

(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. F 1 テーマコード (参考)
B 2 5 J 13/00 (2006.01) B 2 5 J 13/00 Z 3 C 7 0 7

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)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成27年4月17日 (2015.4.17)		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。

【選択図】図5

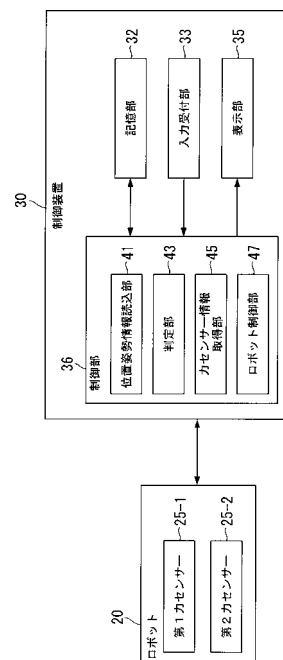


図5

【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分である、
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

【 0 0 0 3 】

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 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 国際公開第 2 0 1 3 / 1 2 8 5 4 2 号

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

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 】

【 0 0 0 6 】

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

【 0 0 0 7 】

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。

【 0 0 0 8 】

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。

【 0 0 0 9 】

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。

【 0 0 1 0 】

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。

40

【 0 0 1 1 】

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。

【 0 0 1 2 】

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。

【 0 0 1 3 】

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るたびに、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。

【 0 0 1 4 】

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。

【 0 0 1 5 】

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。

【 0 0 1 6 】

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。

【 0 0 1 7 】

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 】

【 0 0 1 8 】

【 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 S B の一例を示す図である。

【 図 3 】 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 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 S 1 2 0 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 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。

【 図 9 】 制御部 36 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。

【 図 10 】 制御部 36 が図 6 に示したステップ S 1 5 0 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 S 1 5 0 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 1 2】本実施形態の変形例に係る制御部 3 6 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 2 0 の一例を示す構成図である。ロボット 2 0 は、第 1 アームと、第 2 アームと、第 1 撮像部 2 1 と、第 2 撮像部 2 2 と、第 3 撮像部 2 3 と、第 4 撮像部 2 4 と、第 1 力センサー 2 5 - 1 と、第 2 力センサー 2 5 - 2 と、制御装置 3 0 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 2 0 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 2 0 は、第 1 撮像部 2 1 と、第 2 撮像部 2 2 と、第 3 撮像部 2 3 と、第 4 撮像部 2 4 のうちの一部又は全部を備えない構成であってもよい。

【0021】

第 1 アームは、第 1 エンドエフェクター E 1 と、第 1 マニピュレーター M 1 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 E 1 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 M 1 と、第 1 エンドエフェクター E 1 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 E 1 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 3 0 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 3 0 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 E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 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 U S B （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、W i - F i （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 3 0 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 2 1 を備える。

第 1 撮像部 2 1 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 C C D （Charge Coupled Device）や C M O S （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 2 1 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 M 1 の一部に備えられる。そのため、第 1

50

撮像部 2 1 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 2 1 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 2 1 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。

【 0 0 2 5 】

また、第 1 撮像部 2 1 は、ケーブルによって制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 1 撮像部 2 1 は、W i - F i （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 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 2 6 】

第 2 アームは、第 2 エンドエフェクター E 2 と、第 2 マニピュレーター M 2 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 E 2 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 M 2 と、第 2 エンドエフェクター E 2 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 E 2 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。

【 0 0 2 7 】

各第 2 アクチュエーターは、ケーブルによって制御装置 3 0 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 3 0 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 E 2 と第 2 マニピュレーター M 2 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 U S B （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、W i - F i （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 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 2 8 】

また、第 2 アームは、更に第 2 撮像部 2 2 を備える。

第 2 撮像部 2 2 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 C C D や C M O S 等を備えたカメラである。この一例において、第 2 撮像部 2 2 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 M 2 の一部に備えられる。そのため、第 2 撮像部 2 2 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 2 2 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 2 2 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。

【 0 0 2 9 】

また、第 2 撮像部 2 2 は、ケーブルによって制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 2 撮像部 2 2 は、W i - F i （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 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 0 】

第 3 撮像部 2 3 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 C C D や C M O S 等を備えたカメラである。第 3 撮像部 2 3 は、ロボット 2 0 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 2 3 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。

【 0 0 3 1 】

また、第 3 撮像部 2 3 は、ケーブルによって制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 3 撮像部 2 3 は、W i - F i （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 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 2 】

第 4 撮像部 2 4 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 C C D や C M O S 等を備えたカメラである。第 4 撮像部 2 4 は、撮像範囲を第 3 撮像部 2 3 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 2 4 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、撮像範囲の動画画像を第 4 画像として撮像してもよい。

10

【 0 0 3 3 】

また、第 4 撮像部 2 4 は、ケーブルによって通信可能に制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 4 撮像部 2 4 は、W i - F i （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 3 0 と接続される構成であってもよい。

【 0 0 3 4 】

第 1 カセンサー 2 5 - 1 は、第 1 エンドエフェクター E 1 と第 1 マニピュレーター M 1 の間に備えられている。第 1 カセンサー 2 5 - 1 は、第 1 エンドエフェクター E 1 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 カセンサー 2 5 - 1 は、トルクセンサー等の第 1 エンドエフェクター E 1 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 カセンサー 2 5 - 1 とは、第 1 カセンサー情報を通信により制御装置 3 0 へ出力する。第 1 カセンサー情報は、第 1 カセンサー 2 5 - 1 が検出した力やモーメントの大きさを示す値を、第 1 カセンサー 2 5 - 1 の出力値として含む情報である。第 1 カセンサー 2 5 - 1 の出力値は、カセンサーの出力値の一例である。

20

【 0 0 3 5 】

第 1 カセンサー 2 5 - 1 は、ケーブルによって通信可能に制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 1 カセンサー 2 5 - 1 は、W i - F i （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 3 0 と接続されてもよい。

30

【 0 0 3 6 】

第 2 カセンサー 2 5 - 2 は、第 2 エンドエフェクター E 2 と第 2 マニピュレーター M 2 の間に備えられている。第 2 カセンサー 2 5 - 2 は、第 2 エンドエフェクター E 2 に作用した力やモーメントを検出する。なお、第 2 カセンサー 2 5 - 2 は、トルクセンサー等の第 2 エンドエフェクター E 2 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 カセンサー 2 5 - 2 は、第 2 カセンサー情報を通信により制御装置 3 0 へ出力する。第 2 カセンサー情報は、第 2 カセンサー 2 5 - 2 が検出した力やモーメントの大きさを示す値を、第 2 カセンサー 2 5 - 2 の出力値として含む情報である。第 2 カセンサー 2 5 - 2 の出力値は、カセンサーの出力値の一例である。

40

【 0 0 3 7 】

第 2 カセンサー 2 5 - 2 は、ケーブルによって通信可能に制御装置 3 0 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 U S B 等の規格によって行われる。なお、第 2 カセンサー 2 5 - 2 は、W i - F i （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 3 0 と接続されてもよい。

【 0 0 3 8 】

以下では、第 1 カセンサー 2 5 - 1 と第 2 カセンサー 2 5 - 2 を区別する必要が無い限り、まとめてカセンサー 2 5 と称して説明する。また、以下では、第 1 カセンサー情報と第 2 カセンサー情報を区別する必要が無い限り、まとめてカセンサー情報と称して説明する。第 1 カセンサー情報と第 2 カ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 30 によるロボット 20 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。

【0039】

上記で説明したロボット 20 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 20 に内蔵された制御装置 30 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 20 は、制御装置 30 を内蔵する構成に代えて、外部に設置された制御装置 30 により制御される構成であってもよい。

【0040】

制御装置 30 は、ロボット 20 に制御信号を送信することにより、ロボット 20 を動作させる。また、制御装置 30 は、ロボット 20 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 20 が第 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。

【0041】

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 20 が第 2 エンドエフェクター E2 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 20 は、所定の作業において、第 2 エンドエフェクター E2 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。

【0042】

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。

【0043】

ここで、図 1 を参照して、ロボット 20 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 20 は、第 2 エンドエフェクター E2 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。

【0044】

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。

【0045】

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 A1 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 A2 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 O1 とが載置されている。

【0046】

第 1 領域 A1 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 20 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 A2 は、ロボ

10

20

30

40

50

ット 20 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。

【0047】

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。

【0048】

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 20 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 20 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 20 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。

【0049】

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 を参照して、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。

【0050】

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。

【0051】

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。

【0052】

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。

【0053】

ロボット 20 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 20 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 20 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 20 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

沿い、段差 Y が第 1 部位 S B 1 に接触する方向を示す。

【 0 0 5 4 】

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。

【 0 0 5 5 】

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。

【 0 0 5 6 】

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。

【 0 0 5 7 】

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。

【 0 0 5 8 】

これを利用し、ロボット 2 0 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 2 0 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。

【 0 0 5 9 】

なお、以下では、説明の便宜上、ロボット 2 0 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。

【 0 0 6 0 】

ロボット 2 0 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 2 0 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。

【 0 0 6 1 】

第 2 作業では、ロボット 2 0 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 2 0 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 2 0 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Bus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と一体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、L S I (Large Scale Integration) や A S I C (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-No)、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-Yes)、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に関しても同様である。

【0078】

20

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。

【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。

【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 47 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 125 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。

【0083】

このように、ステップ S 121 からステップ S 125 までの処理によって、ロボット制御部 47 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 47 は、ステップ S 125 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

【0084】

図 8 は、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 120 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 47 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 47 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 47 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とに基づいて、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 127）。

20

【0085】

次に、ロボット制御部 47 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 127 において読み込んだツール情報とに基づいて、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 47 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 129）。

【0086】

このように、ステップ S 127 からステップ S 129 までの処理によって、ロボット制御部 47 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 47 は、ステップ S 129 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

【0087】

次に、図 9 を参照して、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 130 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 36 は、ステップ S 130 において、第 2 アームのみを動作させる。なお、制御部 36 は、これに代えて、ステップ S 130 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。

【0088】

図 9 は、制御部 36 が図 6 に示したステップ S 130 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 47 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 47 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 131）。

【0089】

次に、ロボット制御部 47 は、ステップ S 131 において選択した作業位置を示す情報と、ステップ S 127 において読み込んだツール情報とに基づいて、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 47 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させることにより、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S133）。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E2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E2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S127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E2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G1に所定距離だけ移動させることにより軸V1が切欠き部X1に接触し、グリップV2が切欠き部X2に接触するが、段差Yが第1部位SB1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G2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E2を動作させ、治具SBに対して電動ドライバーSDを方向G2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SB1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E2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S135）。なお、第2アームがステップS131からステップS135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S150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S150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S150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。

40

まず、ロボット制御部47は、第1エンドエフェクターE1が固定していた部材Oを、第1エンドエフェクターE1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S110において位置姿勢情報読込部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E1により部材Oを移動させる（ステップS151）。なお、ロボット制御部47は、ステップS151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S150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 E 2 により電動ドライバー S D を治具 S B に固定する（ステップ S 153）。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 S 135 においてすでに、第 2 エンドエフェクター E 2 に電動ドライバー S D を治具 S B 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 S 153 において何もしなくてもよい。ステップ S 135 の処理を行わない場合、ロボット制御部 47 は、ステップ S 153 においてステップ S 135 と同じ処理を行い、第 2 エンドエフェクター E 2 に電動ドライバー S D を治具 S B に載置させる。ステップ S 135 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】

10

また、例えば、ロボット制御部 47 は、治具 S B に電動ドライバー S D 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 E 2 に当該機構を動作させ、ステップ S 135 において治具 S B に載置された電動ドライバー S D を治具 S B 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 E 2 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 S 153 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】

20

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 E 2 が把持している電動ドライバー S D を物体に接触させ、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が把持した電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D により行う作業の後に第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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。

30

【0100】

また、ロボット 20 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持している電動ドライバー S D を治具 S B の第 1 部位 S B 1 に接触させ、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 S B を用いて、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持した電動ドライバー S D 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 S B に電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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 T B 上に電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D を把持する位置及び姿勢の少なくとも一方を変更する。

40

【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 S 130 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 S 130 a 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 S 131 及びステップ S 133 の処理は、図 9 に示した

50

ステップ S 1 3 1 及びステップ S 1 3 3 の処理と同様なため説明を省略する。

【 0 1 0 3 】

図 1 2 に示したステップ S 1 3 3 の処理の後、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 を動作させ、電動ドライバー S D の先端を他の物体に接触させる（ステップ S 1 3 6）。この一例において、当該物体は、作業台 T B である。より具体的には、ロボット制御部 4 7 は、電動ドライバー S D の先端を作業台 T B 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 4 7 は、電動ドライバー S D の軸が回転する際の回転軸が作業台 T B の面に対して垂直となるように電動ドライバー S D の姿勢を調整する。

【 0 1 0 4 】

また、ロボット制御部 4 7 は、力センサー情報取得部 4 5 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 S D 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 E 2 を動作させる。これにより、電動ドライバー S D 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 S D 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 T B から受ける。

【 0 1 0 5 】

次に、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D を把持させたまま、電動ドライバー S D に対して第 2 エンドエフェクター E 2 が滑るように移動させる（ステップ S 1 3 7）。これにより、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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。

【 0 1 0 6 】

より具体的には、ロボット制御部 4 7 は、電動ドライバー S D の位置及び姿勢を保ちつつ、作業台 T B から電動ドライバー S D の先端に加わる抗力が、電動ドライバー S D を把持している第 2 エンドエフェクター E 2 と電動ドライバー S D 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 E 2 の電動ドライバー S D 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 E 2 は、電動ドライバー S D の位置及び姿勢を固定したまま、電動ドライバー S D のグリップ V 2 の表面を滑るように移動することができる状態となる。

【 0 1 0 7 】

ロボット制御部 4 7 は、この状態を利用し、第 2 エンドエフェクター E 2 を電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 の位置が、作業台 T B 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 E 2 を移動させる。所定の高さは、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 S D の姿勢に対する第 2 エンドエフェクター E 2 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 4 7 は、電動ドライバー S D に対する第 2 エンドエフェクター E 2 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。

【 0 1 0 8 】

次に、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D を把持する把持力を大きくする（ステップ S 1 3 8）。より具体的には、作業台 T B から電動ドライバー S D の先端に加わる抗力が、電動ドライバー S D を把持している第 2 エンドエフェクター E 2 と電動ドライバー S D 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 E 2 の電動ドライバー S D を把持する把持力を大きくする。

【 0 1 0 9 】

このように、ロボット制御部 4 7 は、第 2 作業において、図 1 2 に示したステップ S 1

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を把持し、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を把持させたまま、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させることができる。

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 S D に対して第 2 エンドエフェクター E 2 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 3 6 に出力する。

【 0 1 1 6 】

この場合、制御部 3 6 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 4 7 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 S D に対する第 2 エンドエフェクター E 2 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 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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

【 0 1 1 7 】

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 2 1 と、第 2 撮像部 2 2 と、第 3 撮像部 2 3 と、第 4 撮像部 2 4 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 E 2 に把持された電動ドライバー S D が撮像された撮像画像に基づいて、電動ドライバー S D に対する第 2 エンドエフェクター E 2 のずれを検出する構成であってもよい。

【 0 1 1 8 】

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 S D に対する第 2 エンドエフェクター E 2 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。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 S D に対して第 2 エンドエフェクター E 2 がずれたことを示す情報を制御部 3 6 に出力する。これにより、ロボット制御部 4 7 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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

【 0 1 1 9 】

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 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D を把持する把持力を小さくする。これにより、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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

【 0 1 2 0 】

また、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持している電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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 2 0 は、ロボット 2 0 の一部を用いて、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持した電動ドライバー S D によって精度の高い作業を行うことができる。

40

【 0 1 2 1 】

また、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持している電動ドライバー S D を作業台 T B の一部に接触させ、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 2 0 は、作業台 T B を用いて、第 2 エンドエフェクター E 2 が把持した電動ドライバー S D によって精度の高い作業を行うことができる。

【 0 1 2 2 】

また、ロボット 2 0 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D により行う最初の作業を第 2 エンドエフェクター E 2 が行う前に、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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

ロボット 20 は、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D を把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 E 2 が電動ドライバー S D 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、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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、第 2 エンドエフェクター E 2 が電動ドライバー S D 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 E 2 が電動ドライバー S D 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。

【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 カセンサ、25-1 第1カセンサ、25-2 第2カセンサ、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 カセンサ情報取得部、47 ロボット制御部

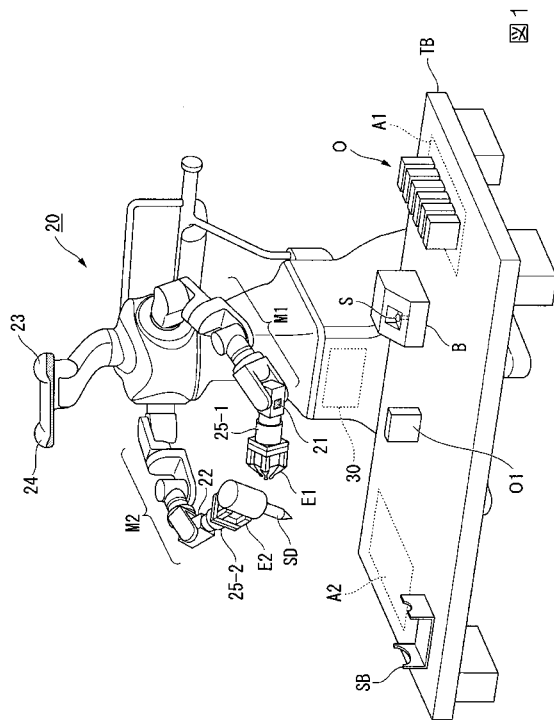
10

20

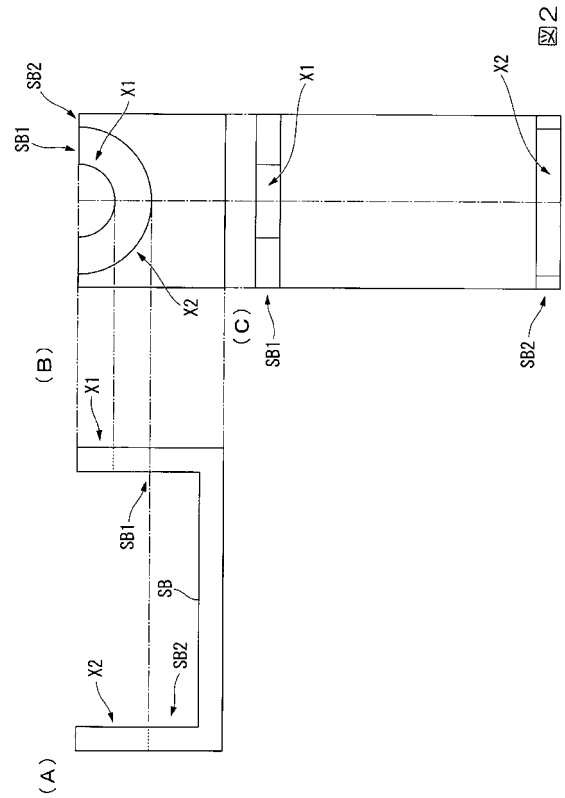
30

40

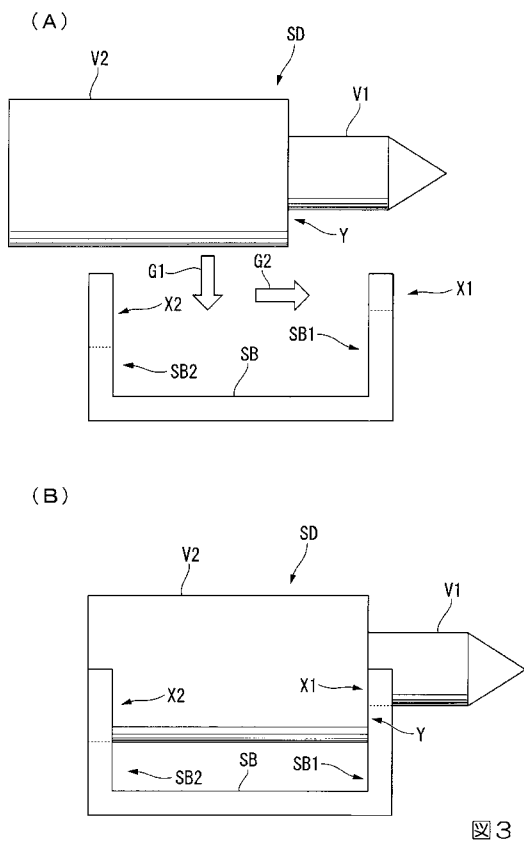
【図 1】



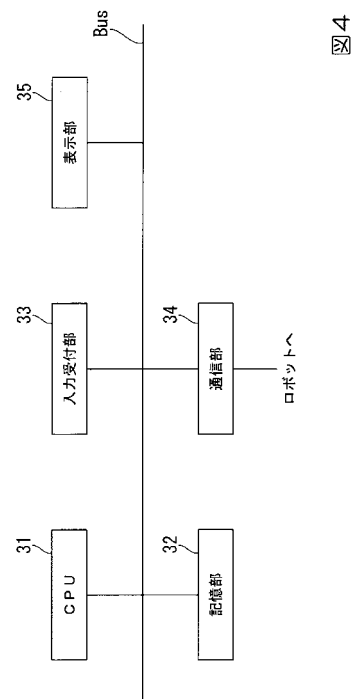
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図5】

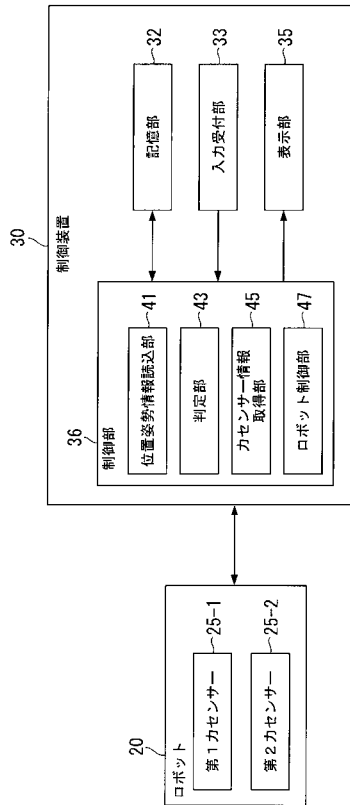


図5

【図6】

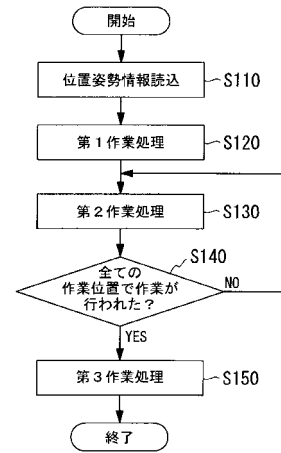


図6

【図7】

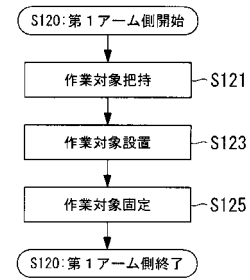


図7

【図8】

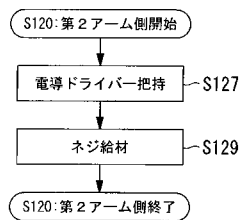


図8

【図11】

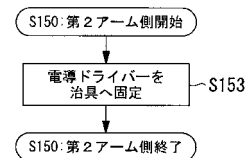


図11

【図9】

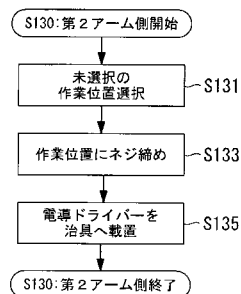


図9

【図12】

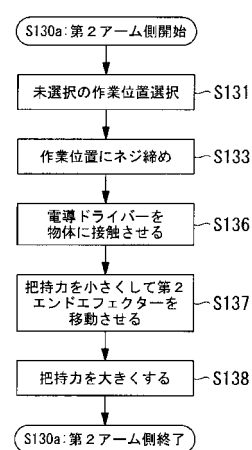


図12

【図10】

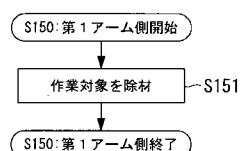


図10

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