

数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開

2020年度採択研究代表者

2022年度  
年次報告書

末永 幸平

京都大学 大学院情報学研究科  
准教授

AI 集約的サイバーフィジカルシステムの形式的解析設計手法

主たる共同研究者:

岸田 昌子 (情報・システム研究機構 国立情報学研究所 准教授)

## 研究成果の概要

今年度は、AI-CPS 検証の重要な手法であるハイブリッドオートマトンの学習手法について大きな成果があった。(AI-)CPS においては、システム中にブラックボックスな部品が存在するために、システムの動作をこのようにホワイトボックス的に記述することは必ずしも可能ではない。この問題を解決するために、ブラックボックスなハイブリッドシステムの挙動から、その挙動を近似するハイブリッドオートマトンを学習する手法を研究した。このような手法は、ブラックボックスシステムのモデルが得られるという利点のみではなく、上記のブラックボックス検査をハイブリッドシステムに適用するという点でも不可欠である。ハイブリッドシステムのための学習手法はいくつか提案されているが、(1) 微分方程式が線形に限られておらず、(2) ハイブリッドオートマトンを学習でき、(3) 入力を外部から受け付けることのできるハイブリッドシステムを扱えるのは、本研究がはじめてである。

また、確率的システムのためのブラックボックス検査手法についても大きな成果があった。AI-CPS には確率的に動作するブラックボックスな部品が用いられることが多い。しかしながら、確率的なブラックボックスシステムの検証は、一般には同一の入力に対して異なる出力が得られるために、従来のランダムテストは困難であった。また、従来のブラックボックス検査は確率的なシステムには対応していなかった。この問題を解決するために、確率的システムのためのブラックボックス検査手法を提案した。近年提案されていたブラックボックス確率的システムの挙動から MDP を学習するアルゴリズムをベースに、ブラックボックス検査手法を構築した。提案手法を実装し、ベンチマークでの実験を行った結果、従来の MDP の検証手法に比べて検証の精度やスピードが向上することが確認された。

### 【代表的な原著論文情報】

- [1] Amit Gurung, Masaki Waga, Kohei Suenaga: Learning nonlinear hybrid automata from input-output time-series data. CoRR abs/2301.03915 (2023)
- [2] Kazumune Hashimoto, Natsuko Tsumagari, Toshimitsu Ushio, Collaborative Rover-copter Path Planning and Exploration with Temporal Logic Specifications Based on Bayesian Update Under Uncertain Environments ACM Transactions on Cyber-Physical Systems Vol. 6, No. 2, 2022
- [3] Kazumune Hashimoto, Adnane Saoud, Masako Kishida, Toshimitsu Ushio, Dimos V. Dimarogonas, Learning-based symbolic abstractions for nonlinear control systems, Automatica, Volume 146, 2022
- [4] Teruki Koizumi, Yasuaki Wasa, Masako Kishida, Information transfer-based topology identification of dynamic multi-agent systems, IFAC World Congress 2023 (to appear)
- [5] Sagar Patil, Kazumune Hashimoto, Masako Kishida, Traffic Flow Control at Signalized Intersections using Signal Spatio-Temporal Logic, 61st IEEE Conference on Decision and Control, 2022
- [6] Sagar Patil, Kazumune Hashimoto, Masako Kishida, Robust Traffic Flow Control using Signal Spatio-Temporal Logic, 2023 European Control Conference (to appear)