

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3946716号
(P3946716)

(45) 発行日 平成19年7月18日(2007.7.18)

(24) 登録日 平成19年4月20日(2007.4.20)

(51) Int. Cl.	F I
B 2 5 J 13/08 (2006.01)	B 2 5 J 13/08 A
G O 1 B 11/00 (2006.01)	G O 1 B 11/00 H
G O 1 B 11/26 (2006.01)	G O 1 B 11/26 H

請求項の数 9 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2004-220251 (P2004-220251)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成16年7月28日(2004.7.28)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2006-35384 (P2006-35384A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成18年2月9日(2006.2.9)		〇番地
審査請求日	平成17年9月13日(2005.9.13)	(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】 ロボットシステムにおける3次元視覚センサの再校正方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロボットシステムにおける3次元視覚センサの再校正方法であって、
前記3次元視覚センサは撮像手段を有するとともに、校正に関する複数のパラメータを保持しており、

(a) 前記3次元視覚センサが正常な計測を行える状態時において、

前記3次元視覚センサ又は該3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットの一方を支持したロボットを少なくとも1つのロボット位置へ移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを任意の少なくとも1つの相対的位置関係で配置し、該各配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、その時点において前記3次元視覚センサが保持している校正に関する複数のパラメータを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該3次元位置/姿勢データを記憶する段階と、

(b) 前記状態時より後の状態時に前記3次元視覚センサの再校正を行う際に、前記(a)の段階において前記相対的位置関係を実現した前記ロボット位置へ、前記ロボットを移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを、前記相対的位置関係での配置が少なくとも近似的に再現されるように配置して、該配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での2次元位置データを取得する段階と、

(c) 前記(b)の段階において取得された、前記撮像面上での前記2次元位置データ

10

20

と、前記 (a) の段階において取得された前記 3 次元位置 / 姿勢データとを用いて、前記撮像面上での 2 次元位置データと前記 3 次元位置 / 姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新する段階とを含むことを特徴とする、3 次元視覚センサの再校正方法。

【請求項 2】

ロボットシステムにおける 3 次元視覚センサの再校正方法であって、

前記 3 次元視覚センサは撮像手段を有するとともに、校正に関する複数のパラメータを保持しており、

(a) 前記 3 次元視覚センサが正常な計測を行える状態時において、

前記 3 次元視覚センサ又は該 3 次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットの一方を支持したロボットを少なくとも 1 つのロボット位置へ移動させることによって、前記 3 次元視覚センサと前記測定ターゲットを任意の少なくとも 1 つの相対的位置関係で配置し、該各配置の下で前記 3 次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での第 1 の 2 次元位置データを取得し、該 2 次元位置データを記憶する段階と、

10

(b) 前記状態時より後の状態時に前記 3 次元視覚センサの再校正を行う際に、前記 (a) の段階において前記相対的位置関係を実現したロボット位置へ、前記ロボットを移動させることによって、前記 3 次元視覚センサと前記測定ターゲットを、前記相対的位置関係での配置が少なくとも近似的に再現されるように配置して、該配置の下で前記 3 次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での第 2 の 2 次元位置データを取得する段階と、

20

(c) 前記段階 (a) の時点で保持されている前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータと、前記段階 (a) で取得された前記撮像面上での前記第 1 の 2 次元位置データとから前記パターンに関する 3 次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3 次元位置 / 姿勢データを取得し、該 3 次元位置 / 姿勢データと前記段階 (b) で取得された前記撮像面上での前記第 2 の 2 次元位置データとを用いて、前記撮像面上での 2 次元位置データと前記 3 次元位置 / 姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新する段階とを含むことを特徴とする、3 次元視覚センサの再校正方法。

【請求項 3】

前記段階 (a) 及び前記段階 (b) における、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記 3 次元視覚センサ及び前記測定ターゲットの一方が前記ロボットのアームに装着され、他方は前記ロボットのアーム上以外の所定位置に設置される、請求項 1 または請求項 2 に記載の 3 次元視覚センサの再校正方法。

30

【請求項 4】

前記段階 (a) 及び前記段階 (b) における、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記 3 次元視覚センサは前記ロボットのアームに装着され、前記測定ターゲットは前記ロボットのアーム上の別の箇所に配置される、請求項 1 または請求項 2 に記載の 3 次元視覚センサの再校正方法。

40

【請求項 5】

前記段階 (a) 及び前記段階 (b) における、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも 1 つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記 3 次元視覚センサは前記ロボットのアームに装着され、前記測定ターゲットは前記ロボットとは別のロボットのアーム上に配置される、請求項 1 または請求項 2 に記載の 3 次元視覚センサの再校正方法。

【請求項 6】

ロボットのアームに、撮像手段を有する 3 次元視覚センサを装着して該 3 次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

50

前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持する手段と、
前記 3 次元視覚センサによって、該 3 次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも 1 つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、該 3 次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する 3 次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3 次元位置 / 姿勢データを検出するための 3 次元位置 / 姿勢検出手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記 3 次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での 2 次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3 次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、その時点において保持されている前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを用いて、前記 3 次元位置 / 姿勢検出手段により前記パターンの 3 次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3 次元位置 / 姿勢データを検出し、該 3 次元位置 / 姿勢データを記憶する 3 次元位置 / 姿勢記憶手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3 次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での 2 次元位置データを取得する撮像面上位置データ取得手段と、

該撮像面上位置データ取得手段によって取得された前記撮像面上での 2 次元位置データと、前記 3 次元位置 / 姿勢記憶手段に記憶された 3 次元位置 / 姿勢データとを用いて、前記撮像面上での 2 次元位置データと前記 3 次元位置 / 姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする、3 次元視覚センサの再校正装置。

【請求項 7】

ロボット上に測定ターゲットを配置して、撮像手段を有する 3 次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記測定ターゲットは、前記 3 次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれたものであり、

前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持する手段と、

前記 3 次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも 1 つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、該 3 次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する 3 次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3 次元位置 / 姿勢データを検出するための 3 次元位置 / 姿勢検出手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記 3 次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での 2 次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3 次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、その時点において保持されている前記 3 次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを用いて、前記 3 次元位置 / 姿勢検出手段により前記パターンの 3 次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3 次元位置 / 姿勢データを検出し、該 3 次元位置 / 姿勢データを記憶する 3 次元位置 / 姿勢記憶手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3 次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での 2 次元位置データを取得する撮像面上位置データ取得手段と、

該撮像面上位置データ取得手段によって取得された前記撮像面上での 2 次元位置データ

10

20

30

40

50

と、前記3次元位置/姿勢記憶手段に記憶された3次元位置/姿勢データとを用いて、前記撮像面上での2次元位置データと前記3次元位置/姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする、3次元視覚センサの再校正装置。

【請求項8】

ロボットのアームに、撮像手段を有する3次元視覚センサを装着して該3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持するパラメータ保持手段と、

前記3次元視覚センサによって、該3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第1の2次元位置データを検出してこれを基準位置データとして記憶する手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第2の2次元位置データを求める手段と、

前記基準位置データと前記基準位置データの取得時点において前記パラメータ保持手段に保持されている前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータとを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該取得された3次元位置/姿勢データと前記第2の2次元位置データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする、3次元視覚センサの再校正装置。

【請求項9】

ロボット上に測定ターゲットを配置して、撮像手段を有する3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記測定ターゲットは前記3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれたものであり、

前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持するパラメータ保持手段と、

前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第1の2次元位置データを検出してこれを基準位置データとして記憶する手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第2の2次元位置データを求める手段と、

10

20

30

40

50

前記基準位置データと前記基準位置データの取得時点において前記パラメータ保持手段に保持されている前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータとを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該取得された3次元位置/姿勢データと前記第2の2次元位置データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする、3次元視覚センサの再校正装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、3次元視覚センサを含む産業用ロボットシステムにおいて、3次元視覚センサを再校正する方法及び同方法を実施するために使用する装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットシステムを用いた種々のアプリケーションにおいて、3次元視覚センサが広く使用されている。この場合の3次元視覚センサの主な使用形態は、下記(i)、(ii)のいずれかに大別される。

(i) ロボットのアームに3次元視覚センサのセンサヘッドを装着して使用する。ここで、センサヘッドは、対象物の計測光学系(光検出器を含む)を有する部分で、センサヘッドの制御及び検出信号の処理は、視覚センサ制御装置で行なわれる。なお、本明細書では、当技術分野の慣例に従い、「ロボットのアームに3次元視覚センサを装着する」との表現を「ロボットのアームに3次元視覚センサのセンサヘッドを装着する」の意で用いることがある。

【0003】

(ii) 3次元視覚センサのセンサヘッドをロボット外部の定位置に設置して使用する。

これらいずれの使用形態においても、3次元視覚センサを用いて適正な精度で計測を行なうためには、「校正(キャリブレーション)」が必要なことは周知の通りである。3次元視覚センサの校正手法は、例えば特許文献1～特許文献5に詳しく記載されている。

このように、3次元視覚センサの校正方法自体は周知であるが、一旦校正によって適正な計測精度が得られるようになった後に、計測精度が低下し、正常な計測が行なわれなくなることがしばしば起る。この事態は、上記使用形態(1)では、ロボットのアーム上の視覚センサ(センサヘッド)の装着位置(姿勢も含む：以下、同じ)が校正時のものから変化した時に発生する。また、上記使用形態(2)では、視覚センサ(センサヘッド)の設置位置が校正時の定位置から変化した時に発生する。

【0004】

このようなセンサの位置ずれは、例えばロボットのアームに装着された視覚センサが周囲の物体(人も含む；以下、同じ)に衝突した場合、ロボットのアームが周囲の物体に衝突して、その衝撃が視覚センサに及んだ場合、定位置に設置したセンサに物体が衝突した場合などに起る。また、仮に見かけ上はセンサの位置ずれがなくとも、内部の光学系の配置が衝撃等により校正時のものから変化し、それが計測精度低下の原因になることもある。

【0005】

このような事態が発生した時、あるいは、発生したと推測された時、従来は、同じ校正作業をはじめからやり直すことで対処していた。しかし、同じ校正作業をやり直すためには、校正用治具を再度用いるなどして、測定ターゲットと視覚センサとの相対的位置関係を正確に再現する必要があり、作業負担が重く、システムのダウンタイムが長くなってしまふことが避けられなかった。なお、本明細書において「測定ターゲット」とは、校正のために視覚センサで認識する標的物のことで、例えば校正用治具上に描かれたドット群が測定ターゲットに用いられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献1】特許第2690603号公報

【特許文献2】特許第2686351号公報

【特許文献3】特開平08-5351号公報

【特許文献4】特開平08-233516号公報

【特許文献5】特開平08-272414号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

そこで、本発明の目的は、上記従来技術の問題点を克服し、3次元視覚センサが正常な計測が行える状態にある時に得たデータを利用することで、校正作業をはじめからやり直さずに簡便に再校正を行なえるようにし、再校正に要する作業負担を軽減することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、本発明では、3次元視覚センサが正常な測定ができる状態にある時(第1の状態時)に、3次元視覚センサと測定ターゲットを任意の少なくとも1つの相対的位置関係で配置し、該各配置の下で前記3次元視覚センサによって測定ターゲットを計測し、所定の「基準データ」を取得しておく。ここで、「基準データ」としては、

20

【 0 0 0 9 】

(I) その時点において前記3次元視覚センサが保持している校正に関する複数のパラメータを用いて得られる位置/姿勢データ(測定ターゲットに関する位置または姿勢の少なくとも一方を表わすデータ)

(II) 測定ターゲットに関する特徴量データ

ここで、「任意の相対位置」は2つ以上であっても良く、その場合には、位置データは各相対位置毎に取得・記憶される。

【 0 0 1 0 】

以上の準備の下で、その後、例えばロボットの干渉時等、同3次元視覚センサの再校正が必要になった時に(第2の状態時)、3次元視覚センサと測定ターゲットの相対的な位置関係を少なくとも近似的に再現し、前記所定のデータを得た時とほぼ同一のものとして、測定ターゲットに対する計測を再度実行する。そして、測定ターゲットに関する特徴量データを検出し、この再計測で得た諸データと、取得済みの基準データを利用して再校正を行なう。

30

【 0 0 1 1 】

具体的に言えば、請求項1～請求項5は、撮像手段を有するとともに、校正に関する複数のパラメータを保持している3次元視覚センサを含むロボットシステムにおいて、同3次元視覚センサの再校正を行う方法に関する発明を規定している。

請求項1に記載された発明は、

(a) 前記3次元視覚センサが正常な計測を行える状態時において、

40

前記3次元視覚センサ又は該3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットの一方を支持したロボットを少なくとも1つのロボット位置へ移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを任意の少なくとも1つの相対的位置関係で配置し、該各配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、その時点において前記3次元視覚センサが保持している校正に関する複数のパラメータを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該3次元位置/姿勢データを記憶する段階と、

(b) 前記状態時より後の状態時に前記3次元視覚センサの再校正を行う際に、前記(a)の段階において前記相対的位置関係を実現した前記ロボット位置へ、前記ロボットを移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを、前記相

50

対的位置関係での配置が少なくとも近似的に再現されるように配置して、該配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での2次元位置データを取得する段階と、

(c) 前記(b)の段階において取得された、前記撮像面上での前記2次元位置データと、前記(a)の段階において取得された前記3次元位置/姿勢データとを用いて、前記撮像面上での2次元位置データと前記3次元位置/姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新する段階とを含むことを特徴とする。

【0012】

また、請求項2に記載された発明は、

(a) 前記3次元視覚センサが正常な計測を行える状態時において、前記3次元視覚センサ又は該3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットの一方を支持したロボットを少なくとも1つのロボット位置へ移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを任意の少なくとも1つの相対的位置関係で配置し、該各配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での第1の2次元位置データを取得し、該2次元位置データを記憶する段階と、

(b) 前記状態時より後の状態時に前記3次元視覚センサの再校正を行う際に、前記(a)の段階において前記相対的位置関係を実現したロボット位置へ、前記ロボットを移動させることによって、前記3次元視覚センサと前記測定ターゲットを、前記相対的位置関係での配置が少なくとも近似的に再現されるように配置して、該配置の下で前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測し、前記パターンに関する前記撮像手段の撮像面上での第2の2次元位置データを取得する段階と、

(c) 前記段階(a)の時点で保持されている前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータと、前記段階(a)で取得された前記撮像面上での前記第1の2次元位置データとから前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該3次元位置/姿勢データと前記段階(b)で取得された前記撮像面上での前記第2の2次元位置データとを用いて、前記撮像面上での2次元位置データと前記3次元位置/姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新する段階とを含むことを特徴とする。

【0013】

上記いずれの発明においても、前記段階(a)及び前記段階(b)における、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記3次元視覚センサ及び前記測定ターゲットの一方を前記ロボットのアームに装着し、他方を前記ロボットのアーム上以外の所定位置に設置することができる(請求項3)。

【0014】

また、前記段階(a)及び前記段階(b)における、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記3次元視覚センサを前記ロボットのアームに装着し、前記測定ターゲットを前記ロボットのアーム上の別の箇所に配置することもできる(請求項4)。

あるいは、前記段階(a)及び前記段階(b)における、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置、及び、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置の少なくとも近似的再現のために、前記3次元視覚センサを前記ロボットのアームに装着し、前記測定ターゲットを前記ロボットとは別のロボットのアーム上に配置しても良い(請求項5)。

更に、請求項6~請求項9に係る発明は、ロボット上に3次元視覚センサ(請求項6、8)、あるいは、測定ターゲット(請求項7、9)を配置して該3次元視覚センサの再校正を行う装置を提供する。

請求項6に記載された発明に係る再校正装置は、ロボットのアームに、撮像手段を有す

10

20

30

40

50

る 3次元視覚センサを装着して該 3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記 3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持する手段と、
前記 3次元視覚センサによって、該 3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも 1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、該 3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する 3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3次元位置 / 姿勢データを検出するための 3次元位置 / 姿勢検出手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記 3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での 2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

10

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、その時点において保持されている前記 3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを用いて、前記 3次元位置 / 姿勢検出手段により前記パターンの 3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3次元位置 / 姿勢データを検出し、該 3次元位置 / 姿勢データを記憶する 3次元位置 / 姿勢記憶手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での 2次元位置データを取得する撮像面上位置データ取得手段と、

20

該撮像面上位置データ取得手段によって取得された前記撮像面上での 2次元位置データと、前記 3次元位置 / 姿勢記憶手段に記憶された 3次元位置 / 姿勢データとを用いて、前記撮像面上での 2次元位置データと前記 3次元位置 / 姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記 3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、請求項 7 に記載された発明に係る再校正装置は、ロボット上に測定ターゲットを配置して、撮像手段を有する 3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記測定ターゲットは、前記 3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれたものであり、

30

前記 3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持する手段と、

前記 3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも 1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、該 3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する 3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3次元位置 / 姿勢データを検出するための 3次元位置 / 姿勢検出手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記 3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での 2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と

40

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、その時点において保持されている前記 3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを用いて、前記 3次元位置 / 姿勢検出手段により前記パターンの 3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす 3次元位置 / 姿勢データを検出し、該 3次元位置 / 姿勢データを記憶する 3次元位置 / 姿勢記憶手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記 3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での 2次元位置データを取得する撮像面上位置データ取得手段と、

50

該撮像面上位置データ取得手段によって取得された前記撮像面上での2次元位置データと、前記3次元位置/姿勢記憶手段に記憶された3次元位置/姿勢データとを用いて、前記撮像面上での2次元位置データと前記3次元位置/姿勢データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする。

【0016】

更に、請求項8に記載された発明に係る再校正装置は、ロボットのアームに、撮像手段を有する3次元視覚センサを装着して該3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持するパラメータ保持手段と、

前記3次元視覚センサによって、該3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれた測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第1の2次元位置データを検出してこれを基準位置データとして記憶する手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第2の2次元位置データを求める手段と、

前記基準位置データと前記基準位置データの取得時点において前記パラメータ保持手段に保持されている前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータとを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該取得された3次元位置/姿勢データと前記第2の2次元位置データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする。

【0017】

そして、請求項9に記載された発明に係る再校正装置は、ロボット上に測定ターゲットを配置して、撮像手段を有する3次元視覚センサの再校正を行う装置であって、

前記測定ターゲットは前記3次元視覚センサの校正のためのパターンが描かれたものであり、

前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを保持するパラメータ保持手段と、

前記3次元視覚センサによって前記測定ターゲットを計測することができるような、少なくとも1つのロボット位置に前記ロボットを移動させるロボット移動手段と、

前記ロボット位置の夫々において、前記3次元視覚センサによる計測によって前記パターンに関する前記撮像面上での2次元位置データを検出するための撮像面上位置検出手段と、

基準データ取得指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第1の2次元位置データを検出してこれを基準位置データとして記憶する手段と、

再校正指令に応じて、前記ロボット移動手段により前記ロボットを前記ロボット位置の夫々に移動させる毎に、前記3次元視覚センサにより、前記測定ターゲットを計測し、前記撮像面上位置検出手段を用いて前記パターンに関する前記撮像面上での第2の2次元位置データを求める手段と、

10

20

30

40

50

前記基準位置データと前記基準位置データの取得時点において前記パラメータ保持手段に保持されている前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータとを用いて、前記パターンに関する3次元位置または姿勢の少なくとも一方を表わす3次元位置/姿勢データを取得し、該取得された3次元位置/姿勢データと前記第2の2次元位置データとの対応関係を表わす式を計算し、該式に含まれる前記3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータを更新するパラメータ更新手段とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、3次元視覚センサの再校正を簡便に実行することができる。即ち、再校正時に3次元視覚センサと測定ターゲットの間の正確な相対位置を再現するための校正用の治具を使用する必要がなく、同じロボット位置の下で取得した、測定ターゲットの位置データ（正常計測時）と特徴量（再校正時）を利用した演算で再校正が達成される。従って、従来のように、校正用の治具を着脱する手間、時間を費やすことなく、非常に短時間で3次元視覚センサを正常な状態に復旧することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図1は、本実施形態で用いられる3次元視覚センサ（以下、単に「視覚センサ」とも言う）の要部構成を示した図である。ここに示す視覚センサ自体は周知の典型的なもので、対象物を計測する光学系及び光検出手段を含むセンサヘッド30と、同センサヘッド30の制御及び3次元計測に関する情報処理を行なう3次元視覚センサ制御装置10からなる。センサヘッド30内には、レーザ投光器34とそれを駆動するレーザ駆動部32、レーザ光をスキャニングするためのミラー35とそれを駆動するミラー走査部33が配される。また、対象物40の2次元画像の撮影及び同対象物40上に照射されたレーザ光に由来する反射光を受光するカメラ31が装備されている。

20

【0020】

一方、3次元視覚センサ制御装置10内には、CPU11、ROM12、RAM13、不揮発性メモリ14、フレームメモリ17などのメモリ群、ロボット制御装置等との間でデータを送受信する通信I/F（インターフェイス）15、モニタなどの外部装置とのやりとりを行なう入出力装置I/F（インターフェイス）16、カメラ31を駆動しその映像を取り込むカメラI/F（インターフェイス）18、レーザ駆動部32やミラー走査部33とのやり取りを行なうレーザ制御I/F（インターフェイス）19などが配される。

30

【0021】

3次元計測時には、ROM12などに用意されたプログラムがCPU11によって実行され、所定の角度にセット（通常は、複数の角度に順次セット）されたミラー35を介して対象物40上にレーザ光が照射され、設定角度毎に、レーザ光の映像がカメラ31を介してフレームメモリ17に取り込まれる。そして、ここから画像上の特徴量が画像処理によって抽出され、また、予め不揮発性メモリ14などに用意された校正データ（その時点で記憶されている校正データ）を用いてこの特徴量から対象物40の位置や姿勢などの情報が算出される。なお、カメラ31により対象物40の通常の撮影が行なわれた場合は、2次元画像が、フレームメモリ17に取り込まれ、所要の画像処理が行なわれ、画像上の特徴量が抽出され、また、予め不揮発性メモリ14などに用意された校正データを必要に応じて用いてこの特徴量のデータ等が算出される。

40

【0022】

さて、本発明は、3次元視覚センサの再校正を行なうものであり、当然の前提として、該再校正以前に適正な校正が実行され、校正内容を表現する複数のパラメータ（以下、単に「校正パラメータ」とも言う）が用意されていなければならない。また、この再校正に先行する校正で定められた校正パラメータは、後述する「位置データ（本実施形態では、ドットパターン位置のデータ）の取得」においても必要なものである。

【0023】

そこで、この「再校正に先行する校正」について、図2を参照図に加えて説明する。な

50

お、本発明では、「各・・・」という表現を、「・・・」が1つであり得るケースでも使用する。校正を実行するには、先ず、図2に示すように、校正用の測定ターゲット51を持つ校正用具50をセンサヘッド30に装着し、測定ターゲット51を所定の箇所にセットする。セットする箇所は、校正の手法により、1箇所の場合と、複数箇所の場合がある。ここでは、2箇所の例が示されている。各セット箇所において、採用する校正手法に応じた所定の測定を、センサヘッド30と視覚センサ制御装置10を用いて実行することで、校正パラメータを定めることができる。以下、その一例を説明する。

【0024】

測定ターゲット51上にはドットパターンなどが印刷されており、校正用具50は、測定ターゲット51を装着して各セット位置にセットした状態において、ドットパターン52の各ドットがセンサヘッド30に対してある決まった既知の位置にくるように構成されている。校正の詳細を図3を用いて説明する。

10

【0025】

図3において、各セット位置に位置決めされた状態の測定ターゲット(図2における符号51)が、それぞれ符号60A, 60Bで示されている。

【0026】

以下、符号60A, 60Bを測定ターゲットの各セット位置を込めた意味で適宜使用する。即ち、測定ターゲット60A, 60Bは、夫々図3に示された各セット位置にある時の(同一個体としての)測定ターゲットを表わしている。同様に、夫々図3に示された各セット位置に測定ターゲットが位置決めされた時のドットパターン(図2では符号52を使用)を符号61, 62で代表させることにする。

20

【0027】

既述したように、校正用具50などにより各セット位置に測定用ターゲットが配置されると、その上に印刷されたドットパターン61, 62の各ドットの位置が既知となる。例えば測定ターゲット60Aの位置に対応させて、図のように座標系80を定義し、これをセンサの計測の基準(以後、センサ座標系と称する)とすると、ドットパターン61及び62について、次のように表記できる。

【0028】

ドットパターン61の位置 = (X a1 , Y a1 , Z a1)

ドットパターン62の位置 = (X b1 , Y b1 , Z b1)

; 但し、図示した例では、 Z a1 = 0 である。

30

【0029】

もし、測定用ターゲットのドットパターンのドット数がN個であれば、各ドットにラベル1~Nを割り当てて各ドット位置を次のように一般表記できる。

ドットパターン61のi番目のドットの位置 = (X ai , Y ai , Z ai)

ドットパターン62のi番目のドットの位置 = (X bi , Y bi , Z bi)

但し、i=1,2,...,N、図示した例では、 Z a1 = Z a2 = ... = Z aN = 0 である。

【0030】

さて、カメラ31を用いて通常撮影により、各位置の測定ターゲット60A, 60Bを撮像すると、これらは視線71, 72などの延長線上で画像面に結像する。各ドットパターン61, 62を画像上の画像座標(縦軸、横軸をそれぞれVt軸、Hz軸と呼ぶこととする)で表すと、

40

(V ai , H ai)

(V bi , H bi) [但し、i=1, 2, ..., N]

のように表示できる。ここで、(V ai , H ai)は、ドットパターン61について検出される一種の特徴量と考えることができる。(V bi , H bi)は、ドットパターン62について検出される一種の特徴量と考えることができる。

【0031】

上述のように、各ドットのセンサ座標系80上の位置は既知なので、これらの特徴量の

50

組み合わせに対して、周知の校正演算を適用することで、任意の画像特徴量 (V , H) が与えられた時に、その画像特徴量から定まる視線と位置測定ターゲット 6 0 A との交点、及び、視線と位置測定ターゲット 6 0 B との交点 (X a , Y a , Z a)、(X b , Y b , Z b) が算出できる。

【 0 0 3 2 】

測定ターゲット 6 0 A、6 0 B についての交点位置算出式のセットを下記 (式 1) で簡略表現する。

$$\begin{aligned} & (V , H) \quad (X a , Y a , Z a) \\ & (V , H) \quad (X b , Y b , Z b) \quad \dots \dots (式 1) \end{aligned}$$

そして、2つの交点 (X a , Y a , Z a)、(X b , Y b , Z b) が得られれば、簡単な計算により、これら2点を通る直線の式が求められる。この直線を表わす式が「視線の式」である。この算出式を下記 (式 2) で簡略表現する。

【 0 0 3 3 】

$$\begin{aligned} & (X a , Y a , Z a)、(X b , Y b , Z b) \quad [視線の式] \\ & \dots \dots (式 2) \end{aligned}$$

続いて、ミラー 3 5 を任意の角度 にした時に照射されるレーザ光によって生じる輝点 6 3 , 6 4 をカメラ 3 1 で撮像すると、これらは視線 7 3 , 7 4 の延長線上で画像面に結像する。各輝点 6 3 , 6 4 は、前述の (式 1) の関係を用いて座標系 8 0 上での3次元位置として求められる。

【 0 0 3 4 】

ここで、レーザ光がスリット光であるとした場合、各輝点 6 3 , 6 4 を測定ターゲット上の2本の直線状の輝線と考えれば良い。そして、測定ターゲット上の各輝線 (直線) について複数の輝点の3次元位置を算出すれば、これら2つの輝線を生じさせているレーザスリット光が乗っている平面 (以下、レーザスリット光平面という) を一意的に求めることができる。

【 0 0 3 5 】

同様にして、ミラー 3 5 の角度 を何通りか変化させ、その時々々のレーザスリット光平面を求めることにより、任意の に対応するレーザスリット光平面が算出できるようになる。この算出式を下記 (式 3) で簡略表現する。

【 0 0 3 6 】

$$[\text{レーザスリット光平面の式}] \quad \dots \dots (式 3)$$

以上の (式 1) ~ (式 3) が得られたことで、校正が完了したことになる。具体的には、(式 1) ~ (式 3) の各式の演算内容 (例えば多項式) 及び特定する複数のパラメータ (例えば多項式の各項の係数と定数) が、視覚センサのメモリに記憶される。

【 0 0 3 7 】

上述の校正方法は、測定ターゲットを2箇所に位置決めして行なうものであるが、1箇所の位置決めで校正を行なうことも可能であるので、その一例についても簡単に説明しておく。なお、ここでも図 3 を一部援用し、「1箇所に位置決めされた測定ターゲット」として、測定ターゲット 6 0 A を考える。また、測定ターゲット 6 0 A 上に定義された座標系 8 0 を「測定ターゲット座標系」と呼ぶ。

【 0 0 3 8 】

先ずカメラ 3 1 の画素サイズ及びカメラ 3 1 で用いているレンズの焦点距離が予め既知であれば、カメラのレンズ中心点に対して焦点距離だけ隔たった位置に撮像面が存在すると仮定することができる。すると、任意の画像特徴量 (V , H) が与えられた時に、カメラの撮像面に座標系 (X Y 平面を撮像面に一致させた3次元座標系 ; 撮像面座標系と呼ぶ) を定義して、対象物像の位置 (X c , Y c , Z c) を決めることができる。即ち、測定ターゲット上のN個のドットパターンに対して、

$$\begin{aligned} & \text{画像特徴量 ; } (V a i , H a i) \\ & \text{撮像面座標系上での対象物像位置 ; } (X c i , Y c i , Z c i) \\ & \text{測定ターゲット座標上での対象物像位置 ; } (X a i , Y a i , Z a i) \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

[但し、 $i=1, 2 \dots N$]

の組み合わせが得られる。これらの組み合わせに対して、校正演算を適用することにより、カメラ撮像面座標と測定ターゲット座標の相対位置が求められ、その結果、任意の画像特徴量 (V, H) が与えられた時に、撮像面座標系上での対象物像位置 (X_c, Y_c, Z_c)、及び、視線と測定ターゲット60Aの交点 (X_a, Y_a, Z_a) が算出できるようになる。

【0039】

この算出式のセットを下記(式1')で簡略表現する。

(V, H) (X_c, Y_c, Z_c)

(V, H) (X_a, Y_a, Z_a) \dots (式1')

10

そして、2つの点(X_c, Y_c, Z_c)、(X_a, Y_a, Z_a)が得られれば、簡単な計算により視線の式を求めることができる。

【0040】

この算出式を下記(式2')で簡略表現する。

(X_c, Y_c, Z_c)、(X_a, Y_a, Z_a) [視線の式]

\dots (式2')

続いて、前述の「2個所位置決め」の場合と同様に、ミラー35を任意の角度にした時に照射されるレーザー光によって生じる輝点63をカメラ31で撮像すると、これは視線73の延長線上で画像面に結像する。輝点63は、前述の(式1')の関係を用いて測定ターゲット座標系80上での3次元位置として求められる。

20

【0041】

ここで、レーザー光がスリット光であるとした場合、各輝点63を測定ターゲット60A上の直線状の輝線と考えれば良い。ここで、レーザ投光器34を点光源であるとすれば、この点光源と輝点63で代表されている直線(輝線)により、1つの平面を構成する。そこで、ミラー35の角度を(小角度)だけ何通りか変化させて、その時々構成される前述の平面についてそれらが角度ずつの相対角度を持つという条件を用いれば、点光源の位置を求めることができる。その結果、任意のが与えられた時に、その時のレーザスリット光平面が算出できるようになる。

【0042】

この算出式を下記(式3')で簡略表現する。

[レーザスリット光平面の式] \dots (式3')

30

以上の(式1')~(式3')が得られたことで、「1個所位置決め」方式による校正が完了したことになる。具体的には、「2個所位置決め」の場合と同様、(式1')~(式3')の各式の演算内容(例えば多項式)及び特定する複数のパラメータ(例えば多項式の各項の係数と定数)が、視覚センサのメモリに記憶される。

【0043】

以上のようにして、「1個所位置決め」あるいは「2個所位置決め」の方式で、校正が完了した3次元視覚センサを用いて、ある対象物を計測する場合には、計測時のミラー角度から(式3)あるいは(式3')により、その時のレーザスリット光平面を求め、更に、レーザ光輝点を表す画像上の特徴量(V, H)から(式1)、(式2)あるいは(式1')、(式2')により、カメラ31からレーザ光輝点に向かう視線を求める。そして、これらレーザスリット光平面の式と視線の式とを連立させて解くことにより、輝点の3次元位置を算出することができる。

40

【0044】

このようにして正常な計測が可能になった3次元視覚センサは、治具50から取り外され、アプリケーションに応じて、ロボットのアームあるいはロボット上にない定位置に設置される。これに対応して、ここでは先ず下記の「配置1」、「配置2」のケースについて述べる。なお、説明の都合上、上述の校正で使用した測定ターゲット(符号51, 60A, 60B)を符号103で表記する。

【0045】

50

配置 1 ; 図 4 に示すように、センサヘッド 1 0 2 (図 1 に示したもので ; 以下、同じ) をロボット 1 0 1 のアームに装着して使用する一方、測定ターゲット 1 0 3 を位置 (ロボット 1 0 1 の近傍で干渉のおそれがない位置) に固定して設置する。ここでは、ロボットのベースを利用して、固定具で測定ターゲット 1 0 3 が固設されている。

【 0 0 4 6 】

ロボット 1 0 1 はロボット制御装置 1 0 0 に接続され、3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 は、センサヘッド 1 0 2 に接続される。また、ロボット制御装置 1 0 0 と3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 も、例えば通信回線 1 0 5 で結ばれる。

【 0 0 4 7 】

配置 2 ; 図 5 に示すように、センサヘッド 1 0 2 をロボット 1 0 1 外の定位置 (ここでは支柱 1 0 6 上の定位置) に固定設置して使用する。測定ターゲット 1 0 3 は、ロボット 1 0 1 のアームに装着する。

【 0 0 4 8 】

また、配置 1 の場合と同様に、ロボット 1 0 1 はロボット制御装置 1 0 0 に接続され、3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 は、センサヘッド 1 0 2 に接続される。また、ロボット制御装置 1 0 0 と3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 も、例えば通信回線 1 0 5 で結ばれる。

【 0 0 4 9 】

これらいずれの配置においても、将来の再校正に備えて、視覚センサ 1 0 2 が正常に計測を行なう状態にある内に、ロボット 1 0 1 に予め定めた任意の 2 つの互いに異なるロボット位置 P 1、P 2 に移動させ、測定ターゲット 1 0 3 を計測してドットパターンのデータを保存するための一連の処理を実行する。図 6 は、その処理の概要を表わしたフローチャートである。各ステップの要点は、下記の通りである。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 1 ; ロボットを P 1 へ移動させる。これにより、視覚センサ 1 0 2 と測定ターゲット 1 0 3 の間の「第 1 の相対関係」で配置されることになる。

ステップ S 2 ; 測定ターゲット 1 0 3 を視覚センサ 1 0 2 で計測する指令 (位置データ取得指令を含む) を、ロボット制御装置 1 0 0 のキーボードからのマニュアル操作、プログラム命令等で、3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 に出力する。

【 0 0 5 1 】

ステップ S 3 ; センサ座標系 (または測定ターゲット座標系) 8 0 上で、ドットパターン位置を算出する。校正パラメータは、上述の校正で保存されているものを利用する。なお、ここで、センサ座標系 (または測定ターゲット座標系) 8 0 は、図 3 に示した場合とは違って、必ずしも一方の測定用ターゲットの上に乗るとは限らないことに注意されたい。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 4 ; ステップ S 3 で求めたデータを「ドットパターン位置 A」として視覚センサの不揮発性メモリ 1 4 に記憶する。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 5 ; ロボットを P 2 へ移動させる。これにより、視覚センサ 1 0 2 と測定ターゲット 1 0 3 の間の「第 2 の相対関係」で配置されることになる。

ステップ S 6 ; 測定ターゲット 1 0 3 を視覚センサ 1 0 2 で計測する指令 (位置データ取得指令を含む) を、ロボット制御装置 1 0 0 のキーボードからのマニュアル操作、プログラム命令等で、3次元視覚センサ制御装置 1 0 4 に出力する。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 7 ; センサ座標系 (または測定ターゲット座標系) 8 0 上で、ドットパターン位置を再度算出する。校正パラメータは、上述の校正で保存されているものを利用する。なお、ここでも、センサ座標系 (または測定ターゲット座標系) 8 0 は、図 3 に示した場合とは違って、必ずしも一方の測定用ターゲットの上に乗るとは限らないことに注意されたい。

10

20

30

40

50

ステップS 8 ; ステップS 7で求めたデータを「ドットパターン位置B」として視覚センサの不揮発性メモリ14に記憶する。

以上で、再校正に備えた準備(位置データ取得ステップ)は完了する。そして、視覚センサ102に、従来技術の項で述べた諸原因により、再校正が必要になった場合、再校正ステップを実行する。その概要を図7のフローチャートに示した。各ステップの要点は下記の通りである。

【0055】

ステップS 11 ; ロボットをP 1へ移動させる。これにより、視覚センサ102と測定ターゲット103の間の「第1の相対関係」が少なくとも近似的に再現されることになる(一般には、視覚センサの位置・姿勢がずれてしまっていると考えられるので、その分、正確には再現されない)。

10

【0056】

ステップS 12 ; 測定ターゲット103を視覚センサ102で計測する指令(再校正指令を含む)を、ロボット制御装置100のキーボードからのマニュアル操作、プログラム命令等で、3次元視覚センサ制御装置104に出力する。

【0057】

ステップS 13 ; 測定ターゲット103のドットパターンの画像座標を抽出する。

ステップS 14 ; ステップS 13で抽出した画像座標を画像座標Aとして、視覚センサの不揮発性メモリ14に一時保存する。

【0058】

20

ステップS 15 ; ロボットをP 2へ移動させる。これにより、視覚センサ102と測定ターゲット103の間の「第2の相対関係」が少なくとも近似的に再現されることになる(ここでも一般には、視覚センサの位置・姿勢がずれてしまっていると考えられるので、その分、正確には再現されない)。

【0059】

ステップS 16 ; 測定ターゲット103を視覚センサ102で計測する指令(再校正指令を含む)を、ロボット制御装置100のキーボードからのマニュアル操作、プログラム命令等で、3次元視覚センサ制御装置104に出力する。

【0060】

ステップS 17 ; 測定ターゲット103のドットパターンの画像座標を抽出する。

30

ステップS 18 ; ステップS 17で抽出した画像座標を画像座標Bとして視覚センサの不揮発性メモリ14に一時保存する。

【0061】

ステップS 19 ; 「ドットパターン位置A」、「ドットパターン位置B」、「画像座標A」、「画像座標B」のデータを用いて再校正のための校正計算を実行する。即ち、これらのデータを用いて、前述した式1、式2あるいは式1'、式2'を更新(再計算して記憶)することができる。又、前述したレーザ光側の校正を行なうことにより、式3あるいは式3'を更新(再計算して記憶)することができる。これにより再校正が完了する。

【0062】

ステップS 20 ; 旧校正パラメータに代えて、ステップS 19で求められた校正パラメータを視覚センサのメモリに保存して、処理を終了する。

40

なお、上記の実施形態では、3次元視覚センサと測定用ターゲットの相対関係をロボットによって2つ定める説明を行なったが、前述したように、測定用ターゲットを1箇所に位置決めして校正を行なう方法に基けば、この相対関係を1つだけ定めるだけでもできる。

【0063】

また、配置1あるいは配置2の変形として、測定ターゲット103を別のロボットのアーム上に配置し、上記の各相対的位置関係及びその少なくとも近似的な再現を行なっても良い。例えば、「別のロボット」のアームに測定ターゲットを装着し、位置P 3を上述の「固定的な設置」のために代用しても良い。

50

【 0 0 6 4 】

更に、上述した実施形態では、基準データ取得時及び再校正時に3次元視覚センサで測定ターゲットの測定を行ない測定ターゲットの「位置」のデータを取得している。より具体的に言えば、図6のフローチャートのステップS3、S4ではセンサ座標系基準で測定ターゲットのドットパターン位置を検出し、ドットパターン位置Aとして保存し、ステップS7、S8では、センサ座標系基準で測定ターゲットのドットパターン位置を検出し、ドットパターン位置Bとして保存している（基準データ取得）。そして、図7のフローチャートのステップS13、S14、S17、S18においても、同様に、測定ターゲットのドットパターンの画像座標の抽出、画像座標Aの一時保存、画像位置Bの一時保存などを行なっている（再校正時のデータ取得）。

10

【 0 0 6 5 】

このように測定ターゲットの「位置」のデータを取得する代わりに、測定ターゲットの「姿勢」のデータを取得しても同様に本発明を実施できる。以下、簡単にその理由を説明する。なお、既に説明した通り、上記実施形態におけるドットパターン位置Aとドットパターン位置Bは、3次元視覚センサに対して異なる相対位置にある測定ターゲットについて単に記述を分けたものなので、以下はドットパターン位置Aのみを考えて説明する。

【 0 0 6 6 】

上記実施形態におけるドットパターン位置Aの記憶は、測定ターゲットを計測して、それに関する位置情報を記憶する際の1つのやり方の例に相当している。本明細書中の記述を使うと、 $(X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai}) [i=1, 2, \dots, N]$ という位置データを記憶することになる。センサ座標系を s と表記することになると、 (X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai}) は s における座標値となる。図8は、一例として、 $N (N = 12)$ 個のドットマトリックスで構成されるドットパターンの最初のドットの座標値が (X_{a1}, Y_{a1}, Z_{a1}) であり、最後のドットの座標値が (X_{aN}, Y_{aN}, Z_{aN}) であることを表わしている。

20

【 0 0 6 7 】

測定ターゲットを計測して、それに関する位置情報を記憶する方法の別法としては、「姿勢」を記憶する次のような方法が考えられる。即ち、測定ターゲット上でのドットパターンの配置が予め既知として扱えるならば、測定ターゲットの位置姿勢の情報を計測することで、個々のドットパターンの位置を計測したと等価な結果を得ることができる。なぜならば、ドットパターンの配置情報が既に用意されていれば、測定ターゲットの位置姿勢の情報と組み合わせることで、個々のドットパターンの位置を計算で直ちに求めることができるからである。これを図9を参照して説明する。

30

今、測定ターゲット上に固定された座標系を t と表記することにする。測定ターゲット上のドットパターンの配置は予め既知であるとし、各ドットの配置を

$$D_i \quad [i = 1, 2, \dots, N]$$

で表わす。ここで、 D_i は座標系 t における座標値であり、より具体的には、

$$D_i = (x_i, y_i, z_i) \quad [i = 1, 2, \dots, N]$$

のように表わされるものとする。

40

【 0 0 6 8 】

さて、測定ターゲットを計測して、それに関する位置情報を、センサ座標系 s から見た t の位置姿勢（以下、 T で表わす）として記憶する。周知の通り、ここで T は同次変換行列である。 D_i が予め既知であるとすれば、下記（式4）でセンサ座標系 s 上での位置（座標値）と座標系 t 上での位置（座標値）とは換算可能である。従って、測定ターゲットの位置姿勢 T を記憶することは、 (X_{ai}, Y_{ai}, Z_{ai}) を記憶することと等価になる。

【 0 0 6 9 】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} X_{ai} \\ Y_{ai} \\ Z_{ai} \end{pmatrix} = T \cdot D_i = T \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{pmatrix} \dots \text{(式4)}$$

【0070】

10

ところで、上記実施形態で説明したプロセスを総括してみると図10に示したような関係図で表わすことができる。ここで、図中の「測定対象物」は、上記実施形態の説明で「測定ターゲット」と呼んでいるものをより一般的な呼称で表記したものである。さて、本発明では、この図で示されている関係を変形することも可能である。図10に示した関係図において、測定対象物（測定ターゲット）に関する位置情報は、測定対象物（測定ターゲット）に関する特徴量情報と、3次元視覚センサが既に（更新前のデータとして）保持している同センサの校正に関するパラメータ（複数）から算出されるものであるから、図10に示した関係図は、図11に示した関係図のように書き換えることが可能である。

【0071】

20

ここで、前記の位置情報を取得するタイミングを考えてみると、上記実施形態（図10）のように、基準データ取得時には必ずしも位置情報（位置/姿勢データの取得）まで行なわなくとも、測定対象物（測定ターゲット）に関する特徴量情報を取得しておけば本質的には足りることが理解される。

【0072】

このことを踏まえれば、図10に示した関係図に代えて図12に示した関係図で表わされるプロセスが採用可能である。この図12に示した関係図で表わされる変形プロセスは、請求項2が規定する校正方法あるいは請求項8、9が規定する校正装置に対応している。

即ち、基準データ取得時には、3次元視覚センサが正常な計測を行える状態時において、3次元視覚センサと測定ターゲット（測定対象物）を任意の少なくとも1つの相対的位置関係で配置し、該配置の下で前記3次元視覚センサによって測定ターゲット（測定対象物）を計測し、該測定ターゲット（測定対象物）に関する特徴量データを取得し、該特徴量データを記憶する。

【0073】

そして、前記3次元視覚センサが正常な計測を行える状態時より後の状態時に3次元視覚センサの再校正を行う際には、3次元視覚センサと測定ターゲット（測定対象物）を、前記少なくとも1つの相対的位置関係での配置が少なくとも近似的に再現されるように配置して、該各配置の下で3次元視覚センサによって測定ターゲット（測定対象物）を計測し、該測定ターゲット（測定対象物）に関する特徴量データを取得する。

【0074】

40

更に、前記3次元視覚センサが正常な計測を行える状態の時点で保持されている3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータと、基準データ取得時に取得された特徴量データと、再校正のためのデータ取得時に取得した特徴量データとに基づいて、3次元視覚センサの校正に関する複数のパラメータが更新される。

【0075】

ここで、基準データ取得時における、少なくとも1つの相対的位置関係での配置、及び、再校正時の各相対的位置関係での配置の前記少なくとも近似的な再現は、前述の実施形態と同様、3次元視覚センサ及び測定対象物の少なくとも一方を支持したロボットによる移動によって行なうことができる。また、再校正時における少なくとも近似的な再現のためには、基準データ取得時における各相対的位置関係での配置に対応した各ロボット位置

50

を、再校正時におけるロボット移動によって再現することができる。

【0076】

また、3次元視覚センサと測定用ターゲットの相対関係をロボットによって2つ定める説明を行なう代わりに、前述したように、測定用ターゲットを1箇所に位置決めして校正を行なう方法に基けば、この相対関係を1つだけ定めるだけとすることもできる。更に、測定ターゲット103を別のロボットのアーム上に配置し、上記の各相対的位置関係及びその少なくとも近似的な再現を行なう方式をここで採用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本実施形態で用いられる3次元視覚センサの要部構成を示した図である。 10

【図2】校正用の治具を用いた3次元視覚センサの校正方法について説明する図である。

【図3】校正の詳細について説明する図である。

【図4】実施形態における配置1について説明する図である。

【図5】実施形態における配置2について説明する図である。

【図6】実施形態における位置データ取得ステップについて説明する図である。

【図7】実施形態における再校正ステップについて説明する図である。

【図8】一例として、 N ($N = 12$) 個のドットマトリックスで構成されるドットパターンの最初のドットの座標値が (X_{a1}, Y_{a1}, Z_{a1}) であり、最後のドットの座標値が (X_{aN}, Y_{aN}, Z_{aN}) であることを表わす図である。

【図9】ドットパターンの配置情報と測定ターゲットの位置姿勢の情報との組み合わせから、個々のドットパターンの位置が計算可能であることを説明する図である。 20

【図10】実施形態で説明したプロセスを総括して示す関係図である。

【図11】図10に示した関係図を変形した形態を説明する関係図である。

【図12】実施形態で説明したプロセスを変形して本発明を実施する場合のプロセスを総括して示す関係図である。

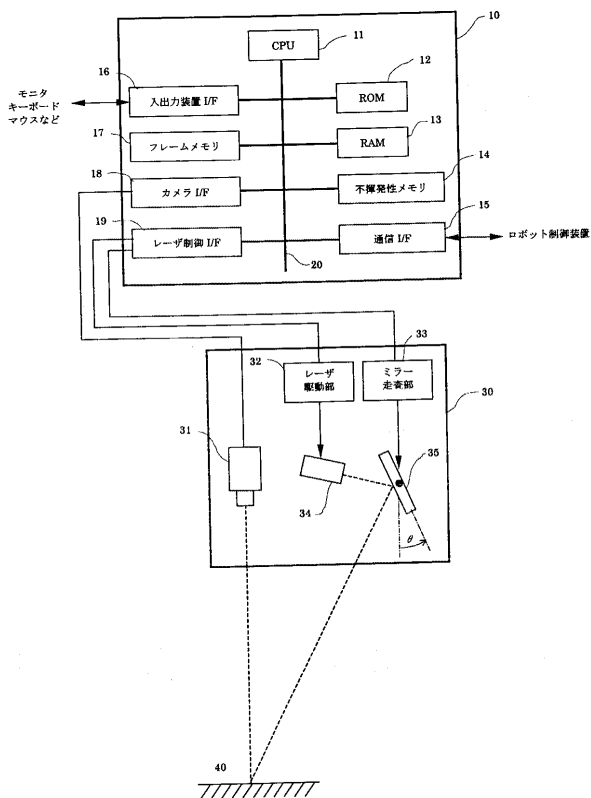
【符号の説明】

【0078】

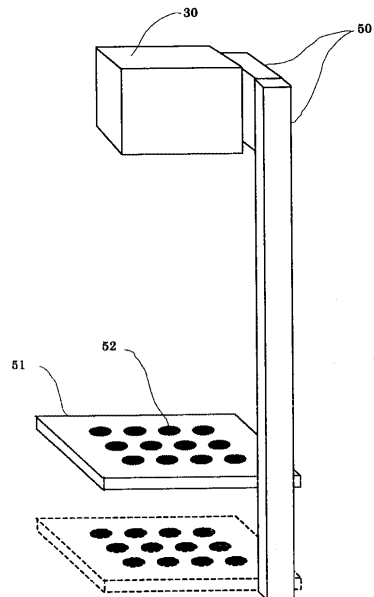
- | | | |
|-------------------|--------------------|----|
| 10、104 | 3次元視覚センサ制御装置 | |
| 11 | CPU | |
| 12 | ROM | |
| 13 | RAM | 30 |
| 14 | 不揮発性メモリ | |
| 15 | 通信I/F(インターフェイス) | |
| 16 | 入出力装置I/F(インターフェイス) | |
| 17 | フレームメモリ | |
| 18 | カメラI/F(インターフェイス) | |
| 19 | レーザ制御I/F(インターフェイス) | |
| 30 | センサヘッド | |
| 31 | カメラ | |
| 32 | レーザ駆動部 | 40 |
| 33 | ミラーjp1走査部 | |
| 34 | レーザ投光器 | |
| 35 | ミラー | |
| 40 | 対象物 | |
| 50 | 校正用治具 | |
| 51、60A、61、60B、103 | 測定ターゲット | |
| 52、61、62 | ドットパターン | |
| 63、64 | 輝点 | |
| 71~74 | 視線 | |
| 80 | センサ座標系(測定ターゲット座標系) | 50 |

- 100 ロボット制御装置
- 102 3次元視覚センサ(センサヘッド)
- 105 通信回線

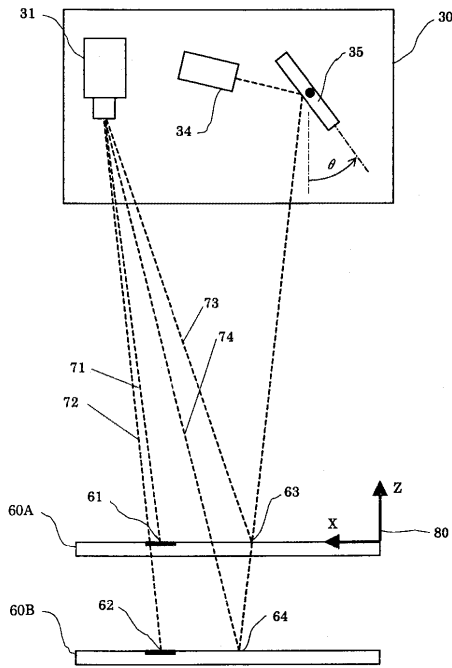
【図1】



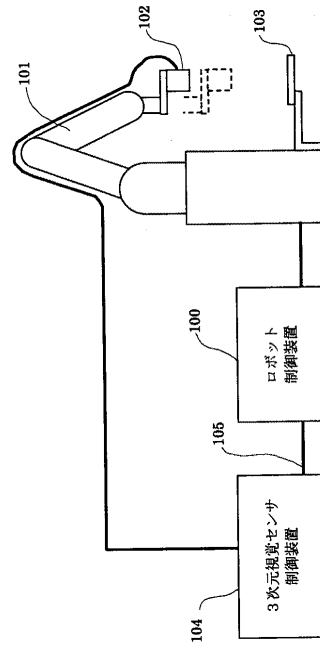
【図2】



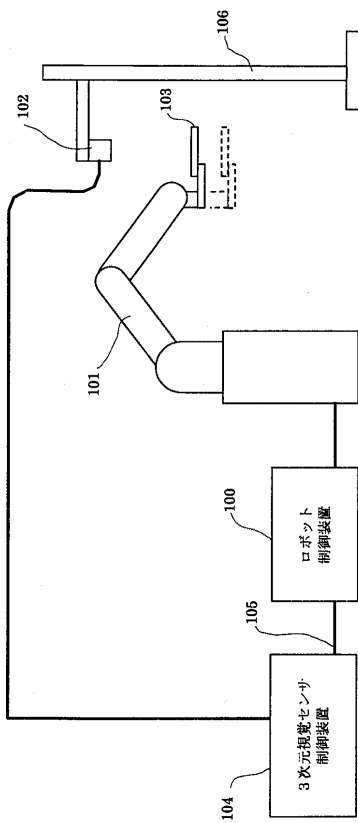
【 図 3 】



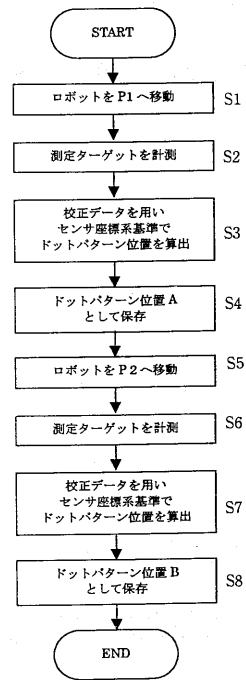
【 図 4 】



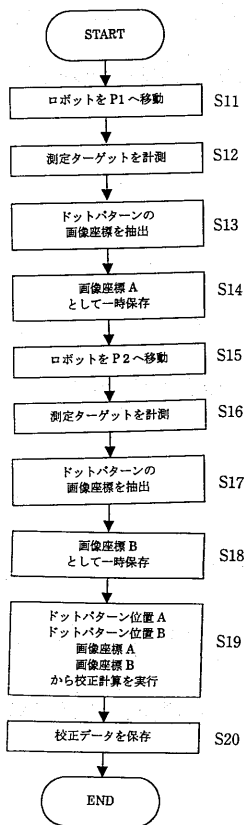
【 図 5 】



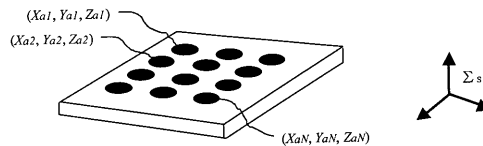
【 図 6 】



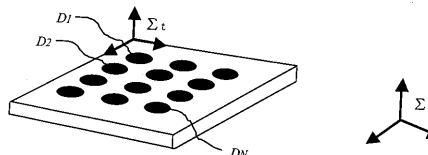
【 図 7 】



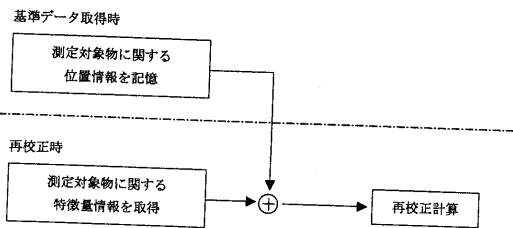
【 図 8 】



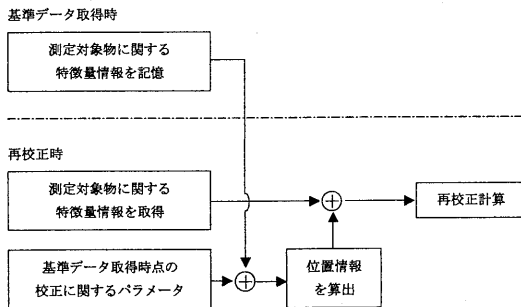
【 図 9 】



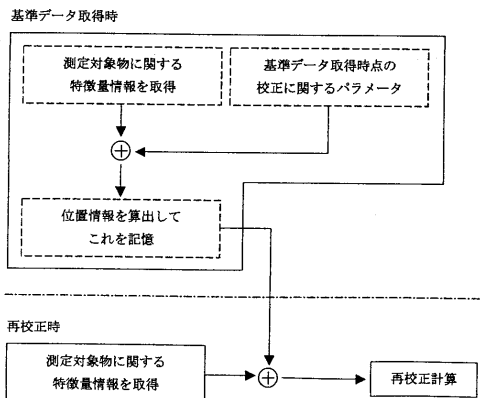
【 図 10 】



【 図 12 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(72)発明者 管野 一郎

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 大山 健

(56)参考文献 特開2004-193947(JP,A)

特開平02-183102(JP,A)

特開平05-016083(JP,A)

特開平10-336701(JP,A)

特開平08-005351(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02

G01B 11/00, 11/26