

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6332900号
(P6332900)

(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 13/08 (2006.01)

B 2 5 J 13/08

Z

請求項の数 14 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2012-191462 (P2012-191462)
 (22) 出願日 平成24年8月31日 (2012. 8. 31)
 (65) 公開番号 特開2014-46405 (P2014-46405A)
 (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2016-10925 (P2016-10925/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 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットシステム及びロボット制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1回転軸を回転中心として回動可能な第1アームと、前記第1アームに連結され、前記第1回転軸の軸方向と直交する軸方向である第2回転軸を回転中心として回動可能な第2アームと、前記第2アームに連結され、前記第2回転軸と平行な軸である第3回転軸を回転中心として回動可能な第3アームと、前記第3アームに連結され、前記第3回転軸の軸方向と異なる軸方向である第4回転軸を回転中心として回動可能な第4アームと、前記第4アームに連結され、前記第4回転軸の軸方向と異なる軸方向である第5回転軸を回転中心として回動可能な第5アームと、前記第5アームに連結され、前記第5回転軸の軸方向と異なる軸方向である第6回転軸を回転中心として回動可能な第6アームと、を含むアーム連結体と、

前記第1アームに設置され、角速度の検出軸が前記第1回転軸と平行である第1角速度センサーと、

前記第3アームに設置され、角速度の検出軸が前記第3回転軸と平行である第2角速度センサーと、

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、

を備え、

前記第2アームには、前記アーム連結体の振動を抑制するための角速度センサーを設け

10

20

ず、

前記第 1 角速度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、前記第 2 角速度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ロボットシステム。

【請求項 2】

第 1 回転軸を回転中心として回動可能な第 1 アームと、前記第 1 アームに連結され、前
記第 1 回転軸の軸方向と直交する軸方向である第 2 回転軸を回転中心として回動可能な第
2 アームと、前記第 2 アームに連結され、前記第 2 回転軸と平行な軸である第 3 回転軸を
回転中心として回動可能な第 3 アームと、前記第 3 アームに連結され、前記第 3 回転軸の
軸方向と異なる軸方向である第 4 回転軸を回転中心として回動可能な第 4 アームと、前記
第 4 アームに連結され、前記第 4 回転軸の軸方向と異なる軸方向である第 5 回転軸を回転
中心として回動可能な第 5 アームと、前記第 5 アームに連結され、前記第 5 回転軸の軸方
向と異なる軸方向である第 6 回転軸を回転中心として回動可能な第 6 アームと、を含むア
ーム連結体と、

前記第 1 アームに設置され、角速度の検出軸が前記第 1 回転軸と平行である第 1 角速度
センサーと、

前記第 3 アームに設置され、角速度の検出軸が前記第 3 回転軸と平行である第 2 角速度
センサーと、

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、

を備え、

前記第 2 アームには、前記アーム連結体の振動を抑制するための角速度センサーを設け
ず、

前記第 1 角速度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、前記第 2 角速度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ロボットシステム。

【請求項 3】

第 1 ハウジングと、前記第 1 ハウジング内に設けられた、前記第 1 角速度センサーおよ
び前記第 1 角速度センサーから出力される信号を A/D 変換し送信する回路部を有する第 1
角速度センサーユニットと、

第 2 ハウジングと、前記第 2 ハウジング内に設けられた、前記第 2 角速度センサーおよ
び前記第 2 角速度センサーから出力される信号を A/D 変換し送信する回路部とを有する第
2 角速度センサーユニットとを備える請求項 1 または 2 に記載のロボットシステム。

【請求項 4】

前記第 1 ハウジングおよび前記第 2 ハウジングの外形は、それぞれ、直方体であり、
前記第 1 角速度センサーの前記角速度の検出軸は、前記第 1 ハウジングの前記直方体の
一番大きな面の法線と一致し、

前記第 2 角速度センサーの前記角速度の検出軸は、前記第 2 ハウジングの前記直方体の
一番大きな面の法線と一致する請求項 3 に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記第 1 ハウジングは、前記第 1 ハウジングの角部に前記第 1 アームに取り付けられる
取付部を有し、

前記第 2 ハウジングは、前記第 2 ハウジングの角部に前記第 3 アームに取り付けられる
取付部を有する請求項 3 ないし 4 のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項 6】

導電性を有し、前記第 1 ハウジングの前記取付部を前記第 1 アームに固定する固定部材
を有し、前記固定部材により、前記第 1 角速度センサーユニットの前記回路部は、前記第

10

20

30

40

50

1 アームにアースされ、

導電性を有し、前記第2ハウジングの前記取付部を前記第3アームに固定する固定部材を有し、前記固定部材により、前記第2角速度センサーユニットの前記回路部は、前記第3アームにアースされている請求項5に記載のロボットシステム。

【請求項7】

前記第1アームは、筐体と、前記筐体と一体的に形成されたアーム側取付部とを有し、

前記第1角速度センサーユニットは、前記アーム側取付部に取り付けられている請求項3ないし6のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項8】

前記第3アームは、筐体と、前記筐体と一体的に形成されたアーム側取付部とを有し、

前記第2角速度センサーユニットは、前記アーム側取付部に取り付けられている請求項3ないし7のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項9】

前記第1アームに配設され、前記ロボットに電力を供給するケーブルを有し、

前記第1角速度センサーは、前記第1アームの前記ケーブルと反対側の端部に配置されている請求項1ないし8のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項10】

前記第3アームに配設され、前記ロボットに電力を供給するケーブルを有し、

前記第2角速度センサーは、前記第3アームの前記ケーブルと反対側の端部に配置されている請求項1ないし9のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項11】

前記第1アームが設けられる基台を備え、

前記第1回転軸は、前記基台の設置面の法線と一致する請求項1ないし10のいずれかに記載のロボットシステム。

【請求項12】

第1回転軸を回転中心として回動可能な第1アームと、前記第1アームに連結され前記第1回転軸の軸方向と直交する軸方向である第2回転軸を回転中心として回動可能な第2アームと、前記第2アームに連結され前記第2回転軸と平行な軸である第3回転軸を回転中心として回動可能な第3アームと、前記第3アームに連結され、前記第3回転軸の軸方向と異なる軸方向である第4回転軸を回転中心として回動可能な第4アームと、前記第4アームに連結され、前記第4回転軸の軸方向と異なる軸方向である第5回転軸を回転中心として回動可能な第5アームと、前記第5アームに連結され、前記第5回転軸の軸方向と異なる軸方向である第6回転軸を回転中心として回動可能な第6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、を備えるロボットの作動を制御するロボット制御装置であって、

前記第1アームに設置され、角速度の検出軸が前記第1回転軸と平行である第1角速度センサーと、前記第3アームに設置され、角速度の検出軸が前記第3回転軸と平行である第2角速度センサーと、

前記第1角速度センサーから出力される第1信号と、前記第2角速度センサーから出力される第2信号とを受信する受信部と、

前記受信部により受信された前記第1信号に基づいて前記第1回転軸周りの振動成分を求め、前記受信部により受信された前記第2信号に基づいて前記第2回転軸及び前記第3回転軸周りの角速度の振動成分を求める演算部と、

前記演算部により求められた前記第1アームの角速度の振動成分に基づいて前記第1駆動源を制御し、前記第3アームの角速度の振動成分に基づいて前記第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制御部と、を備え、

前記第2アームには、前記アーム連結体の振動を抑制するための角速度センサーが設けられていないことを特徴とするロボット制御装置。

【請求項13】

10

20

30

40

50

第 1 回転軸を回転中心として回動可能な第 1 アームと、前記第 1 アームに連結され前記第 1 回転軸の軸方向と直交する軸方向である第 2 回転軸を回転中心として回動可能な第 2 アームと、前記第 2 アームに連結され前記第 2 回転軸と平行な軸である第 3 回転軸を回転中心として回動可能な第 3 アームと、前記第 3 アームに連結され、前記第 3 回転軸の軸方向と異なる軸方向である第 4 回転軸を回転中心として回動可能な第 4 アームと、前記第 4 アームに連結され、前記第 4 回転軸の軸方向と異なる軸方向である第 5 回転軸を回転中心として回動可能な第 5 アームと、前記第 5 アームに連結され、前記第 5 回転軸の軸方向と異なる軸方向である第 6 回転軸を回転中心として回動可能な第 6 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、を備えるロボットの作動を制御するロボット制御装置であって、

10

前記第 1 アームに設置され、角速度の検出軸が前記第 1 回転軸と平行である第 1 角速度センサーと、前記第 3 アームに設置され、角速度の検出軸が前記第 3 回転軸と平行である第 2 角速度センサーと、

前記第 1 角速度センサーから出力される第 1 信号と、前記第 2 角速度センサーから出力される第 2 信号とを受信する受信部と、

前記受信部により受信された前記第 1 信号に基づいて前記第 1 回転軸周りの振動成分を求め、前記受信部により受信された前記第 2 信号に基づいて前記第 2 回転軸及び前記第 3 回転軸周りの角速度の振動成分を求める演算部と、

前記演算部により求められた前記第 1 アームの角速度の振動成分に基づいて前記第 1 駆動源を制御し、前記第 3 アームの角速度の振動成分に基づいて前記第 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制御部と、を備え、

20

前記第 2 アームには、前記アーム連結体の振動を抑制するための角速度センサーが設けられていないことを特徴とするロボット制御装置。

【請求項 1 4】

ロボットと、

前記ロボットの作動を制御する請求項 1 2 または 1 3 に記載のロボット制御装置と、
を備えることを特徴とするロボットシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、ロボット、ロボット制御装置およびロボットシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に記載のロボットでは、先端部、すなわち、最も先端側の第 6 のリンクに、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸のそれぞれの方向の加速度、X 軸、Y 軸、Z 軸のそれぞれの回りの加速度を検出する 6 軸センサーを設置し、その 6 軸センサーの検出結果に基づいて、各リンクについて、それぞれ、目的の軸回りの角速度の振動成分を求め、振動を抑制する制御を行っている。なお、リンクの角速度の振動成分は、「ねじれ角速度」または「振動角速度」等と呼ばれている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2011 - 136395 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載のロボットでは、ロボットの動きによって 6 軸センサーの姿勢が変わるので、その 6 軸センサーの検出結果から、ヤコビ変換と呼ばれる座標軸変換等を行い、各リンクの角速度の振動成分を求める必要がある。しかも、刻一刻と変化するモーターの

50

回転角度に合わせて計算を行う必要がある。

このため、複雑で膨大な演算処理が必要となるので、性能が高く、高価なCPU (Central Processing Unit) 等を有する制御装置を必要とし、コストが増大するという問題がある。

また、複雑で膨大な演算処理が必要となるので、演算誤差が生じ易く、その演算誤差により、振動を十分に抑制することができないという問題がある。

本発明の目的は、容易かつ確実に、振動を抑制することができるロボット、ロボット制御装置およびロボットシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0005】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明のロボットは、基台と、

前記基台に対し、第1回転軸を回転中心として回動自在に連結された第1アームと、

前記第1アームに対し、前記第1回転軸に直交する軸であるかまたは前記第1回転軸に直交する軸と平行な軸である第2回転軸を回転中心として回動自在に連結された第2アームと、

前記第2アームに対し、前記第2回転軸と平行な軸である第3回転軸を回転中心として回動自在に連結された第3アームと、

前記第1アームに設置され、角速度の検出軸が前記第1回転軸と平行である第1角速度センサーと、

前記第3アームに設置され、角速度の検出軸が前記第3回転軸と平行である第2角速度センサーとを備えることを特徴とする。

【0006】

これにより、容易かつ確実に、振動を抑制することができる。

すなわち、まずは、第1角速度センサーにより、第1アームの角速度を検出することができる。また、第3回転軸は、第2回転軸と平行であるので、第2角速度センサーにより、第2アームの回動分を含めて第3アームの角速度を検出することができる。そして、これらの検出結果に基づいて、振動を抑制することができる。

また、ロボットの姿勢が変化しても、第1角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第1角速度センサーにより検出された第1アームの角速度に対して、第1角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

【0007】

また、第3回転軸および第2回転軸は、第1回転軸と直交または第1回転軸に直交する軸と平行であるので、ロボットの姿勢が変化、例えば、第1アームが回動しても、また、第2アームが回動しても、第2角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第2角速度センサーにより検出された第3アームの角速度に対して、第2角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

これにより、複雑で膨大な演算が不要であり、これによって、演算誤差が生じ難く、振動を確実に抑制することができ、また、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。

【0008】

また、第2角速度センサーにより、第2アームの角速度ではなく、第2アームの回動分を含めて第3アームの角速度を検出するので、より確実に振動を抑制することができる。

また、第2アームにも角速度センサーを設置する場合に比べて、角速度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、構成を簡素化することができる。

【0009】

本発明のロボットでは、第1ハウジングと、前記第1ハウジング内に設けられ、前記第1角速度センサーおよび前記第1角速度センサーから出力される信号をAD変換し送信する回路部を有する第1角速度センサーユニットと、

10

20

30

40

50

第 2 ハウジングと、前記第 2 ハウジング内に設けられ、前記第 2 角速度センサーおよび前記第 2 角速度センサーから出力される信号を A/D 変換し送信する回路部とを有する第 2 角速度センサーユニットとを備え、

前記第 1 角速度センサーユニットが前記第 1 アームに設置され、前記第 2 角速度センサーユニットが前記第 3 アームに設置されていることが好ましい。

これにより、前記回路部を別途設ける場合に比べ、構成を簡素化することができる。

【0010】

本発明のロボットでは、前記第 1 ハウジングおよび前記第 2 ハウジングの外形は、それぞれ、直方体であり、

前記第 1 角速度センサーの前記角速度の検出軸は、前記第 1 ハウジングの前記直方体の一番大きな面の法線と一致し、

前記第 2 角速度センサーの前記角速度の検出軸は、前記第 2 ハウジングの前記直方体の一番大きな面の法線と一致することが好ましい。

これにより、容易かつ確実に、第 1 角速度センサーの角速度の検出軸および第 2 角速度センサーの角速度の検出軸の方向を認識することができ、容易に、第 1 角速度センサーおよび第 2 角速度センサーを適正な姿勢にすることができる。

【0011】

本発明のロボットでは、前記第 1 ハウジングは、前記第 1 ハウジングの角部に前記第 1 アームに取り付けられる取付部を有し、

前記第 2 ハウジングは、前記第 2 ハウジングの角部に前記第 3 アームに取り付けられる取付部を有することが好ましい。

これにより、第 1 角速度センサーユニットを確実に第 1 アームに取り付けることができ、第 2 角速度センサーユニットを確実に第 3 アームに取り付けることができる。

【0012】

本発明のロボットでは、導電性を有し、前記第 1 ハウジングの前記取付部を前記第 1 アームに固定する固定部材を有し、前記固定部材により、前記第 1 角速度センサーユニットの前記回路部は、前記第 1 アームにアースされ、

導電性を有し、前記第 2 ハウジングの前記取付部を前記第 3 アームに固定する固定部材を有し、前記固定部材により、前記第 2 角速度センサーユニットの前記回路部は、前記第 3 アームにアースされていることが好ましい。

これにより、部品点数を削減することができ、構成を簡素化することができる。

【0013】

本発明のロボットでは、前記第 1 アームは、筐体と、前記筐体と一体的に形成されたアーム側取付部とを有し、

前記第 1 角速度センサーユニットは、前記アーム側取付部に直接取り付けられていることが好ましい。

これにより、第 1 角速度センサーユニットは、確実に、第 1 アームと一体的に回転することができる。

【0014】

本発明のロボットでは、前記第 3 アームは、筐体と、前記筐体と一体的に形成されたアーム側取付部とを有し、

前記第 2 角速度センサーユニットは、前記アーム側取付部に直接取り付けられていることが好ましい。

これにより、第 2 角速度センサーユニットは、確実に、第 3 アームと一体的に回転することができる。

【0015】

本発明のロボットでは、前記第 1 アームに配設され、当該ロボットに電力を供給するケーブルを有し、

前記第 1 角速度センサーは、前記第 1 アームの前記ケーブルと反対側の端部に配置されていることが好ましい。

10

20

30

40

50

これにより、第1角速度センサーが、ケーブルから発せられるノイズの影響を受けることを防止することができ、また、第1角速度センサー側の回路や配線がケーブルによりショートしてしまうことを防止することができる。

【0016】

本発明のロボットでは、前記第3アームに配設され、当該ロボットに電力を供給するケーブルを有し、

前記第2角速度センサーは、前記第3アームの前記ケーブルと反対側の端部に配置されていることが好ましい。

これにより、第2角速度センサーが、ケーブルから発せられるノイズの影響を受けることを防止することができ、また、第2角速度センサー側の回路や配線がケーブルによりショートしてしまうことを防止することができる。

10

【0017】

本発明のロボットでは、前記第3アームに対し、前記第3回転軸に直交する軸であるかまたは前記第3回転軸に直交する軸と平行な軸である第4回転軸を回転中心として回動自在に連結された第4アームと、

前記第4アームに対し、前記第4回転軸に直交する軸であるかまたは前記第4回転軸に直交する軸と平行な軸である第5回転軸を回転中心として回動自在に連結された第5アームと、

前記第5アームに対し、前記第5回転軸に直交する軸であるかまたは前記第5回転軸に直交する軸と平行な軸である第6回転軸を回転中心として回動自在に連結された第6アームとを備えることが好ましい。

20

これにより、より複雑な動きを容易に行うことができる。

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。

【0018】

本発明のロボット制御装置は、基台と、前記基台に対し、第1回転軸を回転中心として回動自在に連結された第1アームと、前記第1アームに対し、前記第1回転軸に直交する軸であるかまたは前記第1回転軸に直交する軸と平行な軸である第2回転軸を回転中心として回動自在に連結された第2アームと、前記第2アームに対し、前記第2回転軸と平行な軸である第3回転軸を回転中心として回動自在に連結された第3アームとを備えるロボットの作動を制御するロボット制御装置であって、

30

前記第1アームに設置され、角速度の検出軸が前記第1回転軸と平行である第1角速度センサーから出力される第1信号と、前記第3アームに設置され、角速度の検出軸が前記第3回転軸と平行である第2角速度センサーから出力される第2信号とを受信する受信部と、

前記受信部により受信された前記第1信号および前記第2信号に基づいて、前記第1アームの角速度の振動成分および前記第3アームの角速度の振動成分を求める演算部と、

前記演算部により求められた前記第1アームの角速度の振動成分および前記第3アームの角速度の振動成分に基づいて、前記ロボットの作動を制御する制御部とを備えることを特徴とする。

40

【0019】

これにより、容易かつ確実に、振動を抑制することができる。

すなわち、まずは、演算部により、第1角速度センサーで検出された第1アームの角速度に基づいて、第1アームの角速度の振動成分を求めることができる。また、第3回転軸は、第2回転軸と平行であるので、演算部により、第2角速度センサーで検出された第2アームの回動分を含む第3アームの角速度に基づいて、第2アームの角速度の振動成分を含む第3アームの角速度の振動成分を求めることができる。そして、その第1アームの角速度の振動成分および第3アームの角速度の振動成分に基づいて、振動を抑制することができる。

50

また、ロボットの姿勢が変化しても、第1角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第1角速度センサーにより検出された第1アームの角速度に対して、第1角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

【0020】

また、第3回転軸および第2回転軸は、第1回転軸と直交または第1回転軸に直交する軸と平行であるので、ロボットの姿勢が変化、例えば、第1アームが回転しても、また、第2アームが回転しても、第2角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第2角速度センサーにより検出された第3アームの角速度に対して、第2角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

これにより、複雑で膨大な演算が不要であり、これによって、演算誤差が生じ難く、振動を確実に抑制することができ、また、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。

10

また、演算部により、第2アームのみの角速度の振動成分ではなく、第2角速度センサーで検出された第2アームの回転分を含む第3アームの角速度に基づいて、第2アームの角速度の振動成分を含む第3アームの角速度の振動成分を求めるので、より確実に振動を抑制することができる。

【0021】

本発明のロボットシステムは、本発明のロボットと、

前記ロボットの作動を制御するロボット制御装置とを備えることを特徴とする。

これにより、容易かつ確実に、振動を抑制することができる。

20

すなわち、まずは、第1角速度センサーにより、第1アームの角速度を検出することができる。また、第3回転軸は、第2回転軸と平行であるので、第2角速度センサーにより、第2アームの回転分を含めて第3アームの角速度を検出することができる。そして、これらの検出結果に基づいて、振動を抑制することができる。

また、ロボットの姿勢が変化しても、第1角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第1角速度センサーにより検出された第1アームの角速度に対して、第1角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

【0022】

また、第3回転軸および第2回転軸は、第1回転軸と直交または第1回転軸に直交する軸と平行であるので、ロボットの姿勢が変化、例えば、第1アームが回転しても、また、第2アームが回転しても、第2角速度センサーの角速度の検出軸は、一定である。このため、第2角速度センサーにより検出された第3アームの角速度に対して、第2角速度センサーの向きによる補正を行う必要がない。

30

これにより、複雑で膨大な演算が不要であり、これによって、演算誤差が生じ難く、振動を確実に抑制することができ、また、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。

【0023】

また、第2角速度センサーにより、第2アームの角速度ではなく、第2アームの回転分を含めて第3アームの角速度を検出するので、より確実に振動を抑制することができる。

また、第2アームにも角速度センサーを設置する場合に比べて、角速度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、構成を簡素化することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明のロボットの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に示すロボットを有するロボットシステムの主要部のブロック図である。

【図5】図1に示すロボットの正面図である。

【図6】図1に示すロボットの第1アームにおける第1角速度センサー付近を示す図であ

50

る。

【図 7】図 1 に示すロボットの第 3 アームにおける第 2 角速度センサー付近を示す図である。

【図 8】図 1 に示すロボットの第 1 角速度センサーユニットの断面図である。

【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】図 1 に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図 12】図 1 に示すロボットの主要部のブロック図である。

【図 13】図 1 に示すロボットの主要部のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0025】

以下、本発明のロボット、ロボット制御装置およびロボットシステム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。

図 1 は、本発明のロボットの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 は、図 1 に示すロボットの概略図である。図 4 は、図 1 に示すロボットを有するロボットシステムの主要部のブロック図である。図 5 は、図 1 に示すロボットの正面図である。図 6 は、図 1 に示すロボットの第 1 アームにおける第 1 角速度センサー付近を示す図である。図 7 は、図 1 に示すロボットの第 3 アームにおける第 2 角速度センサー付近を示す図である。図 8 は、図 1 に示すロボットの第 1 角速度センサーユニットの断面図である。図 9 ~ 図 13 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。

20

【0026】

なお、以下では、説明の都合上、図 1 ~ 図 3、図 5 ~ 図 7 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 1 ~ 図 3、図 5 ~ 図 7 中の基台側を「基端」、その反対側を「先端」と言う。また、図 8 には、第 1 角速度センサーユニットに対応させて、括弧書きで、第 2 角速度センサーユニットの各部の符号を記載し、第 2 角速度センサーユニットの図示は省略する。

【0027】

図 1 ~ 図 4 に示すロボットシステム（産業用ロボットシステム）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（産業用ロボット）1 と、ロボット 1 の作動を制御するロボット制御装置（制御手段）20（図 4 参照）とを有している。ロボット 1 と、ロボット制御装置 20 とは、電氣的に接続されている。また、ロボット制御装置 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（PC）等で構成することができる。なお、ロボット制御装置 20 については、後で詳述する。

30

【0028】

ロボット 1 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 1 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、本実施形態では、リスト 16 は、第 5 アームと、第 6 アームとを有している。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。

40

【0029】

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、第 1 アーム 12、第 2 アーム 13、第 4 アーム 15 の長さが、第 3

50

アーム 1 4 およびリスト 1 6 よりも長く設定されている。

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、モーター 4 0 1 M を有する第 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 3 0 1 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、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 からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 1 駆動源 4 0 1 は、減速機を有している。

10

【0030】

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、モーター 4 0 2 M を有する第 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 3 0 2 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、第 2 駆動源 4 0 2 はモーター 4 0 2 M とともに設けた減速機 4 5（図 5 参照）によってモーター 4 0 2 M からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 2 駆動源 4 0 2 は、減速機 4 5 を有している。また、第 2 回転軸 O 2 は、第 1 回転軸 O 1 に直交する軸と平行であってもよい。

20

【0031】

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いる。そして、第 3 アーム 1 4 は、第 2 アーム 1 3 に対して水平方向と平行な回転軸 O 3 を回転中心とし、その第 3 回転軸 O 3 回りに回転可能となっている。第 3 回転軸 O 3 は、第 2 回転軸 O 2 と平行である。この第 3 回転軸 O 3 回りの回転は、第 3 駆動源 4 0 3 の駆動によりなされる。また、第 3 駆動源 4 0 3 は、モーター 4 0 3 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 3 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 3 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、第 3 駆動源 4 0 3 はモーター 4 0 3 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 3 M からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 3 駆動源 4 0 3 は、減速機を有している。

30

【0032】

第 3 アーム 1 4 と第 4 アーム 1 5 とは、関節（ジョイント）1 7 4 を介して連結されている。そして、第 4 アーム 1 5 は、第 3 アーム 1 4（基台 1 1）に対し、第 3 アーム 1 4 の中心軸方向と平行な第 4 回転軸 O 4 を回転中心とし、その第 4 回転軸 O 4 回りに回転自在となっている。第 4 回転軸 O 4 は、第 3 回転軸 O 3 と直交している。この第 4 回転軸 O 4 回りの回転は、第 4 駆動源 4 0 4 の駆動によりなされる。また、第 4 駆動源 4 0 4 は、モーター 4 0 4 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 4 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 4 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、第 4 駆動源 4 0 4 はモーター 4 0 4 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 4 M からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 4 駆動源 4 0 4 は、減速機を有している。第 4 回転軸 O 4 は、第 3 回転軸 O 3 に直交する軸と平行であってもよい。

40

【0033】

第 4 アーム 1 5 と第 5 リスト 1 6 とは、関節（ジョイント）1 7 5 を介して連結されている。そして、リスト 1 6 は、第 4 アーム 1 5 に対して水平方向（y 軸方向）と平行な第

50

5 回転軸 O 5 を回転中心とし、その第 5 回転軸 O 5 回りに回動自在となっている。第 5 回転軸 O 5 は、第 4 回転軸 O 4 と直交している。この第 5 回転軸 O 5 回りの回動は、第 5 駆動源 4 0 5 の駆動によりなされる。また、第 5 駆動源 4 0 5 は、モーター 4 0 5 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 5 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 5 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、第 5 駆動源 4 0 5 はモーター 4 0 5 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 5 M からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 5 駆動源 4 0 5 は、減速機を有している。また、リスト 1 6 は、関節（ジョイント）1 7 6 を介して、第 5 回転軸 O 5 と垂直な第 6 回転軸 O 6 を回転中心とし、その第 6 回転軸 O 6 回りに回動自在となっている。回転軸 O 6 は、回転軸 O 5 と直交している。この第 6 回転軸 O 6 回りの回動は、第 6 駆動源 4 0 6 駆動によりなされる。また、第 6 駆動源 4 0 6 の駆動は、モーターとケーブル（図示せず）によって駆動され、このモーター 4 0 6 M は電氣的に接続されたモータードライバ 3 0 6 を介してロボット制御装置 2 0 により制御される（図 4 参照）。なお、第 6 駆動源 4 0 6 はモーター 4 0 6 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 6 M からの駆動力を伝達するように構成してもよく、また、減速機が省略されていてもよいが、本実施形態では、第 6 駆動源 4 0 6 は、減速機を有している。また、第 5 回転軸 O 5 は、第 4 回転軸 O 4 に直交する軸と平行であってもよく、また、第 6 回転軸 O 6 は、第 5 回転軸 O 5 に直交する軸と平行であってもよい。

【 0 0 3 4 】

また、図 6 に示すように、第 1 アーム 1 2 には、第 1 角速度センサー 3 1、すなわち、第 1 角速度センサー 3 1 を有する第 1 角速度センサーユニット 7 1 が設置されている。この第 1 角速度センサー 3 1 により第 1 アーム 1 2 の第 1 回転軸 O 1 の回りの角速度を検出する。

また、図 7 に示すように、第 3 アーム 1 4 には、第 2 角速度センサー 3 2、すなわち、第 2 角速度センサー 3 2 を有する第 2 角速度センサーユニット 7 2 が設置されている。この第 2 角速度センサー 3 2 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。

なお、第 1 角速度センサー 3 1、第 2 角速度センサー 3 2 としては、それぞれ、特に限定されず、例えば、ジャイロセンサー等を用いることができる。

【 0 0 3 5 】

ここで、このロボット 1 では、第 1 アーム 1 2、第 2 アーム 1 3 および第 3 アーム 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、第 1 アーム 1 2、第 2 アーム 1 3 および第 3 アームの振動を抑制するために、第 1 アーム 1 2、第 2 アーム 1 3 および第 3 アームのすべてに角速度センサーを設置するのではなく、前記のように第 1 アーム 1 2、第 3 アーム 1 4 のみに第 1 角速度センサー 3 1、第 2 角速度センサー 3 2 を設置し、その第 1 角速度センサー 3 1、第 2 角速度センサー 3 2 の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、第 1 アーム 1 2、第 2 アーム 1 3 および第 3 アーム 1 4 のすべてに角速度センサーを設置する場合に比べ、角速度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。また、第 2 角速度センサー 3 2 により、第 2 アーム 1 3 の角速度ではなく、第 2 アーム 1 3 の回動分を含めて第 3 アーム 1 4 の角速度を検出するので、より確実に振動を抑制することができる。また、第 3 アーム 1 4 よりも基端側の第 2 アーム 1 3 を回動させる第 2 駆動源 4 0 2 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。

【 0 0 3 6 】

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 位置センサー 4 1 1、第 2 位置センサー 4 1 2、第 3 位置センサー 4 1 3、第 4 位置センサー 4 1 4、第 5 位置センサー 4 1 5、第 6 位置センサー 4 1 6 が設けられている。これらの位置センサーとしては、それぞれ、特に限定されず、例えば、エンコーダー、ロータリーエンコーダ

一、レゾルバー、ポテンシオメーター等を用いることができる。これらの位置センサー 411 ~ 416 により、それぞれ、駆動源 401 ~ 406 のモーターまたは減速機の軸部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 1 を挿通していてもよい。

【0037】

図 4 に示すように、ロボット 1 は、ロボット制御装置 20 と電氣的に接続されている。すなわち、駆動源 401 ~ 406、位置センサー 411 ~ 416、角速度センサー 31、32 は、それぞれ、ロボット制御装置 20 と電氣的に接続されている。

10

そして、ロボット制御装置 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、ロボット制御装置 20 は、位置センサー 411 ~ 416、第 1 角速度センサー 31、第 2 角速度センサー 32 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、ロボット制御装置 20 に内蔵された記録媒体に予め記憶されている。

【0038】

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。

20

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、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。

【0039】

アーム 12 ~ 15 は、それぞれ、中空のアーム本体（筐体）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。

30

【0040】

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。なお、前述したように、本実施形態では、この減速機とモーターとを含めて駆動源とする。

40

【0041】

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

50

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。アーム本体2aは、先端側の1対の舌片部241a、241bと、基端側の根元部251とを有している。舌片部241aと舌片部241bとは、離間し、互いに対向している。また、舌片部241a、241bは、根元部251に対して傾斜しており、これにより、第1アーム12は、水平方向に対し傾斜する。そして、舌片部241aと舌片部241bとの間に、第2アーム13の基端部が配置されている。

【0042】

また、第1アーム12における第1角速度センサー31の設置位置は、特に限定されないが、本実施形態では、図6に示すように、第1角速度センサー31、すなわち、第1角速度センサーユニット71は、第1アーム12のアーム本体2aの根元部251の内部のケーブル85と反対側の端部に設置されている。ケーブル85は、ロボット1の各モーター401M~406Mに電力を供給するケーブルである。これにより、第1角速度センサー31がケーブル85から発せられるノイズの影響を受けることを防止することができる。また、第1角速度センサーユニット71の後述する回路部713、配線、第1角速度センサー31がケーブル85によりショートしてしまうことを防止することができる。

【0043】

ここで、駆動機構3および減速機について、代表的に、第1アーム12のアーム本体2a内に設けられ、第2アーム13を回転させる駆動機構3を説明する。

図5に示すように、駆動機構3は、モーター402Mの軸部に連結された第1プーリー91と、第1プーリー91に離間して配置された第2プーリー92と、第1プーリー91と第2プーリー92とに掛け渡されたベルト(タイミングベルト)93とを有している。そして、第2プーリー92と第2アーム13の軸部とが、減速機45により連結されている。

【0044】

減速機45としては、特に限定されず、例えば、複数の歯車で構成されたものや、ハーモニックドライブ(「ハーモニックドライブ」は登録商標)と呼ばれるもの等が挙げられる。

ロボット1のアーム12~15、リスト16の振動の主な原因としては、例えば、減速機45のねじれや撓み、ベルト93の伸縮、アーム12~15、リスト16の撓み等が挙げられる。

【0045】

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。アーム本体2bは、先端側の1対の舌片部242a、242bと、基端側の根元部252とを有している。舌片部242aと舌片部242bとは、離間し、互いに対向している。そして、舌片部242aと舌片部242bとの間に、第3アーム14の基端部が配置されている。

【0046】

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。なお、アーム本体2cは、前記アーム本体2aの根元部251、前記アーム本体2bの根元部252に相当する部材で構成されている。

【0047】

また、第3アーム14における第2角速度センサー32の設置位置は、特に限定されないが、本実施形態では、図7に示すように、第2角速度センサー32、すなわち、第2角速度センサーユニット72は、第3アーム14のアーム本体2cの内部のケーブル85と反対側の端部に設置されている。これにより、第2角速度センサー32がケーブル85から発せられるノイズの影響を受けることを防止することができ、また、第2角速度センサ

ーユニット72の回路部723、配線、第2角速度センサー32がケーブル85によりショートしてしまうことを防止することができる。

【0048】

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。アーム本体2dは、先端側の1対の舌片部244a、244bと、基端側の根元部254とを有している。舌片部244aと舌片部244bとは、離間し、互に対向している。そして、舌片部244aと舌片部244bとの間に、リスト16の支持リング162が配置されている。

10

【0049】

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、機能部（エンドエフェクタ）として、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。

【0050】

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。

20

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の駆動機構3dに連結されており、当該駆動機構3dのモーター406Mの駆動により、回転軸O6回りに回転する。

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3dに連結されており、当該駆動機構3dのモーター405Mの駆動により、リスト本体161ごと回転軸O5回りに回転する。

【0051】

30

アーム本体2の構成材料としては、特に限定されず、例えば、各種金属材料を用いることができ、これらの中でも、特にアルミニウムまたはアルミニウム合金が好ましい。アーム本体2が金型を用いて成形される鋳物である場合、当該アーム本体2の構成材料にアルミニウムまたはアルミニウム合金を用いることにより、金型成形を容易に行なうことができる。

【0052】

また、基台11の基台本体112、リスト16のリスト本体161、支持リング162の構成材料としては、それぞれ、特に限定されず、例えば、前記アーム本体2の構成材料と同様のもの等が挙げられる。なお、リスト16のリスト本体161の構成材料は、ステンレス鋼を用いるのが好ましい。

40

また、封止手段4の構成材料としては、特に限定されず、例えば、各種樹脂材料、各種金属材料を用いることができる。なお、封止手段4の構成材料として、樹脂材料を用いることにより、軽量化を図ることができる。

【0053】

次に、第1角速度センサーユニット71、第2角速度センサーユニット72について説明する。

図8に示すように、第1角速度センサーユニット71は、第1ハウジング711と、第1ハウジング711内に設けられ、配線を有する回路基板712、回路基板712上に電氣的に接続された第1角速度センサー31および回路部713とを有している。本実施形態では、第1ハウジング711は、封止材で構成され、その封止材により、第1角速度セ

50

ンサー 3 1、回路部 7 1 3 および回路基板 7 1 2 全体が封止されている。

【 0 0 5 4 】

同様に、第 2 角速度センサーユニット 7 2 は、第 2 ハウジング 7 2 1 と、第 2 ハウジング 7 2 1 内に設けられ、配線を有する回路基板 7 2 2、回路基板 7 2 2 上に電氣的に接続された第 2 角速度センサー 3 2 および回路部 7 2 3 とを有している。本実施形態では、第 2 ハウジング 7 2 1 は、封止材で構成され、その封止材により、第 2 角速度センサー 3 2、回路部 7 2 3 および回路基板 7 2 2 全体が封止されている。

このように、第 1 角速度センサー 3 1 および回路部 7 1 3、第 2 角速度センサー 3 2 および回路部 7 2 3 をパッケージ化することで、構成を簡素化することができる。

【 0 0 5 5 】

なお、第 1 角速度センサーユニット 7 1 と第 2 角速度センサーユニット 7 2 とは同様であるので、以下、代表的に、第 1 角速度センサーユニット 7 1 について説明する。

まず、回路部 7 1 3 は、第 1 角速度センサー 3 1 から出力される信号を A/D 変換、すなわち、アナログ信号をデジタル信号に変換する A/D 変換部と、前記変換された信号をロボット制御装置 2 0 に送信する送信部とを有している。

また、第 1 ハウジング 7 1 1 の外形は、立方体である。

【 0 0 5 6 】

また、第 1 角速度センサー 3 1 は、角速度の検出軸（以下、単に「検出軸」とも言う）を有しており、その検出軸の回りの角速度を検出するように構成されている。また、第 1 角速度センサー 3 1 の検出軸は、第 1 ハウジング 7 1 1 の直方体の一番大きな面の法線と一致している。これにより、容易かつ確実に、第 1 角速度センサー 3 1 の検出軸および第 2 角速度センサー 3 2 の検出軸の方向を認識することができ、容易に、第 1 角速度センサー 3 1 および第 2 角速度センサー 3 2 を適正な姿勢にすることができる。そして、第 1 角速度センサー 3 1、すなわち、第 1 角速度センサーユニット 7 1 は、第 1 角速度センサー 3 1 の検出軸が第 1 回転軸 O 1 と平行になるように設置されている。また、第 2 角速度センサー 3 2、すなわち、第 2 角速度センサーユニット 7 2 は、第 2 角速度センサー 3 2 の検出軸が第 3 回転軸 O 3 と平行になるように設置されている。

【 0 0 5 7 】

また、図 6 および図 8 に示すように、第 1 ハウジング 7 1 1 は、その 4 つの角部に、第 1 アーム 1 2 に取り付けられる取付部 7 1 1 1 を有している。各取付部 7 1 1 1 には、それぞれ、雄ネジ（固定部材）8 1 が挿入される孔 7 1 1 2 が形成されている。

一方、第 1 アーム 1 2 は、アーム本体 2 a と一体的に形成され、第 1 角速度センサーユニット 7 1（第 1 ハウジング 7 1 1）が取り付けられる 3 つのアーム側取付部 1 2 1 を有している。各アーム側取付部 1 2 1 は、それぞれ、アーム本体 2 a に突出形成された支柱で構成されている。また、各アーム側取付部 1 2 1 は、それぞれ、第 1 ハウジング 7 1 1 の取付部 7 1 1 1 に対応する位置に配置されている。また、各アーム側取付部 1 2 1 の先端部には、それぞれ、雄ネジ 8 1 が螺合する雌ネジ 1 2 2 が形成されている。

【 0 0 5 8 】

なお、前記アーム本体 2 a と一体的に形成されたアーム側取付部 1 2 1 における「一体的」とは、別々に部材を形成し、それらを接合するのではなく、例えば、ダイキャスト等により、アーム本体 2 a とアーム側取付部 1 2 1 とを同時に形成する場合を言う。後述するアーム本体 2 c と一体的に形成されたアーム側取付部 1 4 1 における「一体的」も同様である。

【 0 0 5 9 】

第 1 角速度センサーユニット 7 1 を第 1 アーム 1 2 に取り付ける（設置する）際は、3 つの雄ネジ 8 1 をそれぞれ第 1 ハウジング 7 1 1 の孔 7 1 1 2 に挿入し、第 1 アーム 1 2 のアーム側取付部 1 2 1 の先端部の雌ネジ 1 2 2 に螺合する。これにより、各雄ネジ 8 1 により、第 1 ハウジング 7 1 1 の 3 つの取付部 7 1 1 1 がそれぞれ第 1 アーム 1 2 の対応するアーム側取付部 1 2 1 に固定される。すなわち、第 1 アーム 1 2 のアーム側取付部 1 2 1 に、第 1 角速度センサーユニット 7 1 が取り付けられる。この場合、アーム側取付部

10

20

30

40

50

１２１と第１角速度センサーユニット７１との間には、何も介在しておらず、すなわち、第１角速度センサーユニット７１は、アーム側取付部１２１に直接取り付けられる。これにより、第１角速度センサーユニット７１を確実に第１アーム１２に取り付けることができ、また、第１角速度センサーユニット７１は、確実に、第１アーム１２と一体的に回転することができる。

【００６０】

なお、第１角速度センサーユニット７１がアーム側取付部１２１に直接取り付けられるにおける「直接」とは、第１角速度センサーユニット７１を別の基板等の中間体に取り付けて、その中間体を、アーム側取付部１２１に取り付けているのではないことを言う。すなわち、アーム側取付部１２１と第１角速度センサーユニット７１との間に、接着剤等を除き、何も介在していないことを言う。後述する第２角速度センサーユニット７２がアーム側取付部１４１に直接取り付けられるにおける「直接」も同様である。

10

【００６１】

また、雄ネジ８１は、導電性を有しており、例えば、各種の金属材料で形成されている。この雄ネジ８１は、第１ハウジング７１１の孔７１１２に挿入し、アーム側取付部１２１の先端部の雌ネジ１２２に螺合した際、回路部７１３のアース用の端子に電氣的に接続された回路基板７１２の配線に電氣的に接続され、また、雄ネジ８１の先端部は、アーム側取付部１２１に電氣的に接続される。これにより、回路部７１３のアース用の端子は、配線および雄ネジ８１を介して、第１アーム１２のアーム本体２ａに電氣的に接続され、アースされる。これにより、アースに要する部品点数を削減することができ、構成を簡素化することができる。

20

【００６２】

また、図７および図８に示すように、第２ハウジング７２１は、その４つの角部に、第３アーム１４に取り付けられる取付部７２１１を有している。各取付部７２１１には、それぞれ、雄ネジ８１が挿入される孔７２１２が形成されている。

また、図７に示すように、第３アーム１４は、アーム本体２ｃと一体的に形成され、第２角速度センサーユニット７２（第２ハウジング７２１）が取り付けられるアーム側取付部１４１を有している。アーム側取付部１４１は、第２ハウジング７２１に対応した形状をなしている。すなわち、アーム側取付部１４１は、板状をなし、平面視での形状は、四角形、本実施形態では、長方形をなしている。また、アーム側取付部１４１の各角部には、それぞれ、雄ネジ８１が螺合する雌ネジが形成されている。

30

【００６３】

第２角速度センサーユニット７２を第３アーム１４に取り付ける際は、４つの雄ネジ８１をそれぞれ第２ハウジング７２１の孔７２１２に挿入し、第３アーム１４のアーム側取付部１４１の先端部の雌ネジに螺合する。これにより、各雄ネジ８１により、第２ハウジング７２１の４つの取付部７２１１がそれぞれ第２アーム１４のアーム側取付部１４１に固定される。すなわち、第２アーム１４のアーム側取付部１４１に、第２角速度センサーユニット７２が取り付けられる。この場合、アーム側取付部１４１と第２角速度センサーユニット７２との間には、何も介在しておらず、すなわち、第２角速度センサーユニット７２は、アーム側取付部１４１に直接取り付けられる。これにより、第２角速度センサーユニット７２を確実に第３アーム１４に取り付けることができ、また、第２角速度センサーユニット７２は、確実に、第３アーム１４と一体的に回転することができる。

40

【００６４】

また、雄ネジ８１は、第２ハウジング７２１の孔７２１２に挿入し、アーム側取付部１４１の雌ネジに螺合した際、回路部７２３のアース用の端子に電氣的に接続された回路基板７２２の配線に電氣的に接続され、また、雄ネジ８１の先端部は、アーム側取付部１４１に電氣的に接続される。これにより、回路部７２３のアース用の端子は、配線および雄ネジ８１を介して、第２アーム１４のアーム本体２ｃに電氣的に接続され、アースされる。これにより、アースに要する部品点数を削減することができ、構成を簡素化することができる。

50

【 0 0 6 5 】

次に、図 4、図 9 ~ 図 1 3 を参照し、ロボット制御装置 2 0 の構成について説明する。

ロボット制御装置 2 0 は、第 1 角速度センサー 3 1 から出力される第 1 信号と、第 2 角速度センサー 3 2 から出力される第 2 信号と、位置センサー 4 1 1 ~ 4 1 6 から出力される各信号とをそれぞれ受信する受信部と、この受信部により受信された第 1 信号および第 2 信号に基づいて、第 1 アーム 1 2 の角速度の振動成分および第 3 アーム 1 4 の角速度の振動成分を求める演算部と、この演算部により求められた第 1 アーム 1 2 の角速度の振動成分および第 3 アーム 1 4 の角速度の振動成分に基づいて、ロボット 1 の作動を制御する制御部とを有している。

【 0 0 6 6 】

10

具体的には、図 4、図 9 ~ 図 1 3 に示すように、ロボット制御装置 2 0 は、前記受信部と、第 1 駆動源 4 0 1 の作動を制御する第 1 駆動源制御部 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 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 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 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 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 2 0 6 とを有している。

なお、前記演算部は、第 1 駆動源制御部 2 0 1 の後述する角速度算出部 5 6 1、減算器 5 7 1、第 2 駆動源制御部 2 0 2 の後述する角速度算出部 5 6 2、加減算器 6 2 2、第 3 駆動源制御部 2 0 3 の後述する角速度算出部 5 6 3 により構成される。

【 0 0 6 7 】

20

図 9 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。

図 1 0 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。

図 1 0 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。

30

【 0 0 6 8 】

図 1 1 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。

図 1 2 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 3 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。

40

【 0 0 6 9 】

ここで、ロボット制御装置 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、ロボット制御装置 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 9 ~ 図 1 3 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。

50

【 0 0 7 0 】

図 9 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 位置センサー 4 1 1、第 1 角速度センサー 3 1 からそれぞれ検出信号が入力される。第 1 駆動源制御部 2 0 1 は、第 1 位置センサー 4 1 1 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 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 4 0 1 を駆動する。

【 0 0 7 1 】

すなわち、第 1 駆動源制御部 2 0 1 の減算器 5 1 1 には、位置指令 P_c が入力され、また、回転角度算出部 5 5 1 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 では、第 1 位置センサー 4 1 1 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 4 0 1 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 に出力される。減算器 5 1 1 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 4 0 1 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 に出力する。

【 0 0 7 2 】

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

減算器 5 3 1 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 5 3 1 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 4 0 1 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 に出力する。

【 0 0 7 3 】

角速度制御部 5 4 1 は、減算器 5 3 1 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 4 0 1 の駆動信号（駆動電流）を生成し、モータドライバ 3 0 1 を介してモーター 4 0 1 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 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 1 駆動源 4 0 1 の駆動電流が制御される。

【 0 0 7 4 】

次に、第 1 駆動源制御部 2 0 1 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 5 6 1 では、第 1 位置センサー 4 1 1 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 4 0 1 の角速度 $m1$ が算出され、その角速度 $m1$ は、加算器 6 0 1 に出力される。

【 0 0 7 5 】

また、角速度算出部 5 6 1 では、第 1 位置センサー 4 1 1 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 1 2 の第 1 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 5 7 1 に出力される。なお、角速度 $A1m$ は、角速度 $m1$ を、第 1 駆動源 4 0 1 のモーター 4 0 1 M と第 1 アーム 1 2 との間、すなわち、関節 1 7 1 における減速比で除算した値である。

また、第 1 角速度センサー 3 1 により、第 1 アーム 1 2 の第 1 回転軸 $O1$ の回りの角速度が検出される。そして、その第 1 角速度センサー 3 1 の検出信号、すなわち、第 1 角速度センサー 3 1 により検出された第 1 アーム 1 2 の第 1 回転軸 $O1$ の回りの角速度 $A1$

10

20

30

40

50

は、減算器 571 に出力される。

【0076】

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、この角速度 $A1$ から角速度 $A1m$ を減算した値 $A1s (= A1 - A1m)$ を変換部 581 に出力する。この値 $A1s$ は、第 1 アーム 12 の第 1 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、 $A1s$ を振動角速度と言う。本実施形態では、この振動角速度 $A1s$ (詳細には、振動角速度 $A1s$ 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 $m1s$) が後述するゲイン Ka 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 $A1s$ 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。

10

【0077】

変換部 581 は、振動角速度 $A1s$ を第 1 駆動源 401 における角速度 $m1s$ に変換し、その角速度 $m1s$ を補正值算出部 591 に出力する。この変換は、振動角速度 $A1s$ 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 $m1s$ 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 $Ka \cdot m1s$ を求め、その補正值 $Ka \cdot m1s$ を加算器 601 に出力する。

20

加算器 601 には、角速度 $m1$ が入力され、また、補正值 $Ka \cdot m1s$ が入力される。加算器 601 は、角速度 $m1$ と補正值 $Ka \cdot m1s$ との加算値を角速度フィードバック値 fb 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。

【0078】

図 10 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 位置センサー 412、第 2 角速度センサー 32 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 からアーム 15 の第 3 回転軸 O3 の回りの角速度 $A3m$ が入力される。第 2 駆動源制御部 202 は、第 2 位置センサー 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。

30

【0079】

すなわち、第 2 駆動源制御部 202 の減算器 512 には、位置指令 Pc 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 Pfb が入力される。回転角度算出部 552 では、第 2 位置センサー 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 512 に出力される。減算器 512 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 522 に出力する。

40

【0080】

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 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。

【0081】

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

50

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。

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。

【0082】

このようにして、位置フィードバック値 Pf_b 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。なお、第 2 回転軸 O2 は、第 1 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。

【0083】

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 562 では、第 2 位置センサー 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。

【0084】

また、角速度算出部 562 では、第 2 位置センサー 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 の第 2 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 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。

【0085】

また、第 3 駆動源制御部 203 の角速度算出部 563 では、第 3 位置センサー 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 の第 3 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 622 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 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。

【0086】

また、第 2 角速度センサー 32 により、第 3 アーム 14 の第 2 回転軸 O2 の回りの角速度が検出される。そして、その第 2 角速度センサー 32 の検出信号、すなわち、第 2 角速度センサー 32 により検出された第 3 アーム 14 の第 2 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、第 2 回転軸 O2、第 3 回転軸 O3 は、第 1 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 の第 2 回転軸 O2 の回りの角速度を求めることができる。

【0087】

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 の第 2 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 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

10

20

30

40

50

、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。

【0088】

変換部 582 は、振動角速度 $A2s$ を第 2 駆動源 402 における角速度 $m2s$ に変換し、その角速度 $m2s$ を補正值算出部 592 に出力する。この変換は、振動角速度 $A2s$ 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。

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 $Ka \cdot m2s$ 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、異なってもよい。

10

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。

【0089】

図 10 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 位置センサー 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 位置センサー 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。

20

【0090】

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 位置センサー 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。

30

【0091】

位置制御部 523 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 3 駆動源 403 の角速度の目標値を演算する。位置制御部 522 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。

また、角速度算出部 563 では、第 3 位置センサー 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。

40

【0092】

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。

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 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

50

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 9 3 】

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 3 駆動源 4 0 3 の駆動電流が制御される。

なお、駆動源制御部 2 0 4 ~ 2 0 6 については、それぞれ、前記第 3 駆動源制御部 2 0 3 と同様であるので、その説明は省略する。

【 0 0 9 4 】

以上説明したように、このロボット 1 およびロボットシステム 1 0 では、第 1 角速度センサー 3 1 により、第 1 アーム 1 2 の角速度を検出することができ、また、第 3 回転軸 0 3 は、第 2 回転軸 0 2 と平行であるので、第 2 角速度センサー 3 2 により、第 2 アーム 1 3 の回転分を含めて第 3 アーム 1 4 の角速度を検出することができる。そして、これらの検出結果に基づいて、振動を抑制することができる。

【 0 0 9 5 】

また、ロボット 1 の姿勢が変化しても、第 1 角速度センサー 3 1 の検出軸は、一定である。このため、第 1 角速度センサー 3 1 により検出された第 1 アーム 1 2 の角速度に対して、第 1 角速度センサー 3 1 の向きによる補正を行う必要がない。

また、第 3 回転軸 0 3 および第 2 回転軸 0 2 は、第 1 回転軸 0 1 と直交または第 1 回転軸に直交する軸と平行であるので、ロボット 1 の姿勢が変化、例えば、第 1 アーム 1 2 が回転しても、また、第 2 アーム 1 3 が回転しても、第 2 角速度センサー 3 2 の検出軸は、一定である。このため、第 2 角速度センサー 3 2 により検出された第 3 アーム 1 4 の角速度に対して、第 2 角速度センサー 3 2 の向きによる補正を行う必要がない。

これにより、複雑で膨大な演算が不要であり、これによって、演算誤差が生じ難く、振動を確実に抑制することができ、また、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る。

【 0 0 9 6 】

また、第 2 角速度センサー 3 2 により、第 2 アーム 1 3 の角速度ではなく、第 2 アーム 1 3 の回転分を含めて第 3 アーム 1 4 の角速度を検出するので、より確実に振動を抑制することができる。

また、第 2 アーム 1 3 にも角速度センサーを設置する場合に比べて、角速度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、構成を簡素化することができる。

また、第 3 アーム 1 4 よりも基端側の第 2 アーム 1 3 を回転させる第 2 駆動源 4 0 2 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。

【 0 0 9 7 】

以上、本発明のロボット、ロボット制御装置およびロボットシステムを、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。

なお、各駆動源のモーターとしては、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。また、モーターとしてステッピングモーターを用いる場合は、位置センサーとして、例えば、ステッピングモーターへ入力する駆動パルス数を計測することで、モーターの回転角度を検出するものを用いてもよい。

【 0 0 9 8 】

また、各位置センサー、各角速度センサーの方式は、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、第 2 角速度センサーの検出結果に基づいて第 2 アームを回転させる第 2 駆動源の作動を制御するようになっているが、これに限らず、例えば、第 2 角速度センサーの検出結果に基づいて第 3 アームを回転させる第 3 駆動源の作動を制御するようになっているてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

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。

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、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2つ有する双腕ロボット等、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。

10

【 符号の説明 】

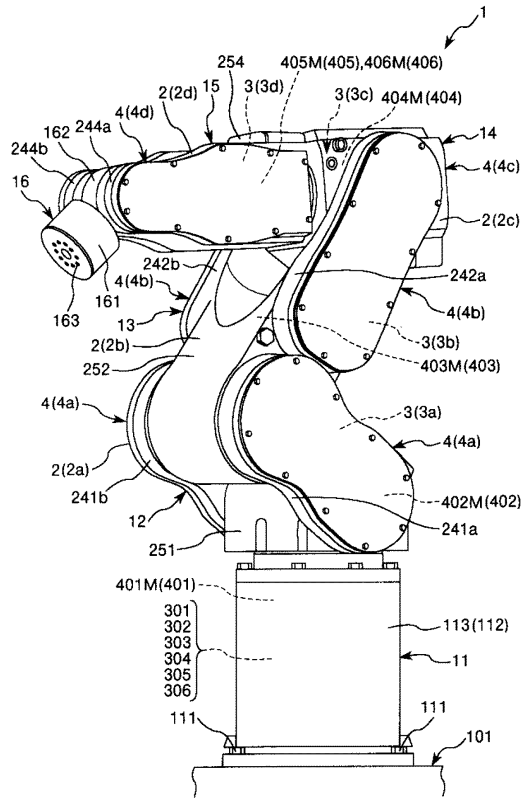
【 0 1 0 0 】

1ロボット（産業用ロボット） 1 0ロボットシステム 1 1基台 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） 2、2 a、2 b、2 c、2 dアーム本体
3、3 a、3 b、3 c、3 d駆動機構 3 1、3 2角速度センサー 4、4 a、
4 b、4 c、4 d封止手段 2 0ロボット制御装置 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 2 M、4 0
3 M、4 0 4 M、4 0 5 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位置センサー 5 1 1、5 1 2、5 1 3、5 1 4、5 1 5、5 1 6 ...
減算器 5 2 1、5 2 2、5 2 3、5 2 4、5 2 5、5 2 6位置制御部 5 3 1、
5 3 2、5 3 3、5 3 4、5 3 5、5 3 6減算器 5 4 1、5 4 2、5 4 3、5 4 4
、5 4 5、5 4 6角速度制御部 5 5 1、5 5 2、5 5 3、5 5 4、5 5 5、5 5 6
.....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角速度算出
部 5 7 1減算器 5 8 1、5 8 2変換部 5 9 1、5 9 2補正值算出部
6 0 1、6 0 2加算器 6 2 2加減算器 4 5減速機 7 1、7 2角速
度センサーセンサーユニット 7 1 1、7 2 1ハウジング 7 1 1 1、7 2 1 1
取付部 7 1 2、7 2 2回路基板 7 1 3、7 2 3回路部 7 1 1 2、7 2 1 2
.....孔 8 1雄ネジ 8 5ケーブル 9 1、9 2プーリー 9 3ベルト
1 0 1床 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、1 4 1 アーム側取付部 1 2 2雌ネジ 2 4 1 a、2 4 1 b
、2 4 2 a、2 4 2 b、2 4 4 a、2 4 4 b舌片部 2 5 1、2 5 2、2 5 4根
元部 O 1、O 2、O 3、O 4、O 5、O 6回転軸

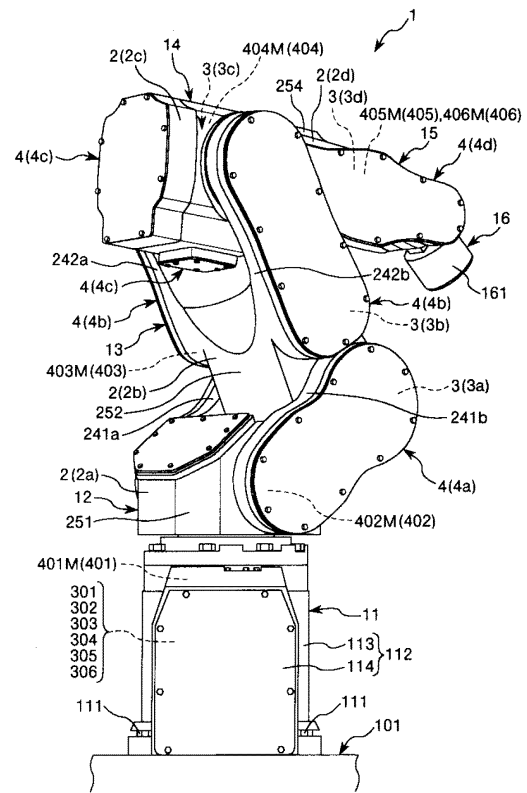
20

30

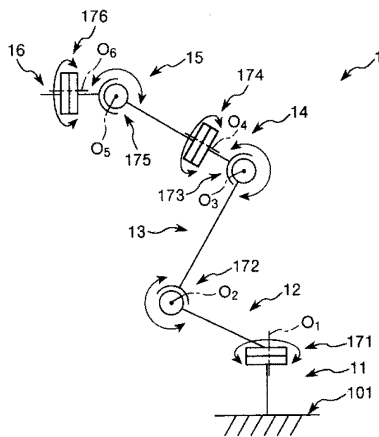
【図 1】



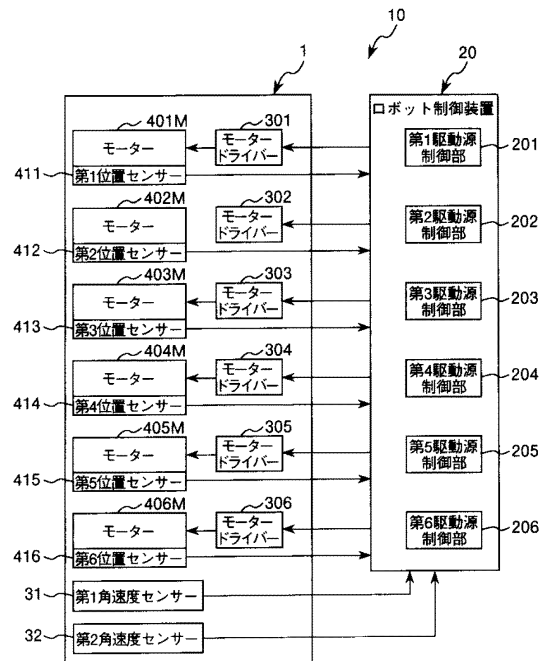
【図 2】



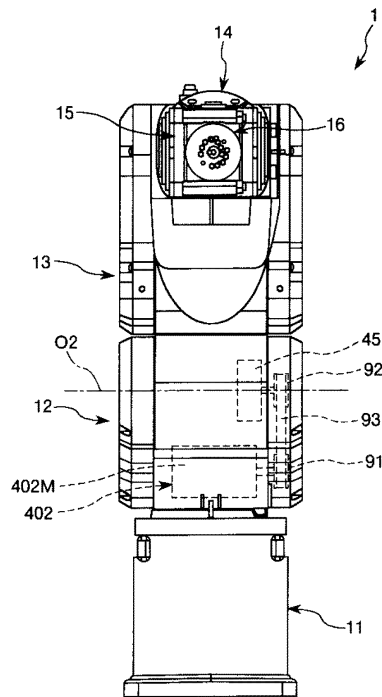
【図 3】



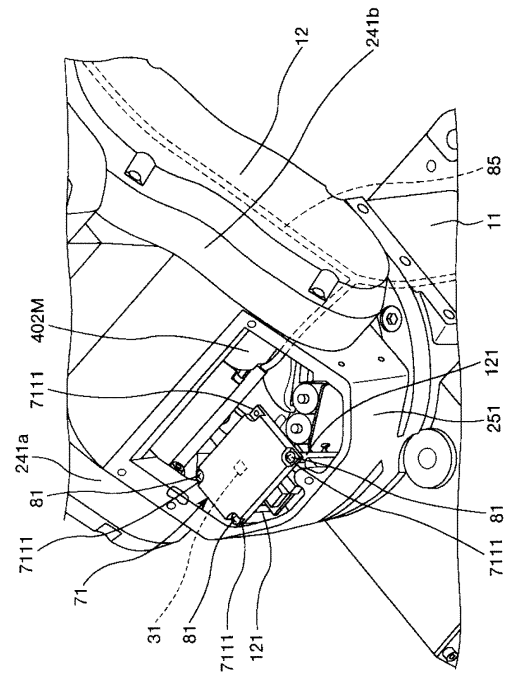
【図 4】



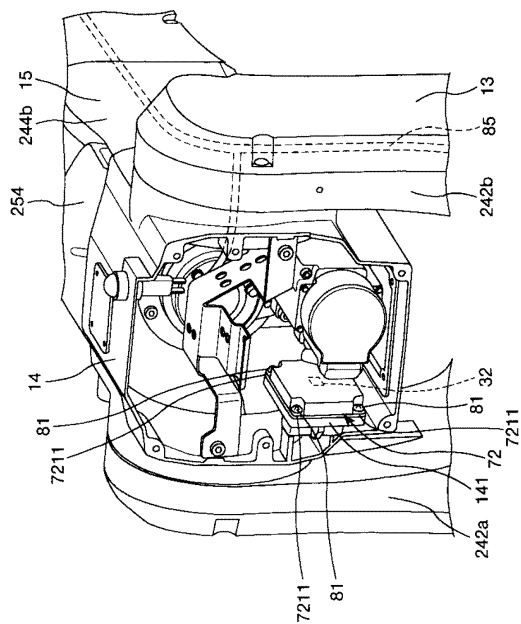
【図 5】



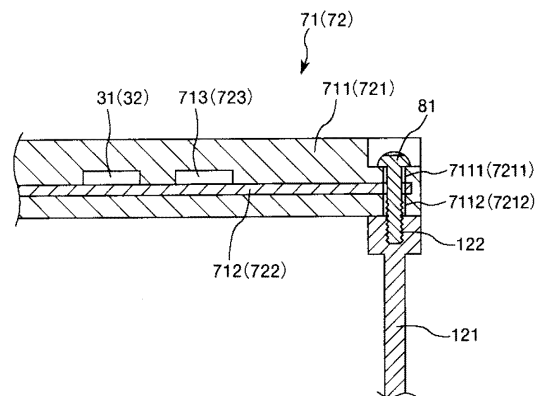
【図 6】



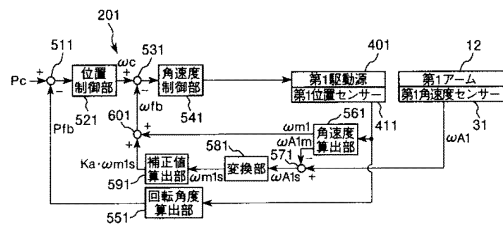
【図 7】



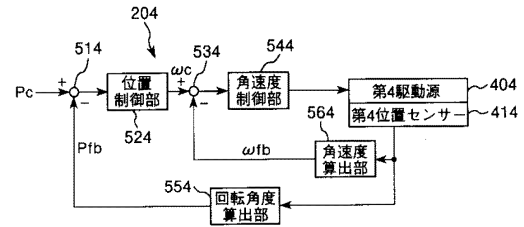
【図 8】



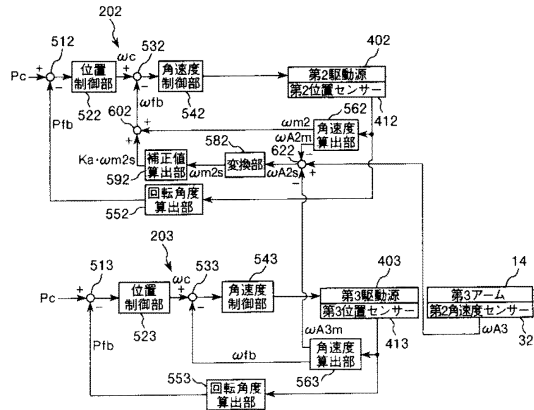
【図9】



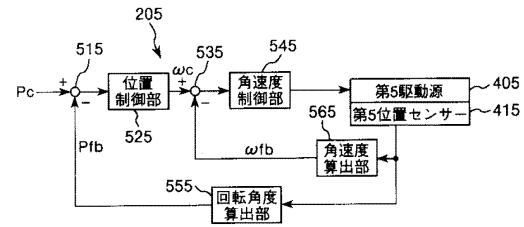
【図11】



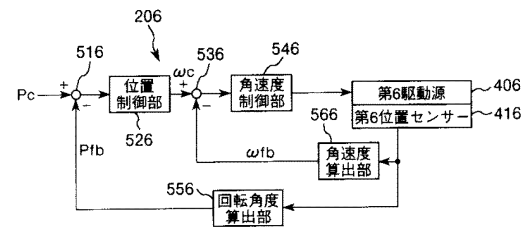
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

合議体

審判長 西村 泰英

審判官 平岩 正一

審判官 柏原 郁昭

- (56)参考文献 特開 2 0 1 2 - 3 5 3 6 1 (J P , A)
特開昭 6 0 - 2 0 2 1 4 (J P , A)
欧州特許出願公開第 2 4 9 2 0 6 4 (E P , A 2)
特開 2 0 1 2 - 1 3 9 7 7 0 (J P , A)
特開平 1 - 1 0 3 2 7 9 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 4 0 7 6 6 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 3 1 4 0 2 6 (J P , A)
特開昭 6 0 - 2 0 8 8 8 (J P , A)
特開 2 0 1 1 - 1 3 6 3 9 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

B25J1/00-21/02