

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6622775号
(P6622775)

(45) 発行日 令和1年12月18日(2019.12.18)

(24) 登録日 令和1年11月29日(2019.11.29)

(51) Int.Cl. F I
B 2 5 J 9/10 (2006.01) B 2 5 J 9/10 A

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-198554 (P2017-198554)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成29年10月12日(2017.10.12)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2019-72780 (P2019-72780A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	令和1年5月16日(2019.5.16)		〇番地
審査請求日	平成30年12月21日(2018.12.21)	(74) 代理人	100118913
早期審査対象出願			弁理士 上田 邦生
		(74) 代理人	100142789
			弁理士 柳 順一郎
		(74) 代理人	100163050
			弁理士 小栗 真由美
		(74) 代理人	100201466
			弁理士 竹内 邦彦
		(72) 発明者	王 悦来
			山梨県南部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】 計測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットの先端部に取付けられる複数の反射器と、
 該反射器に向かってレーザ光を出射し該反射器からの反射光を受光するレーザヘッドおよび該レーザヘッドの向きを変更するヘッド駆動装置を有する計測装置と、
 前記ロボットの先端部をキャリブレーション用の複数の測定位置に順次配置するキャリブレーション動作プログラムが格納され、該キャリブレーション動作プログラムに基づき前記ロボットを制御するロボット制御装置と、

前記複数の測定位置に前記ロボットの先端部を順次配置する時の前記複数の反射器のうち何れかの制御上の座標データを受付け、受付けた前記座標データを用いて前記レーザヘッドの向きを変更するための制御指令を前記ヘッド駆動装置に送るヘッド駆動制御手段とを備える計測システム。

【請求項2】

前記複数の反射器が、前記レーザ光を反射可能な範囲である入射範囲が臨む方向が互いに重ならないように、前記ロボットの先端部に取付けられる請求項1に記載の計測システム。

【請求項3】

ロボットの先端部に取付けられる複数の反射器と、
 該反射器に向かってレーザ光を出射し該反射器からの反射光を受光するレーザヘッドおよび該レーザヘッドの向きを変更するヘッド駆動装置を有し、前記レーザヘッドが前記反

射光を受光することにより該反射器の位置を計測する計測装置と、

前記ロボットの先端部をキャリブレーション用の測定位置に配置するキャリブレーション動作プログラムが格納され、該キャリブレーション動作プログラムに基づき前記ロボットを制御するロボット制御装置と、

前記測定位置に前記ロボットの先端部を配置する時の前記複数の反射器のうち何れかの座標データを用いて、前記レーザヘッドの向きを変更するための制御指令を前記ヘッド駆動装置に送るヘッド駆動制御手段とを備え、

前記複数の反射器が、前記レーザ光を反射可能な範囲である入射範囲が臨む方向が互いに重ならないように、前記ロボットの先端部に取付けられており、

前記ロボット制御装置が、前記ヘッド駆動制御手段により前記制御指令を前記ヘッド駆動装置に送った後に前記レーザヘッドが前記反射光を受光しない場合に、重力による撓み方向と反対方向に前記ロボットの先端部が移動するように前記ロボットを制御する計測システム。

【請求項 4】

前記ロボット制御装置により前記ロボットの先端部が前記反対方向に移動している際に、前記レーザヘッドが前記反射光を受光し前記反射器の位置計測を行うと、前記位置計測が行われた際の前記反射器の前記ロボット制御装置における制御上の座標データと、前記位置計測により得られた計測座標データとを用いて、前記ロボット制御装置が前記ロボットのキャリブレーションを行うように構成されている請求項 3 に記載の計測システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は計測システムに関し、より具体的には、ロボットの先端部の位置のキャリブレーションに用いる計測システムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年では、実際の設置場所におけるロボットの作業（ロボットの作動）をオフラインティーチングで設定し、実際の設置場所におけるロボットの設定にかかる時間の短縮が図られている。

オフラインティーチングは、シミュレーション装置上でロボットのモデル、設置場所におけるロボット周りの機器のモデル、ワークのモデル等を設定し、設置場所におけるロボットの動作プログラムをシミュレーション装置上で作成するものである。

【0003】

実際のロボットの先端部の位置は、組立誤差、重力の影響等により、シミュレーション装置で計算されたロボットの先端部の位置と少し異なる。この差異はロボットのサイズ、ロボットが扱うワークの重量等により異なるが、差異が 5 mm 程度になる場合もある。このため、オフラインティーチングで作成された動作プログラムそのもので設置場所のロボットを作動させると不具合が生ずる可能性がある。

【0004】

そこで、設置場所のロボットの先端部の位置と動作プログラムで意図している位置との差を測定し、当該測定の結果に基づき動作プログラムの補正（キャリブレーション）が行われる。

ロボットの先端部の位置を計測する計測システムとしては、反射器ユニットの位置を計測装置によって計測するものが知られている（例えば、特許文献 1 参照。）。この反射器ユニットは、ロボットの先端部に固定され、互いに長手軸が直角になるように交わる 3 本のシャフトと、各シャフトの両端にそれぞれ取付けられた 6 つの反射器とを備えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2017-019072号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

前記計測システムに用いられている6つの反射器は球形であり、球の中心に対し120°の角度範囲が入射範囲として設定されている。また、球形の各反射器において、入射範囲は反射器ユニットの外側を向く位置に設けられている。このような反射器が互いに直角に交わる3本のシャフトの両端に取付けられているので、ロボットの先端部が如何なる姿勢になっても、計測装置からのレーザー光が何れかの反射器により反射する。つまり、前記計測システムでは、ロボットの先端部が如何なる姿勢になっても、計測装置によってロボットの先端部の位置を計測できるように構成されている。

10

【0007】

ここで、計測装置は、レーザー光の出射角度と、受光部で受光する反射光の位相等に基づき、反射器が取付けられたロボットの先端部の位置を測定する。前記計測システムでは、計測装置からのレーザー光が6つの反射器が配置されている範囲に入射すれば、計測装置が反射光を受光するように構成されているので、どの反射器で反射するかにより計測位置が変わることとなり、ロボットの先端部の位置を精密に測定することができない。

【0008】

また、ロボットの姿勢により、実際のロボットの先端部の位置とシミュレーション装置で計算されたロボットの先端部の位置との差異が変化する。このため、正確なキャリブレーションを行うためには、数十点又は数百点の測定位置について計測装置によりロボットの先端部の位置を計測する必要がある。各測定位置へのロボットの先端部の移動および計測装置のレーザー光の出射方向の調整を例えば手動で行う場合、キャリブレーションに要する時間が長くなる。

20

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、キャリブレーションに要する時間を短縮することができ、しかも正確なキャリブレーションが可能となる計測システムの提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明は以下の手段を採用する。

本発明の第1の態様の計測システムは、ロボットの先端部に取付けられる複数の反射器と、該反射器に向かってレーザー光を出射し該反射器からの反射光を受光するレーザーヘッドおよび該レーザーヘッドの向きを変更するヘッド駆動装置を有する計測装置と、前記ロボットの先端部をキャリブレーション用の複数の測定位置に順次配置するキャリブレーション動作プログラムが格納され、該キャリブレーション動作プログラムに基づき前記ロボットを制御するロボット制御装置と、前記複数の測定位置に前記ロボットの先端部を順次配置する時の前記複数の反射器のうち何れかの制御上の座標データを受付け、受付けた前記座標データを用いて前記レーザーヘッドの向きを変更するための制御指令を前記ヘッド駆動装置に送るヘッド駆動制御手段とを備える。

40

【0011】

当該態様によれば、複数の反射器のうち何れかの制御上の座標データを用いて、レーザーヘッドの向きを変更するための制御指令がヘッド駆動装置に送られるので、レーザーヘッドからのレーザー光が意図しない反射器に照射されて当該反射器の位置が計測装置により計測されることが防止される。複数の反射器が同じ座標位置に配置されることはないので、意図しない反射器が計測に用いられることを防止することにより、正確なキャリブレーションを行うことが可能となる。

【0012】

また、制御上の座標データを用いて、レーザーヘッドの向きを変更するための制御指令がヘッド駆動装置に送られる。つまり、ロボットの先端部の動きにレーザーヘッドが常に追従

50

するような制御を行う必要が無いので、ロボットの先端部を次の測定位置に高速に移動してキャリブレーションに要する時間を短縮することも可能となる。

【0013】

上記態様において、前記複数の反射器が、前記レーザー光を反射可能な範囲である入射範囲が臨む方向が互いに重ならないように、前記ロボットの先端部に取付けられることが好ましい。

当該態様では、意図する反射器の入射範囲がレーザーヘッド側を向いている際に、他の反射器の入射範囲がレーザーヘッド側を向かないことになるので、意図しない反射器へのレーザー光の照射がより確実に防止される。

【0014】

本発明の第2の態様の計測システムは、ロボットの先端部に取付けられる複数の反射器と、該反射器に向かってレーザー光を出射し該反射器からの反射光を受光するレーザーヘッドおよび該レーザーヘッドの向きを変更するヘッド駆動装置を有し、前記レーザーヘッドが前記反射光を受光することにより該反射器の位置を計測する計測装置と、前記ロボットの先端部をキャリブレーション用の測定位置に配置するキャリブレーション動作プログラムが格納され、該キャリブレーション動作プログラムに基づき前記ロボットを制御するロボット制御装置と、前記測定位置に前記ロボットの先端部を配置する時の前記複数の反射器のうち何れかの座標データを用いて、前記レーザーヘッドの向きを変更するための制御指令を前記ヘッド駆動装置に送るヘッド駆動制御手段とを備え、前記複数の反射器が、前記レーザー光を反射可能な範囲である入射範囲が臨む方向が互いに重ならないように、前記ロボットの先端部に取付けられており、前記ロボット制御装置が、前記ヘッド駆動制御手段により前記制御指令を前記ヘッド駆動装置に送った後に前記レーザーヘッドが前記反射光を受光しない場合に、重力による撓み方向と反対方向に前記ロボットの先端部が移動するように前記ロボットを制御するものである。

【0015】

ロボットは重力により撓むので、ロボットの先端部は例えばシミュレーション装置上のロボットの先端部よりも下方に配置されている可能性が高い。これに対し、当該態様では、ロボットの撓みの影響によりレーザーヘッドが反射光を受光しない場合に、重力による撓み方向と反対方向にロボットの先端部が移動するようにロボットが制御されるので、当該ロボットの移動により計測装置による反射器の位置の計測が可能となる、又は、迅速に行われることになる。

【0016】

ロボットのキャリブレーションは、ロボットの先端部を複数の測定位置に配置して前述の反射器の位置の計測を行い、測定位置の数が多いほどキャリブレーションの精度が上がる。このため、レーザーヘッドが反射光を受光しない時に前述の反射器の位置の計測が行われない場合があるが、当該態様では、ロボットの移動によって反射器の位置の計測が可能となる、又は、迅速に行われることになるので、正確なキャリブレーションを行う上で有利である。

【0017】

また、複数の反射器のうち何れかの座標データを用いて、レーザーヘッドの向きを変更するための制御指令がヘッド駆動装置に送られる。つまり、ロボットの先端部の動きにレーザーヘッドが常に追従するような制御を行う必要が無いので、ロボットの先端部を次の測定位置に高速に移動してキャリブレーションに要する時間を短縮することも可能となる。

【0018】

上記態様において、前記ロボット制御装置により前記ロボットの先端部が前記反対方向に移動している際に、前記レーザーヘッドが前記反射光を受光し前記反射器の位置計測を行うと、前記位置計測が行われた際の前記反射器の前記ロボット制御装置における制御上の座標データと、前記位置計測により得られた計測座標データとを用いて、前記ロボット制御装置が前記ロボットのキャリブレーションを行うように構成されていることが好ましい。

10

20

30

40

50

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、キャリブレーションに要する時間を短縮することができ、しかも正確なキャリブレーションを行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施形態の計測システムの概略平面図である。

【図2】本実施形態の計測システムで計測するロボットの概略正面図である。

【図3】本実施形態の計測システムで計測するロボットのブロック図である。

【図4】本実施形態の計測システムの反射器支持板および反射器の正面図である。

【図5】本実施形態の計測システムの計測装置の側面図である。

【図6】本実施形態に用いる計測装置のブロック図である。

【図7】キャリブレーション動作プログラムのデータ構造例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の第1の実施形態に係る計測システム1を図面を参照して以下説明する。

この計測システム1はロボット2のキャリブレーションに用いられるものである。

ロボット2は、例えば図1に示すようにワークWに対するスポット溶接等の所定の作業を行うものであり、複数のアーム部材および関節を備えると共に、複数の関節をそれぞれ駆動する複数のサーボモータ11を備えている(図3参照)。各サーボモータ11として、回転モータ、直動モータ等の各種のサーボモータを用いることが可能である。各サーボモータ11はその作動位置を検出するエンコーダ等の作動位置検出装置を内蔵しており、作動位置検出装置の検出値がロボット制御装置20に送信される。

【0022】

ロボット2の先端部には加工ツール12が取付けられ、加工ツール12によりワークWにスポット溶接が施される。ロボット2がワークの搬送を行うものである場合は、ロボット2の先端部には加工ツール12の代わりにワークを保持するための保持装置であるチャック、吸着装置等が取付けられる。

【0023】

ロボット2は、図1および図2に示すように、正確に位置決めされたベース板3上に緻密に位置決めされている。そして、精密な平面であるベース板3の上面の複数点の位置を計測し、これによりロボット2についてのロボット座標系の水平面(ロボット座標系のx軸およびy軸と平行な平面)を設定する。

【0024】

また、図1および図2に示すように、ロボット2の基部2aに精密に設けられた2つの基準孔2bにそれぞれ反射部材(基準反射部)2cを取付け、各反射部材2cの位置に基づきロボット座標系のx軸およびy軸の方向を設定する。さらに、各反射部材2cの位置と前記水平面に基づき、前記水平面の少し上にロボット座標系の原点を設定し、原点を中心にx軸、y軸、および前記水平面に垂直なz軸を設定する。

【0025】

ロボット制御装置20は、図3に示すように、例えば、CPU、RAM等を有するロボット制御部21と、表示装置22と、不揮発性ストレージ、ROM等を有する記憶装置23と、ロボット2のサーボモータ11にそれぞれ対応するように設けられた複数のサーボ制御器24と、ロボット制御装置20に接続されると共に操作者が持ち運び可能な教示操作盤25とを備えている。教示操作盤25はロボット制御装置20と無線通信するように構成されていてもよい。

【0026】

記憶装置23にはシステムプログラム23aが格納されており、システムプログラム23aがロボット制御装置20の基本機能を担っている。また、記憶装置23には、シミュレーション装置(図示せず)を用いて作成された動作プログラム23bが少なくとも1つ

10

20

30

40

50

格納されている。具体的には、シミュレーション装置上にロボット2のモデルおよび図1および図2に示すワークWのモデルを作成し、ロボット2がワークWに接触しないようにワークW内外の複数の溶接ポイントを溶接するように、シミュレーション装置上でロボット2の動作プログラム23bが作成され、記憶装置23に格納されている。また、記憶装置23には、キャリアレーション動作プログラム23cも格納されている。

【0027】

ロボット制御部21はシステムプログラム23aにより作動し、ワークWの溶接を行う際には、記憶装置23に格納されている動作プログラム23bを読み出してRAMに一時的に格納し、読み出した動作プログラム23bに沿って各サーボ制御器24に制御信号を送り、これによりロボット2の各サーボモータ11のサーボアンプを制御すると共に、加工ツール12からのレーザの出射を制御してワークWの溶接を行う。

10

【0028】

計測システム1は、図1、図2、図4、および図5に示すように、ロボット2の先端部に反射器支持板30を介して取付けられる複数の反射器31a, 31b, 31cと、計測装置40とを備え、図6に示す計測制御装置50も備えている。本実施形態では計測制御装置50は計測装置40に内蔵されているが、計測制御装置50が計測装置40外の他の位置に設けられてもよい。

【0029】

反射器支持板30は例えば薄い金属板から成り、ロボット2の先端部と加工ツール12との間に固定されている。各反射器31a, 31b, 31cは、入射したレーザ光を入射した方向と略同じ方向に反射する球形の部材であり、このような反射は再帰性反射と呼ばれている。各反射器31a, 31b, 31cは、再帰性反射を行う範囲が限定されたものであり、球の中心を頂点とし頂角が例えば15°である円錐形状Cを設定し、円錐形状Cに含まれる範囲だけが再帰性反射が行われる入射範囲IAとして設定されている。

20

【0030】

なお、各反射器31a, 31b, 31cの直径は十数mmや数mmであるため、各反射器31a, 31b, 31cの入射範囲IAの直径は1mm前後~2mm前後となる。このように入射範囲IAの直径が小さいため、ロボット2の先端部位置のキャリアレーションを正確に行うことができる。スポット溶接等の精度が求められる作業では、誤差を1mm以下にすることが求められる場合もあり、このような時は入射範囲IAをより小さくする必要が生ずる場合もある。

30

【0031】

また、図4に示すように、各反射器31a, 31b, 31cの入射範囲IAの光軸が互いに90°の角度をなすように、各反射器31a, 31b, 31cが反射器支持板30に固定されている。これにより、計測装置40からのレーザ光が反射器31a, 31b, 31cの複数から同時に反射されることがない。

【0032】

計測装置40は、反射器31a, 31b, 31cに向かってレーザ光を出射し、反射器31a, 31b, 31cからの反射光を受光するレーザヘッド41と、レーザヘッド41の向きを変更するヘッド駆動装置としての鉛直軸モータ42および水平軸モータ43とを備えている。

40

【0033】

鉛直軸モータ42はレーザヘッド41および水平軸モータ43を鉛直軸線周りに回転させるものであり、水平軸モータ43はレーザヘッド41を水平軸線周りに回転させるものである。鉛直軸モータ42および水平軸モータ43は計測制御装置50に接続され、計測制御装置50により鉛直軸モータ42および水平軸モータ43が制御される。また、各モータ42, 43はその作動位置を検出するエンコーダ等の作動位置検出装置を内蔵しており、作動位置検出装置の検出値が計測制御装置50に送信される。

【0034】

レーザヘッド41にはレーザ光出射部41aが設けられ、レーザ発振器(図示せず)が

50

らのレーザー光がレーザー光出射部 4 1 a から出射されるように構成されている。また、レーザーヘッド 4 1 のレーザー光出射部 4 1 a 内には、反射器で反射される反射光を受光する受光センサ 4 1 b が設けられている。レーザーヘッド 4 1 は計測制御装置 5 0 に接続され、計測制御装置 5 0 によりレーザーヘッド 4 1 のレーザー光出射部 4 1 a からのレーザー光の出射が制御され、レーザーヘッド 4 1 の受光センサ 4 1 b の検出結果が計測制御装置 5 0 に送信される。

【 0 0 3 5 】

計測制御装置 5 0 は、図 6 に示すように、例えば、CPU、RAM等を有する制御部 5 1 と、表示装置 5 2 と、不揮発性ストレージ、ROM等を有する記憶装置 5 3 と、入力装置 5 4 とを備えている。入力装置 5 4 は計測制御装置 5 0 と無線通信するように構成されていてもよい。

10

【 0 0 3 6 】

記憶装置 5 3 にはシステムプログラム 5 3 a が格納されており、システムプログラム 5 3 a が計測制御装置 5 0 の基本機能を担っている。また、記憶装置 5 3 には、ロボット 2 の先端部に取付けられた反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の位置計測を行う計測プログラム（ヘッド駆動制御手段）5 3 b と、ロボット 2 の座標系であるロボット座標系に対する計測装置 4 0 の座標系である計測装置座標系の対応関係を取得する座標関係取得プログラム（座標関係取得手段）5 3 c とが格納されている。

【 0 0 3 7 】

ロボット座標系に対する計測装置座標系の対応関係を求める場合の制御部 5 1 の作動を説明する。計測装置 4 0 を測定のための大凡の位置に設置し、例えば制御部 5 1 が入力装置 5 4 等により入力される座標系の対応関係を求める要求信号を受付けると、制御部 5 1 は座標関係取得プログラム 5 3 c により作動し、ロボット 2 の基部 2 a の 2 つの基準孔 2 b に取付けられた反射部材（基準反射部）2 c にそれぞれレーザーヘッド 4 1 からレーザー光を照射し、各反射部材 2 c からの反射光を受光センサ 4 1 b で受光し、これにより計測装置 4 0 に対する各反射部材 2 c の位置を計測する。

20

【 0 0 3 8 】

ここで、制御部 5 1 が鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 を制御してレーザーヘッド 4 1 の向きを調整することにより、各反射部材 2 c にレーザーヘッド 4 1 からレーザー光を照射してもよく、作業者が手でレーザーヘッド 4 1 の向きを調整することにより、各反射部材 2 c にレーザーヘッド 4 1 からレーザー光を照射してもよい。

30

【 0 0 3 9 】

続いて、制御部 5 1 は、計測された各反射部材 2 c の位置に基づき、ロボット座標系の原点に対する計測装置座標系の原点の位置を求めると共に、ロボット座標系の x 軸および y 軸に対する計測装置座標系の x 軸および y 軸の各々の方向（傾き）を求める。これにより、計測装置座標系のロボット座標系に対する対応関係（位置および方向）が求められる。なお、ロボット座標系の x 軸、y 軸、および z 軸に対する計測装置座標系の x 軸、y 軸、および z 軸の各々の方向（傾き）を求めるように構成してもよい。

【 0 0 4 0 】

続いて、キャリブレーションを行う際のロボット制御部 2 1 および制御部 5 1 の作動を説明する。ロボット制御部 2 1 および制御部 5 1 が所定のトリガー信号、例えば入力装置 5 4 等で入力されるキャリブレーションの要求信号を受付けると、ロボット制御部 2 1 はキャリブレーション動作プログラム 2 3 c を読み出し、読み出したキャリブレーション動作プログラム 2 3 c に沿って各サーボ制御器 2 4 に制御信号を送り、これによりロボット 2 の各サーボモータ 1 1 のサーボアンプを制御する。

40

【 0 0 4 1 】

ここで、キャリブレーション動作プログラム 2 3 c は、ロボット 2 の先端部を予め設定された数十点～数百点の測定位置に順次配置するものである。数十点～数百点の測定位置は、動作プログラム 2 3 b によってロボット 2 の先端部が動く軌跡に沿った位置であることが好ましい。様々な姿勢を取るロボット 2 の作動をシミュレーション装置上のロボット

50

2の作動にできるだけ近づけるためには、このように多くの測定位置で測定を行いキャリブレーションすることが好ましい。なお、測定位置に応じてロボット2の先端部の姿勢も変化する。

【0042】

ここで、各測定位置は、反射器31a, 31b, 31cのうち何れか1つの入射範囲IAが計測装置40側を向くように設定されている。

つまり、キャリブレーション動作プログラム23cでは、各測定位置について、各サーボモータ11を制御するための複数のパラメータ値と、反射器31a, 31b, 31cのうち入射範囲IAが計測装置40側を向く反射器番号とが対応している(例えば図7参照。)

10

【0043】

このようなキャリブレーション動作プログラム23cは、オフラインティーチングを行う装置として例えばシミュレーション装置(図示せず)を用いて作成されている。例えば、シミュレーション装置上にロボット2のモデルと、図1および図2に示すワークWのモデルと、計測装置40のモデルとを作成し、動作プログラム23bの先端部の軌跡に沿った数百点の測定位置にロボット2の先端部が配置されるようにシミュレーション装置上でロボット2を動かす。そして、当該数百点の測定位置の各々について各サーボモータ11を制御するための複数のパラメータ値がシミュレーション装置の記憶装置に記憶される。

【0044】

また、数百点の測定位置の各々では、反射器31a, 31b, 31cのうち何れか1つの入射範囲IAが計測装置40のレーザヘッド41側を向くように、ロボット2の先端部がシミュレーション装置上で位置決めされる。そして、当該数百点の測定位置の各々について、入射範囲IAが計測装置40側を向く反射器番号がシミュレーション装置の記憶装置に記憶される。

20

【0045】

シミュレーション装置は、実際にロボット2を動かす訳ではないので、数百点の測定位置へのロボット2の先端部の配置を高速で行うことができる。また、動作プログラム23bの先端部の軌跡に沿った数百点の測定位置を自動で決定するようにシミュレーション装置の条件設定を行うことも可能であり、各測定位置において何れかの反射器31a, 31b, 31cの入射範囲IAが計測装置40のレーザヘッド41側を向くようにシミュレーション装置の条件設定を行うことも可能である。

30

【0046】

また、ロボット2の全体や先端部に加わる荷重によるロボット2の撓みもシミュレーション装置の条件に加えた状態で、当該状態で前記数百点の測定位置についての前記パラメータ値および反射器番号を記憶装置に記憶するように構成してもよい。

【0047】

続いて、ロボット制御部21は、ロボット2の先端部を各々の測定位置に配置する度に、反射器31a, 31b, 31cのうち入射範囲IAが計測装置40側を向いているものの反射器番号と、当該反射器の位置座標とを、計測装置40に送信する。なお、ロボット制御部21が、数十点~数百点の測定位置のそれぞれの反射器番号および反射器の位置座標を計測装置40に一度に送信するとともに、ロボット2の先端部を各々の測定位置に配置する度にその測定位置、測定位置番号等を計測装置40に送信してもよい。なお、反射器番号を必ず送信する必要はない。

40

【0048】

続いて、制御部51は計測プログラム53bにより作動し、ロボット制御部21から反射器の位置座標(制御上の座標データ)を受付けると、当該位置座標を計測装置座標系のロボット座標系に対する対応関係に基づき計測装置座標系における位置座標に変換し、変換後の位置座標にレーザ光出射部41aが向くように鉛直軸モータ42および水平軸モータ43を作動させるための制御指令を作成する。そして、当該制御指令により鉛直軸モータ42および水平軸モータ43を制御すると共に、レーザヘッド41からレーザ光を照射

50

する。

【 0 0 4 9 】

そして、レーザヘッド 4 1 の受光センサ 4 1 b が反射光を受光すると、受光した際のレーザヘッド 4 1 の仰角および首振角と、受光した反射光の位相等に基づき求められる計測装置 4 0 とレーザ光を照射した反射器との距離とを用いて、レーザ光を照射した反射器の計測位置座標を求め、計測位置座標をロボット制御部 2 1 に送信する。仰角および首振角は、例えば鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 に内蔵された作動位置検出装置の検出値に基づき求められる。なお、計測位置座標を計測装置座標系のロボット座標系に対する対応関係に基づきロボット座標系の位置座標に変換し、変換後の計測位置座標をロボット制御部 2 1 に送信してもよい。

10

【 0 0 5 0 】

続いて、ロボット制御部 2 1 は、制御部 5 1 から計測位置座標又は変換後の計測位置座標を受信し、それと制御部 5 1 に送信した反射器の位置座標との差異を求め、当該差異に基づき動作プログラム 2 3 b を補正する。これにより、動作プログラム 2 3 b についてロボット 2 のキャリブレーションを行うことができる。

【 0 0 5 1 】

なお、前記制御上の座標データに基づき鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 を制御するだけで、レーザヘッド 4 1 からのレーザ光が反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の入射範囲 I A に正確に照射される場合もある。しかし、入射範囲 I A が小さい場合は、前記制御上の座標データに基づき鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 を制御するだけでは、レーザヘッド 4 1 からのレーザ光が反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の入射範囲 I A の近傍に照射される場合がある。

20

【 0 0 5 2 】

このような場合は、制御部 5 1 は、計測プログラム 5 3 b により作動して、例えばレーザ光の照射位置を円を描くように走査させる探索動作をレーザヘッド 4 1 に行わせることになる。特に、ロボット 2 の先端部の位置のキャリブレーションをより正確に行うために、反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の入射範囲 I A の直径を小さくする場合は、探索動作を行うことが多くなる。

この探索動作を開始してすぐに、又は、所定時間が経過した時に、制御部 5 1 が計測プログラム 5 3 b により動作して探索動作を行っていることをロボット制御装置 2 0 に通知し、ロボット制御装置 2 0 のロボット制御部 2 1 がロボット 2 の先端部が上方に徐々に移動するように各サーボモータ 1 1 を制御してもよい。

30

【 0 0 5 3 】

ロボット 2 の先端部は重力によりシミュレーション装置上のロボット 2 の先端部よりも下方に配置されている可能性が高いため、ロボット 2 の先端部が徐々に上方に移動することにより、探索動作にかかる時間を短縮することができる。

【 0 0 5 4 】

探索動作によりレーザヘッド 4 1 からのレーザ光が入射範囲 I A に照射され位置計測が行われるとすぐに、制御部 5 1 が計測プログラム 5 3 b により動作して位置計測が行われたことをロボット制御装置 2 0 に通知する。一方、ロボット制御装置 2 0 のロボット制御部 2 1 は、前記通知を受付けた時の対応する反射器の制御上の座標データを探索動作後の位置座標として記憶装置 2 3 に記憶する。そして、ロボット制御部 2 1 は、制御部 5 1 から計測位置座標又は変換後の計測位置座標を受信し、それと探索動作後の位置座標との差異を求め、当該差異に基づき動作プログラム 2 3 b を補正し、前記キャリブレーションを行う。

40

【 0 0 5 5 】

このように、本実施形態によれば、複数の反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c のうち例えば反射器 3 1 a の制御上の座標データを用いて、レーザヘッド 4 1 の向きを変更するための制御指令が鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 に送られるので、レーザヘッド 4 1 からのレーザ光が意図しない反射器 3 1 b , 3 1 c に照射されて当該反射器 3 1 b , 3 1

50

c の位置が計測装置により計測されることが防止される。複数の反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c が同じ座標位置に配置されることはないので、意図しない反射器 3 1 b , 3 1 c が計測に用いられることを防止することにより、正確なキャリブレーションを行うことが可能となる。

【 0 0 5 6 】

また、制御上の座標データを用いて、レーザヘッド 4 1 の向きを変更するための制御指令が鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 に送られる。つまり、ロボット 2 の先端部の動きにレーザヘッド 4 1 が常に追従するような制御を行う必要が無いので、ロボット 2 の先端部を次の測定位置に高速に移動してキャリブレーションに要する時間を短縮することも可能となる。

10

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、複数の反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c が、レーザ光を反射可能な範囲である入射範囲 I A が臨む方向が互いに重ならないように、ロボット 2 の先端部に取付けられている。

このため、例えば反射器 3 1 a の入射範囲をレーザヘッド 4 1 側に向けている際に、他の反射器 3 1 b , 3 1 c の入射範囲がレーザヘッド 4 1 側を向かないことになるので、意図しない反射器 3 1 b , 3 1 c へのレーザ光の照射がより確実に防止される。

【 0 0 5 8 】

また、ロボット 2 は重力により撓むので、ロボット 2 の先端部は例えばシミュレーション装置上のロボット 2 の先端部よりも下方に配置されている可能性が高いが、本実施形態では、ロボット 2 の撓みの影響によりレーザヘッド 4 1 が反射光を受光しない場合に、重力による撓み方向と反対方向にロボット 2 の先端部が徐々に移動するようにロボット 2 が制御される。このようなロボット 2 の移動により、意図する反射器 3 1 a の位置の計測が可能となる、又は、迅速に行われることになる。

20

【 0 0 5 9 】

ロボット 2 のキャリブレーションは、ロボット 2 の先端部を複数の測定位置に配置して反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の位置の計測を行い、測定位置の数が多いほどキャリブレーションの精度が上がる。レーザヘッド 4 1 が反射光を所定時間受光しない時に前述の反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の位置の計測を止める場合があるが、当該態様では、ロボット 2 の移動によって反射器 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c の位置の計測が可能となる、又は、迅速に行われることになるので、正確なキャリブレーションを行う上で有利である。

30

【 0 0 6 0 】

なお、本実施形態では、レーザ光の照射位置を円を描くように走査させる探索動作を行うものを示した。これに対し、入射範囲 I A に近い位置にレーザ光が照射される場合、計測装置 4 0 に設けられた視覚センサによりレーザ光の照射方向を撮像し、撮像データを画像処理することによりレーザ光の位置と入射範囲 I A との位置関係を得て、当該位置関係に基づき、レーザ光が入射範囲 I A に入るように制御部 5 1 が鉛直軸モータ 4 2 および水平軸モータ 4 3 を制御してもよい。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 1 】

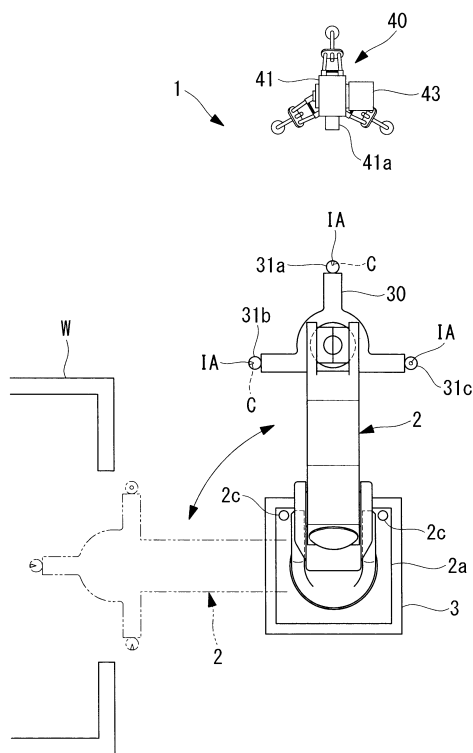
- 1 計測システム
- 2 ロボット
- 2 c 反射部材 (基準反射部)
- 3 ベース板
- 1 1 サーボモータ
- 1 2 加工ツール
- 2 0 ロボット制御装置
- 2 1 ロボット制御部
- 2 3 記憶装置
- 2 3 b 動作プログラム

40

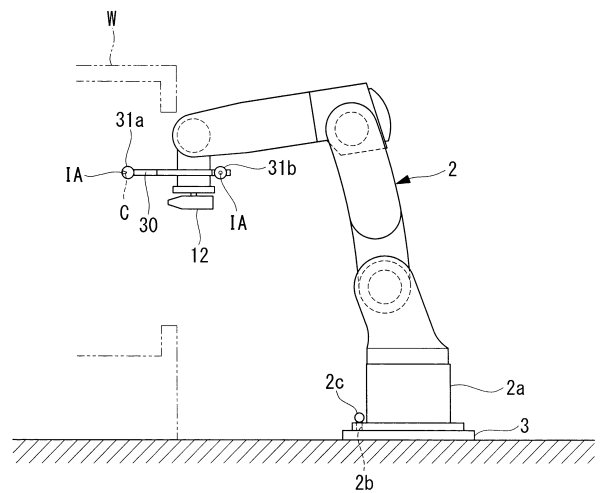
50

- 2 3 c キャリブレーション動作プログラム
- 3 0 反射器支持板
- 3 1 a , 3 1 b , 3 1 c 反射器
- 4 0 計測装置
- 4 1 レーザヘッド
- 4 1 a レーザ光出射部
- 4 1 b 受光センサ
- 4 2 鉛直軸モータ (ヘッド駆動装置)
- 4 3 水平軸モータ (ヘッド駆動装置)
- 5 0 計測制御装置
- 5 1 制御部
- 5 3 記憶装置
- 5 3 b 計測プログラム (ヘッド駆動制御手段)
- 5 3 c 座標関係取得プログラム (座標関係取得手段)
- W ワーク
- I A 入射範囲

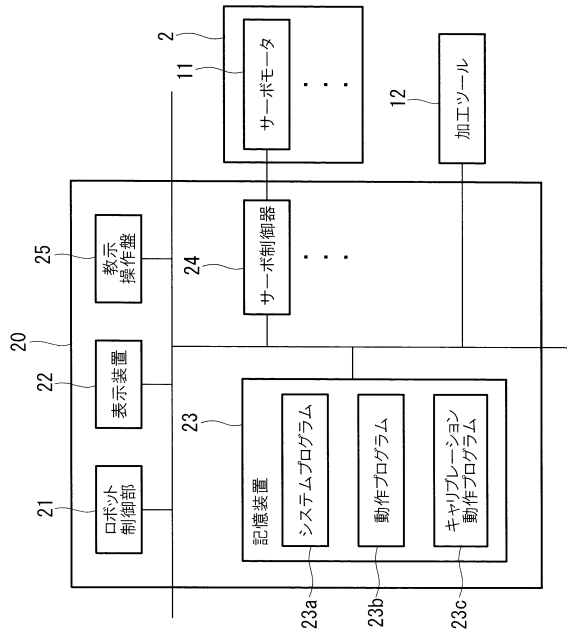
【図 1】



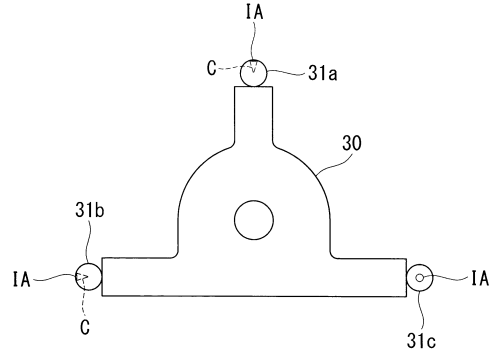
【図 2】



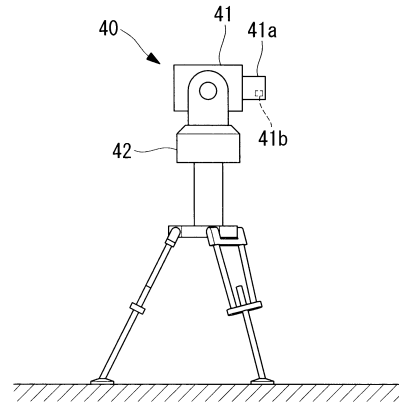
【図3】



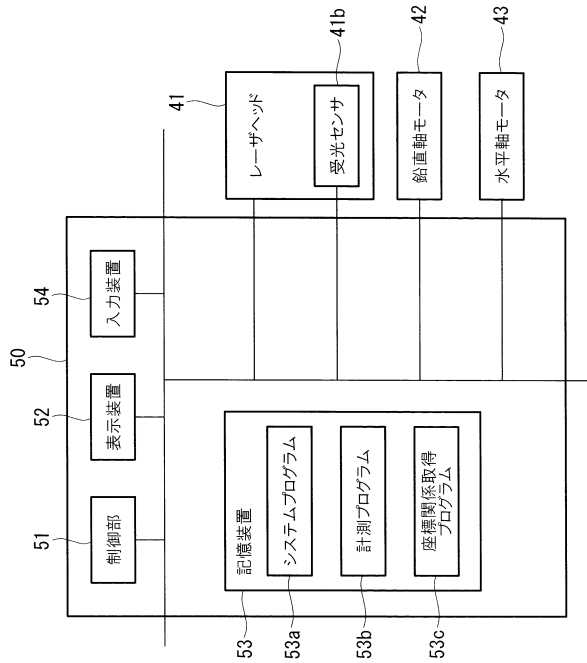
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

測定位置番号	パラメータ1	パラメータ2	...	反射器番号
1			...	31b
2			...	31c
3			...	31a
...

フロントページの続き

(72)発明者 有田 創一
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 白井 卓巳

(56)参考文献 特開2001-022418(JP,A)
特開2011-200880(JP,A)
特開2017-019072(JP,A)
米国特許第04866362(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J 9/10 - 19/02
B23K 20/12
G06F 7/48