

リアルタイム物理シミュレーションを用いた防災教育ツールおよび可搬型 VR システムの構築

○柳 在鎬¹⁾，大野 隆造²⁾

1) 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

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, rohno@n.cc.titech.ac.jp

1. はじめに

日本は地震による被害が多発している国である。また、首都直下、関東、東海、東南海地震による大都市での大きな被害も危惧されている。1995年の阪神・淡路大地震の例からもわかるように、大都市地域で発生する地震の場合は住宅の倒壊および火災などによる被害が予想されている。そのため、東京や神戸などの地震発生の可能性が高い大都市では防災教育施設などを通じて一般人や学生を対象に防災教育を行っている。先行の論文¹⁾ではその施設の調査および教育メディアに関する分析とともに没入型VRシステムを利用した防災教育の提案を行っている。提案する防災教育の内容としては、大都市で地震が発生した際、大きな被害の原因と考えられる室内家具の転倒²⁾などを対象にした防災教育ツールの構築を進めることにした。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。室内家具の配置などに関しては普段の生活から準備を備えることでその被害を防ぐことができるという教育効果が大きいと考えられる。

本論文では没入型VR環境を用いることから、図1で示しているような従来の地震疑似体験装置として実物の小部屋を揺らすシステムが抱えている危険性、繰り返し行う手間などの問題点や、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を保つことが可能であると考えられる。また、本論文では没入型VRシステムを利用した防災教育を必要場所で行うために、簡易な組立ておよび解体で移転設置が可能な可搬型VRシステムの開発を行った。開発されたシステムでは3面で構成される広視野角の映像が提示可能で、実写動画映像およびコンピュータで生成されるリアルタイム物理シミュレーションを用いたCG映像が提示可能である。これを利用することでより高い臨場感が実現できることから、その防災教育効果が期待できる。

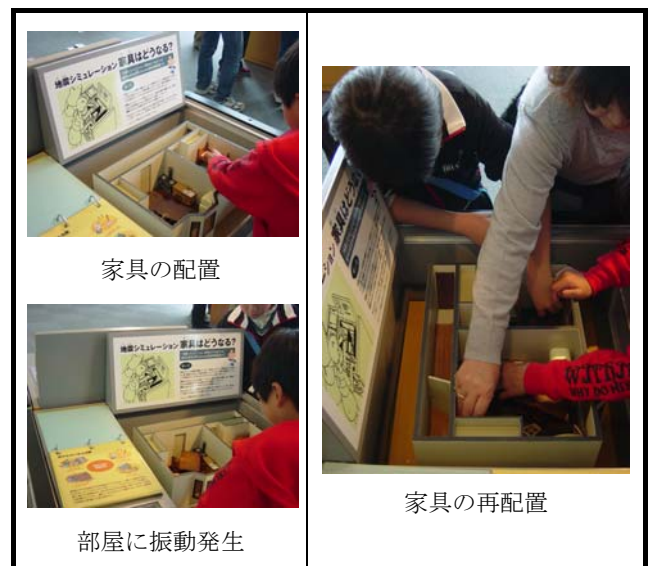


図1: 防災施設の実物家具挙動シミュレータ

2. リアルタイム物理シミュレーション

仮想環境では、そのシステム内での仮想の世界を再現することで体験者に臨場感を与えるためには実際の空間で見えるような、仮想物体の現実的な挙動が求められる。リアルタイムで物理シミュレーションが可能になる前は、事前に長時間にかけて物理計算を行い、その結果を利用してアニメーションで作る手法が用いられていた。仮想環境でリアルタイム物理シミュレーションを実現するためには、連続した動画を構成するに十分な計算速度が必要である。最近ではコンピュータハードウェアの急速な発達および物理シミュレーションのアルゴリズム改良により、仮想環境やゲームのアプリケーションにおいてゲームレンダリングエンジン³⁾やリアルタイム物理シミュレーションの利用が可能となった。

リアルタイム物理シミュレーションを実現するための物理エンジンとしては、簡易なプログラム開発を行うためのものとして、ソースが公開されているODE (Open Dynamic Engine), Bullet, OPALなどがあり、より高度の商業的な物理エンジンとしては

Havok, PhysX (NovodeX) などがある。また、PhysX では専用計算用の CPU (Central Processing Unit) や GPU (Graphics Processing Unit) のような概念で物理シミュレーションの計算のみをより速く行うために提案されているのが PPU (Physics Processing Unit) である。このような PPU を利用することで 3D グラフィックの表現力を向上することができる。

本研究では防災教育ツール開発に使用する物理エンジンとしては、シミュレーションの安全性が優れていることや PPU を用いることから高速な物理計算が可能で開発上のサポートやプログラムの作成が容易な PhysX の物理エンジンを利用することにする。

3. 震災を再現するための室内家具配置ツール

このシステムの目的は家具が配置している部屋内の地震発生状況を再現することで自分の部屋の安全性を確認することから防災教育の効果を図ることである。下の図 2 では地震発生前の安定した室内と後の家具が散乱した状況を確認できる。

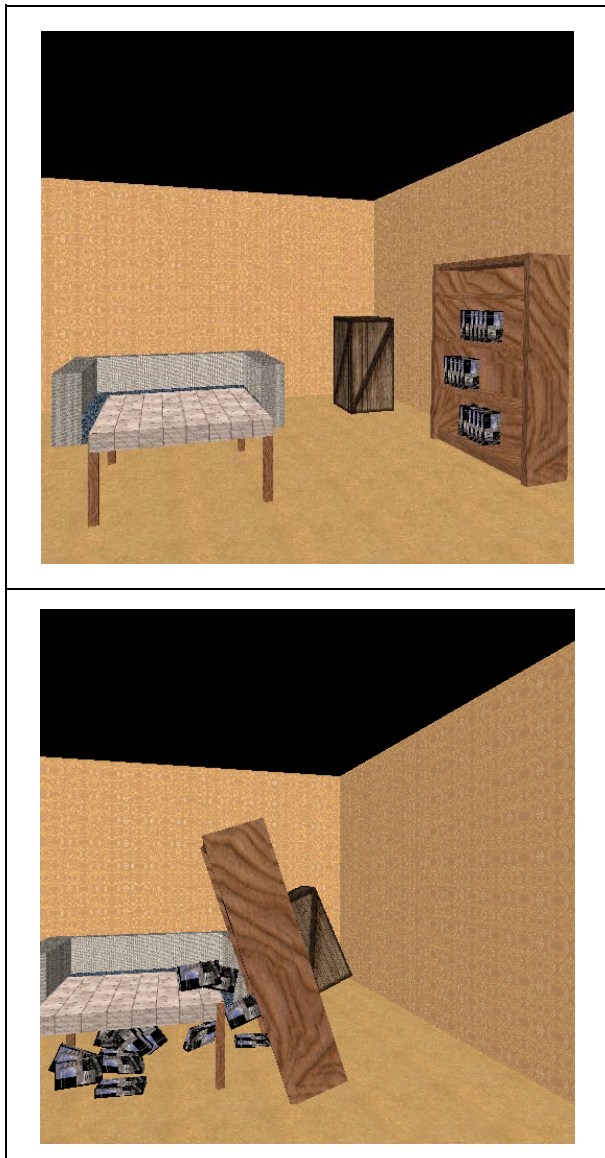


図 2: リアルタイム物理シミュレーション

図 2 で示しているように、自分の部屋の家具配置を基準にした地震が発生時の被害がリアルタイムで再現できることで、使用者は自分の部屋に配置されている家具の危険性を測ることができ、それを基に家具配置の見直しや転倒防止策を考慮することになる。例えば、高い家具の転倒による危険範囲や安全な場所を確認することで日常生活の地震に対する防災意識を高め、家具の再配置や安全に対して考える機会を与える防災教育に繋がると考えられる。これは震災に対するリスク認識において、リスクコミュニケーション^{4), 5)}を増やすことでその震災被害の軽減が期待されると考えられる。

下の図 3 では仮想環境システムを利用した室内の家具の配置方法を示している。今回の初期の開発ツールではキーボードやマウス操作を通じるメニューの選択により、家具の移動や回転が可能である。

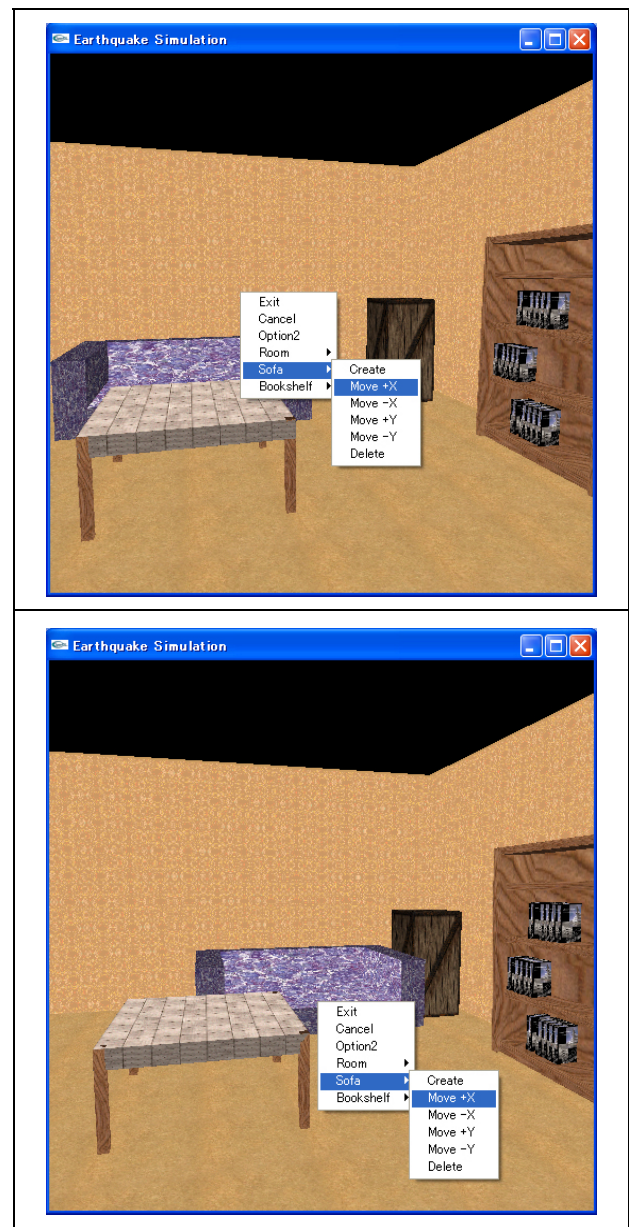


図 3: マウス操作を用いた家具の配置

この方式は日常的にコンピュータを利用するユーザとしては便利な方式で効率がいいと考えられる。一方、他に考えられる方法としては触覚インタフェースを利用した直接的な操作が挙げられる。この方式はユーザが触覚インタフェースを用いて物体を直感的に移動、回転することが可能で、操作性および臨場感の増加には有効と考えられる。

4. 可搬型 VR システムの開発

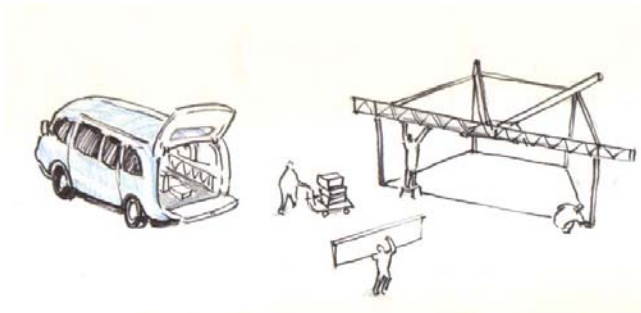


図 4: 可搬型 VR システムの概念

今日、防災教育施設が各地に作られ、そこには大画面映像提示装置や震動体験装置などが設置されている。しかし、これらを体験するためには、そこを実際に訪れる必要がある。先行研究として行った大都市に設置されている防災施設の調査の結果では、より多くの人に防災教育の機会を与えるために移動可能な没入型 VR システムの開発が必要であることがわかった。その調査の結果に基づき、図 4 で示しているように組立ておよび解体が可能で設置場所の移動の可能なシステムの開発を行った。システム設計の特徴としては、1) 分解および組立てが簡単で、かつ短時間で作業ができること、2) 分解されている機材が軽量で車両での運搬が容易であること、3) 可能な限り高解像度や広視野角を確保することなどが挙げられる。この可搬型 VR システムは、学校や公民館など様々な場所に設置が可能なシステムで、それを用いることにより、多くの参加者が高い没入感の得られる 3 面投影映像 (実写動画映像および CG による VR 映像) を体験することができる。

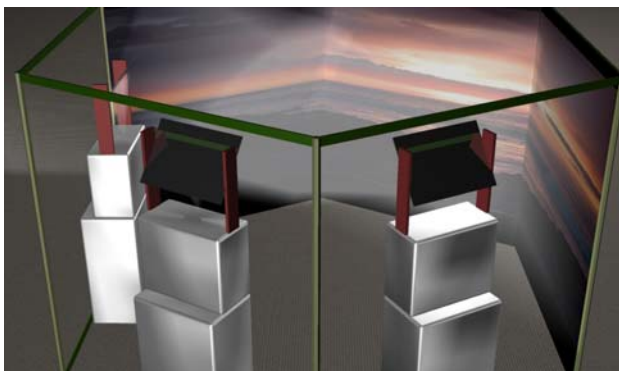


図 5: 3 面で構成されているワイドスクリーン

4.1 可搬型 VR システムの構成

可搬型 VR システムでは防災教育を行うための二つの機能が備えている。一つの機能はビデオカメラなどで撮影した実写動画映像を電子ファイル化することで 3 面スクリーンに提示可能なことである。一台のプロジェクタの解像度 SXGA (1280pixel X 1024pixel) を超える High-Definition (HD) 画質の映像も電子ファイル化したファイルを 3 台のプロジェクタ映像を連結させるソフトウェアで表示することで、一般的な 1 面のプロジェクションによる広視野角の映像での視聴が可能になる。もう一つの機能としては前章でも記述しているように、リアルタイム物理シミュレーションを利用することで室内の地震発生状況の提示が可能である。3 面のスクリーンで提示される CG 映像によりより高い臨場感が得られると考えられる。

それぞれの機能を十分に満たすために、独立した 4 台ずつの二組のコンピュータを 1 G ビット/秒 (bps) 以上の有線ネットワーク設備を設けることで、安定的な広視野角映像の生成を行っている。使用しているプロジェクタは重さ 5kg で、SXGA の解像度を持つ 3500lm の明るさの映像が投影可能である。三つのプロジェクタの映像を同期させて統合することで全体の表示可能な映像の解像度は約 3000pixel X 1000pixel になる。

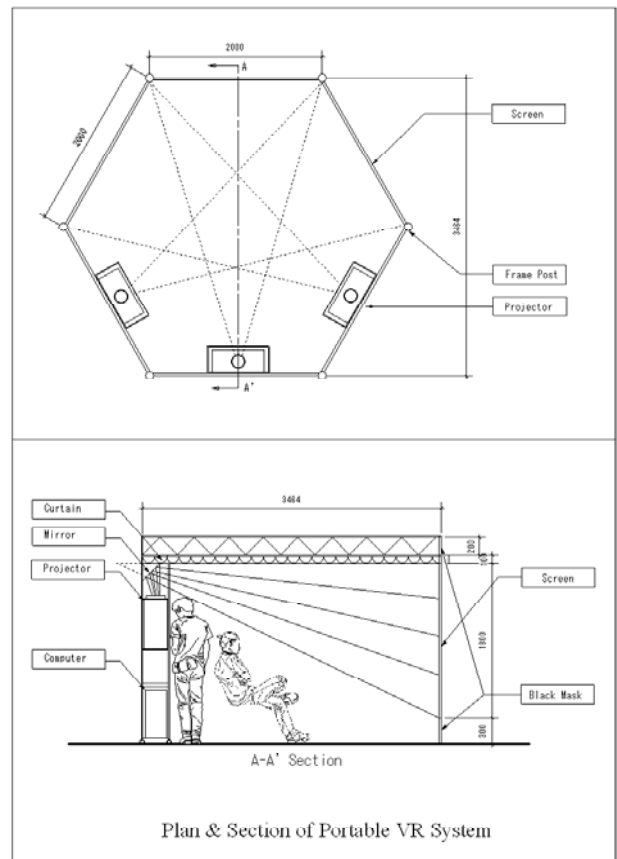


図 6: 可搬型 VR システムの平面図と断面図

4.2 可搬型 VR システムのフレームの構造

十分な臨場感が生成可能な等身大仮想環境システムを構築するため、一面の大きさが 2.0M X 1.8M である三面構成のスクリーンを設計した。システムフレームの構造においては、3 台のプロジェクタとスクリーンの配置や作業の安定性および効率を考慮して、六角形の平面が考案された。可搬型 VR システムの機材を六角形の構造内に収めることで、組立ての作業において効率が上がるだけでなく、システムが必要とする設置空間も節約ができた。

また、映像投影の図 6 で示しているように、反射ミラーを用いたフロントプロジェクション方式を利用することで、投影の水平距離を短縮し、設置空間の節約も可能にした。コンパクトなシステムを構成することで、部屋の大きさが約 7Meter X 5Meter のような小さい空間でもシステムの設置が可能になる。また、システムの構造フレームを構成する部材としては、簡単に組立ておよび分解が可能な Octanorm のアルミニウム構造を利用することで、システムの組立て時間を 2 時間以内で収めることや分解したフレームのパーツを 3.0M X 1.3M X 1.5M の積載容量の車両での積載を可能にすることなど、手軽な移動を可能にした。

明るい室内に設置する場合でも明瞭な映像鑑賞が可能なように、暗幕でシステム全体を覆うなど、投影面が十分暗くなる措置をした。

これらを通じて、可搬型 VR システム内で同時に視聴可能な最大の人数は 15 名である。

6. 結論

本研究ではリアルタイム物理シミュレーションを用いた防災教育ツールおよび可搬型 VR システムの構築を行った。地震発生時の室内家具の散乱状況をリアルタイムで再現することで地震防災教育の効果が期待できる。また、必要な場所に移転設置が可能な可搬型 VR システムの開発も行った。3 面で構成したワイドスクリーンで実写動画の映像や CG 映像を提示することで臨場感の高い仮想環境の設置が場所に制限されないことでより効率が高い防災教育が可能になると考えられる。

今後の予定としては、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において家具の指定および配置などの操作性を向上させる必要がある。また、可搬型 VR システムでは実写動画映像が 3 面のスクリーンで投影が可能になることから、高解像度の映像を 3 台のプロジェクタで効率よく投影する方法や高視野角の実写動画映像を利用した防災教育の内容について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 大野隆造, 添田昌志, 柳在鎬, “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”, 首都圏大震災軽減のための実践的都市地震工学研究の展開 2005 年成果報告シンポジウム, 2006 年 3 月 14 日, pp. 63-66
- 2) 日本建築学会, “阪神淡路大震災 住宅内部被害調査報告書”, 1996. 9
- 3) Jaeho Ryu, Naoki Hashimoto, Makoto Sato, Masashi Soeda, and Ryuzo Ohno, “A Game Engine Based Architectural Simulation on Multi-Projector Display”, The 11th Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2006, Kumamoto, Japan, pp. 613-616
- 4) 大野隆造編, “地震と人間”, 朝倉書店, 2007. 1
- 5) Rohrmann, B. (2000), “A socio-psychological model for analyzing risk communication process,” The Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies, Vol. 2000-2.
- 6) 「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>
- 7) 「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>