

無人運転車両を活用した交通サービス評価に向けた需要予測手法の検討

高橋 奈都¹・原 加代子²

¹非会員 日産自動車株式会社 総合研究所（〒243-0123神奈川県厚木市森の里青山1番1号）

E-mail: natsu-takahashi@mail.nissan.co.jp

²非会員 日産自動車株式会社 総合研究所（〒243-0123神奈川県厚木市森の里青山1番1号）

E-mail: k-hara@mail.nissan.co.jp

都市におけるトランスポーターギャップを埋める方法として様々なニューモビリティが提案・導入されてきている。無人運転車両を活用した交通サービス（ロボットビークルサービス、以下RVサービス）もまた、オンデマンドなどの複雑な運行や運行コスト低廉化の可能性があることから、公共交通不便領域等でサービスレベル向上に貢献できると考えられる。RVサービスの具体化に向け、本稿ではRVサービス提供による利用者の活動パターン変容の計測のためプローブパーソン調査及びRVサービスを模擬したタクシー料金補助実験を実施し、取得した生活行動データを用いてBowman and Ben-Akiva型アクティビティモデルを構築した。モデルのパラメータ推定結果からRVサービス導入による利用者の活動パターンの変更や活動量増加が示唆されRVサービス導入の有効性が確認できた。

Key Words : Robo-Vehicle Mobility Service, MaaS, Probe Person Survey, Activity Model

1. はじめに

都市におけるトランスポーターギャップを埋める方法として、オンデマンド交通や自動車・自転車・電動キックボードのシェアリングシステムなどの新しい交通手段が提案・導入されてきている。こうした交通サービスの提供は、都市内の移動機会の拡大や人々の生活の質向上につながり、地域活性化への貢献が期待できる。ロボットビークルによる移送サービス（以下、RVサービス）もまた、オンデマンドなどの複雑な運行や営業時間の拡大が可能であり、運行コストを低廉化できる可能性があることから、公共交通不便領域を補完できると考えられる。RVサービスは走行する地域を限定することで早期実装が可能であり、日産自動車ではRVサービスの貢献度の高い地域およびサービス設計での実現を目指して研究を進めている。

RVサービスの社会実装の価値を評価するためには、従来交通手段からの転換だけでなく新規に活動が増加するといった利用者の活動パターンの変化を計測する必要がある。個人の活動パターンをモデル化し移動と活動の関係を記述する手法としては、アクティビティベースト手法がある。アクティビティベーストモデルにより活動パターン分析を行った先行研究として羽藤ら¹⁾は自転車

シェアリングサービス導入時の利用者行動データを用いて利用者のアクティビティパターンをモデル化し、サービス導入可能性を検討している。本モデル化手法を参考としてRVサービスに適用する場合、RVサービスのサービスレベル（LOS）を調査対象者が正確に認知することが困難であるため、こうした仮想のサービスに対する反応データ取得において新サービスをどのように模擬してモデリングに有効なデータを得るかが本研究における課題のひとつとなる。

本稿では、RVサービスを模擬したサービスの提供による利用者の生活行動データ取得およびデータを用いたアクティビティモデルの構築による利用者の活動パターン分析を行うことを目的とする。

2. 研究フロー

RVサービスの社会実装の価値を評価する研究フローを図-1に示す。

本研究では、RVサービス導入による利用者の活動パターン変容を計測するためプローブパーソン（PP）調査及びRVサービス導入を模擬したタクシー利用料金補

助実験を実施し、RVサービス導入前後の利用者の生活行動データ取得を行う。取得データを用いてBowman and Ben-Akiva²⁾が定式化したNested Logit型のアクティビティモデルを構築し、利用者の活動パターンの変化を分析する。さらに、モデルの精度向上のため前述の実験で取得できていないアクセス時間等のデータを取得する選好意識 (SP) 調査を実施し、RP/SP融合法³⁾によりモデルを再構築する。モデル推計結果を母集団全体に拡大してアクティビティパターンを生成し、利用者の需要データを作成する。最後に同サービスのサービスレベルシナリオを作成し、これらを入力値とした上位問題を交通計画者側の車両運行計画、下位問題を利用者の需要モデルとする二段階最適化問題を解くことにより、RVサービスにおけるLOSを明らかにし、RVサービス導入の評価を行う。

本研究における本稿の位置付けは図-1に示す通りであり、本稿では利用者の生活行動データ取得および取得データを用いた活動パターン分析を行う。

3. プロブパーソン調査の実施

(1) 調査概要

移動の自由度が高まると移動が活性化し、活動量増加や目的地の自由度が増加し目的地変更が起こるといった仮定の下、横浜臨海部において、モニタの生活行動を記録するPP調査およびRVサービス導入を模擬したタクシー利用料金補助実験（以下、模擬実験）を実施した。モニタの従前の生活行動を記録する調査（以下、without調査）を2018年11月12日～12月2日にかけて実施し、模擬実験実施時のモニタの生活行動を記録する調査（以下、with調査）を2018年12月3日～12月28日にかけて実施した。調査対象エリアを図-2に示す。多様な目的のトリップを取得するため、住宅地・業務地・商業地を含む東京都市圏パーソントリップ調査における計画基本ゾーンをベースにした9ゾーンを対象エリアとして選定した。

PP調査手法に関しては、モニタが所有するスマートフォンに調査用アプリケーションをインストールし、移動時にアプリを起動し出発・到着時に移動手段や目的をアプリ上で入力するとともにスマートフォンのGPS機能により位置情報を取得する手法により実施した。with調査における模擬実験手法については後述する。

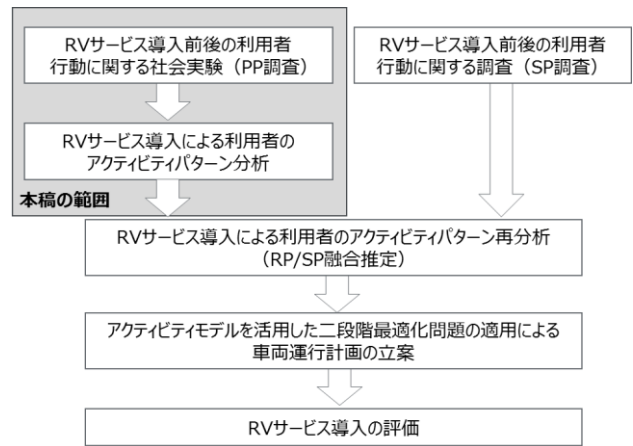


図-1 研究フロー

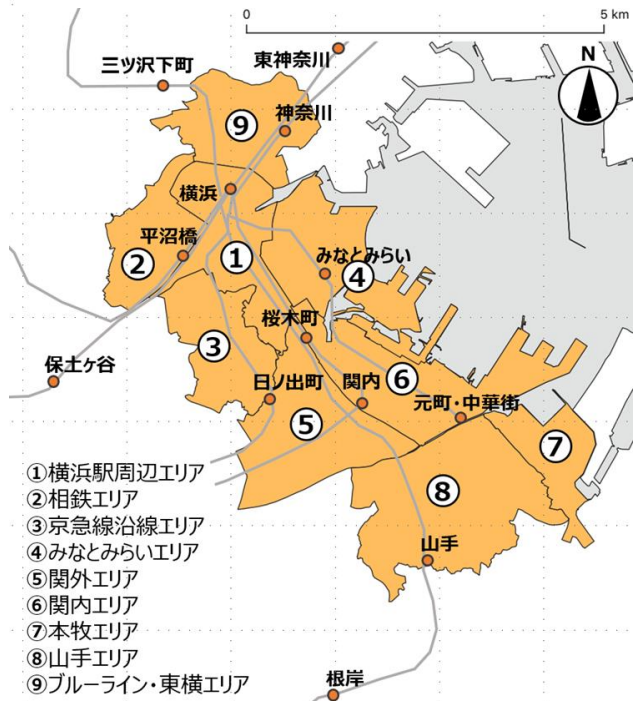


図-2 調査対象エリア

調査モニタに関しては、調査エリア内居住者200名、週1回以上対象エリアへ来訪する調査エリア外居住者100名の参加を想定して調査計画を策定した。

(2) with調査における模擬実験手法

with調査の実施概要を表-1に示す。移動コストを低下させて移動の自由度が高い状態を作り出すため移動の自由度の高い交通機関であるタクシーを用い、その利用料金を補助することでRVサービス導入を模擬した。一定

表-1 with調査の実施概要

調査名	調査期間	対象とする移動	対象者	補助額
with調査①	2018年12月3日～12月23日	横浜臨海部を発地もしくは着地とする移動	全モニタ	初回全額補助(上限2000円)、5回まで半額補助(1回あたり上限1000円)
with調査②	2018年12月10日または12月17日	17時以降に横浜臨海部に着地とする移動	調査エリア外居住者	全額補助(上限は合計3000円)
with調査③	2018年12月13日または12月20日	横浜臨海部を発地もしくは着地とする移動	全モニタ	全額補助(上限は合計5000円)
with調査④	2018年12月22日～12月28日	横浜臨海部を発地もしくは着地とする移動	全モニタ	全額補助(上限は合計10000円)

の地域内でのRVサービス導入を表現するため発着地は調査エリア内とする条件を設けた。利用料金の補助方法は、モニタのタクシー領収書とPP調査データを照合し後日精算する方法とした。

さらに、タクシー利用料金の補助額の違いにより移動量に変化が出るという仮定の下、補助額を変動させてwith調査①～④を実施し生活行動を記録した。with調査①は、タクシー利用料金を通常時の半額とした。なお、行動変化のハードルを下げるため初回のみトライアル利用として全額補助とした。with調査②は、通勤者などの調査エリア外居住者に対して17時以降（終業後）に自宅へ直接帰宅するのではなく、利用料金を全額補助することによりエリア内で活動が促進されることを想定して設定した。with調査③は、特定の一日に補助金額を上げて全額補助することで、エリア内での回遊行動が発生することを想定して設定した。with調査④は、with調査①より補助金額を上げることで活動が活性化することを想定して設定した。

4. プロブパーソン調査結果

調査参加モニタ数は321名で、うち調査エリア内居住者は54名であった。データクリーニング後のトリップチェーン（家を出てから帰宅するまでの一日の連鎖したトリップ）数は3258、トリップチェーンのうちトリップ数は9009トリップ（without調査：3898トリップ、with調査：5111トリップ）であった。without・with調査別の代表交通手段割合を図-3に示す。without調査ではタクシー利用割合は1.1%、with調査では3.1%であった。

タクシーの利用状況は以下の通りである。without調査でのタクシー利用回数は58回、with調査では176回であった。ただし、with調査期間中にタクシーの業務利用により料金補助が不要との申告を受けたケースなどもあり、料金補助タクシーとしての利用は139回であった。料金補助タクシー利用回数のうち代表交通手段としてのタクシー利用割合は73.4%（102回）であり、複数の交通手段を乗り継ぐのではなく、タクシーを主要な交通手段として利用する傾向が見られた。with調査中に料金補助タクシーを利用したモニタは44名であり、これらのモニタはwithout調査時と比較して一人あたり週平均2.1トリップの増加が見られた。料金補助タクシー利用モニタにおける週平均トリップ数の変化（with調査週平均トリップ数からwithout調査週平均トリップ数を引いたトリップ数）をOD表を用いて集計した結果を表-2に示す。対象エリア外ゾーンに関しては方面別に3ゾーン（ゾーン代表点は東神奈川駅、保土ヶ谷駅、根岸駅）で集計している。半数以上のゾーンでトリップが増加しており、横浜駅周

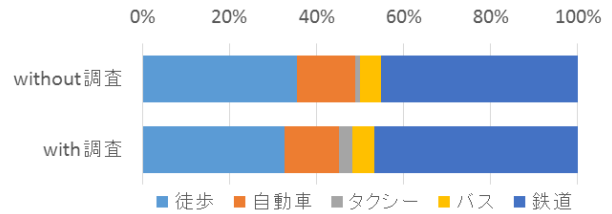


図-3 without・with 調査別の代表交通手段割合

表-2 料金補助タクシー利用者の週平均トリップ数の変化

O \ D	エリア	エリア内											エリア外			総計
		横浜駅	相鉄	京急	MM	関外	関内	本牧	山手	東横	東神奈川	保土ヶ谷	根岸	東神奈川	保土ヶ谷	
エリア内	横浜駅	3.1	-0.4	0.5	2.0	-0.5	0.4	0.0	-0.1	1.9	7.2	3.8	-0.4	17.5		
	相鉄	-0.1	0.2	0.0	0.0	1.9	0.3	0.0	0.0	-0.7	-1.2	0.5	0.0	0.9		
	京急	1.5	0.0	-1.1	0.0	0.3	-0.3	0.0	0.0	-0.3	1.1	1.6	0.0	2.7		
	MM	1.1	0.0	0.3	2.6	-1.4	0.2	0.8	0.5	-0.1	1.8	1.5	0.2	7.4		
	関外	-0.3	1.5	-0.1	-0.2	0.5	0.2	0.3	0.0	0.5	2.2	-0.4	1.1	5.4		
	関内	0.4	0.2	0.0	0.8	-1.8	13.7	-0.7	1.0	-0.1	2.0	2.1	-0.4	17.2		
エリア外	本牧	-0.1	0.0	0.0	-0.2	0.3	1.2	1.7	0.5	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	3.1		
	山手	-0.7	0.0	0.0	0.3	1.1	1.4	0.3	2.1	0.4	1.7	0.0	0.3	6.9		
	東横	1.8	0.0	0.0	0.5	0.5	-0.1	0.0	0.1	1.6	1.8	0.9	0.0	7.2		
	東神奈川	8.1	0.1	0.2	2.9	1.3	1.2	-0.1	0.4	1.4				15.4		
エリア外	保土ヶ谷	4.1	-0.4	0.2	1.2	1.8	1.3	-0.1	0.3	1.7				10.1		
	根岸	0.4	0.0	0.0	-1.3	0.6	-0.3	0.5	-0.5	0.3				-0.3		
総計		19.3	1.2	0.0	8.6	4.5	19.2	2.7	4.3	6.6	16.4	10.0	0.6	93.4		

■ 2.0トリップ以上増加
 ■ 1.0～1.9トリップ増加
 □ 0.1～0.9トリップ増加
 □ 減少または変化なし

辺及び関内の内々トリップや、内外や外内トリップの増加が見られる。利用者の移動量増加および目的地の自由度が増加し目的地変更が行われることが示唆された。

補助額を変動させた調査の結果は以下の通りである。with調査②で料金補助タクシーを利用したモニタのうち、without調査時の代表的な活動パターンが1つの活動後に直接帰宅していたパターンから直接帰宅せずエリア内で活動を行うパターンに変化した割合は54.5%（11トリップ中6トリップ）であった。with調査③でタクシーを利用したモニタのうち、without調査時の代表的な活動パターンと比較してトリップ数が増加した割合は66.7%（6トリップ中4トリップ）であり、回遊行動が発生したことが示唆された。with調査①・with調査④も同様に比較するとトリップ数が増加した割合はそれぞれ41.5%、43.1%であった。また、without調査時の代表的な活動パターンと比較して目的地ゾーンが変更された割合（目的地ゾーンの増加も含む）はwith調査①で58.5%、with調査④で70.6%であった。補助金額を上げることで、活動量増加および目的地変更が行われ、活動が活性化したと考えられる。

5. アクティビティモデルのパラメータ推定

(1) モデル式の構造

前章においてRVサービスを模擬した料金補助タクシーを主要な交通手段として利用する傾向が見られたことから、RVサービスを提供した場合のアクティビティパターンの変化や目的地・移動時間帯・代表交通手段の変

化を推計するため Bowman and Ben-Akiva 型アクティビティモデルを用いて without 調査・with 調査別、エリア内居住者・エリア外居住者別に活動パターン選択行動分析を行った。モデルのツリー構造は図-5 に示す通り、アクティビティパターン p 、第1目的地への移動時間帯 $t1$ 、第1目的地ゾーン $d1$ 、第1目的地への交通手段 $m1$ 、第2目的地への移動時間帯 $t2$ 、第2目的地ゾーン $d2$ 、第2目的地へ移動する場合の交通手段 $m2$ の7ネスト構造とした。本稿では一日のうち最も活動時間が長い活動を第1活動、2番目に活動時間が長い活動を第2活動と定義し、活動を行う目的地への交通手段および移動時間帯、目的地ゾーンを選択するモデルとして定式化した。



図-5 アクティビティモデルのツリー構造

$$V_{t2}^{m1,d1,t1,p} = \frac{1}{\mu_{d2}} \ln \sum_{d2} \exp \left\{ \mu_{d2} (V_{d2'}^{t2',m1',d1',t1',p'} + V_{d2'}^{t2',m1',d1',t1',p'}) \right\} \quad (3b)$$

a) 第2目的地への交通手段選択

第2目的地へ移動する場合の交通手段 $m2$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[m2|d2,t2,m1,d1,t1,p] = \frac{\exp(\mu_{m2} V_{m2}^{d2,t2,m1,d1,t1,p})}{\sum_{m2'} \exp(\mu_{m2'} V_{m2'}^{d2,t2',m1',d1',t1',p'})} \quad (1)$$

ここで、 $V_{m2}^{d2,t2,m1,d1,t1,p}$ は交通手段 $m2$ を用いたときの効用の確定部分であり、 μ_{m2} は第2目的地への交通手段選択におけるスケールパラメータである。選択肢は、鉄道、バス、自動車、徒歩、タクシーもしくはRVサービス車両の5つとした。

b) 第2目的地ゾーン選択

第2目的地ゾーン $d2$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[d2|t2,m1,d1,t1,p] = \frac{\exp\{\mu_{d2}(V_{d2}^{t2,m1,d1,t1,p} + V_{d2}^{t2,m1,d1,t1,p})\}}{\sum_{d2'} \exp\{\mu_{d2'}(V_{d2'}^{t2',m1',d1',t1',p'} + V_{d2'}^{t2',m1',d1',t1',p'})\}} \quad (2a)$$

$$V_{d2}^{t2,m1,d1,t1,p} = \frac{1}{\mu_{m2}} \ln \sum_{m2} \exp(\mu_{m2} V_{m2}^{d2',t2',m1',d1',t1',p'}) \quad (2b)$$

$V_{d2}^{t2,m1,d1,t1,p}$ は目的地ゾーン $d2$ の効用の確定部分であり、 μ_{d2} は第2目的地ゾーン選択におけるスケールパラメータである。 $V_{d2}^{t2,m1,d1,t1,p}$ は第2目的地へ向かうときの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は図-2に示す通りであり、対象エリア内9ゾーンおよび対象エリア外3ゾーン（ゾーン代表点は東神奈川駅、保土ヶ谷駅、根岸駅）の計12ゾーンとした。

c) 第2目的地への移動時間帯選択

第2目的地への移動時間帯 $t2$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[t2|m1,d1,t1,p] = \frac{\exp\{\mu_{t2}(V_{t2}^{m1,d1,t1,p} + V_{t2}^{m1,d1,t1,p})\}}{\sum_{t2'} \exp\{\mu_{t2'}(V_{t2'}^{m1',d1',t1',p'} + V_{t2'}^{m1',d1',t1',p'})\}} \quad (3a)$$

$V_{t2}^{m1,d1,t1,p}$ は時間帯 $t2$ の効用の確定部分であり、 μ_{t2} は第2目的地への移動時間帯選択におけるスケールパラメータである。 $V_{t2}^{m1,d1,t1,p}$ は第2目的地へ時間帯 $t2$ で向かうときの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は、朝オフピーク（0～6時台）、朝ピーク（7・8時台）、昼オフピーク（9～16時台）、夕ピーク（17・18時台）、夜オフピーク（19～23時台）の5時間帯とした。

d) 第1目的地への交通手段選択

第1目的地へ移動する場合の交通手段 $m1$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[m1|d1,t1,p] = \frac{\exp\{\mu_{m1}(V_{m1}^{d1,t1,p} + V_{m1}^{d1,t1,p})\}}{\sum_{m1'} \exp\{\mu_{m1'}(V_{m1'}^{d1',t1',p'} + V_{m1'}^{d1',t1',p'})\}} \quad (4a)$$

$$V_{m1}^{d1,t1,p} = \frac{1}{\mu_{t2}} \ln \sum_{t2} \exp \left\{ \mu_{t2} (V_{t2'}^{m1',d1',t1',p'} + V_{t2'}^{m1',d1',t1',p'}) \right\} \quad (4b)$$

$V_{m1}^{d1,t1,p}$ は交通手段 $m1$ を用いたときの効用の確定部分であり、 μ_{m1} は第1目的地への交通手段選択におけるスケールパラメータである。 $V_{m1}^{d1,t1,p}$ は第1目的地へ交通手段 $m1$ で向かうときの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は第2目的地への移動交通手段選択と同様である。

e) 第1目的地ゾーン選択

第1目的地ゾーン $d1$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[d1|t1,p] = \frac{\exp\{\mu_{d1}(V_{d1}^{t1,p} + V_{d1}^{t1,p})\}}{\sum_{d1'} \exp\{\mu_{d1'}(V_{d1'}^{t1',p'} + V_{d1'}^{t1',p'})\}} \quad (5a)$$

$$V_{d1}^{t1,p} = \frac{1}{\mu_{m1}} \ln \sum_{m1} \exp \left\{ \mu_{m1} (V_{m1'}^{d1',t1',p'} + V_{m1'}^{d1',t1',p'}) \right\} \quad (5b)$$

$V_{d1}^{t1,p}$ は目的地ゾーン $d1$ の効用の確定部分であり、 μ_{d1} は第1目的地ゾーン選択におけるスケールパラメータであ

る。 $V_{d1}^{t1,p}$ は第1目的地へ向かうときの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は第2目的地ゾーン選択と同様である。

f) 第1目的地への移動時間帯選択

第1目的地への移動時間帯 $t1$ の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[t1|p] = \frac{\exp\{\mu_{t1}(V_{t1}^p + V'_{t1})\}}{\sum_{t1'} \exp\{\mu_{t1}(V_{t1'}^p + V'_{t1'})\}} \quad (6a)$$

$$V_{t1}^p = \frac{1}{\mu_{d1}} \ln \sum_{d1} \exp\{\mu_{d1}(V_{d1}^{t1,p'} + V'_{d1}^{t1,p'})\} \quad (6b)$$

V_{t1}^p は時間帯 $t1$ の効用の確定部分であり、 μ_{t1} は第1目的地への移動時間帯選択におけるスケールパラメータである。 V_{t1}^p は第1目的地へ時間帯 $t1$ で向かうときの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は第2目的地への移動時間帯選択と同様である。

g) アクティビティパターン選択

アクティビティパターン p の選択確率は以下の式で表すことができる。

$$\Pr[p] = \frac{\exp\{\mu_p(V_p + V'_p)\}}{\sum_{p'} \exp\{\mu_p(V_{p'} + V'_{p'})\}} \quad (7a)$$

$$V'_p = \frac{1}{\mu_{t1}} \ln \sum_{t1} \exp\{\mu_{t1}(V_{t1}^p + V'_{t1})\} \quad (7b)$$

V_p はアクティビティパターン p の効用の確定部分であり、 μ_p はアクティビティパターン選択におけるスケールパラメータである。 V'_p はアクティビティパターンの期待効用を表すログサム変数である。選択肢は、通勤し直接帰宅するパターン (HWH)、業務前後に私用活動を行い帰宅するパターン (HWH+)、ある私用活動を行い帰宅するパターン (HOH)、複数の私用活動を行い帰宅するパターン (HOH+) の4パターンとした。

なお、各ネストにおける効用関数の説明変数は表-4および表-5に示す通りであり、スケールパラメータの値は1として設定した。

(2) パラメータ推定結果の考察

エリア内居住者のパラメータ推定結果を表-4に、エリア外居住者のパラメータ推定結果を表-5に示す。

アクティビティパターンの選択は、without調査モデル (RVサービス導入前) とwith調査モデル (同導入時) を比較してエリア内居住者とエリア外居住者で異なる傾向が見られた。一般的に選択肢固有変数 (ここでは各アクティビティパターンの定数項) は、各選択肢の相対的な魅力度を表現していると解釈されている。RVサービス導入時に、エリア内居住者モデルではアクティビティパターンの変更は見られないものの、エリア外居住者モデルでは、通勤し直接帰宅するパターンより業務前後に私用活動を行い帰宅するパターンの魅力度が上昇していることから、利用者の活動量の増加が示唆されている。

目的地ゾーン選択については、第1目的地ゾーン選択では選択肢同士の魅力度の相対関係が変化しておらず、主要な活動においては目的地変更が行われにくいことを示唆している。第2目的地ゾーン選択では、エリア外居住者モデルでは選択肢同士の魅力度の相対関係の変化は見られないが、エリア内居住者モデルではRVサービス導入により横浜駅・みなとみらいゾーンの魅力度が低下し、保土ヶ谷・根岸ゾーンの魅力度が上昇しており目的地選択の嗜好性が変化したことを示唆している。

移動時間帯選択については、RVサービスの有無に関わらず第1活動選択では朝～昼、第2活動選択では昼～夜の時間帯の魅力度が高い傾向がある。一方でエリア内居住者モデルではRVサービス導入前後でタピーク定数項が正值から負値になっており、タピーク時間帯からより早い時間帯へのシフトが行われたことを示唆している。

交通手段選択については、エリア内居住者とエリア外居住者で異なる傾向が見られた。エリア内居住者モデルでは、第1活動・第2活動両方の選択においてRVサービス導入前後でタクシー定数項は負値であるが、他の交通手段のパラメータ値と比較してタクシーの魅力度は相対的に上昇している。一方、エリア外居住者モデルでは第2活動選択のみRVサービス導入によるタクシーの相対的な魅力度上昇が見られた。タクシー魅力度が相対的に上昇したことから、RVサービスの利用意向があると推察され、さらに居住エリアによってRVサービスの利用形態が異なることを示唆している。

6. おわりに

本稿では、PP調査および模擬実験によりRVを活用したRVサービス導入時の利用者の生活行動データを取得し、Bowman and Ben-Akiva型アクティビティモデル構築により活動パターン選択行動分析を行った。

PP調査および模擬実験から、仮定通り利用者の活動量の増加や目的地変更が行われることが明らかとなり、RVサービスの移動コスト低減が都市内の移動活性化に繋がる可能性が示された。

しかしながら本稿ではタクシーの利用料金を補助することでRVサービスを模擬したが、これだけでRVサービスのLOSを十分に表現できていないことは明らかである。例えばRVサービスは営業地域が限定されたり、ドアツードアではなくあらかじめ決められた乗降場所間のサービスであって、タクシーよりも徒歩移動が必要になると想定される。SP調査を併用しアクセス時間等を取得する方法もあるが、よりRVサービスに近い体験ができるように、配車アプリを通じたサービス提供実験を実施することが望ましい。

表4 エリア内居住者のパラメータ推定結果

	アクティビティパターン選択		第1目的地:時間帯選択		第1目的地:ゾーン選択		第2目的地:時間帯選択		第2目的地:ゾーン選択		第2目的地:交通手段選択	
	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査
HWH定数項	0.431	2.094	0.541	2.667								
HWH+定数項	0.526	2.605	0.961	5.107								
HOH+定数項	0.683	3.534	0.526	2.605								
朝ピーク定数項		1.536	5.746	1.473	6.233			7.606	0.587	2.469	2.389	
昼オフピーク定数項		1.963	7.577	1.784	7.743			9.516	0.735	4.261	4.264	
夕ピーク定数項		0.163	0.493	-0.383	-1.144			8.618	0.666	3.856	3.845	
夜オフピーク定数項		-1.041	-2.193	-0.788	-2.067			8.012	0.619	3.540	3.517	
横浜駅定数項		1.677	3.119	1.005	2.626			0.782	1.759	1.118	2.406	
相模定数項		-1.338	-1.194	-10.130	-0.193			-1.257	-1.557	-8.510	-0.277	
京急沿線定数項		-0.541	-0.706	-1.246	-1.866			-0.968	-1.391	-1.855	-1.715	
MM定数項		2.111	4.021	1.211	3.238			0.706	1.567	0.752	1.557	
関外定数項		0.740	1.305	0.139	0.325			0.747	1.645	1.329	2.881	
関内定数項		1.426	2.627	1.229	3.327			0.471	1.004	1.125	2.387	
山手定数項		-0.063	-0.089	-0.488	-0.926			-0.322	-0.547	0.907	1.831	
BL+車構定数項		0.353	0.559	-0.159	-0.346			-0.528	-0.892	0.382	0.679	
東神奈川定数項		2.419	4.647	1.747	4.959			1.335	3.088	2.159	4.744	
保土ヶ谷定数項		1.795	3.292	0.847	2.204			0.251	0.480	1.390	2.753	
根岸定数項		1.379	2.484	0.274	0.664			0.519	1.030	1.405	2.741	
バス定数項		-2.022	-6.159	-1.601	-7.155			-1.067	-2.893	-2.097	-5.236	
自動車定数項		-1.144	-2.971	-1.488	-4.150			-0.803	-1.840	-2.035	-4.140	
徒歩定数項		1.723	6.348	0.790	3.587			1.947	6.515	1.172	4.977	
タクシー定数項		-4.693	-3.642	-2.652	-5.114			-2.648	-2.579	-1.950	-3.699	
所要時間		-0.593	-5.494	-0.348	-3.275			-0.591	-4.109	-0.563	-3.755	
アクセス時間		1.234	4.880	0.983	3.881			1.183	3.081	-0.466	-1.081	
イグレス時間		0.050	0.179	-0.243	-0.964			0.861	1.866	1.245	2.873	
料金		0.134	1.790	0.128	1.518			0.044	0.537	0.064	0.597	
サンプル数	243	274	243	274	243	274	243	168	144	168	168	
初期尤度	-336.9	-379.8	-391.1	-441.0	-529.2	-634.4	-391.1	-270.4	-272.9	-332.0	-270.4	
最終尤度	-329.9	-365.1	-290.5	-329.5	-448.1	-542.9	-226.5	-212.8	-245.3	-280.6	-167.8	
尤度比	0.021	0.039	0.257	0.253	0.153	0.144	0.421	0.299	0.101	0.155	0.380	
補正済尤度比	0.012	0.031	0.247	0.244	0.133	0.127	0.401	0.282	0.061	0.122	0.392	

表-5 エリア外居住者のパラメータ推定結果

	アクティビティパターン選択		第1目的地:ゾーン選択		第1目的地:交通手段選択		第2目的地:時間帯選択		第2目的地:ゾーン選択		第2目的地:交通手段選択			
	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査	without調査	with調査		
	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値	パラメータ値 t値		
HWH定数項	0.886	8.920	1.059	11.573										
HWH+定数項	0.872	8.756	1.115	12.277										
HOH+定数項	0.341	3.113	0.308	2.966										
朝ピーク定数項			1.491	13.467	1.854	17.501								
昼オフピーク定数項			1.463	13.186	1.621	15.033	1.558	4.905	1.690	5.378				
夕ピーク定数項			-0.734	-4.180	-1.024	-5.342	3.121	10.581	3.398	11.580				
夜オフピーク定数項			-2.408	-6.919	-1.862	-6.930	2.478	8.245	2.735	9.183				
横浜駅定数項			3.653	6.254	4.109	5.771	1.592	5.029	2.004	6.516	2.215	4.767	4.862	
相模定数項			-0.345	-0.421	-0.914	-0.745					-0.501	-0.746	0.171	0.187
京急沿線定数項			-6.110	-6.602	-0.549	-0.550					-1.928	-1.759	-1.147	-0.837
MN定数項			3.294	5.607	3.995	5.600					1.455	2.996	2.415	3.311
関外定数項			3.035	5.131	3.671	5.126					1.903	3.998	2.774	3.824
関内定数項			3.348	5.691	3.926	5.495					2.295	4.906	3.398	4.738
山手定数項			1.809	2.907	2.410	3.280					0.149	0.245	1.147	1.430
BL・東横定数項			2.148	3.578	3.122	4.350					1.120	2.266	2.464	3.387
東神奈川定数項			4.472	7.690	4.904	6.901					3.284	7.218	4.290	6.025
保土ヶ谷定数項			3.720	6.364	4.107	5.761					2.904	6.321	3.827	5.350
根岸定数項			3.514	5.979	4.002	5.602					2.112	4.436	3.642	5.068
バス定数項			-2.353	-16.584	-2.299	-20.119	-2.353	-16.584	-2.299	-20.119	-2.032	-9.932	-2.369	-12.201
自動車定数項			-1.037	-8.547	-0.828	-7.102	-1.037	-8.547	-0.828	-7.102	-0.465	-2.802	-0.528	-3.505
徒歩定数項			-0.225	-2.152	-0.263	-2.570	-0.225	-2.152	-0.263	-2.570	0.847	6.639	0.631	5.445
タクシー定数項			-3.255	-9.418	-2.651	-10.970	-3.255	-9.418	-2.651	-10.970	-4.007	-5.391	-2.054	-7.812
所要時間			-0.332	-8.216	-0.443	-9.543	-0.332	-8.216	-0.443	-9.543	-0.427	-7.103	-0.478	-7.520
アクセス時間			0.837	5.103	0.529	2.727	0.837	5.103	0.529	2.727	0.965	4.286	0.645	3.266
イグレス時間			0.659	5.480	0.882	7.157	0.659	5.480	0.882	7.157	0.881	4.534	0.928	4.884
料金			-0.086	-2.547	-0.240	-5.623	-0.086	-2.547	-0.240	-5.623	-0.047	-0.905	-0.201	-3.785
サンプル数	1033	1335	1335	1033	1335	1033	543	710	543	710	543	710	710	
初期尤度	-1432.0	-1850.7	-1662.5	-2148.6	-1662.5	-2148.6	-1662.5	-2148.6	-1662.5	-2148.6	-1172.3	-1459.2	-1142.7	
最終尤度	-1368.4	-1717.9	-1175.0	-1423.1	-1078.1	-1336.1	-884.0	-882.8	-901.7	-1123.5	-586.0	-797.7	-797.7	
尤度比	0.044	0.072	0.293	0.338	0.352	0.378	0.217	0.227	0.231	0.230	0.329	0.302	0.302	
補正尤度比	0.042	0.070	0.291	0.336	0.347	0.374	0.213	0.194	0.221	0.222	0.320	0.295	0.295	

また、RVサービス導入前後の活動変化を分析するため構築したアクティビティモデルのパラメータ推定結果からは居住エリアにより異なる活動パターン選択が見られた。エリア外居住者は業務前後の活動量が増加することや第2活動における交通手段としてRVサービスの利用意向がある一方で、エリア内居住者は活動パターンの変更は見られないものの、第1活動・第2活動における交通手段としてRVサービスの利用意向があることが示唆された。

しかし今回用いたBowman and Ben-Akiva型アクティビティモデルでは一日の活動パターンが前後の選択に関わらず確率的に定まる、自宅出発前に一日のスケジュールが決定されるといった制約がある。活動を逐次選択する逐次選択型離散選択モデルや決められたルールの中で活動列を作成していくルールベースモデルの適用を検討し、モデルの精度向上を図りたい。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、東京大学の羽藤英二教授にサポートを頂くとともに、(株)ドーコン、(株)サーベイリサーチセンター、(株)トランスフィールドの協力を受けて調査を実施した。また、数多くの方々に被験者として調査への協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 羽藤英二, 藤井敬士, 原祐輔: 都市生活パターンに着目した自転車共同利用システムの評価, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM)、Vol40, 2009.
- 2) J.L.Bowman and M.E.Ben-Akiva: Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules, Transportation Research Part A: Policy and Practice, Vol.35, No.1, pp.1-28, 2000.
- 3) Ben-Akiva, M., and Morikawa: T. Estimation of travel demand models from multiple data sources, Transportation and Traffic Theory, pp.461-476, 1990.

(2019.10.? 受付)