

階層的時空間 ETAS モデルに基づいた地震活動の特徴

#菅谷勝則・尾形良彦（統数研）

The feature of seismicity based on the hierarchical space-time ETAS model

#Katsunori Sugaya and Yoshihiko Ogata (ISM)

はじめに

日本において 2009 年 11 月より地震発生予測検証実験がスタートした（地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ, 2009）。これは、Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP)との共同研究であり、様々な地震統計モデルや物理モデルが提案され、競い合われている。それらのモデルの中に階層的時空間 ETAS(Epidemic Type Aftershock Sequence)モデル(Ogata, 2003)も提案されている。階層的時空間 ETAS モデルは時空間 ETAS モデル(Ogata, 1998)を拡張したモデルであり、各地で異なる地震活動様式を定量化することができる。階層的時空間 ETAS モデルに関するこれまでの報告では、下限のマグニチュードが 4 であったが(尾形, 2010)、本研究では下限のマグニチュードを下げて解析を行い、各パラメータの地域性について議論する。

手法・データ

時空間 ETAS モデルは大森・宇津公式 $\nu(t) = K(t+c)^{-p}$ や余震域のスケーリング則などに依拠したものである(Ogata, 1998)。時刻 t における任意の場所 (x, y) での地震活動は

$$\lambda(t, x, y) = \mu + \sum_{\{j: t_j < t\}} \nu(t - t_j) \left[\frac{(x - x_j, y - y_j) S_j (x - x_j, y - y_j)^t}{e^{\alpha(M_j - M_c)}} + d \right]^{-q}$$

で表される。ここで、 μ は常時地震活動度、 M_c は下限のマグニチュード、 M_j は j 番目の地震のマグニチュード、 S_j は余震分布の等高線を楕円で近似するような行列である。座標 (x_j, y_j) については震央あるいは余震分布の重心である。つまり、小

さい地震などについては、それぞれ、単位行列と震央であるが、 AIC の比較によって有意なら、重心や相関係数などで置き換えた解析用カタログを作成する。これに最尤法を適用してパラメータ $\hat{\mu}$, \hat{K} , \hat{c} , $\hat{\alpha}$, \hat{p} , \hat{d} , \hat{q} が推定される。これを一般化したものが階層的時空間 ETAS モデルで、 μ が位置 (x, y) 、4 つのパラメータ \hat{K} , $\hat{\alpha}$, \hat{p} , \hat{q} が地震の位置 (x_j, y_j) の関数と考え、各地で異なる地震活動様式を定量化する(Ogata, 2003)。推定はその滑らかさを制約条件としてベイズ法で最適な解として得られる。解析領域は、関東地方から中部地方、近畿地方北部にかけての領域である。解析には 1998 年から 2009 年までの気象庁一元化震源カタログから深さ 20km 以浅でマグニチュード 2.0 以上の地震を用いた。

結果・議論

常時地震活動度 μ が高い地域として顕著なのは、中越地震震源域南西部に隣接する地域、日光地域、神奈川県北西部、伊豆半島東部、丹波地域などである。近年発生した中越沖地震及び能登半島地震震源域では高い K 値を持ち、それら震源域周辺においても比較的高い。 α 値は中越及び中越沖地震震源域で高い値を持ち、飛騨山脈や長野県西部から岐阜県中部にかけての地域、伊豆半島東部では低い値を持つ。 p 値は伊豆半島東部や飛騨山脈で高い値を持つ。 q 値は伊豆半島東部や飛騨山脈から長野県西部にかけての領域で高い。

上記の地域性は、内陸大地震発生後の余震活動や火山の分布などテクニクな活動によって特徴づけられることが示唆される。一方、速度・状態依存の摩擦構成則に基づいた地震発生率の理論(Dieterich, 1994)によれば、 $T_a = A\sigma/\dot{\tau}$ の関係が成り立つ (T_a は余震継続時間、 A は構成パラメータ、 σ は実効法線応力、 $\dot{\tau}$ は応力蓄積速度)。つまり、応力蓄積速度が大きい領域ほど余震継続時間が短くなり、 p 値が大きくなる値を持つことが示唆される。このような視点に立てば、新潟・神戸歪み集中帯(Sagiya et al., 2000)では p 値が高くなることが予想されるが、本研究ではそのような結果は認められなかった。しかしながら、常時地震活動度 μ の高い領域が同歪み集中帯に比較的多く分布している。これは、常時地震活動が局所的な要因だけでなく広域的な応力場にも支配されている可能性を示唆している。

解析に気象庁一元化震源カタログを用いました。記して感謝申し上げます。