

# 反復線形二次レギュレータによるモデル予測制御

～制御対象の非線形特性を考慮した実時間最適化手法の開発～

工学研究科 電気物性工学専攻

しげまつ かつや ほしの ひかる ふるたに えいこう  
◎M2 重松 克哉, 助教 星野 光, 教授 古谷 栄光

## キーワード

実時間最適化, 非線形ダイナミクス, 離散化誤差,  
エネルギーマネジメント



## 研究概要

モデル予測制御は非線形システムを扱えること、制約を考慮できること、問題設定を直感的に行えることから様々な制御に利用されています。モデル予測制御では、数理モデルによりシステムの将来の応答を予測し、最適な入力を決めます。この最適化はサンプリング周期ごとに高速に行う必要があります。実時間での実装が課題とされてきました。近年、このモデル予測制御手法の一つとして反復線形二次レギュレータ (iterative Linear Quadratic Regulator: iLQR) が注目されています。iLQR は状態方程式の線形化とコスト関数の二次近似を行うことで、上記の最適化を高速に行うものですが、十分な反復計算が必要であり、依然として計算時間の問題はモデル予測制御の課題として残っています。

本研究では、上記の背景を踏まえ、より少ない計算量で最適化を行うために、反復線形二次レギュレータの改良に取り組んでいます。特に、iLQR のアルゴリズムで必要となる離散化と線形化の部分に着目しています。従来用いられる有限差分法では近似精度を保つためにサンプリング周期を十分短くする必要がありますが、これは実時間での計算をより難しくします。本研究では、非線形システムの解析法として知られる変分方程式を利用することで、サンプリング周期を大きくとった場合の近似精度を保つことに成功しました。これにより入力の更新周期を長くすることができ、実時間での計算が容易となります。また、アルゴリズムの反復回数を増加できるので制御性能を改善することができます。

本発表では、改良した反復線形二次レギュレータを用いて倒立振子の振り上げ制御における制御性能の改善について報告するとともに (図 1)、燃料電池車における酸素供給のダイナミクスを考慮したエネルギーマネジメントへの適用例を紹介し (図 2)。

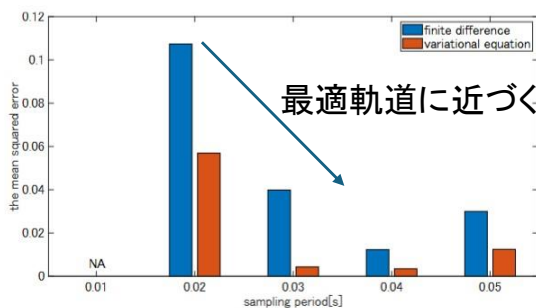


図 1 サンプリング周期が制御性能に与える影響

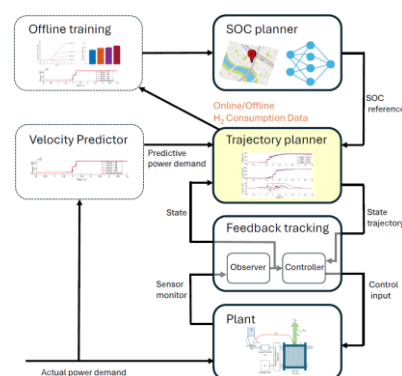


図 2 エネルギーマネジメントへの適用

## アピールポイント

本研究で用いる変分方程式は、システムの動特性の時間的な離散化を行う際に、数理モデルの情報を有効に活用することで離散化誤差を抑え、サンプリング周期を大きくするのに役立ちます。サンプリング周期を大きくすることで、少ない計算量で長い将来を予測できるのに加え、入力の更新周期を長くすることにより計算にあてられる時間が増加します。これにより比較的低性能な CPU でもモデル予測制御を実装できると期待されます。

