

Title	超多自由度マニピュレータの形状制御
Author(s)	望山, 洋
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/856
Rights	
Description	Supervisor: 示村 悦二郎, 情報科学研究科, 博士

Shape Control of Manipulators with Hyper Degrees of Freedom (超多自由度マニピュレータの形状制御)

望山 洋

北陸先端科学技術大学院大学

1998 年 1 月 16 日

論文の内容の要旨

本論文は、非常に多くの自由度をもつマニピュレータ(超多自由度マニピュレータ)を制御するための理論的枠組を与える。“超多自由度”という言葉は、現在のマニピュレータに決定的に不足している運動学的自由度の必要性を強調するためにある。この超多自由度マニピュレータは、従来のマニピュレータでは決してなし得なかった多種多様な作業を達成する能力を備える。この能力を最大限に活用することを目的として、本論文では、超多自由度マニピュレータの形状制御を提案する。すなわち、マニピュレータの手先のみならず、その形状全体を積極的に制御する。

形状制御を議論するために、まず、マニピュレータと空間曲線の形状における一致を厳密に定義する。形状の一致は、形状逆問題と名付けられる非線形最適化問題の解を用いて表される。この形状逆問題の解の存在に関する定理のほかに、解の存在領域に関する定理も与える。後者の定理は、後の形状制御において、問題を取り扱いやすい形に書き換える際に役立つ。

最も基本的な形状制御として、形状レギュレーションを考える。形状レギュレーションは、空間曲線によって規定される望ましい形状にマニピュレータを到達させることを目的とする。各関節の目標位置に対応する未知の曲線パラメータを制御の過程の中で推定するという考えを用いると、リアプノフの安定性の定理に基づいて形状レギュレーションを達成する制御則を導出できる。

この目標曲線パラメータ推定のアイデアは、形状トラッキングにも応用できる。形状トラッキングでは、望ましい形状を表す曲線が、時間と共に変化することが許される。あらかじめ2次のダイナミクスをもつ曲線パラメータ推定器を考えることによって、通常のマニピュレータに対するトラッキング制御の考えを利用して、2種類の形状トラッキング制御則を求めることができる。

さらに、形状トラッキングが関節角速度の情報がなくとも、制御目標を達成できることを示す。まず、既に得られた形状トラッキング制御則の閉ループ系のダイナミクスと双対となるようなオブザーバを構成する。つぎに、形状トラッキングコントローラに現れる関節角速度を、推定された形状速度から間接的に得られた関節角速度の推定値で置き換える。この結果得られたコントローラとオブザーバの組は、全体の閉ループ系を漸近安定化する。

形状制御の枠組の中で、従来にはなし得なかった高度な作業が達成される一例も示す。具体的には、複雑な障害物回避に有効な動作制御が、形状制御のアイデアによって達成されることを示

す．この動作は，障害物に衝突しない曲線に沿った運動であり，管のような狭いスペースにもぐり込む作業に有効である．形状トラッキング制御則に対応する 2 つの制御則が得られる．

超多自由度マニピュレータの本質を探るために，自由度の増加を表す操作を用いた解析手法を提案する．この方法によって，超多自由度マニピュレータの順運動学が，自由度の増加によって曲線の Frenet-Serret の公式に漸近するという意味で幾何学的に自然な運動学的構造が導かれる．

本論文で得られた結果は，ロボットマニピュレータの制御に新しい視点を与える．

キーワード： 超多自由度マニピュレータ，空間曲線，動力学に基づく形状制御，リアプノフ安定論，目標曲線パラメータ推定