

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5154712号
(P5154712)

(45) 発行日 平成25年2月27日(2013.2.27)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int.Cl. F 1
B 2 5 J 13/00 (2006.01) B 2 5 J 13/00 Z

請求項の数 10 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2012-520858 (P2012-520858)	(73) 特許権者	000005821
(86) (22) 出願日	平成23年12月6日(2011.12.6)		パナソニック株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/006817		大阪府門真市大字門真1006番地
(87) 国際公開番号	W02012/077335	(74) 代理人	100081422
(87) 国際公開日	平成24年6月14日(2012.6.14)		弁理士 田中 光雄
審査請求日	平成24年5月2日(2012.5.2)	(74) 代理人	100100158
(31) 優先権主張番号	特願2010-273535 (P2010-273535)		弁理士 鮫島 睦
(32) 優先日	平成22年12月8日(2010.12.8)	(74) 代理人	100091524
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 和田 充夫
早期審査対象出願		(72) 発明者	小松 真弓
			大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
		審査官	落合 弘之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボットの制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

関節を有するロボットの制御装置であって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段とを備えるロボットの制御装置。

【請求項2】

上記目標関節トルク出力制限手段は、上記ダイナミクスパラメータを切り替えた直後は、上記ダイナミクスパラメータの切り替え直前の上記目標関節トルク出力手段からの目標関節トルクの出力を維持する請求項1に記載のロボットの制御装置。

10

20

【請求項 3】

さらに、上記ロボットの移動を検知するロボット移動検知手段を備え、

上記目標関節トルク出力制限手段は、上記ロボット移動検知手段が上記ロボットの移動を検知した瞬間の上記目標関節トルク出力手段からの目標関節トルクの出力を維持する請求項 1 に記載のロボットの制御装置。

【請求項 4】

目標とする上記ロボットの動作を実現するために使用する目標関節角度ベクトルを生成して出力する目標角度生成手段をさらに備え、

上記目標関節トルク出力手段において上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力するとき、上記目標角度生成手段から出力された上記目標関節角度ベクトルを使用するとともに、上記制限解除手段において、上記目標角度生成手段から出力された上記目標関節角度ベクトルに基づき上記ロボットの目標位置が変化すると判断するとき上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力の制限を解除する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のロボットの制御装置。

10

【請求項 5】

さらに、上記制限解除手段は、外部から上記ロボットに働く力を検出する力検出手段を備え、

上記力検出手段が、閾値以上の力を検出するとき上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力の制限を解除する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のロボットの制御装置。

20

【請求項 6】

上記目標関節トルク出力制限手段による上記出力の制限は、上記ロボットの関節のうち鉛直方向の運動を行う関節には働かない請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のロボットの制御装置。

【請求項 7】

上記ダイナミクスパラメータ切替手段は、上記ロボットによる上記物体の把持を検出する物体把持検出手段を備え、

上記物体把持検出手段により上記物体の把持を検出した後に上記ダイナミクスパラメータ切替手段による上記ダイナミクスパラメータの切り替えを行う請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のロボットの制御装置。

30

【請求項 8】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のロボットの制御装置と、

上記関節を有するロボットアームと、

上記ロボットアームの先端に支持されて上記物体を把持可能なハンドと、を備えるロボット。

【請求項 9】

関節を有するロボットの制御方法であって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個、ダイナミクスパラメータ取得手段で取得し、

40

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして目標関節トルク出力手段から出力し、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータにダイナミクスパラメータ切替手段で切り替え、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を目標関節トルク出力制限手段で制限し、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を制限解除手段で解除するロボットの制御方法。

50

【請求項 10】

関節を有するロボットの制御装置のプログラムであって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段としてコンピュータを機能させるための、ロボットの制御装置の制御プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、物体の搬送を行うロボットの動作を制御する、ロボット制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、介護ロボット又は家事支援ロボットなどの家庭用ロボットが盛んに開発されるようになってきた。また、産業用ロボットでも、セル生産工場の広がりなどから、人と協働するロボットの開発が盛んに行われている。このような人と協働するロボットは、従来のように人間の居るエリアとロボット用の作業エリアとを区切って動作するロボットとは異なり、人間と共生する必要があるため、従来の産業用ロボットなどとは異なる安全性が求められる。

【0003】

また、ロボットの一例としてのロボットアームは、搬送している物体及び自らの質量及び慣性モーメント等より、各関節の出力トルクを計算する。物体を把持しているときと、把持していないときとでは、各関節に求められるトルクが変わるため、物体を把持しているかどうかの状況に合わせ、目標トルクを適切に切り替えていく必要がある。

【0004】

しかし、静止した状態で物体を把持した場合、把持しているか、把持していないかの2状態の質量及び慣性モーメント等の切り替えが起こる。このため、出力トルクが切り替わり、ロボットアームの目標位置は静止した状態にもかかわらず、ロボットアームが動いてしまうケースがあり、安全の面から問題があった。

【0005】

物体を把持するロボットにおける質量及び慣性モーメント等の切り替えに対し、特許文献1は、質量及び慣性モーメント等を切り替えて計算するのではなく、フィードフォワード項を追加することによりロボットを制御する制御装置を開示している（特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭63-8912号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

10

20

30

40

50

しかしながら、特許文献1では、フィードフォワード項の計算を追加する、追加しないの2つの状態を切り替える動作が発生するが、切り替える動作に伴いロボットが動いてしまうケースに対する対策はされていないという課題があった。

【0008】

本発明の目的は、上記従来課題を解決し、物体を把持したり、把持から開放したりする際にダイナミクスパラメータ（例えば、把持物体の質量及び慣性モーメントなど）の切り替えが発生しても、ロボットが静止状態を継続させることが出来る、ロボットの制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

【0010】

本発明の1つの態様によれば、関節を有するロボットの制御装置であって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段とを備えるロボットの制御装置を提供する。

【0011】

本発明の別の態様によれば、上記ロボットの制御装置と、

上記関節を有するロボットアームと、

上記ロボットアームの先端に支持されて上記物体を把持可能なハンドと、を備えるロボットを提供する。

【0012】

本発明のまた別の態様によれば、関節を有するロボットの制御方法であって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個、ダイナミクスパラメータ取得手段で取得し、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして目標関節トルク出力手段から出力し、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された異なる状態での上記複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータにダイナミクスパラメータ切替手段で切り替え、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を目標関節トルク出力制限手段で制限し、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を制限解除手段で解除するロボットの制御方法を提供する。

【0013】

本発明の第さらに別の態様によれば、関節を有するロボットの制御装置のプログラムであって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性

10

20

30

40

50

行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段としてコンピュータを機能させるための、ロボットの制御装置の制御プログラムを提供する。

【発明の効果】

【0014】

本発明のロボットの制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムによれば、ロボットにおいて物体を把持したり、把持から開放したりする際に把持物体を含む質量及び慣性モーメント等のダイナミクスパラメータの切り替えが発生しても、上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を上記目標関節トルク出力制限手段で制限したり、又は、上記目標関節トルク出力制限手段による制限を上記制限解除手段で解除することができて、ロボットが静止状態を維持又は継続させることができる、ロボットの制御が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、

【図1】図1は、本発明の第1実施形態におけるロボットシステムの構成を示す図であり、

【図2】図2は、本発明の第1実施形態におけるロボットの制御装置及び制御対象であるロボットの一部を示すブロック図であり、

【図3】図3は、本発明の第1実施形態における目標トルク出力制限手段の動作の一例を示す図であり、

【図4】図4は、本発明の第2実施形態におけるロボットの制御装置及び制御対象であるロボットの一部を示すブロック図であり、

【図5】図5は、本発明の第2実施形態における目標トルク出力制限手段の動作の一例を示す図であり、

【図6】図6は、本発明の第3実施形態におけるロボットの構成の概要を示す図であり、

【図7】図7は、本発明の第3実施形態におけるロボットシステムの構成を示す図であり、

【図8】図8は、本発明の第3実施形態におけるロボットの制御装置及び制御対象であるロボットの一部を示すブロック図であり、

【図9】図9は、本発明の第1～3実施形態における重力方向の移動の軸と水平方向の移動の軸を分離したロボットの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0017】

以下、図面を参照して本発明における実施形態を詳細に説明する前に、本発明の種々の態様について説明する。

【0018】

本発明の第1態様によれば、関節を有するロボットの制御装置であって、

10

20

30

40

50

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段とを備えるロボットの制御装置を提供する。

【0019】

本発明の第2態様によれば、上記目標関節トルク出力制限手段は、上記ダイナミクスパラメータを切り替えた直後は、上記ダイナミクスパラメータの切り替え直前の上記目標関節トルク出力手段からの目標関節トルクの出力を維持する第1の態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0020】

本発明の第3態様によれば、さらに、上記ロボットの移動を検知するロボット移動検知手段を備え、

上記目標関節トルク出力制限手段は、上記ロボット移動検知手段が上記ロボットの移動を検知した瞬間の上記目標関節トルク出力手段からの目標関節トルクの出力を維持する第1の態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0021】

本発明の第4態様によれば、目標とする上記ロボットの動作を実現するために使用する目標関節角度ベクトルを生成して出力する目標角度生成手段をさらに備え、

上記目標関節トルク出力手段において上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力するとき、上記目標角度生成手段から出力された上記目標関節角度ベクトルを使用するとともに、上記制限解除手段において、上記目標角度生成手段から出力された上記目標関節角度ベクトルに基づき上記ロボットの目標位置が変化すると判断するとき上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力の制限を解除する第1～3のいずれか1つの態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0022】

本発明の第5態様によれば、さらに、上記制限解除手段は、外部から上記ロボットに働く力を検出する力検出手段を備え、

上記力検出手段が、閾値以上の力を検出するとき上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力の制限を解除する第1～3のいずれか1つの態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0023】

本発明の第6態様によれば、上記目標関節トルク出力制限手段による上記出力の制限は、上記ロボットの関節のうち鉛直方向の運動を行う関節には働かない第1～5のいずれか1つの態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0024】

本発明の第7態様によれば、上記ダイナミクスパラメータ切替手段は、上記ロボットによる上記物体の把持を検出する物体把持検出手段を備え、

上記物体把持検出手段により上記物体の把持を検出した後に上記ダイナミクスパラメータ切替手段による上記ダイナミクスパラメータの切り替えを行う第1～6のいずれか1つの態様に記載のロボットの制御装置を提供する。

【0025】

10

20

30

40

50

本発明の第 8 態様によれば、第 1 ~ 7 のいずれか 1 つの態様に記載のロボットの制御装置と、

上記関節を有するロボットアームと、

上記ロボットアームの先端に支持されて上記物体を把持可能なハンドと、を備えるロボットを提供する。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 9 態様によれば、関節を有するロボットの制御方法であって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個、ダイナミクスパラメータ取得手段で取得し、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして目標関節トルク出力手段から出力し、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータにダイナミクスパラメータ切替手段で切り替え、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を目標関節トルク出力制限手段で制限し、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を制限解除手段で解除するロボットの制御方法を提供する。

【 0 0 2 7 】

本発明の第 1 0 態様によれば、関節を有するロボットの制御装置のプログラムであって、

上記ロボット又は上記ロボットが把持している物体の質量、重心位置、若しくは、慣性行列のダイナミクスパラメータを異なる状態でのものを複数個取得するダイナミクスパラメータ取得手段と、

上記ロボットの関節トルクの目標値を目標関節トルクとして出力する目標関節トルク出力手段と、

上記ダイナミクスパラメータ取得手段で取得された上記異なる状態での複数のダイナミクスパラメータのうちの一つのダイナミクスパラメータを別のダイナミクスパラメータに切り替えるダイナミクスパラメータ切替手段と、

上記ダイナミクスパラメータ切替手段によって上記ダイナミクスパラメータを切り替えた後に上記目標関節トルク出力手段からの上記目標関節トルクの出力を制限する目標関節トルク出力制限手段と、

上記目標関節トルク出力制限手段による制限を解除する制限解除手段としてコンピュータを機能させるための、ロボットの制御装置の制御プログラムを提供する。

【 0 0 2 8 】

以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 9 】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本発明の第 1 実施形態にかかるロボット 2 0 を有するロボットシステム 1 0 0 の構成を示す。ロボットシステム 1 0 0 は、制御装置 5 0 と、制御対象であるロボット 2 0 とを備えるように構成されている。さらに、ロボット 2 0 は、ロボットアーム 2 1 とハンド 2 2 とモータドライバ 2 4 とで構成するロボット機構部 6 と、アクチュエータの一例としてのモータ 2 3 , 2 3 H と、エンコーダ 7 , 7 H とを備えていて、ハンド 2 2 で物体 3 0 を把持して搬送する機能を持つ。

【 0 0 3 0 】

制御装置 5 0 は、この第 1 実施形態では、一例として、一般的なパーソナルコンピュータにより構成されている。制御装置 5 0 は、制御プログラム 4 0 と、入出力 I F 4 1 とを備えて構成されている。入出力 I F (インターフェース) 4 1 は、パーソナルコンピュー

10

20

30

40

50

タの P C I バスなどの拡張スロットに接続された、例えば D / A ボード、 A / D ボード、カウンタボードなどを備えるように構成されている。

【 0 0 3 1 】

制御装置 5 0 は、入力部の一例としての入出力 I F 4 1 を介して、ロボット機構部 6 のロボットアーム 2 1 の各リンク 3 3 , 3 2 , 3 1 及びマニピュレータ (ハンド) 2 5 をそれぞれ独立して駆動するモータ 2 3 , 2 3 H のモータドライバ 2 4 と接続され、そのモータドライバ 2 4 に制御信号を送る。

【 0 0 3 2 】

モータドライバ 2 4 は、制御信号を基に、関節駆動用の回転駆動装置又はアクチュエータの一例としてのモータ 2 3 をそれぞれ独立して駆動制御する。モータドライバ 2 4 とモータ 2 3 とで関節駆動用の駆動部の一例として機能する。角度情報を出力する関節駆動用の角度検出部の一例としエンコーダ 7 は、モータ 2 3 の回転軸の回転位相角 (すなわち、関節角) を検出する。また、モータドライバ 2 4 は、制御信号を基に、ハンド駆動用の回転駆動装置の一例としてのモータ 2 3 H を駆動制御する。モータドライバ 2 4 とモータ 2 3 H とでハンド駆動用の駆動部の一例として機能する。角度情報を出力するハンド駆動用の角度検出部の一例としエンコーダ 7 H は、モータ 2 3 H の回転軸の回転位相角 (すなわち、関節角) を検出する。

【 0 0 3 3 】

制御装置 5 0 がロボットアーム 5 1 の動作制御を実行し、ロボットアーム 2 1 の各関節のエンコーダ 7 から出力される各関節角度情報を、入出力 I F 4 1 のカウンタボードを通じて制御装置 5 0 に取り込む。制御装置 5 0 は、取り込んだ各関節角度情報に基づき各関節の回転動作での制御指令値を算出する。制御装置 5 0 は、入出力 I F 4 1 の D / A ボードを通じて、ロボットアーム 2 1 の各関節を駆動制御するためのモータドライバ 2 4 に上記各制御指令値を与え、ロボットアーム 2 1 の各関節のモータ 2 3 を駆動する。

【 0 0 3 4 】

ロボットアーム 2 1 は、一例として、3 自由度の多リンクマニピュレータであり、先端にはハンド 2 2 の取り付けが可能である。ロボットアーム 2 1 は、ハンド 2 2 が先端に取り付けられている第 3 リンク 3 1 と、第 3 関節 3 5 C を介して第 3 リンク 3 1 と接続されて第 3 リンク 3 1 を先端に有する第 2 リンク 3 2 と、第 2 関節 3 5 B を介して第 2 リンク 3 2 と接続されて第 2 リンク 3 2 の基端に先端が回転可能に連結される第 1 リンク 3 3 と、第 1 関節 3 5 A を介して台部 3 4 と接続されるとともに第 1 リンク 3 3 の基端が回転可能に連結支持されかつ床 9 0 に固定される台部 3 4 とを備えている。

【 0 0 3 5 】

ロボットアーム 2 1 は、互いに直交する x 軸と y 軸とを含む x y 平面内で正逆回転する第 1 関節軸 3 5 - 1 と、同じく x y 平面内で正逆回転する第 2 関節軸 3 5 - 2 と、同じく x y 平面内で正逆回転する第 3 関節軸 3 5 - 3 とを備えている。第 1 関節軸 3 5 - 1 と第 2 関節軸 3 5 - 2 と第 3 関節軸 3 5 - 3 とは、それぞれ、ロボットアーム 2 1 の第 1 関節 3 5 A と第 2 関節 3 5 B と第 3 関節 3 5 C の回転軸である。この結果、ロボットアーム 2 1 は、第 1 関節軸 3 5 - 1 から第 3 関節軸 3 5 - 3 の合計 3 個の軸周りにそれぞれ独立して回転可能として、上記 3 自由度の多リンクマニピュレータを構成している。

【 0 0 3 6 】

各軸の回転部分を構成する各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C は、各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C を構成する一対の部材 (例えば、回動側部材と、該回動側部材を支持する支持側部材) のうちの一方の部材に備えられた、モータ 2 3 とエンコーダ 7 とを備える。例えば、モータ 2 3 とエンコーダ 7 とは、ロボットアーム 2 1 の各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C の内部に配設され、各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C を構成する一方の部材に備えられたモータ 2 3 の回転軸が、各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C の他方の部材に連結されて上記回転軸を正逆回転させることにより、他方の部材を一方の部材に対して各軸周りに回転可能とする。

【 0 0 3 7 】

10

20

30

40

50

なお、第1リンク33を床90に対して鉛直軸の周りに正逆回転させる場合には、台部34を、床90に固定された固定部と、第1リンク33に接続された可動部とに分割し、この固定部と可動部に、他の関節と同様にモータ23とエンコーダ7を配置して、モータドライバ24を介して駆動制御すればよい。

【0038】

また、モータドライバ24により駆動制御されるハンド駆動装置の一例としてのハンド駆動用モータ23H（実際には、ハンド22の内部に配設されている）と、ハンド駆動用モータ23Hの回転軸の回転位相角（すなわち関節角）を回転角度情報として検出するエンコーダ7H（実際には、ハンド22の内部に配設されている）とをさらにハンド22に備える。エンコーダ7Hの回転角度情報は、入出力IF41を介して、制御装置50のハンド制御手段26（物体把持検出手段の一例）に入力される。制御装置50のハンド制御手段26では、エンコーダ7Hで検出された回転角度情報を基に、モータドライバ24を介してハンド駆動用モータ23Hの回転を駆動制御して、ハンド駆動用モータ23Hの回転軸を正逆回転させることによりハンド22を開閉可能として、物体30の把持又は把持開放を行えるようにしている。

10

【0039】

図2は、本発明の第1実施形態にかかるロボット20の制御装置50及び制御対象であるロボット20の一部を示すブロック図である。

【0040】

制御装置50は、目標角度生成手段1と、目標角加速度計算手段2と、目標関節トルク出力手段3と、目標関節トルク出力制限手段4と、制限解除手段5と、ダイナミクスパラメータ切替手段の一例としてのパラメータ切替手段8と、出力誤差計算部9と、修正目標角加速度計算部10と、パラメータ取得手段14とハンド制御手段26とを備える。また、制御装置50（制御装置50の出力誤差計算部9）に対しては、エンコーダ7でそれぞれ計測されたロボット20からの計測情報が入力される。

20

【0041】

目標角度生成手段1は、目標とするロボット20の動作を実現するための目標関節角度ベクトル q_d を、出力誤差計算部9と目標加速度計算手段2と制限解除手段5とにそれぞれ出力する。目標とするロボット20の動作は、目的とする作業に応じて、事前に、それぞれの時間（ $t = 0$ 、 $t = t_1$ 、 $t = t_2$ 、 \dots ）でのポイントごとの目標角度ベクトル $q_{dt} = [q_{dt1}, q_{dt2}, q_{dt3}]^T$ （ q_{d0} 、 q_{d1} 、 q_{d2} 、 \dots ）が記録されている。例えば、ロボット20の動作制御プログラム（ロボットの制御装置のプログラム）として、そのような目標角度ベクトルが記録されている。そして、目標角度生成手段1は、それぞれの時間（ $t = 0$ 、 $t = t_1$ 、 $t = t_2$ 、 \dots ）でのポイントごとの角度（ q_{d0} 、 q_{d1} 、 q_{d2} 、 \dots ）の情報を基に多項式補間を使用し、各ポイント間の軌道を補完し、目標関節角度ベクトル $q_d = [q_{d1}, q_{d2}, q_{d3}]^T$ を生成する。この生成された目標関節角度ベクトル q_d を、出力誤差計算部9と目標加速度計算手段2と制限解除手段5とにそれぞれ出力する。

30

【0042】

出力誤差計算部9は、目標軌道生成手段1から出力された目標関節角度ベクトル q_d とエンコーダ7の出力 q とが入力され、角度誤差ベクトル $q_e = q_d - q$ を計算し、出力誤差の一例として角度誤差ベクトル q_e を修正目標角加速度計算部10に出力する。

40

【0043】

目標角加速度計算手段2は、目標角度生成手段1が出力した目標関節角度ベクトル q_d が入力され、目標角加速度

【0044】

【数1】

$$\ddot{q}_d$$

【0045】

50

が計算により求められて修正目標角加速度計算部 10 に出力される。

【 0 0 4 6 】

修正目標角加速度計算部 10 は、目標角加速度計算手段 2 の出力である

【 0 0 4 7 】

【 数 2 】

$$\dot{q}_d$$

【 0 0 4 8 】

と出力誤差計算部 9 の出力である角度誤差ベクトル q_e とが入力され、制御指令値の一例として修正目標角加速度

【 0 0 4 9 】

【 数 3 】

$$\ddot{q}_d^*$$

【 0 0 5 0 】

が計算により求められて目標関節トルク出力手段 3 に出力される。

【 0 0 5 1 】

パラメータ取得手段 14 は、ロボット 20 のダイナミクスパラメータを取得し、取得したダイナミクスパラメータをパラメータ切替手段 8 に出力する。ダイナミクスパラメータの例としては、ロボットアーム 21 の各リンク又は把持物体 30 の質量、重心位置、若しくは、慣性行列などを指す。ダイナミクスパラメータのより具体的な例としては、物体 30 をハンド 22 で把持したり、ハンド 22 による把持から物体 30 を開放したりする際に、把持物体 30 の質量及び慣性モーメント等が挙げられる。必要なダイナミクスパラメータは、パラメータ取得手段 14 の具体的な一例としてのメモリに事前に記録されていたり、又は、パラメータ取得手段 14 の具体的な別の例として、ロボットシステム 100 の外部に置かれているデータベースなどから通信によりダイナミクスパラメータを取得する取得部で構成することができる。

【 0 0 5 2 】

パラメータ切替手段 8 は、目標関節トルク出力手段 3 が目標関節トルクを生成するのに必要な情報であるロボット 20 のダイナミクスパラメータを切り替えて、目標関節トルク出力手段 3 に出力する。

【 0 0 5 3 】

また、パラメータ切替手段 8 でダイナミクスパラメータを切り替えたことを表すパラメータ切替信号を、パラメータ切替手段 8 から目標関節トルク出力制限手段 4 に出力する。

【 0 0 5 4 】

パラメータ切替手段 8 で切り替えるダイナミクスパラメータの一例としては、ハンド 22 が搬送物体 30 を把持するとき、物体 30 が無くてロボット本体（ロボットアーム 21 とハンド 22）のみの状態でのダイナミクスパラメータと、物体 30 込みの（物体 30 とロボット本体（ロボットアーム 21 とハンド 22）とを合わせた状態での）ダイナミクスパラメータとを設定することができる。パラメータ切替手段 8 でダイナミクスパラメータを切り替えるタイミングの一例としては、ハンド 22 が搬送物体 30 を把持開放して設置するなどしてハンド 22 から搬送物体 30 を放す動作を行なうときに、物体 30 込みの状態のダイナミクスパラメータから、物体 30 が無くてロボット本体のみの状態のダイナミクスパラメータとする一方、逆に、ハンド 22 が搬送物体 30 を把持して搬送する動作を行なうときに、物体 30 込みの状態のダイナミクスパラメータから、物体 30 が無くてロボット本体のみの状態のダイナミクスパラメータへ切り替える例が挙げられる。

【 0 0 5 5 】

ダイナミクスパラメータの切替は、後述するハンド制御手段 26 の出力であるハンド 22 の開閉信号により物体の把持状態もしくは把持開放状態を判断してパラメータ切替手段 8 で行う。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

ハンド制御手段 2 6 はエンコーダ 7 H の出力 q が入力され、ハンド 2 2 の開閉信号をパラメータ切替手段 8 とロボット機構部 6 に出力する。事前に、把持位置及び把持開放位置は決められており、その把持位置をハンド制御手段 2 6 は記憶している。エンコーダ 7 H の出力 q により、ハンド 2 2 の把持位置及び把持開放位置にロボットが移動したらハンド 2 2 の開閉信号を出力する。本実施形態では、事前に、ハンド把持位置及び把持開放位置が決められているとしたが、それに限らず、例えば人がボタンを押したらハンド 2 2 の開閉を行う等でもよい。

【 0 0 5 7 】

目標関節トルク出力手段 3 は、修正目標角加速度計算部 1 0 の出力である修正目標角加

10

【 0 0 5 8 】

【数 4】

$$\dot{q}_d^*$$

【 0 0 5 9 】

とパラメータ切替手段 8 の出力であるダイナミクスパラメータとから、目標関節トルク τ_d を計算し、計算して得られた目標関節トルク τ_d を出力する。目標関節トルク τ_d の計算方法の一例として以下の式で目標関節トルク τ_d を算出する。

【 0 0 6 0 】

【数 5】

$$\tau_d = M(q) \cdot \ddot{q}_d^* + C(q, \dot{q}) + g(q)$$

20

【 0 0 6 1 】

【数 6】

$M(q)$ 及び $C(q, \dot{q})$

は物体 3 0 及びロボット 2 0 のダイナミクスパラメータからなる係数行列であり、

【 0 0 6 2 】

【数 7】

$$g(q)$$

30

【 0 0 6 3 】

は物体 3 0 及びロボット 2 0 の質量にかかる重力項である。この一例のように目標関節トルク τ_d は、物体 3 0 のダイナミクスパラメータを含んだ式を用いて算出する。このため、パラメータを切り替えることにより、目標関節トルク τ_d はステップ的に変化する。その結果、目標関節トルク τ_d が変化するため、後述するモータドライバ 2 4 が関節駆動用モータ 2 3 の出力トルクを変化させ、ロボット 2 0 は目標関節角度ベクトル q_d が変化していないにもかかわらず、動いてしまうことがある。

40

【 0 0 6 4 】

制限解除手段 5 は、目標角度生成手段 1 の出力である目標関節角度ベクトル q_d が入力され、制限解除信号を目標関節トルク出力制限手段 4 に出力する。制限解除手段 5 の動作の一例として、例えば目標関節角度ベクトル q_d より目標関節角速度を算出し、その算出された目標関節角速度の絶対値が、事前に決められた閾値以上のときは、制限解除信号を目標関節トルク出力制限手段 4 に出力する。また、制限解除手段 5 は、算出された目標関節角速度の絶対値が、上記閾値よりも小さいときは目標関節トルク出力制限手段 4 に制限解除信号を出力しないとする。

【 0 0 6 5 】

制限解除手段 5 において、目標関節角度ベクトル q_d より目標関節角速度を算出する方

50

法の一例として、以下の方法がある。第一に、制限解除手段 5 で、目標関節角度ベクトル $q_d = [q_{d1}, q_{d2}, q_{d3}]^T$ を各サンプリングタイミングで記憶する。制限解除手段 5 において、現在のサンプリングタイミングでの目標関節角度ベクトルを $q_{dn} = [q_{dn1}, q_{dn2}, q_{dn3}]^T$ とし、1 回前のサンプリングタイミングでの目標関節角度ベクトルを $q_{d-1} = [q_{dn-11}, q_{dn-12}, q_{dn-13}]^T$ とすると、各関節 35A, 35B, 35C ごとの目標関節角速度は以下の式で近似できる。

【0066】

【数 8】

$$\dot{q}_{dni} = (q_{dni} - q_{dn-1i}) / T$$

10

ただし、 i は関節番号 (図 1 では、 $i = 1, i = 2, i = 3$)、 T はサンプリング周期である。

【0067】

これより、そのサンプリング周期 T での目標関節角速度ベクトルは

【0068】

【数 9】

$$\dot{q}_d = [\dot{q}_{d1}, \dot{q}_{d2}, \dot{q}_{d3}]$$

【0069】

となり、このベクトルの各要素の大きさを目標関節角速度とする。

20

【0070】

また、閾値は、例えば $5 [deg/sec]$ 等とする。これは、ロボット 20 の大きさ又は精度、周辺環境とのかかわりによる安全性等により適当な値を設定する。

【0071】

また、制限解除手段 5 において、目標関節角速度の絶対値が閾値以上のときに制限解除信号を出力するのは、ハンド 22 で把持する対象の物体 30 は静止していると考え、ハンド 22 で物体 30 を安全に把持するためにハンド 22 で把持する前後の時間は、ロボットアーム 21 の位置は静止していると考え。このように考えた場合に、目標関節角度ベクトル q_d は、ハンド 22 での把持の前後の時間は、静止の目標を与えるために、ある閾値以下にあると考えられる。そのため、物体 30 をハンド 22 で把持し、再びロボットアーム 21 が動作を始めようと目標関節角度ベクトル q_d が変化を始めたときに、制限解除手段 5 から制限解除信号を目標関節トルク出力制限手段 4 に出力する目的がある。

30

【0072】

目標関節トルク出力制限手段 4 は、目標関節トルク出力手段 3 の出力である目標関節トルク τ_d と制限解除手段 5 の出力である制限解除信号とパラメータ切替手段 8 の出力であるパラメータ切替信号とが入力され、各関節 35A, 35B, 35C の制御目標となる修正目標関節トルク

【0073】

【数 10】

$$\hat{\tau}_d$$

40

【0074】

を出力する。

【0075】

目標関節トルク出力制限手段 4 は、制限解除信号が入力されていない状態で、パラメータ切替信号が入力された場合に、次に制限解除信号が入力されるまでの間、パラメータ切替信号が入力される直前の目標関節トルク τ_d の値を維持して、この目標関節トルク τ_d の値を、修正目標関節トルク

【0076】

【数 1 1】

$$\hat{\tau}_d$$

【0077】

としてロボット機構部 6 に出力する。目標関節トルク出力制限手段 4 は、それ以外の時間では、現在の目標関節トルク τ_d の値をそのまま修正目標関節トルク

【0078】

【数 1 2】

$$\hat{\tau}_d$$

【0079】

としてロボット機構部 6 に出力する。

【0080】

ここで、図 3 は、目標関節トルク出力制限手段 4 の動作の一例を示す図である。ここでは、第 1 関節軸 35 - 1 の目標関節角度と目標関節トルクと修正目標関節トルク値とを例として示すが、他の関節軸 35 - 2, 35 - 3 も同様である。

【0081】

図 3 の横軸（時間軸）の（A）～（D）の間では、ハンド 22 は物体 30 を把持していない。このうち、（A）～（B）の間及び（C）～（D）の間では、ロボットアーム 21 は動作しており、（B）～（C）の間では、ロボットアーム 21 は静止している。

【0082】

また、（D）～（F）の間は、物体 30 をハンド 22 で把持するためにロボットアーム 21 は静止している。（D）～（E）の間にハンド 22 による物体 30 の把持が行われる。そして、（E）の時点で、ダイナミクスパラメータの切り替えを行い、（F）の時点においてロボットアーム 21 が静止状態から動作に遷る。

【0083】

図 3 の（A）時点～（B）時点の間及び（C）時点～（D）時点の間は、制限解除信号が、制限解除手段 5 から目標関節トルク出力制限手段 4 にそれぞれ入力されている。このため、目標関節トルク出力制限手段 4 は、目標関節トルク出力手段 3 の出力である目標関節トルク τ_d をそのまま、修正目標関節トルクとして出力する。

【0084】

（B）時点～（C）時点の間及び（D）時点～（E）時点の間では、制限解除信号が制限解除手段 5 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力されていないが、ダイナミクスパラメータ切替信号もパラメータ切替手段 8 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力されない。このため、目標関節トルク出力制限手段 4 は、目標関節トルク出力手段 3 の出力である目標関節トルク τ_d をそのまま、修正目標関節トルクとして出力する。

【0085】

（E）時点で、目標関節トルク出力制限手段 4 には、ダイナミクスパラメータ切替信号がパラメータ切替手段 8 から入力される。同時に、パラメータ切替手段 8 から目標関節トルク出力手段 3 には、切替後のダイナミクスパラメータが入力され、それに基づき目標関節トルク τ_d が目標関節トルク出力手段 3 で演算される。このため、目標関節トルク τ_d は、（E）の時点で変化する。しかし、目標関節トルク出力制限手段 4 では、ダイナミクスパラメータ切替信号がパラメータ切替手段 8 から入力され、同時に、制限解除信号が制限解除手段 5 から入力されていないため、（E）の時点で、ダイナミクスパラメータ切替信号が入力される直前の目標関節トルク値 τ_d を維持して、修正目標関節トルクとして出力する。

【0086】

（F）時点で、制限解除信号が制限解除手段 5 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力されるまで、目標関節トルク出力制限手段 4 では、修正目標関節トルク値としては同じ値を出力し続ける。（F）時点で、制限解除信号が制限解除手段 5 から目標関節トルク出

10

20

30

40

50

力制限手段 4 に入力されるため、(F) 時点以降は、目標関節トルク出力制限手段 4 では、再び、修正目標関節トルク値

【 0 0 8 7 】

【 数 1 3 】

$\hat{\tau}_d$

【 0 0 8 8 】

としては、目標関節トルク出力手段 3 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力される目標関節トルク τ_d と同じ値を出力する。これにより、修正目標関節トルク値

【 0 0 8 9 】

【 数 1 4 】

$\hat{\tau}_d$

【 0 0 9 0 】

は、ロボットアーム 2 1 の目標関節角度ベクトル q_d の変化量が閾値未満の間は変化しないため、ダイナミクスパラメータを切り替えただけでロボット 2 0 が動作してしまうことを防ぎ、さらに、目標関節角度ベクトル q_d が変化を始めたら、速やかに修正目標関節トルク値

【 0 0 9 1 】

【 数 1 5 】

$\hat{\tau}_d$

【 0 0 9 2 】

は変化し、ロボット 2 0 が動作を開始することが出来る。

【 0 0 9 3 】

図 2 に戻って、修正目標関節トルク値

【 0 0 9 4 】

【 数 1 6 】

$\hat{\tau}_d$

【 0 0 9 5 】

は、目標関節トルク出力制限手段 4 から、D / A ボードなどの入出力 I F 4 1 を介して、モータドライバ 2 4 にトルク目標値として入力される。そして、モータドライバ 2 4 により、各関節軸 3 5 に備え付けられたモータ 2 3 がそれぞれ独立して正逆回転駆動されて、ロボット機構部 6 が動作する。

【 0 0 9 6 】

ロボット機構部 6 が動作した結果、ロボット 2 0 のロボットアーム 2 1 の各関節角度は変化し、その各関節角度 q を検出するエンコーダ 7 からそれぞれ検出した結果が、入出力 I F 4 1 を介して出力誤差計算部 9 に入力される。

【 0 0 9 7 】

以上のように、上記第 1 実施形態の上記制御装置 5 0 は、パラメータ切替手段 8 と、制限解除手段 5 と、目標関節トルク出力制限手段 4 とを備え、ロボット 2 0 の関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C を正逆回転駆動するアクチュエータの制御の一例としてのモータ 2 3 のトルク制御を行うロボット 2 0 を構成する。この目標関節トルク制限手段 4 により、パラメータ切替手段 8 によってダイナミクスパラメータを切り替えた後に目標関節トルク出力手段 3 からの目標関節トルクの出力を制限するようにしている。この結果、ロボット 2 0 に静止の目標値を与えているにも関わらず、ダイナミクスパラメータの切替によりロボット 2 0 が動作してしまうのを防止することができる。これにより、例えば、物体 3 0 の把持などによりダイナミクスパラメータを大きく変動させる際にも、ロボット 2 0 の静止を維持することができて、安全なロボット 2 0 の動作制御が可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 8 】

よって、本発明の第 1 実施形態にかかるロボットの制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムによれば、ロボット 2 0 において物体 3 0 を把持したり、把持から開放したりする際に把持物体 3 0 を含む質量及び慣性モーメント等のダイナミクスパラメータの切り替えが発生しても、上記目標関節トルク出力手段 3 からの上記目標関節トルクの出力を上記目標関節トルク出力制限手段 4 で制限したり、又は、上記目標関節トルク出力制限手段 4 による制限を上記制限解除手段 5 で解除することができ、ロボット 2 0 が静止状態を継続させることができる、ロボット 2 0 の制御が可能となる。

【 0 0 9 9 】

(第 2 実施形態)

図 4 は、本発明の第 2 実施形態にかかるロボット 2 0 の制御装置 5 0 及び制御対象であるロボット 2 0 の一部を示すブロック図である。制御装置 5 0 は、目標角度生成手段 1 と、目標角加速度計算手段 2 と、目標関節トルク出力手段 3 と、目標関節トルク出力制限手段 4 と、制限解除手段 5 と、パラメータ切替手段 8 と、出力誤差計算部 9 と、修正目標角加速度計算部 1 0 と、パラメータ取得手段 1 4 と、ロボット移動検知手段 1 1 とを備える。また、ロボット 2 0 は、第 1 実施形態と同様に、ロボット機構部 6 と、モータ 2 3 , 2 3 H と、エンコーダ 7 , 7 H とを備えるように構成している。また、制御装置 5 0 に対しては、エンコーダ 7 , 7 H で計測されたロボット 2 0 からの計測情報が入力される。

【 0 1 0 0 】

なお、この第 2 実施形態の説明では、第 1 実施形態の構成及び作用と比べて、異なる点を中心に説明を行い、第 1 実施形態と同じ構成及び作用については、説明を省略する。

【 0 1 0 1 】

関節角度 q を検出するエンコーダ 7 から検出した結果が、入出力 I F 4 1 を介して出力誤差計算部 9 とロボット移動検知手段 1 1 とにそれぞれ入力される。

【 0 1 0 2 】

ロボット移動検知手段 1 1 には、エンコーダ 7 の出力である関節角度 q が入力され、移動検知信号をロボット移動検知手段 1 1 から目標関節トルク出力制限手段 4 に出力する。移動検知信号は、ロボット 2 0 が移動しているとロボット移動検知手段 1 1 で判断したときにロボット移動検知手段 1 1 から目標関節トルク出力制限手段 4 に移動検知信号を出力する。移動しているという判断は、例えば関節角度 q の微分値の絶対値が閾値以上のとき、移動しているとロボット移動検知手段 1 1 で判断することが出来る。

【 0 1 0 3 】

目標関節トルク出力制限手段 4 には、目標関節トルク出力手段 3 の出力である目標関節トルク τ_d と制限解除手段 5 の出力である制限解除信号とパラメータ切替手段 8 の出力であるパラメータ切替信号とロボット移動検知手段 1 1 の出力である移動検知信号とが入力され、各関節 3 5 A , 3 5 B , 3 5 C の制御目標となる修正目標関節トルク

【 0 1 0 4 】

【数 1 7】

$$\hat{\tau}_d$$

【 0 1 0 5 】

を出力する。

【 0 1 0 6 】

修正目標関節トルク

【 0 1 0 7 】

【数 1 8】

$$\hat{\tau}_d$$

【 0 1 0 8 】

は、制限解除手段 5 から目標関節トルク出力制限手段 4 に制限解除信号が入力されてい

10

20

30

40

50

い状態で、パラメータ切替手段 8 から目標関節トルク出力制限手段 4 にパラメータ切替信号が入力された場合に、次に移動検知信号がロボット移動検知手段 11 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力されるまでの間、パラメータ切替信号入力直前の目標関節トルク値から現在の目標関節トルク値までの間を徐変させて出力する。

【0109】

次に移動検知信号がロボット移動検知手段 11 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力された場合、目標関節トルク出力制限手段 4 は、その瞬間の修正目標関節トルク値を維持して、次に制限解除信号が入力されるまでの間、修正目標関節トルク

【0110】

【数19】

$$\hat{\tau}_d$$

【0111】

として出力する。目標関節トルク出力制限手段 4 は、それ以外の時間では、現在の目標関節トルク τ_d の値をそのまま、修正目標関節トルク

【0112】

【数20】

$$\hat{\tau}_d$$

【0113】

として出力する。

【0114】

ここで、図 5 は、目標関節トルク出力制限手段 4 の動作の一例を示す図である。ここでは、第 1 関節軸 35 - 1 の目標関節角度と目標関節トルクと修正目標関節トルク値とを例として示すが、他の関節軸 35 - 2, 35 - 3 も同様である。

【0115】

図 5 の横軸（時間軸）の（A）～（B）の間では、ハンド 22 は物体 30 を把持していないが、ロボットアーム 21 は動作している。

【0116】

また、（B）～（E）の間は、物体 30 をハンド 22 で把持するためにロボットアーム 21 は静止している。このうち、（B）～（C）の間に、ハンド 22 による物体 30 の把持が行われる。そして、（C）の時点で、ダイナミクスパラメータの切り替えを行い、（D）の時点から、移動検知信号がロボット移動検知手段 11 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力され始める。（E）の時点において、ロボットアーム 21 が静止状態から動作に遷る。

【0117】

図 5 の（A）時点～（B）時点の間及び（B）時点～（C）時点の間は、目標関節トルク出力制限手段 4 は、目標関節トルク出力手段 3 の出力である目標関節トルク τ_d をそのまま、修正目標関節トルクとして出力する。

【0118】

（C）の時点で、目標関節トルク出力制限手段 4 には、ダイナミクスパラメータ切替信号がパラメータ切替手段 8 から入力される。同時に、目標関節トルク出力手段 3 には、切替後のダイナミクスパラメータが入力され、それに基づき目標関節トルク τ_d が目標関節トルク出力手段 3 で演算される。このため、目標関節トルク τ_d は、（C）の時点で変化する。しかし、目標関節トルク出力制限手段 4 では、ダイナミクスパラメータ切替信号がパラメータ切替手段 8 から入力され、同時に、制限解除信号が制限解除手段 5 から入力されていないため、（C）時点～（D）時点の間では、目標関節トルク出力制限手段 4 は、（C）の時点で、ダイナミクスパラメータ切替信号が入力される直前の目標関節トルク値 τ_d から現在の目標関節トルク値までの間を徐変して、修正目標関節トルクとして出力する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

(D) の時点で、移動検知信号がロボット移動検知手段 1 1 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力される。このため、目標関節トルク出力制限手段 4 は、出力である修正目標関節トルク値の徐変をやめる。この結果、修正目標関節トルク値が変化せず一定値になることでロボット 2 0 の実動作も静止するため、ロボット移動検知手段 1 1 からの移動検知信号の出力は停止する。

【 0 1 2 0 】

(D) 時点 ~ (E) 時点の間は、目標関節トルク出力制限手段 4 においては、(D) の時点の修正目標関節トルク値を維持して出力する。

10

【 0 1 2 1 】

(E) 時点では、制限解除信号が制限解除手段 5 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力されるため、(E) の時点以降は、再び修正目標関節トルク値

【 0 1 2 2 】

【 数 2 1 】

$$\hat{\tau}_d$$

【 0 1 2 3 】

としては、目標関節トルク出力手段 3 から目標関節トルク出力制限手段 4 に入力される目標関節トルク τ_d と同じ値を出力する。

20

【 0 1 2 4 】

以上のように、上記第 2 実施形態の上記制御装置 5 0 によれば、目標関節トルク出力制限手段 4 により、パラメータ切替手段 8 によってダイナミクスパラメータを切り替えた後に目標関節トルク出力手段 3 からの目標関節トルクの出力を制限するようにしている。この結果、ロボット 2 0 に静止の目標値を与えているにも関わらず、ダイナミクスパラメータの切替によりロボット 2 0 が動作してしまうのを防止することができる。さらに、ロボット移動検知手段 1 1 を配設して、ロボット 2 0 が移動しているかどうかをロボット移動検知手段 1 1 で検知している。ロボット移動検知手段 1 1 の出力である移動検知信号を利用して目標関節トルク出力制限手段 4 が修正目標関節トルクを出力するため、必要以上に目標関節トルクを制限することなく、かつ、ダイナミクスパラメータを大きく変動させる際にも、ロボット 2 0 の静止を維持することができて、安全なロボット 2 0 の動作制御が可能となる。

30

【 0 1 2 5 】

(第 3 実施形態)

図 6 は、本発明の第 3 実施形態にかかるロボット 2 0 の構成の概要を示す図である。このロボット 2 0 は、人 9 1 が、第 3 リンク 3 1 に一端が固定された例えば L 字状のハンドル 3 6 を把持し、物体 3 0 を運びたい方向に力をかけることで、物体 3 0 をハンド 2 2 で把持したロボット 2 0 が移動し、物体 3 0 をロボット 2 0 で運搬することが出来る。先の実施形態と異なる点は、ロボット 2 0 が、人 9 1 が操作するためのハンドル 3 6 と、人 9 1 がハンドル 3 6 にかけている力を検出するための力検出手段 2 5 (たとえば力センサー) とを備えて構成していることである。

40

【 0 1 2 6 】

なお、この第 3 実施形態の説明でも、第 1 実施形態の構成及び作用と比べて、異なる点を中心に説明を行い、第 1 実施形態と同じ構成及び作用については、説明を省略する。

【 0 1 2 7 】

図 7 は、ロボットシステム 1 0 0 の構成を示す図である。ロボットシステム 1 0 0 は、上記したように、ハンドル 3 6 及び力検出手段 2 5 をさらに備えて構成されている。力検出手段 2 5 で検出された人 9 1 の力は、入出力 I F 4 1 を介して制御装置 5 0 (制御装置 5 0 の制限解除手段 5 と力制御手段 1 2) に入力される。

【 0 1 2 8 】

50

図8は、ロボット20の制御装置50及び制御対象であるロボット20の一部を示すブロック図である。第1実施形態の構成と比べて、制御装置50は、力制御手段12と目標角度加算部13とを新たに備えて構成されている。

【0129】

力検出手段25は、ハンドル36とロボット20との間に発生する力を検出若しくは推定して、その情報Fを出力する。一例として、力検出手段25は、ハンドル36とロボット20との間に配設された3軸の力センサとする。力センサで検出された力情報Fは、制限解除手段5と力制御手段12とにそれぞれ出力される。

【0130】

力制御手段12は、力検出手段25の出力である力情報を基に、補正目標角度ベクトル q_d を目標角度加算部13に出力する。力制御手段12は、インピーダンス制御法又はコンプライアンス制御法等の力制御手法により、補正目標角度ベクトル q_d を算出する。

10

【0131】

目標角度生成手段1は、目標とするロボット20の動作を実現するための目標関節角度ベクトル q_d を目標角度加算部13に出力する。

【0132】

目標角度加算部13は、目標軌道生成手段1から出力された目標関節角度ベクトル q_d と力制御手段12から出力された補正目標角度ベクトル q_d とが入力され、修正目標角度ベクトル $q_{dm} = q_d + q_d$ を計算し、計算した修正目標角度ベクトル q_{dm} を目標角加速度計算手段2と出力誤差計算部9とに出力する。

20

【0133】

出力誤差計算部9は、目標角度加算部13から出力された修正目標角度ベクトル q_{dm} とエンコーダ7の出力 q とが入力され、角度誤差ベクトル $q_e = q_{dm} - q$ を計算し、出力誤差の一例として角度誤差ベクトル q_e を修正目標角加速度計算部10に出力する。

【0134】

一方、制限解除手段5は、力検出手段25の出力である力情報Fが入力され、制限解除信号を目標関節トルク出力制限手段4に出力する。制限解除手段5の一例として、制限解除手段5は、例えば力情報Fが、事前に決められた閾値以上のときは制限解除信号を制限解除手段5から目標関節トルク出力制限手段4に出力し、力情報Fが閾値よりも小さいときは制限解除信号を制限解除手段5から目標関節トルク出力制限手段4に出力しないとする。これにより、人91がロボット20を動作させようとしてハンドル36に力をかけているときは、制限解除信号を制限解除手段5から目標関節トルク出力制限手段4に出力し、人91がハンドル36に力をかけていないときは制限解除信号を制限解除手段5から目標関節トルク出力制限手段4に出力しない。この結果、第3実施形態におけるロボット20は、人91がロボット20に力をかけているときに動作し、人91がロボット20に力をかけていないときはロボット20は静止しているようにすることができる。つまり、ロボット20は、人91が力をかけていないときは静止状態であればよいため、制限解除信号を制限解除手段5から目標関節トルク出力制限手段4に出力しない。

30

【0135】

目標関節トルク出力制限手段4は、上記第1実施形態と同様に動作する。

40

【0136】

以上のように、上記第3実施形態の上記制御装置50によれば、力検出手段25を備えたロボット20に対して力制御手段12を配設して、人91の力に応じて物体30を把持したロボット20が移動し、物体30を運搬することが出来る。さらに、人91が力をかけているかどうかを力検出手段25で検知することができ、人91の力情報を利用して、制限解除手段5が制限解除信号を出力するため、ダイナミクスパラメータ切り替え後に人91が動かそうとしたときになって初めてロボット20が動き出すので、安全なロボット20の制御が可能となる。

【0137】

50

また、上記第1～第3実施形態のそれぞれでは、ロボット20のアクチュエータの一例として、モータ23により駆動されるロボット20を例に説明を行ったが、モータ23に限られるわけではなく、空圧及び油圧駆動アクチュエータの場合でも同様の効果を発揮する。

【0138】

また、上記第1～第3実施形態のそれぞれでは、例として3軸のロボットアーム21を例に説明を行ったが、これに限られるわけではなく、軸数はこれに限られるわけではなく、また、全ての軸に同様に適用することに限られるわけでもなく、限定した軸にのみ適用することも可能である。例えば、把持する物体30にかかる重力方向に関しては、把持した瞬間から物体込みのダイナミクスパラメータを適用することにより、物体30を把持したロボットアーム21ごと落下してしまうことを防ぐ必要があるが、水平方向は把持した瞬間は動かず、把持後、目標位置を変更して初めて動いて欲しい場合がある。このような場合、重力方向に移動する軸に対しては本第1～第3実施形態の内容を適用せず、水平方向に移動する軸に対してのみ適用することで、目的の動作が可能となる。

10

【0139】

図9は重力方向の移動の軸と水平方向の移動の軸を分離したスカラ型と呼ばれるロボット20Aの一例であるが、このうち水平方向の移動の軸にのみ適用することで、目的の動作が可能となる。

【0140】

なお、上記様々な実施形態又は変形例のうちの任意の実施形態又は変形例を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

20

【産業上の利用可能性】

【0141】

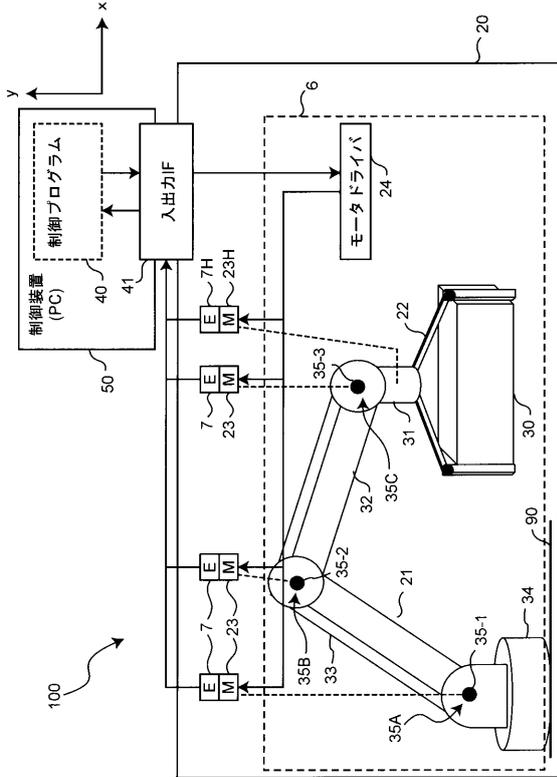
本発明のロボットの制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムは、物体を把持するロボットアームなどのロボットの手先位置の軌道制御等の位置制御を行う制御装置及び制御方法、並びに、制御プログラムとして有用である。また、ロボットアームに限らず、生産設備等における物体を把持する機構を持った装置の制御装置及び制御方法、ロボット、並びに、制御プログラムとしても適用が可能である。

【0142】

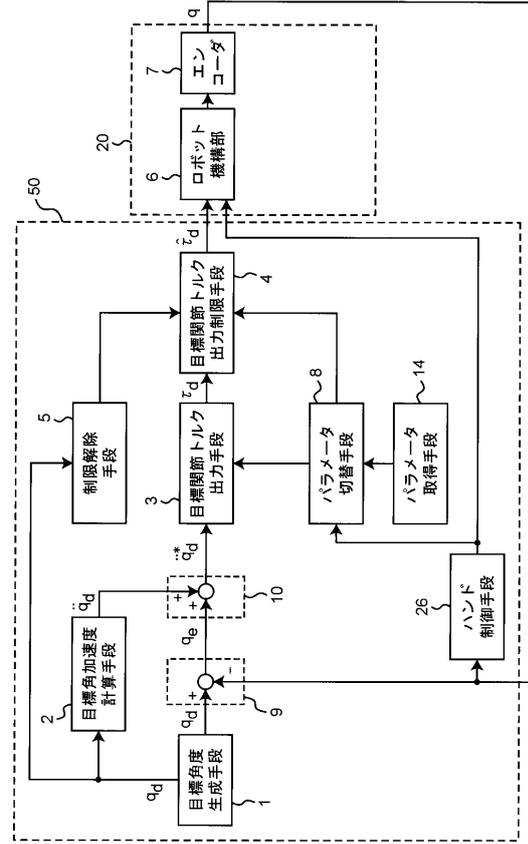
本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形又は修正は明白である。そのような変形又は修正は、添付した請求の範囲による本発明の範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである。

30

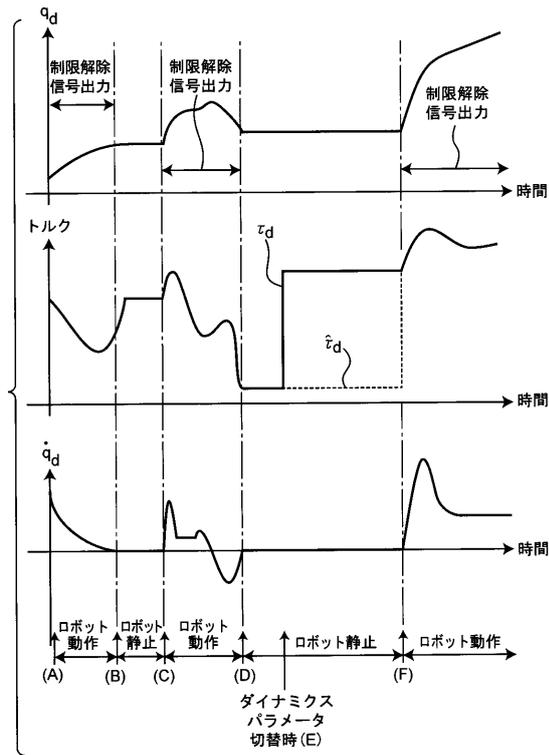
【図1】



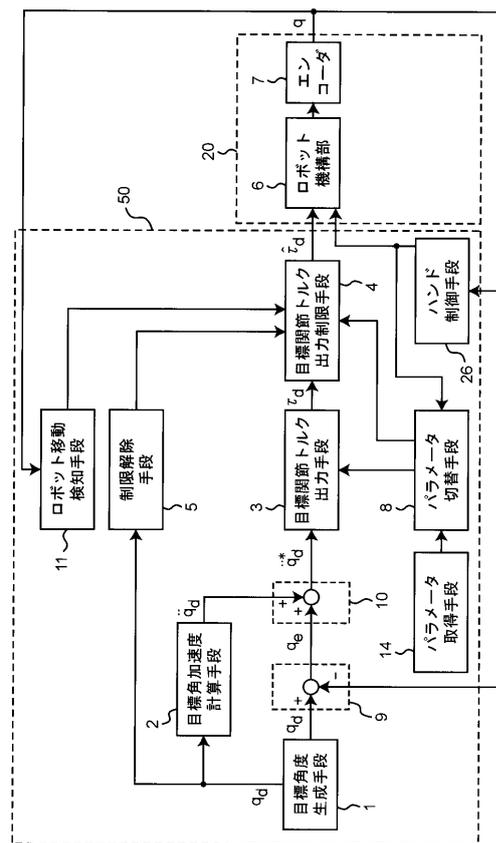
【図2】



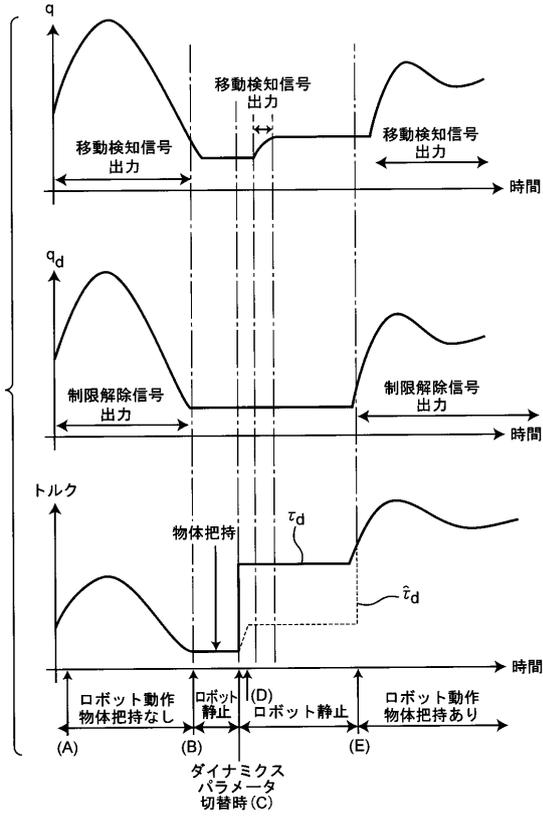
【図3】



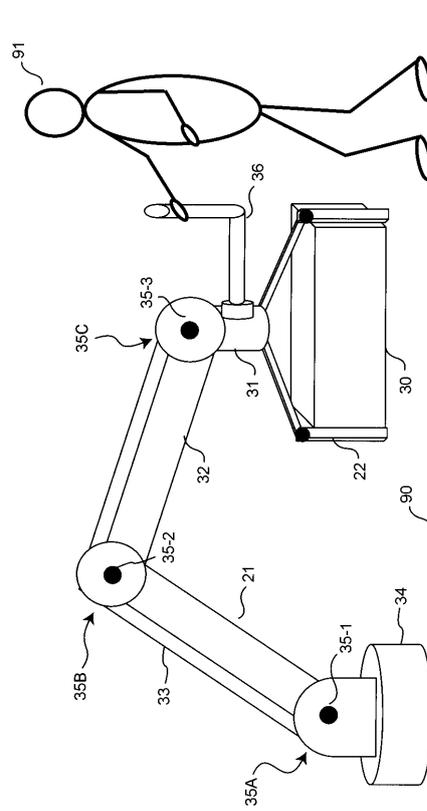
【図4】



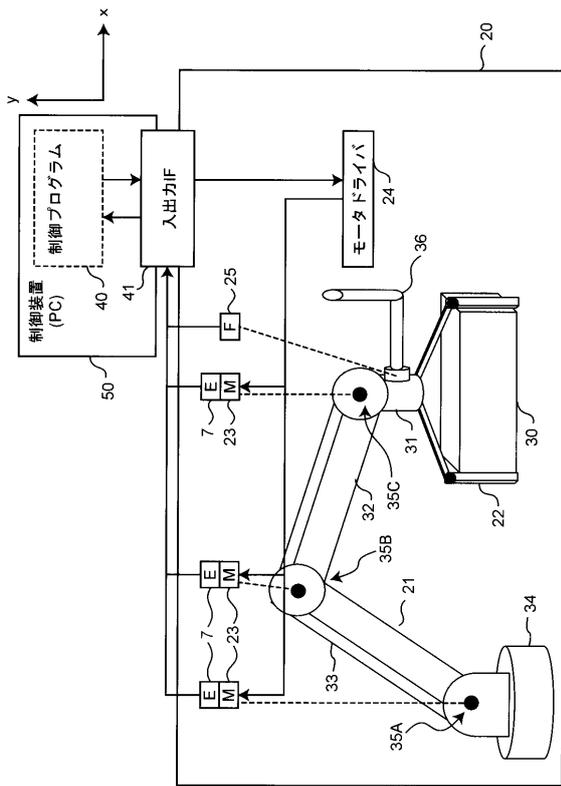
【図5】



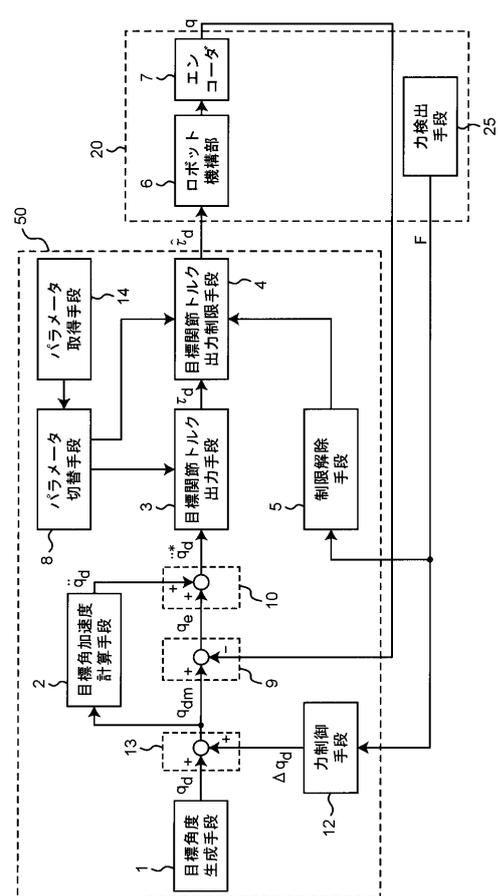
【図6】



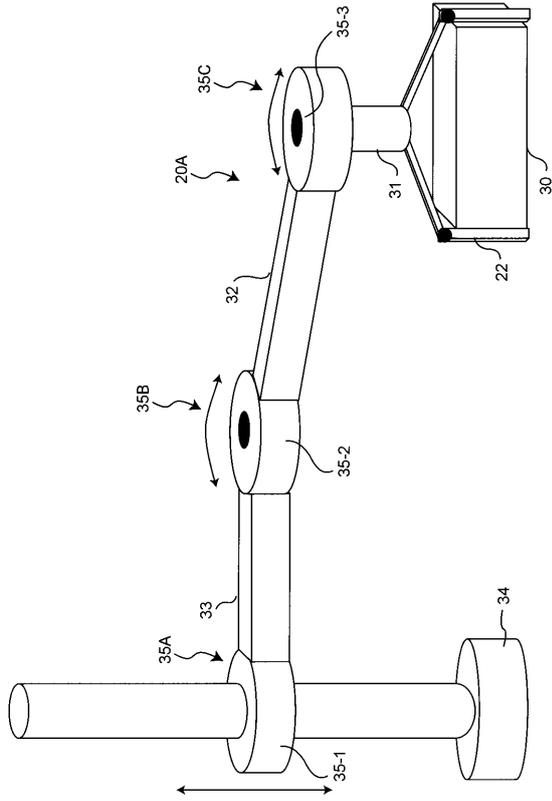
【図7】



【図8】



【 図 9 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-051042(JP,A)
特開2009-113147(JP,A)
国際公開第2003/086718(WO,A1)
特開2000-006065(JP,A)
特開昭63-008912(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B25J 13/00