei); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 中村 哲(NAKAMURA, Satoshi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 松永 泰明(MATSUNAGA, Yasuaki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所(TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿 4 丁目 3 番 1 7 号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

作業ロボット、作業ロボットの制御方法、作業ロボットの制御プログラム、及び作業システム

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2023年6月19日に出願された特許出願番号2023-100361号に基づくものであって、その優先権の利益を主張するものであり、その特許出願のすべての内容が、参照により本明細書に組み入れられる。

技術分野

[0002] 本開示は、作業ロボット、作業ロボットの制御方法、作業ロボットの制御プログラム、及び作業システムに関する。

背景技術

[0003] 例えば特許文献1には、走行台車上に単腕若しくは双腕の作業ロボットを搭載して走行移動する少なくとも1台以上の走行ロボットを所定経路に沿って作業場所間で移動させて複数の作業場所で作業を行う作業システムにおいて、走行ロボットに受電機器を設けると共に、複数の作業場所の少なくとも1つに走行ロボットの作動によって走行ロボットの受電機器に、対応する給電機器を着脱する給電設備を設け、作業ロボットに、作業場所間の移動中の給電を行うバッテリーを搭載した作業システムが開示されている。

<特許文献1>

特開2015-211997号公報

発明の概要

[0004] 作業ロボットを用いて特定の作業を行う場合、例えば作業ロボットが作業を行う作業台や作業台に作業ロボットの作業対象となる製品の部品を搬送する搬送設備といった、作業ロボットが作業を行うために必要となる作業環境を作業場所に構築する必要がある。こうした作業環境は、その都度作業員が

作業ロボットの作業内容にあわせて構築する。したがって、発明者の詳細な検討の結果、少量多品種の製品の生産に対応するためには、作業員が短期間に作業環境を変更しなければならず、そのため作業員の人数を一定数確保しておく必要があるため人件費の増大につながりやすいという課題が見出された。

[0005] また、発明者は、例えば世界に分散した複数の作業拠点において同じ製品を同じ期間に生産するような場合、作業拠点毎に作業員が作業ロボットの作業環境を迅速に構築することは困難であるとの課題も見出した。

[0006] 本開示は、作業ロボットを用いた製品の生産に対して、人が作業ロボットの作業内容にあわせて予め作業環境を構築しておかなくても製品を生産することができる作業ロボット、作業ロボットの制御方法、作業ロボットの制御プログラム、及び作業システムを提供することを目的とする。

[0007] 本開示の作業ロボットは、物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアームと、床面を移動する移動ユニットと、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部と、を備える。

[0008] 本開示の作業ロボットの制御方法は、物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアームと、床面を移動する移動ユニットと、を備えた作業ロボットに対して、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する処理をコンピュータが実行する。

[0009] 本開示の作業ロボットの制御プログラムは、コンピュータに、物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアームと、床面を移動する移動ユニットと、を備えた作業ロボットに対して、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム

及び前記移動ユニットを制御する処理を実行させるためのプログラムである。

[0010] 本開示の作業システムは、物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアームと、床面を移動する移動ユニットと、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部と、を備えた複数の作業ロボット、及び前記作業ロボットの各々とデータ通信を行う通信部を備え、前記物品の生産に関する情報を各々の前記作業ロボットに対して送信するサーバを備える。

[0011] 本開示によれば、作業ロボットを用いた製品の生産に対して、人が作業ロボットの作業内容にあわせて予め作業環境を構築しておかなくても製品を生産することができる、という効果を有する。

図面の簡単な説明

[0012] 本開示についての上記目的及びその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、

[図1]図1は、作業システムの構成例を示す図であり、

[図2]図2は、作業ロボットの機能構成例を示す図であり、

[図3]図3は、作業ロボットの一例を示す図であり、

[図4]図4は、作業ロボットにおける制御処理の流れの一例を示すフローチャートであり、

[図5]図5は、支柱を用いて作業ロボットを床面に固定した一例を示す図であり、

[図6]図6は、移動ユニットに工具を備えた作業ロボットの一例を示す図であり、

[図7]図7は、他の作業ロボットと連携して部品を組み立てる作業ロボットの一例を示す図であり、

[図8]図8は、連結部を備えた作業ロボットの一例を示す図であり、

[図9]図9は、連結した作業ロボットの一例を示す図であり、

[図10]図10は、複数の作業ロボットが連結して生産ラインを構築している例を示す図であり、

[図11]図11は、生産ラインの最終段に位置する作業ロボットがAMRとして機能する例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、同じ構成要素及び同じ処理には全図面を通して同じ符号を付与し、重複する説明を省略する。図面に記載された物体の寸法比率は、説明のために誇張して記載しており、実際の寸法比率とは異なる。

[0014] 図1は、作業ロボット30を用いて製品を生産する作業システム1の構成例を示す図である。作業システム1によって生産される製品の種類に制約はなく、作業ロボット30によって生産される製品であればどのようなものであってもよい。具体的には、作業システム1によって車等の輸送機械、エアコン等の電気機器、金型、食品、飲料品、雑誌、スポーツ用品、及び木工製品等といった様々な製品が生産される。本実施形態における作業システム1は、一例として電気機器の生産を行う。なお、作業システム1は製品の生産に限定されず、例えば修理や破壊といった物品に対する他の作業を行うこともある。

[0015] 作業システム1は、サーバ20、及び複数の作業ロボット30を含む。サーバ20及び作業ロボット30は工場40内に配置され、外部装置の一例であるシミュレーション装置10は工場40から離れた遠隔地、例えば本社に配置される。したがって、シミュレーション装置10とサーバ20とはWAN(Wide Area Network)やインターネットといった広域ネットワーク2によって接続される。一方、サーバ20と作業ロボット30とはLAN(Local Area Network)、ローカル5G、及びローカル6Gといったローカルネットワーク3によって接続される。

[0016] 広域ネットワーク2及びローカルネットワーク3は有線であっても無線であってもよいが、後述するように作業ロボット30は工場40内を移動する

ため、無線によってローカルネットワーク 3 を構築することが好ましい。また、サーバ 20 は必ずしも工場 40 内に存在する必要はなく、例えば広域ネットワーク 2 上に提供されているクラウドコンピューティングを利用してサーバ 20 を構築してもよい。

[0017] 図 1 に示すように、作業システム 1 には N 台 (N は 2 以上の整数) の作業ロボット 30 が含まれる。各々の作業ロボット 30 を区別する場合、作業ロボット 30 の符号の後に “1” から “ N ” までの番号を付して表すようにする。複数の作業ロボット 30 に共通する事柄を説明する場合には、単に「作業ロボット 30」と表す。

[0018] 工場 40 には、例えば製品に用いられる部品の加工及び生産を行う工作機械 4A、及び外部から購入した部品が置かれる物品棚 4B が備えられている。作業ロボット 30 は、工作機械 4A 及び物品棚 4B のように製品の部品を供給する供給場所に移動し、部品の組み立て、加工、及び運搬等を行う。なお、本実施形態に係る製品の部品は、製品に用いる物品の一例である。

[0019] 本実施形態では、工場 40 内で作業ロボット 30 が電気機器の生産を行う例を通じて作業システム 1 の説明を行うが、作業ロボット 30 が作業を行う場所は工場 40 に限らず、例えば研究室や住宅等のように、製品の生産を主目的としていない場所であってもよく、生産する製品の特性によっては屋外であってもよい。図 1 には 1 つの工場 40 しか示していないが、複数の工場 40 が存在してもよく、この場合、各々の工場 40 のサーバ 20 が広域ネットワーク 2 に接続される。各々の工場 40 の立地場所に制約はなく、例えば工場 40 が世界各地に分散していてもよい。

[0020] 次に、シミュレーション装置 10、サーバ 20、及び作業ロボット 30 の機能構成例について説明する。

[0021] シミュレーション装置 10 は、作業ロボット 30 が作業を行う空間、すなわち工場 40 の内部を再現した仮想空間に配置した作業ロボット 30 を用いて、複数の作業ロボット 30 が連携しながら部品に対して行う作業をシミュレーションする装置である。

- [0022] 図1に示すように、シミュレーション装置10は仮想空間データ11、入力部12、表示部13、シミュレーション実行部14、及び通信部15を含む。
- [0023] 仮想空間データ11は、作業ロボット30が作業を行う工場40内の空間を忠実に再現した仮想空間、すなわち「仮想工場」をシミュレーション装置10に構築するために用いられるデータである。例えば仮想空間データ11には、作業ロボット30が作業を行う工場40の間取り、床面の段差、工場40に設置されている設置物の位置及び形状、柱の位置及び形状、並びに、工作機械4Aや物品棚4Bといった部品の供給場所の位置及び形状に関するデータ等が含まれる。
- [0024] 入力部12は、各々の作業ロボット30の作業内容、及び作業ロボット30が作業を行う上での制約条件をユーザから受け付ける。制約条件には、例えば作業ロボット30が移動可能な範囲や、充電行動を開始するバッテリー残量の閾値等が含まれる。
- [0025] 表示部13は、仮想工場における複数の作業ロボット30を用いた作業のシミュレーションの実行過程やシミュレーション結果をディスプレイに表示する。
- [0026] シミュレーション実行部14は、各々の作業ロボット30がユーザによって指示された作業を指示された制約条件の下で実行するように、仮想工場内に存在する作業ロボット30の制御を行い、作業ロボット30の動作をシミュレーションする。シミュレーション実行部14は、シミュレーションによって得られた作業ロボット30の状態情報を入力とし、その時の制御内容を出力とする教師データを生成して、各々の作業ロボット30に対応した制御モデル16を、教師データを用いた機械学習によって生成する。
- [0027] 状態情報とは、他の作業ロボット30の状態及び自身の作業ロボット30の状態の少なくとも一方を表す情報である。作業ロボット30は、他の作業ロボット30との通信、自身に備えられたセンサ33、及び例えば移動方向及び移動速度といった自身の動作に関する情報から、他の作業ロボット30

の状態及び自身の作業ロボット30の状態の少なくとも一方を取得する。シミュレーション実行部14によるシミュレーションにおいても実際の作業ロボット30と同じく、仮想工場内の作業ロボット30が状態情報を取得しながら、取得した状態情報に対して最適な行動をとるように作業ロボット30が制御される。したがって、様々な状態情報に対してどのような制御を作業ロボット30に対して行えば、作業ロボット30が指示された作業を実行することができるのかといった、状態情報と制御内容とを対応付けた複数の教師データが生成される。シミュレーション実行部14は、複数の教師データを用いて、状態情報から作業ロボット30の制御内容を出力する制御モデル16の機械学習を行う。

[0028] 制御モデル16として、例えばCNN (Convolutional Neural Network : 畳み込みニューラルネットワーク) 等が用いられる。機械学習の手法には、例えばディープラーニング等が用いられる。しかしながら、制御モデル16の形態及び機械学習の手法に制約はなく、シミュレーション実行部14は、例えばYOLO (You Only Look Once) といった公知のモデル形態やサポートベクターマシーンといった公知の機械学習の手法を用いて制御モデル16を生成してもよい。

[0029] 通信部15は、広域ネットワーク2を通じてサーバ20とデータ通信を行う。具体的には、通信部15は、シミュレーション実行部14における作業ロボット30の動作のシミュレーションによって生成された各々の作業ロボット30に対応した制御モデル16と、シミュレーションに用いた仮想空間データ11と、を含むシミュレーションデータを、仮想工場によって表される実際の工場40の管理を行うサーバ20に送信する。

[0030] サーバ20は、例えば製品の生産計画や作業ロボット30の稼働状況等、工場40に関するデータを管理すると共に、生産計画に基づいて作業ロボット30を用いた製品の生産管理を行う装置である。

[0031] 図1に示すように、サーバ20はシミュレーションデータDB21、入力部22、設定部23、及び通信部24を含む。

- [0032] シミュレーションデータDB21は、シミュレーション装置10から受信したシミュレーションデータを記憶する。「DB」とは「データベース (Database)」の略語である。
- [0033] 入力部22は、例えば製品の生産開始指示といったユーザからの各種指示を受け付ける。なお、サーバ20は、広域ネットワーク2を通じてシミュレーション装置10から各種指示を受け付けてもよい。この場合、サーバ20は入力部22を備える必要はない。
- [0034] 設定部23は、製品の生産開始指示を受け付けた場合、シミュレーションデータに含まれている制御モデル16に対して、当該制御モデル16を用いて作業を実行する作業ロボット30を一意に指定する指定情報を対応付ける。その上で、設定部23は、指定情報によって指定された作業ロボット30に対して、指定情報を対応付けた制御モデル16と仮想空間データ11を設定する。設定部23による作業ロボット30への制御モデル16と仮想空間データ11の設定は、ローカルネットワーク3を通じて行われる。
- [0035] 設定部23は、各々の作業ロボット30に対する制御モデル16と仮想空間データ11の設定を、通信部24を通じたユニキャストによって設定してもよいが、マルチキャストによって設定してもよい。マルチキャストパケットには、作業システム1に含まれるすべての作業ロボット30の制御モデル16と仮想空間データ11が含まれ、制御モデル16の各々には指定情報が対応付けられる。マルチキャストを用いた場合、ユニキャストを用いた場合よりも、各々の作業ロボット30がサーバ20から指示を受け付ける時間差を短くすることができる。なお、指定情報には、例えば作業ロボット30を一意に識別する識別番号や作業ロボット30の製造番号が用いられる。本実施形態では一例として、指定情報に作業ロボット30の識別番号を用いているものとする。
- [0036] 通信部24は、広域ネットワーク2を通じてサーバ20とデータ通信を行うと共に、ローカルネットワーク3を通じて各々の作業ロボット30とデータ通信を行う。

- [0037] 作業ロボット30は、製品の部品に対して指示された作業を、取得した状態情報と制御モデル16を用いて、他の作業ロボット30と連携しながら自律的に実行するロボットである。制御モデル16は状態情報から作業ロボット30の制御内容を出し、作業ロボット30は制御モデル16が出力する制御内容に従って作業を行うことから、制御モデル16は、部品に対する作業内容を指示する指示情報の一例でもある。
- [0038] 図2は、作業ロボット30の機能構成例を示す図である。作業ロボット30は、アーム31、移動ユニット32、センサ33、バッテリー34、通信部35、及び制御部36を含む。
- [0039] アーム31は、部品に対して指示された動作を行う作業ユニットの一例である。作業ロボット30は、少なくとも1本のアーム31を備える。各々のアーム31の関節部分において、関節部分に取り付けられたリンクを指示された方向に可動させることによってアーム31の位置制御が行われる。
- [0040] アーム31では、例えば部品をつかむ、部品を移動する、部品を加工する、及び部品同士を組み立てるといった動作が可能である。アーム31の先端には、後ほど図6で示すように複数種類の工具39の脱着が可能な装着部が備えられており、制御部36による制御によって、作業内容に応じた工具39が装着部に装着される。例えば部品をつかむ場合には、人間の指を模した複数の可動する支持体を備えたロボットハンドが装着部に装着される。また、例えば部品をねじ止めする場合には、ねじを回転させるドライバーが装着部に装着される。このように、アーム31の装着部では、作業内容に応じて工具39が切り替えられる。なお、アーム31の装着部にロボットハンドを装着しておき、部品をねじ止めする場合、ロボットハンドによってドライバーをつかんでねじ止めを行うようにしてもよい。このように、ロボットハンドによって異なる種類の工具39をつかむ形態も工具39の切り替え動作に含まれる。
- [0041] 移動ユニット32は、作業ロボット30が工場40の床面を移動するための装置である。移動ユニット32は、例えば車輪やボールのような回転体3

2 Aを回転させることによって作業ロボット30の移動を実現する。しかしながら、移動ユニット32が備える移動機構は回転体32 Aの回転によるものに限られない。例えば移動ユニット32は、回転体32 Aの代わりに2本以上の脚を備え、歩行により移動するものであってもよい。

[0042] 図3は、移動ユニット32が床面と接触する場所に回転体32 Aを取り付けた作業ロボット30の一例を示す図である。図3に示す作業ロボット30は、アーム31が移動ユニット32に取り付けられているが、例えば作業ロボット30に胴体部（図示省略）を設け、アーム31を胴体部のような移動ユニット32とは異なる場所に取り付けてもよいことは言うまでもない。

[0043] また、移動ユニット32には、例えば部品を配置するための作業台等に用いることができる作業面32 Cが設けられる。

[0044] 図2における作業ロボット30のセンサ33は、作業ロボット30の周囲の状況を表す周辺情報を取得する。作業ロボット30にはセンサ33として、例えばカメラ33 A、超音波センサ33 B、及びLiDAR (Light Detection And Ranging) 33 Cが備えられる。

[0045] カメラ33 Aは、可視画像及び赤外画像の少なくとも一方を撮影する。カメラ33 Aが撮影する画像は動画であっても静止画であってもよい。カメラ33 Aは、主にアーム31によってつかんだ部品の形状や種類等を把握する用途に用いられるため、例えばアーム31の先端で、かつ、つかんだ部品が画角内に含まれるような位置に取り付けられる（図3参照）。カメラ33 Aは、被写体までの距離を計測し、周囲の物体の位置関係を3次元データとして取得する距離センサの一例であるステレオカメラであってもよい。

[0046] 超音波センサ33 Bは、超音波を送信してから作業ロボット30の周囲に存在する他の物体で反射した超音波を受信するまでの時間を計測することによって、作業ロボット30と他の物体との距離を計測する。すなわち、超音波センサ33 Bは距離センサの一例である。超音波センサ33 Bは、主に作業ロボット30と他の物体とが衝突するか否かを判定する衝突判定に用いられるため、例えば他の物体と衝突する可能性がある作業ロボット30の表面

に取り付けられる（図3参照）。移動ユニット32の形状が直方体や立方体のような箱型である場合、移動ユニット32の作業面32Cの四隅に超音波センサ33Bが取り付けられる。こうした超音波センサ33Bの取り付け位置は一例であり、移動ユニット32の側面やアーム31に取り付けてもよく、また移動ユニット32とアーム31の両方に取り付けてもよい。

[0047] L i D A R 3 3 Cは、レーザー光を照射してから作業ロボット30の周囲に存在する他の物体で反射した反射光を受信するまでの時間を計測することによって、作業ロボット30と他の物体との距離、並びに、他の物体の位置及び形状を計測する。すなわち、L i D A R 3 3 Cは距離センサの一例である。

[0048] L i D A R 3 3 Cは、主に工場40内のどこにどのような物があるのかといった地図を作成する用途に用いられるため、水平方向を見通すことができる位置に取り付けられる。水平方向とは、作業ロボット30が移動する床面に沿った方向のことである。一例として、移動ユニット32の形状が箱型の場合、移動ユニット32の側面にL i D A R 3 3 Cが取り付けられる（図3参照）。こうしたL i D A R 3 3 Cの取り付け位置は一例であり、アーム31に取り付けてもよく、また移動ユニット32とアーム31の両方に取り付けてもよい。

[0049] なお、作業ロボット30が備えるセンサ33はカメラ33A、超音波センサ33B、及びL i D A R 3 3 Cに限られない。作業ロボット30は、カメラ33A、超音波センサ33B、及びL i D A R 3 3 Cに加えて、周辺情報を取得する他の種類のセンサ33を備えてもよい。作業ロボット30は、例えばバーコードリーダー、ジャイロセンサ、GPS（Global Positioning System）センサ、及び気圧センサ等の少なくとも1つのセンサ33を必要に応じて追加で備えてもよい。また、作業ロボット30は、カメラ33A、超音波センサ33B、及びL i D A R 3 3 Cを全て備える必要もなく、カメラ33A、超音波センサ33B、及びL i D A R 3 3 Cの少なくとも1つを備えればよい。

- [0050] カメラ33A及びLiDAR33Cによって撮影される作業ロボット30の周辺画像は、作業ロボット30の周囲の状況を表す周辺情報の一例である。
- [0051] 作業ロボット30は、センサ33の特性及び計測対象物の特性等に応じて、周辺情報を取得するために使用するセンサ33を選択する。
- [0052] また、図3に示すように、移動ユニット32には、例えば自身の識別番号を表す情報を含んだマーカー8が取り付けられる。なお、何れの方角からもマーカー8が確認できるように、複数のマーカー8を移動ユニット32に取り付けてもよい。作業ロボット30は、例えばカメラ33Aによって他の作業ロボット30のマーカー8を撮影し、識別番号を読み取ることによって、他の作業ロボット30を特定することができる。
- [0053] 説明の便宜上、以降に示す図5～図11では、作業ロボット30におけるセンサ33及びマーカー8の図示及び符号記載を省略する。
- [0054] バッテリー34は、制御部36の指示に従って作業ロボット30の各所に電力を供給する。バッテリー34は、有線によって外部から電力を受電する直接受電の他、非接触で外部から電力を受電するワイヤレス受電にも対応している。バッテリー34の残量が予め定めた閾値以下となった場合、例えば制御部36の制御によって、作業ロボット30は工場40内にあるワイヤレス給電装置（図示省略）まで移動し、自律的にバッテリー34の充電を行う。
- [0055] 通信部35は、ローカルネットワーク3を通じて各々の他の作業ロボット30及びサーバ20とデータ通信を行う。具体的には、通信部35は制御部36の指示に従って、自身の作業ロボット30における状態情報を他の作業ロボット30に送信すると共に、他の作業ロボット30の状態情報を受信する。複数の作業ロボット30の状態情報を共有することで、1台の作業ロボット30だけでは取得することが困難な情報が得られる。また、通信部35は、センサ33を通じて取得した周辺情報や作業ロボット30の状態情報をサーバ20に送信すると共に、サーバ20から仮想空間データ11、指定情

報が対応付けられた制御モデル 16、及び各種指示を受信する。したがって、作業ロボット 30 は部品に対する作業を自律的に実行するが、サーバ 20 からの指示によって動作を修正することも可能である。

[0056] 制御部 36 は、取得した状態情報を用いて、他の作業ロボット 30 と連携しながら部品に対して指示された作業を自律的に実行するようにアーム 31 及び移動ユニット 32 を制御する。そのために制御部 36 は、センサ 33、バッテリー 34、及び通信部 35 に対して、作業ロボット 30 が指示された作業を行うために必要となる制御を行う。

[0057] 具体的には、制御部 36 は、逐次更新される状態情報を制御モデル 16 に入力し、制御モデル 16 から出力される制御内容に従って、作業ロボット 30 の自律制御を行う。すなわち、制御部 36 は、制御モデル 16 を用いて最新の状態情報に対する最適な制御内容を逐次決定しながら作業ロボット 30 の自律制御を行う。

[0058] こうした制御部 36 は、プロセッサの一例である CPU (Central Processing Unit) 36A、RAM (Random Access Memory) 36B、及び不揮発性メモリ 36C を含むコンピュータ 38 を用いて構成される。

[0059] 不揮発性メモリ 36C には、CPU 36A が作業ロボット 30 の制御を行うために読み込む制御プログラム 37 を含んだ各種のプログラム、及び CPU 36A が作業ロボット 30 の制御を行う上で参照する各種パラメータが予め記憶されている。RAM 36B は、CPU 36A の一時的な作業領域として使用される。

[0060] 次に、本実施形態に係る作業ロボット 30 の作用について説明する。図 4 は、サーバ 20 から製品の生産開始指示を受け付けた場合に実行される作業ロボット 30 の制御処理の流れの一例を示すフローチャートである。作業ロボット 30 の CPU 36A は、不揮発性メモリ 36C に記憶される制御プログラム 37 を読み込んで制御処理を実行する。製品の生産開始指示によって各々の作業ロボット 30 が制御処理を実行するが、何れの作業ロボット 30

においても同じ制御処理が実行されるため、以降では１台の作業ロボット３０に焦点をあてて作業ロボット３０で実行される制御処理の説明を行う。

[0061] CPU 36 Aは図４のステップＳ１０の処理を実行する前に、初期処理として、サーバ２０から受信した制御モデル１６に対応付けられている指定情報が、自身の作業ロボット３０の識別番号と一致するか否かを判定する。指定情報と作業ロボット３０の識別番号が一致する場合のみ、すなわち、指定情報が自身の作業ロボット３０を指定している場合のみ、CPU 36 Aは図４に示す作業ロボット３０の制御処理を実行する。なお、各々の作業ロボット３０の不揮発性メモリ３６Ｃには、自身の識別番号が対応付けられた制御モデル１６と仮想空間データ１１が記憶されている。

[0062] まず、ステップＳ１０において、CPU 36 AはLiDAR 33 Cを制御して、作業ロボット３０の周辺画像を取得する。なお、CPU 36 Aはカメラ３３Ａを制御して、作業ロボット３０の周辺画像を取得してもよい。

[0063] ステップＳ２０において、CPU 36 AはステップＳ１０によって取得した周辺画像に対して公知の画像解析手法を適用し、どの方向に何があるのかといった周辺環境の認識を行う。工作機械４Ａ、物品棚４Ｂ、及び作業ロボット３０といった工場４０内にある物体の形状データは仮想空間データ１１に予め含まれている。したがって、CPU 36 Aは、周辺画像に含まれる物体の形状と物体の形状データを比較することで、LiDAR 33 Cから照射したレーザー光の到達範囲にある物体の種類、位置、及び向きを特定できるようになるため、工場４０内の地図を作成することができる。

[0064] ステップＳ３０において、CPU 36 Aは、ステップＳ２０によって作成した地図を参照しながら、制御モデル１６に状態情報を入力することによって得られる制御内容に従って移動ユニット３２を制御し、作業ロボット３０をシミュレーションによって設定された目標位置に向かって移動させる。本実施形態では、一例として目標位置を工作機械４Ａに設定し、工作機械４Ａで生産された部品に対して、複数の作業ロボット３０が連携して組み立て、加工、及び運搬といった作業を行う例について説明するが、目標位置は物品

棚 4 B や他の場所であってもよい。目標位置を工作機械 4 A に設定するとは、アーム 3 1 の到達範囲内に工作機械 4 A で生産された部品が含まれるような位置を目標位置にすることである。

[0065] 目標位置は、制御モデル 1 6 及び仮想空間データ 1 1 と共にサーバ 2 0 から受信した位置情報の一例であり、シミュレーションデータに含まれる。

[0066] 制御モデル 1 6 に入力する状態情報には、例えば作業ロボット 3 0 の移動方向及び移動速度といった作業ロボット 3 0 自身の動作や内部状態を表す情報が含まれる。

[0067] CPU 3 6 A は通信部 3 5 を制御して、他の作業ロボット 3 0 の各々から状態情報を取得し、他の作業ロボット 3 0 の状態情報を自身の作業ロボット 3 0 の状態情報と共に制御モデル 1 6 に入力することによって得られる制御内容に従って移動ユニット 3 2 を制御してもよい。自身の作業ロボット 3 0 の状態情報に加えて他の作業ロボット 3 0 の状態情報を制御モデル 1 6 に入力することにより、自身の作業ロボット 3 0 の状態情報だけを用いて作業ロボット 3 0 の制御を行う場合と比較して、他の作業ロボット 3 0 と衝突せずに目標位置に至る移動経路を精度よく設定できるようになる。

[0068] なお、CPU 3 6 A は、自身の作業ロボット 3 0 の状態情報を制御モデル 1 6 に入力せず、他の作業ロボット 3 0 の状態情報だけを制御モデル 1 6 に入力することによって得られる制御内容に従って移動ユニット 3 2 を制御してもよい。

[0069] 周辺画像及び地図のように、作業ロボット 3 0 に備えられたセンサ 3 3 によって取得された情報、及びセンサ 3 3 によって取得された情報から作成される情報は、作業ロボット 3 0 が認識している内部状態を表す。したがって、周辺画像及び地図等の情報も作業ロボット 3 0 の状態を表す状態情報の一例である。

[0070] ステップ S 4 0 において、CPU 3 6 A は超音波センサ 3 3 B を制御して、作業ロボット 3 0 を移動させながら他の物体との距離を計測し、他の物体と衝突する可能性を判定する。CPU 3 6 A は、カメラ 3 3 A 又は L i D A

R 3 3 Cを用いて撮影した周辺画像を用いて他の物体と衝突する可能性を判定してもよいが、周辺画像から他の物体との距離を計測するよりも超音波を用いて他の物体との距離を計測した方がC P U 3 6 Aの負荷が軽減される。したがって、超音波センサ 3 3 Bを用いて他の物体と衝突する可能性を判定する方が好ましい。

[0071] ステップS 5 0において、C P U 3 6 Aは、他の物体と衝突する可能性があるかと判定した場合にはステップS 6 0に移行する。

[0072] ステップS 6 0において、C P U 3 6 Aは、他の物体と衝突しないように移動経路を修正してステップS 7 0に移行する。

[0073] 一方、ステップS 5 0において、他の物体と衝突する可能性はないと判定した場合にはステップS 6 0の処理を実行することなくステップS 7 0に移行する。

[0074] ステップS 7 0において、C P U 3 6 Aは、作業ロボット 3 0がシミュレーションによって設定された目標位置に到着したか否かを判定する。目標位置に到着したか否かの判定は、例えば移動先となる工作機械 4 Aや物品棚 4 Bとの距離、及び周辺画像に含まれる工作機械 4 Aや物品棚 4 Bの向きによって判定される。

[0075] C P U 3 6 Aは周辺画像から作成した地図を用いて、シミュレーションデータに含まれる仮想工場内に設定された三次元座標と同じ三次元座標を工場 4 0内に設定し、三次元座標における作業ロボット 3 0の座標点から目標位置に到着したか否かを判定してもよい。

[0076] また、C P U 3 6 Aは地図がない場合であっても、自身の作業ロボット 3 0の移動方向及び移動距離から工場 4 0内における作業ロボット 3 0の位置を特定して、作業ロボット 3 0が目標位置に到着したか否かを判定してもよい。

[0077] また、例えば床面の各々の箇所に工場 4 0内の位置情報を表すバーコードや文字列を表示しておき、C P U 3 6 Aが作業ロボット 3 0に備えられたカメラ 3 3 Aやバーコードリーダーによって位置情報を読み取ることで、作業

ロボット 30 が目標位置に到着したか否かを判定してもよい。

[0078] また、CPU 36 A は、例えば柱のように位置が固定されている位置基準点をカメラ 33 A によって認識し、認識した位置基準点に対して予め設定されている位置情報を用いて、作業ロボット 30 が目標位置に到着したか否かを判定してもよい。位置基準点となる物体の位置情報は、例えば不揮発性メモリ 36 C に予め記憶しておけばよい。

[0079] ローカルネットワーク 3 として、ローカル 5 G やローカル 6 G のようにリアルタイム制御を目的としたネットワークが用いられている場合、CPU 36 A は、送信時刻を含んだデータを作業ロボット 30 から送信し、ローカルネットワーク 3 内の各々のアクセスポイント（図示省略）におけるデータの受信時刻の差分から作業ロボット 30 の位置を計測することによって、作業ロボット 30 が目標位置に到着したか否かを判定してもよい。

[0080] まだ目標位置に到着していないと判定した場合、ステップ S 10 に移行し、移動先において新たな周辺画像を取得する。ステップ S 70 の判定処理において目標位置に到着したと判定されるまでステップ S 10 ～ステップ S 70 の処理を繰り返し実行することにより、CPU 36 A は移動ユニット 32 を制御して、周辺環境を認識しながら他の物体と衝突しないように目標位置に向かって自律的に作業ロボット 30 を移動させる。

[0081] ステップ S 70 の判定処理において目標位置に到着したと判定された場合には、ステップ S 80 に移行する。この場合、作業ロボット 30 は、アーム 31 の到達範囲内に部品の供給場所が含まれる位置まで移動したことになる。

[0082] アーム 31 を用いて部品に対する作業を行う場合、CPU 36 A が制御内容に基づいてアーム 31 を正確に移動させたとしても、移動ユニット 32 が目標位置からずれてしまった場合、全体から見れば指定位置にアーム 31 が移動していないことになる。したがって、ステップ S 80 において、CPU 36 A はアーム 31 を制御する場合、アーム 31 を動作させても移動ユニット 32 が目標位置からずれないように移動ユニット 32 を床面に固定する。

- [0083] 具体的には、CPU36Aは、移動ユニット32の回転体32Aをブレーキによってロックして、移動ユニット32を床面に固定してもよい。また、CPU36Aは、床面を作業ロボット30に設けられた吸着盤（図示省略）で床面を吸着して、移動ユニット32を床面に固定してもよい。例えばCPU36Aは、アーム31の先端に装着した吸着盤を床面に押し付けて作業ロボット30を床面に固定するようにアーム31を制御してもよい。
- [0084] また、CPU36Aは、例えば床面や工作機械4Aに設けられている固定金具に、作業ロボット30のフック（図示省略）を引っ掛けることによって移動ユニット32を床面に固定してもよい。更に、CPU36Aは、アーム31の先端に装着したロボットハンドによって当該固定金具をつかんで作業ロボット30を床面に固定するようにアーム31を制御してもよい。
- [0085] 更に、CPU36Aは、回転体32Aのブレーキ、吸着盤、フック、及びアーム31の少なくとも2つ以上を組み合わせることで作業ロボット30を床面に固定してもよい。
- [0086] こうした作業ロボット30の固定方法では作業ロボット30を水平方向にずれないようにすることができる。しかしながら、アーム31は三次元動作を行うため、水平方向だけでなく上下方向にも作業ロボット30の位置がずれないようにすることが好ましい。
- [0087] そのために、CPU36Aは移動ユニット32を制御して、移動ユニット32の内部に収納されている支柱32Bを、回転体32Aが床面から離れるまで床面に向かって伸ばし、支柱32Bによって作業ロボット30を支えるようにしてもよい。床面との摩擦力を確保するため、回転体32Aの周囲がゴム等の弾性体によって覆われている場合があるが、こうした場合、弾性体の影響により、作業ロボット30が上下方向に振動することがある。しかしながら、支柱32Bによって作業ロボット30を支えることにより、回転体32Aを覆う弾性体が床面に触れないようになるため、上下方向の振動を抑制することができる。なお、本実施形態に係る上下方向とは床面と直交する方向を表す。また、「直交」とは必ずしも90度で交差する必要はなく、9

0度を含む予め定めた範囲内の角度で交差することをいう。図5は、支柱32Bを用いて作業ロボット30を床面に固定した一例を示す図である。

[0088] なお、複数の作業ロボット30が連携しながら作業を行う場合、作業ロボット30の絶対位置を固定しなくても、他の作業ロボット30との相対位置が変化しなければ、作業ロボット30が目標位置からずれてもアーム31を指定位置に移動させることができる。

[0089] したがって、CPU36Aは、例えば超音波センサ33Bによって他の作業ロボット30との距離を計測し、当該距離が変化しないように移動ユニット32を制御してもよい。

[0090] また、CPU36Aは、カメラ33Aによってマーカー8の画像を取得して、連携して作業を行っている他の作業ロボット30をマーカー8に含まれる識別番号を表す情報によって特定する。その上で、CPU36Aは、撮影した作業ロボット30におけるマーカー8の大きさが変化しないように移動ユニット32を制御してもよい。

[0091] こうした移動ユニット32に対する制御により、他の作業ロボット30との相対位置を変化させないようにすることができる。

[0092] 移動ユニット32を床面に固定した後、図4のステップS90において、CPU36Aは通信部35を制御して、他の作業ロボット30の状態情報を取得する。

[0093] ステップS100において、CPU36Aは自身の作業ロボット30の状態情報を取得する。具体的には、CPU36Aは、カメラ33A又はLiDAR33Cを用いて周辺画像を取得すると共に、アーム31の位置情報を取得する。

[0094] ステップS110において、CPU36Aは、ステップS90によって取得した他の作業ロボット30の状態情報と、ステップS100によって取得した自身の作業ロボット30の状態情報を制御モデル16に入力して、取得した状態情報によって表される状態の下で、作業ロボット30が行うべき動作を実現するための制御内容を生成する。また、CPU36Aは、生成され

た制御内容から実行中の工程を特定する。例えば１つのアーム３１でねじをつかんで、残りのアーム３１でねじを回転させる制御内容であれば、実行中の工程をねじ止め工程と特定する。この場合、ＣＰＵ３６Ａは、アーム３１の装着部にねじ止めを行うドライバーを装着する。このように、ＣＰＵ３６Ａは、工程と当該工程にて使用する工具３９との対応関係を予め規定した工程表を参照し、特定した工程に応じてアーム３１の装着部に装着する工具３９を切り替える制御を行う。工程表は、例えば不揮発性メモリ３６Ｃに予め記憶しておけばよい。

[0095] 図６に示すように、例えば移動ユニット３２に複数種類の工具３９を取り付けておけば、ＣＰＵ３６Ａは、移動ユニット３２に取り付けられている複数種類の工具３９の中から、特定した工程に応じて工具３９を選択することができる。すなわち、人が作業に必要な工具を工作機械４Ａ周辺に予め配置しておかなくても、作業ロボット３０は指示された作業を実行することができる。なお、必ずしも移動ユニット３２の作業面３２Ｃに工具３９を取り付けておく必要はなく、例えば移動ユニット３２の側面に取り付けてもよい。

[0096] 作業工程の特定方法はこれに限られず、制御モデル１６が入力された状態情報に対して作業工程を出力するようにしてもよい。また、制御モデル１６が入力された状態情報に対してアーム３１の装着部にドライバーを装着するといった、作業工程に応じた制御内容を生成してもよい。また、ＣＰＵ３６Ａは、ステップＳ１００によって取得した周辺画像から部品の位置及び形状、並びに、他の作業ロボット３０のアーム３１の先端位置、角度、及び装着されている工具３９の種類等から実行中の作業の工程を特定してもよい。周辺画像からも作業工程を特定することによって、制御モデル１６によって生成された制御内容だけから作業工程を特定するよりも、作業工程の特定精度を向上させることができる。

[0097] 上記では他の作業ロボット３０の状態情報と、自身の作業ロボット３０の状態情報を制御モデル１６に入力して、作業ロボット３０が行うべき動作を実現するための制御内容を生成した。しかしながら、これは一例であり、他

の作業ロボット30の状態情報、又は自身の作業ロボット30の状態情報を制御モデル16に入力して、作業ロボット30の制御内容を生成してもよい。

[0098] 図4のステップS120において、CPU36Aは、ステップS110によって生成された制御内容に従って、アーム31の位置及びアーム31の動作タイミングを制御し、他の作業ロボット30と連携して指示された作業を実行する。例えばマーカ8を用いた作業ロボット30の位置制御を行っている場合、CPU36Aは、カメラ33Aによって他の作業ロボット30におけるマーカ8の画像を取得し、マーカ8の大きさ、位置、及び形状といった見え方に関する情報を用いて、自身の作業ロボット30に対する他の作業ロボット30の相対位置を定期的に把握しながらアーム31の位置を制御し、他の作業ロボット30と連携して指示された作業を実行してもよい。具体的には、CPU36Aは、アーム31の位置情報を用いてマーカ8の位置を基準としたアーム31の位置を取得し、取得したマーカ8とアーム31の相対距離を参照しながら目的位置にアーム31を移動させる。アーム31の位置情報は、作業ロボット30の位置情報及びアーム31の駆動量から得られる。

[0099] なお、作業ロボット30には部品を配置することができる作業面32Cが設けられているため、人が工場40内に作業台を予め用意しなくても、作業ロボット30は作業台が必要になる作業を作業面32C上で行うことができる。この場合、CPU36Aは、作業面32Cに配置した部品に対して指示された作業を行うようにアーム31を制御する。部品を配置する作業面32Cは必ずしも平面である必要はなく、例えば凹凸部分や曲面部分があってもよい。例えば作業対象の部品の形状が球形をしていたとしても、作業面32Cに半円状の窪みがあれば、半円状の窪みに球形の部品を配置することにより、作業面32Cに球形の部品を配置することができる。

[0100] CPU36Aは、作業面32に部品を配置する場合、部品をアーム31でつかんで作業面32に配置する制御の他、作業面32の指定された位置に部

品を配置するための治具をアーム 3 1 でつかみ、当該治具によって部品を作業面 3 2 の指定された位置に配置する制御を行ってもよい。更に、CPU 3 6 A は、作業面 3 2 に配置した部品を固定する固定具をアーム 3 1 でつかみ、当該固定具によって部品を作業面 3 2 に固定する制御を行ってもよい。

[0101] ステップ S 1 3 0 において、CPU 3 6 A は、指示された作業が終了したか否かを判定する。例えば CPU 3 6 A は、制御モデル 1 6 によって生成された制御内容が作業終了を表している場合に、指示された作業が終了したと判定すればよい。指示された作業が終了していない場合にはステップ S 9 0 に移行する。ステップ S 1 3 0 の判定処理において指示された作業が終了したと判定されるまで、ステップ S 9 0 ～ステップ S 1 3 0 の処理を繰り返し実行することにより、CPU 3 6 A は、逐次取得した状態情報を制御モデル 1 6 に入力し、制御モデル 1 6 から出力される制御内容に従ってアーム 3 1 を制御して、他の作業ロボット 3 0 と連携して指示された作業を実行する。

[0102] 図 7 は、他の作業ロボット 3 0 と連携して部品を組み立てる作業ロボット 3 0 の一例を示す図である。

[0103] 一方、ステップ S 1 3 0 の判定処理において指示された作業が終了したと判定された場合には、ステップ S 1 4 0 に移行する。

[0104] 作業ロボット 3 0 の現在の位置での作業が終了したことから、ステップ S 1 4 0 において、CPU 3 6 A は、ステップ S 8 0 にて行った移動ユニット 3 2 の固定を解除して、作業ロボット 3 0 が移動できるようにする。

[0105] ステップ S 1 5 0 において、CPU 3 6 A は、サーバ 2 0 から指示された後続の作業があるか否かを判定する。後続の作業がある場合にはステップ S 1 0 に移行する。CPU 3 6 A は、次の場所に移動して作業ロボット 3 0 に後続の作業を実行させるため、ステップ S 1 0 ～ステップ S 1 5 0 の処理を繰り返し実行する。これにより、ステップ S 1 5 0 の判定処理によって後続の作業はないと判定されるまで、作業ロボット 3 0 は、後続の作業が行われる目標位置への移動、及び目標位置での作業を実行する。

[0106] ステップ S 1 5 0 の判定処理において後続の作業はないと判定された場合

、CPU36Aは、予め定めた作業ロボット30の待機場所まで移動して図4に示す作業ロボット30の制御処理を終了する。

[0107] このように、本実施形態に係る作業ロボット30は、ユーザが作業ロボット30に指示した作業内容にあわせて、例えば作業台や工具39といった作業環境を予め構築しておかなくても、シミュレーション装置10によって生成されたシミュレーションデータを用いて自律的に製品を生産することができる。したがって、各工場40における各々の作業ロボット30の作業空間の間取りや工作機械4Aや物品棚4Bの位置が標準化され、作業ロボット30が同じ作業空間で指示された作業を行う場合、工場40毎に作業ロボット30の動作のシミュレーションを実施しなくても1度だけシミュレーションを実施すれば、例えば世界中に存在する標準化された工場40において同時に製品を生産することができる。

[0108] ユーザは、シミュレーション装置10を用いて世界の工場40用にシミュレーションデータを生成し、各々の工場40のサーバ20にシミュレーションデータを送信すれば、少量多品種の製品であっても、同じ期間に複数の場所で同じ製品を生産することができる。これにより、多様化する製品ニーズに、迅速に対応することができる。

[0109] 上記に示した実施形態では、サーバ20が工場40内の予め定められた場所に設置されている例について説明したが、作業ロボット30の移動に伴ってサーバ20の設置場所を移動させてもよい。具体的には、移動ユニット32にサーバ20の機能を搭載した移動式のサーバロボット（図示省略）を用いる。サーバロボットは移動ロボットの一例であり、作業ロボット30のように部品に対する作業を行わないためアーム31は不要である。

[0110] 作業システム1に移動式のサーバロボットを導入した場合、作業ロボット30の移動に伴って作業ロボット30との通信状態が良好に行える位置まで移動できる。これにより、例えばブルートゥース（登録商標）のように通信距離が見通し距離に制限されるような通信形態をローカルネットワーク3に用いる場合、サーバ20の位置を固定しておくよりも作業ロボット30の移

動範囲が広がる。

[0111] なお、何れか1台の作業ロボット30にサーバ20の機能を搭載してもよい。この場合、サーバロボットは不要となる。

[0112] また、作業システム1における作業ロボット30の種類は、必ずしも同じ種類である必要はなく、種類が異なってもよい。すなわち、作業システム1では、アーム31の本数やセンサ33の種類が異なる汎用の作業ロボット30が連携して指示された作業を実行してもよい。また、部品に穴をあける専門の作業ロボット30、及びねじ止め専門の作業ロボット30というように、特定の作業に特化した作業ロボット30同士が連携しながら指示された作業を実行してもよい。

[0113] <作業ロボット30の連結>

図4に示した作業ロボット30の制御処理では、目標位置に到着した各々の作業ロボット30が個別に連携して指示された作業を実行する例について説明したが、目標位置において各々の作業ロボット30が連結して指示された作業を実行した方がよい場合がある。

[0114] そのため、作業ロボット30は、他の作業ロボット30と連結可能な連結部5を移動ユニット32に備える。

[0115] 図8は、連結部5を備えた作業ロボット30の一例を示す図である。作業ロボット30における移動ユニット32の対向する側面には、それぞれ雌コネクタを備えた第1連結部5Aと雄コネクタを備えた第2連結部5Bが存在する。第1連結部5Aと第2連結部5Bは嵌合可能な構造を有し、嵌合後は一方の作業ロボット30が移動すればそれに伴い他方の作業ロボット30も追従して移動できるように、互いの第1連結部5Aと第2連結部5B同士を機械的にロックするロック機構6を備えている。ロック機構6はCPU36Aの制御によってロック開始及びロック解除が行われる。以降では、第1連結部5Aと第2連結部5Bを総称して「連結部5」という。連結部5では電源、及び電氣的信号のやりとりも実施する場合がある。

[0116] また、連結部5には、互いの作業ロボット30の連結部5が正しい位置に

来なければ嵌合できないような形状に加工した位置決め部 7 が存在する。第 2 連結部 5 B の位置決め部 7 は、例えば第 1 連結部 5 A との接触面から突起した形状となっており、第 1 連結部 5 A の位置決め部 7 は、例えば第 2 連結部 5 B の位置決め部 7 における突起が収まるように第 2 連結部 5 B との接触面から窪んだ形状となっている。したがって、第 1 連結部 5 A における位置決め部 7 の窪みに、第 2 連結部 5 B における位置決め部 7 の突起が嵌合しなければ、第 1 連結部 5 A と第 2 連結部 5 B が連結できないようになっている。

[0117] 図 8 に示した作業ロボット 30 の連結部 5 には、それぞれ 2 つの雌コネクタ及び雄コネクタが設けられているが、連結部 5 における雌コネクタ及び雄コネクタの数に制約はない。また、必ずしも移動ユニット 32 に連結部 5 を設ける必要はなく、胴体部が存在する作業ロボット 30 であれば胴体部等の他の場所に連結部 5 を設けてもよい。また、移動ユニット 32 に連結部 5 を設ける場合、移動ユニット 32 の対向する側面ではなく、例えば移動ユニット 32 の隣り合う側面に第 1 連結部 5 A と第 2 連結部 5 B を設けてもよい。

[0118] 説明の便宜上、以降に示す図 9 ～図 11 では、連結部 5 におけるロック機構 6 及び位置決め部 7 の符号記載を省略する。

[0119] 図 9 は、2 台の作業ロボット 30 が連結部 5 によって連結した状態例を示す図である。図 9 に示すように、CPU 36 A は、他の作業ロボット 30 と連結した状態で指示された作業を実行するように、アーム 31 及び移動ユニット 32 の制御を行ってもよい。他の作業ロボット 30 と連結するか否かは、制御モデル 16 から出力される制御内容に従う。

[0120] 複数の作業ロボット 30 が連結することによって、特定の作業ロボット 30 の CPU 36 A が、連結している他の作業ロボット 30 から連結部 5 を通じて指示を受け付け、受け付けた指示に従って、自身の作業ロボット 30 のアーム 31 及び移動ユニット 32 を制御してもよい。また、複数の作業ロボット 30 が連結することによって、特定の作業ロボット 30 の CPU 36 A が、連結している他の作業ロボット 30 から連結部 5 を通じて他の作業ロボ

ット３０で取得されたセンサ３３の計測値を受け付け、受け付けたセンサ３３の計測値に従って、自身の作業ロボット３０のアーム３１及び移動ユニット３２を制御してもよい。更に、複数の作業ロボット３０が連結することによって、特定の作業ロボット３０が、連結している他の作業ロボット３０から連結部５を通じて電力を受電し、自身の作業ロボット３０のバッテリー３４を充電してもよい。

[0121] この場合、特定の作業ロボット３０は、連結によって隣り合う他の作業ロボット３０からだけでなく、隣り合う他の作業ロボット３０を通じて連結しているすべての作業ロボット３０から指示、センサ３３の計測値、及び電力を受け付けることができる。特定の作業ロボット３０は、連結した複数の作業ロボット３０から指示、センサ３３の計測値、及び電力を受け付ける他の作業ロボット３０を指定し、指定した他の作業ロボット３０から指示、センサ３３の計測値、及び電力を受け付ける。

[0122] このように、複数の作業ロボット３０が連結することによって、個々の作業ロボット３０が連結することなく単に集まっただけでは対応できない作業を実行することができる。

[0123] 図１０は、工作機械４Ａの前で複数の作業ロボット３０が連結している例を示す図である。各々の作業ロボット３０は、隣り合う作業ロボット３０の移動ユニット３２における作業面３２Ｃが連続するように連結することにより、作業ロボット３０の連結方向に沿って、工作機械４Ａから延びた生産ラインを構築する。

[0124] 各々の作業ロボット３０のＣＰＵ３６Ａは、アーム３１を用いて工作機械４Ａで生産された部品に対してそれぞれ指示された作業を行いながら、隣り合う作業ロボット３０のアーム３１間で作業済みの部品を受け渡す制御を行う。これにより、作業ロボット３０の連結方向に沿って部品が上流から下流に搬送される。作業ロボット３０の連結方向に沿った上流とは、工作機械４Ａに近づく位置を表し、作業ロボット３０の連結方向に沿った下流とは、工作機械４Ａから遠ざかる位置を表す。特定の作業ロボット３０からみて下流

にある隣り合った作業ロボット30を、「後段の作業ロボット30」ともいう。

[0125] 各々の作業ロボット30の作業面32Cが連続することから、連結方向に沿って生産ラインが構築される。したがって、各々の作業ロボット30のCPU36Aは、作業面32Cに部品を配置して指示された作業を行い、作業面32Cに配置された作業済みの部品をアーム31で下流側に押し出すことによって、作業ロボット30の連結方向に沿って部品を搬送してもよい。

[0126] なお、連結した各々の作業ロボット30は、部品を作業面32Cに配置することなく、部品をアーム31でつかんだまま指示された作業を行い、下流の作業ロボット30のアーム31との間で作業済みの部品を空中で受け渡しすることによって、作業ロボット30の連結方向に沿って部品を搬送してもよい。

[0127] 作業ロボット30が連結した状態で連結方向に部品を搬送することにより、作業ロボット30が移動しなくても作業を行いながら部品の運搬を行うことができる。すなわち、作業ロボット30を用いることによって、工場40内の状況に応じた生産ラインを柔軟に構築することができる。

[0128] 連結した作業ロボット30のうち、最下流に位置する作業ロボット30、すなわち、生産ラインの最終段を構成する作業ロボット30のCPU36Aは、部品に対する作業を終えた後、連結部5において自身の作業ロボット30を他の作業ロボットから切り離し、部品を指定された位置まで運搬するように移動ユニット32を制御してもよい。このように生産ラインの最終段の作業ロボット30は、自律走行搬送ロボット (Autonomous Mobile Robot: AMR) として機能することがある。

[0129] 図11は、複数の作業ロボット30によって構成された生産ラインの最終段に位置する作業ロボット30がAMRとして機能している例を示す図である。

[0130] AMRとして機能する作業ロボット30は、アーム31によって部品を空中でつかんだ状態、又は作業面32Cに配置した部品の位置がずれないように

に部品をアーム 3 1 で押さえつけた状態で部品を運搬する。

[0131] このように、複数の作業ロボット 3 0 によって構成された生産ラインの最終段に位置する作業ロボット 3 0 が A M R として機能することによって、生産ラインを維持したまま作業済みの部品を目標位置まで運搬することができる。また、目標位置を変更すれば、部品毎に部品の搬送先を変更することができる。A M R として部品を搬送し終えた作業ロボット 3 0 は再び生産ラインの最終段に連結して、次の部品の搬送を行う。

[0132] なお、上記では、制御モデル 1 6 に状態情報を入力することによって得られる制御内容に従って自律的に動作する作業ロボット 3 0 の例について説明したが、作業ロボット 3 0 が自律動作を行う上で、制御モデル 1 6 は必ずしも必須な要素ではない。

[0133] 例えば作業ロボット 3 0 は、サーバ 2 0 の指示で所定の位置に動き、取得した状態情報をサーバ 2 0 に送信し、サーバ 2 0 が受信した状態情報から作業ロボット 3 0 の制御内容を生成してもよい。サーバ 2 0 は生成した制御内容を、状態情報の送信元である作業ロボット 3 0 に送信する。制御内容を受信した作業ロボット 3 0 は、受信した制御内容に従ってアーム 3 1 及び移動ユニット 3 2 の制御を行う。アーム 3 1 及び移動ユニット 3 2 の制御を行う間も、作業ロボット 3 0 は、状態情報を定期的に取り得し、取得した状態情報を用いてサーバ 2 0 から受信した制御内容を補正して、アーム 3 1 及び移動ユニット 3 2 の制御を行う。例えばサーバ 2 0 から受信した制御内容に従って移動すると他の作業ロボット 3 0 と衝突する可能性がある状態情報から判断できる場合、作業ロボット 3 0 における C P U 3 6 A は制御内容を補正して、サーバ 2 0 から受信した制御内容によって指示された移動ルートよりも衝突の可能性が低い移動ルートを選択する。こうした制御も作業ロボット 3 0 による自律制御の一例である。

[0134] 以上、実施形態を用いて作業システム 1 及び作業ロボット 3 0 の一形態について説明したが、開示した形態は一例であり、作業システム 1 及び作業ロボット 3 0 の形態は実施形態に記載の範囲に限定されない。本開示の要旨を

逸脱しない範囲で実施形態に多様な変更又は改良を加えることができ、当該変更又は改良を加えた作業システム 1 及び作業ロボット 30 の形態も開示の技術的範囲に含まれる。

[0135] 例えば本開示の要旨を逸脱しない範囲で図 4 に示したフローチャートにおける内部の処理順序を変更してもよい。

[0136] 上記の実施形態では、一例として、図 4 に示した制御処理をソフトウェアで実現する形態について説明した。しかしながら、制御処理のフローチャートと同等の処理をハードウェアで実行させるようにしてもよい。この場合、制御処理をソフトウェアで実現した場合と比較して処理の高速化が図られる。

[0137] また、上記の実施形態では、不揮発性メモリ 36C に制御プログラム 37 が記憶されている例について説明した。しかしながら、制御プログラム 37 の記憶先は不揮発性メモリ 36C に限定されない。制御プログラム 37 は、コンピュータで読み取り可能な記憶媒体に記録された形態で提供することも可能である。

[0138] 例えば制御プログラム 37 を CD-ROM (Compact Disk Read Only Memory)、DVD-ROM (Digital Versatile Disk Read Only Memory)、及びブルーレイディスクのような光ディスクに記録した形態で提供してもよい。また、制御プログラム 37 を、USB (Universal Serial Bus) メモリ及びメモリカードのような可搬型の半導体メモリに記録した形態で提供してもよい。不揮発性メモリ 36C、CD-ROM、DVD-ROM、ブルーレイディスク、USB、及びメモリカードは非一時的 (non-transitory) 記憶媒体の一例である。

[0139] 更に、制御部 36 は通信部 35 を通じて、サーバ 20 から制御プログラム 37 をダウンロードし、ダウンロードした制御プログラム 37 を不揮発性メモリ 36C に記憶してもよい。サーバ 20 は、例えばシミュレーション装置 10 のように、広域ネットワーク 2 に接続された外部機器から制御プログラ

ム 37 をダウンロードする。

[0140] 本開示に記載の制御部及びその手法は、コンピュータプログラムにより具体化された一つ乃至は複数の機能を実行するようにプログラムされたプロセッサを構成する専用コンピュータにより、実現されてもよい。あるいは、本開示に記載の装置及びその手法は、専用ハードウェア論理回路によってプロセッサを構成する専用コンピュータにより、実現されてもよい。もしくは、本開示に記載の装置及びその手法は、コンピュータプログラムを実行するプロセッサと一つ以上のハードウェア論理回路との組み合わせにより構成された一つ以上の専用コンピュータにより、実現されてもよい。また、コンピュータプログラムは、コンピュータにより実行されるインストラクションとして、コンピュータ読み取り可能な非遷移有形記録媒体に記憶されていてもよい。

[0141] 以下に本実施形態に係る付記を示す。

[0142] (付記 1)

物品に対して指示された動作を行う少なくとも 1 本のアーム (31) と、
床面を移動する移動ユニット (32) と、

他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部 (36) と、

を備えた作業ロボット (30)。

[0143] (付記 2)

前記物品の生産に関する情報を管理するサーバ (20) とデータ通信を行う通信部 (35) を備え、

前記制御部は、前記物品に対する作業内容を指示した指示情報と共に前記通信部を通じて前記サーバから取得した情報である、前記物品に対して作業を実行する作業ロボットを指定した指定情報が自身を指定している場合に、前記指定情報と対応付けられた前記指示情報に基づいて前記アーム及び前記

移動ユニットを制御する

付記 1 に記載の作業ロボット。

[0144] (付記 3)

前記制御部は、前記通信部を通じて前記サーバから取得した位置情報によって表される位置まで移動するように、前記移動ユニットを制御する

付記 2 に記載の作業ロボット。

[0145] (付記 4)

前記アーム及び前記移動ユニットの少なくとも一方に、前記制御部が前記他の作業ロボットとの衝突を回避するための制御に用いるセンサ (33) が取り付けられた

付記 3 に記載の作業ロボット。

[0146] (付記 5)

前記位置情報は製品に用いる前記物品の供給場所 (4A、4B) の位置であり、

前記制御部は、前記位置情報によって表される位置が前記アームの到達範囲内に含まれる位置まで移動するように前記移動ユニットを制御すると共に、前記物品に対する作業を前記他の作業ロボットと連携して実行するように前記アームを制御する

付記 4 に記載の作業ロボット。

[0147] (付記 6)

前記制御部は、前記アームを制御する場合、前記他の作業ロボットとの相対位置が変化しないように前記移動ユニットを制御する

付記 5 に記載の作業ロボット。

[0148] (付記 7)

前記制御部は、前記床面に沿った方向である水平方向だけでなく、前記床面と交差する方向である上下方向にも前記移動ユニットの位置がずれないように前記移動ユニットを制御する

付記 6 に記載の作業ロボット。

[0149] (付記 8)

前記アームの先端に複数種類の工具（39）の脱着が可能な装着部を備え、
前記制御部は、前記状態情報を用いて作業における実行中の工程を特定し、特定した工程に応じて前記装着部に装着する工具を切り替える制御を行う付記5～付記7の何れか1つに記載の作業ロボット。

[0150] (付記 9)

前記移動ユニットに複数種類の工具が取り付けられており、
前記制御部は、前記移動ユニットに取り付けられている複数種類の工具の中から、特定した工程に応じた工具を選択する制御を行う付記8に記載の作業ロボット。

[0151] (付記 10)

前記制御部は、前記センサによって得られた周囲の状況を表す周辺情報を用いて実行中の作業の工程を特定する付記9に記載の作業ロボット。

[0152] (付記 11)

前記移動ユニットは前記物品が配置可能な作業面（32C）を備え、
前記制御部は、前記作業面に配置した前記物品に対して作業を行うように前記アームを制御する付記5～付記10の何れか1つに記載の作業ロボット。

[0153] (付記 12)

前記移動ユニットは前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットと連結する連結部（5）を備え、
前記制御部は、前記移動ユニットが前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットと連結した状態で作業を実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する付記5～付記11の何れか1つに記載の作業ロボット。

[0154] (付記 13)

前記制御部は、前記物品に対する作業を行いながら、前記移動ユニットの連結方向に沿って前記物品を搬送するように前記アームを制御する

付記 12 に記載の作業ロボット。

[0155] (付記 14)

前記移動ユニットが、連結した前記移動ユニットの最終段を構成する場合、

前記制御部は、前記物品に対する作業を終えた後、前記移動ユニットを前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットから切り離し、前記物品を指定された位置まで運搬するように前記移動ユニットを制御する

付記 13 に記載の作業ロボット。

[0156] (付記 15)

前記移動ユニットは前記物品が配置可能な作業面を備えると共に、連結によって隣り合う前記移動ユニットにおける前記作業面が連続するように連結され、

前記制御部は、作業を終えた前記物品を、連結した後段の前記移動ユニットにおける前記作業面まで移動させるように前記アームを制御する

付記 14 に記載の作業ロボット。

[0157] (付記 16)

前記センサとして、周囲の物体の位置関係を 3 次元データとして取得する距離センサ (33A、33B、33C) が用いられた

付記 5 ～付記 15 の何れか 1 つに記載の作業ロボット。

[0158] (付記 17)

前記制御部は、前記他の作業ロボットの表面に設けられたマーカー (8) の画像を用いて、自身と前記他の作業ロボットとの相対位置を取得しながら前記アームの位置を制御することによって、前記物品に対する作業を前記他の作業ロボットと連携して実行する

付記 2 ～付記 16 の何れか 1 つに記載の作業ロボット。

[0159] (付記 18)

前記通信部は、作業ロボットが作業を行う空間を再現した仮想空間の下で前記物品に対する作業のシミュレーションを行う外部装置（１０）から前記サーバを通じて、前記状態情報を用いて前記物品に対する作業を行うための前記アーム及び前記移動ユニットの制御内容を生成する制御モデル（１６）を前記指示情報として受信し、

前記制御部は、更新される前記状態情報に対して前記制御モデルによって生成された制御内容に従って、前記アーム及び前記移動ユニットを制御する付記２～付記１７の何れか１つに記載の作業ロボット。

[0160]（付記１９）

物品に対して指示された動作を行う少なくとも１本のアーム（３１）と、床面を移動する移動ユニット（３２）と、を備えた作業ロボット（３０）に対して、

他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する処理をコンピュータ（３８）が実行する作業ロボットの制御方法。

[0161]（付記２０）

コンピュータ（３８）に、

物品に対して指示された動作を行う少なくとも１本のアーム（３１）と、床面を移動する移動ユニット（３２）と、を備えた作業ロボット（３０）に対して、

他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する処理を実行させるための作業ロボットの制御プログラム（３７）。

[0162]（付記２１）

物品に対して指示された動作を行う少なくとも１本のアーム（３１）と、床面を移動する移動ユニット（３２）と、を備えた作業ロボット（３０）に

対する制御処理を実行するようにコンピュータによって実行可能な制御プログラムを記憶した非一時的記憶媒体であって、

前記制御処理が、他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御するステップ

を含む非一時的記憶媒体。

[0163] (付記 2 2)

物品に対して指示された動作を行う少なくとも 1 本のアーム (3 1) と、床面を移動する移動ユニット (3 2) と、他の作業ロボット (3 0) の状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部 (3 6) と、を備えた複数の作業ロボット (3 0)、及び前記作業ロボットの各々とデータ通信を行う通信部 (2 4) を備え、前記物品の生産に関する情報を各々の前記作業ロボットに対して送信するサーバ (2 0)

を備えた作業システム (1)。

[0164] (付記 2 3)

前記サーバは前記通信部を通じて、前記物品に対する作業内容を指示した指示情報、及び前記物品に対して前記指示情報で指示した作業内容を実行させる前記作業ロボットを指定する指定情報を前記作業ロボットに送信し、

前記作業ロボットは、前記指定情報が自身を指定している場合に、前記指定情報と対応付けられた前記指示情報に基づいて前記アーム及び前記移動ユニットを制御する

付記 2 2 に記載の作業システム。

[0165] (付記 2 4)

前記作業ロボットの何れか 1 台に前記サーバが搭載され、前記サーバが前記作業ロボットと共に移動する

付記 2 2 又は付記 2 3 に記載の作業システム。

[0166] (付記 2 5)

前記アームを備えずに前記移動ユニットを備えた移動ロボットに前記サーバが搭載され、前記サーバが前記移動ロボットの移動に伴い移動する

付記 2 2 又は付記 2 3 に記載の作業システム。

[0167] (付記 2 6)

前記作業ロボットの各々及び前記サーバが配置された前記物品の作業拠点(40)における前記作業ロボットの作業空間が標準化され、前記物品の作業拠点が複数の場所に存在し、各々の作業拠点における前記作業ロボットが各々の作業拠点において前記物品に対する作業を同じ期間に開始する

付記 2 2 ～付記 2 5 の何れか 1 つに記載の作業システム。

請求の範囲

- [請求項1] 物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアーム（31）と、
床面を移動する移動ユニット（32）と、
他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部（36）と、
を備えた作業ロボット（30）。
- [請求項2] 前記物品の生産に関する情報を管理するサーバ（20）とデータ通信を行う通信部（35）を備え、
前記制御部は、前記物品に対する作業内容を指示した指示情報と共に前記通信部を通じて前記サーバから取得した情報である、前記物品に対して作業を実行する作業ロボットを指定した指定情報が自身を指定している場合に、前記指定情報と対応付けられた前記指示情報に基づいて前記アーム及び前記移動ユニットを制御する
請求項1に記載の作業ロボット。
- [請求項3] 前記制御部は、前記通信部を通じて前記サーバから取得した位置情報によって表される位置まで移動するように、前記移動ユニットを制御する
請求項2に記載の作業ロボット。
- [請求項4] 前記アーム及び前記移動ユニットの少なくとも一方に、前記制御部が前記他の作業ロボットとの衝突を回避するための制御に用いるセンサ（33）が取り付けられた
請求項3に記載の作業ロボット。
- [請求項5] 前記位置情報は製品に用いる前記物品の供給場所（4A、4B）の位置であり、
前記制御部は、前記位置情報によって表される位置が前記アームの

到達範囲内に含まれる位置まで移動するように前記移動ユニットを制御すると共に、前記物品に対する作業を前記他の作業ロボットと連携して実行するように前記アームを制御する

請求項 4 に記載の作業ロボット。

[請求項6] 前記制御部は、前記アームを制御する場合、前記他の作業ロボットとの相対位置が変化しないように前記移動ユニットを制御する

請求項 5 に記載の作業ロボット。

[請求項7] 前記制御部は、前記床面に沿った方向である水平方向だけでなく、前記床面と交差する方向である上下方向にも前記移動ユニットの位置がずれないように前記移動ユニットを制御する

請求項 6 に記載の作業ロボット。

[請求項8] 前記アームの先端に複数種類の工具（39）の脱着が可能な装着部を備え、

前記制御部は、前記状態情報を用いて作業における実行中の工程を特定し、特定した工程に応じて前記装着部に装着する工具を切り替える制御を行う

請求項 5 ～請求項 7 の何れか 1 項に記載の作業ロボット。

[請求項9] 前記移動ユニットに複数種類の工具が取り付けられており、前記制御部は、前記移動ユニットに取り付けられている複数種類の工具の中から、特定した工程に応じた工具を選択する制御を行う

請求項 8 に記載の作業ロボット。

[請求項10] 前記制御部は、前記センサによって得られた周囲の状況を表す周辺情報を用いて実行中の作業の工程を特定する

請求項 9 に記載の作業ロボット。

[請求項11] 前記移動ユニットは前記物品が配置可能な作業面（32C）を備え、

前記制御部は、前記作業面に配置した前記物品に対して作業を行うように前記アームを制御する

請求項 5 ～請求項 1 0 の何れか 1 項に記載の作業ロボット。

[請求項12] 前記移動ユニットは前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットと連結する連結部（5）を備え、

前記制御部は、前記移動ユニットが前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットと連結した状態で作業を実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する

請求項 5 ～請求項 1 1 の何れか 1 項に記載の作業ロボット。

[請求項13] 前記制御部は、前記物品に対する作業を行いながら、前記移動ユニットの連結方向に沿って前記物品を搬送するように前記アームを制御する

請求項 1 2 に記載の作業ロボット。

[請求項14] 前記移動ユニットが、連結した前記移動ユニットの最終段を構成する場合、

前記制御部は、前記物品に対する作業を終えた後、前記移動ユニットを前記他の作業ロボットにおける前記移動ユニットから切り離し、前記物品を指定された位置まで運搬するように前記移動ユニットを制御する

請求項 1 3 に記載の作業ロボット。

[請求項15] 前記移動ユニットは前記物品が配置可能な作業面を備えると共に、連結によって隣り合う前記移動ユニットにおける前記作業面が連続するように連結され、

前記制御部は、作業を終えた前記物品を、連結した後段の前記移動ユニットにおける前記作業面まで移動させるように前記アームを制御する

請求項 1 4 に記載の作業ロボット。

[請求項16] 前記センサとして、周囲の物体の位置関係を 3 次元データとして取得する距離センサ（3 3 A、3 3 B、3 3 C）が用いられた

請求項 5 ～請求項 1 5 の何れか 1 項に記載の作業ロボット。

- [請求項17] 前記制御部は、前記他の作業ロボットの表面に設けられたマーカ（8）の画像を用いて、自身と前記他の作業ロボットとの相対位置を取得しながら前記アームの位置を制御することによって、前記物品に対する作業を前記他の作業ロボットと連携して実行する
- 請求項2～請求項16の何れか1項に記載の作業ロボット。
- [請求項18] 前記通信部は、作業ロボットが作業を行う空間を再現した仮想空間の下で前記物品に対する作業のシミュレーションを行う外部装置（10）から前記サーバを通じて、前記状態情報を用いて前記物品に対する作業を行うための前記アーム及び前記移動ユニットの制御内容を生成する制御モデル（16）を前記指示情報として受信し、
- 前記制御部は、更新される前記状態情報に対して前記制御モデルによって生成された制御内容に従って、前記アーム及び前記移動ユニットを制御する
- 請求項2～請求項17の何れか1項に記載の作業ロボット。
- [請求項19] 物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアーム（31）と、
- 床面を移動する移動ユニット（32）と、を備えた作業ロボット（30）に対して、
- 他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する処理をコンピュータ（38）が実行する作業ロボットの制御方法。
- [請求項20] コンピュータ（38）に、
- 物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアーム（31）と、
- 床面を移動する移動ユニット（32）と、を備えた作業ロボット（30）に対して、

他の作業ロボットの状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する処理を実行させるための作業ロボットの制御プログラム（37）。

[請求項21] 物品に対して指示された動作を行う少なくとも1本のアーム（31）と、床面を移動する移動ユニット（32）と、他の作業ロボット（30）の状態及び自身の状態の少なくとも一方を表す状態情報を用いて、前記他の作業ロボットと連携しながら前記物品に対する作業を自律的に実行するように前記アーム及び前記移動ユニットを制御する制御部（36）と、を備えた複数の作業ロボット（30）、及び前記作業ロボットの各々とデータ通信を行う通信部（24）を備え、前記物品の生産に関する情報を各々の前記作業ロボットに対して送信するサーバ（20）

を備えた作業システム（1）。

[請求項22] 前記サーバは前記通信部を通じて、前記物品に対する作業内容を指示した指示情報、及び前記物品に対して前記指示情報で指示した作業内容を実行させる前記作業ロボットを指定する指定情報を前記作業ロボットに送信し、

前記作業ロボットは、前記指定情報が自身を指定している場合に、前記指定情報と対応付けられた前記指示情報に基づいて前記アーム及び前記移動ユニットを制御する

請求項21に記載の作業システム。

[請求項23] 前記作業ロボットの何れか1台に前記サーバが搭載され、前記サーバが前記作業ロボットと共に移動する

請求項21又は請求項22に記載の作業システム。

[請求項24] 前記アームを備えずに前記移動ユニットを備えた移動ロボットに前記サーバが搭載され、前記サーバが前記移動ロボットの移動に伴い移

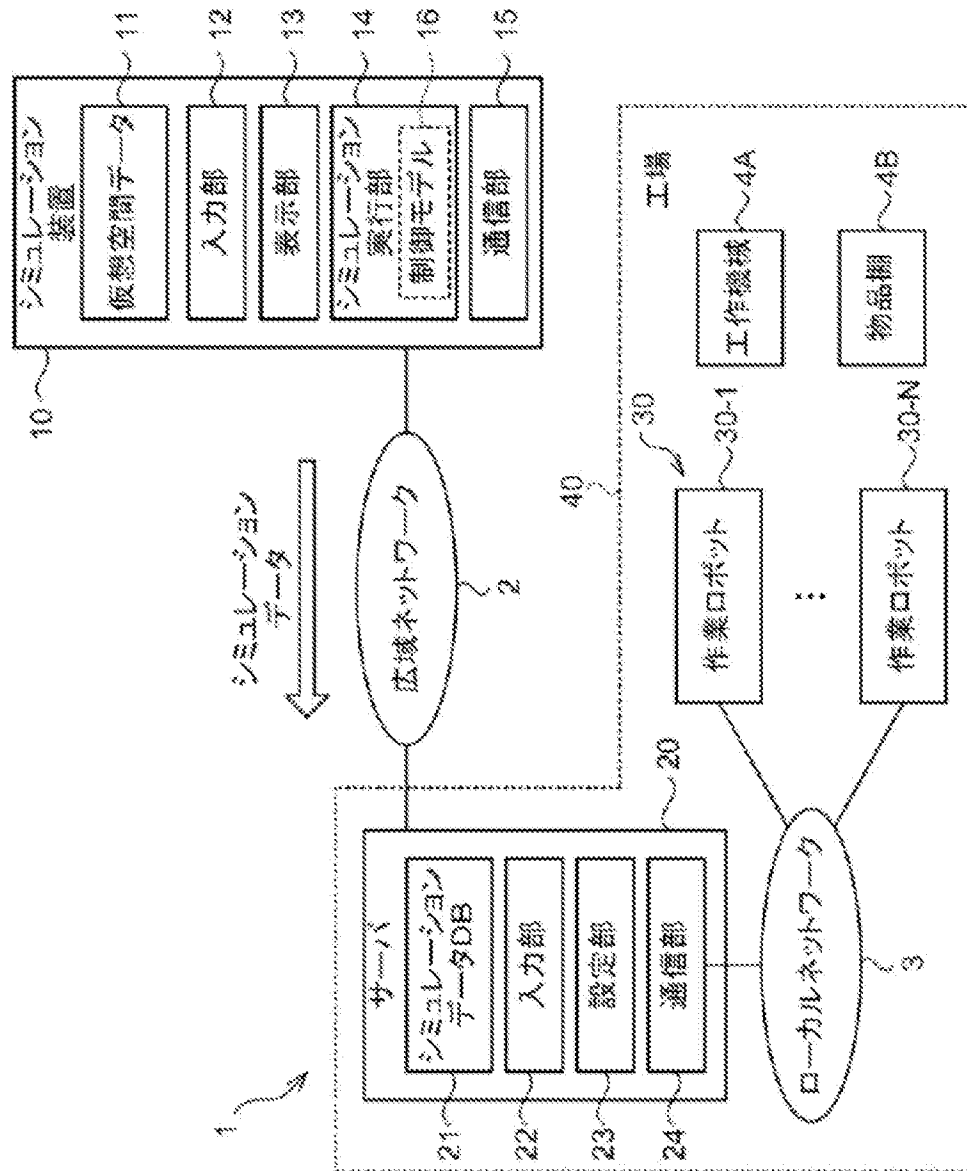
動する

請求項 2 1 又は請求項 2 2 に記載の作業システム。

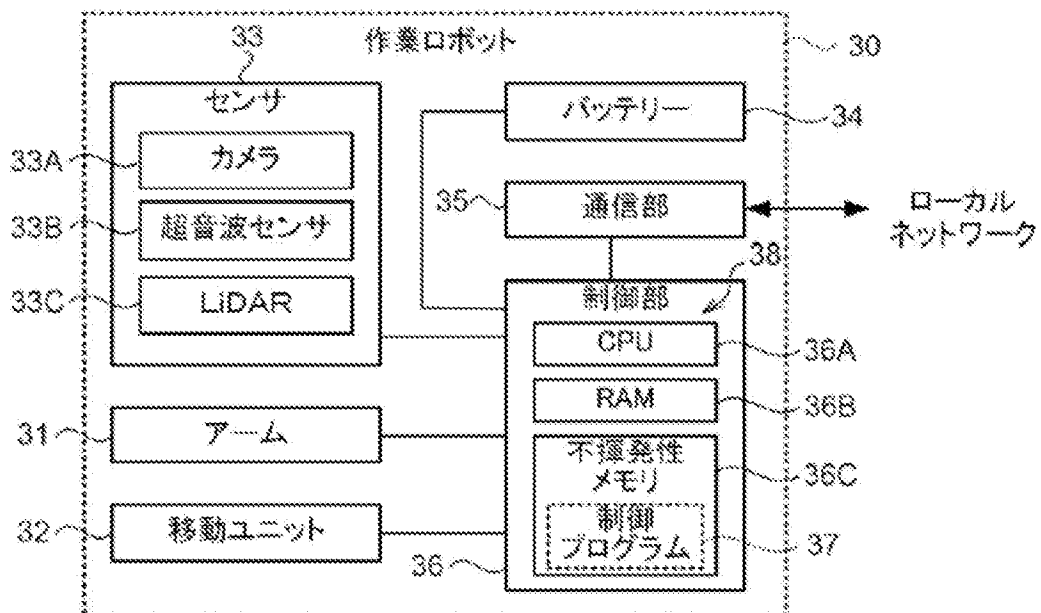
[請求項25] 前記作業ロボットの各々及び前記サーバが配置された前記物品の作業拠点（4 0）における前記作業ロボットの作業空間が標準化され、前記物品の作業拠点が複数の場所に存在し、各々の作業拠点における前記作業ロボットが各々の作業拠点において前記物品に対する作業を同じ期間に開始する

請求項 2 1 ～請求項 2 4 の何れか 1 項に記載の作業システム。

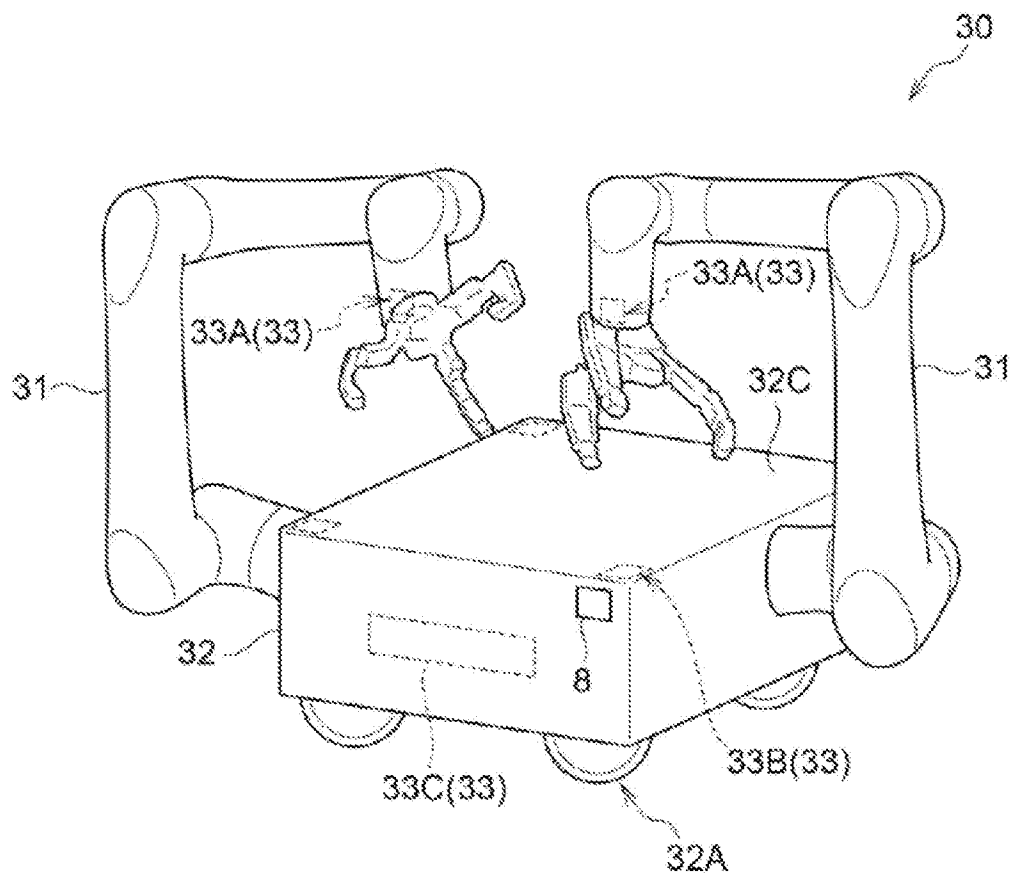
[図1]



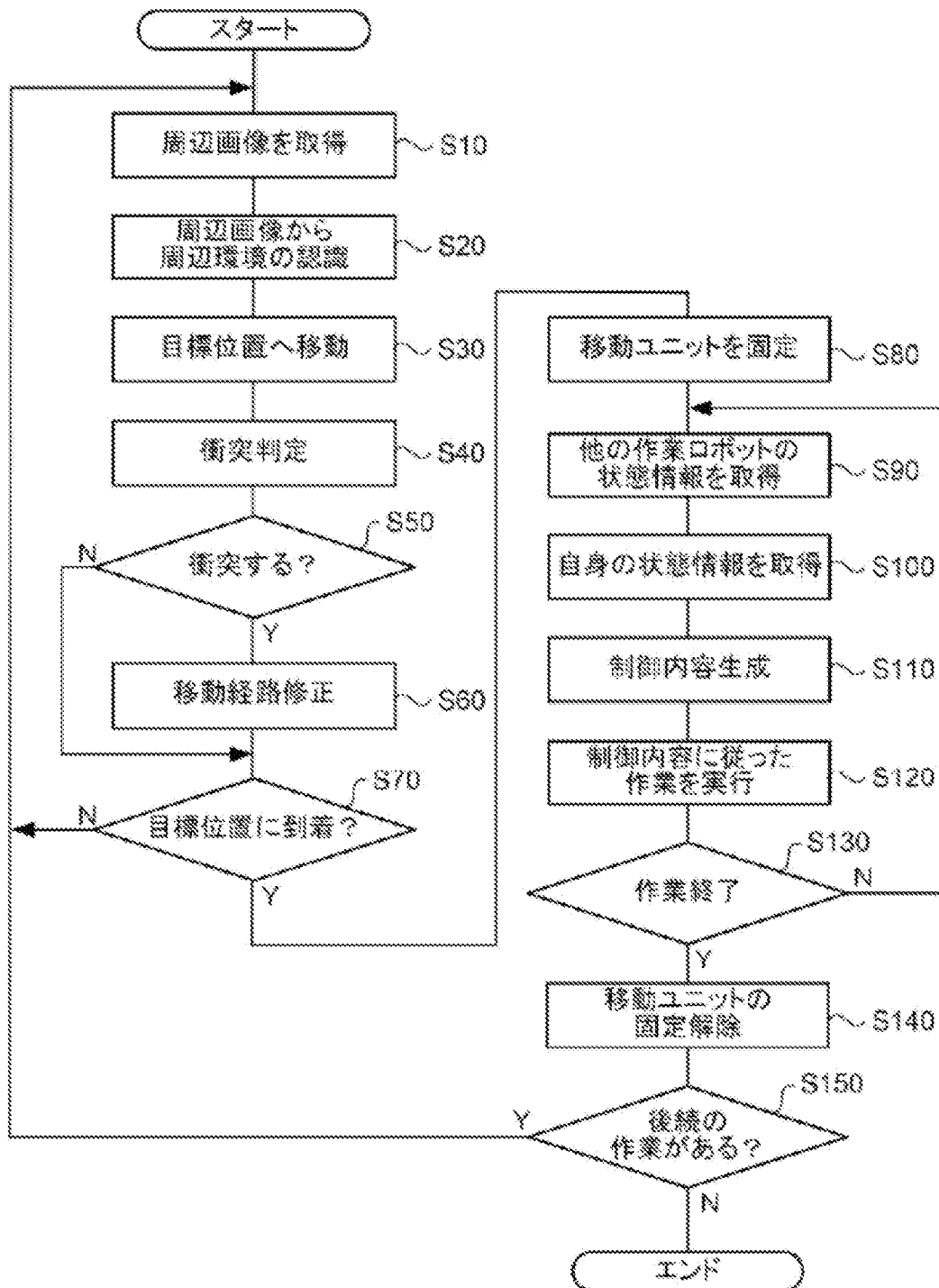
[図2]



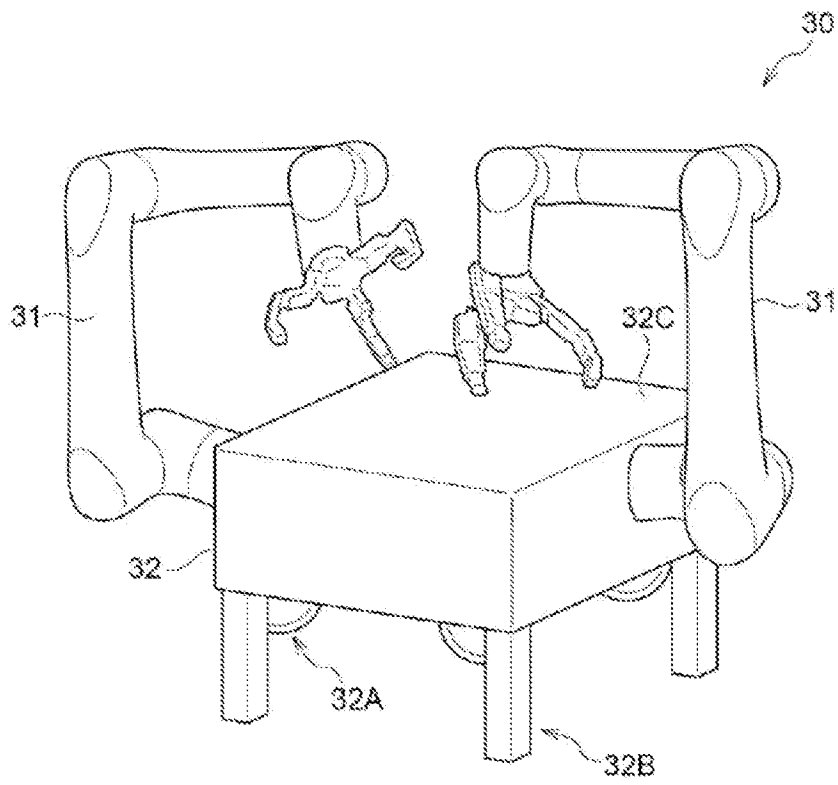
[図3]



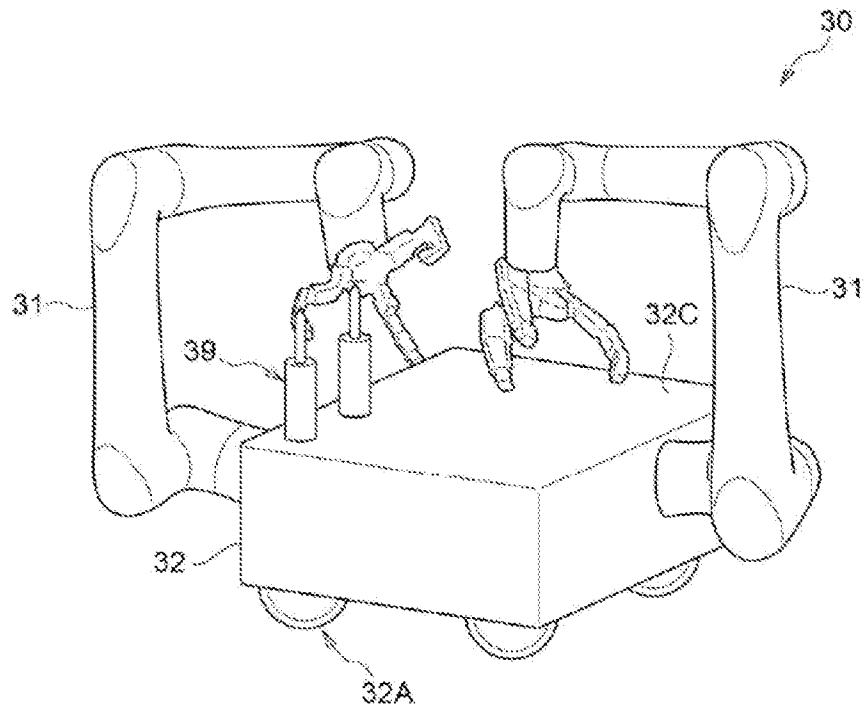
[図4]



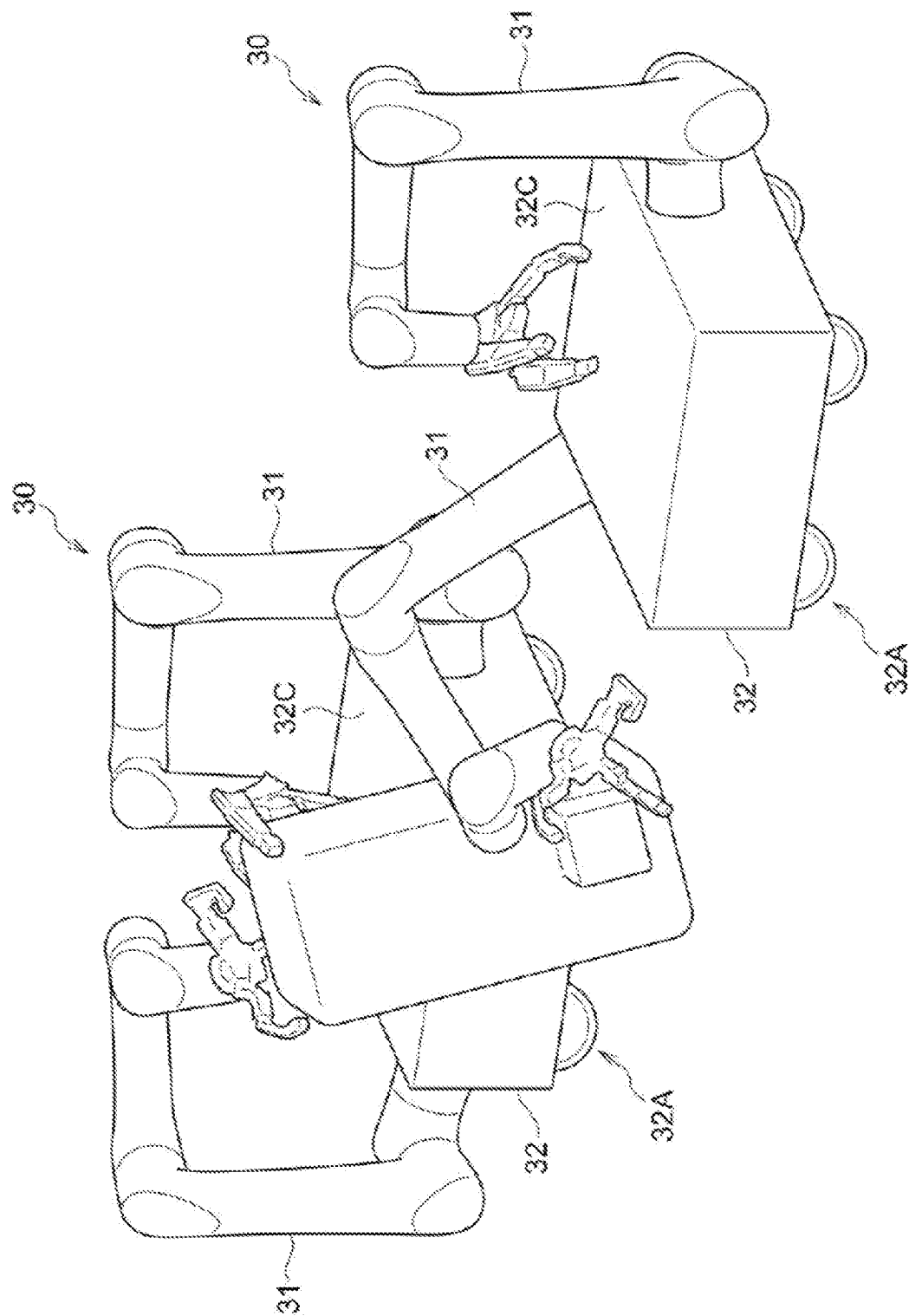
[図5]



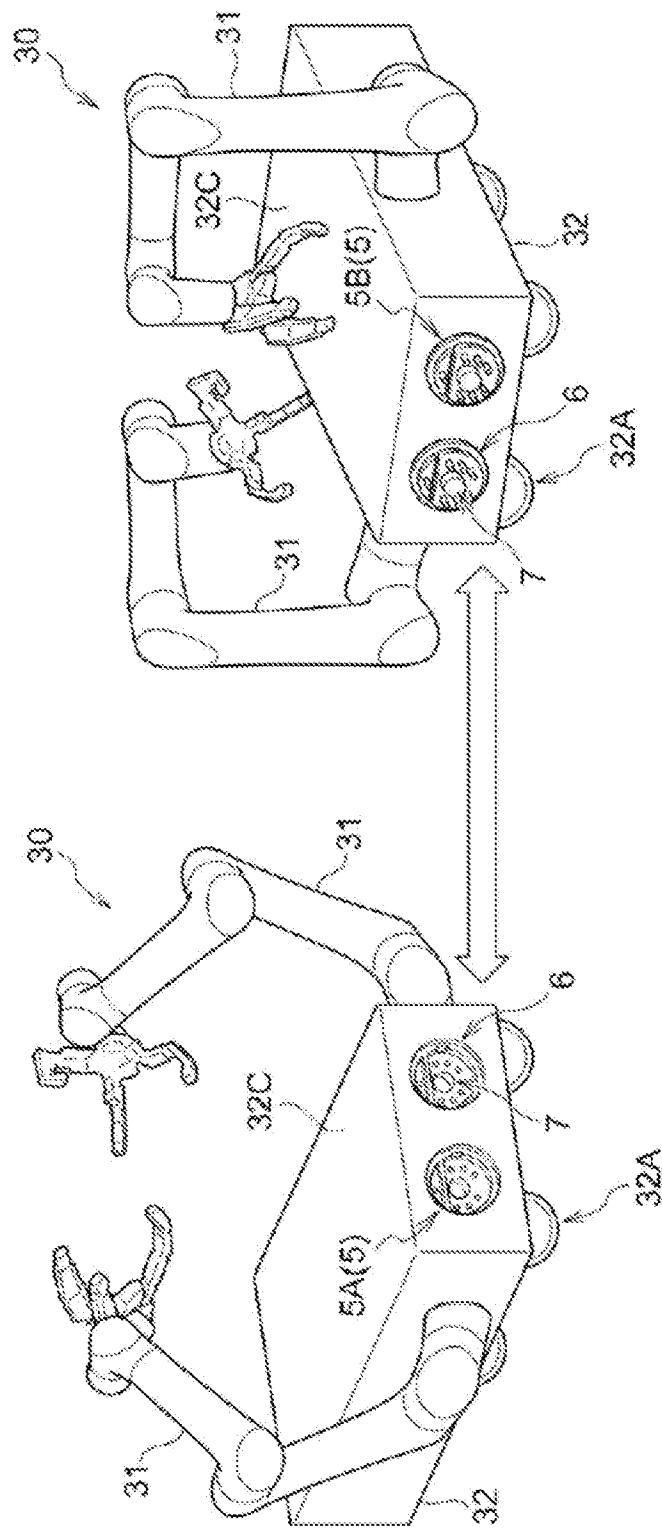
[図6]



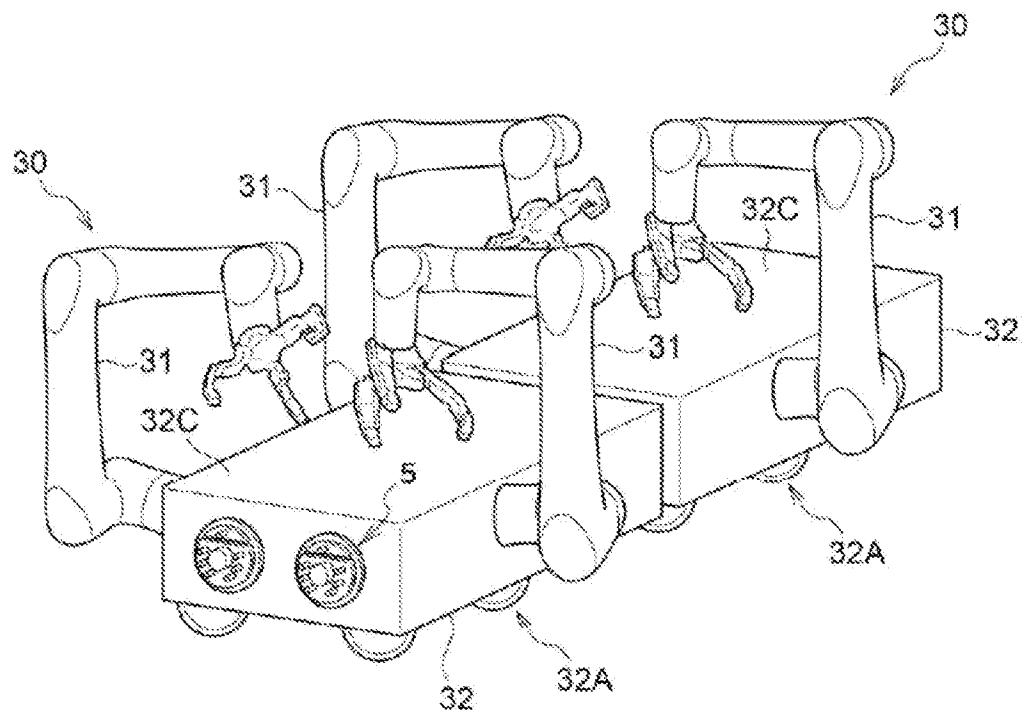
[図7]



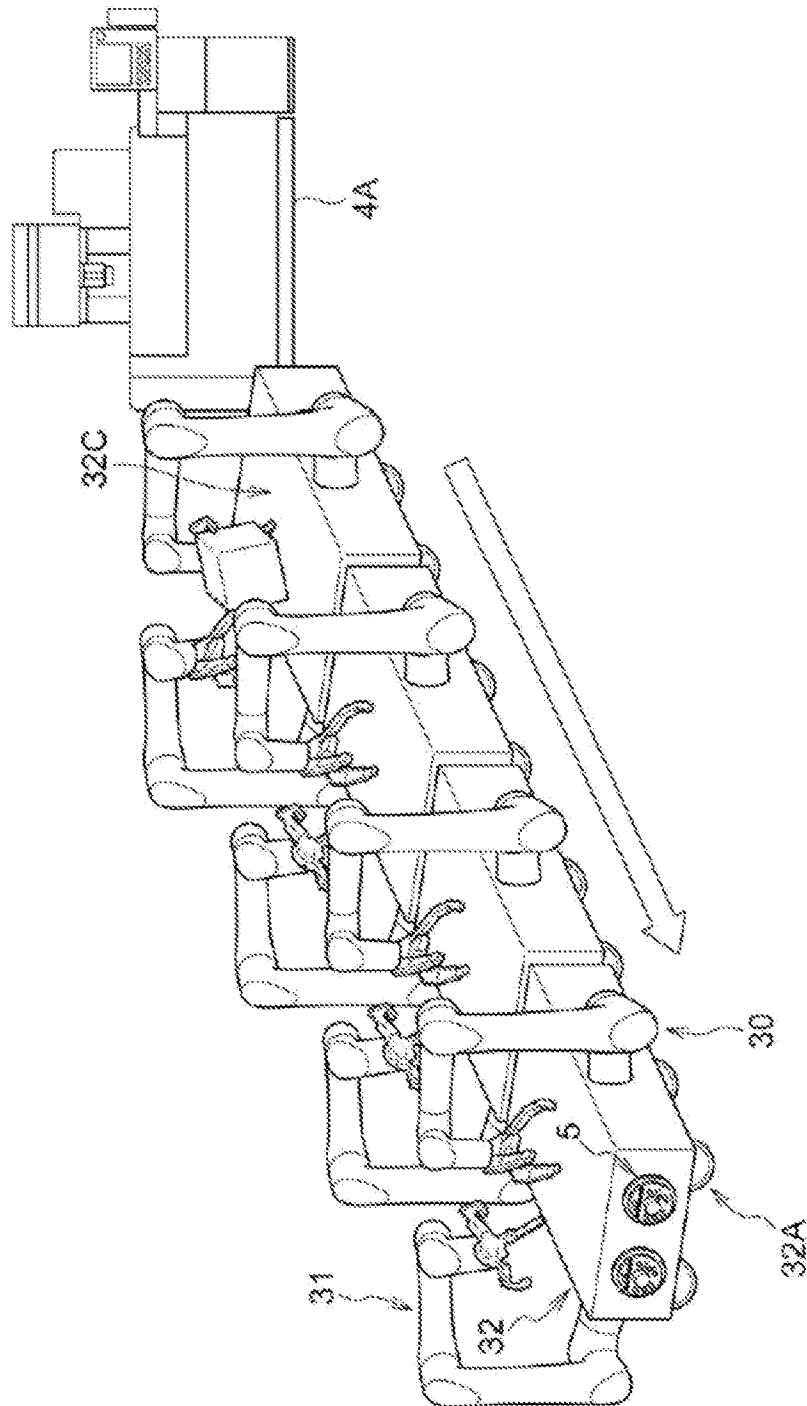
[図8]



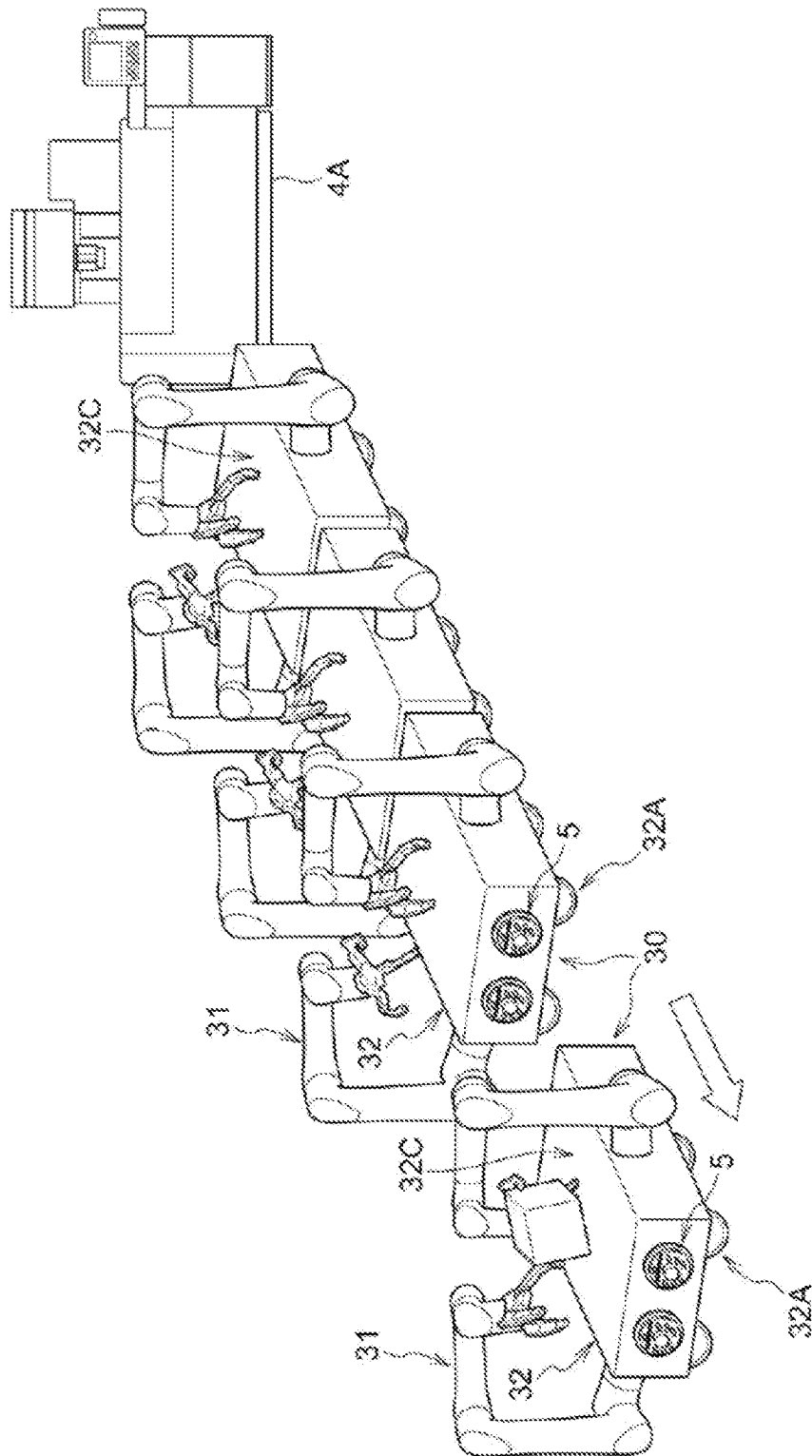
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/014142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER B25J 5/00 (2006.01)i; B25J 13/00 (2006.01)i FI: B25J5/00 E; 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) B25J5/00; 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 2008-229738 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 02 October 2008 (2008-10-02) paragraphs [0034]-[0072], [0090]-[0097], fig. 1-11	1-5, 8-9, 11, 16, 19-24
Y		6-7, 10, 12-15, 17
X	JP 2021-094645 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 24 June 2021 (2021-06-24) paragraphs [0028]-[0074], [0088]-[0090], [0146]-[0149], fig. 1-13	1-3, 18-22, 25
Y		10
Y	JP 2021-084178 A (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 03 June 2021 (2021-06-03) paragraphs [0022]-[0027], fig. 1-9	6-7
Y	JP 2012-011501 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 19 January 2012 (2012-01-19) paragraphs [0032]-[0053], fig. 1-8	12-15
Y	US 2020/0242544 A1 (IAM ROBOTICS LLC.) 30 July 2020 (2020-07-30) paragraph [0113], fig. 1-9	17
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 17 April 2024		Date of mailing of the international search report 25 June 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/014142

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2008-229738	A	02 October 2008	(Family: none)	
JP	2021-094645	A	24 June 2021	US 2021/0178589 A1 paragraphs [0019]-[0065], [0079]-[0081], [0138]-[0141], fig. 1-13	
				EP 3838506	A1
				CN 112987657	A
JP	2021-084178	A	03 June 2021	US 2022/0410399 A1 paragraphs [0034]-[0039], fig. 1-9	
				WO 2021/107086	A1
				CN 114728410	A
				KR 10-2022-0098790	A
JP	2012-011501	A	19 January 2012	(Family: none)	
US	2020/0242544	A1	30 July 2020	WO 2016/014917	A1
				EP 3172016	A1
				CA 2955473	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

B25J 5/00(2006.01)i; B25J 13/00(2006.01)i

FI: B25J5/00 E; 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））

B25J5/00; 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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024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 2008-229738 A（セイコーエプソン株式会社）02.10.2008（2008-10-02） 段落[0034]-[0072], [0090]-[0097], 図1-11	1-5, 8-9, 11, 16, 19-24
Y		6-7, 10, 12-15, 17
X	JP 2021-094645 A（株式会社安川電機）24.06.2021（2021-06-24） 段落[0028]-[0074], [0088]-[0090], [0146]-[0149], 図1-13	1-3, 18-22, 25
Y		10
Y	JP 2021-084178 A（川崎重工業株式会社）03.06.2021（2021-06-03） 段落[0022]-[0027], 図1-9	6-7
Y	JP 2012-011501 A（キヤノン株式会社）19.01.2012（2012-01-19） 段落[0032]-[0053], 図1-8	12-15
Y	US 2020/0242544 A1（IAM ROBOTICS, LLC）30.07.2020（2020-07-30） 段落[0113], Figs. 1-9	17

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

17.04.2024

国際調査報告の発送日

25.06.2024

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）

白井 卓巳 3U 4550

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/014142

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2008-229738	A	02.10.2008	(ファミリーなし)	
JP	2021-094645	A	24.06.2021	US 2021/0178589	A1
				段落[0019]-[0065], [0079]-[0081], [0138]- [0141], Figs. 1-13	
				EP 3838506	A1
				CN 112987657	A
JP	2021-084178	A	03.06.2021	US 2022/0410399	A1
				段落[0034]-[0039], Figs. 1-9	
				WO 2021/107086	A1
				CN 114728410	A
				KR 10-2022-0098790	A
JP	2012-011501	A	19.01.2012	(ファミリーなし)	
US	2020/0242544	A1	30.07.2020	WO 2016/014917	A1
				EP 3172016	A1
				CA 2955473	A