

第一回地震発生予測検証実験に関する公募

地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ（文責：東京大学地震研究所 楠城一嘉、平田直、鶴岡 弘）

最終更新：2009年5月

英語版ウェブページ

・ 1. 要旨

「地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ」（事務局、東京大学地震研究所内同研究グループ）は、地球物理学的データ（震源カタログや全地球測位システム（GPS）による地殻変動データ等）に基づく日本全土を含んだ領域の地震活動を統計予測するモデルを公募し、そのモデルの予測精度を競い合う比較研究を行う。主要目的は、統計又は物理に基づく予測手法の妥当性を検証し、地震の統計・物理法則と大・中規模地震発生の関係を理解することである。また、予測モデルの中には、限定地域だけに有効なものも考えられるので、そのようなモデルも受け付けるためにテスト地域も公募する。さらに、新たな地震予測の精度を検証する方法の開発と応用を目的とした検定方法の公募も併せて行う。これは第一回目の検証実験である。同種の実験は今後毎年行われる予定である。

・ 2. 地震予測検証実験の背景

日本における科学的な地震予知の実現を目指す研究では、地震発生のメカニズムの解明と、物理モデルによる予測シミュレーションの開発が重視され、統計的に厳密な予測システムの構築は、必ずしも中心課題ではなかった。しかし、来年度から始まる次期予知研究計画「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」では、その予測システムの開発が主要課題となり、その課題を担う“地震活動評価に基づく地震発生予測”が、地殻活動予測シミュレーションと並んで新しく研究項目となった。本検証実験は、この課題の一部を担うことになる。つまり、提案された地震予知・予測手法が本当に有効か、あるいは、どんな条件で有効か等について科学的に厳密な検討ができるので、予測システム開発の基盤作りとなる。

地震予測結果を評価するカルフォルニア地域限定で先行実施されたプロジェクト "Regional Likelihood Models (RELM)" (Seismol. Res. Lett., 78(1), 2007の特集号を参照)を基にする国際研究計画 "Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP)" が、2006年から進行中である [Jordan, 2006]。CSEPの目的は、客観的かつ透明性のある地震予測実験を実行できる研究基盤環境作りであり、その過程において地震の予測可能性を探ることである。本検証実験は、CSEPとの共同研究計画と位置づけられる [楠城他, 2008]。

2008年の夏、南カルフォルニア地震センター（SCEC）とスイス連邦工科大学（ETH）の協力により、地震研究所にCSEPのデータ処理ができる計算機システムを持つ日本の検証センター設立へ向けた準備を始めた [Tsuruoka et al., 2008]。現在は、計算機システムの稼動試験を兼ねつつ、日本全土を含む領域を実験場と見立てた（図 1: pdf, jpg）、予察実験を遂行中で、異なる仮説に基づく3つの統計モデル（Triple-S、JALM、RI）が使用されている（図 2: pdf, jpg）。この実験では、事前予測テ

スト (prospective test: 本当の将来の地震を予測し、その妥当性を検証する実験) が行われている。これは、予測した時点で結果が原理的に分からないことで、予測手法が厳密に評価されうるといふ考えに基づいている。

これらの基盤を活用して、日本を実験場とした地震予測検証実験を来年度から正式に始める。研究者が開発した予測モデルの性能をこの実験で客観的に検証するので、物理モデルや統計モデルの高度化・統合化の研究進展に貢献でき、その進展により、地震発生予測の精度向上が期待される。また、予測モデルの中には、限定された地域だけに有効なものも考えられるので、そのようなモデルを受け付けるために「テスト地域」も公募する。さらに、日本独自の検定法を開発できれば国際貢献ができるという認識から、CSEP 等で使用されている従来の検定手法とは異なった予測精度を検証する手法も公募する。本検証実験関連の議論を、2009 年度地球惑星科学連合大会の国際セッション (Global Collaborative Earthquake Predictability Research) で行う。

・ 3. ルール説明

本検証実験は原則的に CSEP のルールに従う。これは、先行研究である RELM のルールと同じであるので、詳細は特集号 [Seismol. Res. Lett., 78(1), 2007] 及び、[CSEP ウェブサイト](#)を参照されたい。ここでは、日本に特化したルール等の詳細を説明する。

- ・ 3.1. 予測モデルの提案者と検証センター、予測検証実験の管理と結果の公表
 - ・ 3.1.1. 予測モデルの提案者：地震の予測モデルを検証センターに提出して実験に参加する研究者 (以下、モデラーと言う)。検証センターの同意が得られなければ、実験開始後にモデルの棄権は許されない。提出モデルは 3.3 に示すテストクラスの中の一つに属し、マグニチュード $m = 5.0, 5.1, 5.2, \dots, 9.0$ の各々について、地震の個数を事前予測する。
 - ・ 3.1.2. 検証センター：地震研究所に構築された CSEP 計算機システムを用いて、予測検証実験を統括する機関。当センターは、予測モデルを受け付け、モデラーと独立に予測精度の評価を行う。追試等を可能にするため、予測検証結果を保管する。
 - ・ 3.1.3. 提出されたモデルと予測検証結果は、検証センターの管理するウェブページで、実験に参加する研究者コミュニティにパスワード付きで公開される。モデルと予測検証結果の概要は、査読付き論文として公表する。
- ・ 3.2. テスト地域
 - ・ 3.2.1. 30km 以浅の日本全土を含む領域 (図 1: pdf, jpg)。領域を 0.1×0.1 の小地域に区切り、それぞれの小地域において、予測期間に発生する地震数を予測する。
 - ・ 3.2.2. 上述の 3.2.1 に示す地域以外の領域。限定された地域だけに適用可能なモデルの予測検証を目的として設定される領域で、モデラーからの提案に基づいて設定される。小地域の大きさも、モデラーからの提案による。
- ・ 3.3. テストクラス
 - ・ 3.3.1. 1 日予測：該当するモデルの性能評価は、いわば地震の "天気予報" を目指すモデルの検証実験である。ETAS や STEP モデルのように、余震の統計的性質を考慮した、本震の予測より余震の予測をするモデルが期待される。
 - ・ 3.3.2. 1 年予測：当クラスは、「全国を概観した地震動予測地図」(地震調査研究推進本部) で採用された予測期間 30 年より短い期間に起きる地震の予測に関して有効性を検証する実験となる。
 - ・ 3.3.3. 5 年予測：上述の 3.3.2 と同様の理由から。また、五年計画である次期予知計画の期間を最大限した利用した予測。
- ・ 3.4. 予測の対象：気象庁震源カタログ [気象庁, 2002] に収められる、最終的に確定された地震。デクラスタリングは行わない。テストクラス (3.3) に関わらず、予測期間にテスト地域 (3.2) で起きる、 $m = 5.0, 5.1, 5.2, \dots, 9.0$ の各々のマグニチュードを持つ地震の個数。
- ・ 3.5. 検定方法
 - ・ 3.5.1. テストクラス (3.3) に関わらず、CSEP で採用された検定手法を用いる。標準的な手法は、尤度に基づく N テスト、L テスト、R テストである [Schorlemmer et al., 2007]。CSEP の手法は、予測された地震活動と実際に予測期間

に起きた地震活動の類似性を定量化して、モデル間の予測結果の比較を可能にする。

- ・ 3.5.2. 日本独自の手法を開発できれば国際貢献ができるという認識から、従来の CSEP の検定手法とは異なる予測精度の検証法を公募する。

・ 4. 地震予測モデル提案

モデル提出前に、地震の個数の予測値を求める位置のリスト（緯度と経度のペアのリスト）が示されているファイル（GridML と呼ぶ）と、予測結果の出力形式（XML 形式：ForecastML と呼ぶ）に関する説明文をダウンロードする。

- ・ 地震の個数の予測値を求める位置のリスト（GridML）, [ダウンロード](#)
- ・ 予測結果の出力形式（ForecastML）
- ・ 説明文 ([Japanese](#))
- ・ [テンプレート](#)（右クリックをして表示されるメニューリストから“名前を付けてリンク先を保存”を選択して、ダウンロードする）

その後、の位置で予測値を求め、の形式で結果を出力できるように、予測モデルのプログラムコードを書き換え、検証実験へ適合するようにする。もしモデルの最適化に、気象庁地震カタログが必要であれば、当センターへその旨を伝える。GPS 地殻変動データ等の他のデータに関しては、当センターと相談のうえ決定する。

締め切り日（7.1）までに当センターへ提出する旨を伝える（予測モデル提案表明書 ([English](#), [Japanese](#)) の提出）。モデラーと検証センターのスタッフは共同しながら、プログラムコードを計算機システムへ取り込み、稼動できるようにする（本提案）。

1年・5年予測モデルについて、もしモデラーがプログラムコードの提出を好まないならば、その旨をモデル提案表明締め切り日(7.1)までに当センターへ伝える(予測モデル提案表明書 ([English](#), [Japanese](#)) の提出)。最終提出物はのXML形式で予測結果を出力したファイルとする。

・ 5. テスト領域提案

もしモデラーが特定域だけに適用可能なモデルの予測性能検定を試みるならば、そのテスト地域を提案表明締め切り日（7.2）までに当センターへ伝える（テスト領域提案表明書 ([English](#), [Japanese](#)) の提出）。手続きは検証センターと相談しながら進める。

・ 6. 検定方法提案

該当する提案の希望者は、その旨を締め切り日（7.3）までに当センターへ伝える（予測の検定方法提案表明書 ([English](#), [Japanese](#)) の提出）。手続きは当センターと相談しながら進める。

・ 7. 第一回検証実験における締め切り日と提案表明書

- ・ 7.1. 予測モデル提案表明書の提出：2009年5月21日, [ダウンロード](#) ([English](#), [Japanese](#))
- ・ 7.2. テスト領域提案表明書の提出：2009年5月11日, [ダウンロード](#) ([English](#), [Japanese](#))
- ・ 7.3. 予測の検定方法提案表明書の提出：2009年5月11日, [ダウンロード](#) ([English](#), [Japanese](#))

それぞれの提案（本提案）は、表明書提出後、約2か月間をめぐりに検証センターのスタッフと相談のうえ提出する。

・ 8. 問合せ先

〒113-0032 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学地震研究所内「地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ」事務局及び、地震発生予測検証実験センター（平田直、鶴岡弘、楠城一嘉）

- ・ e-mail: ZISINyosoku-submit@eri.u-tokyo.ac.jp
- ・ ウェブページ : <http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/ZISINyosoku>

・ 9. 謝辞

D. Schorlemmer 博士（SCEC）と F. Euchner 博士（ETH）の協力により、検証センターの計算機システムを構築しました。ここに記して謝意を表します。

・ 10. 文献

- ・ Jordan, T. H. (2006) Earthquake predictability, *Seismol. Res. Lett.*, 77, 3-6.
- ・ 気象庁 (2002) 地震予知連絡会会報, 67, 491-498.
- ・ 楠城一嘉 他 (2008) 地震活動の評価に基づく地震発生予測：世界と日本の動向, 日本地震学会ニュースレター, 20, 16-20.
- ・ Schorlemmer, D. et al. (2007) Earthquake likelihood model testing, *Seismol. Res. Lett.*, 78(1), 17-29.
- ・ Tsuruoka, H. et al. (2008) The Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability: Establishing a testing center in Japan, In *The 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and Seismological Society of Japan, 2008 Fall Meeting (24-27 Nov. 2008, Tsukuba, Japan)*, Program and abstract, p. C41-09.

・ 11. 図の説明

図1 日本のテスト地域(3.2.1.)。緑線で囲まれた地域で30km以浅の地震を予測対象とした検証実験を行う。領域を0.1°×0.1°の小地域に区切り、それぞれの小地域において地震の発生率を予測する。ダウンロード ([pdf](#), [jpg](#))

図2 一年予測モデルの例。現在の予察実験で使用中の Triple-S(左) JALM(中央) RI(右)。カラーバーは一年間に発生する地震の個数を示す。ただし、三つの図でカラーバーのスケールが違うことに注意。ダウンロード ([pdf](#), [jpg](#))