

## VR 技術と津波数値計算による津波防災ゲームの開発

東北学院大学	正会員	三戸部 佑太
東北学院大学	非会員	佐瀬 一弥
東北学院大学	学生会員	佐々木 元志
東北学院大学	非会員	岩佐 亮太

### 1. はじめに

2011年東日本大震災津波によって甚大な被害を受けて以来、様々なメディアを通して津波の性質やそれに対する対策・まちづくりについての情報に触れられる機会が増えた。巨大津波に対する対策として減災を目的とした「多重防御」の考え方が提唱され、被災した地域の復旧に際し実際に取り入れられてきている。津波数値シミュレーションは多重防御などの防災・減災効果を定量的に評価する上で重要なツールであり（大平ら、2016）、またその計算結果を可視化することは津波の性質やそれに対する各対策の意味の直感的な理解につながるものである。実際に多重防御を取り入れた防災まちづくりを行う上で、その地域の住民の理解を得ることは不可欠であり、また住民が各対策の意図や効果を理解することは被災時の迅速かつ適切な避難行動にもつながるものであろう。一方で津波数値シミュレーションのような有用なツールも専門知識・技術のない一般市民が直接扱うことは難しい。本研究ではVR技術を用いることで簡便な操作で津波数値シミュレーションの条件設定・実行を可能とし、さらに計算結果を3D画像として可視化できる環境を構築する。これを防災ゲームという形にすることで、中高生などの子供を含めた一般市民が触り、自ら考えながら津波の物理的な性質やそれに対するまちづくりについての理解・知識を深められる場を提供することを目的とする。

### 2. ゲームの概要

地形条件をステージとして設定し、その中に防護対象の建造物を設定する（図-1）。プレイヤーはこの防護対象を津波から守ることを目標に堤防をステージ上に任意に設置する。堤防設置完了後にその堤防条件を反映した津波数値シミュレーションを実施し、建物位置における水深・流速・流体力をもとに建物の破壊判定を行う。津波が通過するまでの間に建物が破壊されずに最後まで残った場合はクリアとし、途中で建物が破壊された場合ゲームオーバーとなる。

### 3. 津波数値計算方法

一般的に行われる津波遡上数値計算と同様に浅水流方程式と連続式に基づく平面二次元津波遡上計算を行う。堤防越流量は本間の越流公式により求めた。堤防の位置や高さなどの条件をVR技術により直感的なコントローラ操作により設定可能とし、その設定条件をテキストファイルを経由して津波遡上計算に反映させる（図-2）。プレイヤーが任意に堤防条件を設定可能であり、通常の堤防条件より複雑な堤防配置となることが考えられる。特に堤防周辺において計算が不安定になることを防ぐため、堤防周辺で11 m/s、全体で20 m/sの流速の制限値を設けた。

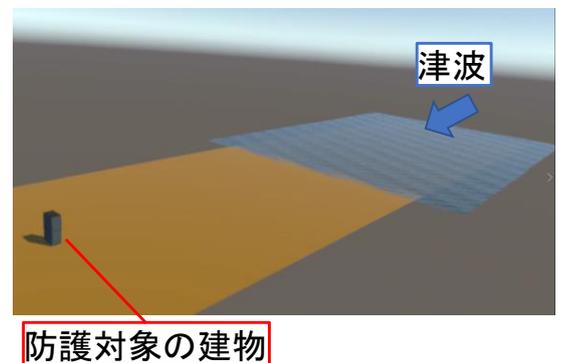


図-1 ステージ設定の例



図-2 VRを用いた堤防設置の様子

キーワード 多重防御, 浅水流方程式, 防災教育, 減災, 数値シミュレーション

連絡先: 〒985-8537 宮城県多賀城市中央1丁目13-1 東北学院大学工学部 mail: y\_mitobe@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

#### 4. 建物破壊条件の設定

防護対象の建物の破壊条件は津波被害関数(林ら, 2013)に基づいて設定した(図-3)。防護対象の構造物種別および目標とする被害率を設定し、これに対応する水深・流速・流体力を破壊条件として設定する。このいずれかの値が条件値を超える場合に防護対象の建物が破壊されると設定し、ゲームオーバーとした。

#### 5. ユーザーテスト

(1) 実施の流れ 開発した環境をもとに実際に東北学院大学機械知能工学科の2年生5名を対象としたユーザーテストを行った。冒頭で2011年津波による被災や将来の巨大津波来襲の可能性、津波対策を取り入れた防災まちづくりの必要性を簡単に説明し、その後VRゴーグルやコントローラの使用方法を説明してからゲームを開始した。

(2) 条件設定 実際に2011年津波で甚大な被害を受けた仙台平野の沿岸部の情報を参考に領域を沿岸方向500m、岸沖方向2kmとし、計算格子サイズは20mに設定した。このゲームでは入射波条件および防護対象の構造物種別、目標とする被害率で難易度が変化する。今回は2011年東日本大震災津波を参考に波高を設定し、また被害率を0.2で固定して、構造物種別により難易度を変化させた。ユーザーテストの対象とした5名のうち最初の3名を鉄筋コンクリート造(RC造)とし、残りの2名を木造とした。なお、全てのプレイヤーはその他のプレイヤーが実行する様子を見ることが可能な状態で連続して5名にプレイさせた。

(3) 結果 RC造の条件でプレイした初めの3名のうち2名がクリア、1名がゲームオーバーという結果となった。RC造の場合は破壊条件となる浸水深・流速・流体力が大きく、複数の堤防を組み合わせることで比較的簡単に防護に成功していた。一方で木造条件でプレイした最初の1名は、それまでの他のプレイヤーの様子を見ていたにも関わらずゲームオーバーとなり、難易度が明確に上昇していることが確認できた。木造条件の2人目のプレイヤーは多くの堤防を組み合わせることでゲームをクリアしており、効果的に複数の堤防を組み合わせることがクリアに必要な条件となっていることが確認できた。ただし、最後のプレイヤーは対象とする1つの建物を防護するのに特化した堤防配置(図-4)によってクリアしていた。防護対象の建物を複数とし領域を守る必要性を持たせる等、ゲームの設定における更なる工夫が必要である。

#### 5. まとめ

今回開発した津波防災ゲームは、VR技術を用いることで一般市民が直感的に津波の性質や「多重防御」の役割を理解できることを目標としている。ユーザーテストを通して初めて触るプレイヤーでもコントローラ操作により堤防を設置可能であり、またゲームクリアのために堤防を複数組み合わせた多重防御の発想が必要となることが確認できた。今後ゲーム自体の改良・工夫や防災教育効果の評価など、研究を進めて行くことで津波防災教育に寄与する有用なツールの開発を目指す。

#### 参考文献

- 1) 大平浩之, 林 晃大, 山下 啓, 今村文彦:宮城県岩沼市における海岸林を活用した多重防御の津波被害軽減効果, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.72, No.2, I\_1459-I\_1464, 2016.
- 2) 林 里美, 成田裕也, 越村俊一:東日本大震災における建物被害データと数値解析の統合による津波被害関数, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, 2013, I\_386-I\_390, 2013.

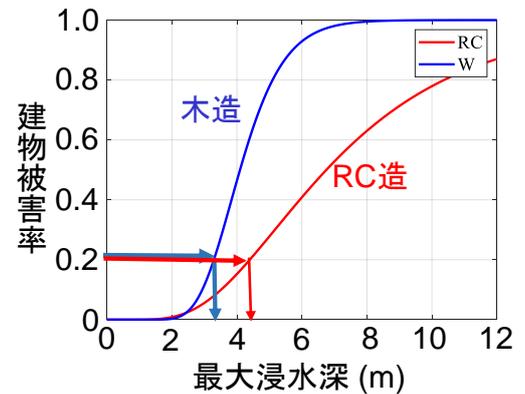


図-3 建物破壊条件の設定例。矢印は目標とする被害率を0.2とした場合の設定法



図-4 木造条件の結果の可視化の様子