

2018年度大学院 都市防災学特論

講義題目 建築情報学：確率論の基礎

【補講2】確率論の優位性

■本課題に関する参考文献

1) 齊藤:健全性診断手法を用いた建物のリスクマネジメント, 事例に学ぶ建築リスク入門、技報堂出版, 124-128, 2007.

■本課題のテーマ

- 1) 意思決定問題に関わる確定論と確率論の違いを理解する
- 2) 確定論と確率論のメリットとデメリットを理解する

■参考文献1)に係る課題

本論は、不確定性事象に関する意思決定を行う際に、確定論ではなく確率論で扱うことにより誤った決定を避けることができる例題について記載している。確率論の重要性を、参考文献から理解せよ。

- 1) 本論に出現する以下の用語を解説しなさい。

(ア) 確率・統計に関する基本語

1. 確率変数
2. 確率密度関数
3. 累積分布関数
4. 正規分布
5. 期待値
6. 分散
7. 変動係数

(イ) リスクマネジメントに関する基本語

1. 健全性診断
2. 損傷/劣化
3. システム同定
4. 健全性指標
5. 剛性低減率
6. 信頼性
7. フラジリティ関数

- 2) 本文を読み、以下の質問に解答しなさい。

(ア) 建物健全性とは何か。

(イ) 何を測定して健全性を判断するのか、その評価方法について解説しなさい。

(ウ) その際に問題となることは何か、それを解決するために確率論を導入したことの意義について解説しなさい。

➤ 健全性評価は、以下の流れで行われる。

1. 観測情報の入手（各階の応答加速度等）
2. 各階の建物特性（剛性等）の推定
3. 健全性指標（変化率（剛性低減率 v ））の評価
 - ① 指標は確率変数（たとえば、経験的に変動係数を与える）として扱う。
 - ② 指標の確率分布を仮定
 - ③ 期待値 ($E[v] = \mu_{v_j}$) と分散 ($\text{Var}[v] = \sigma_v^2$) の評価
4. 損傷状態の評価（ fragility 関数（＝剛性低減率による建物損傷確率の累積分布関数）による評価）関数の選択
5. 損傷確率評価 $P_D = \text{Prob}[v > v_D]$

3) 本文「4.7.3 損傷/健全性評価の事例」について、文中に出てくる数値を以下の手続きを踏まえて追跡しなさい。図表を Excel シートで提出のこと。

(ア) 剛性低減率の確率分布（図 4.7.2）を以下の手順で作図せよ。

- ① 建物 A と B の地震前及び地震後の剛性の標準偏差を計算せよ。
- ② 建物 A と B について、地震後の剛性低減率を計算せよ。
- ③ 建物 A と B について剛性低減率の標準偏差を以下の式より計算せよ。

地震前の建物の推定剛性： \hat{k}_b

地震後の建物の推定剛性： \hat{k}_a

剛性低減率の平均値： $E[v] = \frac{\hat{k}_b - \hat{k}_a}{\hat{k}_b}$

剛性低減率の分散： $\text{Var}[v] = \frac{(1 - E[v])^2 \text{var}[k_b] + \text{var}[k_a]}{\hat{k}_b^2}$

- ④ 以上の数値を使い、建物 A と B についての剛性低減率に関する変動係数を計算し、以下の表を完成せよ。

建物	平均（推定値）		変動係数		標準偏差	
	A	B	A	B	A	B
剛性率 before	1	1	0.01	0.1		
剛性率 after	0.87	0.9	0.01	0.1		
剛性低減率						

➤ 各自、計算結果が本文中の数値と一致しているか確認せよ。

➤ 推定誤差を変動係数で評価する意味（変動係数の定義）について考えよ。

- ⑤ 以上の数値を使って、建物の剛性低減率の確率分布を図示せよ。

【ヒント】剛性低減率の確率密度分布を Excel で描き（図-4.7.2）、意味について解説せよ。

Excel 関数：NORMDIST（変数、平均値、標準偏差、累積（T）/密度（F））を使用せよ。

4) 扱っている現象は全て確率現象である。本論で扱っている現象は以下の2つ。

- ・建物の推定剛性低減率
- ・損傷/健全性評価関数（フラジリティ関数）

診断の方法論として現象を確定的に扱うか確率的に扱うかで、以下のケースが考えられる。

	方法(A)	方法(B)	方法(C)
剛性低減率の推定方法	確定論的	確率論的	確率論的
フラジリティ関数	確定論的	確定論的	確率論的

- (A) 確定論的損傷判定：建物剛性低減率を確定値として扱い、健全性評価も確定的閾値（フラジリティ関数の平均値）を設定して判定する。結果は損傷の有無で表現される。
- (B) 確定論的損傷判定：建物剛性低減率に関してはセンサーの精度を考慮し確率的に扱うが、健全性の評価はフラジリティが確定的（フラジリティ関数の平均値のみを使う）として判定する。結果は損傷確率で与えられる。
- (C) 確率論的損傷判定：推定される剛性低減率及びフラジリティ関数共に確率論的に扱う。結果は損傷確率で与えられる。

(ア) 損傷状態の評価のために、フラジリティ関数を設定する。本文にならい図 4.7.3 を累積正規分布とし、Excel で作図せよ。

(イ) 方法(A)から方法(C)について、それぞれについて建物 A と建物 B の損傷確率（または、損傷/健全）を判定せよ。

- ① 方法(A)はフラジリティ関数の損傷確率 50%を ν_D とし、その値の大小より判定する。
 - ② 方法(B)は、フラジリティ関数の損傷確率 50% を与える剛性低減率 ν_D を求め、建物それぞれについて ν_D よりも大きな低減率を与える確率を図 4.7.2 から算出する。その確率が損傷確率となる。
 - ③ 方法(C)は、フラジリティ関数は損傷判定の確率を [0,100%] で与える。推定剛性低減率はセンサーの精度により剛性低減率の推定確率が密度分布として与えられる。密度分布にフラジリティを乗算したのが損傷確率密度で、損傷したと思われる密度分布になる。それを累積すると損傷確率が得られ、剛性低減率に対する損傷確率が与えられる。これは収束値をもっており、最終的に収束した値がこの建物の損傷確率になる。
- 各自、計算結果が本文中の数値と一致しているか確認せよ。

5) 本章は意思決定に確率論を導入することで誤った決定を避けることについて述べられているが、確率論にも意思決定の際に注意しなければならないいくつかの問題点が隠されている。これについて考えてみなさい。