

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7680553号
(P7680553)

(45)発行日 令和7年5月20日(2025.5.20)

(24)登録日 令和7年5月12日(2025.5.12)

(51)国際特許分類 F I
B 2 5 J 9/10 (2006.01) B 2 5 J 9/10 A

請求項の数 17 (全24頁)

| | | | |
|-------------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2023-549306(P2023-549306) | (73)特許権者 | 390008235 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3 5 8 0 番地 |
| (86)(22)出願日 | 令和3年9月27日(2021.9.27) | (74)代理人 | 100099759 弁理士 青木 篤 |
| (86)国際出願番号 | PCT/JP2021/035409 | (74)代理人 | 100123582 弁理士 三橋 真二 |
| (87)国際公開番号 | WO2023/047591 | (74)代理人 | 100112357 弁理士 廣瀬 繁樹 |
| (87)国際公開日 | 令和5年3月30日(2023.3.30) | (74)代理人 | 100130133 弁理士 曾根 太樹 |
| 審査請求日 | 令和6年4月5日(2024.4.5) | (72)発明者 | 王 悦来 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 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 機構誤差パラメータを較正する較正装置および機構誤差パラメータの較正の必要性を判定する判定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するためのロボットの構成部材の誤差に関する情報を含む機構誤差パラメータを較正する較正装置であって、

3次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部と、
前記基準座標系におけるロボットの位置に基づいて、機構誤差パラメータを算出するパラメータ算出部と、を備え、

第1の状態は、第1の機構誤差パラメータが設定されたロボットを前記動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態であり、

第2の状態は、前記第1の状態よりも後の状態であって、ロボットを前記動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態であり、

前記パラメータ算出部は、前記第2の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置が前記第1の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置と一致するように、第1の機構誤差パラメータとは異なる第2の機構誤差パラメータを算出する、較正装置。

【請求項2】

前記基準座標系は、ロボットの動作およびロボットの設置状態に依存しないように定められた不動の座標系である、請求項1に記載の較正装置。

【請求項3】

ロボットに対して設定されたベース座標系の座標値および前記基準座標系の座標値のうち一方の座標値を他方の座標値に変換する変換行列を算出する行列算出部を備え、

10

20

前記動作プログラムは、ベース座標系の座標値にて指定されたロボットの指令値が含まれており、

前記位置取得部は、前記第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の前記基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得し、

前記行列算出部は、前記第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値と前記基準座標系におけるロボットの複数の位置とに基づいて変換行列を算出し、

前記位置取得部は、前記第 2 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の前記基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得し、

前記パラメータ算出部は、前記第 2 の状態において、それぞれの指令値にてロボットを駆動した時に、前記基準座標系におけるロボットの位置および変換行列に基づいて、ベース座標系におけるロボットの理論位置を算出し、ロボットの指令値がベース座標系におけるロボットの理論位置に一致するように第 2 の機構誤差パラメータを算出する、請求項 1 または 2 に記載の較正装置。

10

【請求項 4】

前記行列算出部は、前記第 1 の状態において、ロボットのベース座標系における指令値と、前記基準座標系におけるロボットの位置を変換行列により算出したベース座標系におけるロボットの理論位置との距離が最小となるように変換行列を算出する、請求項 3 に記載の較正装置。

【請求項 5】

前記動作プログラムの指令値に対するロボットの位置の精度を評価する保守判定部を備え、

20

前記保守判定部は、予め定められた前記動作プログラムの指令値にてロボットを駆動した時に、前記第 1 の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置と、前記第 2 の状態の前記基準座標系におけるロボットの位置とに基づいて、機構誤差パラメータの較正が必要か否かを判定する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の較正装置。

【請求項 6】

前記保守判定部は、予め定められた期間ごとにロボットの位置の精度が予め定められた判定範囲を逸脱するか否かを判定し、

ロボットの位置の精度が予め定められた判定範囲を逸脱する場合に、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定する、請求項 5 に記載の較正装置。

30

【請求項 7】

前記保守判定部は、ロボットを構成する構成部材の交換を検出した時に、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定する、請求項 5 または 6 に記載の較正装置。

【請求項 8】

前記保守判定部は、ロボットの交換を検出した時に、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定する、請求項 5 から 7 のいずれか一項に記載の較正装置。

【請求項 9】

前記第 1 の状態は、機構誤差パラメータの較正を行う前のロボットの基準の状態である、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の較正装置。

【請求項 10】

40

前記第 1 の状態は、ロボットを設置した直後の状態であり、

前記第 2 の状態は、ロボットを使用することによりロボットの少なくとも一部の構成部材が劣化した時の状態である、請求項 9 に記載の較正装置。

【請求項 11】

前記第 1 の状態は、ロボットを交換する前の状態であり、

前記第 2 の状態は、ロボットを交換した後の新しいロボットが設置された状態である、請求項 9 に記載の較正装置。

【請求項 12】

前記第 1 の状態は、ロボットの一部の構成部材を交換する前の状態であり、

前記第 2 の状態は、ロボットの一部の構成部材を交換した後の状態である、請求項 9 に

50

記載の較正装置。

【請求項 1 3】

ロボットが設置されている領域に設置されている複数の基準点となる部材と、
前記基準点の位置を測定する 3 次元測定器と、
前記 3 次元測定器にて測定した前記基準点の位置に基づいて、3 次元の空間に前記基準座標系を設定する基準座標系設定部と、を備える、請求項 1 から 1 2 のいずれか一項に記載の較正装置。

【請求項 1 4】

構成部材の誤差に関する情報は、ロボットの駆動軸同士の間リンクの長さ、駆動軸の位置、駆動軸の減速機のギア比の誤差、リンクの弾性変形に関する変数、駆動軸周りのトルクに関するばね定数、DHパラメータ、およびDHパラメータの誤差のうち少なくとも一つを含む、請求項 1 から 1 3 のいずれか一項に記載の較正装置。

10

【請求項 1 5】

動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するためのロボットの構成部材の誤差に関する情報を含む機構誤差パラメータを較正する必要があるか否かを判定する判定装置であって、

3 次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部と、
前記動作プログラムの指令値に対するロボットの位置の精度を評価する保守判定部と、を備え、

第 1 の状態は、第 1 の機構誤差パラメータが設定されたロボットを前記動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態であり、

20

第 2 の状態は、前記第 1 の状態よりも後の状態であって、ロボットを前記動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態であり、

前記保守判定部は、前記第 1 の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置と、前記第 2 の状態の前記基準座標系におけるロボットの位置とに基づいて、前記機構誤差パラメータの較正が必要か否かを判定する、判定装置。

【請求項 1 6】

構成部材の誤差に関する情報は、ロボットの駆動軸同士の間リンクの長さ、駆動軸の位置、駆動軸の減速機のギア比の誤差、リンクの弾性変形に関する変数、駆動軸周りのトルクに関するばね定数、DHパラメータ、およびDHパラメータの誤差のうち少なくとも一つを含む、請求項 1 5 に記載の判定装置。

30

【請求項 1 7】

動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するための機構誤差パラメータを較正する較正装置であって、

3 次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部と、
前記基準座標系におけるロボットの位置に基づいて、機構誤差パラメータを算出するパラメータ算出部と、

ロボットに対して設定されたベース座標系の座標値および前記基準座標系の座標値のうち一方の座標値を他方の座標値に変換する変換行列を算出する行列算出部と、を備え、

第 1 の状態は、第 1 の機構誤差パラメータが設定されたロボットを前記動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態であり、

40

第 2 の状態は、前記第 1 の状態よりも後の状態であって、ロボットを前記動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態であり、

前記パラメータ算出部は、前記第 2 の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置が前記第 1 の状態の時の前記基準座標系におけるロボットの位置と一致するように、第 1 の機構誤差パラメータとは異なる第 2 の機構誤差パラメータを算出し、

前記動作プログラムは、ベース座標系の座標値にて指定されたロボットの指令値が含まれており、

前記位置取得部は、前記第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の前記基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得し、

50

前記行列算出部は、前記第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値と前記基準座標系におけるロボットの複数の位置とに基づいて変換行列を算出し、
前記位置取得部は、前記第 2 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の前記基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得し、
前記パラメータ算出部は、前記第 2 の状態において、それぞれの指令値にてロボットを駆動した時に、前記基準座標系におけるロボットの位置および変換行列に基づいて、ベース座標系におけるロボットの理論位置を算出し、ロボットの指令値がベース座標系におけるロボットの理論位置に一致するように第 2 の機構誤差パラメータを算出する、校正装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、機構誤差パラメータを校正する校正装置および機構誤差パラメータの校正の必要性を判定する判定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から作業ツールおよび作業ツールを移動するロボットを備えるロボット装置が知られている。ロボットが駆動することにより、作業ツールの位置および姿勢を変更しながら様々な作業を行うことができる。ロボットの位置および姿勢は、動作プログラムにて指定される。複数のロボット装置を備えるロボットシステムでは、一つのロボットの動作に対して他のロボットの動作を追従させる制御が知られている（例えば、特開平 10 - 83208 号公報）。

20

【0003】

ロボットの位置および姿勢は、動作プログラムに定められる位置および姿勢に一致することが好ましい。しかしながら、ロボットを交換した後は、ロボットが設置される位置の誤差およびロボットの個体差等により、ロボットが所望の位置および姿勢に到達しない場合がある。ロボットを交換した後は、ロボットに設定されるベース座標系の原点の位置を測定したり、視覚センサにてベース座標系の位置のずれを算出したりすることが知られている。そして、検出結果に基づいて、ロボットを駆動するための動作プログラムを修正することが知られている（例えば、特許第 6603289 号公報および特開 2019 - 14011 号公報）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開平 10 - 83208 号公報

【文献】特許第 6603289 号公報

【文献】特開 2019 - 14011 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

動作プログラムに基づいてロボットを駆動する時に、ロボットの位置および姿勢は、ロボットを製造する時の構成部材の製造誤差、およびロボットを駆動する時の重力などの影響を受ける。この結果、ロボットの位置および姿勢は、動作プログラムに定められた位置および姿勢から僅かにずれる場合がある。構成部材の製造誤差は、関節軸同士の間のアームの長さの誤差および減速機のギヤ比の誤差等を含む。このような誤差を生じる項目をロボットの機構誤差パラメータとして設定し、機構誤差パラメータごとに値を設定することができる。制御装置は、機構誤差パラメータを用いてロボットを駆動することにより、ロボットの位置および姿勢を精度よく制御することができる。

40

【0006】

ロボットを設置した直後には、機構誤差パラメータを調整することにより、動作プログラムの指令値に対して所望の位置および姿勢になるようにロボットを制御することができ

50

る。ところが、長期間にわたってロボットを駆動すると、ロボットの構成部材の摩耗等によりロボットを制御する精度が悪化する場合がある。このために、モータ、減速機、またはアームなどのロボットの構成部材を交換する場合がある。この場合に、構成部材の交換後にロボットが到達する位置を、構成部材の交換前にロボットが到達していた位置に一致させることは難しい。

【 0 0 0 7 】

更には、ロボットの全体を交換する場合は、ロボットの設置基準とのずれまたは設置平面の傾斜等により設置の誤差が生じる。ロボットの設置の誤差により、ロボットの位置および姿勢に大きな誤差が発生する場合がある。ところが、ロボットの交換後にロボットが到達する位置をロボットの交換前に到達する位置に一致させることが難しいという問題がある。すなわち、ロボットの交換前のベース座標系を復元することが難しいという問題がある。

10

【 0 0 0 8 】

構成部材またはロボットの交換後等に位置および姿勢を再度教示することにより、ロボットの位置および姿勢の誤差を修正することができる。しかしながら、ロボットの教示作業には時間がかかり、ロボット装置の生産性が悪化するという問題がある。また、ロボットの教示位置の修正は、動作プログラムごとに実施する必要がある。教示作業に長い時間がかかるという問題がある。また、プログラムの教示位置を修正する場合に、教示位置の修正を行わなかった教示点が存在すると、ロボットを駆動する時の精度が悪かったり、周辺の装置等と干渉したりする虞がある。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本開示の第1の態様は、動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するためのロボットの構成部材の誤差に関する情報を含む機構誤差パラメータを較正する較正装置である。較正装置は、3次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部を備える。較正装置は、基準座標系におけるロボットの位置に基づいて、機構誤差パラメータを算出するパラメータ算出部を備える。第1の状態は、第1の機構誤差パラメータが設定されたロボットを動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態であり、第2の状態は、第1の状態よりも後の状態であって、ロボットを動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態である。パラメータ算出部は、第2の状態の時の基準座標系におけるロボットの位置が第1の状態の時の基準座標系におけるロボットの位置と一致するように、第1の機構誤差パラメータとは異なる第2の機構誤差パラメータを算出する。

30

【 0 0 1 0 】

本開示の第2の態様は、動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するためのロボットの構成部材の誤差に関する情報を含む機構誤差パラメータを較正する必要があるか否かを判定する判定装置である。判定装置は、3次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部を備える。判定装置は、動作プログラムの指令値に対するロボットの位置の精度を評価する保守判定部を備える。第1の状態は、第1の機構誤差パラメータが設定されたロボットを動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態であり、第2の状態は、第1の状態よりも後の状態であって、ロボットを動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態である。保守判定部は、第1の状態の時の基準座標系におけるロボットの位置と、第2の状態の基準座標系におけるロボットの位置とに基づいて、機構誤差パラメータの較正が必要か否かを判定する。

40

本開示の第3の態様は、動作プログラムに基づくロボットの制御を調整するための機構誤差パラメータを較正する較正装置である。較正装置は、3次元の基準座標系におけるロボットの位置を取得する位置取得部と、基準座標系におけるロボットの位置に基づいて、機構誤差パラメータを算出するパラメータ算出部と、ロボットに対して設定されたベース座標系の座標値および基準座標系の座標値のうち一方の座標値を他方の座標値に変換する変換行列を算出する行列算出部と、を備える。第1の状態は、第1の機構誤差パラメータが設定されたロボットを動作プログラムの指令値にて駆動した時の状態である。第2の状態

50

は、第 1 の状態よりも後の状態であって、ロボットを動作プログラムの指令値と同一の指令値にて駆動した時の状態である。パラメータ算出部は、第 2 の状態の時の基準座標系におけるロボットの位置が第 1 の状態の時の基準座標系におけるロボットの位置と一致するように、第 1 の機構誤差パラメータとは異なる第 2 の機構誤差パラメータを算出する。動作プログラムは、ベース座標系の座標値にて指定されたロボットの指令値が含まれている。位置取得部は、第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得する。行列算出部は、第 1 の状態において、ロボットの複数の指令値と基準座標系におけるロボットの複数の位置とに基づいて変換行列を算出する。位置取得部は、第 2 の状態において、ロボットの複数の指令値に基づいてロボットを駆動した時の基準座標系におけるロボットの複数の位置を取得する。パラメータ算出部は、第 2 の状態において、それぞれの指令値にてロボットを駆動した時に、基準座標系におけるロボットの位置および変換行列に基づいて、ベース座標系におけるロボットの理論位置を算出し、ロボットの指令値がベース座標系におけるロボットの理論位置に一致するように第 2 の機構誤差パラメータを算出する。

10

【発明の効果】

【0011】

本開示の一態様によれば、ロボットの機構誤差パラメータの較正を容易に行うことができる較正装置および機構誤差パラメータを較正する必要が有るか否かを判定する判定装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0012】

【図 1】実施の形態におけるロボットシステムの斜視図である。

【図 2】第 1 の状態におけるロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図である。

【図 3】ロボット装置および3次元測定器のブロック図である。

【図 4】実施の形態における較正装置の第 1 の制御のフローチャートである。

【図 5】第 2 の状態におけるロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図である。

【図 6】較正装置の第 2 の制御のフローチャートである。

【図 7】第 1 の状態におけるロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図である。

30

【図 8】較正装置の第 3 の制御のフローチャートである。

【図 9】第 2 の状態におけるロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図である。

【図 10】較正装置の第 4 の制御のフローチャートである。

【図 11】制御装置の保守判定部の制御のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図 1 から図 11 を参照して、実施の形態における較正装置および判定装置について説明する。本実施の形態の較正装置は、動作プログラムに基づくロボットの動作を調整するための機構誤差パラメータを較正する。また、本実施の形態の判定装置は、機構誤差パラメータを較正する必要性が有るか否かを判定する。

40

【0014】

図 1 は、本実施の形態におけるロボットシステムの斜視図である。本実施の形態のロボットシステムは、3台のロボット装置 5, 6, 7 にてスポット溶接を実施する。それぞれのロボット装置 5, 6, 7 は、作業ツールとしての溶接ガン 2 と溶接ガン 2 の位置および姿勢を変更するロボット 1 とを備える。溶接を行うためのワークは、ロボット装置 5, 6, 7 に囲まれる領域に搬送される。例えば、搬送機により吊り下げられたワークとしての車体が搬送される。ロボット装置 5, 6, 7 により、スポット溶接を実施する。

【0015】

50

図 2 に、ロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図を示す。ここでは、複数のロボット装置 5、6、7のうち、ロボット装置 5 を例に取り上げて説明する。ロボット装置 6、7は、ロボット装置 5 と同様の構成を有する。本実施の形態のロボット 1 は、複数の関節部を含む多関節ロボットである。

【0016】

ロボット 1 は、設置面に固定されたベース部 14 と、ベース部 14 に回転可能に支持された旋回ベース 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 に対して回転するように支持されている。上部アーム 11 は、下部アーム 12 に対して回転するように支持されている。更に、上部アーム 11 は、上部アーム 11 の伸びる方向に平行な回転軸の周りに回転する。ロボット 1 は、上部アーム 11 に回転可能に支持されているリスト 15 を含む。また、リスト 15 は、回転するフランジ 16 を含む。フランジ 16 には溶接ガン 2 が固定されている。

10

【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が変化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、スポット溶接を行う溶接ガンであるが、この形態に限られない。作業者は、ロボット装置が行う作業に応じた作業ツールを選定することができる。例えば、ワークを搬送する作業ツールまたは接着剤を塗布する作業ツールなど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、ベース座標系 71 が設定されている。図 2 に示す例では、ロボット 1 のベース部 14 に、ベース座標系 71 の原点が配置されている。ベース座標系 71 は、原点の位置がロボットに固定され、更に、座標軸の向きが固定されている座標系である。ロボット 1 の位置および姿勢が変化してもベース座標系 71 の位置および向きは変化しない。ベース座標系 71 は、座標軸として、互いに直交する X 軸、Y 軸、および Z 軸を有する。また、X 軸の周りの座標軸として W 軸が設定される。Y 軸の周りの座標軸として P 軸が設定される。Z 軸の周りの座標軸として R 軸が設定される。

20

【0019】

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、溶接ガン 2 の固定電極の先端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、ベース座標系 71 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、ベース座標系 71 に対するツール座標系の向きに対応する。ロボット 1 の位置および姿勢は、ベース座標系 71 の座標値にて表現することができる。

30

【0020】

図 3 に、本実施の形態におけるロボット装置および 3次元測定器のブロック図を示す。図 2 および図 3 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、上部アーム 11、下部アーム 12 およびリスト 15 等の構成部材を駆動するロボット駆動モータ 22 を含む。

40

【0021】

溶接ガン 2 は、溶接ガン 2 を駆動する溶接ガン駆動装置を備える。溶接ガン駆動装置は、溶接ガン 2 の可動電極を駆動する電極駆動モータ 21 を含む。電極駆動モータ 21 が駆動することにより固定電極に対して可動電極が移動する。可動電極が移動することにより、固定電極と可動電極とによりワークを挟んでスポット溶接を実施することができる。

【0022】

ロボット装置 5 は、ロボット 1 および溶接ガン 2 を制御する制御装置 4 と、作業者が制御装置 4 を操作するための教示操作盤 37 とを含む。制御装置 4 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。制御装置 4 は、CPU に、バスを介して接続された RAM (Random Access Memory) お

50

よびROM (Read Only Memory) 等を有する。

【0023】

教示操作盤37は、ロボット1および溶接ガン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により構成されている。作業者は、動作プログラム、変数の設定値、および変数の判定値などを入力部38から制御装置4に入力することができる。教示操作盤37は、ロボット1および溶接ガン2に関する情報を表示する表示部39を含む。

【0024】

制御装置4には、ロボット1および溶接ガン2を制御するために、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、ロボット1および溶接ガン2を駆動する動作プログラム46を生成することができる。

10

【0025】

制御装置4は、ロボット1および溶接ガン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。動作制御部43として機能するプロセッサは、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。動作プログラム46は、記憶部42に記憶される。ロボット装置5は、動作プログラム46に基づいて自動的に作業を行う。

20

【0026】

制御装置4は、ロボット1および溶接ガン2に動作指令を送出する動作制御部43を含む。動作制御部43は、動作プログラム46に基づいて、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、動作プログラム46に基づいて、溶接ガン2を駆動する動作指令を溶接ガン駆動部44に送出する。溶接ガン駆動部44は、電極に電気を供給したり電極駆動モータ21を駆動したりする電気回路を含む。溶接ガン駆動部44は、動作指令に基づいて電極および電極駆動モータ21に電気を供給する。

30

【0027】

ロボット1は、ロボット1の位置および姿勢を含むロボット1の状態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、アーム等の駆動軸に対応するロボット駆動モータ22に取り付けられた回転位置検出器19を含む。回転位置検出器19は、ロボット駆動モータ22の回転角を検出するエンコーダ等により構成されている。本実施の形態では、複数の回転位置検出器19の出力に基づいて、ロボットの位置および姿勢が検出される。

【0028】

動作制御部43は、動作プログラム46において指定されたロボットの位置および姿勢になるように、ロボット1を制御する。動作制御部43は、逆運動学に基づいてロボット駆動モータ22の回転角を制御する。例えば、ツール座標系が所望の位置および姿勢になるようにロボット1を制御することにより、作業ツールを所望の位置および姿勢に制御することができる。

40

【0029】

ところで、ロボットの実際の位置および姿勢は、ロボットの構成部品の製造誤差、ロボットを組み立てるときの組み立て誤差、および重力の影響などにより、動作プログラム46にて指定された位置および姿勢からずれる場合がある。本実施の形態では、動作プログラム46とは別に、ロボット1の制御を調整するための複数の機構誤差パラメータ49が設定されている。複数の機構誤差パラメータ49は、記憶部42に記憶されている。

【0030】

50

機構誤差パラメータ49には、ロボット1を駆動する際に生じる位置および姿勢の誤差の原因となる任意のパラメータが含まれる。機構誤差パラメータ49には、各駆動軸同士の間リンクの長さ、それぞれの駆動軸の位置、それぞれの駆動軸の減速機にて生じるバックラッシュに起因するギヤ比の誤差、および重力の影響により変形するリンクの弾性変形に関する変数などのパラメータが含まれる。

【0031】

例えば、機構誤差パラメータには、DHパラメータおよびDHパラメータの誤差が含まれる。DH(Denavit Hartenberg)法では、それぞれの駆動軸に座標系を設定し、駆動軸の座標系同士の間関係に基づいてロボットの位置および姿勢を表現することができる。DHパラメータは、DH法におけるパラメータである。例えば、DHパラメータには、リンク長が含まれる。

10

【0032】

また、機構誤差パラメータには、駆動軸周りのトルクに関するばね定数が含まれる。ばね定数は、トルクに対するたわみ量に関するパラメータである。また、機構誤差パラメータには、減速機のギヤ比の誤差が含まれる。また、機構誤差パラメータには、ベース座標系71の原点の位置の誤差が含まれる。ベース座標系の原点の位置の誤差は、回転位置検出器19が出力する回転角またはパルス値の誤差等により定められる。このような機構誤差パラメータは、ロボット1を設置する場所に応じて、ロボット1を出荷する時に設定されることができる。

【0033】

20

図3を参照して、動作プログラム46には、ベース座標系71の座標値により、ロボット1の位置および姿勢が定められている。動作制御部43は、逆運動学に基づいて動作プログラム46に設定されたロボット1の位置および姿勢になるように、ロボット駆動モータ22の回転角度を算出する。このときに、動作制御部43は、記憶部42に記憶された機構誤差パラメータ49を取得する。動作制御部43は、それぞれの機構誤差パラメータに基づいてロボット駆動モータ22の動作指令を算出する。この制御を実施することにより、ロボットの位置および姿勢を動作プログラム46に指定された位置および姿勢に近づけることができる。

【0034】

図1から図3を参照して、本実施の形態のロボットシステムは、ロボット1の位置および姿勢を正確に測定するための3次元測定器8を備える。本実施の形態における3次元測定器8は、レーザ光を発振し、反射器67a, 67bにて反射したレーザ光を受信するレーザトラッカである。3次元測定器8は、レーザ光を発振するレーザヘッド63を含む。レーザヘッド63は、レーザ光を発振する発振部81と、反射器67a, 67bにて反射したレーザ光を受信する受光部82を有する。受光部82は、レーザヘッド63の内部に配置されている。

30

【0035】

本実施の形態における3次元測定器8は、レーザヘッド63の向きを変更する回転装置64を含む。回転装置64は、レーザヘッド63の向きを変更する測定器駆動モータ84を含む。測定器駆動モータ84には、測定器駆動モータ84の回転角を検出するために、エンコーダ等の回転位置検出器85が取り付けられている。本実施の形態の回転装置64は、水平方向に延びる回転軸および鉛直方向に延びる回転軸の周りにレーザヘッド63を回転する。回転装置64は、三脚65に支持されている。このように、3次元測定器8は、回転装置64が駆動することにより、任意の向きにレーザ光を発振することができる。

40

【0036】

3次元測定器8は、プロセッサとしてのCPUとRAM等を有する演算処理装置を含む。3次元測定器8の演算処理装置は、反射器67a, 67bの位置を算出する位置算出部83を含む。位置算出部83は、予め定められたプログラムに従って駆動するプロセッサに相当する。本実施の形態の位置算出部83は、発振したレーザ光と受信したレーザ光との位相差により、3次元測定器8から反射器67a, 67bまでの距離を算出する。

50

【 0 0 3 7 】

本実施の形態の3次元測定器8には、測定器座標系73が設定されている。測定器座標系73は、作業者が任意の位置に設定することができる。測定器座標系73の原点は、3次元測定器8の内部の任意の位置に設定することができる。例えば、測定器座標系73の原点は、レーザヘッド63の内部に配置されているレーザ光源の先端に配置することができる。

【 0 0 3 8 】

測定器座標系73は、互いに直交するX軸、Y軸、およびZ軸を有する座標軸を含む。測定器座標系73の向きは、任意の向きに設定することができる。測定器座標系73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。レーザヘッド63の向きが変化しても測定器座標系73の位置および向きは変化しない。

10

【 0 0 3 9 】

本実施の形態の反射器67a, 67bは、球状に形成されている。反射器67a, 67bは、入射したレーザ光の方向と同一の方向にレーザ光を反射するように形成されている。反射器67a, 67bは、拘束バンドまたは磁石等により、所望の位置に固定される。

【 0 0 4 0 】

3次元測定器8の回転装置64は、レーザ光が反射器67a, 67bにて反射した後にレーザヘッド63に戻るように、レーザヘッド63の向きを調整する。作業者は、手動で回転装置64を駆動してレーザヘッド63の向きを調整することができる。または、3次元測定器8は、レーザ光の出射方向が円を描くように走査する自動探索機能を備える場合がある。この場合に、作業者は、3次元測定器8から出射されるレーザ光が反射器67a, 67bに向かうように凡そのレーザヘッド63の向きを調整する。この後に、3次元測定器8は、自動探索機能により、反射器67a, 67bにて反射されたレーザ光がレーザヘッド63に戻るようにレーザヘッド63の向きを調整することができる。

20

【 0 0 4 1 】

回転装置64は、回転位置検出器85の出力に基づいて、測定器座標系73におけるレーザヘッド63の向きを検出することができる。位置算出部83は、反射器67a, 67bにて反射した光を受光することにより、3次元測定器8から反射器67a, 67bまでの距離を算出する。そして、位置算出部83は、算出した距離およびレーザヘッド63の向きに基づいて、測定器座標系73における反射器67a, 67bの位置を算出することができる。

30

【 0 0 4 2 】

図2および図3を参照して、本実施の形態における較正装置は、ロボット1の制御を調整する機構誤差パラメータを較正する。本実施の形態における較正装置は、制御装置4を含む。制御装置4は、機構誤差パラメータ49の較正に関する制御を行う処理部51を含む。処理部51は、3次元測定器8の出力に基づいてロボット1が配置されている領域に基準座標系72を設定する基準座標系設定部53を含む。基準座標系72は、ロボットの動作およびロボットの設置状態に依存しないように定められることができる。ロボット1の設置状態には、ロボット1が設置される位置およびロボット1が設置される面に対するロボット1の全体の傾きが含まれる。基準座標系72は、不動の座標系にて設定することができる。

40

【 0 0 4 3 】

処理部51は、基準座標系72におけるロボットの位置を取得する位置取得部52を含む。処理部51は、基準座標系72におけるロボットの位置に基づいて、機構誤差パラメータ49を算出するパラメータ算出部54を含む。また、処理部51は、ロボット1に対して設定されたベース座標系71の座標値および基準座標系72の座標値のうち一方の座標値を他方の座標値に変換する変換行列を算出する行列算出部55を含む。処理部51は、動作プログラム46の指令値に対するロボットの位置の精度を評価する保守判定部56を含む。

【 0 0 4 4 】

50

処理部 5 1 は、予め定められた較正プログラム 4 8 に基づいて処理を行う。処理部 5 1 は、較正プログラム 4 8 に従って駆動するプロセッサに相当する。また、位置取得部 5 2、基準座標系設定部 5 3、パラメータ算出部 5 4、行列算出部 5 5、および保守判定部 5 6 のそれぞれのユニットは、較正プログラム 4 8 に従って駆動するプロセッサに相当する。プロセッサが較正プログラム 4 8 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。

【 0 0 4 5 】

本実施の形態の較正装置は、基準座標系 7 2 を設定するための補助部材 6 1 および基準点となる部材としての反射器 6 7 a を備える。補助部材 6 1 は、複数の反射器 6 7 a を支持する。補助部材 6 1 は、ロボットシステムが設置されている領域に配置されている。補助部材 6 1 は、較正を行うロボット 1 の近傍に配置されることができる。本実施の形態の補助部材 6 1 は、架台となる基部 6 1 a と、基部 6 1 a から立設する立設部 6 1 b とを含む。立設部 6 1 b は、鉛直方向の上側に向かって伸びている。

10

【 0 0 4 6 】

反射器 6 7 a は、基部 6 1 a の上面において、角となる部分に配置されている。また、反射器 6 7 a は、複数の立設部 6 1 b のうち一部の立設部 6 1 b の上面に配置されている。このように、補助部材 6 1 は、互いに異なる複数の位置に反射器 6 7 a を支持するように形成されている。補助部材 6 1 としては、この形態に限られず、複数の反射器 6 7 a を保持する部材を採用することができる。

【 0 0 4 7 】

補助部材 6 1 は、複数の反射器 6 7 a の位置が変化しないように、ロボット 1 が設置される領域において動かない部材を採用することができる。例えば、ロボットシステムが配置されている領域に設置されている棚または柵などを、反射器を取り付ける補助部材として使用しても構わない。

20

【 0 0 4 8 】

基準座標系 7 2 を設定する際に、3次元測定器 8 の位置算出部 8 3 は、複数の反射器 6 7 a の位置を測定器座標系 7 3 にて算出する。測定を行う複数の反射器 6 7 a は、予め決めておくことができる。

【 0 0 4 9 】

処理部 5 1 の基準座標系設定部 5 3 は、反射器 6 7 a の位置に基づいて、基準座標系 7 2 を設定する。基準座標系 7 2 の原点の位置および基準座標系 7 2 の姿勢は、測定した複数の反射器 6 7 a の位置に対して、予め定められた相対的な位置および姿勢にて設定することができる。ここでの例では、1つの反射器 6 7 a に原点を配置した基準座標系 7 2 が設定されている。

30

【 0 0 5 0 】

このように、3次元測定器 8 にて測定した基準点の位置に基づいて、基準座標系設定部 5 3 は、基準座標系 7 2 を3次元空間に設定することができる。基準座標系設定部 5 3 は、基準座標系 7 2 を測定器座標系 7 3 の座標値にて設定することができる。基準座標系 7 2 は、複数の反射器 6 7 a の位置に基づいて定められる。このために、反射器 6 7 a の位置を同一に維持することにより、3次元測定器 8 は、任意の方向から反射器 6 7 a の位置を測定することができる。そして、複数の反射器 6 7 a に対する相対的な位置および姿勢に基づいて、同一の基準座標系 7 2 を再現することができる。

40

【 0 0 5 1 】

本実施の形態においては、溶接ガン 2 のツール先端点に相当する固定電極の先端に反射器 6 7 b が配置されている。このため、反射器 6 7 b の位置は、ロボット 1 の位置に相当する。3次元測定器 8 の位置算出部 8 3 は、測定器座標系 7 3 における反射器 6 7 b の位置を測定することができる。そして、位置取得部 5 2 は、測定器座標系 7 3 における反射器 6 7 b の位置に基づいて、基準座標系 7 2 におけるロボット 1 の位置を算出することができる。

【 0 0 5 2 】

50

図 4 に、本実施の形態における機構誤差パラメータを較正する第 1 の制御のフローチャートを示す。第 1 の制御では、ロボット 1 を取り替えた後の機構誤差パラメータを較正する。ロボットを長期間にわたり使用した時などには、ロボットの全体を取り替える場合がある。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態では、機構誤差パラメータの較正に関連して、ロボットの第 1 の状態が定められている。本実施の形態では、機構誤差パラメータの較正を行う前のロボットの基準の状態となる第 1 の状態が定められている。また、第 1 の状態よりも後の第 2 の状態が定められている。第 2 の状態は、機構誤差パラメータの較正を行う状態、または、機構誤差パラメータの較正を行うか否かを判定する状態を含む。

10

【 0 0 5 4 】

第 1 の制御において、第 1 の状態は、古いロボットが設置されているロボットを交換する前の状態である。第 2 の状態は、ロボットを交換した後の新しいロボットが設置された状態である。本実施の形態では、交換前のロボットを第 1 のロボットと称し、交換後のロボットを第 2 のロボットと称する。第 1 の制御では、第 1 の状態は、第 1 のロボットを交換する直前の状態を採用することができる。または、第 1 の状態は、第 1 のロボットを設置した後に、任意の時期に機構誤差パラメータの較正を行った直後の状態を採用することができる。

【 0 0 5 5 】

図 2 から図 4 を参照して、ステップ 1 0 1 において、第 1 のロボット 1 を設置後の所定の第 1 の状態の時に、3次元測定器 8 の測定により基準座標系 7 2 を生成する。第 1 の状態は、指令値に対して精度よくロボットが駆動する時期の状態を採用することができる。3次元測定器 8 をロボット 1 が配置されている任意の領域に配置して、反射器 6 7 a の位置を測定する。基準座標系設定部 5 3 は、測定器座標系 7 3 の座標値にて基準座標系 7 2 を生成する。

20

【 0 0 5 6 】

ステップ 1 0 2 においては、処理部 5 1 は、予め定められた動作プログラムの指令値にてロボット 1 を駆動する。動作プログラムにおけるロボットの位置および姿勢の指令値は、ベース座標系 7 1 における座標値にて指定されている。例えば、較正を行うための動作プログラムの指令値にてロボット 1 を駆動する。図 2 に示す例では、一つの指令値にてロボット 1 を駆動することにより、一つの測定点 7 6 に反射器 6 7 b が配置される。ロボット 1 が停止した時に、3次元測定器 8 の位置算出部 8 3 は、測定器座標系 7 3 における反射器 6 7 b の位置を算出する。位置取得部 5 2 は、測定器座標系 7 3 における反射器 6 7 b の位置の座標値を、基準座標系 7 2 における位置の座標値に変換する。ここでの例では、反射器 6 7 b の位置は、ロボットの位置に相当する。このように、位置取得部 5 2 は、3次元測定器 8 の出力に基づいて、基準座標系 7 2 におけるロボットの位置の座標値を取得する。

30

【 0 0 5 7 】

処理部 5 1 は、指令値に対するロボットの位置を取得する制御を繰り返す。処理部 5 1 は、複数の指令値にてロボット 1 を駆動する。それぞれの測定点 7 6 に反射器 6 7 b が配置された時に、位置取得部 5 2 は、基準座標系 7 2 におけるロボットの位置の座標値を取得する。記憶部 4 2 は、複数の指令値と、複数の指令値に対応する基準座標系における複数のロボットの位置の座標値を記憶する。なお、正確な機構誤差パラメータの測定を行うためには、例えば、数十個の測定点 7 6 を測定することが好ましい。

40

【 0 0 5 8 】

次に、ステップ 1 0 3 において、第 1 のロボット 1 を第 2 のロボット 3 に交換する。本実施の形態では、製造者および型番が同一のロボットに交換する。この時に、第 2 のロボットの設置面における位置および設置面に対する傾きは、第 1 のロボットの位置および傾きと極力同じになるように、第 2 のロボットを設置することが好ましい。

【 0 0 5 9 】

50

図5に、新しいロボットを設置したときのロボット装置、3次元測定器、および補助部材の斜視図を示す。第1のロボット1に変えて第2のロボット3が床面に設置されている。ロボット3は、ロボット1と同じ位置および同じ傾きにて設置されることが好ましい。しかしながら、ロボットの製造における製造誤差および個体差等により、動作プログラムの指令値に対して到達する位置がずれる場合がある。このために、第2のロボット3の機構誤差パラメータの較正を行う。

【0060】

図4および図5を参照して、ステップ104において、第2のロボット3を設置後に、基準座標系設定部53は、3次元測定器8の出力により基準座標系72を生成する。ここでの例では、3次元測定器8の位置は図2に示す位置とは異なっている。しかしながら、10 予め定められた複数の反射器67aの位置を測定することにより、複数の反射器67aに対して同一の位置および姿勢の基準座標系72を再現することができる。すなわち、第1のロボット1にて使用した基準座標系と同じ位置および同じ姿勢の基準座標系を復元することができる。

【0061】

次に、ステップ105において、処理部51は、第1のロボット1にて使用した動作プログラムの指令値と同一の指令値にて第2のロボット3を駆動する。複数の指令値にてロボット3を駆動することにより反射器67bが測定点77の位置に移動する。測定点77の位置は、図2における第1のロボット1の測定点76の位置からずれる場合がある。反射器67bがそれぞれの測定点77の位置に配置されたときに、位置取得部52は、20 3次元測定器8の出力により、ロボット3の位置として基準座標系における測定点77の座標値を取得する。すなわち、位置取得部52は、第1のロボット1と同一の予め定められた指令値にて第2のロボット3を駆動した時に、基準座標系72における反射器67bの位置を取得する。

【0062】

ステップ106において、パラメータ算出部54は、第2のロボット3の機構誤差パラメータを算出する。パラメータ算出部54は、第2のロボット3の基準座標系72におけるロボットの位置(測定点77の位置)が、第1のロボット1の基準座標系72におけるロボットの位置(測定点76の位置)に一致するように、第2のロボット3の機構誤差パラメータを算出する。すなわち、第2のロボット3を第1のロボット1と同一の指令値にて駆動したときに、ツール先端点が同一の位置に到達するように、第2のロボット3の機構誤差パラメータを算出する。30

【0063】

パラメータ算出部54は、例えば、複数の指令値にてロボットを駆動したときに、第1のロボット1の位置に対する第2のロボット3の位置の誤差が小さくなるように、最小二乗法にて機構誤差パラメータを設定することができる。パラメータ算出部54は、機構誤差パラメータに含まれる複数の定数を算出することができる。または、パラメータ算出部54は、ランダムに機構誤差パラメータに含まれる変数を変更して、同一の指令値に対して、第2のロボット3の位置と第1のロボット1の位置との差が小さくなる変数を採用しても構わない。40

【0064】

処理部51は、パラメータ算出部54にて算出された新たな機構誤差パラメータを記憶部42に記憶させることができる。第2のロボット3にてスポット溶接の作業を行う場合には、新たな機構誤差パラメータを使用して、ロボット3の制御を行うことができる。この結果、第2のロボット3の教示作業を再度しなくても、第1のロボット1とほぼ同一の位置および姿勢になる様に第2のロボット3を制御することができる。

【0065】

図6に、本実施の形態における機構誤差パラメータを較正する第2の制御のフローチャートを示す。第2の制御では、ロボットの一部の構成部材を交換した場合に、機構誤差パラメータを較正する。ロボットを使用するとロボットの一部の構成部材が故障する場合が50

ある。例えば、経年劣化により、減速機のギヤが摩耗する場合がある。または、アームの強度が弱くなって、アームのたわみ量が大きくなる場合がある。このような場合に、ロボットの一部の構成部材を交換した後に、機構誤差パラメータの較正を行う。

【 0 0 6 6 】

第2の制御では、第1の状態は、ロボットの一部の構成部材を交換する前の状態である。第2の状態は、ロボットの一部の構成部材を交換した後の状態である。特に、第2の状態は、ロボットの一部の構成部材が劣化したときの状態である。ここでは、ロボットの構成部材のうち、上部アームを交換する場合を例に取り上げて説明する。交換する構成部材としては、上部アームに限られず、手首部、回転位置検出器、モータ、または減速機などを例示することができる。

10

【 0 0 6 7 】

第2の制御において、ステップ101および102は、第1の制御と同様である（図4参照）。第1のロボット1を複数の指令値にて駆動して、基準座標系72におけるロボットの位置を記憶する。次に、ステップ111において、第1のロボット1の上部アーム11を交換する。次に、ステップ112において、基準座標系設定部53は、上部アーム11の交換後に3次元測定器8の出力により基準座標系72を再現する。

【 0 0 6 8 】

次に、ステップ113において、処理部51は、上部アーム11の交換前と同一の複数の指令値にて第1のロボット1を駆動する。位置取得部52は、基準座標系72における反射器67bの位置を取得する。すなわち、位置取得部52は、新しい上部アームを備える第1のロボット1の位置を取得する。

20

【 0 0 6 9 】

次に、ステップ114において、パラメータ算出部54は、第1のロボット1の機構誤差パラメータを算出する。この時に、第1の制御と同様に、パラメータ算出部54は、上部アーム11の交換後の基準座標系72におけるロボットの位置が、上部アーム11の交換前の基準座標系72におけるロボットの位置に一致するように、機構誤差パラメータを算出する。すなわち、同一の指令値にてロボットを駆動した時に、同一の位置にロボットのツール先端点が到達するように機構誤差パラメータを算出する。

【 0 0 7 0 】

このように、ロボットの全体を交換した場合およびロボットの一部の構成部材を交換した場合にも、同様の較正の制御を実施することができる。本実施の形態における較正装置は、ロボットまたはロボットの構成部材を交換した後も、ロボットが到達する位置の変化が小さくなるように、機構誤差パラメータの較正を容易に行うことができる。

30

【 0 0 7 1 】

特に、ロボットの全体を交換する場合には、ロボットを設置する面の傾斜等により、ロボットの設置の位置または傾きの誤差が生じる。しかしながら、機構誤差パラメータを修正することにより、ロボットの交換後に到達する位置を、ロボットの交換前に到達する位置に容易に近づけることができる。

【 0 0 7 2 】

第1の制御および第2の制御を行うことにより、1つの動作プログラムに対して、ロボットのツール先端点が到達する位置の変化を抑制することができる。このために、構成部材またはロボットの交換後も同じ動作プログラムを使用することができる。すなわち、動作プログラムにおけるロボットの位置を教示する教示作業を再び行う必要はなく、ロボットの全体を取り替えた後、またはロボットの構成部品を交換した後に、同じ動作プログラムを使用することができる。

40

【 0 0 7 3 】

次に、本実施の形態における較正装置における第3の制御について説明する。第3の制御では、ロボットの全体を交換した後に機構誤差パラメータの較正を行う。ロボットを交換する前において、指令値（ベース座標系におけるロボットの位置）と、基準座標系におけるロボットの位置との関係を算出することができる。換言すると、ベース座標系と基準

50

座標系との相対的な位置および姿勢の関係を算出することができる。第3の制御では、第1の状態におけるベース座標系71から見た基準座標系72の変換行列を用いて、第2の状態において機構誤差パラメータを較正する。

【0074】

図7に、3次元測定器にてロボットの位置の座標値を測定するときの斜視図を示す。第1の状態において、処理部51は、予め定められた指令値に基づいてロボット1を駆動する。位置取得部52は、ロボット1の位置に対応するそれぞれの測定点76の位置を基準座標系72にて取得する。正確な変換行列の算出を行うためには、例えば、数十個の測定点76を測定することが好ましい。

【0075】

ここで、基準座標系72におけるそれぞれの測定点76の位置を座標値 P_0 とする。ベース座標系71から見た基準座標系72の行列を変換行列 A_c とする。変換行列 A_c の逆行列 A_c^{-1} は、ベース座標系71の座標値を基準座標系72の座標値に変換する行列である。また、ベース座標系71における測定点76、すなわち指令値のロボットの位置を座標値 P_1 とすると、以下の式(1)が成立する。

【0076】

$$P_0 = A_c^{-1} P_1 \quad \dots \quad (1)$$

【0077】

図3および図7を参照して、処理部51の行列算出部55は、ベース座標系71にて表現された指令値の座標値 P_1 を取得する。行列算出部55は、指令値に基づいてロボット1を駆動した時に、それぞれの測定点76の基準座標系72における座標値 P_0 を位置取得部52から取得する。行列算出部55は、基準座標系における各測定点76の位置の座標値 P_0 と、指令値の座標値 P_1 とに基づいて、変換行列 A_c を算出する。例えば、変換行列 A_c を用いて座標値 P_1 から基準座標系72における座標値を算出したときに、この座標値と座標値 P_0 との誤差(距離)が最小となるように、最小二乗法にて変換行列 A_c を算出することができる。または、基準座標系72における座標値 P_0 を、変換行列 A_c を用いてベース座標系における座標値に変換したときに、この座標値とロボットの指令値との誤差(距離)が最小となるように、最小二乗法にて変換行列 A_c を算出することができる。

【0078】

変換行列 A_c は、例えば、4行×4列の同次変換行列を採用することができる。すなわち、座標系の回転および平行移動を含む行列を採用することができる。記憶部42は、算出した変換行列 A_c を記憶する。このように、処理部51は、第1の状態において、変換行列 A_c を算出することができる。

【0079】

なお、本実施の形態では、ベース座標系71の座標値を基準座標系72の座標値に変換する変換行列を算出しているが、この形態に限られない。行列算出部は、基準座標系の座標値を、ベース座標系の座標値に変換する変換行列を算出しても構わない。この行列を用いても、基準座標系の座標値をベース座標系の座標値に変換したり、ベース座標系の座標値を基準座標系の座標値に変換したりすることができる。

【0080】

図8に、本実施の形態における機構誤差パラメータの較正の第3の制御のフローチャートを示す。図3、図7および図8を参照して、ステップ101、102は、本実施の形態における第1の制御と同様である(図4を参照)。ロボット1を交換する前に複数の指令値にて第1のロボット1を駆動して、基準座標系72における測定点76の座標値(ロボット1の位置)を取得する。位置取得部52は、第1の状態において、ロボット1の複数の指令値に基づいてロボット1を駆動した時の基準座標系72におけるロボットの複数の位置を取得する。

【0081】

次に、ステップ121において、行列算出部55は、第1の状態において、第1のロボット1の複数の指令値と基準座標系72における第1のロボット1の複数の位置とに基づ

10

20

30

40

50

いて変換行列 A_c を算出する。記憶部 4 2 は、変換行列 A_c を記憶する。次に、ステップ 1 2 2 において、第 1 のロボットを第 2 のロボットに交換する。ロボット装置 5 は、第 2 の状態になる。

【 0 0 8 2 】

図 9 に、第 1 のロボットを第 2 のロボットに交換した後のロボット、3 次元測定器、および補助部材の斜視図を示す。図 3、図 8、および図 9 を参照して、ステップ 1 2 3 において、第 2 のロボット 3 を設置した後に、基準座標系設定部 5 3 は、3 次元測定器 8 の出力に基づいて基準座標系 7 2 を再現する。

【 0 0 8 3 】

ステップ 1 2 4 において、複数の指令値にて第 2 のロボット 3 を駆動する。このときのベース座標系 7 1 にて示される指令値は、第 1 のロボット 1 を駆動したときの指令値と異なっても構わない。任意の複数の指令値にて第 2 のロボット 3 を駆動することができる。図 9 においては、複数の指令値にて第 2 のロボット 3 を駆動したときのツール先端点が到達する測定点 7 7 が示されている。正確な機構誤差パラメータの算出を行うためには、例えば、数十個の測定点 7 7 を測定することが好ましい。

10

【 0 0 8 4 】

それぞれのロボット 3 の位置において、3 次元測定器 8 の位置算出部 8 3 は、それぞれの測定点 7 7 の位置を測定器座標系 7 3 の座標値にて検出する。位置取得部 5 2 は、測定器座標系 7 3 にて算出された測定点 7 7 の位置の座標値を、基準座標系 7 2 における測定点 7 7 の座標値 P_0 に変換する。すなわち、位置取得部 5 2 は、基準座標系 7 2 におけるロボットの複数の位置を取得する。

20

【 0 0 8 5 】

次に、ステップ 1 2 5 において、パラメータ算出部 5 4 は、変換行列 A_c を用いて基準座標系 7 2 における測定点 7 7 の座標値を、第 1 のロボット 1 のベース座標系 7 1 における座標値に変換する。すなわち、上記の式 (1) を用いて、基準座標系 7 2 に基づく第 2 のロボットの位置から第 1 のロボット 1 のベース座標系 7 1 におけるロボットの理論位置を算出する。

【 0 0 8 6 】

次に、ステップ 1 2 6 において、パラメータ算出部 5 4 は、第 2 のロボット 3 の機構誤差パラメータを算出する。パラメータ算出部 5 4 は、第 2 のロボット 3 の指令値を取得する。パラメータ算出部 5 4 は、第 2 のロボット 3 の指令値が、第 1 のロボット 1 のベース座標系 7 1 におけるロボットの理論位置の座標値に一致するように、機構誤差パラメータを算出する。この制御により、パラメータ算出部 5 4 は、第 2 のロボット 3 が到達する基準座標系における位置が、第 1 のロボット 1 が到達する基準座標系における位置に一致するように、機構誤差パラメータを算出することができる。例えば、パラメータ算出部 5 4 は、第 2 のロボット 3 の指令値と、第 1 のロボット 1 のベース座標系における理論位置の座標値との誤差 (距離) が最小となるように、最小二乗法にて機構誤差パラメータを算出する。

30

【 0 0 8 7 】

このように、第 3 の制御では、第 1 の状態において取得した変換行列 A_c を記憶しておくことができる。第 2 の状態において、変換行列 A_c を用いることにより、基準座標系におけるロボットの位置を第 1 の状態におけるベース座標系の理論位置に変換することができる。そして、第 2 のロボットの指令値にて到達する位置が理論位置に一致するように、機構誤差パラメータを算出することができる。または、第 2 の状態において、変換行列 A_c を用いることにより、第 2 のロボットの指令値を基準座標系におけるロボットの理論位置に変換することができる。そして、この理論位置が第 2 のロボットが到達する基準座標系における位置 (位置取得部 5 2 にて取得される位置) と一致するように、機構誤差パラメータを算出して構わない。

40

【 0 0 8 8 】

図 1 0 に、ロボットの機構誤差パラメータを較正する第 4 の制御のフローチャートを示

50

す。第4の制御では、ロボットの一部の構成部材を取り換えた後に、機構誤差パラメータを較正する。ここでは、ロボット1の上部アームを取り換える例を説明する。第4の制御では、第3の制御と同様に、第1の状態において変換行列 A_c を予め算出する。そして、第2の状態において変換行列 A_c に基づいて機構誤差パラメータを較正する。

【0089】

ステップ101, 102およびステップ121は、本実施の形態の第3の制御と同様である(図8を参照)。次に、ステップ131において、第1のロボット1の上部アーム11を交換する。

【0090】

ステップ132において、基準座標系設定部53は、上部アーム11の交換後に、3次元測定器8の測定結果に基づいて基準座標系72を再現する。ステップ133において、処理部51は、任意の複数の指令値にて第1のロボット1を駆動する。位置取得部52は、3次元測定器8の出力に基づいて基準座標系72における測定点77の座標値(ロボット1の位置)を取得する。

【0091】

ステップ134において、パラメータ算出部54は、変換行列 A_c を用いて基準座標系における測定点77の座標値を、第1のロボット1のベース座標系71における理論位置に変換する。なお、ここでの例では、上部アームが交換されるために、ベース部14に設定されたベース座標系71の原点の位置および姿勢は、変化していない。

【0092】

ステップ135において、パラメータ算出部54は、第1のロボット1の機構誤差パラメータを算出する。パラメータ算出部54は、ベース座標系71におけるロボットの指令値が、第1のロボット1のベース座標系71におけるロボットの理論位置の座標値に一致するように機構誤差パラメータを算出する。このように、第4の制御においては、ロボットの一部の構成部材を交換する場合に、第3の制御と同様の制御により、機構誤差パラメータを較正することができる。

【0093】

ところで、ロボット装置を長期間にわたり駆動すると、ロボットの構成部材に劣化が生じたり、徐々に変形したりする。動作プログラムの指令に対してロボットのツール先端点が到達する位置がずれる場合がある。この場合に、本実施の形態における第2の制御または第4の制御と同様の制御を実施することができる。ロボットを駆動している任意の時期に、構成部材を交換せずに、第2の制御または第4の制御と同様の制御を実施することにより、ロボットを較正することができる。例えば、第4の制御では、図6において、ステップ111の上部アームの交換を行わずに、ステップ112からステップ114の較正の制御を行うことができる。このようなロボットの較正は、例えば、予め定められた時間間隔ごとに実施することができる。

【0094】

この場合に、ロボットの基準の状態となる第1の状態は、例えば、ロボットを設置した直後の状態である。ロボットの第2の状態は、ロボットを使用することによりロボットの少なくとも一部の構成部材が劣化した時の状態である、

【0095】

図3を参照して、本実施の形態における制御装置4は、機構誤差パラメータを較正する必要が有るか否かを判定する判定装置として機能する。本実施の形態における処理部51は、動作プログラム46の指令値に対するロボット1の位置の精度を評価する保守判定部56を備える。保守判定部56は、第1の状態のときの基準座標系72におけるロボットの位置と、現在の基準座標系72におけるロボットの位置とに基づいて、機構誤差パラメータの較正が必要か否かを判定する。

【0096】

特に、処理部51の保守判定部56は、判定装置として機能する。保守判定部56は、本実施の形態における第3の制御および第4の制御にて算出した変換行列 A_c を用いて、

10

20

30

40

50

ロボットが到達する位置の精度の評価を行う。

【0097】

図11に、本実施の形態の保守判定部による第5の制御のフローチャートを示す。図8を参照して、始めに、処理部51は、本実施の形態の第3の制御におけるステップ101, 102, 121を実行して変換行列Acを算出する。記憶部42は、変換行列Acを記憶する(図8を参照)。変換行列Acを算出する制御は、例えば、ロボットを設置した後において、機構誤差パラメータの較正を行った直後に行うことが好ましい。

【0098】

次に、ステップ141からステップ143の制御は、第4の制御におけるステップ132からステップ134の制御と同様である。ステップ141において、基準座標系設定部53は、任意の時期に3次元測定器8の測定に基づいて基準座標系72を生成する。ステップ142において、処理部51は、任意の複数の指令値にて第1のロボットを駆動する。位置取得部52は、基準座標系72におけるロボットの位置の座標値を取得する。ステップ143において、パラメータ算出部54は、変換行列Acを用いて、基準座標系72におけるロボットの位置の座標値をロボットのベース座標系71における座標値に変換する。パラメータ算出部54は、基準座標系におけるロボットの複数の位置を理論位置に変換する。

10

【0099】

ステップ144において、保守判定部56は、予め定められたロボットの指令値とベース座標系における理論位置との距離を算出する。例えば、保守判定部56は、動作プログラムのロボットの指令値における座標値と、理論位置における座標値との間の距離を算出する。保守判定部56は、複数の指令値と理論位置との組み合わせについて、それぞれの距離を算出する。

20

【0100】

ステップ145において、保守判定部56は、複数の距離の平均値を算出する。保守判定部56は、距離の平均値が予め定められた判定値を超えるか否かを判定する。距離の平均値が判定値を超える場合に、制御はステップ146に移行する。

【0101】

ステップ146においては、保守判定部56は、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定する。本実施の形態では、教示操作盤37の表示部39は、機構誤差パラメータの較正が必要であることを表示する。

30

【0102】

ステップ145において、距離の平均値が判定値以下である場合に、制御はステップ147に移行する。ステップ147において、保守判定部56は、機構誤差パラメータの構成が不要であると判定する。そして、表示部39は、機構誤差パラメータの較正が不要であることを表示する。

【0103】

本実施の形態において、保守判定部56は、ロボットの指令値とベース座標系に変換した理論位置との距離の平均値に基づいて判定を行っているが、この形態に限られない。任意の制御により、ロボットの指令値と理論位置とが離れているか否かを判定することができる。例えば、複数の指令値に対応する複数の距離のうち、距離の最大値が判定値より大きい場合に、較正を行う必要があると判定しても構わない。

40

【0104】

保守判定部56は、予め定められた期間ごとに、ロボットの位置の精度が予め定められた判定範囲を逸脱するか否かを判定することができる。保守判定部56は、ロボットの精度が予め定められた判定範囲を逸脱する場合に、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定することができる。例えば、予め定められたロボットの駆動時間またはロボットを設置してからの予め定められた時間長さごとに、機構誤差パラメータの較正を行うか否かの判定を行うことができる。

【0105】

50

また、保守判定部 5 6 は、ロボットを構成する構成部材の交換を検出した場合に、機構誤差パラメータの構成が必要であると判定することができる。例えば、作業者が、教示操作盤 3 7 の入力部 3 8 に、ロボットの一部の構成部材を交換した情報を入力した場合に、保守判定部 5 6 は、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定する。または、保守判定部 5 6 は、ロボットの交換を検出した時に、機構誤差パラメータの較正が必要であると判定しても構わない。そして、表示部 3 9 は、機構誤差パラメータの較正が必要であることを表示して、作業者に知らせることができる。作業者は、機構誤差パラメータの較正を行う場合に、前述の第 1 の制御から第 4 の制御のうち 1 つ以上の制御を実施することができる。

【 0 1 0 6 】

上記の実施の形態においては、ロボットの制御装置が較正装置および判定装置として機能するが、この形態に限られない。較正装置として機能する演算処理装置または判定装置として機能する演算処理装置が、ロボットの制御装置と通信装置により接続されていても構わない。

【 0 1 0 7 】

本実施の形態においては、レーザトラッカおよび補助部材を用いて基準座標系を設定しているが、この形態に限られない。任意の装置および制御にて、3次元空間に基準座標系を設定することができる。例えば、3次元視覚センサを用いて、基準点となる不動の特徴的な部分の位置を検出し、特徴的な部分に基づいて基準座標系を設定しても構わない。また、3次元視覚センサがロボットの特徴的な部分を検出して、ロボットの位置および姿勢を検出して構わない。また、較正装置は、3次元測定器を備えていなくても構わない。較正装置は、較正装置の外部で取得された3次元測定器のデータを取得して処理するように構成されていても構わない。

【 0 1 0 8 】

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。

【 0 1 0 9 】

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 】

【 0 1 1 0 】

- 1, 3 ロボット
- 4 制御装置
- 8 3次元測定器
- 11 上部アーム
- 12 下部アーム
- 13 旋回ベース
- 14 ベース部
- 15 リスト
- 16 フランジ
- 46 動作プログラム
- 49 機構誤差パラメータ
- 51 処理部
- 52 位置取得部
- 53 基準座標系設定部
- 54 パラメータ算出部
- 55 行列算出部
- 56 保守判定部

10

20

30

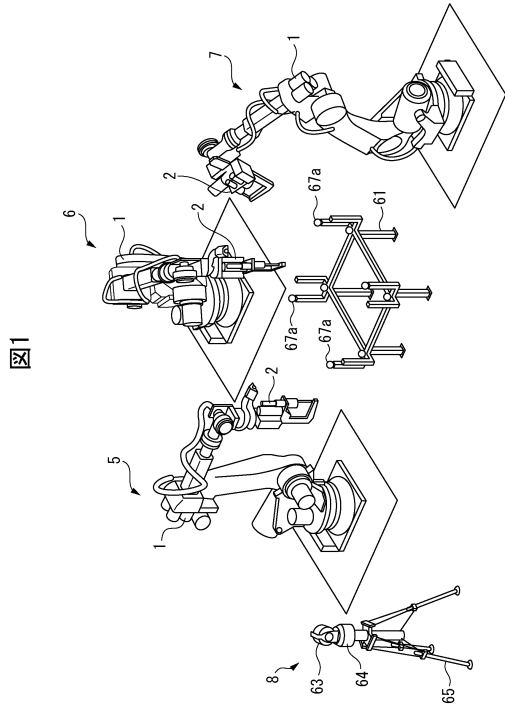
40

50

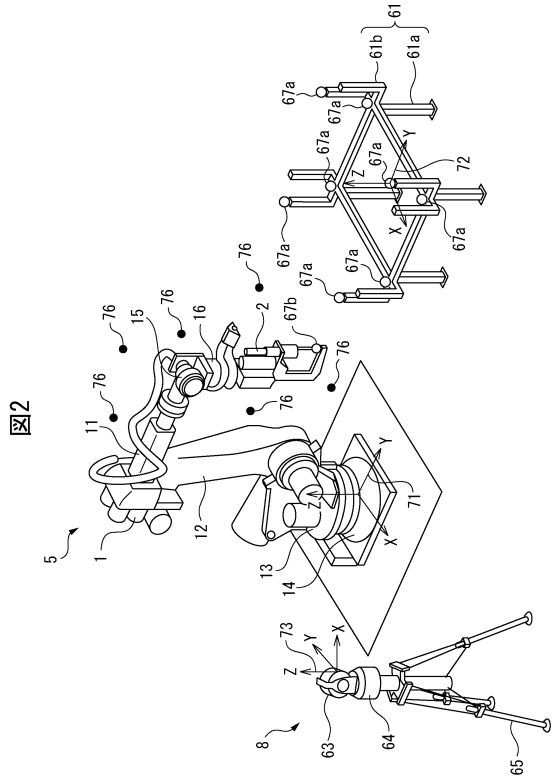
- 6 1 補助部材
- 6 3 レーザヘッド
- 6 7 a , 6 7 b 反射器
- 7 1 ベース座標系
- 7 2 基準座標系
- 7 6 , 7 7 測定点

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

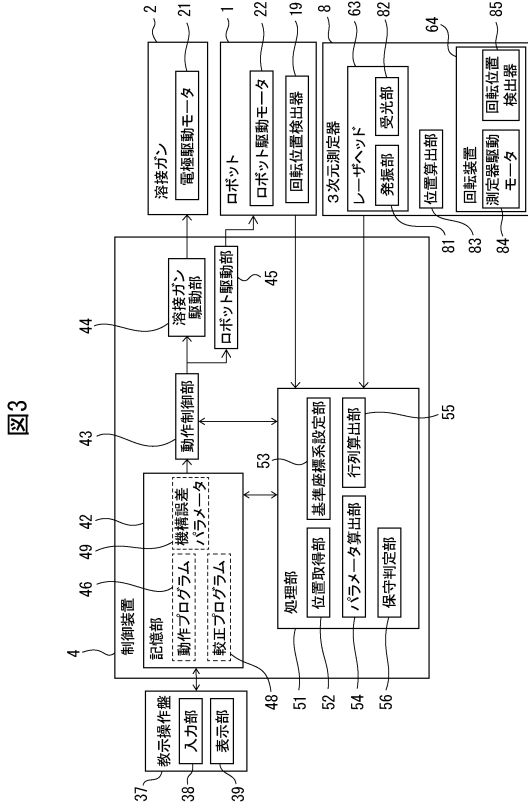
20

30

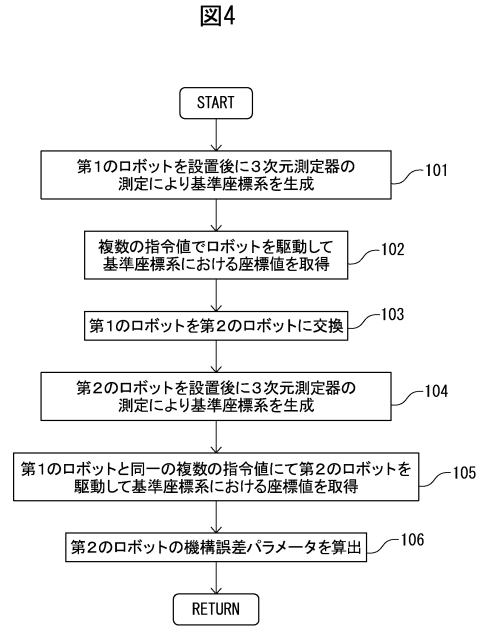
40

50

【図3】



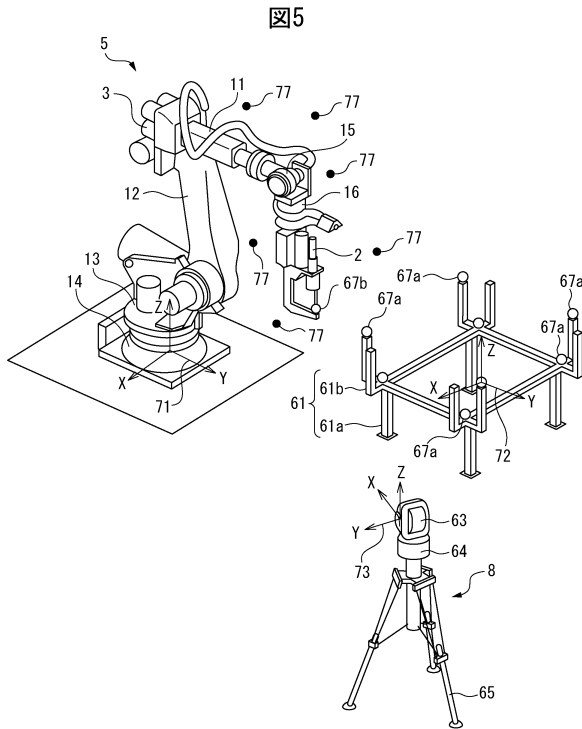
【図4】



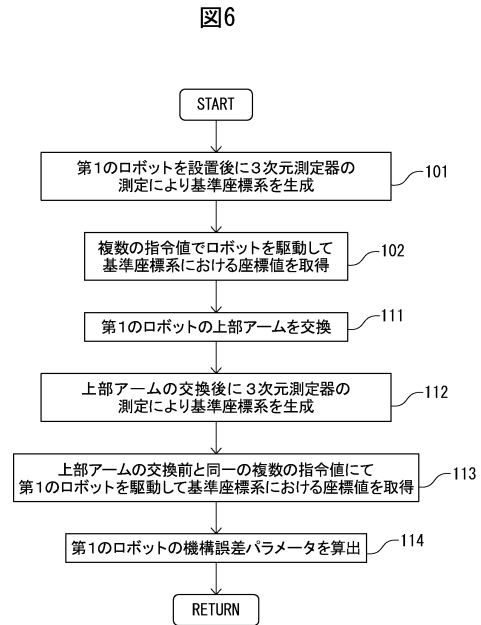
10

20

【図5】



【図6】

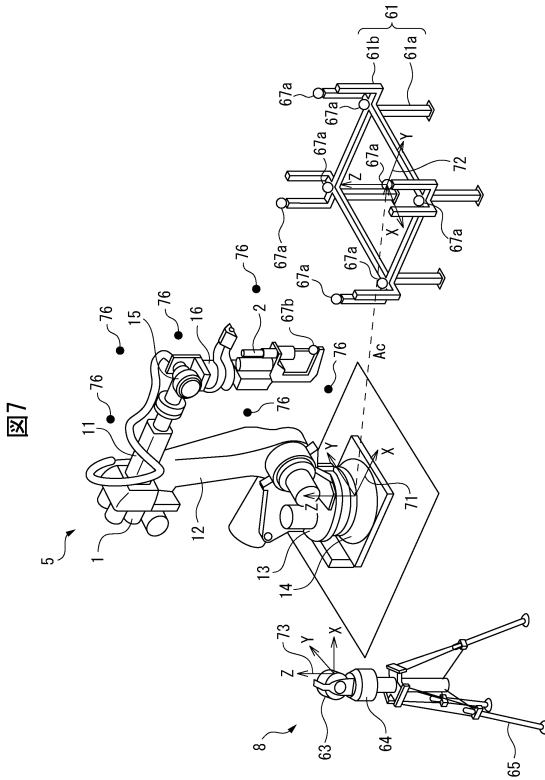


30

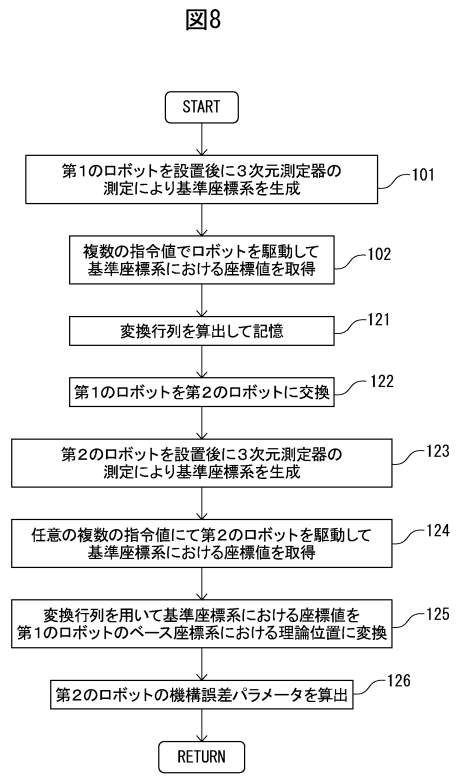
40

50

【 図 7 】



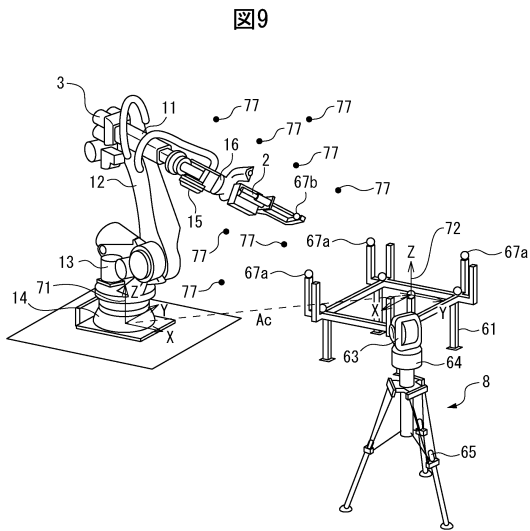
【 図 8 】



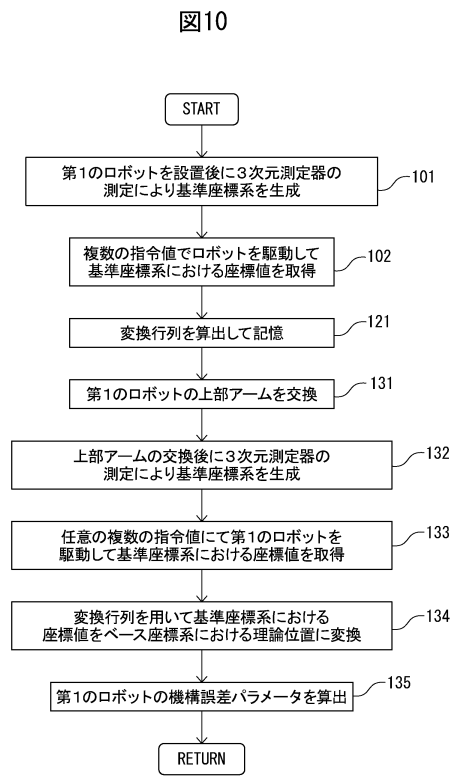
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】



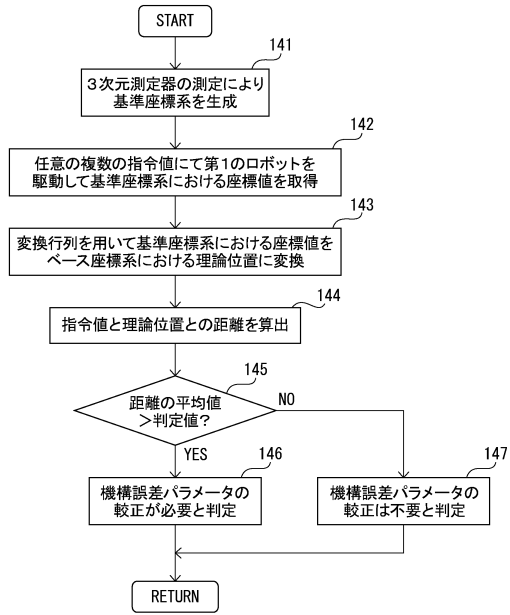
30

40

50

【 図 1 1 】

図11



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 内藤 康広
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内
- (72)発明者 原田 邦彦
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内
- 審査官 松浦 陽
- (56)参考文献 国際公開第2023/013698(WO, A1)
特開2001-038662(JP, A)
特開2021-066008(JP, A)
特開2020-168669(JP, A)
特表2015-532219(JP, A)
中国特許出願公開第112643658(CN, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 1/00 - 21/02