

没入型 VR 環境での震災シミュレーションを用いた防災教育ツールの構築 — 都市地域防災施設の調査を中心に —

○大野 隆造¹⁾, 添田 昌志²⁾, 柳 在鎬³⁾

- 1) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, rohno@n.cc.titech.ac.jp
- 2) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, msoeda@n.cc.titech.ac.jp
- 3) 東京工業大学 総合理工学研究科 都市地震工学センター, jaehoryu@enveng.titech.ac.jp

1. はじめに

地震発生時に適切に判断し行動するには、どのような状況になり得るかを疑似体験させる防災教育が有効であると言われている。従来から疑似体験装置として実物の小部屋を揺らすシステムがあるが、その製作費用やけがの危険性、繰り返し行う手間などの問題点がある。特にいわゆる災害弱者（高齢者、障害者、子ども）を対象にする防災教育や緊急時の行動を研究するためには安全性が重要である。このような問題点は没入型 VR 環境を利用することで改善できることが多い。また、あらかじめ制作した映像シミュレーションが用いられる場合があるが、これは受動的な映像観察となり地震の現実感に欠ける。

地震発生時の状況を再現するために没入型 VR 環境を用いれば、状況設定の変更が容易であり、観察者の行動がフィードバックできるインタラクティブでよりリアルな地震発生時の状況が再現できる。また防災教育においては、参加者の興味を誘発することにより学習効果が大きいと考えられる。そこで、本研究では没入型 VR 環境を用いて、地震発生時の室内で起こり得る状況を表現可能な臨場感の高い震災シミュレーションシステムを構築すると同時に、一方で低レベルのシステムでの再現性をテストすることにより、より広く普及可能な防災教育ツールの開発を行う。

2. 研究内容

本研究は、次の計画で防災教育ツールの開発を行う予定である。

- (1) 現在の震災状況のシミュレーションシステムおよび教育ツールに関する調査
- (2) 没入型 VR 環境で地震発生時の状況を再現するための技術的な基礎研究
- (3) 没入型 VR 環境を用いた震災再現および防災教育ツールの構築(より高度な CG 表現の為のソフトウェア Render Engine, Physics Engine)
- (4) 臨場感の増加を伴うために、インタラクションが

可能なインタフェースや震災時の振動発生機の製作

この中で今回は、(1)の震災状況のシミュレーションシステムおよびその教育ツールに関する調査および分析を行った結果を報告する。

3. 都市地域の防災施設の調査および分析

没入型 VR 環境を用いた震災再現および教育ツールの構築に先だって、現在、実際に使われている実物を利用した地震再現および訓練システムの現状把握やそのシステムの長所・短所について整理し、没入型 VR 環境への応用について検討する。また、VR 環境を利用した災害再現システムや防災教育ツールの基礎調査や関連情報を収集する。それを基に、実物や VR 環境を利用した既存のシステムが抱えている短所が補完できる没入型 VR 環境を利用した防災ツールの構築を検討する。

3.1 調査の対象

今回、調査の対象は東京と神戸の防災施設に設定した。その理由としては、過去の震災の体験および地震発生によって想定される被害が大きいことから、地域の防災教育に力を入れているからである。具体的な対象は、表 1 に示す東京消防庁管理下である 3 つの防災館（本所、池袋、立川）と博物館と神戸の「ひとと防災未来センター」である。

3.2 都市地域にある防災教育施設の特徴

今回の調査は、本研究が没入型 VR 環境を利用した新しい教育ツールの開発の基礎調査という観点から、各施設において防災教育過程のコミュニケーション手段としての視聴覚資料を中心に調べた。

調査した施設の展示プログラムにおいて、共通点として挙げられるのは、最初の段階において映画による災害時の映像提示から始まることである。その理由としては、視聴覚メディアが持っている理解しやすく直感的なコミュニケーション能力を利用して訪問者に対する情報の伝達を容易に行うためと考えられる。大型のスクリーンでの映像だけではなく、他に視聴覚資料を利用した例としては、様々な地震や災害に関する情報を映像ライブラリ化し、より簡

単な操作で資料へのアクセスを容易性にしたことも挙げられる。

表 1：調査対象

	
立川防災館	本所防災館
	
池袋防災館	消防博物館
	
ひとと防災未来センター	

他にも訪問者の注意を引くための様々な考案がされていて、例えば、神戸のひとと未来防災センターの場合は 1995 年の阪神・淡路大震災の被害を受けた実物（建物の残骸や地震で壊れた様々な被害物）を展示し、訪問者に強い印象を与えることで防災教育の効果を上げようと努力している。

多数の防災教育施設では、子ども向けの教育プログラムとして、教育を受けた回数によるポイントカード式の導入や、学習後に質問に対する回答の点数を計算するといったゲームスタイルの方法を実施している。それにより教育内容に関する興味や学習効

果を高くするよう考案している。

表 2 では各防災施設において、視聴覚メディア、展示の方法、災害疑似体験装置、資料の提供方法などに対して整理している。

表 2：調査施設の特徴

施設	視聴覚メディア	展示方法	疑似体験装置	資料の提供方法
ひとと防災未来センター	1. 17 シアタ	ガイド&自由観覧	地震被害模型街路	地震関連図書館
消防博物館		自由観覧	火事模型	本、視聴覚資料
本所防災館	3D シアタ	ガイド&自由観覧	地震、火煙、暴風雨体験コーナー	本、視聴覚資料
池袋防災館		ガイド&自由観覧	地震、煙体験コーナー	視聴覚資料
立川防災館	防災ミニシアタ	ガイド&自由観覧	地震、煙体験コーナー	本、視聴覚資料

3.3 防災施設調査に基づく提案

防災施設の調査やその展示関係者とのインタビューなどを通じて得られた新しい防災教育ツールへの提案としては次のことが挙げられる。

1) 防災教育過程において教育内容に関心を持ち続けるようにするためには、被教育者の選択や反応に対するインタラクションを高める必要があること：これに関連する VR 教育ツールの開発の提案としては、歩行動作を補助するロコモーションインタフェースや手による操作等を補助する触覚・筋覚インタフェースなどが考えられる。このような多様なインタラクションの組み合わせにより、教育過程の興味誘発から学習効果が高くなると期待される。

2) 防災教育システムの搬送性 (Portability)：現在の防災施設に設置されている視聴覚提供システムや疑似体験装置などは、そのシステム設計の最初から防災施設に人が訪問することを前提している。このような施設の展示や教育を直接に行う現場の声としては、より多くの人に参加できる場所への移動や、それによる教育効果の向上を求める意見が少ない。そこで、移動・設置が可能なより簡便な方法や省経費によるシステムの開発が求められる。

3.4 効果的な防災教育のための他の要因

防災教育において重要なことは、他の教育と同様に教育を行う者の能力である。防災教育の場合は単なる知識の伝達ではなく、実体験に基づく情緒を含めた語り方などの教える工夫が必要である。その意味で、東京の防災施設の防災教育過程において、多年間現場で活動した消防士が教育や施設のガイドを担当していることや、神戸のひとと防災未来センターにおいての実際に地震の被害を経験したボランティアによる相談などはその教育効果を高めていると考えられる。

また、テレビなどの公共的なマスメディアの役割も重要と考えられる。マスメディアによる防災教育効果の検証は困難であるが、例えば、朝日テレビの「巨大地震は必ず来る！」という番組は大衆に対する影響も大きく、視聴者の間話題をつくることに成功していることから、実際の防災行動に結びつく可能性が高い。防災教育におけるマスメディアの役割についても再考察してみる必要がある。

4. 防災教育の学習効果の評価

防災施設において、一般市民や学生を対象にした様々な防災教育が行われているが、その効果の評価は容易ではない。防災教育の効果を直接実験で評価するのは、災害が予測できない現象であることから事実上不可能である。しかしながら、アンケート調査を行って比較することにより、その教育効果を測ろうとした試みが梶田ら（1988）や瀧本ら（1997）の研究などで見られ、一定の成果を上げている^{1),2),3)}。ただし、今回開発するVRによる3次元の体験ツールによる学習効果の評価は、現実感を与えるために体験者に提供する感覚情報そのものが複雑であり、それによる影響を評価することは一層困難であることが予想される。

仮想環境を利用した訓練の効果に関しては、Bliss & Tidwell(1997)によるVRの学習効果に関する実験が例として挙げられる⁴⁾。設計図とVRを用いた訓練や、訓練なしの3つの条件において消防士による救助活動の向上を調べた実験結果では、VR環境による訓練が有効であると報告している。このことから、VRを利用した防災教育ツールの効果が期待できると考えられる。

5. 震災時の家具の挙動とリアルタイム物理シミュレーション

震災による被害予測において深刻なものの一つに、地震の揺れによる家具の転倒がある。図1で示しているように阪神・淡路大震災の住宅内部で発生した被害のほぼ半分が家具の転倒によるけがである。この例から、これからの大都市の被害パターンを予測

してみると、住宅内部の家具を安全に再配置することにより軽減可能な被害は大きいと考えられる。また、これに対して研究者も注目していることから、その重要性がわかる^{5),6)}。

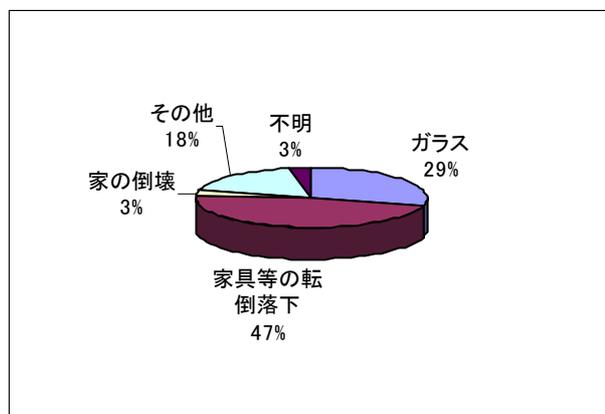


図1: 内部被害によるけがの原因

日本建築学会「阪神・淡路大震災 住宅内部被害調査報告書」

また、Rohrmann のリスク認識モデルによると、<リスク認識—情報探索—対策実行>の過程で災害が認識されている⁷⁾。それによると、十分なリスクに関する認識がされても、実際の対策の実行に移らなければ、災害の軽減の効果は期待できない。それで身近なところからリスクの認識やその対策が可能な教育内容を扱うことで、より大きな防災効果が得られると考えられる。

本研究では、没入型VR環境を利用した防災教育ツールの開発において、リアルタイムで計算が可能な物理シミュレーションエンジンを使用して、部屋の家具配置による被害予測を実時間で把握可能なシステムの構築を行う。また、体験者による自由な家具の配置を可能にすることで、よりインタラクティブな環境となり、その防災教育効果も上げられると考えられる。初めの段階として基本的な家具の生成やその基本的な挙動が観察可能なシステムの構築を行った。平常時に家具を配置した様子を図2に示し、それから地震の揺れによる家具の転倒する様子を図3で示した。

室内家具配置による被害の想定を実時間で計算し、家具の再配置による試行を繰り返し行うことで、体験者の興味を引くことが可能で、さらにより多くの人の参加が期待できると考えられる。また、没入型VR環境での体験から、普通のモニタでは得られない現実感を再現することで学習効果の向上を図る。

今後、より現実感がある世界を構築するためには、物体のテクスチャーや照明の設定などCG環境の改善には、まだ多くの課題が残されている。

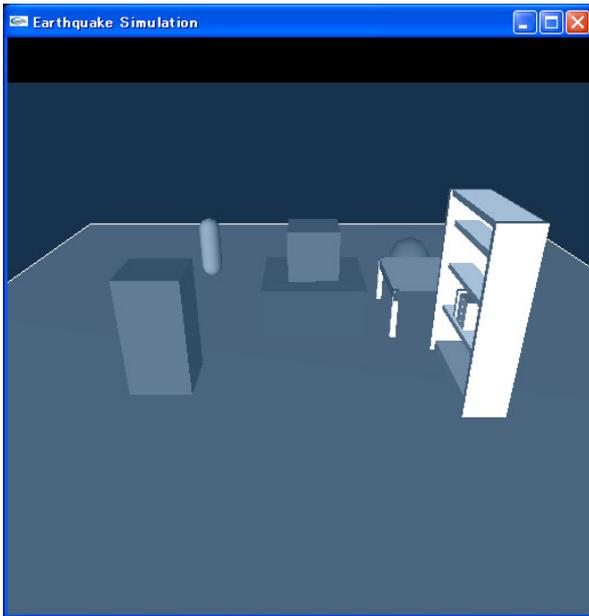


図 2: 物理シミュレーションの場面

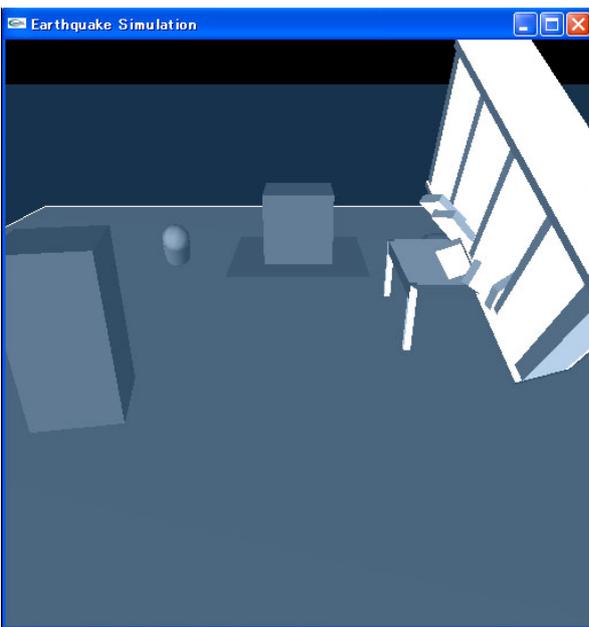


図 3: 地震の揺れによる家具の転倒

6. 結論

本研究では没入型 VR 環境を利用した防災教育ツールの構築を行うための防災施設の調査を行った。東京や神戸の防災施設の調査を通じて、視聴覚メディアの利点やその活用の例を把握することにより、防災教育ツールの構築においては教育コンテンツのインタラクションやシステムの搬送性などが求められていることがわかった。

また、実時間シミュレーションによる基礎的 VR システムの構築を行い、基本形状の家具の生成やその挙動を確認した。このシステムの今後の課題としては、次の防災教育ツールの構築における臨場感

を増加させるための基礎研究が必要である。臨場感や学習効果を上げるために必要な以下のようなコンピュータグラフィックス (CG) の表現技術の可能性を検討する。1) 複雑な VR モデルの作成, 2) 壁などでライトや火の明るさが表現できる手法 (Baking Texture), 3) 体験者の臨場感の向上を図るための地震による揺れの映像表現, 4) リアルタイムで振動による物体の動きや衝突が計算可能な物理シミュレータの活用, 5) 視覚的な情報提示に留まらず聴覚情報や床のゆれ, 手探りなどの身体感覚情報を提示する方法などの検討も必要である。

参考文献

- 1) 梶田秀芳, 翠川三郎, 三木千寿, 大町達夫, “地震防災意識の形成過程と地震防災教育の効果の測定,” 土木学会論文集, 第 398 号, I-10, 1988. 10
- 2) 瀧本浩一, 三浦房紀, “小, 中学生を対象とした地震防災教育ソフトウェアの開発とその評価,” 土木学会論文集 No. 619/I-47, 155-167, 1994. 4
- 3) ラジブ ショウ, 塩飽孝一, 小林広英, 小林正美, “高等学校における地震防災教育のあり方に関する研究,” AIJ, No. 585, 69-74, Nov., 2004
- 4) Bliss, J. P., and Tidwell, P. D. (1997), “The effectiveness of virtual reality for administering spatial navigation training to firefighters,” Presence Vol. 6, No. 1, 73-86.
- 5) 「室内危険度診断システム」岡田成幸先生, 名古屋大学災害対策室のホームページ
<http://anshin.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/taisaku/>
<http://www.hitachi-to.co.jp/products/sindan/index.html>
- 6) 「地震災害環境シミュレータ」東京大学生産技術研究所 目黒研究室
<http://risk-mg.iis.u-tokyo.ac.jp>
- 7) Rohrmann, B. (2000), “A socio-psychological model for analyzing risk communication process,” The Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies, Vol. 2000-2.