

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6705017号
(P6705017)

(45) 発行日 令和2年6月3日(2020.6.3)

(24) 登録日 令和2年5月15日(2020.5.15)

(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 6 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2018-556060 (P2018-556060) (86) (22) 出願日 平成28年12月13日 (2016.12.13) (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/087024 (87) 国際公開番号 W02018/109828 (87) 国際公開日 平成30年6月21日 (2018.6.21) 審査請求日 平成31年4月11日 (2019.4.11)</p>	<p>(73) 特許権者 000237271 株式会社 F U J I 愛知県知立市山町茶碓山 1 9 番地 (74) 代理人 110000017 特許業務法人アイテック国際特許事務所 (72) 発明者 保坂 英希 愛知県知立市山町茶碓山 1 9 番地 株式会 社 F U J I 内 審査官 中田 善邦</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業ロボットの目的位置補正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

左右方向を X 軸、前後方向を Y 軸、上下方向を Z 軸としたとき、X Y 平面に平行で基準点を持つ四角形状のエリアを X Y 方向に連ねたマトリクス平面を、Z 方向に所定間隔おきに積み上げることにより 3 次元マトリクスを構築し、前記 3 次元マトリクスの動作空間に指定された作業ロボットの目的位置を補正する方法であって、

前記所定間隔を隔てて配置された上下一対の前記エリアを含む直方体空間をブロックと称し、前記目的位置を前記 3 次元マトリクスの動作空間に指定したときの前記目的位置を含むブロックを特定ブロックと称するとした場合、

(a) 前記特定ブロックに接している 2 つのブロックを第 1 及び第 2 ブロックに設定する工程と、

(b) 前記特定ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記作業ロボットのエンドエフェクタの制御点の測定ズレ量、前記第 1 ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記エンドエフェクタの制御点の測定ズレ量、及び、前記第 2 ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記エンドエフェクタの制御点の測定ズレ量に基づいて前記目的位置を補正する工程と、

を含み、

前記エンドエフェクタの制御点は、前記基準点に前記エンドエフェクタの先端が一致するように前記作業ロボットを制御したときの前記エンドエフェクタの先端の位置である、

作業ロボットの目的位置補正方法。

10

20

【請求項 2】

前記工程 (a) では、前記特定ブロックの前後左右の各面には前ブロック、後ブロック、左ブロック及び右ブロックが接しており、前記第 1 及び第 2 ブロックを、前記目的位置に基づいて、前記前ブロック、前記後ブロック、前記左ブロック及び前記右ブロックのうちの 2 つのブロックから選択する、

請求項 1 に記載の作業ロボットの目的位置補正方法。

【請求項 3】

前記工程 (a) では、前記特定ブロックを 4 等分して左前方ゾーン、右前方ゾーン、左後方ゾーン及び右後方ゾーンを作成し、該 4 つのゾーンの中から前記目的位置を含むゾーンを選択し、選択されたゾーンの 2 つの外面とそれぞれ接するブロックを第 1 及び第 2 ブロックに設定する、

請求項 2 に記載の作業ロボットの目的位置補正方法。

【請求項 4】

前記工程 (b) では、まず、Z 方向のズレ量を考慮することなく前記目的位置の X 方向及び Y 方向の補正量を求め、その後、Z 方向のズレ量を考慮して前記目的位置の Z 座標を含む X Y 平面に対応する傾斜面 (水平面の場合も含む) を求め、前記傾斜面に基づいて前記目的位置の Z 方向の補正量を求める、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の作業ロボットの目的位置補正方法。

【請求項 5】

前記工程 (b) で、Z 方向のズレ量を考慮することなく前記目的位置の X 方向及び Y 方向の補正量を求めるにあたり、前記特定ブロック、前記第 1 ブロック及び前記第 2 ブロックの各々について、前記上エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置を前記上エリアに投影した上方投影位置と、前記下エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置を前記下エリアに投影した下方投影位置とを結んだ直線が、前記目的位置の Z 座標を含む X Y 平面と交わる交点を求め、前記特定ブロックの前記交点と前記第 1 ブロックの前記交点とを結んだ直線及び前記特定ブロックの前記交点と前記第 2 ブロックの前記交点とを結んだ直線に基づいて前記目的位置の X 方向及び Y 方向の補正量を求める、

請求項 4 に記載の作業ロボットの目的位置補正方法。

【請求項 6】

前記工程 (b) で、Z 方向のズレ量を考慮して前記目的位置の Z 方向の補正量を求める際の前記傾斜面を求めるにあたり、前記特定ブロック、前記第 1 ブロック及び前記第 2 ブロックの各々について、前記上方投影位置と前記下方投影位置とを結んだ直線と、前記上エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置と前記下エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置とを結んだ直線とを用いて、前記目的位置の Z 座標でのズレ量を求め、前記特定ブロック、前記第 1 ブロック及び前記第 2 ブロックの各々の前記目的位置の Z 座標でのズレ量に基づいて前記傾斜面を求める、

請求項 4 又は 5 に記載の作業ロボットの目的位置補正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書は、作業ロボットの目的位置補正方法について開示する。

【背景技術】

【0002】

従来、作業ロボットとしては、目標点に対して D H パラメータを適用して座標変換を行なうことでロボットの動作を制御するものが提案されている (例えば、特許文献 1 参照) 。 D H パラメータの設定は以下のようにして行なわれる。即ち、ロボットの制御装置は、ロボットの動作空間を複数の領域に分割し、分割した領域ごとに測定点を設定する。次に、制御装置は、測定点へロボットを移動させて 3 次元の位置データを取得する。そして、制御装置は、取得した位置データと測定点との誤差から D H パラメータを導出する。制御装置は、目標点に基づいてロボットの動作を制御する際、複数の領域ごとに導出した D H

10

20

30

40

50

パラメータのうち目標点が属する領域のDHパラメータを選択し、目標点に対して選択したDHパラメータを適用して座標変換を行なう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-148850号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上述した作業ロボットでは、座標変換に用いるDHパラメータを最適化しても、十分な作業精度を確保できない場合があった。そのため、作業ロボットの作業精度をより向上させることが望まれている。

【0005】

本開示は、3次元マトリクスの動作空間に指定された目的位置へ作業ロボットを精度よく位置決めすることを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本開示の作業ロボットの目的位置補正方法は、

左右方向をX軸、前後方向をY軸、上下方向をZ軸としたとき、XY平面に平行で基準点を持つ四角形状のエリアをXY方向に連ねたマトリクス平面を、Z方向に所定間隔おきに積み上げることにより3次元マトリクスを構築し、前記3次元マトリクスの動作空間に指定された作業ロボットの目的位置を補正する方法であって、

前記所定間隔を隔てて配置された上下一対の前記エリアを含む直方体空間をブロックと称し、前記目的位置を前記3次元マトリクスの動作空間に指定したときの前記目的位置を含むブロックを特定ブロックと称するとした場合、

(a) 前記特定ブロックに接している2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定する工程と、

(b) 前記特定ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記作業ロボットの測定ズレ量、前記第1ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記作業ロボットの測定ズレ量、及び、前記第2ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点と前記基準点からの前記作業ロボットの測定ズレ量に基づいて前記目的位置を補正する工程と、

を含むものである。

【0007】

この目的位置補正方法では、目的位置を含む特定ブロックに接している2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定する。そして、特定ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点とその基準点からの作業ロボットの測定ズレ量、第1ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点とその基準点からの作業ロボットの測定ズレ量、及び、第2ブロックの上エリア及び下エリアの各々の基準点とその基準点からの作業ロボットの測定ズレ量に基づいて、目的位置を補正する。このように、特定ブロックの基準点からの測定ズレ量だけでなく、特定ブロックに接している2つのブロックの基準点からの測定ズレ量を利用して目的位置を補正する。したがって、3次元マトリクスの動作空間に指定された目的位置へ作業ロボットを精度よく位置決めすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】ロボットシステム10の構成の概略を示す構成図。

【図2】3次元マトリクス25の説明図。

【図3】ロボット20と制御装置70との電氣的な接続関係を示すブロック図。

【図4】補正前処理ルーチンのフローチャート。

【図5】基準点Rと測定点Mとの関係を示す説明図。

10

20

30

40

50

【図 6】目的位置補正ルーチンのフローチャート。

【図 7 A】目的位置 T が左前方ゾーン a 1 にあるときの特定ブロック B s の上面図。

【図 7 B】目的位置 T が左前方ゾーン a 1 にあるときの第 1 及び第 2 ブロック B 1 , B 2 の説明図。

【図 8 A】目的位置 T が右前方ゾーン a 2 にあるときの特定ブロック B s の上面図。

【図 8 B】目的位置 T が右前方ゾーン a 2 にあるときの第 1 及び第 2 ブロック B 1 , B 2 の説明図。

【図 9 A】目的位置 T が左後方ゾーン a 3 にあるときの特定ブロック B s の上面図。

【図 9 B】目的位置 T が左後方ゾーン a 3 にあるときの第 1 及び第 2 ブロック B 1 , B 2 の説明図。

10

【図 10 A】目的位置 T が右後方ゾーン a 4 にあるときの特定ブロック B s の上面図。

【図 10 B】目的位置 T が右後方ゾーン a 4 にあるときの第 1 及び第 2 ブロック B 1 , B 2 の説明図。

【図 11】特定ブロック B s の仮想投影点 H P を求めるときの説明図。

【図 12】補正量 x_t , y_t の算出方法の説明図。

【図 13】特定ブロック B s の仮想測定点 H M の求め方の説明図。

【図 14】図 13 の A 視図。

【図 15】仮想測定点 H M s , H M 1 , H M 2 を含む傾斜面の説明図。

【発明を実施するための形態】

【0009】

20

次に、本開示を実施するための形態について図面を参照しながら説明する。

【0010】

図 1 は、ロボットシステム 10 の構成の概略を示す構成図である。図 2 は、3次元マトリクス 25 の説明図である。図 3 は、ロボット 20 と制御装置 70 との電気的な接続関係を示すブロック図である。なお、図 1 , 2 中、左右方向は X 軸方向であり、前後方向は Y 軸方向であり、上下方向は Z 軸方向である。

【0011】

ロボットシステム 10 は、ロボット 20 と、ロボット 20 を制御する制御装置 70 と、を備える。ロボットシステム 10 は、ワークをピックアップし、ピックアップしたワークを対象物にプレースするシステムとして構成されている。本実施形態では、ロボットシステム 10 は、ロボット 20 を用いてワークに対して作業を行なうシステムであれば、如何なるシステムにも適用できる。例えば、ロボットシステム 10 は、ロボット 20 により部品を採取して基板上に実装する部品実装システムに適用できる。

30

【0012】

ロボット 20 は、5 軸の垂直多関節アーム（以下、アームという）22 と、ロボット 20 の手先である図示しないエンドエフェクタ 23 と、を備える。アーム 22 は、6 つのリンク（第 1 ~ 第 6 リンク 31 ~ 36）と、各リンクを回転または旋回可能に連結する 5 つの関節（第 1 ~ 第 5 関節 41 ~ 45）と、を備える。各関節（第 1 ~ 第 5 関節 41 ~ 45）は、対応する関節を駆動するモータ（第 1 ~ 第 5 モータ 51 ~ 55、図 3 参照）、対応するモータの回転角度を検出するエンコーダ（第 1 ~ 第 5 エンコーダ 61 ~ 65、図 3 参

40

照）と、を備える。本実施形態では、モータはサーボモータであり、エンコーダはロータリエンコーダである。エンドエフェクタ 23 は、アーム 22 の先端リンク（第 6 リンク 36）に取り付けられ、部品（ワーク）の保持とその解除とが可能となっている。エンドエフェクタ 23 は、例えば、メカチャックや吸着ノズル、電磁石などを用いることができる。

【0013】

ここで、ロボット 20 の動作空間について図 2 を参照しながら説明する。3次元マトリクス 25 は、ロボット 20 の動作空間である。ロボット 20 のエンドエフェクタ 23 の先端は、3次元マトリクス 25 内に目的位置が設定されると、制御装置 70 によってその目的位置に移動されるが、この点は後で詳述する。3次元マトリクス 25 は、マトリクス平

50

面 P を Z 方向に所定間隔おきに積み上げることにより構築されている。3次元マトリクス 25 の下から n 番めのマトリクス平面 P をマトリクス平面 P_n (n は自然数) と称する。また、マトリクス平面 P_n の高さすなわち z 座標を z_n と表す。マトリクス平面 P は、X Y 平面に平行で中心に基準点 R を持つ矩形のエリア A が X Y 方向に複数重なったものである。基準点 R はワールド座標 (絶対座標) 上に設定されている。すべての基準点 R の座標は、予め HDD 73 に保存されている。本実施形態では、所定間隔を隔てて配置された上下一対のエリア A を含む直方体空間をブロック B と称する。

【0014】

制御装置 70 は、図 3 に示すように、CPU 71 を中心としたマイクロプロセッサとして構成され、CPU 71 の他に、ROM 72 や HDD 73、RAM 74、駆動回路 75 などを備える。駆動回路 75 は、第 1 ~ 第 5 モータ 51 ~ 55 を駆動するための回路である。制御装置 70 には、第 1 ~ 第 5 エンコーダ 61 ~ 65 や入力装置 76 などから信号が入力される。制御装置 70 からは、出力装置 77 や第 1 ~ 第 5 モータ 51 ~ 55 へ信号が出力される。なお、入力装置 76 は、オペレータが入力操作を行なう入力デバイスである。また、出力装置 77 は、各種情報を表示するための表示デバイスである。

10

【0015】

次に、ロボットシステム 10 の動作について説明する。図 6 は目的位置補正ルーチンのフローチャートである。この目的位置補正ルーチンを実行する前に、ロボットシステム 10 は補正前処理ルーチンを実行するため、まずその補正前処理ルーチンについて説明し、その後目的位置補正ルーチンについて説明する。図 4 は補正前処理ルーチンのフローチャートである。

20

【0016】

制御装置 70 の CPU 71 は、補正前処理ルーチンを開始すると、1つの基準点 R の座標を読み出し (S100)、その座標にロボット 20 のエンドエフェクタ 23 の先端が一致するようにロボット 20 を制御する (S110)。次に、CPU 71 は、そのときの実際のエンドエフェクタ 23 の先端のワールド座標上の停止位置を認識し (S120)、その停止位置を測定点 M として今回の基準点 R に対応づけて HDD 73 に記憶する (S130)。そして、CPU 71 は、補正前処理ルーチンが終了したか否か、すなわちすべての基準点 R に測定点 M を対応づけて記憶したか否かを判定する (S140)。判定結果が否定であれば、CPU 71 は S100 に戻って次の基準点 R について同様の処理を実行する。一方、判定結果が肯定であれば、CPU 71 はこの補正前処理ルーチンを終了する。

30

【0017】

ここで、基準点 R と測定点 M との関係の一例について図 5 を参照して説明する。図 5 では、高さ z_1 のエリア A と高さ z_2 のエリア A とが上下一対になったブロック B の基準点 R と測定点 M との関係を示す説明図である。高さ z_1 のエリア A の基準点 R は (x_r, y_r, z_1) であるのに対し測定点 M は (x_{r1}, y_{r1}, z_{r1}) であり、高さ z_2 のエリア A の基準点 R は (x_r, y_r, z_2) であるのに対し測定点 M は (x_{r2}, y_{r2}, z_{r2}) である。

【0018】

次に、目的位置補正ルーチンについて図 6 を参照して説明する。目的位置補正ルーチンでは、目的位置 T にエンドエフェクタ 23 の先端を精度よく位置決めするために、ロボット 20 に入力された目的位置 T を補正するルーチンである。

40

【0019】

CPU 71 は、目的位置補正ルーチンを開始すると、まず、今回の目的位置 T の座標 (x_t, y_t, z_t) を読み出す (S200)。目的位置 T の座標 (x_t, y_t, z_t) は、予めオペレータによって入力装置 76 を介してロボット 20 に入力されたものであり、HDD 73 に記憶されている。次に、CPU 71 は、特定ブロック B_s を設定する (S210)。具体的には、ワールド座標において目的位置 T を含むブロック B を特定ブロック B_s に設定する。

【0020】

次に、CPU 71 は、第 1 及び第 2 ブロック B₁, B₂ を設定する (S220)。ここ

50

では、CPU 71は、特定ブロックBsに接しているブロックBの中から第1及び第2ブロックB1, B2を設定する。具体的には、図7Aに示すように、特定ブロックBsは、左前方ゾーンa1、右前方ゾーンa2、左後方ゾーンa3及び右後方ゾーンa4に4等分されている。CPU 71は、目的位置Tがどのゾーンに含まれているかを認識し、認識したゾーンの2つの外面とそれぞれ接するブロックを第1及び第2ブロックB1, B2に設定する。例えば、図7Aでは、目的位置Tが左前方ゾーンa1に含まれている。この場合、図7Bのように、特定ブロックBsの前後左右の各面に接している4つのブロックのうち、左前方ゾーンa1の2つの外面(図7Aの太線参照)と接する左及び前ブロックが第1及び第2ブロックB1, B2に設定される。また、図8Aでは、目的位置Tが右前方ゾーンa2に含まれている。この場合、図8Bのように、右前方ゾーンa2の2つの外面(図8Aの太線参照)と接する右及び前ブロックが第1及び第2ブロックB1, B2に設定される。また、図9Aでは、目的位置Tが左後方ゾーンa3に含まれている。この場合、図9Bのように、左後方ゾーンa3の2つの外面(図9Aの太線参照)と接する左及び後ブロックが、第1及び第2ブロックB1, B2に設定される。また、図10Aでは、目的位置Tが右後方ゾーンa4に含まれている。この場合、図10Bのように、右後方ゾーンa4の2つの外面(図10Aの太線参照)と接する右及び後ブロックが、第1及び第2ブロックB1, B2に設定される。

【0021】

次に、CPU 71は、目的位置TのX, Y方向の補正量 x_t, y_t を算出する(S230)。ここでは、CPU 71は、目的位置TのZ方向のズレ量を考慮することなく目的位置TのX, Y方向の補正量 x_t, y_t を算出する。

【0022】

具体的には、CPU 71は、まず、特定ブロックBs、第1及び第2ブロックB1, B2の各々について目的位置高さ z_t のXY平面における仮想投影点HPを求める。一例として、特定ブロックBsの仮想投影点HPの求め方を図11を参照しながら説明する。特定ブロックBsは、上下一対のエリアAを含む。下方のエリアAの高さが z_1 、上方のエリアAの高さが z_2 だとする。下方のエリアAの基準点 $R(x_s, y_s, z_1)$ の測定点 $M(x_{s1}, y_{s1}, z_{s1})$ は、その基準点Rから測定ズレ量だけずれた位置にある。この測定点 $M(x_{s1}, y_{s1}, z_{s1})$ を下方のエリアAに投影した点 (x_{s1}, y_{s1}, z_1) を下方投影点LPと称する。下方投影点LPは、Z方向のズレ量を考慮しない測定点ということができる。一方、上方のエリアAの基準点 $R(x_s, y_s, z_2)$ の測定点 $M(x_{s2}, y_{s2}, z_{s2})$ は、その基準点Rから測定ズレ量だけずれた位置にある。この測定点 $M(x_{s2}, y_{s2}, z_{s2})$ を上方のエリアAに投影した点 (x_{s2}, y_{s2}, z_2) を上方投影点UPと称する。上方投影点UPは、Z方向のズレ量を考慮しない測定点ということができる。そして、下方投影点LPと上方投影点UPとを結んだ直線が目的位置高さ z_t のXY平面(図11で網かけで示した平面)と交わる交点を数学的に求める。この交点は、特定ブロックBsにおける高さ z_t のXY平面上の仮想投影点HP (x_{st}, y_{st}, z_t) である。仮想投影点HP (x_{st}, y_{st}, z_t) は、高さ z_t のXY平面の仮想基準点HR (x_s, y_s, z_t) の図示しない仮想測定点HM (x_{st}, y_{st}, z_{st}) を高さ z_t のXY平面に投影した点ということができる。第1及び第2ブロックB1, B2の仮想投影点HPも同様にして求める。

【0023】

続いて、特定ブロックBsの仮想投影点HP(HPsという)と第1ブロックB1の仮想投影点HP(HP1という)とを結んだ直線と、特定ブロックBsの仮想投影点HPsと第2ブロックB2の仮想投影点HP(HP2という)とを結んだ直線とに基づいて、目的位置TのX, Y方向の補正量 x_t, y_t を算出する。なお、以下では、特定ブロックBs、第1ブロックB1及び第2ブロックB2の仮想基準点HRをそれぞれHRs, HR1, HR2と称する。仮想基準点HRs, HR1, HR2や仮想投影点HPs, HP1, HP2の座標は既に述べたとおり確定している。

【0024】

補正量 x_t , y_t の算出方法を図 1 2 を参照しながら説明する。補正量 x_t は以下のようにして求める。まず、2つの仮想投影点 $H P s$ 、 $H P 1$ を結んだ直線の方程式 (x と y の方程式) と目的位置 T の y 座標である y_t とから、 y 座標が y_t のときの x 座標を求める。そして、その x 座標と特定ブロック $B s$ の基準点 $R s$ の x 座標 ($= x_s$) との差分 x_t' を求める。次に、以下の2点を結んだ直線の方程式を求める。1点は、横軸が仮想基準点 $H R s$ の x 座標 ($= x_s$) で、縦軸が仮想投影点 $H P s$ の x 座標と仮想基準点 $H R s$ の x 座標との差分である点である。もう1点は、横軸が仮想基準点 $H R 2$ の x 座標で、縦軸が仮想投影点 $H P 2$ の x 座標と仮想基準点 $H R 2$ の x 座標との差分である点である。この方程式から、横軸が目的位置 T の x 座標 ($= x_t$) のときの縦軸の値 (x 方向の差分) を求める。求めた x 方向の差分を仮想基準点 $H R s$ における x 方向の差分で除した値に差分 x_t' を乗じることにより、目的位置における x 方向の補正量 x_t を得る。

10

【0025】

補正量 y_t も同様にして求める。まず、2つの仮想投影点 $H P s$ 、 $H P 2$ を結んだ直線の方程式 (x と y の方程式) と目的位置 T の x 座標である x_t とから、 x 座標が x_t のときの y 座標を求め、その y 座標と特定ブロック $B s$ の基準点 $R s$ の y 座標 ($= y_s$) との差分 y_t' を求める。次に、以下の2点を結んだ直線の方程式を求める。1点は、横軸が仮想基準点 $H R s$ の y 座標 ($= y_s$) で、縦軸が仮想投影点 $H P s$ の y 座標と仮想基準点 $H R s$ の y 座標との差分である点である。もう1点は、横軸が仮想基準点 $H R 2$ の y 座標で、縦軸が仮想投影点 $H P 2$ の y 座標と仮想基準点 $H R 2$ の y 座標との差分である点である。この方程式から、横軸が目的位置 T の y 座標 ($= y_t$) のときの縦軸の値 (y 方向の差分) を求める。求めた y 方向の差分を仮想基準点 $H R s$ における y 方向の差分で除した値に差分 y_t' を乗じることにより、目的位置における y 方向の補正量 y_t を得る。なお、図 1 2 には、暫定補正後の目標位置 $C T$ を点線の「+」で示した。暫定補正後の目標位置 $C T$ は、 Z 方向のずれを考慮せずに暫定的に求めた補正後の目標位置であり、($x_t - x_t$, $y_t - y_t$, z_t) である。

20

【0026】

図 6 に戻り、 $S 2 3 0$ の後、 $C P U 7 1$ は、目的位置 T の Z 方向の補正量 z_t を算出する ($S 2 4 0$)。ここでは、 $C P U 7 1$ は、目的位置高さ z_t の $X Y$ 平面に対応する傾斜面を求め、その傾斜面に基づいて補正後の目的位置の Z 方向の補正量 z_t を算出する。

30

【0027】

具体的には、 $C P U 7 1$ は、まず、特定ブロック $B s$ 、第 1 及び第 2 ブロック $B 1$, $B 2$ の各々について目的位置高さ z_t の $X Y$ 平面における仮想基準点 $H R$ に対応する仮想測定点 $H M$ を求める。仮想測定点 $H M$ は、仮に仮想基準点 $H R$ の座標にエンドエフェクタ 2 3 の先端が一致するようにロボット 2 0 を制御した場合のエンドエフェクタ 2 3 の先端の停止位置 (予測値) である。

【0028】

一例として、特定ブロック $B s$ の仮想測定点 $H M$ の求め方を図 1 3 を参照しながら説明する。なお、図 1 3 に示した点や位置は図 1 1 に示した点や位置と同じである。ここでは、下方のエリア A の測定点 $M (x_{s1}, y_{s1}, z_{s1})$ と上方のエリア A の測定点 $M (x_{s2}, y_{s2}, z_{s2})$ とを結ぶ。この状態を白抜き矢印の方向 (A 視) から見たときの様子を図 1 4 に示す。横軸を Z 座標、縦軸を Z 方向のずれ量とするグラフにおいて、 Z 座標が z_1 でずれ量が $(z_{r1} - z_1)$ である点と、 Z 座標が z_2 でずれ量が $(z_{r2} - z_2)$ である点とを結んだ直線の方程式を求める。この方程式から Z 座標が z_t のときのずれ量すなわち $(z_s - z_t)$ を求める。これにより、仮想測定点 $H M$ を求めることができる。第 1 及び第 2 ブロック $B 1$, $B 2$ の仮想測定点 $H M$ も同様にして求める。

40

【0029】

続いて、図 1 5 に示すように、特定ブロック $B s$ の仮想測定点 $H M$ ($H M s$ という) と第 1 ブロック $B 1$ の仮想測定点 $H M$ ($H M 1$ という) と第 2 ブロック $B 2$ の仮想測定点 $H M$ ($H M 2$ という) とを含む傾斜面 (水平面の場合もあり得る) の方程式を数学的に求め

50

る。そして、前出の暫定補正後の目的位置CT ($x_t - x_t, y_t - y_t, z_t$) の x 及び y の値を傾斜面の方程式に代入し、そのときの z 座標の値を求め、 Z 方向の補正量 z_t を求める。

【0030】

図6に戻り、S240の後、CPU71は、最終的な補正後の目的位置AT ($x_t - x_t, y_t - y_t, z - z_t$) を算出し(S250)、本ルーチンを終了する。その結果、ロボットシステム10に目的位置Tが入力された場合、CPU71は補正後の目的位置ATにエンドエフェクタ23の先端が一致するようにロボット20を制御する。これにより、エンドエフェクタ23の先端はワールド座標上の目的位置Tに精度よく一致する。

【0031】

以上説明した本実施形態では、特定ブロックBsの基準点Rからの測定ズレ量(測定点Mと基準点Rとの差分)だけでなく、特定ブロックBsに接している第1及び第2ブロックB1, B2の基準点Rからの測定ズレ量を利用して目的位置Tを補正する。したがって、3次元マトリクス25の動作空間に指定された目的位置Tへエンドエフェクタ23の先端を精度よく位置決めすることができる。

【0032】

また、特定ブロックBsの周囲の4つのブロックの中から目的位置Tに近い2つのブロックが第1及び第2ブロックに設定される。そのため、目的位置Tをより適切に補正することができる。

【0033】

更に、本実施形態では、 Z 方向のズレ量を考慮することなく目的位置Tの X 方向及び Y 方向の補正量を求め、その後、 Z 方向のズレ量を考慮して目的位置高さ z_t の XY 平面上に対応する傾斜面を求め、その傾斜面に基づいて目的位置の Z 方向の補正量を求めている。そのため、 XYZ 方向の補正量を一度に求める場合に比べて、各方向の補正量を容易に求めることができる。

【0034】

更にまた、本実施形態では、特定ブロックBsの仮想投影点HPsと第1ブロックB1の仮想投影点HP1とを結んだ直線及び特定ブロックBsの仮想投影点HPと第2ブロックB2の仮想投影点HP2とを結んだ直線に基づいて目的位置Tの X 方向及び Y 方向の補正量を求めている。そのため、目的位置Tの X 方向及び Y 方向の補正量を比較的簡単に求めることができる。

【0035】

そしてまた、本実施形態では、特定ブロックBs、第1ブロックB1及び第2ブロックB2の各々について、上方投影位置UPと下方投影位置LPとを結んだ直線と、上方の測定点Mと下方の測定点Mとを結んだ直線とを用いて、目的位置高さ z_t におけるズレ量を求めている。そして、特定ブロックBs、第1ブロックB1及び第2ブロックB2の各々の目的位置高さ z_t におけるズレ量に基づいて傾斜面を求めている。そのため、目的位置Tの Z 方向の補正量を比較的簡単に求めることができる。

【0036】

なお、本開示は、上述した実施形態に何ら限定されることはなく、本開示の技術的範囲に属する限り種々の態様で実施し得ることはいうまでもない。

【0037】

例えば、上述した実施形態では、ロボット20として垂直多関節ロボットを例示したが、特にこれに限定されない。例えば、ロボット20として直交ロボット、水平多関節ロボット、パラレルリンクロボットなどを採用してもよい。但し、本開示の目的位置補正方法は、ロボット20として垂直多関節ロボットを用いる場合に採用するのが適している。

【0038】

上述した実施形態では、特定ブロックBsの前後左右の各面に接する4つのブロックの中から2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定したが、特にこれに限定されない。例えば、特定ブロックBsの上下前後の各面に接する4つのブロックの中から2つのブ

10

20

30

40

50

ックを第1及び第2ブロックに設定してもよい。あるいは、特定ブロックBsの上下左右の各面に接する4つのブロックの中から2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定してもよい。これらの場合も、特定ブロックBsの周囲の4つのブロックの中から目的位置Tに近い2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定するのが好ましい。

【0039】

上述した実施形態では、特定ブロックBsに接する4つのブロックの中から目的位置Tに近い2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定したが、特定ブロックBsに接するブロックが2つ又は3つの場合には、この方法によらずに第1及び第2ブロックを設定してもよい。例えば、特定ブロックBsが3次元マトリクス25の角に位置している場合のように特定ブロックBsに接するブロックが2つしかない場合には、その2つのブロックを第1及び第2ブロックに設定すればよい。

10

【0040】

本開示の作業ロボットの目的位置補正方法は、以下のように構成してもよい。

【0041】

本開示の作業ロボットの目的位置補正方法において、前記工程(a)では、前記特定ブロックの前後左右の各面には前ブロック、後ブロック、左ブロック及び右ブロックが接しており、前記第1及び第2ブロックを、前記目的位置に基づいて、前記前ブロック、前記後ブロック、前記左ブロック及び前記右ブロックのうちの2つのブロックから選択してもよい。この場合、前記工程(a)では、前記特定ブロックを4等分して左前方ゾーン、右前方ゾーン、左後方ゾーン及び右後方ゾーンを作成し、該4つのゾーンの中から前記目的位置を含むゾーンを選択し、選択されたゾーンの2つの外面とそれぞれ接するブロックを第1及び第2ブロックに設定してもよい。こうすれば、特定ブロックの周囲の4つのブロックの中から目的位置に近い2つのブロックが第1及び第2ブロックに設定される。そのため、目的位置をより適切に補正することができる。

20

【0042】

本開示の作業ロボットの目的位置補正方法において、前記工程(b)では、まず、Z方向のズレ量を考慮することなく前記目的位置のX方向及びY方向の補正量を求め、その後、Z方向のズレ量を考慮して前記目的位置のZ座標を含むXY平面に対応する傾斜面(水平面の場合も含む)を求め、前記傾斜面に基づいて前記目的位置のZ方向の補正量を求めてもよい。こうすれば、XYZ方向の補正量を一度に求める場合に比べて、各方向の補正量を容易に求めることができる。

30

【0043】

前記工程(b)で、Z方向のズレ量を考慮することなく前記目的位置のX方向及びY方向の補正量を求めるにあたり、前記特定ブロック、前記第1ブロック及び前記第2ブロックの各々について、前記上エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置を前記上エリアに投影した上方投影位置と、前記下エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置を前記下エリアに投影した下方投影位置とを結んだ直線が、前記目的位置のZ座標を含むXY平面と交わる交点を求め、前記特定ブロックの前記交点と前記第1ブロックの前記交点とを結んだ直線及び前記特定ブロックの前記交点と前記第2ブロックの前記交点とを結んだ直線に基づいて前記目的位置のX方向及びY方向の補正量を求めてもよい。こうすれば、目的位置のX方向及びY方向の補正量を比較的簡単に求めることができる。

40

【0044】

また、前記工程(b)で、Z方向のズレ量を考慮して前記目的位置のZ方向の補正量を求める際の前記傾斜面を求めるにあたり、前記特定ブロック、前記第1ブロック及び前記第2ブロックの各々について、前記前記上方投影位置と前記下方投影位置とを結んだ直線と、前記上エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置と前記下エリアの前記基準点から前記測定ズレ量だけずれた位置とを結んだ直線とを用いて、前記目的位置のZ座標でのズレ量を求め、前記特定ブロック、前記第1ブロック及び前記第2ブロックの各々の前記目的位置のZ座標でのズレ量に基づいて前記傾斜面を求めてもよい。こうすれば

50

、目的位置のZ方向の補正量を比較的簡単に求めることができる。

【産業上の利用可能性】

【0045】

本開示は、作業ロボットを利用した部品の組立作業を行う機械産業などに利用可能である。

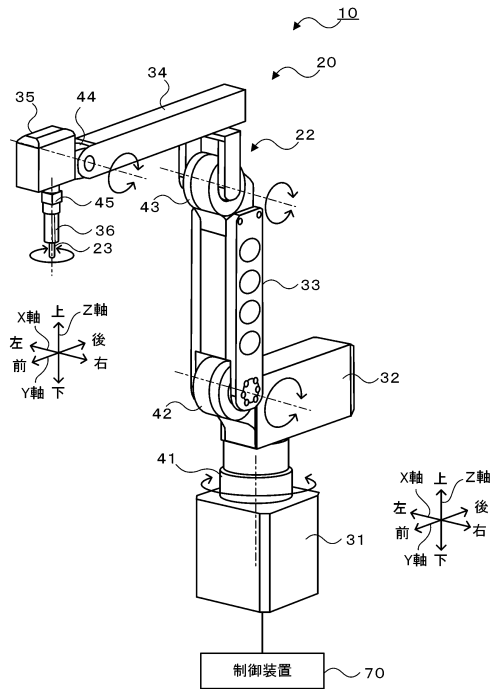
【符号の説明】

【0046】

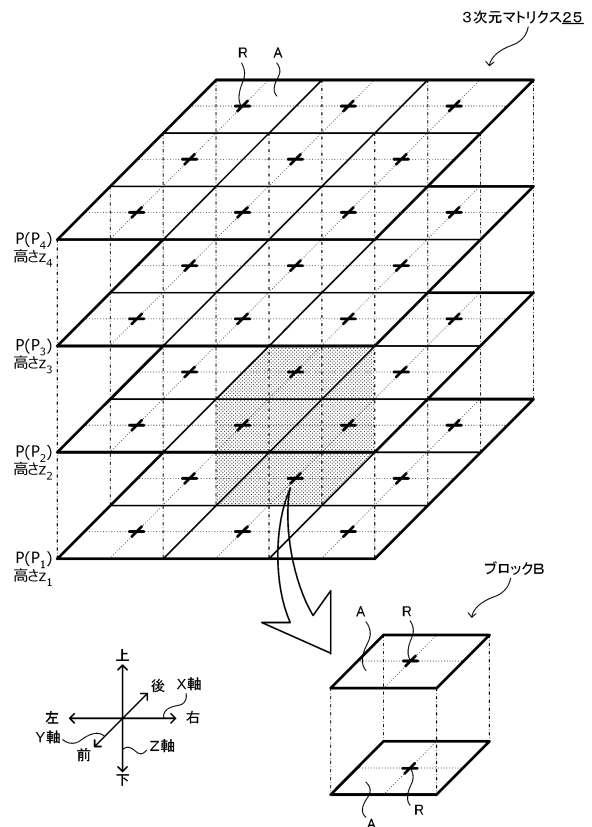
10 ロボットシステム、20 ロボット、22 アーム、23 エンドエフェクタ、25 3次元マトリクス、31~36 第1~第6リンク、41~45 第1~第5関節、51~55 第1~第5モータ、61~65 第1~第5エンコーダ、70 制御装置、71 CPU、72 ROM、73 HDD、74 RAM、75 駆動回路、76 入力装置、77 出力装置、A エリア、a1 左前方ゾーン、a2 右前方ゾーン、a3 左後方ゾーン、a4 右後方ゾーン、AT 補正後の目標位置、B ブロック、B1 第1ブロック、B2 第2ブロック、Bs 特定ブロック、CT 暫定補正後の目標位置、HM 仮想測定点、HP 仮想投影点、HR 仮想基準点、LP 下方投影点、M 測定点、R 基準点、T 目標位置、UP 上方投影点。

10

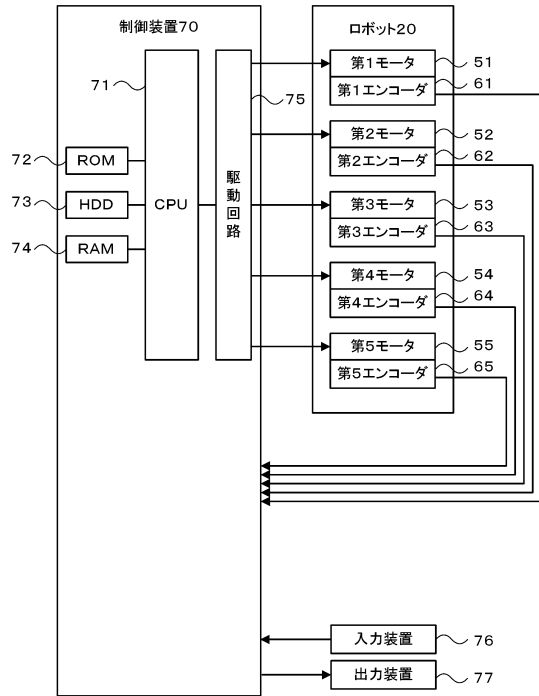
【図1】



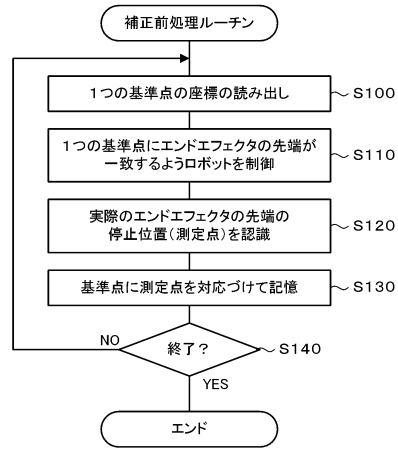
【図2】



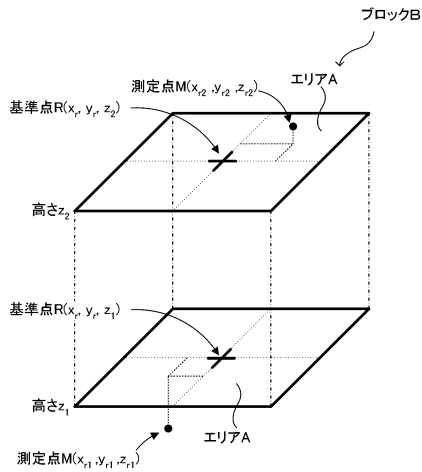
【図3】



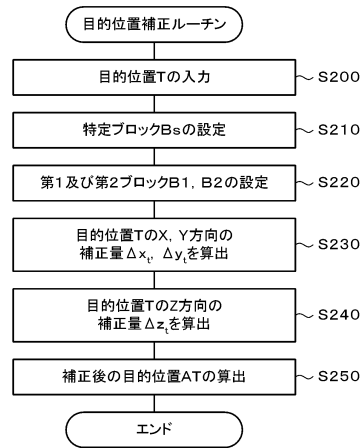
【図4】



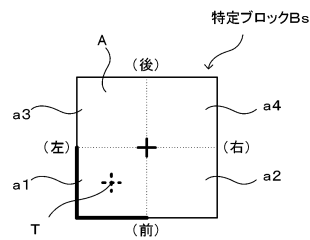
【図5】



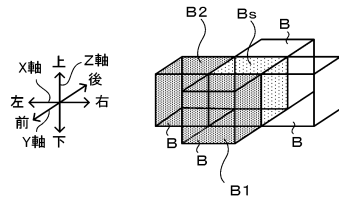
【図6】



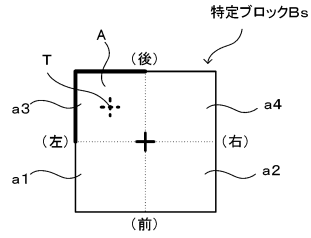
【図7A】



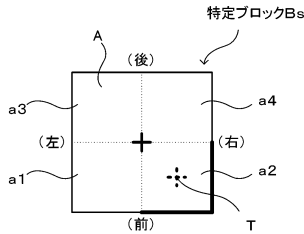
【図7B】



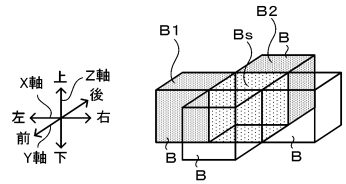
【図9A】



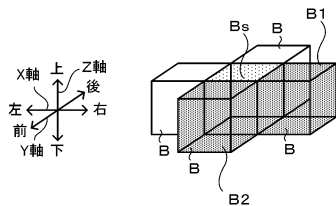
【図8A】



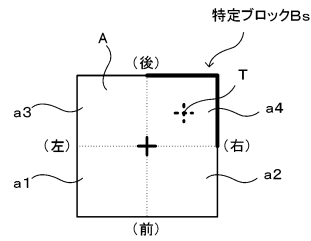
【図9B】



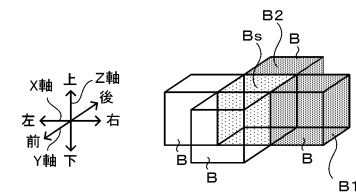
【図8B】



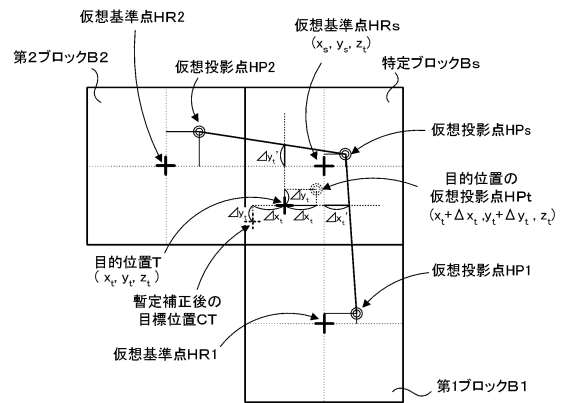
【図10A】



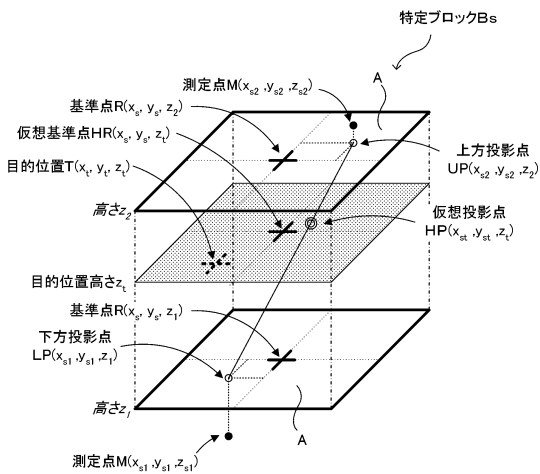
【図10B】



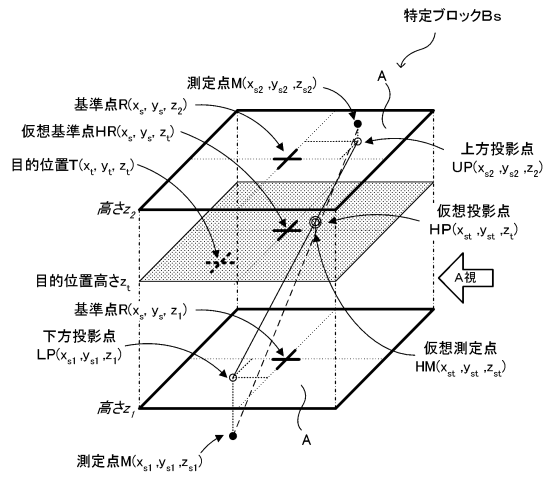
【図12】



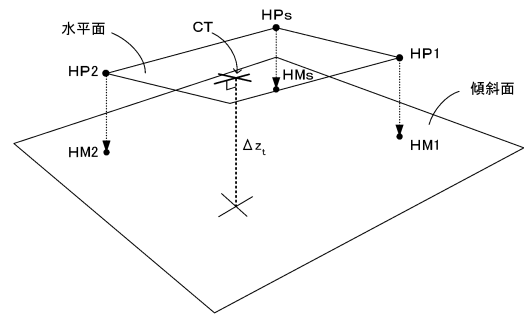
【図11】



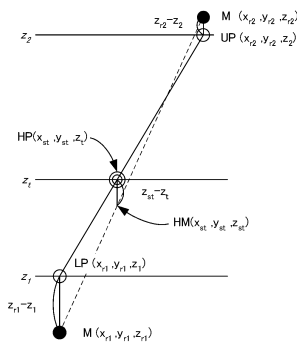
【図 13】



【図 15】



【図 14】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-148850(JP,A)
特開平02-048188(JP,A)
特開2013-175229(JP,A)
特開平03-287343(JP,A)
米国特許出願公開第2003/0144809(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J1/00-21/02