

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4798552号

(P4798552)

(45) 発行日 平成23年10月19日(2011.10.19)

(24) 登録日 平成23年8月12日(2011.8.12)

(51) Int.Cl.

B 2 5 J 19/06 (2006.01)

F I

B 2 5 J 19/06

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2007-295057 (P2007-295057)	(73) 特許権者	000006622
(22) 出願日	平成19年11月14日(2007.11.14)		株式会社安川電機
(65) 公開番号	特開2009-119547 (P2009-119547A)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(43) 公開日	平成21年6月4日(2009.6.4)	(72) 発明者	前原 伸一
審査請求日	平成22年1月19日(2010.1.19)		福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		(72) 発明者	井上 光
			福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
			株式会社安川電機内
		審査官	松浦 陽

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットの領域監視方法および制御装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

多関節ロボットのアームが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、
 前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記アームの関節を中心とする第2所定半径の球とを求め、
 前記外球と前記アームの関節を中心とする所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記アームは動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするロボットの領域監視方法。

【請求項2】

多関節ロボットの制御点が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、
 前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記制御点を中心とする第2所定半径の球とを求め、
 前記外球と前記制御点を中心とする第2所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記制御点は動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするロボットの領域監視方法。

【請求項3】

多関節ロボットの作業用ツールが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、

10

20

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球とを求め、

前記外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記作業用ツールは動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするロボットの領域監視方法。

【請求項 4】

多関節ロボットのアームに取り付けられたロボット付属部品が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球とを求め、

前記外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記ロボット付属部品は動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするロボットの領域監視方法。

10

【請求項 5】

多関節ロボットのアームが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記アームの関節を中心とする第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記アームの関節を中心とする所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記アームは動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするロボットの制御装置。

20

【請求項 6】

多関節ロボットの制御点が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記制御点を中心とする第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記制御点を中心とする第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記制御点は動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするロボットの制御装置。

30

【請求項 7】

多関節ロボットの作業用ツールが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記作業用ツールは動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするロボットの制御装置。

【請求項 8】

多関節ロボットのアームに取り付けられたロボット付属部品が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、

前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記ロボット付属部品は動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするロボットの制御装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットのリアルタイム動作領域監視を行う制御装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

従来のロボットアームの領域監視は、ロボットアームが予め設定された各ロボットアームの動作範囲を超えて動作した場合に、動作可能領域外と判断していた。

また、ロボットアームが予め設定された干渉領域に侵入した場合に干渉状態と判断する干渉判断方法としては、干渉領域のすべての頂点を通るような外球を求め、ロボットアームと外球の交点を求め、その交点が外球内にあれば干渉領域内と判断する方法もある（例えば、特許文献1参照）。

【特許文献1】特開2004-17245号公報（第3-6頁、図1）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【 0 0 0 3 】

従来の干渉判断方法は、干渉領域のすべての頂点を通るような外球を求める。したがって、外球は、設定された干渉領域よりも大きい領域でモデル化することになる。この発明は、干渉領域にロボットアームが侵入したかどうかを判断することが目的であるため、設定された干渉領域よりも大きい領域でモデル化することは問題にはならない。しかし、ロボットアームが動作可能領域から出ないことを判断する場合、上記のモデルを用いると、設定された領域からロボットアームが出てしまうことがあるため使用できないという問題があった。

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、動作可能領域の各面の頂点を通る外球を使用して、動作可能領域をモデル化することにより高速にロボットアームの動作領域を監視する手法を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 4 】

上記問題を解決するため、本発明は、次のように構成したのである。

請求項1に記載の発明は、多関節ロボットのアームが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記アームの関節を中心とする第2所定半径の球とを求め、前記外球と前記アームの関節を中心とする所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記アームは動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするものである。

30

また、請求項2に記載の発明は、多関節ロボットの制御点が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記制御点を中心とする第2所定半径の球とを求め、前記外球と前記制御点を中心とする第2所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記制御点は動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするものである。

また、請求項3に記載の発明は、多関節ロボットの作業用ツールが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記作業用ツールを覆う第2所定半径の球とを求め、

40

前記外球と前記作業用ツールを覆う第2所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記作業用ツールは動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするものである。

また、請求項4に記載の発明は、多関節ロボットのアームに取り付けられたロボット付属部品が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの動作領域監視方法において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第1所定半径の外球と前記ロボット付属部品を覆う第2所定半径の球とを求め、前記外球と前記ロボット付属部品を覆う第2所定半径の球との中心間距離が、前記第1所定半径と第2所定半径との和よりも大きい場合は、前記ロボット付属部品は動作可能領域範囲内に存在すると判断することを特徴とするものである。

50

また、請求項 5 に記載の発明は、多関節ロボットのアームが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記アームの関節を中心とする第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記アームの関節を中心とする所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記アームは動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするものである。

また、請求項 6 に記載の発明は、多関節ロボットの制御点が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記制御点を中心とする第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記制御点を中心とする第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記制御点は動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするものである。

また、請求項 7 に記載の発明は、多関節ロボットの作業用ツールが、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記作業用ツールを覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記作業用ツールは動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするものである。

また、請求項 8 に記載の発明は、多関節ロボットのアームに取り付けられたロボット付属部品が、動作可能領域を表す所定の多面体内に存在することを判断するロボットの制御装置において、前記多面体を構成する複数の面ごとにその面を構成する頂点を通る第 1 所定半径の外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球とを求め、前記外球と前記ロボット付属部品を覆う第 2 所定半径の球との中心間距離が、前記第 1 所定半径と第 2 所定半径との和よりも大きい場合は、前記ロボット付属部品は動作可能領域範囲内に存在すると判断する手段を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0005】

本発明によると、ロボットの動作可能領域を複数の球でモデル化し、球とロボットアームとの位置関係から、動作可能領域内にロボットアームが存在するかを判断することができる。また、幾何学的に単純な球を用いることにより、各ロボットアームに対する計算量を軽減でき、高速な動作領域監視が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

【実施例 1】

【0007】

図 1 は、本発明の実施フローである。図 2 はロボット側面から見た図、図 3 はロボット上方から見た図である。ロボット 1 はロボット制御装置 2 により動作制御される。ここでは、例として直方体の動作可能領域を設定する場合について説明する。

まず、手順の概略について説明する。

最初に、手順 1 で動作可能領域を設定する。

次に、手順 2 で動作可能領域の面毎にその面の全ての頂点を通る外球 4、5、6、7、8、9、を求める。ロボットの動作可能領域は直方体であり、6 つの面を持つため、求める外球は 6 つである。

次に、手順 3 でロボットアームが外球内に存在しない場合には、動作可能領域内であると判断する。ロボットアームが外球内に存在する場合には、動作可能領域外であると判断する。

【 0 0 0 8 】

続いて、上記手順について詳細に説明する。

まず、手順 1 では、8 つの頂点 P 1 ~ P 8 から構成される動作可能領域 3 を定義する。ここで、図 4 は動作可能領域の設定に関する概要図である。操作者は、図 4 の頂点 P 1、P 2、P 7、P 8 の位置を数値入力により教示し、ロボット制御装置 2 に記憶させる。これにより、動作可能領域 3 は一意に決定される。なお、教示する数値は任意座標系での値であるが、任意座標系とロボットの座標計算で用いる座標系との相対関係は予め設定しておく必要がある。

なお、頂点 P 1、P 2、P 7、P 8 にロボットを動作させて教示しても良い。また、動作可能領域の各頂点を教示しても良い。また、動作可能領域は、P 1、P 8 と領域の中心点を教示することで決定しても良いが、この場合には、同時に座標系を指定する。要するに、手順 1 では、領域を一意に決定できれば、任意の方法で定義すれば良い。

10

【 0 0 0 9 】

次に、手順 2 では、外球 4 (頂点 P 1、P 3、P 4、P 2 を通る外球) の中心 Q 4 と半径 R 4 を求める (外球 4 は図 4 においては不図示)。P 1、P 2、P 3 の各座標要素を P 1 (x 1, y 1, z 1)、P 2 (x 2, y 2, z 2)、P 3 (x 3, y 3, z 3) とし、この 3 点を含む面を面 S とする。外球 4 の中心 Q 4 (x c, y c, z c) は、動作可能領域 3 の中心 P O と面 S の中心点 P S を結ぶ直線 L 1 上に存在する。

ここでは、図 4 に示す矢視で見たときの図 5 に基づき説明する。

Q 4 は距離 d だけ動作可能領域内に入る点 P D を通るものとする。距離 d は動作可能領域の近似精度に影響するパラメータである。このパラメータは、ロボット制御装置に予め設定してもよいし、動作可能領域設定時に設定されてもよい。

20

P 2 と P 3 の距離を a とおくと、 (P D) (P 2) (P 3) である 1、 (P 2) (P D) (Q 4) である 2 はそれぞれ、

【 0 0 1 0 】

【 数 1 】

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{2d}{a} \right) \quad \text{式 (1)}$$

【 0 0 1 1 】

30

【 数 2 】

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{a}{2d} \right) \quad \text{式 (2)}$$

【 0 0 1 2 】

と表される。 (P 2) (Q 4) (P D) は 2 等辺三角形であるので、

【 0 0 1 3 】

【 数 3 】

$$\theta_3 = \theta_2 - \theta_1 \quad \text{式 (3)}$$

【 0 0 1 4 】

40

となり、外球 4 の半径 R 4 は以下のように表すことができる。

【 0 0 1 5 】

【 数 4 】

$$R_4 = \frac{a}{2 \cos \theta_3} = \frac{a}{2 \cos (\theta_2 - \theta_1)} \quad \text{式 (4)}$$

【 0 0 1 6 】

また、図 5 に示す b は以下ようになる。

【 0 0 1 7 】

【数 5】

$$b = R - d \quad \text{式 (5)}$$

【0 0 1 8】

また、P S の位置 T_{ps} は、P 2 と P 3 の中点であることから、

【0 0 1 9】

【数 6】

$$\vec{T}_{ps} = \begin{pmatrix} \frac{x_2 - x_3}{2} \\ \frac{y_2 - y_3}{2} \\ \frac{z_2 - z_3}{2} \end{pmatrix} \quad \text{式 (6)}$$

10

【0 0 2 0】

となる。

ここで、図 6 に動作可能領域と外球との関係を示す立体図を示す。なお、図 6 においては、外球はその一部のみ図示している。図 6 に示すように、面 S の法線ベクトルを t とすると、外球 4 の中心位置 $Q_4 (x_c, y_c, z_c)$ は以下のように表すことができる。

【0 0 2 1】

20

【数 7】

$$\begin{pmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \end{pmatrix} = \vec{T}_{ps} - b \vec{t} \quad \text{式 (7)}$$

【0 0 2 2】

外球 5、6、7、8、9 についても同様に中心と半径を求めることができる。

【0 0 2 3】

次に、手順 3 では、ロボットアームと動作可能領域に基づいて作成された外球との位置関係を計算する。図 7 は、ロボットアームの動作領域監視の概要図である。

30

位置関係を計算するに当たり、ロボットアームを球 10 でモデル化する。具体的には、ロボットアームの関節の回転中心からある半径をもつ球を球 10 として考える。

そうすると、球 10 の中心を $Q_{10} (x_{10}, y_{10}, z_{10})$ 、球 10 の半径を R_{10} とすることにより、手順 2 の式 (4)、式 (7) でそれぞれ求めた外球 4 の中心 $Q_4 (x_c, y_c, z_c)$ および外球 4 の半径 R_4 から、以下の条件が成立した場合は、両者は接触しない。

【0 0 2 4】

【数 8】

$$\sqrt{(x_c - x_{10})^2 + (y_c - y_{10})^2 + (z_c - z_{10})^2} > R_4 + R_{10} \quad \text{式 (8)}$$

40

【0 0 2 5】

ロボットアームの全ての関節についてモデル化されている場合は、同様の計算を各ロボットアームの関節について外球の個数分行う。そして、少なくとも 1 つの関節がいずれかの外球内に存在する場合は、動作可能領域外と判断する。

【実施例 2】

【0 0 2 6】

ロボットのツール先端である制御点の動作領域監視を行う場合には、制御点を囲う球を準備する。その球がいずれかの外球内に存在する場合は、制御点が動作可能領域外と判断する。

50

【実施例 3】

【0027】

多関節ロボットに取り付けられた作業用ツールの動作領域監視を行う場合には、作業用ツールを覆う球を準備する。その球がいずれかの外球内に存在する場合は、作業用ツールが動作可能領域外と判断する。なお、作業用ツールを包含するモデルであれば、球に限らず、任意の近似モデルでよい。

【実施例 4】

【0028】

多関節ロボットのロボットアームに取り付けられたロボット付属部品の動作領域監視を行う場合には、ロボット付属部品を覆う球を準備する。その球がいずれかの外球内に存在する場合は、作業用ツールが動作可能領域外と判断する。なお、ロボット付属部品を包含するモデルであれば、球に限らず、任意の近似モデルでよい。

10

【0029】

なお、上記実施例においては、動作可能領域は、直方体であるが、任意の多面体にも適用できる。他の多面体については、記載していないが、当業者にとっては同様な幾何学を適用することで、説明するまでもなく実施可能である。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図 1】本発明の実施フロー図

【図 2】本発明のロボット側面からみた概要図

20

【図 3】本発明のロボット上方からみた概要図

【図 4】動作可能領域の設定に関する概要図

【図 5】動作可能領域と外球との関係を示す平面図

【図 6】動作可能領域と外球との関係を示す立体図

【図 7】ロボットアームの動作領域監視の概要図

【符号の説明】

【0031】

1 ロボット

2 ロボット制御装置

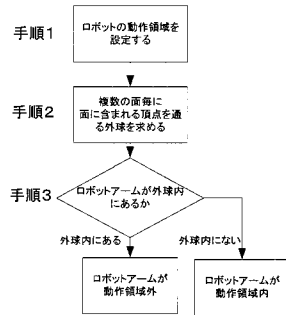
3 動作可能領域

30

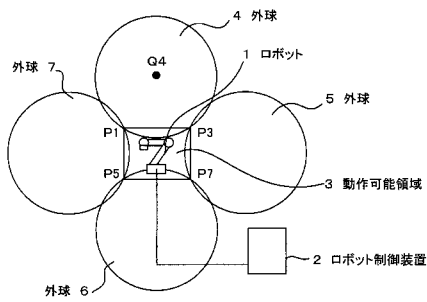
4、5、6、7、8、9 動作可能領域をモデル化した外球

10 ロボットアームをモデル化した球

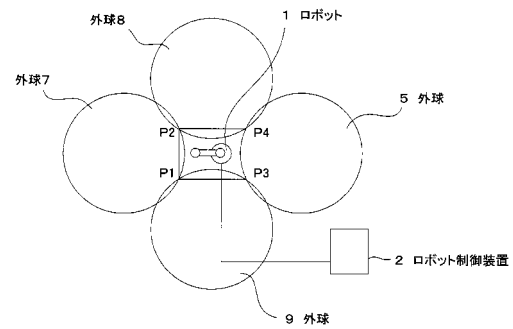
【図 1】



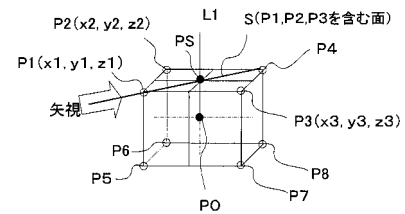
【図 2】



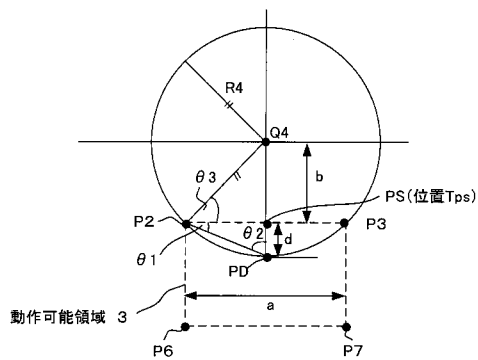
【図 3】



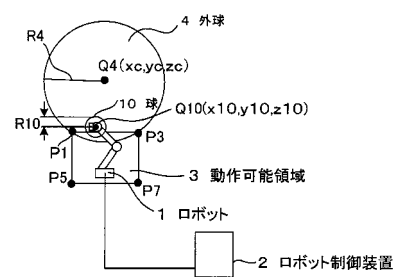
【図 4】



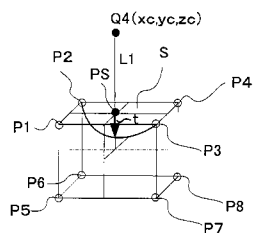
【図 5】



【図 7】



【図 6】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-017245(JP,A)
特開2001-315087(JP,A)
特開平05-324032(JP,A)
特開2005-022062(JP,A)
特開平11-033958(JP,A)
特開2000-039911(JP,A)
特開平06-238581(JP,A)
特開平08-108383(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J	1/00	-	21/02
G05B	19/18	-	19/46