

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-190292
(P2016-190292A)

(43) 公開日 平成28年11月10日(2016.11.10)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
B 2 5 J 13/08 (2006.01) B 2 5 J 13/08 Z 3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2015-71195 (P2015-71195)
 (22) 出願日 平成27年3月31日 (2015.3.31)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100116665
 弁理士 渡辺 和昭
 (74) 代理人 100164633
 弁理士 西田 圭介
 (74) 代理人 100179475
 弁理士 仲井 智至
 (72) 発明者 元▲吉▼ 正樹
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 3C707 BS12 KS33 KX06 KX10 LU09
 LV15 LV18 LV24 MT05

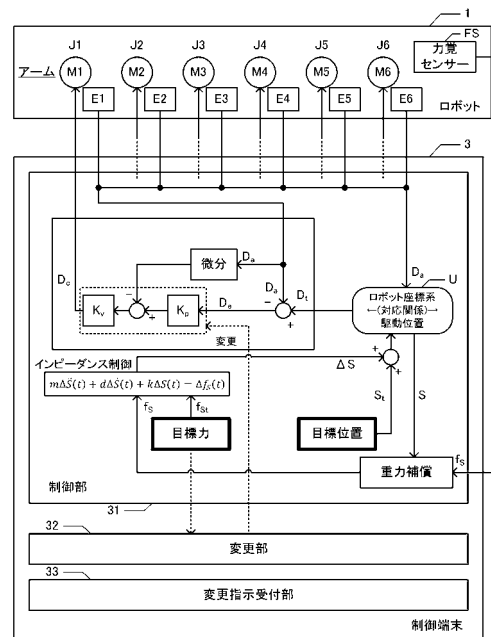
(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置、ロボットシステムおよびロボット制御方法

(57) 【要約】

【課題】 駆動部の制御を安定化させることができる技術の提供。

【解決手段】 本発明のロボット制御装置は、ロボットを駆動する駆動部の駆動位置と、前記ロボットに作用する力である作用力とを取得し、前記駆動位置に基づく前記駆動部の第1の制御と、前記作用力に基づく前記駆動部の第2の制御とを行う制御部と、前記制御部の制御によって実現される前記ロボットのサーボ剛性の大きさを変更する変更部と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロボットを駆動する駆動部の駆動位置と、前記ロボットに作用する力である作用力とを取得し、

前記駆動位置に基づく前記駆動部の第 1 の制御と、前記作用力に基づく前記駆動部の第 2 の制御とを行う制御部と、

前記制御部の制御によって実現される前記ロボットのサーボ剛性の大きさを変更する変更部と、

を備えるロボット制御装置。

【請求項 2】

前記変更部は、

前記サーボ剛性の大きさを徐々に変更する、

請求項 1 に記載のロボット制御装置。

10

【請求項 3】

前記変更部は、

前記制御部が、

前記第 1 の制御と前記第 2 の制御とを並列で行う並列制御において、

前記第 1 の制御と前記第 2 の制御とのうち一方を行って他方を行わない単独制御よりも、前記サーボ剛性の大きさを小さくする、

請求項 1 または請求項 2 のいずれかに記載のロボット制御装置。

20

【請求項 4】

前記単独制御は、前記第 1 の制御を行いながら、前記第 2 の制御を行わない制御である、

請求項 3 に記載のロボット制御装置。

【請求項 5】

前記変更部は、

前記制御部が、

前記並列制御を行う期間内、かつ、前記並列制御と前記単独制御とが切り替わる時刻から所定期間以内において前記サーボ剛性の大きさを徐々に変更する、

請求項 3 または請求項 4 のいずれかに記載のロボット制御装置。

30

【請求項 6】

前記変更部は、

前記制御部が、

前記単独制御を行う期間内、かつ、前記並列制御と前記単独制御とが切り替わる時刻から所定期間以内において前記サーボ剛性の大きさを徐々に変更する、

請求項 3 または請求項 4 のいずれかに記載のロボット制御装置。

【請求項 7】

前記変更部は、前記制御部の制御における位置制御ゲインと速度制御ゲインとのうち少なくとも一方を変更する、

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載のロボット制御装置。

40

【請求項 8】

前記変更部は、作業内容またはユーザーの指示に応じて、前記サーボ剛性の大きさを変更するか否かを切り替える、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載のロボット制御装置。

【請求項 9】

前記変更部は、複数の前記駆動部のそれぞれについて前記ロボットの前記サーボ剛性の大きさを変更する、

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載のロボット制御装置。

【請求項 10】

ロボットを駆動する駆動部と、

50

前記ロボットに作用する力である作用力を検出する力検出器と、
前記駆動部の駆動位置に基づく前記駆動部の第1の制御と、前記作用力に基づく前記駆動部の第2の制御とを行う制御部と、
前記制御部の制御によって実現される前記ロボットのサーボ剛性の大きさを変更する変更部と、
を備えるロボットシステム。

【請求項11】

制御部が、ロボットを駆動する駆動部の駆動位置と、前記ロボットに作用する力である作用力とを取得し、

前記駆動位置に基づく前記駆動部の第1の制御と、前記作用力に基づく前記駆動部の第2の制御とを行う制御工程と、

変更部が、前記制御部の制御によって実現される前記ロボットのサーボ剛性の大きさを変更する変更工程と、
を含むロボット制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボット制御装置、ロボットシステムおよびロボット制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ワークが動作経路に沿って移動するように位置制御を行うとともに、力覚センサーで検出されるワークに対するツールの押圧力が設定値になるように力制御を行う技術が知られている（特許文献1、参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平6-170763号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、位置制御もしくは速度制御をベースにした力制御を行う場合、ツールの状態によっては、モーター等の駆動部が過敏に制御され、ツールの状態が不安定となるという問題があった。例えば、ツールの位置が発振するような制御が行われてしまうという問題があった。

本発明は、前記問題を解決するために創作されたものであって、駆動部の制御を安定化させることができる技術の提供を目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記目的を達成するためのロボット制御装置は、駆動部によって駆動するロボットの駆動位置と、ロボットに作用する力である作用力とを取得し、ロボットの駆動位置に基づく駆動部の第1の制御と、作用力に基づく駆動部の第2の制御とを行う制御部と、制御部の制御によって実現されるロボットのサーボ剛性の大きさを変更する変更部と、を備える。

【0006】

以上の構成において、ロボットの駆動位置に基づく駆動部の第1の制御と、作用力に基づく駆動部の第2の制御とを行うにあたり、制御部の制御によって実現されるロボットのサーボ剛性の大きさを変更することができる。第1の制御と第2の制御とを組み合わせる際に、サーボ剛性の大きさを変更することにより、駆動部が過敏に制御されることを抑制し、駆動部の制御を安定化させることができる。

【0007】

なお請求項に記載された各手段の機能は、構成自体で機能が特定されるハードウェア資

10

20

30

40

50

源、プログラムにより機能が特定されるハードウェア資源、又はそれらの組み合わせにより実現される。また、これら各手段の機能は、各々が物理的に互いに独立したハードウェア資源で実現されるものに限定されない。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】ロボットシステムの模式図である。

【図2】ロボットシステムのブロック図である。

【図3】(3A)～(3D)はサーボゲインのグラフである。

【図4】GUIを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を以下の順序にしたがって添付図面を参照しながら説明する。なお、各図において対応する構成要素には同一の符号が付され、重複する説明は省略される。

(1)第1実施形態：

(2)他の実施形態：

【0010】

(1)第1実施形態：

本発明の第一実施例としてのロボットシステムは、図1に示すように、ロボット1と、エンドエフェクター2と、制御端末3(コントローラ)と、を備えている。制御端末3は、本発明のロボット制御装置を構成する。制御端末3は、専用のコンピューターであってもよいし、ロボット1のためのプログラムがインストールされた汎用のコンピューターであってもよい。

【0011】

ロボット1は、1つのアームAを備える単腕ロボットであり、アームAは6つの関節J1、J2、J3、J4、J5、J6を備える。関節J1、J2、J3、J4、J5、J6によって6個のアーム部材A1～A6が連結される。関節J2、J3、J5は曲げ関節であり、関節J1、J4、J6はねじり関節である。先端の関節J6には、ワークに対して把持や加工等を行うためのエンドエフェクター2が装着される。関節J6の回転軸上の所定位置をツールセンターポイント(TCP)と表す。TCPの位置は各種のエンドエフェクター2の位置の基準となる。また、関節J6には力覚センサーFSが備えられている。力覚センサーFSは、互いに直交する3個の検出軸上の力の大きさと、当該3個の検出軸まわりのトルクの大きさとを検出する。

【0012】

図1において、ワークWを把持するエンドエフェクター2が関節J6の先端に装着されている。ロボット1が設置された空間を規定する座標系をロボット座標系と表す。ロボット座標系は、水平面上において互いに直交するX軸とY軸と、鉛直上向きを正方向とするZ軸とによって規定される3次元の直交座標系である。またX軸周りの回転角をRXで表し、Y軸周りの回転角をRYで表し、Z軸周りの回転角をRZで表す。X、Y、Z方向の位置により3次元空間における任意の位置を表現でき、RX、RY、RZ方向の回転角により3次元空間における任意の姿勢(回転方向)を表現できる。以下、位置と表記した場合、姿勢も意味し得ることとする。また、力と表記した場合、トルクも意味し得ることとする。制御端末3は、アームAを駆動することによって、ロボット座標系においてTCPの位置を制御する。

【0013】

図2は、ロボットシステムのブロック図である。制御端末3にはロボット1の制御を行うための制御プログラムがインストールされている。制御端末3は、プロセッサやRAMやROMを備え、これらのハードウェア資源が制御プログラムと協働する。これにより、図2に示すように、制御端末3は、機能構成として制御部31と変更部32と変更指示受付部33とを備えることとなる。図示しないが、制御端末3は、ユーザーからの指示を

10

20

30

40

50

受け付ける入力装置（マウス、キーボード、タッチパネル等）と、ユーザーに各種情報を出力する出力装置（ディスプレイ、スピーカー等）を備える。

【0014】

制御部31は、例えばユーザーによる教示によって設定された目標位置と目標力とがTCPにて実現されるようにアームAを制御する。目標力とは、力覚センサーFSが検出すべき力である。Sの文字は、ロボット座標系を規定する軸の方向（X, Y, Z, RX, RY, RZ）のなかのいずれか1個の方向を表すこととする。例えば、S = Xの場合、ロボット座標系にて設定された目標位置のX方向成分が $S_t = X_t$ と表記され、目標力のX方向成分が $f_{S_t} = f_{X_t}$ と表記される。また、Sは、S方向の位置も表すこととする。

【0015】

ロボット1は、図1に図示した構成のほかに、駆動部としてのモーターM1～M6と、エンコーダE1～E6とを備える。モーターM1～M6とエンコーダE1～E6とは、関節J1～J6のそれぞれに対応して備えられており、エンコーダE1～E6はモーターM1～M6の駆動位置を検出する。アームAを制御することは、モーターM1～M6を制御することを意味する。制御部31は、ロボット1と通信可能になっている。制御部31は、モーターM1～M6の駆動位置の組み合わせと、ロボット座標系におけるTCPの位置との対応関係Uを記憶している。また、制御部31は、ロボット1が行う作業の工程ごとに目標位置 S_t と目標力 f_{S_t} とを記憶している。

【0016】

ある工程については目標位置 S_t と目標力 f_{S_t} の双方が記憶されており、別の工程では目標位置 S_t のみが記憶されていることとする。例えば、嵌合作業のうち、ワークWを嵌合穴に嵌合する工程においては、嵌合穴の最深部までワークWが嵌合する際のTCPの位置である目標位置 S_t と、嵌合穴の最深部までワークWを確実に嵌合させることができる力に対応する目標力 f_{S_t} との双方が設定される。一方、嵌合作業のうち、単にワークWを空中にて所望の位置まで移動させる工程においては、ワークが所望の位置となる際のTCPの位置である目標位置 S_t が設定され、目標力 f_{S_t} は設定されない。各工程の遷移条件は、種々考えられる。遷移条件は、例えばTCPが目標位置 S_t に対して所定基準以上接近することであってもよいし、目標力 f_{S_t} に対して所定基準以上近い力を力覚センサーFSが検出することであってもよいし、工程の開始から所定期間経過することであってもよい。

【0017】

制御部31は、モーターM1～M6の駆動位置 D_a を取得すると、対応関係Uに基づいて、当該駆動位置 D_a をロボット座標系におけるTCPの位置 $S(X, Y, Z, RX, RY, RZ)$ に変換する。制御部31は、TCPの位置 S と、力覚センサーFSの検出値とに基づいて、力覚センサーFSに現実に作用している作用力 f をロボット座標系において特定する。なお、力覚センサーFSは、独自の座標系において検出値を検出するが、力覚センサーFSとTCPとの相対位置・方向とが既知のデータとして記憶されているため、制御部31はロボット座標系において作用力 f を特定できる。制御部31は、作用力 f に対して重力補償を行う。重力補償とは、作用力 f から重力成分を除去することである。また、重力補償を行った作用力 f は、ワークに作用している重力以外の力と見なすことができる。

【0018】

目標位置 S_t と目標力 f_{S_t} の双方が設定された工程において、制御部31は、目標力 f_{S_t} と作用力 f とをインピーダンス制御の運動方程式に代入することにより、力由来補正量 S を特定する。(1)式は、インピーダンス制御の運動方程式である。

【数1】

$$m\Delta\ddot{S}(t) + d\Delta\dot{S}(t) + k\Delta S(t) = \Delta f_S(t) \quad \dots (1)$$

(1)式の左辺は、TCPの位置 S の2階微分値に慣性係数 m を乗算した第1項と、TCPの位置 S の微分値に粘性係数 d を乗算した第2項と、TCPの位置 S に弾性係数 k を

10

20

30

40

50

乗算した第3項とによって構成される。(1)式の右辺は、目標力 f_{st} から現実の力 f を減算した力偏差 $f_s(t)$ によって構成される。(1)式における微分とは、時間による微分を意味する。ロボット1が行う工程において、目標力 f_{st} として一定値が設定される場合もあるし、目標力 f_{st} として時間に依存する関数によって導出される値が設定される場合もある。

【0019】

インピーダンス制御とは、仮想の機械的インピーダンスをモーターM1～M6によって実現する制御である。慣性係数 m はTCPが仮想的に有する質量を意味し、粘性係数 d はTCPが仮想的に受ける粘性抵抗を意味し、弾性係数 k はTCPが仮想的に受ける弾性力のバネ定数を意味する。各係数 m 、 d 、 k は方向ごとに異なる値に設定されてもよいし、方向に拘わらず共通の値に設定されてもよい。力由来補正量 S とは、TCPが機械的インピーダンスを受けた場合に、目標力 f_{st} との力偏差 $f_s(t)$ を解消するために、TCPが移動すべき位置 S の大きさを意味する。制御部31は、目標位置 S_t に、力由来補正量 S を加算することにより、インピーダンス制御に由来する成分を考慮した補正目標位置($S_t + S$)を特定する。

10

【0020】

そして、制御部31は、対応関係 U に基づいて、ロボット座標系を規定する各軸の方向の補正目標位置($S_t + S$)を、各モーターM1～M6の目標の駆動位置である目標駆動位置 D_t に変換する。そして、制御部31は、目標駆動位置 D_t からモーターM1～M6の現実の駆動位置 D_a を減算することにより、駆動位置偏差 $D_e (= D_t - D_a)$ を算出する。そして、制御部31は、駆動位置偏差 D_e に位置制御ゲイン K_p を乗算した値と、現実の駆動位置 D_a の時間微分値である駆動速度との差である駆動速度偏差に、速度制御ゲイン K_v を乗算した値とを加算することにより、制御量 D_c を特定する。なお、位置制御ゲイン K_p および速度制御ゲイン K_v は、比例成分だけでなく微分成分や積分成分にかかる制御ゲインを含んでもよい。図示しないが、制御量 D_c は、モーターM1～M6のそれぞれについて特定される。制御部31は、以上のように特定した制御量 D_c に基づく駆動信号をモーターM1～M6に出力する。以上説明した構成により、目標位置 S_t と目標力 f_{st} の双方が設定された工程において、制御部31は、現実の駆動位置 D_a に基づく第1の制御と、作用力 f に基づく第2の制御とを並列で行う並列制御を実現できる。なお、目標位置 S_t の時間的変化がない場合も、同じ位置を維持するという目標位置を設定しながら、目標力 f_{st} が設定されているため、並列制御とみなすことができる。

20

30

【0021】

目標位置 S_t が設定され、目標力 f_{st} が設定されない工程において、制御部31は、インピーダンス制御の(1)式に基づいて力由来補正量 S を算出しない。すなわち、制御部31は、力由来補正量 S を0と見なす。その結果、制御部31は、目標位置 S_t そのものを補正目標位置($S_t + 0$)として特定することとなる。目標力 f_{st} が設定されない工程においては、目標位置 S_t そのものが補正目標位置($S_t + S$)となるため、現実の駆動位置 D_a に基づく第1の制御を行いながら、作用力 f に基づく第2の制御を行わない単独制御を実現できる。

40

【0022】

変更部32は、制御部31の制御によって実現されるロボット1のアームAのサーボ剛性の大きさを変更する。具体的に、変更部32は、制御部31が、第1の制御と第2の制御とを並列で行う並列制御において、第1の制御を行いながら、第2の制御を行わない単独制御よりも、サーボ剛性の大きさを小さくする。このサーボ剛性の大きさを変更するために、変更部32は、制御部31の制御における位置制御ゲイン K_p と速度制御ゲイン K_v とのうち少なくとも一方を変更する。本実施形態において、変更部32は、位置制御ゲイン K_p と速度制御ゲイン K_v の双方を変更する。

【0023】

図3A～図3Dは、位置制御ゲイン K_p の推移を示すグラフである。同図の横軸は時刻を示し、縦軸は位置制御ゲイン K_p を示す。図3A～図3Dにおいて、基本的に、変更部

50

3 2 は、単独制御を行う期間において位置制御ゲイン K_p を通常値に設定し、並列制御を行う期間において位置制御ゲイン K_p を通常値よりも小さい抑制値に設定する。ただし、変更部 3 2 は、並列制御と単独制御とが切り替わる時刻 T から所定期間 L 以内においてサーボ剛性の大きさを徐々に変更する。所定期間 L の長さは、ユーザーによって指示されてもよい。

【 0 0 2 4 】

図 3 A に示すように、変更部 3 2 は、単独制御を行う期間内、かつ、並列制御と単独制御とが切り替わる時刻 T から所定期間 L 以内においてサーボ剛性の大きさを徐々に変更してもよい。また、図 3 B に示すように、変更部 3 2 は、並列制御を行う期間内、かつ、並列制御と単独制御とが切り替わる時刻 T から所定期間 L 以内においてサーボ剛性の大きさを徐々に変更してもよい。すなわち、変更部 3 2 は、所定期間 L において、通常値と抑制値との間の大きさの位置制御ゲイン K_p を設定する。所定期間 L において、位置制御ゲイン K_p は、連続関数に基づいて設定されることが望ましいが、不連続関数に基づいて設定されてもよい。また、所定期間 L において、位置制御ゲイン K_p は、線形関数に基づいて設定されてもよいし、非線形関数に基づいて設定されてもよい。本実施形態において、速度制御ゲイン K_v も位置制御ゲイン K_p と同様に推移する。

10

【 0 0 2 5 】

また、図 3 C に示すように、並列制御を開始する場合に直前の単独制御の期間内にサーボ剛性の大きさを徐々に変更しておき、並列制御を終了する場合に当該並列制御の期間内にサーボ剛性の大きさを徐々に変更してもよい。さらに、図 3 D に示すように、並列制御を開始した場合に当該並列制御の期間内にサーボ剛性の大きさを徐々に変更し、並列制御を終了した場合に直後の単独制御の期間内にサーボ剛性の大きさを徐々に変更してもよい。

20

【 0 0 2 6 】

以上説明したように、第 1 の制御と第 2 の制御とを組み合わせる際に、サーボ剛性の大きさを変更することにより、モーター $M 1 \sim M 6$ が過敏に制御されることを抑制し、モーター $M 1 \sim M 6$ の制御を安定化させることができる。変更部 3 2 は、並列制御において、単独制御よりも、サーボ剛性の大きさを小さくするため、第 1 の制御に由来する制御量と、第 2 の制御に由来する制御量とが組み合わせられてモーター $M 1 \sim M 6$ が制御され得る状態において、サーボ剛性の大きさを小さくすることにより、モーター $M 1 \sim M 6$ の制御を安定化させることができる。さらに、変更部 3 2 は、サーボ剛性の大きさを徐々に変更するため、モーター $M 1 \sim M 6$ の制御量 D_0 が急激に変化することを抑制でき、モーター $M 1 \sim M 6$ の制御を安定化させることができる。

30

【 0 0 2 7 】

さらに、図 3 A に示すように、変更部 3 2 は、単独制御を行う期間内の所定期間 L 以内においてサーボ剛性の大きさを変更することにより、並列制御を行う期間において位置制御ゲイン K_p を小さい抑制値（一定値）に維持することができ、並列制御におけるモーター $M 1 \sim M 6$ の制御を安定化させることができる。一方、図 3 B に示すように、変更部 3 2 は、並列制御を行う期間内の所定期間 L 以内においてサーボ剛性の大きさを変更することにより、単独制御を行う期間においては位置制御ゲイン K_p を大きい通常値（一定値）に維持することができ、確実に $T C P$ を目標位置 S_t に移動させることができる。

40

【 0 0 2 8 】

本実施形態において、変更部 3 2 は、ユーザーの指示に応じて、サーボ剛性の大きさを変更するか否かを切り替える。具体的に、変更指示受付部 3 3 がディスプレイに $G U I$ (Graphic User Interface) を表示することにより、ユーザーの指示を受け付ける。

【 0 0 2 9 】

図 4 は、 $G U I$ を示す図である。 $G U I$ においては、複数の関節 $J 1 \sim J 6$ (モーター $M 1 \sim M 6$) のそれぞれについて並列制御時にサーボ剛性を小さくするか否かを指示可能なチェックボックス $C H$ と、決定ボタン B と、が設けられている。変更指示受付部 3 3 は、入力装置によって $G U I$ に対するユーザーの操作を受け付ける。決定ボタン B が操作さ

50

れると、変更部 3 2 は、チェックボックス C H に対してなされた操作に基づいて、複数のモーター M 1 ~ M 6 のそれぞれについてロボット 1 のアーム A のサーボ剛性の大きさを変更する。チェックボックス C H にチェックが入れられた関節 J 1 ~ J 6 のモーター M 1 ~ M 6 について、変更部 3 2 は、図 3 A ~ 3 D のいずれかに示すようにサーボ剛性を変更する。変更部 3 2 は、チェックボックス C H にチェックが入れられなかった関節 J 1 ~ J 6 のモーター M 1 ~ M 6 について、変更部 3 2 は、サーボ剛性を通常値のまま維持する。

【 0 0 3 0 】

以上のように、ユーザーの指示に応じて、サーボ剛性の大きさを変更するか否かを切り替えるようにすることにより、制御の安定性よりも制御の精度を重視したい等の要求に応えることができる。なお、サーボ剛性の大きさを変更するか否かが、ロボット 1 が行う作業の工程ごとに指示できてもよいし、単一の工程内における期間ごとに指示できてもよい。また、複数のモーター M 1 ~ M 6 のそれぞれについてロボット 1 のアーム A のサーボ剛性の大きさを変更するため、複数の関節 J 1 ~ J 6 のそれぞれについて制御の安定性と制御の精度のどちらを重視するかを柔軟に指示できる。なお、サーボ剛性の大きさを変更するか否かを、TCP の移動方向ごとに指示できるようにしてもよい。例えば、ロボット座標系における Z 方向のサーボ剛性の変更を許可し、ロボット座標系における X , Y 方向のサーボ剛性の変更を許可しないようにしてもよい。

【 0 0 3 1 】

(2) 他の実施形態

ここで、ロボット 1 が行う作業内容に応じて、制御の安定性と制御の精度のどちらを重視すべきかが異なる場合がある。そのため、変更部 3 2 は、作業内容に応じて、サーボ剛性の大きさを変更するか否かを切り替えてもよい。例えば、変更部 3 2 は、ロボット 1 が加工対象製品の仕上がり形状を決定付ける作業を行う場合には、サーボ剛性の大きさを変更しないようにしてもよい。加工対象製品の仕上がり形状を決定付ける作業として、切削作業やプレス作業や研磨作業や刻印作業等が挙げられる。作業内容はエンドエフェクター 2 の種類に依存する場合が多いため、変更部 3 2 は、ロボット 1 に装着されているエンドエフェクター 2 の種類に応じてサーボ剛性の大きさを変更するか否かを切り替えてもよい。

【 0 0 3 2 】

変更部 3 2 は、位置制御ゲイン K_p と速度制御ゲイン K_v とのうち少なくとも一方を変更すればよく、位置制御ゲイン K_p と速度制御ゲイン K_v のいずれか一方のみを変更してもよい。むしろ、制御部 3 1 は、必ずしも位置制御ゲイン K_p と速度制御ゲイン K_v の双方を用いた制御を行わなくてもよく、速度制御ゲイン K_v のみを用いた制御を行ってもよい。この場合、変更部 3 2 は、速度制御ゲイン K_v を変更すればよい。また、制御部 3 1 は P I D (Proportional-Integral-Derivative) 制御を行ってもよく、変更部 3 2 は積分ゲインを変更してもよい。さらに、変更部 3 2 は、比例成分と微分成分と積分成分のそれぞれについてゲインを変更しなくてもよく、比例成分と微分成分と積分成分とを合計した制御量 D_c に対してサーボ剛性に応じた比率を乗算することにより、実質的に各成分のゲインを一律に変更してもよい。

【 0 0 3 3 】

変更部 3 2 は、必ずしも 2 段階にサーボ剛性を変更しなくてもよく、複数の段階の抑制値へと位置制御ゲイン K_p や速度制御ゲイン K_v を変更してもよい。また、作用力 f に基づく第 2 の制御は、必ずしも弾性係数 k と慣性係数 m と粘性係数 d とをすべて使用したインピーダンス制御でなくてもよい。また、変更部 3 2 は、必ずしも複数のモーター M 1 ~ M 6 のそれぞれについてロボット 1 のアーム A のサーボ剛性の大きさを変更しなくてもよく、複数のモーター M 1 ~ M 6 について一様にサーボ剛性の大きさを変更してもよい。また、変更指示受付部 3 3 は、複数のモーター M 1 ~ M 6 のうち、一部についてはサーボ剛性の大きさを変更するか否かの指示を受け付けず、他の一部についてのみサーボ剛性の大きさを変更するか否かの指示を受け付けてもよい。

【 符号の説明 】

10

20

30

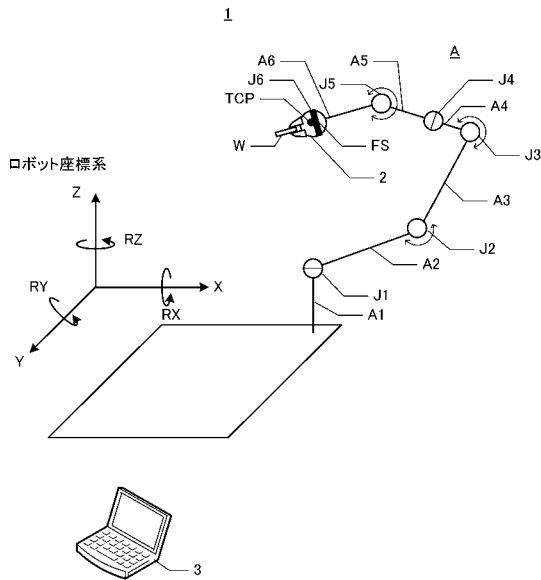
40

50

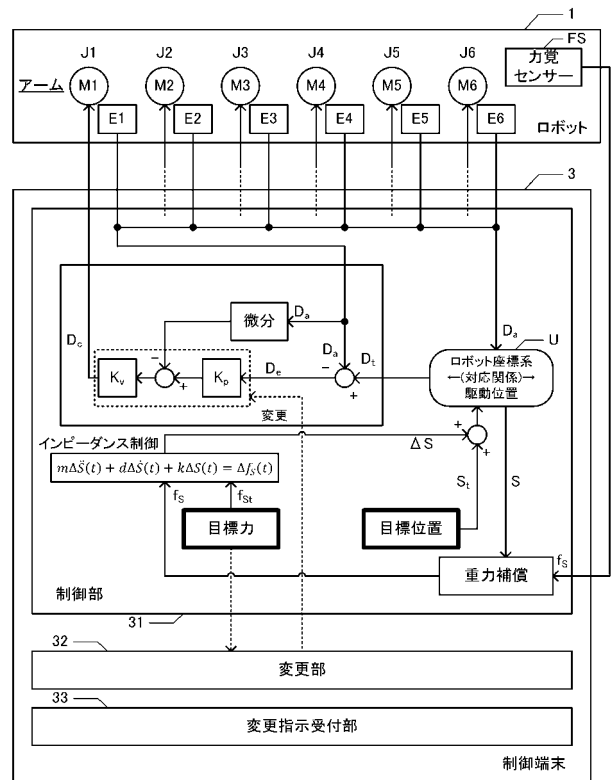
【 0 0 3 4 】

1 ... ロボット、 2 ... 撮像ユニット、 2 ... エンドエフェクター、 3 ... 制御端末、 3 1 ... 制御部、 3 2 ... 変更部、 3 3 ... 変更指示受付部、 A ... アーム、 B ... 決定ボタン、 C H ... チェックボックス、 D_a ... 駆動位置、 D_c ... 制御量、 D_e ... 駆動位置偏差、 D_t ... 目標駆動位置、 E 1 ~ E 6 ... エンコーダー、 f ... 作用力、 FS ... 力覚センサー、 f_{st} ... 目標力、 J 1 ~ J 6 ... 関節、 K_p ... 位置制御ゲイン、 K_v ... 速度制御ゲイン、 m ... 慣性係数、 d ... 粘性係数、 k ... 弾性係数、 M 1 ~ M 6 ... モーター、 S_t ... 目標位置、 T ... 時刻、 U ... 対応関係、 W ... ワーク、 f_s ... 力偏差、 S ... 力由来補正量

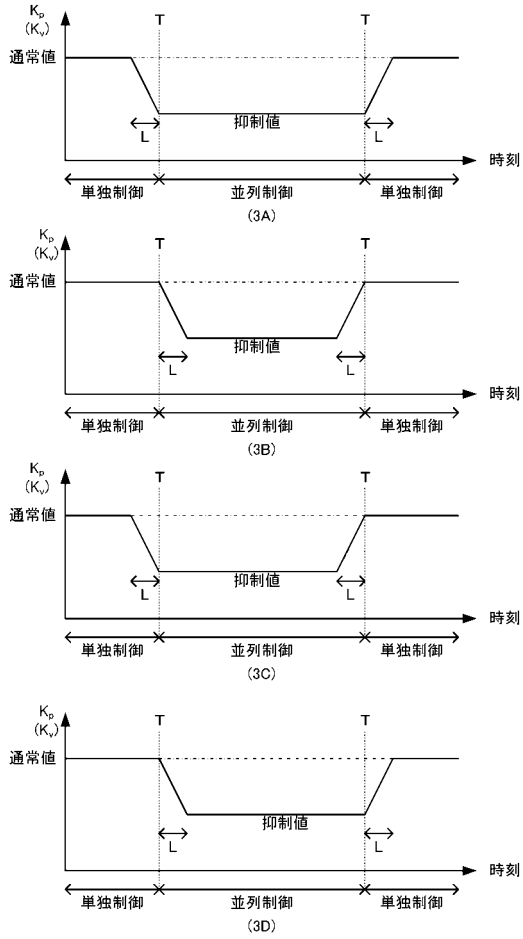
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】

