

北海道・東北東方沖で発生する相似波形地震の発生確率予測

Probabilistic forecast for small events with identical waveform repeating on the interplate asperities east off north Japan

岡田 正実 [1]; 内田 直希 [2]; 高山 博之 [3]; 弘瀬 冬樹 [1]; 前田 憲二 [1]

Masami Okada[1]; Naoki Uchida[2]; Hiroyuki Takayama[3]; Fuyuki Hirose[1]; Kenji Maeda[1]

[1] 気象研; [2] 東北大・理・予知セ; [3] 気象研究所

[1] MRI; [2] RCPEV, Graduate School of Sci., Tohoku Univ.; [3] M.R.I.

北海道・東北の太平洋側沖合で相似波形の小地震系列が、東北大学のグループによって多数見出されている。プレート境界面上の小アスペリティで発生していると考えられており、その繰り返し過程はプレート間大地震と基本的に同じである。相似地震は、発生間隔が短いし、多数のデータがあるので、長期発生確率予測を評価するうえで、好都合である。各系列のデータが少なく、大数近似を使った予測は適当でないので、ベイズ統計を用いて、対数正規分布モデルで確率予測を行い、その成績を調べた。

【統計モデル】 更新過程対数正規分布モデルを採用し、発生間隔 T の自然対数 $X=\ln(T)$ が正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うものと仮定する。パラメータ値は、地震系列ごとに異なるが、いろいろな系列を集計すると、一定の分布（事前分布）に従うものとする。平均 μ には一様な事前分布を採用し、分散 σ^2 には逆ガンマ分布を使用する。逆ガンマ分布のパラメータは、形状を表す ϕ とスケールを表す ζ であるが、今回は、岡田・他（投稿中）が求めた $\phi=2.5$ 、 $\zeta=0.437$ を使用した。観測データ X_i は、正規母集団から無作為抽出で得られた標本と見なされ、その平均 m や不偏分散 V は、同じ系列であってもデータセットごとに異なる統計量である。特定の地震系列で、最後の地震から次の地震までの時間間隔の自然対数 $X=\ln(T)$ の分布は、 n 、 m 、 V 、 ϕ 、 ζ 及び自由度 $n+2\phi-1$ の t -分布式を使って理論的に表される。最後の地震から、予測時（観測データの終了時点）と予測期間終了時までの経過時間に対応する値（ $=\ln(T)$ ）を X_p と X_f とすると、予測期間内に地震が発生する確率は、 $\{X_p < X < X_f \text{ の確率}\}$ を $\{X > X_p \text{ の確率}\}$ で割ったものであり、表計算ソフトで容易に計算できる。

【地震発生確率予測の結果と成績】 使用したデータは、1984年から2006年7月8日24時までの相似地震系列で、 M の平均が2.9以上、地震（余震等を含む）が5個以上ある103系列である。予測時点は、データの終了時点と同じで、予測期間は2006年7月9日～12月31日の約6ヶ月間とした。

求めた予測発生確率の分布は、

10%以下：27系列(2)、10 - 20：24(4)、20 - 30：32(10)、30 - 40：8(2)、

40 - 50：6(4)、50 - 60：4(2)、60 - 70：2(2)、70%以上：0系列(0)

である。括弧内の数は実際に相似地震が発生した系列数である。期待値（予測確率の合計）は21.9であったが、実際は26系列で発生した。予測確率がやや低めであるが、26系列以上で発生する確率は17.5%であり、両者の差は統計的に有意ではない。確率予測の精度を表すブライアスコア（Brier score）は0.161であり、東京の2日先の天気予報より劣るが、3日先の予報よりいくぶんよい。今回の確率予測は“かなりいい成績”であると思う。

【注】予測発生確率を P 、現象の有無を $E=1$ （発生）または $E=0$ （不発生）とすると、全予測に対する $(P-E)^2$ の平均が Brier score で、小さいほど優れた確率予測である。