

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-293331
(P2005-293331A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G05B 19/4068	G05B 19/4068	3C007
B25J 13/00	B25J 13/00 Z	5B046
B25J 19/00	B25J 19/00 E	5H269
G06F 17/50	G06F 17/50 612L	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-108696 (P2004-108696)</p> <p>(22) 出願日 平成16年4月1日(2004.4.1)</p> <p>(特許庁注：以下のものは登録商標)</p> <p>1. WINDOWS</p>	<p>(71) 出願人 000003997 日産自動車株式会社 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地</p> <p>(74) 代理人 100072349 弁理士 八田 幹雄</p> <p>(74) 代理人 100110995 弁理士 奈良 泰男</p> <p>(74) 代理人 100111464 弁理士 齋藤 悦子</p> <p>(74) 代理人 100114649 弁理士 宇谷 勝幸</p> <p>(74) 代理人 100124615 弁理士 藤井 敏史</p>
--	--

最終頁に続く

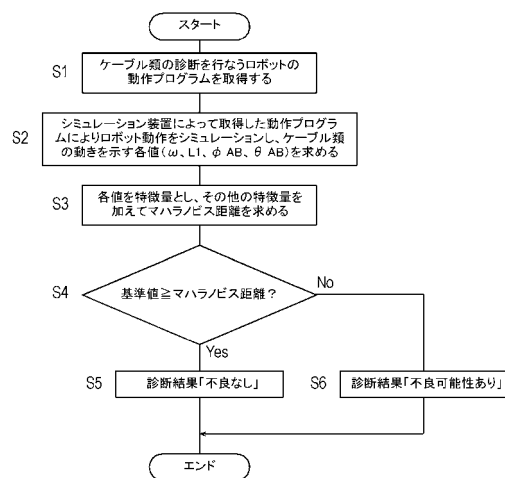
(54) 【発明の名称】 ロボット付加非剛体物のシミュレーション方法およびロボット付加非剛体物の状態診断方法

(57) 【要約】

【課題】 ロボットに付加された非剛体物の状態を的確に診断することのできるロボット付加非剛体物の状態診断方法を提供する。

【解決手段】 ロボットの動作プログラムを取得し (S 1)、シミュレーションを実行して、ケーブル固定点A、Bそれぞれの自転ねじれ、公転ねじれを取得して加算した全ねじれ と固定点A B間距離L 1、ベクトルA BのX - Y平面上のなす角 A BおよびZ軸とベクトルA Bのなす角 A Bを求め (S 2)、各値を特徴量としてマハラノビスタグチ法のマハラノビス距離を求め (S 3)、基準値以下であれば不良なしと判断する (S 4、S 5) 診断方法。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ロボット上の第 1 固定点と第 2 固定点にその両端が固定された非剛体物の状態をシミュレーションするロボット付加非剛体物のシミュレーション方法であって、

前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第 1 固定点の自転した角度を前記非剛体物の第 1 の自転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第 2 固定点の自転した角度を前記非剛体物の第 2 の自転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記第 1 固定点に対する前記第 2 固定点の位置変化を前記非剛体物の第 1 の公転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記第 2 固定点に対する前記第 1 固定点の位置変化を前記非剛体物の第 2 の公転ねじれとして求める段階と、

前記第 1 の自転ねじれ、前記第 2 の自転ねじれ、前記第 1 の公転ねじれ、および前記第 2 の公転ねじれを加算する段階と、を有し、

前記加算結果を前記非剛体物のねじれ量とすることを特徴とするロボット付加非剛体物のシミュレーション方法。

10

【請求項 2】

前記第 1 の公転ねじれとして算出する段階は、前記第 1 固定点を座標原点に定めた 3 次元座標系上で前記第 2 固定点の位置を求め、

前記第 2 の公転ねじれとして算出する段階は、前記第 2 固定点を座標原点に定めた 3 次元座標系上で前記第 1 固定点の位置を求めることを特徴とする請求項 1 記載のロボット付加非剛体物のシミュレーション方法。

20

【請求項 3】

さらに、前記第 1 固定点と前記第 2 固定点の間の距離を求める段階と、

任意の 3 次元座標系において前記第 1 固定点から前記第 2 固定点までのベクトルを表す角度を求める段階と、を有し、

前記距離および前記角度により前記非剛体物の曲げ量を表現することを特徴とする請求項 1 記載のロボット付加非剛体物のシミュレーション方法。

【請求項 4】

前記第 1 固定点から前記第 2 固定点までのベクトルを示す角度は、

前記 3 次元座標系の 1 平面に投影された前記ベクトルの投影線と前記 1 平面に含まれる一つの軸とのなす角、および前記ベクトルと前記 3 次元座標系の少なくとも一つの軸とのなす角、の 2 つの角度であることを特徴とする請求項 3 記載のロボット付加非剛体物のシミュレーション方法。

30

【請求項 5】

ロボット上の第 1 固定点と第 2 固定点にその両端が固定された非剛体物の状態を診断するロボット付加非剛体物の状態診断方法であって、

前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第 1 固定点の自転した角度を前記非剛体物の第 1 の自転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第 2 固定点の自転した角度を前記非剛体物の第 2 の自転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記第 1 固定点に対する前記第 2 固定点の位置変化を前記非剛体物の第 1 の公転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記第 2 固定点に対する前記第 1 固定点の位置変化を前記非剛体物の第 2 の公転ねじれとして求める段階と、

前記ロボットの動作にともなう前記第 1 固定点と前記第 2 固定点の間の距離を求める段階と、

任意の 3 次元座標系における前記ロボットの動作にともなう前記第 1 固定点から前記第 2 固定点までのベクトルを表す角度を求める段階と、

少なくとも前記第 1 の自転ねじれ、前記第 2 の自転ねじれ、前記第 1 の公転ねじれ、前

50

記第2の公転ねじれ、前記距離、および前記角度をマハラノビスタグチ法における特徴量として用いてマハラノビス距離を求める段階と、

求めた前記マハラノビス距離があらかじめ求められているマハラノビスタグチ法における正常空間内であるか否かにより非剛体物の状態を診断する段階と、を有することを特徴とするロボット付加非剛体物の状態診断方法。

【請求項6】

前記第1の公転ねじれとして算出する段階は、前記第1固定点を座標原点に定めた3次元座標系上で前記第2固定点の位置を求め、

前記第2の公転ねじれとして算出する段階は、前記第2固定点を座標原点に定めた3次元座標系上で前記第1固定点の位置を求めることを特徴とする請求項5記載のロボット付加非剛体物の状態診断方法。

10

【請求項7】

前記第1固定点から前記第2固定点までのベクトルを示す角度は、

前記3次元座標系の1平面に投影された前記ベクトルの投影線と前記1平面に含まれる一つの軸とのなす角、および前記ベクトルと前記3次元座標系の少なくとも一つの軸とのなす角、の2つの角度であることを特徴とする請求項5記載のロボット付加非剛体物の状態診断方法。

【請求項8】

前記特徴量は前記ロボットの動作にかかる時間を任意に分割した時間間隔ごとにそれぞれ求め、求められた時間間隔ごとの値をマハラノビスタグチ法における特徴量とすることを特徴とする請求5～7のいずれか一つに記載のロボット付加非剛体物の状態診断方法。

20

【請求項9】

前記第1の自転ねじれ、前記第2の自転ねじれ、前記第1の公転ねじれ、および前記第2の公転ねじれは、これらを加算した全ねじれ量として前記特徴量の一つとして用いることを特徴とする請求5～8のいずれか一つに記載のロボット付加非剛体物の状態診断方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット付加非剛体物のシミュレーション方法およびロボット付加非剛体物の状態診断方法に関する。

30

【背景技術】

【0002】

最近、コンピュータグラフィックスを利用した動作シミュレーションにより、ロボットの動作検討やティーチングプログラムの作成などを行うシステムが広く用いられるようになってきている。ところで、ロボットの多くは、ロボットアームからそれに接続されているハンドまで、様々なケーブル類やホースなど（以下まとめて「ケーブル類」という）の非剛体物が付加されている。このようなロボットの場合におけるシミュレーションでは、非剛体物についても、ロボットの動作によってどのような状態になるか、たとえば、ケーブル類の伸びがどうか、ロボットアームへの巻き付きが起こらないかなどを検討して、ケーブル類が断線したり、破損したりしないかどうかを診断する必要がある。

40

【0003】

従来、このようなケーブル類の診断方法としては、たとえば、ケーブル類のロボットアーム側固定点とハンド側固定点との間の距離の、ケーブル類の長さに対する比率、および固定点でのケーブル類の各接線方向のなす角度を求めて、これらの比率および角度があらかじめ設定された二次元領域内にあるかどうかを判断することによりケーブル類の伸び過ぎおよび縮み過ぎを検出している。

【0004】

また、この従来の方法では、ハンドの回転軸に直交する平面に対するケーブル類のアーム側固定点およびハンド側固定点の各投影点と前記平面内での回転中心とのなす角度を求

50

め、当該角度があらかじめ設定された範囲内にあるかどうかを判断することにより、ケーブル類のアームへの巻き付きを検出している（特許文献1参照）。

【特許文献1】特開平10-275007号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の非剛体物の動きを対象としたシミュレーションでは、非剛体物であるケーブル類のねじれを表す要素が1種類、曲げを表す要素が2種類と少ないため、ケーブル類にかかる負荷（ねじれ、曲げ）を十分に表現することが難しいといった問題がある。また、このためにケーブル類の断線や破損など、非剛体物のロボット動作にともなう状態の変化を診断することも難しいという問題がある。

10

【0006】

そこで、本発明の目的は、より正確にロボットに付加された非剛体物の状態を表現することのできるロボット付加非剛体物のシミュレーション方法を提供することである。

【0007】

また、本発明の他の目的は、ロボット付加非剛体物のシミュレーション方法を用いて、ロボットに付加された非剛体物の状態を的確に診断することのできるロボット付加非剛体物の状態診断方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するための本発明は、ロボット上の第1固定点と第2固定点にその両端が固定された非剛体物の状態をシミュレーションするロボット付加非剛体物のシミュレーション方法であって、前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第1固定点の自転した角度を前記非剛体物の第1の自転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第2固定点の自転した角度を前記非剛体物の第2の自転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記第1固定点に対する前記第2固定点の位置変化を前記非剛体物の第1の公転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記第2固定点に対する前記第1固定点の位置変化を前記非剛体物の第2の公転ねじれとして求める段階と、前記第1の自転ねじれ、前記第2の自転ねじれ、前記第1の公転ねじれ、および前記第2の公転ねじれを加算する段階と、を有し、前記加算結果を前記非剛体物のねじれ量とすることを特徴とするロボット付加非剛体物のシミュレーション方法である。

20

30

【0009】

上記目的を達成するための本発明は、ロボット上の第1固定点と第2固定点にその両端が固定された非剛体物の状態を診断するロボット付加非剛体物の状態診断方法であって、前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第1固定点の自転した角度を前記非剛体物の第1の自転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記ロボット上の前記第2固定点の自転した角度を前記非剛体物の第2の自転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記第1固定点に対する前記第2固定点の位置変化を前記非剛体物の第1の公転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記第2固定点に対する前記第1固定点の位置変化を前記非剛体物の第2の公転ねじれとして求める段階と、前記ロボットの動作にともなう前記第1固定点と前記第2固定点の間の距離を求める段階と、任意の3次元座標系における前記ロボットの動作にともなう前記第1固定点から前記第2固定点までのベクトルを表す角度を求める段階と、少なくとも前記第1の自転ねじれ、前記第2の自転ねじれ、前記第1の公転ねじれ、前記第2の公転ねじれ、前記距離、および前記角度をマハラノビスタグチ法における特徴量として用いてマハラノビス距離を求める段階と、求めた前記マハラノビス距離があらかじめ求められているマハラノビスタグチ法における正常空間内であるか否かにより非剛体物の状態を診断する段階と、を有することを特徴とするロボット付加非剛体物の状態診断方法である。

40

【発明の効果】

50

【0010】

本発明のロボット付加非剛体物のシミュレーション方法によれば、ロボット付加非剛体物のロボット動作にともなう形状変化を第1の自転ねじれ、第2の自転ねじれ、第1の公転ねじれ、および第2の公転ねじれによって表現することとしたので、より多くの要素によって非剛体物の形状が特定されるため、より正確に非剛体物の形状変化を表現することができる。また、これに加えて、第1固定点と第2固定点間の距離と任意の3次元座標系において第1固定点から第2固定点までのベクトルを表す角度によって非剛体物の曲げ量を特定することとしたので、さらに正確に非剛体物の形状を表すことができる。

【0011】

また、本発明のロボット付加非剛体物の状態診断方法によれば、ロボット付加非剛体物のロボット動作にともなう形状変化を第1の自転ねじれ、第2の自転ねじれ、第1の公転ねじれ、および第2の公転ねじれ、第1固定点と第2固定点間の距離と任意の3次元座標系において第1固定点から第2固定点までのベクトルを表す角度をマハラノビスタグチ法における特徴量とし、このマハラノビスタグチ法を用いて非剛体物の状態を診断することとしたので、多くの特徴量からより正確に非剛体物の状態を診断することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態を説明する。

【0013】

図1はハンドに非剛体付加物（ケーブル類）を持つロボットの一例を示す図である。

20

【0014】

このロボットは6軸の多関節型スポット溶接ロボットであって、アーム1の先端に手首2を介してハンド3が取り付けられている。ハンド3にはスポット溶接ガン4が取り付けられている。また、ロボットには、溶接に必要な電力やその他の制御信号を送るためのケーブル類5が付加されている。ケーブル類5は非剛体物であり、その両端がハンド側固定点Aとアーム側固定点Bにおいてそれぞれハンド3とアーム1に固定されている。手首2は回転軸（第4軸）、旋回軸（第5軸）、回転軸（第6軸）の計3軸構成になっている。ケーブル類5はロボットの動作（特に手首2の3軸の動作）にともない2つの固定点A、B間の相対位置が変わるためその形状等が変化することになる。

【0015】

30

次に、図1に示したロボットにおけるケーブル類の状態をシミュレーションして、ケーブル類の状態を診断するための方法について説明する。

【0016】

まず、ケーブル類の状態（形状）を表現するための要素として、ケーブル類の自転ねじれと公転ねじれについて説明する。

【0017】

図2は、ケーブル類の自転ねじれと公転ねじれについて説明するための図面である。

【0018】

図において、A点およびB点はケーブル類5の固定点である。ケーブル類5の自転ねじれは、ケーブル類5そのものの中心cが軸となって回転するねじれを言うものであり、ここではA点側の自転ねじれを A 、B点側の自転ねじれを B と示す。一方、公転ねじれは、A点に対するB点の回転位置、およびB点に対するA点の回転位置を言い、ここではA点側の公転ねじれを A 、B点側の公転ねじれを B と示す。

40

【0019】

そして、このケーブル類5全体のねじれは、これら自転ねじれおよび公転ねじれを使って表すことができる。すなわち、全ねじれ $= A + B + A + B$ である。

【0020】

このようなねじれは、大きければ大きいほどケーブル類の断線や破損につながる可能性が高い。しかも、本実施形態においては、このねじれを自転ねじれと公転ねじれに分けて表現し、これを加算することとしているため、ケーブル類のねじれを的確にしかも定量的

50

に表すことができるのである。

【0021】

このようなねじれの計算は、具体的には、自転 については、固定点 (A 点、 B 点) がはじめの位置から自転した角度そのものである。

【0022】

一方、公転ねじれについては、図3に示すように、固定点ごとに、3次元座標の原点をとり、3次元座標系における他点の位置を求めて、加算すればよい。すなわち、 A を求める場合には、A点を原点 (0 , 0 , 0) としてB点の動作軌跡を3次元座標値 (X b , Y b , Z b) として求め、同様に B は、B点を原点 (0 , 0 , 0) としてA点の動作軌跡を3次元座標値 (X a , Y a , Z a) として求めて、各動作軌跡の3次元座標値を加算する (X a + X b , Y a + Y b , Z a + Z b) 。

10

【0023】

これにより、上記 の後半部分である A + B が得られる。得られる値は動作軌跡を時間間隔として区切れれば時間間隔ごとの値が得られる。このようにして得られた公転ねじれの値は、後述するように、マハラノビスタグチ法における特徴量に用いるためのものであるので、公転ねじれを表すための値であればよく、座標値そのものを用いればよい。このため、公転ねじれの値はA点やB点を中心とした回転位置 (または角度) にする変換する必要はない。なお、図3においては、A点を座標原点にとった図面を示したが、B点側の計算においては、図示しないが上記のとおりB点を座標原点として計算すればよい。

【0024】

ケーブル類のたわみ (曲げ量) についても定義する。図4は、ケーブル類のたわみを説明するための3次元座標図である。

20

【0025】

ここでは、A点をこの3次元座標系の原点にとり、A点からのケーブル類5の引き出されている方向をZ軸方向としている。そして、A点から見たB点の位置を、A点からB点へのベクトル A B の X - Y 平面へ投影したときのX軸とベクトル A B の投影線とのなす角 A B 、およびZ軸とベクトル A B のなす角 A B によって規定する。これにより、ケーブル類5のA B 両端の相対的な位置が分かる。また、A B 間の距離を L 1 とする。この L 1 は、ロボットの動きに合わせて変化する。さらに、ケーブル類5の長さを L 2 とする。ケーブル類5の長さ L 2 はあらかじめ決まっているためロボットの動きによって変化する値ではない。

30

【0026】

そして、L 1 と L 2 との距離の差 (L 2 - L 1) が大きければ、ケーブルのたわみ量が大きくなる。なお、L 2 はシミュレーション対象となるロボットに付加されたケーブル類5ごとに固定量であるため、ロボットの動きによって変化する L 1 のみをケーブル類5のたわみに影響する値として定義してもよい。

【0027】

このように、ケーブル類のたわみ (曲げ量) についてケーブル類を固定する2点間の距離 L 1 と、ベクトル A B を表すための2つの角度 A B および A B によって表現しているため、ケーブル類の曲げ量を的確にしかも定量的に表すことができるのである。

40

【0028】

なお、この曲げ量を求める際に3次元座標系は任意でよく、必ずしもA点を座標原点にとる必要はない。また、2つのなす角は上記のような A B と A B に限定されるものではなく、ベクトル A B を表すための角度であれば、どのようなものであってもよい。

【0029】

このように、ケーブル類5の状態を、全ねじれ と、なす角 A B および A B 、 A B 間距離 L 1 により表現することで、ロボットの動作シミュレーションにおいては、シミュレーションされたロボット上のA点およびB点の位置変化から、ケーブル類5がどのようにねじれ、また曲がるかを定量的に表すことができる。

【0030】

50

なお、ここでは、曲げ量をあらわすための尺度の一つとしてベクトル AB についてのなす角 $\angle ABA$ および $\angle BAB$ を用いたが、これに代えて、上記同様に B 点を原点とした 3 次元座標系でベクトル BA について、ベクトル BA の $X - Y$ 平面へ投影したときの X 軸とベクトル BA の投影線とのなす角 $\angle BAA$ 、および Z 軸とベクトル BA のなす角 $\angle BAA$ によって規定してもよい。さらには、ベクトル AB についてのなす角 $\angle ABA$ および $\angle BAB$ と、ベクトル BA についてのなす角 $\angle BAA$ および $\angle BAA$ のすべてを用いて表現するようにしてもよい。

【0031】

また、なす角は、上記のような $X - Y$ 平面上におけるベクトルの投影線となす角や Z 軸とのなす角に限らず、当然、他の平面や他の軸とのなす角であってもよい。すなわち、3 次元座標系の 1 平面に投影されたベクトル (ベクトル AB またはベクトル BA) の投影線と 1 平面に含まれる一つの軸とのなす角、およびベクトルと 3 次元座標系の少なくとも 1 つの軸とのなす角、の 2 つの角度であればよい。

10

【0032】

図 5 はケーブル類の状態診断方法の処理手順を示すフローチャートである。

【0033】

まず、ケーブル類の診断を行うロボットの動作プログラムをシミュレーション装置に取り込む (S1)。なお、ここで動作プログラムとは、ロボットを動作させるためのティーチングプログラムであってもよいし、動作軌跡を示すものであってもよい。

【0034】

次に、ロボットの動作シミュレーション装置によって取得した動作プログラムによりロボット動作をシミュレーションする (S2)。このとき、上記のようにして定義したケーブル類のロボット動作にともなう形状変化を示すための各値が得られる。

20

【0035】

すなわち、ロボットの動作にともないロボット上の A 点の自転した角度をロボットの動作シミュレーション結果から自転ねじれ A として求め、同様に、 B 点の自転ねじれ B 、 A 点側の公転ねじれ A 、 B 点側の公転ねじれ B をそれぞれ求めて、これらを加算して全ねじれ θ を求める。また同様にロボット動作のシミュレーション結果から、ロボットの AB 間の距離 $L1$ 、 A 点から B 点へのベクトルを表すためのなす角 $\angle ABA$ および $\angle BAB$ を求める。求める各値は、シミュレーションの実行中、あらかじめ決められた時間間隔ごとの時系列で求める。

30

【0036】

次に、シミュレーションによって得られた各値に、マハラノビスタグチ法 (以下 MT 法と称する) で用いる特徴量として、さらにその他の特徴量を加えてマハラノビス距離を求める (S3、詳細後述)。

【0037】

次に、求めたマハラノビス距離をあらかじめ求められているマハラノビス距離による診断の基準値と比較する (S4)。このとき、S3 で求めたマハラノビス距離が基準値以下であれば、不具合の発生する可能性はないものと判断する (S5)。一方、S3 で求めたマハラノビス距離が基準値よりも大きければ不具合の発生する可能性が高いものと判断する (S6)。不具合の発生の可能性が高い場合には、その後、ロボットの動作 (ティーチング) を見直したり、ケーブル類 5 長さを見直したりすることになる。

40

【0038】

MT 法は、周知のとおり、複数の特徴量から正常空間の距離を求める必要がある。そこで、本実施の形態では、特徴量として、1: データ数、2: 工場、3: ロボット型式、4: ケーブル類 5 長さ、5: ケーブル類 5 カバー方式 (ケーブル類 5 カバーを用いているか否か、およびケーブル類 5 カバーを用いている場合にそのカバーの材質)、6: ケーブル類 5 結束方法 (結束位置、結束数、結束に使用する部材 (プラスチックバンド、樹脂被覆針金など)、結束ケーブル類 5 数など)、7: ケーブル類 5 種類 (溶接用電源ケーブル類 5、制御用配線ケーブル類 5、サーボモータ用ケーブル類 5、その他のケーブル類 5 の有

50

無)、8:ホース類(エア供給ホース、オイルホース、水供給ホースなどの有無)、9:AB間距離(ここでは前述したL1について、最大値、最小値、微分値をとっている)、10:ねじれ、11:X-Y平面上のなす角AB、12:Z軸とベクトルABのなす角ABである。なお、ここでは、ねじれを自転ねじれと公転ねじれを加算した結果である全ねじれを用いているが、これに代えて、個別の自転ねじれと公転ねじれ、すなわち、A、B、A、Bをそれぞれ一つの特徴量として扱ってもよい。

【0039】

これら特徴量の中で、上記特徴量1~8は一つのロボットについてはそのロボットの動きによって変化しない値であり、これをここでは静的特徴量と称する。

【0040】

一方、特徴量9~12は、ロボットの動作にしたがって変化する値であり、これらを動的特徴量と称する。そして、動的特徴量である特徴量9~12については、その時間変化(ロボットの動きの変化)を捕らえる特徴量とするために、あらかじめ決められ所定時間間隔ごとに、その時間間隔内における最小値、最大値、平均、および標準偏差を求めて、それぞれの区間ごとの値と、さらに全区間における最小値、最大値、平均、および標準偏差をもとめ、それらすべてを特徴量として用いている。

【0041】

たとえば、図6に示すように、ロボットの1サイクルの動作を、一つの間隔の時間を1秒として5区間に分割した場合、それぞれの区画ごとに最小値、最大値、平均、および標準偏差をとり、さらに、全区画における最小値、最大値、平均、および標準偏差をとると、全特徴量数は、一つの特徴量において(分割数+1)×4となる。

【0042】

なお、上述した特徴量は、すべてが必ず必要となるものではなく、少なくともロボットの動作によってケーブル類5のねじれや曲がり方など、ケーブル類5の状態変化を示す特徴量9~12があればよい。これは、たとえば、工場が一つしかなく、動作は異なるが同じ型式のロボットを用いている場合は、工場やロボット型式などの特徴量は変化しないためなくてもよい。逆に、さらに多くの特徴量を用いてもよいことはいうまでもない。

【0043】

MT法では、これらの特徴量を用いて正常空間の距離を求める。したがって、実際に稼働しており、ケーブル類5に不具合の発生していないロボットについて、その動作軌跡、またはプログラムを用いたシミュレーション結果から上記各特徴量を取得して、マハラノビス距離を算出する。なお、MT法の実行には、市販のソフトウェアを利用すればよい。MT法を実行するための市販ソフトとしては、たとえば、株式会社オーケン製MTS for windows Excel版などがある。

【0044】

そして、これによって算出されたマハラノビス距離の最大値が、上記ステップS4で用いる基準値となる。

【0045】

これにより、これから動作させるロボットにおけるケーブル類のロボット動作にともなう不具合を容易に診断することができる。

【0046】

特に、本実施の形態のように、MT法で用いる特徴量として、工場、ロボットの型式、などを加えることで、検査対象のロボットを据え付ける場所や、ロボットの型式の違いなどの影響をも加味したケーブル類の診断を行うことが可能となる。

【0047】

なお、以上説明した実施形態においては、動的特徴量を時間間隔ごとに分けて、時間間隔ごとに最大値、最小値、平均値、および標準偏差を特徴量として用いることにしたが、これに代えて、または追加して各区間および/または全体の、最大値、最小値、微分値、および積分値を用いてもよい。

【0048】

10

20

30

40

50

微分値は、全区間を微小時間で微分した値を用いてもよいが、簡易的には、たとえば、図7に示すように、特徴量の時間変化の値を所定の値で区切った線（イ～チ）を引き、時間変化の値がイ～チの各線を横切った値を区間ごとに求めてその横切った回数を微分値としてもよい。一方、積分値は、イ～チの各線の各区間における時間変化の内側の長さ（図で示した太線部分の長さ）を区間ごとに加算した値として求めることができる。

【0049】

このような簡易的な微分値および積分値を用いてもケーブル類のねじれや曲げの状態を時系列としてあらわすことができ、ロボットの動作にともなうケーブル類の断線や破損などの状態変化（不具合の発生）を、MT法を用いて診断することができる。

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明は、新たに設置するロボットに付加された非剛体物の不具合発生の可能性を検証できるほか、既存のロボットにおいても新たに動作軌跡をティーチングしなおす場合、また、既存のロボットにおいて、現状の見ただけでは、不具合が発生していないものでも、今後不具合の発生する可能性があるか否かを検証することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】ハンドに非剛体付加物を持つロボットの一例を示す図である。

【図2】ケーブル類の自転ねじれと公転ねじれについて説明するための図面である。

【図3】公転ねじれの加算について説明するための図面である。

【図4】ケーブル類5のたわみを説明するための3次元座標図である。

【図5】ケーブル類の状態診断方法の処理手順を示すフローチャートである。

【図6】ロボットの1サイクルの動作における特徴量の時間変化を示すグラフである。

【図7】簡易的な微分、積分を説明するための特徴量の時間変化を示すグラフである。

【符号の説明】

【0052】

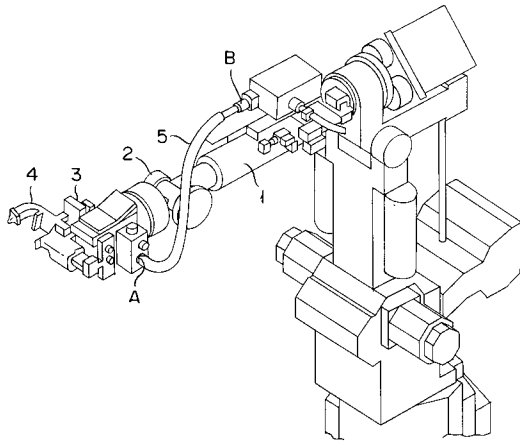
- 1 ... アーム、
- 2 ... 手首、
- 3 ... ハンド、
- 4 ... スポット溶接ガン、
- 5 ... ケーブル類。

10

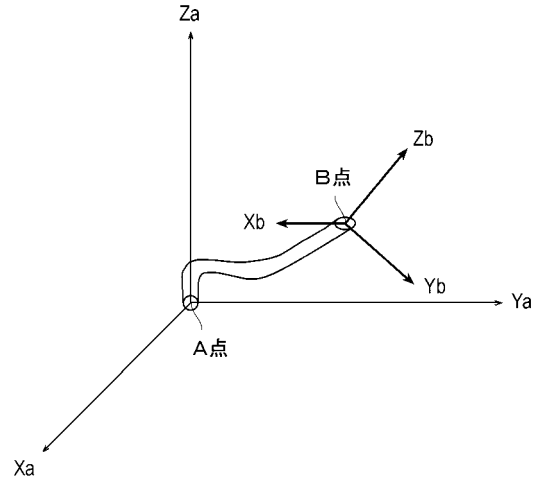
20

30

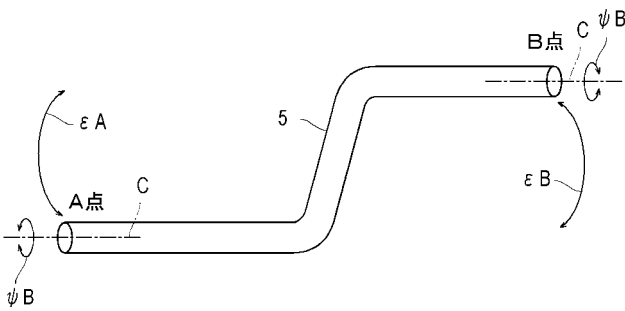
【図1】



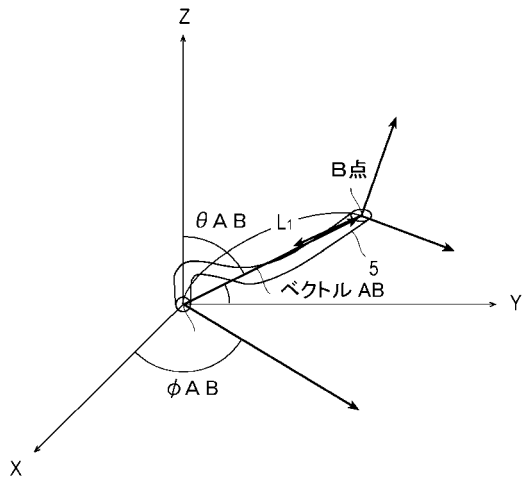
【図3】



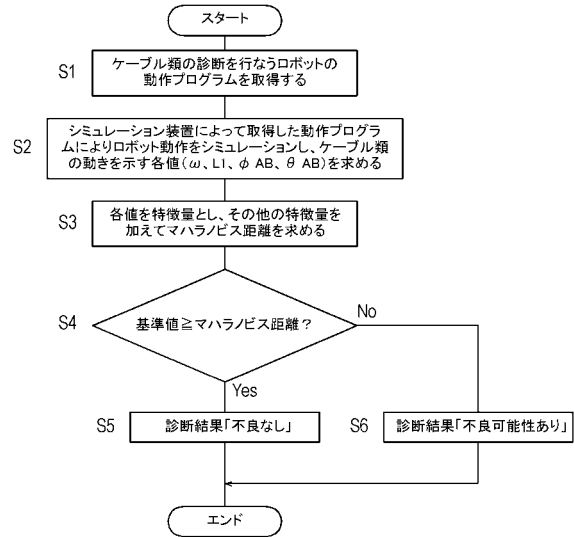
【図2】



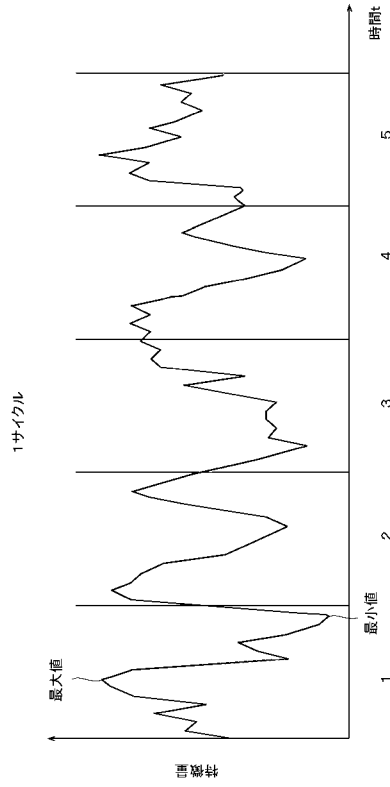
【図4】



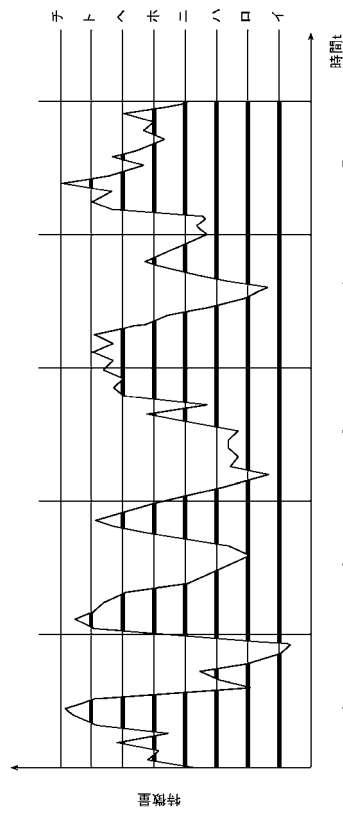
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (72)発明者 生田 國雄
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 久保 秀幸
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- (72)発明者 大高 幸真
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産自動車株式会社内
- Fターム(参考) 3C007 BS10 CY01 CY02 CY03 CY07 CY08
5B046 JA04
5H269 AB33 BB13 CC09 DD06 NN16