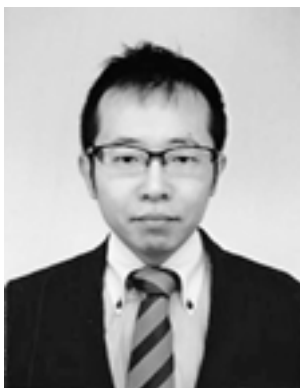


## ICTを援用した津波防災教育システムの開発と避難訓練での利活用



塩崎 大輔 (しおざき だいすけ)

北海道大学大学院文学院人間科学専攻地域科学講座  
地域科学研究室博士課程

2011年、北海道大学大学院文学研究科博士前期課程修了。現在、同博士後期課程在学中。津波防災システムの研究開発、スキーリゾート開発に関する研究に従事。これまでに国土地理院防災アプリコンテスト「観光防災チャレンジ賞」、北海道オープンデータGIS大賞「NTTグループ賞」、INKATHON with DOCOMO & Fujitsu「Third prix」受賞。

### 1 はじめに

東日本大震災以降、日本では地震や津波といった巨大災害に対する防災・減災意識が高まり、国や地方自治体、そして個人といった様々なスケールで防災・減災に対する取り組みが議論されてきた。近年では情報通信技術を利用した防災訓練が取り組まれており、中でも広がりを見せているのが、シェイクアウト訓練\*1である。北海道では2012年から北海道庁が北海道の地域・組織・住民に対して、一斉訓練に参加するよう啓発活動を行っている。防災の日に合わせて2017年9月に実施されたシェイクアウト訓練では、北海道の登録サイトに185,513人の登録があるなど、訓練の広がりを見せていた（北海道庁, 2017）。

しかし避難行動者が自らの避難行動を振り返り、災害情報と合わせて議論するようなフィードバック学習を目的とした情報共有手法については未だ議論の余地があると考えられる。情報通信技術を利用することの利点の一つに、リアルタイムで情報を収集し共有できることが挙げられ、訓練後に行われる防災教育や講演会等で利用できるシステムは、避難訓練者が自身の行動を振り返る上で有用であると考えられる。

他方で一斉避難訓練形式はいくつかの問題を抱える。その1つが参加率の問題である。大和ハウス工業株式会社が2017年に行ったアンケート調査では、5年以内に防災訓練の参加経験を持つ回答者は全体の39.2%という結果が出た。

もう1つは参加者の安全面も考慮した場合、訓練に最適な条件を選びがちであるということである。悪天候の場合は中止になることもあり、また夜間の避難訓練などが行われない地域も多い。しかし北海道で2018年9月に発生した北海道胆振東部地震は、発災時間が深夜であった。さらに火力発電所停止に伴う一斉停電（ブラックアウト）が発生しており、防災・減災対策はこのような不測

#### \*1 シェイクアウト訓練

2008年にアメリカ合衆国の南カリフォルニア州で生まれた、地震の一斉防災訓練。指定日時に届く電子メールを合図に、「そのときにいる場所」で地震が発生したと想定してとっさに身を守る訓練。

の事態も想定しなければならないと改めて認識させられた。

## 2 防災教育システムの開発

こうした課題を解決するため、本研究はICT及びWeb技術を用いて津波防災教育システムを開発し、実験を通してシステムの効果及び課題を検証することを目的とする。本研究ではまずICT及びWeb技術を用いた2つのシステムを開発する。1つ目は実際に行われる避難訓練の情報を地図上に可視化し、訓練参加者にフィードバックする避難訓練可視化システムである。2つ目はWebVR技術を用いることにより、仮想空間上で擬似避難訓練を行うことのできるシステムである。

本研究はこれらのシステムを開発して、実空間での集団避難訓練及び擬似空間での避難訓練を行う。そして訓練結果から得られたデータを分析し、津波避難行動の課題を明らかにすることを旨とする。まず避難訓練可視化システムの検証を行う。この検証では北海道釧路市において津波集団避難訓練を行い、訓練時の情報を避難訓練可視化システムにて収集・可視化する。そして訓練後に訓練結果を津波浸水の時間発展データと合わせて可視化し、参加者にフィードバックする時間を設ける。フィードバック学習の前後でアンケート調査を行うことにより、次に擬似避難訓練システムの検証を行う。擬似避難訓練システムは大きく分けて2つの実験を行う。1つはGoogle社が提供するGoogleStreetViewのデータを用いて、北海道厚岸町における夏季昼間の空間をVR上に再現する。次に北海道函館市における冬季夜間の空間をVR上に再現し実験を行う。実験から得られたデータをもとに、実験参加者が非日常空間における避難時、どのような行動をとるのかを見ていく。擬似避難訓練に関して、本稿は後者の実験結果を示す。

避難訓練可視化システムは避難訓練参加者の軌

跡情報をリアルタイムに収集する端末アプリと、訓練結果を津波浸水想定データ等の災害関連情報と合わせて表示する可視化アプリから構成される。可視化アプリの特徴はWebGISライブラリであるCesium（セシウム）<sup>\*2</sup>を用いることにより、移動軌跡や津波浸水の変化を動的に可視化できるという点にある。自治体などで実施される一斉避難訓練はあらかじめ訓練日時と状況が周知されており、考えられる最短の時間で避難行動が開始される。しかし実際の災害発生時では、発災時緊急避難行動や状況把握などを行った後に避難行動を行うため、避難訓練時よりも避難行動開始時間が遅くなることが考えられる。この状況を再現するために、可視化機能は分単位で避難開始を遅らせることができる。

擬似避難訓練システムはスマートフォンやVRヘッドセットなどを利用し、仮想空間上に避難訓練地域の全周画像を投影することで疑似的に避難訓練を行うシステムである。これらの機能は全てWebVR技術を利用し実装される。特に幅広いユーザの利用を想定し、スマートフォンなどマルチプラットフォームで可動する汎用性の高いシステムを目指す。

WebVRフレームワークにはMozilla（モジラ）<sup>\*3</sup>がサポートするA-Frameを利用する。VR空間上に投影する背景画像は、GoogleStreetView及び、360度カメラで撮影された画像を任意に設定できるようにする。GoogleStreetViewは日本全国の道路周辺画像がそろっており、場所を問わず利用が可能である。しかし基本的に車載カメラで撮影されているため、画像が車道上を中心としており、歩行避難とは異なった視界となる。また、ほぼすべての画像が日中の視界が良好な条件で撮影されており、夜間や風雪時といった条件での訓練ができない点が課題であった。近年では360度カメラが市販されており、本システムはこうしたカメラで撮

\*2 Cesium（セシウム）

ウェブブラウザ上のバーチャル地球儀に情報を可視化するプラットフォーム。

\*3 Mozilla（モジラ）

オープンソースのWebブラウザの開発などを行うアメリカの非営利団体。同団体の手がけるプロジェクトやソフトウェアなどのブランド名。

影した画像を利用することでこの課題を解決した。

### 3 可視化システムを利用した集団避難訓練

ここでは2018年6月29日及び6月30日に、北海道釧路市及び厚岸町で実施された津波集団避難実験結果と支援システムの運用結果をまとめる。訓練は2018年6月29日に釧路市で2箇所、2018年6月30日厚岸町で1箇所、計3箇所にて実施された。実験開始と同時に各端末の位置情報がリアルタイムで収集され、可視化機能によりWebブラウザを介して確認することが可能となった。この一次情報及び津波浸水想定データを基に、参加者に対するフィードバック学習を行った。



フィードバック学習の様子

フィードバック学習はプロジェクターに映し出された内容を基に説明を行う講義形式で行った。まず支援システムにより可視化された訓練結果を参加者に示し、その後詳細な説明を行った。1回目の避難実験では、訓練中に集団の避難速度が変化し、信号の切り替わりと共に行動速度が速く信号を渡り切った集団と、信号で立ち往生した集団に分断された。信号で足止めされた集団はその後、避難ビルにたどり着く直前で浸水エリアと重なるという結果を可視化システムにて示し、避難の遅れが被災につながるリスクを説明した。

次にフィードバック学習前後に行われたアンケート調査結果をまとめる。まず訓練の成否を自



フィードバック学習時の可視化画面

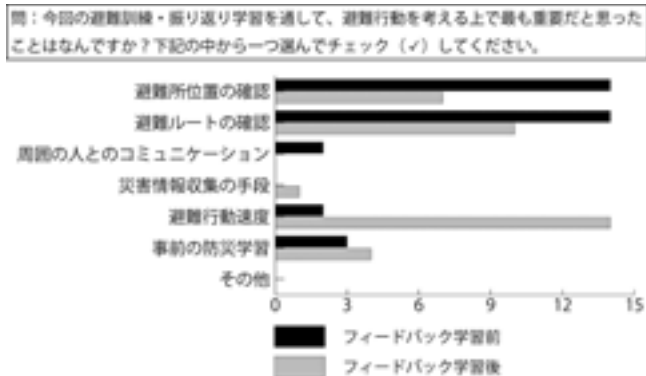
己評価する「今回の避難訓練では、迅速な避難ができたと思いますか?」という問いに対して、フィードバック学習前では50%の参加者が「はい」を選択した。選択理由欄では「問題なく普通で移動できたから」や「経路をしっかりと理解していたため。皆と同じ方向に進んでいたため安心することができた」と記載されており、迷いやその他の要因による行動の遅れが出なかったことが、迅速な避難と考えた要因であったと推測される。

フィードバック学習後に行ったアンケート調査では、「はい」を選択した参加者が29%、「いいえ」を選択した参加者が71%であった。評価を改めた参加者は一回目のアンケートでは「はい」を選択した参加者であった。選択理由の変化については、「津波が予想以上に早く浸水した」「津波の浸水予測とのオーバーレイの映像を見たときに、避難が間に合っていないと感じた」と回答にあるように、浸水エリアと避難者が重なるといった客観的データに基づいたといえる。

最後に避難行動時の重要項目に対するアンケート調査結果を見ていく。フィードバック前では「避難所位置の確認」と「避難経路の確認」を選択した回答者がそれぞれ40%であった。しかしフィードバック学習後の調査結果では、「避難行動速度」を選択した39%であった。次いで「避難経路の確認」



が28%、「避難所位置の確認」が19%であった。またフィードバック前では選択した参加者がいなかった「災害情報収集の手段」が3%となった。



フィードバック学習前後のアンケート調査結果

#### 4 積雪期夜間を想定した疑似避難訓練実験

疑似避難訓練システムを利用し、北海道でも有数の観光地である函館市沿岸部における積雪期夜間の疑似避難訓練実験を行った。今回の実験では金森倉庫を避難開始地点とし、積雪期夜間という条件が設定された。金森倉庫から避難する際の避難先候補は2つある。



VR空間上の疑似避難訓練開始地点の様子

1つは金森倉庫から最も近い避難ビルであるラビスタ函館ベイホテルである。特に夜間は、客室の明かり等が避難の目印になると考えられる。2つ目は函館山である。函館山周辺は金森倉庫から近く、なおかつ標高も高いため、函館山に至る坂を上れば津波浸水領域から外れる。函館山は昼間

であれば金森倉庫からもよく見えるため、避難先に選択するという判断ができる。しかし夜間になると函館ロープウェイの光が見える程度であり、この光も降雪時になると確認しづらくなる。最初の避難先選択をどう判断するのかを検証することも、今回の実験の目的とする。なお本実験に使用する背景画像は2019年2月13日に撮影した画像を使用する。



疑似避難訓練中の参加者の様子

本実験は2019年2月27日と2019年3月13日の2回に分けて、20代から50代の参加者8名を対象に行った。まず訓練開始地点からの経路選択は、津波避難ビルに指定されているラビスタ函館ベイホテルに進む道と、函館山に進む道に分かれる。参加者のうち、6名は最初の選択でラビスタ函館ベイへ向かう経路を選択し、2名は函館山に向かう経路を選択した。開始地点から周囲を見渡したとき、ラビスタ函館ベイははっきりと参加者に視認できるが、函館山は降雪の影響もあり山の稜線が確認できない状態であったため、避難ビルあるいは内陸部を目指す参加者が多かった。

また参加者全員に行った函館山への避難訓練では、8名中7名が最短避難経路から外れる結果が得られた。最も多かったのが、避難開始後、函館湾から離れる経路を選択した参加者である。

海から直ちに離れるということは津波避難時の基本だが、函館山は陸繋島<sup>りくけいとう</sup>\*4であり、金森倉庫はその陸繋砂州<sup>さす</sup>上に位置している。そのため函館湾の

\*4 陸繋島

島が沿岸流によって運ばれた砂や岩石によって形成された砂州（陸繋砂州）によって、陸地とつながったもの。

反対側は太平洋に面する大森浜、つまりこちらも海岸線である。函館市が公開するハザードマップに記されている最大規模の津波想定の場合、浸水開始地点は函館湾ではなく大森浜側であり、実験参加者は海に近づいているだけではなく、津波浸水方向に進むという結果がこの実験から得られた。

## 5 おわりに

避難訓練可視化システムを運用した結果は概ね良好であった。フィードバック学習ではCesiumと地理院地図を用いて津波浸水の時間発展と合わせて訓練結果を可視化することにより、訓練時に感じられないような災害に対する危機感や警戒意識を改めて知る契機になることが期待できた。今後は例えばGusman他(2014)が提案するような細かいシミュレーションデータの利用なども検討していく。

疑似避難訓練システムに関してはA-Frameを利用することによって、Webアプリベースでのシステム開発を行うことができた。GoogleStreetViewや360度画像を利用することにより、共通基盤を用いて全国各地域のVR空間を再現することが可能となった。

疑似避難訓練では参加者の行動ログから、参加者の滞留ポイントや交差点での状況を再現することができた。積雪期夜間の疑似避難訓練では、視認できない高台よりも、視認しやすい高層津波避難ビルに避難者が集中する傾向が明らかとなった。そして函館市では海から離れようと経路を選択する参加者が多く、これは逆に浸水開始地点に近づいているという課題も明らかとなった。

今後は同様の実験を進めることによりデータ収集を行い、自治体などの防災計画や防災教育に活用できる分析を進めていく。合わせて建物倒壊や火災、土砂災害など地震発生時に併発する可能性がある現象の再現を行い、状況に応じて被災者の

行動がどのように変化するかを明らかにしていく。同時に、教育の現場や自治体の避難訓練、町内会のような自主防災組織の防災教育の中で本システムは活用できると考えられるので、社会実装も視野に入れたシステムの運用を目指す。

※ 本稿はサマリーであり、研究成果の詳細については、是非、下記をご覧ください。

塩崎大輔「ICTを援用した津波防災教育システムの開発と避難訓練での利活用」『北海道開発協会平成30年度助成研究論文集』（一財）北海道開発協会ホームページ。

### 参考文献

- 1) 生富直孝, 浅田拓海, Chawis Boonmee, 有村幹治: 避難訓練プロブデータを用いた地域防災教育支援ツールの構築. 土木学会北海道支部論文報告集, 2016, 52, p. 265-270.
- 2) 奥野祐介, 橋本雄一: 積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析. GIS-理論と応用, 23(1), p. 11-20 (2015)
- 3) 大和ハウス工業: “今年の「防災の日」は、おうちで防災訓練しよう”.  
<https://www.daiwahouse.co.jp/column/technology/bousai/>, (参照 2019-3) .
- 4) 内閣府: “中央防災会議防災対策推進検討会議南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ:南海トラフ巨大地震対策について(最終報告)”.  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku\\_wg/pdf/20130528\\_honbun.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg/pdf/20130528_honbun.pdf), (参照 2019-3) .
- 5) “北海道シェイクアウト2017”. <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/shakeout/2017.htm>, (参照 2019-3) .
- 6) Aditya Riadi Gusman, Yuichiro Tanioka: Effectiveness of Real-Time Near-Field Tsunami Inundation Forecasts for Tsunami Evacuation in Kushiro City, Hokkaido, Japan. V. Santiago-Fandiño et al, Post-Tsunami Hazard, Springer, 2014, p.157-177.