

## 道路政策の質の向上に資する技術研究開発

## 【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者	氏名（ふりがな）		所属		役職	
	（みぞかみ しょうし） 溝上 章志		熊本大学 大学院先端科学研究部		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 領域	[主領域] 【領域1】新たな行政システム	公募 タイプ	タイプI		
		[副領域]				
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		
	1,432	1,820	780	4,032		
※R2は受託額、R3以降は計画額を記入。端数切捨。						
④研究者氏名（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。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				
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		熊本大学・准教授				
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。）						
<p>「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サービス（SAVs: Shared Autonomous Vehicle service）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、SAVs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、SAVs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。</p>						

## ⑥これまでの研究経過

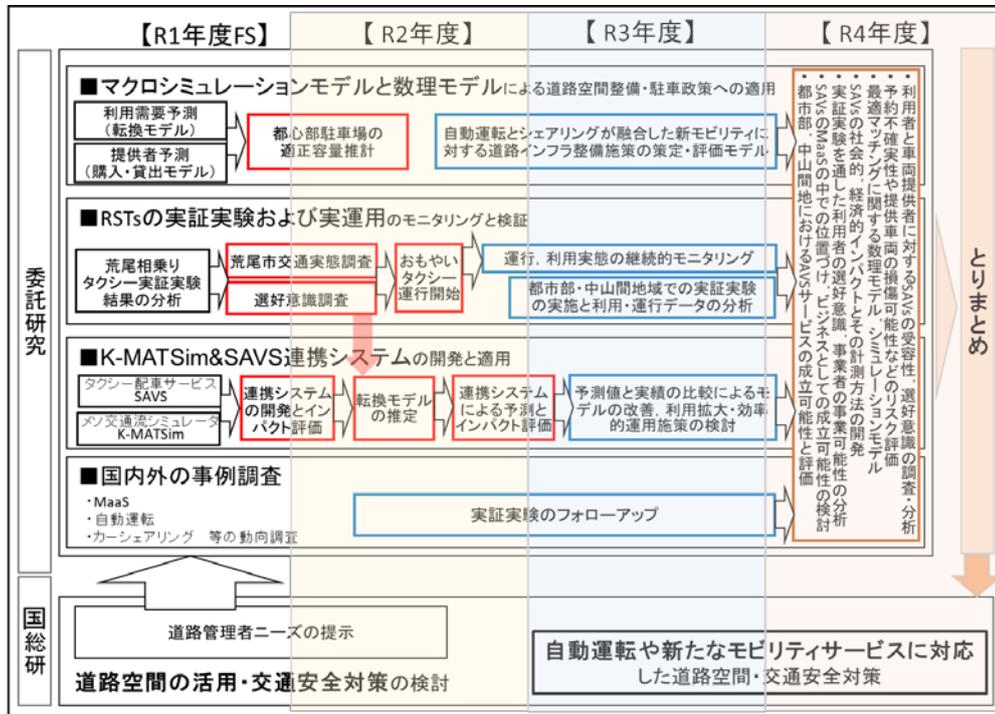


図-1 研究の全体構成と経緯・内容

本年度は図-1のR1年度FSの成果と評価にもとづいて、下記の内容について研究を行った。

- (1) モデル構築に向けた選好意識調査の実施
- (2) SAVs (Shared Autonomous Vehicle service) 分析システムの改良とRSTs (Ride-Sharing Taxi service) 導入への適用
- (3) 「あらお相乗りタクシー」の利用実態，意識の分析
- (4) SAVs運用に伴う都心部駐車場の需要予測と駐車特性の把握

以下にそれぞれの成果をまとめる。

### (1) モデル構築に向けた選好意識調査の実施

SAVs導入の利用需要予測とインパクト評価を行うのに、本研究では1) 現利用手段からSAVsへの転換モデルとSAVの購入/貸出モデルから構成されるマクロシミュレーションモデル、2) メゾ交通流シミュレーションモデルK-MATSimとリアルタイムオンデマンド配車アルゴリズムSAVSとをWebAPIで連携したシミュレーションモデルを開発している。

いずれのモデルでも現利用手段からSAVsへの転換モデルが必要である。ここではオンデマンド型相乗りタクシー荒尾「おもやいタクシー」を対象にして、後者のシミュレーションモデルの中のK-MATSimに内挿した現利用交通手段から「おもやいタクシー」への転換モデル推定のための選好意識調査と推定方法を示す。

選好意識調査は荒尾市交通実態調査への協力者のうち、回答したトリップのうちでおもやいタクシーに転換しても良いという意志を示し、かつ選好意識調査への協力の署名者を対象に行った。図-1.1は両調査のフローを示す。また、選好意識調査の際に被験者にオンデマンド型相乗りタクシーのサービスや予約方法を説明した独自制作のパンフレットを図-1.2に示す。

おもやいタクシーへの転換モデルの推定結果を表-1.1に示す。全ての変数で符号条件は論理的で統計的に有意であり、適合性も高い。



図-1.1 荒尾市における靴実態調査と選好意識調査の実施フロー



図-1.2 おもやいタクシーのサービスや予約方法を紹介したパンフレット

表-1.1 おもやいタクシーへの転換モデル

転換	説明変数	推定値	t値
する	料金 (円)	-0.008	7.45
	同乗者の選択可能性 (同性=1)	0.643	2.26
	到着予定時刻からの遅れ時間	-0.091	2.75
	年齢	0.066	3.81
	現利用手段による所要時間	0.034	2.96
	性別 (男=1)	1.107	3.20
	現利用交通手段 車	2.264	2.95
	公共交通手段	2.615	3.20
しない	最寄りバス停までの距離 (m)	0.537	1.78
	定数項	3.246	2.03
サンプル数		312	
尤度比		0.22	

(2) SAVs分析システムの改良とRSTs (Ride-Sharing Taxi service) 導入への適用

図-2.1の青枠のように、最適配車を伴う各種のSAVsの導入効果は実証実験によって検証されてき

た。しかし、実証実験では利用者は応募したモニターであり、投入できる車両数やサービスエリアにも限界がある。そこで、朱枅のように、実社会の交通現象をメソ交通流シミュレーションの中で再現しながら最適配車を伴うSAVsの導入効果を分析することを可能にしたK-MATSimとSAVSとをWebAPIで連携したシミュレーションモデルを開発した。このモデルを用いて、熊本市の中心部における現タクシー利用者をRSTsで輸送した場合の効果を分析した。その結果を図-2.2に示す。RSTsの配車台数を増加させるにつれて目的地到着までの所要時間は短縮し、予約不成立数も減少するといった効果が生じる反面、過剰な車両の投入は逆に平均稼働率を低下させ、運行効率を悪化させることなどを明らかにした。

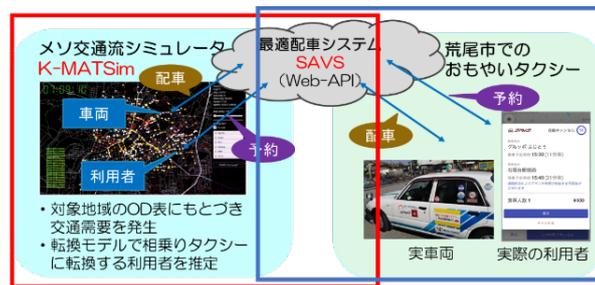


図-2.1 K-MATSim と SAVS の Web-API 連携システム

	配車台数 【台】	予約回数※ 【回】	平均待ち時間 【分】	平均乗車距離 【m】	平均乗車時間 【分】	予約～到着 【分】	相乗数 【回】	予約不成立数 【回】	平均稼働率※
相乗りなし	5	3,396	30.8	1,852.1	2.8	33.6	0	2,257	86.5%
	10	3,375	29.0	2,060.3	3.1	32.1	0	1,417	81.1%
	20	3,410	24.6	2,305.7	3.5	28.1	0	333	67.6%
相乗りあり	5	3,384	30.0	3,810.3	6.0	36.0	875	2,002	85.9%
	10	3,357	28.2	3,559.6	5.6	33.8	1,311	1,061	75.8%
	20	3,420	13.7	3,497.6	5.6	19.3	2,008	49	51.4%

図-2.2 RSTs 導入の効果-

この分析システムに表-1.1のおもやいタクシーへの転換モデルを組み込んだ連携シミュレーションモデルを、OpenStreetMapから取得した荒尾市道路網上で、(1)で実施した荒尾市交通実態調査から得られたすべてのトリップに対して実行した。

交通状態が均衡した39日目のシミュレーション結果を示す。表-2.1は現利用手段別のおもやいタクシーへの転換予測結果である。約55,000トリップのうちの約0.4%の219トリップがおもやいタクシーに転換する。その中でも乗用車（自身運転）からが167で76%を占める。転換率が大きいのは現行の乗合タクシーからであり、次がタクシー/ハイヤーからである。図-2.3に示す時間帯別の利用者数の予測結果から、8時台、13時台、16時台の利用が多い。しかし、通勤・帰宅時間帯である7時台や18時以降も利用があることから、営業時間の改善も必要と思われる。表-2.1には運行に関する各種の評価値を示す。平均乗車距離は3.5km、平均乗車時間は6.2分、平均乗車料金は432円であり、短距離・短時間の利用であること、相乗り率が32.4%発生し、時間平均稼働率(=総乗車時間/総営業時間)も61.4%と、かなり効率的な運行となっている。そのため、

平均待ち時間が22.4分とかなり長時間になっている。これらの指標を検討することによって、利用者にとっての利便性と事業者にとっての効率性の両面から、適切な投入台数の検討を行うことが可能である。

表-2.1 おもやいタクシーへの転換予測結果

現交通手段	トリップ数	おもやいタクシーへの転換予測結果		
		対象者数	転換者数	転換率 (%)
乗用車(自身運転)	35,469	11,531	167 (76.3)	0.47
乗用車(他者運転)	6,163	1,442	11 (5.0)	0.18
路線バス	1,690	741	14 (6.4)	0.83
自転車・原付き	6,677	1,286	10 (4.6)	0.15
その他	703	203	1 (0.5)	0.14
乗合タクシー	27	27	4 (1.8)	14.81
タクシー/ハイヤー	371	245	3 (1.4)	0.81
徒歩	3,385	1,115	9 (4.1)	0.27
合計	54,485	16,590	<b>219 (100.0)</b>	<b>0.40</b>

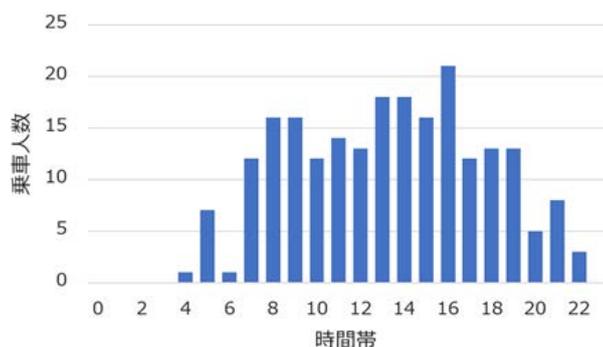


図-2.3 時間帯別利用者数の予測結果

表-2.2 おもやいタクシーの運行評価

評価指標	予約回数	乗車人数 (人)	平均待ち時間 (分)	平均乗車距離 (km)	平均乗車時間 (分)	平均乗車料金 (円)	相乗り率 (%)	平均稼働率 (%)
評価値	219	232	22.4	3.5	6.2	432.4	32.4	61.4

### (3) 「あらお相乗りタクシー」の利用実態、意識の分析

荒尾市では、地域公共交通総合連携計画（2013）で導入が決定された公共交通不便地域における乗合タクシー、公共交通網形成計画（2018）の中で実証実験が行われた相乗りタクシーの成果に基づいて、2020年10月1日から「おもやいタクシー」の運行を開始した。非定時区域運行型乗合タクシーであるが、リアルタイムオンデマンド輸送に事前確定運賃設定と相乗りを認めていることから、実質的には相乗りタクシーといっても良い。このサービスに対する利用者の予約ログデータ（表-3.1参照）とタクシー車両の運行軌跡データ（表-3.2参照）、および利用者のアンケート調査データを用いて、継続的に利用・運行実態と利用意識のモニタリングを行っている。

表-3.1 予約ログデータ

デマンドID	トリップに割り当てられるID
デマンド完了時刻	トリップが終了した時刻
利用者名	利用者個人に割り当てられるID
人数	乗車した人数
乗車時刻	実際に乗車した時刻
乗車緯度・経度	乗車位置の緯度・経度
降車時刻	実際の降車時刻
降車緯度・経度	降車位置の緯度
最短経路	予約時に算出された最短経路長
車両	利用された車両の番号
乗合	相乗りしたかどうか
:	:

表-3.2 運行軌跡データ

location_history_id	測位データに割り当てられたID
vehicle_id	観測された車両のID
latitude	緯度
longitude	経度
direction	車両の進行方向
created_at	観測された時刻

運行開始以降2ヶ月間の日々の新規アカウント登録者数と利用者数を図-3.1, 図-3.2に示す。11月になると新規アカウント登録者は運行開始時期ほどではないが、順調に増加している。利用者も順調に増加しており、その中で相乗りが生じた比率である相乗り率は約13%である。

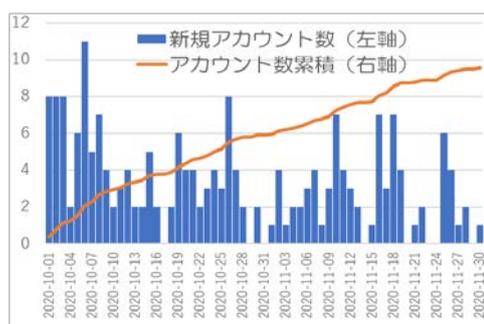


図-3.1 新規アカウント登録者数



図-3.2 利用者数と相乗り数

図-3.3, 図-3.4に利用者の年齢構成と利用目的を示す。利用者の9割が60歳以上の高齢者であり、利用目的は病院・買物といった日常目的が7割を占める。

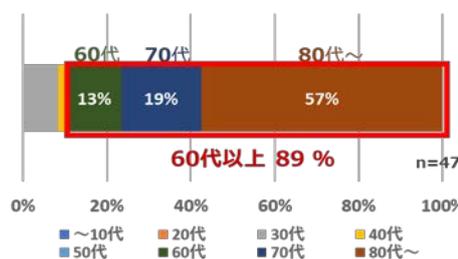


図-3.3 利用者の年齢構成

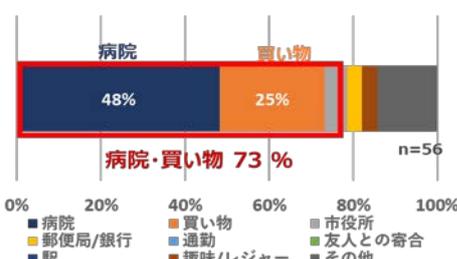


図-3.4 利用者の利用目的

今回利用したおもやいタクシーの代替交通手段を図-3.5に示す。通常のタクシーが半数以上(52%)となっており、バス(14%)や乗合タクシー(9%)など、他の公共交通手段との競合は大きくないことから、荒尾市ではおもやいタクシーは公共交通手段の補完というよりも代替的な機能を有しているといつて良い。

図-3.6, 図-3.7, はおもやいタクシーの料金と相乗りに対する利用者の評価, 図-3.8は今後の利用意向である. 相乗りに対しては少し気になるが約1/3いるものの, 料金に対しては安いと評価しており, 現利用者のおもやいタクシーへの今後の利用意向は非常に高い.

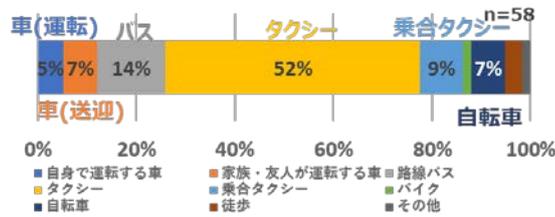


図-3.5 おもやいタクシーの代替交通手段

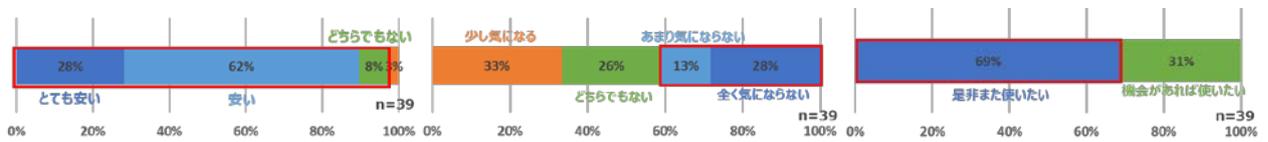


図-3.6 料金に対する評価

図-3.7 相乗りに対する評価

図-3.8 今後の利用意向

#### (4) SAVs運用に伴う都心部駐車場の需要予測と駐車特性の把握

近年, 地方都市でも, 公共交通のサービス水準が向上し, 車を持つメリットが少なくなっていることもあり, 駐車需要は減少してきている. にもかかわらず, 主にコイン駐車場の増加により, 都心部を中心に駐車容量は増加傾向にある. 一方で, カーシェアリングやライドシェアリングのように, 車の利用方法は保有からシェアへ大きく変化している. もし, シェアリングサービス用の車両が自動運転車となった場合, 車両は所有者の近くに留まらず, シェアリングサービスを連続的に提供できることから, それまでは必要であった駐車スペースは不要になる. 本研究では, 自動運転車両によるシェアリングサービスに対する需要と供給の予測モデルを組み込んだシミュレータを用いて, SAVsが普及した場合の熊本市中心部における適正な駐車容量を試算した.

熊本都市圏における全ての自家用車両の移動, 自宅外駐車場での駐車, 自宅での駐車, 利用せずに自宅で保管の時間の比率を1997, 2012年の熊本都市圏パーソントリップ調査データから集計したのが図-4.1である. 車が移動している時間は1997年には3.5%であり, 2012年には3.1%に減少している. 移動目的の68.9%は通勤である. そのうちの35.0%は職場との往復だけのピストン型であり, 81.1%が職場で8時間以上も駐車しているのが実態である (図-4.2参照).

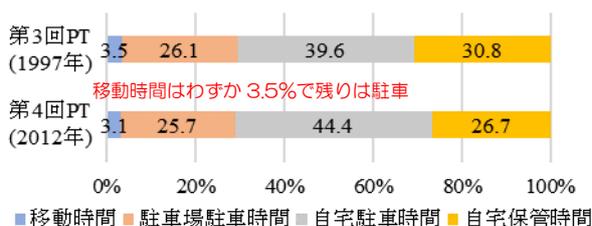


図-4.1 自家用車の状態別時間比率

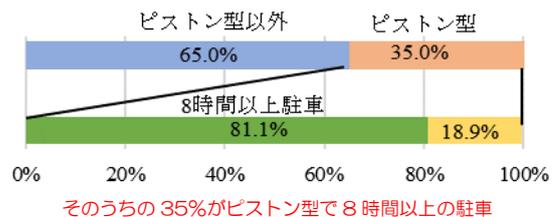


図-4.2 トリップのタイプとその駐車時間

ここにSAVsを導入した場合，**図-4.3**と**図-4.4**に示すように，SAVs車両を含む自動車類の総移動時間は8.8%増加するが，総駐車時間は15.4%も減少する。

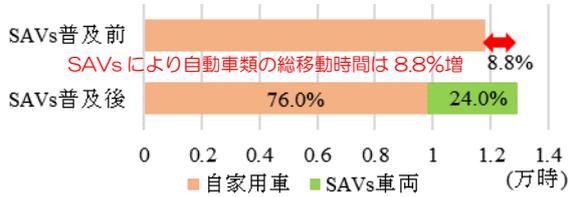


図-4.3 自家用車類の総移動時間の変化

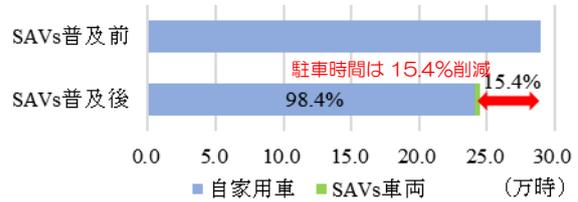


図-4.4 駐車時間の変化

**図-4.5**と**図-4.6**にSAVs普及前・後のゾーン別の総駐車回数，平均駐車時間の変化率を示す。総駐車回数は徒歩などがSAVsに転換するため，全ゾーンで増加し，中心部では約2倍に増加する。一方，1台当たりの平均駐車時間はSAVsへの転換が多い中心部では約50%も減少することから，駐車スペースは現在よりもかなり不要になると考えられる。

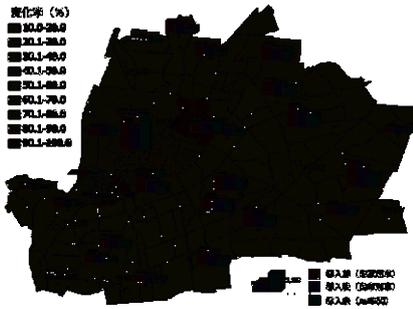


図-4.5 総駐車回数の変化率

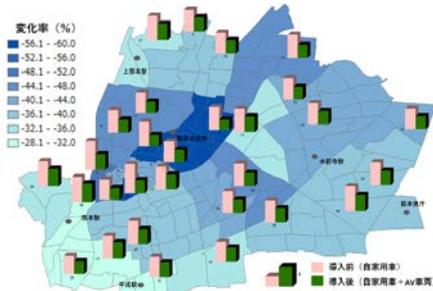


図-4.6 平均駐車時間の変化率

**図-4.7**に示すように，現在，都心部には200箇所，12,000台分の駐車スペースが存在する。このエリアに対して，開発した駐車容量算出シミュレーションを適用して時間帯ごとに必要な駐車容量を算出した結果が**図-4.8**である。現在でも駐車容量は16%の過剰供給となっている上，SAVsが普及すると更に7%，現在よりも23%も駐車スペースは不要になると推計される。



図-4.7 現在の都心部の駐車場

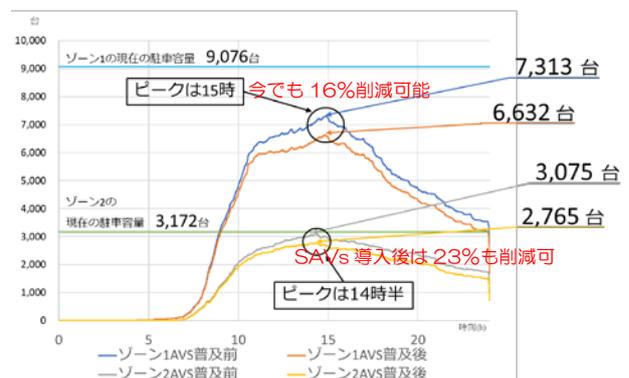


図-4.8 駐車場の必要容量

## ⑦特記事項

(研究で得られた知見、成果、学内外等へのインパクト等、特記すべき事項があれば記入。また、研究の見通しや進捗についての自己評価も記入。)

令和元年度のFS, 及び令和2年度に実施した研究の成果として, 下記の論文が学術誌に採択(掲載決定を含む)された。

- 1) 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, 2021. (掲載決定)
- 2) 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, 2021. (掲載決定)

これらの成果は, 学術研究分野だけでなく, 2020年度のITSシンポジウムやJCOMM会議でのポスター発表は行政や民間組織からも注目を浴びた。

熊本市が令和3年度に実施を計画している熊本市電の拠点ターミナルへのアクセス手段としてのRSTsの実証実験では, 本年度実施した荒尾市での調査や運用シミュレーション分析を参考にしており, 実証実験の計画と実施への協力を求められている。また, 都心部駐車場の需要予測と駐車特性の把握の成果は, 現在, 熊本市が検討を行っているまちなか駐車場適正化計画でも参照されている。

本年度は国内外の研究レビューだけとなったRide-Sharingを内包した数理的な需要予測と関連社会インフラ整備の評価モデルについても, そのプロトタイプはほぼ完成しており, モデルが含むパラメータは令和3年度の調査で推定可能となっている。

以上より, 本年度の研究の進捗状況は順調であり, 得られた成果は当初予定したとおりである。よって, 来年度以降も計画通りに研究を進めることができると確信している。