

地震マグニチュード系列の予測と検証

統計数理研究所／東京大学地震研究所 尾形良彦

地震のマグニチュード分布に関する伝統的な基本モデルは、以下によるものである。

すなわち、常に同じ係数の指数分布（Gutenberg-Richter 則）

$$F(M | b) = 1 - 10^{-b(M - M_c)} = 1 - e^{-\beta(M - M_c)}; \quad M \geq M_c, \quad \beta = b \log_{10} e \quad (1)$$

に則り、係数 b は日本地域基準値では $b = 0.9$ で、独立同分布の時系列モデルである。

本講演では上記モデルの対立仮説として以下の3つのモデルを考え、予測し、実際の結果をもとに情報利得（対数尤度比基準）によって、標準 Gutenberg-Richter 則と比べた予測性能を評価する。

第1のモデルは、Gutenberg-Richter 則（1）式の係数 b が地震の発生位置 (x, y) に依存する場合である。すなわち関数 $\beta(x, y) = b(x, y) \log_{10} e$ をベイズ推定で求めて、それによってマグニチュード系列の独立性を仮定するが、地域的に異なるマグニチュード分布で予測する。

第2のモデルは、係数 b の逆数 σ に関する指数分布 $F(M | \sigma) = 1 - e^{-(M - M_c)/\sigma}$ を考えたときに、 $\sigma(t_i, x_i, y_i)$ が近傍の地震のマグニチュード履歴の自己回帰型モデルによって変化するものとして予測する。

第3のモデルは、地震発生の時・空間・マグニチュードの集中度などに基づく予測モデルである。まず地震活動を地震の群れまたは孤立地震として分離し、それらの先頭の緯度経度の座標を使う。特に地震が群れをなす場合、各々の群内の地震間の集中度およびマグニチュード変動を説明変数として、logit モデルによって統計的識別を行う。これに基づいて、1か月以内に、これまでよりマグニチュードが $\Delta M = 0.5$ 以上の大きな地震の出現し易さの確率を求め、それに基づいて群内の将来の地震についてマグニチュード予測分布を逐次構成する。

これらのモデルの予測パフォーマンスを、基準 Gutenberg-Richter 則モデル（1）に対する対数尤度比基準（情報利得）によって比較した結果、第3モデルを除いて、予測性能は基準モデル（ $b = 0.9$ ）を上回っていないということになった。その詳細な結果と理由を診断解析によって示す。

キーワード： 指数分布、位置依存係数モデル、時空間自己回帰型モデル、地震クラスタの統計的識別