

## 2021 年度 横浜商科大学研究助成金 研究成果の概要

研究課題名 実空間とサイバー空間のインタラクティブな検証環境構築のためのフレームワーク  
研究代表者 専任講師 榎本 真俊

Industry 4.0 では、製造業の自動化や製造の過程により得られたデータの収集および処理を可能とすることを目指し提唱された。また、Industry4.0 に関連し、サイバーフィジカルシステム概念が提唱されたことにより、サイバー空間と現実世界が相互作用しながら動作するシステムやサービスが提案されている。

ソフトウェアやシステムの開発においては、コンピュータ上でのみ動作するものの検証は実機上で可能であった物の、サイバーフィジカルシステムが対象としているような物である場合、実機のみでの検証、エミュレーションによりソフトウェアやシステムの挙動を代替システム等で検証を行う、シミュレーションで検証を行うことが一般的であった。それぞれ、実機は実動作環境と同じ環境での動作が可能ではあるものの、環境の構築や再検証時にかかるコストが大きくなる。エミュレーションは実機に比べ挙動は隠蔽されるが、実際のソフトウェアを動作させるためソフトウェアの検証には効果的である反面、サイバーフィジカルシステムにおいて重要な要素であるセンサーやアクチュエータが実物とは異なるため、正確な挙動の検証まで行うことが出来ない。シミュレータは実機やエミュレーションに比べ、規模への柔軟性や環境構築に要するコストは削減でき、また系全体としての結果を場合によっては実時間以下で得られる反面、ソフトウェアやシステム自体の検証を行うことが出来ない。

よって、実機、エミュレーションおよびシミュレーション単体によるソフトウェアやシステムの検証のみではサイバーフィジカルシステムで重要なサイバー空間と現実世界の相互作用を検証することが難しい。そこで、本研究では実機検証、エミュレーション、シミュレーションによる検証において連携を可能にすることで、サイバー空間と現実世界を相互作用させながら検証可能とするためのフレームワークの開発を行っている。

本研究では、サイバー空間と現実世界を相互作用させながら検証可能とするためのフレームワークを以下に挙げる 4 つの要素から構成することにした。

1. 現実世界の検証対象（エミュレータおよび実機）
2. サーバー空間で検証対象の挙動をシミュレーションするシミュレータ
3. 現実世界の検証対象の挙動をシミュレーションに入力するインターフェース
4. シミュレーション結果をエミュレータに入力するインターフェース

1. の現実世界の検証対象については、iRobot Create と Roomba を用い、Roomba と iRobot Create を実機とし、iRobot Create のエミュレーションとして ROS で制御する仮想計算機を用いた。iRobot Create については、外部から ROS (Robot Operating System) 経由で外部から動作を制御可能とした。一方、Roomba については自動制御として実機や実環境を表現している。

2. のサイバー空間での検証対象の挙動シミュレータは PC 上で動作する Roomba や iRobot Create の室内動作を模擬するシミュレータとなっている。

3. については、カメラで Roomba および iRobot Create の室内での動きを撮影し、その結果をシミュレータの動きに反映させるためのインターフェースとなっており、通信プロトコルは Pub/Sub モデルのプロトコルとそれぞれの動きを入力する API を持っている。

4. についてはシミュレーションの結果からエミュレーション（本研究では ROS）に対して命令をだす API を持っている。

上記 1-4 については、2021 年度では実装が完了しなかったため、2022 年度も引き続き開発を行い、有効性の検証とデータ収集を実施する予定である。