

都市部における鉄道端末交通へのMaaS導入の可能性

—チョイスセットの変化に着目して—

Possibility of MaaS to railway access/egress trip in urban areas

—Focusing on changes in choice set—

20D3101026B 半沢 優真 (交通まちづくり研究室)

Yuma HANZAWA / Mobility Planning Lab.

Key Words : MaaS, access/egress trip, choice set, Multinomial Logit Model

1. 研究の背景

わが国の首都圏における鉄道端末交通手段の利用状況について、鉄道利用者の約半数は自宅から鉄道駅までの端末距離が1km以上の地域に在住している。交通分担率に着目すると、端末距離が長くなるほど徒歩以外の交通手段の利用が増加し、その種類は多岐にわたっている。一方で、自転車は悪天候時に利用が困難であるなど、交通手段によっては利用を制限される状況が存在する。こうした現状から、端末距離が長い地域に在住している場合、普段利用する交通手段によっては状況に応じて他の交通手段を利用する必要がある。しかし、定期利用している交通手段から他の交通手段を利用する際に新たな費用が生じることや、一時的に徒歩を利用する場合には身体的負担がかかることなどを考慮すると、移動に関する満足度の低下が懸念される。

こうした問題に対する解決策として、MaaS (Mobility as a Service) の導入が挙げられる。MaaSとは、ICTを活用して複数の公共交通や移動サービスを統合し、移動目的に応じて適切な交通手段を提案した上で、予約や支払いなどを一括に提供するサービスである。自宅と鉄道駅の区間にMaaSを導入することによって、個人属性や天候・時間帯などの状況に応じて最適な交通手段を選択でき、交通の利便性を向上させることが期待できる。しかし、端末交通に着目したMaaS導入に関する定量的な知見は少ないのが現状である。

2. 研究の位置付け

(1) 既往研究の整理

MaaSの設定空間範囲と最大許容料金の関係性を評価した研究²⁾では、東京都市圏パーソントリップ調査を用いた定量的な分析を行なっているが、各個人の交通利用が変化することは考慮していない。大都市圏におけるMaaSの利用意向を調査した研究³⁾では、具体的なサービスを想定した上で利用意向に影響がある個人属性や移動実態の特徴について明らかにしている。鉄道駅の端末交通に関するチョイスセットの変化に着目した研究としては、交通手段の選択状況や利用者の満足度を分析した研究⁴⁾があるが、晴天時と雨天時の比較に留ま

っており、MaaS導入については触れていない。

(2) 本研究の目的

既往研究³⁾から、駅から自宅までの徒歩の所要時間が20分以上の人にMaaSの利用意向があることは明らかになっているが、各個人における鉄道端末交通の利用状況の変化を考慮した、MaaS導入に関する定量的な分析は行われていない。そこで本研究では、通常時と異なる状況下におけるチョイスセットの変化に着目しつつ、鉄道端末交通の利用状況を把握することで、都市部における自宅と鉄道駅の区間へのMaaS導入の需要を評価することを目的としている。また、交通手段のサービスレベル (移動時間、料金) から利用者が許容しうるMaaS定額料金の上限を算出することで、MaaS導入の可能性について定量的に分析する。

3. MaaS定額料金の算出手法の構築

(1) モデルの定式化

田淵ら⁵⁾は、複数の交通手段と複数の経路を同時に選択する、マルチモーダル交通行動モデルを構築して都市圏へのMaaS導入を評価した。それに際し、経路選択肢の列挙を必要としない交通行動モデルである再帰ロジット (Recursive Logit(RL)) モデルを採用している。本研究において、自宅と鉄道駅の区間での移動では単一の交通手段の利用になることを想定する。また、移動経路についても交通手段の種類に応じて1つに決定するとし、多項ロジット (Multinomial Logit(MNL)) モデルを採用した。徒歩と自転車、バスの3種類の交通手段について、効用関数はそれぞれ式(1)~(3)のように表せる。

$$V_{Walk} = \beta_{Time} Time_{Walk} \quad (1)$$

$$V_{Bicycle} = \beta_{Time} Time_{Bicycle} + \beta_{Cost} Cost_{Bicycle} + ASB_{Bicycle} \quad (2)$$

$$V_{Bus} = \beta_{Time} Time_{Bus} + \beta_{Cost} Cost_{Bus} + ASB_{Bus} \quad (3)$$

ここで、*Time*と*Cost*は自宅と最寄り駅の区間の片道における移動時間と利用料金を表す。すなわち、利用料金*Cost*について、自転車では駐輪場を1回利用する際にかかる料金を2で割った値 (片道あたり) を考慮し、

バスでは自宅付近のバス停と鉄道駅の区間における片道あたりの利用料金が該当する。ただし、駐輪場またはバス利用で定期契約を結んでいる場合には、週5日利用することを仮定して、1ヵ月あたりの定期利用料金から40で割った金額を片道あたりの利用料金とした。さらに、本研究では通勤手当についても考慮し、会社員（正社員）が定期契約を結んでいる場合には会社側が定期利用料金を負担すると仮定し、その交通手段の利用料金 $Cost$ を0円とした。

(2) アンケート調査の実施方法

鉄道端末交通の利用状況からモデルの推定を行うために、徒歩以外の鉄道端末交通の利用頻度が高い会社員・学生を対象にアンケート調査を実施した（表-1）。対象者居住地の詳細について、鉄道端末交通へのMaaS導入が実現した際に一定規模の利用者が見込まれる地域を想定した。そのため東京都のうち、①人口密度が5,000人/km²未満である檜原村や奥多摩町など計8つの市町⁹と、②鉄道空白地域（鉄道圏800m）が存在しない、または小規模である荒川区、品川区などの都心部にあたる計12の区⁹を対象外とした。サンプル数についてはスクリーニング調査を実施し、対象者属性や居住地の条件を満たす594名を選別した。チョイスセットが変化する状況については、①雨天時、②飲酒時、③帰宅時間が遅い場合の3パターンを想定した（表-2）。本調査では、2023年12月におけるそれぞれのパターンに該当した日数と代替手段について回答を求めた。

表-1 アンケート調査の概要

調査方法	Webアンケート (調査会社：アイブリッジ (株))
実施期間	2024年1月24日～1月31日
対象者属性	・週3日以上通勤・通学で鉄道駅を利用する会社員・学生 ・自宅から利用している鉄道駅まで1km以上の地域に在住
サンプル数	594名
対象者居住地	東京都のうち、以下の条件を満たす市区町村 ・人口密度が5,000人/km ² 以上 ・鉄道空白地域（鉄道圏800m ² ）が一定規模存在
主な質問項目	・交通手段の利用可否 ・利用可能な交通手段の料金、移動時間 ・通常時または別ケースで利用する交通手段の種類、利用頻度

表-2 チョイスセットが変化する状況パターン

状況パターン	利用できない可能性のある交通手段
① 雨天時	徒歩のみ、自転車、シェアサイクル
② 飲酒時	自転車、シェアサイクル、原付・オートバイ、自動車（運転）
③ 帰宅が遅い時	バス、自動車（送迎）

(3) MaaS定額料金の算出方法

MaaSを導入することにより一定金額を決まった期間ごとに支払うことで、MaaSに含まれる交通手段については利用するごとに新たに料金を支払う必要なくなる。その点を踏まえ、田淵ら²⁾は「MaaS導入前後において利用者の満足度が最低でも現在の水準を維持しなければならないとしたときに、最大でどの位の定額料金の支払いまでを利用者は許容するのか」という観点で評価を行っている。そこで本研究でもMaaS導入前後の効用差に着目し、式(4)の関係式から利用者が許容する最大のMaaS定額料金について算出する。

$$V_n^{without} \leq V_n^{with} - FixedFare_0 \times \beta_{cost} \quad (4)$$

ここで、 $V_n^{without}$ 、 V_n^{with} はそれぞれMaaS導入前後の利用者 n の効用を表し、 $FixedFare_0$ はMaaS定額料金を表している。式(4)の関係式において、両辺の値が等しくなったときに $FixedFare_0$ は利用者が許容できるMaaS定額料金の最大値となる。この最大MaaS許容料金については、(a)通常時の交通利用のみを考慮したチョイスセットが変化しない場合と、(b)表-2の状況パターンも考慮したチョイスセットが変化する場合を比較する。MaaS導入前後の効用は、利用した各交通手段の効用に利用日数を掛け合わせて算出し、最大MaaS許容料金 $FixedFare_0$ については月あたりの金額とする。また、MaaS導入後の効用についてはMaaSに含まれる交通手段の $Cost$ を0円として算出する。本研究では、自転車、バスをMaaSに含まれる交通手段として分析を行う。

4. 分析結果

(1) 鉄道端末交通の利用状況

アンケート調査のサンプル数594名のうち、対象者属性や対象者居住地の条件を満たさない回答を除いた、

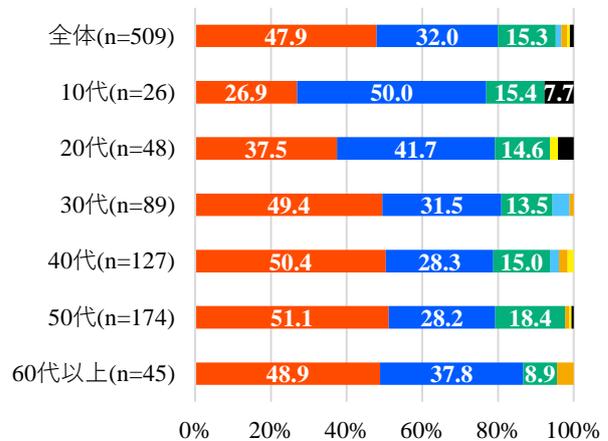


図-1 通常時に利用している交通手段（年代別）

有効回答数は509名であった。通常時における鉄道端末交通の利用状況について、全体として徒歩のみの利用が最も多く、次いで自転車、バスの利用が多い結果となった（図-1）。10代と20代では自転車を利用している割合が最も高く、他の世代に比べて自動車（送迎）の利用が顕著であった。また、どの世代でも徒歩のみ、自転車、バスの3種類が9割以上の利用を占め、シェアサイクルや原付・オートバイ、自動車は通常時の利用割合が小さいことがわかった。

次に、表-2の状況パターンを考慮した場合における鉄道端末交通の利用状況の変化について示す（図2）。なお、パターン②飲酒時と③帰宅時間が遅い時について、行きと帰りの両方で普段と異なる交通手段を2種類利用した場合にはそれぞれ0.5人とカウントしている。通常時と比較して、利用している交通手段の割合が大きく異なったのはパターン①雨天時であった。雨天時では、徒歩のみと自転車の利用が10%以上減少し、バスと自動車（送迎）の利用の増加が顕著にみられた。パターン②飲酒時や③帰宅が遅い時では、どちらも徒歩のみの利用が増加した一方で、徒歩・自転車・バス以外の交通手段の利用については大きな変化がみられなかった。また、通常時と各状況パターンにおける端末交通利用の変化に関して、詳細な交通選択の推移の上位をまとめた（表-3～5）。パターン①雨天時では246名が鉄道端末交通の利用が変化したと回答し、ほかのパターンに比べて最も多い人数であった。そのうち、バスの利用へと変化したと回答した人が95名で最も多く、想定通りの変化になったといえる。パターン②の飲酒時について、自転車から交通利用が変化した人はパターン②全体で最も割合の高い「自転車→徒歩のみ」（20名）を含む45名であった。しかし、この人数は通常時に自転車を利用すると回答した163名の27.6%に相当するため、想定よりも飲酒時の交通利用の変化は小さかったといえる。パターン③の帰宅時間が遅い時では、35名が徒歩のみの利用に変化し、パターン③全体の87.5%であった。

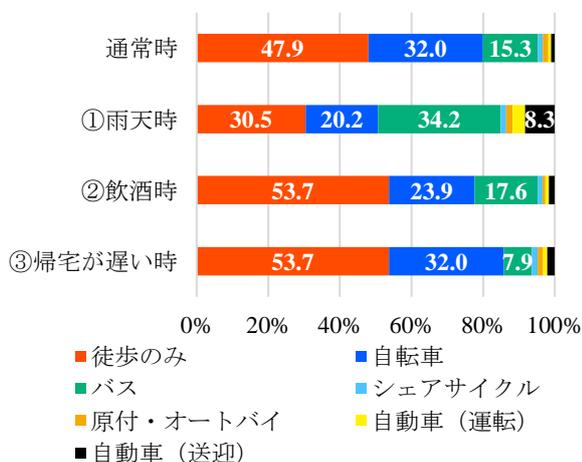


図-2 パターン別 利用している交通手段

表-3 鉄道端末交通の利用の変化（雨天時）

① 雨天時 (n=246)	
徒歩のみ→バス	53名
徒歩のみ→自転車	45名
自転車→徒歩	43名
自転車→バス	42名
徒歩のみ→自動車（送迎）	24名
自転車→自動車（送迎）	13名
徒歩のみ→自動車（運転）	9名

表-4 鉄道端末交通の利用の変化（飲酒時）

② 飲酒時 (n=58)	
自転車→徒歩のみ	20名
自転車→バス	9名
自転車→徒歩のみ, 自転車	4名
原付・オートバイ→徒歩のみ	3名
自転車→自動車（送迎）	2名

表-5 鉄道端末交通の利用の変化（帰宅が遅い時）

③ 帰宅が遅い時 (n=40)	
バス→徒歩のみ	23名
バス→自動車（送迎）	5名
バス→徒歩のみ, 自動車（送迎）	5名
バス→徒歩のみ, バス	2名
自動車（送迎）→徒歩のみ	2名

(2) 許容可能なMaaS定額料金

前節で集計した回答のうち、通常時に徒歩のみ、自転車、バスの中から2つ以上利用可能であると回答し、移動時間や利用料金の数値等で不備のある方を除いた211名について、モデルの推定を行った（表-6）。結果として、移動時間、利用料金ともにパラメータは1%有意となり、移動時間が長く利用料金が高いほど効用は減少するといえる。また、パラメータの大小関係に着目すると、移動時間1分あたりと利用料金11.2円あたりの効用の減少値が等しいことがわかり、想定よりも小さい値となった。

表-6 モデルのパラメータ推定結果

説明変数	パラメータ	t値
移動時間 [分]	-0.067	-2.91 **
利用料金 [円]	-0.006	-2.84 **
定数項（自転車）	-0.292	-1.00
定数項（バス）	-0.224	-0.53
サンプル数	211	
初期尤度	-178.29	
最終尤度	-161.12	
尤度比	0.096	
修正済み尤度比	0.074	

*5%有意 **1%有意

次に利用者が許容しうる最大のMaaS定額料金について、3章で示したチョイスセットの変化の有無に着目した2パターンから算出した。ケース(a)ではモデル推定でを使用した211名に加えて、チョイスセットに徒歩のみ、自転車、バスのいずれか1つしか含まれていない178名も考慮した。一方、ケース(b)についてはモデル推定でを使用したデータのうち、表-2の状況パターンにおいて通常時と異なる交通手段を利用したと回答した89名のデータを使用した。結果として、ケース(a)(b)で得られた許容料金を比較すると、ケース(a)(b)の中央値が0円、630円であることから、ケース(a)の大半ではMaaSの利用意向がみられないとわかる(図-3、ケース(a)での許容料金20,000円1名を除いた図)。通常時に利用している交通手段に着目すると、ケース(a)では徒歩のみ、自転車、バスの順で許容料金が高くなる傾向にあるといえる(図-4)。これは、片道あたりの利用料金が自転車よりもバスの方が高く、徒歩では料金が発生しないことに起因している。また、ケース(a)(b)での許容料金の大小関係に着目すると、徒歩と自転車ではケース(b)の方が許容料金は高く、バスではケース(a)の方が高いとわかる。この結果についてもバスの利用頻度が関係しており、通常時に徒歩や自転車を利用している人が、雨天時や飲酒時でバスを利用したために追加の支払いをしていることが表れている。しかし、ケース(b)の89名はケース(a)に該当する389名の22.9%と割合が小さいことから、MaaSを導入するにはチョイスセットが変化する人が多い地域を対象とする必要がある。

5. まとめ

本研究では鉄道端末交通へのMaaS導入の可能性について、個人のチョイスセットの変化に着目して考察した。その際、多項ロジットモデルを用いてMaaS導入前後の効用差に着目し、利用者が許容できるMaaS定額料金を算出することで定量的に評価した。結果として、通常時に徒歩のみ、または自転車を利用している場合にはチョイスセットが変化している人の方がMaaS許容料金は高かった。一方で、ケース(a)(b)で想定よりもMaaS料金の差が大きくならなかったことについては、飲酒時の交通利用の変化が想定よりも小さかったことや、推定したモデルの時間価値が11.2円/分と高くなかったことが影響している。

今後の課題として、シェアサイクルやライドシェアなどのシェアリングサービスに加え、鉄道やタクシーなど多様な移動手段を含んだMaaSを想定し、利用者のMaaS許容料金の変化を把握する必要がある。また、本研究では自動車を利用している人にも調査を行ったが、将来的に自動車が利用できなくなった場合におけるMaaSの需要についても検討できることが望ましい。

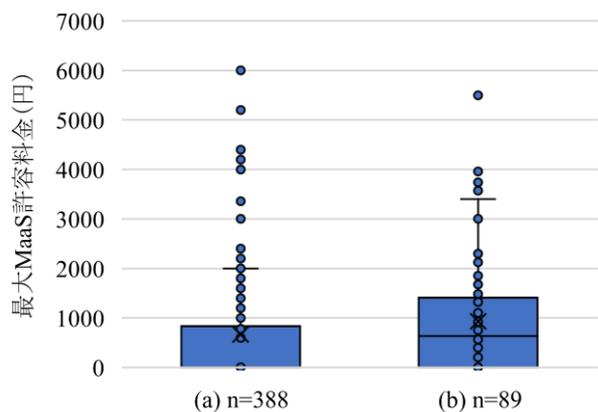


図-3 ケース別 最大MaaS許容料金

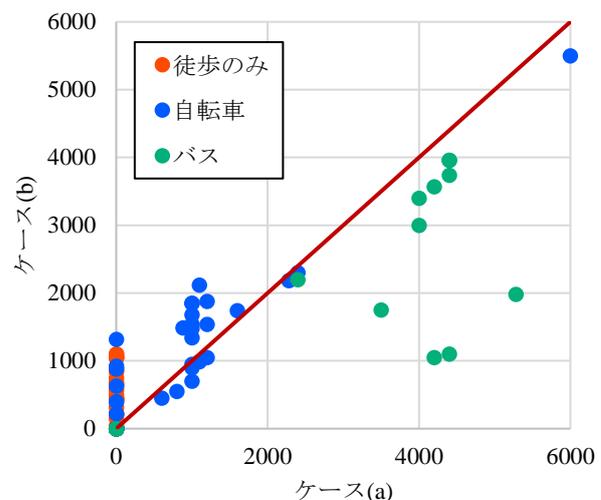


図-4 移動手段別 最大MaaS許容料金 (n=89)

参考文献

- 「第11回大都市交通センサス 平成24年度分析結果報告」国土交通省(最終閲覧 2024.02.06)
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/so-sei_transport_tk_000047.html
- 田淵景子, 福田大輔「再帰ロジット型交通行動モデルを用いたサブスクリプション型MaaSの評価に関する基礎的研究」公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol.55, No.3, pp.666-673, 2020
- 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「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」公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.833-840, 2017
- 野口健幸「鉄道駅端末交通における交通手段選択と利用者の評価」公益社団法人日本都市計画学会 都市計画論文集, Vol.34, pp.979-984, 1999
- 「東京都の人口(推計)」東京都総務局統計部
<https://www.toukei.metro.tokyo.lg.jp/jsuikai/js-index.htm> (最終閲覧 2024.02.06)
- 「道路空間活用ワーキンググループ」東京都都市整備局 (最終閲覧 2024.02.06)
https://www.toshiseibi.metro.tokyo.lg.jp/kiban/suishin_kaigi/wg_douro.html