

|                     |                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Title</b>        | 身体表面の接触点における静止・動摩擦力を考慮した<br>ロボットの全腕マニピュレーション                                      |
| <b>Author(s)</b>    | 田村, 和希                                                                            |
| <b>Citation</b>     |                                                                                   |
| <b>Issue Date</b>   | 2014-03                                                                           |
| <b>Type</b>         | Thesis or Dissertation                                                            |
| <b>Text version</b> | author                                                                            |
| <b>URL</b>          | <a href="http://hdl.handle.net/10119/12045">http://hdl.handle.net/10119/12045</a> |
| <b>Rights</b>       |                                                                                   |
| <b>Description</b>  | Supervisor:浅野文彦, 情報科学研究科, 修士                                                      |

# 身体表面の接触点における静止・動摩擦力を考慮した ロボットの全腕マニピュレーション

田村 和希 (1210031)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2014 年 2 月 12 日

**キーワード:** Whole arm manipulation, LuGre friction model, Trajectory tracking, Sliding mode control.

近年、人間の力補助や協調作業を行う力強く巧みなロボットシステムが発達してきている。そのようなロボットは未知環境において手先だけではなく身体全体で安全に人と触れ合わなければならない。現在のマニピュレータ技術では、小型軽量の物体についてはロボットのハンドやフィンガーを用いて操れるものの、大体積・大重量の物体を人間のように巧みに全身・全腕を用いて操ることは依然として困難な状況にある。

触覚センサによる力情報の利用を前提とした、ロボットの全身・全腕マニピュレーション理論の研究が行われるようになってきている。このような人間の高度な運動模倣の研究から得られる知見は、身体感覚や神経制御機能の理解において重要なだけでなく、現在のアクチュエータ出力の限界を超える高度な運動や人に優しいソフトロボットとしてのスキルアップを実現する上でも不可欠である。全身・全腕マニピュレーションの特徴を以下にまとめる。

1. ロボットと物体との間の接触点の数を増やして力分散を行うことにより、大重量の物体を把持する場合にも個々のアクチュエータの出力を軽減でき、バッテリーによる自立状態での長時間の稼働が可能となる。
2. 人間のような柔らかい皮膚を用いることで、外的な環境や人間との安全な力学的干渉が実現できる。
3. 点接触での操りではなく、面接触にすることで大体積・大重量の物体を傷つけることなく安定に把持し続けることができる。

ロボットの全身・全腕を用いた大物体の安定把持や操作において、身体表面の静止・動摩擦力を考慮したモデリングおよび制御理論はモデリングの複雑さや困難さなどから未だ十分に確立されていない。摩擦力の影響を再現する一つの手法として、LuGre 摩擦モデ

ルが知られている．LuGre 摩擦モデルを用いることで，静止・動摩擦力を一つの微分方程式で表現することが可能となる（静止摩擦から動摩擦へ切り換える際のチャタリングを回避できる）．

以上を踏まえ，本論では LuGre 摩擦モデルを用いて身体表面の接触点における静止・動摩擦力を考慮した全腕マニピュレーションシステムのモデリングおよび制御について議論する．はじめに円形の物体を操る平面 2 自由度の全腕マニピュレーションシステムを数式によりモデリングし，LuGre 摩擦モデルを適用することでロボットアームと物体との間の接触点における摩擦力を再現する．次に物体の重心を操作するために，二種類の軌道追従制御システムを構築する．一つ目の制御システムは逆動力学制御 (Methd 1) であり，二つ目はスライディングモード制御を用いたシステム (Methd 2)．逆動力学制御では PD フィードバックゲインを用いており，外乱などの影響により追従誤差が大きくなると，制御入力が非常に大きくなってしまう危険性がある．一方で，スライディングモード制御を用いることで，不確かさに対するロバスト性の向上や追従誤差による大入力を防止することが期待できる．最後に平均誤差ノルムおよび平均入力パワーの観点から，提案した二つの制御性能の比較を行い，数値シミュレーションを通して全腕マニピュレーションシステムの基礎的な運動特性の解析を行う．また接触力の情報を利用した実時間制御戦略の有効性の検討を行う．