

(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2013-94935
(P2013-94935A)

(43) 公開日 平成25年5月20日(2013.5.20)

| | | |
|--------------------------------|---------------|------------|
| (51) Int.Cl. | F I | テーマコード(参考) |
| B 2 5 J 13/00 (2006.01) | B 2 5 J 13/00 | Z |
| B 2 5 J 19/00 (2006.01) | B 2 5 J 19/00 | F |
| | | 3 C 7 0 7 |

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2011-242496 (P2011-242496) | (71) 出願人 | 000005326 本田技研工業株式会社 東京都港区南青山二丁目1番1号 |
| (22) 出願日 | 平成23年11月4日(2011.11.4) | (74) 代理人 | 110000800 特許業務法人創成国際特許事務所 |
| | | (72) 発明者 | 石川 哲也 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内 |
| | | (72) 発明者 | 木村 裕太 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内 |
| | | (72) 発明者 | 福島 崇文 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社 本田技術研究所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットアーム装置

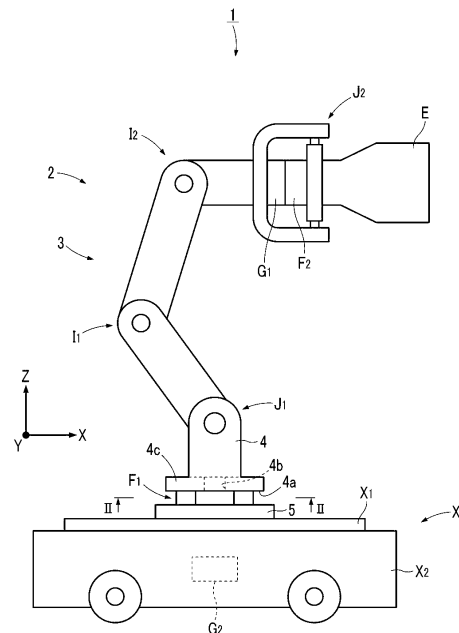
(57) 【要約】

【課題】安価で軽量化が可能なロボットアーム装置を提供する。

【解決手段】ロボットアーム装置1は、基体4とリンク部材3とが第1の関節機構J₁で連結され、リンク部材3とエンドエフェクタEとが第2の関節機構J₂で連結されたロボットアーム2を備える。ロボットアーム装置1は、ロボットアーム2から基体4に作用する力を検出する第1の力検出器F₁を備え、基体4の基端部の端面4aにロボットアーム2の制御配線11用の開口部4bが形成され、開口部4bの周囲において、第1の力検出器F₁として、相互に離間して配置されている3個以上の力検出器F_{1-i}が配置されている。

【選択図】図1

FIG.1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基体とリンク部材とが第 1 の関節機構で連結され、前記リンク部材とエンドエフェクタとが第 2 の関節機構で連結されたロボットアームを備えたロボットアーム装置であって、前記ロボットアームから前記基体に作用する力を検出する第 1 の力検出器を備え、前記基体の基端部の端面に前記ロボットアームの駆動及び制御配線用の開口部が形成され、前記開口部の周囲において、前記第 1 の力検出器として、相互に離間して配置されている 3 個以上の力検出器が配置されていることを特徴とするロボットアーム装置。

【請求項 2】

3 個以上の前記力検出器が、前記開口部を通り、前記端面の法線としての軸線回りの回転対称性、及び前記軸線に対して垂直な方向に延びる直線を基準とする鏡映対称性のうち少なくとも一方をもって配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載のロボットアーム装置。

10

【請求項 3】

前記基体が設けられた移動体と、前記第 1 の力検出器の出力に基づいて、前記ロボットアームの前記移動体に対する重心位置を推定する重心位置推定手段と、前記重心位置推定手段が推定した前記ロボットアームの重心位置に基づいて、前記移動体及び前記第 1 の関節機構を制御することにより前記ロボットアームの重心位置を所定の安定位置に位置するように制御することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のロボットアーム装置。

20

【請求項 4】

前記エンドエフェクタと前記リンク部材との間に、前記エンドエフェクタから前記リンク部材に作用する力を検出する第 2 の力検出器を備えることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のロボットアーム装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ロボットアームを備えたロボットアーム装置に関する。

【背景技術】

30

【0002】

基体とリンク部材、リンク部材とエンドエフェクタとがそれぞれ関節機構で連結された多関節式のロボットアームを備えたロボットアーム装置において、基体の基端部に力検出部を設けることが知られている。

【0003】

例えば、特許文献 1 には、ロボットアームに加わる力を検出する力検出器を基体（ロボットベース）に設けたロボットアーム装置（ロボット）が記載されている。このロボットでは、力検出器で検出された外力全体から、ロボットアーム自身の動作によって発生した外力相当分を差し引くことによって、ロボットアームに対する接触力を検出している。力検出器は、例えば 6 軸力センサである。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2006 - 21287 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

特許文献 1 に記載のようなロボットアーム装置では、一般的に、各軸方向の力及び各軸回りのモーメントを精度良く検出するために、1 個の 6 軸力センサをロボットアームの基体の基端部の中央に配置している。そして、6 軸力センサを中空状のものとして、その中

50

空部分に給電ケーブルや信号線などの配線を通してている。

【0006】

しかしながら、中空状の6軸力センサは、中実状のものより比較的高価であるという問題がある。また、1個の6軸力センサで力を検出するので、定格容量が大きく高価で大型の6軸力センサが必要となり、ロボットアーム装置が高価、高重量化するという問題がある。

【0007】

本発明の目的は、かかる従来技術の問題点に鑑み、安価で軽量化が可能なロボットアーム装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のロボットアーム装置は、基体とリンク部材とが第1の関節機構で連結され、前記リンク部材とエンドエフェクタとが第2の関節機構で連結されたロボットアームを備えたロボットアーム装置であって、前記ロボットアームから前記基体に作用する力を検出する第1の力検出器を備え、前記基体の基端部の端面に前記ロボットアームの駆動及び制御配線用の開口部が形成され、前記開口部の周囲において、前記第1の力検出器として、相互に離間して配置されている3個以上の力検出器が配置されていることを特徴とする。

【0009】

本発明のロボットアーム装置によれば、各第1の力検出器を中実状のものとしても、これら各力検出器は互い離間して配置されているので、力検出器同士の間スペースが生じる。そして、このスペースに、各関節機構のアクチュエータ等への給電ケーブルや信号線など、ロボットアームの内部を通るロボットアームの駆動及び制御配線を、基体の基端部の端面に形成された開口部を介して配設することが可能となる。よって、従来のように配線を通すために中空状の力検出器を用いる必要がないので、第1の力検出器として中実状の安価な力検出器を用いることができる。

【0010】

また、3個以上の第1の力検出器で力を検出するので、従来のように1個の力検出器で力を検出する場合に比べて、各力検出器を定格容量が小さな安価で小型なものとすることができる。

【0011】

以上により、第1の力検出器を構成する全ての力検出器を合計しても、従来のような1個の大型の力検出器と比較して、安価で軽量化させることが可能となる。

【0012】

本発明のロボットアーム装置において、3個以上の前記力検出器が、前記開口部を通り、前記端面の法線としての軸線回りの回転対称性、及び前記軸線に対して垂直な方向に延びる直線を基準とする鏡映対称性のうち少なくとも一方をもって配置されていることが好ましい。

【0013】

前記のように複数の力検出器が用いられることにより、当該複数の力検出器から複数の出力信号が得られるので、当該複数の出力信号が統合されることによってロボットアームから基体に作用する力が求められる。ここで、複数の力検出器の配置態様が不規則的なものであると、複数の出力信号の統合のための計算方法が比較的複雑なものになってしまい、当該力の検出精度が低下する恐れがある。

【0014】

しかるに、複数の第1の力検出器が前記軸線又は直線を基準とした対称性を有するように、即ち規則的に配置されることにより、複数の出力信号の統合のための計算方法を比較的簡易なものとすることができる分だけ、力の検出精度の向上が図られる。

【0015】

また、本発明のロボットアーム装置において、前記基体が設けられた移動体と、前記第1の力検出器の出力に基づいて、前記ロボットアームの前記移動体に対する重心位置を推

10

20

30

40

50

定する重心位置推定手段と、前記重心位置推定手段が推定した前記ロボットアームの重心位置に基づいて、前記移動体の移動制御を行う移動体制御手段とを備えることが好ましい。

【0016】

この場合、重心位置推定手段が推定したロボットアームの重心位置に基づいて、ロボットアームの動作制御を行うだけでなく、移動体制御手段によって移動体の移動制御を行うので、ロボットアーム装置のバランスを確実に保つことが可能となる。

【0017】

また、本発明のロボットアーム装置において、前記エンドエフェクタと前記リンク部材との間に、前記エンドエフェクタを介して前記リンク部材に作用する力を検出する第2の力検出器を備えることが好ましい。

10

【0018】

この場合、第2の力検出器が検出した力からエンドエフェクタに外部から作用する力を推定することができ、推定した作業状態に応じた精度の高い作業を実施することが可能となる。

【0019】

さらに、第2の力検出器が検出した力を参照することによって、第1の力検出器が検出した力に基づいて、ロボットアームが外部環境と接触したときの反力を独立して推定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

20

【0020】

【図1】本発明の一実施形態に係るロボット装置の構成を示す説明図。

【図2】図1のII-II線矢視断面図。

【図3】制御装置の構成説明図。

【図4】制御装置の制御ブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施形態に係るロボットアーム装置1について図面を参照して説明する。

【0022】

30

図1に示すように、ロボットアーム装置1は、ロボットアーム2を備えている。ロボットアーム2は、複数の関節機構と、当該複数の関節機構を介して連結されている複数のリンクとからなるリンク部材3を備えている。

【0023】

複数の関節機構には、ロボットアーム2の基端部側に配置されている第1の関節機構 J_1 と、ロボットアーム2の先端部側に配置されている第2の関節機構 J_2 と、第1の関節機構 J_1 と第2の関節機構 J_2 との間に配置されている2つの中間関節機構 I_1 及び I_2 とが含まれている。中間関節機構は省略されてもよい。中間関節機構の数は任意に変更される。

【0024】

40

本発明のリンク部材3は、中間関節機構 I_1 、 I_2 と複数のリンクとから構成されている。そして、第1の関節機構 J_1 はリンク部材3とロボットアーム2の基体4とを連結している。第2の関節機構 J_2 はリンク部材3とエンドエフェクタEとを連結している。

【0025】

第1の関節機構 J_1 の回転自由度は2（ピッチ及びヨー）であり、第2の関節機構 J_2 の回転自由度は3（ロール、ピッチ及びヨー）である。第1の中間関節機構 I_1 の回転自由度は1（ロール）であり、第2の中間関節機構 I_2 の回転自由度は2（ピッチ及びヨー）である。ロボットアーム2は、各関節機構の各回転自由度に応じた回転角度（関節角度）に応じた信号を出力するロータリエンコーダ等の関節角度センサ S_i （ $i = 1, 2, \dots$ ）を備えている（図3参照）。なお、各関節機構の回転自由度は任意に変更されてもよい。

50

【 0 0 2 6 】

ロボットアーム 2 の先端部は、第 2 の関節機構 J_2 を介してエンドエフェクタ E に連結されている。エンドエフェクタ E は、例えばバルブの開閉というタスクを実行するため、当該バルブのハンドルに係合させるための適当な治具として構成されている。

【 0 0 2 7 】

ロボットアーム 2 の基端部に存在する基体 4 は、移動体 X に固定されている。移動体 X は、ここでは、XY ステージ X_1 、及びこの XY ステージ X_1 が固定された台車 X_2 から構成されている。

【 0 0 2 8 】

基体 4 は、XY ステージ X_1 の上側のテーブル 5 に連結されている。XY ステージ X_1 は、遠隔操作可能であり、水平面内でロボットアーム 2 を移動させることができる。XY ステージ X_1 は、詳細は図示しないが、例えば、Y 軸方向に延びる Y 軸レールに沿って、X 軸方向に延びる X 軸レールが設けられた Y 軸テーブルが移動可能に配置されており、X 軸レールに沿って移動可能な X 軸テーブルが配置されている。この場合、X 軸テーブルが上側のテーブル 5 となる。

10

【 0 0 2 9 】

XY ステージ X_1 は、台車 X_2 上に固定されている。台車 X_2 は、遠隔操作可能であり、ここでは、車輪を用いた車両であるが、無限軌道を用いた走行装置であってもよい。

【 0 0 3 0 】

ロボットアーム 2 は、その基端部に配置された第 1 の 6 軸力センサ F_1 を備えている。第 1 の 6 軸力センサ F_1 は、ロボットアーム 2 と XY ステージ X_1 との相対的な 3 軸（ロール軸、ピッチ軸及びヨー軸）方向の力及び当該 3 軸回りのモーメントに応じた信号を出力するように構成されている。なお、基体 4 に、世界座標系（基準座標系）における XY ステージ X_1 の姿勢に応じた信号を出力するジャイロセンサが配置されていてもよい。

20

【 0 0 3 1 】

ロボットアーム 2 は、その先端部に、第 2 の 6 軸力センサ F_2 と第 1 のジャイロセンサ G_1 とを備えている。第 2 の 6 軸力センサ F_2 は、ロボットアーム 2 とエンドエフェクタ E との相対的な 3 軸（ロール軸、ピッチ軸及びヨー軸）方向の力及び当該 3 軸回りのモーメントに応じた信号を出力するように構成されている。第 1 のジャイロセンサ G_1 は、世界座標系（基準座標系）におけるエンドエフェクタ E の姿勢（水平方向に対する傾斜角度など）に応じた信号を出力するように構成されている。

30

【 0 0 3 2 】

また、台車 X_2 は第 2 のジャイロセンサ G_2 を備えている。第 2 のジャイロセンサ G_2 は、世界座標系における台車 X_2 の姿勢に応じた信号を出力するように構成されている。なお、XY ステージ X_1 は台車 X_2 上に剛に固定されており、XY ステージ X_1 と台車 X_2 との姿勢は同一とみなすことが可能である。

【 0 0 3 3 】

ロボットアーム 2、エンドエフェクタ E、XY ステージ X_1 及び台車 X_2 のうち少なくとも 1 つに、図示していない撮像装置が取り付けられ、当該撮像装置により撮像された画像がロボットアーム 2 から離れた場所に設置されている画像装置に表示される。操作者はこの画像を見ながら遠隔操作装置 10（図 3 参照）を操作することにより、ロボットアーム 2 を構成する各関節機構の関節動作に加えて、XY ステージ X_1 及び台車 X_2 の動作を遠隔制御することができる。

40

【 0 0 3 4 】

（第 1 の 6 軸力センサの配置）

第 1 の 6 軸力センサ F_1 は、第 1 の関節機構 J_1 を介して基体に作用する力及びモーメント（以下、力、モーメント、力及びモーメントの何れかを意味して単に「力」ともいう。）を検出する力検出器であり、基体 4 の基端部（下端部）に相互に離間して配置されている。

【 0 0 3 5 】

50

第1の6軸力センサ F_1 は、3個以上の6軸力センサ F_{1-i} ($i = 1, 2, 3, \dots$) からなり、これら6軸力センサ F_{1-i} は、基体4の基端部の端面4aに形成された開口部4b (図2参照)の周囲に配置されている。この開口部4bは、ロボットアームの駆動及び制御配線、実施形態では各関節機構のアクチュエータ A_i 、エンドエフェクタE、関節角度センサ S_i 等への給電ケーブルや信号線などの配線11 (図2参照)を通すために形成されている。

【0036】

これにより、各6軸力センサ F_{1-i} を中実状のものとしても、これらの6軸力センサ F_{1-i} 同士の間スペースが生じ、配線11を、前記スペース及び開口部4bを通して配設することができる。よって、従来のように配線を通すために中空状の6軸力センサを用いる必要がないので、第1の6軸力センサ F_1 の各6軸力センサ F_{1-i} として中実状の安価なものを用いることができる。

10

【0037】

また、3個以上の6軸力センサ F_{1-i} で力を検出するので、従来のように1個の6軸力センサで力を検出する場合に比べて、各6軸力センサ F_{1-i} を定格容量が小さな安価で小型なものとすることができる。そして、第1の6軸力センサ F_1 を構成する全ての6軸力センサ F_{1-i} を合計しても、従来のような1個の大型の6軸力センサと比較して、安価で軽量化することが可能となる。

【0038】

そして、3個以上の6軸力センサ F_{1-i} は、開口部4bを通り、基体4の端面4aの法線としての軸線回りの回転対称性、及び前記軸線に対して垂直な方向に延びる直線を基準とする鏡映対称性のうち少なくとも一方をもって配置されている。

20

【0039】

3個以上の6軸力センサ F_{1-i} が用いられることにより、3個以上の6軸力センサ F_{1-i} から複数の出力信号が得られるので、これら複数の出力信号が統合されることによりロボットアーム2から基体4に作用する力が求められる。ここで、6軸力センサ F_{1-i} の配置態様が不規則的なものであると、複数の出力信号の統合のための計算方法が比較的複雑なものになってしまい、当該力の検出精度が低下する恐れがある。

【0040】

しかるに、3個以上の6軸力センサ F_{1-i} が前記軸線又は直線を基準とした対称性を有するように、即ち規則的に配置されることにより、複数の出力信号の統合のための計算方法を比較的簡易なものとする分だけ、力の検出精度の向上が図られる。

30

【0041】

本実施形態では、同種の4個の6軸力センサ F_{1-i} ($i = 1, 2, 3, 4$)からなっている。各6軸力センサ F_{1-i} は、基体4の基端部に一体的に設けられた基板4cと、XYステージ X_1 の上側のテーブル5との間に配置されている。基板4cの中央部には円形の開口部4bが形成されており、この開口部4bの中心Oを通るZ軸 (基体4の端面4aの法線としての軸線)回りの回転対称、及び、X軸及びY軸 (Z軸に対して対して垂直方向に延びる直線)を基準とする鏡映対称性を有して、4個の6軸力センサ F_{1-i} が配置されている。なお、第1の関節機構 J_1 の関節中心は、開口中心Oの真上、即ちZ軸上に位置している。

40

【0042】

そして、本実施形態は、2個の6軸力センサ F_{1-1} 、 F_{1-2} の中心がY軸より前側 (開口中心OよりX軸正方向側)に配置され、他の2個の6軸力センサ F_{1-3} 、 F_{1-4} の中心がY軸より後側に配置されている。

【0043】

また、図示しないが、2個の6軸力センサ F_{1-i} の中心をX軸上に位置させ、他の2個の6軸力センサ F_{1-i} の中心をY軸上に位置させてもよい。これらにより、ロボットアーム2から基体4に作用するX軸、Y軸各方向の力を各6軸力センサ F_{1-i} で精度良く検出することができる。ただし、第1の6軸力センサ F_1 を構成する各6軸力センサ F_1

50

F_{1-i} の配置はこれに限定されない。

【 0 0 4 4 】

6 軸力センサ F_{1-i} をこのように配置することにより、6 軸力センサ F_{1-i} が例え 1 個故障しても、X 軸を含めた両側には正常な 6 軸力センサ F_{1-i} が少なくとも 1 個存在するので、左右方向においてロボットアーム 2 から基体 4 に作用する力を良好に検出することができる。

【 0 0 4 5 】

そして、エンドエフェクタ E が前方 (X 軸正方向) に突き出てロボットアーム 2 の重心位置が開口中心 O より前方にずらせて作業させることが多い場合には、第 1 の力検出器 F_1 を構成する各 6 軸力センサ F_{1-i} を、開口中心 O より後側以上に前側に配置されることが好ましい。このように、6 軸力センサ F_{1-i} を配置することにより、エンドエフェクタ E を突き出て重心位置が前方に移動したロボットアーム 2 から基体 4 に作用する力を精度良く検出することができる。

10

【 0 0 4 6 】

また、この場合、前側の 6 軸力センサ F_{1-i} が例え 1 個故障しても、開口中心 O より前側に配置された正常な 6 軸力センサ F_{1-i} が少なくとも 1 個存在するので、重心位置が前側に移動したロボットアーム 2 から基体 4 に作用する力を良好に検出することができる。

【 0 0 4 7 】

さらに、第 1 の 6 軸力センサ F_1 が 3 個の 6 軸力センサ F_{1-i} ($i = 1, 2, 3$) からなる場合には、2 個の 6 軸力センサ F_{1-1}, F_{1-2} の中心を Y 軸より前側に位置させ、他の 1 個の 6 軸力センサ F_{1-3} の中心を Y 軸より後側に位置させて、左右対称に配置することが好ましい。また、第 1 の 6 軸力センサ F_1 が 5 個以上の 6 軸力センサ F_{1-i} ($i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$) からなる場合には、Y 軸より前側に中心を位置させる個数が Y 軸より後側に中心を位置させる個数以上となるようにして、X 軸に対して鏡映対称に配置することが好ましい。

20

【 0 0 4 8 】

さらに、エンドエフェクタ E がバルブ開閉作業を行う場合、開閉各々の作業で基体 4 に左右不均一に力が作用する。ここでは、各 6 軸力センサ F_{1-i} は X 軸に対して左右対称に配置されているので、基体 4 に作用する左右方向の力を何れも同等に検出することができる。

30

【 0 0 4 9 】

(6 軸力センサの出力に基づいた制御)

第 1 の 6 軸力センサ F_1 は基体 4 の基端部に取り付けられ、ロボットアーム 2 と X Y ステージの上側のテーブル 5 との連結部分には第 1 の 6 軸力センサ F_1 のみが介在している。よって、第 1 の 6 軸力センサ F_1 は、基体 4 を含めロボットアーム 2 全体から基体 4 に作用する力を検出することになる。

【 0 0 5 0 】

また、第 1 の 6 軸力センサ F_1 が検出した力は、X Y ステージ X_1 の上側のテーブル 5 に基体 4 から作用する反力でもある。そして、X Y ステージ X_1 及び台車 X_2 の剛性は既知であるので、第 1 の 6 軸力センサ F_1 が検出した力から、X Y ステージ X_1 及び台車 X_2 の変位量を推定し、さらに、基体 4、即ちロボットアーム 2 の基端部の傾きを逆キネマティクスモデルを用いて推定することが可能となる。

40

【 0 0 5 1 】

また、エンドエフェクタ E とリンク部材 3 との間に、エンドエフェクタ E からリンク部材に作用する力を検出する第 2 の 6 軸力センサ F_2 が設けられている。よって、この第 2 の 6 軸力センサ F_2 が実際に検出した力から、エンドエフェクタ E がバルブを開閉するときの反力など、エンドエフェクタ E からロボットアーム 2 に作用する力を逆キネマティクスモデルを用いて推定することができ、推定した作業状態に応じた精度の高い作業を実施することが可能となる。

50

【 0 0 5 2 】

そして、ロボットアーム 2 の自重によって基体 4 に作用する力は、リンク部材 3 の構成が既知であるので、関節角度などからキネマティクスモデルを用いて推測することができる。

【 0 0 5 3 】

そこで、ロボットアーム 2 の自重による力と第 2 の 6 軸力センサ F_2 で実際に検出した力とを統合することによって、ロボットアーム 2 から基体 4 に作用する力をキネマティクスモデルを用いて推測することができ、この力が作用したときの第 1 の 6 軸力センサ F_1 での検出値を推測することができる。

【 0 0 5 4 】

よって、この推測値と第 1 の 6 軸力センサ F_1 で実際に検出した力の検出値との差異を求めることによって、ロボットアーム 2 が障害物などの外部環境に接触したときの反力を逆キネマティクスモデルを用いて推測することができる。

【 0 0 5 5 】

このように、第 2 の 6 軸力センサ F_2 が検出した力を参照することによって、第 1 の 6 軸力センサ F_1 で実際に検出した力などに基づいて、ロボットアーム 2 が外部環境と接触したときの反力を独立して推定することが可能となる。

【 0 0 5 6 】

従って、ロボットアーム 2 に外部から作用する力及びその状況を推定することができるので、ロボットアーム装置 1 が状況に応じた好適な動作を行うように制御させることが可能となる。

【 0 0 5 7 】

例えば、ロボットアーム 2 が外部環境と接触したことを推定したときには、接触を回避するようにロボットアーム 2 を動作させる制御を行うことができ、さらに、これと共に若しくは単独で X Y ステージ X_1 や台車 X_2 を移動させるように制御を行うこともできる。

【 0 0 5 8 】

ロボットアーム装置 1 は、図 3 に示される制御装置 6 を備える。制御装置 6 は、プログラマブルコンピュータにより構成される。制御装置 6 には、遠隔操作装置 10 からエンドエフェクタ E の目標運動軌道が入力される。変数の「軌道」とは、当該変数の時間変化態様を表わす時系列的な変数値を意味する。

【 0 0 5 9 】

制御装置 6 には、そのほか、第 1 の 6 軸力センサ F_1 、第 2 の 6 軸力センサ F_2 、第 1 のジャイロセンサ G_1 及び第 2 のジャイロセンサ G_2 に加えて、各関節機構 J_1 、 J_2 、 I_1 、 I_2 の関節角度センサ S_i から出力される信号が入力される。

【 0 0 6 0 】

制御装置 6 は、当該入力信号に基づき、ロボットアーム 2 の各関節機構 J_1 、 J_2 、 I_1 、 I_2 、X Y ステージ X_1 、及び台車 X_2 の動作制御指令信号を生成し、これらのアクチュエータ A_i に対して当該信号を出力するという制御処理を実行するように構成される。

【 0 0 6 1 】

ここで、制御装置 6 が演算処理を実行するように構成されるとは、制御装置 6 を構成する CPU (中央演算処理) が、必要なソフトウェア及びデータをメモリ (記憶装置) から読み取り、当該ソフトウェアに従って当該演算処理を実行するようにプログラムされていることを意味する。

【 0 0 6 2 】

また、制御装置 6 が、第 1 の 6 軸力センサ F_1 の出力に基づいて、ロボットアーム 2 の重心位置を推定する重心位置推定手段 7 と、重心位置推定手段 7 が推定したロボットアーム 2 の重心位置に基づいて、移動体 X の移動制御を行う移動体制御手段 8 とを備えている。

【 0 0 6 3 】

なお、重心位置推定手段 7 は、ロボットアーム 2 の重心位置を、第 1 の 6 軸力センサ F

10

20

30

40

50

1 からの出力のみに基づいて推定してもよいし、関節角度センサ S_i 、ジャイロセンサ G_1 、 G_2 からの出力などを含めて推定してもよい。また、重心位置推定手段7は、第1の6軸力センサ F_1 を構成する各6軸軸力センサ F_{1-i} からの出力に基づいて求めた力の検出値の平均値から重心位置を推定してもよいが、各6軸力センサ F_{1-i} の配置位置を考慮して重心位置を推定してもよい。

【0064】

重心位置推定手段7が推定したロボットアーム2の重心位置が所定の安定位置からずれている場合には、そのずれが補償されるように移動体制御手段がXYステージ X_1 を制御する。この補償制御のみでは足りない場合には、第1の関節機構 J_1 若しくは台車 X_2 又はこれら双方についても追加的に補償制御を行う。

10

【0065】

例えば、重心位置推定手段7が推定したロボットアーム2の重心位置が台車 X_2 を基準として座標系における所定の領域外にあり、台車 X_2 が転倒するおそれが生じた場合には、ロボットアーム2自体を動作させる他、移動体制御手段8によって、XYステージ X_1 や台車 X_2 を移動させるように補償制御してもよい。これにより、例えば、ロボットアーム2が前方に突出し過ぎて台車 X_2 が前方に転倒しそうになっても、XYステージ X_1 のテーブルを後方に移動させる、又は台車 X_3 を前方に移動させるように制御することによって、台車 X_2 のバランスを取り戻すことが可能となる。

【0066】

また、台車 X_2 に搭載された第2のジャイロセンサ G_2 から台車 X_2 が大きく傾斜していることを検出したとき、台車 X_2 が転倒しないように、ロボットアーム2の重心位置を移動させるように、移動体制御手段8によってXYステージ X_1 を移動させ、これとともにロボットアーム2を動作させるように制御してもよい。これにより、例えば、台車 X_2 が不整地を走行中に右方に側転しそうになっても、ロボットアーム2の重心位置を左方に移動させるようにロボットアーム2やXYステージ X_1 を制御することによって、台車 X_2 のバランスを取り戻すことが可能となる。

20

【0067】

以下、制御装置6による制御の一実施形態について図面を参照して説明する。ただし、制御装置6による制御はこれに限定されない。

【0068】

図4に示されるように、制御装置6は、XYステージ X_1 、第1の関節機構 J_1 、及び台車 X_2 の補償制御を行うための構成として、ロボットアーム2の推定重心位置軌道 gc_act を生成する推定重心位置軌道生成要素31と、第1の関節機構 J_1 及び台車 X_2 それぞれの補償制御を行う場合を規定する補償制御規定要素32及び33と、補償制御規定要素32からの位置による補償量の軌道を第1の関節機構 J_1 の回転角度(ヨー軸回り及びピッチ軸回りの角度)による角度補償軌道 $_comp$ に変換する角度変換要素34とを備える。

30

【0069】

補償制御規定要素32は、リミッタ321と、リミッタ321の出力側に接続された一次遅れ要素322とを備える。補償制御規定要素33は、リミッタ331と、リミッタ331の出力側に接続された一次遅れ要素332とを備える。

40

【0070】

この構成において、制御装置6は、XYステージ X_1 、第1の関節機構 J_1 、及び台車 X_2 の制御に際し、制御装置6に対して入力されたロボットアーム2の目標運動軌道により、ロボットアーム2の目標重心位置の軌道である目標重心位置軌道 gc_cmd と、XYステージ X_1 の目標位置の軌道である目標ステージ位置軌道 sp_cmd と、第1の関節機構 J_1 の目標回転角度の軌道である目標角度軌道 $_cmd$ と、台車 X_2 の目標位置の軌道である台車目標位置軌道 cp_cmd とを定める。

【0071】

目標重心位置軌道 gc_cmd は、台車 X_2 を基準とする所定の基準平面上の位置の軌道とし

50

て表され、ロボットアーム装置 1 の姿勢が最も安定するようなロボットアーム 2 の重心位置の軌道として設定される。この台車 X_2 の基準平面は、台車 X_2 が水平な床の上に位置するときに水平となるような平面である。この平面に沿って、 XY ステージ X_1 が移動する。従って、目標ステージ位置軌道 sp_cmd は、台車 X_2 の基準平面に沿った位置として表される。目標角度軌道 $_cmd$ は、 XY ステージ X_1 又は台車 X_2 を基準とする第 1 の関節機構 J_1 のピッチ及びヨー軸回りの角度として表される。

【 0 0 7 2 】

推定重心位置軌道生成要素 3 1 により、第 1 の 6 軸力センサ F_1 の検出出力軌道 f_act に基づいてロボットアーム 2 の推定重心位置軌道 gc_act を生成する。このとき、例えば、上述したように、第 1 の 6 軸力センサ F_1 として、 XY ステージ X_1 を 4 点で支持する 4 つの 6 軸力センサ F_{1-i} を採用した場合には、各 6 軸力センサ F_{1-i} により検出される力に基づいてロボットアーム 2 の重心位置を算出することができる。

10

【 0 0 7 3 】

この重心位置は、上述の台車 X_2 の基準平面上の位置として算出される。その算出に際しては、第 2 のジャイロセンサ G_2 に基づいて得られる XY ステージ X_1 (台車 X_2) の傾きが考慮される。

【 0 0 7 4 】

目標重心位置軌道 gc_cmd と推定重心位置軌道 gc_act との偏差に基づき、関係式 (1) に従って、ステージ位置補償軌道 sp_comp が生成される。ステージ位置補償軌道 sp_comp は、ロボットアーム 2 の重心位置の安定位置からのずれを、 XY ステージ X_1 の制御により補償するための軌道である。「 Kp 」は比例ゲイン係数であり、「 Kd 」は微分ゲイン係数である。 Kp 及び Kd のうち一方が 0 とされてもよい。

20

【 0 0 7 5 】

$$sp_comp=(Kp+Kds)(gc_cmd-gc_act) \dots(1)。$$

【 0 0 7 6 】

目標ステージ位置軌道 sp_cmd が、ステージ位置補償軌道 sp_comp に基づき、関係式 (2) に従って補正されることにより、補正目標ステージ位置軌道 sp_cmd_mdfd が生成される。

【 0 0 7 7 】

$$sp_cmd_mdfd=sp_cmd+sp_comp \dots(2)。$$

30

【 0 0 7 8 】

この補正目標ステージ位置軌道 sp_cmd_mdfd に従って XY ステージ X_1 が駆動されることにより、ロボットアーム 2 の重心位置が、台車 X_2 上の安定位置である目標重心位置軌道 gc_cmd からずれている場合には、そのずれ量分だけ、 XY ステージ X_1 が、ずれ方向とは反対方向に移動される。これにより、ロボットアーム 2 の重心位置が常に台車 X_2 上の安定位置に位置するように制御されるので、ロボットアーム装置 1 の姿勢が安定する。

【 0 0 7 9 】

XY ステージ X_1 の制御のみでは、ロボットアーム 2 の重心位置の安定位置からのずれが補償できない場合には、さらに、第 1 の関節機構 J_1 のピッチ軸回りの角度及びヨー軸回りの角度と、台車 X_2 の位置が制御される。

40

【 0 0 8 0 】

すなわち、目標重心位置軌道 gc_cmd と推定重心位置軌道 gc_act との偏差がリミッタ 3 2 1 の上限値 $Lmax$ を超え、又は下限値 $Lmin$ を下回る場合には、それぞれ関係式 (3 a) 又は (3 b) に従い、一次遅れ要素 3 2 2 を経て、関節機構補償軌道 j_comp が生成される。当該偏差が上限値 $Lmax$ 以下で下限値 $Lmin$ 以上である場合には、関節機構補償軌道 j_comp の値は 0 (ゼロ) である。

【 0 0 8 1 】

$$j_comp=(gc_cmd-gc_act-Lmax)K1/(T1s+1) \dots(3a)。$$

【 0 0 8 2 】

$$j_comp=(gc_cmd-gc_act-Lmin)K1/(T1s+1) \dots(3b)。$$

50

【 0 0 8 3 】

関節機構補償軌道 j_comp は、後述する台車 X_2 の移動に応じた分だけ、その移動とは逆方向にロボットアーム 2 の重心位置が移動するように、第 1 の関節機構 J_1 の角度を補償するための軌道である。 $T1$ は時定数であり、 $K1$ はゲイン定数である。

【 0 0 8 4 】

関節機構補償軌道 j_comp は、角度変換要素 3 4 を経て、第 1 の関節機構 J_1 のピッチ軸回りの角度及びヨー軸回りの角度で表した補償量の軌道である角度補償軌道 $_comp$ に変換される。この変換は、通常幾何学的計算によって行われる。角度補償軌道 $_comp$ に基づき、目標角度軌道 $_cmd$ が関係式 (4) に従って補正され、補正目標角度軌道 $_cmd_mdfd$ が生成される。

10

【 0 0 8 5 】

$$_cmd_mdfd = _cmd + _comp \dots (4)$$

【 0 0 8 6 】

一方、目標重心位置軌道 gc_cmd と推定重心位置軌道 gc_act との偏差がリミッタ 3 3 1 の上限値 $Lmax$ を超え、又は下限値 $Lmin$ を下回る場合には、それぞれ関係式 (5 a) 又は (5 b) に従い、一次遅れ要素 3 3 2 を経て、台車位置補償軌道 cp_comp が生成される。当該偏差が上限値 $Lmax$ 以下で下限値 $Lmin$ 以上である場合には、台車位置補償軌道 cp_comp の値は 0 (ゼロ) である。

【 0 0 8 7 】

$$cp_comp = (gc_cmd - gc_act - Lmax) K2 / (T2s + 1) \dots (5a)$$

20

【 0 0 8 8 】

$$cp_comp = (gc_cmd - gc_act - Lmin) K2 / (T2s + 1) \dots (5b)$$

【 0 0 8 9 】

台車位置補償軌道 cp_comp は、ロボットアーム 2 の重心位置の安定位置からのずれを、台車 X_2 の制御により、上述の第 1 の関節機構 J_1 の角度補償と協働して補償するための軌道である。 $T2$ は時定数であり、 $K2$ はゲイン定数である。上述の関係式 (3 a) 及び (3 b) における時定数 $T1$ と時定数 $T2$ との大小関係は、 $T1 = T2$ 、 $T1 > T2$ 又は $T1 < T2$ の何れであってもよい。

【 0 0 9 0 】

台車目標位置軌道 cp_cmd が、台車位置補償軌道 cp_comp に基づき、関係式 (6) に従って補正され、補正目標台車位置軌道 cp_cmd_mdfd が生成される。

30

【 0 0 9 1 】

$$cp_cmd_mdfd = cp_cmd - cp_comp \dots (6)$$

【 0 0 9 2 】

そして、補正目標台車位置軌道 cp_cmd_mdfd により台車 X_2 のアクチュエータが駆動され、補正目標角度軌道 $_cmd_mdfd$ により第 1 の関節機構 J_1 のアクチュエータが駆動される。

【 0 0 9 3 】

これにより、台車 X_2 は、ロボットアーム 2 の重心位置の安定位置 (目標重心位置 gc_cmd) からのずれ量に応じた量だけ、そのずれの方向へ移動するように (台車 X_2 が移動中の場合にはそのずれの方向への移動量が増加するように) 補償制御される。また、第 1 の関節機構 J_1 は、そのずれ方向とは反対方向にロボットアーム 2 の重心位置が移動するように、ピッチ軸回りの角度及びヨー軸回りの角度が制御される。これにより、ロボットアーム 2 の重心位置の安定位置からのずれが、より確実に補償される。

40

【 0 0 9 4 】

なお、この重心位置の制御のほか、制御装置 6 は、6 軸力センサ F_1 、 F_2 、ジャイロセンサ G_1 、 G_2 、及び各関節機構 J_1 、 J_2 、 I_1 、 I_2 の関節角度センサ S_i からの出力に基づき、各関節機構 J_1 、 J_2 、 I_1 、 I_2 の各アクチュエータ A_i を制御することにより、たわみ補償や、コンプライアンス補償を行うことができる。

【 0 0 9 5 】

50

なお、本発明は上述した実施形態に限定されない。例えば、上述した実施形態においては、リンク部材 3 は、中間関節機構 I_1 、 I_2 と複数のリンクとから構成されている。しかし、本発明におけるリンク部材 3 の構成はこれに限定されない。例えば、リンク部材は 1 本のリンクからなるものであってもよい。また、リンク部材 3 は、直交座標系型、極座標系型、円筒座標系型、スカラー型等の可動機構を有する部材から構成されていてもよい。

【0096】

また、上述した実施形態においては、移動体 X は XY ステージ X_1 と台車 X_2 から構成されている。しかし、本発明における移動体 X はこれに限定されない。例えば、 XY ステージ X_1 の代わりに、リニアステージや 2 次元直動ステージ等の他の水平移動機構を用いてもよい。台車 X_2 の代わりに、脚を用いた歩行装置、船舶、航空機など周知の移動体を用いてもよい。さらに、移動体 X は、 XY ステージ X_1 やこれに類似するもの、又は、台車 X_2 やこれに類似するものの少なくとも一方を有するものとして構成されてもよい。

10

【0097】

また、上述した実施形態においては、エンドエフェクタ E を治具として用いているが、その代わりに、計測器等のような受動的な機能を有するものとして用いてもよい。

【0098】

また、上述した実施形態においては、力検出器として 6 軸力センサを用いているが、その代わりに、3 分力検出器等の他の力センサを用いるようにしてもよい。

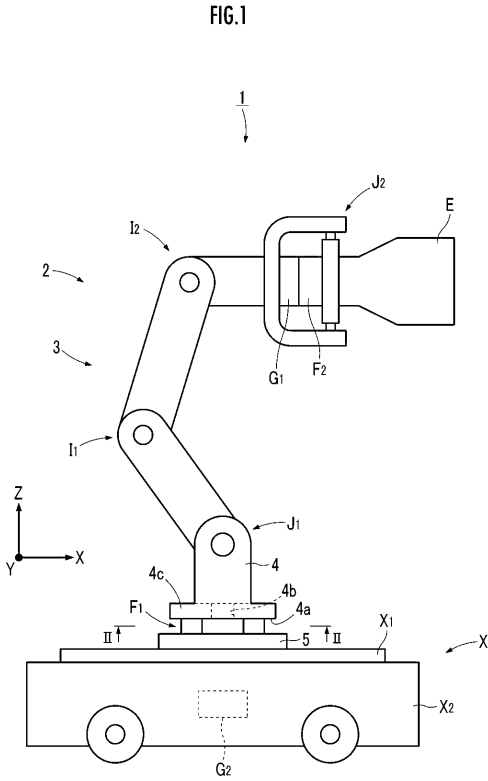
20

【符号の説明】

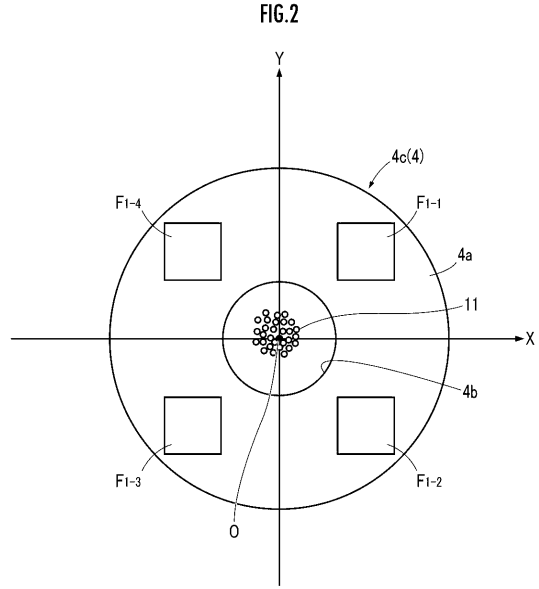
【0099】

1 ... ロボットアーム装置、2 ... ロボットアーム、3 ... リンク部材、4 ... 基体、4 a ... 端面、4 b ... 開口部、4 c ... 基板、5 ... 上側のテーブル、6 ... 制御装置、7 ... 重心位置推定手段、8 ... 移動体制御手段、10 ... 遠隔操作装置、11 ... 配線、 J_1 ... 第 1 の関節機構、 J_2 ... 第 2 の関節機構、 F_1 ... 第 1 の 6 軸力センサ (第 1 の力検出器)、 F_{1-j} ... 6 軸力センサ (力検出器)、 F_2 ... 第 2 の 6 軸力センサ (第 2 の力検出器)、 E ... エンドエフェクタ、 X ... 移動体、 X_1 ... XY ステージ、 X_2 ... 台車。

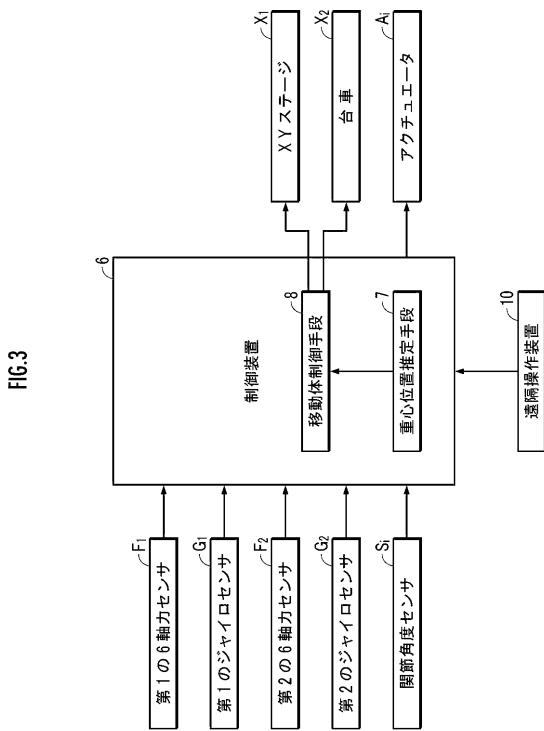
【 図 1 】



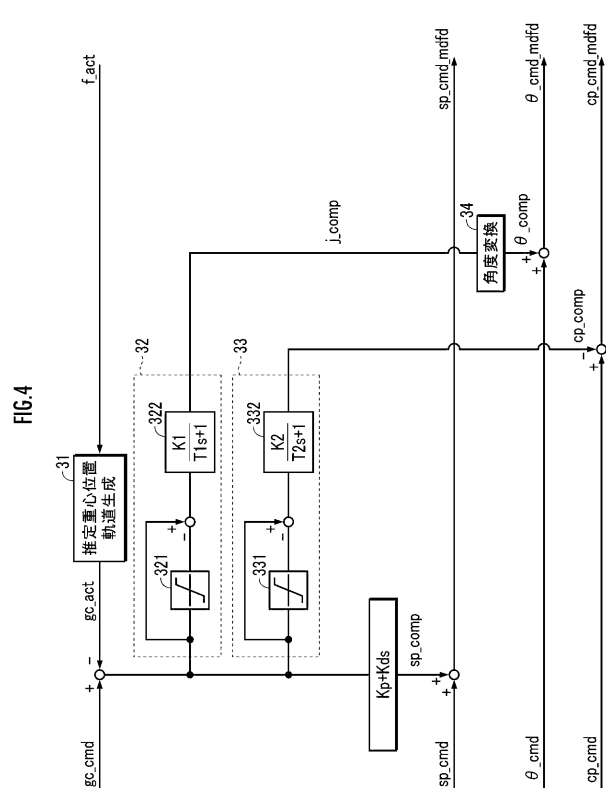
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 宮崎 進

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3C707 CS08 CT02 CY03 KS06 KS20 KS33 KX02 KX06 LV01 MT05

WA16 WK08