

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5877857号  
(P5877857)

(45) 発行日 平成28年3月8日(2016.3.8)

(24) 登録日 平成28年2月5日(2016.2.5)

(51) Int. Cl. F I  
**B 2 5 J 9/22 (2006.01)** B 2 5 J 9/22 A

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-46444 (P2014-46444)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成26年3月10日 (2014. 3. 10)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2015-168043 (P2015-168043A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成27年9月28日 (2015. 9. 28)		〇番地
審査請求日	平成27年4月21日 (2015. 4. 21)	(74) 代理人	100099759
早期審査対象出願			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100123582
			弁理士 三橋 真二
		(74) 代理人	100159684
			弁理士 田原 正宏
		(74) 代理人	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワークの取出工程をシミュレーションするロボットシミュレーション装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

作業空間において容器内にバラ積みされた複数のワークをロボットによって順次取出す取出工程をシミュレーションするロボットシミュレーション装置であって、

前記作業空間を三次元で表現した仮想空間を作成する仮想空間作成部と、

前記容器を三次元で表現した容器モデル、及び前記複数のワークを三次元で表現した複数のワークモデルを作成するモデル作成部と、

前記容器モデルを前記仮想空間に配置するとともに、任意の姿勢を有する各々の前記ワークモデルを、各々の前記ワークモデルが互いに干渉しないように、かつ各々の前記ワークモデルが前記容器モデル内に落下するように、前記容器モデルの上方の初期位置に配置するモデル配置部と、

各々の前記ワークが、重力の作用を受けて前記初期位置から前記容器内に落下する落下動作をシミュレーションする落下動作シミュレーション部と、

前記落下動作のシミュレーションの結果として得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークモデルのバラ積み状態を作成する、バラ積み状態作成部と、

を備える、ロボットシミュレーション装置。

【請求項2】

前記落下動作シミュレーション部が、各々の前記ワークモデルに作用する重力、前記ワークモデルどうしの干渉、及び各々の前記ワークモデルと前記容器モデルとの間の干渉を

10

20

考慮して、前記落下動作をシミュレーションするように構成される、請求項 1 に記載のロボットシミュレーション装置。

【請求項 3】

前記落下動作シミュレーション部は、各々の前記ワークモデルに作用する衝撃力及び摩擦力をさらに考慮して、前記落下動作をシミュレーションするように構成される、請求項 2 に記載のロボットシミュレーション装置。

【請求項 4】

前記落下動作のシミュレーションの実行中に、各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出部と、

前記落下動作のシミュレーションが完了したか否かを判定する判定部と、をさらに備えており、

前記判定部は、前記位置姿勢算出部によって算出される各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢の変化量が予め定められる閾値よりも小さい場合に、前記落下動作のシミュレーションが完了したと判定するように構成される、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシミュレーション装置。

【請求項 5】

前記位置姿勢算出部は、前記取出工程のシミュレーションの実行中において、各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢を算出するようにさらに構成されており、

前記落下動作シミュレーション部は、前記位置姿勢算出部によって前記取出工程のシミュレーションの実行中に得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークの落下動作をシミュレーションするようにさらに構成されており、

前記バラ積み状態作成部は、前記取出工程のシミュレーションの実行中における前記落下動作のシミュレーションの結果として得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークのバラ積み状態を作成するようにさらに構成される、請求項 4 に記載のロボット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、ワークの取出工程をシミュレーションするロボットシミュレーション装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットシミュレーション装置は、ロボットによるワークのハンドリングなどの所定の動作を仮想空間内でシミュレーションするために使用される。シミュレーション結果は、ロボットの制御プログラムを評価するとともに、必要に応じて修正を加えるために利用される。

【0003】

特許文献 1 には、容器内にバラ積みされている複数のワークを取出す際に、ロボットとワークとの間の干渉、及びロボットと容器との間の干渉を予測することを目的として使用される、ロボットシミュレーション装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 326160 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

例えば容器内にバラ積みされたワークをロボットで順次取出す際のロボットの動作をシミュレーションする場合、バラ積み状態のワークを仮想空間内に作成する必要がある。特許文献 1 に開示されるロボットシミュレーション装置では、各々のワークモデルの位置及

10

20

30

40

50

び姿勢がランダムに決定される。しかしながら、ワークモデルをランダムに配置する場合、重力などの影響を考慮していないため、実際に発生しうるバラ積み状態を十分に反映していない不自然なバラ積み状態が作成されていた。

【0006】

したがって、ワークに作用する重力及びワークに対する干渉を考慮してバラ積み状態のワークを作成できるようにしたロボットシミュレーション装置が求められている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本願の1番目の態様によれば、作業空間において容器内にバラ積みされた複数のワークをロボットによって順次取出す取出工程をシミュレーションするロボットシミュレーション装置であって、前記作業空間を三次元で表現した仮想空間を作成する仮想空間作成部と、前記容器を三次元で表現した容器モデル、及び前記複数のワークを三次元で表現した複数のワークモデルを作成するモデル作成部と、前記容器モデルを前記仮想空間に配置するとともに、任意の姿勢を有する各々の前記ワークモデルを、各々の前記ワークモデルが互いに干渉しないように、かつ各々の前記ワークモデルが前記容器モデル内に落下するように、前記容器モデルの上方の初期位置に配置するモデル配置部と、各々の前記ワークが、重力の作用を受けて前記初期位置から前記容器内に落下する落下動作をシミュレーションする落下動作シミュレーション部と、前記落下動作のシミュレーションの結果として得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークモデルのバラ積み状態を作成する、バラ積み状態作成部と、を備える、ロボットシミュレーション装置が提供される。

10

20

本願の2番目の態様によれば、1番目の態様に係るロボットシミュレーション装置において、前記落下動作シミュレーション部が、各々の前記ワークモデルに作用する重力、前記ワークモデルどうしの干渉、及び各々の前記ワークモデルと前記容器モデルとの間の干渉を考慮して、前記落下動作をシミュレーションするように構成される。

本願の3番目の態様によれば、2番目の態様に係るロボットシミュレーション装置において、前記落下動作シミュレーション部は、各々の前記ワークモデルに作用する衝撃力及び摩擦力をさらに考慮して、前記落下動作をシミュレーションするように構成される。

本願の4番目の態様によれば、1番目から3番目のいずれかの態様に係るロボットシミュレーション装置において、前記落下動作のシミュレーションの実行中に、各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢を算出する位置姿勢算出部と、前記落下動作のシミュレーションが完了したか否かを判定する判定部と、をさらに備えており、前記判定部は、前記位置姿勢算出部によって算出される各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢の変化量が予め定められる閾値よりも小さい場合に、前記落下動作のシミュレーションが完了したと判定するように構成される。

30

本願の5番目の態様によれば、4番目の態様に係るロボットシミュレーション装置において、前記位置姿勢算出部は、前記取出工程のシミュレーションの実行中において、各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢を算出するようにさらに構成されており、前記落下動作シミュレーション部は、前記位置姿勢算出部によって前記取出工程のシミュレーションの実行中に得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークの落下動作をシミュレーションするようにさらに構成されており、前記バラ積み状態作成部は、前記取出工程のシミュレーションの実行中における前記落下動作のシミュレーションの結果として得られる各々の前記ワークモデルの位置及び姿勢に基づいて、前記ワークのバラ積み状態を作成するようにさらに構成される。

40

【0008】

これら及び他の本発明の目的、特徴及び利点は、添付図面に示される本発明の例示的な実施形態に係る詳細な説明を参照することによって、より明らかになるであろう。

【発明の効果】

【0009】

上記構成を備えたロボットシミュレーション装置によれば、重力の影響を考慮した上で

50

、容器モデル内にバラ積みされたワークモデルを作成できるようになり、より自然なバラ積み状態を作成できる。それによって、実際に発生しうるバラ積み状態に近い条件でワークの取出工程をシミュレーションできるようになり、シミュレーションの信頼性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施形態に係るロボットシミュレーション装置を含む、ロボットシステムの全体配置図である。

【図2】ロボットシミュレーション装置の表示部による表示例である。

【図3】ロボットシミュレーション装置の機能ブロック図である。

10

【図4】バラ積み状態のワークモデルを作成する工程の流れを示すフローチャートである。

【図5A】ワークモデルの配置条件を説明するための図である。

【図5B】図5Aに示されるワークモデルのうちの1つを拡大して示す拡大図である。

【図6A】初期位置にあるワークモデルを示す図である。

【図6B】初期位置から落下したワークモデルを示す図である。

【図7】ワークモデルに作用する重力、衝撃力及び摩擦力を示す図である。

【図8】ロボットシミュレーション装置の機能ブロック図である。

【図9】取出工程のシミュレーションの実行中に、バラ積み状態のワークモデルを作成する工程の流れを示すフローチャートである。

20

【図10A】バラ積み状態のワークモデルを示す図である。

【図10B】ワークモデルの位置及び姿勢が変化した状態を示す図である。

【図10C】落下動作をシミュレーションした後のワークモデルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。図示される実施形態の構成要素は、本発明の理解を助けるために縮尺が適宜変更されている。また、同一又は対応する構成要素には、同一の参照符号が複数の図面にわたって使用される。

【0012】

図1は、本実施形態に係るロボットシミュレーション装置10を含む、ロボットシステム100の全体配置図である。ロボットシミュレーション装置10は、例えばロボットプログラムを作成し、実行できるように構成されたデジタルコンピュータである。ロボットシステム100は、ロボット130をさらに備えている。ロボット130は、ロボット制御装置140によって制御される多関節ロボットである。ロボットシミュレーション装置10とロボット制御装置140とは、公知の構成を有する通信手段102を介して互いに接続されている。通信手段102は、例えばロボットシミュレーション装置10において作成された制御プログラムをロボット制御装置140に送信するのに使用される。

30

【0013】

ロボット130は、例えばワーク160を把持可能なハンド132をアームの先端に備えている。ロボット130は、容器150内にバラ積みされた、すなわち不規則に配置された多数のワーク160からワーク160を順次取出すように、ロボット制御装置140によって制御される。

40

【0014】

容器150は、例えば底壁152と、底壁152から概ね鉛直方向上方に延在する周壁154と、を有するカゴ状の形態を有している。容器150は上方に向かって開口しており、ロボット130は、容器150の底壁152及び周壁154によって画定される収容空間156に対して上方からアクセスできるようになっている。

【0015】

図示された例では、ワーク160は直方体の形状を有しているものの、ワーク160の形状はこれには限定されない。また、容器150は、ロボット130によって収容空間1

50

5 6 内にアクセス可能であれば、他の任意の形状を有していてもよい。

【0016】

ロボットシミュレーション装置10は、図示されないものの、各種演算処理を実行するCPUと、CPUの演算結果を記憶するRAMと、各種プログラムを記憶するROMと、入力デバイスと、を備えている。入力デバイスは、マウス、キーボードなどの公知の入力手段である。ロボットシミュレーション装置10は、液晶ディスプレイなどの表示部12をさらに備えている。

【0017】

図2は、ロボットシミュレーション装置10の表示部12による表示例を示している。表示部12には、図1に示されるロボット130の作業空間を三次元で表現した仮想空間が表示される。図示されるように、表示部12の画面には、ロボット130を三次元で表現したロボットモデル30と、容器150を三次元で表現した容器モデル50と、ワーク160を三次元で表現したワークモデル60と、がそれぞれ表示されている。また、ロボットモデル30のハンド32及び容器モデル50の底壁52及び周壁54もそれぞれ画面上に表示される。

10

【0018】

図2には二次元の情報のみが表示部12に示されているものの、操作者は、マウス又はキーボードなどの入力デバイスを使って視点を変更することによって、各要素の位置関係を三次元空間において確認できるようになっている。

【0019】

ロボットシミュレーション装置10は、容器モデル50内にパラ積みされたワークモデル60をロボットモデル30によって順次取出す取出工程を仮想空間内で実行できるように構成される。操作者は、仮想空間で実行されるシミュレーションの様子を確認しながら、ロボット130に対する制御プログラムが適切かどうかを確認できる。

20

【0020】

図3は、ロボットシミュレーション装置10の機能ブロック図である。図示されるように、ロボットシミュレーション装置10は、仮想空間作成部14と、モデル作成部16と、モデル配置部18と、落下動作シミュレーション部20と、パラ積み状態作成部22と、位置姿勢算出部24と、判定部26と、を備えている。

【0021】

仮想空間作成部14は、図1に示されるようなロボット130の作業空間を三次元で表現した仮想空間を作成する機能を有する。仮想空間作成部14によって作成された仮想空間は、ロボットシミュレーション装置10の表示部12の画面上に表示される(図2参照)。

30

【0022】

モデル作成部16は、ロボット130、容器150及びワーク160を三次元でそれぞれ表現したロボットモデル30、容器モデル50及びワークモデル60を作成する機能を有する。各々のモデル30、50、60は、例えばロボットシミュレーション装置10のROMに記憶された各要素の形状情報に従って作成される。或いは、操作者がロボットシミュレーション装置10の入力手段を使用して各々のモデル30、50、60の形状を設定できるようになっている。

40

【0023】

モデル配置部18は、モデル作成部16によって作成されたロボットモデル30、容器モデル50及びワークモデル60をそれぞれ仮想空間内の所定の位置に配置する機能を有する。

【0024】

落下動作シミュレーション部20は、各々のワークモデル60に作用する重力と、ワークモデル60どうしの干渉と、ワークモデル60と容器モデル50との間の干渉と、を考慮して、ワーク160が落下する動作をシミュレーションする機能を有する。さらに、落下動作シミュレーション部20は、後述するように、ワークモデル60に作用する衝撃力

50

及び摩擦力を考慮してワーク 160 の挙動をシミュレーションするように構成されていてもよい。

【0025】

バラ積み状態作成部 22 は、ワーク 160 の落下動作のシミュレーションの結果として得られるワークモデル 60 の位置及び姿勢に基づいて、複数のワークモデル 60 が容器モデル 50 内においてバラ積みされたバラ積み状態を作成する機能を有する。

【0026】

位置姿勢算出部 24 は、仮想空間内におけるワークモデル 60 の位置及び姿勢を算出する機能を有する。ワークモデル 60 の位置は、例えば仮想空間に対して設定される基準座標系におけるワークモデル 60 の重心の位置に応じて定まる。また、ワークモデル 60 の姿勢は、例えばワークモデル 60 の重心を通る平面の傾斜角度に従って計算される。

10

【0027】

判定部 26 は、ワークモデル 60 の落下動作が完了したか否かを判定する機能を有する。判定部 26 は、例えば、位置姿勢算出部 24 によって検出されるワークモデル 60 の位置及び姿勢の変化量が十分に小さくなったときにワークモデル 60 の落下動作が完了したと判定するように構成される。すなわち、落下動作は、各々のワークモデル 60 の落下後の挙動が収束したときに完了したものとみなされる。

【0028】

ロボットシミュレーション装置 10 は、ROM に記憶された動作プログラムに従って、容器内にバラ積みされたワークを仮想空間内に作成できるように構成されている。図 4 は、バラ積み状態のワークモデルを作成する工程の流れを示すフローチャートである。

20

【0029】

まず、ステップ S401 において、仮想空間作成部 14 によって、ロボット 130 の作業空間（図 1 参照）に対応する三次元の仮想空間を作成する。作成された仮想空間は、ロボットシミュレーション装置 10 の表示部 12 に表示される。

【0030】

次いで、ステップ S402 において、モデル作成部 16 によって、容器 150 及びワーク 160 にそれぞれ対応する三次元の容器モデル 50 及びワークモデル 60 を作成する。

【0031】

ステップ S403 では、モデル配置部 18 によって、ステップ S402 において作成された容器モデル 50 及びワークモデル 60 を仮想空間内に配置する。本実施形態において、ワークモデル 60 は、容器モデル 50 の上方に重力の作用を無視して配置される。

30

【0032】

図 5 A は、ワークモデル 60 の配置条件を説明するための図である。図 5 B は、図 5 A に示されるワークモデル 60 のうちの 1 つを拡大して示す拡大図である。図 5 A には、各々のワークモデル 60 に対応する仮想的な球体 62 が破線で描かれている。なお、球体 62 は、ワークモデル 60 の初期位置を決定する際に利用されるものの、表示部 12 に実際に表示される必要はない。

【0033】

図 5 B に示されるように、球体 62 は、ワークモデル 60 の重心 G を中心とし、重心 G から最も遠位に位置する頂点 P までの距離 D を半径とする球である。図示されるような直方体の形状を有するワークモデル 60 の場合、各々の頂点と重心 G との間の距離は互いに同一であるので、いずれの頂点を選択してもよい。

40

【0034】

再び図 5 A を参照すると分かるように、各々の球体 62 は、互いに重なり合うことなく、すなわち各々の球体 62 の重心 G どうしの間の距離が 2 D 以上離間するようにそれぞれ配置されている。このように各々のワークモデル 60 を配置すれば、各々のワークモデル 60 が初期位置において互いに重なり合うのを防止できる。

【0035】

また、各々の球体 62 は、容器モデル 50 の周壁 54 の先端 54 a から鉛直方向上方に

50

伸ばした仮想線によって画定される領域の内側に配置されるようになっている。このような配置によれば、各々のワークモデル60を後述するように落下させたときに、ワークモデル60が容器モデル50の收容空間56内に落下するのを保証できる。このような所定の配置条件に従ってワークモデル60を配置するようにモデル配置部18を構成すれば、操作者の負担を低減できる。

【0036】

なお、ワークモデル60の位置(重心Gの位置)は、上記のように所定の条件に従って定められるものの、ワークモデル60の姿勢は、例えば乱数に従ってランダムに設定される。或いは、各々のワークモデル60の姿勢は、操作者によって任意に設定されてもよい。

10

【0037】

図4に戻り、ステップS404において、落下動作シミュレーション部20によって、ステップS403で初期位置に配置されたワークモデル60が容器モデル50内に落下する落下動作をシミュレーションする。すなわち、ステップS403では無視していた重力をここでは考慮して、ワークモデル60が落下する際の挙動を計算する。

【0038】

図6Aは、初期位置にあるワークモデル60a, 60b, 60cを示す図である。図6Bは、図6Aの初期位置からそれらワークモデル60a, 60b, 60cを落下させた状態を示す図である。図6Bには、参考のため、初期位置から落下する途中のワークモデル60a, 60b, 60cが破線で示されている。図6A及び図6Bには、説明を簡単にするために、3つのワークモデル60a, 60b, 60cのみが図示されているものの、任意の数のワークモデルを配置できる。

20

【0039】

ステップS404において実行される落下動作のシミュレーションにおいて、各々のワークモデル60a, 60b, 60cどうしに作用する干渉、及びワークモデル60a, 60b, 60cと容器モデル50との間の干渉が考慮される。ここでいう2つの要素間の「干渉」とは、一方の要素の移動が他方の要素の存在によって物理的に妨げられることをいう。図6Bには、ワークモデル60aとワークモデル60bとの間の干渉部Q1、ワークモデル60bとワークモデル60cとの間の干渉部Q2、ワークモデル60aと容器モデル50との間の干渉部Q3、及びワークモデル60cと容器モデル50との間の干渉部Q4がそれぞれ示されている。

30

【0040】

また、落下動作のシミュレーションにおいては、各々のワークモデル60a, 60b, 60cに作用する摩擦力及び衝撃力をさらに考慮してもよい。図7は、ワークモデル60に作用する重力、衝撃力及び摩擦力を示す図である。図7においては、説明を簡単にするため、1つのワークモデル60のみが示されている。

【0041】

図7の矢印A1は重力の作用方向を示している。矢印A2は、ワークモデル60が容器モデル50の底壁52に落下したときの衝撃力の作用方向を示している。矢印A3は、ワークモデル60と容器モデル50の底壁52との間に作用する摩擦力の作用方向を示している。

40

【0042】

ワークモデル60に作用する各々の力は、次の計算式(1)~(3)に従ってそれぞれ計算される。

$$\text{重力} = Mg \quad \text{式(1)}$$

$$\text{衝撃力} = MV(1+e)/t \quad \text{式(2)}$$

$$\text{摩擦力} = \mu s Mg \quad \text{式(3)}$$

【0043】

なお、「M」はワークモデル60の質量を表しており、「g」は重力加速度を表しており、「V」はワークモデル60が容器モデル50に衝突する直前の速度を表しており、「

50

e」は反発係数を表しており、「t」はワークモデル60と容器モデル50との間の衝突時間を表しており、「μ」は動摩擦係数を表しており、「s」はワークモデル60と容器モデル50との間の接触面積を表している。なお、このとき、容器モデル50の位置は固定されているものとする。落下動作のシミュレーションに必要なパラメータは、ロボットシミュレーション装置10のROMに記憶されているか、或いは入力手段を用いて設定される。

【0044】

再び図4を参照すると、落下動作のシミュレーションの実行中においては、位置姿勢算出部24によって、各々のワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢を所定の周期で算出する(ステップS405)。

10

【0045】

続いて、ステップS406において、ワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢の変化量を計算するとともに、得られた変化量を予め定められる閾値と比較する。ステップS406において、ワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢の変化量が閾値以上である場合、判定部26によって、落下動作が完全に終了していないと判定される。その場合、ステップS404に戻り、落下動作のシミュレーションを継続する。

【0046】

他方、ステップS406において、ワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢の変化量が閾値よりも小さいと判定された場合、判定部26によって、ワークモデル60a, 60b, 60cの落下動作が完了したと判定する。なお、ステップS406で位置の変化量と比較される閾値は、限定されないものの、例えばワークモデル60に関連付けられる球体の半径D(図5B参照)の100分の1の値が使用される。また、姿勢の変化量(傾斜角度の変化量)と比較される閾値は、限定されないものの、例えば0.1度である。

20

【0047】

このようにして得られた落下動作が完了したときの各々のワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢に基づいて、バラ積み状態作成部22は、ワークモデル60a, 60b, 60cのバラ積み状態を作成する。作成されたバラ積み状態は、ワークをロボットによって順次取出す取出工程をシミュレーションするために使用される。

【0048】

本実施形態によれば、ワークモデルに作用する重力と、ワークモデルどうしの干渉と、ワークモデルと容器モデルとの干渉と、を考慮して、容器モデル内におけるワークモデルのバラ積み状態が作成される。それにより、実際に発生しうるバラ積み状態により近い状態を仮想空間内で作成できるようになる。そして、そのようなバラ積み状態のワークを使用して、取出工程のシミュレーションを実行すれば、シミュレーションの信頼性を向上させられる。

30

【0049】

また、任意にワークモデルに作用する衝撃力及び摩擦力を考慮して落下動作のシミュレーションを実行すれば、さらにより自然なバラ積み状態を仮想空間内で作成できるようになる。

40

【0050】

図8は、取出工程のシミュレーションの実行中に、バラ積み状態のワークモデルを作成するように構成されたロボットシミュレーション装置10の機能ブロック図である。図示されるように、ロボットシミュレーション装置10は、図3に示される構成に加えて、取出工程シミュレーション部21と、位置姿勢変化判定部23と、初期配置設定部25と、をさらに備えている。

【0051】

取出工程シミュレーション部21は、図1に示されるように、ロボット130によって、ワーク160を容器150から順次取出す取出工程のシミュレーションを実行する機能を有する。このような取出工程のシミュレーションは公知であるので、本明細書では詳細

50



な説明を省略する。

【0052】

位置姿勢変化判定部23は、取出工程のシミュレーションの実行中に、ワークモデル60の位置及び姿勢のうちの少なくともいずれか一方が変化したか否かを判定する機能を有する。取出工程のシミュレーションの実行中において、各々のワークモデル60の位置及び姿勢は、位置姿勢算出部24によって周期的に算出される。したがって、位置姿勢変化判定部23は、位置姿勢算出部24と協働して、上記判定を実行するように構成される。

【0053】

初期配置設定部25は、落下動作シミュレーション部20によって実行されるワーク160の落下動作をシミュレーションする際の初期配置を設定する機能を有する。

10

【0054】

図10Aは、容器モデル50内にバラ積みされたワークモデル60a, 60b, 60cを示している。図10Bは、ワークモデル60bが容器モデル50から取出された状態を示している。このとき、ワークモデル60a, 60cは、重力の影響が無視されていて宙に浮いている。このように、ワークモデル60bの位置及び姿勢が変化したときに、他のワークモデル60a, 60cの位置及び姿勢が不自然な状態になる場合がある。従来技術では、この不自然な状態のまま、取出工程のシミュレーションが継続されていた。

【0055】

本実施形態に係るロボットシミュレーション装置10によれば、図10Bに示される状態をワークモデル60a, 60cの初期配置として、ワークの落下動作のシミュレーションを実行することにより、バラ積み状態を再度作成する。図10Cは、重力の作用を考慮して、図10Bに示されるワークモデル60a, 60cを容器モデル50内に落下させた後の状態を示している。

20

【0056】

図9は、取出工程のシミュレーションの実行中に、バラ積み状態のワークモデルを作成する工程の流れを示すフローチャートである。

【0057】

まず、ステップS901において、取出工程シミュレーション部21によって、容器内においてバラ積みされたワークを取出す取出工程のシミュレーションを実行する。このとき、仮想空間内のワークモデル60は、バラ積み状態作成部22によって、前述したような態様で容器モデル50内においてバラ積みされている(図10A参照)。

30

【0058】

ステップS902では、取出工程のシミュレーションが完了したか否かが判定される。シミュレーションが完了している場合は、終了処理を実行する。

【0059】

ステップS902において取出工程のシミュレーションが完了していないと判定された場合、位置姿勢算出部24によって、各々のワークモデル60a, 60b, 60cの位置及び姿勢を算出する(ステップS903)。そして、ステップS904において、位置姿勢変化判定部23によって、ワークモデル60a, 60b, 60cの位置又は姿勢が変化したか否かが判定される。ワークモデル60a, 60b, 60cの位置又は姿勢が変化していないと判定された場合、ステップS901に戻り、取出工程のシミュレーションを継続する。

40

【0060】

他方、ステップS904において、ワークモデル60a, 60b, 60cの位置又は姿勢が変化した(図10B参照)と判定された場合、ステップS905に進む。ステップS905では、先のステップS903において算出された各々のワークモデル60の位置及び姿勢を初期配置として設定する。

【0061】

次いで、ステップS906において、ステップS905で設定された初期配置に従って、各々のワークモデル60の落下動作のシミュレーションを実行する。ステップS906

50

～S 9 0 8の工程は、図4のステップS 4 0 4～S 4 0 6の工程に対応して同様の態様で実行されるので、詳細な説明を省略する。

【0062】

ステップS 9 0 6～S 9 0 8の工程に従って、バラ積み状態作成部22によって、ワークモデルのバラ積み状態を作成したら、再びステップS 9 0 1に戻り、新たに作成されたバラ積み状態のワークを使用して、ロボットによる取出工程のシミュレーションが継続される。

【0063】

このような実施形態によれば、取出工程のシミュレーションの実行中において、ワークの位置及び姿勢の少なくともいずれか一方が変化したときに、変化後のワークの配置に基づいて、ワークのバラ積み状態が改めて作成される。それにより、取出工程のシミュレーションの実行中において、自然なバラ積み状態が常時維持されるようになる。したがって、取出工程のシミュレーションの信頼性を向上させられる。

10

【0064】

以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、他の実施形態によっても本発明の意図される作用効果を奏することができることは当業者に自明である。特に、本発明の範囲を逸脱することなく前述した実施形態の構成要素を削除又は置換することが可能であるし、公知の手段をさらに付加することもできる。また、本明細書において明示的又は暗示的に開示される複数の実施形態の特徴を任意に組合せることによっても本発明を実施できることは当業者に自明である。

20

【符号の説明】

【0065】

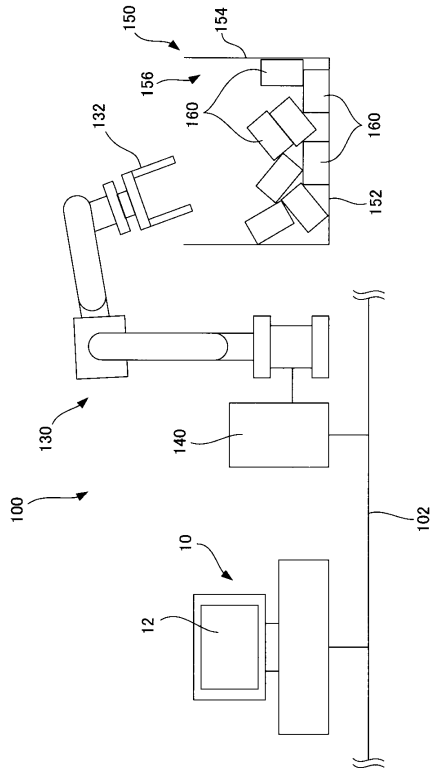
- 10     ロボットシミュレーション装置
- 12     表示部
- 14     仮想空間作成部
- 16     モデル作成部
- 18     モデル配置部
- 20     落下動作シミュレーション部
- 21     取出工程シミュレーション部
- 22     バラ積み状態作成部
- 23     位置姿勢変化判定部
- 24     位置姿勢算出部
- 25     初期配置設定部
- 26     判定部
- 50     容器モデル
- 60     ワークモデル
- 100    ロボットシステム
- 130    ロボット
- 140    ロボット制御装置
- 150    容器
- 160    ワーク

30

40

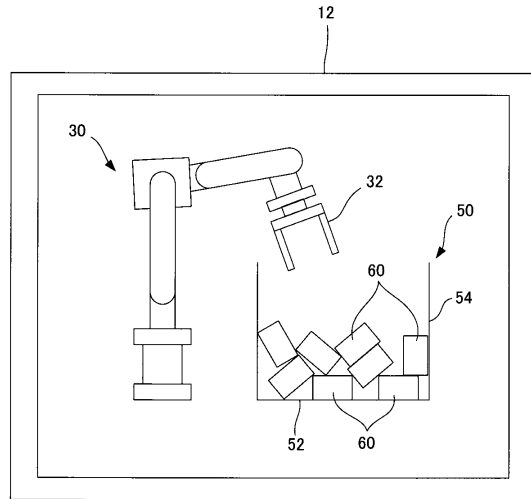
【図1】

図1



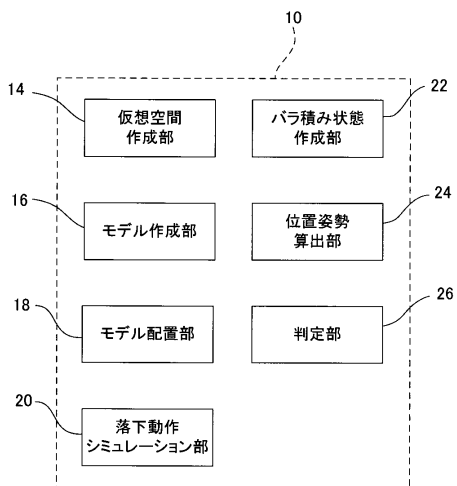
【図2】

図2



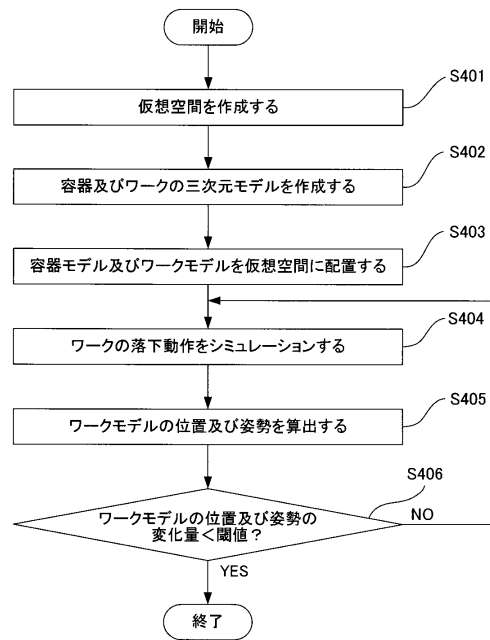
【図3】

図3

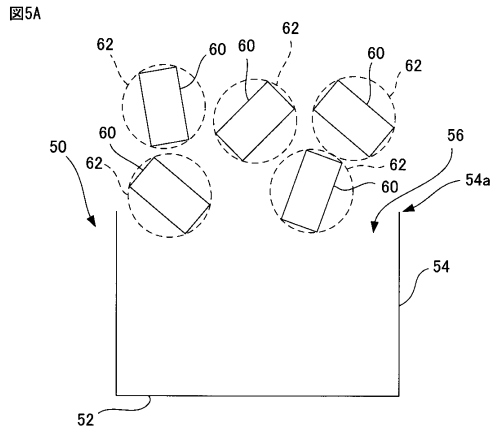


【図4】

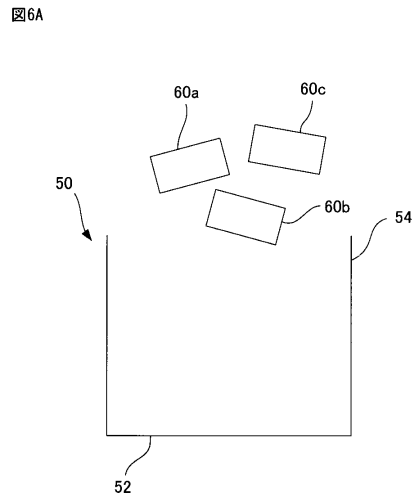
図4



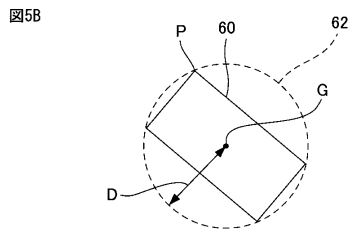
【 図 5 A 】



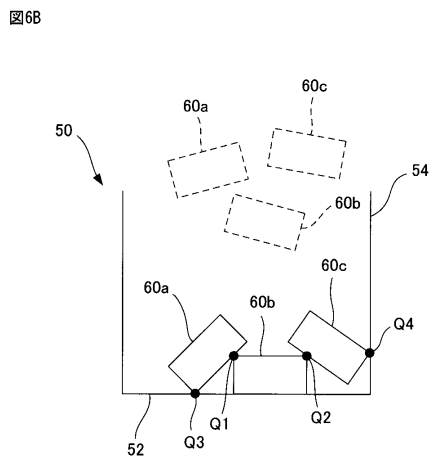
【 図 6 A 】



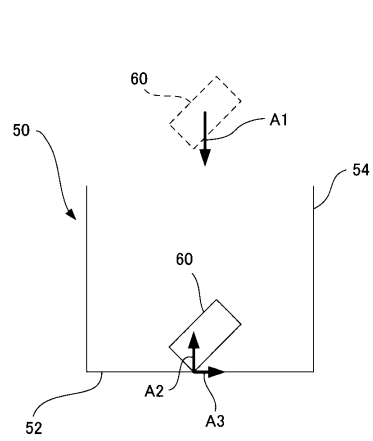
【 図 5 B 】



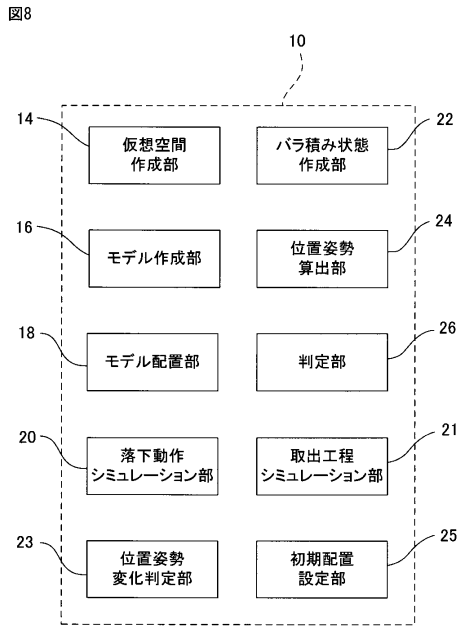
【 図 6 B 】



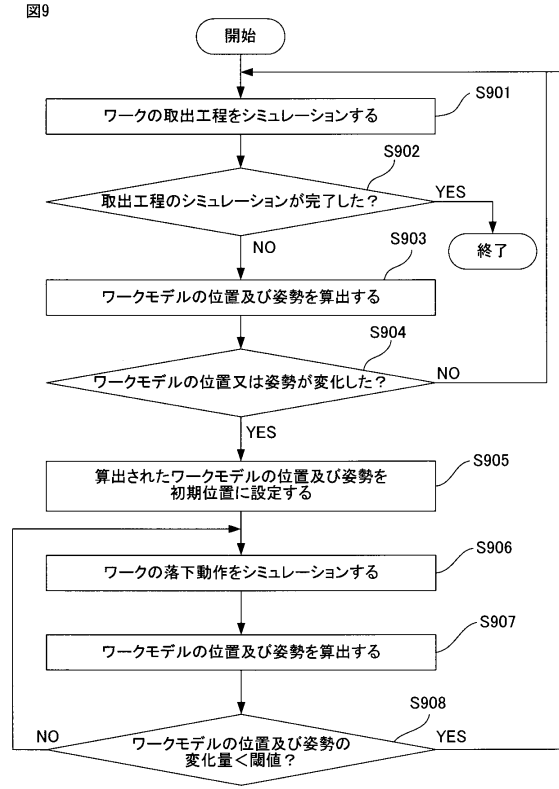
【 図 7 】



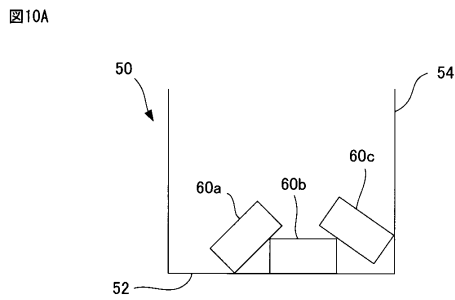
【図8】



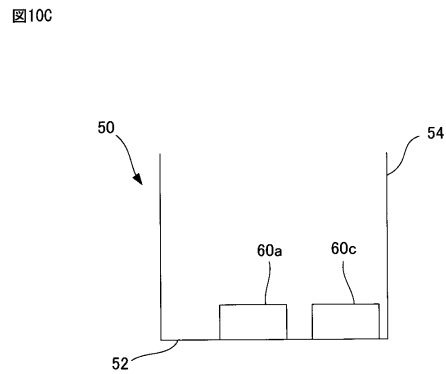
【図9】



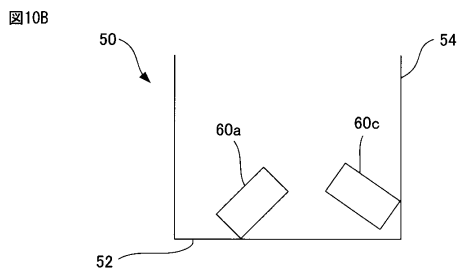
【図10A】



【図10C】



【図10B】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100157211

弁理士 前島 一夫

(72)発明者 木本 裕樹

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

(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 佐藤 彰洋

(56)参考文献 特開2015-100866(JP,A)

特開2007-241857(JP,A)

特開2007-326160(JP,A)

特開2012-223845(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 1/00-21/02