

(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.

F I

B 2 5 J 13/00 (2006.01)

B 2 5 J 13/00

Z

請求項の数 9 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2012-191450 (P2012-191450)
 (22) 出願日 平成24年8月31日 (2012.8.31)
 (65) 公開番号 特開2014-46402 (P2014-46402A)
 (43) 公開日 平成26年3月17日 (2014.3.17)
 審査請求日 平成27年7月6日 (2015.7.6)
 審判番号 不服2016-10924 (P2016-10924/J1)
 審判請求日 平成28年7月20日 (2016.7.20)

(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
 (74) 代理人 100188547
 弁理士 鈴野 幹夫
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (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

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転する第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転する第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転する第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。

【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。

10

【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。

20

【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。

30

【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】

40

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

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ため、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転する第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転する第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転する第3アームと、

前記第1アームを第1角速度指令で回転させる第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角速度指令で回転させる第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アームを回転させる第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2 a 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 A 3 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、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 3 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。

【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2 a 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 A 3 と前記角速度 A 2 m と前記角速度 A 3 m 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2 a 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 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 3 から前記角速度 A 2 m および前記角速度 A 3 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。

【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角速度指令で回転させる第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 A_3 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_{2m} 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 A_3 と角速度 A_{2m} と角速度 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制御する。すなわち、第3アームを回転させる第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 A_1 から前記角速度 A_{1m} 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_3 から前記角速度 A_{2m} および前記角速度 A_{3m} 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。

【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転する第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転する第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 2 b 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_{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 駆動源制御手段と、

前記第 2 b 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_{2m} 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 2 b 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_{1m} 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_{2m} 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 2 b 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 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 の駆動源を制御する第 1 駆動源制御手段と、

前記第 2 b 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_{2m} 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_3 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 2 b 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 A_1 から前記角速度 A_{1m} 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_{2m} および前記角速度 A_3 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 2 a 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転する第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転する第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転する第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2 a 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2 a 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2 a 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2 a 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、使用する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2 a 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2 a 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。

【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。

【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。

【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。

【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」、

10

20

30

40

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 O 2、O 3 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 3 1、3 2 a は、それぞれ、その存在を明確にするため、アーム 1 2、1 4 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 1 0 と、ロボット本体 1 0 の作動を制御する制御装置（制御手段）2 0（図 5 参照）とを有している。ロボット本体 1 0 と、制御装置 2 0 とは、電氣的に接続されている。また、制御装置 2 0 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（PC）等で構成

10

【0043】

ロボット本体 1 0 は、基台 1 1 と、4 本のアーム（リンク）1 2、1 3、1 4、1 5 と、リスト（リンク）1 6 と、6 つの駆動源 4 0 1、4 0 2、4 0 3、4 0 4、4 0 5、4 0 6 とを備えている。このロボット本体 1 0 は、基台 1 1 と、アーム 1 2、1 3、1 4、1 5 と、リスト 1 6 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 1 1 と、アーム 1 2 ~ 1 5 と、リスト 1 6 とを総称して「アーム」と言うこともでき、アーム 1 2 を「第 1 アーム」、アーム 1 3 を「第 2 アーム」、アーム 1 4 を「第 3 アーム」、アーム 1 5 を「第 4 アーム」、リスト 1 6 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

20

【0044】

図 3 および図 4 に示すように、アーム 1 2 ~ 1 5、リスト 1 6 は、それぞれ、基台 1 1 に対し独立して変位可能に支持されている。このアーム 1 2 ~ 1 5、リスト 1 6 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 1 2 ~ 1 4 の長さが、他のアーム 1 5 およびリスト 1 6 よりも長く設定されている。なお、例えば、第 3 アーム 1 4 の長さを第 1 アーム 1 2 および第 2 アーム 1 3 の長さよりも短くしてもよい。

【0045】

基台 1 1 と第 1 アーム 1 2 とは、関節（ジョイント）1 7 1 を介して連結されている。そして、第 1 アーム 1 2 は、基台 1 1 に対し、鉛直方向と平行な第 1 回転軸 O 1 を回転中心とし、その第 1 回転軸 O 1 回りに回転自在となっている。第 1 回転軸 O 1 は、基台 1 1 の設置面である床 1 0 1 の上面の法線と一致している。この第 1 回転軸 O 1 回りの回転は、第 1 駆動源 4 0 1 の駆動によりなされる。また、第 1 駆動源 4 0 1 はモーター 4 0 1 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 1 M は電氣的に接続されたモータードライバー 3 0 1 を介して制御装置 2 0 により制御される（図 5 参照）。第 1 駆動源 4 0 1 はモーター 4 0 1 M とともに設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 1 M 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 1 2 と第 2 アーム 1 3 とは、関節（ジョイント）1 7 2 を介して連結されている。そして、第 2 アーム 1 3 は、第 1 アーム 1 2 に対し、水平方向と平行な第 2 回転軸 O 2 を軸中心として回転自在となっている。第 2 回転軸 O 2 は、第 1 回転軸 O 1 と直交している。この第 2 回転軸 O 2 回りの回転は、第 2 駆動源 4 0 2 の駆動によりなされる。また、第 2 駆動源 4 0 2 はモーター 4 0 2 M とケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 2 M は電氣的に接続されたモータードライバー 3 0 2 を介して制御装置 2 0 により制御される（図 5 参照）。第 2 駆動源 4 0 2 はモーター 4 0 2 M の他に設けた減速機（図示せず）によってモーター 4 0 2 M 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 1 3 と第 3 アーム 1 4 とは、関節（ジョイント）1 7 3 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回りに回転可能となっている。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回りの回転は、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は電氣的に接続されたモータードライバ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回りに回転自在となっている。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回りの回転は、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は電氣的に接続されたモータードライバ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回りに回転自在となっている。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回りの回転は、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は電氣的に接続されたモータードライバ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回りにも回転自在となっている。回転軸O6は、回転軸O5と直交している。この第6回転軸O6回りの回転は、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は電氣的に接続されたモータードライバ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 3 2 a により第 3 アーム 1 4 の第 2 回転軸 O 2 の回りの角速度を検出する。第 3 アーム 1 4 における第 2 a 慣性センサー 3 2 a の設置位置は、特に限定されないが、第 3 アーム 1 4 の先端部が好ましい。本実施形態では、第 2 a 慣性センサー 3 2 a は、第 3 アーム 1 4 の内部の先端部に設置されている。第 3 アーム 1 4 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 2 a 慣性センサー 3 2 a が、第 3 アーム 1 4 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 3 1、第 2 a 慣性センサー 3 2 a 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 1 2、1 3 および 1 4 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 1 2、1 3 および 1 4 の振動を抑制するために、アーム 1 2、1 3 および 1 4 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 1 2、1 4 のみに第 1 慣性センサー 3 1、第 2 a 慣性センサー 3 2 a を設置し、その第 1 慣性センサー 3 1、第 2 a 慣性センサー 3 2 a 検出結果に基づいて駆動源 4 0 1、4 0 2 の作動を制御する。これにより、アーム 1 2、1 3 および 1 4 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 4 0 1 ~ 4 0 6 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 4 1 1、第 2 角度センサー 4 1 2、第 3 角度センサー 4 1 3、第 4 角度センサー 4 1 4、第 5 角度センサー 4 1 5、第 6 角度センサー 4 1 6 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 4 1 1 ~ 4 1 6 により、それぞれ、駆動源 4 0 1 ~ 4 0 6 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 4 0 1 ~ 4 0 6 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 1 0 を挿通していてもよい。

【0054】

30

図 5 に示すように、ロボット本体 1 0 は、制御装置 2 0 と電氣的に接続されている。すなわち、駆動源 4 0 1 ~ 4 0 6、角度センサー 4 1 1 ~ 4 1 6、慣性センサー 3 1、3 2 a は、それぞれ、制御装置 2 0 と電氣的に接続されている。

そして、制御装置 2 0 は、アーム 1 2 ~ 1 5、リスト 1 6 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 3 0 1 ~ 3 0 6 を介して、駆動源 4 0 1 ~ 4 0 6 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 2 0 は、角度センサー 4 1 1 ~ 4 1 6、第 1 慣性センサー 3 1、第 2 a 慣性センサー 3 2 a により検出を行い、その検出結果に基づいて、駆動源 4 0 1 ~ 4 0 6 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 2 0 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 1 1 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 1 0 1 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 1 1 1 による固定方法を用いている。なお、基台 1 1 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 1 1 は、中空の基台本体（ハウジング）1 1 2 を有している。基台本体 1 1 2 は、円筒状をなす円筒状部 1 1 3 と、当該円筒状部 1 1 3 の外周部に一体的に形成された、箱状をなす箱状部 1 1 4 とに分けることができる。そして、このような基台本体 1 1 2 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２ｂ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 4 0 6 M の駆動により、回転軸 O 6 回りに回転する。

支持リング 1 6 2 は、関節 1 7 5 を介して、第 4 アーム 1 5 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 4 0 5 M の駆動により、リスト本体 1 6 1 ごと回転軸 O 5 回りに回転する。

【 0 0 6 2 】

次に、図 5、図 6 ~ 図 1 0 を参照し、制御装置 2 0 の構成について説明する。

図 5、図 6 ~ 図 1 0 に示すように、制御装置 2 0 は、第 1 駆動源 4 0 1 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）2 0 1 と、第 2 駆動源 4 0 2 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）2 0 2 と、第 3 駆動源 4 0 3 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）2 0 3 と、第 4 駆動源 4 0 4 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）2 0 4 と、第 5 駆動源 4 0 5 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）2 0 5 と、第 6 駆動源 4 0 6 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）2 0 6 と、を有している。

10

【 0 0 6 3 】

図 6 に示すように、第 1 駆動源制御部 2 0 1 は、減算器 5 1 1 と、位置制御部 5 2 1 と、減算器 5 3 1 と、角速度制御部 5 4 1 と、回転角度算出部 5 5 1 と、角速度算出部 5 6 1 と、減算器 5 7 1 と、変換部 5 8 1 と、補正值算出部 5 9 1 と、加算器 6 0 1 とを有している。

20

図 7 に示すように、第 2 駆動源制御部 2 0 2 は、減算器 5 1 2 と、位置制御部 5 2 2 と、減算器 5 3 2 と、角速度制御部 5 4 2 と、回転角度算出部 5 5 2 と、角速度算出部 5 6 2 と、加減算器 6 2 2 と、変換部 5 8 2 と、補正值算出部 5 9 2 と、加算器 6 0 2 とを有している。

【 0 0 6 4 】

図 7 に示すように、第 3 駆動源制御部 2 0 3 は、減算器 5 1 3 と、位置制御部 5 2 3 と、減算器 5 3 3 と、角速度制御部 5 4 3 と、回転角度算出部 5 5 3 と、角速度算出部 5 6 3 とを有している。

図 8 に示すように、第 4 駆動源制御部 2 0 4 は、減算器 5 1 4 と、位置制御部 5 2 4 と、減算器 5 3 4 と、角速度制御部 5 4 4 と、回転角度算出部 5 5 4 と、角速度算出部 5 6 4 とを有している。

30

【 0 0 6 5 】

図 9 に示すように、第 5 駆動源制御部 2 0 5 は、減算器 5 1 5 と、位置制御部 5 2 5 と、減算器 5 3 5 と、角速度制御部 5 4 5 と、回転角度算出部 5 5 5 と、角速度算出部 5 6 5 とを有している。

図 1 0 に示すように、第 6 駆動源制御部 2 0 6 は、減算器 5 1 6 と、位置制御部 5 2 6 と、減算器 5 3 6 と、角速度制御部 5 4 6 と、回転角度算出部 5 5 6 と、角速度算出部 5 6 6 とを有している。

【 0 0 6 6 】

40

ここで、制御装置 2 0 は、ロボット 1 が行う処理の内容に基づいてリスト 1 6 の目標位置を演算し、その目標位置にリスト 1 6 を移動させるための軌道を生成する。そして、制御装置 2 0 は、その生成した軌道に沿ってリスト 1 6 が移動するように、各駆動源 4 0 1 ~ 4 0 6 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 4 0 1 ~ 4 0 6 の位置指令 P c として駆動源制御部 2 0 1 ~ 2 0 6 に出力する（図 6 ~ 図 1 0 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。

【 0 0 6 7 】

図 6 に示すように、第 1 駆動源制御部 2 0 1 には、第 1 駆動源 4 0 1 の位置指令 P c の他、第 1 角度センサー 4 1 1、第 1 慣性センサー 3 1 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 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 Pc 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 Pfb 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 Pfb 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 Pc と位置フィードバック値 Pfb 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 Pfb 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】

20

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 fb 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 fb 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 fb 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、モータドライバ301を介してモータ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、 PI 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 fb 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 $m1$ が算出され、その角速度 $m1$ 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 $A1m$ が算出され、その角速度 $A1m$ は、減算器571に出力される。なお、角速度 $A1m$ は、角速度 $m1$ を、第1駆動源401のモータ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 $A1$ は、減算器571に出力される。

減算器571には、角速度 $A1$ および角速度 $A1m$ が入力され、減算器571は、

50

この角速度 A_1 から角速度 A_{1m} 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_1 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_1 と補正值 $K_a \cdot m_1s$ 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 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 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。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_{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。

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_{fb} 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_{fb} 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_{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 522 に出力する。

【0077】

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。

40

【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 5 4 2 は、減算器 5 3 2 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 4 0 2 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータドライバ 3 0 2 を介してモータ 4 0 2 M 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。

【 0 0 7 9 】

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 $f b$ 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 4 0 2 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 O 2 は、回転軸 O 1 に対して直交しているため、第 1 アーム 1 2 の動作や振動の影響を受けず、第 1 駆動源 4 0 1 に対して独立して第 2 駆動源 4 0 2 の作動を制御することができる。

10

【 0 0 8 0 】

次に、第 2 駆動源制御部 2 0 2 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 5 6 9 では、第 2 角度センサー 4 1 2 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 4 0 2 の角速度 $m 2$ が算出され、その角速度 $m 2$ は、加算器 6 0 2 に出力される。

【 0 0 8 1 】

また、角速度算出部 5 6 2 では、第 2 角度センサー 4 1 2 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 1 3 の回転軸 O 2 の回りの角速度 $A 2 m$ が算出され、その角速度 $A 2 m$ は、加減算器 6 2 2 に出力される。なお、角速度 $A 2 m$ は、角速度 $m 2$ を、第 2 駆動源 4 0 2 のモータ 4 0 2 M と第 2 アーム 1 3 との間、すなわち、関節 1 7 2 における減速比で除算した値である。

20

【 0 0 8 2 】

また、第 2 a 慣性センサー 3 2 a により、第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 2 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 3 2 a の検出信号、すなわち、第 2 a 慣性センサー 3 2 a により検出された第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 2 の回りの角速度 $A 3$ は、加減算器 6 2 2 に出力される。なお、回転軸 O 2、O 3 は、回転軸 O 1 に対して直交しているため、第 1 アーム 1 2 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 1 3 の回転軸 O 2 の回りの角速度を求めることができる。

30

【 0 0 8 3 】

また、後述する第 3 駆動源制御部 2 0 3 の角速度算出部 5 6 3 からは、第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 3 の回りの角速度 $A 3 m$ が加減算器 6 2 2 に出力される。

加減算器 6 2 2 には、角速度 $A 3$ 、角速度 $A 2 m$ および角速度 $A 3 m$ が入力され、加減算器 6 2 2 は、角速度 $A 3$ から角速度 $A 2 m$ および角速度 $A 3 m$ を減算した値 $A 2 s (= A 3 - A 2 m - A 3 m)$ を変換部 5 8 2 に出力する。この値 $A 2 s$ は、第 2 アーム 1 3 と第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 2 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、 $A 2 s$ を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 $A 2 s$ （詳細には、振動角速度 $A 2 s$ に基づいて生成した値であるモータ 4 0 2 M における角速度 $m 2 s$ ）が後述するゲイン $K a$ 倍されて第 2 駆動源 4 0 2 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 $A 2 s$ が可及的に 0 になるように、第 2 駆動源 4 0 2 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 4 0 2 の角速度が制御される。

40

【 0 0 8 4 】

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

50

補正值算出部 592 は、角速度 $m2s$ 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） Ka を乗算し、補正值（第 2 補正成分） $Ka \cdot m2s$ を求め、その補正值 $Ka \cdot m2s$ 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 Ka と、第 1 駆動源制御部 201 におけるゲイン Ka とは、同一でもよく、また、異なっていてよい。

加算器 602 には、角速度 $m2$ が入力され、また、補正值 $Ka \cdot m2s$ が入力される。加算器 602 は、角速度 $m2$ と補正值 $Ka \cdot m2s$ との加算値を角速度フィードバック値 fb 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 Pc 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 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。

【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 Pc 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 Pfb 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 Pfb 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 Pc と位置フィードバック値 Pfb 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 Pfb 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、

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 fb 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 fb 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 fb 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 fb 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、モータドライバ 303 を介してモータ 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、 PI 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 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 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、それぞ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

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 $f b$ 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 Pc 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 Pfb 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 Pfb 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 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、モータドライバ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、 PI 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 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 $f b$ 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 Pc の他、第3角度センサー413、第2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 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 $f b$ 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 Pc 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 Pfb 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 Pfb 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 Pc と位置フィードバック値 Pfb 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 Pfb を減算した値)を位置制御部528に出力する。

50

【 0 1 0 4 】

位置制御部 5 2 8 は、減算器 5 1 8 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 4 0 3 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 5 2 8 は、その第 3 駆動源 4 0 3 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 5 3 8 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。

【 0 1 0 5 】

減算器 5 3 8 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 5 3 8 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 4 0 3 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 5 4 8 に出力する。

角速度制御部 5 4 8 は、減算器 5 3 8 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 4 0 3 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータドライバ 3 0 3 を介して第 3 駆動源 4 0 3 のモータ 4 0 3 M 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。

【 0 1 0 6 】

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 4 0 3 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 O 3 は、回転軸 O 1 に対して直交しているので、第 1 アーム 1 2 の動作や振動の影響を受けず、第 1 駆動源 4 0 1 に対して独立して第 3 駆動源 4 0 3 の作動を制御することができる。

【 0 1 0 7 】

次に、第 3 駆動源制御部 2 0 3 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 5 6 8 では、第 3 角度センサー 4 1 3 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 4 0 3 の角速度 $m 3$ が算出され、その角速度 $m 3$ は、加算器 6 0 8 に出力される。

【 0 1 0 8 】

また、角速度算出部 5 6 8 では、第 3 角度センサー 4 1 3 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 1 4 の回転軸 O 3 の回りの角速度 $A 3 m$ が算出され、その角速度 $A 3 m$ は、加減算器 6 1 8 に出力される。なお、角速度 $A 3 m$ は、角速度 $m 3$ を、第 3 駆動源 4 0 3 のモータ 4 0 3 M と第 3 アーム 1 4 との間、すなわち、関節 1 7 3 における減速比で除算した値である。

【 0 1 0 9 】

また、第 2 a 慣性センサー 3 2 a により、第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 2 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 3 2 a の検出信号、すなわち、第 2 a 慣性センサー 3 2 a により検出された第 3 アーム 1 4 の回転軸 O 2 の回りの角速度 $A 3$ は、加減算器 6 1 8 に出力される。なお、回転軸 O 2、O 3 は、それぞれ、回転軸 O 1 に対して直交しているので、第 1 アーム 1 2 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 1 4 の回転軸 O 2 の回りの角速度を求めることができる。

【 0 1 1 0 】

加減算器 6 1 8 には、角速度 $A 3$ 、角速度 $A 2 m$ および角速度 $A 3 m$ が入力され、加減算器 6 1 8 は、角速度 $A 3$ から角速度 $A 2 m$ および角速度 $A 3 m$ を減算した値 $A 3 s$ ($= A 3 - A 2 m - A 3 m$) を変換部 5 8 8 に出力する。この値 $A 3 s$ は、アーム 1 3 とアーム 1 4 の回転軸 O 2 の回りの合計の角速度の振動成分（振動角速度）。以下、 $A 3 s$ を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 $A 3 s$ (

詳細には、振動角速度 $A3s$ 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 $m3s$) が後述するゲイン Ka 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 $A3s$ 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 $A3s$ を第3駆動源 403における角速度 $m3s$ に変換し、その角速度 $m3s$ を補正值算出部 598に出力する。この変換は、振動角速度 $A3s$ 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 $m3s$ 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) Ka を乗算し、補正值(第3補正成分) $Ka \cdot m3s$ を求め、その補正值 $Ka \cdot m3s$ 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 Ka と、第1駆動源制御部 201におけるゲイン Ka とは、同一でもよく、また、異なってもよい。

【0113】

加算器 608には、角速度 $m3s$ が入力され、また、補正值 $Ka \cdot m3s$ が入力される。加算器 608は、角速度 $m3s$ と補正值 $Ka \cdot m3s$ との加算値を角速度フィードバック値 fb 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1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1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 02、03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 02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 Pfb ）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 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 Pfb 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 Pfb 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 Pfb 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 Pfb 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 fb 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 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、モータドライバ302を介してモータ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、PI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 Pfb 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 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。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2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2慣性センサー32bの検出信号、すなわち、第2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 Pfb) 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 5 5 1 0 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 5 5 1 0 では、第 3 角度センサー 4 1 3 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 4 0 3 の回転角度が位置フィードバック値 Pfb として減算器 5 1 1 0 に出力される。減算器 5 1 1 0 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 3 駆動源 4 0 3 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 5 2 1 0 に出力する。

【0131】

位置制御部 5 2 1 0 は、減算器 5 1 1 0 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 4 0 3 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 5 2 1 0 は、その第 3 駆動源 4 0 3 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 5 3 1 0 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 5 6 1 0 では、第 3 角度センサー 4 1 3 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 4 0 3 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 5 3 1 0 に出力される。

減算器 5 3 1 0 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 5 3 1 0 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 3 駆動源 4 0 3 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 5 4 1 0 に出力する。

20

【0133】

角速度制御部 5 4 1 0 は、減算器 5 3 1 0 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 4 0 3 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータドライバ 3 0 3 を介してモータ 4 0 3 M 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、 PI 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 3 駆動源 4 0 3 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 1 5 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 1 5 に示すように、第 4 実施形態のロボット 1 では、制御装置 2 0 の第 2 駆動源制御部 2 0 2、第 3 駆動源制御部 2 0 3 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 3 1、第 2 b 慣性センサー 3 2 b の検出結果に基づいて第 1 駆動源 4 0 1、第 3 駆動源 4 0 3 の作動を制御する。以下、第 2 駆動源制御部 2 0 2、第 3 駆動源制御部 2 0 3 について説明する。

40

【0135】

図 1 5 に示すように、第 2 駆動源制御部 2 0 2 は、減算器 5 1 1 1 と、位置制御部 5 2 1 1 と、減算器 5 3 1 1 と、角速度制御部 5 4 1 1 と、回転角度算出部 5 5 1 1 と、角速度算出部 5 6 1 1 とを有している。

また、第 3 駆動源制御部 2 0 2 は、減算器 5 1 1 2 と、位置制御部 5 2 1 2 と、減算器 5 3 1 2 と、角速度制御部 5 4 1 2 と、回転角度算出部 5 5 1 2 と、角速度算出部 5 6 1 2 と、減算器 5 7 1 2 と、変換部 5 8 1 2 と、補正值算出部 5 9 1 2 と、加算器 6 0 1 2 とを有している。

【0136】

50

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 P_c 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 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。

【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 P_c 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
10 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 P_c 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。

【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
20 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。

【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 f_b 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 f_b 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 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 5411 に出力する。

【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、モータドライバ 302 を介してモータ 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、PI 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 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。

【0141】

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 b 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 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。

【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 P_c 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
50 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 Pfb 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 Pc と位置フィードバック値 Pfb 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 Pfb 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 fb 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 fb 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 fb 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、モータドライバ 303 を介して第 3 駆動源 403 のモータ 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、 PI 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 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 3 駆動源 403 の駆動電流が制御される。なお、回転軸 03 は、回転軸 01 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 fb 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 $m3$ が算出され、その角速度 $m3$ 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 03 の回りの角速度 $A3m$ が算出され、その角速度 $A3m$ は、加減算器 6112 に出力される。なお、角速度 $A3m$ は、角速度 $m3$ を、第 3 駆動源 403 のモータ 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 2 b 慣性センサー 32b により、第 2 アーム 13 の回転軸 02 の回りの角速度が検出される。そして、その第 2 b 慣性センサー 32b の検出信号、すなわち、第 2 b 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 02 の回りの角速度 $A2$ は、加減算器 6112 に出力される。なお、回転軸 02 は、回転軸 01 に対して直交しているため、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 02 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 $A2$ および角速度 $A2m$ が入力され、減算器 5712 は、角速度 $A2$ から角速度 $A2m$ を減算した値 $A3s (= A2 - A2m)$ を変

50

換部 588 に出力する。この値 $A3s$ は、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）。以下、 $A3s$ を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 $A3s$ （詳細には、振動角速度 $A3s$ 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 $m3s$ ）が後述するゲイン Ka 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 $A3s$ 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。

変換部 5812 は、振動角速度 $A3s$ を第 3 駆動源 403 における角速度 $m3s$ に変換し、その角速度 $m3s$ を補正值算出部 5912 に出力する。この変換は、振動角速度 $A3s$ 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。

【0150】

補正值算出部 5912 は、角速度 $m3s$ 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） Ka を乗算し、補正值（第 3 補正成分） $Ka \cdot m3s$ を求め、その補正值 $Ka \cdot m3s$ を加算器 6012 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 Ka と、第 1 駆動源制御部 201 におけるゲイン Ka とは、同一でもよく、また、異なってもよい。

【0151】

加算器 6012 には、角速度 $m3s$ が入力され、また、補正值 $Ka \cdot m3s$ が入力される。加算器 6012 は、角速度 $m3s$ と補正值 $Ka \cdot m3s$ との加算値を角速度フィードバック値 fb として減算器 538 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。

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。

【0152】

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）を組み合わせただのものであってもよい。

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。

【0153】

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、ポテンシオメーター等、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、タコジェネレーター等、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よい。

【0154】

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。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 5 】

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 】

【 0 1 5 6 】

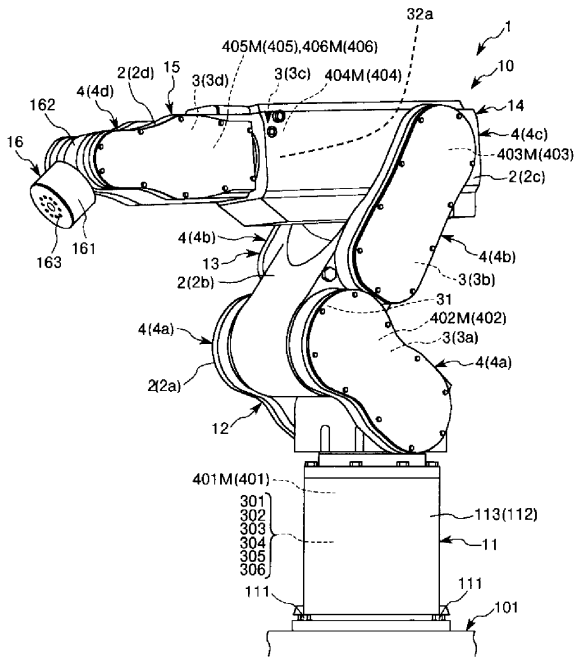
1 A ……ロボット（産業用ロボット） 2、2 a ~ 2 d ……アーム本体 3、3 a ~ 3 d ……駆動機構 4、4 a ~ 4 d ……封止手段 1 0 ……ロボット本体 1 0 1 ……床 1 1 ……基台 1 1 1 ……ボルト 1 1 2 ……基台本体 1 1 3 ……円筒状部 1 1 4 ……箱状部 1 2、1 3、1 4、1 5 ……アーム（リンク） 1 6 ……リスト（リンク） 1 6 1 ……リスト本体 1 6 2 ……支持リング 1 6 3 ……先端面 1 7 1、1 7 2、1 7 3、1 7 4、1 7 5、1 7 6 ……関節（ジョイント） 1 8 ……アーム連結部 3 1、3 2 a、3 2 b ……慣性センサー 4、4 a、4 b、4 c、4 d ……封止手段 2 0 ……制御装置 2 0 1 ~ 2 0 6 ……駆動源制御部 3 0 1、3 0 2、3 0 3、3 0 4、3 0 5、3 0 6 ……モータードライバー 4 0 1、4 0 2、4 0 3、4 0 4、4 0 5、4 0 6 ……駆動源 4 0 1 M ~ 4 0 6 M ……モーター 4 1 1、4 1 2、4 1 3、4 1 4、4 1 5、4 1 6 ……角度センサー 5 1 1、5 1 2、5 1 3、5 1 4、5 1 5、5 1 6、5 1 7、5 1 8、5 1 9、5 1 1 0、5 1 1 1、5 1 1 2 ……減算器 5 2 1、5 2 2、5 2 3、5 2 4、5 2 5、5 2 6、5 2 7、5 2 8、5 2 9、5 2 1 0、5 2 1 1、5 2 1 2 ……位置制御部 5 3 1、5 3 2、5 3 3、5 3 4、5 3 5、5 3 6、5 3 7、5 3 8、5 3 9、5 3 1 0、5 3 1 1、5 3 1 2 ……減算器 5 4 1、5 4 2、5 4 3、5 4 4、5 4 5、5 4 6、5 4 7、5 4 8、5 4 9、5 4 1 0、5 4 1 1、5 4 1 2 ……角速度制御部 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4、5 5 5、5 5 6、5 5 7、5 5 8、5 5 9、5 5 1 0、5 5 1 1、5 5 1 2 ……回転角度算出部 5 6 1、5 6 2、5 6 3、5 6 4、5 6 5、5 6 6、5 6 7、5 6 8、5 6 9、5 6 1 0、5 6 1 1、5 6 1 2 ……角速度算出部 5 7 1、5 7 9、5 7 1 2 ……減算器 5 8 1、5 8 2、5 8 8、5 8 9、5 8 1 2 ……変換部 5 9 1、5 9 2、5 9 8、5 9 9、5 9 1 2 ……補正值算出部 6 0 1、6 0 2、6 0 8、6 0 9、6 0 1 2 ……加算器 6 1 8、6 2 2 ……加減算器 6 1 1 2 ……加減算器 0 1、0 2、0 3、0 4、0 5、0 6 ……回転軸

10

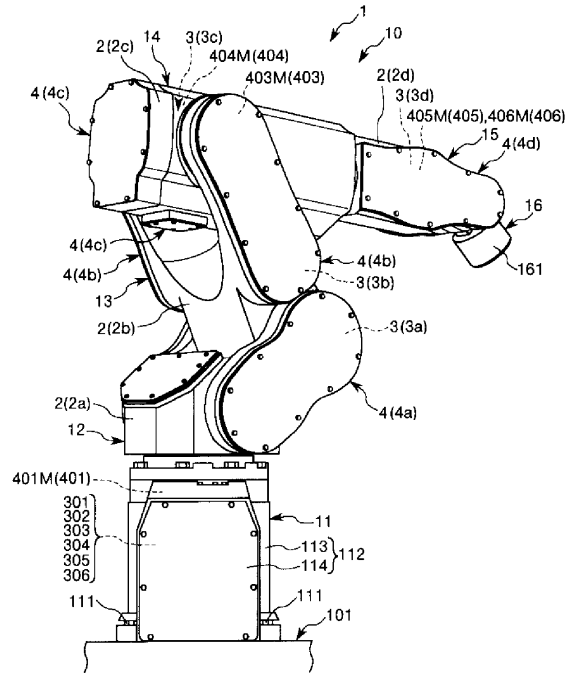
20

30

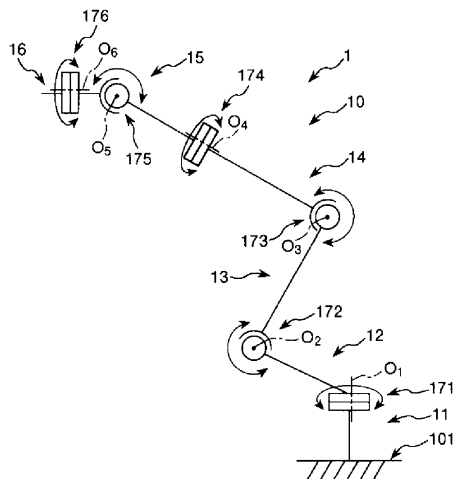
【図 1】



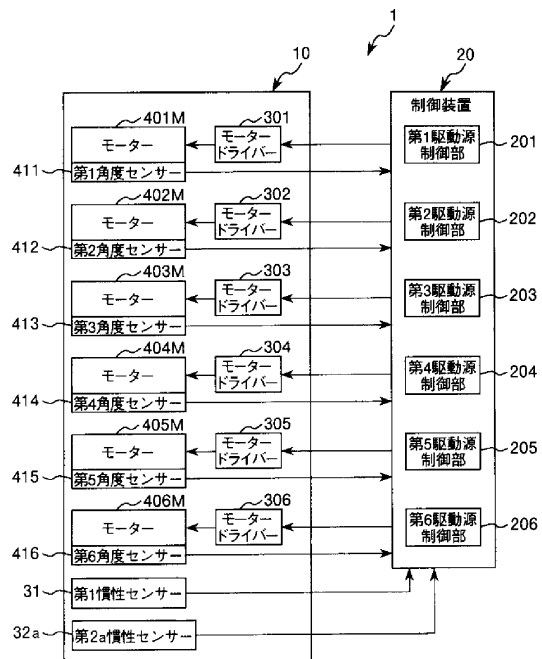
【図 2】



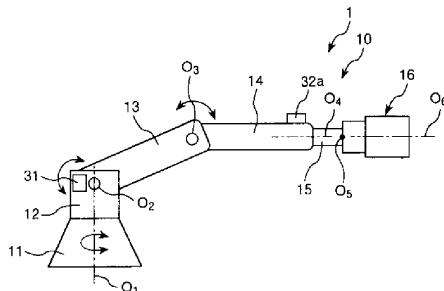
【図 3】



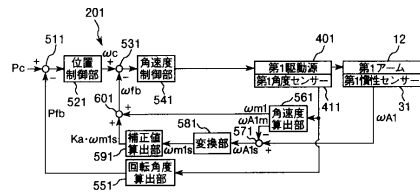
【図 5】



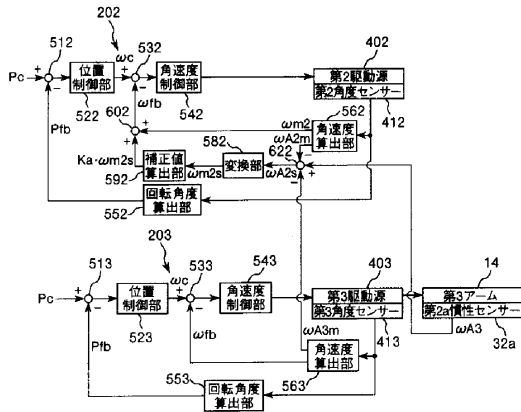
【図 4】



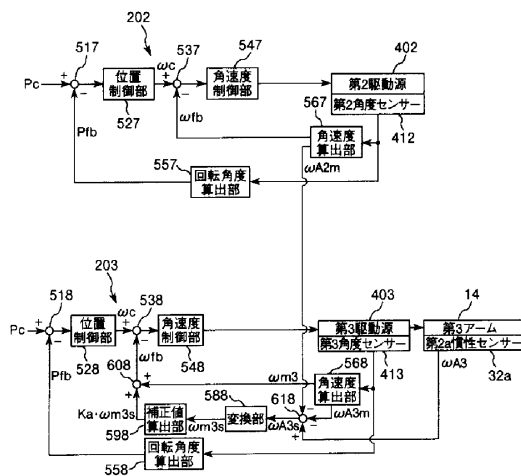
【図 6】



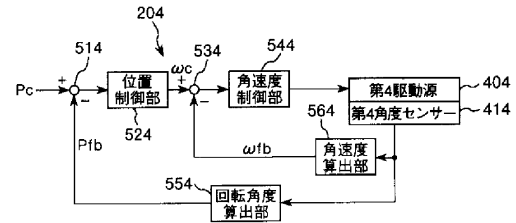
【図 7】



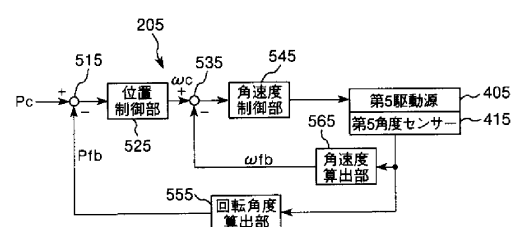
【図 11】



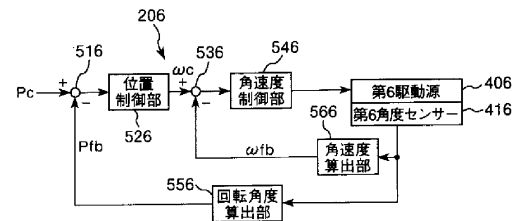
【図 8】



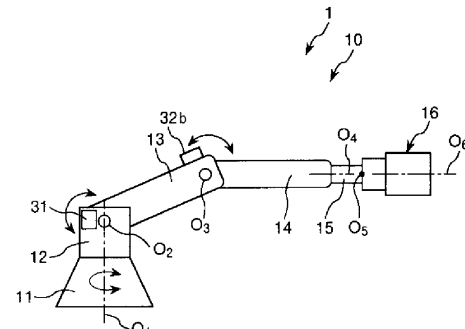
【図 9】



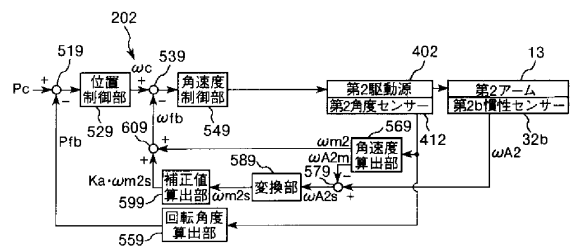
【図 10】



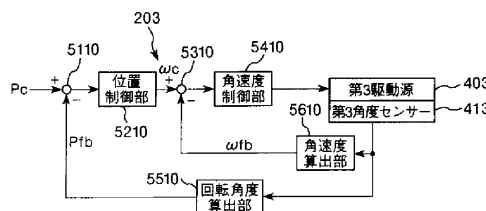
【図 12】



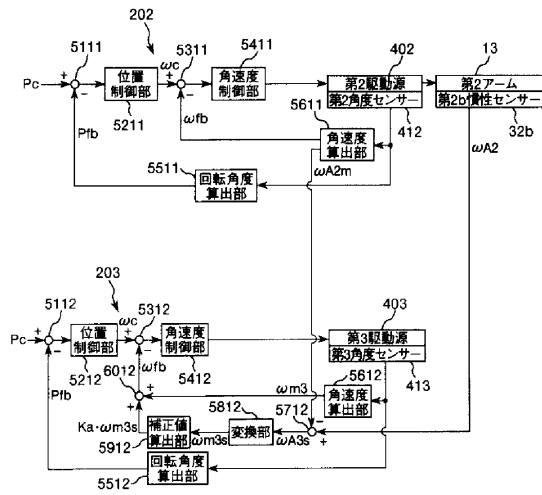
【図 13】



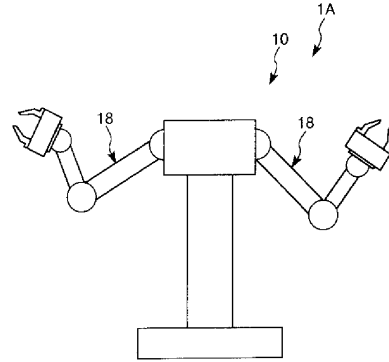
【図 14】



【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