

ミクロ交通シミュレータを用いた バスレーンがバスの定時性に及ぼす効果の検証

中川 北勝¹・白畑 健²・伊藤 昌毅³・大口 敬⁴

¹ 学生会員 東京大学大学院 工学系研究科社会基盤学専攻 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
E-mail: nhokuto@iis.u-tokyo.ac.jp

² 学生会員 東京大学大学院 工学系研究科社会基盤学専攻 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
E-mail: ken-s@iis.u-tokyo.ac.jp

³ 正会員 東京大学大学院 情報理工学系研究科 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)
E-mail: ito.masaki@sict.i.u-tokyo.ac.jp

⁴ フェロー 東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

都市部の道路交通は混雑という課題を抱えている。渋滞の解消には道路上の公共交通に対して優先施策を実施することで公共交通の利便性を高め、利用者を転換させることが有効である。優先施策の中でもバスレーンに着目し、熊本市で実際に運用されているバスレーンを対象にし、ミクロ交通シミュレータを用いて、現実の交通状況に近い形でシミュレーションを行う。バスレーンを設置した場合と設置しなかった場合の 2 通りについてシミュレーションを行うことで、バスレーンの設置がバスのダイヤの定時性に与える影響を検証する。その結果から、バスレーンによる遅れ時間減少の効果やその限界について考察する。

Key Words: *microscopic traffic simulation, bus lane, punctuality, bus schedule*

1. はじめに

(1) 研究背景

都市部における交通問題の一つに交通渋滞が挙げられる。特に地方都市ではモータリゼーションの進展や市街地の拡大により自動車利用率が高くなっている。渋滞の解消にはバスや路面電車などの公共交通に利用者を転換させ、自動車の利用を抑制すること非常に有効である。そのために、公共交通に対して優先施策を行い、公共交通のサービス水準を向上させることが必要である。

公共交通の優先施策には時間的なものと空間的なものがある¹⁾。時間的なものとしては PTPS (Public Transportation Priority System) が挙げられる。空間的なものとしては専用レーンおよび QJL (Queue Jump Lane) が挙げられる。これらの施策を用いることで公共交通の遅延の減少や定時性の向上が期待できる。

我が国においても多数の都市で PTPS や専用レーンの導入実績があり、一定の効果を上げている。ところが、これらの優先施策は公共交通のサービス水準を向上させ

る一方で、自家用車に対して車線数の減少や信号の通過可能時間の短縮などの負の影響を与える。そのため、適切な道路交通マネジメントを行うためには、これらの優先施策が交通流に与える影響について深く理解する必要がある。

(2) 研究のレビュー

公共交通の優先施策に関する既往研究は多く見られる。その中でもバスレーンに関する研究に着目する。佐野ら²⁾は長岡市で運用されているバスレーンに対して、追加の優先施策として PTPS を導入した場合や、他の道路からの流入制限をした場合の効果についてシミュレーションで検証した。日野ら³⁾は堺市においてバス優先施策の導入前後の交通流を調査し、現実社会にバス優先施策を導入した際の影響を示した。奥嶋ら⁴⁾は岐阜市で運用されているバスレーンを対象に、バスレーンを設置した場合と設置しなかった場合についてのシミュレーションを行い、バスレーンの有無による所要時間や渋滞長の変化を示した。Russoら⁵⁾はイタリアのローマ市で運用されて

いるバスレーンの効果を検証し、バスの旅行時間が短縮することを数値計算によって示した。

(3) 研究の目的

これらの既往研究の多くは所要時間の短縮効果を示したものが多く、ところが、公共交通はあらかじめ定められた時刻表通り走行するため、ダイヤの正確性が重要である。シミュレーションで優先施策を用いた研究で定時性に着目したものは少ない。

現在、熊本市を対象に公共交通優先施策の導入効果に関する研究を行っている。本稿では熊本市で実際に運用されているバスレーンに対してマイクロ交通シミュレータを用いてその効果に検証したのちに、バスレーンが定時性に与える影響について検証する。

2. 分析対象エリア

本研究では図1に示すように熊本市中央区内の県道28号線の市役所前～出水一丁目交差点の3.3kmをシミュレーション対象とする。市役所前～水道町交差点については全日6～23時、水道町交差点～出水一丁目交差点は平日7～9時および17～19時に上下どちらも一番外側の1車線がバス専用レーンとなる。バス専用レーンではバスと二輪車のみ通行が認められている。また、交差点の直前ではその交差点で左折する車両の通行も認められている。

3. シミュレーションの実施

(1) シミュレータの概要

本研究ではオープンソースのマイクロ交通シミュレータであるSUMO (Simulation of Urban MObility) ⁹⁾を用いる。SUMOはドイツ航空宇宙センターが中心となって開発している微視的かつマルチモーダルな交通シミュレータであり、車両一台ごとの挙動を記述することができる。シミュレーションに使用する道路ネットワークは、OpenStreetMapから作成した。作成したネットワークを図2に示す。信号現示およびサイクルはJARTICのホームページで公開されているものを使用した。車線運用および交差点のレーン配置等の調整は、Google Mapおよび現地調査の結果をもとに設定を行った。

(2) シミュレーションの設定

車、バスの加速度、減速度についてはSUMOのデフォルトのものを使用した。路面電車については熊本市電の0800形のデータをもとに設定した。最高速度につい

ては、自動車およびバスは道路の制限速度である50 km/h (13.89 m/s)、路面電車は車両の最高速度である40 km/h (11.11 m/s)に設定した。シミュレーションに用いた、それぞれの車両の走行特性を表1に示す。

シミュレーションを行うにあたって自動車、路線バス、路面電車の入力情報を集めた。自動車交通量については2022年11月9日(水)7:00-9:00のJARTIC断面交通量データを用いた。断面交通量データは5分ごとのデータであるが、シミュレーションに入力するにあたって10分ごとにデータを集計した。シミュレーションは上り方面(出水一丁目交差点→市役所前)を対象に行った。



図-1 分析対象エリア



図-2 シミュレーションに用いた道路ネットワークデータ

表-1 車両走行特性

	車長 (m)	加速度 (m/s ²)	減速度 (m/s ²)	最大速度 (m/s)
自動車	5	2.6	4.5	13.89
バス	12	1.2	4	13.89
路面電車	18.4	0.69	1.3	11.11

表-2 各バス停の出発時刻 (秒)

水前寺公園前	0	交通局前	420
国府	60	九品寺交差点	540
水前寺駅前通り	120	水道町	660
味噌天神	240	通町筋	780
九州学院前	300		

(3) 公共交通のダイヤ設定

路線バスおよび路面電車については、公開されている時刻表をもとに設定した。路面電車はすべての停留所に所定の発車時刻まで停車し、ダイヤから遅れている場合は最低 20 秒は停車するように設定した。路線バスは、シミュレーション対象区間に熊本バス、九州産業バス、熊本都市バスの 3 社存在し、会社や路線ごとに特性があり、時刻表上の所要時間にばらつきがある。本研究では対象区間におけるダイヤの正確性というものに焦点を当てているため、実際の時刻表から水前寺公園前バス停における出発時刻を抽出し、各バス停間の所要時間はこの区間で標準的なものを採用した。水前寺公園前を起点とした各バス停の出発時刻は表 2 のようになる。すべての停留所に所定の発車時刻まで停車し、ダイヤから遅れている場合は最低 20 秒は停車するように設定した。

(4) シミュレーションの再現性の評価

シミュレーションの再現性の評価をするために、図 3 に示すように実際の観測断面交通量とシミュレーションの再現断面交通量との比較を行った。プロットの点の数は、観測地点数 3、時間帯の数 12 の積である 36 点ある。相関係数は 0.933 であり、再現交通量が妥当であることが確認できる。

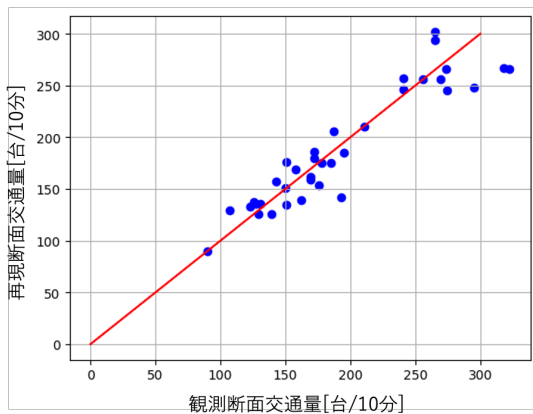


図-3 断面交通量の現況再現性

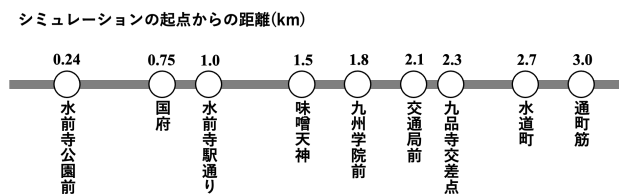


図-4 バス停留所位置

4. バスレーンの効果

(1) シミュレーションのシナリオ設定

バスレーン設置による効果を検証するために、実際と同じようにバスレーンを設置したシナリオ 1 と、バス専

用の制限を撤廃し、一般車も入れるようにしたシナリオ 2 についてシミュレーションを行った。現実の運用は 3 車線あるうちの一番左側の 1 車線がバス専用、残りの 2 車線がすべての車両が通行可能となる。シナリオ 1 はこのルールを適用した。シナリオ 2 は、バス専用車線に対して、車両の制限を撤廃し、3 車線ともにすべての車両が通行できるようにした。シミュレーション対象区間のバスの停留所の位置関係を図 4 に示す。

(2) 旅行時間の評価

シミュレーションの起点である出水一丁目交差点から終点である市役所前までの自動車の平均旅行時間を図 5、バスの平均旅行時間を図 6 に示す。これらから、バスレーンの導入により、自動車の旅行時間が増加することおよびバスの旅行時間が減少することがわかる。バスについては時刻表が定められており、その時間より早く出発することがないように定められているため、旅行時間が時刻表で設定されている時間よりも短くなることはない。

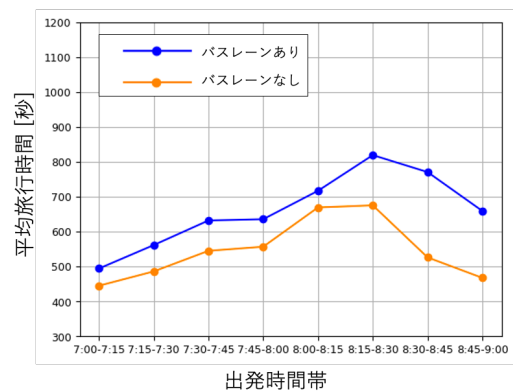


図-5 自動車旅行時間平均

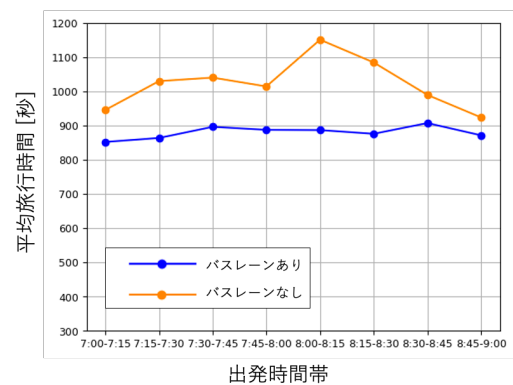


図-6 バス旅行時間平均

(3) 定時性の評価

国府、九州学院前、通町筋バス停におけるバスのダイヤからの遅れ時間の分布を図 7, 8, 9 に示す。国府バス停はシミュレーション対象区間の 2 つ目のバス停であり、シナリオによる差はあまり出ていない。九州学院前バス

停では、どちらのシナリオにおいても全てのバスで 50 秒以上の遅れが生じた。平均遅れ時間はシナリオ 1 が 125.9 秒、シナリオ 2 が 168.1 秒となった。通町筋バス停はシミュレーション対象区間で最後のバス停であるため、シナリオによる差が大きく出ている。

各バス停ごとの平均遅れの変化を図 10 を示す。この図から、1.8 km 地点の九州学院前バス停において遅れがピークにあることがわかる。どちらのシナリオにおいてもその後遅れ時間は一旦は減少するが、3.0 km 地点の通町筋バス停において大きな差が生じる。これは 2.8 km 地点に存在する水道町交差点においてバスレーンがバスの旅行時間短縮に大きな効果を発揮しているからではないかと考えられる。

各バス停ごとの遅れ時間の箱ひげ図を図 11 に示す。この図から、バスレーン設置により遅れ時間分布の幅が狭まることわかる。特に、終点付近の水道町、通町筋バス停において、シナリオによる差が大きく生じている。このことから、バスレーンの設置がバスの遅れ時間の減少に貢献し、定時性が向上することがわかる。

バスの平均信号待ち回数はシナリオ 1 が 7.66 回、シナリオ 2 が 10.34 回であった。また、信号待ちによるバスの停車時間の平均はシナリオ 1 が 277.5 秒、シナリオ 2 が 420.6 秒となった。このことから、バスレーンを導入することによって信号待ち回数および待ち時間が減少し、その結果バスのダイヤからの遅れ時間が減少することがわかった。

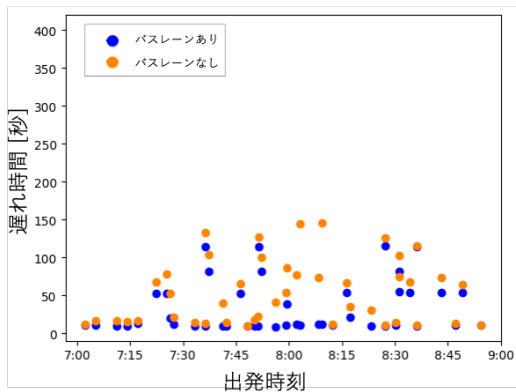


図-7 国府バス停におけるバスの遅れ時間

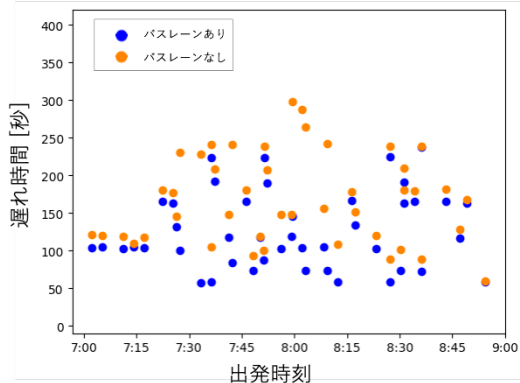


図-8 九州学院前バス停におけるバスの遅れ時間

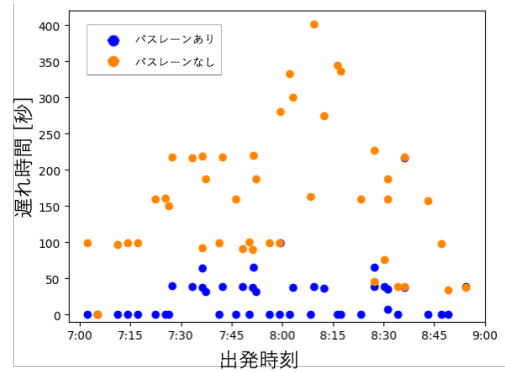


図-9 通町筋バス停におけるバスの遅れ時間

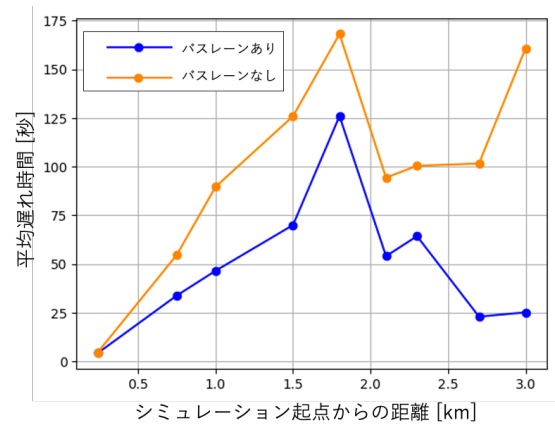


図-10 各バス停ごとの平均遅れ時間

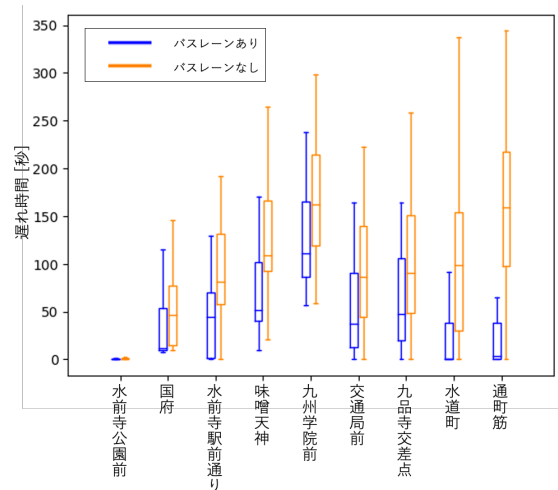


図-11 各バス停ごとの遅れ時間の箱ひげ図

5. まとめ

本研究では、マイクロ交通シミュレータを用いてバスレーンがバスの定時性に与える影響について検証した。その結果、バスレーン導入によって遅れ時間が減少し、バスの定時性向上に貢献することがわかった。しかし、バスの定時性に関する要素は大きく分けて旅行時間とダイヤの二つがある。旅行時間には渋滞だけでなく信号待ち

時間など他の要因もある。バスレーンの導入により、渋滞による旅行時間増加は抑制できるが、信号サイクル長等の他の要因もあり、バスレーンだけで解決するというわけではない。ダイヤについても、バスの停留所間のダイヤ上の所要時間を長くすれば遅れ時間を吸収でき定時性向上に貢献する一方で、旅行時間の増加につながる。本稿ではバスのダイヤは所与としたが、今後研究を進めていく上でダイヤについても考える必要がある。また、バスレーンにおいても効果が大きく出る区間とそうでない区間があることがわかった。実際にバスレーンを導入する際には区間ごとの評価を適切に行う必要がある。

今後の課題としていくつか挙げられる。一つ目は、本研究ではバスが時刻表通り走行していると仮定している点である。シミュレーションの起点のバス停である水前寺公園前バス停は途中の停留所であるため、必ずしも時刻表通りバスが到着するとは限らない。また、停車時間についても本研究では各バス停 20 秒と仮定しており、現実との乖離が生じている。実運行のデータを利用する必要がある。二つ目は、1 路線のみに対してシミュレーションを行ったことである。バスレーンなど公共交通に対して優先施策を行った際、自動車が他の経路を選択することでネットワークとして交通量の変化が生じる。この影響についても考える必要がある。

謝辞：本研究は、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の支援による「行動変容と交通インフラの動的制御によるスマートな都市交通基盤技術の研究開発」の一部として実施した。

参考文献

- 1) N. Dadashzadeh and M. Ergun: Spatial bus priority schemes, implementation challenges and needs: an overview and directions for future studies, *Public Transport*, vol.10, no.3, pp.545-570, 2018.
- 2) 佐野可寸志, 松本昌二, 野沢徹, 尾羽根幸: 交通シミュレーションモデルを用いたバス優先施策の評価, *土木計画学研究・論文集*, 17 巻, pp. 933-940, 2000.
- 3) 日野泰雄, 塚口博司, 東野隆朗, 竹林弘晃, 中平明憲: バス優先システム導入効果に関する事例的研究, *土木計画学研究・論文集*, 19 巻, pp. 853-859, 2002.
- 4) 奥嶋政嗣, 秋山孝正, エランパリマデュー: 都市交通政策評価のためのファジィ理論に基づくマイクロ交通シミュレーションの構築, *土木計画学研究・論文集*, 26 巻, pp.923-932, 2009.
- 5) A. Russo, M. W. Adler and J. N. van Ommeren: Dedicated bus lanes, bus speed and traffic congestion in Rome, *Transportation Research Part A*, vol. 160, pp. 298-310, 2022
- 6) P. A. Lopez, M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, Y. P. Flotterod, R. Hilbrich, L. Lucken, J. Rummel, P. Wagner, and E. Wiessner: Microscopic Traffic Simulation using SUMO, *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*, pp. 2575-2582, 2018.

Verification of the Effect of Bus Lanes on Bus Punctuality Using Microscopic Traffic Simulator

Hokuto NAKAGAWA, Ken SHIRAHATA, Masaki ITO and Takashi OGUCHI

Road traffic in urban areas has the problem of congestion. It is effective to increase the convenience of public transportation and convert users by implementing priority measures for public transportation on roads to eliminate traffic congestion. Focusing on bus lanes among the priority measures, we target bus lanes that are actually operated in Kumamoto City, and use a micro-traffic simulator to simulate real traffic conditions. By conducting simulations with and without bus lanes, we verify the effect of the installation of bus lanes on the punctuality of bus schedules. Based on the results, we discuss the effects and limits of delay time reduction by bus lanes.