

津波浸水シミュレーションを活用した多様なシナリオの避難訓練  
—メキシコ・シワタネホの小学校での実践

Evacuation drills under different scenarios based on tsunami inundation simulation  
-Practices of primary school in Zihuatanejo, Mexico-

○中野元太・矢守克也・宮下卓也・ウラルイサ・マスエリック・越村俊一

○Genta NAKANO, Katsuya YAMORI, Takuya MIYASHITA, Luisa URRÁ, Erick MAS, Shunichi KOSHIMURA

The study introduces the process of development of tsunami educational material called “four-screen tsunami evacuation drill movie clip” and its practical educational effect for formulating the evacuation strategy by school teachers. The movie clip is designed to display both evacuation behavior during the drill and tsunami inundation simulation. The development targeted for the primary school in Zihuatanejo de Azueta municipality, Guerrero state, Mexico. First author organized a workshop for teachers with the aim of sharing developed material and discussing the evacuation strategy. As a result, while teachers make the best effort to start the evacuation quickly towards the designated higher place, if the teacher judges insufficient time left to reach the designated area, the teacher changes to the vertical evacuation nearby building. Besides, teachers guide students to second floor of school building in case that evacuation behavior delays. Based on these strategies, second-floor evacuation drill was implemented and vertical evacuation drill also will be held in the near future.

### 1. 学校での津波避難訓練の課題

通常、学校で津波避難訓練を行うと、避難開始から完了までの時間が短縮されたかどうかや、どのような場所においても、適切な避難ルートを選択して避難できているかどうか、といったことに避難訓練の工夫と評価が集中する。たとえば、授業中に地震が発生したと想定し高台避難を行うという最もオーソドックスな避難訓練スタイルだけではなく、登下校時や休み時間、ときには抜き打ちで避難訓練を行って、その時間を計測することは、よく見られる例である。

しかし、いくら人間の動きを状況に応じて効率化・迅速化して避難時間を短縮したとしても、また人間のいる場所を多様化して避難ルートの選択肢を増やしたとしても、津波の動きを参照できなければ、避難訓練の成否は判断できない。また、人間の動きが○分遅れると、津波は○地点まで迫っている、といったように、人間の動きと津波の動きをセットで考えなければ、真に効果的な避難訓練や避難戦略立案にはつながらない。

### 2. 四画面避難訓練動画のコンセプト

そこで本稿では、津波避難訓練の様子を撮影した動画（すなわち人間の動き）と、津波浸水シミュレーション（津波の動き）とを同時に表示し、津波避難戦略について考察する教育ツール、すなわち四画面避難訓練動画を開発し、メキシコの小学校で活用した事例を紹介する。

ユレーション（津波の動き）とを同時に表示し、津波避難戦略について考察する教育ツール、すなわち四画面避難訓練動画を開発し、メキシコの小学校で活用した事例を紹介する。



図 1. 四画面避難訓練動画の構成

四画面避難訓練動画とは図 1 に示す通り、四分画した画面にそれぞれ異なる情報を同時に表示する。画面右下には学校での津波避難訓練において児童・生徒全体を訓練開始から終了まで撮影した映像を表示、画面左上には特定の児童を訓練開始から終了まで追跡撮影した映像を表示、画面左下には特定の児童による訓練開始から終了までの発話を表示、画面右上には訓練を行った場所の津波浸水シミュレーションと児童が逃げている位置を表示している。また画面中央には、津波避難訓練

開始からの経過時間が表示されている。この動画構成によって、人間の動きである児童・生徒の位置・行動と津波の動きを同時に可視化・表示し、避難戦略を検討することができる。

### 3. 四画面避難訓練動画の開発

四画面避難訓練動画をメキシコ合衆国ゲレロ州シワタネホ市ビセンテ・ゲレロ小学校での実践に基づいて開発した。同市は人口約 12 万人の中規模都市であり、地震・津波リスクが高いエリアにある。また市街地は海沿いの平野部に広がっており、同学校も海岸から約 30 メートルの海拔ゼロメートル地帯に位置している。そのため、第一著者を中心に、2016 年より同学校での地震・津波防災教育を実施してきた経緯がある。

四画面避難訓練動画の素材を撮影するため、2017 年 3 月 25 日に同学校では二回目となる津波避難訓練を実施した。避難訓練全体を第一著者が撮影し、特定の児童（6 年生の男子児童）をメキシコ国立防災センター職員が撮影した。児童らは避難訓練開始から約 2 分で校庭避難を完了し、約 17 分で事前に指定された避難場所に到達した。男子児童は避難訓練中も周囲の友人と励まし合い、津波浸水エリアがどこまで広がりうるかを想像しながら取り組んでいる様子が記録された。

津波浸水シミュレーションは、第三・第四・第五・第六著者（京都大学および東北大学）のチームによって作成された。同シミュレーションは 1995 年のハリスコ・コリマ地震をモデルとした確率論的津波ハザード評価（PTHA）に基づいている。シミュレーションはシワタネホ市における最悪の津波浸水域を採用した。同計算結果では、シワタネホ市街地への津波第一波到達は津波伝播発生から約 12 分 30 秒後であり、ビセンテ・ゲレロ小学校を含むシワタネホ市街地の大部分が浸水することが明らかとなった。

これらの素材を四画面避難訓練動画として編集し、さらに同動画を 3 つのシナリオに整理して教材化した。その概要を表 1 に示す。第一シナリオは、津波伝播の開始とほぼ同じタイミングで児童らが避難行動を開始したと仮定した。このシナリオでは、第一波が到達するときには全児童は既に高台へ向かう坂道の中腹におり、津波浸水域外に到達していることから、津波避難が成功していることが分かる内容である。第二シナリオは、児童らの避難行動の開始が第一シナリオから 6 分間遅

れたと仮定した。このとき、児童らは平野部から高台へと続く坂道の直前で津波に追いつかれること、また津波は後ろからではなくヨットハーバーのある前方から襲ってくる内容である。第三シナリオは、第一シナリオから 11 分避難開始が遅れたと仮定した。第一波到達が津波伝播開始から約 12 分 30 秒後であることからわかる通り、児童らが校庭避難を行っている際に津波が到達することがわかる内容となっている。

表 1. 四画面避難訓練動画の 3 つのシナリオ

シナリオ	避難開始のタイミング	避難状況・成否
第一	津波伝播開始とほぼ同時	避難成功
第二	津波伝播開始から 6 分後	高台の直前で津波に追いつかれる
第三	津波伝播開始から 11 分後	校庭避難時に津波到達

### 4. 避難訓練動画の活用と多様なシナリオの訓練

3 シナリオをビセンテ・ゲレロ小学校の教員らと共有し、津波避難戦略を考えるためのワークショップを 2019 年 6 月 6 日に実施した。ワークショップの場には、第一著者、教員のほかに現地市役所防災局職員も同行し、それぞれのシナリオに合わせた避難戦略について議論が行われた。

その結果、地震発生時に、教員らは指定された高台への避難を目指すことを基本戦略とすることを確認した。また、高台への避難時には地震発生からの経過時間を計測し津波到達前に高台まで到達することが難しいと判断した場合には、近くの高い建物へ垂直避難を行うこととなった（戦略変更①）。さらに、地震発生から相当時間経過した場合、高台避難ではなく学校校舎の 2 階部分への避難を行うこととした（戦略変更②）。これらの議論に基づいて、2019 年 11 月 20 日には、戦略変更②を想定して校舎 2 階部分への津波避難訓練が行われたほか、2020 年 3 月には戦略変更①を想定して垂直避難訓練が行われる予定である。

このように、人間の動きと津波の動きを同時に表示する教材は、津波避難戦略を更新し、多様な訓練を実施することにつながる。

謝辞 本稿の実践は JICA-SATREPS プロジェクト「メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究」(JPMJSA1510) の一部であり、同プロジェクト教育グループおよび津波モデリンググループの共同の成果である。