

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6332899号
(P6332899)

(45) 発行日 平成30年5月30日(2018.5.30)

(24) 登録日 平成30年5月11日(2018.5.11)

(51) Int.Cl.

B25J 13/00 (2006.01)

F 1

B25J 13/00

Z

請求項の数 9 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2012-191450 (P2012-191450)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成24年8月31日 (2012.8.31)	(74) 代理人	100188547 弁理士 鈴野 幹夫
(65) 公開番号	特開2014-46402 (P2014-46402A)	(74) 代理人	100116665 弁理士 渡辺 和昭
(43) 公開日	平成26年3月17日 (2014.3.17)	(74) 代理人	100164633 弁理士 西田 圭介
審査請求日	平成27年7月6日 (2015.7.6)	(74) 代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
審判番号	不服2016-10924 (P2016-10924/J1)	(72) 発明者	五味 晃宏 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
審判請求日	平成28年7月20日 (2016.7.20)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ロボット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基台と、

前記基台に連結され第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、当該第1アームに連結され、前記第1回転軸の軸方向と異なる軸方向である第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、当該第2アームに連結され、前記第2回転軸の軸方向と平行な軸方向である第3回転軸を軸中心として回動する第3アームと、を含むアーム連結体と、

前記第1アームを駆動する第1駆動源と、

前記第2アームを駆動する第2駆動源と、

前記第3アームを駆動する第3駆動源と、

前記第1アームに設けられ、前記第1回転軸周りの角速度を検出する第1慣性センサーと、

前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの角速度を検出する第2慣性センサーを1つ備え、

前記第1慣性センサーからの出力に基づいた前記第1回転軸周りの振動成分により、前記第1駆動源を制御して、前記アーム連結体の振動を抑制し、

前記第2慣性センサーからの出力に基づいた前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの振動成分により、前記第2駆動源または前記第3駆動源を制御して、前記アーム連結体の振動を抑制する、

ことを特徴とするロボット。

10

20

【請求項 2】

前記第2慣性センサーは、前記第2アームに設けられ、
前記第2慣性センサーからの出力に基づいた前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの振動成分により、前記第2駆動源を制御して、前記アーム連結体の振動を抑制する、
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット。

【請求項 3】

前記第2慣性センサーは、前記第3アームに設けられ、
前記第2慣性センサーからの出力に基づいた前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの振動成分により、前記第2駆動源を制御して、前記アーム連結体の振動を抑制する、
ことを特徴とする請求項1に記載のロボット。

【請求項 4】

前記第2慣性センサーは、前記第3アームに設けられ、
前記第2慣性センサーからの出力に基づいた前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの振動成分により、前記第3駆動源を制御して、前記アーム連結体の振動を抑制する、
ことを特徴とする請求項1または2に記載のロボット。

【請求項 5】

前記第1慣性センサーは、前記第1アームの先端部に設けられている、
ことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 6】

前記第1慣性センサーは、前記第1アームの基端部に設けられている、
ことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 7】

前記第1回転軸は、前記基台の設置面の法線と一致する、
ことを特徴とする請求項1ないし6のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 8】

前記第1慣性センサーは、ジャイロセンサーである、
ことを特徴とする請求項1ないし7のいずれか一項に記載のロボット。

【請求項 9】

前記第1駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーを備え、
前記第1慣性センサーからの出力と前記第1角度センサーからの出力とに基づいた前記第1回転軸周りの振動成分により、前記第1駆動源を制御して、前記第1アームの振動を抑制する、
ことを特徴とする請求項1ないし8のいずれか一項に記載のロボット。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ロボットに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、基台（ベース）と、複数のアームリンク部とを備えるロボットが知られている（例えば、特許文献1参照）。各アームリンク部は、関節部を介して、その基端側のアームリンク部に対して回動自在に連結され、最も基台側のアームリンク部は、関節部を介して、その基台に対して回動自在に連結されている。

このようなロボットでは、基台とアームリンク部とを連結する関節部や、アームリンク部とアームリンク部とを連結する関節部は、そのバネ要素の影響により基台やアームリンク部に比べて剛性が低くなっている。このため、アームリンク部の回動やアームリンク部に加わる外乱等によってアームリンク部に振動が生じ易いという問題がある。

【0003】

そこで、特許文献1に記載のロボットでは、そのロボットの最も先端側のアームリンク

10

20

30

40

50

部の先端部に加速度センサーを設置し、その加速度センサーにより検出された加速度に基づいて、最も先端側のアームリンク部の先端部に生じた振動を抑制するように各関節部のモーターへの指令値を補償する各関節部の補償成分を算出するとともに、算出された各関節部の補償成分を対応する各関節部の指令値から減算する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開平10-100085号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかしながら、前記特許文献1に記載のロボットでは、下記の課題があることを見出した。

最も先端側のアームリンク部の先端部に加速度センサーを設置しているので、その加速度センサーが検出する加速度を各関節部のものに換算して補正することとなる。このときヤコビ変換と呼ばれる座標軸変換を行う必要があり、多数の \sin 、 \cos の積を係数に持つ行列演算が必要になるため演算量が膨大になる。しかも、刻一刻と変化する各関節部のモーターの回転角度に合わせて係数を計算する必要があるので、常にこの膨大な演算を実行する必要がある。これにより、応答速度が遅くなるという欠点がある。

【0006】

20

また、計算精度が低下すると正確な加速度や速度をフィードバックできないので、振動抑制能力が低下したり、制御性能が損なわれることがあり、このため、高速な演算器が必要になる等、制御システムの設計の制約を受ける。

また、前記座標軸変換の計算において、特異点と呼ばれる座標軸変換解がない領域（計算できない領域）があり、その領域では振動抑制能力が低下したり、かえって振動を拡大してしまうことがある。

本発明の目的は、使用するセンサーの数を少なくしても、容易かつ確実に、振動を抑制することができるロボットを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

30

このような目的は、下記の本発明により達成される。

(適用例1)

本発明のロボットは、基台と、

前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、

前記第1アームに連結され、前記第1回転軸とは異なる方向の第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回動する第3アームと、

前記第1アームを第1角速度指令で回動させる第1駆動源と、

前記第1アームに設置され、前記第1アームの前記第1回転軸の角速度または加速度を検出する第1慣性センサーと、

40

前記第1駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、

前記第2アームを第2角速度指令で回動させる第2駆動源と、

前記第2駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、

前記第3アームを回動させる第3駆動源と、

前記第3アームに設置され、前記第3アームの前記第2回転軸の角速度または加速度を検出する第2a慣性センサーと、

前記第3駆動源の回転角度を検出する第3角度センサーと、

前記第1慣性センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A_1 と、前記第1角度センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A_{1m} と、から導かれる第1補正成分をフィードバックして前記第1駆動源を制御する第1駆動

50

源制御手段と、

前記第2a慣性センサーから得られる前記第3アームの前記第2回転軸の角速度A3と、前記第2角度センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度A2mと、前記第3角度センサーから得られる前記第3アームの前記第3回転軸の角速度A3mと、から導かれる第2補正成分をフィードバックして前記第2駆動源を制御する第2駆動源制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0008】

本発明では、使用するセンサーの数を少なくしても、容易かつ確実に、ロボットの振動を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転軸の方向の角速度を検出する1つの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバックを行う。すなわち、第2a慣性センサーが検出する角速度によって第2駆動源の制御をフィードバックする。

【0009】

これによって、膨大な演算が不要となり、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行う場合に比べ、慣性センサーの数を少なくすることができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

【0010】

そして、特に、第2駆動源制御手段では、前記角速度A3と前記角速度A2mと前記角速度A3mとから導かれる第2補正成分をフィードバックして制御する。すなわち、第2アームを回動させる第2駆動源に対して、第2アームよりも大きな振動が生じる先端側の第3アームに設置されている第2a慣性センサーの検出結果を用いて振動を抑える制御を行うので、振動を抑制する効果を高めることができる。また、第3アームよりも基端側の第2アームを回動させる第2駆動源の作動を制御することにより、振動を抑制する効果を高めることができる。

【0011】

(適用例2)

本発明のロボットでは、前記角速度A1から前記角速度A1mを減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第1補正成分により前記第1角速度指令をフィードバックする前記第1駆動源制御手段と、

前記角速度A3から前記角速度A2mおよび前記角速度A3mを減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第2補正成分により前記第2角速度指令をフィードバックする前記第2駆動源制御手段と、を備えることが好ましい。

異なる方向の回転軸である第1駆動源制御手段と第2駆動源制御手段に対して、それぞれに適したフィードバックゲインを乗算した補正成分により角速度指令を補正するフィードバック制御をするので、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0012】

(適用例3)

本発明のロボットは、基台と、

前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、

前記第1アームに連結され、前記第1回転軸とは異なる方向の第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回動する第3アームと、

前記第1アームを第1角速度指令で回動させる第1駆動源と、

前記第1アームに設置され、前記第1アームの前記第1回転軸の角速度または加速度を検出する第1慣性センサーと、

前記第1駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、

前記第2アームを回動させる第2駆動源と、

10

20

30

40

50

前記第2駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、
 前記第3アームを第3角速度指令で回動させる第3駆動源と、
 前記第3アームに設置され、前記第3アームの前記第2回転軸の角速度または加速度を検出する第2a慣性センサーと、

前記第3駆動源の回転角度を検出する第3角度センサーと、
 前記第1慣性センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A1と
 、前記第1角度センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A1m
 と、から導かれる第1補正成分をフィードバックして前記第1駆動源を制御する第1駆動
 源制御手段と、

前記第2a慣性センサーから得られる前記第3アームの前記第2回転軸の角速度 A3 10
 と、前記第2角度センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度 A2
 mと、前記第3角度センサーから得られる前記第3アームの前記第3回転軸の角速度 A
 3mと、から導かれる第3補正成分をフィードバックして前記第3駆動源を制御する第3
 駆動源制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0013】

本発明では、使用するセンサーの数を少なくしても、容易かつ確実に、ロボットの振動
 を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転
 軸の方向の角速度を検出する1つの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバック
 を行う。すなわち、第2a慣性センサーが検出する角速度によって第3駆動源の制御を
 フィードバックする。

【0014】

これによって、膨大な演算が不要となり、ロボットの制御における応答速度を速くする
 ことができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御
 を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行
 う場合に比べ、慣性センサーの数を少なくすることができ、コストを低減することができ
 、また、回路構成を簡素化することができる。

【0015】

そして、特に、第3駆動源制御手段は、角速度 A3と角速度 A2mと角速度 A3
 mとから導かれる第3補正成分をフィードバックして制御する。すなわち、第3アームを 30
 回動させる第3駆動源に対して、第2アームよりも大きな振動が生じる先端側の第3アーム
 に設置されている第2a慣性センサーの検出結果を用いて振動を抑える制御を行うので
 、振動を抑制する効果を高めることができる。

【0016】

(適用例4)

本発明のロボットでは、前記角速度 A1から前記角速度 A1mを減算した値に対して
 フィードバックゲインを乗算した前記第1補正成分により前記第1角速度指令をフィー
 ドバックする前記第1駆動源制御手段と、

前記角速度 A3から前記角速度 A2mおよび前記角速度 A3mを減算した値に対して
 フィードバックゲインを乗算した前記第3補正成分により前記第3角速度指令をフィー
 ドバックする前記第3駆動源制御手段と、を備えることが好ましい。

異なる方向の回転軸である第1駆動源制御手段と第3駆動源制御手段に対して、それ
 ぞれに適したフィードバックゲインを乗算した補正成分により角速度指令を補正するフィー
 ドバック制御をすることで、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0017】

(適用例5)

本発明のロボットは、基台と、
 前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、
 前記第1アームに連結され、前記第1回転軸とは異なる方向の第2回転軸を軸中心と
 して回動する第2アームと、前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回 50

動する第3アームと、

前記第1アームを第1角速度指令で回動させる第1駆動源と、

前記第1アームに設置され、前記第1アームの前記第1回転軸の角速度または加速度を検出する第1慣性センサーと、

前記第1駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、

前記第2アームを第2角速度指令で回動させる第2駆動源と、

前記第2アームに設置され、前記第2アームの前記第2回転軸の角速度または加速度を検出する第2b慣性センサーと、

前記第2駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、

前記第3アームを回動させる第3駆動源と、

前記第1慣性センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A_1 と、前記第1角度センサーの検出結果から得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 $A_1 m$ と、から導かれる第1補正成分をフィードバックして前記第1駆動源を制御する第1駆動源制御手段と、

前記第2b慣性センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度 A_2 と、前記第2角度センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度 $A_2 m$ と、から導かれる第2補正成分をフィードバックして前記第2駆動源を制御する第2駆動源制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0018】

本発明では、使用するセンサーの数を少なくしても、容易かつ確実に、ロボットの振動を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転軸の方向の角速度を検出する1つの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバックを行う。すなわち、第2b慣性センサーが検出する角速度によって第2駆動源の振動制御をフィードバックする。

【0019】

これによって、膨大な演算が不要となり、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行う場合に比べ、慣性センサーの数を少なくすることができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

また、第3アームよりも基端側の第2アームを回動させる第2駆動源の作動を制御することにより、振動を抑制する効果を高めることができる。

【0020】

(適用例6)

本発明のロボットでは、前記角速度 A_1 から前記角速度 $A_1 m$ を減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第1補正成分により前記第1角速度指令をフィードバックする前記第1駆動源制御手段と、

前記角速度 A_2 から前記角速度 $A_2 m$ を減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第2補正成分により前記第2角速度指令をフィードバックする前記第2駆動源制御手段と、を備えることが好ましい。

異なる方向の回転軸である第1駆動源制御手段と第2駆動源制御手段に対して、それぞれに適したフィードバックゲインを乗算した補正成分により角速度指令を補正するフィードバック制御をするので、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0021】

(適用例7)

本発明のロボットは、基台と、

前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、

前記第1アームに連結され、前記第1回転軸とは異なる方向の第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回

10

20

30

40

50

動する第3アームと、

前記第1アームを第1角速度指令で回動させる第1駆動源と、

前記第1アームに設置され、前記第1アームの前記第1回転軸の角速度または加速度を検出する第1慣性センサーと、

前記第1駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、

前記第2アームを回動させる第2駆動源と、

前記第2駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、

前記第2アームに設置され、前記第2アームの前記第2回転軸の角速度または加速度を検出する第2b慣性センサーと、

前記第3アームを第3角速度指令で回動させる第3駆動源と、

前記第3駆動源の回転角度を検出する第3角度センサーと、

前記第1慣性センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A1と、前記第1角度センサーから得られる前記第1アームの前記第1回転軸の角速度 A1mと、から導かれる第1補正成分をフィードバックして前記第1の駆動源を制御する第1駆動源制御手段と、

前記第2b慣性センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度 A2と、前記第2角度センサーから得られる前記第2アームの前記第2回転軸の角速度 A2mと、前記第3角度センサーから得られる前記第3アームの前記第3回転軸の角速度 A3mと、から導かれる第3補正成分をフィードバックして前記第3駆動源を制御する第3駆動源制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0022】

本発明では、使用するセンサーの数を少なくしても、容易かつ確実に、ロボットの振動を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転軸の方向の角速度を検出する1つの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバックをおこなう。すなわち、第2b慣性センサーが検出する角速度によって第3駆動源の制御をフィードバックする。

【0023】

これによって、膨大な演算が不要であり、これにより、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行う場合に比べ、慣性センサーの数を少なくすることができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

【0024】

(適用例8)

本発明のロボットでは、前記角速度 A1から前記角速度 A1mを減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第1補正成分により前記第1角速度指令をフィードバックする前記第1駆動源制御手段と、

前記角速度 A2から前記角速度 A2mおよび前記角速度 A3mを減算した値に対してフィードバックゲインを乗算した前記第3補正成分により前記第3角速度指令をフィードバックする前記第3駆動源制御手段と、を備えることが好ましい。

異なる方向の回転軸である第1駆動源制御手段と第3駆動源制御手段に対して、それぞれに適したフィードバックゲインを乗算した補正成分により角速度指令を補正するフィードバック制御をするので、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0025】

(適用例9)

本発明のロボットでは、前記第1慣性センサーを設置した前記第1アームと、

前記第2a慣性センサーを設置した前記第3アームと、

慣性センサーを未設置とした前記第2アームと、を備えることが好ましい。

慣性センサーの数を少なくすることができるので、装置コストを低減できる。また、第

10

20

30

40

50

2 アームを軽量化できる。

【0026】

(適用例10)

本発明のロボットでは、前記第1慣性センサーを設置した前記第1アームと、前記第2b慣性センサーを設置した前記第2アームと、慣性センサーを未設置とした前記第3アームと、を備えることが好ましい。慣性センサーの数を少なくすることができるので、装置コストを低減できる。また、第3アームを軽量化できる。

【0027】

(適用例11)

本発明のロボットでは、前記第1慣性センサーは、前記第1アームの先端部に設置され、前記第2a慣性センサーは、前記第3アームの先端部に設置されていることが好ましい。
これにより、第1慣性センサーは、第1アームの振動が最大の部位において第1アームの角速度または加速度を検出し、第2a慣性センサーは、第3アームの振動が最大の部位において第3アームの角速度または加速度を検出するので、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0028】

(適用例12)

本発明のロボットでは、前記第1慣性センサーは、前記第1アームの先端部に設置され、前記第2b慣性センサーは、前記第2アームの先端部に設置されていることが好ましい。
これにより、第1慣性センサーは、第1アームの振動が最大の部位において第1アームの角速度または加速度を検出し、第2b慣性センサーは、第2アームの振動が最大の部位において第2アームの角速度または加速度を検出するので、より確実にロボットの振動を抑制することができる。

【0029】

(適用例13)

本発明のロボットでは、前記第1回転軸は、前記基台の設置面の法線と一致することが好ましい。

これにより、ロボットの制御を容易に行うことができる。

(適用例14)

本発明のロボットは、基台と、前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、前記第1回転軸と異なる方向の第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回動する第3アームと、前記第1アームの角速度を検出する第1慣性センサーと、前記第1アームの駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、前記第2アームの駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、前記第3アームの角速度を検出する第2a慣性センサーと、前記第3アームの駆動源の回転角度を検出する第3角度センサーと、

前記第1角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第1慣性センサーから検出される角速度とをフィードバックして制御する前記第1アームの駆動源の制御手段と、

前記第2角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第3角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第2a慣性センサーから検出される角速度とをフィードバックして制御する前記第2アームの駆動源の制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0030】

本発明では、使用するセンサーの数を最少としつつも、容易かつ確実に、ロボットの振

10

20

30

40

50

動を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転軸の方向の角速度を検出するひとつの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバックを行う。すなわち、第2a慣性センサーが検出する角速度によって第2駆動源の制御をフィードバックする。

【0031】

これによって、膨大な演算が不要となり、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行う場合に比べ、慣性センサーの数を最少とすることことができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

10

【0032】

そして、第2アームを回動させる第2駆動源に対して、第2アームよりも大きな振動が生じる先端側の第3アームに設置されている第2a慣性センサーの検出結果を用いて振動を抑える制御を行うので、振動を抑制する効果を高めることができる。また、第3アームよりも基端側の第2アームを回動させる第2駆動源の作動を制御することにより、振動を抑制する効果を高めることができる。

【0033】

(適用例15)

本発明のロボットは、基台と、

20

前記基台に連結され、第1回転軸を軸中心として回動する第1アームと、

前記第1回転軸と異なる方向の第2回転軸を軸中心として回動する第2アームと、

前記第2回転軸とは平行な方向の第3回転軸を軸中心として回動する第3アームと、

前記第1アームの角速度を検出する第1慣性センサーと、

前記第2アームの駆動源の回転角度を検出する第1角度センサーと、

前記第3アームの駆動源の回転角度を検出する第2角度センサーと、

前記第3アームの角速度を検出する第2a慣性センサーと、

前記第3アームの駆動源の回転角度を検出する第3角度センサーと、

前記第1角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第1慣性センサーから検出される角速度とをフィードバックして制御する前記第1アームの駆動源の制御手段と、

30

前記第2角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第3角度センサーの検出結果から導かれる角速度と前記第2a慣性センサーから検出される角速度とをフィードバックして制御する前記第3アームの駆動源の制御手段と、を備えることを特徴とする。

【0034】

本発明では、使用的センサーの数を最少としつつ、容易かつ確実に、ロボットの振動を抑制することができる。第2回転軸の方向と第3回転軸の方向とを平行にし、この回転軸の方向の角速度を検出するひとつの慣性センサーによって、駆動源の制御のフィードバックを行う。すなわち、第2a慣性センサーが検出する角速度によって第3駆動源の制御をフィードバックする。

【0035】

40

これによって、膨大な演算が不要となり、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。

また、各アームに慣性センサーを設置して各アームに対してその振動を抑える制御を行う場合に比べ、慣性センサーの数を削減することができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

そして、特に、第3アームを回動させる第3駆動源に対して、第2アームよりも大きな振動が生じる先端側の第3アームに設置されている第2a慣性センサーの検出結果を用いて振動を抑える制御を行うので、振動を抑制する効果を高めることができる。

【0036】

50

(適用例 16)

本発明のロボットは、複数の異なる回転軸を有し、前記異なる回転軸毎に対応して一つの慣性センサーと一つの角度センサーとが設けられ、前記角度センサーおよび前記慣性センサーから得られる角速度を当該角度センサーおよび当該慣性センサーに対応する回転軸毎にフィードバック制御することを特徴とする。

これにより、3次元空間を自在に作業できる多関節ロボットでありながら、容易かつ確実に、駆動による振動を抑制するロボットを提供することができる。

【0037】

本発明のロボットでは、複数の異なる回転軸を有し、前記異なる回転軸毎に対応して一つの慣性センサーと一つの角度センサーとが設けられ、前記角度センサーおよび前記慣性センサーから得られる角速度を当該角度センサーおよび当該慣性センサーに対応する回転軸毎にフィードバック制御するので、慣性センサーからの情報は少なくともひとつの座標軸の情報のみでよい。従って、例えばヤコビ変換等の座標軸変換が不要であり、簡便な演算で制御部へフィードバックできる。10

【0038】

すなわち、膨大な情報に基づいて制御部へフィードバックする為の演算が不要であり、これにより、ロボットの制御における応答速度を速くすることができる。また、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボットの制御を行うことができ、振動を抑制することができる。なお、異なる回転軸毎に対応して一つの慣性センサーと一つの角度センサーとが設けられ、とは平行な回転軸が複数ある場合ではその中の一つの回転軸を選択して、この一つの回転軸と異なる回転軸から一つの回転軸を選択し、それぞれに一つの慣性センサーと一つの角度センサーとが設けられてもよい。20

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】本発明のロボットの第1実施形態を正面側から見た斜視図である。

【図2】図1に示すロボットを背面側から見た斜視図である。

【図3】図1に示すロボットの概略図である。

【図4】図1に示すロボットの概略図である。

【図5】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図6】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。30

【図7】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図8】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図9】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図10】図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図11】本発明のロボットの第2実施形態の主要部を示すブロック図である。

【図12】本発明のロボットの第3実施形態を示す概略図である。

【図13】図12に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図14】本発明のロボットの第3実施形態の主要部を示すブロック図である。

【図15】本発明のロボットの第6実施形態の主要部を示すブロック図である。

【図16】本発明のロボットの他の構成例を示す正面図である。40

【発明を実施するための形態】

【0040】

以下、本発明のロボット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は、本発明のロボットの第1実施形態を正面側から見た斜視図である。図2は、図1に示すロボットを背面側から見た斜視図である。図3および図4は、それぞれ、図1に示すロボットの概略図である。図5は、図1に示すロボットの主要部のブロック図である。図6～図10は、それぞれ、図1に示すロボットの主要部のブロック図である。

【0041】

なお、以下では、説明の都合上、図1～図4、図6中の上側を「上」または「上方」、50

下側を「下」または「下方」と言う。また、図1～図4中の基台側を「基端」、その反対側を「先端」と言う。また、図4では、回転軸O2、O3は、それぞれ、誇張して図示されている。また、図4では、慣性センサー31、32aは、それぞれ、その存在を明確にするため、アーム12、14の外部に図示されている。

【0042】

図1～図4に示すロボット(産業用ロボット)1は、例えば腕時計のような精密機器等を製造する製造工程で用いることができ、ロボット本体10と、ロボット本体10の作動を制御する制御装置(制御手段)20(図5参照)とを有している。ロボット本体10と、制御装置20とは、電気的に接続されている。また、制御装置20は、例えば、CPU(Central Processing Unit)が内蔵されたパーソナルコンピューター(PC)等で構成することができる。なお、制御装置20については、後で詳述する。
10

【0043】

ロボット本体10は、基台11と、4本のアーム(リンク)12、13、14、15と、リスト(リンク)16と、6つの駆動源401、402、403、404、405、406とを備えている。このロボット本体10は、基台11と、アーム12、13、14、15と、リスト16とが基端側から先端側に向ってこの順に連結された垂直多関節(6軸)ロボット(ロボット本体)である。垂直多関節ロボットでは、基台11と、アーム12～15と、リスト16とを総称して「アーム」と言うこともでき、アーム12を「第1アーム」、アーム13を「第2アーム」、アーム14を「第3アーム」、アーム15を「第4アーム」、リスト16を「第5アーム、第6アーム」と分けて言うことができる。なお、リスト16は、第5アームと、第6アームとを有していてもよい。リスト16にはエンドエフェクタ等を取り付けることができる。
20

【0044】

図3および図4に示すように、アーム12～15、リスト16は、それぞれ、基台11に対し独立して変位可能に支持されている。このアーム12～15、リスト16の長さは、それぞれ、特に限定されないが、図示の構成では、アーム12～14の長さが、他のアーム15およびリスト16よりも長く設定されている。なお、例えば、第3アーム14の長さを第1アーム12および第2アーム13の長さよりも短くしてもよい。

【0045】

基台11と第1アーム12とは、関節(ジョイント)171を介して連結されている。そして、第1アーム12は、基台11に対し、鉛直方向と平行な第1回転軸O1を回転中心とし、その第1回転軸O1回りに回動自在となっている。第1回転軸O1は、基台11の設置面である床101の上面の法線と一致している。この第1回転軸O1回りの回動は、第1駆動源401の駆動によりなされる。また、第1駆動源401はモーター401Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター401Mは電気的に接続されたモータードライバー301を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第1駆動源401はモーター401Mとともに設けた減速機(図示せず)によってモーター401Mからの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。
30

【0046】

第1アーム12と第2アーム13とは、関節(ジョイント)172を介して連結されている。そして、第2アーム13は、第1アーム12に対し、水平方向と平行な第2回転軸O2を軸中心として回動自在となっている。第2回転軸O2は、第1回転軸O1と直交している。この第2回転軸O2回りの回動は、第2駆動源402の駆動によりなされる。また、第2駆動源402はモーター402Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター402Mは電気的に接続されたモータードライバー302を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第2駆動源402はモーター402Mの他に設けた減速機(図示せず)によってモーター402Mからの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。
40

【0047】

第2アーム13と第3アーム14とは、関節(ジョイント)173を介して連結されて
50

いる。そして、第3アーム14は、第2アーム13に対して水平方向と平行な回転軸O3を回転中心とし、その第3回転軸O3回りに回動可能となっている。第3回転軸O3は、第2回転軸O2と平行である。この第3回転軸O3回りの回動は、第3駆動源403の駆動によりなされる。また、第3駆動源403は、モーター403Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター403Mは電気的に接続されたモータードライバー303を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第3駆動源403はモーター403Mの他に減速機(図示せず)も設けてモーター403Mからの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。

【0048】

第3アーム14と第4アーム15とは、関節(ジョイント)174を介して連結されている。そして、第4アーム15は、第3アーム14(基台11)に対し、第3アーム14の中心軸方向と平行な第4回転軸O4を回転中心とし、その第4回転軸O4回りに回動自在となっている。第4回転軸O4は、第3回転軸O3と直交している。この第4回転軸O4回りの回動は、第4駆動源404の駆動によりなされる。また、第4駆動源404は、モーター404Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター404Mは電気的に接続されたモータードライバー304を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第4駆動源404はモーター404Mとともに設けた減速機(図示せず)によってモーター404Mからの駆動を伝達されてもよく、また、減速機が省略されていてもよい。なお、第4回転軸O4は、第3回転軸O3に直交する軸と平行であってもよい。

【0049】

第4アーム15とリスト16とは、関節(ジョイント)175を介して連結されている。そして、リスト16は、第4アーム15に対して水平方向(y軸方向)と平行な第5回転軸O5を回転中心とし、その第5回転軸O5回りに回動自在となっている。第5回転軸O5は、第4回転軸O4と直交している。この第5回転軸O5回りの回動は、第5駆動源405の駆動によりなされる。また、第5駆動源405は、モーター405Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター405Mは電気的に接続されたモータードライバー305を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第5駆動源405はモーター405Mとともに設けた減速機(図示せず)によってモーター405Mからの駆動を伝達されてもよく、また、減速機が省略されていてもよい。また、リスト16は、関節(ジョイント)176を介して、第5回転軸O5と垂直な第6回転軸O6を回転中心とし、その第6回転軸O6回りにも回動自在となっている。回転軸O6は、回転軸O5と直交している。この第6回転軸O6回りの回動は、第6駆動源406の駆動によりなされる。また、第6駆動源406の駆動は、モーター406Mとケーブル(図示せず)によって駆動され、このモーター406Mは電気的に接続されたモータードライバー306を介して制御装置20により制御される(図5参照)。第6駆動源406はモーター406Mの他に減速機(図示せず)も設けてモーター406Mからの駆動を伝達されても良く、また、減速機が省略されていてもよい。なお、第5回転軸O5は、第4回転軸O4に直交する軸と平行であってもよく、また、第6回転軸O6は、第5回転軸O5に直交する軸と平行であってもよい。

【0050】

また、第1アーム12には、第1慣性センサー31が設置されている。この第1慣性センサー31により第1アーム12の第1回転軸O1の回りの角速度を検出する。第1アーム12における第1慣性センサー31の設置位置は、特に限定されないが、第1アーム12の先端部が好ましい。本実施形態では、第1慣性センサー31は、第1アーム12の内部の先端部に設置されている。第1アーム12の振動は、その先端部において最大になるので、これにより、より確実にロボット1の振動を抑制することができる。なお、第1慣性センサー31が、第1アーム12の基端部に設置されていてもよいことは、言うまでもない。

【0051】

また、第3アーム14には、第2a慣性センサー32aが設置されている。この第2a

10

20

30

40

50

慣性センサー 32a により第3アーム 14 の第2回転軸 O2 の回りの角速度を検出する。第3アーム 14 における第2a 慣性センサー 32a の設置位置は、特に限定されないが、第3アーム 14 の先端部が好ましい。本実施形態では、第2a 慣性センサー 32a は、第3アーム 14 の内部の先端部に設置されている。第3アーム 14 の振動は、その先端部において最大になるので、これにより、より確実にロボット 1 の振動を抑制することができる。なお、第2a 慣性センサー 32a が、第3アーム 14 の基端部に設置されていてもよいことは、言うまでもない。

また、第1慣性センサー 31、第2a 慣性センサー 32a としては、それぞれ、特に限定されず、本実施形態では、例えば、ジャイロセンサー、加速度センサー等を用いることができる。

10

【0052】

ここで、このロボット 1 では、アーム 12、13 および 14 の振動を抑制することにより、ロボット 1 全体の振動を抑制する。但し、アーム 12、13 および 14 の振動を抑制するために、アーム 12、13 および 14 のすべてに慣性センサーを設置するのではなく、前記のようにアーム 12、14 のみに第1慣性センサー 31、第2a 慣性センサー 32a を設置し、その第1慣性センサー 31、第2a 慣性センサー 32a 検出結果に基づいて駆動源 401、402 の作動を制御する。これにより、アーム 12、13 および 14 のすべてに慣性センサーを設置する場合に比べ、慣性センサーの数を削減することができ、コストを低減することができ、また、回路構成を簡素化することができる。

【0053】

20

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

【0054】

30

図 5 に示すように、ロボット本体 10 は、制御装置 20 と電気的に接続されている。すなわち、駆動源 401～406、角度センサー 411～416、慣性センサー 31、32a は、それぞれ、制御装置 20 と電気的に接続されている。

そして、制御装置 20 は、アーム 12～15、リスト 16 をそれぞれ独立して作動させることができる、すなわち、モータードライバー 301～306 を介して、駆動源 401～406 をそれぞれ独立して制御することができる。この場合、制御装置 20 は、角度センサー 411～416、第1慣性センサー 31、第2a 慣性センサー 32a により検出を行い、その検出結果に基づいて、駆動源 401～406 の駆動、例えば、角速度や回転角度等をそれぞれ制御する。この制御プログラムは、制御装置 20 に内蔵された記録媒体に予め記憶されている。

40

【0055】

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

【0056】

基台 11 は、中空の基台本体（ハウジング）112 を有している。基台本体 112 は、円筒状をなす円筒状部 113 と、当該円筒状部 113 の外周部に一体的に形成された、箱状をなす箱状部 114 とに分けることができる。そして、このような基台本体 112 には

50

、例えば、モーター401Mやモータードライバー301～306が収納されている。

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

10

【0057】

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

20

【0058】

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

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

【0059】

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

30

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

【0060】

第4アーム15の先端部（基台11と反対側の端部）には、リスト16が連結されている。このリスト16には、その先端部（第4アーム15と反対側の端部）に、例えば、腕時計等のような精密機器を把持するマニピュレーター（図示せず）が着脱自在に装着される。なお、マニピュレーターとしては、特に限定されず、例えば、複数本の指部（フィンガー）を有する構成のものが挙げられる。そして、このロボット1は、マニピュレーターで精密機器を把持したまま、アーム12～15やリスト16等の動作を制御することにより、当該精密機器を搬送することができる。

40

【0061】

リスト16は、円筒状をなすリスト本体（第6アーム）161と、リスト本体161と別体で構成され、当該リスト本体161の基端部に設けられ、リング状をなす支持リング（第5アーム）162とを有している。

リスト本体161の先端面163は、平坦な面となっており、マニピュレーターが装着される装着面となる。また、リスト本体161は、関節176を介して、第4アーム15

50

の駆動機構 3 d に連結されており、当該駆動機構 3 d のモーター 406M の駆動により、回転軸 O 6 回りに回動する。

支持リング 162 は、関節 175 を介して、第 4 アーム 15 の駆動機構 3 d に連結されており、当該駆動機構 3 d のモーター 405M の駆動により、リスト本体 161 ごと回転軸 O 5 回りに回動する。

【0062】

次に、図 5、図 6～図 10 を参照し、制御装置 20 の構成について説明する。

図 5、図 6～図 10 に示すように、制御装置 20 は、第 1 駆動源 401 の作動を制御する第 1 駆動源制御部（第 1 駆動源制御手段）（第 1 角速度指令）201 と、第 2 駆動源 402 の作動を制御する第 2 駆動源制御部（第 2 駆動源制御手段）（第 2 角速度指令）202 と、第 3 駆動源 403 の作動を制御する第 3 駆動源制御部（第 3 駆動源制御手段）（第 3 角速度指令）203 と、第 4 駆動源 404 の作動を制御する第 4 駆動源制御部（第 4 駆動源制御手段）（第 4 角速度指令）204 と、第 5 駆動源 405 の作動を制御する第 5 駆動源制御部（第 5 駆動源制御手段）（第 5 角速度指令）205 と、第 6 駆動源 406 の作動を制御する第 6 駆動源制御部（第 6 駆動源制御手段）（第 6 角速度指令）206 と、を有している。
10

【0063】

図 6 に示すように、第 1 駆動源制御部 201 は、減算器 511 と、位置制御部 521 と、減算器 531 と、角速度制御部 541 と、回転角度算出部 551 と、角速度算出部 561 と、減算器 571 と、変換部 581 と、補正值算出部 591 と、加算器 601 とを有している。
20

図 7 に示すように、第 2 駆動源制御部 202 は、減算器 512 と、位置制御部 522 と、減算器 532 と、角速度制御部 542 と、回転角度算出部 552 と、角速度算出部 562 と、加減算器 622 と、変換部 582 と、補正值算出部 592 と、加算器 602 とを有している。

【0064】

図 7 に示すように、第 3 駆動源制御部 203 は、減算器 513 と、位置制御部 523 と、減算器 533 と、角速度制御部 543 と、回転角度算出部 553 と、角速度算出部 563 とを有している。

図 8 に示すように、第 4 駆動源制御部 204 は、減算器 514 と、位置制御部 524 と、減算器 534 と、角速度制御部 544 と、回転角度算出部 554 と、角速度算出部 564 とを有している。
30

【0065】

図 9 に示すように、第 5 駆動源制御部 205 は、減算器 515 と、位置制御部 525 と、減算器 535 と、角速度制御部 545 と、回転角度算出部 555 と、角速度算出部 565 とを有している。

図 10 に示すように、第 6 駆動源制御部 206 は、減算器 516 と、位置制御部 526 と、減算器 536 と、角速度制御部 546 と、回転角度算出部 556 と、角速度算出部 566 とを有している。
40

【0066】

ここで、制御装置 20 は、ロボット 1 が行う処理の内容に基づいてリスト 16 の目標位置を演算し、その目標位置にリスト 16 を移動させるための軌道を生成する。そして、制御装置 20 は、その生成した軌道に沿ってリスト 16 が移動するように、各駆動源 401～406 の回転角度を所定の制御周期ごとに測定し、この測定結果に基づいて演算した値をそれぞれ各駆動源 401～406 の位置指令 P c として駆動源制御部 201～206 に出力する（図 6～図 10 参照）。なお、前記および以下では、「値が入力、出力」等と表記しているが、これは、「その値に対応する信号が入力、出力」の意味である。

【0067】

図 6 に示すように、第 1 駆動源制御部 201 には、第 1 駆動源 401 の位置指令 P c の他、第 1 角度センサー 411、第 1 慣性センサー 31 からそれぞれ検出信号が入力される
50

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

【0068】

すなわち、第1駆動源制御部201の減算器511には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部551から後述する位置フィードバック値 P_{fb} が入力される。回転角度算出部551では、第1角度センサー411から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第1駆動源401の回転角度が位置フィードバック値 P_{fb} として減算器511に出力される。減算器511は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第1駆動源401の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部521に出力する。
10

【0069】

位置制御部521は、減算器511から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第1駆動源401の角速度の目標値を演算する。位置制御部521は、その第1駆動源401の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第1角速度指令） c として減算器531に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

【0070】

減算器531には、角速度指令 c が入力され、また、後述する角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器531は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第1駆動源401の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部541に出力する。

角速度制御部541は、減算器531から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第1駆動源401の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー301を介してモーター401Mに供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P/I制御がなされるが、これに限定されるものではない。

このようにして、位置フィードバック値 P_{fb} が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第1駆動源401の駆動電流が制御される。
30

【0071】

次に、第1駆動源制御部201における角速度フィードバック値 f_b について説明する。

角速度算出部561では、第1角度センサー411から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第1駆動源401の角速度 m_1 が算出され、その角速度 m_1 は、加算器601に出力される。

【0072】

また、角速度算出部561では、第1角度センサー411から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第1アーム12の回転軸O1の回りの角速度 A_{1m} が算出され、その角速度 A_{1m} は、減算器571に出力される。なお、角速度 A_{1m} は、角速度 m_1 を、第1駆動源401のモーター401Mと第1アーム12との間、すなわち、関節171における減速比で除算した値である。
40

【0073】

また、第1慣性センサー31により、第1アーム12の回転軸O1の回りの角速度が検出される。そして、その第1慣性センサー31の検出信号、すなわち、第1慣性センサー31により検出された第1アーム12の回転軸O1の回りの角速度 A_1 は、減算器571に出力される。

減算器571には、角速度 A_1 および角速度 A_{1m} が入力され、減算器571は、

10

20

30

40

50

この角速度 A_{1s} を減算した値 $A_{1s} (= A_1 - A_{1m})$ を変換部 581 に出力する。この値 A_{1s} は、第1アーム12の回転軸O1の回りの角速度の振動成分（振動角速度）に相当する。以下、 A_{1s} を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 A_{1s} （詳細には、振動角速度 A_{1s} に基づいて生成した値であるモーター401Mにおける角速度 m_{1s} ）が後述するゲイン K_a 倍されて駆動源401の入力側に戻るフィードバック制御を行う。具体的には、振動角速度 A_{1s} が可及的に0になるように、駆動源401に対してフィードバック制御がなされる。これにより、ロボット1の振動を抑制することができる。なお、このフィードバック制御では、駆動源401の角速度が制御される。

【0074】

10

変換部581は、振動角速度 A_{1s} を第1駆動源401における角速度 m_{1s} に変換し、その角速度 m_{1s} を補正值算出部591に出力する。この変換は、振動角速度 A_{1s} に、第1駆動源401のモーター401Mと第1アーム12との間、すなわち、関節171における減速比を乗算することで得ることができる。

補正值算出部591は、角速度 m_{1s} に予め定められた係数であるゲイン（フィードバックゲイン） K_a を乗算し、補正值（第1補正成分） $K_a \cdot m_{1s}$ を求め、その補正值 $K_a \cdot m_{1s}$ を加算器601に出力する。

加算器601には、角速度 m_{1s} が入力され、また、補正值 $K_a \cdot m_{1s}$ が入力される。加算器601は、角速度 m_{1s} と補正值 $K_a \cdot m_{1s}$ の加算値を角速度フィードバック値 f_b として減算器531に出力する。なお、以降の動作は、前述した通りである。

20

【0075】

図7に示すように、第2駆動源制御部202には、第2駆動源402の位置指令 P_c の他、第2角度センサー412、第2a慣性センサー32aからそれぞれ検出信号が入力される。また、第2駆動源制御部202には、第3駆動源制御部203から第3アーム14の回転軸O3の回りの角速度 A_{3m} が入力される。第2駆動源制御部202は、第2角度センサー412の検出信号から算出される第2駆動源402の回転角度（位置フィードバック値 $P_f b$ ）が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第2駆動源402を駆動する。

30

【0076】

すなわち、第2駆動源制御部202の減算器512には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部552から後述する位置フィードバック値 $P_f b$ が入力される。回転角度算出部552では、第2角度センサー412から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第2駆動源402の回転角度が位置フィードバック値 $P_f b$ として減算器512に出力される。減算器512は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 $P_f b$ との偏差（第2駆動源402の回転角度の目標値から位置フィードバック値 $P_f b$ を減算した値）を位置制御部522に出力する。

【0077】

40

位置制御部522は、減算器512から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第2駆動源402の角速度の目標値を演算する。位置制御部522は、その第2駆動源402の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第2角速度指令） c として減算器532に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

【0078】

減算器532には、角速度指令 c が入力され、また、後述する角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器532は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第2駆動源402の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部542に出力する。

50

角速度制御部 542 は、減算器 532 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第 2 駆動源 402 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー 302 を介してモーター 402M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。

【0079】

このようにして、位置フィードバック値 $P_f b$ が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第 2 駆動源 402 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 O2 は、回転軸 O1 に対して直交しているので、第 1 アーム 12 の動作や振動の影響を受けず、第 1 駆動源 401 に対して独立して第 2 駆動源 402 の作動を制御することができる。
10

【0080】

次に、第 2 駆動源制御部 202 における角速度フィードバック値 f_b について説明する。

角速度算出部 569 では、第 2 角度センサー 412 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第 2 駆動源 402 の角速度 m_2 が算出され、その角速度 m_2 は、加算器 602 に出力される。

【0081】

また、角速度算出部 562 では、第 2 角度センサー 412 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第 2 アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度 A_{2m} が算出され、その角速度 A_{2m} は、加減算器 622 に出力される。なお、角速度 A_{2m} は、角速度 m_2 を、第 2 駆動源 402 のモーター 402M と第 2 アーム 13との間、すなわち、関節 172 における減速比で除算した値である。
20

【0082】

また、第 2 a 慣性センサー 32a により、第 3 アーム 14 の回転軸 O2 の回りの角速度が検出される。そして、その第 2 a 慣性センサー 32a の検出信号、すなわち、第 2 a 慣性センサー 32a により検出された第 3 アーム 14 の回転軸 O2 の回りの角速度 A_3 は、加減算器 622 に出力される。なお、回転軸 O2、O3 は、回転軸 O1 に対して直交しているので、第 1 アーム 12 の動作や振動の影響を受けずに、容易かつ確実に、第 3 アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度を求めることができる。
30

【0083】

また、後述する第 3 駆動源制御部 203 の角速度算出部 563 からは、第 3 アーム 14 の回転軸 O3 の回りの角速度 A_{3m} が加減算器 622 に出力される。

加減算器 622 には、角速度 A_3 、角速度 A_{2m} および角速度 A_{3m} が入力され、加減算器 622 は、角速度 A_3 から角速度 A_{2m} および角速度 A_{3m} を減算した値 A_{2s} ($= A_3 - A_{2m} - A_{3m}$) を変換部 582 に出力する。この値 A_{2s} は、第 2 アーム 13 と第 3 アーム 14 の回転軸 O2 の回りの合計の角速度の振動成分（振動角速度）に相当する。以下、 A_{2s} を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 A_{2s} (詳細には、振動角速度 A_{2s} に基づいて生成した値であるモーター 402M における角速度 m_{2s}) が後述するゲイン K_a 倍されて第 2 駆動源 402 の入力側に戻るフィードバック制御を行う。具体的には、振動角速度 A_{2s} が可及的に 0 になるように、第 2 駆動源 402 に対してフィードバック制御がなされる。これにより、ロボット 1 の振動を抑制することができる。なお、このフィードバック制御では、第 2 駆動源 402 の角速度が制御される。
40

【0084】

変換部 582 は、振動角速度 A_{2s} を第 2 駆動源 402 における角速度 m_{2s} に変換し、その角速度 m_{2s} を補正值算出部 592 に出力する。この変換は、振動角速度 A_{2s} に、第 2 駆動源 402 のモーター 402M と第 2 アーム 13 との間、すなわち、関節 172 における減速比を乗算することで得ることができる。
50

補正値算出部 592 は、角速度 $m_2 s$ に予め定められた係数であるゲイン(フィードバックゲイン) K_a を乗算し、補正値(第2補正成分) $K_a \cdot m_2 s$ を求め、その補正値 $K_a \cdot m_2 s$ を加算器 602 に出力する。なお、この第2駆動源制御部 202 におけるゲイン K_a と、第1駆動源制御部 201 におけるゲイン K_a とは、同一でもよく、また、異なっていてもよい。

加算器 602 には、角速度 m_2 が入力され、また、補正値 $K_a \cdot m_2 s$ が入力される。加算器 602 は、角速度 m_2 と補正値 $K_a \cdot m_2 s$ との加算値を角速度フィードバック値 f_b として減算器 532 に出力する。なお、以降の動作は、前述した通りである。

【0085】

10

図7に示すように、第3駆動源制御部 203 には、第3駆動源 403 の位置指令 P_c の他、第3角度センサー 413 から検出信号が入力される。第3駆動源制御部 203 は、第3角度センサー 413 の検出信号から算出される第3駆動源 403 の回転角度(位置フィードバック値 $P_f b$)が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第3駆動源 403 を駆動する。

【0086】

すなわち、第3駆動源制御部 203 の減算器 513 には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部 553 から後述する位置フィードバック値 $P_f b$ が入力される。回転角度算出部 553 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第3駆動源 403 の回転角度が位置フィードバック値 $P_f b$ として減算器 513 に出力される。減算器 513 は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 $P_f b$ との偏差(第3駆動源 403 の回転角度の目標値から位置フィードバック値 $P_f b$ を減算した値)を位置制御部 523 に出力する。

20

【0087】

位置制御部 523 は、減算器 513 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 523 は、その第3駆動源 403 の角速度の目標値(指令値)を示す信号を角速度指令 c として減算器 533 に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御(P制御)がなされるが、これに限定されるものではない。

30

【0088】

また、角速度算出部 563 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3駆動源 403 の角速度が算出され、その角速度が角速度フィードバック値 f_b として減算器 533 に出力される。

減算器 533 には、角速度指令 c が入力され、また、角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器 533 は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差(第3駆動源 403 の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値)を角速度制御部 543 に出力する。

【0089】

40

角速度制御部 543 は、減算器 533 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の駆動信号(駆動電流)を生成し、モータードライバー 303 を介してモーター 403M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。

【0090】

このようにして、位置フィードバック値 $P_f b$ が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第3駆動源 403 の駆動電流が制御される。

なお、駆動源制御部 204 ~ 206 については、それぞれ、前記第3駆動源制御部 20

50

3と同様であるので、その説明は省略する。

以上説明したように、このロボット1によれば、容易かつ確実に、ロボット1の振動を抑制することができる。

【0091】

まず、ロボット1の制御において、膨大な演算が不要であり、これにより、ロボット1の制御における応答速度を速くすることができ、また、制御装置20の構成を簡素化することができる。

また、ロボット1の制御において、特異点の存在する演算が不要であるので、確実に、ロボット1の制御を行うことができ、これにより、確実に振動を抑制することができる。

【0092】

また、第2アーム13を駆動する第2駆動源402に対して、第2アーム13よりも大きな振動が生じる先端側の第3アーム14に設置されている第2a慣性センサー32aの検出結果を用いて、振動を抑える制御を行うので、ロボット1の振動を抑制する効果を高めることができる。また、第3アーム14よりも基端側の第2アーム13を回動させる第2駆動源402の作動を制御することにより、ロボット1の振動を抑制する効果を高めることができる。

【0093】

また、第1アーム12と第3アーム14にそれぞれ慣性センサー31、32aを設置するとともに、第1アーム12の回動の第1回転軸O1と、第2アーム13の回動の第2回転軸O2および第3アーム14の回動の第3回転軸O3とを互いに直交させたので、第1アーム12と第3アーム14の角速度が互いに混在しない単純な回転成分として検出できる。よってこれらを用いた演算による制御を行うので、より容易に、精度良く、確実に、ロボット1の振動を抑制することができる。

【0094】

加えて、第1アーム12の回動の第1回転軸O1と、第2アーム13の回動の第2回転軸O2および第3アーム14の回動の第3回転軸O3とを互いに直交させたので、第1アーム12と第3アーム14の角速度が互いに混在しない単純な回転成分として検出でき、これらの混在無き回転成分にそれぞれ、フィードバックゲインを乗算するので、それが高い精度で補正できる。

【0095】

<第2実施形態>

図11は、本発明のロボットの第2実施形態の主要部を示すブロック図である。

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

図11に示すように、第2実施形態のロボット1では、制御装置20の第2駆動源制御部202、第3駆動源制御部203がそれぞれ第1実施形態と異なっている。すなわち、このロボット1では、第1慣性センサー31、第2a慣性センサー32aの検出結果に基づいて第1駆動源401、第3駆動源403の作動を制御する。以下、第2駆動源制御部202、第3駆動源制御部203について説明する。

【0096】

図11に示すように、第2駆動源制御部202は、減算器517と、位置制御部527と、減算器537と、角速度制御部547と、回転角度算出部557と、角速度算出部567とを有している。

また、第3駆動源制御部203は、減算器518と、位置制御部528と、減算器538と、角速度制御部548と、回転角度算出部558と、角速度算出部568と、加減算器618と、変換部588と、補正值算出部598と、加算器608とを有している。

【0097】

図11に示すように、第2駆動源制御部202には、第2駆動源402の位置指令Pcの他、第2角度センサー412から検出信号が入力される。第2駆動源制御部202は、第2角度センサー412の検出信号から算出される第2駆動源402の回転角度（位置フ

10

20

30

40

50

イードバック値 P_{fb}) が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第 2 駆動源 402 を駆動する。

【0098】

すなわち、第 2 駆動源制御部 202 の減算器 517 には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部 557 から後述する位置フィードバック値 P_{fb} が入力される。回転角度算出部 557 では、第 2 角度センサー 413 から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第 2 駆動源 402 の回転角度が位置フィードバック値 P_{fb} として減算器 517 に出力される。減算器 517 は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第 2 駆動源 402 の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部 527 に出力する。10

【0099】

位置制御部 527 は、減算器 517 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第 2 駆動源 402 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 527 は、その第 2 駆動源 402 の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令 c として減算器 537 に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P 制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

【0100】

また、角速度算出部 567 では、第 2 角度センサー 412 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第 2 駆動源 402 の角速度が算出され、その角速度が角速度フィードバック値 f_b として減算器 537 に出力される。20

減算器 537 には、角速度指令 c が入力され、また、角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器 537 は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第 2 駆動源 402 の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部 543 に出力する。

【0101】

角速度制御部 547 は、減算器 537 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第 2 駆動源 402 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー 302 を介してモーター 402M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。30

このようにして、位置フィードバック値 P_{fb} が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第 2 駆動源 402 の駆動電流が制御される。

【0102】

第 3 駆動源制御部 203 には、第 3 駆動源 403 の位置指令 P_c の他、第 3 角度センサー 413、第 2 a 慣性センサー 32a からそれぞれ検出信号が入力される。第 3 駆動源制御部 203 は、第 3 角度センサー 413 の検出信号から算出される第 3 駆動源 403 の回転角度（位置フィードバック値 P_{fb} ）が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第 3 駆動源 403 を駆動する。40

【0103】

すなわち、第 3 駆動源制御部 203 の減算器 518 には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部 558 から後述する位置フィードバック値 P_{fb} が入力される。回転角度算出部 558 では、第 3 角度センサー 413 から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第 3 駆動源 403 の回転角度が位置フィードバック値 P_{fb} として減算器 518 に出力される。減算器 518 は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第 3 駆動源 403 の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部 528 に出力する。50

【0104】

位置制御部 528 は、減算器 518 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 528 は、その第3駆動源 403 の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第3角速度指令） c として減算器 538 に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P 制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

【0105】

減算器 538 には、角速度指令 c が入力され、また、後述する角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器 538 は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第3駆動源 403 の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部 548 に出力する。10

角速度制御部 548 は、減算器 538 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー 303 を介して第3駆動源 403 のモーター 403M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。

【0106】

このようにして、位置フィードバック値 $P f_b$ が位置指令 $P c$ と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第3駆動源 403 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 O3 は、回転軸 O1 に対して直交しているので、第1アーム 12 の動作や振動の影響を受けず、第1駆動源 401 に対して独立して第3駆動源 403 の作動を制御することができる。20

【0107】

次に、第3駆動源制御部 203 における角速度フィードバック値 f_b について説明する。

角速度算出部 568 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3駆動源 403 の角速度 m_3 が算出され、その角速度 m_3 は、加算器 608 に出力される。30

【0108】

また、角速度算出部 568 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3アーム 14 の回転軸 O3 の回りの角速度 A_{3m} が算出され、その角速度 A_{3m} は、加減算器 618 に出力される。なお、角速度 A_{3m} は、角速度 m_3 を、第3駆動源 403 のモーター 403M と第3アーム 14 との間、すなわち、関節 173 における減速比で除算した値である。

【0109】

また、第2a慣性センサー 32a により、第3アーム 14 の回転軸 O2 の回りの角速度が検出される。そして、その第2a慣性センサー 32a の検出信号、すなわち、第2a慣性センサー 32a により検出された第3アーム 14 の回転軸 O2 の回りの角速度 A_3 は、加減算器 618 に出力される。なお、回転軸 O2、O3 は、それぞれ、回転軸 O1 に対して直交しているので、第1アーム 12 の動作や振動の影響を受けずに、容易かつ確実に、第3アーム 14 の回転軸 O2 の回りの角速度を求めることができる。40

【0110】

加減算器 618 には、角速度 A_3 、角速度 A_{2m} および角速度 A_{3m} が入力され、加減算器 618 は、角速度 A_3 から角速度 A_{2m} および角速度 A_{3m} を減算した値 A_{3s} ($= A_3 - A_{2m} - A_{3m}$) を変換部 588 に出力する。この値 A_{3s} は、アーム 13 とアーム 14 の回転軸 O2 の回りの合計の角速度の振動成分（振動角速度）。以下、 A_{3s} を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 A_{3s} (50

詳細には、振動角速度 A_{3s} に基づいて生成した値であるモーター 403M における角速度 m_{3s} が後述するゲイン K_a 倍されて第3駆動源 403 の入力側に戻るフィードバック制御を行う。具体的には、振動角速度 A_{3s} が可及的に 0 になるように、第3駆動源 403 に対してフィードバック制御がなされる。これにより、ロボット 1 の振動を抑制することができる。なお、このフィードバック制御では、第3駆動源 403 の角速度が制御される。

【0111】

変換部 588 は、振動角速度 A_{3s} を第3駆動源 403 における角速度 m_{3s} に変換し、その角速度 m_{3s} を補正值算出部 598 に出力する。この変換は、振動角速度 A_{3s} に、第3駆動源 403 のモーター 403M と第3アーム 14との間、すなわち、関節 173 における減速比を乗算することで得ることができる。10

【0112】

補正值算出部 598 は、角速度 m_{3s} に予め定められた係数であるゲイン（フィードバックゲイン） K_a を乗算し、補正值（第3補正成分） $K_a \cdot m_{3s}$ を求め、その補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ を加算器 608 に出力する。なお、この第3駆動源制御部 203 におけるゲイン K_a と、第1駆動源制御部 201 におけるゲイン K_a とは、同一でもよく、また、異なっていてもよい。

【0113】

加算器 608 には、角速度 m_{3s} が入力され、また、補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ が入力される。加算器 608 は、角速度 m_{3s} と補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ との加算値を角速度フィードバック値 f_b として減算器 538 に出力する。なお、以降の動作は、第1実施形態と同様である。20

このロボット 1 によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。」」」

【0114】

<第3実施形態>

図 12 は、本発明のロボットの第2実施形態を示す概略図である。図 13 および図 14 は、それぞれ、図 12 に示すロボットの主要部のブロック図である。

なお、以下では、説明の都合上、図 12 中の上側を「上」または「上方」、下側を「下」または「下方」と言う。また、図 12 中の基台側を「基端」、その反対側を「先端」と言う。また、図 12 では、回転軸 O2、O3 は、それぞれ、誇張して図示されている。また、図 12 では、慣性センサー 31、32b は、それぞれ、その存在を明確にするため、アーム 12、13 の外部に図示されている。30

【0115】

以下、第3実施形態について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

図 12 に示すように、第3実施形態のロボット 1 では、第3アーム 14 に代えて、第2アーム 13 に、第2b 慣性センサー 32b が設置されている。この第2b 慣性センサー 32b により第2アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度を検出する。第2アーム 13 における第2b 慣性センサー 32b の設置位置は、特に限定されないが、第2アーム 13 の先端部が好ましい。本実施形態では、第2b 慣性センサー 32b は、第2アーム 13 の内部の先端部に設置されている。第2アーム 13 の振動は、その先端部において最大になるので、これにより、より確実にロボット 1 の振動を抑制することができる。なお、第2b 慣性センサー 32b が、第2アーム 13 の基端部に設置されていてもよいことは、言うまでもない。40

【0116】

また、第2b 慣性センサー 32b としては、特に限定されず、本実施形態では、例えば、ジャイロセンサー等を用いることができる。

図 13、図 14 に示すように、このロボット 1 では、制御装置 20 の第2駆動源制御部 202、第3駆動源制御部 203 がそれぞれ第1実施形態と異なっている。すなわち、このロボット 1 では、第1慣性センサー 31、第2b 慣性センサー 32b の検出結果に基づ50

いて第1駆動源401、第2駆動源402の作動を制御する。以下、第2駆動源制御部202、第3駆動源制御部203について説明する。

【0117】

図13に示すように、第2駆動源制御部202は、減算器519と、位置制御部529と、減算器539と、角速度制御部549と、回転角度算出部559と、角速度算出部569と、減算器579と、変換部589と、補正值算出部599と、加算器609とを有している。

図14に示すように、第3駆動源制御部203は、減算器5110と、位置制御部5210と、減算器5310と、角速度制御部5410と、回転角度算出部5510と、角速度算出部5610とを有している。

10

【0118】

図13に示すように、第2駆動源制御部202には、第2駆動源402の位置指令 P_c の他、第2角度センサー412、第2b慣性センサー32bからそれぞれ検出信号が入力される。第2駆動源制御部202は、第2角度センサー412の検出信号から算出される第2駆動源の回転角度（位置フィードバック値 P_{fb} ）が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第1駆動源402を駆動する。

【0119】

すなわち、第1駆動源制御部201の減算器511には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部551から後述する位置フィードバック値 P_{fb} が入力される。回転角度算出部551では、第1角度センサー411から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第1駆動源401の回転角度が位置フィードバック値 P_{fb} として減算器511に出力される。減算器511は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第1駆動源401の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部521に出力する。

20

【0120】

位置制御部529は、減算器519から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第2駆動源402の角速度の目標値を演算する。位置制御部529は、その第2駆動源402の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第2角速度指令） c として減算器539に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

30

【0121】

減算器539には、角速度指令 c が入力され、また、後述する角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器539は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第2駆動源402の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部549に出力する。

【0122】

角速度制御部549は、減算器539から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第2駆動源402の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー302を介してモーター402Mに供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I制御がなされるが、これに限定されるものではない。

40

【0123】

このようにして、位置フィードバック値 P_{fb} が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第2駆動源402の駆動電流が制御される。なお、回転軸O2は、回転軸O1に対して直交しているので、第1アーム12の動作や振動の影響を受けず、第1駆動源401に対して独立して第2駆動源の作動を制御することができる。

【0124】

50

次に、第2駆動源制御部202における角速度フィードバック値 f_b について説明する。

角速度算出部569では、第2角度センサー412から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第2駆動源402の角速度 m_1 が算出され、その角速度 m_2 は、加算器609に出力される。

【0125】

また、角速度算出部569では、第2角度センサー412から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第2アーム13の回転軸O2の回りの角速度 A_{2m} が算出され、その角速度 A_{2m} は、減算器579に出力される。なお、角速度 A_{2m} は、角速度 m_2 を、第2駆動源402のモーター402Mと第2アーム13との間、すなわち、関節172における減速比で除算した値である。
10

【0126】

また、第2b慣性センサー32bにより、第2アーム13の回転軸O2の回りの角速度が検出される。そして、その第2b慣性センサー32bの検出信号、すなわち、第2b慣性センサー32bにより検出された第2アーム13の回転軸O2の回りの角速度 A_2 は、減算器579に出力される。なお、回転軸O2は、回転軸O1に対して直交しているので、第1アーム12の動作や振動の影響を受けずに、容易かつ確実に、第2アーム13の回転軸O2の回りの角速度を求めることができる。

【0127】

減算器579には、角速度 A_2 および角速度 A_{2m} が入力され、減算器579は、この角速度 A_2 から角速度 A_{2m} を減算した値 A_{2s} ($= A_2 - A_{2m}$) を変換部589に出力する。この値 A_{2s} は、第2アーム13の回転軸O2の回りの角速度の振動成分(振動角速度)に相当する。以下、 A_{2s} を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 A_{2s} (詳細には、振動角速度 A_{2s} に基づいて生成した値であるモーター402Mにおける角速度 m_{2s})が後述するゲイン K_a 倍されて駆動源402の入力側に戻るフィードバック制御を行う。具体的には、振動角速度 A_{2s} が可及的に0になるように、駆動源402に対してフィードバック制御がなされる。これにより、ロボット1の振動を抑制することができる。なお、このフィードバック制御では、駆動源402の角速度が制御される。
20

【0128】

変換部581は、振動角速度 A_{1s} を第1駆動源401における角速度 m_{1s} に変換し、その角速度 m_{1s} を補正值算出部591に出力する。この変換は、振動角速度 A_{1s} に、第1駆動源401のモーター401Mと第1アーム12との間、すなわち、関節171における減速比を乗算することで得ることができる。
30

補正值算出部599は、角速度 m_{2s} に予め定められた係数であるゲイン(フィードバックゲイン) K_a を乗算し、補正值(第2補正成分) $K_a \cdot m_{2s}$ を求め、その補正值 $K_a \cdot m_{2s}$ を加算器609に出力する。

加算器609には、角速度 m_2 が入力され、また、補正值 $K_a \cdot m_{2s}$ が入力される。加算器609は、角速度 m_2 と補正值 $K_a \cdot m_{2s}$ との加算値を角速度フィードバック値 f_b として減算器539に出力する。なお、以降の動作は、第1実施形態と同様である。
40

【0129】

図14に示すように、第3駆動源制御部203には、第3駆動源403の位置指令 P_c の他、第3角度センサー413から検出信号が入力される。第3駆動源制御部203は、第3角度センサー413の検出信号から算出される第3駆動源403の回転角度(位置フィードバック値 P_{fb})が位置指令 P_c になり、かつ、後述する角速度フィードバック値 f_b が後述する角速度指令 c になるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第3駆動源403を駆動する。

【0130】

すなわち、第3駆動源制御部203の減算器5110には、位置指令 P_c が入力され、

50

また、回転角度算出部 5510 から後述する位置フィードバック値 P_{fb} が入力される。回転角度算出部 5510 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第3駆動源 403 の回転角度が位置フィードバック値 P_{fb} として減算器 5110 に出力される。減算器 5110 は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第3駆動源 403 の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部 5210 に出力する。

【0131】

位置制御部 5210 は、減算器 5110 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 5210 は、その第3駆動源 403 の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令 c として減算器 5310 に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。10

【0132】

また、角速度算出部 5610 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3駆動源 403 の角速度が算出され、その角速度が角速度フィードバック値 f_b として減算器 5310 に出力される。

減算器 5310 には、角速度指令 c が入力され、また、角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器 5310 は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第3駆動源 403 の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部 5410 に出力する。20

【0133】

角速度制御部 5410 は、減算器 5310 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー 303 を介してモーター 403M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。

このようにして、位置フィードバック値 P_{fb} が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第3駆動源 403 の駆動電流が制御される。30

このロボット 1 によれば、前述した第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0134】

<第4実施形態>

図15は、本発明のロボットの第4実施形態の主要部を示すブロック図である。

以下、第4実施形態について、前述した第3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。

図15に示すように、第4実施形態のロボット1では、制御装置 20 の第2駆動源制御部 202、第3駆動源制御部 203 がそれぞれ第3実施形態と異なっている。すなわち、このロボット1では、第1慣性センサー 31、第2b慣性センサー 32b の検出結果に基づいて第1駆動源 401、第3駆動源 403 の作動を制御する。以下、第2駆動源制御部 202、第3駆動源制御部 203 について説明する。40

【0135】

図15に示すように、第2駆動源制御部 202 は、減算器 5111 と、位置制御部 5211 と、減算器 5311 と、角速度制御部 5411 と、回転角度算出部 5511 と、角速度算出部 5611 とを有している。

また、第3駆動源制御部 202 は、減算器 5112 と、位置制御部 5212 と、減算器 5312 と、角速度制御部 5412 と、回転角度算出部 5512 と、角速度算出部 5612 と、減算器 5712 と、変換部 5812 と、補正值算出部 5912 と、加算器 6012 とを有している。

【0136】

図15に示すように、第2駆動源制御部202には、第2駆動源402の位置指令Pcの他、第2角度センサー412から検出信号が入力される。第2駆動源制御部202は、第2角度センサー412の検出信号から算出される第2駆動源402の回転角度（位置フィードバック値Pfb）が位置指令Pcになり、かつ、後述する角速度フィードバック値fbが後述する角速度指令cになるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第2駆動源402を駆動する。

【0137】

すなわち、第2駆動源制御部202の減算器5111には、位置指令Pcが入力され、また、回転角度算出部5511から後述する位置フィードバック値Pfbが入力される。回転角度算出部5511では、第2角度センサー412から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第2駆動源402の回転角度が位置フィードバック値Pfbとして減算器5111に出力される。減算器5111は、これら位置指令Pcと位置フィードバック値Pfbとの偏差（第2駆動源402の回転角度の目標値から位置フィードバック値Pfbを減算した値）を位置制御部5211に出力する。

10

【0138】

位置制御部5211は、減算器5111から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第2駆動源402の角速度の目標値を演算する。位置制御部5211は、その第2駆動源402の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令cとして減算器5311に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。

20

【0139】

また、角速度算出部5611では、第2角度センサー412から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第2駆動源402の角速度が算出され、その角速度が角速度フィードバック値fbとして減算器5311に出力される。

減算器5311には、角速度指令cが入力され、また、角速度フィードバック値fbが入力される。減算器5311は、これら角速度指令cと角速度フィードバック値fbとの偏差（第2駆動源402の角速度の目標値から角速度フィードバック値fbを減算した値）を角速度制御部5411に出力する。

30

【0140】

角速度制御部5411は、減算器5311から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第2駆動源402の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー302を介してモーター402Mに供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P/I制御がなされるが、これに限定されるものではない。

このようにして、位置フィードバック値Pfbが位置指令Pcと可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値fbが角速度指令cと可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第2駆動源402の駆動電流が制御される。

【0141】

第3駆動源制御部203には、第3駆動源403の位置指令Pcの他、第3角度センサー413、第2慣性センサー32bからそれぞれ検出信号が入力される。第3駆動源制御部203は、第3角度センサー413の検出信号から算出される第3駆動源403の回転角度（位置フィードバック値Pfb）が位置指令Pcになり、かつ、後述する角速度フィードバック値fbが後述する角速度指令cになるように、各検出信号を用いたフィードバック制御によって第3駆動源403を駆動する。

40

【0142】

すなわち、第3駆動源制御部203の減算器5112には、位置指令Pcが入力され、また、回転角度算出部5512から後述する位置フィードバック値Pfbが入力される。回転角度算出部5512では、第3角度センサー413から入力されるパルス数がカウントされるとともに、そのカウント値に応じた第3駆動源403の回転角度が位置フィード

50

バック値 P_{fb} として減算器 5112 に出力される。減算器 5112 は、これら位置指令 P_c と位置フィードバック値 P_{fb} との偏差（第3駆動源 403 の回転角度の目標値から位置フィードバック値 P_{fb} を減算した値）を位置制御部 528 に出力する。

【0143】

位置制御部 5212 は、減算器 5112 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン等を用いた所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 5212 は、その第3駆動源 403 の角速度の目標値（指令値）を示す信号を角速度指令（第3角速度指令） c として減算器 5312 に出力する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、比例制御（P制御）がなされるが、これに限定されるものではない。10

減算器 5312 には、角速度指令 c が入力され、また、後述する角速度フィードバック値 f_b が入力される。減算器 5312 は、これら角速度指令 c と角速度フィードバック値 f_b との偏差（第3駆動源 403 の角速度の目標値から角速度フィードバック値 f_b を減算した値）を角速度制御部 5412 に出力する。

【0144】

角速度制御部 5412 は、減算器 5312 から入力された偏差と、予め定められた係数である比例ゲイン、積分ゲイン等を用い、積分を含む所定の演算処理を行うことで、その偏差に応じた第3駆動源 403 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータードライバー 303 を介して第3駆動源 403 のモーター 403M に供給する。なお、ここでは、本実施形態では、フィードバック制御として、P I 制御がなされるが、これに限定されるものではない。20

【0145】

このようにして、位置フィードバック値 P_{fb} が位置指令 P_c と可及的に等しくなり、かつ、角速度フィードバック値 f_b が角速度指令 c と可及的に等しくなるように、フィードバック制御がなされ、第3駆動源 403 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 O3 は、回転軸 O1 に対して直交しているので、第1アーム 12 の動作や振動の影響を受けず、第1駆動源 401 に対して独立して第3駆動源 403 の作動を制御することができる。

【0146】

次に、第3駆動源制御部 203 における角速度フィードバック値 f_b について説明する。30

角速度算出部 5612 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3駆動源 403 の角速度 m_3 が算出され、その角速度 m_3 は、加算器 6012 に出力される。

【0147】

また、角速度算出部 5612 では、第3角度センサー 413 から入力されるパルス信号の周波数に基づいて、第3アーム 14 の回転軸 O3 の回りの角速度 A_{3m} が算出され、その角速度 A_{3m} は、加減算器 6112 に出力される。なお、角速度 A_{3m} は、角速度 m_3 を、第3駆動源 403 のモーター 403M と第3アーム 14 との間、すなわち、関節 173 における減速比で除算した値である。40

【0148】

また、第2b慣性センサー 32b により、第2アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度が検出される。そして、その第2b慣性センサー 32b の検出信号、すなわち、第2b慣性センサー 32b により検出された第2アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度 A_2 は、加減算器 6112 に出力される。なお、回転軸 O2 は、回転軸 O1 に対して直交しているので、第1アーム 12 の動作や振動の影響を受けずに、容易かつ確実に、第2アーム 13 の回転軸 O2 の回りの角速度を求めることができる。

【0149】

減算器 5712 には、角速度 A_2 および角速度 A_{2m} が入力され、減算器 5712 は、角速度 A_2 から角速度 A_{2m} を減算した値 A_{3s} (= $A_2 - A_{2m}$) を変50

換部 5 8 8 に出力する。この値 A_{3s} は、アーム 1 3 の回転軸 O 2 の回りの角速度の振動成分（振動角速度）。以下、 A_{3s} を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 A_{3s} （詳細には、振動角速度 A_{3s} に基づいて生成した値であるモーター 4 0 3 M における角速度 m_{3s} ）が後述するゲイン K_a 倍されて第 3 駆動源 4 0 3 の入力側に戻るフィードバック制御を行う。具体的には、振動角速度 A_{3s} が可及的に 0 になるように、第 3 駆動源 4 0 3 に対してフィードバック制御がなされる。これにより、ロボット 1 の振動を抑制することができる。なお、このフィードバック制御では、第 3 駆動源 4 0 3 の角速度が制御される。

変換部 5 8 1 2 は、振動角速度 A_{3s} を第 3 駆動源 4 0 3 における角速度 m_{3s} に変換し、その角速度 m_{3s} を補正值算出部 5 9 1 2 に出力する。この変換は、振動角速度 A_{3s} に、第 3 駆動源 4 0 3 のモーター 4 0 3 M と第 3 アーム 1 4 との間、すなわち、関節 1 7 3 における減速比を乗算することで得ることができる。
10

【 0 1 5 0 】

補正值算出部 5 9 1 2 は、角速度 m_{3s} に予め定められた係数であるゲイン（フィードバックゲイン） K_a を乗算し、補正值（第 3 補正成分） $K_a \cdot m_{3s}$ を求め、その補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ を加算器 6 0 1 2 に出力する。なお、この第 3 駆動源制御部 2 0 3 におけるゲイン K_a と、第 1 駆動源制御部 2 0 1 におけるゲイン K_a とは、同一でもよく、また、異なっていてもよい。

【 0 1 5 1 】

加算器 6 0 1 2 には、角速度 m_{3s} が入力され、また、補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ が入力される。加算器 6 0 1 2 は、角速度 m_{3s} と補正值 $K_a \cdot m_{3s}$ との加算値を角速度フィードバック値 f_b として減算器 5 3 8 に出力する。なお、以降の動作は、第 3 実施形態と同様である。
20

このロボット 1 によれば、前述した第 3 実施形態と同様の効果が得られる。

【 0 1 5 2 】

以上、本発明のロボットを、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができる。また、本発明に、他の任意の構成物が付加されていてもよい。

また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。
30

なお、各モーターとしては、それぞれ、前記サーボモーターの他、例えば、ステッピングモーター等が挙げられる。

【 0 1 5 3 】

また、前記実施形態では、角度センサーとして、それぞれ、エンコーダーを用いているが、本発明では、これに限定されず、例えば、レゾルバー、ポテンショメーター等、モーターのローターの回転角度を検出する他の各種のセンサーを用いてもよく、また、タコジエネレーター等、モーターのローターの回転速度を検出する各種のセンサーを用いてもよい。なお、モーターとしてステッピングモーターを用いる場合は、例えば、ステッピングモーターへ入力する駆動パルスの数を計測することで、モーターのローターの回転角度や回転速度を検出してもよい。
40

【 0 1 5 4 】

また、前記実施形態では、各慣性センサーとして、それぞれ、ジャイロセンサーを用いているが、本発明では、これに限定されず、例えば、アームの角速度を検出する他の各種の角速度センサーを用いてもよく、また、アームの加速度を検出する各種の加速度センサーを用いてもよい。なお、加速度センサーを用いる場合は、加速度センサーの検出値を用いて角速度を算出する。

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

また、前記実施形態では、ロボットの回転軸の数は、6 つであるが、本発明では、これに限定されず、ロボットの回転軸の数は、3 つ、4 つ、5 つまたは 7 つ以上でもよい。
50

【0155】

すなわち、前記実施形態では、リストが2本のアームを有しているので、ロボットのアームの本数は、6本であるが、本発明では、これに限定されず、ロボットのアームの本数は、3本、4本、5本または7本以上でもよい。

また、前記実施形態では、ロボットは、複数のアームを回動自在に連結してなるアーム連結体を1つ有する単腕ロボットであるが、本発明では、これに限定されず、例えば、図16に示すように、複数のアームを回動自在に連結してなるアーム連結体18を2つ有する双腕ロボット1A等、前記アーム連結体を複数有するロボットであってもよい。

【符号の説明】

【0156】

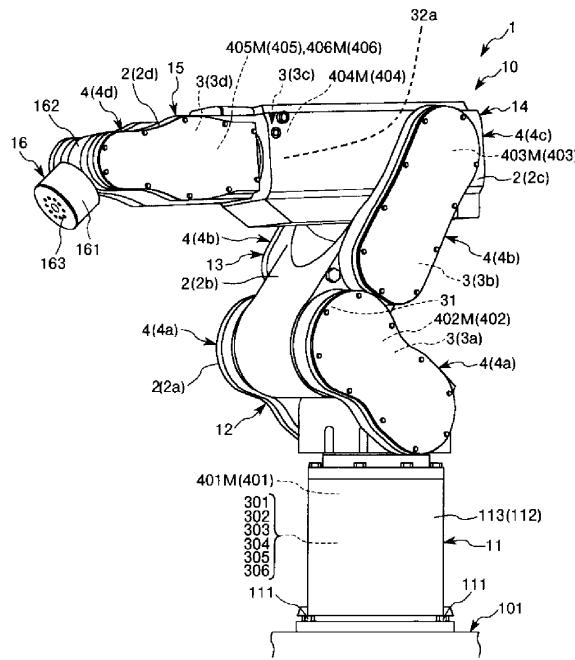
1 A	ロボット(産業用ロボット)	2、2 a ~ 2 d	アーム本体	3、3 a ~ 3 d	10
.....	駆動機構	4、4 a ~ 4 d	封止手段	10	.....ロボット本体
1	.....	101	.....床	1	
1	.....基台	111	.....ボルト	112	.....基台本体
1	.....	113	.....円筒状部	114	.....
箱状部	12、13、14、15	.....アーム(リンク)	16	.....リスト(リンク)	1
61	.....リスト本体	162	.....支持リング	163	.....先端面
3、174、175、176	.....関節(ジョイント)	18	.....アーム連結部	31、3	
2 a、32 b	.....慣性センサー	4、4 a、4 b、4 c、4 d	.....封止手段	20	.....制御装置
.....	.....	.....	.....	201 ~ 206	.....駆動源制御部
306	.....	.....	.....	301、302、303、304、305、	
.....	.....	.....	.....	306	.....モータードライバー
駆動源	401、402、403、404、405、406	.....	.....	401、402、403、404、405、406	.....
416	.....角度センサー	511、512、513、514、515、516、517、	.....	411、412、413、414、415、	20
518、519、5110、5111、5112	.....	.....減算器	521、522、523、	416	.....
524、525、526、527、528、529、5210、5211、5212	.....	.....	524、525、526、527、528、529、5210、5211、5212	.....
位置制御部	531、532、533、534、535、536、537、538、53	.....	.....	531、532、533、534、535、536、537、538、53	
9、5310、5311、5312	.....減算器	541、542、543、544、54	.....	9、5310、5311、5312	.....
5、546、547、548、549、5410、5411、5412	.....	.....角速度制御部	.....	5、546、547、548、549、5410、5411、5412	
551、552、553、554、555、556、557、558、559、551	.....	.....	.....	551、552、553、554、555、556、557、558、559、551	
0、5511、5512	.....回転角度算出部	561、562、563、564、565	.....	0、5511、5512	.....
、566、567、568、569、5610、5611、5612	.....	.....角速度算出部	.....	、566、567、568、569、5610、5611、5612	
571、579、5712	.....減算器	581、582、588、589、5812	.....	571、579、5712	.....
変換部	591、592、598、599、5912	.....補正值算出部	601、602	.....	591、592、598、599、5912
、608、609、6012	.....加算器	618、622	.....加減算器	6112	.....加減算器
O1、O2、O3、O4、O5、O6	.....回転軸	.....	.....	.....	.....

10

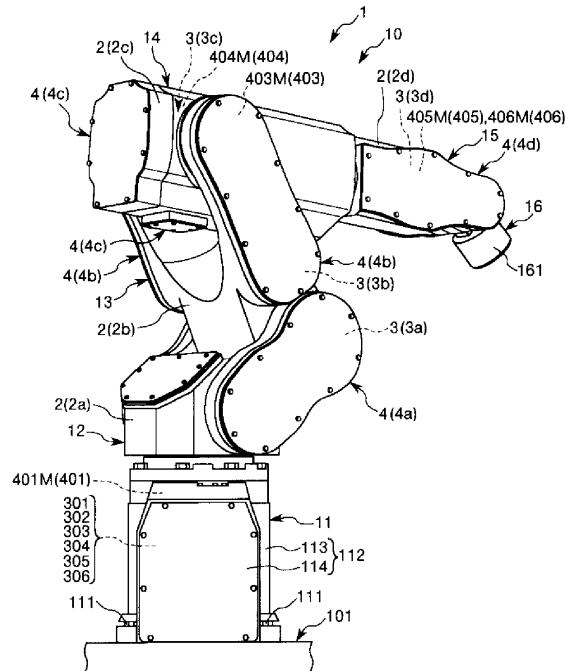
20

30

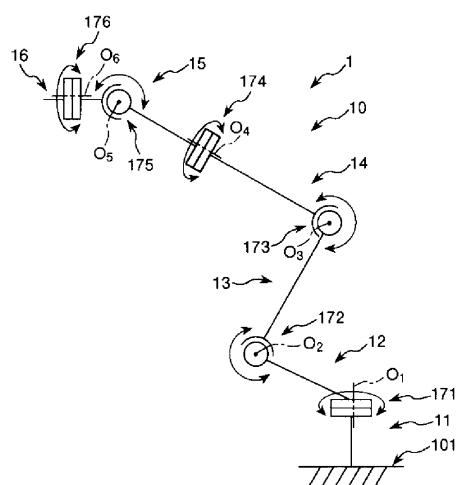
【図1】



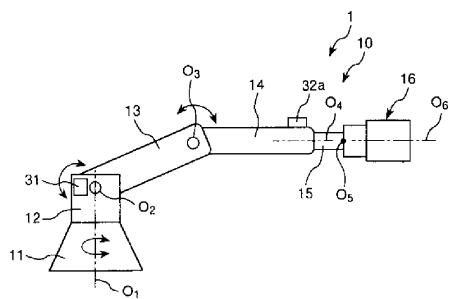
【 図 2 】



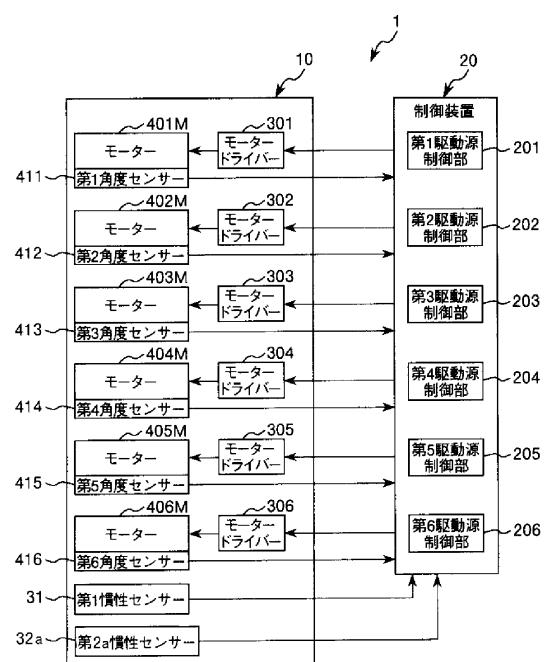
【 図 3 】



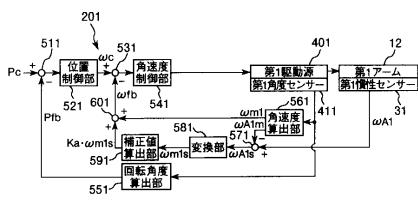
【図4】



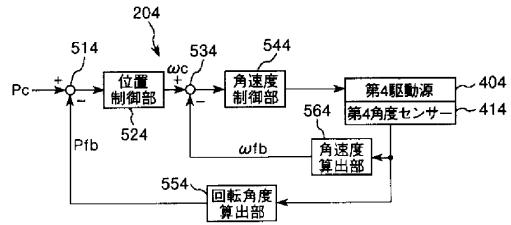
【 四 5 】



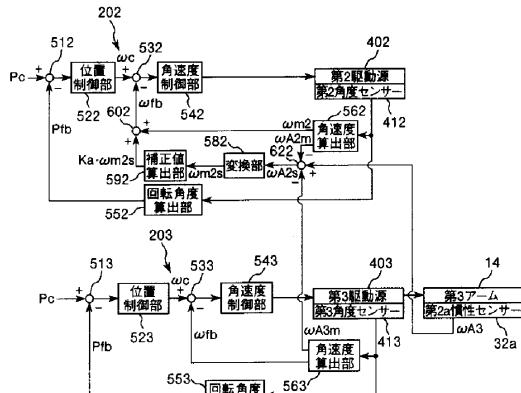
【図6】



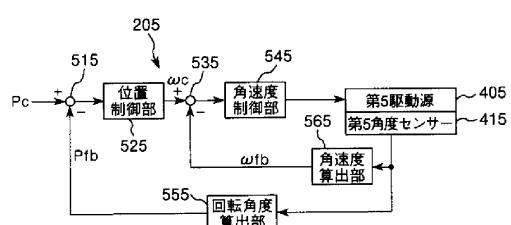
【図8】



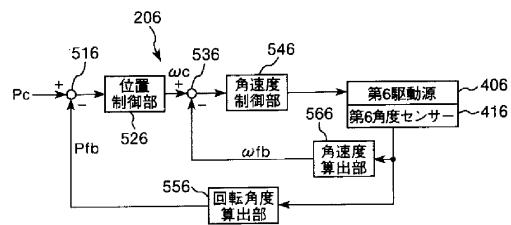
【図7】



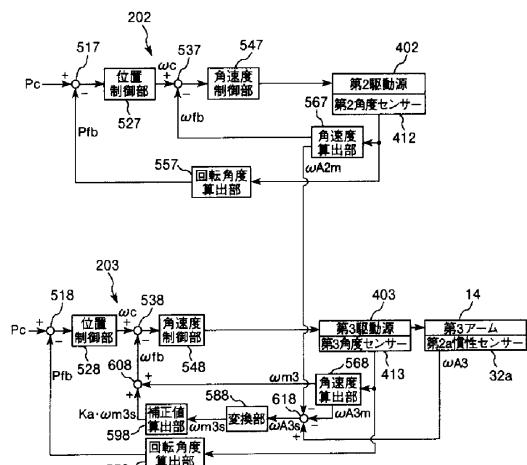
【図9】



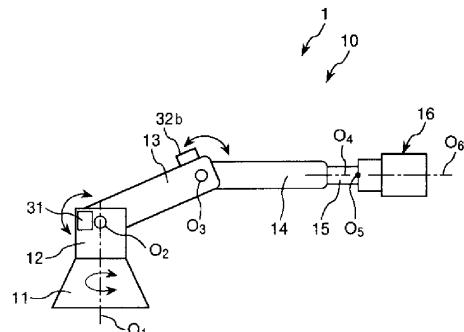
【図10】



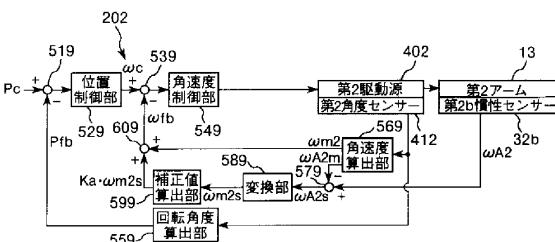
【図11】



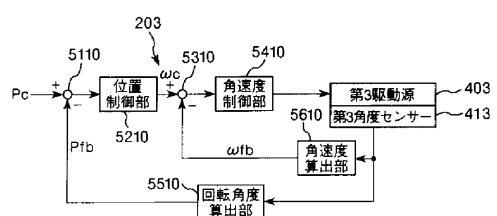
【図12】



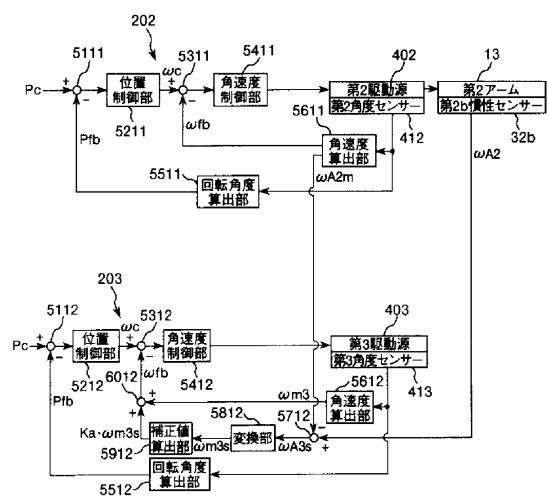
【図13】



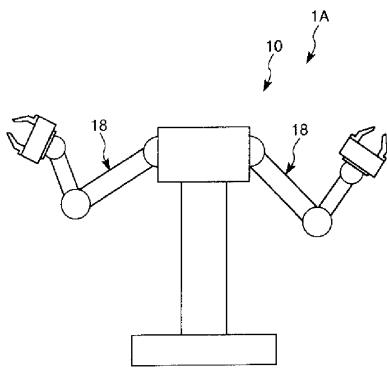
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 元 吉 正樹
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
(72)発明者 仁宇 昭雄
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

合議体

審判長 平岩 正一
審判官 西村 泰英
審判官 柏原 郁昭

(56)参考文献 特開昭60-20214(JP,A)
特開2012-139807(JP,A)
特開2005-242794(JP,A)
欧州特許出願公開第2492064(EP,A2)
特開2012-139770(JP,A)
特開2011-136395(JP,A)
特開平1-103279(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00-21/02