

# 津波防災教育のためのモバイルVR津波体感アプリケーションの開発

○群馬大学環境創生理工学科	学生会員	井上拓海
群馬大学大学院理工学府	学生会員	野口豪気
群馬大学大学院理工学府	学生会員	秋友 誠
群馬大学大学院理工学府	正会員	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。このような甚大な津波による被害を最小限に抑えるためには、常日頃から防災教育を実施し、来たる津波災害への備えを行っておくことが望ましい。しかしながら、このような数百年に一度の災害は、通常、何度も体験することはできない。そのため、各自治体や教育機関における防災訓練等は、そのような大きな災害が起こったことを前提に訓練が行われることから、時として、被訓練者の防災への意識が低下しがちとなることも起こりえる。そこで、本研究では、津波防災教育のためのアプリケーションを開発する。特に、訓練者が手軽に操作できるよう、ここでは、スマートフォンを用いたVR(Virtual reality)アプリケーションの開発を目指す。以下では、開発したシステムの概要と、その可視化結果の一部を紹介することを行う。

## 2. モバイルVRシステムの概要

本研究では、単なるCG映像に留まらないよう、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で実施し、その解析結果をVRに統合することを行う。図1に、本研究で開発したVRシステムの概要を示す。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(a)で行った粒子法解析結果をUnityと呼ばれるソフトで読み込む。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る。Unity上で、粒子法の解析結果を読み込んだ後、VRの臨場感を増すために、図1(a)における解析モデル中の建物等をUnity上で作成する。そして、作成結果をアプリケーションとして配布できるよう、適切なデバッグを施す。作成したアプリケーションをスマートフォン上で実行し、図1(b)のように、VRゴーグルに装着し、適当なコントローラーでVR空間を体験する被訓練者を操作できるように工夫する。以下では、上記のVRシステムの構築に必要な重要な項目について簡単に説明する。

## 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に容易に扱う事ができる手法として知られ、近年では流体シ

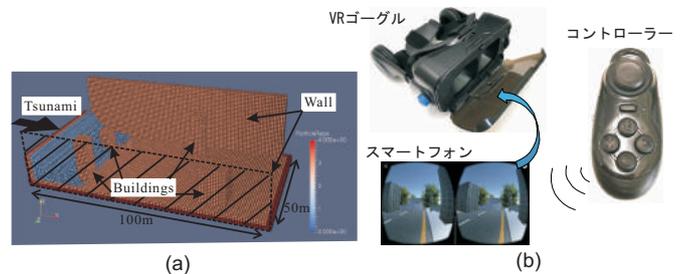


図1 スマートフォンを用いたモバイルVRシステム (a) 粒子法による解析モデル (b) スマートフォンを用いたVRシステム。

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。ここで開発するスマートフォンを用いたモバイルVRシステムでは、次の連続の式とナビエ・ストークス方程式を粒子法で解析する。

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

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

ここで  $\rho$ ,  $\mathbf{u}$ ,  $P$ ,  $\nu$ ,  $\mathbf{g}$  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  $\nabla$  やラプラシアン  $\nabla^2$  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。

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

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

ここで  $d$ ,  $\mathbf{r}$ ,  $\lambda^0$  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<sup>1)</sup>を参照されたい。

## 4. Unityを用いた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考える。ここではUnityと呼ばれるVR空間構築のためのソフトウェ

**Key Words:** VR, Unity, 津波防災, 粒子法

〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL/FAX:0277-30-1610

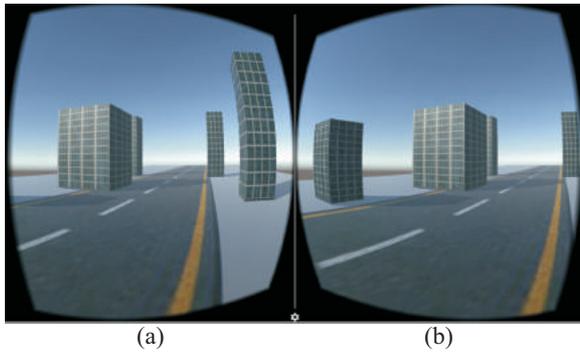


図2 UnityによるVR空間の構築 (a) 左目 (b) 右目用のレンダリング画像。

アを用いる。Unityは現在注目されているフリーのVR空間構築のためのソフトウェアであり、手軽にダウンロード・インストールし、誰でもVR空間を構築することが可能である。VRでは、両目それぞれに対するレンダリング機能とヘッドトラッキング機能を利用してVR空間を構築する必要がある。そのため、VR空間上で、左・右目それぞれに対するカメラを用意して、図2のように、スクリーン上に左・右目それぞれに対する画像をレンダリングし、立体視することで奥行きを知覚する。また、ヘッドトラッキング機能を用いれば、VR使用者の頭の動きにスクリーンの映像を追従させることでVR空間上にいることを錯覚させることができる。この頭の動きは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ている。これらの機能をUnity, Google VR SDK for Unityにより実現することができる。なお、Unityの詳細については、例えば文献<sup>2)</sup>等を参照されたい。

## 5. モバイルVR津波体感アプリケーションの実行例

Unityを用いて作成したスマートフォンを利用するモバイルVR津波体感アプリケーションの実行例を示す。なお、本実行例では、Android SDK, Java SDKを使用し、動作テストのスマートフォンにはZenFone2を使用した。ZenFone2のスペックは、CPU: Z3580(2.33GHz × 4コア), メモリ: 4GB, GPU: PowerVR G6430(210GFLOPS)である。粒子法で解析したモデルは図1(a)に示す通りであり、建物が配置された空間を津波が押し寄せてくる場面を想定している。なお、実際には、津波は空間上を拡がりつつ伝搬するが、粒子法で無限遠方に伝搬する津波を表現することが難しいため、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津波をさせた。スマートフォンを図1(b)のようにヘッドマウントディスプレイに装着し、Unityを用いて作成した津波体感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、上段は、視界に津波が入り、下段で

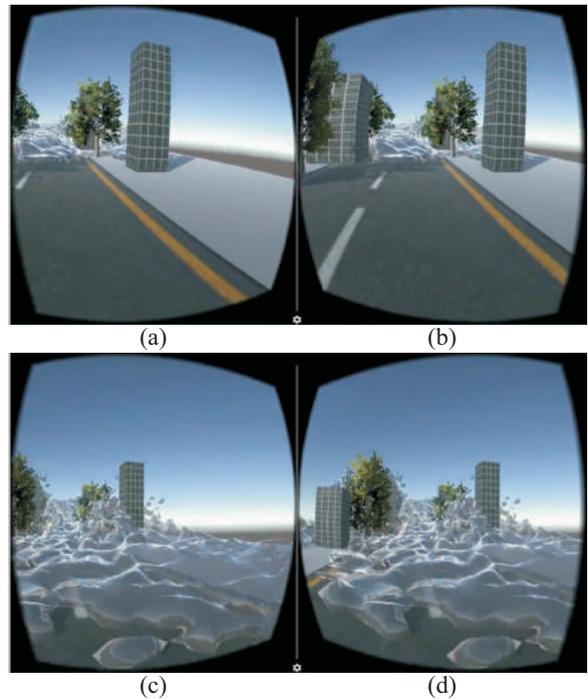


図3 UnityによるVR空間の構築 (a) 左目 (b) 右目用のレンダリング画像。

津波が押し寄せてきた場合の結果を表している。図3(a),(b)より、流入境界から流れる津波が視界に入ることを確認出来る。建物の間を津波が流れ、図3(c),(d)でVRの被体験者に津波が押し寄せている状況を確認できる。

なお、紙面の都合上、詳細を示す事はできないが、本VRアプリケーションでは、被体験者が、VR上で確認出来るスタート画面を図1(b)におけるコントローラーで実行することで、アプリケーションを実行・終了することができる。また、当然、被体験者が首を振る動作に追従して、図3で示すような被体験者の視界も切り替わる。ただし、ここでは、被体験者の移動は、図1(b)に示すようなコントローラーを操作することで実現されている。

## 6. まとめ

粒子法で行った津波シミュレーション結果を元にした、津波防災教育のためのモバイルVR津波体感アプリケーションを開発した。被体験者は、開発したアプリケーションを通して、津波の速度や高さ等を体感することができる。一般的に、ヘッドマウントディスプレイを用いたVRは、幼児に使用させることは難しい。そのため、今後は、簡易スクリーンを用いた場合の津波体感システムの構築を行う予定である。また、実際の防災教育にも役立てていきたい。

## 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.