

(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2014-155994

(P2014-155994A)

(43) 公開日 平成26年8月28日(2014.8.28)

(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

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2013-28664 (P2013-28664)	(71) 出願人	000002369
(22) 出願日	平成25年2月18日 (2013.2.18)		セイコーエプソン株式会社
			東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
		(74) 代理人	100095728
			弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(74) 代理人	100116665
			弁理士 渡辺 和昭
		(72) 発明者	川田 浩之
			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)	3C707 AS07 KS03 KS04 KS16 KS34 KT02 KT06 KX06 LT06 LU08 LV05 LV17

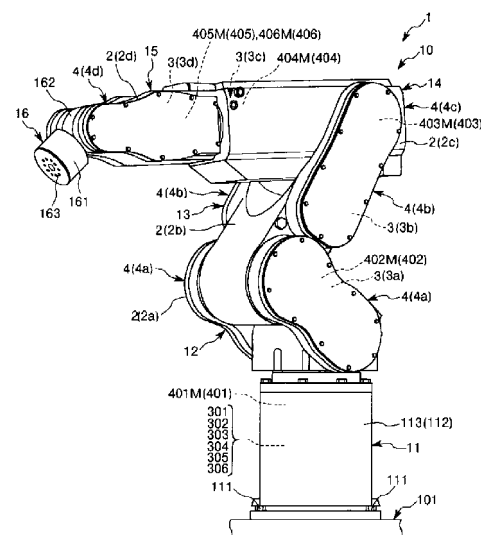
(54) 【発明の名称】 ロボットおよびロボット制御装置

(57) 【要約】

【課題】 確実に把持物の挿入部を挿入対象物の挿入箇所
に挿入することができるロボットおよびロボット制御装
置を提供すること。

【解決手段】 本発明のロボットは、アーム連結体と、挿
入対象物の挿入箇所へ挿入する挿入部を有する把持物を
把持し、前記把持物を把持する方向に対して垂直な把持
軸を有するハンドと、前記ハンドが把持した前記把持物
を介して受ける反力を検出する力覚センサーとを有する
ロボット本体と、前記ロボット本体の作動を制御するロ
ボット制御装置とを備える。前記ロボット制御装置は、
第1の走査を、前記挿入部の押し当て方向と前記把持軸
とのなす角度 θ を変更して行い、前記力覚センサーの検
出結果に基づいて前記角度 θ を設定する角度設定部と、
第2の走査を行い、前記力覚センサーの検出結果に基づ
いて前記挿入箇所の位置を特定する位置特定部と、前記
挿入部を前記挿入箇所へ挿入する挿入動作制御部とを備
える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のアームを回動可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結される力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含むロボット本体と、

前記ロボット本体の作動を制御するロボット制御装置と、を備え、

前記ロボット制御装置は、前記ハンドが把持した前記把持物の挿入部を押し当て面に押し当てつつ前記把持物を前記押し当て面に沿って移動させる第 1 の走査を、前記挿入部の押し当て方向と、前記把持物を把持する方向に対して垂直な把持軸と、のなす角度 θ を変更して行い、前記第 1 の走査の際、前記力覚センサーにより反力の検出を行い、前記力覚

10

センサーの検出結果に基づいて前記角度 θ を設定する角度設定部と、
前記挿入部の押し当て方向と前記把持軸とのなす角度 θ を前記角度設定部により設定された値に設定した状態で、前記ハンドが把持した前記把持物の前記挿入部を挿入対象物に押し当てつつ前記把持物を前記挿入対象物に沿って移動させる第 2 の走査を行い、前記第 2 の走査の際、前記力覚センサーにより反力の検出を行い、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記挿入箇所の位置を特定する位置特定部と、

前記把持物の前記挿入部を前記挿入箇所に挿入する挿入動作制御部と、を備えることを特徴とするロボット。

【請求項 2】

前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力に基づいて前記角度 θ を設定するよう構成されている請求項 1 に記載のロボット。

20

【請求項 3】

前記角度設定部は、前記第 1 の走査中に、前記角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させるよう構成されている請求項 1 または 2 に記載のロボット。

【請求項 4】

前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力が一定のときの前記角度 θ の値に前記角度 θ を設定するか、または前記摩擦力が徐々に増加または徐々に減少するときの前記角度 θ の値の範囲内に前記角度 θ を設定するよう構成されている請求項 3 に記載のロボット。

30

【請求項 5】

前記角度設定部は、前記角度 θ を変更して前記第 1 の走査を複数回行い、前記各回の前記第 1 の走査中は、それぞれ、前記角度 θ を一定にするよう構成されている請求項 1 に記載のロボット。

【請求項 6】

前記位置特定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの前記挿入対象物からの反力を求め、前記挿入対象物からの反力に基づいて前記挿入箇所の位置を特定するよう構成されている請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 7】

前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が減少したときの位置を前記挿入箇所の位置と認定するよう構成されている請求項 6 に記載のロボット。

40

【請求項 8】

前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が閾値よりも小さいときの位置を前記挿入箇所の位置と認定するよう構成されている請求項 6 に記載のロボット。

【請求項 9】

前記位置特定部は、前記第 2 の走査の位置を変更して前記第 2 の走査を複数回行って、前記挿入箇所の位置を特定するよう構成されている請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 10】

50

前記位置特定部は、前記第 2 の走査の位置を変更して前記第 2 の走査を複数回行って、前記挿入対象物からの反力が最小のときの位置を前記挿入箇所との位置と認定するよう構成されている請求項 6 に記載のロボット。

【請求項 1 1】

前記押し当て面は、前記挿入対象物または前記ロボット本体の稼働範囲に設置された構造物に設けられたものである請求項 1 ないし 1 0 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 2】

前記位置特定部が特定する前記挿入箇所との位置は、前記挿入対象物の表面に形成された開口の中心である請求項 1 ないし 1 1 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 3】

前記ロボット制御装置は、前記第 2 の走査を行う走査領域を前記第 2 の走査の前に設定する走査領域設定部を有する請求項 1 ないし 1 2 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 4】

前記ハンドと、前記把持物と、前記挿入対象物とを含む領域を撮像し、撮像データを得る撮像装置を有し、

前記走査領域設定部は、前記画像データに基づいて前記走査領域を設定するよう構成されている請求項 1 3 に記載のロボット。

【請求項 1 5】

前記角度 θ を変更する際は、前記把持物が軸回りに回動して傾倒し、

角度設定部は、前記第 1 の走査において、前記把持物を前記軸方向に移動させるよう構成されている請求項 1 ないし 1 4 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 6】

前記角度 θ を変更する際は、前記把持物が軸回りに回動して傾倒し、

位置特定部は、前記第 2 の走査において、前記把持物を前記軸方向に移動させるよう構成されている請求項 1 ないし 1 5 のいずれか 1 項に記載のロボット。

【請求項 1 7】

複数のアームを回動可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結される力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含むロボット本体の作動を制御するロボット制御装置であって、

前記ハンドが把持した前記把持物の挿入部を押し当て面に押し当てつつ前記把持物を前記押し当て面に沿って移動させる第 1 の走査を、前記挿入部の押し当て方向と、前記把持物を把持する方向に対して垂直な把持軸と、のなす角度 θ を変更して行い、前記第 1 の走査の際、前記力覚センサーにより、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を検出し、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記角度 θ を設定する角度設定部と、

前記角度 θ を前記角度設定部により設定された値に設定した状態で、前記ハンドが把持した前記把持物の前記挿入部を挿入対象物に押し当てつつ前記把持物を前記挿入対象物に沿って移動させる第 2 の走査を行い、前記第 2 の走査の際、前記力覚センサーにより、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの反力を検出し、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記挿入箇所との位置を特定する位置特定部と、

前記把持物の前記挿入部を前記挿入箇所に挿入する挿入動作制御部と、を備えることを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 1 8】

前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力に基づいて前記角度 θ を設定するよう構成されている請求項 1 7 に記載のロボット制御装置。

【請求項 1 9】

前記位置特定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの前記挿入対象物からの反力を求め、前記挿入対象物からの反力に基づいて前記挿入箇所との位置を特定するよう構成されている請求項 1 7 または 1 8 に記載のロボット制御装置。

10

20

30

40

50

【請求項 20】

前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が減少したときの位置を前記挿入箇所
位置と認定するよう構成されている請求項 19 に記載のロボット制御装置。

【請求項 21】

複数のアームが回動可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結され
る力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含み、
前記把持物を押し当て面へ押し当てる傾斜角度を変えながら移動させ、前記力覚センサ
ーによる摩擦力の検出によって、前記把持物の押し当てられる部分が鋭角となる押し当て
角度を探索し、

前記傾斜角度を前記押し当て角度に設定して、前記把持物の挿入部を挿入する挿入対象
物の挿入箇所の位置を探索し、前記挿入部を前記挿入箇所に挿入することを特徴とするロ
ボット。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットおよびロボット制御装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、基台と、基台に対して回動自在に連結されたアームと、アームを回動させるモー
ターとを備えるロボットが知られている。ロボットの最も先端側のアームには、エンドエ
フェクタとして、例えば、ハンド（マニピュレーター）が装着される。そして、ロボット
は、例えば、ハンドで把持物を把持し、その把持物を挿入対象物に設けられた穴に挿入す
る作業等を行う。

【0003】

特許文献 1 に記載されたロボットでは、ハンドにより把持物を把持して挿入対象物に押
し当て、その状態で把持物を挿入対象物上を移動させ、挿入対象物に設けられた穴を探索
し、把持物の全部または一部をその穴に挿入する。また、前記把持物を移動させて穴を探
索する際は、把持物の進行方向の端部を持ち上げ、把持物を挿入対象物に対して予め設定
された傾斜角で傾斜させる。これにより、把持物を傾斜させずに移動させる場合に比べて
、挿入対象物に対する把持物の接触面積が小さくなり、容易に穴を探索することができる
。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2010-137299 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に記載のロボットでは、把持物を挿入対象物に押し当てつつ
移動させることで穴を探索し、把持物が穴に引っ掛かることで穴の位置を特定するので、
穴の位置を正確に特定することができないという問題がある。すなわち、把持物の軸と穴
の軸とを合わせることが困難であり、把持物を確実に穴に挿入することができない。

また、特許文献 1 に記載のロボットでは、把持物の傾斜角として、常に、予め制御装置
内に記憶されている値を用いる。特許文献 1 に記載の把持物の形状は円柱状であるが、把
持物の形状は円柱状だけではなく、円錐台状、円錐状等もあり、常に、予め設定されてい
る傾斜角で把持物を傾斜させると、逆に、挿入対象物に対する把持物の接触面積が大き
くなり、穴を探索し難くなる場合がある。すなわち、挿入対象物に対する把持物の接触部
位の角度は鋭角のほうが好ましいが、円柱状の把持物に好ましい傾斜角を同様に円錐台の把
持物に適用すると、鋭角とならないことがある。

本発明の目的は、確実に把持物の挿入部を挿入対象物の挿入箇所に挿入することができ

10

20

30

40

50

るロボットおよびロボット制御装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

(適用例1)

本発明に係わるロボットは、複数のアームを回動可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結される力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含むロボット本体と、前記ロボット本体の作動を制御するロボット制御装置と、を備え、前記ロボット制御装置は、前記ハンドが把持した前記把持物の挿入部を押し当て面に押し当てつつ前記把持物を前記押し当て面に沿って移動させる第1の走査を、前記挿入部の押し当て方向と、前記把持物を把持する方向に対して垂直な把持軸と、のなす角度 θ を変更して行い、前記第1の走査の際、前記力覚センサーにより反力の検出を行い、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記角度 θ を設定する角度設定部と、前記挿入部の押し当て方向と前記把持軸とのなす角度 θ を前記角度設定部により設定された値に設定した状態で、前記ハンドが把持した前記把持物の前記挿入部を挿入対象物に押し当てつつ前記把持物を前記挿入対象物に沿って移動させる第2の走査を行い、前記第2の走査の際、前記力覚センサーにより反力の検出を行い、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記挿入箇所の位置を特定する位置特定部と、前記把持物の前記挿入部を前記挿入箇所に挿入する挿入動作制御部と、を備えることを特徴とする。

【0007】

これにより、把持物と挿入対象物との接触面積が小さくなるように角度 θ を設定することができ、把持物の挿入部は挿入箇所の段差を捕らえることができる。これによって、挿入対象物の挿入箇所の位置を特定する際、把持物の挿入部が挿入箇所では受ける反力が効率的に変化して検出能力が向上する。また、力覚センサーの検出結果に基づいて挿入箇所の位置を特定するので、確実に挿入箇所の位置を特定することができ、確実に、把持物の挿入部を挿入箇所に挿入することができる。

さらに、種々の形状の把持物に対して、適正な角度 θ を設定することができ、これにより、連続して形状が異なる把持物を把持しても、挿入箇所の位置を常に安定して検出することができる。

【0008】

(適用例2)

本発明に係わるロボットでは、前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力に基づいて前記角度 θ を設定するよう構成されていることが好ましい。

種々の形状の把持物に対して、適正な角度 θ を設定することができ、これにより、連続して形状が異なる把持物を把持しても、挿入箇所の位置を常に安定して検出することができる。

【0009】

(適用例3)

本発明に係わるロボットでは、前記角度設定部は、前記第1の走査中に、前記角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させるよう構成されていることが好ましい。

走査中に、角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させることにより、予め一定の角度を設定してそれぞれ複数回走査するよりも短時間で最適な角度 θ を決定することができる。

【0010】

(適用例4)

本発明に係わるロボットでは、前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力が一定のときの前記角度 θ の値に前記角度 θ を設定するか、または前記摩擦力が徐々に増加または徐々に減少するときの前記角度 θ の値の範囲内に前記角度 θ を設定するよう構成されていることが好ましい。

摩擦力が一定または徐々に増加または徐々に減少するときに角度 θ を設定すれば、把持物と挿入対象物との接触面積を小さくすることができる。

【0011】

(適用例5)

本発明に係わるロボットでは、前記角度設定部は、前記角度 θ を変更して前記第1の走査を複数回行い、前記各回の前記第1の走査中は、それぞれ、前記角度 θ を一定にするよう構成されていることが好ましい。

複数回の走査によって、検出値のノイズまたは異常値を除外することができる。

【0012】

(適用例6)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの前記挿入対象物からの反力を求め、前記挿入対象物からの反力に基づいて前記挿入箇所的位置を特定するよう構成されていることが好ましい。

挿入部の形状および大きさ等に影響されにくい位置特定ができ、これにより、より確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0013】

(適用例7)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が減少したときの位置を前記挿入箇所的位置と認定するよう構成されていることが好ましい。

例えば挿入箇所が穴等の場合では、より確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0014】

(適用例8)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が閾値よりも小さいときの位置を前記挿入箇所的位置と認定するよう構成されていることが好ましい。

閾値との比較によって、位置の認定を安定して行うことができる。これにより、より確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0015】

(適用例9)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部は、前記第2の走査の位置を変更して前記第2の走査を複数回行って、前記挿入箇所的位置を特定するよう構成されていることが好ましい。

複数回の走査によって得られた情報を二次元的解析を行うことにより、一層精度の高い位置の特定ができる。これにより、より確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0016】

(適用例10)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部は、前記第2の走査の位置を変更して前記第2の走査を複数回行って、前記挿入対象物からの反力が最小のときの位置を前記挿入箇所的位置と認定するよう構成されていることが好ましい。

複数回の走査によって得られた情報を二次元的解析を行うことにより、一層精度の高い位置の特定ができ、例えば挿入箇所が穴等の場合では、より確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0017】

(適用例11)

本発明に係わるロボットでは、前記押し当て面は、前記挿入対象物または前記ロボット本体の稼働範囲に設置された構造物に設けられたものであることが好ましい。

これにより、より容易かつ確実に、角度 θ を設定することができる。

10

20

30

40

50

(適用例 1 2)

本発明に係わるロボットでは、前記位置特定部が特定する前記挿入箇所的位置は、前記挿入対象物の表面に形成された開口の中心であることが好ましい。

これにより、より確実に、把持物の挿入部を挿入箇所へ挿入することができる。

【0018】

(適用例 1 3)

本発明に係わるロボットでは、前記ロボット制御装置は、前記第 2 の走査を行う走査領域を前記第 2 の走査の前に設定する走査領域設定部を有することが好ましい。

これにより、より容易に、角度 θ を設定することができる。

(適用例 1 4)

本発明に係わるロボットでは、前記ハンドと、前記把持物と、前記挿入対象物とを含む領域を撮像し、撮像データを得る撮像装置を有し、

前記走査領域設定部は、前記画像データに基づいて前記走査領域を設定するよう構成されていることが好ましい。

これにより、より容易に、角度 θ を設定することができる。

【0019】

(適用例 1 5)

本発明に係わるロボットでは、前記角度 θ を変更する際は、前記把持物が軸回りに回転して傾倒し、

角度設定部は、前記第 1 の走査において、前記把持物を前記軸方向に移動させるよう構成されていることが好ましい。

これにより、第 2 の走査において把持物を前記軸方向に移動させる場合、第 1 の走査における把持物の移動方向が前記第 2 の走査のときと同一となり、これによって、適正な角度 θ を設定することができる。

【0020】

(適用例 1 6)

本発明に係わるロボットでは、前記角度 θ を変更する際は、前記把持物が軸回りに回転して傾倒し、

位置特定部は、前記第 2 の走査において、前記把持物を前記軸方向に移動させるよう構成されていることが好ましい。

これにより、より容易かつ確実に、挿入箇所的位置を特定することができる。

【0021】

(適用例 1 7)

本発明に係わるロボット制御装置は、複数のアームを回転可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結される力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含むロボット本体の作動を制御するロボット制御装置であって、前記ハンドが把持した前記把持物の挿入部を押し当て面に押し当てつつ前記把持物を前記押し当て面に沿って移動させる第 1 の走査を、前記挿入部の押し当て方向と、前記把持物を把持する方向に対して垂直な把持軸と、のなす角度 θ を変更して行い、前記第 1 の走査の際、前記力覚センサーにより、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を検出し、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記角度 θ を設定する角度設定部と、前記角度 θ を前記角度設定部により設定された値に設定した状態で、前記ハンドが把持した前記把持物の前記挿入部を挿入対象物に押し当てつつ前記把持物を前記挿入対象物に沿って移動させる第 2 の走査を行い、前記第 2 の走査の際、前記力覚センサーにより、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの反力を検出し、前記力覚センサーの検出結果に基づいて前記挿入箇所的位置を特定する位置特定部と、前記把持物の前記挿入部を前記挿入箇所へ挿入する挿入動作制御部と、を備えることを特徴とする。

【0022】

これにより、把持物と挿入対象物との接触面積が小さくなるように角度 θ を設定することができ、これによって、挿入対象物の挿入箇所的位置を特定する際、把持物の挿入部が

10

20

30

40

50

挿入箇所にかかる確率が向上し、また、力覚センサーの検出結果に基づいて挿入箇所の位置を特定するので、確実に挿入箇所の位置を特定することができ、確実に、把持物の挿入部を挿入箇所に挿入することができる。

また、種々の形状の把持物に対して、適正な角度 θ を設定することができ、これにより、確実に、把持物の挿入部を挿入箇所に挿入することができる。

【0023】

(適用例18)

本発明に係わるロボット制御装置は、前記角度設定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部と前記押し当て面との間の摩擦力を求め、前記摩擦力に基づいて前記角度 θ を設定するよう構成されていることが好ましい。

10

これにより、より確実に、角度 θ を設定することができる。

【0024】

(適用例19)

本発明に係わるロボット制御装置は、前記位置特定部は、前記力覚センサーの検出結果に基づいて、前記挿入部を前記挿入対象物に押し当てたときの前記挿入対象物からの反力を求め、前記挿入対象物からの反力に基づいて前記挿入箇所の位置を特定するよう構成されていることが好ましい。

これにより、より確実に、挿入箇所の位置を特定することができる。

【0025】

(適用例20)

本発明に係わるロボット制御装置は、前記位置特定部は、前記挿入対象物からの反力が減少したときの位置を前記挿入箇所の位置と認定するよう構成されていることが好ましい。

20

これにより、より確実に、挿入箇所の位置を特定することができる。

【0026】

(適用例21)

本発明に係わるロボットは、複数のアームが回動可能に連結してなるアーム連結体と、前記アーム連結体に連結される力覚センサーと、前記力覚センサーに装着されて把持物を把持するハンドと、を含み、前記把持物を押し当て面へ押し当てる傾斜角度を変えながら移動させ、前記力覚センサーによる摩擦力の検出によって、前記把持物の押し当てられる部分が鋭角となる押し当て角度を探索し、前記傾斜角度を前記押し当て角度に設定して、前記把持物の挿入部を挿入する挿入対象物の挿入箇所の位置を探索し、前記挿入部を前記挿入箇所に挿入することを特徴とする。

30

【0027】

これにより、把持物と挿入対象物との接触面積が小さくなるように押し当て角度を設定することができ、把持物の挿入部は挿入箇所の段差を捕らえることができる。これによって、挿入対象物の挿入箇所の位置を特定する際、把持物の挿入部が挿入箇所では受ける反力が効率的に変化して検出能力が向上する。また、力覚センサーの検出結果に基づいて挿入箇所の位置を特定するので、確実に挿入箇所の位置を特定することができ、確実に、把持物の挿入部を挿入箇所に挿入することができる。

40

さらに、種々の形状の把持物に対して、適正な押し当て角度を設定することができ、これにより、連続して形状が異なる把持物を把持しても、挿入箇所の位置を常に安定して検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明のロボットの第1実施形態を正面側から見た斜視図である。

【図2】図1に示すロボットを背面側から見た斜視図である。

【図3】図1に示すロボットの概略図である。

【図4】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図5】図1に示すロボットのロボット制御装置の主要部のブロック図である。

50

【図 6】図 1 に示すロボットのハンドを示す側面図である。

【図 7】図 1 に示すロボットの動作を説明するための図である。

【図 8】図 1 に示すロボットの動作を説明するための図である。

【図 9】図 1 に示すロボットの動作を説明するための図である。

【図 10】図 1 に示すロボットの動作を説明するための図である。

【図 11】ハンドによる把持物の他の把持の方法を示す図である。

【図 12】把持物の他の形状を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、本発明のロボットおよびロボット制御装置を添付図面に示す好適な実施形態に基づいて詳細に説明する。 10

＜第 1 実施形態＞

図 1 は、本発明のロボットの第 1 実施形態を正面側から見た斜視図である。図 2 は、図 1 に示すロボットを背面側から見た斜視図である。図 3 は、図 1 に示すロボットの概略図である。図 4 は、図 1 に示すロボットの主要部のブロック図である。図 5 は、図 1 に示すロボットのロボット制御装置の主要部のブロック図である。図 6 は、図 1 に示すロボットのハンドを示す側面図である。図 7～図 10 は、それぞれ、図 1 に示すロボットの動作を説明するための図である。

【0030】

なお、以下では、説明の都合上、図 1～図 3 中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言う。また、図 1～図 3 中の基台側を「基端」、その反対側を「先端」と言う。また、図 1 では、リストの先端面の構成を示すため、カバー部材の図示を省略し、図 2 も図 1 に合わせた。 20

図 1～図 3 に示すロボット（産業用ロボット）1 は、例えば腕時計のような精密機器等を製造する製造工程で用いることができ、ロボット本体 10 と、ロボット本体 10 の作動を制御するロボット制御装置 20（図 4、図 5 参照）と、撮像装置として第 1 電子カメラ 71 および第 2 電子カメラ 72 とを有している。ロボット本体 10 と、ロボット制御装置 20 と、第 1 電子カメラ 71 および第 2 電子カメラ 72 とは、それぞれ、電氣的に接続されている。また、ロボット制御装置 20 は、例えば、CPU（Central Processing Unit）が内蔵されたパーソナルコンピューター（PC）等で構成することができる。 30

なお、ロボット制御装置 20 については、後で詳述する。

【0031】

ロボット本体 10 は、基台 11 と、4 本のアーム（リンク）12、13、14、15 と、リスト（リンク）16 と、6 つの駆動源 401、402、403、404、405、406 とを備えている。アーム 12、13、14、15、リスト 16 により、アーム連結体が構成される。このロボット本体 10 は、基台 11 と、アーム 12、13、14、15 と、リスト 16 とが基端側から先端側に向ってこの順に連結された垂直多関節（6 軸）ロボット（ロボット本体）である。垂直多関節ロボットでは、基台 11 と、アーム 12～15 と、リスト 16 とを総称して「アーム」と言うこともでき、アーム 12 を「第 1 アーム」、アーム 13 を「第 2 アーム」、アーム 14 を「第 3 アーム」、アーム 15 を「第 4 アーム」、リスト 16 を「第 5 アーム、第 6 アーム」と分けて言うことができる。なお、リスト 16 は、第 5 アームと、第 6 アームとを有していてもよい。リスト 16 にはエンドエフェクタ等を取り付けることができる。 40

【0032】

図 3 に示すように、アーム 12～15、リスト 16 は、それぞれ、基台 11 に対し独立して変位可能に支持されている。このアーム 12～15、リスト 16 の長さは、それぞれ、特に限定されないが、図示の構成では、アーム 12～14 の長さが、他のアーム 15 およびリスト 16 よりも長く設定されている。なお、例えば、第 3 アーム 14 の長さを第 1 アーム 12 および第 2 アーム 13 の長さよりも短くしてもよい。

【0033】

基台 1 1 と第 1 アーム 1 2 とは、関節（ジョイント） 1 7 1 を介して連結されている。そして、第 1 アーム 1 2 は、基台 1 1 に対し、鉛直方向と平行な第 1 回転軸 O 1 を回転中心とし、その第 1 回転軸 O 1 回りに回転自在となっている。第 1 回転軸 O 1 は、基台 1 1 の設置面である床 1 0 1 の上面の法線と一致している。この第 1 回転軸 O 1 回りの回転は、第 1 駆動源 4 0 1 の駆動によりなされる。また、第 1 駆動源 4 0 1 はモーター 4 0 1 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 1 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 1 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される。第 1 駆動源 4 0 1 はモーター 4 0 1 M とともに設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 1 M からの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。

【0034】

第 1 アーム 1 2 と第 2 アーム 1 3 とは、関節（ジョイント） 1 7 2 を介して連結されている。そして、第 2 アーム 1 3 は、第 1 アーム 1 2 に対し、水平方向と平行な第 2 回転軸 O 2 を軸中心として回転自在となっている。第 2 回転軸 O 2 は、第 1 回転軸 O 1 と直交している。この第 2 回転軸 O 2 回りの回転は、第 2 駆動源 4 0 2 の駆動によりなされる。また、第 2 駆動源 4 0 2 はモーター 4 0 2 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 2 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 2 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される。第 2 駆動源 4 0 2 はモーター 4 0 2 M の他に設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 2 M からの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。なお、第 2 回転軸 O 2 は、第 1 回転軸 O 1 に直交する軸と平行であってよい。

【0035】

第 2 アーム 1 3 と第 3 アーム 1 4 とは、関節（ジョイント） 1 7 3 を介して連結されている。そして、第 3 アーム 1 4 は、第 2 アーム 1 3 に対して水平方向と平行な回転軸 O 3 を回転中心とし、その第 3 回転軸 O 3 回りに回転可能となっている。第 3 回転軸 O 3 は、第 2 回転軸 O 2 と平行である。この第 3 回転軸 O 3 回りの回転は、第 3 駆動源 4 0 3 の駆動によりなされる。また、第 3 駆動源 4 0 3 は、モーター 4 0 3 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 3 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 3 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される。第 3 駆動源 4 0 3 はモーター 4 0 3 M の他に減速機（図示せず）も設けてモーター 4 0 3 M からの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。

【0036】

第 3 アーム 1 4 と第 4 アーム 1 5 とは、関節（ジョイント） 1 7 4 を介して連結されている。そして、第 4 アーム 1 5 は、第 3 アーム 1 4 （基台 1 1 ）に対し、第 3 アーム 1 4 の中心軸方向と平行な第 4 回転軸 O 4 を回転中心とし、その第 4 回転軸 O 4 回りに回転自在となっている。第 4 回転軸 O 4 は、第 3 回転軸 O 3 と直交している。この第 4 回転軸 O 4 回りの回転は、第 4 駆動源 4 0 4 の駆動によりなされる。また、第 4 駆動源 4 0 4 は、モーター 4 0 4 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 4 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 4 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される。第 4 駆動源 4 0 4 はモーター 4 0 4 M とともに設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 4 M からの駆動を伝達されてもよく、また、減速機が省略されていてもよい。なお、第 4 回転軸 O 4 は、第 3 回転軸 O 3 に直交する軸と平行であってよい。

【0037】

第 4 アーム 1 5 とリスト 1 6 とは、関節（ジョイント） 1 7 5 を介して連結されている。そして、リスト 1 6 は、第 4 アーム 1 5 に対して水平方向（y 軸方向）と平行な第 5 回転軸 O 5 を回転中心とし、その第 5 回転軸 O 5 回りに回転自在となっている。第 5 回転軸 O 5 は、第 4 回転軸 O 4 と直交している。この第 5 回転軸 O 5 回りの回転は、第 5 駆動源 4 0 5 の駆動によりなされる。また、第 5 駆動源 4 0 5 は、モーター 4 0 5 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 5 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 5 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される。第 5 駆動源 4 0 5 はモーター 4 0 5 M とともに設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 5 M からの駆動

を伝達されてもよく、また、減速機が省略されていてもよい。また、リスト16は、関節（ジョイント）176を介して、第5回転軸O5と垂直な第6回転軸O6を回転中心とし、その第6回転軸O6回りにも回動自在となっている。回転軸O6は、回転軸O5と直交している。この第6回転軸O6回りの回動は、第6駆動源406駆動によりなされる。また、第6駆動源406の駆動は、モーター406Mとケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター406Mは電氣的に接続されたモータードライバ306を介してロボット制御装置20により制御される。第6駆動源406はモーター406Mの他に減速機（図示せず）も設けてモーター406Mからの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。なお、第5回転軸O5は、第4回転軸O4に直交する軸と平行であってもよく、また、第6回転軸O6は、第5回転軸O5に直交する軸と平行であってもよい。

10

【0038】

駆動源401～406には、それぞれのモーターまたは減速機に、第1角度センサー411、第2角度センサー412、第3角度センサー413、第4角度センサー414、第5角度センサー415、第6角度センサー416が設けられている。これらの角度センサーとして、エンコーダ、ロータリーエンコーダ等が用いることができる。これらの角度センサー411～416により、それぞれ、駆動源401～406のモーターあるいは減速機の回転軸の回転角度を検出する。この駆動源401～406のモーターとしては、それぞれ、特に限定されず、例えば、ACサーボモーター、DCサーボモーター等のサーボモーターを用いるのが好ましい。また、前記各ケーブルは、それぞれ、ロボット本体10を挿通していてもよい。

20

ロボット本体10は、ロボット制御装置20と電氣的に接続されている。すなわち、駆動源401～406、角度センサー411～416は、それぞれ、ロボット制御装置20と電氣的に接続されている。

【0039】

そして、ロボット制御装置20は、アーム12～15、リスト16をそれぞれ独立して作動させることができる、すなわち、モータードライバ301～306を介して、駆動源401～406をそれぞれ独立して制御することができる。この場合、ロボット制御装置20は、角度センサー411～416により検出を行い、その検出結果に基づいて、駆動源401～406の駆動、例えば、角加速度、角速度、回転角度等をそれぞれ制御する。この制御プログラムは、ロボット制御装置20に内蔵された記録媒体に予め記憶されている。

30

【0040】

図1、図2に示すように、基台11は、ロボット1が垂直多関節ロボットの場合、当該垂直多関節ロボットの最も下方に位置し、設置スペースの床101に固定される部分である。この固定方法としては、特に限定されず、例えば、図1、図2に示す本実施形態では、複数本のボルト111による固定方法を用いている。なお、基台11の設置スペースでの固定箇所としては、床の他に、設置スペースの壁や天井とすることもできる。

【0041】

基台11は、中空の基台本体（ハウジング）112を有している。基台本体112は、円筒状をなす円筒状部113と、当該円筒状部113の外周部に一体的に形成された、箱状をなす箱状部114とに分けることができる。そして、このような基台本体112には、例えば、モーター401Mやモータードライバ301～306が収納されている。

40

アーム12～15は、それぞれ、中空のアーム本体2と、駆動機構3と、封止手段4とを有している。なお、以下では、説明の都合上、第1アーム12が有するアーム本体2、駆動機構3、封止手段4をそれぞれ「アーム本体2a」、「駆動機構3a」、「封止手段4a」と言い、第2アーム13が有するアーム本体2、駆動機構3、封止手段4をそれぞれ「アーム本体2b」、「駆動機構3b」、「封止手段4b」と言い、第3アーム14が有するアーム本体2、駆動機構3、封止手段4をそれぞれ「アーム本体2c」、「駆動機構3c」、「封止手段4c」と言い、第4アーム15が有するアーム本体2、駆動機構3

50

、封止手段 4 をそれぞれ「アーム本体 2 d」、「駆動機構 3 d」、「封止手段 4 d」と言うことがある。

【0042】

また、関節 171～176 は、それぞれ、回動支持機構（図示せず）を有している。この回動支持機構は、互いに連結された 2 本のアームのうちの一方を他方に対し回動可能に支持する機構、互いに連結された基台 11 と第 1 アーム 12 のうちの一方を他方に対し回動可能に支持する機構、互いに連結された第 4 アーム 15 と第 5 リスト 16 のうちの一方を他方に対し回動可能に支持する機構である。互いに連結された第 4 アーム 15 とリスト 16 とを一例とした場合、回動支持機構は、リスト 16 を第 4 アーム 15 に対し回動させることができる。また、各回動支持機構は、それぞれ、対応するモーターの回転速度を所定の減速比で減速して、その駆動力を対応するアーム、リスト 16 のリスト本体 161、支持リング 162 に伝達する減速機（図示せず）を有している。

10

【0043】

第 1 アーム 12 は、基台 11 の上端部（先端部）に水平方向に対し傾斜した姿勢で連結されている。この第 1 アーム 12 では、駆動機構 3a がモーター 402M を有しており、アーム本体 2a 内に収納している。また、アーム本体 2a 内は、封止手段 4a により気密封止されている。

第 2 アーム 13 は、第 1 アーム 12 の先端部に連結されている。この第 2 アーム 13 では、駆動機構 3b がモーター 403M を有しており、アーム本体 2b 内に収納している。また、アーム本体 2a 内は、封止手段 4b により気密封止されている。

20

【0044】

第 3 アーム 14 は、第 2 アーム 13 の先端部に連結されている。この第 3 アーム 14 では、駆動機構 3c がモーター 404M を有しており、アーム本体 2c 内に収納している。また、アーム本体 2c 内は、封止手段 4c により気密封止されている。

第 4 アーム 15 は、第 3 アーム 14 の先端部に、その中心軸方向と平行に連結されている。このアーム 15 では、駆動機構 3d がモーター 405M、406M を有しており、アーム本体 2d 内に収納している。また、アーム本体 2d 内は、封止手段 4d により気密封止されている。

【0045】

第 4 アーム 15 の先端部（基台 11 と反対側の端部）には、リスト 16 が連結されている。このリスト 16 には、その先端部（第 4 アーム 15 と反対側の端部）に、エンドエフェクタとして、本実施形態では、例えば、腕時計等のような精密機器を把持するハンド（マニピュレーター）9（図 6 参照）が着脱自在に装着される。ハンド 9 としては、特に限定されないが、本実施形態では、ハンド 9 は、2 本の指部（フィンガー）17、18 と、指部（フィンガー）17、18 を駆動する 2 つの駆動源（図示せず）とを有している。各駆動源の作動は、ロボット制御装置 20 により制御される。

30

【0046】

このハンド 9 は、把持物（ワーク）41 を把持する方向（図 6 中の矢印 A の方向）に対して垂直な把持軸 91 を有している。そして、このロボット 1 は、ロボット制御装置 20 により、ロボット本体 10（アーム 12～15、リスト 16 等）、第 1 電子カメラ 71、第 2 電子カメラ 72 の作動を制御することにより、ハンド 9 で把持物 41（図 8 参照）を把持し、把持物 41 を搬送し、その把持物 41 の挿入部 412 を挿入対象物 51（図 8 参照）に設けられた挿入箇所である穴 52 に挿入する動作を行う。なお、ハンド 9 の指部の本数は、2 本に限定されず、3 本以上であってもよい。

40

【0047】

なお、把持物 41 の形状、挿入対象物 51 の穴 52 の形状は、それぞれ、特に限定されないが、本実施形態では、代表的に、把持物 41、挿入対象物 51 の穴 52 の形状をそれぞれ円筒状とした場合を図示して説明する。

また、挿入対象物 51 に形成された穴 52 には、貫通穴と、貫通していない穴、すなわち、有底の穴（凹部）とが含まれるが、本実施形態では、代表的に、有底の穴を図示して

50

説明を行う。また、把持物 4 1 は、その穴 5 2 に挿入部 4 1 2 のみが挿入されてもよく、また、把持物 4 1 全体が挿入されてもよい。また、穴が貫通穴の場合は、把持物 4 1 は、その貫通穴を通過してしまってもよい。また、挿入対象物 5 1 に設けられた挿入箇所は、穴に限定されるものでもない。

【0048】

リスト 1 6 は、円筒状をなすリスト本体（第 6 アーム）1 6 1 と、リスト本体 1 6 1 と別体で構成され、当該リスト本体 1 6 1 の基端部に設けられ、リング状をなす支持リング（第 5 アーム）1 6 2 とを有している。

リスト本体 1 6 1 の先端面 1 6 3 は、平坦な面となっており、その先端面 1 6 3 および後述するカバー部材 1 9（図 6 参照）は、ハンド 9 等が装着される装着部となる。また、リスト本体 1 6 1 は、関節 1 7 6 を介して、第 4 アーム 1 5 の駆動機構 3 d に連結されており、当該駆動機構 3 d のモーター 4 0 6 M の駆動により、回転軸 O 6 回りに回転する。

【0049】

支持リング 1 6 2 は、関節 1 7 5 を介して、第 4 アーム 1 5 の駆動機構 3 d に連結されており、当該駆動機構 3 d のモーター 4 0 5 M の駆動により、リスト本体 1 6 1 ごと回転軸 O 5 回りに回転する。

また、図 6 に示すように、ロボット 1 のロボット本体 1 0 は、リスト 1 6 の先端部に設けられた力覚センサー 8 1 を有している。なお、力覚センサー 8 1 は、前記の位置に限らず、例えば、ハンド 9 の基端部等に設けられていてもよい。

【0050】

力覚センサー 8 1 は、ハンド 9 が把持した把持物 4 1 を介して受ける反力等の力やモーメントを検出するものである。この力覚センサー 8 1 としては、特に限定されず、各種のものをを用いることができるが、その 1 例としては、例えば、互いに直交する 3 軸の各軸方向の力および各軸回りのモーメントを検出する 6 軸力センサー等が挙げられる。なお、以下では、力とモーメントとを含めて力と言う。

【0051】

力覚センサー 8 1 の形状は、特に限定されないが、本実施形態では、力覚センサー 8 1 は、平面視で、すなわち図 6 中の左側から見て、円形をなしている。

この力覚センサー 8 1 の検出結果、すなわち、力覚センサー 8 1 から出力される信号は、ロボット制御装置 2 0 に入力され、ロボット制御装置 2 0 は、力覚センサー 8 1 の検出結果に基づいて所定の制御を行う。

また、リスト 1 6 の先端部には、円筒状をなすカバー部材 1 9 が形成されている。リスト 1 6 の先端部にハンド 9 が装着されると、カバー部材 1 9 と、リスト 1 6 と、ハンド 9 とで、収納空間が形成される。この収納空間には、力覚センサー 8 1 が収納されている。

【0052】

第 1 電子カメラ 7 1 および第 2 電子カメラ 7 2 は、それぞれ、撮像素子を有し、ロボット 1 のロボット本体 1 0 が作業する領域、すなわち、可動範囲を撮像することができるようになっている。第 1 電子カメラ 7 1 および第 2 電子カメラ 7 2 により撮像し、得られた撮像データは、それぞれ、ロボット制御装置 2 0 に入力され、ロボット制御装置 2 0 は、前記画像データに基づいて、各部の位置を求める等の所定の処理を行う。

【0053】

また、第 1 電子カメラ 7 1 および第 2 電子カメラ 7 2 は、それぞれ、ロボット本体 1 0 から所定距離離れた位置に設置されている。これにより、ロボット本体 1 0 が作動しても第 1 電子カメラ 7 1 および第 2 電子カメラ 7 2 は、常に、一定の位置にあり、容易に、各部の位置を求めることができる。

次に、図 1、図 2、図 4、図 5 を参照し、ロボット制御装置 2 0 の構成について説明する。

【0054】

ロボット制御装置 2 0 は、ロボット本体 1 0 全体、すなわち、第 1 駆動源 4 0 1、第 2 駆動源 4 0 2、第 3 駆動源 4 0 3、第 4 駆動源 4 0 4、第 5 駆動源 4 0 5、第 6 駆動源 4

10

20

30

40

50

06、リスト16に装着されたハンド9の駆動源、第1電子カメラ71、第2電子カメラ72等の作動をそれぞれ制御する装置である。

図1、図2、図4に示すように、ロボット制御装置20は、第1駆動源401の作動を制御する第1駆動源制御部201と、第2駆動源402の作動を制御する第2駆動源制御部202と、第3駆動源403の作動を制御する第3駆動源制御部203と、第4駆動源404の作動を制御する第4駆動源制御部204と、第5駆動源405の作動を制御する第5駆動源制御部205と、第6駆動源406の作動を制御する第6駆動源制御部206とを有している。

【0055】

ここで、ロボット制御装置20は、ロボット1が行う処理の内容に基づいてリスト16の先端部の目標位置、すなわち、リスト16に装着されたハンド9の目標位置を求め、その目標位置にハンド9を移動させるための軌道を生成する。そして、ロボット制御装置20は、その生成した軌道に沿ってハンド9（リスト16）が移動するように、各駆動源401～406の回転角度を所定の制御周期ごとに測定し、この測定結果に基づいて演算した値をそれぞれ各駆動源401～406の位置指令 P_c として駆動源制御部201～206に出力する。なお、前記および以下では、「値が入力、出力」等と表記しているが、これは、「その値に対応する信号が入力、出力」の意味である。

【0056】

第1駆動源制御部201には、第1駆動源401の位置指令 P_c の他、第1角度センサー411から検出信号が入力される。第1駆動源制御部201は、第1角度センサー411の検出信号から算出される第1駆動源401の回転角度（位置フィードバック値 Pfb ）が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 ωfb が後述する角速度指令 ωc になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第1駆動源401を駆動する。

【0057】

すなわち、第1駆動源制御部201の第1減算器（図示せず）には、位置指令 P_c が入力され、また、後述する位置フィードバック値 Pfb が入力される。第1駆動源制御部201では、第1角度センサー411から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第1駆動源401の回転角度が位置フィードバック値 Pfb として第1減算器に出力される。第1減算器は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 Pfb との偏差（第1駆動源401の回転角度の目標値から位置フィードバック値 Pfb を減算した値）を出力する。

【0058】

また、第1駆動源制御部201は、第1減算器から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第1駆動源401の角速度の目標値を演算する。そして、その第1駆動源401の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第1角速度指令） ωc として第2減算器（図示せず）に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

【0059】

また、第1駆動源制御部201は、第1角度センサー411から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第1駆動源401の角速度が算出され、その角速度が角速度フィードバック値 ωfb として第2減算器に出力される。

第2減算器には、角速度指令 ωc が入力され、また、角速度フィードバック値 ωfb が入力される。第2減算器は、これら角速度指令 ωc と角速度フィードバック値 ωfb との偏差（第1駆動源401の角速度の目標値から角速度フィードバック値 ωfb を減算した値）を出力する。

【0060】

また、第1駆動源制御部201は、第2減算器から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、

10

20

30

40

50

その偏差に応じた第1駆動源401の角加速度（トルク）の目標値を演算する。そして第1駆動源制御部201は、その第1駆動源401の角加速度の目標値（指令値）を示す信号を角加速度指令（トルク指令）として生成する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、PI制御がなされるが、これに限定されるものではない。

【0061】

第1駆動源制御部201は、その角加速度指令に基づいて、第1駆動源401の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー301を介してモーター401Mに供給する。

このようにして、第1駆動源401の角加速度、すなわち、トルクがその目標値と可及的に等しくなり、かつ、位置フィードバック値 Pfb が位置指令 Pc と可及的に等しくなるとともに、角速度フィードバック値 ωfb が角速度指令 ωc と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第1駆動源401の駆動電流が制御される。

【0062】

なお、第2駆動源制御部202～第6駆動源制御部206については、それぞれ、前記第1駆動源制御部201と同様であるので、その説明は省略する。

また、図5に示すように、ロボット制御装置20は、角度設定部21と、位置特定部22と、挿入動作制御部23とを有している。ロボット制御装置20は、第1電子カメラ71、第2電子カメラ72により撮像して得られた画像データ、力覚センサー81の検出結果等に基づいて、ロボット1（ロボット本体10）の作動を制御する。

前述したように、ロボット1は、ロボット制御装置20により、ロボット本体10（アーム12～15、リスト16等）、第1電子カメラ71、第2電子カメラ72の作動を制御することにより、ハンド9で把持物41を把持し、把持物41を搬送し、その把持物41の挿入部412を挿入対象物51に形成された穴52に挿入する動作を行う。

【0063】

ロボット1が把持物41の挿入部412を挿入対象物51の穴52に挿入する際は、ロボット制御装置20は、後述する第1の操作に先立って、まず、第1電子カメラ71および第2電子カメラ72により、ハンド9と、把持物41と、挿入対象物51とを含む領域を撮像し、その挿入対象物51の表面の押し当て面の領域を第1走査領域として設定する。または、例えば、CADデータ等の予め作成された画像データに基づいて、この第1走査領域を設定してもよい。また、前記第1走査領域として設定する押し当て面は、挿入対象物51の表面に限らず、例えば、ロボット本体10の稼働範囲に設置された構造物に設けられたもの、例えば、作業台の表面等であってもよい。

【0064】

図7に示すように、ロボット制御装置20の角度設定部21は、ハンド9により把持物41を把持し、その把持物41の挿入部412を前記押し当て面に押し当てつつ把持物41を押し当て面に沿って移動させる第1の走査を行う。挿入部412を押し当てる方向、すなわち、挿入部412の押圧方向は、鉛直方向であることが好ましい。また、第1の走査は、挿入部412の押し当て方向と把持軸91とのなす角度 θ を変更して行なう。この角度 θ の変更は、把持物41の姿勢を変更することで行う。そして、第1の走査の際、力覚センサー81によりハンド9が把持した把持物41を介して受ける反力の検出を行い、力覚センサー81の検出結果に基づいて後述する第1の操作の際の角度 θ を設定する。

【0065】

なお、角度 θ を変更することで、把持物41の複数の姿勢のうちには、必ず、把持物41の中心軸411が押し当て面に対して所定角度傾斜した状態が含まれることとなり、その傾斜角度も複数となる。把持物41の中心軸411が押し当て面に対して傾斜している場合は、傾斜していない場合と比べて、把持物41の挿入部412と押し当て面との接触面積が小さくなり、後述する第2走査を行って挿入対象物51の穴52の位置を特定する際、把持物41の挿入部412が穴52を通過する確率が向上する。なお、挿入部412と押し当て面との接触面積が小さいほど、挿入部412と押し当て面との間の摩擦力が小さい。

10

20

30

40

50

【0066】

また、第1の走査において、把持物41を移動させる方向は、特に限定されないが、以下のようにすることが好ましい。

まず、第1の走査において、角度 θ を変更する際は、把持物41が所定の軸回りに回動して傾倒する。第1の走査では、把持物41は、その軸方向（図7中の紙面に対して垂直な方向）に移動させることが好ましい。後述する第2の走査では、後述するように、把持物41を前記軸方向に移動させることが好ましいが、第2の走査において把持物41を前記軸方向に移動させる場合、第1の走査における把持物41の移動方向が前記第2の走査のときと同一となり、これによって、より適正な角度 θ を設定することができる。すなわち、第1の走査において、把持物41の姿勢に対してその把持物41を移動させる方向は、第2の走査において、把持物41の姿勢に対してその把持物41を移動させる方向と同一であることが好ましい。

10

【0067】

ここで、角度設定部21は、力覚センサー81の検出結果に基づいて、挿入部412と押し当て面との間の摩擦力を求め、その摩擦力に基づいて角度 θ を設定する。

この角度 θ の設定においては、第1の走査中に角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させる第1の方法と、角度 θ を変更して第1の走査を複数回行い、各回の第1の走査中は、それぞれ、角度 θ を一定にする第2の方法とがあり、そのうちのいずれか一方で行う。

【0068】

第1の方法では、角度設定部21は、第1の走査中に角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させ、力覚センサー81の検出結果に基づいて、挿入部412と押し当て面との間の摩擦力を求め、その摩擦力が一定のときの角度 θ の値に角度 θ を設定する。または、角度設定部21は、前記摩擦力が徐々に増加または徐々に減少するときの角度 θ の値の範囲内に角度 θ を設定する。

20

【0069】

すなわち、角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させたとき、摩擦力が徐々に増加または徐々に減少する場合には、その摩擦力が徐々に増加または徐々に減少するときの角度 θ の値の範囲内に角度 θ を設定する。この場合、例えば、角度 θ は、摩擦力が最小のときの値に設定することが好ましい。この摩擦力が最小のときの角度 θ は、把持物41の挿入部412と押し当て面との接触面積が最小のときの角度 θ であり、前記接触面積を小さくすることにより、後述する第2走査を行って挿入対象物51の穴52の位置を特定する際、把持物41の挿入部412が穴52にかかる確率が向上する。

30

【0070】

また、角度 θ を徐々に増加または徐々に減少させたとき、摩擦力が変化しない場合には、その摩擦力が一定のときのいずれかの角度 θ の値に角度 θ を設定する。その理由は、例えば、把持物41の挿入部412の押し当て面と接触する部位が丸みを帯びている場合は、角度 θ を変更しても摩擦力が変化しない場合があるので、このような場合は、摩擦力が一定のときのいずれかの角度 θ の値に角度 θ を設定する。

【0071】

ここで、角度 θ を変更する範囲は、特に限定されず、諸条件に応じて適宜設定されるものであるが、その角度 θ を変更する範囲の下限値は、 0° 以上、 45° 未満であることが好ましく、 10° 以上、 30° 以下であることがより好ましい。また、角度 θ を変更する範囲の上限値は、 45° 以上、 90° 未満であることが好ましく、 60° 以上、 80° 以下であることがより好ましい。

40

【0072】

また、第2の方法では、角度設定部21は、角度 θ を変更して第1の走査を複数回行う。各回の第1の走査中は、それぞれ、角度 θ を一定にする。そして、各第1の走査の際、それぞれ、力覚センサー81の検出結果に基づいて、挿入部412と押し当て面との間の摩擦力を求める。各第1の走査における摩擦力は、例えば、平均値とする。なお、平均値以外でもよいことは、言うまでもない。

50

【0073】

そして、前記複数回の第1の走査のうち、摩擦力が最大のときの角度 θ を除き、他の角度 θ のいずれかの値に角度 θ を設定する。または、例えば、補間処理等を行って、実際には第1の走査を行っていない角度 θ の値に角度 θ を設定してもよい。

なお、前記第1の方法と同様に、角度 θ は、摩擦力が最小のときの値に設定することが好ましく、また、角度 θ を変更する範囲の上限値および下限値の好適範囲は、それぞれ、前記第1の方法で述べた値と同様である。

【0074】

次に、ロボット制御装置20は、後述する第2の操作に先立って、第1電子カメラ71および第2電子カメラ72により、ハンド9と、把持物41と、挿入対象物51とを含む領域を撮像し、ハンド9と、挿入対象物51の穴52とのおおよその位置関係を把握し、その穴52の近傍の領域を穴52の探索領域である第2走査領域（走査領域）として設定する。または、例えば、CADデータ等の予め作成された画像データに基づいて、この第2走査領域を設定してもよい。

【0075】

図8に示すように、ロボット制御装置20の位置特定部22は、ハンド9により把持物41を把持し、挿入部412の押し当て方向と把持軸91とのなす角度 θ を前記角度設定部21により設定された値に設定する。そして、この状態で、ハンド9が把持した把持物41の挿入部412を挿入対象物52の表面に押し当てつつ把持物41を挿入対象物52の表面に沿って移動させる第2の走査を行う。挿入部412を押し当てる方向、すなわち、挿入部412の押圧方向は、鉛直方向であることが好ましい。そして、第2の走査の際、力覚センサー81により前記反力の検出を行い、力覚センサー81の検出結果に基づいて穴52の位置を特定する。この位置特定部22が特定する穴52の位置は、その穴52により挿入対象物52の表面に形成された開口53の中心である。これにより、容易かつ確実に、把持物41の挿入部412を挿入対象物51の穴52に挿入することができる。

【0076】

また、第2の走査において、把持物41の移動を移動させる方向は、特に限定されないが、以下のようにすることが好ましい。

まず、前述したように、第1の走査において、角度 θ を変更する際は、把持物41が所定の軸回りに回転して傾倒する。第2の走査では、把持物41は、その軸方向（図8中の紙面に対して垂直な方向）に移動させることが好ましい。これにより、第2の走査において、把持物41の挿入部412が穴52にかかったとき、その穴52の外周部により挿入部412が振られてしまうことを防止することができ、予定のラインに沿って挿入部412を移動させることができる。

【0077】

ここで、位置特定部22は、力覚センサー81の検出結果に基づいて、挿入部412を挿入対象物51に押し当てたときの挿入対象物51からの反力を求め、その挿入対象物51からの反力に基づいて穴52の位置を特定する。

この穴52の位置の特定においては、挿入対象物51からの反力が減少したときの位置を穴52の位置と認定する。なお、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力は、挿入対象物51の穴52の位置では、穴52のない位置に比べて小さくなる。また、前記反力は、挿入部412の位置が穴52の中心軸に近いほど、すなわち、穴52により挿入対象物52の表面に形成された開口53の中心に近いほど小さくなる。位置特定部22は、この関係を用いて、穴52の位置、すなわち、穴52により挿入対象物52の表面に形成された開口53の中心の位置を特定する。以下、1例を挙げ、具体的に説明する。

【0078】

まず、簡単に説明すると、位置特定部22は、第2の走査を位置を変更して複数回行って、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力が最小のときの位置を穴52の位置、すなわち、穴52により挿入対象物52の表面に形成され

た開口 5 3 の中心の位置と認定する。

以下では、1 例として、第 2 の走査を位置を変更して 5 回行った場合について説明する。なお、第 2 の走査の回数は、5 回に限定されず、2 ～ 4 回、または 6 回以上でもよく、通常は、多数回行うことが好ましい。第 2 の走査を多数回行うことで、精度を向上させることができる。

【0079】

図 9 (a) に示すように、第 2 の走査を位置を変更して 5 回行う。図 9 (a) には、挿入対象物 5 2 上の異なる 5 本のライン L 1、L 2、L 3、L 4、L 5 に沿って、それぞれ、第 2 の走査を行った場合が示されている。また、穴 5 2 により挿入対象物 5 2 の表面に形成された開口 5 3 の中心の位置を特定する原理を説明し易くするため、図 9 (a) には、互いに直交する x 軸および y 軸を想定し、各ライン L 1 ～ L 5 は、それぞれ、x 軸に平行で、等間隔に配置されていることとする。そして、ライン L 1 は、穴 5 2 の一方の端部において、ぎりぎり穴 5 2 にかからない位置を通り、ライン L 5 は、穴 5 2 の他方の端部において、ぎりぎり穴 5 2 にかからない位置を通るようになっている。また、ライン L 3 は、穴 5 2 の開口 5 3 の中心を通り、ライン L 2 は、穴 5 2 の前記一方の端部と穴 5 2 の開口 5 3 の中心との間を通り、ライン L 4 は、穴 5 2 の前記他方の端部と穴 5 2 の開口 5 3 の中心との間を通ようになっている。

【0080】

前記各回の第 2 の走査の際、それぞれ、力覚センサー 8 1 の検出結果に基づいて、挿入部 4 1 2 を挿入対象物 5 2 に押し当てたときの挿入対象物 5 1 からの反力を求める。この反力は、連続的に求めてもよく、また、間欠的に求めてもよい。なお、本実施形態では、連続的に求めた場合を示す。

図 9 (b) に示すように、ライン L 1、L 5 では、それぞれ、反力は、一定の高い値を示す。また、ライン L 2、L 4 では、それぞれ、反力は、穴 5 2 の位置で少し低下する。また、ライン L 3 では、反力は、穴 5 2 の位置で大きく低下する。

【0081】

上記のデータから、穴 5 2 の開口 5 3 の中心の y 軸方向の位置、すなわち y 座標は、ライン L 3 の y 座標であることが判る。このため、位置特定部 2 2 は、前記のように穴 5 2 の開口 5 3 の中心の y 軸方向の位置を特定する。なお、ライン L 3 が穴 5 2 の開口 5 3 の中心を通らない場合は、例えば、補間処理等を行って、穴 5 2 の開口 5 3 の中心の y 軸方向の位置を特定する。

また、穴 5 2 の開口 5 3 の中心の x 軸方向の位置、すなわち x 座標は、ライン L 2、L 3、L 4 において、それぞれ、反力が最小となるときの x 座標であることが判る。このため、位置特定部 2 2 は、前記のように穴 5 2 の開口 5 3 の中心の x 軸方向の位置を特定する。このようにして、穴 5 2 の開口 5 3 の中心の位置が求められる。

【0082】

次に、図 10 に示すように、ロボット制御装置 2 0 の挿入動作制御部 2 3 は、前記穴 5 2 の位置の情報に基づいて、前記特定された穴 5 2 の位置に、把持物 4 1 を移動させ、把持物 4 1 の中心軸 4 1 1 を穴 5 2 の開口 5 3 の中心、すなわち穴 5 2 の中心軸に一致させ、把持物 4 1 の挿入部 4 1 2 を穴 5 2 に挿入する。この際は、穴 5 2 の開口 5 3 の中心の位置が判っているので、把持物 4 1 を傾斜させる必要はない。

【0083】

以上説明したように、このロボット 1 によれば、把持物 4 1 と挿入対象物 5 1 との接触面積が小さくなるように角度 θ を設定することができ、これによって、第 2 走査の際、把持物 4 1 の挿入部 4 1 2 が穴 5 2 にかかる確率が向上し、また、力覚センサー 8 1 の検出結果に基づいて穴 5 2 の位置を特定するので、確実に穴 5 2 の開口 5 3 の中心の位置を特定することができ、確実に、把持物 4 1 の挿入部 4 1 2 を穴 5 2 に挿入することができる。そして、穴 5 2 が非常に小さい場合、例えば、穴 5 2 の直径に対して、挿入部 4 1 2 の直径が僅かに小さいような場合であっても、確実に、挿入部 4 1 2 を穴 5 2 に挿入することができる。

【0084】

また、種々の形状の把持物に対して、適正な角度 θ を設定することができ、これにより、確実に、把持物の挿入部を挿入箇所へ挿入することができる。

なお、本実施形態では、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力に基づいて穴52の位置を特定するように構成されているが、本発明では、これに限らず、挿入対象物51からの他の方向の反力に基づいて穴52の位置を特定するように構成してもよい。

【0085】

ここで、図11には、ハンドによる把持物の他の把持の方法を示し、図12には、把持物の他の形状を示す。

図11に示すように、ハンド9により、把持物41を傾斜させた状態で把持してもよい。この場合は、図11(a)、図11(c)に示す状態のとき、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力が小さくなり、図11(b)に示す状態のとき、その反力が大きくなる。

図12に示すように、把持物41は、その端部が尖っていてもよい。この場合は、図12(a)、図12(c)に示す状態のとき、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力が大きくなり、図12(b)に示す状態のとき、その反力が小さくなる。

【0086】

<第2実施形態>

以下、第2実施形態について説明するが、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

第2実施形態のロボット1では、ロボット制御装置20の位置特定部22は、第2の走査において、挿入部412を挿入対象物52に押し当てたときの挿入対象物51からの反力が予め設定された閾値よりも小さきときの位置を穴52の位置と認定する。

【0087】

そして、挿入動作制御部23は、第2の走査中に、反力が閾値よりも小さくなり、穴52の位置が特定された場合、その位置で、把持物41の移動を止める（停止させる）。そして、把持物41の傾斜を直し、把持物41の中心軸411を鉛直方向に向け、把持物41の挿入部412を挿入対象物51の穴52に挿入する。なお、第2の走査は、反力が閾値よりも小さくなるまで、何回でも行われる。

このロボット1によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0088】

以上、本発明のロボットおよびロボット制御装置を、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く、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、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の2以上の構成（特徴）を組み合わせただのものであってもよい。

【0089】

また、各駆動源のモーターとしては、それぞれ、前記サーボモーターの他、例えば、ステッピングモーター等が挙げられる。また、モーターとしてステッピングモーターを用いる場合は、角度センサーとして、例えば、ステッピングモーターへ入力する駆動パルス数を計測することで、モーターの回転角度を検出するものを用いてもよい。

また、各角度センサーの方式は、それぞれ、特に限定されず、例えば、光学式、磁気式、電磁式、電気式等が挙げられる。

【0090】

また、前記実施形態では、ロボットの回転軸の数は、6つであるが、本発明では、これに限定されず、ロボットの回転軸の数は、例えば、3つ、4つ、5つまたは7つ以上でもよい。すなわち、本実施形態では、リストが2本のアームを有しているので、ロボットの

10

20

30

40

50

アームの本数は、6本であるが、本発明では、これに限定されず、ロボットのアームの本数は、例えば、3本、4本、5本または7本以上でもよい。

【0091】

また、前記実施形態では、ロボットは、複数のアームの隣り合う前記アーム同士を回動自在に連結してなるアーム連結体を1つ有する単腕ロボットであるが、本発明では、これに限定されず、例えば、複数のアームの隣り合う前記アーム同士を回動自在に連結してなるアーム連結体を2つ有する双腕ロボット等、複数のアーム連結体を有するロボットであってもよい。

【0092】

また、本発明のロボットは、例えば、スカラロボット等であってもよい。

10

また、前記実施形態では、撮像装置の数は、2つであるが、本発明では、これに限定されず、撮像装置の数は、1つでもよく、また、3つ以上でもよい。但し、撮像装置の数は、複数であることが好ましい。

また、前記実施形態では、撮像装置は、ロボット本体から離間した位置に設置されているが、本発明では、これに限定されず、撮像装置は、例えば、ロボット本体に設置されていてもよい。

また、前記実施形態では、撮像装置は、固定されているが、本発明では、これに限定されず、撮像装置は、例えば、移動可能に設置されていてもよい。

【符号の説明】

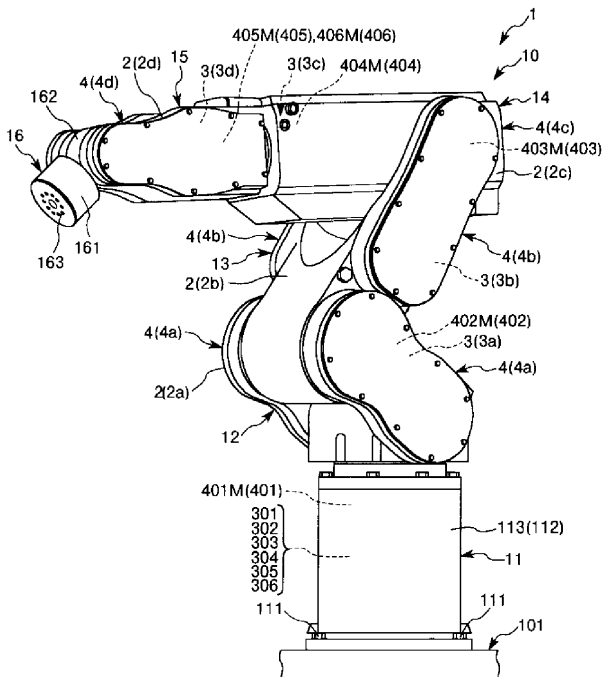
【0093】

20

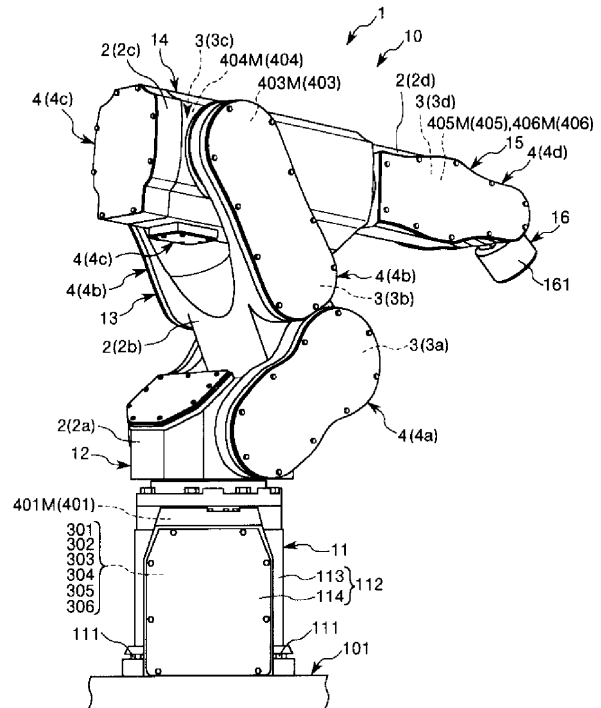
1 ……ロボット（産業用ロボット） 10 ……ロボット本体 101 ……床 11 ……
基台 111 ……複数本のボルト 112 ……基台本体 113 ……円筒状部 114 ……
…箱状部 12、13、14、15 ……アーム（リンク） 16 ……リスト（リンク）
161 ……リスト本体 162 ……支持リング 163 ……先端面 171、172、1
73、174、175、176 ……関節（ジョイント） 17、18 ……指部 19 ……
カバー部材 2、2a、2b、2c、2d ……アーム本体 3、3a、3b、3c、3d
……駆動機構 4、4a、4b、4c、4d ……封止手段 20 ……ロボット制御装置
21 ……角度設定部 22 ……位置特定部 23 ……挿入動作制御部 201、202
、203、204、205、206 ……駆動源制御部 301、302、303、304
、305、306 ……モータドライバ 401、402、403、404、405、
406 ……駆動源 401M、402M、403M、404M、405M、406M ……
モーター 411、412、413、414、415、416 ……角度センサー 41 ……
…把持物 411 ……中心軸 412 ……挿入部 51 ……挿入対象物 52 ……穴 5
3 ……開口 71、72 ……電子カメラ 81 ……力覚センサー 9 ……ハンド 91 ……
…把持軸 O1、O2、O3、O4、O5、O6 ……回転軸 L1、L2、L3、L4、
L5 ……ライン

30

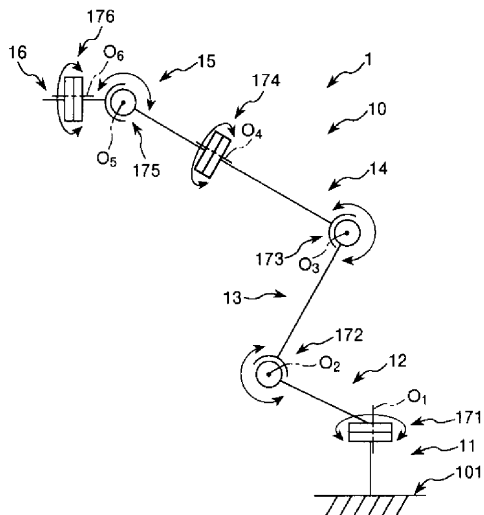
【図 1】



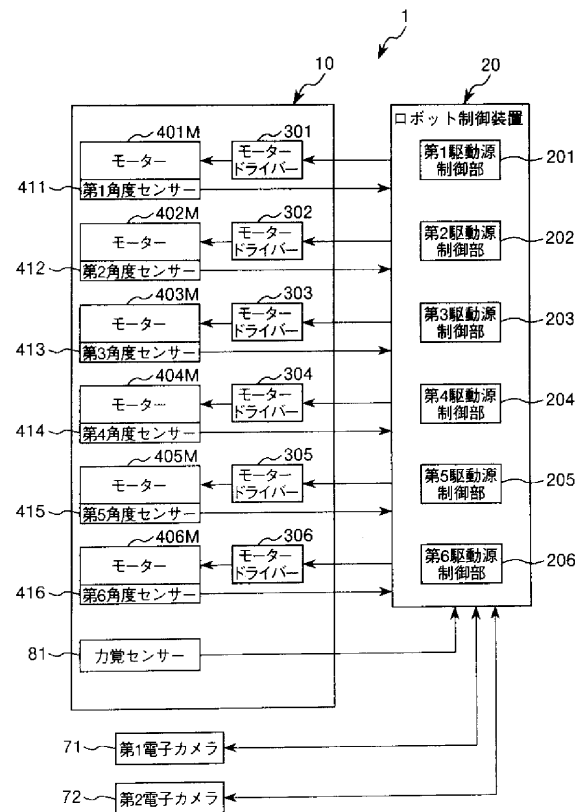
【図 2】



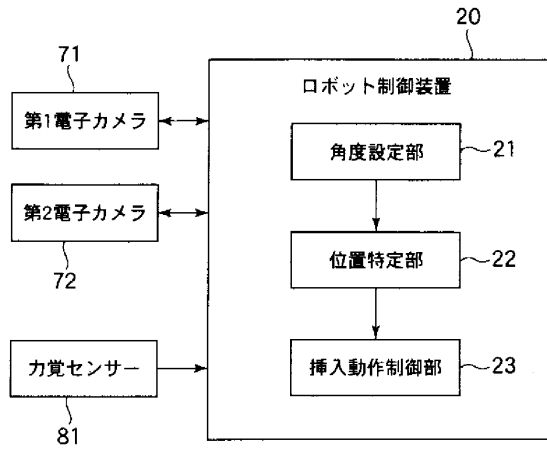
【図 3】



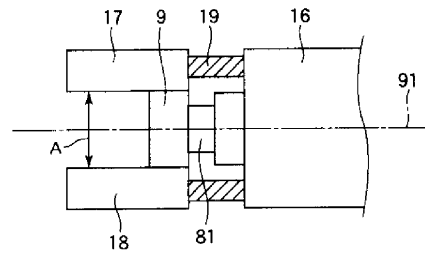
【図 4】



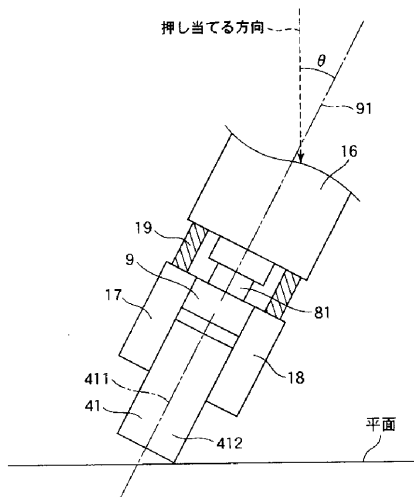
【図 5】



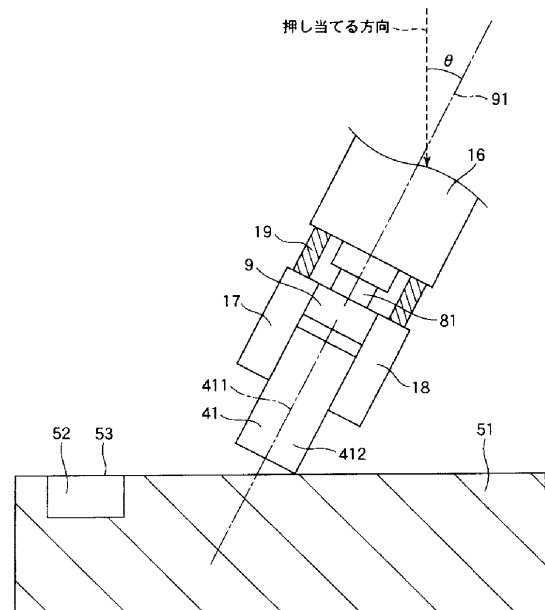
【図 6】



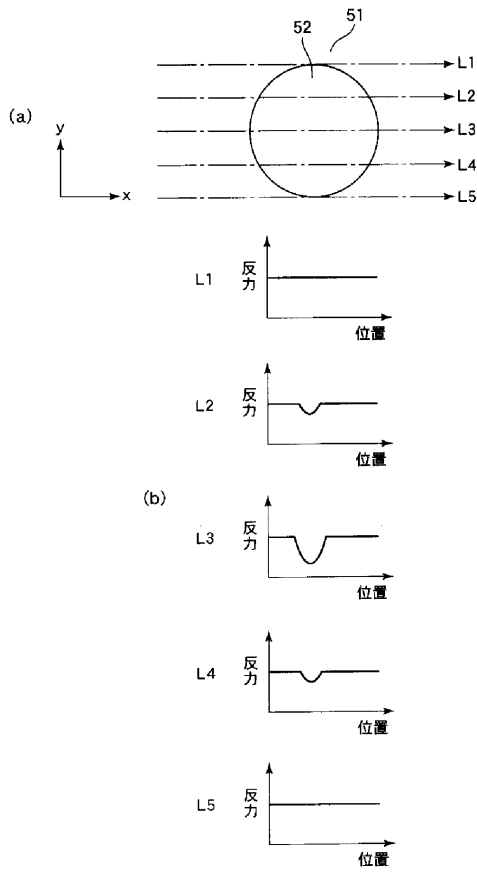
【図 7】



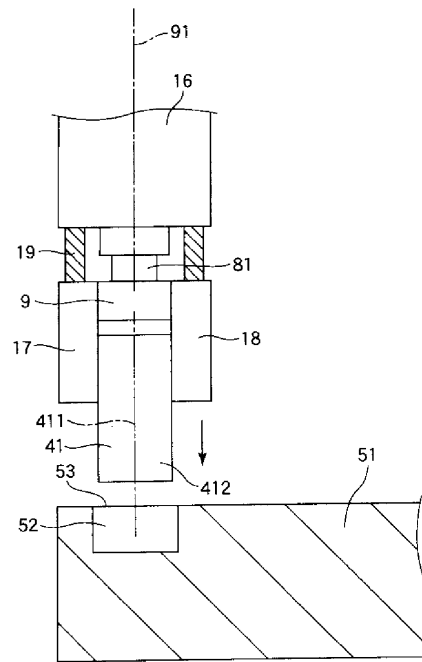
【図 8】



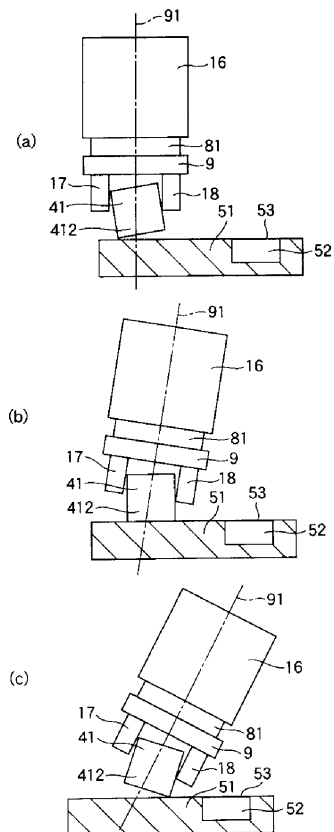
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

