

# 伊豆東部火山地帯において群発地震予測の可能性を探る

熊澤貴雄

リスク解析戦略研究センター 特任研究員

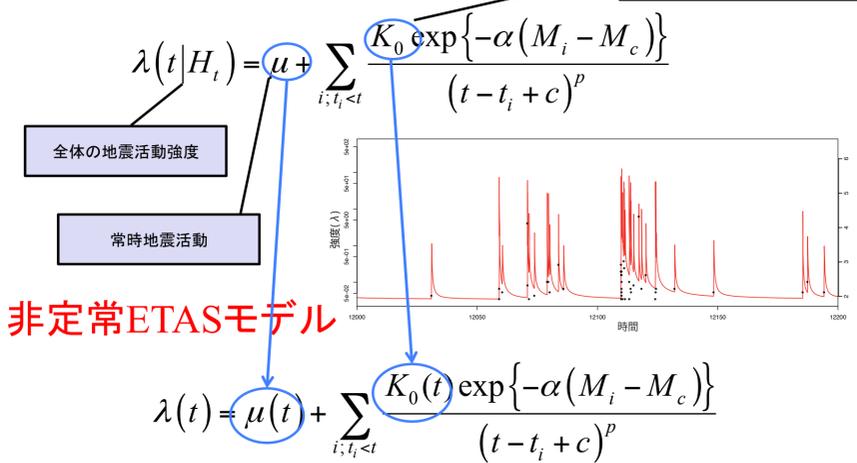
## 要約

地震活動の異常は統計モデルのパラメータの時間的な変化として表れ、それは関連する地震断層の状態が変化したことを反映する。断層状態は直接的な観測が困難であるが、適切な統計モデルを用い、通常地震活動パターンから統計的に外れる異常活動を調べることでこれらの推定が可能となる。ここではETASモデル(Epidemic Type Aftershock Sequence model; Ogata,1988)

のパラメータの時間変化をベイズ平滑化により推定した非定常ETASモデルを導入し、伊豆東部火山地帯における群発地震とマグマ貫入量との相関を調べた。マグマ貫入量を反映する体積歪みの変動量は常時地震活動 $\mu(t)$ の変動と類似したものであった。地震活動の変化は地殻内現象による断層強度の変化が直接の原因であるため、これらを推定することが異常な地震活動の推定へと繋がる。

## 1. 非定常過程の為のETASモデル

### ETASモデル (Ogata 1988, 1989)

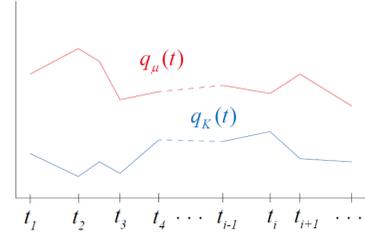


### $\mu(t)$ と $K_0(t)$ の推定

1. 基準となる ETAS モデル ( $\mu, K_0, c, \alpha, p$ ) を決める。
2. 基準のモデルを基に  $\mu$  と  $K_0$  の非定常性をモデリング

$$\mu \rightarrow \mu(t) = \mu \times q_\mu(t) \quad q_\mu(t) = \sum_{j=1}^N I_{(j+1)}(t) \left\{ \frac{q_{\mu,j+1} - q_{\mu,j}}{t_{j+1} - t_j} (t - t_j) + q_{\mu,j} \right\}$$

$$K_0 \rightarrow K_0(t) = K_0 \times q_K(t) \quad q_K(t) = \sum_{j=1}^N I_{(j+1)}(t) \left\{ \frac{q_{K,j+1} - q_{K,j}}{t_{j+1} - t_j} (t - t_j) + q_{K,j} \right\}$$



3.  $q$ 関数の凹凸に対するペナルティ付き対数尤度から  $q_\mu(t), q_K(t)$  を推定

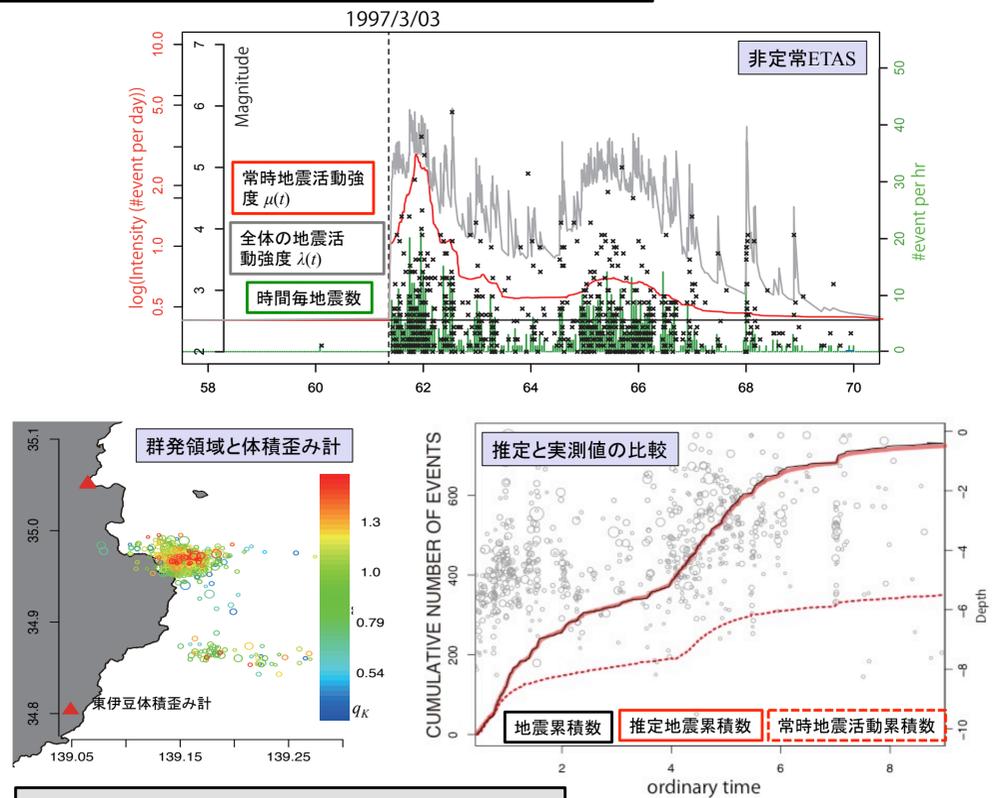
$$Q(q|w_\mu, w_{K_0}) = \log L(q) - w_\mu \Phi_\mu - w_{K_0} \Phi_{K_0}$$

$$\Phi_\mu = \sum_{i=0}^N \left( \frac{q_{\mu,i+1} - q_{\mu,i}}{t_{i+1} - t_i} \right)^2 (t_{i+1} - t_i)$$

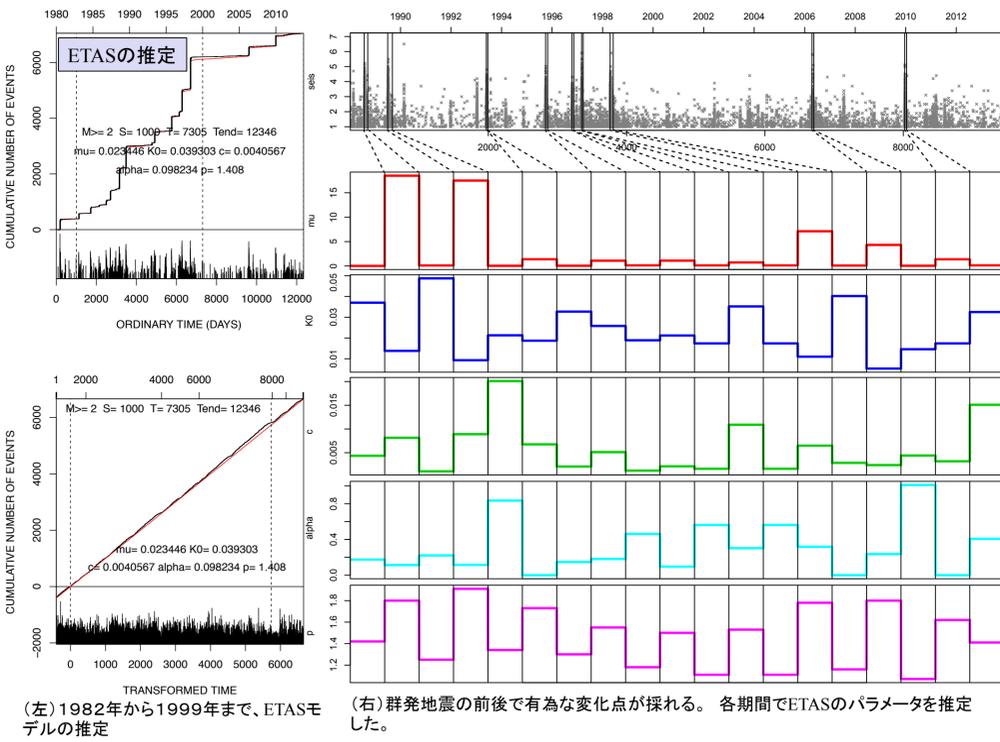
4. ペナルティの重み  $w$  を ABIC から推定

$$\Phi_{K_0} = \sum_{i=0}^N \left( \frac{q_{K,i+1} - q_{K,i}}{t_{i+1} - t_i} \right)^2 (t_{i+1} - t_i)$$

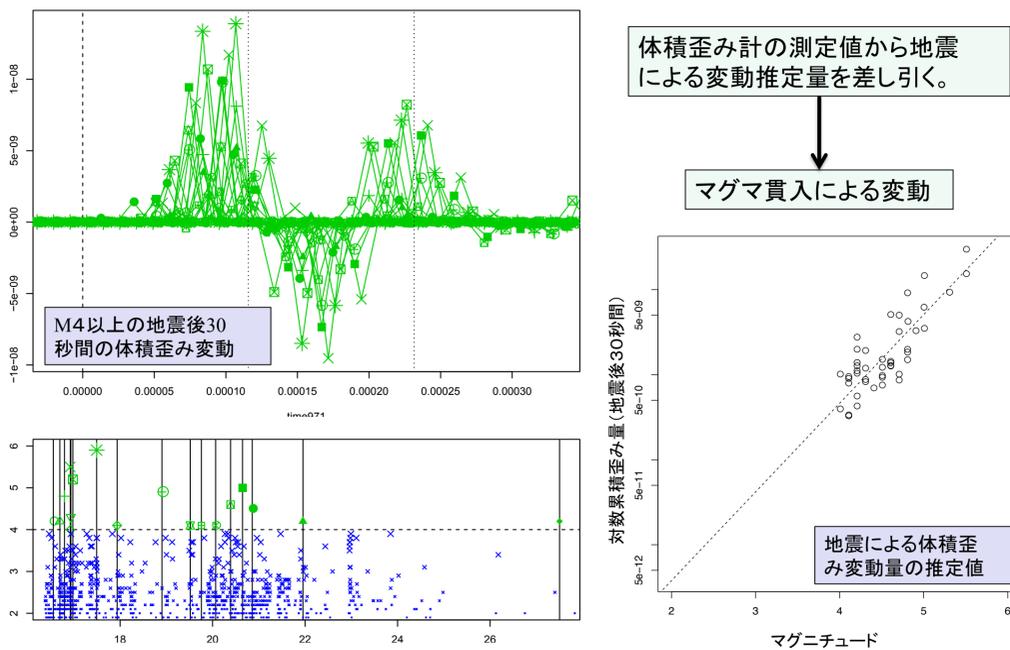
## 3. 1997年の群発地震を非定常ETASで推定



## 2. 伊豆東部の地震活動: 不定期に群発活動が起こる。群発期間ではパラメータが大きく異なる。



## 4. 伊豆東部体積歪みからマグマ貫入による変動量を取り出す



## 5. 非定常ETASと体積歪みの比較

