

先端科学技術研究科 修士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)		ヒューマンロボティクス (和田 隆広 (教授))	
学籍番号	2411278	提出日	令和 8年 1月 15日
学生氏名	三好 湧晴		
論文題目	柔軟関節を有する腱駆動型ロボットフィンガの状態およびパラメータの逐次推定		
要旨			
ソフトグリップは、柔軟材料を用いた構造により、軟弱物体や不定形状物体を対象とした把持が可能である。そのため、従来の剛体グリップでは困難であった作業への応用が期待されている。一方で、ソフトマテリアル特有の粘弾性挙動に起因するクリープ現象や挙動のばらつきが大きく、各部の状態を正確に把握・制御することが困難である。これらの問題には複数の要因が関与していると考えられるが、その一因として、同一条件下であっても試行ごと、さらには単一試行内において、材料特性が時間とともに変化し得る点が挙げられる。 こうした課題に対し、先行研究では、数理モデルと観測情報に基づく状態推定手法を用いて、ソフトグリップの状態を推定する試みが行われてきた。しかし、これらの多くは状態推定に主眼を置いており、粘弾性パラメータなどの内部パラメータは、多くの場合固定値として仮定され、変動が考慮される場合であっても試行間のばらつきとして扱われるにとどまっていた。そのため、試行内において生じる挙動の変化を材料特性の変動として説明・解釈することができず、モデルの再現性や予測性の向上につなげることが困難であった。 そこで本研究では、柔軟関節を有する腱駆動型ロボットフィンガを対象とし、状態と粘弾性パラメータを同時に推定する枠組みについて検討した。単一試行内で変化し得る粘弾性パラメータを時間発展する量として扱い、状態と同時に逐次推定する枠組みとして、非線形力学モデルに適用可能なアンサンブルカルマンフィルタ(Ensemble Kalman Filter, EnKF)を採用した。 まず、提案手法の妥当性を検証するため、2リンク1関節および3リンク2関節の腱駆動型ロボットフィンガを対象としたシミュレーションを実施した。これにより、EnKFによる状態および粘弾性パラメータの推定性能を検証した。推定対象とする粘弾性パラメータは、試行内で一定の場合と時間的に変動する場合の双方を想定し、入力条件はステップ入力、ランプ入力、正弦波入力といった複数の条件を設定した。その結果、入力条件の違いによってパラメータ推定精度が大きく変化することが確認され、特に複数の粘弾性パラメータを同時に高精度で推定することが困難であることが明らかとなった。 さらに、シミュレーションで検討した条件の一部について、2リンク1関節の腱駆動型ロボットフィンガの実機を用いた検証を行い、実環境下における推定挙動を確認した。 最後に、物体把持への応用を念頭に、物体接触を伴う状況を想定したシミュレーションを行った。その結果、モデルで想定していない外力が作用することで、推定精度が低下する傾向が確認された。 以上の結果から、本研究で構築した推定枠組みにより、試行内における粘弾性パラメータの変動を含め、状態と内部パラメータを同時に逐次推定できることが示された。本研究の学術的意義は、ソフトマテリアルの材料特性を、時間的に変動し得る粘弾性パラメータとして捉え、それを逐次推定の枠組みで扱う可能性を示した点にある。今後の課題としては、接触力を考慮した力学モデルへの拡張や、推定対象に応じた入力設計手法の検討が挙げられ、将来的な制御や把持安定性の向上につながる推定手法への発展が期待される。			