JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	超多自由度マニピュレータの適応制御に関する研究
Author(s)	伊藤，知規
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1169
Rights	
Description	Supervisor:示村 悦二郎，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

超多自由度マニピュレータの適応制御に関する研究

伊藤 知規

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1998 年 2 月 13 日

キーワード： 超多自由度マニピュレータ, 形状トラッキング制御, 曲線パラメータ推定, 適応制御, 動力学パラメータ推定.

超多自由度マニピュレータとは，従来型のマニピュレータに比べてはるかに多くの自由度を有するマニピュレータである．これらの自由度を有効に利用することによって従来までのマニピュレータでは達成することが困難であった巻き付き把持作業や複雑な障害物回避作業など，複雑かつ高度な作業を達成させることが可能となる．しかし，超多自由度マニピュレータ全体の形状の制御をマニピュレータの動力学に基づいて行なう場合，質量や質量中心位置などのマニピュレータの動力学に関係するパラメータの正確な値が必要となる．本研究では，それらのパラメータの値が正確に得られなくても超多自由度マニピュレータ全体の形状を制御することのできる制御則を提案する．

パラメータ値が未知である状況においてもマニピュレータの動力学に基づいてその形状を制御することのできる 2 種類の制御則を示す．1 つは逆動力学法に基づいた制御則である．逆動力学法とは，多入力多出力の干渉のある非線形なマニピュレータシステムを非干渉かつ線形なシステムに変換する手法であり，この変換後のシステムに動力学パラメータ推定器を付け加えることにより，制御の目的を達成することが可能となる． もう 1 つは，リアプノフ法に基づいた制御則である．これは，マニピュレータの形状を，直接目標形状に追従させるのではなく，目標形状に関連した仮想的な目標参照形状に追従させる手法であり，この手法に動力学パラメータ推定器を付け加えることにより，制御目標を達成させる制御法である．

制御則はともに，マニピュレータへの制御入力，曲線パラメータ推定則および動力学パラメータ推定則から構成されている．両者とも構造的には類似したものであるが，リアプノフ法に基づいた制御則は関節の角加速度情報を必要としない．さらに，動力学パラメータの存在領域を考慮する必要がない．このような 2 つの長所をもつ．それぞれの制御則を用いた場合の安定性の証明は，準負定な導関数をもつマニピュレータのダイナミクスに関係する正定関数と Barbalat の補題を用いることにより証明される．

Copyright © 1998 by TOMONORI ITO

リアプノフ法によって導出された適応形状トラッキング制御則を超多自由度マニピュレータの形状ヤコビアンや運動方程式の性質を用いることにより，各リンクに対して再帰的な制御則に分解する． これは，制御則がラグランジェの運動方程式より得られるダイナミクスから導かれているので，そのまま計算機に実装するのが困難であるためである．分解後の制御則は，マニピュレータの各リンクの速度や角速度などの運動学的な情報から構成されているため，物理的にわかりよい制御則となっている． さらに，マニピュレータへの制御入力の計算で用いたマニピュレータのダイナミクスの計算結果および，形状誤差，速度の比例微分項の計算結果をパラメータ推定則を計算する際に再帰的に利用できるなどの，制御則を計算機に実装する際に有効な多くの性質を持っている．

制御則の有効性を確認するために，各リンクに対して再帰的に表現された制御則によるシミュレーション結果を示す．動力学パラメータに誤差を含むときに，パラメータ推定則を機能させた場合と機能させない場合との入力トルク，形状誤差などの比較結果を示す．さらにシミュレーションで得られたデータから，3 次元グラフィカルシミュレーションを行なうことによって，マニピュレータの運動を 3 次元アニメーション上で実現し，本制御則の有効性を確認する．

この 2 種類の適応形状トラッキング制御則は，これまでに提案されてきた超多自由度マニピュレータ特有の制御則である形状トラッキング制御則に基づいて導出されている．得られた制御則の制御入力，曲線パラメータ推定則は，従来までに提案されてきた形状トラッキング制御則と構造的に同じものである．異なる点は，制御入力内の計算に動力学パラメータ推定則によって計算された推定値を用いることである．

従来までに提案されてきた形状トラッキング制御則は，目標曲線パラメータとよばれる，手先，各関節位置が到達すべき曲線上の位置に対応する曲線パラメータをマニピュレータを制御する過程の中で同時に推定する．一方，本稿で提案している適応形状トラッキング制御則は，動力学パラメータとよばれるマニピュレータを構成する各リンクの慣性テンソル，一次モーメント，質量から構成されるマニピュレータの動力学に関係するパラメータを制御と同時に推定する．曲線パラメータはマニピュレータの運動学的なパラメータであり，動力学パラメータはマニピュレータの動力学的なパラメータである．運動学と動力学に関係した種類の異なる 2 つのパラメータをマニピュレータの制御と同時に推定することによって，制御目標を達成させるところが本研究の特色である．