

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3732494号

(P3732494)

(45) 発行日 平成18年1月5日(2006.1.5)

(24) 登録日 平成17年10月21日(2005.10.21)

(51) Int. Cl.		F I	
G05B 19/4068 (2006.01)		G05B 19/4068	
B25J 9/22 (2006.01)		B25J 9/22	Z

請求項の数 9 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-372518 (P2003-372518)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成15年10月31日(2003.10.31)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2005-135278 (P2005-135278A)		山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成17年5月26日(2005.5.26)		〇番地
審査請求日	平成15年12月17日(2003.12.17)	(74) 代理人	100082304
			弁理士 竹本 松司
		(74) 代理人	100088351
			弁理士 杉山 秀雄
		(74) 代理人	100093425
			弁理士 湯田 浩一
		(74) 代理人	100102495
			弁理士 魚住 高博
		(72) 発明者	渡邊 淳
			山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場358
			〇番地 ファナック株式会社 内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シミュレーション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくともロボット、ワーク及び視覚センサ装置の撮像手段の3次元モデルを画面に配置して同時に表示し、前記ロボットの動作シミュレーションを行うシミュレーション装置において、

前記撮像手段の視野を3次元形状で画面上に表示する手段を備えることを特徴とするシミュレーション装置。

【請求項2】

前記視野の3次元形状が四角錐であることを特徴とする、請求項1のシミュレーション装置。

【請求項3】

前記撮像手段が前記視野で捉える画像を画面上に表示する手段を有することを特徴とする、請求項1又は請求項2に記載のシミュレーション装置。

【請求項4】

前記撮像手段は前記ロボットに搭載されていることを特徴とする、請求項1～請求項3の内のいずれか1項に記載のシミュレーション装置。

【請求項5】

前記ワークに関連した第1の基準点を画面上で指定する手段と、

前記視野に関連して予め定められた第2の基準点が、前記第1の基準点と一致するように、画面上のロボットを動作させる手段を備えることを特徴とする、請求項4に記載のシ

ミュレーション装置。

【請求項 6】

前記撮像手段に撮像を行なわせる撮像指令と、前記ロボットを経路移動させる移動指令と、前記撮像指令と前記移動指令に関連する補正指令とを含むロボット動作プログラムに従って、ロボット動作を含むシミュレーションを行う手段と、

前記移動指令が指定する移動経路に関する補正量を記憶する手段と、

前記シミュレーション中に前記補正指令により、前記記憶した補正量を読み出し、画面上の前記移動経路を補正する手段とを備えることを特徴とする、請求項 1～請求項 5 の内のいずれか 1 項に記載のシミュレーション装置。

【請求項 7】

前記撮像指令に従って、前記視野の表示に関する表示状態の切換を行なう手段を備えることを特徴とする、請求項 6 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 8】

前記表示状態の切換が、前記撮像指令に従った、前記視野の表示 / 非表示の切換であることを特徴とする、請求項 7 に記載のシミュレーション装置。

【請求項 9】

前記補正量に従って、画面上のワーク及び周辺機器の少なくとも一方の配置位置を補正することを特徴とする、請求項 6～請求項 8 の内のいずれか 1 項に記載されたシミュレーション装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像手段を有する視覚センサとロボットを含むロボットシステムのためのシミュレーション装置に関し、特に、ロボット移動と視覚センサによる検出を含むような動作プログラムをオフラインで作成したり、オフラインで作成済みあるいは作成過程にあるプログラムの評価や修正、編集等を行なう際に有用なシミュレーション装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボット、ワーク、周辺機器等の 3 次元モデルを画面上で配置・表示し、指定されたロボット移動指令等に従ってロボットの動作シミュレーションを行うシミュレーション装置は公知であり、ロボットの動作プログラムをオフラインで作成したり、オフラインで作成されたプログラムの評価や修正、編集等を行なう際に用いられている。ところが、従来のシミュレーション装置では、視覚センサを使うロボットシステムについて、実機が配置されていない場所（例えば事務所）で、オフラインプログラムの作成、修正、編集等を行なおうとする場合、視覚センサに関連するシミュレーションが殆どできなかった。

【0003】

例えば、視覚センサが画像取得に用いる撮像手段（例えばデジタル CCD カメラ；以下、同様）が持つ視野の 3 次元形状（視体積）を画面上で把握できなかった。また、撮像手段でどのような画像が取得できるのかが分からず、不便であった。特に、ロボットに撮像手段を搭載した場合、ロボットの位置・姿勢に応じてどのような画像が得られるのかが分からないことは大きな問題であった。

そのため、視覚センサに関連する事項については、現場で実際に撮像装置（実機）をロボット（実機）に搭載し、同ロボットの位置・姿勢を変えながら視覚センサを動作させて画像をとり、画像の写り方を確認していた。

【0004】

そして、実際に、ロボットに搭載した撮像手段が対象物（ワーク等）の検出に関する基準点（通常は、撮像手段で見たい対象物上の適当な位置に定める）を見るためのロボットの位置・姿勢を決めるに際しても、現場でロボットを動かし、取得された画像を見ながら、試行錯誤による作業を行っていた。更に、ロボットの動作プログラムのどこに視覚センサ検出指令を入れたらいいかを考えるのも試行錯誤を要していた。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

以上のように、視覚センサを含むロボットシステムについて、シミュレーション装置を用いて、動作プログラムのオフライン作成、オフラインで作成されたプログラムの評価や修正、編集等を行なう際には、種々の不便が生じ、作業効率の低下を招いていた。そして、これら不便さや作業効率の低下を解消する技術の開示が公知文献には見当たらない。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

そこで、本発明の目的は、視覚センサを含むロボットシステムについて、動作プログラムのオフライン作成、オフラインで作成されたプログラムの評価や修正、編集等を行なう際に生じていた種々の不便さと作業効率の低下を緩和乃至解消することができるシミュレーション装置を提供することにある。

10

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記課題を解決するために、先ず、少なくともロボット、ワーク及び視覚センサ装置の撮像手段の3次元モデルを画面に配置して同時に表示し、前記ロボットの動作シミュレーションを行うシミュレーション装置に、前記撮像手段の視野を3次元形状で画面上に表示する手段を具備させることを提案する。これにより、撮像手段の視野の3次元形状（視体積）が画面上で容易に確認できるようになる。ここで、前記視野の3次元形状は、典型的には四角錐となる。

20

【 0 0 0 8 】

また、前記撮像手段が前記視野で捉える画像を画面上に表示する手段を具備させることもできる。これにより、現場での確認作業なしでどのような画像が得られるか分かるようになる。上記いずれにおいても、前記撮像手段は前記ロボットに搭載されていることが典型的であるが、ロボットの外部に撮像手段を配置するケースに適用可能なことは言うまでもない。ロボットに搭載のケースでは、シミュレーション装置の画面に、ロボットとともにそこに搭載された撮像手段のモデル画像が表示され、ロボット外に配置のケースでは、シミュレーション装置の画面に、ロボットとともに外部に配置された撮像手段のモデル画像が表示される。本発明は更に、シミュレーション装置に、前記ワークに関連した第1の基準点を画面上で指定する手段と、前記視野に関連して予め定められた第2の基準点が、前記第1の基準点と一致するように、画面上のロボットを動作させる手段を具備させることを提案する。この提案によれば、視覚センサの撮像手段の視野の3次元形状を画面上に表示するシミュレーション装置を使い、対象物の検出に関する基準点（第1の基準点）の定義、該第1の基準点を見るためのロボットの位置・姿勢の検討が容易に行えるようになる。

30

【 0 0 0 9 】

また、シミュレーション装置に、前記撮像手段に撮像を行なわせる撮像指令と、前記ロボットを経路移動させる移動指令と、前記撮像指令と前記移動指令に関連する補正指令とを含むロボット動作プログラムに従って、ロボット動作を含むシミュレーションを行う手段と、前記移動指令が指定する移動経路に関する補正量を記憶する手段と、前記シミュレーション中に前記補正指令により、前記記憶した補正量を読み出し、画面上の前記移動経路を補正する手段とを具備させることを提案する。この提案により、視覚センサによる検出結果を利用してロボットの移動経路を補正する命令内容を含む動作プログラムについて、想定される適当な補正量を与えてロボットを画面上で移動させ、動作プログラムの評価や修正に役立てることができる。ここで、上記のように、画面上のロボットの移動経路を補正するケースでは、前記補正量に従って、画面上のワーク及び周辺機器の少なくとも一方の配置位置を補正することもできる。

40

【 0 0 1 0 】

なお、前記撮像指令に従って、前記視野の表示に関する表示状態の切換を行なう手段を具備させることもできる。前記表示状態の切換は、例えば前記撮像指令に従った表示 / 非

50

表示の切換としても良い。このようにすれば、シミュレーションに際して、オペレータは、撮像手段の視野の3次元形状とともに撮像指令が出されるタイミング（動作プログラム上でどこか）を視覚的に確認することができ、非常に便利である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、視覚センサを含むロボットシステムについて、動作プログラムのオフライン作成、オフラインで作成されたプログラムの評価や修正、編集等を行なう際に生じていた種々の不便さと作業効率の低下を緩和乃至解消することができる。具体的には、次のような利点が生じる。

【0012】

(1)シミュレーション装置の基本機能に、撮像手段の視野の3次元形状（視体積）の画面表示機能が加わり、視覚センサに関連する諸事項の検討のための基本条件が満たされる。

(2)視覚センサの撮像手段の視野の3次元形状を画面上に表示するシミュレーション装置を使い、対象物の検出に関する基準点（第1の基準点）の定義、該第1の基準点を見るためのロボットの位置・姿勢の検討が容易に行えるようになる。

【0013】

(3)視覚センサによる検出結果を利用してロボットの移動経路を補正する命令内容を含む動作プログラムについて、想定される適当な補正量（視覚センサの検出結果に基づく経路補正に対応することが想定される補正量）を与えてロボットを画面上で移動させ、動作プログラムの評価や修正に役立てることができるようになる。

(4)撮像指令に従って、前記視野の表示に関する表示状態の切換を行なうことで、シミュレーションに際して、オペレータは、撮像手段の視野の3次元形状とともに撮像指令が出されるタイミング（動作プログラム上でどこか）を視覚的に確認することができるようになり、非常に便利である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、図面を参照して本発明の実施形態について説明する。先ず図1は、本実施形態に係るシミュレーション装置の概略構成をブロック図で示したものである。同図に記した通り、シミュレーションは、CPUと、このCPUのバスラインに接続されたメモリ（ROM、RAM、不揮発性メモリ）、グラフィック制御回路、キーボード/マウス（ニュアラル入力装置）及び通信インターフェイスと、グラフィック制御回路に接続されたディスプレイ（例えば液晶表示装置、CRT等）からなる。また、図示を省略したが、必要に応じて、プリンタ、パーソナルコンピュータ等の外部機器との間でデータの授受を行なうための入出力装置等が装備される。

【0015】

メモリには、以下に説明する表示やシミュレーションの対象とされるロボットの3次元形状データ（寸法データを含む；以下、同様）、同ロボットが撮像装置を搭載した状態における3次元形状データ、ワークの3次元形状データの他、必要に応じて、周辺物体（例えばワークの治具、工作機械など）の3次元形状データ等が格納されている。

【0016】

また、グラフィック制御回路を動作させて、それら3次元モデルで定義された諸物体をシミュレーションを行なう3次元空間（以下、「シミュレーション空間」という）内で表示させるためのプログラム、諸設定値等が格納されている。ここで、シミュレーション空間内での諸物体（3次元モデル）の配置位置/姿勢は、ワークセルのデータで定義される。ワークセルは、シミュレーション対象とされるロボットシステムの配置単位で、シミュレーション対象とされるロボットシステムに含まれる物体（ロボット、ワーク、周辺機器等の3次元モデル）を指定し、それら指定された各物体の初期位置/姿勢を指定するデータを含む。ワークセルの定義内容の変更は、例えばキーボード/マウスを操作して随時可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

本実施形態に関してここまで説明した上記の構成及び機能は一般的に周知のものである。本実施形態に係るシミュレーション装置には、これら構成及び機能に加えて、以下に説明する手順と処理内容で、グラフィックジョグ（詳細後述）によるロボット姿勢の検討、視覚センサを考慮に入れたシミュレーション及びそれらに関連する表示動作を行なわせるためのソフトウェアが装備されている。

【 0 0 1 8 】

本実施形態では、先ず「準備 1」として、撮像装置の視野設定、ツール座標系の設定、検出基準点の設定等を行なう。図 2 はこの準備 1 の流れを記したフローチャートで、各ステップの要点は次の通りである。なお、以下の説明においては、特にことわりの無い限り、「ロボット」、「ワーク」、「撮像装置」等の呼称は、それぞれ各物体の 3 次元モデルのことを指すものとする。

【 0 0 1 9 】

ステップ S 1 ; シミュレーション装置上で、ワークセルを定義する。例えば、撮像装置を搭載したロボット、ワーク等を仮配置したワークセルの雛形を外部の CAD 装置（図示省略）で予め用意しておき、これを通信通信インターフェイスを介して一旦シミュレーション装置に取り込む。そして、画面上で必要な修正、追加、削除等を行なって、本実施形態でシミュレーション対象とするワークセルを定める。勿論、他の方法、例えば既存の類似したワークセルのデータを他の電子データ記憶媒体（パーソナルコンピュータのハードディスク、フレキシブル磁気ディスク等）から取り込んで良いし、シミュレーション装置上で新たに作成しても良い。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、これらいずれかの方法で定められたワークセルに従って配置（初期配置）を示す。なお、ディスプレイは、「画面 1」と「画面 2」を 1 画面上に同時に並べて表示できるものとする。ここで、「画面 2」は後述する「撮像装置による取得画像の表示」のための専用画面であり、図 3 のような表示を含む一般的な表示には「画面 1」で行なわれる。図 3 の表示画面（画面 1）においては、符号 1、2、3 は順にロボット、視覚センサの撮像装置（同ロボットに搭載）、ワークを示している。

【 0 0 2 1 】

また、符号 2 1 は、撮像装置 2 に定義されているカメラ中心点を表わし、符号 A はカメラ中心点を通る光軸（視野中心線）の方向を破線矢印で表わしている。なお、このステップ S 1 完了以後は、随時撮像装置 2 から見える画像を画面 2 に表示することが可能になる。画面 2 による表示の詳細について後述する。

【 0 0 2 2 】

ステップ S 2 ; 撮像装置 2 の視野の 3 次元形状（視体積）を定義する。そのために、例えばキーボードから、視体積の高さ h_0 、幅 d 、長さ l のデータを入力する。ここで、 h_0 は実際に使用することを考えている撮像装置（実機）の最適の撮像距離とし、 d 、 l にはその機種仕様書のデータあるいはそこから簡単な幾何学計算で得られるデータを採用する。即ち、通常、仕様書には視野の 3 次元形状を特定するに必要な十分なデータはなんらかの形で記載されているので、それを利用すれば良い。

【 0 0 2 3 】

高さ h_0 、幅 d 、長さ l のデータを入力すると、画面 1 に図 4 に示したような視体積を表わす視体積モデル 3 0 の表示がなされる。図 4 において、視野モデルにおけるカメラ（撮像装置）2 のカメラ中心点 2 2 は、四角錐形状の視体積の頂点に対応する点で、符号 B はカメラ中心点 2 2 を通る視野中心線の方向を表わしている。この視野中心線 B 上で、カメラ中心点 2 2 から h_0 だけ下った点を「注視点」と定義する。注視点の位置は、カメラ中心点 2 2 と視野中心線 B が決まれば、一意的に決まり、且つ、随時簡単に計算できる。

【 0 0 2 4 】

ステップ S 3 ; ワークセル中の撮像装置（図 3 の画面中の撮像装置 2）に、ステップ S 2 で定義された視体積モデル 3 0 を合体（付属）させる。この合体（付属）は、図 3 で符

10

20

30

40

50

号 2 1 で示したカメラ中心点（カメラモデルのカメラ中心点）2 1 に視野モデルのカメラ中心点 2 2 を一致させ、且つ、図 3 で符号 A で示した視野中心線 A に視野モデルの視野中心線 B を一致させるように行なう。視野中心線 B 周りの視体積の姿勢については、図 4 に示した視野モデルにおける撮像装置 2 の姿勢と整合するように設定される。

【 0 0 2 5 】

これらのための計算は、シミュレーション装置内部で行なわれる。そして、合体結果を織り込んだ画像が「画像 1」に図 5 (a) に示した如く表示される（但し、符号 2 4 が表わす検出基準点は、次のステップ S 4 で表示される）。

このように、撮像装置の視野が 3 次元形状で表示されることにより、視覚センサで検出可能な範囲が直感的に把握できるようになる。また、同図に例示されているように、ワーク 3 と視野の位置 / 姿勢関係も容易に把握できる。

10

【 0 0 2 6 】

ステップ S 4 ; ロボットのツール座標系を定義する。本実施形態では、図 5 (b) に示したように、上述した注視点 2 3 にツール座標系の原点（ツール先端点）が一致するようにツール座標系を定義する。ツール座標系の Z 軸（ Z_{tl} ）の方向は、視野中心線 A の方向と一致させるものとし、ツール座標系の X 軸（ X_{tl} ）及び Y 軸（ Y_{tl} ）の方向は、例えば視野の幅 d の方向及び長さ方向にそれぞれ一致するように、設定される。これらのための計算は、シミュレーション装置内部で行なわれる。このようにして定義されたツール座標系（ツール先端点を原点とする座標系）は、後述する「グラフィックジョグ」で活用される。

20

【 0 0 2 7 】

ステップ S 5 ; ワーク 3 に関する検出基準点を設定する。この検出基準点は、後述する「グラフィックジョグ」で利用される点で、一般には、撮像対象としてのワーク 3 を代表する点で、例えば実際の作業（実機を用いた作業）において最も重要な撮像箇所に対応する点を指定する。指定は、図 5 (c) に示したような座標系（以下、「検出基準座標系」という）を定義する形で行なう。そのために、先ず図 5 (a) に示した画面（但し、検出基準点 2 4 は未表示）上で、例えばマウスを用いて先ず座標系の原点 2 4 をポイント指定する。

【 0 0 2 8 】

検出基準座標系の X 軸（ X_{dt} ）及び Y 軸（ Y_{tl} ）の方向は、X 軸（ X_{dt} ）及び Y 軸（ Y_{tl} ）の方向はシミュレーション空間に定義されている座標系の X 軸、Y 軸の方向と一致させるものとする。検出基準座標系が設定されると、図 5 (a) の画面中にその原点（検出基準点）2 4 が表示される。なお、設定されたツール座標系や検出基準座標系の表示に際しては、図 5 (b)、(c) に示したような座標系をグラフィックで表示しても良い。また、場合によっては、1 つのワークに対して 2 個以上の検出基準座標系（検出基準点）を設定しても良い。更に、ワークが複数の場合、ワーク毎に 1 個以上の検出基準座標系を設定するケースもあり得る。

30

【 0 0 2 9 】

以上のステップ S 1 ~ ステップ S 5 で、「準備 1」が完了する。但し、定義したワークセル中に撮像装置を搭載したロボットが複数存在する場合には、必要に応じて、各ロボット毎に上記と同様の準備を行なう。その際に、アプリケーション（ロボットシステムが行なう作業内容）に応じて、複数のロボットで兼用できるデータ（例えば視体積のデータ）は適宜共用する。

40

【 0 0 3 0 】

次に、本実施形態では準備 1 に引続き「グラフィックジョグ」を利用して、撮像に関連したロボット姿勢の検討を行なう。図 6 はグラフィックジョグに関連する手順を記したフローチャートで、各ステップの要点は次の通りである。

ステップ T 1 ; グラフィックジョグを行なうロボットを指定する。図 3 に示したように、ロボット（撮像装置搭載）が単一（ロボット 1）の場合はそれを指定する。定義したワークセル中に複数のロボットが存在する場合には、それらの中から 1 つをディスプレイ画

50

面上でマウス等を使って指定する。

【0031】

ステップT2；グラフィックジョグの移動目標とする検出基準点を指定する。図3に示したように、検出基準点が単一（検出基準点23）の場合はそれを指定する。定義したワークセル中に複数の検出基準点が存在する場合には、それらの中から1つをディスプレイ画面上でマウス等を使って指定する。

ステップT3；グラフィックジョグの処理を実行する。これは画面1上で、ロボットのシミュレーション空間内での移動を行なうもので、その目標点は、ステップS2で指定された検出基準点とする。ここでは、前述したステップS4で設定されたツール先端点23を検出基準点24に一致させるような移動をロボット1に行なわせる。換言すれば、ロボット1のツール座標系（図5（b）参照）を検出基準座標系（図5（c）参照）に一致させるような移動をロボット1に行なわせる。

10

【0032】

このロボット移動の様子は、画面1でアニメーション形式で表示される。その際、撮像装置2もロボット1と一体で移動し、前述のステップS3で撮像装置2に取り付けられた視体積モデル30も同一の動きをする。図7における画面1は、このグラフィックジョグの移動が完了する少し前における表示画像を表わしている。図示されているように、ツール先端点（即ち、撮像装置2の注視点）23は検出基準点24の近傍まで到達しているが、一致には至っていない。グラフィックジョグの移動が完了した状態では、ツール先端点23が検出基準点24に一致する。

20

【0033】

なお、前述したように、ツール先端点23及び検出基準点24は、それぞれツール座標系及び検出基準座標系（図5（b）、（c）参照）の原点であり、グラフィックジョグ完了時には、両座標系の姿勢も一致する。即ち、Xtl軸とXdt軸、Ytl軸とYdt軸、Ztl軸とZdt軸がそれぞれ同方向を向く。図7では図示を省略したが、この座標系の姿勢一致の様子を重ねて表示しても良い。

【0034】

以上説明したグラフィックジョグは、ロボットの姿勢検討を行なう上で有用である。例えば、撮像装置2の注視点に設定したツール先端点23を検出基準点24に一致させた時のロボット姿勢に無理がないか、あるいは周辺物体との干渉可能性はどうかをチェックすることで、ワークセルが定めているロボットの配置位置/姿勢の適否が評価できる。もしも、ロボットの配置位置/姿勢に問題（例えばワークとロボットが離れ過ぎ、あるいは、ロボットベースの向きが不適など）があれば、ワークセルにおけるロボットの配置位置/姿勢を修正したり、ワークの位置/姿勢や撮像装置の取付位置/姿勢を変える形で、ワークセルを修正する。この修正は、グラフィックジョグで模されている検出基準点24へのロボット1の検出姿勢が適正なものとなるまで行なわれる。そのために、必要に応じて、上記した「準備1」と「グラフィックジョグ」の処理を繰り返して行なう。

30

【0035】

ここで、画面2による「撮像装置2から見える画像の表示」について説明しておく。既述の通り、前記ステップS1の完了以後は、撮像装置2から見える画像を画面2に表示することが可能になっている。即ち、ステップS1完了時には、シミュレーション空間内でカメラ中心点21（乃至22）を頂点とする視体積モデル30の位置/姿勢とロボット1の位置/姿勢の関係は確定しており、また、ワーク3等の位置/姿勢もワークセルのデータで既知となっている。従って、ロボット1の位置/姿勢を与えれば、視体積モデル30に対応して視野に捉えられる物体の3次元位置データから、撮像装置2から見える画像を計算で求めることができる。この計算は、例えば撮像装置2にピンホールカメラのモデルを適用した写像計算とすることができる。なお、撮像装置のこの種の写像のシミュレーションを行なうソフトウェア自体は周知であるから、詳細説明は省略する。

40

【0036】

どの時点で、画面2の表示を行なわせるかは任意であるが、ここでは、グラフィックジ

50

ジョグの実行時に表示を行なうものとするれば、例えば図7中の画面2に示したような表示画面が得られることになる(図3、図5では画面2は非表示を例示)。図7中の画面2では、画面1に表示した画面に対応して、ツール先端点(即ち、撮像装置2の注視点)23が検出基準点24の近傍にある状態が表示されている。グラフィックジョグの移動が完了した状態では、当然、ツール先端点23が検出基準点24に一致した状態が表示される。

【0037】

次に、ロボット移動指令とともに、同ロボット移動指令に関連して視覚センサを利用した移動経路補正を行なうための指令を含むようなロボット動作プログラムに従ったシミュレーションについて説明する。本実施形態では、上記準備1と、グラフィックジョグによるワークセルの修正、あるいは、修正不要であればワークセルが適正であることの確認が完了した状態で、先ず図8のフローチャートに示した手順に従って「準備2」を行なう。各ステップの要点は次の通りである。

10

【0038】

ステップU1; 上述の過程を経て用意されたワークセルの配置を画面1に表示させる。ここで、画面1に表示される画像は、例えば図5に示したようなもので、表示画像には、ロボット1、撮像装置2、ワーク3及び視体積モデル30の画像が含まれている。前述したグラフィックジョグを利用してワークセルが修正されていれば、修正後の配置が表示される。

【0039】

ステップU2; 動作シミュレーションを行なうプログラムを指定する。指定は、例えばプログラム一覧を画面1中に分割表示させて、その中から1つをマウスで指定する。ここでは、視覚センサを考慮したシミュレーションを行なうので、ロボット移動指令とともに、同ロボット移動指令に関連して視覚センサを利用した移動経路補正を行なうための指令(以下、「視覚センサ準拠補正指令」という)を含むようなロボット動作プログラムの1つを指定する。

20

【0040】

ステップU3; 視覚センサ準拠補正指令に対応するロボット移動経路の補正量を設定する(以下、単に「補正量設定」という)。ここでは、一例として、図9に示したように、教示点Q1(X1, Y1, Z1; P1, W1, R1)から教示点Q2(X2, Y2, Z2; P2, W2, R2)への直線移動について、教示点Q2の位置をQ2'(X2+ X2, Y2+ Y2, Z2+ Z2; P2+ P2, W2+ W2, R2+ R2)に変更する補正量Q2(X2, Y2, Z2; P2, W2, R2)を設定する。このQ1 Q2(補正後はQ1 Q2')の経路移動は、次に説明するシミュレーションのフローチャート(図10参照)中のステップV6でのイエス出力~ステップV10で用いられる。

30

【0041】

このようにして準備2が完了したら、図10のフローチャートに記した手順で「動作プログラムシミュレーション」を実行する。各ステップの要点は次の通りである。なお、ここでは、このシミュレーション実行中はディスプレイの画面2は非表示を維持するものとする。

【0042】

ステップV1; 図11に例示したように、画面1に視体積モデル30を非表示とした画像を表示させる。

40

ステップV2; 指定されている動作プログラムの行数Nを読み込む。

ステップV3; 動作プログラムを起動する。

ステップV4; 行数指標IをI=1に初期設定する。

【0043】

ステップV5; 動作プログラムのI行目を読み込む。

ステップV6; 視覚センサ準拠補正指令(ロボット移動経路補正のための視覚センサの検出指令で撮像指令を含む)であるか否か判断する。イエスであればステップV7へ進む、ノーであればステップV10へ進む。

50

ステップV7；画面1の表示を、図12に例示したような視体積モデル30を表示した画像に切り替える。これにより、オペレータは視覚センサ準拠補正指令が出力されたことを視覚的に把握できる。

【0044】

ステップV8；設定されている補正量を読みだして、ロボットの移動位置を補正する。ここでは、当該行で指定されている移動位置が前述した教示点Q2であるとし、その位置をQ2'に変更する。即ち、補正量 $Q2(X2, Y2, Z2; P2, W2, R2)$ を読み出して、 $Q2(X2, Y2, Z2; P2, W2, R2)$ を $Q2'(X2+X2, Y2+Y2, Z2+Z2; P2+P2, W2+W2, R2+R2)$ に変更する。なお、ここで、画面1におけるワーク3の表示位置/姿勢を図13に示したように、対応する補正量 $Q2$ だけ変更することもできる。また、ワーク治具など別の周辺物体があれば、その表示位置/姿勢を併せて変更することもできる。

10

【0045】

ステップV9；画面1における視体積モデル30を非表示に戻す。

ステップV10；ロボット1をシミュレーション空間内で移動させる。ここここでは、 $Q1(X1, Y1, Z1; P1, W1, R1)$ から $Q2'(X2+X2, Y2+Y2, Z2+Z2; P2+P2, W2+W2, R2+R2)$ へロボット1が移動する。その様子は、画面1にアニメーション形式で表示される。但し、ステップV6から直接ステップV10へ進んだ場合（視覚センサ準拠補正指令なし）の場合は、通常の態様で、その行の命令を実行する。

【0046】

20

ステップV11；最終行であるか否か判断する。イエスであれば処理を終了する。ノーであればステップV12へ進む。

ステップV12；行指標Iを1アップして、ステップV5へ戻る。

【図面の簡単な説明】

【0047】

【図1】本発明の実施形態に係るシミュレーション装置の概略構成をブロック図で示したものである。

【図2】本発明の実施形態で行なわれる準備1の流れを記したフローチャートである。

【図3】本発明の実施形態で定義されたワークセルにおける配置を表示画面（画面1）で示したものである。

30

【図4】撮像装置の視野積の3次元形状（視体積）の設定について説明する図である。

【図5】撮像装置の視体積をワークセル中に組み入れた後に行なわれるツール先端点及び検出基準点の設定について説明する図で、(a)はディスプレイの表示画像を表わし、(b)、(c)はそれぞれツール座標系と検出基準座標系を示している。

【図6】本発明の実施形態で行なわれるグラフィックジョグの流れを記したフローチャートである。

【図7】グラフィックジョグ完了の少し前のディスプレイの表示画像を表わしている。

【図8】本発明の実施形態で行なわれる準備2の流れを記したフローチャートである。

【図9】補正量の設定について説明する図である。

【図10】本発明の実施形態で行なわれる動作プログラムのシミュレーションの処理の流れを記したフローチャートである。

40

【図11】動作プログラムのシミュレーションの過程で、撮像指令が出されていない時のディスプレイの表示画像を表わしている。

【図12】動作プログラムのシミュレーションの過程で、撮像指令が出されている時のディスプレイの表示画像を表わしている。

【図13】補正量の設定に対応したワークの位置/姿勢の変更について説明する図である。

【符号の説明】

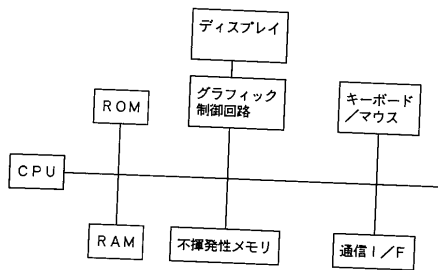
【0048】

1 ロボット（3次元モデル）

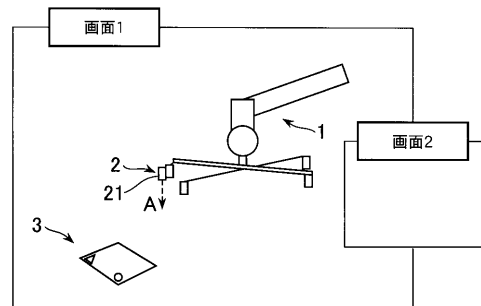
50

- 2 撮像装置（カメラ；3次元モデル）
- 3 ワーク（3次元モデル）
- 3 a 補正量対応移動前のワーク（3次元モデル）
- 3 b 補正量対応移動後のワーク（3次元モデル）
- 2 1 カメラ中心点（カメラモデル）
- 2 2 カメラ中心点（視体積モデル）
- 2 3 注視点（ツール座標原点；第1の基準点）
- 2 4 検出基準点（第2の基準点）
- 3 0 視体積モデル

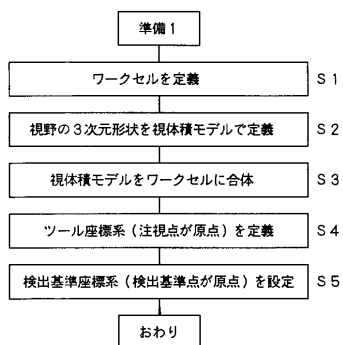
【図1】



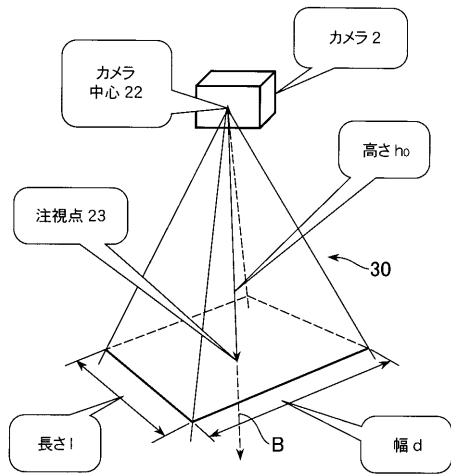
【図3】



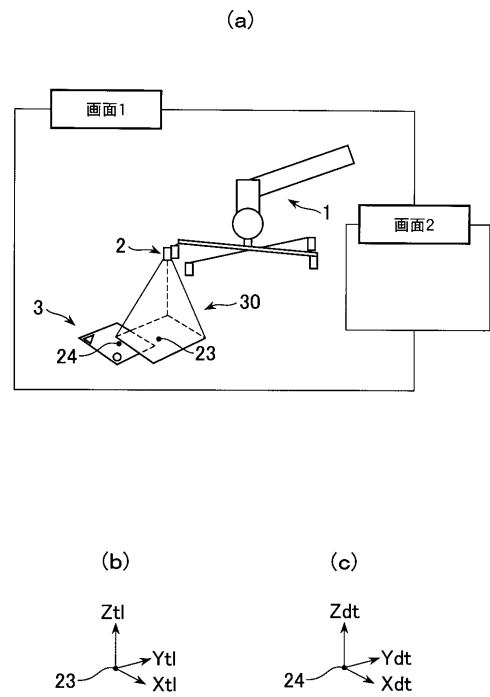
【図2】



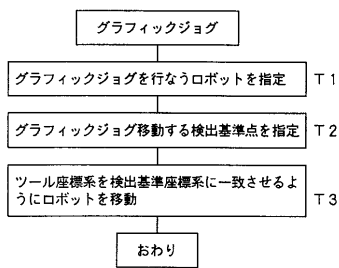
【 図 4 】



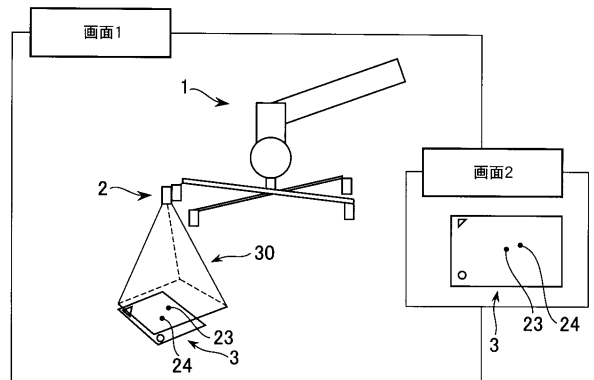
【 図 5 】



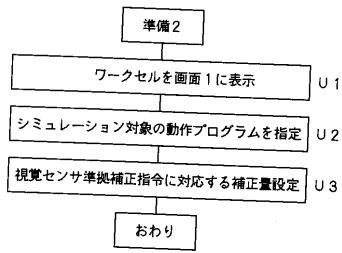
【 図 6 】



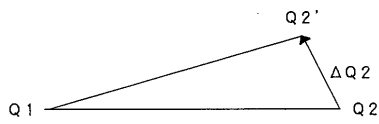
【 図 7 】



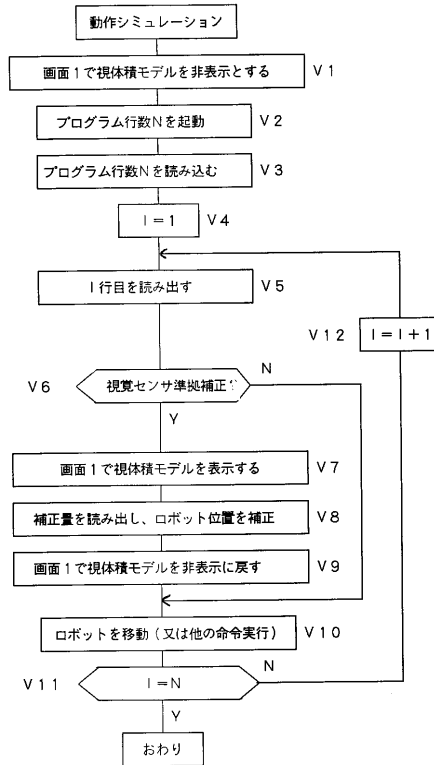
【 図 8 】



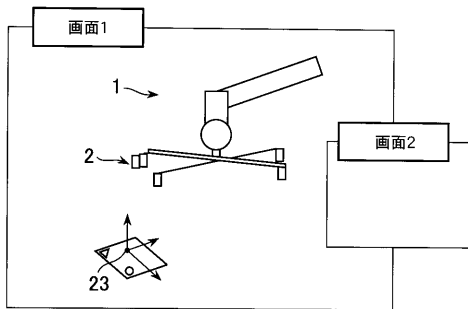
【 図 9 】



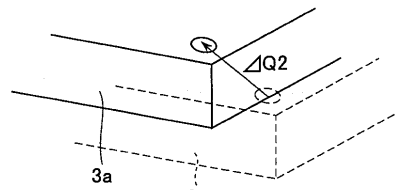
【 図 10 】



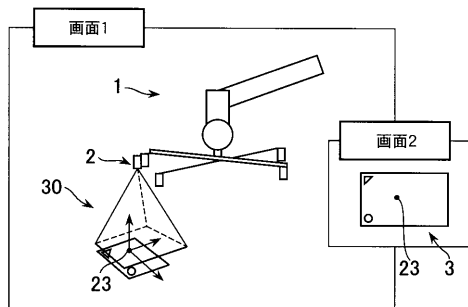
【 図 11 】



【 図 13 】



【 図 12 】



フロントページの続き

(72)発明者 長塚 嘉治

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社 内

審査官 八木 誠

(56)参考文献 特開昭64-26907(JP,A)
特開平9-297611(JP,A)
特開平10-138100(JP,A)
特開平10-240791(JP,A)
特開2001-42759(JP,A)
特開平9-270023(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B19/18-19/46

B25J1/00-21/02