

(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2019-89201
(P2019-89201A)

(43) 公開日 令和1年6月13日(2019.6.13)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 5 J 9/22 (2006.01)	B 2 5 J 9/22 A	3 C 2 6 9
G 0 5 B 19/42 (2006.01)	G 0 5 B 19/42 J	3 C 7 0 7

審査請求 有 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2019-44691 (P2019-44691)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成31年3月12日 (2019.3.12)	(74) 代理人	100109380 弁理士 小西 恵
(62) 分割の表示	特願2015-19641 (P2015-19641) の分割	(74) 代理人	100109036 弁理士 永岡 重幸
原出願日	平成27年2月3日 (2015.2.3)	(72) 発明者	藤枝 康吏 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72) 発明者	松本 久 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		Fターム(参考)	3C269 AB33 BB09 SA14 SA17

最終頁に続く

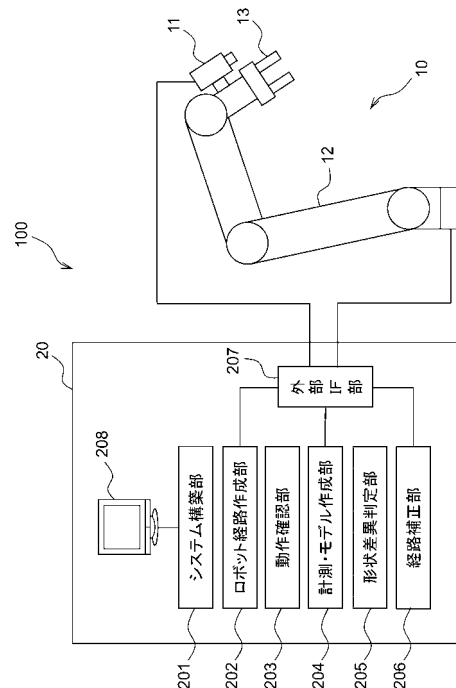
(54) 【発明の名称】 教示データ作成装置、教示データ作成装置の制御方法及びロボットシステム

(57) 【要約】

【課題】 仮想ロボットシステムの構成物と実機ロボットシステムの構成物との形状差異が発生している場合であっても、適切なオフライン教示データを作成する。

【解決手段】 教示データ作成装置は、実機のロボットの周辺構造物の形状を示す実測3次元モデルを取得する取得手段と、取得された実測3次元モデルにおいて、ロボットの移動経路を示す教示データによるロボットの移動経路がより短くできるか、または教示データによるロボットの移動により周辺構造物との干渉が生じる場合に、教示データを補正する補正手段とを有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

実機のロボットの周辺構造物の形状を示す実測 3 次元モデルを取得する取得手段と、取得された前記実測 3 次元モデルにおいて、ロボットの移動経路を示す教示データによる前記ロボットの移動経路がより短くできるか、または前記教示データによる前記ロボットの移動により前記周辺構造物との干渉が生じる場合に、前記教示データを補正する補正手段とを有することを特徴とする教示データ作成装置。

【請求項 2】

前記取得手段は、視覚センサまたは距離センサであることを特徴とする請求項 1 に記載の教示データ作成装置。

10

【請求項 3】

さらに、仮想空間上に、前記ロボット及び前記ロボットの周辺構造物の仮想 3 次元モデルを配置した仮想ロボットシステムを構築し前記教示データを作成する作成手段を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の教示データ作成装置。

【請求項 4】

前記仮想 3 次元モデルは、モデル形状の信頼度を示す属性情報が付加された 3 次元モデルであって、

前記仮想 3 次元モデルに付加された属性情報に基づいて、前記取得手段により実測 3 次元モデルを取得することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の教示データ作成装置。

20

【請求項 5】

前記補正手段は、前記教示データによる前記ロボットの移動経路を部分的に補正することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の教示データ作成装置。

【請求項 6】

さらに、補正された前記教示データをロボットシステムに転送する転送手段を有することを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の教示データ作成装置。

【請求項 7】

実機のロボットの周辺構造物の形状を示す実測 3 次元モデルを取得する取得工程と、取得された前記実測 3 次元モデルにおいて、ロボットの移動経路を示す教示データによる前記ロボットの移動経路がより短くできるか、または前記教示データによる前記ロボットの移動により前記周辺構造物との干渉が生じる場合に、前記教示データを補正する補正工程とを有することを特徴とする教示データ作成装置の制御方法。

30

【請求項 8】

前記取得工程では、視覚センサまたは距離センサを用いて実測 3 次元モデルを取得することを特徴とする請求項 7 に記載の教示データ作成装置の制御方法。

【請求項 9】

さらに、仮想空間上に、前記ロボット及び前記ロボットの周辺構造物の仮想 3 次元モデルを配置した仮想ロボットシステムを構築し前記教示データを作成する作成工程を有することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の教示データ作成装置の制御方法。

【請求項 10】

前記仮想 3 次元モデルは、モデル形状の信頼度を示す属性情報が付加された 3 次元モデルであって、

前記仮想 3 次元モデルに付加された属性情報に基づいて、前記取得工程により実測 3 次元モデルを取得することを特徴とする請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の教示データ作成装置の制御方法。

40

【請求項 11】

前記補正工程では、前記教示データによる前記ロボットの移動経路を部分的に補正することを特徴とする請求項 7 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の教示データ作成装置の制御方法。

【請求項 12】

50

さらに、補正された前記教示データをロボットシステムに転送する転送工程を有する子音を特徴とする請求項7ないし11のいずれか1項に記載の教示データ作成装置の制御方法。

【請求項13】

ロボットと、請求項1ないし6のいずれか1項に記載の教示データ作成装置と、補正された前記教示データに基づいて前記ロボットを動作させる制御装置と、を備えることを特徴とするロボットシステム。

【請求項14】

コンピュータが読み込み実行することで、請求項7ないし12のいずれか1項に記載の制御方法を実行するためのプログラム。

10

【請求項15】

コンピュータが読み込み実行することで、請求項7ないし12のいずれか1項に記載の制御方法を実行するためのプログラムを格納した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、オフラインでロボットの動作を教示する教示データ作成装置、教示データ作成装置の制御方法及びロボットシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

オフライン教示装置は、仮想空間上に、ロボットと当該ロボットの周辺構造物とで構成される仮想ロボットシステムを構築し、ロボットの動作プログラムを作成してロボットの動作をオフラインで教示するものである。仮想ロボットシステムと実機ロボットシステムとの間には誤差が存在するのが通例であり、オフライン教示装置で作成したロボットの動作プログラムを実機ロボットシステムに供給した場合に、ロボットと周辺構造物との間で干渉等が発生するおそれがある。

20

【0003】

そこで、当該誤差を考慮したオフライン教示装置として、特許文献1に記載の技術がある。この技術は、2次元視覚センサや3次元視覚センサ、距離センサ等を使用して実機ロボットシステムの構成物の配置位置を計測することで、仮想ロボットシステムとの配置位置の誤差を検出し、当該誤差分だけ教示点座標をシフトしてロボットと周辺構造物との干渉を回避するものである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-150219号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、オフライン教示装置では、ロボットや周辺構造物の3次元モデルを用意し、それらを仮想空間上に配置して仮想ロボットシステムを構築する。そして、これら3次元モデルを用いて、ロボットの動作や教示点座標を設定して教示作業を行う。

40

仮想ロボットシステムの構築に際し、ロボットに関しては、ロボットメーカーが用意した3次元モデルを使用することができるが、周辺構造物に関しては3次元モデルが用意されていない場合が多い。この場合、周辺構造物の3次元モデルは、外形寸法をほぼ同じにした簡易形状モデルで代用する。このように、仮想ロボットシステムと実機ロボットシステムとでは、構造物のモデル形状に差異が生じる場合がある。

【0006】

しかしながら、上記特許文献1に記載の技術では、仮想ロボットシステムと実機ロボットシステムとの配置位置の誤差分を補正するだけであり、構造物のモデル形状の誤差分を

50

補正することはできない。

そのため、上記特許文献 1 に記載の技術では、モデル形状の差異により、実機ロボットシステムにおいてロボットと構成物との干渉が発生してしまうおそれがある。また、モデル形状に差異がある場合、作業点までの最短経路が変更される場合があるが、上記特許文献 1 に記載の技術のように配置位置に関する誤差分の教示点座標シフトでは、ロボットの移動経路を最短経路にするような補正は行えない。

そこで、本発明は、仮想ロボットシステムの構成物と実機ロボットシステムの構成物とで形状の差異が発生している場合でも、適切なオフライン教示データを作成することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

10

【0007】

上記課題を解決するために、本発明に係る教示データ作成装置の一態様は、実機のロボットの周辺構造物の形状を示す実測 3 次元モデルを取得する取得手段と、取得された前記実測 3 次元モデルにおいて、ロボットの移動経路を示す教示データによる前記ロボットの移動経路がより短くできるか、または前記教示データによる前記ロボットの移動により前記周辺構造物との干渉が生じる場合に、前記教示データを補正する補正手段とを有する。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、仮想ロボットシステムの構成物と実機ロボットシステムの構成物とで形状の差異が発生している場合でも、適切なオフライン教示データを作成することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1】本実施形態のロボットシステムの一例を示す構成図である。

【図 2】オフライン教示装置のハードウェア構成例を示す図である。

【図 3】事前検討処理手順の一例を示すフローチャートである。

【図 4】システム構築部の詳細を説明する図である。

【図 5】画面構成要素データの詳細を示す図である。

【図 6】教示点および移動経路の一例を示す図である。

【図 7】経路補正処理手順の一例を示すフローチャートである。

30

【図 8】構成要素の計測方法を説明するための図である。

【図 9】3 次元モデルの形状の差異パターン例である。

【図 10】モデルの比較方法を説明するための図である。

【図 11】経路補正判定方法（最短経路補正）を説明するための図である。

【図 12】最短経路補正判定の一例である。

【図 13】最短経路補正判定の一例である。

【図 14】最短経路補正判定の一例である。

【図 15】エンドエフェクタの形状の一例を示す図である。

【図 16】最短経路補正を行うと判断される例である。

【図 17】最短経路補正を行うと判断される例である。

40

【図 18】経路補正判定方法（干渉回避経路補正）を説明するための図である。

【図 19】干渉回避経路補正を行うと判断される例である。

【図 20】最短経路補正方法を説明するための図である。

【図 21】最短経路補正の開始点と終点とを設定する方法を示す図である。

【図 22】経路探索方法を説明する図である。

【図 23】経路探索方法を説明する図である。

【図 24】経路探索方法を説明する図である。

【図 25】経路探索方法を説明する図である。

【図 26】最短経路補正結果を示す図である。

【図 27】干渉回避経路補正結果を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0010】**

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための形態について詳細に説明する。

なお、以下に説明する実施の形態は、本発明の実現手段としての一例であり、本発明が適用される装置の構成や各種条件によって適宜修正又は変更されるべきものであり、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではない。

(第一の実施形態)

図1は、本実施形態におけるオフライン教示装置を備えるロボットシステム100の構成例を示す図である。

ロボットシステム100は、ロボット10と、オフライン教示装置20と、を備える。

ロボット10は、例えば多関節ロボットであり、アームの先端部(手先部)には、センサ部11が取り付けられている。センサ部11は、ロボット10の手先部付近にある物体を計測し、その計測結果をオフライン教示装置20に出力する。ここで、センサ部11は、例えば、視覚センサや距離センサにより構成することができる。

【0011】

なお、センサ部11は、ロボット10に搭載されている必要はなく、例えば、他の作業機械に搭載してもよいし、所定の撮影対象空間の上空に固定配置してもよい。

また、ロボット10は、ロボット10の手先部の位置姿勢を変更可能な位置姿勢変更機構12を備える。位置姿勢変更機構12は、ロボット10の各関節の角度を変更することで当該ロボット10の手先部の位置や姿勢を変更する。ここで、位置姿勢変更機構12は、電動モータによって駆動されてもよいし、油圧や空気圧等の流体圧で作動するアクチュエータによって駆動されてもよい。この位置姿勢変更機構12は、オフライン教示装置20によって作成されるロボット10の移動経路等を示す教示データをもとに駆動される。

【0012】

さらに、ロボット10の手先部には、エンドエフェクタ13が取り付けられている。エンドエフェクタ13は、ロボット10のワークの種類に応じた作業を実現するためのツールであり、例えばロボットハンド等である。当該ロボットハンドとしては、モータ駆動可能なチャック機構を有し物体を把持可能なハンドや、空気圧で物体を吸着する吸着パッドを用いたハンド等を用いることができる。なお、エンドエフェクタ13は、アームに対して着脱可能に取り付けられており、ワークの種類に応じて交換可能である。

なお、ロボット10は、多関節ロボットに限定されるものではなく、数値制御(Numerical Control: NC)可能な可動式の機械であってもよい。

【0013】

オフライン教示装置20は、仮想空間上でロボット用の教示データ(例えば、ロボットの移動経路)を作成し、これを実機ロボットに供給するオフライン教示(オフラインティーチング)を行う。具体的には、オフライン教示装置20は、仮想空間上に、仮想ロボット、当該仮想ロボットに取り付けられるツール(エンドエフェクタ)、作業対象物であるワーク、及び周辺構造物等の3次元モデルを配置して仮想ロボットシステムを構築し、当該仮想ロボットシステムで教示データを作成する事前検討処理を実行する。

また、オフライン教示装置20は、事前検討処理により作成された教示データを、実機ロボットシステム構築後に取得した構成要素の3次元モデルの形状に応じて補正する経路補正処理を実行する。

【0014】

以下、オフライン教示装置20を構成する各部について詳細に説明する。

オフライン教示装置20は、例えばパーソナルコンピュータ(PC)により構成されており、図1に示すように、システム構築部201と、ロボット経路作成部202と、動作確認部203と、計測・モデル作成部204と、形状差異判定部205と、経路補正部206と、外部IF部207と、入出力制御部208と、を備える。

システム構築部201は、仮想空間上に仮想ロボットシステムを構築する。

ロボット経路作成部202は、システム構築部201で構築した仮想ロボットシステム

10

20

30

40

50

で、教示データとしてロボットの移動経路を作成する。

動作確認部 203 は、ロボット経路作成部 202 で作成したロボット経路をアニメーションでシミュレーションする。

【0015】

また、計測・モデル作成部 204 は、実機ロボットシステムの構成要素の形状を示す情報を、センサ部 11 を制御して計測し、計測した構成要素の 3 次元モデル（実測 3 次元モデル）を作成する。

形状差異判定部 205 は、計測・モデル作成部 204 で作成された実測 3 次元モデルと、それに対応する仮想空間上に存在する既存 3 次元モデル（仮想 3 次元モデル）との形状の差異があるか否かを判定し、既存 3 次元モデルの形状誤差に関する情報を取得する。そして、形状差異判定部 205 は、上記差異があると判定したとき、当該差異が事前検討処理で作成されたロボットの経路に影響を与えるか、即ち事前検討処理で作成されたロボットの経路を補正する必要があるか否かを判断する。

10

【0016】

経路補正部 206 は、形状差異判定部 205 による判定結果に応じて、事前検討処理で作成されたロボットの経路を補正する。ここでは、形状差異判定部 205 で、形状の差異がロボット経路に影響を与える（ロボット経路を補正する必要がある）と判断したとき、ロボットの経路を補正する。

外部 I/F 部 207 は、ロボット経路作成部 202 や経路補正部 206 で作成された教示データをロボット 10 に転送する。また、外部 I/F 部 207 は、センサ部 11 の計測結果を受信し、これを計測・モデル作成部 204 へ送信する。

20

入出力制御部 208 は、ユーザがキーボードやマウス等のポインティングデバイスを用いてモニタ画面を介して行う操作を入力したり、ロボットのシミュレーション結果をモニタ画面に表示したりする。

【0017】

（オフライン教示装置 20 のハードウェア構成）

図 2 は、オフライン教示装置 20 のハードウェア構成の一例である。

オフライン教示装置 20 は、CPU 21 と、ROM 22 と、RAM 23 と、外部メモリ 24 と、入力部 25 と、表示部 26 と、通信 I/F 27 と、システムバス 28 とを備える。

30

CPU 21 は、オフライン教示装置 20 における動作を統括的に制御するものであり、システムバス 28 を介して、各構成部（22～27）を制御する。

ROM 22 は、CPU 21 が処理を実行するために必要な制御プログラム等を記憶する不揮発性メモリである。なお、当該プログラムは、外部メモリ 24 や着脱可能な記憶媒体（不図示）に記憶されていてもよい。

RAM 23 は、CPU 21 の主メモリ、ワークエリア等として機能する。すなわち、CPU 21 は、処理の実行に際して ROM 22 から必要なプログラム等を RAM 23 にロードし、当該プログラム等を実行することで各種の機能動作を実現する。

【0018】

外部メモリ 24 は、例えば、CPU 21 がプログラムを用いた処理を行う際に必要な各種データや各種情報等を記憶している。また、外部メモリ 24 には、例えば、CPU 21 がプログラム等を用いた処理を行うことにより得られた各種データや各種情報等が記憶される。

40

入力部 25 は、例えばキーボードやマウス等により構成され、オペレータが入力部 25 を介して当該オフライン教示装置 20 に指示を与えることができるようになっている。

表示部 26 は、液晶ディスプレイ（LCD）等のモニタで構成される。

通信 I/F 27 は、外部装置と通信するためのインターフェースである。

システムバス 28 は、CPU 21、ROM 22、RAM 23、外部メモリ 24、入力部 25、表示部 26 及び通信 I/F 27 を通信可能に接続する。

【0019】

50

オフライン教示装置 20 の各部の機能は、CPU 21 が ROM 22 もしくは外部メモリ 24 に記憶されたプログラムを実行することで実現される。以下、オフライン教示装置 20 が実行する処理について具体的に説明する。

(事前検討処理)

図 3 は、オフライン教示装置 20 が実行する事前検討処理手順を示すフローチャートである。この事前検討処理は、実機ロボットシステムの構築前に、仮想空間上でシミュレーションによる事前検討を行うための処理である。

先ずステップ S1 で、オフライン教示装置 20 は、仮想空間上に仮想ロボットシステムを構築する。仮想ロボットシステムは、上記のシステム構築部 201 が構築する。

システム構築部 201 は、ロボットシステムを構成する各構成要素の 3 次元モデルをインポートし、当該 3 次元モデルを仮想空間上に配置することで仮想ロボットシステムを構築する。このとき、図 4 に示すように、外部の CAD 装置 210 に 3 次元モデルが用意されている構成物については、CAD 装置 210 から 3 次元モデルをインポートし、CAD 装置 210 に 3 次元モデルが用意されていない構成物についてはユーザが画面上で作成した簡易的な 3 次元モデルを、入出力制御部 208 を介してインポートする。なお、CAD 装置 210 は、オフライン教示装置 20 に搭載されていてもよい。

10

【0020】

システム構築部 201 は、3 次元モデルをインポートする際、画面構成要素データ 211 をメモリ等に保存する。画面構成要素データ 211 は、図 5 に示す各フィールドで構成されている。すなわち、各構成要素には、3 次元モデルの名称 211 a、3 次元モデルが配置されている座標 211 b、3 次元モデルの形状に関する情報 211 c、3 次元モデルの参照先 CAD 211 d、形状補正実施フラグ 211 e がそれぞれ対応付けられている。

20

【0021】

ここで、CAD 装置 210 に 3 次元モデルが存在せず、ユーザが作成した 3 次元モデルをインポートした場合は、参照先 CAD 211 d のフィールドには何も記述されない。また、形状補正実施フラグ 211 e は、実機との形状の差異が発生しているおそれがあるか否かを示すフラグであり、モデル形状の信頼度を示す属性情報に相当する。形状補正実施フラグ 211 e のフィールドには、例えば、CAD 装置 210 に 3 次元モデルが存在せず、ユーザが簡易形状モデルを作成してインポートした構成物は、実機ロボットシステムとの形状差異が発生しているおそれがあることを示すフラグが記述される。この形状補正実施フラグ 211 e は、後述する経路補正処理において、経路補正が必要であるか否かの判断に用いる。

30

図 3 に戻って、ステップ S2 では、オフライン教示装置 20 は、上記のステップ S1 で仮想ロボットシステムを構築した後、ロボットの教示点や当該教示点間を直線補間して得られるロボットの移動経路を作成する。ここでは、作業タクトが短くなり、且つロボットの経路が周辺機器と干渉しないように教示点やロボットの経路を作成する。

【0022】

次にステップ S3 では、上記のステップ S2 で作成した教示点及び経路をもとに仮想空間上でシミュレーションを行う。

図 6 は、シミュレーション結果によって得られたロボット経路の一例を図示したものである。点 401 は教示点であり、ロボット経路 402 は教示点 a b c d e f の順に、各教示点を結んだ線である。このように、教示点 401 及びロボット経路 402 は、周辺機器 301 と干渉しないように作成される。

40

なお、図 3 において、ステップ S1 の処理は上述したようにシステム構築部 201 が実行する処理であり、ステップ S2 の処理はロボット経路作成部 202 が実行する処理であり、ステップ S3 の処理は動作確認部 203 が実行する処理である。

【0023】

(経路補正処理)

次に、オフライン教示装置 20 が実行する経路補正処理について具体的に説明する。

図 7 は、経路補正処理手順を示すフローチャートである。この経路補正処理は、上述し

50

た事前検討処理で作成されたロボット経路を必要に応じて補正するための処理であり、当該事前検討処理を実行した後、実機ロボットシステムが構築されてから実行する。

先ずステップS11で、オフライン教示装置20は、センサ部11により実機ロボットシステムの構成要素を計測する。ここで、計測対象となる構成要素は、仮想ロボットシステムを構築する際に作成された画面構成要素データ211をもとに決定する。

【0024】

はじめに、図5に示す画面構成要素データ211の形状補正実施フラグ211eのフィールドを参照し、実機ロボットシステムとの形状差異が発生するおそれのある構成要素を判別する。次に、図5に示す画面構成要素データ211の配置211bのフィールドを参照し、上記形状差異が発生するおそれのある構成要素の仮想空間上における配置位置を取得する。これにより、実機ロボットシステムでセンサ計測する構成要素が決定される。

10

【0025】

構成要素をセンサ部11で計測する場合、計測対象の構成要素を複数方向から3次元モデルの作成が可能となるだけ計測する。計測する方向は、例えば、図8に示すように、X方向（構成物310の幅方向）、Y方向（構成物310の奥行き方向）、Z方向（構成物310の高さ方向）のいずれかから、当該構成要素の形状211cのフィールド情報をもとに決定する。

このように、計測対象となる構成要素が決定したら、オフライン教示装置20は、外部IF部207を介してセンサ部11に対して計測指令を出力し、センサ部11による計測結果を取得する。そして、取得した計測結果をもとに、構成要素の3次元モデル（実測3次元モデル）を作成し、ステップS12に移行する。

20

【0026】

ステップS12で、オフライン教示装置20は、ステップS11で作成した実測3次元モデルと、この実測3次元モデルに対応する仮想空間上の既存の3次元モデルとを比較する。既存3次元モデルが、図9(a)の3次元モデル301のように、実際の構成要素と外径寸法を等しくした簡易形状モデルである場合、実測3次元モデルは、図9(b)~(d)の3次元モデル311~313のように、既存3次元モデル301と外径寸法はほぼ等しいが、既存3次元モデル301とは形状が異なる場合がある。

そこで、例えば図10(a)及び(b)に示すように、既存3次元モデル301と実測3次元モデル311とを、それぞれボクセルで表現し、両者の形状を比較する。この場合、ボクセル化した形状のフーリエスペクトルを抽出する方法等を用いて既存3次元モデル301と実測3次元モデル311との形状の差異を確認する。

30

【0027】

次にステップS13で、オフライン教示装置20は、ステップS12で形状の差異があると判定された構成要素の情報をもとに、当該形状の差異が事前検討処理で作成したロボット経路に影響を与えるか否かを判定する。ここでは、形状の差異により、事前検討処理で作成したロボット経路をより作業タクトの短い最短経路へ補正できる場合に、形状の差異がロボット経路に影響を与えると判断する。また、事前検討処理で作成したロボット経路では実機の構成要素との間で干渉が生じるため、当該ロボット経路を、干渉を回避する経路へ補正する必要がある場合にも、形状の差異がロボット経路に影響を与えると判断する。

40

【0028】

先ず、最短経路への補正が可能か否かを判断する方法について説明する。

この場合、図11に示すように、ロボット10と実機の構成物の3次元モデル310とをX方向両側から俯瞰する。そして、このときの既存3次元モデルのロボット10と正対する面の高さ方向（Z方向）のサイズと、実測3次元モデルのロボット10と正対する面の高さ方向（Z方向）のサイズと、ロボット10のエンドエフェクタ13の高さ方向（Z方向）及び奥行き方向（Y方向）のサイズとに着目する。

例えば、実測3次元モデルが図9(b)に示す3次元モデル311であった場合、図12に示すように、既存3次元モデル301についてはサイズH1に着目する。また、実測

50

3次元モデル311については、サイズH2及びH3に着目する。

【0029】

また、実測3次元モデルが図9(c)に示す3次元モデル312であった場合には、図13に示すように、既存3次元モデル301については図12と同様にサイズH1に着目する。また、実測3次元モデル312については、サイズH4に着目する。

同様に、実測3次元モデルが図9(d)に示す3次元モデル313であった場合には、図14に示すように、既存3次元モデル301についてはサイズH1に着目する。また、実測3次元モデル313については、サイズH5(=H1)に着目する。

【0030】

そして、上記の着目サイズをもとに、既存3次元モデルと実測3次元モデルとの形状の差異が、事前検討処理で作成したロボット経路に影響を与えるか否かを判断する。

本実施形態では、ロボット10のエンドエフェクタ13が、図15に示すように、高さH、幅W、奥行きDの形状を有する場合、既存3次元モデルのロボット10と正対する面における高さ方向のサイズから、実測3次元モデルのロボット10と正対する面における高さ方向のサイズの合計を差し引いた値が、エンドエフェクタ13の高さHまたは幅Wのサイズよりも大きいとき、ロボット経路に影響を与えると判断する。

例えば図12に示す例の場合、 $H1 - (H2 + H3) > H$ 、または $H1 - (H2 + H3) > D$ のとき、図16に示すように、ロボット10のエンドエフェクタ13が既存3次元モデル301との差異部である繰り抜き部分を通過できる可能性がある。そのため、最短経路が新たに見つかる可能性があると判断し、この場合には、既存のロボット経路に影響

10

20

【0031】

また、例えば図13に示す例の場合にも、 $H1 - H4 > H$ 、または $H1 - H4 > D$ のとき、図17に示すように、ロボット10のエンドエフェクタ13が既存3次元モデル301との差異部である繰り抜き部分を通過できる可能性がある。したがって、この場合にも、既存のロボット経路に影響がある(最短経路に補正することができる)と判断する。

これに対して、例えば図14に示す例の場合には、 $H1 - H5 = 0$ であり、上記の条件を満足することはないため、既存のロボット経路には影響がない(最短経路に補正することはできない)と判断する。

以上により、最短経路への補正が可能か否かを判断することができる。この判断は、図11のX方向両側について行う。

30

【0032】

次に、干渉回避経路への補正が必要か否かを判断する方法について説明する。

図18は、事前検討処理で作成されたロボット経路の一例を示す図である。このロボット経路403は、仮想空間上の既存3次元モデル301の近傍を、ロボット10が教示点a b c d e fと通過する経路である。

干渉回避経路への補正が必要か否かは、図19に示すように、図18における既存3次元モデル301を、実測3次元モデル314に入れ替え、既存ロボット経路403と実測3次元モデル314との位置関係をもとに判断する。

【0033】

図19に示す例の場合、形状の差異により、教示点b c dを通過する経路で干渉が発生することがわかる。すなわち、教示点b c dを通過する経路は、干渉回避経路への補正が必要な経路である。

このように、干渉回避経路への補正が可能か否かを判断することができる。

そして、オフライン教示装置20は、図7のステップS13で形状差異が既存ロボット経路に影響を与えると判断した場合には、ロボット経路を補正すると判断してステップS14に移行し、既存ロボット経路に影響を与えないと判断した場合には、ロボット経路を補正しないと判断して後述するステップS16に移行する。

ステップS14では、オフライン教示装置20は、ロボット経路を補正する。ここでは、オフライン教示装置20は、事前検討処理で作成したロボット経路を、補正が必要な経

40

50

路だけ部分的に補正する。

【0034】

まず、最短経路への補正方法について説明する。

図20は、事前検討処理で作成されたロボット経路の一例を示す図である。ロボット経路403は、仮想空間上の既存3次元モデル301の近傍を、ロボット10が教示点a b c d e fと通過する経路である。また、ロボット経路404は、仮想空間上の既存3次元モデル301の近傍を、ロボット10が教示点x y zと通過する経路である。

最短経路を探索する際には、まず、図21に示すように、図20における既存3次元モデル301を実測3次元モデル311と入れ替える。

【0035】

次に、実測3次元モデル311から一定距離にある近傍領域501を設定し、近傍領域501内にある教示点をサーチする。図21に示す例では、教示点b、c、d、e及びyがこれにあたる。なお、ここでは、近傍領域501を直方体状の空間としているが、近傍領域501は実測3次元モデルの近傍の領域を規定できればよく、例えば球体状等であってもよい。

さらに、近傍領域501外から、近傍領域501内の教示点に向かう経路（すなわち、近傍領域501外から近傍領域501内に入ってくる経路）をサーチする。図21に示す例では、a bの経路411と、x yの経路412がこれにあたる。

同様に、近傍領域501内から近傍領域501外に向かう経路をサーチする。図21に示す例では、e fの経路413と、y zの経路414がこれにあたる。

【0036】

次に、近傍領域501外から近傍領域501内に入ってくる経路（図21では経路411と経路412）の終点と、近傍領域501内から近傍領域501外へ出る経路（図21では経路413と経路414）の始点が同一座標でない教示点をサーチする。図21に示す例では、教示点bと教示点eとがこれにあたる。

なお、図21において、教示点x y zの経路は、教示点yが始点と終点の両方の要素を持ち、一瞬、エンドエフェクタ13が近傍領域501内に進入するだけで、3次元モデル311の繰り返し部分をエンドエフェクタが通過することと無関係であることが判断できる。

したがって、教示点bを始点、教示点eを終点として、最短経路探索をすればよいことが分かる。

【0037】

最短経路探索には、例えば探索木法を用いる。

図22は、グラフ探索法による経路探索方法を説明するための図である。

この図22に示すように、空間600内において、出発点601から目標点602までの最短経路を探索する場合について考える。ここで、空間600内には、障害物、即ち通過することができない領域603が存在するものとする。なお、ここでは説明のために2次元空間で表現しているが、3次元空間でも同様である。

【0038】

まず、図22に示すように、空間600をメッシュ化する。

次に、図23に示すように、出発点601と目標点602とから、それぞれ隣接するメッシュに向かって進むことを考える。このとき、隣接するメッシュに障害物603が存在する場合には進まないようにする。例えば、図23の出発点601の場合、A～Hの8方向のうち、CとDの方向には障害物603が存在するため、進まないようにする。一方、目標点602からは、隣接するメッシュ内にはいずれも障害物603が存在しないため、A～Hの全方向に進むことができる。

【0039】

そして、図24に示すように、進んだ先のメッシュ（例えば、メッシュ604や605）でも同様に障害物の存在しない隣接メッシュに進むようにする。これを出発点601と

10

20

30

40

50

目標点 6 0 2 の双方で繰り返し、最も早く双方から進んで同じメッシュに入った経路が求める最短経路である。この例では、図 2 5 に示すように、経路 6 1 0 が最短経路となる。

図 2 1 における教示点 b を始点、教示点 e を終点として、上記の方法により探索した最短経路は、図 2 6 の経路 4 1 5 のようになる。このようにして、既存ロボット経路を最短経路へ補正することができる。

【 0 0 4 0 】

このように、経路探索アルゴリズムに上記の方法を用いるので、近傍領域 5 0 1 を広くとれば、長い距離の経路補正が可能となり補正経路を滑らかにすることができる。しかしながら、この場合、処理の時間が長くなることは容易に類推することができるので、処理時間を優先するか、経路の滑らかさを優先するかに応じて近傍領域 5 0 1 を設定してもよい。

10

なお、ここではグラフ探索法を用いて最短経路を求める場合について説明したが、他のアルゴリズム（RRT や PRM 等のサンプリングベース探索法等）を用いてもよい。

【 0 0 4 1 】

次に、干渉回避経路への補正方法について説明する。

まず、干渉回避経路の始点と終点をサーチする。上述した図 1 9 に示す例の場合、教示点 b c d を通過する経路が、干渉回避経路への補正が必要な経路である。したがって、この場合、教示点 b を始点、教示点 d を終点として干渉回避経路の探索を行う。

干渉回避の経路探索は、上記の最短経路探索と同じ方法で行う。

これにより、図 2 7 に示すように、教示点 b を出発点、教示点 d を目標点とし、実測 3 次元モデル 3 1 4 との干渉が回避された補正経路 4 1 6 が求められる。この補正経路 4 1 6 は、例えば、経路探索で新たに設定された教示点 g 及び h を通過する。

20

以上のように、最短経路を通過、または干渉を回避するよう経路を補正した後は、オフライン教示装置 2 0 は、図 7 のステップ S 1 5 に移行して、仮想ロボットシステムを更新する。すなわち、オフライン教示装置 2 0 は、仮想空間上の 3 次元モデルを、実測 3 次元モデルに交換して仮想空間上のロボットシステムを更新する。

【 0 0 4 2 】

次に、ステップ S 1 6 では、オフライン教示装置 2 0 は、補正後のロボット経路データを実機ロボットシステムに転送する。これにより、実機ロボットシステムによる動作確認が行われる。

30

以上のように、本実施形態では、事前検討のために仮想空間上の仮想ロボットシステムで教示されたロボットの移動経路を、仮想ロボットシステムを構成する仮想 3 次元モデルの形状誤差に応じて補正する。

仮想ロボットシステムと実機ロボットシステムとで、ロボットシステムの構成物の形状に差異がある場合、仮想ロボットシステム上で作成した動作プログラムでそのままロボットを動作させると、実機ロボットシステムにおいてロボットと周辺機器との干渉が発生したり、所望の作業タクトを実現することができなかつたりする場合がある。

【 0 0 4 3 】

そのため、従来のオフライン教示装置では、作成した動作プログラムを実機ロボットシステムに転送し、実機ロボットシステムにて調整作業を行い、動作プログラムの修正を行う。更に、実機ロボットシステムにて修正された動作プログラムをオフライン教示装置に戻すと、オフライン教示装置上でのシミュレーションでロボットと周辺機器とで干渉等が発生してしまうため、実機ロボットシステムと同じになるように仮想空間上のロボットシステムを再構築して再教示作業を行う。

40

【 0 0 4 4 】

これに対して、本実施形態では、仮想 3 次元モデルの形状誤差が発生している場合には、仮想ロボットシステム上で作成した動作プログラムを自動的に補正してから実機ロボットシステムに転送する。したがって、実機ロボットシステムを用いた現場調整や再教示作業の必要がない。このように、仮想空間上と実機ロボットシステムとで構成物の形状差異が発生している場合であっても、適切なオフライン教示が可能となる。

50

また、3次元モデルの形状差異が、事前検討処理で作成したロボット経路に影響を与えるか否か、即ち当該ロボット経路の補正の必要性があるか否かを判定し、補正の必要性があると判定した場合にロボット経路を補正する。したがって、効率良く補正処理を実施することができる。

【0045】

さらに、仮想3次元モデルの形状誤差が発生しているか否かは、視覚センサや距離センサ等により実機ロボットシステムの構成物の形状を計測することで判断する。具体的には、上記センサによる計測結果に基づいて構成物の実測3次元モデルを作成し、作成した実測3次元モデルと仮想3次元モデルとを比較し、仮想3次元モデルの形状誤差を算出する。このように、実測結果をもとに形状差異を判断するので、仮想ロボットシステムと実機ロボットシステムとで、ロボットシステムの構成物の形状に差異があることを確実に把握することができる。

10

【0046】

また、このとき、形状誤差が発生している可能性があるかと判別した仮想3次元モデルに対応する実機ロボットシステム上の構成物についてのみ、上記センサによる形状計測を行う。ここで、形状誤差が発生している可能性があるか否かは、例えば、仮想3次元モデルが、ユーザが作成した簡易形状モデルであるか否かに応じて判別する。

ロボットに関しては、ロボットメーカーが用意している3次元データを使用することができるが、ロボットの周辺機器に関しては、治工具等の一品物が多く、2次元図面は存在するが3次元モデルが用意されていない場合が多い。特に、周辺機器は生産現場にて調達するため、3次元CAD装置で設計をしていない生産現場の作業者にとって、3次元モデルを新たに作成することは非常に手間のかかる作業である。そのため、周辺機器に関しては、3次元モデルとして外形寸法をほぼ同じにした簡易形状モデルを作成し、代用することが多い。このように、仮想ロボットシステムを構成する仮想3次元モデルには、モデル形状の信頼度が異なるデータが混在する。

20

【0047】

本実施形態では、仮想ロボットシステムを構築する際に、各仮想3次元モデルに、当該モデルが、メーカー等が用意した信頼度の高いデータであるのか、ユーザが簡易に作成した信頼度の低いデータであるのかを示す属性情報（形状補正実施フラグ211e）を付加する。そして、その属性情報を参照して、形状誤差が発生している可能性がある仮想3次元モデルを判別する。したがって、比較的容易且つ適切に、上記センサによる形状計測が必要な構成物を判別することができる。

30

【0048】

また、実測3次元モデルと仮想3次元モデルとの比較に際し、両者をボクセルデータで表現し、形状の差異を判断する。したがって、適切に形状比較を行うことができる。

さらに、3次元モデルの形状差異が、事前検討処理で作成したロボット経路に影響を与えるか否か、即ち当該ロボット経路の補正の必要性があるか否かは、上記ロボット経路が最短移動経路へ補正可能であるか否か、若しくは、上記ロボット経路が、干渉が発生する経路であるか否かに応じて判定する。

【0049】

40

事前検討処理では、仮想ロボットシステム上でロボットと周辺機器との干渉が発生せず、作業タクトが最短となるようなオフライン教示を行い、動作プログラムを作成する。ところが、仮想3次元モデルの形状と実機の構成物の形状とに差異がある場合、作業点までの最短経路が変更される（より最短な経路が見つかる）場合がある。本実施形態では、3次元モデルの形状差異により、ロボット経路を最短移動経路へ補正可能であると判定すると、当該ロボット経路を最短移動経路へ補正することができる。これにより、作業点までの最短経路を適切に教示することができ、作業タクト時間の更なる短縮が図れる。

【0050】

また、このとき、仮想3次元モデルの形状と、実測3次元モデルの形状と、ロボットのエンドエフェクタの3次元モデルの形状とに基づいて、ロボット経路が最短移動経路へ補

50

正可能であるか否かを判定する。具体的には、仮想3次元モデルのロボットに正対する面を構成する高さ方向の辺の長さから、実測3次元モデルのロボットに正対する面を構成する高さ方向の辺の長さを差し引いた長さが、エンドエフェクタの3次元モデルの上記高さ方向に相当する長さよりも長いとき、ロボット経路が最短移動経路へ補正可能であると判定する。したがって、実機ロボットシステムの構成物に繰り抜き部分があり、その大きさが、エンドエフェクタが通過可能な大きさである場合には、当該繰り抜き部分をエンドエフェクタが通過する経路が最短移動経路となると判断して、ロボット経路を補正することができる。

【0051】

さらに、本実施形態では、3次元モデルの形状差異により、ロボット経路が、実機ロボットシステムにおいて干渉が発生する経路であると判定すると、当該ロボット経路を干渉回避経路へ補正することができる。したがって、動作プログラムを実機ロボットシステムへ転送した後の調整作業をなくすることができる。

このとき、実測3次元モデルの形状と、ロボット経路とに基づいて、ロボット経路が、干渉が発生する経路であるか否かを判定する。このように、実測3次元モデルとロボット経路との位置関係から、容易に干渉が発生するか否かを判定することができる。

また、最短移動経路や干渉回避経路へ補正する場合、事前検討処理で作成したロボット経路のうち、仮想3次元モデル近傍の補正が必要である移動経路のみを部分的に補正する。したがって、補正処理時間を短縮することができる。

【0052】

最短移動経路へ補正する場合には、仮想空間上で、仮想3次元モデルを実測3次元モデルと入れ替え、当該実測3次元モデルから所定距離にある近傍領域を設定する。そして、近傍領域内に存在する教示点の中から、部分的に補正する移動経路の開始点と終了点とを選択し、選択した教示点間を結ぶ最短移動経路を探索する。このとき、近傍領域外の教示点から近傍領域内の教示点に向かう移動経路の終点となる教示点を開始点として選択し、近傍領域内の教示点から近傍領域外の教示点に向かう移動経路の始点となる教示点を終了点として選択する。

上記のように部分的に補正する移動経路の開始点と終了点とを選択し、経路探索を実施するので、3次元モデルの繰り抜き部分をエンドエフェクタが通過するような経路を探索することが可能となる。したがって、事前検討処理で作成したロボット経路よりも最短で作業点まで移動する経路を探索することができる。

【0053】

また、干渉回避経路へ補正する場合には、干渉が発生している移動経路の始点となる教示点と終点となる教示点とを、それぞれ部分的に補正する移動経路の開始点と終了点として選択し、選択した教示点間を結ぶ干渉回避経路を探索する。したがって、実機ロボットシステムにおいて干渉が発生しないロボット経路を適切に教示することができる。

このように、事前検討のために仮想空間上で構成要素の3次元モデルを用いて構築されたロボットシステムモデルで教示されたロボット経路を、実機ロボットシステム構築後に計測した構成要素の3次元モデルの形状に応じて、ロボットに最短経路を通過させたり、ロボットに干渉を回避する経路を通過させたりするよう、補正が必要な部分だけ自動的に補正することができる。したがって、仮想ロボットシステムの構成物と実機ロボットシステムの構成物との形状の差異が発生している場合でも、適切なオフライン教示データを作成することができると共に、再教示の手間や時間を省くことができる。

【0054】

(変形例)

上記実施形態においては、センサ部11でロボット10の周辺構成物の形状を計測する場合について説明したが、センサ部11でロボット10のエンドエフェクタ13の形状を計測してもよい。この場合、既存3次元モデルと実測3次元モデルとの形状の差異が、事前検討処理で作成したロボット経路に影響を与えるか否かを判断する際に用いる、エンドエフェクタ13の高さHまたは幅Wの値として、実測値を用いることができる。したがっ

10

20

30

40

50

て、より高精度な判断が可能となる。

【 0 0 5 5 】

また、上記実施形態においては、センサ部 1 1 により実機ロボットシステム上の構成物の形状を計測し、その計測結果に基づいて作成した実測 3 次元モデルと既存 3 次元モデルとを比較することでモデル形状の差異を確認する場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、既存 3 次元モデルの形状誤差（対応する実機ロボットシステムの構成物との形状の差異）に関する情報を外部からユーザ等により直接入力してもよい。この場合、図 7 のステップ S 1 1 及び S 1 2 の処理が不要となる。

【 0 0 5 6 】

（その他の実施形態）

本発明は、上述の実施形態の 1 以上の機能を実現するプログラムを、ネットワーク又は記憶媒体を介してシステム又は装置に供給し、そのシステム又は装置のコンピュータにおける 1 つ以上のプロセッサがプログラムを読み出し実行する処理でも実現可能である。また、1 以上の機能を実現する回路（例えば、ASIC）によっても実現可能である。

【 符号の説明 】

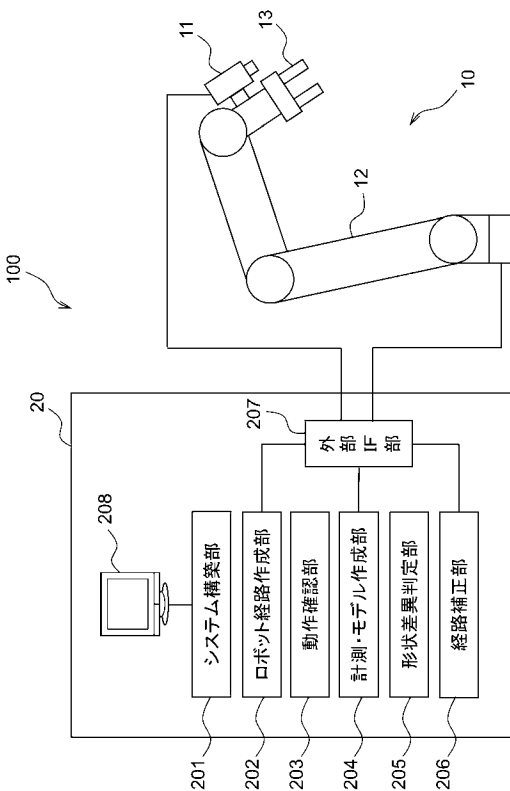
【 0 0 5 7 】

1 0 ... ロボット、 1 1 ... センサ部、 1 2 ... 位置姿勢変更機構、 1 3 ... ハンド、 2 0 ... オフライン教示装置、 2 0 1 ... システム構築部、 2 0 2 ... ロボット経路作成部、 2 0 3 ... 動作確認部、 2 0 4 ... 計測・モデル作成部、 2 0 5 ... 形状差異判定部、 2 0 6 ... 経路補正部、 2 0 7 ... 外部 I F 部、 2 0 8 ... 入出力制御部

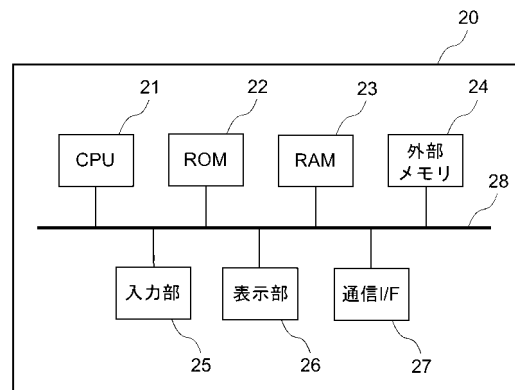
10

20

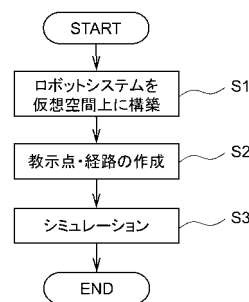
【 図 1 】



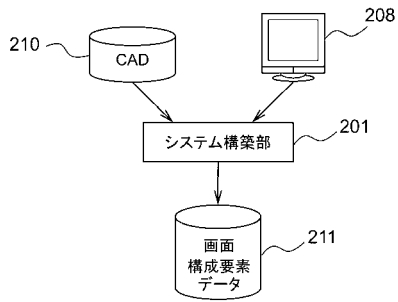
【 図 2 】



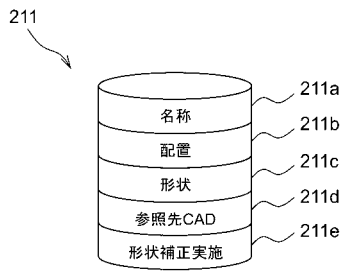
【 図 3 】



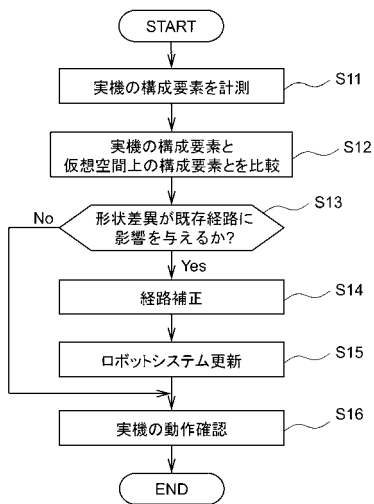
【図4】



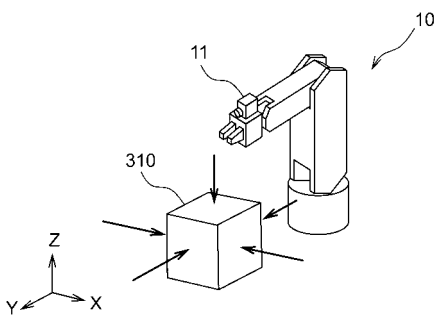
【図5】



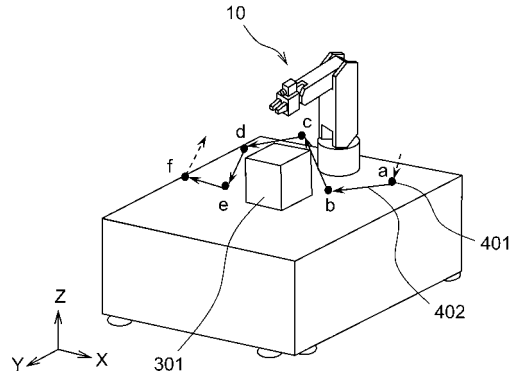
【図7】



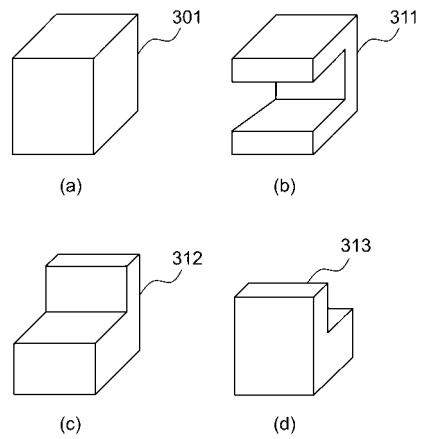
【図8】



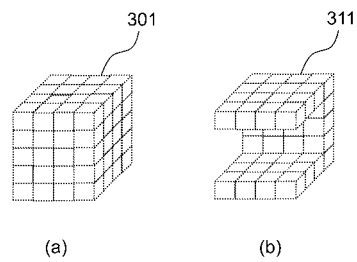
【図6】



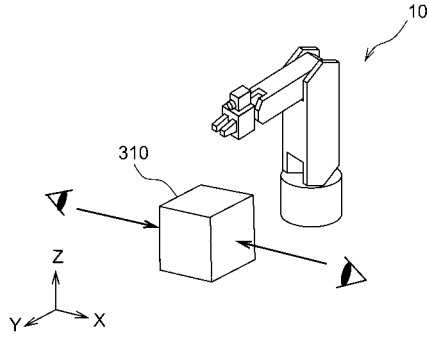
【図9】



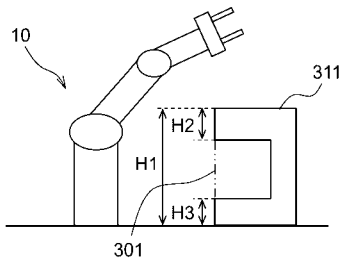
【図10】



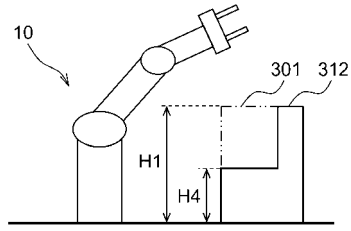
【 図 1 1 】



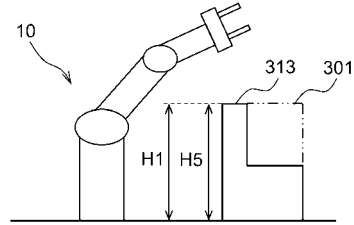
【 図 1 2 】



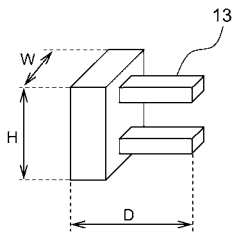
【 図 1 3 】



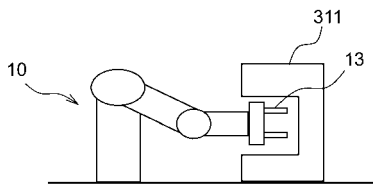
【 図 1 4 】



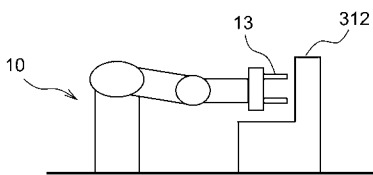
【 図 1 5 】



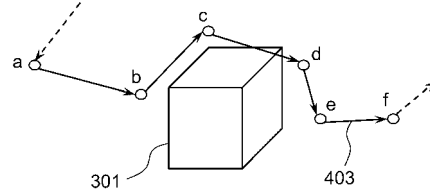
【 図 1 6 】



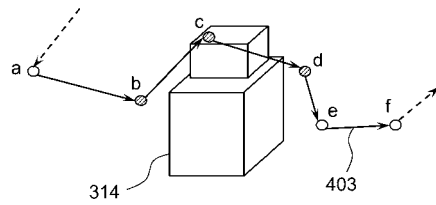
【 図 1 7 】



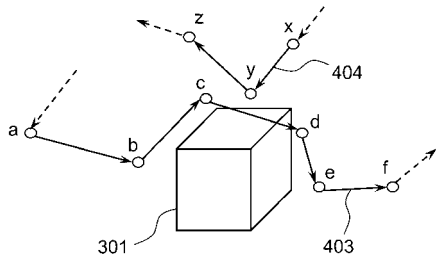
【 図 1 8 】



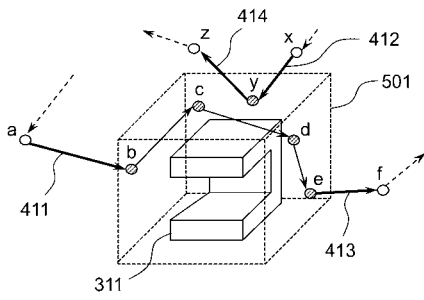
【 図 1 9 】



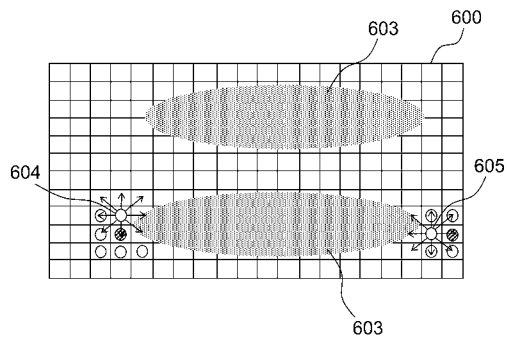
【 図 2 0 】



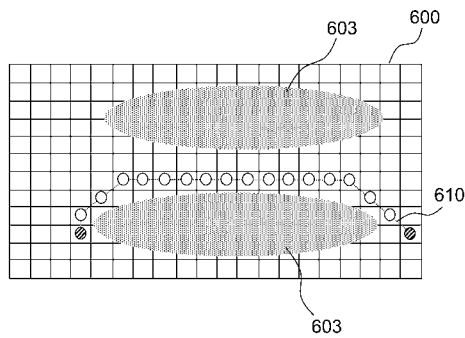
【 図 2 1 】



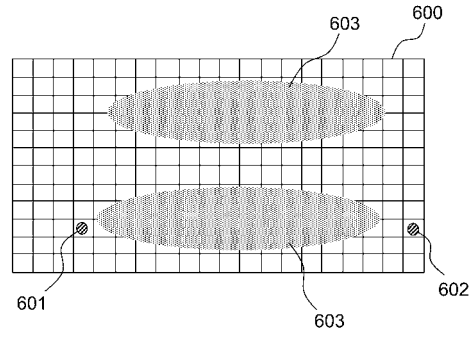
【 図 2 4 】



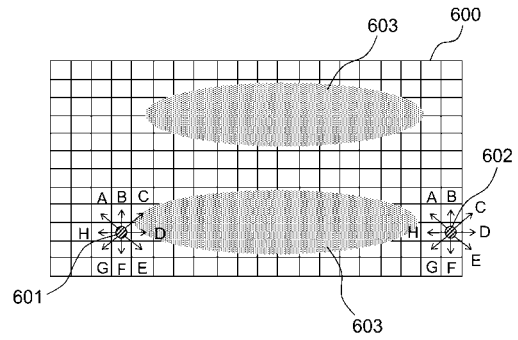
【 図 2 5 】



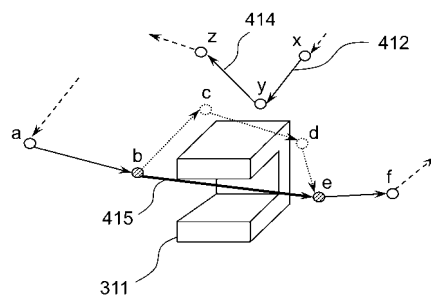
【 図 2 2 】



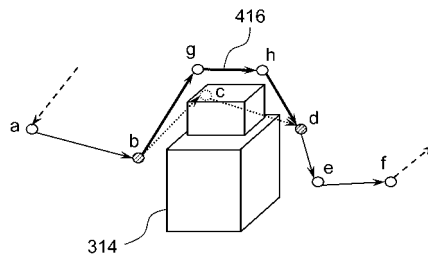
【 図 2 3 】



【 図 2 6 】



【 図 2 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C707 BS10 ES03 FS01 GS00 HS11 JU03 KS05 KT01 KT05 LS08
LS14 LT12 MS05