

(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2019-10706  
(P2019-10706A)

(43) 公開日 平成31年1月24日(2019.1.24)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>B25J</b>	<b>9/22</b>	<b>(2006.01)</b>	B25J	9/22	A	3C269		
<b>B25J</b>	<b>19/06</b>	<b>(2006.01)</b>	B25J	19/06		3C707		
<b>B23K</b>	<b>9/133</b>	<b>(2006.01)</b>	B23K	9/133	502B			
<b>G05B</b>	<b>19/42</b>	<b>(2006.01)</b>	G05B	19/42	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2017-128826 (P2017-128826)	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(22) 出願日	平成29年6月30日 (2017.6.30)	(74) 代理人	100104880 弁理士 古部 次郎
		(74) 代理人	100125346 弁理士 尾形 文雄
		(74) 代理人	100166981 弁理士 砂田 岳彦
		(72) 発明者	飛田 正俊 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号 株式会社神戸製鋼所内
		Fターム(参考)	3C269 AB12 AB33 BB14 SA17 3C707 AS11 BS12 BT05 CY07 CY12 LS20 MS08 MT04

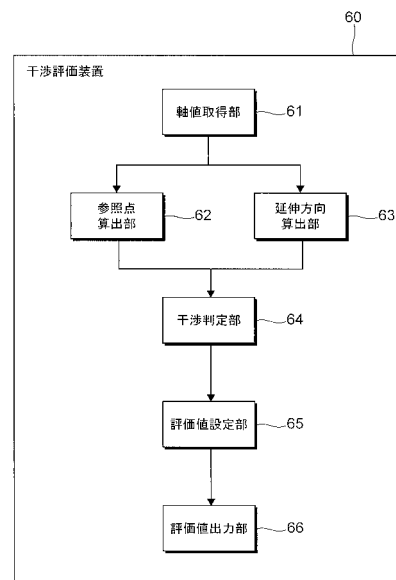
(54) 【発明の名称】 溶接ロボットのトーチケーブル干渉評価情報出力装置、評価情報出力方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 溶接ロボットのトーチケーブルとアームとの干渉状態を正確に把握させる。

【解決手段】 干渉評価装置 60 において、軸値取得部 61 は、溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得し、参照点算出部 62、延伸方向算出部 63、及び、評価値設定部 65 は、軸値取得部 61 により取得された姿勢情報を用いて、溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルがアームに接触することで発生するトーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成し、評価値出力部 66 は、参照点算出部 62、延伸方向算出部 63、及び、評価値設定部 65 により生成された評価情報を入力する。

【選択図】 図 4



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、当該溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得する取得手段と、

前記取得手段により取得された前記姿勢情報を用いて、前記溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルが当該アームに接触することで発生する当該トーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成する生成手段と、

前記生成手段により生成された前記評価情報を出力する出力手段とを備えたことを特徴とする評価情報出力装置。

10

**【請求項 2】**

前記生成手段は、

前記溶接ロボットが基準姿勢をとった場合の前記トーチケーブルの位置及び延伸方向を示す基準情報と、前記取得手段により取得された前記姿勢情報とを用いて、前記溶接ロボットが姿勢を変更した場合の当該トーチケーブルの位置及び延伸方向を示す変更情報を算出する第 1 の算出手段と、

前記第 1 の算出手段により算出された前記変更情報と、前記アームが占める領域を示す領域情報とを用いて、前記評価情報を算出する第 2 の算出手段とを更に備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の評価情報出力装置。

20

**【請求項 3】**

前記生成手段は、前記トーチケーブルの曲がりを円弧で近似した場合の当該円弧の半径を、前記評価情報として生成することを特徴とする請求項 1 に記載の評価情報出力装置。

**【請求項 4】**

前記円弧は、前記トーチケーブルと前記アームとの接触が点接触である場合、前記溶接ツールのトーチケーブル把持部と当該トーチケーブルとの境界点、及び、当該トーチケーブルと当該アームとの接触点を通る円弧であることを特徴とする請求項 3 に記載の評価情報出力装置。

**【請求項 5】**

前記円弧は、前記トーチケーブルと前記アームとの接触が線接触である場合、前記溶接ツールのトーチケーブル把持部と当該トーチケーブルとの境界点、及び、当該トーチケーブルと当該アームとの接触点のうち当該境界点に最も近い接触点を通る円弧であることを特徴とする請求項 3 に記載の評価情報出力装置。

30

**【請求項 6】**

前記生成手段は、前記トーチケーブルと前記アームとの接触が点接触である場合と線接触である場合とで異なる方法により、前記評価情報を生成することを特徴とする請求項 1 に記載の評価情報出力装置。

**【請求項 7】**

前記出力手段は、前記評価情報が許容できる範囲にあれば、その旨の情報を更に出力することを特徴とする請求項 1 に記載の評価情報出力装置。

**【請求項 8】**

溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、当該溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得するステップと、

取得された前記姿勢情報を用いて、前記溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルが当該アームに接触することで発生する当該トーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成するステップと、

生成された前記評価情報を出力するステップとを含むことを特徴とする評価情報出力方法。

40

**【請求項 9】**

コンピュータに、

50

溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、当該溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得する機能と、

取得された前記姿勢情報を用いて、前記溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接タッチとは反対側に延伸するタッチケーブルが当該アームに接触することで発生する当該タッチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成する機能と、

生成された前記評価情報を出力する機能と

を実現させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、溶接ロボットのタッチケーブルに関する評価情報を出力する、溶接ロボットのタッチケーブル干渉評価情報出力装置、評価情報出力方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

溶接ロボットのアームの先端に溶接ツールを取り付けて、この溶接ツールを予め定めた作業線に沿って移動させて溶接作業を行うロボットシステムが知られている。溶接ツールには、溶接ワイヤを通すタッチケーブルが接続されているので、溶接ロボットに動作を教示するための教示プログラム等の作成時や確認時には、このタッチケーブルに関する評価を行う必要がある。

【0003】

20

特許文献1には、複数の質点と複数の質点同士を結ぶ複数のばね要素とによって3次元の線條体モデルを生成し、線條体モデル上に、線條体のねじれ状態を把握するための複数の着目点を設定し、線條体モデルを用いて、ロボットの動作に伴う線條体の動作をシミュレーションし、シミュレーションによって得られた複数の質点の時系列の位置データおよび複数の着目点の時系列の位置データを用いて、線條体画像とともに着目点画像を表示するロボットシミュレーション装置が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2016-87750号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一般に、タッチケーブルに関する評価として、タッチケーブルとアームとの干渉状態に関する評価を行わないと、実際に溶接ロボットを動作させた際に、タッチケーブルとアームとが接触することにより、溶接ワイヤの送給抵抗が著しく大きくなったり、タッチケーブルが破損したりする可能性がある。

【0006】

このような場合、タッチケーブルとアームとが干渉しているかどうかを示す評価情報を出力する構成を採用することが考えられるが、この構成では、タッチケーブルとアームとの干渉状態を正確には把握できない。タッチケーブルは柔軟性があり、ある程度アームと干渉することは許容されるため、単純に干渉するかどうかだけでは動作可否を判断できないためである。

40

【0007】

本発明の目的は、溶接ロボットのタッチケーブルとアームとの干渉状態を正確に把握させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

かかる目的のもと、本発明は、溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得する取得手段と、取得手段

50

により取得された姿勢情報を用いて、溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルがアームに接触することで発生するトーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成する生成手段と、生成手段により生成された評価情報を出力する出力手段とを備えた評価情報出力装置を提供する。

【0009】

ここで、生成手段は、溶接ロボットが基準姿勢をとった場合のトーチケーブルの位置及び延伸方向を示す基準情報と、取得手段により取得された姿勢情報とを用いて、溶接ロボットが姿勢を変更した場合のトーチケーブルの位置及び延伸方向を示す変更情報を算出する第1の算出手段と、第1の算出手段により算出された変更情報と、アームが占める領域を示す領域情報とを用いて、評価情報を算出する第2の算出手段とを更に備えた、ものであってよい。

10

【0010】

また、生成手段は、トーチケーブルの曲がりを円弧で近似した場合の円弧の半径を、評価情報として生成する、ものであってよい。その場合、円弧は、トーチケーブルとアームとの接触が点接触である場合、溶接ツールのトーチケーブル把持部とトーチケーブルとの境界点、及び、トーチケーブルとアームとの接触点を通る円弧であってよく、トーチケーブルとアームとの接触が線接触である場合、溶接ツールのトーチケーブル把持部とトーチケーブルとの境界点、及び、トーチケーブルとアームとの接触点のうち境界点に最も近い接触点を通る円弧であってよい。

【0011】

20

更に、生成手段は、トーチケーブルとアームとの接触が点接触である場合と線接触である場合とで異なる方法により、評価情報を生成する、ものであってよい。

【0012】

更にまた、出力手段は、評価情報が許容できる範囲にあれば、その旨の情報を更に出力する、ものであってよい。

【0013】

また、本発明は、溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得するステップと、取得された姿勢情報を用いて、溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルがアームに接触することで発生するトーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成するステップと、生成された評価情報を出力するステップとを含む評価情報出力方法も提供する。

30

【0014】

更に、本発明は、コンピュータに、溶接ロボットに動作を教示するための教示情報に基づいて、溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報を取得する機能と、取得された姿勢情報を用いて、溶接ロボットのアームの先端に取り付けられた溶接ツールの溶接トーチとは反対側に延伸するトーチケーブルがアームに接触することで発生するトーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報を生成する機能と、生成された評価情報を出力する機能とを実現させるためのプログラムも提供する。

【発明の効果】

40

【0015】

本発明によれば、溶接ロボットのトーチケーブルとアームとの干渉状態を正確に把握させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施の形態におけるロボットシステムの概略構成例を示した図である。

【図2】本発明の実施の形態におけるオフライン教示システムのハードウェア構成例を示す図である。

【図3】本発明の実施の形態における溶接ツールの概略形状と参照点及びケーブル延伸方向を示した図である。

50

【図 4】本発明の実施の形態における干渉評価装置の機能構成例を示した図である。

【図 5】本発明の実施の形態における干渉評価装置の動作例を示したフローチャートである。

【図 6】(a) ~ (c) は仮想曲率半径の計算方法を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0018】

[ロボットシステムの構成]

図 1 は、本実施の形態におけるロボットシステム 1 の概略構成例を示した図である。

10

【0019】

図示するように、ロボットシステム 1 は、溶接ロボット（マニピュレータ）10 と、制御盤 20 と、教示ペンダント 30 と、オフライン教示システム 40 とを備える。また、オフライン教示システム 40 は、溶接ロボット 10 に実行させる動作が記述された教示プログラムを、フレキシブルディスク、メモリカード等のリムーバブルな記録媒体 50 に書き込み、制御盤 20 は、記録媒体 50 に書き込まれた教示プログラムを読み出すことができるようになっている。或いは、オフライン教示システム 40 は、教示プログラムをデータ通信により制御盤 20 に転送してもよい。

【0020】

溶接ロボット 10 は、複数の関節を有するアーム（腕）11 を備え、制御盤 20 の制御により各種の作業を行う。また、溶接ロボット 10 は、アーム 11 の先端に手首部 12 を介して、ワークの溶接作業を行うための溶接ツール 13 を有している。そして、溶接ツール 13 は、ワークに対して溶接ワイヤを供給する溶接トーチ 14 と、溶接ワイヤを通すトーチケーブル 15 と、トーチケーブル 15 を把持するトーチケーブル把持部 16 とを含む。

20

【0021】

制御盤 20 は、溶接ロボット 10 とは離れて設けられており、溶接ロボット 10 及び図示しない周辺軸（スライダやポジション）の動作を制御する。その際、制御盤 20 は、教示プログラムを動作させることにより、溶接トーチ 14 の位置及び姿勢等を制御する。

【0022】

教示ペンダント 30 は、制御盤 20 に対して教示プログラムの実行を指示する。また、制御盤 20 で実行される教示プログラムの数値の編集を行うこともある。

30

【0023】

オフライン教示システム 40 は、制御盤 20 で実行される教示プログラムを事前に作成し、上述したように、記録媒体 50 やデータ通信を介して制御盤 20 に受け渡す。

【0024】

[オフライン教示システムのハードウェア構成]

図 2 は、オフライン教示システム 40 のハードウェア構成例を示す図である。

【0025】

図示するように、オフライン教示システム 40 は、例えば汎用の PC（Personal Computer）等により実現され、演算手段である CPU 41 と、記憶手段であるメインメモリ 42 及び磁気ディスク装置（HDD：Hard Disk Drive）43 とを備える。ここで、CPU 41 は、OS（Operating System）やアプリケーションソフトウェア等の各種プログラムを実行し、オフライン教示システム 40 の各機能を実現する。また、メインメモリ 42 は、各種プログラムやその実行に用いるデータ等を記憶する記憶領域であり、HDD 43 は、各種プログラムに対する入力データや各種プログラムからの出力データ等を記憶する記憶領域である。

40

【0026】

また、オフライン教示システム 40 は、外部との通信を行うための通信 I/F 44 と、ビデオメモリやディスプレイ等からなる表示機構 45 と、キーボードやマウス等の入力デ

50

バイス 4 6 と、記憶媒体に対してデータの読み書きを行うためのドライバ 4 7 とを備える。尚、図 2 は、オフライン教示システム 4 0 をコンピュータシステムにて実現した場合のハードウェア構成を例示するに過ぎず、オフライン教示システム 4 0 は図示の構成に限定されない。

#### 【 0 0 2 7 】

[ 本実施の形態で用いる座標等 ]

図 3 は、溶接ツール 1 3 の概略形状と参照点及びケーブル延伸方向とを示した図である。参照点及びケーブル延伸方向はアーム 1 1 との関係を定義するものであるから、図に示すアーム 1 1 上の座標系における位置及び方向を用いれば十分である。本実施の形態では、溶接ロボット 1 0 の第 1 軸乃至第 4 軸の動作は、アーム 1 1 と溶接ツール 1 3 との位置関係には影響しないので、第 5 軸及び第 6 軸の交点である手首部 1 2 の回転中心を原点とする座標系を考える。この座標系では、図の左方向を X 軸の正の方向、図の手前方向を Y 軸の正の方向、図の上方向を Z 軸の正の方向とする。この座標系において、参照点を P とし、ケーブル延伸方向を V とする。尚、本実施の形態において、参照点 P は、トーチケーブル 1 5 とトーチケーブル把持部 1 6 との境界部に設定したが、これには限らない。参照点 P は、溶接ツール 1 3 上の如何なる箇所にも設定してもよい。また、1 つだけでなく、2 つ以上の参照点 P を設定してもよい。

10

#### 【 0 0 2 8 】

また、図 3 には示していないが、溶接ロボット 1 0 の各軸値が全て 0 の場合のこの座標系における参照点の座標を  $(X_{ref}, Y_{ref}, Z_{ref})$  とし、トーチケーブル 1 5 の延伸方向 (以下、「ケーブル延伸方向」という) のベクトルの成分を  $(U_{ref}, V_{ref}, W_{ref})$  とする。更に、アーム 1 1 の幅を W とし、アーム 1 1 の高さを H とする。

20

#### 【 0 0 2 9 】

[ 干渉評価装置の機能構成 ]

図 4 は、本実施の形態における干渉評価装置 6 0 の機能構成例を示した図である。ここで、干渉評価装置 6 0 は、オフライン教示システム 4 0 の CPU 4 1 (図 2 参照) が、後述する各機能部を実現するプログラムを例えば磁気ディスク装置 4 3 (図 2 参照) からメインメモリ 4 2 (図 2 参照) に読み込んで実行することにより、実現される装置として捉えられる。

30

#### 【 0 0 3 0 】

図示するように、干渉評価装置 6 0 は、軸値取得部 6 1 と、参照点算出部 6 2 と、延伸方向算出部 6 3 と、干渉判定部 6 4 と、評価値設定部 6 5 と、評価値出力部 6 6 とを備える。

#### 【 0 0 3 1 】

軸値取得部 6 1 は、教示プログラムにより決定された各軸値を取得する。本実施の形態では、溶接ロボットがとることになる姿勢を示す姿勢情報の一例として、各軸値を用いており、姿勢情報を取得する取得手段の一例として、軸値取得部 6 1 を設けている。

#### 【 0 0 3 2 】

参照点算出部 6 2 は、各軸値が全て 0 の場合の参照点の座標と、軸値取得部 6 1 により取得された各軸値とを用いて、参照点 P の座標を算出する。尚、この座標の算出方法の詳細については後述する。本実施の形態では、溶接ロボットが基準姿勢をとった場合のトーチケーブルの位置を示す情報 (基準情報の一部) の一例として、各軸値が全て 0 の場合の参照点の座標を用いており、溶接ロボットが姿勢を変更した場合のトーチケーブルの位置を示す情報 (変更情報の一部) の一例として、参照点 P の座標を用いている。また、変更情報のその一部を算出する第 1 の算出手段の一例として、参照点算出部 6 2 を設けている。更に、評価情報を生成する生成手段における変更情報のその一部を算出する機能の一例として、参照点算出部 6 2 を設けている。

40

#### 【 0 0 3 3 】

延伸方向算出部 6 3 は、各軸値が全て 0 の場合のケーブル延伸方向のベクトルの成分と

50

、軸値取得部 6 1 により取得された各軸値とを用いて、ケーブル延伸方向 V のベクトルの成分を算出する。尚、このベクトルの成分の算出方法の詳細については後述する。本実施の形態では、溶接ロボットが基準姿勢をとった場合のトーチケーブルの延伸方向を示す情報（基準情報の一部）の一例として、各軸値が全て 0 の場合のケーブル延伸方向のベクトルの成分を用いており、溶接ロボットが姿勢を変更した場合のトーチケーブルの延伸方向を示す情報（変更情報の一部）の一例として、ケーブル延伸方向 V のベクトルの成分を用いている。また、変更情報のその一部を算出する第 1 の算出手段の一例として、延伸方向算出部 6 3 を設けている。更に、評価情報を生成する生成手段における変更情報のその一部を算出する機能の一例として、延伸方向算出部 6 3 を設けている。

#### 【 0 0 3 4 】

干渉判定部 6 4 は、参照点 P の座標と、アーム 1 1 の幅及び高さを用いて、参照点 P がアーム 1 1 内部にあるかどうかを判定し、参照点 P がアーム 1 1 内部にない場合は、参照点 P からみてケーブル延伸方向 V にアーム 1 1 との交点 Q があるかどうかを判定する。尚、これらの判定方法の詳細については後述する。そして、干渉判定部 6 4 は、これらの判定結果を評価値設定部 6 5 に伝える。本実施の形態では、アームが占める領域を示す領域情報の一例として、アーム 1 1 の幅及び高さを用いている。

#### 【 0 0 3 5 】

評価値設定部 6 5 は、参照点 P がアーム 1 1 内部にある旨の判定結果が干渉判定部 6 4 から伝えられた場合は、干渉ありの評価値となる 0 値を指標 r に設定する。参照点 P がアーム 1 1 内部にない旨の判定結果が干渉判定部 6 4 から伝えられた場合は、参照点 P からみてケーブル延伸方向 V にアーム 1 1 との交点 Q がない旨の判定結果が干渉判定部 6 4 から伝えられれば、干渉なしの評価値となる曲率半径として設定可能な最大値を指標 r に設定し、参照点 P からみてケーブル延伸方向 V にアーム 1 1 との交点 Q がある旨の判定結果が干渉判定部 6 4 から伝えられれば、トーチケーブル 1 5 の仮想曲率半径を指標 r に設定する。尚、この仮想曲率半径の計算方法の詳細については後述する。本実施の形態では、トーチケーブルの曲がりの度合いを示す評価情報の一例として、交点 Q がある旨の判定結果が伝えられた場合の指標 r を用いている。また、評価情報を算出する第 2 の算出手段の一例として、交点 Q がある旨の判定結果が伝えられた場合の評価値設定部 6 5 の機能を設けている。更に、評価情報を生成する生成手段における評価情報を算出する機能の一例として、交点 Q がある旨の判定結果が伝えられた場合の評価値設定部 6 5 の機能を設けている。

#### 【 0 0 3 6 】

評価値出力部 6 6 は、評価値設定部 6 5 により評価値が設定された指標 r を出力する。本実施の形態では、評価情報を出力する出力手段の一例として、評価値出力部 6 6 を設けている。

#### 【 0 0 3 7 】

##### [ 干渉評価装置の動作 ]

図 5 は、本実施の形態における干渉評価装置 6 0 の動作例を示したフローチャートである。

#### 【 0 0 3 8 】

干渉評価装置 6 0 の動作が開始すると、まず、軸値取得部 6 1 が、教示プログラムにより決定された各軸値（ 5、 6 ）を取得する（ステップ 6 0 1）。

#### 【 0 0 3 9 】

次に、参照点算出部 6 2 が参照点 P の座標（  $p_x$  ,  $p_y$  ,  $p_z$  ）を、延伸方向算出部 6 3 がケーブル延伸方向 V のベクトルの成分（  $v_x$  ,  $v_y$  ,  $v_z$  ）を、それぞれ計算する（ステップ 6 0 2）。この場合、以下の計算式が用いられる。

#### 【 0 0 4 0 】

10

20

30

40

## 【数 1】

$$P = \begin{pmatrix} px \\ py \\ pz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta 5 & 0 & \sin \theta 5 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta 5 & 0 & \cos \theta 5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta 6 & -\sin \theta 6 \\ 0 & \sin \theta 6 & \cos \theta 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{ref} \\ y_{ref} \\ z_{ref} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{ref} \cos \theta 5 + y_{ref} \sin \theta 5 \sin \theta 6 + z_{ref} \sin \theta 5 \cos \theta 6 \\ y_{ref} \cos \theta 6 - z_{ref} \sin \theta 6 \\ -x_{ref} \sin \theta 5 + y_{ref} \cos \theta 5 \sin \theta 6 + z_{ref} \cos \theta 5 \cos \theta 6 \end{pmatrix}$$

$$V = \begin{pmatrix} vx \\ vy \\ vz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta 5 & 0 & \sin \theta 5 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta 5 & 0 & \cos \theta 5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta 6 & -\sin \theta 6 \\ 0 & \sin \theta 6 & \cos \theta 6 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u_{ref} \\ v_{ref} \\ w_{ref} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_{ref} \cos \theta 5 + v_{ref} \sin \theta 5 \sin \theta 6 + w_{ref} \sin \theta 5 \cos \theta 6 \\ v_{ref} \cos \theta 6 - w_{ref} \sin \theta 6 \\ -u_{ref} \sin \theta 5 + v_{ref} \cos \theta 5 \sin \theta 6 + w_{ref} \cos \theta 5 \cos \theta 6 \end{pmatrix}$$

## 【0041】

10

これにより、干渉判定部 6 4 は、参照点 P がアーム 1 1 内部にあるかどうかを判定する（ステップ 6 0 3）。本実施の形態では、手首部 1 2 の回転中心がアーム 1 1 の中心にあるため、参照点 P の座標（ $px$ ， $py$ ， $pz$ ）が条件「 $px < 0$ かつ $|py| \leq 0.5W$ かつ $|pz| \leq 0.5H$ 」を満たすかどうかを調べることににより、この判定を簡単に行う。

## 【0042】

尚、参照点 P がアーム 1 1 内部にあるかどうかを判定するための 1 つ目の条件は、厳密には「 $px < 0$ 」ではない。しかしながら、ここでは、参照点 P の Y 座標  $py$  及び Z 座標  $pz$  がそれぞれアーム 1 1 の幅  $W$  及び高さ  $H$  内にある場合（2 つ目及び 3 つ目の条件が満たされる場合）に、参照点 P がアーム 1 1 の前方にあるか後方にあるかの判定を追加することで、参照点 P がアーム 1 1 内部にあるかどうかを簡単に判定できるようにしている。

20

## 【0043】

その結果、干渉判定部 6 4 は、参照点 P がアーム 1 1 内部にあると判定した場合はステップ 6 0 6 へ進み、参照点 P がアーム 1 1 内部にないと判定した場合はステップ 6 0 4 へ進む。

## 【0044】

後者の場合、干渉判定部 6 4 は、参照点 P からみてケーブル延伸方向  $V$  にアーム 1 1 との交点 Q があるかどうかを判定する（ステップ 6 0 4）。ここで、交点 Q は、参照点 P を起点としたケーブル延伸方向  $V$  への半直線がアーム 1 1 の上面又は下面と交差する点である。

30

## 【0045】

従って、参照点 P の Z 座標  $pz$  が正の場合は、以下の式を満たす  $\alpha$  が正の値で存在し、条件「 $x < 0$ かつ $|y| \leq 0.5W$ 」が満たされることを確認することにより、アーム 1 1 上に交点 Q があると簡単に判定することが可能である。

## 【0046】

## 【数 2】

$$Q = P + \alpha V = \begin{pmatrix} x \\ y \\ 0.5H \end{pmatrix}$$

40

## 【0047】

一方、参照点 P の Z 座標  $pz$  が負の場合は、以下の式を満たす  $\alpha$  が正の値で存在し、条件「 $x < 0$ かつ $|y| \leq 0.5W$ 」が満たされることを確認することにより、アーム 1 1 上に交点 Q があると簡単に判定することが可能である。

## 【0048】

## 【数 3】

$$Q = P + \alpha V = \begin{pmatrix} x \\ y \\ -0.5H \end{pmatrix}$$

## 【0049】

その結果、干渉判定部 6 4 は、アーム 1 1 との交点 Q があると判定した場合はステップ 6 0 7 へ進み、アーム 1 1 との交点 Q がないと判定した場合はステップ 6 0 5 へ進む。

## 【0050】

後者の場合、トーチケーブル 1 5 とアーム 1 1 とは干渉しないので、評価値設定部 6 5 は、干渉なしの評価値となる曲率半径として設定可能な最大値を指標 r に設定する（ステップ 6 0 5）。

## 【0051】

また、ステップ 6 0 3 で干渉判定部 6 4 により参照点 P がアーム 1 1 内部にあると判定された場合、参照点 P とアーム 1 1 とは干渉するので、評価値設定部 6 5 は、干渉ありの評価値となる 0 値を指標 r に設定する（ステップ 6 0 6）。

## 【0052】

更に、ステップ 6 0 4 で干渉判定部 6 4 によりアーム 1 1 との交点 Q があると判定された場合、評価値設定部 6 5 は、アーム 1 1 と参照点 P とケーブル延伸方向 V と交点 Q との関係からトーチケーブル 1 5 の仮想曲率半径を計算し、この仮想曲率半径を指標 r に設定する（ステップ 6 0 7）。尚、ここで「仮想曲率半径」としたのは、トーチケーブル 1 5 が実際にこの曲率半径の曲線形状になるわけではなく、トーチケーブル 1 5 がこの曲率半径の曲線形状になると理論上仮定して計算することを示すためである。

## 【0053】

ここで、仮想曲率半径の計算方法について示す。図 6 (a) ~ (c) は、仮想曲率半径の計算方法を説明するための図である。このうち、図 6 (a) は、図 3 に示した X Z 平面上におけるアーム 1 1 と溶接ツール 1 3 との位置関係を示した図である。また、図 6 (b), (c) は、図 6 (a) における A 視図である。

## 【0054】

本実施の形態では、図 6 (b), (c) に示すように、参照点 P と交点 Q との距離を a、交点 Q とアーム 1 1 の角部の最も近いものとの距離を b とする。また、トーチケーブル 1 5 は、トーチケーブル把持部 1 6 との境界部（本実施の形態では参照点 P と一致する）からアーム 1 1 との接触部まで曲率が一定の円弧を描くものとし、トーチケーブル把持部 1 6 との境界部における円弧の接線の方向をケーブル延伸方向 V とする。

## 【0055】

ここで、 $a > b$  の場合は、図 6 (b) に示すように、トーチケーブル 1 5 は、アーム 1 1 との接触部において位置のみが拘束され方向は拘束されないと仮定できる。従って、評価値 r に、以下のように簡易的な計算で求めた仮想曲率半径を設定する。

## 【0056】

## 【数 4】

$$r = \frac{a^2 + b^2}{2b}$$

## 【0057】

一方、 $a < b$  の場合は、図 6 (c) に示すように、トーチケーブル 1 5 は、アーム 1 1 との接触部において位置が拘束され方向はアーム 1 1 の表面方向に拘束される。また、トーチケーブル 1 5 が描く円弧の仮想曲率半径は一定である。従って、評価値 r に距離 a を設定する。

## 【0058】

10

20

30

40

50

尚、ここでの計算結果が、干渉なしの評価値となる仮想曲率半径を超える場合は、設定可能な最大値を指標  $r$  に設定すればよい。

【 0 0 5 9 】

その後、評価値出力部 6 6 は、評価値設定部 6 5 により評価値が設定された指標  $r$  を出力する（ステップ 6 0 8）。このとき、評価値出力部 6 6 は、指標  $r$  が許容できる範囲にあれば、その旨の情報（問題ない旨の情報）を出力してもよい。

【 0 0 6 0 】

以上、トーチケーブル 1 5 の簡易的な曲率半径（仮想曲率半径）を求め、この曲率半径をトーチケーブル 1 5 の干渉度合いの指標とする計算方法を述べた。

【 0 0 6 1 】

尚、本実施の形態では、オフライン教示システム 4 0 で干渉評価装置 6 0 を実現する例を示したが、教示ペンダント 3 0 や、シミュレータ（図示せず）等で干渉評価装置 6 0 を実現してもよい。

【 0 0 6 2 】

また、本実施の形態では明記しなかったが、干渉評価装置 6 0 は、教示プログラムを作成する際に動作させてもよいし、事前に作成又は編集した教示プログラムを確認する際に動作させてもよい。

【 0 0 6 3 】

更に、本実施の形態では、教示プログラムから各軸値を取得するようにしたが、これには限らない。例えば、教示ペンダント 3 0 を用いて溶接ロボット 1 0 に動作を教示する場合でも、ワークのズレ量を数値的に補正したり、平行移動等のシフトを伴う繰返し動作を複製したりすることで、教示データを作成又は編集することがある。このような場合、教示プログラムに代えて、教示データから各軸値を取得するようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

ここで、教示プログラム及び教示データは、溶接ロボットに動作を教示するための教示情報の一例である。

【 0 0 6 5 】

[ 本実施の形態の効果 ]

以上述べたように、本実施の形態によれば、3次元モデル等を用いたシミュレーションを行うことなく、溶接ツール 1 3 及びトーチケーブル 1 5 に応じた参照点及び延伸方向ベクトルを定義するだけで、トーチケーブル 1 5 とアーム 1 1 との干渉度合いを評価できるようになった。

【 0 0 6 6 】

より具体的には、トーチケーブル 1 5 とアーム 1 1 との干渉度合いの指標を簡単な計算で求め、教示プログラム等として適切かどうかを事前にこの指標によって操作者やシステムに通知することが可能となった。このため、実機を動作させる場合は、この指標がクリアでないが明確に干渉しているというわけでもない許容値に近い点においては、注意深く動作させて、動作可否を判断することができる。また、自動プログラミング等で冗長軸を探索して複数の教示プログラム（軌跡）候補を算出した際、干渉度合いの指標がクリアとなっている候補を選択することで、安心して自動作成した教示プログラムを動作させることが可能となる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 7 】

1 ... ロボットシステム、1 0 ... 溶接ロボット、1 1 ... アーム、1 2 ... 手首部、1 3 ... 溶接ツール、1 4 ... 溶接トーチ、1 5 ... トーチケーブル、1 6 ... トーチケーブル把持部、2 0 ... 制御盤、3 0 ... 教示ペンダント、4 0 ... オフライン教示システム、5 0 ... 記録媒体、6 0 ... 干渉評価装置、6 1 ... 軸値取得部、6 2 ... 参照点算出部、6 3 ... 延伸方向算出部、6 4 ... 干渉判定部、6 5 ... 評価値設定部、6 6 ... 評価値出力部

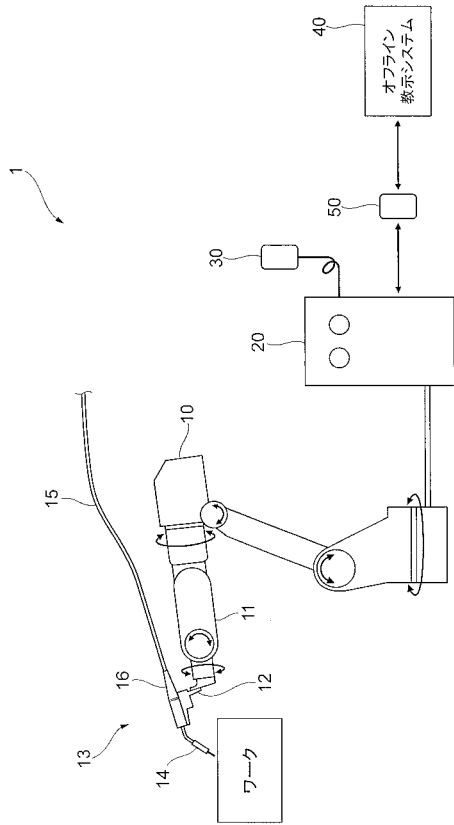
10

20

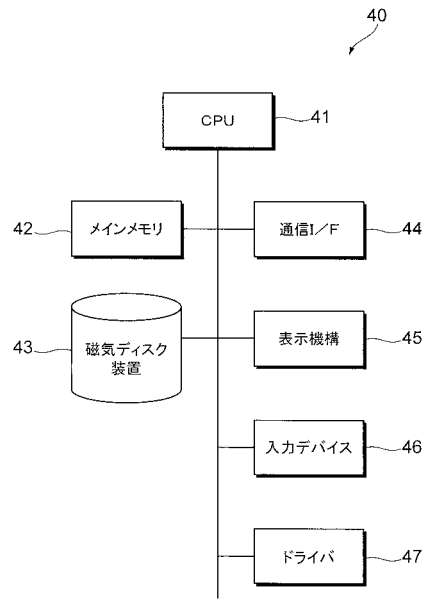
30

40

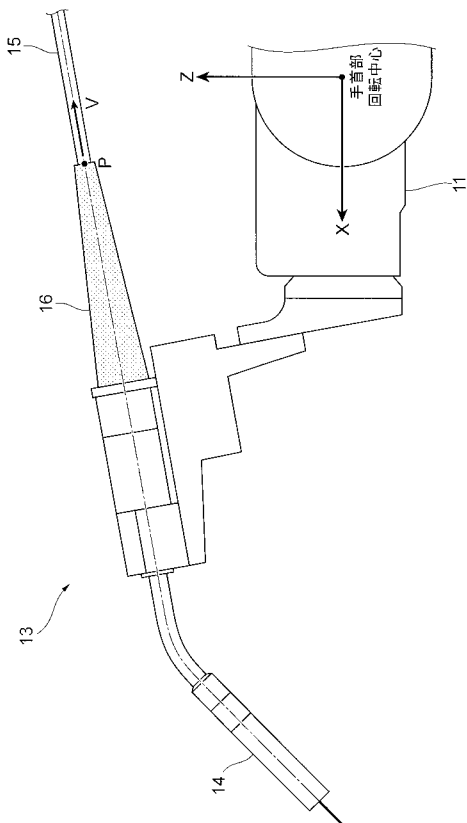
【図1】



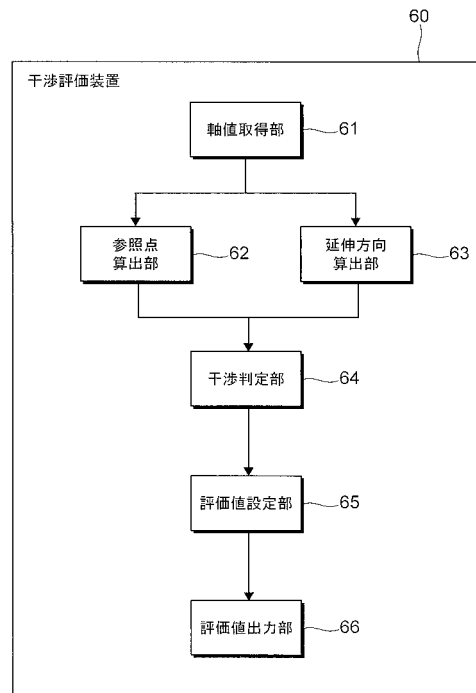
【図2】



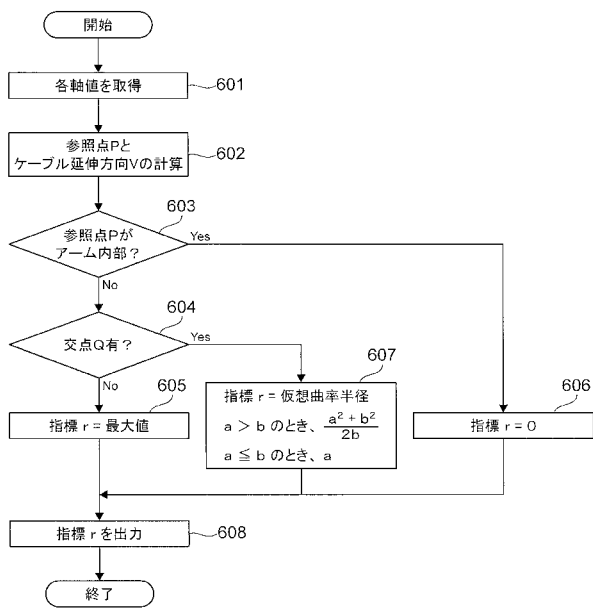
【図3】



【図4】



【 図 5 】



【 図 6 】

