(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
2022年1月6日(06.01.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/004371 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 13/08 (2006.01) *B25J 19/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/022780

(22) 国際出願日： 2021年6月16日(16.06.2021)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2020-115476 2020年7月3日(03.07.2020) JP

(71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (**SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目１番１号 Tokyo (JP).

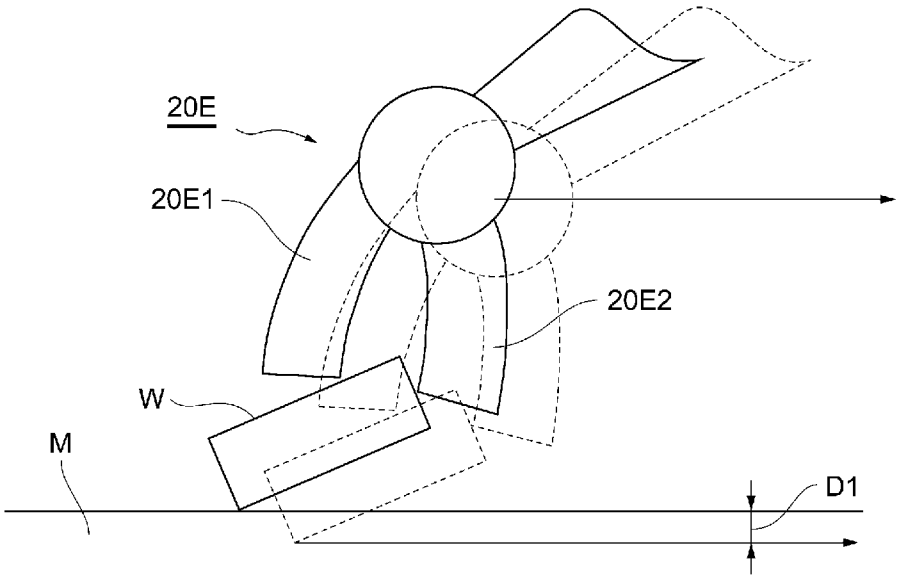
(72) 発明者: 岡田 健志(**OKADA, Takeshi**); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町１９番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(**INABA, Yoshiyuki** et al.); 〒1066123 東京都港区六本木６－１０－１ 六本木ヒルズ森タワー２３階 ＴＭＩ総合法律事務所 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** OPERATION METHOD, ROBOT SYSTEM, CONTROL DEVICE, TEACHING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称： 動作方法、ロボットシステム、制御装置、教示方法及びプログラム



(57) **Abstract:** Provided are an operation method, a robot system, a control device, a teaching method, and a program capable of easily achieving operation involving a contact of a subject with a target. The operation method comprises: a step of acquiring information indicating a target position; a step of acquiring information indicating an allowable range; a step of using a robot arm 20 including a drive mechanism 20D having flexibility to hold a subject; a step of using the robot arm 20 to move the subject so that the subject is close to an assembly destination portion; and a step of aligning the subject with the assembly destination portion so that the robot arm 20 reaches the allowable range having the target position as a reference.

WO 2022/004371 A1

［続葉有］

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, 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))

(57) 要約:対象物の目標物への接触を伴う動作を容易に実現可能な動作方法、ロボットシステム、制御装置、教示方法及びプログラムを提供すること。目標位置を示す情報を取得するステップと、許容範囲を示す情報を取得するステップと、柔軟性を備えた駆動機構２０Ｄを有するロボットアーム２０を用いて対象物を保持するステップと、ロボットアーム２０を用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアーム２０が到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップと、を含む動作方法である。

明　細　書

発明の名称 ：

動作方法、ロボットシステム、制御装置、教示方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、動作方法、ロボットシステム、制御装置、教示方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 近年、ロボットアームを用いて部品等の対象物を保持し、目標物の所定位置に組み付けることが行われている。例えば、ロボットアームを用いて嵌合物を保持し、目標物に嵌合させる試みが行われている。

[0003] このような試みの一例として、特許文献１には、ロボットアームを用いて嵌合物を目標物に嵌合させる際の位置ずれ補正方法が記載されている。具体的には、ロボットアームの先端に取り付けた力覚センサを用いて所定方向の接触圧力を取得し、接触圧力が閾値を超えたとき、その方向について位置補正を行って位置ずれを修正する方法が記載されている。同文献には、従来技術として、ロボットハンドのリストにばねを付加してコンプライアンスを与えることによって、ロボットハンドの位置設定に裕度を与えることが記載されている。

[0004] 特許文献２には、嵌合物を穴に挿入して嵌合させる際に使用されるロボットの教示装置が記載されている。具体的には、ロボットアームの移動量の指令値と実際値との偏差、ロボットアームの先端に取り付けられた力覚センサによって取得される接触圧力を表示させながら押圧量を調整することによって、ロボットアームの動作を教示することが記載されている。同文献の図２には、力覚センサにより取得される接触圧力をフィードバック制御して、ロボットアームの位置補正量を取得することが記載されている。

[0005] 更に、特許文献３には、複数の嵌合足を有する嵌合物を目標物に嵌合させる際に、各嵌合足の弾性域内における変形量を算出し、これに基づいて複数

の嵌合足の挿入順序を設定した後、ロボットアームの先端に取り付けられた力覚センサにより取得された接触圧力を位置制御の指令値にフィードバックすることにより、嵌合を実行する嵌合方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開平０６－１２６６６５号公報

特許文献2：特開２００９－１９０１４７号公報

特許文献3：特開２０１３－１５４４４６号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、特許文献１乃至３に記載されるように、対象物を目標物に接触させる動作を実現するためには、ロボットアームの先端に搭載した力覚センサで接触圧力を測定し、これに基づいて並進方向軸（Ｘ，Ｙ，Ｚ）及び回転方向軸（Ｒｘ，Ｒｙ，Ｒｚ）の６軸について、接触圧力に関する複雑なパラメータ設定が必要となってしまう。

[0008] 又、高い剛性のアームを用いることにより、手先の位置決め精度を高めることも考えられる。しかしながら、例えば、１０ｍｍ乃至５０ｍｍの直径を有する嵌合物を数μｍ乃至数１０μｍのクリアランスで目標物に挿入し嵌合させるためには、数μｍ以下の位置決め精度を要する。このような高精度の位置決めをアームの剛性を高めることのみによって実現することは、現実的ではない。

[0009] そこで本発明は、対象物の目標物への接触を伴う動作を容易に実現可能な動作方法、ロボットシステム、制御装置、教示方法及びプログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示は、ロボットアームの動作方法を提供する。この動作方法は、目標位置を示す情報を取得するステップと、許容範囲を示す情報を取得するステ

ップと、柔軟性を備えた駆動機構を有するロボットアームを用いて対象物を保持するステップと、ロボットアームを用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップと、を含む。

[0011] ここで、「柔軟性を備えた」とは、弾性、粘性又は弾性及び粘性を備えていることをいう。弾性とは、応力を加えると変形し、応力を除去すると元に戻る性質をいい、弾性変形のしやすさを示す可撓性という言葉で表現される場合もある。粘性とは、流体の流動速度を一様化する応力を生じさせる性質をいう。柔軟性を備えた駆動機構は、柔軟性を付与するための、例えば、磁性流体、機械ばね、空気ばね、磁力ばね及びベーンモータの何れか一つを少なくとも備えてもよい。

[0012] 又、「対象物を組付け部位に対して倣わせる」とは、対象物を組付け部位に接触させながら、対象物を組付け部位に対して相対的に移動させることをいう。相対的に移動させることは、並進移動に限られず、組付け部位に対して対象物を相対的に回転移動させることを含む。

[0013] 「目標位置を示す情報」は、ロボットアームの部位（以下、「基準位置」という。）が目標とする位置を示す情報のことをいう。ロボットアームの基準位置は、ロボットアームを構成するリンクであってもよい。ロボットアームの基準位置は、ロボットアームの手先位置（例えば、エンドエフェクタのセンターポイント）であってよい。ロボットアームの基準位置がロボットアームを構成するリンクの場合、「目標位置を示す情報」は、例えば、角度情報として表現されることができる。ロボットアームの基準位置がエンドエフェクタのセンターポイントの場合、「目標位置を示す情報」は、例えば、三次元位置情報として表現されることができる。

[0014] ロボットアームの基準位置がロボットアームを構成するリンクの場合、「許容範囲を示す情報」は、リンクが目標位置（角度）に到達したときの、その目標位置（角度）を含む所定範囲の角度情報として表現されることができ

る。例えば、目標位置に到達したときの、リンクの角度がαで表現されるとき、「許容範囲を示す情報」は、α±βとして表現されてもよい。ロボットアームの基準位置がエンドエフェクタのセンターポイントの場合、「許容範囲を示す情報」は、エンドエフェクタのセンターポイントが目標位置に到達したときの、その目標位置を含む所定範囲の位置情報として表現されることができる。具体的には、柔軟性を備えた駆動機構が弾性又は粘性に基づいて変位した結果、下流にあるエンドエフェクタのセンターポイントが目標位置から変動する領域を示す位置情報として表現されることができる。なお、ロボットアームの基準位置は、エンドエフェクタのセンターポイントに限られるものではない。

[0015] 「目標位置を基準とする許容範囲内に」「ロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせる」とは、ロボットアームの基準位置が、目標位置を含む許容範囲内に到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせることを含む。

[0016] 「目標位置」は、ロボットアームが一連の動作を実行するときの動作完了時における位置に限られず、一連の動作における途中の位置を含む。又、「目標位置」は、複数であってよい。

「柔軟性を備えた駆動機構」は、直列弾性アクチュエータであってもよい。直列弾性アクチュエータ（Series Elastic Actuator）は、例えば、モータと、ばね等の弾性体とを備える。モータから出力されるトルクは、弾性体を介して、剛性を有するリンクに伝達される。このため、ロボットアームによる対象物を組付け部位に接触させて倣わせることを容易に実現することが可能になる。直列弾性アクチュエータが備える弾性体が弾性変形するように、対象物を組付け部位に対して倣わせることが好ましい。

[0017] 更に、この動作方法は、対象物が組付け部位に干渉するようにロボットアームを移動させる経路を取得するステップと、第２許容範囲を示す情報を取得するステップとを更に含み、対象物を組付け部位に対して倣わせるステップは、対象物が組付け部位に干渉する経路を基準とする第２許容範囲内にお

いてロボットアームを移動させながら、対象物を組付け部位に対して倣わせてもよい。

[0018] 「ロボットアームを移動させる経路」は、ロボットアームの基準位置が通過する経路であってよい。

「経路を基準とする第２許容範囲内においてロボットアームを移動」させるとは、ロボットアームの基準位置が、経路から第２許容範囲内の領域に存在するようにロボットアームを移動させる場合を含む。

[0019] なお、「目標位置を基準とする許容範囲」と、「経路を基準とする第２許容範囲」は、同一であってもよい。両者が同一である場合、一方の情報を取得することにより、他方の情報も取得することになる。或いは、前者より後者が大きくなるように構成することによって、目標位置を基準とする許容範囲については位置決め精度が向上するようにしてもよいし、反対に、後者が前者より大きくなるように構成してもよい。更に、複数の目標位置を有する場合、「目標位置を基準とする許容範囲」は、目標位置ごとに異なっていてもよい。

[0020] 又、対象物を組付け部位に対して倣わせるステップは、ロボットアームが経路を基準とする第２許容範囲外に移動したときに、ロボットアームの移動速度を減少させてもよい。

更に、この動作方法は、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達したときに、ロボットアームによる対象物の保持を解除するステップを更に含んでもよい。

加えて、柔軟性を備えた駆動機構は、柔軟性を示す情報に基づくコンプライアンス制御をされるように構成されていてもよい。

[0021] 本開示は、ロボットシステムを提供する。このロボットシステムは、柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームと、ロボットアームを制御する制御装置であって、目標位置を示す情報を取得する手段と、許容範囲を示す情報を取得する手段とを備え、ロボットアームを用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、目標

位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップと、を実行可能に構成される制御装置と、を備える。

[0022] 本開示は、制御装置を提供する。この制御装置は、柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームを制御する。そして、目標位置を示す情報を取得する手段と、許容範囲を示す情報を取得する手段とを備え、ロボットアームを用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップと、を実行可能に構成される。

[0023] 本開示は、教示方法を提供する。この教示方法は、柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームと、ロボットアームを制御する制御装置とを備えるロボットシステムに動作教示する。この方法は、目標位置を示す情報を取得させるステップと、許容範囲を示す情報を取得させるステップと、ロボットアームを用いて対象物を保持させるステップと、ロボットアームを用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づけさせるステップと、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップとをロボットシステムに実行させるための教示を行う。

[0024] 教示は、オンラインティーチング又はオフラインティーチング等の方法により実行することが可能である。

この教示方法は、ロボットアームに保持される対象物が組付け部位に干渉するような目標位置を教示するステップを含んでもよい。

[0025] 本開示は、コンピュータプログラムを提供する。このコンピュータプログラムは、コンピュータに、目標位置を示す情報を取得するステップと、許容範囲を示す情報を取得するステップを実行させるための命令を含む。更に、柔軟性を備えた駆動機構を有するロボットアームを用いて対象物を保持するステップと、ロボットアームを用いて対象物を移動させ、組付け部位に近づ

けるステップと、目標位置を基準とする許容範囲内にロボットアームが到達するように対象物を組付け部位に対して倣わせるステップと、をロボットアームに動作させるための制御命令をコンピュータに生成させるための命令を含む。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]ロボットシステム１００の機能ブロック図

[図2A]嵌合物を保持するロボットアーム２０を側面から見た模式図

[図2B]嵌合物を保持するロボットアーム２０を上面から見た模式図

[図3]ロボットアーム２０を用いてインサート部品を金型に嵌合する様子を示す模式図

[図4]本実施形態に係る教示方法を示すフローチャート

[図5]倣い動作における目標位置と実際の位置との相違を示す模式図

[図6]倣い動作における目標位置と実際の位置との相違を示す模式図

[図7]本実施形態に係る動作方法を示すフローチャート

[図8]許容範囲と実際の基準位置との関係を示す模式図

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。以下の実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明をその実施形態のみに限定する趣旨ではない。

[0028] 図１は、ロボットシステム１００の機能ブロック図を示している。ロボットシステム１００は、ロボットアーム２０と、ロボットアーム２０を制御する制御装置１０とを備えている。本実施形態に係るロボットシステム１００は、嵌合物（「対象物」の一例）であるインサート部品Wを保持し、この嵌合物を嵌合対象物（「目的物」の一例）である金型Mの組付け部位に組み付ける嵌合動作を実行する。但し、本発明は、対象物を目的物に接触させる動作を含む動作一般に適用することが可能である。

[0029] ロボットアーム２０は、対象物を保持し、これを目的物に接触させる動作を含む動作を行う。ロボットアーム２０は、例えば、垂直多関節ロボットで

あり、ベースと、複数のリンク２０Ｌと、各リンク２０Ｌを接続するジョイント２０Ｊと、エンドエフェクタ２０Ｅと、一又は複数の駆動部２０Ａと、一又は複数の直列弾性アクチュエータ２０Ｄとを備える。但し、ロボットアーム２０は、垂直多関節ロボットに限られることはなく、例えば、水平多関節型ロボット装置、パラレルリンク型ロボット装置であってもよい。

[0030] リンク２０Ｌは、剛性を有する部材から構成されており、例えば、ベースに対して回動可能に取り付けられた胴部に相当するリンク２０Ｌと、胴部に対して回動可能に取り付けられた下腕部に相当するリンク２０Ｌと、下腕部に対して回動可能に取り付けられた上腕部に相当するリンク２０Ｌと、上腕部に対して回動可能に取り付けられた手首部に相当するリンク２０Ｌとを備える。

[0031] エンドエフェクタ２０Ｅ（「保持機構」の一例）は、対象物を保持する機能を有する。エンドエフェクタ２０Ｅは、手首部に相当するリンク２０Ｌの先端に取り付けられており、例えば、アクチュエータによって開閉する可動プレート２０Ｅ１及び２０Ｅ２によって対象物を挟んで保持可能に構成されている。但し、エンドエフェクタ２０Ｅは、これに限られるものではなく、例えば、対象物の表面を保持するための複数の吸着パッドと制御装置１０から送信される制御信号に基づいて吸着パッドに負圧を発生させるアクチュエータを備えるものや、或いは、電磁力で対象物を保持するものであってもよい。なお、本実施形態に示されるロボットアーム２０のエンドエフェクタ２０Ｅには、接触圧力又はトルクを６軸について取得するためのセンサが設けられていない。

[0032] 本実施形態に係るロボットアーム２０は、リンク２０Ｌ同士を接続する少なくとも一つのジョイント２０Ｊに設けられた直列弾性アクチュエータ２０Ｄを備えている。

直列弾性アクチュエータ２０Ｄ（「柔軟性を備えた駆動機構」の一例）は、例えば、駆動部２０ＤＡと、駆動部２０ＤＡに接続される弾性体２０ＤＥとから構成される。駆動部２０ＤＡは、例えば、サーボモータから構成され

る。弾性体２０ＤＥは、例えば、機械ばねから構成される。直列弾性アクチュエータ２０Ｄにおいて駆動部２０ＤＡから出力される動力は、弾性体２０ＤＥを介して、出力側のリンク２０Ｌに伝達し、これを回動させる。更に、本実施形態に係る直列弾性アクチュエータ２０Ｄは、機械ばねの変位量を取得するためのセンサを備えている。

[0033] 以上のような構成の下、柔軟性を備えた駆動機構に相当する直列弾性アクチュエータ２０Ｄによって駆動される部分の慣性、質量及び長さ、外力並びに弾性体２０ＤＥである機械ばねのばね定数をパラメータとする運動方程式が成立する。このため、制御装置１０は、機械ばねのばね定数及び変位量に基づいて、インピーダンスを制御するメカニカル・コンプライアンス制御を行うように構成される。

[0034] なお、直列弾性アクチュエータ２０Ｄは、駆動部２０ＤＡであるサーボモータの駆動軸に接続され、動力を機械ばねに伝達するギヤを備えていてもよい。更に、直列弾性アクチュエータ２０Ｄは、粘性に基づいて衝撃を緩和させるダンパ機構及び動力の伝達をスイッチするためのクラッチ機構を備えてもよい。粘性を有するダンパ機構等の粘性体を付与する場合、運動方程式には、粘性定数がパラメータとして加えられる。例えば、粘性定数にリンク角度の時間変化を乗じた値をトルクとして考慮された運動方程式が成立する。

[0035] 直列弾性アクチュエータ２０Ｄによって駆動されるリンク２０Ｌ以外のリンク２０Ｌは、例えば、サーボモータから構成される駆動部２０Ａによって駆動される。駆動部２０Ａは、出力側のリンク２０Ｌを駆動軸回りに回動させる。駆動部２０Ａは、リンク２０Ｌに内蔵されていてもよい。以上のような構成により、複数のリンク２０Ｌを回動させることが可能になるため、リンク２０Ｌの先端に相当するエンドエフェクタ２０Ｅの位置及び姿勢を変化させることが可能となる。なお、本開示における位置を示す情報は、合理的に必要と考えられる場合、姿勢を示す情報を含む場合がある。

[0036] 制御装置１０は、ロボットアーム２０の基準となる位置（例えば、手先位置に相当するエンドエフェクタ２０Ｅのセンターポイント。以下、「基準位

置」という。）の開始位置及びその時の姿勢を取得する開始位置取得部１０Ａと、目標位置及びその時の姿勢を取得する目標位置取得部１０Ｂと、目標位置を基準とする許容範囲取得部１０Ｃと、開始位置取得部１０Ａにより取得された開始位置と目標位置取得部１０Ｂにより取得された、一、又は、複数の目標位置を結ぶ経路を取得する経路取得部１０Ｄと、経路取得部１０Ｄによって取得された経路に従ってロボットアーム２０の各駆動部２０Ａに相当するサーボモータ及び直列弾性アクチュエータ２０Ｄのサーボモータを制御するための制御命令を取得する制御命令取得部１０Ｅとを備える。

[0037] 開始位置取得部１０Ａは、例えば、制御装置１０に接続される教示装置５０から入力された開始位置及びその時の姿勢を取得する。教示装置５０は、現場で実際にロボットアーム２０を動かしてその時の基準位置及び姿勢を開始位置として教示するオンラインティーチングに従う教示装置５０でもよいし、コンピュータプログラムによって基準位置の位置及び姿勢を開始位置として教示する、テキスト型、シミュレータ型、エミュレータ型、又は、自動ティーチング型等のオフラインティーチングに従う教示装置５０でもよい。

[0038] 目標位置取得部１０Ｂは、例えば、開始位置と同様に、教示装置５０から入力された目標位置及びその時の姿勢を取得する。目標位置取得部１０Ｂは、複数の目標位置及びその時の姿勢を取得することが可能である。

[0039] 許容範囲取得部１０Ｃは、目標位置を基準として、目標位置からロボットアーム２０の基準位置が離れることができる許容範囲を示す情報を取得する。更に許容範囲取得部１０Ｃは、経路を基準として、経路からロボットアーム２０の基準位置が離れることができる許容範囲（「第２許容範囲」の一例）を示す情報を取得する。

[0040] 例えば、ある目標位置にロボットアーム２０の基準位置が到達した時点における、直列弾性アクチュエータ２０Ｄによって駆動されるリンク２０Ｌの角度がαであるとき、そのリンク２０Ｌの許容範囲を示す情報は、例えば、α±βという角度情報として取得される。βは、直列弾性アクチュエータ２０Ｄの弾性体２０ＤＥのばね定数等に基づいて、弾性変形可能な範囲として

予め設定可能な角度単位の情報である。複数方向に対して柔軟性を有するために、ロボットアーム２０が複数の直列弾性アクチュエータ２０Ｄを備える場合、許容範囲取得部１０Ｃは、直列弾性アクチュエータ２０Ｄに駆動される複数のリンク２０Ｌごとに許容範囲を示す情報を取得することが可能である。

[0041] 又、目標位置が複数設定される場合、許容範囲取得部１０Ｃは、目標位置ごとに、異なる許容範囲を取得することが可能である。例えば、精密な動作が要求される目標位置では、$\alpha \pm \gamma$（但し、$\gamma < \beta$）という許容範囲を取得するように構成されてもよい。更に、目標位置を基準とする上限幅と下限幅は、異なる値であってもよい。

[0042] なお、許容範囲を示す情報は、リンク２０Ｌの角度が変動した結果、ロボットアーム２０の別の部位である基準位置が取り得る所定領域を示す位置情報であってもよい。即ち、所定のリンク２０Ｌの角度が$\alpha + \beta$であるとき、βにリンク２０Ｌの長さを乗じた距離だけそのリンク２０Ｌの先端が変位するから、それに応じて、下流のロボットアーム２０の部位も、変位する。従って、許容範囲取得部１０Ｃは、ロボットアーム２０の他の部位を基準位置とし、この基準位置が取り得る所定領域を示す位置情報として取得してもよい。以下では、エンドエフェクタ２０Ｅのセンターポイントを基準位置とする場合を中心に説明する。許容範囲は、ロボットアーム２０の基準位置において少なくとも±５ｍｍ以上、経路及び目標位置から離れることを許容するように構成されることが好ましい。

[0043] 許容範囲を示す情報は、後述する不揮発性記憶素子に格納されるコンピュータプログラム内において、予め、駆動機構が備える弾性又は粘性に基づく定数として定められることができる。従って、制御装置１０の演算素子がコンピュータプログラムを読み出すことにより、許容範囲を示す情報は、取得されるように構成されてもよい。或いは、制御装置１０は、教示装置５０から、許容範囲を示す情報を取得してもよい。

[0044] 経路取得部１０Ｄは、開始位置と目標位置を接続する経路（計画軌跡）を

演算処理等により取得する。後述するように、本実施形態に係る経路取得部１０Ｄは、ロボットアーム２０によって保持される対象物が目的物と干渉するような経路を取得することが可能である。

[0045] 制御命令取得部１０Ｅは、基準位置を経路に従って移動させるための各サーボモータを制御するための制御命令を演算処理等により取得する。例えば、制御命令取得部１０Ｅは、逆運動学演算（インバースキネマティクス）により、基準位置が経路上に位置するための各サーボモータの回転角度を算出し、これに基づいて制御命令を生成して、不揮発性記憶素子に格納することが可能である。

[0046] ハードウェア構成に関し、制御装置１０は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＧＰＵ（Graphical Processing Unit）等のプロセッサである演算素子と、ＳＲＡＭ（Static Random Access Memory）、ＤＲＡＭ（Dynamic Random Access Memory）等の揮発性記憶素子と、ＮＯＲフラッシュメモリ、ＮＡＮＤフラッシュメモリ、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）等の不揮発性記憶素子と、これらを接続するバス等の通信手段を備えるコンピュータから構成することが可能である。不揮発性記憶素子には、例えば、本実施形態に示される各処理を実行するためのコンピュータプログラム（許容範囲を示す情報等のデータを含む）が格納されている。揮発性記憶素子は、これらコンピュータプログラムの少なくとも一部及び演算処理結果等を一時的に記憶する。但し、これら演算素子、不揮発性記憶素子等の少なくとも一部は、インターネット等の通信ネットワークに接続された遠隔地に設置されていてもよい。例えば、演算素子は、通信ネットワークを介して、コンピュータプログラム又は必要なデータを取得するように構成されてもよい。

[0047] 制御装置１０とロボットアーム２０は、無線又は有線による通信手段によって情報の送受信が可能に構成されている。

[0048] 制御装置１０には、ロボットシステム１００に動作教示するための教示装置５０が接続されてもよい。教示装置５０は、例えば、オンラインティーチングを行うための携帯型の教示ペンダントを備える。教示装置５０は、制御

装置１０と同様に、演算素子、揮発性記憶素子、不揮発性記憶素子を備え、更に、ディスプレイを有する表示手段及び複数の操作キー並びにレバーを有する入力手段を備えている。入力手段は、ディスプレイを押圧して入力を行うタッチパネル式の入力手段から構成されてもよい。

[0049] 以下、本実施形態に係るロボットアーム２０の動作方法の一例として、インサート部品W（「対象物」の一例）を、円筒状の凹部が形成された金型M（「組付け部位」又は「目的物」の一例）に嵌合する方法について説明する。

[0050] 図２Ａ及び図２Ｂは、ロボットアーム２０によってインサート部品Wである対象物を金型Mである目的物に嵌合する様子を側面視及び上面視で示す模式図である。これら図面に示されるように、ロボットアーム２０は、胴部に対して回動可能に取り付けられた下腕部に相当するリンク２０Ｌと、下腕部に対して回動可能に取り付けられた上腕部に相当するリンク２０Ｌと、上腕部に対して回動可能に取り付けられた手首部に相当するリンク２０Ｌと、対象物を可動プレート２０Ｅ１及び２０Ｅ２で挟むことにより保持可能なエンドエフェクタ２０Ｅと、各リンク２０Ｌを接続するジョイント２０Ｊを備えている。例えば、上腕部に相当するリンク２０Ｌと下腕部に相当するリンク２０Ｌの間のジョイント２０Ｊには、下腕部に相当するリンク２０Ｌを駆動する直列弾性アクチュエータ２０Ｄが搭載されている。

[0051] インサート部品Wは、例えば、円板状に形成されている。金型Mに形成される円筒状の凹部は、例えば、インサート部品Wの直径よりも僅かに大きく（例えば、５０μｍ大きく）形成されている。

[0052] 従来、このような対象物の嵌合をロボットアーム２０によって行うことは困難であった。対象物の側面をエンドエフェクタ２０Ｅで挟んで保持する場合、エンドエフェクタ２０Ｅが目的物と干渉しないように、対象物である円板を凹部の直上に移動させた後、保持を解除して、対象物を落下させる必要がある。しかしながら、対象物と凹部との間隙が小さい場合、対象物が僅かに傾いただけであっても、対象物を凹部に挿入することができない。

[0053] しかしながら、本開示に示される嵌合方法によって、対象物を組付けられる可能性を高めることが可能になる。

具体的なプロセスについて以下に説明する。図２Ａに示されるように、ロボットアーム２０のエンドエフェクタ２０Ｅは、対象物の上面と側面を挟むことにより、対象物を傾けて保持する。次いで、ロボットアーム２０は、対象物を移動させ、目的物に近づける。

そして、図３Ａに示されるように、ロボットアーム２０は、目的物の表面に対象物の端部を接触させる。次いでロボットアーム２０は、対象物の端部が目的物の表面に接触した状態を維持したまま、対象物を目的物に対して相対的に移動させることにより、対象物を目的物に対して倣わせる。

図３Ｂに示されるように、対象物の端部が凹部に到達すると、ロボットアーム２０は、端部を凹部内に入り込ませることにより、対象物の側面を凹部の角部に接触させる。その後、ロボットアーム２０は、凹部の角部に接触している対象物の側面を支点として、対象物を目的物に対して相対的に回転移動させることにより、対象物を目的物に対して倣わせる。

図３Ｃに示されるように、ロボットアーム２０は、対象物が水平になるまで対象物を回転させる。このとき、対象物の側面を凹部に接触させて回転移動させたことから、対象物が水平になったとき、対象物が凹部の外にはみ出る可能性を抑制することが可能になる。

図３Ｄに示されるように、ロボットアーム２０は、対象物の表面を押圧して対象物を嵌合物に嵌合させてもよい。

[0054] 以上述べたように、柔軟性を備える駆動機構を有するロボットアーム２０を用いることにより、対象物を組付け部位に接触させながら、対象物を組付け部位に対して相対的に移動させることが可能になる。その結果、ロボットアーム２０に保持される対象物を目標物に接触させる動作を容易に実現することが可能になる。また、柔軟性を備える駆動機構を有するロボットアーム２０を用いることにより、対象物の表面を押圧しても、対象物の表面が傷つくことを抑制することが可能になる。

[0055] 以下では、ロボットシステム１００に動作教示を行うためのプロセスを説明する。図４は、ロボットシステム１００に動作教示を行うためのプロセスを示すフローチャートである。

同図に示されるように、作業者は、手動、又は、教示装置５０の入力手段を用いてエンドエフェクタ２０Ｅを移動させることにより、ロボットシステム１００に開始位置を教示する（ステップＳ４１）。例えば、エンドエフェクタ２０Ｅが対象物の保持を開始する位置を、開始位置としてもよい。

制御装置１０は、開始位置に存在するときのエンドエフェクタ２０Ｅの位置及び姿勢、各リンク２０Ｌの角度等を取得し、開始位置に関連付けて不揮発性記憶素子に格納する（ステップＳ４２）。

[0056] 更に、作業者は、エンドエフェクタ２０Ｅに対象物を保持させるための動作を教示し（ステップＳ４３）、制御装置１０は、対象物を保持するための動作を不揮発性記憶素子に格納する（ステップＳ４４）。

[0057] 次いで作業者は、手動、又は、教示装置５０の入力手段を用いてエンドエフェクタ２０Ｅを複数回にわたって移動させ、そのときのエンドエフェクタ２０Ｅの位置等を制御装置１０に取得させることにより、ロボットシステム１００に複数の目標位置を教示する（ステップＳ４５）。

ここで、対象物が目的物に接触する場面については、対象物が目的物に干渉するようなエンドエフェクタ２０Ｅの位置が、目標位置として教示される。この点について図面を用いて説明する。

[0058] 図５は、図３Ａに示される対象物（インサート部品Ｗ）の端部が目的物（金型Ｍ）の表面と接触する場面における目標位置と実際の位置の相違を説明するための模式図である。同図において、基準位置が目標位置にある時のエンドエフェクタ２０Ｅ及びこれに保持される対象物は、破線で示されている。一方で、基準位置が目標位置から離間している実際のエンドエフェクタ２０Ｅ及びこれに保持される対象物は、実線で示されている。破線で示されるように、目標位置において、エンドエフェクタ２０Ｅに保持される対象物は、目的物と干渉する。実際は、目的物が存在するために、対象物の端部が目

的物の表面と接触する。変位量Ｄ１は、直列弾性アクチュエータ２０Ｄの弾性体２０ＤＥが弾性変形した量に相当する。このとき、変位量及びばね定数に基づいた力が、対象物から目的物に作用する。

図６は、図３Ｂに示される対象物の側面が目的物の表面と接触する場面における目標位置を示す模式図である。同図においても、目標位置におけるエンドエフェクタ２０Ｅ及びこれに保持される対象物は、破線で示され、実際のエンドエフェクタ２０Ｅ及びこれに保持される対象物は、実線で示されている。破線で示されるように、目標位置において、エンドエフェクタ２０Ｅに保持される対象物（インサート部品W）は、目的物（金型M）と干渉する。しかしながら、実際は、目的物が存在するために、対象物の側面が目的物の表面と接触する。変位量Ｄ２は、直列弾性アクチュエータ２０Ｄの弾性体２０ＤＥが弾性変形した量に相当する。このとき、変位量及びばね定数に基づいた力が、対象物から目的物に作用する。なお、変位量Ｄ２＞変位量Ｄ１となるように、目標位置を定めることにより、対象物から目的物に作用する力を大きくし、対象物の安定性を高めてもよい。

[0059] 制御装置１０は、各目標位置に存在するときのエンドエフェクタ２０Ｅの位置及び姿勢、各リンク２０Ｌの角度を取得し、各目標位置に関連付けて記憶素子に格納する（ステップＳ４６）。

[0060] 次いで制御装置１０は、許容範囲を示す情報を取得する（ステップＳ４７）。制御装置１０は、許容範囲を示す情報として、例えば、ロボットアーム２０の基準位置が目標位置から離れることができる位置情報を取得する。許容範囲を示す情報は、直列弾性アクチュエータ２０Ｄの弾性体２０ＤＥのばね定数等に基づいて予め不揮発性記憶素子に格納されていてもよい。

[0061] 制御装置１０は、開始位置及び複数の目標位置を接続する経路を経路生成アルゴリズムに従った演算により取得する。制御装置１０は、対象物を目的物に対して倣わせる領域、例えば、図３Ａの場面における目標位置から、図３Ｂの場面における目標位置に到達する経路については、対象物が目的物に干渉するような経路を演算により取得する。このように経路を取得すること

により、対象物を目的物に対して倣わせることが可能になる。

[0062] 但し、変位量が大きすぎると、弾性変形の範囲を超える可能性がある。又、弾性変形の範囲内であっても、変位量が大きすぎると、対象物が目的物を押し付ける力が大きくなりすぎるため、円滑な移動が困難になったり、目的物又は対象物を傷つけたりする可能性がある。このため、制御装置１０は、経路と目的物表面との距離が、許容範囲内となるように経路を演算する（ステップＳ４８）。なお、経路上の許容範囲は、隣接する目標位置における許容範囲と同一の値としてもよい。

[0063] 図６に示されるような対象物の側面を目的物の表面に接触させた状態で、対象物を目的物に対して回転移動させて倣わせる場合においても、制御装置１０は、対象物が目的物に干渉するような経路を演算により取得する。このように経路を取得することにより、対象物を目的物に押し付けて安定させた状態で対象物を回転させることが可能になる。

[0064] その後、制御装置１０は、取得した経路を不揮発性記憶素子に格納してもよい。具体的には、制御装置１０の制御命令取得部１０Ｅは、取得した目標位置及び経路に基づいて、ロボットアーム２０の各駆動部及び直列弾性アクチュエータ２０Ｄの駆動部を制御するための制御命令を演算により取得し不揮発性記憶素子に格納してもよい。

[0065] 続いて、ロボットシステム１００の動作方法を説明する。図７は、ロボットシステム１００の動作方法を示すフローチャートである。

まず制御装置１０の開始位置取得部１０Ａ及び目標位置取得部１０Ｂは、それぞれ、開始位置を示す情報、目標位置を示す情報を取得する（ステップＳ７１）。制御装置１０は、これら情報を不揮発性記憶素子から読み出すことにより取得してもよい。制御装置１０は、教示装置５０からこれら情報を取得してもよい。

[0066] 又、制御装置１０の許容範囲取得部１０Ｃは、許容範囲を示す情報等を取得する（ステップＳ７２）。制御装置１０は、これら情報を不揮発性記憶素子から読み出すことにより取得してもよい。或いは、制御装置１０は、開始

位置を示す情報及び目標位置を示す情報に基づいて経路を演算により取得する際に、目的物表面と基準位置との距離が許容範囲内となるような経路生成アルゴリズムを読み出し、これに基づいて経路を取得することにより、許容範囲を示す情報を取得してもよい。

[0067] 制御装置１０の経路取得部１０Ｄは、目的物表面と基準位置との距離が許容範囲内となるような経路生成アルゴリズムを不揮発性記憶素子から読み出し、これに基づいて開始位置及び複数の目標位置を接続する経路を演算により取得し（ステップＳ７３）、制御命令取得部１０Ｅは、取得した目標位置及び経路等に基づいて、ロボットアーム２０の各駆動部及び直列弾性アクチュエータ２０Ｄの駆動部を制御するための制御命令を演算により取得する（ステップＳ７４）。

[0068] なお、一連の動作を実現するための駆動部及びエンドエフェクタ２０Ｅのアクチュエータ等を制御する制御命令が不揮発性記憶素子に格納されている場合、制御装置１０は、開始位置情報等が反映された制御命令を読み出すことにより、これら情報を取得してもよい。

[0069] 次いでロボットアーム２０は、制御装置１０から受け取った制御命令に基づいて各リンク２０Ｌを駆動させる。まず、開始位置において、ロボットアーム２０のエンドエフェクタ２０Ｅは、対象物を保持する（ステップＳ７５）。

[0070] その後、ロボットアーム２０は、対象物を移動させて、目的物に近づける（ステップＳ７６）。

そして、ロボットアーム２０は、対象物の端部を目的物の表面に接触させる（ステップＳ７７）。

ロボットアーム２０は、対象物の端部が目的物の表面に接触した状態を維持したまま、対象物を目的物に対して相対的に移動させることにより、対象物を目的物に対して倣わせる（ステップＳ７８）。具体的には、図５において破線で示される目標位置（より正確には、基準位置が目標位置に存在するときのエンドエフェクタ２０Ｅの位置。以下同様）から、図６において破線

で示される次の目標位置に向かって、実際には、図５において実線で示される位置から、図６の実線で示される位置に向かって、対象物を目的物に接触させたまま移動させる。図６の実線で示されるエンドエフェクタ２０Ｅのセンターポジション（基準位置）は、図６の破線で示されるエンドエフェクタ２０Ｅのセンターポジション（基準位置）を基準とする許容範囲内に存在する。このとき、直列弾性アクチュエータ２０Ｄの弾性体２０ＤＥは、変位量に応じて弾性変形する。

[0071] 並進移動を伴う倣い動作を行っている間に、制御装置１０は、許容範囲を超える変位が生じたか否かを周期的に判断する（ステップＳ７９）。そして、許容範囲を超える変位が生じたと判断した場合（ＹＥＳ）、制御装置１０は、移動速度を減速させるような制御命令を生成し、ロボットアーム２０の駆動部に送出する（ステップＳ８０）。

図８は、倣い動作中に許容範囲を超えた場合の減速動作について説明するためのグラフである。この図は、横軸を時間とし、縦軸を直列弾性アクチュエータ２０Ｄによって駆動されるリンク２０Ｌの角度とするグラフである。このグラフにおいて、対象となるリンク２０Ｌは、時刻ｔ１１における角度α１を開始位置Ｓ（又は第１の目標位置）とし、時刻ｔ２における角度α２を目標位置Ｇ（又は第２の目標位置）とし、時間と共に線形的に角度が増加する角度変化となる計画軌跡Ｐが設定されているとする。また、このリンク２０Ｌの目標位置及び経路を基準とする許容範囲は、共に、リンク２０Ｌの角度を中心とする±β１である。更に、このグラフにおいて、実際の角度変化は、実線Ａで示される。

[0072] このグラフに示されるように、時刻ｔ１１において、経路を基準とする許容範囲外の角度になると、上述したように、ロボットアーム２０は、リンク２０Ｌの回転速度及び対象物の移動速度を減少させて、リンク２０Ｌの角度が許容範囲内に収まるように制御される。一方で、時刻ｔ１１から時刻ｔ２までの間、リンク２０Ｌの角度が許容範囲内に収まっているため、制御装置１０は、実線Ａを計画軌跡Ｐに近づけるための制御を行わない。そして、時

刻ｔ２において、リンク２０Ｌの角度が目標位置である角度α２の許容範囲内（角度α２±β１）であると、次の動作に移行する。

[0073] ロボットアーム２０の基準位置が凹部付近に設定される目標位置の許容範囲内に到達したことを制御装置１０が判定すると（ステップＳ８１）、制御装置１０は、次の目標位置に向かってロボットアーム２０を動作させる。具体的には、ロボットアーム２０は、対象物の端部を凹部内に僅かに入り込ませた状態で、凹部の角部に接触している対象物の側面を支点として、対象物を目的物に対して相対的に回転移動させることにより、対象物を目的物に対して倣わせる（ステップＳ８２）。

ロボットアーム２０は、対象物が水平になるまで対象物を回転させた後、対象物の保持を解除する（ステップＳ８３）。その後、エンドエフェクタ２０Ｅを用いて対象物の表面を押し下げて対象物を目標物に確実に嵌合させてもよい。

[0074] 以上のとおり、本実施形態に係る動作方法によれば、開始位置及び目標位置を設定するだけで、対象物の目標物への接触を伴う動作を含む一連の動作を実現することが可能になる。又、手先位置にセンサを設けることにより、このセンサから取得される力覚パラメータを使用しなくても、対象物の目標物への接触を伴う動作を実現することが可能になる。但し、直列弾性アクチュエータ２０Ｄ等に設けられるセンサにより過度の力が検出されたときに、ロボットアーム２０の動作を停止する制御を行ってもよい。また、各種位置座標は、直交座標系、間接座標系等の任意の座標系により表現されてもよい。又、倣い動作の態様は特に限定されるものではない。本実施形態に示されるように、ロボットアームは、回転移動を伴う倣い動作及び並進移動を伴う倣い動作をぞれぞれ実行することが可能である。

[0075] なお、嵌合動作の他、本発明は、貫通孔が形成されるフランジ（「対象物」の一例）を保持し、貫通孔をシャフトが貫通するように、貫通孔の壁面をシャフト（「目的物」及び「組付け部位」の一例）の表面に倣わせて、フランジをシャフトに組み付ける作業や、検査対象となるプリント配線基板（「

対象物」の一例）を保持し、プリント配線基板に形成された貫通孔を棒状の検査器具（「目的物」及び「組付け部位」の一例）が貫通するように、貫通孔の壁面を検査器具の表面に倣わせて、貫通孔の内径を検査する作業や、レンズモジュール等の光学部品（「対象物」の一例）を精密機器（「目的物」及び「組付け部位」の一例）に組み付ける作業等、様々な用途に適用することが可能である。「組付け部位」は、対象物が取り付けられ、固定される部材だけに限られず、対象物と一時的に係合関係を有する部材を含む。例えば、上述した例のように、ロボットアームは、対象物であるプリント配線基板を組付け部位である検査器具の表面に倣わせて検査を実行した後、プリント配線基板を保持したまま検査器具との係合を解除し、別の位置に移動させてもよい。柔軟性を備えた駆動機構として、直列弾性アクチュエータの他、様々な駆動機構を利用することが可能である。粘性、弾性を付与するために、磁性流体、機械ばね（板ばね、ねじりコイルばね）、空気ばね、磁力ばね、ベーンモータ、印加電圧に応じて粘性を調整可能な電機粘性流体を用いた可変ダンパ、等を用いてもよい。

[0076] 又、本発明は、その要旨を逸脱しない限り、さまざまな変形が可能である。たとえば、当業者の通常の創作能力の範囲内で、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態に追加することができる。又、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態の対応する構成要素と置換することができる。

符号の説明

[0077] １０　制御装置

１０Ａ　開始位置取得部

１０Ｂ　目標位置取得部

１０Ｃ　許容範囲取得部

１０Ｄ　経路取得部

１０Ｅ　制御命令取得部

２０　ロボットアーム

２０Ａ　駆動部

２０Ｅ　エンドエフェクタ

２０Ｅ１　可動プレート、２０Ｅ２　可動プレート

２０Ｄ　直列弾性アクチュエータ

２０ＤＡ　駆動部

２０ＤＥ　弾性体

２０Ｊ　ジョイント

２０Ｌ　リンク

５０　教示装置

１００　ロボットシステム

請求の範囲

[請求項1] 目標位置を示す情報を取得するステップと、

許容範囲を示す情報を取得するステップと、

柔軟性を備えた駆動機構を有するロボットアームを用いて対象物を保持するステップと、

前記ロボットアームを用いて前記対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、

前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達するように前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップと、

を含む動作方法。

[請求項2] 前記柔軟性を備えた前記駆動機構は、直列弾性アクチュエータを備える、

請求項１に記載の動作方法。

[請求項3] 前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップは、前記直列弾性アクチュエータが備える弾性体を弾性変形させながら、前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせる、

請求項２に記載の動作方法。

[請求項4] 前記対象物が前記組付け部位に干渉するように前記ロボットアームを移動させる経路を取得するステップと、

第２許容範囲を示す情報を取得するステップとを更に含み、

前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップは、前記対象物が前記組付け部位に干渉する前記経路を基準とする前記第２許容範囲内において前記ロボットアームを移動させながら、前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせる、

請求項１乃至３の何れか一項に記載の動作方法。

[請求項5] 前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップは、前記ロボットアームが前記経路を基準とする前記第２許容範囲外に移動した

ときに、前記ロボットアームの移動速度を減少させる、

請求項４に記載の動作方法。

[請求項6] 前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達したときに、前記ロボットアームによる前記対象物の保持を解除するステップを更に含む、

請求項１乃至５の何れか一項に記載の動作方法。

[請求項7] 前記駆動機構は、前記柔軟性を付与するための、磁性流体、機械ばね、空気ばね、磁力ばね及びベーンモータの何れか一つを少なくとも備える、

請求項１乃至６の何れか一項に記載の動作方法。

[請求項8] 前記駆動機構は、

前記柔軟性を示す情報に基づくコンプライアンス制御をされるように構成される、

請求項１乃至７の何れか一項に記載の動作方法。

[請求項9] 柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームと、

前記ロボットアームを制御する制御装置であって、

目標位置を示す情報を取得する手段と、

許容範囲を示す情報を取得する手段とを備え

前記ロボットアームを用いて前記対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、

前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達するように前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップと、

を実行可能に構成される制御装置と、

を備えるロボットシステム。

[請求項10] 柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームを制御する制御装置であって、

目標位置を示す情報を取得する手段と、

許容範囲を示す情報を取得する手段とを備え、

前記ロボットアームを用いて前記対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、

前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達するように前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップと、

を実行可能に構成される制御装置。

[請求項11] 柔軟性を備える駆動機構と、対象物を保持可能な保持機構とを備えるロボットアームと、

前記ロボットアームを制御する制御装置とを備えるロボットシステムに動作教示する教示方法であって、

目標位置を示す情報を取得させるステップと、

許容範囲を示す情報を取得させるステップと、

前記ロボットアームを用いて前記対象物を保持させるステップと、

前記ロボットアームを用いて前記対象物を移動させ、組付け部位に近づけさせるステップと、

前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達するように前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップとを前記ロボットシステムに実行させるための教示を行う、

教示方法。

[請求項12] コンピュータに、

目標位置を示す情報を取得するステップと、

許容範囲を示す情報を取得するステップを実行させるとともに、

柔軟性を備えた駆動機構を有するロボットアームを用いて対象物を保持するステップと、

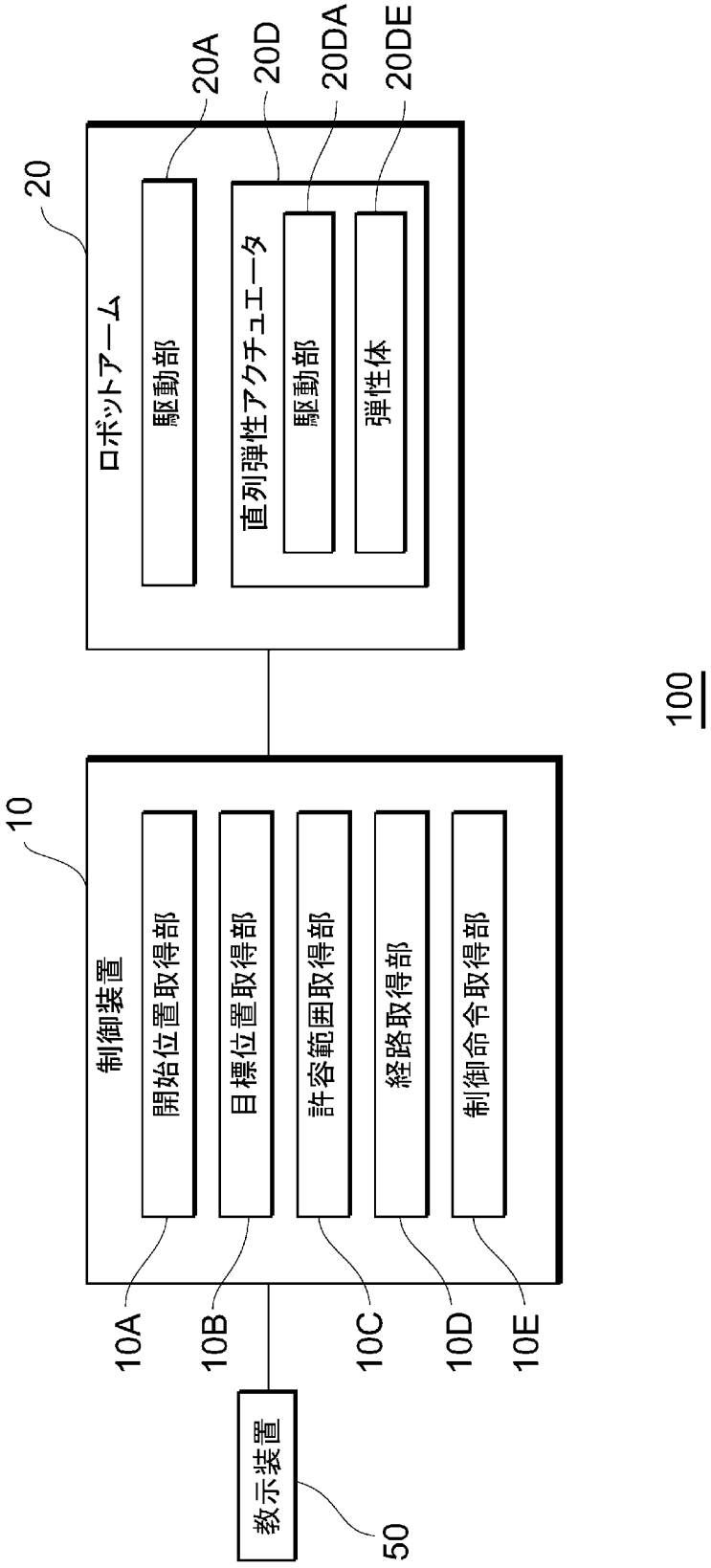
前記ロボットアームを用いて前記対象物を移動させ、組付け部位に近づけるステップと、

前記目標位置を基準とする前記許容範囲内に前記ロボットアームが到達するように前記対象物を前記組付け部位に対して倣わせるステップと、

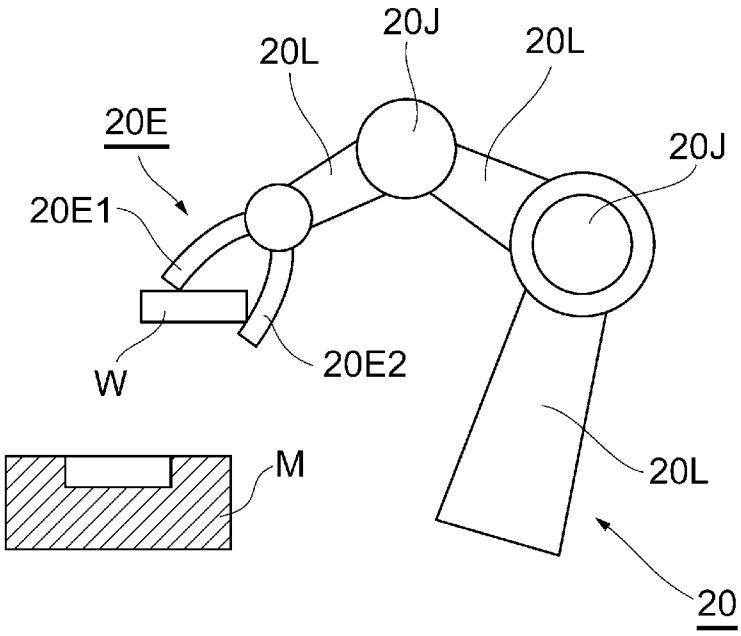
を前記ロボットアームに動作させるための制御命令を生成させる、

コンピュータプログラム。

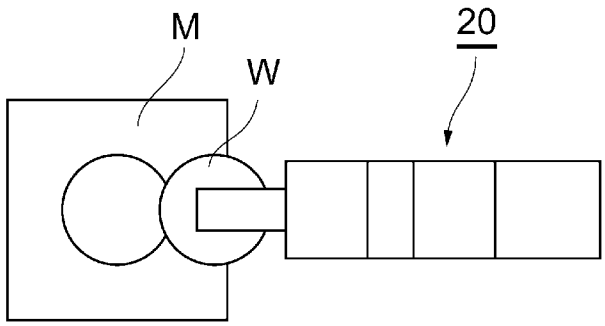
[図1]


100
20
ロボットアーム
駆動部
20A
直列弾性アクチュエータ
駆動部
弾性体
20D
20DA
20DE
10
制御装置
開始位置取得部
目標位置取得部
許容範囲取得部
経路取得部
制御命令取得部
10A
10B
10C
10D
10E
教示装置
50

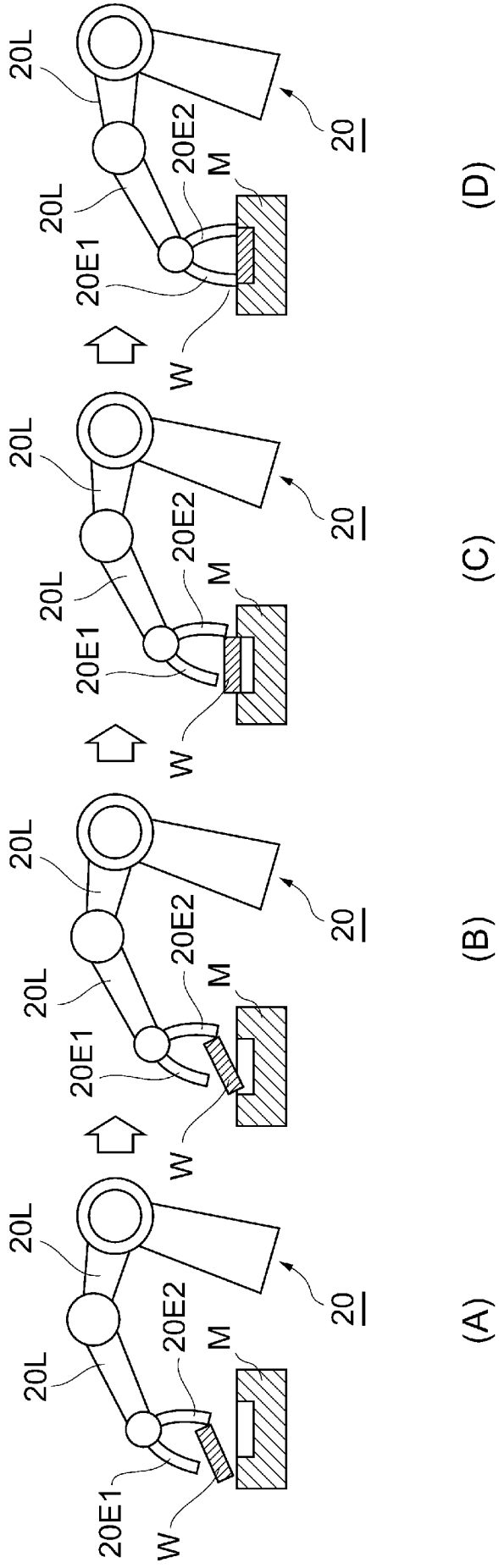
[図2A]



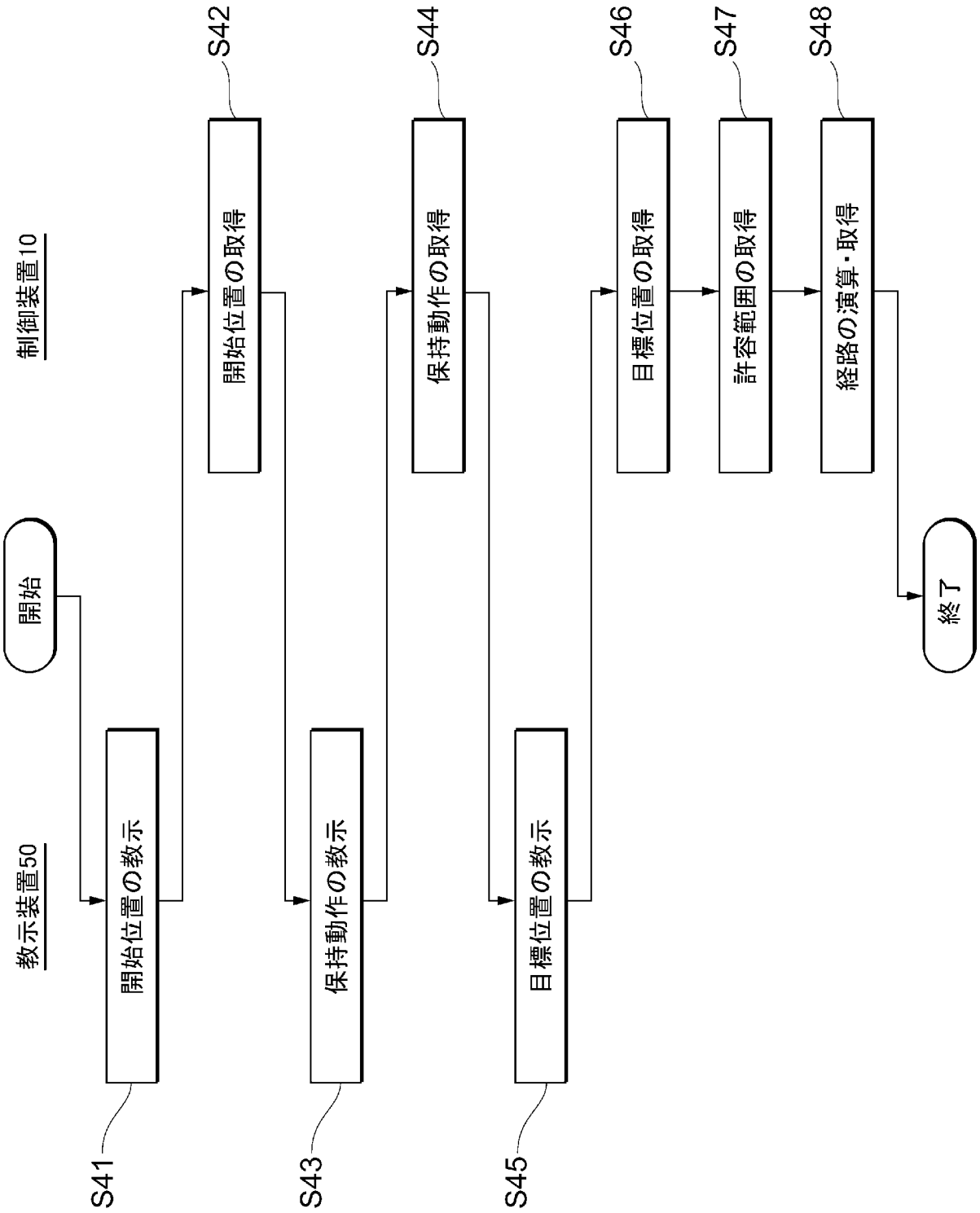
[図2B]



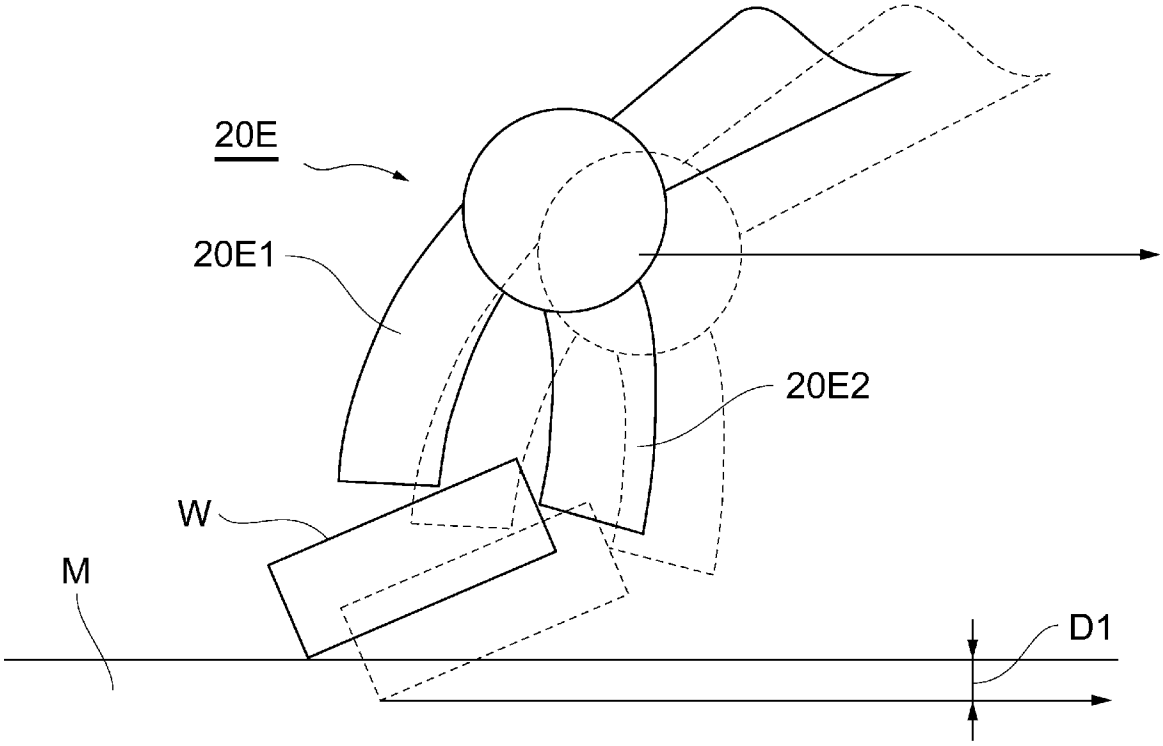
[図3]



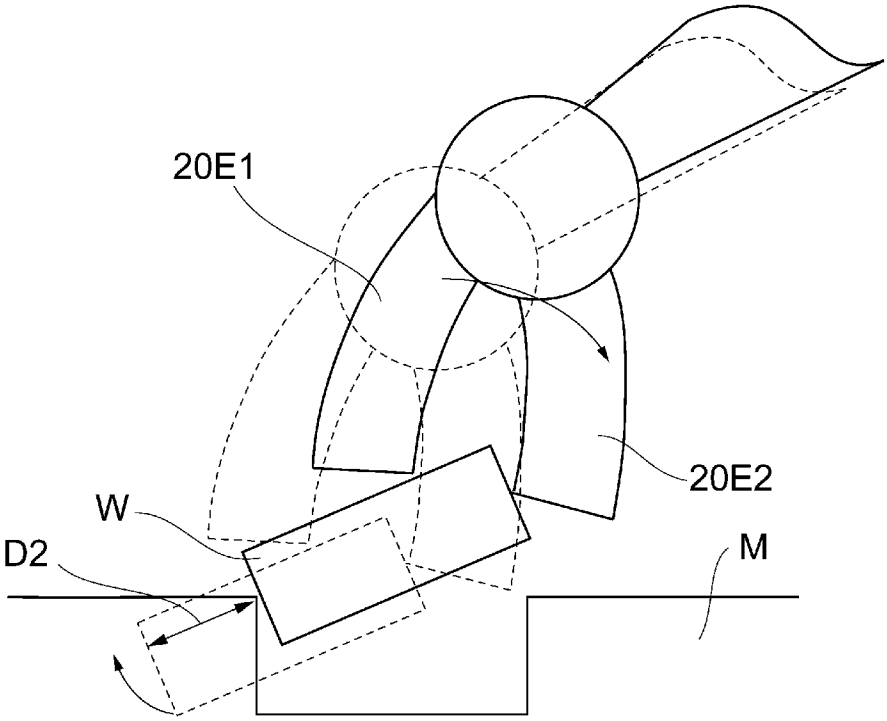
[図4]


制御装置10
教示装置50
開始
開始位置の教示
開始位置の取得
保持動作の教示
保持動作の取得
目標位置の教示
目標位置の取得
許容範囲の取得
経路の演算・取得
終了
S41
S42
S43
S44
S45
S46
S47
S48

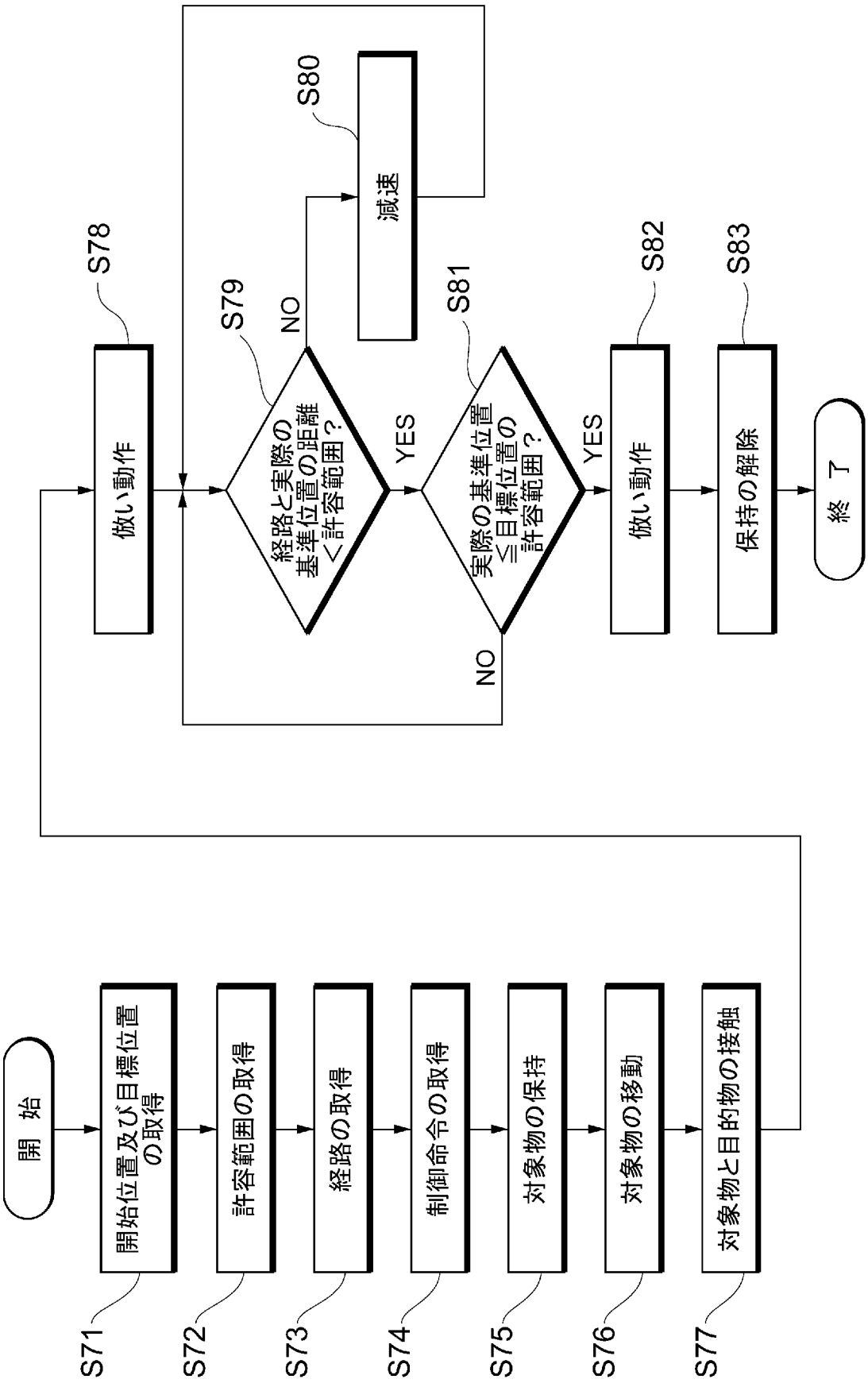
[図5]



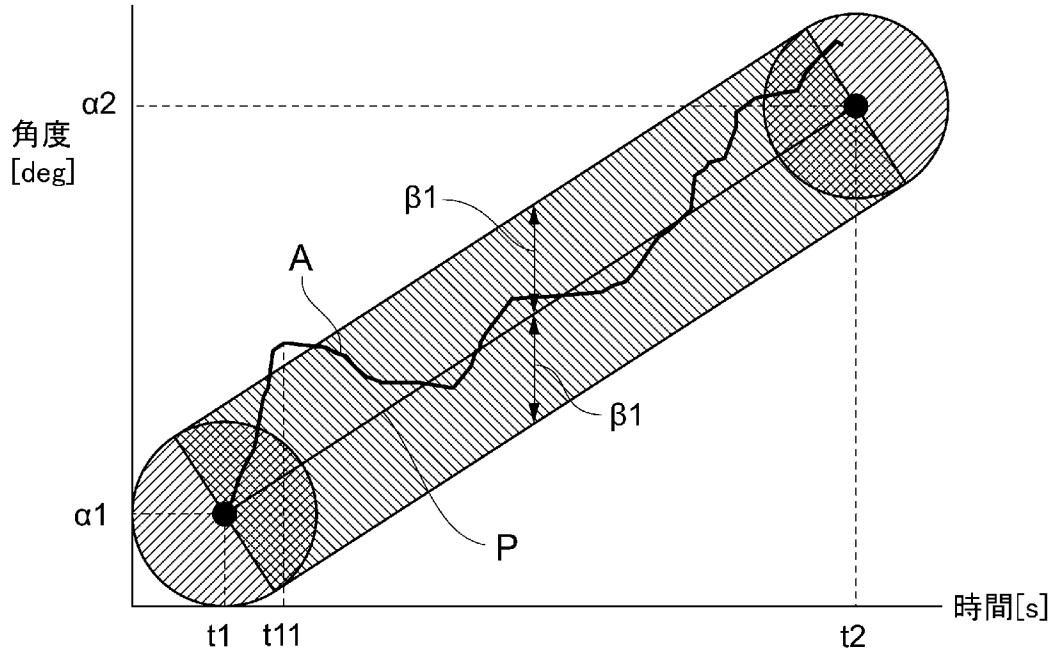
[図6]



[図7]


開始
開始位置及び目標位置の取得
S71
許容範囲の取得
S72
経路の取得
S73
制御命令の取得
S74
対象物の保持
S75
対象物の移動
S76
対象物と目的物の接触
S77
倣い動作
S78
経路と実際の基準位置の距離＜許容範囲？
S79
NO
減速
S80
YES
実際の基準位置≦目標位置の許容範囲？
S81
NO
YES
倣い動作
S82
保持の解除
S83
終了

[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/022780

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int. Cl. B25J13/08(2006.01)i, B25J19/00(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z, B25J19/00 A

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)
Int. Cl. B25J1/00-21/02, B23P19/00-19/04

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 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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.
Y	JP 3288518 B2 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 04 June 2002 (2002-06-04), paragraphs [0003]-[0010], [0042]-[0062]	1-12
Y	JP 2014-188642 A (SEIKO EPSON CORP.) 06 October 2014 (2014-10-06), paragraphs [0035], [0044], [0055]	1-12
Y	WO 2020/110482 A1 (SONY CORP.) 04 June 2020 (2020-06-04), paragraphs [0080]-[0082]	2-3
Y	JP 2018-111198 A (SARCOS CORP.) 19 July 2018 (2018-07-19), paragraph [0131]	7

☒ 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
03.08.2021	10.08.2021
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/022780

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-307634 A (FANUC LTD.) 25 December 2008 (2008-12-25), paragraphs [0002], [0003]	8
A	JP 6-297378 A (NEC CORP.) 25 October 1994 (1994-10-25), paragraph [0016]	1-12
A	JP 6-39775 A (CANON INC.) 15 February 1994 (1994-02-15), paragraphs [0001]-[0012]	1-12
A	JP 4-193494 A (FUJITSU LTD.) 13 July 1992 (1992-07-13)	1-12
A	JP 62-145305 A (HITACHI, LTD.) 29 June 1987 (1987-06-29)	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 42330/1987 (Laid-open No. 151291/1988) (HITACHI PLANT ENGINEERING & CONSTRUCTION CO., LTD.) 05 October 1988 (1988-10-05)	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/022780

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 3288518 B2	04.06.2002	(Family: none)	
JP 2014-188642 A	06.10.2014	(Family: none)	
WO 2020/110482 A1	04.06.2020	CN 113167350 A	
JP 2018-111198 A	19.07.2018	US 2018/0133905 A1 paragraph [0131] EP 3326759 A1 KR 10-2018-0053266 A	
JP 2008-307634 A	25.12.2008	US 2008/0312769 A1 paragraphs [0004], [0005] EP 2002945 A1 CN 101323111 A	
JP 6-297378 A	25.10.1994	(Family: none)	
JP 6-39775 A	15.02.1994	(Family: none)	
JP 4-193494 A	13.07.1992	(Family: none)	
JP 62-145305 A	29.06.1987	(Family: none)	
JP 63-151291 U1	05.10.1988	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/022780

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; B25J 19/00(2006.01)i
FI: B25J13/08 Z; B25J19/00 A

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））

B25J1/00-21/02; B23P19/00-19/04

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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
Y	JP 3288518 B2 (三菱電機株式会社) 04.06.2002 (2002-06-04) 段落０００３－００１０、００４２－００６２	1-12
Y	JP 2014-188642 A (セイコーエプソン株式会社) 06.10.2014 (2014-10-06) 段落００３５、００４４、００５５	1-12
Y	WO 2020/110482 A1 (ソニー株式会社) 04.06.2020 (2020-06-04) 段落００８０－００８２	2-3
Y	JP 2018-111198 A (サルコス コーポレーション) 19.07.2018 (2018-07-19) 段落０１３１	7
Y	JP 2008-307634 A (ファナック株式会社) 25.12.2008 (2008-12-25) 段落０００２－０００３	8
A	JP 6-297378 A (日本電気株式会社) 25.10.1994 (1994-10-25) 段落００１６	1-12
A	JP 6-39775 A (キヤノン株式会社) 15.02.1994 (1994-02-15) 段落０００１－００１２	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
03.08.2021	10.08.2021

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）
亀田　貴志 3U 9719
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

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
A	JP 4-193494 A (富士通株式会社) 13.07.1992 (1992-07-13)	1-12
A	JP 62-145305 A (株式会社日立製作所) 29.06.1987 (1987-06-29)	1-12
A	日本国実用新案登録出願62-42330号(日本国実用新案登録出願公開63-151291号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (日立プラント建設株式会社) 05.10.1988 (1988-10-05)	1-12

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/JP2021/022780

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 3288518 B2	04.06.2002	（ファミリーなし）	
JP 2014-188642 A	06.10.2014	（ファミリーなし）	
WO 2020/110482 A1	04.06.2020	CN 113167350 A	
JP 2018-111198 A	19.07.2018	US 2018/0133905 A1 [0131] EP 3326759 A1 KR 10-2018-0053266 A	
JP 2008-307634 A	25.12.2008	US 2008/0312769 A1 [0004]-[0005] EP 2002945 A1 CN 101323111 A	
JP 6-297378 A	25.10.1994	（ファミリーなし）	
JP 6-39775 A	15.02.1994	（ファミリーなし）	
JP 4-193494 A	13.07.1992	（ファミリーなし）	
JP 62-145305 A	29.06.1987	（ファミリーなし）	
JP 63-151291 U1	05.10.1988	（ファミリーなし）	