

減災行動誘導のための統合型地震応答体感環境の構築

正会員 ○福和 伸夫*1 同 飛田 潤*2
同 護 雅史*3

減災 2次元振動台 長周期応答
VR 振動シミュレータ 体感

1. はじめに

建物の耐震化や、家具固定などの室内対策を促進するには、住宅やビルの使用者を減災行動に誘導することが必要になる。そのためには、現象の理解に加え、災害像を正しくかつ身近に認識し、我がことと捉え、減災対策の必要性を納得して行動する必要がある。この実現のために、筆者らは、住民個人のハザードやリスクを伝える地域防災力向上シミュレータ¹⁾、耐震化の必要性を伝える実験教材²⁾、揺れの体感ツール³⁻⁴⁾などを開発してきた。

本稿では、これらを統合化した地震応答の体感環境「BiCURI (Bi-directional shaker and Computed Ultra-Response Integration environment)」を紹介する。この環境は、地域防災力向上シミュレータで予測した地盤及び建物内の応答を2次元長周期ロングストローク振動台で再現すると共に、背面スクリーン上で建物内画像を表示したウィンドウを振動台の揺れと同期して左右に移動させることで、リアリティのある体感環境を提供するものである。

2. 統合型地震応答体感環境の構成要素

統合型地震応答体感環境は下記の構成要素からなる。

① 地域防災力向上シミュレータ¹⁾

名古屋市内の任意地点での地盤モデルを推定し、統計的グリーン関数法で予測した工学的基盤位置での東海・東南海地震の揺れを入力として、表層の非線形応答解析を行い、地表の揺れを予測する。さらに、建物応答を評価し床応答を予測する。また、簡易的な評価に基づく建物の倒壊危険度や家具の転倒危険度も合わせて表示する。

② 卓上型水平2軸振動台

卓上型の2軸振動台であり、ステッピングモーターとねじで駆動する。テーブルサイズ 25cm×25cm、総重量 5Kg と小型軽量であり、容易に可搬できる。積載重量は 2kg であり、短周期動作時は、最大加速度 0.7G、最大速度 2.6cm/s、変位±0.5cm、長周期動作時は最大加速度 0.1G、最大速度 3.0cm、変位±5.0cm である。AC100V で稼働し、PC により制御し、任意波形の再現が可能である。また、マウスの動きに連動したマウス加振も可能である。テーブル上に建物や室内の縮小試験体を設置し、テーブル上の小型カメラで動画を撮影し、プロジェクターを介して拡大映写することで、実大の実験映像を見ることができる。また、相似則を用いて縮尺比に応じて時間スケールを伸縮することにより、リアルな実験映像の再現も

可能である。

③ 水平2軸長周期ロングストローク振動台

人が搭乗して①・②で得られた地震応答を体験できる水平2軸振動台である。振動台は、上下2軸で構成しており、サーボモータ、LMガイド、ボールねじ、ベルトにより上下2軸を独立加振している。可動範囲は下軸が±50cm、上軸が±150cm であり、稼動部重量は上軸全軸が 1050 kg、テーブル重量が 70 kg、テーブル積載重量は 100kg である。上下軸ともサーボモータ (AC サーボ、200V、上軸 22kW、下軸 30kW) で駆動し、下軸はボールねじで、上軸はスーパートルクシンクロベルトで牽引している。最大変位は上軸 1.5m・下軸 0.5m、最大速度は上軸 4m/sec・下軸 1.5m/sec、最大加速度は 2G である。ただし、安全のため、人が乗るときは、最大速度は 1.0m/sec、最大加速度は 1G に制限している。また、制御は、パソコンによるモーションコントローラ制御となっている。

④ 背面スクリーンでの画像制御

振動台の背面スクリーンには、複数のプロジェクターを連動させて左右に長い PC 映像を出し、振動台の動きに同期させてウィンドウを左右に動かす。室内の床応答に対する相対的な振動応答画像をウィンドウ内に表示し、ウィンドウと振動台の動きを同期させることで、あたかも室内に居るかのようなヴァーチャルな体験が可能となる。ウィンドウ内の動きについては、①で計算された室内の応答を用いても良いし、②での小型振動台や本振動台での小型振動実験の映像を用いても良い。振動台の映像については予め撮影しておく方法と、大小 2 つの振動台を同時加振する方法の 2 つの利用形態を想定している。



図 1 長周期ロングストローク 2 軸振動台

⑤振動観測・振動制御システム

大小 2 つの振動台を同時加振したり、振動台上のカメラで収録した画像をプロジェクターで同時出力したり、模型の応答記録をリアルタイム表示したりするためのシステムである。小型振動台上の建物応答を観測し、それ用いて大型振動台を同時制御することも原理的には可能である（現状では危険回避のため 2 段階振動実験に止めている）。

以上に示した 5 つの構成要素は図 2 のような形で相互に連携して稼働する。

4. まとめ

本論では、新たに大型・小型の 2 軸振動台を開発すると共に、振動実験・振動解析・振動計測・画像処理技術を融合させることにより、従来にはないリアルな振動体感を可能とする統合型地震応答体感環境を実現した。このような形で既存の様々な技術を融合させることで、個々の研究成果の社会還元を加速することができる。また、一般市民にわかりやすい形で、自宅の地震時の状況や危険性を知らせることで、市民の想像力を養い、自主

的な防災行動へと誘導することが可能となる。

謝辞

本研究を行うに当たっては、THK（株）の村尾秀己氏他、（株）ファルコンの古瀬勇一氏他、えびす建築研究所の花井勉氏他、（株）日本システム設計の石井涉氏、応用地震計測（株）の原徹夫氏他、大東製機（株）、佐藤商事（株）他の皆様の協力を得ました。ここに深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 福和伸夫他：耐震化を促進するための地域防災力向上シミュレータ、日本地震工学会論文集 第 7 卷、第 4 号、pp.5-22、2007.7
- 2) 福和伸夫、原徹夫、小出栄治、倉田和己、鶴田庸介：建物耐震化促進のための振動実験教材の開発、地域安全学会論文集 No.7, pp.23-34、2005.11
- 3) 小出栄治他：耐震教育・啓発用の小型二軸振動台の開発、日本建築学会学術講演梗概集、pp.631-632、2006.8
- 4) 福和伸夫他：長周期構造物の応答を再現するロングストローク簡易振動台の開発、日本建築学会技術報告集、第 25 号、pp.55-58、2007.6

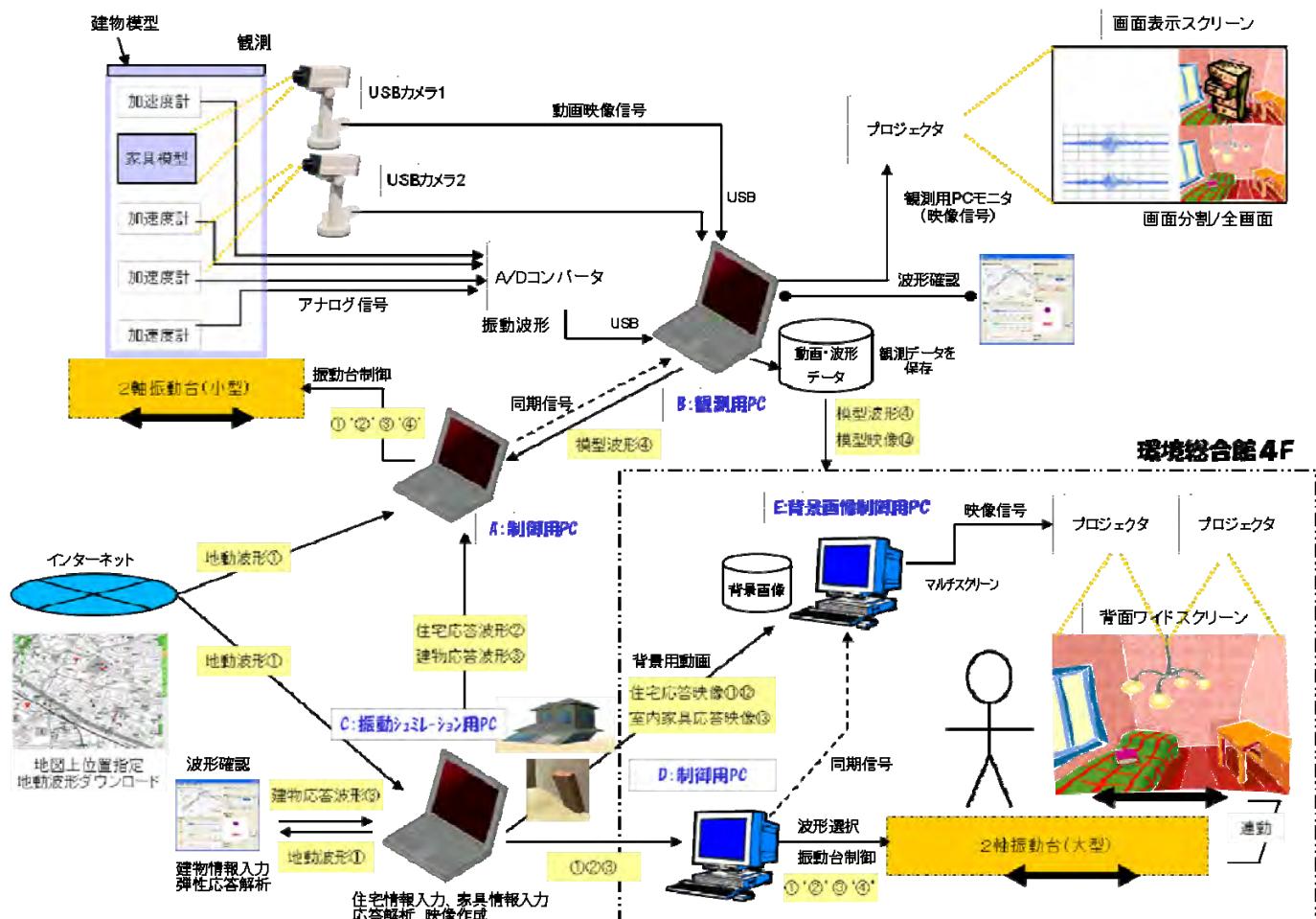


図 2 統合型地震応答体感環境の全体構成図

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・教授・工博

*2 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・工博

*3 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授・博士(工学)

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

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

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