

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-101632

(P2016-101632A)

(43) 公開日 平成28年6月2日(2016.6.2)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 Z 3 C 7 0 7
 B 2 5 J 13/08 A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-242004 (P2014-242004)	(71) 出願人	510341215
(22) 出願日	平成26年11月28日 (2014.11.28)		ライフロボティクス株式会社
			東京都江東区富岡二丁目9番11号
		(74) 代理人	100194191
			弁理士 竹村 康広
		(72) 発明者	尹 祐根
			茨城県つくば市吾妻3丁目18番地4 ラ
			イフロボティクス株式会社内
		(72) 発明者	前田 摩美
			茨城県つくば市吾妻3丁目18番地4 ラ
			イフロボティクス株式会社内
		(72) 発明者	竹村 康広
			東京都文京区本駒込1丁目17番26号
		Fターム(参考)	3C707 AS02 BS12 BT08 CV02 CW02
			FS01 KS03 KS05 KS31 KS36
			KT01 KT05 KX07 LT12 NS15

(54) 【発明の名称】 ロボット装置、ロボット制御装置、ロボット制御方法及びロボット手先効果器

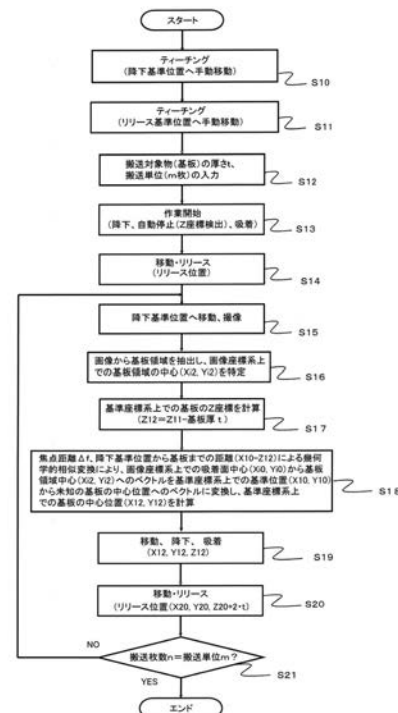
(57) 【要約】

【課題】外部カメラを用いることなく作業対象物に対する手先効果器の移動を制御すること。

【解決手段】ロボット装置は、複数の関節部を有するロボットアーム機構10を有する。ロボットアーム機構には、作業対象物に対して作業を行なうための手先効果器3が支持される。手先効果器にはさらに撮像部6が設けられる。手先効果器にはさらに撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう少なくとも一つの接触センサ7, 8, 9が設けられる。制御装置30は、撮像部で撮像された画像を用いて撮像方向に略直交する方向に関して手先効果器を移動し、接触センサの接触出力による作業対象物に手先効果器が接触する位置を基準として撮像方向に略平行な方向に関して手先効果器を移動するようロボットアーム機構を制御する。

【選択図】 図8

図8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の関節部を有するロボットアーム機構と、
前記ロボットアーム機構に支持され、作業対象物に対して作業を行なうための手先効果器と、

前記手先効果器に対して設けられる撮像部と、

前記撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう前記手先効果器に対して設けられる少なくとも一つの接触センサと、

前記撮像部で撮像された画像を用いて前記撮像方向に略直交する方向に関して前記手先効果器を移動し、前記接触センサの接触出力による前記作業対象物に前記手先効果器が接触する位置を基準として前記撮像方向に略平行な方向に関して前記手先効果器を移動するよう前記ロボットアーム機構を制御する制御部とを具備することを特徴とするロボット装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記撮像部で撮像された画像から前記作業対象物の領域を抽出し、前記画像内における前記作業対象物の領域の位置と前記撮像部に対する前記手先効果器の位置とに基づいて前記撮像方向に略直交する方向に関する前記手先効果器の移動を制御することを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 3】

前記作業対象物はスタックされた基板であり、前記基板は前記手先効果器により吸着されて1枚ずつ搬送されるものであり、

20

前記制御部は、前記スタックされた基板のうち最上位の基板の高さを基準として前記基板の厚みを順次引き算した高さに従って2枚目以降の基板に対する前記撮像方向に関する前記手先効果器の移動を制御することを特徴とする請求項 1 記載のロボット装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記基板を搬送する搬送先の台上にリリースする際に前記搬送先の台に前記手先効果器が接触する位置を基準として前記基板の厚みを順次加算した高さに従って1枚目以降の基板に対する前記撮像方向に関する前記手先効果器の移動を制御することを特徴とする請求項 3 記載のロボット装置。

【請求項 5】

30

ロボットアーム機構に支持された手先効果器に対して設けられる撮像部と、

前記撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう前記手先効果器に対して設けられる少なくとも一つの接触センサと、

前記撮像部で撮像された画像を用いて前記撮像方向に略直交する方向に関して前記手先効果器を移動し、前記接触センサの接触出力による前記対象物に前記手先効果器が接触する位置を基準として前記撮像方向に略平行な方向に関して前記手先効果器を移動するよう前記ロボットアーム機構を制御する制御部とを具備することを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 6】

40

ロボットアーム機構に支持された手先効果器に設けられた撮像部で作業対象物を含む視野で撮像された画像を入力し、

前記撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう前記手先効果器に設けられた少なくとも一つの接触センサの出力を入力し、

前記撮像部で撮像された画像を用いて前記撮像方向に略直交する方向に関して前記手先効果器を移動し、

前記接触センサの出力による前記作業対象物に前記手先効果器が接触する位置を基準として前記撮像方向に略平行な方向に関して前記手先効果器を移動することを特徴とするロボット制御方法。

【請求項 7】

ロボットアームの先端に装備され、作業対象物に対して作業を行なうための手先効果器

50

において、

前記手先効果器に対して設けられる撮像部と、

前記撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう前記手先効果器に対して設けられる少なくとも一つの接触センサとを具備することを特徴とするロボットの手先効果器。

【請求項 8】

ロボットアームの手先効果器に対して設けられる撮像部で作業対象物スタックを含む視野で撮像された画像を用いて前記撮像部の撮像方向に直交する方向に関する前記作業対象物の位置を計算する第 1 位置計算部と、

前記手先効果器に対して設けられる接触センサの出力による前記作業対象物スタックの最上位の作業対象物に前記接触センサが接触する位置を基準として前記撮像方向に関する他の作業対象物の位置を計算する第 2 位置特定部とを具備する位置計算処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態はロボット装置、ロボット制御装置、ロボット制御方法及びロボット手先効果器に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の垂直多関節部アーム機構には位置に関して 3 自由度 (x, y, z)、姿勢に関して 3 自由度 (ϕ, θ, ψ) が要求され、一般的には根元 3 軸と呼ばれる回転関節部 J 1, J 2, J 3 と手首 3 軸と呼ばれる回転関節部 J 4, J 5, J 6 とからそれを実現している。例えば関節部 J 1, J 4, J 6 にはねじり関節部、関節部 J 2, J 3, J 5 には曲げ関節部が適用される。アーム先端には手先効果器 (エンドエフェクタ) が装備される。その手先の位置姿勢制御はパラメータ (関節角、伸縮長、リンク長等) を用いた同次変換行列により実現している。この種の垂直多関節アーム機構を用いて搬送等の作業を行なうに際して、多くの場合、作業対象物 (ワーク) を典型的には 2 系統の外部カメラの画像で撮像してそれら画像から作業対象物の座標を計算し、その座標に従って作業対象物に対して手先効果器の移動を制御する。

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0003】

目的は、外部カメラを用いることなく作業対象物 (ワーク) に対する手先効果器の移動を制御することを実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本実施形態に係るロボット装置は、複数の関節部を有するロボットアーム機構を有する。ロボットアーム機構には、作業対象物に対して作業を行なうための手先効果器が支持される。手先効果器には撮像部が設けられる。手先効果器にはさらに撮像部による撮像方向に関して感度を有するよう少なくとも一つの接触センサが設けられる。制御部は、撮像部で撮像された画像を用いて撮像方向に略直交する方向に関して手先効果器を移動し、接触センサの接触出力による作業対象物に手先効果器が接触する位置を基準として撮像方向に略平行な方向に関して手先効果器を移動するようロボットアーム機構を制御する。

40

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図 1】図 1 は、本実施形態に係るロボット装置のロボットアーム機構とその先端に装備される手先効果器及びカメラ・センサユニットの外観斜視図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の手先効果器とカメラ・センサユニットの平面図及び側面図である。

【図 3】図 3 は、図 1 のロボットアーム機構を図記号表現により示す図である。

【図 4】図 4 は、図 1 の変形例を示す図である。

50

【図 5】図 5 は、図 4 の手先効果器とカメラ・センサユニットの平面図及び側面図である。

【図 6】図 6 は、図 1 のカメラの撮像方向と接触センサの感度方向とを示す図である。

【図 7】図 7 は、本実施形態に係るロボット装置のブロック図である。

【図 8】図 8 は、本実施形態による搬送作業の処理工程を示すフローチャートである。

【図 9】図 9 は、図 8 の工程 S 1 0、S 1 1 の補足図である。

【図 1 0】図 1 0 は、図 8 の工程 S 1 3 の補足図である。

【図 1 1】図 1 1 は、図 8 の工程 S 1 4 の補足図である。

【図 1 2】図 1 2 は、図 8 の工程 S 1 5 の補足図である。

【図 1 3】図 1 3 は、図 8 の工程 S 1 8 の補足図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0006】

以下、図面を参照しながら本実施形態に係るロボット装置を説明する。以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。

【0007】

図 1 は、本実施形態に係るロボット装置の主構造物としてのロボットアーム機構の外観斜視図である。図 2 は図 1 の手先効果器とセンサユニットを示している。図 3 は図 1 のロボットアーム機構を図記号表現により示している。ロボットアーム機構 1 0 は、略円筒形状の基部 1 と基部 1 に接続するアーム部 2 0 とを有する。ロボットアーム部 2 0 の先端にはエンドエフェクタと呼ばれる手先効果器 3 が取り付けられる。手先効果器 3 としては作業対象物（ワーク）としてのここでは半導体基板（単に基板という）を静電方式により吸着する吸着部を図示している。手先効果器 3 としては吸着部に限定されず、作業対象物を把持するハンド部、さらに他のツールであってもよい。ロボットアーム部 2 0 の先端には任意の種類の手先効果器 3 に交換することができるアダプタが設けられていてもよい。

20

【0008】

ロボットアーム部 2 0 は、複数、ここでは 6 つの関節部 J 1、J 2、J 3、J 4、J 5、J 6 を有する。複数の関節部 J 1、J 2、J 3、J 4、J 5、J 6 は基部 1 から順番に配設される。一般的に、第 1、第 2、第 3 軸 R A 1、R A 2、R A 3 は根元 3 軸と呼ばれ、第 4、第 5、第 6 軸 R A 4、R A 5、R A 6 は手首 3 軸と呼ばれる。根元 3 軸を構成する関節部 J 1、J 2、J 3 の少なくとも一つは直動関節である。ここでは第 3 関節部 J 3 が直動関節、特に伸縮距離の比較的長い直動伸縮機構を採用している。第 1 関節部 J 1 は基台面に対して例えば垂直に支持される第 1 回転軸 R A 1 を中心としたねじり関節である。第 2 関節部 J 2 は第 1 回転軸 R A 1 に対して垂直に配置される第 2 回転軸 R A 2 を中心とした曲げ関節である。第 3 関節部 J 3 は、第 2 回転軸 R A 2 に対して垂直に配置される第 3 軸（移動軸）R A 3 を中心として直線的に伸縮する関節である。第 4 関節部 J 4 は、第 3 移動軸 R A 3 に一致する第 4 回転軸 R A 4 を中心としたねじり関節であり、第 5 関節部 J 5 は第 4 回転軸 R A 4 に対して直交する第 5 回転軸 R A 5 を中心とした曲げ関節である。第 6 関節部 J 6 は第 4 回転軸 R A 4 に対して直交し、第 5 回転軸 R A 5 に対して垂直に配置される第 6 回転軸 R A 6 を中心とした曲げ関節である。

30

40

【0009】

第 1 関節部 J 1 のねじり回転によりアーム部 2 0 が吸着部 3 とともに旋回する。第 2 関節部 J 2 の曲げ回転によりアーム部 2 0 が吸着部 3 とともに第 2 関節部 J 2 の第 2 回転軸 R A 2 を中心に起伏動をする。基部 1 を成すアーム支持体（第 1 支持体）1 1 a は、第 1 関節部 J 1 の回転軸 R A 1 を中心に形成される円筒形状の中空構造を有する。第 1 関節部 J 1 は図示しない固定台に取り付けられる。第 1 関節部 J 1 が回転するとき、第 1 支持体 1 1 a はアーム部 2 0 の旋回とともに軸回転する。なお、第 1 支持体 1 1 a が接地面に固定されていてもよい。その場合、第 1 支持体 1 1 a とは独立してアーム部 2 0 が旋回する構造に設けられる。第 1 支持体 1 1 a の上部には第 2 支持部 1 1 b が接続される。

【0010】

50

第 2 支持部 1 1 b は第 1 支持部 1 1 a に連続する中空構造を有する。第 2 支持部 1 1 b の一端は第 1 関節部 J 1 の回転部に取り付けられる。第 2 支持部 1 1 b の他端は開放され、第 3 支持部 1 1 c が第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 において回動自在に嵌め込まれる。第 3 支持部 1 1 c は第 1 支持部 1 1 a 及び第 2 支持部に連通する鱗状の中空構造を有する。第 3 支持部 1 1 c は、第 2 関節部 J 2 の曲げ回転に伴ってその後部が第 2 支持部 1 1 b に収容され、また送出される。アーム部 2 0 の直動関節部を構成する第 3 関節部 J 3 の後部はその収縮により第 1 支持部 1 1 a と第 2 支持部 1 1 b の連続する中空構造の内部に収納される。

【 0 0 1 1 】

第 1 関節部 J 1 は円環形状の固定部と回転部とからなり、固定部において図示しない基台に固定される。回転部には第 1 支持部 1 1 a と第 2 支持部 1 1 b とが取り付けられる。第 1 関節部 J 1 が回転するとき、第 1、第 2、第 3 支持部 1 1 a、1 1 b、1 1 c が第 1 回転軸 R A 1 を中心としてアーム部 2 0 と吸着部 3 と共に旋回する。

【 0 0 1 2 】

第 3 支持部 1 1 c はその後端下部において第 2 支持部 1 1 b の開放端下部に対して回転軸 R A 2 を中心として回動自在に嵌め込まれる。それにより回転軸 R A 2 を中心とした曲げ関節部としての第 2 関節部 J 2 が構成される。第 2 関節部 J 2 が回動すると、アーム部 2 0 が吸着部 3 とともに第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 を中心に垂直方向に回動、つまり起伏動作をする。

【 0 0 1 3 】

第 3 関節部 J 3 はそれを構成する直動伸縮アーム機構により実現される直動伸縮距離の長さが特徴的である。直動伸縮距離の長さは、図示しないが、第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とを有する。第 1 連結コマ列 2 1 は、同一の断面コ字形状を有し、ピンにより背面箇所において列状に連結される複数の第 1 連結コマ 2 3 からなる。第 1 連結コマ 2 3 の断面形状及びピンによる連結位置により第 1 連結コマ列 2 1 はその背面方向に屈曲可能であるが逆に表面方向には屈曲不可な性質を備える。第 2 連結コマ列 2 0 は、第 1 連結コマと略等価な幅を有する略平板形状を有し、背面方向と表面方向とともに屈曲可能な状態でピンにより列状に連結される複数の第 2 連結コマ 2 2 からなる。第 1 連結コマ列 2 1 は第 2 連結コマ列 2 0 と先端部において結合コマにより結合される。結合コマは、第 1 連結コマ 2 3 と第 2 連結コマ 2 2 とが一体的になった形状を有している。結合コマが始端となつて、第 3 支持部 c から第 2 連結コマ列 2 0 が第 1 連結コマ列 2 1 とともに送り出されるときには、第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とは互いに接合される。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とは先端部において結合コマにより結合され、それぞれ後部において第 3 支持部 1 1 c の内部で堅持され引き抜き防止されることにより接合状態が保持される。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とが接合状態が保持されたとき、第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 の屈曲は制限され、それにより第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とにより一定の剛性を備えた柱状体が構成される。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とが互いに離反するとき、屈曲制限を解除され、それぞれが屈曲可能状態に復帰する。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とは第 3 支持部 1 1 c の開口付近で接合され、送り出される。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とは第 3 支持部 1 1 c の内部で離反され、それぞれが屈曲可能状態となる。第 1 連結コマ列 2 1 と第 2 連結コマ列 2 0 とは個々に屈曲され、第 1 支持部 1 1 a の内部に別体として収容される。

【 0 0 1 4 】

吸着部 3 は、アーム部 2 0 の先端に装備されている。吸着部 3 は、第 1、第 2、第 3 関節部 J 1、J 2、J 3 により任意位置に移動され、第 4、第 5、第 6 関節部 J 4、J 5、J 6 により任意姿勢に配置される。第 4 関節部 J 4 は、アーム部 2 0 の伸縮方向に沿ったアーム部 2 0 の中心軸、つまり第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 に典型的には一致する回転軸 R A 4 を有するねじり関節である。第 4 関節部 J 4 が回転すると、第 4 関節部 J 4 から先端にかけて吸着部 3 が回転軸 R A 4 を中心に回転する。第 5 関節部 J 5 は、第 4 関節部

J 4 の移動軸 R A 4 に対して直交する回転軸 R A 5 を有する曲げ関節部である。第 5 関節部が回転すると、第 5 関節部 J 5 から先端にかけて吸着部 3 とともに上下に回転する。第 6 関節部 J 6 は、第 4 関節部 J 4 の回転軸 R A 4 に直交し、第 5 関節部 J 5 の回転軸 R A 5 に垂直な回転軸 R A 6 を有する曲げ関節である。第 6 関節部 J 6 が回転すると吸着部 3 が左右に回転する。

【 0 0 1 5 】

図 3 には図 1 のロボットアーム機構 1 0 を図記号表現により示している。ロボットアーム機構 1 0 は、根元 3 軸を構成する第 1 関節部 J 1 と第 2 関節部 J 2 と第 3 関節部 J 3、さらに手首 3 軸を構成する第 4 関節部 J 4 と第 5 関節部 J 5 と第 6 関節部 J 6 とにより 3 つの位置自由度と 3 つの姿勢自由度を実現する。第 1 関節部 J 1 は、第 1 支持部 1 1 a と第 2 支持部 1 1 b との間に配設されており、回転軸 R A 1 を中心としたねじり関節として構成されている。回転軸 R A 1 は第 1 関節部 J 1 の固定部が設置される基台の基準面 B P に垂直に配置される。回転軸 R A 1 に平行に Z 軸を規定する。説明の便宜上、Z 軸を中心とした直交 3 軸の空間座標系 (X Y Z) を規定する。

【 0 0 1 6 】

第 2 関節部 J 2 は回転軸 R A 2 を中心とした曲げ関節として構成される。第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 は空間座標系上の X 軸に平行に設けられる。第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 は第 1 関節部 J 1 の回転軸 R A 1 に対して垂直な向きに設けられる。さらに第 2 関節部 J 2 は、第 1 関節部 J 1 に対して、第 1 回転軸 R A 1 の方向 (Z 軸方向) と第 1 回転軸 R A 1 に垂直な Y 軸方向との 2 方向に関してオフセットされる。第 1 関節部 J 1 と第 2 関節部 J 2 との Z 軸方向に関する関節間距離 (関節中心間距離、リンク長又はオフセット距離ともいう) は d 1、第 1 関節部 J 1 と第 2 関節部 J 2 との Y 軸方向に関する関節間距離は L 1 で与えられる。なお回転関節部の関節中心は回転面上の構造中心をいい、直動関節部の関節中心はもっとも収縮した状態での構造中心をいうものとする。

【 0 0 1 7 】

第 2 関節部 J 2 が第 1 関節部 J 1 に対して上記 2 方向にオフセットされるように、第 2 支持体 1 1 b は第 1 支持体 1 1 a に取り付けられる。第 1 関節部 J 1 に第 2 関節部 J 2 を接続する仮想的なアームロッド部分 (リンク部分) は、先端が直角に曲がった 2 つの鉤形状体が組み合わされたクランク形状を有している。この仮想的なアームロッド部分は、中空構造を有する第 1、第 2 支持体 1 1 a、1 1 b により構成される。

【 0 0 1 8 】

第 3 関節部 J 3 は移動軸 R A 3 を中心とした直動関節として構成される。第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 は第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 に対して垂直な向きに設けられる。第 2 関節部 J 2 の回転角がゼロ度、つまりアーム部 2 0 の起伏角がゼロ度であってアーム部 2 0 が水平な基準姿勢においては、第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 は、第 2 関節部 J 2 の回転軸 R A 2 とともに第 1 関節部 J 1 の回転軸 R A 1 にも垂直な方向に設けられる。空間座標系上では、第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 は X 軸及び Z 軸に対して垂直な Y 軸に平行に設けられる。さらに、第 3 関節部 J 3 は、第 2 関節部 J 2 に対して、その回転軸 R A 2 の方向 (Y 軸方向) と、移動軸 R A 3 に直交する Z 軸の方向との 2 方向に関してオフセットされる。第 2 関節部 J 2 と第 3 関節部 J 3 との Z 軸方向に関する関節間距離 (オフセット距離) は d 2、第 2 関節部 J 2 と第 3 関節部 J 3 との Y 軸方向に関する関節間距離は L 2 で与えられる。第 3 関節部 J 3 が第 2 関節部 J 2 に対して上記 2 方向にオフセットされるように、第 3 支持体 1 1 c は第 2 支持体 1 1 b に取り付けられる。第 2 関節部 J 2 に第 3 関節部 J 3 を接続する仮想的なアームロッド部分 (リンク部分) は、先端が垂直に曲がった鉤形状体を有している。この仮想的なアームロッド部分は、第 2、第 3 支持体 1 1 b、1 1 c により構成される。

【 0 0 1 9 】

上記第 1 関節部 J 1 と第 2 関節部 J 2 との Y 軸方向に関する関節間距離 L 1 と、第 2 関節部 J 2 と第 3 関節部 J 3 との Z 軸方向に関する関節間距離 L 2 とは異なる値に設定される。第 4 関節部 J 4 は回転軸 R A 4 を中心としたねじり関節として構成される。第 4 関節

10

20

30

40

50

部 J 4 の回転軸 R A 4 は第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 に略一致するよう配置される。第 5 関節部 J 5 は回転軸 R A 5 を中心とした曲げ関節として構成される。第 5 関節部 J 5 の回転軸 R A 5 は第 3 関節部 J 3 の移動軸 R A 3 及び第 4 関節部 J 4 の回転軸 R A 4 に略直交するよう配置される。第 6 関節部 J 6 は回転軸 R A 6 を中心としたねじり関節として構成される。第 6 関節部 J 6 の回転軸 R A 6 は第 4 関節部 J 4 の回転軸 R A 4 及び第 5 関節部 J 5 の回転軸 R A 5 に略直交するよう配置される。第 6 関節部 J 6 は手先効果器としての吸着部 3 を旋回するために設けられており、その回転軸 R A 6 が第 4 関節部 J 4 の回転軸 R A 4 及び第 5 関節部 J 5 の回転軸 R A 5 に略直交する曲げ関節として実装されている。

【 0 0 2 0 】

このように複数の関節部 J 1 - J 6 の根元 3 軸のうちの一つの曲げ関節部を直動関節部に換装し、第 1 関節部 J 1 に対して第 2 関節部 J 2 を 2 方向にオフセットさせ、第 2 関節部 J 2 に対して第 3 関節部 J 3 を 2 方向にオフセットさせることにより、特異点姿勢を構造上解消することが実現される。

【 0 0 2 1 】

図 2 に示すように、ロボットアーム部 2 0 の先端には手先効果器としての静電方式の吸着部 3 が取り付けられる。吸着部 3 は、電極層と絶縁層とから構成される吸着板 5 を有する。吸着板 5 は典型的には比較的薄い長方形の平板形状を有する。吸着板 5 はその背面及び側面がハウジング 1 2 に覆われている。吸着板 5 の吸着面中心位置を「C P」と表記している。後述する吸着部ドライバは電圧を電極層に印加する。電極層とワーク、ここでは基板との間に絶縁層が介在する。電極に電圧を印加すると基板の表面（吸着面）には強い電界が形成され基板表面が分極する。それにより電極と基板との間に電位差が発生し、吸引するクーロン力が誘起され、基板が吸着される。リリースに際しては逆に電極への印加電圧を遮断すると、基板の表面分極を拘束する電極からの電界が消滅するため、基板表面の分極も瞬時に無くなり、電極面と基板表面との間に電位差が無くなり吸引力が消滅する。

【 0 0 2 2 】

吸着部 3 はその後端においてアーム部 2 0 の手首部 2 5 の先端に取り付けられる。吸着部 3 の先端にはセンサユニット 4 が取り付けられる。センサユニット 4 は例えば C C D 形式のカメラ 6 と少なくとも 3 つの接触センサ 7 , 8 , 9 とが、吸着部 3 よりも小さいサイズの典型的には比較的薄い長方形の平板形状を有するハウジング 1 3 に収容されてなる。ハウジング 1 3 の略中心にはレンズ孔が空けられ、そのレンズ孔にカメラ 6 のレンズが位置合わせされる。吸着部 3 にセンサユニット 4 は固定されているので、吸着部 3 に対してカメラ 6 の位置は固定される。従って吸着部 3 の中心とカメラ 6 により撮像される画像の中心との位置関係は固定的である。

【 0 0 2 3 】

ハウジング 1 3 内においてカメラ 6 の周囲には 3 つの接触センサ 7 , 8 , 9 が配置される。ハウジング 1 3 の先方中央にはセンサ孔が空けられ、そのセンサ孔に接触センサ 7 の感度面が嵌め込まれる。ハウジング 1 3 の後方両側に離間して 2 つのセンサ孔が空けられ、2 つのセンサ孔に 2 つの接触センサ 8 , 9 の感度面がそれぞれ嵌め込まれる。なお、図 4、図 5 に示すように、センサユニット 4 は吸着部 3 の中心に設けられてもよい。その場合、吸着部 3 の吸着板 5 はセンサユニット 4 を取り囲むように形成される。吸着部 3 は静電方式に限定されず、吸引方式であってもよい。またカメラ 6 は吸着部 3 との取り付け位置に近い手首部 2 5 に取り付けられていてもよい。

【 0 0 2 4 】

図 6 に示すようにセンサユニット 4 のカメラ 6 は典型的にはその撮像視野中心線が吸着板 5 の吸着面に対して略垂直になる向きにハウジング 1 3 に取り付けられる。もちろんカメラ 6 はその撮像視野中心線が吸着面に対して所定角で傾斜する向きにハウジング 1 3 に取り付けられてもよい。吸着板 5 から所定距離にある吸着対象はカメラ 6 の撮像視野に含まれる。センサユニット 4 の接触センサ 7 , 8 , 9 はその感度方向が吸着板 5 の吸着面に

10

20

30

40

50

略垂直になる向きにハウジング 13 に取り付けられる。つまり接触センサ 7, 8, 9 はその感度方向がカメラ 6 の撮像視野中心線と略平行になり、カメラ 6 による撮像方向に関して感度を有する。

【0025】

図 7 は本実施形態に係るロボット装置のブロック図を示している。アーム機構 10 の関節部 J1, J2, J3, J4, J5, J6 にはそれぞれ例えばステッピングモータがアクチュエータとして設けられる。ステッピングモータにはモータドライバ 101, 102, 103, 104, 105, 106 がそれぞれ接続される。関節部 J1, J2, J3, J4, J5, J6 の関節角、伸縮距離は例えばそれぞれのステッピングモータの回転に設けられたエンコーダ 111, 112, 113, 114, 115, 116 の出力パルスの計数により測定される。カメラドライバ (カメラコンローラともいう) 126 はカメラ 6 に対する信号読み出し、増幅、アナログデジタル変換、同期信号混合などの各種処理を担う。

【0026】

ロボット制御装置 30 はシステム制御部 300 を中心として制御 / データバス 315 を介して各部が接続されてなる。ロボット制御装置 30 には操作部インタフェース 302 を介して吸着部 (手先効果器) 3 の移動や姿勢の変更をオペレータが手動操作するための操作部 40 が接続される。吸着部ドライバ 314 は吸着板 5 の電極層に接続され、電極層に印加するための電圧を発生するとともに、システム制御部 300 の制御に従って電圧を電極層に印加し、またそれを停止する。センサドライバ 313 はセンサユニット 4 の接触センサ 7, 8, 9 を駆動するとともに接触センサ 7, 8, 9 からの出力に基づいて接触センサ 7, 8, 9 の接触状態の有無を検出する。カメラドライバ 126 はカメラインタフェース 312 を介してロボット制御装置 30 に接続される。カメラドライバ 126 で構成される画像データは図示しない画像記憶部に記憶され、またモニタ 311 に表示される。位置記憶部 304 は後述するティーチング等で指定された位置・姿勢を記憶する。基板領域抽出処理部 308 はカメラ 6 で撮像された画像から作業対象物としての基板の領域を閾値処理、パターン認識処理等任意の処理により抽出する。基板領域中心計算部 309 は、基板領域抽出処理部 308 で抽出された基板領域の画像座標系 (X_i, Y_i) 上の基板中心位置を計算する (詳細は後述する)。XY 位置計算処理部 311 は基板領域中心計算部 309 で計算された画像座標系上の基板中心位置を、ロボットアーム機構 10 の基準座標系上での位置 (X, Y) に変換する。Z 位置計算処理部 305 は、1 枚目の基板の Z 位置と基板厚とに基づいて 2 枚目以降の基板に関する基準座標系上での Z 位置を計算する。位置・姿勢 / 関節角度・伸縮長変換処理部 303 は、XY 位置計算処理部 311 及び Z 位置計算処理部 305 により計算された基板の基準座標系上での位置 (XYZ) から、関節部 J1 - J6 に係る逆運動学上の同次変換行列により関節角 ($\theta_1, \theta_2, \theta_4, \theta_5, \theta_6$) 及び直動伸縮関節部 J3 の伸縮長 (d_3) を計算する。ドライバ制御部 301 は、位置・姿勢 / 関節角度・伸縮長変換処理部 303 で計算された関節角 ($\theta_1, \theta_2, \theta_4, \theta_5, \theta_6$) 及び伸縮長 (d_3) を実現するためのモータドライバ 101 - 106 各々に対する指令値を計算し、それぞれ出力する。

【0027】

図 8 は、本実施形態による搬送作業の処理工程を示すフローチャートである。工程 S10、S11 はロボット据付時等を実施されるアーム動作を教え込むいわゆるティーチング工程である。工程 S12 は作業準備工程であり、作業開始直前に実施してもよいし、ティーチング段階で実施してもよい。工程 S13 - S21 は搬送作業工程である。まず図 9 に示すように搬送元のテーブル T1、搬送先のテーブル T2、ロボットアーム機構 10 が設計位置に据付られる。搬送元のテーブル T1、搬送先のテーブル T2、ロボットアーム機構 10 の 3 者の位置関係は基本的には固定される。その状態で例えばロボットエンジニアや専属のオペレータ等によりティーチングがなされる (S10、S11)。工程 S10 ではオペレータがカメラ 6 の画像をモニタ 311 で視認しながら操作部 40 を操作して吸着部 3 をテーブル T1 の上方の位置 (降下基準位置という) に移動する。基準座標系上での降下基準位置 (X_{10}, Y_{10}, Z_{10}) が位置記憶部 304 に記憶される。例えばテーブル T

1の表面には基板ガイドマークが描かれている。カメラ6の画像には基板ガイドマークの像が映る。モニタ311上の画像上の固定位置(X_{i0} 、 Y_{i0})には吸着部3の中心を示すマーカが重ねられる。吸着部3に対してカメラ6の位置は固定されているので、吸着部3の中心に対応する画像上での位置(X_{i0} 、 Y_{i0})は既知である。オペレータはカメラ6の画像を見ながら吸着部3の中心を示すマーカがカメラ6の画像には基板ガイドマークの像のほぼ中心に位置するように吸着部3を移動操作して降下基準位置(X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10})を決定する。次に工程S11においてオペレータが操作部40を操作して吸着部3を搬送先のテーブルT2上の適当な位置(リリース基準位置という)に下ろす。その位置に関する基準座標系上でのリリース基準位置(X_{20} 、 Y_{20} 、 Z_{20})が位置記憶部304に記憶される。以上でティーチングは完了である。

10

【0028】

搬送作業にあたっては、搬送対象物である基板1枚あたりの厚さ(t)と、搬送単位枚数(m 枚)とが入力される(S12)。基板1枚あたりの厚さ(t)のデータはZ位置計算処理部305のメモリに記憶され、搬送単位枚数(m 枚)のデータはシステム制御部300のメモリに記憶される。この工程S12は最初の1回のみ必要とされ、搬送対象物の1枚あたりの厚さ(t)が変更されたり、また搬送単位枚数(m 枚)を変更する必要があった場合に実施される。

【0029】

工程S10-S12の搬送作業準備工程が完了すると、工程S13-S21に係る搬送作業工程が開始される。この工程S13-S21に係る搬送作業はもちろんシステム制御部300による自動作業である。テーブルT1上には例えば作業員により複数の基板が積み重ねられた基板スタックが置かれる。作業員は基板スタックをテーブルT1上の基板ガイドマークに従って置くものではあるが正確ではなく、多少のずれはあるし、複数の基板が必ずしも揃っているものでもない。

20

【0030】

工程S13では、図10に示すように、吸着部3が降下基準位置(X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10})から真下に水平姿勢を維持したまま降下され、つまり(X_{10} 、 Y_{10})は固定され、(Z_{10})が減少するように移動される。接触センサ7, 8, 9のいずれかが最上位の基板W1に接触すると、その位置で吸着部3の降下は停止される。この状態では吸着部3の吸着面中心は最上位の基板W1の中心とは多少ずれてはいるが、基板スタックがテーブルT1上の基板ガイドマークに従って置かれており、且つティーチング段階で吸着部中心が基板ガイドマーク中心にほぼ一致するように降下基準位置が調整され、しかも吸着面のサイズは基板とほぼ等価又はそれよりも大きさことから、吸着部3が基板W1を吸着できないという事態は生じない。吸着部3の降下停止により、このときの最上位の基板W1のZ位置は基準座標系上で(Z_{11})として与えられ、位置記憶部304に記憶される。

30

【0031】

図11に示すように吸着部3は基板W1を吸着した状態で、Z位置計算処理部305によりリリース基準位置(X_{20} 、 Y_{20} 、 Z_{20})に基板1枚当りの厚さ(t)をZ座標に加算したリリース位置(X_{20} 、 Y_{20} 、 $Z_{20}+t$)に移動され、その位置で吸着部ドライバ314はシステム制御部300の制御により吸着部3の電極への電圧印加を停止する。それにより基板W1は吸着部3からリリースされ、搬送先テーブルT2上に置かれる(S14)。以上で1枚目の基板搬送作業が終了する。

40

【0032】

次の2枚目の基板W2の搬送作業が開始される。まず、図12に示すように、吸着部3が降下基準位置(X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10})に移動され、その位置でカメラ6により基板スタックが撮像され、基板スタックの画像が発生される(S15)。この画像から基板領域抽出処理部308により2枚目の基板W2の領域が抽出され、基板領域中心計算部309により基板領域の画像座標系(XY)上の基板中心位置(X_{i2} 、 Y_{i2})が計算される(S16)。また2枚目の基板W2のZ位置(Z_{12})がZ位置計算処理部305により計算される(S17)。具体的には、1枚目の基板W1のZ位置(Z_{11})は工程S13において既知

50

であり、2枚目の基板W2のZ位置(Z12)は1枚目の基板W1のZ位置(Z11)から基板厚t(実際にはtに応じた座標値であるが説明の便宜上単に“t”とする)だけ下方にシフトした位置(Z11 - t)として与えられる。

【0033】

次に、XY位置計算処理部311により2枚目の基板W2に関する画像座標系上の基板中心位置(Xi2, Yi2)が基準座標系上での位置(X12, Y12)に変換される(S18)。図13に示すように、画像座標系上での吸着面中心(Xi0, Yi0)から基板領域中心(Xi2, Yi2)へのベクトル1が与えられ、そのベクトルを、基準座標系上での基準位置(X10, Y10)から未知の基板の中心位置へのベクトル2に変換することで、2枚目の基板W2に関する基準座標系上での位置(X12, Y12)が計算される。画像座標系はカメラ6の撮像面に規定されるものであり、撮像面からカメラレンズ中心面までの距離は焦点距離Δfで与えられ、さらにカメラレンズ中心面から2枚目の基板W2までの距離は(Z10 - Z12)、つまり(Z10 - Z11)の実寸換算値“|Z10 - Z11|”に基板厚tを加えた値で与えられる。従ってベクトル2は、ベクトル1を、(“|Z10 - Z11|” + t) / Δfによる幾何学的相似変換により簡単に計算され得る。画像座標系上での吸着面中心(Xi0, Yi0)に対応する基準座標系上の位置は降下基準位置(X10, Y10)であり、降下基準位置(X10, Y10)を基点としてベクトル2で与えられる位置が2枚目の基板の中心位置(X12, Y12)として計算される。

【0034】

このように2枚目の基板の中心位置(X12, Y12, Z12)が計算され得る。2枚目の基板の中心位置のXYZ座標位置、降下基準位置のZ座標位置で決まる位置(X12, Y12, Z10)を降下開始位置として、その降下開始位置に吸着部3を移動し、その位置からZ軸に沿って2枚目の基板の中心位置(X12, Y12, Z12)まで降下し、2枚目の基板を吸着する(S19)。それにより吸着部3の吸着面中心は基板W2の中心にほぼ一致するので、吸着部3により基板W2を安定して保持できる。

【0035】

吸着後はリリース基準位置(X20, Y20, Z20)よりもZ軸方向に2枚分の厚さ(2・t)に応じた座標2・“t”だけZ(+)をシフトした位置(X20, Y20, Z20 + 2・“t”)をリリース目標位置として計算され、その位置に吸着部3が移動され、吸着解除され、リリースされる(S21)。吸着部3の中心が基板中心にほぼ一致した状態で基板を順次吸着し、搬送先では一定のXYZ座標位置(X20, Y20)でリリースするので、基板中心が相互にほぼ揃った状態で基板をスタックすることができる。3枚目以降も同様に基板中心位置を計算することができ、その位置に従って移動し、降下し、吸着し、搬送し、リリースすることができる。基板枚数計算部307では、1枚目のZ座標(Z11)から現在のn枚目の基板のZ座標まで順次計算しているので、1枚目のZ座標(Z11)とn枚目の基板のZ座標との間の実寸換算距離を基板厚tで除算することにより現在の搬送枚数nを簡単に計算することができる。システム制御部300の制御下で工程S21において現在の搬送枚数nが搬送単位枚数mに達するまで工程S15 - S20がループされ、搬送枚数nが搬送単位枚数mに達した時点で単位搬送作業は終了する。

【0036】

以上のとおり本実施形態によれば手先効果器に対して設けられたカメラと接触センサとを用いて、作業対象物のXYZ座標を計算することができ、その位置に従って手先効果器を好適に移動することができる。本実施形態のように、外部カメラを用いる必要がないことは、外部カメラ座標系、ロボットアーム機構の座標系、作業空間座標系との間の変換行列を事前に求めるとの非常に面倒で時間を要する準備作業を不要にして、降下基準位置、リリース基準位置をティーチングするだけでよいので短時間のうちに作業を開始することができ、これは本実施形態による可搬性が高いロボット装置では非常に有益である。

【0037】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様

10

20

30

40

50

々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

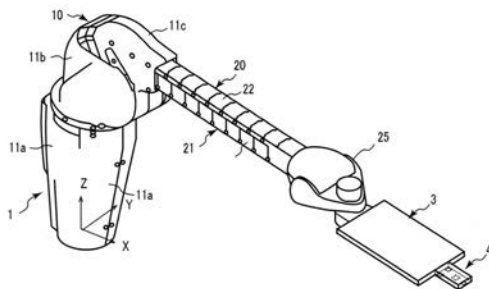
【0038】

1 ... 基部、2 ... アーム部、3 ... 手先効果器（吸着部）、4 ... センサユニット、5 ... 吸着板、6 ... カメラ、7, 8, 9 ... 接触センサ、J1, J2, J4, J5, J6 ... 回転関節部、J3 ... 直動関節部、11a ... 第1支持体、11b ... 第2支持体、11c ... 第3支持体、20 ... 第2連結コマ列、21 ... 第1連結コマ列、22 ... 第2連結コマ、23 ... 第1連結コマ。

10

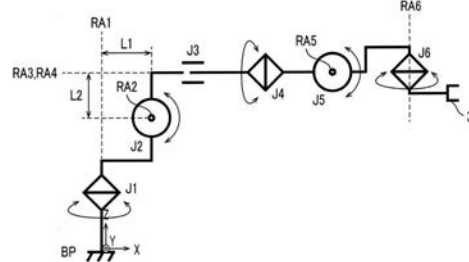
【図1】

図1



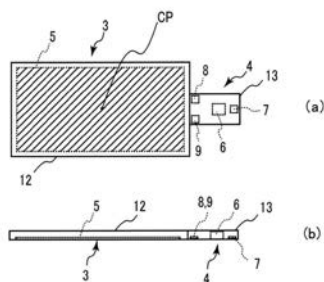
【図3】

図3



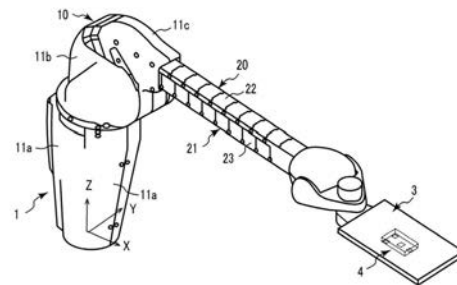
【図2】

図2



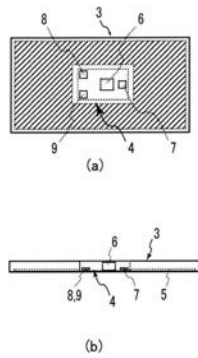
【図4】

図4



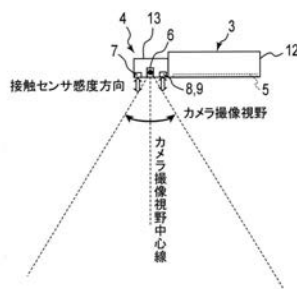
【 図 5 】

圖 5



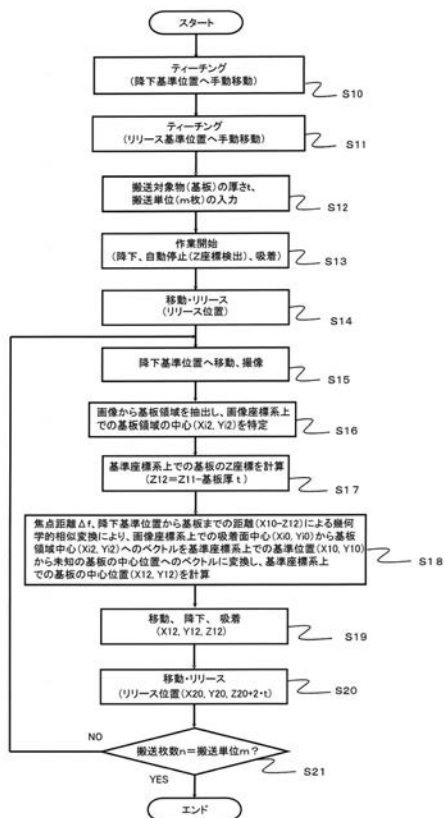
【 図 6 】

图 6



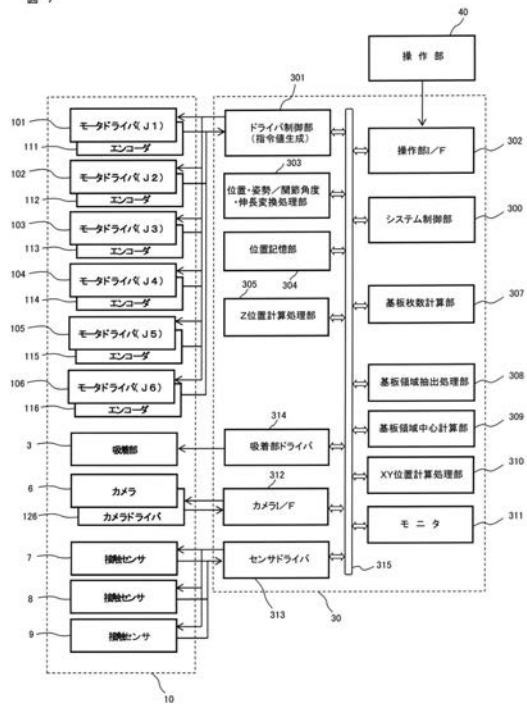
【 図 8 】

8



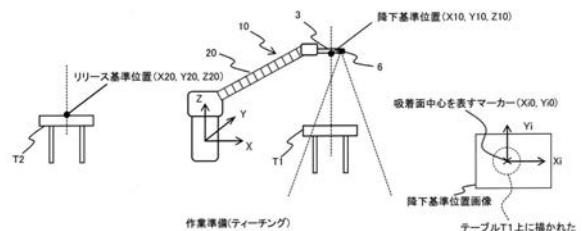
【 図 7 】

图 7



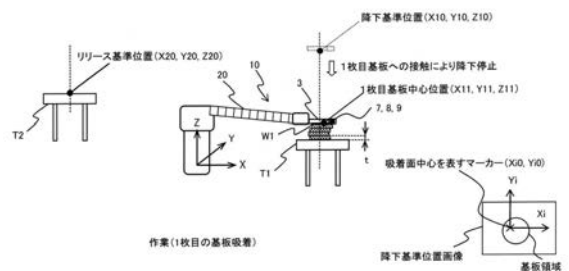
【 図 9 】

图 9



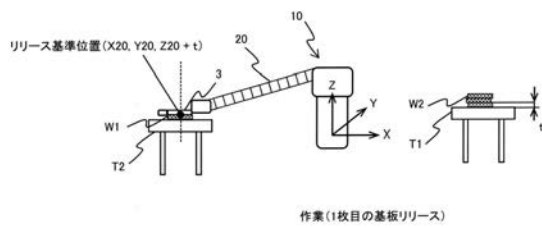
【 図 1 0 】

图 10



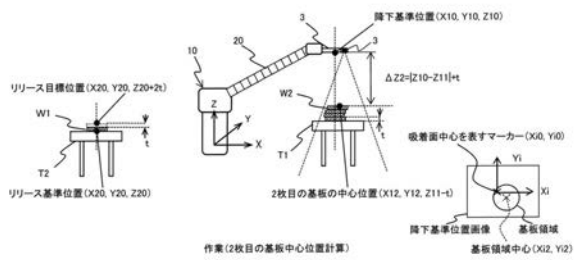
【図 1 1】

図 11



【図 1 2】

図 12



【図 1 3】

図 13

