

Title	高速高精度制御ロボットシステムの開発に関する研究
Author(s)	武居, 直行
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/42136">https://hdl.handle.net/11094/42136</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	武 居 直 行
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 5 4 3 4 号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電子制御機械工学専攻
学位論文名	高速高精度制御ロボットシステムの開発に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 古 莊 純次  (副査) 教授 池田 雅夫 教授 浅田 稔

#### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、ロボットシステムの高速・高精度な位置決め制御の実現を目指し、新たなロボットシステムの開発およびその制御方法について研究を行っているものであり、以下の7章から構成されている。

第1章は、序論であり、本研究の目的、背景および論文の構成について述べている。

第2章では、産業用ロボットの関節駆動システムのモデルとして、二慣性系の数学モデルを示し、その特性についてまとめている。パラメータの正規化により、二慣性系の減衰特性の特徴を表すパラメータが、モータ慣性と負荷慣性の比率のみであることを示し、二慣性系制御における極の挙動および応答特性について考察している。

第3章では、駆動系に弾性を有するロボットの高速高精度な位置決め制御を目的として、関節角度情報およびモータ角度情報を用いた制御システムについて検討している。駆動系に存在する摩擦などの影響を軽減するために、モータ角速度のマイナーループ制御を行い、その系を新たな制御対象として、ロバスト制御理論によりフィードバック補償器の設計を行う方法を提案し、実験により、その有効性を示している。

第4章では、印加電場によってそのレオロジ特性が制御できるER流体のロボットアームへの適用について検討している。最初に、均一系ER流体を封入したERダンパと減速機、モータを一体化したアクチュエータを開発している。つぎに、このアクチュエータを用いたロボットアームのモデル化およびその極・零点に対する解析を行っている。ERダンパに電場を印加することにより、減衰性を保ちつつ制御ゲインを大きくすることができ、良い追従特性を得ている。さらに、停止時直前にERダンパに電場を印加することによって、残留振動の減衰が速く、エネルギー消費の少ない制御系の構成が可能となることを示している。

第5章では、ERダンパを取り付けたロボットアームにおいて、高精度な位置決めを実現する制御手法を提案している。ERダンパに電場を印加することによって、高ゲインのクローズドループ制御が可能となり、高精度な位置決め制御系を実現できることを示している。

第6章では、高速かつ高精度な位置決め制御系を構築するため、ERダンパを用いたダイレクトドライブシステムを提案している。減速機構を用いないダイレクトドライブシステムには、サーボ剛性を大きくすることが困難であるという問題がある。そこで、ERダンパの粘性可変特性を用いることにより、精密制御時におけるダンピングを増し、フィードバック制御器の高ゲイン化を図っている。また、動作状況に応じてERダンパの粘性を切り換え、高速かつ高精度な位置決め制御系を実現している。

最後に第7章では、本研究の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、ロボットシステムにおける高速かつ高精度な位置決め制御の実現を目的として、高分解能エンコーダやレーザ測距センサなどの高性能なセンサおよび均一系 ER 流体を導入したロボットシステムの開発を行っている。さらに、その特性を解析し、制御方式について検討を行っている。また、今後広い範囲での使用が期待されているダイレクトドライブシステムの制御システムについても検討し、その高性能化のための提案を行っている。得られた結果は以下のように要約される。

- (1) 一般の産業用ロボットでは、モータ部に取り付けられたエンコーダの情報のみを用いたセミクローズドループ制御が行われている。しかし、この制御方式ではアーム先端が正確に位置決めされているかは不明である。本論文では、関節部に高分解能エンコーダを取り付けることにより、安定性の保持のためにモータ角度の情報を、また高精度な位置決めのために関節角度の情報をを用いる制御方法およびその制御系設計法を提案している。本手法が現在の産業用ロボットの繰り返し精度の改善および応答の高速化に有効であることを実験により検証している。
- (2) 印加する電場によって粘性を制御することができる ER 流体を用いた回転型ダンパと減速機、モータを一体化したアクチュエータの開発を行っている。本アクチュエータをロボットシステムに組み込むことにより、運動状況に応じた適切な機械的ダンピングを与えることができる。このアクチュエータを用いたロボットアームのモデル化および正規化表現を示し、固有値および零点の挙動について解析を行っている。また、セミクローズドループ制御を行った際の固有値の挙動についても検討し、その性質について明らかにしている。制御実験により、その有効性を実証している。
- (3) ER ダンパを付加したロボットアームの先端にレーザ測距センサを取り付け、その位置情報を用いた高精度位置決め制御について検討している。高精度な位置決め制御時に ER ダンパの粘性を高めることにより、安定かつ高ゲインのクローズドループ制御を実現し、数  $\mu\text{m}$  オーダの位置決めを可能にしている。
- (4) 減速機を用いないダイレクトドライブ (DD) システムは、減速機による弾性、摩擦、バックラッシュやトルク変動などがなく、高速・高精度化に対して、重要な駆動方式であるが、サーボ剛性を上げることが困難であるという問題がある。本論文では、ER ダンパを取り付け、機械的タンピングを付加することにより、高ゲインのフィードバック制御系を構築している。さらに、動作状況に応じた適切なダンピングを与えることにより、高速かつ高精度な位置決め制御が可能であることを示している。

以上のように、本論文は、高速・高精度ロボットシステムの開発およびその制御方法について検討を行ったものであり、新たなロボット制御システムを提案している。得られた成果によりロボットシステムの特性が改善され、その応用範囲がさらに広がることが期待でき、工学的意義があるものといえる。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。