

# 車線数の動的変更と経路計画の組み合わせによる 渋滞緩和方式の提案・評価

張 作庭 湯 素華  
電気通信大学 大学院情報理工研究科

## 1. はじめに

近年、実用化に向けて自動運転技術が注目されている。日本政府は、2020年に高速道路での条件付自動運転自動車の実用化、そして、2025年を目途に高速道路での高度自動運転システムの実用化を目指し、全国各地で実証実験を進めている[1]。自動運転技術による安全かつ円滑な道路運転を実現するために、交通状態に基づく経路計画がよく検討されている。また、近年道路の両方向の交通量の違いに応じて車線数を動的に変更する研究もなされている。ただし、これらの方式はそれぞれ独立して検討されており、交通量の向上効果は限られている。

本稿では、自動運転車両の移動効率をさらに向上するために、車線数の動的変更と経路計画の組み合わせによる渋滞の緩和を行う方式を提案・評価する。

## 2. 関連研究

### 2.1 経路計画の概要と課題

車両の経路計画とは、出発地から目的地までの道路網の交通量情報を基に、最適経路を作成することである。

経路計画アルゴリズムは、道路網における{道路, 交差点}をグラフ理論の{Edge, Node}に変換し、各道路の混雑度を基に Edge に重みをつけ、さらに目的に応じた指標に基づいて、最適経路を算出する。経路指標としては、距離（最短経路）と遅延（最速経路）がよく使用される。また、経路算出には、幅優先探索、深さ優先探索、Dijkstra's 法、A\*アルゴリズムがよく使用され、一般的に、道路網のトポロジーが固定であることを前提とする。

自動運転技術の進化により、各車両がもっと広い道路網の交通情報を集める上で最適経路を算出することとなるが、距離と遅延を両立する最適経路計画に向け、改善の余地は限られる。

### 2.2 車線数の動的変更[2]

道路上で渋滞が発生する際、いつも両方向に渋滞が発生するとは限らない。例えば、朝のラッシュアワー時や連休終了時、道路の上り方向

は一時的に混雑が発生するが、下り方向は交通量が少ない。車線数の動的変更では、混雑していない方向の車線を減らし、混雑している方向の車線数を増やして混雑を緩和する（図1）。

道路センサーで道路の両方向の交通量をそれぞれ計測して、交通量の時間帯変化を基に、車線数変更が行われる。[2]では車線数変更の効果を示したが、道路網にある隣接交差点の連携制御に関する課題が残っている。

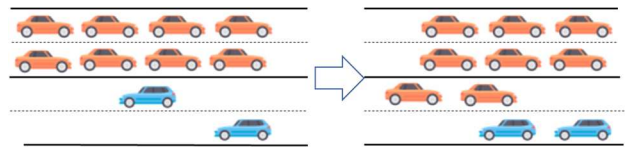


図1 車線数の動的変更による渋滞緩和

## 3. 提案方式

本研究では、交通渋滞のさらなる緩和を図るために、車線数の動的変更と経路計画の併用を検討する。長い周期で、各道路の両方向の交通量の違いを基に、車線数の変更を行い、さらに、短い周期で、各道路の交通量の変化に応じて経路計画を行う。

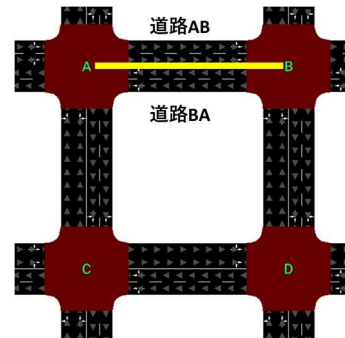


図2 車線数の動的変更における情報計測

### 3.1 車線数の動的変更

図2に示すように、片側 $k$ 車線( $k \geq 2$ )の道路網において、変更可能な車線数は $1 \sim k - 1$ である。

交差点で道路センサーを設置し、道路の両方向の交通量と通過時間を計測する。以下、ABとBAを例にして、ABとBAの交通量をそれぞれ $V_{AB}$ ,  $V_{BA}$ 、ABの通過時間を $T_{AB}$ とする。

(1)  $V_{AB}$ と $V_{BA}$ の比 $\alpha$ が一定閾値 $\alpha_0$ を上回り、かつ、 $T_{AB}$ とフリーウェア時の通過時間 $T_0$ の比 $\beta$ が一定閾値 $\beta_0$ を超える場合、空いている方向BAの車線数を1減らし、それを混雑方向ABに使用

する（例えば、図 2 において  $k = 2$  の場合、道路 BA が 1 車線になり、道路 AB が 3 車線になる）。

(2)  $V_{AB}$  と  $V_{BA}$  の比  $\alpha$  が  $2\alpha_0$  を上回り、かつ、 $T_{AB}$  と  $T_0$  の比  $\beta$  が  $2\beta_0$  を超える場合、空いている方向 BA の車線数を 2 減らし、それを混雑方向 AB に使用する。

(3) 交差点に設置される路側機は、自律的に変更車線数を判断するが、同じ道路を結ぶ両交差点の路側機の変更車線数が違う場合、路側機の ID の大きいほうに従う。

### 3.2 経路計画

A\*アルゴリズムは他の方法と比較して必要な計算量が少なく、都市部の複雑な道路網にも対応できるため、本研究ではこれを使用する。各車両は、最初の時点に限らず、目的地に向けて運行中、定期的に、現在の位置と目的地を用いて、現在の交通量を基に、最適経路を更新する。

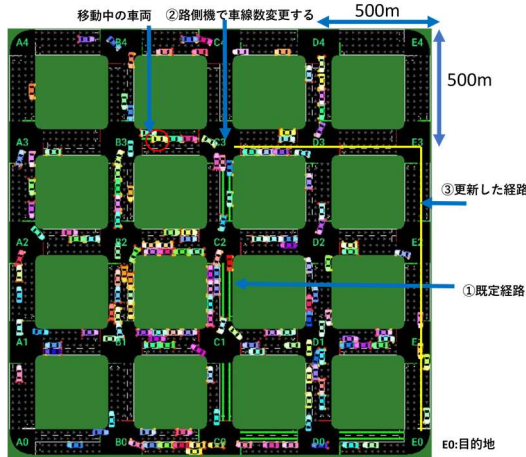


図 3 シミュレーションシナリオ

### 4. シミュレーション評価

交通シミュレーターSUMO[3]を用いて、車両移動時間、移動距離と  $CO_2$  排出量を指標として、基本方式（経路計画と車線数変更なし）、経路

表 1 シミュレーション条件

項目	条件値
道路網規模	4*4
道路網タイプ	グリッド
道路長さ	500m
交通量測定	道路センサー
車両台数	6000
車両のガス排出モデル	HBEFA v3 [4]
車両の出発地・目的地	ランダム生成
信号機タイプ	自動的に交通量対応
経路計画の周期	1分/回
車線数変更の周期	10分/回
シミュレーション時間	1時間
シミュレーション回数	10回

計画方式、車線数変更方式と提案方式を評価した。シミュレーションシナリオを図 3 に、条件を表 1 に示す。

図 4, 5 に各方式における移動時間・移動距離・ $CO_2$  の排出量（と 95%信頼空間）を示す。移動時間については、提案方式は、経路計画方式と車線数変更方式よりも優れており、車両が最も短い移動時間で目的地に到着することが確認できる。基本方式と比べて、移動距離は少し増加しているが、移動時間を 76%削減でき、 $CO_2$  の排出量を 77%削減できた（運転時間、車両の加減速回数やアイドリングの無駄を削減した効果）。

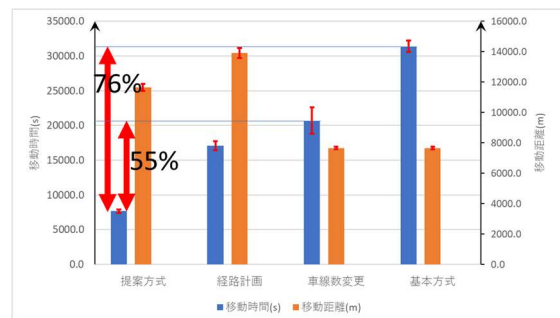


図 4 移動時間と移動距離の評価結果

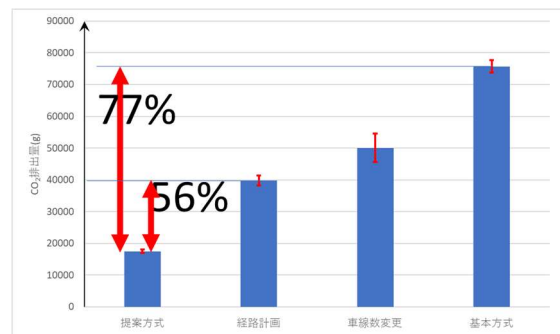


図 5  $CO_2$  の評価結果

### 5. おわりに

本研究では、道路渋滞のさらなる緩和を図るために、車線数の動的変化と経路計画を併用する手法を提案した。各方式の単独使用より、移動時間を削減し、環境負荷の低い移動が実現可能であることを示した。今後は実環境を模したシナリオで、提案方式の有効性を評価する。

### 参考文献

- [1] IT 総合戦略本部(2020)「官民 ITS 構想・ロードマップ 2020」  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020\\_roadmap.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20200715/2020_roadmap.pdf)
- [2] Hausknecht, Matthew, et al., "Dynamic lane reversal in traffic management," 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE, 2011.
- [3] P. A. Lopez et al., "Microscopic traffic simulation using SUMO," 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2018, pp. 2575-2582.
- [4] <https://www.hbefa.net/e/index.html>