シミュレーション手法を用いた都市部におけるシェア型自動運転交通の導入評価 Evaluation of Shared Automated Vehicle in Urban Area using Multi-Agent Transport Simulation Model

花房 比佐友 ¹,高橋 浩司 ²,一瀬 恭平 ³,日下部 貴彦 ⁴ Koji TAKAHASHI¹, Kyohei ICHINOSE², Hisatomo HANABUSA ³ and Takahiko KUSAKABE ⁴

本研究は、シェア型自動運転交通システム導入による効果を評価するためのシミュレーションモデルの構築を行い、自動運転バスの実証実験を実施している地域をモデル化して Shared Automated Vehicle (SAV) および BRT 導入評価を行うことを目的とする。シミュレーションモデルの構築では、マルチエージェント交通シミュレーションモデルの MATSim と自動車交通流シミュレーションモデルの SOUND を連携する仕組みを開発した。一方、SAV、BRT (Bus Rapid Transit) の導入評価においては、大宮駅とさいたま新都心駅の周辺地域のデータ構築を行い、通常の交通システム上で各個人の1日のアクティビティを再現した上で、SAVとBRT が導入された際の利便性向上や周辺交通へのインパクトについて評価を行った。

Keywords: 交通計画, 自動運転, 交通シミュレーション, マルチエージェント

1. はじめに

近年の自動運転技術の開発とその進展、自動運転に関 わる法改正等、自動運転システムを使用した道路交通サ ービスが普及していく環境は整えられつつある。我が国 においては、ITS、自動運転に関わる政府の戦略をまとめ た「ITS 官民構想・ロードマップ」が 2014 年に策定され て以来、様々なサービスを想定した実証実験も行われて おり、中でも高速道路でのトラック隊列走行や限定地域 での無人自動運転移動サービス等がパイロットケース的 な役割と果たしているといえる。また、2021年3月に自 動運転レベル3に適合する技術を搭載した自動車が国内 自動車メーカーから販売が開始されるなど、一般道路に おいても徐々に自動運転車が身近なものになってきてい る。このような背景を基に、自動運転技術を活用した交 通システムはMaaS (Mobility as a Service) を実現す るための一つの解決策として期待されている。MaaS 導入 の利点とは一言でいえば移動の最適化であり、あらゆる 移動手段を決済方法も含めシームレスにつなぐことで、 利用者の利便性を最大化することが目的の一つといえる。 道路交通の分野においては、MaaS を実現する手段として デマンド型(応答型)交通システムが挙げられるが、地 域の特性や利用者の需要に応じて運行頻度や経路等のサ ービス内容を変更できるようにするためには、車両や人 的リソースを効率よく管理、運用する技術が必要である。 では今後、MaaS が様々な地域で適用され、持続可能な仕

組みとして普及していくためには、既存の交通システムの体系を、各地域の要求にあわせてどのように支援・変更していくべきか。自動運転技術を導入したサービスが既存の交通システムにどのような影響を与えるか、普及に応じてどのように地域の交通システムを再構成すべきかを議論するための評価手法については、今後より議論を深めていく必要がある。

評価環境の構築においては、単に既存の交通システム の一部が自動運転技術を搭載した車両に置き換わるとい う前提を置いた仕組みだけでは不十分で、個人の交通行 動と様々な移動手段の選択肢を考慮した上で定量的に評 価ができるモデルが求められる。加えて、前述したデマ ンド型交通システムのように、日々、時々刻々と変化し 続ける交通状況に応じて適切な交通リソースを割り当て るサービスを評価するためには、渋滞など動的な交通現 象を仕組みの中で再現しておくことも重要な点であると 考えられる。そのため、本研究においては、様々な交通 モードを扱うことのできるマルチエージェント交通シミ ュレーションモデルをベースとした交通シミュレーショ ンモデルの構築を行い、シェア型自動運転交通システム (以下、SAV) の導入による利用者の利便性評価を行うこ とを目的とする。本稿では、構築した交通シミュレーシ ョンモデルの概要と、都市部における SAV および BRT 導 入によるシミュレーション評価および結果に対する考察 を述べる。

1 正会員,博士 (理学), TOE, ㈱アイ・トランスポート・ラボ

〒101-0052 東京都千代田区神田神保町 3-10 e-mail: takahashi@i-transportlab.jp Phone: 03-5283-8527

- 2 正会員,修士 (工学), TOP, ㈱アイ・トランスポート・ラボ
- 3 正会員,修士(工学),㈱アイ・トランスポート・ラボ
- 4 正会員,博士(工学),東京大学大学院 工学系研究科

2. シミュレーションモデルの構築

本研究で構築したシミュレーションモデルについて解 説する。

2.1 機能要件

シミュレーションモデルの構築にあたっては、以下の点 を機能要件として挙げた。

- ・ 人単位で1日の交通行動を定義・模擬できること。
- ・自動車だけでなく、バス、電車など複数の交通モードが扱えること。
- ・各個人、各交通機関が逐次処理で時々刻々と変化 する交通状況が再現できる動的モデルであるこ と。
- ・1 日の行動を改善しながら最適条件下での結果を 出力する day-to-day のシミュレーションモデルで あること。
- ・道路交通については、信号制御など各種交通規制 が設定でき、かつ渋滞時の延伸など実態に近い交 通流が再現可能であること。
- ・経路選択行動モデルを内包しており、その場の交 通状況に応じて経路選択を行う仕組みを有する こと。

上記は、一般に適用されている複数の移動手段を扱えるマルチエージェント交通シミュレーションモデルにおおよそ当てはまるものであるが、信号制御・連携や方向規制、車線規制などの交通規制の設定や再現機能、交通状況に応じて動的に経路を変更して目的地まで移動する機能については、実装されていない、あるいは一部だけ実装されているというモデルが多い。そのため、各要求仕様を満足するために、マルチエージェントシミュレーションモデルと交通流モデルを連携させる仕組みを開発した。

2.2 全体構成

本研究において適用するマルチエージェントシミュレーションモデルは MATSim¹⁾とし、自動車交通流を再現するための連携モデルを広域道路網交通流シミュレーションモデル SOUND とした。

MATSim (Multi-Agent Transport Simulation) は、個人の 1 日の交通行動を模擬するマルチエージェント交通シミュレータである。MATSim はベルリン工科大学とスイス連邦工科大学の共同開発されたものであり、現在はオープンソースで公開され、都市交通に関わる多くの研究者に活用されている。MATSim は複数種の交通行動をシミュレーション可能で、たとえば車両、自転車、公共交通(バス、電車等)など、様々な交通モードを組み合わせて 1 日のトリップを再現できる仕組みとなっている。MATSim では各 agent (人)が 1 日の行動計画を決定 (initial

demand) →計画実行(mobsim)→結果評価(scoring)→計画変更(replanning)を繰り返し行うことで、結果的に"良い"行動計画が生き残る (=co-evolutionary アルゴリズム) ように計算が進行する。したがって、システム全体として一種の Nash 均衡を指向して結果の収束を行っていくプロセスが基本動作である。

一方、SOUND(Simulation on Urban road Network with Dynamic route choice)は、自動車交通流を扱う広域道路網向け交通シミュレーションモデルで、将来の新規道路整備による交通マネジメントの効果評価 ^{2)や}一般街路における各種の交通運用策の評価や、交通管制システムと連携した交通状況予測エンジンとして活用されている。モデルの特徴として以下の項目が挙げられる。

- ・ 渋滞現象のダイナミズムを考慮しており、過飽和 の交通状況を再現できる。
- ・静的/動的な経路選択モデルを内包しており、I TS(高度道路交通システム)における情報提供や 動的経路誘導などの運用策の評価が可能である。
- ・車種などの各種の属性を付与した個別の車両を扱 うので、対象車両を限定した交通運用施策の評価 が可能である。
- ・リンク毎に与えた交通量-密度(Q-K)特性を用いて車両移動の計算をするマクロなモデルであり、 計算負荷が小さいため、大規模なネットワークに 適用可能である。

交通流モデルにおいては、リンク上を走行する車両パケットを待ち行列で管理しているが、三角形で近似された交通量ー密度関数に従って厳密な密度管理を行えるアルゴリズムである Newell の Simplified Kinematic Wave Theory を適用し、リンク内の滞留台数が抑制される現象を表現している。また、実装されている経路選択モデルにおいては、最短コストの経路を選択するものと、シミュレーションモデルから得られたリンク旅行時間をもとに、各 OD 間の経路選択率を一定時間毎に更新し、経路選択を繰り返していく(Dial 配分アルゴリズム)ものが実装されている。

2.3 連携方法

MATSim のシミュレーションの流れと SOUND の連携を図 1 に示す。MATSim においては、シミュレーション中"execution"、"scoring"、"replanning"の各プロセスが最適解を導くまで繰り返し行われる。executionでは、与えられたシミュレーションプランを実行し、各エージェント(個人)の行動結果を計算する。MATSim では歩行者、車、電車やバスといった公共交通を扱うシミュレーションが可能であり、移動はエージェント単位で行われる。scoringでは、executionで得られた結果から、活動・移動・待機などに対して効用を計算し、最適解か判断を行う。

replanning では、scoring で効用が要件を満たさなかった場合、あらかじめ設定した割合で次の日の行動プランを決定する。行動プランは経路、出発時刻、交通機関などが変更される。

SOUND は図 1 に示す通り、MATSim の execution プロセスにおいて道路交通のシミュレーションを担当する。 SOUND は、エージェントが車両(自家用車)に乗車して目的地まで走行する、あるいは路線バスに乗車して目的地付近のバス停で降車するなど、道路上の各モビリティの移動を計算し、エージェントの乗降、乗車時の移動(リンク流入、流出イベント等)をMATSimへ通知する。バス等の固定経路を走行する車両以外は SOUND の経路選択モデルによって経路が選択されるため、動的に経路が変更される。

3. SAV、BRT の導入評価

本研究のケーススタディにおいては、2021年に自動運転サービスの実証実験³⁾が行われた埼玉県さいたま市の

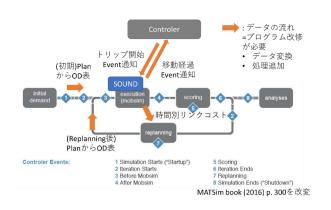


図 1連携方法

さいたま新都心駅と大宮駅を中心とする地域を対象とした。図 2 に対象範囲を示す。図中に示す東西約 5km 四方のエリアを評価対象エリア(青の領域)、その周囲 1km のメッシュ領域をバッファエリアとした。本研究では、現況再現(ベースケース) するケースを構築し、ベースケースを基に SAV、BRT を導入したケースを作成して評価を行った。

3.1 使用データ

MATSim および SOUND を実行するために必要な入力 データを表 1 に示す。基本的には MATSim が必要とする入力データで構成されており、MATSim で定義されて いないリンクパラメータや経路選択行動モデルパラメータについては、別途 SOUND の入力データとして用意してシミュレーション初期化時にファイル読み込みで設定する仕組みとした。

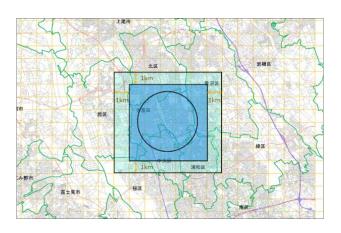


図 2 評価対象エリア

表1入力データと作成方法

項目	データ内容、作成方法等					
ネットワークデータ	ノード、リンク(有効リンク)で構成される各モビリティの移動移動ネットワーク。道路交通ネット					
	ワーク、鉄道ネットワークは市販のデータを基に作成した。					
施設データ	商店や学校など、各個人のトリップ起終点の施設情報。市販のデータを基に作成。した					
公共交通データ	鉄道およびバスの運行に関するデータ(出発時刻、運行頻度、鉄道駅、バス停など)。鉄道の運行デ					
	ータは市販のデータを基に作成。バスの運行データは国土交通省の国土数値地図情報で公開されて					
	いるバスルートデータ、およびバス停留所データから作成した。					
交通規制、信号データ	主な交通規制は市販の地図データに収録されている情報(規制速度、方向規制など)を入力。信号デ					
	ータは、国土地理院の数値地図(国土基本情報)に収録されている信号位置情報を基に信号交差点					
	を特定し、サイクル長 120 秒、各方向青時間スプリット、赤時間スプリットをそれぞれ 50%で設定					
	した。					
エージェントプラン	各エージェントの 1 日の行動プランをトリップチェーンで定義するデータ。移動開始目標時刻、発					
データ	生場所と集中場所、移動手段、車の所持等を定義する。三谷ら4の研究成果で作成された手法を用い					
	て作成し、その後シミュレーション結果と実測結果を比較しながらシミュレーション対象地域の状					
	況に合うようにパラメータを調整した。					

3.2 ベースケースの再現性検証

ベースケースの再現性検証においては、実測値とシミュレーション値の比較を行いながら、需要(プランデータ)の調整およびリンクパラメータの調整を行った。表2にベースケースの概要と再現性検証項目を示す。

プランデータについては、前述した三谷らの研究成果を基に作成し、駅利用者数が概ね検証項目として参考にしたものと合うように調整した。本研究においては、初期データでシミュレーションした際、特に北与野駅で利用者数が少なかったため、シミュレーション結果から北与野駅を利用したエージェントを補足し、トリップの構成率をできるだけ変更しないよう、同じ行動を行うエージェントを増加させる処理を行った。

図 3、図 4 に調整後の検証結果を示す。本結果は SOUND と連携したモデル(以下、SOUND 連携モデ ル)で30日分の計算をしたものである。交通量の再現性においては観測場所によって実測値と乖離している状況が確認された。これは、MATSimで行われる scoringプロセスで行っている各エージェントの1日の行動評価は、断面交通量にあわせて行動プランを変更する目的ではないことが原因の一つであると考えられる。一方、駅利用者数は概ね良好な結果を得ている。

なお、SOUND と連携しない通常のMATSim(以下、通常モデル)においても同様の検証を行っているが、断面交通量の検証においては、SOUND 連携モデルよりも若干良好な結果を得ているものの、実測値に対して乖離が大きい箇所も見受けられた。また駅利用者数においても SOUND 連携モデルと概ね同様の結果であった。両者においての入力データの違いは信号データの設定で、通常版では信号制御の設定機能がないため、設定を行って

表 2ベースケース概要

項目	データ内容、作成方法等				
ネットワーク規模	ノード数:54671、リンク数:116367(鉄道ネットワーク、道路交通ネットワーク含む)				
時間帯	午前 4:00~翌午前 4:00(24 時間)				
総エージェント数	940530				
主要交通手段	鉄道(電車)、路線バス、自動車(自家用車)、徒歩				
再現性検証項目	断面交通量(道路交通): 平成 27 年度道路交通センサスの主要道路区間の断面交通量(日交通量)				
	駅利用者数:県内駅・利用者数ランキング(令和元年度・1 日平均、評価対象は大宮駅、さいたま新				
	都心駅、北与野駅)				

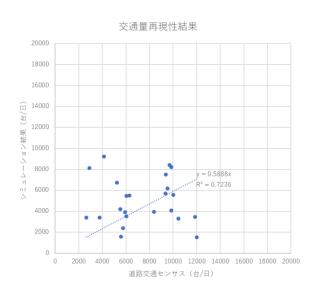


図 3 交通量再現性検証結果

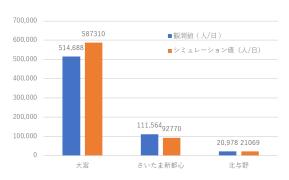


図 4 駅利用者数再現性検証結果



図 5 評価対象エリアの平均速度

いない。図 5 にピーク時における評価対象エリアの平均速度の比較結果を示す。これは通常モデル(図中「MATSIM」)の結果と SOUND 連携モデル(図中「MATSIM(SOUND 連携版)」)のエリア平均速度を比較したもので、SOUND 連携モデルの方がより混雑、渋滞していることがわかる。本研究においては、通常モデルを適用する際、1 回のシミュレーションにおいて 200 日分の計算を実施しているが、SOUND 連携モデルにおいては、30 日分の計算(概ね通常モデルと同程度の計算時間の範囲)とした。これは SOUND 連携モデルの計算負荷が大きいためで、計算速度が低下するのは、SOUND 内において一定周期(本研究では 5 分ごとに設定)で経路選択の計算を行っていることが主な原因である。

また、本研究においては、平均速度や旅行時間の再現性 検証については実測データが不十分で行っていないが、 重要視するべき項目であるため、今後検証可能なデータ 入手と効率的に活用できる環境整備が課題である。加え て、現時点では各種実測値に近づくためのパラメータ調 整手法も確立されておらず、同時に取り組むべき課題で あるといえる。



図 6 路線バスネットワーク

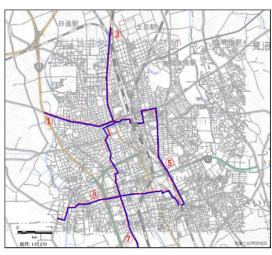


図 7 SAV 運行経路 (1)

4. ケーススタディ

本研究で開発したシミュレーションモデルと前述したベースケースを基に、ラストワンマイルの移動を支援するための共有型自動運転システムとして、SAV とBRT を導入するシナリオケースを設定し、評価を行った。

4.1 シナリオケース設定

BRT および SAV の設定については、丸山の研究成果り (Seo and Asakura の SAV 最適化問題のを BRT と同時最適 化するように拡張したもの)を参考に走行ルートと運行 頻度を設定した。BRT および SAV の運行設定は、主に大 宮駅、北 与野駅、さいたま新都心駅を朝ピーク (AM7:30~AM8:30)に利用する個人の行動を対象としており、各駅から対象地域内への移動、もしくは、対象地域内の拠点から各駅への移動に対して利便性向上のためのモビリティサービスを導入するという前提とした。図6にベースケースで設定した路線バスネットワークを示す。図7、図8に SAV の運行経路、図9に BRT の運行経路を示す。SAV、BRT は設定した経路上を双方向で運行し、運行頻度は、BRT (乗車定員60台とした)は8分

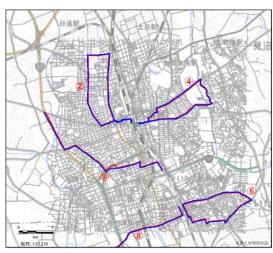


図 8 SAV 運行経路 (2)

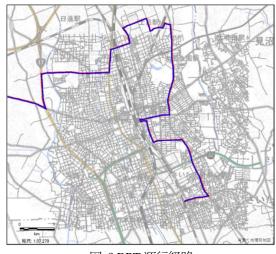


図 9BRT 運行経路

に1台、SAV(乗車定員は10人とした)は2分に1台の頻度で各経路の端点を出発する設定とした。乗降場所については、走行経路BRTは500-1000mに1か所、SAVは250-500mに1か所を目安に設置した。ケーススタディにおいても、ベースケースと同様に、通常モデルについては200日分、SOUND連携モデルについては30日分の計算を行った。分析にあたっては、SAVおよびBRTが運行する時間帯を含む午前7時から午前9時の間で大宮駅、北与野駅、さいたま新都心駅を利用(駅からさいたま市内、もしくはさいたま市内から駅へ向かうトリップ)したエージェントを対象に集計を行い、ベースケースの結果と比較した。

4.2 SAV • BRT 導入ケースの評価

SAV・BRT 導入ケース (以下、導入ケース) の評価に あたっては、表 3 に示す指標でエージェントの利便性に ついての評価を行った。

(1)マクロ指標

評価対象地域内の主要鉄道駅(JR 大宮駅、さいたま新都心駅、北与野駅)を乗降したエージェントを対象に、駅から目的地、目的地から駅までの旅行時間を集計して総旅行時間及び平均旅行時間を求め、SAV 及び BRT の導入効果を評価した。通常モデルでシミュレーションを行った導入ケースでは、ベースケースに対して対象トリ

ップ数が 60.7%増加する結果となった。また、総移動距 離は85.9%の増加となっており、1トリップ当たりの平 均移動距離は 15.7%増加する結果となった。総旅行時間 は 42.7%の増加となっており、1 トリップ当たりの平均 旅行時間は 11.2%の減少となった。総旅行時間及び総旅 行時間は集計対象のトリップ数の増加によって増加する 結果となった。SAV ・BRT の導入に伴ってエージェント がより効率的な移動手段が選択できるようになり、平均 旅行時間が減少したと考えられる。SOUND 連携モデル によるシミュレーションでは、導入ケースはベースケー スに対して対象エージェント数が 57.1%増加したのに対 して、総移動距離は53.3%の増加となっており、1トリ ップ当たりの平均移動距離は 2.4%減少する結果となっ た。総旅行時間は17.1%の増加、1トリップ当たりの平均 旅行時間は25.4%の減少となった。両モデルともに、全 域にわたって SAV.と BRT の導入による移動量の活性化 と移動時間短縮効果が確認された。

(2)移動距離分布

交通モード構成による分析では(1)で述べた集計対象 のエージェントに対して、主な移動手段別での旅行距離 を分析した。具体的には、各エージェントの移動手段 (バス、SAB、BRT、電車、徒歩)の中で、徒歩を除く 最も移動距離の長い移動手段を代表移動手段として集計 をした。図 10、図 11 に移動距離構成を比較した結果

表 3 評価指標

項目	データ内容、作成方法等
マクロ指標	各個人(エージェント)の総トリップ数、総旅行時間、総移動距離、一人あたりの旅行時
	間、移動距離等の比較。
移動距離分布	各個人(エージェント)の移動距離の構成をヒストグラムで評価。
旅行時間分布	各個人(エージェント)の旅行時間の構成をヒートマップで評価。
乗降場所利用者数	さいたま市内の各乗降場所での利用客数を GIS 上に可視化。SAV については各路線単位
	での交通状況と利用客数の関係について分析。
乗り換え場所分布	さいたま市内の乗り換え場所と頻度について GIS 上に可視化。



図 10 移動距離構成(交通モード別、大宮駅利用): ベースケース、SOUND 連携モデル適用



図 11 移動距離構成(交通モード別、大宮駅利用): 導入ケース 、SOUND 連携モデル適用

を示す。移動手段が徒歩のみである場合には代表移動手段を徒歩として集計した。ベースケースにおけるバスによる移動は1000m程度の移動からとなっており、

SAV・BRT を導入することでバス利用の一部が SAV、BRT に代替する結果となった。ここで、BRT は 600m の短距離から 12000mの長距離にかけて利用されているのに対して、SAV は 1000mから 7000m のバスで利用されていた距離をカバーする結果となった。徒歩による移動の分布では徒歩移動がネットワーク構造の影響を受けないのでいずれのケースにおいても 800m 辺りでピークとなっており大きな変化は見られなかった。この分析結果は、通常モデルのシミュレーション結果においても概ね同様の傾向であることを確認した。

(3)旅行時間分布

(1)で集計したエージェントを対象に、主要駅を発着するトリップの旅行時間を移動距離帯別のヒートマップで分析した。図 12 に SOUND 連携モデルの結果を分析した図を示す。図中の色はトリップ数を可視化したもので、赤くなるほど多い傾向を示す。ベースケースとの比較から、SAV・BRTを導入することで遠方のトリップが増加している一方で、短距離トリップの旅行時間が短くなっている傾向が確認された。また、移動手段別に分析したところ、SAVを代表移動手段とするトリップは2km以内の短距離で、旅行時間が1500秒から1800秒の範囲が最頻となっており、SAVの利用による旅行時間の短縮効果が現れていると考えられる。また、BRTを利用したトリップは12000m辺りが最も多く、遠方のトリップが増加してるのはBRTの導入による影響であることが確認された。

(4)乗降場所利用者数

乗降場所利用者数においては、各路線のバス停・停車場の利用状況を分析し、SAV・BRT 導入に伴う乗降回数の増加等、利用者が交通機関を積極的な利用につながっているかを評価するために分析した。表 4 に分析結果を示す。ベースケースを比較して導入ケースでは全体で4943 人の利用者が増加したことが確認された。そのうち明らかになっている。また、上記の分析結果を用いて、SAV の各路線の交通状況(区間平均速度)と利用者数の関係について相関図による追加分析を行ったが、区間平

SAV と BRT の利用者が多くを占めるが、路線バスにおいても、導入ケースでは、ベースケースよりも利用者数が 542 人増加していることが分かった。駅を利用する近距離トリップにおいては徒歩によるトリップが多いが、一定のエージェントが徒歩から SAV や BRT へ移動手段を切り替えた結果であること移動手段別の分析において均速度が高い区間を走行する SAV のほうが、利用者数が多い傾向にあることがわかった。このことから、動的に変化する交通状況下において、混雑が少なく目的地付近にある程度予定通りに到着できるような路線は SAV の運用に有利であり、SAV が交通状況に応じて経路選択するような運用方法によってより利便性を高められる可能性が示唆される結果となった。

(5)乗り換え場所分布

乗り換え場所の分析においては、各エージェントの移動履歴から、路線バス、BRT、SAV について複数の路線を乗り継いて移動する箇所と回数をカウントし、地図上に可視化した。図 13 に SOUND 連携モデルによる乗り換え回数を比較した結果を示す。導入ケースでは、ベースケースと比較して乗り換え回数が広い範囲で行われていることが確認できた。BRT/SAV 導入によってより公共交通の選択肢が広がり、利便性が向上して目的地までの旅行時間短縮につながり、各エージェントの行動に路線バス、BRT、SAV の積極的利用のインセンティブが働いたと考えられる。

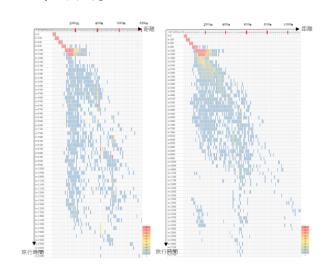


図 12 旅行時間分布 (大宮駅利用、左:ベースケース、 右:導入ケース、SOUND 連携モデル適用)

表 4 バス停、乗降場の利用者数(7:00~9:00、SOUND 連携モデル)

項目	路線バス	SAV	BRT	合計
ベースケース	11236	0	0	11236
導入ケース	11778	1797	2604	16179



図 13 乗り換え場所分布 (左:ベースケース、右:導入 ケース、SOUND 連携モデル適用)

4.3 考察

以上の分析から、SAV およびBRT 導入による効果について得られた成果を以下にまとめた。なお、評価基準となるベースケースにおいては、エリア全体で渋滞・混雑に近い交通状況であることを留意すると、移動時間の観点で、比較的短距離(1~2km 程度)のトリップを行うエージェントはバスや SAV・BRT が利用しにくい環境下でのシミュレーション実験であったことを前提に結果を評価する必要がある。

- ・SAV・BRT を追加導入した結果、駅利用者の総トリップ数、総移動距離、総旅行時間が増加する結果となったが、1トリップ当たりの旅行時間に換算すると導入ケースでは短縮された結果となった。これは、SAV・BRTを追加導入によって駅利用に関わるアクティビティが増加し、かつ旅行時間短縮によって目的地あるいは駅への移動手段の利便性が向上していると考えられる。
- ・移動距離分布による分析、旅行時間分布による分析においては、SAV は 2km 程度の短距離トリップ行を担当し、一方で BRT は長距離から短距離トリップまで幅広く輸送を担当している状況が確認された。このことから、SAV、BRT が想定する対象トリップに利用され、適切に運用されたと考えられる。また、SAV・BRT を追加導入することによって全体の旅行時間分布も短くなる傾向にあり、予定通りに目的地へ到着するという視点での利便性向上が期待される結果となった。
- ・乗降場所利用分布による分析においては、SAV・BRT を追加導入によって市内の公共交通(路線バス)の利用者数が増加するバス停も確認され、市内の公共交通の促進にも寄与している状況が確認された。路線バスの利用者数に対して SAV・BRT の利用者数は少ないものの、路線バスの運行路線とは異なる路線をカバーしていることや、運行頻度もピーク時にあわせて路線バスよりも高い設定となっており、既存の主要路線の効率的な利用に寄与しているものと考えられる。また、混雑が少なく目的地付近に予定通りに到着できる

ような路線は SAV の運用に有利であり、デマンド型で運用すればさらに利便性向上につながると考えられる。

・乗り換え場所分析においては、SAV・BRT を追加 導入したシナリオケースで現況ケースに比べて 乗り換え回数と場所が増加している状況が確認 された。この分析においても、乗降場所利用分布 による分析と同様、SAV・BRT の導入が公共交通 利用の効率的利用に寄与していると考えらえる。

5. おわりに

本稿では、シェア型自動運転交通システム導入による効果を評価するためのシミュレーションモデルの構築について述べ、ケーススタディによる SAV・BRT 導入効果について評価した結果を報告した。本研究を通じて得られた課題を基に、今後はより多様なモビリティを扱える機能を実装して評価できるモデルへ機能追加していき、一方で交通状況の再現精度の向上を目指したパラメータ調整手法について検討を行う予定である。

謝辞

本研究は、国土交通省「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」の「マルチスケールな交通連携を 想定した拠点配置と交通マネジメントについての技 術研究開発」において取り組んだ成果である。本プロジェクトの関係各者に深く謝意を表す。

参考文献

- Horni, A et al. (eds.) 2016. The Multi-Agent Transport Simulation MATSim. London: Ubiquity Press. DOI: https://doi.org/10.5334/baw, License: CC-BY 4.0
- 2) 大口敬, 力石真, 飯島護久, 岡英紀, 堀口良太, 田名部淳, 毛利雄一:首都圏 3 環状高速道路における交通マネジメント評価シミュレーションの開発, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, I 1255-I 1263, 2018.
- 3) https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/000802903.pdf
- 4) 三谷卓摩, PhathinanTHAITHATKUL, 日下部貴彦:アクティビ ティベースドシミュレーションのための社会経済属性デー タ作成手法の提案. 土木計画学研究発表会・講演集, 60,富山, 2019.12.
- 5) 丸山稜太:共有型自動運転システムの多目的最適化: BRT と 利用者最適配分との統合,東京工業大学環境・社会理工学院 土木・環境工学系,卒業論文,2022.3.
- 6) Toru Seo and Yasuo Asakura: Multi-Objective Linear Optimization Problem for Strategic Planning of Shared Autonomous Vehicle Operation and Infrastructure Design, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume: 23, Issue: 4, April 2022