

# 地域住民による自発的な住宅耐震化と防災活動推進のためのシステム

## その3 オンライン建物倒壊・家具転倒シミュレータ

在来木造 耐震診断 CAD 入力  
応答解析 剛体転倒 3D 映像

正会員 皆川隆之<sup>\*1</sup> 同 河尻 出<sup>\*2</sup>  
同 花井 勉<sup>\*3</sup> 同 福和伸夫<sup>\*4</sup>  
同 飛田 潤<sup>\*5</sup> 同 護 雅史<sup>\*5</sup>

### 1. はじめに

本稿では、オンライン建物倒壊・家具転倒シミュレータについて述べる。地盤の揺れを実感した利用者が、自宅の建物情報を Web 上で入力することにより、建設敷地での地震動を用いた建物応答解析や家具転倒解析を行い、3 次元映像化して表示する。対象建物は、早期の耐震化が望まれる在来木造 2 階建の住宅とする。利用者の耐震化に関する理解レベルに応じて、選択式入力の簡易版と、詳細入力が可能な CAD 版の 2 種類のインターフェイスを準備している。

我が家は、現状のまま地震を受けたらどうなるのか、補強すればどうなるのか、など、自宅の PC を使ってチェックすることにより、我が家固有の映像・情報を入手することができる。これにより、家族内の耐震化の合意も得られやすく、耐震化の行動にも結びつきやすくなる。

### 2. 簡易版シミュレータ

簡易版シミュレータは WebGIS のページが入り口になっている。ユーザーが地図上で自宅の位置を選択すると、その 2 で示した自宅の想定地震動情報を入手できる。その後で建物入力項目が画面上に示される。

入力画面は写真・絵による選択方式を主として、数値の入力も最小限に止めている。図 1 に建物外壁仕様、平面形状等の入力画面を示す。入力された仕様・数値は表 1 の設定内容に従って一般耐震診断<sup>1)</sup>の診断用数値に換算される。入手した想定地震動は、その計測震度を用いて建築基準法の要求レベル（震度 6 強～）に対するサイト倍率を求め、判定では地域係数 Z に反映させている。

このルートでは建物情報が正確でないため、その都度時刻歴解析は行わず、予め地震動レベル 4 種類とモデルプラン 3 種類（1 つのプランで壁量を調整）の組み合わせでの



図 1 建物外壁仕様、平面形状等の入力画面

A System for supporting earthquake disaster mitigation activities of residents for their own houses and neighborhood area. – Part 3. Online building collapse / furniture fall simulator

応答計算した結果の映像を用意しておき、その建物の計測震度、判定値が近いものを表示するようにした。尚、この解析及び映像は事前に用意できるものなので、リアルさを追求した。文部科学省プロジェクト<sup>2)</sup>の成果を利用して建物構成部材の 1 つ 1 つをモデル化して応答解析し、これに面要素のテクスチャーを加えて映像化している。

図 2 のように、表示画面には、地震波の伝播の様子や緊急地震速報の情報到達時間を同時表示している。建物の外観と内観、室内の家具の転倒状況も同時に表示している。

映っている建物は自宅とは違うものの、柱が折れて倒れていく様子など臨場感がある。尚、結果に応じて、耐震診断・改修や家具固定などのウェブページへのリンクが表示される。

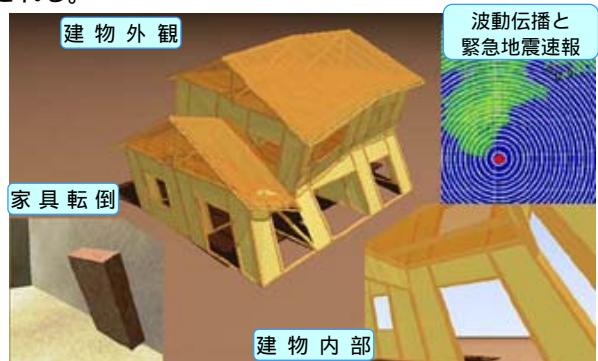


図 2 簡易版出力画像例

表 1 診断用選択項目と設定内容の対応

選択項目	設定内容
建築年代	1959,1971,1981,2000 を境に、新築当時の必要壁量、床面性能を設定
建物形状	選択形状・入力寸法により、階の面積・重心を算出。複雑形状は床ランクを下げる
屋根種類	画像により単位荷重を、0.55、0.75、2.4kN/m <sup>2</sup> に設定
外壁種類	選択画像から耐力要素の種類を土壁、筋かい、サイディング、モルタルに分類。重量も設定
外壁劣化	画像より、劣化の係数を 0.7,0.8,1.0 に設定
内壁種類	画像から耐力要素の種類を土壁、筋かい、石膏ボードに分類。重量も設定
間仕切量	選択画像及び建築年より、単位面積当たりの壁長さを 0.9 ~ 1.5m の範囲で設定。偏心の割増も設定
1階壁配置	選択画像により、1 階の間仕切壁位置を設定し剛心を計算
サイト倍率	基準法レベルを計測震度 6.25(加速度 451.8gal) とし、サイトの計測震度から逆算した加速度の比率を地域係数に設定 サイト倍率 = $a/451.8$ $a = 10(\text{震度} - 0.94)/2$

MINAGAWA Takayuki, KAWAJIRI Izuru  
HANAI Tsutomu, FUKUWA Nobuo  
TOBITA Jun, MORI Masafumi

### 3. CAD 版シミュレータ

CAD 版シミュレータも地震動情報を入手するところまでは簡易版と同じである。建物入力は、屋根の種類、外壁の種類、劣化状態を選択したあと CAD 入力画面(図 3)に進む。ここでは戸建て木造住宅に特化しており、モジュールメッシュをマウスでクリックすることで平面図入力を行う。窓、ドア、耐震要素などの入力補助パーツが用意され、初心者でも右側の説明表示を見ながら進められるようになっている。又、解析とは連動しないが、入力アイテムには家具のパーツもあり、各部屋に配置すると、転倒時の危険領域が影で自動表示されるようになっており、後で述べる家具シミュレータ利用への伏線となっている。

入力された情報に基づいて、直ちに質量・慣性モーメント、重心位置が求められる。また、耐震要素情報はバイリニア+スリップモデル<sup>3)</sup>に置換される。NS、EW の 2 方向のサイト地震動波形を用いて、2 質点せん断・ねじれ系の応答解析を行う。各階の重心の応答変位及び回転角に対応するコーナーポイント変位を求め、外壁・屋根のテクスチャー画像を用いて 3 次元映像を作成する。応答データは 1/100 秒刻みで生成されるが、待ち時間の短縮のため 1 コマ 1/20 秒の動画として表示している。尚、各階の層間変形角が解析モデルの適用限界の 1/20 を越えた時点で倒壊と判定し、倒壊後の映像を表示するようにしている。

倒壊する建物の映像を図 4 に示す。ドア、窓まで再現された自宅の画像が生成され、揺れる様子を外側から客観的に観察することになる。これを通して、自宅の中に居るであろう家族の安否にも思いが至り、耐震化へと誘導することになる。そして、再び入力画面にもどり、耐震要素を追加して再計算を行い、安全性を確認し、耐震改修の有効性を実感してもらう。

### 4. 家具転倒シミュレータ

CAD 版シミュレータの結果、建物が倒壊しないと判定された場合には、家具転倒シミュレータ入力画面に進む(図 5)。家具の寸法・重量、床仕様等の設置条件を入力すると、剛体転倒解析が実行され、図 6 のように 3 次元映像が表示される。部屋で寝ていて家具が襲ってくる視点も加えてあるので、家具転倒防止の必要性をより具体的に体感できる。さらに、家具の固定法に関するホームページや家具の転倒実験ホームページへのリンクもはってある。

### 5.まとめ

木造住宅の耐震診断結果並びに応答解析結果をより身近なものに感じてもらうために、インターネット Web を利用して建物情報を簡易に入力してもらい、その場所に想定される地震動を用いて地震時の建物の挙動映像をリアルタイムで表示するシステムを構築した。その 1 で紹介した防災フェスタでは、簡易版、CAD 版共に好評であり、

早々に専門家による耐震診断並びに家具転倒防止の相談を受けた方も見受けられた。又、内外映像をよりリアルにという要望と共に、入力のしやすさ、データの保存・修正機能追加など細かな要望も頂いており、これらの点を改善しつつ、システムの公開に向けてより進化させていく所存である。

### 参考文献

- 日本建築防災協会：木造住宅の耐震診断と補強方法,2004.7
- 大都市大震災軽減化特別プロジェクト：振動台活用による構造物の耐震性向上研究（4）木造建物実験
- 国土交通省建築研究所:改正建築基準法の構造関連規定の技術的背景,ぎょうせい, p.53 , 2001.3

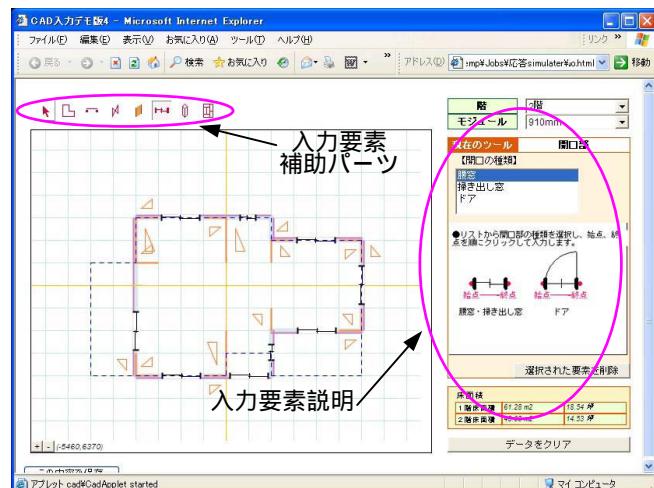


図 3 CAD 入力画面



図 4 建物倒壊画像例

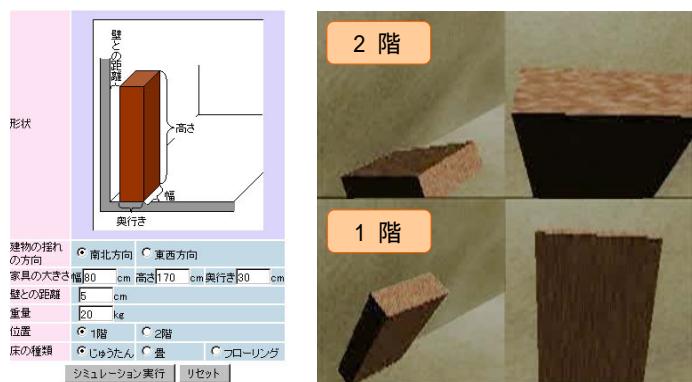


図 5 家具入力画面

図 6 異なる視点からの家具転倒

\*1 えびす建築研究所

\*2 日本システム設計

\*3 えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)

\*4 名古屋大学環境学研究科 教授・工博

\*5 名古屋大学環境学研究科 准教授・工博

\*1 Ebisu Building Laboratory Co.

\*2 Nihon System Sekkei Co.

\*3 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

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

\*5 Assoc.Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.