

防災教育のためのインタラクティブなVR津波体験システムの構築

中央大学大学院 学生員 ○ 王 博
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

地震や津波などの大規模な災害の防災・減災対策として、東日本大震災を契機としてハード対策には限界があることが明らかとなり、防災教育などのソフト対策も重要視されている。

近年、バーチャルリアリティ (VR) 技術が各種の教育・訓練等に活用されており、防災教育において、VR 技術を用いた津波避難体験システムは従来のハザードマップなどの方法より直観的で伝わりやすく、教育効果があることが確認されている¹⁾。

しかし、著者の研究室での先行研究システムでは、スマートフォンで閲覧可能な全天球動画を用いたため、バーチャル環境とのインタラクション体験による教育効果の向上が期待できないことが課題として挙げられる。

本研究では上述した課題を解決するために、PC 接続型の VR デバイスに着目し、統合開発環境内蔵のゲームエンジン Unity を用いて、都市・地域モデル、津波シミュレーション結果とインタラクション機能の実装を行って統合し、インタラクティブな VR 津波体験システムの構築を行った。

2. 開発環境

(1) ハードウェア

本システムでは、図-1 に示すような PC 接続型の VR デバイスを用いる、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) に 6 自由度センサーが搭載され、回転・位置の検出が可能となる。そのため、インタラクティブなレンダリングが可能となる。また、モーションコントローラーの操作により、バーチャル空間内で移動したり、ドアを開けて避難するなどのインタラクションの実装も可能となる。

(2) ソフトウェア

本システムでは、Windows Universal Platform(UWP)を対象に、Unity 2019.2.3f1 を用いて開発を行う。プログラムは C# で記述し、津波遡上表現制御のプログラムには一部 HLSL で記述した。アプリケーションのパッケージを作成するには Visual Studio 2019 を用いる。また、VR 機能の実装にはクロスプラットフォームな MR アプリケーション開発ツールキットとなる MRTK v2.2 を用いる。



図-1 PC 接続型の VR デバイス

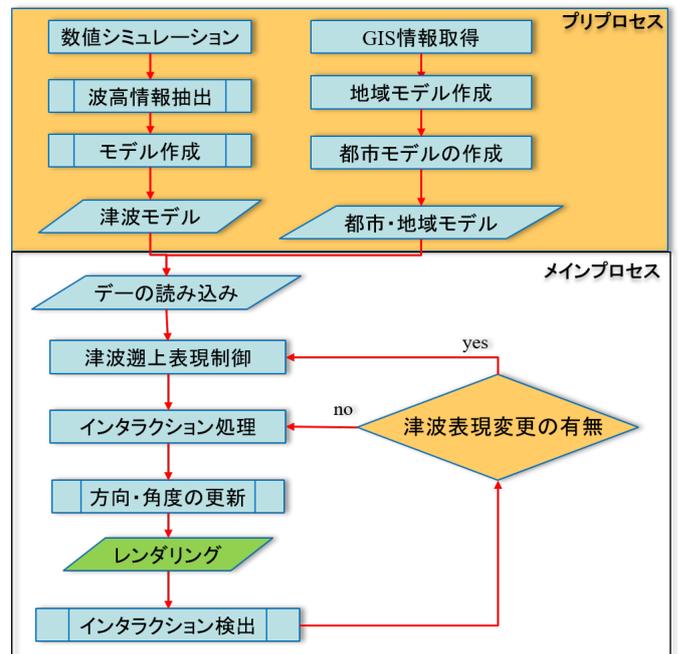


図-2 フローチャート

3. 本システムの概要

本システムのフローチャートを図-2 に示す。プリプロセスでは数値シミュレーション結果を用いた津波モデルの作成と都市・地域モデルの作成を行い、メインプロセスではインタラクション機能を実装する。最後にアプリケーションの作成を行う。

(1) 津波モデルの導入

本研究では任意形状への適合性に優れる三角形要素を用いた有限要素法による津波解析結果²⁾を用いる。科学データ可視化ライブラリー VTK を用いて各時間ステップの波高情報を等間隔に抽出して画像データに格納する。

Unity 内の地形を表すゲームオブジェクト Terrain を用いて津波モデルの作成を行い、画像に格納された各固定位置での波高情報を用いて立体感のある曲面のモデルを作成した。Terrain を用いる長所として、津波遡上を表現する際に波高情報のみを動的に更新することが可能となるため、読み込みデータ量が軽減され、描画レイテンシーが軽減される。

(2) 都市・地域モデルの導入

国土地理院から取得した地理空間情報を用いて都市・地域モデルを作成する³⁾。作成された都市・地域モデルを Unity に導入し、都市・地域モデル内での移動を実現するために、地形、道路又は建築物の床モデルに衝突検出機能を実装した。また、平面直角座標原点の座標値を用いて、津波モデルとの位置合わせを行った。

キーワード： VR, 津波, インタラクション, 津波シミュレーション, 防災

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 E-mail: a15.twnn@chuo-u.ac.jp

(3) インタラクシオン機能の実装

本研究ではインタラクシオン機能として、体験者の体の動きやモーションコントローラーの操作によって異なる情報を提示できるインタラクティブなレンダリングを実現するために、MRTKの実装を行った。MRTKの組み込み機能を用いて体験者の動きに対し、HMD内蔵センサーで回転・位置情報を検出し、その情報を用いて現在視点の映像をリアルタイムに描画する。また、モーションコントローラーの各ボタンを各インタラクシオン機能に結び付ける設定を行った。津波遡上の進行が遅いため、モーションコントローラーのボタン操作で津波表現速度の変更、一時停止・再開、初期化などの津波表現制御機能を実装した。また、ボタン操作により都市・地域モデル内を移動する機能を実装したことにより、任意視点から津波遡上の様子を見ることが可能となった。

ユーザーインターフェースとして、図-3に示すようなモーションコントローラーの簡易モデルを用いて、地震後時刻や津波遡上速度などの文字情報を提示するゲームオブジェクトを導入した。また、各ボタンの機能を実行中に確認する機能も実装した。

(4) アプリケーション作成

Visual Studioを用いて、Windows 10でインストール・実行できるアプリケーションの作成を行う。

4. 適用例

本研究では、高知県中土佐町を対象地域として、南海トラフ地震による津波を想定した解析結果を用いたVR津波体験システムのアプリケーションを作成した。

(1) 可視化結果

図-4に中土佐町中土佐町第一避難タワー視点での可視化結果を示す。また、図-5に示すようにVRデバイスの描画フレームレート90fpsに追いつくような高速なレンダリングが実現した。そのため、没入感が向上し、レイテンシーによるVR体験の不快感が軽減された。

(2) 先行研究システムとの比較

図-6に示すように、津波表現において、平面モデルを用いた先行研究システムより、Unity Terrainを用いた本システムの津波モデルの先端形状はより真実感があることが確認できた。

また、全天球動画を使用した先行研究のシステムは、津波のVR体験は予め指定された視点に限られていた。それに対して、本システムでは、高速かつインタラクティブなレンダリングを実現したため、任意視点から津波の遡上を体験することが可能となった。

インタラクシオン機能を用いて、将来的に任意位置から避難場所までの避難経路の確認するなど、防災教育において有意義な機能も実装可能である。

5. おわりに

本研究では、防災教育のためのインタラクティブなVR津波体験システム構築を行って、先行研究システムとの比較を行った。

キーワード： VR, 津波, インタラクシオン, 津波シミュレーション, 防災

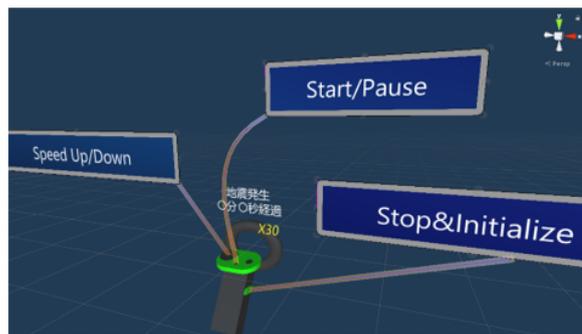


図-3 インタラクシオン機能

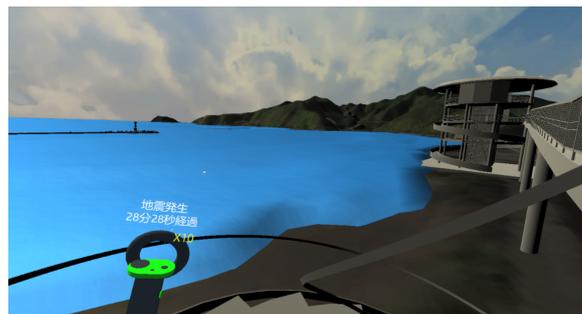


図-4 津波の遡上

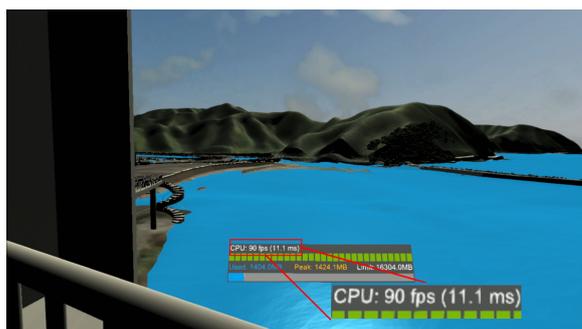


図-5 実行中のフレッシュレート



図-6 先端形状の比較

今後の課題として、水表現の高品質化や津波避難シミュレーション結果の導入が挙げられる。

参考文献

- 1) 植野雄貴, 金澤功樹, 陳詩凌, 近真弥, 大川博史, 榎山和男: 防災教育のためのVR技術を用いた津波とその避難の疑似体験システムの構築に関する研究, 第46回土木学会関東支部技術研究発表講演概要集, 2019.
- 2) 利根川大介, 榎山和男: 安定化有限要素法による非線形分散波理論に基づいた津波遡上解析手法の構築研究, 応用力学論文集12, 2009, pp. 127-134 土木学会.
- 3) 陳詩凌, 金澤功樹, 植野雄貴, 大川博史, 榎山和男: GIS/CAD/ドローンを用いた高精度地域モデルの構築手法に関する研究, 第46回土木学会関東支部技術研究発表講演概要集, 2019.