

# 広域ODデータによる 自動運転シェアカーシミュレーション —名東区発着トリップに対する検証—

山本 真之<sup>1</sup>・梶 大介<sup>2</sup>・服部 佑哉<sup>3</sup>・山本 俊行<sup>4</sup>  
玉田 正樹<sup>5</sup>・藤垣 洋平<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社デンソー 先端研究部 (〒470-0111 愛知県日進市米野木町南山 500-1)  
E-mail:masayuki\_z\_yamamoto@denso.co.jp

<sup>2</sup>非会員 株式会社デンソー 先端研究部 (〒470-0111 愛知県日進市米野木町南山 500-1)  
E-mail:daisuke\_kaji@denso.co.jp

<sup>3</sup>非会員 株式会社デンソー 先端研究部 (〒470-0111 愛知県日進市米野木町南山 500-1)  
E-mail:yuuya\_hattori@denso.co.jp

<sup>4</sup>フェロー会員 名古屋大学 未来材料・システム研究所教授 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)  
E-mail:yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

<sup>5</sup>非会員 株式会社構造計画研究所 社会デザイン・マーケティング部 (〒460-0008 愛知県名古屋市中区  
栄 1-3-3)  
E-mail:tamada@kke.co.jp

<sup>6</sup>学生会員 東京大学大学院工学系研究科 都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)  
E-mail:fujigaki@ut.t.u-tokyo.ac.jp

近年、シェアリングエコノミーという経済活動が拡大し、自動車の利用においても普及が進んでいる。自動車のシェアリングの将来像として注目されているのが、自動運転車を用いたシェアリングである。この自動運転シェアカーは、移動中に車内のプライベート空間を仕事など自由に利用可能で利便性が高い。そのため、実現されれば普及が大きく進むと考えられるが、従来研究のほとんどは制限された領域における普及予測に留まり、通勤等を含めた実際の利用シーンにおけるサービス規模の予測は行われていない。

本研究では、通勤等を含む広域ODデータを対象に離散選択モデルによる推定とマルチエージェントシミュレーションを行い、自動運転シェアカーの普及や運用方法を予測する。

**Key Words:** *shared autonomous vehicle, discrete choice model, multi-agent simulation*

## 1. はじめに

近年、個人が所有する遊休資産を共用するシェアリングエコノミーという経済活動が急速に普及し始めている。市場規模は、2013年は約150億ドルであるが、2025年には約3,350億ドル規模まで成長するという試算もある<sup>1)</sup>。カーシェアリング、ライドシェアリングなどの車のシェアリングもこれに含まれ、今後の拡大が予測されている。車のシェアリングの将来像として注目を集めているのが自動運転シェアカーという新しいモビリティである。自動運転シェアカーは、カーシェアリングと異なり自ら運転する必要がなく、ライドシェアのようにドライバーも車内に存在しないため事故のリスクを抑え、車内を安全なプライベート空間として確保できるモビリティである。

そのため自動運転シェアカーは、移動時間を業務時間として利用可能に、また子供や、運転が難しい高齢者のみでも安全に移動可能になるなど、人々の移動を大きく変えるモビリティとして注目されている。

自動運転シェアカーの将来のサービス規模や交通社会に与える影響を予測した研究は複数ある。Levin et al<sup>2)</sup>はAustin市内の特定エリアにおいて相乗りサービスが有る場合と無い場合の必要台数を予測している。また山本ら<sup>3)</sup>は名古屋市名東区内での自動運転シェアカーの利用者数や、移動需要を処理するために必要な車両台数、交通社会の変化を予測している。しかし、これらの研究は対象エリアが限定的で対象となる移動も限定的である。例えば中京都市圏におけるトリップ平均所要時間はどの移動目的であっても30分前後である<sup>4)</sup>。従来研究のよ

うに分析エリアが限定的である場合、近距離トリップのみを対象としてサービス規模の予測が行われている。

本研究の目的は、中長距離トリップも含む広域エリアに対して自動運転シェアカーを導入した場合のサービス規模を予測することである。また、広域エリアにおける人々の移動特性を把握し、それらを考慮した自動運転シェアカーの運用方法についても考察する。

## 2. 利用データおよび分析対象地域

分析に利用するデータは、第 5 回中京都市圏 PT 調査の平日の調査結果とした。分析は、広域エリア内の移動を対象とする。本研究では、名東区を出発地とするトリップと、名東区を到着地とするトリップに注目した。PT 調査結果より、名東区発移動の到着地と、名東区着移動の出発地は、名古屋市、尾張旭市、瀬戸市、長久手市、東郷町、日進市で全名東区発着トリップの 84% を含む事がわかった (図 1, 図 2)。これらより、分析エリアは名古屋市、尾張旭市、瀬戸市、長久手市、東郷町、日進市とし、分析対象のトリップデータは名東区発着の 7432 件とする。



図 1 分析対象である名東区中心の広域エリア

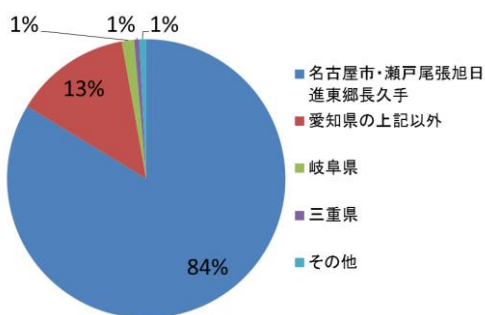


図 2 名東区発着トリップの発着地割合

## 3. モデル設定とサービス規模予測

本研究では、名東区発着トリップを対象とした自動運転シェアカーのサービス規模の予測に、交通手段選択の多項ロジットモデルを用いる。交通手段の選択肢は、自家用車/鉄道/バス/タクシー/自転車/徒歩の 6 つとし、交通手段選択を決める説明変数は所要時間/費用/待ち時間/性別/年齢/職業を用いる。パラメータは PT 調査の実績データと交通手段毎に設定した LOS データに対して最尤推定法を用いて推定した (表 1)。パラメータ推定値は、符号条件を満たし、かつ尤度比は 0.389 と比較的良好な結果を得た。

表 1 交通手段選択モデルの推定結果

変数名	推定結果	t 値
鉄道 定数項	3.597	39.14
バス 定数項	2.615	16.66
タクシー 定数項	-0.171	-0.56
自家用車 定数項	3.128	36.92
自転車 定数項	0.680	7.93
所要時間	-2.942	-24.63
費用	-0.718	-7.28
待ち時間	-3.680	-8.25
年少者ダミー (自転車)	-0.889	-2.94
就学者ダミー (徒歩)	-0.581	-1.98
主婦無職ダミー (徒歩)	-0.203	-3.91
サンプル数	7432	
補正済み尤度比	0.389	

次に、交通手段選択モデルを用いて名東区発着トリップにおける自動運転シェアカーの利用者数を予測する。交通手段選択モデルに自動運転シェアカーを追加するための属性値は、我々が実施した名東区内々トリップの分析<sup>3)</sup>と同様の設定とした。定数項と所要時間は自家用車と同一に、また待ち時間は 1 分、費用は 55 円/km とした。

需要予測の結果、名東区発着トリップにおける自動運転シェアカーのトリップ数は 104913 トリップであった

(図 3)。名東区発着トリップにおける交通手段分率は、自動運転シェアカーが最も高く、自家用車、鉄道が続いた。また、自動運転シェアカー導入前と導入後の各交通手段分率の変化から、各交通手段から自動運転シェアカーへ移行した割合である転換率も予測した。自動運転シェアカーへの転換は、自家用車から最も多いため道路上を走行する自家用車は約 5 万トリップ減少する。しかし、鉄道やバスから自動運転シェアカーへの転換が

多く存在することから道路上を走行する車両は、自動運転シェアカーの導入で増加することがわかる。

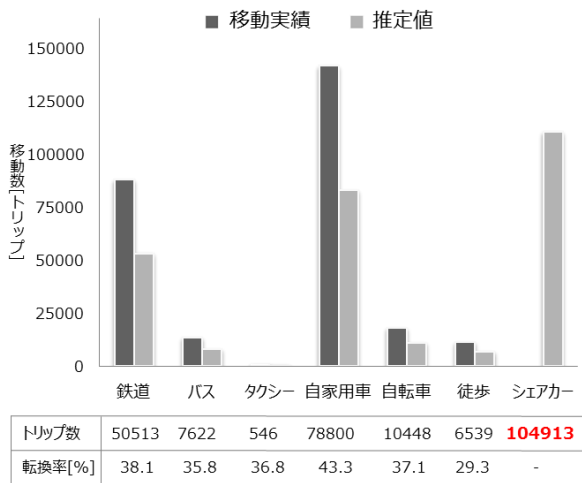


図3 予測トリップ数と転換率

次に、移動需要を処理するために必要な自動運転シェアカーの台数を予測する。図4に名東区発トリップと名東区着トリップ、またその差の累積数をグラフ化した。名東区発着トリップの特徴は、朝の7時～9時では名東区発のトリップが名東区着より多く、夕方の17時～19時では逆に名東区着のトリップが名東区発よりも多い。そのため、名東区における自動運転シェアカーの車両台数は、朝の通勤時間帯に不足し始め、夕方には不足分がある程度解消されるが、一日を通して不足傾向にある。不足する車両台数は、発着トリップ数差の累積数と同等であると考え、その最大値である11000台が必要台数と予測した。自動運転シェアカーサービスの円滑な運用には、この不足する車両を何らかの方法で名東区に補充することが求められると考える。

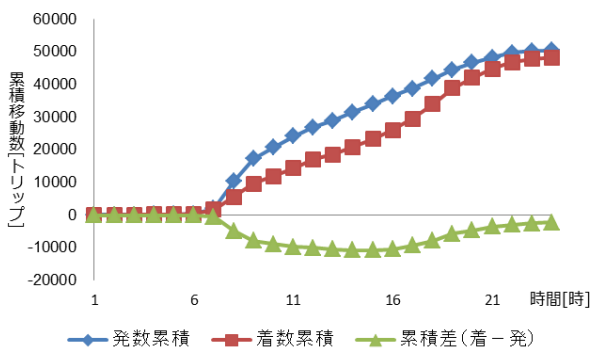


図4 名東区発着トリップの累積数

#### 4. シミュレーションによる検証

名東区発着のトリップ需要処理に必要な台数として予

測した11000台の妥当性をシミュレーションにより検証する。シミュレーション内の道路データは、分析エリアである名古屋市、尾張旭市、瀬戸市、長久手市、東郷町、日進市の幹線道路情報をOpenStreetMapから取得した。シミュレーションは、0時から24時までの24時間を対象とした。トリップ需要は、名東区発の50558トリップと、名東区着の48376トリップのみとした。自動運転シェアカーの車両は、分析エリア全域に均一配置し、道路上を時速30kmの一定速度で移動させた。配車ルールは、名東区内で発生した需要には名東区内に存在する最寄りの車両を配車し、名東区外で発生した需要には名東区外に存在する最寄りの車両を配車することとした。名東区外では名東区へ向かう移動のみの発生となるため名東区外での待ち時間の評価は、少ない需要に対して過剰に車両が存在することにより短めとなる。よって本研究では、待ち時間の評価を名東区内で発生したトリップのみを対象に行うこととする。以上の設定でシミュレーション(図5)を行い、名東区内に配置した車両台数と名東区内の待ち時間の感度分析を行った。

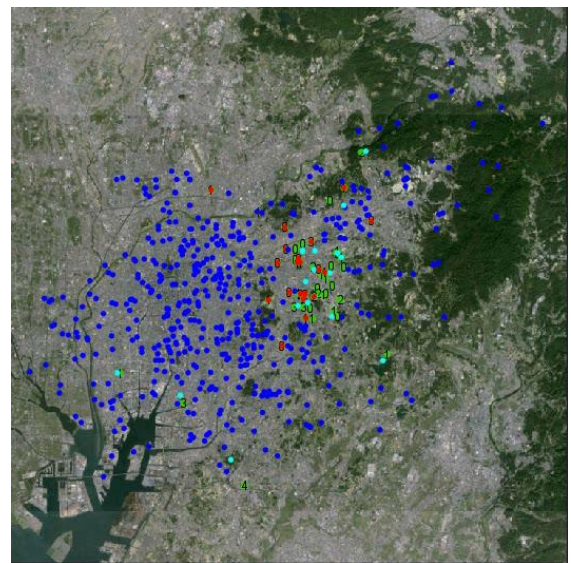


図5 シミュレーション画面

シミュレーションの結果を図6に示す。名東区内に11000台を配置した場合、名東区内における一日の平均待ち時間は約2分であった。これは一般のタクシー等と比較して十分に短い待ち時間であり、名東区発着トリップに対する必要台数は11000台で妥当と考える。これにより、必要台数の予測に各エリアの発着トリップ数差の累積による分析が利用可能であることがわかった。

また、名東区内の配置台数の減少によって待ち時間が急激に増大することも確認した。これらは、自動運転シェアカーのサービス運用時の知見になると考える。



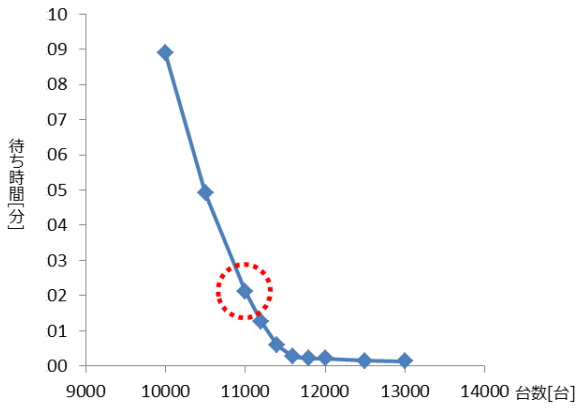


図 6 名東区の配置台数と待ち時間の関係

### 5. 広域エリアでのサービス規模と運用予測

分析エリア全体での自動運転シェアカーの利用者数と、各エリアの移動特性に合わせた運用方法を予測する。分析エリア全体での予測にはLOSデータの構築時間と、シミュレーション時間が大幅に増大することが予想される。そのため、名東区以外の各エリアにおける自動運転シェアカー利用者数は、図2のグラフに示した名東区における転換率をPT調査結果から得た各エリアのトリップ実績に掛けることで予測した。次に、各エリアにおける発着トリップ数から各エリアの特性を把握し、エリア全体での運用を予測する。

分析結果の例として名古屋市中区の発着トリップ実績に名東区の転換率を掛けた結果を示す(図7)。中区のトリップの特徴は朝の6時以降一日を通して中区着のトリップが中区発より多く、自動運転シェアカーの台数は常に中区内に過剰な状態と予測できる。そのため、中区には名東区のように不足車両を配置する必要がない。

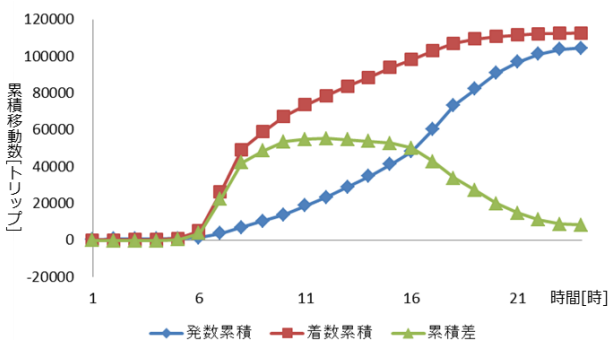


図 7 中区発着トリップの累積移動数

中区と同様の分析を、他エリアにも実施し得た結果を図8に示す。まず、分析エリア全体での発着トリップに対する自動運転シェアカーの利用トリップ数は171万トリップであった。分析エリアでは、中区のような車両が

過剰なエリアと、名東区のように車両が不足するエリアに分かれ、車両の偏りが発生すると考える。分析エリア全体に必要な自動運転シェアカーの台数は、不足エリアでの発着トリップ数差の累積から約10万台と予測した。また、分析エリア全体における自家用車のトリップ数は85万トリップであった。自家用車の必要台数は、仮に自家用車利用者全員が往復で同一の自家用車を利用したとしても約43万台が必要となる。自動運転シェアカーに必要な台数10万台は、効率的な運用を考慮せず不足する車両分を補った単純な予測である。しかし、自動運転シェアカーの利用トリップ数は自家用車の2倍であるにもかかわらず、必要車両は約1/4で十分とわかった。

### 6. 考察

シェアリングの特徴は遊休資産の効率的利用にあるため、自動運転シェアカーの運用においてもより効率的な運用の可能性を検証する。分析エリア全体では、車両の偏りが発生しており、この偏りを均一化することで効率化を図る施策の導入を考える。具体的には、中区のような車両過剰エリアで余っている車両を名東区のような車両不足エリアに回送し、必要台数の削減を狙う。車両不足エリアへの回送は、一般的なカーシェアリングであれば人が行う必要があるため人件費が発生するが、自動運転シェアカーの場合は、この費用を掛けずに実施可能で人件費の面でも有効である。施策効果試算の結果、車両過剰エリアから車両不足へ回送可能な台数が約5万台あり、広域エリア全体における不足分である10万台の約半分を補うことが可能とわかった。

車両効率化の施策は、移動車両減少による混雑回避や、環境負荷低減に繋がる。そのため、広域エリアにおける自動運転シェアカーは、朝夕の通勤移動に対する相乗りサービスの導入などエリア内の移動特性に合わせた車両の効率的な利用を促す施策と共に運用することが求められる。



□ 車両過剰エリア ■ 車両不足エリア

図 8 広域エリア全域での車両過不足特性

## 7. 終わりに

本研究では、名東区を中心とした名古屋市とその周辺市町村を含む広域エリアにおける自動運転シェアカーのサービス規模と、運用方法を予測した。その結果、分析エリアにおける自動運転シェアカーの利用トリップ数は171万トリップで、この需要を処理するために必要な車両台数は車両効率利用の施策導入により5万台あれば十分であることがわかった。

今後の課題は、自動運転シェアカーサービスの効率運用方法のより詳細な検討である。本研究で取り扱った施策は、地理的には区や市町村単位、移動需要は一時間単位での分析に留まっている。さらなる効率的運用のためには、駅前等での分単位の需要の集中に合わせた施策の検討が重要であると考えられる。

謝辞：中京都市圏PT調査データは国土交通省から提供を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

(2016. 7. 31 受付)

## 参考文献

- 1) PwC: The Sharing Economy, <https://www.pwc.com/us/en/technology/publications/assets/pwc-consumer-intelligence-series-the-sharing-economy.pdf> (入手 2016.07.04)
- 2) Levin, M. W., Li, T., Boyles, S. D., & Kockelman, K. M.: A general framework for modeling shared autonomous vehicles, 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2016.
- 3) 山本真之, 梶大介, 服部佑哉, 山本俊行, 玉田正樹, 藤垣洋平: 自動運転車によるシェアカーの普及に関する研究, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.53(CD-ROM), No.03-02, 2015.
- 4) 中京都市圏総合都市交通計画協議会: パーソントリップ調査結果公表資料, <http://www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/chukyo-pt/persontrip/p01.html> (入手 2016.07.04)

## SIMULATION ANALYSIS OF SHARED AUTONOMOUS VEHICLES IN CITY AREA

Masayuki YAMAMOTO, Daisuke KAJI, Yuuya HATTORI, Toshiyuki YAMAMOTO,  
Masaki TAMADA and Youhei FUJIGAKI