

詳細法と簡便法による推定震度分布の比較とその要因分析

岐阜大学大学院
岐阜大学工学部

○岡田知樹
能島暢呂

正会員

1. 研究の目的

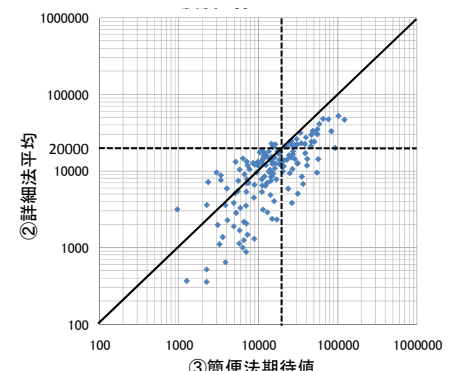
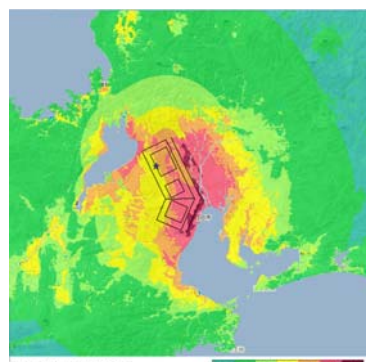
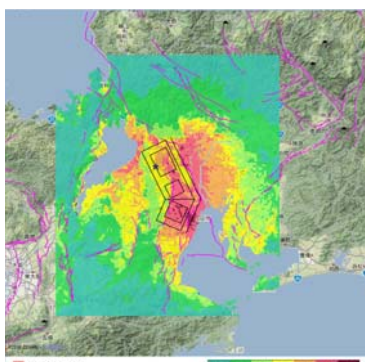
地震調査研究推進本部調査委員会は、「全国地震動予測地図」として「震源断層を特定した地震動予測地図」と「確率論的地震動予測地図」を作成している¹⁾。前者では強震動予測手法による「詳細法」が、後者では距離減衰式による「簡便法」が適用されている。これらの手法間の整合性について、個別の検討は行われているものの、多数の活断層に関する網羅的な検討事例はない。本研究では主要活断層帯を対象として、詳細法と簡便法による推定震度分布の広がりを比較検討し、両者の整合性に及ぼす影響の要因分析を行う。

2. 使用データと揺れの面積の比較方法

用いたデータは、2010 年度版全国地震動予測地図に関して（独）防災科学技術研究所の「地震ハザードステーション J-SHIS²⁾」で公開されている 4 分の 1 地域メッシュ（約 250m 四方）の震度分布データである。面積比較の近似的な方法として、所定の震度レベル以上となる震度曝露メッシュ数を集計する。「詳細法」は主要活断層帯 178 断層のうち 159 断層に適用され、延べ 512 ケース（1 断層あたり 1~8 ケース）となっている。本研究では全ケースの集計（①詳細法全ケース）を行ったうえで、各断層の複数ケースに関する平均値を集計した（②詳細法平均）。一方、「簡便法」は 178 断層すべてに適用されている。距離減衰式の中央値に基づく震度分布を用いた集計（③簡便法期待値）、 $\sigma=0.45$ のばらつきを考慮した集計（④簡便法平滑化）、各震度レベルの超過確率を算出した条件付超過確率地図による集計（⑤超過確率期待値）を行った。

3. 震度曝露メッシュ数の集計結果と詳細法・簡便法の比較

養老-桑名-四日市断層帯（図 1）を例にとると、震度 6 弱以上の面積は、②詳細法平均で 35002 メッシュ、③簡便法期待値で 55833 メッシュ、④簡便法平滑化で 66777 メッシュ、⑤超過確率期待値で 64879 メッシュとなった。すべての活断層について集計を行った結果、全般的には、④簡便法平滑化>⑤超過確率期待値>③簡便法期待値>②詳細法平均の順に大きな値をとる傾向が確認された。図 2 は、ばらつきを考慮しない③簡便法期待値（横軸）と②詳細法平均（縦軸）による震度曝露メッシュ数を比較したものである。20000 メッシュ以下の領域では、ばらつきが大きいものの、②詳細法平均と③簡便法期待値は良い対応を示している。一方、20000 メッシュ以上の領域では、簡便法期待値は詳細法平均よりも系統的に大きな値をとっている。



(a)詳細法による震度分布（ケース 1） (b)簡便法による震度分布
図 1 詳細法および簡便法による震度分布（養老-桑名-四日市断層帯）

図 2 震度曝露メッシュ数の比較
（震度 6 弱以上）

4. 詳細法と簡便法による揺れの広がりの違いの要因分析

図 2 に見られる揺れの広がりの違いの要因分析を行うため、震度曝露メッシュ数を用いて、面積比 r （②詳細法平均÷③簡便法期待値）を定義する。影響要因として本研究では、モーメントマグニチュード M_w 、

深部地盤深さ³⁾ D [m] (D_{700} : $V_s=700\text{m/s}$, D_{1700} : $V_s=1700\text{m/s}$, D_{2700} : $V_s=2700\text{m/s}$ 層の上面深度), 平均せん断波速度 $AveV_s$ [m/s], 断層タイプ $Type$ (横ずれ断層: 0, 縦ずれ断層: 1) に注目した. D と $AveV_s$ を求めるにあたって, 詳細法の解析領域を 16 分割した中央部分の 4 分の 1 を対象領域として, その内部での平均値を採用した. 震度 6 弱以上の面積比 r と各要因の関係を図 3 に示す. M_w 以外は常用対数をとって表示している. 面積比 $\log r$ と M_w の間には負の相関 (相関係数 $R=-0.49$) が見られる. 簡便法では, 断層の不均質すべりの影響を考慮せず, 断層最短距離と距離減衰特性に基づいて地震動強度が評価されるため, M_w が大きくなると, アスペリティを考慮した詳細法よりも面積が広くなると解釈される. 移動平均線はやや下に凸の形状を示す. また $\log r$ と深部地盤深さの常用対数 ($\log D_{700}$, $\log D_{1700}$, $\log D_{2700}$) 間には正の相関 ($R=0.47\sim 0.54$) が見られるが, 一定以上の深さで飽和する傾向にあり, 移動平均線は上に凸の形状を示す. 一方, $\log r$ と $\log AveV_s$ は弱い負の相関 ($R=-0.35$) を示すが, 移動平均線から判断すると, 平均せん断速度が一定以上になると急激に面積比が低下する傾向がみられる. 断層タイプ $Type$ と $\log r$ との間には明確な関連性は見られない.

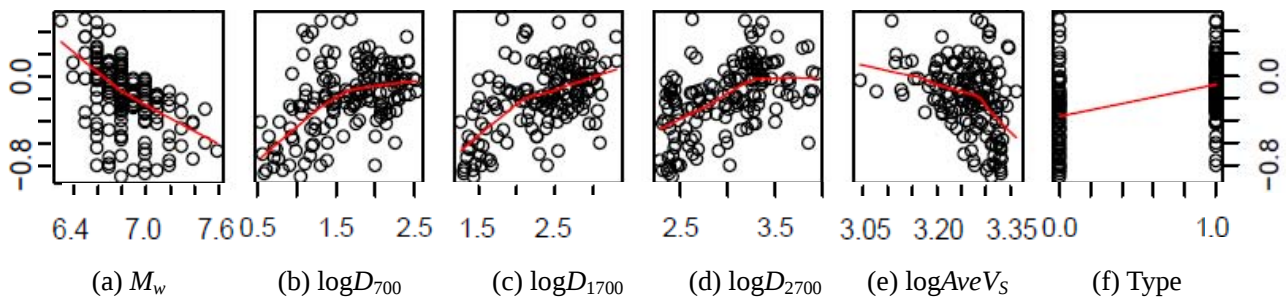


図 3 面積比 $\log r$ (詳細法÷簡便法, 縦軸) と各要因の関係 (震度 6 弱以上)

5. 重回帰分析による予測モデル式の構築

詳細法の簡便法に対する面積比 r を目的変数, 上記の各要因を説明変数とする重回帰分析を行い, 予測モデル式を構築する. 図 3 に表示された移動平均線の傾向を踏まえ, 予測モデル式としては, まず各説明変数の 2 次の項まで考慮しておき, 変数減少法を適用して, 赤池情報量規準 AIC が最小化されるモデル選択を行うこととした. 震度 6 弱以上に関する面積比 r について得られた予測モデル式を示す.

$$\begin{aligned} \log_{10} r = & 17.416 - 4.490M_w + 0.279M_w^2 \\ & + 0.821 \log_{10}(D_{700}) - 0.228\{\log_{10}(D_{700})\}^2 \\ & + 0.795 \log_{10}(D_{1700}) - 0.187\{\log_{10}(D_{1700})\}^2 \\ & + 0.337 \log_{10}(D_{2700}) - 0.226\{\log_{10}(AveV_s)\}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

震度 6 弱以上における面積比 r の実測値 (縦軸) と予測モデル式による予測値 (横軸) を図 4 に比較した. 高い相関 ($R=0.829$) を示しており, 詳細法と簡便法の揺れの広がりの違いを, 式(1)でかなり説明可能であることが確認できた. なお, 1:1 線に並行するプロットは 95%信頼区間を示す.

今後, 簡便法による地震動予測手法の高度化や, 「震源断層を特定した地震動予測地図」と「確率論的地震動予測地図」の融合を目指して, 定量的な検証を進める方針である.

参考文献: 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会: 「全国地震動予測地図」 2010.5. 2) (独)防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション (J-SHIS) ホームページ 3) (独)防災科学技術研究所: 強震動評価のための全国深部地盤構造モデル作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第 337 号, 2009.12.

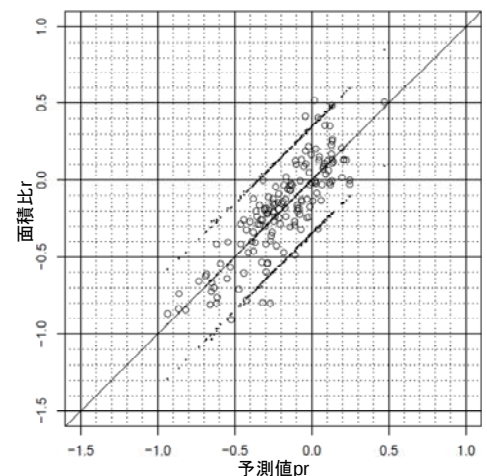


図 4 面積比 r の予測値と実測値の比較 (震度 6 弱以上)