

確率論的地震ハザード評価の検証

清水建設 技術研究所 正会員 ○石川 裕  
同 正会員 奥村俊彦

1. はじめに

確率論的地震ハザード評価は、地震活動や地震動予測に含まれる不確定性を定量評価し、将来発生する地震動の強さと超過確率の関係を算定するもので、不確定性の下での意思決定という地震外力の設定において幅広く活用されている。しかしながら、「評価結果として得られた確率値がどの程度確からしいのか？」についてはこれまであまり議論されてこなかった。本研究ではこの課題に対する議論を進めるために、過去に遡った時点における地震ハザード評価を実施し、その結果と過去数十～百年間の地震履歴とを比較、考察した。

2. 検証の対象とした地震動強さ

検証の対象とした地震動強さは理科年表<sup>1)</sup>に記載されている震度階とし、このうち震度5ならびに震度6の発生の有無に着目した。1947年（1996年の50年前）以前よりの有感地震回数が記載されている105地点のうち、欠測期間が長い地点（1地点）、島嶼部（4地点）、火山活動の影響を受けている地点（3地点）を除いた97地点を対象とした。地点によって観測の開始時期が異なるため、検証の期間として次の3つの期間を設定した。1901～1950年（19地点）、1931～1980年（73地点）、1947～1996年（97地点）。表1に検証の対象地点を対象期間別に示す。なお、理科年表では地点によっては欠測期間が示されているが、その期間に発生した主な地震の震度分布<sup>2)</sup>と対比して漏れがあると考えられる場合には追加した。

3. 確率論的地震ハザード評価の条件

本研究で用いた地震ハザード評価のモデルは損害保険料率算定会（現：損害保険料率算出機構）の地震ハザードマップ<sup>3)</sup>で用いられたものである。ここでは、上記の97地点を対象として、西暦1901年、1931年、1947年に遡ったハザード評価を行い、各時間原点より50年間に於いて震度5以上を受ける確率ならびに震度6以上を受ける確率を算定した。非定常な地震発生モデルを用いた主な地震のうち、過去100年間に発生したものとしては東海・南海地震、関東地震、丹那断層、福井平野東縁断層帯、山田断層がある。

計測震度の距離減衰式はShabestari・山崎による式<sup>4)</sup>を用い、式のばらつきは0.5の正規分布と仮定した。各地点の揺れやすさを表わす地点係数については大西・山崎・若松<sup>5)</sup>により評価された値を用いた。地点係数が未評価な地点については同文献に示されている地形・表層地質と地点係数の平均的な関係に基づき値を付与した。

震度観測点は過去数十年～百年の間に移設された所もあれば、同じ地点でも建物が建替えられた所もある。したがって、この間の震度の均質性については多くの地点で保証されないが、大局的に震度5以上に於いては、移設の有無によらずその都市における震度を代表したものと考え、移設された地点でも地点係数は補正せずにそのまま用いることとした。

4. 検証結果

表1に示した97地点のうち、主要な8地点における1901年、1931年、1947年、および2000年から50年間の震度5の超過確率を図1に示す。関東地震ならびに東海・南海地震の影響を強く受ける地点では時間原点の違いによってハザード（震度5の超過確率）が大きく変化する様子がわかる。また、図には示していないが、震度6の超過確率に対する結果も同様の傾向を示す。

表1 検証の対象地点

|                         |
|-------------------------|
| ●時間原点：1901年、1931年、1947年 |
| 札幌 函館 旭川 網走 寿都 石巻       |
| 前橋 熊谷 東京 金沢 甲府 京都       |
| 大阪 和歌山 徳島 松山 佐賀 長崎      |
| 厳原                      |
| ●時間原点：1931年、1947年       |
| 室蘭 釧路 帯広 根室 浦河 青森       |
| 盛岡 宮古 仙台 秋田 山形 福島       |
| 小名浜 水戸 柿岡 宇都宮 秩父        |
| 銚子 館山 横浜 新潟 高田 輪島       |
| 福井 長野 松本 飯田 軽井沢 岐阜      |
| 高山 浜松 三島 名古屋 津 彦根       |
| 神戸 洲本 豊岡 奈良 潮岬 浜田       |
| 岡山 広島 下関 宇和島 高知         |
| 室戸岬 足摺 福岡 福江 熊本 大分      |
| 宮崎 鹿児島                  |
| ●時間原点：1947年             |
| 留萌 苫小牧 稚内 森 八戸 酒田       |
| 白河 相川 富山 敦賀 河口湖 静岡      |
| 網代 石廊崎 御前崎 尾鷲 舞鶴        |
| 鳥取 米子 松江 西郷 高松 日田       |
| 種子島                     |

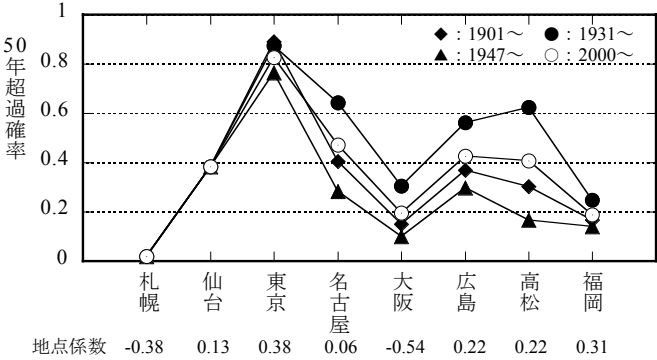


図1 時間原点の違いによる震度5の超過確率の変化

図2はそれぞれ3つの時間原点に対する震度5ならびに震度6の50年超過確率を確率が高い順に並べ替えて示したものである。ここで、●、○が震度5の超過確率、▲、△が震度6の超過確率を示している。それぞれ黒塗りが当該期間において震度5以上あるいは震度6以上を一度以上経験した地点、白抜きがその震度以上を一度も経験しなかった地点を表わしている。時間原点が1931年((b)図)と1947年((c)図)に対する結果を比較して明らかなように、全体的な傾向として20世紀は相対的に前半～半ば頃の方が地震ハザードが高く評価される。

ハザード評価の超過確率と実際に当該震度を経験したか否かの比較であるが、図2より、震度5に関して言えば、時間原点に抛らずハザード(超過確率)が高い地点ではその多くで実際に当該震度を経験している。またハザードが低い地点で当該震度を経験した地点は少ない。

震度6については経験した地点名を図中に記しているが、1901年時点の東京と甲府、1947年時点での釧路と浦河など超過確率が高い地点ではその後50年の間に震度6を経験している。以上の結果より、地震ハザード評価で得られた確率値はその後の震度5、6の有無とよく整合しており、それなりに意味があると言える。なお、1931年時点で震度6のハザードが高い地点の多くは東海・南海地震の影響を強く受ける所に位置しているが、津を除いて1944年東南海地震および1946年南海地震では震度6を免れている。

一方、福井地震(福井)や兵庫県南部地震(神戸、洲本)などでは事前のハザードがそれほど高くない地点で震度6を経験している。個々の地点の確率は低くても全国どこかで震度6を受ける平均的な回数という観点で捉えると、図2の超過確率が低い範囲で震度6を経験した地点数はそれほど不自然ではない。しかし、個々の地点で見ると、震度6を受けた地点の中には事前の超過確率が5%以下と低い値の所も複数存在している。低頻度の活断層の影響を強く受ける可能性がある地点での地震ハザード評価の解釈の難しさを指摘する結果となっている。

## 5. まとめ

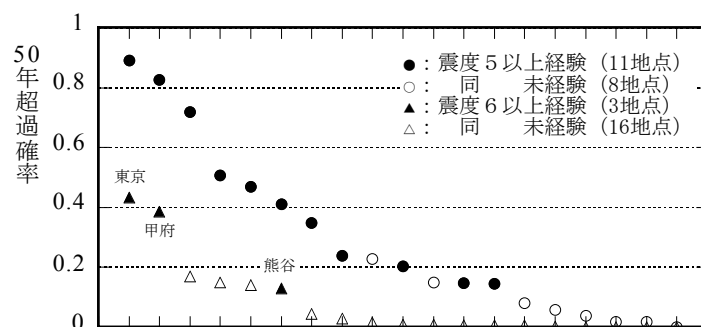
本研究では、過去に遡った地震ハザード評価と過去数十～百年間での地震履歴を比較することにより確率論的地震ハザード評価の検証を試みた。地震活動は内陸活断層の活動間隔から考えて、数千年あるいは数万年の期間を経なければ活動サイクルが完結しないが、ここで得られた結果は時間原点に抛らず、総じて超過確率が高い地点ほど当該震度を実際に経験したことを示しており、それなりに普遍性を持つものと考えている。ただし、内陸活断層の活動によって強い揺れに見舞われる地点は、個別に見ると必ずしも事前のハザードが高くない場合があり得る。シナリオ型の評価を援用した意思決定のしくみを構築していくとともに、工学的な観点から活断層での地震発生確率の考え方について議論を進めていく必要がある。

**謝辞** 本論文をまとめるにあたり弊社の宮腰淳一、斎藤知生、渡辺基史の各氏の協力を得た。記して感謝します。

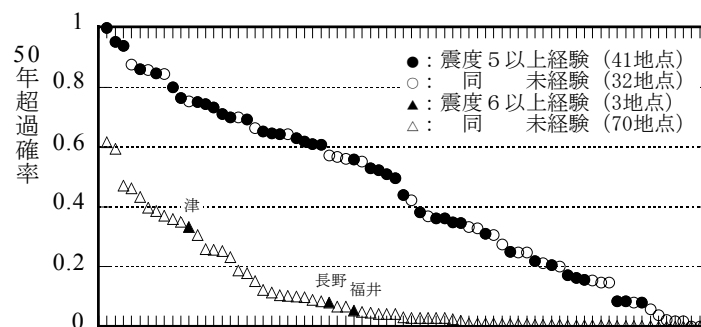
## 参考文献

- 1) 文部科学省国立天文台編：理科年表 CD-ROM2003, 丸善, 2002.
- 2) 気象庁：被害地震の表と震度分布図, 1983.
- 3) 損害保険料率算定会：活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～, 地震保険調査研究, 47, 2000.
- 4) Shabestari, K.T.・山崎文雄：気象庁 87 型強震計記録を用いた計測震度の距離減衰式, 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp.153-156, 1997.
- 5) 大西淳一・山崎文雄・若松加寿江：気象庁地震記録の距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形分類との関係, 土木学会論文集, 第626号/I-48, pp.79-91, 1999.

(a) 1901～1950年 (19地点)



(b) 1931～1980年 (73地点)



(c) 1947～1996年 (97地点)

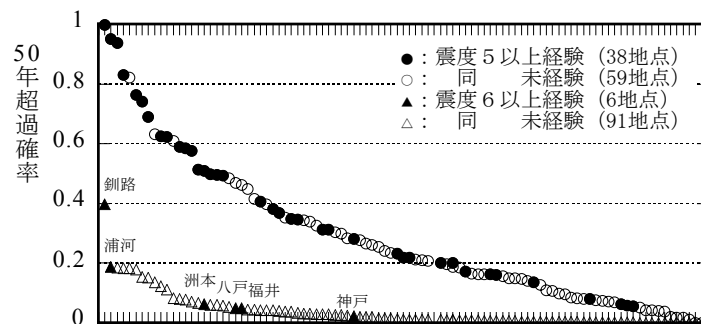


図2 50年超過確率と当該震度の発生の有無