

F1-1

安全性を優先した自動運転バスの右折運用が交差点効率に与える影響

Impact of Safety-Oriented Right-Turn Operations of Autonomous Buses on Intersection Efficiency

○八木龍聖¹, 石坂哲宏²
Ryusei Yagi¹, Tetsuhiro Ishizaka²

Abstract: This study examines the impact of autonomous buses making right turns only during the all-red interval at an urban intersection. As detecting oncoming vehicles and pedestrians involves uncertainty, conservative strategies may be required for safe operation. To assess this, field data of route bus maneuvers at Shin-Yurigaoka Station were analyzed and incorporated into a microscopic simulation model in PTV Vissim. Three scenarios were evaluated: Default (with lag phase), Blue (without lag), and Red (all-red right turn). Results showed that although the Red scenario ensured safety, it led to substantial efficiency loss, with dramatic increases in delay and queue length compared to the other cases. These findings highlight the challenge of balancing safety and efficiency in introducing autonomous buses, suggesting the need for improved intersection control strategies.

1. 研究の目的と背景

近年、自動運転バスの実証実験が全国で行われているが、交差点での処理が課題として挙げられる。自動運転バスが右折する場合は、対向直進車や歩行者の検出や挙動予測に不確実性があり、手動介入や全赤での右折など安全側での走行をせざるを得ないのが現状である。右折技術が現状のまま台数が増加すると交差点効率を低下させる可能性が必要である。そこで本研究では、現状の路線バスが安全側の右折挙動を行う自動運転バスに置き換わったと仮定し、バスの台数や交通量に変化したときに交差点の処理効率に与える影響を分析することを目的とする。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

自動運転車の導入に伴う交差点制御に関する研究は数多く行われている。鰐部^[1]らは自動運転車両の混在が信号交差点の直進容量に与える影響を分析し、慎重な挙動設定が円滑性を低下させることを示した。また、香川^[2]らは、観測調査に基づき自動運転車の挙動を分析し、右折時の減速傾向や追従特性の違いを報告している。しかし、自動運転バスが全赤時間を利用して右折する運用を前提とした研究は見当たらない。

本研究では、現地調査に基づく路線バスの右折特性を再現しつつ、全赤時間での右折を想定し、交差点効率への影響を数値化することに特徴がある。

3. 研究の方法

(1) 路線バスの右折挙動の観測調査

本研究では、新百合ヶ丘駅前交差点を対象に、現地調査映像を YOLOv8 で解析し、路線バスの右折特性を

抽出した。交差点の概要を **Table 1. Figure 1.**にまとめた。フロントギャップ・リアギャップは交錯エリア基準に計測し、右折速度は停止線から横断歩道までの通過時間から算出した。対象は交差点内で停車しないバスとし、歩行者影響は少ないため考慮外とした。

Table 1. Survey overview

調査日時	2024年11月7日(木) 午前9時30分から午後15時30分
場所	神奈川県川崎市麻生区上麻生1丁目
調査方法	歩道橋よりビデオカメラ調査
調査時間内に右折したバスの本数	109本 (1φで通過した台数は13台)

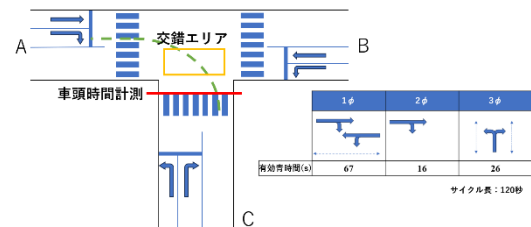


Figure 1. Surveyed Intersection Overview

(2) ミクロ交通シミュレーションによる評価

本研究では、ミクロ交通シミュレーション Vissim を用いて新百合ヶ丘駅前交差点を再現し、現地調査から得られた路線バスをもとに自動運転バスの右折挙動をモデルに組み込んだ。シナリオは以下の3種類。①現状の時差式交差点を再現した **Default**。②時差式をなくした **Blue**。③バスのみ全赤時間で右折する **Red**。さらに、自動運転バスの割合を変化させるため、バスの運行間隔と交差点に流入する自動車交通量を調整した。これらの条件下でシミュレーションを繰り返し、バスが全赤時間で右折した場合の交差点効率への影響を定量的に評価した。

4. 研究の結果

1 : 日大理工・院 (前)・交通 2 : 日大理工・教員・交通

(1) 現地調査の結果・自動運転バスのパラメータ設定観測したフロントギャップ・リアギャップの平均値は、フロントギャップが1.17秒、リアギャップは3.65秒である。右折時の速度の中央値は13.54 km/hという結果が得られた。また、バスが追従する場合の車頭時間は3.78秒、標準偏差1.34という結果になった。

現地調査より、自動運転バスのパラメータ設定をTable 2.に示す。

Table 2. Parameter Settings of Autonomous Bus

パラメータ	単位	数値
フロントギャップ	sec	1.17
リアギャップ	sec	3.65
右折速度	km/h	13.5
最小車頭時間	sec	4
最大加速度	m/s ²	2.0
最大減速度	m/s ²	2.45

(2) シミュレーションの設定

交通需要は調査日(午前10時から午前11時)の1時間交通量を採用した。自動運転バスの頻度が変化するシナリオは、60秒から180秒の間で変化させ、Aからの流入交通量を変化させる場合は120秒に1本走行させる。シミュレーションは、シード値を変化させ100回実施した。

(3) シミュレーションによる結果評価

バスの密度を変化させた場合の滞留長をFigure 2.に、渋滞遅れをFigure 3.に示した。この結果より、時差式の有無は交差点効率に影響はないが、赤時間のみで右折した場合、時差式と比較し滞留長は20倍、渋滞遅れは30倍の数値を出力した。

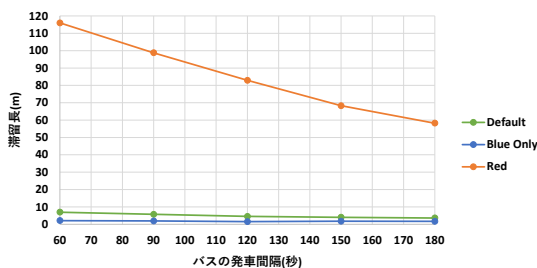


Figure 2. Queue Length by Bus Departure Interval

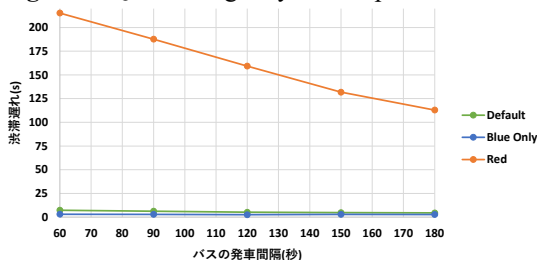


Figure 3. Delay by Bus Departure Interval

また、Aからの交通量を変化させた場合の滞留長をFigure 4.に、渋滞遅れをFigure 5.に示した。この結果より、先ほどと同様、時差式より大幅に交差点効率が低下することがわかる。また、バスの発車本数とAからの1時間交通量は関係性が少ないことが読み取れる。これらの結果より、流入交通量は直接的な要因ではなく、バスの頻度が滞留長や遅れ時間に影響を与えているとわかる。よって、自動運転バスが全赤時間で右折するのは現実的ではないと考えられる。

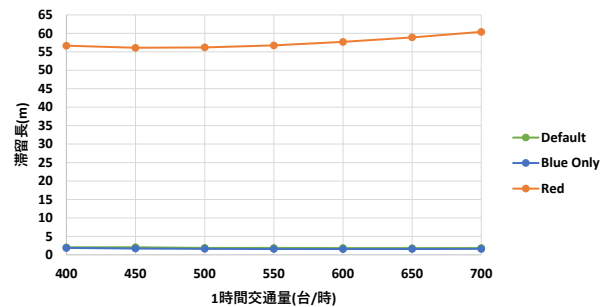


Figure 4. Queue Length by Hourly Traffic Volume from A

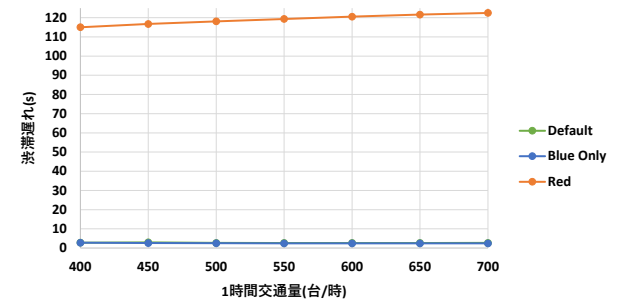


Figure 5. Delay by Hourly Traffic Volume from A

5. 結論・まとめ

本研究では、自動運転バスが全赤時間で右折した場合、交差点効率にどう影響するかを、マイクロ交通シミュレーションを用いて分析した。その結果、交差点効率の大幅な低下が確認され、時差式信号の効率の良さがわかった。今後は、時差式や右折現示が使用できない交差点で、自動運転バスが右折する際の効率低下を分析する必要がある。

6. 参考文献

- [1] 鰐部万磨・柿元祐史・中村英樹・井料美帆:「自動運転車両の混在が信号交差点交通容量に与える影響に関する分析」, 交通工学論文集, Vol.5, No.2, pp.A_167-A_175, 2019.
- [2] 香川裕紀・鈴木弘司:「観測調査に基づいた自動運転車の挙動特性と交差点での交通流へ与える影響の分析」, 交通工学論文集, Vol.5, No.2, pp.A_20-A_26, 2019.