

# 津波避難疑似体験 VR において 想定と異なる津波到達時間が避難行動に与える影響

## Influence of Tsunami Arrival Time Different from Assumption on Evacuation Behaviors in VR Simulator of Tsunami Evacuation

大江 海斗<sup>\*1</sup>, 谷岡 樹<sup>\*1</sup>, 光原 弘幸<sup>\*2</sup>, 獅々堀 正幹<sup>\*2</sup>

Kaito OE<sup>\*1</sup>, Itsuki TANIOKA<sup>\*1</sup>, Hiroyuki MITSUHARA<sup>\*2</sup>, Masami SHISHIBORI<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>徳島大学大学院創成科学研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Tokushima University

<sup>\*2</sup>徳島大学大学院社会産業理工学研究部

<sup>\*2</sup>Graduate School of Technology, Industrial and Social Sciences, Tokushima University

Email: c612235054@tokushima-u.ac.jp

**あらまし**：災害疑似体験 VR が盛んに研究開発されており，防災教育のひとつとして期待されている．本研究では，3D 都市モデルを活用した津波避難疑似体験 VR を開発し，想定と異なる津波到達時間が避難行動に与える影響を調査した．調査の結果，想定よりも早く津波が到達した場合，被験者は周囲の状況把握に努め，少しでも情報を得ようとする傾向があるものの，避難行動中に混乱や恐怖を感じやすいことがわかった．避難疑似体験 VR における想定への取り扱いについて今後さらなる検討が必要である．

**キーワード**：津波到達時間，避難訓練，想定外，防災教育，HMD，VR

### 1. はじめに

世界中で多くの災害が発生している．災害はいつ発生するか予想できないため，災害に備えることが重要である．主な災害への備えとして避難訓練が挙げられ，学校や地域などで定期的に行われている．しかし，従来の避難訓練は，ただ指示に従って避難するのみで，参加者自身が考えて避難することを促進できていない．このような背景から，著者らのグループではリアリティと訓練効果の向上をめざし，デジタルコンテンツや拡張現実を用いる ICT 活用型避難訓練に取り組んできた<sup>(1)(2)</sup>．また，近年，仮想現実 (Virtual Reality : VR) の発展・普及に伴い，VR 活用型避難訓練も多く研究開発されている<sup>(3)</sup>．

本研究では，津波避難疑似体験 VR における津波到達のタイミングについて着目した．津波避難の三原則のひとつとして“想定にとらわれるな”がある<sup>(4)</sup>．想定内外によって被験者の避難行動にどのような差が生じるかを明らかにするため，津波避難疑似体験 VR を開発し，評価実験を行った．

### 2. 津波避難疑似体験 VR

開発環境として Unity，没入型 HMD(Head-Mounted Display)として Meta(Oculus) quest2 を採用し，津波避難疑似体験 VR システムを開発した．

#### 2.1 3D 都市モデル

本 VR システムでは，国土交通省主導のプロジェクト PLATEAU の 3D 都市モデルを使用し，南海トラフ巨大地震による甚大な津波被害が予想される静岡県沼津市を 3D 仮想空間化した．HMD 上での描画負荷軽減のために，PLATEAU の緻密な 3D 都市モデルを次のように最適化している．

#### (1) オブジェクト形式の変換

国際標準 CityGML 形式の 3D 都市モデルを Unity に読み込ませるために，FME Desktop を使用し FBX 形式へ変換する．

#### (2) テクスチャの変換

テクスチャデータを低圧縮率の TIFF (Tag Image File Format) 形式から高圧縮率の JPEG (Joint Photographic Experts Group)形式へ変換する．

#### (3) 描画データの削減

3D モデル最適化ツール Symphony を使用しポリゴン数を削減する．また，テクスチャを 1 枚の画像にまとめるマテリアルベイキングも実施する．

#### (4) 遮蔽物の非表示

3D 都市モデルは広大なため，視界内のオブジェクトのみを描画するオクルージョンカリングを使用し，描画負荷を軽減する．

### 2.2 津波表現

描画負荷軽減のために，津波は簡易 3DCG の水面をスクリプトで制御 (x, z 軸方向の平行移動) することで表現している．水面が波打つように動いているため，実装は単純だが，迫ってくる津波のように見える．

### 3. 評価実験

本 VR システムを用いて巨大地震発生後の津波避難を疑似体験させる比較実験を行った．

#### 3.1 実験設定

被験者である大学生 18 名にはあらかじめ静岡県沼津市のハザードマップ (HM) を確認させた後，HM から読み取った津波到達時間を事前アンケートで回答させた．回答の津波到達時間が均等になるよう，被験者を以下の 2 グループに分割した．



図1 津波避難疑似体験中の画面

- グループ A：想定通り（地震発生から 9 分後）に津波が到達する
- グループ B：想定よりも早く（地震発生から 6 分後）津波が到達する

被験者は HMD を装着し、津波避難を疑似体験した。今回の実験では、現実との齟齬を生じさせないために、以下の状況を設定した。

- 早朝の沼津の街を散歩している
- ちょうど 5 時になるため、港にある 5 時開店のカフェに朝食を食べに行こうとしている
- 早朝のため周囲の建物には入れない、という状況をメッセージで通知した後に緊急地震速報を鳴らし、地震を発生させた。そして、
- 落下してきた瓦礫に頭をぶつけ、5 分間気を失っていた

という状況を音声で通知した。状況 IV から津波が被験者に到達するまでの行動可能時間を計測するとともに、画面（被験者の視界）を録画した。視界左上には時間が表示されており、被験者は時間を意識して避難できるようになっていた（図 1）。

津波到達後、被験者は事後アンケートに回答した。

### 3.2 結果と考察

#### (1) 行動可能時間

グループごとの行動可能時間を表 1 に示す。津波到達時間の差（3 分）が行動可能時間に反映されており、一方のグループがより早く避難を開始するといった行動は見られなかった。

#### (2) アンケート

訓練中の感情について 5 段階リッカート尺度で尋ねた事後アンケートの平均値と標準偏差を表 2 に示す。すべての項目においてグループ B の平均値が A を上回った。想定よりも早く津波を到達させることが被験者の感情により大きく影響したといえる。この要因として、グループ B には開始直後から津波の音が聞こえていたことが考えられる。また、状況 IV の場所には、海や川の位置を示唆する看板を設置していたが、録画面面を確認したところ、グループ B の被験者には看板を注視してから避難を開始する傾向がみられた。しかし、t 検定による有意差は確認されなかった。事後アンケートで、今回の津波避難疑似体験 VR で得た教訓を箇条書きさせたところ、教訓の平均数はグループ A が 1.6、B が 2.6 となってい

表 1 行動可能時間（秒）

グループ	最短	最長	平均(標準偏差)
A	396	1086	772.6 (252.33)
B	347	852	600.7 (180.78)

表 2 事後アンケートの平均値と標準偏差

グループ	混乱	恐怖感	緊迫感
A	3.7 (0.94)	4.0 (0.82)	3.9 (0.87)
B	4.4 (0.68)	4.6 (0.50)	4.3 (0.67)

た。想定よりも早く津波を到達させることが避難疑似体験（訓練）の効果を向上させる可能性がある。また、避難を 5 段階で自己採点させたところ、平均値はグループ A が 2.9、B が 3.0 となった。B の被験者 1 名（自己採点 4 点）は自己採点の理由として「おそらく津波に飲まれるまでにはできることはやり尽くしたから」と回答した。この回答は、津波到達時間が想定を超える（早く到達する）と、避難時間が短くなり、できることが限られると感じさせたことを示唆している。

以上のことから、想定よりも早く津波が到達した場合、被験者は周囲の状況把握に努め、少しでも情報を得ようとする傾向があるものの、避難行動中には混乱や恐怖を感じやすいことがわかった。また、避難疑似体験（訓練）VR における想定への取り扱いがその効果を向上させる一方で、被験者の自己効力感を低下させ、避難（または避難訓練）しても無駄だという意識をもたせてしまう可能性があるため、今後さらなる検討が必要である。

### 4. おわりに

本稿では、津波避難疑似体験 VR における津波到達時間による避難行動について、比較実験の結果と考察を述べた。今後は、アンケートで指摘された「永遠に走れることに現実とのギャップを感じた」、「VR で酔ってしまった」などを改善しながら、本 VR システムを避難訓練に有効活用できるようにしていく。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP18H01054、徳島大学理工学部令和 4 年度先端理工学教育研究プロジェクト(No.2022-01)ならびに徳島大学令和 4 年度研究クラスター(No. 2202007)の支援を受けた。

### 参考文献

- (1) Mitsuahara, et al., “Web-based System for Designing Game-based Evacuation Drills”, *Procedia Comput. Sci.*, Vol.72, pp.277-184 (2015)
- (2) Mitsuahara, H., et al.: “Expressing disaster situations for evacuation training using markerless augmented reality”, *Procedia Comput. Sci.*, Vol.192, pp.2105-2114 (2021)
- (3) Rahouti, A., et al.: “Prototyping and validating a non-immersive virtual reality serious game for healthcare fire safety training”, *Fire Technol.*, Vol.57, pp.3041-3078(2021)
- (4) 内閣府:特集 津波防災の推進について, [https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/80/special\\_01.html](https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/80/special_01.html)