

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

2020年度 年次報告書

末永 幸平

京都大学 大学院情報学研究科／国立情報学研究所
准教授／客員准教授

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

§ 1. 研究成果の概要

末永グループにおいては、本年度は AI-CPS の安全性検証に有用であろうと考えられる要素技術の研究を行った。具体的には (1) ブラックボックス検査の高速化、(2) 機械学習モデルの解釈可能性向上手法、(3) モデル検査器の機械学習を用いた性能向上手法、(4) 統計処理プログラムの正しさを証明するための検証手法についての研究を行った。(1) については、ブラックボックス検査において多くの時間が費やされる等価性検査の回数を減らす手法の研究を行い、オートマチックトランスミッションのモデルで性能を評価したところ、従来手法より最大 66%の高速化が見られた。(2) については画像分類モデルの解釈可能性を向上させる効率的な手法を研究し、予備的実験で有望な結果が得られている。(3) に関しては、形式検証の主要手法の一つであるモデル検査器について、その内部で用いられているヒューリスティックを強化学習を用いて探索し、モデル検査器の効率を向上させる手法を研究した。これにより、共同研究者が開発しているモデル検査器の性能を、現在世界最速のツールを超えるレベルまで高速化することに成功した。(4) に関しては統計処理の正しさを保証するためのプログラム検証手法を研究した。これらの成果については、論文を投稿し、一部特許出願を行う予定である。

岸田グループでは (1) 深層展開と (2) 空間つき STL について成果が得られた。(1) については、制御の問題に現れる複雑な最適化問題をディープニューラルネットワークを用いて解く手法の研究である。(2) は、近年提案された Signal Spatial Temporal Logic を用いて、サイバーフィジカルシステムの制御を行うことを目指すものであり、現在のところ、交通流制御への応用を課題として研究を進めている。

§ 2. 研究実施体制

(1) 末永グループ

- ① 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)
- ② 研究項目
 - WP1
 - 2-c: AI-CPS のグレーボックス学習手法
 - WP2
 - 2: AI-CPS のための機械学習手法
 - 4: AI-CPS における機械学習の形式化
 - WP3
 - 1-a ロバストモデル検査
 - 1-b AI-CPS のためのモデル検査手法
 - 1-c グレーボックスモデル検査.
 - 2. 統計的モデル検査
 - 3. AI-CPS のためのグレーボックステスト
 - WP4
 - 1-a. ロバストモニタリング

- 1-b. 形式検証とオンラインモニタリングの統合によるグレーボックスモニタリング
- WP5
 - 1. データセットの準備
 - 2. データ生成とシミュレーション
 - 3. ベンチマーク
 - 4. プラットホーム開発

(2) 岸田グループ

① 主たる共同研究者: 岸田 昌子 (国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系 准教授)

② 研究項目

- WP1
 - 1. AI-CPS の挙動の定量的評価指標としての距離の理論
 - 2-a. ハイブリッドオートマトンの学習手法
 - 2-b. 安全性仕様の学習手法
- WP2
 - 3. 機械学習で実装された制御器の反例による訓練手法
- WP3
 - 1-a. ロバストモデル検査
- WP4
 - 1-b. 形式検証とオンラインモニタリングの統合によるグレーボックスモニタリング
 - 2-a. 制御設計のための機械学習
 - 2-b. 機械学習コンポーネントを含むシステムの制御設計
- WP5
 - 3. ベンチマーク
 - 4. プラットホーム開発

【代表的な原著論文情報】

- 1) Ichiro Hasuo, Yuichiro Oyabu, Clovis Eberhart, Kohei Suenaga, Kenta Cho 0002, Shin-ya Katsumata: “Control-Data Separation and Logical Condition Propagation for Efficient Inference on Probabilistic Programs.” CoRR abs/2101.01502.
- 2) Yuki Nishida, Hiromasa Saito, Ran Chen, Akira Kawata, Jun Furuse, Kohei Suenaga, Atsushi Igarashi: “Helmholtz: A Verifier for Tezos Smart Contracts Based on Refinement Types.” TACAS 2021, pp.262–280.