

減災行動を誘導するバーチャル地震体感 Web アプリケーションの開発

減災
ハザードマップ

VR
長周期地震動

3D 表示
建物応答解析

正会員
同
同

○倉田和己*¹
護 雅史*³
小島宏章*⁴

同
同

福和伸夫*²
飛田 潤*³

1. はじめに

筆者らはこれまでに、長周期・大振幅の振動台による揺れと背景映像を同期して体感できる「BiCURI」¹⁾や、その技術に応用した可搬型のバーチャル振動台システム「動くハザードマップ」²⁾などを開発してきた。いずれも近い将来に発生が予想されている、海溝型の巨大地震による高層建物の揺れを再現するための啓発ツールであり、波形やスペクトルでは示すことの出来ない地震被害の具体的イメージを喚起し、一般市民を減災行動へと誘導することを目的としている。

本論ではこれらをさらに発展させた、自宅の PC から手軽に長周期地震動を体感できる Web アプリケーションの開発について述べる。任意の地震動について地点や建物の条件を指定し、振動台では再現できない大振幅の揺れを容易に再現できるシステムとしている。

2. システム概要と利用の流れ

システム基本画面を図 1 に示す。この画面上で揺れを見たい位置や地震動の選択、建物条件の入力などを行う。

図 2 に利用のフローを示す。利用者はまず揺れを見たいための波形データを選択する。一般向けには、表 1 に示す波形データ群の中から任意のものを使用するが、専門家向けにデータをアップロードする機能も有している。防災科学技術研究所の K-NET³⁾フォーマットの波形 (gzip 圧縮形式) に対応しているほか、利用者が別途計算しておいた建物応答波形を読み込む事も可能である。

システム上の波形を使用する場合は一覧から地震の種類を選択し、図 3 のようにハザードマップを表示させ、地図上で揺れを見たい地点を設定すると、対応するメッシュの地表の加速度応答波形が読み込まれる。続いて地面の揺れを見るか、建物の揺れを見るかを選択する。建物の揺れを見る場合、建物の種類を選択するか、固有周期と減衰定数を入力することで、1 質点の線形応答解析を行い、建物上部の変位応答波形が生成される。

以上の手順を踏まえることで、次に示す地震の揺れシミュレーションが実行される。

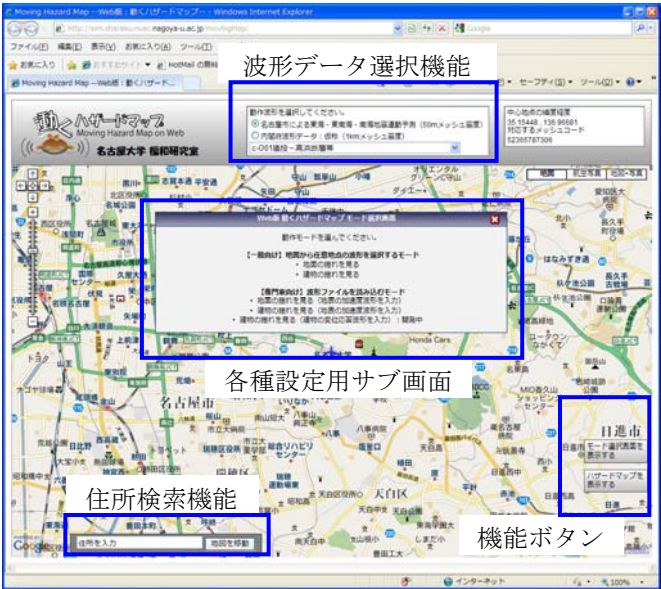


図 1 システム基本画面

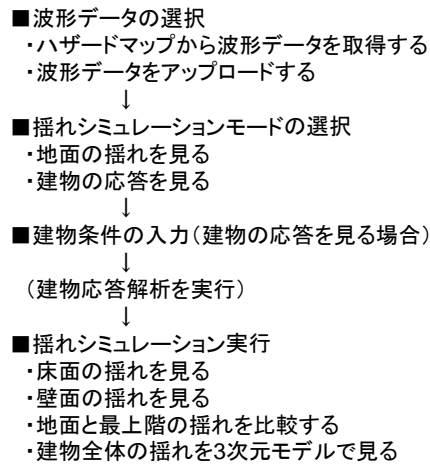


図 2 システム利用のフロー

表 1 利用可能な波形	
名古屋市	地震被害想定 (50mメッシュ)
東海・東南海地震連動	
内閣府中央防災会議 強震動予測 (1kmメッシュ)	
中部圏・近畿圏の活断層地震 (41種)	
↳ 猿投 - 高浜断層帯など	
日本海溝周辺の海溝型地震 (6種)	
↳ 宮城県沖地震など	
首都直下地震 (18種)	
↳ 東京湾北部地震など	
南海トラフの地震 (6種)	
↳ 東海・東南海・南海地震連動など	

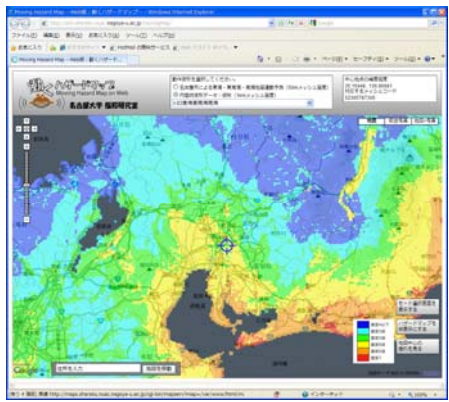


図 3 ハザードマップ表示の例

(東海・東南海・南海地震連動 1km メッシュ震度)

Development of the 3D virtual shaker to experience floor response of any home under strong ground motion for the promotion of disaster mitigation activity. KURATA Kazumi *¹, FUKUWA Nobuo *², MORI Masafumi *³, TOBITA Jun *³ and KOJIMA Hiroaki *⁴

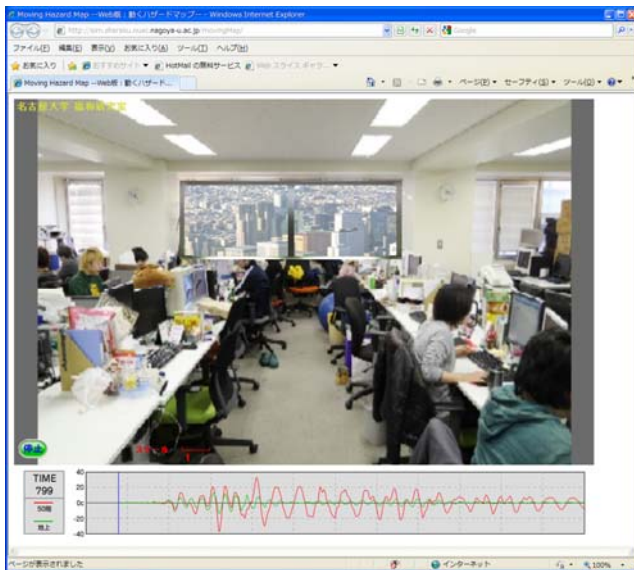


図4 揺れシミュレーション（壁面方向視点）



図5 揺れシミュレーション（床面方向視点）

3. 揺れシミュレーションの詳細

図4と図5に揺れシミュレーションの画面を示す。画面上部は揺れの映像表示部分で、指定した応答波形に応じて室内風景などの画像が振動する。画像は利用者が任意に設定できる。この表示は、3Dアニメーション描画エンジンであるMatrixEngineを用いて実現している。画面下部は応答波形を表示するFlashであり、縦軸が変位、横軸が時刻を表し、緑が地表の変位応答波形、赤が建物上部の応答波形を示している。振幅キャリブレーション機能も有しており、画像に応じて振動スケールを設定することで、現実に近いイメージの揺れを再現可能である。

図4は建物室内の応答の様子である。画面に向かって奥-手前方向がNS成分、左-右方向がEW成分に対応している。画面奥には窓が設定されており、窓から見える外の風景は振動しないため、静止画の室内画像にリアリティを加えている。図5は室内床面の様子であり、画面上下方向がNS成分、左右方向がEW成分に対応している。このほか、地表の応答と建物上部の応答を同時に表示し比較する画面、建物と周辺地形の3Dモデルを鳥瞰する画面をそれぞれ切り替えて表示することが可能である。

4. システム構築上の工夫とサーバ連携技術

本システムではWebアプリケーションの利点を活かし、これまで課題だった以下のような点を解決している。

a) 大量データの統合的な運用

今回開発したシステムには、中央防災会議による日本全国を対象範囲とした強震動予測波形71種類が、地域統計3次メッシュそれぞれについて整備されており、デー

タ量は非常に膨大である。これらの波形データをファイルサーバに、ハザードマップ表示用のデータを相互運用GISサーバに置き、ネットワーク経由で随時取得することで、ディスク容量の問題を解決している。

b) 各種APIやサーバ連携を利用した多機能の実装

Googleの提供する地図APIを利用することで、全国のマップ表示および住所検索に対応している。またjavascriptの非同期通信により、波形変換や、応答解析、波形グラフの生成など、通常のPCでは難しい処理をサーバで行い、その結果をアプリケーションが動的に取得している。今後は応答解析やグラフ表示などのサーバ側の各モジュールをアップデートしていく予定である。

c) より手軽な振動体感環境の提供

自宅で手軽に利用できるアプリケーションとすることで、より多くの人に長周期の揺れをイメージする機会を提供し、減災行動誘導の一助となることを期待している。

謝辞

揺れシミュレーション部分の開発に当たっては、有限会社アシストコムの中田晃氏、清水克彰氏の全面的なご協力を頂いた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 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
- 2) 倉田和己ほか：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、日本建築学会学術講演梗概集、pp.211-212、2009.8
- 3) 防災科学技術研究所強震ネットワーク K-NET
<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/man/knetform.html>

*1 株式会社ファルコン 修士（工学）

*2 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科 准教授・工博

*4 名古屋大学大学院環境学研究科 助教・博士（工学）

*1 Falcon Corporation, M. Eng.

*2 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*3 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*4 Assistant Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.