

数理・情報のフロンティア
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

伊藤 海斗

京都大学 大学院情報学研究科
大学院生(博士課程)

制御・最適輸送理論の融合による大規模系の制御法開発

§ 1. 研究成果の概要

本研究は、多くの動的なシステム群(ドローンや車両など)を所望の分布に輸送するタスクを、適切な制御により全体最適なコスト効率で実行する問題(最適輸送制御と呼ぶ)を取り扱っている。2021年度は、リアルタイム性を有する最適輸送制御の手法開発を中心に取り組んだ。最適制御をリアルタイムに行うための手法である「モデル予測制御(MPC)」と、静的な最適輸送問題の高速解法として注目される「Sinkhorn アルゴリズム」を並行で実行することで、制御しながら各システムの望ましい輸送先を決定する手法を提案し、最適輸送制御のリアルタイム性向上に寄与した。また、提案法が輸送タスクを達成する理論保証の一部(目標分布近傍での局所漸近安定性)を導出した。

一方で、多数のシステム群の集合を確率分布と見なすことで、最適輸送制御を確率分布の最適制御として定式化するアプローチを検討した。具体的には、線形システムにおいて、ガウス分布を初期分布とする状態量を、所望ガウス分布に最小エネルギーで制御する問題を考えた。そこで制御方策にある程度のランダム性を許容するエントロピー正則化を施した場合、最適制御方策が解析的に与えられることを示した。線形システムかつガウス分布というシンプルな設定ではあるものの、解析解が得られたことで最適制御入力を高速計算可能になった。

また、線形・ガウス分布に対して得られた上記結果を非線形・非ガウス分布へ発展させるための準備として、非線形システムのエントロピー正則化最適制御問題に取り組んだ。一般に最適制御問題はいわゆるベルマン方程式を解く問題に帰着するが、ベルマン方程式は数値計算が困難であることが多い。一方で、制御方策のエントロピー正則化がある場合は、モンテカルロ法に基づく手法でベルマン方程式の解を容易に計算できることを示した。