



**Title:** Interchange flow control with dynamic obstacles optimized using genetic algorithms—a concept of virtual walls

(動的障害物を伴うインターチェンジフロー制御を遺伝的アルゴリズムを用いて最適化する—VW コンセプト)

**Authors:** Junya Hoshino, Yuki Itoh, Ryuma Saotome, Tomohiro Harada, Kenji Matsuda,, Tenta Suzuki Mao Tobisawa, Kaito Kumagae, Johei Matsuoka, Toshinori Kagawa, and Kiyohiko Hattori

(星野 順哉(東京工科大学大学院生), 伊藤 優希(東京工科大学大学院生), 早乙女 琉真,(LINE ヤフー株式会社), 原田 智広(埼玉大学 准教授), 松田 賢治(東京工科大学大学院生), 鈴木 天太(東京工科大学大学院生), 飛澤 真大(東京工科大学大学院生), 熊谷 海斗(東京工科大学大学院生), 松岡 丈平(東京工科大学 講師), 加川 敏規(電力中央研究所 主任研究員) 服部 聖彦(東京電機大学 教授))

**Journal:** International Society of Artificial Life and Robotics (ISAROB)

**掲載年月:** 2024 年 5 月

**研究概要:** 近い将来、自動運転車両は通信を通じて他の車両と情報を共有できるようになり、適切な交通制御アプローチが可能になると期待されています。完全自動運転を活用した新しい交通制御アプローチとして、平面交差点の実現が提案されています。従来のアプローチとは異なり、本研究では車線を前提としない道路およびインターチェンジに着目しました。具体的には、仮想壁 (VW) を用いたインターチェンジフロー制御のアプローチを提案します。このアプローチでは、車両が自由に動ける 2 次元空間内で、インターチェンジに進入するすべての車両の初期位置、目的地、および速度を取得・共有し、その情報に基づいて適切な制御を実現します。各車両は個別に仮想壁を回避する最短経路を計算し、安全かつ合理的な経路選択を実現します。本研究では、仮想壁の配置を決定するために遺伝的アルゴリズムを使用しました。提案手法の有効性はシミュレーションを通じて評価され、その結果、ラウンドアバウト形式で手動配置された場合と比較して、仮想壁を用いた提案手法により総経路長が短縮され、衝突件数がゼロになったことが示されました。さらに、すべての車両に共通の仮想壁を配置した場合と、各車両に個別の仮想壁を配置した場合を比較した結果、個別の仮想壁を配置した場合の方が総経路長が短いことが確認されました。

**研究背景:** 自動運転に関する研究は、ディープラーニングに代表される人工知能 (AI) 技術の発展や、Light Detection And Ranging (LiDAR) などのセンシング技術の発展に伴い、近年活発化しています。通信機器を道路や信号機に組み込むことで、いくつかの場所で路側から車両への通信機能が実装されています。さらに、これらの機器を使用した情報伝達および通信中継技術の検証が進行中です。例えば、トヨタプリウスには、すでに ITS Connect という機能が実装されており、車両間および路側から車両への通信が可能です。路車間通信 (V2X) の観点では、ITS Connect は、信号待ちを促すだけでなく、赤信号や交差点での右折警告などのアラートを発行する機能を持っています。これにより、自動運転車両が通信を利用してリアルタイムに様々な情報を取得する可能性が高まります。このように、通信機器を搭載した自動運転車両からの情報を活用することで、自動運転制御が実現できます。

本研究は、路車間通信を用いた自律的な交通制御アプローチに着目しています。具体的には、従来の信号機や道路車線を用いた交通流制御ではなく、自動運転の通信機能を積極的に活用することで、信号機に依存しない安全なインターチェンジにおける交通制御アルゴリズムのアプローチを検討しました。日本で社会実験が検討されている自動運転専用道路を想定し、信号機や立体交差を使用せず、歩行者がいない 2 つの車両専用道路の平面交差点における、安全かつ効率的な交通制御アプローチを提案します。本研究では、インターチェンジに通信機器を含むコントローラが事前に設置され、インターチェンジに進入するすべての車両の位置、速度、目的地に関する情報を取得できることを前提としています。取得した情報に基づいて、コントローラはインターチェンジに進入するすべての車両に適切な走行経路を提供します。ただし、コントローラは経路を直接提供するのではなく、仮想障害物 (仮想壁: VW) の配置に関する情報を各車両に送信します。VW 情報を受け取った各車両は、VW を物理的な障害物とみなし、視認グラフ[6, 7]およびダイクストラ法[8]を使用して VW を回避する最短経路を計算し、一定の速度で移動します。これにより、コントローラと各車両の間でのタスク分担を達成しながら、安全かつ効率的な経路探索が可能となります。

**研究成果**：4 叉路の環境において提案手法である VW とラウンドアバウト形状に障害物を配置した場合を比較した結果、経路長が短縮された。

**社会への影響**：自動運転の普及に伴ってヒューマンエラーによる事故の減少といった安全性の向上が考えられる。また、交差点制御用のコントローラによる交通制御を行い、交通流が最適化され渋滞の緩和、2 4 時間稼働が可能になることによる物流業界の効率化といった影響があることが考えられる。

**専門用語**：

**AI**：人間の知能を模倣するように設計されたシステムやアルゴリズムを指し、自然言語処理、画像認識、意思決定などのタスクを自動化可能である。

**可視グラフ**：計算幾何学やロボティクス、パスプランニングにおいて用いられるグラフ構造の一種です。可視グラフは、2 次元空間上の障害物や領域の間に存在する視認可能なパスを表現するために使用されます。

**ダイクストラ法**：グラフ理論における最短経路を見つけるためのアルゴリズムの一つ、このアルゴリズムは、単一始点最短経路問題を解決するために使われ、グラフの中で 1 つの頂点から他のすべての頂点までの最短経路を見つけることができます。

**遺伝的アルゴリズム(GA)**：自然界の進化の過程を模倣した最適化アルゴリズムで、複雑な問題の近似解を効率的に探索するために使用されます。GA は、生物の進化理論、特に「自然淘汰」や「遺伝的変異」の概念に基づいています。

**VW(Virtual Wall)**：交差点内に仮想壁を配置し交通制御を行うための提案手法。遺伝的アルゴリズム、可視グラフ、ダイクストラ法を用いて VW の配置を最適化する。