

(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2005-52913

(P2005-52913A)

(43) 公開日 平成17年3月3日(2005.3.3)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B25J 9/10  
G05B 19/404

F I

B25J 9/10  
G05B 19/404

テーマコード(参考)

3C007  
5H269

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2003-284510 (P2003-284510)  
(22) 出願日 平成15年7月31日(2003.7.31)

(71) 出願人 000005197  
株式会社不二越  
富山県富山市不二越本町一丁目1番1号  
(71) 出願人 000000262  
株式会社ダイヘン  
大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
(74) 代理人 100077997  
弁理士 河内 潤二  
(72) 発明者 丸山 章  
富山県富山市不二越本町一丁目1番1号  
株式会社不二越内  
Fターム(参考) 3C007 LT13 MT04  
5H269 AB33 BB11 FF06 SA03

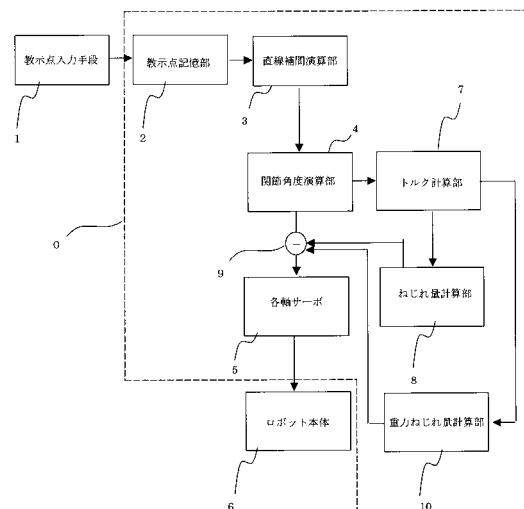
(54) 【発明の名称】 ロボット制御装置

(57) 【要約】

【課題】 重力トルク以外のトルクについても考慮した、減速機ねじれに起因する軌跡ずれを補正するロボット制御装置を提供する。

【解決手段】 ロボット本体6の各関節軸を駆動する各サーボモータの指令関節角度を算出する関節角度演算部4と、この指令関節角度に基づいて各関節軸の動作の際に発生する重力トルクおよび重力トルク以外のトルクを算出するトルク計算部7と、前記重力トルク以外のトルクを入力しこれに起因する減速機のねじれ量を算出するねじれ量計算部8と、前記重力トルクを入力しこれに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部10と、前記指令関節角度に対して補正量としての前記減速機のねじれ量が加味された補正された指令関節角度を入力し、これにロボット本体6を追従させるための駆動トルクを出力する各軸サーボ5と、を有することを特徴とするロボット制御装置0を提供した。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ロボット本体の各関節軸を駆動する各サーボモータの指令関節角度を算出する関節角度演算部と、

該関節角度演算部から出力された指令関節角度に基づいて各関節軸の動作の際に発生する重力トルクおよび重力トルク以外のトルクを算出するトルク計算部と、

該トルク計算部にて算出された重力トルク以外のトルクを入力し、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出するねじれ量計算部と、

前記トルク計算部にて算出された重力トルクを入力し、重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部と、

前記関節角度演算部から出力された指令関節角度に対して前記ねじれ量計算部および前記重力ねじれ量計算部から出力された補正量としての減速機のねじれ量が加味された補正された指令関節角度を入力し、該補正された指令関節角度にロボット本体を追従させるための駆動トルクを出力する各軸サーボと、

を有することを特徴とするロボット制御装置。

10

## 【請求項 2】

前記重力トルク以外のトルクは慣性力トルクであ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】

前記重力トルク以外のトルクはコリオリ遠心力トルクであることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のロボット制御装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、産業用ロボットのロボット制御装置に関し、特に、ティーチングプレイバック方式のロボットの位置制御における減速機ねじれ量に基づく軌跡ずれを補正することが可能なロボット制御装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、産業用ロボットにおいては、その用途範囲の拡大により、高い位置精度や軌跡精度が要求されるようになってきた。そのため、現在では、産業用ロボットを構成する各アームの駆動源としては、位置決め精度が高いサーボモータが使用されている。係るサーボモータを駆動源とした産業用ロボットにおいては、各アームには一般に減速機を介してサーボモータの動力が伝達されている。しかし、減速機にはバネ要素のために生じるねじれを代表とする機械的誤差（減速機ねじれ）が存在するので、位置決めに関する絶対精度を保証することは困難となっている。そのため、ロボットの動作軌跡をロボット制御装置に入力する際には、ロボットのアームを所望の位置に移動させて直接作業点を教示する所謂ティーチングプレイバック方式を採用することが現在の主流となっている。

30

## 【0003】

このティーチングプレイバック方式においては、停止時の教示点においては前述の減速機ねじれも含んで教示されることになるので、指令位置すなわち教示位置と実際にロボットを動作させたときの位置との偏差（位置偏差）は生じない。しかし、教示点間を直線補間などにより補間することを考えると、各教示点では減速機ねじれによる誤差が生じないが、教示点間に設けられた補間点では減速機ねじれによる位置偏差が生じることになる。この位置偏差を補正する方法としては、重力トルクに起因する減速機ねじれを小さくするために、従来は教示点の数を増やすことが最も一般的に行われてきた。また、特許文献 1 や特許文献 2 では、前述の位置偏差を補正する方法として、教示点間に代表点を選定し、重力によるたわみ量を演算し、この重力によるたわみ量から各教示点での位置補正量が 0 となるような補正を実施するような、たわみを含んだ教示点を自動的に生成する方法が開示されている。なお、特許文献 1 では全補間点を代表点として選定することが、また特許

40

50

文献 2 では 1 点以上の代表点を選定することが、それぞれ開示されている。

【特許文献 1】特開昭 60 - 118478 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 254357 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、前述した特許文献 1 や特許文献 2 に開示されている方法は、減速機ねじれとして重力トルクしか考慮していないので、減速機ねじれに起因する位置偏差は完全には補正できないという問題がある。例えば、ロボットが非常にゆっくりと動作する場合は重力トルクだけを考えれば軌跡を十分に保証することができるが、ロボットがある程度高速で動作する場合は、重力トルク以外にも、アームが加減速することにより生じるトルクすなわち慣性力トルクや、アームが速度をもって動作するときに生じるトルクすなわちコリオリ遠心力トルクが発生する。これら慣性力トルクやコリオリ遠心力トルクといった重力トルク以外のトルクについても、重力トルクと同様に、減速機をねじれさせ、軌跡ずれを生じさせる要因になるので、減速機ねじれに起因する位置偏差を完全には補正するためには、重力トルクの他に重力トルク以外のトルクについても考慮する必要がある。

10

【0005】

一方、前述した教示点を増やす方法でも、各教示点でロボットの動作を停止させなければ加速度や速度が発生し、重力トルク以外の慣性力トルクなどが大きくなってしまいうので、軌跡ずれが大きくなるという問題は解消しないことになる。さらに、この教示点を増やす方法では、各教示点でロボットの動作を停止させると、作業のタクトタイムが長くなったり、すべての教示点で速度ムラが発生したりするので、アーク溶接やシーリング剤塗布といった産業用ロボットの代表的なアプリケーションに対しては適用することができないという問題もある。

20

【0006】

本発明は、前述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、重力トルク以外のトルクについても考慮した、減速機ねじれに起因する軌跡ずれを補正するロボット制御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】

【0007】

前述した目的を達成するために、請求項 1 に係る発明では、ロボット本体の各関節軸を駆動する各サーボモータの指令関節角度を算出する関節角度演算部と、この関節角度演算部から出力された指令関節角度に基づいて各関節軸の動作の際に発生する重力トルクおよび重力トルク以外のトルクを算出するトルク計算部と、このトルク計算部にて算出された重力トルク以外のトルクを入力し、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出するねじれ量計算部と、前記トルク計算部にて算出された重力トルクを入力し、重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部と、前記関節角度演算部から出力された指令関節角度に対して前記ねじれ量計算部および前記重力ねじれ量計算部から出力された補正量としての減速機のねじれ量が加味された補正された指令関節角度を入力し、この補正された指令関節角度にロボット本体を追従させるための駆動トルク

30

40

【0008】

に係る構成としたことにより、ロボットが高速で動作する場合に考慮しなければならない重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量についても補正された指令関節角度が、ロボット本体を動作させる各軸サーボに入力されることになるので、ロボットが高速で動作する場合においても、ロボット先端の応答軌跡が関節角度演算部から出力された指令関節角度に基づく指令軌跡に一致するようになる。

【0009】

なお、前述した重力トルク以外のトルクとしては、ロボットアームが加減速することにより生じる慣性力トルク（請求項 2）や、ロボットアームが速度をもって動作するときに

50

生じるコリオリ遠心力トルク（請求項3）を含むものであってもよい。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、サーボモータを駆動源とした産業用ロボットにおいて、加速度、減速度、あるいは動作速度が大きな動作パターンでも、重力トルクおよび慣性力トルクやコリオリ遠心力トルクといった重力トルク以外のトルクに起因する減速機ねじれによる軌跡ずれを補正することができるものとなった。そのため、教示点間に設けられた各補間点においては減速機ねじれに起因する位置偏差が生じなくなるので、ロボットの動作において高い位置精度や軌跡精度が実現できるものとなった。

【発明を実施するための最良の形態】

10

【0011】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照して説明する。図1は、本発明の実施形態に係るロボット制御装置0を含むロボットシステムの構成を示すブロック図である。

【0012】

1は教示点を入力する（ティーチングする）ための教示点入力手段である。この教示点入力手段1は、例えば可搬型の教示操作盤（ティーチペンダント）であり、図示しないケーブルを介してロボット制御装置0と接続されている。教示点の入力作業は、教示点入力手段1が具備する図示しないスイッチ等を作業者が操作することにより行われる。6はロボット本体であり、ロボット制御装置0とは図示しないケーブルを介して接続されている。このロボット本体6は、複数の関節軸を有する多関節ロボットであり、各関節軸は図示しないサーボモータにより駆動される。

20

【0013】

ロボット制御装置0は、教示点記憶部2、直線補間演算部3、関節角度演算部4、各軸サーボ5、トルク計算部7、ねじれ量計算部8、及び重力ねじれ量計算部10から構成されている。教示点記憶部2は、教示点入力手段1により入力された複数の教示点を記憶する。直線補間演算部3は、教示点記憶部2に記憶されている複数の教示点に対して、各教示点間（例えば教示点Aと教示点Bとの間）の補間点を図2に示すような直線になるように演算することにより算出する。関節角度演算部4は、直線補間演算部3にて算出された補間点に対してロボットの逆キネマティクスを解くことにより、ロボット本体6の各関節軸を駆動する各サーボモータの指令関節角度に変換する。

30

【0014】

次に、補正量を算出するためのトルク計算部7、ねじれ量計算部8、及び重力ねじれ量計算部10について説明する。トルク計算部7は、関節角度演算部4から出力された指令関節角度に基づいて、各関節軸の動作の際に発生する重力トルクおよび重力トルク以外のトルクすなわち慣性力トルクおよびコリオリ遠心力トルクを算出する。

【0015】

ねじれ量計算部8は、トルク計算部7にて算出された重力トルク以外のトルクすなわち慣性力トルクおよびコリオリ遠心力トルクを入力し、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出する。慣性力トルクに起因する減速機のねじれ量については、「 $d = \tau / k$ 」の関係式にて計算する。ここで  $d$  は慣性力トルクに起因する減速機のねじれ量、 $\tau$  は慣性力トルク、 $k$  は減速機の剛性を表すばね定数である。一方、コリオリ遠心力トルクに起因する減速機のねじれ量については、「 $d_c = c / k$ 」の関係式にて計算する。ここで、 $d_c$  はコリオリ遠心力に起因する減速機のねじれ量、 $c$  はコリオリ遠心力、 $k$  は減速機の剛性を表すばね定数である。これにより算出された慣性力トルクに起因する減速機のねじれ量  $d$  およびコリオリ遠心力トルクに起因する減速機のねじれ量  $d_c$  を加算することにより、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出することができる。

40

【0016】

一方、重力ねじれ量計算部10は、トルク計算部7にて算出された重力トルクを入力し

50

、重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する。この重力トルクに起因する減速機のねじれ量については、「 $d_g = LM / 2 + 1 / k (g - L_M)$ 」の関係式にて計算する。ここで、 $d_g$ は重力トルクに起因する減速機のねじれ量、 $LM$ は減速機のロストモーション、 $k$ は減速機の剛性、 $g$ は重力トルク、 $L_M$ は $LM / 2$ のロストモーションを生じたときの入力トルクである。

**【0017】**

各軸サーボ5には、補正された指令関節角度が入力される。すなわち、減算器9にて関節角度演算部4から出力された指令関節角度に対してねじれ量計算部8および重力ねじれ量計算部10から出力された補正量としての減速機のねじれ量が加味され、この補正された指令関節角度が各軸サーボ5に入力される。各軸サーボ5は、補正された指令関節角度に基づいて、この指令関節角度にロボット本体6を追従させるための駆動トルクを出力する。この駆動トルクはロボット本体6が具備するアーム駆動用のサーボモータに入力され、これによりロボット本体6を構成する各アームが動作することになる。

10

**【0018】**

次に、前述した構成を有するロボット制御装置における作用について説明する。まず、教示点入力手段1により教示点Aおよび教示点Bを入力し、入力された教示点A、Bは教示点記憶部2に記憶される。通常の直線補間再生においては、教示点記憶部2より教示点A、Bを取り出し、直線補間演算部3にて教示点A、B間の補間点を図2に示すような直線になるように演算し、その補間点から関節角度演算部4にてロボットの逆キネマティクスを解くことにより各軸角度に変換し、各軸サーボ5へ指令関節角度を出力し、ロボット本体6を指令関節角度に追従させるための駆動トルクを各軸サーボ5が出力する。

20

**【0019】**

ここで、図2に示すような補正が全くない直線の指令関節角度の場合を考えると、各関節軸の動作の際に発生する重力トルクおよび慣性力トルクによって減速機が歪むことになる。例えば、図3に示すように、慣性力トルクによって加速中である動作開始付近と減速中である動作終了付近とで実軌跡は歪み(図3の両端部)、さらに軌跡全体には重力トルクによる実軌跡の歪み(図3の中央部)が付加されることになる。

**【0020】**

本実施形態では、前述したように、関節角度演算部4からの出力である指令関節角度から、トルク計算部7にて各駆動軸に発生する重力トルクおよび慣性力トルクを計算している。重力ねじれ量計算部10において算出された重力トルクの影響を補正する軌跡は、図4に示すようになる。また、ねじれ量計算部8において算出された慣性力トルクの影響を補正する軌跡は、図5に示すようになる。したがって、図4に示した重力トルクの影響を補正する軌跡および図5に示した慣性力トルクの影響を補正する軌跡を、前述した補正が全くない直線の指令関節角度の場合の軌跡(図3)に加味すると、図3の軌跡における歪みが補正されることになる。

30

**【0021】**

さらに、コリオリ遠心力トルクなどの速度に関するトルクについても同様である。図6はコリオリ遠心力の影響が存在した場合における軌跡の歪みの例であるが、ねじれ量計算部8において算出されたコリオリ遠心力トルクの影響を補正する軌跡は図7に示すようになるので、コリオリ遠心力トルクに起因する減速機ねじれについても補正できることになる。

40

**【0022】**

本実施形態によれば、サーボモータを駆動源とした産業用ロボットにおいて、加速度、減速度、あるいは動作速度が大きな動作パターンでも、重力トルクおよび慣性力トルクやコリオリ遠心力トルクといった重力トルク以外のトルクに起因する減速機ねじれによる軌跡ずれを補正することができるものとなる。そのため、教示点間に設けられた各補間点においては減速機ねじれに起因する位置偏差が生じなくなるので、ロボットの動作において高い位置精度や軌跡精度が実現できるものとなる。

**【0023】**

50

以上、本発明に係る実施形態について説明した。前述したように、本実施形態においては、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出するねじれ量計算部 8 と、重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部 10 の、2つのねじれ量計算部を有している。そのため、各ねじれ量計算部は独立して動作することになるので並列処理が可能になり、その結果ねじれ量の計算における処理を高速化することができる。また、ロボットが非常にゆっくりと動作する場合は重力トルクだけを考えれば軌跡を十分に保証することができるので、この場合は重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部 10 のみを動作させることにより、ねじれ量の計算における処理を高速化させることも可能である。

【0024】

10

なお、本発明の要旨は減速機のねじれ量の算出において重力トルクだけではなく重力トルク以外のトルクについても考慮したことにあるので、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量を算出するねじれ計算部 8 と、重力トルクに起因する減速機のねじれ量を算出する重力ねじれ量計算部 10 の2つを設けることは必須要件ではなく、重力トルク以外のトルクに起因する減速機のねじれ量の算出と重力トルクに起因する減速機のねじれ量の算出とを1つのねじれ量計算部において行わせることも本発明の範囲内で可能である。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施形態に係るロボット制御装置 0 を含むロボットシステムの構成を示すブロック図である。 20

【図2】理想的な指令直線軌跡を示した概念図である。

【図3】減速機に重力トルクおよび慣性力トルクによる歪みが生じた場合のロボットの実軌跡を示した概念図である。

【図4】重力トルクの影響を補正する軌跡を示した概念図である。

【図5】慣性力トルクの影響を補正する軌跡を示した概念図である。

【図6】減速機にコリオリ遠心力トルクによる歪みが生じた場合のロボットの実軌跡を示した概念図である。

【図7】コリオリ遠心力トルクの影響を補正する軌跡を示した概念図である。

【符号の説明】

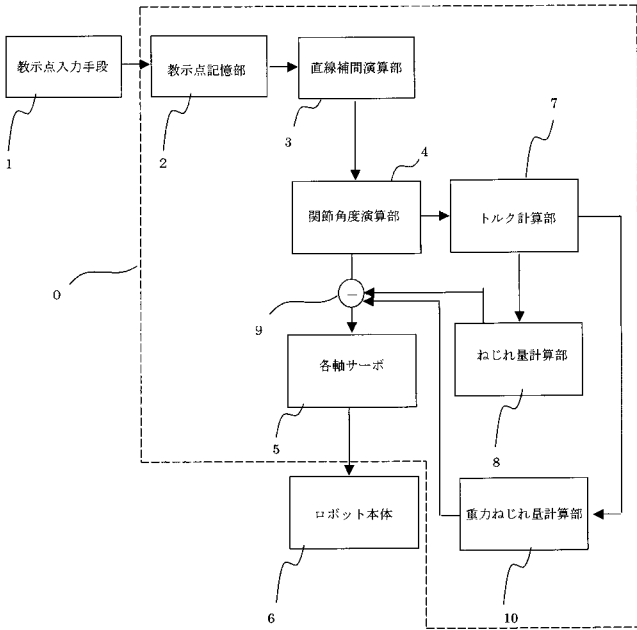
30

【0026】

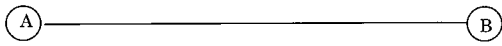
- 0 ロボット制御装置
- 1 教示点入力手段
- 2 教示点記憶部
- 3 直線補間演算部
- 4 関節角度演算部
- 5 各軸サーボ
- 6 ロボット本体
- 7 トルク計算部
- 8 ねじれ量計算部
- 10 重力ねじれ量計算部

40

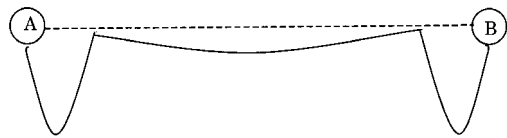
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】

