

津波避難シミュレーションによる車を利用した避難計画の評価
Evaluation of Evacuation with Cars by use of Tsunami Evacuation Simulation

○中居楓子・畑山満則・矢守克也・熊谷兼太郎

○Fuko NAKAI・Michinori HATAYAMA・Katsuya YAMORI・Kentaro KUMAGAI

This study tries to develop tsunami evacuation simulation under mixed traffic of pedestrians and cars and give evaluations to some policies dealing with evacuation using cars. Evacuation using cars has been discussed since the Great East Japan Earthquake in 2011 because many people used their cars; thus, there were some traffic jams and people who were involved in them were not able to evacuate smoothly. In this model, we try to integrate two microscopic traffic models of pedestrians and cars which have been developed separately so far. As an example, we will try to show an evaluation to a policy which controls the number of people who can use their cars.

1. はじめに

東日本大震災以前の市町村の地域防災計画では、津波避難時の移動手段は原則徒歩とされてきた。

しかし、内閣府による震災後の調査の結果¹⁾によると、実際は避難者の6割が車を利用していたということが明らかになっている。また、2014年の伊予灘地震後に高知県で行われた避難行動調査²⁾においても、津波を懸念して避難した住民の70%が車を利用していたことが明らかになっている。

車避難が問題となる理由は主に二つある。ひとつは、障害物等が避難を妨げる可能性があること、もう一つは渋滞の発生である。どちらも避難を阻む要因になり得るが、前者は物理的、後者は心理的な要因である。これらは、東日本以前に避難が原則徒歩とされてきた所以であり、車避難を見据えた対策を行うためには、これらを十分に考慮することが必要である。これらに対処する方法としては、家屋の耐震化などのハード整備や経路・避難場所の変更などのほか、できる限り車の利用を控えるように住民に促すことが必要である。

2. 既往研究と本研究の目的

本発表では、上記の課題を解決するための施策を提案し、歩車混合津波避難シミュレーションを用いて被害軽減効果を定量的に示す。避難シミュレーションには、Daganzo³⁾⁴⁾による Cell Transmission Model を用いたものなどの巨視的なモデルと、追従モデル⁵⁾、Social Force モデルをベースとしたもの⁶⁾、エージェントベースのモデルなどを使った微視的なモデルがある。本研究で対象

としている車避難においては、避難場所や移動手段の変更のほか、歩行者と車が混合した状況下では車の速度が落ちることを懸念し、道路の歩車分流などの施策を検討する。そのため、道路内の主体間の相互作用がもたらす効果を明示できる微視的モデルを用いる。

道路内を動く主体は、歩行者や自動車などの移動手段ごとに分類できると考えられる。避難時にはこれらの異質な主体が混合して道路を利用することが想定される。既往研究⁵⁾⁶⁾においては、車のみ、あるいは歩行者のみの状況における相互作用が考慮されているが、車と歩行者の関係は含まれない。また、車と歩行者の関係については、Shared space に関する研究⁷⁾において進められている例があるが、避難への適用についてはまだあまり例がない。そこで、本研究では、歩車混合の状況下における避難に着目したモデルを構築する。

3. 避難シミュレーション

浅野⁶⁾による歩行者の行動モデルと、追従モデルを基本とした車のモデルを参考に、基本的な行動モデルとする。これらは、ステップ i の時に周囲に存在する最も近い主体との距離に応じて $i+1$ 時の速度を決定するものである。現段階では、密度は考慮できていないが、この基本的なモデルによって渋滞の表現が可能となる。さらに、歩車の相互作用を組み込むため、既存のモデルに追加して、①車が歩行者を追い越す、②車がすれ違う、③車と歩行者がすれ違う、という3つの状況に応じた行動のモデルを追加した。

表 1 車利用者を設定する場合の検討シナリオ

検討パターン	歩行者数 (人)	車台数 (台)	車に乗る人 (人) -C※	車利用比率 (C/地域人口)
①アンケート調査ベース	510	43	64	0.11
②80代以上が使用	491	53	83	0.14
③60代以上が使用	382	100	192	0.33

4. 対象地域の概要

本研究では、高知県黒潮町万行地区を対象とする。黒潮町では、南海トラフの巨大地震モデル検討会により最大震度 7 という強い地震動が予測されている。また、それに伴い、万行地区では最大 14m 程度の津波が、最も速い場合に 20 分程度で到達することが予測されている。

地域の人口は約 600 人で、65 歳以上の高齢者は全体の 17.8% である。平野部に位置しているため、最も高台までは健常者でも徒歩 20 分を要し、高台までの移動には日常的には車が使われている。地区内には健常者が 5 分程度で到達できる場所に、避難タワーが 3 基設置されている。

5. 使用するデータと検討シナリオ

避難シミュレーションに用いる住民の避難行動に関する基礎データは、当該地区で過去に実施したヒアリング調査の得たもの⁹⁾を用いる。これには、住民の年齢や介助を要するかどうか、家の場所、希望している避難場所、移動手段、誰と避難するかなどの情報が含まれている。

表 1 は、今回検討した施策のシナリオである。アンケート調査ベースとは、住民が答えたとおりの移動手段に設定した場合であり、80 代以上および 60 代以上は、アンケート調査ベースのケースに加え、それらの年齢に該当する住民とその家族が車に乗ることとした。なお、ここでは 1 世帯につき利用される車は 1 台と仮定している。

6. シミュレーションの実行結果と考察

これらの設定をシミュレーションに適用した結果、①調査ベースでは、334 名が 22 分以内に避難を完了し、全人口の 58.2% であった。また、②80 代以上のケースと③60 代以上のケースについては、それぞれ 338 人 (58.8%)、296 人 (51.5%) が避難完了という結果になった。

現段階では、実行シナリオが限定的であり、結果については十分な考察が必要であるが、②において、車の避難者がより多い③と、より少

ない①よりも多くの避難完了者が出ていることから、車利用者が増加するにつれて避難完了者数も増加するというような単純な関係性がないことが示唆される。今後は、地域における車利用者の数とそれに応じた避難完了者数の関係などを調査する必要がある。

7. 参考文献

- 1) 内閣府：平成 23 年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査（住民）分析結果，pp.13, 2011.
- 2) 孫英英，中居楓子，矢守克也，畑山満則：2014 年伊予灘地震における高知県沿岸住民の避難行動に関する調査，自然災害科学，vol.33, no.1, pp.53-63, 2014.
- 3) Daganzo, C.F. : The cell transmission model: a dynamic representation of highway traffic consistent with the hydrodynamic theory. Transportation Research Part B 28 (4), 269-287, 1994.
- 4) Daganzo, C.F. : The cell transmission model, part II: network traffic. Transportation Research Part B 29 (2), 79-93, 1995.
- 5) Pipes, L. A. : An Operational Analysis of Traffic Dynamics, Journal of Applied Physics, Vol.24, No.3, pp.274-287, 1953.
- 6) 浅野美帆・桑原雅夫：先読み行動を考慮した歩行者交通流シミュレーション，生産研究，vol.59, no.3, pp.38-41, 2007
- 7) B. Anvari, M.G.H. Bell, P. Angeloudis, W. Y. Ochieng: Long-range Collision Avoidance for Shared Space Simulation based on Social Forces, Transportation Research Procedia, vol.2, pp.318-326, 2014.
- 8) 中居楓子，畑山満則：住民の避難行動の分析および地域住民との連携による避難計画の検討と評価：高知県黒潮町における災害リスクコミュニケーションの事例研究，土木計画学研究・講演集，vol.47, CD-ROM(54), 2013.