

## 家具の転倒に影響を及ぼす要因の分析 —地震時の家具の挙動に関する検討 その2—

正会員 ○ 仲谷 美咲\*1  
正会員 石川 孝重\*2  
正会員 野田千津子\*3  
正会員 伊村 則子\*4

家具 転倒 挙動  
転倒防止器具 減災 防災

### § 1 はじめに

本報では、前報の家具の挙動に関する実験結果をもとに、既往研究の結果を合わせて検討し、居室や家具自体の条件、転倒防止器具による対策が、ロッキングなどの家具の挙動と転倒しにくさに及ぼす影響を考察する。

### § 2 家具の条件や設置方法が転倒に及ぼす影響

前報で示した実験条件に加えて、家具の重量や重心位置などを変えて実験を行った。本実験とあわせて考察の対象とした既往研究<sup>1-3)</sup>の実験条件を表1に一覧し、家具の転倒加速度を図1に示す。表1の文献番号は引用文献と対応しており、家具の重量は寸法から算出した1cm<sup>3</sup>あたりに換算した凡例中の値と比較した。本実験で用いた家具の固有振動数は1Hz程度である。

図1より、振動数が高いほど家具の転倒加速度が大き

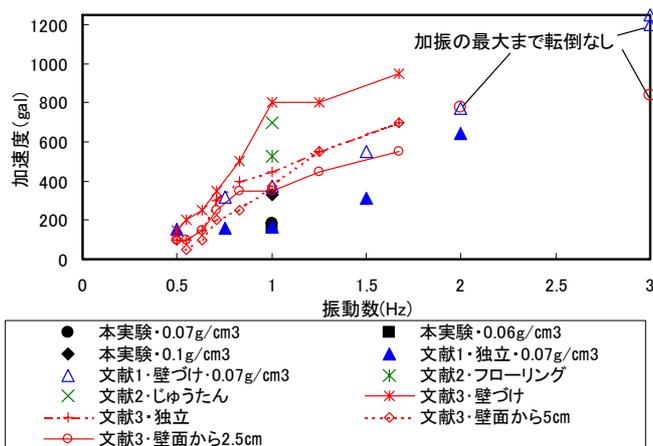


図1 本実験と既往研究における転倒加速度

表1 本実験と既往研究の実験条件

文献No.	居室		種類	試験体			収納物	設置方法	入力波	加振方向
	壁	床		高さ×幅×奥行	総重量	重心位置 高さ×幅×奥行				
本実験(実験)	鉄骨のフレーム+合板	タイルカーペット	スチール製オフィス家具	1790×878×379.5mm	42.9kg	896.4×180.3×199.2mm	なし	壁づけ	正弦波 1Hz(上限332gal), 2Hz(上限777gal), 3Hz(上限837gal)	X方向 (家具奥行き方向)
文献1(実験)	鉄骨のフレーム+合板+化粧合板	タイルカーペット	スチール製オフィス家具	1790×880×380mm	41kg	870×160×220mm	なし	壁づけ 独立	正弦波 0.5Hz(上限約190gal), 1Hz, 1.5Hz, 2Hz, 2.5Hz, 3Hz(上限1200gal)	X方向 (家具奥行き方向)
文献2(実験)	プレファブの構造壁	フローリング じゅうたん	洋タンス	1850×880×590mm	69.2kg		ハンガーにかけた衣類(48.2kg)	壁づけ	地震波 兵庫県南部地震 31F観測波の時間軸を 変化卓越振動数1Hz (上限700gal)	XYZ方向
文献3(シミュレーション)			本棚	1800×× 300mm		中央		壁づけ、独立 壁面から 2.5cm、5cm	正弦波速度60kine	X方向 (家具奥行き方向)

く、転倒しにくい傾向がみられる。1Hzでは、地震波による既往研究<sup>2)</sup>と正弦波による結果との差が大きく、入力波の種類によって家具の挙動に及ぼす影響が異なる。さらに既往研究<sup>1)</sup>では壁づけの場合、高い振動数でも地震波は正弦波より転倒しにくく、壁面との距離が及ぼす影響も入力波の種類や正弦波の振動数の違いに左右される。

本実験と既往研究<sup>1)</sup>の結果では、1Hzの正弦波で重量が軽いほど転倒しやすく、ほぼ同じ加速度で転倒している。一方、2Hzでは転倒加速度に差があり、振動数が高くなるほど重量の違いが家具の転倒に与える影響が大きくなることから、また既往研究<sup>4)</sup>では、重心位置が家具の上の場合、重量が重いほど転倒しやすいことが明らかとなっており、重心位置と重量は相互の条件によって家具に与える影響が異なる。既往研究<sup>4,5)</sup>では、摩擦の小さい床材ではすべりをともなったロッキングをすることで家具が転倒しにくいとされている。しかし、図1の既往研究<sup>2)</sup>の結果では、摩擦が大きい床材の方が転倒しにくい。既往研究<sup>2)</sup>の家具の重量比が、既往研究<sup>4,5)</sup>の約3倍あることから、床材の影響も重量との組み合わせによって家具の挙動と転倒に及ぼす影響が異なるものと推察できる。

### § 3 転倒防止器具が家具の挙動に及ぼす影響

本実験と既往研究<sup>5,6)</sup>で転倒防止器具を使った家具の挙動を表2に示す。本実験は兵庫県南部地震における長田駅前高層住宅5Fの観測波(最大379gal)を家具の短辺(奥行)方向に加振し、既往研究は神戸海洋気象台の観測波(最大818gal)をXYZ3方向で加振した結果である。

家具と居室の固定度が高い対策は、転倒を防ぐだけでなく、家具の挙動を抑える効果が高い。ベルト式やポール式の器具を用いた場合は、転倒を防ぐことはできるが、大きな地震波に対してはロッキングが大きく、内容物の被害が大きくなる可能性がある。また、ほぼ同じ実験条件で実施された2つの既往研究<sup>5,6)</sup>の間で、ベルト式とポール式の器具を使った場合の家具の挙動の違いが見られることから、器具の性能のばらつきや、設置の仕方などの違いが家具の挙動を左右するものと考えられる。

マット式やストッパー式のように

表 2 転倒防止対策をした家具の挙動

	対策なし	マット式 転倒防止 器具	ストッパー式 転倒防止 器具	ポール式 転倒防止 器具	ベルト式 転倒防止 器具	チェーン式 転倒防止 器具	ポール式+ マット式	ポール式+ ストッパー式	L型金具
本実験	×	△	▲	○	△	△	○	○	△
既往研究5)	△△△	○△×*	○△×*	○○○	○○○	△	△	○	○○○
既往研究6)	△△×	△△×	△△×*	○○*	○○△	○○△	○○△	○○○	○○○

既往研究は、左から震度5強(最大276gal)、6弱(最大491gal)、6強(最大818gal) ○ほぼ静止 △小さいロッキング ▲大きいロッキング ×転倒 \*器具外れ

家具の足元に対策する場合、対策しない場合と同程度に家具がロッキングするだけでなく、高振動数の正弦波で器具がはずれ、振動数の影響を大きく受ける。摩擦が少ない床材では軽い家具はすべることで転倒しない場合もあるが、家具の足元に対策することで家具のすべりを止めてしまうため、かえって転倒しやすくなる場合もある<sup>5)</sup>。

§ 4 家具の挙動や転倒に影響を及ぼす要因

設置場所や家具の条件、転倒防止器具による対策が、

表 3 家具の挙動に影響を及ぼす要因とその特徴

	地震波	正弦波	
		低振動数範囲	高振動数範囲
	非定期的なロッキング 衝撃の大きな波で転倒の有無が分かれる	周期的なロッキング 小さい加速度で転倒しやすい 独立して家具を設置した場合、ある加速度を超えると急にロッキングが大きくなる	周期的なロッキング 振動数が高くなるほど転倒しにくくなる 加振を繰り返すと、転倒防止器具にゆるみや外れを起こす
家具のプロポーション	高さが高くなるほど、転倒しやすい 高さ/奥行き/高さ(4以上)家具ほど転倒しやすい 奥行き/高さより床面の摩擦係数μが小さい場合には、家具はすべて、転倒しない		
家具と壁面との距離	壁づけは壁にぶつかることにより家具の振動が吸収されるため、独立の場合よりも転倒しにくい	独立の場合、ロッキングが急に大きくなる現象が見られ、転倒しやすい 壁づけの場合、独立よりもロッキングが起きる加速度が高くなり、転倒しにくい	独立の場合、安定したロッキングをし、転倒しにくい 壁づけの場合、独立よりもロッキングが起きる加速度が高くなるが、ロッキングが乱れて転倒しやすい
家具の重心位置	重心位置が上になるほど、小さい加速度で転倒しやすい 重心位置が上にある場合は重量が重いほど転倒しやすく、重心位置が中央付近の場合は重量が軽いほど転倒しやすい		
家具の重量	重心位置が家具の上にある場合、重量が重いほど転倒しやすく、重心位置が中央付近の場合は重量が軽いほど転倒しにくい 振動数が高くなるほど、重量の違いによる転倒加速度の差が大きくなる		
床材	摩擦の小さい床材では、大きい床材と比べてロッキングが起きる加速度が高くなり、重量が軽い場合はすべることで転倒しにくい、家具が大きく移動する 摩擦の小さい床材でも、重量が重いとすべりにくくなるため転倒しやすくなる 摩擦の大きい床材では、重量の軽い家具でも滑らず、転倒しやすく、重量が重いと、床面に沈みこみを生じるため転倒しにくくなる		
家具の重心移動	揺れに対して重心が移動しやすい場合、高振動数になると重心が揺れにあわせて移動し、バランスをとるために転倒しにくく、ロッキングしやすくなる 重心の移動がない場合は、ロッキングしにくく、すべて移動する傾向がある		
家具の固定度	L型金具	居室と家具の固定度が高く、家具が居室と一体になるため、ほとんど動かない	
	ポール式+ストッパー式	居室と家具の固定度が高く、家具が居室と一体になるため、ほとんど動かない	ほとんど動かない 加振が繰り返されると器具にゆるみや生じ、ロッキングを起こす
家具の固定度高い対策	ポール式+マット式	震度の小さな波ではほとんど動かない 震度が大きく、衝撃力の強い波ではロッキングを起こす	ほとんど動かない 加振が繰り返されると器具にゆるみや生じ、ロッキングを起こす
	チェーン式+ベルト式	家具の転倒を防ぐことができる 家具が大きくばたつき、内容物の被害は大きいと思われる	家具の転倒は防ぐことができる 家具が大きくばたつき、内容物の被害は大きいと思われる
家具の下部に	ポール式	震度が大きく衝撃力の強い波や、周期が短く加振時間の長い波では器具がゆるんで外れる場合がある	加振が繰り返されると徐々に器具にゆるみや生じ、ロッキングを起こす
	ストッパー式	震度の小さい波から大きくロッキングする 震度の大きい波では転倒する場合や、器具が外れる	大きくロッキングをする 対策をしなかったときと比べて、ロッキングが起きる加速度が高い
家具の下部に	マット式	震度の小さい波から大きくロッキングする 震度の大きい波では転倒する場合や、器具が外れる	大きくロッキングをする 対策をしなかったときと比べて、ロッキングが起きる加速度が高い 小さな加速度から頂部の動きが大きい

家具の挙動や転倒に及ぼす影響を表 3 にまとめる。

設置場所や家具の条件、転倒防止器具の対策は、家具の挙動や転倒に複合的に影響し、なかでも、正弦波における振動数の違いと地震波が正弦波かといった入力の種類が家具の挙動に大きく影響する。この入力振動の条件によって、他の条件が家具の挙動に及ぼす影響が異なる。

影響要因のうち、プロポーションや壁と家具との距離は、違いが小さい場合も家具の挙動や転倒にいたる状況が異なり、影響が大きい。一方、重心位置、重量、床材の条件が家具に与える影響は、それぞれの条件の組み合わせによって異なり、ひとつの要因のみでは決まらない。

また、固定度の高い転倒防止器具は転倒に至るまでの家具の挙動を小さくする効果はあるが、固定度が低い器具では、衝撃力の強い大きな地震波や高い振動数の正弦波で器具にゆるみや生じ家具がばたつくなどの挙動がみられ、振動数の違いによって影響が異なる。家具の足元に施す対策では、小さな地震でも対策しない場合と変わらない挙動がみられ、大きな地震や高振動数範囲では器具がはずれることによって転倒する場合がある。床材や家具の重量によっては、対策することで家具が転倒しやすくなる場合もあり、設置環境によって影響が異なる。

§ 5 おわりに

地震時における家具の挙動には、入力波の種類や振動数の違いが大きく影響する。さらに、居室や家具自体の条件、転倒防止対策の種類は複合的に影響し、なかでも、転倒防止対策による固定度の違いは家具の転倒しにくさや挙動に直接影響を及ぼす。その他、家具のプロポーションや壁面との距離は顕著な影響を及ぼす一方、家具の重量や床材は、組み合わせによって影響の仕方が異なる。

【引用文献】

- 1) 田村和夫, 中村豊, 金子美香, 神原浩: 高層建物内の地震時安全性評価技術の開発, 大都市大震災軽減化特別プロジェクト, 2004年5月.
- 2) 松村夏子, 北浦かほる, 山崎かおる, 北原昭男, 藤原悌三: 地震時の家具等の転倒防止に関する研究(その2 各種家具の挙動), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.891~892, 1998年9月.
- 3) 安部貴秀, 羽倉弘人, 上田宏, 斎藤元司, 橋本敏男: 地震時における家具の動的挙動に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.691~692, 1997年9月.
- 4) 村田真: 検証! 器具性能・家具転倒防止器具, 日経ホームビルダー, 日経BP社, no.073, p.73~85, 2005年6月22日.
- 5) 金子美香, 中村豊: 家具転倒防止器具の振動台実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.437~438, 2005年9月.
- 6) 家具類の転倒・落下防止対策推進委員会: 転倒防止器具の評価方法について(試案), 東京消防庁, 2005年3月.

\*1 東京工業大学大学院 大学院生  
\*2 日本女子大学住居学科 教授・工学博士  
\*3 日本女子大学住居学科 学術研究員・修士(家政学)  
\*4 武蔵野大学環境学科 講師・博士(学術)

\*1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology  
\*2 Prof., Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., Dr. Eng.  
\*3 Research Fellow, Dept. of Housing and Architecture, Japan Women's Univ., M.H.E.  
\*4 Lecturer, Dept. of Environmental Sciences, Musashino Univ., Ph. D.