

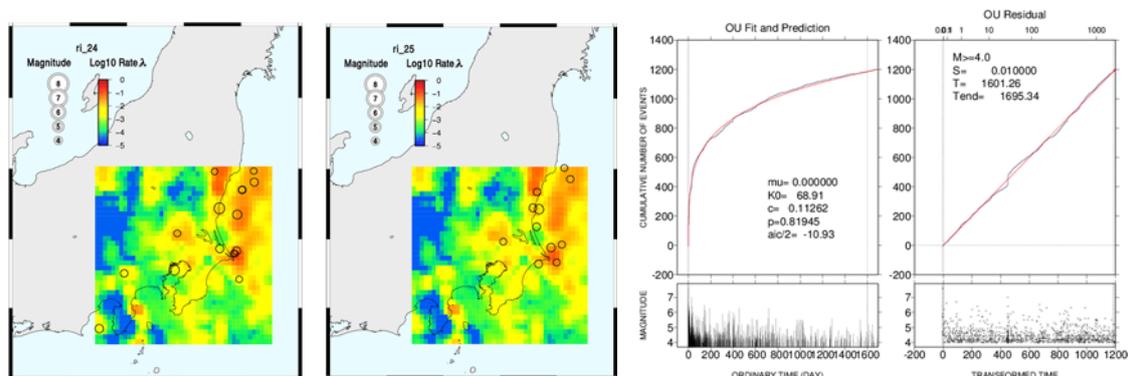
CSEP 参加グループによる予測手法：予測と実際の活動の比較検証

東京大学地震研究所 鶴岡弘

現在日本においては、地震活動に基づいた地震活動評価による地震発生予測検証実験が Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP) プロトコルに基づき実施されている。CSEP とは、地震予活動予測を客観的に評価する枠組みおよびその基盤のことである。すべての地震活動予測モデルは、同一の地震カタログを学習データとして予測パラメータが最適化され、実際の予測がなされる。予測は、事前に実施され、予測結果は共通の手法により評価がなされる。実際の予測は、テスト領域を矩形に分割し、マグニチュード (M) は、0.1 刻みで分割され、小領域とその分割された M 規模ごとに、地震の予測数を算出したテーブルを生成し、そのテーブルを実際の観測と照らして評価する。今回の比較検証は、関東領域の将来の 3 ヶ月を予測する 2 ラウンド分を実施した。

CSEP による予測の評価は、地震発生の予測数が λ 、観測数が ω であった場合の実現確率 $p(\omega|\lambda)$ の対数尤度である $\log p(\omega|\lambda) = -\lambda + \omega \log \lambda - \log \omega!$ が評価のインデックスとなる。これを小領域×地震規模の分割毎の予測数と実際の観測数から評価されることになる。この数値が大きいのほど良いモデルである。この評価指数の特徴は、地震が起きることだけではなく起こらなかったということも考慮している。なお、CSEP による評価指数ではないが、一般的に使用されているものに情報利得 (Information Gain) がある。この指標は、モデル A の対数尤度値を L_a 、モデル B の対数尤度値を L_b 、観測地震数が N の場合には、 $(L_a - L_b)/N$ で定義される指標となる。IG が 0 より大きい場合には、モデル B よりモデル A がよいことを示す。通常比較の元となるモデル B は一様空間期待値分布モデルなど非常に簡単なモデルを採用してこの値を算出する。

今回地震活動の予測に採用したモデルは、過去の地震活動を基本とした Relative Intensity (RI) モデルを使用した。空間の平滑化半径は 10km、1998 年から予測期間前までに発生した地震を学習データとした。なお、地震の予測数については、大森宇津則のパラメータを用いて算出した。2015 年 8 月からの 2 ラウンドの予測を CSEP によるテストを用いて評価を行ったが、両ラウンドとも RI モデルによる予測が観測を満たしているとの結果を得た。また、大森宇津則による地震数の予測はモデルの改善に貢献していることもわかった。なお、一様空間期待値モデルを基準とした情報利得値は、各ラウンドでそれぞれ 1.245、1.131 となり、2015 年 11 月からのラウンドの予測が 2015 年 8 月からのラウンドの予測よりも難しかったようである。



図：(左, 中) 2015/08/01-2015/11/01 および 2015/11/01-2016/02/01 の予測期間による地震活動予測モデルによる空間分布図と実際の地震の震央。(右) 大森宇津則による地震数の予測と観測との比較。2011 年 3 月 11 日を基準として大森宇津則のパラメータを決定している。