(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年9月19日(19.09.2024)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2024/189835 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 13/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/010098

(22) 国際出願日： 2023年3月15日(15.03.2023)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(71) 出願人: ファナック株式会社 (**FANUC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 山岡 宣章 (**YAMAOKA, Nobuaki**); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

(74) 代理人: 青木 篤, 外 (**AOKI, Atsushi** et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目２３番１号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

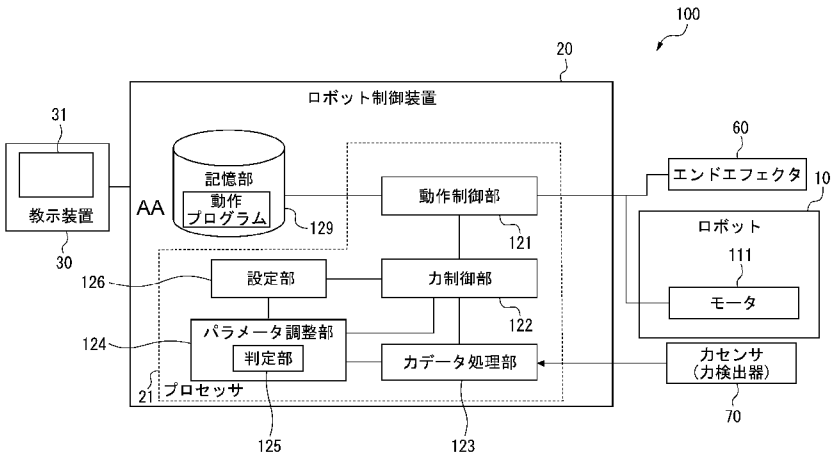
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,

(54) **Title:** CONTROL DEVICE AND ROBOT SYSTEM

(54) 発明の名称： 制御装置及びロボットシステム

[図2]



10 Robot
20 Robot control device
21 Processor
30 Teaching device
60 End effector
70 Force sensor (force detector)
111 Motor
121 Motion control unit
122 Force control unit
123 Force data processing unit
124 Parameter adjustment unit
125 Determination unit
126 Setting unit
129 Storage unit
AA Motion program

(57) **Abstract:** Provided is a control device for controlling a robot, the control device comprising a force control unit that executes force control on the basis of a detection value of a force detector and specific force control parameters, and a parameter adjustment unit that adjusts the specific force control parameters by causing the robot to perform tasks according to the force control on the basis of conditions related to task content.

(57) 要約: ロボットを制御する制御装置であって、力検出器の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御部と、作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備える制御装置である。

［続葉有］

WO 2024/189835 A1

TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 制御装置及びロボットシステム

技術分野

[0001]　本開示は、制御装置及びロボットシステムに関する。

背景技術

[0002]　多関節ロボットの先端部にエンドエフェクタを搭載し、多関節ロボットを力制御により動作させて所定の作業を行うように構成されたロボットシステムが知られている。例えば、特許文献１は、嵌合ワークを把持したロボットにより、該嵌合ワークを定位置に設置された被嵌合ワークに嵌合する嵌合装置を記載する。

[0003]　特許文献２は、産業用ロボットの力制御を行ったときの動作における力状態データ及び位置データを状態変数とし、該状態の下で行われた力制御の結果を所定の基準で良否判定したデータを判定データとし機械学習することにより生成された学習モデルを記憶し、この学習モデルを解析して、産業用ロボットが力制御に失敗した際に用いていた制御パラメータについて、力制御の成功度を改善する制御パラメータの調整方法を解析する解析部を備える調整支援装置を記載する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１１－１９４４９９号公報

特許文献2：特開２０２１－０００６７２号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]　ロボットに力制御による作業を実行させるには力制御パラメータを適切に調整することが必要になる。例えば、一つの種類の作業内容に関しても、特定のワークや特定のロボット姿勢で調整した力制御パラメータが他のワークやロボット姿勢では安定した動作を得られない場合がある。このように作業

内容に係わる条件が異なってくる状況に対しても、安定して力制御を実行することのできる力制御パラメータへの自動調整を行うことのできる技術が望まれる。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、ロボットを制御する制御装置であって、力検出器の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御部と、作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備える制御装置である。

[0007] 添付図面に示される本発明の典型的な実施形態の詳細な説明から、本発明のこれらの目的、特徴および利点ならびに他の目的、特徴および利点がさらに明確になるであろう。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第１実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図2]ロボットシステムの機能ブロック図である。

[図3]第２実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図4]第３実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図5]第４実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図6]第５実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図7A]第６実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図7B]第６実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図であって、図７Ａとロボット姿勢が異なる場合の図である。

[図8A]第７実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図8B]第７実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図であって、図８Ａとロボット姿勢が異なる場合の図である。

[図9A]第８実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図9B]第８実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図であって、図７Ａとロボット姿勢が異なる場合の図である。

[図10]第９実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図11]第９実施例における探索動作を説明するための図である。

[図12]第１０実施例に係るロボットシステムの機器構成を示す図である。

[図13]第１０実施例における位相探索を説明するための図である。

[図14]第１実施例における設定画面の例を示す図である。

[図15]第５実施例における設定画面の例を示す図である。

[図16]第２実施例における設定画面の例を示す図である。

[図17]第６実施例における設定画面の例を示す図である。

[図18]第３実施例における設定画面の例を示す図である。

[図19]第７実施例における設定画面の例を示す図である。

[図20]第４実施例における設定画面の例を示す図である。

[図21]第８実施例における設定画面の例を示す図である。

[図22]ロボットの動作領域を設定可能に構成された設定画面の例を示す図である。

[図23]ロボットの伸びきった姿勢を示す図である。

[図24]パラメータ調整の結果として得られた調整値を表示する表示画面の例を示す図である。

[図25]パラメータ自動調整を表すフローチャートである。

[図26]探索動作におけるパラメータ自動調整を表すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 次に、本開示の実施形態について図面を参照して説明する。参照する図面において、同様の構成部分または機能部分には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これらの図面は縮尺を適宜変更している。また、図面に示される形態は本発明を実施するための一つの例であり、本発明は図示された形態に限定されるものではない。

[0010] 図１は一実施形態に係るロボットシステム１００の機器構成を示す図である。図１に示すように、ロボットシステム１００は、ロボット１０と、ロボット１０を制御するロボット制御装置２０と、ロボット制御装置２０に接続

された教示装置３０とを備える。ロボット１０には、作業用途に応じて様々なタイプのエンドエフェクタを取り付けることができる。図１では、一例として、ロボット１０のアーム先端部にエンドエフェクタとしてハンド６０が取り付けられている構成を示す。ロボット１０のアーム先端部とハンド６０との間には力センサ（力検出器）７０が取り付けられている。ロボットシステム１００は、力センサ７０により検出された検出値に基づいてロボット１０に力制御を実行させることができる。この構成において、ロボット１０に実行させる作業内容（すなわち、ロボット１０に適用すべきアプリケーション）に応じて必要な動作プログラムを導入すると共に、ロボット１０に必要なエンドエフェクタを搭載することで、ロボット１０に様々な種類の作業を実行させることができる。

[0011] なお、図１では、例示として、ロボット１０がハンド６０で把持した円柱状のワークＷを作業台１上の被嵌合ワーク９０の嵌合穴９０ａに嵌合させる精密嵌合作業を行う状況を示している。以下で、詳細に説明するように、ロボットシステム１００は、作業内容に係わる条件でロボット１０に力制御による動作を実行させることで、力制御に係わるパラメータを自動調整することができるように構成されている。

[0012] ロボット１０は、例示として、６軸の垂直多関節ロボットであるものとする。なお、ロボット１０として、水平多関節ロボット、パラレルリンク型ロボット、双腕ロボット等、作業対象に応じて様々なタイプのロボットが用いられても良い。

[0013] ロボット制御装置２０は、動作プログラム或いは教示装置３０からの指令に従ってロボット１０の動作を制御する。ロボット制御装置２０は、プロセッサ２１（図２参照）、メモリ（ＲＯＭ、ＲＡＭ、不揮発性メモリ等）、記憶装置１２９、操作部、入出力インタフェース、ネットワークインタフェース等を有する一般的なコンピュータとしてのハードウェア構成を有していても良い。

[0014] 教示装置３０は、ロボット１０の教示や各種設定を行うための操作端末と

して用いられる。教示装置３０として、教示操作盤、或いはタブレット端末等の情報処理装置により構成された教示装置を用いることができる。教示装置３０は、プロセッサ、メモリ（ＲＯＭ、ＲＡＭ、不揮発性メモリ等）、記憶装置、操作部、表示部３１（図２参照）、入出力インタフェース、ネットワークインタフェース等を有する一般的なコンピュータとしてのハードウェア構成を有していても良い。表示部３１は、例えば、液晶ディスプレイである。操作部は、表示部３１と一体化されたタッチパネル式の入力装置であっても良い。

[0015] 力センサ７０は、例えば、互いに直交するＸ，Ｙ，Ｚ各軸方向に作用する力、及び各軸周りのモーメントを検出する６軸力センサである。なお、本実施形態では、ロボット１０に作用する外力を力センサ７０により検出する構成としているが、ロボットの各軸に配置したトルクセンサの検出値とロボットの姿勢情報とに基づき、ロボットの所定の部位に作用する外力を求める構成としても良い。或いは、ロボット１０の各軸に配置されたモータ１１１（図２参照）の駆動電流を計測することにより各軸の負荷トルクを求め、それらの情報とロボットの姿勢情報とに基づきロボット１０の所定の部位に作用する外力を求める構成としても良い。

[0016] 図２は、ロボットシステム１００の機能ブロック図である。図２に示すように、ロボット制御装置２０は、動作制御部１２１と、力制御部１２２と、力データ処理部１２３と、パラメータ調整部１２４と、設定部１２６とを備える。これらの機能ブロックは、ロボット制御装置２０のプロセッサ２１がプログラムを実行することで実現される機能要素であっても良い。

[0017] ロボット制御装置２０は、記憶装置１２９を備える。記憶装置１２９は、例えば、不揮発性メモリ或いはハードディスク装置等からなる記憶装置である。記憶装置１２９には、ロボット１０を制御する動作プログラム、力制御パラメータ、各種設定情報等が格納される。

[0018] 動作制御部１２１は、動作プログラムにしたがって、或いは教示装置３０からの指令に従ってロボット１０の動作を制御する。ロボット制御装置２０

は、動作制御部１２１が生成する各軸に対する指令に従って各軸のモータ１１１に対するサーボ制御を実行するサーボ制御部（不図示）を備えている。

[0019] 力データ処理部１２３は、力センサ７０の検出値に基づいて、ロボット１０（ハンド６０）に作用する外力（力及びモーメント）を算出する機能を提供する。力センサ７０の位置および姿勢は、ロボット１０の手首部先端の座標系の位置および姿勢と、手首部先端に対する力センサ７０の相対位置情報により算出することができる。力データ処理部１２３は、力センサ７０の位置、姿勢、及び検出値に基づいて、予め設定された任意の座標系における力やモーメントの大きさ、及び、力やモーメントの方向を算出することができる。

[0020] 力制御部１２２は、力データ処理部１２３が算出した力情報、及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する機能を司る。動作制御部１２１は、力制御部１２２による制御の下で、ロボット１０に力制御による動作を実行させる機能を有する。

[0021] パラメータ調整部１２４は、ロボット１０に所定の作業を実行させることで力制御パラメータを調整する機能を有する。本実施形態に係るパラメータ調整部１２４は、ロボット１０に実行させる作業内容に係わる条件に基づいてロボット１０に力制御による動作を実行させることで力制御パラメータを調整するように構成される。図２に示すように、パラメータ調整部１２４は、パラメータ調整処理において、適用中の力制御パラメータが適切であるか否かに関する判定を行うことのできる判定部１２５を備えていても良い。

[0022] 設定部１２６は、力制御パラメータやパラメータ調整処理に係わる各種パラメータの設定を受け付ける機能を提供することができる。設定部１２６は、教示装置３０の表示部３１に、各種設定を受け付けるためのユーザインタフェースを提供することができる。

[0023] 以下、ロボットシステム１００においてロボット１０の作業内容に係わる複数の条件に基づいて実行されるパラメータ調整処理に関する実施例を説明する。

[0024] （第１実施例）

第１実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボット１０に実行させる作業内容が精密嵌合（嵌合動作）であり、作業内容に係わる条件が、作業の対象とするワークの種類（ワーク数）である場合の例である。この場合の、ロボットシステム１００の構成は図１に示したものとなる。

[0025] 本実施例の場合には、以下の力制御パラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）嵌合速度

（３）力制御ゲイン

押付力は、図１に矢印で示すように、ワークＷを被嵌合ワーク９０の嵌合穴９０ａに挿入する方向の目標力である。嵌合速度は、ワークＷを押付方向（図１中の矢印方向）に沿って移動させる速度である。力制御ゲインは、目標力（力又はモーメント）と実際の検出力（力又はモーメント）との偏差に対して乗じ、実際の検出力を目標力に近づけるために用いられる。力制御ゲインは、その値が比較的大きいと力制御の応答速度は速くなるが、応答が不安定になる傾向となる。力制御ゲインは、その値が比較的小さいと力制御の動作は安定するが、所要時間が増える傾向となる。パラメータ調整処理では、これらのパラメータを適切な値に自動調整する。

[0026] なお、本実施例では、力制御ゲインとして、押付方向の押付力に関する力制御ゲインをパラメータ調整の対象としても良い。或いは、押付方向（これをＺ方向とする）の力、Ｘ軸方向の力、Ｙ軸方向の力、Ｘ軸周りのモーメント、Ｙ軸周りのモーメントの５成分についての力制御ゲインをパラメータ調整処理の対象としても良い。なお、これら５成分について調整を行う場合には、力制御における、Ｘ軸方向の力、Ｙ軸方向の力、Ｘ軸周りのモーメント、Ｙ軸周りのモーメントの各々の設定力（目標力）は例えばゼロと設定しても良い。

[0027] 本実施例では、ユーザはパラメータ調整処理に適用するワークＷの種類（ワーク数）を指定する。設定部１２６は、ユーザによるワークの種類（ワー

ク数）の指定を受け付ける機能を提供する。パラメータ調整部１２４は、指定されたワークＷのそれぞれについて精密嵌合動作を行うことで適切なパラメータ値を探索する。ワークＷの各々は個体差を含むことから、ワークによって嵌合穴９０ａの内周面との間の隙間のサイズが変化し、適用すべき力制御パラメータも変化する。したがって、複数のワークについて力制御による作業を実行させて適切なパラメータ値を探索することで、ワークの個体差も考慮した適切なパラメータ値を得ることができる。

[0028] 図２５に、本実施例の構成にけるパラメータ自動調整を実現するフローチャートを示す。本処理は、ロボット制御装置２０のプロセッサ２１による制御の下で実行される。なお、図２５に示すパラメータ調整処理は、以下で説明する第２実施例から第８実施例までの構成に関しても適用可能な構成となっている。

[0029] 本処理を実行するに際し、力制御パラメータの初期値が設定される。本処理は、ロボットの作業内容に係わる複数の条件についてステップＳ２からＳ５の一連の処理をループ処理することで実行される（ステップＳ１）。本実施例の場合には、条件１からＮとして、ワークの種類（ワーク数）が定義される。すなわち、Ｎ個のワークについてパラメータ調整が行われる。ステップＳ２では、現在の条件及び力制御パラメータにしたがって、力制御による作業が実行される。ここで実行される作業は、第１実施例の構成の場合には精密嵌合となる。

[0030] 次に、判定部１２５は、力制御の実行中における設定力（目標力）に対する実際の検出力の応答を確認することで、ロボットが発振する又は力の検出値が過大となるような状況が生じていないかどうかを確認する（ステップＳ３）。例えば、調整の対象が押付力の力制御ゲインである場合には、判定部１２５は、力制御の応答として押付力の実際の検出値を力センサ７０の出力から取得する。判定部１２５は、この実際の検出値の応答波形を確認することで、力制御の応答が発振していたり、過大になったりすることによりロボットの動作が不安定になっていないかを検出する。

[0031] 力制御の応答が発振したり、過大になったりしていない場合（Ｓ３：ＮＯ）、パラメータ調整部１２４は、力制御パラメータを次の値に更新する（ステップＳ４）。力制御の応答が発振又は過大になっている場合（Ｓ３：ＹＥＳ）、現在の力制御パラメータは適切でないこととなるため、パラメータ調整部１２４は、力制御パラメータを一つ前の値に戻す（ステップＳ５）。

[0032] そして、未処理の条件がある場合には、次の条件（ここでは、次のワーク）についてステップＳ２からの処理が実行される。全ての条件（ここでは、全てのワーク）についてステップＳ２からＳ５の処理のループ処理が完了したら、本パラメータ調整処理は終了する。

[0033] 以上の処理により、複数のワークの各々について適切なパラメータ値が得られる。このように複数のワークについてパラメータ値が得られたら、それらのうち全てのワークについて正常な力制御動作を維持し得るもの（例えば、力制御ゲインや嵌合速度については元も小さい値）をパラメータ調整値として採用することができる。すなわち、上記パラメータ調整処理によれば、作業内容に係わる複数の条件のうち、力センサ７０の検出値が最も振動的（或いは最も過大となる）となる条件により力制御パラメータの調整を行うことができることとなる。したがって、以上のパラメータ処理により、指定した全ての条件（ここでは指定した全てのワーク）について適切であることを満たすパラメータ値を得ることができる。

[0034] 上記パラメータ調整処理（図２５）において、パラメータの探索を行う場合の初期値及び探索の方向（すなわち、ステップＳ４において力制御パラメータを変更する方向）は、対象のパラメータの性質に応じて適宜設定しても良い。例えば、押付力、嵌合速度、力制御ゲインについて、値が大きいほど応答が早くなり得る一方、応答が不安定になり易くなる。この観点で、これらのパラメータについて低い値から探索を開始し、応答が不安定とならない限界の高い値を調整値として取得できるように探索するようにしても良い。図２５に示した処理フローによりこのようなパラメータ調整を実現することができる。

[0035] 上記パラメータ調整処理（図２５）を実行するに際し、自動調整に使用するパラメータ値を予めテーブルに設定しておき、このテーブルからパラメータ値を順に選択してパラメータ探索を行うようにしても良い。例えば、押付力、嵌合速度、力制御ゲインについて、以下のような次のようなパラメータ値のテーブルを予め用意しておく。なお、下記テーブルにおいて、ｉは１から５とする。

押付力Ｐ（ｉ）：10N、15N、20N、25N、30N

押付速度Ｖ（ｉ）：1mm/s、2mm/s、3mm/s、4mm/s、5mm/s

力制御ゲインＧ（ｉ）：0.5Hz、1.0Hz、1.5Hz、2.0Hz、2.5Hz

パラメータ調整処理では、初期値としてＰ（１）、Ｖ（１）、Ｇ（１）を使用し、力制御に問題がない場合（Ｓ３：ＮＯ）、パラメータ値を１段階上げてＰ（２）、Ｖ（２）、Ｇ（２）を使用する、Ｐ（２）、Ｖ（２）、Ｇ（２）で力制御に問題がある場合（Ｓ３：ＹＥＳ）にはパラメータ値を１段階下げてＰ（１）、Ｖ（１）、Ｇ（１）とする、といった動作を行っても良い。この場合、パラメータ探索の初期値、変更の方向、上限値（又は下限値）を任意に設定することができる。

[0036] 或いは、別の観点で次のようなパラメータ調整を行っても良い。例えば、押付力については、ワークを保護する（ワークを傷つけないようにする）という観点で、押付力をできるだけ低く抑えることが望まれる場合がある。このような場合には、

（手順ａ１）適切な嵌合動作（例えば、目標の嵌合速度）が達成できない程度の低い押付力を初期値として設定し、

（手順ａ２）力制御を実行し、

（手順ａ３）押付力を徐々に上げ、

（手順ａ４）適切な嵌合動作（例えば、目標の嵌合速度）が達成できた時点の押付力を調整値として取得する、

という探索方法を取っても良い。

[0037] 図２５の処理フローにおいてステップＳ４でパラメータ値を変更する場合

、調整対象の複数の力制御パラメータについて同時に変更するようにしても良いし、或いは、ステップＳ４では一つのみの力制御パラメータを変更することとしても良い。ステップＳ４で一つのみの力制御パラメータを変更することとする場合、図２５の処理フローを調整対象の複数の力制御パラメータの各々について別々に実行するようにしても良い。

[0038] 図２５のパラメータ調整処理では、複数のワークの各々についてループ処理によるパラメータ探索を行う場合に、探索の開始時のパラメータ初期値は同じ値としている。探索の効率を高める観点で、複数のワークについてループ処理によるパラメータ探索を行う場合に、一つ目のワークで調整値が得られたら、次のワークについてのパラメータの探索を、一つ前のワークでの調整値から開始するような動作例も有り得る。例えば、以下のような手順とする。ここでは、調整の対象は力制御ゲイン又は嵌合速度のように、制限値を超えないぎりぎりの高い値への調整を行うことが望まれる場合を想定する。

（手順ｂ１）一つ目のワークについて低いパラメータ初期値から徐々に値を上げ限界まで高い値を探索するパラメータ探索を行う。

（手順ｂ２）一つ目のワークについてパラメータ調整値を記録する。

（手順ｂ３）次のワークについては、一つ前のワークについてパラメータ調整値を初期値として探索を開始する。まず、このパラメータ初期値で力制御動作が可能か判定する。

（手順ｂ４）手順ｂ３で動作可能と判定される場合には、パラメータ値を徐々に上げながら限界まで高い値を探索するパラメータ探索を行う。この探索で得られた調整値を記録する。

（手順ｂ５）手順ｂ３で動作不可と判定される場合には、パラメータ値を徐々に下げ力制御に成功できるパラメータ値を探索する探索動作を行う。成功でいたときのパラマータ値を調整値として記録する。

（手順ｂ６）３つ目以降のワークについても、手順ｂ３から手順ｂ５と同様な処理を行う。

以上の処理により、全てのワークについて力制御の動作を適切に実行でき、

且つ、できるだけ高い値とするという条件を満たすパラメータ調整値を得ることができる。

[0039] 以上で説明したパラメータ調整処理を行った後、パラメータ調整処理で得られた調整値で力制御による作業の実運用を行う段階で、例えば、嵌合穴９０ａとの隙間がきつくなるようなワークが出てくるような状況も想定される。上述したパラメータ調整処理は、このようにワークを後の段階で調整対象として追加する場合にも対応できる。この場合には、事前に調整されている調整値をパラメータ探索の初期値として上述した手順ｂ３から手順ｂ５のようなパラメータ探索を行うようにすれば良い。

[0040] なお、以上で説明したパラメータ調整処理の動作フローは、以下で説明する第２実施例から第８実施例についても同様に適用することができる。

[0041] 以上説明したように第１実施例によれば、ワークが変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（精密嵌合）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0042]（第２実施例）

第２実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボット１０に実行させる作業内容が一定力押付けであり、作業内容に係わる複数の条件が、作業の対象とするワークの種類（ワーク数）である場合の例である。本実施例の場合のロボットシステム１００の構成を図３に示す。

[0043] 一定力押付け作業では、ロボット１０は、ハンド６０で保持したワークＷを一定力で対象物に押し付ける作業を行う。ここでは、ロボット１０は、作業台１の上面にワークＷの先端を押し付ける作業を行う。一定力押付けによる実際の作業は、例えばロボットによりボタンを押す動作、ロボットにより工具を対象物に押し付ける動作等があり得る。

[0044] 本実施例の場合には、以下の力制御パラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向）

本実施例の場合の押付方向は図３中に矢印で示したように作業台１Ａの上面

に垂直な方向である。力制御ゲインとしては、押付方向の力制御ゲインを調整の対象とする。

[0045] 本実施例では、ユーザはパラメータ調整処理に適用するワークＷの種類（ワーク数）を指定する。パラメータ調整部１２４は、指定された数のワークＷのそれぞれについて一定力押付け動作を行うことで適切なパラメータ値を探索する。ワークＷの各々は個体差を含む。したがって、複数のワークについて力制御による作業を実行させて適切なパラメータ値を探索することで、ワークの個体差も考慮した適切なパラメータ値を得ることができる。

[0046] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0047] したがって、第２実施例の場合においても、ワークが変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（一定力押付け）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0048]（第３実施例）

第３実施例は、パラメータ処理に関し、ロボット１０に実行させる作業内容が面合わせであり、作業内容に係わる複数の条件が、作業の対象とするワークの種類（ワーク数）である場合の例である。本実施例の場合のロボットシステム１００の構成を図４に示す。

[0049] 面合わせは、ワークＷの先端面を、面合わせの対象（図３では作業台１Ｂの上面）に面合わせする作業である。面合わせでは、ロボット１０は、ワークＷを一定の押付力で図中の矢印で示す押付方向に押し付け、且つワークＷの姿勢も調整しながら面合わせを実行する。

[0050] 本実施例の場合には、以下のパラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向、Ｘ軸周り、Ｙ軸周り）

本実施例の場合の押付方向は図４中に矢印で示したように作業台１Ｂの上面に垂直な方向である。力制御ゲインとしては、押付方向（これをＺ方向とする）の目標力（押付力）、Ｘ軸周りのモーメント、Ｙ軸周りのモーメントの３成分についてパラメータ調整処理の対象としても良い。なお、これら３成分を調整の対象とする場合、力制御における、Ｘ軸周りのモーメント、Ｙ軸周りのモーメントの各々の設定力（目標力）は例えばゼロと設定しても良い。

[0051] 本実施例では、ユーザはパラメータ調整処理に適用するワーク数を指定する。パラメータ調整部１２４は、指定された数のワークＷのそれぞれについて面合わせ動作を行うことで適切なパラメータ値を探索する。ワークＷの各々は個体差を含む。したがって、複数のワークについて力制御による作業を実行させて適切なパラメータ値を探索することで、ワークの個体差も考慮した適切なパラメータ値を得ることができる。

[0052] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0053] したがって、第３実施例の場合においても、ワークが変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（面合わせ）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0054] （第４実施例）

第４実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボットに実行させる作業の内容がバリ取りであり、作業内容に係わる複数の条件が、作業の対象とするワークの種類（ワーク数）である場合の例である。本実施例の場合のロボットシステム１００の構成を図５に示す。

[0055] 本実施例では、ロボット１０はエンドエフェクタとしてバリ取りツール（グラインダ等）６０Ａを搭載する。バリ取りでは、ロボット１０は、バリ取

りツール６０Ａを、例えば、バリ取り対象のワーク９１の稜線に倣って移動させる動作を実行する。これにより、バリ取り対象のワーク９１に存在するバリを除去する。なお、バリ取りは、ロボットがワークの外形に倣って動作する倣い動作と位置付けることができる。

[0056] 本実施例の場合には、以下のパラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向）

本実施例の場合の押付方向は、例えば図５中に矢印で示すように作業台１Ｃのワーク９１に対しバリ取りツール６０Ａを押し付ける方向（水平方向）である。力制御ゲインとしては、押付方向の力制御ゲインを調整の対象とする。

[0057] 本実施例では、ユーザはパラメータ調整処理に適用するワーク数を指定する。パラメータ調整部１２４は、指定された数のワーク９１のそれぞれについてバリ取り動作を行うことで適切なパラメータ値を探索する。ワーク９１の各々は個体差を含む。したがって、複数のワークについて力制御による作業を実行させて適切なパラメータ値を探索することで、ワークの個体差も考慮した適切なパラメータ値を得ることができる。

[0058] したがって、第５実施例の場合においても、ワークが変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（バリ取り）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0059]（第５実施例）

第５実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボット１０に実行させる作業内容が精密嵌合であり、作業内容に係わる複数の条件が、ロボット１０の複数の姿勢である場合の例である。この場合のロボットシステム１００の構成を図６に示す。

[0060] 第１実施例の場合と同様に、本実施例では、以下のパラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）嵌合速度

（３）力制御ゲイン

[0061] 本実施例では、ユーザは、作業中にロボット１０がとるべき複数の姿勢を指定する。図６に例示するように、ロボットの複数の姿勢として、異なる場所に配置された４つの被嵌合物Ｗ１からＷ４の嵌合箇所を指定しても良い。ワークＷ１からＷ４（嵌合箇所）は、ロボット１０からの距離がそれぞれ異なる。図６から理解されるように、ワークＷ１はロボット１０に近いため、ロボット１０がワークＷ１について作業を行う場合、ロボット１０は縮んだ姿勢となる。他方、ワークＷ４はロボット１０から比較的遠い位置にあるため、ロボット１０がワークＷ４について作業を行う場合、ロボット１０は伸びきった姿勢となる。したがって、これらのワークＷ１からＷ４について精密嵌合を行う際のロボット１０の姿勢はそれぞれ異なることとなる。

[0062] パラメータ調整部１２４は、複数のロボット姿勢の各々において精密嵌合動作を実行することでパラメータ調整を行う。このように、ロボットの異なる姿勢において作業を実行しながら適切なパラメータを探索することで、ロボット１０のあらゆる姿勢に適用可能な適切なパラメータを得ることができる。

[0063] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0064] 以上説明したように第５実施例によれば、ロボットの姿勢が変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（精密嵌合）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0065]（第６実施例）

第６実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボットに実行させる作業内容が一定力押付であり、作業内容に係わる複数の条件が、ロボット１０の複

数の姿勢である場合の例である。この場合のロボットシステム１００の構成例を図７Ａ及び図７Ｂに示す。

[0066] 第２実施例の場合と同様に、本実施例では、以下のパラメータを調整する。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向）

[0067] 本実施例では、ユーザは、作業中にロボット１０がとるべき複数の姿勢を指定する。ロボット１０がとるべき複数の姿勢として、ロボット１０を基準とした位置が異なる複数の押付箇所を指定しても良い。ここでは、例示として、図７Ａに示すように、ロボット１０に対して比較的近い位置が押付箇所として指定された例と、図７Ｂに示すように、ロボット１０に対して比較的遠い位置が押付箇所として指定されている例を示す。図７Ａの場合はロボット１０は縮んだ姿勢となり、図７Ｂの場合はロボット１０は伸びた姿勢となっている。

[0068] パラメータ調整部１２４は、複数のロボット姿勢の各々において押付け動作を実行することでパラメータ調整を行う。このように、ロボットの異なる姿勢において作業を実行しながら適切なパラメータを探索することで、ロボット１０のあらゆる姿勢に適用可能な適切なパラメータを得ることができる。

[0069] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0070] 以上説明したように第６実施例によれば、ロボットの姿勢が変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（押付け）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0071] （第７実施例）

第７実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボットに実行させる作業内容が面合せであり、作業内容に係わる複数の条件が、ロボット１０の複数の姿勢である場合の例である。この場合のロボットシステム１００の構成例を図８Ａ及び図８Ｂに示す。

[0072] 第３実施例の場合と同様に、本実施例では、以下のパラメータを調整する。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向、Ｘ軸周り、Ｙ軸周り）

[0073] 本実施例では、ユーザは、作業中にロボット１０がとるべき複数の姿勢を指定する。ロボット１０がとるべき複数の姿勢として、ロボット１０を基準とした位置が異なる複数の押付箇所（面合わせ箇所）を指定しても良い。ここでは、例示として、図８Ａに示すように、ロボット１０に対して比較的近い位置が押付箇所（面合わせ箇所）として指定された例と、図８Ｂに示すように、ロボット１０に対して比較的遠い位置が押付箇所（面合わせ箇所）として指定されている例を示す。図８Ａの場合はロボット１０は縮んだ姿勢となり、図８Ｂの場合はロボット１０は伸びた姿勢となっている。

[0074] パラメータ調整部１２４は、複数のロボット姿勢の各々において面合わせ動作を実行することでパラメータ調整を行う。このように、ロボットの異なる姿勢において作業を実行しながら適切なパラメータを探索することで、ロボット１０のあらゆる姿勢に適用可能な適切なパラメータを得ることができる。

[0075] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0076] 以上説明したように第７実施例によれば、ロボットの姿勢が変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（面合わせ）を実行することができ

る力制御パラメータを取得することができる。

[0077]（第８実施例）

第８実施例は、パラメータ調整処理に関し、ロボットに実行させる作業内容がバリ取りであり、作業内容に係わる複数の条件が、ロボット１０の複数の姿勢である場合の例である。この場合のロボットシステム１００の構成例を図９Ａ及び図９Ｂに示す。

[0078] 第４実施例の場合と同様に、本実施例では、以下のパラメータを調整する。

（１）押付力

（２）力制御ゲイン（押付方向）

[0079] 本実施例では、ユーザは、作業中にロボット１０がとるべき複数の姿勢を指定する。

本実施例では、ユーザは、作業中にロボット１０がとるべき複数の姿勢を指定する。ロボット１０がとるべき複数の姿勢として、ロボット１０を基準とした位置が異なる複数の押付箇所（バリ取り箇所）を指定しても良い。ここでは、例示として、図９Ａに示すように、ロボット１０に対して比較的近い位置が押付箇所（バリ取り箇所）として指定された例と、図９Ｂに示すように、ロボット１０に対して比較的遠い位置が押付箇所（バリ取り箇所）として指定されている例を示す。図９Ａの場合はロボット１０は縮んだ姿勢となり、図９Ｂの場合はロボット１０は伸びた姿勢となっている。

[0080] パラメータ調整部１２４は、複数のロボット姿勢の各々においてバリ取り動作を実行することでパラメータ調整を行う。このように、ロボットの異なる姿勢において作業を実行しながら適切なパラメータを探索することで、ロボット１０のあらゆる姿勢に適用可能な適切なパラメータを得ることができる。

[0081] 本実施例の場合のパラメータ探索の初期値、探索方向、処理フローに関して、第１実施例について上述したものと同様な内容を採用することができる。すなわち、本実施例の場合にも、図２５のパラメータ調整処理、上記手順

ａ１から手順ａ４によるパラメータ調整方法、上記手順ｂ１から手順ｂ６によるパラメータ調整方法を適用することができる。

[0082] 以上説明したように第８実施例によれば、ロボットの姿勢が変わった場合でも安定して高性能の力制御による作業（バリ取り）を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0083] 以上説明した第１実施例から第８実施例におけるパラメータ調整処理では、作業内容に係わる複数の条件のうち、力センサ７０の検出値が最も振動的（或いは最も過大となる）となる条件により力制御パラメータの調整を行うことができることとなる。したがって、複数の条件のいずれについても安定して力制御を実行するこのできる力制御パラメータを得ることができる。

[0084]（第９実施例）

第９実施例は、ロボットに行わせる作業が探索動作の場合の例である。すなわち、本実施例では、作業内容に係わる条件は、作業内容が探索動作であることである。本実施例の場合のロボットシステム１００の構成を図１０に示す。図１０に示すように、探索動作は、ロボット１０が把持する円柱状のワークＷを、被嵌合ワーク９２上で移動させて、ワークＷを嵌合させるべき穴９２ａを探索する動作である。例えば、図１２に示すように、ワークＷを所定の軌跡Ｌに沿って移動させることで被嵌合ワーク９２の穴９２ａを探索する。

[0085] 作業内容が探索動作である場合、パラメータ調整部１２４は、以下のパラメータを調整の対象と決定する。

（１）押付力

（２）探索動作の速度（探索方向の速度）

[0086] 探索動作を成功させるには、できるだけ強い力で嵌合ワークＷを被嵌合ワーク９２に対して押し付けて探索動作を遅くするのが好ましい。しかし、押付力を強くするとワークへの傷が生じるおそれが増し、探索動作が遅いとサイクルタイムが長くなる。逆に、押付力が弱い場合や探索動作が速い場合には、探索動作で正しい位置（穴の位置）を通過してしまうおそれがある。本

実施例によるパラメータ調整では、これらのパラメータを適切な値に調整する。

[0087] 探索動作では、偶然、位置誤差がない（或いは小さい）ためにパラメータ値に依らず探索動作に成功する場合がある。このように偶然に探索に成功する場合、パラメータ調整がなされないこととなる。そのため、本実施例に係るパラメータ調整処理では、探索動作に成功した場合でも探索動作が行われているかどうかを判定するようにし、探索動作なしで（偶然に）探索動作に成功したとみなされる場合のパラメータ値を調整に反映しないようにする。

[0088] 作業内容が探索動作である場合に、パラメータ調整部１２４（プロセッサ２１）による制御の下で実行されるパラメータ調整処理のフローチャートを図２６に示す。なお、図２６では、パラメータ調整を複数の条件（条件１からＮ）について実行する場合の例を示す。複数の条件は、上述した実施例で説明したように、ワークの種類（ワーク数）或いはロボットの複数の姿勢である。ただし、探索動作の場合には、必ずしも複数の条件について行わなくても（条件は一つであっても）、適切なパラメータ値を得ることは可能である。

[0089] 本処理を実行するに際し、押付力と探索動作速度のパラメータ値の組み合わせの候補を保持したテーブルを予め用意しておく。本処理は、ロボットの作業内容に係わる複数の条件についてステップＳ１２からＳ１６の一連の処理をループ処理することで実行される（ステップＳ１１）。ステップＳ１２では、現在の条件及び力制御パラメータにしたがって、力制御による作業（探索動作）が実行される。

[0090] パラメータ調整部１２４は、探索動作無しで探索に成功していないかどうかを確認する（ステップＳ１３）。ここで。探索動作がなされているか否かについては、ロボット１０がある一定の距離以上のジグザグの移動を実際に行ったか否かにより判定しても良い。探索動作無しで探索に成功した場合（Ｓ１３：ＹＥＳ）、処理はステップＳ１２に戻る。この場合、被嵌合ワーク９２に対し嵌合ワークＷを位置付ける動作が改めて行われて力制御による探

索動作が改めて行われる（ステップＳ１２）。

[0091] 判定部１２５は、力制御の実行中における設定力（目標力）に対する実際の検出力の応答を確認することで、ロボットが発振する又は力の検出値が過大となるような状況が生じていないかどうかを確認する（ステップＳ１４）。例えば、判定部１２５は、力制御の応答として押付力の実際の検出値を力センサ７０の出力から取得する。判定部１２５は、この実際の検出値の応答波形を確認することで、力制御の応答が発振していたり、過大になったりすることによりロボットの動作が不安定になっていないかを検出する。

[0092] 力制御の応答が発振したり、過大になったりしていない場合（Ｓ１４：ＮＯ）、パラメータ調整部１２４は、予め用意されたテーブルから次のパラメータ値のセットを力制御パラメータとして設定する（ステップＳ１５）。力制御の応答が発振又は過大になっている場合（Ｓ１４：ＹＥＳ）、現在のパラメータ値のセットは適切でないこととなるため、パラメータ調整部１２４は、パラメータ値のセットを一つ前の値に戻す（ステップＳ１６）。

[0093] そして、未処理の条件がある場合には、次の条件についてステップＳ１２からの処理が実行される。全ての条件（ここでは、全てのワーク）についてステップＳ１２からＳ１６の処理のループ処理が完了したら、本パラメータ調整処理は終了する。以上の処理により、複数の条件について適切なパラメータ値（押付力、探索速度）が得られる。

[0094] 以上説明したように、本実施例では、パラメータ調整部１２４は、作業内容が探索動作であるという条件に応じて、探索動作に特有なパラメータ調整を実行し、適切なパラメータ値を得ることができる。また、パラメータ調整部１２４は、作業内容が探索動作である場合において、複数の条件（ワークの種類（ワーク数）、或いは、ロボットの異なり姿勢）についてパラメータ調整処理を行うことで、ワーク或いはロボットの姿勢が変わった場合でも安定して探索動作を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0095]（第１０実施例）

第１０実施例は、ロボットに実行させる作業の内容が位相探索である場合の例である。この場合のロボットシステム１００の構成例を図１２に示す。また、位相探索の詳細な動作例を図１３に示す。図１２及び図１３に示すように、位相探索では、嵌合ワークＷ７のピン７ａの回転方向の位置（位相）が被嵌合ワーク９３の穴９３ａに形成されているキー溝９３ｂの回転方向の位置（位相）と整合するように、嵌合ワークＷ７を回転させて位相合わせをする。

[0096] 作業内容が位相探索である場合、パラメータ調整部１２４は、以下のパラメータを調整の対象とする。

（１）押付力

（２）探索動作の速度（嵌合ワークを回転させる方向の速度）

[0097] 探索動作を成功させるには、できるだけ強い力で嵌合ワークＷ７を被嵌合ワーク９３の表面に押し付けて探索動作を遅くするのが好ましい。しかし、押付力を強くするとワークへの傷が生じるおそれが増し、探索動作が遅いとサイクルタイムが長くなる。逆に、押付力が弱い場合や探索動作が速い場合には、探索動作で正しい位相を通過してしまうおそれがある。本実施例によるパラメータ調整では、これらのパラメータを適切な値に調整する。

[0098] 上述の探索動作（第９実施例）の場合と同様に、位相探索においても、偶然位相誤差が無い（或いは小さい）ためにパラメータ値に依らず探索動作に成功する場合がある。そのため、本実施例に係るパラメータ調整処理では、探索動作に成功した場合でも探索動作が行われているかどうかを判定するようにし、探索動作なしで（偶然に）探索動作に成功したとみなされる場合のパラメータ値を調整に反映しないようにする。

[0099] 本実施例の場合のパラメータ調整処理としては、上述の探索動作（第９実施例）において説明した図２６処理フローを適用することができる。したがって、本実施例の場合においても、第９実施例において説明したパラメータ調整処理を実行することができ、適切なパラメータ値への調整を行うことができる。なお、本実施例の場合においいて、探索動作（位相探索）が行われ

たか否かの判定（ステップＳ１３）は、

・ロボット１０がある一定の回転角度以上嵌合ワークＷ７を実際に回転させたか否か、或いは、

・ロボット１０がワークＷ７を回転方向において往復運動させたか否か

により判定しても良い。

[0100] 以上説明したように、本実施例では、パラメータ調整部１２４は、作業内容が位相探索であるという条件に応じて、移動探索に特有なパラメータ調整を実行し、適切なパラメータ値を得ることができる。また、パラメータ調整部１２４は、作業内容が位相探索である場合において、複数の条件（ワークの種類（ワーク数）、或いは、ロボットの異なり姿勢）についてパラメータ調整処理を行うことで、ワーク或いはロボットの姿勢が変わった場合でも安定して探索動作を実行することができる力制御パラメータを取得することができる。

[0101] 次に、上述した各実施例（第１実施例から第１０実施例）について、設定部１２６が提供するパラメータの設定機能について説明する。

[0102] 図１４は、上記第１実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面（ユーザインタフェース）２１０を示す。すなわち、設定画面２１０は、作業内容が精密嵌合で有り、作業内容に係わる複数の条件がワークの種類（ワーク数）である場合の設定画面である。この設定画面２１０（及び以下で説明する同様の設定画面）は、例えば、教示装置３０の表示部３１の表示画面に表示される。ユーザは、教示装置３０の操作部を介して、この設定画面２１０に対して各種パラメータの入力を行うことができる。

[0103] 設定画面２１０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２１１を含む。設定画面２１０は、嵌合動作に関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを挿入する挿入方向、嵌合深さ、発生力の上限値等を含む。発生力の上限値が指定されている場合、パラメータ調整部１２４は、例えば押付力がこの上限値を超えない範囲で調整を行う。設定画面２１０は、更に、作業内容に係わる複数の条件として、作業に用いるワークの種類（ワーク数）を指定す

る指定欄２１２を含む。ここでは、作業に用いるワークとして、５つのワークが指定されている例を示しているが、他の個数のワークを指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された個数のワークに対して精密嵌合動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0104] 一例として、ユーザは、設定画面２００に対して以下のような操作を行う。はじめに、ユーザは、座標系の指定、ワークを挿入する挿入方向、嵌合深さ、発生力の上限値等のパラメータを入力し、或いは、それらについて予め設定されたデフォルト値の確認と調整を行う。そして、ユーザは、指定欄２１２に必要なワーク数の分だけの入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２１２から一つ又は複数のワークを選択して自動調整を実行するボタン２１５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したワークについてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２１２に指定した全てのワークについてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0105] 図１５は、上記第５実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２５０を示す。設定画面２５０は、作業内容が精密嵌合であり、作業内容に係わる複数の条件がロボットの複数の姿勢である場合の設定画面である。

[0106] 図１５に示すように、設定画面２５０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２５０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２５１を含む。設定画面２５０は、嵌合動作に関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを挿入する挿入方向、嵌合深さ、発生力の上限値等を含む。設定画面２５０は、更に、作業内容に係わる複数の条件として、ロボットの複数の姿勢を指定する指定欄２５２を含む。ここでは、ロボットの複数の姿勢として５つのロボット姿勢が指定されている例を示しているが、他の数のロボットの姿勢を指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された複数のロボット姿勢に対して精密嵌合動作が実行さ

れてパラメータの調整が行われる。

[0107] ユーザは、指定欄２５２に必要な数のロボット姿勢の入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２５２から一つ又は複数のロボット姿勢を選択して自動調整を実行するボタン２５５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したロボット姿勢についてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２５２に指定した全てのロボット姿勢についてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0108] 図１６は、上記第２実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２２０を示す。設定画面２２０は、作業内容が一定力押付けであり、作業内容に係わる複数の条件がワークの種類（ワーク数）である場合の設定画面である。

[0109] 図１６に示すように、設定画面２２０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２２０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２２１を含む。設定画面２２０は、一定力押付けに関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを押し付ける押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２２０は、更に、作業に用いるワークの種類（ワーク数）を指定する指定欄２２２を含む。ここでは、作業に用いるワークとして、５つのワークが指定されている例を示しているが、他の個数のワークを指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された個数のワークに対して一定力押付け動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0110] ユーザは、指定欄２２２に必要なワーク数の分だけの入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２２２から一つ又は複数のワークを選択して自動調整を実行するボタン２２５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したワークについてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２２２に指定した全てのワークについてパラメータ調整を実行させる。

パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0111] 図１７は、上記第６実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２６０を示す。設定画面２６０は、作業内容が一定力押付けであり、作業内容に係わる複数の条件がロボットの複数の姿勢である場合の設定画面である。

[0112] 図１７に示すように、設定画面２６０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２６０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２６１を含む。設定画面２６０は、一定力押付けに関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを押し付ける押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２６０は、更に、作業内容に係わる複数の条件として、ロボットの複数の姿勢を指定する指定欄２６２を含む。ここでは、ロボットの複数の姿勢として５つのロボット姿勢が指定されている例を示しているが、他の数のロボットの姿勢を指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された複数のロボット姿勢に対して精密嵌合動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0113] ユーザは、指定欄２６２に必要な数のロボット姿勢の入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２６２から一つ又は複数のロボット姿勢を選択して自動調整を実行するボタン２６５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したロボット姿勢についてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２６２に指定した全てのロボット姿勢についてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0114] 図１８は、上記第３実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２３０を示す。設定画面２３０は、作業内容が面合わせであり、作業内容に係わる複数の条件がワークの種類（ワーク数）である場合の設定画面である。

[0115] 図１８に示すように、設定画面２３０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２３０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２３１を含む。設定画面２３０は、面合わせに関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを押し付ける押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２３０は、更に、作業に用いるワークの種類（ワーク数）を指定する指定欄２３２を含む。ここでは、作業に用いるワークとして、５つのワークが指定されている例を示しているが、他の個数のワークを指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された個数のワークに対して一定力押付け動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0116] ユーザは、指定欄２３２に必要なワーク数の分だけの入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２３２から一つ又は複数のワークを選択して自動調整を実行するボタン２３５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したワークについてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２３２に指定した全てのワークについてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0117] 図１９は、上記第７実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２７０を示す。設定画面２７０は、作業内容が面合わせであり、作業内容に係わる複数の条件がロボットの複数の姿勢である場合の設定画面である。

[0118] 図１９に示すように、設定画面２７０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２７０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２７１を含む。設定画面２７０は、面合わせに関するパラメータとして、座標系の指定、ワークを押し付ける押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２６０は、更に、作業内容に係わる複数の条件として、ロボットの複数の姿勢を指定する指定欄２７２を含む。ここでは、ロボットの複数の姿勢として５つのロボット姿勢が指定されている例を示

しているが、他の数のロボットの姿勢を指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された複数のロボット姿勢に対して精密嵌合動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0119] ユーザは、指定欄２７２に必要な数のロボット姿勢の入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２７２から一つ又は複数のロボット姿勢を選択して自動調整を実行するボタン２７５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したロボット姿勢についてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２７２に指定した全てのロボット姿勢についてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0120] 図２０は、上記第４実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２４０を示す。設定画面２４０は、作業内容がバリ取り（倣い動作）であり、作業内容に係わる複数の条件がワークの種類（ワーク数）である場合の設定画面である。

[0121] 図２０に示すように、設定画面２４０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２４０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２４１を含む。設定画面２４０は、バリ取りに関するパラメータとして、座標系の指定、押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２４０は、更に、作業に用いるワークの種類（ワーク数）を指定する指定欄２４２を含む。ここでは、作業に用いるワークとして、５つのワークが指定されている例を示しているが、他の個数のワークを指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された個数のワークに対して一定力押付け動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0122] ユーザは、指定欄２４２に必要なワーク数の分だけの入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２４２から一つ又は複数のワークを選択して自動調整を実行するボタン２４５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したワークについてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指

定欄２４２に指定した全てのワークについてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0123] 図２１は、上記第８実施例の構成の場合において、設定部１２６が提供する設定画面２８０を示す。設定画面２８０は、作業内容がバリ取り（倣い動作）であり、作業内容に係わる複数の条件がロボットの複数の姿勢である場合の設定画面である。

[0124] 図２１に示すように、設定画面２８０は、作業内容に係わる各種パラメータの入力を受け付ける。設定画面２８０は、作業内容を表示又は指定する表示欄２８１を含む。設定画面２８０は、バリ取りに関するパラメータとして、座標系の指定、押付方向、押付け時間、押付力、発生力の上限値等を含む。設定画面２８０は、更に、作業内容に係わる複数の条件として、ロボットの複数の姿勢を指定する指定欄２８２を含む。ここでは、ロボットの複数の姿勢として５つのロボット姿勢が指定されている例を示しているが、他の数のロボットの姿勢を指定することも可能である。パラメータ調整処理では、ここで指定された複数のロボット姿勢に対して精密嵌合動作が実行されてパラメータの調整が行われる。

[0125] ユーザは、指定欄２８２に必要な数のロボット姿勢の入力を行う。次に、ユーザは、指定欄２８２から一つ又は複数のロボット姿勢を選択して自動調整を実行するボタン２８５（Ｆ２キー）を操作することで当該選択したロボット姿勢についてパラメータ調整処理を実行させる。ユーザは、この操作を繰り返し、指定欄２８２に指定した全てのロボット姿勢についてパラメータ調整を実行させる。パラメータ調整部１２４は、上述したパラメータ調整処理により全てのワークについて安定して動作することができるパラメータ値を取得する。

[0126] 設定部１２６は、パラメータ調整処理に関し、作業内容に係わる条件として、ロボット１０が動作する領域を指定する入力を受け付けるように構成されていても良い。この動作領域が指定されている場合、パラメータ調整処理

において、パラメータ調整部１２４は、この動作領域内の１以上の位置でロボットが作業を行うように動作することができる。動作領域を指定することは、ロボットの１以上の姿勢を指定することに対応するということができる。

[0127] 図２２に、ロボット１０の動作領域を設定可能に構成された設定画面２９０の例を示す。ここでは、一例として、一定力押付けの作業に関しロボットの動作領域を指定可能な設定画面の例を示している。図２２に示すように、設定画面２９０は、ロボットの動作領域を指定するための入力欄２９１を含んでいる。例示として、入力欄２９１は、矩形の動作領域の対向する２つのコーナーの位置を指定する指定欄２９２、２９３を有している。パラメータ調整部１２４は、ここで指定された領域内でロボット１０が位置すべき複数の位置を設定し、それぞれの位置で一定力押付け動作を行うように動作する。

[0128] 動作領域が設定された場合に、当該動作領域からロボットの動作位置（作業箇所）を設定する手法としては、

（ｒ１）その動作領域内でできるだけ広範囲にロボットの位置を設定する、

（ｒ２）その動作領域内で、力制御性能の出にくいロボットの姿勢となるような位置を含める、

といった選定手法があり得る。前者（ｒ１）の場合には、例えば矩形の動作領域が指定されている場合に、その矩形の領域の４つのコーナー部と中心部の位置を選定するというやり方がある。後者（ｒ２）の手法を用いる場合、例えば図２３に示すように、ロボット１０が伸びきったような姿勢をパラメータ調整時のロボット姿勢に含めるようにする。図２３に示すようにロボット１０が伸びきったような姿勢では、ロボット１０の全体としての剛性が低下し、力制御の性能が出にくい姿勢となる。このような姿勢をパラメータ調整に含めることで、よりいっそう安定して力制御を実行することのできるパラメータ値を取得できるようになる。

[0129] このように動作領域を指定できる構成とすることで、ユーザが指定した動

作領域内で安定して力制御を実行することのできる適切な力制御パラメータを得ることができる。

[0130] パラメータ調整部１２４は、更に、パラメータ調整処理の調整結果として得られたパラメータ値を表示する機能を備えていても良い。図２４は、パラメータ調整部１２４がパラメータ調整の結果として得られた調整値を表示する表示画面３００の例を示す。この表示画面３００、例えば、教示装置３０の表示部３１に表示される。

[0131] 例示として、表示画面３００は、特定の作業に関してパラメータ調整を行った結果として、アプローチ速度、接触判定閾値、力制御ゲインのパラメータ値を表示している。

[0132] パラメータ調整処理では、適切と考えられる複数組のパラメータセットを取得することができる。パラメータ調整部１２４は、このように得られた複数組のパラメータセットの候補を表示画面３００を介して提示し、それらパラメータセットの候補から実際に適用するパラメータセットを選択するユーザ操作を受け付けることができるように構成されていても良い。例示として、表示画面３００では、切替ボタン３０１（Ｆ４キー）を操作することで、他のパラメータ候補値への切り替えができる構成となっている。ユーザは、表示画面３００に現在表示されているパラメータセットを実際に適用するパラメータセットとして設定することができる。

[0133] 以上説明したように、上述の実施形態によれば、ロボット制御装置は、ロボットが実行する作業内容に係わる条件として、作業内容がどのようなものであるかに応じて適切なパラメータ調整処理を適用し、作業内容に応じて安定して力制御を実行することのできる力制御パラメータを得ることができる。また、上述の実施形態によれば、ロボット制御装置は、作業内容に係わる複数の条件について力制御を実行することにより、複数の条件について安定して力制御を実行することのできる力制御パラメータを得ることができる。

[0134] 上述の実施形態においてパラメータ調整部１２４は、作業内容が精密嵌合、一定力押付、面合わせ、バリ取り、又は探索動作のいずれであるかに応じ

て調整内容（処理内容、調整すべきパラメータの種類等）を適応的に切り替えて実行することができる。

[0135] 上述の実施形態は、力制御による作業を実行可能な様々な産業機械の制御装置及び機械システムに適用することができる。

[0136] 図２では、ロボット制御装置と教示装置とを別々の装置として記載しているが、これらの装置は互いに連携して動作するため、教示装置の機能をロボット制御装置の機能の一部と位置付けることもできる。

[0137] 図２に示した機能ブロックは、ロボット制御装置のプロセッサが、記憶装置に格納された各種ソフトウェアを実行することで実現されても良く、或いは、ＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）等のハードウェアを主体とした構成により実現されても良い。

[0138] 上述した実施形態におけるパラメータ調整処理等の各種の処理を実行するプログラムは、コンピュータに読み取り可能な各種記録媒体（例えば、ＲＯＭ、ＥＥＰＲＯＭ、フラッシュメモリ等の半導体メモリ、磁気記録媒体、ＣＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＯＭ等の光ディスク）に記録することができる。

[0139] 本開示について詳述したが、本開示は上述した個々の実施形態に限定されるものではない。これらの実施形態は、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、または、特許請求の範囲に記載された内容とその均等物から導き出される本開示の趣旨を逸脱しない範囲で、種々の追加、置き換え、変更、部分的削除等が可能である。また、これらの実施形態は、組み合わせて実施することもできる。例えば、上述した実施形態において、各動作の順序や各処理の順序は、一例として示したものであり、これらに限定されるものではない。また、上述した実施形態の説明に数値又は数式が用いられている場合も同様である。

[0140] 上記実施形態および変形例に関し更に以下の付記を記載する。

（付記１）

ロボット（１０）を制御する制御装置（２０）であって、力検出器（７０）の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御

部（１２２）と、作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部（１２４）と、を備える制御装置（２０）。

（付記２）

前記作業内容に係わる条件は、複数の条件を含み、前記パラメータ調整部（１２４）は、前記複数の条件の各々について前記ロボット（１０）に前記力制御による作業を実行させることで、前記所定の力制御パラメータを調整する、付記１に記載の制御装置（２０）。

（付記３）

前記複数の条件は、ワークの種類、前記ロボット（１０）の姿勢の種類、又は前記ロボット（１０）に対し設定された動作領域から選択可能な複数のロボット姿勢のいずれかを含む、付記２に記載の制御装置（２０）。

（付記４）

前記パラメータ調整部（１２４）は、前記複数の条件のうち、前記力制御を実行した際に前記力検出器（７０）の検出値が最も振動的となる条件によって前記所定の力制御パラメータを調整する、付記２又は３に記載の制御装置（２０）。

（付記５）

前記作業内容に係わる条件は、前記ロボット（１０）に対し設定された動作領域から選択可能な１以上のロボット姿勢を含む、付記１に記載の制御装置（２０）。

（付記６）

前記作業内容に係わる条件は、前記作業内容が精密嵌合、一定力押付け、面合わせ、バリ取り、又は探索動作のいずれかであることを含み、

前記パラメータ調整部（１２４）は前記作業内容に応じて前記所定の力制御パラメータの調整を行う、付記１から５のいずれか一項に記載の制御装置（２０）。

（付記７）

前記作業内容に係わる条件として前記作業内容が探索動作であることが指定されている場合、前記パラメータ調整部（１２４）は、前記探索動作の挿入方向における押付力と、探索方向の速度とを前記所定の力制御パラメータとして調整する、付記１に記載の制御装置（２０）。

（付記８）

前記パラメータ調整部（１２４）は、前記力制御による探索動作において、前記ロボットが探索動作を行うことなく探索に成功したと見なされる場合、当該成功時の前記所定の力制御パラメータを調整結果として適用しない、付記７に記載の制御装置（２０）。

（付記９）

前記作業内容に係わる条件の設定を受け付ける設定部（１２６）を更に備える、付記１から８のいずれか一項に記載の制御装置（２０）。

（付記１０）

前記パラメータ調整部（１２４）は、調整の結果得られた前記所定の力制御パラメータのパラメータ値を表示画面に表示する、付記１から９のいずれか一項に記載の制御装置（２０）。

（付記１１）

前記パラメータ調整部（１２４）は、調整の結果得られた前記所定の力制御パラメータについての複数のパラメータ値の候補から調整結果として採用すべきパラメータ値を選択する操作を受け付ける、付記１０に記載の制御装置（２０）。

（付記１２）

ロボット（１０）と、前記ロボット（１０）に作用する力を検出する力検出器（７０）と、前記力検出器（１０）の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御部（１２２）と、作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボット（１０）に前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部（１２４）と、を備えるロボットシステム（１００）。

符号の説明

[0141] １０　ロボット

２０　ロボット制御装置

２１　プロセッサ

３０　教示装置

３１　表示部

６０　ハンド

６０Ａ　バリ取りツール

７０　力センサ

１００　ロボットシステム

１１１　モータ

１２１　動作制御部

１２２　力制御部

１２３　力データ処理部

１２４　パラメータ調整部

１２５　判定部

１２６　設定部

１２９　記憶装置

２１０、２２０、２３０、２４０、２５０、２６０、２７０、２８０、２９０　設定画面

３００　表示画面

請求の範囲

[請求項1] ロボットを制御する制御装置であって、

力検出器の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御部と、

作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備える制御装置。

[請求項2] 前記作業内容に係わる条件は、複数の条件を含み、

前記パラメータ調整部は、前記複数の条件の各々について前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで、前記所定の力制御パラメータを調整する、請求項１に記載の制御装置。

[請求項3] 前記複数の条件は、ワークの種類、前記ロボットの姿勢の種類、又は前記ロボットに対し設定された動作領域から選択可能な複数のロボット姿勢のいずれかを含む、請求項２に記載の制御装置。

[請求項4] 前記パラメータ調整部は、前記複数の条件のうち、前記力制御を実行した際に前記力検出器の検出値が最も振動的となる条件によって前記所定の力制御パラメータを調整する、請求項２又は３に記載の制御装置。

[請求項5] 前記作業内容に係わる条件は、前記ロボットに対し設定された動作領域から選択可能な１以上のロボット姿勢を含む、請求項１に記載の制御装置。

[請求項6] 前記作業内容に係わる条件は、前記作業内容が精密嵌合、一定力押付け、面合わせ、バリ取り、又は探索動作のいずれかであることを含み、

前記パラメータ調整部は前記作業内容に応じて前記所定の力制御パラメータの調整を行う、請求項１から５のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項7] 前記作業内容に係わる条件として前記作業内容が探索動作であるこ

とが指定されている場合、前記パラメータ調整部は、前記探索動作の挿入方向における押付力と、探索方向の速度とを前記所定の力制御パラメータとして調整する、請求項１に記載の制御装置。

[請求項8] 前記パラメータ調整部は、前記力制御による探索動作において、前記ロボットが探索動作を行うことなく探索に成功したと見なされる場合、当該成功時の前記所定の力制御パラメータを調整結果として適用しない、請求項７に記載の制御装置。

[請求項9] 前記作業内容に係わる条件の設定を受け付ける設定部を更に備える、請求項１から８のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項10] 前記パラメータ調整部は、調整の結果得られた前記所定の力制御パラメータのパラメータ値を表示画面に表示する、請求項１から９のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項11] 前記パラメータ調整部は、調整の結果得られた前記所定の力制御パラメータについての複数のパラメータ値の候補から調整結果として採用すべきパラメータ値を選択する操作を受け付ける、請求項１０に記載の制御装置。

[請求項12] ロボットと、

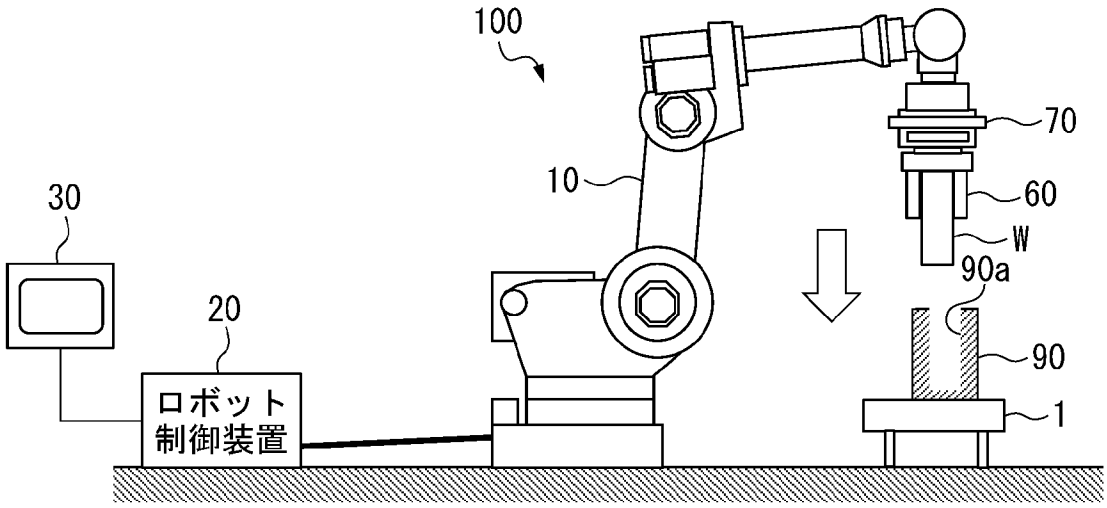
前記ロボットに作用する力を検出する力検出器と、

前記力検出器の検出値及び所定の力制御パラメータに基づいて力制御を実行する力制御部と、

作業内容に係わる条件に基づいて、前記ロボットに前記力制御による作業を実行させることで前記所定の力制御パラメータを調整するパラメータ調整部と、を備えるロボットシステム。

[図1]

図1



[図2]

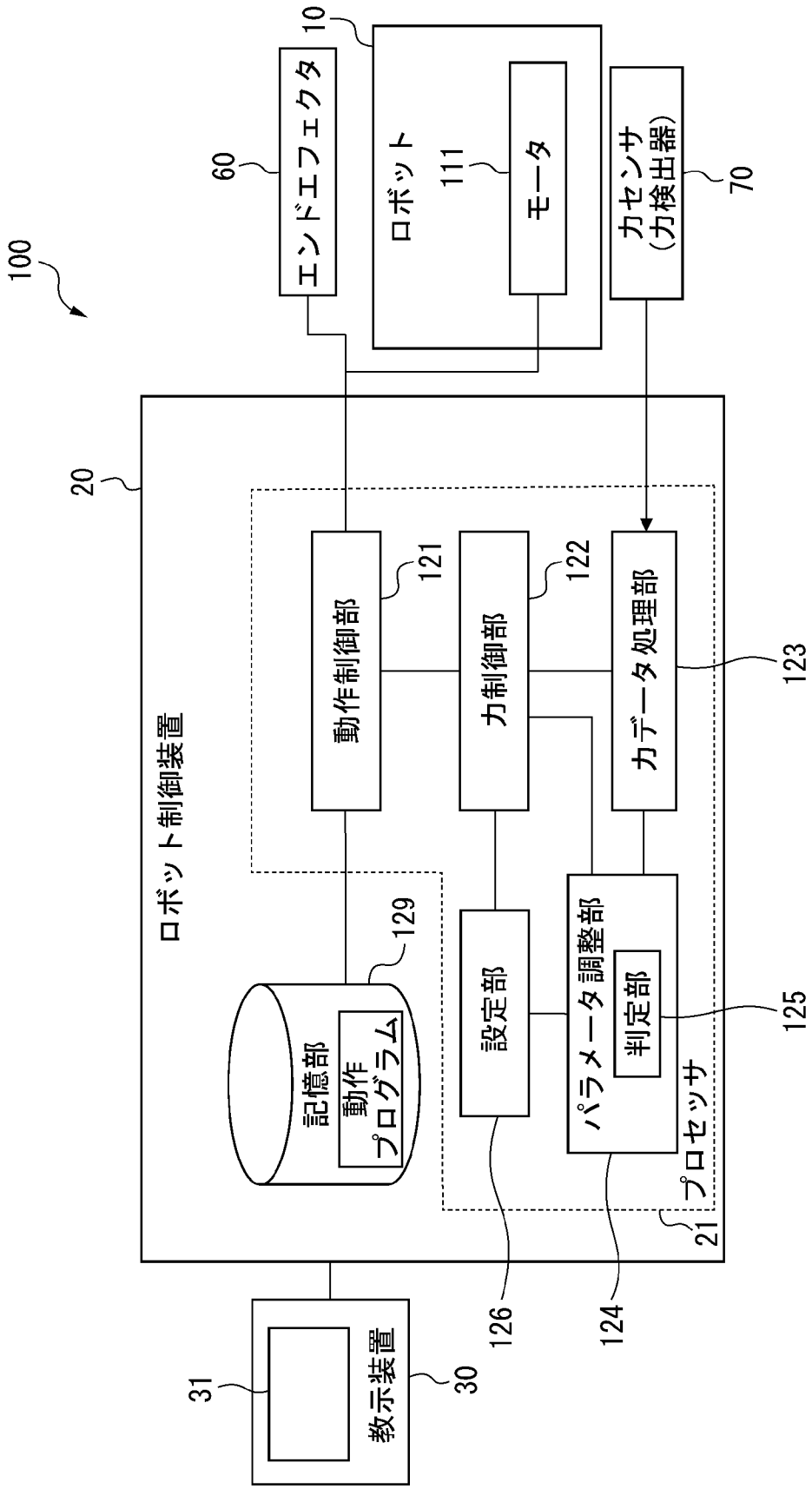
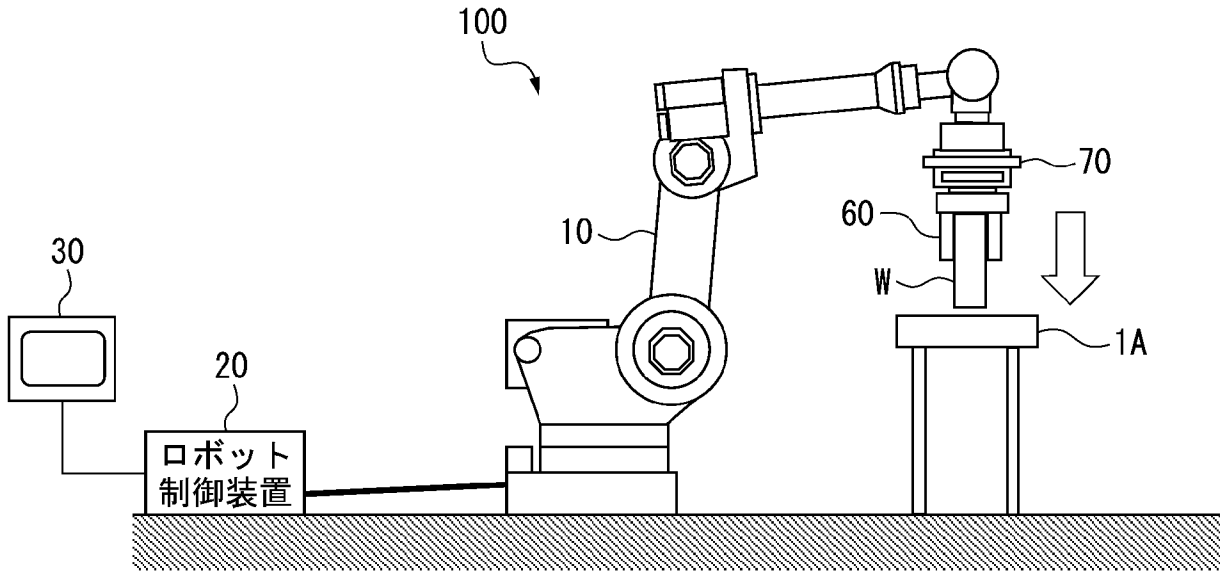

100
10
ロボット
111
モータ
60
エンドエフェクタ
70
力センサ
(力検出器)
20
ロボット制御装置
動作制御部
121
力制御部
122
力データ処理部
123
129
記憶部
動作
プログラム
設定部
パラメータ調整部
判定部
125
プロセッサ
21
126
124
31
教示装置
30

図2

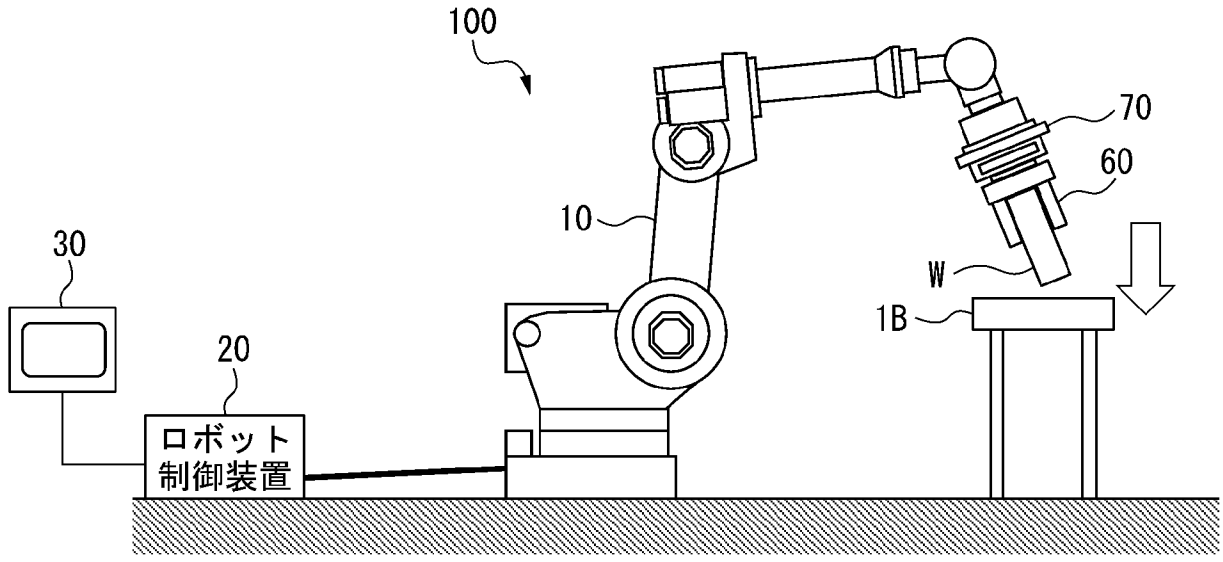
[図3]

図3



[図4]

図4



[図5]

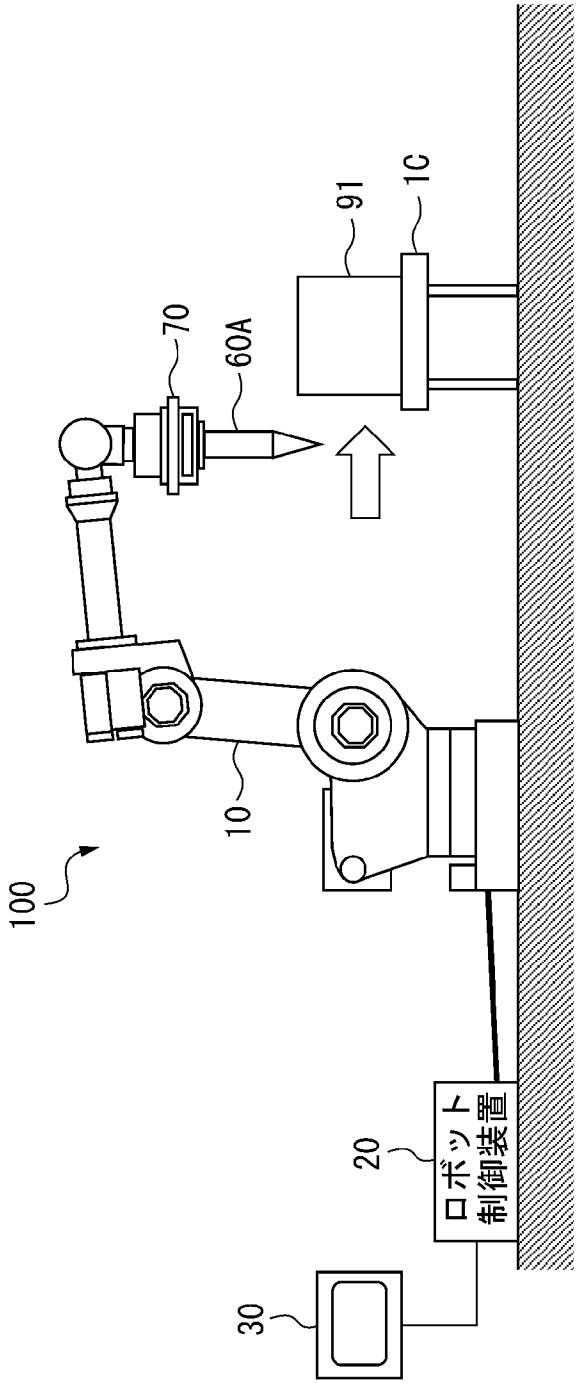


図5

[図6]

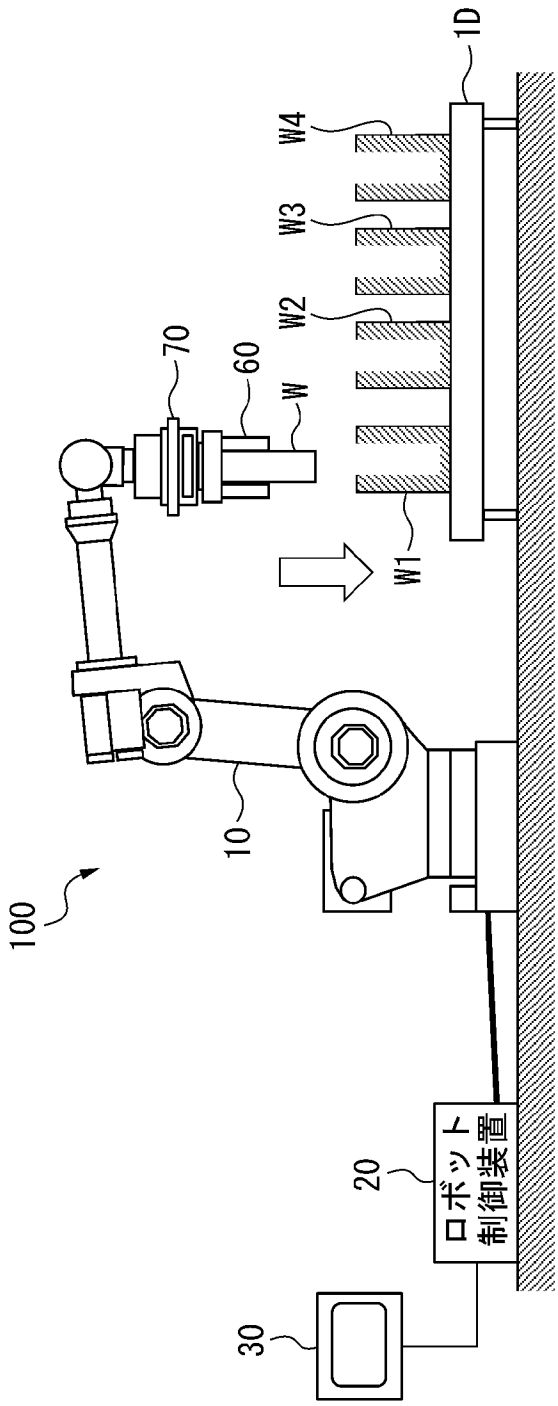
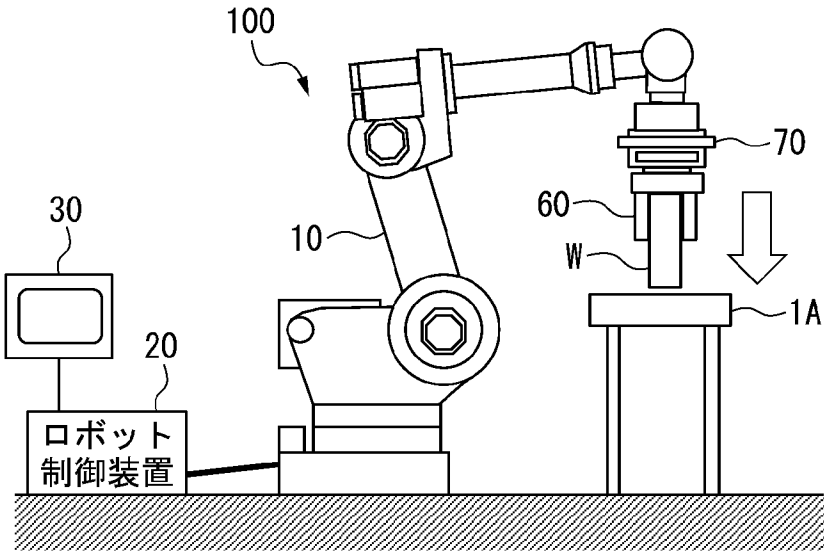


図6

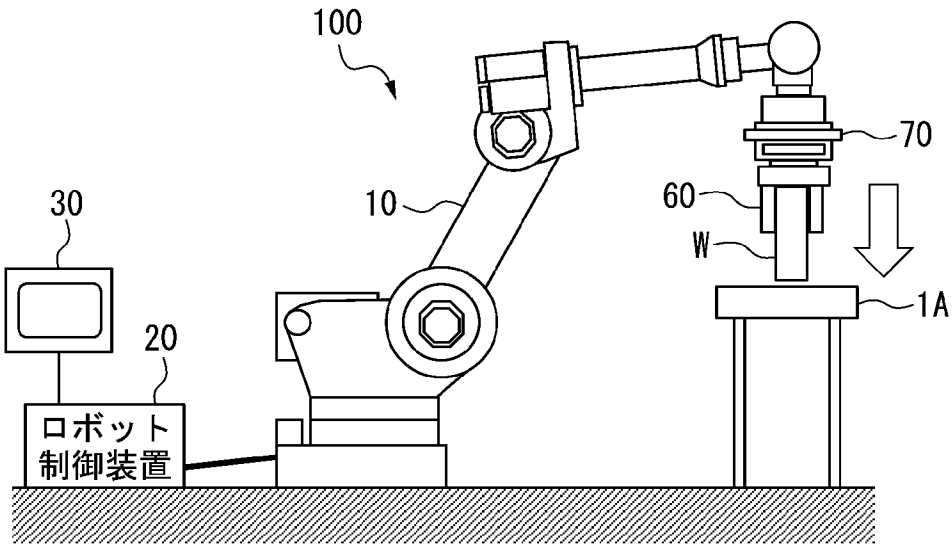
[図7A]

図7A



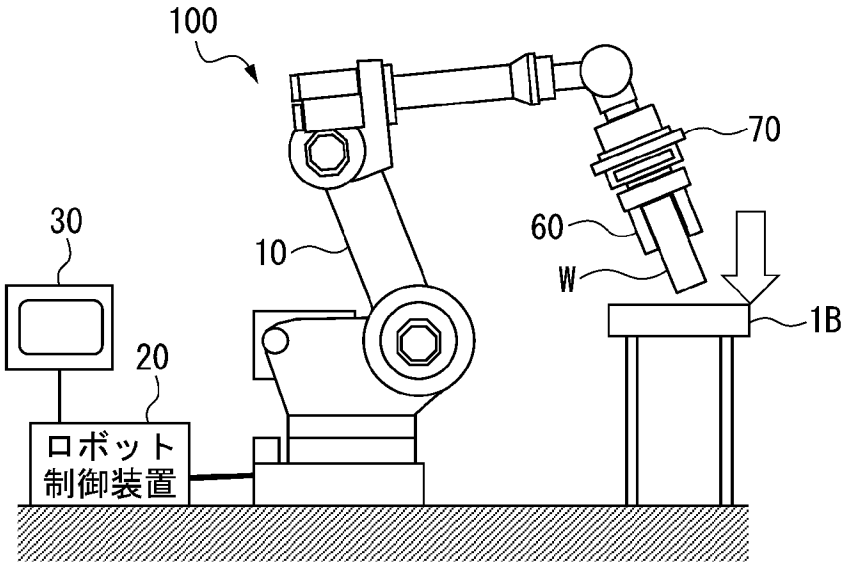
[図7B]

図7B



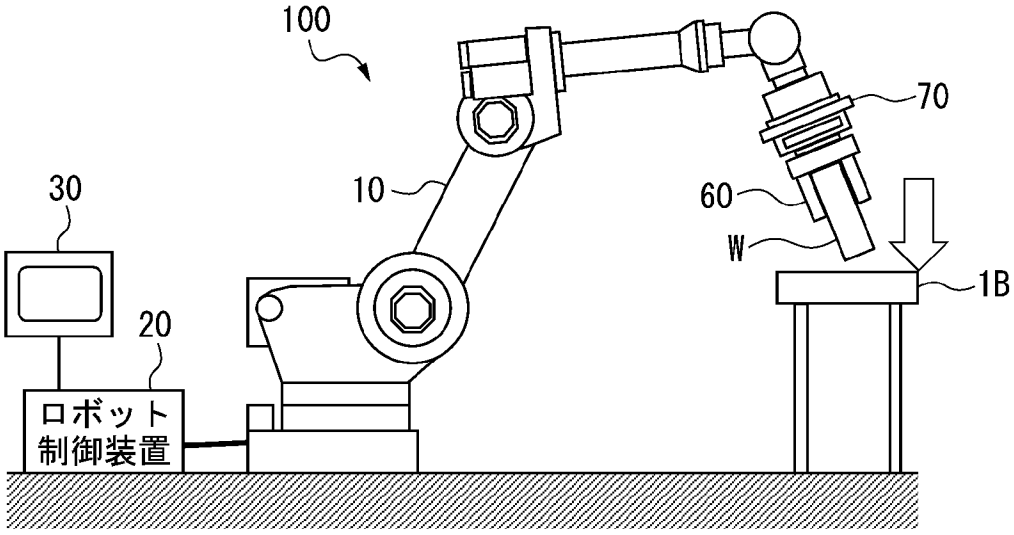
[図8A]

図8A



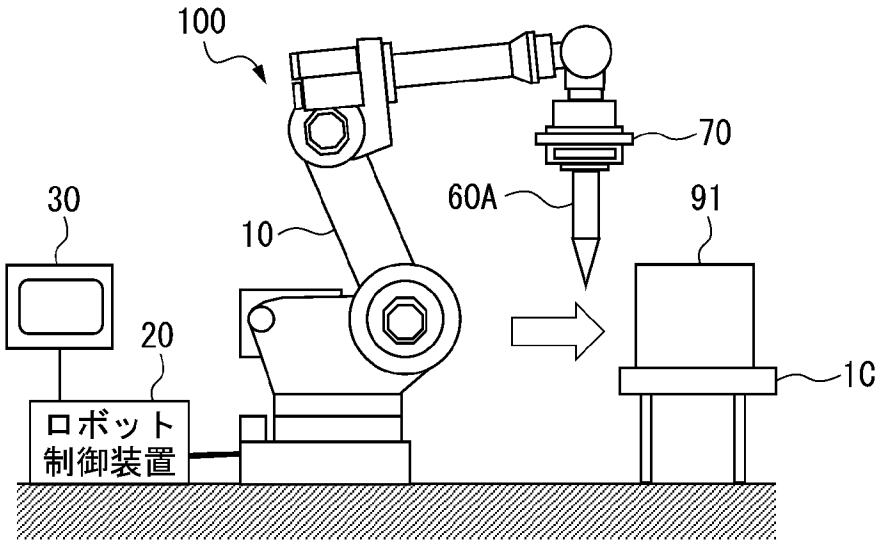
[図8B]

図8B



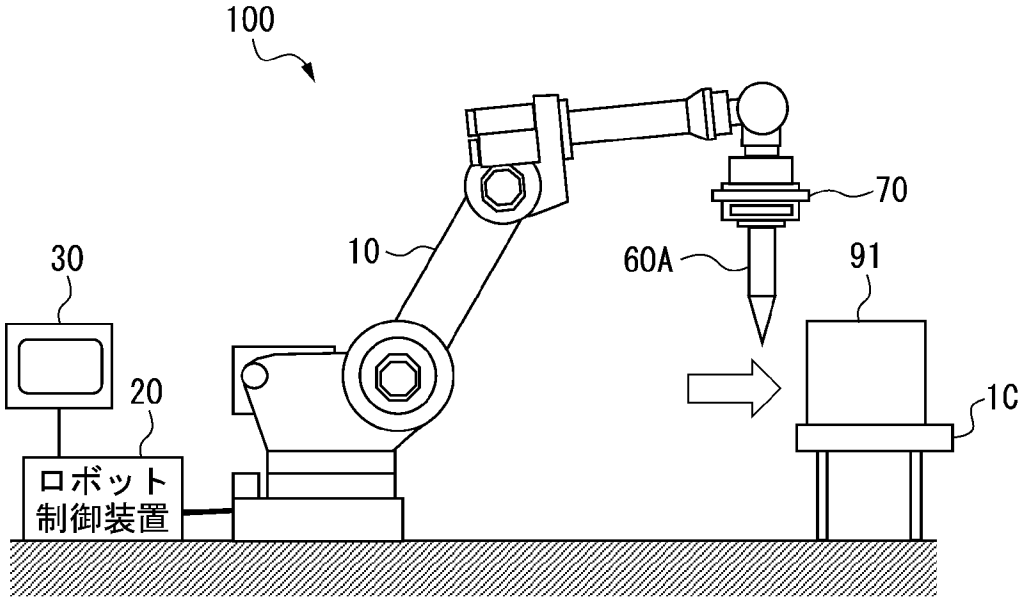
[図9A]

図9A



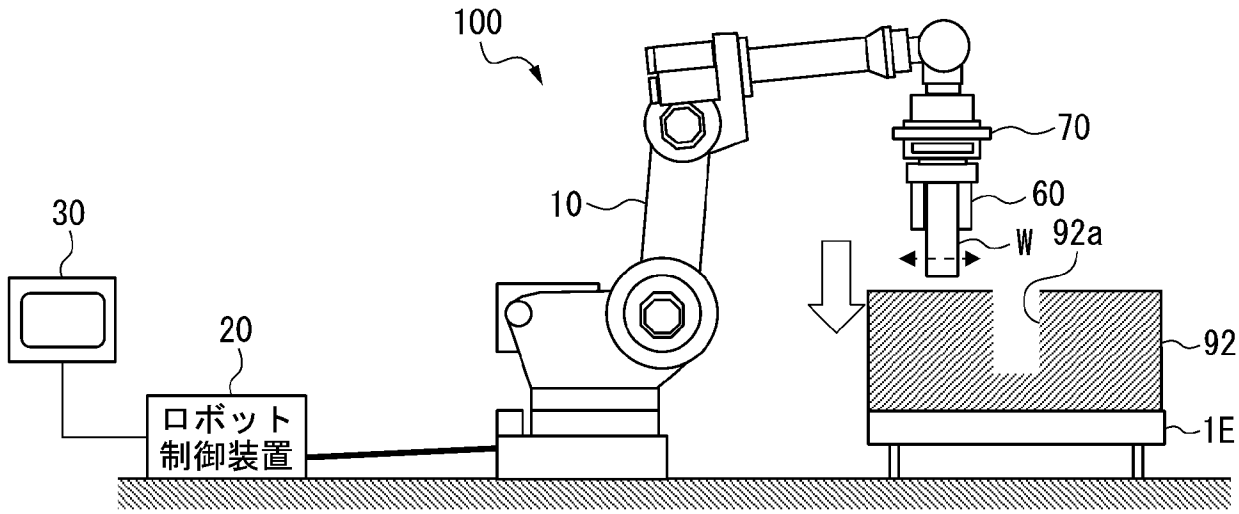
[図9B]

図9B



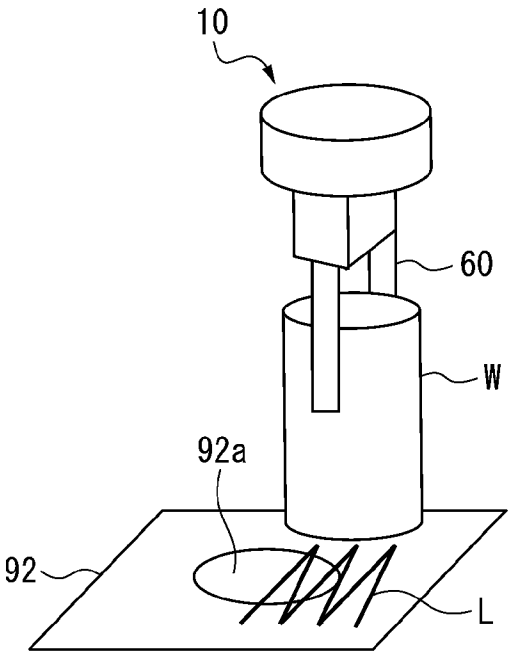
[図10]

図10



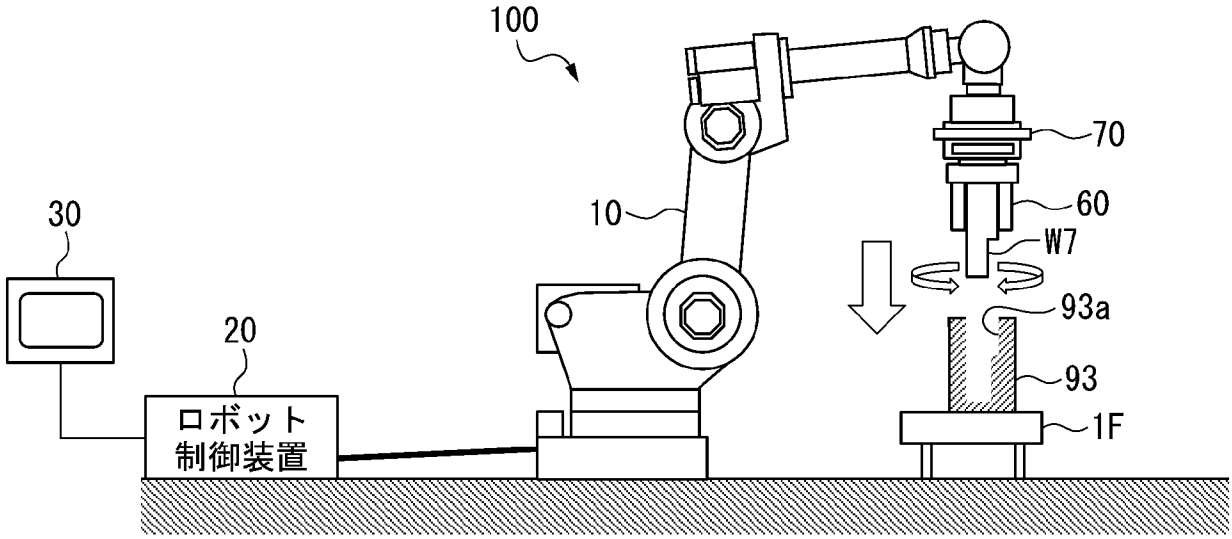
[図11]

図11



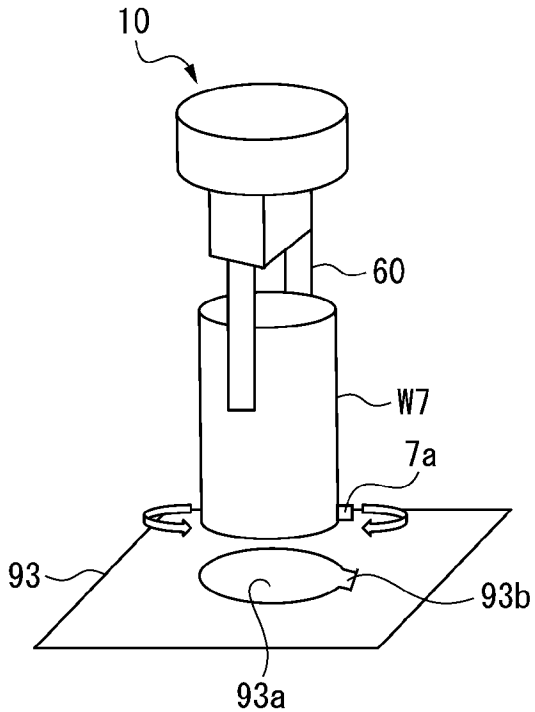
[図12]

図12



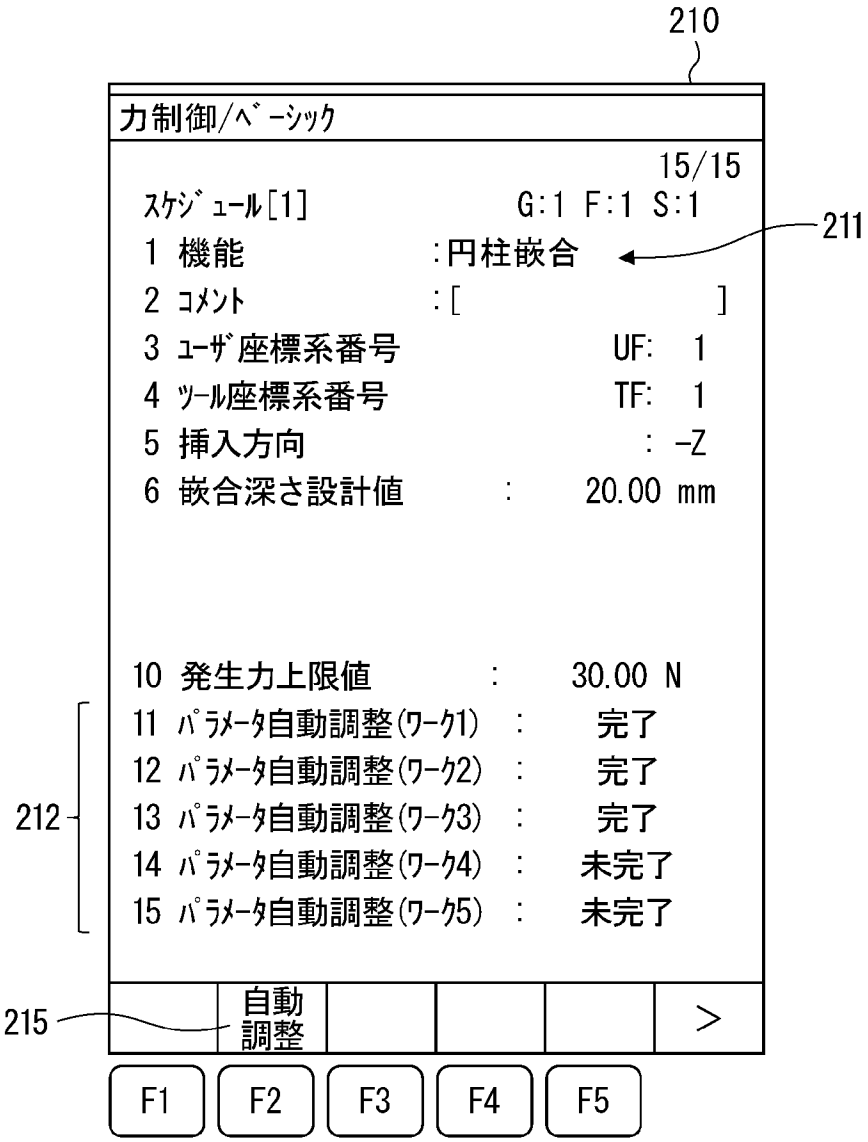
[図13]

図13



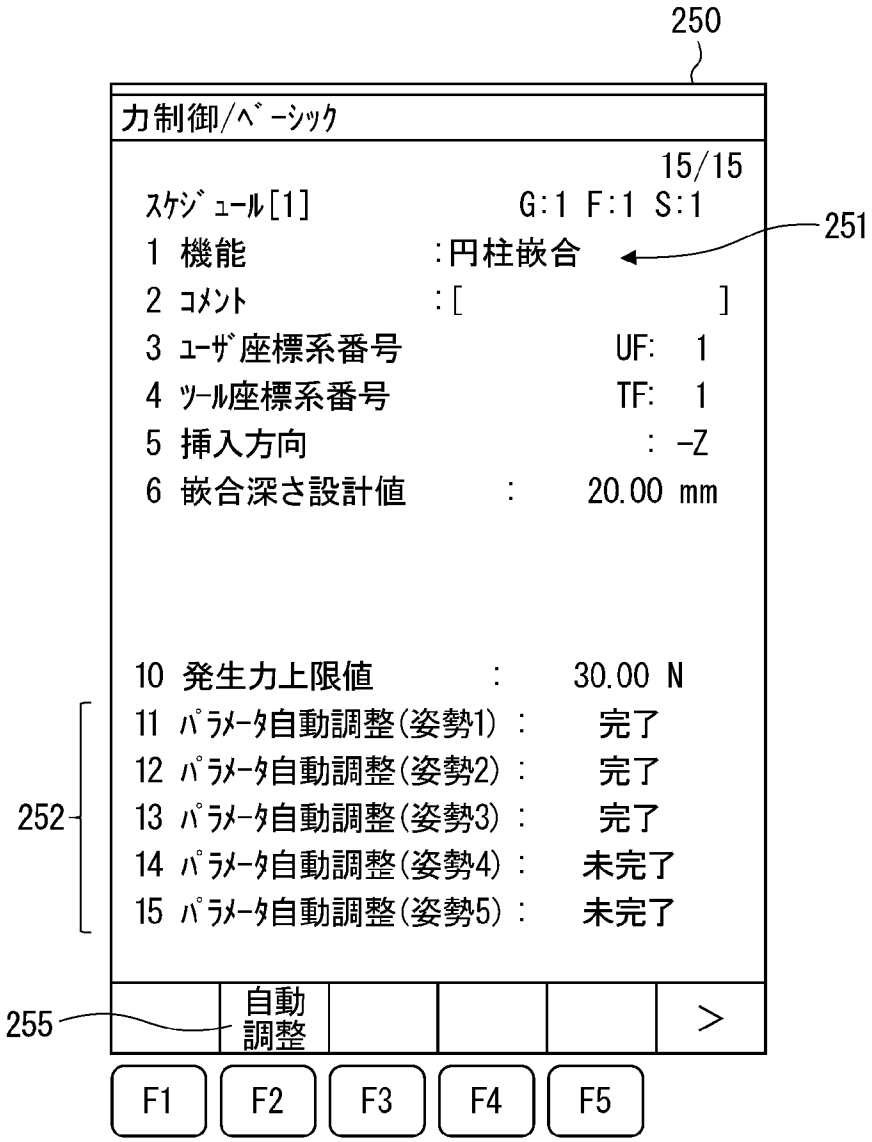
[図14]

図14


210
力制御/ﾍﾞｰｼｯｸ
15/15
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
211
1 機能 :円柱嵌合
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 挿入方向 : -Z
6 嵌合深さ設計値 : 20.00 mm
10 発生力上限値 : 30.00 N
212
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ1) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ2) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ3) : 完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ4) : 未完了
15 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ5) : 未完了
215
自動調整
>
F1
F2
F3
F4
F5

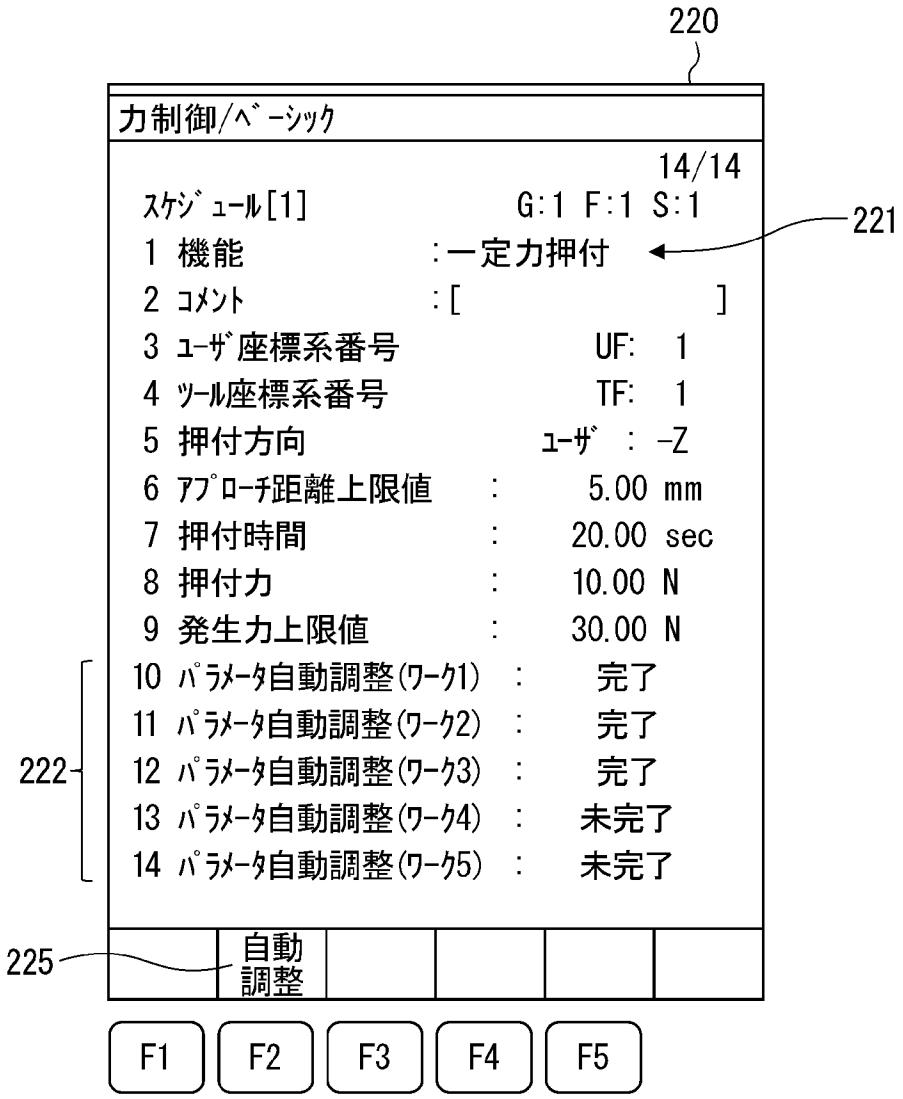
[図15]

図15


250
力制御/ベーシック
15/15
スケジュール[1] G:1 F:1 S:1
1 機能 :円柱嵌合
2 コメント :[ ]
3 ユーザ座標系番号 UF: 1
4 ツール座標系番号 TF: 1
5 挿入方向 : -Z
6 嵌合深さ設計値 : 20.00 mm
10 発生力上限値 : 30.00 N
11 パラメータ自動調整(姿勢1) : 完了
12 パラメータ自動調整(姿勢2) : 完了
13 パラメータ自動調整(姿勢3) : 完了
14 パラメータ自動調整(姿勢4) : 未完了
15 パラメータ自動調整(姿勢5) : 未完了
自動調整
>
F1
F2
F3
F4
F5
251
252
255

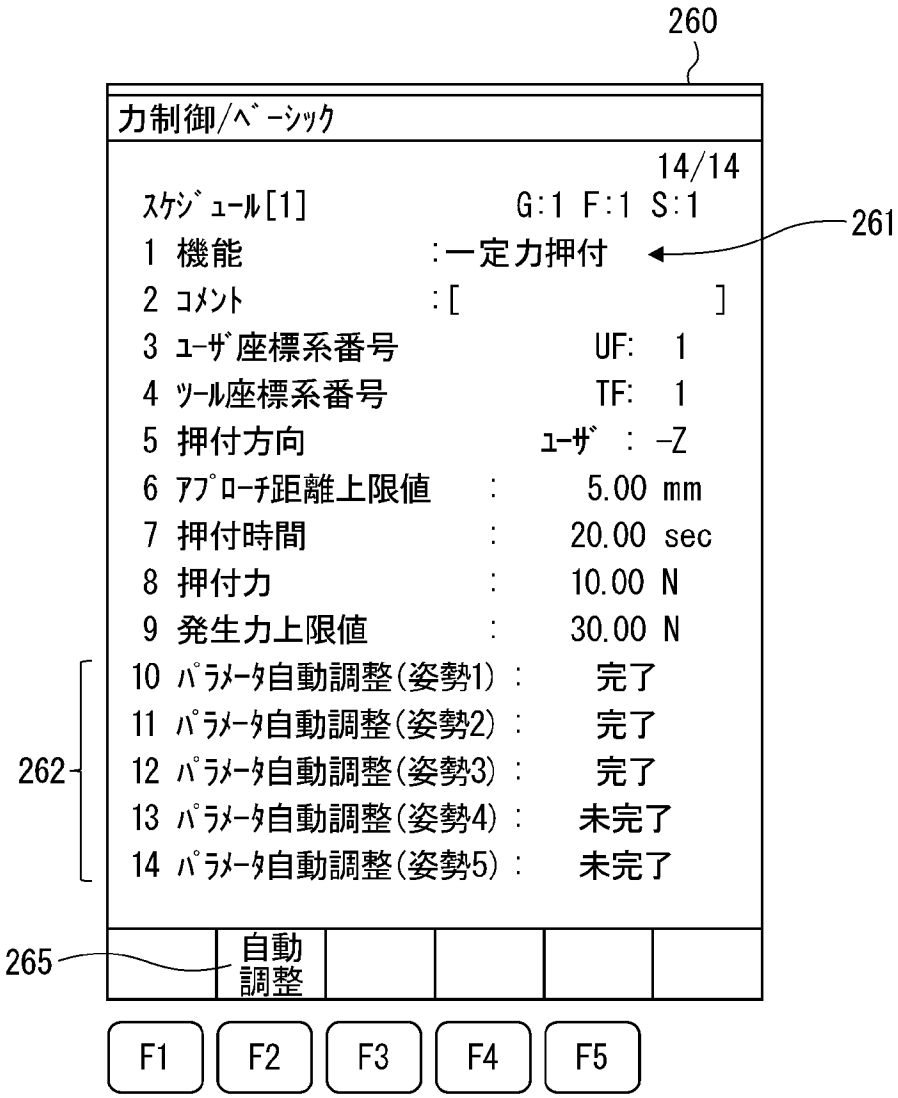
[図16]

図16


220
力制御/ﾍﾞｰｼｯｸ
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
221
1 機能 :一定力押付
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
222
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ5) : 未完了
225
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

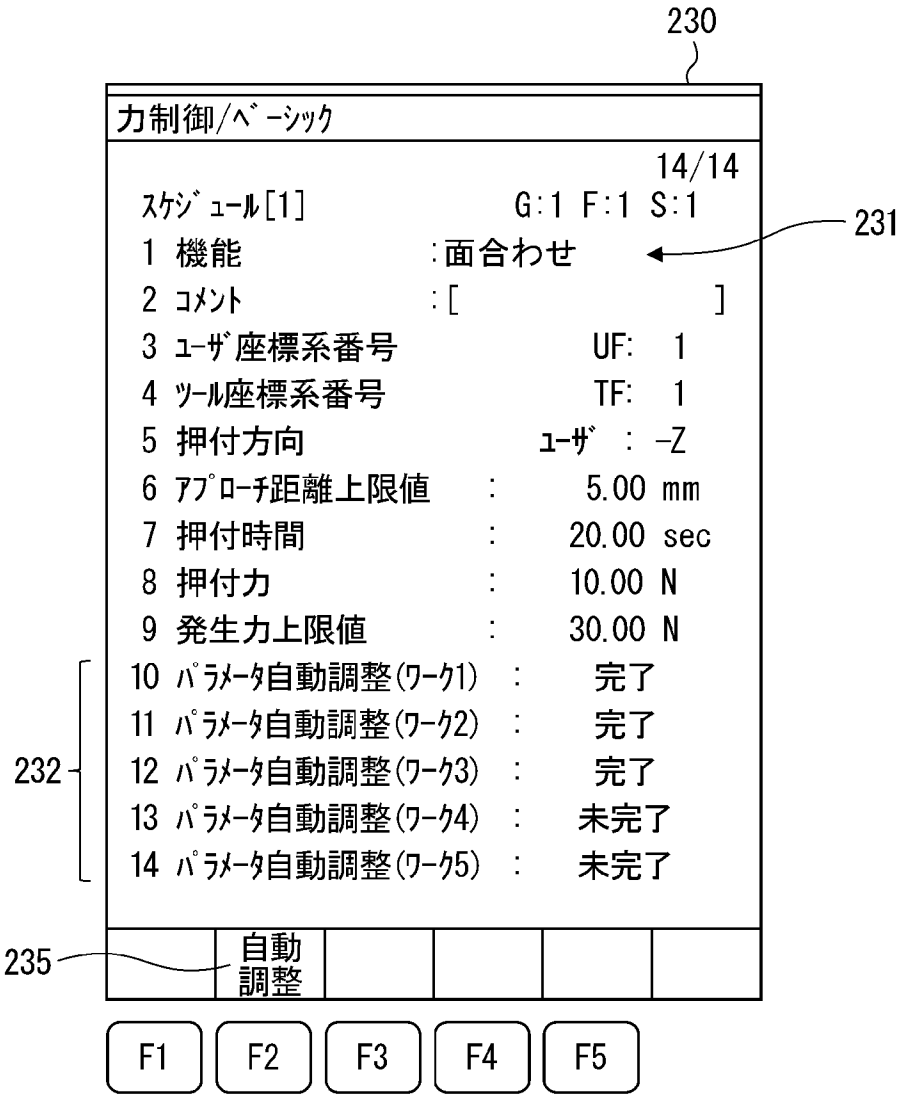
[図17]

図17


260
力制御/ﾍﾞｰｼｯｸ
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
261
1 機能 :一定力押付
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
262
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢5) : 未完了
265
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

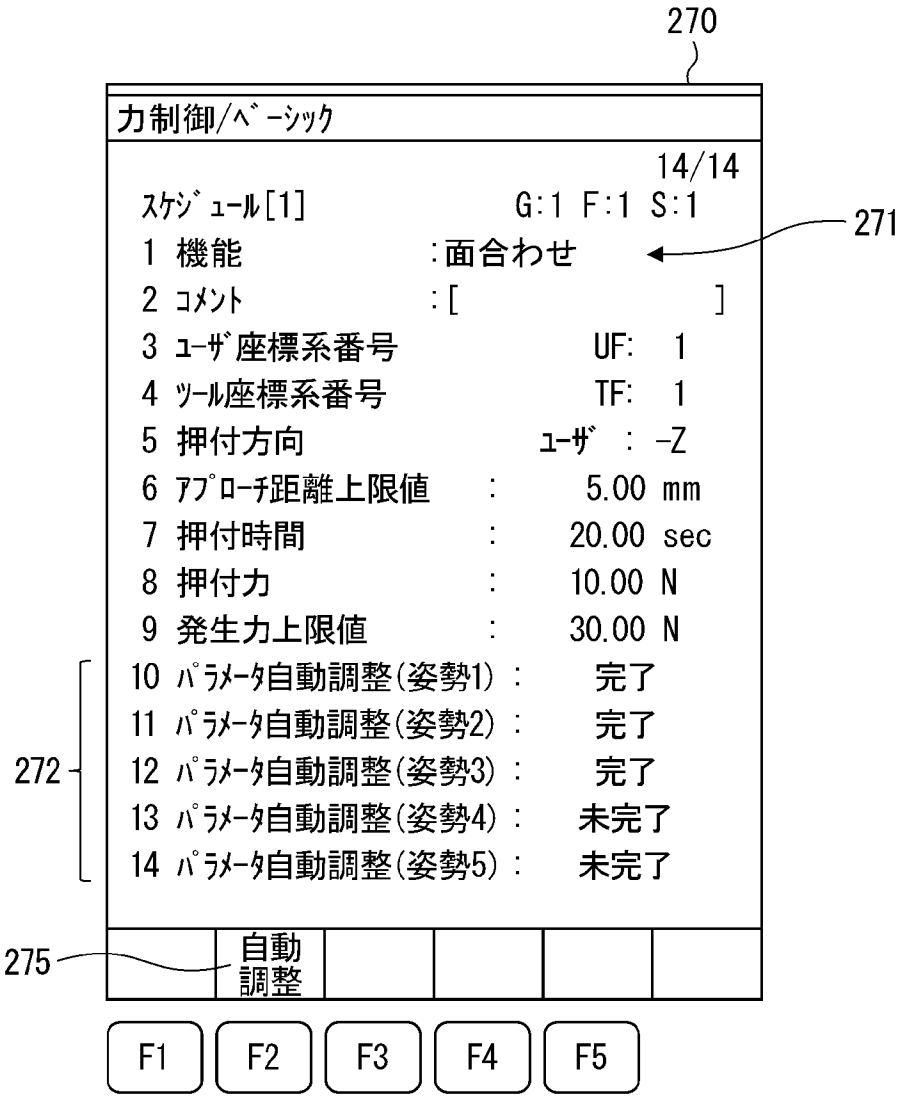
[図18]

図18


230
力制御/ベーシック
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
231
1 機能 :面合わせ
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
232
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ5) : 未完了
235
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

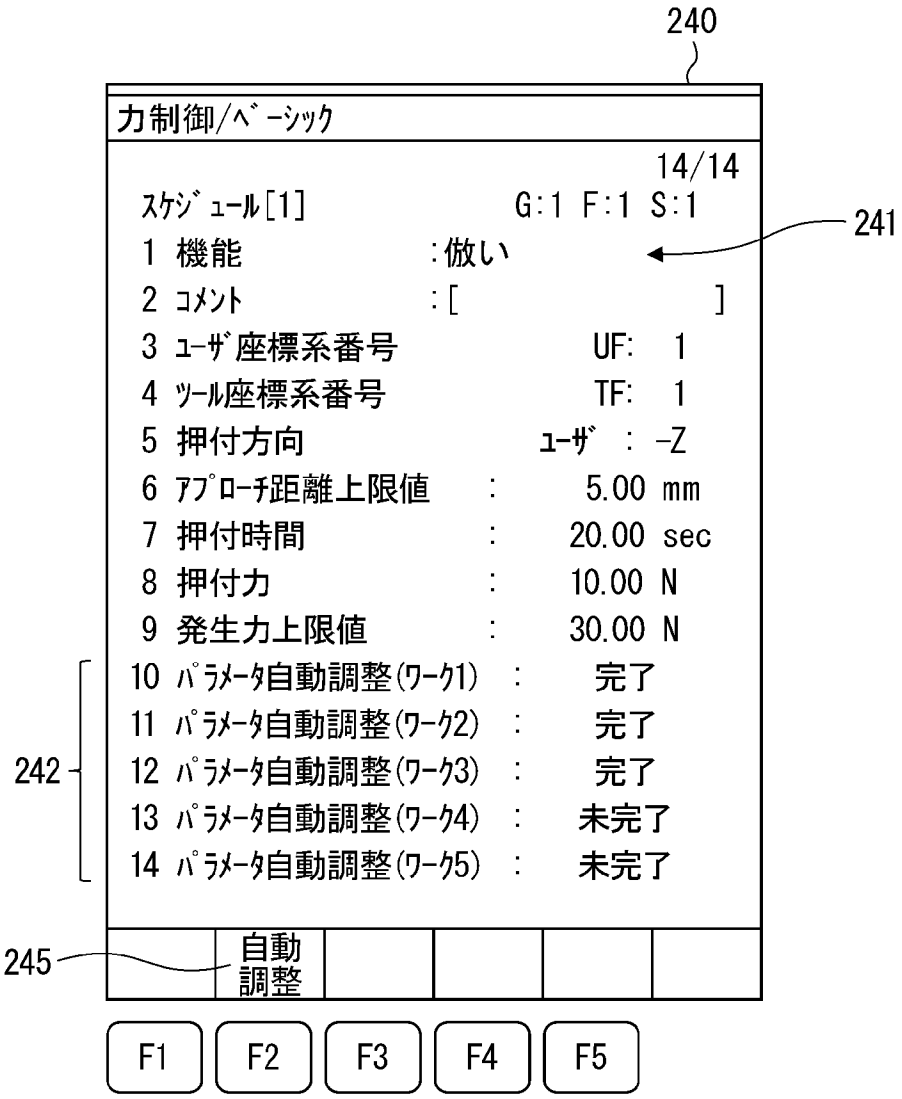
[図19]

図19


270
力制御/ﾍﾞｰｼｯｸ
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
271
1 機能 :面合わせ
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
272
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢5) : 未完了
275
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

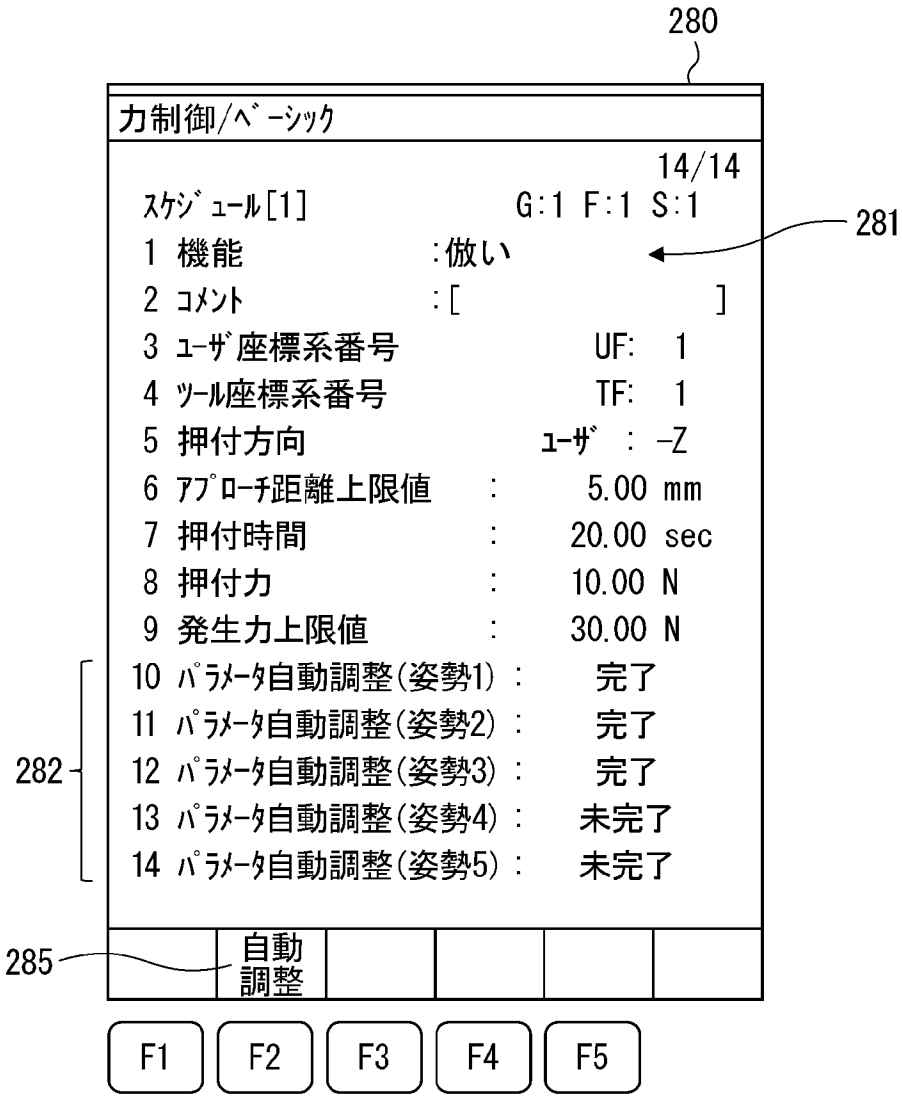
[図20]

図20


240
力制御/ﾍﾞｰｼｯｸ
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
241
1 機能 :倣い
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
242
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(ﾜｰｸ5) : 未完了
245
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

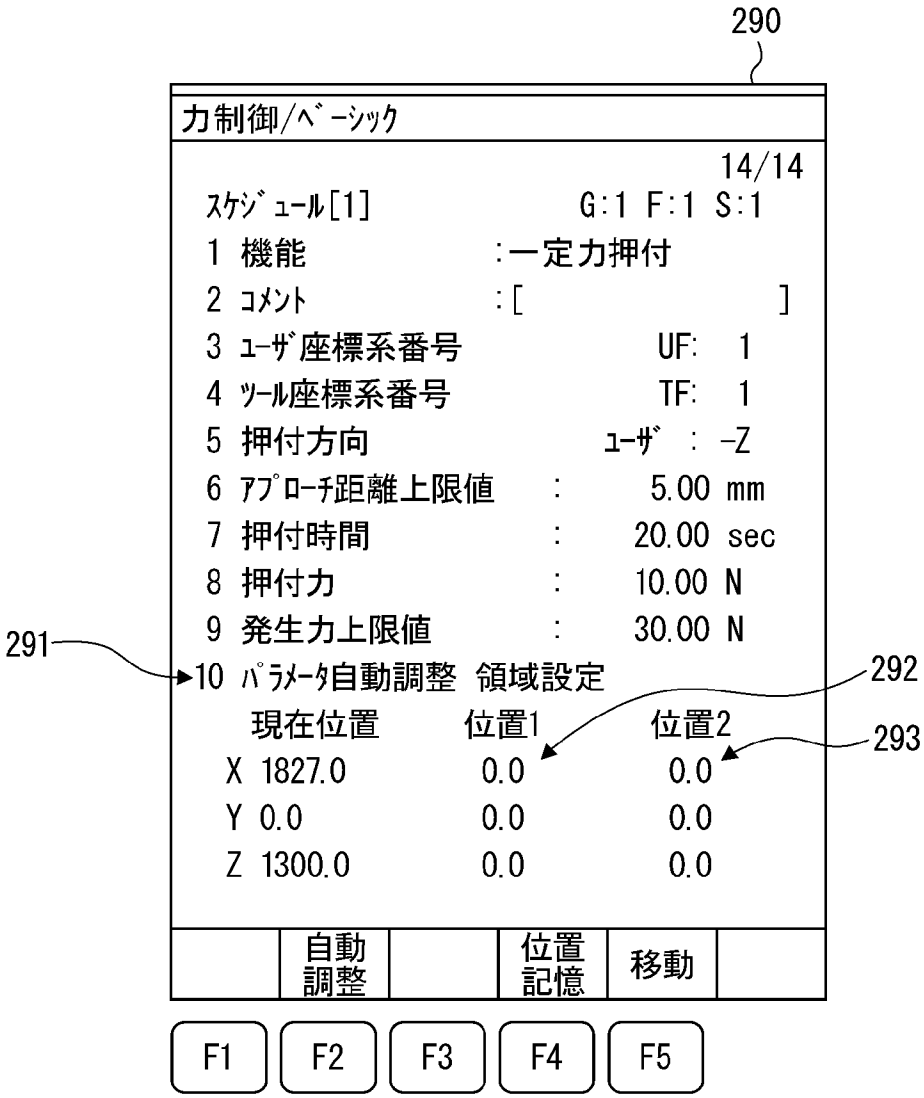
[図21]

図21


280
力制御/ベーシック
14/14
ｽｹｼﾞｭｰﾙ[1] G:1 F:1 S:1
281
1 機能 :倣い
2 ｺﾒﾝﾄ :[ ]
3 ﾕｰｻﾞ座標系番号 UF: 1
4 ﾂｰﾙ座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ﾕｰｻﾞ : -Z
6 ｱﾌﾟﾛｰﾁ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
282
10 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢1) : 完了
11 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢2) : 完了
12 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢3) : 完了
13 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢4) : 未完了
14 ﾊﾟﾗﾒｰﾀ自動調整(姿勢5) : 未完了
285
自動調整
F1
F2
F3
F4
F5

[図22]

図22


290
力制御/ベーシック
14/14
スケジュール[1] G:1 F:1 S:1
1 機能 :一定力押付
2 コメント :[ ]
3 ユーザ座標系番号 UF: 1
4 ツール座標系番号 TF: 1
5 押付方向 ユーザ : -Z
6 アプローチ距離上限値 : 5.00 mm
7 押付時間 : 20.00 sec
8 押付力 : 10.00 N
9 発生力上限値 : 30.00 N
10 パラメータ自動調整 領域設定
現在位置 位置1 位置2
X 1827.0 0.0 0.0
Y 0.0 0.0 0.0
Z 1300.0 0.0 0.0
自動調整
位置記憶
移動
F1
F2
F3
F4
F5
291
292
293

[図23]

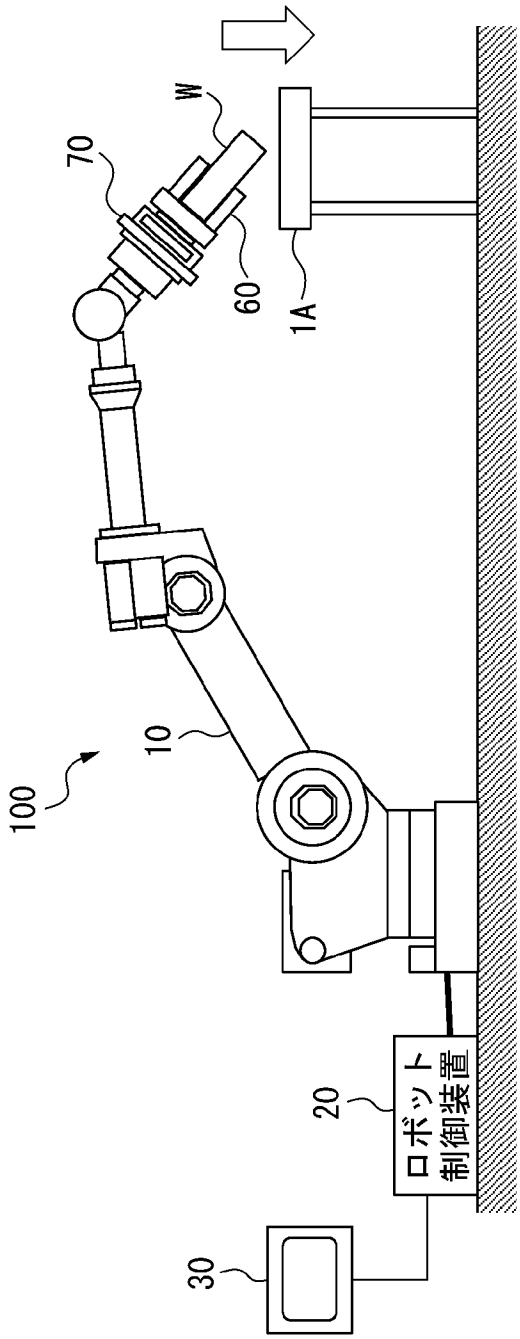
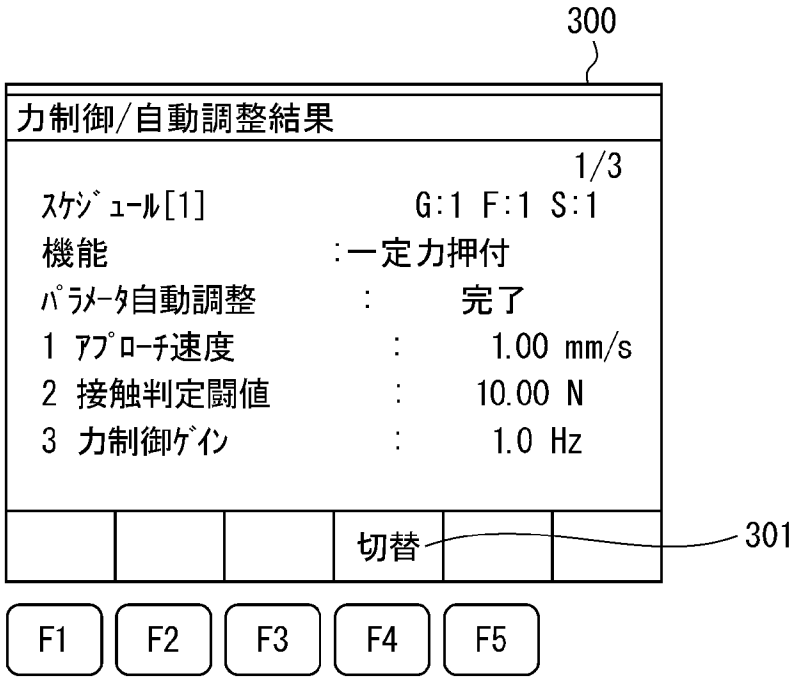


図23

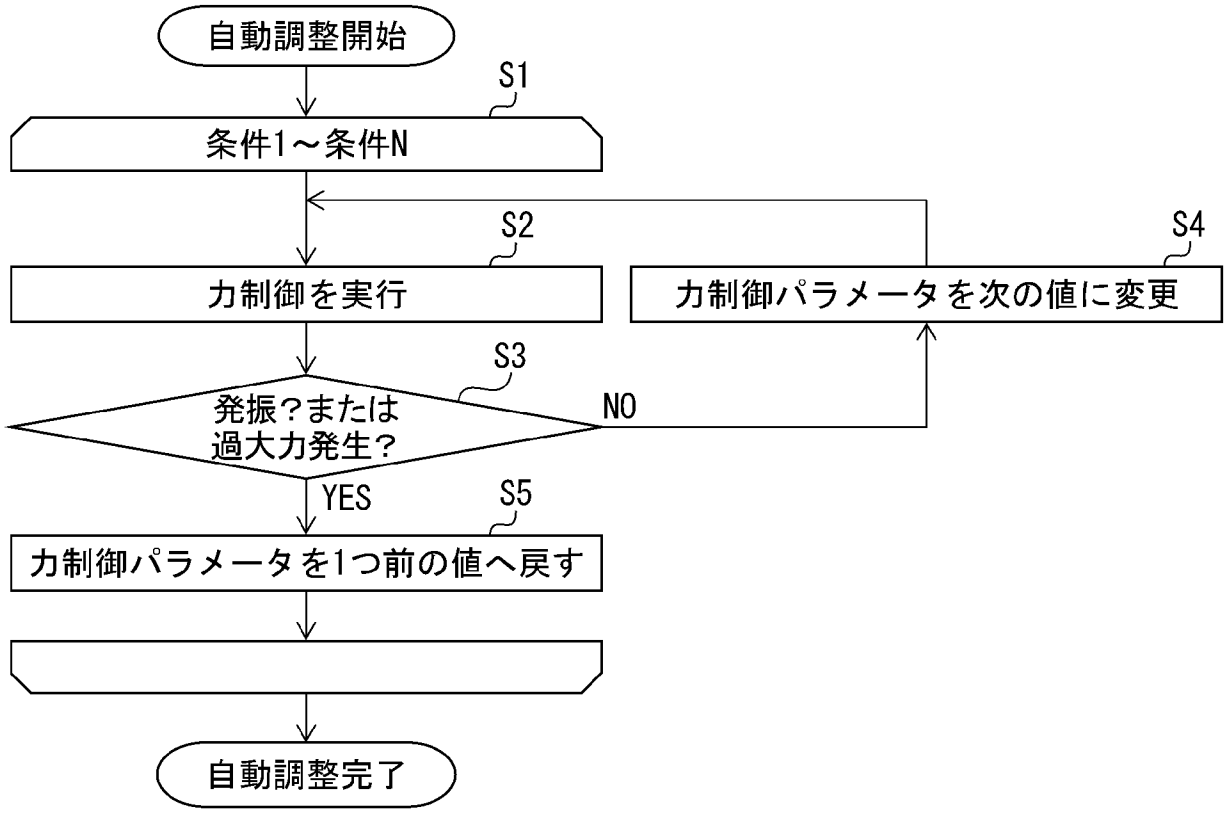
[図24]

図24



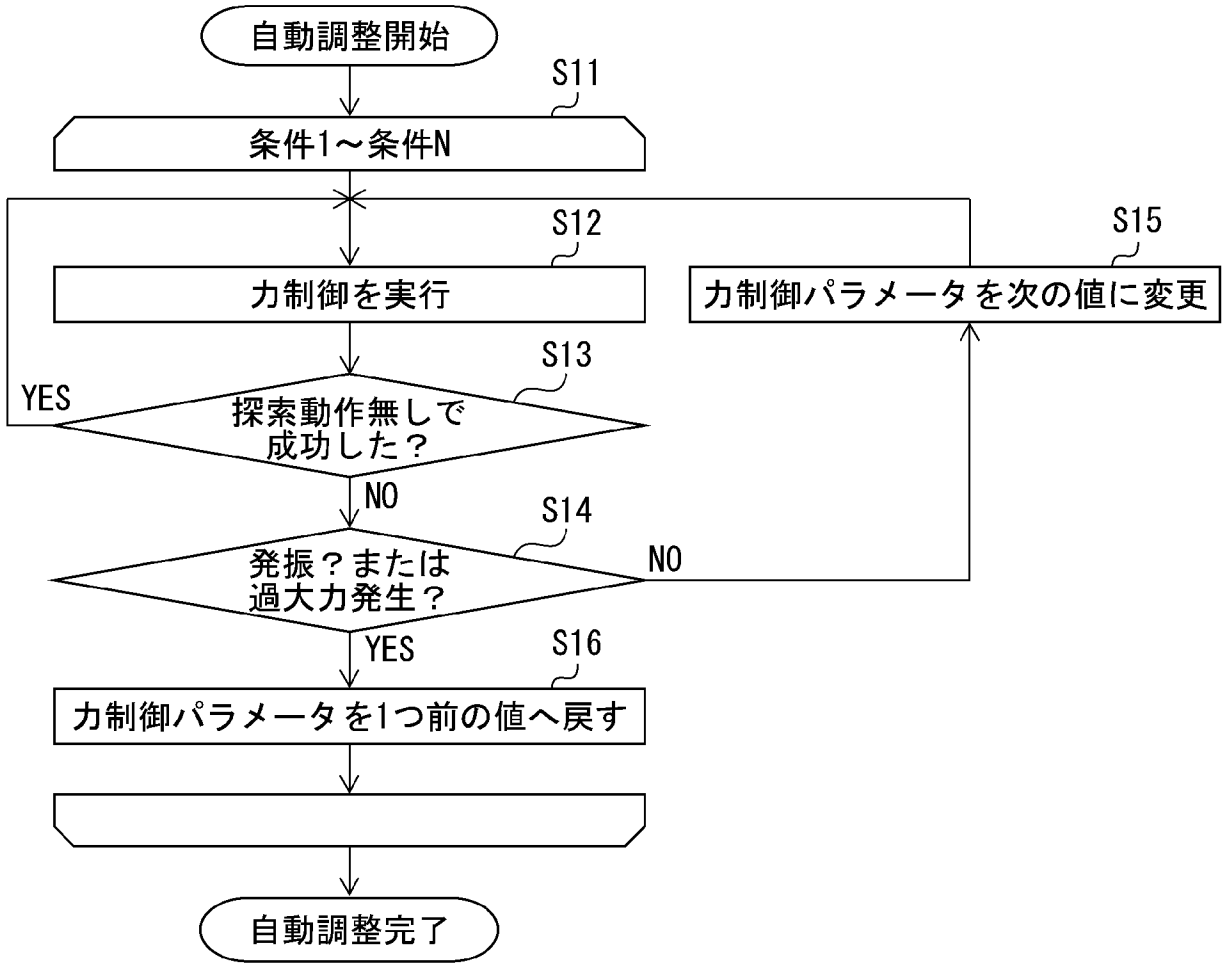
[図25]

図25



[図26]

図26


自動調整開始
S11
条件1～条件N
S12
力制御を実行
S13
探索動作無しで
成功した？
YES
NO
S14
発振？または
過大力発生？
NO
YES
S15
力制御パラメータを次の値に変更
S16
力制御パラメータを1つ前の値へ戻す
自動調整完了

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/010098

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J 13/08(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J13/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2019-188545 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 31 October 2019 (2019-10-31) paragraphs [0008]-[0074], fig. 1-18	1-7, 9-12
A	JP 2021-672 A (FANUC CORPORATION) 07 January 2021 (2021-01-07) entire text, all drawings	1-12
A	JP 2010-58202 A (YASKAWA ELECTRIC CORP.) 18 March 2010 (2010-03-18) entire text, all drawings	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
07 April 2023	**25 April 2023**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/010098

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-188545 A	31 October 2019	US 2019/0329404 A1 paragraphs [0032]-[0151], fig. 1-18 CN 110405729 A	
JP 2021-672 A	07 January 2021	US 2020/0398423 A1 entire text, all drawings DE 102020115658 A1 CN 112109080 A	
JP 2010-58202 A	18 March 2010	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2023/010098

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B25J 13/08(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

B25J13/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2019-188545 A (セイコーエプソン株式会社) 31.10.2019 (2019-10-31) 段落[0008]-[0074], 図1-18	1-7, 9-12
A	JP 2021-672 A (ファナック株式会社) 07.01.2021 (2021-01-07) 全文、全図	1-12
A	JP 2010-58202 A (株式会社安川電機) 18.03.2010 (2010-03-18) 全文、全図	1-12

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
07.04.2023	25.04.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
樋口　幸太郎 3U 5561

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/010098

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-188545 A	31.10.2019	US 2019/0329404 A1 段落[0032]-[0151]，図1-18 CN 110405729 A	
JP 2021-672 A	07.01.2021	US 2020/0398423 A1 全文、全図 DE 102020115658 A1 CN 112109080 A	
JP 2010-58202 A	18.03.2010	（ファミリーなし）	