

インタラクティブなVR津波可視化手法の構築

中央大学 学生員 ○ 王 博
中央大学大学院 学生員 金澤 功樹
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、防災教育においても、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、著者らの先行研究のシステムでは津波を可視化する際の処理負荷が膨大となるため、インタラクティブな体験システムの構築が困難であった。また、アニメーションに適用する際に解析結果の各時間ステップ間の補間を行うことが困難で、現実感が欠ける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、VR におけるインタラクティブな津波体験システムが可能となる可視化手法を構築した。

2. 可視化手法

本研究では可視化ソフトウェアとして、統合開発環境内蔵のゲームエンジン Unity を使用する。そして、地形を表現するためのゲームオブジェクト Terrain²⁾ を用いて津波を可視化する。例として、図-1 で示したような色で高さ情報を持たせた画像データ heightmap を Terrain に導入すると、図-2 のようなピラミッド型の 3D モデルが作成できる。

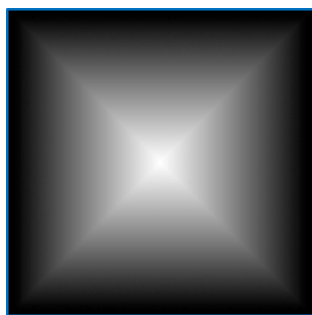


図-1 heightmap

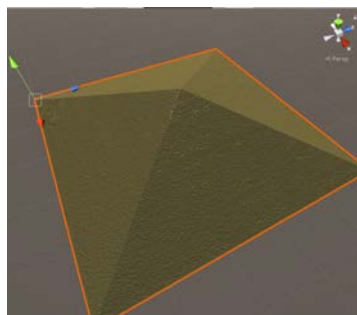


図-2 Terrain

本可視化のフロチャートを図-3 に示す。津波の解析結果を heightmap に変換して導入することで波高が表現できる。また、作成した heightmap を動的 (非定期的) に Terrain に導入することで津波の遡上現象も表現できる。

heightmap では各座標点での水深と指定した水深範囲との比が記録され、精度ごと 8bit または 16bit, それぞれ水深範囲を 256 段階, 6,5536 段階で記録可能である。

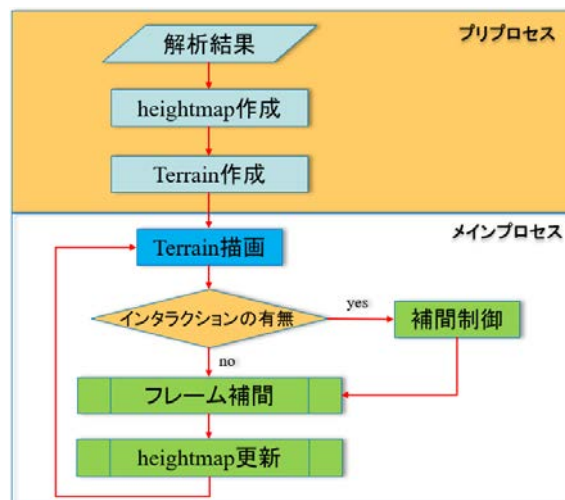


図-3 フロチャート

Terrain を用いるメリットとしては以下のことが挙げられる。

- 水深情報を含めた画像データを入力データとして利用するため、FBX モデルでは必要な要素の節点情報や結合情報が省かれ、データ量が軽減される。
- アニメーションで津波の遡上を表現する際に、複数の平面 FBX モデルを重ねて表示する際の読み込み、削除などの処理が省され、描画負荷が軽減される。
- 入力データに対して補間することが可能で、出力した解析結果の時間ステップ間隔に依存せず、フレームごとに更新するにより現実感のある津波の表現ができる。

(1) heightmap 作成

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³⁾を科学データ可視化向けのオープンソースライブラリ VTK⁴⁾を用いて heightmap を作成する。vtk ファイルに格納した解析結果を読み込み、カラーマッピング、レンダリング、画像出力、raw データ出力の手順を踏まえて、heightmap の高さ情報に相当する raw データに変換する。さらに座標変換をして、raw データを Unity がそのまま利用できる画像フォーマット Texture2D で Asset ファイルに格納する。

(2) Terrain の作成

VTK で取得した表示範囲や最大水深を基づいて、Terrain の範囲や heightmap の解像度、最大高さを指定し、Terrain の空間充填 (tessellation) 機能で自動的に適用され、津波を表現できる 3D モデルを作成する。

KeyWords : 可視化, 津波, 防災, VR

連絡先 : 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL : 03-3817-1815 E-mail :a15.twnn@g.chuo-u.ac.jp



図-4 Lenovo Explorer

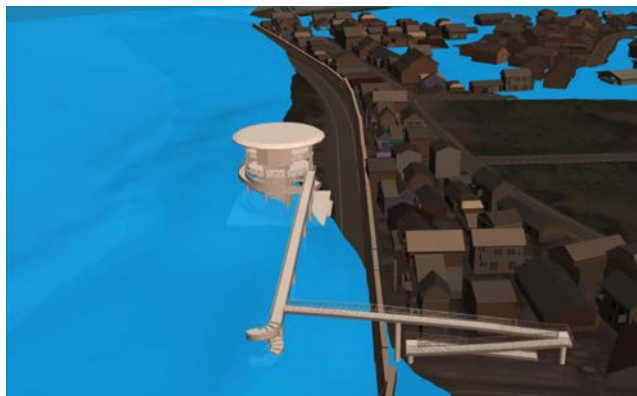


図-5 津波の遡上

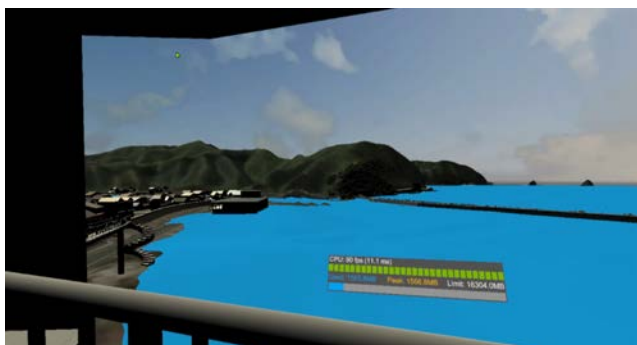


図-6 VR空間内で確認

(3) フレーム補間

Asset ファイルに保存された heightmap の各ピクセルに水深の代表値が格納され、次ステップとの heightmap の各ピクセル変化量を求めて、出力デバイスのフレームレートに合わせて、フレームごとの変化量となる Δ heightmap を計算する。各フレームに使用する heightmap はそれぞれ現ステップの heightmap に Δ heightmap を足し合わせたものとする。並列計算による計算の効率化を実現するため Compute Shader を用いて計算する。

(4) heightmap の更新

Unity 2019.2 の Terrain 機能 SyncHeightmap を用いることで CPU の処理負荷を軽減する。計算で得た現在フレームの heightmap をフレームごとに上述した機能で Terrain に導入することで津波の遡上をアニメーションで表現する。

3. 適用例

上述した手法で解析結果を Asset に格納し、Terrain の作成を行って、水色のテクスチャを適用した。同じ解析ステップ数を可視化する場合、従来の FBX モデルを用いる場合のデータ量が 5.3GB に対して、Asset を入力データとして用いる場合が 0.95GB 程度で、データ量の軽減ができた。今回は 29.4m を 8bit の 256 段階で表現するため、水深の最大誤差は約 11.5cm である。

(1) アニメーション

補間付きの各フレームの heightmap を導入し Terrain の再描画を行うことで津波アニメーションを表現する。実行中に再生速度が変更でき、各ステップでの補間制御で実現する。また、今回は任意フレームでの一時停止・再開、またはアニメーション中止の機能を追加した。

(2) 都市・地域モデルの統合

モデリングソフトを用いて作成された地域モデル⁵⁾を導入し、解析に用いられた平面直角座標で Terrain の位置に合わせる。

(3) VR デバイスへの適用

Lenovo 製の没入型 Mixed Reality デバイス (図-4) を対象に、VR 体験システムを作成した。モーションコントローラーの操作により津波アニメーションの再生速度の変更や、都市モデル内での移動など機能を組み込んだ。操作機能の実現には、開発ツール MRTKv2.2 の一部の機能を用いた。

4. 可視化結果

図-5 に可視化結果を示す。本手法により、データ量や処理負荷の軽減を図ることが可能となった。また、秒単位で出力した解析結果に合わせて補間し、フレームごとに描画することが可能になった。また、図-6 に示すように、VR デバイスの描画フレームレートに追いつくような高速な津波の可視化を実現した。

5. おわりに

本研究では、インタラクティブな津波体験システム構築のための可視化手法を構築した。

今後の課題として、水表現の高品質化やインタラクションによる教育効果が期待できる VR 津波防災教育支援システムの構築が挙げられる。

参考文献

- 1) 植野雄貴, 金澤功樹, 陳詩凌, 近真弥, 大川博史, 樫山和男: 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) Unity scripting API, Terrain, <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Terrain.html>(最終閲覧日 2020.1.19)
- 3) 利根川大介, 樫山和男: 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.
- 4) Visualization Toolkit, <https://vtk.org/>(最終閲覧日 2020.1.19)
- 5) 陳詩凌, 金澤功樹, 植野雄貴, 大川博史, 樫山和男: 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.