宮城県石巻市における 2016年11月22日福島県沖の地震津波による 避難行動実態

佐藤 翔輔¹・今村 文彦²・相澤 和宏³・横山 健太³・佐藤 勝治³・
岩崎 雅宏⁴・皆川 満洋⁴・戸川 直希⁵

¹正会員 東北大学助教 災害科学国際研究所 (〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1)

E-mail: ssato@irides.tohoku.ac.jp

²正会員 東北大学教授 災害科学国際研究所 (〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1)

E-mail: imamura@irides.tohoku.ac.jp

³石巻市役所 総務部 危機対策課 (〒986-0825 宮城県石巻市穀町14番1号)

E-mail: ispragdi@city.ishinomaki.lg.jp

⁴株式会社サーベイリサーチセンター (〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2丁目40番10号)

E-mail: iwa_m@surece.co.jp

⁵学生会員 東北大学大学院 工学研究科 (〒980-0845 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉468-1)

E-mail: naoki.togawa.s7@dc.tohoku.ac.jp

本研究では、2016年11月22日に発生した福島県沖の地震にともなう津波避難行動について、宮城県石巻市を対象にした質問紙調査とその分析によって、当日の避難行動の傾向や課題を明らかにした。主な結果は、次の通りである。1) 避難実施率は約4割に留まり、津波警報が避難行動開始の主なトリガーになっていた。2) 避難した住民のうち、5割を超える人が車で避難を行い、市内複数箇所ですら車による渋滞が発生した。3) 避難行動の有無は、東日本大震災に比べてどのような大きさの津波が来るのかという各個人の予想に大きく規定されており、東日本大震災で住まいを失った経験をしたことや、訓練への参加経験したことで、避難行動の実施が促されていた。

Key Words : tsunami evacuation, disaster experience, evacuation behavior, evacuation drill, questionnaire survey

1. はじめに

2016年11月12日5:59、福島県沖を震源とするM6.4、最大震度5弱を観測する地震が発生し¹⁾、宮城県内で最大遡上高TP4.3mの津波が観測された²⁾。本イベントでは津波による人的被害は発生しなかったものの、1) 東北地方では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の津波以来、はじめて数mを超える津波が観測されたほか、2) 宮城県では津波注意報の発表の後に、津波警報に切り替わる、3) 起床時間付近で発生した近地津波であるなど、2011年東北地方太平洋沖地震津波とは異なる現象が発生した。

本研究は、2016年11月22日に発生した福島県沖の地震津波における避難行動の実態について、宮城県石巻市の住民を対象にした質問紙調査にもとづいて明らかにすることを目的とする。東日本大震災の発生から6年が経過

し、被災地で効果的な津波避難が行われたかどうかの実態を体系的に明らかにする必要があると考える。そこで本稿では、宮城県石巻市を事例とし、2016年11月22日の住民対応を調査・分析することで、当日の避難行動の傾向や課題を明らかにする。

2. 研究方法

石巻市本庁区域内かつ2011年3月11日に発生した東日本大震災の津波浸水1m以上あった地域において、2016年11月現在居住する世帯のうち、無作為抽出された住戸5,000戸に対して調査員が調査票を2017年1月14日～20日に配付した。郵送によって調査票を回収し、2,169票(有効回収率: 43.4%)を得た。調査項目は、地震発生当時いた場所、津波注意報(5:59)の認知有無とその手段、避難指示(8:05)の認知有無とその手段、津波警報

(8:09)の認知有無とその手段、それぞれの津波リスクの認識度合い、避難行動の有無、避難開始・避難先到達の時刻、避難しなかった場合のその理由、家族内での事前の取り決め、避難先、避難時の持ち出し品、避難の手段、避難に車を用いた場合その理由、渋滞を目撃した場合はその時間・区間、避難先から撤退した時刻、そのきっかけ、市総合防災訓練への参加回数、市総合防災訓練が活かされたか、東日本大震災の経験が活かされたか、日頃の備え状況（個人・地域）、回答者の性別・年代・職業、家族の中の要配慮者の有無、東日本大震災における自宅の被害状況（り災区分）。

それぞれの傾向を把握するとともに、「避難した」を1、「避難しなかった」を0と従属変数に、以上すべてを独立変数にしたロジスティック回帰分析を行い、避難行動を規定した要因を明らかにする。本稿では、避難行動そのものに関する項目について中心的に分析を行う。その他の単純集計結果については、文献3)を参照されたい。

3. 結果

(1) 津波避難の実施状況

図-1に、回答者における津波避難の有無と、うち避難しなかった人に避難することを考えたか否かという避難意思について問うた結果を示す。「避難した」と回答したのは、対象者のうち41.2%であり、半数以上が避難をしていないことが明らかになった(図-1)。なお、ここでの「避難」は、避難先として、市が指定した避難場所のほか、自宅の2階以上（在宅かつ垂直避難）、それ以外で自分や地域で決めた避難場所、その他と回答した人が含まれる。また、「避難しなかった」人（56.5%）のうち、避難することを「考えた」人は28.0%であり、これを合わせても回答者の全体の57.0%と半数程度に留まる。当時は、石巻市から避難指示が、気象庁からは津波警報が出ていたにも関わらず、市内の避難行動はやや低

図-1 津波避難の有無と避難しなかった人の避難意思

図-3 津波避難をした人の判断基準・理由

調であったと言える。

図-2に避難した人の避難開始時刻について、時系列で累積した人の割合を、図-3に避難した人の津波避難を判断した基準やきっかけを示す。図-2より、地震発生や津

図-2 津波避難の開始時刻の累積分布

波注意報の発表の後に避難した人は、6時台半ばまで全体の3割を下回っている。仙台港で津波が観測された8:03、石巻市から避難指示が発令された8:05、津波警報が発表された8:09の時間帯を境に、避難を開始した人の割合が急増していることが分かる。図-3を見ると、避難した判断基準やきっかけが「津波警報が発表されたら（発表されたから）」が38.6%と最も多く、避難を開始した人が急増したタイミングと整合することから、多くの人は津波警報を契機にして避難したことが分かる。8:00代後半から10:00にかけて避難を開始している人もいることから、避難指示や津波警報が出てから30分～2時間経過しており、避難を開始するのに多大な時間を要した人もいることが分かる（図-2）。

(2) 津波避難の手段

図-4に避難した人の移動手段の内訳を示す。避難に車を利用した人が54.6%と最も多く、徒歩の32.0%を大きく上回る。石巻市では、毎年10～11月に市総合防災訓練において「原則徒歩」の津波避難訓練を実施している⁴⁾⁵⁾。前年の平成27年度石巻市総合防災訓練では、津波避難の移動手段で、徒歩が68.4%、車が10.0%であり⁵⁾、これまで訓練と今回の実際のイベントでは避難において取られた移動手段が大きく異なっている。

図-5に車で避難した人を対象に渋滞に遭遇したか否かと、図-6に市内の渋滞に遭遇もしくは目撃した場所を回答してもらった結果を示す。後者は、質問紙中に地図

N=893（避難をした人）
単位：%

図-4 津波避難の手段

N=488（車で避難をした人）
単位：%

図-5 車で避難した回答者の渋滞遭遇状況

を添付し、記述してもらった結果を集約したものである。車で避難した488人のうち、渋滞に遭遇したのは17.0%であった（図-5）。図-6を見ると釜・大街道（図左側）、（図中央部）、鹿妻、渡波（いずれも図右側）などで深刻な渋滞が発生している場所が明らかになった。これらの場所は、海から内陸に向かう主要な避難道路、狭隘であったり、目的地に向けて1本路となっていたり、橋梁などでルートが限定される場所であるという特徴がある。

図-6 車による渋滞の発生箇所

図-7 避難に要した時間の相対頻度分布
(手段：徒歩と避難)

車避難を実施した人の平均移動時間は19.0分であり、全回答者の平均移動時間の15.6分を上回る。また、渋滞に遭遇した人の平均移動時間は32.5分であり、車による避難を選択した人が必ずしもスムーズに避難できていなかったことが分かる。徒歩避難した人と車で避難した人で避難に要した時間を比較したものを図-7に示す。図-7では、5分間隔で相対頻度によって回答数（人数）を比較している。凡例にある最初の数字は平均値を、S.D.は標準偏差を表す。徒歩で避難した人の避難に要した時間の平均値は、10.1分と車で避難した人に比べて約9分短い。避難に要した時間が25分以上かかったのは、徒歩で4.6%、車で15.4%となっている。図-7を見ても、徒歩よりも車の方が、避難に要した時間が長い人が全体的に多いことが分かる。

図-8に、車で避難した人を対象に、車で避難する理由を複数回答形式で問うた結果を示す。「安全な場所まで

図-8 車で避難した理由（複数回答）

遠く、車で移動しないと間に合わないから」が44.9%「車が大切な財産だから（車を失いたくない）」が43.4%と4割を超えている。ほか「カーラジオ・テレビから情報を得るため」が39.8%、「家族・親類・近隣住民を避難させるため」が36.9%、「寒さをしのぐため」が35.2%とつづいており、突出した割合の理由はなく、複数の回答が選択されていることから、車による避難の理由は単一のものではなく、複合的な理由によるものということが分かる。「普段、車を使って行動しているから」も3割を超えており、車での移動が平時から常態化していることも、車による避難が多い原因と考えられる。

(3) 津波避難を実施する規定因

ここで、津波避難を実施した人と、実施しなかった人には、どのような差があるのかを明らかにすることを試みる。表-1は、今回の調査で得られたすべての項目を独立変数の候補として採用し、「避難した」を1、「避難しなかった」を0とする従属変数を与えて、ロジスティック回帰分析を行った結果を示している。

なお、独立変数の候補をロジスティック回帰分析に投入可能にするために、調査項目の回答結果をダミー変数化している。ダミー変数化の例を以下に述べる。名義尺

表-1 津波避難の有無を従属変数にしたロジスティック回帰分析の結果

独立変数 (いずれもダミー変数)		ステップワイズ法(変数増加法)					ステップワイズ法(変数減少法)				
		B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)	B	標準誤差	Wald	有意確率	Exp(B)
定数		-0.736	0.118	38.864	0.000	0.479	-1.861	0.306	37.001	0.000	0.156
津波警報を認知したときの 津波リスク認識(予想)	東日本大震災と同じぐらいだ	1.546	0.451	11.733	0.001	4.695	2.457	0.527	21.738	0.000	11.671
	東日本大震災よりは小さい						0.901	0.292	9.556	0.002	2.463
	津波は来ない	-0.924	0.287	10.350	0.001	0.397					
個人属性	年齢60代以上						-0.462	0.189	5.989	0.014	0.630
	パート・アルバイト						0.583	0.192	9.174	0.002	1.791
	漁業者	4.753	3.620	1.724	0.189	115.928	4.870	3.619	1.811	0.178	130.342
東日本大震災での被害	全壊	0.945	0.170	30.831	0.000	2.573	0.987	0.174	32.167	0.000	2.683
総合防災訓練1回以上							0.495	0.179	7.645	0.006	1.640

度や順序尺度の単一回答形式および複数回答形式の項目の場合、例えば「職業」であれば、「会社員・公務員ダミー」「漁業者ダミー」のように、ダミー変数を新たに作成し、「会社員・公務員」と回答していれば「会社員・公務員ダミー」に1を、「漁業者」と回答していれば「漁業者ダミー」に1を付与する。なお、2択（例えば、性別）の場合は、片方のみダミー変数化する（男性：1，女性：0）。また、「年齢」「日頃の備え」「総合防災訓練への参加回数」については、連続変数であったため、以下に示したかたちで変数化を行った。最終的にモデルに投入した、すべての独立変数の候補は、次の通りである。避難しなかった理由：「身体的に避難するのが困難だったからダミー」「家族がそろっていなかったからダミー」「家財や仕事道具が心配だったからダミー」「面倒だったからダミー」「避難場所まで遠いからダミー」、津波注意報による津波のリスク認知：「東日本大震災と同じくらいダミー」「東日本大震災よりも小さいダミー」「津波は来ないと思ったダミー」、避難指示による津波リスク認知：「東日本大震災と同じくらいダミー」「東日本大震災よりも小さいダミー」「津波は来ないと思ったダミー」、津波警報による津波リスク認知：「東日本大震災と同じくらいダミー」「東日本大震災よりも小さいダミー」「津波は来ないと思ったダミー」、性別：「男性ダミー」、年齢：「年齢60代以上ダミー」、職業：「会社員・公務員ダミー」「漁業者ダミー」「自営業者ダミー」「パート・アルバイトダミー」「学生ダミー」「主婦ダミー」「無職ダミー」「その他職ダミー」、勤務・通学先の場所：「市内・東日本大震災で非浸水ダミー」「市内・東日本大震災で浸水ダミー」「市外・東日本大震災で非浸水ダミー」「市外・東日本大震災で浸水ダミー」、住宅被害：「全壊ダミー」「大規模半壊ダミー」「半壊ダミー」「一部損壊ダミー」「無被害ダミー」、要配慮者：「要配慮者ありダミー」（妊婦、乳幼児、障がい者など）、総合防災訓練への参加：「総合防災訓練への参加1回以上ダミー」。

同分析には、ステップワイズ法の変数増加法と変数減少法を採用し、それぞれ残った独立変数のみを表-1に示している。変数増加法で $\chi^2=0.257$, $df=3$, -2対数尤度：804.380, Cox-Snell R^2 ：0.100, Nagelkerke R^2 ：0.135, 正解の割合：65.6%, 変数減少法で $\chi^2=16.756$, $df=8$, -2対数尤度：783.591, Cox-Snell R^2 ：0.129, Nagelkerke R^2 ：0.173, 正解の割合：65.9%となった。

変数増加法と変数減少法の両方で、5%水準で有意になったBが正の値を示した独立変数、すなわち「避難した」に影響する変数は、「津波警報を認知したときの津波リスク認知」が「東日本大震災と同じくらい」（「津波警報を聞いたとき、どれくらいの津波が来ると思いましたか」という問いに対する「東日本大震災と同じぐら

い」と回答した人）と、「全壊」（東日本大震災での住まいの被害程度に関する問いで、「全壊」と回答した人のダミー変数）の2つであった。東日本大震災で住まいが失われ、かつ今般の地震における津波警報の発令時に「東日本大震災と同じぐらいの津波がくる」と予想した人は、避難していたことが分かる。前者の津波警報時の津波リスク認知は、「変数増加法で津波来ない」（「津波は来ないと思った」と回答）で負の影響（「避難しなかった」に影響）、変数減少法では「東日本大震災よりは小さい」（「東日本大震災よりは小さい」と回答）で正の影響（「避難した」に影響）となっている。また、表-1の分析では、年齢や職業といった個人属性でも、避難の有無に影響があったという結果が表れている。「年齢60代以上」は負の値になっており、高齢者は避難しなかったという傾向に、「パート・アルバイト」は正の値になっており、正規職でない人は避難しやすい傾向にあったことが分かる。前者は、高齢であることで避難（移動）が困難であった様子が推察される。後者は、今般の地震発生時刻が朝であり、会社勤めの場合、出勤時刻との兼ね合いで避難行動が抑制された、逆に正規職でない場合は、比較的時刻による制約がないためか、避難しやすかった可能性がある。なお、表-1には「漁業者」（職業が漁業）も示しているが、ステップワイズ法で最後に残った変数であるものの、有意な結果にはなっていない。ただ、Bの値は高い正の値を示しており、漁業者は比較的避難した傾向にあることが分かる。変数減少法では、「総合防災訓練1回以上」（市の総合防災訓練に1回以上は参加したことがあると回答）は、Bが正の値で有意な変数となっている。このことは、平時の訓練が、今般の地震という実践の場面で、避難行動を促進した結果を示している。

4. おわりに

本研究では、2016年11月22日に発生した福島県沖の地震にともなう津波行動について、宮城県石巻市を対象にした質問紙調査とその分析によって、当日の避難行動の傾向や課題を明らかにすることを試みた。その結果は、次のようにまとめられる：

- 1) 避難指示や津波警報が出ているにも関わらず、調査対象地域での避難実施率は約4割に留まり、低調であったことが分かった。
- 2) 避難した人のうち、多くの住民が津波警報を避難開始のトリガーにしており、宮城県内への津波到達よりも後に避難した人が多かった。
- 3) 毎年行われている市の総合防災訓練においては、多くの参加者が徒歩で避難訓練をしていたのに対して、今般の地震では車で避難した人が全体の5割以上と

なり、そのために市内に深刻な渋滞現象が発生したことを確認した。

- 4) 避難行動の有無は、東日本大震災に比べてどのような大きさの津波が来るのかという各個人の予想に大きく規定されていた。東日本大震災で住まいに大きな被害を経験したことや、訓練への参加経験したことで、避難行動の実施が促されていた。津波リスクを低く見積り、高齢者であることや訓練の参加がない人は、避難をしていない実態が明らかになった。

東日本大震災は、我が国で近年まれに見る大規模な津波災害であり、様々な場面で社会に与えた影響が大きい。特に津波防災まちづくりや津波避難の分野においては、直接的に及ぼした影響は大きく、社会が進化していなければならない。それにもかかわらず、東日本大震災で被災した石巻市では、教訓が十分に継承されておらず、実際に津波が発生しても大幅な改善が見られない結果となった。今後は、訓練通りに実行できる・できない要因や、教訓が地域全体に継承される・されない要因について検討をしていきたい。

謝辞：本研究の実施においては、平成28年度NEXCOエンジニアリング東北受託研究「仙台東部道路の津波軽減効果検証」（代表：今村文彦）および日本学術振興会課題設定による先導的人文学・社会科学研究推進事業・実社会対応プログラム（公募型研究テーマ）「効果的・持続的な災害伝承を目的にした拠点構築手法のモデル化

と実践的研究」（研究代表者：佐藤翔輔）の助成を一部受けて実施された。

参考文献

- 1) 気象庁仙台管区气象台：2016年11月22日05時59分頃の福島県沖の地震について、http://www.jma-net.go.jp/sendai/kouhou/houdou/16/20161122_fukusimaoki_02.pdf
- 2) Anawat Suppasri, Natt Leelawat, Panon Latcharote, Volker Roeber, Kei Yamashita, Akihiro Hayashi, Hiroyuki Ohira, Kentaro Fukui, Akifumi Hisamatsu, David Nguyen, Fumihiko Imamura: The 2016 Fukushima earthquake and tsunami: Local tsunami behavior and recommendations for tsunami disaster risk reduction, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 21, pp. 323–330, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.12.016>, 2016
- 3) 石巻市、東北大学災害科学国際研究所、株式会社サーベイリサーチセンター：2016年11月22日福島県沖地震津波避難行動に関するアンケート（プレスリリース）、https://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressing/tohokuuniv-press20170306_01web.pdf
- 4) 佐藤翔輔、今井健太郎、岩崎雅宏、二上洋介、熊谷雅之、平松進、亀井一彦、鈴木聡一郎、山内智、今村文彦：避難先を指定しない新しい津波避難訓練手法の提案—宮城県石巻市における実践と検証—、土木学会論文集 B2（海岸工学）、Vol. 60, No. 2, pp. 1_1361-1_1365, 2013.
- 5) 石巻市総務部危機対策課：平成27年度石巻市総合防災訓練研究業務報告書、2017.

(2017.3.15 受付)

EVACUATION BEHAVIOR CAUSED BY THE 2016 FUKUSHIMA EARTHQUAKE AND TSUNAMI IN ISHINOMAKU CITY, MIYAGI PREFECTURE

Shosuke SATO, Fumihiko IMAMURA, Kazuhiro AIZAWA, Kenta YOKOYAMA,
Katsuharu SATO, Masahiro IWASAKI, Mitsuhiro MINAKAWA and
Naoki TOGAWA

Although the area has no human damage attacked by Fukushima earthquake tsunami on 22th November, 2016 in Japan, the event has different characteristics from recent tsunami. In this paper, we have conducted questionnaire survey on residents in inundation area at the 2011 Great East Japan Earthquake and tsunami in Ishinomaki City, Miyagi Prefecture to clarify tsunami evacuation behavior. The results are as follows. 1) At the rate of resident evacuated in the survey area was 41.2%. 2) Half of the evacuees by cars caused a delay in traffic jam at the multiple site in the city. 3) Residents who have high risk awareness of tsunami occurrence, experience of high damage in the 2011 disaster and participant of evacuation drill hold by the city evacuated the event more than not.