

# 新たなモビリティサービス導入のための需要計画ツールの開発 ～高蔵寺ニュータウンにおける低速自動運転車両の需要予測～

Development of Demand Forecasting Tools for Introducing New Mobility Services

北村清州<sup>1</sup> 高 宇涵<sup>2</sup> 羽佐田紘之<sup>3</sup> 水野杏菜<sup>3</sup> 萩原 剛<sup>4</sup>

By Seishu KITAMURA, Yuhan GAO, Hiroyuki HASADA, Anna MIZUNO, and Go HAGIHARA

## 1 はじめに

人口減少や高齢化の進展に伴い、地方の中山間地等において、バスをはじめとする公共交通の需要が縮小している。加えて、運転手不足も深刻化しており、地域の交通サービスの維持・確保が困難になっている。また、高齢者の運転免許の返納も年々増加しており、今後は、中山間地だけでなく、郊外のニュータウン等においても、近距離の買い物や通院のための移動が困難となることが想定されている。こうした課題に対する解決策のひとつとして、低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービスのような新たなモビリティサービスの導入による地域交通システムのリ・デザインがあげられる。例えば、愛知県春日井市の高蔵寺ニュータウンでは、2016年に策定された「高蔵寺リ・ニュータウン計画」<sup>1)</sup>の主要プロジェクトの一つとして、交通拠点をつなぐ快適移動ネットワークの構築が掲げられており、地域内の移動性を持続・向上するための取り組みとして、春日井市、名古屋大学が中心となり「低速自動運転車両(ゆっくり自動運転<sup>®</sup>)」や「オンデマンド乗合サービス」を活用した交通網のリ・デザインが進められている<sup>2)</sup>。本稿では、愛知県春日井市の高蔵寺ニュータウンにおける、新たなモビリティサービスを用いた地域の公共交通網再編検討に関連して筆者らが開発した、全国で進む低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービスの導入検討、地域交通のリ・デザインに活用可能な需要計画ツールの概要を紹介する。

## 2 需要計画ツールの開発の必要性

低速自動運転車両やオンデマンド乗合サービス等の新たなモビリティサービスの導入に関しては、地域公共交通の活性化及び再生に関する法律に基づく「地域旅客運送サービス継続事業」<sup>3)</sup>や内閣府・総務省・経済産業省・国土交通省による「スマートシティ関連事業」<sup>4)</sup>

等の事業支援を受け、全国各地で実証実験や社会的受容性に関わる調査研究が実施されてきた。今後、新たなモビリティサービスの本格導入を迎えるにあたり、持続的な運営を可能とするためには、移動需要に基づく必要な車両台数の試算や需要に応じた適切な料金の設定が極めて重要となる。従前の路線バスやコミュニティバスの運賃を基準に数百円でサービスを導入した結果、地域住民の利便性は向上し移動需要は増加したものの、採算が合わず車両追加等のサービス拡張が困難になってしまった事例も存在する。このように初期の試算を見誤ることでサービス改善が難しくなってしまう可能性や、反対に、損失を恐れてスモールスタートとしたために、当該サービスの持つ本来の機能を十分に発揮できず、利用者に悪い印象を与えてしまい需要が伴わない可能性もある。需要予測に基づき必要な車両台数や適切な運賃を試算し、サービスの位置づけや採算性を検討したうえで、持続可能なシステムを設計していくことが重要である。

## 3 需要計画ツールの概要

### (1) リ・デザインのための詳細OD表の作成

新たなモビリティサービスの需要計画にあたり、重要となるのが計画検討の基礎となる人の移動データである。対象とする新たなモビリティサービスは、既存の路線バスやコミュニティバスを代替し、ラストマイルや特定のエリア内で運用されるサービスであり、その設計には、数100m単位の解像度での需要予測が求められる。都市圏の交通ネットワーク検討にはこれまで、多くの地域において、パーソントリップ調査(以下、PT調査)より取得されたデータを用いた需要予測技術が適用されてきた(2022年時点で国内65都市圏において143回の調査が実施されている)<sup>5)</sup>。PT調査データの解像度は概ね数km程度のゾーン単位であり、都市間交通の需要予測には有効であるが、狭域の移動

<sup>1</sup>交通・社会経済部門 主幹研究員兼グループマネジャー 博士(工学) <sup>2</sup>データサイエンス室 研究員 博士(工学)

<sup>3</sup>交通・社会経済部門 研究員 <sup>4</sup>交通・社会経済部門 グループマネジャー 博士(工学)

を担う交通サービスの設計には適さない。一方、近年では、携帯電話やカーナビゲーションシステムなどから取得された人の移動に関するビッグデータが収集・蓄積され、データを保有する複数の民間企業により製品化されたことで、都市交通計画分野においても活用が進んでいる。全国各地で検討が進められている新たなモビリティサービスの需要予測を実施するためには、予測に必要なデータを容易に入手可能であることが必要な条件となる。そこで、解像度は粗いものの現在の利用交通手段や移動目的等の交通特性が把握できかつ全国に既往調査のデータが存在するPT調査データと、詳細な交通特性までは分からないものの数100m単位の解像度で移動実態を把握できる携帯電話の位置情報データを融合した詳細OD表を作成し、新たなモビリティ需要推計のための基礎データとして用いる。データの作成手順は、越智ら<sup>6)</sup>の提案手法を参考とし、新たなモビリティサービスの配置等解析に必要なスケールと他統計データ等関連データとの整合性やデータの取扱い易さの観点から、標準地域メッシュ(約1km四方)の4分の1の約250m四方のメッシュ間の交通手段別の詳細なOD表を作成した。

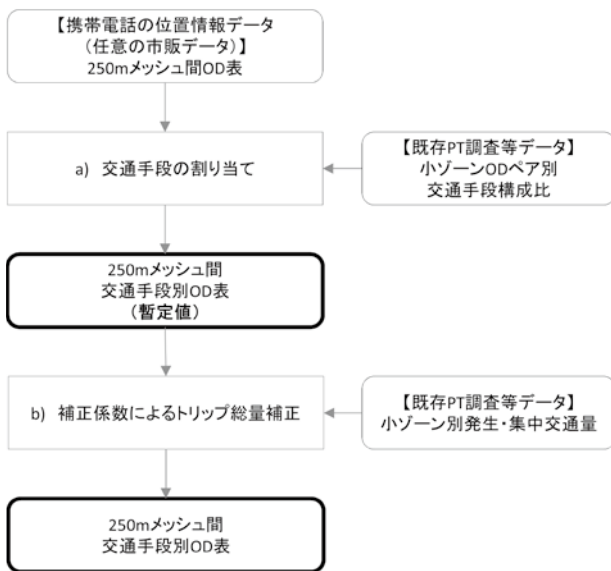


図-1 データ融合による詳細OD表の作成手順

a) 交通手段の割り当て

市販の携帯電話の位置情報データによる「250mメッシュ間OD分布パターン」にPT調査の「小ゾーン間ODペアの交通手段構成比」を乗じ、「交通手段別詳細ゾーン間OD表(暫定値)」を作成した。小ゾーンI

からJへの交通手段kの構成比を $P_{I(j)k}$ 、小ゾーンI内の250mメッシュiから小ゾーンJ内の250mメッシュjの移動需要を $X_{ij}$ と表すと、交通手段kの250mメッシュij間の移動需要 $Y_{ijk}$ は、以下の式で計算できる。分析目的に応じ、交通手段以外にも移動目的やPT調査で把握されているその他トリップ属性を割り当てることも可能である。

$$Y_{ijk} = X_{ij} \cdot P_{I(i)J(j)k}$$

ここで、

$i, j$ : 250mメッシュ

$I(i), J(j)$ : 250mメッシュi, jを含む小ゾーンI, J

k: 交通手段

b) 補正係数によるトリップ総量補正

PT調査データより得られる小ゾーン別の発生交通量をコントロールトータルとして、「交通手段別詳細ゾーン間OD表(暫定値)」のうち小ゾーンIに含まれる250mメッシュiの発生交通量の合計値 $\Sigma Y_{ijk}$ がPT調査の小ゾーンIの発生交通量 $\Sigma Y_I$ と一致するよう補正係数 $N_I$ を計算した。補正係数によるトリップ総量の拡大推計を行い、交通手段別の詳細ゾーン間OD  $\hat{Y}_{ijk}$ を作成した。

$$N_{I(i)} = \Sigma Y_{I(i)} / \Sigma Y_{ijk}$$

$$\hat{Y}_{ijk} = N_{I(i)} \cdot Y_{ijk}$$

c) 250mメッシュ間詳細OD表の作成結果

前述の手順で高蔵寺ニュータウンにおいて作成した250mメッシュの詳細OD表による自動車(送迎)及びバス利用者のトリップ数分布の分析例を以下に示す。ニュータウンの中心に位置する商業施設サンマルシェや高蔵寺駅への送迎交通が多いこと、バス利用者は地域内に満遍なく分布しており、250mメッシュあたり20~40トリップ/日程度の利用があることなどが把握できる。PT調査データのみでは5つの小ゾーン単位でしか捉えられなかったニュータウン内の交通手段別のトリップ特性を、携帯電話の位置情報データと組み合わせることでより詳細な解像度で把握可能であることが示された。携帯電話の位置情報データは全国で市販されており、既往のPT調査や類似の交通行動調査のデータと融合することで、250mメッシュの詳細な解像度

で地域の移動特性を捉え、地域の交通サービスのリ・デザインに有効活用できる。

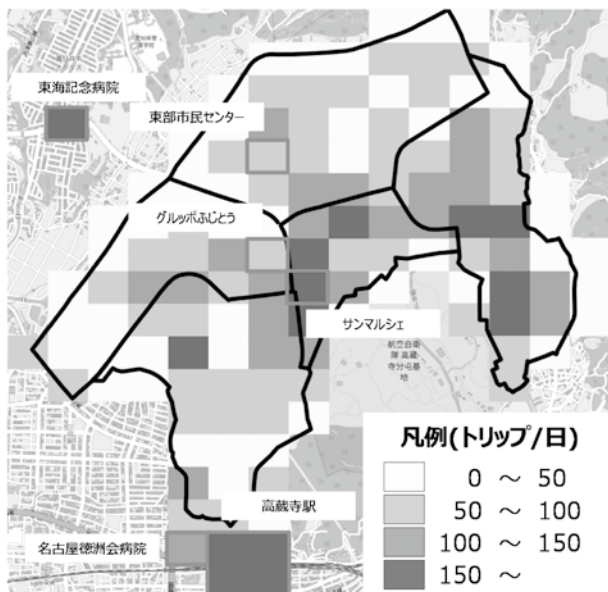


図-2 250mメッシュ着トリップ分布：自動車（送迎）

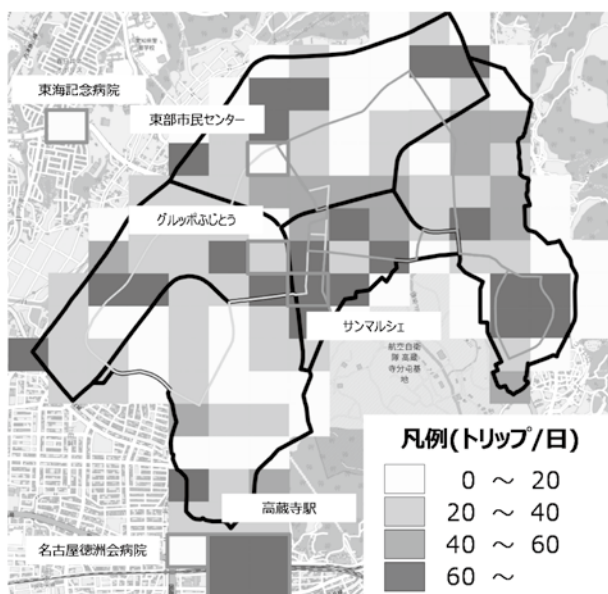


図-3 250mメッシュ着トリップ分布：バス

## (2) 需要予測ツールの開発

(1) で作成した250mメッシュ間の交通手段別詳細OD表を顕在化した選好 (Revealed Preference: 以下、RP) とみなし、新たなモビリティサービス導入時の利用意向に関する選好意識 (Stated Preference: 以下、SP) に関する調査データと組合せてRP/SPモデルを構築した<sup>7)</sup>。高蔵寺ニュータウン内の現在の利用可能交通手段は、バス、自動車（運転）、自動車（送迎）、タクシー、自転車、徒歩であり、複雑な乗換えも

ないことから、シンプルな多項ロジットモデルを採用した。250mメッシュ間の各交通手段のサービス水準を作成し、加えて、起伏の大きい地域であるため、徒歩による移動の負荷を考慮するためメッシュ間の高低差を変数として用いた。

$$U_{in}^{RP} = \beta x_{in}^{RP} + \alpha w_{in}^{RP} + \varepsilon_{in}^{RP}$$

$$U_{in}^{SP} = \beta x_{in}^{SP} + \gamma z_{in}^{SP} + \varepsilon_{in}^{SP}$$

$$\text{Var}(\varepsilon_{in}^{RP}) = \mu^2 \text{Var}(\varepsilon_{in}^{SP})$$

ここで、

$U_{in}$ : 個人 $n$ の選択肢 $i$ に対する総効用

$\varepsilon_{in}$ : 個人 $n$ の選択肢 $i$ に対する総効用 $U_{in}$ の誤差項

$x_{in}, w_{in}, z_{in}$ : 個人 $n$ の選択肢 $i$ に対する確定効用の説明変数ベクトル ( $x$ はRPとSPで共通の、 $w, z$ はRPとSPそれぞれに固有の説明変数)

$\alpha, \beta, \gamma$ : 未知パラメーター

$\mu$ : スケールパラメーター

作成した需要予測ツールを用い、ニュータウン内への低速自動運転車両の導入影響の予測を実施した。地域内「サンマルシェ」を含むメッシュへのトリップ需要の推計結果及びニュータウン内各地区からのトリップ需要を分析した結果が図-4、5であり、導入するサー

表-1 パラメーターの推定結果

説明変数		推定値	t値
定数項 (RP/SP共通)	バス	-	-
	自動車（運転）	1.70	24.47
	自動車（送迎）	0.17	5.52
	タクシー	-3.08	-36.22
	自転車	0.09	3.02
定数項	徒歩	2.82	35.38
定数項	ゆっくり自動運転*	0.82	22.41
所要時間 (分) ※料金を含む	徒歩	-7.94	-22.99
	その他交通手段	-5.12	-18.55
標高差20m以上ダミー ※徒歩のみ		-0.08	-1.47
スケールパラメーター		0.80	2.21
サンプル数 (総数)		31,329	
サンプル数 (メッシュペア×手段)		22,074	
サンプル数 (SP調査回答者×設問)		9,255	
回答者数 (SP調査)		3,791	
自由度調整済み決定係数		0.3336	

バスの運賃等水準や既存のバス網の改変等を加味することで、様々なパターンで低速自動運転車両の需要を分析可能である。これにより必要車両数や効率的な車両配置のシミュレーション、運賃と利用者数による収支の想定など詳細な検討が可能となる。

高蔵寺ニュータウンでは、2019年に低速自動運転車両の利用意向に関するSP調査を、2022年にオンデマンド乗合サービスの利用意向に関するSP調査を実施しており、両サービスの需要予測ツールを開発している。地域移転性等の継続研究は必要であるものの全国各地の類似サービス導入検討への活用が可能である。

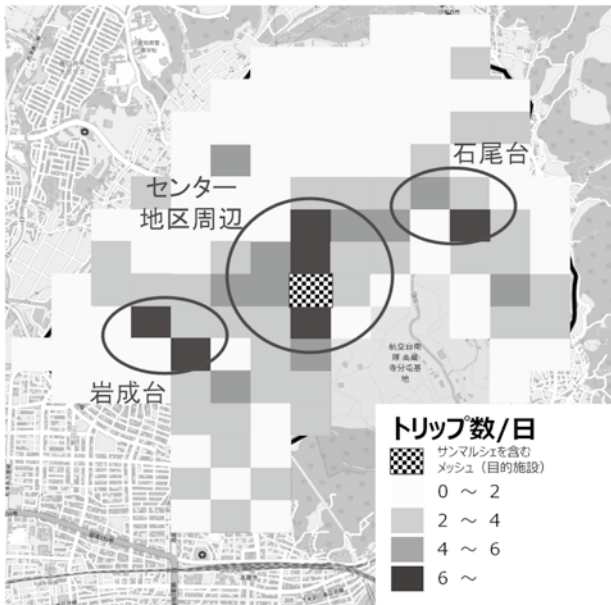


図-4 需要予測ツールによる自動運転利用トリップの予測結果(サンマルシェを含むメッシュ着)

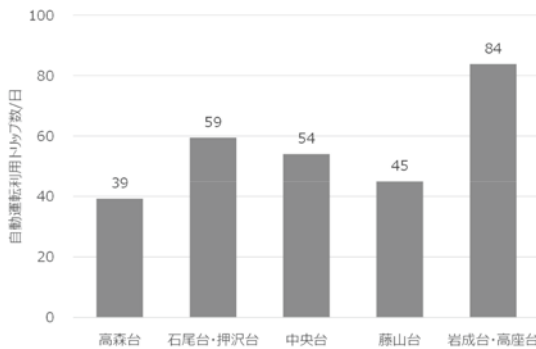


図-5 ニュータウン各地区からの自動運転トリップ数

## 4 おわりに

本稿は、2019年度から自主研究として取り組んだ、新たなモビリティサービスの導入影響評価ツール

開発に関する調査研究の検討成果の報告である。開発したツールは全国各地の新たなモビリティサービス導入影響の予測や数値による裏付けを踏まえた地域交通のR・デザインに利用できる。今後、各地で進むサービス導入の検討・評価に活用しつつ、地域特性による差異等を反映しながら汎用的な需要計画ツールへと改良を重ねていきたい。

最後に、本稿の分析結果や各種図表には、当研究所が名古屋大学、春日井市より受託した調査業務や研究の成果が含まれている。各種データの分析及びとりまとめにあたり多くの助言をいただいた名古屋大学の金森特任教授、岐阜大学の中村准教授(研究開始時点名古屋大学所属)、春日井市都市政策課津田様をはじめとする関係者各位に、厚く感謝申し上げる次第である。

## 参考文献

- 1) 春日井市:高蔵寺リ・ニュータウン計画,平成28年3月.
- 2) 先導的モビリティに関する取組.  
[https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/new\\_town/1022354/index.html](https://www.city.kasugai.lg.jp/shisei/machi/new_town/1022354/index.html)
- 3) 地域公共交通の活性化及び再生に関する法律について.  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei\\_transport\\_tk\\_000055.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/sosei_transport_tk_000055.html)
- 4) スマートシティ官民連携プラットフォーム(内閣府、総務省、経済産業省、国土交通省、デジタル庁). <https://www.mlit.go.jp/scpf/>
- 5) パーソントリップ調査.  
[https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi\\_tosiko\\_tk\\_000031.html](https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/toshi_tosiko_tk_000031.html)
- 6) 越智健吾,関信郎,岩館慶多,石神孝裕,若井亮太,石井良治,杉田溪:パーソントリップ調査データと交通関連ビッグデータを用いた詳細ゾーンのOD表作成方法,土木計画学研究発表会・講演集,vol.57,CD-ROM,2018.
- 7) 北村清州,水田哲夫,中村俊之,佐藤仁美,森川高行,中菅章浩,南川敦宜: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) Vol.76,No.5