

モバイル型 VR システムによる 粒子法解析結果の可視化について

○群馬大学環境創理工学科
群馬大学大学院理工学府
群馬大学大学院理工学府

学生会員
学生会員
正会員

井上拓海
野口豪気
斎藤隆泰

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震では、津波により多くの被害を受けた。今後危惧される南海トラフ巨大地震等の被害を最小限に抑えるためには、正しい津波知識や避難行動を啓発し、備えを行っておくことが望ましい。しかし、このような大きな災害は、通常、何度も体験できない。防災訓練においても、時として、被訓練者の防災への意識が低下しがちになることもありえる。そこで本研究では、津波防災対策の一検討として、粒子法による高精度な津波シミュレーションを行い、VR(Virtual Reality)により結果を疑似体験するシステムの開発を目指す。以下では、開発した VR システムの概要と、その可視化結果の一部を紹介することを行う。

2. VR システムの概要

本研究では、津波シミュレーションを粒子法と呼ばれる数値解析手法を用いて実施し、その解析結果を VR で可視化する。本節では、粒子法解析結果を VR に統合する方法を示す。

(1) モバイル VR

図 1 に、モバイル機器での VR システムの概要を示す。モバイル機器について、本研究では普及性、可搬性の点に優れたスマートフォンを使用した。まず、図 1(a) のように、粒子法を用いて、VR システムで体感するための津波シミュレーションを実施する。次に図 1(b) のように、解析結果を Maya でポリゴンデータに変換し、Unity に読み込む。一方、Unity はスマートフォンで VR を作成するためのフリーのソフトウェアであり、建物や木等を作成することで、VR の臨場感を増している。モバイル VR では作成したアプリケーションを実行し、図 1(c) のような VR ゴーグルに装着し、コントローラーを用いることで被訓練者が手軽に操作できるように工夫した。

(2) モバイル VR スクリーン

図 2 に、モバイル VR スクリーンを用いた場合の VR システムの概要を示す。まず前項と同様に、解析結果をポリゴン化し、MicroAVS で読み込む。MicroAVS では解析結果を VR に対応した形式でファイルを出力する。出力ファイルをノート PC へ入れて実行し、図 2 のように専用のプロジェクタでスクリーンに投影し、VR メガネを装着することで、複数人の体験者が同時に VR を体感することができる。

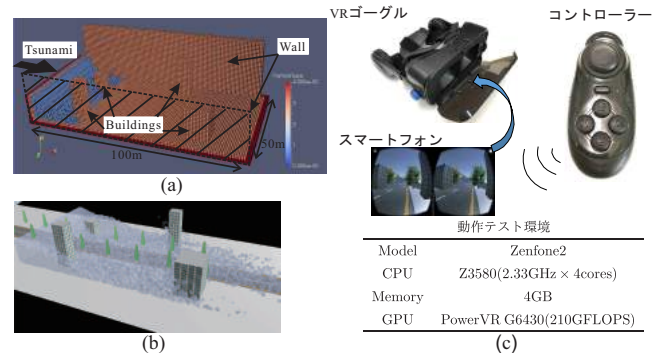


図 1 モバイル VR システム (a) 粒子法による解析モデル (b) Maya による粒子法解析結果のポリゴン化 (c) スマートフォンを用いた VR システム。

3. 粒子法

本節では、粒子法について簡単にまとめておく。粒子法は、境界要素法や有限要素法等と比べて、大変形問題を比較的容易に扱う事ができる手法で、近年では流体シミュレーション等へ応用がなされている。連続体の運動を粒子で離散化近似する方法であり、メッシュ生成の必要はない。粒子法では次の連続の式とナビエ・ストークス方程式をそれぞれ用いる。

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \nabla \cdot \mathbf{u} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 \mathbf{u} + \mathbf{g} \quad (2)$$

ここで ρ , $\mathbf{u}$, P , ν , $\mathbf{g}$ はそれぞれ、密度、流速、圧力、動粘性係数および重力加速度である。粒子法では、式 (2) の右辺第一項、第二項に含まれる勾配 ∇ やラプラシアン ∇^2 を、粒子 i と粒子 j に対する粒子間相互作用モデルとして次のように計算する。

$$\langle \nabla P \rangle_i = \frac{d}{n_{\text{grad}}^0} \sum_{j \neq i} \left[\frac{(P_j + P_i)(\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i)}{|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|^2} w_{\text{grad}}(|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|) \right] \quad (3)$$

$$\langle \nabla^2 \mathbf{u} \rangle_i = \frac{2d}{\lambda^0 n^0} \sum_{j \neq i} [(\mathbf{u}_j - \mathbf{u}_i) w(|\mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i|)] \quad (4)$$

ここで d , $\mathbf{r}$, λ^0 は、それぞれ空間次元数、粒子座標、基準状態における粒子間距離の重み付き二乗平均である。また $w(|\mathbf{r}|)$ および n^0 はそれぞれ、重み関数および基準粒子数密度である。式 (3), (4) を用いて式 (1), (2) を解き、津波の流速ベクトル $\mathbf{u}$ 等を求めていく。それらの詳細については、例えば文献¹⁾を参照されたい。

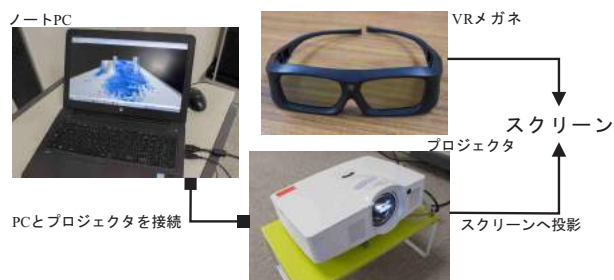


図2 モバイル VR スクリーンのシステム。

4. VR システムの構築

次に、前節で説明した粒子法による津波シミュレーション結果を VR を用いて可視化する方法について説明する。VR では、両目それぞれに対する画像をスクリーンにレンダリングし、立体視することで奥行きを知覚させ、没入感を与えることが必要である。VR 空間を構築するために、まずモバイル VR では Unity と呼ばれるソフトウェアを用いる。Unity は VR 空間を構築できるフリーのソフトウェアであり、Google VR SDK for Unity をダウンロードすることで両目それぞれに対するカメラのレンダリング機能とヘッドトラッキング機能を実現することができる。ヘッドトラッキング機能は、使用者の頭の動きをスマートフォンに内蔵されるジャイロセンサーにより検知し、映像を追従させることで没入感を与える。なお、Unity の詳細については、例えば文献²⁾等を参照されたい。また、モバイル VR スクリーンでも同様に立体視を用いて、それぞれの目に対応したレンダリング画像を高速で投影し、VR メガネを通すことで VR 空間を構築する。

5. 津波体感シミュレーションの実行例

モバイル VR と VR スクリーンによる VR 津波体感シミュレーションの実行例を示す。なお、モバイル VR の実行例では、Android SDK, Java SDK を使用し、動作テストのスマートフォンには図 1(c) に示すスペックの機器を使用した。粒子法で解析したモデルは図 1(a) に示す通りであり、同様の条件で実行した。都市部での津波を想定しており、粒子法では無限遠方に伝搬する津波を表現することが困難であるため、図 1(a) に示すように、仮想的な壁を進行方向両壁に設けることで対応した。なお、図 1(a) の左側に津波の流入境界を設け、流速 5m/s で、高さ 10m まで徐々に水位を増しながら流入させた。まずモバイル VR では、スマートフォンを図 1(c) のように VR ゴーグルに装着し、作成したアプリケーションを実行した。結果を図 3 に示す。図 3(a),(c) は左目、図 3(b),(d) は右目に対するレンダリング結果の一例を示しており、図 3(a),(b) では、津波が流入境界より流れ込んでいることが分かり、図 3(c),(d) では、建物の間を流れる津波が被体験者に押し寄せている様子が確認できる。また、図 3 の上段と下段で視界が切り替わっていることから、コントローラとヘッドトラッキング機能により被体験者の動きが反映されていることが確認できる。

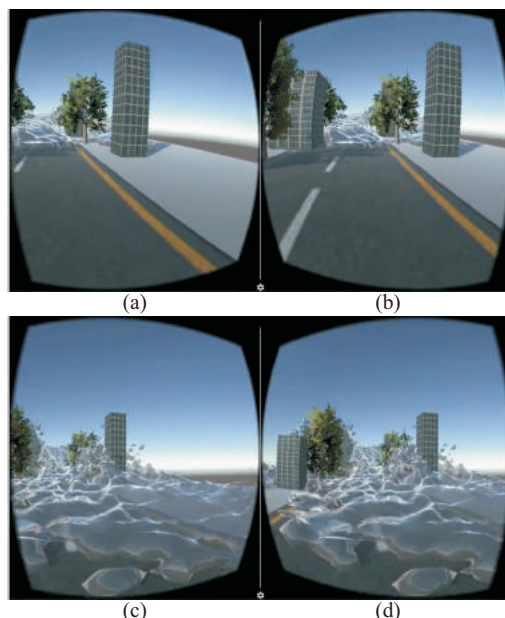


図3 モバイル VR による粒子法解析結果の実行例 (a),(c) 左目 (b),(d) 右目用のレンダリング画像。



図4 モバイル VR スクリーンによる粒子法解析結果の実行例。

図4は同様の解析結果をモバイル VR スクリーンによって可視化した様子である。被体験者は図2に示す VR メガネを装着してスクリーンを見る。紙面の都合上、立体的には見え難いが、スクリーン上の映像が高速で両目それぞれのレンダリング画像を示すことで、津波のスケールを確認できる。

6. まとめ

粒子法による解析結果を元にした、モバイル型 VR 津波体感シミュレーションを開発した。被体験者は、開発したシミュレーションを通して、津波のスケールを体感することができる。モバイル VR は、現実的に、本研究で使用した機器のスペックを下回ることがあると考えられる。その際、動作の遅延による VR 酔いが起こる可能性があるため、今後は、ポリゴン数を削減するなど、利便性の面を高める予定である。また VR スクリーンではテキストチャを使用するなど、現実に近いものにしていきたい。

謝辞

本研究の一部は、H29 年度科学技術融合振興財団および H29 年度高橋産業経済研究財団の支援の下、行われた。

参考文献

- 1) 越塚誠一:粒子法 (計算力学レクチャーシリーズ), 丸善,2005.
- 2) J. Linowes: Unity による VR アプリケーション開発:作りながら学ぶバーチャルリアリティ入門, オライリー・ジャパン, 2016.