

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5685842号
(P5685842)

(45) 発行日 平成27年3月18日(2015.3.18)

(24) 登録日 平成27年1月30日(2015.1.30)

(51) Int.Cl.

B 2 5 J 19/06 (2006.01)

F I

B 2 5 J 19/06

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2010-157633 (P2010-157633)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成22年7月12日 (2010.7.12)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-20343 (P2012-20343A)		東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(43) 公開日	平成24年2月2日 (2012.2.2)	(74) 代理人	100095728
審査請求日	平成25年7月2日 (2013.7.2)		弁理士 上柳 雅誉
		(74) 代理人	100107261
			弁理士 須澤 修
		(74) 代理人	100127661
			弁理士 宮坂 一彦
		(72) 発明者	笹井 重徳
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	川東 孝至

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット装置およびロボット装置の制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基体と、

前記基体に回転可能に連結されたアームと、

前記アームの回転角度を検出する角度センサーと、

前記アームに設けられたジャイロセンサーと、

前記角度センサーからの出力に基づいて得られる前記アームの第1角速度と、前記ジャイロセンサーからの出力に基づいて得られる前記アームの第2角速度との差を演算する比較部と、を備え、

前記アームは、前記差に基づいて停止する、

ことを特徴とするロボット装置。

10

【請求項 2】

前記差の絶対値が閾値 より大きい場合、前記アームは停止する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のロボット装置。

【請求項 3】

前記差に基づいて、前記ジャイロセンサーを故障と判定する判定部と、を備える、

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のロボット装置。

【請求項 4】

前記ジャイロセンサーは、前記アームの先端に設けられている、

ことを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のロボット装置。

20

【請求項 5】

基体と、

前記基体に回転可能に連結されたアームと、

前記アームの回転角度を検出する角度センサーと、

前記アームに設けられたジャイロセンサーと、を備えるロボット装置の制御方法であって、

前記角度センサーからの出力に基づいて得られる前記アームの第 1 角速度と、前記ジャイロセンサーからの出力に基づいて得られる前記アームの第 2 角速度との差を比較する比較工程と、

前記差に基づいて前記アームが停止する停止工程と、を備える、

ことを特徴とするロボット装置の制御方法。

10

【請求項 6】

前記停止工程は、前記差の絶対値が閾値 より大きい場合、前記アームが停止する、

ことを特徴とする請求項 5 に記載のロボット装置の制御方法。

【請求項 7】

前記差に基づいて、前記ジャイロセンサーを故障と判定する判定工程と、を備える、

ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載のロボット装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット装置、およびロボット装置の制御方法に関する。

20

【背景技術】

【0002】

ＩＣハンドラーや組立装置の一部として多く使われている多関節構造を有するロボット装置は、様々な作業現場の中で多用されてきている。それゆえに、ロボット装置には今まで以上に決められた位置にいかにも早く且つ正確にアームを移動させることができるか、が重要な性能仕様、品質になってきている。

【0003】

一般的にロボット装置のアームを高速且つ正確に移動させるには、アームに掛かる慣性力を低減し、アームを駆動するアクチュエーターへの負荷を大きくさせないことにある。アームに掛かる慣性力を小さくする手段の一つには、アームその物の軽量化が簡便且つ効果的な方法として用いられている。しかし、アームの軽量化によって、アームの剛性を低下させることになり、アーム停止時に発生するアームの撓みを原因とする振動の発生を増大させてしまい、アーム先端部を目標位置に停止させるように制御しても、アーム振動の振幅分の位置ずれを生じてしまい、振動が減衰する時間が、次の動作を開始するまでの待機時間になってしまい、高速動作への障害となっていた。

30

【0004】

この問題に対して、アーム先端に加速度センサーを設置し、加速度信号を元にアームを作動させ、振動を抑制する方法（例えば、特許文献 1）、アーム先端およびアームに角速度センサーを設置し、角速度信号を元にアーム動作を制御する方法（例えば、特許文献 2）、アーム先端に設置した慣性センサーの信号に基づいて駆動体を駆動する方法（例えば、特許文献 3）、などが開示されている。

40

【0005】

しかし、これらの先行文献において、アーム制御の基準となる加速度センサーや角速度センサーなどの慣性センサーそのものが故障した場合には、得られるデータ信号が不良であっても、その不良信号に基づく制御が行われ、ロボット装置の暴走などによる危険の発生に繋がるものである。この、センサーその物の故障を検知する技術として、センサーの検出値に対する閾値を予め設定し、閾値と検出値との差が判定値を超えたときにセンサーが故障していると判断することが開示されている（特許文献 4、5）。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開平1-173116号公報

【特許文献2】特開2005-242794号公報

【特許文献3】特開平7-9374号公報

【特許文献4】特開2009-8412号公報

【特許文献5】特開2009-184035号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

しかし、上述の特許文献に開示された技術は、予め使用するセンサーの正常作動時の検出値を基準として閾値を設定しているために、実際のロボット装置の様々な動作状態において、センサーが故障していても閾値を超えず正確な故障判定がされないこともあった。

【0008】

そこで、実作動時において基準となるセンサー検出データと比較し、その検出データの差分から確実な故障判断を行うロボット装置およびロボット装置の制御方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、少なくとも上述の課題の一つを解決するように、下記の形態または適用例として実現され得る。

20

【0010】

〔適用例1〕本適用例によるロボット装置は、アクチュエーターと、前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アクチュエーターの回転角度を検出する角度センサーと、を含むアーム連結装置と、複数のアームが、前記アーム連結装置により直列且つ回転可能に連結されたアーム体と、前記アーム体の一方の端部に、前記アクチュエーターと前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アクチュエーターの回転角度を検出する角度センサーと、を含む基体連結装置が設けられ、前記基体連結装置により前記アーム体が回転可能に連結された基体と、前記アームに取り付けられた慣性センサーと、前記角度センサーからの前記アクチュエーターの回転角度データから前記アクチュエーターの角速度および角加速度を演算する第1演算部と、前記慣性センサーにより検出された出力より、前記アームの角速度または角加速度を演算する第2演算部と、前記第1演算部により演算された前記アクチュエーターの角速度または角加速度と、前記第2演算部により演算された前記アームの角速度または角加速度とを比較する比較部と、前記比較部において前記アクチュエーターの角速度または角加速度と前記アームの角速度または角加速度との差の絶対値が、閾値より大きい場合に前記慣性センサーが故障と判定し前記アクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する故障判定部と、を備えることを特徴とする。

30

【0011】

〔適用例2〕上述の適用例において、前記閾値は、前記ロボット装置の最大負荷の120%の負荷を持たせ、最大負荷時の許容加速度120%の加速度で動作させた場合に、前記第1演算部により演算される角速度が ω_s 、前記第2演算部により演算される角速度が ω_L の場合、 ω_s と ω_L の差の絶対値の最大値に対して、

40

$$= 2 \times (|\omega_s - \omega_L|)_{\max}$$

であることを特徴とする。

【0012】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態におけるアクチュエーターの動作データを基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準となるアクチュエーターの基準となる動作データも逐次書き換えられることで、例えば、微小動

50

作であっても、様々な動作モードにおいても確実に慣性センサーの故障を検知することができる。

【 0 0 1 3 】

〔適用例 3〕本適用例におけるロボット装置は、アクチュエーターと、前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、を含むアーム連結装置と、複数のアームが前記アーム連結装置により直列且つ回転可能に連結されたアーム体と、前記アーム体の一方の端部に、前記アクチュエーターと前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、を含む基体連結装置が設けられ、前記基体連結装置により前記アーム体が回転可能に連結された基体と、前記アームに取り付けられた少なくとも 2 個の慣性センサーと、前記慣性センサーの検出した複数の出力値を記憶し、平均値を演算する演算部と、前記演算部により演算された前記出力値の平均値を比較する比較部と、前記比較部において、2 個の前記出力値の平均値の差の絶対値の中に、閾値 S より大きい前記差がある場合に、前記慣性センサーのいずれか 1 個以上が故障と判定し、前記アクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する故障判定部と、を備えることを特徴とする。

10

【 0 0 1 4 】

〔適用例 4〕上述の適用例において、前記閾値 S は、前記慣性センサーの白色雑音の標準偏差であるとき、

$$S = 6$$

であることを特徴とする。

20

【 0 0 1 5 】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態における 2 個以上備えた慣性センサーの検出値の差を求め、正常であればホワイトノイズの標準偏差を基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準値と比較する慣性センサーの動作データも逐次書き換えられることで、例えば、微小動作であっても、様々な動作モードにおいても確実に慣性センサーの故障を検知することができる。

【 0 0 1 6 】

〔適用例 5〕本適用例におけるロボット装置は、基体アクチュエーターと、前記基体アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記基体アクチュエーターの回転角度を検出する基体角度センサーと、アーム連結装置を備え、前記トルク伝達機構に連結され、前記アーム連結装置を直線往復駆動させるアーム駆動装置と、を含む基体と、前記基体の前記アーム連結装置に連結され、アームアクチュエーターと、前記アームアクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アームアクチュエーターの回転角度を検出するアーム角度センサーと、ワーク保持装置を備え、前記アーム連結装置に連結され、前記ワーク保持装置を直線往復駆動させるワーク保持装置駆動装置と、を含むアームと、前記ワーク保持装置に取り付けられた少なくとも 2 個の加速度センサーを含む 2 以上の慣性センサーと、前記基体角度センサーからの前記基体アクチュエーターの回転角度データから前記アーム駆動装置の加速度と、前記アーム角度センサーからの前記アームアクチュエーターの回転角度データから前記ワーク保持装置駆動装置の加速度と、を演算する第 1 演算部と、前記慣性センサーにより検出された出力から、前記ワーク保持装置の加速度を演算する第 2 演算部と、前記第 1 演算部により演算された前記加速度と、前記第 2 演算部により演算された前記加速度とを比較する比較部と、前記第 1 演算部により演算された前記加速度と、前記第 2 演算部により演算された前記加速度との差の絶対値が、閾値 A より大きい場合に前記慣性センサーが故障と判定し前記基体アクチュエーターおよび前記アームアクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する故障判定部と、を備えることを特徴とする。

30

40

【 0 0 1 7 】

〔適用例 6〕上述の適用例において、前記閾値 A は、前記ロボット装置の最大負荷の 1

50

20%の負荷を持たせ、最大負荷時の許容加速度120%の加速度で動作させた場合に、前記第1演算部により演算される加速度が ω_s 、前記第2演算部により演算される加速度が ω_L の場合、 ω_s と ω_L の差の絶対値の最大値に対して、

$$A = 2 \times (|\omega_s - \omega_L|)_{\max}$$

であることを特徴とする。

【0018】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態におけるアクチュエーターの動作データを基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準となる

10

【0019】

〔適用例7〕本適用例のロボット装置の制御方法は、アクチュエーターと、前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アクチュエーターの回転角度を検出する角度センサーと、を含むアーム連結装置と、複数のアームが、前記アーム連結装置により直列且つ回転可能に連結されたアーム体と、前記アーム体の一方の端部に、前記アクチュエーターと前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アクチュエーターの回転角度を検出する角度センサーと、

を含む基体連結装置が設けられ、前記基体連結装置により前記アーム体が回転可能に連結された基体と、を備えるロボット装置の制御方法であって、前記アームに取り付けられた慣性センサーと、前記角度センサーからの前記アクチュエーターの回転角度データから前記アクチュエーターの角速度および角加速度と、前記慣性センサーにより検出された出力より、前記アームの角速度または角加速度と、を演算する演算工程と、前記演算工程による演算された前記アクチュエーターの角速度または角加速度と、前記アームの角速度または角加速度とを比較する比較工程と、前記比較工程において前記アクチュエーターの角速度または角加速度と前記アームの角速度または角加速度との差の絶対値が、閾値より大きい場合に前記慣性センサーが故障と判定する判定工程と、前記判定工程において故障と判断した場合に、前記アクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する停止指示工程と、を備えることを特徴とする。

20

30

【0020】

〔適用例8〕上述の適用例において、前記閾値は、前記ロボット装置の最大負荷の120%の負荷を持たせ、最大負荷時の許容加速度120%の加速度で動作させた場合に、前記演算工程において演算される前記アクチュエーターの角速度が ω_s 、前記アームの角速度が ω_L の場合、 ω_s と ω_L の差の絶対値の最大値に対して、

$$= 2 \times (|\omega_s - \omega_L|)_{\max}$$

であることを特徴とする。

【0021】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態におけるアクチュエーターの動作データを基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準となるアクチュエーターの基準となる動作データも逐次書き換えられることで、例えば、微小動作であっても、様々な動作モードにおいても確実に慣性センサーの故障を検知することができる。確実にロボット装置の動作を停止させることができ、安全な作業を保障することができる。

40

【0022】

〔適用例9〕本適用例のロボット装置の制御方法は、アクチュエーターと、前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、を含むアーム連結装

50

置と、複数のアームが前記アーム連結装置により直列且つ回転可能に連結されたアーム体と、前記アーム体の一方の端部に、前記アクチュエーターと前記アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、を含む基体連結装置が設けられ、前記基体連結装置により前記アーム体が回転可能に連結された基体と、を備えるロボット装置の制御方法であって、前記アームに取り付けられた少なくとも2個の慣性センサーと、前記慣性センサーの検出した複数の出力値を記憶し、平均値を演算する演算工程と、前記演算工程により演算された前記出力値の平均値を比較する比較工程と、前記比較工程において、2個の前記出力値の平均値の差の絶対値の中に、閾値Sより大きい前記差がある場合に、前記慣性センサーのいずれか1個以上が故障と判定する判定工程と、前記判定工程において故障と判定された場合に、前記アクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する停止指示工程と、を備えることを特徴とする。

10

【0023】

〔適用例10〕上述の適用例において、前記閾値Sは、前記慣性センサーの白色雑音の標準偏差であるとき、

$$S = 6$$

であることを特徴とする。

【0024】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態における2個以上備えた慣性センサーの検出値の差を求め、正常であればホワイトノイズの標準偏差を基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準値と比較する慣性センサーの動作データも逐次書き換えられることで、例えば、微小動作であっても、様々な動作モードにおいても確実に慣性センサーの故障を検知することができ、確実にロボット装置の動作を停止させることができ、安全な作業を保障することができる。

20

【0025】

〔適用例11〕本適用例のロボット装置の制御方法は、基体アクチュエーターと、前記基体アクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記基体アクチュエーターの回転角度を検出する基体角度センサーと、アーム連結装置を備え、前記トルク伝達機構に連結され、前記アーム連結装置を直線往復駆動させるアーム駆動装置と、を含む基体と、前記基体の前記アーム連結装置に連結され、アームアクチュエーターと、前記アームアクチュエーターのトルクが所定の減速比で伝達されるトルク伝達機構と、前記アームアクチュエーターの回転角度を検出するアーム角度センサーと、ワーク保持装置を備え、前記アーム連結装置に連結され、前記ワーク保持装置を直線往復駆動させるワーク保持装置駆動装置と、を含むアームと、を備えるロボット装置の制御方法であって、前記基体角度センサーからの前記基体アクチュエーターの回転角度データから前記アーム駆動装置の加速度と、前記アーム角度センサーからの前記アームアクチュエーターの回転角度データから前記ワーク保持装置駆動装置の加速度と、前記ワーク保持装置に取り付けられた少なくとも加速度センサーを含む1以上の慣性センサーにより検出された出力から、前記ワーク保持装置の速度および加速度と、を演算する演算工程と、前記演算工程により演算された前記アーム駆動装置、前記ワーク保持装置駆動装置の加速度と、前記ワーク保持装置の加速度と、を比較する比較工程と、前記比較工程において、前記角度センサーの出力値より演算された前記アーム駆動装置、前記ワーク保持装置駆動装置の加速度と、前記慣性センサーの出力値より演算された前記ワーク保持装置の加速度との差の絶対値が、閾値Aより大きい場合に前記慣性センサーが故障と判定する判定工程と、前記判定工程において故障と判定された場合に、前記基体アクチュエーターおよび前記アームアクチュエーターの動作を停止させる信号を出力する停止指示工程と、を備えることを特徴とする。

30

40

【0026】

〔適用例12〕上述の適用例において、前記閾値Aは、前記ロボット装置の最大負荷の

50

120%の負荷を持たせ、最大負荷時の許容加速度120%の加速度で動作させた場合に、前記演算工程により演算される前記アーム駆動装置もしくは前記ワーク保持装置駆動装置の加速度が s 、前記ワーク保持装置の加速度が L の場合、 s と L の差の絶対値の最大値に対して、

$$A = 2 \times (| s - L |) \max$$

であることを特徴とする。

【0027】

上述の適用例によれば、閾値を決める基準値を、一定値とせずに動作状態におけるアクチュエーターの動作データを基準値として慣性センサーの故障を検知するように構成した。この構成により、一定値を用いた閾値では、例えば、動作速度もしくは加速度が小さい場合などの故障を検知しない場合も発生したが、動作中の逐次情報に基づき、基準となるアクチュエーターの基準となる動作データも逐次書き換えられることで、例えば、微小動作であっても、様々な動作モードにおいても確実に慣性センサーの故障を検知することができ、確実にロボット装置の動作を停止させることができ、安全な作業を保障することができる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態に係るロボット装置の、(a)は概略平面図、(b)は概略断面図。

【図2】第1実施形態に係るロボット装置の故障検出のブロック図。

【図3】第1実施形態に係るロボット装置の故障検出のフローチャート。

【図4】第2実施形態に係るロボット装置の、(a)は概略平面図、(b)は概略断面図。

【図5】第2実施形態に係るロボット装置の故障検出のブロック図。

【図6】センサーのホワイトノイズの一例を示すグラフ。

【図7】第2実施形態に係るロボット装置の故障検出のフローチャート。

【図8】第3実施形態に係るロボット装置の概略平面図。

【図9】第3実施形態に係るロボット装置の概略斜視図。

【図10】第3実施形態に係るロボット装置の故障検出のブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0029】

以下、図面を参照して、本発明に係る実施形態を説明する。

【0030】

(第1実施形態)

本発明に係る第1実施形態について説明する。図1は第1実施形態に係るロボット装置を示し、(a)は概略平面図、(b)は概略断面図である。本実施形態のロボット装置は、水平方向に回転可能に3本のアームが連結された、いわゆる3軸水平多関節ロボット100(以下、ロボット装置100という)である。

【0031】

ロボット装置100は、第1アーム11と第2アーム12とが第1アーム連結装置21、第2アーム12と第3アーム13とが第2アーム連結装置22によって回転可能に直列的に連結されて構成されるアーム体10を備えている。アーム体10は、更に基体連結装置30により、基盤に固定された基体40と回転可能に連結され、ロボット装置100を構成している。

【0032】

第1アーム連結装置21は、アクチュエーター51と、アクチュエーター51のトルクを所定の減速比で伝達するトルク伝達装置61と、を含み、第2アーム連結装置22も同様にアクチュエーター52とトルク伝達装置62と、を含む。また、基体連結装置30は、アクチュエーター53と、アクチュエーター53のトルクを所定の減速比で伝達するトルク伝達装置63と、を含む。アーム体10の基体40とは反対の端部となる第3アーム

10

20

30

40

50

１３の端部には加工用ツールもしくは被加工物を保持するワーク保持装置７０が備えられている。

【００３３】

第１アーム連結装置２１に含まれるアクチュエーター５１には回転角度を検出する角度センサー８１が備えられ、同様に第２アーム連結装置にはアクチュエーター５２に角度センサー８２が備えられている。また、基体連結装置３０にも、アクチュエーター５３に角度センサー８３が備えられている。更に、第１アーム１１には慣性センサー９１、第２アーム１２には慣性センサー９２、第３アーム１３には慣性センサー９３が備えられている。慣性センサー９１、９２、９３は、少なくとも角速度センサーを含み、慣性センサー９１は第１アーム１１の、慣性センサー９２は第２アーム１２の、慣性センサー９３は第３アーム１３の各慣性センサー取り付け位置での角速度を検出可能としている。

10

【００３４】

図２は、本実施形態に係るブロック図である。角度センサー８１、８２、８３によって検出されたアクチュエーター５１、５２、５３の回転角度データは第１演算部１１００において、回転角度換算され、この回転角度を時間で１回微分し、角速度を演算する。

【００３５】

第２演算部１２００では、第１アーム１１、第２アーム１２、第３アーム１３に備えられた慣性センサー９１、９２、９３が検出したデータから第１アーム１１の角速度 a_1 、第２アームの角速度 a_2 、第３アームの角速度 a_3 を演算する。

【００３６】

20

比較部２０００は、第１演算部１１００および第２演算部１２００において演算された角速度を比較する。角速度の比較手法は、各アクチュエーターの角速度と、当該アクチュエーターに連結されるアームに備える慣性センサーの角速度成分から当該アクチュエーターを備える連結装置の角速度成分を除いた実質角速度と、の差を求める演算を行う。

【００３７】

例として、第２アーム１２によって説明する。第２アーム１２が第１アーム１１に連結される第１アーム連結装置２１の角度センサー８１の検出データから求められた角度を１、トルク伝達装置６１の減速比を N_1 、とし、第１アーム１１に備える慣性センサー９１の検出値から求められる角速度が a_1 、第２アーム１２に備える慣性センサー９２の検出値から求められる角速度が a_2 であることから、比較部では比較結果として、絶対値の

30

、
$$\left| (a_2 - a_1) - d \cdot 1 / dt \times 1 / N_1 \right| \quad (\text{式 } 1 - 1)$$
を求める。ここで t は時間。微分値 $d \cdot 1 / dt$ は第１演算部１１００において演算され、演算された第１アーム連結装置２１のアクチュエーター５１の角速度を１とすると、式１は、

$$\left| (a_2 - a_1) - 1 \times 1 / N_1 \right| \quad (\text{式 } 1 - 2)$$

と書き換えることができる。

【００３８】

比較部２０００で求められた比較結果、例えば第２アーム１２では（式１－１）の値から、対象となる慣性センサーが正常か故障かを判定部３０００において判定する。判定部３０００では、予め故障判定のための閾値（判断値）を図示しない記憶装置に格納し、閾値に対して比較結果の大小にて正常、故障の判断を行う。

40

【００３９】

上述に例示した第２アーム１２以外のアームについても同様に、第１アーム１１、第３アーム１３についても（式１－１）に相当する比較結果となる絶対値は以下の通りである。

第１アーム１１の場合、

$$\left| a_1 - 3 \times 1 / N_3 \right| \quad (\text{式 } 1 - 3)$$

a_1 は第１アーム１１に備える慣性センサー９１の検出値から求められる角速度、３は基体連結装置３０のアクチュエーター５３に備える角度センサー８３の検出値から演算

50

された角速度、 N_3 は基体連結装置 30 のトルク伝達装置 63 の減速比である。

【0040】

第3アーム13の場合、

$$| (a_3 - a_2) - 2 \times 1 / N_2 | \quad (\text{式 1 - 4})$$

a_3 は第3アーム13に備える慣性センサー93の検出値から求められる角速度、 a_2 は第2アーム12に備える慣性センサー92の検出値から求められる角速度、 2 は第2アーム連結装置22のアクチュエーター52に備える角度センサー82の検出値から演算された角速度、 N_2 は第2アーム連結装置22のトルク伝達装置62の減速比である。

【0041】

ここで閾値について説明する。閾値は、基準となる第1アーム連結装置21、第2アーム連結装置22、基体連結装置30に備えるアクチュエーター51、52、53の角度センサー81、82、83が検出する角度データから算出される角速度を基準に設定される。

【0042】

慣性センサー91の故障判断の閾値を 1 、慣性センサー92の故障判断の閾値を 2 、慣性センサー93の故障判断の閾値を 3 とする。例えば、第1アーム11に備える慣性センサー91の故障判断の閾値 1 を決定する場合を説明する。

【0043】

ロボット装置100に対して最大負荷の120%の負荷を持たせ、最大負荷時の第1アーム11の許容加速度の120%によって第1アーム11を動作させる。動作開始からT時間後の、慣性センサー91の出力値から求められる角速度 a_{1A} と、基体連結装置30のアクチュエーター53に備える角度センサー83の検出値から求められる角速度 m_{1A} と、の差の絶対値の最大値に対して、閾値 1 を、

$$1 = 2 \times | a_{1A} - m_{1A} |_{\max} \quad (\text{式 1 - 5})$$

とする。

【0044】

同様に、ロボット装置100に対して最大負荷の120%の負荷を持たせ、第2アーム12の最大負荷時の許容加速度の120%によって第2アーム12を動作させる。動作開始からT時間後の、慣性センサー92の出力値から求められる角速度 a_{2A} と、慣性センサー91の出力値から求められる角速度 a_{1A} との差による第2アーム12の角速度と、第1アーム連結装置21のアクチュエーター51に備える角度センサー81の検出値から求められる角速度 m_{2A} と、の差の絶対値の最大値に対して、閾値 2 を、

$$2 = 2 \times | a_{2A} - a_{1A} - m_{2A} |_{\max} \quad (\text{式 1 - 6})$$

【0045】

また、ロボット装置100に対して最大負荷の120%の負荷を持たせ、第3アーム13の最大負荷時の許容加速度の120%によって第3アーム13を動作させる。動作開始からT時間後の、慣性センサー93の出力値から求められる角速度 a_{3A} と、慣性センサー92の出力値から求められる角速度 a_{2A} との差による第3アーム13の角速度と、第2アーム連結装置22のアクチュエーター52に備える角度センサー82の検出値から求められる角速度 m_{3A} と、の差の絶対値の最大値に対して、閾値 3 を、

$$3 = 2 \times | a_{3A} - a_{2A} - m_{3A} |_{\max} \quad (\text{式 1 - 7})$$

とする閾値を得ることができる。

【0046】

このように求めた閾値 1 、 2 、 3 より、上述の(式1-1)(式1-2)(式1-3)と比較し、下記の条件の時、慣性センサーを故障と判断する。

慣性センサー91故障判断

$$| a_1 - 3 \times 1 / N_3 | > 1 \quad (\text{式 1 - 8})$$

慣性センサー91、92故障判断

$$| (a_2 - a_1) - 1 \times 1 / N_1 | > 2 \quad (\text{式 1 - 9})$$

慣性センサー92、93故障判断

10

20

30

40

50

$$| (a_3 - a_2) - 2 \times 1 / N_2) | > 3 \quad (\text{式 } 1 - 10)$$

【 0 0 4 7 】

次に、第 1 実施形態に係る制御方法について説明する。図 3 は、第 1 実施形態に係る制御方法を説明するフローチャートである。

【 0 0 4 8 】

まず、演算工程 (S 1 1 1、 S 1 1 2) において、角度センサー、慣性センサーの検出値を取得し角速度を求める演算を実行する。第 1 演算部 1 1 0 0 の演算工程 (S 1 1 1) では、アーム連結装置 2 1、2 2 および基体連結装置 3 0 に備えるアクチュエーター 5 1、5 2、5 3 に備える角度センサー 8 1、8 2、8 3 の検出データを取得する。取得した検出データを角度データに変換し、変換された角度データを時間で微分し角速度を演算する。

10

【 0 0 4 9 】

第 2 演算部 1 2 0 0 の演算工程 (S 1 1 2) では、第 1 アーム連結装置 2 1 および第 2 アーム連結装置 2 2 に備える慣性センサー 9 1、9 2 の検出データと、ワーク保持装置 7 0 に備える慣性センサー 9 3 の検出データと、を取得する。取得した検出データを角速度に変換する。

【 0 0 5 0 】

次に、演算工程 S 1 1 1、S 1 1 2 で演算されたアクチュエーターの角速度と、アームの角速度とを比較する比較工程 (S 1 2 0) に移行する。比較工程 (S 1 2 0) では、上述の (式 1 - 2)、(式 1 - 3)、(式 1 - 4) の演算結果を次の判定工程 (S 1 3 0) に出力する。

20

【 0 0 5 1 】

判定工程 (S 1 3 0) では、予め図示しない記憶装置に格納された閾値 1、2、3 に対して、比較工程 (S 1 2 0) から入力した演算結果が大きいか、を判定する。判定結果が「 Y E S 」である場合、すなわち比較工程 (S 1 2 0) からの演算結果が閾値より大きい場合、該当する慣性センサーが故障と判定する。

【 0 0 5 2 】

第 1 アーム 1 1 を例に説明する。第 1 アーム 1 1 では基体連結装置 3 0 に備える角度センサー 8 3 の検出値を基準として、第 1 アーム 1 1 に備える慣性センサー 9 1 の故障判定を実行する。演算工程 (S 1 1 1、 S 1 1 2) において角度センサー 8 3 の検出値から演算される第 1 アーム 1 1 の角速度 a_3 / N_3 と、慣性センサー 9 1 から得られる第 1 アーム 1 1 の角速度 1 と、を比較工程 (S 1 2 0) において (式 1 - 8) による比較結果を出力し、閾値 1 より大きい値であるかを判定工程 (S 1 3 0) にて判定する。すなわち、判定結果が、

30

$$| a_1 - 3 \times 1 / N_3) | > 1 \quad (\text{式 } 1 - 8)$$

となった場合に、慣性センサー 9 1 が故障していると判定される。

【 0 0 5 3 】

同様に、第 2 アーム 1 2 および第 3 アーム 1 3 においても判定結果が、第 2 アーム 1 2 の場合には、

$$| (a_2 - a_1) - 1 \times 1 / N_1) | > 2 \quad (\text{式 } 1 - 9)$$

40

となった場合に、慣性センサー 9 1 もしくは慣性センサー 9 2 のどちらか一方、もしくは両方が故障していると判定する。

【 0 0 5 4 】

第 3 アームの場合には、

$$| (a_3 - a_2) - 2 \times 1 / N_2) | > 3 \quad (\text{式 } 1 - 10)$$

となった場合に、慣性センサー 9 2 もしくは慣性センサー 9 3 のどちらか一方、もしくは両方が故障していると判定する。

【 0 0 5 5 】

判定工程 (S 1 3 0) において、故障していない (N O) と判定された場合には、再び演算工程 (S 1 1 1、 S 1 1 2) に戻り、慣性センサーの故障判定を繰り返す。

50

【 0 0 5 6 】

判定工程 (S 1 3 0) において、故障 (Y E S) と判定されると、停止指示工程 (S 1 4 0) に移行する。停止指示工程 (S 1 4 0) では、制御部 4 0 0 0 にアクチュエーター 5 1、5 2、5 3 の作動を停止させる指令が送出され、制御部 4 0 0 0 よりアクチュエーター 5 1、5 2、5 3 に停止信号が送られ、動作停止となる。すなわちロボット装置 1 0 0 の作動が停止させられる。その後、故障判定された慣性センサーをロボット装置から取り外し、必要な修理またはセンサー交換が施される。

【 0 0 5 7 】

上述のように慣性センサーの故障の判定基準となるものは、各連結装置に備えるアクチュエーターの角度センサーの検出データから得られる角速度としているので、判定基準そのものもアーム体 1 0 の動作に連動し変動する値であって、より実動作を基準として故障判定されるので、正確な慣性センサーの故障判定が可能となる。これにより、ロボット装置の暴走による危険を確実に回避し、早期の正常化による安定したロボット装置可動を保証し、製品品質を高く維持することができる。

【 0 0 5 8 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態は、第 1 実施形態に対して慣性センサーの配置と、判定基準となる検出データとが異なる。従って、第 1 実施形態と共通な構成には同じ符号を付し、説明する。

【 0 0 5 9 】

図 4 は第 2 実施形態に係るロボット装置を示し、(a) は概略平面図、(b) は概略断面図である。本実施形態のロボット装置は、水平方向に回転可能に 3 本のアームが連結された、いわゆる 3 軸水平多関節ロボット 2 0 0 (以下、ロボット装置 2 0 0 という) である。

【 0 0 6 0 】

第 2 実施形態に係るロボット装置 2 0 0 は、第 1 実施形態に係るロボット装置 1 0 0 に対して、慣性センサーが各アームに 2 個備えられている点で異なる。第 1 アーム 1 1 には慣性センサー 9 1 a と 9 1 b、第 2 アーム 1 2 には慣性センサー 9 2 a と 9 2 b、第 3 アーム 1 3 には慣性センサー 9 3 a と 9 3 b が備えられている。これらの慣性センサーは、互いに近接するように配置され、更に規格性能の同等のものが用いられている。

【 0 0 6 1 】

図 5 は第 2 実施形態に係るブロック図である。演算部 1 3 0 0 において、アーム体 1 0 に備えられた慣性センサー 9 1 a、9 1 b、9 2 a、9 2 b、9 3 a、9 3 b から、 $t_1 \sim t_n$ 時間毎に検出データを取得する。すなわち、

慣性センサー 9 1 a における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$1a1、1a2、1a3、\sim、1an$

慣性センサー 9 1 b における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$1b1、1b2、1b3、\sim、1bn$

慣性センサー 9 2 a における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$2a1、2a2、2a3、\sim、2an$

慣性センサー 9 2 b における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$2b1、2b2、2b3、\sim、2bn$

慣性センサー 9 3 a における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$3a1、3a2、3a3、\sim、3an$

慣性センサー 9 3 b における $t_1 \sim t_n$ 時間までの n 個の検出データ

$3ba1、3b2、3b3、\sim、3bn$

を作成する。

【 0 0 6 2 】

取得された各慣性センサー 9 1 a、9 1 b、9 2 a、9 2 b、9 3 a、9 3 b の各 n 個の検出データの平均値を計算する。すなわち、

慣性センサー 9 1 a の検出データ平均 $1am$

10

20

30

40

50

$$1_{am} = (1_{a1} + 1_{a2} + 1_{a3} + \sim + 1_{an}) / n$$

慣性センサー 9 1 b の検出データ平均 1_{bm}

$$1_{bm} = (1_{b1} + 1_{b2} + 1_{b3} + \sim + 1_{bn}) / n$$

慣性センサー 9 2 a の検出データ平均 2_{am}

$$2_{am} = (2_{a1} + 2_{a2} + 2_{a3} + \sim + 2_{an}) / n$$

慣性センサー 9 2 b の検出データ平均 2_{bm}

$$2_{bm} = (2_{b1} + 2_{ba2} + 2_{b3} + \sim + 2_{bn}) / n$$

慣性センサー 9 3 a の検出データ平均 3_{am}

$$3_{am} = (3_{a1} + 3_{a2} + 3_{a3} + \sim + 3_{an}) / n$$

慣性センサー 9 3 b の検出データ平均 3_{bm}

$$3_{bm} = (3_{b1} + 3_{b2} + 3_{b3} + \sim + 3_{bn}) / n$$

となる。なお、データ数 n は、100 以上を取得することが好ましく、演算の CPU の性能などの条件から適宜、データ数 n を決定すれば良い。

【0063】

比較部 2100 では、得られた各検出データ平均値より、近接する慣性センサーの検出データ平均値の差の絶対値を求める。例えば、第 1 アーム 11 においては慣性センサー 91a と 91b が近接する慣性センサーであり、その検出データ平均値の差の絶対値 1_d 、すなわち、

$$|1_{am} - 1_{bm}| = 1_d \quad (\text{式 2 - 1})$$

を求める。同様に第 2 アーム 12、第 3 アーム 13 も近接する慣性センサーの検出データ平均値の差の絶対値 2_d 、 3_d が、

$$|2_{am} - 2_{bm}| = 2_d \quad (\text{式 2 - 2})$$

$$|3_{am} - 3_{bm}| = 3_d \quad (\text{式 2 - 3})$$

と求められる。

【0064】

次に、判定部 3100 において、比較部 2100 において求められた、比較結果としての各慣性センサーの検出データ平均値の差の絶対値 1_d 、 2_d 、 3_d から、対象となる慣性センサーが正常か故障かを判定する。判定部 3100 では、予め故障判定のための閾値を図示しない記憶装置に格納し、閾値に対して比較結果の大小にて、正常、故障の判断を行う。

【0065】

閾値について説明する。閾値は、各慣性センサーの特性から次のように決定される。すなわち、ロボット装置 200 に取付ける前の慣性センサー 91a、91b、92a、92b、93a、93b、もしくは取り付ける慣性センサー 91a、91b、92a、92b、93a、93b と同じ規格の未使用の慣性センサーを用いて、各慣性センサーのホワイトノイズ（白色雑音）を測定する。ホワイトノイズは、例えば、図 6 に示すように不規則に振動する波形を有している。測定される各慣性センサーのホワイトノイズの標準偏差を求める。

【0066】

例えば、第 1 アーム 11 に備える慣性センサー 91a、91b に対する閾値は、ロボット装置 200 に取り付ける前の慣性センサー 91a、91b、もしくは慣性センサー 91a、91b と同じ規格の未使用の慣性センサーを用いて計測されたホワイトノイズの値から、標準偏差 1 を求める。求められた標準偏差 1 を基準として、第 1 アーム 11 に備える慣性センサー 91a、91b の故障判定の閾値 $S1$ を、

$$S1 = 6 \times 1$$

に設定する。

【0067】

同様に、第 2 アーム 12 に備える慣性センサー 92a、92b のホワイトノイズの標準偏差 2 から閾値 $S2$ を、第 3 アーム 13 に備える慣性センサー 93a、93b のホワイトノイズの標準偏差 3 から閾値 $S3$ を、

10

20

30

40

50

$$S2 = 6 \times 2$$

$$S3 = 6 \times 3$$

に設定する。

【0068】

このように設定される閾値 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ と比較部2100によって得られた(式2-1)(式2-2)(式2-3)で求められる、各慣性センサーの検出データ平均値の差の絶対値 $1d$ 、 $2d$ 、 $3d$ の大小により故障判定する。すなわち、 $1d > S1$ である場合には、慣性センサー91a、91bのどちらか一方もしくは両方が故障と判断し、 $2d > S2$ である場合には、慣性センサー92a、92bのどちらか一方もしくは両方が故障と判断し、 $3d > S3$ である場合には、慣性センサー93a、93bのどちらか一方もしくは

10

【0069】

次に、第2実施形態に係る制御方法について説明する。図7は、第2実施形態に係る制御方法を説明するフローチャートである。先ず、演算工程(S210)において、慣性センサーからの検出データを取得し、検出データの平均値 $1am$ 、 $1bm$ 、 $2am$ 、 $2bm$ 、 $3am$ 、 $3bm$ を演算する。

【0070】

次に、比較工程(S220)に移行する。比較工程(S220)では、演算工程(S210)により演算された検出データの平均値 $1am$ 、 $1bm$ 、 $2am$ 、 $2bm$ 、 $3am$ 、 $3bm$ より、比較値として、近接する慣性センサー91aと91bとの検出データの平均値 $1am$ と $1bm$ との差の絶対値 $1d$ を演算する(式2-1)。同様に、近接する慣性センサー92aと92bとの検出データの平均値 $2am$ と $2bm$ との差の絶対値 $2d$ (式2-2)、近接する慣性センサー93aと93bとの検出データの平均値 $3am$ と $3bm$ との差の絶対値 $3d$ (式2-3)、とを比較値として演算する。

20

【0071】

次に、判定工程(S230)に移行する。判定工程(S230)では、予め図示しない記憶装置に格納されている閾値 $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ に対して、比較工程(S220)からの演算結果が大きいか、を判定する。判定結果が「YES」である場合、すなわち比較工程(S220)からの演算結果が閾値より大きい場合、該当する慣性センサーが故障と判定する。

30

【0072】

第1アーム11を例に説明する。第1アーム11では、慣性センサー91a、91bが判定の対象となり、検出データ平均値の差の絶対値 $1d$ が閾値 $S1$ に対して、

$$1d > S1$$

となった場合に、慣性センサー91a、91bのどちらか一方もしくは両方が故障していると判定される。

【0073】

同様に、第2アーム12では、

$$2d > S2$$

となった場合に、慣性センサー92a、92bのどちらか一方もしくは両方が故障していると判定され、第3アーム13では、

40

$$3d > S3$$

となった場合に、慣性センサー93a、93bのどちらか一方もしくは両方が故障していると判定される。

【0074】

判定工程(S230)において、故障していない「NO」と判定された場合には、再び演算工程(S210)に戻り、慣性センサーの故障判定を繰り返す。

【0075】

判定工程(S230)において、故障(YES)と判定されると、停止指示工程(S240)に移行する。停止指示工程(S240)では、制御部4000にアクチュエーター

50

５１、５２、５３の作動を停止させる指令が送出され、制御部４０００よりアクチュエーター５１、５２、５３に停止信号が送られ、動作停止となる。すなわちロボット装置２００の作動が停止させられる。その後、故障判定された慣性センサーをロボット装置から取り外し、必要な修理またはセンサー交換が施される。

【００７６】

上述のように慣性センサーの故障の判定基準となるものは、アームに少なくとも２以上の複数の慣性センサーを備え、同じアームに備える慣性センサーの出力を比較し、センサーの持つホワイトノイズの標準偏差を判定基準にすることで、正確な慣性センサーの故障判定が可能となる。これにより、ロボット装置の暴走による危険を確実に回避し、早期の正常化による安定したロボット装置可動を保証し、製品品質を高く維持することができる。

10

【００７７】

（第３実施形態）

第１実施形態および第２実施形態では、いわゆる水平多関節ロボット装置によって説明したが、第３実施形態では、直動式ロボット装置におけるセンサーの故障判定を説明する。

【００７８】

図８は、第３実施形態に係るロボット装置１０００の概略平面図である。また、図９は図８における矢印Ｐ方向からの矢視外観の概略図である。図８はロボット装置１０００の構成を明確にするため、主要部を覆う筐体等の図示を省略してある。ロボット装置１０００は、作業テーブルあるいは床などに固定される基体３００と、基体３００に対して移動可能に固定されたアーム４００と、アーム４００に対して移動可能に固定され加工用ツールもしくは被加工物を保持するワーク保持部５２０を備えるワーク保持装置５００と、を備える。

20

【００７９】

基体３００は、基体アクチュエーター３２０と、基体アクチュエーター３２０のトルクを所定の減速比で伝達する基体トルク伝達装置３１０と、基体トルク伝達装置３１０の回転軸に連結されるアーム駆動ベルト３４０と、アーム駆動ベルト３４０を引っ張り回転可能に固定する基体プーリー３５０と、を備える。また、基体アクチュエーター３２０には回転角度を検出する角度センサー３３０を備えている。

30

【００８０】

アーム４００は、アームアクチュエーター４２０と、アームアクチュエーター４２０のトルクを所定の減速比で伝達するアームトルク伝達装置４１０と、アームトルク伝達装置４１０の回転軸に連結されるワーク保持装置駆動ベルト４４０と、ワーク保持装置駆動ベルト４４０を引っ張り回転可能に固定するアームプーリー４５０と、を備える。また、アームアクチュエーター４２０には回転角度を検出する角度センサー４３０を備えている。

【００８１】

アーム４００に移動可能に固定されているワーク保持装置５００には、少なくとも２個の加速度センサー５３０ａ、５３０ｂを備える慣性センサー５３０を備え、図示しない駆動装置によってワーク保持部５２０を駆動する。

40

【００８２】

また、アーム４００には、基体３００に備えるアーム駆動ベルト３４０に固定されるアーム固定装置４６０を備え、アーム駆動ベルト３４０の作動によってアーム４００を動作させる。また、ワーク保持装置５００には、アーム４００に備えるワーク保持装置駆動ベルト４４０に固定されるワーク保持装置固定装置５１０を備えて、ワーク保持装置駆動ベルト４４０の作動によってワーク保持装置５００を動作させる。

【００８３】

このように構成されたロボット装置１０００は、図８および図９の矢印Ｑ、Ｒで示す方向にアーム４００およびワーク保持装置５００を移動させ、所定の位置で作業させることができる。

50

【 0 0 8 4 】

図 1 0 は、第 3 実施形態に係るブロック図である。第 1 演算部 1 4 0 0 では、角度センサー 3 3 0、4 3 0 によって検出された基体アクチュエーター 3 2 0、アームアクチュエーター 4 2 0 の検出データを、基体アクチュエーター 3 2 0 の回転角度 θ_a 、アームアクチュエーターの回転角度 θ_b に換算する。得られた回転角度 θ_a 、 θ_b を時間で 2 回微分し、

$$d^2 \theta_a / dt^2 = \alpha_a' \quad (\text{式 3 - 1})$$

$$d^2 \theta_b / dt^2 = \alpha_b' \quad (\text{式 3 - 2})$$

の回転角加速度を演算する。

【 0 0 8 5 】

基体アクチュエーター 3 2 0 の回転角度を、基体トルク伝達装置 3 1 0 を介してアーム駆動ベルト 3 4 0 の移動長さに変換する変換係数を K_1 とした場合、アーム駆動ベルト 3 4 0 の移動加速度 α_a は、

$$\alpha_a = \alpha_a' / K_1 \quad (\text{式 3 - 3})$$

により求められる。同様に、アームアクチュエーター 4 2 0 の回転角度を、アームトルク伝達装置 4 1 0 を介してワーク保持装置駆動ベルト 4 4 0 の移動長さに変換する変換係数を K_2 とした場合、ワーク保持装置駆動ベルト 4 4 0 の移動加速度 α_b は、

$$\alpha_b = \alpha_b' / K_2 \quad (\text{式 3 - 4})$$

により求められる。

【 0 0 8 6 】

第 2 演算部 1 5 0 0 では、ワーク保持装置 5 0 0 に備える慣性センサー 5 3 0 に含む加速度センサー 5 3 0 a、5 3 0 b が検出したデータから加速度を演算する。ここで、加速度センサー 5 3 0 a が、例えば、図 9 に示す Q 方向の加速度成分を検出する場合には、他の加速度センサー 5 3 0 b は R 方向の加速度を検出する配置とする。もしくは 3 軸加速度センサーを用いて、直交する 2 軸方向の検出データを用いることでもよい。

【 0 0 8 7 】

加速度センサー 5 3 0 a の Q 方向の検出データから換算された加速度 α_a 、加速度センサー 5 3 0 b の R 方向の検出データから換算された加速度 α_b を得る。

【 0 0 8 8 】

比較部 2 2 0 0 では、第 1 演算部 1 4 0 0 において得られた駆動ベルトの移動加速度 α_a 、 α_b と、第 2 演算部 1 5 0 0 において得られたワーク保持装置 5 0 0 の加速度 α_a 、 α_b と、を比較する。比較部 2 2 0 0 における比較とは、加速度差の絶対値を算出するもので、図 8 に示す Q 方向は、

$$|\alpha_a - \alpha_a'|$$

となり、R 方向は、

$$|\alpha_b - \alpha_b'|$$

となる。

【 0 0 8 9 】

判定部 3 2 0 0 では、上述の比較部 2 2 0 0 から出力される比較結果、すなわち加速度差の絶対値が閾値より大きい場合に対象となる慣性センサーが故障であると判定する。ここで、閾値について説明する。

【 0 0 9 0 】

まず、加速度センサー 5 3 0 a の故障判断の閾値 A 1 は次のように設定される。ロボット装置 1 0 0 0 に対して最大負荷の 1 2 0 % の負荷を持たせ、ワーク保持装置の図 8 に示す Q 方向への最大負荷時の許容加速度の 1 2 0 % の加速度によって、ワーク保持装置 5 0 0 を Q 方向に動作させる。動作開始から T 時間後の、加速度センサー 5 3 0 a の出力値から求められるワーク保持装置 5 0 0 の加速度 α_{at} と、ワーク保持装置 5 0 0 を Q 方向に移動させる基体アクチュエーター 3 2 0 に備える角度センサー 3 3 0 の回転角度から演算されるアーム駆動ベルト 3 4 0 の移動加速度 α_{at} との差を求める。この α_{at} と α_{at} との差の絶対値の最大値の 2 倍が閾値 A 1 となる。すなわち、

10

20

30

40

50

$$A1 = 2 \times (|a_t - a_t|)_{\max} \quad (\text{式 3 - 5})$$

が、閾値 A 1 として得られる。

【 0 0 9 1 】

同様に、加速度センサー 5 3 0 b の故障判断の閾値 A 2 は、ロボット装置 1 0 0 0 に対して最大負荷の 1 2 0 % の負荷を持たせ、ワーク保持装置の図 8 に示す R 方向への最大負荷時の許容加速度の 1 2 0 % の加速度によって、ワーク保持装置 5 0 0 を R 方向に動作させる。動作開始から T 時間後の、加速度センサー 5 3 0 b の出力値から求められるワーク保持装置 5 0 0 の加速度 b_t と、ワーク保持装置 5 0 0 を R 方向に移動させるアームアクチュエーター 4 2 0 に備える角度センサー 4 3 0 の回転角度から演算されるワーク保持装置駆動ベルト 4 4 0 の移動加速度 b_t との差を求める。この b_t と b_t との差の絶対値の最大値の 2 倍が閾値 A 2 となる。すなわち、

$$A2 = 2 \times (|b_t - b_t|)_{\max} \quad (\text{式 3 - 6})$$

が、閾値 A 2 として得られる。

【 0 0 9 2 】

判定部 3 2 0 0 は、(式 3 - 5)、(式 3 - 6) で求めた閾値 A 1、A 2 と、比較部 2 2 0 0 から得られる比較結果と、を用いて故障判定を実行する。加速度センサー 5 3 0 a に対しては、

$$|a - a| > A1$$

となった時、加速度センサー 5 3 0 a が故障と判定する。同様に、加速度センサー 5 3 0 b に対しては、

$$|b - b| > A2$$

となった時に加速度センサー 5 3 0 b が故障と判定する。

【 0 0 9 3 】

判定部 3 2 0 0 において、加速度センサー 5 3 0 a もしくは 5 3 0 b が故障と判定され場合には、制御部 4 0 0 0 に対して基体アクチュエーター 3 2 0 もしくはアームアクチュエーター 4 2 0 の停止の指示が送られ、制御部 4 0 0 0 は基体アクチュエーター 3 2 0 もしくはアームアクチュエーター 4 2 0 を停止させる。これにより、ロボット装置 1 0 0 0 は安全に停止させることができる。

【 0 0 9 4 】

次に、第 3 実施形態に係る制御方法について説明する。第 3 実施形態に係る制御方法を示すフローチャートは、第 1 実施形態と同様であり、図 3 に示すフローチャートが適用できる。従って、第 1 実施形態と同じ部分の詳細説明は省略し、第 1 実施形態と異なる点を説明する。

【 0 0 9 5 】

第 3 実施形態に係る制御方法では、第 1 演算工程 (S 1 1 1) においては、基体アクチュエーター 3 2 0 に備えた角度センサー 3 3 0 からの回転角度データを演算し、アーム駆動ベルト 3 4 0 の移動加速度 a と、アームアクチュエーター 4 2 0 に備えた角度センサー 4 3 0 からの回転角度を演算し、ワーク保持装置駆動ベルト 4 4 0 の移動加速度 b と、を演算し、比較工程 (S 1 2 0) に移行する。

【 0 0 9 6 】

第 2 演算工程 (S 1 1 2) においては、ワーク保持装置 5 0 0 に備える慣性センサー 5 3 0 に含む加速度センサー 5 3 0 a、5 3 0 b が検出したデータから加速度 a 、 b を演算し、比較工程 (S 1 2 0) に移行する。

【 0 0 9 7 】

次に、比較工程 (S 1 2 0) に移行する。比較工程 (S 1 2 0) では、第 1 演算工程 (S 1 1 1) および第 2 演算工程 (S 1 1 2) において得られた加速度値を用いて、比較結果として、

$$\begin{array}{l} |a - a| \\ |b - b| \end{array}$$

の値を、判定工程 (S 1 3 0) へ出力、移行する。

【 0 0 9 8 】

次に、判定工程（ S 1 3 0 ）へ移行する。判定工程（ S 1 3 0 ）では、予め図示しない記憶装置に格納された閾値 A 1、A 2 に対して、比較工程（ S 1 2 0 ）から入力した比較結果が大きいか、を判定する。判定結果が「 Y E S 」である場合、すなわち比較工程（ S 1 2 0 ）からの比較結果が閾値より大きい場合、該当する加速度センサーが故障と判定する。

【 0 0 9 9 】

すなわち、

$$| a - a | > A 1$$

もしくは、

$$| b - b | > A 2$$

である時、加速度センサー 5 3 0 a もしくは 5 3 0 b は故障と判定する。

【 0 1 0 0 】

判定工程（ S 1 3 0 ）において、交渉判定すなわち「 Y E S 」と判定された場合、停止指示工程（ S 1 4 0 ）に移行する。停止指示工程（ S 1 4 0 ）では、制御部 4 0 0 0 から基体アクチュエーター 3 2 0、アームアクチュエーター 4 2 0 に対して動作を停止させる指示が出力され、ロボット装置 1 0 0 0 は停止する。

【 0 1 0 1 】

上述のように慣性センサーの故障の判定基準となるものは、基体およびアームに備えるアクチュエーターの角度センサーの検出データから得られる駆動ベルトの移動加速度として、判定基準そのものもワーク保持装置 5 0 0 の動作に連動し変動する値であって、より実動作を基準として故障判定されるので、正確な加速度センサーの故障判定が可能となる。これにより、ロボット装置の暴走による危険を確実に回避し、早期の正常化による安定したロボット装置可動を保証し、製品品質を高く維持することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 2 】

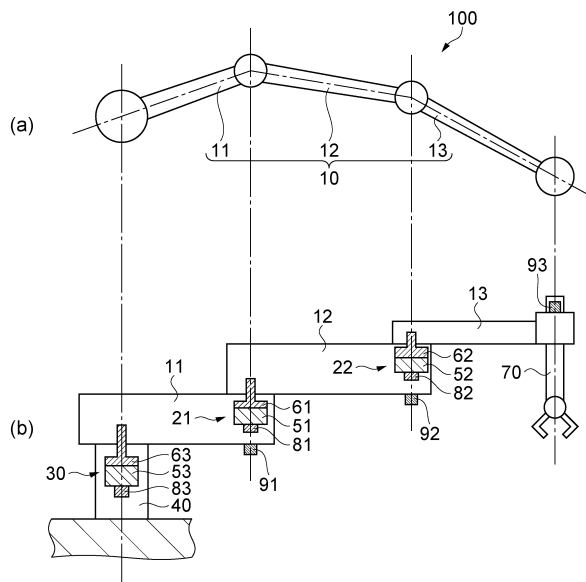
1 1 ... 第 1 アーム、1 2 ... 第 2 アーム、1 3 ... 第 3 アーム、4 0 ... 基体、5 1 , 5 2 , 5 3 ... アクチュエーター、8 1 , 8 2 , 8 3 ... 角度センサー、9 1 , 9 2 , 9 3 ... 慣性センサー、1 1 0 0 ... 第 1 演算部、1 2 0 0 ... 第 2 演算部、2 0 0 0 ... 比較部、3 0 0 0 ... 判定部、4 0 0 0 ... 制御部。

10

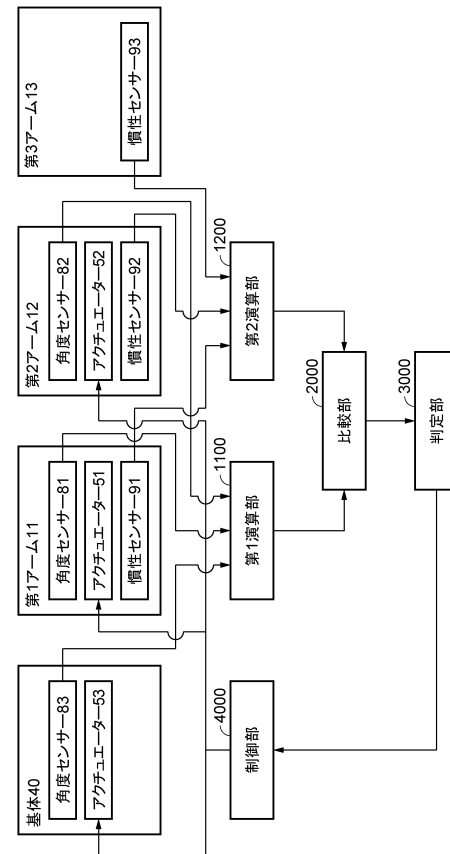
20

30

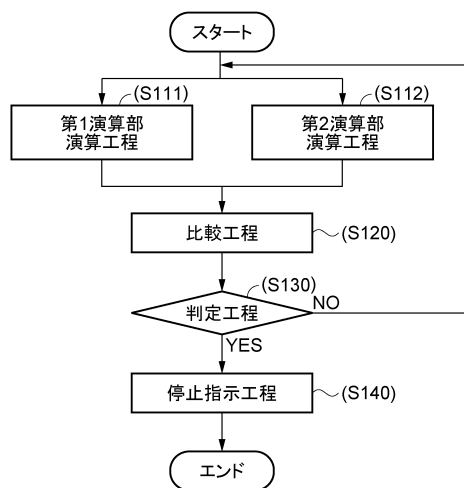
【図 1】



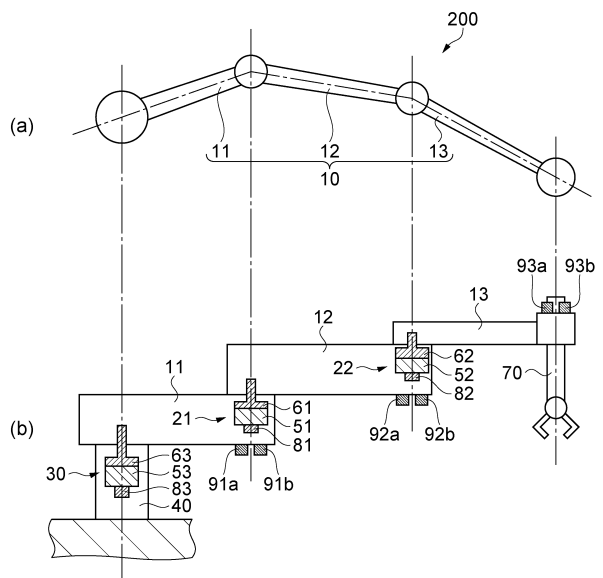
【図 2】



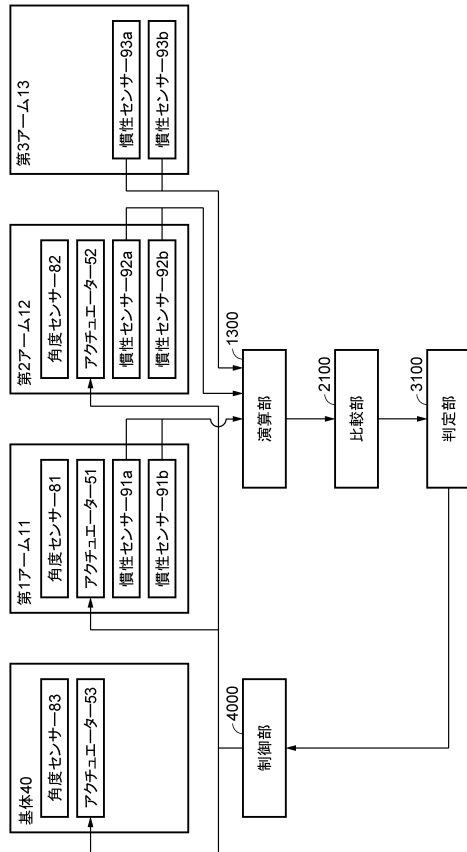
【図 3】



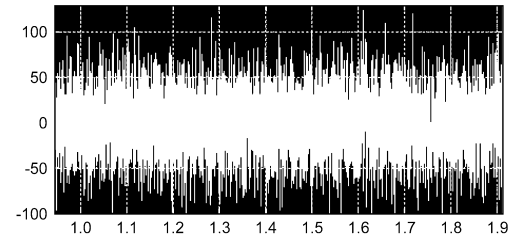
【図 4】



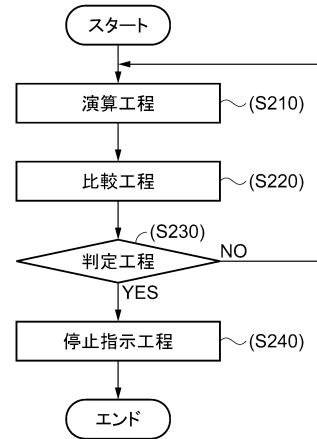
【図5】



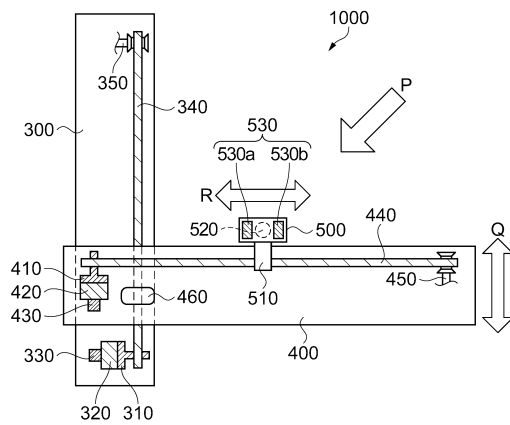
【図6】



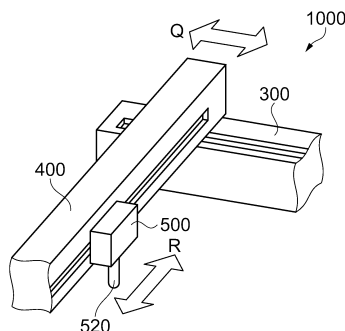
【図7】



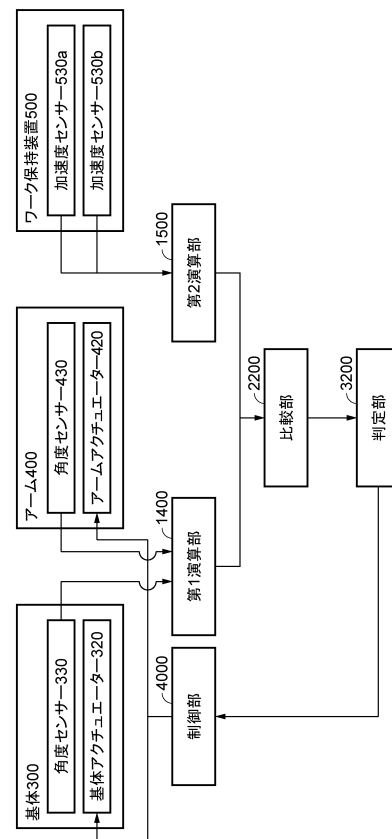
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-064232(JP,A)
特開2002-144260(JP,A)
特開2008-022590(JP,A)
特開昭60-195603(JP,A)
特開平04-211898(JP,A)
特開2003-150226(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00 - 21/02