

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6665450号
(P6665450)

(45) 発行日 令和2年3月13日(2020.3.13)

(24) 登録日 令和2年2月25日(2020.2.25)

(51) Int.Cl.

B25J 13/08 (2006.01)

F 1

B 25 J 13/08
B 25 J 13/08Z
A

請求項の数 10 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2015-170162 (P2015-170162)
 (22) 出願日 平成27年8月31日 (2015.8.31)
 (65) 公開番号 特開2017-47479 (P2017-47479A)
 (43) 公開日 平成29年3月9日 (2017.3.9)
 審査請求日 平成30年7月27日 (2018.7.27)

(73) 特許権者 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 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100194102
 弁理士 磯部 光宏
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (74) 代理人 100216253
 弁理士 松岡 宏紀
 (72) 発明者 宮本 義人
 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、制御装置、及びロボットシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アームを備えるロボットと、
 前記ロボットの動作を制御する制御装置と、
 前記アームに設けられ、物体を把持する把持部と、
 前記把持部又は前記物体に設けられる第1傾斜計と、
 第1所定面に対して第1角度の傾きを有する基準面と、を備え、
 前記把持部は、第2所定面を備え、
 前記物体は、第3所定面を備え、

前記第1傾斜計は、前記第1所定面に対する前記第2所定面の傾き、又は前記第1所定面に対する前記第3所定面の傾き、である第2角度を計測し、 10

前記制御装置は、前記第1角度と前記第2角度とにに基づいて前記アームを動作させる、
 ロボットシステム。

【請求項 2】

前記第1傾斜計は、前記第1角度を計測する、
 請求項1に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記基準面に前記第2所定面又は前記第3所定面を接面させた状態において、前記第1傾斜計は、前記第1角度を計測する、
 請求項2に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記ロボットシステムは、前記アームに設けられ、力を検出する力検出器を備え、

前記制御装置は、前記力検出器の出力に基づいて、前記基準面に前記第2所定面又は前記第3所定面を接面させる、

請求項3に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記ロボットシステムは、前記第1角度を計測する第2傾斜計を備える、

請求項1に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記制御装置は、前記アームの少なくとも一部を、前記基準面に対して平行に移動させ 10
る、

請求項1から5のうちいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記ロボットシステムは、前記基準面に平行な面に設けられる加工装置を備え、

前記物体は、前記加工装置により加工されるワークである、

請求項1から6のうちいずれか一項に記載のロボットシステム。

【請求項 8】

前記ロボットシステムは、撮像部を備え、

前記撮像部により撮像された撮像画像に基づいて、前記把持部と前記物体との位置関係 20
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システム。

【請求項 9】

アームを備え、

前記アームに設けられ、第2所定面を有する把持部又は前記把持部により把持され、第 3所定面を有する物体には、第1傾斜計が設けられ、

第1所定面に対する基準面の傾きである第1角度と、前記第1所定面に対する前記第2所定面の傾き又は前記所定第1所定面に対する前記第3所定面の傾きである第2角度と、
に基づいて前記アームを動作させ、

前記第2角度は、前記第1傾斜計により計測される、

ロボット。 30

【請求項 10】

請求項9に記載のロボットの動作を制御する、

制御装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は、ロボット、制御装置、及びロボットシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

ロボットに物体を把持させ、所定の作業を行わせる技術の研究や開発が行われている。 40

【0003】

これに関し、傾斜計を用いることにより、重力方向に垂直な平面に対して水平な方向にアームを動作させる制御方法が知られている（特許文献1参照）。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献1】特開平09-258814号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

50

しかしながら、従来の制御方法では、ワークにおいて作業が行われる面である作業平面を重力方向に垂直な平面に対して水平にすることができなかった。このため、当該制御方法では、アームを当該平面に対して水平に移動させることができたとしても、作業平面が当該平面に対して傾いている場合、作業平面が当該平面に対して水平な状態で行われなければならない作業に誤差が生じ、当該作業を失敗してしまう場合があった。

【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、アームを備え、前記アームに設けられる把持部又は前記把持部により把持される物体には、第1傾斜計が設けられ、基準面の第1角度と、前記第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいて前記アームを動作させる、ロボットである。10

この構成により、ロボットは、基準面の第1角度と、第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいてアームを動作させる。これにより、ロボットは、基準面と第2角度とに応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0007】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、第1角度を第1傾斜計により計測する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、第1角度を第1傾斜計により計測する。これにより、ロボットは、第1傾斜計により計測された第1角度及び第2角度と基準面と基づく動作によって物体を移動させることができる。20

【0008】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記基準面に前記物体の所定面又は前記把持部の所定面を接面させた状態において前記第1角度を前記第1傾斜計により計測する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、基準面に物体の所定面又は把持部の所定面を接面させた状態において第1角度を第1傾斜計により計測する。これにより、ロボットは、基準面に物体の所定面又は把持部の所定面を接面させた状態において第1傾斜計により計測された第1角度と第2角度に基づく動作によって物体を移動させることができる。

【0009】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記アームは、力を検出する力検出器を備え、前記力検出器の出力に基づいて、前記基準面に前記物体の所定面又は前記把持部の所定面を接面させる、構成が用いられてもよい。30

この構成により、ロボットは、力検出器の出力に基づいて、基準面に物体の所定面又は把持部の所定面を接面させる。これにより、ロボットは、力検出器の出力に基づいて物体の所定面又は把持部の所定面が基準面に接面させた状態を用いて、物体を移動させることができる。

【0010】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記第1角度を、前記第1傾斜計とは異なる第2傾斜計により計測する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、第1角度を、第1傾斜計とは異なる第2傾斜計により計測する。これにより、ロボットは、第2傾斜計により計測された第1角度と、第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいて、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。40

【0011】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記アームの少なくとも一部を、前記基準面に対して水平に移動させる、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、アームの少なくとも一部を、基準面に対して水平に移動させる。これにより、ロボットは、物体を基準面に対して水平に移動させることができる。

【0012】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記基準面に平行な面には、加工装置が設けられ、前記物体は、前記加工装置により加工されるワークである、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、基準面を用いて計測された第1角度と、加工装置により加工されるワーク又は把持部に設けられた第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいてアームを動作させる。これにより、ロボットは、基準面に応じた動作によって加工装置により加工されるワークを移動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、撮像部を備え、前記撮像部により撮像された撮像画像に基づいて、前記把持部と前記物体との位置関係を変更する、構成が用いられてもよい。10

この構成により、ロボットは、撮像部により撮像された撮像画像に基づいて、把持部と物体との位置関係を変更する。これにより、ロボットは、把持部と物体との位置関係がずれてしまった場合であっても、ずれる前の位置関係に戻すことができる。

【0014】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、所定の条件が満たされた場合、前記第1角度を再計測する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、所定の条件が満たされた場合、第1角度を再計測する。これにより、ロボットは、第1角度がずれている可能性が高い場合に、第1角度を再計測することができる。20

【0015】

また、本発明の他の態様は、ロボットにおいて、前記物体の所定面又は前記把持部の所定面と、前記第1傾斜計の所定面との基準の位置関係からのずれを補正する、構成が用いられてもよい。

この構成により、ロボットは、物体の所定面又は把持部の所定面と、第1傾斜計の所定面との基準の位置関係からのずれを補正する。これにより、ロボットは、補正した当該位置関係に基づいて、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0016】

また、本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載のロボットの動作を行うようにロボットを制御する、制御装置である。30

この構成により、制御装置は、基準面を用いて計測された第1角度と、第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいてアームを動作させる。これにより、制御装置は、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0017】

また、本発明の他の態様は、上記のいずれかに記載のロボットと、上記に記載の制御装置と、を備えるロボットシステムである。

この構成により、ロボットシステムは、基準面を用いて計測された第1角度と、第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいてアームを動作させる。これにより、ロボットシステムは、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0018】

以上により、ロボット、制御装置、及びロボットシステムは、基準面を用いて計測された第1角度と、第1傾斜計により計測された第2角度とに基づいてアームを動作させる。これにより、ロボット、制御装置、及びロボットシステムは、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本実施形態に係るロボットシステム1の一例を示す構成図である。

【図2】マニピュレーターM、第1傾斜計測部21、力検出部22のそれぞれと、制御装置30との接続の概略的な構成の一例を示す図である。

【図3】制御装置30のハードウェア構成の一例を示す図である。50

【図4】制御装置30の機能構成の一例を示す図である。

【図5】制御部36が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図6】ロボット20がエンドエフェクターEに把持された物体Oを基準面M1に接面させようとしている最中の様子の一例を示す図である。

【図7】ロボット20がエンドエフェクターEに把持された物体Oを基準面M1に接面させた直後の様子の一例を示す図である。

【図8】ロボット20が、物体Oを把持したエンドエフェクターEを基準面M1に接面させた直後の様子の一例を示す図である。

【図9】本実施形態の変形例1に係るロボットシステム1aの一例を示す構成図である。

【図10】制御装置30aの機能構成の一例を示す図である。制御装置30aは、記憶部32と、制御部36aを備える。
10

【図11】制御部36aが行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図12】ロボットシステム1bの一例を示す構成図である。

【図13】制御装置30bの機能構成の一例を示す図である。制御装置30bは、記憶部32と、制御部36bを備える。

【図14】制御部36bが行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

【図15】ハンド面M2と傾斜計面との位置関係に応じた傾斜情報の補正方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

<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システム1の一例を示す構成図である。ロボットシステム1は、ロボット20と、制御装置30を備える。

【0021】

まず、ロボットシステム1が備えるロボット20の構成について説明する。

ロボット20は、単腕ロボットである。単腕ロボットは、1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、単腕ロボットに代えて、複腕ロボットであってもよい。複腕ロボットは、2本以上のアームを備えるロボットである。図1に示したような2本のアームを備える双腕ロボットは、複腕ロボットの一例である。
30

【0022】

アームは、エンドエフェクターEと、マニピュレーターMと、第1傾斜計測部21と、力検出部22を備える。

【0023】

エンドエフェクターEは、物体を把持可能な2以上の爪部と、第1傾斜計測部21と、図示しない複数のアクチュエーターを備える。エンドエフェクターEが備える複数のアクチュエーターはそれぞれ、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、当該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、2以上の爪部のそれぞれを動作させる。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(Universal Serial Bus)等の規格によって行われる。なお、当該アクチュエーターは、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】

エンドエフェクターEは、マニピュレーターMと着脱可能な構成であってもよい。また、エンドエフェクターEは、物体を把持可能な2以上の爪部を備える構成に代えて、物体を空気や磁気によって吸着可能な吸着部を備える構成であってもよい。エンドエフェクターEは、把持部の一例である。

【0025】

第1傾斜計測部21は、エンドエフェクターEの一部に設けられた面であるハンド面M2上に備えられる。ハンド面M2は、把持部の所定面の一例である。第1傾斜計測部21
50

は、ロボット座標系におけるX Y平面に対するハンド面M 2の傾きを計測するセンサーである。なお、第1傾斜計測部2 1は、当該X Y平面に対するハンド面M 2の傾きを示す角度を計測する構成に代えて、他の面に対するハンド面M 2の傾きを示す角度を計測する構成であってもよい。

【0026】

ハンド面M 2の傾きは、この一例において、当該X Y平面のX軸方向とハンド面に設定された三次元局所座標系のX軸方向との間の傾きを示す角度と、当該X Y平面のY軸方向とハンド面M 2に設定された三次元局所座標系のY軸方向との間の傾きを示す角度とによって表される。なお、ハンド面M 2の傾きは、他の値によって表される構成であってもよい。

10

【0027】

第1傾斜計測部2 1は、計測したこれらの角度を出力値として含む傾斜情報を通信により制御装置3 0へ出力する。傾斜情報に含まれるハンド面M 2の傾きを示す1以上の角度は、第2角度の一例である。第1傾斜計測部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USB等の規格によって行われる。なお、第1傾斜計測部2 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3 0と接続される構成であってもよい。なお、第1傾斜計測部2 1は、第1傾斜計の一例である。

【0028】

マニピュレーターMは、7つの関節と、図示しない複数のアクチュエーターとを備える7軸垂直多関節型のマニピュレーターである。従って、アームは、支持台と、エンドエフェクターEと、マニピュレーターMが当該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、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。

20

【0029】

アームが7軸の自由度で動作する場合、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。これによりアームは、例えば、動作が滑らかになり、更に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。また、アームが7軸の自由度で動作する場合、アームの制御は、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。

30

【0030】

マニピュレーターMが備える複数のアクチュエーターはそれぞれ、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、当該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、マニピュレーターMを動作させる。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、当該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3 0と接続される構成であってもよい。

【0031】

力検出部2 2は、エンドエフェクターEとマニピュレーターMの間に備えられる。力検出部2 2は、エンドエフェクターE又はエンドエフェクターEが把持している物体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。力検出部2 2は、検出した力やモーメントの大きさを示す値を出力値として含む力検出情報を通信により制御装置3 0へ出力する。力検出情報は、制御装置3 0によるアームの力検出情報に基づく制御に用いられる。力検出情報に基づく制御は、例えば、インピーダンス制御等のコンプライアンス制御のことである。なお、力検出部2 2は、トルクセンサー等のエンドエフェクターE又はエンドエフェクターEが把持している物体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。

40

【0032】

力検出部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

50

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、力検出部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。

【0033】

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の外部に設置された制御装置30から制御信号を取得する。そして、当該各機能部は、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、外部に設置された制御装置30により制御される構成に代えて、ロボット20に内蔵された制御装置30により制御される構成であってもよい。

【0034】

10

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。これにより、制御装置30は、ロボット20に所定の作業を行わせる。ここで、図2を参照し、マニピュレーターM、第1傾斜計測部21、力検出部22のそれぞれと、制御装置30との接続の概略的な構成について説明する。図2は、マニピュレーターM、第1傾斜計測部21、力検出部22のそれぞれと、制御装置30との接続の概略的な構成の一例を示す図である。

【0035】

図2に示したように、制御装置30は、ケーブルC1を介してマニピュレーターMと接続される。制御装置30は、ケーブルC1を介してマニピュレーターMに制御信号を送信する。

20

【0036】

また、制御装置30は、ケーブル2を介して第1通信方式変換部211と接続される。ケーブルC2は、例えば、RS232通信規格による通信を行うためのケーブルである。なお、ケーブルC2は、これに代えて、他の通信規格による通信を行うためのケーブルであってもよい。制御装置30は、ケーブルC2を介して、すなわちRS232通信規格によって第1通信方式変換部211と通信を行う。

【0037】

一方、第1通信方式変換部211は、ケーブルC3を介して第1傾斜計測部21と接続される。ケーブルC3は、例えば、UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)通信規格による通信を行うためのケーブルである。なお、ケーブルC3は、これに代えて、他の通信規格による通信を行うためのケーブルであってもよい。第1通信方式変換部211は、ケーブルC3を介して、すなわちUART通信規格によって第1傾斜計測部21と通信を行う。

30

【0038】

第1通信方式変換部211は、ケーブルC2を介して制御装置30から第1傾斜計測部21へ送信された情報であってRS232通信規格に基づいて生成された情報を、UART通信規格に基づく情報に変換し、変換した当該情報を第1傾斜計測部21へケーブルC3を介して送信する。また、第1通信方式変換部211は、ケーブルC3を介して第1傾斜計測部21から制御装置30へ送信されたUART通信規格に基づいて生成された情報を、RS232通信規格に基づく情報に変換し、変換した当該情報を制御装置30へケーブルC2を介して送信する。

40

【0039】

また、制御装置30は、ケーブル4を介して第2通信方式変換部221と接続される。ケーブルC4は、例えば、イーサネット（登録商標）通信規格による通信を行うためのケーブルである。なお、ケーブルC4は、これに代えて、他の通信規格による通信を行うためのケーブルであってもよい。制御装置30は、ケーブルC4を介して、すなわちイーサネット（登録商標）通信規格によって第2通信方式変換部221と通信を行う。

【0040】

一方、第2通信方式変換部221は、ケーブルC5を介して力検出部22と接続される。ケーブルC5は、例えば、RS422通信規格による通信を行うためのケーブルである

50

。なお、ケーブルC5は、これに代えて、他の通信規格による通信を行うためのケーブルであってもよい。第2通信方式変換部221は、ケーブルC5を介して、すなわちRS422通信規格によって力検出部22と通信を行う。

【0041】

第2通信方式変換部221は、ケーブルC4を介して制御装置30から力検出部22へ送信された情報であってイーサネット（登録商標）通信規格に基づいて生成された情報を、RS422通信規格に基づく情報に変換し、変換した当該情報を力検出部22へケーブルC5を介して送信する。また、第2通信方式変換部221は、ケーブルC5を介して力検出部22から制御装置30へ送信されたRS422通信規格に基づいて生成された情報を、イーサネット（登録商標）通信規格に基づく情報に変換し、変換した当該情報を制御装置30へケーブルC4を介して送信する。10

【0042】

以上のように、制御装置30は、マニピュレーターM、第1傾斜計測部21、力検出部22のそれぞれと通信を行うことにより、マニピュレーターM、第1傾斜計測部21、力検出部22のそれぞれを制御する。

【0043】

以下、ロボット20が行う所定の作業について説明する。

ロボット20は、例えば、図1に示したような加工室Rの床面Dに設置される。加工室Rは、ロボット20に物体Oの加工を行わせることが可能な部屋である。ロボット20は、加工室Rにおいて、図示しない給材領域から物体Oを持する給材工程の作業を行う。20

【0044】

物体Oは、表面の少なくとも一部に、加工が行われる面である作業面M3を有する。物体Oは、例えば、製品に組み付けるプレート等の作業面M3を有する産業用のワーク、部品や部材である。この一例において、物体Oは、図1に示したように作業面M3を有する直方体形状の部材である場合について説明する。ロボット20は、図示しない給材領域から物体Oを持する際、作業面M3が天井面U側を向くように持する。なお、物体Oは、産業用の部品や部材に代えて、形状の少なくとも一部に平面（例えば、作業面M3）を有する産業用の製品であってもよく、形状の少なくとも一部に平面（例えば、作業面M3）を有する日用品や生体等の他の物体であってもよい。また、物体Oの形状は、直方体形状に代えて、他の形状であってもよい。30

【0045】

加工室Rの天井面Uには、基準面M1を有する治具Jと、加工装置40が設けられている。治具Jは、基準面M1と反対側の面が天井面Uに接面するように天井面Uに設置されている。そのため、基準面M1は、床面D側を向いている。また、基準面M1は、天井面Uに対して水平となるように治具Jに設けられている。基準面M1は、ロボット座標系のXY平面に対して水平とは限らない。基準面M1の当該XY平面に対する傾きは、この一例において、当該XY平面のX軸方向と基準面M1に設定された三次元局所座標系のX軸方向との間の傾きを示す角度と、当該XY平面のY軸方向と基準面M1に設定された三次元局所座標系のY軸方向との間の傾きを示す角度とによって表される。なお、基準面M1の傾きは、他の値によって表される構成であってもよい。ロボット座標系のXY平面に対する基準面M1の傾きを示す角度は、第1角度の一例である。40

【0046】

加工装置40は、この一例において、レーザー加工装置である。加工装置40は、天井面Uと直交する方向であって天井面Uから床面Dに向かう方向に、物体Oの作業面M3を溶かすことによる表面加工が可能なレーザーLを照射する。加工装置40は、例えば、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、加工装置40は、制御装置30から取得される制御信号に基づいてレーザーLを照射する。

【0047】

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、加工装置40は、Wi-Fi（登録商標）等の通信規格により行50

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。なお、加工装置40は、制御装置30に制御される構成に代えて、他の装置に制御される構成であってもよく、加工装置40が備えるセンサーによって物体Oを検出した際にレーザーLを所定の照射時間だけ照射する構成等の他の構成であってもよい。

【0048】

ロボット20は、図示しない給材領域から物体Oを持した後、傾斜調整工程の作業を行う。傾斜調整工程は、ロボット20が、基準面M1に対して作業面M3が水平になるように基準面M1に作業面M3を接面させる工程である。これにより、ロボット20は、作業面M3を基準面M1に対して水平にすることができる。なお、傾斜調整工程は、これに代えて、ロボット20が、基準面M1に対してハンド面M2が水平になるように基準面M1にハンド面M2を接面させる工程であってもよい。この場合、ロボット20は、作業面M3を基準面M1に対して水平にすることができる。10

【0049】

ロボット20は、エンドエフェクターEにより把持された物体Oを、基準面M1に対して作業面M3が水平である状態を保ったまま所定の加工位置へ移動させる。そして、加工装置40のレーザーLによって作業面M3が加工された後、ロボット20は、物体Oを図示しない除材領域へ除材する除材工程の作業を行う。

【0050】

以上のように、ロボット20は、給材工程から除材工程までの一連の作業を所定の作業として行う。20

【0051】

以下、上記において説明した所定の作業のうちの基準面M1に対して作業面M3が水平である状態を保ったまま物体Oを所定の加工位置へ移動させる作業を制御装置30がロボット20に行わせる処理の概要について説明する。

【0052】

制御装置30は、基準面M1の第1角度（この一例において、ロボット座標系のXY平面に対する基準面M1の傾きを示す角度）と、第1傾斜計測部21により計測された第2角度（この一例において、ロボット座標系のXY平面に対するハンド面M2の傾きを示す角度）とに基づいてアームを動作させる。これにより、制御装置30は、基準面M1に応じた動作によって物体Oをロボット20に移動させることができる。この一例において、制御装置30は、基準面M1と水平な方向に物体Oを移動させることができる。30

【0053】

ここで、基準面M1に対して作業面M3が水平である状態を保ったまま物体Oを所定の加工位置へ移動させる作業を制御装置30がロボット20に行わせる処理を具体的に説明する。制御装置30は、前述したように、物体Oを持しているエンドエフェクターEを移動させ、基準面M1に対して作業面M3が水平になるように基準面M1に作業面M3を接面させる。以下では、一例として、制御装置30がエンドエフェクターEに物体Oを把持させる際、ハンド面M2と作業面M3が水平となるように把持させる場合について説明する。すなわち、基準面M1に対して作業面M3が水平になるように基準面M1に作業面M3を接面させた場合、制御装置30は、ハンド面M2と作業面M3の両方を基準面M1に対して水平にすることができる。40

【0054】

制御装置30は、基準面M1に対して作業面M3が水平となるように基準面M1に作業面M3を接面させた状態を保ったまま、第1傾斜計測部21から傾斜情報を取得する。制御装置30は、当該傾斜情報が示す角度と、ロボット座標系のXY平面に対する基準面M1の傾きを示す角度との相対的な角度に基づいて、当該XY平面に対する作業面M3の角度を算出する。制御装置30は、基準面M1に対して作業面M3を水平にしたい場合、算出した当該角度がゼロとなるようにエンドエフェクターEの姿勢を調整する。この一例では、基準面M1に対して作業面M3が水平となるように基準面M1に作業面M3を接面させているため、基準面M1と作業面M3が接面した段階で当該角度は、ゼロである。制御50

装置30は、基準面M1に対して作業面M3を所定の傾きに傾けたい場合、当該角度が所定の傾きを示す角度となるようにエンドエフェクターEの姿勢を調整する。

【0055】

制御装置30は、エンドエフェクターEの姿勢を調整した後、第1傾斜計測部21から取得される傾斜情報が示す角度が変化しないようにエンドエフェクターEを移動させ、物体Oを所定の加工位置に移動させる。これにより、制御装置30は、基準面M1に応じた動作によって物体Oをロボット20に移動させることができる。この一例において、制御装置30は、基準面M1と水平な方向に物体Oを移動させることができる。

【0056】

本実施形態では、制御装置30が、基準面M1に対して作業面M3が水平である状態を保ったまま物体Oを所定の加工位置へ移動させる作業を制御装置30がロボット20に行わせる処理について詳しく説明する。

【0057】

次に、図3を参照し、制御装置30のハードウェア構成について説明する。図3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。

【0058】

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。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あってもよい。

【0059】

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、各種位置情報等を格納する。この一例において、各種位置情報には少なくとも、図示しない給材領域に配置されている1以上の物体Oそれぞれのロボット座標系における位置を示す物体位置情報と、基準面M1の位置を示す基準面位置情報と、レーザーLによって加工された後の物体Oを除材する図示しない除材領域の位置を示す除材領域位置情報と、所定の加工位置を示す加工位置情報とが含まれる。以下では、一例として、記憶部32が、各種位置情報を予め記憶している場合について説明する。なお、記憶部32は、ユーザーから受け付けられた操作に基づいて、各種位置情報を記憶する構成であってもよい。

【0060】

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。

【0061】

次に、図4を参照し、制御装置30の機能構成について説明する。図4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、制御部36を備える。

【0062】

制御部36は、制御装置30の全体を制御する。制御部36は、位置情報取得部41と、力検出情報取得部42と、傾斜情報取得部43と、加工装置制御部44と、ロボット制御部45を備える。制御部36が備えるこれらの機能部は、例えば、CPU31が、記憶

10

20

30

40

50

部32に記憶された各種プログラムを実行することにより実現される。また、これらの機能部のうちの一部又は全部は、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。

【0063】

位置情報取得部41は、記憶部32から各種位置情報を読み出す。

力検出情報取得部42は、力検出部22から力検出情報を取得する。

傾斜情報取得部43は、第1傾斜計測部21から傾斜情報を取得する。

加工装置制御部44は、加工装置40を制御する。この一例において、加工装置制御部44は、エンドエフェクターEに把持された物体Oが所定の加工位置へ移動した後、所定の照射時間だけレーザーLを照射する。

10

【0064】

ロボット制御部45は、給材工程制御部50と、傾斜調整工程制御部52と、加工工程制御部54と、除材工程制御部56を備える。

給材工程制御部50は、給材工程の作業をロボット20に行わせる。

傾斜調整工程制御部52は、傾斜調整工程の作業をロボット20に行わせる。

加工工程制御部54は、加工工程の作業をロボット20に行わせる。

除材工程制御部56は、除材工程の作業をロボット20に行わせる。

【0065】

以下、図5を参照し、制御部36が行う処理について説明する。図5は、制御部36が行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。

20

位置情報取得部41は、記憶部32から各種位置情報を取得する(ステップS100)。次に、ロボット制御部45は、ステップS100において取得した各種位置情報に含まれる物体位置情報が示す1以上の位置から1つずつ位置を選択し、選択した位置に配置されている物体O毎に、ステップS120からステップS150までの処理を繰り返し行う(ステップS110)。

【0066】

給材工程制御部50は、給材工程の作業をロボット20に行わせる(ステップS120)。より具体的には、給材工程制御部50は、ステップS110において選択された位置に配置されている物体Oを把持(給材)する。次に、傾斜調整工程制御部52は、所定の条件が満たされているか否かを判定する(ステップS125)。所定の条件には、以下に示す3つの条件が含まれる。

30

【0067】

条件1)一度もステップS130において行われる傾斜調整工程の作業が行われていないこと

条件2)所定の時間が経過していること

条件3)ステップS120からステップS150までの処理が所定の回数以上行われていること

【0068】

所定の時間は、例えば、5分である。なお、所定の時間は、これに代えて、他の時間であってもよい。また、所定の回数は、例えば、5回である。なお、所定の回数は、これに代えて、他の回数であってもよい。また、所定の条件には、上記の条件のうちの条件1)及び条件2)のみが含まれる構成であってもよく、上記の条件のうちの条件1)及び条件3)のみが含まれる構成であってもよく、上記の条件1)~条件3)に加えて他の条件が含まれる構成であってもよい。傾斜調整工程制御部52は、ステップS125において、上記の条件1)~条件3)のうちの少なくとも1つが満たされている場合、所定の条件が満たされていると判定する。

40

【0069】

所定の条件が満たされていると判定した場合(ステップS125-Yes)、傾斜調整工程制御部52は、傾斜調整工程の作業をロボット20に行わせる(ステップS130)。一方、所定の条件が満たされていないと傾斜調整工程制御部52が判定した場合(ステ

50

ツップS125-N0)、加工工程制御部54は、加工工程の作業をロボット20に行わせる(ステップS140)。

【0070】

ここで、ステップS130及びステップS140の処理について説明する。まず、図6～図8を参照し、ステップS130の処理について説明する。

傾斜調整工程制御部52は、ステップS100において記憶部32から読み出した各種位置情報に含まれる基準面位置情報に基づいて、傾斜調整工程の作業において、エンドエフェクターEに把持された物体Oの作業面M3を基準面M1に接面させる。図6は、ロボット20がエンドエフェクターEに把持された物体Oを基準面M1に接面させようとしている最中の様子の一例を示す図である。この一例において、基準面位置情報が示す位置は、基準面M1の中心の位置である。なお、基準面位置情報が示す位置は、基準面M1の4つの角のうちの1つの角の位置等の基準面M1上の他の位置であってもよい。また、物体Oの位置は、この一例において、物体Oの重心の位置によって示される。

10

【0071】

図6に示したように、傾斜調整工程制御部52は、エンドエフェクターEを移動させることによってエンドエフェクターEに把持された物体Oの位置を、ロボット座標系におけるZ軸方向、すなわち重力方向に基準面M1から所定距離だけ離れた位置へ移動させる。傾斜調整工程制御部52は、エンドエフェクターEを移動させることによって物体Oを、図6に示した矢印T0の方向、すなわち当該重力方向とは反対の方向へ移動させて基準面M1へ近づける。そして、傾斜調整工程制御部52は、力検出情報取得部42が取得した力検出情報に基づく制御によって物体Oの作業面M3を、図7に示したように基準面M1に対して水平になるように基準面M1に接面させる。

20

【0072】

図7は、ロボット20がエンドエフェクターEに把持された物体Oを基準面M1に接面させた直後の様子の一例を示す図である。ここで、物体Oの作業面M3が基準面M1に対して水平になるように基準面M1に接面した場合に、力検出部22から取得される力検出情報に含まれる力検出部22の出力値が所定の接面条件を満たす値となるように、力検出部22がソフトウェア又はハードウェアによって予め調整されている場合、傾斜調整工程制御部52は、力検出情報に含まれる3つの力を示す情報と、3つのモーメントを示す情報とに基づいて、物体Oの作業面M3を、基準面M1に対して水平になるように基準面M1に接面させることができる。このため、この一例における力検出部22は、このような調整が予め行われている。

30

【0073】

3つの力はそれぞれ、エンドエフェクターE又はエンドエフェクターEが把持した物体Oに加わった力のうちのX軸方向の力、Y軸方向の力、Z軸方向の力である。また、3つのモーメントはそれぞれ、エンドエフェクターE又はエンドエフェクターEが把持した物体Oに加わった力によってエンドエフェクターEを回転させようとする回転モーメントのうちのX軸周りに回転させようとする回転モーメント、Y軸周りに回転させようとする回転モーメント、Z軸周りに回転させようとする回転モーメントである。

【0074】

40

傾斜調整工程制御部52は、これら3つの力それぞれの値と、3つのモーメントそれぞれの値とが前述の所定の接面条件を満たすようにエンドエフェクターEの姿勢を変化させながら物体Oの作業面M3を基準面M1に対して接面させる。所定の接面条件には、例えば、以下の2つの条件が含まれる。

【0075】

条件4) Z軸方向の力が所定値以上の力であり、X軸方向の力及びY軸方向の力がゼロであること

条件5) X軸周り、Y軸周り、Z軸周りそれぞれの回転モーメントが全てゼロであること

【0076】

なお、所定の接面条件には、上記の条件4)及び条件5)のいずれか一方又は両方に代

50

えて、他の条件を含む構成であってもよく、上記の条件 4) 及び条件 5 に加えて他の条件を含む構成であってもよい。この一例では、傾斜調整工程制御部 5 2 は、上記の条件 4) 及び条件 5) の両方が満たされた場合、所定の接面条件が満たされたと判定する。

【 0 0 7 7 】

そして、傾斜調整工程制御部 5 2 は、力検出情報取得部 4 2 が取得した力検出情報に含まれる 3 つの力を示す情報と、3 つのモーメントを示す情報とが上記の所定の接面条件を満たした場合、物体 O の作業面 M 3 が基準面 M 1 に対して水平になるように基準面 M 1 に接面したと判定する。物体 O の作業面 M 3 が基準面 M 1 に対して水平になるように基準面 M 1 に接面した後、傾斜調整工程制御部 5 2 は、傾斜情報取得部 4 3 に第 1 傾斜計測部 2 1 から傾斜情報を取得させる。なお、この一例における傾斜調整工程において第 1 傾斜計測部 2 1 から傾斜情報を取得することは、第 1 角度を第 1 傾斜計により計測することの一例であるとともに、第 2 角度を第 1 傾斜計により計測することの一例である。10

【 0 0 7 8 】

以上のように、傾斜調整工程制御部 5 2 は、傾斜調整工程の作業をロボット 2 0 に行わせる。なお、傾斜調整工程制御部 5 2 は、物体 O の作業面 M 3 を基準面 M 1 に対して接面させる構成に代えて、図 8 に示したように、エンドエフェクター E のハンド面 M 2 を基準面 M 1 に対して接面させる構成であってもよい。図 8 は、ロボット 2 0 が、物体 O を把持したエンドエフェクター E を基準面 M 1 に接面させた直後の様子の一例を示す図である。

【 0 0 7 9 】

この場合、エンドエフェクター E のハンド面 M 2 が基準面 M 1 に対して水平になるように基準面 M 1 に接面した場合に、力検出部 2 2 から取得される力検出情報に含まれる力検出部 2 2 の出力値が上記の所定の接面条件を満たすように、力検出部 2 2 を予め調整しておく。これにより、傾斜調整工程制御部 5 2 は、力検出情報に含まれる 3 つの力を示す情報と、3 つのモーメントを示す情報とに基づいて、エンドエフェクター E のハンド面 M 2 を、基準面 M 1 に対して水平になるように基準面 M 1 に接面させることができる。エンドエフェクター E のハンド面 M 2 が基準面 M 1 に対して水平になるように基準面 M 1 に接面した後、傾斜調整工程制御部 5 2 は、傾斜情報取得部 4 3 に第 1 傾斜計測部 2 1 から傾斜情報を取得させる。20

【 0 0 8 0 】

傾斜調整工程制御部 5 2 が傾斜調整工程の作業をロボット 2 0 に行わせた後、加工工程制御部 5 4 は、ステップ S 1 2 5 において所定の条件が満たされていないと傾斜調整工程制御部 5 2 が判定した場合と同様に、ステップ S 1 4 0 における加工工程の作業をロボット 2 0 に行わせる。なお、ステップ S 1 2 5 において所定の条件のうちの条件 2 又は条件 3 のいずれか一方又は両方が満たされていると判定した場合、傾斜情報取得部 4 3 が上記で説明したステップ S 1 3 0 の処理を再度行うことは、第 1 角度の再計測の一例である。30

【 0 0 8 1 】

以下、ステップ S 1 4 0 の処理について説明する。ステップ S 1 4 0 において、加工工程制御部 5 4 は、エンドエフェクター E を移動させることにより、傾斜情報取得部 4 3 から傾斜情報を取得しながら、ステップ S 1 3 0 において傾斜情報取得部 4 3 が取得した傾斜情報が示す角度が変化しないように物体 O を、ステップ S 1 0 0 において取得した各種位置情報に含まれる加工位置情報に基づいて所定の加工位置へ移動させる。物体 O の位置が所定の加工位置へ移動した後、加工装置制御部 4 4 は、加工装置 4 0 に所定の時間だけレーザー L を照射させる。レーザー L は、物体 O の作業面 M 3 に所定の時間だけ照射される。そして、作業面 M 3 は、レーザー L により加工される。40

【 0 0 8 2 】

なお、ステップ S 1 2 5 において所定の条件が満たされていないと傾斜調整工程制御部 5 2 が判定した場合、加工工程制御部 5 4 は、現在エンドエフェクター E が把持している物体 O の前にエンドエフェクター E が把持していた物体 O の作業面 M 3 にレーザー L を照射する際に用いた傾斜情報（前回のステップ S 1 4 0 の処理に用いた傾斜情報）を用いてステップ S 1 4 0 の処理を行う。50

【0083】

ステップS140において加工装置40からのレーザーLの照射が終了した後、除材工程制御部56は、除材工程の作業をロボット20に行わせる（ステップS150）。より具体的には、除材工程制御部56は、ステップS100において取得した各種位置情報に含まれる除材位置情報に基づいて、作業面M3がレーザーLによって加工された後の物体Oを除材領域に除材する。

【0084】

このように、制御部36は、ロボット20に所定の作業を行わせる。なお、ステップS125における判定は、ステップS130における傾斜調整工程の作業を、物体Oを加工するたびに毎回行わないようにするための判定である。このため、制御部36は、ロボット20に所定の作業を行わせる際、図5に示したフロー チャートからステップS125を省略する構成であってもよい。

なお、上記においてハンド面M2に設けられた第1傾斜計測部21は、物体Oの作業面M3に設けられる構成であってもよい。この場合、第1傾斜計測部21は、制御装置30と無線によって通信可能に接続されていてもよい。

【0085】

また、ロボットシステム1では、制御装置30が、物体Oの作業面M3を基準面M1に対して水平になるように基準面M1に接面させた状態において第1傾斜計測部21から傾斜情報を取得する構成に代えて、ハンド面M2から取り外された第1傾斜計測部21によって基準面M1の傾きが計測される構成であってもよい。この場合、第1傾斜計測部21は、無線通信によって制御装置30と通信可能に接続されていてもよい。第1傾斜計測部21がハンド面M2から取り外されてから基準面M1に設置された後、制御装置30は、基準面M1に設置された第1傾斜計測部21から傾斜情報を第2傾斜情報として取得する。その後、第1傾斜計測部21は、基準面M1から取り外されてハンド面M2に設置される。制御装置30は、ハンド面M2に設置された第1傾斜計測部21から傾斜情報を第1傾斜情報として取得し、取得した第1傾斜情報が示す角度が、取得した第2傾斜情報が示す角度に一致するようにエンドエフェクターEの姿勢を変化させる。このようにして、ロボットシステム1は、上記において説明した実施形態に係るロボットシステム1と同様の効果を得ることができる。

【0086】

<実施形態の変形例1>

以下、図9～図11を参照し、本発明の実施形態の変形例1について説明する。なお、実施形態の変形例1では、実施形態と同様な構成部に対して同じ符号を付して説明を省略する。図9は、本実施形態の変形例1に係るロボットシステム1aの一例を示す構成図である。ロボットシステム1aは、ロボット20と、制御装置30aを備える。実施形態の変形例1では、ロボットシステム1aは、上記で説明した実施形態と異なり、傾斜調整工程において作業面M3の傾きを、治具Jが有する基準面M1に代えて、図9に示した加工室Rの天井の面であって加工室Rの外側の基準面M4に対して水平にする。このため、図9に示したように、加工室R内には治具Jが設けられていない。

【0087】

基準面M4には、第2傾斜計測部60が設けられている。第2傾斜計測部60は、ロボット座標系におけるXY平面に対する基準面M4の傾きを計測するセンサーである。なお、第2傾斜計測部60は、当該XY平面に対する基準面M4の傾きを示す角度を計測する構成に代えて、他の面に対する基準面M4の傾きを示す角度を計測する構成であってもよい。基準面M4の傾きは、この一例において、当該XY平面のX軸方向とハンド面に設定された三次元局所座標系のX軸方向との間の傾きを示す角度と、当該XY平面のY軸方向と基準面M4に設定された三次元局所座標系のY軸方向との間の傾きを示す角度とによって表される。なお、基準面M4の傾きは、他の値によって表される構成であってもよい。

【0088】

第2傾斜計測部60は、計測した角度を出力値として含む傾斜情報を通信により制御装

10

20

30

40

50

置30へ出力する。傾斜情報に含まれる基準面M4の傾きを示す1以上の角度は、第1角度の一例である。第2傾斜計測部60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傾斜計測部60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。

【0089】

図10は、制御装置30aの機能構成の一例を示す図である。制御装置30aは、記憶部32と、制御部36aを備える。

制御部36aは、位置情報取得部41と、力検出情報取得部42と、傾斜情報取得部43aと、加工装置制御部44と、ロボット制御部45aを備える。

傾斜情報取得部43aは、第1傾斜計測部21から傾斜情報を第1傾斜情報として取得する。また、傾斜情報取得部43aは、第2傾斜計測部60から傾斜情報を第2傾斜情報として取得する。

【0090】

ロボット制御部45aは、給材工程制御部50と、加工工程制御部54aと、除材工程制御部56を備える。

加工工程制御部54aは、傾斜情報取得部43が第1傾斜計測部21から取得した第1傾斜情報と、傾斜情報取得部43が第2傾斜計測部60から取得した第2傾斜情報とに基づいて、加工工程の作業をロボット20に行わせる。

【0091】

以下、図11を参照し、制御部36aが行う処理について説明する。図11は、制御部36aが行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図11に示したフローチャートのステップS100、ステップS110、ステップS120、ステップS150それぞれの処理は、図5に示したフローチャートのステップS100、ステップS110、ステップS120、ステップS150それぞれの処理と同様な処理のため、説明を省略する。

【0092】

ステップS120において給材工程の作業がロボット20により行われた後、加工工程制御部54aは、実施形態の変形例1に係る加工工程の作業をロボット20に行わせる（ステップS140a）。より具体的には、加工工程制御部54aは、傾斜情報取得部43に第2傾斜計測部60から第2傾斜情報を取得させる。

【0093】

加工工程制御部54aは、傾斜情報取得部43から第1傾斜情報を取得しながら、第1傾斜情報が示す角度と、第2傾斜情報が示す角度とが一致するように、すなわち基準面M4に対してハンド面M2が水平になるようにエンドエフェクターEのハンド面M2の姿勢を変化させる。

【0094】

この一例において、物体OがエンドエフェクターEに把持されている場合における作業面M3は、ハンド面M2に対して水平であるため、加工工程制御部54aは、基準面M4に対してハンド面M2が水平になるようにすることにより、基準面M4に対して作業面M3を水平にしている。物体OがエンドエフェクターEに把持されている場合における作業面M3が、ハンド面M2に対して水平ではない場合、ステップS140aにおいて加工工程制御部54aは、ハンド面M2に対する作業面M3の傾きを示す角度と、第1傾斜情報が示す角度と、第2傾斜情報が示す角度とに基づいて、基準面M4に対して作業面M3が水平となるようにエンドエフェクターEの姿勢を変化させる。

【0095】

基準面M4に対して作業面M3を水平にした後、加工工程制御部54aは、エンドエフェクターEを移動させることにより、傾斜情報取得部43から第1傾斜情報を取得しながら、ハンド面M2の姿勢が変化しないように物体Oを、ステップS100において取得し

10

20

30

40

50

た各種位置情報に含まれる加工位置情報に基づいて所定の加工位置へ移動させる。物体Oの位置が所定の加工位置へ移動した後、加工装置制御部44は、加工装置40に所定の時間だけレーザーLを照射させる。レーザーLは、物体Oの作業面M3に所定の時間だけ照射される。そして、作業面M3は、レーザーLにより加工される。

【0096】

以上のように、制御部36aは、傾斜調整工程において傾斜情報取得部43が取得した第1傾斜情報が示す角度と、傾斜情報取得部43が取得した第2傾斜情報が示す角度とに基づいて、作業面M3の傾きを基準面M4に対して水平にすることにより、加工工程の作業をロボット20に行わせる。これにより、ロボットシステム1aは、実施形態に係るロボットシステム1と同様の効果を得ることができる。10

【0097】

なお、実施形態の変形例1においてハンド面M2に設けられた第1傾斜計測部21は、物体Oの作業面M3に設けられる構成であってもよい。この場合、制御部36aは、傾斜調整工程において傾斜情報取得部43が取得した第1傾斜情報が示す角度と、傾斜情報取得部43が取得した第2傾斜情報が示す角度とに基づいて、ハンド面M2の傾きを基準面M4に対して水平にする。

【0098】

また、ロボットシステム1aでは、基準面M4の傾きが第2傾斜計測部60によって計測される構成に代えて、ハンド面M2から取り外された第1傾斜計測部21によって基準面M4の傾きが計測される構成であってもよい。この場合、第1傾斜計測部21は、無線通信によって制御装置30と通信可能に接続されていてもよい。第1傾斜計測部21がハンド面M2から取り外されてから基準面M4に設置された後、制御装置30は、基準面M4に設置された第1傾斜計測部21から傾斜情報を第2傾斜情報として取得する。その後、第1傾斜計測部21は、基準面M4から取り外されてハンド面M2に設置される。制御装置30は、ハンド面M2に設置された第1傾斜計測部21から傾斜情報を第1傾斜情報として取得し、取得した第1傾斜情報が示す角度が、取得した第2傾斜情報が示す角度に一致するようにエンドエフェクターEの姿勢を変化させる。このようにして、ロボットシステム1aは、実施形態に係るロボットシステム1と同様の効果を得ることができる。20

【0099】

<実施形態の変形例2>

以下、図12～図14を参照し、本発明の実施形態の変形例2について説明する。なお、実施形態の変形例2では、実施形態と同様な構成部に対して同じ符号を付して説明を省略する。図12は、ロボットシステム1bの一例を示す構成図である。ロボットシステム1bは、ロボット20bと、制御装置30bを備える。実施形態の変形例2では、ロボットシステム1bは、上記で説明した実施形態と同様に（実施形態の変形例1と異なり）、傾斜調整工程において作業面M3の傾きを、治具Jが有する基準面M1に対して水平にする。一方、ロボットシステム1bは、以下で説明する撮像部23を備えており、撮像部23が撮像した撮像画像に基づいてエンドエフェクターEの位置と、物体Oの位置とを検出する。ロボットシステム1bは、検出したエンドエフェクターEの位置と、物体Oの位置とに基づいて、給材工程の作業と、傾斜調整工程の作業と、加工工程の作業と、除材工程の作業をロボット20bに行わせる。40

【0100】

ロボット20bは、第1傾斜計測部21と、力検出部22と、撮像部23を備える。なお、ロボットシステム1は、ロボット20bと別体として撮像部23を備える構成であってもよい。また、図12では、図を簡略化するため、ロボット20bと作業面M3が別体として描いている。

【0101】

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(Charge Coupled Device)やCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)等を備えたステレオカメラである。撮像部23は、ケーブルによって制御装置30と通信50

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、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。

【0102】

撮像部23は、エンドエフェクターEが作業可能な領域を含む範囲を撮像範囲として撮像可能な位置に設置される。撮像部23は、撮像範囲の静止画像をステレオ撮像する構成であってもよく、撮像範囲の動画像をステレオ撮像する構成であってもよい。

【0103】

図13は、制御装置30bの機能構成の一例を示す図である。制御装置30bは、記憶部32と、制御部36bを備える。
10

制御部36bは、位置情報取得部41と、力検出情報取得部42と、傾斜情報取得部43と、加工装置制御部44と、ロボット制御部45と、撮像制御部46と、画像取得部47と、位置検出部48を備える。

【0104】

撮像制御部46は、撮像部23が撮像可能な撮像範囲を撮像部23にステレオ撮像させる。

画像取得部47は、撮像部23が撮像した撮像画像を撮像部23から取得する。

位置検出部48は、画像取得部47が取得した撮像画像に基づいて、エンドエフェクタ－Eの位置と、物体Oの位置とを検出する。
20

【0105】

以下、図14を参照し、制御部36bが行う処理について説明する。図14は、制御部36bが行う処理の流れの一例を示すフローチャートである。なお、図14に示したフローチャートのステップS100～ステップS150までの処理は、図5に示したフローチャートのステップS100～ステップS150までの処理と同様な処理のため、説明を省略する。

【0106】

撮像制御部46は、撮像部23が撮像可能な撮像範囲を撮像部23に撮像させる（ステップS200）。次に、画像取得部47は、ステップS200において撮像部23が撮像した撮像画像を撮像部23から取得する（ステップS210）。次に、位置検出部48は、ステップS210において画像取得部47が取得した撮像画像に基づいて、エンドエフェクターEの位置を検出する。また、位置検出部48は、当該撮像画像に基づいて、図示しない給材領域に配置された1以上の物体Oそれぞれの位置を検出する（ステップS220）。
30

【0107】

ここで、ステップS220の処理について説明する。実施形態の変形例2において、エンドエフェクターEと、1以上の物体Oのそれとには、それぞれの位置を示すマーカーが設けられている。位置検出部48は、撮像画像から当該マーカーを検出し、検出したマーカーが示す位置を検出する。

【0108】

なお、このように、実施形態の変形例2では、エンドエフェクターEの位置と、1以上の物体Oのそれぞれの位置とが、位置検出部48により検出されるため、各種位置情報は、前述した物体位置情報を含まない構成であってもよい。また、位置検出部48は、撮像画像に基づいて、エンドエフェクターEと、1以上の物体Oそれぞれの位置を検出する構成に代えて、エンドエフェクターEと、1以上の物体Oそれぞれの位置と、基準面M1の位置と、図示しない除材領域の位置と、所定の加工位置とのうちの一部又は全部を検出する構成であってもよい。また、位置検出部48は、エンドエフェクターEの位置と、1以上の物体Oのそれぞれの位置とを、パターンマッチング等の他の方法によって検出する構成であってもよい。

【0109】

10

20

30

40

50

以上のように、制御部 36 b は、撮像部 23 が撮像した撮像画像からエンドエフェクター E の位置と、1 以上の物体 O それぞれの位置を検出する。そして、制御部 36 b は、検出したこれらの位置に基づいて、給材工程の作業と、傾斜調整工程の作業と、加工工程の作業と、除材工程の作業とをロボット 20 b に行わせる。これにより、ロボットシステム 1 b は、実施形態に係るロボットシステム 1 と同様の効果を得ることができる。

【0110】

なお、実施形態の変形例 2 のようにロボットシステム 1 b が撮像部 23 を備える場合、制御部 36 a は、画像取得部 47 が取得した撮像画像に基づいて、エンドエフェクター E が物体 O を把持している際にエンドエフェクター E と物体 O の相対的な位置関係がずれたことを検出する構成であってもよい。より具体的には、制御部 36 a は、画像取得部 47 が取得した撮像画像に基づいて、エンドエフェクター E が物体 O を把持している際にエンドエフェクター E のハンド面 M2 に対して物体 O の作業面 M3 が水平ではなくなったことを検出する構成であってもよい。この場合、ロボット制御部 45 a は、エンドエフェクター E に物体 O を把持し直させることにより、エンドエフェクター E のハンド面 M2 に対して物体 O の作業面 M3 を水平にする。

【0111】

以上のように、ロボットシステム 1 (又は、ロボットシステム 1 a やロボットシステム 1 b) は、エンドエフェクター E に設けられた第 1 傾斜計測部 21 から取得される傾斜情報を用いて加工工程の作業をロボット 20 (又はロボット 20 b) に行わせる。このため、エンドエフェクター E に第 1 傾斜計測部 21 を設ける際、エンドエフェクター E のハンド面 M2 と、第 1 傾斜計測部のハンド面 M2 に設置される側の面である傾斜計面との位置関係が基準の位置関係からずれていた場合、ロボットシステム 1 (又はロボットシステム 1 a やロボットシステム 1 b) は、加工工程の作業をロボット 20 (又はロボット 20 b) に行わせる際に、第 1 傾斜計測部 21 から取得される傾斜情報を、ハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係が基準の位置関係である場合において取得される傾斜情報への補正を行う必要がある。以下では、当該補正を行う処理について説明する。

【0112】

< ハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係に応じた傾斜情報の補正方法 >

以下、図 15 を参照し、ハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係に応じた傾斜情報の補正方法について説明する。図 15 は、ハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係に応じた傾斜情報の補正方法を説明するための図である。図 15 には、ハンド面 M2 の姿勢を示す局所座標系の 3 つの座標軸 (X 軸 Hx, Y 軸 Hy, Z 軸 Hz) と、傾斜計面の姿勢を示す局所座標系の 3 つの座標軸 (X 軸 Sx, Y 軸 Sy, Z 軸 Sz) とが示されている。前述の基準の位置関係は、ハンド面 M2 の姿勢を示す局所座標系と、傾斜計面の姿勢を示す局所座標系とが一致する場合におけるハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係のことである。また、図 15 に示した例では、これらの局所座標系の原点及び Z 軸方向は、一致している。しかし、当該例では、これらの局所座標系の X 軸方向及び Y 軸方向はそれぞれ、角度だけずれている。すなわち、図 15 に示した例は、ハンド面 M2 と傾斜計面との位置関係が基準の位置関係からずれている場合の一例である。

【0113】

このような場合、例えば、ロボット制御部 45 は、現在のハンド面 M2 の姿勢を示す局所座標系の X 軸方向を X 軸の傾きの基準 (ゼロ点) とし、当該局所座標系の Y 軸方向を Y 軸の傾きの基準 (ゼロ) とする。そして、ロボット制御部 45 は、ハンド面 M2 の姿勢を示す局所座標系の X 軸周りにエンドエフェクター E を角度だけ回転させる。この場合、第 1 傾斜計測部 21 から取得される傾斜情報は、傾斜計面のロボット座標系の XY 平面に対する傾きを示す。

【0114】

このため、当該傾斜情報を、以下に示した式 (1) 及び式 (2) を用いて、ハンド面 M2 のロボット座標系の XY 平面に対する傾きへ補正する。傾斜計面の姿勢を示す局所座標系の Y 軸の当該 XY 平面に対する傾きを示す角度を角度 1 とし、当該局所座標系の X 軸

10

20

30

40

50

の当該 X Y 平面に対する傾きを示す角度を角度 2 とすると、角度 1 及び角度 2 と、角度 及び角度 の関係は、幾何学に基づいて以下に示した式(1)及び式(2)として表される。

【0115】

$$\sin(\angle 1) = \cos(\angle 2) \times \sin(\angle 3) \quad \dots \quad (1)$$

【0116】

$$\sin(\angle 2) = \cos(90^\circ - \angle 1) \times \sin(\angle 3) = \sin(\angle 1) \times \sin(\angle 3) \\ \dots \quad (2)$$

【0117】

ロボット制御部 45 は、これらの式に基づいて、ハンド面 M2 のロボット座標系の X Y 平面に対する傾きへ補正する。すなわち、ロボット制御部 45 は、ハンド面 M2 と、傾斜計面との基準の位置関係からのずれを補正する。これにより、ロボットシステム 1 は、ハンド面 M2 に対する第 1 傾斜計測部 21 の設置を容易にすることができる。なお、傾斜計面は、傾斜計の所定面の一例である。

【0118】

以上説明したように、実施形態におけるロボットシステム 1 (又はロボットシステム 1a やロボットシステム 1b) は、基準面 (例えば、基準面 M1 や基準面 M4) の第 1 角度 (この一例において、基準面 M1 の傾きを示す角度) と、第 1 傾斜計により計測された第 2 角度 (この一例において、ハンド面 M2 又は作業面 M3 の傾きを示す角度) とに基づいてアームを動作させる。これにより、ロボットシステム 1 は、基準面と第 2 角度とに応じた動作によって物体 (この一例において、物体 O) を移動させることができる。

【0119】

また、ロボットシステム 1 は、第 1 角度を第 1 傾斜計 (この一例において、第 1 傾斜計測部 21) により計測する。これにより、ロボットシステム 1 は、第 1 傾斜計により計測された第 1 角度及び第 2 角度と基準面と基づく動作によって物体を移動させることができる。

【0120】

また、ロボットシステム 1 は、基準面に物体の所定面 (この一例において、作業面 M3) 又は把持部 (この一例において、エンドエフェクター E) の所定面 (この一例において、ハンド面 M2) を接面させた状態において第 1 角度を第 1 傾斜計により計測する。これにより、ロボットシステム 1 は、基準面に物体の所定面又は把持部の所定面を接面させた状態において第 1 傾斜計により計測された第 1 角度と第 2 角度に基づく動作によって物体を移動させることができる。

【0121】

また、ロボットシステム 1 は、力検出器 (この一例において、力検出部 22) の出力 (この一例において、力検出情報) に基づいて、基準面に物体の所定面又は把持部の所定面を接面させる。これにより、ロボットシステム 1 は、力検出器の出力に基づいて物体の所定面又は把持部の所定面が基準面に接面させた状態を用いて、物体を移動させることができる。

【0122】

また、ロボットシステム 1a は、第 1 角度を、第 1 傾斜計とは異なる第 2 傾斜計 (この一例において、第 2 傾斜計測部 60) により計測する。これにより、ロボットシステム 1a は、第 2 傾斜計により計測された第 1 角度と、第 1 傾斜計により計測された第 2 角度とに基づいて、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0123】

また、ロボットシステム 1 は、アームの少なくとも一部 (この一例において、エンドエフェクター E) を、基準面に対して水平に移動させる。これにより、ロボットシステム 1 は、物体を基準面に対して水平に移動させることができる。

【0124】

また、ロボットシステム 1 は、基準面を用いて計測された第 1 角度と、加工装置 (この

10

20

30

40

50

一例において、加工装置40)により加工されるワーク(この一例において、物体O)又は把持部に設けられた第1傾斜計により計測された第2角度に基づいてアームを動作させる。これにより、ロボットシステム1は、基準面に応じた動作によって加工装置により加工されるワークを移動させることができる。

【0125】

また、ロボットシステム1bは、撮像部(この一例において、撮像部23)により撮像された撮像画像に基づいて、把持部と物体との位置関係を変更する。これにより、ロボットシステム1bは、把持部と物体との位置関係がずれてしまった場合であっても、ずれる前の位置関係に戻すことができる。

【0126】

また、ロボットシステム1は、所定の条件が満たされた場合、第1角度を再計測する。これにより、ロボットシステム1は、第1角度がずれている可能性が高い場合に、第1角度を再計測することができる。

【0127】

また、ロボットシステム1は、物体の所定面又は把持部の所定面と、第1傾斜計の所定面との基準の位置関係からのずれを補正する。これにより、ロボットシステム1は、補正した当該位置関係に基づいて、基準面に応じた動作によって物体を移動させることができる。

【0128】

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。

【0129】

また、以上に説明した装置(例えば、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。

【0130】

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】

【0131】

1、1a、1b ロボットシステム、20、20b ロボット、21 第1傾斜計測部、
22 力検出部、23 撮像部、30、30a、30b 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、36a、36b 制
御部、40 加工装置、41 位置情報取得部、42 力検出情報取得部、43 傾斜情

10

20

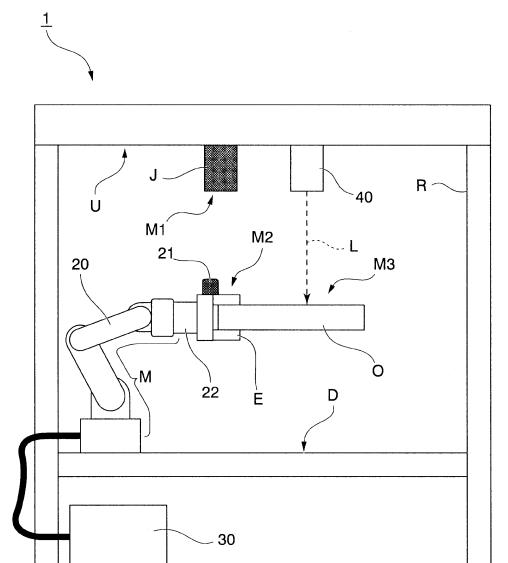
30

40

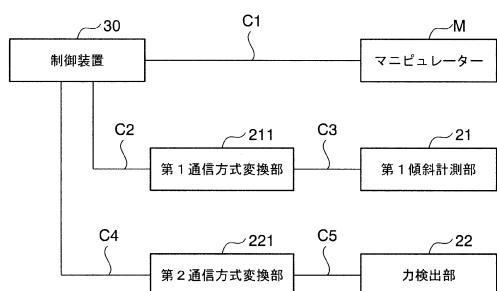
50

報取得部、44 加工装置制御部、45、45a ロボット制御部、46 撮像制御部、
 47 画像取得部、48 位置検出部、50 給材工程制御部、52 傾斜調整工程制御
 部、54、54a 加工工程制御部、56 除材工程制御部、60 第2傾斜計測部、2
 11 第1通信方式変換部、221 第2通信方式変換部

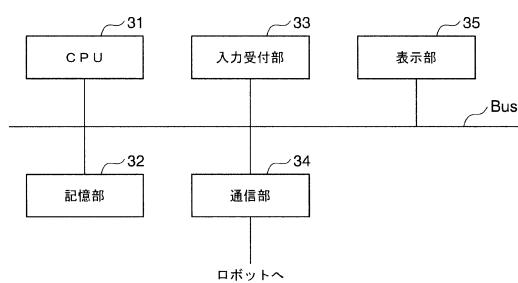
【図1】



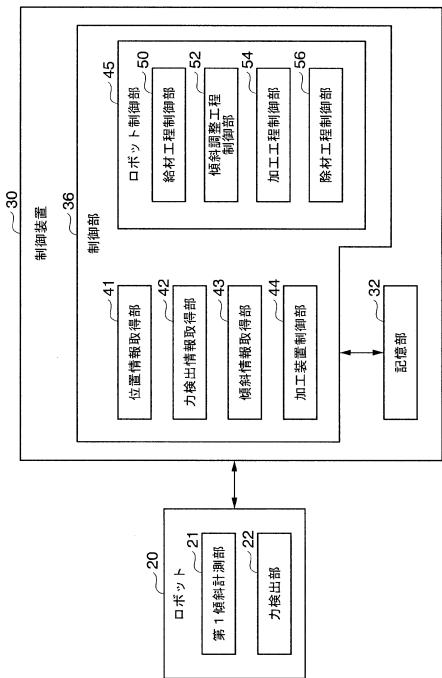
【図2】



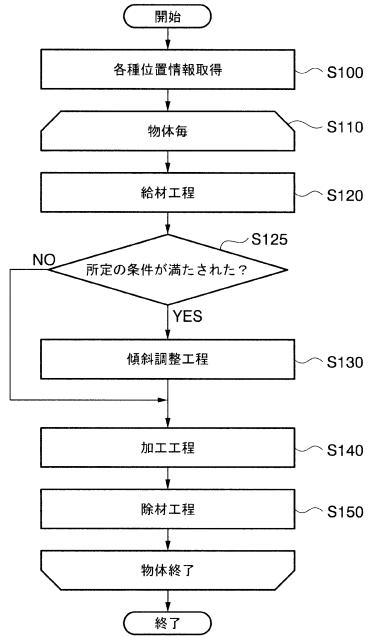
【図3】



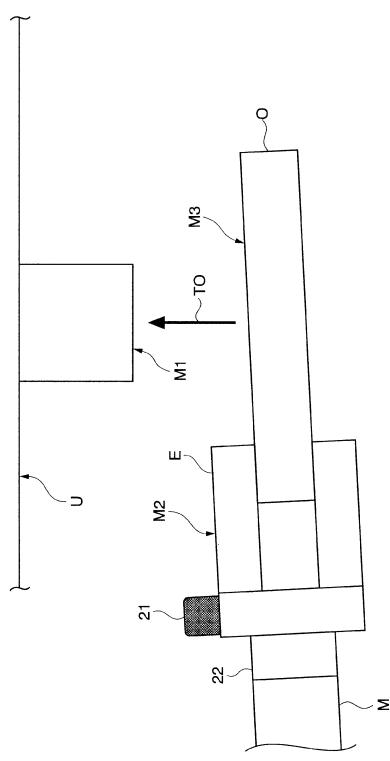
【図4】



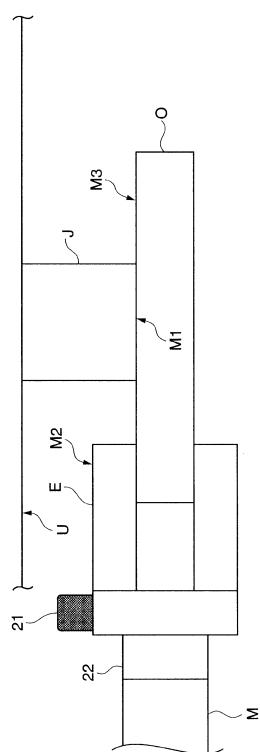
【図5】



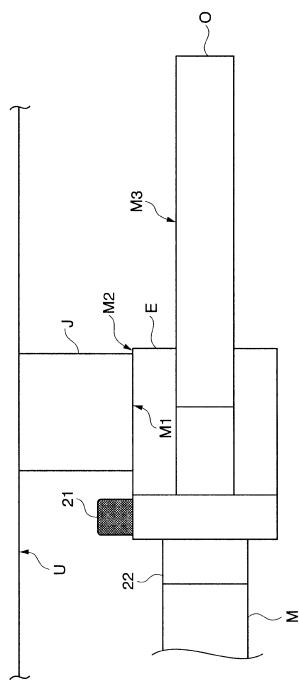
【図6】



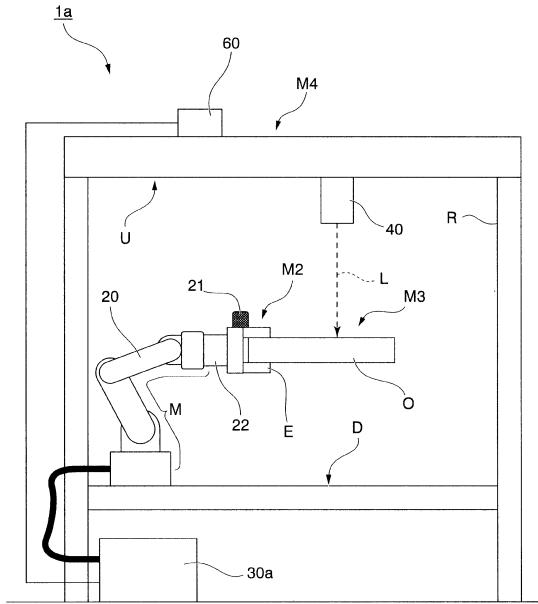
【図7】



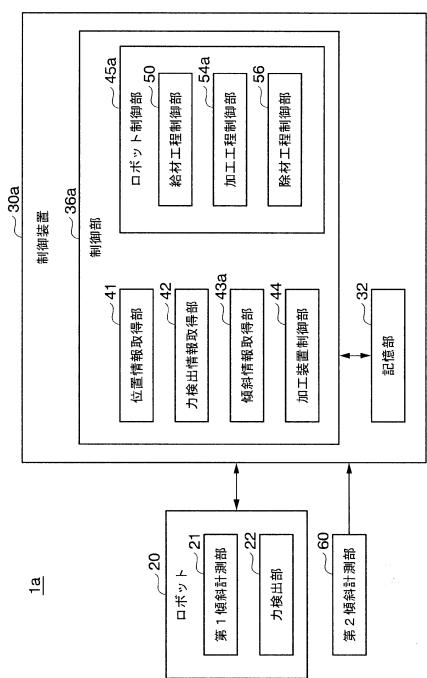
【図8】



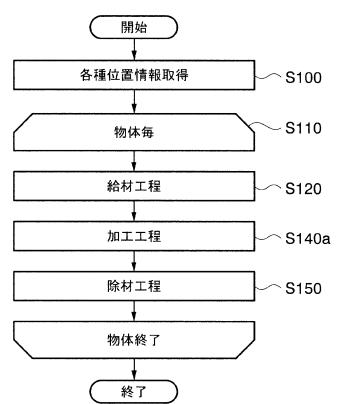
【図9】



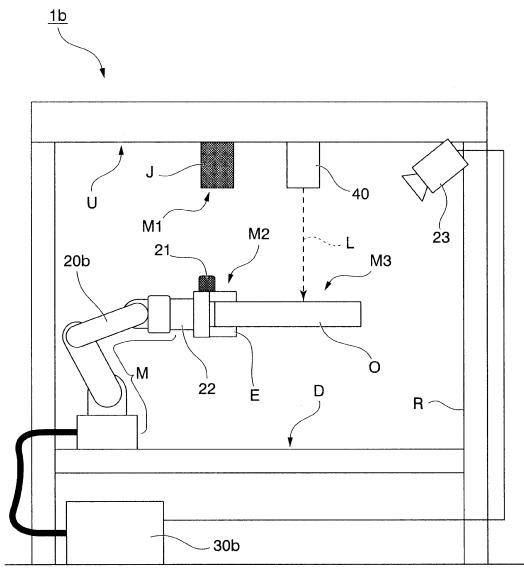
【図10】



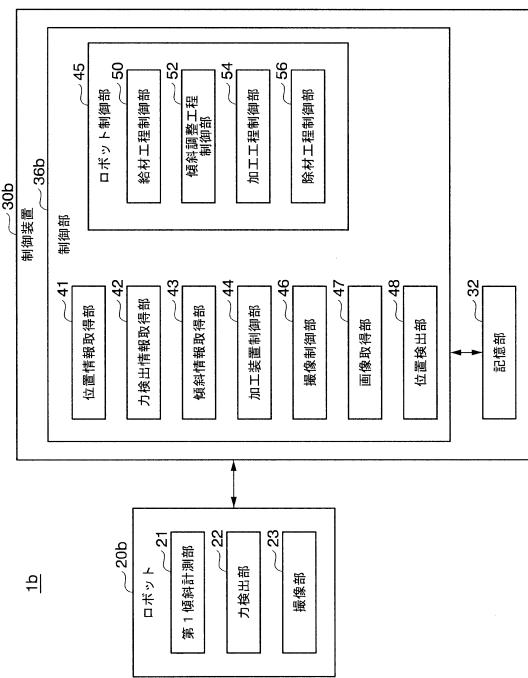
【図11】



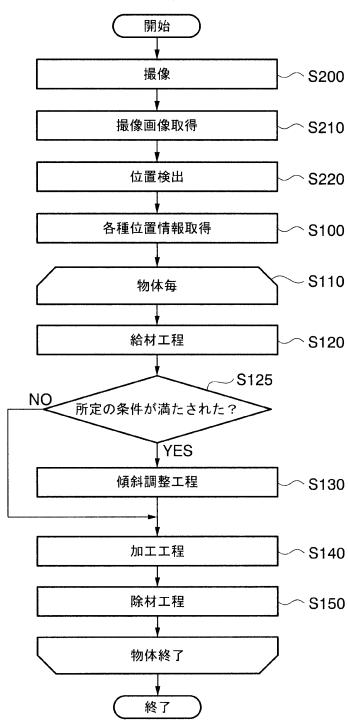
【図12】



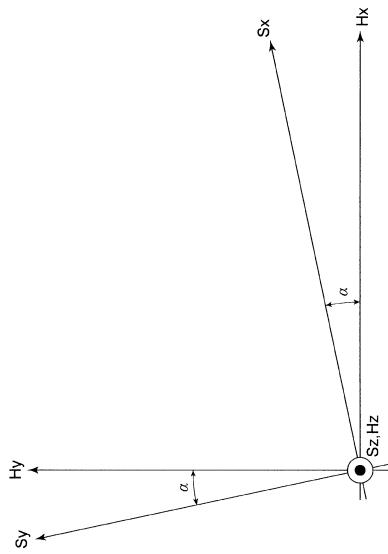
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

審査官 松井 裕典

(56)参考文献 特開平08-320717(JP,A)
特開昭48-002285(JP,A)
特開平11-165287(JP,A)
特開昭63-180492(JP,A)
特開2010-058235(JP,A)
特開平06-131032(JP,A)
特開昭62-199383(JP,A)
特開昭62-254206(JP,A)
米国特許第04718023(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02
B23K 26/00 - 26/70