

南海トラフ地震の地震・津波マルチハザード評価のための地震動評価

岐阜大学大学院 学生会員 ○焦 禹禹
 岐阜大学大学院 非会員 加藤圭悟
 岐阜大学工学部 正会員 能島暢呂

1. 研究の背景と目的

地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下、「地震本部」）は、南海トラフ地震の長期評価に基づいて、最大水位上昇量の30年超過確率に関する確率論的津波ハザード評価と、PGV_{b400}（V_s=400m/s相当の工学的基盤面における最大速度）の30年超過確率に関する地震ハザード評価を行った¹⁾。その成果と基礎データは「津波ハザードステーション(J-THIS)」および「地震ハザードステーション(J-SHIS)」を通じて公開されている。地震・津波のマルチハザード評価を行う場合は、両評価で同じ震源域モデルを用いて条件を揃えることが望ましいが、現状では別々のモデルとなっている。地震動ハザード評価では、一様すべりを仮定した震源域モデルを用いて断層最短距離に基づく地震動予測式による地震動評価が行われている。一方、津波ハザード評価では、不均質すべりを考慮して大すべり域を設定した波源断層モデルを用いて津波計算が行われている。本研究では、地震ハザード評価において不均質すべりの影響を考慮するため、津波ハザード評価の波源断層モデルに対して等価震源距離²⁾を適用した地震動評価を行い、地震ハザード評価の予備検討を行う。

2. 波源断層モデルを用いた地震動評価

(1) 断層最短距離に基づく評価

南海トラフ地震の津波ハザード評価においては、海溝軸沿いに6分割（Z, A, B, C, D, E）、傾斜方向に3分割（浅部 s・中部 m・深部 d）された6×3=18の領域の組み合わせにより、79の震源域が設定されている。さらに、すべり量分布の多様性を考慮するため、それぞれの震源域に大すべり域の配置が複数（3～151種類）設定され、2720の波源断層モデルが設定されている。震源域 AB_m に設定された12の波源断層モデルを図-1¹⁾に示す。地震本部の地震ハザード評価手法においては、PGV_{b400}の算出にあたり、断層最短距離をパラメータとする地震動予測式が適用されている。この方法では図-1に示した不均質すべりの多様性を表現できないため、震源域 AB_m に対する結果は図-2に示すように単一の分布となる。

(2) 等価震源距離に基づく評価

不均質すべりの多様性を考慮するため、次式で定義される等価震源距離²⁾ X_{eq} をパラメータとする地震動予測式を適用する。

$$X_{eq}^{-2} = \frac{\sum e_m X_m^{-2}}{\sum e_m} \quad (1)$$

X_m は対象地点から断層面の微小領域 m への距離であり、e_m は断層面上の微小領域 m からの地震波エネルギーの相対放出分布で、これを重み係数として距離の逆2乗を加重平均する形となっている。e_m としてすべり量 D_m を採用した場合³⁾ (e_m=



図-1 震源域 AB_m に設定された12の波源断層モデル（震源域内部の小領域が大すべり域）¹⁾

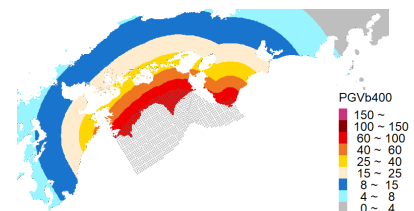


図-2 断層最短距離に基づく PGV_{b400}

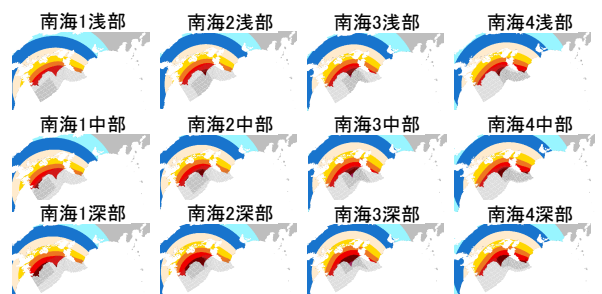


図-3 等価震源距離(e_m=D_m)を用いた PGV_{b400}

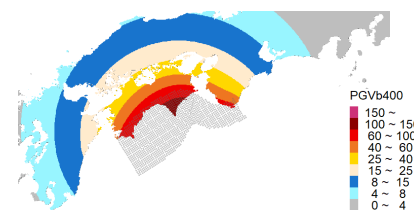


図-4 等価震源距離(e_m=D_m)に基づく PGV_{b400}

D_m)の結果を図-3に示す。大すべり域の周辺で高い値となっている。これらの対数平均(図-4)を求め、断層最短距離を適用した結果(図-2)で除した比率を図-5(b)に示す。等価震源距離を用いると、震源域中央付近で断層面直上に位置する室戸岬周辺で高く、紀伊半島東側で低くなる。比較のため、重み係数の設定方法として、一様なすべり分布を仮定した場合($e_m=1$)と、すべり量の2乗とした場合($e_m=D_m^2$)について、それぞれ図-5(a), (c)に示す。すべり量の冪指数が大きいほど、断層最短距離を用いた結果との差異が強調される。

3. 波源断層モデルを用いた地震ハザード評価手法の検討

(1) 波源断層モデルの重み

地震本部では、南海トラフの大地震活動1サイクルで起こりうる地震群として、79の震源域の組み合わせからなる176種類の震源域パターンを設定し、各パターンに相対的な重みを与えている。これに基づいて焦・能島⁴⁾は、個別の地震イベントとしての2720の波源断層モデルの重みを算出して条件付き発生確率とした。その結果を図-6に示す。

(2) 土佐清水市を対象とした数値計算例

土佐清水市を対象として、2720の波源断層モデルによる PGV_{b400} を横軸にとり、波源断層モデルの重み(図-6)を縦軸にとった関係図を図-7に示す。図-7(a)は断層最短距離を用いた結果である。断層最短距離は大すべり域の配置によらないため、ある震源域に設定された波源断層モデルはすべて同一の距離となる。このため本質的には地震本部による評価と同じ扱いとなり、79震源域のプロットしか存在しない(地震本部では最大ケースを含む80震源域)。さらに、土佐清水市の直下の領域 A_m を含む30種類の震源域については、すべて同一の断層最短距離となり、 PGV_{b400} の最大値は一律に約80cm/sとなっている。一様すべりを仮定して等価震源距離を用いた場合(図-7(b))においては、波源断層モデルが表現する大すべりの多様性は反映されないが、震源域ごとに必ず異なる等価震源距離となる。このためプロットは79しかないものの、上記のように一律に約80cm/sであった最大値に広がりが生じている。ただしそのレンジは約85~130cm/sと狭い。重み係数をすべり量とした場合(図-7(c))では、波源断層モデルごとに PGV_{b400} は異なる値となり、高いレベルのレンジは約60cm/s~170cm/sと広がっている。重み係数をすべり量の2乗とした場合(図-7(d))では、さらに極端にばらつきが大きく、約40cm/s~200cm/sとなっている。今後、これらの結果に基づいて地震ハザードカーブを算出するとともに、地震・津波のマルチハザード評価を行う予定である。

参考文献

- (1) (国研)防災科学技術研究所：南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価、防災科学技術研究所研究資料、—第一部 付録編—、第439号、2020.4.
- (2) 大野晋：東北太平洋沖地震の強震記録と距離減衰式と地震動評価式の適用、日本地震工学会論文集、Vol.16, No.4, 2016.
- (3) 司宏俊・瀬瀬一起・三宅弘恵：プレート境界巨大地震の地震動距離減衰特性—伝播特性に着目した検討—、日本地震工学会論文集、Vol.16, No.1, 2016.
- (4) 焦禹禹・能島暢呂：南海トラフにおける先発・後発地震の時系列を考慮した確率論的津波ハザード評価、日本地震工学会・大会—2022, 2022.12.

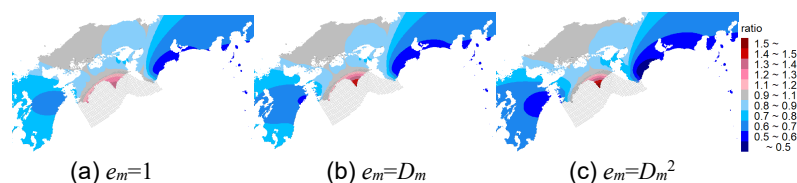


図-5 等価震源距離と断層最短距離による PGV_{b400} の比率

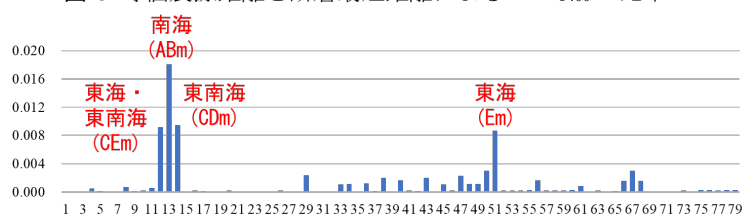


図-6 震源域1~79に属する波源断層モデルの重み

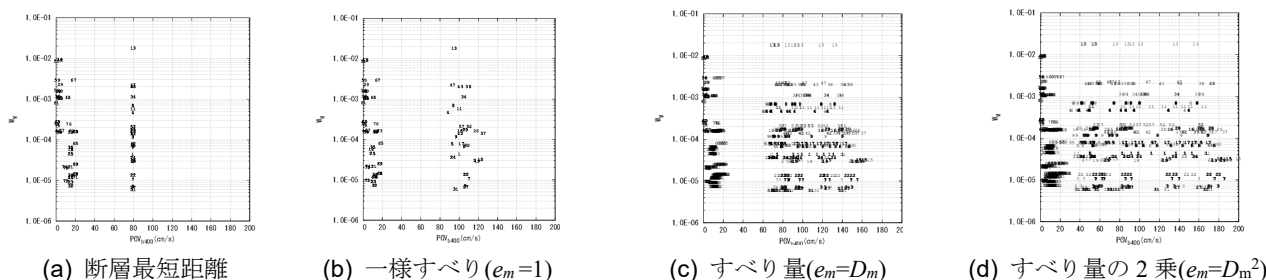


図-7 断層最短距離(a)と等価震源距離(b)~(d)を用いた場合の PGV_{b400} と波源断層モデルの重みとの関係 (数字は各波源断層モデルが属する震源域番号を表す)