

12 - 7 第 229 回地震予知連絡会重点検討課題「予測実験の試行 07 - 地震活動予測の検証 -」の概要

Summary of “Trials of experimental forecasts of crustal deformation and seismicity #07: Validations of seismicity forecasts”

遠田 晋次 (東北大学災害科学国際研究所)

Shinji Toda, International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS)

地震発生の予知・予測に関する研究の現状を正しく社会に伝えることが、地震予知連絡会の役割の 1 つである。そのためには、多数の既往研究論文のように、過去に遡及してモデルの予測能力を評価することが求められるが、明確にルール化されたフレームワークのもとで将来予測を逐次提示し、その後に得られた観測結果と比較して客観的・定量的に評価することも重要である。一般に、前者をレトロスペクティブテスト (retrospective test)、後者をプロスペクティブテスト (prospective test) と呼ぶ。プロスペクティブテストの重要性は、Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP, 地震活動予測実験) で度々強調され、テストの明確なルール作りや使用データの統一化、モデル提出者と評価者を分離するなど、評価の厳密性や客観性が担保されるような努力が進められてきた (例えば、Scholemmer et al., 2007, Nanjo et al., 2011)。予知連では、そのような昨今の予測評価研究のトレンドと 2011 年東北地方太平洋沖地震後の顕著な地殻変動や地震活動変化を受けて、予測実験を逐次進めることとなった。2015 年 8 月以降、「予測実験の試行について」と題して、プロスペクティブテストの概念にしたがい、地殻活動・地震活動予測に関する多様なモデルや確率利得等の客観的評価軸を提示・検討してきた。過去 6 回の報告では、半年～1 年間毎に次回までの予測とその後の観測結果が比較検証され、モデルや評価法の改善につながる提案がなされた。同時に、物理モデルや新手法の提案、既往モデルの課題や改良案などの発表もあり、実験を進行させつつも地震研究者のコミュニティとして、最善のモデルを追求する前向きの議論も続けられてきた。ただし、準定期的に報告される性質ゆえ、地殻活動モニタリングと重なる内容も散見されることになり、ややインパクトに欠ける側面もあった。また、一部に難解なモデルもあり、予知連内での議論が不十分なだけでなく、「予測実験の試行」内容が噛み砕かれたかたちで社会に広く正確に伝わらない部分もあった。そのことから、最初の試行から約 5 年経った現在、まずは地震活動予測のみに焦点をあて、各種モデルの長所・短所などを総括し、今後の課題と展開をはかるという目的で、代表的な予測モデルの研究に従事してきた方々に現状を紹介していただいた。以下に発表概要を記し、総合討論でのコメントを加えた。

1) 気象庁震度データベースを用いた地震予測の過去 5 年間の評価

滋賀県立大学の小泉尚嗣氏からは、2001 年以降の気象庁震度データベースを用いた都道府県別のプロスペクティブ予測とその評価についての紹介があった。2001 年～2010 年の都道府県別の震度 4 以上の平均的な地震発生間隔を用いて、2020 年 1 月～9 月の発生状況を見ると、的中率は 80% となることが示された。また、予知連での予測実験が始まった 2015 年以降の 1 年間の平均的中率は 0.83 となる。きわめてシンプルな予測手法にも関わらず、通常地震活動を用いることにより、ある程度の地震発生予測は可能である。一般市民におおよその相場観を理解してもらうのに十分であることが強調された。小泉氏のモデルは一般市民にも容易く理解できる内容でもあり、まずは巷の科学

的根拠に基づかない複雑怪奇な予知予測を払拭する上でも重要である。

2) b 値に基づく大地震発生予測のモデルレビュー

静岡県立大学の楠城一嘉氏からは、地震規模別頻度分布のグーテンベルグ・リヒター則の b 値の時空間変動を用いた予測の総括が行われた。一般的には低い b 値が大地震発生につながりやすく、物理的にも b 値が地域的な差応力と逆相関を示すことが示された。特に、楠城氏自身のカリフォルニア州リッジレスト地震などでの続発大地震の事例では、最初の M6 級後に b 値低下がみられ、それが続く M7 級の本震発生につながった。同様な続発大地震例を調べた研究では、b 値時間変化を用いて続発地震の警報レベルを信号機のように青・黄・赤で表示する試みなどについても紹介された。ただし、熊本地震の布田川断層帯の地震活動など一部の例外もあり、低 b 値が大地震の先行現象となるかどうかは依然検証が必要である。また、b 値変化は東北地方太平洋沖地震後の応力回復、南海トラフ巨大地震震源域の固着状況の指標になることが示されたが、応力変動や応力伝播、断層強度変化など地震・断層の物理との関連に関しては今後も十分な検討が必要とのこと。

3) 階層的時空間 ETAS モデルに基づく予測

統計数理研究所の尾形良彦委員からは、短期、中期、長期の 3 つの視点から、時空間 ETAS モデルによる日本列島の地震活動予測の現状と展望を紹介いただいた。特に時空間を階層化した HIST-ETAS を用いた解析では、日本列島とその周辺の明瞭な背景地震活動 (background seismicity) を示すことができ、普段の地震活動の相場観を理解することができる。小泉氏のアプローチとは別に独立した手法で地震活動の地域性を示すという点でアウトリーチでの利用が期待される。また、短期には東北地方太平洋沖地震での検証例や履歴に依存するマグニチュード分布からの前震識別の予測性能検証が示された。中期予測に関しては ETAS を用いた相対的静穏化、長期予測に関しては数少ない古地震履歴データからどのように発生確率を算定すべきかなどについて、昨今の検討事例が紹介された。今後は海底地震観測網の充実などともなう、地震検出率の向上が考えられ、階層 ETAS の役割や予測精度が高まるものと期待される。

4) 階層的アスペリティを前提とした短期前兆

東京大学地震研究所の中谷正生氏からは、まず、大地震の準備過程に関して、ゆっくりすべり (プレスリップ) から加速度的不安定すべりに発展する場合と、小破壊からカスケード的に大破壊に発展する場合の 2 つの概念モデルが示された。これまでは予測に直結する前兆過程の検出は前者の考えに従っていたが、実際は後者である場合が多く、「結果としての前震」「結果としての前兆」と理解できるとのこと。この場合、前者の従来の考え方で予知予測はひとまず否定されるが、後者はトリガリングを考慮した確率算定に有効である。このようなカスケード的破壊は、階層的アスペリティモデルでも説明でき、従来からのプレスリップ遅延破壊についても完全に矛盾するわけではなく、確率利得を示せる点で有用である。物理モデルやメカニズムに関しては今後も追求していく必要があるが、確率を通じて現時点でもある程度の定量的評価を公表することは可能であろう。

参考文献

- 1) Schorlemmer et al. (2007), *Seismological Research Letters*, **78**, 30-36. doi: 10.1785/gssrl.78.1.30.
- 2) Nanjo et al. (2011), *Earth Planets Space*, **63**, 159-169. doi: 10.5047/eps.2010.10.003.