

確率論的地震危険度解析の徳島への適用

徳島大学大学院 学生会員 ○菊本 慶志
 徳島大学大学院 正会員 三神 厚

1. 研究背景・目的

これまで、南海トラフを震源とする大地震が繰り返し発生してきた。この地震は、概ね 100~150 年の間隔で発生しており、約 70 年間大地震は発生していない¹⁾。つまり、南海地震が近い将来発生する可能性があることが分かる。対策には、ハード対策が有効であるが、全ての地域で絶対に安全といえる対策を行うことは困難であり、経済面や時間的な面においても現実的ではない。地域ごとに地震の危険度が評価できれば、地震の対策を合理的に判断するための指標とすることができる。

これまでも地震の危険度は多くの地域で評価されている。その評価の多くは、ある断層によって発生する地震の規模や震源の位置を、仮定して評価するという手法によるものである。地震の規模や震源の位置を確率で表現すれば、それぞれを定量的に考えることができ、断層ごとの評価を足し合わせることで総合的な評価も可能になる。確率で地震の危険度を評価する手法として、確率論的地震危険度解析 (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) という手法がある²⁾。

本研究では、確率論的地震危険度解析 (PSHA) を用いて徳島県の地震の危険度を評価する。今回は、そのための PSHA のフレームワークを構築する。

2. 確率論的地震危険度解析 (PSHA)

図 1 に今回評価する事例を示す。この事例は徳島県と中央構造線断層帯、南海トラフとの位置関係を簡略化してモデル化したものとなる。地震の危険度を評価する地点を site とし、2つの断層による地震の想定震源域をそれぞれ震源域 1、震源域 2 とし、想定される最大マグニチュードは既知の値としている。なおここでは、どちらの震源域も M4 の地震から評価の対象とする。マグニチュードごとの地震の頻度を表す式をグーテンベルグ・リヒターの関係式と各断層の過去に発生した地震の数から導く。震源域 1 は M8 の地震が 2000 年に 1 回、M7 の地震が 300 年に 1 回発生し、震源域 2 は M8 の地震が 150 年に 1 回、M7 の地震が 20 年に 1 回発生すると仮定し、以下の式を導いた。

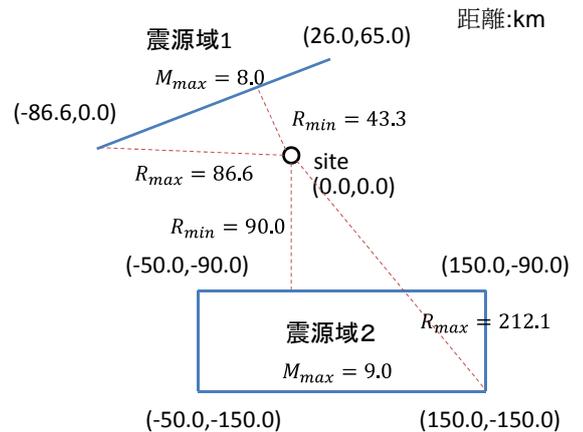


図 1 site と断層

$$\text{震源域 1 : } \lambda_m = 10^{(3.29 - 0.82m)} \quad (1)$$

$$\text{震源域 2 : } \lambda_m = 10^{(4.82 - 0.88m)} \quad (2)$$

PSHA による地震の危険度は次に示す式により求まる数値で評価する。

$$\lambda_{y^*} = \sum_{i=1}^{N_s} \sum_{j=1}^{N_M} \sum_{k=1}^{N_R} v_i P[Y > y^* | m_j, r_k] P[M = m_j] P[R = r_k] \quad (3)$$

N_s : 震源域の数, N_M, N_R : 規模と震源距離の区間数, v_i : 最小規模の地震の年発生頻度

$P[Y > y^* | m_j, r_k]$: m_j, r_k の地震による地震動パラメーターが地震動パラメーター y^* の地震動を超える確率

$P[M = m_j]$: 規模がマグニチュード m_j になる確率, $P[R = r_k]$: 対象地点からの震源距離が距離 r_k になる確率

この式の左辺 λ_{y^*} は site で地震動パラメーター y^* の地震動を超えるパラメーターの地震動が発生する確率を示しており、この数値が PSHA による地震の危険度を示す。この数値は site 周辺のすべての断層による地震動を考慮した site への危険度を算出しており、各断層の site への危険度も算出することができる。

ここからは、断層の情報を用いて $P[Y > y^* | m_j, r_k]$, $P[M = m_j]$, $P[R = r_k]$ をそれぞれ算出していく。

(a)震源の位置の確率表示 $P[R=r_k]$, 規模の確率表示 $P[M=m_j]$

ここでは、アスペリティは考慮せず、震源は想定震源域内を一様に分布していると仮定している。断層から site までの距離を震源距離とする。その中でも、最長距離を最長震源距離、最短距離を最短震源距離とすると、震源距離の値は最短震源距離から最長震源距離までの範囲内にあるので、最長震源距離から最短震源距離の差をいくつかの区間で分割することで、震源距離の区間ごとの確率を確率密度関数で表すことができる。規模については、グーテンベルグ・リヒターの関係式を用いて断層ごとの地震の頻度からマグニチュードの確率密度関数を導いた。図2, 図3にそれぞれの結果を示した。横軸は震源距離、マグニチュードを示し、縦軸はその確率を示す。震源距離とマグニチュードともに10の区間に分割した。

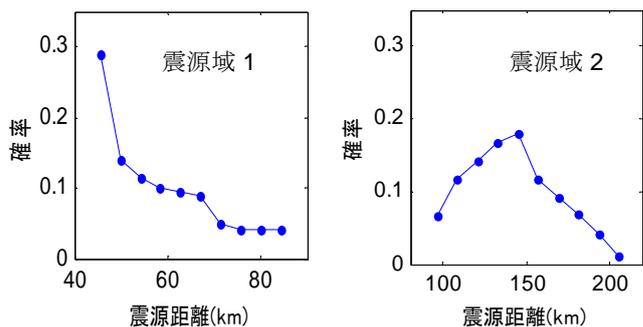


図2 震源距離の確率表示

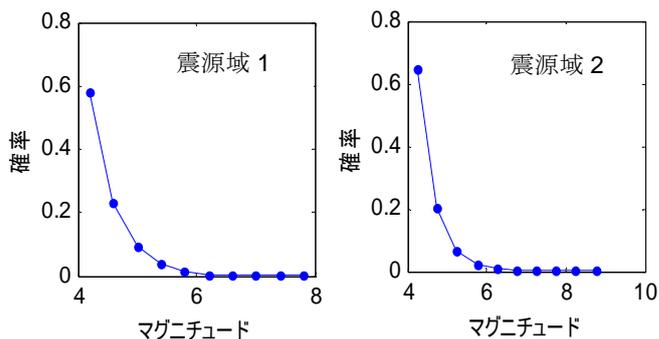


図3 マグニチュードの確率表示

(b)地震動の超過確率 $P[Y > y^* | m_j, r_k]$

地震動の強さを表すものを地震動パラメーターとし、ここでは最大水平加速度を用いる。ある地震動パラメーター y^* よりも大きい地震動パラメーター Y を持った地震動がマグニチュード m_j 、震源距離 r_k の地震によって発生する確率のことを地震動の超過確率として算出する。まず、以下の予測式から最大水平加速度の平均値の自然対数を算出する。なお、予測式には Cornell³⁾が提案したものを使用した。

$$\ln PHA(\text{gal}) = 6.74 + 0.859M - 1.80 \ln(R + 25) \quad (4)$$

ここで、予測式のバラつきは正規分布していると仮定する。標準偏差は 0.57 とし、正規分布表を用いることで超過確率を算出した。

ここまでの値を(3)式に用いることで算出した値を地震動パラメーターごとにプロットしたものを地震ハザード曲線といい、地震の危険度を規模と震源距離の確率を考慮した地震動の超過確率で示している。図4に今回の事例における地震ハザード曲線を示す。図4の横軸は最大水平加速度、縦軸は λ_{y^*} を対数表示で示している。また、全震源域は震源域1と震源域2の数値を足し合わせたもので、2つの断層による地震の危険度を示している。この地震ハザード曲線が今回の評価の結果となる。結果を見ると震源域2よりも震源域1の方が site への危険度が高い。

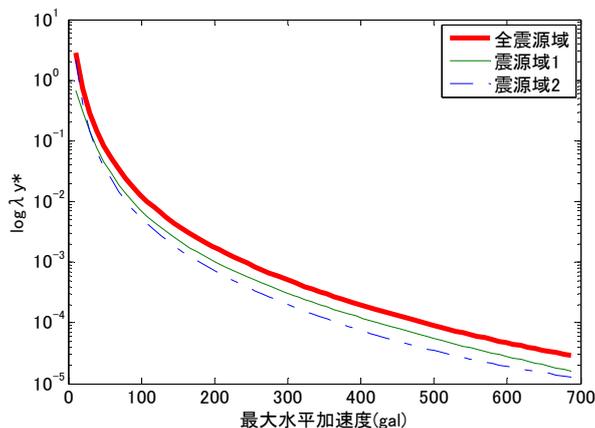


図4 結果

今回の解析で、断層の情報から地震の危険度を確率を用いて解析する PSHA のフレームワークを構築することが出来た。今後、徳島県の評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1)中央防災会議, (2011): 東海地震、東南海地震・南海地震対策の現状,
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankaitrough/pdf/nankaitrough_genjou.pdf
- 2) Steven L. Kramer (1996): Geotechnical earthquake engineering, Prentice Hall.
- 3) Cornell, C.A., Banon, H., and Shakal, A.F. (1979): Seismic motion and response prediction alternatives, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol.7, No.4, pp.295-315.