

## 83. 大都市圏向け統合モビリティサービス Metro-MaaS の提案と需要評価

—自動運転車によるオンデマンドバスと既存公共交通の将来的な統合を目指して—

“Metro-MaaS”, an Integrated Mobility Service Concept for Megacities: Concept Proposal and Demand Evaluation Aiming at Future Integration of Autonomous Demand-Responsive-Transit and Existing Public Transportation

藤垣 洋平\*・高見 淳史\*\*・トロンコソ パラディ ジアンカルロス\*\*・原田 昇\*\*  
Yohei Fujigaki, Kiyoshi Takami, Giancarlo Troncoso Parady and Noboru Harata

This paper proposes the concept of “Metro-MaaS”, an integrated mobility service for megacities, and evaluates its demand using data from an original web survey. “Metro-MaaS” can be provided by integrating existing services, but it can also be a concept to integrate fully autonomous demand-responsive-transit services and existing public transportation services. Results suggest that respondents exhibit higher willingness to use the service if they (i) feel insecure when driving, (ii) live in places that take more than 20 minutes to walk to from the nearest station (iii) own more than two cars, (iv) have high frequency of trips within 2km, and (v) are full-time workers. In addition, findings suggest that Metro-MaaS can increase the use of bus and taxi, while decreasing the use of private car.

**Keywords:** MaaS, Autonomous Vehicle, Taxi, Public transportation  
MaaS, 自動運転, タクシー, 公共交通

### 1. はじめに

#### (1) 研究の背景

日本をはじめとした多くの国で、交通サービスを取り巻く状況は大きく変化しつつある。

高齢化が進んでいる地域では、高齢者の運転の危険性が問題視され、免許の返納を促す取り組みが行われているが、自主的な返納の意向や返納後の生活満足度には、自家用車がなくても自由な移動ができる交通サービスの存在が大きく影響する<sup>1)</sup>。また、自家用車を持たない若年層が日本では増加傾向にあり、自家用車に頼らない移動スタイルの潜在的なニーズが高まっている可能性もある<sup>2)</sup>。

一方で、近年ITを活用した既存交通サービスの利便性向上策や、新しい交通サービスが次々に登場している。既存サービスの利便性向上策に関しては、スマートフォンアプリケーション（以下、アプリと表記）による公共交通の運行情報提供や経路検索サービスが普及してきており、タクシー等の予約ができるアプリも登場している。新しい交通サービスとしては、乗合タクシーやオンデマンドバスと呼ばれる、複数人で相乗りしながら Door-to-Door で利用者を輸送できるシステムが、需要の少ない地域だけでなく、需要の多い都市部にも導入され始めている<sup>3)</sup>。また、自家用車を短時間だけ借りられるカーシェアリングも、アプリを活用することで予約と車両の貸出管理（解錠等）がスマートフォンだけで実施できるようになり、近年急速に利用者数が増加している<sup>4)</sup>。

このような中で、新しい交通サービスと、既存の交通サービスをまとめて提供するサービスとして、Mobility as a Service(略称 MaaS)と呼ばれるサービス概念が登場している<sup>5)</sup>。また、MaaSに限らず、個別のサービスとして運行されていたものを一体的に管理、提供し、利便性・効率性の

向上を目指すサービスが登場してきており、藤垣ら<sup>6)</sup>はこれらを「統合モビリティサービス」として定義・類型化している。MaaSは、利用者が適材適所で交通サービスを組み合わせて使いやすくすることで、自家用車を保有し運転することの代替となりうるサービスを目指す概念である。具体的なサービス実装方法としては、検索・予約・料金管理を単一アプリで実施可能にすることや、定額部分を含む月額制の料金体系をとることが特徴として挙げられる。既に2016年より、フィンランドのヘルシンキで、MaaS Global社によるサービス「Whim」が開始されており<sup>7)</sup>、フィンランド以外の国の都市でも導入に向けた検討が進んでいる。しかし、東京などの多数の交通事業者が存在する大都市圏への導入を想定した事業者間の調整方法や、料金および対象範囲の設定方法については、十分な検討がなされていない状態である。

さらに、近年急速に導入に向けた研究開発が進んでいる自動運転技術が、MaaS概念と結びつくことにより、自家用車と交通サービスを巡る環境は一層大きく変化しうると考えられる。「官民ITS構想・ロードマップ2017」<sup>8)</sup>においても、限定地域での「無人自動運転移動サービス」を2020年までに実施することが、目標として掲げられている。このサービスは、自家用車が自動運転になる形態よりも公共交通に近く、路線バスやオンデマンドバスのような運行を、完全自動運転で実施できるものと捉えることができる。実際に自動運転小型バスの開発が進展しており、日本国内でも完全自動運転車を使用した実験が進んでいる。

自動運転技術の進歩は、自家用車利用を増やし、都市の拡散を助長することが懸念される。現状で運転する機会がない運転者が、自動運転車の登場により自動車を利用して移動する機会が増える可能性を示す研究結果も示されてい

\* 学生会員 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (The University of Tokyo)

\*\* 正会員 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 (The University of Tokyo)

る<sup>9)</sup>。一方で、自動運転技術を前提とする交通サービスの設計に関する議論は始まったばかりで、十分に深められているとは言えない状態であり、過度な自家用車利用の抑制、既存公共交通の活性化、都市のコンパクト化などにも貢献できる、新しい交通サービス体系の構想と評価検討が望まれる。

## (2) 研究の目的と構成

以上の背景のもとで、本論文では「1. 大都市圏向け統合モビリティサービス Metro-MaaS を提案すること」および「2. 利用意向調査により Metro-MaaS の需要の特性を評価すること」を目的とする。なお、Metro-MaaS は自動運転とは独立した概念であり、本研究も自動運転技術そのものの評価を行うものではない。ただし、Metro-MaaS は完全自動運転車を使用したオンデマンドバス等のサービスと既存公共交通を一体的に提供する方法としても活用可能であると考えている。本論文では、この後(3)において先行研究と本論文の関係を整理したのちに、2章で Metro-MaaS の提案を行う。続いて、3章で需要評価のために実施した調査の方法について述べた上で、4章で利用意向と個人属性・移動特性の関係について、5章で各交通手段の利用頻度の変容可能性について、それぞれ調査結果を用いて分析した結果を示す。最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

## (3) 先行研究の整理と本論文の特徴

本節では、統合モビリティサービスの需要評価に関する先行研究、および自動運転サービス関連の先行研究との関係性を整理し、本論文の特徴をまとめる。

自家用車の代替となりうる高い利便性の統合モビリティサービスの需要評価としては、待ち時間が10~20分程度の高利便性乗り合いタクシーの需要を評価し、採算性を示した藤垣ら<sup>10)</sup>の研究がある。また、実際の運行時の需要評価としては Kutsuplus の運行実績<sup>11)</sup>も公開されており、都市部でも需要が存在することが実証されている。しかし、複数の交通手段を一体的な料金体系で利用できる MaaS の利用意向については、十分なデータが揃っているとは言えず、また多数の交通事業者が存在する大都市圏で、複数の交通手段を効率的に統合する方法についても、十分な検討がなされていない。そこで本論文では、大都市圏向けの MaaS 導入形態“Metro-MaaS”を提案し、その利用意向を明らかにする点が特徴である。

自動運転車の受容性や、自動運転車を使用したシェアリングや公共交通サービスの効率性を検討した先行研究は、非常時に運転者が操作を行う SAE<sup>12)</sup>の定義上のレベル3以下を対象としたものと、同定義でレベル4以上に位置づけられる完全自動運転システムを想定したものに分けられる。非常時に運転操作をする運転者が必要なレベル3に相当する自動運転の利用意向については、香月ら<sup>9)</sup>の Web アンケート調査をもとにした研究があり、自動車を現在あまり運転しない人が自動運転車の利用に前向きであるとの結果が得られている。レベル4以上の完全自動運転システムを想定した研究としては、車両をカーシェアリングのように共

有する自動運転シェアカーを対象に、特定の需要と利便性を仮定した場合の必要台数について山本ら<sup>13)</sup>がシミュレーションを通して検討している。しかし、自動運転車を活用した公共交通と、既存公共交通を連携させて一体的に提供するサービスについては、十分な研究がなされていない。そこで本論文では、2章で提案する統合モビリティサービス“Metro-MaaS”の一形態として、自動運転車を使用した交通サービスと既存公共交通を一体的に提供するサービスを仮定し、その需要評価を実施することが特徴である。

## 2. Metro-MaaS の提案

### (1) MaaS の現状と大都市圏導入時の課題

Metro-MaaS の提案の背景として、既にサービスが開始されている MaaS のサービス体系と、大都市圏導入上の課題について述べる。2017年4月時点で、ヘルシンキで MaaS Global 社によって提供されている MaaS の料金体系は図—1 のようになっている。ライト、ミディアム、プレミアムの3種類の月額料金制プランがある。どのプランでもヘルシンキ交通局 (HSL) が運行している公共交通 (鉄道、路面電車、バス、旅客船) は乗り放題であり、タクシーとカーシェアリングはポイントを消費することで利用できる。月単位で付与されるポイント数は、プランにより異なっている。公共交通乗り放題の対象地域はヘルシンキ市であり、オプション料金を支払えば、周辺市も含むヘルシンキ都市圏まで拡張可能である。

ライト	ミディアム	プレミアム
89€/月	249€/月	389€/月
HSLヘルシンキの公共交通乗り放題 + 1,000 Whimポイント 例えば以下のような利用が可能	HSLヘルシンキの公共交通乗り放題 + 5,500 Whimポイント 例えば以下のような利用が可能	HSLヘルシンキの公共交通乗り放題 + 10,000 Whimポイント 例えば以下のような利用が可能
タクシー -10km×2回 公共交通 無制限	タクシー -10km×8回 公共交通 無制限 レンタカー 2日	タクシー -10km×10回 公共交通 無制限 レンタカー 5日

図—1 ヘルシンキで提供中の MaaS の月額料金プラン<sup>9)</sup>  
\*MaaS Global 社の Whim 紹介サイト (2017年4月時点) をもとに著者作成

このようなサービスを導入する場合には、対象地域内で対象サービスを運行する事業者の間で、料金設定や収益配分に関する調整が必要になる。自治体や運輸連合のような組織が都市圏内の公共交通全体を管理している場合や、都市圏の規模が小さく事業者数が少ない場合には、そのような調整は難しくないと考えられる。しかし、東京都市圏のような巨大都市圏で、かつ多くの交通事業者が存在する場合には、都市圏全体を対象としたサービスを実施しようとすると、関係する事業者数が膨大になり、調整が極めて困難になると考えられる。そのため、調整対象となる事業者数を抑制することが望ましいが、同時に利用者の日常生活を十分にカバーできるように、対象地域およびサービスを設定することが望ましい。以上の問題意識のもとで、「調整対象の事業者数の抑制」と、「利用者の移動カバー率を高い

水準で保つこと」を両立しうる、大都市圏郊外部向けの MaaS 設計手法として、Metro-MaaS を提案する。

## (2) Metro-MaaS の定義

“Metro-MaaS”は、以下の2点を含む一体的な料金体系により提供するサービスと定義する(図-2)。

- [1] 自宅周辺の生活圏をカバーできる交通サービス  
(例：タクシーや乗合タクシー、オンデマンドバス等の面的なサービス、路線バス、自宅周辺に貸出拠点のあるカーシェア等の交通具共有サービス)
- [2] 自宅最寄り駅からの鉄道

上記[1]の生活圏をカバーするサービスは、地域特性や対象者特性を考慮して、十分な移動の自由度が確保できるよう、複数のサービスを適宜組み合わせることで一体的に提供するものとする。[2]の鉄道については、頻りに利用する区間の鉄道の定期券を、鉄道を高頻度で利用する通勤通学者の多くが既に保有しているため、上記[1]が加わることが特徴といえる。そのため、上記[1]を一体的に提供し、[2]については従来通り鉄道会社の定期券を購入する形態も Metro-MaaS に含めるものとする。また、都市圏全域で同時に開始する必要はなく、関係事業者の合意が得られた沿線や地区でのみ実施可能である。

また、上記[1]のサービスは自動運転車を使ったサービスに将来的に代替でき、自動運転車を使ったサービスが Metro-MaaS の中核を担うこととなる可能性もあるが、自動運転車を使ったサービスが含まれるか否かは、Metro-MaaS の定義には含めないものとする。

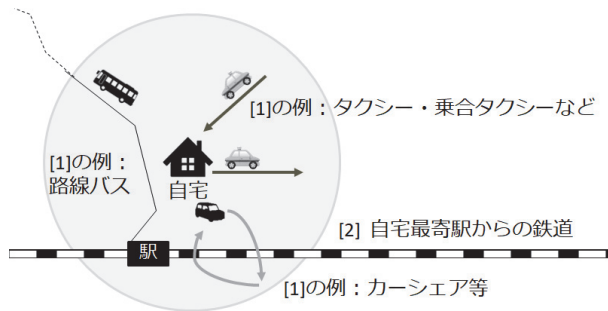


図-2 Metro-MaaS 対象サービスの概念図

## (3) Metro-MaaS の想定利用者層と想定利用パターン

Metro-MaaS が想定する主要な利用者層は、現在の公共交通や各種交通サービスは不便だと考え、消極的な理由により自家用車を保有・運転している人である。具体的な消極的な保有・運転者像としては、運転に不安を感じているにもかかわらず運転を続けている人や、日常の移動に自家用車が必要であるために世帯で2台以上の自家用車を保有して相応の維持・保有費を負担しており、自家用車保有より安価に便利な交通サービスが利用できれば転換したいと考えている人などが想定される。また、現在の公共交通に不便さを感じている層は、鉄道の利便性が高い大都市圏の場合は、鉄道駅から離れた地域の居住者に多いと想定される。

また、サービス加入者の手段別利用パターンとしては、路線バスや鉄道などの公共交通の利用を中心としつつ、タクシーやカーシェア、自動運転デマンドバスなどの柔軟な公共交通を補助的に使用する形態が想定される。タクシーやカーシェアなどの柔軟な公共交通単体の定額制サービスを提供した場合には、それらの柔軟なサービスのみが利用され、路線バスや鉄道の利用者数は大きく減少することが予想される。しかし、Metro-MaaS の場合には、路線バスや鉄道も含む料金パッケージであるため、各交通サービスの利便性に応じて使い分けるインセンティブが高まる。そのため、路線バスや鉄道の利用者数も減少せず、場合によっては増加する可能性もある。また、自宅周辺で交通サービスを利用できるため、近距離の自家用車利用は減少しうると考えられる。さらに将来的に自動運転技術が実用化された際にも、自動運転オンデマンドバス等を組み込むことで、自動運転車に過度に頼らず、路線バスや鉄道を含む各手段を使い分ける利用形態が促進できると考えられる。

なお、以上の想定利用者層と利用パターンは、あくまでサービス設計上の仮説であり、実証が必要である。以降の3章及び4章では、想定利用者層を中心としたサービス利用意向や、利用手段の変化の可能性について、Web アンケート調査をもとに検証する。

## 3. 調査の方法とサービスの仮定

### (1) 調査の方法と対象

Metro-MaaS の需要特性を評価するために、東京都市圏一都三県の居住者を対象にしたアンケート調査を実施した。都市圏全体の居住者から広く回答を集めるため、Web アンケート調査とした。対象者は600名であり、性別・年齢層(3区分)別のサンプル数は、平成22年国勢調査の分布と一致するよう調整した。回答画面において無回答の状態では提出できない制御をしており、全600サンプルの中に欠損値は存在しない。また、詳細な対象地域としては、2章で述べた想定利用者層を考慮し、都心部ではなく主に郊外部の居住者を対象とするために、地理的重心が東京都心から10~50kmの範囲に含まれる152市区町村を対象とした。調査の諸元を、表-1に示す。

表-1 調査の概要

調査方法	Web アンケート (調査会社: 楽天リサーチ (株))
実施期間	2017年3月29日~3月31日
対象者属性	20歳以上の男女 (楽天リサーチモニター)
サンプル数	600名
対象者居住地	東京都心から10km以上50km以内に含まれる東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県の一部市区町村 (計152市区町村) ※駅から徒歩10分未満、10分以上20分未満、20分以上の3つの距離帯でサンプル数が等しくなるようサンプリング (集計時は拡大係数利用)
主な質問項目	・現在の移動状況 ・現在の運転免許保有有無、自家用車保有状況 ・仮想サービスの利用意向 (月額制の加入意向) ・仮想サービスが存在した場合の各交通手段の利用頻度



## (2) サービスの仮定

2種類のサービスを仮定して利用意向を把握した。調査では、これらのサービスに対して、それぞれに加入したいか否かを質問している。以後、本文中の「利用意向」とは、「月額制サービスへの加入意向」を指すものとする。

1種類目は、既存の交通サービスを組み合わせたサービスとの位置づけで、「路線バス(対象範囲内乗り放題)」「タクシー(対象範囲内のみ;回数制限あり)」「カーシェア(基本料のみ無料)」の3種類を組み合わせたサービスであり、図—3に示す通り、料金とタクシー利用可能回数の異なる3種類のサービスを設定した。以後、本論文ではこのサービスを「サービスT」とする。対象範囲は、自宅から2km(徒歩30分以上の回答者は、鉄道と接続させるというMetro-MaaS概念との整合性の観点から3km)の圏内とした。また、今回は自家用車保有の代替としてサービスに加入する利用者層を想定し、「カーシェア」の基本料金が無料になるという設定を追加した。料金は、500円×タクシー利用回数+4,000円(バス相当分)として設定している。タクシーの1乗車あたり500円という設定は、東京23区、武蔵野市、三鷹市のタクシー料金(2017年現在で1,052mまで410円)を参考に設定している。バス相当分4,000円と現状運賃の比較については、利用頻度に関する分析結果をもとに5章で述べる。また、利用意向の質問の前に、図—4に示す活用例に関する説明を表示している。

サービス1	サービス2	サービス3
路線バス: 乗り放題	路線バス: 乗り放題	路線バス: 乗り放題
タクシー: 8回/月まで無料 日中の待ち時間: 平均10分	タクシー: 16回/月まで無料 日中の待ち時間: 平均10分	タクシー: 24回/月まで無料 日中の待ち時間: 平均10分
カーシェア: 月額基本料無料 (別途200円/15分かかります)	カーシェア: 月額基本料無料 (別途200円/15分かかります)	カーシェア: 月額基本料無料 (別途200円/15分かかります)
月額8,000円	月額12,000円	月額16,000円

図—3 サービスTの料金および内容



図—4 サービスTの活用例に関する説明

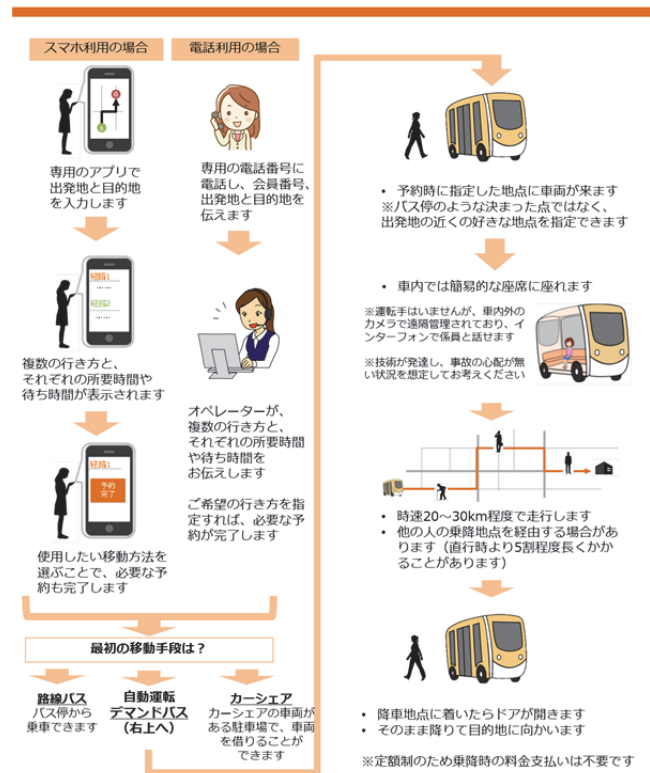
2種類目のサービスは、サービスTのタクシーの代わりに、対象範囲内において自動運転デマンドバスが乗り放題になるサービスである。完全自動運転デマンドバスが実現した場合の、将来のMetro-MaaSとの位置づけである。このサービスを、「サービスA」とする。サービス内容は図—5に示す画像で提示し、料金と平均待ち時間の水準ごとに利用意向を質問した。料金の水準としては、「7,000円」

「12,000円」「17,000円」の3水準、待ち時間「5分」「10分」「20分」の3水準を設定し、合計9種類のプロフィールを作成して、全回答者に9種類の設定についての利用意向を質問している。また、サービス利用方法の流れは図—6に示す通りであり、調査時にも同様の図を提示して、利用方法の仮定を説明した。なお、本調査は自動運転技術そのものの評価を目的とせず、図中では自動運転技術に関しては単純に「技術が発達し、事故の心配が無い状況」を想定して回答するよう求めた。なお、サービスTの設問においても、図—6の左半分に相当する予約方法の部分と同様の図を示し、アプリまたは電話窓口で検索・予約ができるという仮定を説明した上で、利用意向を質問している。



図—5 サービスAの料金及び内容

### 自動運転デマンドバスを含む会員制サービスの利用イメージ



図—6 サービスの利用の流れを説明する図表

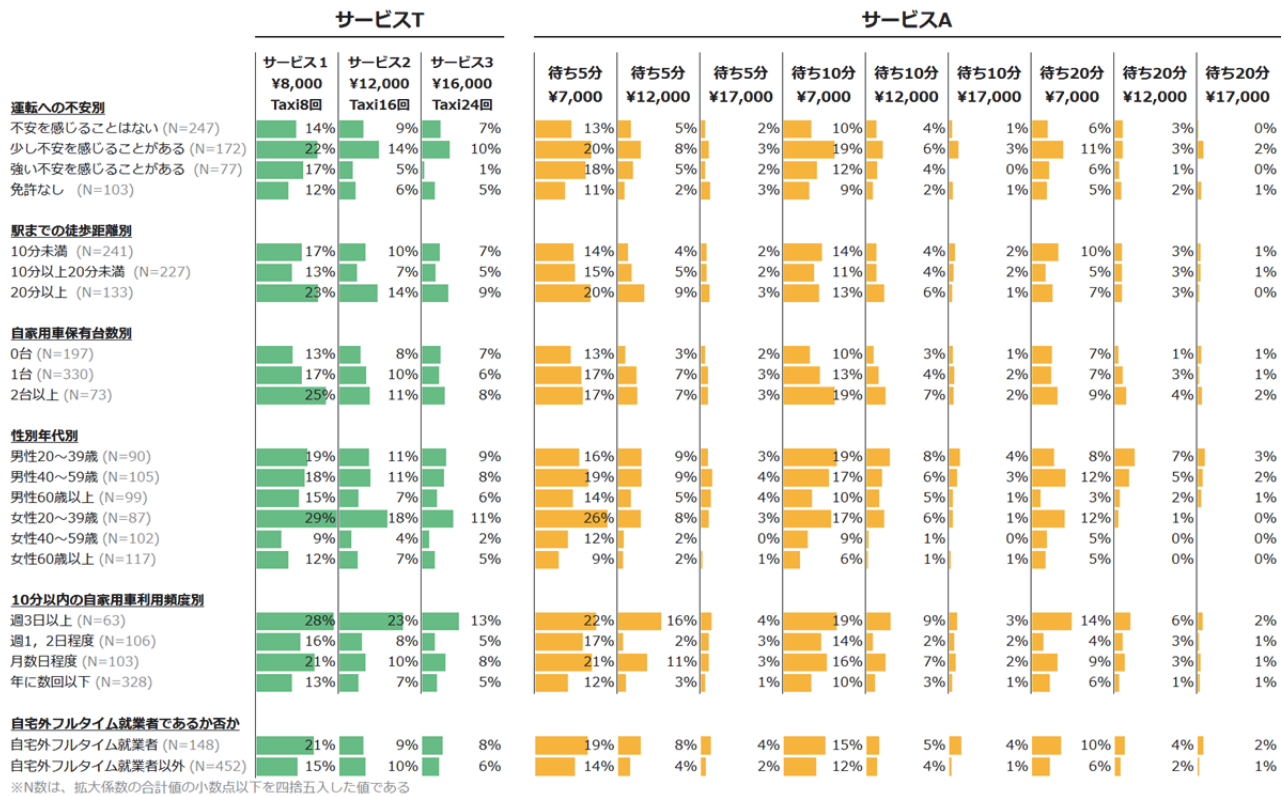


図-7 利用意向の基礎集計結果

#### 4. 利用意向と個人属性・移動特性の関係

本章では、調査の集計結果・分析結果を示し、各サービスの利用意向と、個人属性や移動パターン、モビリティ保有などとの関係について考察する。まず(1)では、基礎集計結果から、2章で述べた想定利用者層設定の妥当性と、特に影響があると思われる個人・世帯属性について述べる。続いて(2)では、2項ロジットモデルのパラメータ推定を通して、統計的に有意な影響を与えていることを確認する。

なお、本調査では駅からの距離が「～10分」「10～20分」「20分～」の3分類でサンプル数が等しくなるようサンプリングしているが、以降の集計では、駅からの一定直線距離内の人口を考慮した拡大係数により補正した値を用いている<sup>(1)</sup>。

##### (1) 利用意向に関する基礎集計結果

調査では図-3～6に示す説明画像を提示した上で、各サービスの利用意向を尋ねた。具体的には、サービスTについては「それぞれの会員制サービスに加入したいですか」、サービスAについては「月額料金とデマンドバスの平均的な待ち時間が、次の各条件の場合に、会員制サービスに加入したいですか」と尋ね、それぞれ「加入したい」との回答を「利用意向あり」とみなした。利用意向の割合を算出する際分母・分子は、対象とする属性に当てはまるサンプル数と「利用意向あり」回答者数をそれぞれ上述の拡大係数で調整した拡大後人数を用いた。サービスTのサービス1や、サービスAの最も好条件の設定(待ち時間5分、料金7,000円)では、1割～2割程度の利用意向を得ること

ができ、分析に耐える程度の利用意向回答が得られた。どの利用者層から特に高い利用意向を得ているかを確認するために、本節で論じる回答者属性別に利用意向を集計した結果を、図-7に示す。まずは、2章で述べた想定利用者層に対応する、「運転への不安度」「駅からの徒歩距離」「自家用車保有台数」について述べる。

運転への不安度では、サービスT、Aともに「少し不安を感じることもある」と回答した層で、利用意向を示す割合が最も大きくなっている。運転に対して不安を感じない人よりも、運転に少しでも不安を感じる人の方が、このサービスに魅力を感じることは極めて自然だと考えられる。一方で、「強い不安を感じることもある」層の利用意向が相対的に少なくなる要因としては、「強い不安を感じることもある」人が自家用車を使った移動をほとんどしておらず、既存の公共交通を使い自家用車を運転せずに済む移動・活動パターンを作り上げていることが、要因として挙げられる。実際に、自家用車で自宅発トリップ数推定値の平均(頻度による回答を年間日数に換算した値<sup>(2)</sup>)は、「強い不安を感じることもある」人の場合、「少し不安を感じることもある」人の4分の1程度であった。

駅からの徒歩距離帯別の利用意向では、20分以上の場合にやや多くなる傾向がみられた。これは、徒歩20分以上の場合、徒歩で駅まで向かうことへの抵抗が大きく、バスやタクシー利用の価値が高まるためだと考えられる。

自家用車の保有台数別の利用意向では、自家用車を2台以上保有している場合に、他の保有台数の場合と比べ、全

体的に利用意向を示す割合が大きくなっている。自家用車を2台以上所有している世帯が、1台を手放して本サービスで代替する形での、自家用車からの転換意向が存在すると推察される。

続いて、特に影響があると考えられる個人属性および移動特性として、「性別年代別」、「自宅発着で10分未満の自家用車利用頻度別」、「自宅外フルタイム就業者<sup>3)</sup>とそれ以外」での利用意向の集計結果について取り上げる。

性別年代別の利用意向では、20~39歳女性で利用意向を示す割合が顕著に大きくなるとの結果が得られた。男性は年代別の利用意向が大きく変化しないのに対し、女性は20~39歳と40歳以上で大きな差がみられた。

自宅発着で10分未満の自家用車利用頻度と利用意向の関係からは、短距離の自家用車利用が週3日以上の場合に、どのサービスでも特に利用意向を示す割合が高くなっている。この結果は、自宅周辺における短距離利用のために自家用車を保有している人が、このサービスに移行する可能性を示唆するものだと考えられる。

自宅外フルタイム就業者については、それ以外の人に比べて全体的に利用意向を示す割合が高くなっている。これは、通勤時の移動や帰宅途中の商業施設等への立ち寄りの際に、サービスが活用できることが要因として考えられる。

## (2) 2項ロジットモデルのパラメータ推定

両サービスを対象に、各要素の利用意向への影響を、料金・待ち時間の影響と合わせて評価するために、料金、待ち時間と各属性を変数として、サービスに加入するか否かを選択する2項ロジットモデルを推定した。変数としては、(1)で影響がある可能性を示した各属性に加えて、自宅発着で概ねサービス対象範囲内に入ると思われる「徒歩10分未満の移動」「徒歩10分以上20分未満の移動」「自転車で10分未満の移動」「自家用車で10分未満の移動」の頻度を年間日数に置き換え<sup>10)</sup>100で除したものを含めて推定を試みた。これらの自宅周辺の対象範囲内における移動は、サービス利用により利便性が向上する可能性があるために、頻度が高いほどサービス利用に繋がると考えられる。

サービス T、A についてそれぞれ推定した結果を表—2 に示す。2項ロジットモデルの選択肢は「加入したい」「加入したくない」の2択であり、全ての変数を「加入したい」という選択肢の効用関数に含めている。表—2 に示すモデルは、先述の変数候補の中で有意にならなかった変数を除いたものである。ここに示す結果に含まれる全変数でパラメータが5%有意となっており、選択確率に影響を及ぼしていることが確認できた。また、自宅周辺の移動については、基礎集計で示した自家用車の利用頻度に加え、徒歩や自転車での移動頻度についても一部のモデルで有意となった。この結果から、自宅周辺で活発に移動する人ほど、Metro-MaaS を利用しやすい可能性が示唆される。また、徒歩10分未満の移動頻度は、サービス A では有意にならなかった一方で、徒歩10~20分は双方のモデルで有意になった。10分以上の長めの徒歩移動をする人が、このサービス

に転換しやすい可能性が示唆される。なお、自宅周辺の対象範囲内における移動は、サービス利用により利便性が向上できる可能性があるために、そのような移動の多い人ほどサービス利用に繋がると考えられるが、実際の推定結果でも移動頻度に関するパラメータは全て正になっており、妥当な結果だと考えられる。

なお、モデルに含まれる変数間の相関係数は0.5未満であり、強い相関関係にある変数は存在しないことを確認している。

表—2 パラメータ推定結果

変数	サービス T		サービス A	
	推定値	t 値	推定値	t 値
料金 (千円)	-0.15**	-5.77	-0.23**	-12.62
待ち時間 (分)	—	—	-0.07**	-6.07
女性 20~39 歳ダミー	0.70**	3.72	0.37*	2.40
駅徒歩 20 分以上ダミー	0.80**	4.75	0.53**	4.00
運転が少し不安ダミー	0.41*	2.49	0.49**	3.84
自家用車 2 台以上保有ダミー	※	※	0.40*	2.32
徒歩 10 分未満頻度	0.19*	2.31	※	※
徒歩 10~20 分頻度	0.53**	6.07	0.64**	10.35
自転車 10 分未満頻度	0.21*	2.48	0.46**	7.39
自家用車 10 分未満頻度	0.39**	4.00	0.31**	3.85
自宅外フルタイム就業者ダミー	※	※	0.29*	2.05
定数項	-2.10**	-6.43	-1.34**	-5.46
サンプル数	1,800		5,400	
初期対数尤度 $L(0)$	-1247.67		-3743.00	
定数項対数尤度 $L(C)$	-640.27		-1222.87	
最終対数尤度 $L(\beta)$	-556.06		-990.69	
尤度比	0.55		0.74	
自由度調整済み尤度比	0.55		0.73	

(\*\* : 1%有意、\* : 5%有意、— : 対象外、※ : 有意にならず除外して推定)

以上より、Metro-MaaS の想定利用者層である「運転に不安がある人」「駅から遠い人」「自家用車を2台以上持っている世帯」が特に利用意向を示しやすい傾向が確認できた。さらに、「自宅外フルタイム就業者」や「自宅周辺の移動が多い人」「20~39歳の女性」も利用意向を示しやすいことが確認できた。

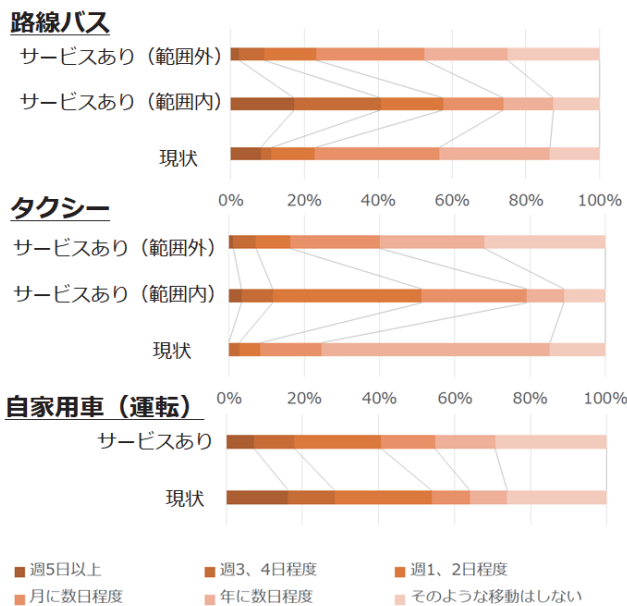
## 5. 交通行動の変容可能性の評価

続いて、既存交通手段で構成され利用場面の想像が比較的容易であると思われるサービス T について、サービスの存在による各交通手段の利用頻度変化の可能性について述べる。調査では、サービス T の中で最も利用したいと思うサービスが存在した場合の希望利用頻度を、利用意向がある人に質問している。サービスに含まれる路線バス、タクシーの利用頻度と、転換が期待される自家用車の運転頻度の変化を、図—8 に示す。なお、路線バスとタクシーについては、サービス存在時の利用意向は対象範囲内外で分けて質問し、現状はそれらを区分せず質問している。

路線バスを「週3、4日程度」以上利用する人の割合は、現状の1割程度から、対象範囲内だけで4割程度まで増加しており、タクシーを「週1、2日程度」以上利用する割合も1割未満から5割近くまで増加していることから、路線



バスやタクシーの利用が大幅に増加する可能性が示唆される。一方、自家用車の運転頻度は「週5日以上」の割合が半分程度になっており、自家用車依存が低減される可能性が示唆される。ただし、本調査ではトリップ単位の転換意向は把握しておらず、希望利用頻度を選択肢の中から回答する形式を取っているため、利用頻度に関する回答の正確性・信頼性の面で課題が残っている点には留意されたい。



図—8 サービス T の有無による利用頻度の変化

ここでサービス T の料金設定と、現在のバスの運賃との関係を、サービス T が存在した場合のバスの希望利用頻度を用いて確認する。利用頻度の回答を年間日数に換算したところ<sup>2)</sup>、サービス存在時のバスの希望利用日数の平均は、1 か月あたり 12 日程度であった。1 日当たりの乗車回数が 2 回の場合、東京都心や川崎市・横浜市の乗車料金（均一区間で 210~220 円程度）を仮定して計算すると、月額 5000 円程度となる。現在既に一部の事業者は、IC カード PASMO を使用した「バス利用特典」<sup>14)</sup>として、1 か月で 5000 円の利用がある人に累積で 850 円の割引クーポンを発行しており、今回の想定はこの割引と近いものと言える。

## 6. まとめと今後の課題

本論文では、大都市圏向け統合モビリティサービス Metro-MaaS の概念を提案し、想定される利用者層を整理したうえで、具体的な Metro-MaaS のサービスを仮定した利用意向調査の結果を示し、需要特性を分析した。

利用意向調査では、利用意向に影響がある個人属性や居住地、移動実態の特徴を抽出し、モデルのパラメータ推定によりその影響を分析した。その結果、「運転に対して少し不安がある人」「駅から自宅までの徒歩の所要時間が 20 分以上の人」「自家用車を 2 台保有している人」「20~39 歳女性」「自宅周辺の移動が多い人」「自宅外フルタイム就業者」

が、サービスを利用したいと考える傾向があることが示された。さらに、サービスが存在することで、路線バスの利用が増加し、自家用車の運転が減少する可能性が示された。

最後に、本研究の限界を整理し、それらに照らして今後の課題を述べる。

第一に、本調査は Web アンケートによったため IT リテラシーの観点で偏ったサンプルになっていたり、Metro-MaaS の概念や自動運転車に対する積極性の高いサンプルが多く回答していたりというバイアスの可能性は否めず、利用意向や行動変容意向が高めに出ている可能性がある。これらを補正できるように調査群を設計し、傾向スコアを用いた補正手法<sup>15)</sup>などを活用することで、バイアスを緩和した分析を行うことが今後の課題として挙げられる。

第二に、今回は仮想的なサービスを画面に提示して実施したものであり、また交通手段の変化についても具体的なトリップごとの転換意向を把握したのではなく、希望する利用頻度を選択肢の中から回答する形式であった。そのため、現状の詳細な移動実態と利用意向の関係や、実際にサービスが存在した場合の詳しい行動変化については分析の対象外となっている。これらの点に関し、トリップ単位やツアー単位の行動選択と Metro-MaaS 利用（行動・意向）の相互関係の分析や、実際の Metro-MaaS 利用体験を伴う調査を行うことが課題である。また、Metro-MaaS の特徴であるサービスの統合に加え、定額制乗り放題部分が存在することによる相乗効果を推計することも、サービス設計に有用であると考えられる。

第三に、MaaS は、供給側の投入資源の量（車両数など）によって、車両内の混雑や待ち時間が変化したり、道路混雑に影響したりし、これらがまた需要に影響を及ぼすことが考えられる。さらに、自家用車の保有選択や居住地選択といった中長期の選択への影響も考えられる<sup>6)</sup>。これらの影響に関する分析は今後の研究課題である。特に、供給側のコスト構造を考慮した採算性の分析はサービスのフィージビリティを評価する上で不可欠である。また、居住地選択を通して土地利用に影響を与える可能性が考えられることから、コンパクトシティなど都市の目標に資する MaaS 設計手法の提案や都市構造への影響評価は、適切な導入に向けての重要な課題である。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 16K06531 の助成を受けて実施したものです。ここに記して御礼申し上げます。

## 補注

(1) 拡大係数の算出に用いた、駅から徒歩 10 分圏内、徒歩 20 分圏内、および徒歩 20 分圏外の人口の算出方法を示す。まず、駅から徒歩 10 分、20 分の距離を、直線距離に近似的に変換するために、道路距離と直線距離の比率を全国の都市で計測した森田ら<sup>16)</sup>の研究を参考に、道

路距離の直線距離に対する比率を全国平均値である 1.3 と仮定した。また、徒歩移動の平均的な速度を分速 80m と仮定し、徒歩 10 分、20 分の道路距離をそれぞれ 800m、1600m とした。以上より、駅徒歩 10 分圏内、および徒歩 20 分圏内に相当する直線距離は、道路距離を 1.3 で除した 615m、1231m とそれぞれ仮定し、その圏域に含まれる人口を推計した。人口の推計に当たっては、国土交通省国土政策局「国土数値情報（鉄道データ）」と、政府統計の総合窓口(e-Stat)において公表されている、平成 22 年国勢調査結果のデータ（メッシュ単位）を使用した。メッシュの一部のみが圏域に含まれる場合には、面積按分を行い推計している。また、推計は対象地区町村のみを対象にして実施している。以上の方法による推計の結果、10 分未満、10 分以上 20 分未満、20 分以上の割合は、40%、38%、22%となり、それらを各群のサンプル率（600 サンプルを 3 等分したため全て 1/3）で除した値を、拡大係数として使用した。

- (2) 利用頻度から年間日数への換算では以下の表—3 の換算値を仮定した。

表—3 頻度の選択肢と年間日数換算値の対応関係

利用頻度の選択肢	年間日数換算値	備考
週 5 日以上	261	週 5 日と仮定
週 3、4 日程度	183	週 3.5 日と仮定
週 1、2 日程度	78	週 1.5 日と仮定
月に数日程度	24	月 2 日と仮定
年に数日程度	3	
そのような移動はしない	0	

- (3) 本研究における「自宅外フルタイム就業者」とは、職業について尋ねた設問で「会社・団体等の職員・役員」「公務員」「個人事業主」「パート・アルバイト」「学生」を選択しており、かつ過去 1 週間に自宅外の業務・学業で費やした時間が 40 時間以上の回答者とした。

#### 参考文献

- 1) 橋本成仁, 山本和生(2011), 「居住地特性から見る運転免許返納者の特性把握」, 都市計画論文集, 46(3), pp.769-774, 日本都市計画学会
- 2) 国土交通省(2013), 「平成 24 年度国土交通白書」, pp.769-774
- 3) Uber Technologies Inc. 「Uber Pool」, 英語, <https://www.uber.com/ja-JP/ride/uberpool/> (2017 年 4 月 13 日閲覧)
- 4) 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団, 「わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移」, 日本語, [http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare\\_grap\\_h2013.2.html](http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare_grap_h2013.2.html)

(2017 年 4 月 13 日閲覧)

- 5) Sampo Hietanen(2014), 「『Mobility as a Service』 – the new transport model?」, Eurotransport, Volume 12, Issue 2
- 6) 藤垣洋平, Giancarlo TRONCOSO PARADY, 高見淳史, 原田昇(2016), 「統合モビリティサービスの概念と体系的分析手法の提案」, 土木計画学研究・講演集, 54 (CD-ROM), 土木学会
- 7) MaaS Global, 「Whim travel by MaaS Global」, 英語, <http://whimapp.com/fi-en/> (2017 年 4 月 13 日閲覧)
- 8) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議(2017), 「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017 ～多様な高度自動運転システムの社会実装に向けて～」
- 9) 香月秀仁, 川本雅之, 谷口守(2016), 「自動運転車の利用意向と都市属性との関係分析 – 個人の意識, 交通行動に着目して –」, 都市計画論文集, 51(3), pp.728-734, 日本都市計画学会
- 10) 藤垣洋平, 高見淳史, 大森直暁, 原田昇(2014), 「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(3), pp.369-374, 日本都市計画学会
- 11) Helsinki Regional Transportation Authority(2016), 「Kutsuplus – Final Report」, HSL Publications
- 12) SAE International(2016), 「J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicle」
- 13) 山本真之, 梶大介, 服部佑哉, 山本俊行, 玉田正樹, 藤垣洋平(2016), 「自動運転車によるシェアカーの普及に関する研究」, 土木計画学研究・講演集, 53 (CD-ROM), 土木学会
- 14) 東急バス株式会社, 「バス利用特典サービス (バス特) について」, 日本語, <http://www.tokyubus.co.jp/top/pasmo/service.html> (2017 年 4 月 23 日閲覧)
- 15) 星野崇宏(2009), 「調査観察データの統計科学—因果推論・選択バイアス・データ融合」, pp.169-190, 岩波書店
- 16) 森田匡俊, 鈴木克哉, 奥貫圭一(2014), 「日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究」, GIS—理論と応用, 22(1), pp.1-7, 地理情報システム学会