

余震の b 値の事前確率分布(2) - 世界の大地震の余震系列 -

Prior distribution of b-value in Gutenberg-Richter formula for the aftershock sequence (2)
- aftershock sequences in the world -

岡田 正実[1], 伊藤 秀美[2]

Masami Okada[1], Hidemi Ito[2]

[1] 松代地震観, [2] 気象研・地震火山研究部

[1] Matsushiro Seismo. Obs., [2] Seismology and Volcanology Research Dep., M.R.I.

【はじめに】 地震の規模別度数分布を表す Gutenberg-Richter の式の b 値を最尤法で求めると、多かれ少なかれ地震群ごとに異なった値が得られる。b 値の変動には、発生場の物理的な条件の違いを反映した部分と、ランダムサンプリングによる偶然的な要因に由来するものがある。物理的な要因による変動性を統計的に表すものが事前分布である。筆者ら(2001)は昨年春の合同大会で、日本付近で発生した大きい地震に伴う余震系列の b 値の事前分布について報告したが、今回は 1968-99 年発生した M7.5 以上の浅い地震(H=50km)に伴う全余震系列から同様な方法で b 値の事前分布を求めた。資料は USGS から発行されている PDE で、マグニチュードは Ms または mb の大きい方である。余震の規模は M5.0 以上で、余震の選定には石川・中村(1997)による SEIS-PC for Windows 95 を使用した。b 値の事前分布を活用すれば、従来の方法より安定した推定値を容易に得ることができ、余震の確率予測などに好都合である。

【方法】 前回採用した方法と同じで、各余震系列の(真の) b 値の分布がガンマ分布(,)であると仮定する。各余震系列内では、個々の余震の M が系列本来の b 値(真値)をパラメータとする母集団からランダムサンプリングで得られたものと見なす。 , を未知数とする尤度を定義し、最尤法を用いて , を求める。実際の計算作業では、分布の形を決めている 値と、b 値の平均 $b_{mean} (= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N b_i)$ を独立変数として扱って対数尤度の分布図を作成し、その図から最尤推定値を得た。ここで採用されている G-R 式は、本震で切りつめたものではなく、M が無限大まで成り立つと仮定しているものである。また、b 値の計算に本震は含まない。

【結果】 調査したすべての本震(81個)に M5.0 以上の余震が 1 個以上あり、全余震系列(余震総数 2,668 個)を用いた。最尤推定値は $\mu=50$ と $b_{mean}=1.13$ で、対数尤度の差が 0.5 以内の範囲(ABIC 差で 1.0 以内)を採れば、b 値が 1.10~1.16, μ が 35~80 であった。余震数が小さい系列は、ランダムサンプリングによる分散が大きいので、b 値の事前分布を決めるのにほとんど貢献しない。そこで、余震数が 20 以上の系列(41 系列)のみを用いて同様の計算を行ってみたが、対数尤度はほとんど同じような結果であった。逆に、余震が 19 個以下の系列だけでは μ の範囲を決めることはできないことが分かった。

なお、余震数と b 値との相関が気になったので調べてみたが、相関はほとんどなかった(相関係数 0.05)。しかし、本震とのマグニチュード差が 2.55 未満の余震に限定すると、弱い正の相関(相関係数 0.14)が認められた。

【考察】 前回日本付近の 44 余震系列から求めた事前分布は、 μ が 40~50, b 値が 1.0 程度であった。には有意な差は認められないが、b 値は今回得たものが多少大きい。事前分布を用いた際の b 値の推定値 b_p は、余震数を N, Ogata and Yamshina(1986)の不偏推定値(宇津(1965)の方法による推定値に $(N-1)/N$ を乗じたもの)を b_u とすれば、

$$1/b_p = \{(N-1)/b_u + 1/b_{mean}\} / (N-1)$$

で与えられ、不偏推定値と事前分布の b 値平均に $N-1$ と b_{mean} の加重を架けて、調和平均したものである。余震数がより小さい場合は、観測された余震から求めた不偏推定値より事前分布の平均 b_{mean} の方に近い値になる。