

### 3.1.1 室内の安全性向上の実現に関する研究

#### 3.1.3.1 地震時の家具の動的挙動シミュレーターの開発

## 目次

### (1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 5カ年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
- (e) 平成16年度業務目的

### (2) 平成16年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
  - 1) 耐力壁の特性を考慮したパラメータの決定
  - 2) 耐震補強前後の動的挙動シミュレーション
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

### (3) 平成17年度業務計画案

## (1) 業務の内容

(a) 業務題目 地震時の家具の動的挙動シミュレーターの開発

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学生産技術研究所 東京大学工学系研究科	教授 大学院生	目黒公郎 柳田充康	meguro@iis.u-tokyo.ac.jp

(c) 業務の目的

家具や什器の転倒防止対策の実情調査、これが徹底されていない理由の調査を行うとともに、家具や什器メーカーと住宅メーカー等と協力のもと、特別な室内安全性を確保するための技術開発技術がなくても(素人でも)対処できる簡易な家具を固定するシステム(試案)を提案する。家具や什器の地震時の動的挙動解析ツールの開発を開始する。

(d) 5カ年の年次実施計画

1) 平成14年度：

家具や什器の転倒防止対策の実情調査、これが徹底されていない理由の調査を行うとともに、家具や什器メーカーと住宅メーカー等と協力のもと、特別な技術がなくても(素人でも)対処できる簡易な家具を固定するシステム(試案)を提案する。

2) 平成15年度：

特に専門的な知識のない一般の人々を対象として、地震時の室内の安全性を自己評価できるシミュレータや評価システムの開発を開始する。また、これらの基本データとなる家具や什器の転倒防止対策の実情調査も引き続き実施し、これが徹底されていない理由を調査する。前年度同様、簡易な家具を固定するシステムの検討も継続する。

3) 平成16年度：

これまでに検討を進めてきた簡易な家具を固定するシステムについての検証実験(開発したシミュレータによる数値実験を含む)を行う。新築の建物、耐震補強済み建物、既存不適格建物における家具の動的挙動の差を理解するために、地震時の建物の動的挙動シミュレータもあわせて開発する。これらの研究成果に基づいて、対策法の適用マニュアル(試作)を整備する。

4) 平成17年度：

試作した適用マニュアルに対する、家具・什器メーカーや住宅メーカーの意見調査を行い、その分析結果を反映した技術の検証を行う。

5) 平成18年度：

開発技術についての最終的な適用マニュアルを整備する。

(e) 平成 16 年度業務目的

これまでに検討を進めてきた簡易な家具を固定するシステムに関する検証実験（開発したシミュレータによる数値実験を含む）を行う。また、昨年度開発した Web による地震時の室内の動的挙動シミュレータの改良も引き続き行う。新築の建物、耐震補強済み建物、既存不適格建物における家具の動的挙動の差を理解するために、地震時の建物の動的挙動シミュレータもあわせて開発する。これらの研究成果に基づいて、対策法の適用マニュアル(試作)を整備する。

(2) 平成 16 年度の成果

(a) 業務の要約

平成 15 年度までは、ユーザーインプットが簡単な家具の動的挙動シミュレータのプロトタイプを開発し、Web 上にて展開する手法について検討してきた。本年度はさらに木造軸組住宅の動的挙動のシミュレータ機能を追加し、図 1 に示した通り、地震時に自分の家や部屋がどうなるのかを表現する木造軸組住宅の動的挙動シミュレータの開発に取り組んだ。適切なインプット情報を得ることは、地震時の挙動を再現する上で不可欠であるが、室内の家具のシミュレーションに比べて建物用の適切なインプット情報を得ることは格段に難しい。理由は構造に関する専門的な知識に基づいて、耐力壁の種類や柱の位置などを入力する必要があるためであり、これは一般市民には無理である。そこで、建物のシミュレータの利用者としては耐震改修業者などの専門家を想定し、耐震改修による効果を一般の市民にも簡単に理解できる環境を用意することを目的とする。

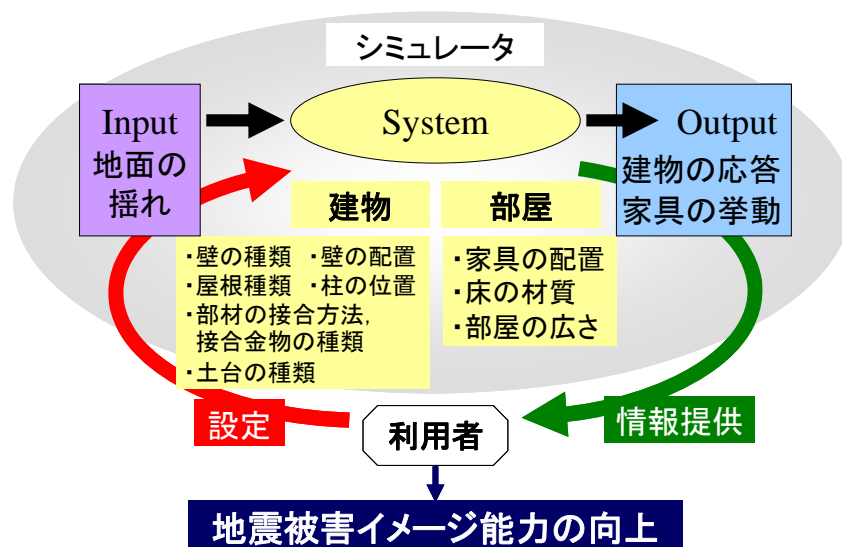


図 1 家具および住宅の動的挙動シミュレータ

(b) 業務の成果

1) 耐力壁の特性を考慮したパラメータの決定

シミュレータで用いる数値解析手法は、個々の要素間に適当な破壊基準を持つ間隙バネを設置することで、連続体としての挙動から非連続体としての挙動を3次元空間上で追跡できる3次元拡張個別要素法(3D-EDEM)<sup>1)</sup>である。在来木造軸組住宅の動的挙動を追跡するために、過去の研究成果<sup>2)</sup>をベースに、新たに接合部および耐力壁の間隙バネをモデル化した(図2)。在来木造軸組住宅の耐力壁の静的水平加力実験結果<sup>3)、4)</sup>を用いたキャリブレーションを行い、接合部バネ、筋交い・モルタル外壁・サイディング・土壁・構造用合板の耐力壁バネのパラメータを決定した。図3に静加力実験結果と提案手法による数値解析結果を比較した例を示すが、両者は概ね一致していることが分かる。

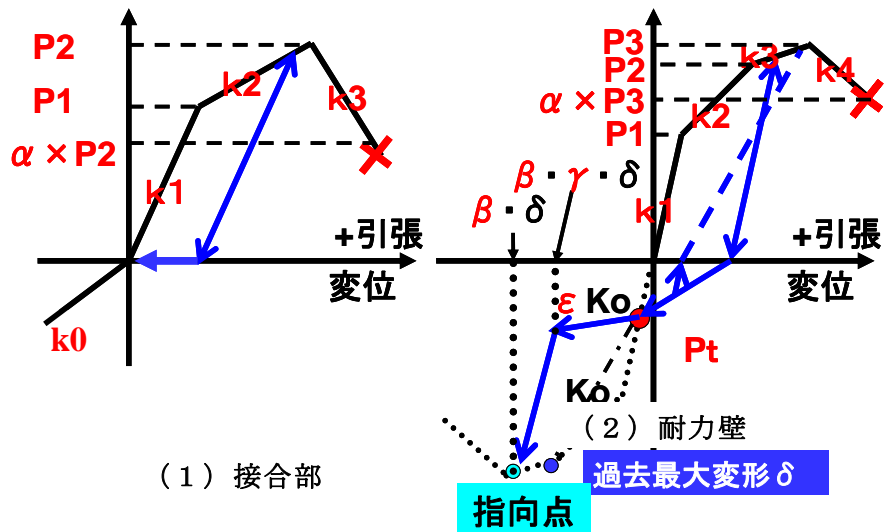


図2 間隙バネに付与するバネモデル

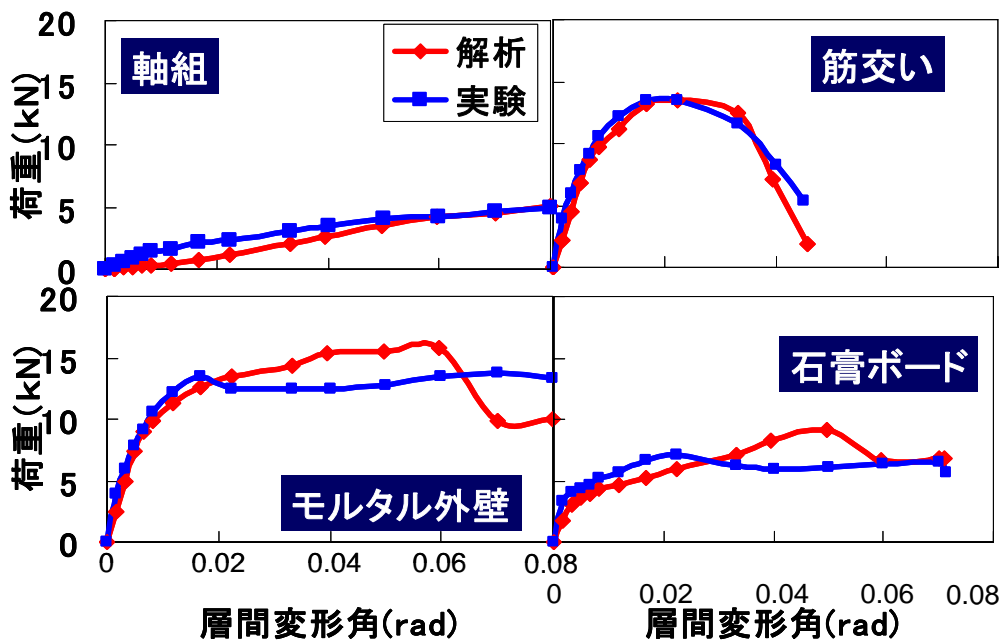


図3 静加力実験結果と提案手法数値解析結果の比較例

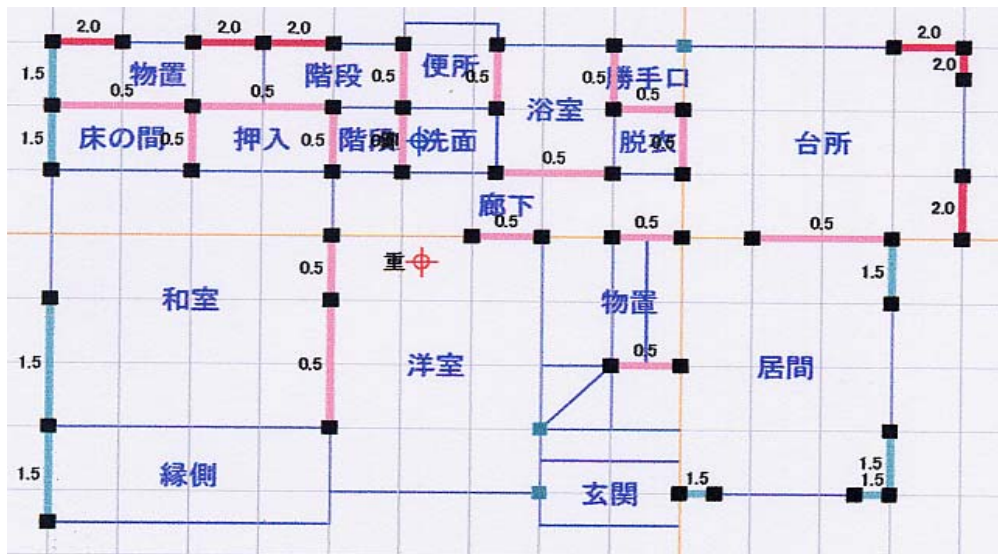
## 2) 耐震補強前後の動的挙動シミュレーション

前節で得た耐力壁モデルのパラメータを用いて、耐震改修が行われた実在の木造住宅を対象に、耐震改修前後の動的挙動解析を行う。そして、耐震改修の有無による住宅の動的挙動の差を、専門的な知識を有していない一般市民にも理解できるようにアニメーションとして表現することを試みる。

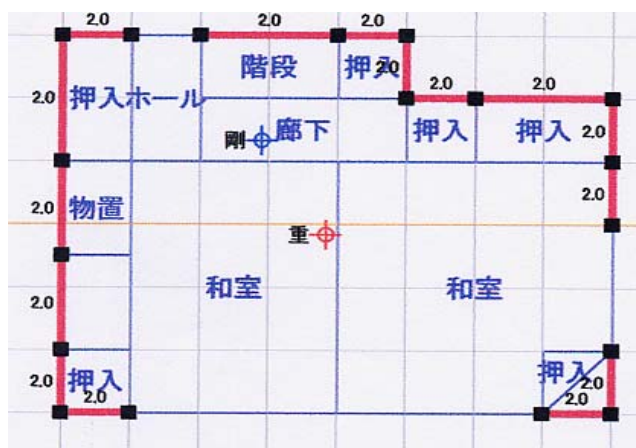
解析対象は、1960年に建設された木造2階建て一般住宅で、瓦葺の重い屋根を有している。図4に耐震改修前後の図面を示す。耐震改修以前の建物の耐震診断の結果は、総合評点0.25（X方向：0.25、Y方向：0.44）であり、南側（-Y方向）の壁量の不足とバランスの悪さが指摘されている。壁量の不足を筋交いと合板で補強を行った耐震改修後の耐震診断点は1.24である。

動的挙動解析を行うに当たり、①地盤、1階床は固定要素と考え、固定要素にJR鷹取波のNS、EW、UD成分をそれぞれY方向、X方向、Z方向に変位入力した。②梁・柱の比重は0.6とした。③2階の天井要素、1階の天井要素は打上げ板張りとしての重み（150N/m<sup>2</sup>）<sup>5)</sup>を考慮した重量を与えた。④2階床要素は、住宅の居室としての積載荷重（1800N/m<sup>2</sup>）<sup>5)</sup>、自重（340N/m<sup>2</sup>）<sup>5)</sup>、2階壁の種類を考慮した重さ（軸組：150N/m<sup>2</sup>、モルタル塗：640N/m<sup>2</sup>）<sup>5)</sup>、の3つを加えた重量とした。⑤屋根は瓦葺としその重量（980N/m<sup>2</sup>）<sup>5)</sup>を与えた。以上に加えて、図4に示した図面の耐力壁位置には、前節で得た耐力壁間隙バネを配置し、解析を行った。

解析結果を図5に示す。改修前の建物は壁量の少ない南側に倒れ、耐震改修の効果ははっきり見て取れる。



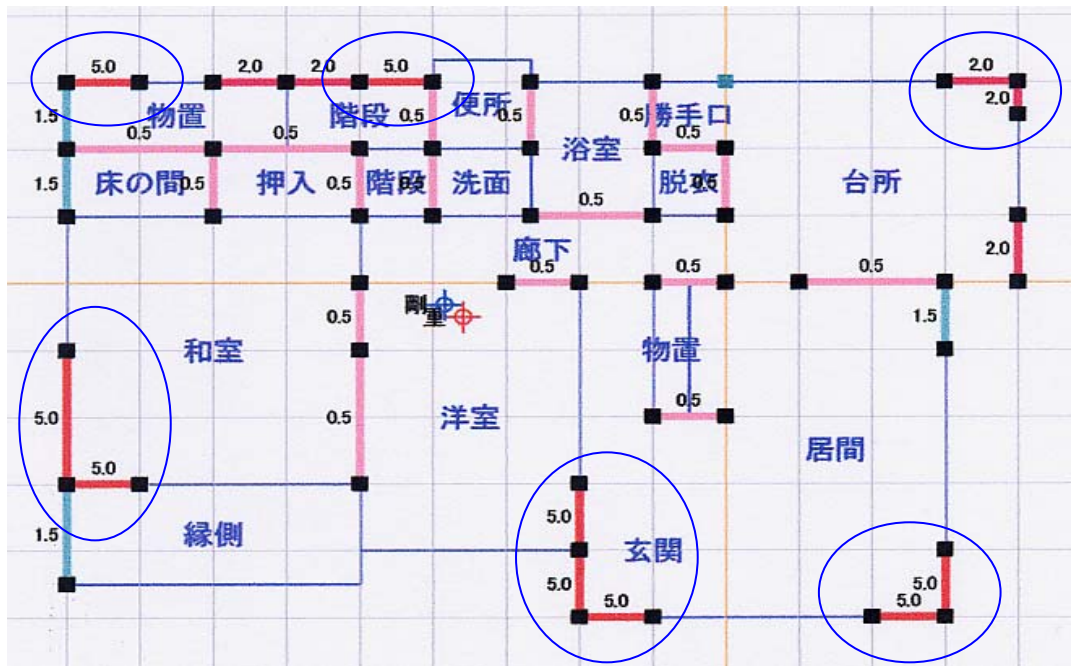
(a-1) 1F



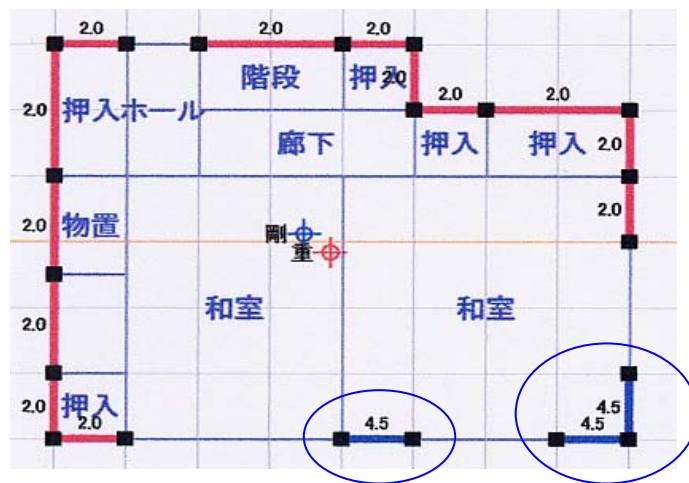
(a-2) 2F

5.0 筋交い+構造合板  
 4.5 たすき筋交い  
 2.0 筋交い+モルタル壁  
1.5 筋交い  
 0.5 土壁

(a) 1960年建築の木造2階建て一般住宅の耐震改修前のプラン



(b-1) 1F

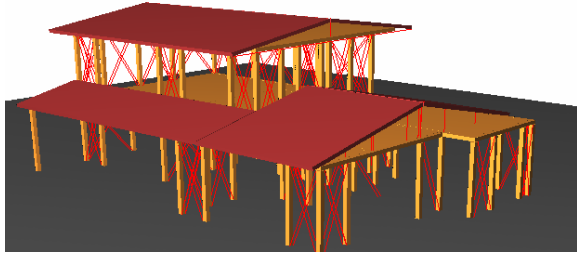


(b-2)

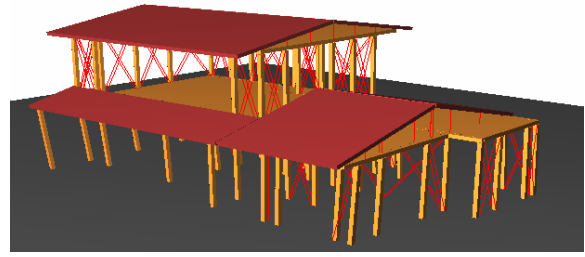
5.0 筋交い+構造合板    4.5 たすき筋交い    2.0 筋交い+モルタル壁  
1.5 筋交い    0.5 土壁    ○ 改修箇所

(b) 1960年建築の木造2階建て一般住宅の耐震改修後のプラン

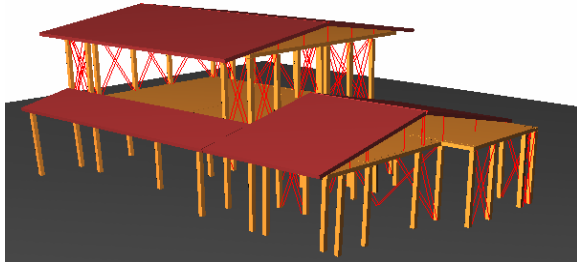
図4 耐震改修以前(a)と以後(b)の図面



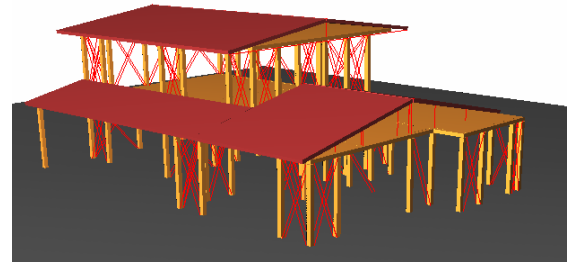
(a-1) 6 秒後



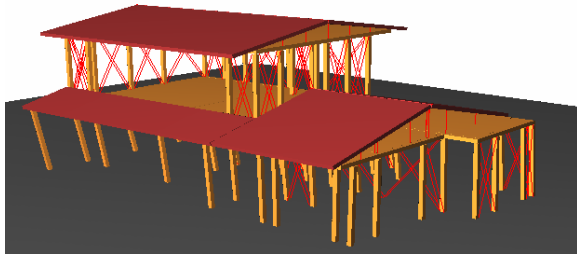
(b-1) 6 秒後



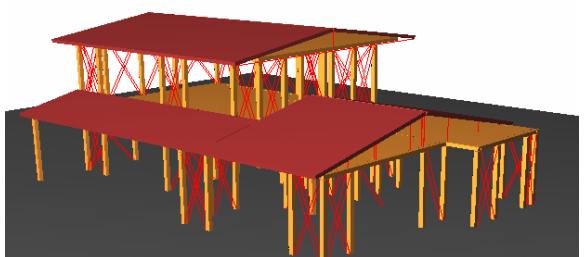
(a-2) 9 秒後



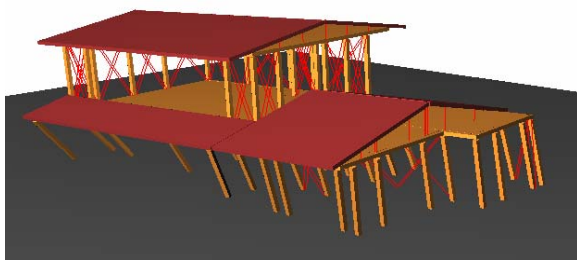
(b-2) 9 秒後



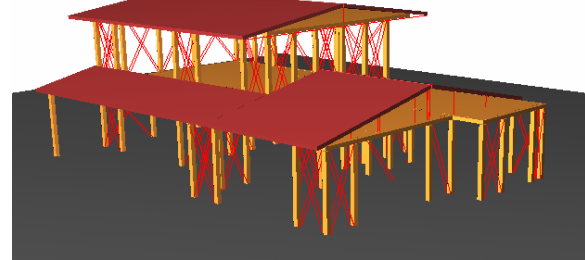
(a-3) 12 秒後



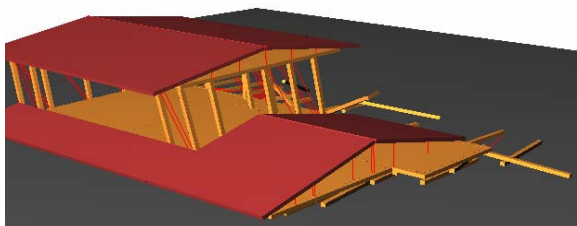
(b-3) 12 秒後



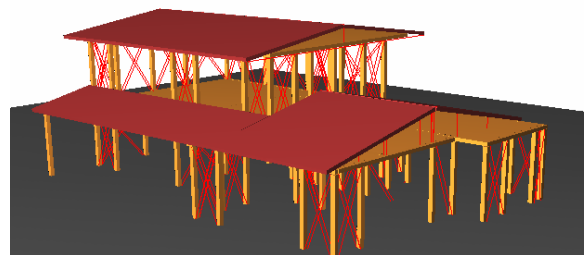
(a-4) 15 秒後



(b-4) 15 秒後



(a-4) 18 秒後



(b-4) 18 秒後

図5 耐震改修以前(a)と以後(b)の動的挙動



(c) 結論ならびに今後の課題

本研究では、3次元拡張個別要素法を用いた木造軸組住宅の動的挙動シミュレータを構築した。そして、間隙バネに接合部・耐力壁のバネモデルを付与した解析モデルを用いたシミュレーションと過去の実験結果とのキャリブレーションを行った。耐震性の不十分な1960年に建築された2階建て一般住宅を対象に、今回開発したシステムを用いて既存不適格建物の耐震改修前後の地震時挙動をシミュレーションした結果からは、本システムが住宅耐震化を促進するためのツールとして、高い可能性を有することが確認された。

本年度は、地震時の住宅の破壊挙動と家具の動的挙動を同時にシミュレーションするシステムの開発を予定していたが、住宅の破壊挙動シミュレータの開発に予想以上に時間を要してしまい、両者の融合まで完了しえなかった。この部分は来年度の課題としたい。

(d) 引用文献

- 1) 柳田充康, 目黒公郎: 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、土木学会第59回年次学術講演会概要集, 2004. 9.
- 2) 真柄琢哉, 三宅辰哉, 五十田博, 田守伸一郎, 笹川明: 枠組壁工法建築物の地震時最大応答変位に関する考察, 日本建築学会構造系論文集, No. 506, pp. 75-82, 1998. 4.
- 3) 三芳紀美子, 大橋好光, 高橋浩一, 綿引誠, 中野一郎: 軸組構法住宅用各種壁の静加力試験および振動台実験その1~その2, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造III, pp. 199-202, 2001. 9.
- 4) 北尾聡子, 小坂郁夫, 中村武: 木造建物の履歴復元力特性に関する実験的研究-在来軸組の静的水平加力試験-, 構造工学論文集, Vol148B, pp. 65-72, 2002. 3.
- 5) 国土交通省住宅局建築指導課建築技術研究会編: 基本建築基準法関係法令集 2001年版, 建築資料研究社, pp. 313-319.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
柳田充康・ 目黒公郎	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	土木学会第59回年次学術講演会, 1-797, 土木学会	2004. 9

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

### **(3) 平成 17 年度業務計画案**

平成 16 年度は新築の建物、耐震補強済み建物、既存不適格建物においての家具の動的挙動の差を理解するため、地震時の建物の動的挙動シミュレータの開発に着手した。平成 17 年度は引き続きこのシミュレータの改良に取り組むとともに、建物と室内の家具の両者を表示できるシミュレータの開発に取り組む。これらの成果に基づいて、室内の耐震対策法の適用マニュアルを整備するとともに、家具・什器メーカーや住宅メーカーの意見調査を行い、その分析結果を反映した技術の検証を行う。