

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-38040
(P2019-38040A)

(43) 公開日 平成31年3月14日(2019.3.14)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 2 5 J 9/10 (2006.01) B 2 5 J 9/10 A 3 C 7 0 7

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2017-159229 (P2017-159229)
(22) 出願日 平成29年8月22日 (2017.8.22)

(71) 出願人 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358
〇番地
(74) 代理人 100106002
弁理士 正林 真之
(74) 代理人 100165157
弁理士 芝 哲央
(74) 代理人 100160794
弁理士 星野 寛明
(72) 発明者 山岡 宣章
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
〇番地 ファナック株式会社内

最終頁に続く

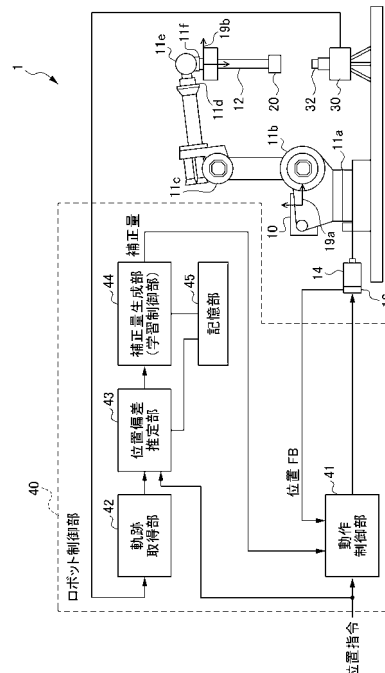
(54) 【発明の名称】 ロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】 撮像装置を用いて、ロボット機構部の位置制御の補正のための位置補正量を生成するロボットシステムを提供する。

【解決手段】 ロボットシステム1は、光源20と、光源20からの光を撮像する撮像装置30と、光源20が位置制御の対象部位に設けられたロボット機構部10と、ロボット機構部10に所定の動作をさせるための位置指令、ロボット機構部10からの位置フィードバック、及び位置補正量に基づいて、ロボット機構部10の位置制御を行うロボット制御部40とを備え、ロボット制御部40は、所定の動作中に、撮像装置30に光源20からの光を撮像し続けさせて、撮像装置30から光源20の軌跡を取得する軌跡取得部42と、取得された光源20の軌跡と位置指令とに基づいて、位置指令に対する光源20の軌跡の位置偏差を推定する位置偏差推定部43と、推定された位置偏差に基づいて位置補正量を生成する補正量生成部44とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光源と、
前記光源からの光を撮像する撮像装置と、
前記光源又は前記撮像装置が位置制御の対象部位に設けられたロボット機構部と、
前記ロボット機構部に所定の動作をさせるための前記ロボット機構部の位置指令、前記
ロボット機構部からの位置フィードバック、及び前記ロボット機構部の位置制御の位置補
正量に基づいて、前記ロボット機構部の位置制御を行うロボット制御部と、
を備え、

前記ロボット制御部は、

前記所定の動作中に、前記撮像装置に前記光源からの光を撮像し続けさせて、前記撮像
装置から前記光源の軌跡を取得する軌跡取得部と、

前記軌跡取得部で取得された前記光源の軌跡と、前記位置指令又は前記位置フィードバ
ックとに基づいて、前記位置指令又は前記位置フィードバックに対する前記光源の軌跡の
位置偏差を推定する位置偏差推定部と、

前記位置偏差推定部で推定された位置偏差に基づいて、前記位置補正量を生成する補正
量生成部と、

を有するロボットシステム。

【請求項 2】

前記所定の動作を繰り返す学習制御を行う際、

前記ロボット制御部は、前回生成された位置補正量を適用し、

前記補正量生成部は、今回生成された位置補正量と前回生成された位置補正量とに基づ
いて、前記位置偏差推定部で推定された位置偏差をより低減する学習補正量を算出する学
習を行い、当該学習補正量を前記位置補正量とする、

請求項 1 に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記軌跡取得部は、前記所定の動作の動作時間に基づいて前記撮像装置の露光時間を調
整する、請求項 1 又は 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記光源は、特定の波長の光を発し、

前記撮像装置は、前記特定の波長以外の光の透過特性が前記特定の波長の光の透過特性
よりも低いフィルタを有する、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記撮像装置は、光を吸収するフィルタを有する、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記撮像装置の感度は低減される、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記光源は、特定色の光を発し、

前記撮像装置では、前記特定色以外の光の感度が前記特定色の光の感度よりも低い、

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載のロボットシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ロボット機構部の位置制御の補正を行うロボットシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

レーザ加工、シーリング、アーク溶接等を行う例えば産業用ロボットシステムは、ロボ

10

20

30

40

50

ット機構部のアーム先端位置（位置制御の対象部位）の位置制御を行う。このようなロボットシステムでは、減速機、ロボット機構部のアームの剛性不足、バックラッシュ等の精度悪化要因によって、ロボット機構部のアーム先端位置が目標位置からずれたり振動したりすることがあり、これにより、加工対象物の品質が悪化する場合がある。

【0003】

特許文献1及び2には、このような問題点を解決するロボットシステムが記載されている。これらのロボットシステムは、ロボット機構部のアーム先端位置にセンサを備え、センサにより、動作プログラムに基づくロボット機構部の動作中の位置指令に対するロボット機構部のアーム先端位置の位置偏差、又はロボット機構部のアーム先端位置の振動を計測する。ロボットシステムは、計測した位置偏差又は振動を低減する学習補正量を算出する学習制御を繰り返し行う。センサとしては、ビジョンセンサ、加速度センサ、ジャイロセンサ、慣性センサ、及び歪ゲージが挙げられる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-167817号公報

【特許文献2】特開2012-240142号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

20

加速度センサ、ジャイロセンサ、慣性センサ、及び歪ゲージから得られるのは加速度、角速度、力等の物理量であり、位置を求めるためには積分等の変換処理が必要になり、変換された位置の精度は低くなることもある。位置の算出精度が低いと、学習制御による位置精度の改善効果が低くなり、場合によっては逆効果になることもある。

【0006】

一方、ビジョンセンサ等の撮像装置を用いれば位置データを直接得ることはできるが、画像処理等の位置データ取得に時間を要するため、一般的な撮像装置ではロボット機構部の制御周期と同等の周期で位置データを取得することは困難である。そのため、一般的な撮像装置で学習制御を実現させるのは困難である。

【0007】

30

本発明は、撮像装置を用いて、ロボット機構部の位置制御の補正のための位置補正量を生成するロボットシステムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

(1) 本発明に係るロボットシステム（例えば、後述のロボットシステム1）は、光源（例えば、後述の光源20）と、前記光源からの光を撮像する撮像装置（例えば、後述のカメラ30）と、前記光源又は前記撮像装置が位置制御の対象部位に設けられたロボット機構部（例えば、後述のロボット機構部10）と、前記ロボット機構部に所定の動作をさせるための前記ロボット機構部の位置指令、前記ロボット機構部からの位置フィードバック、及び前記ロボット機構部の位置制御の位置補正量に基づいて、前記ロボット機構部の位置制御を行うロボット制御部（例えば、後述のロボット制御部40）とを備え、前記ロボット制御部は、前記所定の動作中に、前記撮像装置に前記光源からの光を撮像し続けさせて、前記撮像装置から前記光源の軌跡を取得する軌跡取得部（例えば、後述の軌跡取得部42）と、前記軌跡取得部で取得された前記光源の軌跡と、前記位置指令又は前記位置フィードバックとに基づいて、前記位置指令又は前記位置フィードバックに対する前記光源の軌跡の位置偏差を推定する位置偏差推定部（例えば、後述の位置偏差推定部43）と、前記位置偏差推定部で推定された位置偏差に基づいて、前記位置補正量を生成する補正量生成部（例えば、後述の補正量生成部44）とを有する。

40

【0009】

(2) (1)に記載のロボットシステムにおいて、前記所定の動作を繰り返す学習制

50

御を行う際、前記ロボット制御部は、前回生成された位置補正量を適用し、前記補正量生成部は、今回生成された位置補正量と前回生成された位置補正量とに基づいて、前記位置偏差推定部で推定された位置偏差をより低減する学習補正量を算出する学習を行い、当該学習補正量を前記位置補正量としてもよい。

【0010】

(3) (1)又は(2)に記載のロボットシステムにおいて、前記軌跡取得部は、前記所定の動作の動作時間に基づいて前記撮像装置の露光時間を調整してもよい。

【0011】

(4) (1)から(3)のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、前記光源は、特定の波長の光を発生し、前記撮像装置は、前記特定の波長以外の光の透過特性が前記特定の波長の光の透過特性よりも低いフィルタを有してもよい。

10

【0012】

(5) (1)から(3)のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、前記撮像装置は、光を吸収するフィルタを有してもよい。

【0013】

(6) (1)から(3)のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、前記撮像装置の感度は低減されてもよい。

【0014】

(7) (1)から(3)のいずれかに記載のロボットシステムにおいて、前記光源は、特定色の光を発生し、前記撮像装置では、前記特定色以外の光の感度が前記特定色の光の感度よりも低くてもよい。

20

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、ロボット機構部の制御周期と同等の周期で位置データを取得することが困難である一般的な撮像装置を用いて、ロボット機構部の位置制御の補正のための位置補正量を生成するロボットシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態に係るロボットシステムの構成を示す図である。

【図2】本実施形態のロボットシステムのロボット制御部による位置補正量生成動作を示すフローチャートである。

30

【図3】動作プログラムに基づく複数の制御周期における位置指令、及び、軌跡取得部で取得された光源の軌跡データの一例を示す図である。

【図4A】図3に示す光源の軌跡データを点列データに変換する手法を説明するための図である。

【図4B】図3に示す光源の軌跡データを点列データに変換する手法を説明するための図である。

【図4C】図3に示す光源の軌跡データを点列データに変換する手法を説明するための図である。

【図5】図3に示す光源の軌跡データを点列データに変換した一例を示す図である。

40

【図6】従来のロボットシステムの構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付の図面を参照して本発明の実施形態の一例について説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。

【0018】

図1は、本実施形態に係るロボットシステムの構成を示す図である。図1に示すロボットシステム1は、例えば、産業用ロボットを用いて、レーザ加工、シーリング、又は、アーク溶接等を行うシステムである。本実施形態は、このようなロボットシステム1において、ロボットのアームの先端位置(位置制御の対象部位)の位置制御の補正に関する。

50

ロボットシステム 1 は、ロボット機構部 10 と、光源 20 と、カメラ（撮像装置）30 と、ロボット制御部 40 とを備える。

【0019】

ロボット機構部 10 としては、公知のロボットマニピュレータを用いることができる。図 1 には、ロボット機構部 10 として、6つの関節軸 11a ~ 11f を有し、空間上にワールド座標系 19a が定義され、先端部のフランジ位置にメカニカルインタフェース座標系 19b が定義されたマニピュレータが例示されている。ロボット機構部 10 の先端部のフランジ位置には、ツール 12 が設けられている。このロボット機構部 10 では、ツール 12 の先端部が位置制御の対象部位である。

【0020】

ロボット機構部 10 は、6つの関節軸 11a ~ 11f の各々を駆動する複数のモータ（駆動部）14 を有する。また、ロボット機構部 10 は、モータ 14 の各々の回転位置を検出する複数のエンコーダ（位置検出部）16 を有する。エンコーダ 16 によって検出されたモータ 14 の回転位置は、位置フィードバックとして利用される。

以下では、本発明の特徴の理解を容易にするために、複数のモータ 14 及び複数のエンコーダ 16 を 1つのモータ及び 1つのエンコーダとして説明する。

【0021】

光源 20 は、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部、すなわち位置制御の対象部位に設けられている。光源 20 は、特定の波長の光を発する。光源 20 は、ロボット制御部 40 による制御に従って、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）に、光を連続的に出力する。

【0022】

カメラ 30 は、例えばビジョンセンサであり、固定設置されている。カメラ 30 は、受光部前に、特定の波長以外の光の透過特性が特定の波長の光の透過特性よりも低いバンドパスフィルタ 32 を有する。

カメラ 30 は、ロボット制御部 40 による制御に従って、動作プログラムに基づくロボット機構部の動作中（所定の動作中）に、光源 20 から出力され、バンドパスフィルタ 32 を透過した光を撮像し続ける。

【0023】

ロボット制御部 40 は、ロボット機構部 10 の位置制御を行う。ロボット制御部 40 は、動作制御部 41 と、軌跡取得部 42 と、位置偏差推定部 43 と、補正量生成部（学習制御部）44 と、記憶部 45 とを備える。

【0024】

動作制御部 41 は、例えば数値制御装置（図示せず）から、ロボット機構部 10 の動作プログラムに基づくモータ 14 の位置指令であって、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部（位置制御の対象部位）の目標位置に関する位置指令を取得する。また、動作制御部 41 は、エンコーダ 16 から、モータ 14 の位置（回転位置）に応じた位置フィードバックを取得する。また、動作制御部 41 は、補正量生成部 44 から、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の位置補正量を取得する。動作制御部 41 は、取得した位置指令と位置フィードバックとの位置偏差と、位置補正量とに基づいて、ロボット機構部 10 のモータ 14 の駆動電流を生成し、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の位置制御を行う。

【0025】

軌跡取得部 42 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）、光源 20 の動作、及び、カメラ 30 の露光時間を制御する。具体的には、軌跡取得部 42 は、動作プログラムの動作時間に応じて、光源 20 の動作時間、及び、カメラ 30 の露光時間を設定する。

軌跡取得部 42 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作後、この動作中にカメラ 30 で光源 20 からの光を撮像し続けた画像データを取得する。軌跡取得部 42 は、取得した画像データの画像処理を行うことにより、動作プログラムに基づくロボット

10

20

30

40

50

機構部 10 の動作中の光源 20 の軌跡データ、すなわちロボット機構部 10 のツール 12 の先端部（位置制御の対象部位）の軌跡データを取得する。

【0026】

位置偏差推定部 43 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中に、複数の制御周期における位置指令を取得し、記憶部 45 に一旦記憶する。

位置偏差推定部 43 は、軌跡取得部 42 で取得された光源 20 の軌跡データと、記憶部 45 に一旦記憶された複数の制御周期における位置指令とに基づいて、制御周期ごとに、位置指令（すなわち、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の目標位置）に対する光源 20 の軌跡データの位置偏差を推定する。この位置偏差は、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の目標位置からの位置ずれ、及び振動による位置ずれを含む。

10

【0027】

補正量生成部 44 は、位置偏差推定部 43 で推定された位置偏差に基づいて、制御周期ごとに位置補正量を生成し、記憶部 45 に記憶する。また、補正量生成部 44 は、次の動作プログラムの実行時に、記憶部 45 に記憶された位置補正量を動作制御部 41 に供給する。

【0028】

また、補正量生成部 44 は、学習制御部として機能する。具体的には、動作制御部 41 に前回生成された位置補正量を適用して、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作を繰り返す学習制御を行う際、補正量生成部 44 は、今回生成された位置補正量と前回生成された位置補正量とに基づいて、位置偏差推定部 43 で推定された位置偏差をより低減する学習補正量を算出する学習を行う。補正量生成部 44 は、この学習補正量を位置補正量として、記憶部 45 に記憶された位置補正量を更新する。

20

【0029】

記憶部 45 は、位置偏差推定部 43 に入力される複数の位置指令を一旦記憶する。また、記憶部 45 は、補正量生成部 44 で生成された位置補正量を記憶及び更新する。記憶部 45 は、例えば E E P R O M 等の書き換え可能なメモリである。

【0030】

上述したロボット制御部 40 における動作制御部 41、軌跡取得部 42、位置偏差推定部 43、及び補正量生成部 44 は、例えば、D S P (D i g i t a l S i g n a l P r o c e s s o r)、F P G A (F i e l d - P r o g r a m m a b l e G a t e A r r a y) 等の演算プロセッサで構成される。ロボット制御部 40 の各種機能は、例えば記憶部に格納された所定のソフトウェア（プログラム、アプリケーション）を実行することで実現される。ロボット制御部 40 の各種機能は、ハードウェアとソフトウェアとの協働で実現されてもよいし、ハードウェア（電子回路）のみで実現されてもよい。

30

【0031】

次に、図 2 を参照して、本実施形態のロボットシステム 1 のロボット制御部 40 による位置補正量生成動作について説明する。図 2 は、本実施形態のロボットシステム 1 のロボット制御部 40 による位置補正量生成動作を示すフローチャートである。

この位置補正量生成動作は、例えば工場出荷時に初期設定として、任意の動作プログラムを実行することで行われてもよいし、或いは、フィールド設置時に初期設定として、実際に使用される動作プログラムを実行することで行われてもよい。

40

【0032】

（1 回目の位置補正量生成動作）

まず、動作制御部 41 は、動作プログラムに基づくモータ 14 の位置指令、及びエンコーダ 16 からの位置フィードバックに基づいて、ロボット機構部 10 の位置制御を行う。なお、1 回目の動作では、まだ位置補正量が生成されていないため、補正量生成部 44 から位置補正量は動作制御部 41 に供給されない。

【0033】

このとき、すなわち動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中、軌跡取得部 42 は、光源 20 の動作、及び、カメラ 30 の露光時間を制御する。軌跡取得部 42 は、

50

ロボット機構部 10 の動作終了後、この動作中にカメラ 30 で光源 20 の光を撮像し続けた画像データを取得する (S1)。この画像データは、ロボット機構部 10 の動作中の光源 20 の光の軌跡を含む。

軌跡取得部 42 は、取得した画像データの画像処理を行うことにより、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中の光源 20 の軌跡データ、すなわちロボット機構部 10 のツール 12 の先端部 (位置制御の対象部位) の軌跡データを取得する (S2)。

【0034】

また、このとき、すなわち動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中、位置偏差推定部 43 は、複数の制御周期における位置指令を取得し、記憶部 45 に一旦記憶する。

【0035】

次に、位置偏差推定部 43 は、軌跡取得部 42 で取得された光源 20 の軌跡データと、記憶部 45 に一旦記憶された複数の制御周期における位置指令とに基づいて、制御周期ごとに、位置指令 (すなわち、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の目標位置) に対する光源 20 の軌跡データの位置偏差を推定する (S3)。

【0036】

図 3 は、動作プログラムに基づく複数の制御周期における位置指令 T、及び、軌跡取得部 42 で取得された光源 20 の軌跡データ P の一例を示す図である。図 3 では、半径 10 mm の円弧動作を行う動作プログラムを実行したときの位置指令 T 及び軌跡データ P を示す。なお、位置補正量生成動作において実行する動作プログラムはこれに限定されず、任意の動作プログラムであってよい。

図 3 では、特に光源 20 の軌跡データ P における制御周期部分 A 及び制御周期部分 B において、位置指令 T に対する光源 20 の軌跡データ P の位置偏差が大きい。

【0037】

本実施形態では、光源 20 の軌跡データ P は線のデータであるため、位置偏差を求めるためには軌跡データ P と位置指令 T との対応付けが必要である。そこで、以下のように、光源 20 の軌跡データ P と位置指令 T との対応付けを行う。

まず、図 4 A に示す線の軌跡データ P を、図 4 B に示すように任意の間隔の点列データ P_T に補間する。次に、図 4 C に示すように、位置指令 T の各点について、補間後の点列データ P_T から距離が最短になるデータ P_T を探索する。次に、補間後の点列 P_T のうちの探索されなかった点を削除する。これにより、図 5 に示すように、光源 20 の軌跡の点列データ P_T が得られる。

【0038】

位置偏差推定部 43 は、図 5 に示すように、制御周期ごとに、位置指令 T に対する光源 20 の軌跡の点列データ P_T の位置偏差を推定する。

【0039】

次に補正量生成部 44 は、位置偏差推定部 43 で推定された位置偏差を打ち消すように、制御周期ごとに位置補正量を生成し、記憶部 45 に記憶する (S4)。

【0040】

(2 回目以降の位置補正量生成動作：学習制御)

本実施形態では、動作制御部 41 に前回生成された位置補正量を適用して、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作を繰り返す学習制御を行う。

2 回目以降の動作では、動作制御部 41 は、動作プログラムに基づくモータ 14 の位置指令、エンコーダ 16 からの位置フィードバック、及び補正量生成部 44 で前回生成された位置補正量に基づいて、ロボット機構部 10 の位置制御を行う。

【0041】

このとき、上述した図 2 のステップ S1 ~ S4 の動作が行われる。すなわち、軌跡取得部 42 及び位置偏差推定部 43 により、制御周期ごとに、位置指令に対する光源 20 の軌跡データの位置偏差が推定され、補正量生成部 44 により、この位置偏差を打ち消すように、制御周期ごとに位置補正量が生成される。

10

20

30

40

50

そして、補正量生成部 44 は、今回生成された位置補正量と前回生成された位置補正量とを加算又は減算することにより、新たな位置補正量（学習補正量）を生成し、記憶部 45 に記憶された位置補正量を更新する。このように、補正量生成部 44 は、位置偏差をより低減するように学習補正量を算出する学習を行う。

【0042】

ここで、図 6 は、従来のロボットシステムの構成を示す図である（特許文献 1 及び 2 に記載のロボットシステムに相当）。図 6 に示すロボットシステム 1X は、図 1 に示すロボットシステム 1 において、光源 20 及びカメラ 30 に代えてセンサ 30X を備え、ロボット制御部 40 に代えてロボット制御部 40X を備える点で本実施形態と異なる。

センサ 30X は、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端部に設けられている。

10

ロボット制御部 40X は、図 1 に示すロボット制御部 40 において軌跡取得部 42 を備えない点で本実施形態と異なる。そのため、位置偏差推定部 43 は、動作プログラムの実行中に、制御周期ごとに、位置指令を取得すると共に、センサ 30X からロボット機構部 10 のツール 12 の先端部の位置情報を取得し、位置指令に対するツール 12 の先端部の位置の位置偏差を推定する。

【0043】

センサ 30X が加速度センサ、ジャイロセンサ、慣性センサ、及び歪ゲージである場合、これらのセンサから得られるのは加速度、角速度、力等の物理量であり、位置を求めるためには積分等の変換処理が必要になり、変換された位置の精度は低くなることもある。位置の算出精度が低いと、学習制御による位置精度の改善効果が低くなり、場合によっては逆効果になることもある。

20

【0044】

一方、センサ 30X としてビジョンセンサ等の撮像装置を用いれば位置データを直接得ることはできるが、画像処理等の位置データ取得に時間を要するため、一般的な撮像装置ではロボット機構部の制御周期と同等の周期で位置データを取得することは困難である。そのため、一般的な撮像装置で学習制御を実現させるのは困難である。

【0045】

本実施形態のロボットシステム 1 では、位置データを直接得ることができるカメラ（例えばビジョンセンサ）30 を用いて、ロボット機構部 10 のツール 12 の先端位置を高い精度で求めることができる。これにより、ロボット機構部 10 の位置制御を補正するための位置補正量の精度を高め、ロボット機構部 10 の位置制御の補正精度を高めることができる。

30

そして、上記問題点に関し、本実施形態のロボットシステム 1 によれば、ロボット制御部 40 の軌跡取得部 42 が、動作プログラムの実行中（所定の動作中）に、カメラ（撮像装置）30 に光源 20 からの光を撮像し続けさせて、カメラ（撮像装置）30 から光源 20 の軌跡を取得し、位置偏差推定部 43 が、位置指令に対する光源 20 の軌跡の位置偏差を推定する。これにより、動作プログラムの実行中（所定の動作中）の制御周期と同等の周期で光源 20 の位置データを取得する必要がないので、画像処理等の位置データ取得に時間を要するカメラ（例えばビジョンセンサ）を用いて、位置指令に対する光源 20 の軌跡データの位置偏差、すなわち位置指令に対するロボット機構部 10 のツール 12 の先端部（位置制御の対象部位）の位置偏差を求めることができる。

40

【0046】

また、本実施形態のロボットシステム 1 によれば、ロボット制御部 40 の補正量生成部 44 が学習制御部として機能する。具体的には、動作制御部 41 に前回生成された位置補正量を適用して、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作を繰り返す学習制御を行う際、補正量生成部 44 は、今回生成された位置補正量と前回生成された位置補正量とに基づいて、位置偏差推定部 43 で推定された位置偏差をより低減する学習補正量を算出する学習を行う。これにより、ロボット機構部 10 の位置制御を補正するための位置補正量の精度を高め、ロボット機構部 10 の位置制御の補正精度を高めることができる。

【0047】

50

また、本実施形態のロボットシステム 1 によれば、光源 20 が特定の波長の光を発生し、カメラ（撮像装置）30 が、特定の波長以外の光の透過特性が特定の波長の光の透過特性よりも低いバンドパスフィルタ 32 を有する。これにより、カメラ 30 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）に、光源 20 からの光を撮像し続けても、外乱光による飽和を抑制することができる。例えば、動作プログラムの動作時間が長い場合でも、カメラ 30 のダイナミックレンジに収まった軌跡画像を取得することができる。

【0048】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前述した実施形態に限るものではない。また、本実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本実施形態に記載されたものに限定されるものではない。

10

【0049】

例えば、上述した実施形態では、ロボット制御部 40 の位置偏差推定部 43 は、ロボット機構部 10 の動作プログラムに基づく位置指令に対する光源 20 の軌跡データの位置偏差を推定した。しかし、位置偏差推定部 43 は、ロボット機構部 10 からの位置フィードバックに対する光源 20 の軌跡データの位置偏差を推定してもよい。

【0050】

また、上述した実施形態では、ロボット制御部 40 の補正量生成部 44 は、学習制御部として機能し、動作制御部 41 に前回生成された位置補正量を適用して、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作を繰り返す学習制御を行う際、位置偏差をより低減する学習補正量を算出する学習を行った。しかし、補正量生成部 44 は、学習を行わず、上述した 1 回目の位置補正量生成動作のみを行う形態であってもよい。

20

【0051】

また、上述した実施形態では、光源 20 として、特定の波長の光を発生する光源を用いる形態を例示したが、広帯域の光を発生する光源を用いる形態であってもよい。

この場合、カメラ 30 は、受光部前に、バンドパスフィルタ 32 に代えて、広帯域な光を吸収する ND フィルタを有してもよい。この形態でも、カメラ 30 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）に、光源 20 からの光を撮像し続けても、外乱光による飽和を抑制することができる。

30

或いは、カメラ 30 はバンドパスフィルタを備えず、カメラ 30 の感度（ゲイン）が低く設定されてもよい。この形態でも、カメラ 30 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）に、光源 20 からの光を撮像し続けても、外乱光による飽和を抑制することができる。更に、ロボットシステムの構成点数を少なくすることができる。

【0052】

また、光源 20 は、特定色の光を発生する光源であってもよい。この場合、カメラ 30 はバンドパスフィルタを備えず、特定色以外の光の感度が特定色の光の感度よりも低いカラーカメラであってもよい。この形態でも、カメラ 30 は、動作プログラムに基づくロボット機構部 10 の動作中（所定の動作中）に、光源 20 からの光を撮像し続けても、外乱光による飽和を抑制することができる。

40

【0053】

また、上述した実施形態では、光源 20 が光を連続的に出力し、ロボット制御部 40 の軌跡取得部 42 が図 3 に示すように連続的な軌跡データ P を取得する形態を例示したが、これに限定されない。例えば、光源 20 が光を断続的に出力し、軌跡取得部 42 が断続的な軌跡データを取得してもよい。この場合、光源 20 は、動作プログラムの制御周期に同期して、光を断続的に出力してもよい。これにより、軌跡取得部 42 は、図 5 に示す軌跡の点列データを直接取得することができる。

【0054】

また、上述した実施形態では、光源 20 をロボット機構部 10 のツール 12 の先端位置

50

(位置制御の対象部位)に設置し、カメラ(撮像装置)30を固定設置した形態を例示したが、カメラ30をロボット機構部10のツール12の先端位置に設置し、光源20を固定設置する形態であってもよい。

【0055】

また、上述した実施形態では、産業用ロボットシステムを例示したが、本発明の特徴はこれに限定されず、様々なロボットシステムの位置制御の補正に適用可能である。

【符号の説明】

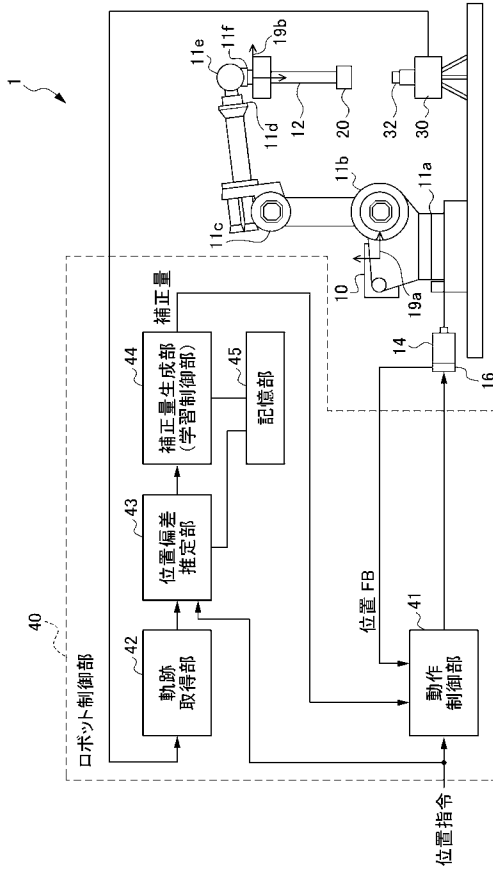
【0056】

- 1, 1X ロボットシステム
- 10 ロボット機構部
- 11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f 関節軸
- 12 ツール
- 14 モータ(駆動部)
- 16 エンコーダ(位置検出部)
- 19a ワールド座標系
- 19b メカニカルインタフェース座標系
- 20 光源
- 30 カメラ(撮像装置)
- 30X センサ
- 32 フィルタ
- 40, 40X ロボット制御部
- 41 動作制御部
- 42 軌跡取得部
- 43 位置偏差推定部
- 44 補正量生成部(学習制御部)
- 45 記憶部

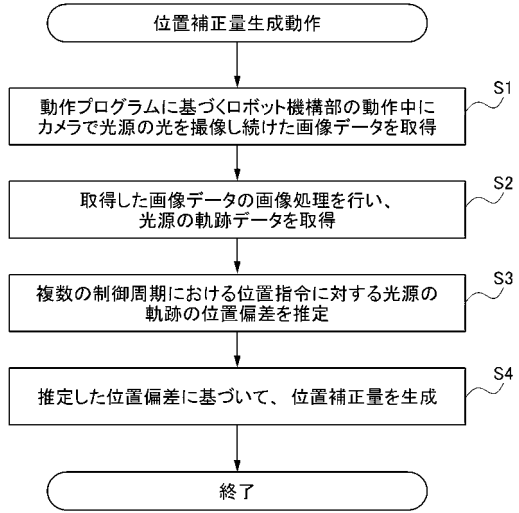
10

20

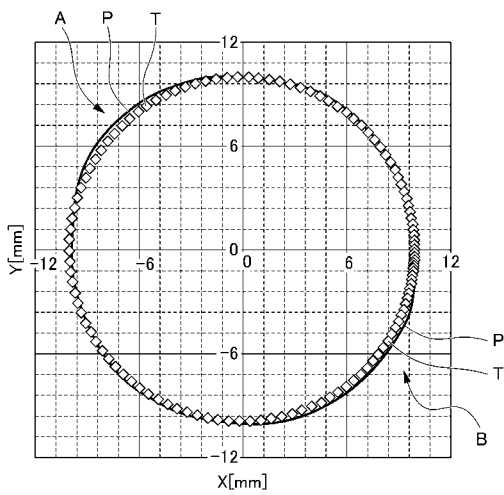
【 図 1 】



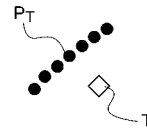
【 図 2 】



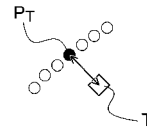
【 図 3 】



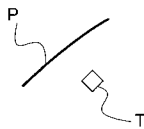
【 図 4 B 】



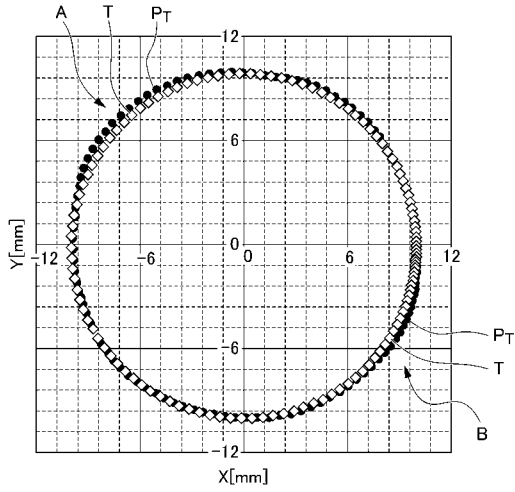
【 図 4 C 】



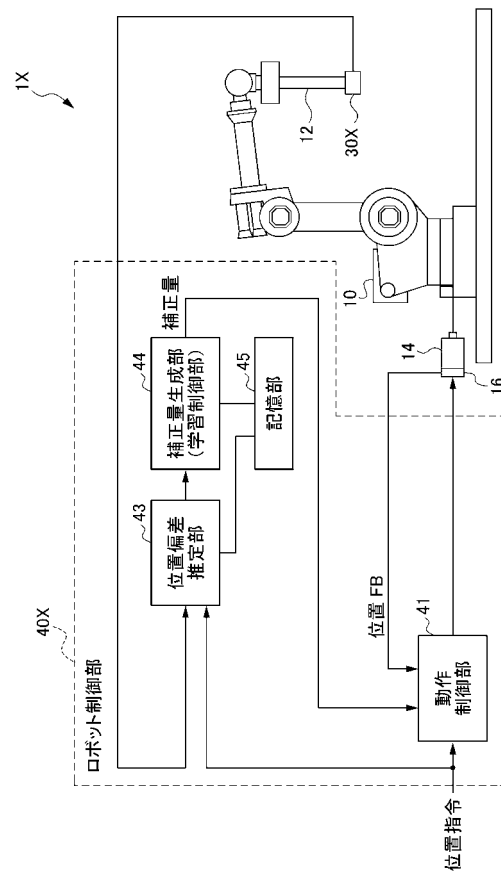
【 図 4 A 】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 元

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 王 凱濂

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

Fターム(参考) 3C707 BS12 KS17 KT01 KT06 KT11 LT14 LW12 MT04