

内陸地震予測の統計地震学の進歩と課題： 阪神・淡路大震災から 30 年

尾形良彦 統計数理研究所

兵庫県南部地震後、地震調査研究推進本部が発足し、部会の地震調査委員会では、「長期地震発生確率」と「余震確率」の2つの評価手法検討小委員会で筆者は委員として助力した。これらの確率予測が、統計地震学的にどのように進展し、現在どのような課題があるか、筆者と協力者の研究を、統数研の予知連報告（会報）を中心に振り返る。

1. 活断層に基づく長期予測

Brownian Passage Time (BPT) モデルで地震発生時間の誤差間隔を考慮したベイズ事後分布で評価することを提案した。これから不確実性や地域性の確率予測も可能である。

2. 背景地震活動度による内陸大地震の長期予測

階層時空間 ETAS (HIST-ETAS) モデルの背景地震活動率は、長期の異なる学習間隔において不変である。背景地震活動率が高い地域は、 $M \geq 6.0$ の長期的（約 30 年間）地震発生場所や、歴史的被害地震の位置の発生場所を良く予測する。

3. 余震のリアルタイム予測

本震直後の欠測率を考慮した大森・宇津型モデルのオンライン余震予測法が可能になり、NIED では 2017 年 4 月から Hi-net 自動震源カタログに基づくリアルタイム予測の試験運用をしている。熊本地震や Ridgecrest 地震の様に、最初の本震より大きな後続地震（大余震）が発生する 1 日～数日の確率予測は、そうでない場合の予測より有意に大きい。ETAS モデルに拡張した準リアルタイム中期予測も可能になった。

4. HIST-ETAS モデルの時空間予測と評価

2018 年までの気象庁の内陸データで学習した短期予測の評価は、尤度比スコアで期間 2019 - 2023 年を通して詳細 HIST-ETAS モデルが概して優れている。しかし学習期間中に地震活動が低かった地域では、非ベイズ型時空間 ETAS モデルの方が優れて安定している。

5. 兵庫県南部周辺域の地震活動の回顧的異常について

M7.3 地震の余震や兵庫県南部地域・丹波地域・和歌山市直下の地震前後の地震活動の相対的静穏化・活発化などについて報告した。

6. 多項目確率予測の実施にに向けて（課題）

相対的な静穏化や活発化（ETAS 残差異常）は大地震や大きな余震の必然的前兆ではないが、それは将来どのくらいの時間後に、どの辺で起こる可能性が高いのか予測する。同様に大地震・大余震との相関関係の研究事例として、余震活動の時空間的非均質性、一過性群発地震活動と Slow Slip, GNSS 測地データの残差解析、などを紹介した。前震の確率的識別をはじめ、これらの確率利得（リスク拡大）をモデル化して時空間の多項目予測に組み込むことが考えられる。何かしらの残差異常が認められたとき、その出現は、この範囲、この期間の大地震の発生確率を、標準モデルのものと比べて、この程度まで増加（または減少）させると言えるようになればよい。不意打ちの大地震をできるため避ける為に、的中率が低く空振り率が高くても、多くの残差異常を系統的に収集し確率利得を求める必要がある。