

細街路を含む観光地での避難誘導に関するシミュレーション研究

Simulating evacuation of tourists in a narrow urban street network

佐橋 功一*

Koichi Sabashi

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに (第1, 2章)

日本のような災害大国で観光を行う限り、観光客が被災することは往々にして起こり得る。しかし、観光客は避難場所の所在やそこへの経路を十分に把握していないため、特に幅員が狭い道路(細街路)が入り組んでいるような観光地では道に迷いやすく、被害を受けるリスクが高い。被害を抑制するためには、避難後の対応だけでなく、混乱が生じやすい災害発生直後における避難行動への対策も重要であり、避難場所まで観光客を適切に誘導することが求められる。

既存研究では、避難誘導を検討するためにシミュレーションを用いた分析¹⁾がなされているが、避難誘導の方向と誘導員の配置地点の両方を評価したものは見られない。また、都市規模でのシミュレーションにおいて、各交差点での経路選択を考慮しているものも確認できない。そこで、本研究では、細街路が含まれるような観光地における避難誘導施策の計画に資する知見を得ることを目的として、京都市東山区を例にとった都市規模でのネットワークを構築し、誘導方向と誘導員の配置地点の条件を変更してシミュレーションを実行した。なお、観光客の避難行動をシミュレーションに反映させるにあたって、Virtual Realityを用いた避難行動実験を行い、観光客の避難経路選択モデルを構築した。

2. 観光客の滞在人口分布 (第3章)

避難シミュレーションを行うにあたり、避難者の滞在人口分布を設定する必要がある。そこで、京都市東山区のすべての観光客が避難者となると仮定し、観光客の滞在人口分布を推計した。推計にあたり、株式会社ドコモ・インサイトマーケティングが提供している、モバイル空間統計のデータと京都高度技術研究所(ASTEM)が開発した、歩くまち京都アプリから得られたGPSデータを使用した。推計の対象日時は、多数の観光客が京都を訪れる季節である紅葉の時期とし、2018年11月23日14時を例にとって推計した。

3. 避難経路選択モデルの構築 (第4章)

経路選択を考慮した避難シミュレーションを取り扱うためには、各交差点における経路選択確率を把握する必要がある。しかし、特に観光客について、都市規模での避難時の経路選択に関する行動データは乏しく、避難経路選択について把握することは困難である。そこで、本研究

では、京都市東山区を訪れた観光客52名に対して巨大地震を想定した避難行動実験を実施し、被験者は現実の都市を模したVR上で避難経路選択を行った。実験の結果を基に、観光客の避難経路選択モデルを構築した。

京都市東山区内の交差点で撮影した360°写真を基にVRゲームを構築した。被験者はVRゲーム内の各交差点で経路選択を行い、避難場所もしくはVRゲームのネットワーク外に到達した時点でゲーム終了とした。被験者が直進、左折、右折、後退(Straight, Left, Right, Back)のいずれの選択を行ったかについて多項ロジットモデルを用いてモデルを推定したところ、幅員の大きい道が選択される傾向にあること、直進方向が選択されやすいことが示された。そして、表-1に示すように、経路選択の際に時間制限を与えた場合では、その傾向がより強くなることが確認された。なお、モデルの推定には、Apollo²⁾をR4.0.3で実行した。

表-1 避難経路選択モデルの推定結果 (時間制限別)

説明変数	時間制限あり		時間制限なし	
	係数	t値	係数	t値
Straightの選択肢固有定数項	ref.	NA	ref.	NA
Leftの選択肢固有定数項	-1.44	-4.35***	-1.47	-4.54***
Rightの選択肢固有定数項	-1.41	-4.58***	-0.57	-2.17***
Backの選択肢固有定数項	-2.44	-6.35***	-1.35	-5.37***
幅員 (m)	0.20	4.07***	0.17	3.91***
LogLikelihood (0)	-139.730		-167.587	
LogLikelihood (final)	-88.827		-130.695	
Rho-square	0.364		0.220	
Adjusted Rho-square	0.336		0.196	

***: p<0.01

意思決定者の数: 33, 観測数: 112 (時間制限あり)

意思決定者の数: 37, 観測数: 135 (時間制限なし)

4. 避難シミュレーション (第5章)

シミュレーションには、PTV社が提供する歩行マイクロシミュレータ「Viswalk」を使用した。京都市東山区を模

したネットワークを構築し、推計した滞在人口分布を基に、歩行者を投入した。歩行者は避難場所もしくはネットワークの範囲外に到達するまで経路選択と移動を繰り返すこととし、経路選択確率は、表-1に示した、時間制限ありの避難経路選択モデルの推定値を使用した。なお、シミュレーション開始時点は災害発生時点とし、避難誘導を行う誘導員は災害発生直後には避難誘導地点に存在することとした。また、シミュレーションを行う時間は3600秒(1時間)とし、シミュレーション内で3600秒が経過した時点でシミュレーションを終了した。

避難誘導がない条件でシミュレーションを実行したところ、避難場所まで到達した歩行者は全体の70.4%に留まり、ネットワークの南端を通過して範囲外に到達した歩行者がすべて京都国立博物館に到達したと仮定しても、その値は86.0%に留まった。対して、京都市が定めている避難誘導計画⁴⁾に沿った誘導を行った場合は、避難場所に到達した歩行者(京都国立博物館含む)は全体の97.4%であり、避難誘導を行うことで、避難場所まで到達できた歩行者数が大幅に増加した(表-2)。したがって、災害時において、都市規模の避難誘導を行うことは、観光客を避難場所まで到達させる上で有効であると言える。しかし、避難誘導を行うことによる問題も確認できた。具体的には、避難経路として使用した大通り(東大路通)での混雑や、避難場所である、京都国立博物館、清水寺での収容可能人数超過が見られた。したがって、避難誘導をただ行うだけではなく、その誘導方向については慎重に定める必要があると言える。

表-2 各避難場所への到達人数(現行の避難誘導計画)

避難場所	収容可能人数(人)	到達人数(人)
大谷祖廟	1065	88
祇園甲部歌舞練場前 栄駐車場	NA	327
京都国立博物館	3250	5932
京都霊山護國神社	550	289
清水坂観光駐車場	4020	1283
清水寺	740	1910
清水寺門前駐車場	1350	288
高台寺・霊山観音	10477	2238
円山公園・八坂神社	43786	1489
範囲外(京都国立博物館以外)	NA	373
残留	NA	3

混雑や収容可能人数の超過を抑制するために、避難誘導の方向を変更してシミュレーションを実行したところ、現行の避難誘導計画に基づいてシミュレーションを行った結果と比較して、混雑・収容可能人数超過の両方について改善が見られた。特に、清水寺の収容可能人数を超過していた問題に関しては、清水寺近隣の交差点における避難誘導であっても、清水寺へ誘導を行わないことで超過

人数の軽減が確認できた。

また、避難誘導の方向は現行ものと同様として、誘導員の配置地点を変更してシミュレーションを実行した。誘導員の配置地点を滞在人口の多いエリアの交差点に優先的に配置したところ、歩行者の移動時間の短縮が確認された。ただし、誘導員の偏在に考慮した上で、滞在人口の多い交差点に誘導員を配置した方が、より移動時間の短縮が見られた。したがって、誘導員の配置については、滞在人口の多い地点に配置することが望ましいと考えられると同時に、その配置には空間的偏りが生じないように留意する必要があると言える。

5. おわりに(第6章)

本研究では、VRを用いた避難行動実験から観光客の避難経路選択モデルを構築した。幅員が大きい道、直進方向の道が選択される傾向にあることが確認でき、それらの傾向は時間的余裕のない状況では特に顕著であった。また、京都市を例にとった避難シミュレーションを行い、避難場所への避難誘導が観光客を避難場所まで到達させる上で有用であることを確認した。また、細街路が含まれるような観光地において、観光客を細街路が多数含まれる場所から大通りに誘導すると、誘導先の大通りで混雑が発生する可能性があること、避難場所近隣の交差点であっても、その避難場所へ観光客を誘導した場合、避難場所の収容可能人数を超過する可能性があることが示された。さらに、誘導員の偏在に留意した上で滞在人口の多いエリアで優先的に誘導員を配置することで、避難時間が短縮する可能性が確認できた。

以上の知見を実際の避難誘導施策に活用するためには、特に観光客の滞在人口分布の傾向を把握しておくことが必要であると言える。したがって、観光客の滞在人口分布の傾向を事前に把握した上で、今後の観光地での避難誘導計画を立案していくことが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) Emori, N., Izumi, T., and Nakatani, Y.: A Support System for Developing Tourist Evacuation Guidance, Transactions on Engineering Technologies, pp.15-28, 2016.
- 2) Kinugasa, S., Izumi, T. and Nakatani, Y.: Evaluation of a support system for large area tourist evacuation guidance: Kyoto simulation results, Paper presented at the Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS), 2012.
- 3) Hess, S., and Palma, D.: Apollo: A flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application, Journal of choice modelling, Vol.32, 2019.
- 4) 京都市: 清水・祇園地域帰宅困難観光客避難誘導計画, https://www.city.kyoto.lg.jp/gyozai/cmsfiles/contents/0000076/76886/keikaku_kiyomizugion.pdf (2021年2月現在)

修士論文指導教員

山田忠史教授, 藤井聡教授, Schmöcker Jan-Dirk 准教授