

(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2015-160271

(P2015-160271A)

(43) 公開日 平成27年9月7日(2015.9.7)

(51) Int.Cl.

B25J 13/08

(2006.01)

F 1

B 25 J 13/08

テーマコード(参考)

A

3C707

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2014-36401 (P2014-36401)

(22) 出願日

平成26年2月27日 (2014.2.27)

(71) 出願人 000002369

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 雅善

(74) 代理人 100116665

弁理士 渡辺 和昭

(72) 発明者 山崎 武馬

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 AS07 BS10 BS26 KS33 KT01
KT06 KX06 LU09 LV02 LV13
LV17

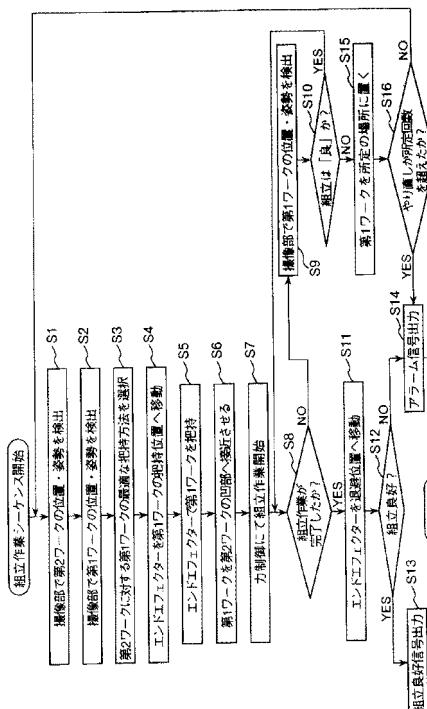
(54) 【発明の名称】制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法

(57) 【要約】

【課題】第1の物体と第2の物体との組立の良否を迅速に把握することができる制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法を提供すること。

【解決手段】制御装置は、エンドエフェクターが装着されるロボットアームと、力検出部とを備えた、第1ワークと第2ワークとを組み立てる組立を行なうロボットを制御する。制御装置は、ロボットアームの作動を制御する制御部と、第1ワークを支持したエンドエフェクターを含む領域を撮像して、撮像データを得る撮像部と、組立の良否判定を行なう良否判定部とを備える。制御部は、撮像データに基づいて、第1ワークと第2ワークとの位置合わせを行なうようにロボットアームを作動させて、組立を開始し、力検出部の検出結果に基づいて、組立が現に行なわれるようロボットアームを作動させる。良否判定部は、組立が行なわれている最中に、撮像データに基づいて、良否判定を行なう。

【選択図】図12



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

エンドエフェクターとロボットアームと、前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられる力検出部と、を備え、第1の物体と第2の物体とを組み立てるロボットを制御する制御装置であって、

前記ロボットアームの動きを制御する制御部と、

撮像データーを得る撮像部と、

を備え、

前記制御部は、組立開始前にエンドエフェクターを少なくとも含む領域を前記撮像部で撮像して前記ロボットアームを動作させ、組立開始後に、少なくとも前記力検出部から出力値が出力されている間前記ロボットアームを動作させ、さらに前記第1の物体と前記第2の物体の組立部を撮像することを特徴とする制御装置。

10

【請求項 2】

前記組立の良否判定を行なう良否判定部を備え、

前記良否判定部は前記撮像データーに基づいて前記良否判定を行ない、

前記良否判定が良の場合には、前記組立が完了するまで前記組立を継続する請求項1に記載の制御装置。

【請求項 3】

前記良否判定の結果が否の場合には、前記組立を一旦中断し、前記エンドエフェクターで前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方を支持し直し、前記組立を再開する制御を行なう請求項2に記載の制御装置。

20

【請求項 4】

前記良否判定部は、前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方の前記エンドエフェクターに対する姿勢の変化量が閾値を超えた場合に前記良否判定を否とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の制御装置。

【請求項 5】

前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方と前記エンドエフェクターの各特徴点を抽出する抽出部を備え、

前記変化量は、前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方の特徴点と、前記エンドエフェクターの特徴点との位置関係の変化である請求項4に記載の制御装置。

30

【請求項 6】

前記撮像データーには、前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行なうときに用いられる第1撮像データーと、前記第1撮像データーと異なるタイミングで得られ、前記良否判定を行なうときに用いられる第2撮像データーとが含まれる請求項1ないし5のいずれか1項に記載の制御装置。

【請求項 7】

前記撮像部は、1つのカメラで構成され、

前記カメラで前記第1撮像データーと前記第2撮像データーとを得る請求項6に記載の制御装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記ロボットアームに対してインピーダンス制御を行なうよう構成されている請求項1ないし7のいずれか1項に記載の制御装置。

40

【請求項 9】

第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持するエンドエフェクターが装着されるロボットアームを含むロボットであって、

前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられて情報を検出する力検出部と、

前記エンドエフェクターを含む領域を撮像して、撮像データーを得る撮像部と、

前記撮像データーに基づいて前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行ない、前記力検出部の検出結果に基づいて、前記ロボットア

50

ームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との組立を行なう制御部と、

前記撮像データーに基づいて前記組立の良否判定を行なう良否判定部と、を備えることを特徴とするロボット。

【請求項10】

前記ロボットアームを2本備え、

一方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第1の物体を支持し、他方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第2の物体を支持する請求項9に記載のロボット。

【請求項11】

前記力検出部は、力覚センサーで構成されている請求項9または10に記載のロボット。

10

【請求項12】

第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持するエンドエフェクターが装着される少なくとも1本のロボットアームと、

前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられて前記エンドエフェクターが受ける力情報を検出する力検出部と、を備えて、

前記第1の物体と前記第2の物体を組み立てるロボットを制御する、請求項1ないし8のいずれか1項に記載の制御装置と、を備えることを特徴とするロボットシステム。

【請求項13】

前記ロボットアームを2本備え、

一方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第1の物体を支持し、他方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第2の物体を支持する請求項12に記載のロボットシステム。

20

【請求項14】

前記力検出部は、力覚センサーで構成されている請求項12または13に記載のロボットシステム。

【請求項15】

第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持する前記エンドエフェクターが装着されるロボットアームを含むロボットを制御する制御方法であって、

前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方を支持した前記エンドエフェクターを含む領域を撮像した撮像データーに基づいて前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行ない、前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられた力検出部が検出する検出結果に基づいて、前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との組立を行なうとともに、前記撮像データーに基づいて、前記組立の良否判定を行なうことを特徴とする制御方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法に関する。

40

【背景技術】

【0002】

従来、先端部にロボットハンドを装着することができる多関節ロボットアームが知られている（例えば、特許文献1参照）。この多関節ロボットアームは、例えば、2つのワーク同士を組み立てる組立作業を行なうことができる。組立作業を行なう際には、ロボットハンドで2つのワークのうちの一方のワークを把持して、作業台上に固定された他方のワークに力制御を行いながら挿入し、2つのワークの組立体である完成品を得る。

【0003】

力制御は、部品同士のばらつきによる微妙な位置ずれに対応して組み立てできる柔軟な制御である反面、部品の位置ずれが許容範囲を超えていた場合、ロボットがなんらかの判断をしない限り、永久に部品の挿入を試みるか、完了したつもりで作業を終了する。特許

50

文献1に記載の多関節ロボットアームを備えるロボットシステムでは、組立作業後に、この組立が成功したのか、または、失敗したのかを判別していた、すなわち、組立の良否の判別をしていた。

【0004】

しかしながら、このようなロボットシステムでは、例えば、一方のワークが組立作業中に落下したり、適正な姿勢からズレたりした場合であっても、組立作業を継続してしまう。その結果、得られた完成品は、例えば一方のワークが欠落した不良品となっている。そして、この不良品は、組立作業が完了して初めて把握される（認識される）こととなり、歩留まりが悪いという問題があった。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開第98/17444号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の目的は、第1の物体と第2の物体との組立の良否を迅速に把握することができる制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

20

このような目的は、下記の本発明に係る適用例により達成される。

（適用例1）

本発明に係る制御装置は、エンドエフェクターとロボットアームと、前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられる力検出部と、を備え、第1の物体と第2の物体とを組み立てるロボットを制御する制御装置であって、

前記ロボットアームの動きを制御する制御部と、

撮像データーを得る撮像部と、

を備え、

前記制御部は、組立開始前にエンドエフェクターを少なくとも含む領域を前記撮像部で撮像して前記ロボットアームを動作させ、組立開始後に、少なくとも前記力検出部から出力値が出力されている間前記ロボットアームを動作させ、さらに前記第1の物体と前記第2の物体の組立部を撮像することを特徴とする。

30

【0008】

これにより、第1の物体と第2の物体との組立が完了するよりも以前に、すなわち、第1の物体と第2の物体との組立が行なわれている最中に、当該組立の良否を迅速に把握することができる。そして、良否判定が良であれば、第1の物体と第2の物体との組立体をそのまま次の工程に移行することができ、良否判定が否であれば、組立を再度行なって、組立体を得ることができ、よって、歩留まりの向上にも寄与する。

【0009】

40

（適用例2）

本発明に係る制御装置では、前記組立の良否判定を行なう良否判定部を備え、

前記良否判定部は前記撮像データーに基づいて前記良否判定を行ない、

前記良否判定が良の場合には、前記組立が完了するまで前記組立を継続するのが好ましい。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立をその完了まで迅速に行なうことができる。

【0010】

（適用例3）

本発明に係る制御装置では、前記良否判定の結果が否の場合には、前記組立を一旦中断し、前記エンドエフェクターで前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方を

50

支持し直し、前記組立を再開する制御を行なうのが好ましい。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立が一旦不成功になったとしても、当該組立を成功に導くことができる。

【0011】

(適用例4)

本発明に係る制御装置では、前記良否判定部は、前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方の前記エンドエフェクターに対する姿勢の変化量が閾値を超えた場合に前記良否判定を否とするのが好ましい。

これにより、良否判定を簡単かつ迅速に行なうことができる。

【0012】

(適用例5)

本発明に係る制御装置では、前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方と前記エンドエフェクターの各特徴点を抽出する抽出部を備え、

前記変化量は、前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方の特徴点と、前記エンドエフェクターの特徴点との位置関係の変化であるのが好ましい。

これにより、良否判定をより簡単かつより迅速に行なうことができる。

【0013】

(適用例6)

本発明に係る制御装置では、前記撮像データーには、前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行なうときに用いられる第1撮像データーと、前記第1撮像データーと異なるタイミングで得られ、前記良否判定を行なうときに用いられる第2撮像データーとが含まれるのが好ましい。

これにより、第1の物体と第2の物体との位置合わせを行なう処理と、良否判定を行なう処理との各種処理条件に適した撮像データーを用いることができる。

【0014】

(適用例7)

本発明に係る制御装置では、前記撮像部は、1つのカメラで構成され、

前記カメラで前記第1撮像データーと前記第2撮像データーとを得るのが好ましい。

これにより、1つのカメラを兼用することができ、よって、カメラの設置数を抑制することができる。

【0015】

(適用例8)

本発明に係る制御装置では、前記制御部は、前記ロボットアームに対してインピーダンス制御を行なうよう構成されているのが好ましい。

これにより、組立が行なわれている最中に一方の物体が他方の物体とぶつかったときにも、当該他方の物体とやわらかく接することができ、よって、各物体の損傷を防止することができる。

【0016】

(適用例9)

本発明に係るロボットは、第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持するエンドエフェクターが装着されるロボットアームを含むロボットであって、

前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられて情報を検出する力検出部と、

前記エンドエフェクターを含む領域を撮像して、撮像データーを得る撮像部と、

前記撮像データーに基づいて前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行ない、前記力検出部の検出結果に基づいて、前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との組立を行なう制御部と、

前記撮像データーに基づいて前記組立の良否判定を行なう良否判定部と、を備えることを特徴とする。

【0017】

10

20

30

40

50

これにより、第1の物体と第2の物体との組立が完了するよりも以前に、すなわち、第1の物体と第2の物体との組立が行なわれている最中に、当該組立の良否を迅速に把握することができる。そして、良否判定が良であれば、第1の物体と第2の物体との組立体をそのまま次の工程に移行することができ、良否判定が否であれば、組立を再度行なって、組立体を得ることができ、よって、歩留まりの向上にも寄与する。

【0018】

(適用例10)

本発明に係るロボットでは、前記ロボットアームを2本備え、一方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第1の物体を支持し、他方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第2の物体を支持するのが好ましい。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立を迅速に行なうことができる。

【0019】

(適用例11)

本発明に係るロボットでは、前記力検出部は、力覚センサーで構成されているのが好ましい。

これにより、簡単な構成で、ロボットアームが受ける力を検出することができる。

【0020】

(適用例12)

本発明に係るロボットシステムは、第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持するエンドエフェクターが装着される少なくとも1本のロボットアームと、

前記ロボットアームと前記エンドエフェクターとの間に設けられて前記エンドエフェクターが受ける力情報を検出する力検出部と、を備えて、

前記第1の物体と前記第2の物体を組み立てるロボットを制御する、上記制御装置と、を備えることを特徴とする。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立が完了するよりも以前に、すなわち、第1の物体と第2の物体との組立が行なわれている最中に、当該組立の良否を迅速に把握することができる。そして、良否判定が良であれば、第1の物体と第2の物体との組立体をそのまま次の工程に移行することができ、良否判定が否であれば、組立を再度行なって、組立体を得ることができ、よって、歩留まりの向上にも寄与する。

【0021】

(適用例13)

本発明に係るロボットシステムでは、前記ロボットアームを2本備え、

一方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第1の物体を支持し、他方の前記ロボットアームに装着された前記エンドエフェクターで前記第2の物体を支持するのが好ましい。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立を迅速に行なうことができる。

【0022】

(適用例14)

本発明に係るロボットシステムでは、前記力検出部は、力覚センサーで構成されているのが好ましい。

これにより、簡単な構成で、ロボットアームが受ける力を検出することができる。

【0023】

(適用例15)

本発明に係る制御方法は、第1の物体および第2の物体の少なくとも一方を支持するエンドエフェクターが装着されるロボットアームを含むロボットを制御する制御方法であつて、

前記第1の物体および前記第2の物体の少なくとも一方を支持した前記エンドエフェクターを含む領域を撮像した撮像データに基づいて前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との位置合わせを行ない、前記ロボットアームと前記エンド

10

20

30

40

50

エフェクターとの間に設けられた力検出部が検出する検出結果に基づいて、前記ロボットアームを動作させて前記第1の物体と前記第2の物体との組立を行なうとともに、前記撮像データに基づいて、前記組立の良否判定を行なうことを特徴とする。

これにより、第1の物体と第2の物体との組立が完了するよりも以前に、すなわち、第1の物体と第2の物体との組立が行なわれている最中に、当該組立の良否を迅速に把握することができる。そして、良否判定が良であれば、第1の物体と第2の物体との組立体をそのまま次の工程に移行することができ、良否判定が否であれば、組立を再度行なって、組立体を得ることができ、よって、歩留まりの向上にも寄与する。

【図面の簡単な説明】

【0024】

10

【図1】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図2】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図3】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図4】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図5】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

20

【図6】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図7】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図8】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図である。

【図9】図1～図8に示すロボットシステムのブロック図である。

【図10】エンドエフェクターによる第1ワークの把持状態を示す図である。

【図11】エンドエフェクターによる第1ワークの把持状態を示す図である。

【図12】本発明に係るロボットシステム（制御装置）の制御プログラムを示すフローチャートである。

30

【図13】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第2実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す側面図である。

【図14】図13に示すロボットシステムのブロック図である。

【図15】本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第3実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す側面図である。

【図16】図15に示すロボットシステムのブロック図である。

【図17】本発明に係るロボット（第4実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す正面図である。

【図18】図17に示すロボットのブロック図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法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。

<第1実施形態>

図1～図8は、それぞれ、本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第1実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を順に示す側面図、図9は、図1～図8に示すロボットシステムのブロック図、図10および図11は、それぞれ、エンドエフェクターによる第1ワークの把持状態を示す図、図12は、本発明に係るロボットシステム（制御装置）の制御プログラムを示すフローチャートである。なお、以下では、説明の

50

都合上、図1～図8中（図13、図15、図17についても同様）の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言い、エンドエフェクター側を「先端」、その反対側を「基端」と言う。

【0026】

図1～図9に示すように、ロボットシステム100は、ロボット1と制御装置10とを備え、第1ワーク（第1の物体）20と第2ワーク（第2の物体）30との組立体（組立部）40を得るのに用いられる。

まず、ロボットシステム100の各部の構成について説明する前に、第1ワーク20、第2ワーク30の構成について説明する。

【0027】

図1～図8に示すように、第1ワーク20は、基部201と、基部201から突出形成された突出部202とで構成されている。

図10、図11に示すように、基部201は、正四角柱状をなす部分である。基部201の4つの側面203には、それぞれ、マーカー204が付されている。各マーカー204は、それぞれ、側面203の長手方向に沿って延在しており、側面203の幅方向の中央部に配置されている。なお、マーカー204は、例えば、印刷されたものであってもよいし、シール等のように貼り付けされたものであってもよい。

【0028】

突出部202は、基部201の一端面205から突出し、基部201よりも細い部分である。突出部202の横断面形状は、円形をなしている。なお、突出部202は、基部201と一体的に形成されたものであってもよいし、別体で構成されたものであってもよい。

また、第1ワーク20は、組み立てられる前は、載置ボックス50に載置されている。載置ボックス50は、第1ワーク20の突出部202が挿入される凹部501を有し、これにより、第1ワーク20を起立した状態で支持することができる。このとき、基部201は、上方に露出する。

【0029】

図1（図2～図8も同様）に示すように、第2ワーク30は、四角錐台形状をなす部材で構成されている。この第2ワーク30の傾斜した4つの側面301のうちの1つには、凹部302が開口している。凹部302は、その中心軸が側面301と直交するように形成されている。図5に示すように、凹部302には、第1ワーク20の突出部202が挿入される。そして、この挿入により、組立体40が製造される。

【0030】

また、第2ワーク30は、床面200に載置されており、組立に先立って準備されている。

次に、ロボットシステム100の各部の構成について説明する。

前述したように、ロボットシステム100は、ロボット1と、制御装置10とを備えている。

【0031】

ロボット1は、第1ワーク20と第2ワーク30とを組み立てる組立を行なう装置である。このロボット1は、ロボットアーム2と、力覚センサー3とを備えている。

ロボットアーム2は、複数本（本実施形態では3本）のリンク21と、隣接するリンク21同士を回動可能に連結する関節22とを有する多関節ロボットアームである。

最も基端側に位置するリンク21は、床面200上に回動可能に支持されている。これにより、ロボット1全体が鉛直軸回りに回動することができる。

【0032】

また、最も先端側に位置するリンク21は、エンドエフェクター4が着脱自在に装着される（以下、エンドエフェクター4が装着された状態を「装着状態」と言う）。そして、この装着状態でロボット1が用いられ、エンドエフェクター4は、リンク21の軸回りに回動することができる。

10

20

30

40

50

各関節 22 には、それぞれ、回動駆動源としてのモーター 221 が内蔵されている。そして、各関節 22 の角度、すなわち、各モーター 221 の回転数を適宜設定することにより、ロボットアーム 2 の姿勢を変更することができる（図 1～図 8 参照）。

【0033】

図 1 に示すように、エンドエフェクター 4 は、第 1 ワーク 20 を挟持する（支持する）一対の挟持片 41 と、挟持片 41 同士を接近・離間可能に支持する支持部 42 とを有している。

図 10、図 11 に示すように、各挟持片 41 は、平面視で長方形をなす板部材で構成されている。また、各挟持片 41 の表側の面、すなわち、外側を向く面には、それぞれ、マーカー 411、412 が付されている。マーカー 411、412 は、それぞれ、挟持片 41 の長辺方向に沿って延在しており、挟持片 41 の幅方向に互いに離間して配置されている。なお、マーカー 411、412 は、例えば、印刷されたものであってもよいし、シール等のように貼り付けされたものであってもよい。

10

【0034】

図 10 に示す状態では、第 1 ワーク 20 のマーカー 204 がエンドエフェクター 4 のマーカー 411 とマーカー 412 との間に位置し、かつ、マーカー 204 がマーカー 411 とマーカー 412 に平行である。このような位置関係は、「第 1 ワーク 20 がエンドエフェクター 4 に正常に挟持されている」とみなされる（判断される）。

一方、図 11 に示す状態では、第 1 ワーク 20 のマーカー 204 がエンドエフェクター 4 のマーカー 411 とマーカー 412 との間から外れ、さらに、マーカー 204 がマーカー 411 とマーカー 412 に対し傾斜している。このような位置関係は、「第 1 ワーク 20 がエンドエフェクター 4 に正常に挟持されていない」とみなされる。

20

【0035】

支持部 42 は、例えば互いに噛み合う多数の歯車と、その駆動源としてのモーターとを有し、これらの歯車が連動して回動することにより、挟持片 41 同士の接近・離間を行なうことができる。なお、支持部 42 は、ロボットアーム 2 に装着される部分でもある。

また、本実施形態では、エンドエフェクター 4 は、第 1 ワーク 20 を支持しているが、これは、第 1 ワーク 20 が第 2 ワーク 30 よりも小さく、支持し易いものであるためである。従って、エンドエフェクター 4 は、第 2 ワーク 30 を支持することができれば、それでも構わない。

30

【0036】

図 1 に示すように、ロボットアーム 2 の最も先端側に位置するリンク 21 には、力検出部としての力覚センサー 3 が設置されている。装着状態で力覚センサー 3 は、当該リンク 21 とエンドエフェクター 4 との間に位置し、当該リンク 21（ロボットアーム 2）がエンドエフェクター 4 を介して受ける力やモーメント等の力情報を容易かつ確実に検出することができる。なお、以下では、力とモーメントとを含めて力と言う。

【0037】

この力覚センサー 3 の検出結果、すなわち、力覚センサー 3 から出力される信号は、制御装置 10（パーソナルコンピューター 11）に入力される。そして、制御装置 10 は、力覚センサー 3 の検出結果に基づいて所定の制御を行う。

40

なお、力覚センサー 3 としては、特に限定されず、各種のものを用いることができるが、その 1 例としては、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。

【0038】

また、力覚センサー 3 の形状は、特に限定されないが、本実施形態では円盤状となっている。この円盤状をなす力覚センサー 3 は、中心軸がリンク 21 の長手方向に沿っている。

図 9 に示すように、制御装置 10 は、ロボット 1 と電気的に接続され、当該ロボット 1 を制御する装置である。制御装置 10 は、パーソナルコンピューター 11 と、撮像部 12 としてのカメラ 121 とを有している。

50

【0039】

パーソナルコンピューター11は、CPU(Central Processing Unit)13と、メモリー(記録媒体)14とが内蔵されている。

CPU13は、各種処理を実行する機能を有している。その機能としては、例えば、ロボットアーム2の作動を制御する制御部としての機能、第1ワーク20と第2ワーク30との組立の良否判定を行なう良否判定部としての機能、第1ワーク20のマーカー204やエンドエフェクター4のマーカー411、412を抽出する抽出部としての機能等が挙げられる。

【0040】

また、各種処理用の制御プログラムは、メモリー14に記憶されている。そして、CPU13は、実行すべき処理に応じて、該当する制御プログラムをメモリー14から呼び出す。

カメラ121は、ズーム機能を有するCCD(Charge Coupled Device)カメラである。カメラ121は、下方を向いて天井300に支持されており、第1ワーク20を支持したエンドエフェクター4を少なくとも含む、ロボット1の稼動領域全体を組立開始前と組立中に撮像して、撮像データーを得ることができる。

【0041】

制御装置10では、CPU13は、ロボットアーム2に対してインピーダンス制御を行なうことができる。「インピーダンス制御」とは、ロボットアーム2に装着されたエンドエフェクター4に外力が加わったときに、当該エンドエフェクター4があたかも稼動領域内ではねやダンパーに支持されているかのように、ロボットアーム2をふるまわせる制御方法である(坪内孝司・大隅久・米田完著、「これならできるロボット創造設計」、第1刷、講談社、2007年2月10日、p.p.75-76)。そして、このときのねね定数、ダンパーの定数、ロボットアーム2(エンドエフェクター4)の見かけの質量を全て制御プログラム(ソフトウェア)上で指定することができる。

【0042】

このインピーダンス制御により、エンドエフェクター4に把持された第1ワーク20が、床面200上の第2ワーク30とぶつかったときにも、当該第2ワーク30とやわらかく接することができる。これにより、例えば、第1ワーク20や第2ワーク30の損傷を防止することができる。

また、CPU13は、撮像データーに対する画像処理を行ない、第1ワーク20のマーカー204やエンドエフェクター4のマーカー411、412を抽出することができる。このような処理は、まず、撮像データーとして、濃淡画像を得る。各図では、それぞれ、第1ワーク20のマーカー204と、エンドエフェクター4のマーカー411、412とが、色が濃い濃色領域となり、それ以外の部分が、色が淡い淡色領域となっている。そして、このような画像を二値化して、前記濃色領域を抽出して、マーカー204、411、412とする。

【0043】

また、CPU13は、第1ワーク20と第2ワーク30との組立が行なわれている最中に、マーカー204、411、412の抽出結果に基づいて、当該組立の良否判定を行なうことができる。このような処理は、まず、組立中における、第1ワーク20のエンドエフェクター4に対する姿勢の変化量、すなわち、第1ワーク20の特徴点として抽出されたマーカー204と、エンドエフェクター4の特徴点として抽出されたマーカー411、412との位置関係がどの程度変化したのかを検出する。具体的には、マーカー204がマーカー411とマーカー412と間からどの程度位置ズレが生じ、どの程度マーカー411、412に対して傾いたのかを検出する。そして、この検出された変化量が閾値を超えないければ(図10に示す状態)良否判定を「良」とし、超えた場合に(図11に示す状態)良否判定を「否」とする。

【0044】

このような良否判定をすることができる理由としては、エンドエフェクター4が第1ワ

10

20

30

40

50

ーク 2 0 を把持した直後（図 2 参照）の第 1 ワーク 2 0 のエンドエフェクター 4 に対する姿勢は、第 1 ワーク 2 0 の第 2 ワーク 3 0 への挿入完了まで（図 5 参照）そのまま維持されることとなるため、図 1 0 に示す状態で良否判定を「良」とすることができるからである。しかし、第 1 ワーク 2 0 を第 2 ワーク 3 0 に挿入しようとしたときに、第 1 ワーク 2 0 の突出部 2 0 2 が第 2 ワーク 3 0 の凹部 3 0 2 に挿入されず、側面 3 0 1 に衝突する場合がある（図 6 中の補助投影図参照）。この場合、第 1 ワーク 2 0 のエンドエフェクター 4 に対する姿勢は、エンドエフェクター 4 が第 1 ワーク 2 0 を把持した直後の姿勢から変化しているため、図 1 1 に示す状態で良否判定を「否」とすることができるからである。

【 0 0 4 5 】

次に、第 1 ワーク 2 0 と第 2 ワーク 3 0 との組立用の制御プログラム（本発明に係る制御方法）について、図 1 ～ 図 8 、図 1 0 および図 1 1 を参照しつつ、図 1 2 に示すフローチャートに基づいて説明する。10

まず、図 1 に示すように、ロボット 1（ロボットアーム 2 ）は、初期状態となっており、また、第 1 ワーク 2 0 および第 2 ワーク 3 0 は、それぞれ、所定位置に準備されている。この状態をカメラ 1 2 1 で撮像して、第 1 撮像データー（撮像データー）を得、当該第 1 撮像データーに基づいて、CPU 1 3 により、第 2 ワーク 3 0 の位置および姿勢を検出し（ステップ S 1 ）、第 1 ワーク 2 0 の位置および姿勢を検出する（ステップ S 2 ）。

【 0 0 4 6 】

次に、ステップ S 1 および S 2 での検出結果に基づいて、CPU 1 3 により、第 2 ワーク 3 0 に対する第 1 ワーク 2 0 の最適な把持方法を選択する（ステップ S 3 ）。なお、把持方法は、予めメモリー 1 4 に複数種記憶されており、これらの中から選択することができる。20

次に、図 2 に示すように、ロボット 1 を作動させて、ステップ S 3 で選択された把持方法でエンドエフェクター 4 が第 1 ワーク 2 0 を把持可能な位置に、当該エンドエフェクター 4 を移動させ（ステップ S 4 ）、把持動作を行なわせる（ステップ S 5 ）。

【 0 0 4 7 】

次に、第 1 撮像データーに基づいた位置制御により、図 3 に示すように、第 1 ワーク 2 0 と第 2 ワーク 3 0 との位置合わせを行なうように、すなわち、第 1 ワーク 2 0 の突出部 2 0 2 が第 2 ワーク 3 0 の凹部 3 0 2 に挿入可能な位置にまで接近するようにロボット 1 を作動させる（ステップ S 6 ）。

次に、力覚センサー 3 の検出結果に基づいた前記インピーダンス制御（力制御）により、図 4 に示すように、第 1 ワーク 2 0 と第 2 ワーク 3 0 との組立を開始して、そのまま継続していく、すなわち、当該組立が現に行なわれるようロボット 1 を作動させる（ステップ S 7 ）。30

【 0 0 4 8 】

次に、第 1 ワーク 2 0 と第 2 ワーク 3 0 との組立が完了したか否かを判断する（ステップ S 8 ）。この判断は、例えば、ステップ S 7 後にパーソナルコンピューター 1 1 に内蔵されているタイマー（図示せず）を作動させ、第 1 ワーク 2 0 の第 2 ワーク 3 0 に対する挿入が完了したとみなされる時間を経過したか否かで行なわれる。なお、この挿入完了時間は、例えば実験やシミュレーション等により既知となっており、予めメモリー 1 4 に記憶されている。40

【 0 0 4 9 】

ステップ S 8 の判断の結果、未だ組立が完了していないと判断されている場合には、カメラ 1 2 1 を作動させて第 2 撮像データー（撮像データー）を得、当該第 2 撮像データーに基づいて、CPU 1 3 により、第 1 ワーク 2 0 の位置および姿勢を検出する（ステップ S 9 ）。

次に、ステップ S 9 での検出結果に基づいて、第 1 ワーク 2 0 と第 2 ワーク 3 0 との組立の良否判定を行なう（ステップ S 1 0 ）。この良否判定は、前述したように、図 1 0 に示す状態を良否判定「良」とし、図 1 1 に示す状態を良否判定「否」とする。

【 0 0 5 0 】

50

ステップS10の判断の結果、良否判定が「良」の場合、組立が完了するまで当該組立を継続する。これにより、図5に示す状態となる。ステップS10を実行した後、ステップS8に戻り、組立が完了していないと判断される、すなわち、挿入完了時間の経過を迎える。

次に、エンドエフェクター4を作動させて、第1ワーク20を解放するとともに、ロボット1を作動させて、エンドエフェクター4を所定の退避位置まで移動させる（ステップS11）。

【0051】

次に、得られた第1ワーク20と第2ワーク30との組立体40が良好か否かを判断する（ステップS12）。この判断は、例えば、テンプレートマッチングにより行なわれる。

ステップS12の判断の結果、組立体40が良好の場合、その旨の信号を例えばモニター（図示せず）に出力して（ステップS13）、オペレーター等に報知する。一方、組立体40が不良の場合、その旨のアラーム信号（音声）を出力して（ステップS14）、オペレーター等に報知する。

【0052】

また、図5に示す状態とならずに、図6に示す状態となると、ステップS10の判断の結果、良否判定が「否」となり、この場合、図7に示すように、ロボット1を作動させて、エンドエフェクター4に把持された第1ワーク20を載置ボックス50の凹部501上に移動させ、図8に示すように、そのまま解放する（ステップS15）。これにより、第1ワーク20が載置ボックス50に再度載置される。

【0053】

次に、このステップS15が所定回数を超えたか否かを判断する（ステップS16）。ステップS16の判断の結果、前記所定回数を超えていない場合には、ステップS1に戻り、以後、それより下位のステップを順次実行する。これにより、組立が一旦中断され、エンドエフェクター4で第1ワーク20を把持し直して、第1ワーク20と第2ワーク30との組立を再度行なう（再開する）ことができる。一方、前記所定回数を超えた場合には、ステップS14を実行する。

【0054】

このように、ロボットシステム100では、第1ワーク20と第2ワーク30との組立が行なわれている最中に、当該組立の良否判定を行なうことができる。これにより、組立が完了するまで、得られた組立体40が良好なものなのか、それとも、不良なものなのかが不明となるのを防止することができる、すなわち、第1ワーク20と第2ワーク30との組立の良否を迅速に把握することができる。そして、良否判定が良であれば、良品の組立体40をそのまま次の工程に移行することができ、良否判定が否であれば、組立を再度行なって、良品の組立体40を得ることができる。これにより、組立作業のタクトタイムや歩留まりの向上に寄与する。

【0055】

前述したように、カメラ121から得られる撮像データーとして、第1撮像データーと、第2撮像データーと異なるタイミングで得られた第2撮像データーとがある。第1撮像データーは、第1ワーク20と第2ワーク30との位置合わせを行なうときに用いられる撮像データーであり、第2撮像データーは、良否判定を行なうときに用いられる撮像データーである。このように、ロボットシステム100では、第1ワーク20と第2ワーク30との位置合わせを行なう処理と、組立の良否判定を行なう処理との各種処理条件に適した撮像データーを用いることができる。

また、第1撮像データーと第2撮像データーとは、カメラ121で得られている。これにより、1つのカメラ121を各種処理実行時に兼用することができ、よって、カメラ121の設置数を抑制することができる。

【0056】

<第2実施形態>

10

20

30

40

50

図13は、本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第2実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す側面図、図14は、図13に示すロボットシステムのブロック図である。

以下、これらの図を参照して本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法の第2実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

本実施形態は、ロボットアームの設置数が異なること以外は前記第1実施形態と同様である。

【0057】

図13、図14に示すように、本実施形態では、ロボット1は、互いに離間して配置された2本のロボットアーム2を備えている。そして、図13中の左側のロボットアーム2に装着されたエンドエフェクター4で第1ワーク20を把持し、図13中の右側のロボットアーム2に装着されたエンドエフェクター4で第2ワーク30を把持することができる。なお、本実施形態では、第2ワーク30は、エンドエフェクター4で支持することができる程度の大きさの柱状の部材である。

このような構成により、第1ワーク20と第2ワーク30との組立を行なう際に、これらのワーク同士を互いに移動させて接近させることができ、よって、その組立を迅速に行なうことができる。

【0058】

<第3実施形態>

図15は、本発明に係るロボットシステム（制御装置）（第3実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す側面図、図16は、図15に示すロボットシステムのブロック図である。

【0059】

以下、これらの図を参照して本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法の第3実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

本実施形態は、カメラの設置数が異なること以外は前記第2実施形態と同様である。

図15、図16に示すように、本実施形態では、撮像部12は、カメラ121を第1カメラとして、その他に、第2カメラとしてのカメラ122と、第3カメラとしてのカメラ123とを有している。

【0060】

カメラ122は、各ロボットアーム2の最も先端側に位置するリンク21に、先端側を向くように支持されている。

また、2本のロボットアーム2の間には、作業台400が配置されている。この作業台400には、例えば組立体40を載置することができる。

そして、カメラ123は、作業台400上に、斜め上方を向くように支持されている。

このような構成により、組立状況に応じてカメラ121～123のいずれかを切り換えて、ワーク同士の位置合わせや、組立の良否判定に用いることができる。

【0061】

<第4実施形態>

図17は、本発明に係るロボット（第4実施形態）による第1ワークと第2ワークとの組み立て過程を示す正面図、図18は、図17に示すロボットのブロック図である。

以下、これらの図を参照して本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法の第4実施形態について説明するが、前述した実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項はその説明を省略する。

本実施形態は、ロボットの構成が異なること以外は前記第2実施形態と同様である。

【0062】

図17に示すように、本実施形態では、ロボット1は、胴部5と、当該胴部5に回動可能に連結された2本のロボットアーム2とを有する人間型双腕ロボットである。胴部5に

10

20

30

40

50

は、CPU13やメモリー14が内蔵されている(図18参照)。

このような構成のロボット1は、図17中の左側のロボットアーム2に装着されたエンドエフェクター4で第1ワーク20を持ち、図17中の右側のロボットアーム2に装着されたエンドエフェクター4で第2ワーク30を持ちすることができる。これにより、第1ワーク20と第2ワーク30との組立を行なう際に、これらのワーク同士を互いに移動させて接近させることができ、よって、その組立を迅速に行なうことができる。

【0063】

また、胴部5の上部には、頭部に相当する部分に、撮像部12としての2つのカメラ124が並設されている。これにより、ステレオ視で、第1ワーク20と第2ワーク30との組立状態を確認することができる。

また、胴部5の下部には、複数のキャスター6が設置されている。これにより、例えばロボット1をその背面側から(図17中の紙面奥側から手前に向かって)押圧することにより、床面200上を移動させることができる。

以上、本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法を図示の実施形態について説明したが、本発明は、これに限定されるものではなく、制御装置、ロボット、ロボットシステムを構成する各部は、同様の機能を発揮し得る任意の構成のものと置換することができる。また、任意の構成物が付加されていてもよい。

【0064】

また、本発明に係る制御装置、ロボット、ロボットシステムおよび制御方法は、前記各実施形態のうちの、任意の2以上の構成(特徴)を組み合わせたものであってもよい。

ロボットアームの本数は、第1実施形態では1本、第2実施形態～第4実施形態では2本であったが、これに限定されず、3本以上であってもよい。

エンドエフェクターは、前記各実施形態では挟持によりワークを支持するよう構成されたものであるが、これに限定されず、例えば、吸着によりワークを支持するよう構成されたものであってもよい。

【0065】

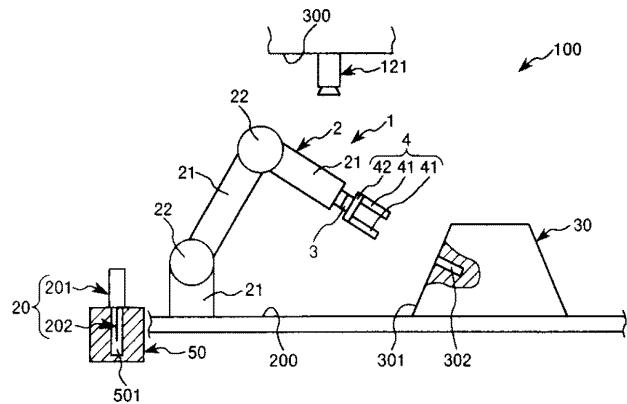
また、第1ワークと第2ワークとの組立の良否判定を行なうときには、前記各実施形態では第1ワークのマーカーを特徴点として抽出していたが、これに限定されず、例えば、第1ワーク自体の溝やエッジ、これらとマーカーとの組み合わせたものを特徴点として抽出してもよい。これと同様に、第1ワークと第2ワークとの組立の良否判定を行なうときには、前記各実施形態ではエンドエフェクターのマーカーを特徴点として抽出していたが、これに限定されず、例えば、エンドエフェクター自体の溝やエッジ、これらとマーカーとの組み合わせたものを特徴点として抽出してもよい。

【符号の説明】

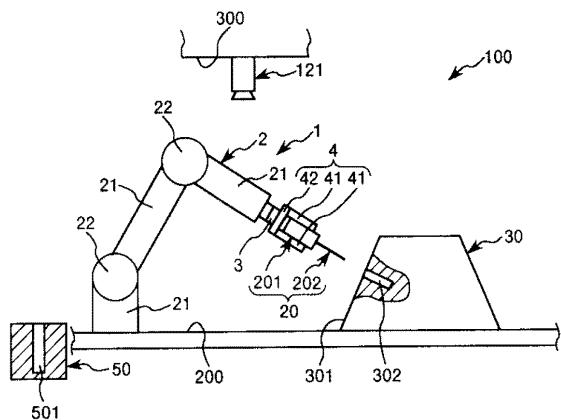
【0066】

1ロボット 2ロボットアーム 21リンク 22関節 221
モーター 3力覚センサー 4エンドエフェクター 41挟持片 411 ...
...マーカー 412マーカー 42支持部 5胴部 6キャスター 1
0制御装置 11パーソナルコンピューター 12撮像部 121カメ
ラ 122カメラ 123カメラ 124カメラ 13CPU 14 ...
...メモリー 20第1ワーク 201基部 202突出部 203側面
204マーカー 205一端面 30第2ワーク 40組立体 50
....載置ボックス 100ロボットシステム 200床面 300天井 3
01側面 302凹部 400作業台 501凹部

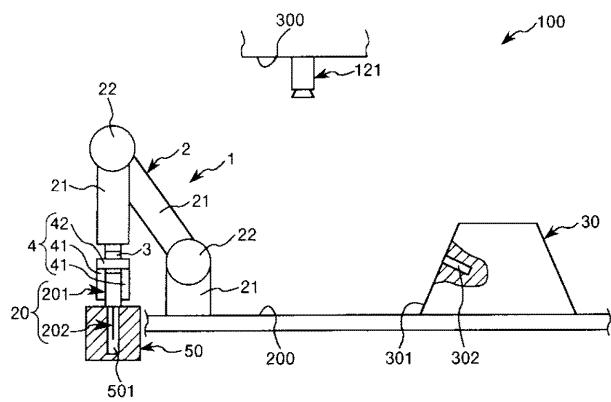
【図1】



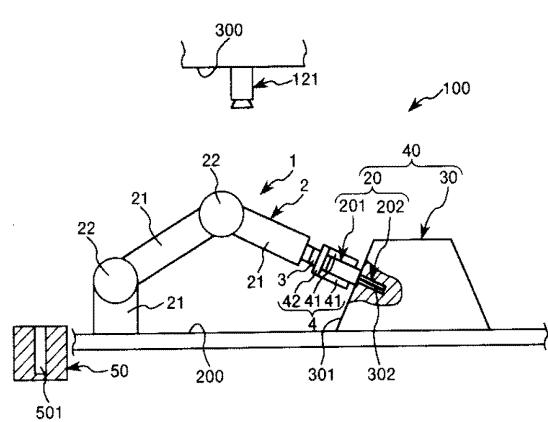
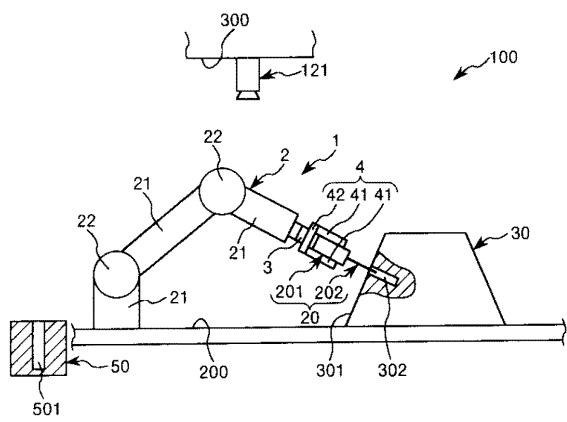
【図3】



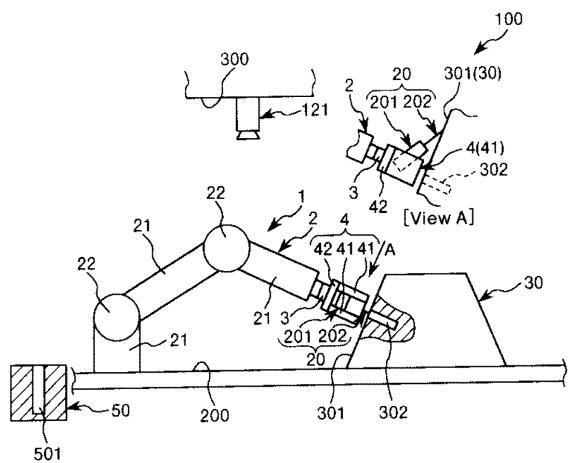
【図2】



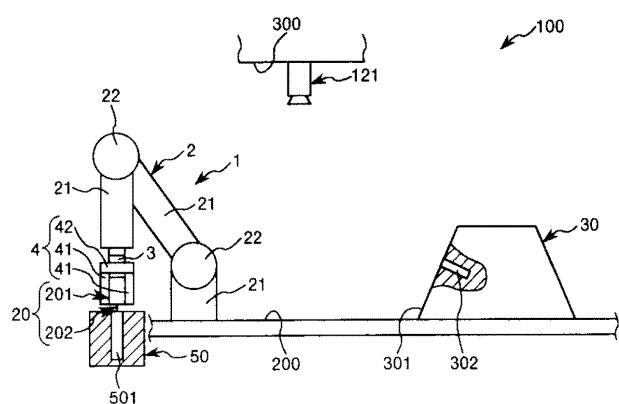
【図5】



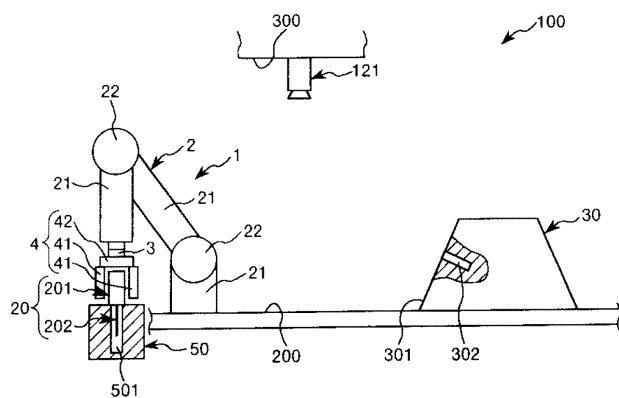
【図 6】



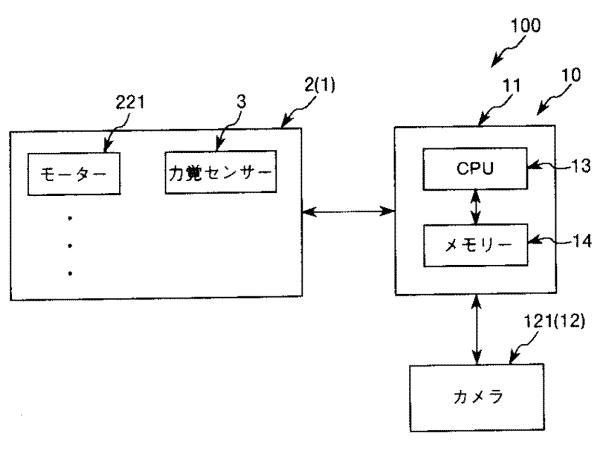
【図 7】



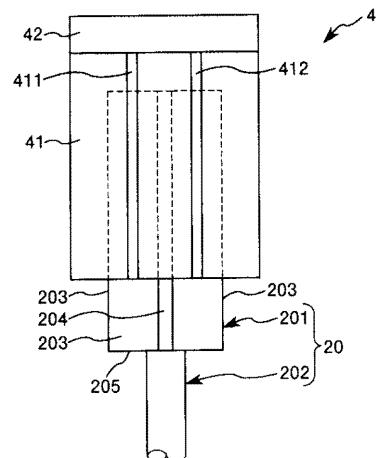
【図 8】



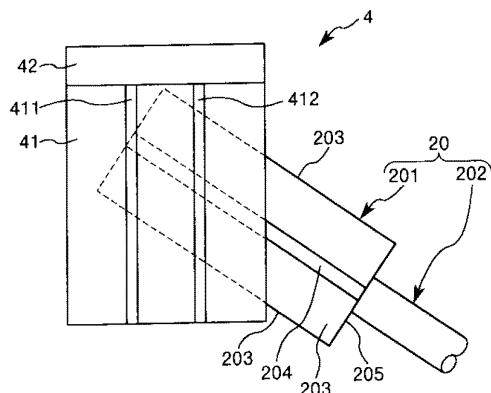
【図 9】



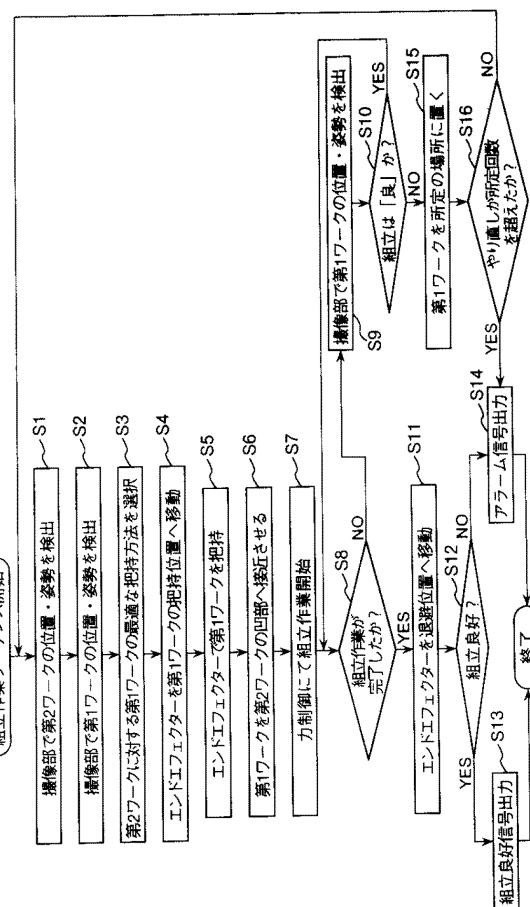
【図 10】



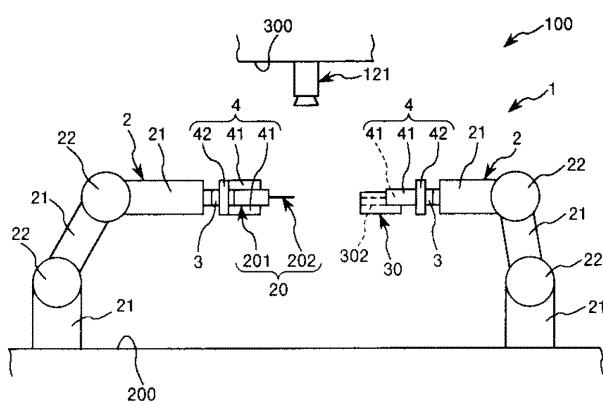
【図 1 1】



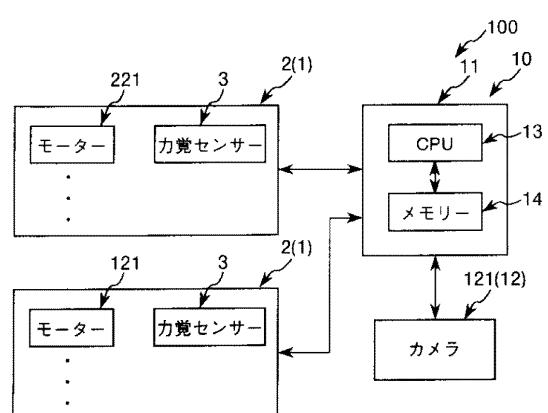
【図 1 2】



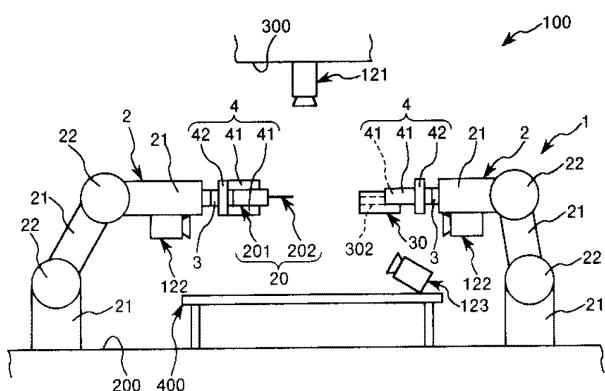
【図 1 3】



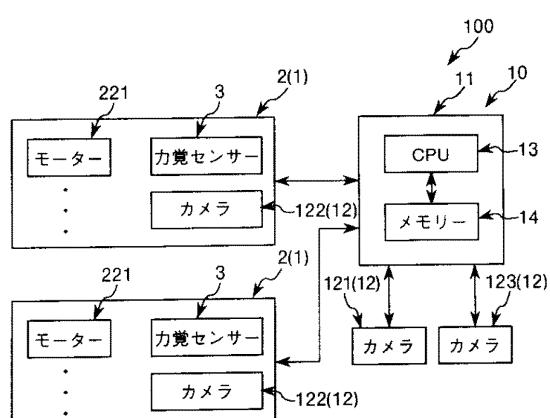
【図 1 4】



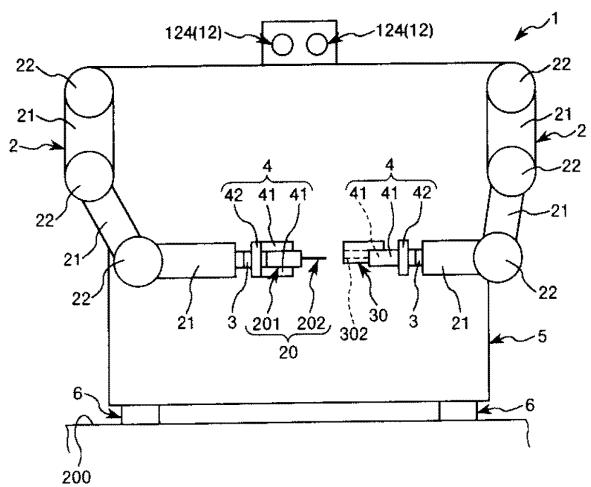
【図 1 5】



【図16】



【図17】



【図18】

