

実践的地震予測に向けた研究について Research towards practical earthquake forecasting

尾形 良彦^{1*}

Yoshihiko Ogata^{1*}

¹ 東京大学生産技術研究所, ² 統計数理研究所

¹Institute of Industrial Science, University of Tokyo, ²The Institute of Statistical Mathematics

直接的に見えない地殻内部の断層やストレス、複雑で多様な地震発生のシナリオ、それに不明な要素の数々。依然として尽きないこれらを総合的に考えて未来を予測するには、確率予測が避けられない。大地震の予測の手掛かりになるのは各種の観測データの異常現象であろう。しかし、それが大地震の前兆なのか、どの程度切迫性があるのかなどの識別には大きな不確定さが伴う。一般に切望されているような決定論的地震予知は難しく、危険性を数量的に示す確率的予測が必要となる。予知につながりそうな定性的な知見が出て、その定量的なモデリングが伴わないと困る。

地震予知の特効薬探しではなく、組織的に地震予測可能性を探る国際的共同研究(CSEP)が主要地震国で連携して進められている。これは地震活動の統計的モデルの開発を促し、確率予測の性能を評価することを当面の目標とする。それは、地震活動、地殻変動や電磁気変動などの様々な観測異常による各種の地震予測法の有意性と「確率利得」を評価できるインフラ(共通基盤)を整備することでもある。ここで確率利得とは「大地震の確率予測が相場の確率にくらべ何倍高くなるのか」という意味である。

CSEPはまず、世界の各地域に適合した相場の地震活動モデルの成立と、それらの改訂を進めるのである。その際、予測の成績を測るものとして「尤度」が合理的なものと考えられている。もし有用な知見が組み込まれた新予測方式が出てくれば、相場モデルと比較して、予測力が向上したか否かの評価ができる。

もとより、大地震を少しでも高い確率利得で予測するためには地震発生の仕組みや観測異常現象の包括的な研究が不可欠である。そもそも何かしらの異常が認められたとき、それが来るべき大地震の前兆であるか否かの識別は容易でない。しかし、黒白の判別は不可能としても、この異常の出現は、この範囲、この期間の大地震の発生確率を、相場のものに比べて、この程度まで増加させると言えるようになればよい。このように、異常現象の大地震発生への前兆性や切迫性の不確定性を見積もる必要があり、これには数多くの事例を地道に研究しなければならない。それらの知見をどの様に組み込んで、相場モデルを超える確率予測を実現するのが課題である。

実用的な確率地震予測のための研究の鍵は有意な異常現象を多数考慮して、各々の確率利得を高め、ベイズの公式から導かれる複合予測式を適用することである。これによると全確率の利得は近似的に個々の確率利得の積である。本講演では、宇津(1979)と安芸(1981年)による重要な提案を再考し、より良い確率利得の定量化モデリングに向けた幾つかの例を提供したい。

さらに、数多くの解明された地震発生過程の研究に基づいて、多様な予測シナリオが考慮されなければならない。地震発生の多様性にうまく適応するためには、所定期間や地域固有のハイブリッドモデルを検討することが有用である。地震活動のための時空間モデルはデータの増加とともに、ますます複雑になってくるが、階層ベイズモデルを考慮することにより、様々なデータの地震活動に基づいて膨大な量の情報の多様性を反映した予測モデルを開発する必要がある。統計科学の方法が複雑な現象のシステムの予測に不可欠である。同様に、測地GPSデータの統計的なモデルの開発が必要である。統計地震学の発展が地球の複雑なシステムの研究のために不可欠であると信じている。また、複雑な現象の確率予測を理解する上で、市民を教育することも、統計科学に従事する研究者や実務家の義務である。

キーワード: 確率予測, 確率利得, 複合確率予測式, 点過程モデル, 時空間モデル, 階層ベイズモデル

Keywords: probability forecast, probability gains, multiple prediction formula, point process models, space-time models, hierarchical Bayesian models