

# B9 性能設計におけるリスクコミュニケーションの方法に関する理論的研究

システム計画学研究室 伊藤有一

## 1. はじめに

建築物の耐震化規制に性能設計が導入されている。代表的な性能設計で利用されるパフォーマンスマトリックス(以下 PM:表 1)は設計技術者などの専門家から専門知識をもたない建物の利用者に耐震性能の概容を簡潔に伝える役割を担っている。本研究は、耐震性能を PM の体裁で表現し、利用者に効果的に伝達する方法を提案する。図 1 の曲線は実際の地震動  $\theta$  と耐震性能  $z(\theta)$  の関係を示す。それに対して PM は階段状の関数によって耐震性能を伝達する。本研究の焦点は、地震動をいくつかの区間に分割し、耐震性能の階段を何段にすれば最適であるのかを求めることである。階段の段数である区間数は耐震性能の情報数を意味する。

本研究は、地震被害が建物の耐震性能と利用者の防災行動の組み合わせによって減少する点に着目する。そして利用者に適切な防災行動を起こさせ、地震リスク管理の費用を最小にする効果的な耐震性能の表現方法について提案する。

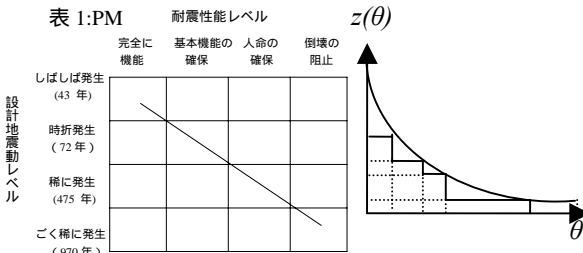


図 1: 地震動と耐震性能

## 2. モデル

地震リスクマネジメントの費用を  $C$  とする。

$$C = \int_0^1 L(z(\theta), \mathbf{a}(\delta, \theta)) f(\theta) d\theta + H(\delta) + K(n)$$

地震動  $\theta$  は  $0 \leq \theta \leq 1$  の確率変数である。利用者が選択する防災行動の組み合わせをベクトル  $\delta$  により表す。防災行動の事後的効果を  $\mathbf{a}(\delta, \theta)$  とする。上式第 1 項は地震発生による期待損失であり、地震時の被害  $L(z(\theta), \mathbf{a}(\delta, \theta))$  と確率密度関数  $f(\theta)$  を用いて表される。第 2 項は事前の防災行動に要する費用であり、選択  $\delta$  に依存する。第 3 項は専門家から伝えられた耐震性能を学習する費用であ

り、情報数  $n$  の増加関数となる。最適な伝達情報は後ろ向き帰納法で求められる。

まず、利用者は伝達された耐震性能  $\tilde{z}^*(\theta_i)$  のみを把握している。 $\theta_i$  は地震動  $\theta$  を分割したポイントを表す。利用者は防災行動の選択を通して、利用者が認識する費用  $\tilde{C}$  を最小化する。

$$\min_{\delta} \tilde{C} = \int_0^1 L(\tilde{z}^*(\theta_i), \mathbf{a}(\delta, \theta)) f(\theta) d\theta + H(\delta) + K(n)$$

この問題から最適な防災行動の選択  $\delta^*(\tilde{z}(\theta))$  を導出できる。この結果を踏まえて実際の耐震性能を理解している専門家は、利用者に伝達する情報の選択を通して実際の費用  $C$  を最小化する。

$$\min_{\tilde{z}(\theta)} C = \int_0^1 L(z(\theta), \mathbf{a}^*(\theta, \delta^*(\tilde{z}^*(\theta_i)))) f(\theta) d\theta + H(\delta^*(\tilde{z}^*(\theta_i))) + K(n)$$

この問題から、本研究の求める最適な耐震性能の情報  $\tilde{z}^*(\theta_i^*)$  を導出できる。

## 3. 数値事例

関数とパラメータをある形に特定化し、数値計算を行った結果、表 2 に示す PM を用いて利用者へ耐震性能を伝達することが最適となった。このとき利用者は 3 つの防災行動を選択した。また幾つかの方向にパラメータを変化させて最適解を導出した結果、利用者は安価な防災行動を優先的に選択する。よって利用者が高価な防災行動を選択しないことがわかっているようなとき、専門家は学習費用を節約するための少ない情報を伝達する傾向が見られた。

耐震性能	$z(\theta) = 3.85$	$z(\theta) = 0.99$
地震動		
$0 \leq \theta \leq 0.25$		
$0.25 \leq \theta \leq 1$		

## 4. おわりに

本研究では、リスクコミュニケーションに関する新しいモデルを構築した。今後、性能の定量化や学習費用の計測の可能性について検討していく必要がある。