

# UPPAAL を用いた無人搬送車の群制御モデルの検証

北原 祐希<sup>†</sup> 榊原 一紀<sup>†</sup> 中村 正樹<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> 富山県立大学工学部電子・情報工学科

## 1. はじめに

近年、AI やデータ分析といった技術が発展し、生産・物流システムにおいて、システム運用時の無人化が進んでいる。無人化システムの一つである無人搬送車(Automated Guided Vehicle:AGV)は、半導体工場内を複数台の群となって走行し、工場内の荷物を個別の目的地まで搬送する。本稿では、工場内で稼働する複数台の AGV 群を、モデル検査ツール UPPAAL を用いてモデル化し、検証する。

## 2. モデル検査

モデル検査(Model Checking)は形式検証技術の一つであり、システム上で起こり得る状態を網羅的に調べることで設計誤りを見つける自動検証手法の一種である。モデル検査手法とは、システムの振る舞いの設計、及び検証したい性質をそれぞれシステムモデル、検証式へとモデル化し、ツールを用いてシステムが性質を満たすかどうかを検査して問題を解決する手法である。

## 3. モデル検査ツール UPPAAL

UPPAAL は、システムの振る舞いを時間オートマトンでモデル化し、時間制約を含む検証を行える。システムモデルを GUI ベースの入力により定義しているため、システムモデルを直感的に把握しやすい。GUI ベースでのシミュレーションも可能であり、入力したシステムモデルに対して、シミュレーション実行やステップ実行を行うことができる。検証は、検証したい性質を表現する検証式で入力し、全ての可能性のある実行パスに対して網羅的に検査を行う。性質に反した場合、GUI ベースでシミュレーション画面に反例を表示する。ステップ単位でトレースするため、各プロセスの状態や変数値の変化を確認できる。

## 4. AGV の群制御モデル

工場内を搬送する複数台の AGV に対して、UPPAAL を用いて各 AGV の時間オートマトンを作成する。図 1 は AGV の動作を表すオートマトンであり、現在どの方向に進行しているか、あるいは停止し、荷物の積下、積込をしているかの状態に分かれる。また、状態の遷移に対して時間の条件を与えることで、移動にかかる時間や、目的地までの最短時間を得ることができる。図 2 は AGV の動作を制御するオートマトンであり、他の

AGV とのデッドロックを回避するために、AGV の位置、進行方向から動作に制限を付与する。図 3 は AGV の工場内の位置を示し、図 1 のオートマトンと同期させることでリアルタイムの位置関係を表す。

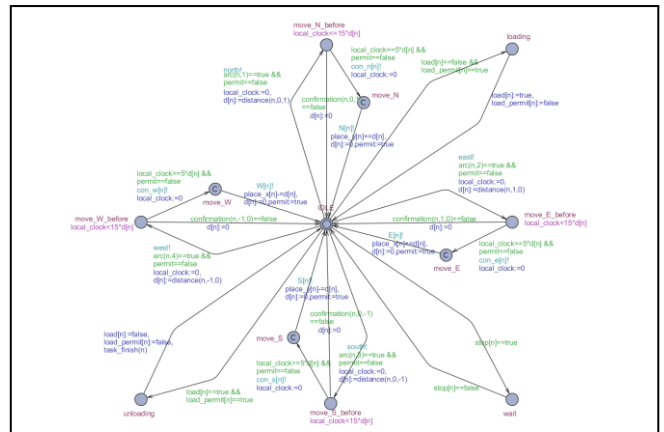


図 1. AGV の動作を記述したオートマトン

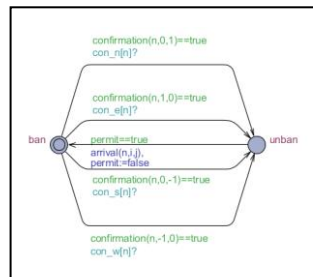


図 2. AGV の動作制御

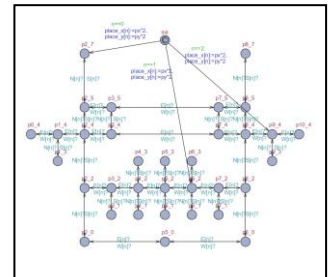


図 3. AGV の工場内位置

このモデルに対して 3 台の AGV で検証を行なったところ、衝突やデッドロックすることなく全ての AGV が目的地まで荷物を搬送できることが確認できた。また、全ての AGV が荷物を搬送し終える最短時間を確認でき、トレースから最短時間となる AGV の経路を導出できた。

## 5. まとめ

本研究では UPPAAL を用いて無人搬送車の群制御をモデル化し、検証をした。3 台の AGV に対してデッドロックと最短時間、およびその経路の検証をすることができた。実現場の AGV の台数まで増加させても有限時間で検証できるように改善することが今後の課題である。

## 参考文献

[1] 長谷川哲夫, 田原康之, 磯部祥尚, UPPAAL による性能モデル検証—リアルタイムシステムのモデル化と検証—, 近代科学社, 2012.  
 [2] UPPAAL, <http://www.uppaal.org>