

3 – 5 2025 年 12 月 8 日 M7.5 青森県東方沖地震の余震活動の多様性について

On the Diversity of Aftershock Activity Following the 8 December 2025 M7.5 Off the East Coast of Aomori Prefecture Earthquake

統計数理研究所

The Institute of Statistical Mathematics

日本海溝帯は、地震活動が活発であり、時間的・空間的に多様な地震活動様式を示す地域である。本報告では、2025 年 12 月 8 日に発生した M7.5 青森県東方沖地震に伴う余震系列を対象として、定常および非定常 ETAS モデルを適用し、余震活動の多様性について検討した。

本震は 12 月 8 日 23 時、深さ約 55 km で発生した。余震は主として震央の東方に分布し、本震発生から約 3.5 日後に、震央の東方約 50 km で最大余震 M6.9 が発生した。最大余震以降の地震活動は、その震源近傍に局所的に集中して分布している（第 1 図）。

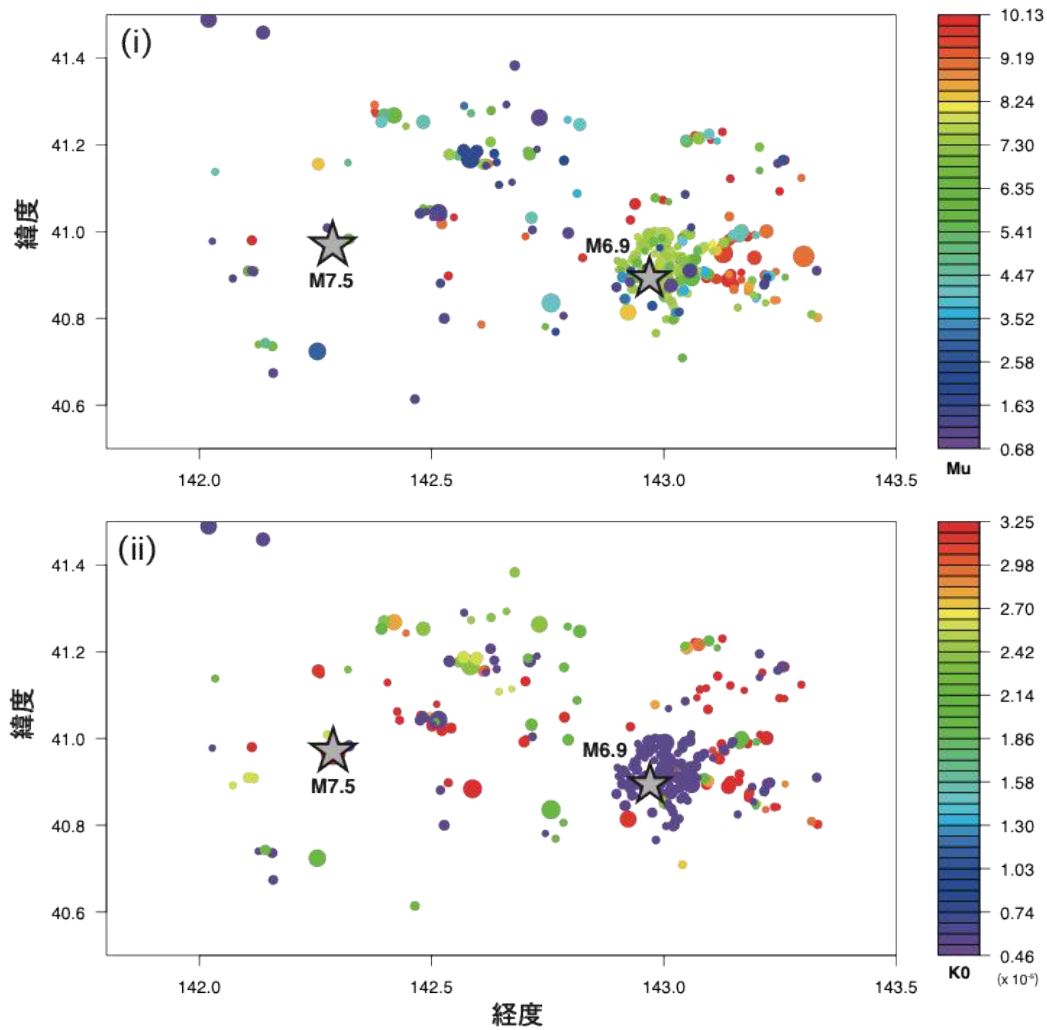
ETAS モデルによる解析の結果、最大余震（M6.9）の発生時刻を変化点として、その前後で地震活動様式が有意に変化していることが示された（二段階 ETAS モデル；第 2 図参照）。全期間を一括して解析した場合と比較すると、変化点の前後を分けて解析した場合には、パラメータ数が増加しているにもかかわらず、AIC が 51.2 改善した。特に変化点以降では p 値が相対的に高く推定され、余震活動の減衰がより速やかに進行していることが示唆される。

さらに、最大余震の前後で異なる二段階 ETAS モデルのパラメータを基に推定した非定常 ETAS モデル（第 3 図パネル）については、時間的に変化する各パラメータ値の時間微分の二乗の積分した量をペナルティ項とする平滑化事前分布の下で推定しているため、モデル比較には ABIC を用いた。その結果、非定常 ETAS モデルは、最強の平滑化に相当する二段階 ETAS モデル（第 2 図）と比較して、ABIC が 7.9 改善した。これらの結果は、余震活動の多様性が地域的にも詳細に捉えられていることを示している（第 1 図参照）。

本解析における方法論的課題として、非定常 ETAS モデルにおける基底パラメータの選択は解析結果に大きな影響を及ぼし得る点に留意する必要がある。とくに、リアルタイム解析を想定した場合には、ETAS モデルの α 値および p 値について事前に複数の候補を設定し、それらを固定した上で非定常 ETAS モデルを推定し、ABIC に基づいて比較・選択を行う手法が有効であると考えられる。

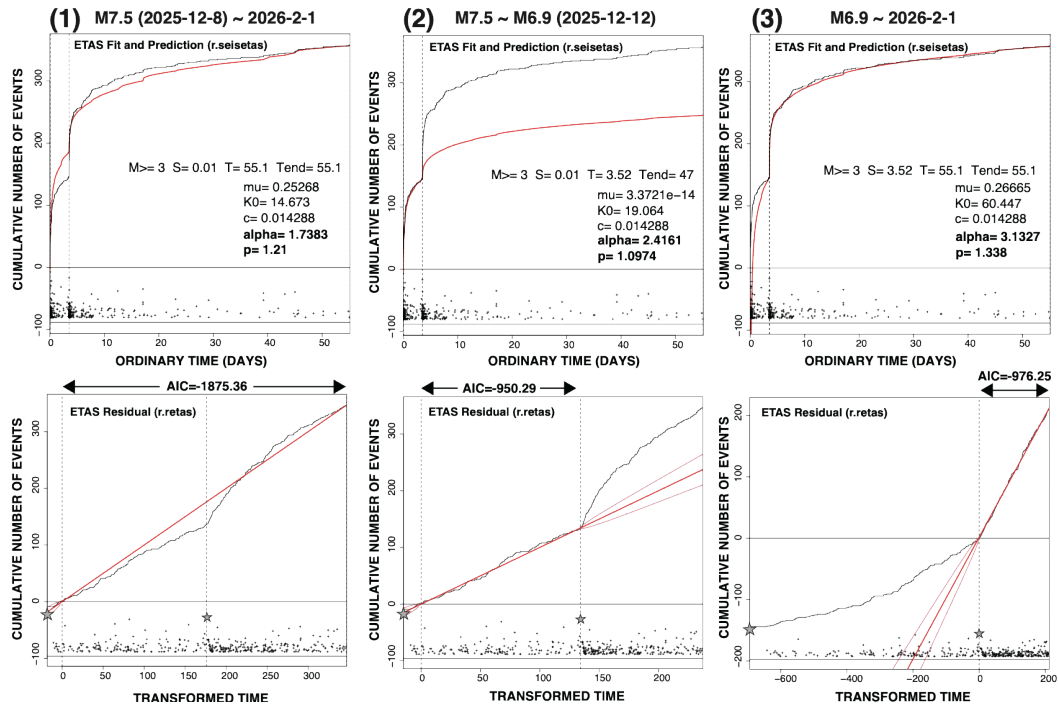
(熊澤 貴雄, 尾形 良彦)

Takao KUMAZAWA, Yosihiko OGATA



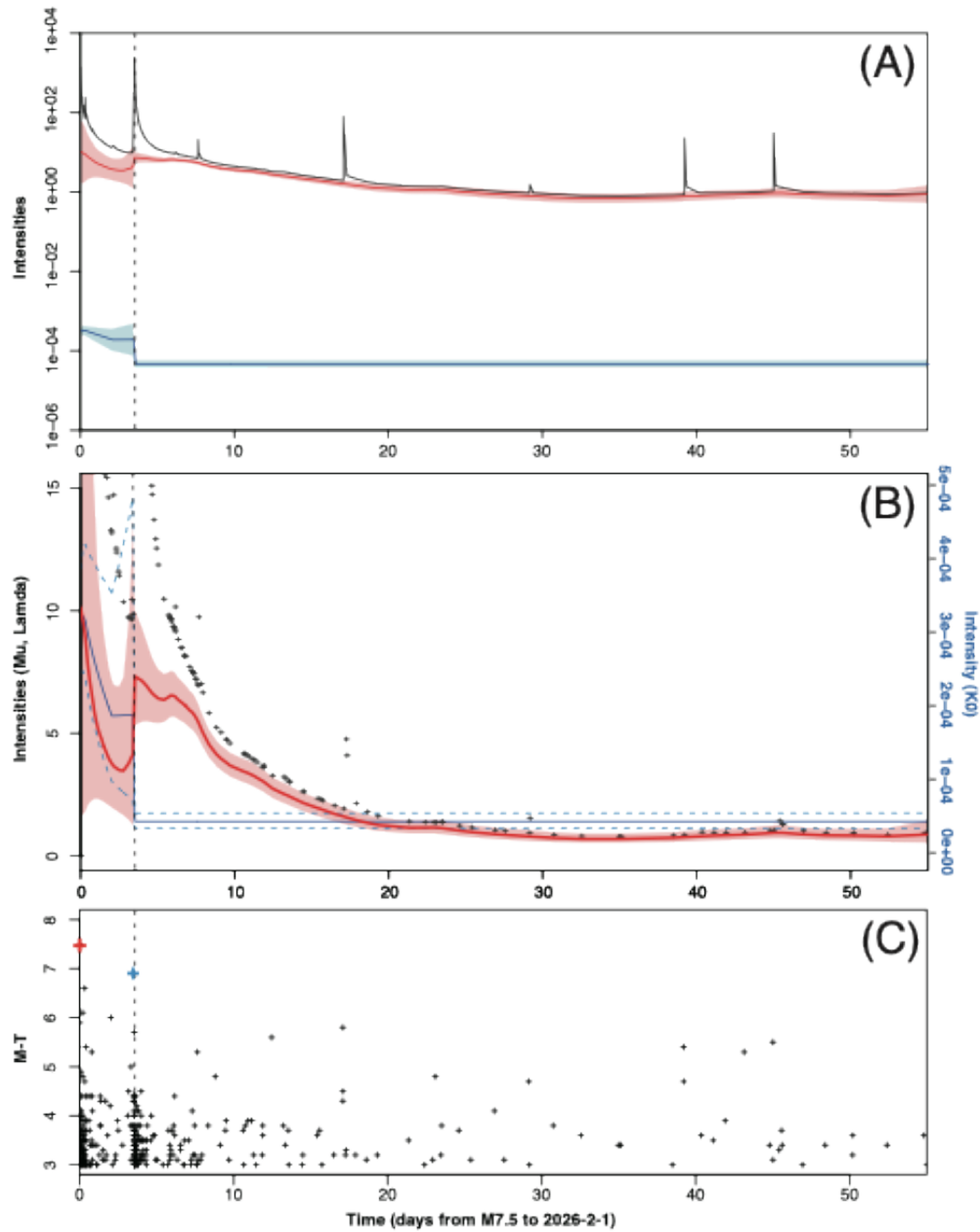
第 1 図 本震発生後から 2026 年 2 月 1 日までに観測された ($M \geq 3$ 余震の震央分布, 深さ 0–80 km). 本震及び最大余震は星印で表した. 各余震の色はそれぞれ非定常 ETAS モデルによる (i) 背景強度, (ii) 余震生産性強度の推定量に基づく (第 3 図参照).

Fig. 1 Epicenter distribution of aftershocks observed from the occurrence of the mainshock to 1 February 2026 ($M \geq 3$; depth 0–80 km). The mainshock and the largest aftershock are indicated by stars. Aftershocks are predominantly distributed to the east of the mainshock epicenter. The color of each aftershock represents estimates based on the non-stationary ETAS model: (i) background intensity and (ii) aftershock productivity intensity (see Fig. 3).



第 2 図 余震系列に対する定常 ETAS モデルによる解析結果. (1) 全期間を対象とした解析, (2) 最大余震 (M6.9) 発生以前, (3) 発生以降の期間に分けた解析を示す. 変化点を考慮することにより AIC が改善しており, パネル (2) および (3) を組み合わせた二段階 ETAS モデルでは, 定常 ETAS モデルと比較して AIC が 55.2 減少している.

Fig. 2 Results of the analysis of the aftershock sequence using the stationary ETAS model. Panel (1) shows the analysis for the entire period, while panels (2) and (3) show the analyses for the periods before and after the occurrence of the largest aftershock (M6.9), respectively. Incorporating a change point leads to an improvement in AIC; specifically, the two-stage ETAS model combining panels (2) and (3) yields a reduction of 55.2 in AIC relative to the stationary ETAS model.



第 3 図 非定常 ETAS モデルによる解析結果。条件付き強度、背景強度、および余震生産性強度を、それぞれ黒、赤、青の曲線で示す。背景強度および余震生産性強度には 95% 信頼区間を付している。縦軸は、(A) 対数スケール、(B) 通常（線形）スケールで示す。(C) マグニチュード－時間（M-T）プロット。

Fig. 3 Results of the analysis using the nonstationary ETAS model. The conditional intensity, background intensity, and aftershock productivity are shown by black, red, and blue curves, respectively. The background intensity and aftershock productivity are accompanied by 95% confidence intervals. The vertical axis is shown on (A) a logarithmic scale and (B) a linear scale. (C) Magnitude-time (M-T) plot.