(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
2023年8月24日(24.08.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/157151 A1

(51) 国際特許分類:
*B25J 9/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/006271

(22) 国際出願日： 2022年2月16日(16.02.2022)

(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: 株式会社安川電機 (**KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI**) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石２番１号 Fukuoka (JP).

(72) 発明者: 横矢 剛(**YOKOYA Tsuyoshi**); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石２番１号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).

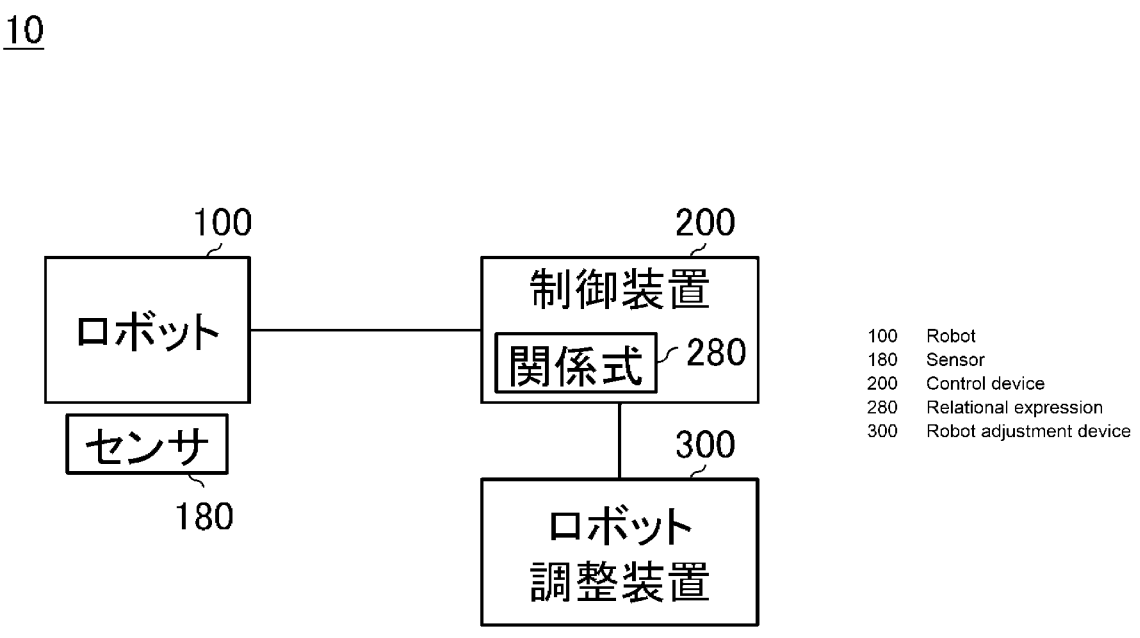
(74) 代理人: 弁理士法人ＲＹＵＫＡ国際特許事務所(**RYUKA & PARTNERS**); 〒1631522 東京都新宿区西新宿１－６－１ 新宿エルタワー２２階 Tokyo (JP).

(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, JM, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

WO 2023/157151 A1

(54) **Title:** ROBOT SYSTEM, ROBOT ADJUSTMENT DEVICE, PROGRAM, AND ROBOT MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称： ロボットシステム、ロボット調整装置、プログラム、及びロボット製造方法




(57) **Abstract:** Provided is a robot system including: a multi-joint robot having a plurality of shafts; and a controller for controlling the robot. The controller comprises: a storage unit for storing a relational expression that indicates the relationship between the plurality of shafts and the fingers of the robot and that has elements which have been adjusted to the individual robot by using an optimization scheme; and a command generation unit that generates an operation command for the robot on the basis of the relational expression stored in the storage unit. Provided is a robot adjustment device comprising: a sensor value information acquisition unit that acquires sensor value information pertaining to the plurality

［続葉有］

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))

of shafts or the fingers of the robot during operation of the multi-joint robot having the plurality of shafts; a shaft-related information acquisition unit that acquires shaft-related information related to the plurality of shafts during operation of the robot; and an adjustment unit that uses an optimization scheme to adjust the elements in the relational expression on the basis of the discrepancy between the sensor value information and calculation information, said calculation information having been calculated by using the axis-related information and the relational expression that indicates the relationship between the plurality of shafts and the fingers of the robot.

(57) 要約:複数の軸を備える多関節型のロボットと、ロボットを制御するコントローラと、を備え、コントローラは、複数の軸とロボットの手先との関係を示し、最適化手法によりロボットの個体に対して調整された要素を有する関係式を記憶する記憶部と、記憶部に記憶された関係式に基づいて、ロボットの動作指令を生成する指令生成部と、を有する、ロボットシステムを提供する。複数の軸を備える多関節型のロボットが動作したときのロボットの手先又は複数の軸に対するセンサ値情報を取得するセンサ値情報取得部と、ロボットが動作したときの複数の軸に関連する軸関連情報を取得する軸関連情報取得部と、複数の軸とロボットの手先との関係を示す関係式及び軸関連情報によって算出した算出情報と、センサ値情報との誤差に基づいて、関係式の要素を最適化手法により調整する調整部とを備えるロボット調整装置を提供する。

# 明　細　書

## 発明の名称 ：

# ロボットシステム、ロボット調整装置、プログラム、及びロボット製造方法

## 技術分野

[0001] 本発明は、ロボットシステム、ロボット調整装置、プログラム、及びロボット製造方法に関する。

## 背景技術

[0002] 特許文献１には、ロボットの各軸の外乱トルクにヤコビ行列の逆行列を乗じることによってロボットの手先力を推定することが記載されている。

［先行技術文献］

［特許文献］

［特許文献１］特開２０１１－２３５３７４号公報

## 一般的開示

[0003] 本発明の一実施態様によれば、ロボットシステムが提供される。ロボットシステムは、複数の軸を備える多関節型のロボットと、前記ロボットを制御するコントローラとを備えてよい。前記コントローラは、前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示し、最適化手法により前記ロボットの個体に対して調整された要素を有する関係式を記憶する記憶部を有してよい。前記コントローラは、前記記憶部に記憶された前記関係式に基づいて、前記ロボットの動作指令を生成する指令生成部を有してよい。

[0004] 前記記憶部は、前記ロボットの個体に対して調整された前記要素によって構成されるヤコビ行列を有する前記関係式を記憶してよい。前記記憶部は、前記ロボットの個体に対して調整された前記複数の軸の伝達効率を含む前記関係式を記憶してよい。前記指令生成部は、力センサを用いずに、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸の外乱トルク及び前記複数の軸の回転角度と前記関係式とに基づいて推定した、前記ロボットの推定手先力を用いて

、前記ロボットの動作指令を生成してよい。

[0005] 前記コントローラは、前記ロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報を取得するセンサ値情報取得部を有してよい。前記コントローラは、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報を取得する軸関連情報取得部を有してよい。前記コントローラは、前記軸関連情報及び前記関係式によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の前記要素を調整する調整部を有してよい。前記記憶部は、前記調整部によって前記要素が調整された前記関係式を記憶してよい。前記関係式は、ヤコビ行列を含んでよく、前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記ヤコビ行列を構成する前記要素を調整してよい。前記関係式は、前記複数の軸の伝達効率を含んでよく、前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記複数の軸の前記伝達効率を調整してよい。前記センサ値情報は、前記ロボットの手先力を測定する力センサによって測定されたセンサ値を含んでよく、前記軸関連情報は、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸の回転角度及び前記複数の軸の外乱トルクを含んでよく、前記算出情報は、前記複数の軸の回転角度、前記複数の軸の外乱トルク、及び前記関係式によって算出された前記ロボットの推定手先力を含んでよく、前記指令生成部は、力センサを用いずに、前記算出情報に含まれる前記推定手先力を用いて、前記ロボットの動作指令を生成してよい。

[0006] 前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差をより小さくするようにブラックボックス最適化を実行することによって、前記関係式の要素を調整してよい。前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差をより小さくするようにベイズ最適化を実行することによって、前記関係式の要素を調整してよい。前記調整部は、探索範囲を前記ロボットの設定値を中心とした予め定められた範囲内に限って前記ブラックボックス最適化を実行してよい。前記関係式は、前記複数の軸のそれぞれについて、軸に関連する複数の要素を含んでよく、前記調整部は、前記複数の軸毎に、軸に関連

する前記複数の要素を調整してよい。前記調整部は、前記複数の軸のそれぞれについて、前記複数の軸が連結された順番で、軸に関連する前記複数の要素を調整してよい。前記調整部は、前記複数の軸のそれぞれについて、根元側から手先側の順番で、軸に関連する前記複数の要素を調整してよい。前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の要素を変更してよい。

[0007] 本発明の一実施態様によれば、ロボット調整装置が提供される。前記ロボット調整装置は、複数の軸を備える多関節型のロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報を取得するセンサ値情報取得部を備えてよい。前記ロボット調整装置は、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報を取得する軸関連情報取得部を備えてよい。前記ロボット調整装置は、前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示す関係式及び前記軸関連情報によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の要素を最適化手法により調整する調整部を備えてよい。

[0008] 本発明の一実施態様によれば、コンピュータを、前記ロボット調整装置として機能させるためのプログラムが提供される。

[0009] 本発明の一実施態様によれば、コンピュータによって実行される、複数の軸を備える多関節型のロボットの製造方法が提供される。前記製造方法は、前記ロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報と、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報とを取得する情報取得段階を備えてよい。前記製造方法は、前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示す関係式及び前記軸関連情報によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の要素を最適化手法により調整する調整段階を備えてよい。

[0010] なお、上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴のすべてを列挙したものではない。また、これらの特徴群のサブコンビネーションもまた、発明となりうる。

## 図面の簡単な説明

[0011] [図1]ロボットシステム１０の一例を概略的に示す。

[図2]センサ１８０の配置の一例を概略的に示す。

[図3]センサ１８０の配置の一例を概略的に示す。

[図4]制御装置２００及びロボット調整装置３００の機能構成の一例を概略的に示す。

[図5]ヤコビ行列の算出手法を説明するための説明図である。

[図6]ロボット調整装置３００による調整処理を概略的に説明するための説明図である。

[図7]６軸ロボット５００の一例を概略的に示す。

[図8]６軸ロボット５００における関係式２８０について説明するための説明図である。

[図9]ロボット調整装置３００による調整処理の流れの一例を概略的に示す。

[図10]ロボット調整装置３００による調整処理の流れの一例を概略的に示す。

[図11]ロボット調整装置３００によるロボット１００の製造方法の流れの一例を概略的に示す。

[図12]ロボット調整装置３００として機能するコンピュータ１２００のハードウェア構成の一例を概略的に示す。

## 発明を実施するための形態

[0012] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせのすべてが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

[0013] 図１は、ロボットシステム１０の一例を概略的に示す。ロボットシステム１０は、ロボット１００及び制御装置２００を備える。ロボットシステム１０は、ロボット調整装置３００を備えてもよい。ロボットシステム１０は、センサ１８０を備えてもよい。

[0014] ロボット１００は、複数の軸を備える多関節型のロボットである。ロボット１００は、シリアルリンク機構を有してよく、複数の軸は、複数のリンクによってシリアルに接続されていてよい。ロボット１００が備える軸の数は任意の数であってよく、例えば、ロボット１００は、４～７軸を備える。ロボット１００は、いわゆる産業用ロボットであってよい。ロボット１００の用途は産業用に限らず、医療用等の他の用途であってもよい。

[0015] 制御装置２００は、ロボット１００を制御する。制御装置２００は、ロボット１００からフィードバックを受けながら、ロボット１００のサーボモータを動作させる動作指令をロボット１００に送信することによって、ロボット１００を制御してよい。ロボット１００からフィードバックされるフィードバック情報の例として、複数の軸のそれぞれの回転角度、回転速度、及びトルク等が挙げられる。

[0016] ロボット調整装置３００は、ロボット１００に関する調整を実行する。ロボット調整装置３００は、ロボット１００の複数の軸とロボット１００の手先との関係を示す関係式２８０の要素を調整する。

[0017] 関係式２８０は、ヤコビ行列を含んでよく、ロボット調整装置３００は、ヤコビ行列を構成する要素を調整してよい。関係式２８０は、複数の軸の伝達効率を含んでよく、ロボット調整装置３００は、複数の軸の伝達効率を調整してよい。ロボット調整装置３００は、ヤコビ行列を構成する要素、及び複数の軸の伝達効率の両方を調整してよい。ロボット調整装置３００は、ヤコビ行列を構成する要素、及び複数の軸の伝達効率のいずれか一方のみを調整してもよい。

[0018] ロボット調整装置３００は、ロボット１００が動作したときにセンサ１８０が測定したセンサ値を示すセンサ値情報を用いた学習を実行することによって、関係式２８０の要素を調整してよい。例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００が動作したときの、ロボット１００の手先に対するセンサ値情報と、ロボット１００によるフィードバック情報とを取得する。ロボット調整装置３００は、フィードバック情報と関係式２８０によって算出

した算出情報と、センサ値情報との誤差に基づいて、関係式２８０の要素を調整する。例えば、ロボット調整装置３００は、算出情報とセンサ値情報との誤差をより小さくするように最適化処理を実行することによって、関係式２８０の要素を調整する。これにより、フィードバック情報及び関係式２８０を用いた算出情報の精度を向上させることができる。

[0019] センサ１８０は、例えば、ロボット１００の手先に加わる力（手先力と記載する場合がある。）を測定する力センサである。ロボット調整装置３００は、例えば、学習のために、ロボット１００の手先に力が加わった状態でロボット１００が動作したときの、センサ１８０によって測定された力センサ値を含むセンサ値情報と、ロボット１００のフィードバック情報とを取得する。

[0020] ロボット調整装置３００は、フィードバック情報に含まれるトルクから、外乱トルクを算出する。外乱トルクは、実トルクから、制御に必要なトルクを除いた値を示す。ロボット調整装置３００は、例えば、予め、ロボット１００が外乱のない特定の軌道上を動作したときのトルク（無外乱トルクと記載する場合がある。）を制御装置２００から受信して、記憶しておく。ロボット調整装置３００は、フィードバック情報に含まれるトルクと、無外乱トルクとの差分を、外乱トルクとして取得してよい。

[0021] ロボット調整装置３００は、フィードバック情報に含まれる複数の軸の回転角度と、算出した複数の軸の外乱トルクと、関係式２８０とによって、ロボット１００の手先力を推定してよい。ロボット調整装置３００は、推定した手先力（推定手先力と記載する場合がある。）と、センサ値情報に含まれる力センサ値との誤差をより小さくするように最適化を実行することによって、関係式２８０の要素を調整してよい。ロボット調整装置３００は、要素を調整した関係式２８０を制御装置２００に設定してよい。

[0022] ロボットによる組立や加工の工程では、力制御により一定の力で手先を押し付けながら作業を実施させることが要求される場合がある。このとき、一般的には、手先に取り付けた力センサ等を用いて力制御を実現するが、その

センサシステムが高額であったり、粉塵や水滴によってセンサが故障しやすい環境であったりする等して、センサを用いた力制御の機能を導入できない場合がある。そのため、センサを用いずに低コストで実現可能な力制御機能の開発が求められる。センサレスによる力制御は従来も実施されており、ロボット各軸の外乱トルクから手先力をヤコビ行列により算出して、手先力を推定することで実現している。しかしながら、ロボットのリンク長及び軸原点等のズレや、トルクの伝達効率の机上計算とのズレ等により、実用的な精度で手先力を推定することは難しいとされている。ロボットの設計によって各軸間距離及び伝達効率等の値が決定されるが、環境や原点ズレ、劣化等で、設計からズレが生じる。

[0023] それに対して、本実施形態に係るロボット調整装置３００は、例えば、複数の軸の回転角度及び外乱トルク並びに関係式２８０によって算出した推定手先力と、実際の力センサ値との誤差を目的関数として、ヤコビ行列における各軸間距離及び各軸の伝達効率をパラメータとして最適化する。これにより、複数の軸の回転角度及び外乱トルクを用いた手先力の推定精度を向上させることができる。ロボット調整装置３００によって最適化された関係式２８０を記憶する制御装置２００は、力センサを用いずに、関係式２８０によって推定したロボット１００の推定手先力を用いて、ロボット１００の力制御に関連する動作指令を生成してよい。これにより、低コストで実用的な精度の力制御を実現可能なロボットシステム１０を提供することができる。

[0024] ロボット調整装置３００は、複数組のロボット１００及び制御装置２００のそれぞれに対して、最適化手法によりロボット１００の個体に対して要素を調整した関係式２８０を設定してよい。

[0025] 例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００の製造システムに組み込まれて、製造対象の複数のロボット１００について、順番に関係式２８０の要素の調整を実行する。これにより、製造時点においてリンク長及び各軸原点等が設計値からズレてしまっている場合であっても、センサレスで手先力を比較的高精度に推定可能なロボット１００及び制御装置２００を提供

することができる。

[0026] 例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００のメンテナンスシステムに組み込まれて、メンテナンス対象の複数のロボット１００について、順番に関係式２８０の要素の調整を実行する。使用されたロボット１００は、変形したり劣化したりすることによって、使用前の状態と比較して、リンク長及び各軸原点がずれてしまう場合がある。よって、使用前の状態における関係式２８０を用いた手先力の推定精度が高くても、使用後は推定精度が低下してしまう。ロボット調整装置３００によれば、メンテナンス時点でのロボット１００の状態に適した関係式２８０を設定することができ、メンテナンス前と比較して、手先力の推定精度を向上させることができる。

[0027] ロボット調整装置３００は、１組のロボット１００及び制御装置２００に対して備え付けられてもよい。この場合、ロボット調整装置３００は、定期的に又は不定期に、関係式２８０の要素を調整してよい。また、ロボット調整装置３００は、ロボット１００の管理者等の指示に従って、関係式２８０の要素を調整してもよい。これにより、ロボット１００が使用されることによって、変形したり劣化したりした場合であっても、使用後の状態に適合するように関係式２８０の要素を調整することができ、手先力の推定精度が高い状態を保つことに貢献できる。

[0028] 制御装置２００は、コントローラの一例であってよい。また、制御装置２００及びロボット調整装置３００の組み合わせが、コントローラの一例であってもよい。すなわち、コントローラは、制御装置２００のみを含んでよく、制御装置２００及びロボット調整装置３００の両方を含んでもよい。なお、制御装置２００とロボット調整装置３００とは一体であってもよい。すなわち、制御装置２００がロボット調整装置３００の機能を備えてもよい。

[0029] ロボット１００の制御が、いわゆるロボットコントローラと、ロボット１００のティーチングポイントを生成してロボットコントローラに提供するいわゆる汎用ロボットコントローラとの組み合わせによって実現される環境において、制御装置２００は、ロボットコントローラとして機能してよい。こ

の場合、ロボットシステム１０は、汎用ロボットコントローラを更に備えてもよい。

[0030] 図２及び図３は、センサ１８０の配置の一例を概略的に示す。ここでは、センサ１８０が、ロボット１００の手先力を測定する力センサである場合を例示している。

[0031] センサ１８０は、図２に例示するように、ロボット１００に対して設置されてよい。ロボット１００を、複数の姿勢で様々な力を手先に加えながら動作させることによって、学習に用いる、センサ値情報及びフィードバック情報を収集することができる。センサ１８０をロボット１００に対して設置することによって、高精度な情報収集を可能とすることができる。

[0032] ロボット調整装置３００がロボット１００の製造システムに組み込まれる場合、製造対象であるロボット１００に対してセンサ１８０が設置され、ロボット１００を動作させながら情報を収集した後、センサ１８０が取り外される。ロボット調整装置３００がロボット１００のメンテナンスシステムに組み込まれる場合も同様に、メンテナンス対象であるロボット１００に対してセンサ１８０が設置され、ロボット１００を動作させながら情報を収集した後、センサ１８０が取り外される。ロボット調整装置３００が、１組のロボット１００及び制御装置２００に対して備え付けられる場合、関係式２８０を調整する際に、ロボット１００に対してセンサ１８０が設置され、ロボット１００を動作させながら情報を収集した後、センサ１８０が取り外される。

[0033] センサ１８０は、図３に例示するように、ロボット１００に対してではなく、環境側に設置されてもよい。図３は、センサ１８０がワーク２０に対して設置されている状態を例示している。ロボット１００に、複数の姿勢で複数の方向からセンサ１８０に対して力を加えさせたり、センサ１８０の位置や姿勢を適宜変更しながらセンサ１８０に対して力を加えさせたりすることによって、学習に用いる、センサ値情報及びフィードバック情報を収集することができる。センサ１８０を環境側に設置することによって、センサ１８

０をロボット１００に対して設置する時間を節約することができる。

[0034] 図４は、制御装置２００及びロボット調整装置３００の機能構成の一例を概略的に示す。制御装置２００は、通信部２０２、通信部２０４、記憶部２０６、及び指令生成部２０８を備える。ロボット調整装置３００は、通信部３０２、通信部３０４、記憶部３０６、学習準備部３０８、及び学習処理部３１０を備える。

[0035] 通信部２０２は、ロボット１００と通信する。通信部２０２は、ロボット１００と有線通信してよい。通信部２０２は、ロボット１００と無線通信してもよい。通信部２０２は、ロボット１００と、直接通信してよく、ネットワークを介して通信してもよい。

[0036] 通信部２０４は、ロボット調整装置３００と通信する。通信部２０４は、ロボット調整装置３００と有線通信してよい。通信部２０４は、ロボット調整装置３００と無線通信してもよい。通信部２０４は、ロボット調整装置３００と、直接通信してよく、ネットワークを介して通信してもよい。

[0037] 記憶部２０６は、各種情報を記憶する。記憶部２０６は、例えば、関係式２８０を記憶する。記憶部２０６は、ロボット１００に関する設定値を記憶してもよい。設定値は、ロボット１００の各軸間距離を含んでよい。設定値は、ロボット１００の各軸間の位置姿勢関係を含んでよい。設定値は、ロボット１００の各軸の伝達効率を含んでよい。

[0038] 設定値は、例えば、ロボット１００の設計値である。設定値は、例えば、設計値にキャリブレーション等によって調整が加えられた調整値である。設定値は、例えば、ロボット１００が使用された後に、ロボット１００の状態に合わせて設定された値であってもよい。

[0039] 指令生成部２０８は、ロボット１００の動作指令を生成する。指令生成部２０８は、記憶部２０６に記憶された関係式２８０に基づいて、ロボット１００の動作指令を生成してよい。

[0040] 通信部３０２は、制御装置２００と通信する。通信部３０２は、制御装置２００と有線通信してよい。通信部３０２は、制御装置２００と無線通信し

てもよい。通信部３０２は、制御装置２００と、直接通信してよく、ネットワークを介して通信してもよい。

[0041] 通信部３０４は、センサ１８０と通信する。通信部３０４は、センサ１８０と有線通信してよい。通信部３０４は、センサ１８０と無線通信してもよい。通信部３０４は、センサ１８０と、直接通信してよく、ネットワークを介して通信してもよい。

[0042] 記憶部３０６は、各種情報を記憶する。記憶部３０６は、例えば、通信部３０２が制御装置２００から受信した情報を記憶する。例えば、通信部３０２は、制御装置２００の記憶部２０６に記憶されている関係式２８０を受信して、記憶部３０６に記憶させる。例えば、通信部３０２は、記憶部２０６に記憶されている設定値を受信して、記憶部３０６に記憶させる。

[0043] 記憶部３０６は、学習のためにロボット１００に実施させる動作を示す動作データを記憶してよい。記憶部３０６は、例えば、効率的に学習するために生成された、多様な動作をロボット１００に実施させるための動作データを、記憶する。

[0044] ロボット１００の用途が決まっている場合、記憶部３０６は、用途に応じて生成された動作データを記憶してもよい。ロボット１００が実施する予定の動作が決まっている場合に、記憶部３０６は、実施予定の動作をロボット１００に実施させる動作データを記憶してもよい。これにより、ロボット１００が実施する予定の動作に合わせた学習を実行可能にでき、精度向上に貢献できる。

[0045] 記憶部３０６は、無外乱トルクを取得するための動作データを記憶してもよい。無外乱トルクを取得するための動作データは、学習のためにロボット１００に実施させる動作と同様の動作を、外乱のない状態で実施させるためのものであってよい。また、無外乱トルクを取得するための動作データは、無外乱トルクを正確に取得するために生成されたものであってもよい。

[0046] ［学習準備］

学習準備部３０８は、学習の準備処理を実行する。学習準備部３０８は、

通信部３０２を介して動作データを制御装置２００に送信することによって、制御装置２００にロボット１００を制御させてよい。制御装置２００の指令生成部２０８は、ロボット調整装置３００から受信した動作データに従って動作指令を生成し、ロボット１００に送信してよい。

[0047] 学習準備部３０８は、例えば、無外乱トルクを取得するための動作データを制御装置２００に送信する。制御装置２００は、動作データに従ってロボット１００を動作させ、ロボット１００からフィードバック情報を受信する。制御装置２００は、受信したフィードバック情報をロボット調整装置３００に送信する。記憶部３０６は、受信したフィードバック情報に含まれるトルクを、無外乱トルクとして記憶する。

[0048] 学習準備部３０８は、例えば、学習のための動作データを制御装置２００に送信する。制御装置２００は、動作データに従ってロボット１００を動作させ、ロボット１００が動作したときのフィードバック情報をロボット１００から受信する。センサ１８０は、ロボット１００が動作したときのロボット１００の手先に対するセンサ値を測定する。

[0049] ロボット調整装置３００は、制御装置２００からフィードバック情報を受信する。ロボット調整装置３００は、センサ１８０によって測定されたセンサ値を含むセンサ値情報を受信する。ロボット調整装置３００は、通信部３０４によって、センサ１８０からセンサ値情報を受信してよい。センサ１８０がロボット１００と通信可能な場合や、センサ１８０が制御装置２００と通信可能な場合に、ロボット調整装置３００は、制御装置２００を介して、センサ値情報を受信してもよい。記憶部３０６は、受信したフィードバック情報及びセンサ値情報を記憶する。

[0050] なお、ここでは、ロボット調整装置３００が主体となって学習準備を実行する場合を例に挙げて説明したが、これに限らない。学習準備の実施主体は、ロボット１００の管理者等の人であってもよく、人が制御装置２００を操作しながら、学習準備を進めてもよい。

[0051] ［学習処理］

学習処理部３１０は、学習処理を実行する。学習処理部３１０は、学習情報生成部３１２、センサ値情報取得部３１４、軸関連情報取得部３１６、及び調整部３１８を有する。

[0052] ［学習情報の生成］

学習情報生成部３１２は、記憶部３０６に記憶されている情報から、学習情報を生成する。学習情報生成部３１２は、例えば、ロボット１００が動作したときのロボット１００の手先に対するセンサ値情報と、ロボット１００が動作したときの複数の軸に関連する軸関連情報とを含む学習情報を生成する。

[0053] 例えば、学習処理部３１０は、フィードバック情報に含まれるトルクと無外乱トルクとの差分を、外乱トルクとして算出する。そして、学習処理部３１０は、フィードバック情報に含まれる複数の軸の回転角度と、算出した外乱トルクとを含む軸関連情報と、センサ値情報とを含む学習情報を生成して、記憶部３０６に記憶させる。

[0054] ［学習処理内容］

センサ値情報取得部３１４、軸関連情報取得部３１６、及び調整部３１８は、学習処理を実行する。センサ値情報取得部３１４は、記憶部３０６に記憶されている学習情報から、センサ値情報を取得する。軸関連情報取得部３１６は、記憶部３０６に記憶されている学習情報から、軸関連情報を取得する。

[0055] 調整部３１８は、最適化手法によって、関係式２８０の要素を、ロボット１００の個体に対して調整する。調整部３１８は、センサ値情報取得部３１４が取得したセンサ値情報と、軸関連情報取得部３１６が取得した軸関連情報とに基づいて、記憶部３０６に記憶されている関係式２８０の要素を調整してよい。例えば、調整部３１８は、軸関連情報及び関係式２８０によって算出した算出情報と、センサ値情報との誤差に基づいて、関係式２８０の要素を調整する。

[0056] 調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差に基づいて、関係式２

８０に含まれるヤコビ行列を構成する要素を調整してよい。例えば、調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差をより小さくするように最適化を実行することによって、関係式２８０に含まれるヤコビ行列を構成する要素を調整する。ヤコビ行列の要素を調整することによって、手先力の推定精度を向上させることができる。

[0057] 調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差に基づいて、関係式２８０に含まれる複数の軸の伝達効率を調整してよい。例えば、調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差をより小さくするように最適化を実行することによって、関係式２８０に含まれる複数の軸の伝達効率を調整する。ヤコビ行列を構成する要素に加えて、複数の軸の伝達効率を調整することによって、手先力の推定精度をさらに向上させることができる。

[0058] 調整部３１８は、要素を調整した関係式２８０を、制御装置２００に設定する。記憶部２０６は、調整部３１８によって要素が調整された関係式２８０を記憶する。

[0059] 調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差に基づいて、関係式２８０の要素を変更することによって、関係式２８０の要素を調整してよい。調整部３１８は、算出情報とセンサ値情報との誤差に基づいて、関係式２８０の要素を補正する補正値を算出することによって、関係式２８０の要素を調整してもよい。調整部３１８は、算出した補正値を制御装置２００に送信してよく、制御装置２００は、受信した補正値を関係式２８０と対応付けて記憶部２０６に記憶してよい。

[0060] 関係式２８０の要素を変更することによって、補正値を算出する場合と比較して、データ量を低減したり、管理負担を低減したり、ロボット動作時の計算負荷を低減したりすることができる。関係式２８０の要素を補正する補正値を算出することによって、要素を変更する場合と比較して、調整前の状態に戻しやすくすることができる。例えば、関係式２８０の要素を調整した結果、精度が低下するような事態が発生した場合に、より迅速に元の状態に復帰させることができる。

[0061] 指令生成部２０８は、記憶部２０６に記憶されている、調整部３１８によって要素が調整された関係式２８０に基づいて、ロボット１００の動作指令を生成してよい。例えば、指令生成部２０８は、ロボット１００の手先力推定に用いる関係式２８０に基づいて推定したロボット１００の推定手先力を用いて、ロボット１００の動作指令を生成する。例えば、指令生成部２０８は、力制御により一定の力で手先を押し付けながらワークを研磨する研磨作業をロボット１００に実施させるための動作指令を生成する。例えば、指令生成部２０８は、力制御を行わない規定の動作でワークを研磨し、手先力がかからなくなったことに応じて研磨を終了する作業をロボット１００に実施させるための動作指令を生成する。指令生成部２０８が、ロボット１００の個体に対して調整された要素によって構成されるヤコビ行列を含む関係式２８０を用いてロボット１００の動作指令を生成することによって、ロボット１００のリンク長や軸原点のズレの影響を低減することができ、ロボット制御の精度を向上させることができる。指令生成部２０８が、ロボット１００の個体に対して調整された複数の軸の伝達効率を含む関係式２８０を用いてロボット１００の動作指令を生成することによって、各軸伝達効率の机上計算とのズレの影響を低減することができ、ロボット制御の精度を向上させることができる。

[0062] 図５は、ヤコビ行列の算出手法を説明するための説明図である。ここでは、力推定に用いるヤコビ行列の算出手法を例に挙げて説明する。図５に示すように、座標系Σにかかる力をＦ、座標系Σ´にかかる力をＦ´とし、Σ´の位置を基準としたΣの位置をＰ＝（ｐｘ，ｐｙ，ｐｚ）とし、回転行列をＲとし、Ｆ´＝ＪＦとしたとき、ヤコビ行列Ｊは、下記数式１で表される。

[0063] [数1]

$$J = \begin{bmatrix} R & 0 \\ P\times & R \end{bmatrix}$$

ただし、Ｐ×は下記数式２のとおりである。

[0064]

[数2]

$$\mathrm{P}\times=\begin{bmatrix} 0 & -pz & py \\ pz & 0 & -px \\ -py & px & 0 \end{bmatrix}$$

[0065] 図６は、ロボット調整装置３００による調整処理を概略的に説明するための説明図である。ここでは、ロボット１００の手先力推定に用いる関係式４０６の調整処理について説明する。

[0066] 軸関連情報取得部３１６は、複数の学習情報のうちの一の学習情報から各軸外乱トルクτ４０２及び各軸回転角度θ４０４を取得する。調整部３１８は、各軸外乱トルクτ４０２と、各軸回転角度θ４０４とを用いて関係式４０６を計算することによって、推定手先力４０８を算出する。調整部３１８は、センサ値情報取得部３１４が学習情報から取得した力センサ値４１０と推定手先力４０８との誤差を算出する。調整部３１８は、時系列の手先力の変動を示す力センサ値４１０及び推定手先力４０８の誤差として、例えば、平均二乗誤差を用いる。

[0067] 調整部３１８は、推定手先力４０８と力センサ値４１０との誤差を目的関数として、最適化手法４２０によって、関係式４０６の要素を最適化する。調整部３１８は、推定手先力４０８と力センサ値４１０との誤差をより小さくするように、各軸間の位置姿勢及び各軸の伝達効率をパラメータとして最適化してよい。

[0068] ［ブラックボックス最適化］

調整部３１８は、最適化手法としてブラックボックス最適化を用いてよい。調整部３１８は、推定手先力４０８と力センサ値４１０との誤差をより小さくするようにブラックボックス最適化を実行することによって、関係式２８０の要素を調整してよい。ブラックボックス最適化を用いることによって、最小化対象の目的関数の構成が特定できていないが、ある入力に対する出力が取得できるという、本例の条件に適した最適化を実行することができる。

[0069] ［ベイズ最適化］

調整部３１８は、最適化手法としてベイズ最適化を用いてよい。すなわち、調整部３１８は、推定手先力４０８と力センサ値４１０との誤差をより小さくするようにベイズ最適化を実行することによって、関係式２８０の要素を調整してよい。本例において、最適化対象となる関係式２８０の要素は、各軸について、位置姿勢の６パラメータ及び伝達効率で７パラメータとなり、パラメータ数が多くなるので、例えば、ランダムに探索しても、最適解を見出すことが難しいところ、ベイズ最適化を用いることによって、効率的に最適解を見出すことが可能となる。なお、調整部３１８は、ランダムサーチ、グリッドサーチ、及び全探索等の他の手法を用いてもよい。

[0070] ［探索範囲の限定］

調整部３１８は、ブラックボックス最適化の探索範囲を、記憶部３０６に記憶されているロボット１００の設定値に基づいて決定してもよい。例えば、調整部３１８は、探索範囲をロボット１００の設定値を中心とした予め定められた範囲内に限ってブラックボックス最適化を実行する。これにより、探索範囲を適切に制限することができ、最適化の効率を向上させることができる。

[0071] 調整部３１８に、予め定められた範囲を示す範囲情報が事前に登録されてよい。調整部３１８は、記憶部３０６に記憶されているロボット１００の設定値と、事前に登録された範囲情報とを用いて探索範囲を限定してよい。

[0072] 範囲情報は、設定値に含まれるパラメータ毎に登録されてよい。例えば、各軸間距離に対して、距離の範囲を示す範囲情報が登録される。例えば、各軸間の位置関係に対して、位置関係の範囲を示す範囲情報が登録される。例えば、各軸間の姿勢関係に対して、姿勢関係の範囲を示す範囲情報が登録される。例えば、各軸の伝達効率に対して、伝達効率の範囲を範囲情報が登録される。

[0073] 範囲情報は、例えば、実験によって決定される。例えば、各軸間距離の設計値と実測値との差分を収集したり、ロボット１００使用前の各軸間距離と

使用後の各軸間距離との差分を収集したりすることによって、±５ｍｍ等の、距離の範囲を決定することができる。範囲情報は、人の経験によって決定されてもよい。

[0074] 図７は、６軸ロボット５００の一例を概略的に示す。６軸ロボット５００は、ロボット１００の一例であってよい。６軸ロボット５００は、Ｓ軸５１０、Ｌ軸５２０、Ｕ軸５３０、Ｒ軸５４０、Ｂ軸５５０、及びＴ軸５６０を備える。

[0075] 図８は、６軸ロボット５００における関係式２８０について説明するための説明図である。ここでは、複数の軸の回転方向がＺ軸となるように座標系を設定し、Ｚ軸まわりのモーメントを$M_Z$で表し、各軸について、伝達効率×減速比を$\eta$で表す。

[0076] ６軸ロボット５００の手先に力Ｆが加わった場合に、Ｔ軸５６０に加わる力$F_T$は、下記数式３で表され、Ｔ軸５６０の外乱トルク$\tau_T$は、下記数式４で表される。

[0077] [数3]

$$F_T = J_T F$$

[0078] [数4]

$$\tau_T = \left(F_T \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_T$$

[0079] Ｂ軸５５０に加わる力$F_B$は、下記数式５で表され、Ｂ軸５５０の外乱トルク$\tau_B$は、下記数式６で表される。

[0080] [数5]

$$F_B = J_B(\theta_T)F_T$$

[0081] [数6]

$$\tau_B = \left(F_B \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_B$$

[0082] Ｒ軸５４０に加わる力$F_R$は、下記数式７で表され、Ｒ軸５４０の外乱トルク$\tau_R$は、下記数式８で表される。

[0083] [数7]

$$F_R = J_R(\theta_B)F_B$$

[0084] [数8]

$$\tau_R = \left(F_R \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_R$$

[0085] Ｕ軸５３０に加わる力Ｆ$_U$は、下記数式９で表され、Ｕ軸５３０の外乱トルクτ$_U$は、下記数式１０で表される。

[0086] [数9]

$$F_U = J_U(\theta_R)F_R$$

[0087] [数10]

$$\tau_U = \left(F_U \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_U$$

[0088] Ｌ軸５２０に加わる力Ｆ$_L$は、下記数式１１で表され、Ｌ軸５２０の外乱トルクτ$_L$は、下記数式１２で表される。

[0089] [数11]

$$F_L = J_L(\theta_U)F_U$$

[0090] [数12]

$$\tau_L = \left(F_L \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_L$$

[0091] Ｓ軸５１０に加わる力Ｆ$_S$は、下記数式１３で表され、Ｓ軸５１０の外乱トルクτ$_S$は、下記数式１４で表される。

[0092] [数13]

$$F_S = J_S(\theta_L)F_L$$

[0093] [数14]

$$\tau_S = \left(F_S \text{の} M_Z \text{成分}\right)/\eta_S$$

[0094] 以上より、６軸ロボット５００の推定手先力を算出する関係式２８０は、下記数式１５となる。

[0095] [数15]

$$F = \begin{bmatrix} J_S J_L J_U J_R J_B J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \\ J_L J_U J_R J_B J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \\ J_U J_R J_B J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \\ J_R J_B J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \\ J_B J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \\ J_T \text{ の} M_Z \text{成分} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \eta_S \\ \eta_L \\ \eta_U \\ \eta_R \\ \eta_B \\ \eta_T \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \tau_S \\ \tau_L \\ \tau_U \\ \tau_R \\ \tau_B \\ \tau_T \end{bmatrix}$$

[0096] ６軸ロボット５００の場合、最適化対象となる関係式２８０の要素は、各軸について、位置姿勢の６パラメータ及び伝達効率で７パラメータあり、合計で４２パラメータとなる。全パラメータを対象として最適化した場合、計算負荷が高く、多くの時間を要する場合がある。

[0097] ［軸毎の調整］

調整部３１８は、複数の軸毎に、軸に関連する複数の要素を調整してもよい。６軸ロボット５００の場合、調整部３１８は、６軸毎にパラメータを調整してよい。これにより、最適化対象となるパラメータを７パラメータに抑えることができ、計算負荷を低減することができる。

[0098] 調整部３１８は、複数の軸のそれぞれについて、複数の軸が連結された順番で、軸に関連する複数の要素を調整してもよい。複数の軸は、連結された順番が近いほど相互に与える影響が大きくなる。よって、連結された順番で調整することによって、連結された順番とは関係なく調整する場合と比較して、より誤差が少なくなるように最適化することができ得る。

[0099] 例えば、調整部３１８は、複数の軸のそれぞれについて、根元側から手先側の順番で、軸に関連する複数の要素を調整する。６軸ロボット５００の場合、調整部３１８は、Ｓ軸５１０、Ｌ軸５２０、Ｕ軸５３０、Ｒ軸５４０、Ｂ軸５５０、Ｔ軸５６０の順番で、それぞれ７パラメータを調整する。根元

側の軸よりも手先側の軸の方が手先に与える影響が大きいので、調整処理に利用可能な時間が短い場合には、手先から根元への順番で最適化するよりも、根元から手先への順番で最適化する方が、より誤差が少なくなるように最適化することができる。

[0100] 例えば、調整部３１８は、複数の軸のそれぞれについて、手先側から根元側への順番で、軸に関連する複数の要素を調整する。６軸ロボット５００の場合、調整部３１８は、Ｔ軸５６０、Ｂ軸５５０、Ｒ軸５４０、Ｕ軸５３０、Ｌ軸５２０、Ｓ軸５１０の順番で、それぞれ７パラメータを調整する。調整処理に利用可能な時間が長い場合には、手先に与える影響が大きい手先側の軸から十分に最適化していくことができ、結果として、より誤差が少なくなるように最適化することができる。

[0101] 調整部３１８は、調整処理に利用可能な時間に応じて、手先側から根元側への順番で調整するか、根元側から手先側への順番で調整するかを選択してもよい。例えば調整部３１８は、調整処理に利用可能な時間が予め定められた時間閾値以上である場合、手先側から根元側への順番で調整し、閾値以上でない場合、根元側から手先側への順番で調整する。これにより、調整処理に利用可能な時間に応じて、より誤差が少なくなる最適化順を選択することができる。

[0102] 図９は、ロボット調整装置３００による調整処理の流れの一例を概略的に示す。ここでは、学習準備部３０８による学習準備が完了しており、記憶部３０６に複数の学習情報が記憶されている状態を開始状態として説明する。

[0103] ステップ（ステップをＳと省略して記載する場合がある。）１０２では、学習処理部３１０が、記憶部３０６から、複数の学習情報のうちの１つを取得する。

[0104] Ｓ１０４では、センサ値情報取得部３１４、軸関連情報取得部３１６、及び調整部３１８が、最適化手法により、関係式２８０における全軸の要素を対象に調整を実行する。具体的には、調整部３１８が、軸関連情報取得部３１６が取得した各軸の回転角度及び外乱トルクと、関係式２８０とによって

推定手先力を算出し、センサ値情報取得部３１４が取得したセンサ値情報に含まれる力センサ値と、推定手先力との誤差を最小にすべく、関係式２８０の全軸の要素を対象に調整する。

[0105] 複数の学習情報の全てについて調整が終了していない場合（Ｓ１０６でＮＯ）、Ｓ１０２に戻り、学習処理部３１０が、複数の学習情報のうちの次の学習情報を取得する。複数の学習情報の全てについて調整が終了した場合（Ｓ１０６でＹＥＳ）、処理を終了する。

[0106] 図１０は、ロボット調整装置３００による調整処理の流れの一例を概略的に示す。図９では、関係式２８０における全軸の要素を対象に調整する場合について説明したが、ここでは、複数の軸毎に、軸に関連する複数の要素を調整する場合について説明する。なお、図９とは異なる点を主に説明する。

[0107] Ｓ２０２では、学習処理部３１０が、複数の軸のうちの注目軸を決定する。学習処理部３１０は、例えば、複数の軸のうち、最も根元側の軸を注目軸として決定する。Ｓ２０４では、学習処理部３１０が、記憶部３０６から、複数の学習情報のうちの１つを取得する。

[0108] Ｓ２０６では、センサ値情報取得部３１４、軸関連情報取得部３１６、及び調整部３１８が、最適化手法により、関係式２８０における注目軸の要素を対象に調整を実行する。注目軸に対して、複数の学習情報の全てについて調整が終了していない場合（Ｓ２０８でＮＯ）、Ｓ２０４に戻って、学習処理部３１０が、複数の学習情報のうちの次の学習情報を取得する。複数の学習情報の全てについて調整が終了した場合（Ｓ２０８でＹＥＳ）、Ｓ２１０に進む。

[0109] Ｓ２１０では、学習処理部３１０が、全軸について調整が終了したか否かを判定する。終了してないと判定した場合、Ｓ２０２に戻り、学習処理部３１０が、複数の軸のうちの次の注目軸を決定する。終了したと判定した場合、処理を終了する。

[0110] 図１１は、ロボット調整装置３００によるロボット１００の製造方法の流れの一例を概略的に示す。ここでは、ロボット調整装置３００が、組立及び

初期設定が完了したロボット１００及び制御装置２００を受け付けた状態を開始状態とし、制御装置２００の関係式２８０を調整することによって、ロボット１００及び制御装置２００を完成させる処理の流れを説明する。

[0111] Ｓ３０２では、通信部３０２と通信部２０４とが接続され、ロボット調整装置３００と制御装置２００とが通信接続を確立する。本例では、ロボット調整装置３００は、制御装置２００を介して、センサ１８０からセンサ値情報を取得する。

[0112] Ｓ３０４では、学習準備部３０８が、制御装置２００にロボット１００を動作させて、各種情報を収集する。学習準備部３０８は、無外乱トルクを収集してよい。学習準備部３０８は、ロボット１００が学習のための動作をしたときの、フィードバック情報及びセンサ値情報を収集する。

[0113] Ｓ３０６では、学習情報生成部３１２が、Ｓ３０４において収集された情報を用いて、学習情報を生成する。Ｓ３０８では、調整部３１８が、制御装置２００から、制御装置２００に設定されている、ロボット１００の複数の軸の位置及び姿勢と、複数の軸の伝達効率の設定値を取得する。

[0114] Ｓ３１０では、センサ値情報取得部３１４、軸関連情報取得部３１６、及び調整部３１８が、最適化手法により、関係式２８０の要素を調整する。Ｓ３１２では、調整部３１８が、Ｓ３１０において要素を調整した関係式２８０を、制御装置２００に設定する。

[0115] 製造処理を終了しない場合（Ｓ３１４でＮＯ）、Ｓ３０２に戻り、次のロボット１００及び制御装置２００と、ロボット調整装置３００とが接続される。

[0116] ［力推定に用いる他の関係式の調整］

上記実施形態では、ロボット１００の手先力を測定するセンサ１８０によるセンサ値情報を用いて、各軸外乱トルク及び各軸回転角度から推定手先力を算出する関係式のヤコビ行列の要素を調整する例を主に説明したが、これに限らない。

[0117] ロボット調整装置３００は、ロボット１００が動作したときの、ロボット

１００の複数の軸に対するセンサ値情報を用いて、複数の軸のトルクと手先力との関係を示す関係式２８０の要素を調整してもよい。この場合、ロボット１００の複数の軸のそれぞれのトルクを測定するセンサ１８０が用いられてよい。センサ値情報取得部３１４は、ロボット１００が動作したときの、ロボット１００の複数の軸に対するセンサ値情報を取得してよい。

[0118] ［力推定以外の推定に用いる関係式の調整］

上記実施形態では、ロボット調整装置３００が、力推定に用いる関係式２８０の要素を調整する例を主に説明したが、これに限らない。ロボット調整装置３００は、他の推定に用いる関係式２８０の要素を調整してもよい。

[0119] 例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００の速度推定に用いる、ヤコビ行列及び伝達効率を含む関係式の要素を調整する。この場合、例えば、センサ１８０として、ロボット１００の手先の速度を測定する速度センサが用いられてよい。また、例えば、ロボット１００の複数の軸の角速度を測定する角速度センサが用いられてよい。

[0120] 例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００の加速度推定に用いる、ヤコビ行列及び伝達効率を含む関係式の要素を調整する。この場合、例えば、センサ１８０として、ロボット１００の手先の加速度を測定する加速度センサが用いられてよい。また、例えば、ロボット１００の複数の軸の角加速度を測定する角加速度センサが用いられてよい。

[0121] 例えば、ロボット調整装置３００は、ロボット１００の手先位置推定に用いる、ヤコビ行列及び伝達効率を含む関係式の要素を調整する。この場合、例えば、センサ１８０として、ロボット１００の手先の位置を測定するセンサが用いられてよい。また、例えば、ロボット１００の複数の軸の回転角度を測定するセンサが用いられてよい。

[0122] 図１２は、ロボット調整装置３００として機能するコンピュータ１２００のハードウェア構成の一例を概略的に示す。コンピュータ１２００にインストールされたプログラムは、コンピュータ１２００を、本実施形態に係る装置の１又は複数の「部」として機能させ、又はコンピュータ１２００に、本

実施形態に係る装置に関連付けられるオペレーション又は当該１又は複数の「部」を実行させることができ、及び／又はコンピュータ１２００に、本実施形態に係るプロセス又は当該プロセスの段階を実行させることができる。そのようなプログラムは、コンピュータ１２００に、本明細書に記載のフローチャート及びブロック図のブロックのうちのいくつか又はすべてに関連付けられた特定のオペレーションを実行させるべく、ＣＰＵ１２１２によって実行されてよい。

[0123] 本実施形態によるコンピュータ１２００は、ＣＰＵ１２１２、ＲＡＭ１２１４、及びグラフィックコントローラ１２１６を含み、それらはホストコントローラ１２１０によって相互に接続されている。コンピュータ１２００はまた、通信インタフェース１２２２、記憶装置１２２４、ＤＶＤドライブ、及びＩＣカードドライブのような入出力ユニットを含み、それらは入出力コントローラ１２２０を介してホストコントローラ１２１０に接続されている。ＤＶＤドライブは、ＤＶＤ－ＲＯＭドライブ及びＤＶＤ－ＲＡＭドライブ等であってよい。記憶装置１２２４は、ハードディスクドライブ及びソリッドステートドライブ等であってよい。コンピュータ１２００はまた、ＲＯＭ１２３０及びキーボードのようなレガシの入出力ユニットを含み、それらは入出力チップ１２４０を介して入出力コントローラ１２２０に接続されている。

[0124] ＣＰＵ１２１２は、ＲＯＭ１２３０及びＲＡＭ１２１４内に格納されたプログラムに従い動作し、それにより各ユニットを制御する。グラフィックコントローラ１２１６は、ＲＡＭ１２１４内に提供されるフレームバッファ等又はそれ自体の中に、ＣＰＵ１２１２によって生成されるイメージデータを取得し、イメージデータがディスプレイデバイス１２１８上に表示されるようにする。

[0125] 通信インタフェース１２２２は、ネットワークを介して他の電子デバイスと通信する。記憶装置１２２４は、コンピュータ１２００内のＣＰＵ１２１２によって使用されるプログラム及びデータを格納する。ＤＶＤドライブは

、プログラム又はデータをＤＶＤ－ＲＯＭ等から読み取り、記憶装置１２２４に提供する。ＩＣカードドライブは、プログラム及びデータをＩＣカードから読み取り、及び／又はプログラム及びデータをＩＣカードに書き込む。

[0126] ＲＯＭ１２３０はその中に、アクティブ化時にコンピュータ１２００によって実行されるブートプログラム等、及び／又はコンピュータ１２００のハードウェアに依存するプログラムを格納する。入出力チップ１２４０はまた、様々な入出力ユニットをＵＳＢポート、パラレルポート、シリアルポート、キーボードポート、マウスポート等を介して、入出力コントローラ１２２０に接続してよい。

[0127] プログラムは、ＤＶＤ－ＲＯＭ又はＩＣカードのようなコンピュータ可読記憶媒体によって提供される。プログラムは、コンピュータ可読記憶媒体から読み取られ、コンピュータ可読記憶媒体の例でもある記憶装置１２２４、ＲＡＭ１２１４、又はＲＯＭ１２３０にインストールされ、ＣＰＵ１２１２によって実行される。これらのプログラム内に記述される情報処理は、コンピュータ１２００に読み取られ、プログラムと、上記様々なタイプのハードウェアリソースとの間の連携をもたらす。装置又は方法が、コンピュータ１２００の使用に従い情報のオペレーション又は処理を実現することによって構成されてよい。

[0128] 例えば、通信がコンピュータ１２００及び外部デバイス間で実行される場合、ＣＰＵ１２１２は、ＲＡＭ１２１４にロードされた通信プログラムを実行し、通信プログラムに記述された処理に基づいて、通信インタフェース１２２２に対し、通信処理を命令してよい。通信インタフェース１２２２は、ＣＰＵ１２１２の制御の下、ＲＡＭ１２１４、記憶装置１２２４、ＤＶＤ－ＲＯＭ、又はＩＣカードのような記録媒体内に提供される送信バッファ領域に格納された送信データを読み取り、読み取られた送信データをネットワークに送信し、又はネットワークから受信した受信データを記録媒体上に提供される受信バッファ領域等に書き込む。

[0129] また、ＣＰＵ１２１２は、記憶装置１２２４、ＤＶＤドライブ（ＤＶＤ－

ＲＯＭ）、ＩＣカード等のような外部記録媒体に格納されたファイル又はデータベースの全部又は必要な部分がＲＡＭ１２１４に読み取られるようにし、ＲＡＭ１２１４上のデータに対し様々なタイプの処理を実行してよい。ＣＰＵ１２１２は次に、処理されたデータを外部記録媒体にライトバックしてよい。

[0130] 様々なタイプのプログラム、データ、テーブル、及びデータベースのような様々なタイプの情報が記録媒体に格納され、情報処理を受けてよい。ＣＰＵ１２１２は、ＲＡＭ１２１４から読み取られたデータに対し、本開示の随所に記載され、プログラムの命令シーケンスによって指定される様々なタイプのオペレーション、情報処理、条件判断、条件分岐、無条件分岐、情報の検索／置換等を含む、様々なタイプの処理を実行してよく、結果をＲＡＭ１２１４に対しライトバックする。また、ＣＰＵ１２１２は、記録媒体内のファイル、データベース等における情報を検索してよい。例えば、各々が第２の属性の属性値に関連付けられた第１の属性の属性値を有する複数のエントリが記録媒体内に格納される場合、ＣＰＵ１２１２は、当該複数のエントリの中から、第１の属性の属性値が指定されている条件に一致するエントリを検索し、当該エントリ内に格納された第２の属性の属性値を読み取り、それにより予め定められた条件を満たす第１の属性に関連付けられた第２の属性の属性値を取得してよい。

[0131] 上で説明したプログラム又はソフトウエアモジュールは、コンピュータ１２００上又はコンピュータ１２００近傍のコンピュータ可読記憶媒体に格納されてよい。また、専用通信ネットワーク又はインターネットに接続されたサーバシステム内に提供されるハードディスク又はＲＡＭのような記録媒体が、コンピュータ可読記憶媒体として使用可能であり、それによりプログラムを、ネットワークを介してコンピュータ１２００に提供する。

[0132] 本実施形態におけるフローチャート及びブロック図におけるブロックは、オペレーションが実行されるプロセスの段階又はオペレーションを実行する役割を持つ装置の「部」を表わしてよい。特定の段階及び「部」が、専用回

路、コンピュータ可読記憶媒体上に格納されるコンピュータ可読命令と共に供給されるプログラマブル回路、及び／又はコンピュータ可読記憶媒体上に格納されるコンピュータ可読命令と共に供給されるプロセッサによって実装されてよい。専用回路は、デジタル及び／又はアナログハードウェア回路を含んでよく、集積回路（ＩＣ）及び／又はディスクリート回路を含んでよい。プログラマブル回路は、例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイ（ＦＰＧＡ）、及びプログラマブルロジックアレイ（ＰＬＡ）等のような、論理積、論理和、排他的論理和、否定論理積、否定論理和、及び他の論理演算、フリップフロップ、レジスタ、並びにメモリエレメントを含む、再構成可能なハードウェア回路を含んでよい。

[0133] コンピュータ可読記憶媒体は、適切なデバイスによって実行される命令を格納可能な任意の有形なデバイスを含んでよく、その結果、そこに格納される命令を有するコンピュータ可読記憶媒体は、フローチャート又はブロック図で指定されたオペレーションを実行するための手段を作成すべく実行され得る命令を含む、製品を備えることになる。コンピュータ可読記憶媒体の例としては、電子記憶媒体、磁気記憶媒体、光記憶媒体、電磁記憶媒体、半導体記憶媒体等が含まれてよい。コンピュータ可読記憶媒体のより具体的な例としては、フロッピー（登録商標）ディスク、ディスケット、ハードディスク、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、リードオンリメモリ（ＲＯＭ）、消去可能プログラマブルリードオンリメモリ（ＥＰＲＯＭ又はフラッシュメモリ）、電気的消去可能プログラマブルリードオンリメモリ（ＥＥＰＲＯＭ）、静的ランダムアクセスメモリ（ＳＲＡＭ）、コンパクトディスクリードオンリメモリ（ＣＤ－ＲＯＭ）、デジタル多用途ディスク（ＤＶＤ）、ブルーレイ（登録商標）ディスク、メモリスティック、集積回路カード等が含まれてよい。

[0134] コンピュータ可読命令は、アセンブラ命令、命令セットアーキテクチャ（ＩＳＡ）命令、マシン命令、マシン依存命令、マイクロコード、ファームウェア命令、状態設定データ、又はＳｍａｌｌｔａｌｋ（登録商標）、ＪＡＶ

Ａ（登録商標）、Ｃ＋＋等のようなオブジェクト指向プログラミング言語、及び「Ｃ」プログラミング言語又は同様のプログラミング言語のような従来の手続型プログラミング言語を含む、１又は複数のプログラミング言語の任意の組み合わせで記述されたソースコード又はオブジェクトコードのいずれかを含んでよい。

[0135] コンピュータ可読命令は、汎用コンピュータ、特殊目的のコンピュータ、若しくは他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサ、又はプログラマブル回路が、フローチャート又はブロック図で指定されたオペレーションを実行するための手段を生成するために当該コンピュータ可読命令を実行すべく、ローカルに又はローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）、インターネット等のようなワイドエリアネットワーク（ＷＡＮ）を介して、汎用コンピュータ、特殊目的のコンピュータ、若しくは他のプログラム可能なデータ処理装置のプロセッサ、又はプログラマブル回路に提供されてよい。プロセッサの例としては、コンピュータプロセッサ、処理ユニット、マイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ、コントローラ、マイクロコントローラ等を含む。

[0136] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0137] 請求の範囲、明細書、及び図面中において示した装置、システム、プログラム、及び方法における動作、手順、ステップ、及び段階などの各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」などと明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、及び図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」などを用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

## 符号の説明

[0138] １０　ロボットシステム、２０　ワーク、１００　ロボット、１８０　センサ、２００　制御装置、２０２　通信部、２０４　通信部、２０６　記憶部、２０８　指令生成部、２８０　関係式、３００　ロボット調整装置、３０２　通信部、３０４　通信部、３０６　記憶部、３０８　学習準備部、３１０　学習処理部、３１２　学習情報生成部、３１４　センサ値情報取得部、３１６　軸関連情報取得部、３１８　調整部、４０２　各軸外乱トルクτ、４０４　各軸回転角度θ、４０６　関係式、４０８　推定手先力、４１０　力センサ値、４２０　最適化手法、５００　６軸ロボット、５１０　Ｓ軸、５２０　Ｌ軸、５３０　Ｕ軸、５４０　Ｒ軸、５５０　Ｂ軸、５６０　Ｔ軸、１２００　コンピュータ、１２１０　ホストコントローラ、１２１２　ＣＰＵ、１２１４　ＲＡＭ、１２１６　グラフィックコントローラ、１２１８　ディスプレイデバイス、１２２０　入出力コントローラ、１２２２　通信インタフェース、１２２４　記憶装置、１２３０　ＲＯＭ、１２４０　入出力チップ

# 請求の範囲

[請求項1] 複数の軸を備える多関節型のロボットと、

前記ロボットを制御するコントローラと、

を備え、

前記コントローラは、

前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示し、最適化手法により前記ロボットの個体に対して調整された要素を有する関係式を記憶する記憶部と、

前記記憶部に記憶された前記関係式に基づいて、前記ロボットの動作指令を生成する指令生成部と、

を有する、

ロボットシステム。

[請求項2] 前記記憶部は、前記ロボットの個体に対して調整された前記要素によって構成されるヤコビ行列を含む前記関係式を記憶する、請求項１に記載のロボットシステム。

[請求項3] 前記記憶部は、前記ロボットの個体に対して調整された前記複数の軸の伝達効率を含む前記関係式を記憶する、請求項１又は２に記載のロボットシステム。

[請求項4] 前記指令生成部は、力センサを用いずに、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸の外乱トルク及び前記複数の軸の回転角度と前記関係式とに基づいて推定した、前記ロボットの推定手先力を用いて、前記ロボットの動作指令を生成する、請求項１から３のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項5] 前記コントローラは、

前記ロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報を取得するセンサ値情報取得部と、

前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報を取得する軸関連情報取得部と、

前記軸関連情報及び前記関係式によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の前記要素を調整する調整部と、

を更に有し、

前記記憶部は、前記調整部によって前記要素が調整された前記関係式を記憶する、請求項１から４のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項6] 前記関係式は、ヤコビ行列を含み、

前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記ヤコビ行列を構成する前記要素を調整する、請求項５に記載のロボットシステム。

[請求項7] 前記関係式は、前記複数の軸の伝達効率を含み、

前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記複数の軸の前記伝達効率を調整する、請求項５又は６に記載のロボットシステム。

[請求項8] 前記センサ値情報は、前記ロボットの手先力を測定する力センサによって測定されたセンサ値を含み、

前記軸関連情報は、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸の回転角度及び前記複数の軸の外乱トルクを含み、

前記算出情報は、前記複数の軸の回転角度、前記複数の軸の外乱トルク、及び前記関係式によって算出された前記ロボットの推定手先力を含み、

前記指令生成部は、力センサを用いずに、前記算出情報に含まれる前記推定手先力を用いて、前記ロボットの動作指令を生成する、

請求項５から７のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項9] 前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差をより小さくするようにブラックボックス最適化を実行することによって、前記関係式の要素を調整する、請求項５から８いずれか一項に記載のロ

ボットシステム。

[請求項10] 前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差をより小さくするようにベイズ最適化を実行することによって、前記関係式の要素を調整する、請求項９に記載のロボットシステム。

[請求項11] 前記調整部は、探索範囲を前記ロボットの設定値を中心とした予め定められた範囲内に限って前記ブラックボックス最適化を実行する、請求項９又は１０に記載のロボットシステム。

[請求項12] 前記関係式は、前記複数の軸のそれぞれについて、軸に関連する複数の要素を含み、

前記調整部は、前記複数の軸毎に、軸に関連する前記複数の要素を調整する、請求項５から１１のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項13] 前記調整部は、前記複数の軸のそれぞれについて、前記複数の軸が連結された順番で、軸に関連する前記複数の要素を調整する、請求項１２に記載のロボットシステム。

[請求項14] 前記調整部は、前記複数の軸のそれぞれについて、根元側から手先側の順番で、軸に関連する前記複数の要素を調整する、請求項１３に記載のロボットシステム。

[請求項15] 前記調整部は、前記算出情報と前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の要素を変更する、請求項５から１４のいずれか一項に記載のロボットシステム。

[請求項16] 複数の軸を備える多関節型のロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報を取得するセンサ値情報取得部と、

前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報を取得する軸関連情報取得部と、

前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示す関係式及び前記軸関連情報によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差

に基づいて、前記関係式の要素を最適化手法により調整する調整部と

を備えるロボット調整装置。

[請求項17] コンピュータを、請求項１６に記載のロボット調整装置として機能させるためのプログラム。

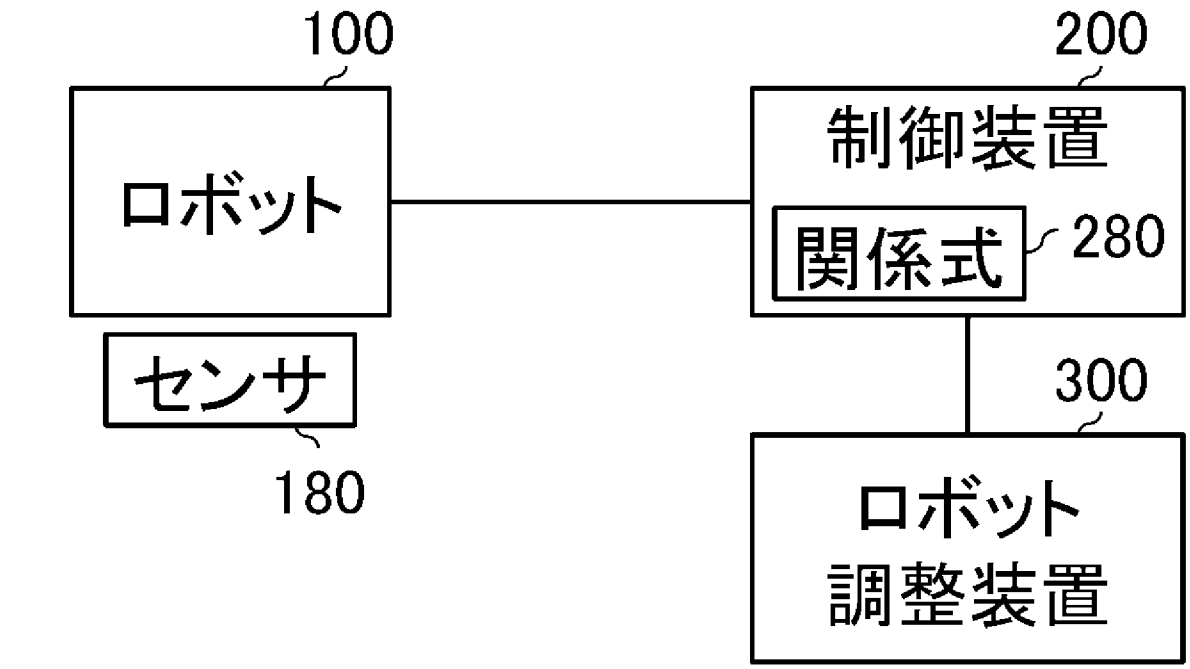
[請求項18] コンピュータによって実行される、複数の軸を備える多関節型のロボットの製造方法であって、

前記ロボットが動作したときの前記ロボットの手先又は前記複数の軸に対するセンサ値情報と、前記ロボットが動作したときの前記複数の軸に関連する軸関連情報とを取得する情報取得段階と、

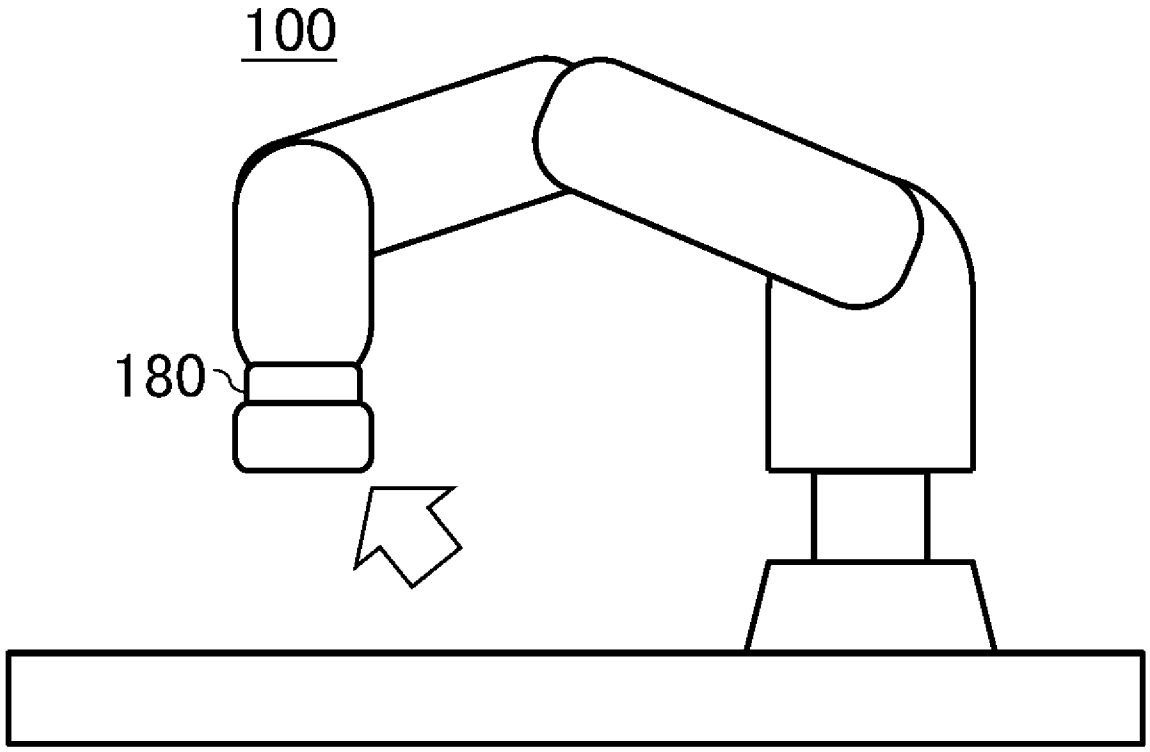
前記複数の軸と前記ロボットの手先との関係を示す関係式及び前記軸関連情報によって算出した算出情報と、前記センサ値情報との誤差に基づいて、前記関係式の要素を最適化手法により調整する調整段階と

を備えるロボット製造方法。

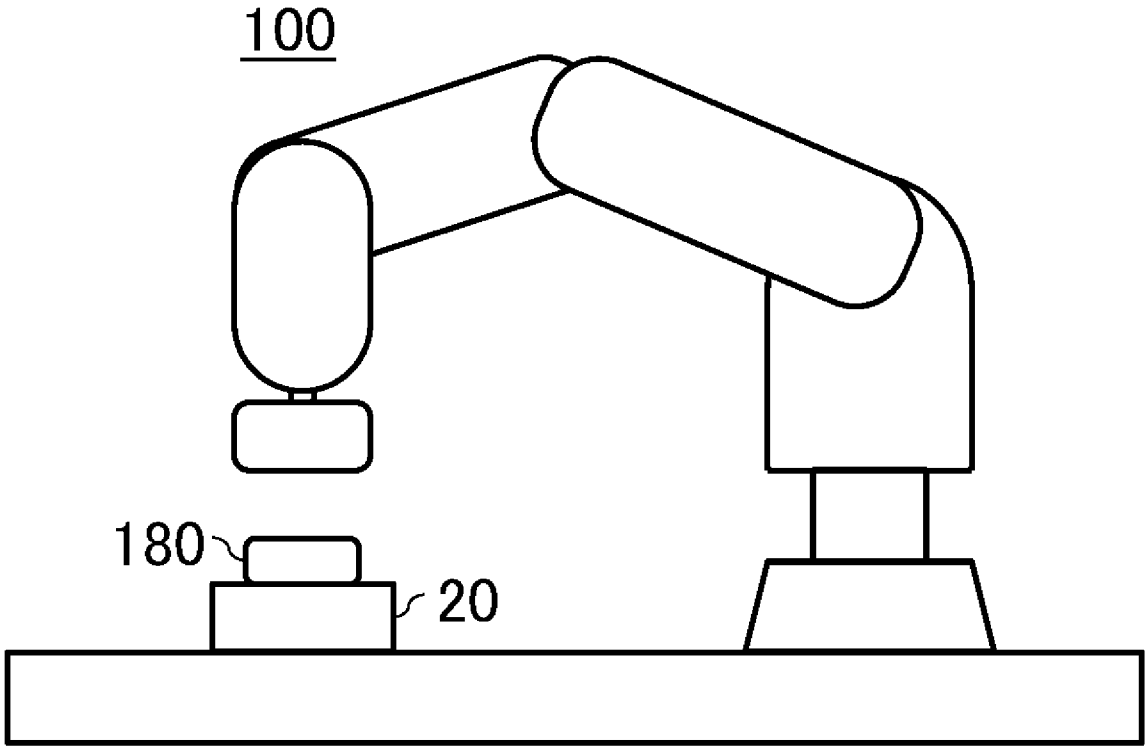
[図1]



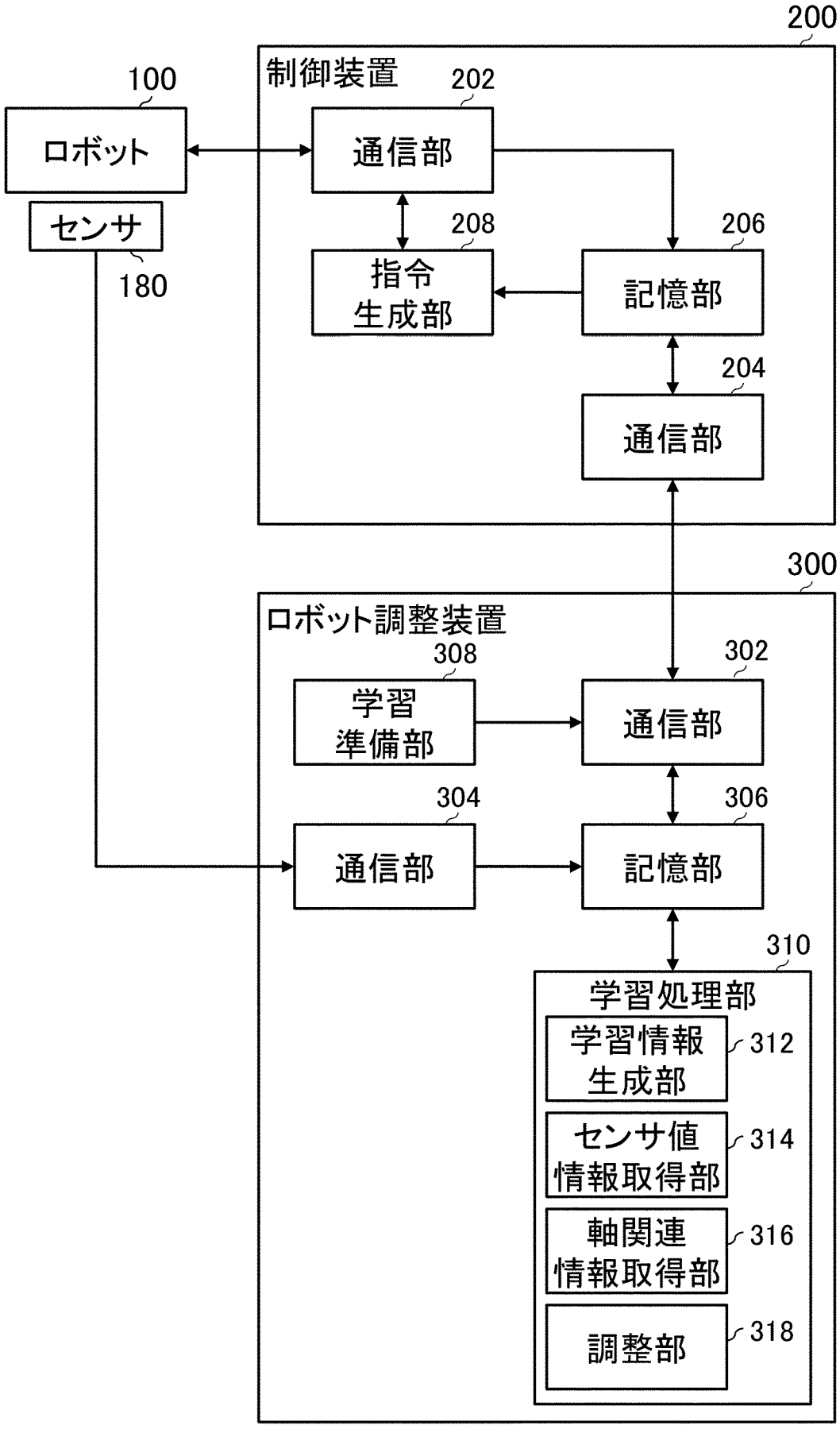

[図2]



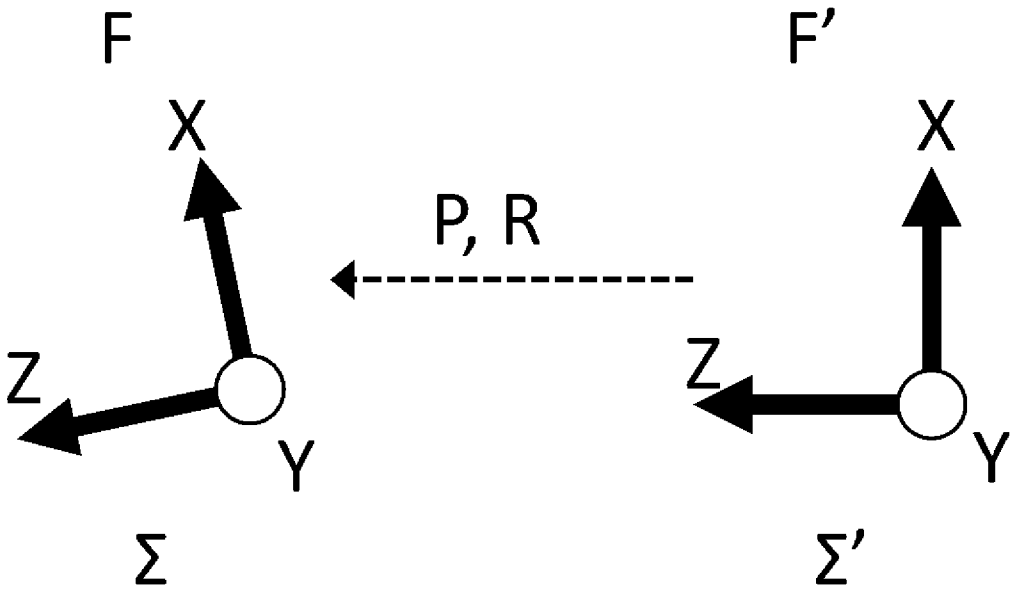
[図3]



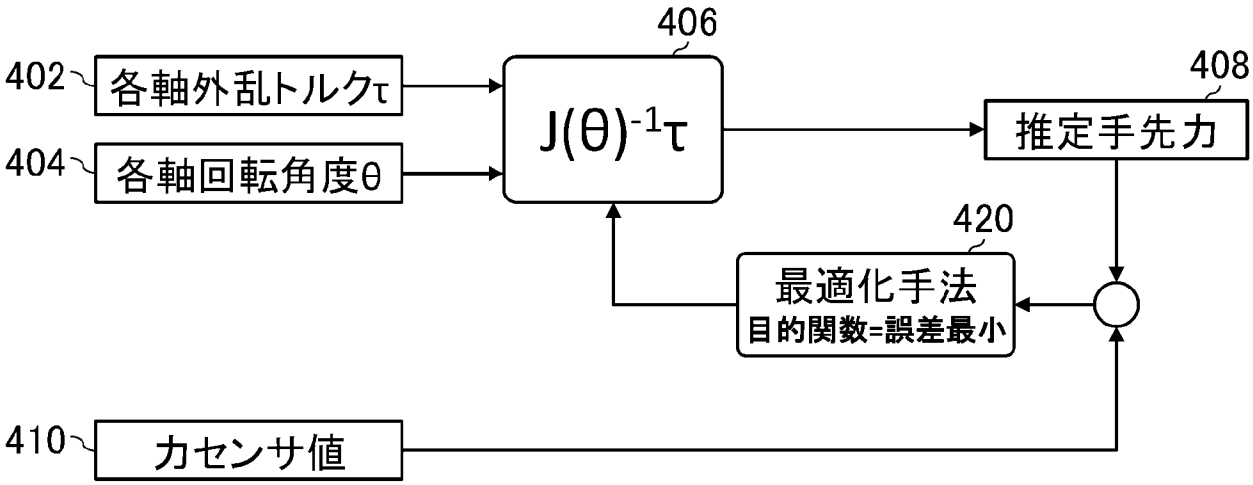
[図4]


200
制御装置
202
100
ロボット
通信部
センサ
180
208
206
指令
生成部
記憶部
204
通信部
300
ロボット調整装置
308
302
学習
準備部
通信部
304
306
通信部
記憶部
310
学習処理部
学習情報
生成部
312
センサ値
情報取得部
314
軸関連
情報取得部
316
調整部
318

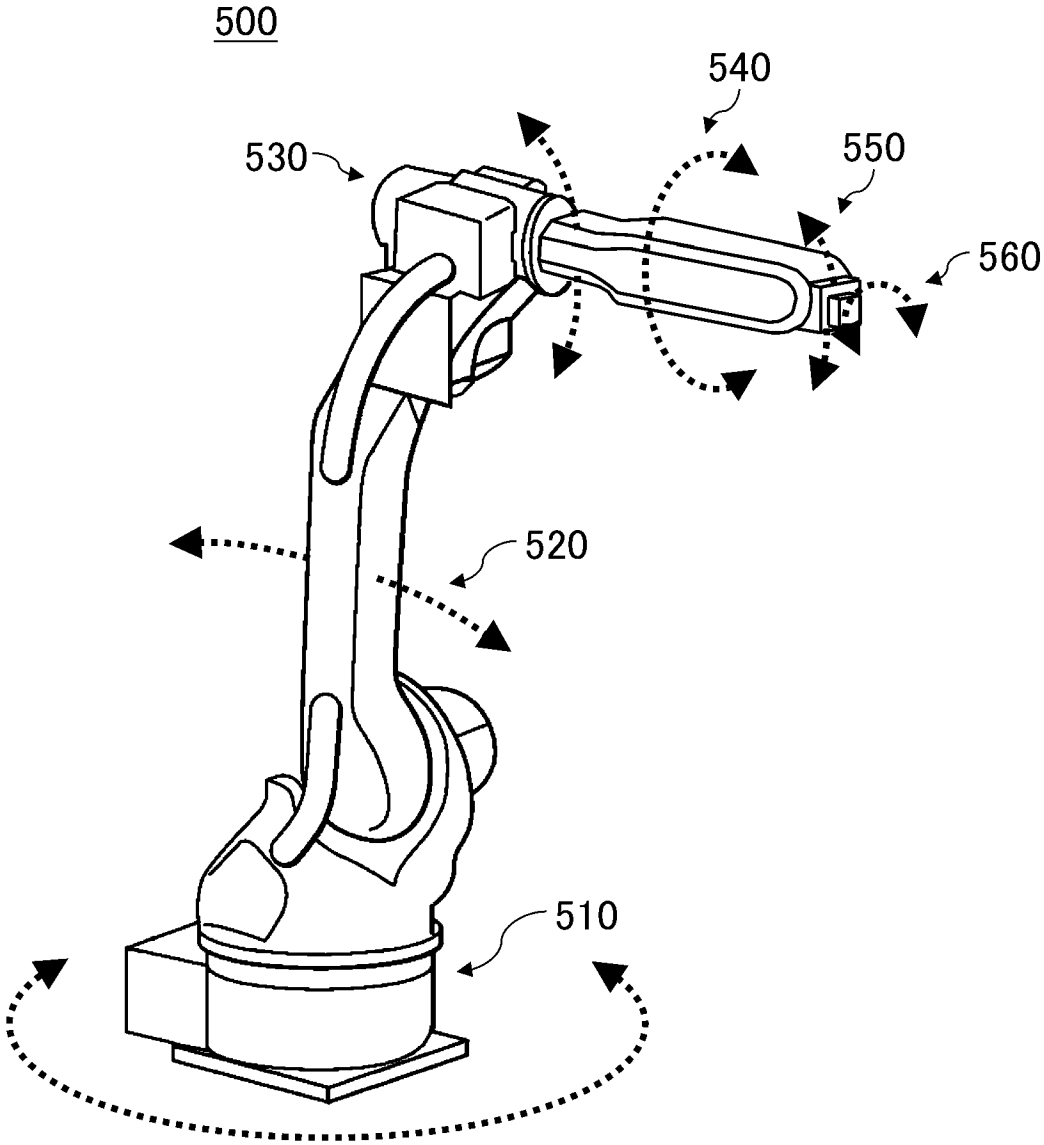
[図5]


F
X
Z
Y
Σ
P, R
F'
X
Z
Y
Σ'

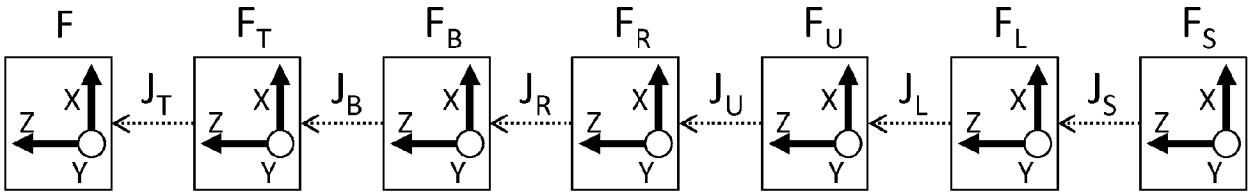
[図6]


406
402
各軸外乱トルクτ
404
各軸回転角度θ
J(θ)-1τ
408
推定手先力
420
最適化手法
目的関数=誤差最小
410
力センサ値

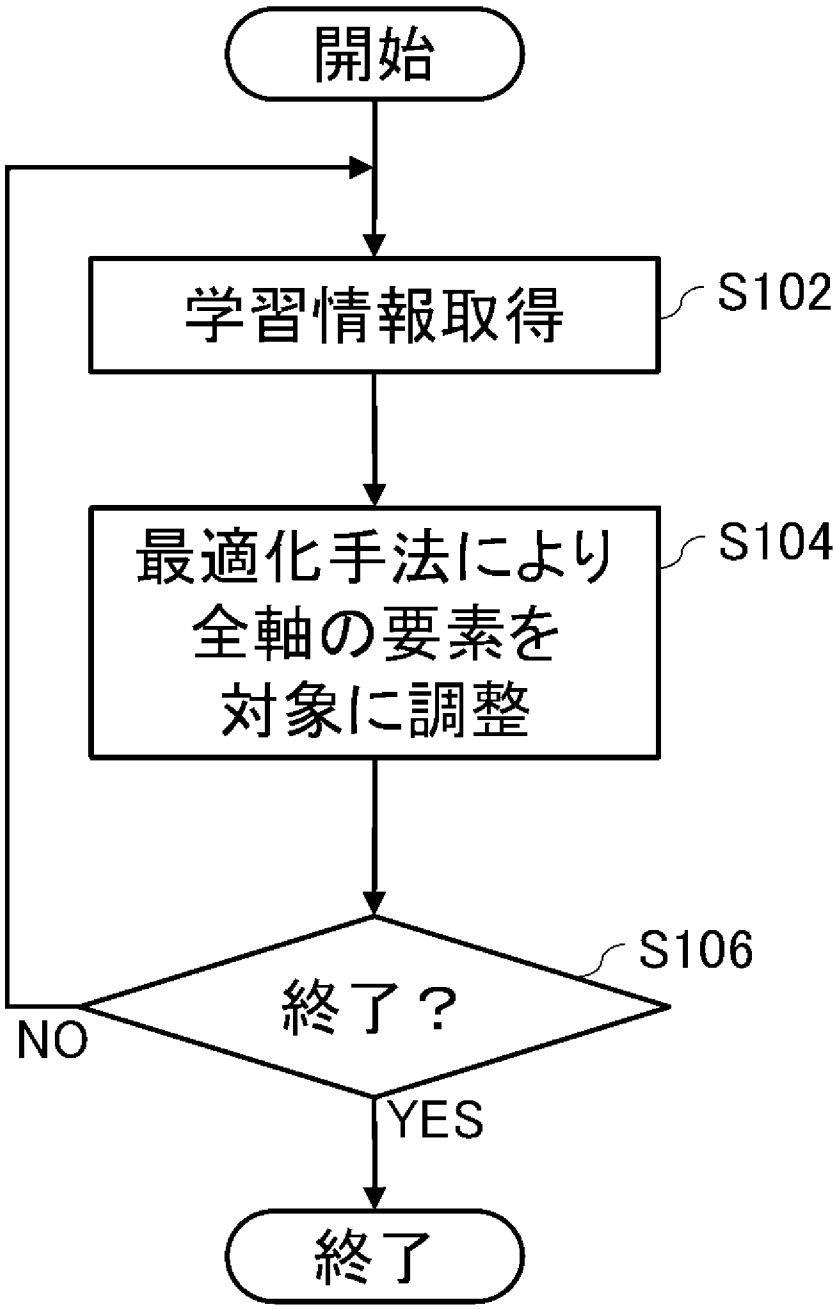
[図7]



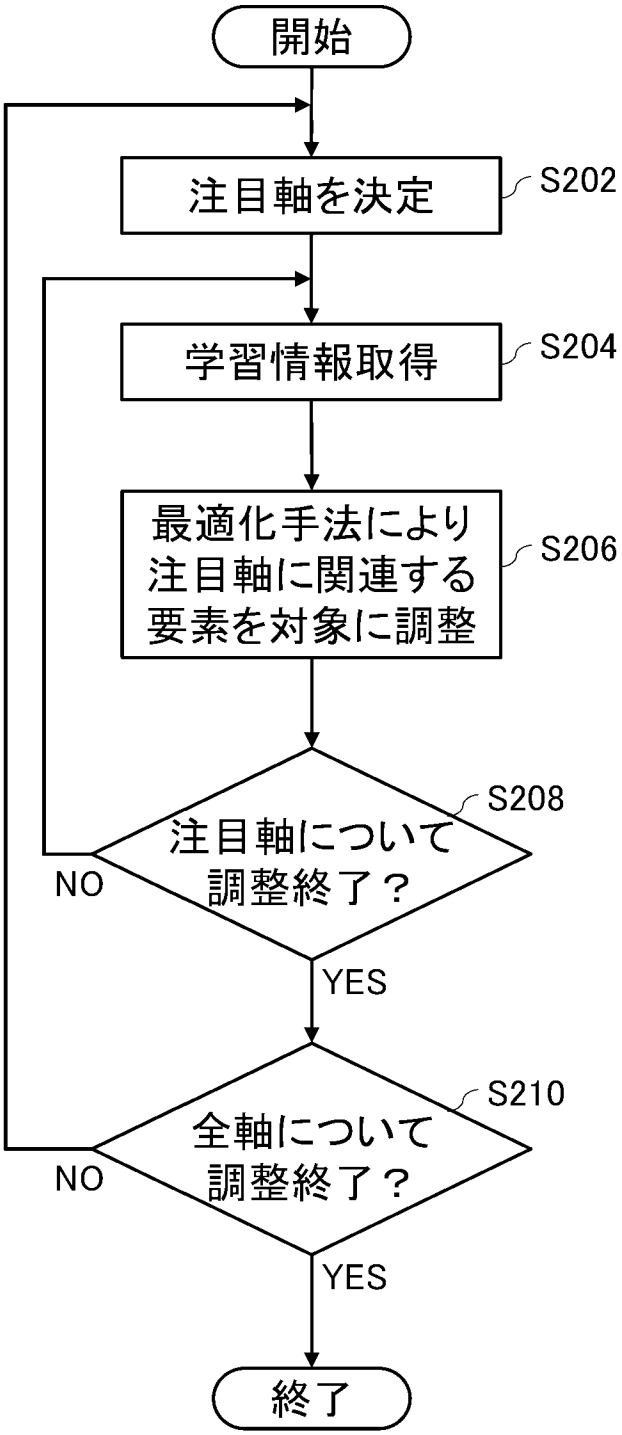

[図8]



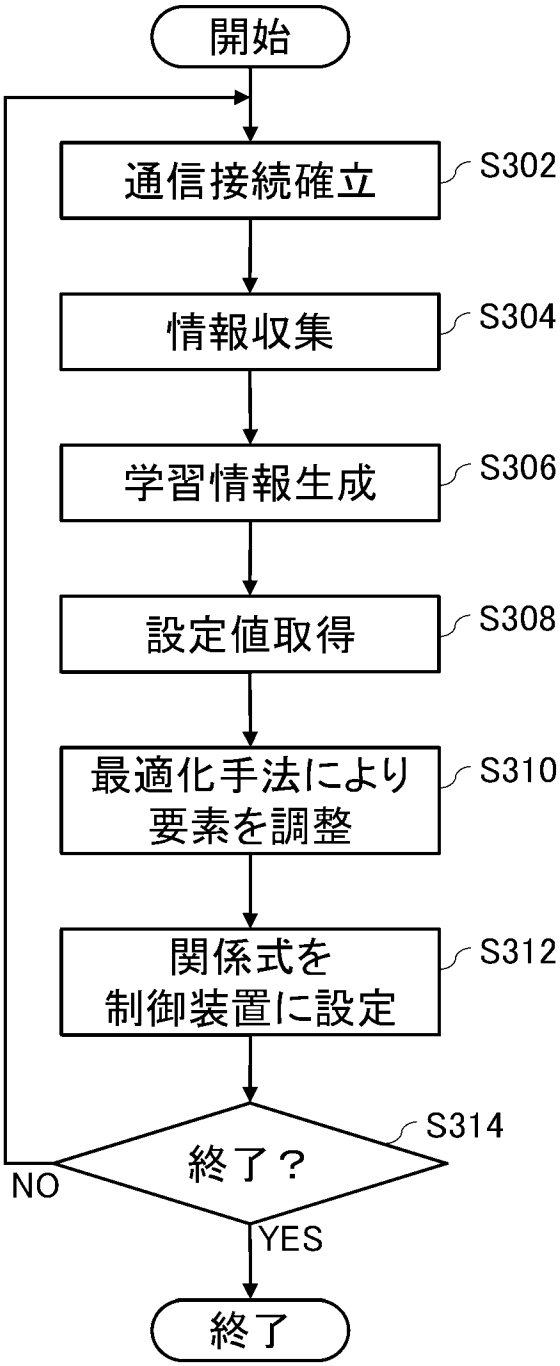
[図9]



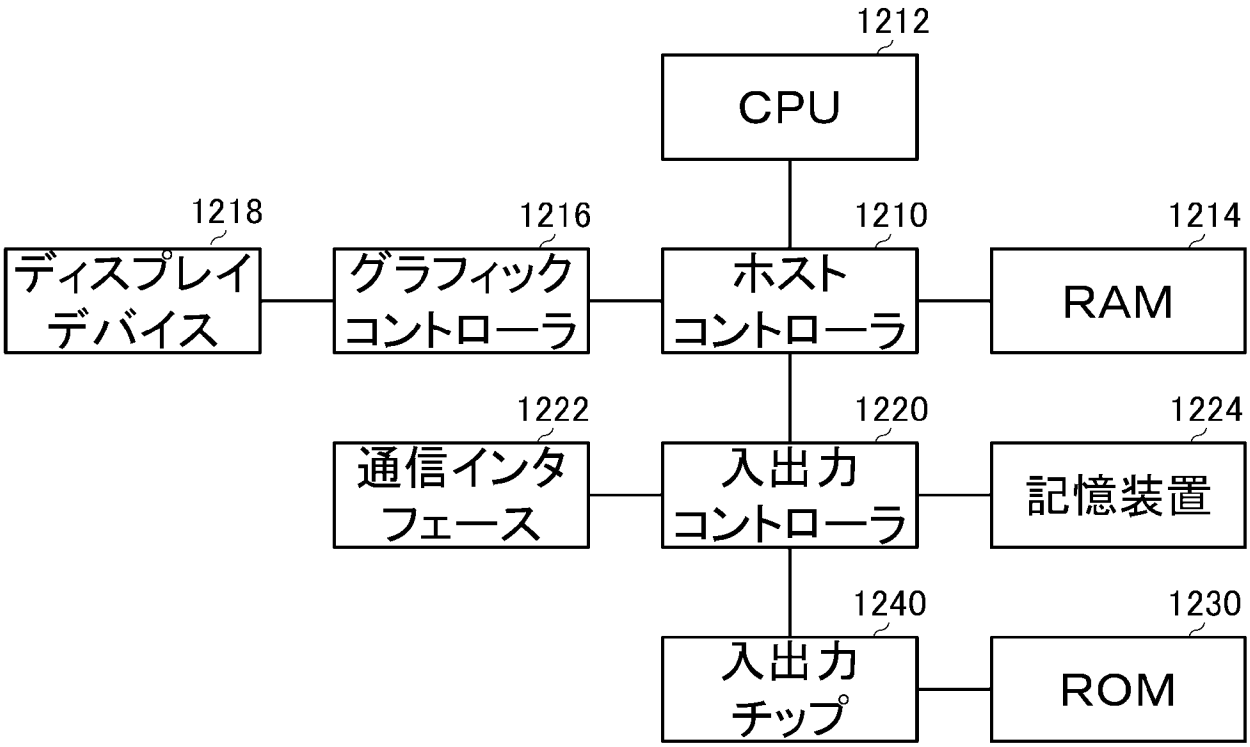
[図10]


開始
注目軸を決定
S202
学習情報取得
S204
最適化手法により
注目軸に関連する
要素を対象に調整
S206
注目軸について
調整終了？
S208
NO
YES
全軸について
調整終了？
S210
NO
YES
終了

[図11]


開始
通信接続確立
S302
情報収集
S304
学習情報生成
S306
設定値取得
S308
最適化手法により
要素を調整
S310
関係式を
制御装置に設定
S312
終了？
S314
NO
YES
終了

[図12]


1200
1212
CPU
1218
ディスプレイ
デバイス
1216
グラフィック
コントローラ
1210
ホスト
コントローラ
1214
RAM
1222
通信インタ
フェース
1220
入出力
コントローラ
1224
記憶装置
1240
入出力
チップ
1230
ROM

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
**PCT/JP2022/006271**

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***B25J 9/10***(2006.01)i
FI: B25J9/10 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)

B25J9/10

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2011-224662 A (YASKAWA ELECTRIC CORPORATION) 10 November 2011 (2011-11-10)<br>paragraphs [0016]-[0051], fig. 1-9 | 1-7, 12, 15-18 |
| Y | WO 2020/255312 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 24 December 2020 (2020-12-24)<br>paragraphs [0041]-[0043], fig. 1-5 | 1-7, 12, 15-18 |
| Y | WO 2017/026045 A1 (FUJITSU LIMITED) 16 February 2017 (2017-02-16)<br>paragraphs [0010]-[0077], fig. 1-11 | 2, 6 |
| Y | JP 2019-209404 A (CANON INCORPORATED) 12 December 2019 (2019-12-12)<br>paragraphs [0104]-[0124], fig. 7 | 3, 7 |
| A | JP 2012-020367 A (TOYOTA MOTOR CORPORATION) 02 February 2012 (2012-02-02)<br>entire text, all drawings | 1-18 |
| A | US 2015/0148953 A1 (BRAIN CORPORATION) 28 May 2015 (2015-05-28)<br>entire text, all drawings | 1-18 |

☐ 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 |
|---|---|
| **20 April 2022** | **10 May 2022** |
| Name and mailing address of the ISA/JP<br>**Japan Patent Office (ISA/JP)**<br>**3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915**<br>**Japan** | Authorized officer<br><br>Telephone No. |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
**Information on patent family members**

International application No.
**PCT/JP2022/006271**

| Patent document cited in search report | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date (day/month/year) |
|---|---|---|---|
| JP 2011-224662 A | 10 November 2011 | (Family: none) | |
| WO 2020/255312 A1 | 24 December 2020 | (Family: none) | |
| WO 2017/026045 A1 | 16 February 2017 | (Family: none) | |
| JP 2019-209404 A | 12 December 2019 | US 2019/0366537 A1<br>paragraphs [0111]-[0130], fig. 7<br>CN 110549373 A | |
| JP 2012-020367 A | 02 February 2012 | (Family: none) | |
| US 2015/0148953 A1 | 28 May 2015 | (Family: none) | |

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/006271

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B25J 9/10(2006.01)i
FI: B25J9/10 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））

B25J9/10

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 | １９７１－２０２２年 |
| 日本国実用新案登録公報 | １９９６－２０２２年 |
| 日本国登録実用新案公報 | １９９４－２０２２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 2011-224662 A (株式会社安川電機) 10.11.2011 (2011-11-10)<br>段落[0016]-[0051], 図1-9 | 1-7, 12, 15-18 |
| Y | WO 2020/255312 A1 (三菱電機株式会社) 24.12.2020 (2020-12-24)<br>段落[0041]-[0043], 図1-5 | 1-7, 12, 15-18 |
| Y | WO 2017/026045 A1 (富士通株式会社) 16.02.2017 (2017-02-16)<br>段落[0010]-[0077], 図1-11 | 2, 6 |
| Y | JP 2019-209404 A (キヤノン株式会社) 12.12.2019 (2019-12-12)<br>段落[0104]-[0124], 図7 | 3, 7 |
| A | JP 2012-020367 A (トヨタ自動車株式会社) 02.02.2012 (2012-02-02)<br>全文、全図 | 1-18 |
| A | US 2015/0148953 A1 (BRAIN CORPORATION) 28.05.2015 (2015-05-28)<br>全文、全図 | 1-18 |

☐ 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 |
|---|---|
| 20.04.2022 | 10.05.2022 |

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）
臼井　卓巳 3U 4550
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/JP2022/006271

| 引用文献 | 公表日 | パテントファミリー文献 | 公表日 |
|---|---|---|---|
| JP 2011-224662 A | 10.11.2011 | （ファミリーなし） | |
| WO 2020/255312 A1 | 24.12.2020 | （ファミリーなし） | |
| WO 2017/026045 A1 | 16.02.2017 | （ファミリーなし） | |
| JP 2019-209404 A | 12.12.2019 | US 2019/0366537 A1<br>段落[0111]-[0130], FIG. 7<br>CN 110549373 A | |
| JP 2012-020367 A | 02.02.2012 | （ファミリーなし） | |
| US 2015/0148953 A1 | 28.05.2015 | （ファミリーなし） | |