

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4271232号
(P4271232)

(45) 発行日 平成21年6月3日 (2009.6.3)

(24) 登録日 平成21年3月6日 (2009.3.6)

(51) Int.Cl.

F I

G O 5 B 19/42 (2006.01)

G O 5 B 19/42 P

B 2 5 J 9/22 (2006.01)

B 2 5 J 9/22 A

請求項の数 13 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2006-342985 (P2006-342985)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成18年12月20日 (2006.12.20)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2008-152733 (P2008-152733A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成20年7月3日 (2008.7.3)		〇番地
審査請求日	平成20年1月15日 (2008.1.15)	(74) 代理人	100099759
早期審査対象出願			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹
		(72) 発明者	長塚 嘉治
			山梨県南部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】 ロボットのオフラインプログラミングを実行するための装置、方法、プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング装置において、

前記対象物を前記ハンドで把持するときの、該対象物と該ハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部と、

前記工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、前記対象物の位置を特定する指令と、前記工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、該工作機械に搭載される該対象物の位置及び姿勢を求める第1演算部と、

前記ハンド位置指定部で指定した前記対象物と前記ハンドとの前記相対位置関係と、前記第1演算部で求めた前記対象物の前記位置及び姿勢とに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、前記ハンドで該対象物を把持する該ロボットの位置及び姿勢を求める第2演算部と、

前記第2演算部で求めた前記ロボットの前記位置及び姿勢を用いて、前記作業プログラムを生成する作業プログラム生成部と、

前記作業プログラム生成部で生成した前記作業プログラムを、前記工作機械及び前記ロボットを含む生産システムに適用する際に、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、前記工作機械と前記ロボットとの相対位置関係

10

20

の誤差を求め、該誤差に対応して前記作業プログラムを修正する作業プログラム修正部と、
を具備することを特徴とするオフラインプログラミング装置。

【請求項 2】

前記ワーク加工プログラムは、該ワーク加工プログラムの開始時の前記対象物の位置を
特定する前記指令を含み、前記第 1 演算部は、前記ワーク加工プログラムの開始時の前記
対象物の位置を特定する前記指令と、前記姿勢データとに基づき、前記ハンドリング作業
により前記工作機械に供給されるときに該対象物の前記位置及び姿勢を求め、それに基づ
いて、前記第 2 演算部は、該ハンドリング作業により該対象物を該工作機械に供給する
ときの前記ロボットの前記位置及び姿勢を求める、請求項 1 に記載のオフラインプログラミ
ング装置。

10

【請求項 3】

前記ワーク加工プログラムは、該ワーク加工プログラムの終了時の前記対象物の位置を
特定する前記指令を含み、前記第 1 演算部は、前記ワーク加工プログラムの終了時の前記
対象物の位置を特定する前記指令と、前記姿勢データとに基づき、前記ハンドリング作業
により前記工作機械から取り出されるときに該対象物の前記位置及び姿勢を求め、それ
に基づいて、前記第 2 演算部は、該ハンドリング作業により該対象物を該工作機械から取
り出すときの前記ロボットの前記位置及び姿勢を求める、請求項 1 又は 2 に記載のオフ
ラインプログラミング装置。

【請求項 4】

20

前記ハンド位置指定部は、前記対象物及び前記ハンドをそれぞれにモデル化した対象物
モデル及びハンドモデルを用いて、該対象物と該ハンドとの前記相対位置関係を指定する
、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置。

【請求項 5】

前記工作機械が、ワークを支持して移動するテーブルを備え、前記第 1 演算部は、該テ
ーブルの位置を特定する前記指令と、該工作機械に設定される該テーブルの送り軸方向を
示す前記姿勢データとに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの
、該テーブルの上でのワークの位置及び姿勢を求め、前記第 2 演算部は、該テーブルの
上において該ワークを前記ハンドで把持する該ロボットの前記位置及び姿勢を求める、請
求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置。

30

【請求項 6】

前記工作機械が、工具を支持して移動する刃物台を備え、前記第 1 演算部は、該刃物台
の位置を特定する前記指令と、該工作機械に設定される該刃物台の送り軸方向を示す前
記姿勢データとに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、該刃
物台の上での工具の位置及び姿勢を求め、前記第 2 演算部は、該刃物台の上において該工
具を前記ハンドで把持する該ロボットの前記位置及び姿勢を求める、請求項 1 ～ 4 のい
ずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置。

【請求項 7】

前記ワーク加工プログラムが NC プログラムであり、前記第 1 演算部は、該 NC プログ
ラムから前記指令を取得する、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラ
ミング装置。

40

【請求項 8】

ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業
を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフライ
ンプログラミング方法において、

前記対象物を前記ハンドで把持するときの、該対象物と該ハンドとの相対位置関係を指
定するハンド位置指定ステップと、

前記工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、前記対象物の位置を特定
する指令と、前記工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づ
き、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、該工作機械に搭載される該対

50

象物の位置及び姿勢を求める第1演算ステップと、

前記ハンド位置指定ステップで指定した前記対象物と前記ハンドとの前記相対位置関係と、前記第1演算ステップで求めた前記対象物の前記位置及び姿勢とに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、前記ハンドで該対象物を把持する該ロボットの位置及び姿勢を求める第2演算ステップと、

前記第2演算ステップで求めた前記ロボットの前記位置及び姿勢を用いて、前記作業プログラムを生成する作業プログラム生成ステップと、

前記作業プログラム生成ステップで生成した前記作業プログラムを、前記工作機械及び前記ロボットを含む生産システムに適用する際に、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、前記工作機械と前記ロボットとの相対位置関係の誤差を求め、該誤差に対応して該作業プログラムを修正する作業プログラム修正ステップと、

を具備することを特徴とするオフラインプログラミング方法。

【請求項9】

前記作業プログラム修正ステップは、

前記工作機械及び前記ロボットをそれぞれにモデル化した工作機械モデル及びロボットモデルを用意するステップと、

前記工作機械モデルが前記ワーク加工プログラムを実行するための座標系として、機械座標系モデルを設定するステップと、

前記生産システムに、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される前記位置検出器を用意するステップと、

前記工作機械モデル上での前記機械座標系モデルの原点の位置に対応して前記工作機械上に設定される基準位置に、前記位置検出器が検出可能な目標物を設けるステップと、

前記位置検出器により、前記目標物が設けられる前記基準位置を検出するステップと、

前記基準位置から前記目標物を、前記機械座標系モデルの座標軸に対応する前記工作機械の送り軸であって前記ワーク加工プログラムを実行可能な送り軸に沿って、該送り軸上に設定される所定の参照位置へ移動して、前記位置検出器により、該目標物が位置する該参照位置を検出するステップと、

前記位置検出器が検出した前記目標物に関する前記基準位置と前記参照位置とに基づき、前記ワーク加工プログラムを実行するための前記工作機械の機械座標系を求めるステップと、

前記ロボットモデルに対する前記機械座標系モデルの相対位置関係と、前記ロボットに対する前記工作機械の前記機械座標系の相対位置関係との差に従って、前記作業プログラムを修正するステップとを具備する、

請求項8に記載のオフラインプログラミング方法。

【請求項10】

前記ワーク加工プログラムがNCプログラムであり、前記第1演算ステップは、該NCプログラムから前記指令を取得するステップを含む、請求項8又は9に記載のオフラインプログラミング方法。

【請求項11】

ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング方法において、

前記工作機械及び前記ロボットを含む生産システムに前記作業プログラムを適用する際に、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、前記工作機械と前記ロボットとの相対位置関係の誤差を求め、該誤差に対応して該作業プログラムを修正する作業プログラム修正ステップを具備し、

前記作業プログラム修正ステップは、

前記工作機械及び前記ロボットをそれぞれにモデル化した工作機械モデル及びロボットモデルを用意するステップと、

10

20

30

40

50

前記工作機械モデルが前記ワーク加工プログラムを実行するための座標系として、機械座標系モデルを設定するステップと、

前記生産システムに、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される前記位置検出器を用意するステップと、

前記工作機械モデル上での前記機械座標系モデルの原点の位置に対応して前記工作機械上に設定される基準位置に、前記位置検出器が検出可能な目標物を設けるステップと、

前記位置検出器により、前記目標物が設けられる前記基準位置を検出するステップと、

前記基準位置から前記目標物を、前記機械座標系モデルの座標軸に対応する前記工作機械の送り軸であって前記ワーク加工プログラムを実行可能な送り軸に沿って、該送り軸上に設定される所定の参照位置へ移動して、前記位置検出器により、該目標物が位置する該参照位置を検出するステップと、

10

前記位置検出器が検出した前記目標物に関する前記基準位置と前記参照位置とに基づき、前記ワーク加工プログラムを実行するための前記工作機械の機械座標系を求めるステップと、

前記ロボットモデルに対する前記機械座標系モデルの相対位置関係と、前記ロボットに対する前記工作機械の前記機械座標系の相対位置関係との差に従って、前記作業プログラムを修正するステップとを具備すること、

を特徴とするオフラインプログラミング方法。

【請求項 12】

ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するために、コンピュータを、

20

前記対象物を前記ハンドで把持するときの、該対象物と該ハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部、

前記工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、前記対象物の位置を特定する指令と、前記工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、該工作機械に搭載される該対象物の位置及び姿勢を求める第1演算部、

前記ハンド位置指定部で指定した前記対象物と前記ハンドとの前記相対位置関係と、前記第1演算部で求めた前記対象物の前記位置及び姿勢とに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、前記ハンドで該対象物を把持する該ロボットの位置及び姿勢を求める第2演算部、

30

前記第2演算部で求めた前記ロボットの前記位置及び姿勢を用いて、前記作業プログラムを生成する作業プログラム生成部、及び

前記作業プログラム生成部で生成した前記作業プログラムを、前記工作機械及び前記ロボットを含む生産システムに適用する際に、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、前記工作機械と前記ロボットとの相対位置関係の誤差を求め、該誤差に対応して前記作業プログラムを修正する作業プログラム修正部、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラム。

【請求項 13】

40

ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するために、コンピュータを、

前記対象物を前記ハンドで把持するときの、該対象物と該ハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部、

前記工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、前記対象物の位置を特定する指令と、前記工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、該工作機械に搭載される該対象物の位置及び姿勢を求める第1演算部、

前記ハンド位置指定部で指定した前記対象物と前記ハンドとの前記相対位置関係と、前

50

記第 1 演算部で求めた前記対象物の前記位置及び姿勢とに基づき、前記ロボットが前記ハンドリング作業を実行するときの、前記ハンドで該対象物を把持する該ロボットの位置及び姿勢を求める第 2 演算部、

前記第 2 演算部で求めた前記ロボットの前記位置及び姿勢を用いて、前記作業プログラムを生成する作業プログラム生成部、及び

前記作業プログラム生成部で生成した前記作業プログラムを、前記工作機械及び前記ロボットを含む生産システムに適用する際に、前記ハンドに隣接して前記ロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、前記工作機械と前記ロボットとの相対位置関係の誤差を求め、該誤差に対応して前記作業プログラムを修正する作業プログラム修正部、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットのプログラミング技術に関し、特に、工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するための、オフラインプログラミング装置及びオフラインプログラミング方法に関する。本発明はまた、工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するための、プログラム及び記録媒体に関する。

【背景技術】

20

【0002】

ロボット（特に産業用ロボット）を用いた生産システムにおいて、工作機械に対し、ワークや工具等の加工関連対象物を、テーブルや刃物台等の所定の搭載部に供給したり、それら所定の搭載部から取り出したり、また搭載部上での位置や姿勢を変更したりするハンドリング作業を、ロボットに実行させる構成は知られている。このシステム構成では、実際のロボット及び工作機械を用いないオフラインプログラミング法により、ハンドリング作業をロボットに教示することができる。一般にオフラインプログラミング法では、コンピュータにロボット及びその作業環境のモデルを持たせ、表示画面上でロボットモデルに所望のロボット動作を模擬的に遂行させることで、実際のロボットに教示すべき位置／姿勢情報及び動作順序情報を得ている。このとき、ロボット動作のシミュレーションにより、教示情報の妥当性を確認できるので、最適な作業プログラムを作成することができる。

30

【0003】

しかし、工作機械に搭載されるワークや工具等の加工関連対象物の、搭載部に対するハンドリング作業実行時の位置及び姿勢は、当該工作機械で遂行されるワーク加工プログラムの内容によって変化する場合がある。例えば、工作機械のテーブルに対するワーク供給時及びワーク取出時の、テーブル上でのワークの位置は、当該ワークに対する加工プログラムにおいて、プログラム開始及びプログラム終了に際してのワーク位置としてそれぞれ指令されている。また、そのようなワークハンドリング時のワークの姿勢は、工作機械に設定されている固有のワーク座標系（通常はテーブルや刃物台の送り軸を座標軸とする座標系）の姿勢（すなわち座標軸の方向）として決定される。このように、ワークハンドリング時のワークの位置及び姿勢は、ワーク加工プログラムに記述されるワーク位置指令値と工作機械の固有の機械構成とによって決まり、故に、未加工ワークや加工済ワークの形状や寸法の変更に応じた加工プログラムの変更に従って、多様に変化する傾向がある。このような状況は、工作機械の刃物台に対する工具のハンドリング作業においても、同様に生じ得る。

40

【0004】

上記した実状に対処するべく、従来、工作機械及びロボットを含む生産システムにおいて、オフラインプログラミング法で作成したハンドリング作業プログラムに従ってロボットを動作させる場合には、一般に、工作機械に与えられるワーク加工プログラムが変更される都度、オペレータが手作業でハンドリング作業プログラムを修正（すなわち再教示）

50

している。作業プログラムの修正に際しては、ワークや工具等の加工関連対象物を、変更後のワーク加工プログラムに従い、工作機械の所定の搭載部上で実際のハンドリング時の位置及び姿勢に置き、当該加工関連対象物に対しオペレータがロボットを手動操作して、ロボットと加工関連対象物との実際の相対位置関係を測定する。このようにして相対位置の実測値を得た後は、ハンドリング作業プログラムにおける位置／姿勢情報が、実測値に基づいて自動修正される。なお、ロボットと加工関連対象物との相対位置関係の測定手法としては、加工関連対象物にロボットのエンドエフェクタ領域を近接させて相対位置をロボットの複数の異なる姿勢で測定する手法（例えば特許文献１参照）や、ロボットに仮装着した視覚センサによって複数の異なる位置で加工関連対象物を三次元計測する手法（例えば特許文献２参照）が採用されている。

10

【０００５】

また、工作機械におけるワークの変更（すなわちワーク加工プログラムの変更）に伴いロボットの動作を修正する他の手法として、例えば特許文献３に開示されるように、工作機械のコントローラ及びロボットのコントローラの双方を統合的に制御する上位コンピュータを生産システムに配備し、ワーク変更時には、上位コンピュータからロボットコントローラに新規ワークに対応した動作制御データを送ることで、ロボットに新規ワークのハンドリング作業を実行させる手法が知られている。この手法によれば、ロボットに与える作業プログラムの手作業による修正（すなわち再教示）が不要になる。

【０００６】

【特許文献１】特許第２６５４２０６号公報

20

【特許文献２】特開２００５－１３８２２３号公報

【特許文献３】特開平５－３２４０３４号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットが実行する生産システムにおいて、ワーク加工プログラムの変更に対応して、オペレータが手作業でハンドリング作業プログラムを修正する従来の手法では、プログラム修正に必要な実データを得るための測定作業に起因して、生産システムの稼働率が低下する懸念がある。また、修正後の作業プログラムに従うロボットの動作精度を安定して確保するためには、上記測定作業に関するオペレータの熟練度が要求されるので、人的コストが上昇することが危惧される。特に、前述した特許文献２に記載されるような、視覚センサによる三次元計測を用いる手法では、視覚センサ及び画像処理装置の装備により、設備コストが上昇することも危惧される。

30

【０００８】

他方、前述した特許文献３に記載されるような、生産システムに上位コンピュータを配備する構成では、設備コストが上昇することに加えて、新規ワークに対応した動作制御データに関し、シミュレーションによるロボット動作の最適化が行われないので、生産システムの効率、安全性及び信頼性を向上させることが困難である。

【０００９】

40

本発明の目的は、工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットに実行させる作業プログラムを作成するためのオフラインプログラミング装置であって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるオフラインプログラミング装置を提供することにある。

【００１０】

本発明の他の目的は、工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットに実行させる作業プログラムを作成するためのオフラインプログラミング方法であって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オ

50

ペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるオフラインプログラミング方法を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに他の目的は、工作機械に対するワークや工具のハンドリング作業をロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するためのプログラム及び記録媒体であって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるように、コンピュータを機能させることができるプログラム、及び同プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体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 1 2 】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング装置において、対象物をハンドで把持するときの、対象物とハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部と、工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物の位置を特定する指令と、工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、工作機械に搭載される対象物の位置及び姿勢を求める第 1 演算部と、ハンド位置指定部で指定した対象物とハンドとの相対位置関係と、第 1 演算部で求めた対象物の位置及び姿勢とに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、ハンドで対象物を把持するロボットの位置及び姿勢を求める第 2 演算部と、第 2 演算部で求めたロボットの位置及び姿勢を用いて、作業プログラムを生成する作業プログラム生成部と、作業プログラム生成部で生成した作業プログラムを、工作機械及びロボットを含む生産システムに適用する際に、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差を求め、誤差に対応して作業プログラムを修正する作業プログラム修正部と、を具備することを特徴とするオフラインプログラミング装置を提供する。

20

【 0 0 1 3 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載のオフラインプログラミング装置において、ワーク加工プログラムは、ワーク加工プログラムの開始時の対象物の位置を特定する指令を含み、第 1 演算部は、ワーク加工プログラムの開始時の対象物の位置を特定する指令と、姿勢データとに基づき、ハンドリング作業により工作機械に供給されるときの対象物の位置及び姿勢を求め、それに基づいて、第 2 演算部は、ハンドリング作業により対象物を工作機械に供給するときのロボットの位置及び姿勢を求める、オフラインプログラミング装置を提供する。

30

【 0 0 1 4 】

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 又は 2 に記載のオフラインプログラミング装置において、ワーク加工プログラムは、ワーク加工プログラムの終了時の対象物の位置を特定する指令を含み、第 1 演算部は、ワーク加工プログラムの終了時の対象物の位置を特定する指令と、姿勢データとに基づき、ハンドリング作業により工作機械から取り出されるときの対象物の位置及び姿勢を求め、それに基づいて、第 2 演算部は、ハンドリング作業により対象物を工作機械から取り出すときのロボットの位置及び姿勢を求める、オフラインプログラミング装置を提供する。

40

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置において、ハンド位置指定部は、対象物及びハンドをそれぞれにモデル化した対象物モデル及びハンドモデルを用いて、対象物とハンドとの相対位置関係を指定する、オフラインプログラミング装置を提供する。

50

【 0 0 1 6 】

請求項 5 に記載の発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置において、工作機械が、ワークを支持して移動するテーブルを備え、第 1 演算部は、テーブルの位置を特定する指令と、工作機械に設定されるテーブルの送り軸方向を示す姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、テーブルの上でのワークの位置及び姿勢を求め、第 2 演算部は、テーブルの上においてワークをハンドで把持するロボットの位置及び姿勢を求める、オフラインプログラミング装置を提供する。

【 0 0 1 7 】

請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置において、工作機械が、工具を支持して移動する刃物台を備え、第 1 演算部は、刃物台の位置を特定する指令と、工作機械に設定される刃物台の送り軸方向を示す姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、刃物台の上での工具の位置及び姿勢を求め、第 2 演算部は、刃物台の上において工具をハンドで把持するロボットの位置及び姿勢を求める、オフラインプログラミング装置を提供する。

【 0 0 1 9 】

請求項 7 に記載の発明は、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のオフラインプログラミング装置において、ワーク加工プログラムが NC プログラムであり、第 1 演算部は、NC プログラムから指令を取得する、オフラインプログラミング装置を提供する。

【 0 0 2 0 】

請求項 8 に記載の発明は、ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング方法において、対象物をハンドで把持するときの、対象物とハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定ステップと、工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物の位置を特定する指令と、工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、工作機械に搭載される対象物の位置及び姿勢を求める第 1 演算ステップと、ハンド位置指定ステップで指定した対象物とハンドとの相対位置関係と、第 1 演算ステップで求めた対象物の位置及び姿勢とに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、ハンドで対象物を把持するロボットの位置及び姿勢を求める第 2 演算ステップと、第 2 演算ステップで求めたロボットの位置及び姿勢を用いて、作業プログラムを生成する作業プログラム生成ステップと、作業プログラム生成ステップで生成した作業プログラムを、工作機械及びロボットを含む生産システムに適用する際に、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差を求め、誤差に対応して作業プログラムを修正する作業プログラム修正ステップと、を具備することを特徴とするオフラインプログラミング方法を提供する。

【 0 0 2 2 】

請求項 9 に記載の発明は、請求項 8 に記載のオフラインプログラミング方法において、作業プログラム修正ステップは、工作機械及びロボットをそれぞれにモデル化した工作機械モデル及びロボットモデルを用意するステップと、工作機械モデルがワーク加工プログラムを実行するための座標系として、機械座標系モデルを設定するステップと、生産システムに、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器を用意するステップと、工作機械モデル上での機械座標系モデルの原点の位置に対応して工作機械上に設定される基準位置に、位置検出器が検出可能な目標物を設けるステップと、位置検出器により、目標物が設けられる基準位置を検出するステップと、基準位置から目標物を、機械座標系モデルの座標軸に対応する工作機械の送り軸であってワーク加工プログラムを実行可能な送り軸に沿って、送り軸上に設定される所定の参照位置へ移動して、位置検出器により、目標物が位置する参照位置を検出するステップと、位置検出器が検出した目標物に関する基準位置と参照位置とに基づき、ワーク加工プログラムを実行するための工作機械の機械座標系

を求めるステップと、ロボットモデルに対する機械座標系モデルの相対位置関係と、ロボットに対する工作機械の機械座標系の相対位置関係との差に従って、作業プログラムを修正するステップとを具備する、オフラインプログラミング方法を提供する。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 0 に記載の発明は、請求項 8 又は 9 に記載のオフラインプログラミング方法において、ワーク加工プログラムが NC プログラムであり、第 1 演算ステップは、NC プログラムから指令を取得するステップを含む、オフラインプログラミング方法を提供する。

【 0 0 2 4 】

請求項 1 1 に記載の発明は、ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング方法において、工作機械及びロボットを含む生産システムに作業プログラムを適用する際に、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差を求め、誤差に対応して作業プログラムを修正する作業プログラム修正ステップを具備し、作業プログラム修正ステップは、工作機械及びロボットをそれぞれにモデル化した工作機械モデル及びロボットモデルを用意するステップと、工作機械モデルがワーク加工プログラムを実行するための座標系として、機械座標系モデルを設定するステップと、生産システムに、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器を用意するステップと、工作機械モデル上での機械座標系モデルの原点の位置に対応して工作機械上に設定される基準位置に、位置検出器が検出可能な目標物を設けるステップと、位置検出器により、目標物が設けられる基準位置を検出するステップと、基準位置から目標物を、機械座標系モデルの座標軸に対応する工作機械の送り軸であってワーク加工プログラムを実行可能な送り軸に沿って、送り軸上に設定される所定の参照位置へ移動して、位置検出器により、目標物が位置する参照位置を検出するステップと、位置検出器が検出した目標物に関する基準位置と参照位置とに基づき、ワーク加工プログラムを実行するための工作機械の機械座標系を求めるステップと、ロボットモデルに対する機械座標系モデルの相対位置関係と、ロボットに対する工作機械の機械座標系の相対位置関係との差に従って、作業プログラムを修正するステップとを具備すること、を特徴とするオフラインプログラミング方法を提供する。

【 0 0 2 5 】

請求項 1 2 に記載の発明は、ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するために、コンピュータを、対象物をハンドで把持するときの、対象物とハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部、工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物の位置を特定する指令と、工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、工作機械に搭載される対象物の位置及び姿勢を求める第 1 演算部、ハンド位置指定部で指定した対象物とハンドとの相対位置関係と、第 1 演算部で求めた対象物の位置及び姿勢とに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、ハンドで対象物を把持するロボットの位置及び姿勢を求める第 2 演算部、第 2 演算部で求めたロボットの位置及び姿勢を用いて、作業プログラムを生成する作業プログラム生成部、及び作業プログラム生成部で生成した作業プログラムを、工作機械及びロボットを含む生産システムに適用する際に、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差を求め、誤差に対応して作業プログラムを修正する作業プログラム修正部、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラムを提供する。

【 0 0 2 6 】

請求項 1 3 に記載の発明は、ワーク及び工具の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械に対するハンドリング作業を、ハンドを装着したロボットに実行させる作業プログラムをオフラインで作成するために、コンピュータを、対象物をハンドで把持するときの、対

象物とハンドとの相対位置関係を指定するハンド位置指定部、工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物の位置を特定する指令と、工作機械に設定されている固有のワーク座標系の姿勢データとに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、工作機械に搭載される対象物の位置及び姿勢を求める第1演算部、ハンド位置指定部で指定した対象物とハンドとの相対位置関係と、第1演算部で求めた対象物の位置及び姿勢とに基づき、ロボットがハンドリング作業を実行するときの、ハンドで対象物を把持するロボットの位置及び姿勢を求める第2演算部、第2演算部で求めたロボットの前記位置及び姿勢を用いて、作業プログラムを生成する作業プログラム生成部、及び作業プログラム生成部で生成した作業プログラムを、工作機械及びロボットを含む生産システムに適用する際に、ハンドに隣接してロボットに設置される位置検出器の検出データに基づいて、工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差を求め、誤差に対応して作業プログラムを修正する作業プログラム修正部、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

10

【発明の効果】

【0027】

請求項1に記載の発明によれば、工作機械に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物の位置を特定する指令に基づいて、ハンドリング作業実行時の工作機械上での対象物の位置及び姿勢を求め、この対象物の位置及び姿勢に対し、予め設定した相対位置関係の下に、ハンドリング作業実行時のロボットの位置及び姿勢を求めることで、作業プログラムを生成するようにしたから、工作機械に与えられるワーク加工プログラムが変更されたときにも、オペレータの手作業による作業プログラムの修正（すなわち再教示）を行うことなく、変更後のワーク加工プログラムに正確に適合する作業プログラムに従って、ロボットに所要のハンドリング作業を高精度に実行させることができる。また、対象物（ワーク、工具等）の三次元計測を行う必要が無いから、視覚センサや画像処理装置等の、比較的高価な設備が不要になる。しかも、オフラインプログラミング法の利点である動作シミュレーションを実行することにより、最適な作業プログラムを生成することができる。したがって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正が、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施され、しかも、設備コストの上昇が抑制されるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上が実現される。

20

30

また、生産システムの現場における工作機械とロボットとの相対位置関係に誤差が含まれる場合にも、そのような誤差を考慮した適正な作業プログラムを、正確かつ容易に作成することができる。

【0028】

請求項2に記載の発明によれば、ロボットが対象物を工作機械に供給するための作業プログラムを、正確かつ容易に作成することができる。

【0029】

請求項3に記載の発明によれば、ロボットが対象物を工作機械から取り出すための作業プログラムを、正確かつ容易に作成することができる。

【0030】

40

請求項4に記載の発明によれば、対象物とハンドとの相対位置関係を、正確かつ容易に指定することができる。

【0031】

請求項5に記載の発明によれば、工作機械のテーブルに搭載されるワークをロボットがハンドリングするための作業プログラムを、正確かつ容易に作成することができる。

【0032】

請求項6に記載の発明によれば、工作機械の刃物台に搭載される工具をロボットがハンドリングするための作業プログラムを、正確かつ容易に作成することができる。

【0034】

請求項7に記載の発明によれば、ワーク加工プログラムの内容を容易に把握できるので

50

、第 1 演算部による処理内容を容易に理解できる。

【 0 0 3 5 】

請求項 8 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明と同等の作用効果を奏するオフラインプログラミング方法であって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるオフラインプログラミング方法が提供される。

【 0 0 3 7 】

請求項 9 に記載の発明によれば、生成した作業プログラムを、現場での工作機械とロボットとの相対位置関係の誤差に対応して修正するキャリブレーションに際し、ロボットを動作させることなく、工作機械上で目標物を固有の送り軸に沿って移動させることで、工作機械とロボットとの実際の相対位置関係を測定できるので、オペレータの熟練を必要とせず、また高価な三次元計測用の設備を要することなく、高精度のキャリブレーションを安価に実施できる。

【 0 0 3 8 】

請求項 10 に記載の発明によれば、請求項 7 に記載の発明と同等の作用効果が奏される。

【 0 0 3 9 】

請求項 11 に記載の発明によれば、請求項 9 に記載の発明と同等の作用効果が奏される。

【 0 0 4 0 】

請求項 12 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明と同等の作用効果を奏するプログラムであって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるように、コンピュータを機能させることができるプログラムが提供される。

【 0 0 4 1 】

請求項 13 に記載の発明によれば、請求項 1 に記載の発明と同等の作用効果を奏する記録媒体であって、工作機械に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラムの修正を、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施でき、しかも、設備コストの上昇を抑制できるとともに、生産システムの効率、安全性及び信頼性の向上を実現できるように、コンピュータを機能させることができるプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 4 2 】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を詳細に説明する。全図面に渡り、対応する構成要素には共通の参照符号を付す。

図面を参照すると、図 1 は、本発明に係るオフラインプログラミング装置 10 の基本構成を機能ブロック図で示す。また図 2 は、オフラインプログラミング装置 10 を組み込んだ生産システム 12 の一構成例を概略で示す。オフラインプログラミング装置 10 は、ワーク W 及び工具 T の少なくとも一方を含む加工関連対象物の、工作機械 14 に対するハンドリング作業（供給、取出、位置変更等）を、ハンド 16 を装着したロボット 18 に実行させる作業プログラム P を、オフラインで作成するものであって、例えばパーソナルコンピュータ等の電算機に所要のソフトウェアをインストールすることにより構成できる。

【 0 0 4 3 】

オフラインプログラミング装置 10 は、加工関連対象物（W、T）をハンド 16 で把持するときの、対象物（W、T）とハンド 16 との相対位置関係のデータ D1 を指定するハンド位置指定部 20 と、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物（W、T）の位置を特定する指令 C に基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実

10

20

30

40

50

行するときの、工作機械 14 に搭載される対象物 (W、T) の位置及び姿勢のデータ D 2 を求める第 1 演算部 22 と、ハンド位置指定部 20 で指定した対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係データ D 1 と、第 1 演算部 22 で求めた対象物 (W、T) の位置及び姿勢データ D 2 とに基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、ハンド 16 で対象物 (W、T) を把持するロボット 18 の位置及び姿勢のデータ D 3 を求める第 2 演算部 24 と、第 2 演算部 24 で求めたロボット 18 の位置及び姿勢データ D 3 を用いて、作業プログラム P を生成する作業プログラム生成部 26 とを備えて構成される。ハンド位置指定部 20、第 1 演算部 22、第 2 演算部 24 及び作業プログラム生成部 26 は、例えばパーソナルコンピュータ等の電算機の CPU (中央処理装置) によって構成できる。

10

【0044】

図 2 に示すように、生産システム 12 は、ワーク W 及び工具 T のそれぞれの搭載部であるテーブル 28 及び刃物台 30 を有する工作機械 14 と、例えば多関節型の構成を有し、アーム先端にエンドエフェクタとしてのハンド 16 が取り付けられるロボット (機構部) 18 と、工作機械 14 の動作を制御する機械コントローラ (例えば NC 装置) 32 と、ロボット 18 の動作を制御するロボットコントローラ 34 と、LAN 等の通信ネットワーク 36 を介してロボットコントローラ 34 に接続されるオフラインプログラミング装置 10 とを備える。ロボット 18 は、オフラインプログラミング装置 10 で作成した作業プログラム P (図 1) に従い、ロボットコントローラ 34 による制御下で動作して、工作機械 14 に対し、ワーク W や工具 T 等の加工関連対象物を、テーブル 28 や刃物台 30 等の所定の搭載部に供給したり、それら所定の搭載部から取り出したりするハンドリング作業を実行する。

20

【0045】

上記構成を有するオフラインプログラミング装置 10 では、まず、ロボット 18 がワーク W や工具 T 等の加工関連対象物をハンド 16 で把持するときの、対象物 W、T とハンド 16 との最適な相対位置関係のデータ D 1 が、ハンド 16 の機構、対象物 W、T の形状等の既知データに基づいて、ハンド位置指定部 20 で指定される。この相対位置関係データ D 1 は、ハンド 16 及び対象物 W、T の構成に対応した最適な位置及び姿勢に関するデータとして略一義的に決まるものであるから、一般にオペレータの熟練を要することなく、正確に指定できる。なお、本願における「相対位置関係」という用語は、特に断りの無い限り、位置及び姿勢の双方の相対的關係を意味するものとする。

30

【0046】

また、ロボット 18 が加工関連対象物 (ワーク W、工具 T 等) を工作機械 14 の搭載部 (テーブル 28、刃物台 30 等) に対しハンドリング (供給、取出、位置変更等) するときの、搭載部上での対象物 W、T の実際の位置を示すデータが、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムに含まれる指令 C から取得される。この指令 C は、例えば第 1 演算部 22 が通信ネットワーク 36 を介して機械コントローラ 32 から入手する (図 1 に破線で示す) か、或いは必要に応じてオペレータがオフラインプログラミング装置 10 に入力することで第 1 演算部 22 に与えられる。

【0047】

40

他方、上記ハンドリング時の搭載部上での対象物 W、T の実際の姿勢を示すデータは、例えば、工作機械 14 に設定されている固有のワーク座標系 (例えばテーブル 28 や刃物台 30 の送り軸を座標軸とする直交座標系) の姿勢 (すなわち座標軸の方向) のデータ (すなわち工作機械 14 の構造によって決まる既知データ) として、第 1 演算部 22 に与えられる。このワーク座標系の姿勢データは、例えばオフラインプログラミング装置 10 に予め記憶されているか、或いは必要に応じてオペレータによりオフラインプログラミング装置 10 に入力される。

【0048】

そして、第 1 演算部 22 は、ワーク加工プログラムに記述される指令 C とワーク座標系の姿勢データとを、ロボット 18 に予め設定される基準座標系 (例えばワールド座標系)

50

におけるデータに変換する。それにより、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときに必要となる、搭載部上での対象物 W、T の実際の位置及び姿勢データ D 2 が、極めて正確に求められる。さらに、第 2 演算部 24 は、ハンド位置指定部 20 で指定した相対位置関係データ D 1 で示される対象物 W、T とハンド 16 との相対位置関係を、第 1 演算部 22 で求めた位置及び姿勢データ D 2 に適用する。それにより、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、ハンド 16 で対象物 W、T を把持する（つまり、既に把持している（供給時等）か、或いはこれから把持する（取出時等））ロボット 18 の実際の位置及び姿勢データ D 3 が、極めて正確に求められる。

【0049】

上記した対象物 W、T の位置及び姿勢データ D 2 は、ワーク加工プログラムに記述される指令 C とワーク座標系の姿勢データとに基づいて求められるものであるから、未加工ワークや加工済ワークの形状や寸法の変更に応じてワーク加工プログラムが変更されたときにも、その変更に対応して、第 1 演算部 22 により自動的に（つまりオペレータの手作業が介在せずに）適正值に修正される。そして、第 2 演算部 24 は、修正された対象物 W、T の位置及び姿勢データ D 2 に基づき、変更後のワーク加工プログラムに記述される対象物 W、T を適正にハンドリングするための、ロボット 18（ハンド 16 を含む）の位置及び姿勢データ D 3 を求める。作業プログラム生成部 26 は、このようにして求めた位置及び姿勢データ D 3 を使用するとともに、必要に応じて、ロボット 18 及びその作業環境（工作機械 14 を含む）のモデルにより所要のロボット動作を模擬的に遂行することで教示情報（位置及び姿勢データ D 3 を含む）の妥当性を確認しながら、最適な作業プログラム P を生成する。

【0050】

このように、オフラインプログラミング装置 10 によれば、工作機械 14 及びロボット 18 を含む生産システム 12 において、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムが変更された場合にも、オペレータの手作業による作業プログラムの修正（すなわち再教示）を行うことなく、変更後のワーク加工プログラムに正確に適合する作業プログラム P に従って、ロボット 18 に所要のハンドリング作業を高精度に実行させることができる。また、加工関連対象物（ワーク W、工具 T 等）の三次元計測を行う必要が無いから、視覚センサや画像処理装置等の、比較的高価な設備が不要になる。しかも、オフラインプログラミング法の利点である動作シミュレーションを実行することにより、最適な作業プログラム P を生成することができる。したがって、オフラインプログラミング装置 10 によれば、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムの変更に対応した作業プログラム P の修正が、オペレータの熟練度に依存することなく容易かつ正確に実施され、しかも、設備コストの上昇が抑制されるとともに、生産システム 12 の効率、安全性及び信頼性の向上が実現される。

【0051】

上記構成を有するオフラインプログラミング装置 10 において、ハンド位置指定部 20 は、加工関連対象物（ワーク W、工具 T 等）及びハンド 16 をそれぞれにモデル化した対象物モデル及びハンドモデルを用いて、対象物 W、T とハンド 16 との相対位置関係のデータ D 1 を指定することができる。この場合、図 3 に例示するように、CAD（コンピュータ支援設計）等の設計機能を有する外部装置によって作成した図面データに基づき、オフラインプログラミング装置 10 に付設される表示装置（図示せず）の画面に対象物モデル M 1 及びハンドモデル M 2 を表示し（図 3（a））、対象物モデル M 1 に対する把持動作をハンドモデル M 2 に模擬的に遂行させる（図 3（b））ことで、相対位置関係データ D 1 を指定するように構成することが有利である。

【0052】

図示の例では、対象物（ワーク）モデル M 1 の環状部 L 1 にハンドモデル M 2 の 3 本の爪 L 2 を挿入し、それら爪 L 2 を開くことで、ハンドモデル M 2 が対象物（ワーク）モデル M 1 を適正に把持している（図 3（b））。このときの対象物（ワーク）モデル M 1 とハンドモデル M 2 との構造上最適な相対位置関係が、ハンド位置指定部 20 により図面デ

ータから読み取られて、相対位置関係データD 1として指定され、記憶される。このような構成によれば、相対位置関係データD 1を、オペレータの熟練によらず、一層容易かつ正確に指定できる。なお、外部装置を用いる代わりに、オフラインプログラミング装置10にCAD（コンピュータ支援設計）等の設計機能を付加して、オフラインプログラミング装置10自体が図面データを作成する構成としてもよい。

【0053】

また、オフラインプログラミング装置10において、第1演算部22は、ワーク加工プログラムの開始時の加工関連対象物（ワークW、工具T等）の位置を特定する指令Cに基づき、ハンドリング作業により外部から工作機械14に供給されるときの対象物W、Tの位置及び姿勢のデータD 2を求めることができる。そしてそれに基づいて、第2演算部24は、ハンドリング作業によりハンド16で把持した対象物W、Tを工作機械14に供給するときの、ロボット18（ハンド16を含む）の位置及び姿勢のデータD 3を求めることができる。

10

【0054】

同様に、第1演算部22は、ワーク加工プログラムの終了時の加工関連対象物（ワークW、工具T等）の位置を特定する指令Cに基づき、ハンドリング作業により工作機械14から外部に取り出されるとき、対象物W、Tの位置及び姿勢のデータD 2を求めることができる。そしてそれに基づいて、第2演算部24は、ハンドリング作業により対象物W、Tをハンド16で把持して工作機械14から取り出すときの、ロボット18（ハンド16を含む）の位置及び姿勢のデータD 3を求めることができる。

20

【0055】

工作機械14が、ワークWを支持して移動するテーブル28を備える構成では、第1演算部22は、テーブル28の位置を特定する指令Cと、工作機械14に設定されるテーブル28の送り軸方向（例えば図2に矢印X 1及びY 1で示す直交2軸方向）とに基づき、ロボット18がハンドリング作業（供給、取出、位置変更等）を実行するときの、テーブル28に搭載されるワークWの位置及び姿勢のデータD 2を求めることができる。そしてそれに基づいて、第2演算部24は、テーブル28に搭載されるワークWをハンド16で把持するロボット18の位置及び姿勢のデータD 3を求めることができる。

【0056】

また、工作機械14が、工具Tを支持して移動する刃物台30を備える構成では、第1演算部22は、刃物台30の位置を特定する指令Cと、工作機械14に設定される刃物台30の送り軸方向（例えば図2に矢印X 2、Y 2及びZ 2で示す直交3軸方向）とに基づき、ロボット18がハンドリング作業（供給、取出、位置変更等）を実行するときの、刃物台30に搭載される工具Tの位置及び姿勢のデータD 2を求めることができる。そしてそれに基づいて、第2演算部24は、刃物台30に搭載される工具Tをハンド16で把持するロボット18の位置及び姿勢のデータD 3を求めることができる。

30

【0057】

次に、図4を参照して、オフラインプログラミング装置10によるハンドリング作業プログラム作成手順の具体例を説明する。以下の説明では、工作機械14に与えられるワーク加工プログラムがNCプログラムであり、第1演算部22は、NCプログラムから指令Cを取得するものとする。このような構成によれば、未熟なオペレータであっても、ワーク加工プログラムの内容を容易に把握できるので、オフラインプログラミング装置10（特に第1演算部22）による処理内容を容易に理解できる。なお、説明を簡単にするために、工作機械14の構造及びワーク加工プログラムの内容が、極めて単純化された事例を以下に挙げる。

40

【0058】

まず、例として以下のNCプログラム（1ブロック）を想定する。

G 9 2 X 1 5 0 , Y 1 0 0 ;

G 9 0 ;

X - 1 0 0 . 0 Y - 1 0 0 . 0 ;

50

```
X 1 0 0 . 0   Y - 1 0 0 . 0 ;  
X 1 0 0 . 0   Y 1 0 0 . 0 ;  
X - 1 0 0 . 0   Y 1 0 0 . 0 ;  
X - 1 0 0 . 0   Y - 1 5 0 . 0 ;  
M 3 0 ;
```

【 0 0 5 9 】

上記プログラムの1行目は、工作機械14におけるワーク座標系を設定する命令であり、任意の基準点に対するX Y座標値でワーク座標系の原点Oの位置が指示されている。同2行目は、アブソリュートディメンション指定であって、ディメンションワードの数値が座標値を示すことが指定されている。同3～7行目は、前述した搭載部（テーブル28又は刃物台30）への移動位置指令であって、ワーク座標系原点Oに対するX Y座標値で5つの移動位置a～eが順次指示されている。同8行目は当該ブロックのプログラム終了命令である。

10

【 0 0 6 0 】

上記NCプログラムに従い、ワークWが工具Tにより、図4に示す正方形輪郭に切削される。ここで図示の例では、工作機械14は、ワークWを搭載するテーブル28（図2）がX軸及びY軸の直交2軸方向へ移動する一方、工具Tを搭載する刃物台30（図2）は移動しない構造を有するものとする。したがって、上記NCプログラムでは、ワーク座標系における工具Tの位置がa～eで指令されているが、実際には、工具TをワークWに対して位置a～eに順次相対移動させるように、テーブル28（すなわちワークW）が移動する。なお、NCプログラムにおける位置指令の記述方法は、工作機械14の構造に対応して多様に設定できる。

20

【 0 0 6 1 】

上記構成を有する工作機械14に対し、上記NCプログラムに従い加工工程が完了したワークWを、ロボット18（図2）がハンドリング作業によりテーブル28から取り出すための作業プログラムPを作成する場合には、工具Tが位置eに到達したとき（すなわちワーク加工プログラム終了時）の指令C（X - 1 0 0 . 0 Y - 1 5 0 . 0 ;）に基づき、第1演算部22（図1）が、テーブル28から取り出されるときワークWの位置及び姿勢データD2を求める。ここでは、工具Tが位置eに到達したときのワーク座標系原点O（すなわちワークWの幾何学的中心点）の位置が、ロボット18の基準座標系におけるワークWの位置に変換される。また、工作機械14に設定されるテーブル28の送り軸方向（すなわちワーク座標系のX軸及びY軸の方向）が、ロボット18の基準座標系におけるワークWの姿勢として扱われる。

30

【 0 0 6 2 】

第2演算部24（図1）は、このようにして求めたワークWの位置及び姿勢データD2と、前述したCADを用いて設定したワークWとハンド16との最適な相対位置関係（図3（b））のデータD1とに基づいて、ワークWをハンド16で把持してテーブル28から取り出すときの、ロボット18（ハンド16を含む）の位置及び姿勢のデータD3を求める。作業プログラム生成部26は、このようにして求めた位置及び姿勢データD3をロボット18の基準座標系における教示点とし、さらに、当該教示点に対するハンド16の所定の接近点及び逃げ点を追加するとともに、ハンド16の開閉等に要する入出力指令を追加して、作業プログラムPを生成する。

40

【 0 0 6 3 】

上記した具体例において、ロボット18（図2）がハンドリング作業により未加工のワークWをテーブル28に供給するための作業プログラムPを作成する場合には、ワーク加工プログラム開始時のワークWの位置を特定する指令Cが必要になる。上記NCプログラムでは、工具Tが位置eに置かれているワーク加工プログラム終了時の状態で、次のワークWに対する加工プログラムが開始されることを想定しているため、位置eの指令C（X - 1 0 0 . 0 Y - 1 5 0 . 0 ;）をプログラム開始時の指令として扱って、第1演算部22（図1）が、テーブル28に供給されるときワークWの位置及び姿勢データD2を

50

求める。以下、上記手順と同様にして、作業プログラム P が作成される。

【 0 0 6 4 】

他方、上記した工作機械 1 4 に代えて、工具 T を搭載する刃物台 3 0 (図 2) が X 軸、Y 軸及び Z 軸の直交 3 軸方向へ移動する一方、ワーク W を搭載するテーブル 2 8 (図 2) は移動しない構造を有する工作機械 1 4 に対し、ロボット 1 8 が工具 T をハンドリングするための作業プログラム P の作成手順は、以下に説明するように、上記した手順と同様のものとなる。この場合、工作機械 1 4 においては、上記 N C プログラムの指令に従い、工具 T をワーク W に対して位置 a ~ e (ワーク座標系) に順次移動させるように、刃物台 3 0 (すなわち工具 T) が移動する。

【 0 0 6 5 】

この工作機械 1 4 に対し、上記 N C プログラムに従い加工工程が完了した工具 T を、ロボット 1 8 (図 2) がハンドリング作業により刃物台 3 0 から取り出すための作業プログラム P を作成する場合には、工具 T が位置 e に到達したとき (すなわちワーク加工プログラム終了時) の指令 C (X - 1 0 0 . 0 Y - 1 5 0 . 0 ;) に基づき、第 1 演算部 2 2 (図 1) が、刃物台 3 0 から取り出されときの工具 T の位置及び姿勢データ D 2 を求める。ここでは、工具 T の位置 e が、ロボット 1 8 の基準座標系における工具 T の位置に変換される。また、工作機械 1 4 に設定される刃物台 3 0 の送り軸方向 (すなわちワーク座標系の X 軸、Y 軸及び Z 軸の方向) が、ロボット 1 8 の基準座標系における工具 T の姿勢として扱われる。

【 0 0 6 6 】

第 2 演算部 2 4 (図 1) は、このようにして求めた工具 T の位置及び姿勢データ D 2 と、前述した C A D を用いて設定した工具 T とハンド 1 6 との最適な相対位置関係 (図示せず) のデータ D 1 とに基づいて、工具 T をハンド 1 6 で把持して刃物台 3 0 から取り出すときの、ロボット 1 8 (ハンド 1 6 を含む) の位置及び姿勢のデータ D 3 を求める。作業プログラム生成部 2 6 は、このようにして求めた位置及び姿勢データ D 3 をロボット 1 8 の基準座標系における教示点とし、さらに、当該教示点に対するハンド 1 6 の所定の接近点及び逃げ点を追加するとともに、ハンド 1 6 の開閉等に要する入出力指令を追加して、作業プログラム P を生成する。

【 0 0 6 7 】

上記構成例において、ロボット 1 8 (図 2) がハンドリング作業により新たな工具 T を刃物台 3 0 に供給するための作業プログラム P を作成する場合には、ワーク加工プログラム開始時の工具 T の位置を特定する指令 C が必要になる。上記 N C プログラムでは、工具 T が位置 e に置かれているワーク加工プログラム終了時の状態で、刃物台 3 0 に対する工具 T の脱着が行われるとともに次のワーク W に対する加工プログラムが開始されることを想定しているので、位置 e の指令 C (X - 1 0 0 . 0 Y - 1 5 0 . 0 ;) をプログラム開始時の指令として扱って、第 1 演算部 2 2 (図 1) が、刃物台 3 0 に供給されときの工具 T の位置及び姿勢データ D 2 を求める。以下、上記手順と同様にして、作業プログラム P が作成される。

【 0 0 6 8 】

なお、工作機械 1 4 が、テーブル 2 8 と刃物台 3 0 との双方を適当に動作させてワーク W を加工できる機械構成を有する場合には、上記具体例を適当に組み合わせることで、オフラインプログラミング装置 1 0 により、ロボット 1 8 がテーブル 2 8 及び刃物台 3 0 に対しワーク W 及び工具 T を所要時期にハンドリングする作業プログラム P を作成できることが理解されよう。

【 0 0 6 9 】

このように、本発明は、ワーク W 及び工具 T の少なくとも一方を含む加工関連対象物の、工作機械 1 4 に対するハンドリング作業を、ハンド 1 6 を装着したロボット 1 8 に実行させる作業プログラム P を作成するための、オフラインプログラミング方法として規定することもできる。すなわち、本発明に係るオフラインプログラミング方法は、加工関連対象物 (W、T) をハンド 1 6 で把持するときの、対象物 (W、T) とハンド 1 6 との相対

10

20

30

40

50

位置関係を指定するハンド位置指定ステップと、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物 (W、T) の位置を特定する指令 C に基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、工作機械 14 に搭載される対象物 (W、T) の位置及び姿勢を求める第 1 演算ステップと、ハンド位置ステップで指定した対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係と、第 1 演算ステップで求めた対象物 (W、T) の位置及び姿勢とに基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、ハンド 16 で対象物 (W、T) を把持するロボット 18 の位置及び姿勢を求める第 2 演算ステップと、第 2 演算ステップで求めたロボット 18 の位置及び姿勢を用いて、作業プログラム P を生成する作業プログラム生成ステップとを備えて構成される。

【0070】

10

上記構成を有するオフラインプログラミング装置 10 及びオフラインプログラミング方法は、生産システム 12 における工作機械 14 とロボット 18 との相対位置関係が不変である場合 (つまり工作機械 14 に設定されたワーク座標系とロボット 18 に設定された基準座標系とが一定の関係を有する場合) に、作業プログラム生成部 26 で生成した作業プログラム P をそのままロボット 18 に与えて、適正なハンドリング作業を遂行させることができる。しかし、生産システム 12 における工作機械 14 とロボット 18 との実際の相対位置関係が、ある一定の相対位置関係 (以下、基準相対位置関係と称する) からの誤差を含む場合には、基準相対位置関係を前提に作成した作業プログラム P を、実際の相対位置関係の誤差に対応して適当に修正することが要求される。

【0071】

20

一般に、オフラインプログラミング法で作成したロボット作業プログラムを現場に適用する際には、コンピュータに設定したロボットの作業環境モデルと実際のロボットの作業環境との間での、機構寸法上の誤差や設定座標の誤差を補正するための、キャリブレーションと称する予備的処理を作業プログラムに施している。例えば上記したように、生産システム 12 における工作機械 14 とロボット 18 との実際の相対位置関係が基準相対位置関係からの誤差を含む場合、従来のキャリブレーションの手法では、既述の特許文献 1 及び 2 に記載されるような方法により、工作機械 14 とロボット 18 との実際の相対位置関係を測定することになる。このようなキャリブレーション手法では、結局のところ、上記測定作業に関するオペレータの熟練度が要求されたり、或いは高価な装備により設備コストが上昇したりする問題が生じる。

30

【0072】

図 5 は、キャリブレーションにおける上記問題を解決可能な、本発明の一実施形態による作業プログラム修正機能付きのオフラインプログラミング装置 40 の構成を、機能ブロック図で示す。オフラインプログラミング装置 40 は、作業プログラム修正機能を付加した点以外は、図 1 のオフラインプログラミング装置 10 の基本構成を有するものであるから、対応する構成要素には共通の符号を付してその説明を省略する。

【0073】

すなわち、オフラインプログラミング装置 40 は、前述した基本構成に加えて、作業プログラム生成部 26 で生成した作業プログラム P を生産システム 12 に適用する際に、工作機械 14 とロボット 18 との相対位置関係の誤差に対応して作業プログラム P を修正する作業プログラム修正部 42 をさらに備える。作業プログラム修正部 42 は、例えばパーソナルコンピュータ等の電算機の CPU (中央処理装置) によって構成できる。以下、図 6 及び図 7 を参照して、作業プログラム修正部 42 による作業プログラム修正手順を説明する。

40

【0074】

まず、オフラインプログラミング装置 40 において、作業プログラム P を適用する生産システム 12 における工作機械 14 及びロボット 18 を、それぞれにモデル化した工作機械モデル 44 及びロボットモデル 46 を用意する。これら工作機械モデル 44 及びロボットモデル 46 は、予め設定したロボットモデル 46 の基準座標系において、オフラインプログラミング装置 40 に付設される表示装置 48 の画面に、実際の生産システム 12 での

50

工作機械 14 とロボット 18 との相対位置関係に近似する所定の基準相対位置関係で表示される (図 6 (a))。

【0075】

なお、図示の例では、工作機械 14 は、ワーク W を支持して移動するテーブル 28 を備えて構成されるものとし、工作機械モデル 44 として、テーブル 28 に対応するテーブル部分のみが表示されている。そして、このようなモデル構成に対し、オフラインプログラミング装置 40 は、ロボット 18 がテーブル 28 に対してワーク W のハンドリング作業 (供給、取出、位置変更等) を実行するための、作業プログラム P を作成するものとする。

【0076】

次に、用意した工作機械モデル 44 に、実際のワーク加工プログラムを実行可能な機械座標系モデル 50 を設定する。機械座標系モデル 50 は、ロボットモデル 46 から見た (つまりロボットモデル 46 の基準座標系における) 原点及び座標軸を含む座標系である。

【0077】

他方、生産システム 12 には、ロボット 18 に対し既知の位置関係の下に配置される位置検出器 (例えば CCD カメラ) 52 を用意する (図 6 (b))。図示の例では、ロボット 18 のハンド 16 (図 2) に隣接して、位置検出器 52 が設置される。或いは、ロボット 18 に対する位置関係が既知であることを前提に、ロボット 18 から離れた位置に固定的に位置検出器 52 を設置することもできる。いずれの場合も、オフラインプログラミング装置 40 の作業プログラム修正部 42 (図 5) は、位置検出器 52 から検出データを手する。

【0078】

次に、工作機械モデル 44 上での機械座標系モデル 50 の原点の位置に対応する実際の工作機械 14 (特にテーブル 28) 上の基準位置 S に、位置検出器 52 が検出可能な目標物 54 を設ける (図 6 (b))。目標物 54 は、平面的な目印でも立体的な物体でも良い。そして、位置検出器 52 により、目標物 54 の基準位置 S の座標 (つまりロボット 18 の基準座標系における位置) を検出する。検出した基準位置 S は、オフラインプログラミング装置 40 の作業プログラム修正部 42 に送られる。

【0079】

次に、工作機械 14 上で、目標物 54 (すなわちテーブル 28) を、基準位置 S から、機械座標系モデル 50 の座標軸に対応する工作機械 14 の実際の送り軸 (図ではテーブル 28 の X 軸) に沿って、予め定めた第 1 の参照位置 R1 へ移動する (図 7 (a))。その状態で、位置検出器 52 により、目標物 54 の参照位置 R1 の座標 (つまりロボット 18 の基準座標系における位置) を検出する。検出した参照位置 R1 は、オフラインプログラミング装置 40 の作業プログラム修正部 42 に送られる。

【0080】

続いて、工作機械 14 上で、目標物 54 (すなわちテーブル 28) を、第 1 の参照位置 R1 から、機械座標系モデル 50 の他の座標軸に対応する工作機械 14 の実際の送り軸 (図ではテーブル 28 の Y 軸) に沿って、予め定めた第 2 の参照位置 R2 へ移動する (図 7 (b))。その状態で、位置検出器 52 により、目標物 54 の参照位置 R2 の座標 (つまりロボット 18 の基準座標系における位置) を検出する。検出した参照位置 R2 は、オフラインプログラミング装置 40 の作業プログラム修正部 42 に送られる。

【0081】

次に、作業プログラム修正部 42 は、位置検出器 52 が検出した目標物 54 の基準位置 S と第 1 及び第 2 の参照位置 R1、R2 とに基づき、ワーク加工プログラムを実行するための工作機械 14 の機械座標系 56 (すなわちロボット 18 の基準座標系における原点及び座標軸を含む座標系) を求める。すなわち、機械座標系 56 は、基準位置 S を原点とし、基準位置 S と第 1 及び第 2 の参照位置 R1、R2 とを結ぶ軸をそれぞれ X 軸及び Y 軸とするものである。なお、テーブル 28 が 1 つの送り軸 (例えば X 軸) のみを有する場合には、1 つの参照位置 (例えば R1) のみを検出することで、機械座標系を求めることができる。

【 0 0 8 2 】

続いて、次式 (i) に従い、機械座標系モデル 5 0 と実際の機械座標系 5 6 との間の差 T_S を求める。

$$T_S = T_T^{-1} \cdot T_R \cdots (i)$$

ここで、 T_T は、機械座標系モデル 5 0 の位置及び姿勢を表す行列であり、 T_R は、機械座標系 5 6 の位置及び姿勢を表す行列である。

【 0 0 8 3 】

式 (i) で求めた差 T_S は、ロボットモデル 4 6 に対する機械座標系モデル 5 0 の位置関係と、ロボット 1 8 に対する機械座標系 5 6 の位置関係との差と見做することができる。そこで、作業プログラム修正部 4 2 は、差 T_S を用いて、次式 (i i) に従い、作業プログラム P を修正する。

$$T_P'(n) = T_P(n) \cdot T_S \cdots (ii)$$

ここで、 $T_P(n)$ は、作業プログラム生成部 2 6 が生成した作業プログラム P における教示点 (n 個) の位置及び姿勢を表す行列であり、 $T_P'(n)$ は、作業プログラム修正部 4 2 が修正した作業プログラム P' (図 5) における教示点 (n 個) の位置及び姿勢を表す行列である。

【 0 0 8 4 】

上記構成を有するオフラインプログラミング装置 4 0 及びオフラインプログラミング方法によれば、作業プログラム生成部 2 6 で生成した作業プログラム P を、生産システム 1 2 の現場における工作機械 1 4 とロボット 1 8 との実際の相対位置関係の誤差に対応して修正するキャリブレーションに際し、ロボット 1 8 を動作させることなく、工作機械 1 4 が有する可動部 (図示実施形態ではテーブル 2 8) を固有の送り軸に沿って移動させることで、工作機械 1 4 とロボット 1 8 との実際の相対位置関係を測定することができる。工作機械 1 4 の可動部を固有の送り軸に沿って目標位置へ移動させることは、オペレータの熟練によらず、単純な指示で高精度の位置決めの下に遂行可能であるから、人的コストを削減できる。また、位置検出器 5 2 を使用しているが、高価な三次元計測用の設備を要しないので、設備コストの上昇も抑制できる。

【 0 0 8 5 】

なお、上記した作業プログラム修正ステップを含むオフラインプログラミング方法は、図 1 を参照して説明した作業プログラム生成ステップを含むオフラインプログラミング方法に限らず、汎用的に利用することもできる。すなわち、本発明は、ワーク W 及び工具 T の少なくとも一方を含む対象物の、工作機械 1 4 に対するハンドリング作業を、ハンド 1 6 を装着したロボット 1 8 に実行させる作業プログラムを作成するための、オフラインプログラミング方法において、工作機械 1 4 及びロボット 1 8 を含む生産システム 1 2 に作業プログラム P を適用する際に、工作機械 1 4 とロボット 1 8 との相対位置関係の誤差に対応して作業プログラム P を修正する作業プログラム修正ステップを具備するオフラインプログラミング方法を提供する。作業プログラム修正ステップは、工作機械 1 4 及びロボット 1 8 をそれぞれにモデル化した工作機械モデル 4 4 及びロボットモデル 4 6 を用意するステップと、工作機械モデル 4 4 に、ワーク加工プログラムを実行可能な機械座標系モデル 5 0 を設定するステップと、生産システム 1 2 に、ロボット 1 8 に対し既知の位置関係の下に配置される位置検出器 5 2 を用意するステップと、工作機械モデル 4 4 上での機械座標系モデル 5 0 の原点の位置に対応する工作機械 1 4 上の基準位置 S に、位置検出器 5 2 が検出可能な目標物 5 4 を設けるステップと、位置検出器 5 2 により目標物 5 4 の基準位置 S を検出するステップと、基準位置 S から目標物 5 4 を、機械座標系モデル 5 0 の座標軸に対応する工作機械 1 4 の送り軸に沿って所定の参照位置 R 1、R 2 へ移動して、位置検出器 5 2 により目標物 5 4 の参照位置 R 1、R 2 を検出するステップと、位置検出器 5 2 が検出した目標物 5 4 の基準位置 S と参照位置 R 1、R 2 とに基づき、ワーク加工プログラムを実行するための工作機械 1 4 の機械座標系 5 6 を求めるステップと、ロボットモデル 4 6 に対する機械座標系モデル 5 0 の位置関係と、ロボット 1 8 に対する機械座標系 5 6 の位置関係との差に従って、作業プログラム P を修正するステップとを含む。

【 0 0 8 6 】

以上、本発明の基本構成及び好適な実施形態を説明したが、オフラインプログラミング装置 10、40 をパーソナルコンピュータで構成できることから、上記説明に則して、本発明を下記のように規定することもできる。

すなわち、本発明は、ワーク W 及び工具 T の少なくとも一方を含む加工関連対象物の、工作機械 14 に対するハンドリング作業を、ハンド 16 を装着したロボット 18 に実行させる作業プログラム P をオフラインで作成するために、コンピュータを、加工関連対象物 (W、T) をハンド 16 で把持するときの、対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係 D1 を指定するハンド位置指定部 20、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物 (W、T) の位置を特定する指令 C に基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、工作機械 14 に搭載される対象物 (W、T) の位置及び姿勢 D2 を求める第 1 演算部 22、ハンド位置指定部 20 で指定した対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係 D1 と、第 1 演算部 22 で求めた対象物 (W、T) の位置及び姿勢 D2 とに基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、ハンド 16 で対象物 (W、T) を把持するロボット 18 の位置及び姿勢 D3 を求める第 2 演算部 24、並びに、第 2 演算部 24 で求めたロボット 18 の位置及び姿勢 D3 を用いて、作業プログラム P を生成する作業プログラム生成部 26、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラムである。

10

【 0 0 8 7 】

また本発明は、ワーク W 及び工具 T の少なくとも一方を含む加工関連対象物の、工作機械 14 に対するハンドリング作業を、ハンド 16 を装着したロボット 18 に実行させる作業プログラム P をオフラインで作成するために、コンピュータを、加工関連対象物 (W、T) をハンド 16 で把持するときの、対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係 D1 を指定するハンド位置指定部 20、工作機械 14 に与えられるワーク加工プログラムに含まれる、対象物 (W、T) の位置を特定する指令 C に基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、工作機械 14 に搭載される対象物 (W、T) の位置及び姿勢 D2 を求める第 1 演算部 22、ハンド位置指定部 20 で指定した対象物 (W、T) とハンド 16 との相対位置関係 D1 と、第 1 演算部 22 で求めた対象物 (W、T) の位置及び姿勢 D2 とに基づき、ロボット 18 がハンドリング作業を実行するときの、ハンド 16 で対象物 (W、T) を把持するロボット 18 の位置及び姿勢 D3 を求める第 2 演算部 24、並びに、第 2 演算部 24 で求めたロボット 18 の位置及び姿勢 D3 を用いて、作業プログラム P を生成する作業プログラム生成部 26、として機能させるためのオフラインプログラミング用プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

20

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 8 8 】

【図 1】本発明に係るオフラインプログラミング装置の基本構成を示す機能ブロック図である。

【図 2】図 1 のオフラインプログラミング装置を組み込んだ生産システムの一例を概略で示す図である。

【図 3】図 1 のオフラインプログラミング装置によるオフラインプログラミング方法の 1 ステップを例示する図で、(a) ハンドモデルによる対象物モデルの把持前の状態、及び (b) 適正把持状態を示す。

40

【図 4】図 1 のオフラインプログラミング装置で使用可能なワーク加工プログラムを説明する図である。

【図 5】本発明の一実施形態によるオフラインプログラミング装置の構成を示す機能ブロック図である。

【図 6】図 5 のオフラインプログラミング装置によるオフラインプログラミング方法の主要ステップを概略で例示する図で、(a) オフラインプログラミング装置におけるモデル設定ステップ、及び (b) 生産システムにおける基準位置検出ステップを示す。

【図 7】図 6 のステップに続く主要ステップを概略で例示する図で、(a) 生産システム

50

における第 1 参照位置検出ステップ、及び (b) 生産システムにおける第 2 参照位置検出ステップを示す。

【符号の説明】

【 0 0 8 9 】

- 1 0、4 0 オフラインプログラミング装置
 1 2 生産システム
 1 4 工作機械
 1 6 ハンド
 1 8 ロボット
 2 0 ハンド位置指定部
 2 2 第 1 演算部
 2 4 第 2 演算部
 2 6 作業プログラム生成部
 2 8 テーブル
 3 0 刃物台
 4 2 作業プログラム修正部
 4 4 工作機械モデル
 4 6 ロボットモデル
 5 0 機械座標系モデル
 5 2 位置検出器
 5 4 目標物
 5 6 機械座標系

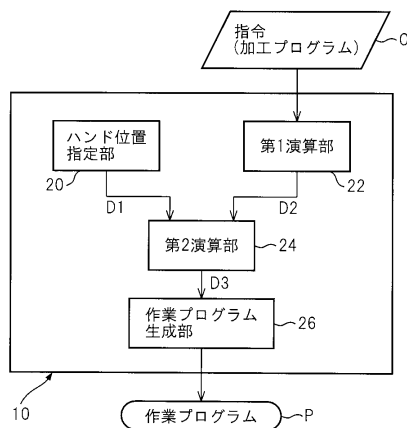
10

20

【 図 1 】

図 1

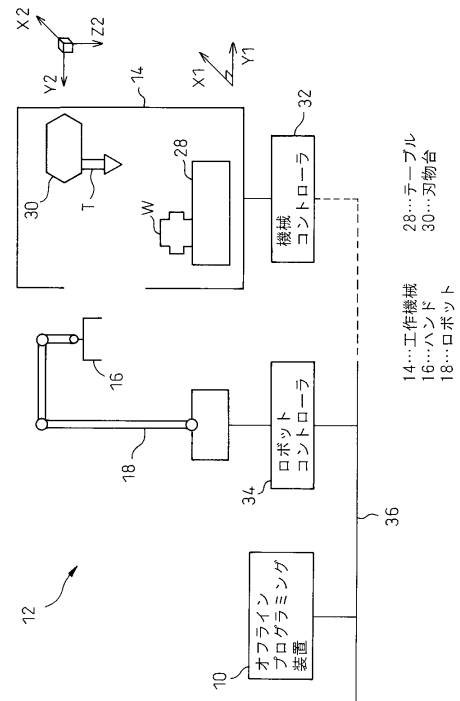
オフラインプログラミング装置の図



【 図 2 】

図 2

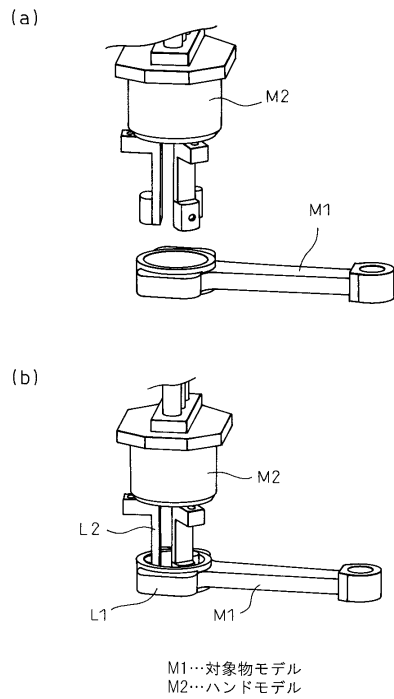
生産システムの図



【図 3】

図 3

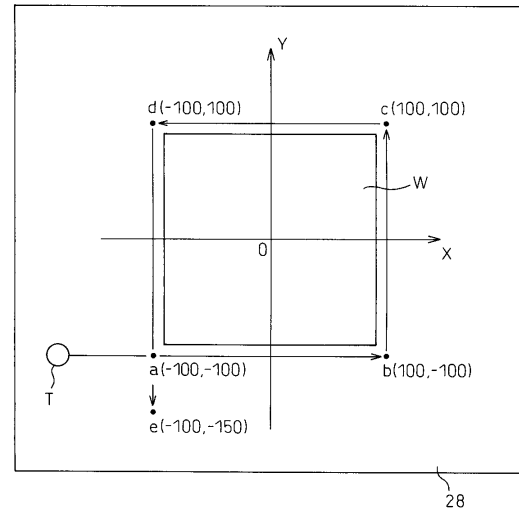
相対位置関係指定ステップ



【図 4】

図 4

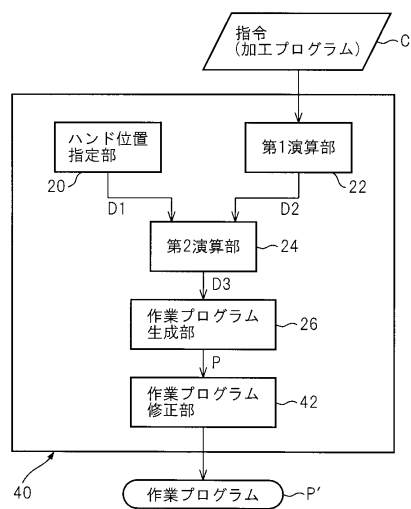
加工プログラム説明図



【図 5】

図5

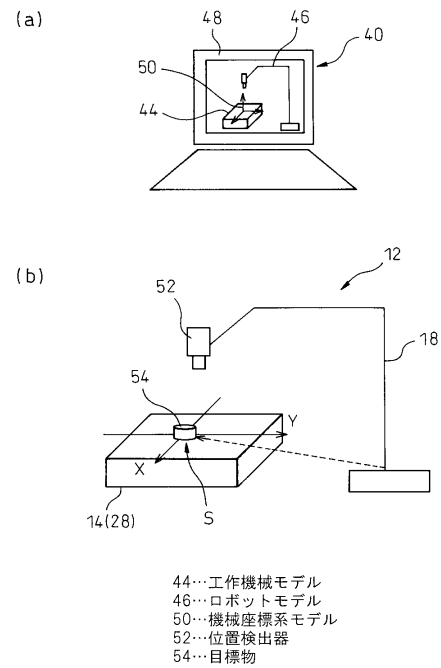
オフラインプログラミング装置の図



【図 6】

図 6

作業プログラム修正ステップ



フロントページの続き

(72)発明者 井上 幸三

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 所村 美和

(56)参考文献 特開2001-142520(JP,A)

特開平03-184742(JP,A)

特開平01-248203(JP,A)

特開昭64-087176(JP,A)

特開昭63-206809(JP,A)

特開2005-138223(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B 19/42

B25J 9/22