

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 年度採択研究代表者

2022 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

研究成果の概要

2022年度はまず、2021年度に開発した隠れマルコフモデル(HMM)に関する安定化制御理論を将来的にネットワーク化制御システム(NCS)へ適用することを念頭に、HMMの特殊ケースであるi.i.d.過程(白色ノイズ)に関する理論をNCSの安定化へ応用する方法について検討し、成果を文献1)で発表した。インターネットを介して制御対象を遠隔地から制御する場合、通信遅延の影響が避けられない。とくに、この通信遅延は時間によって変動することが知られており、一定値とみなして制御理論を適用することは好ましくない。上記成果では、この通信遅延がi.i.d.過程でモデル化される場合を想定し、対応するNCSを安定化する制御器を設計する方法を論じている。この成果をさらに応用し、インターネットを使って自動車を遠隔地から経路追従制御する実験等も、共同研究先の企業が主体となって文献2)等において実施している。また、同じくi.i.d.過程に議論を限定した状況下ではあるものの、上記の安定化制御より高度なH2制御が確率系に対して実現できることを文献3)により示した。このような理論の高度化を通して、自動車のよりよい遠隔型自動運転の将来的な実現が期待できる。2022年度はこの他に、ランダムポリトープを用いて確率系をゲインスケジューリング制御するための理論開発や手順確認を文献4)、5)の研究を通して行った。前者では、Contraction理論の枠組みにおいてランダムポリトープを活用することで、ランダムなサンプリング間隔のもとで倒立振子の振り上げ制御が可能であることを数値的に確認した。また後者では、文献3)のH2制御をゲインスケジューリングによりパラメータ変動に対して適応的にするための準備として、ランダムポリトープによるパラメータ変動下でのH2性能解析について論じた。2023年度以降もこれらの研究をさらに発展させ、達成目標にむけて前進する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Y. Hosoe, Stochastic aperiodic control of networked systems with i.i.d. time-varying communication delays, Proc. 61st IEEE Conference on Decision and Control, Cancun, Mexico, pp. 3562--3567, December 2022.
- 2) S. Kameoka and Y. Hosoe, Remote control of vehicles in a random communication delay environment and experimental results, Proc. 10th IFAC Symposium on Robust Control Design, ThTS4.5, pp. 214--217, Online (Kyoto, Japan), September 2022.
- 3) Y. Hosoe, T. Okamoto and T. Hagiwara, H2 performance analysis and synthesis for discrete-time linear systems with dynamics determined by an i.i.d. process, *IEEE Control Systems Letters*, Vol. 7, pp. 751--756, 2023.
- 4) 道谷優貴, 細江陽平, 萩原朋道, Contraction 解析に基づく離散時間非線形確率系の状態フィードバック制御, 第10回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, 2M6-1 (8ページ原稿), 草津, 2023年3月.
- 5) 小倉大輝, 細江陽平, 萩原朋道, 確率的ポリトープと時変パラメータで特徴づけられる確率系に対するロバスト H2 性能解析, 第66回システム制御情報学会研究発表講演会, 253-2, pp. 633--637, 京都, 2022年5月.