

8-2 1995年兵庫県南部地震によって誘発された地震活動の遡及的予測と解析 Retrospective analysis of the long-term prediction of seismic activities that are induced by the 1995 Kobe earthquake of M7.3

統計数理研究所

The Institute of Statistical Mathematics

2011年東北地方太平洋沖地震(M9)に誘発されて東日本の地震活動が従来よりも活発化している¹⁾。関東地域、東北地方及び中部地方など各地の地震活動にETASモデルだけでは予測しきれない非定常な活発化のトレンドが見られる²⁾。これはM9地震のオフフォールトの広義の余震活動がトレンドとして表れたものと考えることができる。

そこで、考慮の地域内の地震活動のETASモデルとM9地震による広義の余震活動を示す大森宇津の減衰公式の重ね合わせで地震活動度を表現し、これをデータで推定すると、現時点まで累積曲線は良く当てはまる。このことに基づいて大地震の長期的発生確率を推定した^{1), 2)}。

しかし現時点は東北沖地震の発生時から1年半経過したに過ぎない。各地域がETASモデルと大森宇津の減衰式の重ね合わせで長期的に一貫して良く説明されるという確固たる根拠はない。

そこで1995年の兵庫県南部地震(M7.3)によって誘発された周辺地域の、その後から現在に至るまでの12年間の経過を調べた。データが豊富なのは丹波山地地帯と和歌山市付近の地震活動である。

丹波山地地帯について1980年から兵庫県南部地震後1年半経過時点まで当てはめた大森宇津式とETASの重ね合わせモデルで、その先を予測すると、その後5年間程はよく予測されているが、その後5年ほどは予測より活動が低下し、その後回復して、東北沖地震をきっかけに再び低下しているように見える。この間の大きなイベントとしては東海浜名湖直下のスロースリップと紀伊半島沖地震であるが、活動の低下はスロースリップによる応力変化が影響を与えているように見える。

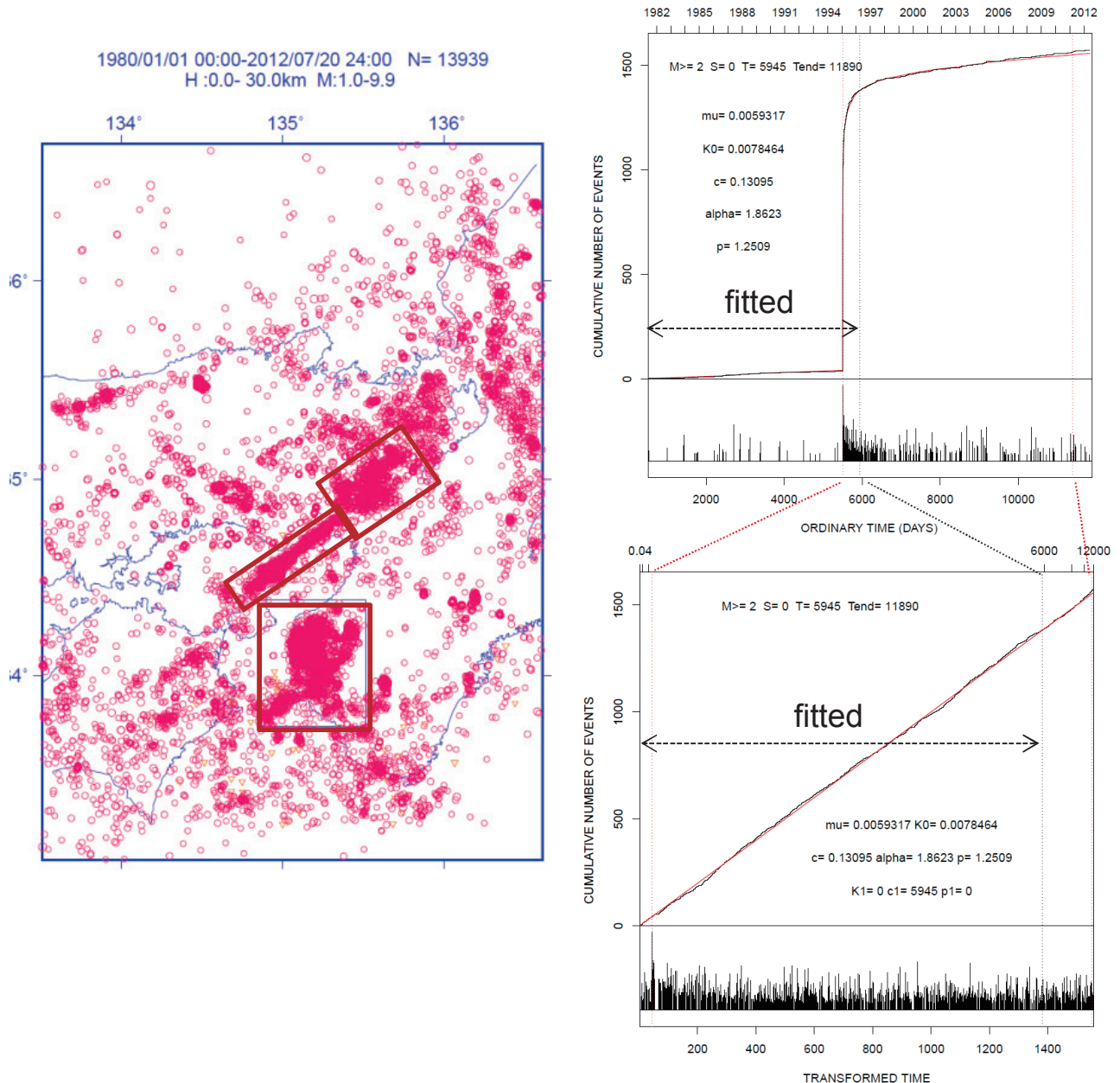
和歌山市付近の活動についても同様なモデル解析と遡及的な予測によって経過を調べた。その後数年間までは良く予測されているが、その後やや低下し、2004年ころから低下が顕著になり、東北沖地震をきっかけに回復しているように見える。

これらの活動変化を説明できるシナリオとして、浜名湖直下のスロースリップと紀伊半島沖地震などを考えてみる。

(尾形良彦)

文献：

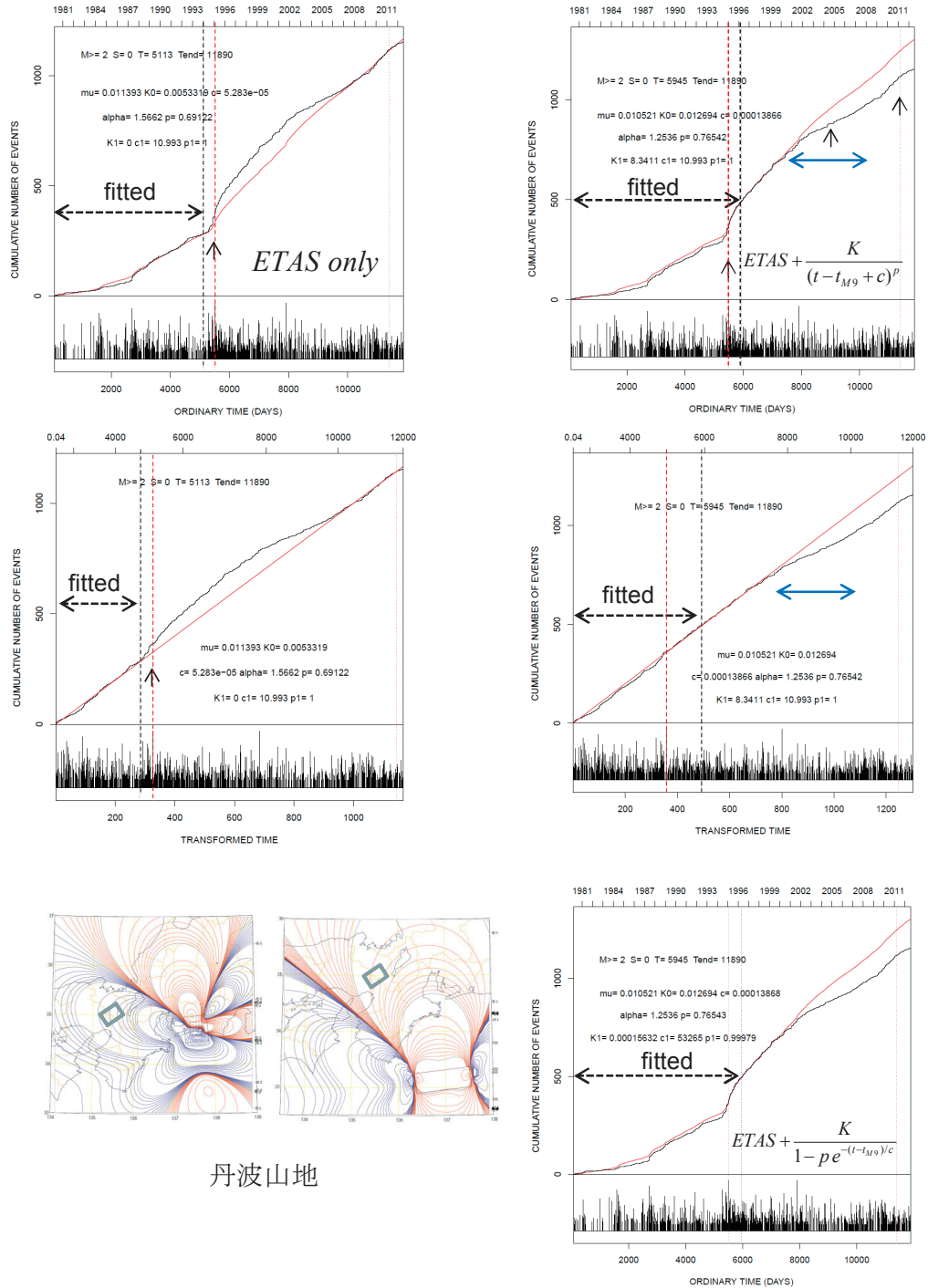
- 1) 統計数理研究所(2012)予知連会報, 第88巻, 35-39.
- 2) 統計数理研究所 (2012)予知連会報, 第88巻, 92-100.



兵庫県南部地震余震域

第1図. 解析領域は1995年の兵庫県南部地震の余震域、隣接する丹波山地、そして和歌山市付近. 累積図とM-T図は兵庫県南部地震の余震活動経過. 1980年から本震から1年半の時点までをETASモデルで推定して、その先を予測した. ほぼ予測どおりに経過しているが最近の5~6年は若干活発化している.

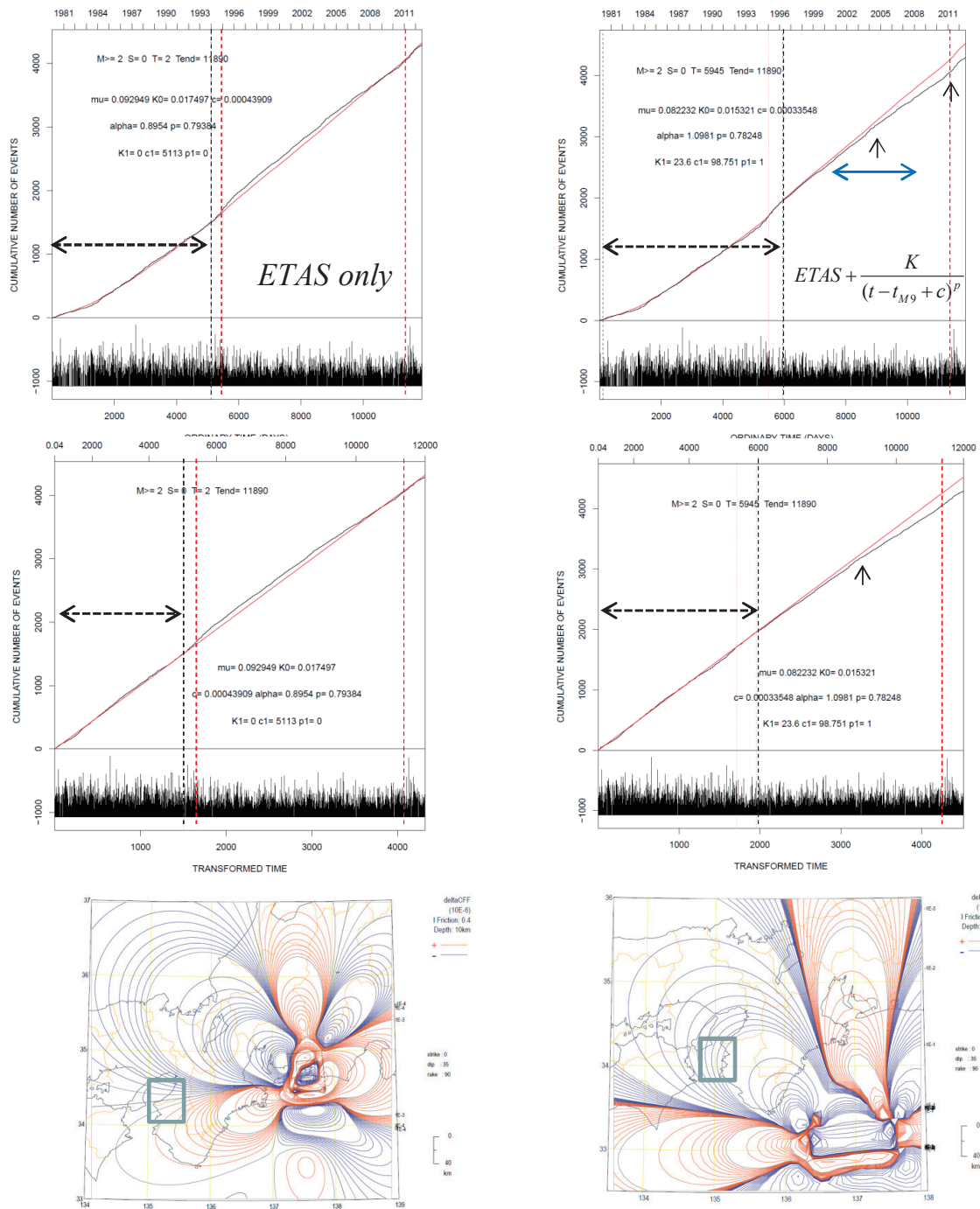
Fig. 1. (Left seismicity map) Aftershock area of the 1995 Kobe Earthquake, the Tamba montane zone and the region of Wakayama city, (Right panels) cumulative curves and M-T diagrams in the region of the Hyogo-ken Nanbu earthquake aftershocks. The ETAS model estimated till one and a half years from the time of the main shock of 1980, and predicted that destination. It has been passed almost as expected, but activated during recent 5-6 years.



丹波山地

第2図. 丹波山地での地震活動. 左上図は1980年から1993年末までを ETAS モデルで推定して、その先を予測した。兵庫県南部地震前後の活発化がみられる。右上図は1980年から本震から1年半の時点までを ETAS モデルプラス大森宇津の式で推定して、その先を予測した。青の水平向き矢印の区間は東海浜名湖直下のスロースリップの期間、上向きの矢印は兵庫県南部地震、紀伊半島沖地震および東北沖地震時を示す。右下図は同様の時点までを ETAS モデル＋ディエトリッヒの摩擦構成則誘発の式を当てはめて、その先を予測した。これは結局、上図と全く同じで、予測は5年先までよく当てはまっている。その後スロースリップの期間に活動が低下したように見える。左下の2クローン図は、右の方がスロースリップにおいて丹波山地がストレスシャドーに入っているということ、紀伊半島沖地震では逆のパターンになっている。

Fig. 2. Seismic activity in the Tamba montane zone. (Left-top and middle) The ETAS model estimated from 1980 until the end of 1993, predicted the upper left figure ahead. We see before and after activation of the Hyogo-ken-Nanbu earthquake. (Right top and middle) The estimated hybrid model of the ETAS model plus Omori-Utsu equation, up to one and a half years from the time of the main shock in 1980, predicted the upper right figure ahead. Activities in accordance with prediction by some time has decreased during the period of Tokai slow slip beneath Lake Hamana shown by horizontal blue arrow interval. Upwards arrow indicates the Hyogo-ken Nanbu earthquake, the Kii-Hanto-oki earthquake, and the Tohoku-oki earthquake. (Left bottom panel) similar predictions by the hybrid model estimation of the ETAS model + Dieterich R/S friction law rate model. (Bottom left and middle panels) Stress changes at the Tamba montane zone assuming the source of Tokai slow-slip and Kii-hanto-oki earthquake, respectively.



和歌山市周辺

第3図. 和歌山市付近の地震活動. 左上図は1980年から1993年末までをETASモデルで推定して、その先を予測した。兵庫県南部地震前後の活発化がみられる。右上図は1980年から本震から1年半の時点までをETASモデルプラス大森宇津の式で推定して、その先を予測した。しばらくは予測に沿った活動が続き、紀伊半島沖地震から低下している。下段のクーロン図を見ると、和歌山市近辺はスロースリップに関してニュートラルか弱いクーロン増加。紀伊半島沖地震に対しては、和歌山市付近はストレスシャドーになり、それを契機に中段右図の累積関数の傾きが小さくなって相対的静穏化となっている。東北沖の地震を契機に、それが回復しているように見える。

Fig. 3. Seismic activity around Wakayama city. (Left top and middle) The ETAS model estimated from 1980 until the end of 1993, predicted the upper left figure ahead. We see before and after activation of the Hyogo-ken-Nanbu earthquake. (Right top and middle) The estimated hybrid model of the ETAS model plus Omori-Utsu equation, up to one and a half years from the time of the main shock in 1980, predicted the upper right figure ahead. Activities in accordance with prediction, followed by some time has decreased from the earthquake off the coast of the Kii Peninsula, seen by right-middle figure. Near Wakayama, Coulomb stress is neutral with respect to the slow slip. But the stress shadow owing to the Kii-hanto-oki earthquake, which explains a relative quiescence seen in right-middle figure. After the Tohoku-Oki earthquake, it looks like recovering..