

(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10月6日(06.10.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/210291 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 13/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/014108

(22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)

(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 2021-060816 2021年3月31日(31.03.2021) JP

(71) 出願人: ファナック株式会社 (FANUC CORPORATION) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 石井 優希 (ISHII, Yuki); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 3 5 8 0 番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

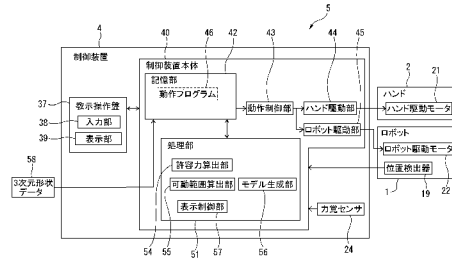
(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目 2 3 番 1 号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: COMPUTATION DEVICE FOR CALCULATING PERMISSIBLE VALUE OF EXTERNAL FORCE ACTING ON ROBOT DEVICE OR WORKPIECE, AND DEVICE FOR CONTROLLING ROBOT

(54) 発明の名称: ロボット装置またはワークに作用する外力の許容値を算出する計算装置およびロボットの制御装置

図2



- 1 Robot
- 2 Hand
- 4 Control device
- 19 Position detector
- 21 Hand driving motor
- 22 Robot driving motor
- 24 Haptic sensor
- 37 Teaching console panel
- 38 Input unit
- 39 Display unit
- 40 Control device body
- 42 Storage unit
- 43 Operation control unit
- 44 Hand driving unit
- 45 Robot driving unit
- 46 Operation program
- 51 Processing unit
- 54 Permissible force calculation unit
- 55 Movable range calculation unit
- 56 Model generation unit
- 57 Display control unit
- 58 Three-dimensional shape data

(57) Abstract: This control device is provided with a processing unit for calculating a permissible value of an external force that is permissible to be applied on a robot, a workpiece, or a hand. The permissible value of load that can be exerted on a constituent member of the robot is determined in advance. The processing unit calculates a permissible value of an external force in an application direction in which the external force is applied, on the basis of the position and attitude of the robot, the position of an application point where the external force is applied, and the permissible value of load of the constituent member of the robot.

(57) 要約: 制御装置は、ロボット、ワーク、またはハンドに対して作用することが許容される外力の許容値を算出する処理部を備える。ロボットの構成部材に対して加えることができる負荷の許容値は予め定められている。処理部は、ロボットの位置および姿勢、外力が作用する作用点の位置、ロボットの構成部材の負荷の許容値に基づいて、外力が作用する作用方向における外力の許容値を算出する。

(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))

明 細 書

発明の名称：

ロボット装置またはワークに作用する外力の許容値を算出する計算装置およびロボットの制御装置

技術分野

[0001] 本発明は、ロボット装置またはワークに作用する外力の許容値を算出する計算装置およびロボットの制御装置に関する。

背景技術

[0002] 従来技術においては、ワークを把持するハンドをロボットに取り付けて、ロボットが位置および姿勢が変化することにより、ワークを所定の位置に搬送するロボット装置が知られている。ワークを移動する時にワークの位置および姿勢を精密に調整する作業としては、1つのワークを他のワークに接触させたり嵌合したりする作業が知られている。

[0003] ロボット装置がワークの位置および姿勢を精密に調整するために、ロボットに力センサを取り付けることが知られている。1つのワークが他のワークに接触したときに力センサから出力される力に基づいて、ロボットの位置および姿勢を調整することができる。例えば、一方のワークの表面と他方のワークの表面とが合わさった状態となるように、両方のワーク同士に作用する力に基づいて、ロボットを駆動することが知られている（例えば、特開2017-19039号公報）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2017-19039号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ロボットに力センサを取り付けることにより、ロボット装置またはワーク

に設定された作用点に作用する外力を検出することができる。作業者は、ロボットが駆動することにより作用点に作用する所定の方角における外力の目標値を動作プログラムに設定することができる。ロボットの制御装置は、作用点に作用する外力が目標値になるようにロボットを駆動することができる。

[0006] ロボット装置またはワークに外力が作用した場合に、アーム、モータ、およびセンサなどのロボットを構成する構成部材には負荷が加わる。例えば、構成部材には曲がる力が加わったり、回動軸においてはトルクが加わったりする。それぞれの構成部材に加わる負荷が負荷の許容値を超えてしまうと、構成部材が破損したり、ロボットが正常に駆動しなくなったりする虞がある。このために、それぞれの構成部材に加わる負荷が許容値以下になるように、ロボットを制御することが好ましい。

[0007] 従来の技術においては、ロボット装置に異常が生じないように、作用点に作用する外力の目標値を低く設定することができる。例えば、それぞれの構成部材について、作用点に作用させることができる外力の大きさを算出する。様々なロボットの位置および姿勢において、作用点に作用することができる外力のうち、最も小さな値を外力の許容値として定めることができる。そして、外力の目標値は、外力の許容値以下の値を設定することができる。このように、作用点に作用する外力が最小になる条件（最も悪い条件）にて外力の許容値を設定していた。

[0008] このような外力の許容値の範囲は、例えば操作マニュアルに記載されている。そして、作業者は、許容値の範囲から目標値を設定していた。このために、所定のロボットの位置および姿勢では、大きな外力を作用点に作用させることができる場合でも、小さい外力の目標値にてロボットを駆動していた。この結果、ロボット装置の作業時間が長くなる場合があった。

[0009] または、ロボットの制御装置は、作用点に作用する外力が許容値を超えた状態でロボットを駆動しないように制御を実施する。例えば、制御装置は、外力の許容値を超えるようなロボットの駆動状態になった場合に、警告を発

信して、ロボットを停止する制御を行っていた。しかしながら、この制御では、ロボット装置が停止した後に復旧するための作業が必要になる。この結果、サイクルタイムは長くなってしまい、生産性が悪くなるという問題があった。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示の態様の計算装置は、ロボット、ワーク、または作業ツールに対して作用することが許容される外力の許容値を算出する処理部を備える。ロボットの構成部材に対して加えることができる負荷の許容値は予め定められている。処理部は、ロボットの位置および姿勢、外力が作用する作用点の位置、ロボットの構成部材の負荷の許容値に基づいて、外力が作用する作用方向における外力の許容値を算出する。

[0011] 本開示の態様のロボットの制御装置は、前述の計算装置と、ロボットの動作を制御する動作制御部とを備える。

発明の効果

[0012] 本開示の態様によれば、ロボット装置またはワークに作用する外力の許容値を算出する計算装置およびロボットの制御装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施の形態におけるロボット装置の概略図である。

[図2]実施の形態におけるロボット装置のブロック図である。

[図3]第1のワークを第2のワークに嵌合するときのワークの拡大斜視図である。

[図4]ロボットを第1の位置および姿勢にしたときのロボット装置の概略図である。

[図5]ロボットを第2の位置および姿勢にしたときのロボット装置の概略図である。

[図6]教示操作盤の表示部に表示される第1の画像である。

[図7]教示操作盤の表示部に表示される第2の画像である。

[図8]実施の形態におけるシミュレーション装置のブロック図である。

[図9]シミュレーション装置の表示部に表示される画像である。

発明を実施するための形態

- [0014] 図1から図9を参照して、実施の形態における計算装置および計算装置を備えるロボットの制御装置について説明する。本実施の形態の計算装置は、ロボット装置またはロボット装置が把持するワークに対して加わる外力の許容値を算出する。
- [0015] 図1は、本実施の形態におけるロボット装置の概略図である。ロボット装置5は、作業ツールとしてのハンド2と、ハンド2を移動するロボット1とを備える。本実施の形態のロボット1は、複数の関節部18a, 18b, 18cを含む多関節ロボットである。ロボット1は、移動可能な複数の構成部材を含む。ロボット1の構成部材は、それぞれの駆動軸の周りに回転するように形成される。
- [0016] 本実施の形態のロボット1は、ベース部14と、ベース部14に対して回転する旋回ベース13とを含む。ロボット1は、上部アーム11および下部アーム12を含む。下部アーム12は、旋回ベース13に回動可能に支持されている。上部アーム11は、下部アーム12に回動可能に支持されている。ロボット1は、上部アーム11に回動可能に支持されている手首部15を含む。手首部15のフランジ16には、ハンド2が固定されている。更に、上部アーム11またはフランジ16は、所定の駆動軸の周りに回転する。
- [0017] 本実施の形態のロボットは、6個の駆動軸を有するが、この形態に限られない。任意の機構にて位置および姿勢を変更するロボットを採用することができる。また、本実施の形態の作業ツールは、2つの爪部を有するハンドであるが、この形態に限られない。作業ツールは、ロボット装置が行う作業に応じた任意の装置を採用することができる。
- [0018] 本実施の形態のロボット装置5には、基準座標系76が設定されている。基準座標系76はワールド座標系とも称される。基準座標系76は、原点の位置が固定され、更に、座標軸の向きが固定されている座標系である。また、ロボット装置5には、作業ツールの任意の位置に設定された原点を有する

ツール座標系が設定されている。本実施の形態では、ツール座標系の原点は、ハンド2の2つの爪部の先端同士の間接点であるツール先端点に設定されている。ツール座標系は、作業ツールと共に位置および姿勢が変化する座標系である。ロボット1の位置は、基準座標系76におけるツール座標系の原点の位置に対応する。また、ロボット1の姿勢は、基準座標系76に対するツール座標系の向きに対応する。

[0019] 図2に、本実施の形態におけるロボット装置のブロック図を示す。図1および図2を参照して、ロボット1は、ロボット1の位置および姿勢を変化させるロボット駆動装置を含む。ロボット駆動装置は、アームおよび手首部等の構成部材を駆動するロボット駆動モータ22を含む。本実施の形態では、それぞれの駆動軸に対応して複数のロボット駆動モータ22が配置されている。

[0020] ロボット装置5は、ハンド2を駆動するハンド駆動装置を備える。ハンド駆動装置は、ハンド2の爪部を駆動するハンド駆動モータ21を含む。ハンド駆動モータ21が駆動することによりハンド2の爪部が開いたり閉じたりする。なお、ハンドは、空気圧等により駆動するように形成されていても構わない。

[0021] ロボット装置5は、ロボット1およびハンド2を制御する制御装置4を備える。制御装置4は、制御装置本体40と、作業者が制御装置本体40を操作するための教示操作盤37とを含む。制御装置本体40は、プロセッサとしてのCPU (Central Processing Unit) を有する演算処理装置 (コンピュータ) を含む。演算処理装置は、CPUにバスを介して接続されたRAM (Random Access Memory) およびROM (Read Only Memory) 等を有する。

[0022] 教示操作盤37は、通信装置を介して制御装置本体40に接続されている。教示操作盤37は、ロボット1およびハンド2に関する情報を入力する入力部38を含む。入力部38は、キーボードおよびダイヤルなどの入力部材により構成されている。教示操作盤37は、ロボット1およびハンド2に関する情報を表示する表示部39を含む。表示部39は、液晶表示パネルまた

は有機EL (Electro Luminescence) 表示パネル等の任意の表示パネルにて構成されることができる。なお、教示操作盤がタッチパネル方式の表示パネルを備える場合に、表示パネルは入力部および表示部として機能する。

[0023] 制御装置4には、ロボット1およびハンド2の動作を行うために予め作成された動作プログラム46が入力される。または、作業者が教示操作盤37を操作してロボット1を駆動することにより、ロボット1の教示点を設定することができる。制御装置4は、教示点に基づいて、動作プログラム46を生成することができる。

[0024] 制御装置本体40は、ロボット1およびハンド2の動作を制御する動作制御部43を含む。動作制御部43は、ロボット1を駆動するための動作指令をロボット駆動部45に送出する。ロボット駆動部45は、ロボット駆動モータ22を駆動する電気回路を含む。ロボット駆動部45は、動作指令に基づいてロボット駆動モータ22に電気を供給する。また、動作制御部43は、ハンド2を駆動する動作指令をハンド駆動部44に送出する。ハンド駆動部44は、ハンド駆動モータ21を駆動する電気回路を含む。ハンド駆動部44は、動作指令に基づいてハンド駆動モータ21に電気を供給する。

[0025] 制御装置本体40は、ロボット1およびハンド2の制御に関する情報を記憶する記憶部42を含む。記憶部42は、情報の記憶が可能で非一時的な記憶媒体にて構成されることができる。例えば、記憶部42は、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、磁気記憶媒体、または光記憶媒体等の記憶媒体にて構成することができる。動作プログラム46は、記憶部42に記憶される。

[0026] 動作制御部43は、動作プログラム46に従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサは、記憶部42に記憶された情報を読み取り可能に形成されている。プロセッサが動作プログラム46を読み込んで、動作プログラム46に定められたロボット1およびハンド2の制御を実施することにより、動作制御部43として機能する。また、プロセッサが教示操作盤37の入力部38の操作に基づいてロボット1およびハンド2を駆動することにより、動作制御部43として機能する。

[0027] ロボット 1 は、ロボット 1 の位置および姿勢を検出するための状態検出器を含む。本実施の形態における状態検出器は、それぞれの駆動軸のロボット駆動モータ 22 に取り付けられた回転位置を検出する位置検出器 19 を含む。位置検出器 19 は、ロボット駆動モータ 22 の出力シャフトの回転角を検出するエンコーダにより構成することができる。本実施の形態では、複数の位置検出器 19 の出力に基づいて、ロボット 1 の位置および姿勢が検出される。

[0028] 制御装置 4 は、ロボット 1 に取り付けられた力検出器としての力覚センサ 24 を含む。本実施の形態の力覚センサ 24 は、6 軸のセンサである。本実施の形態のロボット装置 5 では、力覚センサ 24 は、フランジ 16 とハンド 2 との間に配置されている。力覚センサ 24 は、ワーク 71 に作用する力およびモーメントを含む外力を検出する。力覚センサ 24 としては、歪みセンサを含むセンサまたは静電容量式のセンサ等の任意の力覚センサを採用することができる。

[0029] 本実施の形態における力覚センサ 24 には、センサに作用する力を検出するためのセンサ座標系が設定されている。力覚センサ 24 にて検出される力には、センサ座標系における互いに直交する 3 軸の方向の力および 3 軸の周りの力が含まれる。より具体的には、力覚センサ 24 は、直交 3 軸（X 軸、Y 軸、および Z 軸）方向の力と、3 軸の回りの軸（W 軸、P 軸、および R 軸）方向の力としてのモーメント（ M_x 、 M_y 、 M_z ）を検出する。

[0030] 図 3 に、本実施の形態における第 1 のワークおよび第 2 のワークの拡大斜視図を示す。図 1 および図 3 を参照して、ロボット装置 5 は、第 2 のワーク 72 に第 1 のワーク 71 を嵌合させる制御を実施する。ロボット装置 5 は、ロボット 1 が駆動することにより第 1 のワーク 71 を第 2 のワーク 72 に向かって移動する。そして、矢印 91 に示すように、第 2 のワーク 72 の凹部 72a に第 1 のワーク 71 を挿入する。

[0031] 本実施の形態の第 1 のワーク 71 は、円柱の形状を有する。第 1 のワーク 71 の端面は平面状である。第 2 のワーク 72 は、直方体の形状を有する。

第２のワーク７２は、作業台７５に固定されている。第２のワーク７２の凹部７２ａは、円柱状に形成されている。凹部７２ａは、第１のワーク７１が嵌合するように第１のワーク７１の形状に対応する形状を有する。

[0032] 制御装置４は、円柱状のワーク７１をワーク７２の凹部７２ａに嵌合させる制御を実施する。このときに、ワーク７１の中心軸７１ａと凹部７２ａの中心軸７２ａとが同一線上になる場合には、ワーク７１は、滑らかにワーク７２の凹部７２ａに挿入される。しかしながら、中心軸７１ａは中心軸７２ａに対して位置または姿勢がずれる場合がある。

[0033] 図２および図３を参照して、制御装置４は、ワーク７１を凹部７２ａに嵌合する時に、力覚センサ２４の出力に基づいて力制御を実施する。本実施の形態では、力検出器にて検出される力に基づいて、ロボットの位置および姿勢を調整する制御を力制御と称する。力制御では、ワークが接触した時に生じる力を利用する。

[0034] 制御装置４は、力検出器としての力覚センサ２４にて検出される力に基づいて、ワークが移動する方向に直交する方向の速度を変化させる制御およびワークの向きを変化させる制御を実施することができる。制御装置４は、例えば、力覚センサ２４にて検出される力に基づいて、コンプライアンス制御またはインピーダンス制御等を実施することができる。

[0035] このような力制御を実施する時には、力制御の基準となる制御点およびロボットにてワークを移動するための移動方向（ベクトル）が必要になる。制御点は、ロボット装置５またはワーク７１に対して外力が作用する作用点に相当する。本実施の形態のロボット装置５では、第１のワーク７１の端面に制御点としてワーク先端点７３が予め定められている。ワーク先端点７３は、第１のワーク７１の端面において平面形状の円の中心に配置されている。また、ワーク７１を凹部７２ａに嵌合する時に、ロボット１に支持されたワーク７１の移動方向として矢印７４に示す方向が予め設定される。力覚センサ２４は、作用点に作用する外力を検出する。

[0036] 本実施の形態のロボット装置５は、外力の許容値を算出する計算装置を備

える。本実施の形態においては、制御装置４の制御装置本体４０が計算装置として機能する。制御装置本体４０は、演算処理を行う処理部５１を含む。処理部５１は、ロボット、ワーク、または作業ツールに対して作用することが許容される外力の許容値を算出する許容力算出部５４を含む。処理部５１は、ロボット１の位置および姿勢が変化した時に、現在の外力の目標値が許容値以下になる作用点の位置の領域を算出する可動範囲算出部５５を含む。処理部５１は、ロボット装置およびワークの３次元形状データ５８に基づいて、ロボット装置のモデルおよびワークのモデルを生成するモデル生成部５６を含む。処理部５１は、教示操作盤３７の表示部３９に表示する画像を制御する表示制御部５７を含む。

[0037] 動作プログラム４６には、外力の許容値に関する計算を実施したり、ロボット装置の構成部材のモデルを生成したりするためのプログラムが含まれている。処理部５１は、動作プログラム４６に従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサが動作プログラム４６に定められた制御を実施することにより、処理部５１として機能する。更に、許容力算出部５４、可動範囲算出部５５、モデル生成部５６、および表示制御部５７のそれぞれのユニットは、動作プログラム４６に従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサが動作プログラム４６に定められた制御を実施することにより、それぞれのユニットとして機能する。

[0038] 動作制御部４３は、動作プログラム４６に基づいて力制御を実施する。動作制御部４３は、力覚センサ２４の出力を取得する。動作制御部４３は、力覚センサ２４の出力に基づいて、作用点としてのワーク先端点７３における予め定められた作用方向の外力を算出する。例えば、動作制御部４３は、矢印７４に示す移動方向の軸および移動方向に直交する軸を設定する。動作制御部４３は、ワーク先端点７３に作用する外力として、これらの軸の方向に加わる力および軸の周りのモーメントを算出する。

[0039] 動作制御部４３は、ワーク先端点７３に作用する外力が予め定められた目標値になるようにロボット１の動作を制御することができる。例えば、矢印

7 4 に示す移動方向にワーク 7 1 を移動してワーク 7 1 がワーク 7 2 に接触した時に、動作制御部 4 3 は、矢印 7 4 に示す移動方向と反対方向に作用する力が目標値になるようにロボット 1 の位置および姿勢を制御する。換言すると、動作制御部 4 3 は、矢印 7 4 に示す方向にワーク 7 1 を押し付ける力が目標値になるようにロボット 1 の位置および姿勢を制御する。その他にも、動作制御部 4 3 は、矢印 7 4 に示す方向に垂直な軸の方向の力およびこれらの軸の周りのモーメントが予め定められた目標値になるようにロボット 1 を制御する。

[0040] このように、動作制御部 4 3 は、所定の作用方向において作用点に作用する外力が目標値になるようにロボットの動作を制御する力制御を実施することができる。力制御を実施することにより、凹部 7 2 a に対する第 1 のワーク 7 1 の位置および姿勢を修正しながら嵌合の作業を行うことができる。このような外力の目標値は、動作プログラム 4 6 に力制御を実施するためのパラメータとして設定される。

[0041] 本実施の形態のロボット装置 5 では、嵌合作業を実施するときに、第 1 のワーク 7 1 が他の物体としての第 2 のワーク 7 2 に接触する。そして、ワーク 7 1 に作用する外力に基づいてワーク 7 1 の位置および姿勢が調整される。

[0042] ワーク 7 1 がワーク 7 2 に接触している期間中に、ロボット 1 の構成部材およびハンド 2 に対して負荷が加わる。例えば、上部アーム 1 1、下部アーム 1 2、旋回ベース 1 3、および手首部 1 5 等のそれぞれの構成部材には、引張り力、圧縮力、曲げモーメント、および捩じりモーメント等が負荷として加わる。また、それぞれの関節部 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c に配置されたロボット駆動モータ 2 2 および減速機等の構成部材には、回転軸周りのトルクが負荷として加わる。また、関節部 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c に構成部材としてトルクセンサが配置されている場合には、トルクセンサにトルクが負荷として加わる。

[0043] ロボット 1 の構成部材に加えることができる負荷の許容値は予め定められ

ている。構成部材の負荷が許容値を超えてしまうと、それぞれの構成部材に異常が生じる虞がある。例えば、構成部材が破損したり、正常に機能しなくなったりする。この結果、ロボット装置が正常に動作しなくなる虞がある。

[0044] ロボット装置は、構成部材に加わる負荷が許容値以下となるように駆動することが好ましい。特に、それぞれの構成部材に作用する負荷が物性的な許容値または機械的な許容値を超えないように、ロボットを駆動することが好ましい。物性的な許容値としては、アームなどの構成部材に作用する捩じりモーメント、曲げモーメント、圧縮力、または引張り力等の許容値が相当する。機械的な許容値としては、ベアリングおよび減速機等の複数の部品にて構成される構成部材に作用するトルクまたは圧縮力等の許容値が相当する。また、それぞれの構成部材に作用する負荷は、ロボットを安全に駆動する機能も考慮することが好ましい。安全機能上の許容値としては、ロボットが他の物体に接触したときにロボットを停止させる時の許容値が相当する。

[0045] ロボット装置5に把持された第1のワーク71が第2のワーク72に対して押し付けられる動作を実施する時に、それぞれの構成部材に加わる負荷が許容値以下になるように制御することが好ましい。それぞれの構成部材には、第1のワーク71を第2のワークに押し付けるときの力に応じた負荷が発生する。ロボット装置5にて第1のワーク71を第2のワーク72に押し付ける時の作用点に作用する外力が大きくなるほど、構成部材に加わる負荷が大きくなる。このために、ワーク先端点73に作用する力が大きくなりすぎないように、外力の目標値を適切な値に設定することが好ましい。

[0046] 図4に、ロボットを第1の位置および姿勢にしたときのロボット装置の概略図を示す。図5に、ロボットを第2の位置および姿勢にしたときのロボット装置の概略図を示す。図4および図5を参照して、それぞれの図には第1のワーク71が接触する接触面89が記載されている。接触面89は、第1のワーク71が押し付けられる物体の表面に相当する。ここでは、ロボット1は、矢印74に示す移動方向に沿って第1のワーク71を接触面89に向かって一定の力にて押圧している。すなわち、第1の位置および姿勢と第2

の位置および姿勢とにおいて、ワーク先端点 7 3 に作用する外力は同一になっている。

[0047] ここで、関節部 1 8 a に配置されているトルクセンサ等の構成部材に加わるトルクは、ワーク先端点 7 3 に作用する外力と、ワーク先端点 7 3 から関節部 1 8 a の駆動軸までの距離に依存する。第 2 の位置および姿勢における関節部 1 8 a の駆動軸からワーク先端点 7 3 までの距離は、第 1 の位置および姿勢における関節部 1 8 a の駆動軸からワーク先端点 7 3 までの距離よりも長くなる。このために、関節部 1 8 a に配置されている構成部材に加わるトルクについては、第 1 の位置および姿勢におけるトルクよりも第 2 の位置および姿勢におけるトルクの方が大きくなる。また、下部アーム 1 2 に作用する曲げモーメント等についても、第 2 の位置および姿勢における曲げモーメントは、第 1 の位置および姿勢における曲げモーメントよりも大きくなる。

[0048] このように、作用点に作用する外力が同じ大きさでも、ロボットの位置および姿勢に応じて、ロボット装置の構成部材に作用する負荷が変化する。ここでの例では、ワーク先端点 7 3 の位置が関節部 1 8 a の駆動軸から最も遠くなるロボットの位置および姿勢において、関節部 1 8 a に配置されている構成部材に加わるトルクが最も大きくなる。

[0049] 従来の技術においては、様々なロボットの位置および姿勢において、ロボット装置の構成部材に作用する負荷が許容値以下になるように、一定の外力の許容値を定めていた。例えば、図 5 に示すように、上部アーム 1 1 および下部アーム 1 2 が大きく伸びた状態の時に、関節部 1 8 a に加わるトルクが許容値以下になるように、外力の許容値を設定していた。このために、小さな外力の許容値が設定されていた。また、外力の許容値に基づいて外力の目標値が定められているために、外力の目標値も小さな値が採用されていた。例えば、図 4 に示す第 1 の位置および姿勢では、ワーク先端点 7 3 に大きな外力を作用させることができるものの、図 5 に示す第 2 の位置および姿勢に基づいて設定された小さな外力の目標値にてロボットが駆動される。この結

果、ロボット装置の作業時間が長くなる場合があった。

[0050] 図2を参照して、本実施の形態における制御装置4は、ロボット装置が駆動される状態に応じて、外力の許容値を算出する。処理部51の許容力算出部54は、ロボットの位置および姿勢に基づいて、作用点に加えることができる外力の許容値を算出する。更に、許容力算出部54は、外力が作用する作用点の位置およびロボットの構成部材の負荷の許容値に基づいて、外力が作用する作用方向における外力の許容値を算出する。本実施の形態では、力制御を実施するときに、ワーク先端点73に作用する外力の許容値を算出する。

[0051] 作業者は、教示作業の時に外力の許容値を取得することができる。作業者は、手動にてロボット1を操作して、第1のワーク71を第2のワーク72の表面に接触させる。本実施の形態では、作業者は、教示操作盤37を操作して第1のワーク71が第2のワーク72に接触するように、ロボットの位置および姿勢を変更する。

[0052] 許容力算出部54は、位置検出器19の出力に基づいてロボットの位置および姿勢を取得する。許容力算出部54は、外力が作用する作用点としてワーク先端点73の位置を取得する。ワーク先端点73は、第1のワーク71およびハンド2と共に移動する。

[0053] ロボット装置5は、ロボットの位置および姿勢が定まると、ワーク先端点73の位置が算出できるように較正されている。例えば、ツール座標系の座標値にてワーク先端点73の位置が予め定められている。または、ロボット1のフランジ16に原点を有し、フランジ16と共に移動するフランジ座標系を設定することができる。ワーク先端点73の位置は、フランジ座標系にて予め定めることができる。許容力算出部54は、ツール座標系またはフランジ座標系におけるワーク先端点73の位置と、ロボット1の位置および姿勢に基づいて、基準座標系76におけるワーク先端点73の位置を算出することができる。また、許容力算出部54は、力覚センサ24の出力に基づいて、外力が作用する作用方向を検出する。または、外力の作用方向は予め定

められた方向を採用しても構わない。

[0054] 次に、ワーク先端点 7 3 に作用する外力の大きさおよび外力の作用方向が定まると、ロボット 1 のそれぞれの構成部材に加わる負荷を算出することができる。それぞれの構成部材の形状、寸法、および重量等の負荷の計算に必要な定数は、予め記憶部 4 2 に記憶されている。アームなどのそれぞれの構成部材の位置および姿勢は、ロボット 1 の位置および姿勢に基づいて算出することができる。それぞれの関節部 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c の位置は、ロボット 1 の位置および姿勢により算出することができる。

[0055] 許容力算出部 5 4 は、予め定められた外力および外力の作用方向に基づいて、上部アーム 1 1 および下部アーム 1 2 等の構成部材における引張り力、圧縮力、曲げモーメント、および捩じりモーメント等の負荷を算出することができる。また、許容力算出部 5 4 は、それぞれの関節部 1 8 a, 1 8 b, 1 8 c に配置されている構成部材に加わるトルクを算出することができる。それぞれの負荷の算出方法は、予め定められて記憶部 4 2 に記憶されている。許容力算出部 5 4 は、それぞれの構成部材の位置および姿勢に基づいて、構成部材に加わる負荷を算出することができる。

[0056] 許容力算出部 5 4 は、予め定めた作用方向においてワーク先端点 7 3 に加わる外力を小さな初期値から徐々に増加させながら、構成部材に加わる負荷を算出する。例えば、許容力算出部 5 4 は、矢印 7 4 に示す移動方向において、ワーク先端点 7 3 に加わる外力が零から予め定められた増加量にて徐々に増加させる。ロボット装置のそれぞれの構成部材に加わる負荷を算出する。そして、許容力算出部 5 4 は、複数の構成部材のうち、少なくとも一つの構成部材の負荷が、負荷の許容値を超えることを検出する。許容力算出部 5 4 は、この時の外力に基づいて、全ての構成部材の負荷が許容値内になる外力の許容値を定めることができる。例えば、許容力算出部 5 4 は、ワーク先端点 7 3 に加わる外力を徐々に増加させた時に、全ての構成部材の負荷が許容値内になる時の外力の最大値を、外力の許容値として定めることができる。

- [0057] このように、作用点の位置、外力が作用する作用方向、およびロボットの位置および姿勢に応じて、作用点に作用する外力の許容値を算出することができる。外力の許容値の算出方向としては、上記の形態に限られない。全ての構成部材の負荷が許容値を超えないように、任意の方法にて外力の許容値を算出することができる。
- [0058] 例えば、許容力算出部 54 は、それぞれの構成部材ごとに加えることができる負荷の許容値を取得する。許容力算出部 54 は、ロボットの位置および姿勢に基づいて、構成部材の負荷の許容値からワーク先端点 73 において作用方向に作用させることができる外力の許容値を算出する。許容力算出部 54 は、全ての構成部材の負荷の許容値に対して、ワーク先端点 73 における外力の許容値を算出する。許容力算出部 54 は、全ての構成部材の負荷の許容値に対する外力の許容値のうち、最も小さい外力の許容値をワーク先端点 73 に加えることができる外力の許容値に採用することができる。
- [0059] 表示制御部 57 は、許容力算出部 54 にて算出された外力の許容値を教示操作盤 37 の表示部 39 に表示する。作業者は、外力の許容値を見て、力制御を実施するときの外力の目標値を定めることができる。外力の目標値は、外力の許容値以下になるように設定することができる。例えば、作業者は、外力の許容値よりも僅かに小さい値を外力の目標値に採用することができる。作業者は、外力の目標値を動作プログラムに設定することができる。
- [0060] 本実施の形態における処理部 51 にて算出される外力の許容値は、ロボットの位置および姿勢、それぞれの構成部材の負荷の許容値、外力が作用する作用点の位置、および外力の作用方向に基づいている。このために、ロボットの状態に応じてロボット装置がワークに加えることができる外力の目標値を設定することができる。特に、ロボットの位置および姿勢に応じた外力の目標値を設定することができる。このために、ロボットの全ての位置および姿勢を包括して外力の目標値が小さく設定されることを回避できる。または、外力の目標値が大きすぎて、ロボット装置が自動的に停止することを回避できる。

[0061] 例えば、図4に示すような特定のロボットの位置および姿勢では、従来の技術よりも大きな外力の目標値を設定したり、従来の技術よりも大きな外力の許容値にてロボットを駆動したりすることができる。このために、ロボット装置の作業時間の短縮を図ることができる。本実施の形態のワークを嵌合する作業においては、第1のワーク71を第2のワーク72に押し付ける力を大きくすることができて、従来の技術よりも短時間でワークを嵌合する作業を実施することができる。

[0062] 本実施の形態の動作制御部43は、作用点に作用する外力の大きさが外力の許容値以下になるように、ロボットの動作を制御することができる。例えば、本実施の形態の動作制御部43は、ワーク先端点73に作用する外力が外力の目標値になるようにロボット1の動作を制御することができる。または、作用点に作用する外力の許容値が動作プログラムに設定されていても構わない。動作制御部は、ロボットを駆動している期間中に、力覚センサの出力に基づいて作用点に作用する外力を算出する。作用点に作用する外力が許容値に近づいたときに、動作制御部は、作用点に作用する力が小さくなるように、ロボットの動作速度またはロボットの位置および姿勢等のロボットの駆動状態を制御することができる。

[0063] 図6に、本実施の形態における教示操作盤の表示部に表示される第1の画像を示す。図2および図6を参照して、ロボット装置を構成する構成部材およびワークの3次元形状データ58は予め作成されている。3次元形状データ58としては、例えばCAD（Computer Aided Design）装置から出力されるデータを用いることができる。3次元形状データ58は、記憶部42に記憶される。また、実際のロボット装置5に対する第1のワーク71および第2のワーク72の位置は、予め定められて設定されている。

[0064] モデル生成部56は、ロボット装置の3次元形状データおよびワークの3次元形状データに基づいて、ロボット装置およびワーク等の3次元のモデルを生成する。モデル生成部56は、位置検出器19の出力に基づいてロボット1の位置および姿勢を取得する。ロボットの位置および姿勢に対応する3

次元のモデルを生成する。モデル生成部 5 6 は、実際のロボット装置の位置およびワークの位置に応じて仮想空間にモデルを配置する。

[0065] 表示制御部 5 7 は、モデル生成部 5 6 にて生成されたモデルの画像を表示部 3 9 に表示する。表示制御部 5 7 は、所定の方角から見た時のモデルの画像を生成する。第 1 の画像 8 1 においては、ロボットのモデル 1 M、力覚センサのモデル 2 4 M、ハンドのモデル 2 M、第 1 のワークのモデル 7 1 M、および第 2 のワークのモデル 7 2 Mが表示されている。作業者が教示操作盤等にてロボットの位置および姿勢を変更すると、画像 8 1 におけるロボットのモデル 1 Mの位置および姿勢も変化する。

[0066] ところで、本実施の形態の表示制御部 5 7 は、許容力算出部 5 4 にて算出された外力の許容値を、ロボット 1 の画像に重ねて表示することができる。画像 8 1 においては、ワーク先端点のモデル 7 3 Mと、外力の作用方向の矢印 7 4 Mが表示されている。そして、矢印 7 4 Mの横に、作用点としてのワーク先端点に加えることができる外力の許容値が「MAX : 5 0 N」と表示されている。すなわち、現在のロボットの位置および姿勢において外力の許容値が 5 0 Nであることが表示されている。ロボットの位置および姿勢が変化すると、外力の許容値も変化する。

[0067] 作業者は、画像 8 1 を見て力制御を行うときの外力の目標値を定めることができる。例えば、作業者は、外力の許容値と同じ値を目標値として動作プログラム 4 6 に設定することができる。または、処理部 5 1 は、許容力算出部 5 4 にて算出された外力の許容値に基づいて、外力の目標値を自動的に動作プログラム 4 6 に設定しても構わない。外力の目標値としては、外力の許容値以下の値を設定することができる。

[0068] また、動作プログラムに外力の許容値が設定される場合がある。この場合に、作業者は、許容力算出部 5 4 にて算出された外力の許容値を動作プログラムに設定することができる。または、処理部 5 1 は、許容力算出部 5 4 にて算出された外力の許容値を、自動的に動作プログラムに設定しても構わない。

- [0069] 画像 8 1 では、表示部 3 9 は、外力の作用方向を示す矢印の横に外力の許容値を数字にて示しているが、この形態に限られない。表示部は、矢印の長さにて外力の許容値の大きさを示しても構わない。例えば、表示部は、外力の許容値が大きいほど、矢印が長くなるように表示することができる。
- [0070] 図 7 に、教示操作盤の表示部に表示される第 2 の画像を示す。第 2 の画像 8 2 では、ロボットのモデル 1 M、視覚センサのモデル 2 4 M、ハンドのモデル 2 M、および第 1 のワークのモデル 7 1 Mが表示されている。図 2 および図 7 を参照して、可動範囲算出部 5 5 は、ロボットの位置および姿勢が変化した時に、現在の外力の目標値が外力の許容値以下になる作用点の位置の領域 8 7 Mを算出する。換言すると、可動範囲算出部 5 5 は、予め定められた外力の目標値にて、ロボットの位置および姿勢を変化させることができる領域 8 7 Mを算出する。領域 8 7 Mは、作用点が移動可能な範囲である。表示制御部 5 7 は、この領域 8 7 Mをロボットの画像に重ねて表示する。
- [0071] ここでの例では、ロボット 1 の設置面から作用点までの高さが一定の平面内において、作用点を移動可能な領域 8 7 Mが示されている。なお、作用点が移動可能な領域は、3次元の領域にて探索されて表示されても構わない。
- [0072] 可動範囲算出部 5 5 は、現在の作用点の位置を取得する。例えば、可動範囲算出部 5 5 は、基準座標系 7 6にて現在の作用点の位置を取得する。ここでは、作用点の移動可能な範囲として、設置面からの高さが一定の平面を検討する。可動範囲算出部 5 5 は、作用点としてのワーク先端点の位置を平面内において、予め定められた方向および予め定められた距離ごとに移動させる。そして、許容力算出部 5 4 は、それぞれの作用点の位置において外力の許容値を算出する。
- [0073] 可動範囲算出部 5 5 は、外力の許容値が現在に設定されている外力の目標値以上の場合に、作用点とその位置に移動可能であると判定する。一方で、可動範囲算出部 5 5 は、外力の許容値が現在に設定されている外力の目標値未満である場合に、作用点とその位置に移動することができないと判定する。

[0074] 可動範囲算出部 55 は、少しずつ作用点の位置を移動する制御を実施する。可動範囲算出部 55 は、外力の許容値が外力の目標値以上になる作用点の位置の領域を算出することができる。表示制御部 57 は、可動範囲算出部 55 から、作用点を移動することができる位置を取得して、領域 87 M を表示することができる。作業者は、作用点を移動できる範囲を画像 82 にて確認することができる。作業者は、現在の外力の目標値を採用することができる範囲を容易に把握することができる。このように、作業者は、教示操作盤 37 にてロボット装置 5 を手動にて駆動しながら、力制御を行うときの外力の目標値を設定することができる。

[0075] 次に、本実施の形態における制御装置 4 は、力制御を行っているときに、ロボットの位置および姿勢に基づいて、自動的に外力の目標値を設定したり変更したりすることができるように形成されている。図 2 を参照して、処理部 51 の許容力算出部 54 は、力制御を実施している期間中に、位置検出器 19 の出力に基づいてロボットの位置および姿勢を取得する。許容力算出部 54 は、現在のロボットの位置および姿勢に基づいて、現在の外力の許容値を算出する。許容力算出部 54 は、予め定められた間隔ごとに外力の許容値を算出することができる。または、力制御を行う時に、ロボットの一つの位置および姿勢にて外力の許容値を算出しても構わない。

[0076] 処理部 51 は、外力の許容値に基づいて、力制御を行うときの外力の目標値を算出する。例えば、処理部 51 は、外力の許容値を外力の目標値に設定することができる。または、処理部 51 は、外力の許容値に 1 未満の予め定められた定数を乗算することにより、外力の目標値を設定しても構わない。処理部 51 は、外力の許容値に基づいて設定した外力の目標値を動作制御部 43 に送出する。動作制御部 43 は、取得した外力の目標値に基づいて、第 1 のワークを他の物体に接触させる力制御を実施することができる。この制御を行うことにより、ロボット装置が所定の作業を実施している期間中にロボットの位置および姿勢に応じて外力の目標値を設定したり変更したりすることができる。最適な外力の目標値にて作業を実施することができるために

、作業時間の短縮を図ることができる。

[0077] ところで、作業者が外力の目標値を動作プログラム等に設定する時に、外力の目標値が外力の許容値を超えている場合がある。この場合に、処理部51は、作業者に知らせるための警告を発生する制御を実施することができる。例えば、教示操作盤37を操作して、動作プログラムに外力の目標値を設定する場合に、許容力算出部54は外力の許容値を算出する。そして、作業者が入力した外力の目標値が外力の許容値を超えている場合に、処理部51は、表示部に警告を表示することができる。または、処理部51は、警報等で作業者に知らせることができる。作業者は、大きすぎる外力の目標値を設定することを回避できる。

[0078] また、動作制御部43は、ロボット1を駆動している期間中に外力の目標値が外力の許容値を超えた場合にロボット1を停止させる制御を実施することができる。例えば、外力の目標値が動作プログラム46に予め定められている場合がある。この場合に、ロボットが駆動している期間中に、許容力算出部54は外力の許容値を算出する。そして、外力の目標値が外力の許容値を超えている場合に、動作制御部43は、ロボット1を停止する制御を実施することができる。

[0079] 図8に、本実施の形態におけるシミュレーション装置のブロック図を示す。本実施の形態の計算装置は、シミュレーション装置に配置することができる。シミュレーション装置6は、ロボットの3次元のモデル、作業ツールの3次元のモデル、およびワークの3次元のモデルを同一の仮想空間に配置する。本実施の形態のシミュレーション装置6は、前述のロボット装置5の動作のシミュレーションを実施する。

[0080] 本実施の形態におけるシミュレーション装置6は、プロセッサとしてのCPUを含む演算処理装置（コンピュータ）にて構成されている。シミュレーション装置6は、ロボット装置5のシミュレーションに関する任意の情報を記憶する記憶部63を備える。記憶部63は、情報の記憶が可能で非一時的な記憶媒体にて構成されることができる。例えば、記憶部63は、揮発性メ

メモリ、不揮発性メモリ、磁気記憶媒体、または光記憶媒体等の記憶媒体にて構成することができる。ロボット装置のシミュレーションを実施するためのプログラムは記憶部63に記憶される。

[0081] シミュレーション装置6は、ロボット装置5のシミュレーションに関する情報を入力する入力部61を含む。入力部61は、キーボード、マウス、およびダイヤルなどの操作部材により構成されている。シミュレーション装置6は、ロボット装置5のシミュレーションに関する情報を表示する表示部62を含む。表示部62は、液晶表示パネルまたは有機EL表示パネル等の任意の表示パネルにて構成される。なお、シミュレーション装置がタッチパネル方式の表示パネルを備える場合に、表示パネルは入力部および表示部として機能する。

[0082] シミュレーション装置6は、作用点に作用する外力の許容値を算出する計算装置として機能する。シミュレーション装置6は、ロボット装置5のシミュレーションのために演算処理を行う処理部64を含む。処理部64は、本実施の形態のロボットの制御装置4の処理部51と同様に、3次元形状データ58に基づいてモデルを生成するモデル生成部56、外力の許容値を算出する許容力算出部54、および予め定められた外力の目標値にてロボットを駆動できる範囲を算出する可動範囲算出部55を含む（図2を参照）。また、本実施の形態の制御装置4と同様に、ロボット装置を構成する構成部材およびワークの3次元形状データ58がシミュレーション装置6に入力される（図2を参照）。3次元形状データ58は、記憶部63に記憶される。

[0083] 処理部64は、ロボット装置5の動作のシミュレーションを実施するシミュレーション実行部65を含む。シミュレーション実行部65は、ロボット装置のモデルを動かす機能を有する。または、シミュレーション実行部65は、予め作成された動作プログラム46に基づいてロボット装置5の動作のシミュレーションを実施する。処理部64は、シミュレーション実行部65の出力に基づいて、表示部62に表示される画像を制御する表示制御部66を含む。

[0084] 処理部 6 4 は、シミュレーションを実施するためのプログラムに従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサがシミュレーションのプログラムを読み込んで、プログラムに定められた制御を実施することにより、処理部 6 4 として機能する。また、処理部 6 4 に含まれるモデル生成部 5 6、シミュレーション実行部 6 5、許容力算出部 5 4、可動範囲算出部 5 5、および表示制御部 6 6 のそれぞれのユニットは、シミュレーションのプログラムに従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサがプログラムに定められた制御を実施することにより、それぞれのユニットとして機能する。

[0085] 図 9 に、シミュレーション装置の表示部に表示される画像の例を示す。シミュレーション装置 6 の表示部 6 2 は、ロボットの制御装置 4 の表示部 3 9 と同様の 3 次元のモデルの画像を表示する。ロボットが設置される位置およびワークが配置される位置は、作業者が入力部 6 1 にて設計値を入力することができる。また、ロボットに対するワークの位置は、作業者にて予め設定されている。画像 8 3 には、ロボットのモデル 1 M、力覚センサのモデル 2 4 M、ハンドのモデル 2 M、第 1 のワークのモデル 7 1 M、および第 2 のワークのモデル 7 2 Mが表示されている。

[0086] シミュレーション実行部 6 5 は、作業者による入力部 6 1 の操作に応じて、現在のロボット 1 の位置および姿勢を算出する。または、シミュレーション実行部 6 5 は、動作プログラム 4 6 に基づいて、所定の時刻におけるロボットの位置および姿勢を算出する。モデル生成部は、ロボットの位置および姿勢に基づいてロボットのモデル 1 Mを生成する。表示制御部 6 6 は、シミュレーション実行部 6 5 の出力およびモデル生成部 5 6 にて生成される 3 次元のモデルに従って、表示部 6 2 にモデルの画像を表示する。

[0087] シミュレーション装置 6 では、ロボット装置 5 の動作のシミュレーションを実施しながら、外力の許容値を算出することができる。作用点の位置は予め定めて、作業者が指定することができる。作用点に作用する外力の作用方向は、複数の方向を予め定めてシミュレーションを実施することができる。許容力算出部 5 4 は、ロボットの位置および姿勢に基づいて、作用点に作用

する外力の許容値を算出することができる。また、制御装置4と同様に、シミュレーション装置6の表示部62は、許容力算出部54にて算出された外力の許容値を表示したり、可動範囲算出部55にて算出された作用点の位置の領域を表示したりすることができる（図6および図7を参照）。

[0088] シミュレーション装置では、実際のロボット装置を使用せずにシミュレーションを実施することができる。従って、オフラインで動作プログラムを生成する時に外力の許容値を算出したり、作用点が移動可能な範囲を算出したりすることができる。また、ロボット装置を備えるシステムの設計に利用することができる。例えば、ロボット装置および架台などの周辺装置を配置する位置を検討したりすることができる。

[0089] 本実施の形態における表示部は、教示操作盤に配置された表示パネルまたはシミュレーション装置に配置された表示パネルである。表示部は、例えば、タブレット端末の表示パネルにて構成されていても構わない。または、表示部は、パーソナルコンピュータに配置された表示パネルにて構成されていても構わない。更には、表示部は、拡張現実の画像を生成するコンピュータに配置されていても構わない。拡張現実の画像としては、例えば、タブレット端末にて撮像されたロボット装置の画像に外力の許容値を表示することができる。または、現在の外力の目標値が外力の許容値以下になる作用点の位置の領域を、実際に撮像したロボット装置の画像に重ねて表示することができる。

[0090] 本実施の形態のシミュレーション装置の処理部は、ロボットの制御装置とは別の演算処理装置にて構成されているが、この形態に限られない。ロボットの制御装置がシミュレーション装置の機能を有していても構わない。すなわち、制御装置の演算処理装置のプロセッサがシミュレーション装置の処理部の機能を有していても構わない。更には、教示操作盤がプロセッサを有する演算処理装置を含む場合には、教示操作盤がシミュレーション装置の機能を有していても構わない。すなわち、教示操作盤のプロセッサがシミュレーション装置の処理部として機能しても構わない。

- [0091] 本実施の形態においては、外力が作用する作用点がワークに設定されているが、この形態に限られず、作用点は、ロボットまたは作業ツールにおける任意の位置に設定することができる。この場合にも、計算装置は、作用点において作用方向に作用する外力の許容値を算出することができる。
- [0092] また、本実施の形態においては、力検出器として6軸の力覚センサが手首部に配置されているが、この形態に限られない。力検出器は、作用点に作用する外力を検出可能な任意のセンサを採用することができる。例えば、ロボットの手首部に取り付けられた力覚センサの代わりに、ロボットの関節部にトルクセンサが配置されていても構わない。複数のトルクセンサは、ロボットの複数の関節部の駆動軸に配置される。それぞれのトルクセンサは、関節部の駆動軸の周りのトルクを検出する。または、力覚センサがロボットのベース部に配置されていても構わない。
- [0093] 上記の実施の形態では、円柱状のワークを嵌合する制御を示しているが、任意の形状のワークに本実施の形態の制御を適用することができる。また、本実施の形態では、一つのワークを他のワークに嵌合する制御を例示しているが、この形態に限られない。本実施の形態の制御装置およびシミュレーション装置は、一つのワークが他の物体に接触する作業を行うロボット装置に適用することができる。また、嵌合を行う作業としては、凹部または穴部にワークを挿入する作業に限られない。例えば、ギヤの歯の位相を合わせながらギヤを所定の位置に配置する作業が含まれる。
- [0094] 上述のそれぞれの制御においては、機能および作用が変更されない範囲において適宜ステップの順序を変更することができる。上記の実施の形態は、適宜組み合わせることができる。上述のそれぞれの図において、同一または相等する部分には同一の符号を付している。なお、上記の実施の形態は例示であり発明を限定するものではない。また、実施の形態においては、請求の範囲に示される実施の形態の変更が含まれている。

符号の説明

- [0095] 1 ロボット

- 2 ハンド
- 4 制御装置
- 6 シミュレーション装置
- 11 上部アーム
- 12 下部アーム
- 13 旋回ベース
- 14 ベース部
- 15 手首部
- 18a, 18b, 18c 関節部
- 24 力覚センサ
- 37 教示操作盤
- 39, 62 表示部
- 40 制御装置本体
- 43 動作制御部
- 51, 64 処理部
- 54 許容力算出部
- 55 可動範囲算出部
- 71, 72 ワーク
- 73 ワーク先端点
- 81, 82 画像
- 74M 矢印
- 87M 領域

請求の範囲

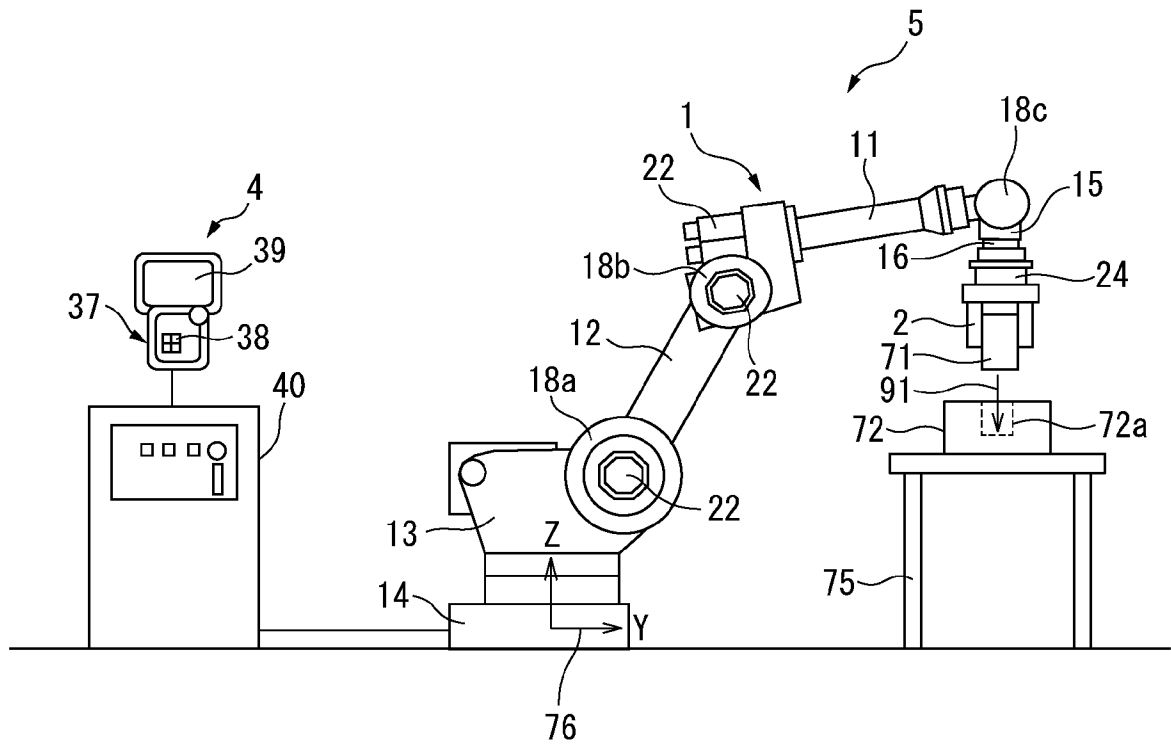
- [請求項1] ロボット、ワーク、または作業ツールに対して作用することが許容される外力の許容値を算出する処理部を備え、
- ロボットの構成部材に対して加えることができる負荷の許容値が予め定められており、
- 前記処理部は、ロボットの位置および姿勢、外力が作用する作用点の位置、ロボットの構成部材の負荷の許容値に基づいて、外力が作用する作用方向における外力の許容値を算出する、計算装置。
- [請求項2] ロボットの画像を表示する表示部を備え、
- 前記表示部は、前記処理部にて算出された外力の許容値をロボットの画像に重ねて表示する、請求項1に記載の計算装置。
- [請求項3] ロボットの画像を表示する表示部を備え、
- 作用点において予め定められた前記作用方向に作用する外力の目標値が予め定められており、
- 前記処理部は、ロボットの位置および姿勢が変化した時に現在の目標値が外力の許容値以下になる作用点の位置の領域を算出し、
- 前記表示部は、現在の目標値が外力の許容値以下になる作用点の位置の領域をロボットの画像に重ねて表示する、請求項1に記載の計算装置。
- [請求項4] 前記表示部は、タブレット端末、パーソナルコンピュータ、ロボットの動作を手動で操作する教示操作盤、または拡張現実の画像を生成するコンピュータのいずれかに配置されている、請求項2または3に記載の計算装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の計算装置と、
- ロボットの動作を制御する動作制御部とを備える、ロボットの制御装置。
- [請求項6] 作用点に作用する外力を検出する力検出器を備え、
- 前記動作制御部は、作用点に作用する外力が許容値以下になるよう

にロボットの動作を制御する、請求項5に記載のロボットの制御装置。
。

- [請求項7] 作用点に作用する外力を検出する力検出器を備え、
 前記動作制御部は、作用点において予め定められた作用方向に作用する外力が予め定められた目標値になるようにロボットの動作を制御し、
 前記処理部は、前記作用方向における外力の許容値を算出する、請求項5に記載のロボットの制御装置。
- [請求項8] 作業者が外力の目標値を設定する時に、外力の目標値が外力の許容値を超えている場合に作業者に知らせるための警告を発生する、請求項7に記載のロボットの制御装置。
- [請求項9] 前記動作制御部は、ロボットを駆動している期間中に外力の目標値が外力の許容値を超えた場合にロボットを停止させる、請求項5から8のいずれか一項に記載のロボットの制御装置。

[図1]

図1



[図2]

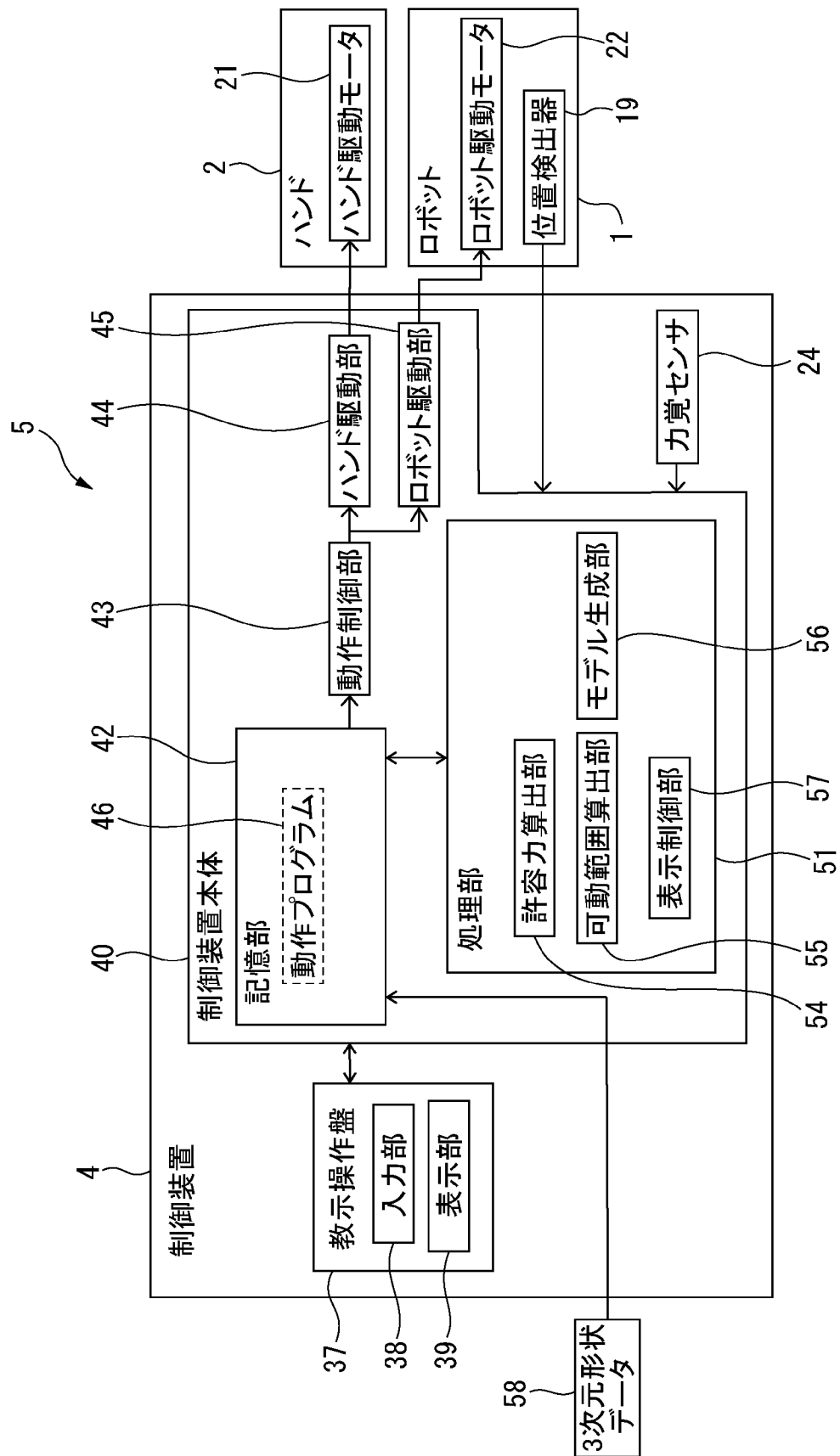
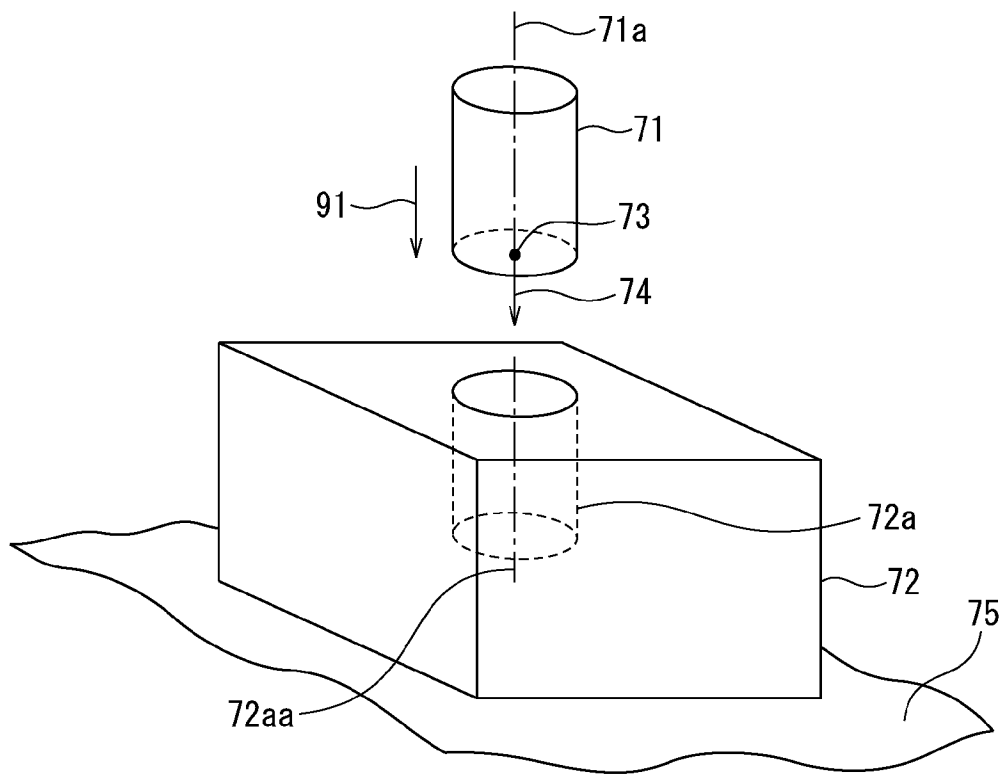


図2

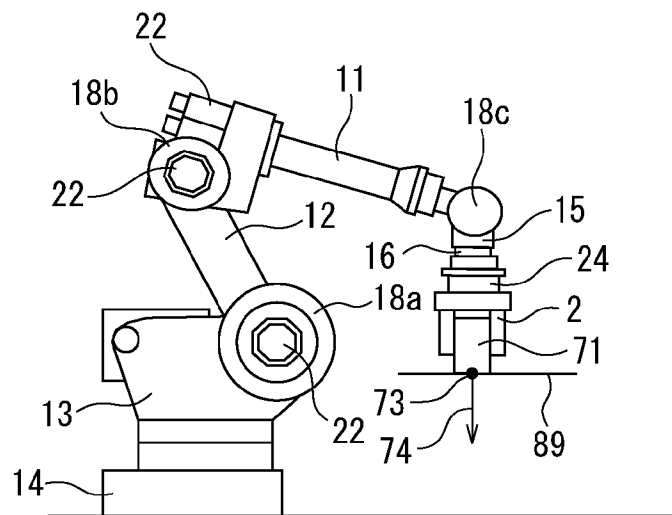
[図3]

図3



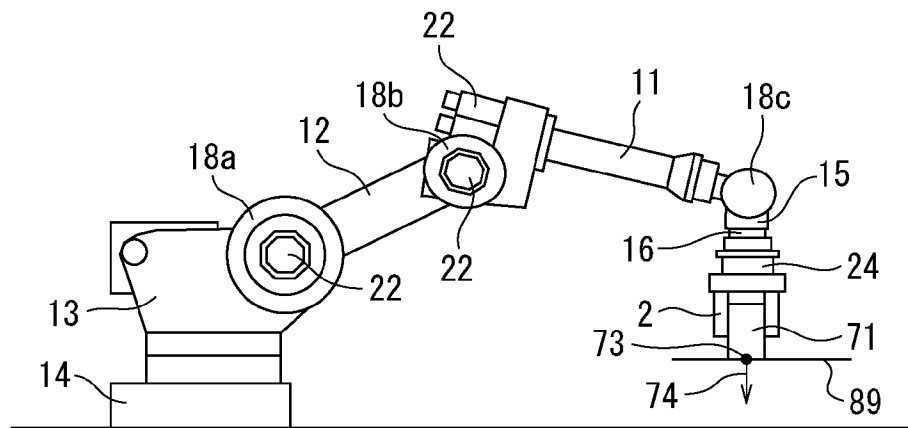
[図4]

図4



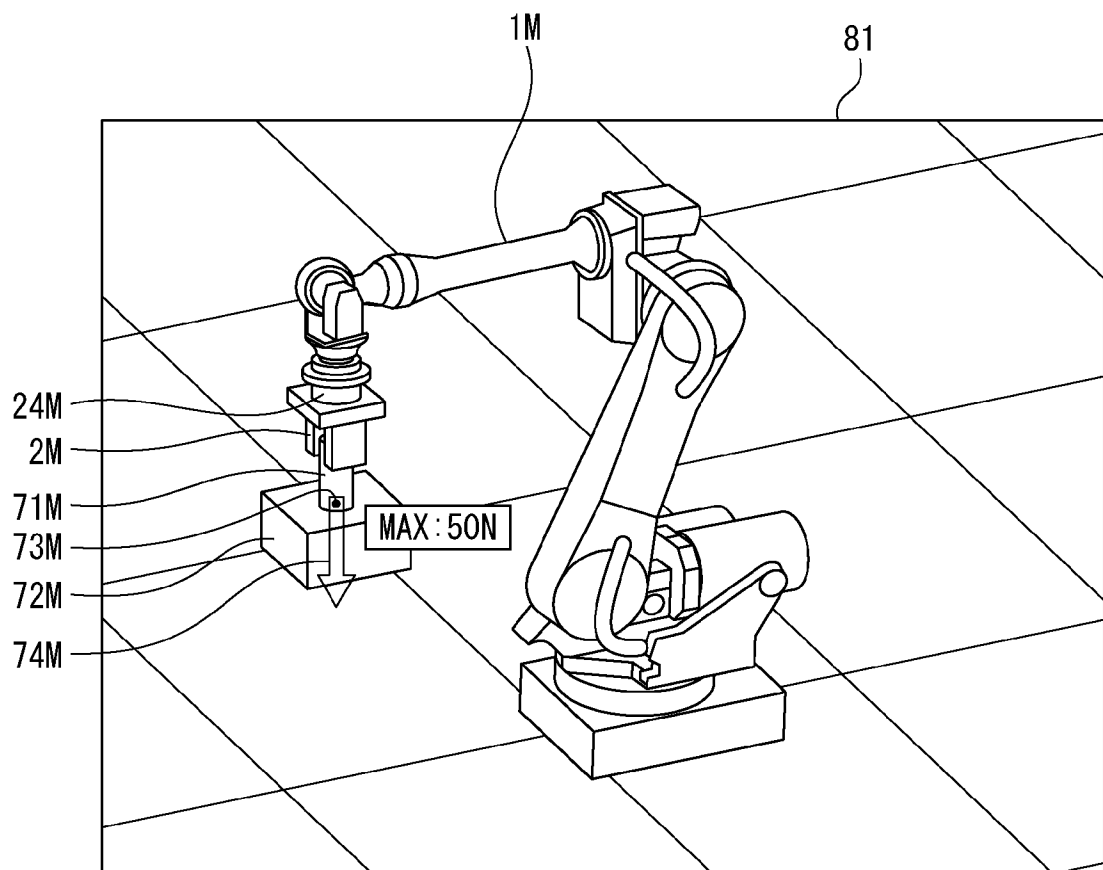
[図5]

図5



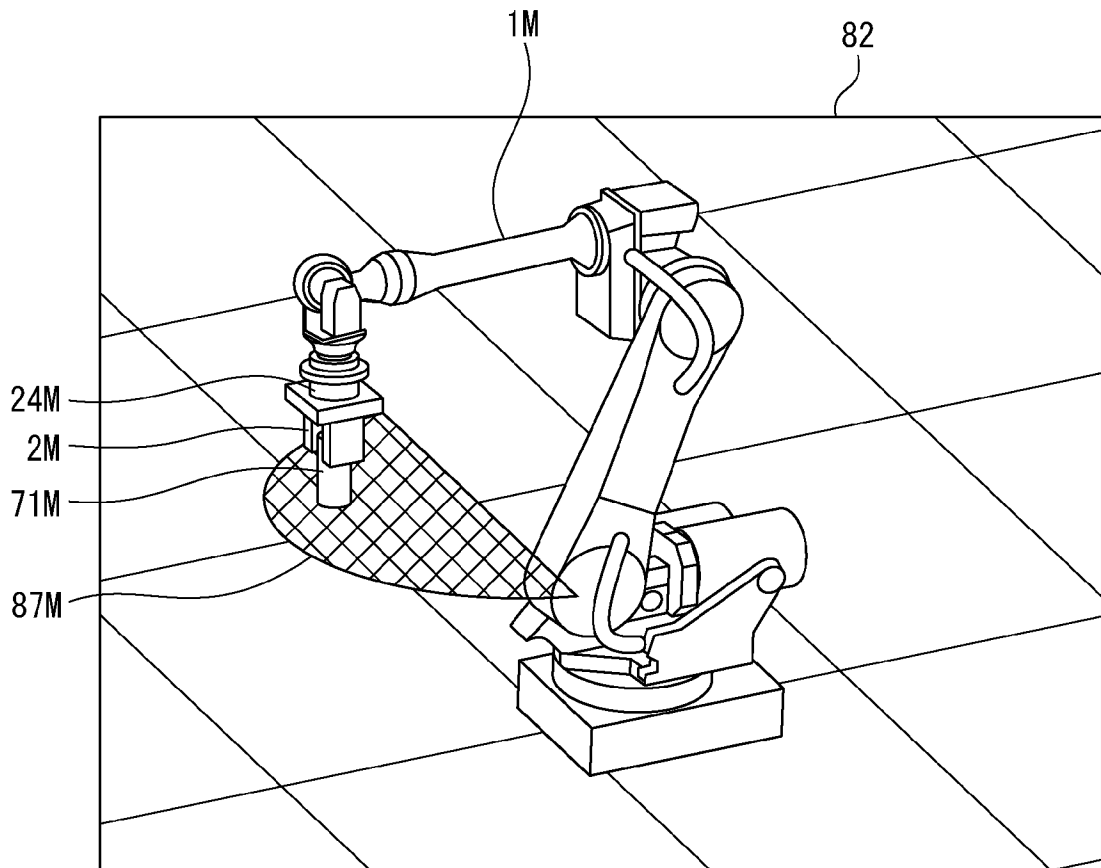
[図6]

図6



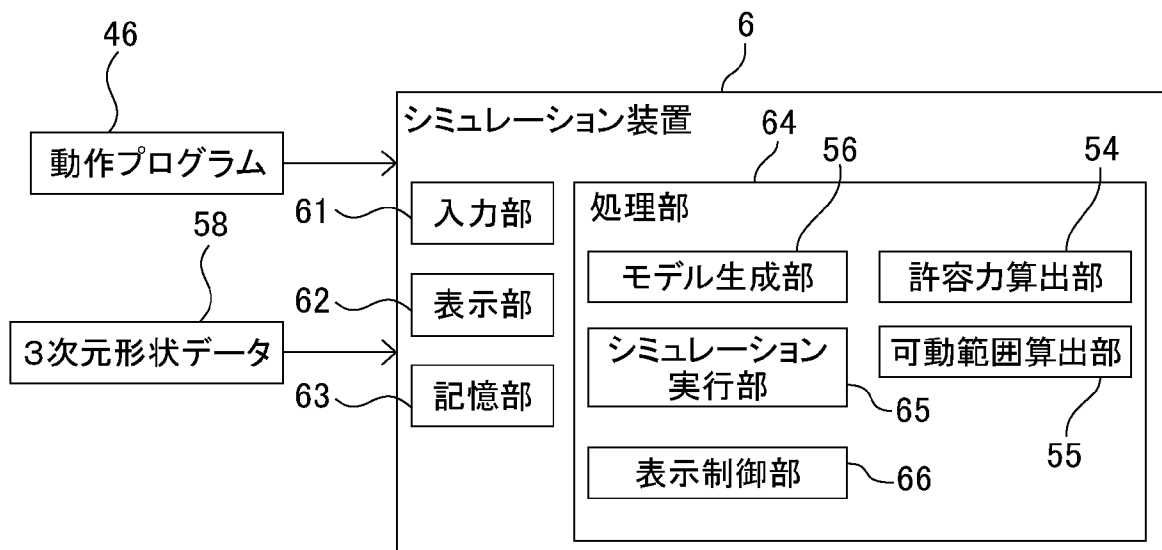
[図7]

図7



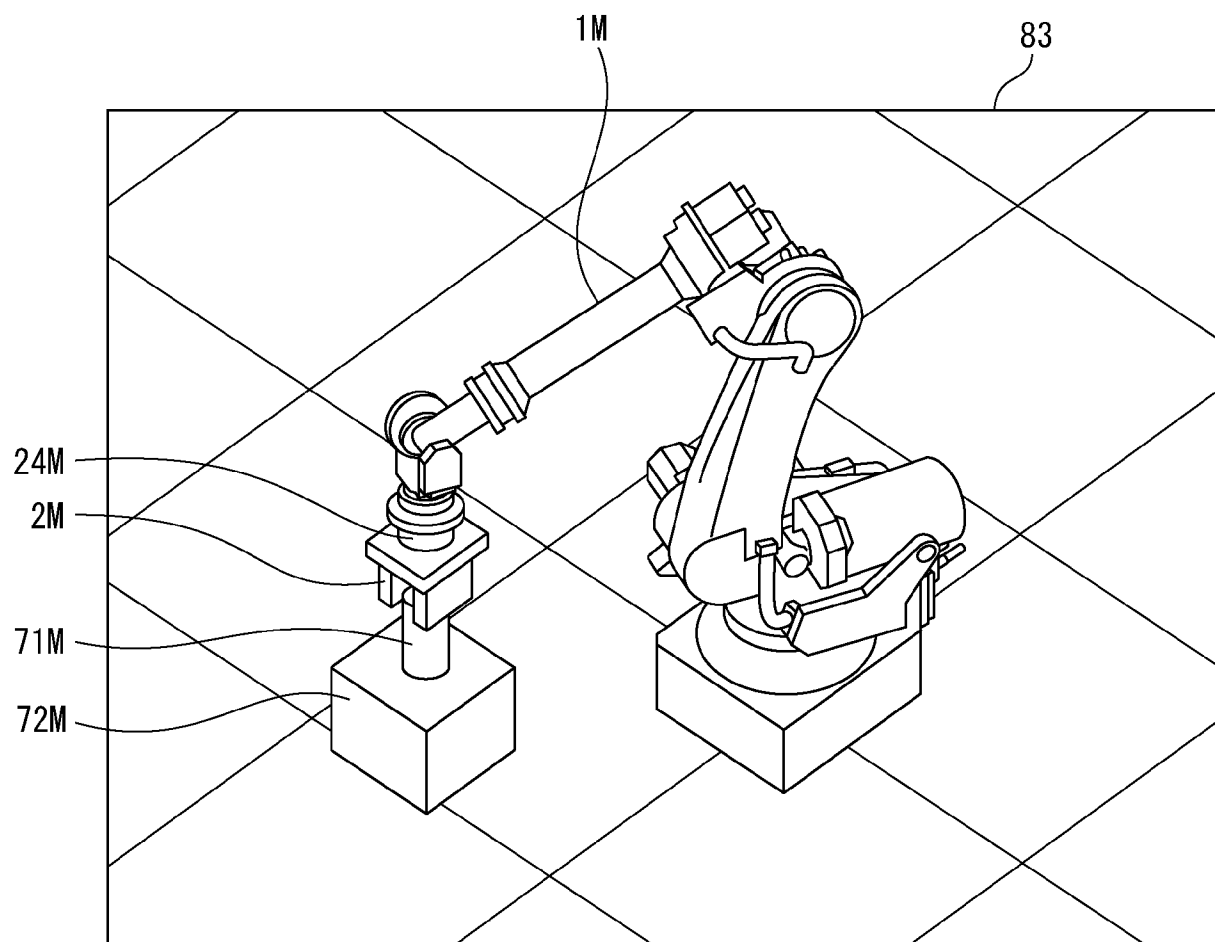
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/014108

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 13/00**(2006.01)i

FI: B25J13/00 Z

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B25J13/00

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.
A	JP 2016-168650 A (CANON KK) 23 September 2016 (2016-09-23) paragraphs [0077], [0083]	1-9
A	JP 2019-202381 A (SEIKO EPSON CORP) 28 November 2019 (2019-11-28) paragraphs [0059]-[0068]	1-9

☐ 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

01 June 2022

Date of mailing of the international search report

14 June 2022

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/JP2022/014108

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-168650	A	23 September 2016	(Family: none)	
JP	2019-202381	A	28 November 2019	US 2019/0358824 A1 paragraphs [0073]-[0082] CN 110524536 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/00(2006.01)i FI: B25J13/00 Z		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B25J13/00		
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
A	JP 2016-168650 A（キヤノン株式会社）23.09.2016（2016-09-23） [0077], [0083]	1-9
A	JP 2019-202381 A（セイコーエプソン株式会社）28.11.2019（2019-11-28） [0059]-[0068]	1-9
☐ 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 01.06.2022	国際調査報告の発送日 14.06.2022	
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） 牧 初 3U 9064 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/JP2022/014108

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-168650	A	23.09.2016	(ファミリーなし)	
JP	2019-202381	A	28.11.2019	US 2019/0358824 A1	
				[0073]-[0082]	
				CN 110524536 A	