

# 主 論 文 要 旨

論文題名

## 手先幾何拘束条件下におけるロボットアームの軌道追従フィードバック制御に関する考察

ふりがな いちい ひろあき  
氏名 櫛 弘明

主論文要旨

ロボットマニピュレータの力制御方法の一つとして、位置と力のハイブリッド制御が一般的な方法として示されている。一般的な位置と力のハイブリッド制御は、位置制御方向と力制御方向を分けて互いに干渉しないように制御入力を作成する。さらに、ロボットマニピュレータのダイナミクスは非線形であるため、非線形補償によって位置と力のそれぞれの入出力が線形になるように制御則を作る。しかし、非線形補償で使われるパラメータの真値を求めることは難しいため誤差が含まれる。さらに、拘束面の幾何学的なパラメータについても誤差を含むため、完全な線形化は現実的ではない。このため、実際は位置と力の誤差が干渉しているフィードバック制御に依存しているが、干渉しているフィードバック制御の制御性能の実態は必ずしも明確ではない。

そこで本論文では、フィードバック制御をベースとして、位置と力の誤差が干渉している場合にも目標軌道に高精度で追従できることを理論的に明らかにする。提案するフィードバック制御は、ロボットマニピュレータと拘束面の幾何学的なパラメータを用いるが、はじめから誤差を含んでいることを前提とした推定パラメータを用いてフィードバック制御則を作っている。これにより、位置誤差が力制御方向に、力誤差が位置制御方向にそれぞれ干渉する。しかし、論文ではフィードバックゲインを大きくすれば追従誤差を任意に小さくできることを数学的に示し、フィードバックによる制御性能の理論的な解析を行っている。

さらに、これまでの力制御ではロボットマニピュレータの運動方向と拘束力の方向が直交しており、非干渉化されたダイナミクスについて議論されることが多かった。すなわち、拘束力によって決まる運動方向のクーロン摩擦力は無視されることが多い。しかし、実世界では必ずクーロン摩擦が存在しているので、これを無視することはできない。拘束面でのクーロン摩擦を考えると、拘束力自身が運動方向にも現れ、拘束力の干渉が起こる。この拘束力の運動方向への干渉が、運動の解析や制御則の提案を困難にしている。そこで論文では、クーロン摩擦を考慮したダイナミクスについて詳細に検証し、クーロン摩擦が原因で生じる問題を明らかにしている。さらにクーロン摩擦特異点が生じる構造を説明し、2自由度ロボットマニピュレータによるクーロン摩擦特異点近傍での拘束力の状態について数值的に解析している。