

津波浸水想定データを援用した避難訓練可視化システムの開発と利活用
橋本雄一・塩崎大輔

Development and Utilization of the Tsunami Evacuation Visualization System

Yuichi HASHIMOTO and Daisuke SHIOZAKI

Abstract: This study aimed developing Tsunami Evacuation Training System and evaluating the system. This study developed the system using ICT and WebGIS and experimented on tsunami evacuate training in Kushiro city and Wakkanai city. The system visualizes tsunami data and evacuee's location with animation on web map using WebGIS. We were able to immediately evaluate the evacuation drills by visualizing the actions of the evacuees in real-time. In addition, we were able to feed back the result and evaluation of evacuation drills to participants.

Keyword : 可視化 (visualization), WebGIS, 津波避難 (tsunami evacuation), 防災教育 (disaster management education)

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激甚災害に対する関心が高まり、国、地方自治体、個人など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いる。2012年3月27日に閣議決定された地理空間情報活用推進基本計画（第2期）からは、GIS、地理空間情報、衛星測位の中核的課題の1つに災害対策が位置づけられ、防災・減災への情報通信技術を利用が推奨されている。特に、2017年10月10日に種子島宇宙センターから打ち上げられた「みちびき4号機」で準天頂衛星システムは4機体制になり、高精度の衛星測位が可能となりつつある。

このような環境において、現在では情報通信技術を活かした防災への取り組みが行われている。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。

そこで本研究は避難訓練結果の情報共有するための避難訓練可視化システムを開発し、集団避難実験における運用を通して、情報共有システムの効果及び課題を検証することを目的とする。

2. 研究方法及びシステム概要

2.1 研究方法

本研究ではまず移動軌跡情報を送信する端末アプリと、受信した軌跡情報を格納しWebGIS上に可視化する避難訓練可視化システムを開発する。次に、北海道釧路市及び稚内市の津波浸水地域にて津波集団避難実験を行い、その中で避難訓練可視化システムを運用する。実験後にそれぞれ避難軌跡及び津波浸水データを可視化し、避難実験参加者に対して実験結果をフィードバックする。最後に参加者に対して、フィードバック前後にアンケート調査を行い、その調査結果からシステムの効果及び課題を検証する。

2. 2 避難訓練可視化システム概要

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 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。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な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。位置情報収集アプリは起動されると 5 秒間隔で位置情報を収集し、モバイルネットワーク機能を通じて 1 分毎に Web サーバに送信する。

本システムが避難行動を可視化する際に利用する背景地図は、国土交通省国土地理院が提供する地理院地図である。

津波浸水想定データは北海道危機対策局危機対策課から提供された、北海道沿岸部に最大想定津波浸水を想定したシミュレーションデータを利用する。

3. 集団避難実験及び避難軌跡可視化結果

3. 1 実験概要

津波集団避難実験は 2018 年度と 2019 年度にそれぞれ実施された。2018 年度は北海道釧路市で 2 ルート、厚岸町で 1 ルート設定し、北海道大学文学部で開講された地域システム科学演習を受講した学部生、院生の 36 名が参加した。この実験に関しては、奥野ほか (2018) が集団避難行動の分析結果と合わせて発表しているのをそちらを参照されたい。

2019 年度の実験は、稚内市で避難経路を 3 ルート設定し、北海道大学文学部の学部生、院生の 38 名が参加した。3 ルート目は津波災害と合わせて、地震に伴う土砂災害が発生するという複合的な要因を設定した。この実験では、土砂災害危険

エリア前に運営スタッフが待機しており、実験参加者が土砂災害危険地域に近づくとスタッフが土砂災害のため通行止めになっていること、そしてスタッフの誘導に従って避難するよう参加者にアナウンスし避難経路を変更した

3. 2 システムによる可視化とフィードバック

実験後に参加者に対して避難実験結果をフィードバックする時間を設けた。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 (図 1)。



図 1 フィードバック学習 (2018 年 7 月 1 日撮影)

2018 年度の釧路市の実験では、訓練中に集団の避難速度が変化し注目しフィードバック学習を行った。例えば 1 回目の実験では参加者が、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ったという結果を支援システムにて示し、避難の遅れが被災につながるリスクを説明した (図 2)。

稚内市の実験では、浸水エリアの変化が津波発生場所によって異なるという特性に着目してフィードバック学習を構成した。稚内市が想定する津波浸水の開始時間は、北海道が津波浸水想定計算に利用した津波断層モデル F01 で 15 分、F02/F03 連動モデルで 36 分とされている。しかし F01 は浸水開始 15 分頃に比較的小規模な浸水が



図2 釧路市実験結果可視化画面



図3 稚内市実験結果可視化画面

発生し、その1時間後に宗谷湾内で勢力を増した津波が再び浸水を発生させるという特徴が挙げられる。このような湾内で津波の勢力が増す現象は、函館湾でも見られる現象であるが、ハザードマップからはそうした特徴は読み取れない（塩崎・橋本, 2017）。ここに土砂災害等複合的な要因をシステム上でシミュレーションし説明することで、多様な状況を参加者にフィードバックすることができた（図3）。

4. フィードバック学習の効果

4.1 釧路市におけるフィードバック学習

ここでは釧路市避難実験後に行われた、フィードバック学習前後のアンケート調査結果をまとめる。アンケート項目はまず「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「はい」または「いいえ」で回答し、その理由を自由記述で回答してもらった。次に「今回の避難訓練・振り返り学習を通して、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？」という問いに対して7つの選択肢を用意し、その理由を自由記述で記載してもらった。

まず訓練の成否を自己評価する問に対して、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。1回目の実験では、浸水が迫る前に避難できた参加者は3名だったが、支援システムを利用する前では評価基準が乏しかったためと考えられる。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。浸水エリアと避難者が重なる客観的データの可視化により、参加者の評価が変化した。

次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。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。津波浸水の時間発展と自身行動をあわせて確認することにより、よりすばやく避難を行うことが重要であるという認識を持ったことが、行動速度を重要視した一つの要因ではないかと考えられる。

問：今回の避難訓練・振り返り学習を通して、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チェック（✓）してください。

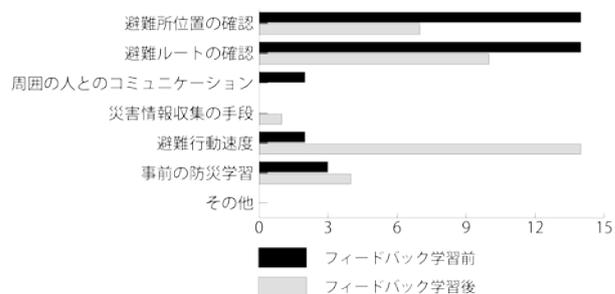


図4 避難行動時の重要項目に対するアンケート調査結果（2018年度）

4. 2 稚内市におけるフィードバック学習

稚内市のフィードバック学習前後でも、釧路市と同様のアンケート調査が行われた。まず学習前の避難訓練成否に関しては、回答者 28 名中「はい」を選択した参加者が 68%であった。特に 3 回目の実験結果から、6 名の参加者がスタッフの誘導にスムーズに対応できた点を評価した。学習後のアンケートでは、「はい」が 54%に対して、「いいえ」が 46%と増加した。評価を改めた 4 名のうち 3 名は、複合災害に対する意識がなかった点を理由として挙げ、1 名は避難速度を理由に挙げている。

次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（図 5）。「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 42%であった。釧路市の結果と合わせてみても、避難訓練参加者の重要視する項目は、この 2 項目に絞られることが明らかとなった。しかしフィードバック学習後の回答では、避難所位置が 25%、避難経路が 32%と比率を下げた。最も割合を増やした項目が「事前の防災学習」で、4%から 25%となった。次いで「避難行動速度」が 7%から 14%となった。2 度浸水が起こるといった津波の特徴や、複合的な災害といったそれまで知られていなかった内容が、参加者の意識に強く残ったのではないかと考えられる。

問：今回の避難訓練・振り返り学習を通して、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チェック（✓）してください。

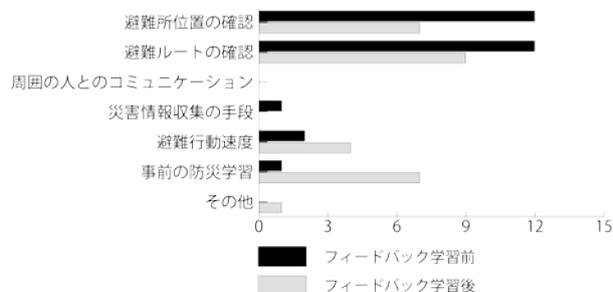


図 5 避難行動時の重要項目に対するアンケート調査結果（2019 年度）

5. おわりに

本研究は避難訓練結果を可視化する避難訓練可視化システムを開発し、集団避難実験における運用を通して、システムの効果及び課題を検証することを目的とした。避難訓練可視化システムの運用はおおむね良好に進められた。特に端末側アプリの機能簡略化によって、参加者もアプリを意識することなく、避難行動を行うことができた。

システムを利用したフィードバック学習に関しては、動的な訓練結果と災害関連情報を可視化することによって、参加者の防災意識を変化させる効果があったと考えられる。まず、訓練成否の自己評価に関して、主観的な評価から客観的評価に変化した点が特徴として挙げられる。また、システムによる津波発生からの経過時間を意識した訓練結果の提示により、自身の避難速度や津波浸水の特徴といった点も参加者に意識させたことが評価できた。

謝辞

本研究を進めるにあたり、北海道大学文学部の学部生には、実験への参加などご協力いただきました。ここに記して深く感謝いたします。なお、本研究は、文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」、文部科学省科学研究費 基盤研究(C)「千島海溝地震による津波の避難行動モデル化と情報統合システム構築」（研究代表者：橋本雄一）、（一財）北海道開発協会研究助成「ICTを援用した津波防災教育システムの開発と実証研究」における成果の一部である。

参考文献

- ・奥野祐介，塩崎大輔，橋本雄一（2015）：GNSS を用いた津波集団避難実験と移動軌跡データ分析．地理情報システム学会講演論文集，24，CD-ROM.
- ・塩崎大輔，橋本雄一（2017）：オープンソースライブラリによる津波浸水に関する時間発展の可視化と利活用．情報処理学会研究報告，2017-IS-141，1-6.