

Web を利用した地震時の家具の動的挙動シミュレータの構築

東京大学大学院 学生会員 柳田 充康
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

兵庫県南部地震による直後の死者・行方不明者は 5,500 人を超え、その約 9 割が圧死や窒息死であった¹⁾。また、その約 1 割が家具類の転倒や高所からの落下による影響を、直接・間接的に受けたと言われている¹⁾。建物の耐震化の進展や地震の規模別発生頻度を考えると、家具の動的挙動を原因とする人的被害の問題は、ますます重要な課題となる。既往の研究²⁾では、3次元拡張個別要素法を利用し、モデルルームにおける家具挙動の動的シミュレータを開発したが、本研究では、より詳細な動的挙動解析と条件の違いによる挙動の比較が可能なシステム、さらには Web 環境を利用した動的挙動シミュレータの構築を行う。本シミュレータは、利用者が自分の部屋の状況や地震に関する情報を Web 上で入力することにより、異なる地震発生時の自分の部屋内の家具の挙動を閲覧できるものである。

2. 3次元拡張個別要素法

本研究では、家具の動的挙動の解析には 3次元拡張個別要素法を用いる。家具は、3次元直方剛体要素の集合体として扱う。要素間の接触判定を簡便化するために、頂点を 1/8 球、辺を 1/4 円柱と仮定し、接触パターンは頂点と頂点、頂点と辺、頂点と面、辺と辺の 4 つに分類できる(図 1)。これにより、接触力算定の簡便化と鋭い角を有した理想直方体を用いた場合に生じる頂点のひっかかりなどの問題が解決できる。また、本研究では要素と要素をつなぐ「間隙ばね」を互いの要素のどこにでも設けることができるモデルとした。このモデルを用いることで、家具を糸で斜めに吊るような転倒防止措置の効果やよりリアルな家具の挙動シミュレーションが行えるようになった。

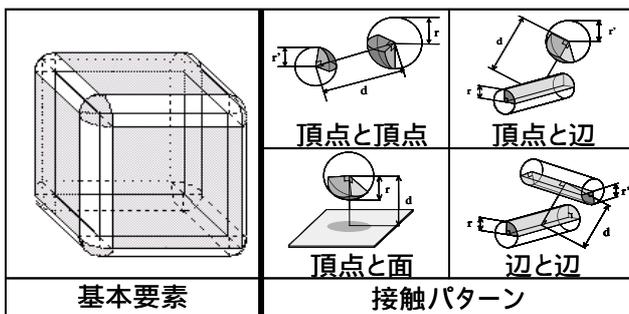


図1 解析の基本要素と接触パターン

3. 家具(クローゼット)の動的挙動解析

図 2 に示すクローゼットの動的挙動解析を行った。クローゼットの各部位の要素ばねのばね定数は、波動伝播速度を基準として求めた³⁾。また、天板や側板など各要素が接着している部分には、頂点と面などに間隙ばねを発生させることでモデル化を行った。適当な破壊基準を持つ間隙ばねを利用することで連続体から非連続体までの挙動を追うことができる。図 3 に示す変位入力波を、床の X、Y 方向に入力した。図 4 にシミュレーション結果を示す。

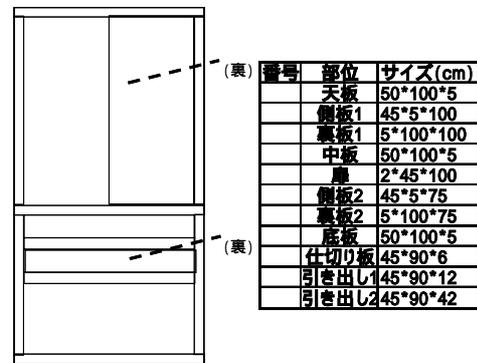


図2 クローゼットの要素

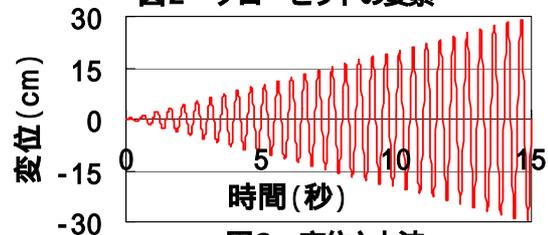


図3 変位入力波

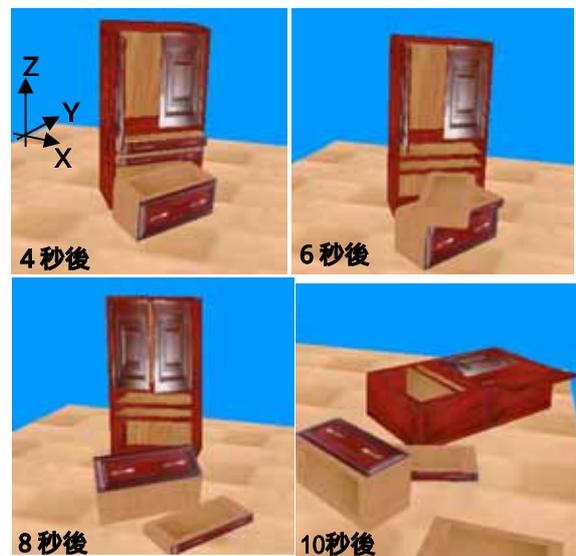


図4 シミュレーション結果

キーワード：家具、拡張個別要素法、人的災害、コンピュータシミュレーション、地震被害

〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1 東京大学生産技術研究所B棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6436 Fax: 03-5452-6438

4. 挙動比較シミュレーションシステムの構築

地震時の家具の挙動の違いを、地形効果の有無、建物の壁量の多少、家具の配置、転倒防止装置の有無などの条件から比較できるシステムを構築した。入力地震動は、対象とする建物を多質点系でモデル化した時刻暦応答解析から求め、これを床からの入力として用いる。地形効果がある場合は、その地形に応じて入力加速度を増減させる。建物の壁量の影響は、応答解析においてばね剛性を変化させることで表現する。シミュレーション結果の1例として、部屋のレイアウトの違いによる比較を図5に示す。地震時の家具の挙動がレイアウトによって大きく変化することが分かる。

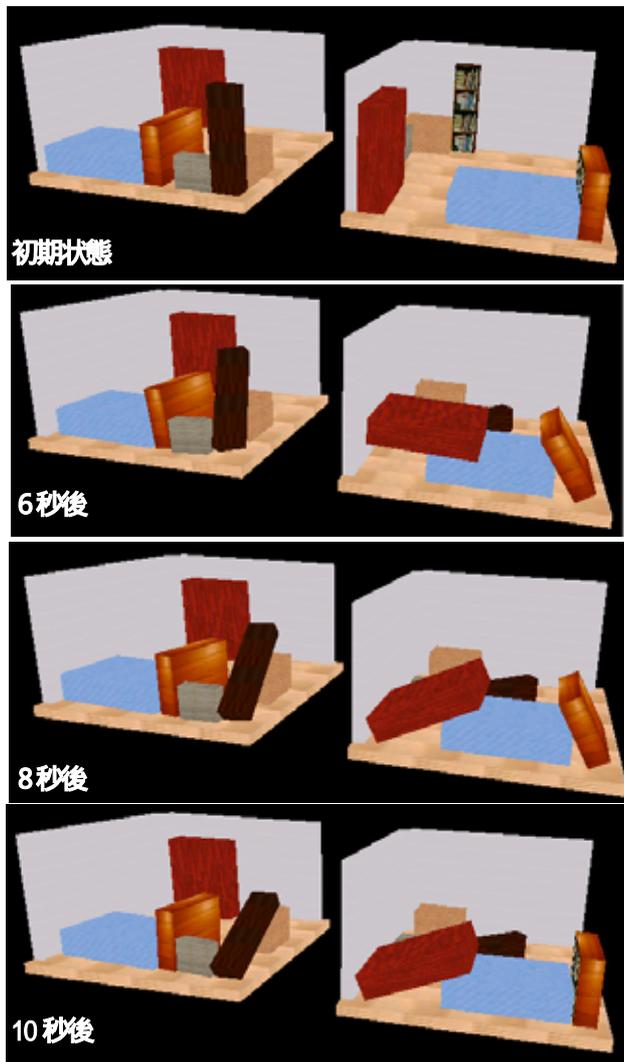


図5 レイアウトによる挙動の違い

5. Web を利用した動的挙動シミュレータの構築

本シミュレータの概要を図6に示す。利用者は、Web上で、地盤条件、木造・RC造などの建物種類、建築年代、を選定した上で家具のレイアウトを設定（図7）し、これらのデータをサーバーに送信する。サーバーは送信されたデータをもとに、床への入力地震動を求め、家具の動的挙

動解析を行う。シミュレーションが終了次第、その結果がWeb上にアップロードされ、利用者はこれを閲覧できる。

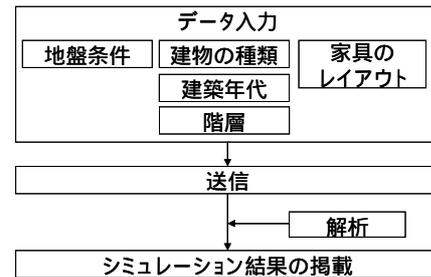


図6 シミュレータの概要

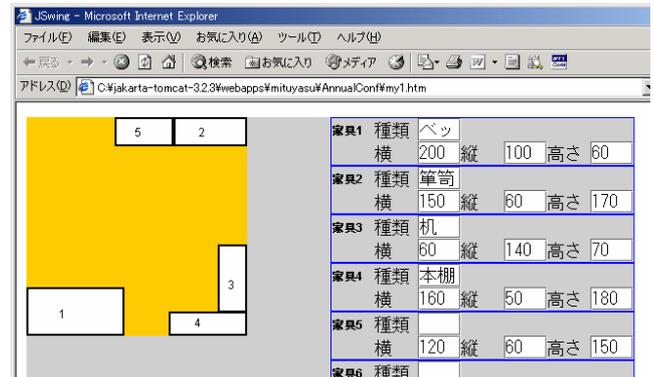


図7 家具配置ユーザーインターフェース

6. まとめ

本研究では、3次元拡張個別要素法を用いて、条件の違いによる家具挙動の比較シミュレーションシステムとWebを利用した家具の動的挙動シミュレータの構築を行った。前者は、地震時の家具の挙動が地形効果や壁量の違いなどによって大きく変化することを示すことで、市民への防災教育ツールとして活用できると考える。後者は、利用者自身の部屋で地震時において家具がどのように挙動するかを示すことで、防災意識を高め、家具を固定するなどの具体的な防災対策行動を促進し、室内被害の軽減につながるものと期待される。

今後、本シミュレータを活用した利用者からの評価をもとに、インターフェースなどを充実させていく予定である。

なお本研究は、大都市大震災軽減化特別プロジェクト（文部科学省）のサポートを受けている。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築委員会 / 兵庫県南部地震調査研究部会 / 建築内部空間における被害WG：阪神淡路大震災住宅内部被害調査報告書、1996.9.
- 2) 榎本美咲・目黒公郎：3次元拡張個別要素法を用いた地震時の家具の動的シミュレータの開発、土木学会第58回年次学術講演会概要集、2003.9.
- 3) 目黒公郎：個別要素法による動的破壊解析に関する研究、東京大学博士論文、1991.3.