

# 事業停止期間の地震リスクに関する考察

栗田研究室

5104048 多川景子

## ■1. はじめに

2007年7月の新潟県中越沖地震では、部品メーカー1社の被災により自動車メーカー12社全ての生産ラインが影響を受けた。被害は局地的なものであったにもかかわらず、全国に立地する工場の操業を停止するに至らせた。企業の事業継続を確保するためには、取引先の操業停止など、当該企業の外部で被害が起きた時の事業停止期間のリスクを評価し、これに対する対応を事前に策定することが肝要である。

そこで、本研究では東北地方を対象として各地域の事業停止期間のリスクを定量的に把握し、地震リスクの地域差について検討を行う。

## ■2. 事業停止期間の地震リスク評価手法

将来起こる可能性のある地震に対する事業所の事業停止期間の期待値を地震リスクとする。事業停止期間の地震リスクの評価方法の概要を図-1に示す。地震リスクの評価は、地震ハザード評価と地震ロス関数の評価から成り立っている。

### 2.1 地震ハザード

事業所が立地している場所(サイト)において、今後50年間で発生すると考えられる地震動強さを地震の発生確率を考慮して評価する。想定する地震は、震源が特定されている地震断層による地震(断層地震)と震源が特定できない中規模程度の地震(ランダム地震)の両方とする。

地震動強さの指標として最大加速度  $a$  を採用し、最大加速度  $a$  の予測には、安中の距離減衰式(1)を使用して工学的基盤位置での最大加速度を求める。

$$\log_{10}a = 0.606M + 0.00459H - 2.136 \log_{10}\{R + 0.334 \exp(0.653M)\} + 1.730 \quad \dots(1)$$

$M$ : 震源マグニチュード

$H$ [km]: 震源深さあるいは断層中心の深さ

$R$ [km]: 震央距離(断層面から建物位置への最短距離)

また、距離減衰式のばらつきを考慮し、最大加速度の発生確率は対数正規分布とする。確率分布の中央値は安中式の値とし、対数標準偏差は自然対数で0.5とする。震源域が特定できないランダム地震は、点震源でモデル化する。そして、地震活動域毎で分類し(図-3)、その活動域に一樣に発生すると仮定する。活動域での地震の発生頻度はG-R式に従うものとし、次式を用いて考慮する。

$$\log_{10}N(M) = A - B(M - M_s) \quad \dots(2)$$

$N(M)$ : ある地域で、マグニチュード  $M$  以上の地震が起こる単位面積当たりの年平均回数

$A, B$ : 地域ごとに決まる定数

$M_s$ : 考慮する最小のマグニチュード

### 2.2 地震ロス関数の評価

事業所が立地している場所(サイト)で、ある最大加速度の地震動が生じた時の事業停止期間の期待値を地震ロス関数とする。地震ロス関数は、表-2に示すように、工場の5つの地震被害レベル(無被害、小破、中破、大破、倒壊)に応じて事業停止期間を定める。工場の地震被害レベルの発生確率(脆弱性カーブ図-4)は建物の耐力のばらつき等を考慮して、対数正規分布とする。

脆弱性カーブ(図-4)と被害レベル別の事業停止

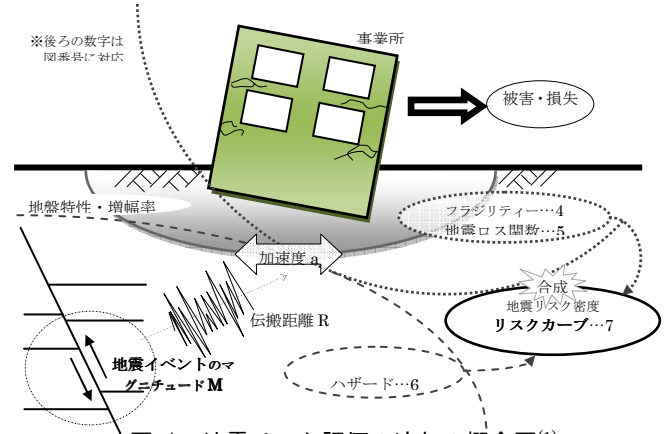


図-1 地震リスク評価の流れの概念図(1)

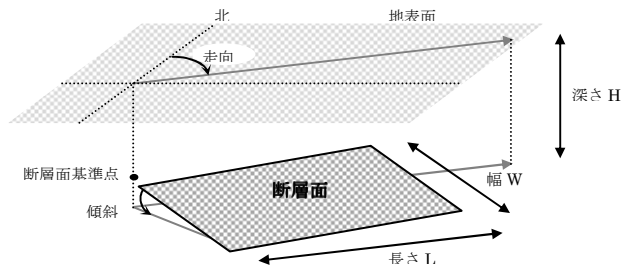


図-2 断層のパラメータ(2)

表-1 震源断層データ例(一部)(3)

断層名	H[km]	L[km]	W[km]	走向[度]	傾斜[度]
青森湾西岸断層帯	3	14	14	180	45
長町利府断層帯	1	40	20	223	40
庄内平野東縁断層帯	3	22	15	357	45
宮城県沖	20	40	80	220	20
三陸北部沖	0	150	100	156	20
福島県沖	20	100	60	200	10

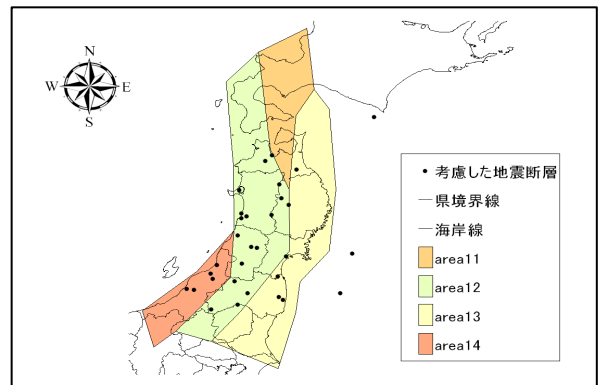


図-3 考慮される地震断層とランダム地震の活動域区分(3)

表-2 被害レベル別の業務停止期間と脆弱性カーブの特性値(4)

被害レベル	脆弱性カーブの特性値		事業停止期間[日]
	中央値[gal]	対数標準偏差	
無被害	0	0.4	0
小破	200	0.4	3
中破	600	0.4	15
大破	1000	0.4	60
倒壊	1400	0.4	180

期間(表-2)を用いて、ある最大加速度の地震動が生じたときの事業停止期間の期待値(地震ロス関数)を求めたものを図-5に示す。

### 2.3 地震リスク

地震リスクは、地震ロス関数(図-5)と地震ハザード曲線(図-6)から事業停止期間の期待値とその50年超過発生確率(今後50年の間に地震が1回以上起こる確率)を求め、リスクカーブを作成することで求めることができる(図-7)。リスクカーブは、ある最大加速度の地震動が生じたときの停止期間の期待値を地震ロス関数(図-5)から求め、それをグラフの横軸とし、一方でその最大加速度の超過発生確率を地震ハザード曲線(図-6)から求め、縦軸とすることで表す。

### ■3. 解析結果

東北地方の主要都市(仙台市、福島市、山形市、秋田市、盛岡市、青森市)の事業停止期間の地震リスク評価の解析を行った。評価に用いた地点は各都市の市役所の位置とした。リスク評価に用いた地震断層は31あり、その位置を図-3に●として示す。その中の1部の断層データを表-1に、それに対応する断層のパラメータを図-2に表した。また、ランダム地震の活動域区分(area-11,12,13,14)を図-3に示す。これらの地震断層及びランダム地震の活動区域より、各地点の50年超過発生確率、そして事業停止期間のリスクを求めた(図7)。

超過発生確率の値が0.1となる時の値を読むリスク評価に基づいて、事業停止期間の期待値を図-7から読み取る。結果、仙台では約3.1日となり、被害レベルは表-2より小破に相当することがわかる。また、リスクの最も小さいと考えられる青森では約2.3日となった。これらの各地域の地震リスクは表-3に示す。この表より、東北地方では仙台市が最も強い地震動を受ける可能性が高く、反対に青森市では被害を受ける可能性は低いと言える。この結果から、図-8・図-9で仙台市と青森市の考慮すべき両地震要因(断層地震、ランダム地震)のハザード曲線を作成し、比較検討してみた。最もリスクの高い仙台市では、50年超過発生確率が99%である宮城県沖地震に起因し、またリスクの低い青森市では三陸北部沖の断層が地震リスクに強く関与していることがわかる(図-8)。図-9のランダム地震における図では、area-12による影響が大きいことが見てとれる。また、両地域の間で程度の差こそあるが、ランダム地震が地震評価全体に与える影響も大きいことがわかる。

### ■4. まとめ

本研究では、東北地方の主要都市における事業停止期間の地震リスク評価を行った。その結果、仙台市が最も事業停止期間のリスクが高く、逆に青森市が低いことがわかった。そしてそれらに影響を与えている断層を解明することができた。また、地震による地域への被害発生要因は地震断層だけではなくランダム地震の影響も受けていることがわかったことから、今後地震リスク評価として両地震要因を考慮していく必要がある。本研究の今後の展望と目標としては、地震リスクの大きい仙台市を中心に、ランダム地震の影響力についても配慮しながら地震リスクを考慮したサプライチェーンの構成方法について検討していくことである。

#### 【参考文献】

- \*1 星谷勝・中村孝明/地震リスクマネジメント(リスクを定量的に分析し、損失を抑える法とは)/株式会社山海堂/2002年
- \*2 地震危険度評価手法/ <http://ssweb.k.u-tokyo.ac.jp/help/SHA.pdf>
- \*3 阿部雅史/宮城県における地震危険度の都市間比較に関する研究/東北大学工学部建築学科 災害制御研究センター 地震地域災害研究分野/平成15年度卒業論文
- \*4 西川智・福島誠一郎・矢代晴美/サプライチェーンを考慮した地震時事業継続のためのリスク解析手法/日本建築学会計画系論文集 第630号 1053-1060/2008年8月
- \*5 地震ハザードステーション J-SHIS(Japan Seismic Hazard Information Station)/独立行政法人 防災科学技術研究所 (NIED)
- \*6 五十嵐雄哉/地域地震防災計画におけるリスクマネジメントの構築に関する基礎的研究/東北大学大学院工学研究科 都市・建築学専攻 建築空間構成学講座 建築構造力学分野/2002年度修士学位論文

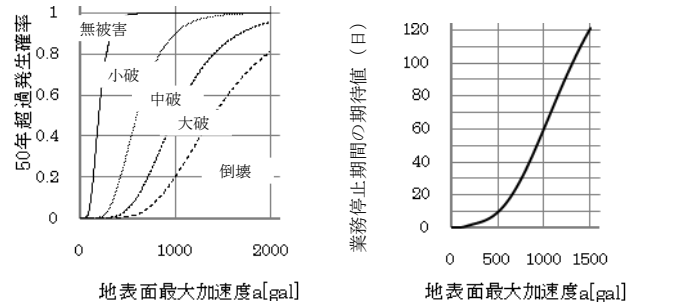


図-4 フラジリティーカーブ

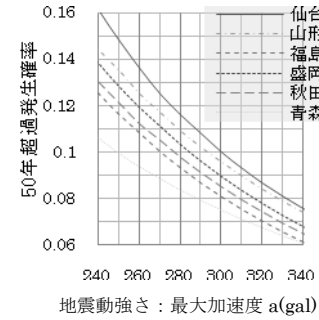


図-6 ハザード曲線

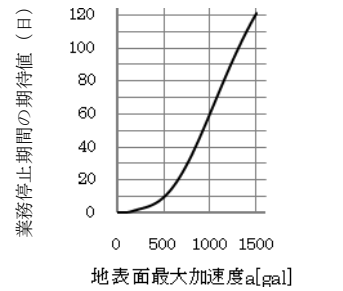


図-5 地震ロス関数

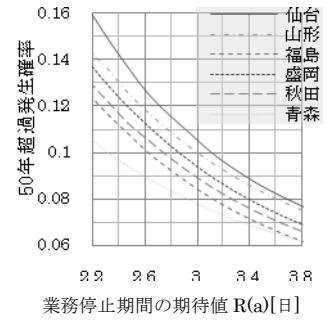


図-7 リスクカーブ

表-3 各地域の地震リスク

	業務停止期間の期待値[日]	最大加速度
仙台市	3.09日	300gal
山形市	2.98日	295gal
福島市	2.63日	270gal
盛岡市	2.84日	283gal
秋田市	2.71日	276gal
青森市	2.30日	248gal

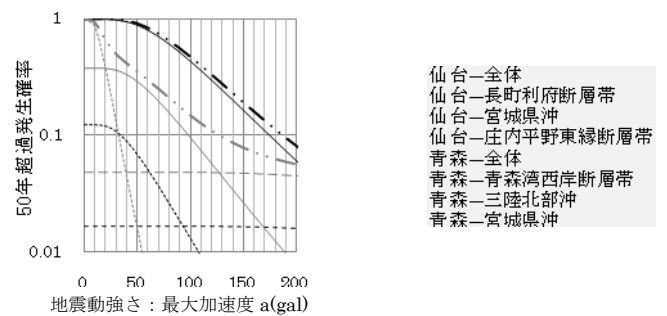


図-8 仙台市と青森市の断層地震の基盤面ハザード曲線

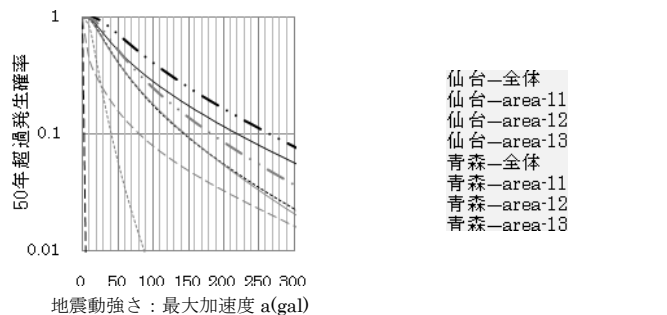


図-9 仙台市と青森市のランダム地震の基盤面ハザード曲線