

(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2008-290228

(P2008-290228A)

(43) 公開日 平成20年12月4日 (2008.12.4)

(51) Int.Cl.	F I	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 0 0 7
B 2 3 P 19/02 (2006.01)	B 2 3 P 19/02	P 3 C 0 3 0
B 2 3 P 19/04 (2006.01)	B 2 3 P 19/04	G

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2008-23034 (P2008-23034)	(71) 出願人	390008235 ファナック株式会社 山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地
(22) 出願日	平成20年2月1日 (2008.2.1)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(31) 優先権主張番号	特願2007-114256 (P2007-114256)	(74) 代理人	100092624 弁理士 鶴田 準一
(32) 優先日	平成19年4月24日 (2007.4.24)	(74) 代理人	100102819 弁理士 島田 哲郎
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100112357 弁理士 廣瀬 繁樹
		(72) 発明者	畑中 心 山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358 〇番地 ファナック株式会社内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 嵌合装置

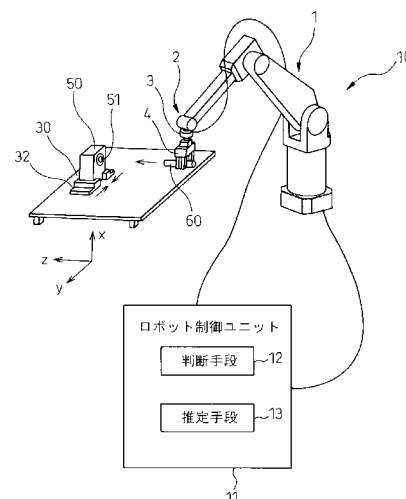
(57) 【要約】

【課題】 姿勢を正常な姿勢から遠ざけずに、第一嵌合部材を第二嵌合部材に嵌合する。

【解決手段】 ロボットアーム (2) の先端に取付けられたハンド (4) により把持される第一の嵌合部材に対応する第二の嵌合部材に嵌合させる嵌合装置 (10) は、第一および第二の嵌合部材が当接したときに発生する力を検出する検出手段 (3) と、検出手段により検出された力に基づいて、これら嵌合部材が一点で当接している一点当接状態であるか、またはこれら嵌合部材が少なくとも二点で当接している二点当接状態であるかを判断する判断手段 (12) と、を具備する。一点当接状態である場合には、ロボットアームの把持姿勢を保持した状態で、ハンドに把持される第一の嵌合部材を第二の嵌合部材に嵌合方向に押付けて嵌合作用を進行させ、二点当接状態である場合には、ロボットアームの把持姿勢を変更可能な状態で、嵌合作用をさらに進行させる。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボットアームの先端に取付けられたハンドにより把持される第一の嵌合部材を対応する第二の嵌合部材に嵌合させる嵌合装置において、

前記第一および第二の嵌合部材が当接したときに発生する力またはモーメントを検出する検出手段と、

前記検出手段により検出された前記力または前記モーメントに基づいて、前記第一および第二の嵌合部材が一点で当接している一点当接状態であるか、または前記第一および第二の嵌合部材が少なくとも二点で当接している二点当接状態であるかを判断する判断手段と、を具備し、

10

前記第一および第二の嵌合部材を互いに嵌合させる間に、前記判断手段により前記一点当接状態であると判断される場合には、前記ロボットアームの把持姿勢を保持した状態で、前記ハンドに把持される前記第一の嵌合部材を前記第二の嵌合部材に嵌合方向に押付けて嵌合作用を進行させ、

前記判断手段により前記一点当接状態から前記二点当接状態に移行したと判断された場合には、前記ロボットアームの把持姿勢を変更可能な状態で、前記嵌合作用をさらに進行させるようにした、嵌合装置。

【請求項 2】

前記検出手段は、前記ハンドと前記ロボットアームとの間に設けられた力センサである、請求項 1 に記載の嵌合装置。

20

【請求項 3】

前記検出手段は、前記ロボットアームを駆動する電動モータの電流値に基づいて前記力またはモーメントのうちの少なくとも一方を推定する推定手段である、請求項 1 に記載の嵌合装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットアームの先端に取付けられたハンドにより把持される嵌合部材を対応する他の嵌合部材に嵌合させる嵌合装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

仮想的なコンプライアンスを構成することにより R C C (remotecenter compliance) を模した制御則を用いて嵌合作業を行うことが従来より行われている。特許文献 1 には、ロボットのハンドにより把持された棒状の嵌合部材を被嵌合部材の嵌合穴に嵌合させる一つの手法が開示されている。

【0003】

図 8 は、非特許文献 1 に開示されるような従来技術における嵌合作業を説明するための図である。従来技術では R C C を模した制御則を用いるので、R C C を用いた嵌合作業を分析した非特許文献 1 の場合と同様な現象が生じる。図 8 に示されるように、被嵌合部材 50 の嵌合穴 51 周りには面取部 52 が形成されている。さらに、図 8 においては、嵌合部材 60 の挿入深さ L と嵌合部材 60 の中心線および嵌合穴 51 の中心線のなす角度 θ との関係が示されている。なお、挿入深さ L の原点 0 は面取部 52 の内側終端部 55 に対応する。

40

【0004】

図 8 においては、ロボットのハンド（図示しない）により嵌合部材 60 が角度 θ_0 ($\theta_0 > 0$) をなして把持されているとする。ロボットのハンドが被嵌合部材 50 に向かって嵌合方向に移動すると、図示されるように、嵌合部材 60 の底面の縁部 61 が一点のみにおいて被嵌合部材 50 の面取部 52 に当接する（挿入深さ L と角度 θ との関係における点 A に相当）。

【0005】

50

非特許文献 1 においてはロボットのハンドが柔軟に制御されているので、嵌合部材 60 は点 A における当接後に反時計回りに回転する。これにより、角度 θ 0 は上昇するようになる。嵌合部材 60 が嵌合方向にさらに移動すると、嵌合部材 60 の縁部 61 は面取部 52 の内側終端部 55 を越えて嵌合穴 51 に進入する（点 A'）。このときの角度 θ は角度 θ 1 である。これにより、角度 θ は角度 θ 1 からわずかながらさらに上昇する。

【0006】

嵌合部材 60 が嵌合方向にさらに移動すると、嵌合部材 60 の底面における他の縁部 62 が反対側の面取部 52 に当接する（点 B）。このときの角度 θ は角度 θ 2 である。

【0007】

その後、嵌合部材 60 が嵌合方向にさらに移動すると、嵌合部材 60 が嵌合穴 51 内に部分的に嵌合され、それにより、嵌合部材 60 は時計回りに回転するようになる（点 C）。その結果、角度 θ は角度 θ 2 から低下し、嵌合部材 60 が嵌合穴 51 に嵌合するにつれて角度 θ は角度 θ 0 よりも低下して零に漸近するようになる（点 D）。このように、非特許文献 1 に開示される手法において嵌合部材 60 の縁部 61 が面取部 52 に当接した後は、嵌合部材 60 の姿勢が変更されつつ、嵌合作業が行われる。

【特許文献 1】特公平 04-43744 号

【非特許文献 1】Daniel E. Whitney: "弾性支持された剛体部品の準静的組立て", ロボット・モーション III. HBJ 出版局, pp.151-185, 1982

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

当然のことながら、嵌合部材 60 が被嵌合部材 50 に完全に嵌合すると、嵌合部材 60 の角度 θ は最終的にはゼロに近くなる。ところが、図 8 に示されるように従来技術において嵌合部材 60 が被嵌合部材 50 の面取部 52 に一点で当接すると（点 A）、角度 θ が増加して嵌合部材 60 の姿勢が正常な姿勢（角度 $\theta = 0$ ）から一時的に遠ざかる事態が生じうる。このような場合には、二点で当接した後で、嵌合部材 60 が嵌合穴 51 内部で詰まったり、嵌合穴 51 の内面に係合することがあり、それにより、嵌合作業が失敗しやすくなる。

【0009】

なお、嵌合部材 60 が面取部 52 に一点で当接しているときに作用する力および／またはモーメントによって、嵌合部材 60 の姿勢をどの方向に変化させれば良いかを判断することはできない。その理由は、力および／またはモーメントの向きは、嵌合部材 60 のどの部位が面取部 52 のどの部位に当接しているかに応じて定まり、嵌合部材 60 の現在の姿勢と正常な姿勢との間の差に応じて定まるわけではないためである。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、嵌合作業の途中において嵌合部材の姿勢を正常な姿勢から遠ざけることなしに、嵌合部材を被嵌合部材に嵌合させることのできる嵌合装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前述した目的を達成するために 1 番目の発明によれば、ロボットアームの先端に取付けられたハンドにより把持される第一の嵌合部材に対応する第二の嵌合部材に嵌合させる嵌合装置において、前記第一および第二の嵌合部材が当接したときに発生する力またはモーメントを検出する検出手段と、前記検出手段により検出された前記力または前記モーメントに基づいて、前記第一および第二の嵌合部材が一点で当接している一点当接状態であるか、または前記第一および第二の嵌合部材が少なくとも二点で当接している二点当接状態であるかを判断する判断手段と、を具備し、前記第一および第二の嵌合部材を互いに嵌合させる間に、前記判断手段により前記一点当接状態であると判断される場合には、前記ロボットアームの把持姿勢を保持した状態で、前記ハンドに把持される前記第一の嵌合部材を前記第二の嵌合部材に嵌合方向に押付けて嵌合作用を進行させ、前記判断手段により前

10

20

30

40

50

記一点当接状態から前記二点当接状態に移行したと判断された場合には、前記ロボットアームの把持姿勢を変更可能な状態で、前記嵌合作用をさらに進行させるようにした、嵌合装置が提供される。

【0012】

すなわち1番目の発明においては、第一および第二の嵌合部材が一点で当接している一点当接状態に在るときには、第一の嵌合部材の姿勢が変更されるのを抑制している。このため、第一の嵌合部材が一点において第二の嵌合部材に当接するときには、第一の嵌合部材の姿勢は、正常な姿勢から遠ざかるように変化することが無い。従って、嵌合作業の途中において、第一および第二の嵌合部材が互いに詰まったり係合することはなく、嵌合作業を良好に行うことができる。

10

【0013】

2番目の発明によれば、1番目の発明において、前記検出手段は、前記ハンドと前記ロボットアームとの間に設けられた力センサである。

すなわち2番目の発明においては、力またはモーメントをより正確に検出することができる。

【0014】

3番目の発明によれば、1番目または2番目の発明において、前記検出手段は、前記ロボットアームを駆動する電動モータの電流値に基づいて前記力またはモーメントのうちの少なくとも一方を推定する推定手段である。

すなわち3番目の発明においては、力センサを用いることなしに、力またはモーメントを検出することができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同様の部材には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図1は本発明に基づく嵌合装置の略図である。図1に示される嵌合装置10は、ロボット1とロボット制御ユニット11とを含んでいる。ロボット1は、六軸構成の垂直多関節型ロボットである。ロボット1のロボットアーム2の先端には、ハンド4が取付けられている。図示されるように、ロボットアーム2とハンド4との間には、力センサ3が配置されている。力センサ3はハンド4に作用する力および／またはモーメントを検出する。

30

【0016】

ロボット1および力センサ3はロボット制御ユニット11に接続されている。ロボット制御ユニット11はデジタルコンピュータであり、嵌合装置10のロボット1全体の動作を制御する。また、ロボット制御ユニット11は、後述する嵌合部材60と被嵌合部材50とが一点のみで当接する一点当接状態であるか、少なくとも二点で当接する二点当接状態であるかを判断する判断手段12を含んでいる。

【0017】

さらに、ロボット制御ユニット11は推定手段13を含んでいる。推定手段13は、ロボット1のロボットアーム2を駆動する駆動モータ（図示しない）の電流値に基づいて、ハンド4に作用する力および／またはモーメントを推定する。言い換えれば、推定手段13は、力センサ3の代わりに、力および／またはモーメントを求めるのに用いられる。なお、ロボット1の各軸にトルクセンサ（図示しない）を設け、これらトルクセンサに検出されたトルク検出値から、前述した力および／またはモーメントを推定するようにしてもよい。

40

【0018】

図1においては、円柱型の嵌合部材60がロボット1のハンド4により把持されている。そして、嵌合部材60に嵌合可能な嵌合穴51を備えた被嵌合部材50が嵌合部材60に対面して配置されている。図1においては、被嵌合部材50は保持具32によって支持台30上の所定の位置に固定されている。なお、図示されるように、嵌合部材60の嵌合

50

方向をZ軸とし、このZ軸に垂直な面内にX軸およびY軸を配置する。

【0019】

図2は嵌合部材および被嵌合部材の拡大断面図である。図示されるように、被嵌合部材50に形成された嵌合穴51の端部には、面取部52が形成されている。図2に示される実施形態においては、面取部52の角度 α は45°である。ただし、角度 α は45°に限定されるものではなく、角度 α の値が異なってもよい。

【0020】

図3は本発明に基づく嵌合装置の制御則の構成を示す機能ブロック図である。図3に示されるように、ロボット制御ユニット11は、位置制御部14と力制御部15とを有している。位置制御部14は、所定の手法により作成された位置指令に基づいて、ロボット1

10

【0021】

また、力制御部15は、力センサ3により検出された力検出値と所定の手法により作成された位置指令および力指令とに基づいて、ロボット1に対して力制御を実施する。具体的には、力制御部15は、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力制御ループと、X軸回り、Y軸回りおよびZ軸回りの力制御ループとを含んでいる。そして、力制御部15は、それら六つの力制御ループのうちのいずれかを実施する。

【0022】

図3に示されるように、ロボット制御ユニット11には、切換スイッチ35が含まれている。切換スイッチ35は、位置制御部14による位置制御と力制御部15による力制御とを切替える。通常は、ロボット1が位置制御により制御されるように、切換スイッチ35が設定されている。そして、嵌合部材60を被嵌合部材50に嵌合する嵌合作業を行う際には、ロボット1が力制御により制御されるように、切換スイッチ35が設定される。

20

【0023】

以下、嵌合装置の動作を示すフローチャートである図4を参照しつつ、本発明に基づく嵌合装置10の嵌合作業を説明する。はじめに、位置制御下において、ロボット1のハンド4により嵌合部材60を把持する（ステップ101）。次いで、把持された嵌合部材60を被嵌合部材50の嵌合穴51手前まで移動させる（ステップ102）。

【0024】

その後、切換スイッチ35によって位置制御から力制御に変更し、ステップ103において、後述する嵌合作業を実施する。嵌合作業が終了すると、ハンド4から嵌合部材60を解放して（ステップ105）、処理を終了する。

30

【0025】

図5は嵌合作業を示すフローチャートである。図5に示される処理は、嵌合作業の際に所定の制御周期毎に繰返し行われるものとする。ロボット制御ユニット11においては二点当接状態であることを示す二点当接フラグが設けられており、ステップ311において、はじめに二点当接フラグが立っていないか否かを判定する。

【0026】

二点当接フラグが立っていない場合には、ステップ312に進む。ステップ312においては、判断手段12によって、嵌合部材60と被嵌合部材50とが一点で当接している一点当接状態か、これらが少なくとも二点で当接している二点当接状態であるか否かが判定される。

40

【0027】

判断手段12の具体的な判断手法を以下に説明する。はじめに、力センサ3によってX軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力 F_x 、 F_y 、 F_z を検出する。次いで、Z軸方向の力 F_z が所定の力 F_{dz} に概ね等しいか否かを判定する。

【0028】

Z軸方向の力 F_z が F_{dz} に概ね等しい場合には、X軸方向の力 F_x とY軸方向の力 F_y との合力を算出する。これら力の合力 $\sqrt{(F_x^2 + F_y^2)}$ がかなり小さいか否か、具体的にはこれら力の合力が「 $0.05 \times |F_{dz}|$ 」よりも小さいか否かが判定される。

50

【0029】

図6は被嵌合部材の面取部を拡大して示す部分拡大図である。図6は、嵌合部材60の姿勢誤差がゼロ（つまり、角度 $\theta = 0$ ）の場合に、嵌合部材60（図6には示さない）が被嵌合部材50の面取部52に一点で当接して面取部52に沿って摺動している状態を示している。

【0030】

ここで、嵌合部材60が面取部52に当接することによって生じた、面取部52に対して垂直な押付力Pの大きさを $(\sqrt{2})F$ とする。嵌合部材60と面取部52との間の動摩擦係数が0.52である場合には、動摩擦力Mの大きさは $0.52 \cdot (\sqrt{2})F$ で表される。これら押付力Pおよび動摩擦力MをそれぞれZ軸方向とX軸方向（Y軸方向も含む）

10

【0031】

面取部52の角度 α が 45° である場合には、Z軸方向に作用する力の合力 F_z は $F_z (= P_z + M_z) = 1.52F$ であり、X軸、Y軸方向に作用する力の合力 F_{xy} は $F_{xy} (= P_x - M_x) = 0.48F$ である。従って、Z軸方向の力 F_z と、X軸、Y軸方向の力 F_{xy} との比は、 $F_{xy}/F_z = 0.48/1.52 = 0.32$ になる。なお、姿勢誤差が $\pm 2^\circ$ の範囲で存在する場合であっても、概ね同様の力の比が得られる。

【0032】

このように一点当接状態においては、Z軸方向だけでなく、X軸、Y軸方向（Y軸方向含む）にも或る程度の力が作用している。そして、嵌合部材60と被嵌合部材50とが二

20

【0033】

点当接状態になると、並進成分の力制御の作用により、X軸方向およびY軸方向の力 F_{xy} はゼロに収束し、 F_z は所定値 F_{dz} に収束する。

従って、 F_z が所定値 F_{dz} に概ね等しくて、合力 $F_{xy} (= \sqrt{F_x^2 + F_y^2})$ が F_z よりもかなり小さい場合には二点当接状態にあると判断でき、合力 $F_{xy} (= \sqrt{F_x^2 + F_y^2})$ が F_z よりもそれほど小さくしなければ、一点当接状態にあると判断できる。ステップ312においては、マージンを考慮することにより、上記の比 $(= F_{xy}/F_z) = 0.32$ よりもさらに小さい値として「0.05」を採用している。

【0034】

再び図5を参照すると、ステップ312において一点当接状態にあると判断された場合にはステップ313に進む。ステップ313においては、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力制御ループが設定され、X軸回り、Y軸回りおよびZ軸回りの力制御ループは設定されない。次いで、ステップ316において作成された力指令値に基づいて、ステップ317においてX軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力制御ループが実施される。

30

【0035】

図7は本発明に基づく嵌合作業を説明するための図であり、図8と同様の図である。図7に示されるように、嵌合部材60の一方の縁部61が被嵌合部材50の面取部52に当接開始したときは、嵌合部材60と被嵌合部材50とは一点当接状態にある。本発明においては、一点当接状態のときにはX軸回り、Y軸回りおよびZ軸回りの力制御ループは設定されない。従って、嵌合部材60を嵌合方向に移動させると、嵌合部材60はその姿勢を変化させることなしに、面取部52に沿って摺動する（点A1）。

40

【0036】

再び図5を参照すると、ステップ312において二点当接状態にあると判断された場合にはステップ314に進んで、二点当接フラグが設定され、次いで、ステップ315に進む。ステップ315においては、X軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力制御ループとX軸回りおよびY軸回りの力制御ループとが設定され、Z軸回りの力制御ループは設定されない。次いで、ステップ316において作成された力指令値に基づいて、ステップ317においてX軸方向、Y軸方向およびZ軸方向の力制御ループならびにX軸回りおよびY軸回りの力制御ループが実施される。

50

【0037】

図7に示されるように、嵌合部材60の一方の縁部61が嵌合穴51内に進入すると、他方の縁部62が面取部52の内側終端部55に当接して二点当接状態になる（点B1）。なお、このときには、嵌合部材60の角度 θ は角度 θ_3 （ $\theta_0 < \theta_3 < \theta_1 < \theta_2$ ）までわずかながら増加する。つまり正常な姿勢（角度 $\theta = 0$ ）から遠ざかるように、嵌合部材60はわずかながらその姿勢を変える。

【0038】

次いで、嵌合部材60の両方の縁部61、62が嵌合穴51に進入する（点B1'）と、嵌合部材60はX軸回りおよびY軸回りにその姿勢を変化させつつ嵌合方向に移動するようになる。しかしながら、嵌合部材60と嵌合穴51との間にすき間がある場合には、嵌合方向の反力をあまり受けない領域LAが、この場所から延びるよう存在している。この領域LAにおいては、角度 θ の変化よりも嵌合方向への進行の方が容易であり、角度 θ がほとんど変化しない間に嵌合部材60は嵌合方向に領域LAだけ進行する。

【0039】

そして、この領域LAを通過すると、嵌合方向に反力が発生するので、嵌合部材60はその姿勢を正常な姿勢に徐々に戻しつつ嵌合方向にさらに移動する（点C1）。嵌合部材60が嵌合方向にさらに移動すると、嵌合部材60の姿勢は正常な姿勢に向かってさらに漸近し（D1）、最終的には嵌合部材60は正常な姿勢（角度 $\theta = 0$ ）になる。

【0040】

このように本発明においては、図7に示されるように嵌合部材60と被嵌合部材50とが一点当接状態にあるときには、嵌合部材60の姿勢が変化しないように制御している。このため、一点当接後においては嵌合部材60は、正常な姿勢から遠ざかるようにその姿勢を変化させることはほとんどない（点B1と点B1'との間を除く）。それゆえ、本発明においては、嵌合作業の途中において、嵌合部材60と被嵌合部材50とが互いに詰まったり係合することはなく、嵌合作業を良好に行うことが可能となる。

【0041】

図面を参照して説明した実施形態においては、円柱型の嵌合部材60を採用しているが、嵌合部材60の形状はこれに限定されるものではない。さらに、被嵌合部材50がロボット1のハンド4に把持されていて、嵌合部材60が保持具32に支持されている場合であっても、本発明の嵌合装置を適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】本発明に基づく嵌合装置の略図である。

【図2】嵌合部材および被嵌合部材の拡大断面図である。

【図3】本発明に基づく嵌合装置の機能ブロック図である。

【図4】本発明に基づく嵌合装置の動作を示すフローチャートである。

【図5】嵌合作業の詳細を示すフローチャートである。

【図6】被嵌合部材の面取部を拡大して示す部分拡大図である。

【図7】本発明に基づく嵌合作業を説明するための図である。

【図8】従来技術における嵌合作業を説明するための図である。

【符号の説明】

【0043】

- 1 ロボット
- 2 ロボットアーム
- 3 力センサ
- 4 ハンド
- 10 嵌合装置
- 11 ロボット制御ユニット
- 12 判断手段
- 13 推定手段

10

20

30

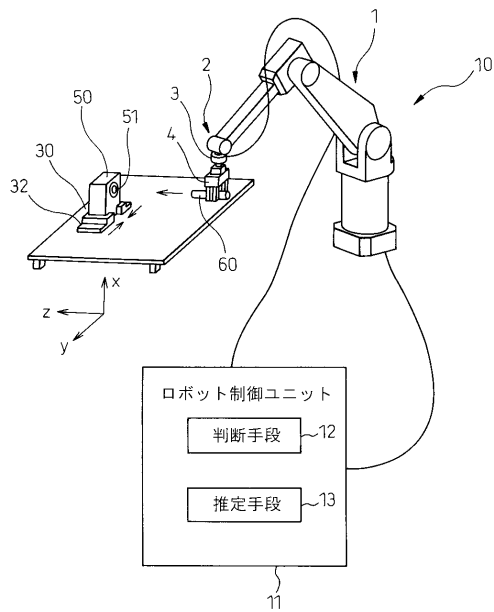
40

50

- 1 4 位置制御部
- 1 5 力制御部
- 3 0 支持台
- 3 2 保持具
- 3 5 切換スイッチ
- 5 0 被嵌合部材
- 5 1 嵌合穴
- 5 2 面取部
- 5 5 内側終端部
- 6 0 嵌合部材
- 6 1、6 2 縁部

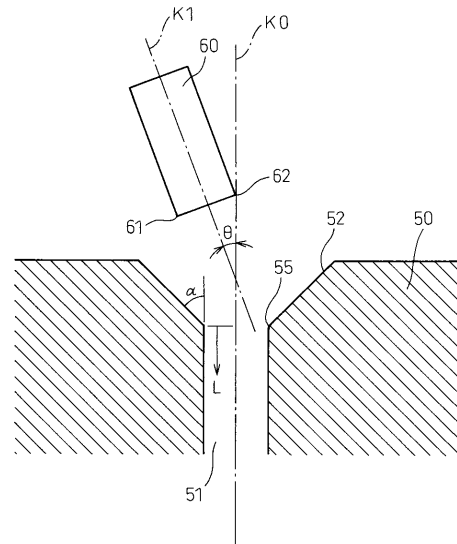
【図 1】

図 1

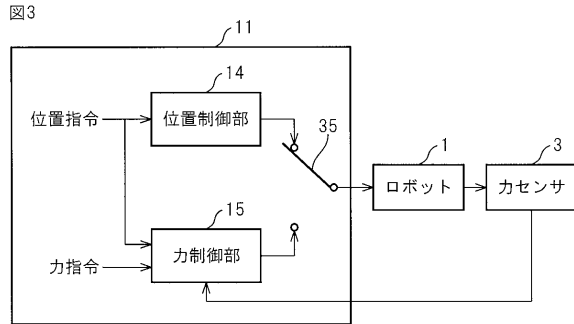


【図 2】

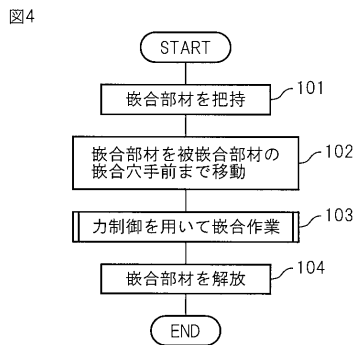
図 2



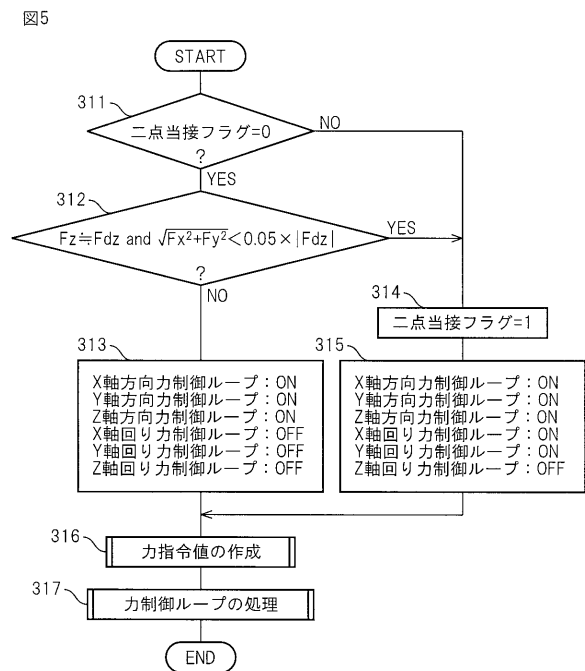
【図 3】



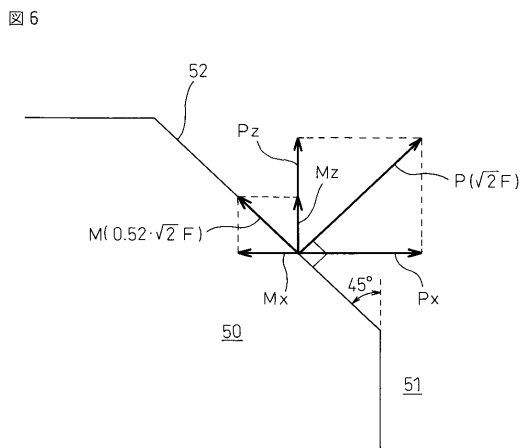
【図 4】



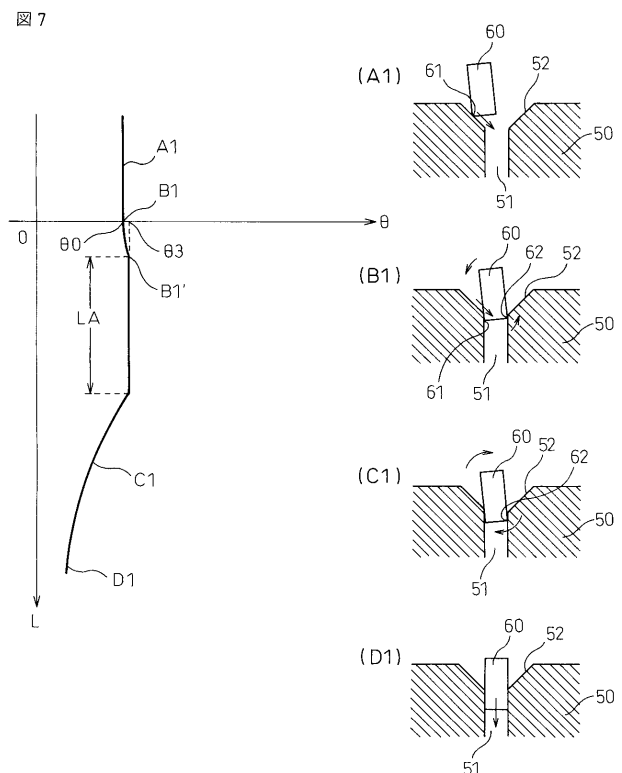
【図 5】



【図 6】

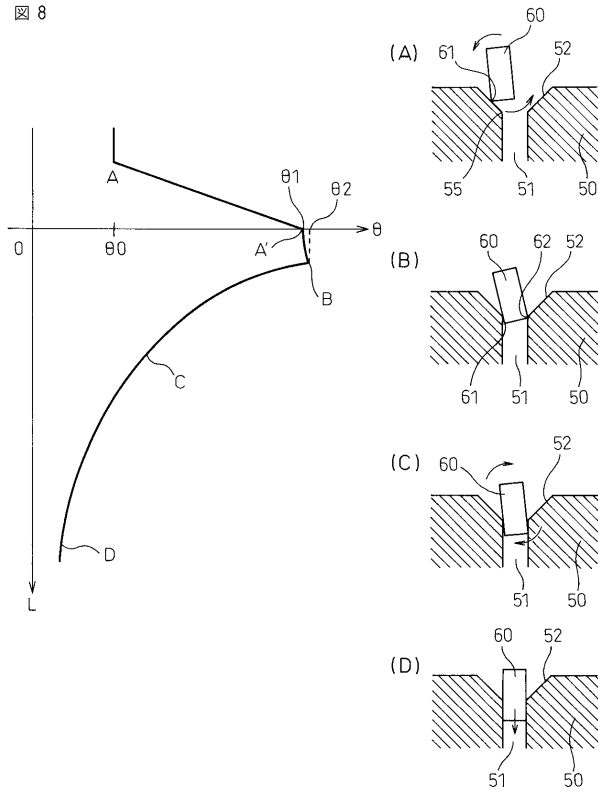


【図 7】



【図 8】

図 8



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 貴之

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

Fターム(参考) 3C007 AS07 KS33 KS35 KS37 KX06 LU09 LV12 LV15 LV17

3C030 BB03 BC04 BC16 BC21 BC33