

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3733364号
(P3733364)

(45) 発行日 平成18年1月11日(2006.1.11)

(24) 登録日 平成17年10月21日(2005.10.21)

(51) Int. Cl. F I
G05B 19/42 (2006.01) G O 5 B 19/42 P
B25J 9/10 (2006.01) B 2 5 J 9/10 A

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-388160 (P2003-388160)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成15年11月18日(2003.11.18)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2005-149299 (P2005-149299A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成17年6月9日(2005.6.9)		〇番地
審査請求日	平成16年1月19日(2004.1.19)	(74) 代理人	100082304
			弁理士 竹本 松司
		(74) 代理人	100088351
			弁理士 杉山 秀雄
		(74) 代理人	100093425
			弁理士 湯田 浩一
		(74) 代理人	100102495
			弁理士 魚住 高博
		(72) 発明者	伴 一訓
			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】 教示位置修正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業用のロボットと、作業中の作業対象物を保持するための手段を備えた保持装置の少なくとも一方が移設された際に、該ロボットの動作プログラムの教示点位置を修正する、教示位置修正方法において、

前記ロボットおよび前記保持装置の少なくとも一方の移設前に、前記保持装置、または該保持装置に保持された作業対象物上の一直線上に並ばない少なくとも3個所のそれぞれの3次元位置を、ロボットのアーム先端部に装着され、該アーム先端部に対する装着位置姿勢が認識されている視覚センサにより求め、

前記ロボットおよび前記保持装置の少なくとも一方の移設後に、前記少なくとも3個所の位置を、前記視覚センサにより求め、

前記移設前および移設後に計測した前記少なくとも3個所の位置に基づいて、前記ロボットと前記保持装置の相対位置の変化が補償されるように、前記ロボットの動作プログラムの教示点位置を修正することを特徴とする、教示位置修正方法。

【請求項2】

作業用のロボットと、作業中の作業対象物を保持するための手段を備えた保持装置の少なくとも一方が移設された際に、該ロボットの動作プログラムの教示点位置を修正する、教示位置修正方法において、

計測用の第1ロボットのアーム先端部に装着される、該アーム先端部に対する装着位置姿勢が認識されている視覚センサと、前記視覚センサで捕えた画像内の特定の部位の3次

10

20

元位置を求める位置計測手段とを用いて、

第2ロボットである前記作業用のロボットおよび前記保持装置の少なくとも一方の移設前及び移設後のそれぞれにおいて、

(a) 前記保持装置、または該保持装置に保持された作業対象物上の、一直線上に並ばない少なくとも3個所のそれぞれの3次元位置、および

(b) 前記第2ロボット上の、一直線上に並ばない少なくとも3個所のそれぞれの3次元位置とを計測し、

前記移設前および移設後に計測した前記保持装置、または該保持装置に保持された作業対象物上の前記少なくとも3個所の3次元位置と、前記第2ロボット上の少なくとも3個所の3次元位置に基づいて、前記第2ロボットと前記保持装置の相対位置の変化が補償されるように、前記第2ロボットの動作プログラムの教示点位置を修正することを特徴とする、教示位置修正方法。

10

【請求項3】

前記視覚センサはアーム先端部に着脱可能であり、前記3次元位置を計測する時に前記ロボットのアーム先端部に取り付けられ、計測終了後に取り外すことを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の教示位置修正方法。

【請求項4】

前記視覚センサの前記ロボットアーム先端部に対する位置姿勢は、視覚センサをアーム先端に取り付けた後、複数の異なる位置で、一定の位置に配置された基準物体を計測することにより、センサを取り付けるたびに求めることを特徴とする請求項1乃至請求項3の内いずれか1項に記載の教示位置修正方法。

20

【請求項5】

前記3次元位置を計測する個所は、前記保持装置、または前記作業対象物の備えた形状特徴であることを特徴とする、請求項1乃至請求項4の内いずれか1項に記載の教示位置修正方法。

【請求項6】

前記3次元位置を計測する個所は、前記保持装置、または前記作業対象物上に設けた、位置計測のための基準マークであることを特徴とする、請求項1乃至請求項4の内いずれか1項に記載の教示位置修正方法。

【請求項7】

前記視覚センサが、カメラによる画像処理を行う視覚センサであり、異なる複数位置での該カメラの画像から、計測個所の3次元位置を求めることを特徴とする、請求項1乃至請求項6の内いずれか1項に記載の教示位置修正方法。

30

【請求項8】

前記視覚センサが、3次元視覚センサであることを特徴とする、請求項1乃至請求項6の内いずれか1項に記載の教示位置修正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットの教示位置修正方法に関し、更に詳しく言えば、ロボットと作業対象物の少なくとも一方が移設された際に行なわれるロボットの動作プログラムの教示点位置の修正作業に用いられる教示位置修正方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

ロボットを用いる生産ラインを一旦稼働させた後に、ロボットと作業対象物の一方または両方を移設することがある。例えば次のような場合である。

稼働中のラインを別の場所へ移設する。

(例) 生産ラインを海外や国内の別工場にそっくり移設する。

一旦別の場所でシステムを立ち上げた後、生産現場へ移設・設置する。

(例) 新しいラインを仮設工場で立上げ、ラインでの動作を確認後、実際の生産場所へ移

50

設する。

ライン改造のため、ロボットや作業対象物の一部を移設する。

(例) 生産品種の追加や、生産能力向上のため、ロボットの設置位置を変更したりする。

【0003】

このようにライン設備が移設された場合、移設の前後でロボットと作業対象物の設置位置にズレが生じるため、移設前に教示されていたロボットの動作プログラムをそのまま使用することはできず、教示位置の修正が必要となる。この教示修正作業は、作業者が現物にあわせて教示点1点1点の位置を確認しながら修正する、非常に手間のかかる作業となる。特に、自動車のスポット溶接工程のように多数のロボットを使用するライン移設では、この教示修正作業の工数が膨大になる。

10

【0004】

このような移設後の教示修正作業にかかる時間を短縮するために、従来より次のような方法が単独または組み合わせで使用されていた。

(1) 機械的手段による方法

ケガキ、マーキング、治具などを用い、移設前後で、ロボットと周辺機器の相対位置ができる限り同一となるように設置する。

(2) タッチアップによるプログラムシフト

ロボットのツール先端点(TCP: Tool Center Point)を、作業対象物または対象物を保持する周辺機器上の3点以上の基準点にタッチアップ(ツール先端点を基準点にぴったり合わせること)し、各基準点の三次元位置 $P_i(X_i, Y_i, Z_i)$ [$i=1..n; n \geq 3$]を計測する。移設前、移設後にそれぞれ3点以上の基準点位置を測定し、移設前・後の基準点位置から作業対象物の位置の変化量を求め、この位置変化量分だけロボットプログラムの教示点位置をシフトする。

20

なお、後述するキャリブレーションに関連して下記の非特許文献1及び特許文献1がある。

【0005】

【非特許文献1】 Roger Y. Tsai and Reimar K. Lenz, "A New Technique for Fully Autonomous and Efficient 3D Robotics Hand/Eye Calibration", IEEE Trans. on Robotics and Automation, Vol.5, No.3, 1989, pp.345-358

【特許文献1】 特開平10-63317号公報

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、上記(1)の機械的方法では再設置後の精度は通常数センチメートル程度であり、それ以上の精度を確保することは実際上困難である。従って、残された誤差を解消するための教示修正作業は不可避である。また、倒れや、傾きといった3次元的な姿勢変化を合わせることは難しく、倒れ、傾きの精度は設置作業者の目視に頼ることになる。

【0007】

また、上記(2)の方法は、ロボットのタッチアップで移設前、移設後の作業対象物の位置を測定、求めた位置データに基づきロボットプログラムをシフトする方法であるが、実際には、ロボットのツール先端点設定の設定誤差、基準点へのタッチアップ時の位置合わせの誤差により、最終的にシフトしたプログラムに高い精度を出すことは簡単でない。ツール先端点の設定、タッチアップではいずれも、ロボットをジョグ送りで動作させ、目標とする点にロボットのツール先端点を合わせるのであるが、ツール先端点設定時および位置合わせ時のロボットの姿勢の取り方、作業者の熟練度により精度に差が出易い。特に、位置合わせは目視で行なうため、熟練者でも精度が出にくく、シフト後に1点づつ教示点位置を修正する作業は依然として必要である。

40

【0008】

また、ツール先端点設定やタッチアップを正確に行うには、それだけ時間がかかり、教示修正作業に要するトータルの時間は、タッチアップによるシフトを行わなわず、全教示

50

点を修正した場合と比較して大差がない場合も多く、タッチアップによるシフトを使わないケースも多い。

このように、移設前後の教示修正を正確に、短時間でやりたいというユーザの要求は強いものの、従来これを実現する実用的な方法がなかった。本発明はこのような問題を解決しようとするもので、上記したような移設後における教示位置修正を簡便且つ高精度で行えるようにして、移設に伴う教示修正作業の負担を軽減することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、ロボットシステムの移設の前後で作業対象物上またはその保持装置上に定義された3点以上の3次元位置を視覚センサを用いて計測し、該計測位置データから移設前後のロボットと作業対象物の相対位置の変化が補償されるように、移設前に教示済みのロボット動作プログラムの教示点位置を修正することで上記問題点を解決するものである。即ち、本発明に係る教示位置修正方法においては、ロボットのアーム先端に取り付けられた視覚センサを用いて、作業対象物または作業対象物を保持する保持装置の一直線上に並ばない少なくとも3個所の3次元位置が求められ、前記移設前および移設後に計測した前記少なくとも3個所の位置に基づいて、前記ロボットと前記作業対象物または前記保持装置の相対位置の変化に見合った、前記ロボットの動作プログラムの教示点位置修正が行われる。

【0010】

各請求項の記載に即して言えば、請求項1は、視覚センサで計測を行うロボットと、教示点位置が修正されるロボットが同じ場合に適用される発明を規定しているのに対し、請求項2は、視覚センサで計測を行うロボットと、教示点位置が修正されるロボットが別のロボットの場合に適用される発明を規定している。後者の場合、教示点位置を修正するロボット(第2ロボット)と、作業対象物の相対位置の変化を求めめるため、視覚センサを装着した第1ロボットは、作業対象物だけでなく、第2ロボット上の一直線上に並ばない少なくとも3点の計測も行われる。視覚センサにより、第2ロボットの設置位置および作業対象物の位置が移設前後でそれぞれ計測され、これから第2ロボットと作業対象物の相対位置の変化を補償するように教示点データの修正が行なわれる。

【0011】

請求項3は、視覚センサを、上記3次元計測を行う際に前記ロボットのアーム先端部に取り付け、計測終了後に取り外すことを特徴とするものである。これにより、1台の視覚センサを複数台のロボットの教示位置修正に兼用することができる。

請求項4は、視覚センサとロボットアーム先端部の位置姿勢関係を、アーム先端部に視覚センサを取り付けるたびに、複数の異なる位置で、一定の位置に配置された基準物体を計測することにより求めることを特徴とするものである。これにより、視覚センサのアーム先端部への取り付け精度が高くなくても、正確な計測が可能になる。

【0012】

請求項5は、3次元位置を計測する個所として、作業対象物または、作業対象物を保持する保持装置の持つ形状特徴を使用するものである。形状特徴の例としては、穴、コーナーなど画像処理により、位置が正確に求められる部位が望ましいが、視覚センサにより位置を検出できる特徴であれば特に制限はない。

【0013】

請求項6は、3次元位置を計測する個所として、作業対象物または、作業対象物の保持装置に設けた基準マークを用いるものである。例えば、作業対象物や保持装置自体に視覚センサが容易に位置を検出できる特徴がない場合(表面の平らな板状物体など)には、円形、十字形などの基準マークを対象物または保持装置上に用意(例えば貼付けて固定)し、その位置を計測する。

【0014】

請求項7は、視覚センサとして二次元画像を取得するカメラを用いる場合である。例え

10

20

30

40

50

ば産業用TVカメラなどがこれに相当する。

請求項8は、視覚センサとして3次元の位置、姿勢計測が可能な3次元視覚センサを用いるものである。例えば、産業用TVカメラと投光装置を組み合わせたものなどがある。

【0015】

以上、いずれの請求項に記載された発明においても、ロボット（請求項2では第1ロボット）のアーム先端に装着した視覚センサは、作業対象物または、対象物保持装置上の特定個所の3次元位置を計測する。移設前後のそれぞれについて計測した点の位置に基づき、教示位置を修正するために必要な座標変換を求め、この座標変換を動作プログラムの教示位置データに作用させることにより、プログラムの教示点位置を修正する。

【発明の効果】

10

【0016】

本発明によれば、下記(1)、(2)の効果を通して、移設に伴う教示修正作業工数を低減することができる。

(1)目視で位置合わせを行うタッチアップを用いず、視覚センサにより計測を行うことにより、目視では不可能な高精度の計測を実現できる。目視による確認を必要としないため、作業者の技量に依存しない。また、視覚センサで自動的に測定ができるので、短時間で作業が完了する。

(2)ロボットのアーム先端と視覚センサの位置姿勢を、複数の個所から視覚センサで基準物体を見ることにより認識するので、視覚センサを必要なときに装着すればよく、また、視覚センサを装着する位置・姿勢について高精度を要求するものではないため、作業

20

を簡便に行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。先ず図1は、本発明の一実施形態の全体構成を示した図である。同図において、符号1は公知の典型的なロボットで、図2に示した周知のブロック構成を有している。即ち、メインCPU（以下、単にCPUと言う。）11に接続されたバス17に、RAM、ROM、不揮発性メモリ等からなるメモリ12、教示操作盤用インターフェイス13、外部装置用の入出力インターフェイス16、サーボ制御部15及び通信インターフェイス14が並列に接続されている。

【0018】

30

教示操作盤用インターフェイス13に接続される教示操作盤18は通常のディスプレイ機能付のもので、オペレータは、この教示操作盤18のマニュアル操作を通して、ロボットの動作プログラムの作成、修正、登録、あるいは各種パラメータの設定の他、教示された動作プログラムの再生運転、ジョグ送り等を実行する。ロボット及びロボット制御装置の基本機能を支えるシステムプログラムは、メモリ12のROMに格納される。また、アプリケーションに応じて教示されるロボットの動作プログラム（ここではスポット溶接のプログラム）並びに関連設定データは、メモリ12の不揮発性メモリに格納される。なお、後述する教示位置データ修正に関連した処理を行なうためのプログラム、パラメータ等のデータもメモリ12の不揮発性メモリに格納される。メモリ12のRAMは、CPU11が行なう各種演算処理におけるデータの一時記憶の記憶領域に使用される。

40

【0019】

サーボ制御部15はサーボ制御器#1～#n（n：ロボットの総軸数で、ここではn=6とする）を備え、ロボット制御のための演算処理（軌道計画作成とそれに基づく補間、逆変換など）を経て作成された移動指令を受け、各軸に付属したパルスコード（図示省略）から受け取るフィードバック信号と併せてサーボアンプA1～Anにトルク指令を出力する。各サーボアンプA1～Anは、各トルク指令に基づいて各軸のサーボモータに電流を供給してそれらを駆動する。通信インターフェイス14は、画像処理装置2（図1参照）に接続されており、この通信インターフェイス14を介して、後述する計測に関連する指令、計測結果データ等の授受がロボット制御装置との間で行なわれる。

【0020】

50

画像処理装置 2 は、図 3 に示した周知のブロック構成を有している。即ち、画像処理装置 2 はマイクロプロセッサからなる CPU 20 を有しており、CPU 20 には、バスライン 30 を介して ROM 21、画像処理プロセッサ 22、カメラインターフェイス 23、モニタインターフェイス 24、入出力機器 (I/O) 25、フレームメモリ (画像メモリ) 26、不揮発性メモリ 27、RAM 28 及び通信インターフェイス 29 が各々接続されている。

【0021】

カメラインターフェイス 23 には、視覚センサ 3 の撮像手段であるカメラ (ここでは CCD カメラ) が接続されており、カメラインターフェイス 23 を介して撮影指令が送られると、カメラに設定された電子シャッター機能により撮影が実行され、カメラインターフェイス 23 を介して映像信号がグレースケール信号の形でフレームメモリ 26 に格納される。モニタインターフェイス 24 にはモニタ 2a (図 1、図 5 を参照) として CRT、LCD 等のディスプレイが接続されており、カメラが撮影中の画像、フレームメモリ 26 に格納された過去の画像、画像処理プロセッサ 22 による処理を受けた画像等が必要に応じて表示される。

10

【0022】

フレームメモリ 26 に格納されたワーク W の映像信号は、画像処理プロセッサ 22 を利用して解析され、保持装置 5 上の基準マーク 6a、6b、6c を認識し、それに基づいて 6a、6b、6c の 3 次元位置が求められる (詳細は後述)。なお、そのためのプログラム、パラメータ等は不揮発性メモリ 27 に格納されている。また、RAM 28 は CPU 20 が実行する各種処理に必要なデータの一時記憶に利用される。通信インターフェイス 29 は、前述したロボット制御装置側の通信インターフェイス 14 を介してロボット制御装置に接続されている。

20

【0023】

さて、図 1 に戻ると、ロボットアーム 1b の先端には作業ツール 1c (本例ではスポット溶接用の溶接ガン) が取り付けられている。ロボット 1 は、作業対象物 4 (本例では溶接を行う板金パネル) に対し溶接作業を行うロボットである。作業対象物 4 は、保持装置 5 上に固定されている。作業対象物 4 と保持装置 5 の相対位置関係は一定で、後述する移設後も変化しない。保持装置 5 の典型的なものは、板金パネルを固定するクランプ機構を備えた固定治具である。

30

【0024】

溶接作業を行うロボットの動作プログラムは予め教示済みであり、ロボット制御装置 1a 内に記憶されている。画像処理装置 2 には、視覚センサ (センサヘッド) 3 が接続され、視覚センサ 3 から入力された画像が画像処理装置 2 で処理され、センサ画像内の特定の点や、形状特徴の位置が検出される。

【0025】

本実施形態では、視覚センサ 3 は 2 次元画像を撮影する CCD カメラであり、ロボットの作業ツール 1c に、適当な取付手段 (例えば永久磁石を利用した吸着、万力機構によるクランプ等) によって着脱自在に取り付けられている。視覚センサ 3 は、後述する移設前の計測完了後に一旦取り外し、移設後に再装着しても良いし、支障がなければ取り付けたまま移設を行なっても良い。ロボット 1 の最終リンク上のメカニカルインタフェース座標系 f と視覚センサの基準座標系 c との相対関係は予め設定されているか、視覚センサ 3 を作業ツール 1c に取り付けた際にキャリブレーションを行い設定しても良い。移設前の計測完了後に視覚センサ 3 を一旦取り外す場合には、移設後にもキャリブレーションを行なう。なお、視覚センサのキャリブレーションについては周知であるが、後に若干の説明を行なう。

40

【0026】

さて既述の通り、本発明は、ロボット 1 と保持装置 5 の少なくとも一方が別の場所に移設され、ロボット 1 と作業対象物の相対位置が移設前と変化する場合に、この相対位置のズレによって必要となる溶接作業用ロボット動作プログラムの教示位置の修正を簡単且つ

50

精度良く行えるようにするものである。そのために、本実施形態では、図4のフローチャートに概要を示した処理手順を実行する。

【0027】

図4に示したフローチャートにおいて、ステップ100～105は、移設前の計測に関連する諸ステップで、保持装置5上に設けられた3個所の基準マークの3次元位置の計測とそのための準備を行なうものである。ステップ200以降は移設後に行う操作の諸ステップで、その内、ステップ200～205は、移設後の基準マークの3次元位置の計測とその準備を行なうものであり、ステップ300～302は、移設前、移設後の基準マーク位置から、移設前後のロボットに対する保持装置の移動量分を計算し、移設前に教示済みのロボット動作プログラムの教示点位置データを修正する処理に係るものである。以下、各ステップの要点を説明する。なお、以下の説明において括弧[]は行列を表わす記号として用いる。

10

【0028】

ステップ100；視覚センサ（CCDカメラ）を作業ツール1cに取り付ける。視覚センサがカメラと投光装置を含むセンサヘッドを持つタイプの場合には、そのセンサヘッドを作業ツール1cに取り付ける。なお、取り付けは既述の通り、着脱自在な態様で行なわれ、後で一旦取り外される（ステップS150参照）。

【0029】

ステップ101；ロボット最終リンクの座標系 f と、取り付けられた視覚センサ（カメラ）の基準座標系 c の相対位置姿勢関係を求めるために、キャリブレーションを行う。キャリブレーションのやり方はいくつかのものが周知となっており、それを適宜用いれば良い。図5は、その1つを適用する場合の配置を表わしている。先ず、既知の間隔でドットを配置したキャリブレーション用の基準物体をロボットの作業領域内に置く。このような基準物体は視覚センサのキャリブレーションで一般的に用いられるものである。

20

【0030】

オペレータがジョグ操作で、視覚センサの視野内に基準物体が納まる第1の位置A1へロボットを移動させる。オペレータは画像処理装置のキーボードを操作し、第1のキャリブレーション用画像の入力を指示する。画像処理装置2は、視覚センサからの画像を撮影を実行する。画像処理装置を用いてキャリブレーション用基準物体の画像を解析し、ドットの画像上での位置と、ドット間隔、ドットの配列などのデータからセンサ座標系 c から見た基準物体の位置姿勢[D1]のデータを求める。またそれと共に、画像撮影時の最終リンク座標系の (f) の位置姿勢[A1]をロボット制御装置から通信インターフェイスを介して取り込み、[D1]と共に画像処理装置のメモリに記憶する。

30

【0031】

同様に、ロボットを別の位置A2, A3に動かし、同様に[D2]、[A2]、[D3]、[A3]を記憶する。一直線上に並ばない3個所以上の異なる位置について、[Di]、[Ai]を求める。画像処理装置はこのようにして得られた複数の ([Di]、[Ai]) のペアから、最終リンク f に対するセンサ座標系 c の位置姿勢[S]を計算し、その結果を記憶する。[S]を求める具体的計算内容の詳細については、複数のものが周知なので、ここでは省略する（例えば前出の特許文献1を参照）。

40

【0032】

なお、視覚センサがカメラと投光装置を組み合わせた3次元視覚センサの場合のキャリブレーション方法についても複数のものが周知なので、ここでは省略する（例えば前出の特許文献1を参照）。

また、ここでは、最終リンクの座標系 f と視覚センサの基準座標系 c の関係をキャリブレーションにより設定したが、ロボットの最終リンクに対し視覚センサを毎回同じ位置姿勢に取り付け可能なようにカメラの取り付け治具が設計されていれば、キャリブレーションを省略し、予め既知の c と f の関係を画像処理装置にキーボードなどの入力装置で設定しても良い。

【0033】

50

但し、本実施例のように、視覚センサを取り付けるたびに毎回キャリブレーションを行うようにすれば、視覚センサの作業ツールへの取り付け精度が不要であり、作業ツールへの視覚センサの取り付けに誤差があっても、キャリブレーションによりその誤差が吸収されるため、取り付け誤差が計測精度に影響しないという利点がある。また、取り付け毎に位置・姿勢の高い再現性を要求されないということは、簡単な取り付け機構（マグネット、万力機構等）の使用を可能にするという利点もある。

【 0 0 3 4 】

ステップ 1 0 2 / 1 0 3 / 1 0 4 / 1 0 5 ; キャリブレーション終了後、作業対象物 4 を保持する保持装置 5 に設けた 3 個の基準マーク 1 ~ 3 (図 1 中の 6 a ~ 6 c 参照) の 3 次元位置を計測する。ここで、3つの基準マークの位置は、それらが一直線上に並ばないように選ばれている。また、基準マークを人為的に設ける代わりに、既存の形状特徴、特徴部位等があれば、それを利用して良い。更に、基準マーク（あるいはそれに代わる形状特徴、特徴部位等）の一部あるいは全部は作業対象物 4 上にあっても良い。

10

【 0 0 3 5 】

オペレータがロボットを操作し、第 1 の基準マーク 6 a が視覚センサの視野内に収まる位置 B1 へロボットを移動させる。オペレータは画像処理装置のキーボードから画像の入力を指示し、画像処理装置はセンサからの画像を撮影し、画像上での基準マーク 6 a の位置を検出する。同時に画像撮影時の最終リンク f の位置 [B1] をロボット制御装置から通信インターフェイスを介して取り込む。

【 0 0 3 6 】

次に、B1 から一定距離離れた位置 B1' へロボットを移動させ、同様にセンサの画像を撮影、基準マーク 6 a の画像上位置を検出するとともに、ロボット位置 [B1'] を取り込む。

20

【 0 0 3 7 】

[B1] および [B1']、前述のキャリブレーションで求めた最終リンク f に対するセンサ座標系 c の位置姿勢 [S] から、[B1] および [B1'] でのセンサ座標系 c のロボット座標系での位置が求まり、これと [B1]、[B1'] で検出したマーク 6 a の画像上位置から、公知のステレオ視の原理を用いて、マーク 6 a のロボット座標系での 3 次元位置 $P1(x1, y1, z1)$ を求めることができる。なお、視覚センサが投光装置を用いた 3 次元視覚センサであれば、1つのロボット位置からの画像撮影で各基準マークの位置 $P1(x1, y1, z1)$ を測定することができる。

30

【 0 0 3 8 】

求めた位置 $P1(x1, y1, z1)$ は通信 I/F を介してロボット制御装置に送信され、ロボット制御装置内のメモリに記憶される。なお、一般的な視覚センサの分解能は、視野範囲の 1/500 から 1/1000 以上あるので、人間の目視と比べはるかに高い精度で基準マーク位置を計測することができる。

【 0 0 3 9 】

同様に、第 2、第 3 の基準マーク 6 b、6 c をセンサの視野内に収める位置 B2, B3 へロボットを移動させ、第 2、第 3 のマークの 3 次元位置 $P2(x2, y2, z2)$ 、 $P3(x3, y3, z3)$ を計測し同じくロボット制御装置内のメモリに記憶する。ロボットを各計測位置に移動させる方法は、オペレータがジョグ操作でロボットを移動させても良いし、予めマーク位置計測用のロボット動作プログラムを作成し、各計測位置を教示しておいても良い。計測した 3 個所のマーク位置は、画像処理装置のメモリに記憶しても良い。

40

【 0 0 4 0 】

ステップ 1 5 0 ; 移設前のマーク計測が終了したら、視覚センサを作業ツールから取り外しても良い。もちろん、取り外さなくても良い。その後、ロボット 1 と保持装置 5 は別の場所に移設され、再設置が行われる。

【 0 0 4 1 】

ステップ 2 0 0 / 2 0 1 ; 移設後、再び視覚センサをロボット作業ツール先端に取り付け、移設前と同様の手順で再度キャリブレーションを実行する。なお、視覚センサをロボット作業ツール先端に取り付けたままであれば、これらステップは省略される。

50

【 0 0 4 2 】

ステップ 2 0 2 / 2 0 3 / 2 0 4 / 2 0 5 ; 移設後の配置で、移設前と同じ手順で再び保持装置上の基準マーク 6 a、6 b、6 c の計測を行い、求めた移設後の基準マーク位置 $P1'(x1',y1',z1')$ 、 $P2'(x2',y2',z2')$ 、 $P3'(x3',y3',z3')$ を記憶する。ここまでで、保持装置上に設けた 3 ヶ所の基準マークについて、移設前の基準マーク位置 $P1(x1,y1,z1)$ 、 $P2(x2,y2,z2)$ 、 $P3(x3,y3,z3)$ および、移設後の基準マーク位置 $P1'(x1',y1',z1')$ 、 $P2'(x2',y2',z2')$ 、 $P3'(x3',y3',z3')$ がロボット制御装置のメモリに記憶される。

【 0 0 4 3 】

オペレータは、教示位置を修正すべき動作プログラムをロボットの教示操作盤 1 8 を操作して指示する。次に移設前、移設後の各 3 個の基準マーク位置を格納しているメモリ領域を指示し、動作プログラムの教示点位置修正を指示する。

ステップ 3 0 0 ; ロボット制御装置は、移設前の基準マーク位置 $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ から保持装置の位置姿勢を表す行列 $[W1]$ を計算する。

【 0 0 4 4 】

ステップ 3 0 1 ; 次に、移設後の基準マーク位置 $P1'$ 、 $P2'$ 、 $P3'$ から移設後の保持装置の位置姿勢を表す行列 $[W2]$ を計算する。

移設前の教示点位置を P 、移設後に修正すべき教示点位置を P' とすると、移設の前後で、

$$\text{inv}[W1] P = \text{inv}[W2] P' \quad (\text{式 1}) \quad (\text{但し } \text{inv}[Wi] \text{ は、} [Wi] \text{ の逆行列})$$

という関係が成り立つ。これから、移設後に修正すべき教示点位置 P' は、 $W1$ 、 $W2$ 、 P を用いて、下記式で表わされる。

$$P' = [W2] \text{inv}[W1] P \quad (\text{式 2})$$

従って、移設前の教示点位置 P に行列 $([W2] \text{inv}[W1])$ を左からかければ、移設後の教示点位置を求めることができる。これに従い、ロボット制御装置内で、 $[W2] \text{inv}[W1]$ を計算する。

【 0 0 4 5 】

ステップ 3 0 2 ; 指定された動作プログラムの各教示点位置を上記の(式 2)によって座標変換すれば、移設によるロボットと作業対象物の相対位置ずれを補正した、教示位置点位置を求めることができる。

以上、視覚センサを作業ロボット自身に搭載するケースを説明したが、基準マーク(またはそれに代わる形状特徴等)の 3 次元位置の計測を行うロボットと、教示位置を修正するロボットを別のロボットとすることもできる。その場合は、作業対象物の位置だけでなく、教示位置を修正するロボット(第 2 ロボット)の位置も求める必要がある。

【 0 0 4 6 】

そのためには、保持装置 5 上の 3 個所の基準マーク 6 a ~ 6 b を計測した場合と同様、図 6 に示したように、第 2 ロボットのベース上にも一直線上に並ばない基準マーク 7 a ~ 7 c を 3 個所以上設け、その位置を第 1 ロボットに搭載した視覚センサ(図示省略)を用いて、移設前及び移設後で計測すれば良い。ここで、第 2 ロボット上に設ける基準マーク 7 a ~ 7 c は、ロボットベース 8 のように第 2 ロボットの姿勢が変わっても動かない位置に選択するのが好ましい。

【 0 0 4 7 】

もしも、第 2 ロボットの姿勢に応じて位置が変化する位置に基準マークを設ける場合には、移設前の計測時と、移設後の計測時で同一姿勢をとらせることが好ましい(別の姿勢の場合は、その姿勢の差異を考慮して移設前後の第 2 ロボットの位置変化を求める必要があり、計算が複雑になり、誤差も出易くなる)。

【 0 0 4 8 】

プログラムシフト時は、第 2 ロボットの、3 個所の基準マークから、視覚センサを装着した第 1 ロボットに対する、第 2 ロボットの相対位置を計算する。計算の仕方は、上記の実施形態で基準マーク 6 a ~ 6 c を利用して行なった計算と同様なので詳細は省略する。

10

20

30

40

50

そして、求めた第2ロボットの位置を用いて、第2ロボットと、保持装置5の相対位置（行列）を計算すれば、ステップ300以降の教示点位置シフトは、先の実施例（計測ロボットと教示位置修正するロボット同じ場合）と同様に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明の実施形態で採用されるシステムの全体構成図である。

【図2】ロボット制御装置のブロック構成を示した図である。

【図3】画像処理装置のブロック構成を示した図である。

【図4】実施形態で行なわれる教示位置修正の手順の概略を記したフローチャートである。

。

【図5】視覚センサのキャリブレーションについて説明する図である。

【図6】第2ロボット上に設けられた基準マークの例を示した図である。

【符号の説明】

【0050】

- 1 ロボット
- 1 a ロボット制御装置
- 1 b ロボットアーム
- 1 c 作業ツール
- 2 画像処理装置
- 3 視覚センサ（センサヘッド）
- 4 作業対象物
- 5 保持装置
- 6 a ~ 6 c、7 a ~ 7 c 基準マーク
- 8 ロボットベース
- 1 1 メインCPU
- 1 2 メモリ
- 1 3 教示操作盤用インターフェイス
- 1 4 通信インターフェイス
- 1 5 サーボ制御部
- 1 6 外部装置用の入出力インターフェイス
- 1 7 バス
- 1 8 教示操作盤
- 2 0 CPU
- 2 1 ROM
- 2 2 画像処理プロセッサ
- 2 3 カメラインターフェイス
- 2 4 モニタインターフェイス
- 2 5 入出力機器（I/O）
- 2 6 フレームメモリ（画像メモリ）
- 2 7 不揮発性メモリ
- 2 8 RAM
- 2 9 通信インターフェイス
- 3 0 バスライン

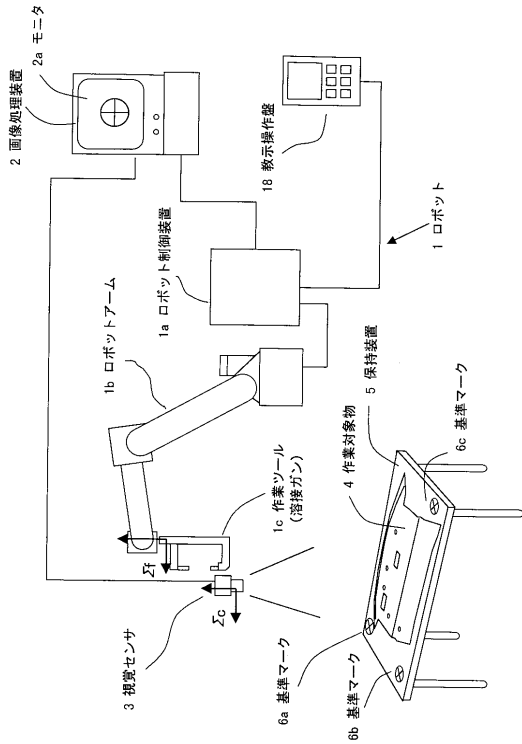
10

20

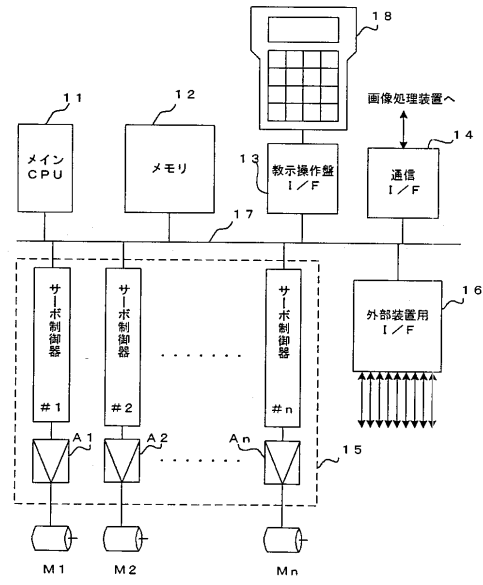
30

40

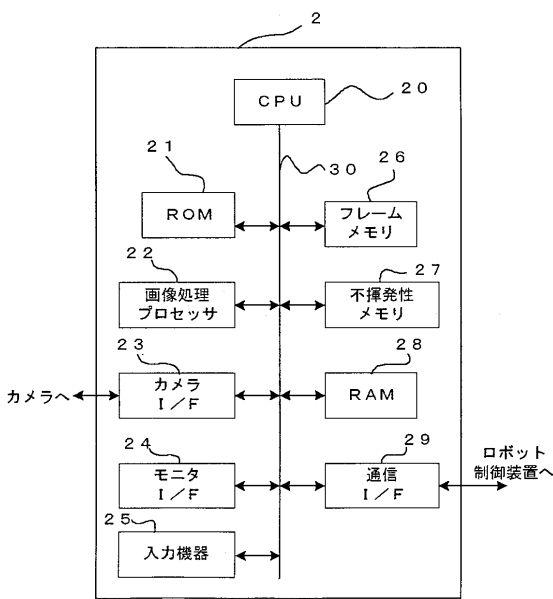
【図1】



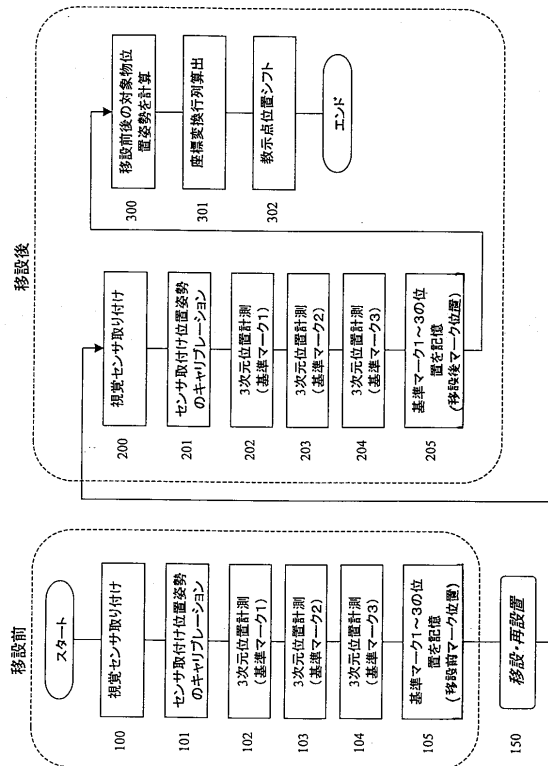
【図2】



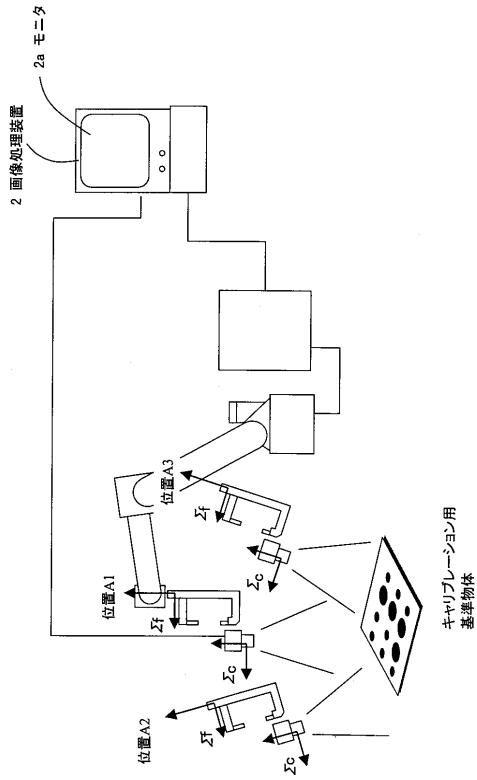
【図3】



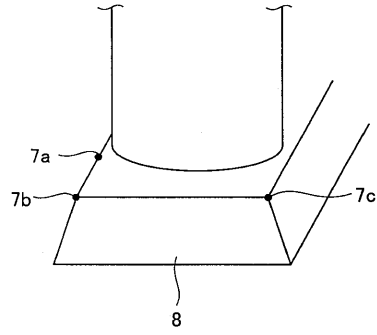
【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 滝澤 克俊

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 八木 誠

(56)参考文献 特開平8-294887(JP,A)

特開2003-117861(JP,A)

特開昭63-105875(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B19/18-19/46

B25J1/00-21/02