

(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6月2日(02.06.2022)

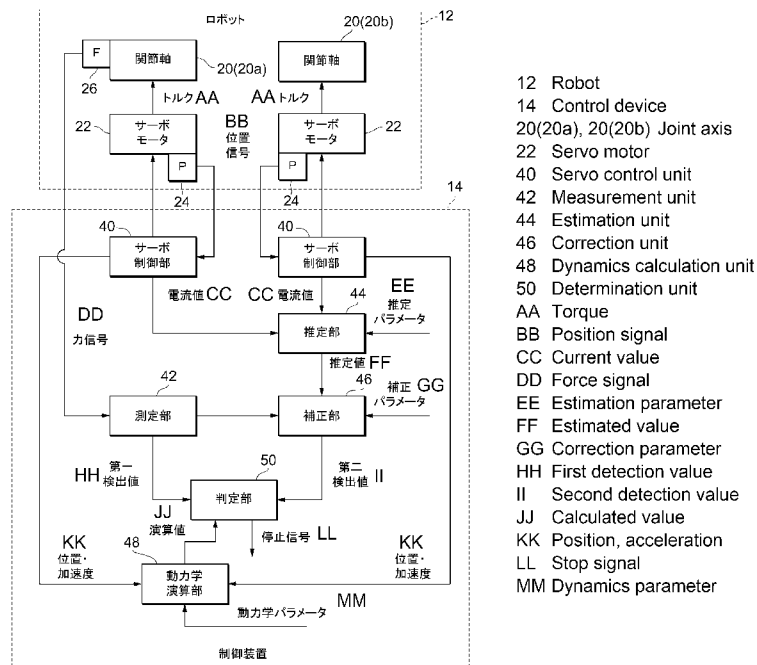


(10) 国際公開番号
WO 2022/113462 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 19/06 (2006.01) G01L 5/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/032243
- (22) 国際出願日: 2021年9月2日(02.09.2021)
- (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 2020-196932 2020年11月27日(27.11.2020) JP
- (71) 出願人: 株式会社不二越(NACHI-FUJIKOSHI CORP.) [JP/JP]; 〒1050021 東京都港区東新橋一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 倉又 泰彦 (KURAMATA Yasuhiko); 〒9308511 富山県富山市不二越本町一丁目1番1号 株式会社不二越内 Toyama (JP).
- (74) 代理人: 小林 功, 外 (KOBAYASHI Takumi et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿7-21-9 天翔西新宿ビル102号室 バード国際特許事務所 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,

(54) Title: FORCE DETECTION DEVICE AND ROBOT SYSTEM

(54) 発明の名称: 力検出装置及びロボットシステム



- 12 Robot
- 14 Control device
- 20(20a), 20(20b) Joint axis
- 22 Servo motor
- 40 Servo control unit
- 42 Measurement unit
- 44 Estimation unit
- 46 Correction unit
- 48 Dynamics calculation unit
- 50 Determination unit
- AA Torque
- BB Position signal
- CC Current value
- DD Force signal
- EE Estimation parameter
- FF Estimated value
- GG Correction parameter
- HH First detection value
- II Second detection value
- JJ Calculated value
- KK Position, acceleration
- LL Stop signal
- MM Dynamics parameter

(57) Abstract: The present invention relates to a force detection device, and a robot system. A control device 14 as a force detection device comprises: a measurement unit 42 for measuring force acting on a joint axis 20a using a force sensor 26; an estimation unit 44 for estimating force acting on the joint axes 20a, 20b, on the basis of a status amount indicating the drive status of a servo motor 22; and a correction unit 46 for correcting an estimated value obtained by estimation by the estimation unit 44. The control device 14 acquires, as detection values of force, a measured value obtained by measurement

WO 2022/113462 A1

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,
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))

by the measurement unit 42 for the joint axis 20a which is provided with the force sensor 26, and the estimated value corrected by the correction unit 46 for the joint axis 20b which is not provided with the force sensor 26, respectively.

(57) 要約 : 本発明は、力検出装置及びロボットシステムに関する。力検出装置としての制御装置 14 は、力センサ 26 を用いて関節軸 20 a に作用する力を測定する測定部 42 と、サーボモータ 22 の駆動状態を示す状態量に基づいて関節軸 20 a, 20 b に作用する力を推定する推定部 44 と、推定部 44 による推定にて得られた推定値を補正する補正部 46 と、を備える。制御装置 14 は、力センサ 26 が設けられる関節軸 20 a の場合には測定部 42 による測定にて得られた測定値を、力センサ 26 が設けられない関節軸 20 b の場合には補正部 46 により補正された推定値を力の検出値としてそれぞれ求める。

明 細 書

発明の名称：力検出装置及びロボットシステム

技術分野

[0001] 本発明は、力検出装置及びロボットシステムに関する。

背景技術

[0002] 例えば、産業用ロボットの技術分野において、作業員と協調して作業を行う協調型ロボットが知られている。この種のロボットでは、作業員との物理的干渉を検出した場合、必要に応じてロボットを停止させる制御が要求される。そこで、ロボットの関節軸に取り付けられる力センサを用いて、ロボットに作用する外力を高精度に検出する技術が種々提案されている（例えば、特許文献1，2を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2012-176465号公報
特許文献2：特開2020-104249号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 検出精度の観点から言えば、ロボットが有する関節軸のすべてに力センサを設けることが望ましい。その一方、力センサの設置数を増やすとその分だけ、装置コストが高騰してしまうという問題が生じる。

[0005] 本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、力センサの設置数を減らしつつも、ロボットに作用する力の検出精度の低下を抑制可能な力検出装置及びロボットシステムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の第一態様における力検出装置は、複数の関節軸と、該関節軸のそれぞれに接続される複数のアクチュエータと、を含んで構成されるロボットに作用する力を検出する装置であって、力センサを用いて前記関節軸に作用

する力を測定する測定部と、前記アクチュエータの駆動状態を示す状態量に基づいて前記関節軸に作用する力を推定する推定部と、前記推定部による推定にて得られた推定値を補正する補正部と、を備え、前記複数の関節軸のうち前記力センサが設けられる第一関節軸の場合、前記測定部による測定にて得られた測定値を力の検出結果として求め、前記複数の関節軸のうち前記力センサが設けられない第二関節軸の場合、前記補正部により補正された推定値を力の検出値として求める。

[0007] 本発明の第二態様における力検出装置では、前記補正部は、前記第一関節軸における前記測定値と前記推定値の間の差分量を用いて、前記第二関節軸における前記推定値を補正する。

[0008] 本発明の第三態様における力検出装置では、前記推定部は、共通する推定モデルに従って、前記第一関節軸及び前記第二関節軸に作用する力をそれぞれ推定する。

[0009] 本発明の第四態様における力検出装置では、前記差分量は、二以上の第一関節軸に対応する前記差分量の集合に対する統計処理により算出される。

[0010] 本発明の第五態様における力検出装置では、前記補正部は、前記複数の関節軸が直列的に接続される場合、直近の上流又は下流にある第一関節軸の前記差分量を用いて、前記第二関節軸における前記推定値を補正する。

[0011] 本発明の第六態様におけるロボットシステムは、複数の関節軸と、前記関節軸のそれぞれに接続される複数のアクチュエータと、を含んで構成されるロボットと、第一から第五態様までのうちのいずれかの力検出装置と、を備える。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、力センサの設置数を減らしつつも、ロボットに作用する力の検出精度の低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一実施形態における力検出装置としての制御装置が組み込まれたロボットシステムの全体構成図である。

[図2]図1に示すロボットシステムの機能ブロック図である。

[図3]図2に示す制御装置の動作に関するフローチャートである。

[図4]トルクの検出方法の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同一の符号を付して、重複する説明は省略する。

[0015] [ロボットシステム10の構成]

<全体構成>

図1は、本発明の一実施形態における力検出装置としての制御装置14が組み込まれたロボットシステム10の全体構成図である。ロボットシステム10は、ロボット12及び作業員が協調して作業を行うためのシステムである。このロボットシステム10は、具体的には、ロボット12と、当該ロボット12の駆動制御を司る制御装置14と、を含んで構成される。

[0016] ロボット12は、複数の関節軸20を有する垂直関節型ロボットである。図1の例では、ロボット12は、体部を回転させる旋回軸(J1軸)、体部を前後に動かす下腕軸(J2軸)、腕部を上下に動かす上腕軸(J3軸)、腕部を回転させる手首旋回軸(J4軸)、手首を上下に振る「手首曲げ軸」(J5軸)、及び手首を回転させる手首回転軸(J6軸)を有する。なお、ロボット12の手先には、図示しないエンドエフェクタが装着される。

[0017] 各々の関節軸20には、サーボ制御を通じて回転駆動を行うサーボモータ22(図2)が接続される。ロボット12は、制御装置14による指令に応じて、複数の関節軸20を独立して駆動することで、ワークの把持・移動、溶接、塗装を含む様々な作業を行うことができる。

[0018] 制御装置14は、ロボット12の制御を司るコンピュータである。この制御装置14は、具体的には、コネクタ30と、通信I/F32と、プロセッサ34と、メモリ36と、を備える。各構成要素の個数は、図1の例では1つであるが、2つ以上であってもよい。

[0019] コネクタ30は、電力ケーブル又は通信ケーブル（いずれも不図示）を介して、ロボット12と電氣的に接続するための端子である。これにより、制御装置14は、ロボット12に向けて電力や制御信号を供給するとともに、ロボット12に設けられる各種センサからの測定信号を取得する。

[0020] 通信I/F32は、外部装置との間で通信を行うためのインターフェースである。これにより、制御装置14は、例えば、プログラミングペンダント、作業端末、あるいは上位装置（いずれも不図示）との間でデータのやり取りを行うことができる。

[0021] プロセッサ34は、CPU（Central Processing Unit）を含む汎用プロセッサであってもよいし、FPGA（Field Programmable Gate Array）やGPU（Graphics Processing Unit）を含む専用プロセッサであってもよい。メモリ36は、非一過性の記憶媒体であり、プロセッサ34が各構成要素を制御するのに必要なプログラム及びデータを記憶する。

[0022] <機能ブロック図>

図2は、図1に示すロボットシステム10の機能ブロック図である。ロボット12は、上記した関節軸20と、サーボモータ22と、位置センサ24と、力センサ26と、を備える。制御装置14は、サーボ制御部40と、測定部42と、推定部44と、補正部46と、動力学演算部48と、判定部50と、を備える。

[0023] サーボモータ22は、関節軸20を回転させる回転アクチュエータである。位置センサ24は、サーボモータ22の角度位置を示す検出信号（以下、「位置信号」という）を出力する。力センサ26は、関節軸20に作用する力の大きさを示す検出信号（以下、「力信号」という）を出力する。

[0024] 力センサ26は、N個（ $N \geq 2$ ）の関節軸20のうち、n個（ $1 \leq n < N$ ）のみに設けられる。以下、力センサ26の設置の有無に応じて、関節軸20の参照符号を区別して表記する場合がある。具体的には、力センサ26が設けられる関節軸を「関節軸20a」と表記するとともに、力センサ26が設けられない関節軸を「関節軸20b」と表記する。

- [0025] サーボ制御部40は、位置センサ24（あるいは、エンコーダ）からの位置信号に基づいて、サーボモータ22の駆動制御を行う。駆動制御には、例えば、サーボモータ22に流れる電流を制御量とするPWM（Pulse Width Modulation）が用いられる。
- [0026] 測定部42は、力センサ26を用いて関節軸20aに作用する力を測定する。例えば、測定部42は、既知である力センサ26の検出特性を参照し、力センサ26からの力信号を関節軸20aに作用する力の測定値に変換する。力センサ26が設けられる関節軸20aの場合、測定部42による測定にて得られた測定値が、力の検出結果（以下、「第一検出値」ともいう）として求められる。
- [0027] 推定部44は、サーボモータ22の駆動状態を示す状態量に基づいて関節軸20a、20bに作用する力を推定する。この「状態量」は、力との相関性が比較的高い物理量であり、例えば、電流又は電圧が挙げられる。また、状態量は、実際に測定された実測値であってもよいし、サーボモータ22の制御指令値であってもよい。推定部44は、推定パラメータにより特定される推定モデルに従って、関節軸20a、20bに作用する力をそれぞれ推定する。この推定モデルは、例えば、複数の関節軸20に共通するモデルであり、サーボモータ22が生成するトルクが電流の大きさ（以下、電流値）に比例する演算規則を記述する。なお、「共通するモデル」とは、モデル関数の数式タイプが同一又は類似であることを意味し、乗数又は定数が異なる場合も含まれる。
- [0028] 補正部46は、補正パラメータにより特定される演算規則に従って、推定部44による推定にて得られた推定値を補正する。補正部46は、関節軸20aにおける測定値と推定値の間の差分量を用いて、関節軸20bにおける推定値を補正する。この差分量は、測定値と推定値との差であってもよいし、測定値と推定との比であってもよい。力センサ26が設けられない関節軸20bの場合、補正部46により補正された推定値が、力の検出結果（以下、「第二検出値」ともいう）として求められる。

- [0029] 補正部46は、ロボット12に二以上の力センサ26が設けられる場合、二以上の関節軸20aの全部又は一部における差分量を用いて、関節軸20bにおける推定値を補正する。この場合、差分量は、複数の関節軸20aに対応する差分量の集合に関する統計処理により算出されてもよい。この統計量は、平均値、最大値、最小値、最頻値、又は中央値のいずれであってもよい。また、補正部46は、複数の関節軸20が直列的に接続される場合、直近の上流又は下流にある関節軸20aの差分量を用いて、関節軸20bにおける推定値を補正する。あるいは、差分量は、複数の関節軸20aに対応する差分量の重み付け和により算出されてもよい。この重み付け係数は、例えば、関節軸20同士的位置が近くなるにつれて大きい値に、関節軸20同士的位置が遠くなるにつれて小さい値に設定されてもよい。
- [0030] 動力学演算部48は、サーボモータ22の位置情報及び動力学パラメータを用いて、ロボット12の自重又は自身の動作によって関節軸20a、20bに作用する力を動力的に計算する。位置情報には、位置信号又はその時間的変化から特定される位置、速度、加速度、ジャークなどが含まれる。動力学パラメータには、関節軸20同士の距離・交差角度や、アームやエンドエフェクタの質量・重心位置・慣性などが含まれる。このパラメータは、工場からの出荷時に予め設定されてもよいし、システムメーカーやロボット12のユーザにより設定されてもよい。計算により求められる演算値は、外部の物体（作業員を含む）との干渉が発生しない状況下にてロボット12の正常動作時に作用する力であり、判定部50での判定における基準値に相当する。
- [0031] 判定部50は、[1]測定部42からの第一検出値及び動力学演算部48からの演算値、あるいは[2]補正部46からの第二検出値及び動力学演算部48からの推定値を用いて、ロボット12が外部の物体と干渉したか否かを判定する。例えば、判定部50は、検出値から演算値を差し引いた値を「外力」とみなし、この外力が閾値を上回るか否かを判定する。判定部50は、外力が閾値を上回る場合にロボット12が外部の物体と干渉したと判定し

、該当するサーボ制御部40又はブレーキ機構（不図示）に向けて、サーボモータ22の駆動を停止させる停止信号を出力する。

[0032] [制御装置14の動作]

この実施形態におけるロボットシステム10は、以上のように構成される。続いて、このロボットシステム10の一部を構成する制御装置14の動作について、図3のフローチャートを参照しながら説明する。

[0033] 図3のステップSP10において、制御装置14のプロセッサ34は、演算パラメータの設定を行う。これにより、推定部44には推定パラメータが、補正部46には補正パラメータが、動力学演算部48には動力学パラメータがそれぞれセットされる。なお、推定パラメータは、後述する式(1)のM、L、Rに相当する。また、補正パラメータは、後述する式(2)のFを特定するパラメータに相当する。これらのパラメータは、キャリブレーションの実行により、関節軸20毎に予め同定（つまり、最適化）される。

[0034] ステップSP12において、制御装置14のプロセッサ34は、判定処理の実行タイミングが到来したか否かを確認する。実行タイミングがまだ到来していない場合（ステップSP12：NO）、当該タイミングが到来するまでステップSP12に留まる。一方、実行タイミングが到来した場合（ステップSP12：YES）、次のステップSP14に進む。

[0035] 図4は、トルクの検出方法の一例を示す図である。ここでは、関節軸20の個数が $N=6$ 、力センサ26の個数が $n=3$ であり、J1～J6軸のうち力センサ26が1個おきに設けられる場合を想定する。具体的には、J2軸にはセンサAが、J4軸にはセンサBが、J6軸にはセンサCがそれぞれ設けられる。偶数番目の関節軸20aでは、測定により第一検出値が導出される。一方、奇数番目の関節軸20bでは、推定及び補正により第二検出値が導出される。

[0036] 図3のステップSP14において、測定部42は、ロボット12に設けられる力センサ26から、J2、J4、J6軸に対応する力信号を取得する。これと併せて、推定部44は、J1～J6軸に対応するサーボ制御部40か

ら電流の制御指令値（以下、「電流値」という）をそれぞれ取得する。

[0037] ステップSP16において、測定部42は、ステップSP14で取得された力信号を用いて、J2、J4、J6軸に作用するトルクを測定する。そして、測定部42は、測定により得られた測定値（= T_m ）を第一検出値として、補正部46及び判定部50にそれぞれ供給する。

[0038] ステップSP18において、推定部44は、ステップSP14で取得された電流値を用いて、J1～J6軸に作用するトルクをそれぞれ推定する。トルクの推定値は、次の式（1）で示す推定モデルに従って求められる。

$$T_e = I \times M \times L \times R \quad \cdot \cdot \quad (1)$$

ここで、 T_e は、トルクの推定値（単位：N・m）に相当する。Iは、電流値（単位：A）に相当する。Mは、サーボモータ22のトルク定数（単位：N・m/A）に相当する。Lは、機械的損失係数（無次元量）に相当する。Rは、減速比（無次元量）に相当する。

[0039] ステップSP20において、補正部46は、ステップSP18で得られたJ1、J3、J5軸における推定値を補正する。トルクの推定値は、次の式（2）に従って補正される。

$$T_c = T_e \times F(\{\Delta\}) \quad \cdot \cdot \quad (2)$$

ここで、 T_c は、補正済みの推定値（単位：N・m）に相当する。 $\{\Delta\}$ は、J2、J4、J6軸におけるトルク比（= T_e / T_m ）の母集団に相当する。 $F(\cdot)$ は、母集団に属するトルク比の平均値を返す関数である。平均値の算出に用いられる標本数は、3個すべてであってもよいし、2個以下であってもよい。

[0040] 図4の例では、6軸のうち最も上流側にあるJ1軸では、すべてのセンサA、B、Cの測定値が用いられる。すべてのトルク比を用いて母集団の標本数を多くすることで、トルク比に対する頑健性が高くなり、検出精度のばらつきが抑制される場合がある。一方、他のJ3、J5軸では、直近の上流及び下流にあるセンサの測定値のみが用いられる。具体的には、J3軸ではセンサA、Bの測定値が、J5軸ではセンサB、Cの測定値がそれぞれ用いら

れる。隣り合う関節軸 20 a のトルク比のみを用いることで、検出精度がより向上する場合がある。

[0041] ステップ S P 2 2 において、動力学演算部 4 8 は、サーボモータ 2 2 の位置情報及び動力学パラメータを用いて、ロボット 1 2 と外部の物体との間で干渉が発生しない状況を想定した、関節軸 20 a, 20 b に作用するトルク T d を計算する。

[0042] ステップ S P 2 4 において、判定部 5 0 は、ステップ S P 1 6 又は S P 2 0 で得られた検出値と、ステップ S P 2 2 で取得された演算値を用いて、ロボット 1 2 が外部の物体と干渉したか否かを判定する。具体的には、判定部 5 0 は、検出値 (T m, T c) から演算値 (T d) を差し引いた値が閾値を上回る場合には「干渉あり」、閾値以下である場合には「干渉なし」とそれぞれ判定する。

[0043] ステップ S P 2 6 において、判定部 5 0 は、外部の物体との干渉があったか否かを確認する。干渉がなかった場合 (ステップ S P 2 6 : N O)、ステップ S P 1 2 に戻って、以下、ステップ S P 1 2 ~ S P 2 6 の動作を繰り返す。一方、干渉があった場合 (ステップ S P 2 6 : Y E S)、次のステップ S P 2 8 に進む。

[0044] ステップ S P 2 8 において、判定部 5 0 は、すべてのサーボ制御部 4 0 に向けて、サーボモータ 2 2 の停止を指示する停止信号を出力する。これにより、ブレーキが作動し、ロボット 1 2 は動作を停止する。その後、作業員が復旧スイッチ (不図示) を操作することで、ブレーキが解除され、ロボット 1 2 の動作が再開する。

[0045] [実施形態のまとめ]

以上のように、ロボットシステム 1 0 は、複数の関節軸 20 と、関節軸 20 のそれぞれに接続される複数のアクチュエータ (ここでは、サーボモータ 2 2) と、を含んで構成されるロボット 1 2 と、ロボット 1 2 に作用する外力を検出する力検出装置 (ここでは、制御装置 1 4) と、を備える。制御装置 1 4 は、力センサ 2 6 を用いて関節軸 20 に作用する力を測定する測定部

42と、サーボモータ22の駆動状態を示す状態量に基づいて関節軸20に作用する力を推定する推定部44と、推定部44による推定にて得られた推定値を補正する補正部46と、を備える。

[0046] そして、制御装置14は、力センサ26が設けられる第一関節軸（つまり、関節軸20a）の場合、測定部42による測定にて得られた測定値を力の検出結果として求める。一方、制御装置14は、力センサ26が設けられない第二関節軸（つまり、関節軸20b）の場合、補正部46により補正された推定値を力の検出値として求める。

[0047] このように、力センサ26が設けられない関節軸20bに関して、サーボモータ22の状態量に基づく推定のみならず、この推定値をさらに補正することで、関節軸20bに作用する力の推定精度が向上する。これにより、力センサ26の設置数を減らしつつも、ロボット12に作用する力の検出精度の低下が抑制される。

[0048] また、補正部46は、関節軸20aにおける測定値と推定値の間の差分量を用いて、関節軸20bにおける推定値を補正してもよい。関節軸20aにおける測定値と推定値の間の誤差の関係性が、関節軸20bにおける推定値の補正に反映されるので、関節軸20bにおける力の検出精度がより向上する。

[0049] さらに、推定部44は、共通する推定モデルに従って関節軸20a、20bに作用する力をそれぞれ推定してもよい。これにより、推定モデルに特有の誤差の傾向を適切に補正可能となり、関節軸20bにおける力の検出精度がさらに向上する。

[0050] また、差分量は、二以上の関節軸20aに対応する差分量の集合に関する統計処理により算出されてもよい。これにより、差分量に対する頑健性が高くなり、検出精度のばらつきが抑制される。

[0051] また、補正部46は、複数の関節軸20が直列的に接続される場合、直近の上流又は下流にある関節軸20aの差分量を用いて、関節軸20bにおける推定値を補正してもよい。隣り合う関節軸20aの差分量を用いることで

、関節軸 20b における力の検出精度がより向上する。

[0052] [変形例]

なお、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、この発明の主旨を逸脱しない範囲で自由に変更できることは勿論である。あるいは、技術的に矛盾が生じない範囲で各々の構成を任意に組み合わせてもよい。あるいは、技術的に矛盾が生じない範囲でフローチャートにおける各ステップの実行順番を変更してもよい。

[0053] 上記した実施形態では、サーボモータ 22 を用いて関節軸 20 を駆動する場合について説明したが、アクチュエータの種類はこれに限られない。例えば、サーボモータ以外の回転アクチュエータ、直動アクチュエータ、又はこれらの組み合わせであってもよい。

[0054] 上記した実施形態では、J1～J6 軸のうち力センサ 26 が 1 個おきに設けられる場合について説明したが、力センサ 26 の設置数・配置分布・割合などはこれに限られない。また、力センサ 26 が設けられるすべての関節軸を「第一関節軸」として分類したが、その一部を「第二関節軸」として分類してもよい。例えば、力センサ 26 の故障や性能低下によって、測定結果の信頼性が低下した場合が想定される。

[0055] 上記した実施形態では、式(1)に従って推定値を算出する場合について説明したが、これとは異なる様々な推定モデルが用いられてもよい。また、上記した実施形態では、式(2)に従って推定値を補正する場合を説明したが、これとは異なる様々な補正式が用いられてもよい。例えば、位置センサ 24 又は力センサ 26 の周辺に温度センサを設けておき、上記した推定又は補正に対して温度補償機能を組み込んでもよい。

[0056] 上記した実施形態では、検出値の導出(図3のステップSP16, SP20)及び演算値の算出(図3のステップSP22)が同期的に行われる場合について説明したが、これらの演算処理が非同期で行われてもよい。具体的には、図3のフローチャートからステップSP22を除外しておき、判定部 50 が、直近に算出された演算値を用いて干渉の有無を判定すればよい。

[0057] 上記した実施形態では、力検出装置がロボット12の制御装置14と一体的に設けられる場合について説明したが、装置構成はこれに限られない。例えば、力検出装置は、制御装置とは別体のコンピュータであってもよいし、ロボットと一体的に設けられてもよい。

[0058] 上記した実施形態では、6軸の垂直多関節ロボットを例に挙げて説明したが、ロボット12の種類はこれに限られない。例えば、ロボット12は、7軸ロボット、水平多関節ロボット（いわゆるスカラロボット）、パラレルリンクロボット、あるいは直交ロボット（いわゆるガントリーロボット）のいずれであってもよい。また、本発明は、産業用ロボットに限られず、複数の関節軸20を有する様々な可動装置に適用され得る。

[0059] [符号の説明]

10…ロボットシステム、12…ロボット、14…制御装置（力検出装置）、20, 20a, 20b…関節軸、22…サーボモータ（アクチュエータ）、24…位置センサ、26…力センサ、40…サーボ制御部、42…推定部、44…測定部、46…補正部、48…動力学演算部、50…判定部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の関節軸と、該関節軸のそれぞれに接続される複数のアクチュエータと、を含んで構成されるロボットに作用する力を検出する力検出装置であって、
- 力センサを用いて前記関節軸に作用する力を測定する測定部と、
- 前記アクチュエータの駆動状態を示す状態量に基づいて前記関節軸に作用する力を推定する推定部と、
- 前記推定部による推定にて得られた推定値を補正する補正部と、
- を備え、
- 前記複数の関節軸のうち前記力センサが設けられる第一関節軸の場合、前記測定部による測定にて得られた測定値を力の検出結果として求め、
- 前記複数の関節軸のうち前記力センサが設けられない第二関節軸の場合、前記補正部により補正された推定値を力の検出値として求める、
- 力検出装置。
- [請求項2] 前記補正部は、前記第一関節軸における前記測定値と前記推定値の間の差分量を用いて、前記第二関節軸における前記推定値を補正する、
- 請求項1に記載の力検出装置。
- [請求項3] 前記推定部は、共通する推定モデルに従って、前記第一関節軸及び前記第二関節軸に作用する力をそれぞれ推定する、
- 請求項2に記載の力検出装置。
- [請求項4] 前記差分量は、二以上の第一関節軸に対応する前記差分量の集合に関する統計処理により算出される、
- 請求項2又は3に記載の力検出装置。
- [請求項5] 前記補正部は、前記複数の関節軸が直列的に接続される場合、直近の上流又は下流にある第一関節軸の前記差分量を用いて、前記第二関節軸における前記推定値を補正する、

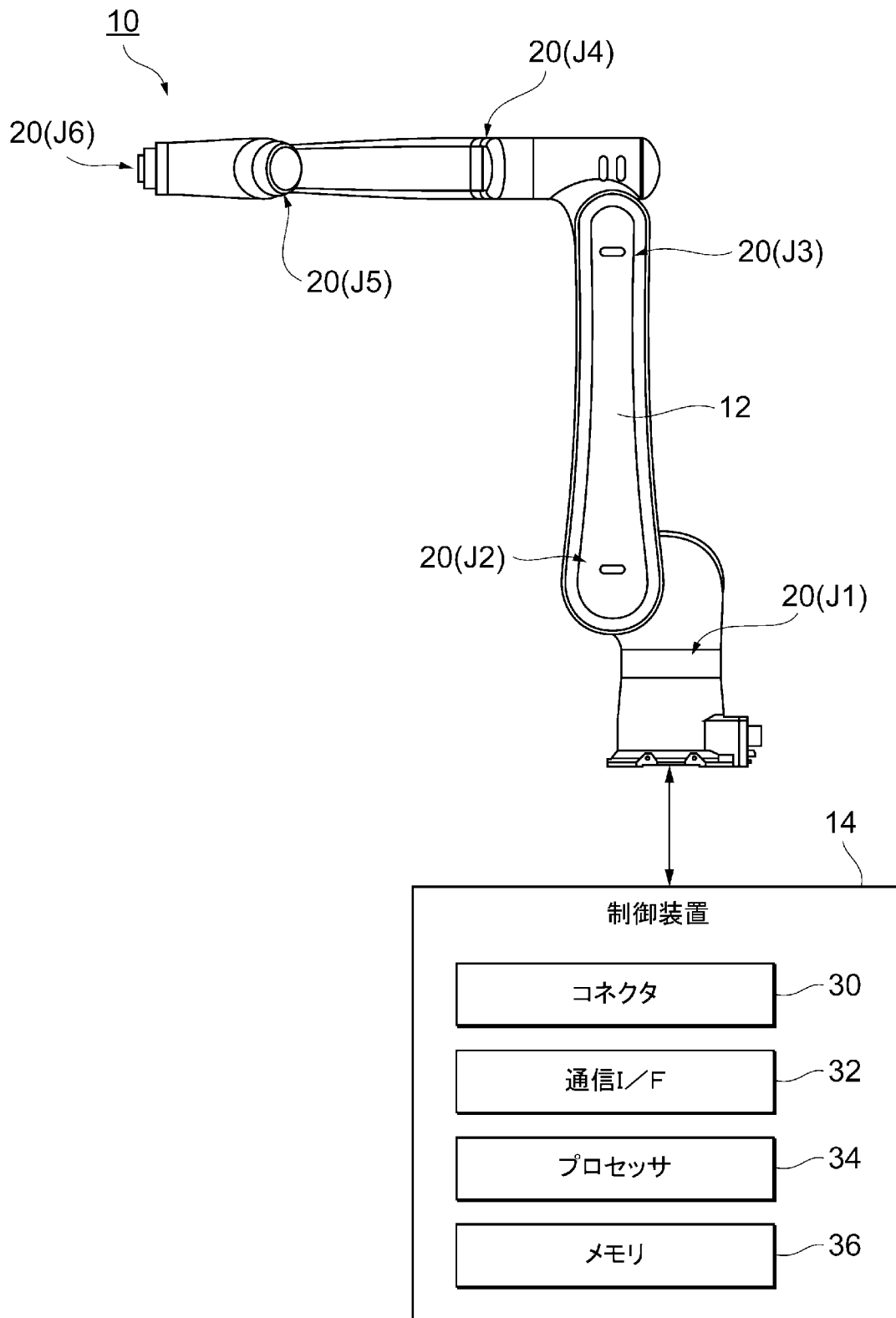
請求項 2～4 のいずれか 1 項に記載の力検出装置。

[請求項6]

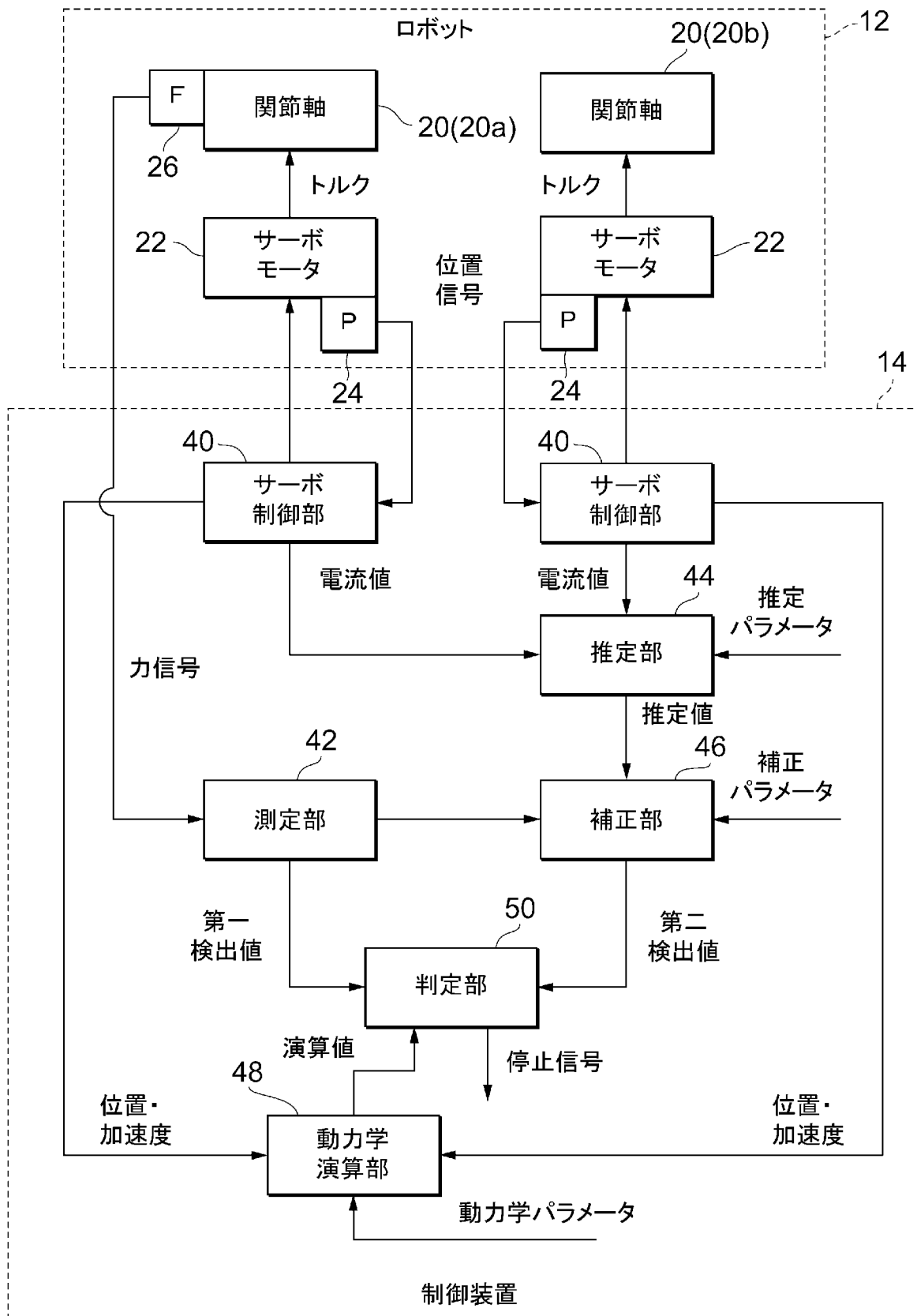
複数の関節軸と、前記関節軸のそれぞれに接続される複数のアクチュエータと、を含んで構成されるロボットと、

請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の力検出装置と、
を備える、ロボットシステム。

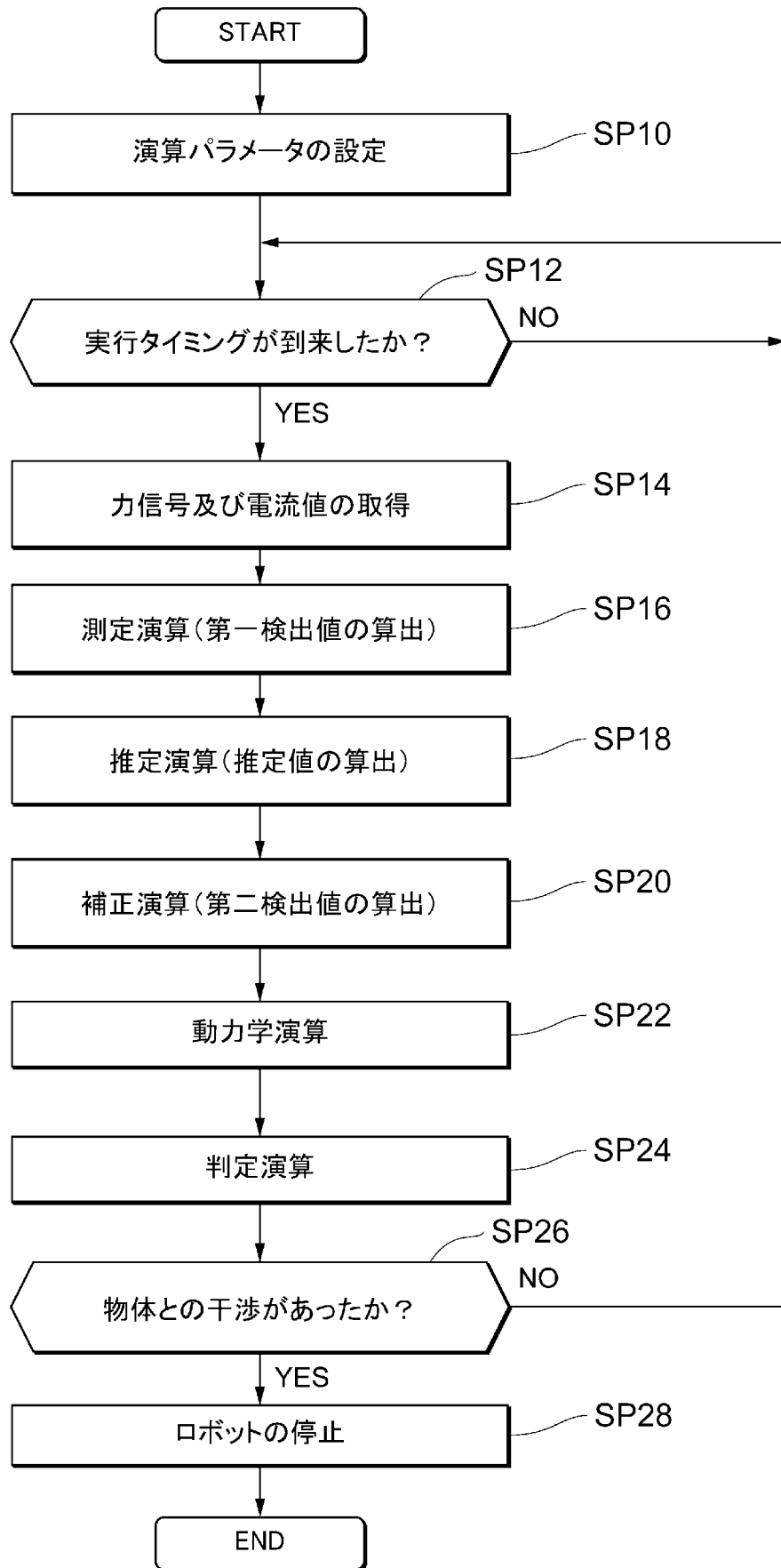
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

関節軸	力センサ の設置	検出値の 導出方法	使用値	
			電流値	測定値
J1軸	なし	推定と補正	J1	A, B, C
J2軸	センサA	測定	J2	A
J3軸	なし	推定と補正	J3	A, B
J4軸	センサB	測定	J4	B
J5軸	なし	推定と補正	J5	B, C
J6軸	センサC	測定	J6	C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/032243

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B25J 19/06</i> (2006.01)i; <i>G01L 5/00</i> (2006.01)i FI: G01L5/00 H; B25J19/06		
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) G01L5/00-5/28;G01L3/00-3/26;G01L25/00;B25J1/00-B25J21/02		
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.
X	JP 2020-104249 A (FANUC LTD.) 09 July 2020 (2020-07-09) paragraphs [0007]-[0060], fig. 1-7	1, 6
A	paragraphs [0007]-[0060], fig. 1-7	2-5
A	JP 2020-101541 A (PILZ GMBH & CO. KG.) 02 July 2020 (2020-07-02) paragraphs [0040]-[0130], fig. 1-4	1-6
A	JP 2020-179483 A (FANUC LTD.) 05 November 2020 (2020-11-05) paragraphs [0008]-[0035], fig. 1-7	1-6
A	US 2019/0217464 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP.) 18 July 2019 (2019-07-18) paragraphs [0012]-[0077], fig. 1-5	1-6
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 11 October 2021		Date of mailing of the international search report 26 October 2021
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/JP2021/032243

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-104249	A	09 July 2020	US 2020/0206919 A1 Paragraphs [0013]-[0086], fig. 1-7	
				DE 102019134488 A1	
				CN 111376267 A	
JP	2020-101541	A	02 July 2020	US 2020/0198133 A1 paragraphs [0036]-[0097], fig. 1-4	
				EP 3670110 A1	
				DE 102018133349 A1	
				CN 111347421 A	
JP	2020-179483	A	05 November 2020	(Family: none)	
US	2019/0217464	A1	18 July 2019	CN 110053039 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 19/06(2006.01)i; G01L 5/00(2006.01)i FI: G01L5/00 H; B25J19/06		
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）） G01L5/00-5/28; G01L3/00-3/26; G01L25/00; B25J1/00-B25J21/02 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
X	JP 2020-104249 A (ファナック株式会社) 09.07.2020 (2020-07-09) 段落0007-0060, 図1-7	1,6
A	段落0007-0060, 図1-7	2-5
A	JP 2020-101541 A (ビルツ ゲーエムペーハー アンド コー, カーゲー) 02.07.2020 (2020-07-02) 段落0040-0130, 図1-4	1-6
A	JP 2020-179483 A (ファナック株式会社) 05.11.2020 (2020-11-05) 段落0008-0035, 図1-7	1-6
A	US 2019/0217464 A1 (UBTECH ROBOTICS CORP) 18.07.2019 (2019-07-18) Paragraphs0012-0077, Figs.1-5	1-6
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
11.10.2021	26.10.2021	
名称及びあて先	権限のある職員（特許庁審査官）	
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	大森 努 2F 8352 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

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/JP2021/032243

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2020-104249	A	09.07.2020	US	2020/0206919	A1	
					Paragraphs0013-0086, Figs.1-7		
				DE	102019134488	A1	
				CN	111376267	A	
JP	2020-101541	A	02.07.2020	US	2020/0198133	A1	
					Paragraphs0036-0097, Figs.1-4		
				EP	3670110	A1	
				DE	102018133349	A1	
				CN	111347421	A	
JP	2020-179483	A	05.11.2020	(ファミリーなし)			
US	2019/0217464	A1	18.07.2019	CN	110053039	A	