Japan Geoscience Union Meeting 2013
(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

SSS30-02 会場:106 時間:5 月 20 日 16:30-16:45

乱数実験による BPT 分布予測モデルの精度評価
Numerical simulation to test and evaluate the forecast probabilities by BPT distribution model

岡田 正実 [1*]
Masami Okada[1*]

[1] 気象庁気象研究所
[1]Meteorological Research Institute, JMA

１．はじめに
地震調査委員会では、各地の活断層及び海域地震の長期評価を進め、大地震発生の危険度を３０年間の発生確率などとして発表している。確率計算は、対象の断層・地域で方法が異なるが、基本的には、更新過程 BPT(Brownian Passage Time) 分布モデル（BPT モデル）である（地震調査委員会、2001)。予測手法の有効性が未だ確認されていないので、シミュレーションで予測成績の検証と信頼性評価を試みる。
２．BPT モデルの発生確率計算
繰り返し地震の発生間隔が BPT 分布に従うものとする。(1) 発生間隔データから最尤法で BPT 分布のパラメータ（平均μと変動係数α）を求める。(2) 予測期間内に発生する確率を条件付き確率でで計算する。
個数 N が大きければ、(1) で得たパラメータの精度がよいので問題ない。しかし、N が小さい場合には、推定精度が劣るので、(2) でそのまま使用すると、予測精度も劣る。
３．乱数実験
偶然的な要因による予測確率の不確実性を確かめるもので、初めに BPT 分布（μ=100、α=0.24）に従う乱数を多数準備する。N 個の乱数を１組とし、1000 組を作る。別に、予測に対応するものとして、最後の地震からの経過 Tp より大きい乱数を BPT 母集団から 1000 個抽出する。各組のデータから BPT モデルで予測期間内にイベントが発生する確率を計算する。予測対応の乱数で、予測成績を求める。モデル比較に、同じ乱数を用いて小標本論対数正規分布モデル（LN-SST）で発生確率を計算し、予測成績を求める。
４．結果
N=4、Tp=75、ΔT=25 の場合、BPT モデルによる予測確率は幅広く分布し、0.99 より大きいものが 25 例と突出する。LN-SST では、0 または 1 に非常に近い発生確率の出現頻度はかなり減少し、突出はなくなる。N=7、Tp=75、ΔT=25 の場合は、BPT モデルでも予測確率の分布はまとまり、突出もなくなる。
平均対数尤度 MLL 及び Brier スコア BS は下表の通りである。MLL は大きい方が、BS は小さい方が良い予測である。BS の一部を除き、BPT モデルより LN-SST の値（括弧内の値）が優れている。なお、完全不適中に極めて近い場合は、対数尤度の計算が困難であるので、その値を-20 としてある。PP は母集団から計算した発生確率である。
結論として、繰り返し地震の発生間隔が BPT 分布に従うものであるとしても、地震数が少ない場合は、BPT モデルよりも、小標本論対数正規分布モデルで計算する方がよい。BPT 分布を使用するのであれば、ベイズ統計で処理するのが適当である。

BPT 分布乱数を用いた予測（1000 回）のスコア

N	Tp	period	PP	MLL	BS
4	50	25	0.135	-0.585(-0.443)	0.135(0.131)
4	75	25	0.475	-0.969(-0.789)	0.302(0.282)
4	100	40	0.862	-0.867(-0.530)	0.156(0.171)
7	50	25	0.135	-0.476(-0.434)	0.130(0.128)
7	75	25	0.475	-0.755(-0.734)	0.272(0.266)
7	100	40	0.862	-0.611(-0.498)	0.151(0.155)

キーワード: 地震予測, BPT 分布, シミュレーション, 対数正規分布, ベイズ統計, 繰り返し地震
Keywords: repeating earthquake, earthquake forecast, BPT distribution, numerical simulation, Bayesian approach, log-normal distribution