(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6511806号
(P6511806)
(45)発行日　令和1年5月15日(2019.5.15)　(24)登録日　平成31年4月19日(2019.4.19)

(51)Int.Cl.			F I		
B25J	13/00	(2006.01)	B25J	13/00	Z
H01L	21/677	(2006.01)	H01L	21/68	A
B25J	9/22	(2006.01)	B25J	9/22	Z

請求項の数 5　(全 14 頁)

(21)出願番号　特願2014-263215(P2014-263215)
(22)出願日　平成26年12月25日(2014.12.25)
(65)公開番号　特開2016-120581(P2016-120581A)
(43)公開日　平成28年7月7日(2016.7.7)
審査請求日　平成29年11月14日(2017.11.14)

(73)特許権者　000002059
シンフォニアテクノロジー株式会社
東京都港区芝大門一丁目１番３０号
(74)代理人　100137486
弁理士　大西　雅直
(72)発明者　増井　陽二
東京都港区芝大門一丁目１番３０号　シンフォニアテクノロジー株式会社内
(72)発明者　佐伯　亨
東京都港区芝大門一丁目１番３０号　シンフォニアテクノロジー株式会社内

審査官　臼井　卓巳

最終頁に続く

(54)【発明の名称】多関節ロボット及び多関節ロボットの制御方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
ＥＦＥＭに設置され、
複数のアーム要素を水平方向に回転可能に接続したアームと、
前記アーム要素を駆動する駆動手段に動作指令を出力することで、アーム先端の位置制御を行う制御手段とを備える多関節ロボットであって、
前記制御手段は、前記アーム先端を動作させる複数の移動先のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応し、時系列に沿って設定される各アーム要素の位置情報を含んで構成され、前記アームおよびこれに保持されている被搬送物が、拡張禁止領域に進入しないことを制約条件として生成される、軌道情報を記憶する軌道情報記憶部と、
前記アーム先端の現在位置及び目標位置を始点及び終点として設定する設定部と、
当該設定部が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報に基づいて前記動作指令を生成する動作指令生成部とを備え、
前記動作指令生成部は、前記軌道情報記憶部に前記設定部が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報が記憶されておらず、前記設定部が設定した始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報が記憶されている場合に、当該関連軌道情報に基づいて前記動作指令を生成するように構成されており、
前記拡張禁止領域が、

前記関連軌道情報に基づいて生成された動作指令を用いて前記アーム要素が駆動された場合の適切な軌道からのズレを考慮して設定される領域であって、前記アームの進入が禁止される禁止領域を、内側に拡張した領域である、ことを特徴とする多関節ロボット。
【請求項２】
前記関連軌道情報は、前記設定部により設定される始点と終点とを入れ替えた組み合わせに対応する軌道情報である逆向軌道情報を含んでおり、
前記動作指令生成部は、前記逆向軌道情報の時系列を逆にして利用することで前記動作指令を生成可能であることを特徴とする請求項１記載の多関節ロボット。
【請求項３】
前記関連軌道情報は、前記設定部により設定される始点及び終点に対して、前記アームの回転中心を通る直線を挟んで対称な位置にある始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報である対称軌道情報を含んでおり、
前記動作指令生成部は、前記対称軌道情報の位置情報を対称変換して利用することで前記動作指令を生成可能であることを特徴とする請求項１又は２記載の多関節ロボット。
【請求項４】
前記アームの反基端側において、前記アーム要素としての第１ハンド及び第２ハンドが同一の回転軸を中心として回転可能に設けられ、
前記制御手段は、前記アーム先端をなす第１ハンド先端及び第２ハンド先端の位置制御を行うものであり、
前記動作指令生成部は、前記軌道情報記憶部に記憶された軌道情報に基づいて、前記第１ハンド先端及び第２ハンド先端の位置制御を行うために用いる動作指令を生成することを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の多関節ロボット。
【請求項５】
ＥＦＥＭに設置され、複数のアーム要素を水平方向に回転可能に接続したアームと、前記アーム要素を駆動する駆動手段と、アーム先端を動作させる複数の移動先のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応し、前記アームおよびこれに保持されている被搬送物が、拡張禁止領域に進入しないことを制約条件として生成される軌道情報を記憶する軌道情報記憶部とを備え、前記駆動手段に動作指令を出力することで前記アーム先端の位置制御を行う多関節ロボットの制御方法であって、
現在位置情報及び目標位置情報から始点及び終点を設定するステップと、
設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されているか否かを判定するステップと、
前記軌道情報が軌道情報記憶部に存在すると判定した場合に、当該軌道情報に基づいて動作指令を生成するステップと、
前記軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されていないと判定した場合に、前記始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されているか否かを判定するステップと、
前記関連軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されていると判定した場合に、当該関連軌道情報に基づいて動作指令を生成するステップと、
を備え、
前記拡張禁止領域が、
前記関連軌道情報に基づいて生成された動作指令を用いて前記アーム要素が駆動された場合の適切な軌道からのズレを考慮して設定される領域であって、前記アームの進入が禁止される禁止領域を、内側に拡張した領域であることを特徴とする多関節ロボットの制御方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、予め設定された軌道情報を用いてアーム先端を動作させる多関節ロボット及

び多関節ロボットの制御方法に関するものである。

【背景技術】

【０００２】

従来、複数のアーム要素を回転可能に接続したアームを駆動させ、アーム先端を所定の位置に移動させる多関節ロボットがある。

【０００３】

例えば、特許文献１に示される多関節ロボットの一種である搬送装置は、軌道情報生成装置によって事前に生成された軌道情報を用いて、アーム先端の移動制御を行うものである。ここで、移動制御に用いる軌道情報は、アームの動力学モデルをもとに、最適化手法を用いて所望の始点から終点までの移動時間が極力短くなるように生成される。

【０００４】

また、駆動のための軌道情報を予め保持せず、与えられた２点間を直線又は円弧によって補間する経路をリアルタイムで算出して、算出したデータをもとに駆動制御を行う多関節ロボットもある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【特許文献１】特開２０１１－１６７８２７号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、軌道情報を予め生成する場合には、生成した軌道情報を記憶装置に記憶しておく必要があり、多関節ロボットのアーム先端のとり得る軌道の数を増加させるには、記憶装置の記憶容量を増加させなければならない。また、軌道情報を予め生成する場合、多関節ロボットをセッティングする際に、生成する軌道情報の数に応じて軌道生成のための軌道計算時間も必要となる。

【０００７】

一方、搬送経路をリアルタイムで算出する場合も、始点と終点を直線や円弧の組み合わせによって接続するためにティーチング作業等によって中継点を設定する必要があり、この設定に時間がかかるうえ、各軸のトルク、回転数、角度、加速度など多くの制約条件を考慮して最適経路を通る中継点を設定するのは熟練者であっても困難である。また、多関節ロボットが中継点の補間演算を行う必要があるため、ロボットの制御手段に負荷がかかることとなる。

【０００８】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであって、その目的は、記憶装置の容量を増加させることなく適切なアーム先端の位置制御を行うことができ、リアルタイムで搬送経路を算出する場合に必要なティーチング作業の削減を可能とするとともに、位置制御のための軌道情報の導出に要する軌道計算時間を短縮することが可能な多関節ロボット及び多関節ロボットの制御方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明は、係る目的を達成するために、次のような手段を講じたものである。

【００１０】

すなわち、本発明の多関節ロボットは、ＥＦＥＭに設置され、複数のアーム要素を水平方向に回転可能に接続したアームと、前記アーム要素を駆動する駆動手段に動作指令を出力することで、アーム先端の位置制御を行う制御手段とを備える多関節ロボットであって、前記制御手段は、前記アーム先端を動作させる複数の移動先のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応し、時系列に沿って設定される各アーム要素の位置情報を含んで構成され、前記アームおよびこれに保持されている被搬送物が、拡張禁止領域に進入しないことを制約条件として生成される、軌道情報を記憶する軌道情報

記憶部と、前記アーム先端の現在位置及び目標位置を始点及び終点として設定する設定部と、当該設定部が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報に基づいて前記動作指令を生成する動作指令生成部とを備え、前記動作指令生成部は、前記軌道情報記憶部に前記設定部が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報が記憶されておらず、前記設定部が設定した始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報が記憶されている場合に、当該関連軌道情報に基づいて前記動作指令を生成するように構成されており、前記拡張禁止領域が、前記関連軌道情報に基づいて生成された動作指令を用いて前記アーム要素が駆動された場合の適切な軌道からのズレを考慮して設定される領域であって、前記アームの進入が禁止される禁止領域を、内側に拡張した領域である、ことを特徴とする。

【００１１】

このように構成すると、軌道情報記憶部が時系列に沿って設定される各アーム要素の位置情報を含んで構成される軌道情報を記憶し、動作指令生成部が設定部の設定した始点及び終点に対応する軌道情報に基づいて動作指令を出力することでアーム先端の位置制御を行うことから、軌道情報を一度用意すれば、同じ構成の多関節ロボットに情報を共有利用できるため、中継点の調整作業が不要となる。また、軌道情報記憶部に記憶された軌道情報によって動作指令を生成するため、中継点の補間演算といったリアルタイム演算が不要となり、低スペックの演算機でも適切な動作指令を生成することが可能となるとともに、リアルタイムでの搬送経路の算出のために必要なティーチング作業を削減することも可能となる。また、設定部が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報が記憶されておらず、設定部が設定した始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報が記憶されている場合に、当該関連軌道情報に基づいて前記動作指令を生成することから、軌道情報記憶部に記憶する軌道情報の削減ができ、大容量の記憶装置を搭載せずに、アーム先端の位置制御を行うことができる。さらに、軌道情報を削減することで、同じ容量の記憶装置を用いて、より多くの動作指令を生成することが可能となる。加えて、軌道情報の導出に要する軌道計算時間を短縮することも可能となる。

【００１２】

また、軌道情報記憶部に記憶する軌道情報を削減する構成としては、前記関連軌道情報は、前記設定部により設定される始点と終点とを入れ替えた組み合わせに対応する軌道情報である逆向軌道情報を含んでおり、前記動作指令生成部は、前記逆向軌道情報の時系列を逆にして利用することで前記動作指令を生成可能であることも好適である。

【００１３】

さらに、軌道情報記憶部に記憶する軌道情報を削減する他の構成として、前記関連軌道情報は、前記設定部により設定される始点及び終点に対して、前記アームの回転中心を通る直線を挟んで対称な位置にある始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報である対称軌道情報を含んでおり、前記動作指令生成部は、前記対称軌道情報の位置情報を対称変換して利用することで前記動作指令を生成可能であることも有効である。

【００１４】

加えて、多関節ロボットがアーム要素としての第１ハンド及び第２ハンドを備える場合に、軌道情報記憶部に記憶する軌道情報を削減することを可能とするためには、前記アームの反基端側において、前記アーム要素としての第１ハンド及び第２ハンドが同一の回転軸を中心として回転可能に設けられ、前記制御手段は、前記アーム先端をなす第１ハンド先端及び第２ハンド先端の位置制御を行うものであり、前記動作指令生成部は、前記軌道情報記憶部に記憶された軌道情報に基づいて、前記第１ハンド先端及び第２ハンド先端の位置制御を行うために用いる動作指令を生成することが効果的である。

【００１５】

また、本発明の多関節ロボットの制御方法は、ＥＦＥＭに設置され、複数のアーム要素を水平方向に回転可能に接続したアームと、前記アーム要素を駆動する駆動手段と、アー

ム先端を動作させる複数の移動先のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応し、前記アームおよびこれに保持されている被搬送物が、拡張禁止領域に進入しないことを制約条件として生成される軌道情報を記憶する軌道情報記憶部とを備え、前記駆動手段に動作指令を出力することで前記アーム先端の位置制御を行う多関節ロボットの制御方法であって、現在位置情報及び目標位置情報から始点及び終点を設定するステップと、設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されているか否かを判定するステップと、前記軌道情報が軌道情報記憶部に存在すると判定した場合に、当該軌道情報に基づいて動作指令を生成するステップと、前記軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されていないと判定した場合に、前記始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されているか否かを判定するステップと、前記関連軌道情報が軌道情報記憶部に記憶されていると判定した場合に、当該関連軌道情報に基づいて動作指令を生成するステップと、を備え、前記拡張禁止領域が、前記関連軌道情報に基づいて生成された動作指令を用いて前記アーム要素が駆動された場合の適切な軌道からのズレを考慮して設定される領域であって、前記アームの進入が禁止される禁止領域を、内側に拡張した領域であることを特徴とする。この発明を用いても、上記と同様の効果を得ることが可能となる。

【発明の効果】

【００１６】

以上説明した本発明によれば、記憶装置の容量を増加させることなく適切なアーム先端の位置制御を行うことができ、リアルタイムで搬送経路を算出する場合に必要なティーチング作業の削減を可能とするとともに、位置制御のための軌道情報の導出に要する軌道計算時間を短縮することが可能な多関節ロボット及び多関節ロボットの制御方法を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【００１７】

【図１】本発明の実施形態に係る多関節ロボットを模式的に示す構成図。

【図２】同多関節ロボットのＥＦＥＭ内における移動先の例を示す平面図。

【図３】同多関節ロボットのアームの可動領域を示す説明図。

【図４】同多関節ロボットの位置情報の時系列データ及び軌道情報を示す図。

【図５】同多関節ロボットの動作を示すフローチャート。

【図６】同多関節ロボットの軌道情報を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【００１８】

以下、本発明の実施形態に係る多関節ロボットを、図面を参照しつつ説明する。

【００１９】

本実施形態の多関節ロボットは、図１に示すように、被搬送物であるウェーハＷを搬送する搬送装置１であり、アーム２と、アーム２を駆動する駆動手段３と、アーム２の駆動を制御する制御手段４と、ウェーハＷを受け渡す目標位置を受け付ける受付手段５とを備える。

【００２０】

この搬送装置１は、図２に示すように、複数のロードポート５１～５４を備えるＥＦＥＭ（Equipment Front End Module）５０の搬送室５０ａ内に設置され、これらロードポート５１～５４及び、ＥＦＥＭ５０と隣接するロードロック室６０等が、ウェーハＷの所定の移動先である基点Ｐ１～Ｐ５として設定される。また、搬送装置１を立ち上げた直後のアーム先端２ｂの初期位置（アーム基端２ａと一致）も基点Ｐ０として設定される。

【００２１】

ここで、以下の説明においては、ロードポート５１～５４が並ぶ方向をＸ軸方向、Ｘ軸方向及び垂直方向に直交する方向をＹ軸方向と定義し、Ｘ軸に対して反時計回りに角度θを定義する。また、本願において、ＥＦＥＭ５０は平面視した場合においてアーム２の回

転中心であるアーム基端２ａを通るＹ軸と平行な直線である対称軸Ｌを挟んで線対称に構成されている。

【００２２】

アーム２は、図１に示すように、基台２０に基端部２１ａが接続された第１アーム要素２１と、第１アーム要素２１の先端部２１ｂに基端２２ａが接続された第２アーム要素２２と、第２アーム要素２２の先端部２２ｂに基端２３ａ，２４ａが接続され先端にウェーハＷを載置するための保持部２３ｂ，２４ｂが設定された第３アーム要素及び第４アーム要素としての第１ハンド２３及び第２ハンド２４とを備え、各アーム要素２１～２４はそれぞれ軸２１ｃ～２３ｃを中心として水平方向に回転可能に接続されている。なお、第１ハンド２３と第２ハンド２４とは同一の構成であるため、以下では第１ハンド２３の説明のみを行う。また、保持部２３ｂがウェーハＷを保持した時のウェーハＷの中心位置をアーム先端２ｂと定める。

【００２３】

駆動手段３は、アーム要素２１～２３の基端部２１ａ～２３ａに設けられるサーボモータ（図示せず）を備えており、各サーボモータの駆動により、軸２１ｃ回りの基台２０とアーム要素２１との間の角度θ１、軸２２ｃ回りのアーム要素２１，２２間の角度θ２、及び、軸２３ｃ回りのアーム要素２２，２３間の角度θ３を変更することで、アーム先端２ｂを所望の位置に移動させることが可能となっている。また、各サーボモータはエンコーダ３１を備えており、上述した軸２１ｃ～２３ｃ回りの角度θ１～θ３を検出することが可能である。以降では、動作順ｎ、つまり時系列に沿って設定される各アーム要素２１～２３の角度（θ１（ｎ），θ２（ｎ），θ３（ｎ））を、アーム要素２１～２３の位置情報Ａとする（図４（ａ）参照）。

【００２４】

制御手段４は、受付手段５が受け付けた目標位置情報及びエンコーダ３１によって得られる現在位置情報をアーム先端２ｂの始点及び終点として設定する設定部４１と、予め生成されたアーム先端２ｂの軌道情報ＲをデータベースＤとして記憶する軌道情報記憶部４２と、軌道情報記憶部４２に記憶された軌道情報Ｒに基づいて駆動手段３に出力する動作指令Ｃを生成する動作指令生成部４３とを備える。ここで、受付手段５は、ディスプレイ、キーボードやマウス等の既知の操作部、あるいは上位のシステムからアーム先端２ｂの目標位置を示す目標位置情報を受け付けるものである。この制御手段４は、ＣＰＵ、記憶装置及びインタフェースを備えた通常のマイクロプロセッサ等により構成されるものであり、メモリ記憶装置には予め処理に必要なプログラムが格納してあり、ＣＰＵは逐次必要なプログラムを取り出して実行し、周辺ハードリソースと協働して所期の機能を実現するようになっている。なお、この制御手段４は、実際にはトルク、回転数、角度、加速度等のアクチュエータ能力も加味して動作指令Ｃを生成しており、エンコーダ３１から得られたアーム要素２１～２３の角度（θ１（ｎ），θ２（ｎ），θ３（ｎ））に応じて、動作指令Ｃを補正することも可能となっている。また、制御手段４は、軌道情報ＲのデータベースＤへの登録機能及び、データベースＤからの読み出し機能も有しており、データベースＤには複数の軌道情報Ｒが登録されている。

【００２５】

ここで、軌道情報Ｒは、動力学モデルと制約条件とに基づいて導き出せる軌道情報のうち、その移動時間が最小となる適切な軌道情報を最適化手法により生成するものである。最適化手法としては、従来既知のものを適宜使用することが可能であり、例えば、特開２０１１－１６７８２７号公報に開示されるものを利用して生成することが可能である。

【００２６】

ただし、本願においては、制約条件の１つとして、図３に示すように、ＥＦＥＭ５０、ロードポート５１～５４及びロードロック室６０等の壁５０ｂによって設定される禁止領域Ｖ１を内側、すなわち搬送装置１側に所定距離ｈ拡張した拡張禁止領域Ｖ２が、アーム２及びアーム２に保持されたウェーハＷが侵入できない領域として設定される。この所定距離ｈは、例えば１０ｍｍ程度とされる。このように、軌道情報Ｒは、アーム先端２ｂに

保持させたウェーハＷが拡張禁止領域Ｖ２に進入しないことを制約条件の１つとして生成されることから、ウェーハＷが壁５０ｂ等の障害物に衝突することを防止することが可能となっている。

【００２７】

そして、このようにして生成された軌道情報Ｒは、上述した位置情報Ａの時系列に沿った集合として構成されるものであり（図４（ａ）参照）、軌道情報記憶部４２は、この軌道情報Ｒをアーム先端２ｂの移動先である基点Ｐ０～Ｐ５から選択される始点及び終点の組み合わせと対応させて記憶する。具体的には、軌道情報記憶部４２のデータベースＤには、図４（ｂ）に示すように、例えば（始点，終点）の組み合わせとして、（Ｐ０，Ｐ１），（Ｐ０，Ｐ２），（Ｐ１，Ｐ２）に対応する軌道情報Ｒである軌道情報Ｒ１～Ｒ３等が記憶されている。また、これら軌道情報Ｒ１～Ｒ３は、（始点，終点）の組み合わせとして、上述した（Ｐ０，Ｐ１），（Ｐ０，Ｐ２），（Ｐ１，Ｐ２）と所定の関係性を有する（Ｐ１，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ１）に対応する関連軌道情報Ｒｒである逆向軌道情報Ｒｉ１～Ｒｉ３としての役割も有しており、これによって、（始点，終点）の組み合わせが（Ｐ１，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ１）である場合の軌道情報Ｒを別途データベースＤが保持しなくてよいようになっている。なお、逆向軌道情報Ｒｉについての詳細は後述する。

【００２８】

そして、動作指令生成部４３は、データベースＤの軌道情報Ｒから、動作順に記憶されたアーム要素２１～２３の位置情報Ａを制御周期毎に順に読み出して駆動手段３の各サーボモータを動作させる動作指令Ｃを生成し、この動作指令Ｃを受けた駆動手段３は、位置情報Ａの角度になるよう駆動手段３の各サーボモータを動作させるようになっている。

【００２９】

以下、制御手段４が目標位置情報及び現在位置情報から動作指令Ｃを生成する生成過程について、図１を参照しつつ図５のフローチャートを用いて具体的に説明する。

【００３０】

まず、ステップＳ１において、設定部４１は、エンコーダ３１から現在のアーム要素２１～２３の角度θ１～θ３である現在位置情報を取得するとともに、受付手段５から目標位置情報を取得する。次に、ステップＳ２において、設定部４１は、現在位置情報からアーム先端２ｂの現在位置を始点として設定し、目標位置情報から、アーム先端２ｂの目標位置を終点として設定する。

【００３１】

次に、ステップＳ３において、動作指令生成部４３は、設定部４１が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報Ｒ（以下、対応軌道情報Ｒｃとする）が軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在するか否かを判定する。対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在すると判定した場合は、ステップＳ４に移行し、動作指令生成部４３はデータベースＤの対応軌道情報Ｒｃを読み込むことでこの対応軌道情報Ｒｃに基づいて動作指令Ｃを生成する。

【００３２】

一方、対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在しないと判定した場合は、ステップＳ５に移行し、動作指令生成部４３は、ステップＳ２において設定部４１が設定した始点と終点の組み合わせに対し、この始点と終点とを入れ替えた組み合わせに対応する軌道情報Ｒ（以下、逆向軌道情報Ｒｉとする）が軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在するか否かを判定する。

【００３３】

そして、この始点と終点が逆である逆向軌道情報Ｒｉが軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在すると判定した場合は、ステップＳ６に移行し、動作指令生成部４３は、データベースＤに存在する逆向軌道情報Ｒｉの時系列を逆にして利用する、すなわち逆読込みして用いることで動作指令Ｃを生成する。なお、この逆向軌道情報Ｒｉは、後述する理由により、ステップＳ３においてデータベースＤに存在しないと判定され取得できなかっ

た、アーム先端２ｂを設定部４１が設定した始点から終点まで移動させるための対応軌道情報Ｒｃの時系列を逆にしたものとほぼ一致するようになっている。

【００３４】

一方、動作指令生成部４３が、逆向軌道情報Ｒｉが軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在しないと判定した場合は、ステップＳ７に移行し、データベースＤに利用できる軌道情報Ｒが存在しないこと通知する信号を出力する。この場合、搬送装置１は、所定のインタフェースを通じて動作指令Ｃが生成できないことを搬送装置１の使用者に通知して動作を停止するか、又は、周知のリアルタイム制御によって、アーム２の動作を行う。

【００３５】

なお、図６（ａ）及び（ｂ）は、アーム先端２ｂのある２つの基点Ｐａ，Ｐｂについて、（始点，終点）の組み合わせを（Ｐａ，Ｐｂ）とした場合の軸２１ｃ～２３ｃ回りの時系列の角度θ１（ｎ）～θ３（ｎ）（軌道情報Ｒａ）と、始点及び終点を入れ替え、（始点，終点）の組み合わせを（Ｐｂ，Ｐａ）とした場合の軸２１ｃ～２３ｃ回りの時系列の角度θ１（ｎ）～θ３（ｎ）（軌道情報Ｒｂ）とを、それぞれ最適化手法を用いて計算した結果を正規化して示すグラフである。そして、図６（ｂ）の軌道情報Ｒｂを表すグラフと、図６（ａ）のグラフの左右を反転させた、すなわち時系列を逆にした図６（ｃ）のグラフとはほぼ重なるようになっている。つまり、設定部４１が（始点，終点）の組み合わせを（Ｐｂ，Ｐａ）と設定した場合に、この始点と終点を入れ替えた組み合わせ（Ｐａ，Ｐｂ）に対応する逆向軌道情報Ｒｉ（図６（ｃ）参照）は、最適化手法を用いて計算した軌道情報Ｒｂ（図６（ｂ）参照）とほぼ同一となり、最適化手法を用いなくても適切な軌道を描く動作指令Ｃを生成することが可能であるといえる。

【００３６】

そして、現在までに、本発明者によって、どのような基点の組み合わせについても、時系列を逆にしたグラフはほぼ重複し、設定部４１が設定した始点及び終点を入れ替えた組み合わせに対応する逆向軌道情報Ｒｉを使用することで、最適化手法を用いて計算した場合とほぼ同一の動作指令Ｃを生成可能であることが確認されている。なお、関連軌道情報Ｒｒとしての逆向軌道情報Ｒｉに基づいて生成された動作指令Ｃによって搬送装置１を動作させた場合、適切な軌道に対して多少なりともズレが生じる場合もあるが、本願では、軌道情報Ｒが、アーム２の進入を禁止される禁止領域Ｖ１を所定距離ｈ拡張された拡張禁止領域Ｖ２を制約条件として生成されることから、最適な軌道からのズレによってアーム２やウェーハＷが壁５０ｂ等の障害物に衝突することを防止することが可能となっている。

【００３７】

このように、制御手段４が目標位置情報及び現在位置情報から逆向軌道情報Ｒｉに基づいて動作指令Ｃを生成することで、軌道情報記憶部４２のデータベースＤに記憶する軌道情報Ｒの数を削減することが可能となる。例えば、アーム先端２ｂ移動先として基点Ｐ０，Ｐ１，Ｐ２の３点が設定された場合、本来であれば３！＝６通り分の軌道情報Ｒを記憶する必要がある。ところが、本実施形態においては、図４（ｂ）に示すように、（始点，終点）の組み合わせとして、（Ｐ０，Ｐ１），（Ｐ０，Ｐ２），（Ｐ１，Ｐ２）に対応する３通りの軌道情報Ｒ１～Ｒ３（＝対応軌道情報Ｒｃ（０，１），Ｒｃ（０，２），Ｒｃ（１，２））のみを記憶するだけで、これらの軌道情報Ｒ１～Ｒ３を逆向軌道情報Ｒｉ（１，０），Ｒｉ（２，０），Ｒｉ（２，１））として、（始点，終点）の組み合わせが（Ｐ１，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ０），（Ｐ２，Ｐ１）である軌道の動作指令Ｃを生成することも可能となるため、記憶する軌道情報Ｒの数を１／２にして、記憶装置を効率的に利用することが可能となる。ただし、記憶する軌道情報Ｒの数は、１／２まで削減する必要はなく、記憶装置の容量に応じて増減させることが可能である。

【００３８】

なお、以上では同一の構成である第１ハンド２３と第２ハンド２４のうち第１ハンド２３についてのみ説明を行ったが、本実施形態においては、第１ハンド２３と第２ハンド２４の対称性を用いてこれらのハンド２３，２４の軌道情報Ｒを共通化しており、この共通

化によっても軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｃを削減することが可能となっている。

【００３９】

以上のように、本実施形態の多関節ロボットである搬送装置１は、複数のアーム要素２１～２３を回転可能に接続したアーム２と、アーム要素２１～２３を駆動する駆動手段３に動作指令Ｃを出力することで、アーム先端２ｂの位置制御を行う制御手段４とを備える搬送装置１であって、制御手段４は、アーム先端２ｂを動作させる複数の移動先である基点Ｐ０～Ｐ５のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応し、時系列に沿って設定されるアーム要素２１～２３の位置情報Ａを含んで構成される軌道情報Ｒを記憶する軌道情報記憶部４２と、アーム先端２ｂの現在位置及び目標位置を始点及び終点として設定する設定部４１と、設定部４１が設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報Ｒである対応軌道情報Ｒｃに基づいて動作指令Ｃを生成する動作指令生成部４３とを備え、動作指令生成部４３は、軌道情報記憶部４２に対応軌道情報Ｒｃが記憶されておらず、設定部４１が設定した始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報Ｒｒが記憶されている場合に、関連軌道情報Ｒｒに基づいて動作指令Ｃを生成するように構成されたものである。

【００４０】

このように構成すると、軌道情報記憶部４２が時系列に沿って設定されるアーム要素２１～２３の位置情報Ａを含んで構成される軌道情報Ｒを記憶し、動作指令生成部４３が設定部４１の設定した始点及び終点に対応する軌道情報Ｒに基づいて動作指令Ｃを出力することでアーム先端２ｂの位置制御を行うことから、軌道情報Ｒを一度用意すれば、同じ構成の多関節ロボットに情報を共有利用できるため、中継点の調整作業が不要となる。また、軌道情報記憶部４２に記憶された軌道情報Ｒによって動作指令Ｃを生成するため、中継点の補間演算といったリアルタイム演算が不要となり、低スペックの演算機でも適切な動作指令Ｃを生成することが可能となるとともに、リアルタイムでの搬送経路の算出のために必要なティーチング作業を削減することも可能となる。また、対応軌道情報Ｒｃが記憶されておらず、関連軌道情報Ｒｒが記憶されている場合に、関連軌道情報Ｒｒに基づいて動作指令Ｃを生成することから、軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｒの削減ができ、大容量の記憶装置を搭載せずに、アーム先端２ｂの位置制御を行うことができる。さらに、軌道情報Ｒを削減することで、同じ容量の記憶装置を用いて、より多くの動作指令Ｃを生成することが可能となる。加えて、軌道情報Ｒの導出に要する軌道計算時間を短縮することも可能である。

【００４１】

また、関連軌道情報Ｒｒは、設定部４１により設定される始点と終点とを入れ替えた組み合わせに対応する軌道情報Ｒである逆向軌道情報Ｒｉを含んでおり、動作指令生成部４３は、逆向軌道情報Ｒｉの時系列を逆にして利用することで動作指令Ｃを生成可能であることから、軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｒを好適に削減することが可能である。

【００４２】

そして、搬送装置１が第１ハンド２３及び第２ハンド２４を備えており、アーム基端２ａ側において、アーム要素としての第１ハンド２３及び第２ハンド２４が同一の回転軸２３ｃを中心として回転可能に設けられ、制御手段４は、アーム先端２ｂをなす第１ハンド先端２ｂ１及び第２ハンド先端２ｂ２の位置制御を行うものであり、動作指令生成部４３は、軌道情報記憶部４２に記憶された軌道情報Ｒに基づいて、第１ハンド先端２ｂ１及び第２ハンド先端２ｂ２の位置制御を行うために用いる動作指令Ｃを生成しているため、軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｃを削減することが可能となっている。

【００４３】

また、以上のように説明した搬送装置１による作用を方法としての側面から見た場合、この搬送装置１の制御方法は、複数のアーム要素２１～２３を回転可能に接続したアーム２と、アーム要素２１～２３を駆動する駆動手段３と、アーム先端２ｂを動作させる複数

の移動先である基点Ｐ０～Ｐ５のうちいずれかを始点として他のいずれかを終点とした組み合わせに対応する軌道情報Ｒを記憶する軌道情報記憶部４２とを備え、駆動手段３に動作指令Ｃを出力することでアーム先端２ｂの位置制御を行う搬送装置１の制御方法であって、現在位置情報及び目標位置情報から始点及び終点を設定するステップＳ２と、設定した始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報Ｒである対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２に記憶されているか否かを判定するステップＳ３と、対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２に存在すると判定した場合に、対応軌道情報Ｒｃに基づいて動作指令Ｃを生成するステップＳ４と、対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２に記憶されていないと判定した場合に、始点及び終点の組み合わせと所定の関係性を有する始点及び終点の組み合わせに対応する関連軌道情報Ｒｒが軌道情報記憶部４２に記憶されているか否かを判定するステップＳ５と、関連軌道情報Ｒｒが軌道情報記憶部４２に記憶されていると判定した場合に、関連軌道情報Ｒｒに基づいて動作指令Ｃを生成するステップＳ６と、を備えるようにしたものといえる。そして、こうした搬送装置１の制御方法を実現することにより、上記の効果を生じさせることが可能となっているものといえる。

【００４４】

なお、各部の具体的な構成は、上述した実施形態のみに限定されるものではない。

【００４５】

例えば、上記の実施形態における搬送装置１は、図２に示すように、ＥＦＥＭ５０の搬送室５０ａの中央に設置され、上述したように、ＥＦＥＭ５０は搬送装置１のアーム２の回転中心であるアーム基端２ａ（基点Ｐ０）を通るＹ軸と平行な対称軸Ｌを挟んで線対称に構成され、ロードポート５１～５４の基点Ｐ１と基点Ｐ４、基点Ｐ２と基点Ｐ３はそれぞれ対称軸Ｌを挟んで対称な位置関係にあるため、軌道の対称性を利用して軌道情報記憶部４２の記憶する軌道情報Ｒを削減することも可能である。

【００４６】

具体的には、アーム要素２１～２３の動作順ｎにおける位置情報Ａである軸２１ｃ～２３ｃ回りの角度を（θ１（ｎ），θ２（ｎ），θ３（ｎ））と表すと、対称軸Ｌに関して対称な位置情報は直線θ＝π／２を対称軸とする対称変換により（π－θ１（ｎ），π－θ２（ｎ），π－θ３（ｎ））と表すことが可能である。そのため、例えば、設定部４１が始点及び終点の組み合わせとして設定した（Ｐ０，Ｐ４）に対応する軌道情報Ｒである対応軌道情報Ｒｃが軌道情報記憶部４２のデータベースＤに存在しない場合にも、（Ｐ０，Ｐ４）の組み合わせに対して、対称軸Ｌを挟んで対称な位置にある（Ｐ０，Ｐ１）の組み合わせに対する軌道情報Ｒを関連軌道情報Ｒｒである対称軌道情報Ｒｓとし、この対称軌道情報Ｒｓを用いて（Ｐ０，Ｐ４）に対応する軌道と対称な軌道を描く動作指令Ｃを生成することが可能となっている。

【００４７】

このように、関連軌道情報Ｒｒは、設定部４１により設定される始点及び終点に対して、アーム２の回転中心を通る対称軸Ｌを挟んで対称な位置にある始点及び終点の組み合わせに対応する軌道情報である対称軌道情報Ｒｓを含んでおり、動作指令生成部４３は、対称軌道情報Ｒｓの位置情報を対称変換して利用することで動作指令Ｃを生成可能となるよう構成しても、軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｒを削減することが可能である。

【００４８】

さらに、関連軌道情報Ｒｒとして逆向軌道情報Ｒｉと対称軌道情報Ｒｓとを組み合わせることも可能であり、こうすることによって、軌道情報記憶部４２に記憶する軌道情報Ｒの数を１／２よりもさらに削減にすることができる。

【００４９】

また、上述の実施形態においては、位置情報Ａをアーム要素２１～２３の軸２１ｃ～２３ｃ回りの角度によって表していたが、座標の取り方はこれに限定されず、例えば各軸２１ｃ～２３ｃのＸＹ座標によって表すことも可能である。さらに、アーム先端２ｂが描く軌道も同一平面内に限定されず、本発明を、３次元空間を自在に移動する多関節ロボットに対しても適用可能である。

【００５０】

さらに、上述した実施形態においては、多関節ロボットとして被搬送物であるウェーハＷを搬送する搬送装置１を想定していたが、このような多関節ロボットは搬送装置１に限定されず、加工装置や溶接装置のようなものであっても良い。

【００５１】

また、上述した実施形態においては、アーム先端２ｂの所定の移動先として基点Ｐ０～Ｐ５を想定していたが、移動先である基点は上記の点に限定されない。例えば、基点として、ロードポートの手前、アライナ、ワークステーション等も設定することができる。このように、基点を増加させても、必要な軌道情報Ｒを削減することができる。

【００５２】

加えて、上述した実施形態では軌道情報Ｒとして最適化手法によって予め生成したデータを使用していたが、多関節ロボットのセッティング時にロボット上の計算機で計算してもよく、また、ロボットによってティーチングを行い、そのデータを利用してロボット上の計算機で計算して軌道情報Ｒを生成することも可能である。

【００５３】

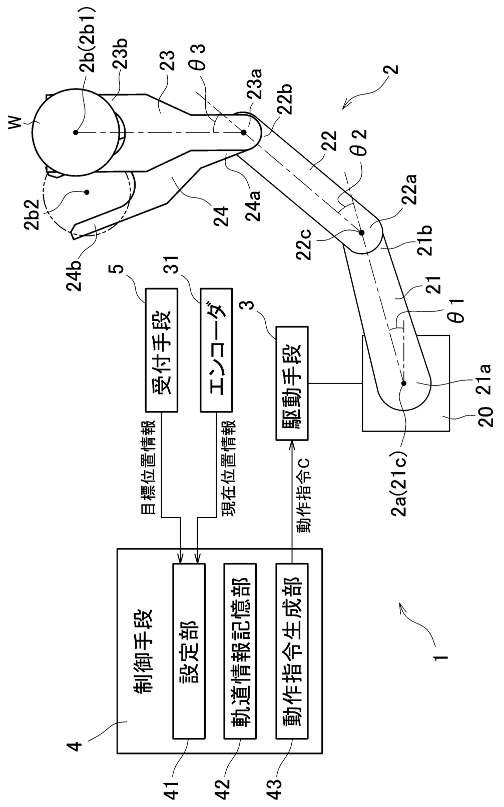
その他の構成も、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形が可能である。

【符号の説明】

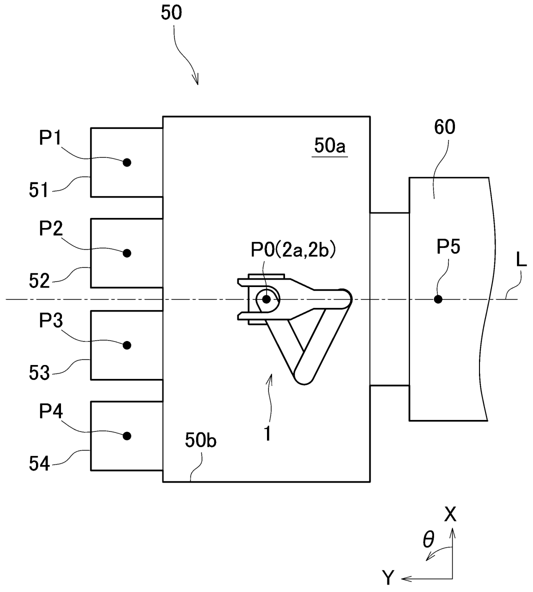
【００５４】

Ａ…位置情報
Ｃ…動作指令
Ｌ…対称軸
Ｐ０～Ｐ５…基点（移動先）
Ｒ…軌道情報
Ｒｃ…対応軌道情報
Ｒｒ…関連軌道情報
Ｒｉ…逆向軌道情報
Ｒｓ…対称軌道情報
Ｖ１…禁止領域
Ｖ２…拡張禁止領域
Ｗ…ウェーハ（被搬送物）
１…搬送装置（多関節ロボット）
２…アーム
２ｂ，２ｂ１，２ｂ２…ハンド先端（アーム先端）
３…駆動手段
４…制御手段
２１～２４…アーム要素
２３…第１ハンド
２４…第２ハンド
４１…設定部
４２…軌道情報記憶部
４３…動作指令生成部

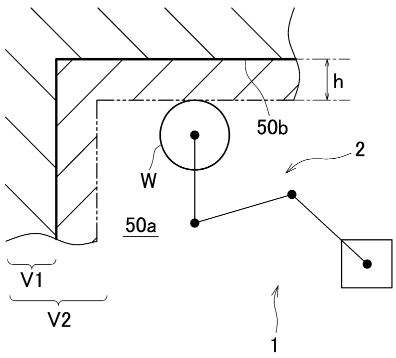
【図１】



【図２】



【図３】



【図４】

(a)

動作順	軸1	軸2	軸3	
1	θ1(1)	θ2(1)	θ3(1)	A
2	θ1(2)	θ2(2)	θ3(2)	A
3	θ1(3)	θ2(3)	θ3(3)	A
…	…	…	…	A
8	θ1(8)	θ2(8)	θ3(8)	A
9	θ1(9)	θ2(9)	θ3(9)	A
10	θ1(10)	θ2(10)	θ3(10)	A

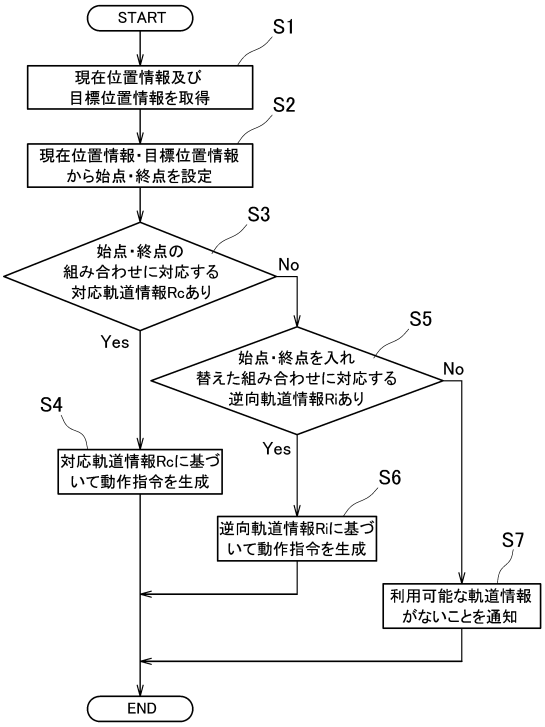
R (=Rc)
(=Rr (Ri,Rs))

(b)

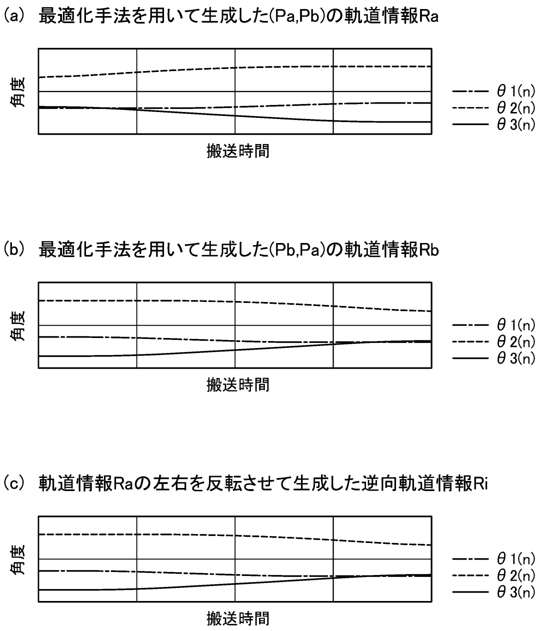
D

		始点			
		P0	P1	P2	…
終点	P0		——	——	…
	P1	R1 (=Rc(0,1)) (=Ri(1,0))		——	…
	P2	R2 (=Rc(0,2)) (=Ri(2,0))	R3 (=Rc(1,2)) (=Ri(2,1))		…
	…	…	…	…	…

【図５】


START
S1
現在位置情報及び
目標位置情報を取得
S2
現在位置情報・目標位置情報
から始点・終点を設定
S3
始点・終点の
組み合わせに対応する
対応軌道情報Rcあり
No
Yes
S5
始点・終点を入れ
替えた組み合わせに対応する
逆向軌道情報Riあり
No
Yes
S4
対応軌道情報Rcに基づいて動作指令を生成
S6
逆向軌道情報Riに基づいて動作指令を生成
S7
利用可能な軌道情報
がないことを通知
END

【図６】


(a) 最適化手法を用いて生成した(Pa,Pb)の軌道情報Ra
角度
θ1(n)
θ2(n)
θ3(n)
搬送時間
(b) 最適化手法を用いて生成した(Pb,Pa)の軌道情報Rb
角度
θ1(n)
θ2(n)
θ3(n)
搬送時間
(c) 軌道情報Raの左右を反転させて生成した逆向軌道情報Ri
角度
θ1(n)
θ2(n)
θ3(n)
搬送時間

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１１－１６７８２７（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－３１６９４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－１１０６８８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１１－０２０２０６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２６０７１２（ＪＰ，Ａ）
特開２００９－１３６９８１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－２３６０３６（ＪＰ，Ａ）
特開２００２－１８４８３４（ＪＰ，Ａ）
特開２００６－２０５２６４（ＪＰ，Ａ）
特開２０１２－０６６３４２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－２５１４３２（ＪＰ，Ａ）
特表２０１４－５２６９８０（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／０３２９８２７（ＵＳ，Ａ１）
米国特許出願公開第２０１３／０３３６７５３（ＵＳ，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｂ２５Ｊ　　９／０６－１７／０２
Ｇ０５Ｂ　１９／４０９３
Ｇ０５Ｄ　　１／０２
Ｈ０１Ｌ　２１／６７７