

# VR 津波避難訓練における率先避難による避難行動の変化

塩崎大輔<sup>1</sup> 橋本雄一<sup>2</sup>

## 概要:

本研究は、北海道函館市の観光地を対象都市、VR 疑似避難訓練システムを活用した疑似避難訓練を行い、率先避難者の存在が訓練参加者の行動変化と、システムの課題を検討することを目的とした。

その結果、まず率先避難者表示後に「直ぐに避難する」を選択し即避難行動に移った参加者が全体の約9割であった。函館駅方面を選択する参加者が全体の56.4%と最も多くなった。次いで、函館山方面の38.2%、開港通方面の5.5%となった。率先避難者が山へ逃げることを促し、またその位置を手で指示した上で、その方向に先行して逃げたにも関わらず、多くの参加者が函館山とは逆方向となる、函館駅方面を目指す結果となった。しかし、事前事後のアンケート結果の変化から、率先避難者の存在の重要性を認識させるうえでは一定の効果があったと考えられる。

課題としては、VETシステム運用上の課題として、ブラウザでの運用が方向感覚を失わせやすくしている点、夜間という条件が率先避難者を視認しづらくしている点などが挙げられた。今後は今回の訓練で得られたデータを元にシステムの改良を進めるとともに、訓練方法の見直しや評価手法の再検討を行っていく。

キーワード: 津波避難, VR, 地理情報システム, 防災

## Changes in Evacuation Behavior Caused by Proactive Evacuees in VR Tsunami Evacuation Training

DAISUKE SHIOZAKI<sup>†1</sup> YUICHI HASHIMOTO<sup>†2</sup>

### 1. はじめに

日本では東日本以降、津波災害に対する危機意識が高まり、国レベルから市民レベルまで様々な津波対策が議論されてきた。また西日本では南海トラフ巨大地震に伴う大津波、東日本では日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震にともなう大津波などが警戒されて、北海道千島海溝沿いの巨大地震に伴う津波被害想定は、最悪の場合10万人に達すると推計されている<sup>[1]</sup>、そして2024年1月1日に発生した令和5年奥能登地震では、東日本大震災以来の大津波警報が発表され、実際に到達した津波は能登半島に大きな被害をもたらした。このように、多くの都市が沿岸部に位置している日本では、津波対策が急務である。

こうした中で、津波避難における率先避難者の存在が着目されている。群馬大学大学院片田教授が提唱する「津波避難の三原則」の第三原則として「率先避難者たれ」が挙げられた<sup>[2]</sup>。東日本大震災においても、率先避難者がその他の避難者の避難行動を変化させた事例が報告されている。避難開始を促すのはもとより、より安全な避難先へ避難するにも、率先避難者の存在が重要であると考えられる。

そこで本研究は、北海道函館市の観光地を対象都市、VR 疑似避難訓練システムを活用した疑似避難訓練を行い、率先避難者の存在が訓練参加者の行動変化と、システムの課

題を検討することを目的とする。

### 2. 研究方法及び対象地域

本研究は先行研究で開発されたVR 疑似避難訓練システム(VETシステム)を利用する<sup>[3]</sup>。このVETシステムの疑似避難訓練に、率先避難者を表示するイベントを設定し、設定前の実験データと比較し、また避難訓練前後で実施されたアンケート調査結果と合わせて分析する。

対象地域は北海道函館市に位置する観光名所の1つである金森倉庫周辺とする(図1)。北海道函館市は北海道南部に位置し、古くから本州と北海道の玄関口として栄えてきた。2023年度12月時点での人口は240,218人であり、道内では札幌市、旭川市に次ぐ第3の都市である。2004年に戸井町・恵山町・楡法華村・南茅部町が函館市に編入合併し、現在の面積は677.87km<sup>2</sup>である。函館市を含め合併したすべての市町村が沿岸部に位置しており、津波発生時には被災する可能性の高い地域である。

合併以降の人口は毎年減少傾向にあるが、観光客数は2011年度から増加傾向にあり、2016年度には合併以来最も多い560.7万人を記録した。その後COVID-19の影響から、2020年には310万人まで落ち込んだものの、2022年には454万人まで回復している<sup>[4]</sup>。そして函館市における主要

<sup>†1</sup> 星槎道都大学  
Seisa Dohto University, Hokkaido 061-1196, Japan  
<sup>†2</sup> 北海道大学  
Hokkaido University, Hokkaido 060-0810, Japan

なホテルの多くは、函館駅から金森倉庫の間に位置している。このことから、対象地域周辺には多くの観光客が存在すると考えられ、こうした人々の避難行動を考えるのは防災・減災の観点からも重要であると考えられる。また、今回は夜間の避難を想定する。特に夜間は避難目標となる函館山が視認しづらく、率先避難者の行動が重要になると考えられるためである。

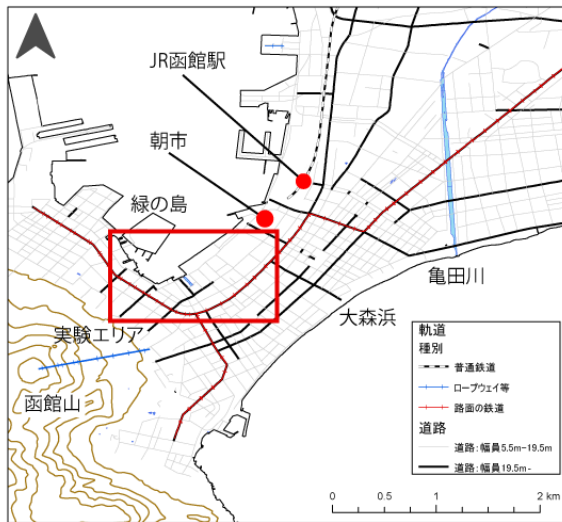


図 1 函館駅外観図

### 3. 疑似避難訓練概要

疑似避難訓練で使用されるシステムは、先行研究にて開発された VET システムである。mozilla が提供するオープン WebVR フレームワークである A-frame を元に開発をされており、Web ブラウザでの運用も可能である。

システムの訓練フェーズは3つに分けられる。まず第1フェーズでは VET システム内で動画を配信し、訓練内容及び VR 空間内で自分がどのような状況に置かれているのかを説明する。北海道函館市を対象とし、参加者は函館観光に訪れたという状況を想定し、函館市の中でも有名な観光名所の1つ、金森倉庫から津波避難行動を行うというシナリオである。

第2フェーズでは VR 空間内で地震を発生させるが、先行研究ではその後すぐに避難行動に移るのではなく、発災時にどのような行動をとるのかを選択形式で表示していた。

今回は、この選択肢の前に率先避難者が表示され、「津波が来るからすぐに避難すること」と「函館山に逃げる」ことを、身振りを交えて説明したのち、率先避難者が函館山方面に走って逃げる動画が流される。

その後「直ぐに避難する」と「周囲を確認する」という選択肢を表示する。「直ぐに避難する」を選択した場合、避難訓練フェーズに移行する。「周囲を確認する」を選択した場合、「周りの様子を確認する」、「スマートフォンを確認する」、

「ホテルに戻る」、「避難する」という4つの選択肢を用意し、選択された内容に即した情報が VR 空間上に表示されるように設定する。

第3フェーズでは疑似避難訓練を行う。避難訓練対象地域は北海道函館市における観光名所の1つ、金森倉庫周辺とする。疑似避難訓練では金森倉庫を出発点とし避難所にたどり着くか、もしくは浸水領域から離れた場合に訓練終了とする。

## 4. 率先避難者有無による避難行動変化

### 4.1 事前アンケート結果

札幌市内の大学において開講された地理学関連講義を受講する61名を対象都市、疑似避難訓練を行った。事前のアンケートにおいて「避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか?」という質問を用意し、「避難所位置の確認」「避難ルートの確認」「率先避難者の存在」「避難行動の速さ」「周囲の人とのコミュニケーション」「災害情報収集の手段」「事前の防災学習」「その他」という8つの選択肢を用意した。

最も多かった回答が「避難ルートの確認」で37.3%、次いで「避難所位置の確認」の28.8%であった。なお、この割合は過去に行った同じアンケート項目と同様の割合を示している<sup>[5]</sup>。とそして今回着目している「率先避難者の存在」に関しては、「その他」の選択肢を除いて、唯一回答者がいない結果となった。このことから、避難を防災・減災を考える上で、一般に率先避難者は重要視されていないという傾向が見られた。

### 4.2 疑似避難訓練結果

次に疑似避難訓練結果を見ていく。先に述べたように、避難訓練内では避難行動フェーズに移る前に、率先避難者が現れ避難を促す動画を表示した。まず率先避難者表示後に「直ぐに避難する」を選択し即避難行動に移った参加者が全体の約9割であった。2021年に行った疑似避難訓練では、夜間の避難訓練において即避難行動を実施した参加者が全体3割弱だったため、率先避難者の存在が避難行動開始の意思決定に作用したと推測される。しかし、2021年に行った訓練と今回の訓練とは、選択肢の順番が異なる。2021年の訓練では「避難する」という選択肢が最も右側にあった<sup>[6]</sup>。対して、今回の実験では2択となり、「直ぐに避難する」という選択肢が左側に来ていた。この差異には留意する必要があると考える。

避難訓練フェーズでは、まずスタート地点における訓練参加者の行動に着目した。スタート地点からは、函館山方面・函館駅方面・開港通(海と反対側)方面の3つのルートが選択できる。結果、函館駅方面を選択する参加者が全体の56.4%と最も多くなった(図2)。次いで、函館山方面

の38.2%、開港通方面の5.5%となった。率先避難者が山へ逃げることを促し、またその位置を手で指示した上で、その方向に先行して逃げたにも関わらず、多くの参加者が函館山とは逆方向となる、函館駅方面を目指す結果となった。

最終的には、函館山方面に逃げた参加者が全体の60%となり、駅方面に位置する津波避難ビルに到達した参加者が38.2%となった。函館山方面に逃げた参加者も、津波避難ビルを目指していたわけではなく、その後に迷いながらも函館山にたどり着く様子がログから見られた(図3)。このように率先避難者を表示し、避難先を誘導したにも関わらず、参加者が独自の判断を行う結果が得られた。

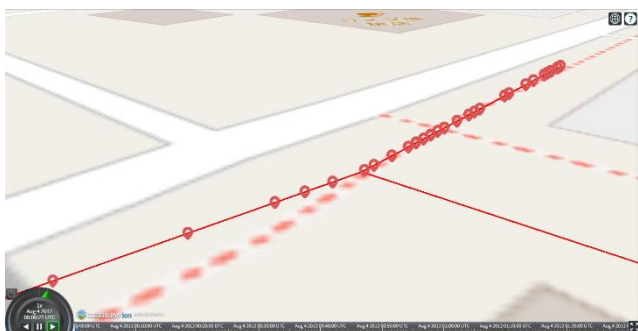
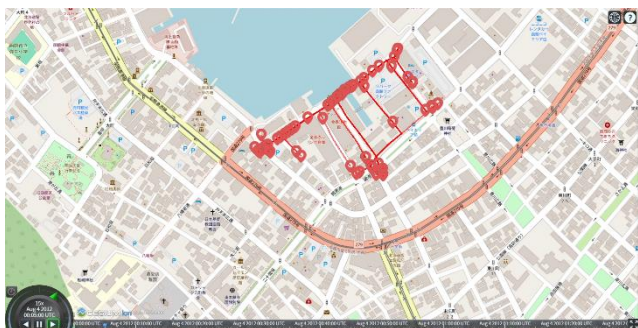
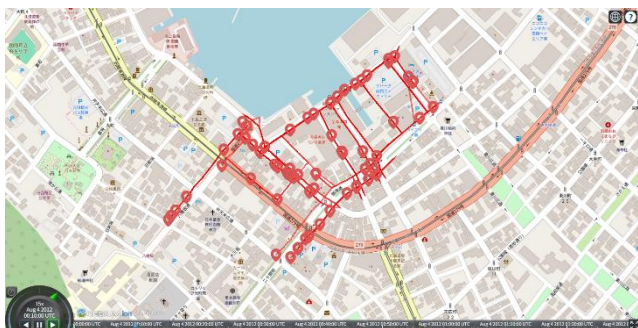


図2 スタート地点からの避難ログ



地震発生5分後



地震発生10分後

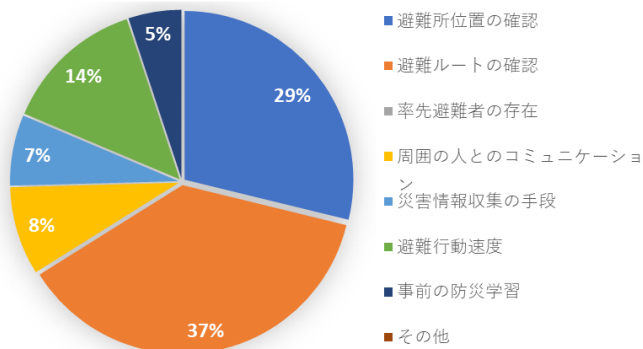
図3 疑似避難訓練における避難行動ログ

### 4.3 事後アンケート結果

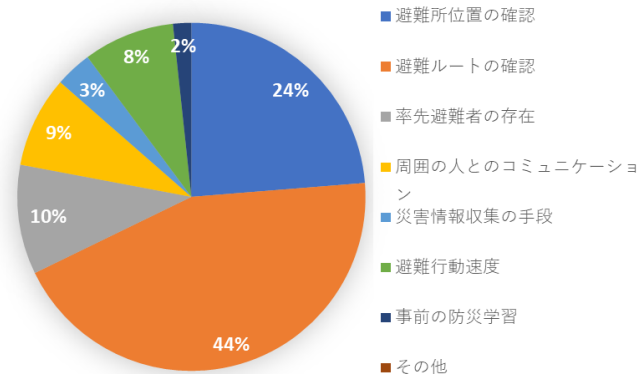
訓練終了後、再びアンケート調査を行った。まず「率先避難者の姿は確認できましたか?」という質問に対して、83.6%が「はい」と答えた。つまり、率先避難者の姿を確認し、その様子を見たうえで、率先避難者と逆方向に向かう参加者が多数を占めたことになる。

「率先避難者の話を聞いて、すぐに避難することを決めましたか?」という質問に対しては、91.8%の参加者が「はい」を選択した。避難行動を促す上では、率先避難者が重要な要素となったことが伺える。

また「今回の避難訓練を通して、避難行動を考える上で最も重要だと思ったことはなんですか? 下記の中から一つ選んでください。」という、事前アンケートの項目と同様の質問を用意した(図4)。その結果、「避難ルートの確認(44.1%)」「避難所位置の確認(23.7%)」と事前アンケート同様選択者が多かったものの、事前アンケートでは選択者がいなかった「率先避難者の存在」を10.2%の参加者が選択した。率先避難者を意識させることには、一定の効果があったのではないかと考える。



事前アンケート



事後アンケート

図4 避難行動における重要度に関するアンケート結果



#### 4.4 疑似避難訓練の課題

今回の疑似避難訓練では率先避難者を表示し、避難先まで誘導したものの、参加者が独自の判断を行うといった傾向が見られた。まず VET システム側からこの要因を考えていく。まず、VET システムは VR という性質上、本来はヘッドマウントディスプレイを装着して体験するものである。しかし今回の訓練では参加者が多く一斉に避難訓練を行うため、ブラウザ上での避難訓練とした。そのため、VR 空間上での現在地及び方向感覚が掴みづらいことが要因として挙げられる。また、率先避難者を視認してから行動フェーズに入る際に視点がリセットされることも、参加者が方向感覚を失う要因になったのではないかと推測される。実行環境によっては、避難行動と周辺画像の表示速度にズレが出ることも、要因として挙げられる。

そして夜間訓練に合わせて、率先避難者の動画を夜間に撮影したため、光量が足りず解像度が昼間に比べて下がってしまうという問題もあった(図5)。これはブラウザの表示サイズによっては、率先避難者の行動が視認しづらかったのではないかと考えられる。



図 5 VET システム上の率先避難者の様子

次に訓練参加者の立場から、この課題について考えていく。先のアンケートにもあったように、率先避難者の指示に従って避難開始を決めた参加者が多く、率先避難者に何らかの不信感を持ちその行動に従わなかったということは考えづらい。事後アンケートでは函館市訪問経験の有無を質問しており、75.4%の参加者が函館市の訪問経験ありと答えた。その内、62.5%がシステム上の景色に見覚えがあると答えている。この函館市の記憶が行動に影響を与えた可能性も考えられる。特に、観光客ほど函館山とは逆の北海道本島を目指す傾向が過去にも見られており、津波の浸水想定範囲を過小評価することで、内陸側を目指すという判断をとったこととも考えられる。

#### 5. おわりに

本研究は、北海道函館市の観光地を対象都市、VR 疑似避難訓練システムを活用した疑似避難訓練を行い、率先避難者の存在が訓練参加者の行動変化と、システムの課題を検討することを目的とした。

率先避難者の存在を想定した疑似避難訓練では、参加者が率先避難者の存在を認識し、避難指示に従う傾向は見られたものの、避難ルートを選択といった行動に対しての影響は少なかった。しかし、事前事後のアンケート結果の変化から、率先避難者の存在の重要性を認識させるうえでは一定の効果があったと考えられる。

その課題としては、VET システム運用上の課題として、ブラウザでの運用が方向感覚を失わせやすくしている点、夜間という条件が率先避難者を視認しづらくしている点などが挙げられた。

今後は今回の訓練で得られたデータを元にシステムの改良を進めるとともに、訓練方法の見直しや評価手法の再検討を行っていく。

**謝辞** 本研究を進めるに当たり、北海道大学文学部の学部生及び大学院生のみなさまには調査員としてご協力いただきました。ここに記して深謝いたします。なお、本研究は、建議研究「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第二次)」の課題研究「地理空間情報の総合的活用による災害への社会的脆弱性克服に関する人間科学的研究」(代表者：橋本雄一、課題番号：HKD07)及びJSPS 科研費(基盤研究C)「ブラックアウト・ホワイトアウトを考慮した千島海溝地震の津波避難モデル構築」(代表者：橋本雄一、課題番号 22K0104002)、JSPS 科研費(基盤研究C)「港湾都市における津波率先避難の行動モデル構築とシミュレーション分析」(代表者：深田秀実、課題番号 23K00969)における成果の一部である。

#### 参考文献

- [1] “日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震の被害想定について”。  
[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/7/0/5/6/7/6/\\_/日本海海溝千島海溝被害想定.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/7/0/5/6/7/6/_/日本海海溝千島海溝被害想定.pdf), (参照 2023-7-25).
- [2] “特集 津波防災の推進について”。  
[https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/80/special\\_01.html](https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/80/special_01.html), (参照 2024-2-1).
- [3] 塩崎大輔, 橋本雄一. WebVR を用いた疑似津波避難訓練システムの開発. 研究報告情報システムと社会環境 (IS), 2018-IS-146(4), 2018.
- [4] “来函観光入込客数推計”。  
[https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2015062500021/file\\_contents/2015062500021\\_hk\\_docs\\_2015062500021\\_files\\_R4irikom i.pdf](https://www.city.hakodate.hokkaido.jp/docs/2015062500021/file_contents/2015062500021_hk_docs_2015062500021_files_R4irikom i.pdf), (参照 2024-2-1).
- [5] D.Shiozaki, Y.Hashimoto. System Development for Tsunami Evacuation Drill Using ICT and Tsunami Inundation Simulation Data. Journal of Disaster Research, Vol.19, 2024.
- [6] 塩崎大輔, 橋本雄一. 地理総合に向けた大学教育における VR 防災教育システムの利活用. 研究報告情報システムと社会環境 (IS) 2021-IS-157(5), 2021.