

独立な地震の発生率の変化の検出

Detection of significant changes in the background seismicity

塚越 芳樹[1], 島崎 邦彦[1]

Yoshiki Tsukakoshi[1], Kunihiko Shimazaki[1]

[1] 東大・地震研

[1] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

地震の発生前に地震活動が低下する静穏化現象が、多くの地震の前にこれまで報告されてきた。しかしながら、静穏化現象の地震予知における意義は疑問視されている。その理由は、地震活動の変化が震源域の周辺のみでしか調べられておらず、大きな地震の前以外にも静穏化が現れるかどうかが系統的によくわかっていないためである。ある地域で静穏化が起きても、どのように判断すべきかの情報が現在欠けている。

そこで今回は日本の陸域全体を対象にして余震を含まない地震の発生率の変化の検出を試みた。そのためにはまず余震の取り扱い方が問題になる。今回は、最尤法に基づく方法を用いた。まず地震の発生率を、独立な地震の発生率と余震の発生率の和で表すことができると仮定した。余震活動の発生率は空間拡張された ETAS モデル (Ogata, 1998) を利用した。ただし、計算上の不安定を避けるためにいくつかのパラメータを固定し、多少の変更を行った。独立な地震活動に関して、発生率が一定のモデルと、ある一年間のみ発生率が異なるとするモデルとの二つを考え、それぞれで AIC を求めた。AIC が低いほうが良いモデルである。モデル間の AIC の差によって、ある一年間における独立な地震の発生率がほかの期間に比べて有意に変わっているか、または一定とみなすべきかが定量的に検討できる。

この手法では、独立な地震の発生率の推定に非線形最適化アルゴリズムを用いる必要がある。パラメーター推定を多数回行う場合には、個別に収束を確認することが難しく、アルゴリズムの安定性が問題になる。そこで今回は EM アルゴリズム (Dempster et al., 1977) を用いることによりその問題に対処した。様々な初期値を与えて計算したところ、EM アルゴリズムは広範囲な初期値に対して正しく収束した。

検出された静穏化の有意性を判定するために、独立な地震の発生率が一定という仮定の基で乱数を用いて地震発生シミュレーションを 1500 回行った。本手法によって AIC の差を求めたところ、最小値 - 10.8 が得られたので、暫定的にこの値を超える変化を有意であるとした。

1998 年から 2001 年まで気象庁のカタログからマグニチュードが 2.0 以上、深さが 20km 以浅の地震を選び出し、解析に用いた。ZMAP (Wiemer, 2001) と同様に、日本の内陸のほぼ全域に均等に 0.2 度間隔のグリッドをとり、そのグリッドを中心とする円形の範囲ごとに解析を行った。内陸部に敷かれた約 1000 個のグリッドのうち、AIC の差が - 10.8 をより低い値はこの四年間に二箇所でのみ検出された。そのうちのひとつは三重県で、1999 年に地震活動が静穏化した。この南方で同時期に群発活動が始まっているが因果関係は不明である。残りのひとつは M6.1 岩手県北部地震を含むグリッドで検出された。地震に先行する火山性群発地震活動が、通常の地震の ETAS モデルでは余震とされず、有意に活発な活動と判定された。またその後の活動が、静穏化したと誤って検出された。

以上のように、1000(グリッド)×4(期間) = 4000 個の解析のうち、今回の手法で検出される有意な静穏化は明らかな誤認を除けば 1 箇所のみであった。しかしながら、この静穏化が終わったあとに地震は起きていない。