

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7466793号
(P7466793)

(45)発行日 令和6年4月12日(2024.4.12)

(24)登録日 令和6年4月4日(2024.4.4)

(51)国際特許分類		F I			
B 2 5 J	9/18 (2006.01)	B 2 5 J	9/18		
B 2 5 J	9/10 (2006.01)	B 2 5 J	9/10	A	

請求項の数 6 (全16頁)

(21)出願番号	特願2023-552630(P2023-552630)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年10月7日(2021.10.7)	(74)代理人	100118762 弁理士 高村 順
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/037179	(72)発明者	前川 清石 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2023/058191	審査官	牧 初
(87)国際公開日	令和5年4月13日(2023.4.13)		
審査請求日	令和5年8月28日(2023.8.28)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ロボット制御装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1動作の終了前に前記第1動作の次の動作である第2動作をロボットに開始させるロボット制御装置であって、

前記ロボットの制御系の遅れを予測する制御系影響考慮手段と、

前記制御系影響考慮手段の出力に対応して前記第2動作を開始する条件を決定する動作開始条件決定手段と、

前記動作開始条件決定手段の出力に対応して前記第1動作と前記第2動作とにおける目標位置を生成する指令生成手段と

を備えることを特徴とするロボット制御装置。

10

【請求項2】

前記第2動作の複数の箇所での前記第1動作の残距離を指定する複数残距離指定手段を更に備え、

前記制御系影響考慮手段は、前記残距離における前記制御系の遅れを予測する

ことを特徴とする請求項1に記載のロボット制御装置。

【請求項3】

前記制御系影響考慮手段は、前記制御系の遅れを予測する関数を機械学習で獲得する

ことを特徴とする請求項1又は2に記載のロボット制御装置。

【請求項4】

前記制御系影響考慮手段は、前記制御系を模擬するシミュレータを有し、

20

前記シミュレータは、前記制御系の遅れを予測する

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のロボット制御装置。

【請求項 5】

前記ロボットの作業対象の位置もしくは作業対象を移動させる移動手段の変位を測定するセンサの出力に対応して指令を補正する指令補正手段を更に備え、

前記動作開始条件決定手段は、前記指令補正手段の出力に対応して演算を行う

ことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載のロボット制御装置。

【請求項 6】

第 1 動作の終了前に前記第 1 動作の次の動作である第 2 動作をロボットに開始させるロボット制御装置において、

前記ロボットの制御系の遅れをもとに更新されたロボットプログラムに対応して、前記第 1 動作と前記第 2 動作とにおける目標位置を生成する指令生成手段

を備えることを特徴とするロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、二つ以上の動作を行うロボットに先に開始した動作の終了前に次の動作を開始させるロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットによるワーク搬送又はばら積み取り出しなど、ロボットが障害物を回避しながら対象物の把持又は設置を行う作業をできるだけ短時間で行わせたい要求がある。当該作業ではハンドの開閉を行わせる地点の近傍までの移動動作の後にロボットを当該地点に接近させる動作が行われる。以下では、ハンドの開閉を行わせる地点の近傍までの移動動作は「第 1 動作」と記載され、第 1 動作の後にロボットを当該地点に接近させる動作は「第 2 動作」と記載される。動作時間を短縮するために、近傍地点への移動動作である第 1 動作を完了する前に接近動作である第 2 動作が開始される。その際、接近動作である第 2 動作の一部区間は、ロボットとロボットの周辺との干渉を防止するため、接近動作単独の動作が行われる必要があり、接近動作の開始タイミングを適切に制御する技術が提供されることが望まれている。

【0003】

特許文献 1 が開示している方法では、第 1 動作の完了前に第 2 動作を開始して重複動作が行われる場合、重複動作は、先の単一動作である第 1 動作のうちの指定した割合の位置からの重複動作を指示する重複動作開始点指定命令と、次の単一動作である第 2 動作のうちの指定した割合の位置で重複移動を終了することを指示する重複動作終了点指定命令とに従って行われる。

【0004】

具体的には、特許文献 1 が開示している数値制御装置は、ロボットが単位時間毎に移動すべき位置を計算する軌道計算部と、軌道計算部より得られる単位時間毎の位置情報列を記憶する第 1 の軌道計算値メモリーと、第 1 の軌道計算値メモリーの内容が転送される第 2 の軌道計算値メモリーと、第 1 の軌道計算値メモリーの内容を単位時間毎に読みだす第 1 の読みだし制御部と、第 2 の軌道計算値メモリーの内容を単位時間毎に読みだす第 2 の読みだし制御部と、第 1 の読みだし制御部及び第 2 の読みだし制御部に読みだし開始指示を与え、かつ第 1 の軌道計算値メモリーの内容を第 2 の軌道計算値メモリーに転送する指示を与える時刻 / 情報管理部と、第 1 の読みだし制御部及び第 2 の読みだし制御部から読みだされた位置情報をベクトル合成するベクトル合成部とを有する。時刻 / 情報管理部は、軌道計算値を監視しており、重複動作を開始すべき位置の指令値が発せられると、第 1 の読みだし制御部及び第 2 の読みだし制御部の双方を動作させる指示を出す。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

【文献】特開平 5 - 3 0 3 4 1 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

重複動作を開始すべき位置の指令値が発せられると第 1 の読みだし制御部及び第 2 の読みだし制御部の双方を動作させる指示を出す従来の構成では、実際のロボットの挙動は指令値の通りになるのではなく、ロボットの制御系の設定に対応して遅れが発生するため、指定された重複動作の開始点においてロボットが第 2 動作を開始すること、又は指定された重複動作の終了点においてロボットが第 1 動作を終了することを保証することができない。

10

【 0 0 0 7 】

重複動作の開始点が指定されている場合、位置の指令値の代わりに、ロボットの各軸のモータ位置を監視し、監視しているモータ位置が重複動作を開始すべき位置に到達した時点で第 1 の読みだし制御部及び第 2 の読みだし制御部の双方を動作させる指示を出すことで、重複動作が指定された開始点において第 2 動作を開始させることをロボットに実現させることができる。

【 0 0 0 8 】

しかし、重複動作の終了点が指定された場合、指定された地点に実際に到達するよりも前に第 2 動作を開始する必要あるため、各軸のモータ位置を単に監視する方法では、重複動作が指定された終了点において第 1 動作が終了するように第 2 動作を精度よく開始させることは困難である。上述の方法とロボットの各軸の制御系の応答を揃えるなどの軌跡精度を向上させる方法との組み合わせでは、機械共振が励起されて振動が発生する、もしくは重複動作の終了時の第 2 動作の速度が低下し第 2 動作を完了するまでの動作時間が長くなる問題がある。

20

【 0 0 0 9 】

本開示は、上記に鑑みてなされたものであって、ロボットとロボットの周辺の環境との干渉を防止すると共にロボットの動作を高速化するロボット制御装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【 0 0 1 0 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本開示に係るロボット制御装置は、第 1 動作の終了前に第 1 動作の次の動作である第 2 動作をロボットに開始させる装置であって、ロボットの制御系の遅れを予測する制御系影響考慮手段と、制御系影響考慮手段の出力に対応して第 2 動作を開始する条件を決定する動作開始条件決定手段と、動作開始条件決定手段の出力に対応して第 1 動作と第 2 動作とにおける目標位置を生成する指令生成手段とを有する。

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本開示に係るロボット制御装置は、ロボットとロボットの周辺の環境との干渉を防止すると共にロボットの動作を高速化することができるという効果を奏する。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】実施の形態 1 に係るロボット制御装置の構成を示す図

【図 2】実施の形態 1 に係るロボット制御装置が有する動作開始条件決定手段の構成を示す図

【図 3】実施の形態 1 において二つの動作が重複する例を示す説明図

【図 4】実施の形態 2 に係るロボット制御装置の構成を示す図

【図 5】実施の形態 2 におけるエリア毎の残距離指定を示す説明図

【図 6】実施の形態 3 に係るロボット制御装置の構成を示す図

50

【図 7】実施の形態 3 における制御系影響学習手段の構成を示す説明図

【図 8】実施の形態 4 に係るロボット制御装置の構成を示す図

【図 9】実施の形態 5 に係るロボット制御装置の構成を示す図

【図 10】実施の形態 1 に係るロボット制御装置が有する制御系影響考慮手段、動作開始条件決定手段、指令生成手段、各軸制御手段及びプログラム解析手段の少なくとも一部がプロセッサによって実現される場合のプロセッサを示す図

【図 11】実施の形態 1 に係るロボット制御装置が有する制御系影響考慮手段、動作開始条件決定手段、指令生成手段、各軸制御手段及びプログラム解析手段の少なくとも一部が処理回路によって実現される場合の処理回路を示す図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下に、実施の形態に係るロボット制御装置を図面に基づいて詳細に説明する。

【0014】

実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 の構成を示す図である。ロボット制御装置 1 は、二つ以上の動作を行うロボット 8 に先に開始した動作の終了前に次の動作を開始させる装置である。つまり、ロボット制御装置 1 は、第 1 動作の終了前に第 1 動作の次の動作である第 2 動作をロボット 8 に開始させる装置である。

【0015】

ロボット制御装置 1 は、ロボット 8 の制御系の遅れを予測する制御系影響考慮手段 2 と、制御系影響考慮手段 2 の出力に対応して第 2 動作を開始する条件を決定する動作開始条件決定手段 3 と、動作開始条件決定手段 3 の出力に対応して第 1 動作と第 2 動作とにおける目標位置を生成する指令生成手段 4 とを有する。ロボット制御装置 1 は、各軸制御手段 5 と、ロボットプログラム記憶手段 6 と、プログラム解析手段 7 とを更に有する。図 1 には、ロボット 8 も示されている。図 2 は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有する動作開始条件決定手段 3 の構成を示す図である。図 2 に示されるように、動作開始条件決定手段 3 は、指令考慮動作開始条件決定手段 9 と、動作開始条件補正手段 10 とを有する。

【0016】

ロボットプログラム記憶手段 6 は、外部演算装置によって作成されたプログラム又はロボット制御装置 1 に付属の教示操作盤によって作成されたプログラムであってロボット 8 を動作させるプログラムをあらかじめ記憶している。例えば、ロボットプログラム記憶手段 6 の少なくとも一部は半導体メモリによって実現される。外部演算装置はロボット制御装置 1 の外部の装置であって、外部演算装置の例はパーソナルコンピュータである。ロボットプログラム記憶手段 6 に記憶されたプログラムは、ロボットプログラムと記載される場合がある。ロボットプログラム記憶手段 6 に記憶されたプログラムは、ロボット 8 のユーザの指定に従って読み出され、読み出されたプログラムはプログラム解析手段 7 によって順次解析されていく。

【0017】

指令生成手段 4 は、ロボットプログラムに記載された動作命令であってロボット 8 についての動作命令に対応する制御周期毎の目標位置を算出し、算出された目標位置を示す情報を各軸制御手段 5 に送信する。指令生成手段 4 によって算出された目標位置を示す情報は、指令である。各軸制御手段 5 は、指令生成手段 4 によって生成された指令に追従するようにロボット 8 の各軸を駆動するモータを制御する。

【0018】

図 3 は、実施の形態 1 において二つの動作が重複する例を示す説明図である。図 3 に示されるように、ロボット 8 が第 1 動作を終了する前に第 2 動作を開始することにより、第 2 動作の終了までの時間を短縮することが行われる。この際、ロボット 8 が障害物に接触することを避ける必要があるため、第 2 動作が単独で行われる区間はロボットプログラムの動作コマンドで指定される。指令考慮動作開始条件決定手段 9 は、プログラム解析手段

10

20

30

40

50

7の解析結果に基づき、動作コマンドで指定された第2動作が単独で行われる区間を指令生成手段4で生成する指令が保証するように、第2動作の開始タイミングを決定する。

【0019】

各軸制御手段5が各軸のモータ変位を各軸のモータ位置指令と全く一致させることが可能であれば、指令考慮動作開始条件決定手段9によって決定された第2動作の開始タイミングでロボット8が第2動作を開始すれば、ロボット8が実際に動作する際の軌道でも第2動作が単独で行われる区間を保証することができる。

【0020】

しかしながら、実際には制御対象であるロボット8は完全な剛体ではないこと、及びロボット8の各軸のモータが発生することができるトルクには上限があることから、各軸制御手段5の設定に対応する遅れが、モータ位置指令とモータ変位との間に生じる。そこで、制御系影響考慮手段2は、第1動作での遅れ時間と第2動作での遅れ時間とを算出し、動作開始条件補正手段10は、制御系影響考慮手段2によって算出された遅れ時間に対応して第2動作の開始時刻を補正する。

【0021】

制御系影響考慮手段2には、制御系の特性を代表するパラメータがあらかじめ設定される。制御系は、ロボット8の制御系である。制御系影響考慮手段2には、基準動作における動作進行度と制御系の遅れとの関係を近似する近似関数もあらかじめ設定される。制御系の遅れは、モータへの指令値に対する出力の遅れ時間である。当該出力は、モータの変位である。後述されるように、制御系の遅れは、「遅れ時間」に限定されず、例えば移動比率であってもよい。

【0022】

制御系の特性を代表するパラメータとしては、フィードフォワード部が存在せず、フィードバック制御のみで比例制御を行う位置制御系の内側に比例積分制御を行う速度制御系が存在する場合、位置制御系の比例制御ゲインが選択されてもよい。低域通過フィルタと速度フィードフォワード部とを内蔵するフィードフォワード制御系が存在する場合、制御系の特性を代表するパラメータとしては、低域通過フィルタのパラメータが選択されてもよい。

【0023】

制御系影響考慮手段2は、第1動作の指令が終了してから第1動作のモータ位置が目標位置に到達するまでの時間 t_1 を予測する。第1動作の指令が終了したことは、ロボット8が目標位置に到達したことを意味する。次に、制御系影響考慮手段2は、第2動作の指令が指定された重複動作終了地点に到達してから第2動作のモータ位置が重複動作終了地点に到達するまでの時間 t_2 を予測する。

【0024】

指令考慮動作開始条件決定手段9によって決定された第2動作の開始時刻を t_0 とする場合、動作開始条件補正手段10は、 $t_a = t_0 + t_1 - t_2$ を修正された第2動作の開始時刻として指令生成手段4に出力する。指令生成手段4は、第1動作について指令の生成を開始してから t_a 時間経過したタイミングで第2動作についての指令の生成を開始し、第1動作についての指令と第2動作についての指令とを合成した指令を各軸制御手段5に出力する。

【0025】

なお、動作開始条件決定手段3は、指令考慮動作開始条件決定手段9と動作開始条件補正手段10とを有しなくてもよい。その場合、例えば、制御系影響考慮手段2が、制御系の遅れを近似する移動平均フィルタ手段を有し、各動作の指定された地点について制御系の遅れを考慮した到達時間を算出する。制御系影響考慮手段2は、第1動作においてモータ位置が目標位置に到達するまでの動作時間の予測値 t_{1m} と、第2動作においてモータ位置が指定された重複動作終了地点に到達するまでの動作時間の予測値 t_{2m} とを算出する。

【0026】

10

20

30

40

50

動作開始条件決定手段 3 は、制御系影響考慮手段 2 から出力される予測値 t_{1m} と予測値 t_{2m} とをもとに、 $t_{am} = t_{1m} - t_{2m}$ を算出し、 t_{am} を指令生成手段 4 に出力する。指令生成手段 4 は、第 1 動作についての指令の生成を開始してから t_{am} 時間経過したタイミングで第 2 動作についての指令の生成を開始し、第 1 動作についての指令と第 2 動作についての指令とを合成した指令を各軸制御手段 5 に出力する。 t_{1m} 、 t_{2m} は、動作の途中で制御系の遅れの予測値と実際の制御系の遅れをもとに補正された近似関数のパラメータを用いて算出されてもよい。これにより、第 2 動作の開始時刻が精度良く算出される。動作の途中で制御系の遅れの予測値は、上述の近似関数などによって算出される。

【0027】

上述の説明では、制御系影響考慮手段 2 の出力として時間が用いられたが、制御系影響考慮手段 2 は、第 1 動作の指令値での目標までの到達時間に対する比率など、時間以外の値を出力してもよい。上述の説明では、動作開始条件決定手段 3 の出力は第 1 動作の開始からの経過時間であるが、動作開始条件決定手段 3 は、第 1 動作の開始からの移動比率、又は動作開始からの移動距離を出力してもよい。上述の移動比率は目標位置までの到達比率であって、例えばモータ位置が目標位置に到達した場合の移動比率は 1 であり、動作の開始時の移動比率は 0 である。

【0028】

実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 は、制御系影響考慮手段 2 により制御系において生じる遅れの影響を考慮し、動作開始条件決定手段 3 により制御系において生じる遅れの影響を考慮した第 2 動作の開始タイミングを決定するため、第 2 動作の終了地点近傍のロボット 8 と障害物との干渉を防止しながら第 2 動作の終了までの動作時間を短縮することができる。つまり、ロボット制御装置 1 は、ロボット 8 とロボット 8 の周辺の環境との干渉を防止すると共にロボット 8 の動作を高速化することができる。

【0029】

制御系影響考慮手段 2 が制御系を模擬するシミュレータを有し、当該シミュレータが制御系の遅れを予測してもよい。

【0030】

実施の形態 2 .

図 4 は、実施の形態 2 に係るロボット制御装置 1 A の構成を示す図である。ロボット制御装置 1 A は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有するすべての構成要素と、複数残距離指定手段 1 1 とを有する。複数残距離指定手段 1 1 は、第 2 動作の複数の箇所での第 1 動作の残距離を指定する。実施の形態 2 では、制御系影響考慮手段 2 は、残距離における制御系の遅れを予測する。実施の形態 2 では、実施の形態 1 との相違点を主に説明する。

【0031】

図 5 は、実施の形態 2 におけるエリア毎の残距離指定を示す説明図である。実施の形態 2 では、図 5 に示されるように、第 2 動作の複数の領域で、第 1 動作の残距離の上限が指定される。当該領域は、エリアである。図 5 に示されるような指定は、例えば対象とする作業が箱にばら積みされたワークを取り出す作業である場合、箱のふちにロボット 8 を衝突させないことと、ロボット 8 が対象のワークを把持する際にロボット 8 を把持対象の周囲に存在する把持対象以外のワークに干渉させないことを実現するために必要となる。

【0032】

第 2 動作の複数の領域での第 1 動作の許容残距離の指定は、複数残距離指定手段 1 1 によって実施される。複数残距離指定手段 1 1 が指定した結果は、ロボットプログラムに記載されてもよいし、ロボット制御装置 1 A の内部にパラメータとして記憶されてもよい。

【0033】

制御系影響考慮手段 2 には、実施の形態 1 と同様に、制御系の特性を代表するパラメータと、基準動作における動作進行度と制御系の遅れとの関係を近似する近似関数とがあらかじめ設定される。制御系影響考慮手段 2 は、第 1 動作の指令が残距離 L_{a1} の地点に到

10

20

30

40

50

達してから第 1 動作におけるモータ位置が残距離 $L a 1$ の地点に到達するまでの遅れ時間 $t 1 1$ と、第 1 動作の指令が残距離 $L a 2$ の地点に到達してから第 1 動作におけるモータ位置が残距離 $L a 2$ の地点に到達するまでの遅れ時間 $t 1 2$ とを算出する。さらに、制御系影響考慮手段 2 は、第 2 動作の指令が地点 $X b 1$ に到達してから第 2 動作におけるモータ位置が地点 $X b 1$ に到達するまでの遅れ時間 $t 2 1$ と、第 2 動作の指令が地点 $X b 2$ に到達してから第 2 動作におけるモータ位置が地点 $X b 2$ に到達するまでの遅れ時間 $t 2 2$ とを算出する。

【 0 0 3 4 】

指令考慮動作開始条件決定手段 9 は、第 1 動作の指令残距離が $L a 1$ の地点に到達したときに第 2 動作の指令が地点 $X b 1$ に到達する第 2 動作の開始時刻 $t 0 1$ と、第 1 動作の指令残距離が $L a 2$ の地点に到達したときに第 2 動作の指令が地点 $X b 2$ に到達する第 2 動作の開始時刻 $t 0 2$ とを算出する。動作開始条件補正手段 10 は、 $t a 1 = t 0 1 + t 1 1 - t 2 1$ と、 $t a 2 = t 0 2 + t 1 2 - t 2 2$ とを算出し、 $t a 1$ と $t a 2$ とのうちの大きい方を第 2 動作の開始タイミングとして指令生成手段 4 に出力する。

【 0 0 3 5 】

上述の説明では、動作開始条件決定手段 3 は、指令考慮動作開始条件決定手段 9 と動作開始条件補正手段 10 とを有し、制御系影響考慮手段 2 は、制御系により生じる遅れ時間を算出する。しかしながら、制御系影響考慮手段 2 が制御系の遅れを考慮した到達時間予測値を算出し、動作開始条件決定手段 3 が制御系影響考慮手段 2 によって算出された到達時間の予測値をもとに第 2 動作の開始時刻を決定してもよい。

【 0 0 3 6 】

制御系影響考慮手段 2 は、指令生成手段と制御系考慮シミュレーション手段とを有する。制御系影響考慮手段 2 は、プログラム解析手段 7 によって得られた解析結果をもとに動作コマンドを先読み実行し、動作指令を受け取った場合に制御系影響考慮手段 2 の内部の指令生成手段で指令を生成する。先読み実行は、ロボットプログラムにおいて現在実行されている行よりも未来に実行される行の内容を解析することを意味する。制御系考慮シミュレーション手段は、指令生成手段によって生成された位置指令を取得し、制御系考慮シミュレーション手段の内部に含まれていて制御系の特性が近似された低域通過フィルタに位置指令を通すことで、モータ位置の予測値を算出する。

【 0 0 3 7 】

制御系影響考慮手段 2 は、制御系考慮シミュレーション手段を用いて、第 1 動作のモータ位置の残距離が $L a 1$ に到達するまでの時間の予測値 $t 1 m 1$ と、第 1 動作のモータ位置の残距離が $L a 2$ に到達するまでの時間の予測値 $t 1 m 2$ と、第 2 動作のモータ位置が地点 $X b 1$ に到達するまでの時間の予測値 $t 2 m 1$ と、第 2 動作のモータ位置が地点 $X b 2$ に到達するまでの時間の予測値 $t 2 m 2$ とを算出する。動作開始条件決定手段 3 は、 $t a m 1 = t 1 m 1 - t 2 m 1$ と、 $t a m 2 = t 1 m 2 - t 2 m 2$ とを算出し、 $t a m 1$ と $t a m 2$ とのうちの大きい方を第 2 動作の開始タイミングとして指令生成手段 4 に出力する。

【 0 0 3 8 】

実施の形態 2 に係るロボット制御装置 1 A は、複数の干渉回避対象が存在しても、ロボット 8 と複数の干渉回避対象との干渉を回避しながらロボット 8 を高速に動作させることができる。

【 0 0 3 9 】

実施の形態 3 .

図 6 は、実施の形態 3 に係るロボット制御装置 1 B の構成を示す図である。ロボット制御装置 1 B は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有するすべての構成要素を有する。ロボット制御装置 1 B は、ロボット制御装置 1 B の外部に位置する外部演算装置 1 2 から指令を受け取る。実施の形態 3 では、制御系影響考慮手段 2 は、制御系の遅れを予測する関数を機械学習で獲得する。実施の形態 3 では、実施の形態 1 との相違点を主に説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

外部演算装置 1 2 は、制御系影響学習手段 1 3 を有する。外部演算装置 1 2 の例は、パーソナルコンピュータである。制御系影響学習手段 1 3 は、ロボット制御装置 1 B の内部に設けられてもよい。制御系影響学習手段 1 3 は、ロボット 8 を駆動する位置指令と、位置指令の微分である速度指令と、速度指令の微分である加速度指令とを含む指令の情報とをもとに、動作指令中の各地点における制御系による遅れ時間についての関係を学習する。

【 0 0 4 1 】

図 7 は、実施の形態 3 における制御系影響学習手段 1 3 の構成を示す説明図である。具体的には、制御系影響学習手段 1 3 は、図 7 に示されるニューラルネットワークを内部に有し、位置指令、速度指令及び加速度指令を入力とし、制御系の遅れ時間を出力とするニューラルネットワークの学習を実施する。当該ニューラルネットワークは、神経回路網である。位置指令は、ロボット 8 の各軸の位置そのものではなく、ロボット 8 の動作開始点からの移動量である。制御系影響学習手段 1 3 は、遅れを予測したい地点の位置、速度及び加速度のみではなく、遅れを予測したい地点の前後の地点の位置指令、速度指令及び加速度指令も入力としてもよい。

10

【 0 0 4 2 】

制御系影響学習手段 1 3 は、学習したニューラルネットワーク又はニューラルネットワークのパラメータを制御系影響考慮手段 2 に出力する。制御系影響学習手段 1 3 は、ニューラルネットワークの学習を、遅れを予測したい地点の位置、速度、加速度をもとに実施した場合、第 1 動作及び第 2 動作の遅れを予測したい地点での位置指令、速度指令及び加速度指令値を制御系影響考慮手段 2 に出力する。上記の遅れを予測したい地点は、指定された重複動作終了地点である。制御系影響考慮手段 2 は、当該地点での制御系の遅れの予測値 t_1 及び予測値 t_2 を学習されたニューラルネットワークを用いて算出し、算出された予測値 t_1 及び予測値 t_2 を動作開始条件決定手段 3 に出力する。

20

【 0 0 4 3 】

動作開始条件決定手段 3 の内部の動作開始条件補正手段 1 0 は、指令考慮動作開始条件決定手段 9 によって決定された第 2 動作の開始時刻を t_0 とする場合、 $t_a = t_0 + t_1 - t_2$ を修正された第 2 動作の開始時刻として指令生成手段 4 に出力する。指令生成手段 4 は、第 1 動作についての指令の生成を開始してから t_a 時間経過したタイミングで第 2 動作についての指令の生成を開始し、第 1 動作についての指令と第 2 動作についての指令とを合成した指令を各軸制御手段 5 に出力する。

30

【 0 0 4 4 】

なお、上述の説明では、制御系影響考慮手段 2 は、遅れを予測したい地点の位置、速度及び加速度をもとに当該地点の制御系の遅れを予測する。しかしながら、制御系影響考慮手段 2 は、遅れを予測したい地点の前後の地点も含む位置指令、速度指令及び加速度指令をもとに制御系の遅れを予測してもよい。その場合、制御系影響学習手段 1 3 は、第 1 動作及び第 2 動作の遅れを予測したい地点のみではなく、当該地点の前後の地点も含む位置指令、速度指令及び加速度指令値を制御系影響考慮手段 2 に出力する。上記の第 1 動作及び第 2 動作の遅れを予測したい地点は、指定された重複動作終了地点である。

【 0 0 4 5 】

実施の形態 3 に係るロボット制御装置 1 B は、制御系の遅れを予測したい地点の位置、速度及び加速度と制御系の遅れとの関係を学習で獲得するため、第 2 動作の開始タイミングをより高精度に決定することができる。

40

【 0 0 4 6 】

実施の形態 4 .

図 8 は、実施の形態 4 に係るロボット制御装置 1 C の構成を示す図である。実施の形態 4 では、ロボット制御装置 1 C がロボットプログラムを実行するより前に、ロボット制御装置 1 C の外部に位置する外部演算装置 1 4 がロボットプログラムを実行する。外部演算装置 1 4 の例は、パーソナルコンピュータである。具体的には、外部演算装置 1 4 は、ロボットプログラム記憶手段 6 及びプログラム解析手段 7 を有し、指定されたロボットプロ

50

グラムを 1 行ずつ実行していく。実施の形態 4 では、実施の形態 1 との相違点を主に説明する。

【 0 0 4 7 】

外部演算装置 1 4 は、制御系影響考慮手段 2 及び動作開始条件決定手段 3 を更に有する。制御系影響考慮手段 2 は、指令生成手段と制御系考慮シミュレーション手段とを有する。制御系影響考慮手段 2 は、動作指令を受け取った場合に制御系影響考慮手段 2 の内部の指令生成手段で指令を生成する。制御系考慮シミュレーション手段は、指令生成手段によって生成された位置指令を取得し、制御系考慮シミュレーション手段の内部に設けられていて制御系の特性が近似された低域通過フィルタに位置指令を通すことで、モータ位置の予測値を算出する。

10

【 0 0 4 8 】

第 1 動作と第 2 動作とを一部重複して実行させる指令が指定された場合、制御系影響考慮手段 2 は、制御系考慮シミュレーション手段を用いることで、第 1 動作のモータ位置が目標位置に到達するまでの時間の予測値 t_{1m} と、第 2 動作のモータ位置が指定された重複動作終了地点に到達するまでの時間の予測値 t_{2m} とを算出する。動作開始条件決定手段 3 は、第 2 動作の開始タイミングとして $t_{am} = t_{1m} - t_{2m}$ を算出する。動作開始条件決定手段 3 の内部の指令考慮動作開始条件決定手段 9 は、指令値をもとに第 2 動作の開始タイミング t_{a0} を決定する。

【 0 0 4 9 】

外部演算装置 1 4 は、ロボットプログラム更新手段 1 5 を更に有する。ロボットプログラム更新手段 1 5 は、ロボットプログラムにおいて、第 2 動作の実施命令の 1 行前に時間 $t_b = t_{am} - t_{a0}$ だけ待機させる命令を挿入してロボットプログラムを上書きする。ロボットプログラム更新手段 1 5 は、時間 $t_b = t_{am} - t_{a0}$ だけ待機させる命令を挿入するのではなく、重複動作終了地点を指定する動作命令の行を削除して、第 1 動作と第 2 動作とが同時に開始するようにロボットプログラムを修正し、第 2 動作の実施命令の 1 行前に時間 t_{am} だけ待機させる命令を挿入してロボットプログラムを上書きしてもよい。

20

【 0 0 5 0 】

上書きされたロボットプログラムは、ロボット制御装置 1 C に送信され、ロボットプログラム記憶手段 6 A に記憶される。ロボット制御装置 1 C は、ロボットプログラム記憶手段 6 A、プログラム解析手段 7 A、指令考慮動作開始条件決定手段 9 A、指令生成手段 4 及び各軸制御手段 5 を有する。ロボットプログラム記憶手段 6 A は実施の形態 1 のロボットプログラム記憶手段 6 と同様の構成要素であり、プログラム解析手段 7 A は実施の形態 1 のプログラム解析手段 7 と同様の構成要素であり、指令考慮動作開始条件決定手段 9 A は実施の形態 1 の指令考慮動作開始条件決定手段 9 と同様の構成要素である。

30

【 0 0 5 1 】

ロボット制御装置 1 C は、ロボットプログラムを実行する際、更新されたロボットプログラムをロボットプログラム記憶手段 6 A から読み出して更新されたロボットプログラムを実行する。実施の形態 4 の指令生成手段 4 は、ロボット 8 の制御系の遅れをもとに更新されたロボットプログラムに対応して、第 1 動作と第 2 動作とにおける目標位置を生成する。

40

【 0 0 5 2 】

ロボットプログラム更新手段 1 5 は、外部演算装置 1 4 ではなく、ロボット制御装置 1 C に設けられてもよい。その場合、ロボット制御装置 1 C の内部で事前にロボットプログラムが更新されると共にプログラム名が変更されて変更後のプログラム名を有する更新後のロボットプログラムがロボットプログラム記憶手段 6 A に記憶されてもよい。制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、ロボットプログラム記憶手段 6 及びプログラム解析手段 7 も、ロボットプログラム更新手段 1 5 と共にロボット制御装置 1 C に設けられてもよい。

【 0 0 5 3 】

実施の形態 4 に係るロボット制御装置 1 C は、ロボットプログラムを事前に実行してブ

50

プログラムを自動更新することで、煩雑な調整を実施することなく高精度かつ容易に重複動作の開始タイミングを決定することができる。

【 0 0 5 4 】

実施の形態 5 .

図 9 は、実施の形態 5 に係るロボット制御装置 1 D の構成を示す図である。ロボット制御装置 1 D は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有するすべての構成要素と、指令補正手段 1 6 とを有する。指令補正手段 1 6 は、ロボットの作業対象の位置もしくは作業対象を移動させる移動手段の変位を測定するセンサ 1 7 の出力に対応して指令を補正する。具体的には、指令補正手段 1 6 は、動作中のセンサ 1 7 からの入力に対応して、第 1 動作の目標位置と、第 2 動作の開始位置と、第 2 動作の終了位置とを修正する。指令補正手段 1 6 は、第 2 動作の開始位置を、第 2 動作の開始前までに修正し、第 2 動作の開始後に修正しない。動作開始条件決定手段 3 は、指令補正手段 1 6 の出力に対応して演算を行う。実施の形態 5 では、実施の形態 1 との相違点を主に説明する。

10

【 0 0 5 5 】

制御系影響考慮手段 2 は、制御系による遅れ時間を予測する場合、第 1 動作及び第 2 動作の指定地点での制御系による遅れ時間の算出を、第 2 動作が実際に開始されるまで繰り返す。動作開始条件決定手段 3 は、指令考慮動作開始条件決定手段 9 によって決定される第 2 動作の開始時刻の算出と動作開始条件補正手段 1 0 によって行われる補正とを、第 2 動作が実際に開始されるまで繰り返す。指令生成手段 4 は、第 1 動作開始からの経過時間が、動作開始条件決定手段 3 から出力される第 2 動作の動作開始時刻に到達したタイミングで、指令補正手段 1 6 の出力をもとに修正された第 2 動作についての指令の生成を開始し、第 1 動作についての指令と第 2 動作についての指令とを合成した指令を各軸制御手段 5 に出力する。

20

【 0 0 5 6 】

制御系影響考慮手段 2 は、制御系による遅れを考慮した到達時間を予測する場合、第 1 動作及び第 2 動作の指定地点での制御系による遅れを考慮した到達時間の算出を、第 2 動作が実際に開始されるまで繰り返す。動作開始条件決定手段 3 は、制御系影響考慮手段 2 の出力を用いた第 2 動作の開始時刻の算出を、第 2 動作が実際に開始されるまで繰り返す。指令生成手段 4 は、第 1 動作開始からの経過時間が、動作開始条件決定手段 3 から出力される第 2 動作の動作開始時刻に到達したタイミングで、指令補正手段 1 6 の出力をもとに修正された第 2 動作についての指令の生成を開始し、第 1 動作についての指令と第 2 動作についての指令とを合成した指令を各軸制御手段 5 に出力する。

30

【 0 0 5 7 】

実施の形態 5 に係るロボット制御装置 1 D は、コンベアへの追従制御、又はロボット 8 の先端部に取り付けられたカメラの情報に基づくビジュアルフィードバック制御を行う場合にも、重複動作の開始タイミングを高精度に決定することができる。更に言うと、ロボット制御装置 1 D は、コンベアのエンコーダ、又はロボット 8 の先端のビジョンセンサの出力に対応して指令を修正する制御を実施する場合も、ロボット 8 と障害物との干渉を防止しながら動作時間を短縮することができる。

【 0 0 5 8 】

図 1 0 は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有する制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部がプロセッサ 9 1 によって実現される場合のプロセッサ 9 1 を示す図である。つまり、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部の機能は、メモリ 9 2 に格納されるプログラムを実行するプロセッサ 9 1 によって実現されてもよい。プロセッサ 9 1 は、CPU (Central Processing Unit)、処理システム、演算システム、マイクロプロセッサ、又は DSP (Digital Signal Processor) である。図 1 0 には、メモリ 9 2 も示されている。

40

【 0 0 5 9 】

50

制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部の機能がプロセッサ 9 1 によって実現される場合、当該一部の機能は、プロセッサ 9 1 と、ソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせとによって実現される。ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして記述され、メモリ 9 2 に格納される。プロセッサ 9 1 は、メモリ 9 2 に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部の機能を実現する。

【 0 0 6 0 】

制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部の機能がプロセッサ 9 1 によって実現される場合、ロボット制御装置 1 は、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 によって実行されるステップの少なくとも一部が結果的に実行されることになるプログラムを格納するためのメモリ 9 2 を有する。メモリ 9 2 に格納されるプログラムは、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 が実行する手順又は方法の少なくとも一部をコンピュータに実行させるものであるともいえる。

【 0 0 6 1 】

メモリ 9 2 は、例えば、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ、EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)、EEPROM (登録商標) (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 等の不揮発性若しくは揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ミニディスク又はDVD (Digital Versatile Disk) 等である。

【 0 0 6 2 】

図 1 1 は、実施の形態 1 に係るロボット制御装置 1 が有する制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部が処理回路 9 3 によって実現される場合の処理回路 9 3 を示す図である。つまり、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の少なくとも一部は、処理回路 9 3 によって実現されてもよい。

【 0 0 6 3 】

処理回路 9 3 は、専用のハードウェアである。処理回路 9 3 は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化されたプロセッサ、並列プログラム化されたプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又はこれらを組み合わせたものである。

【 0 0 6 4 】

制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の一部は、残部とは別個の専用のハードウェアによって実現されてもよい。

【 0 0 6 5 】

制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の複数の機能について、当該複数の機能の一部がソフトウェア又はファームウェアで実現され、当該複数の機能の残部が専用のハードウェアで実現されてもよい。このように、制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5 及びプログラム解析手段 7 の複数の機能は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって実現することができる。

【 0 0 6 6 】

実施の形態 2 から実施の形態 5 までの制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5、プログラム解析手段 7、プログラム解析手段 7 A、

10

20

30

40

50

複数残距離指定手段 1 1、制御系影響学習手段 1 3、ロボットプログラム更新手段 1 5 及び指令補正手段 1 6 の一部又は全部は、メモリに格納されるプログラムを実行するプロセッサによって実現されてもよい。当該メモリは、メモリ 9 2 と同様のメモリである。当該プロセッサは、プロセッサ 9 1 と同様のプロセッサである。

【 0 0 6 7 】

実施の形態 2 から実施の形態 5 までの制御系影響考慮手段 2、動作開始条件決定手段 3、指令生成手段 4、各軸制御手段 5、プログラム解析手段 7、プログラム解析手段 7 A、複数残距離指定手段 1 1、制御系影響学習手段 1 3、ロボットプログラム更新手段 1 5 及び指令補正手段 1 6 の一部又は全部は、処理回路によって実現されてもよい。当該処理回路は、処理回路 9 3 と同様の処理回路である。

10

【 0 0 6 8 】

以上の実施の形態に示した構成は、一例を示すものであり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、実施の形態同士を組み合わせることも可能であるし、要旨を逸脱しない範囲で、構成の一部を省略又は変更することも可能である。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

1, 1 A, 1 B, 1 C, 1 D ロボット制御装置、2 制御系影響考慮手段、3 動作開始条件決定手段、4 指令生成手段、5 各軸制御手段、6, 6 A ロボットプログラム記憶手段、7, 7 A プログラム解析手段、8 ロボット、9, 9 A 指令考慮動作開始条件決定手段、1 0 動作開始条件補正手段、1 1 複数残距離指定手段、1 2, 1 4 外部演算装置、1 3 制御系影響学習手段、1 5 ロボットプログラム更新手段、1 6 指令補正手段、1 7 センサ、9 1 プロセッサ、9 2 メモリ、9 3 処理回路。

20

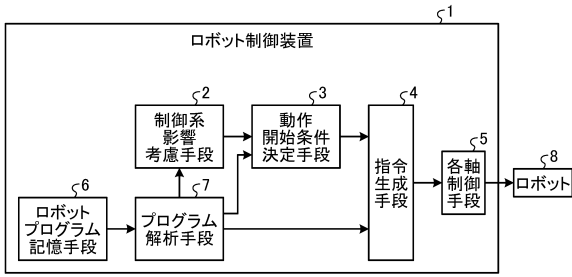
30

40

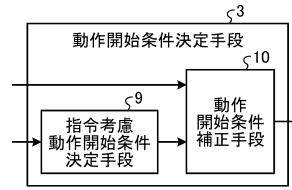
50

【図面】

【図 1】

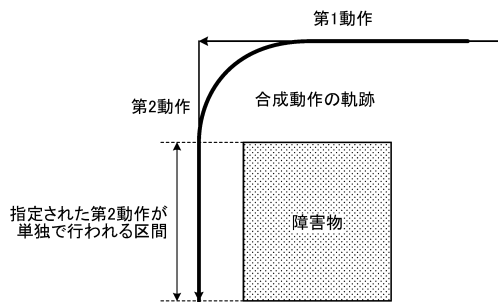


【図 2】

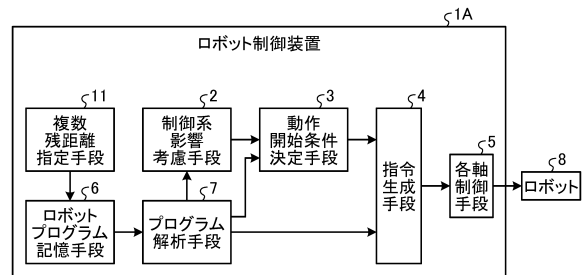


10

【図 3】



【図 4】



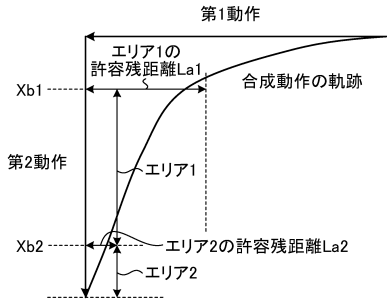
20

30

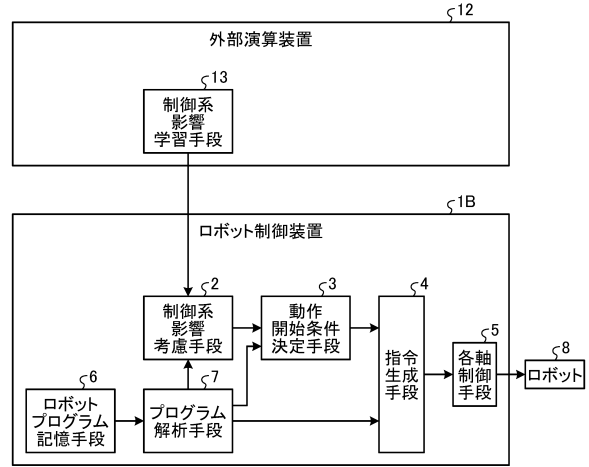
40

50

【 図 5 】

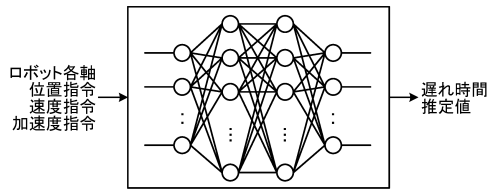


【 図 6 】

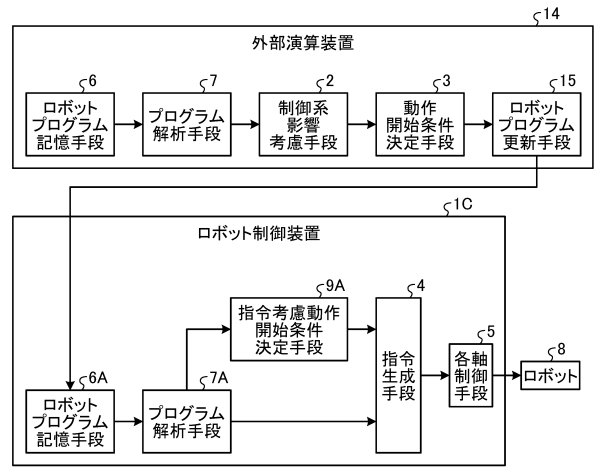


10

【 図 7 】



【 図 8 】



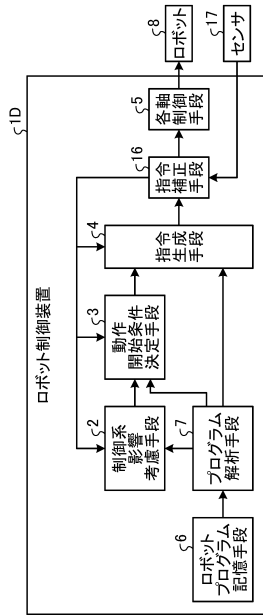
20

30

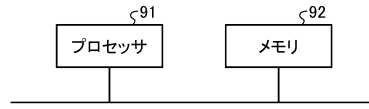
40

50

【図 9】



【図 10】



10

20

【図 11】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭58-177289(JP,A)
特開平4-102905(JP,A)
特開平2-77905(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- B25J 1/00-21/02
G05B 19/18-19/416
G05B 19/42-19/46