

徒歩から転換可能性のあるラストワンマイルモビリティの 選択に関する交通行動モデルの構築

Development of a Transportation Mode Choice Model for

Last One Mile Mobility Changeable from Walking

学籍番号 47206725

氏名 坂口 滉太 (Kota, Sakaguchi)

指導教員 日下部 貴彦 准教授

1. はじめに

2007年の社会資本整備審議会⁽¹⁾の答申以降、集約型都市構造の実現が進められてきた。都市圏内の中心地や主要な交通結節点周辺などを都市機能の集約拠点として位置づけ、集約拠点と都市圏内のその他の地域を交通ネットワークで連携することで、都市圏内の多くの人にとって暮らしやすく、持続的な発展を確保するものである集約型都市構造へと都市を再編することにより、都市機能の集約が進む。(図1)しかし、拠点の大規模化により移動制約者が徒歩で移動することが難しくなった。

図1 集約型都市構造への再編イメージ

近年、ITSの高度化や自動運転技術の進展によって、安全で快適な次世代モビリティが進化し、スマートフォンの普及をはじめとしたIoT化に伴い、アプリケーションを活用してデマンド型交通やカーシェアリ

ング、ライドシェアなどの新しいモビリティサービスが登場している。

このようなモビリティやモビリティサービスが移動制約者にとって巨大化した拠点内での歩行によるサポートが必要であると考えられる。マストランジットで拠点まで移動し、ラストマイルモビリティに結節することで目的地に到達するまでシームレスな移動をすることができる。パーソナルモビリティの自動運転車が移動制約者に対する利用意向に関する研究は見受けられない。これについて、定量的な分析により評価する必要がある。

そこで本研究では、都市内の拠点において、さいたま新都心自動運転車両走行実験時及びWeb上で集めた利用意向調査データを用いて、徒歩から転換可能性のあるラストマイルモビリティの選択に関する交通行動モデルを構築することを目的とする。

2. 調査の概要と使用するデータ

2.1 さいたま新都心自動運転車両走行実験

さいたま新都心バスターミナルにて2021年4月27日に自動運転車両および次世代モビリティの走行実験が行われた。東京大学空間情報科学センターが主体となり、国土交通省関東整備局、さいたま市、民間企業(BOLDLY(株)、三井不動産(株)、東急不動産(株)、日鉄興和不動産(株))の協力のも

と実施された。

一般で募集したモニターに対して自動運転バスに試乗を行い、自動運転バスの試乗の後、4つの小型の次世代モビリティの試乗も合わせて行われた。自動運転バスの試乗はさいたま新都心駅から大宮区役所およびさいたま新都心バスターミナルでの公道上において行われた。また、モニターに対して、試乗前及び各車両試乗後に次世代モビリティを用いた交通手段選択に関する SP 調査を実施した。

2.2 SP 調査内容

実験に参加したモニターに対して、各次世代モビリティに試乗する前に仮想の状況下における選好の意思表示である SP (Stated Preference) の調査を行った。今回の調査で用いた SP 調査では目的地の最寄り駅まで鉄道で移動するという前提のもと、目的地の最寄り駅から目的地まで移動するための交通手段の選択を行うという内容である。モニターには全7問の SP 調査の設問及び3問の個人属性に関する設問への回答を求めた。

全7問の交通手段選択の内、前半3問は最寄り駅から目的地までの往路・復路別で交通手段の選択を行い、後半4問は最寄り駅から目的地までの往復セットでの交通手段の選択を行う。

3. ラストワンマイルモビリティ選択モデル

3.1 MixedLogit モデル

自動運転バスやパーソナルモビリティなどの次世代モビリティに対する認知の違いや好みといった個人間の異質性をモデル上で再現することが難しい。Mixed Logit モデルを用いる。Mixed Logit モデルにおける

個人 n が選択肢 j を選ぶ効用関数は式(1)で与えられる。

$$U_{nj} = V_{nj} + \mu' z_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad (1)$$

ただし、 μ は平均0、分散 ω^2 の正規分布に従う確率変数ベクトルであり、 z_{nj} は選択肢 j における特性変数ベクトルで、 ε_{nj} は選択肢ごとに独立で同一なガンベル分布に従うものである。 $\mu' z_{nj}$ は確率分布であるため、分散共分散行列 Ω に従う確率密度関数 $f(\mu|\Omega)$ を用いて選択確率を計算する。式(2)でMixed Logit モデルにおける選択確率が与えられる。しかし、選択確率の導出式に積分が残ってしまい計算できない。そのため、モンテカルロ法を用いたシミュレーションを行い、近似解を算出する。

$$P_{ni} = \int \left(\frac{\exp(V_j + \mu' z_j)}{\sum_j \exp(V_j + \mu' z_j)} \right) f(\mu|\Omega) d\mu \quad (2)$$

3.2 ラストワンマイルモビリティ

選択モデル

効用関数の変数は、SP 調査内で提示された「乗車時間」、「徒歩時間」、「乗車費用」を用いて構成する。調査前半(前半3問)の往路に関する効用関数を式(3)に、調査前半(前半3問)の復路に関する効用関数を式(4)に示す。また、調査後半(後半4問)に関する効用関数を式(5)に示す。ここで、 $i = 0$ (徒歩)の選択肢固有定数である ASC_G^0 は0に固定する。また、以下の効用関数において $i = 0$ (徒歩)の時、徒歩時間である $TT = 0$ となり、 RT のみが徒歩の選択肢固有定数に依存する。

$$V_{intu} = \beta_T^i x_{RT}^{it} + \beta_T^0 x_{TT}^{it} + \beta_{COST} x_{RC}^{it} + ASC_G^i \quad (3)$$

$$V_{intu} = \beta_T^i x_{RT}^{it} + \beta_T^0 x_{TT}^{it} + \beta_{COST} x_{RC}^{it} + ASC_R^i \quad (4)$$

$$V_{int} = \beta_T^i x_{RT}^{it} + \beta_T^0 x_{TT}^{it} + \beta_{COST} x_{TC}^{it} + ASC_G^i + ASC_R^i \quad (5)$$

ただし、

i : 交通手段
 n : 個人
 t : t 番目の設問
 u : 往路 (0) / 復路 (1)
 V_{intu} : 選択肢効用
 β_T^i : 交通手段 i の旅行時間に関する効用パラメータ
 β_T^0 : 交通手段 (徒歩) の旅行時間に関する効用パラメータ
 β_{COST} : 費用に関する効用パラメータ
 x_{RT}^{it} : 乗車時間 [/ 100 分]
 x_{TT}^{it} : 徒歩時間 [/ 100 分]
 x_{RC}^{it} : 乗車費用 (片道) [/ 1000 円]
 x_{TC}^{it} : 乗車費用 (往復) + 施設内利用料金 [/ 1000 円]
 ASC_G^i : 交通手段 i の選択肢固有定数 (往路)
 ASC_R^i : 交通手段 i の選択肢固有定数 (復路) とする.

個人間の異質性を観測するために、対象となる変数 (本調査では交通手段の選択肢固有定数、交通手段の旅行時間に関する効用パラメータ) について、各パラメータが正規分布に従い個人間で値が異なるランダムパラメータと仮定した。なお、式(3)(4)(5)に共通する費用の効用パラメータ β_{COST} は共通の同一値であるのに対し、時間の効用パラメータ β_T^i は交通手段 i 毎に異なると仮定している。これは、各モビリティの貨幣換算による単位時間当たりの一般化費用で (以降、一般化費用) を算出するにあたり、分母と分子が共にランダムパラメータである場合、分散が無限大になることを避けるために上記のような工夫を行った。

4. ラストワンマイルモビリティ選択モデルによる調査結果の分析及び考察

表 1 に、自動運転バス走行実験に参加し

たモニターの試乗前に行った SP 調査結果及び WEB-SP 調査結果からラストワンマイルモビリティ選択モデルによる分析結果を示す。また、表 2 に得られたパラメータ推定結果より、算出された各モビリティの時間価値を示す。

なお、時間価値の解釈に関して、森川ら⁽²⁾では、所要時間の増加に応じて時間価値が増加するとしている。本研究では、森川らの知見に基づき時間価値の大小を比較する際、時間価値の「大きい」モビリティは「小さい」モビリティより移動することが財としての時間を失うことと解釈する。

表 5.1 の結果よりラストワンマイルモビリティ選択モデルの自由度調整済み ρ^2 の値において妥当な値を取っており、各モビリティの選択肢定数項及び料金にかかる係数、各モビリティの時間にかかる係数を効用関数に変数として取り入れることの有効性が確認できた。各モビリティの選択肢定数項及び料金にかかる係数、各モビリティの時間にかかる係数パラメータの推定値に関して、全てのパラメータに関して有意な値を取っていることが確認できた。また符号条件に関して、料金にかかる係数パラメータの推定値の符号が負となっており、乗車料金が高くなると効用が下がることを表している合理的な符号条件である。

各モビリティのパラメータの標準偏差の t 値を見ると全体的にやや小さく、有意な値を示している値も少ない。しかしパーソナルモビリティに関して、往路復路共に有意に推定されており、パーソナルモビリティに対する個人間の異質性の影響が大きいことを表している結果となった。これは SP 調査の設計上、各モビリティの特性や特徴を名前や写真か

ら読み取る必要があり、名前や写真からモビリティの特性や特徴を捉えられるモビリティに関しては標準偏差の推定値が小さく、パーソナルモビリティのような新しいモビリティに関しては回答者間の認知度や認識の違いが現れたと考えられる。

表 5.2 より、自動運転バスの一般化費用の値が最も低く、順にパーソナルモビリティの施設内利用・徒歩と続いている。つまり、自動運転バスが回答者にとってラストワンマイルモビリティの手段として価値が最も高いと判断されていることが分かる。

5. おわりに

本研究では、ラストワンマイルモビリティ選択モデルの構築を行い、さいたま新都心における自動運転バス及び小型次世代モビリティの試乗実験に参加したモニターを対象に実施された次世代モビリティによるラストワンマイルモビリティの選択に関する SP 調査より得られたデータからラストワンマイルモビリティ選択モデルを用いて分析を行なった。後の展開として本研究によって構築されたモデルは、マストランジットで拠点まで移動し目的地まで徒歩しか選択肢が無かった都市に対し、新たな交通結節に関する計画の際に次世代モビリティを用いた大規模化した拠点内における移動制約者の徒歩での移動による負担軽減のための交通サービスの評価を行うことができることが示唆される。

今後の課題として、試乗前後に次世代モビリティの効用の変化を分析するモデルの構築が必要である。

表 1 推定結果

		推定値	t値	p値
自動運転バス定数項 (往路)	$\alpha_{G_{modet}}$	-2.31	-9.57	0.00
電動自転車定数項 (往路)	$\alpha_{G_{modet}}$	-2.81	-11.3	0.00
電動バイク定数項 (往路)	$\alpha_{G_{modet}}$	-3.19	-9.85	0.00
電動自動車定数項 (往路)	$\alpha_{G_{modet}}$	-3.07	-11.7	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (往路)	$\alpha_{G_{modet}}$	-2.12	-10.9	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (往復+施設内)	$\alpha_{G_{modet}}$	-4.86	-5.05	0.00
自動運転バス定数項 (復路)	$\alpha_{R_{modet}}$	-2.07	-8.52	0.00
電動自転車定数項 (復路)	$\alpha_{R_{modet}}$	2.53	-10.4	0.00
電動バイク定数項 (復路)	$\alpha_{R_{modet}}$	-2.78	-8.91	0.00
電動自動車定数項 (復路)	$\alpha_{R_{modet}}$	-2.84	-11.0	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (復路)	$\alpha_{R_{modet}}$	-1.95	-9.07	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (往復+施設内)	$\alpha_{R_{modet}}$	-4.86	-5.05	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (施設内滞在)	$\alpha_{R_{modet}}$	-4.86	-5.05	0.00
標準偏差 s_a				
自動運転バス定数項 (往路)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	0.155	0.742	0.46
電動自転車定数項 (往路)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	0.424	1.65	0.10
電動バイク定数項 (往路)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	0.229	0.433	0.25
電動自動車定数項 (往路)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	-0.103	-0.424	0.67
パーソナルモビリティ定数項 (往路)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	0.236	1.14	0.25
パーソナルモビリティ定数項 (往復+施設内)	$s_{\alpha_{G_{modet}}}$	-2.1	-3.09	0.00
自動運転バス定数項 (復路)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	0.475	2.48	0.01
電動自転車定数項 (復路)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	-0.119	-0.44	0.66
電動バイク定数項 (復路)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	0.028	0.111	0.91
電動自動車定数項 (復路)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	0.056	0.236	0.81
パーソナルモビリティ定数項 (復路)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	0.595	2.15	0.03
パーソナルモビリティ定数項 (往復+施設内)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	9.47	4.67	0.00
パーソナルモビリティ定数項 (施設内滞在)	$s_{\alpha_{R_{modet}}}$	1.61	2.3	0.02
料金にかかる係数 [1000 円]	β_{COST}	-2.37	-5.78	0.00
徒歩の時間にかかる係数 [100 分]	β_{T_1}	-17.2	-8.8	0.00
自動運転バスの時間にかかる係数 [100 分]	β_{T_2}	-10.5	-3.13	0.00
電動自転車の時間にかかる係数 [100 分]	β_{T_3}	-29.3	-3.04	0.00
電動バイクの時間にかかる係数 [100 分]	β_{T_4}	-73.2	-4.94	0.00
電動自動車の時間にかかる係数 [100 分]	β_{T_5}	-27.1	-3.37	0.00
電動バイクの時間にかかる係数	$s_{\beta_{T_3}}$	-69.0	-7.00	0.00
電動自動車の時間にかかる係数	$s_{\beta_{T_5}}$	42.6	9.51	0.00
パーソナルモビリティの時間にかかる係数	$s_{\beta_{T_6}}$	14.1	8.56	0.00
往復+施設内パーソナルモビリティの時間にかかる係数	$s_{\beta_{T_7}}$	9.5	4.65	0.00
自動運転バスの運行頻度にかかる係数	β_{FREQ}	-0.732	-0.789	0.43
サンプル数	N			283
初期対数尤度				-4593.461
最終対数尤度				-2594.195
自由度修正済み ρ^2	ρ^2			0.426

表 2 各モビリティの一般化費用

モビリティ	一般化費用 [円/分]
徒歩	72.57
自動運転バス	44.30
電動自転車	123.63
電動バイク	308.86
電動自動車	114.35
パーソナルモビリティ	106.33
パーソナルモビリティ (往復+施設内)	67.93

6. 参考文献

- (1) 国土交通省関東整備局，“集約型都市構造の実現に向けて”：https://www.ktr.mlit.go.jp/city_park/machi/city_park_machi00000093.html (参照 2021-9-20)
- (2) 森川高行, 姜美蘭, 祖父江誠二, 倉内慎也：旅行時間と個人属性の関数として表された交通時間価値に関する実証的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.3, 2002.9