

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-86351

(P2024-86351A)

(43)公開日 令和6年6月27日(2024.6.27)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
G 0 1 B 11/00 (2006.01)	G 0 1 B 11/00	D 2 F 0 6 5
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 8 O L (全23頁)

(21)出願番号	特願2022-201438(P2022-201438)	(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
(22)出願日	令和4年12月16日(2022.12.16)	(74)代理人	100091292 弁理士 増田 達哉
		(74)代理人	100173428 弁理士 藤谷 泰之
		(74)代理人	100091627 弁理士 朝比 一夫
		(72)発明者	久保 達哉 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	漆間 正太 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

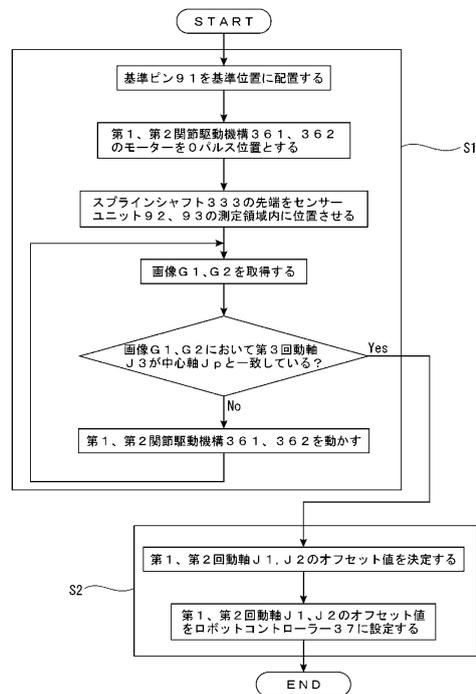
(54)【発明の名称】 原点校正方法および原点校正システム

(57)【要約】

【課題】優れた精度で校正を行うことができる原点校正方法および原点校正システムを提供する。

【解決手段】スカラロボットの原点校正方法は、基準位置に配置されている基準治具と、前記スカラロボットの先端とを光学センサーで同時に検出する検出ステップと、前記検出ステップの結果に基づいて前記スカラロボットの原点校正を行う校正ステップと、を含む。また、前記光学センサーは、前記基準治具を介して対向配置されている発光装置および受光装置を備える2組のセンサーユニットを備え、前記2組のセンサーユニットは、互いの光軸を直交させて配置されている。

【選択図】図13



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

スカラロボットの原点校正方法であって、  
基準位置に配置されている基準治具と、前記スカラロボットの先端とを光学センサーで同時に検出する検出ステップと、

前記検出ステップの結果に基づいて前記スカラロボットの原点校正を行う校正ステップと、を含むことを特徴とする原点校正方法。

**【請求項 2】**

前記光学センサーは、前記基準治具を介して対向配置されている発光装置および受光装置を備える 2 組のセンサーユニットを備え、

前記 2 組のセンサーユニットは、互いの光軸を直交させて配置されている請求項 1 に記載の原点校正方法。

**【請求項 3】**

前記発光装置は、透過照明である請求項 2 に記載の原点校正方法。

**【請求項 4】**

前記発光装置は、光源と、前記光源から出射された光を平行光にする発光側テレセントリック光学系と、を有し、

前記受光装置は、撮像素子と、前記撮像素子に前記平行光を結像させる受光側テレセントリック光学系と、を有する請求項 2 に記載の原点校正方法。

**【請求項 5】**

前記光学センサーの測定範囲は、直径 25 mm 以上である請求項 1 に記載の原点校正方法。

**【請求項 6】**

前記光学センサーの繰り返し精度は、 $\pm 0.2 \mu\text{m}$  以下である請求項 1 に記載の原点校正方法。

**【請求項 7】**

前記検出結果に基づいて前記スカラロボットのアームの長さを測定するアーム長測定ステップを含む請求項 1 に記載の原点校正方法。

**【請求項 8】**

基準位置に配置されている基準治具と、

前記基準治具と前記スカラロボットの先端とを同時に検出する光学センサーと、

前記光学センサーの検出結果に基づいて前記スカラロボットの原点校正を行う処理部と、を有することを特徴とする原点校正システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、原点校正方法および原点校正システムに関する。

**【背景技術】****【0002】**

特許文献 1 には、治具シャフトを多関節型ロボットに接触させることで、多関節型ロボットの原点校正を行う方法が記載されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 5 - 004179 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

しかしながら、特許文献 1 の多関節型ロボットの原点校正方法では、治具シャフトの加工誤差によって原点校正の精度が低下するおそれがある。

10

20

30

40

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明の原点校正方法は、スカラロボットの原点校正方法であって、  
基準位置に配置されている基準治具と、前記スカラロボットの先端とを光学センサーで同時に検出する検出ステップと、

前記検出ステップの結果に基づいて前記スカラロボットの原点校正を行う校正ステップと、を含む。

## 【0006】

本発明の原点校正システムは、基準位置に配置されている基準治具と、  
前記基準治具と前記スカラロボットの先端とを同時に検出する光学センサーと、  
前記光学センサーの検出結果に基づいて前記スカラロボットの原点校正を行う処理部と、  
を有する。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0007】

【図1】好適な実施形態に係るロボット検査システムの構成図である。

【図2】ロボット検査システムで検査されるロボットの一例を示す側面図である。

【図3】図2に示すロボットの拡大図である。

【図4】載置台および自動搬送車を示す側面図である。

【図5】自動搬送車で載置台を持ち上げた状態を示す側面図である。

【図6】ロボット検査システムの上面図である。

20

【図7】ロボット検査システムに載置台が接続された状態を示す上面図である。

【図8】第3領域で行われる作業を示す図である。

【図9】第3領域で行われる作業を示す図である。

【図10】第1領域を示す上面図である。

【図11】基準ピンの斜視図である。

【図12】センサーユニットの構造を示す概略図である。

【図13】スカラロボットの原点校正方法を示すフローチャートである。

【図14】光学センサーの測定領域内にロボットの先端を位置させた状態を示す斜視図である。

【図15】アーム長測定ステップを示すフローチャートである。

30

【図16】光学センサーで取得される画像の一例を示す図である。

【図17】光学センサーで取得される画像の一例を示す図である。

【図18】光学センサーで取得される画像の一例を示す図である。

【図19】光学センサーで取得される画像の一例を示す図である。

【図20】第2実施形態に係る原点校正システムを示す上面図である。

【図21】第3実施形態に係る原点校正システムを示す上面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0008】

以下、本発明の原点校正方法および原点校正システムを添付図面に示す実施形態に基づいて詳細に説明する。

40

## 【0009】

## &lt; 第1実施形態 &gt;

図1は、好適な実施形態に係るロボット検査システムの構成図である。図2は、ロボット検査システムで検査されるロボットの一例を示す側面図である。図3は、図2に示すロボットの拡大図である。図4は、載置台および自動搬送車を示す側面図である。図5は、自動搬送車で載置台を持ち上げた状態を示す側面図である。図6は、ロボット検査システムの上面図である。図7は、ロボット検査システムに載置台が接続された状態を示す上面図である。図8および図9は、それぞれ、第3領域で行われる作業を示す図である。図10は、第1領域を示す上面図である。図11は、基準ピンの斜視図である。図12は、センサーユニットの構造を示す概略図である。図13は、スカラロボットの原点校正方法を

50

示すフローチャートである。図 14 は、光学センサーの測定領域内にロボットの先端を位置させた状態を示す斜視図である。図 15 は、アーム長測定ステップを示すフローチャートである。図 16 ないし図 19 は、それぞれ、光学センサーで取得される画像の一例を示す図である。

【0010】

なお、図 1、図 6 ないし図 10 に示すように、互いに直交する 3 軸を X 軸、Y 軸および Z 軸として図示している。また、以下では、X 軸に沿う方向を X 軸方向とも言い、Y 軸に沿う方向を Y 軸方向とも言い、Z 軸に沿う方向を Z 軸方向とも言う。また、各軸の矢印側をプラス側とも言い、反対側をマイナス側とも言う。また、Z 軸方向は、鉛直方向に沿っている。

10

【0011】

図 1 に示すロボット検査システム 1 は、載置台 2 に載置された状態で搬送されてきたスカラロボット 3 に対して所定の検査を行う装置である。つまり、従来のように各スカラロボット 3 が設置された場所でスカラロボット 3 毎に検査を行うのではなく、反対に、全てのスカラロボット 3 をロボット検査システム 1 まで搬送して検査する。このようなシステムによれば、全てのスカラロボット 3 を同じ場所、同じ環境で検査することができるため、スカラロボット 3 毎に検査精度がばらつき難くなる。したがって、全てのスカラロボット 3 について、安定した、かつ、高い精度の検査を行うことができる。

【0012】

以下、ロボット検査システム 1 について詳細に説明するが、それに先立って、検査対象であるスカラロボット 3 と、スカラロボット 3 を載置する載置台 2 と、載置台 2 をロボット検査システム 1 まで搬送する自動搬送車 4 (AGV: Automatic Guided Vehicle) と、についてそれぞれ簡単に説明する。

20

【0013】

[スカラロボット 3]

図 2 に示すように、スカラロボット 3 は、ベース 30 と、基端部がベース 30 に接続され、ベース 30 に対して鉛直方向に沿う第 1 回動軸 J1 まわりに回動する第 1 アーム 31 と、基端部が第 1 アーム 31 の先端部に接続され、第 1 アーム 31 に対して鉛直方向に沿う第 2 回動軸 J2 まわりに回動する第 2 アーム 32 と、を有する。

【0014】

また、スカラロボット 3 は、第 2 アーム 32 の先端部に配置された作業ヘッド 33 を有する。作業ヘッド 33 は、同軸的に配置されたスプラインナット 331 およびボールネジナット 332 と、スプラインナット 331 およびボールネジナット 332 に挿通されたスプラインシャフト 333 と、を有する。スプラインシャフト 333 は、第 2 アーム 32 に対して、その中心軸であり Z 軸方向に沿う第 3 回動軸 J3 まわりに回転可能で、かつ、第 3 回動軸 J3 に沿って昇降可能である。

30

【0015】

また、スカラロボット 3 は、ベース 30 と第 1 アーム 31 とを連結し、ベース 30 に対して第 1 アーム 31 を第 1 回動軸 J1 まわりに回動させる第 1 関節駆動機構 361 と、第 1 アーム 31 と第 2 アーム 32 とを連結し、第 1 アーム 31 に対して第 2 アーム 32 を第 2 回動軸 J2 まわりに回動させる第 2 関節駆動機構 362 と、スプラインナット 331 を回転させてスプラインシャフト 333 を第 3 回動軸 J3 まわりに回転させる第 1 ヘッド駆動機構 363 と、ボールネジナット 332 を回転させてスプラインシャフト 333 を第 3 回動軸 J3 に沿った方向に昇降させる第 2 ヘッド駆動機構 364 と、を有する。

40

【0016】

各駆動機構 361、362、363、364 は、駆動源としてのモーターと、モーターの回転を検出するパルスエンコーダーと、を有する。そのため、第 1 関節駆動機構 361 では、パルスエンコーダーが出力するパルス信号をカウントすることにより第 1 アーム 31 の第 1 回動軸 J1 まわりの回転角を検出することができる。また、第 2 関節駆動機構 362 では、パルスエンコーダーが出力するパルス信号をカウントすることにより第 2 アー

50

ム 3 2 の第 2 回動軸 J 2 まわりの回転角を検出することができる。また、第 1 ヘッド駆動機構 3 6 3 では、パルスエンコーダーが出力するパルス信号をカウントすることによりスプラインシャフト 3 3 3 の第 3 回動軸 J 3 まわりの回転角を検出することができる。また、第 2 ヘッド駆動機構 3 6 4 では、パルスエンコーダーが出力するパルス信号をカウントすることによりスプラインシャフト 3 3 3 の Z 軸方向の高さを検出することができる。

#### 【 0 0 1 7 】

また、スカラロボット 3 は、図示しないホストコンピューターからの位置指令に基づいて各駆動機構 3 6 1、3 6 2、3 6 3、3 6 4 を独立して制御するロボットコントローラ 3 7 を有する。ロボットコントローラ 3 7 は、例えば、コンピューターから構成され、情報を処理するプロセッサと、プロセッサに通信可能に接続されたメモリーと、外部装置との接続を行う外部インターフェースと、を有する。メモリーにはプロセッサにより実行可能な各種プログラムが保存され、プロセッサは、メモリーに記憶された各種プログラム等を読み込んで実行することができる。

10

#### 【 0 0 1 8 】

また、図 3 に示すように、スカラロボット 3 は、第 2 アーム 3 2 の下面に配置され、第 2 アーム 3 2 とスプラインシャフト 3 3 3 との隙間を覆うカバー 3 4 を有する。カバー 3 4 には、後述する検査で使用される下向き三角形のマーカ 3 4 1 が形成されている。マーカ 3 4 1 は、印刷、貼付、エンボス加工等により形成することができる。ただし、マーカ 3 4 1 の構成は、後述する検査に用いることができれば、特に限定されない。また、カバー 3 4 の形状に特異な部分がある場合は、その部分をマーカ 3 4 1 として使用してもよい。

20

#### 【 0 0 1 9 】

また、スカラロボット 3 は、スプラインシャフト 3 3 3 の途中に配置されたストッパー 3 5 を有する。ストッパー 3 5 がカバー 3 4 に当接することにより、スプラインシャフト 3 3 3 のそれ以上の上昇が規制される。ストッパー 3 5 は、両端がネジ N 1 で接続された C 字状の部材であり、ネジ締めによりスプラインシャフト 3 3 3 に固定される。また、ストッパー 3 5 がスプラインシャフト 3 3 3 に固定された状態では、ストッパー 3 5 の両端が離間し、その間に隙間 3 5 0 が形成されている。この隙間 3 5 0 は、後述する検査に用いられる位置決め用の目印として機能する。ただし、ストッパー 3 5 の構成は、上述した効果を発揮することができれば、特に限定されない。

30

#### 【 0 0 2 0 】

以上、スカラロボット 3 について説明した。ただし、スカラロボット 3 の構成については、特に限定されない。例えば、スカラロボット以外のロボット、具体的には 6 軸多関節ロボット、双腕ロボット等であってもよい。

#### 【 0 0 2 1 】

##### [ 載置台 2 ]

図 4 に示すように、載置台 2 は、スカラロボット 3 が載置、固定される天板部 2 1 と、天板部 2 1 の下側に位置する底板部 2 2 と、天板部 2 1 および底板部 2 2 を支持する 4 本の脚部 2 3 と、を有する。4 本の脚部 2 3 は、天板部 2 1 および底板部 2 2 の四隅に位置し、これらをバランスよく支持している。なお、図 4 では、手前側の 2 本の脚部 2 3 のみが図視されているが、この奥側にも 2 本の脚部 2 3 が同じように配置されている。また、各脚部 2 3 の下端部にはキャスター 2 4 が取り付けられており、キャスター 2 4 が回転することにより、載置台 2 を自在に動かすことができる。このような載置台 2 は、例えば、スカラロボット 3 を組み立てるための作業台であってもよいし、スカラロボット 3 を所定箇所に設置するための設置台であってもよい。

40

#### 【 0 0 2 2 】

以上、載置台 2 について説明した。ただし、載置台 2 の構成としては、スカラロボット 3 を載置することができれば、特に限定されず、例えば、キャスター 2 4 を省略してもよい。

#### 【 0 0 2 3 】

50

## 〔自動搬送車 4〕

図 4 に示すように、自動搬送車 4 は、載置台 2 を載置する荷台 4 1 と、荷台 4 1 を昇降させる昇降装置 4 2 と、車輪 4 3 と、車輪 4 3 を駆動するモーター 4 4 と、モーター 4 4 の駆動を制御するコントローラー 4 5 と、を有する。図 5 に示すように、自動搬送車 4 は、荷台 4 1 を降下させた状態で載置台 2 の底板部 2 2 の下方に潜り込み、その後、昇降装置 4 2 で荷台 4 1 を上昇させることにより、底板部 2 2 を下方から支持するようにして載置台 2 を持ち上げることができる。また、自動搬送車 4 は、図示しない管理装置から走行ルートの指示を受け取り、受け取った走行ルートに従って走行する。

## 【0024】

このような自動搬送車 4 を用いることにより、スカラロボット 3 を載置台 2 ごとロボット検査システム 1 まで自動的に搬送することができる。これにより、例えば、作業者が自ら載置台 2 を押してロボット検査システム 1 まで移動させる必要がなくなり、人力を削減することができると共にスカラロボット 3 の検査をスムーズに行うことができる。

10

## 【0025】

以上、自動搬送車 4 について説明した。ただし、自動搬送車 4 の構成は、スカラロボット 3 を載置台 2 ごとロボット検査システム 1 まで搬送することができれば特に限定されない。また、自動搬送車 4 を省略し、作業者が自ら載置台 2 を押してロボット検査システム 1 まで搬送してもよい。

## 【0026】

## 〔ロボット検査システム 1〕

図 1 に示すように、ロボット検査システム 1 は、所定環境に保たれた検査室 1 0 内に配置されている。これにより、複数のスカラロボット 3 の検査を同じ条件で行うことができ、検査精度がより向上する。また、検査室 1 0 の床面とロボット検査システム 1 との間に振動減衰部材 1 1 が配置されている。これにより、床面を介して外部からの振動がロボット検査システム 1 に伝わり難くなり、検査精度がさらに向上する。なお、本実施形態では、振動減衰部材 1 1 として金属製の板材、特に鉄板が用いられている。また、この鉄板は、アンカーにより床面に固定され、ロボット検査システム 1 は、アンカーにより鉄板に固定されている。ただし、ロボット検査システム 1 の設置場所は、特に限定されない。また、振動減衰部材 1 1 を省略し、ロボット検査システム 1 を床面に直接設置してもよい。

20

## 【0027】

また、図 6 に示すように、ロボット検査システム 1 は、載置台 2 が接続される接続部 5 と、載置台 2 を接続部 5 に対して位置決めする位置決め機構 6 と、スカラロボット 3 の検査を行う検査部 7 と、を有する。

30

## 【0028】

接続部 5 は、Z 軸方向からの平面視で、載置台 2 が侵入する侵入口 5 1 1 を備える凹部 5 1 を有する。なお、本実施形態では、侵入口 5 1 1 は、接続部 5 の Y 軸方向マイナス側に位置している。そして、凹部 5 1 の周囲に検査部 7 が配置されている。このように、接続部 5 の周囲に検査部 7 を配置することにより、スカラロボット 3 の検査を効率よく行うことができる。特に、スカラロボット 3 は、第 1、第 2 アーム 3 1、3 2 が水平方向にだけ移動するため、凹部 5 1 の周囲に検査部 7 を平面的に配置することにより、スカラロボットの可動範囲内に検査部 7 を効率的に配置でき、スカラロボット 3 に対する検査に特化させることができる。ただし、検査部 7 の配置は、特に限定されない。

40

## 【0029】

また、凹部 5 1 には位置決め機構 6 が配置されている。位置決め機構 6 は、凹部 5 1 内に搬送された載置台 2 を接続部 5 に対して位置決する。これにより、ロボット検査システム 1 に対するスカラロボット 3 の位置が定まる。そのため、全てのスカラロボット 3 を同じ位置に配置することができ、検査制度が向上する。なお、本実施形態の位置決め機構 6 は、凹部 5 1 内に突出する一对の当接部 6 1、6 2 を有する。そして、図 7 に示すように、これら当接部 6 1、6 2 に載置台 2 が当接することにより、接続部 5 に対して載置台 2 が位置決めされる。ただし、位置決め機構 6 の構成としては、載置台 2 を接続部 5 に対し

50

て位置決めすることができれば、特に限定されない。また、位置決め機構 6 は、省略してもよい。

【 0 0 3 0 】

検査部 7 は、接続部 5 に接続された載置台 2 上のスカラロボット 3 に対して所定の検査を行う。なお、本願明細書中の「検査」は、検査の他、各種点検、各種メンテナンス、各種準備、各種測定、各種校正（キャリブレーション）等、スカラロボット 3 の設定、維持管理等に必要な全ての行為を含む意味である。

【 0 0 3 1 】

また、検査部 7 は、スカラロボット 3 に対して複数種類の検査を行う。このような検査部 7 は、図 6 に示すように、凹部 5 1 の Y 軸方向プラス側に位置する第 1 領域 R 1 と、第 1 領域 R 1 の X 軸方向マイナス側に位置する第 2 領域 R 2 と、第 1 領域 R 1 の X 軸方向プラス側に位置する第 3 領域 R 3 と、を有する。

10

【 0 0 3 2 】

これら領域 R 1、R 2、R 3 のうち、第 2 領域 R 2 は、第 1 領域 R 1 での検査の準備を行う領域である。第 2 領域 R 2 では、スプラインシャフト 3 3 3 に錘 M を取り付ける作業が行われる。図 6 に示すように、第 2 領域 R 2 には、錘 M と、錘 M をスプラインシャフト 3 3 3 に固定する工具 T と、工具 T を移動させる移動機構 8 0 と、が配置されている。

【 0 0 3 3 】

ただし、第 2 領域 R 2 の構成は、特に限定されない。例えば、錘 M の数および形状、スプラインシャフト 3 3 3 への錘 M の取り付け方等は、特に限定されない。また、第 2 領域 R 2 で行う作業についても特に限定されず、スカラロボット 3 に求められる各種条件、他の領域 R 1、R 3 で行われる作業等に基づいて適宜設定することができる。また、第 2 領域 R 2 は、省略してもよい。

20

【 0 0 3 4 】

第 3 領域 R 3 は、第 3 回動軸 J 3 の原点校正を行う領域である。第 3 回動軸 J 3 の原点校正は、ロボットコントローラ 3 7 が記憶している第 3 回動軸 J 3 の原点（以下「理想原点」とも言う。）と、ロボットコントローラ 3 7 の制御により第 3 回動軸 J 3 を理想原点に位置させたときの現実の原点（以下「現実原点」とも言う。）と、を一致させる作業を言う。理想原点は、第 1、第 2 ヘッド駆動機構 3 6 3、3 6 4 の各モーターが所定位置（以下「0 パルス位置」と言う。）にある状態をいう。ただし、第 3 回動軸 J 3 の原点の設定方法は、特に限定されない。

30

【 0 0 3 5 】

図 6 に示すように、このような第 3 領域 R 3 には、スプラインシャフト 3 3 3 の回転角の校正を行う回転角校正部 8 1 と、スプラインシャフト 3 3 3 の高さの校正を行う高さ校正部 8 2 と、が配置されている。

【 0 0 3 6 】

図 8 に示すように、回転角校正部 8 1 は、画像認識技術を用いてスプラインシャフト 3 3 3 の回転角の校正を行う。回転角校正部 8 1 は、スプラインシャフト 3 3 3 を水平方向から撮像するカメラ 8 1 1 と、カメラ 8 1 1 を X 軸方向および Z 軸方向に移動させる移動機構 8 1 3 と、カメラ 8 1 1 が撮像した画像（以下「取得画像」と言う。）を用いて理想原点と現実原点とのずれ量（偏差）を求める処理部 8 1 2 と、を有する。

40

【 0 0 3 7 】

処理部 8 1 2 は、スプラインシャフト 3 3 3 の理想原点からの回転角が互いに異なりかつその回転角が既知である多数の比較画像を記憶している。そして、処理部 8 1 2 は、これら比較画像とカメラ 8 1 1 で撮像した取得画像とをテンプレートマッチング技術を用いて比較することで、スプラインシャフト 3 3 3 の回転角の校正を行う。

【 0 0 3 8 】

具体的には、まず、ロボットコントローラ 3 7 を用いて第 1 ヘッド駆動機構 3 6 3 のモーターを 0 パルス位置とする。次に、マーカー 3 4 1 とストッパー 3 5 の隙間 3 5 0 とを視野に収めた状態をカメラ 8 1 1 で撮像して取得画像を得る。次に、処理部 8 1 2 が取

50

得画像を多数の比較画像とテンプレートマッチングし、その中から取得画像と最も類似度の高い1つの比較画像を抽出する。そして、抽出した比較画像に対応する理想原点からの回転角を第3回動軸J3の回転オフセット値に決定する。そして、決定された第3回動軸J3の回転オフセット値をロボットコントローラ37に設定する。以上により、第3回動軸J3の回転角校正作業が終了する。ただし、第3回動軸J3の回転角校正方法は、特に限定されない。

#### 【0039】

また、図9に示すように、高さ校正部82は、一对の接触式距離センサー821、822と、一对の接触式距離センサー821、822をX軸方向およびZ軸方向に移動させる移動機構824と、接触式距離センサー821、822の出力に基づいて理想原点と現実原点とのずれ量(偏差)を求める処理部823と、を有する。

10

#### 【0040】

接触式距離センサー821、822は、先端の押し込み量を精度よく測定することができる。このような接触式距離センサー821、822として、例えば、キーエンス社製の「汎用接触式デジタルセンサー/GTシリーズ」を好適に用いることができる。これら接触式距離センサー821、822は、Z軸方向に離間し、共に上側を向いて配置されている。

#### 【0041】

高さ校正作業では、まず、ロボットコントローラ37を用いて第2ヘッド駆動機構364のモーターを0パルス位置とする。次に、接触式距離センサー821を第2アーム32の下面に、接触式距離センサー822をスプラインシャフト333の先端にそれぞれ接触させる。次に、処理部823は、接触式距離センサー821、822の離間距離およびこれらの出力値から第2アーム32の下面とスプラインシャフト333の先端との現実の距離(以下「現実距離」とも言う。)を算出する。また、処理部823は、第2ヘッド駆動機構364のモーターが0パルス位置にあるときの第2アーム32の下面とスプラインシャフト333の先端との理想的な距離(以下「理想距離」とも言う。)を記憶しており、現実距離と理想距離とのずれ量を第3回動軸J3の高さオフセット値に決定する。そして、決定された第3回動軸J3の高さオフセット値をロボットコントローラ37に設定する。以上により、第3回動軸J3の高さ校正作業が終了する。ただし、第3回動軸J3の高さ校正方法は、特に限定されない。

20

30

#### 【0042】

以上、第3領域R3について説明した。ただし、第3領域R3の構成は、特に限定されない。例えば、回転角校正部81および高さ校正部82の一方を省略してもよい。また、第3領域R3で行う作業についても特に限定されず、スカラロボット3に求められる各種条件、他の領域R1、R2で行われる作業等に基づいて適宜設定することができる。また、第3領域R3は、省略してもよい。

#### 【0043】

第1領域R1は、スカラロボット3の原点校正、具体的には第1、第2回動軸J1、J2の原点校正を行う領域である。なお、本実施形態では、第1領域R1においてスカラロボット3の原点校正以外にも種々の検査が行われる。図10に示すように、第1領域R1には、原点校正システム99が配置されている。

40

#### 【0044】

原点校正システム99は、接続部5に対してY軸方向に移動可能なステージ90と、ステージ90上に配置された基準治具である基準ピン91および光学センサー98を備える校正装置94と、光学センサー98で撮像された画像を処理する処理部95と、を有する。ステージ90上に校正装置94を配置することにより、接続部5と校正装置94との離間距離が可変となるため、種々の大きさのスカラロボット3に対応することができる。そのため、ロボット検査システム1の汎用性が高まる。また、載置台2を接続部5に接続する際にステージ90をY軸方向プラス側に移動させて接続部5から遠ざけておくことにより、校正装置94とスカラロボット3との衝突を回避することができる。そのため、ロボ

50

ット検査システム 1 やスカラロボット 3 の故障、破損を抑制することができる。

【 0 0 4 5 】

ただし、これに限定されず、ステージ 9 0 が固定されており、Y 軸方向に移動できない構成であってもよい。また、ステージ 9 0 がさらに X 軸方向にも移動できる構成であってもよい。

【 0 0 4 6 】

基準ピン 9 1 は、ステージ 9 0 の中央に配置されている。図 1 1 に示すように、基準ピン 9 1 は、Z 軸方向に延びる柱状であり、Z 軸方向からの平面視で直角に屈曲した L 字形状をなす。また、基準ピン 9 1 は、互いに直交する第 1 外面 9 1 1 および第 2 外面 9 1 2 を有する。そして、第 1 外面 9 1 1 の法線 Q 1 および第 2 外面 9 1 2 の法線 Q 2 がそれぞれ X 軸および Y 軸に対して 4 5 ° 傾斜している。このような基準ピン 9 1 は、原点校正の基準となるピンであり、ロボット座標系における位置座標が既知である。また、基準ピン 9 1 は、十分に高い寸法精度で形成されている。ただし、基準ピン 9 1 の形状は、特に限定されず、後述する検査に用いることができれば、特に限定されない。なお、基準ピン 9 1 の構成材料としては、特に限定されず、例えば、各種金属材料、各種樹脂材料、各種ガラス材料等を用いることができる。

10

【 0 0 4 7 】

図 1 0 に示すように、光学センサー 9 8 は、2 組のセンサーユニット 9 2、9 3 を有する。センサーユニット 9 2、9 3 は、互いの光軸 O 1、O 2 が直交するように十字状に配置されており、光軸 O 1、O 2 の交点に基準ピン 9 1 が位置している。また、センサーユニット 9 2 の光軸 O 1 が法線 Q 1 と一致し、センサーユニット 9 3 の光軸 O 2 が法線 Q 2 と一致する。

20

【 0 0 4 8 】

図 1 2 に示すように、センサーユニット 9 2 は、寸法測定器であり、基準ピン 9 1 を介して対向配置された発光装置 9 2 1 および受光装置 9 2 2 を有する。また、発光装置 9 2 1 および受光装置 9 2 2 は、法線 Q 1 に沿って正対して配置されている。

【 0 0 4 9 】

発光装置 9 2 1 は、受光装置 9 2 2 に向けて光 L L 1 を出射する。また、発光装置 9 2 1 は、光源 9 2 1 a と、発光側テレセントリック光学系 9 2 1 b と、を備えている。光源 9 2 1 a は、緑色 LED であり、緑色の光 L L 1 を出射する。光源 9 2 1 a を緑色 LED とすることにより測定に適した色で、かつ、十分な光量の光 L L 1 を安定して出射することができる。また、発光側テレセントリック光学系 9 2 1 b は、複数のレンズを備えるレンズ群を有し、光源 9 2 1 a から出射された光 L L 1 を均一な平行光にして出射する。

30

【 0 0 5 0 】

一方、受光装置 9 2 2 は、撮像素子 9 2 2 a と、光 L L 1 を撮像素子 9 2 2 a に結像させる受光側テレセントリック光学系 9 2 2 b と、を備えている。また、撮像素子 9 2 2 a は、CMOS センサーである。また、受光側テレセントリック光学系 9 2 2 b は、複数のレンズを備えるレンズ群を有し、平行光のみを撮像素子 9 2 2 a に結像させる。スカラロボット 3 の原点校正時、撮像素子 9 2 2 a の測定領域（視野）には、基準ピン 9 1 の先端部およびスプラインシャフト 3 3 3 の先端部が含まれており、これらのシルエット画像つまり基準ピン 9 1 およびスプラインシャフト 3 3 3 が影として映る画像を撮像する。すなわち、発光装置 9 2 1、9 3 1 が透過照明の方式であるので、測定対象物が金属であってもハレーションが発生することを避けられるので、輪郭を鮮明に観察することが可能となる。

40

【 0 0 5 1 】

このように、センサーユニット 9 2 は、発光側および受光側の両方がテレセントリック光学系を備えたダブルテレセントリック光学系である。これにより、測定領域内の対象物のエッジをシャープに撮像することができ、かつ、被写界深度を深く確保することができる。そのため、後述するように、基準ピン 9 1 およびスプラインシャフト 3 3 3 のエッジを共に鮮明に撮像することができる。なお、被写界深度としては、特に限定されないが、

50

例えば、 $\pm 2.0$  mm以上であることが好ましい。これにより、スカラロボット3の原点校正に用いるのに十分な被写界深度となる。

【0052】

また、センサーユニット92がダブルテレセントリック光学系であることにより、理論的に撮像素子922aが平行光しか受光しないため、外乱光に強く、さらには、熱膨張があっても結像した像の大きさが変化し難い構造となる。そのため、温度変化による影響を最小限に抑えることができ、高い精度の測定を行うことができる。また、センサーユニット92がダブルテレセントリック光学系であることにより、露光時間を短くすることもできる。これにより、画像のブレが抑えられ、鮮明な画像を撮像することができる。なお、露光時間としては、特に限定されないが、例えば、 $100\ \mu$ 秒以下であることが好ましい。

10

【0053】

また、撮像素子922aは、円状の測定領域を有する。測定領域の大きさとしては、特に限定されないが、例えば、直径が $25$  mm以上、 $125$  mm以下であることが好ましく、 $40$  mm以上、 $125$  mm以下であることがより好ましく、 $60$  mm以上、 $125$  mm以下であることがさらに好ましい。このような形状および大きさとすることにより、基準ピン91およびスプラインシャフト333を同時に撮像するのに適した大きさの測定領域となる。そのため、必要な情報を確実に含みつつ、不要な情報を極力排除した画像を取得することができるため、スカラロボット3の原点校正を精度よくかつスムーズに行うことができる。

20

【0054】

また、センサーユニット92の繰り返し精度としては、特に限定されないが、 $\pm 0.2\ \mu$  m以下であることが好ましく、 $\pm 0.1\ \mu$  m以下であることがより好ましく、 $\pm 0.05\ \mu$  m以下であることがさらに好ましい。これにより、スカラロボット3の原点校正を精度よく行うことができる。また、スカラロボット3毎の校正ばらつきを効果的に抑えることができる。なお、繰り返し精度とは、測定領域中心で標準測定対象物である校正ガラススケールに形成された幅 $14$  mmの溝を測定値平均回数 $16$ 回とした場合の $\pm 2$  の値を意味する（ただし、 $\sigma$  は、標準偏差である）。

【0055】

センサーユニット93は、前述したセンサーユニット92と同様の構成である。つまり、センサーユニット93は、基準ピン91を介して対向配置された発光装置931および受光装置932を有する。また、発光装置931は、光LL2を出射する光源931aと、光LL2を平行光にする発光側テレセントリック光学系931bと、を備えている。一方、受光装置932は、撮像素子932aと、光LL2を撮像素子932aに結像させる受光側テレセントリック光学系932bと、を備えている。これら発光装置931および受光装置932の構成は、前述したセンサーユニット92の発光装置921および受光装置922と同様であるため、その詳細な説明を省略する。

30

【0056】

このようなセンサーユニット92、93としては、特に限定されないが、本実施形態では、キーエンス社製の「2次元高速光学センサー/TMシリーズ」、その中でも、「TM-6050」を好適に用いることができる。これにより、優れた測定精度が得られ、スカラロボット3の原点校正を高精度に行うことができる。

40

【0057】

なお、スカラロボット3の原点校正の精度を高めるためにセンサーユニット92、93を精度よく直交配置することが重要となる。本実施形態では、次のようにしてセンサーユニット92、93を位置決めしている。前述したように、センサーユニット92は、基準ピン91のシルエット画像を撮像する。ここで、光軸O1が法線Q1に一致する場合に受光装置922で取得される画像上での基準ピン91の幅寸法が最も小さくなり、光軸O1が法線Q1から傾斜する程、画像上での基準ピン91の幅寸法が大きくなる。そこで、受光装置922で取得される画像上での基準ピン91の幅寸法が最も小さくなるようにセン

50

サーユニット 9 2 を配置する。センサーユニット 9 3 についても同様に、受光装置 9 3 2 で取得される画像上での基準ピン 9 1 の幅寸法が最も小さくなるようにセンサーユニット 9 3 を配置する。前述したように、法線 Q 1、Q 2 が互いに直交しているため、このような方法によれば、センサーユニット 9 2、9 3 を精度よく直交配置することができる。ただし、センサーユニット 9 2、9 3 の位置決め方法は、特に限定されない。

【 0 0 5 8 】

次に、第 1 領域 R 1 で行う種々の検査について順に説明する。なお、第 1 領域 R 1 で行う各種検査は、前述したように、スプラインシャフト 3 3 3 に錘 M を取り付けた状態で行われる。

【 0 0 5 9 】

第 1 領域 R 1 では、原点校正システム 9 9 を用いて第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正が行われる。第 1 回動軸 J 1 の原点校正は、ロボットコントローラ 3 7 が記憶している第 1 回動軸 J 1 の原点（以下「理想原点」とも言う。）と、ロボットコントローラ 3 7 の制御により第 1 回動軸 J 1 を理想原点に位置させたときの現実の原点（以下「現実原点」とも言う。）と、を一致させる作業を言う。理想原点は、第 1 関節駆動機構 3 6 1 のモーターが所定位置（以下「0 パルス位置」と言う。）にある状態をいう。同様に、第 2 回動軸 J 2 の原点校正は、ロボットコントローラ 3 7 が記憶している第 2 回動軸 J 2 の原点（以下「理想原点」とも言う。）と、ロボットコントローラ 3 7 の制御により第 2 回動軸 J 2 を理想原点に位置させたときの現実の原点（以下「現実原点」とも言う。）と、を一致させる作業を言う。理想原点は、第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターが所定位置（以下「0 パルス位置」と言う。）にある状態をいう。

【 0 0 6 0 】

図 1 3 に示すように、第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正は、基準ピン 9 1 とスプラインシャフト 3 3 3 の先端（以下「スカラロボット 3 の先端」とも言う。）とをセンサーユニット 9 2、9 3 で同時に検出する検出ステップ S 1 と、検出ステップ S 1 の結果に基づいて第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正を行う校正ステップ S 2 と、を含む。

【 0 0 6 1 】

[ 検出ステップ S 1 ]

検出ステップ S 1 では、まず、ステージ 9 0 を動かして基準ピン 9 1 をロボット座標系の所定座標である基準位置に配置する。なお、本実施形態の基準位置は、第 1、第 2 関節駆動機構 3 6 1、3 6 2 のモーターを共に 0 パルス位置にしたときのスプラインシャフト 3 3 3 の中心軸の直下に位置する。ただし、基準位置は、特に限定されない。次に、ロボットコントローラ 3 7 を用いて第 1、第 2 関節駆動機構 3 6 1、3 6 2 のモーターを 0 パルス位置とする。次に、第 2 ヘッド駆動機構 3 6 4 を動かしてスプラインシャフト 3 3 3 を下降させ、図 1 4 に示すように、スプラインシャフト 3 3 3 の先端をセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内に位置させる。仮に、理想原点と現実原点とにずれが無い場合、この状態では、スプラインシャフト 3 3 3 は、基準ピン 9 1 の直上に位置する。

【 0 0 6 2 】

次に、この状態を受光装置 9 2 2 で撮像して図 1 6 に示すような画像 G 1 を取得すると共に、受光装置 9 3 2 で撮像して図 1 7 に示すような画像 G 2 を取得する。これにより、測定領域内にある基準ピン 9 1 およびスカラロボット 3 の先端を同時に検出した画像 G 1、G 2 が得られる。なお、受光装置 9 2 2、9 3 2 での撮像タイミングは、特に限定されず、同時であってもよいし、異なってもよい。例示した図 1 6 および図 1 7 では、スプラインシャフト 3 3 3 の中心軸である第 3 回動軸 J 3 が基準ピン 9 1 の中心軸 J p に対して画像横方向にずれており、第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の少なくとも一方において理想原点と現実原点とにずれが生じている。

【 0 0 6 3 】

このように、画像 G 1、G 2 の少なくとも一方において第 3 回動軸 J 3 が基準ピン 9 1 の中心軸 J p に対してずれている場合、第 1、第 2 関節駆動機構 3 6 1、3 6 2 の駆動と、受光装置 9 2 2、9 3 2 による画像 G 1、G 2 の取得とを繰り返しながら、図 1 8 およ

10

20

30

40

50

び図 19 に示すように、画像 G 1、G 2 のそれぞれにおいて、第 3 回動軸 J 3 を中心軸 J p に一致させる。特に、前述したように、センサーユニット 9 2、9 3 の光軸 O 1、O 2 が直交しているため、画像 G 1、G 2 を確認しながら、より精度よく、第 3 回動軸 J 3 を中心軸 J p に一致させることができる。なお、この際、スプラインシャフト 3 3 3 を基準ピン 9 1 に対して非接触とする。

#### 【0064】

##### [校正ステップ S 2]

次に、処理部 9 5 は、第 3 回動軸 J 3 が中心軸 J p に一致したときの第 1、第 2 関節駆動機構 3 6 1、3 6 2 の各モーターの位置を実位置として記憶する。次に、処理部 9 5 は、第 1 関節駆動機構 3 6 1 のモーターの実位置と 0 パルス位置とのずれ量（偏差）を算出し、算出したずれ量を第 1 回動軸 J 1 のオフセット値に決定する。同様に、第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターの実位置と 0 パルス位置とのずれ量（偏差）を算出し、算出したずれ量を第 2 回動軸 J 2 のオフセット値に決定する。そして、例えば、作業者は、処理部 9 5 により決定された第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 のオフセット値をロボットコントローラ 3 7 に設定する。以上により、第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正が完了する。ロボットコントローラ 3 7 は、設定されたオフセット値を基に現実原点が理想原点と一致するように第 1、第 2 関節駆動機構 3 6 1、3 6 2 の駆動を制御する。これにより、高精度なスカラロボット 3 の制御が可能となる。

10

#### 【0065】

このような方法によれば、基準ピン 9 1 に対してスカラロボット 3 の先端が非接触の状態第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正を行うことができる。そのため、基準ピン 9 1 との接触によるスカラロボット 3 の変位や歪みが生じず、かつ、基準ピン 9 1 の加工誤差に影響を受けることがないため、第 1、第 2 回動軸 J 1、J 2 の原点校正を高精度に行うことができる。

20

#### 【0066】

さらに、第 1 領域 R 1 では、原点校正システム 9 9 を用いてスプラインシャフト 3 3 3 の高さ検査が行われる。例えば、スカラロボット 3 の組み立て時に第 2 ヘッド駆動機構 3 6 4 の取り付け位置がずれ、それに伴ってスプラインシャフト 3 3 3 の高さが設計からずれる場合がある。そこで、本実施形態では、スプラインシャフト 3 3 3 の高さずれを検査する。

30

#### 【0067】

具体的には、まず、第 2 ヘッド駆動機構 3 6 4 のモーターを予め設定された測定位置とし、スプラインシャフト 3 3 3 の先端部をセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内に位置させる。次に、処理部 9 5 は、センサーユニット 9 2、9 3 の少なくとも一方でこの状態を撮像し、得られた画像に基づいてスプラインシャフト 3 3 3 の先端の Z 軸位置座標（以下「実際位置座標」とも言う。）を算出する。処理部 9 5 は、予め、第 2 ヘッド駆動機構 3 6 4 の取り付け位置にずれが生じていない理想的な状態における前記測定位置でのスプラインシャフト 3 3 3 の先端の Z 軸位置座標（以下「理想位置座標」とも言う。）を記憶しており、実際位置座標と理想位置座標とからスプラインシャフト 3 3 3 の高さずれを測定する。

40

#### 【0068】

さらに、第 1 領域 R 1 では、原点校正システム 9 9 を用いて左右腕系の高さずれ検査が行われる。例えば、スプラインシャフト 3 3 3 の先端（以下、「スカラロボット 3 の先端」とも言う。）をロボット座標系の同じ座標に位置させたとしても、第 1、第 2 アーム 3 1、3 2 が X 軸方向プラス側に屈曲した右腕系の姿勢と X 軸方向マイナス側に屈曲した左腕系の姿勢とでスカラロボット 3 の先端の高さにずれが生じる場合がある。そこで、本実施形態では、左右腕系の高さずれを検査する。

#### 【0069】

具体的には、まず、スカラロボット 3 の先端を移動させる目標座標を決定する。目標座標は、センサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内にある座標である。次に、スカラロボッ

50

ト 3 を動かして左腕系の姿勢でスカラロボット 3 の先端を目標座標に移動させ、その状態をセンサーユニット 9 2、9 3 の少なくとも一方で撮像して左腕系画像を取得する。次に、スカラロボット 3 を動かして右腕系の姿勢でスカラロボット 3 の先端を目標座標に移動させ、その状態をセンサーユニット 9 2、9 3 の少なくとも一方で撮像して右腕系画像を取得する。次に、処理部 9 5 が左腕系画像から算出されるスカラロボット 3 の先端の Z 軸位置座標と、右腕系画像から算出されるスカラロボット 3 の先端の Z 軸位置座標と、に基づいて左腕系と右腕系との高さずれを測定する。

【 0 0 7 0 】

さらに、第 1 領域 R 1 では、原点校正システム 9 9 を用いてスカラロボット 3 の繰り返し精度特性の検査が行われる。繰り返し精度は、同じ動作を繰り返し行った際の再現性の高さを表すものであり、繰り返し精度特性が優れる程、精度の高いスカラロボット 3 となる。具体的には、まず、共にセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内に位置する第 1 目標座標と第 2 目標座標とを設定し、スカラロボット 3 の先端が第 1 目標座標と第 2 目標座標とを往復するようにスカラロボット 3 を動かす。そして、スカラロボット 3 の先端が第 1、第 2 目標座標に到達する度に、その状態をセンサーユニット 9 2、9 3 の少なくとも一方で撮像する。そして、得られた各画像から第 1、第 2 目標座標からのずれ量を測定し、ずれ量の最大値、平均値等を用いてスカラロボット 3 の繰り返し精度を検出する。

10

【 0 0 7 1 】

さらに、第 1 領域 R 1 では、第 1 アーム 3 1 の長さ L 1 および第 2 アーム 3 2 の長さ L 2 を測定する。図 2 に示すように、長さ L 1 は、第 1 回動軸 J 1 と第 2 回動軸 J 2 との離間距離であり、長さ L 2 は、第 2 回動軸 J 2 と第 3 回動軸 J 3 との離間距離である。スカラロボット 3 の組み立て精度によっては設計された長さ L 1、L 2 に対して実際の長さ L 1、L 2 がずれる場合がある。この場合であっても、例えば、スカラロボット 3 の先端のある座標から別の座標まで移動させる P T P (Point to Point) 移動では軌道が問われないため問題が生じ難い。しかしながら、例えば、スカラロボット 3 の先端のある座標から別の座標まで決められた軌道で移動させる場合、長さ L 1、L 2 が設計値からずれていると、決められた軌道に対して蛇行してしまい、C P (Continuous Path) 精度が悪化する。そこで、本実施形態では、C P 精度の悪化を抑制すべく、第 1、第 2 アーム 3 1、3 2 の長さ L 1、L 2 を測定する。

20

【 0 0 7 2 】

図 1 5 に示すように、第 1、第 2 アーム 3 1、3 2 の長さ L 1、L 2 を測定するアーム長測定ステップ S 3 では、まず、ステージ 9 0 を動かして基準ピン 9 1 をロボット座標系の所定座標に配置する。次に、スカラロボット 3 を動かして、スカラロボット 3 の先端がセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内に位置する第 1 姿勢とする。次に、この状態をセンサーユニット 9 2、9 3 で撮像して第 1 姿勢画像を取得する。次に、スカラロボット 3 の先端がセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域から外れない範囲で第 1 関節駆動機構 3 6 1 のモーターだけを所定角度だけ動かして第 2 姿勢とする。次に、この状態をセンサーユニット 9 2、9 3 で撮像して第 2 姿勢画像を取得する。処理部 9 5 は、第 1 関節駆動機構 3 6 1 のモーターの回転角度と、第 1、第 2 姿勢画像から特定されるスカラロボット 3 の先端の移動前後の位置座標と、に基づいて第 1 アーム 3 1 の長さ L 1 を求める。

30

40

【 0 0 7 3 】

次に、再び第 1 姿勢とする。そして、スカラロボット 3 の先端がセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域から外れない範囲で第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターだけを所定角度だけ動かして第 3 姿勢とし、この状態をセンサーユニット 9 2、9 3 で撮像して第 3 姿勢画像を取得する。処理部 9 5 は、第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターの回転角度と、第 1、第 3 姿勢画像から特定されるスカラロボット 3 の先端の移動前後の位置座標と、に基づいて第 2 アーム 3 2 の長さ L 2 を求める。

【 0 0 7 4 】

そして、例えば、作業者は、処理部 9 5 により測定された長さ L 1、L 2 をロボットコントローラ 3 7 に設定する。ロボットコントローラ 3 7 は、設定された長さ L 1、L

50

2を基にスカラロボット3の先端の位置を算出する。これにより、高精度なスカラロボット3の制御が可能となる。

【0075】

以上、第1領域R1で行う検査について説明した。ただし、各検査の方法は、特に限定されない。また、第1領域R1で行う検査は、特に限定されず、少なくともスカラロボット3の原点校正を行うことができれば、それ以外の検査は、特に限定されず、上述した複数の検査内容から少なくとも1つを省略してもよいし、上述した複数の検査内容とは異なる検査を行ってもよい。

【0076】

また、原点校正システム99が備える光学センサー98としては、非接触状態の基準ピン91およびスカラロボット3の先端を同時に検出することができれば、特に限定されない。例えば、光学センサー98として、投影機、反射型レーザーセンサー、ラインカメラ、エリアカメラ、位相シフト干渉法を用いて対象物の三次元計測を行う三次元形状計測装置等を用いることができる。

【0077】

以上、ロボット検査システム1について説明した。このようなロボット検査システム1において行われるスカラロボット3の原点校正方法は、基準位置に配置されている基準治具である基準ピン91とスカラロボット3の先端とを光学センサー98で同時に検出する検出ステップS1と、検出ステップS1の結果に基づいてスカラロボット3の原点校正を行う校正ステップS2と、を含む。このような方法によれば、基準ピン91に対してスカラロボット3の先端が非接触の状態ですカラロボット3の原点校正を行うことができる。そのため、基準ピン91の加工誤差に影響を受けることなく、スカラロボット3の原点校正を高精度に行うことができる。

【0078】

また、前述したように、光学センサー98は、基準ピン91を介して対向配置されている発光装置921、931および受光装置922、932を備える2組のセンサーユニット92、93を備え、2組のセンサーユニット92、93は、互いの光軸O1、O2を直交させて配置されている。これにより、スカラロボット3の原点校正を精度よく行うことができる。

【0079】

また、前述したように、発光装置921、931は、透過照明である。これにより、測定対象物が金属であってもハレーションが発生することを避けられるので、輪郭を鮮明に観察することが可能となる。

【0080】

また、前述したように、発光装置921、931は、光源921a、931aと、光源921a、931aから出射された光LL1、LL2を平行光にする発光側テレセントリック光学系921b、931bと、を有し、受光装置922、932は、撮像素子922a、932aと、撮像素子922a、932aに平行光を結像させる受光側テレセントリック光学系922b、932bと、を有する。つまり、センサーユニット92、93は、発光側および受光側の両方がテレセントリック光学系を備えたダブルテレセントリック光学系である。これにより、測定領域内の対象物のエッジをシャープに撮像することができ、かつ、被写体深度を深く確保することができる。そのため、基準ピン91およびスライシャフト333のエッジを共に鮮明に撮像することができる。また、理論的に撮像素子922a、932aが平行光しか受光しないため、外乱光に強く、さらには、熱膨張があっても結像した像の大きさが変化し難い構造となる。そのため、温度変化による影響も最小限に抑えることができる。以上より、このような構成のセンサーユニット92、93によれば、優れた検出特性を発揮することができる。

【0081】

また、前述したように、光学センサー98の測定範囲は、直径25mm以上である。このような大きさとする事により、基準ピン91およびスカラロボット3の先端を同時に

10

20

30

40

50

検出するのに適した大きさの測定領域となる。そのため、必要な情報を確実に含みつつ、不要な情報を極力排除した画像を取得することができるため、スカラロボット3の原点校正を精度よくかつスムーズに行うことができる。

【0082】

また、前述したように、光学センサー98の繰り返し精度は、 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以下である。これにより、スカラロボット3の原点校正を精度よく行うことができる。また、スカラロボット3毎の校正ばらつきを効果的に抑えることができる。

【0083】

また、前述したように、検出ステップS1の検出結果に基づいてスカラロボット3のアームの長さL1、L2を測定するアーム長測定ステップS3を含む。これにより、スカラロボット3のCP(Continuous Path)精度が向上し、スカラロボット3をより高い精度で制御することができる。

【0084】

また、前述したように、ロボット検査システム1に含まれる原点校正システム99は、基準位置に配置されている基準治具である基準ピン91と、基準ピン91とスカラロボット3の先端とを同時に検出する光学センサー98と、光学センサー98の検出結果に基づいてスカラロボット3の原点校正を行う処理部95と、を有する。このような構成によれば、基準ピン91に対してスカラロボット3の先端が非接触の状態ではスカラロボット3の原点校正を行うことができる。そのため、基準ピン91の加工誤差に影響を受けることなく、スカラロボット3の原点校正を高精度に行うことができる。

【0085】

<第2実施形態>

図20は、第2実施形態に係る原点校正システムを示す上面図である。

【0086】

本実施形態の原点校正システム99は、ステージ90がY軸方向に加えてX軸方向にも移動可能であること以外は、前述した第1実施形態と同様である。なお、以下の説明では、本実施形態に関し、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項に関してはその説明を省略する。また、本実施形態の図において、前述した実施形態と同様の構成については、同一符号を付している。

【0087】

図20に示す原点校正システム99では、ステージ90がX軸方向およびY軸方向に移動可能である。このような構成とすることにより、特に、前述した第1実施形態と比較して、第1、第2アーム31、32の長さL1、L2をより精度よく測定することができる。以下、本実施形態での長さL1、L2の測定方法について具体的に説明する。

【0088】

まず、ステージ90を動かして、基準ピン91をロボット座標系の第1座標に配置する。次に、スカラロボット3を動かして、スカラロボット3の先端がセンサーユニット92、93の測定領域内に位置する第1姿勢とする。次に、この状態をセンサーユニット92、93で撮像して第1姿勢画像を取得する。

【0089】

次に、ステージ90をX軸方向およびY軸方向に動かして基準ピン91をロボット座標系の第2座標に配置する。第2座標は、基準ピン91が第1座標にあるときのセンサーユニット92、93の測定領域外に位置する。次に、第1関節駆動機構361のモーターだけを動かして、スカラロボット3の先端がセンサーユニット92、93の測定領域内に位置する第2姿勢とする。ただし、この際、スカラロボット3の先端と原点校正システム99との接触を避けるために、一時的にスプラインシャフト333を昇降させてもよい。次に、この状態をセンサーユニット92、93で撮像して第2姿勢画像を取得する。

【0090】

次に、処理部95は、第1関節駆動機構361のモーターの回転角度と、第1、第2姿勢画像から特定されるスカラロボット3の先端の移動前後の位置座標と、に基づいて第1

10

20

30

40

50

アーム 3 1 の長さ  $L_1$  を求める。

【 0 0 9 1 】

次に、スカラロボット 3 を動かして再び第 1 姿勢とする。次に、ステージ 9 0 を動かして、基準ピン 9 1 をロボット座標系の第 3 座標に配置する。第 3 座標は、基準ピン 9 1 が第 1 座標にあるときのセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域外に位置する。次に、第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターだけを動かして、スカラロボット 3 の先端がセンサーユニット 9 2、9 3 の測定領域内に位置する第 3 姿勢とする。ただし、この際、スカラロボット 3 の先端と原点校正システム 9 9 との接触を避けるために、一時的にスプラインシャフト 3 3 3 を昇降させてもよい。次に、この状態をセンサーユニット 9 2、9 3 で撮像して第 3 姿勢画像を取得する。

10

【 0 0 9 2 】

次に、処理部 9 5 は、第 2 関節駆動機構 3 6 2 のモーターの回転角度と、第 1、第 3 姿勢画像から特定されるスカラロボット 3 の先端の移動前後の位置座標と、に基づいて第 2 アーム 3 2 の長さ  $L_2$  を求める。

【 0 0 9 3 】

このような方法によれば、前述した第 1 実施形態と比べて第 1 姿勢と第 2 姿勢との差を大きくすることができるため、第 1 アーム 3 1 の長さ  $L_1$  を高精度に測定することができる。同様に、前述した第 1 実施形態と比べて第 1 姿勢と第 3 姿勢との差を大きくすることができるため、第 2 アーム 3 2 の長さ  $L_2$  を高精度に測定することができる。

【 0 0 9 4 】

以上のような第 2 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

20

【 0 0 9 5 】

< 第 3 実施形態 >

図 2 1 は、第 3 実施形態に係る原点校正システムを示す上面図である。

【 0 0 9 6 】

前述した実施形態では、原点校正システム 9 9 がロボット検査システム 1 に組み込まれており、ロボット検査システム 1 まで搬送されたスカラロボット 3 に対して原点校正等の各種検査を行っていた。これに対して、本実施形態では、図 2 1 に示すように、原点校正システム 9 9 がロボット検査システム 1 に組み込まれておらず、原点校正システム 9 9 をスカラロボット 3 が設置されている場所に運んで配置した状態で当該スカラロボット 3 の原点校正を行う。

30

【 0 0 9 7 】

以上のような第 3 実施形態によっても、前述した第 1 実施形態と同様の効果を発揮することができる。

【 0 0 9 8 】

以上、本発明の原点校正方法および原点校正システムを図示の実施形態に基づいて説明したが本発明はこれに限定されるものではない。各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物や他の任意の工程が付加されていてもよい。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 9 9 】

1 ... ロボット検査システム、1 0 ... 検査室、1 1 ... 振動減衰部材、2 ... 載置台、2 1 ... 天板部、2 2 ... 底板部、2 3 ... 脚部、2 4 ... キャスター、3 ... スカラロボット、3 0 ... ベース、3 1 ... 第 1 アーム、3 2 ... 第 2 アーム、3 3 ... 作業ヘッド、3 3 1 ... スプラインナット、3 3 2 ... ボールネジナット、3 3 3 ... スプラインシャフト、3 4 ... カバー、3 4 1 ... マーカー、3 5 ... ストッパー、3 5 0 ... 隙間、3 6 1 ... 第 1 関節駆動機構、3 6 2 ... 第 2 関節駆動機構、3 6 3 ... 第 1 ヘッド駆動機構、3 6 4 ... 第 2 ヘッド駆動機構、3 7 ... ロボットコントローラー、4 ... 自動搬送車、4 1 ... 荷台、4 2 ... 昇降装置、4 3 ... 車輪、4 4 ... モーター、4 5 ... コントローラー、5 ... 接続部、5 1 ... 凹部、5 1 1 ... 侵入口、6 ...

50

位置決め機構、61...当接部、62...当接部、7...検査部、80...移動機構、81...回転角校正部、811...カメラ、812...処理部、813...移動機構、82...高さ校正部、821...接触式距離センサー、822...接触式距離センサー、823...処理部、824...移動機構、90...ステージ、91...基準ピン、911...第1外面、912...第2外面、92...センサーユニット、921...発光装置、921a...光源、921b...発光側テレセントリック光学系、922...受光装置、922a...撮像素子、922b...受光側テレセントリック光学系、93...センサーユニット、931...発光装置、931a...光源、931b...発光側テレセントリック光学系、932...受光装置、932a...撮像素子、932b...受光側テレセントリック光学系、94...校正装置、95...処理部、98...光学センサー、99...原点校正システム、G1...画像、G2...画像、J1...第1回動軸、J2...第2回動軸、J3...第3回動軸、Jp...中心軸、L1...長さ、L2...長さ、LL1...光、LL2...光、M...錘、N1...ネジ、O1...光軸、O2...光軸、Q1...法線、Q2...法線、R1...第1領域、R2...第2領域、R3...第3領域、S1...検出ステップ、S2...校正ステップ、S3...アーム長測定ステップ、T...工具

10

20

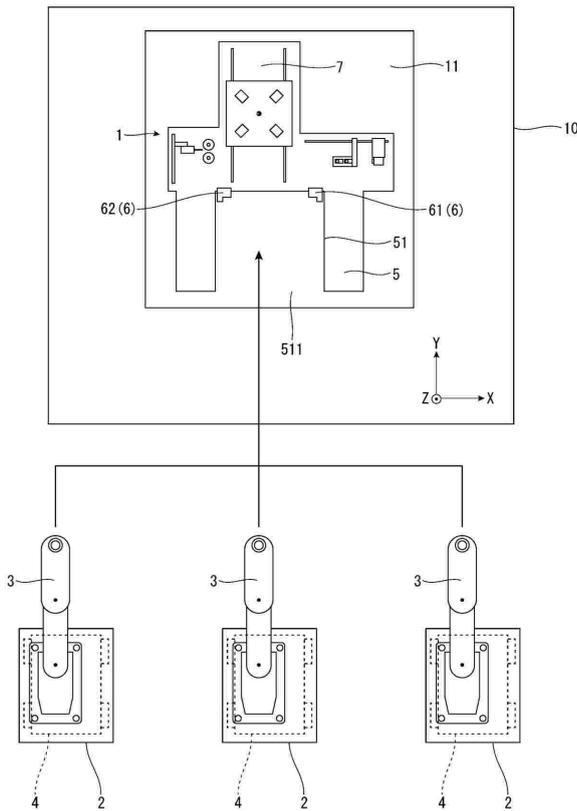
30

40

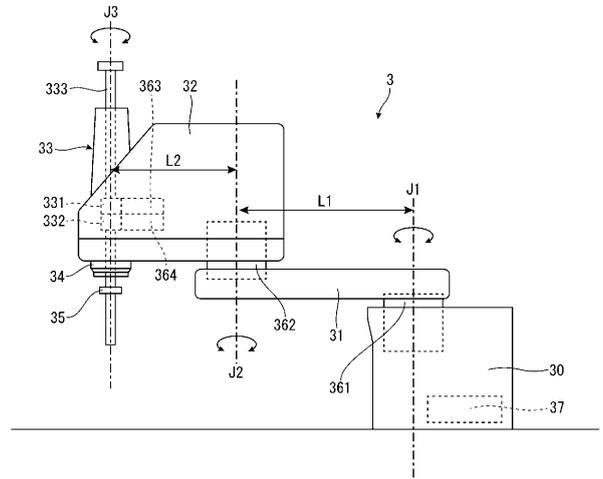
50

【図面】

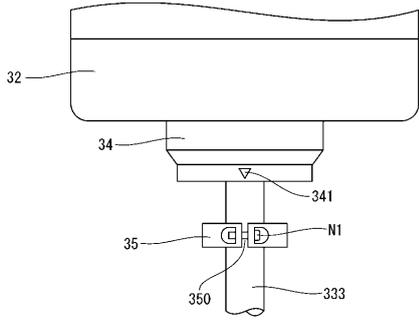
【図1】



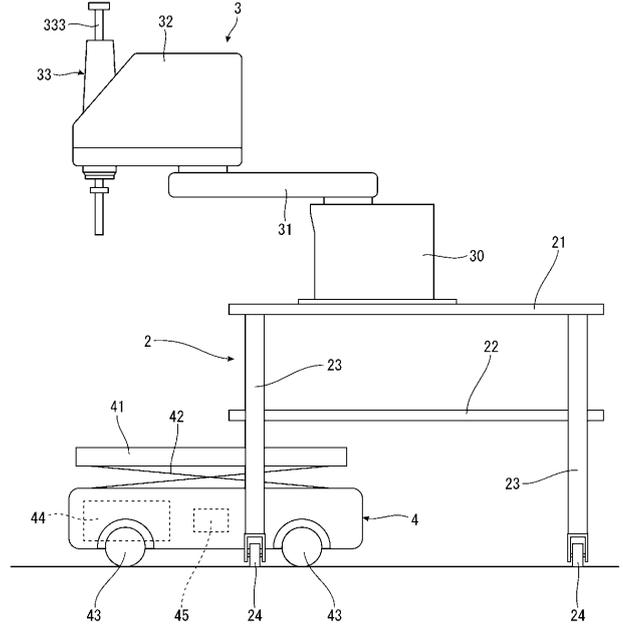
【図2】



【 図 3 】



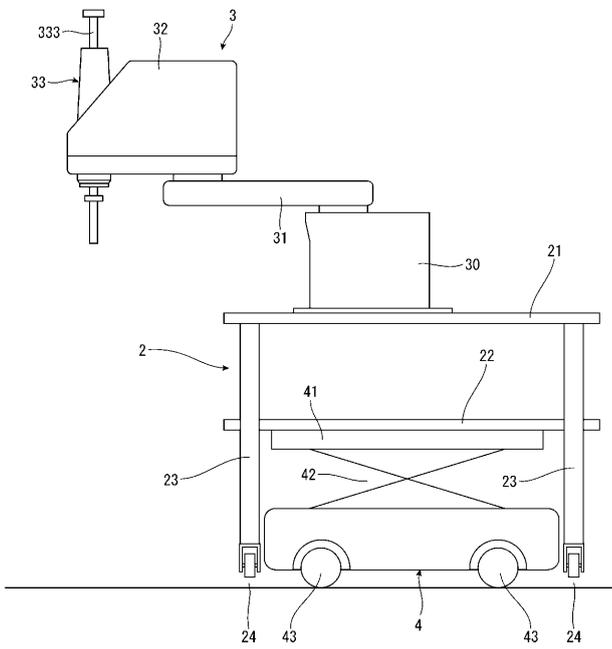
【 図 4 】



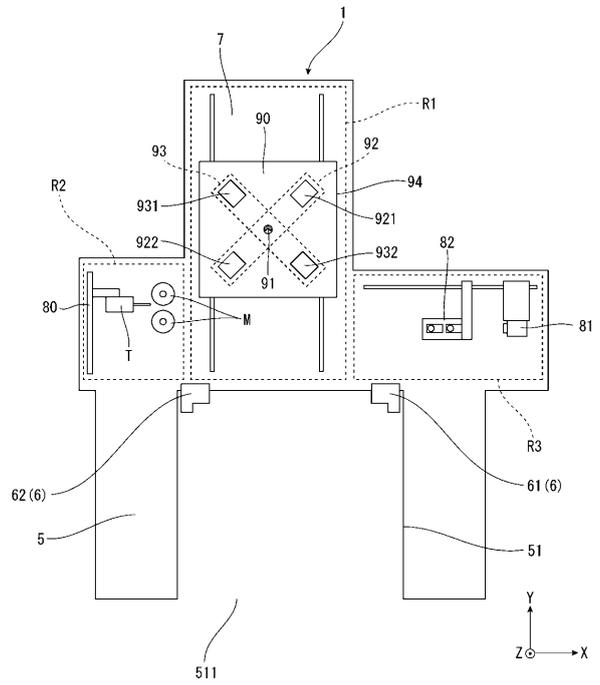
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

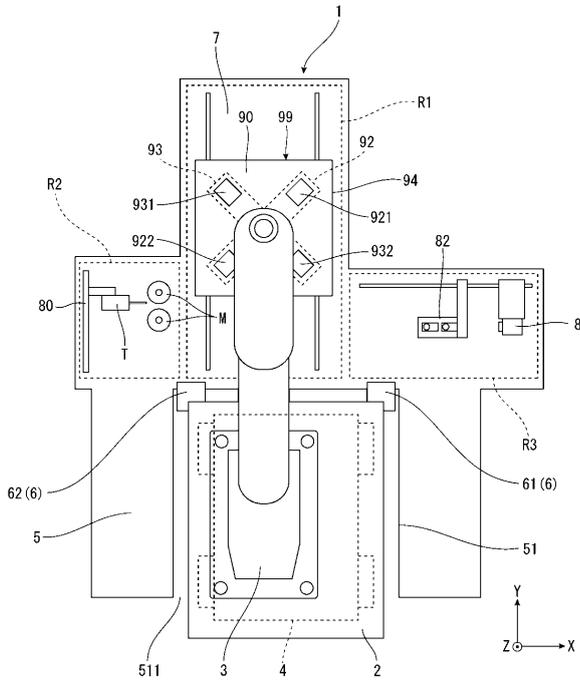


30

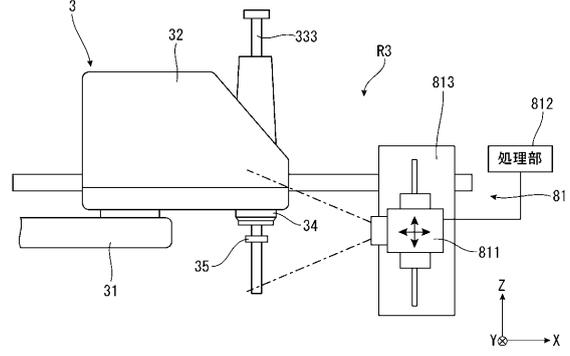
40

50

【 図 7 】



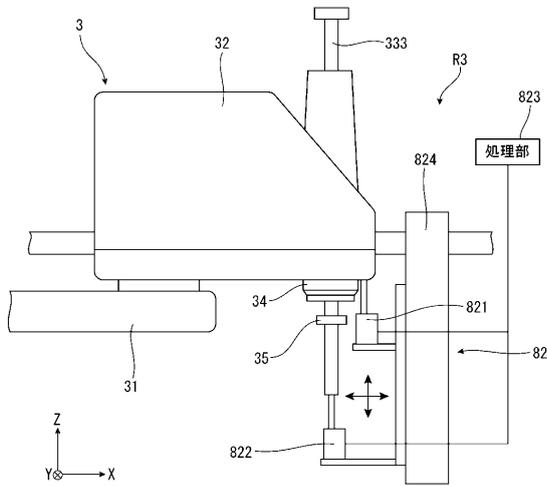
【 図 8 】



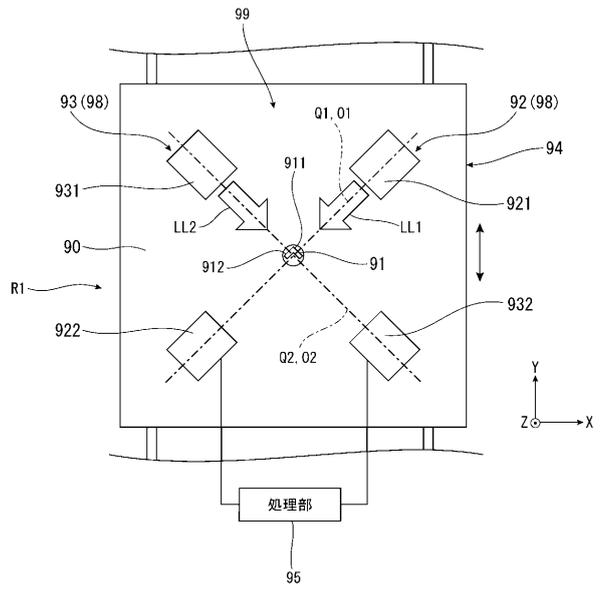
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

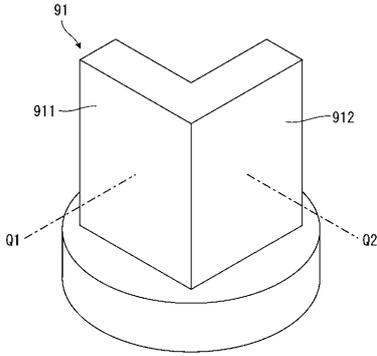


30

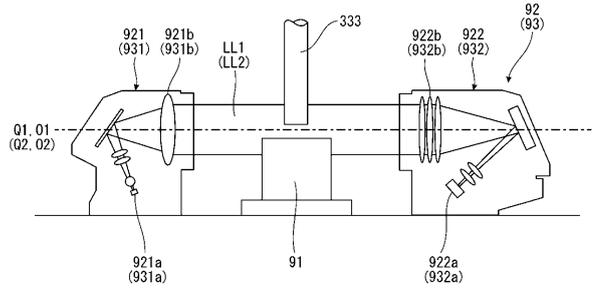
40

50

【図 1 1】

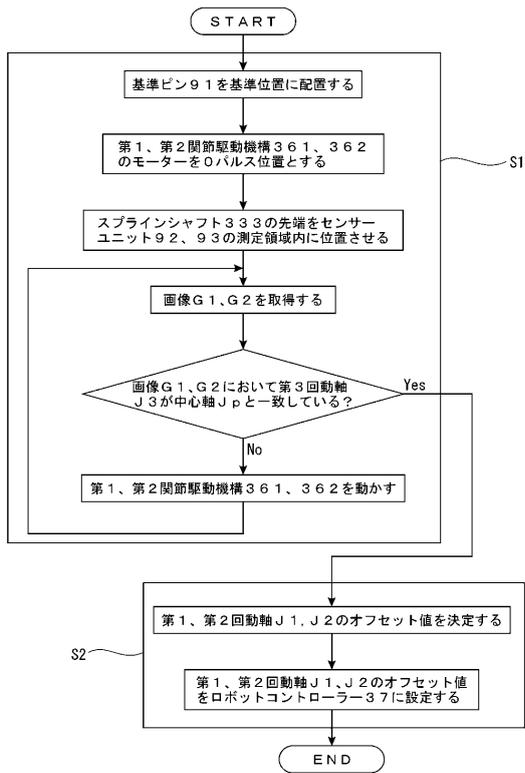


【図 1 2】

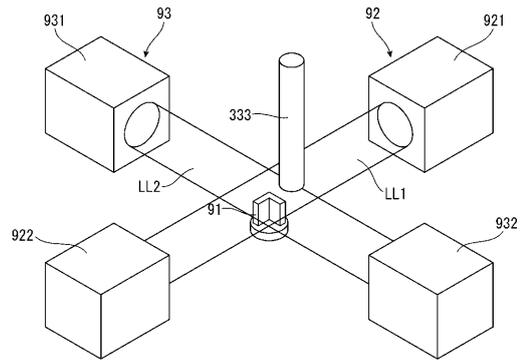


10

【図 1 3】



【図 1 4】



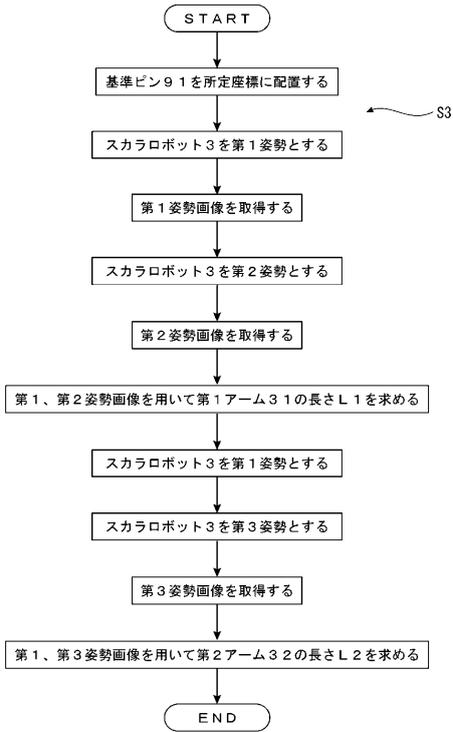
20

30

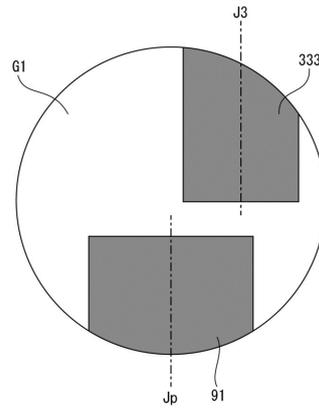
40

50

【 図 15 】



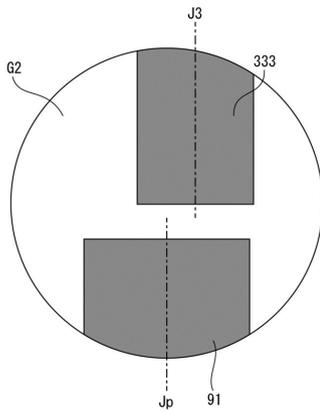
【 図 16 】



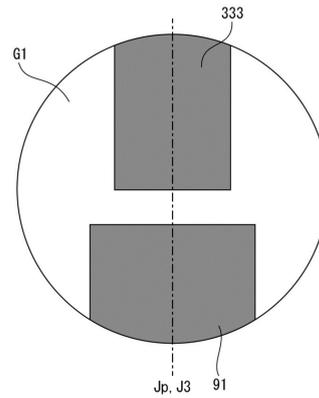
10

20

【 図 17 】



【 図 18 】

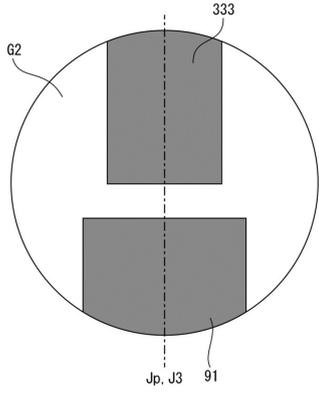


30

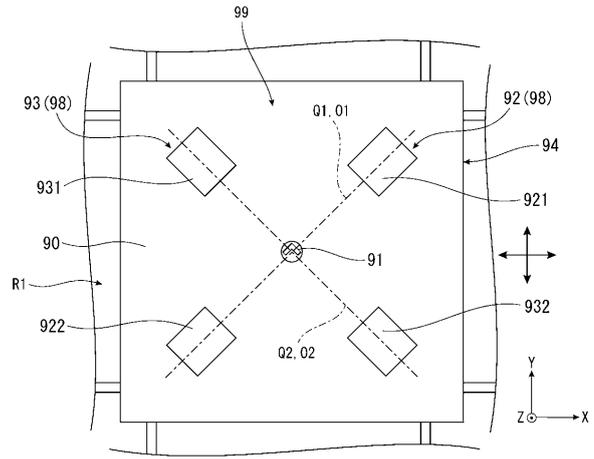
40

50

【 19 】

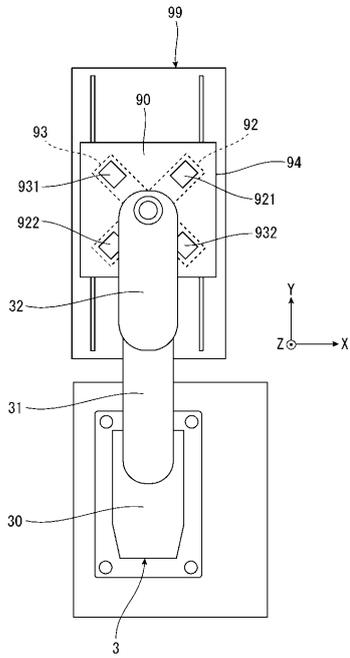


【 20 】



10

【 21 】



20

30

40

50

---

フロントページの続き

(72)発明者 新藤 裕幸

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) 2F065 AA04 AA16 AA17 BB15 DD03 EE00 FF02 FF04 GG04 HH03  
HH14 JJ03 MM16 PP25 QQ03 QQ24 QQ28 QQ31 UU05  
3C707 BS15 CS08 CV07 CW07 HS27 HT17 KS05 KT01 KT06 LT17  
WA16