

2024 年度年次報告書

基礎理論とシステム基盤技術の融合による Society 5.0 のための基盤ソフトウェアの創出

2023 年度採択研究代表者

青木 利晃

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
教授

次世代車載基盤システムのための形式手法と検証ツールの創出

主たる共同研究者：

石井 大輔（北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 准教授）

富田 堯（北陸先端科学技術大学院大学 情報社会基盤研究センター 准教授）

研究成果の概要

2024年度は、Autowareを対象として単純で基本的なシステムを想定し、現有技術の洗練および拡張を行った。まず、Autowareの認識から制御まで統合的に分析することができる検証基盤「AW-Checker」を開発した。そして、日本自動車工業会が策定した自動運転の安全性評価フレームワーク(以下、JAMAフレームワークと呼ぶ)に基づいてAutowareの検証を実施した。車両制御に関しては、そのシミュレーションが可能な環境を構築し、システムの外側を統合的に分析できる環境を整備した。さらに、MATLAB/Simulinkモデルの分析にSMTソルバを効率的に用いる手法について研究を実施した。これらにより、以下の成果を獲得した。

- ✓ AW-Checkerによる検証により、衝突を避けるべきであるにも関わらず衝突が発生するケースを発見することができた[1].
- ✓ シナリオモデリング言語 CPD により、JAMA フレームワークの形式化を行った[2]. また、そのデータをシナリオ生成分析ツール GCPDとあわせて GitHub で公開した.
- ✓ 画像認識仕様記述言語 BBSL に対する代数的エンコーディングを実現し、数学的基礎を整備した[3,4]. また、EB4EB と呼ばれる Event-B のメタ機構を用いて、BBSL を Event-B への Shallow/Deep Embedding として実装した.
- ✓ SMT ソルバ cvc5 を実数理論ベースで拡張し、浮動小数点演算を効率的に扱うことが可能になった[5]. その実装はオープンソースとして公開した.
- ✓ MATLAB/Simulink モデルのテストツール PROMPT を商用リリースしており、今年度は SMT ソルバベースのテスト生成手法を新たに導入し、v.3.0として2025年3月22日にリリースした.

【代表的な原著論文情報】

- 1) Duong Dinh Tran, Takashi Tomita, Toshiaki Aoki: Safety Analysis of Autonomous Driving Systems: A Simulation-Based Runtime Verification Approach, IEEE Transactions on Reliability, 2025 (Early Access).
- 2) Toshiaki Aoki, Takashi Tomita, Tatsuji Kawai, Daisuke Kawakami, Nobuo Chida: Modeling Language for Scenario Development of Autonomous Driving Systems, FormaliSE, pp. 11 - 21, 2025.
- 3) Kento Tanaka, Toshiaki Aoki, Takashi Tomita, Daisuke Kawakami, Nobuo Chida: Specification-Based Testing of the Image-Recognition Performance of Automated Driving Systems, IEEE Access, 2025, 13, pp. 6321-6349.
- 4) Peter Riviere, Duong Dinh Tran, Takashi Tomita and Toshiaki Aoki: A reasoning and explicit algebraic theory for BBSL in Event-B: EB4BBSL framework, ABZ, 2025.
- 5) Daisuke Ishii: A Real-Blasting Extension of cvc5 for Reasoning About Floating-Point Arithmetic, VMCAI, LNCS 15529, pp. 148-162, Springer, 2025.