



Title: Reinforcement learning-based autonomous driving control for efficient road utilization in lane-less environments

(車線のない環境における効率的な道路利用のための強化学習による自動運転制御)

Authors: Mao Tobisawa(東京工科大 大学院生), Kenji Matsuda(東京工科大 大学院生), Tenta Suzuki(東京工科大 大学院生), Tomohiro Harada(埼玉大学 准教授), Junya Hoshino(東京工科大 大学院生), Yuki Itoh(東京工科大 大学院生), Kaito Kumagai(東京工科大 大学院生), Johei Matsuoka 松岡 丈平(東京工科大 講師), and Kiyohiko Hattori(東京電機大学 教授)

Journal: Artificial Life and Robotics

掲載年月: 2025 年 3 月

研究概要: 自動運転専用道路を想定し、車線や中央分離帯などの物理的分離のない道路環境において、強化学習を用いた複数自動運転車両の協調制御手法を開発しました。車両間通信と複数の距離センサーから得られる情報を活用することで、従来の物理的分離を伴う道路環境と比較して通過車両数が約 165%に向上し、より効率的な道路利用が可能であることをシミュレーションにより実証しました。

研究背景: 現在の自動運転研究の多くは人間が運転する車両との共存を前提としており、既存の車線や対向車線分離という道路インフラの制約下で最適化されています。しかし、日本では 2024 年度から新東名高速道路で自動運転トラック専用レーンの実証実験が開始されるなど、将来的には自動運転車両のみが走行する専用道路の実現が見込まれています。このような環境では、車車間通信による高精度な情報共有と協調制御により、従来の車線という概念にとらわれない、より効率的な道路利用が可能になると考えられます。特に従来の高速道路では、交通需要の不均衡時に片方向は渋滞する一方で反対方向には余剰容量があるという非効率が生じていました。

研究成果: 車線や対向車線分離のない Single Carriageway 環境と、中央分離帯で物理的に分離された Dual Carriageway 環境を比較評価しました。その結果、Single Carriageway 環境では通過車両数が約 165%、タイルあたりの平均車両数が約 159%に向上しました。さらに、交通需要の不均衡を想定した実験では、図 1 に示すように、車両数の多い方向が道路の広い範囲を柔軟に使用することで、交通需要の変動に適応できることが実証されました。

表 1 Single Carriageway 環境と Dual Carriageway 環境での実験結果

	Number of evaluation tiles passed(units)	Number of wall collisions(times)	Number of vehicle collisions(times)	Accident Rate per Travel Distance [Total Accidents/Total number of tile passes]	Average number of vehicles per tile(units)
Single Carriageway	2131.83	35.27	23.33	0.0275	3.03
Dual Carriageway	1290.80	12.93	4.63	0.0136	1.90

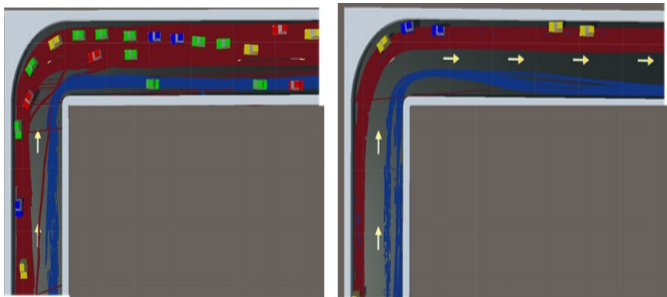


図 1 交通需要不均衡時の Single Carriageway 環境(左図)と Dual Carriageway 環境(右図、中央分離帯は描画していません。)における走行軌跡の比較。

社会への影響: 本研究の成果は、将来の自動運転専用道路の設計に重要な示唆を与えます。従来の車線や対向車線分離という物理的制約を取り除くことで、道路インフラの建設コストを削減しつつ交通効率を大幅に向上させることが可能です。特に時間帯による交通需要の変動が大きい都市部の高速道路や、自動運転トラック専用の物流幹線道路において、渋滞の緩和と輸送効率の向上が期待できます。

専門用語：

強化学習： エージェント(自動運転車両)が環境との相互作用を通じて、報酬を最大化する行動を学習する機械学習の手法。

Single Carriageway 環境： 車線や対向車線の物理的分離がない道路環境。本研究では従来の 4 車線分の幅を持つが、最大 5 台の車両が同時に通過可能な道路を想定しています。

Dual Carriageway 環境： 中央分離帯により対向車線が物理的に分離された従来型の道路環境。

車車間通信： 自動運転車両同士が無線通信により、位置、速度、操舵角などの情報を共有する技術。

タイル通過数： シミュレーション環境において車両が道路上の評価タイルを通過した回数。道路の利用効率を測る指標です。