

VR を用いた防災教育のための地震体験システムの開発

Earthquake Experience System for Disaster Prevention Education Using Virtual Reality

中本 涼菜[†] 吉野 孝[†] 今西 武[‡]
Suzuna Nakamoto Takashi Yoshino Takeshi Imanishi

1. はじめに

日本列島は4つのプレートが会する場所にある島国であり、日本は「地震大国」と称される程に地震の発生数が多い。大規模な地震が発生した場合、家具が転倒し、人が家具の下敷きとなる危険性がある。1995年に起きた阪神・淡路大震災では負傷者の約46%は家具の転倒や落下が原因で負傷した。しかし内閣府の調査によると家具類の転倒防止対策を講じている家庭はわずか24.3%である[1]。また東京都防災会議の首都直下地震による被害想定によれば、約16万人の想定負傷者のうち、34.2%（約54,500人）の人々が家具類の転倒・落下によって負傷すると想定されている[2]。

人々が家具転倒防止対策を行わないのは「やろうとは思っているが先延ばしにしている」や「面倒」と言った理由が大半を占めている[3]。また、家具に傷がつくことや対策を講じるために料金がかかることへの抵抗感を感じている人や、「転倒なんてするはずがない」というように危機感を感じていない人も多い。以上のことから家具転倒防止対策をしようと思いついても、結果的に先延ばしにしてしまう人々が多いことが現状である。

防災教育において、地震を疑似体験できる振動装置を搭載した起震車が用いられている。山際らが行った、起震車による地震の模擬体験が児童の防災意識・防災行動に及ぼす影響についての調査では、多数の児童は、起震車によって与えられた震動を「こわい」と感じる傾向はなく、児童の半数は「面白い」と思っていたとの調査結果を述べている[4]。以上のことから、起震車は揺れを体感することができても、家具転倒防止対策をする意識付けとなるには不十分であることが分かる。

そこで本研究では、家具転倒防止対策の意識を喚起させることを目的としたVRシステム「なかもん」を開発した。本システムは、家具転倒防止対策がなされていない部屋にいる時の危険性を強調した3DVR映像を用いて、人々の地震に対する危機意識を喚起し、防災に対する意識付けを図る。本システムは起震車の上で利用してもらうことを想定している。本稿では「なかもん」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

地震が多い日本では、防災に関する意識が高く、防災意識を高めるための様々な手法が提案されている。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[5]。また坪田らは、



図1: 使用イメージ

ポータブルVRシステムを開発した[6]。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3DVRゴーグル1つで没入型VR環境を体験してもらうことができる。

ヘッドマウントディスプレイ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の連動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[7]。また板宮らは、ヘッドマウントディスプレイ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[8]。本研究では、3DVRゴーグルを用いて、没入型360度映像により、家具転倒防止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映像を体験できるシステムを提案する。

3. VRを用いた地震体験システム「なかもん」

3.1 概要

「なかもん」の使用イメージを図1に示す。本システムでは利用者に対して、地震時に防災対策がなされていない部屋にいることの危険性を強調した映像を見ることが出来る。システム利用者に映像を見ってもらうことで、地震時に家具転倒防止対策をしていない部屋の危険性を伝え、利用者の防災対策に対する意識を喚起させることを目的とする。

3.2 システム構成

「なかもん」のシステム構成を図2に示す。本システムは、統合開発エンジンUnityを利用し、家具転倒防止対策がなされていない寝室を3D環境で再現する。それをアプリケーションとしてアンドロイドスマートフォンにビルド

[†]和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

[‡]和歌山大学災害科学教育研究センター, Center of Education for Disaster Science, Wakayama University

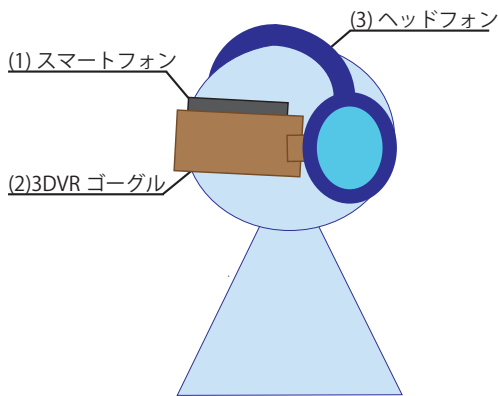


図 2: システム構成



図 3: 映像場面セット

し、そのアプリケーションがインストールされたスマートフォン(図 2-(1))を 3DVR ゴーグルを(図 2-(2))にセットする。利用者は 3DVR ゴーグルとヘッドフォン(図 2-(3))を装着する。3DVR ゴーグルは、装着すると、映像を 360 度見渡すことができ、利用者は没入型仮想空間を体験できる。

3.3 映像について

「なかもん」の映像場面セットを図 3 に示す。この映像は寝室を示している。ベッドにクローゼット、タンス、書棚、テレビ、机と椅子が設置されている。また図 4 に地震発生前の映像例を示す。これはシステム体験者目線の 1 シーンである。ベッドの上から見た映像であり、360 度周囲を見渡すことができる。図 5 に地震発生後の映像例を示す。家具類が揺れ、テレビとタンス、書物が倒れてくる映像の 1 シーンである。「なかもん」は震度 5 を想定しており、起震車で地震体験中に流れるスクリーン映像を参考に作成したものである。

図 6 に本システムのシナリオをタイムラインで表す。視覚面では、家具転倒の危険性を演出する。システム開始から 15 秒後、家具が転倒し始める警告音が鳴ると、システム内に設置されている家具とテレビが揺れ始め、転倒する。ベッドの上で横たわっている状態にある利用者に、その家具の下敷きとなることで家具転倒に対する恐怖を実感させる効果をねらっている。

聴覚面では、地震時の効果音を演出する。システム開始から 15 秒間は、台所で調理をしている日常音が流れる。地震の警告音が流れた後、地鳴り音が流れ、皿や家具類の落下音が聞こえる。利用者は本システムの効果音をヘッドフォ



図 4: 地震発生前の映像例



図 5: 地震発生後の映像例

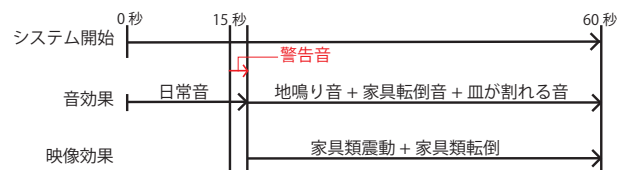


図 6: シナリオのタイムライン

ンで聴くことができる。利用者に、家具が転倒する映像効果に加え、地震音が聞こえることで高い不安感を与える効果を図る。

4. システムの評価実験

4.1 実験の概要

2016 年 7 月 28 日に、本システムを用いた評価実験を行った。実験の協力は、情報系の大学生・大学院生の 10 名(男性 5 名、女性 5 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」を利用することで、体験者に地震における家具転倒の「恐怖」を感じさせることができる。
- (2) 「なかもん」を利用することで、家具転倒防止対策がなされていない部屋にいることは危険だと実感させることができる。
- (3) 「なかもん」を利用することで、家具転倒防止対策をする必要性を感じさせることができる。

仮説を検証するため、本実験では実験協力者に 2 つのシステムを体験してもらった。CG 映像を用いたシステム(以降、「CG システム」と表記する)と、VR を用いたシステ

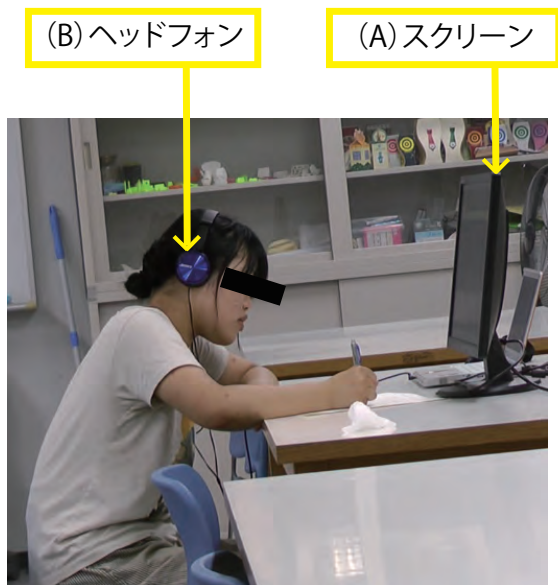


図 7: CG 映像視聴

ム「なかもん」を体験してもらった。実験の順序効果を考慮し、実験協力者 10 名を 5 名ずつの 2 グループにわけて実験に参加してもらった。

4.2 実験協力者のタスク

CG システムでは、協力者に本システムの地震映像をキャプチャした CG 映像を視聴してもらった。実験時の様子を図 7 に示す。実験協力者には、映像をスクリーン (図 7-(A)) で見ながら本システム内で流れる地震音をヘッドフォン (図 7-(B)) で聴いてもらった。

なかもんでは、協力者に VR 映像を用いた地震体験してもらった。実験時の様子を図 8 に示す。実験時間は 1 分間である。実験協力者には、3DVR ゴーグル (図 8-(A)) とヘッドフォン (図 8-(B)) を装着してもらい、180cm の板 (図 8-(C)) を敷いた台車 (図 8-(D)) の上に座って 3DVR ゴーグルとヘッドフォンを装着してもらった。なお、安全面を考慮して板と台車はクランプによって固定している。システム開始後、ゴーグルで 360 度映像を 15 秒間座って体験してもらった後、家具が転倒しはじめる前の警告音が聞こえたら、そのまま板の上に横たわってもらった。今回は人力で、事前に敷いておいた波板 (図 8-(E)) の上台車を上下に揺らし、地震の揺れも再現した。各システムの体験終了後、アンケートに回答してもらった。

5. 実験結果と考察

5.1 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」「わからない」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-(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) では、表 1-(1) で「いいえ」と選択した人に、



図 8: VR 体験

どうして対策を行っていないのか自由記述形式で回答を依頼した。表 1-(4) では、住んでいる建物がどのようなものかについて「マンション」「一軒家 (平屋)」「一軒家 (二階建て以上)」「その他」の中から選択形式で 1 つ回答することを依頼した。また「その他」を選択した人には自由記述でどのような建物に住んでいるのか、回答を依頼した。表 1-(5) と表 1-(6) と表 1-(7) 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。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。有意確率は、Wilcoxon の符号付き順位検定により CG システムと「なかもん」の有意差を分析した。

5.2 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 3 名、「いいえ」と回答した協力者は 7 名だった。家具転倒防止対策を行っていない理由として表 1-(3) の自由記述により、「面倒」や「お金がかかる」が挙げられる。表 1-(4) から、対策を行っていない人の 6 人はマンションに住んでいることが分かった。以上のことから、高層の建物に住んでいても、地震による激しい揺れで、家具が転倒する恐れがあるという危機感を抱かない人々がいることが予想される。

5.3 家具転倒に対する「恐怖心」への影響

表 2-(5) より、CG システムは中央値が 2.5、最頻値が 2 という評価を得た。CG システムに対する自由記述から以下の意見が得られた。

- 映像が動いてるだけだったのでそれほど身に危険は感じない
- リアルさを感じない

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)	家庭で家具転倒防止対策を行っているか	選択肢
(2)	(1)をしている場合どのような対策を行っているか	自由記述
(3)	(1)をしていない場合、その理由はなにか	自由記述
(4)	住んでいる建物がどのようなものか	選択肢
(5)	私は、システムを体験してドキリとした	5段階評価
(6)	私は、地震発生時に家具転倒防止対策がなされていない室内にいたことが危険だと思った	5段階評価
(7)	私は、このシステムを体験したことで、家具転倒防止対策の必要性を感じた	5段階評価

表 2: 5段階評価のアンケート結果

	質問項目	システム	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
			1	2	3	4	5			
(5)	私は、システムを体験してドキリとした	CG	0	5	2	3	0	2.5	2	0.0051*
		なかもん	0	0	0	6	4	4	4	
(6)	私は、地震発生時に家具転倒防止対策がなされていない室内にいたことが危険だと思った	CG	0	1	0	6	3	4	4	0.1088
		なかもん	0	0	1	4	5	4.5	5	
(7)	私は、このシステムを体験したことで、家具転倒防止対策の必要性を感じた	CG	0	2	0	6	2	4	4	0.0679
		なかもん	0	0	1	5	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

・評価の分布の単位は人である。

・有意確率は、Wilcoxon の符号付き順位検定により CG システムと「なかもん」の有意差を分析した。

*: 有意差あり (p < 0.05)

表 2-(5) により、「なかもん」は中央値が 4、最頻値が 4 と高い評価を得た。「なかもん」に対する自由記述から以下の意見が得られた。

- 首を動かして 360 度見え、現実味があってこわかった
- 目の前に家具が倒れてきてこわかった
- 揺れと映像が加わってリアリティが増した

有意確率は 0.0051 であり、有意差があった。以上のことから、360 度没入型 VR 映像を用いた「なかもん」は、スクリーン映像を用いた CG システムよりも地震における家具転倒に対する恐怖をより現実的に感じられることが分かった。また、震動を加えることでさらに恐怖心を高められることが分かった。

5.4 家具転倒に対する危機意識への影響

表 2-(6) より、CG システムは中央値が 4、最頻値が 4 という評価を得た。「なかもん」は中央値が 4.5、最頻値が 5 という評価を得た。有意確率は 0.1088 であり、有意差はなかった。CG システムに対して「家具が倒れてるのを見て危ないと思った」と記述した実験協力者がいた一方、「あくまで映像として見ている以上の感想はなく、現実味もなく危機感を感じない」と記述した実験協力者もいた。「なかもん」に対する自由記述には

- 家具の下敷きになった
- 自分の目の前に家具が落ちてきたから固定しないと危険だと思った
- 実際に防止対策をしなければならなかった

以上のことから、CG システムは体験者に家具転倒防止対策をしていない部屋にいたことが危険だと思わせること

ができる。しかし人々の中には、映像としてみているだけで家具転倒に対する危険性を感じられないと思う人がいることも分かった。「なかもん」は、体験者に家具転倒が身近な危険だと思わせることができる可能性を示した。

5.5 家具転倒に対する必要性の実感への影響

表 2-(7) より、CG システムは中央値が 4、最頻値が 4 という評価を得た。「なかもん」は中央値が 4、最頻値が 4 という評価を得た。有意確率は 0.0679 であり、有意差はなかった。CG システムに対して 2 人が評価 2 という低い評価を行っていた。実験協力者の自由記述では「別世界のように感じた」と表記していて、身近なことのようには思えないから CG 映像視聴だけでは家具転倒防止対策の必要性は感じられなかったのだと考えられる。しかしその他には「映像だと落ち着いて見られるため、家具転倒の様子が分かりやすく、家具転倒防止対策の必要性を感じた」との記述もあり、同様な記述をした実験協力者もいた。「なかもん」に対して「もう少し家具が倒れてきた方が危機感がわく、家具転倒と同時に衝撃が加わると良いかもしれない」との自由記述をした実験者もいて、このことから地震の震動に加え、家具転倒の衝撃を再現し、それを映像とリンクさせる必要性があると考えられた。また「なかもん」に対する自由記述には

- VR が想像以上にリアルで、CG よりも地震を体験するのに良いシステムだと思った
- VR 映像、音、震動で本当に危ないと思うくらいリアルだった
- CG システムよりも「なかもん」の方が防災をしようと思えて良い

以上のことから、CGシステムは第三者の目線で地震時の家具転倒の様子を見られるため、家具転倒防止対策の必要性を実感させることが可能だと分かった。「なかもん」は家具転倒の下敷きとなる当事者の目線で地震を体感することができ、家具転倒防止対策の意識付けに繋がる可能性を示した。

6. おわりに

本稿では、家具転倒防止対策の意識を喚起させることを目的とした360度没入型VR映像システム「なかもん」について述べた。また、システムの有用性を評価するための実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- (1) 利用者は、震動を体感しながら360度没入型VR映像を視聴することで、地震による家具転倒に対する恐怖をより現実的に感じられる可能性がある。
- (2) 利用者は、CG映像とをVR映像、どちらも家具転倒の恐怖を目の当たりにすることはできた。しかし、VR映像の体験をする方が、家具転倒に対する危険性をより身近なものとして実感することができるという感想を持つ人々がいると想定される。
- (3) 利用者はCG映像を視聴することで、家具転倒防止対策の必要性を感じる可能性が示された。VR体験においても同様であるが、VR映像を用いた地震体験をし、家具転倒の下敷きになることで、より家具転倒防止対策の意識付けになる可能性がある。
- (4) 利用者は、家具転倒と同時に衝撃を加えるとより危険性を感じる可能性がある。

今後はより本物の地震に近い映像になるように改良をすすめる。また、台所や街の中といった異なるシチュエーションでの映像制作を考えている。

参考文献

- [1] NHK そなえる防災：http://www.nhk.or.jp/sonae/special/bousai_no_chie/(参照 2016-07-11).
- [2] 地震防災対策に関する特別世論調査 <http://www.bousai.go.jp/pdf/oyakudachi01.pdf>(参照 2016-07-15).
- [3] 防災に関する世論調査：<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/kentokai/hisaishashien2/pdf/dai5kai/siryo2.pdf>(参照 2016-07-15).
- [4] 山際勇一郎、竹村研一：起震車による地震の模擬体験が児童の防災意識・防災行動に及ぼす影響，筑波大学心理学研究第10号，pp.103-117 (1988).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).

- [8] 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 CSV2016-5，pp.25-28 (2016).