

活断層のずれ速度を利用したBPT分布更新過程とベイズ推定論による長期地震予測

総合研究大学院大学 複合科学研究科 統計科学専攻
博士課程 野村 俊一

1 日本の活断層における長期地震予測

現在、地震調査委員会（ERC）による日本の活断層の長期地震予測では、主に以下の確率密度関数をもつ Brownian Passage Time（BPT）分布による更新過程モデルを当てはめて推定している。

$$f(x; \mu, \alpha) = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi\alpha^2 x^3}} \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 x}\right\}$$

モデルのパラメータは、活断層の地震活動間隔の平均 μ とばらつき α の2つで構成されており、これらの最尤推定値（MLE）をパラメータに代入して予測分布から将来の一定期間の地震発生確率を計算している。特に、ばらつきのパラメータは当時最も多い地震活動履歴が判明していた4断層から赤池情報量規準（AIC）の比較により得られた共通のMLE値0.24を適用しているが、その後のトレンチ調査により多数の活断層の地震活動履歴が明らかになるに伴い、ばらつきのパラメータについて0.24を全活断層共通に適用すべきでないとする解析結果が示されてきている。また、ほとんど活断層において地震活動間隔データはせいぜい2個しか得られないため、MLEにはかなりの誤差が出るおそれがある。

2 本研究の提案手法

そこで本研究では、BPT分布の平均とばらつきのパラメータを活断層ごとに異なる値としながらも、全体としてある事前分布から発生しているとするベイズ推定論を導入する。ベイズ型予測では推定に他の活断層から得られるパラメータの先験情報を利用でき、またパラメータの確率的な誤差を考慮した予測が可能となるため、データ数が少ない場合でもある程度安定した予測精度が期待できる。さらに、平均パラメータの推定精度を高めるために、活断層の断層面における1回の地震のずれの量 U と平均的なずれの速度 V の割合で求まる平均活動間隔 $T = U/V$ を利用する。ずれ情報がある活断層とない活断層とで以下のように異なる事前分布を仮定して推定を行った。

- 活断層のずれ情報から平均活動間隔 T が求まる場合の事前分布： $\pi(\mu, \alpha) \propto \pi_1(\mu/T) \times \pi_2(\alpha)$
- 活断層のずれ情報が得られない場合： $\pi'(\mu, \alpha) \propto 1/\mu \times \pi_2(\alpha)$

ここで事前分布 π_1, π_2 については、ずれ情報のある活断層データを用いて、幾つかの分布の候補から赤池ベイズ情報量規準（ABIC）を最小化するものを選んで適用した。解析データには、より多くのデータからパラメータの分布を構成するため、ERCの35活断層の基準化データと、その他海外含む40活断層のデータを用いた。上記の事前分布を用いた各活断層のばらつきパラメータのベイズ推定値を、図1に地図上で色分けして示した。ばらつきパラメータの値は大きく散らばっており、しかもある程度の地域性を有していることが読み取れる。

このベイズ型予測と現行の ERC による予測について、データへの当てはまりやシミュレーションにより予測精度を比較する。特にデータ数が少ないケースでは、ベイズ型予測が他の手法より平均的に予測誤差が小さくなる。また、ERC とベイズ型予測による活断層の長期地震確率評価を図2でプロットし比較を行う。殆どの活断層帯で地震確率は概ね合致したが、一部の活断層では有意な差が出た。それらは平均活動間隔が同程度だがばらつきパラメータが大きく異なるデータと「活動間隔の平均値」と「ずれの量・速度の割合」による平均活動間隔が大きく異なるデータがある。

参考文献

Ogata, Y. (2002). Slip-size-dependent renewal processes and Bayesian inferences for uncertainties, *Journal of Geophysical Research* **107**, 2268.

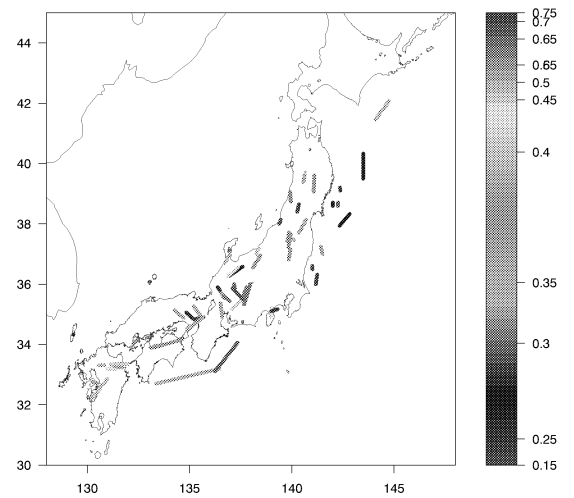


図1: 各活断層におけるばらつきパラメータの推定値の分布

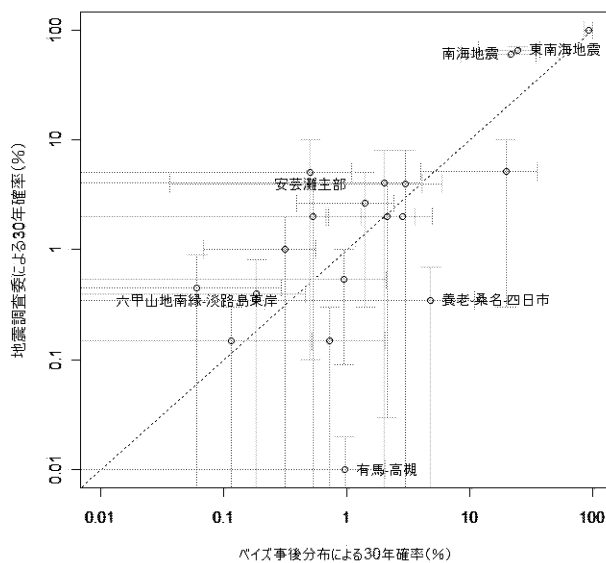


図2: 地震調査委と提案手法による長期地震確率評価の違い