

数学と情報科学で解き明かす多様な対象の数理構造と活用
2021 年度採択研究者

2021 年度 年次報告書

細江 陽平

京都大学 大学院工学研究科
講師

確率統計情報を活用する数理モデルベース適応学習制御

§ 1. 研究成果の概要

2021年度は主に、動特性が隠れマルコフモデル(HMM)で決まる場合とマルチンゲールで決まる場合の離散時間線形確率系の各々について、2次モーメント指数安定性と呼ばれる確率的安定性の解析および制御器設計を可能にする理論の開発に取り組み、成果を得た。本研究で扱う上記確率系は係数行列がランダム行列で与えられ、その確率的特性がHMMやマルチンゲールなどの確率過程で決まるものになっている(マルチンゲールのケースでは、その決まり方にもある制約を課す必要があったが、詳細は割愛)。一般に、このような確率系に対する安定条件は期待値操作を含む形のリアプノフ不等式で記述でき、本研究においてもまずはそのような安定条件を導出した。ただし、理論上導出できるその条件式が必ずしも数値計算に適したものになるとは限らず、本研究においても決定変数が期待値操作の中に埋め込まれてしまうなど使い勝手がよいものにはならなかった。そこで、期待値操作と決定変数を分離する手法や、確定系に関する既存手法等を活用することで、MATLAB等の数値計算環境を用いて容易に解を探索することが可能な標準的な線形行列不等式(LMI)への帰着を行った。また、これらの成果をベースに、制御系を安定化する状態フィードバック制御器を設計するための条件式も導出した。HMMに関する理論は、ランダムな通信遅延をもつネットワーク化制御システム(NCS)と相性がよいと考えており、マルチンゲールに関する理論は、非線形フィルタを用いてパラメータを逐次推定するような制御系と相性がよいと考えている。とくに前者は、変動する通信遅延に明確な上限を想定できない状況下でも、不安定な制御対象を含むNCSの安定性に関して一定の保証を与えられうるという点で、確定的なアプローチに比べて技術的な優位性が高いと考えている。2022年度以降も引き続き達成目標に向けて研究を遂行する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) 滝田大暉, 細江陽平, 萩原朋道, 隠れマルコフモデルによって動特性が定まる離散時間線形系の安定化, 第9回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 3D2-5 (8ページ原稿), オンライン, 2022年3月.
- 2) 北廣智也, 細江陽平, 萩原朋道, 係数行列がポリティープ型マルチンゲールで与えられる確率系の安定化状態フィードバック制御, 第9回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 3D2-3 (8ページ原稿), オンライン, 2022年3月.