東日本大震災における岩手県野田村での徒歩と自動車による避難行動について

松林 由里子¹・中畑 摩耶²

¹正会員 岩手大学助教 工学部社会環境工学科 (〒020-8551 岩手県盛岡市上田四丁目3-5)

E-mail:matsubay@iwate-u.ac.jp

²正会員 建設技術研究所 大阪本社 水システム部 防災室 (〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町1-6-7 北浜MIDビル)

E-mail:my-nakahata@ctie.co.jp

東日本大震災時、岩手県野田村では住民の約2割が津波から避難した。ほかの地域と同様に、約6割の避難者が自動車を利用しており、自動車による混雑も発生している。避難行動要支援者の避難や遠方への避難には自動車の利用が有効であると考えられるが、一方で、渋滞の発生や徒歩避難者の妨げ、救助活動の妨げになる可能性がある。本研究では、今後の野田村での津波避難対策の中で自動車避難も含めた避難行動が安全に行える方法を検討するために、避難行動に関する調査結果から、野田村で行われた避難行動の特徴を解析し、家族や知人を探したり救助するために、自動車が利用され、避難開始時間が遅れていること、そして、自動車利用は問題となるような混雑の原因にはなっていないという結果を得た。

Key Words : tsunami evacuation, pedestrian evacuation, evacuation by car, departure time

1. はじめに

津波避難での自動車利用は、災害発生時の避難等に特に支援を要する「避難行動要支援者」を避難させる際、避難先が遠い低地から避難する際に有効だが、津波避難時の交通手段は原則徒歩とされてきた。東日本大震災時に避難者が使った交通手段について、国土交通省の調査結果¹⁾によると、避難者の約6割が自動車を利用している。渋滞の発生や混雑により、徒歩での避難者が避難しにくくなるなど問題が発生し、各地域で人口や地形特性に応じた具体的な検討が必要となっている。東日本大震災でのこのような実態を受けて、中央防災会議では、自動車避難の是非と問題解決について、必要な場合には自動車を使った避難も有効としたうえで、混雑や避難の妨げにならないよう、地域ごとに対策をとることとしている。自動車を使わなければ津波到達までに避難できない地域を持つ宮城県亘理町で、自動車での避難を含めた避難訓練が行い、自動車利用者が全体の8割と仮定して混雑する場所を推定し、避難計画を策定した例²⁾はあるが、多くの地域で実際に行われている対策は、津波警報発令時に浸水域への自動車の通行を防ぐための交通規制と、「自動車避難が必要でない避難者は極力自動車を利用しない」ことを呼びかけるにとどまり、自動車利用を前提とした避難対策を具体的にしている市町村は少ない。

図-1 野田村中心地の避難路

岩手県では平成16年度から、津波からの避難行動で、必要であれば自動車利用も認めるとしている³⁾が、自動避難の安全対策は、緊急時の交通規制にとどまり、また、市町村の判断では国道の規制を行うことができないなどの問題もあり、混雑を防ぐための住民の避難行動の予測や管理は行われていない。しかし、東日本大震災のときに野田村内で道路が渋滞していたという記録⁴⁾があり、また、2012年11月に久慈市で行われた津波避難ワークショップでは、住民から、浸水域内で渋滞が発生していたという証言があった。野田村や久慈市は岩手県北部に位置し、リアス式地形の入り組んだ海岸線が特徴で、各集落の浸水域近くに丘陵、高台があるため、徒歩で避難しやすい地形だと考えられるが、自動車避難による渋滞が発生している。避難先までの距離以外に自動車を利用する理由を探り、混雑の原因を解決する必要がある。また、今後、岩手県内では高齢化が進むにつれて、津波からの徒歩避難が難しい住民が増えることも考えられ、過去の避難行動の検証を十分に行い、今後のルール作りに生かしていく必要がある。本研究では、海岸線に面した住宅密集地域が浸水した岩手県野田村を対象に、東日本大震災で行われた避難行動について、徒歩と自動車での避難者の避難開始時間や、避難前後の行動、避難ルート、徒歩または自動車を選択した理由について整理し、自動車での避難の理由、行動の特性と安全性を検討することを目的に、岩手県野田村での住民避難行動の解析を行った。

2. 野田村の特性と研究方法

(1) 野田村の特性

野田村は、岩手県北部に位置する面積80.83km²の村で、村の東部は野田湾に面しており、十府ヶ浦と呼ばれる延長約3.5kmの海岸線が続いている。震災前、海に面した平野部には多くの住宅や商店があり、野田村の中心的な

区域であった。

図-1は野田村中心地の浸水域を示している。浸水した平野部を囲むように丘があり、津波からの避難では、この高台を目指すことになる。浸水域内から高台までの距離は、もっとも遠い場合で1km程度で、最短経路を1m/sの速度で移動すれば、20分程度で避難できる。図-1に赤色で示したのが、避難経路として使われた道路で、津波からの避難行動では、低地から高台に向かって内陸へ西側に進むことになる。経路の数は限られており、交通量によっては混雑することが考えられる。

東日本大震災による村内の重要施設の浸水被害について、村役場は海岸から約1km内陸の浸水区域の境界付近にあり、1階部分が浸水した。村に1校ずつある小学校、中学校そして村祭りの中心となる神社とその近くにある寺は丘の上にあり、津波による被害をまぬがれ、住民の避難先、避難生活の場として活用された。野田村の人口は、震災直前の平成23年2月末には4,849人であった。東日本大震災で浸水高さ16.4mの津波が来襲し、村の住家の三分の一にあたる512棟が被害を受けた。村内11か所の避難所で記録された避難者数は最大912人で人口の約2割にのぼった。死者は37人で村内死亡者は28人である。

(2) 研究方法

東日本大震災時、野田村では避難所付近で自動車が渋滞していたという記録もあり⁴⁾、今後の津波避難を考えるために、東日本大震災での避難状況を精査し、今後の避難計画での適切な自動車利用について検討する必要がある。国土交通省都市局では、津波の浸水被害を受けた青森、岩手、宮城、福島、茨城、千葉県の49市町村に住む10,603人を対象に行った「東日本大震災津波被災市街

図-2 回答者の属性

回答者91名

図-3 避難方法

地復興支援調査」⁹⁾を実施しているが、全国のデータをリアス部と平野部に分けて整理するなど、全体を通した考察が行われており、地域ごとの詳細なデータの解析結果は公開されていない。また、避難経路や交通手段、移動の目的に関するデータはあるが、それぞれ別々に記録されており、データ同士を結び付けた解析が行われていない。本研究では、津波避難実態調査の中で岩手県野田村に住む個人101人を対象に行われたヒアリング結果として公開されているデータを用いて、野田村での避難行動の特性について解析した。公開されているデータには、地震発生から日没までの行動の調査結果が記録されており、避難者が移動の際に通過した場所と時間が記録されたシェープファイルと、行動の目的や交通手段を記録したデータがある。津波からの避難行動について解析するために、移動の目的が避難である行動を切り出し、各避難経路をESRI社のArcGISを用いて整理し、避難距離とかけた時間を算出した。また、シェープファイルには、一人の避難者が二回目、三回目の移動を行った記録もあるが、本研究では最初の避難行動の開始時間を各個人の避難開始時間とした。また、津波到達が15時半前後と考えられるため、16時までには避難開始した人を解析対象とした。解析対象とした避難者は、徒歩での避難者が34人、自動車での避難者が47人である。また、解析対象とする時間帯は、地震発生後から第一波到達後の16時までとした。

3. 野田村における徒歩避難と自動車避難の比較

回答者の属性は図-2に示す通り、20代から70代以上の男女101人を対象として行われた。

(1) 自動車避難と徒歩避難の割合

避難に自動車を用いた割合は図-3に示す通り、回答者の半数以上を占めた。自動車使用の理由について、最も多い回答は「家族で避難しようと思ったから」で、26名が選択している。次に多かったのは「安全な場所まで遠くて、車でないといけないと思ったから」が20名、「車でないと間に合わないと思ったから」を選んだのが19名であった。国交省が発表している、調査全体の結果⁹⁾では、「車でないと間に合わないと思ったから」を選んだ人が最も多く、次に「家族で避難しようと思ったから」が続いている。野田村では、自動車を用いた割合は、全国での結果とほぼ同じ結果となっているが、避難場所の遠さよりも、家族との避難を理由に自動車を利用した避難行動が多い。

(2) 避難距離と速度

徒歩と自動車での避難者の、避難にかかった時間と距

図-4 避難にかかった時間と距離

離を比較するために、発災から日没までの行動に関して、移動の目的が「津波からの避難のため」である移動をGIS上で解析し、移動距離を算出した。徒歩と自動車に分けて図-4に示す。徒歩避難での距離はすべて2km以下で、避難開始地点から近い避難先を選択していることがわかる。黒の点線は、消防庁が目安とする避難時の歩行速度1m/sを示し、野田村での徒歩避難者の歩行速度の平均値は0.7m/sでこれより遅いが、調査結果全体の結果⁹⁾の0.66m/sよりも速い結果である。自動車での避難者は徒歩避難者より遠くへ避難しており、自動車選択理由の通り、遠くへ避難するために自動車が必要だったと考えられる。

(3) 避難開始時間の遅れ

避難開始時刻について、徒歩避難と自動車避難に分けて図-5に示す。避難開始が遅くなる原因について検討するために、図-6に、地震発生時に自宅にいた場合と自宅外にいた場合に、避難開始するまでに避難以外の行動をとったかどうかの行動パターン別にグループに分け、避難開始時刻ごとに示した。徒歩と自動車どちらで避難した場合でも地震発生後15分間に避難開始が集中するが、自動車での避難者の方がやや避難開始時刻が遅い。また、15時11分以降に自動車を利用した避難開始者が増えており、それまでの25分間を避難以外に使っている。図-6の行動パターン別の避難開始時刻を見ると、地震発生から約15分間以内に避難開始した回答者の行動パターンは、

図-5 避難開始時刻

図-6 避難開始までの行動

地震発生時にいた場所に関わらず、直接避難場所に行った割合が高い。また、15分以上経過後に避難開始するグループの中に、自宅以外から別の行動をとった後で避難を開始する回答者が現れ、地震発生から1時間後まで、避難開始が続いている。避難以外の行動をとった主な目的を整理したところ、家族や知人の探索、救助であった。野田村では、およそ15時半ごろに第一波が到達したと考えられるが、15時半以降に避難開始したのは自動車避難した回答者が多く、この中には避難開始までの時間に、家族や知人の探索、救助に30分以上を費やした者もいた。

津波以外の災害の避難に関しても、避難開始までの行動は複雑で、それぞれが異なる目的を持って行動するため予測が難しいが、避難準備時間分布を式で表す試みが行われている。ここでは、避難開始までにかかった時間を避難準備時間と同じだとして考える。過去の津波避難の調査結果から避難開始時間分布をレイリー分布で表し、避難行動を検討するエージェントモデルに用いられている⁵⁰⁾。

図-7 避難開始時間の予測

式(1)は、避難開始時間分布の分布をレイリー分布で近似する場合の累積分布 $F(t)$ の算出に用いられ、 t は時間、

σ は避難開始時間の最頻値である.

$$F(t) = 1 - \exp(-t^2/2\sigma^2) \quad (1)$$

図-7に、徒歩、自動車を用いた場合と全体での避難開始時間分布を示し、式(1)で計算した避難開始時間の累積分布と比較する.

徒歩と自動車を用いた場合の避難開始時間分布は、最頻値を5分から25分に設定したレイリー分布による累積分布の間におさまる. 実際の避難開始時間の平均値は徒歩で16.5分、自動車で24分、全体で21.8分で、全体の平均値を1.25で割って最頻値とすると16.7分となる. このときの累積分布と実際の避難開始時間分布を比較すると、地震発生後約20分間の避難率は計算値よりも実際の避難率が高く、それ以降の避難率の上昇は緩やかになる. この結果は、図-5や図-6で確認された、地震発生後15分間に避難開始した避難者と、その後、避難以外の行動をとった後で避難開始した避難者のグループがあるため、避難開始時間の予測には、こうした行動パターンによる避難者の分類を取り入れることで、より現実にあった予測ができると考えられる.

4. 避難路の混雑について

東日本大震災時に野田村内での避難経路の混雑について、避難の起点と経路を図-8に示す. 避難時にそれぞれの経路を利用した人数を累計し、各経路の通過人数を色で示した. 避難場所である愛宕山の海側は村役場もあり住宅が密集する地域で、中心街を通る道路を15人以上が避難ルートとして利用したことがわかる. 野田村役場に確認したところ、役場や愛宕山の避難場所付近では避難時の渋滞は発生せず、自動車の利用が避難を遅らせることはなかった. また、自動車の通行によって徒歩避難者の避難が妨げられることもなかった. 愛宕山に避難するためには、北と東からの避難者が集中する交差点を通過しなければならず、道路、低地から避難する人数によっては、混雑により避難が遅くなる可能性がある. 図-9に、15人以上が通過した交差点を撮影した写真を示す. 村全体での避難者が約900人、調査対象者が約100人なので、およそ130人以上が地震発生から16時まで通過したことが予測されるが平均すると1分間に2人が通過することになり、混雑した状況とは言えない. 周辺は、二車線の広い道路で、歩行者用の歩道が確保されていたこともあり、自動車の混雑や歩行者の避難の妨げになることがなかったと考えられる.

一方、自動車の混雑があった⁴⁾のはJA倉庫前で、16人

図-8 各経路の通過人数

以上が避難経路として利用している。混雑の理由として、一車線であること、JA倉庫前に向かう避難者のほかに、さらに内陸の野田村中学校に避難した自動車利用の避難者がいたためと考えられるが、浸水域外での混雑は直接津波の被害につながらず、大きな問題ではない。

5. 結論

東日本大震災当時、野田村で行われた避難行動について整理し、以下の結論を得た。

野田村では、避難場所の遠さよりも、家族との避難を理由に自動車を利用した避難行動が多かったが、自動車避難の割合は、全国での調査結果とほぼ同じ結果となっている。また、自動車での避難者は徒歩避難者よりも遠くへ避難しており、およそ2km以内の距離に避難場所があるものの、何らかの理由で遠くの避難先を選択し、自動車を利用したと考えられる。

地震発生後15分間に避難開始した避難者が多く、その後、避難以外の行動をとった後の避難開始が長時間続いている。避難開始の遅れの原因は家族や知人をを探しに行ったり救助したりという行動が多く、要支援者の避難などを家族以外の周囲の人間が行うことで、これらの避難開始時間の遅れを解消できると考えられる。

経路の通過人数からは、自動車避難によって村全体の避難の遅れが発生するとは言えない。しかし、各避難者の移動の中には、浸水区域外から浸水区域内へと、自動車で家族や知人を救助に行った場合もあり、ほかの避難者が高台へと向かう中、逆方向に移動し、交差点やすれ違いが必要な道路で混雑の原因となる可能性がある。このような避難以外の行動は、道路の混雑、避難者の避難開始の遅れにつながるため、救助に行く必要のない体制作りが有効だと考えられる。

本研究に用いた避難行動のデータの出典は、「国土交通省都市局『復興支援調査アーカイブ』データ」である。

図-9 愛宕山に向かう避難経路 2013年8月撮影

謝辞：本研究を進めるにあたり、資料の提供、指摘を頂いた野田村役場総務部に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省 都市局 街路交通施設課: 津波避難を想定した避難路、避難施設の配置及び避難誘導について(第3版), 327p., 2013.
- 2) 佐藤 翔輔, 今井 健太郎, 大野 晋, 齋 正幸, 松尾 敏彦, 板原 大明, 今村 文彦: 徒歩と自動車を組み合わせた津波避難計画の策定—宮城県亘理町における実践—, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 70 (2014) No. 2 p. I_1371-I_1375, 2014.
- 3) 岩手県: 津波避難計画策定指針, 32p, 1994.
- 4) 消防科学総合センター: 東日本大震災における野田村の災害対応について, 季刊 消防科学と情報, No.114(2013 秋号), 2013.
- 5) Fraser, S. A., N. J. Wood, D. M. Johnston, G. S. Leonard, P. D. Greening, and T. Rossetto: Variable population exposure and distributed travel speeds in least-cost tsunami evacuation modelling, *Natural Hazards and Earth System Science*, 14, 2975–2991, 2014.
- 6) Imamura, F., Muhari, A., Mas, E., Pradono, M. H., Post, J. and Sugimoto, M., : Tsunami Disaster Mitigation by Integrating Comprehensive Countermeasures in Padang City, Indonesia, *Journal of Disaster Research*, Volume7, Issue1, pp48-64, 2012.

(2015.3.18 受付)

EVACUATION BEHAVIOR ON FOOT AND BY CAR IN NODA VILLAGE DURING THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE AND TSUNAMI

Yuriko MATSUBAYASHI and Maya NAKAHATA

On 11 March 2011, 20% of residents in Noda village in Iwate, Japan evacuated against tsunami. As other regions in Japan, about 60% of evacuee used car to evacuate in Noda and delay in traffic is reported. Car is valid to transport person who need care to evacuate or to evacuate to distant area. However evacuation by cars may cause delay in traffic and disturb pedestrian evacuation. In this study, we analyze evacuation behavior in Noda village in the Great East Japan Earthquake to reveal reason for delay of departure time and whether use of cars in evacuation caused traffic congestion. Conclusion of this study is that central reason for evacuation by car and delay of departure time is to bring or rescue family members or acquaintances, and in Noda village, there wasn't fatal traffic jam around center of town arising by evacuations by car.