

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究終了報告書】

		氏名 (ふりがな)	所属		役職
①研究代表者		(みぞかみ しょうし) 溝上 章志	熊本学園大学経済学部		教授
②研究 テーマ	名称	自動運転とシェアリングが融合した新しいモビリティサービスと社会・都市・生活の未来についての研究開発			
	政策 テーマ	[主テーマ] 【領域1】新たな行政システム [副テーマ]	分科会/ 公募タイプ	FS実施 ソフト分野	
③研究経費 (単位: 万円)		令和2年度	令和3年度	令和4年度	総合計
※端数切り捨て。実際の研究期間に応じて記入欄を合わせる こと		1,432	1,840	600	3,872
④研究者氏名		(研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)			
氏名		所属・役職 (※令和5年3月31日現在)			
嶋本 寛		宮崎大学・准教授			
金森 亮		名古屋大学・特任准教授			
藤見俊夫		京都大学・准教授 (令和3年3月まで熊本大学・准教授)			
安藤宏恵		熊本大学・助教 (令和3年度より)			
⑤研究の目的・目標		(提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)			
		「自動運転」と「シェアリング」はSociety5.0を支える主要技術であり、経済概念である。両者が統合した自動運転シェアリング (AVS: Autonomous Vehicle Sharing) は究極のモビリティサービスを提供するであろう。本研究開発では、AVSサービスに対する市民の要望や社会的受容性、既存公共交通事業との関係、駐車場需要や都市構造・社会生活への影響など、AVSサービスが実装された後の総合的モビリティサービスのあり方と社会・都市・生活の変化・変容について、技術的・社会的側面から検討を行うことを目的・目標とした。 最終的には下記を具体的な研究の目的とした。			
		(1) ライドシェアリングサービス導入実証実験や地域MaaS実証実験、実運用サービスのモニタリングから得られた知見や効果の分析			
		(2) MaaSや新たなモビリティ導入の需要予測と政策評価を支援する外部プログラムとの連携によるマルチエージェント型モビリティシミュレータの開発と適用			
		(3) マクロシミュレーションモデルと数理モデルによる都心部駐車場やレベル4における自動運転車優先走行区間などの都市施設や道路空間の設計			

⑥これまでの研究経過・目的の達成状況

(研究の進捗や目的の達成状況、各研究者の役割・責任分担、本研究への貢献等(外注を実施している場合は、その役割等も含めて)について、必要に応じて組織図や図表等を用いながら、具体的かつ明確に記入下さい。)

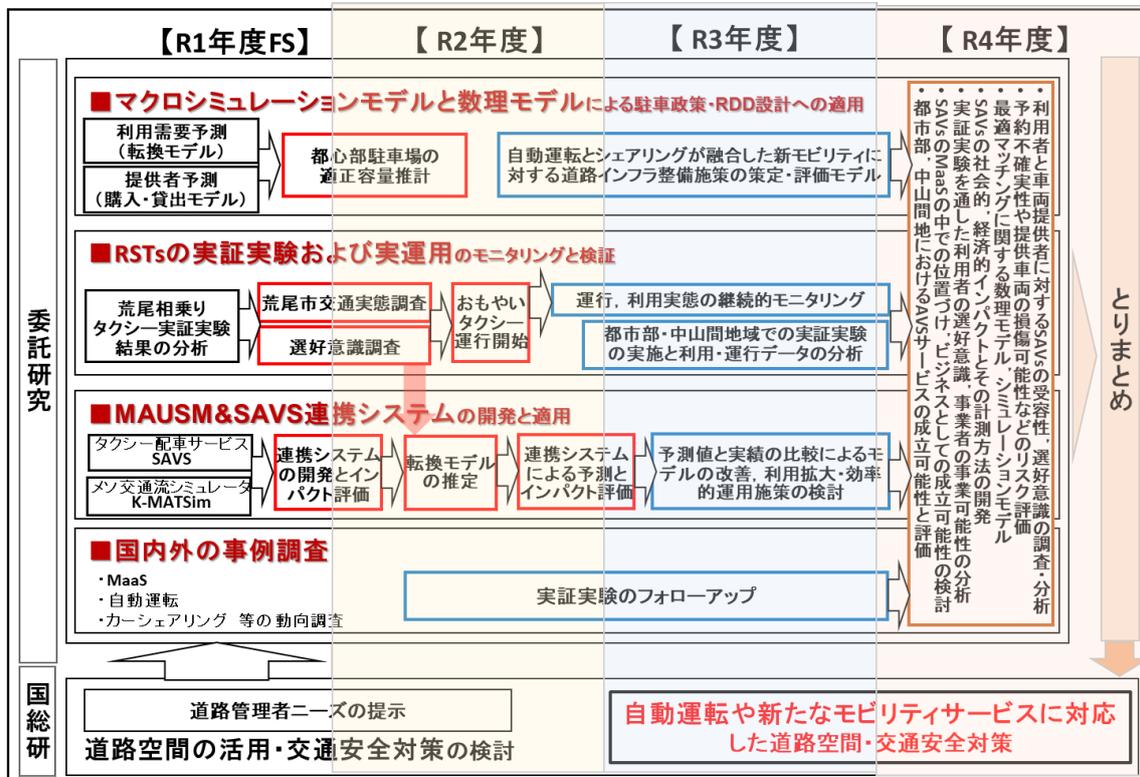


図-1 研究の概要

令和元年度のFSに続いて、令和2年度より3年間の研究内容の概要を図-1に示す。本研究の主要な課題は、自動運転とシェアリングが融合した新たなモビリティが登場した場合の

- (1) ライドシェアリングサービス導入実証実験や地域MaaS実証実験、実運用サービスのモニタリングから得られた知見や効果の分析
- (2) MaaSや新たなモビリティ導入の需要予測と政策評価を支援する外部プログラムとの連携によるマルチエージェント型モビリティシミュレータの開発と適用
- (3) マクロシミュレーションモデルと数理モデルによる都心部駐車場やレベル4における自動運転車優先走行区間などの都市施設や道路空間の設計

を行うことである。以下、順に目的の達成状況と各研究者の役割などについて概説する。

(1) ライドシェアリングサービス導入実証実験や地域MaaS実証実験、実運用サービスのモニタリングから得られた知見や効果の分析

1) 中山間地における相乗りサービスの成立可能性と導入効果の分析(嶋本担当)

熊本県上天草市において2021年に自家用旅客運送サービス「のれな号」実証実験にあわせて実施した移動・活動実態調査とライドシェアを対象としたマッチングモデルを用いて、中

山間地における乗合タクシーサービスの成立可能性と導入効果を分析した。その結果、特に需要が限られている中山間地においては、移動や活動の時・空間パターンをある程度集約することができれば、相乗りサービスの導入可能性が高まることを明らかにした。

2) 都市圏周辺部におけるライドシェアタクシーサービスによるMaaSの導入効果の分析 (溝上担当)

2021年10月11日(月)～11月22日(月)に実施した既存公共交通機関とリアルタイムオンデマンド区域運行型乗合タクシーとの接続、かつ小規模ではあるもののピアクレス健軍商店街との連携を志向した広義のMaaS実証実験「健軍地区におけるピアクレスAIデマンドタクシー(ピアクレスMaaS)実証実験」に対して、参画したタクシー事業者、商店街、MaaSアプリ作成協力会社、後方支援の熊本市がこの具体的な事例から得た成果と知見、課題を整理した。さらに、くまもと産MaaSの実装に向けて、MaaS事業に興味を持つ組織や企業、個人が、乗り越えるべき具体的な課題を、政策と技術の両面から議論した内容をまとめた。

3) 地方都市におけるライドシェアリングサービスの導入効果の分析の成立可能性(溝上担当)

人口約5万の荒尾市で2020年10月に運行を開始している区域運行型リアルタイムオンデマンド乗合タクシーであるおもやいたクシーの経時的な利用と運行の実態、収支構造などを、運行開始から2年後の2022年9月末までの予約ログデータや利用者アンケート調査データなどを用いて分析した。その結果、利用需要は経年的に増加しており、運行開始2年後には当初の約2.5倍に、乗降エリアやODパターンも多種多様に、既存公共交通との競合はないこと、利用者の評価も向上してきていることなどが分かり、地方都市におけるバスサービスを補完するリアルタイムオンデマンドモビリティの有用性を検証した。

(2) MaaS や新たなモビリティ導入による需要予測と政策評価を支援する外部プログラムとの連携によるマルチエージェント型モビリティシミュレータの開発と適用

1) MAUMS (Multi-Agent Urban Mobility Simulator) の開発とその性能検証/妥当性確認(溝上担当)

人の動的な交通行動をシミュレートし、各種交通サービスの利用状況や交通状況の評価するため、メソタイプの交通シミュレーションモデルMAUMSを開発した。シミュレーションモデルには交通ネットワーク上でのトリップの発生やボトルネックにおける渋滞現象などの現実の交通現象を正しく表現することが求められる。ここでは、交通工学研究会が策定した「交通流シミュレーションの標準検証プロセスVerificationマニュアル」に基づき、車両の発生、ボトルネックの容量/リンク下流端の飽和交通流率、渋滞の延伸と解消およびショックウェーブの伝播速度、および経路選択行動についてのVerification(性能検証)を行った。その結果、全て満足する性能を持つことが検証された。さらに、首都高速道路交通起終点調査(平成7年9月)のベンチマークデータを用いてValidation(妥当性確認)を行った結果、シミュレーションからの推計値は高い現況再現性を持つことを検証した。

2) MAUMS & SAVS連携シミュレータによる荒尾おもやいたクシーの需要と運用の評価(溝上担当)

MAUMSは、全ての車両と交通需要者の挙動をシミュレートすると同時に、Web APIによって外部のシステムであるリアルタイムオンデマンド最適配車システムSAVS (Smart Access Vehicle System) との連携により、乗合タクシー利用者の予約を反映させることが可能という機能を持つ。荒尾市では、2020年10月から、SAVSによる区域運行型リアルタイムオンデマンド乗合タクシーの「おもやいタクシー」の運行を開始した。そこで、別途推定したおもやいタクシーへの転換モデルを組み込んだMAUMSをSAVSと連携させたシミュレータにより、おもやいタクシーの需要予測を行い、再現性の検証を行った。その結果、実績値と比較して予測値は過大となることが明らかになったが、本シミュレータは新たなモビリティ導入の債の需要予測や導入効果の評価に適用可能であることを検証した。これは、新たなモビリティに対する選好意識を問うSP (Stated Preference) 調査データを用いて推定された転換モデルは一般に需要を過大予測するためである。

3) 観測データを用いたMAUMS内の転換モデルの同化 (溝上担当)

おもやいタクシーを対象に実施したMAUMS&SAVS連携シミュレーションモデルには、新たなモビリティに対する選好意識を問うSP (Stated Preference) 調査データを用いて推定した転換モデルを内挿したため、利用需要の予測値が過大予測となった。そこで、予約ログデータから得られる実績値が生じる同時生起確率が最大になるように転換モデルのパラメータを修正するデータ同化手法を開発した。この手法を多時点の実績値に適用した結果、それぞれの時点において、比較的少ない更新回数で、予測値と実績値との乖離を大幅に改善するパラメータを推定することができることを確認した。得られたパラメータを追跡することによって、将来の定常的な利用需要を予測することが可能になり、新たなモビリティ導入による定常的な将来需要を予測することを可能にした。

(3) マクロシミュレーションモデルと数理モデルによる都心部駐車場やレベル4における自動運転車優先走行区間などの都市施設や道路空間の設計

1) SAVs運用による都心部駐車需要の予測と適正駐車容量の設定 (溝上担当)

本研究では、1997年実施の第3回、2012年実施の第4回熊本都市圏パーソントリップ調査のマスターデータを用いて、都市圏全域での車の移動時間と駐車時間の構成、その経年変化を分析した。また、パーソントリップ調査のCゾーン別の車の流入・流出分析により、都心部2ゾーンに実際に必要な駐車場の適正容量をマクロシミュレーションモデルとある種の待ち行列理論を用いて算出し、現況の駐車スペース数との比較を行った。さらに、SAVs (Shared-Autonomous Vehicle service) への転換とSAVs車両提供に関する選択モデルを組み込んだマクロSAVs運用シミュレータを用いてSAVs普及後のゾーン別駐車回数や駐車時間を予測した後、適正な駐車容量を試算した。その結果、駐車容量は現在のその約2/3で十分となることを明らかにした。

2) 手動運転車とSAVs混在下におけるSAV走行区間設計モデルの構築 (嶋本担当)

自動運転技術が未熟であるために自動運転車両AV (Autonomous Vehicle) は指定された区間だけで走行可能である社会を想定する。ここでは、すべての移動者が手動運転車

HDVか共有型自動運転車SAVのいずれかの交通手段で移動するとき、システム最適状態を満たすSAV走行区間とSAV投入台数を決定する数理モデルを、ライドシェアリングを考慮した時空間配分モデルを拡張する形で構築した。さらに、熊本都市圏を模したネットワークにおいて、SAVのデポを郊外部と中心部に設置した場合を想定した適用計算を行った。

3) 連続的な自動運転車専用レーン整備モデルの構築と熊本都市圏への適用例（安藤担当）

AVの導入効果を高めることが期待されるレベル4のAV専用走行レーンについて、専用区間の配置が必ず木構造となる制約を与えることによって不連続な専用区間が出現することなく連続性を担保した上で、システム最適となる専用レーンの配置を決定する数理モデルを構築した。提案したモデルはリンク容量制約に基づく総走行距離最小化モデルであり、AV専用レーンの設置が及ぼすHDVへの影響を考慮することで、専用レーン設置によるAVが享受するメリットとHDVのデメリットの両方を表現することを可能にした。さらに、このモデルから得られた専用レーンをその道路ネットワークに設定したMAUMSを実行し、AV専用レーン設置時の交通状況の詳細分析を行った。

⑦中間・FS評価で指摘を受けた事項への対応状況

（中間・FS評価における指摘事項を記載するとともに、その対応状況を簡潔に記入下さい。）

2021年度の中間評価での今後の研究計画・方法への指摘事項は下記であった。

- 1)自動運転とシェアリングの統合という当初の目論見には到達できそうもない。ただ、各々については深い研究がなされる。
- 2) 当初の研究開発目的（ライドシェアと自動運転の統合、都市生活行動の変容の展望）の実現可能性がやや見えにくくなった。最終年度の成果取りまとめの方向性の見直しが必要のようにも思われる。
- 3)自動運転とシェアリングの統合という点についてはいろいろと難しい面があると思われる。結果的に研究をやった中でできなかったということはあることなので、「融合した」ということになぜできないかとか、あるいはこういうところを解消しないと難しいよとかということとはまとめて頂きたい。
- 4)4.(2)の方法論は(1)c と関係しているが、それらの関係が不明確である。(2)のモデルを用いた(1)cの実証実験へのフィードバックについて考えるとよいのではないか。

表-1 モビリティサービスの分類

運転システム	シェア		車	席
	提供者			
手動	個人		個人間 Car-Sharing	Ride-hailing
	事業者		Car-Sharing	Ride-sharing Taxi service
自動	個人 or 事業者		Shared Autonomous Vehicle service	Autonomous Ride-Sharing service

上記1)~3)は「自動運転とシェアリングの融合」が明確になっていないという指摘である。本研究では、シェアするものとそのサービスの提供者によってモビリティサービスを表-1に示すようなサービスに区分し、ここでは事業者によって提供される手動運転車による乗合サービスであるRide-sharing Taxi serviceと、事業者または個人によって提供される自動運転車による車両のシェアであるShared Autonomous Vehicle service, および乗合サービスであるAutonomous Ride-Sharing serviceを対象とした。

究極のモビリティサービスは、このリアルタイムオンデマンド乗合サービスを自動運転車によって行うサービスであろう。しかし、運行に関しては車両が手動運転か自動運転化によってシェアモビリティサービスの量や質に大きな影響は与えない。自動運転のメリットは、運転ミスによる事故防止やドライバーの運転負荷軽減などの運転行動、および流通業・運輸業の運行効率性の改善への効果は大きい。しかし、事業者や個人の遊休自動運転車両によるモビリティサービスを除いて、移動の利便性向上への効果はそれほど大きくないと考えられる。そこで、「⑥これまでの研究経過・目的の達成状況」で概説した3つの主要な研究成果のうち、自動運転とシェアリングを融合したシステムを想定して分析、モデル化したのは、(3)1) SAVs運用に伴う都心部駐車需要の予測と適正駐車容量の設定（Shared Autonomous Vehicle serviceであり、溝上担当）と、(3)2)手動運転車とSAVs混在下におけるSAV走行区間設計モデルの構築（Autonomous Ride-Sharing serviceであり、嶋本担当）に限定した。その他の成果については、主に事業者やNPOなどが提供する手動運転車による区域運行型のリアルタイムオンデマンド乗合サービス（Ride-sharing Taxi service溝上担当）である。

レベル5の完全自動運転技術の完成までに、レベル4で自動運転が可能なODD（Operational Design Domainで運行設計領域）の条件のうち、道路条件、特に道路網上で自動運転走行区間をどこに設定するかは重要な条件である。しかし、我が国ではその研究例がほとんど確認できない。そこで、(3)2)と3)で、レベル4の自動運転走行区間の設定を目的とした2つのタイプの数理モデルと熊本都市圏への適用を行った。さらに、(3)3)の数理モデルから得られたシステム最適な自動運転走行区間をMAUMSの道路ネットワークに設定し、交通流シミュレーションを実行して交通流動の詳細分析を行った。

⑧研究成果

（本研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等について、具体的にかつ明確に記入下さい。）

以下では「⑥これまでの研究経過・目的の達成状況」で概説した研究内容の詳細を述べる。

(1) ライドシェアリングサービス導入実証実験や地域MaaS実証実験、実運用サービスのモニタリングから得られた知見や効果の分析

1) 中山間地における相乗りサービスの成立可能性と導入効果の分析

熊本県上天草市において2021年に自家用旅客運送サービス「のれな号」実証実験にあわせて実施した移動・活動実態調査とライドシェアを対象としたマッチングモデルを用いて、中山間地における乗合タクシーサービスの成立可能性と導入効果を分析した。

ライドシェアのサービスが成立するためには、ドライバーとライダーの移動が時空間的

にマッチングされる必要がある。そこで、本研究では図-1に示すような一般的な2次元ネットワークに時間軸を加えた時空間ネットワークにおいて、ドライバーおよびライダーの行動を記述する。

ドライバーおよびライダーは、希望する活動場所および時間帯ごとの活動の効用を有しており、それらは活動前日に既知であるものとする。ただし、ドライバーおよびライダーは希望するすべての活動を行わなくてもよいとする。移動に際しては移動時間に比例する負の効用が、希望する活動場所以外での滞在に際しては滞在時間に比例した負の効用がそれぞれ生じるとする。また、簡単のため道路混雑は生じず移動時間は一定であるとする。さらに、利用者の乗降時間も簡単のため無視する。以上の前提条件のもと、ドライバーおよびライダーの総効用が最大となる両者の移動・活動パターンを求める数理モデルを構築した。モデルはドライバー $d \in D$ がリンク $a \in A$ を利用すれば1、そうでなければ0、ライダー $r \in R$ がリンク $a \in A$ を利用すれば1、そうでなければ0となる決定変数を持つ整数線形計画問題として定式化された。

ここで、目的関数を構成する各リンクに対する効用は、図-2の上段に示すように、移動リンク、および滞在リンクには時間あたり一定の負の値とする。しかし、が、ような線形関数とする。しかし、移動・活動実態調査で目的地への到着を遅らせることが可能、あるいは目的地を出発する時刻を早めることが可能と回答した場合には、図-2の下段のようにその時間分の効用を差し引いて設定している。

移動者は6:00~21:00に自宅あるいは自宅外で活動、自宅から最初に出発する交通手段が自動車(運転)である回答者をドライバー、それ以外の回答者をライダー、ドライバーを除く車両容量を3人として、上記のモデルを図-3に示す9つ

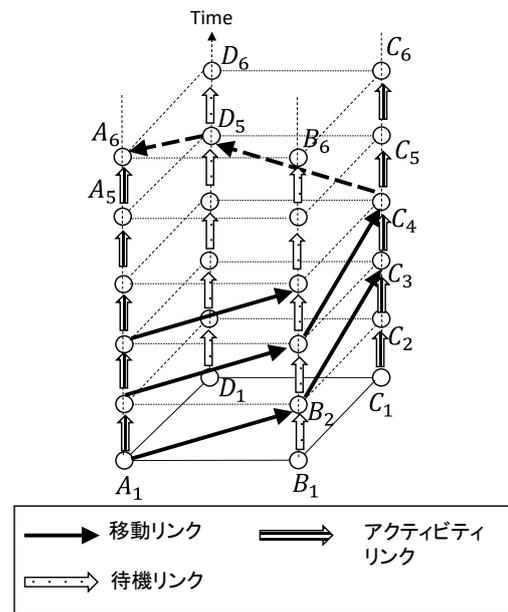


図-1 時空間ネットワーク

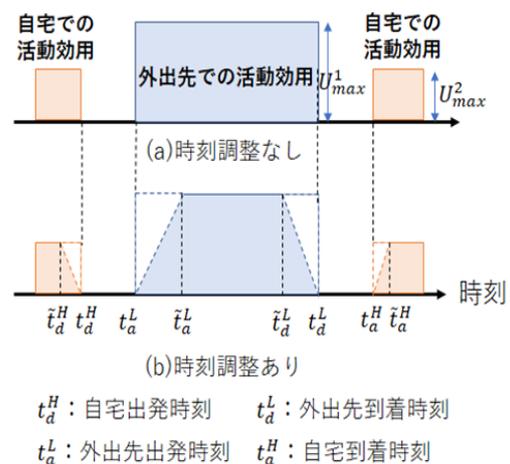


図-2 活動に対する効用関数

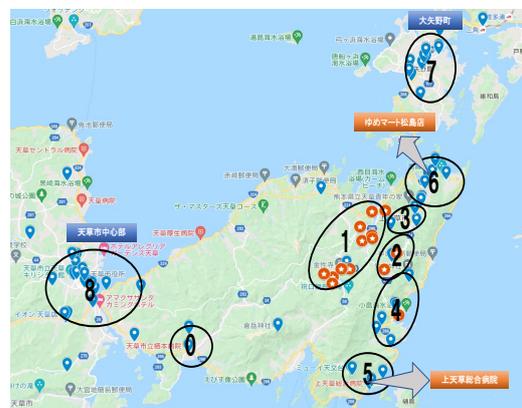


図-3 対象地域とゾーニング

のゾーンに分割された地域に適用する．ここでは，自家用旅客運送実証実験中の移動・活動実態に対する回答をモデルの入力データとして，分析対象地域における相乗りサービスの成立可能性を評価した．その結果，1) ドライバーとライダーの出発・到着時刻の実績とモデルによる推定結果の乖離は小さいこと，2) ドライバー，ライダーの相乗り率の分布より，1台の車両に複数のライダーが相乗りする状況は起こりづらく，ライダーに関しては，6割程度は1人でドライバーの車両に同乗していることから，対象地域においてドライバーに過度の負担をかけることなく，ライドシェアによって大部分の移動需要を賄える可能性があることが明らかになった．

次に，**図-4**に示すように，全移動者の活動開始可能時刻を一律に早めるように調整した場合を想定し，相乗りサービスの成立可能性を検討した．その結果，同乗者の活動開始時刻を早めると訪問箇所数が増えて活動が活発化する上に，運転者の総旅行時間が減少すること，**図-5**に示すように，ドライバー，ライダー共に活動開始時刻の調整幅が拡大するにしたがって，相乗り率も拡大することが明らかになった．

以上の分析により，需要が限られている中山間地においては，午前中に行っている買い物を午後にずらしてもらうなど，時間制約が緩い活動の移動・活動パターンを調整・集約することができれば，相乗りサービスの導入可能性が高まるといえる．

2) 都市圏周辺部におけるライドシェアタクシーサービスによるMaaSの導入効果の分析

「健軍地区におけるピアクレスAIデマンドタクシー（ピアクレスMaaS）実証実験」を，2021年10月11日（月）～11月22日（月）に**図-6**に示す健軍地区で，**表-1**に示した要領で実施した．健軍地区は，熊本市都市マスタープランや立地適正化計画で全15地域拠点のうちのひとつであると同時に，熊本地域公共交通計画では熊本市中心部と地域拠点等を結ぶ8基幹公共交通軸の一つである健軍・益城方面の乗換拠点に位置づけられている．この実証実験の特徴は1) 既存公共交通機関とリアルタイムオンデマンド区域

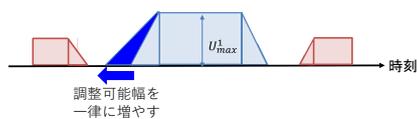
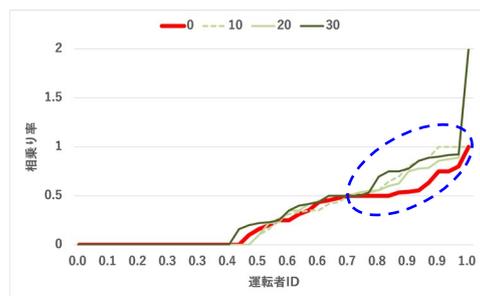
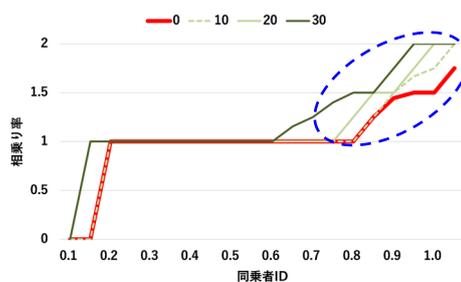


図-4 活動開始時刻の調整



(a) ドライバー



(b) ライダー

図-5 活動開始時刻の調整幅と相乗り率



図-6 対象地域とゾーニング

運行型乗合タクシーとの接続をしていること、
2) ピアクレス健軍商店街との連携を志向した小規模ではあるものの広義のMaaSであること、3)狭義のMaaSの条件である既存公共交通と新規のピアクレスAIデマンドタクシーの検索、予約が可能なローカルMaaSアプリを構築したことである。

本実証実験を実施するに当たり、1)ピアクレスAIタクシーの利用可能性の検索と予約だけでなく、2)対象エリア外からエリア内（逆に、内から外）への公共交通機関による移動のための経路検索を可能にすること、3)健軍商店街の協賛店舗についての情報発信だけでなく、協賛店舗での買い物によってピアクレスAIタクシーの半額クーポンの発行までも、スマホのアプリで一括して行うことができるスマートフォン

表-1 健軍地区 AI デマンドタクシー実証実験

内容	概要
期間	2021年10月11日(月)～11月22日(月)
運行日・時間	平日の8:00～20:00(予約受付:当日7:30～19:20で、予約日が平日なら前日でも可)
運送事業者	TaKuRoo
運行車両・数	4人乗りタクシー2台 ※繁忙時間帯は別途応援
運行形式	非定時・区域運行型・オンデマンド
システム	<ul style="list-style-type: none"> ■配車システム: Web・電話,リアルタイム・直前予約も可能 ■決済方法: クレジットカード,電子マネー,現金での支払いが可能
料金	バス・市電とタクシーの中間の料金で、通常タクシー運賃の約半額であり、次式で設定。 $相乗り運賃 = [初乗運賃 + \{ (検索最短距離 - 初乗距離) \div 距離制加算基準距離 \} \times 距離制加算運賃] \times 0.5$
付加的サービス	健軍商店街の協賛店舗で買い物をすると半額クーポンを発行

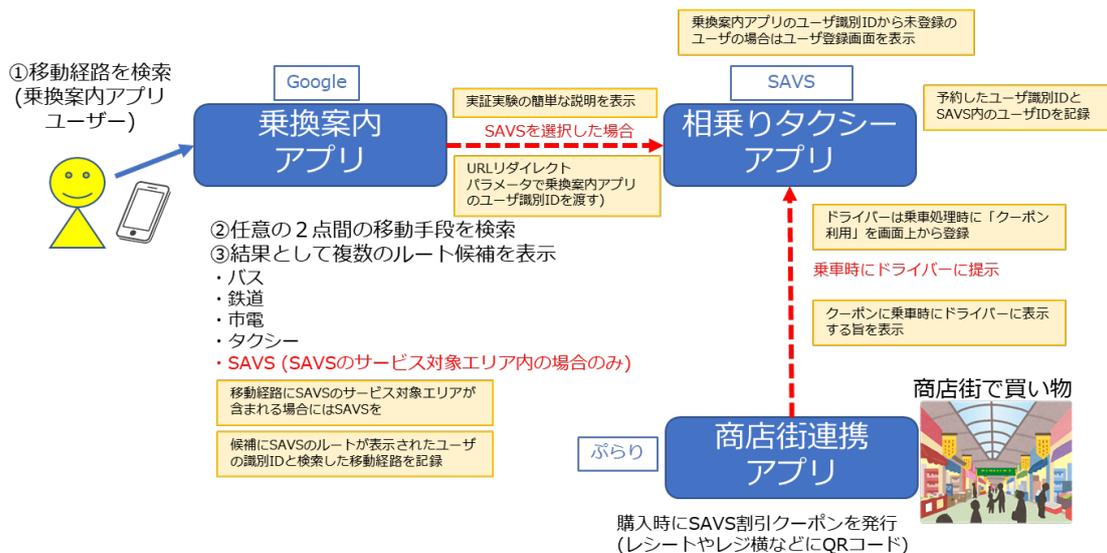


図-7 ピアクレス MaaS アプリの構成と機能

アプリを準備することにした。これらの機能を全て持つMaaSアプリにはMyRouteなどがある。しかし、短期間の実証実験であること、今回の実証実験で必要とされる機能は限定されること、ライセンス契約料が高額であることなどの理由で、独自に開発することにした。

1)については、利用者から出発・目的地の要求（オンデマンド）の予約が入った瞬間に、AIが各車両にどのような順番で誰を載せて誰を降ろすかという経路を計算するオンデマンド・リアルタイム最適配車アルゴリズム「SAVS」（株式会社未来シェア）を用いることにした。このシステムは、荒尾市「おもやいタクシー」他、国内の多くのオンデマンドモビリティサービスや実証実験でも配車アルゴリズムとして実装されており、信頼性は高い。3)につ

いては、誘客やPRを目的として来街者に店舗やイベント情報を配信するためのプラットフォームを提供する情報配信サービスアプリ「ぷらり」(株式会社リサーチアンドソリューション)を採用した。このアプリではスポット情報やパンフレット配信、クーポン配信などの機能を備えており、今回の実証実験で行う健軍商店街との連携に有用である。

狭義のMaaSを実現するためには、少なくとも上記1)と2)の機能が必要である。ここでは既存の経路探索アプリを活用することを想定した。このとき、1)と2)のアプリをAPIで連携して経路検索アプリに情報を取り込み可能な既存の経路探索アプリを調査し、それらの特徴や課題などを検討した。その上で、経路探索の始点・終点を地図上で指定、および各経路探索APIを使って得られた経路探索結果を画面上に表示するインターフェースであり、ユーザーの操作履歴の記録の役割を担う乗換案内アプリ「道案内」を独自に開発した。このとき、同一の人を識別して経時的な行動を追跡し、そのログを取得するために、これらの独立した3つのアプリ間で個人識別ID情報の受け渡しが可能となるようにしている。開発したMaaSアプリ「ピアクレスMaaSアプリ」の構成と機能を図-7に示す。

本実証実験に参画したタクシー事業者、商店街、MaaSアプリ作成協力会社、後方支援の熊本市が広義のMaaS実証実験から得た成果と知見、課題を整理した。さらに、MaaS事業に興味を持つ組織や企業、個人が、乗り越えるべき具体的な課題を、政策と技術の両面から議論した内容を以下にまとめる。

- 1) 大都市の乗換拠点へのアクセスに供するリアルタイムオンデマンドタクシーのようなモビリティサービスの利便性の高さと今後の整備の必要性は、実証実験への参加者だけでなく、非参加者からも認知されている。
- 2) 連携した商店街の店舗で買い物をした利用者にAIデマンドタクシーの半額利用クーポンを提供することによって、商店街の価値を高めると同時に、公共交通手段の利用促進を図る広義のMaaSの導入可能性を検証する実証実験を試みる価値は高い。ただし、今回は半額利用クーポンの原資はタクシー事業者側で払っている。実際に運用された場合の費用負担などについての議論が必要である。
- 3) ラストワンマイルを担うモビリティの導入可能性に関する実証実験であっても、エリア、運行時間、料金などを、実装時に近い設定で実施することが肝要である。また、このような狭義のMaaSであっても、新しいモビリティだけでなく、既存の公共交通機関も含めた統合サービスの検索・予約・決済(所謂、レベル2)が可能なMaaSアプリの準備が必要である。
- 4) その際は、必ずしもフルセットの機能を備えたMaaSアプリは必要なく、対象地域の環境や解決したい課題に応じたミニマムのMaaSアプリで十分である。今回は、既存のリアルタイムオンデマンドタクシー配車と商店街情報発信アプリを、共通の個人IDによって連携させることを可能にするプラットフォームを開発した。その結果、乗換検索と移動と買い物といった一貫した行動ログが取得できた。しかし、ID共有の可能性、システム改良など、相当面倒な調整が必要となった。
- 6) 実質1ヶ月間の実証実験期間中に延べで約500トリップの利用があったものの、実質的な利用者数は177人であり、その半数が1回だけの利用であった。実験の意義や導入するモビリティのサービスを周知する方法、モニター登録依頼の方法、IDの登録の方法など、潜在的用户の数をいかに増やすかが課題である。
- 7) そのためには、期間は2ヶ月でも短かく、短期間では実装に向けた利用需要の見積もりや

評価に関する情報は得られない。できるだけ長期の実証実験が求められる。

3) 地方都市におけるライドシェアリングサービスの導入効果の分析の成立可能性

人口約5万の荒尾市で2020年10月に運行を開始している区域運行型リアルタイムオンデマンド乗合タクシー「おもやいタクシー」の経時的な利用と運行の実態、収支構造などを、運行開始から2年後の2022年9月末までの予約ログデータや利用者アンケート調査データなどを用いて分析し、地方都市においてバスサービスを補完するリアルタイムオンデマンドモビリティの導入可能性についての検討を行った。表-2に荒尾おもやいタクシーの概要を、表-3に料金を示す。

表-2 荒尾おもやいタクシーの概要

対象エリア	荒尾市全域
実施時期	2020年10月1日～
運行台数	2台 (EV車)
運行時間	8:00～17:00 (土日祝日を含む)
予約受付時間	7:30～16:30
予約方法	電話・スマホ
運賃	事前確定運賃(小学生半額,未就学児無料) スマホ予約割引:50円/人
事業主体	荒尾市
運行主体	荒尾タクシー協会

表-3 料金 (円/人)

	おもやいタクシー	路線バス	タクシー
2km未満	300	約160	660-790
2-3km	400	約180	790-1,040
3-4km	500	約210	1,040-1,290
4-5km	600	約250	1,290-1,540
5km以上	700	約280~	1,540~

おもやいタクシーの運行に対して、a)利用者の予約ログデータ、b)タクシーの移動軌跡データ、c)利用者アンケート調査データを取得している。a)の予約ログデータはSAVSから得られる利用者の予約情報であり、利用者IDや乗降時刻、乗降地点の緯度・経度、料金や移動距離などのデータが取得可能である。b)のタクシーの移動軌跡データは運行中のタクシーのGPS位置データであり、およそ4秒ごとの緯度・経度などが計測されている。また、c)の利用者アンケート調査データは、車内で配布し、その場で記入してもらうアンケートへの回答データである。このアンケートデータから、利用者の性別や年齢などの個人属性の他、利用目的や普段利用している交通手段、乗合に関する満足度などが明らかにできる。また、記入された乗車時刻と乗車地点によりSAVSの予約ログデータと紐づけができることから、利用の実態と個人属性や評価との対応の分析も可能となる。

図-8に日別のトリップ数とその累積を示す。トリップ数と乗合率は時間を経るごとに増加しており、月別トリップ数は運行開始当初の467から、1年後の9月には963と2倍以上にまで増加している。登録者数は最近でも毎月30名程度いることから、おもやいタクシーに対する認知が広がっている。1日のトリップ数が10回より少ない日は26日あったが、そのうち25日は土日祝日(土曜日が2日、日曜日が20日、祝日が3日)であった。表-4には四半期ごとの評価指標の日平均値を示す。デマンド数やトリップ数、乗合数が増加していることから、おもやいタクシーは市民に普及してきているといえる。利用の増加に伴って、予約時の予定待ち時間が増加していること、料金や乗車距離が安/短になっており、短距離トリップが増加してきたことが分る。また、ODペアの総数と10回以上のトリップがあるODペア数は増加していると同時に、その分布は広域的になっている。また、どの四半期も荒尾シティーモールのメッシュを発着とするトリップが約1/4を占めているものの、それ以外のペア間のトリップ

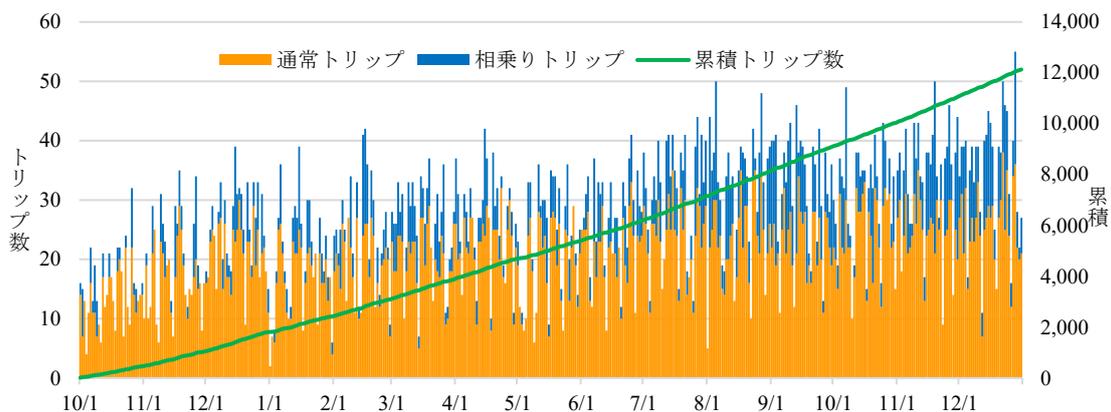


図-8 日別トリップ数と累積 (2020年10月1日~)

も増加していることから、ODの組み合わせも多様になった。一方で、待ち時間が40分程度になると予約成立割合が5割を下回っているなど、需要が増加して予約時の予定待ち時間が長くなると、キャンセルが増え、予約成立割合が低下するという負の効果が生じ始めている。

利用者に車内で配布して降車時に回収した利用者アンケート調査データから、利用者の利用目的や普段利用の交通手段、おもやいたクシーに対する評価を分析した結果、運賃や待ち時間については、好意的な意見がほとんどであり、前半と比較して後半はより好意的な回答が増えている。特に、運賃や待ち時間に対する評価は高いといえる。以上の結果から、おもやいたクシーは利用者から高い評価を得ている。ただし、乗合に対して不安を感じる人は、コロナ感染症の拡大前はわずか15%であったが、拡大後は48%に増加した。

以上のような分析により、以下に示すような知見を得た。

- 1) おもやいたクシーは交通利便性の向上や地域モビリティの維持に有用な交通手段であり、今後も路線バスを補完する交通手段として期待される。
- 2) 利用トリップ数と乗合率は遡増していること、短距離トリップが増加していることが明らかになった。また、ODペア数は増加し、OD分布は広域、かつ多様になっている。
- 3) 需要の増加に伴って迎車待ち時間が長くなると、キャンセルが増加して予約成立割合が小さくなること、待ち時間が約40分になると予約成立割合が5割になる。
- 4) 利用者の過半数は月当たりの利用回数が1回未満であるが、高頻度で利用している利用者も存在すること、利用者のクラスター分析から、高頻度利用者の43.6%は目的地や利用時間帯が固定のトリップであり、日常的な移動手段としておもやいたクシーを利用している。

表-4 四半期ごとの評価指標の日平均値

評価指標	2020. 10-12	2021. 1-3	2021. 4-6	2021. 7-9
デマンド数 (回)	26.4	30.2	32.3	41.8
トリップ数 (回)	19.7	23.0	25.3	31.6
乗車人数 (人)	20.4	24.2	26.4	33.3
相乗り数 (回)	3.0	4.7	4.6	8.5
料金 (円/人)	453.5	451.0	434.1	433.8
スマホ割あり料金(円/人)	407.3	405.3	388.0	387.5
乗車距離(km/トリップ)	3.0	3.0	2.8	2.8
予定待ち時間(分/トリップ)	8.3	9.6	8.6	9.7
実際待ち時間(分/トリップ)	8.8	10.0	9.4	11.3
稼働率(/台)	0.2	0.2	0.2	0.3
総運送時間(分/台)	77.4	89.4	93.2	122.1
総運送距離(km/台)	28.0	31.8	33.4	40.6
売上(円)	9,216	10,857	11,499	14,475
スマホ割あり売上(円)	8,271	9,753	10,278	12,928

5) 路線バスや通常のタクシーとの競合の有無についての分析から、おもやいタクシーは路線バスとは競合せずに補完していること、利用時の料金は路線バスより高くタクシーより安い利用となっている。また、事業の委託先は荒尾市内のタクシー会社であることから、タクシー事業との競合は生じないような運用になっている。

(2) MaaS や新たなモビリティ導入による需要予測と政策評価を支援する外部プログラムとの連携によるマルチエージェント型モビリティシミュレータの開発と適用

1) MAUMS (Multi-Agent Urban Mobility Simulator) の開発とその性能検証/妥当性確認（溝上担当）

人の動的な交通行動をシミュレートし、各種交通サービスの利用状況や交通状況进行评估するため、エージェントベースのメソ交通流シミュレータMAUMSを開発した。MAUMSは、図-9に示すように、入力された道路ネットワーク、初期交通需要などのシナリオデータに基づいて対象地域の交通環境を生成し、個々の交通利用者の交通に関する意思決定行動とそれによって生じる動的な交通流動をシミュレートする。

個々の目的地に向けて時々刻々に発生する交通利用者は1人のエージェントとして生成され、内挿された交通手段選択モデル、経路選択モデルに基づいて手段と経路の選択を行わせることができる。交通手段選択モデルでは、徒歩や自転車、二輪車、自動車、バス、鉄道、タクシーなど、複数の交通手段の中から効用が最大の交通手段が選択可能である。経路選択モデルでは、当該エージェントの目的地までの複数経路のうち、コストが最小の経路が選択される。経路コストは、経路を構成する各リンクの期待所要時間とする。

次に、個々のエージェントが選択した交通行動を交通ネットワーク上で集計化した交通流シミュレーションを行う。メソタイプの交通流シミュレーションモデルにより車両は一台単位で表現され、各車両の道路リンク上での挙動は交通密度、交通量、平均速度の関係

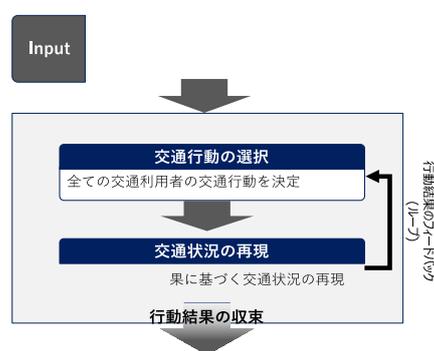


図-9 MAUMS の構成と解析フロー

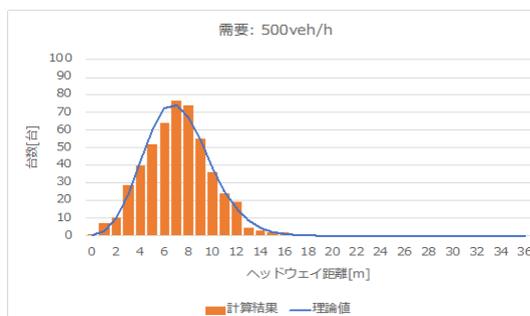


図-10 ランダム発生時のヘッドウェイ距離分布

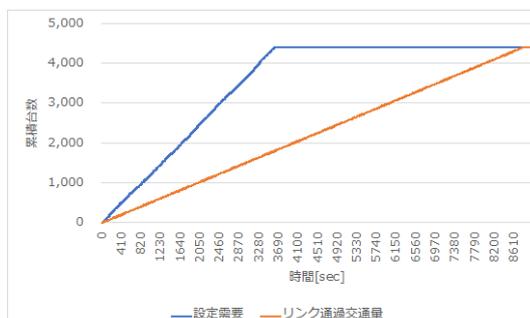


図-11 ランダム発生時の交通量の保存

式 (FD : Fundamental Diagram) に基づいて決定される。交通渋滞現象の取り扱い方法には、渋滞の延伸・縮小を考慮可能なPhysical Queueモデルを採用している。交通行動のシミュレート後、エージェント単位で当日の交通ネットワーク上での移動実績が、道路リンク単位の移動時間の実績情報として記録され、翌日の交通行動選択時の期待所要時間として反映される。

このように、本シミュレータはエージェントベースシミュレーションとメソ交通流シミュレーションのマクロ・ミクロのループ構造となっており、これらを繰り返すことによってエージェントの交通行動の変化およびネットワーク上の交通状況の変化を表現する。ある程度反復回数を重ねて、全エージェントの行動が収束した時点の結果を、該当ケースに対する定常状態として各種評価指標を算出する。

交通流シミュレーションモデルには交通ネットワーク上でのトリップの発生やボトルネックにおける渋滞現象などの現実の交通現象を正しく表現することが求められる。ここでは、交通工学研究会が策定した「交通流シミュレーションの標準検証プロセスVerificationマニュアル」に基づき、車両の発生 (図-10, 図-11参照), ボトルネックの容量/リンク下流端の飽和交通流率 (図-12, 図-13参照), 渋滞の延伸と解消およびショックウェーブの伝播速度 (図-14, 図-15参照), および経路選択行動についてのVerification (性能検証) を行った。その結果、全て満足する性能を持つことが検証された。

さらに、首都高速道路交通起終点調査 (平成7年9月) のベンチマイクデータを用いてValidation (妥当性確認) を行った結果、シミュレーションからの推計値は高い現況再現性を持つことが検証された。

以上より、MAUMSはMaaSや新たなモビリティ導入による需要予測や政策評価のための分

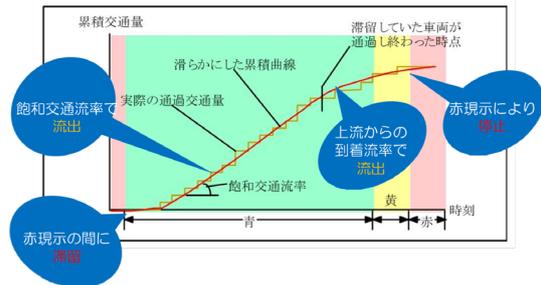


図-12 信号交差点における流出パターン

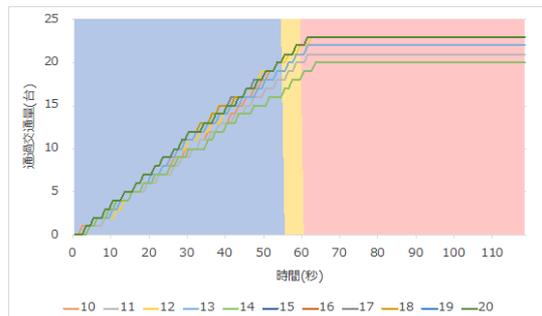


図-13 飽和交通流率

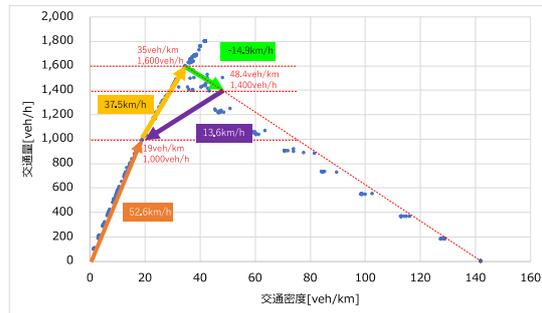


図-14 ショックウェーブの伝播速度

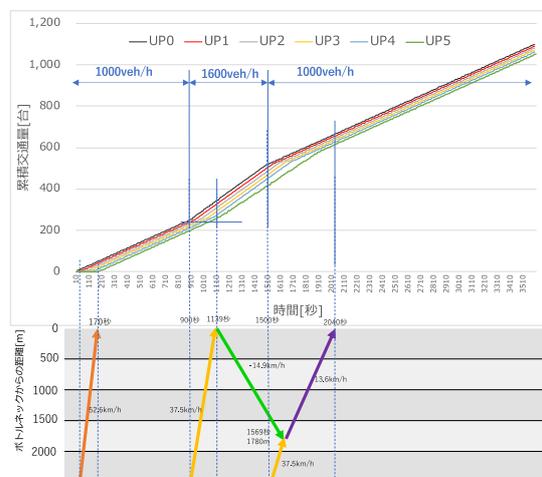


図-15 交通状態遷移図と通過交通量累積曲線

析ツールとして有用であるといえる。

2) MAUMS & SAVS連携シミュレータによる荒尾おもやいたクシーの需要と運用の評価 (溝上担当)

MAUMSの特徴は、Web APIによって外部のphysicalなシステムとの連携が可能なCyberなシステムになっている、つまりDigital Twinシステムであることである。たとえば、図-16に示すように、全ての車両と交通需要者の挙動をMAUMS上でシミュレートしながら、新たに導入されるデマンド型の乗合タクシー利用者の予約に対してはリアルタイムオンデマンド最適配車システムSAVS (Smart Access Vehicle System) を用いてMAUMSの中へ配車を行うなど、相互の情報をWeb APIで連携させている。

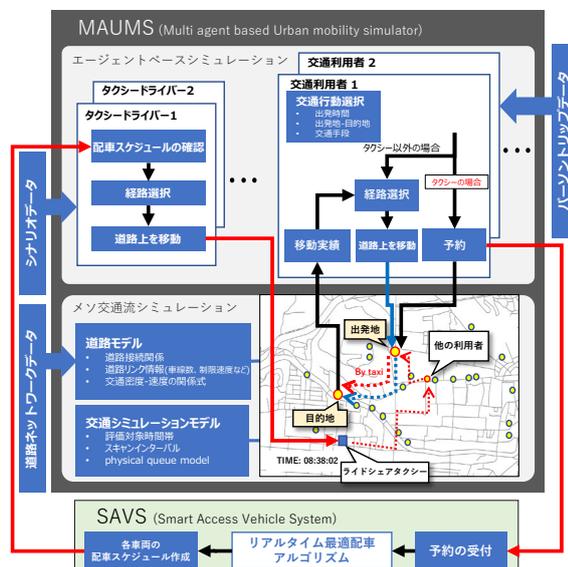


図-16 MAUMS&SAVS 連携シミュレーション

荒尾市では、2020年10月に、区域運行型リアルタイムオンデマンド乗合タクシーの「おもやいたクシー」の運行を開始した。そこでは、実際に配車システムとしてSAVSが利用されている。そこで、ロジットモデルで記述した表-5に示すおもやいたクシーへの転換モデルを組み込んだMAUMSをSAVSと連携させたシミュレータにより、おもやいたクシーの需要予測を行い、再現性の検証を行った。その結果、土日祝日を除く2021年4~6月の日平均トリップ数の実績値は30であるのに対して、MAUMSシミュレーション結果は152となり、5倍もの過大推計となった。その理由としては、転換モデルの推定に用いたデータが、種々の回答バイアスが存在することが実証されているSP (Stated Preference) 調査のデータであったためと考えられる。

表-5 おもやいたクシーへの手段転換モデル

	説明変数	推定値	t値
利用する	料金 (円)	-0.008	-7.46
	同乗者の選択可能性ダミー (1:同性,0:選べない)	0.643	2.26
	遅れ時間 (分)	-0.091	-2.75
	年齢	0.066	3.81
	現利用手段による所要時間 (分)	0.034	2.96
	性別ダミー (1:男性,0女性)	1.107	3.20
	現利用交通手段ダミー (1:車,0:公共交通)	2.264	2.96
	現利用交通手段ダミー (0:車,1:公共交通)	2.615	3.20
	自宅から最寄りのバス停までの距離 (km)	0.537	1.77
	利用しない	定数項	3.246
サンプル数		312	
尤度比		0.218	
的中率		0.724	

3) 観測データを用いたMAUMS内の転換モデルの同化 (溝上担当)

MAUMS&SAVS連携シミュレーションではおもやいたクシーの利用需要がかなり過大予測となる。その原因と考えられるMAUMSに内挿したおもやいたクシーへの転換モデルのパラメータを、予約ログデータから得られる観測値が生じる同時生起確率を最大にするようにパラメータを更新するデータ同化手法を開発した。ここでは、集計単位kにおいて、

MAUMSから推定される個々人の転換確率の平均値が p_k であるとき、サンプル T_k のうち同集計単位の中で実利用者数 x_k が生起する同時生起確率を最大にするように、転換モデルのパラメータを更新していく。

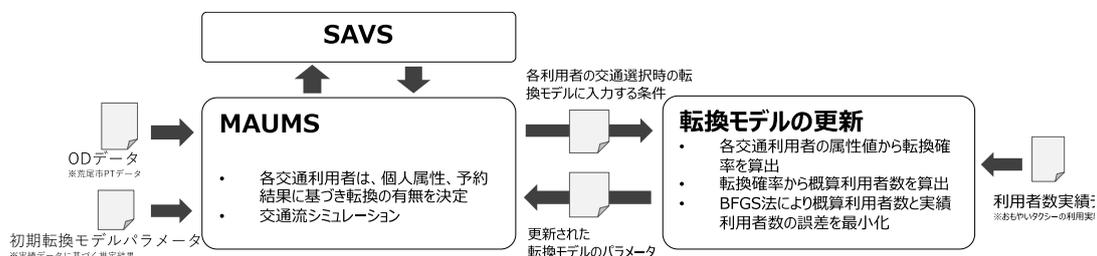


図-17 データ同化手法による転換モデルのパラメータの更新フロー

ここでは2021年と2022年のそれぞれ土日祝日を除く4～6月の運行時間帯を集計単位 k とし、 k 時間帯別利用トリップ数の平均を実績値 x_k として、上記の方法で転換モデルの効用関数のパラメータのうちの定数項を更新した。収束回数ごとの定数項の変動、1日の利用者数についての実績値とMAIMSによる推計値の変動を図-18に、収束した時点における時間帯別の利用者数の実績値と推計値を図-19に示す。あるとき、この単位この手法を多時点の実績値に適用した結果、それぞれの時点において、比較的少ない更新回数で、予測値と実績値との乖離を大幅に改善するパラメータを推定することができることが確認された..



図-18 更新回数ごとの利用者数の推計値と実績値

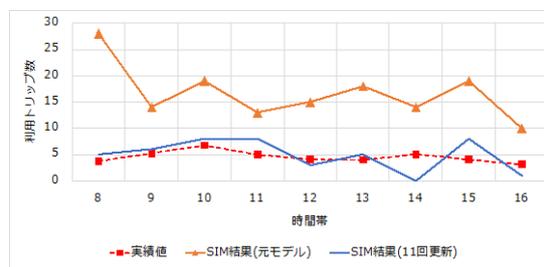


図-19 時間帯別利用者数の実績値と推計値

(3) マクロシミュレーションモデルと数理モデルによる都心部駐車場やレベル4における自動運転車優先走行区間などの都市施設や道路空間の設計

1) SAVs運用に伴う都心部駐車需要の予測と適正駐車容量の設定（溝上担当）

ここでは、1997年実施の第3回、2012年実施の第4回熊本都市圏パーソントリップ調査のマスターデータを用いて、都市圏全域での車の移動時間と駐車時間の構成、その経年変化を分析した。図-20に両年の構成比率を示す。1日の自家用車の移動時間はわずか3%程度であり、残りは駐車、または自宅に保管されている。駐車場駐車時間は約25%で、自宅駐車時間と自宅保管時間の和は全体の約70%となっている。両年ともそれぞれの構成比に大きな差はないも

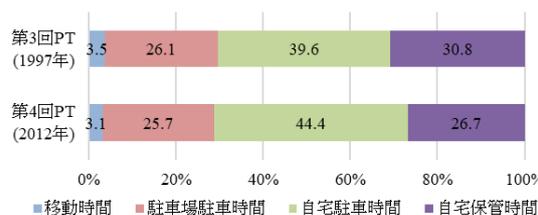


図-20 自家用車の移動と駐車的时间構成

この、1997年に比べて2012年には自宅保管の比率が4.1%減少し、自宅駐車の比率は4.8%増加している。また、図-21に示すように、自動車トリップのうちの35.0%が出勤と帰宅時にのみ車両を利用するピストン型である。そのうち、勤務先で8.0時間以上駐車する割合は81.1%もあり、勤務先で長時間駐車したままになっている車両が極めて多いことが明らかになった。

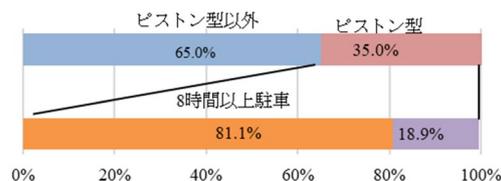


図-21 トリップパターンとその駐車時間

さらに、図-22に示した熊本市中心部の2ゾーンを対象にして行った流出・流入分析から得られる駐車台数曲線を図-23に示す。第3回PT調査時（実線）と比較して第4回PT調査時（破線）はいずれの時間帯も明らかに駐車台数が小さくなっている。以上より、近年は流入超過型のゾーンが流出超過型に変わっている中で、都心部ゾーンだけは未だに大きな流入超過型を示すものの、累積流入・流出曲線の差である駐車台数はいずれの時間帯でも減少している。

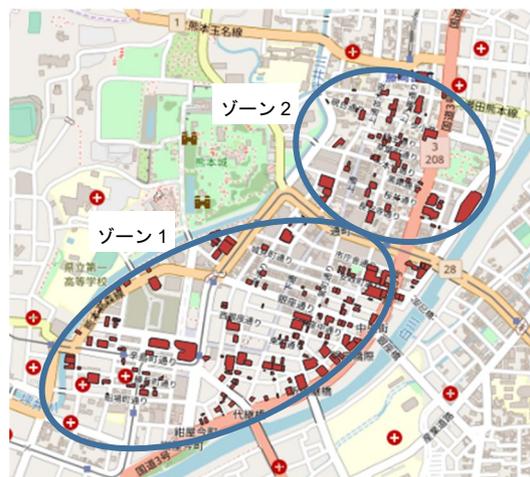


図-22 分析対象ゾーンの駐車場の現況

このような特性を持つ現況の駐車需要に対して、1)PT調査のマスターデータから得られる到着車両の到着時刻を1秒ごとに再現していくマクロシミュレーションモデルと、2)最小窓口数を求める呼損率による待ち行列理論により、必要とされる駐車場の適正容量を算出した。さらに、3)SAVs (Shared-Autonomous Vehicle service) への転換とSAVs車両提供に関する選択モデルを組み込んだマクロSAVs運用シミュレーションモデルを用いてSAVs普及後のゾーン別駐車回数や駐車時間を予測した後、適正な駐車容量を試算した。

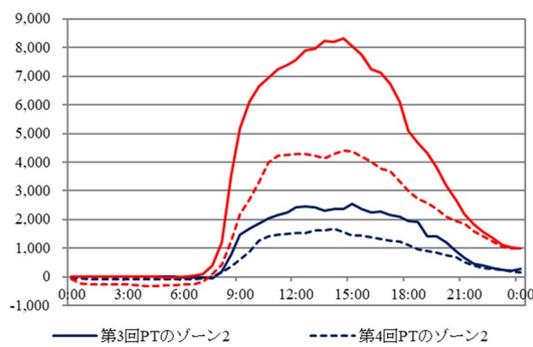


図-23 都心部の2ゾーンの駐車台数曲線

これらのうち、方法1)と3)によって算出した適正駐車容量を現況の駐車スペース数と比較したものが図-24である。方法1)による適正容量はゾーン1で7,313台、ゾーン2では3,075台となり、現在の容量と比較して、それぞれ約1,700台分(19%)、97台分(3%)も少なくともよいという結果となった。このように、現在

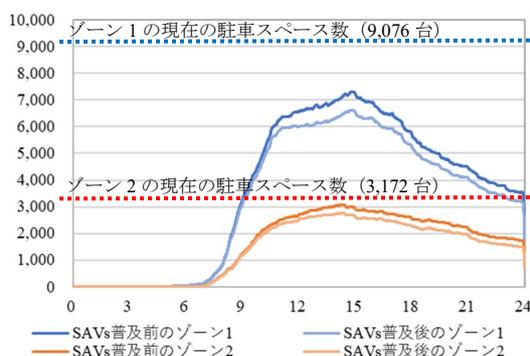


図-24 適正駐車容量と現在の駐車スペース数

供給されている駐車容量は過剰であることが分かる。さらに、 SAVs普及後の適正容量は、ゾーン1で6,632 台、ゾーン2では2,765 台となった。これは現在の駐車スペース数よりも、それぞれ約2,500台 (27%)，約400台分 (13%) も少なくとも良いという結果である。

以上の分析より、下記の知見を得た。

- 1) 第3回と第4回の熊本都市圏PT調査のマスターデータより、熊本都市圏にある自家用車の移動時間はわずか3%程度であり、大半の時間は駐車していること、この傾向は経時的に大きな変化はないこと、自宅での駐車は約75%であり、その4割は1日中、自宅保管されている。
- 2) 駐車シミュレーションと待ち行列理論によって現在の駐車需要に対応した適正容量を試算したところ、現在供給されている駐車スペース数は過大である。

- 3) SAVsへの転換モデルとSAVs車両購入・貸出モデルを内挿したSAVs運用シミュレーションにより、ゾーン別にAVSサービス導入前後の総駐車回数，総駐車時間を算出したところ，総駐車回数は都心部で約2倍まで増加するが，総駐車時間は1割程減少する。そのため，1台当たりの平均駐車時間は約半分になる。そのため，SAVs の普及によって都心部の適正容量は上記の試算値よりもさらに少なくとも良い。

2) 手動運転車とSAVs混在下におけるSAV走行区間設計モデルの構築 (嶋本担当)

自動運転車両AV (Autonomous Vehicle)の運行技術は未熟であるために，AVは1箇所のデポで集中保管され，そこから指定された走行区間だけを自動運転で走行して利用者を輸送すると仮定する。その際，ライドシェアリングも可能な社会を想定する。すべての移動者が手動運転車HDVか共有型自動運転車SAVのいずれかの交通手段で移動するとしたとき，システム最適状態となるSAV走行区間とSAV投入台数を決定する問題を，ライドシェアリングを考慮した時空間配分モデルを拡張した数理モデルで構築した。

モデルの定式化の中で移動者のフローとSAVsのフローを区分するために，図-25(a)に示す「もとのネットワーク」を，図-25(b)に示す「移動者ネットワーク」と「SAVsネットワーク」の2種類のネットワークで記述する。ただし，「HDVs運転者」と「SAVs乗客」は移動途中で入れ替わることができないため，「移動

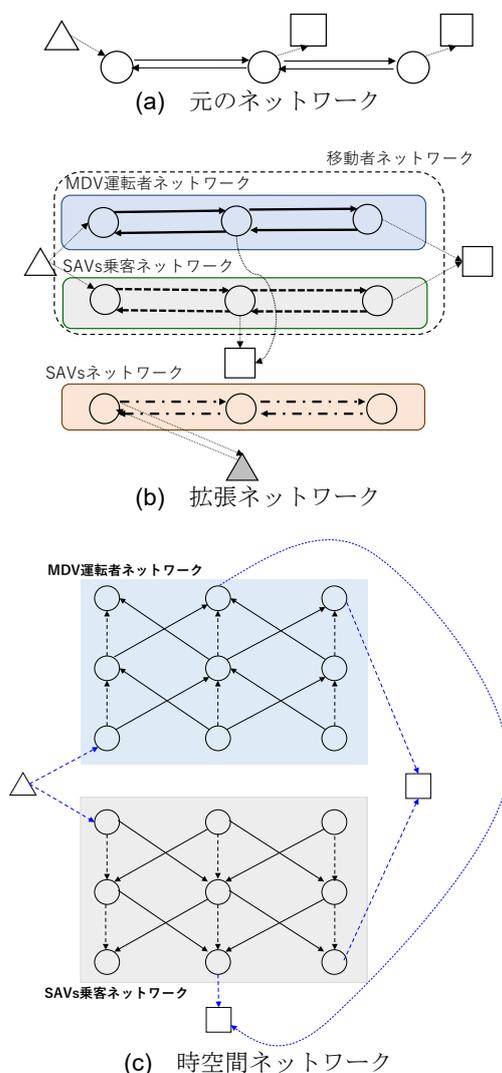


図-25 ネットワークの記述

者ネットワーク」を図-25(c)に示す「HDVs運転車ネットワーク」と「SAVs乗客ネットワーク」の2種類のネットワークで記述する工夫を行った。

変数の定義やモデルの定式化については省略し、ここでは、図-26に示す熊本都市圏の道路網を簡略化したネットワークにおいて、SAVsのデポを郊外部と中心部に設置した場合を想定した適用計算を行った。このときのOD需要は第4回熊本都市圏PT調査のCゾーン間のものである。図-27には予算上限を50とした場合の最適なSAV走行区間を示す。デポを郊外部に設置した場合、予算の増加に従って主要幹線道路で交通量が極めて多い国道57号東バイパス、および国道266号線に沿って走行区間が延伸している。また、予算上限が大きいときの走行区間の解は、予算上限が小さいときの走行区間の解を内包していることから、最適解は走行区間を逐次的に延伸して得られる。これに対して、デポを中心部に設置した場合、予算が小さい場合は都心部から産業道路方面だけであるが、予算の増加に従って、産業道路には設定されず、都心部と国道3号を北上する方向、および上熊本駅方面と国道266号を南下する方向に走行区間が延伸されている。したがって、デポを中心部に設置する場合は、必ずしも逐次的に走行区間を延伸した解が最適とはならない。

予算上限額ごとに最適走行区間が設定されたときのSAVsの投入台数、SAVs乗客比率、SAVs比率の変化を考察する。デポが郊外、中心部のいずれにあっても、予算上限値が大きくなるにつれて、これらの値は改善しており、デポを郊外に設置したときのSAVsのシェアは最大で20%程度となった。また、デポが郊外にある方が中心部にあるときよりもこれらの指標は大きな値になる傾向にあるが、予算上限が大きくなるにつれ両者の指標値の差は小さくなっている。

以上の結果より、下記のような知見が得られた。

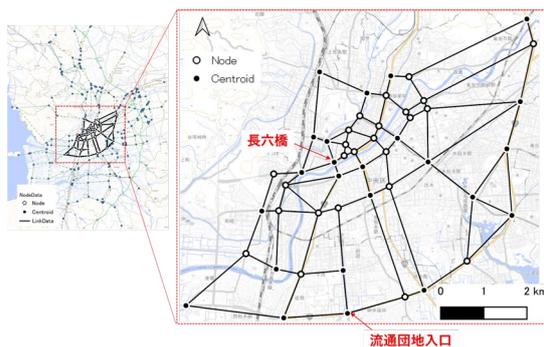
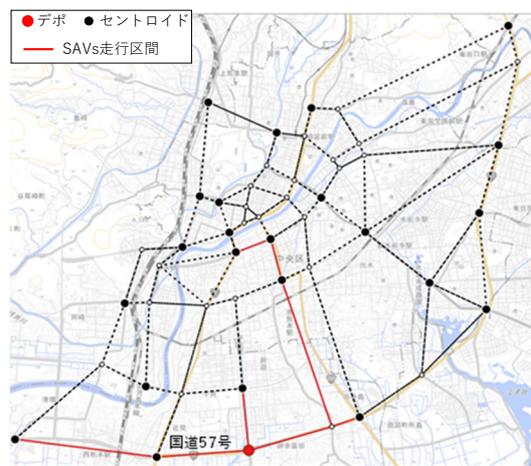
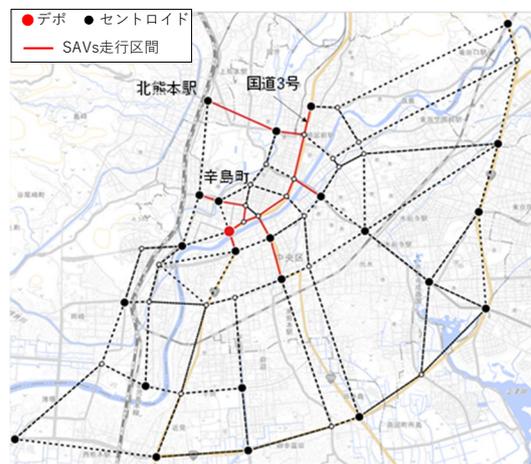


図-26 モデルの適用対象道路網



(a) 郊外部にデポを設置した場合



(b) 中心部にデポを設置した場合

図-27 最適な SAV 走行区間

- 1) SAVsのデポを郊外の環状線の一部である国道57号東バイパス上に設置した場合、予算上限が小さいときは東バイパスに沿ってSAVsの走行区間が指定され、予算上限値が大きくなるにつれ中心部に向けて走行区間が延伸する。予算上限値が大きいつきの走行区間は、予算上限値が小さいときの走行区間をほぼ内包する。
 - 2) SAVsのデポを中心部に設置した場合、予算上限が小さいときは中心部の道路に走行区間が指定される。予算上限が大きくなると、一旦、産業道路方面に走行区間は延伸されるものの、さらに大きくなると産業道路は走行区間とはならず、代わりに国道3号を北上する方向に走行区間は延伸される。
 - 3) SAVsのデポを郊外部に設置した方が、中心部に設置したときよりも同じ予算上限値に対するSAVsの投入台数、SAVs乗客比率、SAVs比率の値は改善される。
- 3) 連続的な自動運転車専用レーン整備モデルの構築と熊本都市圏への適用例（安藤担当）

AV車両が走行するレベル4のレーンを設定する際に、専用区間の配置を木構造とする制約を与えることによって、飛び飛びではなく、連続したリンクで構成される専用区間が生成されることを担保した上で、システム最適となる専用レーンの配置を決定する数理モデルを構築した。

本モデルの前提は以下である。AVsとHDVsそれぞれのOD需要は既知であり、デザイン路線の本数は政策変数としてあらかじめ与えられる。デザイン路線とは、AVs専用レーンが設置される連続したリンクから構成されるものであり、連続リンク数の下限値が制約条件として設定される。AVs専用レーンが設置されたリンクのうち、専用レーンはAVsのみが利用可能であり、残りの通常レーンはAVsとHDVsの両車種が利用可能である。AVs専用レーンが設置されていないリンクは全てのレーンを両車種が利用する。

このとき、連続した専用区間から成るデザイン路線を生成するための制約が必要となる。そこで、**図-28(a)**のデザインネットワークに対して**図-28(b)**の補助変数を追加することで、リンク容量制約付き総走行距離を最小化するサブツアー無しの連続区間から構成される専用レーン区間の配置を求める問題として定式化できた。この定式化により、AVs専用レーンの設置が及ぼすHDVsへの影響を考慮することで、専用レーン設置によるAVsが享受するメリットとHDVsのデメリットの両方を表現することを可能にした。

本モデルを**図-29**に示す熊本都市圏の簡易道路ネットワークに適用した。ここでは、AVs

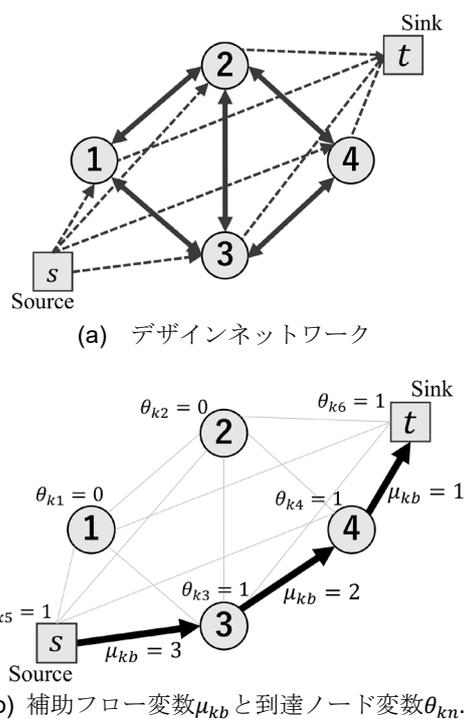


図-28 デザイン路線の生成

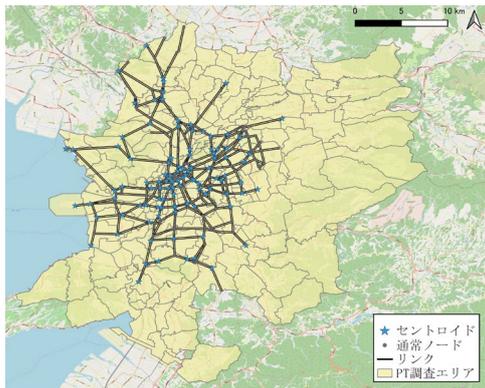
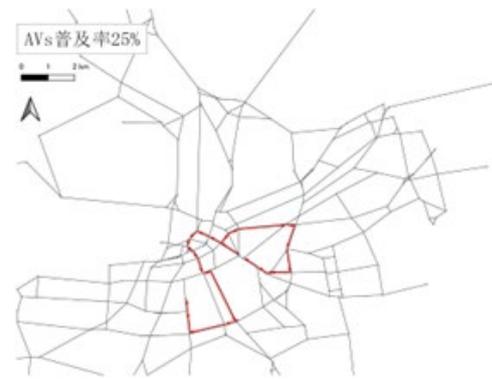


図-29 対象地域と道路ネットワーク

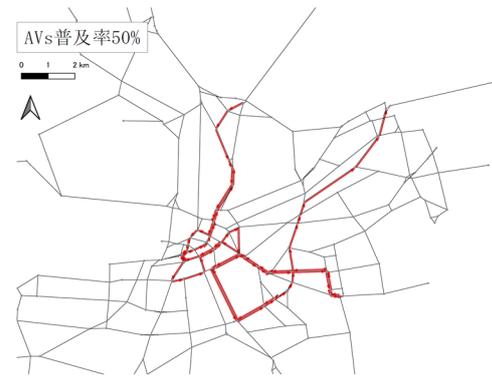
専用レーンは既存車線数のうちの1車線だけに設定し、車頭間隔の短縮が期待できるAVs専用レーンの容量はHVDsレーンの1.5倍になると仮定した。OD交通量は第4回熊本都市圏PT調査のCゾーン間自動車ODであり、AVの普及率を25%、50%、75%と増加させて解いた結果を図-30に示す。普及率25%の場合は3路線となり、中心市街地とその周辺の道路に設置される。普及率が50%の場合は4路線、75%の場合は3路線となり、共に中心市街地内街路、国道57号東バイパスや北方向へ延びる国道3号線といった幹線街路上に比較的長いAVs専用レーンが設置される。しかし、普及率50%ではそれら以外にも市電が走る電車通りやJR線と並走する白山通り、国道266号浜線バイパスなどにも設置するという結果となった。

以上より、下記のような知見が得られた。

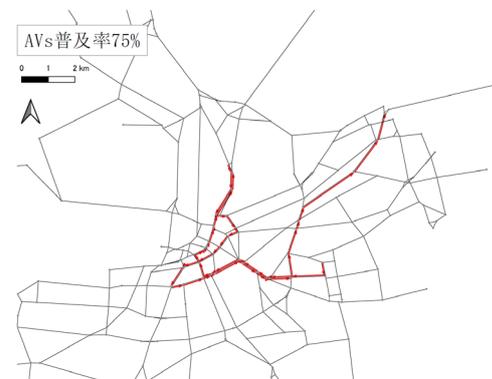
- 1) サブツアー無しの連続区間から構成される専用レーン区間の配置を求めるリンク容量制約付き総走行距離最小化問題を定式化することに成功した。
- 2) 必ずしも、普及率の増加に従ってAVs専用レーンが伸張したり、新規の専用レーンが加わったりするとは限らない。
- 3) 普及率の増加により最適なAVs専用レーンの設置解は異なってくるが、目的関数値の改善は非常に僅かである。その原因は専用レーンの設置によりSAVsに対する総走行距離は改善されるものの、SAVs専用レーンになったために迂回せざるを得ないHDVsの総走行距離が長くなったためである。



(a) 普及率 25%



(b) 普及率 50%



(c) 普及率 75%

図-30 AVs 専用レーン設置リンク

⑨研究成果の発表状況

(本研究の成果について、これまでに発表した代表的な論文、著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)、国際会議、学会等における発表状況を記入下さい。なお、学術誌へ投稿中の論文については、掲載が決定しているものに限ります。)

■論文

- 1) 上野優太, 八戸龍馬, 溝上章志: シェアモビリティによるモーダルコネクが公共交通の選好に与える影響, 土木学会論文集D3, Vol.76, No.5, pp.I_869-I_878, 2021.
- 2) 八戸龍馬, 古賀逸人, 溝上章志: クルマの移動と駐車の実態, および都心部の適正駐車容量の試算, 土木学会論文集D3, Vol.77, No.1, pp.12-22, 2021.
- 3) 森 俊勝, 溝上章志, 金森 亮, 松舘 渉: 交通シミュレーションモデルを用いた都市部への相乗りタクシー導入の評価, 土木学会論文集D3, Vol.76, No.5, pp.I-1321-I_1330, 2021.
- 4) 八戸龍馬, 森 俊勝, 溝上章志, 金森 亮, 松舘 渉: オンデマンド・ライドシェア型荒尾「おもやいたクシー」の需要と運用に関するモデル, および実態分析, 土木学会論文集D3, Vol.77, No.5, pp.I_1023-I_1035, 2022.
- 5) Hayato Koga, Shoshi Mizokami, Ryoma Yae: Estimation of appropriate parking capacity based on actual conditions of moving and parking of vehicles, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.14, pp.2456-2469, 2022.
- 6) Toshikatsu Mori, Shoshi Mizokami, Ryo Kanamori, Qiang Liu: Developing an Agent-based Simulator Combining Mesoscopic Traffic Simulator with Dynamic Vehicle Allocation System to Evaluate a Ride-Sharing Service in Urban Area, International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, pp.1-14, 2023.
- 7) 嶋本 寛, 松尾優輝: ライドシェアを考慮した時空間ネットワーク配分モデルの構築—トリップベースモデルとアクティビティベースモデルの比較—, 交通工学論文集, 9(2), pp.A_44-A_53, 2023.

■口頭発表

- 1) 嶋本 寛: ライドシェアリングを考慮した時空間ネットワーク均衡モデル, 第64回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.64, 2021
- 2) 嶋本 寛: ライドシェアリングにおけるマッチング問題: ドライバーとライダー間の非協力ゲームアプローチ, ITSシンポジウム2021, 2021.
- 3) 松尾優輝, 嶋本 寛: ライドシェアリング交通が都市・交通に及ぼす影響評価モデルの構築, 令和3年度土木学会西部支部研究発表会・講演集, CD-ROM, 2022.
- 4) 嶋本 寛, 北園将斗: アンケート調査に基づく中山間地域における相乗り型ライドシェアの成立可能性の検討, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.65, 2022.
- 5) 村上麻紀, 森 俊勝, 溝上章志: リアルタイムオンデマンド配車型「おもやいたクシー」の利用と運行の継続的分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.65, 2022.
- 6) 古賀逸人, 溝上章志: 熊本市中心部における駐車場の適正配置のためのシミュレーション

分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.65, 2022.

- 7) 松尾優輝, 嶋本 寛: ライドシェアを考慮した時空間ネットワーク配分モデルの構築, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.42, 2022.
- 8) 嶋本 寛: 手動運転車とSAVs混在下におけるSAV走行区間設計問題の構築, 第66回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.66, 2022.
- 9) Hiroshi Shimamoto, Masato Kitazono: Feasibility assessment of ride-sharing system in mountainous area in Japan using a matching model, Accepted for presentation at World Congress on Transport Research (WCTR), 2023. (accepted)
- 10) Hiroe Ando, Satoshi Sugiura: Optimal Design of continuous autonomous vehicle lanes by link capacity allocation, The 26th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, December 2022.
- 11) 安藤宏恵, 森 俊勝, 杉浦聡志, 溝上章志: 連続的な自動運転車専用レーン整備モデルの構築と整備効果の詳細検証, 土木計画学研究・講演集, Vol.66, 2022.
- 12) 森 俊勝, 溝上章志: 観測データを用いたシミュレーションモデル中の交通手段選択モデルの更新, 土木計画学研究・講演集, Vol.66, 2022.
- 13) 溝上章志, 森 俊勝: 商店街と連携したオンデマンドタクシーによるMaaS実証実験からの知見, 土木計画学研究・講演集, Vol.66, 2022.
- 14) 森 俊勝, 溝上章志: メソ交通流シミュレーションモデルと動的配車システムを連携させたシミュレータによる都市部へのライドシェアタクシーサービス導入の評価, ITSシンポジウム, 2022.
- 15) 橋本直樹, 安藤宏恵, 柿本竜治: 熊本都市圏における自動運転車専用レーンの効果的運用に関する研究, 令和4年度土木学会西部支部研究発表会・講演集, CD-ROM, 2023.

⑩研究成果の社会への情報発信

(ウェブ、マスメディア、公開イベント等による研究成果の情報発信について記入下さい。ウェブについてはURL、新聞掲載は新聞名、掲載日等、公開イベントは実施日、テーマ、参加者数等を記入下さい。)

現在のところ、研究成果については国内外の学会や学術誌で情報発信しているだけである。今後は開発したメソ交通流シミュレーションモデルMAUMSの性能や機能、適用事例について国内外に公表し、標準的な交通流動解析や交通政策評価だけでなく、新たなモビリティ導入による需要予測や事前評価に広く適用してもらう計画である。また、附置義務駐車場の設置基準の見直しなど、熊本市でも中心部の駐車場適正化計画が策定されようとしている中、本研究で提案した自動運転車によるシェアリングサービスが実装された場合の駐車需要の予測と適正駐車容量の設定手法が計画の参考にされることを期待する。

⑪研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や道路政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

本研究の当初の目的は、ライドシェアと自動運転が統合した新たなモビリティが実現

した際の需要や効果の予測，およびその都市構造や生活行動への影響を明らかにすることであった．しかし，ライドシェアサービスの利便性や運行効率性については，既に運行していると荒尾市のおもやいタクシーや独自に行ったMaaS実証実験の結果より明らかになった．一方，Level4を想定した最適な自動運転優先走行区間を設定したとしても，総走行時間については多少の改善しか得られないことも明らかになった．また，ライドシェアと自動運転が融合したモビリティサービスの実現による影響については，マクロシミュレーションによる都市中心部の適正な駐車容量と総走行時間を最小にする自動運転優先走行区間を試算するに留まった．

当初の目的を達成するために，今後取り組むべき研究課題としては下記のようなものが考えられよう．

- 1) 各地で実施されているシェアリングサービスやMaaSの実証実験情報の収集，および導入効果についてのメタ分析の実施
- 2) 実運行しているシェアリングサービスへの適用によるMAUMSの実用可能性の確認
- 3) 自動運転車両の性能や走行環境条件の中の道路条件を精緻に考慮した自動運転車優先走行区間や専用走行レーンの設定モデルの開発と適用
- 4) 自動運転シェアリング（AVS: Autonomous Vehicle Sharing）の普及によって変容すると思われる都市や社会や生活行動についての市民の意見収集と社会的受容性の把握

⑫研究成果の道路行政への反映

（本研究で得られた研究成果の実務への反映等、道路政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。）

- 1) 自主開催の「くまもと産MaaSの実装に向けた政策・技術検討シンポジウム」だけでなく，公的組織が主催する委員会やシンポジウム（経産省の「スマートモビリティチャレンジ地域シンポジウム」，熊本市MaaS勉強会，および準備会，中核都市における新・交通システム研究会の「第52回研究会」など），学会での企画セッション（土木計画学研究発表会の「MaaSの実践・実証と理論」セッションなど）などで，研究成果に基づくMaaS実装に向けた課題や方策に対する発信を行ってきた．
- 2) これらの成果が評価され，研究代表者の溝上は，九州地域における民間企業や自治体の求めるMaaSや自動運転技術に関するニーズと学術シーズとをマッチングすることを目的として社団法人EMoBIAが組織した「九州アカデミーITSモビリティ研究会」の座長に指名され，活動を開始している．
- 3) そこでは，地域における移動課題の解決や経済活性化を目指すスマートモビリティチャレンジやSIPの目指すスマートモビリティプラットフォームの構築の趣旨に沿って，理論研究や実証研究を行うと同時に，実証実験と実装に向けたビジネ化に取り組んでいくことになるなど，本研究で得られた研究成果は実務へ反映され，道路政策の質の向上へ貢献している．
- 4) その他，平成28年より開始された国土交通省関東地方整備局東京国道事務所主催の「道

路空間を活用したカーシェアリング社会実験協議会」およびその継続協議会の委員として、本研究から得られた関連する知見を紹介してきている。

⑬自己評価

(研究目的の達成度、研究成果、今度の展望、道路政策の質の向上への寄与、研究費の投資価値についての自己評価及びその理由を簡潔に記入下さい。)

まず、2年目中間評価の際に評価委員から提案された以下の主要な指摘事項(1)と(2)について自己評価を行う。

(1) 当初の研究開発目的（ライドシェアと自動運転の統合，都市生活行動の変容の展望）の実現可能性について

- 1) 自動運転シェアリングサービスが実現すると通勤先や買い物先で駐車している自動運転車両が自動的にシェアリングサービスを始めるために，駐車するスペースの回転率が向上して，駐車スペースの削減が期待できるなど，都市構造が変容する可能性を明らかにした．これらの成果は今後の都市施設整備計画に参考になろう．
- 2) 当初，期待されたカーブサイドやモビリティハブの設計，個人的・社会的受容性については，2年目中間評価で研究課題から除外し，最終課題を，研究課題(a)：ライドシェアリングサービス導入実証実験や地域MaaS実証実験，実運用サービスのモニタリングから得られた知見や効果の分析，研究課題(b)：MaaSや新たなモビリティ導入の需要予測と政策評価を支援する外部プログラムとの連携によるマルチエージェント型モビリティシミュレータMAUMSの開発と適用，研究課題(c)：マクロシミュレーションモデルと数理モデルによる都心部駐車場やレベル4における自動運転車優先走行区間などの都市施設や道路空間の設計に限定した．これらの課題については理論的にも実証的にも，十分な研究成果が得られたと考える．

(2) 「融合した」ということになぜできないかとか、あるいはこういうところを解消しないと難しいとかということについて

- 1) 自動運転とシェアリングとは親和性が高く，今までに無い新たなモビリティサービスを提供でき，それによって都市や社会も変革すると思われる．事実，都心部における駐車スペースの削減や都市圏道路網での総走行時間の削減に貢献することは上記の研究課題(c)より確認できた．
- 2) しかし，ODD (Operational Design Domain) 中の道路条件を適切に整備したとしても，自動運転車両の性能やインフラ協調などのその他の条件が整備されない限り，実現を目指すLevl4の効果はそれほど大きいものにはならないという結果となった．これらは今後の道路政策の質の向上に寄与すると思われる．

次に，最終年度に設定した研究課題ごとの達成度の評価を行う．まず，研究課題(a)については，想定される活躍の場面である ①中山間地における自家用有償サービス，②近隣商店街と連携した都市圏の主要乗換拠点へのアクセスサービス，③地方都市における既存公共交通サービスの補完や代替サービスとして，実証実験や実績データの詳細解析により，

新たなシェアモビリティサービスの有用性, 実装のために解決すべき課題などを明らかにした. これらの成果は, 今後, 新たなシェアモビリティや地域MaaSの実装を行う際の参考になると考える. 次に, 研究課題(b)については, MAUMSの特徴である外部のマッチングシステムとの連携可能性は非常に有用であり, その独創性と適用可能性が国内誌だけでなく国際ジャーナルでも評価された. 新たなシェアリングモビリティ導入やODD設定の事前評価には極めて有用であると考え.