

# SAVS運行実験時の調査データを用いた 都市部でのDRTサービス利用意向の分析

藤垣 洋平<sup>1</sup>・金森 亮<sup>2</sup>・野田 五十樹<sup>3</sup>・中島 秀之<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社構造計画研究所 (〒164-0011 東京都中野区中央四丁目5-3)

E-mail: yohei-fujigaki@kke.co.jp

<sup>2</sup>正会員 名古屋大学特任准教授 未来社会創造機構 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

E-mail: kanamori.ryo@nagoya-u.jp

<sup>3</sup>非会員 産業技術総合研究所 人間情報研究部門 (〒305-0821 茨城県つくば市梅園1-1-1)

E-mail: i.noda@aist.go.jp

<sup>4</sup>非会員 公立はこだて未来大学学長 (〒041-8655 函館市亀田中野町116-2)

E-mail: h.nakashima@fun.ac.jp

需要に合わせて柔軟に運行する乗合型の公共交通 (DRT) が、国内でも公共交通不便地域を中心に導入されているが、公共交通不便地域ではなく比較的利用者の多い地方都市や都市圏郊外部へ、比較的利便性の高い形で導入する場合の採算性については、料金などのサービス水準に対する利用者の反応を考慮して議論を行う必要がある。本稿では、SAVS (Smart Access Vehicle System) と呼ばれる都市部を対象にした新しい交通システムの無料実験実施時に、実際にタクシー車両を利用した乗合可能性のあるDoor to Door移動サービスに乗り込んだ人を対象に実施したアンケート調査の分析結果を示す。調査結果から利用状況や有料だった場合の利用意向について示すとともに、有料だった場合を想定した利用意向調査の結果を用いて推定した利用選択モデルを示し、料金や待ち時間と利用意向の関係を示していく。

**Key Words :** DRT, taxi, Smart Access Vehicle System, public transportation

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景

これまでタクシーが主に担ってきたDoor to Doorでの移動サービスの利便性を、情報技術などを活用して高めたり、乗合により低価格での提供を可能にしたりするなどして、公共交通の一部として活用しようとする取り組みが、国内外の様々な主体によって進められている。需要に合わせて柔軟に運行する乗合型の公共交通は、Demand Responsive Transit(DRT)と呼ばれることもある。

郊外部や山間部を対象にした、「オンデマンドバス」や「乗合タクシー」などと呼ばれるDRTサービスが、国内でも多くの自治体で導入されている。都市部でも、一般のタクシーをスマートフォンのアプリで配車依頼できるようなサービスが国内で登場しており、海外ではスマートフォンを利用したDoor to Door移動の乗合サービス (UberPool等) も登場している。国内でのDRTの本格運行は交通不便地域が中心ではあるものの、交通不便地域ではなく比較的潜在的な利用者の多い地方都市や都市圏

郊外への利便性の高いDRTの導入については、そのサービスの在り方について十分な議論がなされていないのではないかと考えられる。

Door to Doorでの移動サービスの利便性を高め、また低価格で提供できるようにすることは、地方都市や郊外部などであっても高齢者など自動車運転や長距離歩行が難しい層への移動支援の観点から非常に有益であると考えられる。また、それらのサービスは鉄道やバスなどの既存の公共交通と競合関係になる可能性も考えられるものの、駅などの拠点からのフィーダー輸送として活用すれば、公共交通全体としての利便性が向上し、消極的に自家用車を利用している人が転換することにより、公共交通全体での利用者数が増加する可能性も考えられる。また、都市構造の観点からも、公共交通軸以外の利便性を高め拡散を促すという可能性がある一方で、地域の拠点や公共交通のターミナルへのフィーダー交通として活用されることで、集約を促すという可能性を持っていると思われる。

以上のように、比較的利用者の多い地方都市や都市圏

郊外部へDoor to Doorでの移動サービスを導入することは、利用者の利便性や他の交通機関の利用、また都市構造に様々な影響を与えるため、そのサービス設計においては、料金や待ち時間、所要時間などのサービスの状況と利用者の選択行動の関係を十分に理解した上で、公共交通や都市全体の目標を考慮してサービスを設計することが重要である。

コンピュータシミュレーションによるDRT運行の研究としては、ルートの最適化に関する研究が多くなされているが、一方で利用者個人の嗜好を考慮した需要側の立場に着目した研究は限られている<sup>1)</sup>。また、利用者側の嗜好を考慮した分析に当たっては、対象とする地域の特性やサービスの特性、対象とする移動の特性に注意する必要があると考えられる。

利用者側の選択モデルに関する既往研究としては、森山ら<sup>2)</sup>や高野ら<sup>3)</sup>が中山間地域を対象として運行頻度が利用選択モデルを構築している。これらはこのモデルは、主として中山間地域の運行間隔が数時間単位のサービスを想定して構築されている。藤垣ら<sup>4)</sup>は郊外住宅団地を対象に待ち時間が10～30分程度と比較的利便性の高いサービスの利用選択モデルを示しているが、これらは実際には運行されていない仮想的なサービスに対する利用意向調査の結果を使用している。

## (2) 目的と構成

本稿では、待ち時間が数分から十数分程度と比較的利便性の高い乗合型Door to Door移動サービスを対象に、実験運行時の利用状況や有料だった場合の利用意向を利用者アンケートの結果から示すとともに、料金と待ち時間を含む利用者の利用選択モデルを示し、料金や待ち時間の影響を確認することを目的とする。

本稿では、まず第2章でSAVSについて紹介し、第3章で今回データ用いるデータを取得した運行実験と実験時に行った調査の内容について述べる。その上で、第4章で調査結果の基礎集計結果を示した上で、第5章でモデル推定の結果を示す。第6章でモデルを用いた料金や待ち時間に対する感度の分析を示し、最後に第7章でまとめと今後の課題を述べる。

## 2. SAVSの概要

### (1) システム全体の概念

Smart Access Vehicle System (以下SAVSとする、ただし個々の車両を示す場合はSAV、SAVの運行を意味する場合はSAVサービスとする) は、中島ら<sup>5)</sup>が提案し開発を進めている交通サービスである。システムの特徴を以下に述べる。なお、これらの項目もSAVSに関する中島ら

の論文<sup>5)</sup>からの引用である。

1. バスと同じ乗り合い方式であるが、タクシーと同様に路線の規定をしない。(原理的にはドアからドアへのサービスが可能であるが、効率の上からは乗降場所のある程度限定した方が良い。)
2. 事前予約を前提とせず、乗りたいときにSAVを呼び出すことができる。
3. 実時間で車両のルートを設定・管理する。
4. 少数台を限られた地域で運行するのではなく、都市全体の公共交通機関(バスとタクシー)を集中制御する。即ち新しい公共交通機関の提案である。
5. 過疎地域ではなく比較的人口の多い都市を対象とする。
6. 都市間は別の大量輸送機関(列車、航空機、船舶等)で結ぶ。
7. 料金体系に関してはまだ詳細を詰めていないが、タクシーよりは安く、バスよりは高い値段設定が妥当と考えている。

なお、配車には逐次最適挿入法を用いており、移動所要時間計算の計算には交通シミュレータを用いている。逐次最適挿入法は、基本的には各車両間での単純オークションで準最適解を求めるものである。

### (2) これまでの実験

2013年10月と、2014年4月にすでに運行実験を行っており、それらの実験を通してSAVのシステムでリアルタイム配車を全自動で実現できることを確認できている。2013年の実験では函館市内の5km四方程度のエリアで5台の車両を用いて40名程度の協力者が乗車する実験を行い、2014年の実験では函館市中心部を対象に16台の車両を用いて50名程度の協力者が乗車する形で実験を行っている。

## 3. 2015年の運行実験と調査の概要

### (1) 運行実験の概要

2015年度人工知能学会全国大会の開催期間である2015年5月30日～2015年6月2日に、人工知能学会への参加者を乗車対象者としたSAVの運行実験を実施した。乗車希望者は、事前に利用者登録を行ったうえでスマートフォンアプリをダウンロードし、アプリを通して配車依頼を出すという形態で実施した。車両は、函館タクシーの車両を実験用に貸し切ったうえで、SAVのロゴと車両番号のステッカーを貼り、他の車両と区別できるようにして実験を行った。また、乗車は全て無料とした。

配車可能範囲は、函館市街部(函館空港、西部地区・函館駅周辺、五稜郭タワー周辺)とした。人工知能学会

会場の公立はこだて未来大学から市街部に移動する場合は、SAV連携シャトルバスで五稜郭タワーまで移動した後にSAVを呼び出して乗り換えることを推奨した。

実験期間中の登録者数は323人で、そのうち211人が実際に期間中に配車リクエストを行っている。4日間での投入車両数、リクエスト受付時間、乗車したリクエスト数を表1に示す。

表1 車両数・受付時間・乗車したリクエスト数

	車両数	配車受付時間	乗車したリクエスト数**
5/30	20台*	12:00~19:30	79
5/31	20台*	12:00~19:30	93
6/1	30台*	12:00~19:30	172
6/2	20台*	11:00~17:30	179

\*表中の車両数のうち、どの日程も2台がジャンボタクシー（定員8名）で、残りは小型車（定員3名）で運行した

\*\*受付後にキャンセル等があり乗車しなかったものは含まない

## (2) 調査内容

実験運行で乗車した人に対して、降車後にWebアンケートを実施した。降車後すぐに登録されているメールアドレスにアンケートURLを配信するという形で協力をお願いした。また、個別のトリップに関する設問も調査内容に含まれるため、乗車毎に別のアンケートを送信した。設問項目を表2に示す。なお、提示する料金と待ち時間の増減幅は、対象者によって異なる水準が提示されるよう、事前に複数のWebフォームを用意し、どの水準についてもほぼ均等に回答が得られるよう配信している。料金は、200,300,400,500円のうちの2つを提示しており、待ち時間の増減幅は5分または10分を提示している。

表2 調査項目

個人属性	年齢・性別
	住んでいる市区町村
	函館への訪問回数
	今回の実験でSAVに載った回数
トリップ情報	同行者
	移動目的
	SAVが無かった場合の移動手段
他手段LOSの認知	今回の移動区間をタクシーで移動した場合の運賃を知っているか（知っていれば金額を回答）
	今回の移動区間をタクシーで移動した場合の所要時間を知っているか（知っていれば時間を回答）
有料の場合の利用意向	待ち時間が今回と同じ場合（料金は2水準提示*）
	待ち時間が増加した場合**（料金は2水準提示*）
	待ち時間が減少した場合**（料金は2水準提示*）
満足度	今回の乗車への満足度
	SAVのようなサービスがあなたの居住地域にもあり、自家用車保有費用よりも安く定額で利用できる場合に、自家用車を手放したいと思うか

\*料金は200,300,400,500円のうちの2つの水準を提示した

\*\*待ち時間の増減幅は5分または10分を提示した

## 4. 基礎集計の結果

実験運行時の利用者に乗車後に実施した調査の基礎集計の結果を示す。なお、利用毎にアンケートが配信されるため、個人が複数回調査に回答している場合があるが、同一個人でも回答毎に対象となる乗車区間が異なること、また利用意向調査で提示される料金や仮想的な待ち時間増減が違う可能性があることを踏まえ、ここで示す集計では同一個人のリクエスト2回目以降の回答も全て個別の回答として考慮して集計を行う。以下の基礎集計の対象は、4日間の乗車したリクエスト数523件中、217件の回答である。また、設問によっては無回答や誤入力とみられる若干数の回答を除いて割合を算出している。

### (1) 回答者の属性について

回答者の年齢・性別構成を図1に示す。実験での乗車対象者が人工知能学会参加者だけであったため、男性が比較的多く、年代としては20代が最も多くなっている。

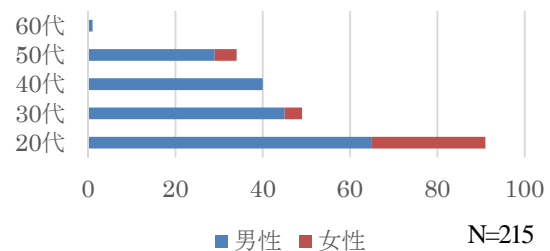


図1 回答者の性別・年齢構成

### (2) 利用意向調査の結果

続いて、利用意向調査の結果を示す。実験時の乗車は無料であったが、仮想的な料金を提示して、今回の乗車が有料であった場合でも利用したいか否かについて回答を得ている。結果を図2に示す。200円では9割程度の人が、どの待ち時間でも利用したいと回答している。待ち時間10分増の場合には、料金が高いほど利用意向を示す人の割合が顕著に低くなる傾向にある。

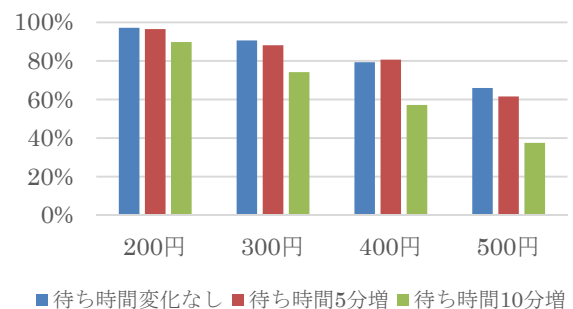


図2 有料だった場合でも利用したいと答えた割合

### (3) 自家用車との代替性について

今回の調査では、「今回の実験で提供しているSAVのようなサービスが居住地周辺にあった場合に自家用車を手放したいと考えるか」という質問項目を設け、自家用車の代替性について把握している。自家用車保有者に限定すると、29%の回答者が「手放したい」と回答しており、自家用車の代替としてSAVを用いる意向のある人がある程度存在する可能性が示唆されている。

(4) SAV利用トリップの特徴について

続いて、SAV利用トリップに関する項目について述べる。移動目的、同行人数、SAVを利用できなかった場合の交通手段についての集計結果を以下に示す。

まず、SAV利用トリップの目的は、今回の対象者が学会参加者だったため、学会会場や観光地、駅への移動と、ホテルや自宅へ戻る移動が多くなっている。

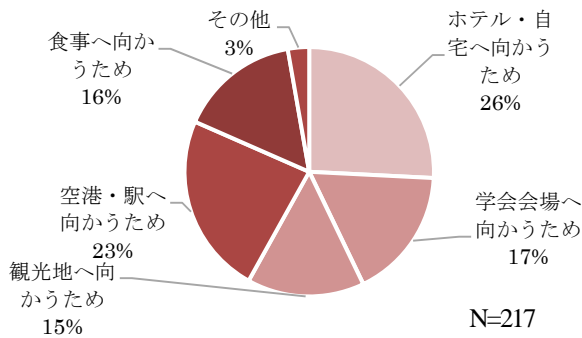


図3 SAV利用トリップの移動目的

続いて、同行人数を図5に示す。なお、同行人数は自分を含めずに数えた場合の人数を答える形とした。6割が単独での移動であったが、3割程度の人が同行者が一人または二人同行者がいたと回答している。

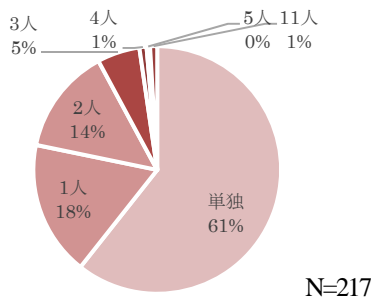


図4 乗車時の同行人数

SAVが無かった場合の移動手段を図5に示す。7割以上がバス又は路面電車であった。

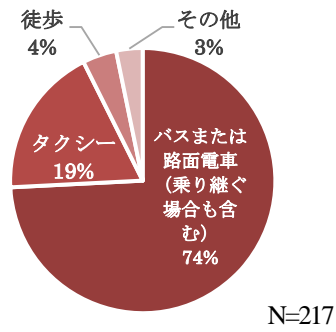


図5 SAVが無かった場合の移動手段

(5) SAVSへの満足度について

SAV乗車への満足度の集計結果を図6に示す。7割が「とても満足」、3割弱が「満足」と回答している。

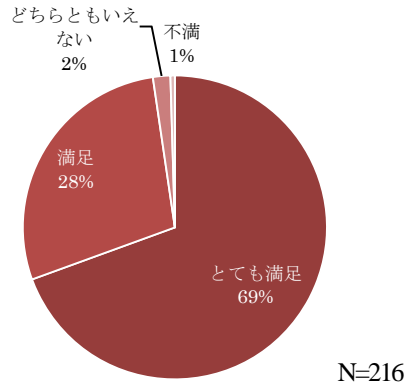


図6 SAV利用への満足度

(6) 自由記述欄への回答内容について

調査の最後に、今回の実験時のSAV乗車に関して自由記述欄を設けていた。この自由記述欄に記入された意見は、配車アプリの使い勝手に関するものが多く、特に乗降地点指定に関するものが多かった。乗降地点は、今回のアプリでは画面に表示される地図上で指定を行うか、駅や観光名所などのランドマークを指定する形で乗車地点を指定する仕組みになっていた。しかし、地図上で道路や建物を指定したとしても、どちらの側の歩道に利用者があるか等の詳細な位置が運転手に伝わっておらず、乗車に手間取る可能性があるという点の指摘が多くあった。詳細な乗車地点の伝達や調整は、今後の課題の一つである。

5. 利用選択モデルの推定結果

(1) 推定のためのデータ加工について

アンケートデータから、料金と待ち時間を変数に含むモデルを構築するため、推定に用いたデータについて述

べる。

調査では、待ち時間が「実際に経験した時間と同じだった場合」「一定時間（5分または10分）長かった場合」「一定時間短かった場合」の3通りの待ち時間条件の下で、それぞれの待ち時間について2水準の料金を設定し、1回のアンケートで合計6通りの条件下での利用意向についての回答を得ている。今回の実験時には待ち時間が10分以下であるような移動も多かったため、質問項目の「一定時間短かった場合」は使用せず、「実際に経験した待ち時間」での利用意向データと、「待ち時間が一定時間だけ長かった場合」を仮定した上での利用意向データを用いてモデルを構築している。

料金は、各対象者に実際に画面で提示した値を用いている。また、待ち時間については、調査への回答とリクエスト固有IDを結びつけることにより、各回答者が実際に経験したと思われる待ち時間を算出して推定した。

なお、パラメータ推定に用いた「待ち時間」は、各リクエストについてサーバーにて配車時に計算されて記録されている「乗車地点到着予定時刻」を用いているため、実際の到着時刻とは若干異なる可能性がある。

また、利用毎にアンケートが配信されるため、個人が複数回調査に回答している場合があるが、今回は各個人の最初の回答のみを用いている。

(2) モデルの推定結果

以下のような効用関数を仮定して SAV を使うか否かを選択する 2 項ロジットモデルを推定した。パラメータ推定結果を表 3 に、尤度比をに表 4 示す。料金、待ち時間のパラメータはともに有意水準 1% で有意となっており、料金や待ち時間が選択に影響を与えていることが確認できた。また、調整済み尤度比は 0.6 程度であり、説明力のあるモデルが構築できたと考えられる。なお、利用時間を説明変数とした場合、パラメータは正值で有意ではなかった。これは無料実験時の回答特性であると考え、今回は利用時間のないモデルを感度分析に用いることとした。

$$U_{use\_sav} = b_f * FARE + b_w * WT + b_0$$

$$U_{not\_use\_sav} = 0$$

(FARE : 料金 WT : 待ち時間)

表 3 パラメータ推定結果

	パラメータ推定値	t 値
料金 (円) : $b_f$	$-8.88 \times 10^{-3} **$	-5.74
待ち時間 (分) : $b_w$	$-8.82 \times 10^{-2} **$	-4.05
定数項 : $b_0$	5.63 **	7.60

\*\* : 1% 有意

表 4 推定したモデルの尤度比

尤度比	0.602
修正済み尤度比	0.594

6. サービスレベルの感度分析

5章で示したモデルを用いて算出した、料金や待ち時間の変化に対する需要の変動を示すグラフを図7に示す。図7に示す利用率は、運賃が無料で実験時と同じ待ち時間だった場合の利用者数を100%とした場合の割合であり、有料だった場合や平均的な待ち時間が増えた場合にどのように利用者が変化するかを示したものである。10~30分程度の待ち時間では、料金が400円、500円といった比較的高い料金を設定している場合ほど、顕著に利用率が下がるという傾向が表れている。

なお、ここで示したモデルは「運賃が無料で実験時と同じ待ち時間だった場合の利用者数に対する利用率」を求めるモデルに過ぎないため、新たに運行を行う場合の需要評価に当たっては、今回のモデルとは別に「無料だった場合の需要」を算出する必要がある。ただし、今回の実験対象となった利用者、つまり人工知能学会参加者の人数に対するSAVリクエスト数の概算値が推定できれば、有料で運行した場合についての需要評価には用いることができると考えられる。

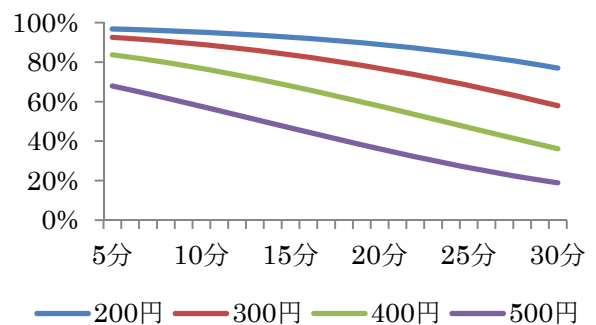


図 7 料金・待ち時間

7. まとめと今後の課題

本稿では、SAVSの実験運行時に実際に乗車した人を対象としたアンケート調査を用いて、Door to Doorで乗合可能性のある移動サービスの利用状況や、有料だった場合の利用意向についての分析を行った。また、有料だった場合や待ち時間が変化した場合を想定した利用意向調査の結果を用いて、利用選択モデルを推定した結果を示し、感度分析を行った。モデルのパラメータ推定結果としては、料金、待ち時間のパラメータが共に有意になるという結果が得られ、料金や待ち時間が選択に影響を与

えていることが確認できた。

今後の課題としては、他手段のLOSを考慮した手段選択モデルの構築と、配車シミュレーションと連動したサービス全体の収支評価や最適運賃設定などが挙げられる。さらに、市民・住民と訪問者との利用意向の差異など、総利用者数を推計するための需要予測モデルの開発が必要である。

また、SAVSの本格導入に向けては、配車アプリケーションの利用しやすさの向上や、安全性の担保や他の事業者との関係性を調整するための法制度の整備と、サービスを提供する運行主体をどのように形成するかという点が、今後検討すべき課題として挙げられる。

#### 謝辞

本研究の一部は、独立行政法人科学技術振興機構社会技術研究開発センター（JST RISTEX）の問題解決型サービス科学研究開発プログラム“IT が可能にする新しい社会サービスのデザイン”の研究助成によって行われている。ここに記して感謝する。

#### 参考文献

- 1) Nicole Ronald, Russell Thompson & Stephan Winter: Simulating Demandresponsive Transportation: A Review of Agent-based Approaches, *Transport Reviews: A Transnational Transdisciplinary Journal*, 2015
- 2) 森山昌幸, 藤原章正, 張峻屹, 杉恵頼寧: 中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデルの提案, *土木学会論文集*, No.786/IV-67, 2005.
- 3) 高野穂泉, 森本章倫: デマンド交通における利用者数の実測と予測の乖離に関する研究, *土木学会論文集D3 (土木計画学)*, Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第29巻), 2012.
- 4) 藤垣洋平, 高見淳史, 大森宣暁, 原田昇: 大都市圏郊外の住宅団地を対象とした高利便性の定額制乗合タクシーの成立可能性に関する分析 —岐阜県多治見市の住宅団地におけるケーススタディー—, *都市計画論文集*, 49, No.3, 2014
- 5) 中島秀之, 野田五十樹, 松原仁, 平田圭二, 田柳恵美子, 白石陽, 佐野渉二, 小柴等, 金森亮: バスとタクシーを融合した新しい公共交通サービスの概念とシステムの実装, *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, Vol.71, No.5 (土木計画学研究・論文集第 32 巻), 2015(審査中).

(2015.7.31 受付)

## ANALYSIS ON THE PREFERENCE OF USERS FOR DRT SERVICE IN URBAN AREA USING THE SURVEY DATA OF ACTUAL USER OF SVAS SERVICE TRIAL

Yohei FUJIGAKI, Ryo KANAMORI, Itsuki NODA and Hideyuki NAKASHIMA