

(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2016-187846  
(P2016-187846A)

(43) 公開日 平成28年11月4日(2016.11.4)

(51) Int.Cl. F I 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 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2015-68273 (P2015-68273)  
 (22) 出願日 平成27年3月30日 (2015. 3. 30)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (74) 代理人 100164633  
 弁理士 西田 圭介  
 (74) 代理人 100179475  
 弁理士 仲井 智至  
 (72) 発明者 山口 如洋  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 安田 光一  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

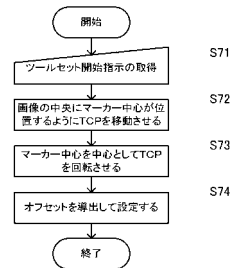
(54) 【発明の名称】 ロボット、ロボット制御装置およびロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】ロボットのオフセットの設定を容易に短時間で実行可能にする。

【解決手段】ロボットは、ツールを装着可能であり、撮像部によって前記ツールを撮像可能な位置に前記ツールを移動させることが可能なアームを備え、前記アームは、画像の基準点に前記アームに装着されたツールの参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記基準点に前記参照点が位置した状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態とに基づいて設定された前記参照点の前記アームに対するオフセットを用いて制御され、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程においては、前記撮像部によって撮像され前記基準点が前記参照点に位置しない第三画像に基づいて制御される。

【選択図】 図4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

ツールを装着可能であり、撮像部によって前記ツールを撮像可能な位置に前記ツールを移動させることが可能なアームを備え、

前記アームは、

画像の基準点に前記アームに装着されたツールの参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記第一状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて設定された前記参照点の前記アームに対するオフセットを用いて制御され、

10

前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御される、

ロボット。

**【請求項 2】**

前記アームは、複数の回転軸を有し、前記複数の回転軸のいずれか 1 つが回転することにより前記第一状態から前記第三画像が前記撮像部によって撮像可能な第三状態に遷移する、

請求項 1 に記載のロボット。

**【請求項 3】**

前記アームは、前記複数の回転軸のうち前記ツールに最も近い回転軸が回転することにより前記第一状態から前記第三状態に遷移する、

20

請求項 2 に記載のロボット。

**【請求項 4】**

前記アームは、前記撮像部により撮像された複数の画像に基づいて、前記第三状態から前記第二状態へ遷移するようにフィードバック制御される、

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のロボット。

**【請求項 5】**

前記回転軸は前記撮像部の撮像方向と平行である、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロボット。

**【請求項 6】**

前記回転軸は前記撮像部の撮像方向と非平行である、

請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロボット。

30

**【請求項 7】**

撮像部が装着され、作業空間内を移動可能なアームを備え、

前記アームは、

前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記作業空間内の参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記第一状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記撮像部を回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて設定された前記撮像部の前記アームに対するオフセットを用いて制御され、

40

前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御される、

ロボット。

**【請求項 8】**

スカラ型である、

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載のロボット。

**【請求項 9】**

撮像部と、

前記撮像部によって撮像可能な作業空間を移動可能なアームと、

前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記アームに装着されたツールの参照点

50

が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記基準点に前記参照点が位置した状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて前記参照点の前記アームに対するオフセットを設定するオフセット設定部と、

前記ツールが装着された前記アームを、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御し、前記オフセットが設定されると、前記オフセットを用いて制御するアーム制御部と、を備える、

ロボットシステム。

【請求項 10】

作業空間内を移動可能なアームと、

前記アームに装着された撮像部と、

前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記作業空間内の参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記基準点に前記参照点が位置した状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記撮像部を回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて前記撮像部の前記アームに対するオフセットを設定するオフセット設定部と、

前記撮像部が装着された前記アームを、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御し、前記オフセットが設定されると、前記オフセットを用いて制御するアーム制御部と、を備える、

ロボットシステム。

【請求項 11】

撮像部によって撮像可能な作業空間を移動可能なアームを備えるロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記アームに装着されたツールの参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記基準点に前記参照点が位置した状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて、前記参照点の前記アームに対するオフセットを設定するオフセット設定部と、

前記ツールが装着された前記アームを、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御し、前記オフセットが設定されると、前記オフセットを用いて制御するアーム制御部と、を備える、

ロボット制御装置。

【請求項 12】

撮像部が装着され作業空間内を移動可能なアームを備えるロボットを制御するロボット制御装置であって、

前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記作業空間内の参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記基準点に前記参照点が位置した状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて前記撮像部の前記アームに対するオフセットを設定するオフセット設定部と、

前記撮像部が装着された前記アームを、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御し、前記オフセットが設定されると、前記オフセットを用いて制御するアーム制御部と、を備える、

ロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 1 】

本発明は、ロボット、ロボット制御装置およびロボットシステムに関する。

## 【 背景技術 】

## 【 0 0 0 2 】

従来、アームに装着されるツールを用いてワークを処理する前に、アームに対するツールのオフセットを設定する処理が行われている。特許文献 1 には、アームに装着されたツールを実空間の基準点に位置合わせする操作を、アームの姿勢を変えて複数回実行した結果に基づいて、アームに対するツールのオフセットを導出する方法が開示されている。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

10

## 【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開平 8 - 8 5 0 8 3 号公報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 4 】

特許文献 1 に記載された技術によると、ツールで基準点を触るようにアームをオペレーターが操作することによって基準点の位置を教示する必要がある。しかし、アームが基準点に触るか触らないかの境界の状態を目視で特定しながら、アームを正確に操作することは容易ではない。すなわち特許文献 1 に記載された技術では、基準点の位置を正確に教示することは容易ではないという問題がある。そして、基準点の位置を正確に教示しながらツールのオフセットを設定するとすれば、設定に要する所要時間が長引くという問題があり、設定対象のロボットが増えるほど、この問題は深刻になる。

20

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 5 】

上記課題の少なくとも一つを解決するための第一のロボットは、ツールを装着可能であり、撮像部によって前記ツールを撮像可能な位置に前記ツールを移動させることが可能なアームを備え、前記アームは、画像の基準点に前記アームに装着されたツールの参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記第一状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記ツールを回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態とに基づいて設定された前記参照点の前記アームに対するオフセットを用いて制御され、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御される。

30

## 【 0 0 0 6 】

また上記目的を達成するための第二のロボットは、撮像部が装着され、作業空間内を移動可能なアームを備え、前記アームは、前記撮像部によって撮像された画像の基準点に前記作業空間内の参照点が位置する第一画像を前記撮像部によって撮像可能な第一状態と、前記第一状態で前記参照点の位置を通る回転軸を中心に前記撮像部を回転させた画像である第二画像を前記撮像部によって撮像可能な第二状態と、に基づいて設定された前記撮像部の前記アームに対するオフセットを用いて制御され、前記第一状態から前記第二状態への遷移の過程において、前記撮像部によって撮像され前記基準点に前記参照点が位置しない第三画像に基づいて制御される。

40

## 【 0 0 0 7 】

これらの発明によると、撮像部によって撮像された画像に基づいて、アームに対するツールまたは撮像部のオフセットが自動的に設定されるため、オフセットの設定が容易である。ここで参照点は、ツールまたは実空間に対して固定された点であって、画像認識可能な点であればよい。また画像内の基準点は、画像座標系において予め決められた点であれば良い。

## 【 0 0 0 8 】

なお請求項に記載された各手段の機能は、構成自体で機能が特定されるハードウェア資

50

源、プログラムにより機能が特定されるハードウェア資源、又はそれらの組み合わせにより実現される。また、これら各手段の機能は、各々が物理的に互いに独立したハードウェア資源で実現されるものに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】図1Aは本発明の実施形態にかかる模式的な斜視図。図1Bは本発明の実施形態にかかるブロック図。

【図2】本発明の実施形態にかかる平面図。

【図3】図3Aは本発明の実施形態にかかる模式的な斜視図、図3Bは本発明の実施形態にかかる平面図、図3Cは本発明の実施形態にかかる説明図である。

【図4】本発明の実施形態にかかるフローチャートである。

【図5】図5A、図5Bおよび図5Cは本発明の実施形態にかかる画像を示す平面図、図5Dは本発明の実施形態にかかる座標図である。

【図6】図6Aは本発明の実施形態にかかる説明図、図6Bは本発明の実施形態にかかる座標図である。

【図7】本発明の実施形態にかかる模式的な斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照しながら説明する。尚、各図において対応する構成要素には同一の符号が付され、重複する説明は省略される。

#### 1. 概要

本発明の第一実施例としてのロボットシステムは、図1に示すように、ロボット1と、撮像部2と、ロボット制御装置としてのPC(Personal Computer)3とを備えている。

【0011】

ロボット1は、6つの回転軸部材121、122、123、124、125、126をアームに備える6軸ロボットである。ワークを操作するための各種のツールが装着される回転軸部材126の先端の中心をツールセンターポイント(TCP)という。TCPの位置と姿勢は各種のツールの位置と姿勢の基準となる。ロボット1を制御する際に用いられるロボット1の座標系は、それぞれが水平なx軸とy軸と、鉛直下向きを正方向とするz軸とによって定まる3次元の直交座標系である。以下、このようなロボット1の座標系をロボット座標系とも言う。またz軸周りの回転をu、y軸周りの回転をv、x軸周りの回転をwで表す。ロボット座標系の長さの単位はミリメートル、角度の単位は度である。

【0012】

撮像部2は、z軸に対して垂直な基準平面内におけるワークの大きさ、形状および位置を認識するためのカメラである。レンズ201の光軸のレンズ201から離れる方向Aを撮像方向というものとする。撮像部2の座標系は、撮像部2から出力される画像の座標系であって、画像の水平右向きを正方向とするB軸と、画像の垂直下向きを正方向とするC軸とによって定まる。以下、撮像部2から出力される画像の座標系を画像座標系とも言う。撮像部2の座標系の長さの単位はピクセル、角度の単位は度である。撮像部2によって撮像される画像の重心が光学系の中心に対応するようにエリアイメージセンサー202とレンズ201の位置関係が定められている。すなわちレンズ201の光軸上の点は画像の重心に撮像される。撮像部2の座標系は、レンズ201の光軸に垂直な実空間内の平面の座標系が、レンズ201の光学特性(焦点距離、歪みなど)とエリアイメージセンサー202の画素数と大きさに応じて非線形変換された2次元の直交座標系である。したがって、撮像部2が出力する画像に基づいて基準平面内のワークの大きさ、形状または位置を認識して、認識結果に基づいてロボット1を制御するためには、画像座標系をロボット座標系と関係づける処理、すなわち校正が必要になる。

【0013】

PC3はロボット1と撮像部2に接続されている。PC3には、ロボット座標系と画像座標系とを校正するための校正プログラムとツールのオフセットを設定するためのツール

10

20

30

40

50

セットプログラムがインストールされている。

【0014】

以下に説明する本発明の実施例によると、校正が行われていない状態でのロボットビジョン（撮像部2によって撮像される画像）を用いて、アーム11に装着されたツールのオフセットを自動的に導出して設定するため、ロボット1に未知のツールを装着して使用する前の設定操作を短時間で容易に行うことができる。

【0015】

2. 構成

図1Aに簡略化して示すように、ロボット1は、第一アーム111、第二アーム112、第三アーム113、第四アーム114、第五アーム115とからなるアーム11と、基台110とを備えている。基台110は、第一アーム111の回転軸部材121を支持している。第一アーム111は回転軸部材121の中心軸を中心にして回転軸部材121とともに基台110に対して回転する。第一アーム111は、第二アーム112の回転軸部材122を支持している。第二アーム112は、回転軸部材122の中心軸を中心にして回転軸部材122とともに第一アーム111に対して回転する。第二アーム112は、第三アーム113の回転軸部材123を支持している。第三アーム113は、回転軸部材123の中心軸を中心にして回転軸部材123とともに第二アーム112に対して回転する。第三アーム113は、第四アーム114の回転軸部材124を支持している。第四アーム114は、回転軸部材124の中心軸を中心にして回転軸部材124とともに第三アーム113に対して回転する。第四アーム114は、第五アーム115の回転軸部材125を支持している。第五アーム115は、回転軸部材125の中心軸を中心にして回転軸部材125とともに第四アーム114に対して回転する。第五アーム115は、ツールが装着される回転軸部材126を支持している。

10

20

【0016】

アーム11の先端にあたる回転軸部材126には図2にツールの取付面が示されているツールチャック1261が設けられている。ツールチャック1261にはワークを操作するための各種のツールが取り付けられる。図2に示すように、ツールチャック1261の取付面は、4分割されており、その中央部にツールの棒状の取付部が挿入される。ツールチャック1261の取付面の中心がTCPに相当する。ツールがツールチャック1261に正しく装着された状態において、ツールの取付部の中心軸は、回転軸部材126の回転軸と一致する。

30

【0017】

本実施例では、図3Aに示すツールTがツールチャック1261に装着され、ツールTのTCPに対するオフセットが導出される。ツールTの先端を、TCPに対するオフセットを求める参照点とする。オフセットは、TCPに対して固定された座標系において設定される。すなわち、原点がTCPに対応し、回転軸部材126の回転軸と平行な1軸と、その1軸に対して直交する2軸とを有し、回転軸部材126とともに回転する座標系において、ツールの参照点の座標がツールのオフセットとして設定される。

【0018】

ツールの棒状の取付部を予め決められた深さだけツールチャック1261に挿入することは容易である。そこで本実施例では、回転軸部材126の回転軸と平行な1軸のオフセット成分については、予め決められた値を設定し、その他の2軸のオフセット成分を後述するツールセット処理で導出して設定するものとする。

40

【0019】

参照点を画像認識するため、本実施例では、図3Bに示すように同心円の形態を有し、ツールTの先端に貼付されるシールをマーカーMとして用いる。マーカーMは、その中心MCが参照点と一致するようにツールTの先端に貼付される。なお、マーカーの形態は画像認識によって参照点の位置を特定可能な形態であればよいし、また、ツールTの参照点自体が画像認識によって検出可能な形態を有している場合、参照点を示すマーカーを用いる必要はない。

50

## 【 0 0 2 0 】

図 1 B に示すように、ロボット 1 は、回転軸部材 1 2 1 を駆動するモーター 1 3 1 と、回転軸部材 1 2 2 を駆動するモーター 1 3 2 と、回転軸部材 1 2 3 を駆動するモーター 1 3 3 と、回転軸部材 1 2 4 を駆動するモーター 1 3 4 と、回転軸部材 1 2 5 を駆動するモーター 1 3 5 と、回転軸部材 1 2 6 を駆動するモーター 1 3 6 と、モーター 1 3 1 ~ 1 3 6 を制御する制御部 1 4 とを備えている。モーター 1 3 1 ~ 1 3 6 は、アーム 1 1 1 ~ 1 1 5 の構成要素である。モーター 1 3 1 ~ 1 3 6 は、目標値と現在値との差分がゼロになるようにフィードバック制御されるサーボモーターである。制御部 1 4 は、TCP の位置と姿勢を示す目標値を PC 3 から取得し、TCP の位置と姿勢を示す目標値に基づいてモーター 1 3 1 ~ 1 3 6 の目標値を導出する。

10

## 【 0 0 2 1 】

撮像部 2 は、レンズ 2 0 1、エリアイメージセンサー 2 0 2、図示しない AD 変換器等を備えるデジタル撮像部である。撮像部 2 は、図 1 A に示すように、ワークが載置される作業台 9 上の所定位置に、鉛直上向きに撮像できるように設けられる。なお、本実施例のロボットビジョンは、z 軸と垂直に予め決められた基準平面を対象とする二次元のロボットビジョンである。このため、レンズ 2 0 1 には、被写界深度が浅く（焦点距離が短く）F 値が小さな単焦点レンズを用いることが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

PC 3 は、図示しないプロセッサ、DRAM からなる図示しない主記憶、図示しない入出力機構、不揮発性メモリからなる図示しない外部記憶、ディスプレイ、指示受付部 3 0 として機能するキーボード等を備えるコンピューターである。PC 3 は、外部記憶に記憶されたツールセットプログラムをプロセッサで実行することにより、指示受付部 3 0、画像取得部 3 1、目標値導出部 3 2、出力部 3 3、オフセット設定部 3 5 として機能する。目標値導出部 3 2 および出力部 3 3 の機能は、アーム制御部の機能に相当する。

20

## 【 0 0 2 3 】

画像取得部 3 1 は、撮像部 2 に対して撮像を指示し、指示に応じて撮像された画像を撮像部 2 から取得する。

## 【 0 0 2 4 】

目標値導出部 3 2 は、マーカー M を画像認識するためのテンプレートを保持している。このテンプレートは撮像部 2 から取得する画像を解析して参照点の座標を撮像部 2 の座標系で検出するために用いられる。目標値導出部 3 2 は、アーム 1 1 を予め決められた状態に変化させるための目標値を、撮像部 2 が撮像した画像に基づいて導出する。具体的には、目標値導出部 3 2 は、画像の重心に参照点が位置する第一状態にするための目標値と、第一状態から TCP が参照点を中心に回転した第二状態にするための目標値とを導出する。

30

## 【 0 0 2 5 】

出力部 3 3 は、目標値導出部 3 2 によって導出された目標値をロボット 1 の制御部 1 4 に出力することにより、撮像部 2 とツール T の位置関係を第一状態および第二状態に変化させる。

## 【 0 0 2 6 】

## 3. ツールセット処理

以下、TCP に対するマーカー中心 MC の位置、すなわちオフセットを導出して設定するためのツールセット処理について図 4 を参照しながら説明する。

40

## 【 0 0 2 7 】

ツールセットは、オペレーターがツールセット開始指示を PC 3 に入力することによって起動し、それ以後、オペレーターに一切の操作を要求することなく、あるいは、簡単な操作で完了する。ツールセット開始指示を入力する前にオペレーターに求められるのは、ツール T をツールチャック 1 2 6 1 に正しく装着し、撮像部 2 によってマーカー M を撮像可能な位置にジョグ送り操作で TCP を動かすことと、回転軸部材 1 2 6 の回転軸と平行な 1 軸の方向について TCP に対するツール T のオフセット成分を設定することである。

50

## 【 0 0 2 8 】

オペレーターの入力に応じて指示受付部 3 0 がツールセット開始指示を取得すると（ステップ S 7 1）、P C 3 は、撮像部 2 によって撮像される画像の重心にマーカー中心 M C が位置するように T C P を移動させる（ステップ S 7 2）。具体的には次の通りである。ツールセット開始指示が入力されると、画像取得部 3 1 は、撮像部 2 に撮像を指示して撮像部 2 から画像データ（1）を取得する。続いて目標値導出部 3 2 は、取得した画像データ（1）からマーカー中心 M C の位置を撮像部 2 の座標系で検出する。マーカー中心 M C の検出には、予め用意されているマーカー M のテンプレートが用いられる。続いて目標値導出部 3 2 は、予め決められた距離だけ T C P を x 軸方向と y 軸方向にそれぞれ並進させた状態で撮像部 2 に撮像を指示し、撮像部 2 から画像データ（2）を取得する。続いて目標値導出部 3 2 は、取得した画像データ（2）からマーカー中心 M C の位置を撮像部 2 の座標系で検出する。続いて目標値導出部 3 2 は、画像データ（1）が撮像された時点での T C P のロボット座標系の座標と、画像データ（1）から検出したマーカー中心 M C の撮像部 2 の座標系の座標と、画像データ（2）が撮像された時点での T C P のロボット座標系の座標と、画像データ（2）から検出したマーカー中心 M C の撮像部 2 の座標系の座標とに基づいて、画像座標系における対象の変位をロボット座標系における対象の変位に変換する座標変換行列を導出する。続いて目標値導出部 3 2 は、画像データ（2）から検出したマーカー中心 M C から画像の重心までの変位を導出し、導出した変位を、座標変換行列を用いてロボット座標系の x 軸方向と y 軸方向の変位に変換することによって、撮像部 2 によって撮像される画像の重心にマーカー中心 M C を位置合わせするための T C P の目標値を導出する。続いて出力部 3 3 は、導出された目標値を制御部 1 4 に出力することによってアーム 1 1 を動かす。その結果、T C P が x 軸方向と y 軸方向にそれぞれ並進し、撮像部 2 と T C P とマーカー中心 M C の位置関係が第一状態となって、図 5 A に示すように撮像部 2 によって撮像される画像（第一画像）の重心にマーカー中心 M C が位置する。撮像部 2 によって撮像される画像の重心は、画像座標系とロボット座標系を対応付ける基準点となる。そして画像の重心にマーカー中心 M C が位置する状態では、マーカー中心 M C が基準点に対応する作業空間内の点となる。

10

20

## 【 0 0 2 9 】

撮像部 2 によって撮像される画像の重心にマーカー中心 M C が位置する第一状態になると、P C 3 は、画像座標系において画像の重心を中心として T C P が回転するようにアーム 1 1 の姿勢を変化させる（ステップ S 7 3）。すなわち、基準点である画像の重心に参照点を示すマーカー中心 M C が位置した状態でマーカー中心 M C が示す位置を通る回転軸を中心にツール T を回転させる。具体的には次の通りである。

30

## 【 0 0 3 0 】

目標値導出部 3 2 は、ロボット座標系におけるマーカー中心 M C の x 座標および y 座標を、ステップ S 7 2 で導出した座標変換行列を用いて導出する。ここでマーカー中心 M C は画像の重心に位置しているため、画像の重心の座標を、座標変換行列を用いてロボット座標系に変換すると、ロボット座標系におけるマーカー中心 M C の x 座標および y 座標が導出される。続いて目標値導出部 3 2 は、回転軸部材 1 2 4 の回転軸を z 軸と平行に維持した状態で、回転軸部材 1 2 6 を予め決められた角度（例えば 3 0 度）だけ回転させるための目標値を導出する。T C P を中心にツール T を回転させた場合には、マーカー中心 M C が画像の重心から画像外に移動する可能性がある。したがって回転軸部材 1 2 6 を回転させる角度は、回転後にマーカー中心 M C が画像内に位置する範囲で予め決めておく。続いて出力部 3 3 は、導出された目標値を制御部 1 4 に出力することによって回転軸部材 1 2 6（ツール T に最も近い回転軸）を回転させる。このようにして回転軸部材 1 2 6 を回転させると、T C P を通り z 軸に平行な回転軸の周りをツール T が回転した第三状態となる。

40

## 【 0 0 3 1 】

次に画像取得部 3 1 は撮像部 2 に撮像を指示する。その結果、T C P を中心にツール T が回転した第三状態で目標値導出部 3 2 が画像（第三画像）を取得する。この第三画像に

50



おいては、図5Bに示すようにマーカー中心MCが画像の重心から離れている。次に、目標値導出部32は、マーカー中心MCが撮像部2によって撮像される画像の重心に再び移動させるための目標値を、第三画像に基づいて導出する。

#### 【0032】

続いて出力部33は、第三画像に基づいて導出された目標値を制御部14に出力することによってアーム11を動かす。このとき、回転軸部材121、122、123、124、125、126のいずれか2つ以上が回転することによってTCPがz軸と垂直な方向に移動する。その結果、第一状態からマーカー中心MCを中心としてTCPが予め決められた角度だけ回転したことになり、撮像部2とTCPとマーカー中心MCの位置関係が第一状態から第三状態を経て第二状態に遷移する。第二状態では図5Dに示すように撮像部2によって撮像される画像の重心にマーカー中心MCが位置する。すなわち第一状態から第二状態への遷移の過程において、画像座標系では、図5Aから図5Cに示すように画像の重心を中心としてTCPが回転することになる。なお、第三状態から第二状態への遷移の過程において、複数の画像を撮像し、撮像した複数の画像に基づいて、画像の重心にマーカー中心MCが位置するようにフィードバック制御してもよい。これにより、撮像部2の座標系とロボット1の座標系の校正が正確に行われていない状態であっても、画像の重心をマーカー中心MCに精度よく位置合わせした第二状態にすることが可能になる。たとえばPC3は撮像部2によって撮像される画像の重心にマーカー中心MCが移動するように目標値を導出してTCPを動かす。続いてPC3は、撮像部2から画像を取得して画像の重心とマーカー中心MCの距離を導出し、画像の重心とマーカー中心MCの距離が予め決められた閾値未満であるか否かを判定する。画像の重心とマーカー中心MCの距離が予め決められた閾値未満でなければ、PC3は、画像の重心とマーカー中心MCの距離が予め決められた閾値未満になるまで、画像の重心にマーカー中心MCが移動するように繰り返し目標値を導出してTCPを動かすことにより、正確に第二状態に遷移させる。

10

20

#### 【0033】

画像の重心は、レンズ202の光軸に対応するため、レンズ202の歪みが、画像の重心から外れたところと比べると少ない。したがって本実施例のようにロボット座標系と画像座標系とが正確に校正されていない状態であっても、TCPの画像座標系における回転中心である基準点と画像の重心の関係には歪みが少ない。しかし、本実施例では、基準点を中心にTCPを回転させることができればよいので、基準点と画像上の特定点の関係に歪みがあったとしても、特定点を動かさない限り、問題にならない。したがって、TCPを回転させる基準点に対応する点は画像の重心でなくても良い。

30

#### 【0034】

画像座標系において画像の重心を中心としてTCPを回転させると、PC3は、ステップS72の実行後のTCPの位置と、ステップS73のTCPの位置とに基づいてTCPに対するマーカー中心MCのオフセットを導出して設定する(S74)。ここで図5Dを参照しながらロボット座標系において第一状態と第二状態とを説明する。まず図5Aに示す第一画像が撮像部2によって撮像可能な状態が第一状態であり、TCPが画像の重心を中心として回転するようにアーム11の姿勢を変化することによって図5Cに示す第二画像が撮像部2によって撮像可能な状態が第二状態である。なお、図5Aに示すような第一画像が撮像部2によって撮像可能な状態が第一状態にするためのTCPの位置と、図5Cに示すような第二画像が撮像部2によって撮像可能になる第二状態にするためのTCPの位置とをロボット座標系で特定することは、オフセットを導出するために必要であるが、第一画像および第二画像は必ずしも撮像しなくとも良い。第一状態から第二状態に遷移する過程において、TCPはz方向に移動せずにマーカー中心Mを中心として回転する。この過程においてTCPはマーカー中心MCを中心とする円弧の軌跡を描く。この円弧の半径はTCPからマーカー中心MCまでの距離と等しく、円弧の中心角は第一状態から第二状態にTCPを回転させた角度に等しい。そこでオフセット設定部35は、第一状態と第二状態とについて、TCPのx、y座標を、マーカー中心MCのx、y座標と、円弧の中心角と、円弧の半径rとで表して連立方程式を解き、ロボット座標系においてマ

40

50

ーカー中心MCのx座標およびy座標を導出する。第一状態、第二状態のTCPのx座標及びy座標は既知であり、ロボット座標系と回転軸部材126に固定された座標系(TCPに固定された座標系)の対応関係も既知である。そこでオフセット設定部35は、第一状態、第二状態のいずれか一方のTCPのx座標及びy座標と、マーカ中心MCのx座標およびy座標とに基づいて、回転軸部材126の回転軸に垂直な2軸の方向についてTCPに対するツールTのオフセット成分を導出して設定する。

#### 【0035】

ところで、本実施例では撮像部2の撮像方向Aとロボット座標系のz軸が平行であることを前提としているが、図6Aに示すように撮像部2の撮像方向Aとロボット座標系のz軸が非平行であっても、問題なくツールTのオフセットを導出することができる。すなわち、第一状態から第二状態に遷移する過程でのTCPの回転軸は撮像部2の撮像方向Aと平行でも非平行でも良い。なぜならば、第一状態から第二状態にかけてTCPは、撮像方向Aと平行な軸ではなくz軸と平行な軸の周りを回転し、ステップS74でオフセットを導出する際にTCPの画像座標を用いる必要がなく、ロボット座標系の方程式を解くことによってオフセットを導出できるからである。すなわち、図6Aに示すように撮像部2の撮像方向Aとロボット座標系のz軸が非平行であっても、ロボット座標系におけるTCPとマーカ中心MCの関係は、図6Bに示すように、撮像部2の撮像方向Aとロボット座標系のz軸が平行である場合と変わらないからである。したがって第一状態から第二状態に遷移する過程において、TCPが回転する回転軸は、z軸と平行でなくとも良いし、撮像方向Aと平行でなくとも良い。例えば第一状態からツールTを回転させるときに回転軸部材126以外のz軸と平行でない回転軸部材の1つを回転させ、回転した回転軸部材と回転軸が平行な他の2つの回転軸を回転させることによってマーカ中心MCが画像の重心に移動するようにツールTを並進させても良い。

10

20

#### 【0036】

以上説明したツールセット処理では、撮像部2によってマーカMを撮像可能な位置にジョグ送り操作でTCPを動かささえすれば、回転軸部材126の回転軸と平行な1軸を除く残りの2軸の成分についてTCPに対するツールTのオフセットを自動的に導出して設定することができる。したがって、ロボット1のオフセットの設定が容易に短時間で実行可能になる。そして、画像内の基準点に対応する実空間の参照点であるマーカ中心MCを中心としてツールTを回転させるにあたっては、基準点を実空間のどの点に対応するかが未知であっても、撮像部2によって撮像される画像に基づいてアーム11を制御する限り、実空間の1点である参照点を中心にツールTを回転させることが可能である。すなわち、撮像部2の座標系とロボット1の座標系が校正されていない状態であっても、アーム11のTCPに対するツールTのオフセットを自動的に設定することができる。

30

#### 【0037】

##### 4. 撮像部のオフセット設定

以上説明したツールオフセット処理は、撮像部2をアーム11に装着した状態でロボット1を使用するために、アーム11に対する撮像部2のオフセットを導出して設定する作業に応用することができる。以下、図7に示すように第五アーム115に取り付けられた撮像部2のオフセットを導出して設定する方法について説明する。ここで撮像部2は、その撮像方向Aが回転軸部材126の回転軸と平行になるように第五アーム115にステー等によって固定されるものとする。そして、z軸と垂直に予め決められた基準平面をロボットビジョンの対象とする。すなわち、撮像部2から出力される画像を用いたロボット1の制御は、撮像部2の撮像方向Aがz軸と垂直な状態で実行される。このような前提において、撮像部2のオフセットは、第五アーム115の回転軸と平行な1軸と、その1軸に直交する2軸とを有し、第五アーム115の回転軸とともに回転する座標系の座標として設定される。より詳細には、レンズ202の光軸の位置を、第五アーム115の回転軸に直交する2軸の座標で表した値を撮像部2のオフセットとして導出するものとする。

40

#### 【0038】

このような撮像部2のオフセットを導出して設定するにあたっては、基準平面に固定さ

50

れた参照点を中心に撮像部 2 を  $x-y$  平面上で回転させる必要がある。そこで、作業台 9 の上面を基準平面と仮定して、マーカー M を作業台 9 の上面に貼付し、マーカー M の中心 M C を参照点として用いることとする。すると、第五アーム 1 1 5 に固定された撮像部 2 によって撮像される作業台 9 に貼付されたマーカー M の中心 M C を、作業台 9 に固定された撮像部 2 によって撮像されるツール T に貼付されたマーカー M の中心 M C とみなせば、上述したツールオフセット処理と全く同じ手順でアーム 1 1 に対する撮像部 2 のオフセットを導出して設定することができる。そして、画像内の基準点に対応する実空間の参照点を中心として撮像部 2 を回転させるにあたっては、基準点が実空間のどの点に対応するかが未知であっても、撮像部 2 によって撮像される画像に基づいてアーム 1 1 を制御する限り、実空間の 1 点である参照点を中心に撮像部 2 を回転させることが可能である。すなわち、撮像部 2 の座標系とロボット 1 の座標系が校正されていない状態であっても、アーム 1 1 に対する撮像部 2 のオフセットを自動的に設定することができる。

10

**【0039】**

図 4 を参照しながら撮像部 2 のオフセットを導出して設定する手順を説明する。オペレーターは、ツールセット開始指示を P C 3 に入力する前に、撮像部 2 を第五アーム 1 1 5 に正しく装着し、マーカー M を作業台に貼付して、撮像部 2 によってマーカー M を撮像可能な位置にジョグ送り操作で T C P を動かしておく。

**【0040】**

オペレーターの入力に応じて指示受付部 3 0 がツールセット開始指示を取得すると（ステップ S 7 1 ）、P C 3 は、撮像部 2 によって撮像される画像の重心にマーカー中心 M C が位置するように T C P を移動させて第一状態にする（ステップ S 7 2 ）。ここで T C P の位置は、回転軸部材 1 2 6 の回転と無関係であり、T C P の位置も、撮像部 2 の位置も、回転軸部材 1 2 1 ~ 1 2 5 の回転角度によって決まる。すなわち、撮像部 2 と第五アーム 1 1 5 と T C P の位置関係は相互に固定されている。したがって、ツール T のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 2 の処理と、撮像部 2 のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 2 の処理とは同一である。

20

**【0041】**

撮像部 2 によって撮像される画像の重心にマーカー中心 M C が位置する第一状態になると、P C 3 は、画像座標系において画像の重心を中心として T C P が回転して第二状態になるようにアーム 1 1 の姿勢を変化させる（ステップ S 7 3 ）。ここでも撮像部 2 と第五アーム 1 1 5 と T C P の位置関係は相互に固定されている。したがって、ツール T のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 3 の処理と、撮像部 2 のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 3 の処理とは同一である。すなわち第一状態から第二状態に遷移する過程において、画像取得部 3 1 は、マーカー中心 M C が画像の重心から離れた第三画像を撮像部 2 から取得し、目標値導出部 3 2 は第三画像に基づいて第二状態にするための目標値を導出する。

30

**【0042】**

画像座標系において画像の重心を中心として T C P を回転させて第二状態になると、P C 3 は、ステップ S 7 2 の実行後の T C P の位置と、ステップ S 7 3 の T C P の位置とに基づいて第五アーム 1 1 5 に対する撮像部 2 のオフセットを導出して設定する（S 7 4 ）。ここでも撮像部 2 と第五アーム 1 1 5 と T C P の位置関係は相互に固定されている。したがって、ツール T のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 4 の処理と、撮像部 2 のオフセットを導出する際に実行するステップ S 7 4 の処理とは同一である。

40

**【0043】**

なお、撮像部 2 の撮像方向 A とロボット座標系の  $z$  軸が平行であることを前提として、撮像部 2 のオフセットを導出しているが、撮像部 2 の撮像方向 A とロボット座標系の  $z$  軸が非平行であっても、問題なく撮像部 2 のオフセットを導出できることも、既に述べたとおりである。

**【0044】**

5 . 他の実施形態

50

尚、本発明の技術的範囲は、上述した実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。例えば本発明は、6軸以外の垂直多関節ロボットにも適用できるし、アームの回転軸が全て平行なスカラ型ロボットにも適用できる。

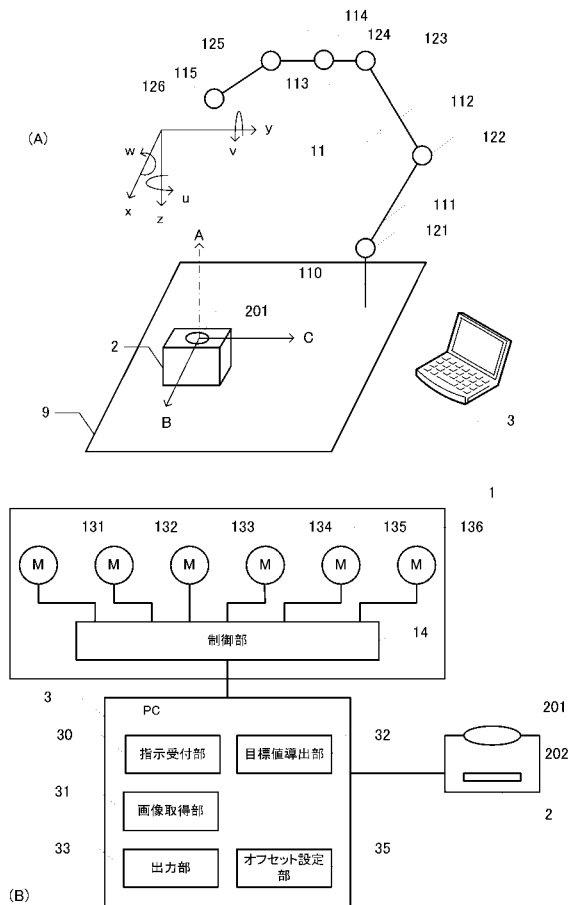
【符号の説明】

【0045】

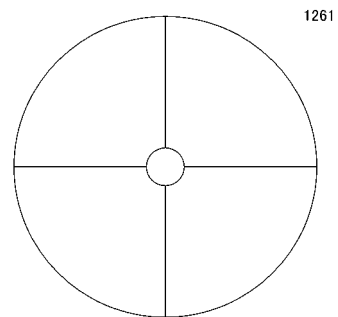
1 3 1 ~ 1 3 6 ... モーター、 1 1 1 ~ 1 1 5 ... アーム、 1 ... ロボット、 2 ... 撮像部、 3 ... PC、 9 ... 作業台、 1 4 ... 制御部、 3 1 ... 画像取得部、 3 2 ... 目標値導出部、 3 3 ... 出力部、 3 4 ... 校正部、 3 5 ... オフセット設定部、 1 1 0 ... 基台、 1 1 1 ... 第一アーム、 1 1 2 ... 第二アーム、 1 1 3 ... 第三アーム、 1 1 4 ... 第四アーム、 1 1 5 ... 第五アーム、 1 2 1 ~ 1 2 6 ... 回転軸部材、 1 3 1 ~ 1 3 6 ... モーター、 2 0 1 ... レンズ、 2 0 2 ... エリアイメージセンサー、 1 2 6 1 ... ツールチャック、 M ... マーカー

10

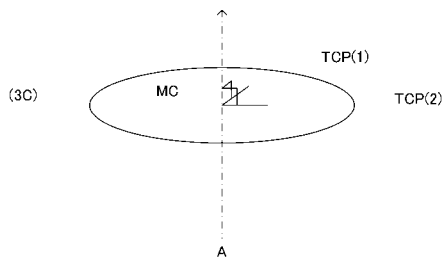
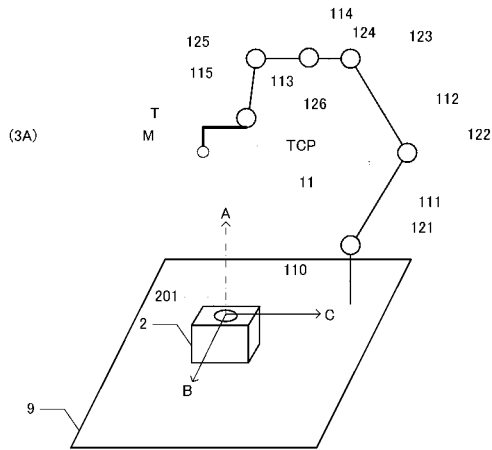
【図1】



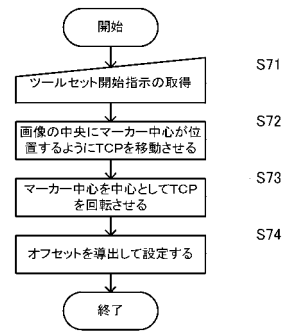
【図2】



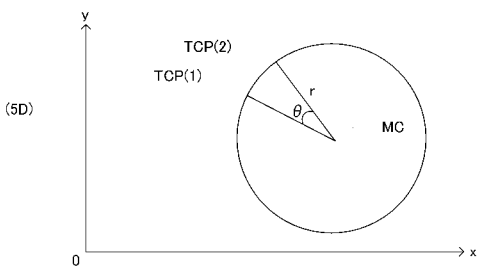
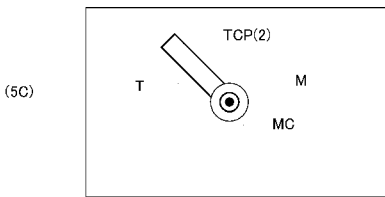
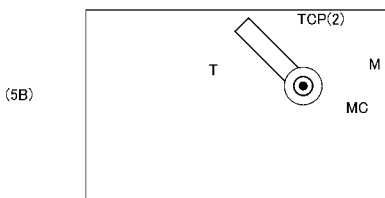
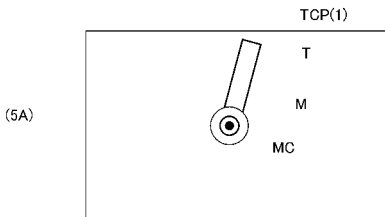
【 図 3 】



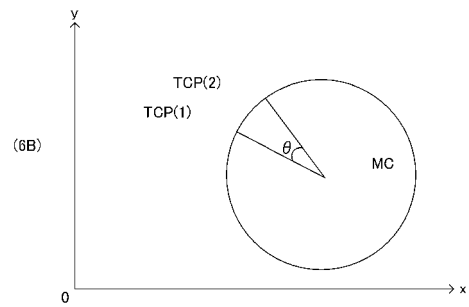
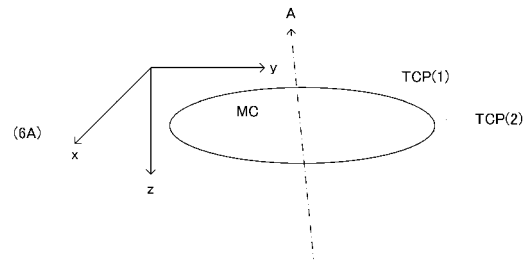
【 図 4 】



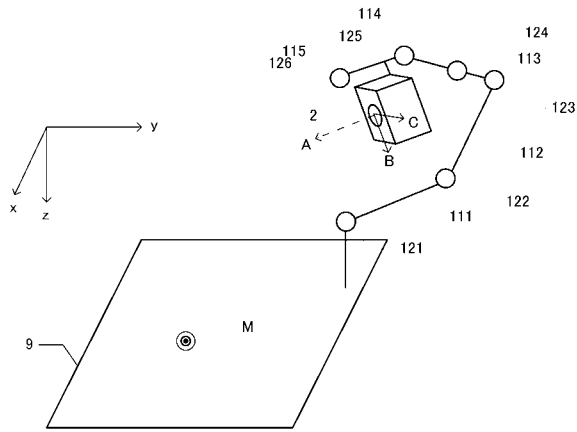
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 松浦 健治

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 3C707 BS12 KS17 KT01 KT05 KT06 KT09 LT17 LV19 MT04