

静岡市における 次世代公共交通サービスの利用意向分析

堀部 佑斗¹・金森 亮²・山本 俊行³

¹正会員 名古屋大学大学院工学研究科 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail: horibe.yuto@d.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学未来社会創造機構 (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail: kanamori.ryo@nagoya-u.jp

³正会員 名古屋大学未来材料・システム研究所シ (〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町)
E-mail: yamamoto@civil.nagoya-u.ac.jp

本研究では、2019年11月に静岡市内で実施されたMaaS実証実験の参加者、さらに実験に参加していない一般市民を対象に実施した事後アンケート調査から、MaaSの利用意向や支払意思に関するモデルの構築、サービス選択への影響因子の把握を実施した。また交通ICカード「LuLuCa」の交通利用と購買実績のデータを活用し、実験参加有無と交通行動の対応関係について分析を行った。結果としては、利用意向は年齢や収入などの個人属性や公共交通定期券所持状況で差異があり、加えてサブスクリプション（月極定額料金体系）の選択にはMaaSの利用目的などが影響していることが確認された。

Key Words : *MaaS, Social Experiment, Intention Analysis, Willingness-to-pay*

1. はじめに

(1) 研究背景

我が国では、少子高齢化や人口減少の進展に伴い、高齢者の免許返納や交通弱者の移動環境の維持、人材不足による公共交通サービス維持の困難化などの問題が顕在化している。これらの問題解決に向けて交通サービスの多様化・効率化が急務となっており、その中でMobility as a Service (MaaS) というコンセプトが近年注目を浴びている。

MaaSとはICTを活用して電車、バス、タクシーなど様々な交通手段の移動をシームレスにつなぐモビリティサービスで、アプリ等によって複数の交通手段の経路検索や予約、支払いを一括で行うことができる。このような移動の効率化は上記の問題の対策となるほか、公共交通利用の推進による交通渋滞の緩和、CO2排出量の削減なども期待されている。

国外では既に実用化されている例もある。例えばヘルシンキでは、月極定額制で路線バス、電車を自由に利用することが可能なほか、タクシーなどその他の交通手段との連携もあり、多様なプランの中から利用者がサービス内容を選択することで、利便性・効率性の高い交通サービスの提供が行われている。日本国内においても、国土交通省と経済産業省が新たなモビリティサービスの社会実装に向け、地域や企業の協働を促す「スマートモビ

リティチャレンジ」を発表するなど、実用化に向けた動きが進み始めている。その一方で、具体的な分析に関しては不十分であり、合理的根拠に基づいたサービス設計・改善を行うためのデータ収集、交通行動やサービス需要の分析が急務となっている。

(2) 既往研究と本研究の位置づけ

MaaSに対する注目が高まる中で、関連する研究報告も活発に行われている。先程紹介したヘルシンキのMaaS利用者の交通行動を分析した報告書「WHIMPACT」(Hartikainen et al, 2019) では、元々公共交通利用が多い人がサービスを利用していることや、タクシー、シェアサイクルなどと組み合わせて使う人が多いことが報告されているが、サービス実施前後の利用比較のような導入効果に関する分析は詳細には行われていない。一方でカーシェア・バイクシェア等を考慮したシミュレーション評価 (Becker et al, 2019) では、自家用車から公共交通やシェアリングへ交通手段が変化することで輸送関連のエネルギー消費削減やエネルギー効率向上の可能性が示されている。

本研究でも取り扱う、アンケートデータを基にしたサービス選択特性の分析としては、サービスに含まれる交通手段の種類に着目した選択特性の分析 (Amalia et al, 2020) や支払い方法として特徴的な月極定額制の選択特性の分析 (Matyas et al, 2018) があり、サービス選択に影

響する因子特定のほか、回答者がこれまで利用していなかった交通手段をMaaSで利用する可能性や、普段から多くの交通機関を利用する人の支払意思額が高いことなどが示されている。また潜在クラスモデルを利用したサービス選択特性の把握 (Vij et al, 2020) では、フルタイムで雇用されている若者がサービスを利用する可能性が最も高く、職に就いていない(退職後)高齢者が最も低いことが示されている。

以上のような国外の研究事例と比較すると、国内の実験・調査例は少なく、本研究で対象とする静岡市のほかにも、新潟市や前橋市など様々な地域で実験・調査が行われ始めているが、実用化に向けて実際に入手したデータを基にしたサービス需要や選択行動に関する分析は依然として貴重である。また本研究では調査対象を実証実験の参加者と非参加者(一般市民)とすることでMaaSに対する関心の有無による結果の比較が可能のほか、交通ICカードのデータを活用し交通・購買行動の把握を実施し、より多角的な分析が可能となっている。

(3) 研究目的

本研究では、静岡市におけるMaaS実証実験の利用者と非利用者(一般市民)に対して行われたアンケート調査を基に、交通利用特性の把握やMaaSに対する利用意向、支払意思額に関する分析のほか、実験参加有無と交通・購買行動との因果推論を行う。

2. 調査の概要と基礎集計

(1) 調査の概要

本研究では、主に2019年11月に静岡市で行われたMaaS実証実験の参加者と非参加者から収集した事後アンケートデータを基に分析を行う。そのため実証実験の具体的な利用実績等は分析の対象としていないが、ここで簡単に実証実験の概要説明を行う。

a) 提供サービス内容

実証実験では、ヴァル研究所の複合経路検索サービス「mixway」と未来シェアの「SAVS (Smart Access Vehicle Service)」が連携し、アプリケーションによる複合経路探索サービスの提供に加え、AIによる制御で効率的な運行が可能となるAIオンデマンド交通の情報提供と予約サービスが実施された。利用者は複数の交通手段の経路探索やAIオンデマンド交通の予約、支払いを専用のアプリケーションから一括で行うことが出来る。MaaSアプリケーションのイメージは図-1の通りである。

b) 実験期間・エリア

実験期間は2019年11月1日(金)～11月30日(土)で

あった。AIオンデマンド交通については期間中の毎日8:00～21:00に図-2に示すエリアで運行した。エリアは静岡駅など静岡鉄道沿線以北の約21km²の範囲となっている。AIオンデマンド交通の利用状況については本研究では触れないが、利用者と非利用者の事後アンケート調査データの比較を通して、MaaSへの関心有無による交通利用やMaaSに対する考え方の違いを検証する。



図-1 MaaSアプリケーションイメージ図



図-2 AIオンデマンド交通の運行エリア

(2) アンケート調査の概要

実証実験終了後の参加者と非参加の一般住民に対してアンケート調査を行った。その概要について説明を行う。

a) 調査対象

調査対象は実証実験の参加者と非参加者(一般住民)で、ともに静岡鉄道が発行するICカードLuLuCaの会員である。

b) 質問項目

質問項目は年齢等の個人属性や普段の交通利用状況、実証実験に関する質問、MaaSに対する意識や実用化による影響などである。実験参加者、非参加者に対しては、実証実験に関する質問など一部異なる質問を除きほぼ同様の内容を質問している。

c) データ件数

有効回答者数は実験参加者93名、非参加者1,063名であった。

(3) アンケートの基礎集計

アンケート調査の有効回答者の集計結果を示す。実験参加者は実験期間中にAIオンデマンド交通を一回以上利用した住民である。非参加者はMaaSアプリの利用もなく、実験自体に参加していない住民である。実験に参加した（実験モニターに登録した）が、AIオンデマンド交通を利用していないという住民もいるが、数名であったため、本研究では分析対象外とした。

a) 個人属性

表-1 は回答者全体の個人属性についての集計結果と平成 27 年度に実施された静岡県 国勢調査の結果を比較したものである。国勢調査と比較して男性よりも女性のサンプルが非常に多いことが分かる。これは LuLuCa 会員が買い物等のポイントカードを兼ねていることも一因である。年代別でみると 30 代から 50 代が多いが、平均年齢はほぼ同じとなった。また実験は静岡市内で行われたが、市外に居住する回答者のサンプルも得られた。

表-1 回答者の個人属性

		サンプル	H27 国勢調査
性別	男性	33.9%	49.2%
	女性	66.1%	50.8%
年齢	18~29 歳	7.2%	12.3%
	30~39 歳	15.2%	12.8%
	40~49 歳	31.7%	17.0%
	50~59 歳	28.7%	15.3%
	60~69 歳	12.7%	16.0%
	70 歳以上	4.5%	26.7%
	平均年齢	48.8 歳	48.2 歳
住所	静岡市内	73.1%	—
	静岡市外	26.9%	—

b) 普段の交通利用

図-3 は自家用車の保有状況についての集計である。実験参加者と非参加者の回答に有意な差があるのか、 χ^2 検定を行ったところ p 値 0.0035 と保有状況の分布に有意な差があることが分かった。実験参加者は非参加者と比較して自分専用の車の所持者が少ない分布形であり、自由な移動手段を持たない方が MaaS への関心が高い傾向にあると推測される。

図-4 の公共交通定期券保有状況は、利用者層の所持率が高く、こちらも χ^2 検定から有意な差が確認された。このことから MaaS への関心が高い層は普段から頻繁に公共交通機関を利用していると言える。

続いて表-2 は日常の活動頻度に関する集計であり、通勤、業務（営業など）、買物、通院、私事（食事など）について一週間当たりの平均活動回数をまとめている。平均の差の検定を行ったところ通勤、業務、買物は有意に差が見られ、実験参加者は通勤や業務の頻度が高く、

非参加者は買物の頻度が高い傾向にあることが確認された。これはそれぞれの回答者層が影響していると考えられる。

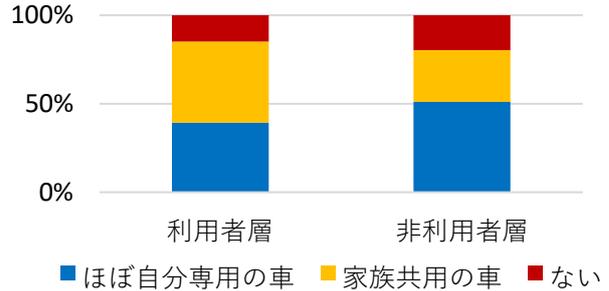


図-3 自家用車の保有状況

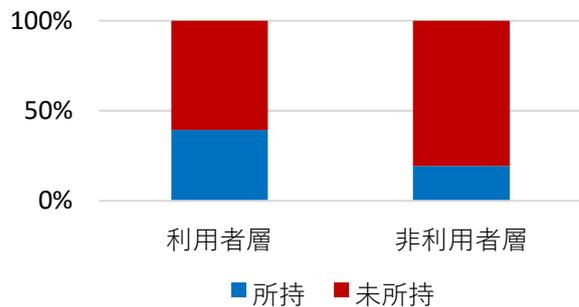


図-4 公共交通定期券保有状況

表-2 日常生活の平均活動頻度

	実験参加者	非参加者
通勤頻度 (回/週)	4.9	3.8
業務頻度 (回/週)	2.9	2.0
買物頻度 (回/週)	2.4	3.1
通院頻度 (回/週)	0.2	0.3
私事頻度 (回/週)	1.0	0.8

c) MaaS の利用意向

図-5 は非利用者 1,063 名が実証実験を認知していたかどうかについて集計したものである。半数以上が「知っていた」と回答しており、認知度自体は非常に高かったということが分かる。

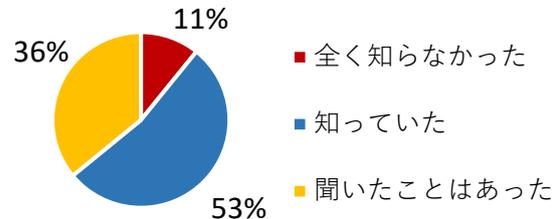


図-5 実証実験の認知度について

一方で表-3 に示している通り、実験不参加理由としては「必要性を感じなかった」、「来訪機会がなかった」

という回答も多いが、「利用したい施設がエリア外だった」、「利用時間外だった」などといった実証実験の条件面で利用できなかったと回答した方も一定数見られた。このことから、これらの条件が緩和されれば利用可能性のある潜在的な利用者が非利用者層の中にも含まれる可能性が高い。

表-3 実験不参加理由

実験不参加理由	回答数
必要性を感じなかった	263
来訪機会がなかった	206
手続きが面倒だった	57
利用が難しいと感じた (スマホ等)	91
料金が高いと感じた	26
利用したい施設がエリア外だった	106
利用したい時間にサービスがなかった	34
時間指定 (予約) ができなかった	24
その他	163

d) MaaS の利用意向

MaaS の利用意向に関する質問であるが、まずはこのアンケートにおける MaaS のイメージについて説明を行う。前提として、ここでの MaaS とは実証実験で取り組まれたサービス内容 (主に AI オンデマンド交通) のみではなく、電車やバス、タクシー、レンタサイクル等を含む複合的な公共交通サービスである。またその他にも検索や支払いをアプリで一括操作できることや好きな時刻に待ち時間なしで移動できるといった情報を回答前に説明している。

この前提のもとで MaaS の利用意向について質問した集計結果が図-6 である。参加者層では「積極的に利用したい」、「利用したい」と回答した割合は非参加者層の約3倍で、やはり実証実験の参加者は利用意向が元々高いことが確認された。全体でみると、約4分の1が「積極的に利用したい」、「利用したい」という明確な利用意向を示し、自家用車が使えない場合などで限定的に利用したいという回答を含めれば半数以上が利用に興味を持っていることが確認された。

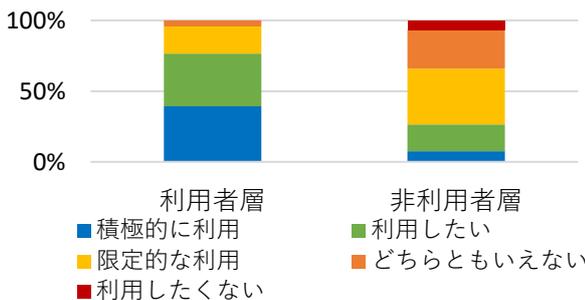


図-6 今後の MaaS 利用意向について
 続いて、MaaS の利用目的についての集計結果をまと

める。利用目的としては通勤、業務 (営業や打ち合わせ)、買物、通院、私事 (食事やレクリエーション) があり、各目的の移動状況で、現在の利用交通手段から何割程度を MaaS 利用に切り替えるかという形で質問を行っている。集計については割合ごとの集計ではなく利用意思の有無についてまとめている。

集計結果は表-4 の通りとなっている。実験参加者は非参加者と比較して、全体的に利用意向が高く、様々な場面で MaaS を利用することを想定している。非参加者は特に通勤や業務での利用意向が低くなっている。回答者の傾向として、実験参加者は MaaS の関心が高いことはもちろん、正規雇用就業者も全体の約 67% と多いことから通勤や業務での利用を検討する方も多かったと考えられる。一方で非参加者は正規雇用就業者が全体の約 47% であり、MaaS の利用意向が低い方もみられるため、実験参加者と比較して利用意向が低い結果になったと考えられる。

表-4 MaaS の利用有無 (利用目的ごと)

	実験参加者	非参加者
	利用すると回答	利用すると回答
通勤での利用	54.8%	34.1%
業務 (営業など) での利用	68.8%	27.8%
買物での利用	79.6%	51.8%
通院での利用	62.4%	40.8%
私事 (食事など) での利用	77.4%	45.3%

続いて図-7はMaaSへの支払い意向に関する集計結果である。こちらの質問についても、MaaSのサービス内容のイメージは前述のとおりであり、決まった金額で公共交通を自由に使える場合、いくらであれば利用するかという質問をおこなっている。加えて「新車を購入し、10年間保有した場合の月平均維持費が5万円である」という情報も提示している。

回答者はサービスに対して都度払い (利用した分だけ支払い)、もしくは1~6万円の一万円毎のサブスクリプション (月極定額の支払い) の選択肢から選択する。またこの質問の対象は利用意向の質問で「利用したくない」と回答した方はを除く、実験参加者93名、非参加者990名となっている。

回答結果は、非参加者は全体の64%が都度払いを希望しているのに対し、参加者はサブスクリプションの選択割合が非常に高くなっている。またサブスクリプション選択者の平均支払意思額についても実験参加者が約2.4万円、非参加者が約1.8万円と差が見られる。このことからMaaSに対する関心が高い層は、サービスに対して高い付加価値をつけていることが分かる。

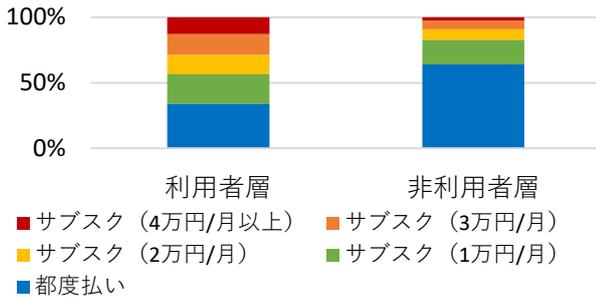


図-7 MaaSへの支払い意向について

3. 利用意向, 支払意思の分析

(1) 順序プロビットモデルによる利用意向分析

MaaSに対する利用意向分析として、利用意向を目的変数とした順序プロビットモデルによって影響因子の把握を行う。VijらやAmaliaらの既往研究では年齢や性別、収入などが利用意向や支払意思に影響を及ぼすという結果が得られており、それらのパラメータが有意になると予測される。

a) モデルの概要

順序プロビットモデルは選択肢に順序があり、それに応じて選択が決定される場合を扱う。選択データから順序選択の確率関数を求め、その選択がある判断Aから判断Bに変わる閾値を求める。被説明変数 y は、 $y_i^* = \beta_i x_i + u_i$ で表される連続潜在変数 y^* に対応すると定式化される。ここで、 x は説明変数、 u は誤差項である。今回は説明変数として以下に示す変数を使用した。

<使用した変数>

年齢、性別、世帯収入、活動頻度（仕事を除く一週間当たりの買物、通院、私事の回数）、公共交通定期券有無、自由に使える車の有無、MaaSへの高関心ダミー（実験参加者と実験参加を検討していたがエリアなどの条件面で参加できなかった非参加者のダミー）

b) 推定結果

作成した駐車場予約サービス利用意向モデルによる各パラメータや閾値の推定結果と尤度、修正済み決定係数を表-5に示す。ここで各閾値の表す境界は以下の通りである。

- 閾値1 絶対に利用しない | 利用したくない
- 閾値2 利用したくない | どちらでもない
- 閾値3 どちらでもない | 利用したい
- 閾値4 利用したい | 必ず利用する

年齢や性別の結果から、若い男性が利用意向の高い傾向にあると考えられる。活動頻度や世帯収入、公共交通定期の所持も利用意向にプラスの影響がある。また自由に使える車の有無はマイナスに有意で、自由な移動手段

を持たない方ほど利用意向が高い傾向にある。MaaSへの関心は有意にプラスであり、やはり実験参加者、及び実験参加を検討していた潜在利用者はMaaSサービス全体の利用意向も高いことが分かった。

表-5 推定結果

説明変数	推定値	t 値
閾値 1	-1.60	-9.57 ***
閾値 2	-0.49	-3.03 ***
閾値 3	0.58	3.55 ***
閾値 4	1.43	8.60 ***
年齢	-0.01	-4.05 ***
性別 (男性:1, 女性:0)	0.15	2.13 **
世帯収入 (100 万円)	0.05	3.79 ***
活動頻度 (回/月)	0.02	1.97 **
公共交通定期所持	0.13	1.64 *
自由に使える車の所持	-0.12	-1.87 *
MaaS への高関心	0.73	9.07 ***
初期尤度	-1670	
最終尤度	-1343	
修正済み決定係数	0.18	
サンプル数	1156	

*** : 有意 1%, ** : 有意 5%, * : 有意 10%

(2) 潜在クラスモデルによるターゲット選定の考察

続いて、サービスのターゲット選定を目的とした個人属性や公共交通利用などの傾向把握を実施する。利用意向分析では一般的に想像されるMaaSへの利用意向に影響する因子の特定を行った。ここでは利用意向についてさらに区分分けし、目的別のMaaS利用意向を顕在変数とした潜在クラスモデルを活用してターゲット層の考察を行う。

a) モデルの概要

潜在クラスモデルは、回答者の潜在的な思考を、潜在変数を用いた最尤推定によって分析し、潜在的なクラスへの所属確率を推定することで回答の傾向を反映した分類が可能である。

この手法では質問項目（顕在変数）への応答パターンを、潜在変数を用いた潜在クラスという形で表現する。例えばA, B, Cの質問項目があり、それぞれ A ($i=1, \dots, I$), B ($j=1, \dots, J$), C ($k=1, \dots, K$)というI, J, K種類の応答があるとする。

この際Xという潜在変数（潜在クラス）がX ($t=1, \dots, T$)のT種類の状態を取ると仮定、

さらに、

π_t^x : 潜在変数 X に対して個人が潜在クラス (t) に帰属する確率 (潜在確率) ※総和は1とする

π_{ijk}^{ABC} : 顕在変数 ABC に対して (ijk) となる同時確率 (顕在確率)

とすると、潜在変数Xを仮定したときのABCXに対して (ijkt) となる同時確率は次式となる。

$$\pi_{ijkt}^{ABCX} = \pi_{ijkt}^{ABCX} \pi_t^X = \pi_{it}^{\bar{A}X} \pi_{it}^{\bar{B}X} \pi_{it}^{\bar{C}X} \pi_t^X \quad (1)$$

この際の対数尤度関数は次式のように表される。

$$L = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \log \left[\sum_{t=1}^T \pi_{ijkt}^{ABCX} \right] \quad (2)$$

n_{ijk}^{ABC} : 実際に生じた個々の応答パターン の度数

この対数尤度関数Lに対し、EMアルゴリズムによる最尤法を用いることで推定を行う。

以上は分析に利用する変数が顕在変数のみのモデルであるが、本研究ではクラスの割り当てを規定する変数を分析するために、年齢や性別などの個人属性を説明変数として導入している。

例えば、潜在クラスXへの所属がR (R=1, ..., L), S (S=1, ..., M), T (T=1, ..., N)という、それぞれL, M, N種類の応答を持つ3つの変数によって予測されると仮定すると、その同時確率は、 $\pi_{ijklmnrst}^{ABCXRST}$ と表され、この同時確率について同様の推定を行うことで、どの個人の属性、要因がクラスの規定力を持つのか考察を行うことが可能である。

今回は顕在変数 (式におけるA, B, C) として目的別のMaaS利用意向 (通勤、業務、買物、通院、私事の各目的に対するMaaS利用意向の有無) を、さらにクラス規定の説明変数 (式におけるR, S, T) として以下に示す変数を投入し、各変数が潜在クラスに対して与える効果を推定する。

<使用した変数>

年齢、性別、世帯収入、公共交通定期券有無、自由に使える車の有無、活動頻度 (回/週)

b) クラス数の選定

分析を行うにあたり、まずはクラスの数を選定しなければならない。本研究ではクラス数ごとにそれぞれの対数尤度と適合度指標AIC (赤池情報量規準) を算出し、その結果とモデル解釈の観点からクラス数を選定している。各クラス数における適合度を集計したものが表-6であり、この結果から今回は4クラスを選択している。

表-6 各クラス数における適合度

クラス数	対数尤度	AIC
1	-3854	7719
2	-3408	6850
3	-3319	6697
4	-3278	6638
5	-3270	6647
6	-3268	6666

c) 推定結果

潜在クラスモデルの推定の結果、顕在変数 (目的別のMaaS利用意向) の回答確率は表-7の通りとなった。各ク

ラスの特性については後述するが、利用目的の特性ごとに所属クラスが分かれていることが分かる。

表-7 目的別MaaS利用意向の回答確率

	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4
	利用者	利用者	利用者	利用者
通勤で利用	5.1%	23.1%	88.5%	70.8%
業務で利用	0.5%	4.4%	99.4%	70.3%
買物で利用	20.4%	83.6%	92.2%	65.1%
通院で利用	9.1%	76.8%	100.0%	39.6%
私事で利用	20.6%	69.4%	97.6%	49.4%

潜在クラスモデルの結果について、クラス1を基準とした際の各説明変数の影響を分析した結果が以下の表-8である。推定値とt値を記載しており、括弧内がt値である。例えばクラス2は年齢がプラスに有意、性別と自由に使える車の所有ダミーがマイナスに有意であり、クラス1と比較して年齢が高く、女性で車を持たない方の所属確率が高い傾向にある。

表-8 クラス1を基準とした各説明変数の影響分析

	クラス1	クラス2	クラス3	クラス4
切片	0.00	-0.74 * (-1.75)	-1.66 ** (-2.56)	0.78 * (1.78)
年齢	0.00	0.02 * (1.83)	-0.01 (-1.17)	-0.04 *** (-3.92)
性別	0.00	-0.83 ** (-2.54)	1.17 *** (4.77)	0.79 *** (3.52)
収入 (100万円)	0.00	-0.04 (-1.03)	0.02 (0.35)	0.04 * (1.98)
定期有無	0.00	-0.04 (-0.11)	0.52 * (1.82)	1.13 *** (4.66)
自由に使える車の有無	0.00	-0.39 * (-1.74)	-0.17 (-0.73)	-0.01 (-0.04)
活動頻度 (回/週)	0.00	0.00 (-0.10)	0.10 ** (2.56)	-0.07 (-1.59)

*** : 有意1%, ** : 有意5%, * : 有意10%

算出された各サンプルのクラスごとの所属確率に基づいて、各クラスの構成確率の集計を行った。その結果が表-9である。区切り線より上がクラスを規定する変数として使用したもの、下がそれ以外の要素について事後的に集計したものである。説明変数として有意なものや特徴的な項目に関しては赤字で記載している。

表-9 各クラスの構成比

		クラス 1	クラス 2	クラス 3	クラス 4
所属確率		40.9%	21.5%	12.4%	25.2%
利用 目的	仕事で利用	5.1%	23.1%	88.5%	70.8%
	業務で利用	0.5%	4.4%	99.4%	70.3%
	買物で利用	20.4%	83.6%	92.2%	65.1%
	通院で利用	9.1%	76.8%	100%	39.6%
	私事で利用	20.6%	69.4%	97.6%	49.4%
性別	男性	28.5%	14.7%	55.0%	48.2%
	女性	71.5%	85.3%	45.0%	51.8%
年齢	平均年齢	50.2	56.7	49.9	44.6
収入	平均世帯収入 (万円)	628	589	652	705
定期	定期券所有率	13.6%	12.2%	24.6%	39.2%
自家 用車	自由に使える 車の所有率	53.6%	46.2%	49.5%	48.4%
外出	外出頻度(回/週)	7.7	7.5	9.5	8.2
交通 利用	電車利用 (回/月)	4.2	2.7	4.8	6.8
	バス利用 (回/月)	6.1	7.4	6.9	9.6
利用 意向	利用意向低	50.2%	23.6%	10.8%	19.0%
	利用意向中	39.4%	41.8%	27.1%	37.1%
	利用意向高	10.4%	34.6%	62.1%	43.9%
支払 意思	都度払い	80.4%	66.2%	35.6%	40.6%
	1万円	12.8%	18.0%	27.8%	27.2%
	2万円	3.5%	7.0%	17.6%	15.6%
	3万円	2.8%	5.2%	11.7%	12.7%
	4万円以上	1.5%	3.6%	7.3%	3.9%

<各クラスの特徴>

構成比から考察される各クラスの特徴について以下にまとめる

クラス1：全体的な利用意向が低い。女性が多く都度払いの選択率が非常に高い

クラス2：買物、通院、私事などプライベートな移動での利用が高い。高齢の女性が多く、電車よりもバスの利用回数が多い

クラス3：全体的な利用意向が高く、サブスクリプション選択者も多い。活動頻度が高く、外出の機会が頻繁にある方が多い。

クラス4：仕事や業務での利用意向が高く、平均年齢が若い。公共交通全般の利用回数が多く、収入や定期所持率が高い

順序プロビットモデルの結果と合わせて考察すると、公共交通機関を主要な移動手段としている方や収入の多い就業者はMaaSの利用意向が高い傾向にあり、主婦などの定職に就いていない女性や高齢者は利用意向が低い傾向にある。また、幅広い利用目的を想定している方や通勤、業務での利用を考えている方はサブスクリプションの選択率が高く、通院や私事などでの利用を考えてい

る方は都度払いの選択率が高いという結果が得られた。

一般的な交通定期券の所有者は通勤や通学を目的とする方がほとんどであり、MaaSにおけるサブスクリプション選択者も同様の傾向にあると言える。しかし本来MaaSは日常的な交通手段の利用を自動車から公共交通やタクシー、シェアバイクなどへ転換させることも目的の一つである。今回の結果から見たサービスのターゲットは年齢が若い公共交通のヘビーユーザーや高収入の就業者となるが、利用者の幅を広げるためにサービス内容ごとに利用意向を問うなどより詳細なサービス内容について分析していく必要がある。またその他にもMaaSの利便性が周知されることによる利用意向への影響もあると考えられるため、モビリティマネジメント等による公共交通利用促進やMaaSの認知向上策など官民連携の取り組みが必要であると考ええる。

(3) ハードルモデルによる支払意思の分析

潜在クラスモデルの結果から、支払意思についてもユーザーの傾向を掴むことが出来たが、ここでは具体的に支払意思に関してモデル化を行うことによって、影響因子をより明確にするほか、設定金額ごとのサブスクリプション選択に関する分析を行う。

a) モデルの概要

今回のアンケートではMaaSに対する支払意思の質問として、都度払いと1~6万円のサブスクリプションという選択肢があり、都度払い選択者に対しては支払意思額の回答は得られていない。つまり回答者は最初に支払方法を選択し、その後に支払意思額を選択するという2段階の選択があったと考えられる。そこで本研究では、支払意思のモデル化にハードルモデルを適用する。

ハードルモデルはデータ生成プロセスを「0を生成するプロセス（ここでは都度払いの選択を0としている）」と「カウントデータを生成するプロセス」に分けて考える方法で、一段階目にベルヌーイ分布による選別（0となるかカウントデータを生成するかの確率分布を推定）を行い、二段階目にカウントデータの離散分布からサンプリングを行う。このように二段階に分けて考えることで支払方法の選択と支払意思額の選択の二段階に分けた推定を行うことが出来る。

ハードルモデルの具体的な流れは以下の通りである。

個人*i*の支払意思額を*k*とした場合の確率質量関数*f(k)*について、第一段階目では*k=0*（都度払い）という事象と*k>0*（サブスクリプションを購入）という二項の事象を考え、これらの事象がともにベルヌーイ分布に従うと仮定することで、次式のように*k*が0となる確率*p*が得られる。

$$P(k=0) = p \quad (3)$$

$$P(k>0) = 1 - p \quad (4)$$

続いて第二段階目に $k(k=1,2,3,4,5,6)$ のカウントデータに対して、負の二項分布を仮定することで、カウントデータの確率分布 q が得られる。

p と q からハードルモデルの数式は以下の式のように表すことが出来る。

$$y = 0 \text{ の確率関数 } f(k) = p \quad (5)$$

$$y = 1\sim 6 \text{ の確率関数 } f(k) = \frac{(1-p)q(k|x, \theta)}{1-q(k|x, \theta)} \quad (6)$$

ここで x, θ はカウントデータの確率分布におけるパラメータである。また、 $(1-p)q(k|x, \theta)$ はゼロハードルを越え（サブスクリプションを選択）、支払意思額が1以上になる同時確率を表しており、 $1-q(k|x, \theta)$ カウントデータの支払意思額が0となる確率を示している。

このモデルを支払意思額に適用するにあたって、使用した変数（パラメータ）は以下の通りである。

<使用した変数>

年齢、性別、世帯収入、公共交通定期券有無、仕事における想定MaaS利用回数（回/週）、プライベートにおける想定MaaS利用回数（回/週）、自家用車減少ダミー、MaaSへの高関心ダミー

年齢や性別などの個人属性のほか、利用目的による潜在クラスタリングの結果を踏まえ、活動頻度を仕事に関わる活動（通勤、業務）とプライベートに関わる活動（買物、通院、私事）に分け、それぞれの影響を確認している。ここでは各目的における現在の活動頻度（回/週）とMaaSの利用想定割合を掛け合わせることで、MaaSの想定利用回数を算出している。

さらに、MaaSの実用化によって自家用車利用を控える可能性があるという回答した方のダミーやMaaSへの高い関心を持つ方のダミーを使用し、これらのMaaSに対する考え方が支払意思にどのように影響しているのか考察を行う。

b) 推定結果

ハードルモデルの推定結果を表-10に示す。

年齢や性別、収入などの個人属性が有意となっており、潜在クラスモデルの結果から得られた考察と同様の傾向を示している。

MaaSの利用想定に関して、ゼロハードルモデルでは仕事での想定利用回数が有意にプラスなのに対して、プライベートでの想定利用回数は有意ではない。カウントモデルではその逆で、プライベートでの利用回数のみがプラスに有意となっている。つまりサブスクリプションの選択には、仕事面で利用するか否かが大きく影響し、支払意思額には、仕事以外のプライベートな面でどれだけ利用を想定しているかが影響するという結果となった。

自動車利用減少ダミーはMaaS実現によって自動車の利用を控える可能性があるという回答した方のダミーであるが、どちらのモデルにおいても有意であり、MaaSのサ

ブスクリプション購入者は自動車利用を控える、つまりサブスクリプションの普及によって自家用車利用の減少が見込めると考えられる。

最後にMaaSに対する現時点での関心はカウントモデルにおいてのみ有意であり、サブスクリプションの選択は現状のMaaSへの関心で決定しているというよりも、自身の現状の交通利用から決定していると考えられる。

表-10 推定結果

ゼロハードルモデル		
説明変数	推定値	t値
切片	-0.49	-2.78 **
年齢	-0.01	-2.67 **
性別	0.25	2.72 **
定期所持ダミー	0.22	2.17 *
仕事での想定		
MaaS利用（週/回）	0.08	4.29 ***
プライベートでの想定		
MaaS利用（週/回）	0.02	0.79
自動車利用減少ダミー	0.87	9.71 ***
MaaSへの高関心	0.10	0.97
カウントモデル		
説明変数	推定値	t値
切片	-0.33	-1.70 *
収入（/100万円）	0.04	1.88 *
仕事での想定		
MaaS利用（週/回）	0.01	0.51
プライベートでの想定		
MaaS利用（週/回）	0.04	1.87 *
自動車利用減少ダミー	0.31	2.80 **
MaaSへの高関心	0.25	2.13 *
Log(theta)	2.05	2.75 **
尤度	-1670	
サンプル数	1156	

*** : 有意 1%, ** : 有意 5%, * : 有意 10%

c) サブスクリプション金額ごとの需要予測

作成したモデルをもとにサブスクリプション支払額の期待値を算出した。算出対象はアンケート調査でMaaSへの利用意向を示した353名である。期待値はゼロハードルを超える確率と支払意思額の予測値の積となっており、その値からサブスクリプション金額ごとの需要予測を行ったものが、図4.1である。価格が1万円の場合、全体の約半数がサブスクリプションを購入すると予測され、支払い額の期待値が2万円を超える方は少ない結果となった。

今回のアンケートでは、調査時に参照値として自動車維持費5万円/月を提示しているが、平均世帯人数（約2.7人）を考慮しても、割安な回答結果となっている。MaaSのサブスクリプションは未知のサービスであるため回答の信頼性が低い可能性があり、今後サブスクリブ

ションを取り入れた実証実験を行い、より信頼性の高いデータ収集と分析を行っていく必要がある。

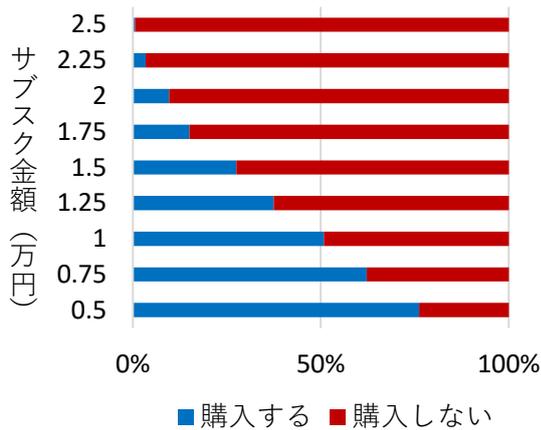


図-8 サブスクリプションの需要予測

4. 実証実験の影響分析

MaaSなど新たなモビリティサービスやサブスクリプションが導入された場合、対象のサービスを頻度高く評価し、サービス改善のサイクルを回していくことが重要となる。本研究では、MaaS実証実験の評価として交通行動や購買行動への影響を分析するため、交通ICカードのLuLuCaデータを用いる。

実験の影響を分析する際、多くの場合は実験参加者に対して期間中と期間外の行動を比較することで分析を行うが、その場合、実験による影響か時期トレンドによる影響か判断することが難しい。今回は実験参加者と非参加者の両方のデータを入手したため、同期間中の実験参加有無による比較を行うことで、実験の影響を明確に分析することが可能である。しかし、このように2つのグループを比較する際には、それぞれのグループの構成比が異なっている場合、結果にバイアスがかかる可能性がある。そこで本研究では、傾向スコアマッチングを利用して両グループの構成比の近似を行う。

(1) 傾向スコアマッチングの概要

傾向スコアはグループ間比較において、各個体がグループに割り当てられる確率（ここでは実験参加群に割り当てられる確率）を示す指標であり、傾向スコアマッチングは、その傾向スコアの値をもとに両グループでマッチングを行う方法である。マッチングによってサンプルの選別、共変量の調整を行うことで、グループ間のバイアスが小さくなり、より正確な比較が可能となる。

傾向スコアは「要素が各要素に干渉せず、独立である」、「割り当て条件が無視できる（実験参加者が仮に実験不参加だった場合、共変量が近い非参加者と同じよ

うな結果を示す）」という仮定のもとで、式(7)で示す、実験参加群を目的変数としたロジスティック回帰式により表される。

推定された傾向スコアをもとに、共変量の差が最も小さくなる組み合わせでマッチングを行う。

$$p = \frac{1}{1 + \exp(-l)} = \frac{1}{1 + \exp(-b_0 - b_1x_1 - \dots - b_nx_n)} \quad (7)$$

l : 対数オッズ p : 実験参加確率
 b_0 : 定数 $b_1 \sim b_n$: 偏回帰係数

(2) 比較方法の概要

傾向スコアマッチング適用後のデータに対して、差の差分分析を実施する。これは実験前と期間中の電車やバスの利用回数の差を実験参加者と非参加者で比較することによって実験実施の影響を分析する方法で、今回は、その中でも以下の式(8)で示す、ATT (Average Treatment effect on the Treated) の計算式をもとに、差の差分分析を行っている。

$$ATT = \frac{1}{n} \sum_{i=1, D_i=1}^{n_1} \left[\sum_{j=1, D_j=0}^{n_0} \{W(i, j) \times (Y_{0tj} - Y_{0t-1j})\} \right] \quad (8)$$

ここで、 Y は実験参加による効果を計る成果指標（電車とバスの利用回数）、 i, j は個人、 t は調査月、 D は実験参加者となった場合に1を取るダミー変数を示している。また、 $W(i, j)$ は傾向スコアにもとづく非参加者のウェイトである。傾向スコアは実験参加群に割り当てられる確率を示すものであり、この傾向スコアを利用してマッチング後の非参加者に重みづけを行うことで、実験参加者が実験に参加しなかった場合の利用回数を推定し実験有無による利用回数の差を分析する。

(3) 交通行動への影響分析

a) 傾向スコアマッチングの結果

実験参加者と非参加者に対し、以下に示す変数を用いた傾向スコアマッチングを実施した。結果としては実験参加者61名に対し、非参加者47名がマッチングされた。
 <使用した変数>

年齢、性別、世帯収入、公共交通定期券有無、居住地（静岡市内か市外が）行動頻度（一週間当たりの買物や通院、私事で出かける回数）、MaaS利用意向（利用したくない～積極的に利用の5区分）

マッチング後の傾向スコアや各変数の共変量バランスについて図-9で示しており、マッチング前後で調整が行われていることが分かる。

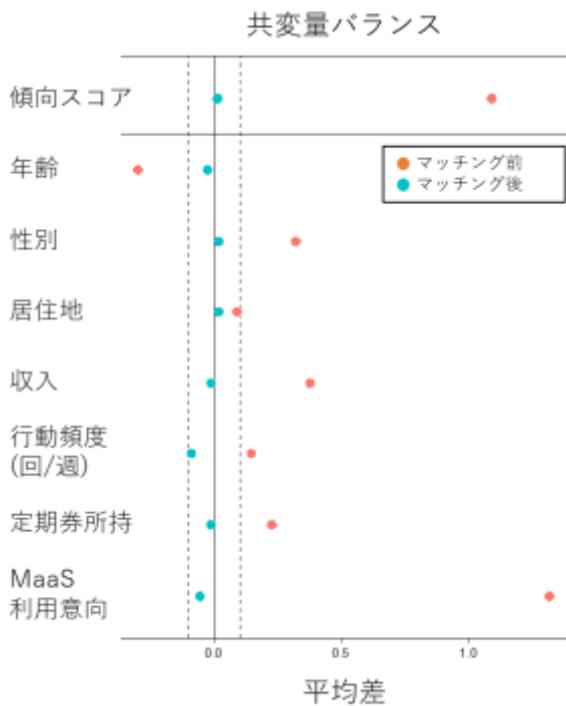


図-9 マッチング前後の各変数の共変量分布
(公共交通)

b) 影響分析の結果

マッチング後のデータに対し、交通機関の月平均利用回数に関する前月比較で差の差分析 (ATT) を行った。電車の利用回数に関する分析結果が表-10、バスの利用回数に関する分析結果が表-11である。推定値は実験に参加した場合の効果 (利用回数の増減) を示している。

電車の利用回数が増え、バスの利用回数は減るという結果が得られたが、ともに有意な影響は確認されなかった。今回の実証実験で実施されたAIオンデマンド交通は料金設定が通常のタクシーの25%割引となっており、運賃が大きく異なる電車・バスの利用回数への影響が大きいとは言えない。今後はデータ収集の困難さはあるが、タクシー利用からの転換の影響を分析する必要がある。

表-10 電車の利用回数に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	0.83	0.97

表-11 バスの利用回数に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	-0.43	-0.51

また分析結果では有意ではないもののバスの利用回数が減少している。これは実証実験の提供サービスがバスの代替手段としての役割に近かったことも理由の一つであると考えられるが、バスの待ち時間や到着時間の不正確性から利用が提供サービスへ移ったという可能性も考

えられる。表-12に示す、交通サービスで重要視する要素に関する集計 (参加者、非参加者全員に質問) では、特に「移動時間や待ち時間が短い」、「予定通りに到着できる」と回答する方が多く、これらの点で優位性の高いMaaSのサービスは需要が高いと考えられる。

また、本研究の実証実験は2019年11月に行われたものであるが、2020年の11月~12月にかけて新たなMaaS実証実験が実施されており、定額の乗り放題サービスや公共交通の利用に合わせた割引クーポンの配布などが行われている。そのため今回の実証実験と合わせてより詳細な分析が可能になると考える。

表-12 交通サービスで重要視する要素

交通サービスで重要視する要素 (複数回答可で最大3つ)	選択率
移動時間や待ち時間が短い	51.5%
予定通りに到着できる	44.9%
好きなところに行きやすい	38.2%
お金がかからない	31.9%
荷物を運びやすい	21.6%
子供等を連れて移動しやすい	13.4%
乗り継ぎがしやすい	13.1%
安心・安全	11.6%
その乗り物自体が好き	6.7%
運動になる	5.4%
身体的負荷が少ない	4.4%
プライベートな空間かどうか	3.6%
環境への負荷が少ない	1.8%

(4) 購買行動への影響分析

a) 傾向スコアマッチングの結果

駅周辺へのアクセスや周遊性が変化したことによる影響を分析するために、購買行動についても比較を実施する。今回は、静岡鉄道が駅近郊に展開するスーパーマーケット「しずてつストア」と新静岡駅構内にある大型複合商業施設の「セノバ」の利用回数と購買金額について分析する。しずてつストアは日常的な買物の目的先として、セノバは中心市街地に訪れる方の目的先として考察を行う。セノバ内に存在するしずてつストアについては、セノバの利用として計上している。

しずてつストア、セノバについて各店舗の利用が、LuLuCaデータの期間内に一回でもあった方を対象に分析を行う。使用した変数はともに共通で交通行動データの傾向スコアマッチングにおいて使用したものと同様である。

<しずてつストア>

セノバの利用が期間内に一回でもあった回答者は 851名であった。傾向スコアによるマッチングの結果、実験参加者 67名に対し、非参加者 53名がマッチングされた。

マッチング前後の共変量バランスは図-10 の通りである。

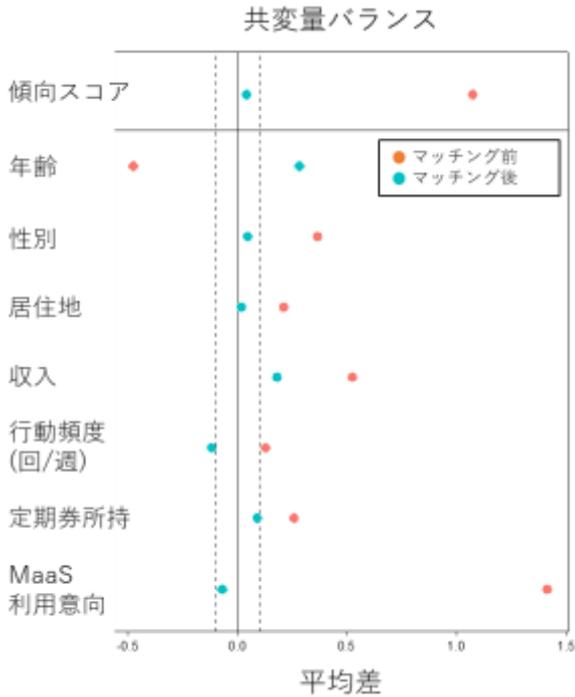


図-10 各変数の共変量分布 (しずてつストア)

<セノバ>

セノバの利用が期間内に一回でもあった回答者は 756 名であった。傾向スコアによるマッチングの結果、実験参加者 71 名に対し、非参加者 53 名がマッチングされた。マッチング前後の共変量バランスは図-11 の通りである。行動頻度についてマッチング後で共変量差が見られるものの、全体の傾向スコア分布はほぼ同じとなっている。

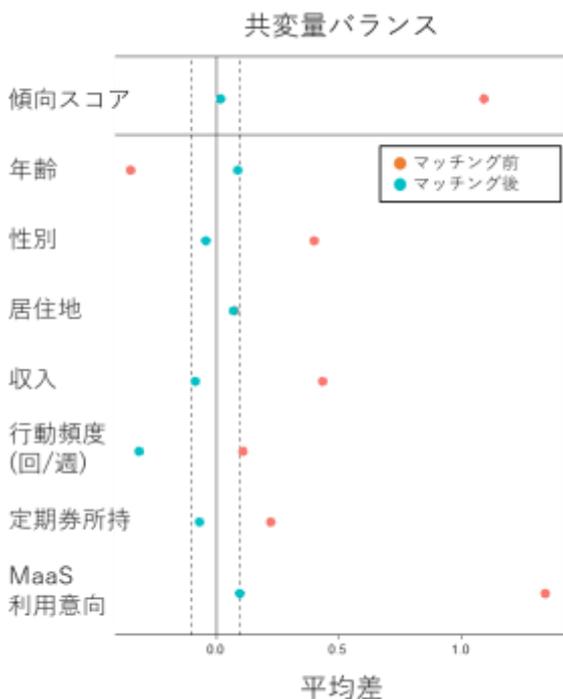


図-11 各変数の共変量分布 (セノバ)

b) 影響分析の結果

<しずてつストア>

マッチング後のデータに対し、しずてつストアの月平均利用回数と月平均購買金額について差の差分析を行った。その結果が表-13 と表-14 である。推定値は実験に参加した場合の効果 (利用回数の増減) を示している。

利用回数と購買金額ともにプラスの影響ではあるものの有意な差は確認できなかった。しずてつストアはセノバと比較すると身近な買物に利用されることが多く、公共交通以外の交通手段を利用して訪れる方も多いことから、実験による利用回数や購買金額への影響が小さかったと考えられる。

表-13 しずてつストアの
利用回数(回/月)に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	0.35	1.11

表-14 しずてつストアでの
購買金額(円/月)に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	92.8	0.10

<セノバ>

セノバについても同様に、マッチング後のデータに対し、月平均利用回数と月平均購買金額について差の差分析を行った。その結果が表-15 と表-16 である。

利用回数に関しては 10%有意でプラスの影響が確認され、実証実験で利用回数が増加していると推定された。一方で購買金額についてはプラスの影響ではあるものの、有意とはならなかった。実証実験は静岡駅、新静岡駅を中心としたエリアで行われたため、駅への周遊性が高まり利用回数が増加した可能性が考えられる。一方で購買金額については、今回の実験では購買施設等との連携サービスがなかったため大きな影響は確認されなかったと考えられる。こちらについても新たな実証実験では交通利用に合わせた割引クーポンの発行などが行われているため、そちらと比較を通してより詳細な影響分析が可能になると考える。

表-15 しずてつストアの
利用回数(回/月)に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	1.07	1.67*

※ *** 1%有意 ** 5%有意 * 10%有意

表-16 しずてつストアでの
購買金額(円/月)に関する差の差分析

	推定値 (利用回数)	t値
ATT	546.6	0.30

5. まとめ

(1) 得られた知見

本研究では、静岡市におけるMaaS実証実験の事後アンケートデータとICカードの利用データを基にMaaSに対する利用意向や支払意思に関する分析と新たな交通手段が提供された場合における交通行動、購買行動への影響の分析を行った。以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- ① MaaSに対する利用意向は、全体の約4分の1が明確な意向を示し、限定的な場面での利用を含めれば半数以上が利用に興味を持っている。そのためサービスとしての需要自体は高いと考えられる。
- ② MaaSに対する支払意思に関して、全体でみると半数以上が都度払いによる支払いを希望しているが、実験参加者についてはサブスクリプションの選択割合が高い。
- ③ 利用意向に関する分析から、年齢が若い男性や定期所持者、高収入就労者などが高い利用意向を示す傾向にある。
- ④ 利用目的別でみると、仕事のみMaaS利用を想定する方とプライベートのみMaaS利用を想定する方で支払傾向に差が見られ、仕事での利用を想定している方、特に高収入な方や年齢が若い方はサブスクリプションの選択率が高いと考えられる。
- ⑤ 支払意思に関するハードルモデルにおいても仕事でのMaaS利用想定がサブスクリプション選択に影響を与えると推定され、選択したのちの支払意思額においてプライベート面での利用想定が影響する。
- ⑥ 実証実験による電車、バス利用への影響について、有意な差は確認されなかったが、電車はプラス、バスはマイナスの影響となった。交通手段において待ち時間の短さや到着時間の正確さを重要視する方が多く、これらの点で優れるMaaSサービスは需要が高いと考えられる。
- ⑦ 実証実験による購買行動の影響については、セノバ（新静岡駅構内の商業施設）については10%有意で利用回数の増加が見られたが、購買金額については有意な差が確認されなかった。購買施設とMaaSアプリケーションの連携によって、より効果的な影響が確認できる可能性がある。

(2) 今後の課題

今回実施したアンケートでは、MaaSに対する選好データは一般的に想像されるMaaSについての利用意向と支払意思額に関する調査のみにとどまっており、サブスクリプション額や内容（利用できる交通手段など）の異なるサービスに対する選好データは入手できていない。そのためサービス内容に対する感度の分析が不可能であり、今後具体的なサービス内容を決定していくためには、

追加で調査が必要であると考えられる。また、本実証実験におけるサービスでは、料金が利用回数ごとの発生となっているほか、その他の交通手段や購買施設との連携もいたため利用実績から具体的なサービス選好や影響の分析をすることが難しい。これらに関しては、2020年の11月から12月にかけて新たな実証実験が実施されており、そちらでは定額の乗り放題サービスや公共交通の利用に合わせた割引クーポンの配布などが行われている。そのため、本研究のデータと合わせて、より具体的な利用傾向の把握や影響分析が可能になると考える。

MaaSは導入に際して利用者の交通手段選択に大きな影響が生じるため、需要や適切なサービス内容の把握が必要不可欠である。しかし高齢化や働き手の不足、移動弱者等の問題解決に向けて、ICTを活用した効率的な交通管理に関する様々な取り組みが現在進められており、MaaSも将来的に間違いなく実用化されるサービスである。そのため、今後もMaaSのサービス設計に向けて継続的なデータ収集と分析を続けていく必要がある。

謝辞：本研究は、しずおかMaaS（静岡型MaaS基幹事業実証プロジェクト）と静岡鉄道からデータ提供等、ご協力をいただいた。また本研究の一部はJST未来社会創造事業の支援を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 静岡 MaaS 基幹事業実証プロジェクト
HP : https://www.mlit.go.jp/scpf/projects/docs/smartcityproject_meti%202020_shizuoka.pdf
- 2) スマートモビリティチャレンジ
HP : <https://www.mobilitychallenge.go.jp/>
- 3) 金森亮, 岩本武範, 大前明生, 石神孝裕, 鈴木恵二, 野田五十樹 : 静岡MaaS実証実験参加者の交通行動と利用意向に関する分析, 第17回ITSシンポジウム, 2019
- 4) 堀部佑斗, 金森亮 : MaaSの利用意向分析 - 静岡MaaS実証実験データの基礎分析 -, 第18回ITSシンポジウム, 2020
- 5) Akshay, V., Stacey, R., Spring, S., and Susan, H. : Consumer preferences for Mobility-as-a-Service (MaaS) in Australia, Transportation Research Part C: Emerging Technologies Volume 117, 102699, 2020
- 6) Alec, B., and Amanda, S. : Investigating the interconnectedness of active transportation and public transit usage as a primer for Mobility-as-a-Service adoption and deployment, Journal of Transport & Health Volume 18, 100897, 2020
- 7) Amalia, P., Ioannis, T., Ioanna, P., and Athena, T. : Exploring Individual Preferences and Willingness to Pay for MaaS, Transportation Research Record 1-13, 2020

- 8) Ari, H., Jukka, P, P., Atte, R., Jukka, R., Ian, S., Ari, S., and Andre, U : “WHIMPACT: Insights from the world’s first Mobility-as-a-Service (MaaS) system” , 2019
- 9) Chinh, Q, H., Corinne, M., and David, A, H : Public preferences for mobility as a service: Insights from stated preference surveys, *Transportation Research Part A* Volume 131, pp.70-90, 2020
- 10) Fabio, H., Alexander ,P., Claus, H, S. and Wijnand, V : Public transport regimes and mobility as a service, *Transportation Research Part A*, Vol.130, pp. 178-191, 2019
- 11) Glenn, L., Paul, H., Kate, M : The importance of user perspective in the evolution of MaaS, *Transportation Research Part A*, Vol.121, pp. 22-36, 2019
- 12) Henrik, B., Milos, B., Francesco, C., and Kay, W, A : Assessing the welfare impacts of Shared Mobility and Mobility as a Service (MaaS), *Transportation Research Part A*, Vol 131, pp.228-243, 2019
- 13) Kate, P., Miloš, N, M., Dominic, S., and Dimitris, M : Questioning mobility as a service: Unanticipated implications for society and governance, *Transportation Research Part A*, Volume 131, pp. 35-49, 2020
- 14) Melinda, M., and Maria, K : The potential of mobility as a service bundles as a mobility management tool, *Transportation*, Vol.46, pp. 1951-1968, 2019
- 15) Valeria, C., Anna, M, F., Peraphan, J., Soora, R., and Harry, T : An analysis of the potential adoption of Mobility as a Service across different age groups and life stages, *Proceedings of 8th Transport Research Arena TRA*, pp. 27-30, 2020
- 16) Yanying, L., and Tom, V : Mobility as a Service (MaaS): Challenges of Implementation and Policy Required, *Journal of Transportation Technologies* Vol.7 , 2017