

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5426722号
(P5426722)

(45) 発行日 平成26年2月26日(2014.2.26)

(24) 登録日 平成25年12月6日(2013.12.6)

(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 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-118638 (P2012-118638)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成24年5月24日 (2012.5.24)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2013-244550 (P2013-244550A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013.12.9)		〇番地
審査請求日	平成25年4月25日 (2013.4.25)	(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	100112357
			弁理士 廣瀬 繁樹
		(74) 代理人	100157211
			弁理士 前島 一夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットプログラム変更装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第一の移動指令における減速を行っているときに第二の移動指令における加速を行い、第一の移動指令から第二の移動指令への移行を滑らかにする滑らか動作を行うロボットのプログラムを変更するロボットプログラム変更装置において、

ロボットの動作プログラムを記憶するプログラム記憶部と、

該プログラム記憶部に記憶された前記動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの前記動作プログラムのサイクルタイムを初期サイクルタイムとして記憶し、前記動作プログラムの複数の教示点の位置を複数の初期教示点の位置として記憶すると共に前記複数の初期教示点の教示順序を初期教示順序として記憶する初期記憶部と、

該初期記憶部に記憶された前記複数の初期教示点の前記初期教示順序通りに前記ロボットを移動させた場合と比較して、前記複数の教示点のそれぞれの間における前記ロボットの移動時間の合計が小さくなるように、前記複数の教示点の教示順序を入替える順序入替部と、

該順序入替部により教示順序が入替えられた入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの前記ロボットのアーム先端の位置を所定時間毎に記憶するアーム先端位置記憶部と、

該アーム先端位置記憶部に記憶された所定時間毎の位置に基づいて作成される前記ロボットの軌跡と、前記初期記憶部に記憶された初期教示点との間のズレ量を前記初期教示点毎に算出する算出部と、

10

20

前記初期教示点と前記ロボットの軌跡との間の最短距離を形成する方向において、前記アーム先端位置記憶部に記憶された所定時間毎の前記アーム先端の位置が前記初期教示点から離間するように所定距離だけ移動させ、移動後において、前記算出部が算出した、前記アーム先端の位置に基づく新たなロボットの軌跡と前記初期教示点との間のズレ量が所定の許容値以下になるまで、前記入替後動作プログラムの前記教示点の位置調整を行う位置調整部と、

該位置調整部により調整された前記教示点を含む前記入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの前記入替後動作プログラムのサイクルタイムが前記初期記憶部に記憶された前記初期サイクルタイムよりも長い場合には、調整された前記教示点を前記初期教示点に変更して初期教示順序を採用する教示点変更部とを具備する、ロボットプログラム変更装置。

10

【請求項 2】

前記順序入替部は、前記ロボットの各軸の移動角度を前記ロボットの各軸の回転速度で除算することにより、教示点入替前の前記プログラムおよび前記入替後動作プログラムにおける各教示点の間の移動時間を算出する移動時間算出部と、

前記動作プログラムにおける前記複数の教示点のうち二つの教示点の教示順序を入替えると共に、前記教示点入替後において前記複数の教示点のそれぞれの間における前記ロボットの移動時間の合計から前記教示点入替前における前記ロボットの移動時間の合計を減算した偏差が許容値以下であるかどうかを評価する判定部と、

該判定部によって前記偏差が許容値以下であると判定された場合には前記教示点入替後の教示順序を採用すると共に、前記偏差が許容値以下でないと判定された場合には前記教示点入替前の教示順序を採用する順序採用部と、

20

該順序採用部により前記教示点入替後の教示順序または前記教示点入替前の教示順序が採用された後で前記許容値を所定量だけ小さくなるよう変更する許容値変更部と、

該許容値変更部により変更された前記許容値が所定の規定値になるまで、前記教示順序の入替作業を所定の最大試行回数の範囲で繰返す繰返部と、を含む、請求項 1 に記載のロボットプログラム変更装置。

【請求項 3】

前記順序入替部は、前記動作プログラムの連続する三つの教示点の間における第一動作セグメントの移動ベクトルおよび第二動作セグメントの移動ベクトルのなす角度と、前記第二動作セグメントにおける移動時間とに基づいて、前記教示点の教示順序を入替えるようにした、請求項 1 に記載のロボットプログラム変更装置。

30

【請求項 4】

前記算出部により算出された前記ズレ量が許容値を越えた場合には、前記位置調整部は、前記初期教示点から最短距離にある前記軌跡上における点から、前記初期教示点に向かうベクトル方向に一定距離だけ前記入替後動作プログラムの前記教示点を移動させて位置調整を行うようにした、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載のロボットプログラム変更装置。

【請求項 5】

前記動作プログラムの前記教示点の位置修正を行う直前に、前記動作プログラムにおける前記ロボットの速度、加速度および滑らか度合のうちの少なくとも一つの指令値を、前記動作プログラムのサイクルタイムが短くなるように変更する変更部をさらに具備する請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載のロボットプログラム変更装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットが所望の動作を行うようにロボットの動作プログラムを変更するロボットプログラム変更装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

一般に、オフラインで作成されたロボットの動作プログラムは、そのまま現場で使用されることはほとんどなく、修正されてから使用されている。これは、オフライン上の世界とオンライン上（現場）の世界との間で、ワークとロボットの相対的位置関係やロボットの姿勢などが微妙に異なり、ズレが生じるためである。

【0003】

特許文献1に記載されるように、ロボットのモータの負荷をシミュレーションにより求め、求められた負荷に基づいて動作プログラムの指令速度または指令加速度を変更し、前述したズレを解消することが行われている。

【0004】

ところで、一つの動作命令による或る教示点に位置決めするために減速を開始すると共に次の動作命令により他の教示点に移動するために加速を開始して二つの動作命令による移動を滑らかに繋ぐ滑らか動作を教示する場合がある。

【0005】

図12A～図12Cは滑らか動作を説明するための図である。滑らか動作を教示しない場合には、図12Aに示されるように、第一ブロックB1の移動指令における期間D1で所定の加速度で加速すると共に期間D2で同様に減速して、或る教示点Pに到達する。その後、第二ブロックB2の移動指令における期間D3で再び加速して、他の教示点に向かって移動開始する。この場合には、図12Cにおいて実線で示される軌跡を通ることになる。

【0006】

これに対し、滑らか動作を教示した場合には、図12Bに示されるように、期間D2の開始時に第一ブロックB1の減速開始と共に第二ブロックB2の加速開始とを行うことになる。このため、期間D2の終了時に第一ブロックB1の減速動作が終了すると共に、第二ブロックB2の加速動作が終了する。従って、滑らか動作を教示した場合には、図12Cに示されるように第一ブロックB1から第二ブロックへの移行を円滑にすることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-54942号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図12Cに実線で示されるように、滑らか動作を教示しない場合には第一ブロックの動作指令により、ロボットは教示点Pに到達する。しかしながら、滑らか動作を教示した場合には、図12Cに破線で示されるように、ロボットが教示点Pを通過しない軌跡が形成されることになる。従って、滑らか動作を教示すると、目標動作経路に対してロボットの実際の動作経路がズレる場合がある。

【0009】

これに対し、滑らか動作を教示しない場合には、教示点が互いに最短距離で結ばれ、目標動作経路に対してロボットの実際の動作経路がズレることはない。しかしながら、滑らか動作を教示しない場合には、図12Aと図12Bとを比較して分かるように、サイクルタイムが長くなることがある。

【0010】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、滑らか動作での教示を行った場合であっても、動作プログラムのサイクルタイムを短くしつつ、ロボットが元の教示点を通れるように動作プログラムを変更するロボットプログラム変更装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前述した目的を達成するために1番目の発明によれば、第一の移動指令における減速を行っているときに第二の移動指令における加速を行い、第一の移動指令から第二の移動指令への移行を滑らかにする滑らか動作を行うロボットのプログラムを変更するロボットプログラム変更装置において、ロボットの動作プログラムを記憶するプログラム記憶部と、該プログラム記憶部に記憶された前記動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの前記動作プログラムのサイクルタイムを初期サイクルタイムとして記憶し、前記動作プログラムの複数の教示点の位置を複数の初期教示点の位置として記憶すると共に前記複数の初期教示点の教示順序を初期教示順序として記憶する初期記憶部と、該初期記憶部に記憶された前記複数の初期教示点の前記初期教示順序通りに前記ロボットを移動させた場合と比較して、前記複数の教示点のそれぞれの間における前記ロボットの移動時間の合計が小さくなるように、前記複数の教示点の教示順序を入替える順序入替部と、該順序入替部により教示順序が入替えられた入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの前記ロボットのアーム先端の位置を所定時間毎に記憶するアーム先端位置記憶部と、該アーム先端位置記憶部に記憶された所定時間毎の位置に基づいて作成される前記ロボットの軌跡と、前記初期記憶部に記憶された初期教示点との間のズレ量を前記初期教示点毎に算出する算出部と、前記初期教示点と前記ロボットの軌跡との間の最短距離を形成する方向において、前記アーム先端位置記憶部に記憶された所定時間毎の前記アーム先端の位置が前記初期教示点から離間するように所定距離だけ移動させ、移動後において、前記算出部が算出した、前記アーム先端の位置に基づく新たなロボットの軌跡と前記初期教示点との間のズレ量が所定の許容値以下になるまで、前記入替後動作プログラムの前記

10

20

【0012】

2番目の発明によれば、1番目の発明において、前記順序入替部は、前記ロボットの各軸の移動角度を前記ロボットの各軸の回転速度で除算することにより、教示点入替前の前記プログラムおよび前記入替後動作プログラムにおける各教示点の間の移動時間を算出する移動時間算出部と、前記動作プログラムにおける前記複数の教示点のうちの一つの教示点の教示順序を入替えると共に、前記教示点入替後において前記複数の教示点のそれぞれの間における前記ロボットの移動時間の合計から前記教示点入替前における前記ロボットの移動時間の合計を減算した偏差が許容値以下であるかどうかを評価する判定部と、該判定部によって前記偏差が許容値以下であると判定された場合には前記教示点入替後の教示順序を採用すると共に、前記偏差が許容値以下でないとは判定された場合には前記教示点入替前の教示順序を採用する順序採用部と、該順序採用部により前記教示点入替後の教示順序または前記教示点入替前の教示順序が採用された後で前記許容値を所定量だけ小さくなるよう変更する許容値変更部と、該許容値変更部により変更された前記許容値が所定の規定値になるまで、前記教示順序の入替作業を所定の最大試行回数の範囲で繰返す繰返部と、を含む。

30

40

【0013】

3番目の発明によれば、1番目の発明において、前記順序入替部は、前記動作プログラムの連続する三つの教示点の間における第一動作セグメントの移動ベクトルおよび第二動作セグメントの移動ベクトルのなす角度と、前記第二動作セグメントにおける移動時間とに基づいて、前記教示点の教示順序を入替えるようにした。

【0014】

4番目の発明によれば、1番目から3番目のいずれかの発明において、前記算出部により算出された前記ズレ量が許容値を越えた場合には、前記位置調整部は、前記初期教示点から最短距離にある前記軌跡上における点から、前記初期教示点に向かうベクトル方向に一定距離だけ前記入替後動作プログラムの前記教示点を移動させて位置調整を行うように

50

した。

【0015】

5番目の発明によれば、1番目から4番目のいずれかの発明において、前記動作プログラムの前記教示点の位置修正を行う直前に、前記動作プログラムにおける前記ロボットの速度、加速度および滑らか度合のうちの少なくとも一つの指令値を、前記動作プログラムのサイクルタイムが短くなるように変更する変更部をさらに具備する。

【発明の効果】

【0016】

1番目の発明においては、動作プログラムの教示点の教示順序を入替えると共に、軌跡と初期教示点との間のズレ量が許容値以下となるように教示点の位置調整を行っている。また、初期サイクルタイムより短いサイクルタイムが得られる場合にはそのような動作プログラムを排除している。このため、滑らか動作での教示を行った場合であっても、動作プログラムのサイクルタイムを短くしつつ、ロボットが初期教示点を含む範囲を通れるように動作プログラムを変更することができる。

10

【0017】

2番目の発明においては、教示点間の合計移動時間が小さくなるように教示点の教示順序を入替えられる。

【0018】

3番目の発明においては、ロボットのアーム先端の平均の移動速度が大きくなるように、教示点の教示順序を入替えられる。

20

【0019】

4番目の発明においては、軌跡と初期教示点との間のズレ量を許容値以下にするような教示点の位置を決定できる。

【0020】

5番目の発明においては、ロボットの速度、加速度および/または滑らか度合いを変更することにより、動作プログラムのサイクルタイムを短くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明に基づくロボットプログラム変更装置の機能ブロック図である。

【図2】本発明に基づくロボットプログラム変更装置の動作を説明するフローチャートである。

30

【図3】初期教示点および軌跡を示す図である。

【図4】教示点の教示順序を入替える入替動作を説明するフローチャートである。

【図5A】入替前の複数の教示点の教示順序を示す図である。

【図5B】入替後の複数の教示点の教示順序を示す図である。

【図6】教示点の教示順序を入替える他の入替動作を説明する第一のフローチャートである。

【図7】教示点の教示順序を入替える他の入替動作を説明する第二のフローチャートである。

【図8】複数の教示点を示す図である。

40

【図9】複数の教示点を示す他の図である。

【図10】本発明に基づくロボットプログラム変更装置の動作を説明する他のフローチャートである。

【図11】初期教示点および軌跡を示す他の図である。

【図12A】滑らか動作を説明するための第一の図である。

【図12B】滑らか動作を説明するための第二の図である。

【図12C】滑らか動作を説明するための第三の図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。以下の図面において同様の部

50

材には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これら図面は縮尺を適宜変更している。

図1は本発明に基づくロボットプログラム変更装置の機能ブロック図である。図1に示されるように、ロボットプログラム変更装置10は、表示部11、例えば液晶ディスプレイと、制御装置12、例えばコンピュータと、入力部13、例えばキーボードおよびマウス等とを主に含んでいる。

【0023】

表示部11には、アーム先端にツール16を備えたロボット15、例えば多関節ロボットの三次元モデルが表示されている。さらに、ロボット15近傍にはワークWの三次元モデルが表示されている。これら三次元モデルは、実際のロボット15、ツール16およびワークWに対応して配置されている。

10

【0024】

図1に示されるように、制御装置12は、ロボット15の動作プログラムを記憶するプログラム記憶部21と、プログラム記憶部21に記憶された動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの動作プログラムのサイクルタイムCTを初期サイクルタイムCT0として記憶し、動作プログラムの複数の教示点の位置を複数の初期教示点の位置として記憶すると共に複数の初期教示点の教示順序を初期教示順序として記憶する初期記憶部22とを含んでいる。

【0025】

また、制御装置12は、初期記憶部22に記憶された複数の初期教示点の初期教示順序通りにロボット15を移動させた場合と比較して、複数の教示点のそれぞれの間におけるロボット15の移動時間の合計が小さくなるように、複数の教示点の教示順序を入替える順序入替部23としての役目を果たす。

20

【0026】

さらに、制御装置12は、順序入替部23により教示順序が入替えられた入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行したときのロボット15のアーム先端の位置を所定時間毎に記憶するアーム先端位置記憶部24と、アーム先端位置記憶部24に記憶された所定時間毎の位置に基づいて作成されるロボット15の軌跡と、初期記憶部22に記憶された初期教示点との間のズレ量を初期教示点毎に算出する算出部25としての役目を果たす。

30

【0027】

さらに、制御装置12は、算出部25により算出されたズレ量が所定の許容値以下になるまで、入替後動作プログラムの教示点の位置調整を行う位置調整部26と、位置調整部26により調整された教示点を含む入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行したときの入替後動作プログラムのサイクルタイムCTが初期記憶部22に記憶された初期サイクルタイムCT0よりも長い場合には、調整された教示点を初期教示点に変更して初期教示順序を採用する教示点変更部としての役目を果たす。

【0028】

ここで、順序入替部23は、ロボット15の各軸の移動角度をロボット15の各軸の回転速度で除算することにより、これにより、教示点入替前の動作プログラムおよび入替後動作プログラムにおける各教示点の間の移動時間を算出する移動時間算出部31と、動作プログラムにおける複数の教示点のうち二つの教示点の教示順序を入替えると共に、教示点入替後において複数の教示点のそれぞれの間におけるロボット15の移動時間の合計から教示点入替前におけるロボット15の移動時間の合計を減算した偏差が許容値以下であるかどうかを評価する判定部32と、判定部32によって偏差が許容値以下であると判定された場合には教示点入替後の教示順序を採用すると共に、偏差が許容値以下でない判定された場合には教示点入替前の教示順序を採用する順序採用部33と、順序採用部33により教示点入替後の教示順序または教示点入替前の教示順序が採用された後で許容値を所定量だけ小さくなるよう変更する許容値変更部34と、許容値変更部34により変更された許容値が所定の規定値になるまで、教示順序の入替作業を所定の最大試行回数の範

40

50

囲で繰返す繰返部 3 5 とを含む。

【 0 0 2 9 】

また、後述するように、順序入替部 2 3 は、動作プログラムの連続する三つの教示点の間における第一動作セグメントの移動ベクトルおよび第二動作セグメントの移動ベクトルのなす角度と、第二動作セグメントにおける移動時間とに基づいて、教示点の教示順序を入替えるようにしてもよい。

【 0 0 3 0 】

さらに、制御装置 1 2 は、動作プログラムの教示点の位置修正を行う直前に、動作プログラムにおけるロボット 1 5 の速度、加速度および滑らか度合のうちの少なくとも一つの指令値を、動作プログラムのサイクルタイム C T が短くなるように変更する変更部 3 6 と

10

【 0 0 3 1 】

図 2 は本発明に基づくロボットプログラム変更装置の動作を説明するフローチャートである。図 2 等の動作を示す制御プログラムおよび図 2 等で使用される各種データは制御装置 1 2 のプログラム記憶部 2 1 に別途記憶されているものとする。以下、図 1 および図 2 を参照しつつ、本発明のロボットプログラム変更装置 1 0 を説明する。

【 0 0 3 2 】

また、本発明においては、ロボット 1 5 の動作プログラムに記載される連続した二つの移動指令のうち、第一の移動指令における減速を行っているときに第二の移動指令における加速を行い、第一の移動指令から第二の移動指令への移行を滑らかにしている。つまり、本発明においては、図 1 2 を参照して説明したように、或る教示点から他の教示点に移動する際に、滑らか動作が行われるものとする。

20

【 0 0 3 3 】

はじめに、図 2 のステップ S 1 0 において、操作者は、入力部 1 3 を用いて、動作プログラムにより規定されるロボット 1 5 のアーム先端の軌跡と教示点との間のズレ量に関する許容値 K (mm) を設定する。許容値 K は比較的小さい正の値、または許容値 K はゼロであってもよい。

【 0 0 3 4 】

次いで、ステップ S 1 1 において、動作プログラムをプログラム記憶部 2 1 から読出す。そして、動作プログラムに記載された複数の教示点の位置を複数の初期教示点の位置として初期記憶部 2 2 に記憶し、初期教示点の教示順序を初期教示順序として初期記憶部 2 2 に記憶する。さらに、動作プログラムをシミュレーションにより実行し、動作プログラムのサイクルタイム C T を求め、それを初期サイクルタイム C T 0 として初期記憶部 2 2 に記憶する。

30

【 0 0 3 5 】

次いで、ステップ S 1 2 において、順序入替部 2 3 を用いて少なくとも二つの教示点の教示順序を入替え、それにより、少なくとも二つの教示点間の移動距離が小さくなるようにする。教示順序の入替作業については詳細に後述する。

【 0 0 3 6 】

次いで、ステップ S 1 3 において、教示順序が入替えられた入替後動作プログラムをシミュレーションする。このシミュレーションにより、ロボット 1 5 のアーム先端の所定時間毎の位置が分かるので、それら位置をアーム先端位置記憶部 2 4 に記憶する。

40

【 0 0 3 7 】

さらに、ステップ S 1 4 においては、アーム先端位置記憶部 2 4 に記憶された位置に基づいてアーム先端の軌跡を作成する。さらに、初期記憶部 2 2 から複数の初期教示点の位置を読出す。図 3 は初期教示点および軌跡などを示す図である。図 3 においては、初期教示点 P 0 と入替後動作プログラムの教示点 P とが示されている。さらに、入替後動作プログラムに基づいて作成された軌跡 X 1 が示されている。本発明では滑らか動作を行っているので、軌跡 X 1 は入替後動作プログラムの教示点 P 上には位置しない。ステップ S 1 4 においては、算出部 2 5 が入替後動作プログラムの複数の初期教示点 P 0 の各位置と軌跡

50

X 1 との間のズレ量を初期教示点毎に算出する。図 3 から分かるように、ズレ量は初期教示点 P 0 と軌跡 X 1 との最短距離に相当する。

【 0 0 3 8 】

その後、ステップ S 1 5 において、ズレ量が許容値 K 以下であるか否かを判定する。ズレ量の全てが許容値 K 以下であると判定された場合には、ステップ S 1 6 に進んで、入替後動作プログラムをシミュレーションにより実行し、入替後動作プログラムのサイクルタイム C T を算出する。

【 0 0 3 9 】

これに対し、ステップ S 1 5 において少なくとも一つのズレ量が許容値 K 以下でないと判定された場合には、ステップ S 1 8 に進む。ステップ S 1 8 においては、位置調整部 2 7 によって、入替後動作プログラムの複数の教示点の位置を調整する。そして、全ての教示点に関するズレ量が許容値 K 以下となるまで前述したステップ S 1 4 ~ ステップ S 1 6 の処理を繰返す。位置調整部 2 7 の具体的な動作については後述する。

【 0 0 4 0 】

そして、ステップ S 1 7 においては、サイクルタイム C T と初期記憶部 2 2 に記憶された初期サイクルタイム C T 0 とを比較する。そして、サイクルタイム C T が初期サイクルタイム C T 0 よりも小さい場合には、入替後動作プログラムをそのまま採用する。これに対し、サイクルタイム C T が初期サイクルタイム C T 0 よりも小さくない場合には、位置調整部 2 7 が全ての教示点 P の位置を初期教示点 P 0 に変更し、また、初期教示順序を採用するように動作プログラムを戻す。

【 0 0 4 1 】

このように本発明では動作プログラムの教示点の教示順序を入替えると共に、軌跡と初期教示点との間のズレ量が許容値 K 以下となるように教示点の位置調整を行っている。また、初期サイクルタイムより短いサイクルタイムが得られる場合にはそのような動作プログラムを排除している。このため、滑らか動作での教示を行った場合であっても、動作プログラムのサイクルタイムを短くしつつ、ロボットが初期教示点を含む範囲内を通れるように動作プログラムを変更することができる。

【 0 0 4 2 】

図 4 は教示点の教示順序を入替える入替動作を説明するフローチャートである。以下、図 4 を参照しつつ、順序入替部 2 3 の入替動作について説明する。はじめに、図 4 のステップ S 2 1 において、操作者は、入力部 1 3 を用いて、各教示点間のロボット 1 5 の移動時間を積算した合計移動時間の許容値 T を設定する。許容値 T は合計移動時間の許容誤差であり、ステップ S 2 1 においては、許容値 T を比較的大きく設定するのが好ましい。

【 0 0 4 3 】

次いで、ステップ S 2 2 においては、移動時間算出部 3 1 が、教示順序 s の入替前の動作プログラムにおける教示点間のロボット 1 5 の移動時間の合計移動時間 E (s) を算出する。具体的には、移動時間算出部 3 1 は、全ての教示点の位置におけるロボット 1 5 の各軸の移動角度をロボット 1 5 の各軸の回転速度で除算することにより、教示点間の移動時間を求める。そして、これら移動時間を積算することにより合計移動時間 G 1 を算出する。

【 0 0 4 4 】

図 5 A および図 5 B は複数の教示点の教示順序を示す図である。図 5 A に示されるように、教示順序の入替前においては、複数、例えば六つの教示点 P (1) ~ P (6) が教示順序 s (P (1) - P (2) - P (3) - P (4) - P (5) - P (6)) に従って配置されている。

【 0 0 4 5 】

次いで、ステップ S 2 3 において、動作プログラムの複数の教示点のうちの一つの教示順序を入替える。例えば図 5 A に示される二つの教示点 P (1) 1、P (2) の教示順序を入替えると、図 5 B に示されるように新たな教示順序 s ' (P (2) - P (1) - P (3) - P (4) - P (5) - P (6)) が得られる。そして、ステップ S 2 4 においては

10

20

30

40

50

、移動時間算出部 3 1 が新たな教示順序 s' に従って入替後動作プログラムの合計移動時間 $E(s')$ を前述したように算出する。

【0046】

その後、ステップ S 2 5 においては、入替後の合計移動時間 $E(s')$ から入替前の合計移動時間 $E(s)$ を減算して偏差を算出する。そして、判定部 3 2 は、偏差が許容値 T 以下であるか否かを判定する。偏差が許容値 T 以下である場合には、ステップ S 2 6 に進んで、入替後の教示順序 s' を採用する。これに対し、偏差が許容値 T 以下でない場合には、ステップ S 2 7 に進んで、入替前の教示順序 s を採用する。

【0047】

そして、ステップ S 2 8 に進んで、許容値変更部 3 4 が許容値 T を所定の微小量 ΔT だけ小さくする。その後、ステップ S 2 9 に進んで、許容値 T が所定の規定値 T_0 ($< T$) に到達したか否かを判定する。

【0048】

許容値 T が規定値 T_0 以下であると判定された場合には処理を終了する。これに対し、許容値 T が所定の規定値 T_0 以下でないと判定された場合には、ステップ S 2 3 に戻り、繰返部 3 5 は許容値 T が所定の規定値 T_0 以下になるまで前述した処理を繰返すものとする。このようにして、本発明では、教示点間の合計移動時間が小さくなるように教示点の教示順序を入替えることが可能となる。

【0049】

図 6 および図 7 は教示点の教示順序を入替える他の入替動作を説明するフローチャートである。また図 8 および図 9 は複数の教示点を示す図である。以下、図 6 から図 9 を参照して、順序入替部 2 3 の他の入替動作について説明する。

【0050】

はじめに図 6 のステップ S 3 1 において、動作プログラムの全ての複数の教示点の位置の中心 P_G を求める。図 8 に示されるように黒丸で示される六つの教示点の位置の間に中心 P_G が配置されている。そして、中心 P_G から最も遠方に位置する教示点を第一の教示点 $P(1)$ として選択する。

【0051】

次いで、ステップ S 3 2 においては、残りの教示点から第二の教示点 $P(2)$ を以下のように選択する。まず、第一の教示点 $P(1)$ から中心 P_G に向かうベクトル $P(1)P_G$ と、第一の教示点 $P(1)$ から残りのそれぞれの教示点に向かうベクトルとを作成する。そして、ベクトル $P(1)P_G$ に対して、時計回りに最大の角度をなすベクトルと、反時計回りに最大の角度をなすベクトルとを決定する。ただしこの角度は 90 度以下とする。

【0052】

図 8 においては、ベクトル $P(1)P(2B)$ が反時計回りに最大の角度をなすベクトルであり、ベクトル $P(1)P(2A)$ が時計回りに最大の角度をなすベクトルである。次いで、教示点 $P(1)$ 、 $P(2B)$ の間の移動時間と教示点 $P(1)$ 、 $P(2A)$ の間の移動時間とを比較し、短い移動時間に関する教示点 $P(2A)$ を第二の教示点 $P(2)$ として選択する。教示点間の移動時間は前述した移動時間算出部 3 1 により求められる。

【0053】

次いで、ステップ S 3 3 においては、変数 N を 1 に設定する。そして、ステップ S 3 4 においては、既に教示順序が決定している教示点（例えば教示点 $P(1)$ 、 $P(2)$ ）を除いて、教示点間の移動時間が N 番目に短い教示点 $P(Nth)$ を選択する。教示点間の移動時間は前述した移動時間算出部 3 1 により求められる。

【0054】

そして、ステップ S 3 5 においては、図 9 に示されるように、教示点 $P(Nth)$ よりも前の二つの教示点 $P(i-1)$ 、 $P(i)$ を考える。これら三つの教示点 $P(i-1)$ 、 $P(i)$ 、 $P(Nth)$ は連続している。そして、二つの教示点 $P(i-1)$ 、 $P(i)$ の間の第一セグメントの第一移動ベクトル V_1 と、二つの教示点 $P(i)$ 、 $P(Nth)$ の間の第二セグメントの第二移動ベクトル V_2 とを設定する。さらに、第一移動ベクトル

10

20

30

40

50

ルV1と第二移動ベクトルV2との間のなす角度が所定の設定値0よりも小さいか否かを判定する。

【0055】

そして、角度が所定の設定値0よりも小さいと判定された場合には、ステップS36に進んで、教示点P(Nth)を次の教示点P(i+1)として設定する。この点に関し、図9には、教示点P(i)からの距離が、教示点P(Nth)の場合と概ね等しい教示点P'が示されている。しかしながら、教示点P'は前述した角度が設定値0よりも大きいので、教示点P'は次の教示点P(i+1)として設定されない。

【0056】

次の教示点P(i+1)が設定されると、ステップS37において、全ての教示点の教示順序の入替えが終了したか否かが判定される。そして、全ての教示順序が入替えられた場合には、処理を終了する。これに対し、全ての教示順序が入替えられていない場合には、ステップS33に戻って処理を繰返す。

10

【0057】

ところで、ステップS35において角度が所定の設定値0よりも小さくないと判定された場合には、ステップS38に進む。ステップS38においては、変数Nが既に教示順序が決定している教示点を除いた教示点の数に等しいか否かが判定される。変数Nが残りの教示点の数に等しくない場合には、ステップS39において入替前の教示順序に戻すと共に、変数Nに「1」を加算する。その後、ステップS34に戻って処理を繰返すものとする。

20

【0058】

これに対し、変数Nが残りの教示点の数に等しい場合には、ステップS40に進む。ステップS40においては、現在の教示点P(i)からの移動時間が最も短い教示点を次の教示点P(i+1)として設定する。その後、ステップS33に戻って処理を繰返すものとする。

【0059】

図6においては、ステップS34において移動時間が短いことを前提にして教示点を選択している。従って、ロボット15のアーム先端の平均の移動速度が大きくなるように、複数の教示点の教示順序を入替えられるのが分かるであろう。

【0060】

図10は本発明に基づくロボットプログラム変更装置の動作を説明する他のフローチャートである。図10では図2に示されるステップS12からステップS15までのみを示しており、簡潔にする目的で、図2におけるステップS10、S11、S16、S17、S19の図示を省略している。また、図2を参照して説明したステップについては、再度の説明を省略する。

30

【0061】

以下、図10を参照して、図1との相違点について主に述べる。ステップS18で動作プログラムの教示点の位置調整を行うためには、ステップS12aに示されるように、ロボット15の指令速度、指令加速度および/または指令滑らか度合いをそれぞれの最大値に設定するのが好ましい。なお、滑らか動作の度合いを表す滑らか度合いはパーセンテージで示される。そして、ステップS15において算出されたズレ量が許容値K以下でないと判定された場合には、ステップS15aに進む。ステップS15aにおいては、予め操作者により設定された最大試行回数に到達するまで、ステップS13～ステップS15の処理を行ったか否かが判定される。

40

【0062】

そして、最大試行回数に到達している場合にはステップS12bに進む。ステップS12bにおいては、変更部36がロボット15の指令速度、指令加速度および/または指令滑らか度合いをそれぞれの所定量だけ低下させ、次いでステップS13に戻る。これに対し、最大試行回数に到達していない場合にはステップS18において、動作プログラムの教示点の位置調整を行う。なお、教示点の位置調整作業は、図1に示されるフローチャー

50

トのステップS 1 8と同様である。

【 0 0 6 3 】

図 1 1 は初期教示点および軌跡を示す他の図である。図 1 1 に示されるように、初期教示点 P 0 と軌跡 X 1 との間の最短距離を形成する方向を定める。そして、教示点 P がこの方向において初期教示点 P 0 から離間するように、教示点 P を所定距離だけ移動させる。図 1 1 においては、位置調整部 2 7 によって、二つの教示点 P がそれぞれ、教示点 P n e w の位置まで移動されるのが示されている。

【 0 0 6 4 】

図 1 1 に示される破線 X 2 は、教示点 P n e w に基づいてステップ S 1 3 での処理により形成された、ロボット 1 5 のアーム先端の軌跡である。図 1 1 に示されるように破線 X 2 は、初期教示点 P 0 上に載っている。すなわち、破線 X 2 で示される軌跡は、許容値 K がゼロに設定された場合に最終的に得られる。

10

【 0 0 6 5 】

このような場合には、滑らか動作での教示を行った場合であっても、動作プログラムのサイクルタイムを短くしつつ、ロボットが初期教示点を通れるように動作プログラムを変更できるのが分かるであろう。

【 0 0 6 6 】

ところで、図 1 0 では図示を省略しているステップ S 1 6 において、サイクルタイム C T が算出されている。ステップ S 1 6 に到達するときには、ステップ S 1 8 における教示点の位置調整処理、もしくはステップ S 1 2 b における指令速度、指令加速度および / または指令滑らか度合いの低下処理が行われている。そして、図 1 0 のステップ S 1 2 では、図 4 または図 6 を参照して説明した二種類の教示順序の入替動作のうちの両方を行うことも可能である。

20

【 0 0 6 7 】

このような場合には、図 1 0 には示さないステップ S 1 6 において、二種類のサイクルタイム C T が得られることになる。そして、ステップ S 1 1 (図 1 0 では省略) では、初期サイクルタイム C T 0 が求められている。このため、図 1 0 には示さないステップ S 1 7 では、初期サイクルタイム C T 0 と二種類のサイクルタイム C T とのうちの最も小さいサイクルタイムを選択するようにしてもよい。これにより、サイクルタイムがより短い位置調整処理などが行われた動作プログラムを選択できるのが分かるであろう。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 6 8 】

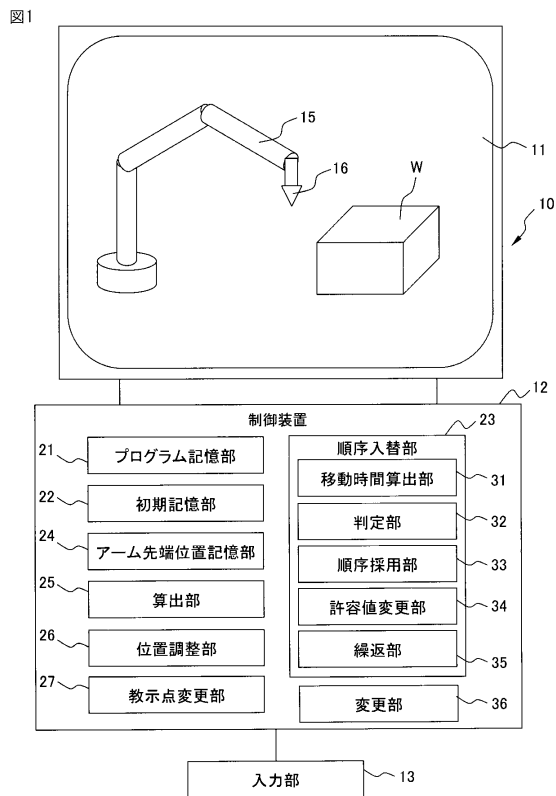
- 1 0 ロボットプログラム変更装置
- 1 1 表示部
- 1 2 制御装置
- 1 3 入力部
- 1 5 ロボット
- 1 6 ツール
- 2 1 プログラム記憶部
- 2 2 初期記憶部
- 2 3 順序入替部
- 2 4 アーム先端位置記憶部
- 2 5 算出部
- 2 6 位置調整部
- 2 7 位置調整部
- 3 1 移動時間算出部
- 3 2 判定部
- 3 3 順序採用部
- 3 4 許容値変更部
- 3 5 繰返部

40

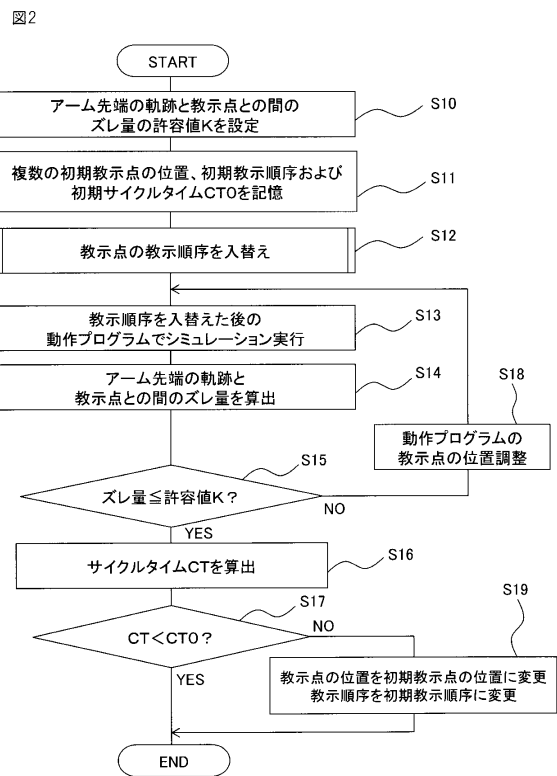
50

3 6 変更部

【図1】

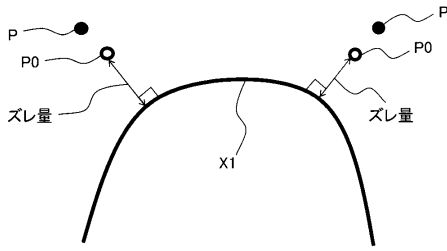


【図2】



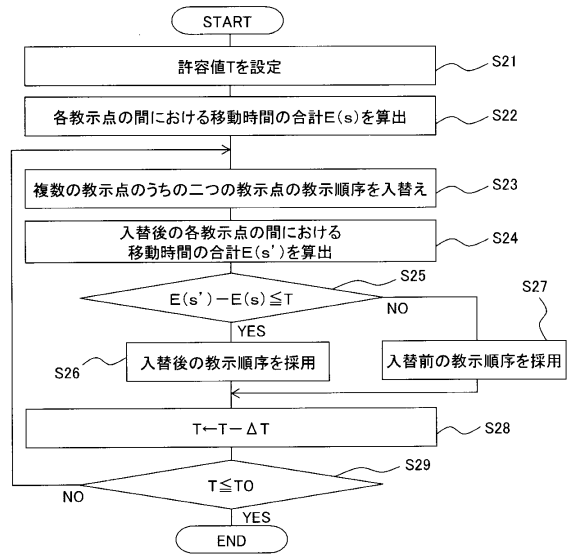
【図3】

図3



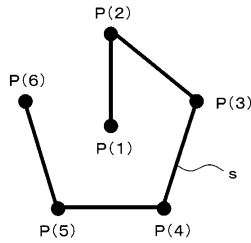
【図4】

図4



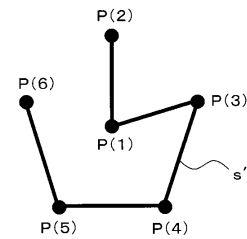
【図5A】

図5A



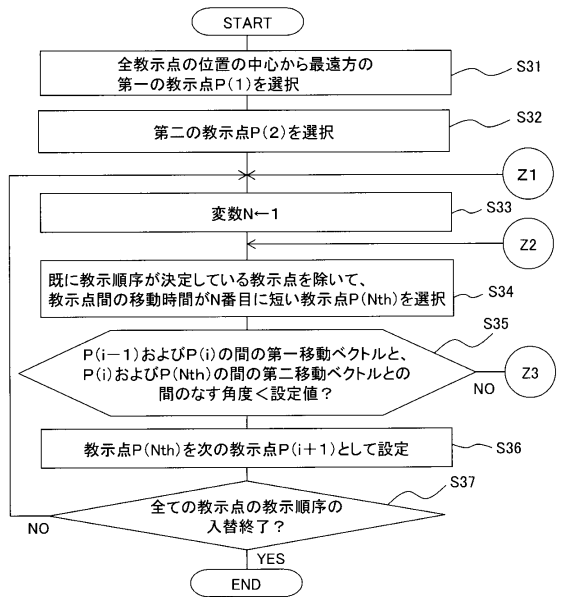
【図5B】

図5B

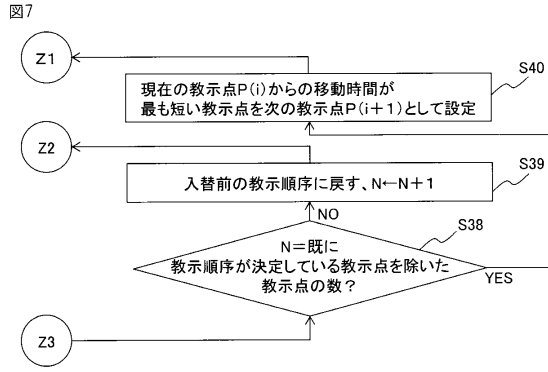


【図6】

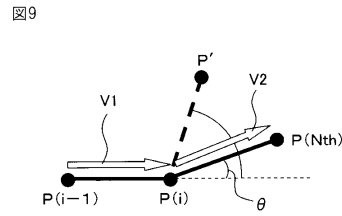
図6



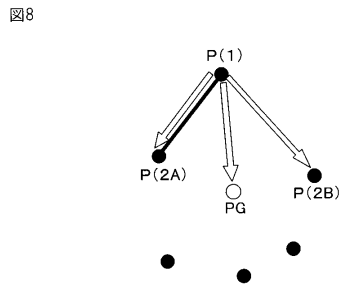
【 図 7 】



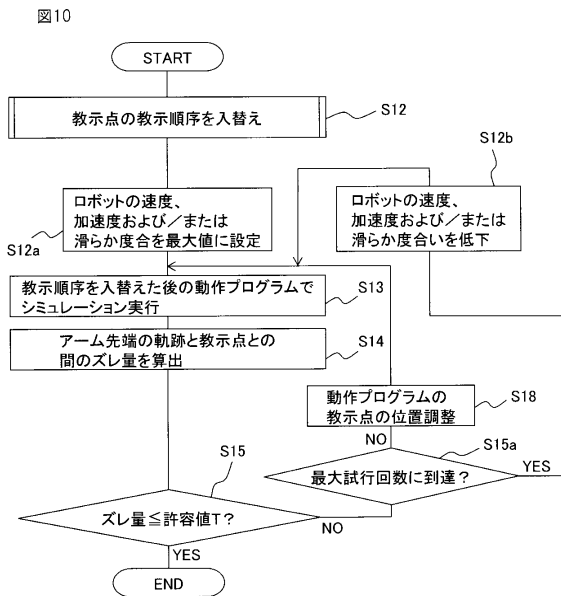
【 図 9 】



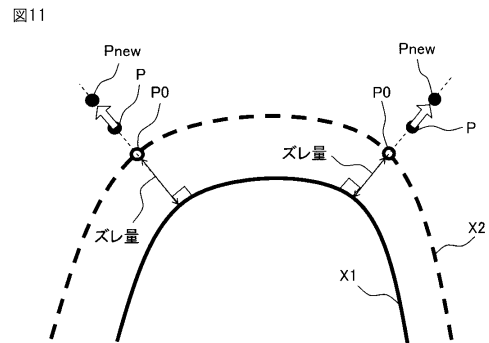
【 図 8 】



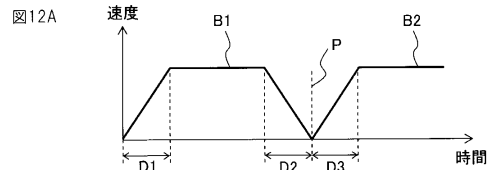
【 図 10 】



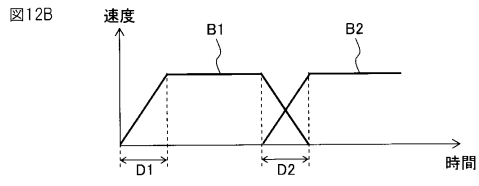
【 図 11 】



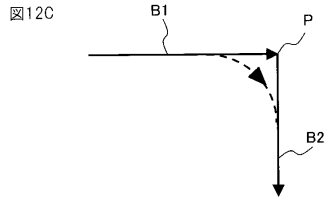
【 図 12 A 】



【 図 1 2 B 】



【 図 1 2 C 】



フロントページの続き

(74)代理人 100159684

弁理士 田原 正宏

(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

審査官 金丸 治之

(56)参考文献 特開平11-249723(JP,A)

特開平11-033726(JP,A)

特開平08-036409(JP,A)

特開2001-088073(JP,A)

特開2004-237441(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B25J 9/22