

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-203280

(P2016-203280A)

(43) 公開日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.

B25J 13/00 (2006.01)

F 1

B 25 J 13/00

テーマコード(参考)

Z 3C707

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2015-84980 (P2015-84980)

(22) 出願日

平成27年4月17日 (2015.4.17)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区新宿四丁目1番6号

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武

(74) 代理人 100146835

弁理士 佐伯 義文

(74) 代理人 100140774

弁理士 大浪 一徳

(72) 発明者 南本 高志

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 丸山 健一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ロボット、及び制御装置

(57) 【要約】

【課題】対象物の位置に応じた対象物への照明を行うことができるロボットを提供すること。

【解決手段】ロボットは、アームとハンドを備え、ハンドが持っているツールを物体に接触させ、ハンドがツールを持っている位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。

【選択図】図5

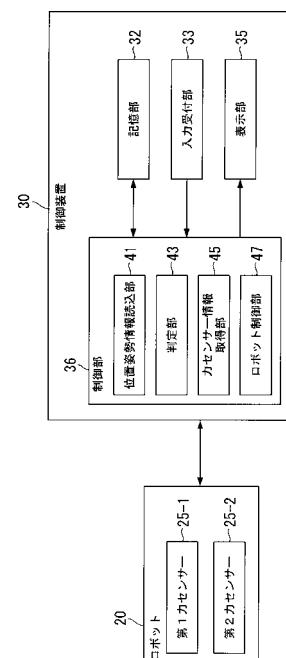


図5

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アームとハンドを備え、

前記ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、前記ハンドが前記ツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、

ロボット。

【請求項 2】

前記位置及び姿勢の少なくとも一方が変更可能になるように、前記ハンドが前記ツールを把持する把持力を小さくする、

請求項 1 に記載のロボット。

10

【請求項 3】

前記ハンドが前記ツールにより行う作業の後に前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、

請求項 1 又は 2 に記載のロボット。

【請求項 4】

前記物体は、前記ツールを載置する治具である、

請求項 1 から 3 のうちいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 5】

前記物体は、作業台の一部である、

請求項 1 から 3 のうちいずれか一項に記載のロボット。

20

【請求項 6】

前記物体は、前記ロボットの一部である、

請求項 1 から 3 のうちいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 7】

前記ハンドが前記ツールにより行う最初の作業を前記ハンドが行う前に、前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、

請求項 1 から 6 のうちいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 8】

前記位置及び姿勢の少なくとも一方がずれた場合、前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、

請求項 1 から 7 のうちいずれか一項に記載のロボット。

30

【請求項 9】

前記アームは、複数あり、

前記ハンドは、前記複数の前記アーム毎に備えられる、

請求項 1 から 8 のうちいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 10】

前記アームは、前記ハンドを着脱可能である、

請求項 1 から 9 のうちいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 11】

アームとハンドを備えたロボットに、

前記ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、前記ハンドが前記ツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更させる、

制御装置。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、ロボット、及び制御装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

所定の作業を行うロボットの研究や開発が行われている。

50

【0003】

これに関し、特定の作業を行うための専用エンドエフェクターを備えたロボットに当該作業を行わせる技術が知られている（特許文献1参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】****【特許文献1】国際公開第2013/128542号****【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

10

しかし、従来の技術では、ロボットが専用エンドエフェクターを備えていなければならず、ロボットの汎用性を向上させることが困難であった。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

上記課題の少なくとも一つを解決するために本発明の一態様は、アームとハンドを備え、前記ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、前記ハンドが前記ツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、ロボットである。

この構成により、ロボットは、ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、ハンドがツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボットは、専用エンドエフェクターを用いずに作業を行うことができロボットの汎用性を向上させることができる。

20

【0007】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記位置及び姿勢の少なくとも一方が変更可能になるように、前記ハンドが前記ツールを把持する把持力を小さくする、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方が変更可能になるように、ハンドがツールを把持する把持力を小さくする。これにより、ロボットは、ハンドがツールの位置及び姿勢を固定したままハンドがツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更することができる。

【0008】

30

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記ハンドが前記ツールにより行う作業の後に前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、ハンドがツールにより行う作業の後に位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボットは、作業を行う毎にハンドがツールを把持する位置及び姿勢を適した位置及び姿勢に変更することができる。

【0009】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記物体は、前記ツールを載置する治具である、構成が用いられてもよい。

【0010】

40

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記物体は、作業台の一部である、構成が用いられてもよい。

【0011】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記物体は、前記ロボットの一部である、構成が用いられてもよい。

【0012】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記ハンドが前記ツールにより行う最初の作業を前記ハンドが行う前に、前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、ハンドがツールにより行う最初の作業をハンドが行う前に、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、

50

ロボットは、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢が適した位置及び姿勢に変更された状態で作業を開始させることができる。

【0013】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記位置及び姿勢の少なくとも一方がずれた場合、前記位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方がずれた場合、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボットは、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢がずれたたびに、ハンドがツールを把持する位置及び姿勢を適した位置及び姿勢に変更することができる。

【0014】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記アームは、複数あり、前記ハンドは、前記複数の前記アームの一部又は全部のそれぞれ毎に備えられる、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、複数のハンドのうちの一部又は全部がツールを把持し、複数のハンドのうちの一部又は全部が把持するツールを物体に接触させ、複数のハンドのうちの一部又は全部が把持するツールの位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。

【0015】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記アームは、前記ハンドを着脱可能である、構成が用いられてもよい。

【0016】

また、本発明の他の態様は、アームとハンドを備えたロボットに、前記ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、前記ハンドが前記ツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更させる、制御装置である。

この構成により、制御装置は、ロボットに、ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、ハンドがツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更させる。これにより、制御装置は、ロボットに専用エンドエフェクターを用いずに作業を行わせることができ、ロボットの汎用性を向上させることができる。

【0017】

以上により、ロボット、及び制御装置は、ハンドが把持しているツールを物体に接触させ、ハンドがツールを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット、及び制御装置は、ハンドが把持したツールによって精度の高い作業を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本実施形態に係るロボット20の一例を示す構成図である。

【図2】治具SBの一例を示す図である。

【図3】電動ドライバーSDが治具SBに載置される様子の一例を示す図である。

【図4】制御装置30のハードウェア構成の一例を示す図である。

【図5】制御装置30の機能構成の一例を示す図である。

【図6】本実施形態に係る制御部36がロボット20に第1作業～第3作業を行わせる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図7】制御部36が図6に示したステップS120において第1アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図8】制御部36が図6に示したステップS120において第2アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図9】制御部36が図6に示したステップS130において第2アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図10】制御部36が図6に示したステップS150において第1アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図11】制御部36が図6に示したステップS150において第1アームを動作させる

10

20

30

40

50

処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図12】本実施形態の変形例に係る制御部36が第2作業において第2アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

<実施形態>

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。図1は、本実施形態に係るロボット20の一例を示す構成図である。ロボット20は、第1アームと、第2アームと、第1撮像部21と、第2撮像部22と、第3撮像部23と、第4撮像部24と、第1センサー25-1と、第2センサー25-2と、制御装置30を備えた双腕ロボットである。

10

【0020】

双腕ロボットは、この一例における第1アームと第2アームのような2本のアーム(腕)を備えるロボットである。なお、ロボット20は、双腕ロボットに代えて、単腕ロボットであってもよい。単腕ロボットは、1本のアームを備えるロボットである。例えば、単腕ロボットは、第1アームと第2アームのうちのいずれか一方を備える。また、ロボット20は、第1撮像部21と、第2撮像部22と、第3撮像部23と、第4撮像部24のうちの一部又は全部を備えない構成であってもよい。

20

【0021】

第1アームは、第1エンドエフェクターE1と、第1マニピュレーターM1と、図示しない複数のアクチュエーターによって構成される。なお、第1アームは、第1エンドエフェクターE1を着脱可能な構成でもよく、着脱不可能な構成であってもよい。以下では、第1アームが備える複数のアクチュエーターを、まとめて第1アクチュエーターと称して説明する。第1アームは、7軸垂直多関節型のアームである。具体的には、第1アームは、支持台と、第1マニピュレーターM1と、第1エンドエフェクターE1が第1アクチュエーターによる連携した動作によって7軸の自由度の動作を行う。なお、第1エンドエフェクターE1は、ハンドの一例である。

20

【0022】

第1アームが7軸の自由度で動作する場合、第1アームは、6軸以下の自由度で動作する場合と比較して取り得る姿勢が増えることによって、例えば、動作が滑らかになり、更に第1アームの周辺に存在する物体との干渉を容易に回避することができるようになる。また、第1アームが7軸の自由度で動作する場合、第1アームの制御は、第1アームが8軸以上の自由度で動作する場合と比較して計算量が少なく容易である。このような理由から、この一例では、第1アームは、7軸の自由度で動作することが望ましい。なお、第1アームは、6軸以下の自由度で動作する構成であってもよく、8軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

30

【0023】

各第1アクチュエーターは、ケーブルによって制御装置30と通信可能に接続されている。これにより、第1アクチュエーターは、制御装置30から取得される制御信号に基づいて、第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1を動作させることができる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット(登録商標)やUSB(Universal Serial Bus)等の規格によって行われる。また、第1アクチュエーターのうちの一部又は全部は、Wi-Fi(登録商標)等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

40

【0024】

第1アームは、更に第1撮像部21を備える。

第1撮像部21は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるCCD(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)等を備えたカメラである。この一例において、第1撮像部21は、図1に示したように第1アームを構成する第1マニピュレーターM1の一部に備えられる。そのため、第1

50

撮像部21は、第1アームの動きによって移動することが可能である。第1撮像部21が撮像可能な範囲は、第1アームの動きに応じて変化する。第1撮像部21は、当該範囲の静止画像を第1画像として撮像してもよく、当該範囲の動画像を第1画像として撮像してもよい。

【0025】

また、第1撮像部21は、ケーブルによって制御装置30と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第1撮像部21は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

【0026】

第2アームは、第2エンドエフェクターE2と、第2マニピュレーターM2と、図示しない複数のアクチュエーターによって構成される。なお、第2アームは、第2エンドエフェクターE2を着脱可能な構成でもよく、着脱不可能な構成であってもよい。以下では、第2アームが備える複数のアクチュエーターを、まとめて第2アクチュエーターと称して説明する。第2アームは、7軸垂直多関節型のアームである。具体的には、第2アームは、支持台と、第2マニピュレーターM2と、第2エンドエフェクターE2が第2アクチュエーターによる連携した動作によって7軸の自由度の動作を行う。なお、第2エンドエフェクターE2は、ハンドの一例である。第2アームは、第1アームが7軸の自由度で動作することが望ましい理由と同様の理由により、7軸の自由度で動作することが望ましい。なお、第2アームは、6軸以下の自由度で動作する構成であってもよく、8軸以上の自由度で動作する構成であってもよい。

10

20

【0027】

各第2アクチュエーターは、ケーブルによって制御装置30と通信可能に接続されている。これにより、第2アクチュエーターは、制御装置30から取得される制御信号に基づいて、第2エンドエフェクターE2と第2マニピュレーターM2を動作させることができる。なお、ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB（Universal Serial Bus）等の規格によって行われる。なお、第2アクチュエーターのうちの一部又は全部は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

30

【0028】

また、第2アームは、更に第2撮像部22を備える。

第2撮像部22は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるCCDやCMOS等を備えたカメラである。この一例において、第2撮像部22は、図1に示したように第2アームを構成する第2マニピュレーターM2の一部に備えられる。そのため、第2撮像部22は、第2アームの動きによって移動することが可能である。第2撮像部22が撮像可能な範囲は、第2アームの動きに応じて変化する。第2撮像部22は、当該範囲の静止画像を第2画像として撮像してもよく、当該範囲の動画像を第2画像として撮像してもよい。

40

【0029】

また、第2撮像部22は、ケーブルによって制御装置30と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第2撮像部22は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

【0030】

第3撮像部23は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるCCDやCMOS等を備えたカメラである。第3撮像部23は、ロボット20が第1アームと第2アームのうちいずれか一方又は両方により作業を行う領域を含む範囲を撮像可能な位置に設置されている。以下では、説明の便宜上、当該範囲を撮像範囲と称して説明する。なお、第3撮像部23は、撮像範囲の静止画像を第3画像として撮像してもよく、撮像範囲の動画像を第3画像として撮像してもよい。

50

【0031】

また、第3撮像部23は、ケーブルによって制御装置30と通信可能に接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第3撮像部23は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

【0032】

第4撮像部24は、例えば、集光された光を電気信号に変換する撮像素子であるCCDやCMOS等を備えたカメラである。第4撮像部24は、撮像範囲を第3撮像部23とともにステレオ撮像可能な位置に設置されている。なお、第4撮像部24は、撮像範囲の静止画像を第4画像として撮像してもよく、撮像範囲の動画像を第4画像として撮像してもよい。

10

【0033】

また、第4撮像部24は、ケーブルによって通信可能に制御装置30と接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第4撮像部24は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続される構成であってもよい。

【0034】

第1力センサー25-1は、第1エンドエフェクターE1と第1マニピュレーターM1の間に備えられている。第1力センサー25-1は、第1エンドエフェクターE1に作用した力やモーメントの大きさを示す値を検出する。なお、第1力センサー25-1は、トルクセンサー等の第1エンドエフェクターE1に加わる力やモーメントの大きさを示す値を検出する他のセンサーであってもよい。第1力センサー25-1とは、第1力センサー情報を通信により制御装置30へ出力する。第1力センサー情報は、第1力センサー25-1が検出した力やモーメントの大きさを示す値を、第1力センサー25-1の出力値として含む情報である。第1力センサー25-1の出力値は、力センサーの出力値の一例である。

20

【0035】

第1力センサー25-1は、ケーブルによって通信可能に制御装置30と接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第1力センサー25-1は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続されてもよい。

30

【0036】

第2力センサー25-2は、第2エンドエフェクターE2と第2マニピュレーターM2の間に備えられている。第2力センサー25-2は、第2エンドエフェクターE2に作用した力やモーメントを検出する。なお、第2力センサー25-2は、トルクセンサー等の第2エンドエフェクターE2に加わる力やモーメントを検出する他のセンサーであってもよい。第2力センサー25-2は、第2力センサー情報を通信により制御装置30へ出力する。第2力センサー情報とは、第2力センサー25-2が検出した力やモーメントの大きさを示す値を、第2力センサー25-2の出力値として含む情報である。第2力センサー25-2の出力値は、力センサーの出力値の一例である。

40

【0037】

第2力センサー25-2は、ケーブルによって通信可能に制御装置30と接続されている。ケーブルを介した有線通信は、例えば、イーサネット（登録商標）やUSB等の規格によって行われる。なお、第2力センサー25-2は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行われる無線通信によって制御装置30と接続されてもよい。

【0038】

以下では、第1力センサー25-1と第2力センサー25-2を区別する必要が無い限り、まとめて力センサー25と称して説明する。また、以下では、第1力センサー情報と第2力センサー情報を区別する必要が無い限り、まとめて力センサー情報と称して説明する。第1力センサー情報と第2力センサー情報のうちのいずれか一方又は両方は、制御装

50

置 3 0 によるロボット 2 0 の力センサー情報に基づく制御に用いられる。力センサー情報に基づく制御とは、例えば、インピーダンス制御等のコンプライアンス制御を示す。

【 0 0 3 9 】

上記で説明したロボット 2 0 が備えるこれらの各機能部は、この一例において、ロボット 2 0 に内蔵された制御装置 3 0 から制御信号を取得し、取得した制御信号に基づいた動作を行う。なお、ロボット 2 0 は、制御装置 3 0 を内蔵する構成に代えて、外部に設置された制御装置 3 0 により制御される構成であってもよい。

【 0 0 4 0 】

制御装置 3 0 は、ロボット 2 0 に制御信号を送信することにより、ロボット 2 0 を動作させる。また、制御装置 3 0 は、ロボット 2 0 に所定の作業を行わせる。所定の作業とは、この一例において、ロボット 2 0 が第 1 エンドエフェクター E 1 と第 2 エンドエフェクター E 2 のうちのいずれか一方又は両方によって把持した所定のツールによって所定の対象物に所定の部品を組み付ける作業のことである。

10

【 0 0 4 1 】

以下では、一例として、所定のツールが電動ドライバー S D であり、所定の対象物が産業用の機械の一部を構成する部材 O であり、所定の部品がネジ S である場合について説明する。図 1 では、部材 O を直方体形状の物体として表しているが、部材 O の形状は直方体形状に限られず、他の形状であってもよい。また、以下では、ロボット 2 0 が第 2 エンドエフェクター E 2 により電動ドライバー S D を把持する場合について説明する。すなわち、ロボット 2 0 は、所定の作業において、第 2 エンドエフェクター E 2 によって把持した電動ドライバー S D により部材 O にネジ S を締め付ける。

20

【 0 0 4 2 】

なお、以下の説明において、第 1 アームと第 2 アームの役割は、逆であってもよい。また、所定のツールは、電動ドライバー S D に代えて、ペンやスパナ、スプレー等の何らかの作業に用いられる他の道具であってもよい。また、所定の部品は、ネジ S に代えて、所定のツールに応じた他の部品であってもよい。例えば、所定のツールがスパナの場合、所定の部品は、ボルトやナットである。

20

【 0 0 4 3 】

ここで、図 1 を参照して、ロボット 2 0 が行う所定の作業について説明する。図 1 において、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 により電動ドライバー S D を把持している。この一例において、電動ドライバー S D の先端は、磁力を帯びている。ここでいう電動ドライバー S D の先端は、電動ドライバー S D のグリップ側とは反対側の電動ドライバー S D の軸の先端である。電動ドライバー S D は、この磁力によってネジ S を吸着することができる。

30

【 0 0 4 4 】

また、電動ドライバー S D は、この一例において、電動ドライバー S D の軸が回転する際の回転軸周りの回転に対して対称な形状を有する。このため、電動ドライバー S D の姿勢は、電動ドライバー S D の軸が回転する際の回転軸の向きによって表される。また、この電動ドライバー S D のグリップには、例えば、座金が設けられる位置にスイッチが設けられている。電動ドライバー S D は、当該スイッチをオンにされた場合、軸を回転させる。これにより、電動ドライバー S D は、軸の回転によってネジ S を他の物体に締め付けることができる。

40

【 0 0 4 5 】

また、図 1 において、作業台 T B には、ネジ S が締め付けられる前の 1 以上の部材 O が配置される第 1 領域 A 1 と、ネジ S が締め付けられた後の 1 以上の部材 O が配置される第 2 領域 A 2 とが設けられている。また、作業台 T B には、ネジ供給装置 B と、治具 S B と、作業対象 O 1 とが載置されている。

【 0 0 4 6 】

第 1 領域 A 1 は、他のロボットや部材 O を給材する作業員等によって、ロボット 2 0 による所定の作業のために部材 O が配置（給材）される領域である。第 2 領域 A 2 は、ロボ

50

ット 2 0 がネジ S を締め付けた後の部材 O を配置（除材）する領域である。なお、第 1 領域 A 1 と第 2 領域 A 2 は、互いに重なりを持たない領域であるが、第 1 領域 A 1 の一部と第 2 領域 A 2 の一部とが重なっていてもよい。

【 0 0 4 7 】

作業台 T B は、例えば、テーブルである。なお、作業台 T B は、これに変えて、ネジ供給装置 B と、治具 S B と、作業対象 O 1 が載置可能な面を有する床面等の物体であれば他の物体であってもよい。また、作業台 T B は、複数の作業台によって構成されてもよい。

【 0 0 4 8 】

ネジ供給装置 B は、所定の部位にネジ S を供給する。ロボット 2 0 は、ネジ供給装置 B の所定の部位に供給されたネジ S のネジ頭に電動ドライバー S D の先端を嵌め込んで磁力により吸着する。そして、ロボット 2 0 は、電動ドライバー S D の先端にネジ S が吸着された状態のまま電動ドライバー S D を移動させる。これにより、ロボット 2 0 は、ネジ供給装置 B の所定の部位からネジ S を除材する。ネジ供給装置 B は、所定の部位からネジ S が除材されると、再び当該部位にネジ S を供給する。

10

【 0 0 4 9 】

治具 S B は、電動ドライバー S D が載置される治具である。ここで、図 2 及び図 3 を参考して、治具 S B について説明する。図 2 は、治具 S B の一例を示す図である。図 2 (A) には、治具 S B の正面図を示した。また、図 2 (B) には、治具 S B の側面図を示した。また、図 2 (C) には、治具 S B の上面図を示した。

20

【 0 0 5 0 】

図 2 に示したように、治具 S B は、第 1 部位 S B 1 と第 2 部位 S B 2 を有する。第 1 部位 S B 1 は、治具 S B の底面から垂直に伸びた板状の部位である。また、第 1 部位 S B 1 には、電動ドライバー S D の軸が載置される切欠き部 X 1 が設けられている。切欠き部 X 1 は、この一例において、治具 S B の上面側の第 1 部位 S B 1 の端部に設けられている。また、治具 S B を正面から見た場合の切欠き部 X 1 の形状は、中心角が 180 度の扇形である。

20

【 0 0 5 1 】

また、第 2 部位 S B 2 は、治具 S B の底面から垂直に伸びた板状の部位であって、第 1 部位 S B 1 とは反対側の部位である。第 2 部位 S B 2 には、電動ドライバー S D のグリップが載置される切欠き部 X 2 が設けられている。切欠き部 X 2 は、この一例において、治具 S B の上面側の第 2 部位 S B 2 の端部に設けられている。また、治具 S B を正面から見た場合の切欠き部 X 2 の形状は、中心角が 180 度の扇型である。なお、電動ドライバー S D の軸は、この一例において、電動ドライバー S D のグリップよりも半径が小さいため、扇形の切欠き部 X 1 の半径は、扇形の切欠き部 X 2 の半径よりも小さい。

30

【 0 0 5 2 】

図 2 に示した治具 S B には、図 3 に示したように電動ドライバー S D が載置される。図 3 は、電動ドライバー S D が治具 S B に載置される様子の一例を示す図である。図 3 (A) には、電動ドライバー S D が治具 S B に載置される前の電動ドライバー S D と治具 S B の様子の一例を示した。図 3 (A) に示したように、電動ドライバー S D の軸 V 1 は、電動ドライバー S D のグリップ V 2 よりも半径が小さい。このため、電動ドライバー S D は、電動ドライバー S D の軸が回転する際の回転軸と直交する方向（側面側）から電動ドライバー S D を見た場合の軸 V 1 とグリップ V 2 との境界において段差 Y を有する。

40

【 0 0 5 3 】

ロボット 2 0 は、例えば、第 2 エンドエフェクター E 2 により電動ドライバー S D を図 3 (A) に示した方向 G 1 に移動させる。これにより、ロボット 2 0 は、電動ドライバー S D の軸 V 1 を切欠き部 X 1 に接触させ、電動ドライバー S D のグリップ V 2 を切欠き部 X 2 に接触させる。その後、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 により電動ドライバー S D を図 3 (A) に示した方向 G 2 に移動させる。これにより、ロボット 2 0 は、段差 Y を第 1 部位 S B 1 に接触させることができる。なお、方向 G 1 は、治具 S B の底面に対して直交し、当該底面に向かう方向を示す。また、方向 G 2 は、治具 S B の底面に

50

沿い、段差 Y が第 1 部位 S B 1 に接触する方向を示す。

【0054】

このようにして電動ドライバー S D は、治具 S B に載置される。図 3 (B) には、電動ドライバー S D が治具 S B に載置された後の電動ドライバー S D と治具 S B の様子の一例を示した。治具 S B は、図 1 において作業台 T B に固定されている。そのため、治具 S B の位置及び姿勢は、固定されている。治具 S B の位置及び姿勢とは、治具 S B の所定の部位の位置及び姿勢を示す。治具 S B の所定の部位とは、例えば、治具 S B の重心である。なお、治具 S B の所定の部位は、これに代えて、治具 S B の他の部位であってもよい。

【0055】

10 治具 S B の位置及び姿勢が固定されているため、電動ドライバー S D の位置及び姿勢は、電動ドライバー S D を治具 S B に載置すると、所定の載置位置及び所定の載置姿勢となる。電動ドライバー S D の位置は、電動ドライバー S D の所定の部位の位置である。電動ドライバー S D の所定の部位は、例えば、電動ドライバー S D の重心である。なお、電動ドライバー S D の所定の部位は、これに代えて、他の部位であってもよい。

【0056】

所定の載置位置は、電動ドライバー S D が治具 S B に載置された状態において、電動ドライバー S D の所定の部位と一致するロボット座標系における位置として決められた位置である。また、所定の載置姿勢は、電動ドライバー S D が治具 S B に載置された状態において、電動ドライバー S D の軸が回転する際の回転軸が向く方向のことである。

【0057】

つまり、電動ドライバー S D の位置は、治具 S B が作業台 T B に固定されているため、電動ドライバー S D を治具 S B に載置すると、所定の載置位置に固定される。また、電動ドライバー S D の姿勢は、治具 S B が作業台 T B に固定されているため、電動ドライバー S D を治具 S B に載置すると、所定の載置姿勢に固定される。

【0058】

これを利用し、ロボット 20 は、所定の作業においてネジ S を部材 O に締め付ける際、第 2 エンドエフェクター E 2 により把持された電動ドライバー S D の位置及び姿勢に対する、第 2 エンドエフェクター E 2 の所定の部位の相対的な位置及び姿勢がずれてしまった場合であっても、当該位置及び姿勢を変更することができる。その結果、ロボット 20 は、第 2 エンドエフェクター E 2 により把持された電動ドライバー S D の位置及び姿勢に対する、第 2 エンドエフェクター E 2 の所定の部位の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更する（保つ）ことができる。なお、所定の作業に適した位置及び姿勢は、予め決められているとする。

【0059】

なお、以下では、説明の便宜上、ロボット 20 が、第 2 エンドエフェクター E 2 により把持された電動ドライバー S D の位置に対する、第 2 エンドエフェクター E 2 の所定の部位の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更する動作を、姿勢変更動作と称して説明する。

【0060】

ロボット 20 は、この一例において、第 1 作業と、第 2 作業と、第 3 作業とを順に行うことにより、所定の作業を行う。第 1 作業では、ロボット 20 は、第 1 エンドエフェクター E 1 によって部材 O が配置される第 1 領域 A 1 から部材 O を給材し、電動ドライバー S D が載置される治具 S B から第 2 エンドエフェクター E 2 によって電動ドライバー S D を把持し、第 2 エンドエフェクター E 2 により把持された電動ドライバー S D によってネジ S を給材する。このような第 1 作業は、第 2 作業を行うための準備である。

【0061】

第 2 作業では、ロボット 20 は、第 1 エンドエフェクター E 1 により固定された部材 O に対して、第 2 エンドエフェクター E 2 により把持された電動ドライバー S D によりネジ S を締め付ける。この第 2 作業の際、ロボット 20 は、部材 O にネジ S を締め付けるたびに姿勢変更動作を行う。これにより、ロボット 20 は、精度の高い作業を行い続けること

10

20

30

40

50

ができる。第3作業では、ネジSが締め付けられた部材Oを配置する第2領域A2に、ネジSが締め付けられた部材Oを第1エンドエフェクターE1によって配置し、第2エンドエフェクターE2によって電動ドライバーSDを治具SBに載置する。すなわち、第3作業は、第2作業が行われた後の後片付けである。

【0062】

このように、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が把持している電動ドライバーSDを所定の物体に接触させ、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。この一例において、所定の物体とは、治具SBの第1部位SB1のことである。

【0063】

ここで、第2エンドエフェクターE2の位置は、第2エンドエフェクターE2のロボット座標系における3軸それぞれの方向への並進自由度（すなわち、3つの座標）によって表される。また、第2エンドエフェクターE2の姿勢は、第2エンドエフェクターE2のロボット座標系における3軸それぞれの軸周りの回転自由度（すなわち、3つの回転角）によって表される。すなわち、第2エンドエフェクターE2の位置及び姿勢は、当該並進自由度と当該回転自由度を合わせた6つの自由度によって表される。そして、第2エンドエフェクターE2の位置及び姿勢を変更するとは、これら6つの自由度のうちの少なくとも1つを変更することを示す。なお、第1エンドエフェクターE1の位置及び姿勢については、第2エンドエフェクターE2と同様なため説明を省略する。

【0064】

次に、図4を参照して、制御装置30のハードウェア構成について説明する。図4は、制御装置30のハードウェア構成の一例を示す図である。制御装置30は、例えば、CPU(Central Processing Unit)31と、記憶部32と、入力受付部33と、通信部34と、表示部35を備える。また、制御装置30は、通信部34を介してロボット20と通信を行う。これらの構成要素は、バスBusesを介して相互に通信可能に接続されている。

【0065】

CPU31は、記憶部32に格納された各種プログラムを実行する。

記憶部32は、例えば、HDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)、ROM(Read-Only Memory)、RAM(Random Access Memory)等を含む。また、記憶部32は、制御装置30が処理する各種情報や画像、プログラム等を格納する。なお、記憶部32は、制御装置30に内蔵されるものに代えて、USB等のデジタル入出力ポート等によって接続された外付け型の記憶装置でもよい。

【0066】

入力受付部33は、例えば、キーボードやマウス、タッチパッド等を備えたティーチングペンダントや、その他の入力装置である。なお、入力受付部33は、タッチパネルとして表示部35と一緒に構成されてもよい。

通信部34は、例えば、USB等のデジタル入出力ポートやイーサネット(登録商標)ポート等を含んで構成される。

表示部35は、例えば、液晶ディスプレイパネル、あるいは、有機EL(ElectroLuminescence)ディスプレイパネルである。

【0067】

次に、図5を参照して、制御装置30の機能構成について説明する。図5は、制御装置30の機能構成の一例を示す図である。制御装置30は、記憶部32と、入力受付部33と、表示部35と、制御部36を備える。

【0068】

制御部36は、制御装置30の全体を制御する。制御部36は、位置姿勢情報読込部41と、判定部43と、力センサー情報取得部45と、ロボット制御部47を備える。制御部36が備えるこれらの機能部のうち一部又は全部は、例えば、CPU31が、記憶部3

10

20

30

40

50

2に記憶された各種プログラムを実行することで実現される。また、当該機能部のうち一部または全部は、LSI (Large Scale Integration) やASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等のハードウェア機能部であってもよい。

【0069】

位置姿勢情報読込部41は、各種の位置及び姿勢を示す情報を記憶部32から読み込む。各種の位置及び姿勢とは、ロボット20が所定の作業を行うために必要な複数の位置及び姿勢を示す。図6に示したフローチャートにおいて、これら複数の位置及び姿勢を示す情報の一例について説明する。

【0070】

判定部43は、ロボット20が全ての作業位置にネジSを締め付けたか否かを判定する。作業位置とは、部材OにネジSを締め付けるために予め決められた複数の位置を示す。

力センサー情報取得部45は、力センサー25により検出される力センサー情報を取得する。

ロボット制御部47は、位置姿勢情報読込部41が読み込んだ各種の位置及び姿勢を示す情報に基づいてロボット20を動作させる。また、ロボット制御部47は、ロボット20に第1作業～第3作業までの作業を行わせることによって所定の作業を行わせる。

【0071】

次に、図6を参照して、実施形態に係る制御部36がロボット20に第1作業～第3作業を行わせる処理について説明する。図6は、本実施形態に係る制御部36がロボット20に第1作業～第3作業を行わせる処理の流れの一例を示すフローチャートである。以下では、一例として、第1領域A1に部材Oが1個だけ配置されている場合について説明する。すなわち、制御部36は、当該部材Oに対して所定の作業をロボット20に行わせる。第1領域A1に複数の部材Oが配置されている場合、制御部36は、それぞれの部材Oに対して図6に示した処理を実行することにより、所定の作業をロボット20に行わせる。

【0072】

まず、位置姿勢情報読込部41は、記憶部32から各種の位置及び姿勢を示す情報を読み込む(ステップS110)。この一例において、位置姿勢情報読込部41は、各種の位置及び姿勢を示す情報として、給材位置姿勢情報と、除材位置姿勢情報と、固定位置姿勢情報を読み込む。給材位置姿勢情報とは、第1領域A1に配置された部材Oのロボット座標系における位置及び姿勢を示す。部材Oの位置及び姿勢とは、部材Oの所定の部位の位置及び姿勢を示す。部材Oの所定の部位とは、例えば、部材Oの重心である。なお、部材Oの所定の部位は、部材Oの他の部位であってもよい。

【0073】

除材位置姿勢情報とは、ロボット20が部材Oを第2領域A2に除材した際に、ロボット20が部材Oの位置及び姿勢を一致させるロボット座標系における位置及び姿勢を示す。固定位置姿勢情報とは、所定の作業においてロボット20が部材Oを固定する際に、ロボット20が部材Oの位置及び姿勢を一致させるロボット座標系における位置及び姿勢を示す。なお、ステップS110において位置姿勢情報読込部41は、各種の位置及び姿勢を示す情報として、これらの一部を読み込んでもよく、これらに加えて他の位置及び姿勢を示す情報を読み込んでもよく、これらとは別に他の位置及び姿勢を示す情報を読み込んでもよい。

【0074】

次に、ロボット制御部47は、ステップS110において位置姿勢情報読込部41が読み込んだ給材位置姿勢情報に基づいてロボット20に第1作業を行わせる(ステップS120)。次に、ロボット制御部47は、ロボット20に第2作業を行わせる(ステップS130)。次に、判定部43は、第2作業においてネジSが締め付けられた部材Oに予め決められた全ての作業位置にロボット20がネジSを締め付けたか否かを判定する(ステップS140)。

【0075】

10

20

30

40

50

全ての作業位置にロボット 20 がネジ S を締め付けていないと判定部 43 が判定した場合（ステップ S140 - N o）、ロボット制御部 47 は、ステップ S130 に遷移し、再び第2作業をロボット 20 に行わせる。一方、全ての作業位置にロボット 20 がネジ S を締め付けたと判定部 43 が判定した場合（ステップ S140 - Y e s）、ロボット制御部 47 は、ロボット 20 に第3作業を行わせる（ステップ S150）。

【0076】

なお、この一例において、ロボット制御部 47 は、第1作業～第3作業のそれぞれ毎に、第1エンドエフェクター E1 と第2エンドエフェクター E2 のうちいずれか一方又は両方を動作させる。すなわち、ロボット制御部 47 は、第1作業と第2作業の間、又は第2作業と第3作業の間を跨ぐように第1エンドエフェクター E1 と第2エンドエフェクター E2 のうちいずれか一方又は両方を動作させることはしない。

10

【0077】

なお、ロボット制御部 47 は、第1作業と第2作業の間、又は第2作業と第3作業の間を跨ぐように第1エンドエフェクター E1 と第2エンドエフェクター E2 のうちいずれか一方又は両方を動作させる構成であってもよい。例えば、ある作業における第1エンドエフェクター E1 の最後の動作が待機であり、次の作業における第1エンドエフェクター E1 の動作が待機である場合のように、同じ動作をある作業から続けて次の作業で行う場合、ロボット制御部 47 は、ある作業と次の作業の間を跨ぐように第1エンドエフェクター E1 を動作させる。これは、第2エンドエフェクター E2 に関する同様である。

20

【0078】

次に、図7及び図8を参照して、制御部 36 が図6に示したステップ S120 において第1アーム及び第2アームに第1作業に係る動作を行わせる処理について説明する。制御部 36 は、ステップ S120 において、第1アームと第2アームの両方を並列に動作させる。なお、制御部 36 は、これに代えて、ステップ S120 において、第1アームと第2アームを順に動作させる構成であってもよい。

20

【0079】

図7は、制御部 36 が図6に示したステップ S120 において第1アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

まず、ロボット制御部 47 は、予め記憶された部材 O の形状や大きさを示す部材情報を読み込む。ロボット制御部 47 は、読み込んだ部材情報と、図6に示したステップ S110 において位置姿勢情報読込部 41 が読み込んだ給材位置姿勢情報とに基づいて、第1領域 A1 に配置された部材 O を第1エンドエフェクター E1 に把持させる（ステップ S121）。

30

【0080】

次に、ロボット制御部 47 は、図6に示したステップ S110 において位置姿勢情報読込部 41 が読み込んだ固定位置姿勢情報に基づいて、固定位置姿勢情報が示すロボット座標系における位置及び姿勢に部材 O の位置及び姿勢が一致するように第1エンドエフェクター E1 により部材 O を移動させる（ステップ S123）。次に、ロボット制御部 47 は、ステップ S123 において第1エンドエフェクター E1 が部材 O を移動させた後の部材 O の位置及び姿勢が変化しないように、第1エンドエフェクター E1 に部材 O を固定させる（ステップ S125）。

40

【0081】

より具体的には、ロボット制御部 47 は、所定の作業において電動ドライバー SD によるネジ締めにより部材 O の位置及び姿勢がずれてしまわないように第1エンドエフェクター E1 に部材 O を固定させる。ここで言う部材 O の位置及び姿勢がずれるとは、電動ドライバー SD によりネジ締めが行われる際に電動ドライバー SD の軸の回転とともに部材 O が回転してしまうことや、電動ドライバー SD の軸の回転による振動によって部材 O が並進してしまうこと等を示す。

40

【0082】

ロボット制御部 47 は、このような並進又は回転を起こさないように第1エンドエフェ

50

クター E 1 に部材 O を固定させる。例えば、ロボット制御部 4 7 は、部材 O の角を構成する 2 つの面のそれぞれに第 1 エンドエフェクター E 1 が備える爪部を接触させることにより、部材 O を固定させる。以下では、説明の便宜上、ステップ S 1 2 5 において第 1 エンドエフェクター E 1 が部材 O を固定した際の部材 O のロボット座標系における位置及び姿勢を、固定位置姿勢と称して説明する。

【 0 0 8 3 】

このように、ステップ S 1 2 1 からステップ S 1 2 5 までの処理によって、ロボット制御部 4 7 は、部材 O の位置及び姿勢を固定位置姿勢に固定する。なお、ロボット制御部 4 7 は、ステップ S 1 2 5 の処理が終わった段階で、第 1 作業における第 2 アームの動作が終わっていない場合、当該動作が終わるまで第 1 アームを待機させる。

10

【 0 0 8 4 】

図 8 は、制御部 3 6 が図 6 に示したステップ S 1 2 0 において第 2 アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

まず、ロボット制御部 4 7 は、予め記憶された情報であって、治具 S B に載置された状態における電動ドライバー S D のロボット座標系における位置及び姿勢を示すツール載置位置姿勢情報を読み込む。また、ロボット制御部 4 7 は、予め記憶された電動ドライバー S D の形状や大きさを示すツール情報を読み込む。そして、ロボット制御部 4 7 は、読み込んだツール載置位置姿勢情報と、読み込んだツール情報を基づいて、治具 S B に載置された電動ドライバー S D を第 2 エンドエフェクター E 2 に把持させる（ステップ S 1 2 7）。

20

【 0 0 8 5 】

次に、ロボット制御部 4 7 は、予め記憶されたネジ供給装置 B の所定の部位に供給されたネジ S のネジ頭のロボット座標系における位置を示す情報と、ステップ S 1 2 7 において読み込んだツール情報を基づいて、電動ドライバー S D の先端に当該ネジ頭を嵌め込む。この際、ネジ S は、電動ドライバー S D の先端に磁力により吸着される。ロボット制御部 4 7 は、ネジ S が吸着された電動ドライバー S D を移動させ、ネジ供給装置 B からネジ S を給材する（ステップ S 1 2 9）。

【 0 0 8 6 】

このように、ステップ S 1 2 7 からステップ S 1 2 9 までの処理によって、ロボット制御部 4 7 は、ネジ供給装置 B からネジ S を電動ドライバー S D の先端に給材する。なお、ロボット制御部 4 7 は、ステップ S 1 2 9 の処理が終わった段階で、第 1 作業における第 1 アームの動作が終わっていない場合、当該動作が終わるまで第 2 アームを待機させる。

30

【 0 0 8 7 】

次に、図 9 を参照して、制御部 3 6 が図 6 に示したステップ S 1 3 0 において第 2 アームに第 2 作業に係る動作を行わせる処理について説明する。制御部 3 6 は、ステップ S 1 3 0 において、第 2 アームのみを動作させる。なお、制御部 3 6 は、これに代えて、ステップ S 1 3 0 において、第 1 アームと第 2 アームの両方を動作させる構成であってもよい。

【 0 0 8 8 】

図 9 は、制御部 3 6 が図 6 に示したステップ S 1 3 0 において第 2 アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

40

まず、ロボット制御部 4 7 は、予め記憶された複数の作業位置のそれぞれを示す情報を読み込む。そして、ロボット制御部 4 7 は、読み込んだ作業位置を示す情報に基づいて、未選択の作業位置を示す情報を 1 つ選択する（ステップ S 1 3 1）。

【 0 0 8 9 】

次に、ロボット制御部 4 7 は、ステップ S 1 3 1 において選択した作業位置を示す情報と、ステップ S 1 2 7 において読み込んだツール情報を基づいて、第 2 エンドエフェクター E 2 を移動させ、電動ドライバー S D の先端に吸着されたネジ S のネジ頭とは反対側の先端を当該作業位置に挿入させる。そして、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 に電動ドライバー S D のスイッチをオンにすることにより、ネジ S が挿入さ

50

れている作業位置にネジ S を締め付けさせる（ステップ S 133）。なお、ロボット制御部 47 は、力センサー情報取得部 45 が取得した第 2 力センサー情報に基づいて、例えば、第 2 エンドエフェクター E 2 に加わるモーメントが所定値を超えた場合、当該作業位置にネジ S が締め付けられたと判定し、第 2 エンドエフェクター E 2 に電動ドライバー SD のスイッチをオフにさせる。

【0090】

次に、ロボット制御部 47 は、予め記憶された治具 SB のロボット座標系における位置及び姿勢を示す情報を読み込む。ロボット制御部 47 は、読み込んだ治具 SB のロボット座標系における位置及び姿勢と、ステップ S 127 において読み込んだツール載置位置姿勢情報とに基づいて、電動ドライバー SD を治具 SB に載置させる。

10

【0091】

この際、ロボット制御部 47 は、治具 SB の位置及び姿勢に対する電動ドライバー SD の相対的な位置及び姿勢が所定の位置及び姿勢となるように第 2 エンドエフェクター E 2 に電動ドライバー SD を移動させる。所定の位置及び姿勢とは、例えば、図 3 (A) に示したように、治具 SB に対して電動ドライバー SD を方向 G 1 に所定距離だけ移動させることにより軸 V 1 が切欠き部 X 1 に接触し、グリップ V 2 が切欠き部 X 2 に接触するが、段差 Y が第 1 部位 SB 1 に接触しない位置及び姿勢である。所定距離とは、例えば、数センチメートル程度である。なお、所定距離は、これに代えて、他の距離であってもよい。

【0092】

ロボット制御部 47 は、治具 SB の位置及び姿勢に対して電動ドライバー SD の位置及び姿勢を所定の位置及び姿勢とした後、図 3 (A) に示したように、治具 SB に対して電動ドライバー SD を方向 G 2 に移動させる。また、ロボット制御部 47 は、力センサー情報取得部 45 から第 2 力センサー情報を取得する。ロボット制御部 47 は、取得した第 2 力センサー情報に基づく制御によって第 2 エンドエフェクター E 2 を動作させ、治具 SB に対して電動ドライバー SD を方向 G 2 に移動させ、電動ドライバー SD の段差 Y を治具 SB の第 1 部位 SB 1 に接触させる。

20

【0093】

これにより、ロボット制御部 47 は、第 2 エンドエフェクター E 2 によって治具 SB を変形させずに電動ドライバー SD を治具 SB に載置する（ステップ S 135）。なお、第 2 アームがステップ S 131 からステップ S 135 までの処理によって部材 O にネジ S を締め付けている間、第 1 アームは、部材 O を固定したまま待機している。

30

【0094】

次に、図 10 及び図 11 を参照して、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 150 において第 1 アームと第 2 アームに第 3 作業に係る動作を行わせる処理について説明する。制御部 36 は、ステップ S 150 において、第 1 アームと第 2 アームの両方を並列に動作させる。なお、制御部 36 は、これに代えて、ステップ S 150 において、第 1 アームと第 2 アームを順に動作させる構成であってもよい。

【0095】

図 10 は、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 150 において第 1 アームを動作させる処理の流れの一例を示すフローチャートである。

40

まず、ロボット制御部 47 は、第 1 エンドエフェクター E 1 が固定していた部材 O を、第 1 エンドエフェクター E 1 に把持させる。そして、ロボット制御部 47 は、図 6 に示したステップ S 110 において位置姿勢情報読み込部 41 が読み込んだ除材位置姿勢情報に基づいて、除材位置姿勢情報が示すロボット座標系における位置及び姿勢に部材 O の位置及び姿勢が一致するように第 1 エンドエフェクター E 1 により部材 O を移動させる（ステップ S 151）。なお、ロボット制御部 47 は、ステップ S 151 の処理が終わった段階で、第 3 作業における第 2 アームの動作が終わっていない場合、当該動作が終わるまで第 1 アームを待機させる。

【0096】

図 11 は、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 150 において第 1 アームを動作させ

50

る処理の流れの一例を示すフロー チャートである。

まず、ロボット制御部 47 は、第 2 エンドエフェクター E2 により電動ドライバー SD を治具 SB に固定する（ステップ S153）。この一例において、ロボット制御部 47 は、図 9 に示したステップ S135においてすでに、第 2 エンドエフェクター E2 に電動ドライバー SD を治具 SB に載置させている。このため、ロボット制御部 47 は、ステップ S153 において何もしなくてよい。ステップ S135 の処理を行わない場合、ロボット制御部 47 は、ステップ S153 においてステップ S135 と同じ処理を行い、第 2 エンドエフェクター E2 に電動ドライバー SD を治具 SB に載置させる。ステップ S135 の処理を行わない例については、実施形態の変形例において説明する。

【0097】

また、例えば、ロボット制御部 47 は、治具 SB に電動ドライバー SD が取り外せないようにするための機構が設けられていた場合、第 2 エンドエフェクター E2 に当該機構を動作させ、ステップ S135 において治具 SB に載置された電動ドライバー SD を治具 SB から取り外せないように固定してもよい。この場合、当該機構を第 2 エンドエフェクター E2 に動作させる処理は、ロボット制御部 47 に予め教示されているとする。なお、ロボット制御部 47 は、ステップ S153 の処理が終わった段階で、第 3 作業における第 1 アームの動作が終わっていない場合、当該動作が終わるまで第 1 アームを待機させる。

【0098】

以上説明したように、本実施形態におけるロボット 20 は、第 2 エンドエフェクター E2 が把持している電動ドライバー SD を物体に接触させ、第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット 20 は、ロボットの汎用性を確保しつつ、第 2 エンドエフェクター E2 が把持した電動ドライバー SD によって精度の高い作業を行うことができる。

【0099】

また、ロボット 20 は、例えば、第 1 作業と第 2 作業の間や、第 2 作業と第 3 作業の間のように、第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD により行う作業の後に第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット 20 は、作業を行う毎に第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持する位置及び姿勢を適した位置及び姿勢に直すことができる。

【0100】

また、ロボット 20 は、第 2 エンドエフェクター E2 が把持している電動ドライバー SD を治具 SB の第 1 部位 SB1 に接触させ、第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット 20 は、治具 SB を用いて、第 2 エンドエフェクター E2 が把持した電動ドライバー SD によって精度の高い作業を行うことができる。

【0101】

< 実施形態の変形例 >

以下、本発明の実施形態の変形例について説明する。本実施形態の変形例に係るロボット 20 は、治具 SB に電動ドライバー SD を載置させる（すなわち、接触させる）ことにより第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する構成に代えて、作業台 TB 上に電動ドライバー SD の先端を接触させることにより、第 2 エンドエフェクター E2 が電動ドライバー SD を把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。

【0102】

この一例において、ロボット制御部 47 は、図 6 に示したステップ S130 の処理として、図 9 に示したフロー チャートが示す処理を実行する構成に代えて、図 12 に示したステップ S130a の処理を実行する。図 12 は、本実施形態の変形例に係る制御部 36 が第 2 作業において第 2 アームを動作させる処理の流れの一例を示すフロー チャートである。なお、図 12 に示したステップ S131 及びステップ S133 の処理は、図 9 に示した

10

20

30

40

50

ステップ S 131 及びステップ S 133 の処理と同様なため説明を省略する。

【0103】

図12に示したステップ S 133 の処理の後、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2を動作させ、電動ドライバーSDの先端を他の物体に接触させる(ステップ S 136)。この一例において、当該物体は、作業台TBである。より具体的には、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDの先端を作業台TB上の所定の接触位置に接触させる。この際、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDの軸が回転する際の回転軸が作業台TBの面に対して垂直となるように電動ドライバーSDの姿勢を調整する。

【0104】

また、ロボット制御部47は、力センサー情報取得部45から取得した第2力センサー情報に基づく制御によって、所定の接触位置に対して電動ドライバーSDの自重に相当する大きさの力が垂直に加わり続けるように第2エンドエフェクターE2を動作させる。これにより、電動ドライバーSDの先端は、作用反作用の法則に従い、所定の接触位置に対して電動ドライバーSDの先端が加えた力と大きさが同じ力であって向きが反対の力(抗力)を作業台TBから受ける。

10

【0105】

次に、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する力を小さくすることにより、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持させたまま、電動ドライバーSDに対して第2エンドエフェクターE2が滑るように移動させる(ステップ S 137)。これにより、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。

20

【0106】

より具体的には、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDの位置及び姿勢を保ちつつ、作業台TBから電動ドライバーSDの先端に加わる抗力が、電動ドライバーSDを把持している第2エンドエフェクターE2と電動ドライバーSDとの間の静止摩擦力よりも大きくなるように第2エンドエフェクターE2の電動ドライバーSDを把持する把持力を小さくする。このように当該把持力を小さくすると、第2エンドエフェクターE2は、電動ドライバーSDの位置及び姿勢を固定したまま、電動ドライバーSDのグリップV2の表面を滑るように移動することができる状態となる。

30

【0107】

ロボット制御部47は、この状態を利用し、第2エンドエフェクターE2を電動ドライバーSDに対して移動させることにより、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。この際、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2の位置が、作業台TBから所定の高さにおいて所定の姿勢となるように第2エンドエフェクターE2を移動させる。所定の高さは、電動ドライバーSDの位置に対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置が所定の作業に適した位置となる高さである。また、所定の姿勢は、電動ドライバーSDの姿勢に対する第2エンドエフェクターE2の相対的な姿勢が所定の作業に適した姿勢となる高さである。これにより、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更することができる。

40

【0108】

次に、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する把持力を大きくする(ステップ S 138)。より具体的には、作業台TBから電動ドライバーSDの先端に加わる抗力が、電動ドライバーSDを把持している第2エンドエフェクターE2と電動ドライバーSDとの間の静止摩擦力よりも小さくなるように第2エンドエフェクターE2の電動ドライバーSDを把持する把持力を大きくする。

【0109】

このように、ロボット制御部47は、第2作業において、図12に示したステップ S 1

50

31からステップS138までの処理を行うことにより、電動ドライバーSDを作業台TBに接触させ、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更することができる。

【0110】

なお、ステップS136において、ロボット制御部47は、所定の接触位置に凹部が存在する場合等の所定の接触位置に電動ドライバーSDの先端を固定する何らかの構造が存在する場合、電動ドライバーSDの軸が回転する際の回転軸が作業台TBの面に対して垂直とは異なる角度となる方向に電動ドライバーSDの姿勢を調整する構成であってもよい。

10

【0111】

この場合、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2の一部を電動ドライバーSDのグリップV2の作業台TB側の部位に接触させて電動ドライバーSDが倒れないように支える。そして、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDを第2エンドエフェクターE2によって支えたまま、第2エンドエフェクターE2による電動ドライバーSDの把持を解除する。このようにすることで、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDを第2エンドエフェクターE2によって支えたまま、第2エンドエフェクターE2を電動ドライバーSDのグリップV2に対して滑らすように移動させることができる。

【0112】

また、ステップS136において、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDの先端を、第1アームと第2アームのうちいずれか一方の所定の接触部位に接触させる構成であってもよい。この場合、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDの軸が回転する際の回転軸が当該接触部位に対して垂直となるように電動ドライバーSDの姿勢と当該接触部位の姿勢とを調整する。これにより、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更することができる。所定の接触部位は、ロボットの一部の一例である。

20

【0113】

また、第2作業において、ロボット制御部47は、第1エンドエフェクターE1により電動ドライバーSDの軸V1を持ち、電動ドライバーSDの位置及び姿勢を固定してもよい。すなわち、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDを接触させる物体として、第1エンドエフェクターE1を利用する。この場合、ロボット制御部47は、第1エンドエフェクターE1に電動ドライバーSDを持たせたまま、第2エンドエフェクターE2による電動ドライバーSDの把持を解除する。そして、ロボット制御部47は、電動ドライバーSDに対して第2エンドエフェクターE2を移動させることにより、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更することができる。

30

【0114】

また、ロボット制御部47は、作業を行う前の最初に、上記で説明した方法のいずれかにより、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更する構成であってもよい。これにより、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢が所定の作業に適した位置及び姿勢に初期化された状態で作業を開始することができる。

40

【0115】

また、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2に、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の位置及び姿勢の所定の作業に適した位置及び姿勢からのずれを検出するずれ検出部を備える構成であってもよい。ずれ検出部は、例えば、接触センサーを含んで構成される。ずれ検出部は、接触センサーにより検出される電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の移動量の積分値が所定の閾値を超えた場合、

50

電動ドライバーSDに対して第2エンドエフェクターE2がずれたことを示す情報を、検出結果を示す情報として制御部36に出力する。

【0116】

この場合、制御部36は、ずれ検出部からの検出結果を示す情報を取得する検出結果情報取得部を備える。そして、ロボット制御部47は、検出結果情報取得部から検出結果を示す情報が取得された場合、上記で説明した方法のいずれかにより、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の相対的な位置及び姿勢を、所定の作業に適した位置及び姿勢に変更する。これにより、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢がずれるたびに、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢を所定の作業に適した位置及び姿勢に直すことができる。

10

【0117】

また、上記のずれ検出部は、接触センサーに代えて、第1撮像部21と、第2撮像部22と、第3撮像部23と、第4撮像部24のうちの一部又は全部によって第2エンドエフェクターE2に把持された電動ドライバーSDが撮像された撮像画像に基づいて、電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2のずれを検出する構成であってもよい。

20

【0118】

この場合、ずれ検出部は、撮像された撮像画像を取得し、取得した撮像画像に基づいて電動ドライバーSDに対する第2エンドエフェクターE2の位置及び姿勢の所定の作業に適した位置及び姿勢からの中のずれを検出する。そして、ずれ検出部は、当該ずれが検出された場合、電動ドライバーSDに対して第2エンドエフェクターE2がずれたことを示す情報を制御部36に出力する。これにより、ロボット制御部47は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢がずれるたびに、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢を所定の作業に適した位置及び姿勢に直すことができる。

20

【0119】

以上説明したように、本実施形態の変形例におけるロボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方が変更可能になるように、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する把持力を小さくする。これにより、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDの位置及び姿勢を固定したまま第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持している位置及び姿勢の少なくとも一方を変更することができる。

30

【0120】

また、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が把持している電動ドライバーSDを第1アームと第2アームのうちのいずれか一方の所定の接触部位に接触させ、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット20は、ロボット20の一部を用いて、第2エンドエフェクターE2が把持した電動ドライバーSDによって精度の高い作業を行うことができる。

40

【0121】

また、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が把持している電動ドライバーSDを作業台TBの一部に接触させ、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット20は、作業台TBを用いて、第2エンドエフェクターE2が把持した電動ドライバーSDによって精度の高い作業を行うことができる。

【0122】

また、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDにより行う最初の作業を第2エンドエフェクターE2が行う前に、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロ

50

ボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを持する位置及び姿勢が適した位置及び姿勢に初期化された状態で作業を開始させることができる。

【0123】

また、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを持する位置及び姿勢の少なくとも一方がずれた場合、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。これにより、ロボット20は、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを持する位置及び姿勢がずれたたびに、第2エンドエフェクターE2が電動ドライバーSDを持する位置及び姿勢を適した位置及び姿勢に直すことができる。

【0124】

以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない限り、変更、置換、削除等されてもよい。

【0125】

また、以上に説明した装置（例えば、ロボット20の制御装置30）における任意の構成部の機能を実現するためのプログラムを、コンピューター読み取り可能な記録媒体に記録し、そのプログラムをコンピューターシステムに読み込ませて実行するようにしてもよい。なお、ここでいう「コンピューターシステム」とは、OS（Operating System）や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD（Compact Disk）-ROM等の可搬媒体、コンピューターシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピューター読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバーやクライアントとなるコンピューターシステム内部の揮発性メモリー（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

【0126】

また、上記のプログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピューターシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピューターシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。

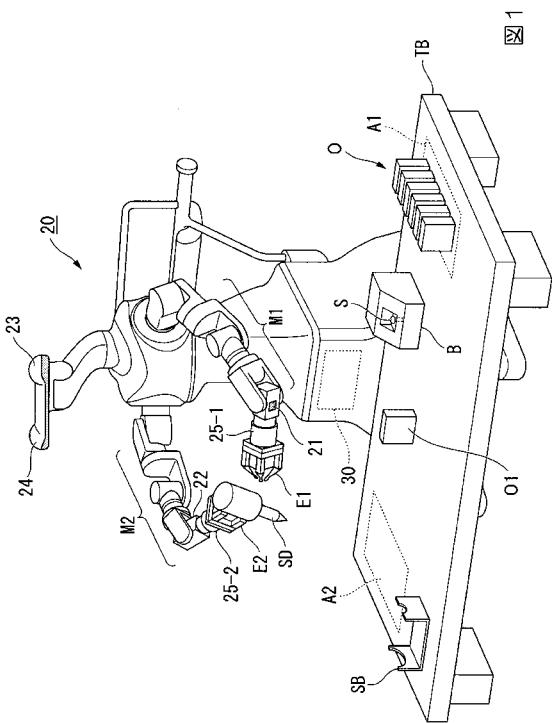
また、上記のプログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、上記のプログラムは、前述した機能をコンピューターシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

【符号の説明】

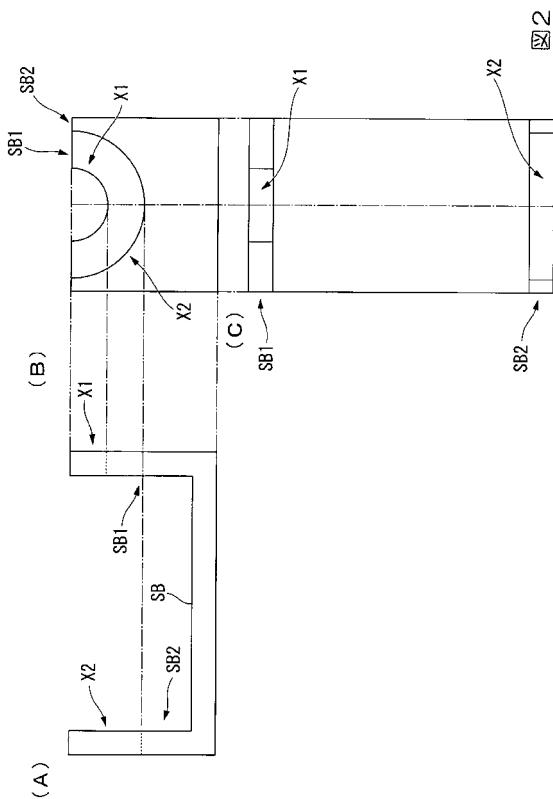
【0127】

20 ロボット、21 第1撮像部、22 第2撮像部、23 第3撮像部、24 第4撮像部、25 力センサー、25-1 第1力センサー、25-2 第2力センサー、30 制御装置、31 CPU、32 記憶部、33 入力受付部、34 通信部、35 表示部、36 制御部、41 位置姿勢情報読込部、43 判定部、45 力センサー情報取得部、47 ロボット制御部

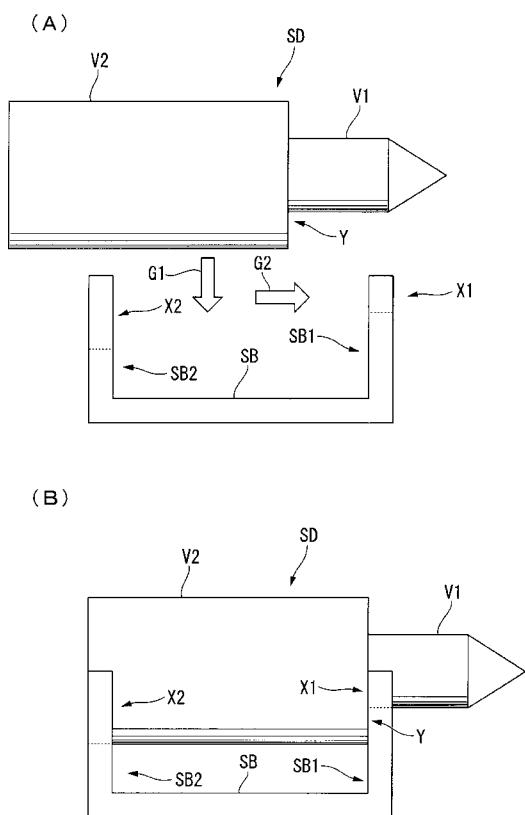
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

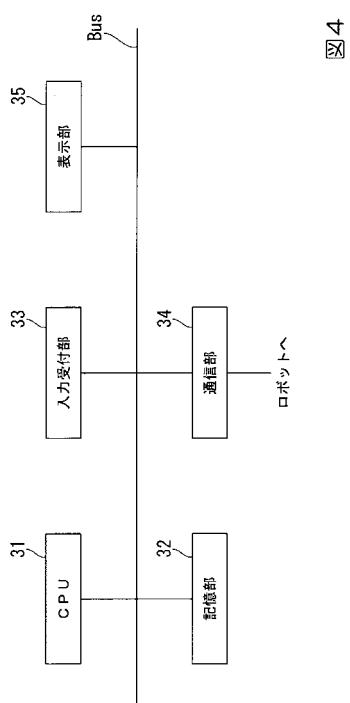
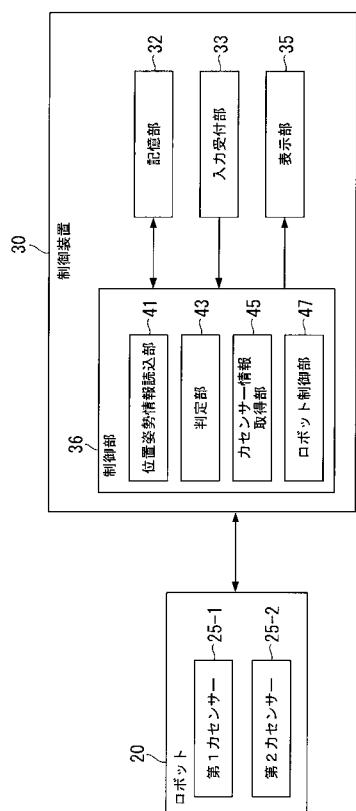


図3

【図5】



【図6】

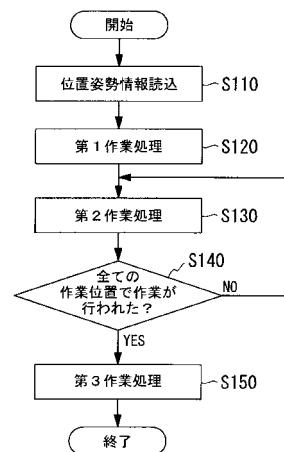


図6

【図7】

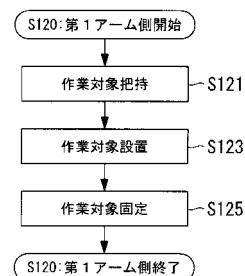


図7

【図8】

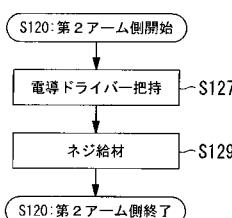


図8

【図11】

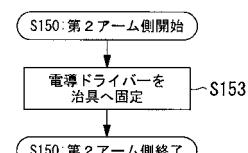


図11

【図9】

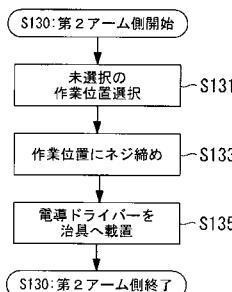


図9

【図12】

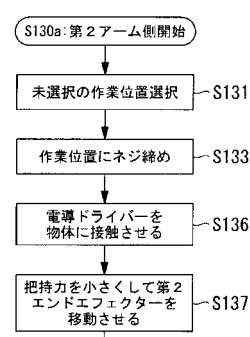


図12

【図10】

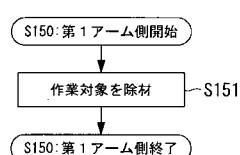


図10

フロントページの続き

(72)発明者 原田 智紀

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 小菅 一弘

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

(72)発明者 千葉 玄明

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号 国立大学法人東北大学内

F ターム(参考) 3C707 AS06 BS26 CY17 ES05 GS01 KS33 KT01 KT04 KT05 KX06

LV04 LV05 LV06 LV07 LV10 LV14 MT04