

数理・情報のフロンティア
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

星野 健太

京都大学 大学院情報学研究科
助教

確率測度の空間上の動的システムの可到達性の解析と深層学習への応用

研究成果の概要

本課題は、制御理論で扱われる確率動的システムを対象として、システムの可制御性などの解析手法の開発を目指すものである。確率動的システムは深層学習の生成モデルで重要な役割を果たすようになっている。制御理論は動的システムの動作を保証するためのツールを提供してきた分野であり、本課題は制御理論における基礎理論を発展させるとともに、それらのツールを深層学習等の隣接分野へ応用できるようにすることを目的としている。

本年度は以下に内容に取り組んだ。

- (1) 確率分布の可制御性・可到達性の解析手法
- (2) 数値計算法の開発
- (3) 安全制御問題の制御アルゴリズムの開発

(1)の内容は、確率的な動的システムを扱う際にシステムの状態が確率変数となることに着目し、その確率分布の時間発展を解析することを目的としたものである。制御理論の根本的な課題は、動的なシステムに外部から制御入力を与えることで対象に所望の動作を実現させることである。可制御性や可到達性は、システムが所望の動作を達しうるかを判定するための性質である。前年度はこれらの性質をハミルトン・ヤコビ・ベルマン方程式によって特徴づけるための研究を行ったが、数値計算法の開発が困難であることが判明した。本年度は、可制御性や可到達性を最適制御問題の観点から扱い、かつポントリャーギンの最大値原理とよばれるアプローチを用いて研究した。その結果、可制御性を解析するための最適制御問題の特徴づける最適性条件が得られた。

(2)については、(1)で得られた最適性条件に基づいて数値計算法を開発した。

また、本年度は安全制御への応用についても研究を行った。近年の制御工学の分野で注目されている問題として、システムを安全な領域で制御する問題がある。ここでは、確率動的システムが指定された状態の集合の中で動作する確率が一定になるような制御手法を開発した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) K. Hoshino, Z. Wang, and Y. Nakahira, "Scalable Long-Term Safety Certificate for Large-Scale Systems," IEEE Control Systems Letters, vol. 7, pp. 1285-1290, 2023, doi: 10.1109/LCSYS.2022.3233842.