

土木学会平成 22 年度全国大会  
研究討論会 研 - 22 資料

# 地震リスク解析とリスクマネジメントを考える 現状と課題/事例解析

|       |       |                      |
|-------|-------|----------------------|
| 座長    | 吉川 弘道 | 東京都市大学               |
| 話題提供者 | 清野 純史 | 京都大学                 |
|       | 篠原 秀明 | 応用地質(株)              |
|       | 大滝 健  | (株)クレアテック            |
|       | 中村 孝明 | (株)篠塚研究所             |
|       | 村地 由子 | 構造計画研究所              |
|       | 山田 進二 | ABSG Consulting Inc. |
|       | 小丸 安史 | 応用アール・エム・エス(株)       |
|       | 大峯 秀人 | 東京海上日動リスクコンサルティング(株) |

|     |   |
|-----|---|
| 日 時 | 平成 22 年 9 月 3 日 ( 金 ) 12 : 40 ~ 14 : 40 |
| 場 所 | 北海道大学 札幌キャンパス                           |
| 教 室 | N 3 0 4                                 |

**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**

## 討論会趣旨

SRM-BCP 小委員会では、社会基盤施設に対する地震リスクマネジメント/SRM と企業・自治体の事業継続性/BCP に関して、3つのWGを設定し活動してきました。地震リスクは、地震工学と信頼性理論の最新技術を援用して、地震災害を定量化するもので、地震防災やBCPに有用な数値情報を与えるものです。

本研究討論会では、主として、地震リスク解析技術の最新の研究成果と課題を整理/報告するとともに、各種社会基盤施設に対する具体的なリスクマネジメント事例を提示します。SRMとBCPのさらなる発展と社会一般への普及活動を目指して、活発な討議をお願いしたい。

なお、本検討会資料は、上記小委員会において議論された内容を取りまとめたものであることを付記する。

## 地震リスク解析とリスクマネジメントを考える 現状と課題/事例解析

### - 目次 -

1. 地震リスク解析と要素技術
  - 1.1 地震リスク解析のための地震動解析
  - 1.2 フラジリティ曲線と地震損失関数
  - 1.3 地震イベントリスク曲線と地震リスク曲線
  
2. 仮想都市の業態別地震リスクマネジメント
  - 2.1 仮想都市の概要と想定被害
  - 2.2 自治体施設のSRM
  - 2.3 製造業のSRM
  - 2.4 商業施設のSRM
  - 2.5 電力事業者のSRM

### SRM-BCP 小委員会

| WG1：地震リスク解析と要素技術               | WG2：仮想都市の業態別地震リスクマネジメント   | WG3：事業継続計画の現状と課題  |
|--------------------------------|---------------------------|-------------------|
| 丸山 收 東京都市大学                    | 村地由子 (株)構造計画研究所           | 広中良和 (株)イー・アール・エス |
| 藤村和也 AIR Worldwide Corporation | 山田進二 ABSG Consulting Inc. | 福岡淳也 (株)エイト日本技術開発 |
| 大滝 健 (株)クリアテック                 | 大峯秀人 東京海上日動リスクコンサルティング(株) | 中川太郎 (株)フジタ       |
| 奥村幹也 (株)東急建設                   | 兼森 孝 応用地質(株)              | 中野 晋 徳島大学         |
| 小野祐輔 京都大学                      | 神田誠一 (株)インターリスク総研         | 山川和弘 日本工営(株)      |
| 篠原秀明 応用地質(株)                   | 小丸安史 応用アル・エム・エィ(株)        | 吉川弘道 東京都市大学       |
| 庄司 学 筑波大学                      | 小路泰広 国土交通省                | 岸下崇裕 (株)フジタ       |
| 清野純史 京都大学                      | 中村孝明 篠塚研究所                |                   |
| 中村孝明 (株)篠塚研究所                  | 宮島昌克 金沢大学                 |                   |
| 山川和弘 日本工営(株)                   | 矢代晴実 東京海上日動リスクコンサルティング(株) |                   |
| 吉川弘道 東京都市大学                    | 吉川弘道 東京都市大学               |                   |
| 渡辺忠朋 北武コンサルタント(株)              |                           |                   |

## 1. 地震リスク解析と要素技術

### 1.1 地震リスク解析のための地震動解析

地震リスク解析では、ある対象とする地点で将来発生するであろう地震動の強さと、その地震が発生する頻度（確率）を表したものを地震危険度として評価している。

#### 1.1.1 地震発生モデル化

地震調査研究推進本部(2009)では、日本列島周辺で発生する地震を表 1.1 のように分類している。

##### (1) 震源断層をある程度特定できる地震

活断層の地震発生確率は、最新活動時期等がわかっているものはBPT分布を用いて算定し、不明なものについてはポアソン過程に基づいて算定する。マグニチュードは、多くは断層の長さやマグニチュードの関係式から設定する。

海溝型地震の地震発生確率は、平均発生間隔が示されている場合には中央値を用いて算定し、マグニチュードが幅をもって示されている場合にはグーテンベルグ・リヒター式にフィッティングするように設定する。

表 1.1 日本列島周辺に発生する地震の分類

| 震源断層をある程度特定できる地震                   |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 海溝型地震                              | 活断層                         |
| 千島海溝沿いの地震                          | 主要110断層帯に発生する固有地震           |
| 日本海東縁部の地震                          | 主要110断層帯以外の活断層に発生する地震       |
| 相模トラフ沿いの地震                         |                             |
| 駿河トラフから南海トラフ沿いの地震                  | 主要110断層帯に発生する地震のうち固有地震以外の地震 |
| 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震                  |                             |
| 震源断層を予め特定しにくい地震                    |                             |
| プレート間で発生する地震のうち大地震以外の地震            |                             |
| 沈み込む（沈み込んだ）プレート内で発生する地震のうち大地震以外の地震 |                             |
| 陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震  |                             |
| 浦河沖の震源断層を予め特定しにくい地震                |                             |
| 日本海東縁部の震源断層を予め特定しにくい地震             |                             |
| 伊豆諸島以南の震源断層を予め特定しにくい地震             |                             |
| 南西諸島付近の震源断層を予め特定しにくい地震             |                             |

地震調査研究推進本部(2009)をもとにまとめる

##### (2) 震源断層を予め特定しにくい地震

過去に発生した地震のデータに基づき、地震の発生場所、規模、頻度をモデル化する。この際、海溝型地震の発生領域、地震地体構造、震央分布等に基づいて区分された領域で評価する方法と、領域を区分しないで機械的に評価する方法の両者を併用する。

地震発生頻度の算定に用いる震源データとしては、宇津カタログ（宇津，1982；宇津，1985）や気象庁地震年報等に収録されている震源データ、および気象庁の観測した地震の震源データがあり、これらを併用して用いる。

地震規模の確率分布は、地域区分した領域ごとにグーテンベルグ・リヒターの関係に従うと仮定して評価を行う。地震の発生時系列は、定常ポアソン過程に従う。

#### 1.1.2 地震動の予測手法

強震動予測の評価手法は、震源や地盤のモデル化、設定条件によって、経験的、半経験的、理論的手法に大別される。地震リスク解析では、対象とする地震全てに詳細な情報が確定的に設定することは難しいことから、経験的手法を用いることが一般的である。

経験的予測手法は、強震記録や観測震度をもとに、地震動の特性値（最大加速度、最大速度、SI 値、震度）あるいは応答スペクトルを、地震の規模（マグニチュード  $M$ ）、距離  $X$ 、そして地盤の増幅特性などによる経験式に基づく手法、いわゆる距離減衰式である。距離減衰式を求める際に用いた観測記録や係数の推定方法が異なることから、利用には十分注意を払う必要がある。

### 1.1.3 地震ハザードの評価

ある地点における地震動の強さとそれを特定の期間内に超える確率の関係(ハザードカーブと呼ばれる)を算定するものを地震ハザード評価と呼んでいる。一般的には図 1.1 に示すフローにしたがって評価される。

#### (1) ハザードカーブの算定方法

着目地点において、その周辺で発生する地震(あるいは地震群)によって  $t$  年間に少なくとも 1 回地震動の強さが  $y$  を超える確率  $P(Y > y; t)$  は、地点の周辺で発生するいずれの地震(群)によっても  $y$  以下である確率を 1 から引くことにより、次式で評価される。

$$P(Y > y; t) = 1 - \prod_k \{1 - P_k(Y > y; t)\}$$

ここに、 $P_k(Y > y; t)$  は  $k$  番目の地震(群)によって  $t$  年間に少なくとも 1 回地震動の強さが  $y$  を超える確率である。

#### (2) ハザードカーブ

ハザードカーブは地震動の強さと着目期間内にそれを超える確率(超過確率と呼ぶ)の関係を示したものである。

#### (3) 地震ハザードとシナリオ地震による地震危険度の相違点

個々の地震を、いつ、どこで、どの程度の確率で発生するのかを特定して想定する地震をシナリオ地震と呼んでいる。図 1.2 に両者の評価の違いについて概念図に示す。地震ハザードでは、距離減衰式から得られる地震動強さに対してばらつきを考慮しているのに対して、シナリオ地震による評価では各震源による地震動強さに対応する発生確率をそのまま累積して評価している。地震ハザード評価において地震動強さのばらつきを 0 としたものは、シナリオ地震による地震危険度と一致することになる。

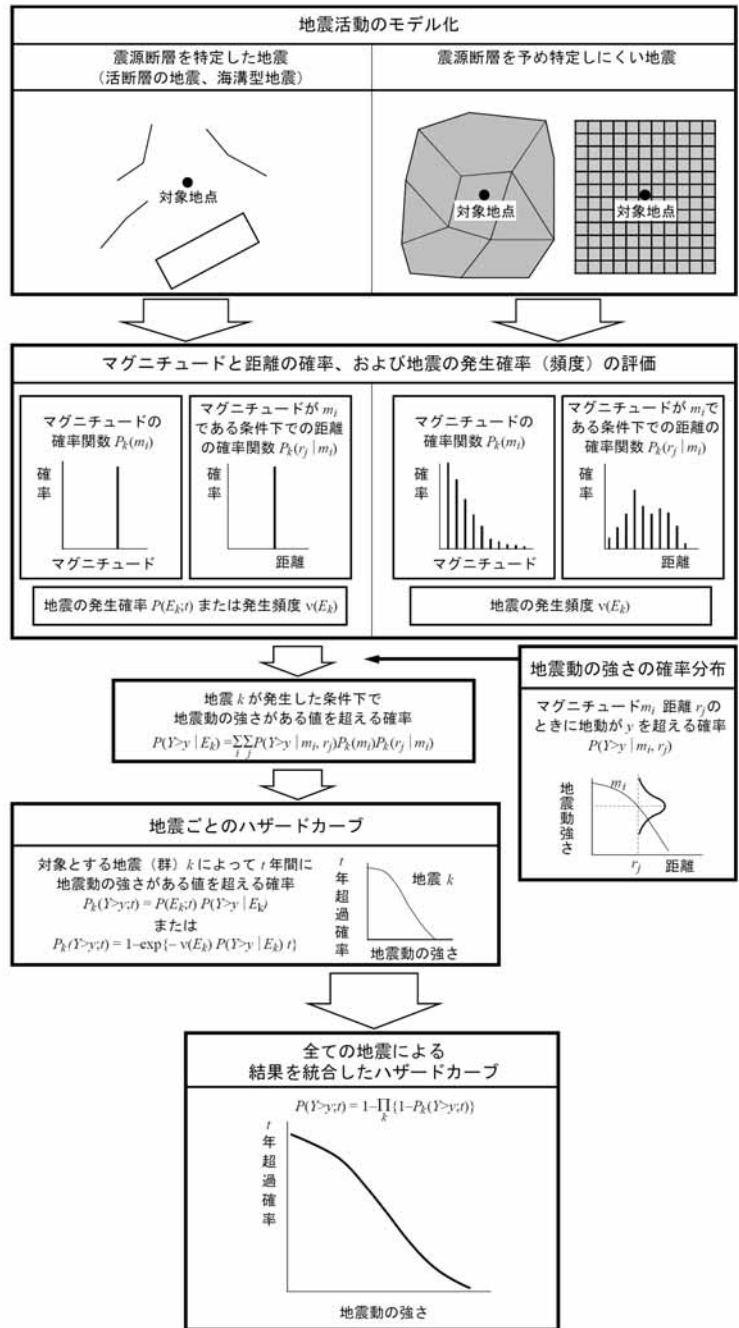


図 1.1 地震ハザードの評価フロー図  
地震調査研究推進本部(2006)

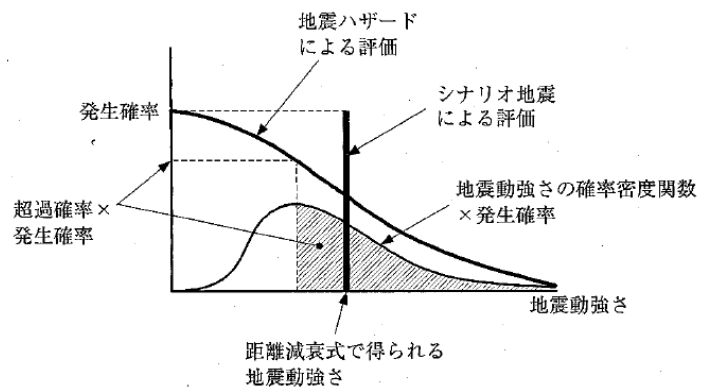


図 1.2 地震ハザードとシナリオ地震による評価の違い  
中村(2009)

## 1.2 フラジリティ曲線と地震損失関数

被害の発生確率または脆弱性を表すためのフラジリティ曲線 (Seismic Fragility Curve) および損失規模を評価する地震損失関数 (Seismic Damage Function) は単調増加一価関数であり, 構造物の脆弱性および損失評価手法として, 地震リスク解析の根幹を成すものであり, それぞれ次のように定義できる.

### 1.2.1 フラジリティ曲線

フラジリティ曲線は, 特定した被災規模 (大破, 小破 *etc.*) に対する条件付き発生確率であり, 一般に地震規模 (通例, 最大加速度または最大速度) を横軸とする確率分布関数として表される (式 1.1).

$$F_K(\delta_{resp}) = \Phi \left[ \frac{\ln(\delta_{resp} / \delta_k)}{\zeta_X} \right] \quad (1.1)$$

ここに,  $\Phi[*]$ : 標準正規分布関数,  $\delta_{resp}$ : 応答の中央値,  $\delta_k$ : 耐力の中央値,  $\zeta_X$ : 複合偏差

### 1.2.2 地震損失関数

地震規模に対する損失の規模を表す単調増加関数であり, 損傷レベル  $i$  における損失  $c_i$  およびその発生確率  $P(c_i|\alpha)$  の積を全損傷レベルにおいて合算した損失期待値として得られる (式 1.2).

損失規模としては, 損失金額 (復旧費用等), 不通日数 (停止日数等) または損失率 (総損失に対する割合) などが用いられる.

$$c_m = \sum_{i=1}^n c_i P(c_i | \alpha) \quad (1.2)$$

これら両関数は, 統計確率論に基づく信頼性理論によって記述され, その算定手法は表 1.2 に示すように整理できる. いずれの場合も信頼性工学の活用が必須であり, 構造物の耐力値や応答値等の物理量が非負であることから, 対数正規分布関数が多用される.

表 1.2 フラジリティ曲線と損失関数の算定手法

| アプローチ法          | 算定手法                                    | 特 徴   |
|-----------------|---|---|
| 専門技術者による工学的判断   | 専門技術者に対するアンケート調査など                      | 個々の構造物を対象とする<br>経験に基づく的確な判断<br>損傷レベルの基準に対する個人差<br>地震動強度と損傷度の関係における個人差 (判断の信頼性)<br>大規模調査は困難<br>不確実性の評価が困難                    |
| 準静的で示方書に準拠した解析  | キャパシティスペクトル法<br>プッシュオーバー解析              | 個々の限界状態の定義が明確<br>構造物ごとに評価する必要がある<br>地震動強度と構造物応答の関係を求める必要がある<br>不確実性は応答値と限界状態それぞれについて仮定する必要がある                               |
| 被害事例に基づく統計的推定法  | 積率法、最尤法に基づく統計学的手法<br>二項反応モデル<br>多項反応モデル | 実被害分析に基づくデータの高い信頼性<br>大規模データの統計分析<br>被災度のランク付け (大破、中破など) が経験的<br>地震動強度の推定方法の限界<br>構造物の個体差は考慮されない<br>不確実性は地震動と構造物応答を含んだものとなる |
| 動的解析に基づく数値解析的手法 | 動的解析<br>モンテカルロ<br>シミュレーション              | 個々の限界状態の定義が明確<br>構造物ごとに評価する必要がある<br>計算時間が膨大<br>個々のばらつきを考慮することができる   |

### 1.2.3 不確実性の取り扱い

フラジリティ曲線に含まれる不確実性（ばらつき）の要因を知ることは、その推定精度向上のために不可欠であり、リスク評価における重要な課題である。この不確実性には、主として以下の要因が考えられる。

地震危険度の設定に関する不確実性  
 サイトの地震動評価に関する推定誤差  
 地盤増幅特性の評価誤差  
 地震動指標による構造物の応答評価誤差  
 建物の耐力のばらつき  
 モデル化の不確実性

通常、これらの要因を個別に取り扱うことは得策でなく、統計学的または経験的な知見から一義的に設定する場合が多い。

各種構造物を対象とした地震損失関数における対数標準偏差の既往の報告例を表 1.3 に示す。

表 1.3 対数標準偏差の報告例

| 構造物   | 損傷度       | 対数標準偏差               | 参考文献                           |
|---|-----------|----------------------|--------------------------------|
| 高速道路橋脚                                      | C         | 0.59                 | 中村ら <sup>2)</sup>              |
|   | B         | 0.45                 |                                |
|   | As or A   | 0.43                 |                                |
| Highway Bridges                             | minor     | 0.84                 | shinozuka et al. <sup>1)</sup> |
|   | moderate  | 0.72                 |                                |
|   | major     | 0.65                 |                                |
|   | collapse  | 0.67                 |                                |
| Highway Bridges                             | slight    | 0.6<br>(recommended) | Mander <sup>3)</sup>           |
|   | moderate  |                      |                                |
|   | extensive |                      |                                |
|   | complete  |                      |                                |
| Railway Bridges                             | slight    | 0.45                 | HAZUS99 <sup>4)</sup>          |
|   | moderate  | 0.55                 |                                |
|   | extensive | 0.60                 |                                |
|   | complete  | 0.70                 |                                |
| Buildings<br>(low-rise reinforced concrete) | slight    | 0.75                 |                                |
|   | moderate  | 0.76                 |                                |
|   | extensive | 0.81                 |                                |
| 低層戸建住宅                                      | 小破        | 0.538                | 望月ら <sup>5)</sup>              |
|   | 中破        | 0.445                |                                |
|   | 大破        | 0.467                |                                |
| 中高層住宅                                       | 小破        | 0.672                |                                |
|   | 中破        | 0.679                |                                |
|   | 大破        | 0.677                |                                |
| Buildings<br>(low-rise wood frame)          | slight    | 0.84                 | Grossi <sup>6)</sup>           |
|   | moderate  | 0.90                 |                                |
|   | extensive | 1.00                 |                                |
|   | complete  | 0.97                 |                                |

これによると、これらの対数標準偏差は道路橋脚では 0.5～0.7 程度、建築物では 0.6～0.8 程度の範囲と考えられる。このような対数標準偏差は、複合偏差とも呼ばれ、耐震性能と応答の両者を含んだものである。このばらつきの源泉をすべて明らかにすることは困難であり、また情報量の増大によって改善されるものとそうでないものがあるが、これらを定性的に論議することは有用であり、リスク評価手法の発展と高度化には重要な検討課題である。

### 参考文献

- 1) Shinozuka, M., Feng, M. Q., Kim, H., Uzawa, T. and Ueda, T.: Statistical Analysis of Fragility Curves, Technical Report submitted to MCEER under Federal Highway Administration Agency., 2001.
- 2) 中村孝明, 長沼俊彦, 静間俊郎, 篠塚正宣: 統計解析による道路橋脚の地震時損傷確率に関する研究, 第 10 回日本地震工学シンポジウム論文集, Vol.3, pp.3165-3170, 1998.11.
- 3) Mander, J. B.: Fragility Curve Development for Assessing the Seismic Vulnerability of Highway Bridges, Research Progress and Accomplishments 1997-1999, MCEER, University at Buffalo, The State University of New York, 1999
- 4) FEMA, HAZUS 99: Technical Manual. Federal Emergency Management Agency, Washington DC., 1999
- 5) 望月智也, 中村孝明: 多項反応モデルによる地震時損傷度曲線の統計的推定, 土木学会 第 2 回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集, pp.45-50, 2000.5
- 6) Grossi, P.: Earthquake Damage Assessment: From Expert Opinion to Fragility Curves, 8th ASCE Specially Conference on Probabilistic Mechanics and Structural Reliability, PMC2000-123
- 7) 吉川弘道, 中村孝明: 土木/建築施設の地震リスク評価とコンクリート構造物への適用, コンクリート工学, Vol.45, No.4, pp.16-22, 2007.4

### 1.3 地震イベントリスク曲線と地震リスク曲線

地震リスクマネジメントの策定/遂行には、保有リスクの客観的数量的なリスク分析と評価が必要となる。地震イベントリスク曲線と地震リスク曲線は、建設地点の地震ハザード情報と構造物の脆弱性との両者を反映した最も重要なリスク情報であり、信頼性理論を援用して定式化されている。

#### 1.3.1 地震リスク曲線

##### (1) 地震損失期待値

地震ハザード曲線  $P_A(\alpha)$  を確率密度関数  $p_A(\alpha)$  に変換し、これに地震損失関数との合積をとり、損失期待値密度関数を算定することができる(図 1.3)。

##### (2) 地震リスク曲線

離散的な損失(損失率・損失額)を連続的な確率密度関数(標準ベータ分布)に変換すると、その超過確率  $R(c|\alpha)$  は次式となる。

$$R(c|\alpha) = \int_c^{c_{\max}} f_C(x; r, q|\alpha) dx \quad (1.3)$$

地震ハザード曲線の確率密度関数  $p_A(\alpha)$  と地震損失に関する超過確率  $R(c|\alpha)$  を乗じることにより、地震リスク曲線  $G_C(c)$  を得る(図 1.4)。

$$G_C(c) = \int_0^{\infty} p_A(\alpha) \cdot R(c|\alpha) d\alpha \quad (1.4)$$

ここでは、地震規模を表す変数(最大加速度等)が消去されており、地震損失  $c$  の超過確率(=1 - 確率分布関数)となっていることが特徴である。

ここで、地震損失の中央値  $C_{NEL}$  および予想最大損失額  $C_{PML}$  はそれぞれ次式により定義できる。

$$C_{NEL} = c_m \quad (1.5)$$

$$R(C_{PML}|\alpha) = R(0|\alpha) - 0.9 R(0|\alpha)$$

$$\text{ただし、} R(C_{PML}|\alpha) = \int_{C_{PML}}^{c_{\max}} f(\zeta|\alpha) d\zeta \quad (1.6)$$

$C_{PML}$  の定義と定量化は議論されるところであるが、90%非超過確率(10%超過確率)は、例えば「予想外の地震動または不十分な設計/施工により、10%程度の確率で予想損失を超える可能性がある」ことを示唆するものである。

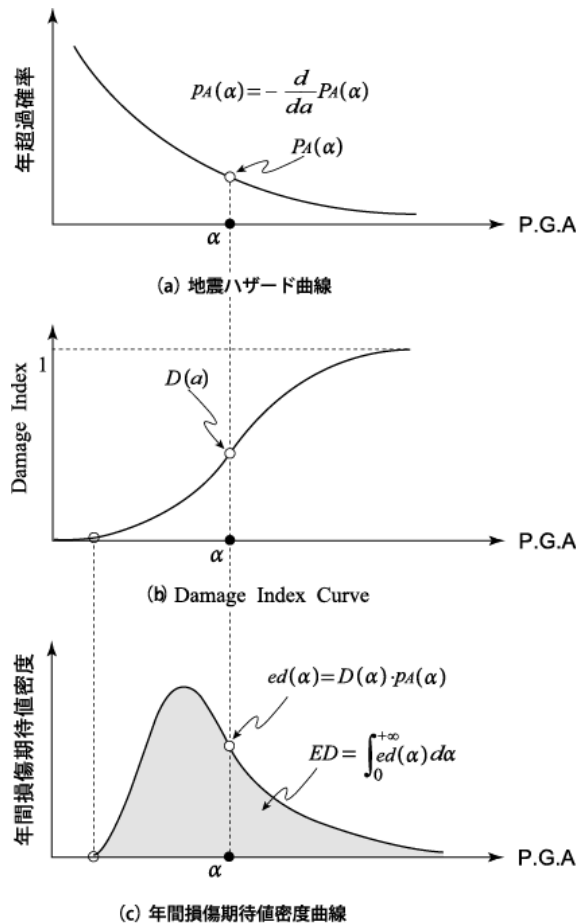


図 1.3 地震損失期待値の算定手順

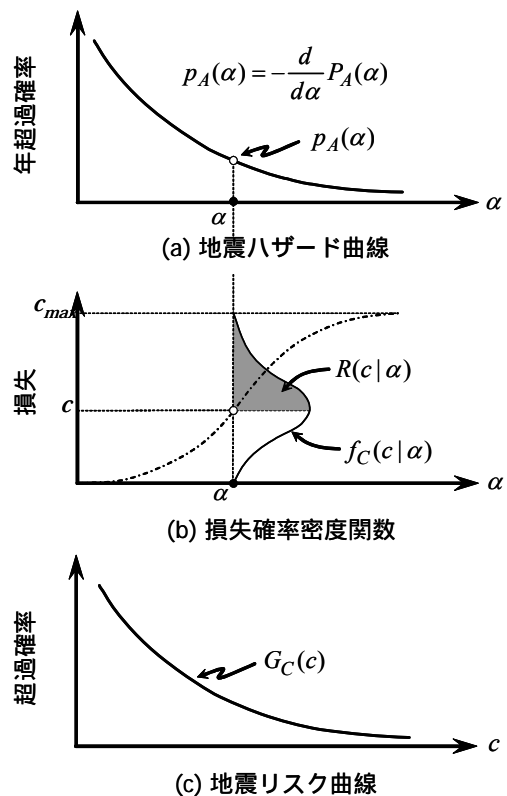


図 1.4 地震リスク曲線  $G_C(c)$  の算出

### 1.3.2 地震イベントリスク曲線

#### (1) 複数震源モデル

シナリオ地震をベースとした，複数震源モデル（マルチイベントモデル/Multi-Event Model）に基づく定式化を示す．対象施設に被害を与えるであろう，周辺地域に震源を持つシナリオ地震を想定する．通例，対象施設位置における地震動の大きい順番に  $m$  個を抽出し，地震リスクを算定する．

#### (2) 地震イベントリスク曲線（seismic event risk curve）

ここで，シナリオ地震  $i$  の発生を条件とした損失密度関数  $f_C(c|i)$  を再定義する．前出の  $f_C(c|\alpha)$  は，地震動  $\alpha$  の条件付損失密度関数であるのに対して， $f_C(c|i)$  はシナリオ地震  $i$  に対する条件付損失密度関数となっている（いずれも  $\beta$  分布を採用している）．このようにして，2つの地震リスク指標（地震損失の期待値 NEL，予想最大損失 PML）を，次のように再定義する．

$$NEL_i = \int_0^{c_{\max}} c \cdot f_C(c|i) dc \quad (1.7)$$

$$0.9 = \int_0^{PML_i} f_C(c|i) dc \quad (1.8)$$

このような準備のもと，シナリオ地震  $i$  をパラメータとして，地震動の大きい順番に  $m$  個をプロットすると，地震イベントリスク曲線を描くことができる． $C_{NEL_i}$  をプロットすれば，期待値の地震イベントリスク曲線となり， $C_{PML_i}$  に対しては予想最大損失の地震イベントリスク曲線となる（表 1.4 図 1.5）．

#### (3) 地震リスク曲線への変換

想起した  $m$  個のシナリオ地震の単年度発生確率を  $P_i$  ( $i = 1 \sim m$ ) とし，シナリオ地震  $i$  による損失密度関数を次のように記述する．

$$f_{C_i}(c_i) = P_i \cdot f_C(c|i) \quad (1.9)$$

一方， $m$  個のシナリオ地震を独立と仮定し，地震損失  $C$  が生じる非超過関数  $F_C(c)$  を次式で表す．

$$F_C(c) = \int_0^c \int_0^c f_{C_1}(c_1) f_{C_2}(c_2) \cdots f_{C_m}(c_m) dc_1 dc_2 \cdots dc_m \quad (1.10)$$

上式の非超過確率関数を  $G_C(c) = 1 - F_C(c)$  のように超過確率関数に置き換えると，最終的に次式に得る．

$$G_C(c) = 1 - \prod_{i=1}^m \left\{ 1 - P_i \int_c^{c_{\max}} f_C(\zeta|i) d\zeta \right\} \quad (1.11)$$

上式がシナリオ地震による地震リスク曲線の基本定式化となる．地震イベントリスク曲線の場合，個々のシナリオ地震に対する表示であるので，折れ点グラフとなるのに対して，地震リスク曲線では，式(1.11)による演算によって，平滑化された曲線に変換される．

表 1.4 マルチイベントによる地震動と地震リスク

| No. | 震源名             | マグニチュード | 年間発生確率  | 累積確率    | PBA | NEL   | PML   |
|-----|-----------------|---------|---------|---------|-----|-------|-------|
| 1   | 上町断層帯           | M7.5    | 0.00098 | 0.00098 | 489 | 0.147 | 0.508 |
| 2   | (135.50, 34.70) | M6.5    | 0.00008 | 0.00106 | 344 | 0.064 | 0.199 |
| 3   | 中央構造線（金剛）       | M8.0    | 0.00008 | 0.00114 | 342 | 0.063 | 0.196 |
| 4   | 六甲・淡路断層帯（ア）     | M7.9    | 0.00004 | 0.00117 | 340 | 0.062 | 0.193 |
| 5   | 生駒断層帯           | M7.5    | 0.00000 | 0.00117 | 327 | 0.056 | 0.174 |
| 6   | (135.70, 34.70) | M6.5    | 0.00008 | 0.00126 | 313 | 0.051 | 0.154 |
| 7   | (135.50, 34.50) | M6.5    | 0.00008 | 0.00134 | 301 | 0.046 | 0.139 |
| 8   | (135.50, 34.70) | M6.0    | 0.00032 | 0.00165 | 285 | 0.040 | 0.121 |
| 9   | (135.70, 34.50) | M6.5    | 0.00008 | 0.00173 | 280 | 0.038 | 0.115 |
| 10  | 有馬・高槻断層帯        | M7.5    | 0.00000 | 0.00174 | 271 | 0.035 | 0.105 |
| ⋮   | ⋮               | ⋮       | ⋮       | ⋮       | ⋮   | ⋮     | ⋮     |

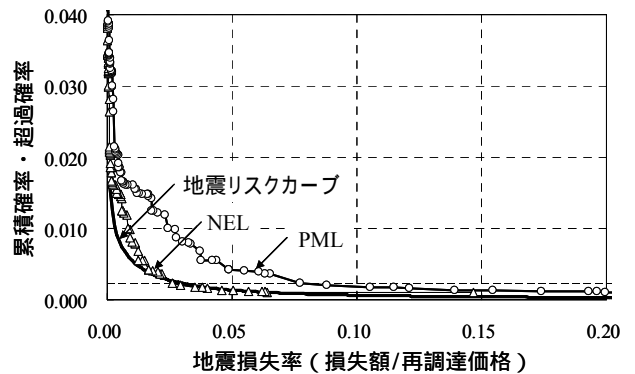


図 1.5 地震イベントリスク曲線と地震リスク曲線



## 2. 仮想都市の業態別地震リスクマネジメント

地震リスクマネジメント（SRM）およびその手法に関し、これまで様々な要素技術が開発され、特に地震リスクの定量化技術は、不動産取引・保険・金融などの一部の分野で活用が図られている。しかしながら、広く一般企業やインフラ・社会基盤施設については、未だ SRM の活用が十分に行われているとは言えない状況にある。その障壁となる要因を考えると、一般企業ではインフラ・社会基盤施設の復旧に依存することが多く、自社内の事情のみで地震対策に対する投資対効果を判断できないというケースがある。一方、インフラ・社会基盤施設に関わる事業主である場合は、ステークホルダーに応じた目的が多様であることや、社会への影響の大きさから、例えば地震対策に対する投資を計画的に実施していたとしても、一般企業の SRM に資するために十分な情報の開示は困難であるという現状も聞かれる。

本 WG では、一般企業やインフラ・社会基盤施設の事業主体への SRM の普及・啓蒙を目的として、SRM の優れた個別事例を収集・研究すると共に、より広範囲な相互影響なども考慮に入れた SRM のモデルケースを提示することを目指している。

本書ではその一例として、人口 35 万人程度の中核レベルの仮想都市を設定し、まず自治体、製造業、商業、電力事業者の 4 事業者による SRM のモデルケースの作成を試みた。各事業主体によって、地震対策の投資や他事業主との連携方法などの判断が異なる点を明確にするため、本モデルケースは極力シンプルにどこにでも共通するような問題として設定している。一般企業やインフラ・社会基盤施設における SRM には無数の打ち手が存在するが、まずここで示す事例を参考に、SRM の導入を一步進めていただければ幸いである。

### 2.1 仮想都市の概要と想定被害

SRM モデルケースのための仮想都市として、ここでは図 2.1 に示すように、人口 35 万程度の中核都市を設定した。市街中心部に商業が発展している一方、港およびバイパス周辺地域には製造業・倉庫業を中心とした工業団地も存在しており、地域住民のみならず周辺自治体からの通勤者も多い都市と想定している。加えて、仮想都市は工業地域の一角を占めており、近隣自治体との物流も参観であるが、郊外部には住宅ならびに農地が広がる設定とした。

仮想都市の地震被害を想定するため、政府機関による調査結果として、表 2.1 に示す 3 種類の震源が都市周辺に存在するものとした。都市周辺に存在する活断層として、北部と南部に分かれる断層帯を設定し、市街地に近い断層帯（南部）による地震の発生確率は高くないとの調査結果とし、SRM 検討の際の対象とするか否かの判断を事業主体ごとに判断する設定としている。またプレート境界型の地震は、仮想都市沿岸より 60km～100km 離れた海域における想定である。上記の震源による被害想定は、自治体の被害想定により、表 2.2 のとおり発表されているものとするが、具体的な被害程度は事業主体により個別に設定するものとした。

次章以降に、ここで設定した仮想都市における自治体、製造業、商業、電力事業者による SRM の事例を示す。

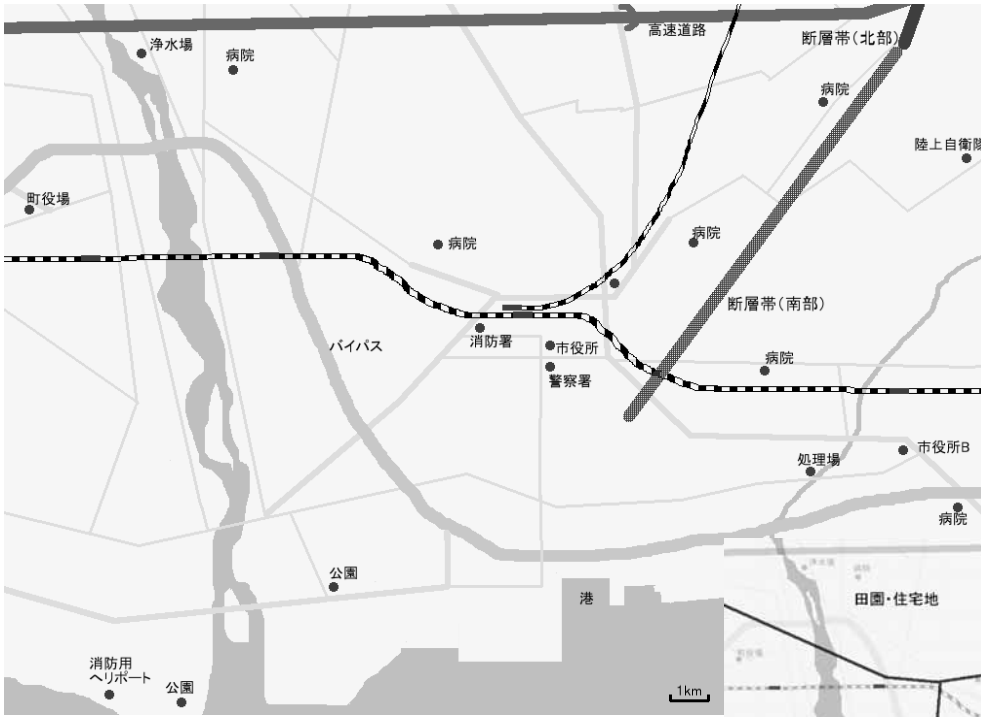


図 2.1 仮想都市のイメージ



図 2.2 仮想都市の地区設定イメージ

表 2.1 仮想都市周辺の震源の設定

| 震源名称          | マグニチュード | 30年発生確率  | 想定震度                   |
|---------------|---------|----------|------------------------|
| 断層帯(北部, 都市近隣) | M7.2程度  | 0.08%~2% | 震度6弱                   |
| 断層帯(南部, 都市直下) | M7.0程度  | ほぼ0%     | 震度6強                   |
| プレート境界        | M8.1程度  | 50%程度    | 震度5強(中心部)<br>震度6弱(沿岸部) |

表 2.2 仮想都市の被害想定結果の設定

| 震源名称          | 建物被害(件) |        | 人的被害(件) |       | 火災(件) | 避難人数    |
|---------------|---------|--------|---------|-------|-------|---------|
|               | 全壊      | 半壊     | 死者      | 負傷者   | 出火件数  |         |
| 断層帯(北部, 都市近隣) | 2,000   | 4,500  | 100     | 1,000 | 20    | 20,000  |
| 断層帯(南部, 都市直下) | 21,000  | 22,000 | 700     | 4,500 | 40    | 100,000 |
| プレート境界        | 1,000   | 2,000  | 20      | 300   | 5     | 10,000  |

| 震源名称          | 応急復旧日数(最大) |      |     |       |
|---------------|------------|------|-----|-------|
|               | 電力         | 都市ガス | 上水道 | 工業用水  |
| 断層帯(北部, 都市近隣) | 3日         | 30日  | 21日 | 想定しない |
| 断層帯(南部, 都市直下) | 7日         | 60日  | 45日 |       |
| プレート境界        | 1日         | 16日  | 7日  |       |

## 2.2 自治体施設の SRM

### 2.2.1 はじめに

地方自治体は、地震災害時、職員の緊急徴集から始まり、緊急対策本部の設置、被害状況の把握、他機関との情報共有、不明者の救出支援、罹災者の避難所への誘導、生活物資の確保、そして復旧・復興のための支援物資・人的支援等の確保など、多様な業務を効率的且つ確実に実施しなければならない。そのためには、自治体施設（県庁建物、出張所など）を緊急対策所と定めると共に、自治体建物が必要機能を有していることが前提として必要である。

そこで、被災時必要となる建物機能を明らかにし、その機能が停止する可能性や期間についてシステム信頼性手法を援用し評価する。同時に、許容できる復旧期間（目標性能）を設定し、この性能を満たすための諸対策を検討する。

### 2.2.2 対象建物と必要機能

対象建物は、リスク市に所在する自治体建物（地上 6 階、延床面積 6,000m<sup>2</sup>、RC 造、1974 年築）とし、2 階に緊急対策本部を設置する。建物に要求される機能は、図 2.3 に示す動線、執務空間、電力、空調、給排水、情報通信の 6 機能とする。通常の業務再開に向けては、地震による機能停止後 3 週間以内に完全復旧することを目標とする。ただし、緊急対策本部を設置する 2 階については動線、執務空間、情報通信の各機能は維持できるものとする。

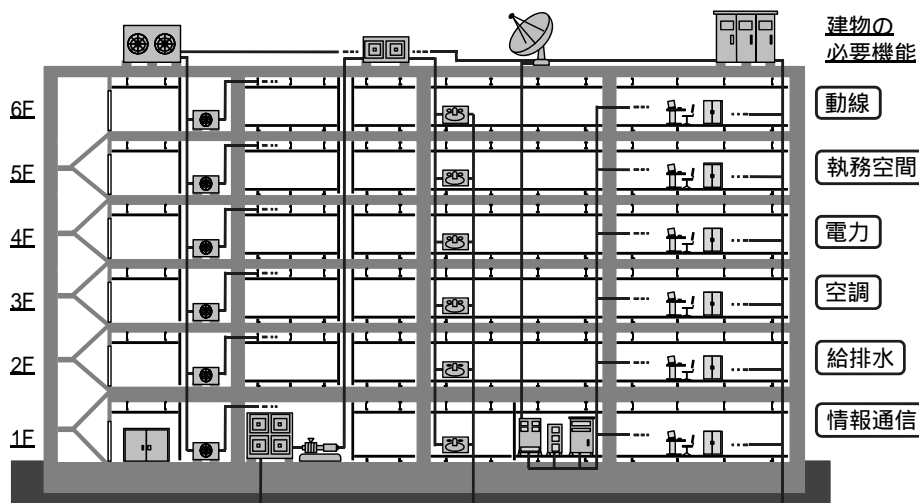


図 2.3 対象建物と必要機能

### 2.2.3 評価結果

シナリオ地震として、直下地震 M7（震度 6 強程度）を仮定し、各機能のシステムモデルに基づき復旧期間を評価した。同時に各機能が停止しない確率（健全確率）を評価した。図 2.4 に各機能の復旧曲線（平均値）を示す。復旧曲線は 6 ステップの階段状に表れているが、これは機能を各階毎に評価したからであり、最初に復旧するのは 1 階、2 階、・・・の順となっている。また凡例の括弧内には復旧期間の平均値を示している。これは建物全体としての平均的な復旧期間である。図より、執務空間が最も早く、情報通信の機能が最も遅れて復旧することが分かる。表 2.3 には各機能の健全確率を各階毎に示している。表より、上階に行くに従い健全確率は低くなっているのが分かる。また、緊急対策本部を設置する 2 階は、執務空間の健全確率は 0.75、動線は 0.72、情報通信は 0.69 となり、必ずしも十分な結果ではな

い。これより，緊急対策本部の機能維持を目標とするには，これら確率は少なくとも 95%以上となるように，補強や二重化策などの対策を実施する必要がある。

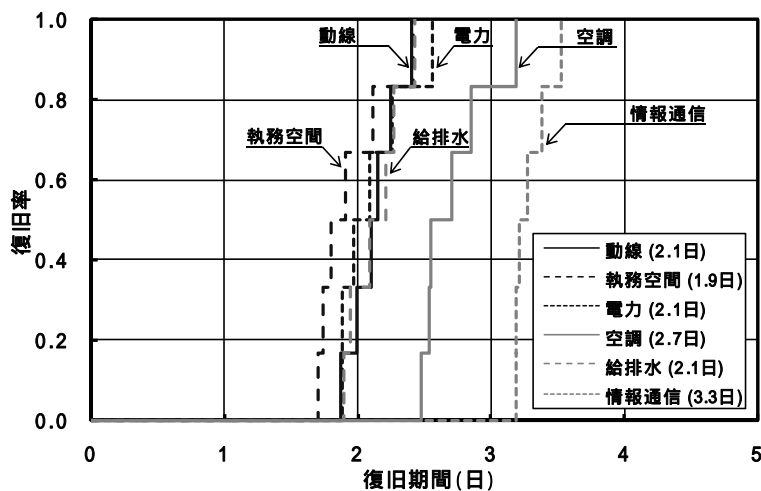


図 2.4 現状の復旧曲線

表 2.3 機能の健全確率

| 階  | 補強前  |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|
|    | 動線   | 執務空間 | 電力   | 空調   | 給排水  | 情報通信 |
| 1F | 0.76 | 0.73 | 0.85 | 0.88 | 0.94 | 0.69 |
| 2F | 0.72 | 0.75 | 0.85 | 0.89 | 0.93 | 0.69 |
| 3F | 0.69 | 0.72 | 0.84 | 0.88 | 0.91 | 0.69 |
| 4F | 0.66 | 0.69 | 0.82 | 0.87 | 0.89 | 0.69 |
| 5F | 0.61 | 0.64 | 0.81 | 0.86 | 0.89 | 0.69 |
| 6F | 0.53 | 0.55 | 0.77 | 0.83 | 0.87 | 0.69 |

#### 2.2.4 まとめ

システム信頼性手法を援用し，自治体施設機能の地震時復旧期間や健全確率を評価した。復旧期間や健全確率に目標を設定し，これを目標性能と捉えることで，建物を含めた緒設備の耐震性能を合理的に設計できるようになる。さらなる利点として，目標性能は復旧期間や健全確率といった非専門家でも容易に理解できる情報であるため，技術者と非専門家との意思疎通の改善に役立つものとする。

一方，この方法を新設の建築物に適用すると，設計段階で必要機能の目標復旧期間を設定し，意匠，構造，設備の設計者との共考により，目標性能を満たす建物システムを設計する事が可能となろう。

#### 参考文献

- 1) 日本建築センター：建築設備耐震設計・施工指針, 2005.5
- 2) 空気調和・衛生工学会：建築設備の耐震設計 施工法, 1997.10
- 3) 日本建築学会：非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領, 2006.4
- 4) 中村孝明, 遠藤透：BCP への貢献を目的とした建物の機能確保に関する研究, 建築学会総合論文誌第 7 号, pp.87-92, 2009.1

## 2.3 製造業の SRM

本項では、仮想都市内に立地する製造業を営む企業に対して、事業内容および財務内容を仮定した上で、地震リスクを定量化し、それに基づいて地震リスクマネジメント(SRM)の方針を立て、費用対効果が高い対策を設定したモデルケースについて紹介する。

### 2.3.1 仮想企業の概要

仮想企業は仮想都市南部の工業地区に立地し、その事業内容、規模等を以下のように設定した。

|             |                     |
|-------------|---------------------|
| 事業内容：機器製造販売 | 売上高：500 億円（直近連結ベース） |
| 従業員：800 名   | 工場：南部の工業地区に主力の 3 工場 |

### 2.3.2 仮想企業の財務内容

売上高は 500 億円、営業利益は約 30 億円（営業利益率：約 6%）、当期純利益は約 18 億円を見込んでいる。一方、今期末予想ベースの自己資本比率、流動比率、D/E レシオの値はそれぞれ 22.3%、85.6%、1.42 と設定し、財務の安全性指標は通常でも高くない企業を想定した。

### 2.3.3 地震リスクの定量化

仮想企業における地震リスクを、以下に示す手順により定量化した。

仮想都市において、影響が大きいとされる「断層南部」、「断層北部」、「プレート境界」の 3 地震を含め、それ以外の地震についても周辺で発生するものとして想定した。

各震源からの工学的基盤までの地震動を距離減衰式で予測し、工場が立地する表層地盤の影響を考慮して、地表面での地震動の平均的な大きさを予測し、各震源における地震動を大きい順に並べて、それぞれの震源の年発生確率よりイベントカーブ（平均地震動 - 年超過確率の関係）を作成した。

各震源の地震動の大きさから直接損失、休業損失を予測する。その予測には地震動算定の推定誤差や損失額算定の推定誤差による不確実性を考慮して、想定されるすべての地震に対する超過確率を算定し、リスクカーブ（予測損失額 - 年超過確率の関係）を作成した。それによると、仮想企業において再現期間 500 年で想定される損失額は約 119 億円となった。

### 2.3.4 SRM の方針検討

リスクマネジメントの策としては、「リスクの低減」、「リスクの移転」、「リスクの保有」の 3 つの要素があげられ、これらの策を組み合わせ、費用対効果の高い方策を講じることが行われている。

そこで、仮想企業では下記の方針で対策を立てることとし、対策内容について具体的に検討した。

- ・リスクの低減:最低限人命を守り、その上で企業の事情に合わせた最適な策を講じる。
- ・リスクの移転:地震被災による経済的損失を最小コストで最小化するリスクファイナンスを設定して、経営の安定化または保全を図る。
- ・リスクの保有:保有するリスクに対し、事業継続性の観点から復旧時間を短縮する策を講じる。

### (1) リスクの低減

仮想企業では、人命保護を最優先に再現期間 500 年相当の地震に対し、すべての工場で人命保護に必要な対策を最低限実施することとした。その上で、さらに早期復旧可能なレベルまでハード面で追加対策を実施するかどうか複数の案を検討した。そこで、それぞれの案による企業全体の費用対効果を評価するため、それぞれの案の対策後におけるリスクカーブを算定し、対策費 + 再現期間 500 年における対策後の損失額の総和が最も少ない案を採用することとした。

### (2) リスクの移転

仮想企業は地震発生時の損失による自己資本の急激な毀損に対するプロテクションとして財物の損害保険を、被災後の復旧を円滑に行うための当面の資金を確保する目的として、地震被災発動型のコミットメントライン（緊急時融資枠予約契約）の設定の検討を始めることとした。そこで、再現期間 500 年相当の地震における直接損失、休業損失の値からどの程度自己資本が毀損するのか、生産停止中の運転資金を含め当面の復旧資金にどの程度必要なかを定量評価し、効率的な損害保険およびコミットメントラインの限度額を設定することとした。

分析の結果、財物保険およびコミットメントラインとも限度額は約 30 億円と算定された。さらに、工場の耐震補強効果を考慮して総合的に検討したところ、財物保険支払限度額約 11 億円、コミットメントライン限度額約 28 億円に軽減されることが判明した。そのため、今後数年で耐震補強を進め、同時に補強効果後の損失額に対応した保険・コミットメントラインを設定することにした。

### (3) リスクの保有

仮想企業では事業継続計画(BCP)を策定し、仮想企業の中核事業において早期復旧の前提となる目標復旧時間(RTO)に収まるように災害発生直後の緊急対応や操業を再開するための復興計画を速やかに実施できる体制を整備することとした。

## 2.3.5 まとめ

製造業におけるモデルケースを通して、SRM を実施するにあたり留意すべき点をまとめると下記の通りである。

- ・地震リスクを定量化することでリスクに対する共通認識が生まれ、対策の効果も定量的に把握することが可能となるため、SRM の方針が立てやすくなる。
- ・地震が発生した場合の直接損失や休業損失による影響を財務諸表に反映させることで、経営面での影響を把握できるため、経営判断の根拠として利用できるとともにリスクファイナンス設計の指針にすることができる。
- ・複数の対策を組み合わせることで、費用対効果が高い対策を実現することが可能となる。

## 2.4 商業施設の SRM

仮想都市内の商業施設における地震リスクマネジメント（以下、SRM）の効果を検証する。統計データより想定企業を設定し、SRM 実施の有無による被害想定を行い財務諸表への影響を分析する。

### 2.4.1 想定企業の概要（事業規模および財務内容）

対象企業は、仮想都市内に3店舗を展開する小売業（チェーンストア）とする。各店舗の売上、規模、構造等は、表 2.4 に示すとおりとし、いずれも店舗も建設時より 30 年経過しており、地震に対して脆弱といわれる新耐震基準以前の建物を仮定する。想定企業の財務内容は、実企業のデータから標準的な数値を設定した（表 2.5）。表 2.6～2.8 に対象企業の X 年度の財務諸表を示す。

表 2.4 各店舗の概要

| 店舗名 | 売上高<br>(百万円) | 床面積<br>(m <sup>2</sup> ) | 建物設備<br>新価<br>(百万円) | 建物設備<br>簿価<br>(百万円) | 構造        | 備考         |
|-----|--------------|--------------------------|---------------------|---------------------|-----------|------------|
| A 店 | 861          | 3,000                    | 688                 | 344                 | RC 造 4 階建 | 本社事務所 + 店舗 |
| B 店 | 2,296        | 4,000                    | 758                 | 379                 | S 造 1 階建  | 郊外店舗       |
| C 店 | 2,296        | 4,000                    | 758                 | 379                 | S 造 1 階建  | 郊外店舗       |

表 2.5 設定基準値

| 指標        | 基準値                    |
|-----------|------------------------|
| 面積辺り売上    | 57.4 万円/m <sup>2</sup> |
| 変動費:固定費   | 6:4                    |
| 流動資産:固定資産 | 3:7                    |
| 流動負債:固定負債 | 7:3                    |

表 2.6 財務指標

| 指標       | X 年度期 |
|----------|-------|
| 自己資本比率   | 30%   |
| 流動比率     | 190%  |
| 売上高経常利益率 | 2.0%  |
| 総資本回転率   | 200%  |

表 2.7 損益計算書

| 科目       | X 年度期<br>(百万円) |
|----------|----------------|
| 売上高      | 5,453          |
| 変動費      | 3,206          |
| 固定費      | 2,138          |
| 営業利益     | 109            |
| 経常利益     | 109            |
| 税引前当期純利益 | 109            |
| 法人税等     | 44             |
| 当期純利益    | 65             |

表 2.8 貸借対照表

| 科目      | X 年度期<br>(百万円) |
|---------|----------------|
| (資産の部)  |                |
| 流動資産    | 4,362          |
| 固定資産    | 6,544          |
| 資産合計    | 10,906         |
| (負債の部)  |                |
| 流動負債    | 2,290          |
| 固定負債    | 5,344          |
| 負債合計    | 7,634          |
| (純資産の部) |                |
| 純資産合計   | 3,272          |
| 負債合計    | 10,906         |

### 2.4.2 被害の想定および影響評価

対象地震による想定企業における直接損害、間接損害を評価し、財務諸表に与える影響を分析する。

#### (1) 被害想定的前提条件

被害の程度は当該地域に生じる震度に対して定義する。商業施設の建物被害率及び復旧期間を表 2.9 に、仮想都市インフラである電気・ガス・水道の復旧期間を表 2.10 に示す。

表 2.9 財務指標

| 震度     | 被害程度(被害率) |      | 復旧期間  |      |
|--------|-----------|------|-------|------|
|        | 補強なし      | 補強あり | 補強なし  | 補強あり |
| 震度 6 強 | 50%       | 10%  | 120 日 | 14 日 |
| 震度 6 弱 | 20%       | 5%   | 45 日  | 7 日  |
| 震度 5 強 | 10%       | 0%   | 14 日  | 0 日  |

表 2.10 財務指標

| 震度     | 応急復旧日数(現状 SRM 後) |           |           |
|--------|------------------|-----------|-----------|
|        | 電力               | 都市ガス      | 上下水道      |
| 震度 6 強 | 1 日 0 日          | 16 日 8 日  | 7 日 4 日   |
| 震度 6 弱 | 3 日 2 日          | 30 日 15 日 | 21 日 10 日 |
| 震度 5 強 | 7 日 4 日          | 60 日 30 日 | 45 日 20 日 |

#### (2) 被災による財務諸表への影響評価手法

直接損害は、対象施設の地震による物的損失であり、財務諸表の損益計算書において簿価ベースでの被害相当分が特別損失（除却損）として計上され、結果的に当期純利益の減少となる。貸借対照表

では、建物滅失としての固定資産の縮小，当期純利益の減少（マイナス）を受けて純資産の縮小として計上される．商業施設の間接損害は，被災の影響による売上高の減少を示し，本検討では建物と都市インフラによる事業停止を評価対象とした．財務諸表への影響は，損益計算書において売上高の減少として計上され，結果的に当期純利益の減少となる．貸借対照表では，当期純利益の減少（マイナス）による手元現金や利益剰余金の減少から流動資産および純資産の縮小として計上される．

図 2.5 に被災による貸借対照表への影響の模式図を示す．結果的に総資本（負債+純資産）に対する純資産の割合（自己資本比率）が減少することとなり，他人資本（借入金等）に依存した状況から，信用力の低下，銀行の融資への障害となり，最悪の場合，資金繰り倒産となる．

本評価では，SRM の効果を検証する指標として下記に示す自己資本比率を用いることとする．

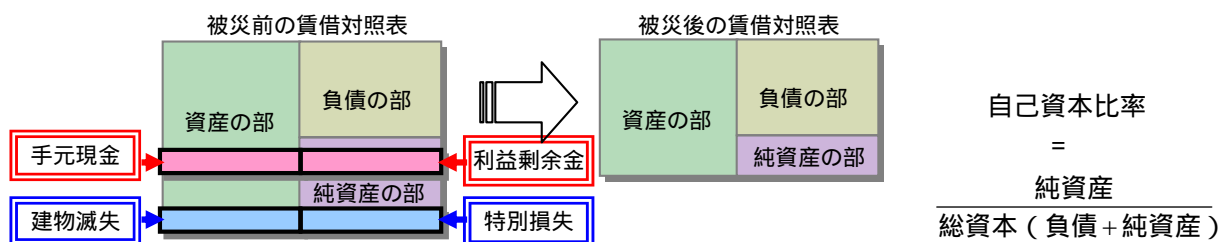


図 2.5 被災による貸借対照表への影響

### (3) SRM 実施による効果

リスクコントロールによる SRM 実施の効果を検証するため表 2.11 に示した 4 ケースによる被害想定を算出する．SRM 実施前（ケース 1）に対して，以下の 3 ケースの SRM を設定し，地震後の財務諸表へ与える影響を分析する．

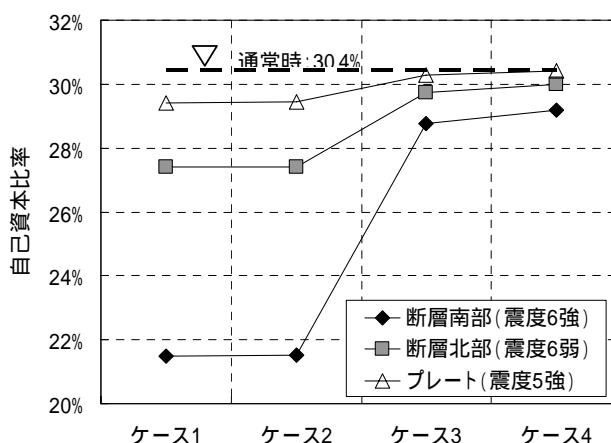
仮想都市のインフラマネジメントのみが行われた場合（ケース 2）

対象施設の耐震補強のみマネジメントが行われた場合（ケース 3）

都市インフラと施設耐震補強の両面でマネジメントが行われた場合（ケース 4）

表 2.11 SRM 実施別分析ケース

| 想定地震  | 対象施設の耐震補強 | 都市インフラマネジメント |
|-------|-----------|--------------|
| ケース 1 | ×         | ×            |
| ケース 2 | ×         |              |
| ケース 3 |           | ×            |
| ケース 4 |           |              |



- ・ケース 1: SRM 実施なし
- ・ケース 2: インフラのみの SRM
- ・ケース 3: 耐震補強のみの SRM
- ・ケース 4: インフラ・耐震補強 SRM

図 2.6 各地震時の SRM 実施ケース別自己資本比率



### 2.4.3 考察およびまとめ

仮想都市において小売業3店舗を展開する企業を想定し、リスクコントロールによるSRM実施の効果を検証するため、SRMを実施しないケース、インフラ早期復旧を目指したSRM、対象企業自らの耐震補強によるSRM、その両面によるSRMのケースを設定し、地震後の財務に与える影響を評価した。その結果、SRMを実施しない場合、地震による施設の損壊による除却損、事業停止の売上減の影響が大きく、企業の経営指標上重要となる自己資本比率が大きく低下することが分かった。またSRM実施により本検討では施設の耐震補強によるSRM(ケース3)の効果が強く自己資本比率の低下を防いでいる。また施設の耐震補強に加えて都市インフラの強化が実施(ケース4)することで、より効果があることが分かる。

## 2.5 電力事業者のSRM

### 2.5.1 はじめに

電力供給機能を担う電力事業者は、公共的役割が非常に強い特殊な事業体である。ここでは、この特殊性を考慮し、どのような考え方でSRMを実施すべきかを議論の主題とする。

### 2.5.2 電力事業者を対象としたSRM

#### (1) SRMの方針設定

電力事業者は、電力供給機能を一手に担う企業であり、公共的役割が非常に強い特殊な企業である。このため、電力事業者におけるSRMの方針は、企業の経済合理性よりも、公共の資産である都市の耐震化向上に資することを重視した設定となる。例えば、『都市の機能が著しく損なわれることがないよう電力の供給停止期間及び供給停止率を最小化する』といった設定となる。

#### (2) リスク評価の実施

上記の方針設定に基づき、SRMを効果的な実施が可能となるよう、電力の供給停止期間、供給停止率、直接・間接損失を定量化するリスク評価モデルを構築し、リスク評価を実施する。三種類の異なる地震シナリオに対して、例えば表2.12のような評価結果が得られる。

表 2.12 シナリオリスク分析結果

| 想定地震   | プレート境界型 | 断層帯(北部) | 断層帯(南部) |
|--------|---------|---------|---------|
| 供給停止率  | 20%     | 40%     | 60%     |
| 供給停止期間 | 1~3日    | 3~7日    | 7日以上    |
| 直接損失   | 30億円    | 50億円    | 100億円   |
| 間接損失   | 20億円    | 20億円    | 100億円   |

また、構築したリスク評価モデルを活用することで、送配電ネットワークにおいて電力供給停止リスクに寄与する施設を洗い出すことも可能となり、リスク対策の優先度付けなどに効果的な情報となる。

#### (3) リスク管理目標の設定

一般的には、リスク評価結果と企業のリスク許容度との乖離を解消するべくリスク管理目標が設

定されるが、(2)にも記載したように、電力事業者が設定するリスク管理目標は都市における事業者・住民のリスク許容度に強く影響される。(ここでは、事業者・住民が1～3日の供給停止期間を許容するものと想定する。)しかしながら、発生確率・被害規模の異なるシナリオに対して、一律のリスク管理目標を設定するのは、経済的合理性の観点から現実的ではない。また、リスク許容度は事象の発生確率により異なるとも考えられる。故に、シナリオの発生頻度、影響度を考慮しつつ、経済合理性を満足する範囲でリスク管理目標が調整される。例えば、供給停止期間が7日以上と評価されるシナリオに対しては、供給停止期間を1～3日にするためには対策コストが莫大になるため、より長期間のリスク管理目標を設定せざるを得ない。ただし、この場合には公共のリスク許容レベルを超えているため、リスクコミュニケーションが重要となる。

#### (4) リスク対策の検討

リスク管理目標が設定されると、これを達成するためのリスク対策が検討される。一般的に、リスク対策には軽減策、転嫁策、回避・保有など様々な手段があり、リスク定量化結果やリスク評価モデルを活用し、費用対効果の高い対策の組合せを検討することが重要となる。ここで注意したいのは、保険などのリスク転嫁策は、電力供給停止期間の最小化には寄与しないということである。リスク転嫁策は一般的に、財務的なリスクを保険会社などの第三者に転嫁するものであり、電力供給が停止するという事象自体は当然だが転嫁できない。このため、今回のケースのようなリスク管理目標を設定した場合には、リスク軽減策のみがこれに貢献することとなる。

#### (5) リスク対策の実施とリスクコミュニケーション

検討したリスク対策を実施し、その結果、リスク管理目標が達成されているかを継続的にモニターする。また、事業環境の変動への対応や、リスク管理目標の見直しなどを通じてSRMをサイクル化し、SRMの高度化を図る。

また、電力事業者においては、SRMに関して積極的に情報開示を行い、事業者や住民に対してリスクを認知させる、すなわち、震災時に電力供給が停止する期間を知ってもらうことが重要である。そうすることで、各事業者がSRM実施の際に電力に関する情報を利用することが可能となり、最終的には地震に対する都市の機能継続性を高めることに貢献できる。

### 2.5.3 まとめ

電力事業者が民間企業でありながら電力供給という都市のライフライン機能を一手に担うという特殊性から、SRMの実施においては公共のリスク許容度を指標としなければならないこと、また、SRMの方針設定に応じて適切にリスク評価モデルを構築する事で、リスク対策の検討において有用であることを記載した。

電力事業者が、公共におけるリスク許容度を管理目標としてSRMを実施し、さらには、積極的にリスクコミュニケーションを行うことで、地震時の都市継続性を高める事が可能である。