

## 減災行動誘導のための地震ハザード・リスク情報の説明力向上に関する研究 (その2) 自宅の揺れを体感できるバーチャル振動台システムの開発

減災 VR 3D 表示  
ハザードマップ 長周期地震動 建物応答解析

正会員 ○倉田和己<sup>\*1</sup> 同 福和伸夫<sup>\*2</sup>  
同 飛田 潤<sup>\*3</sup> 同 護 雅史<sup>\*4</sup>

### 1.はじめに

(その1)で報告した相互運用型の各種データを活用し、市民に地域のハザード・リスク情報と土地の成り立ちや過去から現在への変遷との関係を納得してもらった上で、減災行動実施へさらに強く誘導するためには、将来自分自身が遭遇することになる地震災害について出来るだけ具体的なイメージを持ってもらう事が重要となる。

筆者らは地震応答体感装置「BiCURI」<sup>1)</sup>の開発によって、長周期・大振幅の地震動をリアルな背景動画と同期して体感できる環境を構築した。専門家やボランティアを中心に多くの人が体験しているが、専用の振動台やハイスペックなPCが必要なため利用シーンが限られる。筆者らは可搬型の小型振動台も開発したが、啓発効果の面では実物大の揺れを再現できることの意義は大きい。(その2)で報告するのは、BiCURIで培った背景画像と揺れの同期制御技術を基に、WebGISや建物応答解析プログラム、可搬型プロジェクターなどと組み合わせる事で実現したいわばバーチャル振動台システムの開発である。

### 2.システム構成と動作概要

プロトタイプのシステム構成図を図1に、システム利用の様子を図2に示す。前面・側面・床面の映像3面に対してそれぞれ、スクリーンとプロジェクター、映像制御用のPCを1台ずつ用いている。3台のPCはLANで接続されており、そのうち前面映像を担当するPCがメインとなって、残り2台のPCを同期制御している。床面への投影には専用の床面投影型プロジェクターを、側面への投影

にはモバイル型のスクリーンと近接投影用のプロジェクターを用いている。利用者はこの3面に囲まれる状態で立ち、3面それぞれに投影された揺れの映像を見ることで、あたかも自分が揺れを体験しているようなリアリティを得ることが出来る。

図3に、前面に投影される映像の例を示す。画面中央には室内と地表の画像を上下に表示し、それぞれ想定する階数と地点の揺れに合わせて前後・左右・上下の3次元で動く。画面下部では波形を表示し、時間経過を縦バーで示している。室内・風景の画像は任意に設定可能で、利用者の自宅に設定する事を想定している。またスクリーンに投影される映像の大きさを反映して、振幅スケールを容易にキャリブレーションする機能もある。画面右側では3Dの建物外観が表示され、後述する応答解析による揺れの様子を立体的に表示できる。建物周辺は標高データによって動的に3Dの風景を生成している。このような

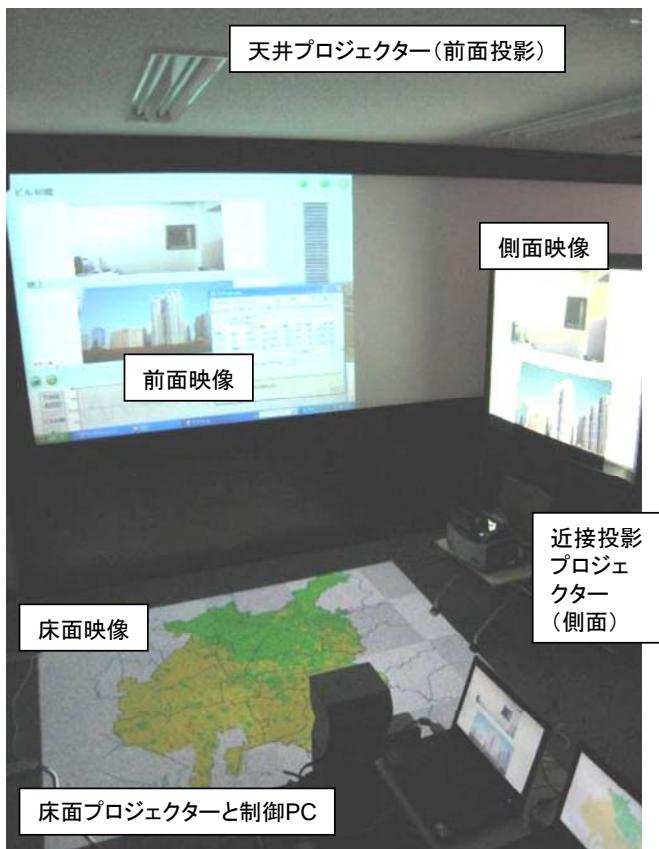


図2 システム利用の様子

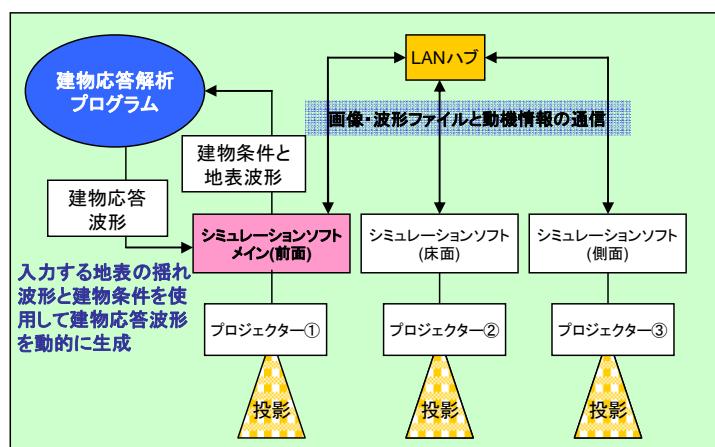


図1 システム構成図

Improvement of the explainability of seismic hazard and risk for the promotion of disaster mitigation activity. -Part 2. Development of the 3D virtual shaker to experience floor response of any home under strong ground motion.

KURATA Kazumi<sup>\*1</sup>, FUKUWA Nobuo<sup>\*2</sup>,  
TOBITA Jun<sup>\*3</sup> and MORI Masafumi<sup>\*4</sup>

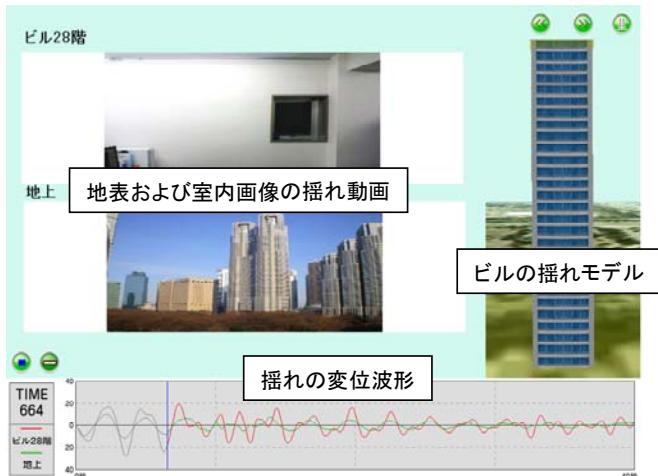


図3 前面投影画像の例

工夫により、利用者にとって自宅と自分の住む地域が揺れているというリアリティを得られるようにしている。

システム利用の流れとしては、入力条件として地表の揺れ変位波形（テキストファイル）、建物条件（高さ、幅、奥行きの各寸法）を指定し、任意で地表および室内の画像ファイルを指定する。入力が完了すると自動的に建物条件と地表の波形から建物各階の応答波形を生成し、動作が可能な状態となる。建物応答波形は、入力された建物寸法から構造種別や階数を自動的に設定し、基礎固定の多質点系せん断型モデルを用いた非線形時刻歴地震応答解析により算定している。各質点の自由度は水平方向2成分および回転成分で、せん断バネは、構造種別ごとの非線形性を考慮している。

### 3. システム利用イメージとVR技術展開の展望

図4に、今後のシステム拡張と具体的な利用方法のイメージを示す。これまで開発した一連の地震防災WebGIS<sup>2</sup>と連携したシステムとして開発を進めており、GIS画面上の任意地点を選択することで、該当する場所の地表の地震動予測結果（変位波形）をダウンロードしてシステムを

実行できる。ここでそれぞれの建物条件を入力すれば、利用者は自宅の揺れを再現することが出来る。またこのとき床面には選択した地点周辺のハザードマップを、前面には周辺地形に加えて周囲の建物を3D表示することで、自分の地域が揺れている事を実感できる。

さらに、室内画像と切り替えることができる3D室内の表示機能を開発しており、これによって前面・側面・床面をそれぞれ室内から見た揺れの映像に切り替えることが可能になる。3D室内の窓からは屋外の風景が見えており、超高層建物が共振した場合は屋外に比べて室内が大きく揺れる様子がわかるようになっている。このようなVR技術は、ヘッドマウントディスプレイ等の新しい表示デバイスとの連携も考えられる。

将来的にはWebGISを公開するサイトから、一般的なPCのディスプレイ（1画面）に対応した映像制御プログラムを配信することを想定しており、自宅に居ながら自宅の揺れの体験が可能になる予定である。これらの統合的な環境を「動くハザードマップ」と名づけ、（その1）の地域ハザード・リスク情報と併せて市民を減災行動に誘導するためのシステムとして構築中である。

### 謝辞

映像制御ソフトの開発に当たっては、有限会社アシストコムの宇田晃氏、清水克彰氏の全面的なご協力を頂いた。また建物応答解析プログラムの開発に当たっては、株式会社えびす建築研究所の花井勉氏、皆川隆之氏にご担当いただいた。記して各位に謝意を表する。

### 参考文献

- 護雅史、福和伸夫、飛田潤：減災行動を誘導するための統合型地震応答体感環境の構築、日本建築学会技術報告集、第15巻、第30号、pp.605-610、2009.6
- 倉田和己、福和伸夫、飛田潤：効果的な防災意識啓発を支援するためのWebGIS開発、地域安全学会論文集、No.10、pp.293-300、2008.11

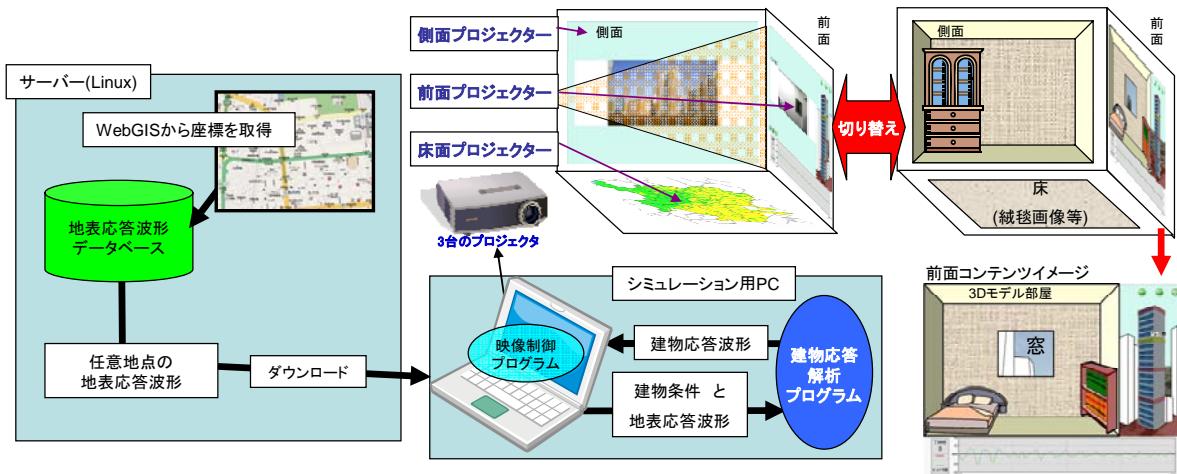


図4 WebGISと連携したシステムの展開

\*<sup>1</sup> 株式会社ファルコン 修士（工学）  
 \*<sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博  
 \*<sup>3</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・工博  
 \*<sup>4</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科 博士（工学）

\*<sup>1</sup> Falcon Corporation, M. Eng.  
 \*<sup>2</sup> Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
 \*<sup>3</sup> Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
 \*<sup>4</sup> Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.