

避難計画のための時間帯別人口推定：東広島を例に

広島大学	非会員	○錦織 俊光
広島大学	非会員	Ei Ei Tun
広島大学	正会員	力石 真
広島大学	正会員	清家 美帆
広島大学	正会員	藤原 章正

1. 背景・目的

種々の災害の影響を抑制するためには、適切な避難行動を促すことが重要になる。しかしながら、例えば2018年7月の豪雨災害では避難した住民の割合は12%に留まり²⁾、避難行動促進の仕組みを改善することが喫緊の課題となっている。その対応として、例えば東広島市では、2018年7月の豪雨災害後、避難所を20カ所から約200カ所に増やしたが、避難所の管理が困難になるといった問題が生じることが懸念されており、やみくもに避難所の数を増やすことにも問題が残る。

避難所の計画では、緊急避難場所の確保と被災者の避難所への割り振りが重要¹⁾と考えられる。避難所の配置を決定する際には、避難所設置コスト、避難所の収容人数、避難時間、避難者の人口などの条件を考慮する必要がある。本研究では、避難所の需要は時間帯に応じて異なることを踏まえると、全ての避難所を開設する必要はなく、各避難所に配置可能な職員数の制約を条件に、各々の時間帯の滞在人口分布に応じて開設すべき避難所を決定することが望ましいのではないかと考えのもと、時間帯別の滞在人口推定を行い、今後の避難計画の基礎資料の提供を試みる。

2. 対象エリア使用データ

人口推定のために、東広島市を計122のゾーンに分けた。本研究ではパーソントリップ調査⁴⁾、延べ床面積のデータ、自動車の移動時間データ、また東広島市の人口データ³⁾を使用した。パーソントリップ調査は、東広島市が交通整備計画の一環として2011年に実施したものである。東広島市民がどのような交通手段を使い、どこからどこへ、どのような目的で移動したのか、といった情報が含まれている。今回は緊急時のデータがないため、平常時のデータを使用した。また、自動車の移動時間データには、Google APIから取得した各ゾーン間の移動時間（時間帯を考慮せず一定）が含まれている。そして、延べ床面積のデータは、住宅、商業施設、オフィスビルなどの建物を7つのタイプに分類し、魅力度変数とした。東広島市の人口データは、パーソントリップ調査を実施した2011年のデータである。

3. 手法

本研究では、トリップベースの目的地選択モデルを用いて、東広島市の各エリアにおける午前0時から午後23時までの1時間ごとの滞在人口を推定する。1時間ごとの滞在人口を推計することで、各時間帯の避難需要を明らかにすることにつながり、避難所の最適配置を計画するための基礎資料になる。

時間帯別人口推計は多項ロジット型の目的地選択モデルを用い、目的地選択モデルの結果から時間帯別滞在人口を推計した。個人*i*が曜日*w* ($w = \{\text{平日}, \text{休日}\}$) に目的*m* ($m = \{\text{通勤}, \text{通学}, \text{帰宅}, \text{業務}, \text{私用}\}$) のトリップにおいて出発地*r*から目的地*s*を選択する確率は以下のように定義される。

$$P_{wirs}^m = \frac{\exp(V_{wirs}^m)}{\sum_s \exp(V_{wirs}^m)} \quad (1)$$

$$V_{wirs}^m = \beta_{wi}^m x_{rs} \quad (2)$$

ここで V_{wirs}^m は確定効用、 β_{wi}^m は未知パラメータ、 x_{rs} は各エリアが持っている魅力度や自動車を利用した移

動時間を表す。魅力度は、エリア内の7つの建物種別の延べ床面積（TFA）により表現する。パラメータ推定は、平日と休日、自動車利用の有無、5つの目的別に行った。

$$N_{rtw} = N_{r,t-1,w} + \sum_m \sum_{r(\neq r)} P_{tw}^m P_{wir}^m N_{r',t-1,w} - \sum_m \sum_{s(\neq r)} P_{tw}^m P_{wirs}^m N_{r,t-1,w} \quad (3)$$

時間帯別滞在人口 N_{rtw} は、各時刻のトリップ発生確率 P_{tw}^m を用いて計算する。各エリアの初期人口 N_{r0w} は、夜間人口を用いて定義する。そして、各時間帯の滞在人口は、式(3)から確認できるように、一時点前の滞在人口 $N_{r,t-1,w}$ に、その地域に流入する総人数を加算、その地域から流出する総人数を減算することで得る。

4. 結果と考察

表-1は平日の自動車利用有り、すべての目的を合算したパラメータの推定結果を示している。自動車の旅行時間の推定値は、負の符号を示した。これは、旅行時間が大きい目的地は選択しない傾向にあることを意味する。また、TFAの推計値をみると概ね正の符号となっており、施設が集中するエリアを目的地とする傾向が確認された。

表-1 パラメータ推定結果（平日、自動車利用有、すべての目的）

	Estimated Value	t value
Level of Service (car)	-0.175	-624.63
TFA (residential)	2.445	90.11
TFA (shopping and retailing)	-6.788	-46.42
TFA (medical and public)	4.222	8.91
TFA (school)	7.055	20.53
TFA (commercial)	13.306	37.09
TFA (office)	3.531	6.94
TFA (others)	11.545	39.05
B zone dummy (13)	-0.490	-25.73
Initial log-likelihood	-100690.10	
Final log-likelihood	-75247.40	
McFadden's pseudo R-squared	0.253	
Adjusted McFadden's pseudo R-squared	0.253	
Sample size	20924	

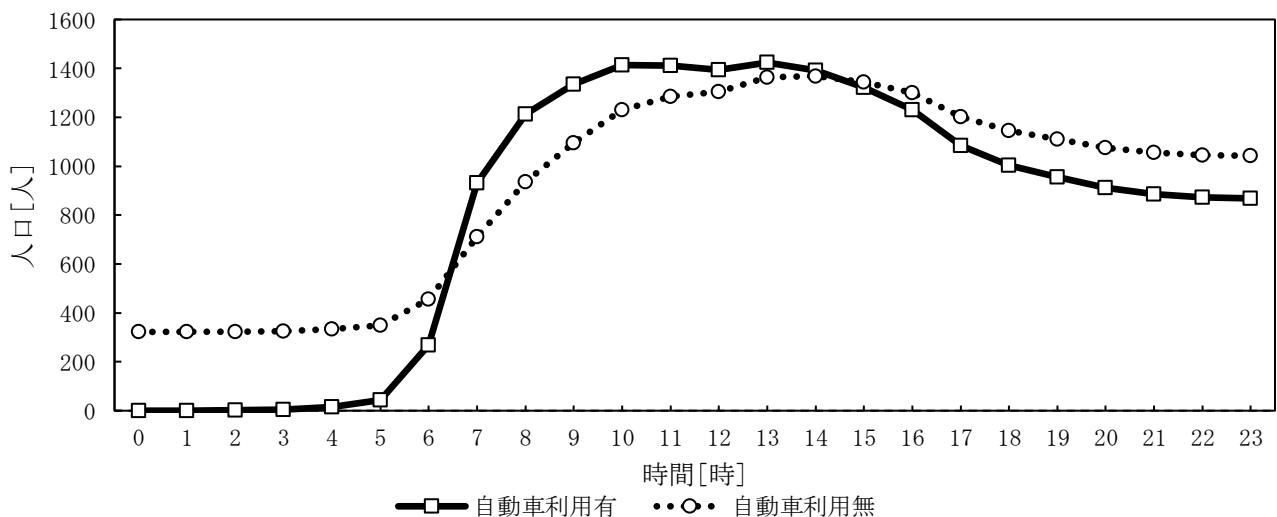


図-1 西条栄町の時間帯別人口（平日）

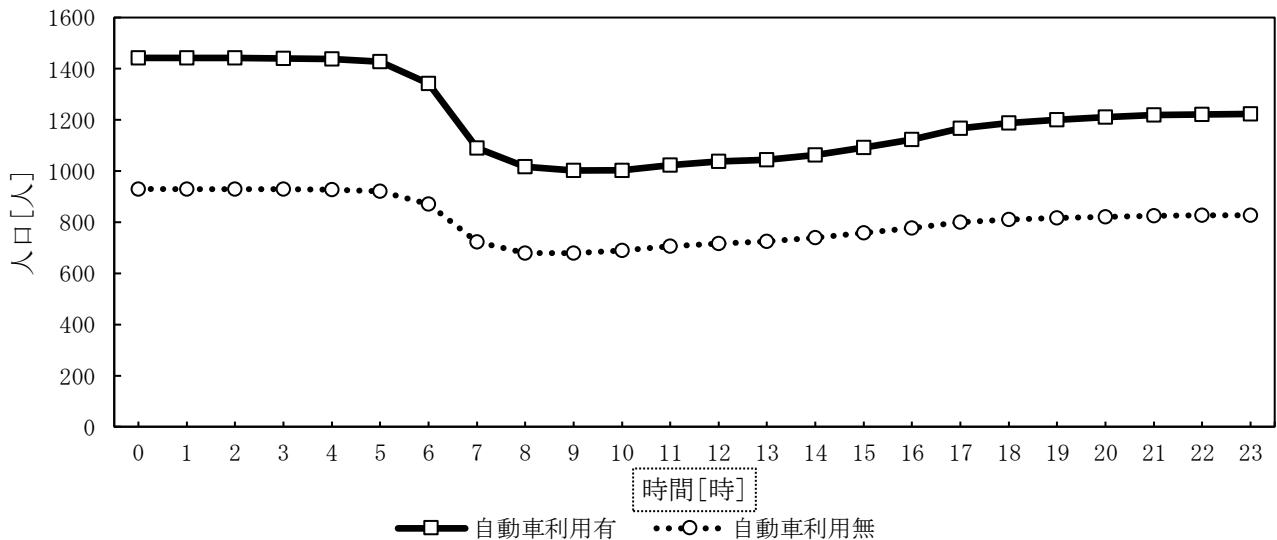


図-2 西条助実の時間帯別人口（平日）

図-1は、東広島市役所のある西条栄町の時間帯別滞在人口を表している。昼間の滞在人口が多く、夜間に向かって減少している。図-2は、東広島市の住宅地の一つである西条助実の時間帯別滞在人口を示したものである。昼間の滞在人口より夜間の滞在人口が大きい。そして、1日の始まりの滞在人口と、1日の終わりの推定滞在人口が異なることがわかる。これは、トリップベースの目的地選択モデルを用いたためであり、帰宅しない住民が存在することによるものである。

5. 結論と今後の課題

本研究の目的は、避難所の需要を知るために、東広島市の時間帯別滞在人口を推計することである。トリップ発生確率を算出するために目的地選択モデルを作成し、東広島市の各エリアにおける時間当たり滞在人口を推計した。本研究にはいくつかの限界がある。第一に、本研究では説明変数として自動車の移動時間データのみを用いている。他の交通機関はパラメータ推定に含まれていない。第二に、目的地選択モデルによる推計滞在人口は、東広島市に居住する住民の移動のみを含む。広島市や広島県外から東広島市へ流入する人口については考慮されていない。これは、東広島市が実施しているパーソントリップ調査が、東広島市内での情報しか含んでいないためである。第三に、自動車利用者がいない地域があることである。これは、パーソントリップ調査の車の利用率をそのまま掛け合わせたことによるものである。

今後は、東広島市の避難所の収容人数と各区域の潜在的な避難者人口を比較し、避難所の需要と供給を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) Zhao, X., Xu, W., Ma, Y., Qin, L., Zhang, J., & Wang, Y. (2017). Relationships Between Evacuation Population Size, Earthquake Emergency Shelter Capacity, and Evacuation Time. *Int J Disaster Risk Sci*, 8, 457-470. <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0157-2>
- 2) 牛山 素行, 本間 基寛, 横幕 早季, & 杉村 晃一 (2019). 平成30年7月豪雨災害による人的被害の特徴. *自然災害科学*, 38(1), 29-54. https://doi.org/10.24762/jnds.j.38.1_29
- 3) 東広島市. (2011, 12月). 2011(平成23)年12月大字別人口. Retrieved December 20, 2021, from <https://www.city.higashihiroshima.lg.jp/material/files/group/10/88575323.xls>
- 4) 東広島市. (2012). 平成23年度公共交通対策事業東広島市交通現状調査業務報告書.