

資料11

第213回

地震予知連絡会資料

2016年11月11日

統計数理研究所

日本列島内陸部の常時地震活動度について On consecutive seismicity rate in Japanese inland

統計数理研究所
The Institute of Statistical Mathematics

階層的時空間 ETAS モデル^{1, 2)} は、国際共同プロジェクト CSEP の予測性能比較実験に参画し、日本周辺の地震活動の標準モデルを目指し、CSEP 日本テストセンター（地震研究所内）で 2010 年 11 月以来現在に至るまでの各種の予測性能を検証中である。特にモデルに於いて、位置 (x, y) に依存する常時地震活動度 $\mu(x, y)$ は、全体の地震活動度から余震などの誘発地震活動度を除外した項で、長期的な地震の確率予測に重要な意味を持つものである³⁾。

予測モデルの作成に使用した学習期間 (target period) のデータは気象庁カタログ (1926 年–2008 年) の M4.0 以上のデータであるが、さらに先行する期間の地震履歴情報として 1885 年から 1925 年までの宇津カタログの M6.0 以上の地震データも使用している。

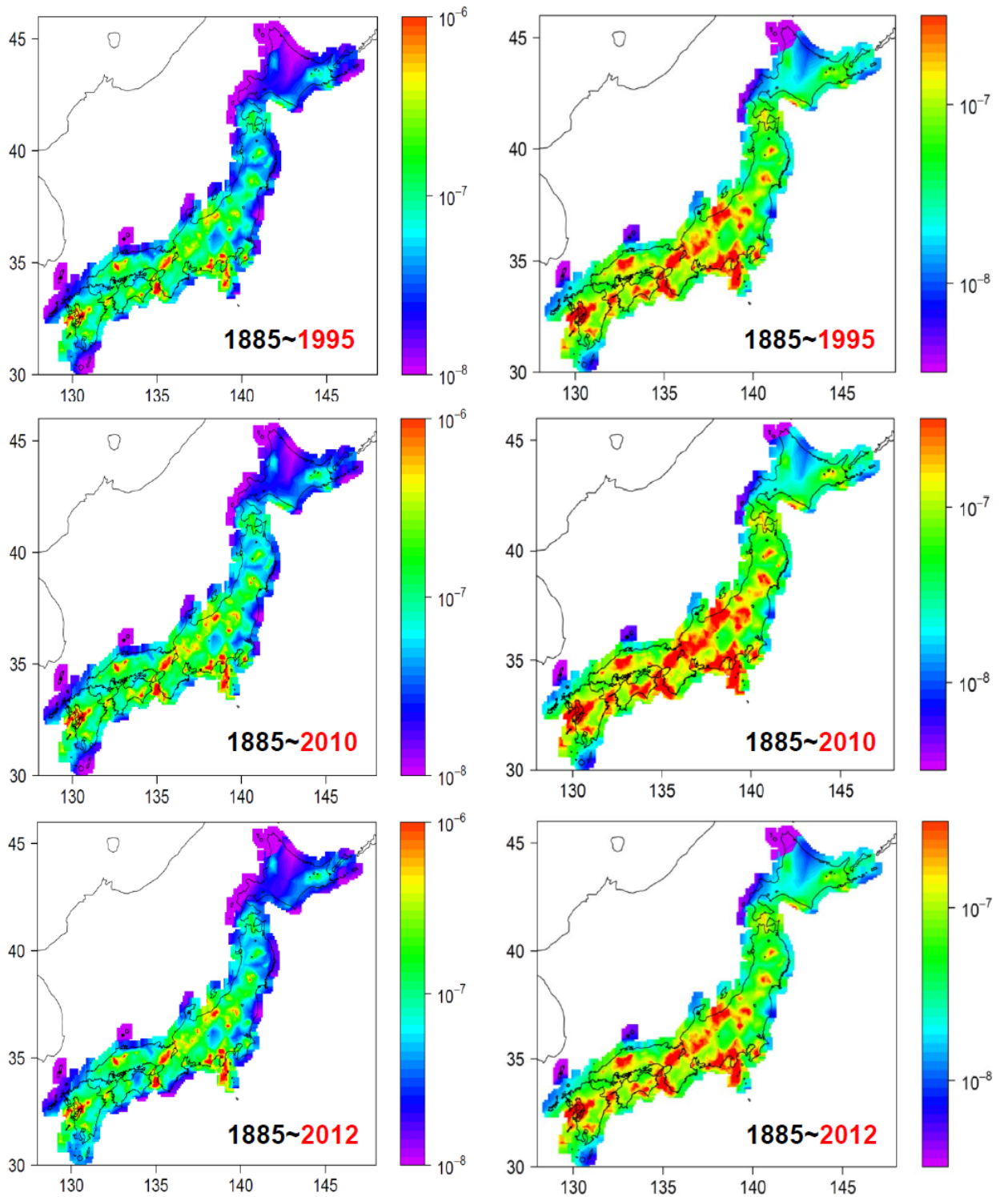
ここで報告するものは予測領域を列島内陸部の 30km より浅い直下型の地震に限ったものである。更に target period をそれぞれ 1926~1995 年、1926~2010 年および 1926~2012 年とした地震データを考え、第 1 図にそれぞれの常時地震活動度を 0.01° 平方 (約 1 キロ平米) の小領域で求め比べた。これらから、お互いに殆ど変わらない活動度パターンであることが分かる。

この活動度に対して、第 2 図に 2000 年から現在までの M6.0 以上の内陸大地震を重ね、第 3 図に「世界の被害地震の表 (古代から 2012 年まで)」⁴⁾ による 599–1884 年までの M6.8 以上の内陸近辺の地震が追加されている。なお第 1 図の全てと第 2 図および第 3 図のイメージは配色が異なるが全て同じ数値データに基づくものである。

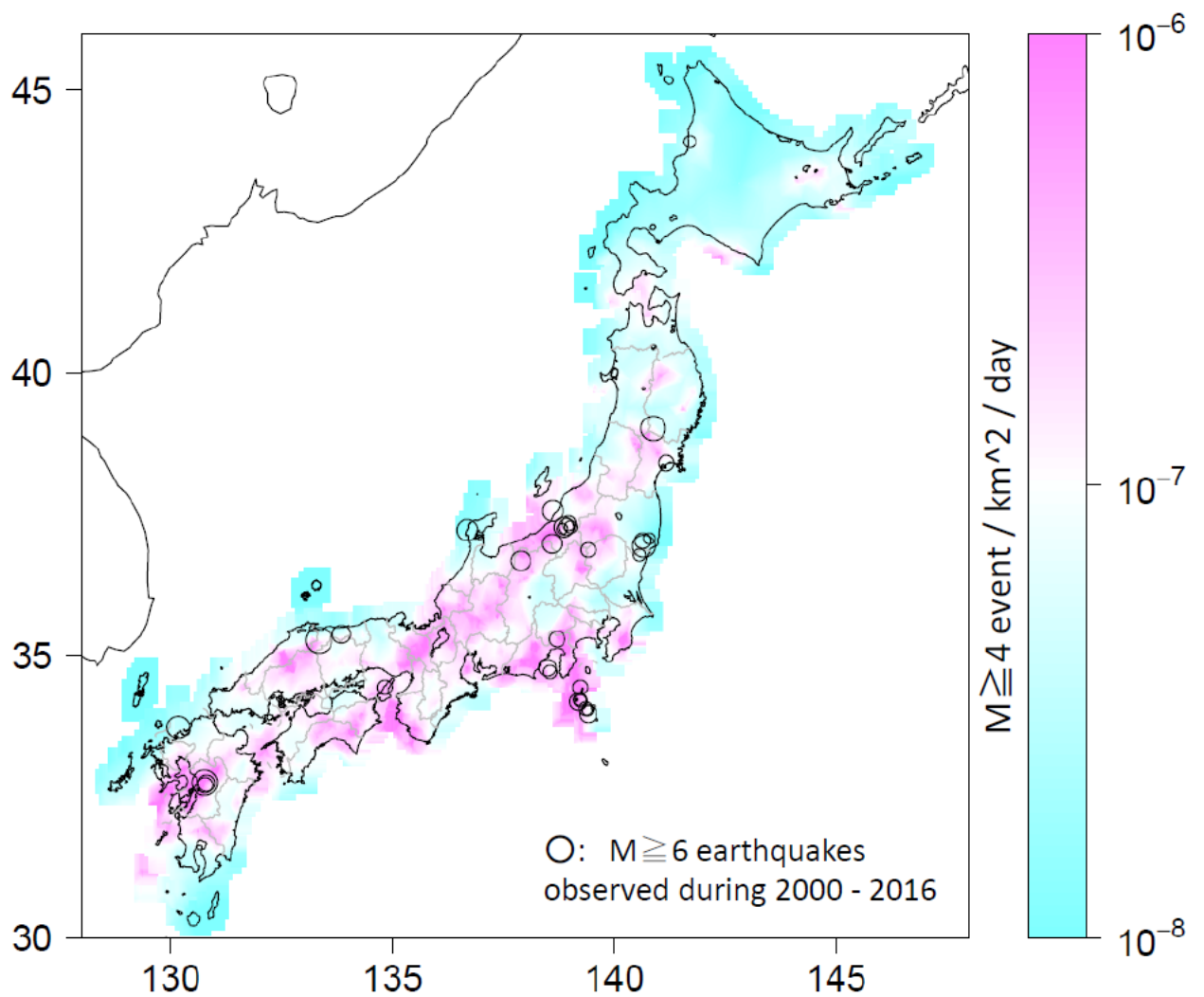
(尾形良彦)

文献

- 1) 統計数理研究所 (2010) 予知連会報 **83** (1-2).
- 2) Ogata, Y. et al. (2003) *Applied Statistics (JRSSC)*, **52** (4), 499-509.
- 3) 統計数理研究所 (2008) 予知連会報 **79** (12-1).
- 4) 宇津徳治 (1990, 2004) <http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index.html>

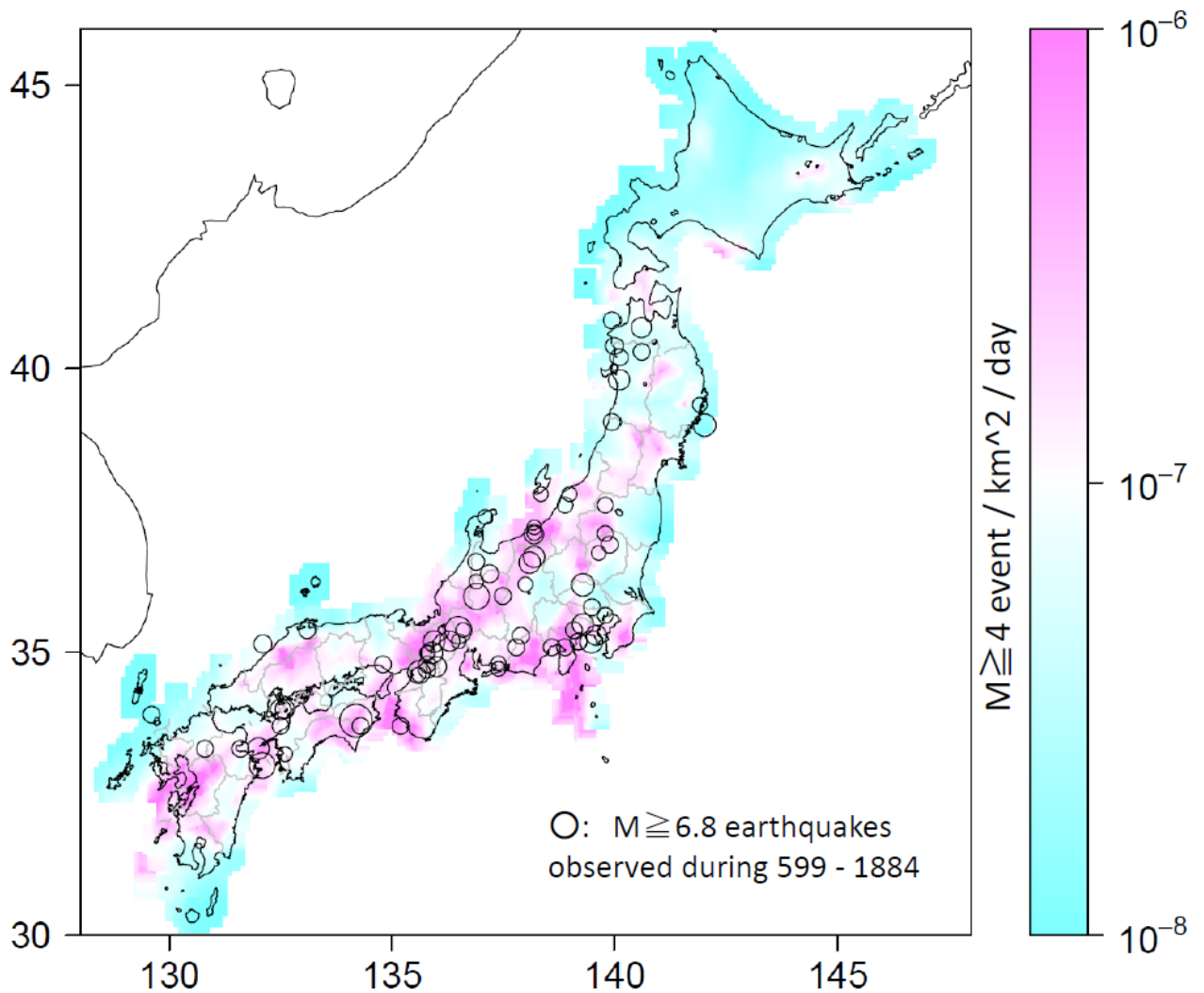


第1図 階層時空間ETASモデルの常時地震活動度の地域性. 1平米、1日当たりの $M \geq 4.0$ の地震期待数で、対数目盛で配色している。使ったデータは(上段) 1885年から1995年12月まで(中段) 2008年10月まで(下段) 2012年12月まで。対応する列の左側と右側の図は同じ値データであるが異なった値域での配色である。



第2図 階層時空間ETASモデルの常時地震活動度の地域性。第1図と同じ数値データであるが配色が違ふ。さらに2000~2016年4月までのM6.0以上の内陸直下型地震の震央を重ねている。

Fig. 2. Colors indicate background seismicity values of values that are same as those in the panels of Figure 1. In addition, all the inland earthquakes of $M \geq 6.7$ that occurred during the period 2000-2016 are superimposed.



第3図 階層時空間 ETAS モデルの常時地震活動度の地域性。第1図の各パネルと同じ数値データであるが配色が違う。宇津⁴⁾による599-1884年までのM6.8以上の内陸と近辺の地震が追加されている。

Fig. 3. Colors indicate background seismicity values of values that are same as those in the panels in Figure 1. In addition, the inland earthquakes of $M \geq 6.8$ from the Japan historical catalog of disastrous earthquake compiled by Utsu (<http://iisee.kenken.go.jp/utsu/index.html>) are superimposed.

2016年鳥取県中部の地震 (M6.6) 前後の活動について

Seismic activity before and after the 2016 Central Tottori Prefecture earthquake

統計数理研究所

東京大学地震研究所

東京大学生産技術研究所

The Institute of Statistical Mathematics

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Institute of Industrial Science, University of Tokyo

2016年10月のM6.6鳥取県中部の地震の前月、9月半ばから震源域に近接する前震活動が有り、さらに本震と同日にM4.2で始まる本震の震源直近での前震活動があった(第1図)。この一連の地震活動に関して、CSEP日本地震活動予測検証センター(東大地震研究所内)に登録・検証中の階層時空間ETASモデル¹⁾による、M4以上の地震発生の時空間確率予測のスナップショット(第2図)を示した。さらに、これらの活動および余震活動を時間ETASモデルで解析した。いずれの活動の推移は時間ETASモデルや大森宇津式で良くあてはまるが、9月の前震活動(第3図上段)は北西方向に移動、M4.2で始まる前震(第3図下段)は深い方向に移動、余震活動(第4図)は西方に拡散し、深さ分布は7km前後に収束している。

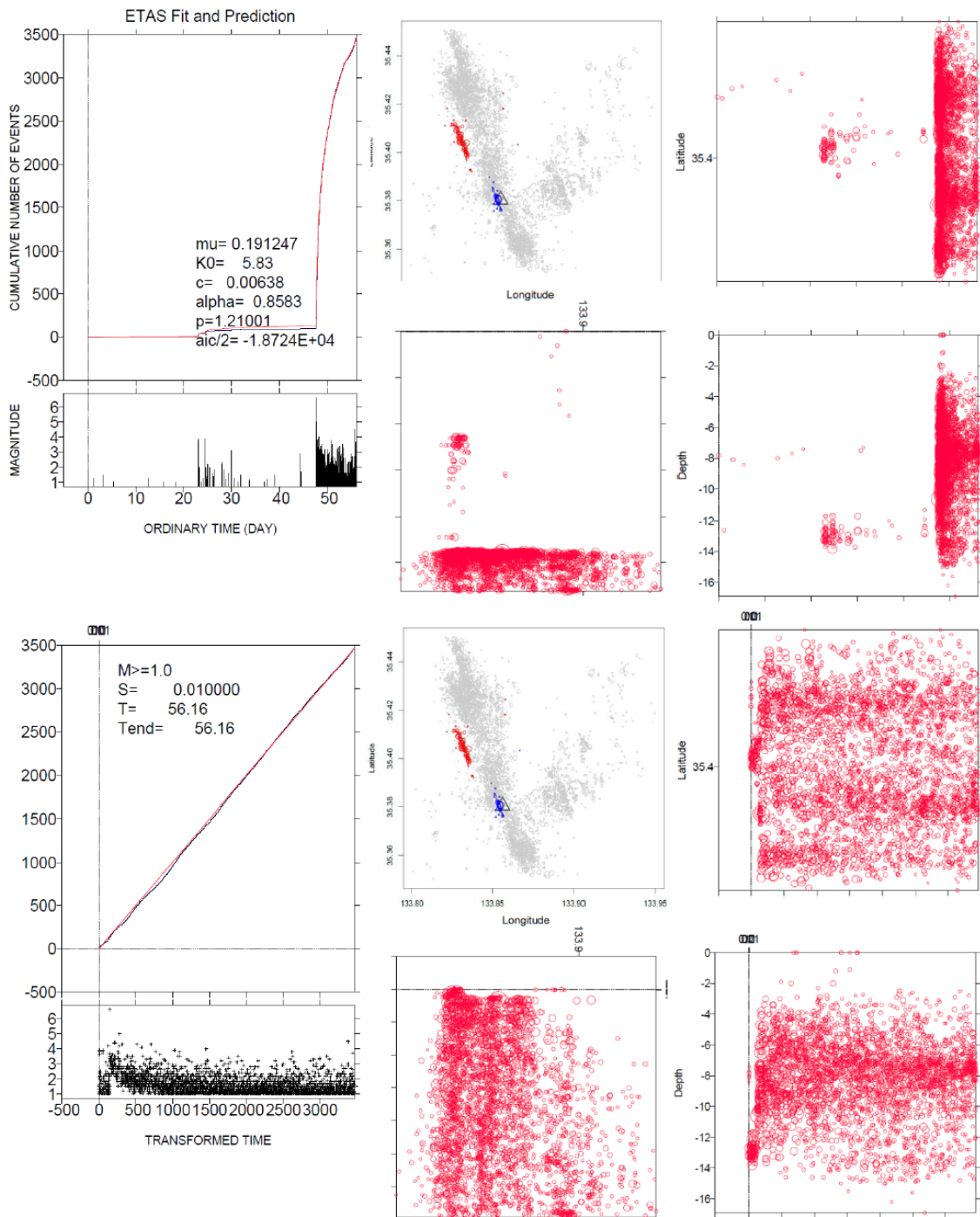
余震の確率予測について、本震直後の不均質な余震の検出率の時間変動²⁾を推定して、大森・宇津の余震減衰則とGutenberg-Richter則により、鳥取県中部地震の余震確率を、それぞれ本震後3時間から48時間まで準リアルタイムデータに対応して³⁾良く予測できている(第5図)。

本解析にかんして気象庁一元化震源データ防災科技研Hi-netデータおよび地震活動解析ソフトウェアTSEISとXETASを使用した。

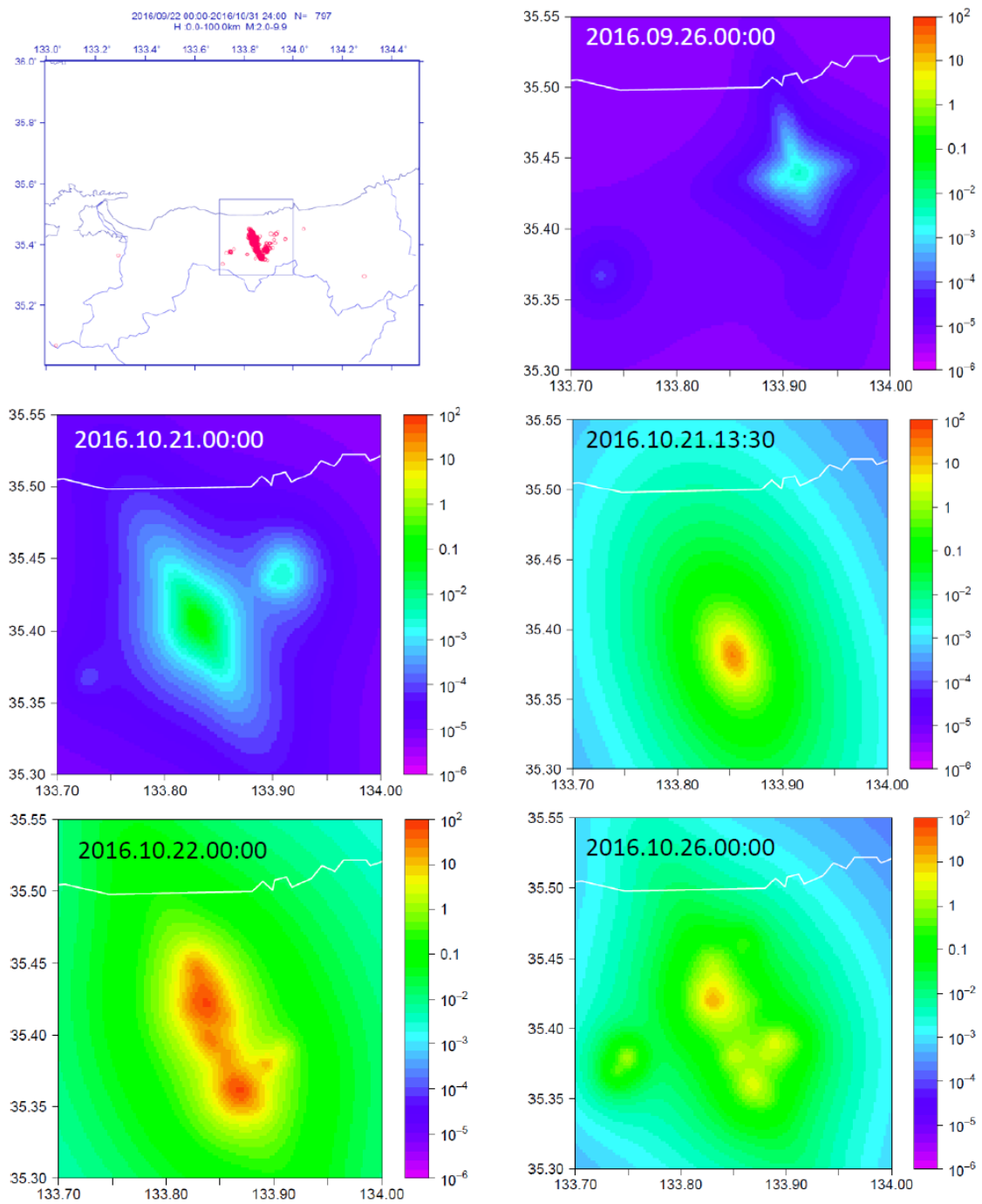
(尾形良彦、鶴岡弘、近江崇宏、合原一幸)

参考文献

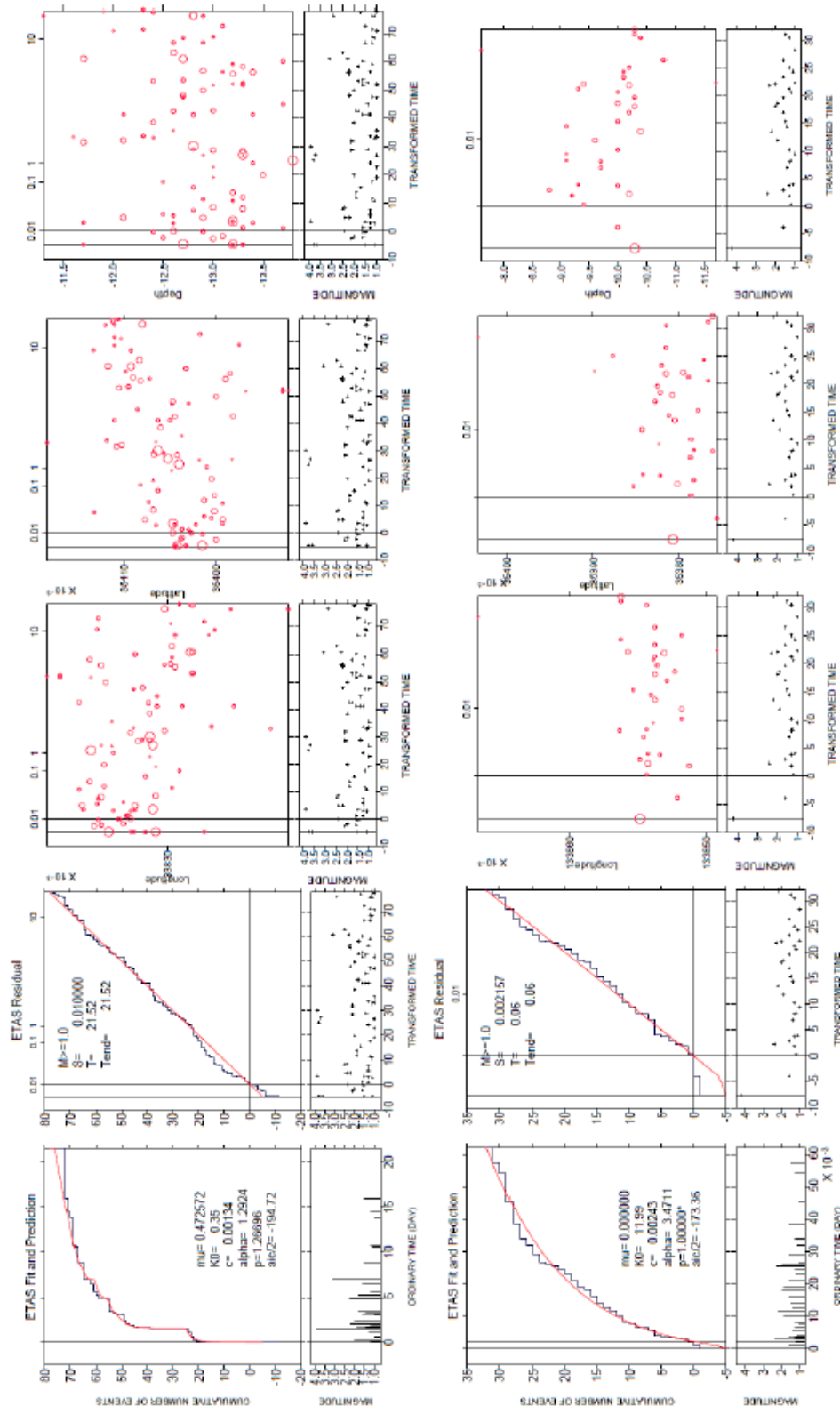
- 1) Ogata, Y., *EPS*, **63**(3), (2001), 217.
- 2) 統計数理研究所, 連絡会報, **73** 卷(11-10) (2005), 666 頁.
- 3) 東大生産研究所・統計数理研究所 (2014) 連絡会報 **91** (3-2), 66.



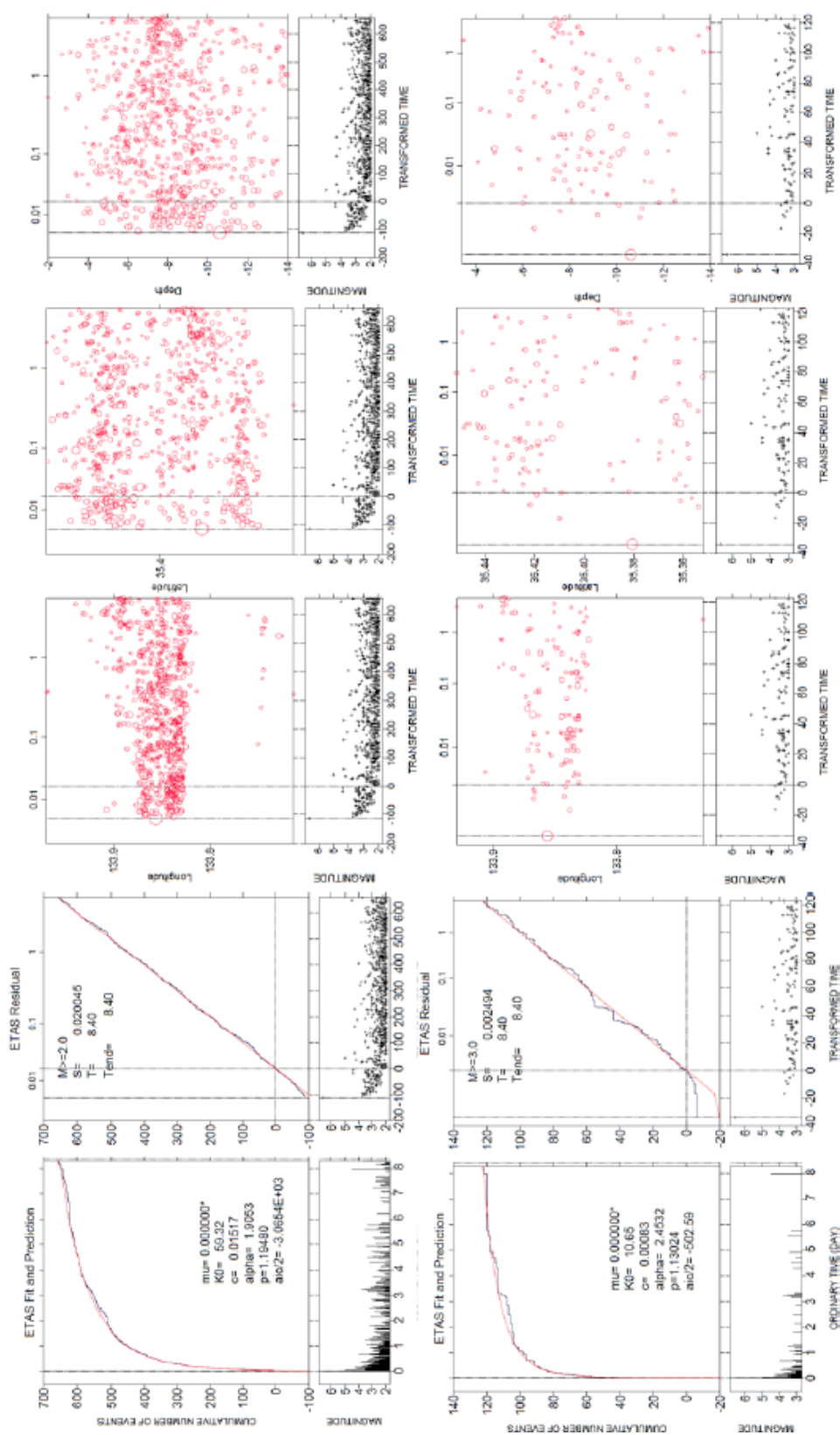
第 1 図。2016 年 M6.6 鳥取県中部の地震前後の $M \geq 1.0$ の通常時間に関する地震活動の経過（上段）および ETAS モデル変換時間に関する地震活動の経過（下段）。それぞれ累積数時間経過及び M-T 図。それぞれ震央図、緯度対時間、経度対時間および深さ対時間の経過。後者から西方へ拡散、および及び深さ 5~6km への収束傾向が見える。



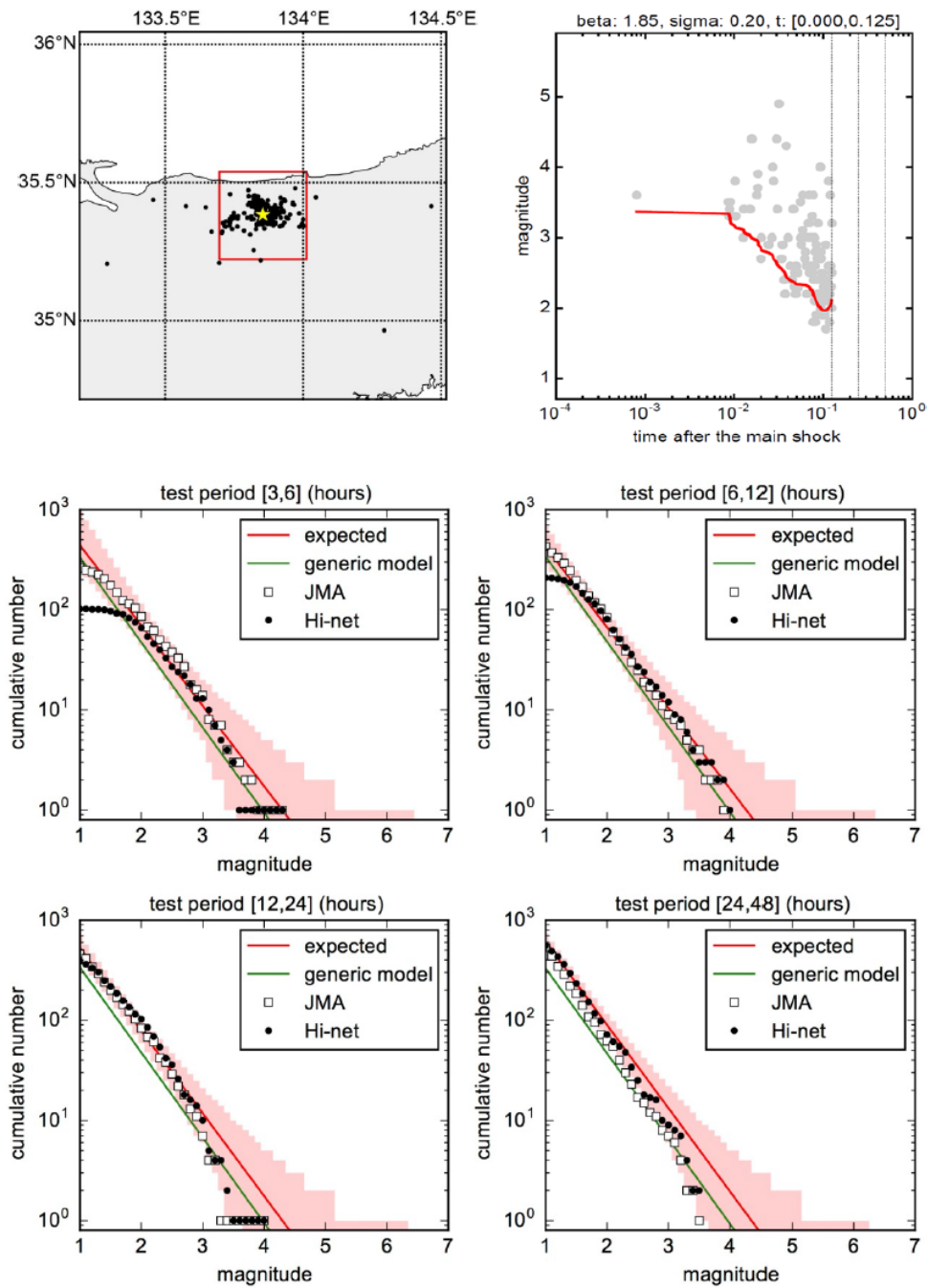
第2図。HIST-ETASモデルによる2016年鳥取県中部の地震(M6.6)の前後の地震活動の空間確率(10x10 km²当たり)の予測の各記入時刻におけるスナップショット。CSEP日本検証センターに提出されたモデルを用いている。



第3図. 2016年M6.6鳥取県中部の地震の前震活動 ($M \geq 1.0$) のETASモデルによる解析結果。地震の累積数時間経過、M-T図、および経度、緯度並びに深さ対ETAS変換時間の時空間プロット。上段図は2016年9月1日から10月21日12時12分M4.2最大前震までの地震活動、下段図はM4.2からM6.6本震までの活動。前者には北西方向への移動、後者には深さ方向への移動、後者には深さ方向への移動が見られる。



第4図。2016年M6.6鳥取県中部の地震の余震活動のETASモデルによる解析結果。上段は下限マグニチュードM_c2.0で、下段はM_c3.0の余震の累積数時間の経過、M-T図、および経度、緯度並びに深さに対ETAS変換時間。西方への拡散、深さ5-6kmへの収束、および本震周辺での余震活動の遅れが見られる。



第5図。余震確率のリアルタイム確率予測法³⁾による予測と結果。赤線、およびピンクの領域が Hi-net の自動震源処理カタログ (web version) を用いた期待予測値とその95%信頼区間。予測モデルは大森-宇津則と Gutenberg-Richter 則を用い、パラメータ値は初期の余震のデータ欠損を考慮して推定されている。予測分布はベイズ型予測を用いて求めた。概ね予測分布がその後の JMA データの経験分布と一致している。