

家具被害関数に基づく地震時住宅内危険度シミュレーション\*

5U-5

村上ひとみ（山口大学理工学研究科環境共生工学専攻）1)

縄田光雄（日立電子（株））2)

1. はじめに

地震時には、居住空間の家具や設備機器などが凶器となり居住者を傷つけ地震時や地震直後の対処行動を妨げている。本研究では、家具被害関数をもとに室内危険度評価手法を提案し、室内危険度評価ソフトウェアを開発する。さらに 1993 年釧路沖地震における調査結果をもとに、室内被害状況を再現するシミュレーションを試みる。

2. 家具の被害関数

家具の被害関数は、以下に示す正規分布関数で与えられる。

$$V(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^I \exp\left[-(I' - I_0)^2 / 2\sigma^2\right] dI' \quad (1)$$

ここに、 $I_0$ ：被害を起こす平均震度、 $\sigma$ ：標準偏差  
家具の被害関数は、1995 年兵庫県南部地震における室内被害アンケート調査結果をもとに、テレビ・本棚・食器棚・冷蔵庫・タンスの 5 種類の家具に対して、物が落ちる・ずれる・転倒・飛ぶの 4 つの被害レベルについて構築されている[1]。図 1 に被害関数の例を示す。

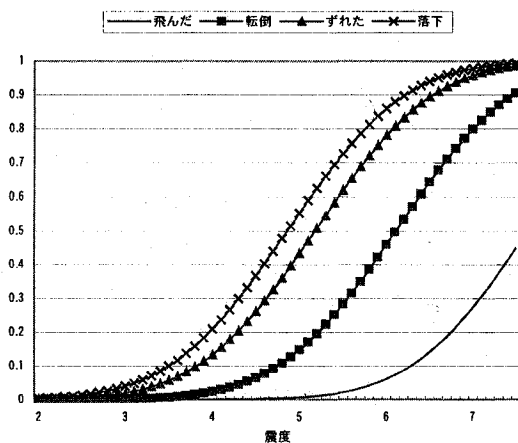


図 1 家具被害関数（タンス）の例 [1]

\* Simulation of earthquake damage to dwelling interior based on furniture vulnerability functions

1) Hitomi Murakami, Yamaguchi University,

2) Mitsuo Nawata, Hitachi Electric Co.

3. 室内危険度評価ソフトウェアの開発

室内危険度の評価対象を単位区画  $x_{ij}$  に分割する。そして、単位区画  $x_{ij}$  における家具転倒危険度  $DA(x_{ij})$  と家具転倒散乱危険度  $DB(x_{ij})$  をそれぞれ式(2)(3)のように確率として定義する。

$$D_A(x_{ij}) = \Pr\left(\bigcup_{k=1}^n Stk_k(x_{ij}) A_k\right) \quad (2)$$

$$D_B(x_{ij}) = \Pr\left(\bigcup_{k=1}^n (Stf_k(x_{ij}) A_k \cup Sf_k(x_{ij}) B_k)\right) \quad (3)$$

ここに、 $A_k$ ：家具  $k$  が転倒する事象、 $B_k$ ：家具  $k$  が散乱する事象、 $n$ ：評価すべき全家具数、 $Stk(x_{ij})$ ：家具  $k$  が区画  $x_{ij}$  に「転倒」の影響を及ぼすかどうかの関数、 $Sfk(x_{ij})$ ：家具  $k$  が区画  $x_{ij}$  に「散乱」の影響を及ぼすかどうかの関数、 $Stfk(x_{ij})$ ：家具  $k$  が区画  $x_{ij}$  に「転倒散乱」の影響を及ぼすかどうかの関数

ただし、 $Stk(x_{ij})$ 、 $Sfk(x_{ij})$ 、 $Stfk(x_{ij})$ は、以下のように被害を及ぼす時、事象はそのままであり、及ぼさない時は空事象  $\phi$  とする。

$$Stk(x_{ij}) A_k = \begin{cases} A_k & \text{(被害を及ぼす時)} \\ \phi & \text{(被害を及ぼさない時)} \end{cases}$$

なお、(2)(3)式における  $\Pr(A_k)$ 、 $\Pr(B_k)$ は、兵庫県南部地震時のデータに基づく家具被害関数の「転倒」「物が落ちる」を用いる。

家具の被害の及ぶ範囲は図 2 のとおりであり、式(2)(3)中の  $Stk(x_{ij})$  は図中左、 $Sfk(x_{ij})$  は図中中央、 $Stfk(x_{ij})$  は図中右のハッチ範囲に  $x_{ij}$  が入っているか否

$$r = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{H}{2}\right)^2} \quad (4)$$

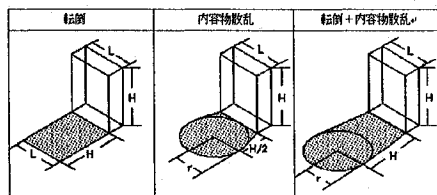


図 2 被害範囲 [2]

かを判断する。なお、図2のrは式(4)により求まる[2]。

室内危険度評価ソフトウェアは、間取りと家具を入力した後に、震度を選択し実行することで簡単に室内危険度を算出できる(図3)。その出力結果は、各メッシュに色分けして表示される。震度の上昇に伴い危険度の値が上昇していく傾向が分かり、家具の削除や配置変更によって、室内危険度の値が軽減し分布が変化する様子が見られる。

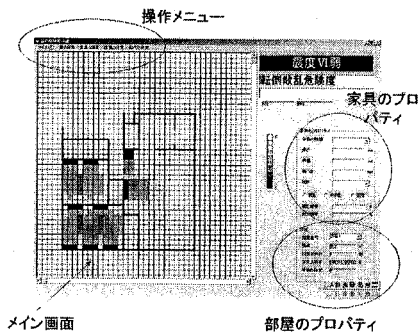


図3 室内危険度評価ソフトウェアの全体図

#### 4. 1993年釧路沖地震の調査データによる室内危険度評価

釧路市内の北海道営C団地19戸に対して危険度評価を行った。C団地は、5階建てで1棟あたり30戸から成り、間取りは「居間」「6畳間」「4.5畳間」である[3]。震度は、同団地における釧路沖地震後のアンケート震度から1~3階までは5.5、4階は5.7、5階は5.8を入力した。図4に住戸204の危険度分布を示す。

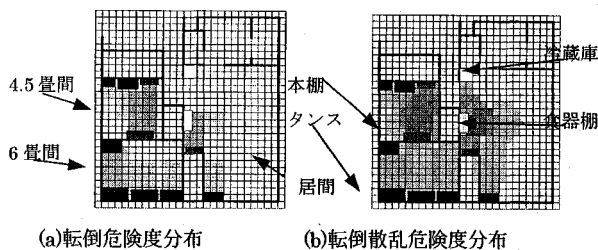


図4 住戸204の危険度分布

ここで、住戸間の室内危険度の違いを見るために式(5)~(8)の指標(定義域0~1)を導入する。

$$\text{転倒危険面積率} = \frac{N_{DA}}{N} \quad (5)$$

$$\text{転倒散乱危険面積率} = \frac{N_{DB}}{N} \quad (6)$$

$$\text{平均転倒危険度} = \frac{\sum D_A(x_{ij})}{N_{DA}} \quad (7)$$

$$\text{平均転倒散乱危険度} = \frac{\sum D_B(x_{ij})}{N_{DB}} \quad (8)$$

ここに、 $N_{DA}$ : 評価対象となる部屋において家具の転倒被害が及ぶ区画数、 $N_{DB}$ : 評価対象となる部屋において家具の転倒散乱被害が及ぶ区画数、 $N$ : 評価対象となる部屋の総区画数

6畳間の危険面積率と平均危険度の関係(図5)より、危険面積率が高く平均危険度が低い住戸もあれば、危険面積率が低く平均危険度が高い住戸も存在することがわかる。

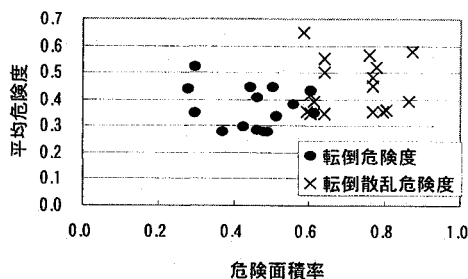


図5 6畳間の危険面積率と平均危険度の関係

#### 5. まとめ

本研究では、地震時の室内被害の危険性を把握するために、家具の被害関数に基づき室内危険度評価ソフトウェアを開発し、実際の住戸データを用いて危険度評価を行った。これから、家具の配置や種類の違いによる危険度の違いを評価できることが確かめられた。

#### 参考文献

- [1] 松本吉弘: 兵庫県南部地震アンケートデータに基づく家具被害関数の提案, 山口大学工学部知能情報システム工学科卒業論文, 2000
- [2] 鈴木有, 高山誠, 後藤正美: 地震時の家具被害による居住空間の被災予測, 日本建築学会北陸支部研究報告集, 35, pp.21~28, 1992.
- [3] 村上ひとみ, 岡田成幸, 坂井忍: 1993年釧路沖地震の人間行動調査, 集合住宅における空間変容と負傷危険度ケーススタディ, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1993