

東京都区内を対象とした自動運転タクシー導入による都市鉄道需要の評価

社会基盤学専攻  
土木計画研究

AH20074 <sup>はぎわら</sup> 萩原 <sup>けいた</sup> 啓太  
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

近年、東京都内を含む一部地域で、AT の社会実装に向けた実験的な取り組みが開始されている。自動運転タクシー (Autonomous Taxi : 以下 AT) の導入により、人件費削減に伴う運賃の低廉化や、車両供給の増加による待ち時間の短縮が期待される一方、都市鉄道やバスとの競合の可能性が報告されている。

Oke et.al (2018) <sup>1)</sup>はボルチモアを対象とし、公共交通需要が最大21%減少することを示した。安部(2021) <sup>2)</sup>は東京圏を対象に、AT を末端交通として導入することで駅端末の利便性が向上することを示した。Mori et al (2022) <sup>3)</sup>は名古屋市を対象に、AT の利用回数が現状の 11 倍に増加し、鉄道利用が 1.5%減少する可能性を示し、AT が予定した出発時刻に遅延することにより、AT 需要が大幅に減少することを明らかにした。

以上より、公共交通から AT への転換により AT 利用者が増加した場合、供給不足が生じ、待ち時間が悪化し得ることが示されている。一方で、待ち時間の悪化を内生的に組み込み、公共交通が高度に発達した東京を対象に、AT 導入時の需要変化を定量的に評価した研究はない。

本研究の目的は、AT を選択肢に含む交通機関選択モデルを構築し、AT 導入に伴う運賃および供給台数増加による AT 待ち時間の変化が都市鉄道需要に与える影響を定量的に分析することである。

2. 需要予測システムの開発

(1) システムの概要

本研究では、業務目的で発地または着地のいずれかが東京 23 区内に位置する OD 間を対象とする。図 1 の交通需要推計システムで①から⑥を繰り返す収束計算を行った。なお、道路渋滞は考慮せず、発生交通量および分布交通量は現況から変化しないと仮定して分析

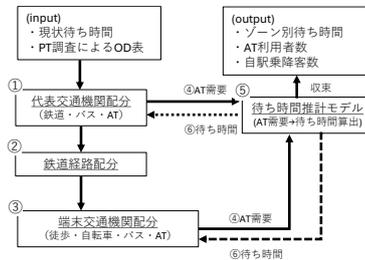


図-1 需要予測システムの概略図

する。

AT 需要の増加に伴う待ち時間の変化を内生的に扱うため、需要配分モデルにより算出した AT 需要を待ち時間推計モデルへ入力して待ち時間を算出し、その結果を需要予測へ反映させる反復計算を実施した。これにより、需要と待ち時間が整合する推計値を求めた。

(2) 代表交通機関モデル

モデル推定用データは、RP データに H30PT 調査、日本交通タクシーの空車 GPS データ (2018/10/1)、日本交通タクシーと全社のタクシー台数の拡大係数 (36 か所調査) を用いた。各交通手段の LOS の作成には Google マップを用いた。

タクシー待ち時間は、「利用者の待ち時間が最も短くなる道路上の地点で路上乗車する」と仮定する。日本交通 (株) の GPS を抽出し、平均待ち時間を算出し、拡大係数を乗じて待ち時間を与えた。

SP データは、林ら(2023)<sup>4)</sup>による 1000 人を対象とした Web 調査(AT・バス・鉄道)を用いた。アンケートは会議場所から次の会議場所への移動を想定して行い、AT の特徴として車内でリモート会議ができるマルチタスク活動の有無をアンケートに組み込みパラメータを推定した。RP/SP 統合モデルとして推定し、推定結果 (表 1) よりスケールパラメータも含めた変数が概ね 10%有意で尤度比も一定の精度が確認できた。また、マルチタスク活動を伴う場合、所要時間に対する抵抗

表-1 モデル推定結果

代表交通機関モデル			鉄道経路選択モデル			末端交通機関モデル				
項目	パラメータ	t値	項目	パラメータ	t値	駅アクセス		駅イグレス		
所要時間 (分)	-0.029	-4.3	乗車時間 (分)	-0.117	-7.2	徒歩・自転車の所要時間 (分)	-0.170	-29.8	-0.125	-25.1
マルチタスク所要時間 (分)	-0.020	-3.1	費用 (10円)	-0.050	-4.5	タクシー・バスの所要時間 (分)	-0.053	-4.4	-0.015	-2.5
費用 (100円)	-0.149	-10.3	待ち時間 (分)	-0.073	-1.7	タクシー・バスの費用 (100円)	-0.174	-6.7	-0.066	-3.9
待ち時間 (分)	-0.056	-4.1	乗り換え時間 (分)	-0.264	-5.0	運行本数 (1000本/日)	2.313	6.6	2.023	5.6
駅端末利便性	0.126	1.6	駅アクセスLS	0.310	3.0	徒歩の定数項	5.558	39.6	5.598	31.2
徒歩時間 (分)	-0.022	-3.0	駅イグレスLS	0.982	4.4	自転車の定数項	1.966	16.2	-1.123	-3.9
鉄道の定数項 (RP)	-2.352	-3.3				タクシーの定数項	-1.225	-5.0	-0.082	-0.4
バスの定数項 (RP)	-1.476	-6.7				タクシーの待ち時間 (分) (SP)	-0.083	-2.0	-0.028	-1.9
鉄道の定数項 (SP)	0.317	4.1				スケールパラメータ	0.766	5.3	2.329	3.2
バスの定数項 (SP)	-0.996	-5.8								
スケールパラメータ	1.159	7.0								
サンプル数	3625		サンプル数	500		サンプル数	10042	9293		
尤度比	0.236		尤度比	0.312		尤度比	0.539	0.684		
調整済み尤度比	0.233		調整済み尤度比	0.301		調整済み尤度比	0.538	0.683		
時間価値 (円/分)	19.32		時間価値 (円/分)	23.24		タクシー・バスの時間価値 (円/分)	30.27	22.37		

が小さくなる既往研究と同様の結果が得られた。

### (3) 鉄道経路選択モデルと端末交通機関モデル

鉄道経路選択モデルおよび端末交通機関選択モデルの推定には、H27大都市交通センサスを使用する。端末交通機関モデルはSPデータも用いたRP/SP統合モデルとして推定し、端末交通ではバスとATの所要時間および費用のパラメータを推定した。パラメータ推定結果(表1)は5%有意で尤度比も一定の精度が確認できた。

### (4) 待ち時間推計モデル

待ち時間推計モデルを式(1)(2)に示す。各計画基本ゾーン $\gamma$ の利用可能台数 $D_\gamma$ はAT需要量に応じて供給される全ATの台数を各ゾーンに配分する。 $S_\gamma$ は端末交通機関・代表交通機関を合わせた全目的のタクシー利用者数であり、業務トリップ以外の利用者数は変わらないと仮定する。

$$E_\gamma = D_\gamma - a * S_\gamma \quad (1)$$

$$W_\gamma = b * \frac{1}{E_\gamma} + c * \frac{1}{E_\gamma^2} + d * \frac{1}{E_\gamma^3} \quad (2)$$

計画基本ゾーン $\gamma$ における空車数 $E_\gamma$ 、待ち時間 $W_\gamma$ 、利用可能台数 $D_\gamma$ 、一日のタクシー利用者数 $S_\gamma$ として、推定結果は  $a=0.018(R^2 0.85)$ ,  $b=307$ ,  $c=-5635$ ,  $d=33730(R^2 0.83)$  となった。

### (5) 精度検証

定数項を無修正では現状再現性が担保されないため、区単位でODごとに定数項補正を行った。タクシーの実績がないODは区単位ゾーンをブロック単位で再集計し定数項補正を行った。再現性結果を図-2に示す。鉄道・タクシーは概ね良いが、バスの精度は低かった。自駅乗降者数の精度はPTの鉄道トリップ数を用いて精度確認し、 $R=0.964$ で精度は良好である。

## 3. 鉄道需要評価

ATの運賃と供給台数を操作変数とし、現状(Case0)、供給台数2倍(Case1)、運賃50%(Case2)、運賃50%かつ供給台数2倍(Case3)の4ケースで比較検討した。Case1~3はATの駅アクセス圏をH27大都市交通センサスで移動実績がある駅に加えて5km以内にある乗降者数の多い駅も追加し、マルチタスク時の所要時間パラメータを用いて分析した。

その結果、費用を50%低減するとAT需要は約3倍増加することを示した。一方Case0からCase1でAT需要は増加しなかった。供給台数を2倍にしても都心部における待ち時間は概ね数十秒程度しか減らないため需要が増加しなかったと考えられる。

表2にCase0→Case3における自駅乗降者数の変化量と増減率を駅別・路線別に集計した結果を示す。勝どき駅は増加した一方、国際展示場駅は減少した。現在交通利便性の低い有明を発着地とする利用者の端末

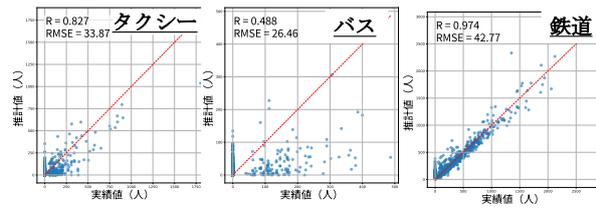


図-2 実績値と推計値の比較

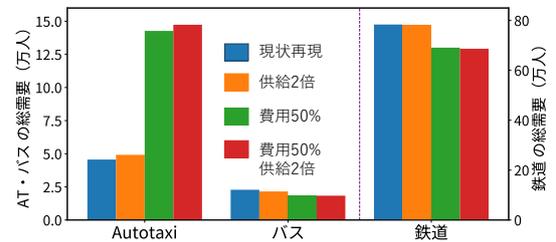


図-3 Case別代表交通機関の総需要数

表-2 自駅乗降者数の変化 top10(Case0→Case3)

増加駅		減少駅		減少路線	
駅名	増加数 増加率(%)	駅名	減少数 減少率(%)	路線名	減少数 減少率(%)
勝どき	638 41.8	東京	-4984 -12.3	山手線	-22948 -12.4
西大井	96 9.0	品川	-4366 -16.7	京浜東北線	-14807 -12.8
中神	41 7.5	新橋	-4112 -12.1	メトロ丸ノ内線	-12717 -13.5
戸田公園	36 5.9	新宿	-4063 -8.0	メトロ銀座線	-12312 -14.8
高円寺	35 1.9	田町	-3786 -16.2	メトロ日比谷線	-11353 -15.8
戸塚	25 1.2	渋谷	-3744 -9.1	中央線	-11034 -10.5
研究学園	22 1.9	大手町	-3079 -13.0	メトロ東西線	-7767 -13.1
小田急永山	17 2.4	国際展示場	-2910 -36.4	メトロ千代田線	-7576 -15.2
市川	14 0.6	霞ヶ関	-2830 -14.6	メトロ有楽町線	-7237 -13.0
茅ヶ崎	8 1.0	飯田橋	-2727 -13.3	都営浅草線	-6823 -18.3

移動が、徒歩とバスからAT利用へ転換した結果、勝どき駅のように都心へのアクセス性が高い駅の利用が増加した。これより、AT導入は駅選択に影響を与えること、また5kmを超えるATの端末移動を行う可能性があるため、ATの特性を踏まえたアクセス圏設定が必要である。また路線別にみると東京メトロ線・都営線主要なJR路線で大幅に利用者が減少した。

## 4. まとめ

AT導入により交通利便性が低いエリアの移動を改善させ得る一方で、都心の鉄道利用者数の大幅な減少により鉄道事業者の収益に大きな影響を及ぼす可能性がある。その結果、鉄道の運行本数削減などサービス水準が低下し、鉄道利用者の待ち時間を増加させる恐れがある。さらに、駅前広場に需要が集中することで五反田駅や新宿駅のように国道と駅前広場の出入口が近接する駅では、広場内の渋滞が国道へ波及し、幹線道路渋滞を誘発する可能性がある。そのためAT事業者、鉄道事業者、行政が一体になってATの普及を踏まえた交通計画を早急に議論すべきである。

### 謝辞

本研究の需要予測に協力して頂いた社会システム株式会社の奥ノ坊直樹氏、小田千尋氏に感謝の意を記します。

### 参考文献

- 1) Jimi B. Oke: Evaluating the systemic effects of automated mobility-on-demand services via large-scale agent-based simulation of auto-dependent prototype cities(2018)
- 2) 安部遼祐: 公共交通網までの端末型自動運転サービスに関する需要分析—需要特性および公共交通への影響—, 運輸総合研究所 第47回 研究報告会
- 3) Kentaro Mori: Equilibrium analysis of trip demand for autonomous taxi services in Nagoya(2022)
- 4) 林政秀, 岩倉成志: 自動運転タクシーの受容性に着目した選好モデルの考察, 土木学会論文集, Vol.79, No.20, 2023