

# 木造住宅の耐震シミュレーションソフト機能強化版を公開

—計算時間が10分の1に短縮—

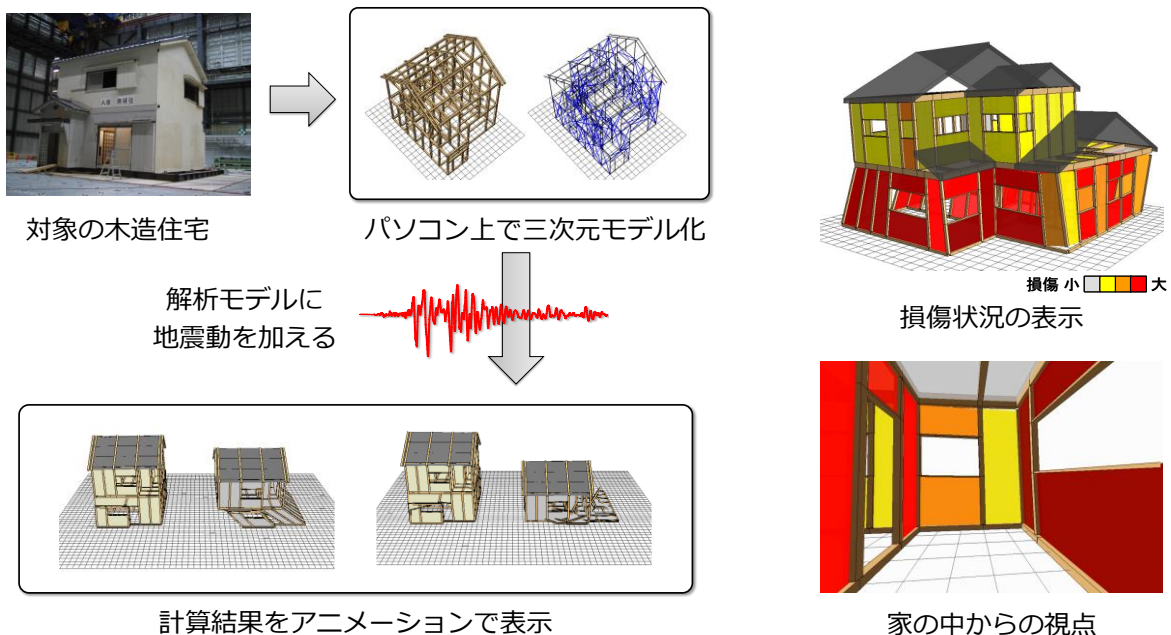
## 概要

京都大学生存圏研究所 中川貴文准教授は、木造住宅の地震時の損傷状況や倒壊過程をシミュレートするプログラム「ウォールスタット (wallstat)」の機能強化版をフリーソフトとしてホームページで公開しました。ウォールスタットは、パソコン上で建物を3次元的にモデル化し、過去に起きた地震や想定される極大地震など様々な地震動を与え、木造住宅の耐震性能を動画で確認(見える化)することができます。住宅設計者などに累計5万回以上ダウンロードされています。建物が倒壊するまで計算できるのがこのソフトの特徴です。

これまで、数多くの実大振動台実験との比較検証を踏まえ、独自のシミュレーション理論の開発と精度向上を重ねてきました。今回の機能強化版では、これまで1回のシミュレーション<sup>※1</sup>に標準的なパソコンで20～30分程度かかっていた計算待ち時間を10分の1に短縮(2分程度)することに成功しました。設計の際に間取りを変えて繰り返しシミュレーションする際に、計算待ち時間がユーザーの障害となっていました。今回の機能強化により、実務における導入がより簡単になりました。研究者や構造設計者だけでなく、工務店・ハウスメーカーの設計者等にも幅広く普及し、耐震性能の検証、顧客へのプレゼン、防災意識の啓発などに活用されることが期待されます。

ウォールスタットの詳しい情報の閲覧やダウンロードは、<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa> や、<http://support.wallstat.jp> をご覧ください。

※1 一般的な規模の2階建て木造住宅での計算時間



## 1. 背景（ソフトの概要）

京都大学生存圏研究所のホームページで公開している木造建築物の耐震シミュレーションソフト「wallstat」（ウォールスタット、URL：<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa>）は木造住宅を3次元的にモデル化し、過去に起きた地震や想定される巨大地震など様々な地震動を与え、木造住宅の地震による揺れを動画で確認（見える化）することができるソフトです。現在（2021年12月）まで50,000件以上のダウンロードを記録しています。木造住宅の倒壊過程を再現するには、柱の折損・部材の飛散といった、建材がバラバラになっていく現象を考慮する必要があるため、従来の解析手法では困難とされてきました。そこで、個別要素法<sup>(※1)</sup>という非連続体解析法（バラバラな物体の挙動を計算する手法）を基本理論としたオリジナルの解析手法を開発し、木造住宅の倒壊過程を再現することを可能にしました。数多くの解析的検討と実験との比較からプログラムの改良を行い、実大の木造住宅の振動台実験における倒壊に至るまでの挙動に対して、精度の高い解析を行うことができるようになりました（図3）。

今回のバージョンアップでリリースした「ウォールスタット・バージョン5」では、主に以下の3点の機能が強化されました。

①計算時間の短縮

②建材データベースの充実

③GUIの強化

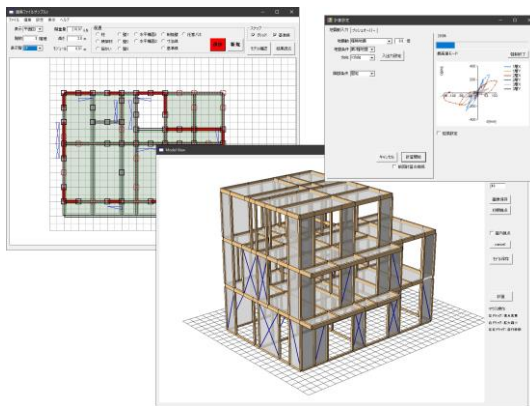


図1 ウォールスタットの操作画面

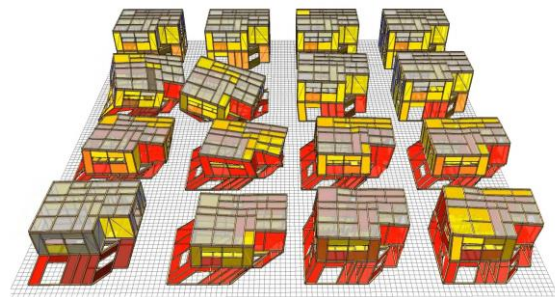


図2 極大地震を想定した被害シミュレーション



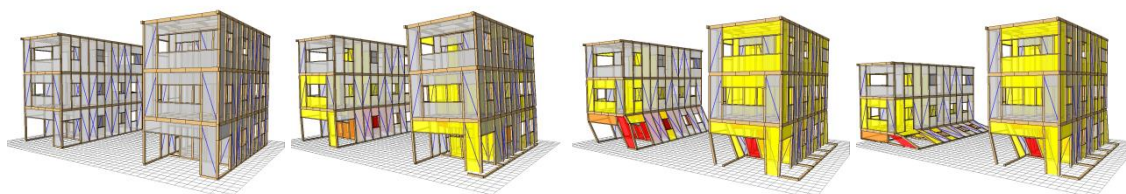
加振開始

14 秒後

27 秒後

28 秒後

実験結果



計算結果

図3 実大振動台実験の再現

## 2. 研究手法・成果（機能強化の主なポイント）

### ①計算時間の短縮

これまで1回のシミュレーション（一般的な規模の2階建て木造住宅に30秒程度の地震動を入力する）に一般的なパソコンで20～30分程度かかっていた計算待ち時間を10分の1に短縮（2分程度）することに成功しました。木造住宅の新築設計や耐震改修の計画時に、間取りを変えて繰り返しシミュレーションする場合がありますが、計算待ち時間がユーザーの障害となっていました。今回の機能強化により、間取りや建材を変えて何度もシミュレーションすることが簡単になりました。今後、研究者や構造設計者だけでなく、工務店・ハウスメーカーの幅広いユーザー層に普及し、実務設計における耐震性能の検証、顧客へのプレゼン、防災意識の啓発などに活用されることが期待されます。

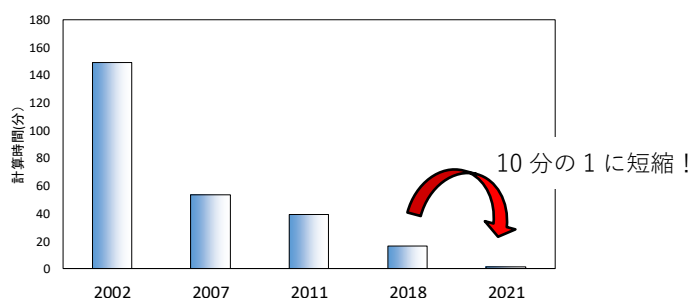


図4 計算時間の変遷  
（一般的な規模の2階建て木造住宅の1回の計算に要する時間）

### ②建材データベースの充実

木造住宅は耐力壁や補強金物等の多くの住宅建材から構成されています。個々の建材は破壊実験によって強度が確かめられて、壁倍率<sup>(※2)</sup>などの数値が設計に用いられています。しかし元の破壊実験のデータは使われないことがほとんどです。ウォールスタットでは個々の建材の変形や強度を詳細にモデル化するため、通常は世に出ることのない建材の破壊実験データが必要となります。これまではユーザーが建材メーカーに問い合わせ、実験データを個々に入手する必要があり、手間となっていました。この手間を解消するため、耐震性能見える化協会<sup>(※3)</sup>は建材メーカーと協力して、2年前からウォールスタット用の建材データベースの整備を始め、今では20社100製品以上の耐震部材の情報をWEBからダウンロードしてウォールスタットに組み込むことが実現しています。実際の商品の実験データを使うことにより、より精度の高いシミュレーションが可能となっています。

建材データベースのURL：<http://support.wallstat.jp>

（一般社団法人耐震性能見える化協会のHP）

### ③GUIの強化

ウォールスタットでは解析モデルを作成するためのGUI（入出力インターフェース）を持っています。住宅の設計に用いられている市販のCAD<sup>(※4)</sup>ソフトと連携することも可能です。今回のバージョンアップでGUIが強化され、シミュレーション結果の分析やアニメーションの作成がより簡単になりました。地震によって木造住宅が揺れている様子をタブレットやYouTubeなどで簡単に表示できます。設計者のプラン検討や、営業担当者による施主へのプレゼンを強力に支援します。

### 3. 波及効果、今後の予定

ウォールスタットは大学・企業等での研究開発分野での活用のほか、「これから建てる木造住宅の耐震性能検証」「耐震補強によるビフォー・アフターの比較」「新たに開発した耐震商品のプレゼンツール」「将来起こりうる極大地震に対する防災意識の啓発」など実務でも幅広く活用されています。今回の機能強化により新築設計や耐震改修への導入がより簡単になりました。研究者や構造設計者だけでなく、工務店・ハウスメーカーの設計者等にも幅広く普及し、耐震性能の検証、顧客へのプレゼン、防災意識の啓発などに活用されることが期待されます。

### 4. 研究プロジェクトについて

ウォールスタットは中川准教授の前職である国立研究開発法人建築研究所、及び国土交通省国土技術政策総合研究所においても研究開発が進められていました。

#### <ソフトウェアの詳しい情報やダウンロードアドレス>

京都大学生存圏研究所：<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa>

耐震性能見える化協会：<http://support.wallstat.jp>

#### <用語解説>

##### ※1 個別要素法

ウォールスタットの計算には「個別要素法」という計算理論を元にした解析手法を用いています。個別要素法は、非連続体解析法（バラバラな物体の挙動を計算する手法）であるため、大変形や倒壊解析が容易にできます。これまでは主に土木の分野で用いられている解析手法でしたが、中川准教授らの研究<sup>(\*)</sup>によって、木造住宅の倒壊解析に適用され、その有効性が確認されています。

\* Nakagawa, et al., 2003, J. of Wood Sci., doi:10.1007/s10086-009-1101-x

##### ※2 壁倍率

木造住宅は筋かいなどの「耐力壁」を一定の長さ以上配置することで耐震性能を確保しているが、耐力壁には強さに応じて「壁倍率」が設定されている。壁倍率が大きいほど、設置する耐力壁の長さを短くすることができる。壁倍率はあらかじめ耐力壁を破壊する実験を行い、数値が決定される。

##### ※3 一般社団法人耐震性能見える化協会

wallstat の普及・ユーザーサポートを目的として設立された一般社団法人。中川准教授が代表理事。wallstat の使い方講習会の開催、マニュアルの配布、建材データベースの管理などを行っています。

##### ※4 木造住宅用 CAD (Computer Aided Design) ソフト

木造住宅には、意匠設計 CAD、構造設計 CAD、プレカット CAD など生産の際に三次元 CAD ソフトが使われることが一般的です。特に在来軸組構法の 90%以上はプレカット（事前に木材を加工して現場で短期間で組み立てること）を用いて生産されており、CAD ソフトとの情報連携が普及の鍵となります。ウォールスタットは木造住宅用 CAD の標準フォーマットである「シーデクセマ」に対応しています。

○シーデクセマに関する詳しい情報は <http://www.cedxm.com> から