

# 利用者異質性と都市特性を考慮した 交通手段選択モデルの地域間移転可能性の 実証的検討

相澤 拓斗<sup>1</sup>・原 祐輔<sup>2</sup>

<sup>1</sup>非会員 東北大学 大学院情報科学研究科 (〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06-408)  
E-mail: takuto.aizawa.r7@dc.tohoku.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東北大学准教授 大学院情報科学研究科 (〒 980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06-408)  
E-mail: hara@tohoku.ac.jp (Corresponding author)

本研究は、交通手段選択モデルの地域間移転可能性を検証するために、交通行動の異質性に着目し全国都市交通特性調査（全国 PT 調査）を用いて分析を行った。まず、比較対象として自都市を除いた 40 都市のデータ・同じ都市タイプの都市のデータを用いた 2 つのモデルを構築した（全都市 MNL, 都市タイプ MNL）。さらに、全都市 MNL の定数項を都市の特徴量で構造化するモデル（定数項線形回帰 MNL）を構築した。これらを交通行動の異質性と都市特性を考慮した潜在クラスモデルと比較し、潜在クラスモデルが最も地域間移転可能性を持つモデルであることを示した。また、潜在クラスモデルの解釈により利用者の交通行動が 4 パターンに分類されること、個人属性・都市特性と交通行動パターンとの関係を明らかにした。

**Key Words:** *spatial transferability, mode choice model, latent class model, person trip survey*

## 1. はじめに

交通行動パターンに分類できると考えられる。

### (1) 研究の社会的背景

日本では人々の交通行動に着目したパーソントリップ調査（以下、PT 調査）が行われている。この調査は都市の現況把握や需要予測のためのモデル構築、政策分析などを定期的に行うことが目的である。しかし、現状では調査費用により定期的な調査が難しくなる懸念が存在する。また、調査費用以外にも LOS（Level of Service）整備やモデル作成などでコストがかかり本来の目的を達成できない一因となっている。このような問題を緩和する方法としてある都市で作成したモデルを他都市で用いることが考えられる。このようなモデルの性質を地域間移転可能性と呼ぶ。

従来では、交通行動モデルの地域間移転は難しいと考えられ、その都市で収集されたデータを用いた独自のモデルを構築するのが一般的とされてきた。しかし、本来交通行動の普遍性は存在すると考えられる。もし、地域間移転可能性がない、すなわち交通行動は居住地で異なるとすると東京に住んでいた人が仙台などの地方都市に転居した場合、その人の行動原理が変わるということの意味する。しかし実際にはそうではなく、その人固有の行動原理と都市の交通サービスによって交通行動が変わると考えるのが自然である。さらに、個人の行動原理も多種多様ではなくある程度の普遍的な

### (2) 研究の学術的背景

機械学習、深層学習、自然言語処理分野では Devlin et al.<sup>1)</sup> の Bidirectional Encoder Representations from Transformers（以下、BERT）によって大きく進展した。BERT は従来までのタスクごとにそれぞれのモデルを作る方法とは異なり、タスクによらず全ての教師データを用いて汎用的なモデルを作成し、最後にタスクに応じたファインチューニング（微調整）を行いタスク用のモデルを作成するという方法をとる。BERT はこの構造のモデルにすることでそれまでの手法よりもかなり高い性能を持つことがわかっている。このように、特定タスクに限定した教師データだけでなく、様々なタスクの教師データを用いてモデルを構築することでモデルの性能が高くなることもある。BERT ほど複雑なモデル構造でなくとも交通手段選択モデルのような単一タスクの問題であれば固有のモデルを作らずとも汎用的なモデルが構築可能ではないかと考えた。そこで各都市というタスクごとにモデルを作るのではなく、全都市のデータから汎用的なモデルを作り各都市用にチューニングすることでより性能の高いモデルを実現できるかを検証する。

### (3) 本研究の目的

交通行動の異質性への仮説を基に、新たな交通行動モデルを構築し、地域間移転可能性を検証することを目的とする。本研究の貢献は以下の3つである。

- 潜在クラスモデルを用いた交通手段選択モデル構築し、それを41都市間比較することで提案モデルが地域間移転可能であることを示した。(6.)
- 潜在クラスモデルの解釈により人の交通行動原理のパターンを把握した。(7.(1))
- 潜在クラスモデルのメンバーシップ関数の解釈により、個人属性と都市特性が行動原理に及ぼす影響を把握した。(7.(2))

## 2. 既往研究

### (1) 地域間移転可能性

モデルの地域間移転可能性の研究は Atherton and Ben-Akiva.<sup>2)</sup> に始まり、日本では1979年から杉恵<sup>3)</sup>によって研究され始めた。この研究では非集計レベルのモデルの地域間移転可能性を示唆しているが、集計レベルでは地域間移転可能性を否定している。他にも森地ら<sup>4)</sup>は非集計交通手段選択モデルの地域間移転可能性をモデルの修正に着目して検討し、修正に必要なサンプル数などを整理している。地域間以外にも石田ら<sup>5)</sup>は季節間・目的間の交通手段選択モデルの移転可能性を検討しているが、目的を適切なセグメントに分けることや特定の目的間など限定的な状況でのみ移転可能性を肯定している。

このようにモデルの地域間移転の難しさや2地域以上のLOS整備が必要、先ほど述べた都市ごとに固有のモデルを作るべきという風潮などが理由で、その後日本では活発に研究されてこなかった。

しかし、海外では研究は進んでおり、Yasmin et al.<sup>6)</sup>はTASHA(カナダで作られた活動ベースモデル)の地域間移転可能性を検討している。ここでは予測された活動分布が観測された活動分布とある程度一致したことから地域間移転可能性を示唆している。しかし、この研究では都市の類似性に着目し、類似都市間での地域間移転可能性を検証するのみにとどまっている。他にもSikder and Pinjari<sup>7)</sup>の活動生成モデルやHasan et al.<sup>8)</sup>のハリケーンの避難モデルなど類似都市間では地域間移転可能性が肯定されると結論づける研究は多く存在する。また、Wafa et al.<sup>9)</sup>は潜在セグメンテーションアプローチを用いた活動ベースモデルの地域間移転可能性を検討している。この研究では人々の活動の異質性に着目し、異質性が3つのパターンに分割できることを示した。また、その提案手法は地域間移転可能性が高いことを示している。しかし、この研究では都市特

性の違いには言及しておらず、小規模都市などへの適用は未検討である。

### (2) 合成データ

本研究では、交通調査を行っていない都市にも他都市で構築されたモデルを用いて需要予測などの分析を可能にするためにモデルの地域間移転可能性に着目した。しかし、たとえモデルの地域間移転可能性が肯定された場合でも、移転先の都市の非集計個人属性データが必要となる。そこで有効となる方法として Synthetic population data の利用が考えられる。Synthetic population data とは都市の集計個人属性データから個人の非集計個人データを擬似的に生成するものである。Mohammadian et al.<sup>10)</sup>はニューヨークの人口データを生成する手法を提案した。また、Saadi et al.<sup>11)</sup>は隠れマルコフモデルを用いて Synthetic population data 生成を行った。いずれの研究でも高い精度で Synthetic population data を生成しており Synthetic population data の利用は現実的であると言える。

### (3) 本研究の位置付け

本研究は、都市特性と交通行動の利用者異質性を考慮したものである。また、検証を行う都市は人口や交通サービスの整備状況など都市規模、都市構造いずれも異なり、類似した都市間での比較を超えた本質的な地域間移転可能性を検証する新たな試みだといえる。

## 3. データ概要と基礎分析

### (1) データ概要

本研究では平成27年に行われた全国都市交通特性調査の個人のトリップデータを扱う。調査は全国70都市を対象に行われ、各都市約500世帯の平日、休日のトリップデータを収集している。調査都市と各都市を分類した都市類型を図-1と図-2に示す。本研究では三大都市圏を除いた41都市のデータのうち平日かつ目的が通勤または通学のトリップデータを対象に分析を行った。

元のデータ数は188,309トリップ、そのうち三大都市圏を除いた分析対象都市のデータが110,718トリップである。また、起終点が不明である37,363トリップ、ゾーン内トリップ13,767トリップ、目的が不明である882トリップ、交通手段が五手段(自動車、鉄道、バス、徒歩、自転車)以外の1,309トリップを取り除いた57,488トリップが分析可能なデータである。さらにそこからLOS未整備6,242トリップ(市内・市外間トリップを含む)と研究の性質上ふさわしくない調査都市外間での542トリップを除いた計50,704トリップが使用可能データで

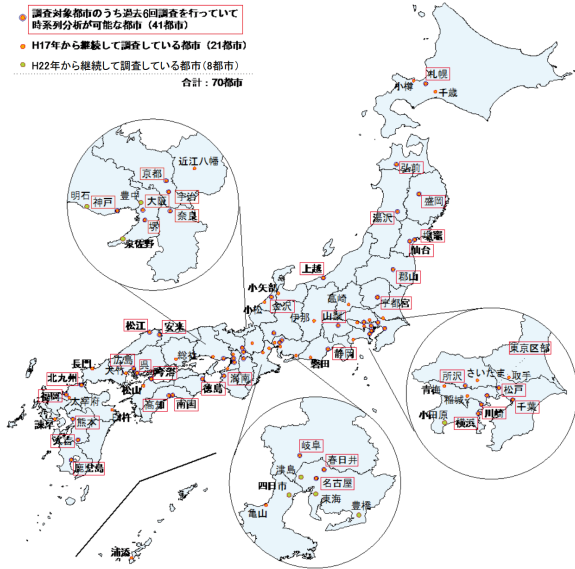


図-1 全国 PT 調査実施都市

都市類型		調査対象都市
a	中心都市	さいたま市、千葉市、東京区部、横浜市、川崎市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市
b	三大都市圏 周辺都市 <sup>※1</sup>	取手市、所沢市、狛江市、稲城市、堺市、豊中市、奈良市
c	周辺都市 <sup>※2</sup>	青梅市、小田原市、岐阜市、豊橋市、春日井市、津島市、東海市、四日市市、亀山市、近江八幡市、宇治市、泉佐野市、明石市
d	地方中核都市圏 中心都市	札幌市、仙台市、広島市、北九州市、福岡市
e	周辺都市	小樽市、千歳市、塩竈市、呉市、大竹市、大宰府市
f	地方中核都市圏 中心都市 (中心都市 40 万人以上)	宇都宮市、金沢市、静岡市、松山市、熊本市、鹿児島市
g	周辺都市	小矢部市、小松市、磐田市、総社市、鎌早市、臼杵市
h	地方中核都市圏 中心都市 (中心都市 40 万人未満)	弘前市、盛岡市、郡山市、松江市、徳島市、高知市
i	周辺都市	高崎市、山梨市、海南市、安来市、南州市、浦添市
j	地方中心都市圏 その他の都市	湯沢市、伊那市、上越市、長門市、今治市、人吉市

注) 三大都市圏の周辺都市は、以下の定義で都市類型 b と都市類型 c に分けています。

三大都市圏	中心からの距離		
	東京	京阪神	中京
※1 都市類型 b	40km 未満	30km 未満	-
※2 都市類型 c	40km 以上	30km 以上	全域

図-2 全国 PT 都市類型

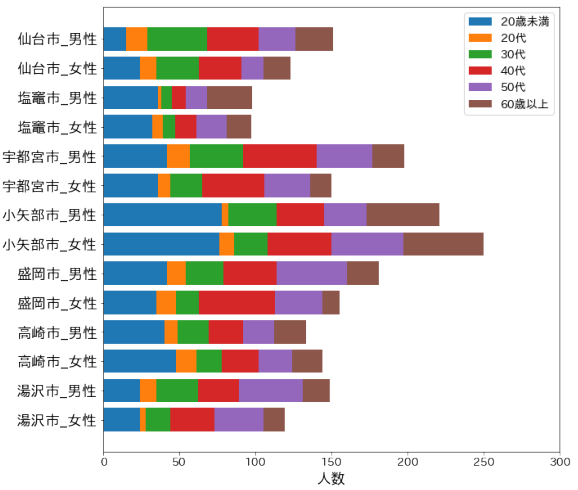


図-3 性別と年齢分布

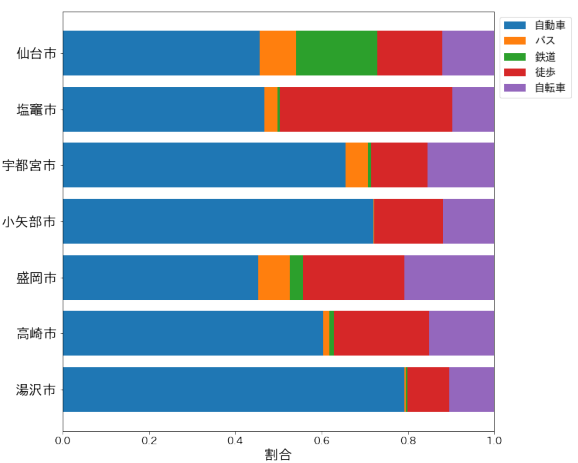


図-4 各都市の交通手段分布

ある。本研究ではそのうちの目的が通勤または通学の 11,505 トリップを使用した。

また、都市特性として、都道府県の平均気温・年降水量・雪日数・100km<sup>2</sup>あたりの駅数・バス停数、市町村の人口密度・第一次産業従事者数比率を使用した。都道府県の気象データは政府統計の総合窓口 (e-Stat)<sup>12)</sup>、駅数・バス停数は国土数値情報より作成された web 情報<sup>13)14)</sup>、市町村の人口密度・第一次産業従事者数比率は国勢調査<sup>15)</sup>よりデータを所得した。

(2) 基礎分析

図-2 で示した都市類型からそれぞれ代表を 1 つ取り出し基礎分析を行う。

a) 各都市の性別、年齢分布

7 都市の性別と年齢分布を図-3 に示す。いずれの都市においても男性と女性の人数差は最大でも 30 人程度に収まっており、性別の偏りはないといえる。また年齢分布についても大きな偏りはない。

b) 各都市の交通手段分布

次に各都市の交通手段分布を図-4 に示す。本研究で対象とする都市は地方都市が中心になっているため、自動車の利用がかなり多いデータとなっている。しかし、都市により公共交通の利用などで差異が見られ、モデルの地域間移転可能性を検証するのに適したデータであるといえる。

c) 各都市の個人属性と交通手段分布の関係

先述したように各都市のデータにおいて基本的な個人属性の偏りはない。ここで、基本的な個人属性と本研究でモデル化する交通手段分布について都市ごとに示す。7 都市について性別と交通手段分布の関係を図-5 に示す。性別に関して男性は自動車の利用が多く、女性はバスや自転車の利用が多いといった傾向が見られる。次に年齢と交通手段分布の関係を図-6 に示す。20 歳未満の交通手段は他の年齢層と大きく異なり徒歩の利用が多い。他にも年齢が上がるにつれて自動車利用が多くなる傾向がある。

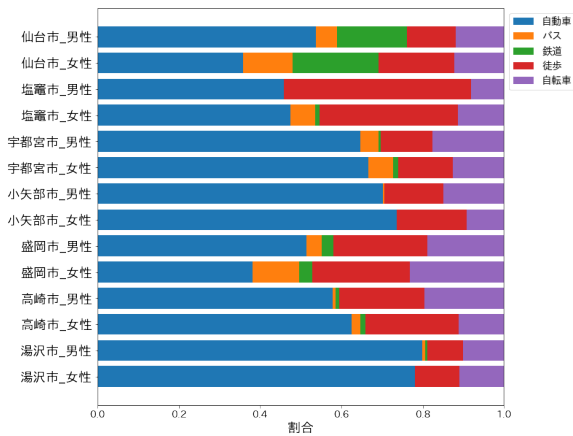


図-5 性別と交通手段分布

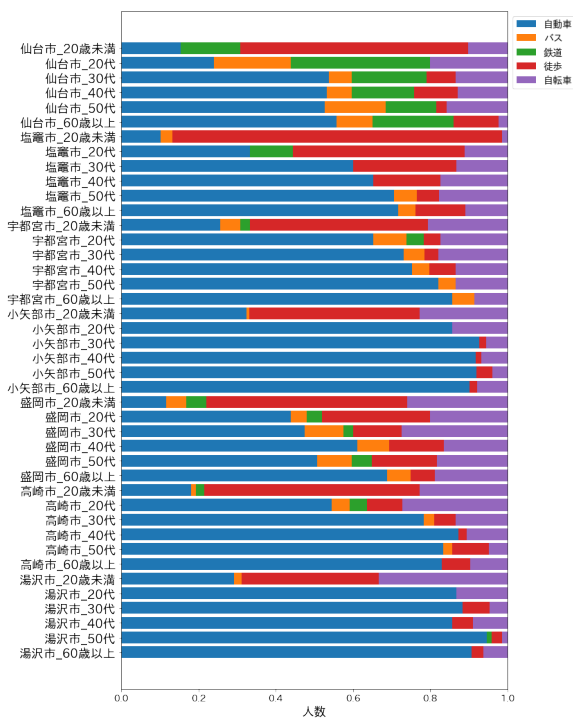


図-6 年齢と交通手段分布

## 4. 交通手段選択モデル

### (1) 多項ロジットモデル

本研究の交通手段選択モデルは自動車・鉄道・バス・徒歩・自転車の五手段の多項ロジットモデルを使用する。用いる基本的な説明変数は各交通手段定数項，徒歩時間（アクセス時間やイグレス時間など），乗車時間，費用である。また，潜在クラスモデルでは個人属性を用いるため，説明変数の差の影響を少なくするために，基礎分析から得られた個人属性と交通手段の関係を考慮してバスに関する女性ダミーと徒歩・自転車に関する未成年ダミーを追加している。

## (2) 潜在クラスモデル

潜在クラスモデルは個人をそれぞれ異なる行動原理を持つクラス  $s$  の混合分布で表現するモデルである。各クラスの行動原理の解釈と個人の各クラスへの所属確率によって個人の異質性を解釈することができる。潜在クラスモデルにおいて個人  $n$  の選択確率  $P_n(i)$  はクラス数  $S$  を用いて、

$$P_n(i) = \sum_{s=1}^S Q_n(s)P_n(i|s)$$

と表せる。このとき  $Q_n(s)$  は個人  $n$  のクラス  $s$  への所属確率， $P_n(i|s)$  は個人  $n$  のクラス  $s$  における選択肢  $i \in J$  の選択確率である。 $P_n(i|s)$  は各手段の効用関数  $V_i$  を用いて、

$$P_n(i|s) = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in J} \exp(V_j)}$$

と表される。また， $Q_n(s)$  はメンバーシップ関数と呼ばれ、

$$Q_n(s) = \frac{\exp(\beta_s x_n)}{\sum_{s=1}^S \exp(\beta_s x_n)}$$

と表される。ここで  $\beta_s$  はパラメータベクトル， $x_n$  は説明変数ベクトルである。潜在クラスモデルにおけるパラメータ推定は一般に多峰型の対数尤度関数となるため初期値依存する。そのため今回は初期値を-1から1の間でランダムに与え、それを20回行い、対数尤度が最も大きくなった推定結果を用いた。また、潜在クラスモデルにおいてクラス数  $S$  は外生的に与えなければいけないため、クラス数に対して次の式で定義される AIC, BIC を計算して決定する。

$$AIC = -2 \ln L + 2k$$

$$BIC = -2 \ln L + k \ln n$$

$k$  はパラメータ数， $n$  はデータ数を表す。本研究ではこれによりクラス数を4に決定した。

## 5. 地域間移転可能性の検証

### (1) 地域間移転可能性の評価基準

本研究ではその都市を最も表現できるモデルとして、その都市のデータのみを用いて多項ロジット型の交通手段選択モデルを構築する（独自都市モデル）。これにより、その都市を最も表現するモデルとその際の対数尤度が得られる。これを本研究のターゲットとする。

次に、検証モデル群について説明する。モデルパラメータの地域間移転が必要とされる状況は自都市の交通調査データが存在しない状況である。したがって、検証モデル群はすべて自都市のデータを使用せずに推定される。

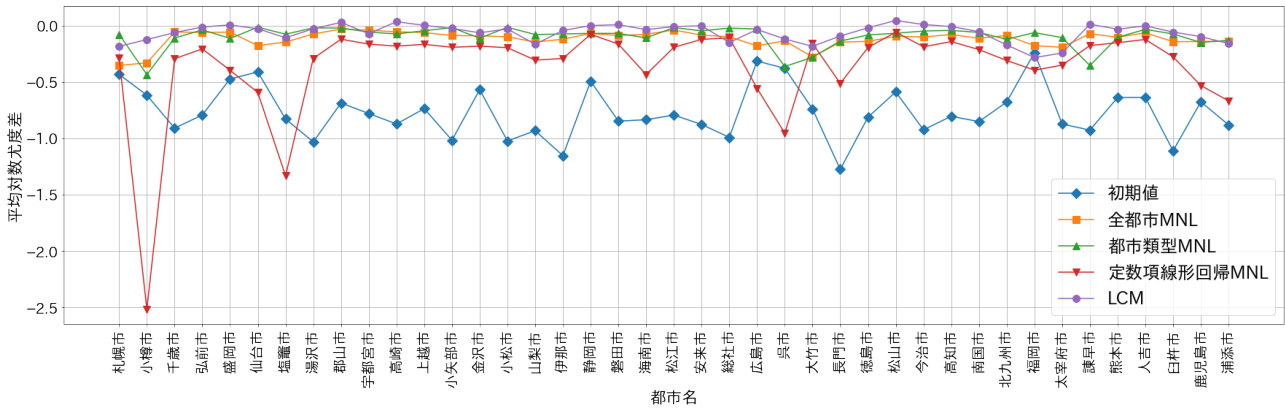


図-7 各都市における検証モデル群の平均対数尤度差

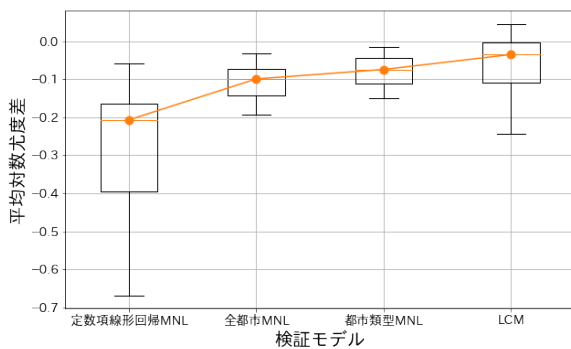


図-8 検証モデル群の平均対数尤度差の分布

自都市データを用いた独自都市モデルと他都市のみを用いた検証モデル群の対数尤度の差からモデルの地域間移転可能性を評価する。具体的には都市ごとにサンプル数が異なるため、1サンプルあたりに基準化した平均対数尤度差を評価基準とする。

(2) 地域間移転可能性検証モデル群の定義

モデルの地域間移転可能性について次の4つのモデル構造について検証を行う。

- 1) 全都市多項ロジットモデル(全都市 MNL)
- 2) 都市類型 MNL
- 3) 定数項線形回帰 MNL
- 4) 潜在クラスモデル

1) は全都市(40都市)を用いた MNL モデル, 2) は同都市類型のデータを用いた MNL モデル, 3) は実際の交通手段分布に近づく役割を持つ MNL の選択肢固有定数を都市の特徴量で外生的に回帰したモデル, 4) は個人属性と都市特性で潜在的クラスへの所属確率を定義した潜在クラス MNL モデルである。

(3) 地域間移転可能性の検証フロー

本研究で考えている地域間移転可能性が必要な状況は自都市のデータがない状況である。その状況を仮想的に考えるために本研究ではクロスバリデーションによる検証を行う。具体的に、地域間移転可能性の検証フローを以下に示す。

- Step 1. 自都市を除いた40都市(都市圏モデルでは同都市圏の自都市を除く都市数)のデータを用いて検証するモデルのパラメータ推定を行う。
- Step 2. 検証するモデルのパラメータを用いて移転先都市(データを除いた都市)のトリップデータに対する選択確率をそれぞれ求める。
- Step 3. トリップデータの選択確率から最終対数尤度を求める。
- Step 4. 検証モデルでの最終対数尤度と独自都市モデルでの最終対数尤度の差を取りデータ数で除す(平均対数尤度差)。

6. 検証モデル群の地域間移転可能性の比較

検証モデル群それぞれの各都市における平均対数尤度差を図-7に示す。ここで、値が0となるのは独自都市モデルと同等の予測性能であることを表す。すなわち負の値が大きいほど地域間移転可能性がないことを示す。

初期尤度と独自都市モデルの尤度の差に着目すると、都市により値は異なる。このことから都市により予測の難しさは異なることが言える。特に、札幌市、仙台市、広島市、福岡市は41都市の中で大都市に分類され、公共交通利用が多い都市となっているため予測が難しい。この傾向は全都市 MNL でも見られ、これらの都市は地域間移転が難しい都市である。

表-1 潜在クラスモデル推定結果

パラメータ	Class1	Class2	Class3	Class4
学生	4.30	—	—	—
男性	—	0.370	0.369	—
子持ち世帯	—	0.621	1.42	—
20代	—	1.68	0.245	—
30代	—	1.06	0.153	—
40代	—	0.859	-0.420	—
50代	—	0.849	0.00192	—
自家用車保有	—	0.376	-0.0294	—
人口密度	—	-0.116	-0.682	—
第一次産業従事者数比率	—	-0.654	0.0734	—
駅数	2.05	1.15	1.90	—
バス停数	-1.11	-0.313	-1.35	—
平均気温	0.180	-0.993	-0.412	—
年降水量	0.472	0.381	0.778	—
雪日数	-0.0572	-1.116	-0.956	—
自動車定数項	1.64	-1.26	5.39	-2.259
バス定数項	-2.79	-0.503	-0.194	-2.12
鉄道定数項	-4.40	0.643	0.410	-0.744
自転車定数項	-5.26	0.146	3.44	-3.20
乗車時間	$1.01 \times 10^{-4}$	-0.322	0.0635	-0.467
徒歩時間	-0.138	-0.323	-0.0110	-1.70
費用	-0.881	0.171	-0.0218	-0.237
構成比 (%)	24.9	10.5	45.8	18.8
データ数	11504			
初期尤度	-15891.20			
最終尤度	-7498.49			
尤度比	0.528			

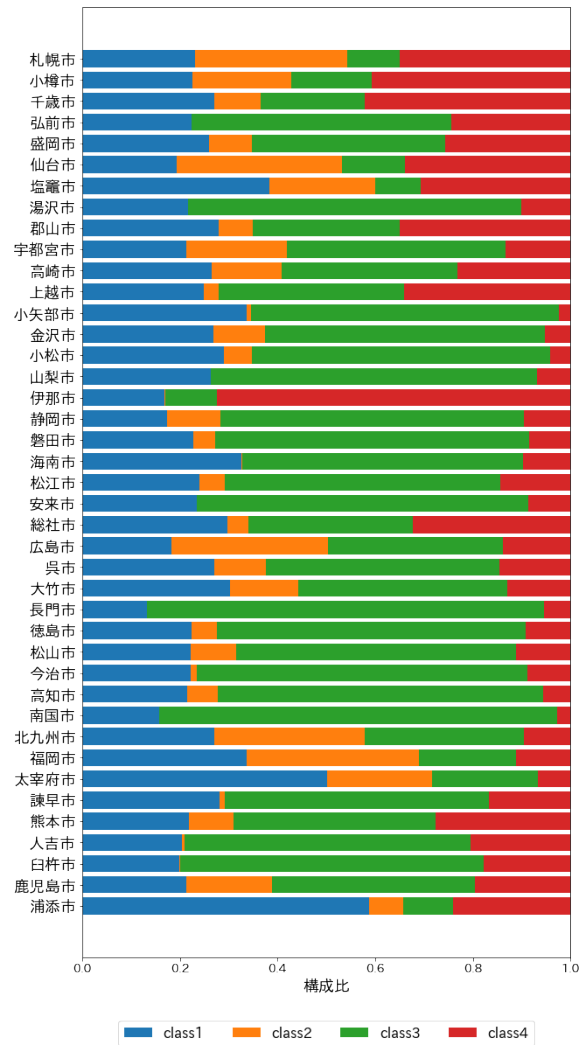


図-9 各都市のクラス構成比率

一方で、都市類型 MNL の差に着目すると予測精度は独自都市モデルと同等である。これは都市類型がおおむね都市の交通手段分布の類似性を捉えているためである。しかし、都市類型 MNL でも小樽市、呉市、諫早市では負の値が大きくなっている。これは同じ都市類型内でこれらの都市の傾向が異なるためである。都市類型 MNL は多くの都市で地域間移転可能性があるが、都市類型と傾向が一致しない場合に地域間移転可能性がなく、新たな都市への適用という点で汎化性に欠ける。

定数項線形回帰 MNL は差が非常に大きくなる都市が見られ、地域間移転可能性はない。この原因は線形回帰であることや、説明変数が不十分など様々考えられる。

最後に潜在クラスモデルの差に着目すると、多くの都市で最も平均対数尤度差が小さくなる結果となり、その都市のデータを用いた独自都市モデルと遜色のないモデル性能が得られた。特に、札幌市・仙台市・広島市の予測精度が全都市 MNL と比較して向上したことは潜在クラスモデルの大きな貢献である。しかし、福岡市では他のモデルよりもかなり差が大きくなる結果と

なった。福岡市は独自都市モデルでも最も尤度が低い都市であるため、モデルフィット上の原因があると考えられる。

次に、41 都市の各モデルにおける平均対数尤度差の箱ひげ図を図-8 に示す。潜在クラスモデルが最も中央値の値が高く、地域間移転可能性が高いモデルであるとわかる。しかし、四分位範囲は全都市 MNL や都市類型 MNL より大きいため改善の余地はある。

## 7. 潜在クラスモデルの解釈

41 都市のデータ全てを用いて構築された潜在クラスモデルの推定結果とその解釈を示す。推定結果を表 1 に示す。

### (1) 各クラスの交通手段選択モデルの解釈

推定結果から各クラスの交通手段選択モデルを解釈することで次の 4 つのクラス分けができる。

- 費用重視、徒歩と自動車の固定的な選択 (C1)

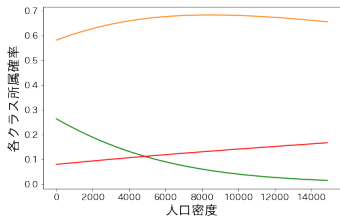


図-10-a 人口密度

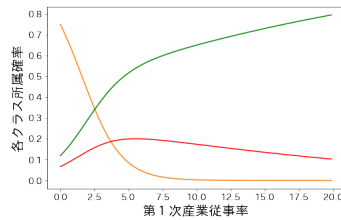


図-10-b 第一次産業従事者比率

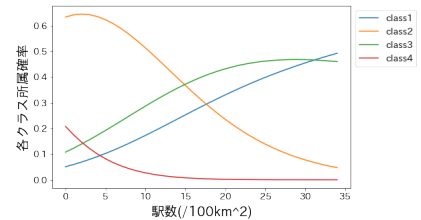


図-10-c 駅数

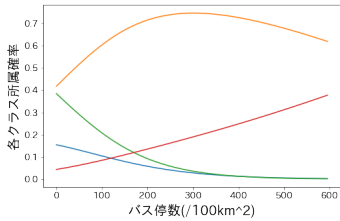


図-10-d バス停数

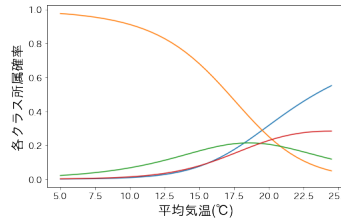


図-10-e 年平均気温

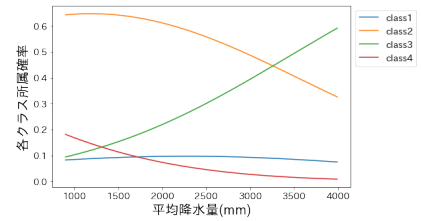


図-10-f 降水量

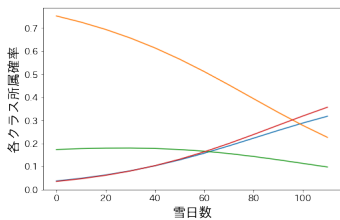


図-10-g 雪日数

図-10 都市属性による所属確率の変化

- 乗車時間と徒歩時間の価値が一貫，バランス良く合理的な選択 (C2)
- 自転車と自動車を一定の割合で固定的に選択 (C3)
- 徒歩時間重視，バランス良く合理的な選択 (C4)

ここで都市ごとの各クラスの構成比率を図-9に示す。五手段がバランスよく選択される仙台市は固定的な選択をするクラス 1,3 の構成比率が低いなど都市の違いがクラス構成比率に表れている。

(2) メンバーシップ関数の解釈

ここではメンバーシップ関数の解釈を行う。まず，個人属性に関する解釈を行う。推定結果から，

- 学生はクラス 1 に属しやすい
- 若い人ほどクラス 2 に属しやすい
- 子持ち世帯はクラス 3 に属しやすい

と解釈できる。先ほどの各クラスの行動原理を合わせて考察するとそれぞれ，

- 学生は費用を重要視し，徒歩移動が中心である
- 若い人ほど合理的な選択行動を行い，多様な交通手段を選択する
- 子持ち世帯は自転車・自動車の利用が多い

と考えられ，個人属性と行動原理の関係を感覚的にも正しく表現できている。

次に，都市特性に関する解釈を行う。図-10にそれぞれの都市属性の各クラス所属確率への感度を示す。このとき変化させる変数以外の変数は標準化している変数は平均（標準化した値としては0），標準化できない第一次産業割合は仙台市の値を用いた。また個人属性は独身で車を保有している25歳男性を仮定した。人口密度と第一次産業従事者比率はクラス1のメンバーシップ関数に採用していないため図示していないが，所属確率はメンバーシップ関数が0のクラス4と一致する。解釈の結果，

- 人口密度の大きい都市ほどバランス良く合理的な選択行動を取る
- 第一次産業従事者比率が高い都市ほど固定的な選択行動を取る
- 駅数が多い都市ほど固定的な選択行動を取る
- バス停数が多い都市ほどバランス良く合理的な選択行動を取る
- 年平均気温が高い都市（温暖な都市）ほど固定的な選択行動を取る

- 降水量が多い都市ほど自転車を利用する固定的な選択行動を取る
- 雪日数が多い都市ほど徒歩を利用する固定的な選択行動と徒歩時間を重視した選択行動を取る

ことが示された。このうち駅数に関して感覚と一致しない結果が得られたが、この原因として鉄道サービスが検証都市よりも著しく充実している三大都市圏を除いた分析を行ったことが考えられる。

## 8. おわりに

本研究では交通手段選択モデルの地域間移転可能性を 41 都市間比較を通じて検証した。具体的には、利用者の交通行動の異質性と都市特性を考慮したモデルとして潜在クラスモデルを採用し地域間移転可能性を検証した。結果利用者の交通行動は 4 つに分けられ、予測の難しかった交通手段分布の偏りが少ない都市や他都市と傾向が大きく異なる都市を含め多くの都市で地域間移転可能性が向上した。

本研究は調査分析時の大きな費用削減という社会的貢献が考えられる。現在、都市の交通行動の把握や需要予測では次のようなデータ整備が必要となる。

- 都市の交通行動データ
- 都市属性データ
- LOS データ

一方で本研究で提案した潜在クラスモデルでは、

- 都市属性データ
- LOS データ
- 都市の気象データ
- 都市の交通サービスデータ
- シミュレーション用の個人属性データ

が必要となる。大きな違いは実際の都市の交通行動データの有無である。従来であればモデル作成のためにその都市独自の交通行動データを所得しなくてはならない。しかし、提案手法では他都市で行われた交通行動調査から構築されたモデルを使用できるため、調査に関わる費用をすべて削減することができる。一方で提案手法では都市の気象データや都市の交通サービスデータが必要となってくるが、これらのデータは国勢調査や気象庁、国土数値情報等でオープンデータとして使用できるものであり、データ所得の費用はほとんどない。また、提案手法の場合シミュレーションのために個人属性データが必要になるが、既往研究でも述べた合成データと呼ばれる現実に即した擬似データを作る手法が存在し、集計個人属性データから非集計個人属性データを作ることができるため調査を行う必要がない。以上のことから本研究は交通行動分析において大きな費用削減を実現することができる。

今後の課題として、分析が行えなかった三大都市圏を含めた分析、非線形項や交互作用項といったモデルの精度を高めることによる地域間移転可能性への影響の検証、交通手段選択以外の交通行動モデルの地域間移転可能性の検証などがある。

**謝辞：** 本研究は科研費 基盤 (B) 21H01454 の支援を受けたものである。また、国土交通省都市局より借用した全国都市交通特性調査、計量計画研究所より借用した LOS データを用いて分析を行った。ここに記して謝意を表す。

## REFERENCES

- 1) Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., and Toutanova, K.: Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding, 2018.
- 2) Atherton, T. J. and Ben-Akiva, M.: Transferability and updating of disaggregate travel demand models, No. 610, 1976.
- 3) 杉恵頼寧: 交通機関別分担モデルの移転可能性, 土木学会年次学術講演会講演概要集 第 4 部, No.34, pp.94-95, 1979.
- 4) 森地茂, 屋井鉄雄, 田村亨: 非集計交通手段選択モデルの地域間移転可能性, 土木学会論文集, No.359, pp.107-115, 1985.
- 5) 石田東生, 黒川洸, 中尾裕徳: 都市間交通機関選択における非集計行動モデルの季節間・交通目的間移転可能性, 都市計画論文集, Vol.19, pp.37-42, 1984.
- 6) Yasmin, F., Morency, C., and Roorda, M. J.: Assessment of spatial transferability of an activity-based model, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol.78, pp.200-213, 2015.
- 7) Sikder, S. and Pinjari, A. R.: Spatial transferability of person-level daily activity generation and time use models: Empirical assessment, *Transportation research record*, Vol.2343, No.1, pp.95-104, 2013.
- 8) Hasan, S., Mesa-Arango, R., Ukkusuri, S., and Murray-Tuite, P.: Transferability of hurricane evacuation choice model: Joint model estimation combining multiple data sources, *Journal of transportation engineering*, Vol.138, No.5, pp.548-556, 2012.
- 9) Wafa, Z., Bhat, C. R., Pendyala, R. M., and Garikapati, V. M.: Latent-segmentation-based approach to investigating spatial transferability of activity-travel models, *Transportation Research Record*, Vol.2493, No.1, pp.136-144, 2015.
- 10) Mohammadian, A. K., Javanmardi, M., and Zhang, Y.: Synthetic household travel survey data simulation, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol.18, No.6, pp.869-878, 2010, Special issue on *Transportation Simulation Advances in Air Transportation Research*.
- 11) Saadi, I., Mustafa, A., Teller, J., Farooq, B., and Cools, M.: Hidden markov model-based population synthesis, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.90, pp.1-21, 2016.
- 12) 政府統計の総合窓口 (e-Stat): 社会・人口統計体系 都道府県データ 基礎データ, <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0000010102>(Accessed on 2023/02/27).
- 13) やどココゆる〜とバスルート: 全国のバス事業者, <https://bus-routes.net/bus.php>(Accessed on 2023/02/27).
- 14) 都道府県市区町村: 都道府県データランキング 人口,

- 交通, 災害など, 多彩なデータを対象に「鉄道駅」,  
[https://uub.jp/pdr/t/e\\_10.html](https://uub.jp/pdr/t/e_10.html)(Accessed on 2023/02/27).
- 15) 政府統計の総合窓口 (e-Stat): 平成 27 年国勢調査,  
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1toukei=00200521tstat=000001080615>  
(Accessed on 2023/02/27).

(Received ?? ??, 2022)

(Accepted ?? ??, 2022)

EMPIRICAL STUDY OF SPATIAL TRASFERABILITY OF MODE CHOICE  
MODEL CONSIDERING HETEROGENOUS USERS AND URBAN  
CHARACTERISTICS

Takuto AIZAWA and Yusuke HARA