

# 津波避難の臨機応変な対応を学習する疑似体験システム

山本真爾, 角薫

**概要:** 本研究は地震による津波避難について学習するシリアスゲームである。東日本大震災により、将来大地震が発生した際の津波対策が見直されており、臨機応変な対応を取ることが重要であると言われている。本システムでは、実際に仮想空間上をユーザの選択した位置から避難をしてみせ、システムがユーザの避難の様子をモニタリングしながらシステムがその評価を行い、最終的に生存率を表示し避難方法を解説するものである。ガイドラインに基づいた避難方法の他に、ユーザが臨機応変な対応がとれるようになることが目的である。本システムはOculus RiftとGoogle Mapsのストリートビューを利用しインタラクティブな臨場感のあるシステムを目指す。評価実験は、被験者が臨機応変な対応をしつつ正しい避難方法をとっているかを判断するために、実験の前後で津波に関するガイドラインのテストを行う予定である。

**キーワード:** 津波, 震災, シリアスゲーム

## Tsunami Simulated Experience System for Learning Opportunistic Evacuation

SHINJI YAMAMOTO, KAORU SUMI

**Abstract:** This paper is a serious game about studying tsunami evacuation. By the great earthquake in East Japan, evacuation protection measures are looked over of the tsunami that may occurred by the big earthquake in the future. It is said that it needs to have a flexible decision. In this virtual space system, user starts evacuation from where the user choose. The system will estimate by monitoring the user and lastly it shows a survival rate and describe how to evacuate. The purpose of this paper is to study the evacuation based on guidelines and to make flexible correspondence to the user. This system is head for an interactive presence, by using Oculus rift and Google Maps' street viewing. For the evaluation experiment, to judge whether the subjects are taking the right evacuation method or not, we'll be giving a tsunami guideline test before and after the experiment.

**Keywords:** Tsunami, earthquake disaster, serious game

### 1. 背景と目的

日本ではたびたび大きな地震に見舞われる。日本で最も多くの犠牲を出した震災は関東大震災であり、10万人以上が犠牲になられた[1]。そして、2011年に起きた東日本大震災では地震で多くの被害が出た上に、東日本の太平洋沿岸は津波が多くの爪あとを残した。この地震と津波によって亡くなられた方は約1万5千人[2]とされており、特に津波の被害が深刻であった。関東大震災からは少なくなったものの、これほどの被害が出てしまった。この大震災前までは99%という高い確率で起こるといわれていたことが知られている。しかし、このような甚大な被害を回避できなかったのは、この大震災が想定外の規模だった要因がある。この大震災の影響によって、地震対策が見直されている。この結果、次の大震災型の大地震は首都圏直下型地震と南海トラフ地震が上げられた。さらに、南海トラフ地震では先の大震災より想定被害が大きいという調査結果が出た。この大地震の起こる確率は30年以内に70%といわれており、非常に高い数値である[3]。南海トラフ地震の特徴は津波到達時間が、東日本大震災時には30分だったのに対して、最短で5分で襲来するといわれている。これでは、避難時間が極端に短く、避難所に間に合わない可能性がある。

巨大地震の後は、土砂崩れ、液状化、建物の倒壊や渋滞などで最短の避難経路をとれない場合もある。さらにこのような巨大地震の避難開始は、地震直後に行動しなくてはならない。そのため、正しい避難方法や臨機応変さを用いることによって生存することができる可能性がある。本研究では、地震によって起こるさまざまな障害を乗り越えて、津波避難訓練の学習を効果的に行うシステムを開発する。このシステムによって、将来起こると思われる巨大地震に正しい避難で対応することが出来ると考えられる。

本研究では、独自に開発したシステムを用いて実験し、提案する。本システムは、正しい避難中の臨機応変な対応が重要とするシステムである。この臨機応変な対応とは、実際に津波避難を体験している緊張の中で、避難経路中に見かける様々な障害物をユーザの判断で回避することを指す。津波から逃げるという独特な緊張の中で目の前に見慣れない障害物をどう回避するかをユーザに考えてもらう。障害物とは、地震によって発生した土砂崩れや液状化、家屋の倒壊、危険な避難所からの移動などがあげられる。これらの障害に巻き込まれないように事前に回避し、避難中に危険な行動で避難できなくならないようにする。これらをユーザに体験させるために、実際に避難している感覚を持ってもらうためにGoogle Mapのストリートビューを用

いる。これだけでは、臨場感が得られなく独特な緊張を持ってもらうために、Oculus Rift を用いて仮想空間内での没入感を体験してもらう。これらの技術を用いて、本システムを開発する。

## 2. 関連研究

今までに実際に津波が襲ってくることを体験できる大型施設の映像や、津波のメカニズムを再現する町模型は手軽に津波を学べるものとして有名である。津波に関するシステムでは、仮想現実を用いた津波の浸水域を画面越しに見ることができるという KDDI と JR 西日本が共同で開発し、導入を検討しているシステムがある[4]。これは電車の車掌の津波避難訓練の疑似体験システムとして使用されている。この方法は臨場感があり記憶に残り非常に有効的であると言えるが、津波が襲ってくる恐怖はわかるが避難には直接かかわっていない。また、このシステムは避難ではないのに対して本研究では迫りくる津波から避難するシステムにする。

津波避難訓練で連想されるものは、高い避難所やビルに逃げるということである。しかし、実際に地震が起きた際には様々な障害や危険な場所があり直接避難所に向かない。i3 Drill (アイキューブドリル)バーチャル避難訓練システム[5]では、Google Maps のストリートビューを用いて道路が地割れや橋が落ちていて渡れないなどの障害が実装されている。このシステムでは、川沿いなどの津波が遡上してくる道を避難路として利用して、通ってしまっており間違った知識を学習する可能性がある。川沿いでは、ほかの場所と比べて津波に巻き込まれてしまう可能性が高くなってしまっているので正しい避難方法とは言えない。また、橋の崩落などの障害で、どうしても川沿いを避難しなくてはならないという状況で避難所を変更しない。そこで本研究では、諦めて次に近い避難所へ避難することが生存につながることを考え、ユーザーに新しく避難所を探してもらうシステムにする。また、i3 Drill では障害物が固定されているのに対し、様々な墓所でランダムに発生するシステムとする。

以上のことを実装し、疑似体験、正しい避難方法と障害の回避を理解してもらうことを目標とする。

## 3. 津波避難中の障害を臨機応変な対応で回避し正しい避難方法を学ぶシステムの開発

本システムでは、津波からの正しい避難方法の理解と避難通路にある障害の臨機応変な対応を深めるために、ユーザーには地震発生直後の疑似体験をしていただき最寄りの避難所に向かっていただく。本システムは Unity を用いて開発を行った。また、疑似体験システムを開発するに当たって Oculus Rift とコントローラの Oculus Touch を用いる。Unity は Oculus Rift と相性がよく、Unity 用アセットがすでに無料でリリースされている。そして、Google が提供して

いる Google Maps を用いる。Google Maps API を導入することで、ストリートビューや地図情報を Unity 上で利用可能にする。さらに、津波の浸水情報を用いるために函館市のハザードマップ情報を用いて導入する。以上の環境でこのシステムの開発を行う。

本システムは、ゴールを目指す迷路ゲーム形式である。ゲーム開始時に地図を表示して、スタート地点をユーザに選択させる。この地図は函館市の地図を表示する。

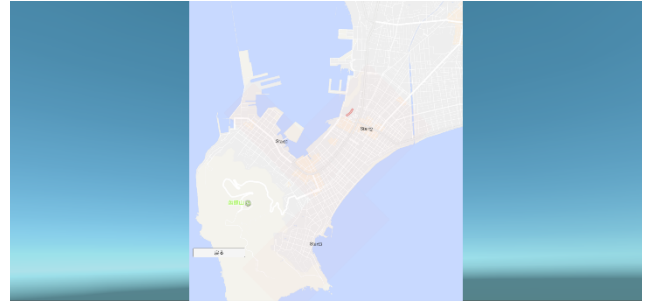


図1 スタート位置選択

その選択した場所のストリートビューが表示されルール説明が入る。スマートフォン画面、障害物と進み方を文字で教える。スマートフォンの説明では、画面に表示されている制限時間と地図について説明する。津波から逃げるための制限時間は5分に設定する。



図2 チュートリアル

この制限時間は、Oculus Rift の長時間使用によっておこるユーザーへの不快感を考慮したためである。地図はユーザーの現在地が表示されている。以上の説明がすべて終了したところから開始する。開始直後に津波避難時に出る津波警報の音が鳴り、ユーザーの進みたい方向に移動してもらう。



図3 エリア移動

障害物があるエリアでは、進みたい方向に障害物オブジェクトが配置されている。障害物は、地割れ、液状化、建物

の倒壊と土砂崩れがある。障害物の方向に進むことが可能であり、その方向に進んだ場合、ゲームオーバーになり生存率が減る場合がある。マップ上で危険エリアとされていた場所では、普通の道と変わらない。これは、ユーザがマップを見て気づくしかない。しかし、そのエリアに数秒間とどまっていた場合、津波に巻き込まれてゲームオーバーになってしまう。避難所の近くまで来た場合避難所の上に避難所マークが出てくる。そのマークを選択するとランダムで、避難成功と避難所使用不可と画面に出る。避難成功した場合、クリアとなり生存率が表示される。避難後の説明は最後に行く。避難所使用不可の場合、ユーザは他の避難場所を目指して移動してもらう。また時間制限を過ぎてしまった場合、ユーザは高い場所への避難かエリア移動を選択できる。制限時間はスマートフォンに書いてある数字と警報音がだんだん聞こえなくなってくることでユーザに知らせる。さらに、制限時間を過ぎると足元に津波の水が流れてくる。



図4 足元に津波

このことにユーザが気づかずエリア移動してしまった場合、ゲームオーバーになってしまう。しかし、ゲームオーバーした場合、制限時間過ぎてしまった場所から最初の制限時間つきで始まる。高い場所に逃げた場合、クリアとなり生存率が表示される。生存率は100%が最大で、危険な行動をした場合下がる。生存率はポイント制となっており、危険な行動をするたびやゲームオーバーになった場合に減点ポイントがたまる。クリア後の生存率画面では、生存率が下がった原因をリスト化しユーザにどこが下がる要因なのかを伝える。生存率が下がる要因は、障害物での行動、危険エリアでの行動とエリア移動する際の3つに分けられる。障害物での行動では、避難所が目の前にある場合以外では乗り越えてはいけない。危険エリアでの行動では、10秒間そのエリアにとどまると生存率が下がる。エリア移動では、後戻りする行為は生存率が下がる。すべての減少率は5%と一律であり、ユーザは生存率を下げないでクリアすることを求める。ここで述べたことを遷移図として図5で図解している。

クリア後に生存率を表示することによって、ユーザの避難が実際に襲ってきた際の基準を直感的に理解できる。Oculus Riftを用いることで実際に体験している感覚を感じさせるために、ユーザが動くときにそれに連動した音が出るようになる。また、避難警報の音源は実際に使用されているものを使用する。さらに、自分の実体験を参考にして開発し、ユーザには同じ感覚で避難方法を学ぶことに期待する。

#### 4. 実験

本システムは、東日本大震災を後世に伝え、教訓を生か

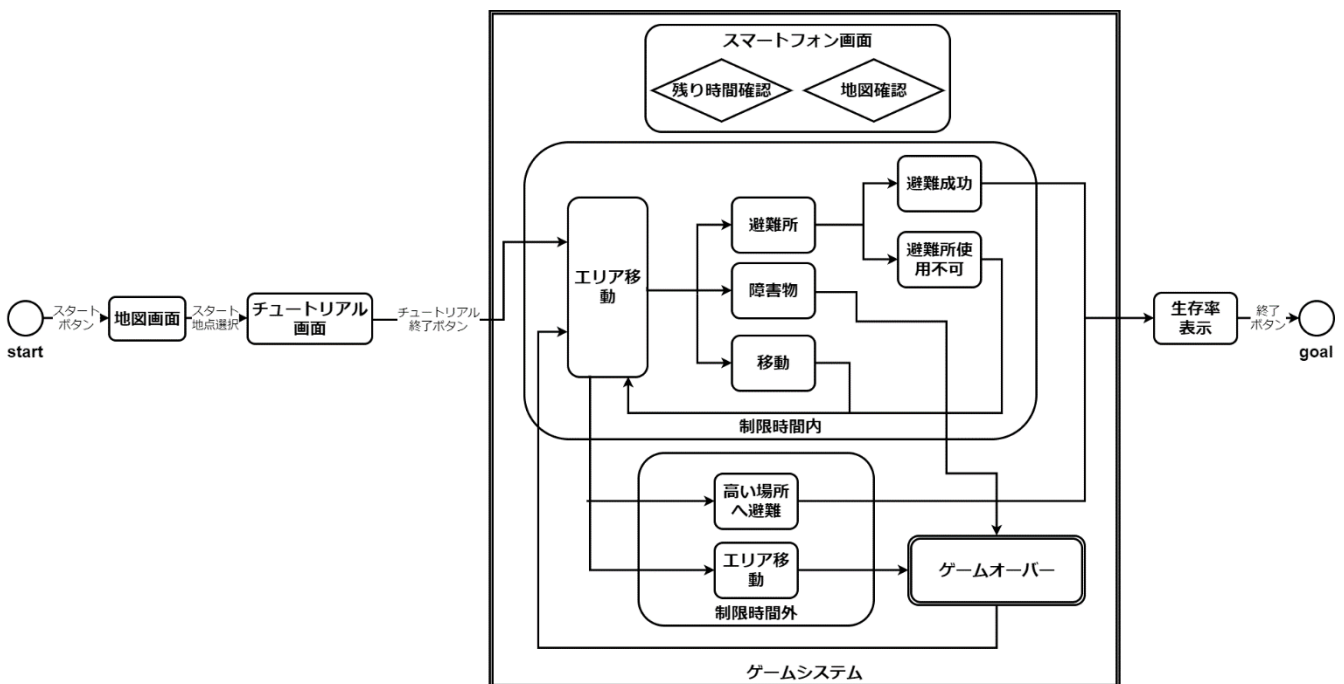


図5 システム遷移図

した行動が求められるため、小学生高学年以上を対象とする。また、Oculus Rift は対象年齢を 13 歳以上としているため、12 歳以下のユーザにはパソコン画面を用いてシステムを利用する。ユーザには想定外の障害に臨機応変に対応することが求められるため、どのような障害が発生するかを伏せる。クリアした後の最後の画面で、ユーザのどのような行動が危険になるかを知ってもらうため、生存率が下がったことを途中でユーザに開示しない。本システムの使用前と使用後にテストを被験者に行っていた。この実験で行ってもらったテストは、津波の発生直後の行動に関する問題を行い、矢代晴実ら[6]の「津波対策の現状と課題」と防災検定[7]の過去問題を参考に作成する。これにより津波避難訓練の正しい避難方法と臨機応変な対応に有意な差があるかを確認する。

1. 友達と外で遊んでいる時、地震が起こったため、すぐに避難所へ向かった。
2. 両親と連絡が取れないため、家にいると思い、家に帰った。
3. 津波がいつ来るか気になったので、海の様子を見に行った。
4. 携帯電話（スマートフォン）を家に忘れてきたため、取りに戻った。
5. 避難所の場所が分からなかったため、とりあえず海から遠くへ逃げてみた。
6. 避難所が川沿いにあったので、川沿いに沿って避難した。
7. 家が道路に倒壊していて通りづらそうだけど、通ってみた。
8. 避難所についたら土砂崩れが起きていたので、近くの別の避難所に向かった。
9. 津波が一旦引いたので、家に帰った。

図 6 予備実験テスト問題

本実験前に、10月に函館市内小学校にて予備実験を行った。小学6年生の生徒20名を常識知識が均等になるように10名ずつの前半組と後半組の2組に分け、プロトタイプシステムを利用した。前半組はシステムを使用する前にテストを行い、後半組はシステムを使用した後にテストを行った。本テストは、全9問構成でマルバツをつけ、問題の行動が正しいかどうかを判断してもらうテストである。この問題は9点満点で1問1点として点数付けをした。図6の問題を用いてこの実験で以下のような実験データが得られた。

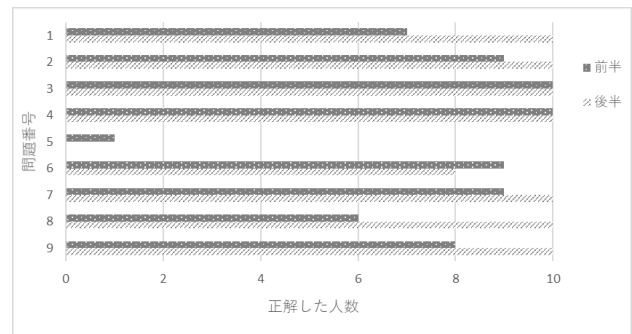


図 7 問題番号ごとの正解数

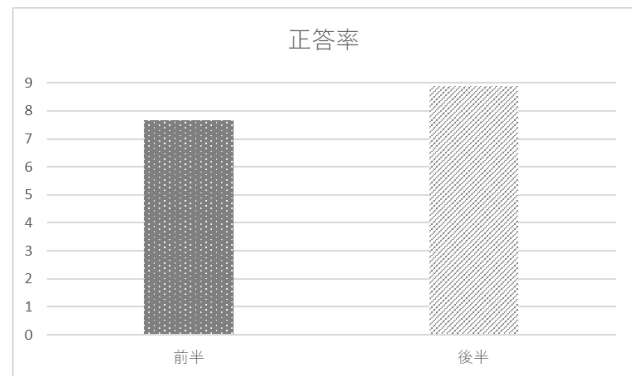


図 8 正答率

## 5. 考察

この予備実験では、前半組と後半組の2組の平均点の差が統計的に優位かどうかを確認するために、優位水準5%で両側検定のt検定を行ったところ、 $t(18)=1.76$ ,  $p=.09$ であり、有意傾向であることが分かった。図7と図8の通り、後半が前半より基本的に高いことが見られた。図7で見られる問題番号5番では、「避難場所が分からなかったため、とりあえず海から遠くへ逃げてみた。」という問題である。この問題はバツであり、「遠くへ」を「高いところへ」と書いていけばマルである。また同じく図6の問題番号6番では、前半の正解数と後半の正解数で逆転が起きている。この問題は「避難所が川沿いにあったので、川沿いに沿って避難した。」という問題である。この問題の答えはバツであり、津波は川沿いを遡上することで巻き込まれてしまうので危険とされている。この結果から、プロトタイプシステムでは高さや川沿いなどの危険な場所に関するユーザへの認知ができなかったことが理解できた。予備実験では、プロトタイプシステムを使用したことで、正しい避難方法の学習が不十分であった。この結果を踏まえて、本実験のシステムを実装する。

## 6. まとめ

本研究は、津波避難の臨機応変な対応を学習する津波避難システムで予備実験を行い検証した。これから行う実験では、予備実験で出た問題をシステムに実装し、実験検証を行う。さらに、予備実験では小学生を対象に行ったが、

これから行う実験では、津波避難の実体験がない被験者に対して行う。

**謝辞** 函館市内小学校の小学生と先生方に感謝致します。

## 参考文献

- [1] 内閣府 (2007)「過去の災害に学ぶ」『(第13回) 広報「ぼうさい」』, 5月号, pp.20-21
- [2] 農林水産省(2011)「東日本大震災 地震と津波の被害状況」, 『aff2011年5月号 特集1』
- [3] 内閣府防災担当 (2013)「これまでの首都直下地震対策について」
- [4] KDDI “わずか5分” で迫る津波から乗客を守る「VR訓練」 JR 西日本とKDDIの新しい取り組みはなぜ生まれた? KDDI be CONNECTED 2017.11.17 掲載(最終閲覧:2017.12.25), [https://biz.kddi.com/beconnected/feature/171117\\_2.html](https://biz.kddi.com/beconnected/feature/171117_2.html)
- [5] 室川優希 (2017.)「i3 Drill バーチャル避難訓練システム」, モバイルラーニングコンソシアム主催ラーニングイノベーションランブリ 2017
- [6] 矢代晴実, 荒木田勝, 小川雄二郎, 遅野井貴子(2002):津波対策の現状と課題—自治体への津波対策実施状況に関するアンケート調査から—, 地域安全学会梗概集 No12,
- [7] 防災検定 もしもの災害時にあなたはどのように対応しますか?, 株式会社セイエンタプライズ セイショップ事業部, 2013(最終閲覧:2017.12.25),<http://bosai-kentei.org/index.php/top/>
- [8] Junya Kawaia, Hiroyuki Mitsuhara, Masami Shishibori (2015), ” Tsunami Evacuation Drill System Using Smart Glasses”, Procedia Computer Science No72, pp329 - 336, 2015
- [9] Sarah Moreira Fernandes Bernardes, Francisco Rebelo, Elisângela Vilar, Paulo Noriega, Tania Borgesa (2015), ” Methodological approaches for use virtual reality to develop emergency evacuation simulations for training, in emergency situations”, Procedia Manufacturing No3, pp6313–6320