

VR を用いた被災体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案

Proposal of Disaster Preparedness Education System by Repeated Disaster Experiences and Countermeasures Using Virtual Reality

中本 涼菜[†] 谷岡 遼太[†] 吉野 孝^{††}
Suzuna Nakamoto Ryota Tanioka Yoshino Takashi

1. はじめに

日本は地震が多発する地域にあり、その被害は甚大となる場合も多い。2011 年には東日本大震災、2016 年には熊本地震が発生し、大きな被害をもたらされた。地震発生時における人々の死亡、怪我の原因として「家具転倒」、「火災」、「水害」といったものが挙げられる [1]。阪神淡路大震災では火災による被害が大きく、東日本大震災では津波による被害が大きかったというように、地域によってどの被害が大きくなるかが異なる。そこで、どこの地域でも共通して行える身近な防災対策として「家具転倒防止対策」がある。しかし、20 代から 60 代の男女 1000 人を対象とした防災対策の調査によると、61.4 % もの人々が、家具転倒防止対策を行っていないとの結果が得られた [2]。また、対策をしていると回答した人の中でも、「照明器具を固定している」や「テレビの固定をしている」のような意見が見られたように、一部の家具を固定しているだけで、全ての家具に対して転倒対策を行えているわけではない。対策を行わない理由の第 1 位として「先延ばしにする」、第 2 位に「面倒」といった理由が挙げられている [3]。被災の可能性のある地域の人々に家具転倒防止対策を意識させるには、恐怖を強調した映像が必要であると考えられる。

そこで我々は、先行研究として、VR を用いた防災教育のための地震体験システムを開発し、評価を行った [4]。VR による 360 度映像によって、地震時における家具転倒の下敷きとなる。「恐怖」を実感してもらうことで利用者に、家具転倒防止対策をする意識を向上させることが目的であった。実験を行い評価の結果、VR による映像は利用者に「家具転倒の怖さ」を感じさせることが分かった。しかし、アンケートの自由記述には「起震車が無くても使えるシステムが欲しい」「どのように防災対策をすれば良いのか」「実際対策をすればどうなるのかを知りたい」といった意見がみられた。防災教育を示すにあたり、人々には繰り返し教育を行うことが効果的である [5]。そこで本研究では、VR を用いた被災体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案をする。本システムでは、家具転倒防止対策、火災防止対策、災害対応のジレンマに関する被災体験の映像を用いる。システムの利用者には、3DVR 映像を用いて、被災とその対策方法を提示する。その後、対策を施した上で、別の要因による被災体験を経験してもらう。このように「繰り返される」被災体験の映像から、利用者の意識に強く働きかけることで、防災対策の再検討を行ってもらう。本研究は、以上の仕組みから人々の防災意識を高めることを目的とする。本稿では、本システムの概要と、シ

ステムの利用実験について述べる。

2. 関連研究

日本は地震が多く、南海トラフ大地震への警戒も高まっている。そのため、人々の防災意識を高めるための様々な手法やシステムが提案されている。柳らは、防災教育ツールとして、リアルタイム物理シミュレーションを用いた震災シミュレーションおよび実写動画映像を投影可能な可搬型 VR システムを提案した [6]。また坪田らは、ポータブル VR システムを開発した [7]。没入型 VR 環境を用いて広視野スクリーンを実現し、防災教育映像用プログラムを利用した防災教育の手法を提案した。これらのシステムは大型スクリーンを 3 面用いて VR 環境を再現することに対し、本システムは HMD で没入型 VR 環境を体験してもらうことができる。Aizhu らは、VR を用いた火災避難を体験するシステムを開発した [8]。このシステムは火災が起きた時の避難体験を行い、避難行動を教育することを重点に目的としている。それに対して本研究は、家庭における火災の恐ろしさを示し、火災を未然に防ぐことを目的としている。

VR による教育として、Michal らはストーリーテリングによる没入型 VR 訓練システムを提案した [9]。この研究では、多種多様なシナリオで、ストレスのかかる場面によるトレーニングを行い、救命活動の教育を行うことを目的としている。本システムは、被災体験をし、それに対する防災対策の映像を示し、防災に対する意識を深めることを目的としている。また、恐怖による教育として Luca らは 3D シミュレーションシステムを開発した [10]。航空機における事故というネガティブなシナリオを見せることで、利用者の意識を刺激し、避難するための教育を行う。本研究では、被災体験というネガティブなシナリオで、防災に対しての考えを深めてもらうことを目的としている。また、小学生から大人に対する防災対策支援として、Musacchio らの研究がある [11]。地域の防災教育を調査し、土地に適する防災対策を支援している。本研究は、被災体験を疑似的に体験することで、利用者が自分たちに必要な防災対策を考えるきっかけを示すことを目的としている。

HMD を用いた研究として、倉田らの地震の揺れ体感環境をベースとしたシステムがある。今後発生する首都直下地震や南海トラフ大地震への減災の取り組みとして、長周期地震動の危険性を一人でも多くの人にイメージできるようになってもらうことを目的としている [12]。また板宮らは、HMD を用いて高潮浸水シミュレーション 360 度動画を提案し、都市洪水疑似体験により市民の防災意識の啓発を図っている [13]。本研究では、HMD を用いて、没入型 360 度映像を利用者に示す。そして防災対策がなされていない室内にいる時の危険性を強調した VR 映像を用いて「被災体験」を繰り返し、利用者の意識に強く働きかけることを

[†] 和歌山大学システム工学研究科, Graduate School of Systems Engineering, Wakayama University

^{††} 和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

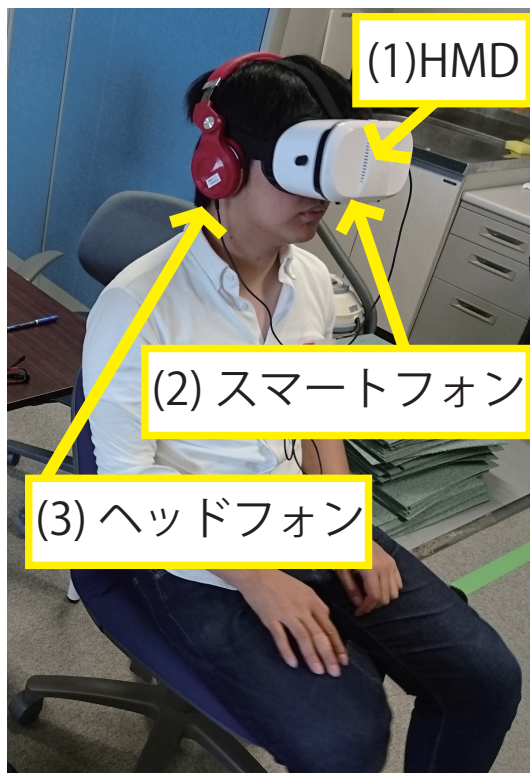


図 1: 使用イメージ

目的としている。

3. VR を用いた地震体験システム「なかもん R」

3.1 概要

本システムは被災体験を「繰り返す」ことで利用者の意識に強く働きかけ、利用者が防災対策を促すことを目的としている。図 1 に示すように、本システムでは以下の 3 つの機器を用いる。

- (1) HMD
- (2) スマートフォン
- (3) ヘッドフォン

利用者は、図 1-(1) のヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD と表記する) に、図 1-(2) のスマートフォンを装着し、図 1-(3) のヘッドフォンをつける。利用者は HMD により、スマートフォンに表示されている映像を 360 度見渡すことができる。利用者はヘッドフォンでは、地震音を聞くことができる。

3.2 映像セットについて

「なかもん」の映像場面セットを図 2 に示す。図 2-(1) は防災対策のなされていない寝室であり、図 2-(2) は店、図 2-(3) は家の外の景色であり、図 2-(4) はキッチンである。

利用者は図 2-(1) の寝室で眠っているところで、地震による家具転倒の下敷きとなる。そこで時間が巻き戻り、図 2-(2) の店で防災グッズを購入し、防災対策をする映像を見る。そして、図 2-(4) のキッチンで火災が発生する。

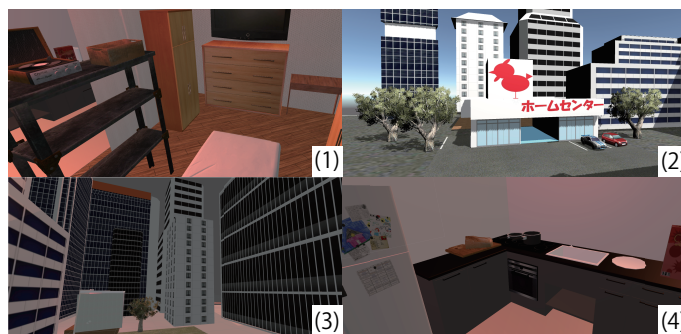


図 2: システムに含まれる映像の例

3.3 シナリオの概要について

ムービーの時間は 3 分 50 秒である。本システムのシナリオを図 3 に示す。

シナリオは A, B, C, の 3 通りあり、その順番に進む。
シナリオ A 利用者は寝室で眠っている。そこに地震が起き、利用者は家具転倒の下敷きとなる。そこで、時間が地震の発生する前に巻き戻り、店で耐震グッズを購入し、それを部屋に取り付ける。

シナリオ B シナリオ A のあと、再び地震が発生する。次に利用者は火災に遭う。そこで時間が巻き戻り、火災対策を行う。

シナリオ C シナリオ B のあと、地震による家具転倒と火災を免れた利用者は、外へ避難する。しかし利用者は、津波による被害を受けた街の映像を見る。

このシナリオを通して、本システムは家庭で行える防災対策を示すと同時に、対策を行ったとしても、他の原因による被害を受ける可能性があることを示している。それによって、利用者に防災対策について深く考えてもらうことを目的としている。

3.4 シナリオの説明

3.4.1 家具転倒防止対策

図 3 より、家具転倒防止対策のシナリオについてを示す。

- (1) 地震速報音が鳴り、地震が発生する。
- (2) 図 4 に家具転倒の様子を示している。寝室で眠っている利用者の頭上に家具が転倒する。
- (3) 地震が発生する前に時間が巻き戻る。
- (4) 図 5 に、店で「耐震マット」を購入し、寝室に取り付ける映像を示している。図 5-(1) で耐震マットを購入し、図 5-(2) は、耐震マットを寝室に取り付けている様子である。
- (5) 地震が発生する。耐震マットを敷いた家具は転倒しない。しかし、耐震対策を行っていない家具は利用者の上に落下する。
- (6) 地震が発生する前に時間が巻き戻る。
- (7) 図 6 に、店で「固定金具」を購入し、寝室に取り付ける映像を示している。図 6-(1) で固定金具を購入し、図 6-(2) は、固定金具を寝室に取り付けている様子である。

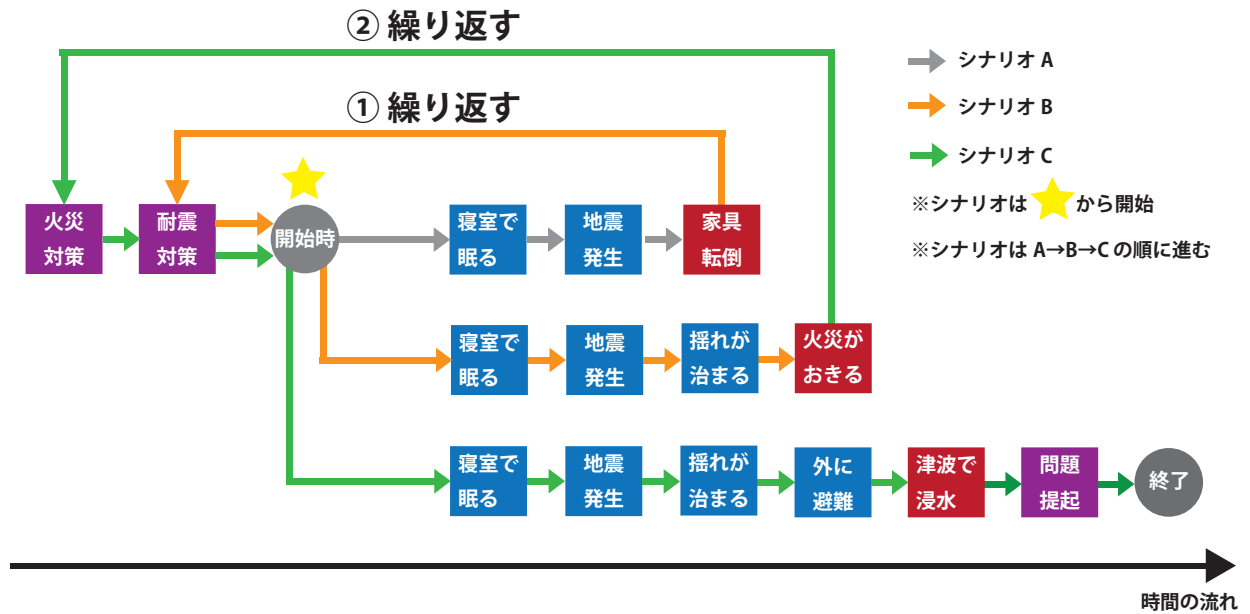
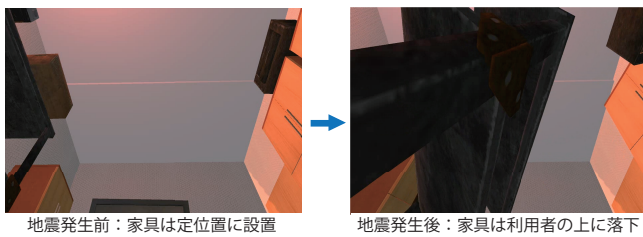
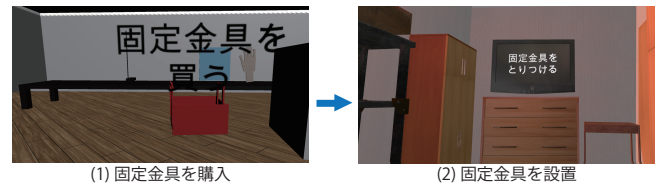


図 3: シナリオ



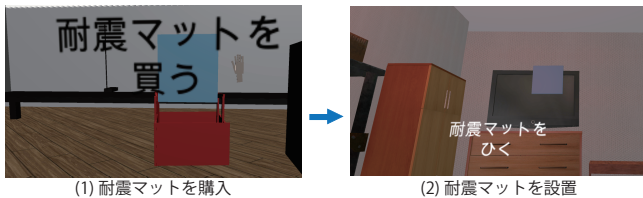
地震発生前：家具は定位置に設置
地震発生後：家具は利用者の上に落下

図 4: 家具転倒の映像例



(1) 固定金具を購入
(2) 固定金具を設置

図 6: 固定金具対策の映像例



(1) 耐震マットを購入
(2) 耐震マットを設置

図 5: 耐震マット対策の映像例

- (8) 図 7 には、家具の移動と、重いものは下に置くという対策の様子を示している。図 7-(1) で家具をベッドから遠ざけ、図 7-(2) で重い荷物を下に載せることで転倒対策を行っている様子を示している。図 7-(3) には、家具転倒防止対策が完了した部屋を示す。
- (9) 地震が発生する。家具転倒防止対策を行った部屋では、家具が落下してこない。

3.4.2 火災防止対策

図 3 より、火災対策のシナリオについてを示す。

- (1) 家具転倒防止対策後、地震が発生する。
- (2) 家具は転倒せず、揺れが治まる。

- (3) 図 8 には火災の様子を示している。図 8-(1) でキッチンから火災が発生する。図 8-(2) では、ガスの元栓を絞めることを示している。
- (4) 地震が発生する前に時間が巻き戻る。
- (5) ガスの元栓を絞める。
- (6) 地震が発生する、しかし火災は発生しない。
- (7) 利用者は家の外に避難する。

3.4.3 災害対応のシナリオ

図 3 より、利用者が家の外へ避難した後のシナリオを以下に示す。

- (1) 街は津波によって水没している。
- (2) 図 9-(1) より、利用者は周囲の様子を見渡す。
- (3) 図 9-(2) より、車の上で助けをを求める男性がいる。
- (4) 利用者は男性を助けるか尋ねられる。

このシナリオは、対策を行っても、地震の被害からは逃れられないという場面を示している。地震被害は、地震の規模や地域によって異なる場合もある。そのため、地震が発生しても「確実に」生き延びるための防災対策を行うことは難しい。したがって人々は、個人が住む地域を考慮したうえで、防災対策をよく考える必要がある。よって本研究は、利用者が住んでいる地域を確認し、深く防災についてを考えてもらうことを目的としている。また、水上に浮かぶ車の上で逃げ遅れている男性を助けるか、利用者に問

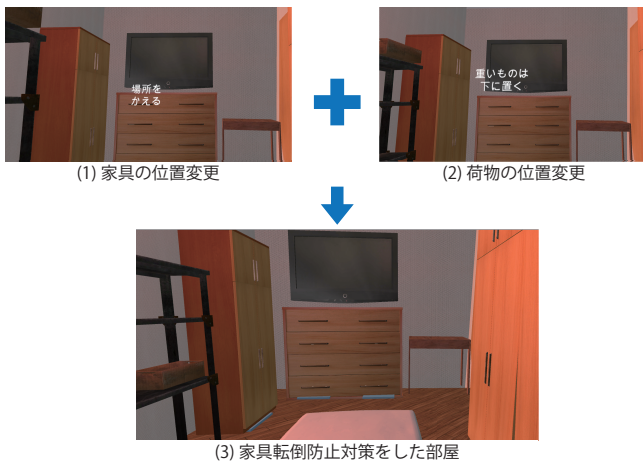


図 7: 場所移動対策の映像例

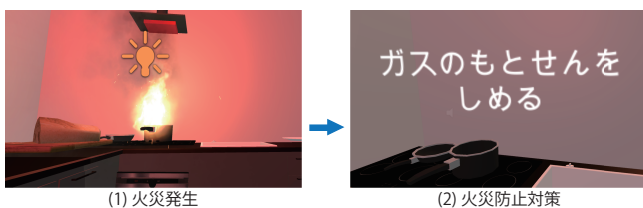


図 8: 火災対策の映像の例

いかけるのは、防災シミュレーションゲーム、クロスロード [14] の考えに基づいている。この場合は、「助ける」と「助けない」ことのどちらを選んでも発生するジレンマを想起させ、防災対策の意識を深化させるために、「災害」についてを深く考えてもらうためである。

4. システムの評価実験

4.1 実験の概要

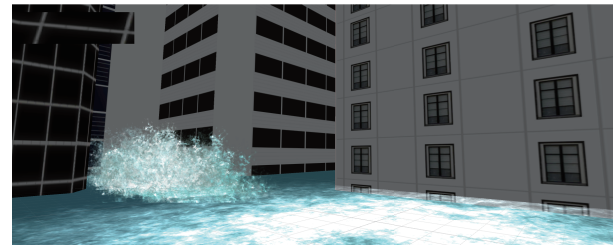
2017年7月19日に、和歌山大学の高校生向け入学促進イベント（オープンキャンパス）にて、本システムを用いた評価実験を行った。実験の協力は、高校生21名と、保護者1名の、計22名である。本実験を行うにあたり、以下の仮説を立てた。

- (1) 「なかもん R」を利用することで、体験者に地震の「恐怖」を感じさせることができる。
- (2) 「なかもん R」を利用することで利用者の防災に対する考えを変えることができる。

仮説を検証するため、本実験では実験協力者にシステムを体験してもらった。図 10 に、実験の様子を示す。協力者には、ヘッドフォンと HMD を装着し、椅子に座ってもらった。システムの体験終了後、アンケートに回答してもらった。

4.2 アンケートについて

各システムの体験終了後に行ったアンケートの項目と回答形式を表 1 に示す。表 1-(1) では、家庭で家具転倒防止対策を行っているかについて「はい」「いいえ」の中から選択形式で 1 つ回答することを依頼した。表 1-(2) では、表



(1) 津波被害



(2) 助けるかの選択

図 9: 津波被害の映像例

1-(1) で「はい」と選択した人に、具体的にどのような対策をしているか自由記述形式で回答を依頼した。表 1-(3) と表 1-(4) では、5段階のリッカートスケール（以下「5段階評価」と表記する）を用いた評価を依頼した。表 1-(5) では、システム体験後の感想を回答することを依頼した。5段階評価では「1: 強く同意しない」「2: 同意しない」「3: どちらともいえない」「4: 同意する」「5: 強く同意する」の中から回答を依頼した。

5. 実験結果と考察

5.1 実験協力者の家具転倒防止対策に対する意識調査

家具転倒防止対策を行っている実験協力者は表 1-(1) より、「家庭で家具転倒防止対策を行っているか」という質問項目に対して、「はい」と回答した協力者は 10 名、「いいえ」と回答した協力者は 12 名だった。表 1-(3) の自由記述により、どのような防災対策を行っているのかを尋ねた結果、防災対策を行っていると答えた人の中でも、家庭で行える全ての対策が行われていないことが分かった。「食料や水の備蓄品を貯めている」ことや、「つつ張り棒を取り付けている」といったように、家具転倒防止対策における一部の対策しか行っておらず、自分の地域ではどのような災害が起こるのかを考えていないと考えられる。

5.2 被災に対する「恐怖心」への影響

表 2-(3) により、「私は、システムを体験してドキリとした」という質問に対して、システムは中央値が 4、最頻値が 4 という評価を得た。システムに対する自由記述から以下の意見が得られた。

- 大きな地震を体験したことがなかったから怖かった
- 突然地震が起き、災害はいつ来るか分からないと思った
- 実際体験できなかったタンスの下敷きになることができた

表 1: アンケートの質問項目と回答形式

質問番号	質問項目	回答形式
(1)	家庭で防災対策を行っているか	選択肢
(2)	防災対策を行っている場合、どのような対策を行っているか	自由記述
(3)	私は、システムを体験してドキリとした	5段階評価
(4)	私は、このシステムを体験して防災に対する考え方が変わった	5段階評価
(5)	感想を教えてください	自由記述

表 2: 実験に関するアンケート (5段階評価)

質問項目	評価の分布					中央値	最頻値
	1	2	3	4	5		
(3) 私はシステムを体験してドキリとした	0	1	3	14	4	4	4
(4) 私はこのシステムを体験して防災に対する考え方が変わった	0	0	3	15	4	4	4

評価項目

(1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)



図 10: 実験の様子

- 自分が立っているのがリアルに感じて、物とかが落ちてきた時はけっこう驚いた
- 音と映像がリアルだったから

以上のことから、360度映像による被災体験は、はじめて疑似的に体験することで、災害時の恐怖を示せる可能性があることが分かった。「映像」と「音」という、視覚面と聴覚面に与えられる刺激に対して恐怖を感じる協力者もいれば、事前に防災対策をしていないと被害にあってしまうことを理解し、恐ろしいと感じる協力者がいることが分かった。また、表2-(3)の五段階評価で2の「同意しない」に回答した協力者が1名いる。自由記述には「いきなり地震が起きたから」と記述されていた。このことから、協力者がVR環境のシステムに適応できていないことが考えられる。そのために、利用者がよりVR環境に没入できる仕組みを考え、その上で利用者に被災体験を行ってもらう必要があることも分かった。

5.3 防災に対する意識への影響

表2-(4)より、「私は、このシステムを体験して防災に対する考え方が変わった」という質問に対して、システムは中央値が4、最頻値が4という評価を得た。システムに対

する自由記述から以下の意見が得られた。

- 防災でまだまだできることがあることを知った
- 対策するだけで、こんなに違うなら、ちゃんとしてようと思った
- 本棚など、倒れてきたら危ない物を固定しようと思った
- 次に模様替えする時、もっと考えようと思った
- 津波の心配はしていなかったから

以上のことから、本システムを体験することで、防災に対する考え方が変わる可能性があることが分かった。家具を固定しようと思い直した協力者や、今まで予想していなかった防災対策を意識できたという利用者もいた。映像教育によって、利用者は家具転倒の恐ろしさを知ることができると可能性があることが分かった。また、対策を行うことで被害が軽減される映像例を示すことで、利用者の防災対策の意識付けになる可能性があることが分かった。また、対策を行っても課題があることを提示することで、利用者の防災に対する考えを深められた可能性があることが分かった。

5.4 有用性の影響

感想を尋ねる自由記述からは、以下の意見が得られた。

- VRを使うことで、誰も傷つかずより本格的に防災の実験ができる
- 他の人にもやって欲しいと思った。そうすれば災害時の被害も削減することが可能だと思う
- 地震が起きたらこうなるんだと分かった

以上のことから、本システムは利用者の防災意識を改善できる可能性があることが分かった。また、「自分の部屋が地震によってどうなるかをシミュレートできれば良い」といった意見も得られたことから、利用者が、自分の身の周りの環境に近い映像を求めていることも分かった。

6. おわりに

本稿では、VRを用いた被災体験とその対策を繰り返すことによる防災教育システムの提案と開発を行った。本システムは、家具転倒防止対策だけではなく、火災防止のための対策や、普段から身近に起こりうる災害を意識してもらうための映像により、人々の防災知識と防災意識の向上を目的としている。また、システムの有用性を評価するため、高校生とその保護者の協力のもと実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 利用者は、360度没入型VR映像を視聴することで、地震による被災体験の恐ろしさを感じることができ、可能性はある
- (2) 利用者は、被災体験とその防災方法を視聴することで、家具転倒防止対策を行うという意識が向上する可能性がある
- (3) 利用者は、システムを体験することで、自分の環境での防災対策を見直そうとする可能性がある

今後はより詳細なシチュエーションを追加し、地域に即した映像を作成することを考えている。また、利用者がよりシステムに没入できるような改良を加えることを検討している。

参考文献

- [1] NHK そなえる防災：<http://www.nhk.or.jp/sonae/column/20120623.html>(参照 2017-07-19).
- [2] ボウサイデータベース：<http://bosaidb.com/research/>(参照 2017-07-19).
- [3] ガベージニュース：<http://www.garbagenews.net/archives/2135996.html>(参照 2017-07-19).
- [4] 中本涼菜, 吉野孝, 今西武: VRを用いた防災教育のための地震体験システムの開発, 2016年度情報処理学会関西支部支部大会講演論文集, D-08, pp. 1–5 (2016).
- [5] 多田知正, 丸田寛之: プログラミング教育における反復学習を採り入れた授業方式京都教育大学紀要, No. 116, pp. 123–134 (2010).
- [6] 柳在鎬, 橋本直己, 佐藤誠, 大野隆造: 地震災害に対する防災教育のためのポータブルVRシステムの構築: リアルタイム物理シミュレーションを利用した防災教育, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 469–470 (2007).
- [7] 坪田慎介, 大野隆造: ポータブルVRシステムを用いた防災教育の実施, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 485–486 (2009).
- [8] Aizhu Ren, Chi Chen, Jianyong Shi and Liang Zou Department of Civil Engineering Tsinghua University: Application of Virtual Reality Technology to Evacuation Simulation in Fire Disaster, Proceedings of the 21st International Conference on Web3D Technology, pp. 43–50 (2016).
- [9] Michal Ponder, Bruno Herbelin, Tom Molet, Sebastien Schertenlieb, Branislav Ulicny, George Papagiannakis, Nadia Magnenat-Thalmann, Daniel Thalmann: Immersive VR decision training: telling interactive stories featuring advanced virtual human simulation technologies, EGVE '03 Proceedings of the workshop on Virtual environments, pp. 97–106 (2003).
- [10] Luca Chittaro Fabio Buttussi Nicola Zangrando: Desktop Virtual Reality for Emergency Preparedness: User Evaluation of an Aircraft Ditching Experience under Different Fear Arousal Conditions HCI Lab, Department of Mathematics and Computer Science, pp. 141–150 (2014).
- [11] G. Musacchio, S. Falsaperla, A. E. Bernhardsdo M. A. Ferreira, M. L. Sousa, A. Carvalho, G. Zonno: Education: Can a bottom-up strategy help for earthquake disaster prevention?, Bull Earthquake Eng, pp. 2070–2086 (2016).
- [12] 倉田和己, 護雅史, 福和伸夫, 飛田潤: ヘッドマウントディスプレイを活用した地震の揺れ体験による減災行動の誘導, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 979–980 (2011).
- [13] 板宮朋基, 四村好紀, 神保貴彰, 幸村衡, 北河佑基: ヘッドマウントディスプレイを用いた洪水疑似体験システムの開発と市民啓発への応用, 日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会 CSV2016, Vol. 5, pp. 25–28 (2016).
- [14] 内閣府: http://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h20/11/special_02_1.html(参照 2017-07-21).