

(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2021-79519

(P2021-79519A)

(43) 公開日 令和3年5月27日(2021.5.27)

(51) Int.Cl.

B25J 15/04

(2006.01)

F 1

B 25 J 15/04

A

テーマコード(参考)

3C707

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号

特願2019-211684 (P2019-211684)

(22) 出願日

令和1年11月22日 (2019.11.22)

(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

(74) 代理人 100091292

弁理士 増田 達哉

(74) 代理人 100091627

弁理士 朝比 一夫

(72) 発明者 飯島 翠久馬

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 BS12 GS04 GS06 GS19 HS27
KS33 KW03 KX06 LT07

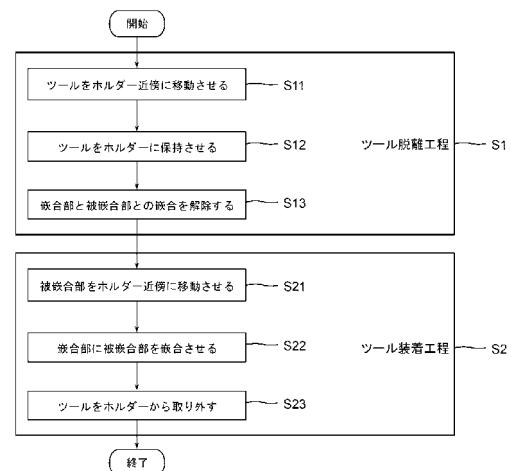
(54) 【発明の名称】ロボットシステムおよびツール交換方法

(57) 【要約】

【課題】制御装置の作動によってツールの交換が可能であり、かつ、小型のロボットアームでも十分に大きい可搬重量を確保し得るロボットシステム、および、かかるロボットシステムにおけるツール交換方法を提供すること。

【解決手段】ロボットアームと、力覚センサーと、力覚センサーを介してロボットアームとは反対側に設けられている被嵌合部と、を備えるロボットと、被嵌合部に嵌合する嵌合部を有するツールと、ロボットの作動を制御する制御装置と、を有し、制御装置は、力覚センサーの出力に基づいてロボットアームを駆動し、被嵌合部と嵌合部との嵌合を解除させることにより、ツールをロボットアームから取り外す第1の制御と、力覚センサーの出力に基づいてロボットアームを駆動し、被嵌合部を嵌合部に嵌合させることにより、ツールをロボットアームに装着する第2の制御と、を行うことを特徴とするロボットシステム。

【選択図】図 7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロボットアームと、前記ロボットアームに設けられている力覚センサーと、前記力覚センサーを介して前記ロボットアームとは反対側に設けられている被嵌合部と、を備えるロボットと、

前記被嵌合部に嵌合する嵌合部を有するツールと、

前記ロボットの作動を制御する制御装置と、

を有し、

前記制御装置は、

前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記被嵌合部と前記嵌合部との嵌合を解除させることにより、前記ツールを前記ロボットアームから取り外す第1の制御と、

前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記被嵌合部を前記嵌合部に嵌合させることにより、前記ツールを前記ロボットアームに装着する第2の制御と、

を行うことを特徴とするロボットシステム。

【請求項 2】

前記嵌合部が前記被嵌合部に対して嵌合される方向に沿った軸を法線とする平面で切断されたときの前記嵌合部の断面形状は、多角形または橍円形である請求項1に記載のロボットシステム。

【請求項 3】

前記嵌合部は、円柱状をしており、

前記ロボットは、前記嵌合部が前記被嵌合部に対して嵌合される方向における長さが異なる複数の前記嵌合部を有する請求項1に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記ロボットは、前記被嵌合部に設けられ、前記嵌合部に吸着する吸着機構または前記嵌合部に係合する係合機構を備える請求項1ないし3のいずれか1項に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記被嵌合部は、前記嵌合部を誘導して嵌合させるテーパー形状をなすテーパー部を備える請求項1ないし4のいずれか1項に記載のロボットシステム。

【請求項 6】

前記ツールを保持するホルダーを有し、

前記制御装置は、前記第1の制御において、前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記ツールを前記ホルダーに保持させることにより、前記嵌合部と前記被嵌合部との嵌合を解除させる請求項1ないし5のいずれか1項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

前記ホルダーは、前記ツールを係合させることによって保持する係合部を備えており、前記第1の制御において、前記ツールを前記係合部に係合させるときの、前記被嵌合部の第1移動方向と、前記嵌合部と前記被嵌合部との嵌合を解除させるときの、前記被嵌合部の第2移動方向とが、平行でない請求項6に記載のロボットシステム。

【請求項 8】

ロボットアームと、前記ロボットアームに設けられている力覚センサーと、前記力覚センサーを介して前記ロボットアームとは反対側に設けられている被嵌合部と、を備えるロボットと、

前記被嵌合部に嵌合する嵌合部を有するツールと、

前記ロボットの作動を制御する制御装置と、

を有するロボットシステムにおけるツール交換方法であって、

前記制御装置により、前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し

10

20

30

40

50

、前記被嵌合部と前記嵌合部との嵌合を解除させることにより、前記ツールを前記ロボットアームから取り外す工程と、

前記制御装置により、前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記被嵌合部を前記嵌合部に嵌合させることにより、前記ツールを前記ロボットアームに装着する工程と、

を有することを特徴とするツール交換方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットシステムおよびツール交換方法に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、先端部に設けられた2つのチャック爪と、チャック爪を開閉動作させるチャック駆動部と、を備えるチャック機構を有するロボット用アームが開示されている。このロボット用アームによれば、チャック爪同士の間にワークを持持したり、チャック爪を開放してワークを離したりすることができる。また、特許文献1に記載のロボット用アームによれば、ワークに代えて任意のツールを持持させることもできる。この場合、ロボット用アームの駆動によって、チャック機構に持持せるツールを別のツールに交換する作業を行わせることもできる。

【0003】

例えば、チャック機構を駆動させるチャック駆動部には、電気、圧縮空気等の駆動エネルギーを機械的な駆動力に変換する機構が必要になる。このような機構は、一般に重量が重い。また、ツールチェンジャーと呼ばれるツール交換機構も知られているが、剛性の高い2つのプレートが用いられており、前述したチャック機構と同様、重量が重い。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開昭61-293794

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

チャック機構やツールチェンジャーをロボットアームに装着した場合、ロボットアームの先端の重量が重くなってしまい、ロボットアームの可搬重量が制限されるという問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の適用例に係るロボットシステムは、

ロボットアームと、前記ロボットアームに設けられている力覚センサーと、前記力覚センサーを介して前記ロボットアームとは反対側に設けられている被嵌合部と、を備えるロボットと、

40

前記被嵌合部に嵌合する嵌合部を有するツールと、

前記ロボットの作動を制御する制御装置と、

を有し、

前記制御装置は、

前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記被嵌合部と前記嵌合部との嵌合を解除させることにより、前記ツールを前記ロボットアームから取り外す第1の制御と、

前記力覚センサーの出力に基づいて前記ロボットアームを駆動し、前記被嵌合部を前記嵌合部に嵌合させることにより、前記ツールを前記ロボットアームに装着する第2の制御と、

50

を行うことを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1実施形態に係るロボットシステムを示す斜視図である。

【図2】図1に示すロボットシステムの機能ブロック図である。

【図3】図1および図2に示すロボットシステムのハードウェア構成の一例を示すプロック図である。

【図4】図1に示すエンドエフェクターの近傍を示す部分拡大斜視図である。

【図5】図4に示すエンドエフェクターにおいて被嵌合部と嵌合部との嵌合を解除した状態を示す斜視図である。

【図6】図4の断面図である。

【図7】実施形態に係るツール交換方法を示す工程図である。

【図8】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図9】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図10】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図11】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図12】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図13】図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

【図14】探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる2つの図を上下に並べた図である。

【図15】探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる2つの図を上下に並べた図である。

【図16】探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる2つの図を上下に並べた図である。

【図17】探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる2つの図を上下に並べた図である。

【図18】探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる2つの図を上下に並べた図である。

【図19】第2実施形態に係るロボットシステムが備えるツールおよびツールストッカーを示す斜視図である。

【図20】図19に示すツールおよびツールストッカーの断面図である。

【図21】第3実施形態に係るロボットシステムが備えるエンドエフェクターの近傍を示す部分拡大斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明のロボットシステムおよびツール交換方法の好適な実施形態を添付図面に基づいて詳細に説明する。

【0009】

1. 第1実施形態

まず、第1実施形態に係るロボットシステムについて説明する。

【0010】

図1は、第1実施形態に係るロボットシステムを示す斜視図である。図2は、図1に示すロボットシステムの機能ブロック図である。図3は、図1および図2に示すロボットシステムのハードウェア構成の一例を示すプロック図である。

【0011】

なお、本願の各図では、互いに直交する3つの軸としてX軸、Y軸およびZ軸を設定している。Y軸およびZ軸は水平面と平行であり、X軸は鉛直軸である。また、各図では、これらの軸を矢印で表しており、以下の説明では、矢印の先端側を「プラス」、基端側を「マイナス」として説明する。さらに、X軸のプラス側を「上」、Z軸のマイナス側を「下」ともいう。また、本明細書における「平面視」とは、X軸に沿った位置からX軸に沿

10

20

30

40

50

って見ることをいう。

【0012】

図1に示すロボットシステム1は、ロボット2と、制御装置3と、架台4と、ロボット2に装着されたツール52と、ツール52をストックするツールストッカーホルダ7と、を備えている。

【0013】

1.1.ロボット

このうち、図1に示すロボット2は、基台20と、ロボットアーム200と、を備えている。図1に示すロボットアーム200は、6軸の垂直多関節ロボットアームである。基台20は、後述する架台4に固定されている。

10

【0014】

1.1.1.ロボットアーム

ロボットアーム200は、アーム201、アーム202、アーム203、アーム204、アーム205、およびアーム206を有する。これらアーム201～206は、基台20側からこの順に連結されている。各アーム201～206は、隣り合うアームまたは基台20に対して回動可能になっている。なお、以下の説明では、アーム206のアーム205とは反対側の端部を「ロボットアーム200の先端」という。

【0015】

ロボットアーム200の先端には、図1に示すように、後述するエンドエフェクター5が接続されている。エンドエフェクター5は、ロボットアーム200の先端に固定されたツール接続部51と、ツール接続部51に装着されたツール52と、ツール52を駆動するツール駆動部53と、を備えている。ツール52は、ツール接続部51に対して着脱可能になっている。ツール52としては、例えば、把持ハンド、吸着ハンド、磁気ハンド、ねじ止めツール、係合ツール等が挙げられる。このようなエンドエフェクター5が接続されたロボットシステム1は、例えば、対象物の給材、除材、移載、搬送または組立等の作業を行うことができる。

20

【0016】

ロボット2は、図2に示すように、アーム201～206を回動させる図示しないモーターと、図示しない減速機と、を備える駆動部230を有する。モーターとしては、例えば、ACサーボモーター、DCサーボモーター等が挙げられる。減速機としては、例えば、遊星ギア型の減速機、波動歯車装置等が挙げられる。また、図2に示すロボット2は、位置センサー240を有する。位置センサー240は、モーターまたは減速機の回転軸の回転角度を検出する。駆動部230および位置センサー240は、例えば基台20および各アーム201～206に設けられている。そして、駆動部230は、各アーム201～206を互いに独立して駆動可能である。なお、各駆動部230および各位置センサー240は、それぞれ制御装置3と通信可能に接続されている。

30

【0017】

ロボットアーム200のアームの数は、1～5本または7本以上であってもよい。また、ロボットアーム200は、スカラロボットであってもよく、2つまたはそれ以上のロボットアーム200を備える双腕ロボットであってもよい。

40

【0018】

1.1.2.力覚センサー

ロボット2は、さらに、ロボットアーム200とエンドエフェクター5との間に設けられた力覚センサー59を備えている。力覚センサー59としては、6軸力覚センサー、3軸力覚センサー等が挙げられる。力覚センサー59を設けることにより、エンドエフェクター5やロボットアーム200に加わる力の向きや大きさを精度よく検出することができる。力覚センサー59は、制御装置3と通信可能に接続されている。なお、力覚センサー59が備えられる位置は、これに限定されることなく、各アーム201～206間に設けられていてもよい。

【0019】

50

1.1.3. エンドエフェクター

エンドエフェクター5は、前述したように、ツール接続部51と、ツール52と、ツール駆動部53と、を備えている。

【0020】

図4は、図1に示すエンドエフェクター5の近傍を示す部分拡大斜視図である。図5は、図4に示すエンドエフェクター5において被嵌合部と嵌合部との嵌合を解除した状態を示す斜視図である。図6は、図4の断面図である。

【0021】

1.1.3.1. ツール接続部

ツール接続部51は、接続下部511と、接続上部512と、支持プレート513と、磁石514と、を備えている。

【0022】

接続下部511は、Y軸に沿って延在する部材であり、接続上部512と組み合わされることにより、後述するツール52の嵌合部521を挿入可能な嵌合部挿入空間55を形成する。この嵌合部挿入空間55は、後述するツール52が有する嵌合部521と嵌合する被嵌合部551として機能する。嵌合とは、嵌合部521と被嵌合部551とが嵌め合わされることをいう。この状態では、被嵌合部551に対して嵌合部521を位置精度よく固定することができる。また、固定を維持するにあたって、電気、圧縮空気等の駆動エネルギーを必要としない。このため、駆動エネルギーを機械的な駆動力に変換する機構も必要がない。このため、エンドエフェクター5の軽量化および小型化を図ることができる。

【0023】

嵌合部挿入空間55は、Y軸に沿って延在する四角柱状の空間であり、Y軸マイナス側の端面が開口し、Y軸プラス側の端面、Z軸プラス側の側面、Z軸マイナス側の側面、X軸プラス側の上面およびX軸プラス側の下面がそれぞれ閉塞している。したがって、ツール52がY軸マイナス側からY軸プラス側に向かって移動するとき、換言すれば、嵌合部挿入空間55をY軸プラス側からY軸マイナス側に向かって移動させたとき、ツール52が有する嵌合部521を、嵌合部挿入空間55（被嵌合部551）に嵌合させることができる。

【0024】

なお、X-Z面による嵌合部挿入空間55の断面形状は、上記の四角形に限定されず、四角形以外の多角形であってもよく、楕円形や長円形であってもよく、その他の形状であってもよい。

【0025】

接続下部511は、このような嵌合部挿入空間55の下面、両側面および端面を形成している。また、接続上部512は、Y軸に沿って延在する部材である。この接続上部512は、嵌合部挿入空間55の上面を形成している。

【0026】

また、接続上部512のY軸プラス側の端部は、支持プレート513を介してロボットアーム200の先端に接続されている。これにより、ツール接続部51がロボットアーム200に固定される。

【0027】

磁石514は、嵌合部挿入空間55のY軸プラス側の端面に設けられている。嵌合部挿入空間55に嵌合部521が挿入されると、磁石514が嵌合部521を磁力で吸引する。そして、磁石514と嵌合部521とが吸着することにより、被嵌合部551と嵌合部521とを互いに位置決めしつつ固定することができる。これにより、ロボットアーム200に対するツール52の位置精度を容易に高めることができる。

【0028】

なお、磁石514は、ツール接続部51の上記以外の位置に設けられていてもよい。また、磁石514は、ツール52に設けられていてもよく、ツール接続部51とツール52

10

20

30

40

50

の双方に設けられてもよい。

【0029】

1.1.3.2. ツール

本実施形態に係るツール52は、ピンセット状をなすツール本体522を有している。具体的には、図5に示すツール52は、X軸に沿って延在する長尺状のツール本体522と、ツール本体522のX軸プラス側の端部を支持する支持部523と、支持部523からY軸プラス側に向かって突出する前述の嵌合部521と、を有している。

【0030】

ツール本体522は、支持部523に支持されている支点部5221と、支点部5221からX軸マイナス側に向かって延在する2本の爪部5222、5222と、を備えている。これら2本の爪部5222、5222同士の間に対象物を挟むことによって、対象物を把持することができる。また、爪部5222の先端5223は、対象物に対して並進力を付与することにより、例えばZ軸に沿って対象物を押す作業や引く作業を行ったり、Y軸に沿って対象物を押す作業や引く作業を行ったりすることができる。

10

【0031】

また、ツール本体522は、ばね性を有しており、自然状態、つまり外力が加わっていない状態において、先端5223、5223同士が互いに離れている形状をなしている。このため、爪部5222、5222同士を近づける方向に力を加えたとき、先端5223、5223同士が接触し、その後、加えた力を解除すると、先端5223、5223同士自ずと離れる。したがって、ツール本体522のばね性を利用することにより、対象物の把持やその解除を効率よく行うことができる。

20

【0032】

支持部523は、被嵌合部551である嵌合部挿入空間55の外側に位置している。このため、ツール本体522も、嵌合部挿入空間55の外側に位置し、かつ、支持部523からX軸マイナス側に向かって延在している。これにより、爪部5222、5222の先端の周囲に広い空間を確保することができ、作業性が高くなる。また、爪部5222、5222の長さを長くすることにより、例えば支持部523をY軸まわりに回動させると、回動角が小さくても、爪部5222、5222の先端の変位量をより大きく確保することができる。

30

【0033】

嵌合部521は、前述したように、被嵌合部551である嵌合部挿入空間55に嵌合するため、Y軸に沿って延在する四角柱状の形状をなしている。このような嵌合部521の外表面は、十分に広い面積で、わずかな隙間を介して被嵌合部551の内表面と隣接する。これにより、嵌合部521には、モーメント荷重が作用する。例えば、爪部5222、5222の先端で、Z軸に沿って対象物を押す作業や引く作業を行う場合、または、Y軸に沿って対象物を押す作業や引く作業を行う場合、等においては、嵌合部521の各部に曲げモーメントまたはねじりモーメントが発生する。そうすると、嵌合部521および被嵌合部551には、それぞれ大きな負荷が加わることになる。しかしながら、嵌合部521と被嵌合部551とが嵌合していることにより、大きな負荷が加わっても局所的な応力の集中を抑制することができる。これにより、嵌合部521や被嵌合部551の破損や劣化等を抑制することができる。

40

【0034】

なお、図5において、X-Z面による嵌合部521の断面形状は、嵌合部挿入空間55の断面形状に応じて設定されるが、上記の四角形に限定されず、四角形以外の多角形であってもよく、楕円形や長円形であってもよく、その他の形状であってもよい。

【0035】

1.1.3.3. ツール駆動部

ツール接続部51のX軸マイナス側には、ツール駆動部53が設けられている。ツール駆動部53のY軸プラス側の端部は、支持プレート513を介してロボットアーム200の先端に接続されている。これにより、ツール駆動部53がロボットアーム200に固定

50

される。

【0036】

具体的には、ツール駆動部53は、駆動力を発生する動力部531と、駆動力をツール本体522に伝達する2本の伝達部532、532と、を有している。

【0037】

動力部531は、2本の伝達部532、532をZ軸に沿って開閉させる駆動力を発生する。これにより、伝達部532、532同士の距離を変化させることができる。動力部531では、電気、圧縮空気等の駆動エネルギーを利用して、駆動力を発生させる。

【0038】

伝達部532、532同士の間には、ツール本体522が配置されている。例えば、伝達部532、532同士の距離を縮めると、ツール本体522の爪部5222、5222同士も近づく。これにより、ツール本体522で対象物を把持することができる。一方、その状態から伝達部532、532同士の距離を広げると、ツール本体522のばね性によって、先端5223、5223同士も離れる。これにより、ツール本体522による対象物の把持を解除することができる。

【0039】

なお、ツール駆動部53の構成は、上記の構成に限定されない。例えば、伝達部532は、爪部5222、5222同士の間に配置されていてもよい。この場合、ツール本体522は、自然状態において、例えば先端5223、5223同士が互いに接している形状をなしているのが好ましい。

【0040】

1.1.3.4. その他の機器等

ロボットシステム1は、これらの他に任意の部材、機器等を備えていてもよい。任意の機器としては、例えば、作業対象物やロボット2またはその周辺を撮像する撮像部56、ロボット2に加わる外力を検出する感圧センサー、ロボット2の周囲に接近する物体等を検出する近接センサー等が挙げられる。

【0041】

図5に示すエンドエフェクター5には、前述した撮像部56が装着されている。図5に示す撮像部56は、カメラ561と、カメラ561とエンドエフェクター5とを接続する接続体562と、を備えている。カメラ561は、例えば爪部5222の先端5223近傍を撮像しており、対象物やその把持の状態等を検出する。

【0042】

1.2.制御装置

図2に示す制御装置3は、制御部31と、記憶部32と、外部入出力部33と、を有している。このような制御装置3は、位置センサー240の検出結果に基づいて、駆動部230に駆動信号を出力し、ロボットアーム200の駆動を制御する機能を有する。また、制御装置3には、例えば液晶モニター等を備える表示装置311と、例えばキーボード等を備える入力装置312と、が接続されている。

【0043】

制御部31は、記憶部32に記憶された各種プログラム等を実行する。これにより、制御部31は、ロボット2の駆動の制御や各種演算、各種判断等を行うことができる。具体的には、制御部31は、力覚センサー59の出力に基づいて、ロボットアーム200の作動を制御する機能を有する。これにより、制御部31は、被嵌合部551と嵌合部521との嵌合を解除することにより、ツール52をロボットアーム200から取り外す第1の制御と、被嵌合部551を嵌合部521に嵌合させることにより、ツール52をロボットアーム200に装着する第2の制御と、を行う。

【0044】

記憶部32には、制御部31により実行可能な各種プログラムが保存されている。また、記憶部32には、外部入出力部33で受け付けた各種データも保存される。

【0045】

10

20

30

40

50

外部入出力部 3 3 は、制御装置 3 と、ロボット 2 、表示装置 3 1 1 および入力装置 3 1 2 と、の接続の他、外部に設けられる任意の機器類との接続に用いられる。

【 0 0 4 6 】

このような制御装置 3 のハードウェア構成は、特に限定されないが、例えば、図 3 に示すように、ロボット 2 と通信可能に接続されたコントローラー 6 1 0 と、コントローラー 6 1 0 に通信可能に接続されたコンピューター 6 2 0 と、を含んでいる。

【 0 0 4 7 】

このうち、図 3 に示すプロセッサーとしては、例えば C P U (Central Processing Unit) 、 F P G A (Field-Programmable Gate Array) 、 A S I C (Application Specific Integrated Circuit) 等が挙げられる。

10

【 0 0 4 8 】

また、図 3 に示すメモリーとしては、例えば R A M (Random Access Memory) 等の揮発性メモリーや、 R O M (Read Only Memory) 等の不揮発性メモリー等が挙げられる。なお、メモリーは、非着脱式に限らず、着脱式の外部記憶装置を有していてもよい。

【 0 0 4 9 】

さらに、図 3 に示す外部インターフェースとしては、各種の通信用技術が挙げられる。通信用技術としては、例えば、 U S B (Universal Serial Bus) 、 R S - 2 3 2 C 、有線 L A N (Local Area Network) 、無線 L A N 等が挙げられる。

20

【 0 0 5 0 】

なお、制御装置 3 のハードウェア構成は、図 3 に示す構成に限定されない。また、制御装置 3 には、前述した構成に加えて、さらに他の構成が付加されていてもよい。さらに、記憶部 3 2 に保存されている各種プログラムやデータ等は、あらかじめ記憶部 3 2 に記憶されている他、例えば C D - R O M 等の記録媒体に格納され、この記録媒体から提供されてもよいし、ネットワーク等を介して提供されてもよい。

30

【 0 0 5 1 】

1 . 3 . 架台

図 1 に示す架台 4 は、枠体 4 1 と、枠体 4 1 の下部から下方に延びる脚部 4 2 と、枠体 4 1 の上部に固定されている天板 4 3 およびスペーサー 4 5 と、枠体 4 1 の内部に固定されている棚板 4 4 と、を有している。架台 4 は、床、床に置かれた台上、床上を移動可能な台車等に設置される。なお、架台 4 は、必要に応じて設けられればよく、省略されてもよい。また、架台 4 が省略された場合、ロボット 2 は、床、壁、天井等に直接、または任意の部材を介して間接的に固定されていてもよい。

30

【 0 0 5 2 】

図 1 に示す枠体 4 1 は、直方体の稜線に沿って延在する棒状の基材を有し、これらが互いに連結してなる構造体である。脚部 4 2 は、枠体 4 1 の下面から下方に突出する部材である。

40

【 0 0 5 3 】

枠体 4 1 の上面には、天板 4 3 およびスペーサー 4 5 が設けられている。そして、天板 4 3 上には、スペーサー 4 5 を介してロボット 2 が設置されている。

【 0 0 5 4 】

棚板 4 4 上には、制御装置 3 が設置されている。図 1 に示す制御装置 3 は、棚板 4 4 上に単に置かれているだけでもよいし、図示しない固定具を用いて棚板 4 4 に固定されてもよい。なお、棚板 4 4 上には、制御装置 3 の他に、任意の機器、例えば真空ポンプ、無停電電源装置等が設置されていてもよい。

【 0 0 5 5 】

1 . 4 . ツールストッカー

図 1 に示すツールストッカー 7 は、ストッカープレート 7 1 と、ホルダー 7 2 1 、 7 2 2 、 7 2 3 と、を有しており、ツール 5 2 をストックする機能を有する。

【 0 0 5 6 】

ストッカープレート 7 1 は、 Y - Z 平面に沿って広がる板体である。ストッカープレ-

50

ト71は、図示しない脚部で床等に支持され、所定の高さに保持されている。

【0057】

ホルダー721、722、723は、それぞれツール52を保持する機能を有しており、Z軸プラス側からZ軸マイナス側に向かってこの順で並んでいる。このうち、ホルダー721およびホルダー723には、一例として、それぞれ、ロボットアーム200に装着されているツール52とは別のツール52が保持されている。

【0058】

ホルダー721、722、723は、それぞれ、駆動力を発生する動力部724と、駆動力によってツール52を保持する2本の保持爪部725、725と、を有している。動力部724は、2本の保持爪部725、725をZ軸に沿って開閉させる駆動力を発生する。これにより、保持爪部725同士の距離を変化させることができる。動力部724では、電気、圧縮空気等の駆動エネルギーを利用して、駆動力を発生させる。また、動力部724は、制御装置3と通信可能になっている。保持爪部725同士の距離を縮めたとき、ツール52の支持部523を保持することができる。一方、その状態から保持爪部725同士の距離を広げると、ツール52の保持を解除することができる。

10

【0059】

1.5.ロボットシステムの制御方法

次に、ロボットシステム1の制御方法である、実施形態に係るツール交換方法について説明する。

【0060】

図7は、実施形態に係るツール交換方法を示す工程図である。図8ないし図13は、それぞれ図7に示すツール交換方法を説明するための図である。

20

【0061】

図7に示すツール交換方法は、制御装置3により、力覚センサー59の出力に基づいて、ツール52をロボットアーム200から取り外すツール脱離工程S1と、制御装置3により、力覚センサー59の出力に基づいて、ツール52をロボットアーム200に装着するツール装着工程S2と、を有する。以下、各工程について順次説明する。

【0062】

1.5.1.ツール脱離工程S1

本工程では、ロボットアーム200に装着しているツール52を、ロボットアーム200から取り外し、ホルダー721に受け渡す。本工程は、以下の工程S11、工程S12および工程S13を有する。

30

【0063】

まず、工程S11として、制御装置3により、ロボットアーム200を駆動して、図8に示すように、ツール52をホルダー721近傍に移動させる。この移動は、前述した位置センサー240の出力に基づいて駆動部230を作動させることにより行うことができる。

【0064】

次に、工程S12として、ツール52の支持部523をホルダー721に保持させる。ホルダー721は、前述したように、動力部724と保持爪部725、725とを有し、保持爪部725同士の間にツール52の支持部523を保持することができる。ホルダー721に支持部523を保持させるためには、まず、動力部724によって保持爪部725同士を広げ、支持部523を挟むことができるスペースを確保する。次に、制御装置3により、ロボットアーム200を駆動して、図9に示すように、支持部523を保持爪部725同士の間に差し込む。その際には、「倣い制御」と呼ばれる制御を行う。

40

【0065】

倣い制御は、力覚センサー59の出力を制御装置3によってモニターし、支持部523がホルダー721から受ける外力が小さくなるようにロボットアーム200を駆動する制御のことをいう。具体的には、支持部523を保持爪部725同士の間に差し込む際、支持部523が保持爪部725に接触することに伴って支持部523が受ける外力を力覚セ

50

ンサー 5 9 によって検出する。

【0066】

外力には、各軸についての並進力および回転力の双方を含む。そして、その外力がゼロになる方向へ支持部 523 を逃がすように、ロボットアーム 200 を駆動する。このような制御を行うことにより、支持部 523 の移動軌跡は、揺動を繰り返しながらも、保持爪部 725 同士のほぼ中間を支持部 523 が通過するような軌跡となる。これにより、支持部 523 と保持爪部 725 とが強く干渉してしまうのを防止することができる。その結果、支持部 523 および保持爪部 725 の一方または双方が損傷を受けてしまったり、意図しない姿勢で保持されてしまったりするのを防止することができる。

【0067】

そして、このような倣い制御を行うことで、保持爪部 725 同士の間に、支持部 523 を無理なく差し込むことができる。支持部 523 を Y 軸マイナス側の最奥部に突き当たる、支持部 523 の差し込みが完了すると、保持爪部 725 同士の間に設けられた図示しないセンサーにより、それを検出する。制御装置 3 は、その検出信号を受信すると、ホルダー 721 の動力部 724 に制御信号を出力する。これにより、ホルダー 721 の保持爪部 725 同士の間を近づけて、ツール 52 の支持部 523 を保持する。その結果、ツール 52 は、ホルダー 721 に保持されるとともに、ロボットアーム 200 に装着されている状態となる。なお、差し込みの完了を検出する前述したセンサーに代えて、位置センサー 240 の出力に基づいて、差し込みの完了を検出するようにしてもよく、力覚センサー 59 の出力に基づいて検出するようにしてもよく、カメラ 561 やその他のセンサーの出力に基づいて検出するようにしてもよい。

【0068】

次に、工程 S13 として、制御装置 3 により、ロボットアーム 200 を駆動して、ロボットアーム 200 からツール 52 を取り外す。ロボットアーム 200 からツール 52 を取り外すためには、被嵌合部 551 から嵌合部 521 を引き抜くように、つまり、図 10 に矢印 M2 で示すように、ロボットアーム 200 を駆動する必要がある。その際にも、前述した「倣い制御」を行う。

【0069】

具体的には、被嵌合部 551 から嵌合部 521 を引き抜く際、被嵌合部 551 が嵌合部 521 に接触することに伴って被嵌合部 551 が受けける外力を力覚センサー 59 によって検出する。そして、その外力がゼロになる方向へ被嵌合部 551 を逃がすように、ロボットアーム 200 を駆動する。このような制御を行うことにより、嵌合部 521 と被嵌合部 551 とが強く干渉してしまうのを防止して、一方または双方が損傷を受けてしまったり、嵌合部 521 が意図しない姿勢になって引き抜くことができなくなってしまったりするのを防止することができる。

【0070】

以上のような 2 回の倣い制御を含む第 1 の制御により、図 10 に示すように、ロボットアーム 200 に装着されていたツール 52 をホルダー 721 に受け渡すことができる。なお、上述した倣い制御は、制御方法の一例であり、他の制御方法であってもよい。

【0071】

1.5.2. ツール装着工程

本工程では、ホルダー 722 が保持しているツール 52 を、ホルダー 722 から取り外し、ロボットアーム 200 に装着する。本工程は、以下の工程 S21、工程 S22 および工程 S23 を有する。

【0072】

まず、工程 S21 として、制御装置 3 により、ロボットアーム 200 を駆動して、図 1 に示すように、被嵌合部 551 をホルダー 722 近傍に移動させる。この移動は、例えば、前述した位置センサー 240 の出力に基づいて駆動部 230 を作動させることにより行うことができる。

【0073】

10

20

30

40

50

次に、工程 S 2 2 として、ツール 5 2 の嵌合部 5 2 1 に、ツール接続部 5 1 の被嵌合部 5 5 1 を嵌合させる。具体的には、制御装置 3 により、図 1 2 に矢印 M 3 で示すようにロボットアーム 2 0 0 を駆動して、被嵌合部 5 5 1 に嵌合部 5 2 1 が挿入されるようとする。その際には、後述する「探し制御」と呼ばれる制御と、「倣い制御」と、を行う。

【0074】

探し制御は、力覚センサー 5 9 の出力を制御装置 3 によってモニターし、被嵌合部 5 5 1 が嵌合部 5 2 1 から受ける外力に応じて、被嵌合部 5 5 1 に嵌合部 5 2 1 への挿入のきっかけを探るようにロボットアーム 2 0 0 を駆動する制御のことをいう。具体的には、嵌合部 5 2 1 を被嵌合部 5 5 1 である嵌合部挿入空間 5 5 に挿入させる際、被嵌合部 5 5 1 が嵌合部 5 2 1 に接触することに伴って被嵌合部 5 5 1 が受ける外力を力覚センサー 5 9 によって検出する。なお、探し制御の具体例については、後に詳述する。10

【0075】

続いて、前述した倣い制御により、被嵌合部 5 5 1 に対して嵌合部 5 2 1 を嵌合させる。この倣い制御は、前述したように、力覚センサー 5 9 の出力を制御装置 3 によってモニターし、被嵌合部 5 5 1 が嵌合部 5 2 1 から受ける外力が小さくなるようにロボットアーム 2 0 0 を駆動する制御のことをいう。具体的には、被嵌合部 5 5 1 を嵌合部 5 2 1 に嵌合させる際、被嵌合部 5 5 1 が嵌合部 5 2 1 に接触することに伴って被嵌合部 5 5 1 が受ける外力を力覚センサー 5 9 によって検出する。

【0076】

外力には、各軸についての並進力および回転力の双方を含む。そして、その外力がゼロになる方向へ被嵌合部 5 5 1 を逃がすように、ロボットアーム 2 0 0 を駆動する。このような制御を行うことにより、被嵌合部 5 5 1 の移動軌跡は、揺動を繰り返しながらも、嵌合部 5 2 1 の中心線とほぼ重なるような軌跡となる。これにより、嵌合部 5 2 1 と被嵌合部 5 5 1 とが強く干渉してしまうのを防止することができる。その結果、嵌合部 5 2 1 および被嵌合部 5 5 1 の一方または双方が損傷を受けてしまったり、意図しない姿勢で動かせなくなってしまったりするのを防止することができる。20

【0077】

そして、このような倣い制御を行うことで、嵌合部 5 2 1 に被嵌合部 5 5 1 を無理なく嵌合させることができる。嵌合が完了すると、磁石 5 1 4 が嵌合部 5 2 1 を吸着する。また、制御装置 3 は、例えば力覚センサー 5 9 の出力に基づいて、嵌合の完了を検出する。その結果、ツール 5 2 は、ロボットアーム 2 0 0 に装着されるとともに、ホルダー 7 2 2 にも保持されている状態となる。なお、嵌合の完了は、力覚センサー 5 9 の出力に代えて、位置センサー 2 4 0 の出力を用いて検出されるようになっていてもよく、双方を用いて検出されるようになっていてもよく、カメラ 5 6 1 やその他のセンサーの出力を用いて検出されるようになっていてもよい。30

【0078】

次に、工程 S 2 3 として、制御装置 3 により、ロボットアーム 2 0 0 を駆動して、ロボットアーム 2 0 0 に装着したツール 5 2 をホルダー 7 2 2 から取り外す。ホルダー 7 2 2 からツール 5 2 を取り外すためには、まず、制御装置 3 により、ホルダー 7 2 2 の動力部 7 2 4 に制御信号を出力する。これにより、図 1 3 に示すように、ホルダー 7 2 2 の保持爪部 7 2 5 同士の距離を広げて、ツール 5 2 の保持を解除する。40

【0079】

以上のような探し制御および倣い制御を含む第 2 の制御により、ホルダー 7 2 2 に保持されていたツール 5 2 をロボットアーム 2 0 0 に装着することができる。なお、上述した探し制御および倣い制御は、それぞれ制御方法の一例であり、他の制御方法であってよい。

【0080】

ここで、前述した探し制御について説明する。

図 1 4 ないし図 1 8 は、それぞれ探し制御の一例を説明するための図であって、見る角度の異なる 2 つの図を上下に並べたものである。なお、図 1 4 ないし図 1 8 では、被嵌合

50

部 5 5 1、および、嵌合部 5 2 1 を、模式的に図示している。

【 0 0 8 1 】

図 1 4 に示す被嵌合部 5 5 1 の内面は、下方に位置する下面 5 5 1 a、上方に位置する上面 5 5 1 b、Z 軸プラス側に位置する側面 5 5 1 c、および、Z 軸マイナス側に位置する側面 5 5 1 d を含んでいる。

【 0 0 8 2 】

図 1 4 に示す嵌合部 5 2 1 の外面は、嵌合時に下方に位置する下面 5 2 1 a、嵌合時に上方に位置する上面 5 2 1 b、嵌合時に Z 軸プラス側に位置する側面 5 2 1 c、嵌合時に Z 軸マイナス側に位置する側面 5 2 1 d、および、端面 5 2 1 e を含んでいる。

【 0 0 8 3 】

探り制御では、まず、図 1 4 に示すように、被嵌合部 5 5 1 の軸線 5 5 1 A に対して、嵌合部 5 2 1 の軸線 5 2 1 A を傾けた状態（傾倒状態）で、嵌合部 5 2 1 の一部が被嵌合部 5 5 1 に挿入される位置に嵌合部 5 2 1 を相対的に移動させる。具体的には、嵌合部 5 2 1 の端面 5 2 1 e が、被嵌合部 5 5 1 の側面 5 5 1 c を向くように、嵌合部 5 2 1 を傾ける。なお、嵌合部 5 2 1 は、相対的に移動すればよいので、本実施形態の場合、嵌合部 5 2 1 は移動せず、被嵌合部 5 5 1 を移動させることによって、相対的に嵌合部 5 2 1 を移動させることになる。以下、同様に記載している。

【 0 0 8 4 】

次に、図 1 5 に示すように、被嵌合部 5 5 1 の側面 5 5 1 c に対して嵌合部 5 2 1 の端面 5 2 1 e が接触するまで、Z 軸プラス側に嵌合部 5 2 1 を移動させる。なお、図 1 5 に示すように、側面 5 5 1 c に対してテーパー部 5 5 2 を形成した場合、そのテーパー部 5 5 2 に対して嵌合部 5 2 1 の端面 5 2 1 e が接触するまで、Z 軸プラス側に嵌合部 5 2 1 を移動させる。

【 0 0 8 5 】

次に、図 1 6 に示すように、被嵌合部 5 5 1 の下面 5 5 1 a に対して嵌合部 5 2 1 の下面 5 2 1 a が接触するまで、X 軸マイナス側に嵌合部 5 2 1 を移動させる。

【 0 0 8 6 】

次に、図 1 7 に示すように、被嵌合部 5 5 1 の側面 5 5 1 d に対して嵌合部 5 2 1 の側面 5 2 1 d が接触するまで、Z 軸マイナス側に嵌合部 5 2 1 を移動させる。なお、図 1 5 に示すように、側面 5 5 1 d に対してテーパー部 5 5 2 を形成した場合、そのテーパー部 5 5 2 に対して嵌合部 5 2 1 の側面 5 2 1 d が接触するまで、Z 軸マイナス側に嵌合部 5 2 1 を移動させる。そして、このときの嵌合部 5 2 1 と被嵌合部 5 5 1 の位置関係は、前述した傾倒状態を解消したとき、被嵌合部 5 5 1 に対して嵌合部 5 2 1 を挿入可能な位置関係である。

【 0 0 8 7 】

その後、図 1 8 に示すように、傾倒状態を解消させる。具体的には、嵌合部 5 2 1 の軸線 5 2 1 A に対して被嵌合部 5 5 1 の軸線 5 5 1 A を傾けた状態から、軸線 5 2 1 A と軸線 5 5 1 A とが平行な状態に移行させる。これにより、被嵌合部 5 5 1 に対して嵌合部 5 2 1 を挿入することが可能になる。

【 0 0 8 8 】

以上のように、本実施形態に係るツール交換方法は、ロボットアーム 2 0 0 と、ロボットアーム 2 0 0 に設けられている力覚センサー 5 9 と、力覚センサー 5 9 を介してロボットアーム 2 0 0 とは反対側に設けられている被嵌合部 5 5 1 と、を備えるロボット 2 と、被嵌合部 5 5 1 に嵌合する嵌合部 5 2 1 を有するツール 5 2 と、ロボット 2 の作動を制御する制御装置 3 と、を有するロボットシステム 1 における方法である。かかるツール交換方法は、ツール脱離工程 S 1 と、ツール装着工程 S 2 と、を有する。ツール脱離工程 S 1 は、制御装置 3 により、力覚センサー 5 9 の出力に基づいてロボットアーム 2 0 0 を駆動し、被嵌合部 5 5 1 と嵌合部 5 2 1 との嵌合を解除することにより、ツール 5 2 をロボットアーム 2 0 0 から取り外す工程である。ツール装着工程 S 2 は、制御装置 3 により、力覚センサー 5 9 の出力に基づいてロボットアーム 2 0 0 を駆動し、被嵌合部 5 5 1 を嵌

合部 521 に嵌合させることにより、ツール 52 をロボットアーム 200 に装着する工程である。

【0089】

このようなツール交換方法によれば、制御装置 3 の作動によってツール 52 の交換が可能であるため、人為的な作業を伴うことなく、ロボットシステム 1 にツール 52 の交換を行わせることができる。これにより、ロボットシステム 1 が行う様々な作業において省力化を容易に図ることができる。また、嵌合部 521 と被嵌合部 551 との嵌合を利用することにより、従来、ツール 52 の交換に用いていたチャック機構やツールチェンジャー等の機構が不要になる。このため、エンドエフェクター 5 の小型化および軽量化を容易に図ることができ、小型のロボットアーム 200 でも十分に大きい可搬重量を確保することができる。10

【0090】

また、本実施形態に係るロボットシステム 1 は、ロボットアーム 200 と、ロボットアーム 200 に設けられている力覚センサー 59 と、力覚センサー 59 を介してロボットアーム 200 とは反対側に設けられている被嵌合部 551 と、を備えるロボット 2 と、被嵌合部 551 に嵌合する嵌合部 521 を有するツール 52 と、ロボット 2 の作動を制御する制御装置 3 と、を有する。制御装置 3 は、第 1 の制御と第 2 の制御とを行う。第 1 の制御は、力覚センサー 59 の出力に基づいてロボットアーム 200 を駆動し、被嵌合部 551 と嵌合部 521 との嵌合を解除させることにより、ツール 52 をロボットアーム 200 から取り外す制御である。第 2 の制御は、力覚センサー 59 の出力に基づいてロボットアーム 200 を駆動し、被嵌合部 551 を嵌合部 521 に嵌合させることにより、ツール 52 をロボットアーム 200 に装着する制御である。20

【0091】

このようなロボットシステム 1 によれば、制御装置 3 の作動によってツール 52 の交換が可能であるため、人為的な作業を伴うことなく、ツール 52 の交換を行うことができる。これにより、ロボットシステム 1 が行う様々な作業において省力化を容易に図ることができる。また、嵌合部 521 と被嵌合部 551 との嵌合を利用することにより、従来、ツール 52 の交換に用いていたチャック機構やツールチェンジャー等の機構が不要になる。このため、エンドエフェクター 5 の小型化および軽量化を容易に図ることができ、小型のロボットアーム 200 でも十分に大きい可搬重量を確保することができる。30

【0092】

また、嵌合部 521 は、前述したように、軸線 521A に平行な軸を有する柱状をなしているが、軸を法線とする平面で切断されたときの嵌合部 521 の断面形状は、前述した形状のうち、多角形または橍円形であるのが好ましい。換言すれば、嵌合部 521 が被嵌合部 551 に対して嵌合される方向に沿った軸が、軸線 521A に平行な軸であり、この軸を法線とする平面で切断されたときの嵌合部 521 の断面形状は、多角形または橍円形であるのが好ましい。このような形状であれば、例えば軸まわりに、被嵌合部 551 に対して嵌合部 521 を回動させるような負荷が加わった場合でも、空回りを防ぐことができる。また、このような形状は、嵌合作業を行いやすいという利点も有する。

【0093】

さらに、ロボット 2 は、被嵌合部 551 に設けられ、嵌合部 521 に吸着する吸着機構として、磁石 514 を備えている。このような吸着機構を設けることにより、被嵌合部 551 と嵌合部 521 とを互いに位置決めしつつ固定することができる。これにより、ロボットアーム 200 に対するツール 52 の位置精度を容易に高めることができる。40

【0094】

なお、吸着機構に代えて、嵌合部 521 に係合する係合機構を設けるようにしてもよい。つまり、ロボット 2 は、吸着機構または係合機構を備えているのが好ましい。かかる係合機構としては、例えばプランジャー等が挙げられる。プランジャーは、係合部と被係合部との組み合わせで構成され、位置決め等を行ふことができる。このようなプランジャーとしては、例えば、ボールプランジャー、ピンプランジャー、インデックスプランジャー50

、ストロークプランジャー、スプリングプランジャー、プレスフィットプランジャー、ショートプランジャー等が挙げられる。

【0095】

なお、係合機構は、ツール接続部51に設けられていてもよいし、ツール52に設けられてもよい。

【0096】

また、図14ないし図18に示す被嵌合部551は、嵌合部521を誘導して嵌合させるテーパー形状をなすテーパー部552を備えている。このテーパー部552は、被嵌合部551である嵌合部挿入空間55の内寸法を拡大する方向に傾斜したテーパー形状を有している。このようなテーパー部552を備えていることにより、被嵌合部551を嵌合部521に嵌合させる際、互いの位置が多少ずれっていても、テーパー部552に嵌合部521を接触させることさえできれば、嵌合部521の位置を被嵌合部551の軸線551Aに近づく方向に誘導することができる。これにより、嵌合における位置精度を緩和することができ、ツール交換方法の高速化を図ることができる。

10

【0097】

なお、嵌合部521がテーパー部を備えていてもよい。また、被嵌合部551および嵌合部521の双方がテーパー部を備えていてもよい。

【0098】

さらに、本実施形態に係るロボットシステム1は、ツール52を保持するホルダー721を有している。そして、制御装置3は、前述した第1の制御において、力覚センサー59の出力に基づいてロボットアーム200を駆動し、ツール52をホルダー721に保持されることにより、嵌合部521と被嵌合部551との嵌合を解除させる。

20

【0099】

このような構成によれば、ツール52を一旦ホルダー721に預けた後、嵌合を解除するのに駆動エネルギーを用いることなく、ロボットアーム200を駆動することのみで、嵌合部521と被嵌合部551との嵌合を解除することができる。このため、嵌合の解除に際しても、従来のチャック機構やツールチェンジャー等の機構が不要になり、エンドエフェクター5の小型化および軽量化を容易に図ることができる。

【0100】

2. 第2実施形態

30

次に、第2実施形態に係るロボットシステムについて説明する。

【0101】

図19は、第2実施形態に係るロボットシステムが備えるツールおよびツールストッカーを示す斜視図である。図20は、図19に示すツールおよびツールストッカーの断面図である。

【0102】

以下、第2実施形態について説明するが、以下の説明では、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。なお、各図において、第1実施形態と同様の構成については、同一の符号を付している。

40

【0103】

前述した第1実施形態に係るツールストッカー7では、ホルダー721、722、723がそれぞれ動力部724および保持爪部725、725を有しているのに対し、本実施形態に係るツールストッカー7Aでは、ホルダー726が動力部724および保持爪部725、725を有していない。一方、ホルダー726は、図19および図20に示すように、係合孔728を備えた係合体727を有している。係合体727は、ストッカープレート71上に配置された板体である。また、係合孔728は、係合体727をX軸に沿って貫通する孔である。

【0104】

一方、本実施形態に係るツール52Aは、支持部523に設けられた係合爪524を有している。この係合爪524は、支持部523からY軸マイナス側に向かって延びる第1

50

部位 5241 と、その端部から X 軸マイナス側に向かって延びる第 2 部位 5242 と、を有している。

【0105】

このようなツール 52A の係合爪 524 をホルダー 726 の係合孔 728 に係合させることにより、ツール 52A をホルダー 726 に保持させることができる。具体的には、係合孔 728 の上方から係合爪 524 の第 2 部位 5242 を挿入することによって、係合孔 728 と係合爪 524 とが係合する。この係合の際にも、前述した探し制御および倣い制御を用いることができる。

【0106】

また、本実施形態では、係合孔 728 と係合爪 524 とが嵌合するようになっていてよいが、係合孔 728 には十分な余裕をもって係合爪 524 が係合する一方、係合爪 524 と支持部 523 との間に係合体 727 の一部が嵌合するようになっていてよい。具体的には、図 20 に示すように、係合爪 524 と支持部 523 との隙間 5245 と、係合体 727 の一部 7271 と、が嵌合するようになっていてよい。これにより、ツール脱離工程 S1において、探し制御によって係合爪 524 を係合孔 728 に挿入する際、支持部 523 を、図 19 の矢印 E で示す係合体 727 の端面に押し当てることによって、Y 軸に沿った位置合わせを容易に行うことができる。これにより、探し制御をより効率よく行うことができる。また、嵌合によって、ツール 52A を確実に保持することができる。

【0107】

一方、ツール装着工程 S2 では、係合爪 524 を係合孔 728 から引き抜くように、ロボットアーム 200 が駆動される。この際にも、制御装置 3 により、倣い制御が行われる。

以上のような第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

【0108】

また、本実施形態では、第 1 実施形態に係るツールストッカー 7 が備えていた動力部 724 が不要であるため、ロボットシステム 1 における消費電力の低減および構造の簡素化を図ることができる。

【0109】

さらに、本実施形態では、ホルダー 726 が、ツール 52A を係合させることによって保持する係合部としての係合孔 728 を備えている。そして、制御装置 3 は、第 1 の制御において、ツール 52A の係合爪 524 を係合孔 728 に係合させるときの、ロボットアーム 200 の先端の移動方向、すなわち被嵌合部 551 の第 1 移動方向 D1 と、嵌合部 521 と被嵌合部 551 との嵌合を解除させるときの、ロボットアーム 200 の先端の移動方向、すなわち被嵌合部 551 の第 2 移動方向 D2 と、が非平行になるように、すなわち平行にならないように制御する。

【0110】

このような制御によれば、第 1 移動方向 D1 と第 2 移動方向 D2 とが非平行であるため、係合爪 524 を係合孔 728 に係合させるにあたって、ロボットアーム 200 の先端を第 1 移動方向 D1 に移動させたとき、その移動が、嵌合部 521 と被嵌合部 551 との嵌合状態に影響を及ぼすことを防止することができる。同様に、嵌合部 521 と被嵌合部 551 との嵌合を解除するにあたって、ロボットアーム 200 の先端を第 2 移動方向 D2 に移動させたとき、その移動が、係合爪 524 と係合孔 728 との係合状態に影響を及ぼすことを防止することができる。

【0111】

また、第 1 移動方向 D1 と第 2 移動方向 D2 とが非平行であることにより、例えば、被嵌合部 551 から嵌合部 521 を引き抜く際、駆動エネルギーを用いてツール 52A を保持し続ける必要がなくなる。このため、制御装置 3 によるロボットシステム 1 の制御が容易になるとともに、消費電力の低減を図ることができる。

【0112】

なお、上記「非平行」とは、第 1 移動方向 D1 と第 2 移動方向 D2 とが平行でない状態

10

20

30

40

50

をいうが、好ましくは、第1移動方向D1と第2移動方向D2とのなす角度は、30°以上90°以下であるのが好ましく、60°以上90°以下であるのがより好ましい。なお、図19および図20に示す例では、この角度が90°になっている。

【0113】

また、係合爪524および係合孔728の構成は、上記の構成に限定されない。例えば係合孔728は、係合体727を貫通していなくてもよい。また、係合は、嵌合の概念を含んでいる。したがって、係合爪524は、係合孔728に嵌合するようになっていてよい。

【0114】

3. 第3実施形態

10

次に、第3実施形態に係るロボットシステムについて説明する。

【0115】

図21は、第3実施形態に係るロボットシステムが備えるエンドエフェクターの近傍を示す部分拡大斜視図である。

【0116】

以下、第3実施形態について説明するが、以下の説明では、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。なお、各図において、第1実施形態と同様の構成については、同一の符号を付している。

【0117】

前述した第1実施形態では、ツール52が1本の四角柱状をなす嵌合部521を有している。これに対し、本実施形態では、図21に示すように、ツール52Bが2本の円柱状をなす嵌合部521B-1、521B-2を有している。また、それに応じて、本実施形態に係るツール接続部51Bは、2つの被嵌合部551B-1、551B-2を有している。

20

【0118】

嵌合部521B-1、521B-2は、図21に示すように、それぞれY軸に沿って延在する円柱状の形状をなしている。また、嵌合部521B-1、521B-2は、Z軸に沿って並んでいる。さらに、嵌合部521B-1のY軸に沿った長さは、嵌合部521B-2のY軸に沿った長さより長くなっている。つまり、両者は、長さが異なっている。

【0119】

30

一方、被嵌合部551B-1、551B-2は、それぞれY軸に沿って延在する円柱状の形状をなす空間を有している。また、被嵌合部551B-1、551B-2は、Z軸に沿って並んでいる。これにより、被嵌合部551B-1、551B-2には、前述した嵌合部521B-1、521B-2が挿入されるようになっている。さらに、被嵌合部551B-1、551B-2のY軸に沿った長さは、嵌合部521B-1、521B-2の全長が挿入可能な長さ以上に設定されている。

【0120】

このようなエンドエフェクター5Bでは、2本の嵌合部521B-1、521B-2をZ軸に沿って並べたことにより、例えばY軸まわりに、被嵌合部551B-1、551B-2に対して嵌合部521B-1、521B-2を回動させるような負荷が加わった場合でも、空回りを防ぐことができる。

40

【0121】

また、このようなエンドエフェクター5Bでは、ツール脱離工程S1において、被嵌合部551B-1、551B-2から嵌合部521B-1、521B-2を引き抜く際、第1実施形態と同様、倣い制御によって、被嵌合部551B-1、551B-2の移動を制御する。

【0122】

さらに、ツール装着工程S2では、探し制御および倣い制御により、被嵌合部551B-1、551B-2に対して嵌合部521B-1、521B-2を嵌合させる。

【0123】

50

このとき、嵌合部 521B-1 の Y 軸に沿った長さは、前述したように、嵌合部 521B-2 の Y 軸に沿った長さより長くなっている。このため、ロボットアーム 200 を駆動して、ツール接続部 51B を、Y 軸プラス側からツール 52B に近づけたとき、まず、嵌合部 521B-1 が被嵌合部 551B-1 の開口に到達する。ここで、仮に、嵌合部 521B-1 が被嵌合部 551B-1 に挿入可能な位置関係にあれば、そのまま、後述する倣い制御に移行すればよい。

【0124】

一方、嵌合部 521B-1 が被嵌合部 551B-1 に挿入されないことを力覚センサー 59 の出力に基づいて検出した場合には、探し制御を行う。この探し制御では、例えば、嵌合部 521B-1 に対して被嵌合部 551B-1 の周辺領域を押し当てつつ、被嵌合部 551B-1 に対する嵌合部 521B-1 の見かけの移動軌跡が、外側から内側へ向かう渦を描くように、ロボットアーム 200 の駆動を制御する。このとき、渦の直径の内側に、被嵌合部 551B-1 が位置するように、渦の直径を設定する。これにより、移動軌跡のいずれかの箇所において、被嵌合部 551B-1 に嵌合部 521B-1 の先端が挿入される。

10

【0125】

その後は、前述した倣い制御により、被嵌合部 551B-1 に対して嵌合部 521B-1 を挿入していく。

【0126】

この挿入を続けていくと、今度は、嵌合部 521B-2 が被嵌合部 551B-2 の開口に到達する。ここでも、仮に、嵌合部 521B-2 が被嵌合部 551B-2 に挿入可能な位置関係にあれば、そのまま、後述する倣い制御に移行すればよい。

20

【0127】

一方、嵌合部 521B-2 が被嵌合部 551B-2 に挿入されないことを力覚センサー 59 の出力に基づいて検出した場合には、探し制御を行う。

【0128】

この探し制御が完了した後は、前述した倣い制御により、被嵌合部 551B-2 に対して嵌合部 521B-2 を挿入していく。

【0129】

以上のような各工程を経て、被嵌合部 551B-1、551B-2 に対する嵌合部 521B-1、521B-2 の嵌合が完了する。なお、このような長さの異なる嵌合部 521B-1、521B-2 を用いることにより、上述したようにして、嵌合部 521B-1 および嵌合部 521B-2 に対し、この順で、順次探し制御を行うことができる。つまり、嵌合部 521B-1 および嵌合部 521B-2 について、同時に探し制御を行うという事態を避けることができる。これにより、ツール 52B が 2 本の嵌合部 521B-1、521B-2 を備える場合でも、効率よく、かつ、確実に探し制御を成功させることができる。換言すれば、2 本の嵌合部 521B-1、521B-2 について、同時に探し制御を行う場合、探し制御が失敗するおそれがあるが、そのような事態の発生を避けることができる。

30

以上のような第 3 実施形態においても、第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

40

【0130】

なお、嵌合部 521B-1、521B-2 の本数は、2 本に限定されず、3 本以上であってもよい。この場合も、各嵌合部の長さは互いに異なっているのが好ましい。また、嵌合部の数に応じて、被嵌合部の数も同数に設定されるのが好ましい。さらに、嵌合部 521B-1 および嵌合部 521B-2 は、互いに外径が同じであっても異なっていてもよい。また、嵌合部 521B-1 および嵌合部 521B-2 は、前述したようにテーパー部を有しているのが好ましい。同様に、被嵌合部 551B-1 および被嵌合部 551B-2 も、テーパー部を有しているのが好ましい。

【0131】

以上のように、本実施形態に係るロボットシステム 1 では、嵌合部 521B-1、521B-2

50

1B-2が、それぞれ軸を有する円柱状をなしている。そして、ロボット2は、互いに軸の長さが異なる複数の嵌合部521B-1、521B-2を有している。換言すれば、ロボット2は、嵌合部521B-1、521B-2が被嵌合部551B-1、551B-2に対して嵌合される方向において、長さが異なる複数の嵌合部521B-1、521B-2を有している。

【0132】

このような構成によれば、例えばY軸まわりに、被嵌合部551B-1、551B-2に対して嵌合部521B-1、521B-2を回動させるような負荷が加わった場合でも、空回りを防ぐことができる。また、円柱状をなす嵌合部521B-1、521B-2は、それぞれ嵌合作業を行いやすい形状をなしているため、ツール交換に要する時間の短縮を図ることができる。
10

【0133】

以上、本発明のロボットシステムおよびツール交換方法を図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されない。

【0134】

例えば、本発明のロボットシステムは、前記実施形態の各部の構成が、同様の機能を有する任意の構成に置換されたものであってもよく、前記実施形態に任意の構成が追加されたものであってもよい。また、本発明のロボットシステムは、複数の前記実施形態を組み合わせたものであってもよい。

【0135】

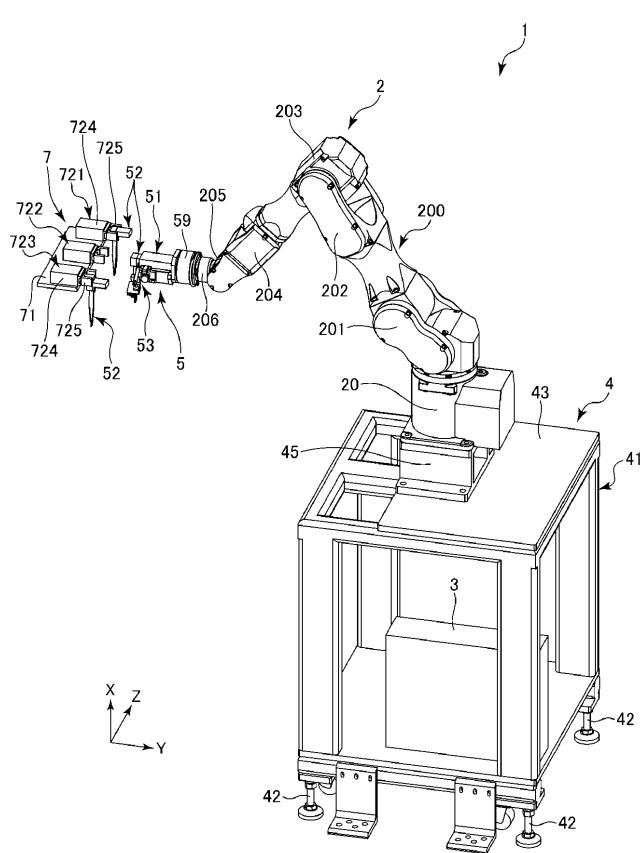
また、本発明のツール交換方法は、前記実施形態に任意の目的の工程が付加されたものであってもよい。さらに、本発明のツール交換方法は、前記実施形態の工程の順序を変更したものであってもよい。

【符号の説明】

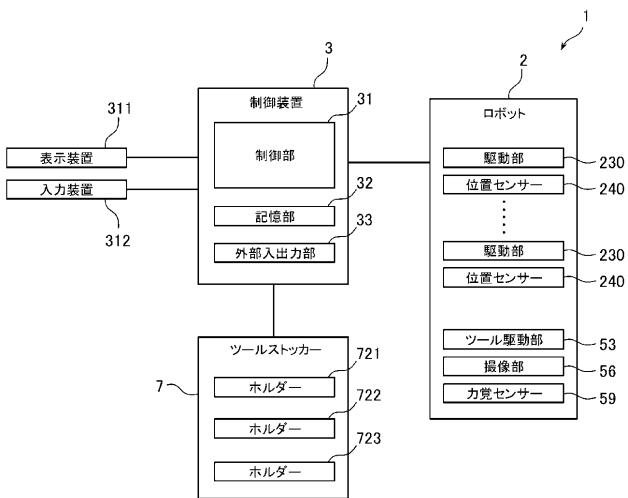
【0136】

1...ロボットシステム、2...ロボット、3...制御装置、4...架台、5...エンドエフェクター、5B...エンドエフェクター、7...ツールストッカー、7A...ツールストッカー、20...基台、31...制御部、32...記憶部、33...外部入出力部、41...枠体、42...脚部、43...天板、44...棚板、45...スペーサー、51...ツール接続部、51B...ツール接続部、52...ツール、52A...ツール、52B...ツール、53...ツール駆動部、55...嵌合部挿入空間、56...撮像部、59...力覚センサー、71...ストッカープレート、200...ロボットアーム、201...アーム、202...アーム、203...アーム、204...アーム、205...アーム、206...アーム、230...駆動部、240...位置センサー、311...表示装置、312...入力装置、511...接続下部、512...接続上部、513...支持プレート、514...磁石、521...嵌合部、521A...軸線、521B-1...嵌合部、521B-2...嵌合部、521a...下面、521b...上面、521c...側面、521d...側面、521e...端面、522...ツール本体、523...支持部、524...係合爪、531...動力部、532...伝達部、551...被嵌合部、551A...軸線、551B-1...被嵌合部、551B-2...被嵌合部、551a...下面、551b...上面、551c...側面、551d...側面、552...テーパー部、561...カメラ、562...接続体、610...コントローラー、620...コンピューター、721...ホルダー、722...ホルダー、723...ホルダー、724...動力部、725...保持爪部、726...ホルダー、727...係合体、728...係合孔、5221...支点部、5222...爪部、5223...先端、5241...第1部位、5242...第2部位、5245...隙間、7271...一部、D1...第1移動方向、D2...第2移動方向、E...矢印、M2...矢印、M3...矢印、S1...ツール脱離工程、S11...工程、S12...工程、S13...工程、S2...ツール装着工程、S21...工程、S22...工程、S23...工程
30
40

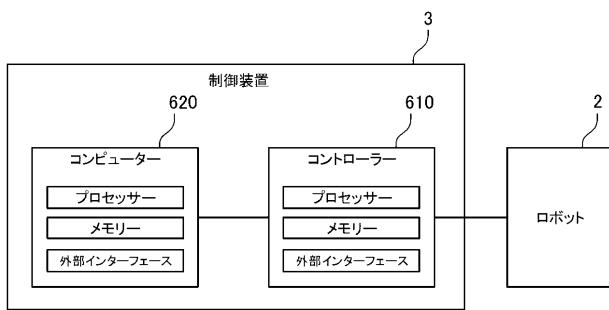
【図 1】



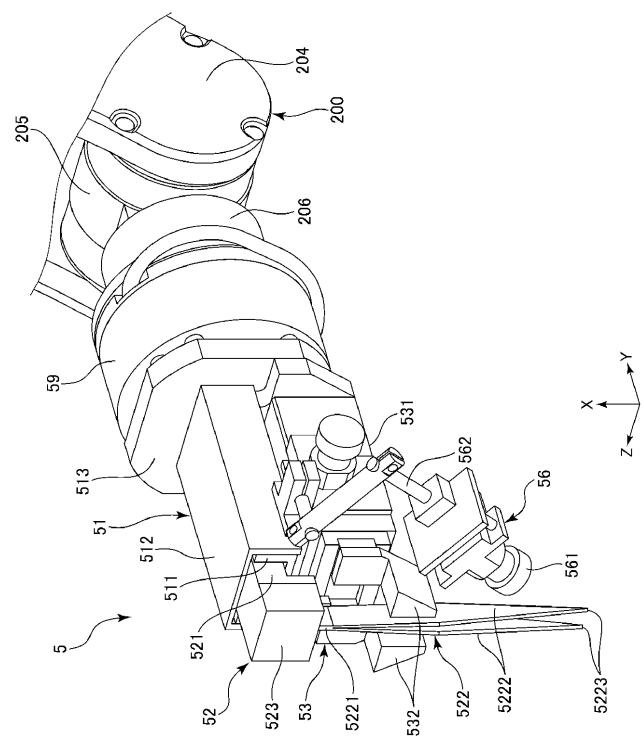
【図 2】



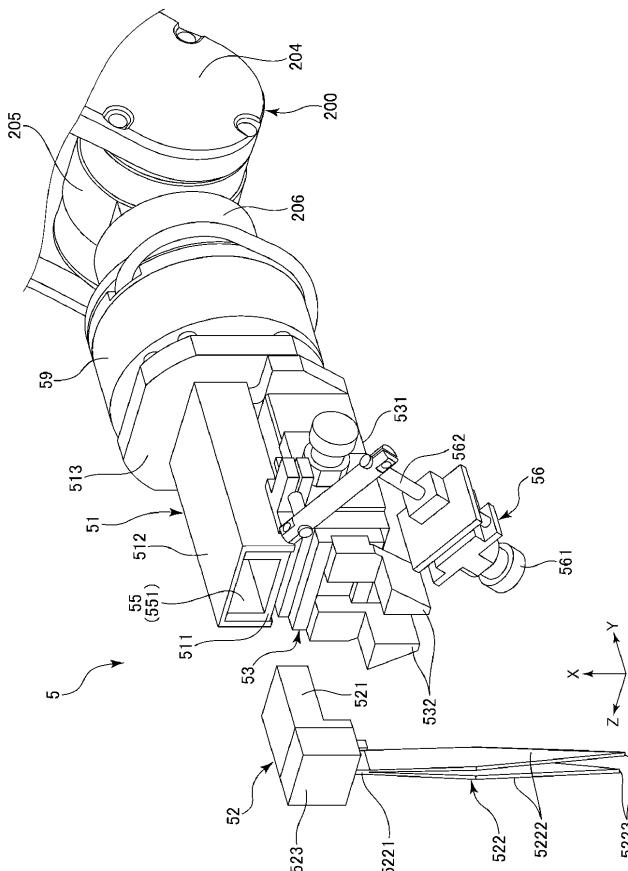
【図 3】



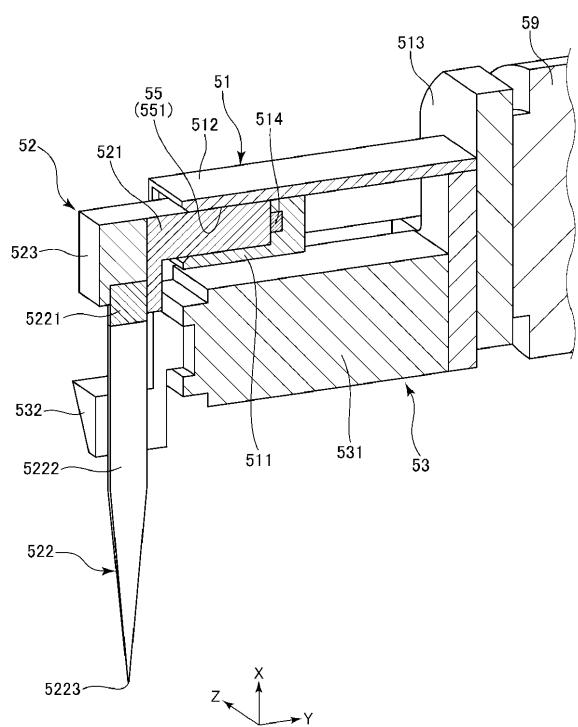
【図 4】



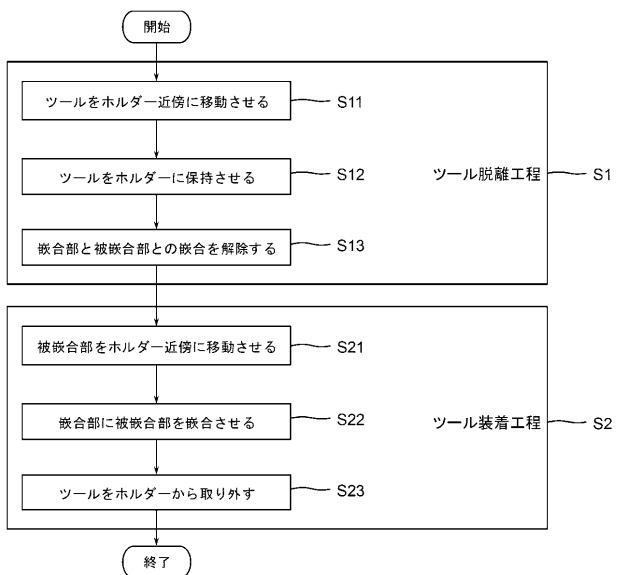
【図 5】



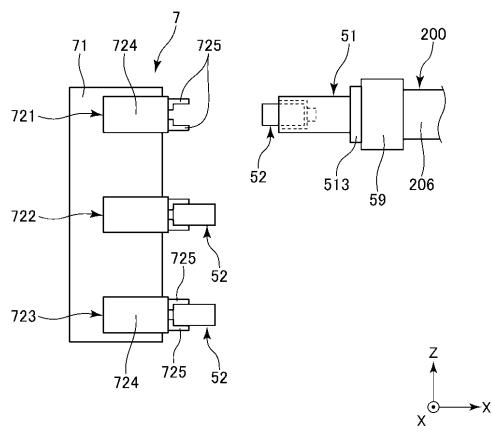
【図6】



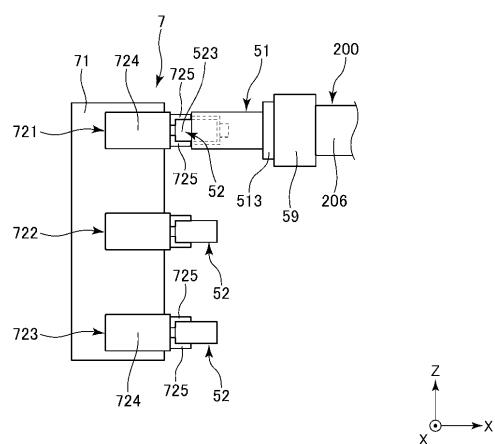
【図7】



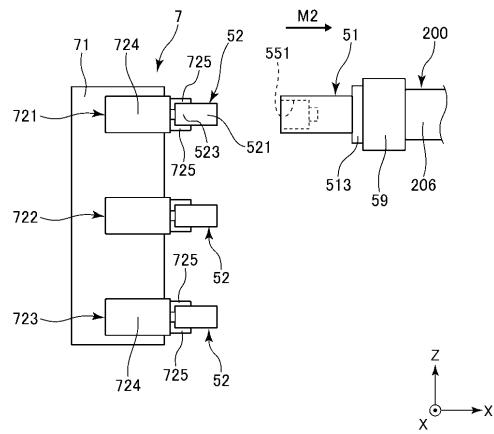
【図8】



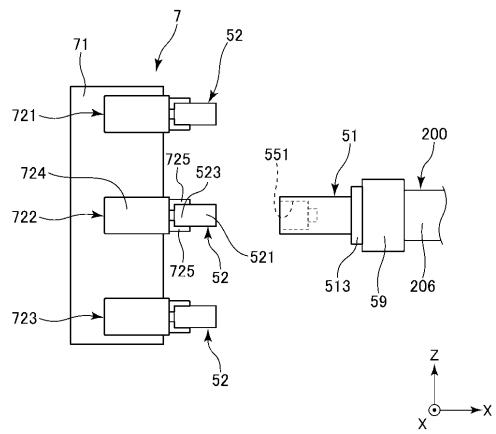
【図9】



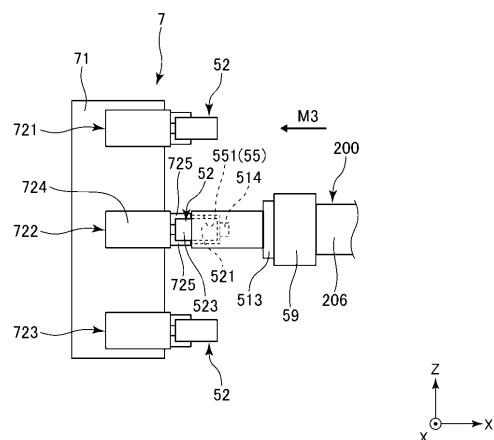
【図 1 0】



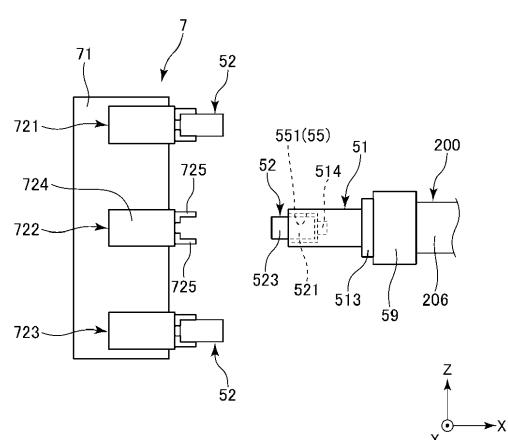
【図 1 1】



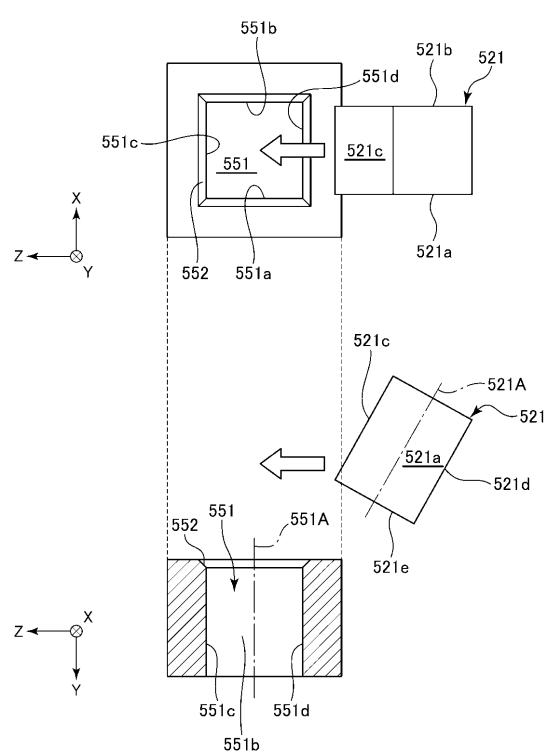
【図 1 2】



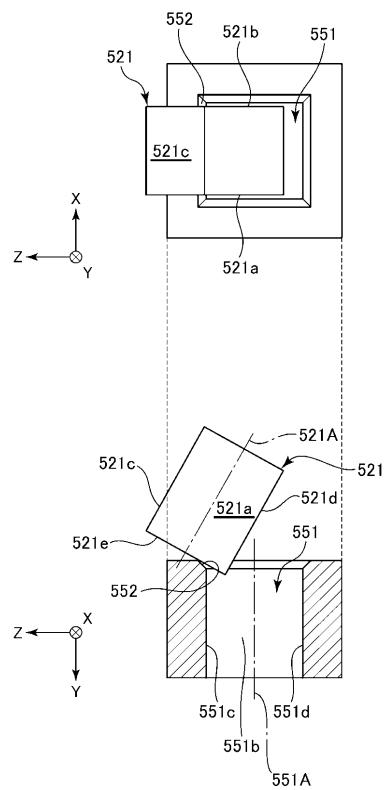
【図 1 3】



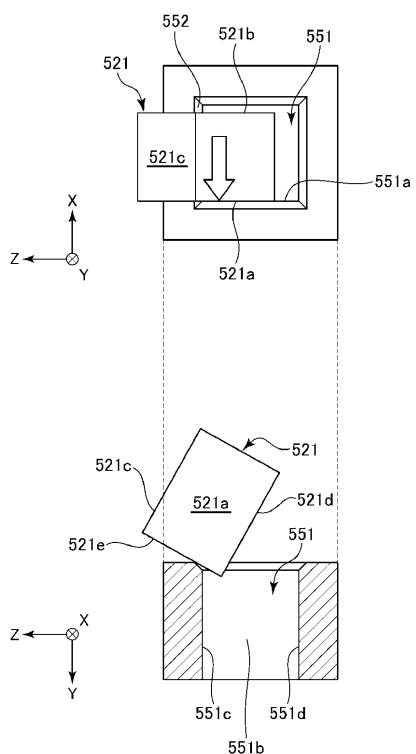
【図14】



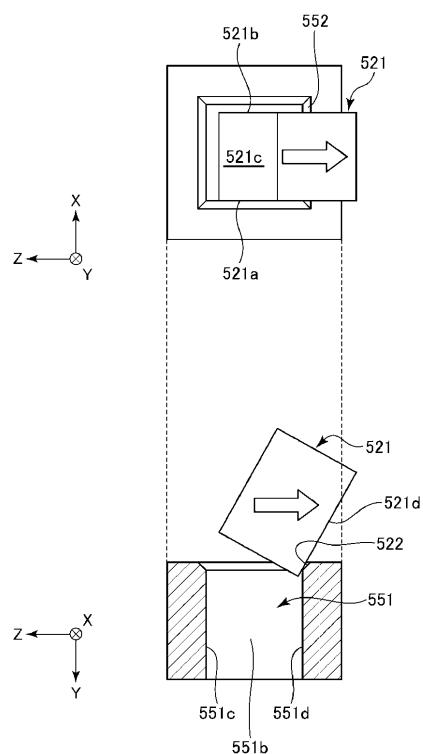
【図15】



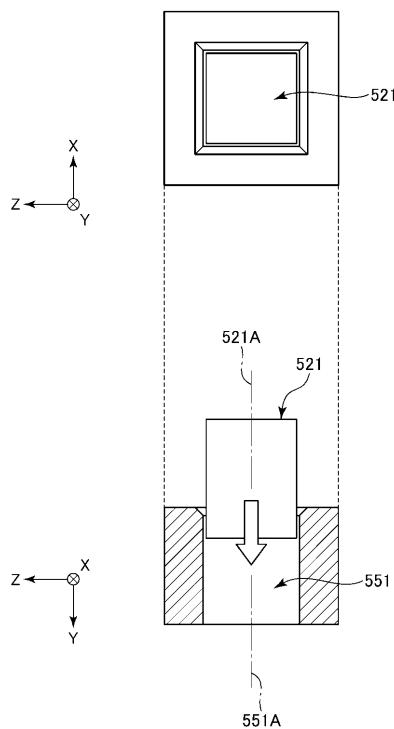
【図16】



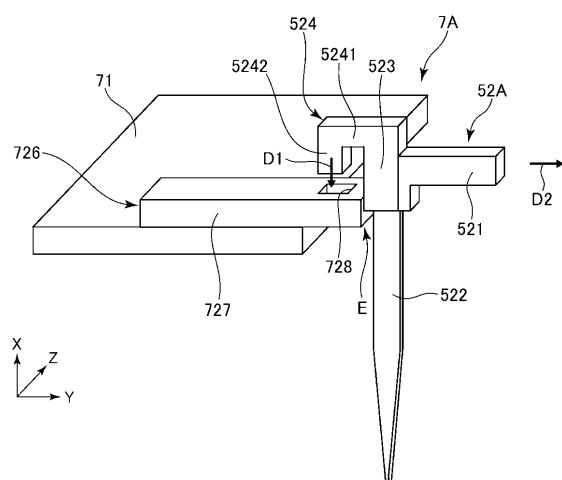
【図17】



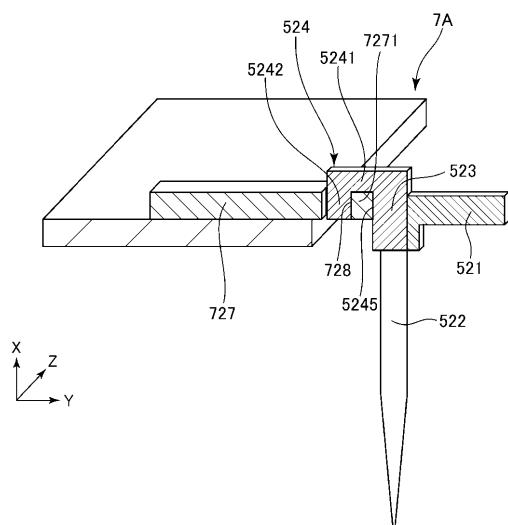
【図 18】



【図 19】



【図 20】



【図 21】

