

令和 4 年 6 月 16 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04651

研究課題名（和文）都市規模に応じた自動運転サービスの在り方に関する研究

研究課題名（英文）Study on mobility service with autonomous vehicles

研究代表者

佐藤 仁美（Sato, Hitomi）

名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授

研究者番号：00509193

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、自動運転車両の受容性や望ましいサービスレベルについて分析を行った。自動運転車両の受容性では、自動運転車両に対するイメージが受容性に及ぼす影響について分析を行い、先進性は自動運転の魅力を増す一方で、先進的なものは複雑で扱いにくいと感じるため購入や利用意向が下がることなどを定量的に明らかにした。自動運転サービスに関しては、オールドニュータウンと戸建が多い住宅地の2地区を対象に分析を行ったところ、相乗りを可能にすることにより、待ち時間などが大幅に改善されること、電気自動車を用いることで、二酸化炭素排出量を40-50%減らせることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実施した、自動運転車に対するイメージと受容性の関係については、イメージと受容性との関係を定量的に示しており、受容性を向上するための情報提供の方法について示唆を与えるものであり、実務的に意義のある研究である。また、自動運転サービスの望ましいサービスレベルに関する分析では、ゆっくり自動運転や電気自動車といった、より安全でより環境負荷の少ない車両を対象にした研究はこれまでなく新規性があり、構築したシミュレータは、他の地域でも利用可能な汎用的なものであるため社会的にも意義がある研究である。

研究成果の概要（英文）：This study analyzed the acceptability and desirable service level of automated vehicles. The results showed that while advanced features increase the attractiveness of self-driving vehicles, the willingness to purchase and use self-driving vehicles declines because advanced features are perceived as complicated and difficult to handle. The analysis of automated driving services in two areas, one in Old New Town and the other in a neighborhood with many detached houses, revealed that a system that allows carpooling can significantly improve waiting time, and that a service using electric vehicles can reduce carbon dioxide emissions by 40-50%.

研究分野：交通計画

キーワード：自動運転 モビリティサービス サービスレベル

1. 研究開始当初の背景

2018年、スイスシャフハウゼンでは世界で初めて、自動運転の小型バスが本格導入され、路線バスとして運行されている。また、日本においては愛知県を始め各地で、一般市民を対象にした自動運転車両の試乗体験会の実施等が行われている。このような現状を考えると、様々な車種や速度で走行可能な自動運転車の技術は完成に近づきつつあり、技術的には我々の都市内を走り回る日も近いと予想される。

自動運転車が市場に出始めたときには、まず、ドライバーや収益の不足に苦しむタクシーが自動運転車に代わっていくであろう。自動化されたタクシーは、人件費の減少から利用料金が低下し、高齢者や子供でさえ比較的自由に車で移動できるようになる。自動運転車の運用は中央管理され、乗客とのマッチングや走行経路が最適化されることで、その利便性はさらに増す。多くの世帯では、自動車の保有ニーズが低下し、最終的には全ての自動車が中央管理された自動運転車に代わっていくと予想できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、自動運転の受容性や自動運転サービスの望ましいサービスレベルを検討することである。

3. 研究の方法

(1) 自動運転車の利用意向に関する国際比較

自動運転のイメージと利用意向の関係を分析した。アメリカ、オランダ、日本の三ヶ国で実施された、web アンケート調査を用いて分析を行った。調査の概要を表1に示す。商品やサービスなどが与える感情的なイメージを対立する形容詞対を用いて5または7段階で回答させる方法(SD法: Semantic Differential Method)を用いて、自動運転のイメージを尋ねた。得られたデータを、多重指標モデルの多集団同時分析を行った。

表1 アンケート調査の概要

調査方法	Web アンケート調査
調査日	2019年2月
調査国	日本、アメリカ、オランダ
回答者数	各国1000サンプル
調査内容	自動運転の受容性、自動運転車の認知とイメージ 自動運転車への期待や不安、自動運転の利用意向 運転に対する意識、普段の交通行動、個人属性 など

(2) ゆっくり自動運転車を用いたライドシェアシステムの検討

オールドニュータウンの例として、愛知県春日井市高蔵寺ニュータウンを対象に、ニュータウン内の移動需要に対して、ゆっくり自動運転車両を用いたサービスを実施した場合の望ましいサービスレベルについて検討した。ゆっくり自動運転の需要データは、中京都市圏パーソントリップ調査データと250mメッシュのKDDI Location Dataを融合させたデータと、利用意向を訪ねたアンケート調査データを分析した結果を用いた(北村ら, 2020)。構造計画研究所のartisocを用いて、エージェントベースドシミュレーションを構築し(図1)、いくつかのシナリオを設定し(表2)、サービスレベルを比較した。

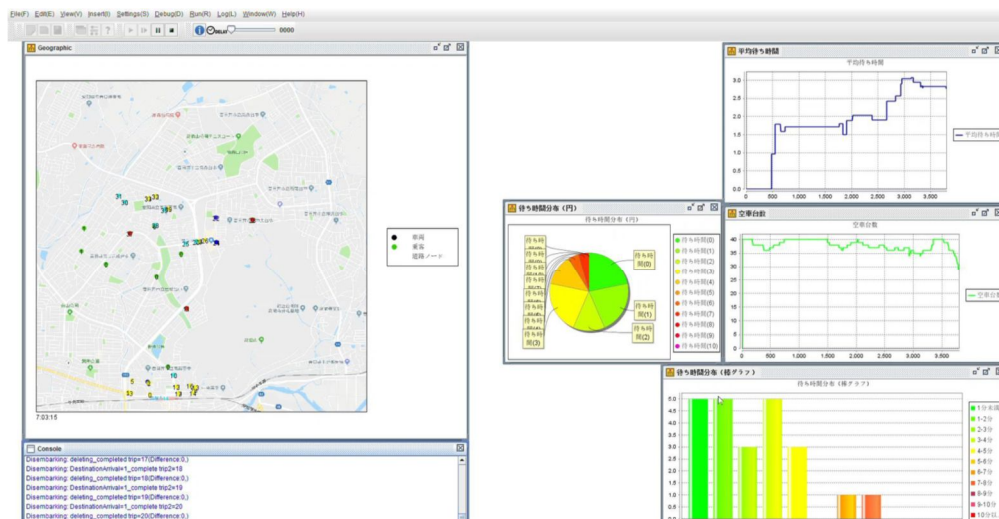


図1 構築したエージェントシミュレーション

表 2 シミュレーションシナリオ

Scenario	No-Sharing	Low-Speed	High-Speed
Maximum time before cancel (min)		500	
Service period		6:00 a.m.–11:59 p.m.	
Demand data		10 sets, average 2263 trips/day	
Share ride	Strategy equipped	FALSE	TRUE
	Threshold	Null	<150% direct time <5 min time difference
Speed (km/h)	Arterial	15	30
	Non-arterial	7.5	15

(3)パークアンドライド車両を活用した電気自動運転車相乗りシステムに関する検討

高蔵寺ニュータウンと戸建の多い住宅地区（名古屋市名東区）を対象とした．最寄り駅までのパーク＆ライドされた車両が電気自動車の自動運転車両と想定し，持ち主が帰宅するまでの間，相乗りサービスを提供するサービス(図 3)について分析を行った．Artisoc にて構築したエージェントベースシミュレーションを用いて，充電設備や相乗りの有無，車両数などを変えた複数のシナリオ(表 3)を設定し，待ち時間や環境負荷及びサービスレベルなどを比較した．

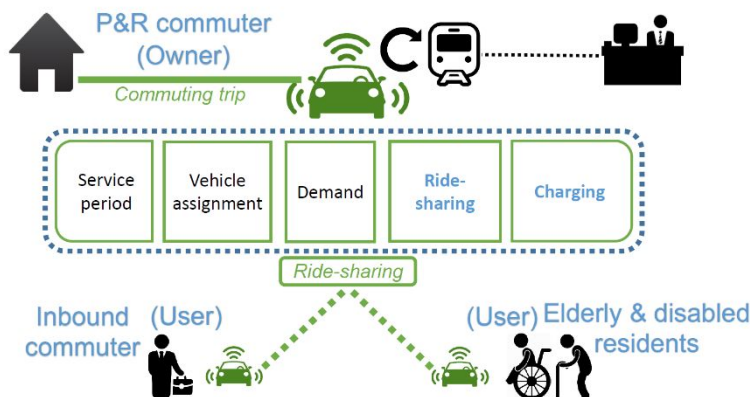


図 3 車両提供者とサービス利用者とサービス概要

表 3 シミュレーションシナリオ

No.	Case	Ride-sharing	Charger		Fleet	
			Scenario	number	percent	vehicles
1	Meito ward	Not allowed	Basic	3	10%	172
2					20%	343
3			Additional	10	10%	172
4					20%	343
5		Allowed	Basic	3	10%	172
6					20%	343
7			Additional	10	10%	172
8					20%	343
9	Kozoji Newtown	Not allowed	Basic	2	10%	185
10					20%	370
11			Additional	6	10%	185
12					20%	370
13		Allowed	Basic	2	10%	185
14					20%	370
15			Additional	6	10%	185
16					20%	370

4．研究成果

(1) 自動運転車の利用意向に関する国際比較

図 4 に構造方程式モデルの多母集団同時推定結果を示す．利用・購入意向に対しては，魅了性は 3ヶ国共通して正に有意な結果となり，自動運転が魅力的と感じれば感じるほど利用・購入意向が上がる事が分かる．魅了性には先進性や利便性が正に有意な影響があるため，便利で先進

的になればなるほど魅力的になり、利用意向につながると考えられる。

関心性に関しては、日本とオランダでは正に有意となり、関心が増すと利用・購入意向が増加する。日本とオランダは関心が高まれば高まるほど利用意向や購入意欲が高まるため自動運転に対して楽しいものであるという認識を高めるほど利用意向が上がる可能性がある。関心性は、アメリカとオランダでは親近性から有意に正の影響がある。基礎集計から、アメリカやオランダは実際に自動運転を見たり乗ったりする経験が日本よりも多かったため、最初は関心が高かった自動運転も親近性が高まるほど関心が低くなっていくのではないかと考えられる。

信頼性はどの国でも有意には推定されず、信頼性の有無が利用・購入意向には直接影響を及ぼさない。先進性は3ヶ国共通して有意に負となり、先進的なイメージが高いと利用・購入意向が下がる。信頼性は関心性と先進性から影響を受けており、関心性が高まるほど信頼性は高まり、先進性が増すほど信頼性は低くなる。関心性や先進性は親近性に影響せず、信頼性が高まるほど親近性も高まるので安心や安全といったものが市民の親近性に一番影響を与える可能性が高い。しかし、先進性には先進的で複雑であるため扱いに難しく、受け入れがたいと感じる人も多いと思われ、先進性が利用意向に負の影響を及ぼすことが考えられる。日本では、関心性と魅力性が大きく市民の利用意向と購入意欲に影響を与えることから、市民の関心を得つつ魅力的な面をアピールすることが最も重要であり、また先進性に関しては信頼性が下がらないようにアピールしていく必要がある。

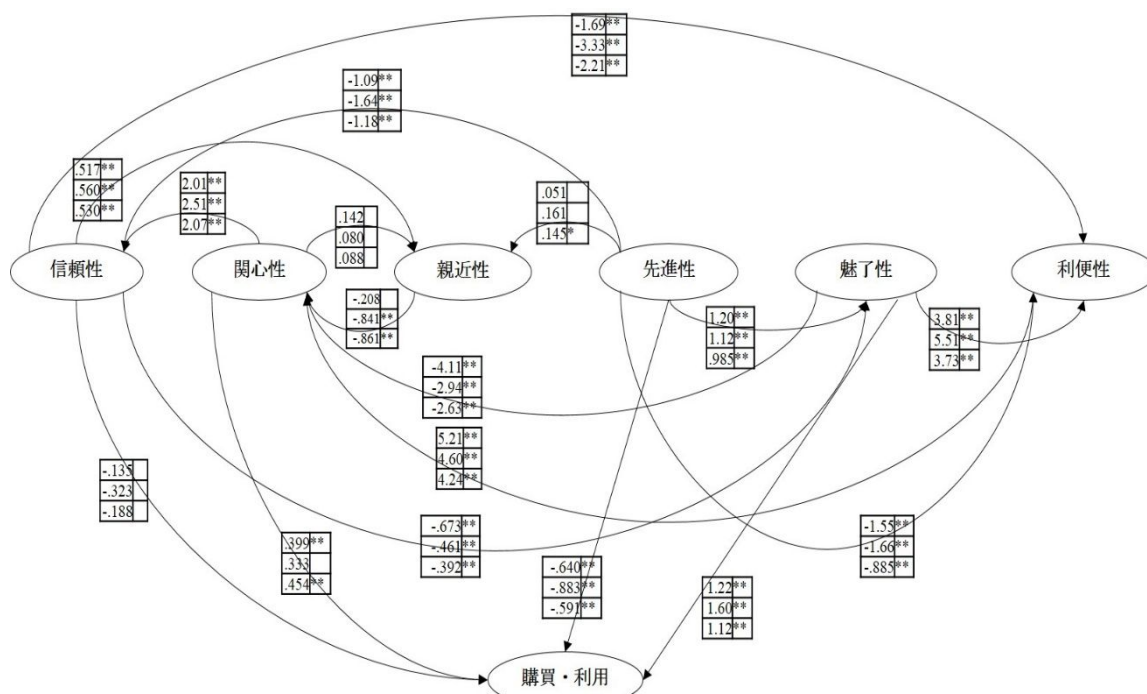


図4 多母集団同時推定の結果（数値は上から，日本，アメリカ，オランダ）

(2) ゆっくり自動運転車を用いたライドシェアシステムの検討

シミュレーションの結果のうち、車両台数と平均待ち時間の関係を表4に示す。なお、平均待ち時間はライドシェアの場合の平均値である。40台でも約2250回の需要に対応できることが確認できたが、平均待ち時間は15分となった。車両台数を40台から50台とした場合に平均待ち時間は約半分になるが、50台以上は車両を増やしても待ち時間はほとんど変わらない。ライドシェアを行わず、車両台数40台の平均待ち時間は2時間近くなり、ライドシェア有のほうが効率的であることが分かった。

相乗り割合と車両の利用割合に関しては、ゆっくり自動運転の場合の相乗り率は、車両台数が増えると大幅に低下し、60台では5%程度、40台では43%にまで増加した。車両台数を時間大別の相乗り率を図5に示す。40台の場合、ピーク時には相乗り率が6割にまで増加する。60台以上では、いずれの時間帯でも10%以下となった。

表4 車両台数と待ち時間

Fleet Size	40	50	60	70
Average	0:15:01	0:07:06	0:04:54	0:04:31
95th Percentile	0:36:53	0:18:46	0:11:40	0:11:02

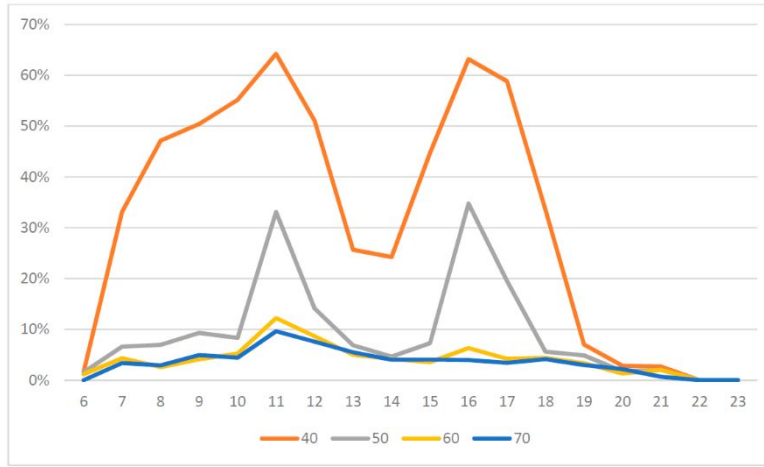


図5 時間帯別相乗り率

(3) パークアンドライド車両を活用した電気自動運転車相乗りシステムに関する検討

表5に電気自動車とガソリン車を利用し、相乗りがあり場合の、平均待ち時間とサービスを提供できなかったトリップ割合 (Unfinished trip rate) を示す。名東区と高蔵寺ともに、平均待ち時間は車種や充電スポットの数によってもほぼ同じという結果となった。一方で、サービス提供ができなかったトリップ割合を見ると、充電スポット数ではあまり変わらないが、ガソリン車は電気自動車よりも少ないという結果となった。

電気自動車の場合の平均待ち時間やサービス提供できなかったトリップ割合をシナリオごとに見ると、相乗りなしでは、(2)の結果と同様に平均待ち時間が長くなり、サービス提供できないトリップ割合も増える。この傾向は、高蔵寺よりも面積が大きい名東区でのほうが差が顕著である。車両台数による違いでは、車両台数がパークアンドライドが可能者な車両の10% (2地域ともに180台前後) の場合では、相乗りがなしで名東区では15%、高蔵寺では4%とサービスを提供できないトリップが増える。

車両1台あたりの需要トリップ数の観点からは、1台あたりの需要トリップ数が大きくなるほど、提供できないトリップ割合が減り、稼働率や走行距離は増加し、客を乗せていない時間は減少する。充電器カバーエリアが狭い(つまり、充電器の数が増える)ほど、当然のことながら、充電器1台あたりの充電時間は減少する。

サービス利用者は待ち時間が少なくなるように車両台数が多い方が望ましいが、サービス提供側は収益を増やすために相乗り有で少ないの車両台数のサービスを望ましいと考えるだろう。今回の結果から、待ち時間を短く(5分程度かそれ以下)したい場合、車両1台当たりの需要は40トリップ/日以下にするのが望ましいことが明らかとなった。

また、EVを導入すること、ガソリン車に比べ、CO2排出量を約40%~50%削減できることが明らかとなった。

表5 平均待ち時間とサービスを提供できなかったトリップ割合

Ride-Sharing Vehicle Charger location	EV	Allowed		
	Basic	EV Additional	non-EV /	
Meito	Average wait time(h:mm:ss)	0:19:11	0:19:24	0:15:40
	95th Percentile of wait time	1:24:24	1:24:04	1:15:35
	Unfinished trips rate	0.30%	0.31%	0.11%
Kozoji	Average wait time(h:mm:ss)	0:05:55	0:05:46	0:04:48
	95th Percentile of wait time	0:19:37	0:18:03	0:12:22
	Unfinished trips rate	3.20%	2.70%	0.43%

参考文献

北村清州, 水田哲夫, 中村俊之, 佐藤仁美, 森川高行, 中菅章浩, 南川敦宣: 自動運転車両によるモビリティサービス導入に向けた実践的需要分析手法~高蔵寺ニュータウンでのケーススタディ~, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), vol176, No.5, 2021.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Zhou Yefang, Sato Hitomi, Yamamoto Toshiyuki	4. 巻 13
2. 論文標題 Shared Low-Speed Autonomous Vehicle System for Suburban Residential Areas	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 8638 ~ 8638
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/su13158638	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yefang ZHOU, Hitomi Sato, Toshiyuki Yamamoto
2. 発表標題 Ride-sharing Autonomous Vehicle System in Residential Area: Effects of Charging
3. 学会等名 International Conference on Materials and Systems for Sustainability（国際学会）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究 分 担 者	三輪 富生 (Miwa Tomio) (60422763)	名古屋大学・未来材料・システム研究所・准教授 (13901)	

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究 協 力 者	周 也方 (Zhou Yefang)	名古屋大学・工学研究科・博士課程後期課程学生 (13901)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	山本 俊行 (Yamamoto Toshiyuki) (80273465)	名古屋大学・未来材料システム研究所・教授 (13901)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関