

1. はじめに

兵庫県南部地震による直後の死者は5500人を超え、その9割近くが窒息死や圧死であったことが報告されている。またその約1割が家具類の転倒や高所からの落下の影響を直接・間接的に受けたと言われ、けが人を含めればその数はずっと多くなる。建物の耐震性能の向上や地震の規模別発生頻度を考えると、家具の転倒や落下による死傷者の問題は、今後の地震防災を考える上でますます重要になってくる。そこで目黒研究室では、効果的な転倒防止対策の提案や3次元拡張個別用法(3D-EDEM)を用いた地震時の家具の動的挙動のコンピューターシミュレーションの開発を通じて市民の防災意識の向上を図っている。また、さらなる防災対策行動を促進させるため、Web環境を利用した動的挙動シミュレータの構築を開始した。

2. 3次元拡張個別要素法の特徴

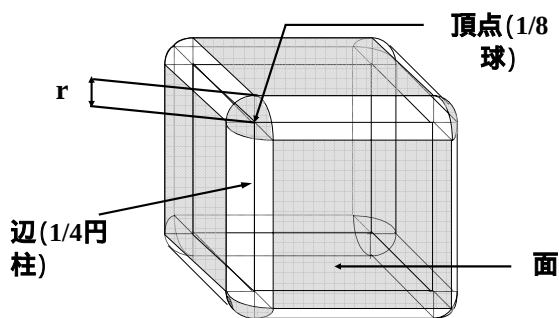


図1 解析に用いる基本要素

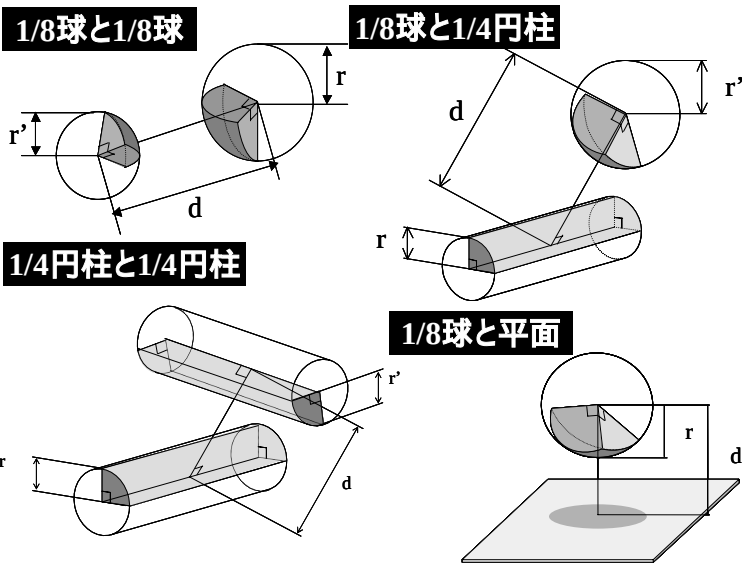


図2 要素間の接触パターン

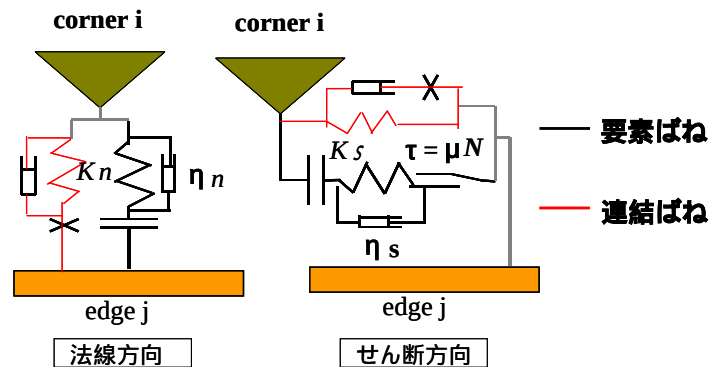
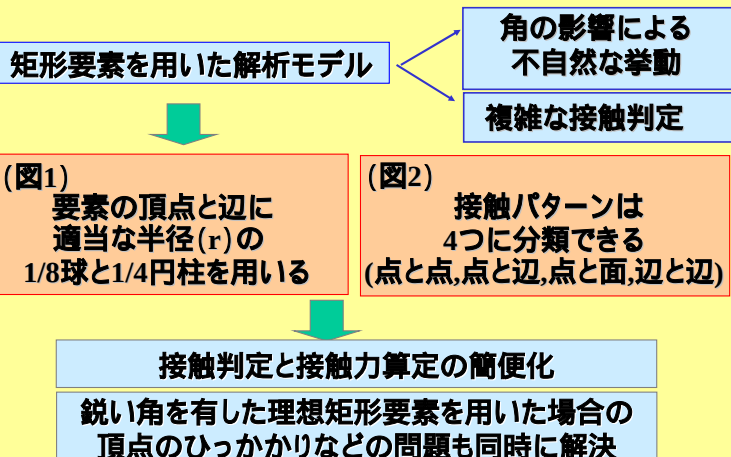
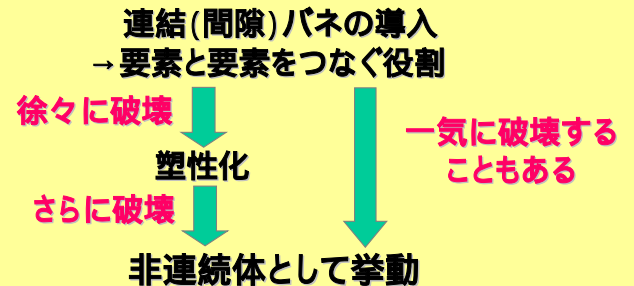
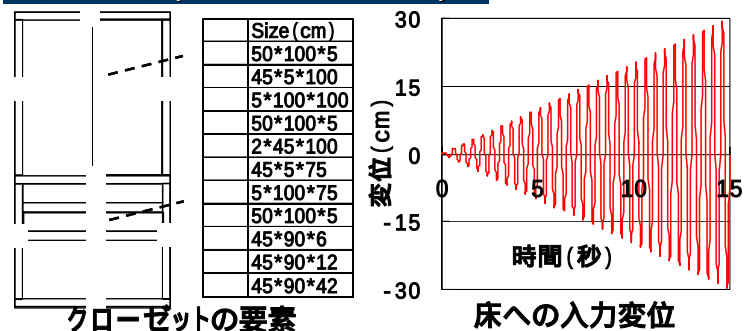


図3 要素ばねと連結(間隙)ばね

連続体から非連続体に至る挙動のモデル化



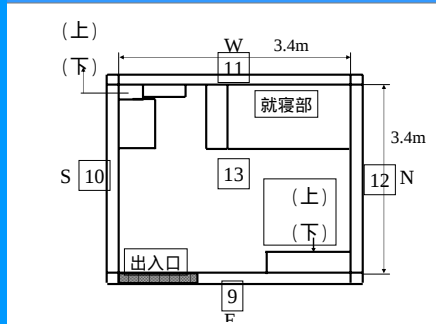
解析事例(クローゼットの挙動)



3次元拡張個別要素法を用いた 家具の地震応答シミュレータの開発

Development of Simulator of Dynamic Furniture Behavior
during Earthquake using 3-D Extended Distinct Element Method

3. モデルルームシミュレーション



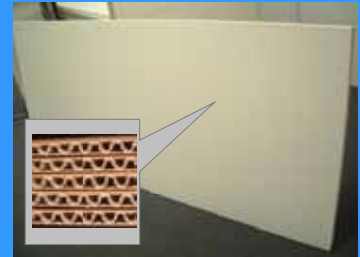
モデルルームの平面図



5階建ての5階

モデルルームの3次元配置

描画に際しては、室内を見やすくするために手前と右側の壁を取り払っているが、解析上は他の壁と同様の扱いとなっている。



間隙材の例

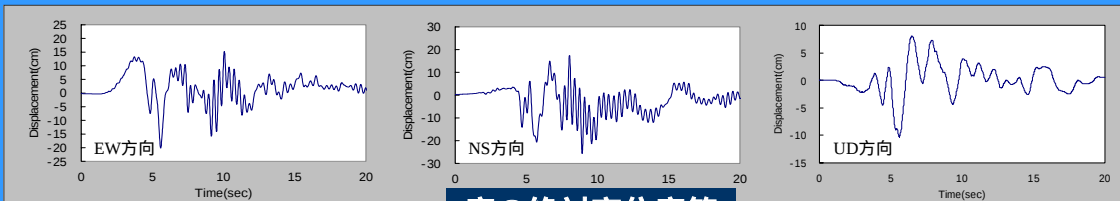


連結する金具の例

家具	机	本棚	サイドテーブル	本棚	ベッド	たんす	たんす	9 11 壁(柱)
プロポーシオン(cm)	100 × 60 × 70	30 × 50 × 95	20 × 70 × 60	130 × 35 × 110	130 × 200 × 50	45 × 140 × 130	45 × 140 × 50	20 × 380 × 250
質量(kg)	50	80	7	280	350	286	110	931
密度(10^{-3} kg/cm ³)	0.12	0.56	0.07	0.56	0.27	0.35	0.35	0.49
摩擦係数	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

シミュレーション では家具 と壁11, 家具 と壁9がL字金物でつながれている

要素の諸元



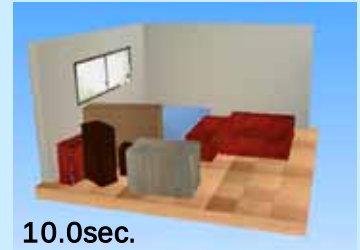
床の絶対変位応答



6.0sec.



8.0sec.



10.0sec.

シミュレーション (転倒防止装置なし)



6.0sec.



8.0sec.



10.0sec.

シミュレーション (転倒防止金具あり)



6.0sec.



8.0sec.



10.0sec.

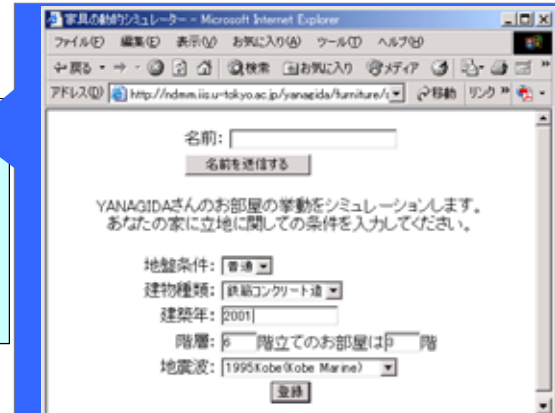
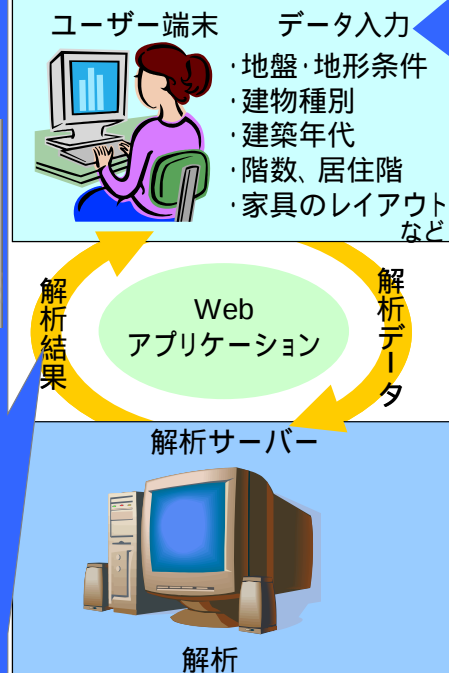
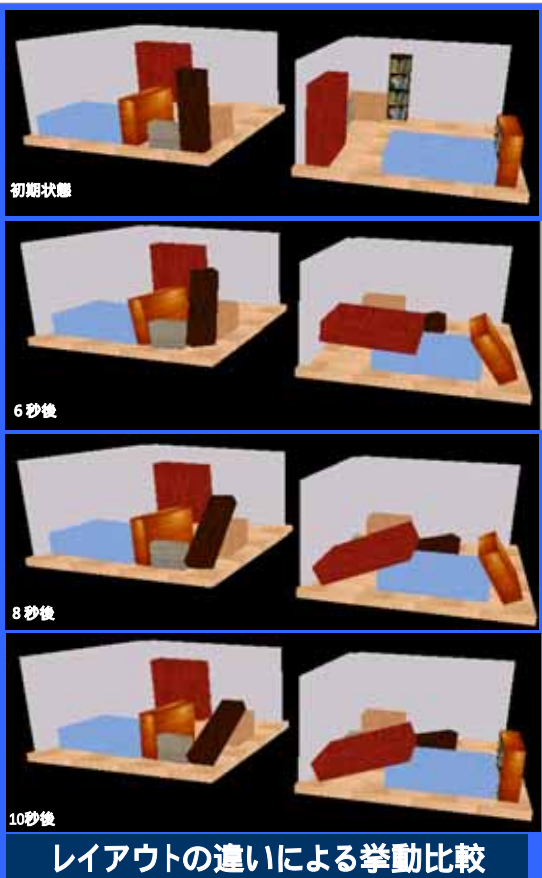
シミュレーション (間隙材あり)

シミュレーション結果

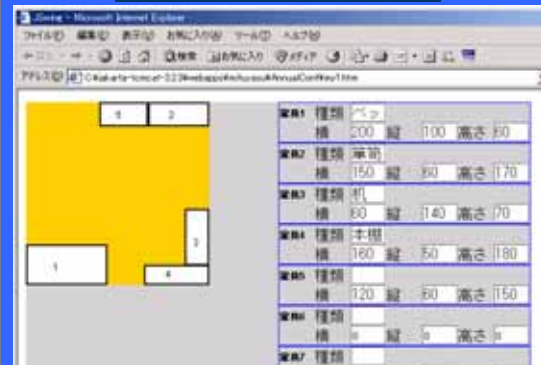
3次元拡張個別要素法を用いた 家具の地震応答シミュレータの開発

Development of Simulator of Dynamic Furniture Behavior
during Earthquake using 3-D Extended Distinct Element Method

4. Web環境を利用した家具の動的挙動シミュレータの開発



条件入力



家具配置レイアウトの設定



シミュレーション結果のVR表示の一例

(by Meguro Lab. + CAD Center)

本研究では、3次元拡張個別要素法(3D-EDEM)を用いて、地震時の室内の家具の動的挙動をシミュレーションするシステムを構築した。また、利用者がWeb環境を利用して自分の建物や立地条件、室内の家具レイアウトなどを自由に変えてシミュレーションできる機能も追加した。本シミュレータの解析結果はVRアニメーションとして表現され、室内の利用者の視点など任意の位置から家具の動的挙動が観察できる。Web、VRなどを有効に活用したシミュレーション環境は、効果的な家具の転倒防止法の開発と普及に大きく貢献するものと期待される。