

2023 年度年次報告書

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

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

昨年に引き続き研究を行った。以下の顕著な成果があった。

### ブラックボックスシステムの反例駆動リアプノフ関数生成に基づく安定性証明:

ブラックボックスである力学系のリアプノフ安定性を検証する手法を研究した。安定性の証明としてリアプノフ関数を得るために、既存手法ではブラックボックスシステムの挙動を多数の点でサンプリングし、このサンプルを元にブラックボックスの挙動を近似する。この手法では、必要とするサンプル点の多さのために、スケーラビリティに問題がある。提案手法では、反例駆動にこのプロセスを実行することで、効率化を行う。

### 信号時相論理を満たす制御方策のスケーラブルな設計手法の提案:

信号時相論理(STL: Signal Temporal Logic) はロボットの経路計画において有力なタスク表現として知られている。一方、STL を満たす経路計画問題は従来、混合整数計画問題として定式化されているため、計算時間がタスク数や状態の次元に対し著しく多くなってしまいう問題があった。本成果では、STL 制約付き最適制御問題を CCP (Convex-Concave Procedure) に帰着させるアルゴリズムを新たに提案することで、従来法よりもよりスケーラブルな求解を可能とした。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Yoshinari Takayama, Kazumune Hashimoto and Toshiyuki Ohtsuka, "Signal Temporal Logic Meets Convex-Concave Programming: A Structure-Exploiting SQP Algorithm for STL Specifications," IEEE Conference on Decision and Control, 2023, pp. 6855-6862
- 2) Teruki Koizumi, Yasuaki Wasa, Masako Kishida, Information Transfer-based Topology Identification of Dynamic Multi-agent Systems, IFAC World Congress, 2023, IFAC-PapersOnLine 56 (2), 3948-3953
- 3) Yoshinari Takayama, Kazumune Hashimoto and Toshiyuki Ohtsuka, "Signal Temporal Logic Meets Convex-Concave Programming: A Structure-Exploiting SQP Algorithm for STL Specifications," IEEE Conference on Decision and Control, 2023, pp. 6855-6862
- 4) Junya Shijubo, Masaki Waga, Kohei Suenaga: Probabilistic Black-Box Checking via Active MDP Learning. ACM Trans. Embed. Comput. Syst. 22(5s): 148:1-148:26 (2023)
- 5) Masaki Waga: Active Learning of Deterministic Timed Automata with Myhill-Nerode Style Characterization. CAV (1) 2023: 3-26