

# 災害リスクを定量化するプロフェッショナルズ

-巨大都市のカタストロフィーリスクへの挑戦-

Professionals of disaster risk quantification -Challenge to catastrophe risk in megalopolis-

吉川弘道 東京都市大学 総合研究所

Hiromichi Yoshikawa, Tokyo City University, Advanced Research Laboratories

## 1. 開催主旨

高人口密度/高機能を有する近代都市は、自然災害に対してなお脆弱であり、特に、地震、風水害による被災は、大きなリスクとなっている。災害ハザード特有の低発生頻度/局地的甚大被災に対しては、その具体的定量的なリスク評価/Risk Quantification が極めて重要であり、工学、学術、ビジネスの面から多くの進展がみられている（参考文献 1））。加えて、最近のキーワードである、企業の社会的責任(CSR)と事業継続計画(BCP)の立場から、災害リスクの定量的評価は大前提となる。

そこで、本企画セッションは、都市工学、防災学、情報通信工学、の立場から直面する各種災害リスクに対して、その定量化という切り口に、先端の講演者 4 名を招聘して実施するものである。

## 2. リスクマネジメント/Risk Management

まずは、リスクマネジメントの大枠を説明したい。これは、例えば、図 1 のような 3 つの step から構成される。

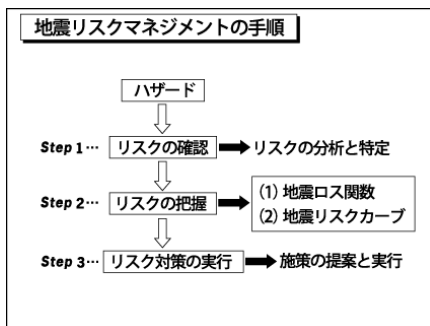


図 1 リスクマネジメントの構成と流れ

Step 1 では、どのようなリスク（危険因子）が存在するかを確認/抽出し、リスクを顕在化させる。次に、Step 2 では、特定されたリスクを定量的に調査/分析する。ここでは、物的損失（直接被害）に加えて、営業損失（直接被害）、インフラ機能の喪失、地域社会への影響など、あらゆる不測の事態を想定しなければならない。最終的に Step 3 ではリスク低減策を提案実行する。ここでは、補強策/防災策にとどまらず、損害保険/ファイナンスによるリスク転嫁など、防災対策の選択肢は多岐に渉る。

このように定量化されたリスクに対して、どのように対処したらよいか、これを図 2 にて例示したい。同図は、縦軸：損失規模、横軸：その時の発生確率（損失  $D$  が大きいほど発生確率  $P$  が小さくなる）を示すもので、双曲線  $a, b, c$  がそれぞれ等リスク線となる。ここで、図中の‘現状リスク’を基点として（最も高リスクな曲線  $c$  近傍

にある）、発生確率  $P$  を小さくすれば‘予防’であり、損失  $D$  を減らせれば‘軽減’となり、両者を併用すれば‘低減/減災’となる。

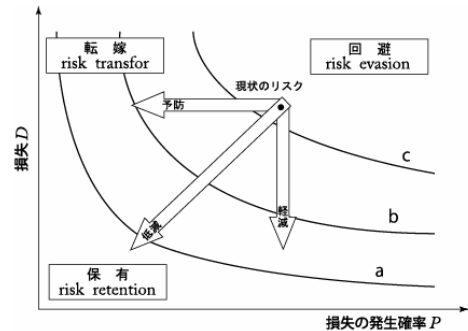


図 2 リスクマネジメントにおけるリスク保有/転嫁/回避

ここで大切なことは、枠組みした 3 つの対処策である。右上領域は、損失  $D$ 、発生確率  $P$  ともに過大であり、これは何として‘回避’しなければならない。また、左上では、 $D$  は大きい  $P$  は小さく、リスクファイナンスなどの転嫁策が得策であろう。損失  $D$ 、発生確率  $P$  ともに小さい場合、リスクを放置する（保有）ことも一案となる。

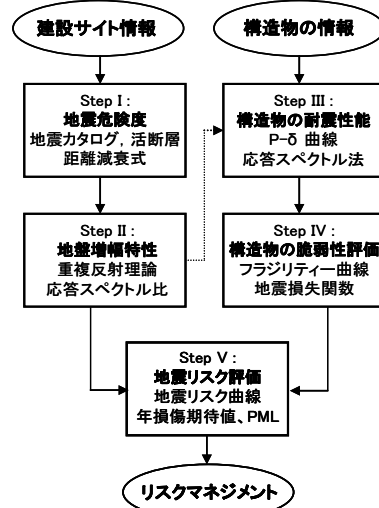


図 3 リスク解析のフローチャート（地震リスクの場合）

このような一連のリスクマネジメントのうち、その定量化手法について図 3 に例示した（図 1, Step2 に相当）。この場合、右列/対象構造物の脆弱性評価と左列/建設サイトのハザード情報が別個にスタートする。脆弱性評価は耐震性能評価とも解釈でき、耐震工学、構造工学、材料学が要素技術であり、地震ハザード解析では地震学、地

盤工学、振動理論が必要不可欠である。最終的なリスク評価では信頼性理論、確率統計学が必須である。

### 3. 災害リスクの定量化/Engineering Risk

次に、本題であるリスクの定義と定量化を説明したい。ここでは、次の2つのリスクを定義すると分かり易い。

- 広義のリスク：大辞林によれば、①予測できない危険、②保険者の担保責任、のように説明されており、言外に、‘滅多に起こらないが、もし起きると大変なことになる’、というニュアンスがある。

➢ 狭義のリスク：数学的には下式にて定義される。  
 リスク  $R = \text{損失の発生確率 } p \times \text{損失の規模 } D$

$$R = \sum_{j=1}^k (p_j \times D_j), \text{ただし、} \sum_{j=1}^k p_j = 1$$

当然のことながら、狭義のリスク(Engineering Risk)を取扱うことになるが、算定法の一例を図4に示した(参考文献2)。これは、影響するであろう全ての地震情報((a)地震ハザード曲線)、および対象構造物(対象施設)の脆弱性情報((b)地震ロス関数)、の両者を勘案して(数学的に重畳して)、最終的に(c)のような地震リスク曲線として算定するものである。(a)と(b)の横軸は、襲来する最大加速度  $\alpha$  であり、(c)の横軸は地震損失  $c$  を示す。

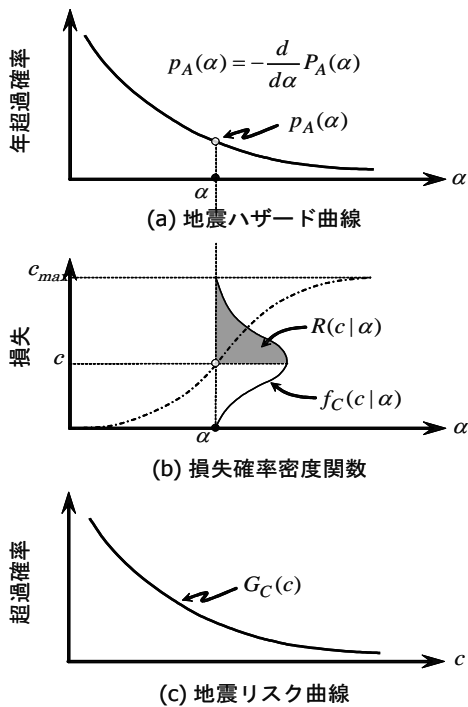


図4 地震リスク曲線の算出

このようなグラフ情報から、災害の予想損失値として、次の2量(リスク指標)を算出することができる。

- ・ 損失期待値 NEL/Normal Expected Loss
- ・ 予想最大損失 PML: Probable Maximum Loss,

NELは平均値と解釈することができ、PMLは90%非超過値として確率論的に算定した予想最大値である。PMLは米国の保険情報として発祥し、例えば、不動産証券化に際し、PMLの算定/開示は必須要件となっている。

### 4. リスク指標の可視化/GIS表示

さて、定量化された災害リスクを、事業者、市民(ステークホルダー)に対して、明瞭かつ適確に伝達する必要がある。このため、GIS表示に可視化事例を示したい。

図5は、特定のシナリオ地震によるその影響度合いを確率論的予測地図(文献3))として示したものである。さらに、図6では、Google Earthを援用して、着目した路線に沿った最大加速度を表示したものである。いずれも、公開WEBを使用して、算出/図化したものである。

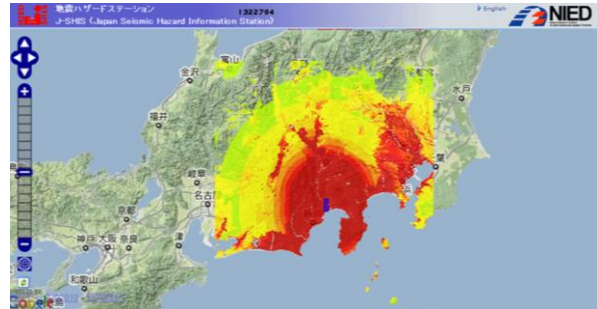


図5 GIS表示例#1: 地震動確率論的予測地図

地震動予想地図(震度5弱以上となる確率)

シナリオ地震: 富士川河口断層帯 (M8.0, 30年発生確率:5.21%)



図6 GIS表示例#2: 鉄道路線に沿った最大加速度  
 東横線(渋谷/横浜間)の主要駅地点における最大加速度PGA

### 5. 結語

以上の主旨のもと、4名の先端の研究者/実務者を招聘し、特別企画セッションをオーガナイズした。

結語として、災害リスクを過不足なく定量化することの重要性を強調したい。リスクを過小に評価すれば、対策が不十分となるが、一方では、リスクを過大視すれば、無用な警戒心を抱き、みすみすチャンスを逃すことになる。古人曰く ‘Take risks: if you win, you will be happy; if you lose, you will be wise.’

#### 参考文献

- 1) 土木学会地震工学委員会 地震リスクマネジメントと事業継続性小委員会: 第1回シンポジウム講演論文集(2009.11)
- 2) 吉川弘道: 鉄筋コンクリート構造物の耐震設計と地震リスク解析, 丸善(2008.2)
- 3) 防災科学技術研究所: 「全国地震動予測地図」 J-SHIS/地震ハザードステーション