

11 - 7 第 241 回地震予知連絡会重点検討課題「予測実験の試行 (09) 地震活動の中期予測の検証」の概要

Trials of experimental forecasts of crustal deformation and seismicity #9: Validation of intermediate-term seismicity forecasts

堀高峰 (海洋研究開発機構)・遠田晋次 (東北大学災害科学国際研究所)・予測実験 WG
Takane Hori (JAMSTEC)・Shinji Toda (Tohoku Univ.)・WG for experimental forecasts

1. はじめに

当重点検討課題は、「地殻活動・地震活動のモニタリングとして何が重要かを検討し、今の予測能力の実力を把握・提示するために、今後、予測実験の試行を行うことが有効である」という平成 25 年度将来検討 WG の提言から始まった。その後、約 7 年間に 8 回にわたって重点検討課題に取りあげられ、延べ 45 名による発表が行われた。前震・群発地震、余震・ETAS、検証・評価法、物理モデル・発生メカニズム、東北沖余効変動・地殻変動、 b 値変化、静穏化、震度予測、異常組み合わせなど、多岐にわたる研究成果が示された。その中でも、軸となったのが相応に確立された予測手法に関する半年～1 年間の予測と観測結果の比較検証である。最新の第 233 回地震予知連絡会で、これらの予測手法の一部 (下記 4 手法) については「試行」から「実施」に踏み出すこととなった。これを受けて、令和 4 年 5 月に運営検討部会の傘下に「予測実験 WG」が設置され、1) 定例会における報告方法、2) 報告する予測事項の選定、3) 報告された予測の評価・とりまとめ、4) 新たな予測実験項目の提案・選定、の検討が始まった。その後、WG からの提案・本会議での承認を経て、第 238 回 (令和 5 年 2 月) より「地殻活動モニタリングに関する検討」枠の最後に「地殻活動の予測に関する報告」として 1 課題ずつの報告が実施されることとなった。

- 1) 階層的時空間 ETAS モデルなどによる短期・中期の地震確率予測と検証評価 (第 238 回)
- 2) 気象庁震度データベースを用いた地震予測 (第 239 回)
- 3) 地殻変動予測：東北沖地震の余効変動 (第 240 回)
- 4) 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法 (第 241 回)

予測実験 WG における検討項目の 1 つに「新たな予測実験項目の提案・選定」がある。現状の定期報告は、数ヵ月～1 年にターゲットを絞ったものであり、例えば 5 年～10 年といった、より長期の検証が必要な予測手法もある。今回は、数年程度の期間を中期予測と定義し、中期的視点でなければ議論できない内容を取りあげた。具体的には、5 年前の重点検討課題 (2018 年、第 221 回予知連) で扱った大地震に先行する地震活動静穏化、地震サイズ分布 (b 値) の時空間変化を振り返った。加えて、中規模繰り返し地震、長期継続する群発地震活動に関する最新の研究成果についても紹介していただき、中期予測の予測能力の検証と課題整理を行った。

2. 研究紹介と議論の概要

2 - 1. 北海道東方沖の相対的地震活動度の静穏化のその後：有意検出から 10 年後の現状 (地震予知総合研究振興会地震調査研究センター 松浦律子氏)

5 年前の解析では 2016 年に静穏化が回復した可能性があるとしていたが、現在まだ完全に地震活動度が復活した状態ではなく、 $M6$ 程度の地震が散発的には発生している状況であり、千島海溝東部よりは活動は低調であるが、「静穏」ではない。2011 年東北地方太平洋沖地震は、弾性的にも、

粘弾性的にも、この領域のプレート境界地震に対しては、地震発生を促進する影響を与えるので、「静穏化の終了」と検出されたものは、2011 年地震による余効変動効果が、静穏化過程を僅かに上回ったことによる可能性もある。地震発生数が未だに少ないので、能動的に当該地域の物性状態などを繰り返し計測するなど、場の状態の検出や、験潮・GNSS データによる地殻変動の時系列データ詳細解析が必要である。

2-2. 地震活動静穏化仮説に基づく予測実験（北海道大学大学院理学研究院 勝俣啓氏）

ここでの地震活動静穏化とは、大地震に先行して数年から 10 数年程度、震源域付近の定常的な地震活動が低下する現象を指す。静穏化仮説を統計的に検証するため、過去に発生した地震を予測した。「11 年以上の静穏化が検出されたら、半径 60km 以内を 7 年間警報オンにする」というルールで警報を出すと、適中率が最大（75%）になる。ランダムに警報オンにした場合と比較すると、2 倍程度予測性能が向上した。警報オンでも大地震が発生しない場合（空振り）が多いことも判明。最新の予測マップでは根室・十勝沖から千島南部で警報オン状態である。

2-3. 北海道・東北沖の地震サイズ分布（b 値）の時空間変化（静岡県立大学グローバル地域センター 楠城一嘉氏）

北海道・東北沖におけるグーテンベルグ・リヒター則の b 値の時空間変化を調べた。東北沖地震前に減少した b 値は現在高い値を維持している。十勝沖地震の震源域の東側では b 値は減少中で、東北沖地震前に観測された値に近づきつつある。この領域は応力が高まりつつあると示唆される。同領域は静穏化が継続中の地域に含まれ、十勝沖地震の前よりもプレート間の固着が強くなったと考えられる地域にも含まれる。北海道沖の丁寧な監視を今後も継続することが課題。

2-4. 日本海溝沿いの繰り返し地震活動とその繰り返しの特徴（東京大学地震研究所 内田直希氏）

小中規模の繰り返し地震は、数年程度の短い期間で断層上の同じ場所で起こる。繰り返し地震は、大地震のミニチュア版として、あるいは断層上のクリープメータとして用いることができ、以下のような点で中期的な地震発生予測の高度化に貢献できると考えられる。1) 将来の震源域周辺での地震活動の時空間変化に関する普遍的な特徴の解明。2) 载荷レート等、地震の規模を決める要因の解明。3) 固着域周辺での断層クリープのモニタリングによる地震発生確率の変化の推定。4) 地殻変動/地震サイクルモデリングの改良による地震発生予測の高度化。

2-5. 能登半島群発地震の経過と大地震前後の異常活動の解釈（統計数理研究所 熊澤貴雄氏）

2023 年 1 月頃以後の北西部領域の静穏化や南部領域震源の東方への拡散、GNSS 観測点間の斜距離増大は M6.5 地震の深部でスロースリップを仮定したモデルによる応力変化や地殻変動と矛盾しない。M6.5 発生前の 1 日間に本震付近の発生強度が低い部分で纏まった数の地震 ($M \geq 1.0$ の地震が 8 個) が発生した。本震 M6.5 とその最大余震 M5.9 も同様に低い所で起こった。2022 年 6 月 20 日の M5.0 (22 年 6 月 19 日 M5.4 の最大余震) から 23 年 5 月 5 日の M6.5 にかかるストレス場に沿って地震が発生した。これは深部から浅部への流体の移動を示唆する。大森宇津モデルを M6.5 本震から最大余震 M5.9 前までで当て嵌めると、最大余震付近での相対的な空白が明瞭になる。これは最大余震周辺でのゆっくりすべりで本震で誘発された余震活動にストレスシャドウが生じたためである。群発地震開始から 23 年 11 月 12 日までのカタログに非定常 ETAS モデルを適用すると、背景強度は本震以降に各地域で一様に減衰し、再び上昇した。これは本震によって一旦捌けた流体の分布が時間を置いて回復したものと考えられる。

3. 議論とまとめ

千島海溝（根室沖～十勝沖）では、大地震に先行する静穏化が複数の手法で見られ、 b 値のさらなる減少も確認されたことから、これらの領域は大地震の発生可能性が高く、引き続き注意が必要であり、より能動的な監視が望まれる。また、小中地震の繰り返し間隔の揺らぎとクリープとの関係、あるいは群発地震の時空間変化とスロースリップとの関係を用いると、予測実験を構成できる可能性があると考えられる。今後も、今回報告したような中規模～大規模地震につながる中期予測について、数年に一度総括して評価を行うことが重要である。