

### 3-2 東北地方太平洋沖地震によって誘発された地域の地震活動の長期確率予測 Long-term probability forecast of the regional seismicity that was induced by the M9 Tohoku-Oki earthquake

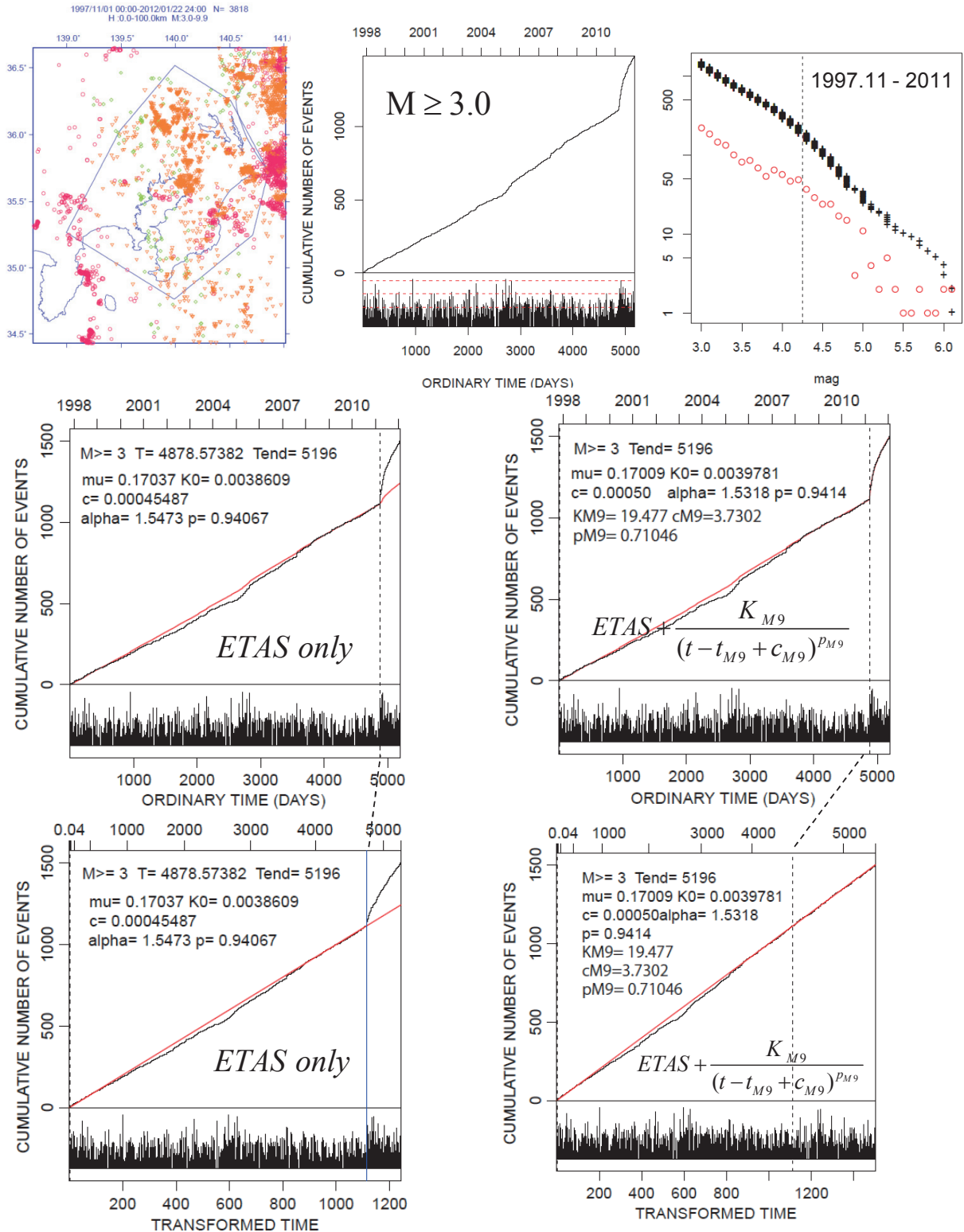
統計数理研究所  
The Institute of Statistical Mathematics

2011年3月11日の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活発化している。本報告では日本の各領域についての地震活動の時間モデルで予測することを考える。考慮する領域がM9地震を含まない場合、地域内の余震などの連鎖地震のETASモデルとM9地震による誘発寄与の活動を示す大森宇津の減衰式の重ね合わせで地震活動度を表現し、これをデータに当てはめ、一定の下限マグニチュード以上の地震活動予測に使う。

次に、地震のマグニチュード列のシミュレーションが必要である。気象庁マグニチュードは変位地震計と速度地震計によるマグニチュード算定の微妙な違いのためM4~4.5を境に対数頻度分布が折れ線状になる。特にこの折れ曲がりに関東地域などで顕著である(第1図右上パネル)。小さい下限マグニチュードでGutenberg-Richter則のb値を採用すると、大きな地震の確率予測に偏りをもたらす可能性がある。そこで、宇津カタログ(1885-1925)及び一元化(1997.11)前後の気象庁カタログからの地震(第2図右上パネル)で、其の領域のマグニチュードデータをブートストラップ・リサンプリングする。ただし、それぞれのマグニチュードについてカタログの期間や検出率を考慮した重みでリサンプリングする。

この様なマグニチュード列に対して、大森宇津式とETASの重ね合わせモデルで地震活動をシミュレーションし、これを大量に繰り返すことによって、所定の大地震の長期的発生確率を推定する。本報告では、30年後まで、南関東(首都圏)や東北地方のM6.7以上やM7.0以上の地震の確率予測、及び糸魚川静岡構造帯のM6.0以上やM6.5以上の地震確率予測の経過を示す。

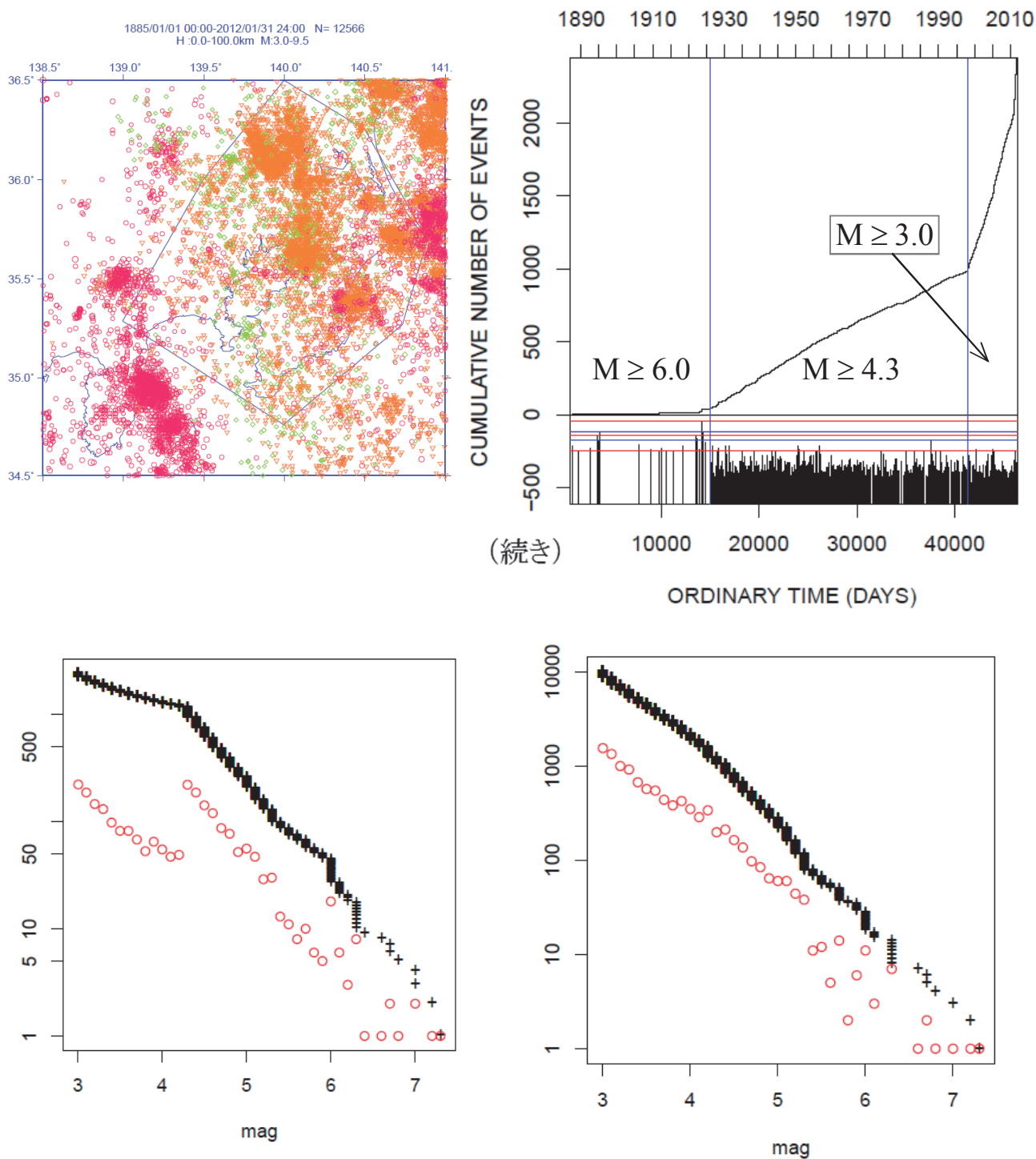
(尾形良彦)



第 1 図 (左上) 地震調査委員会が考慮した南関東地震活動領域。(中上) 一元化データの累積及び MT 図。(右上) 同マグニチュード頻度分布。(左中下) M9 発生時まで ETAS モデルで当てはめ延長したもの。(右中下) 全時間区間を ETAS モデルと大森宇津式のとで当てはめたもの。

Fig. 1 Seismic activity in the metropolitan region for the long-term forecast of large earthquakes set by Earthquake Research Committee (ERC). Top panels represent epicenter locations of the earthquakes of M3+ from November 1997 till 2011 end, their cumulative number and magnitude against time, and magnitude frequency distribution. The red curves middle and bottom panels are estimated cumulative curves against ordinary time (middle panels) and the transformed time (bottom panels). The left panels represent those of the fitted ETAS model till the M9 event, while the right panels represent those of the ETAS superimposed the Omori-Utsu curve for the induced seismicity effect by the M9 event.

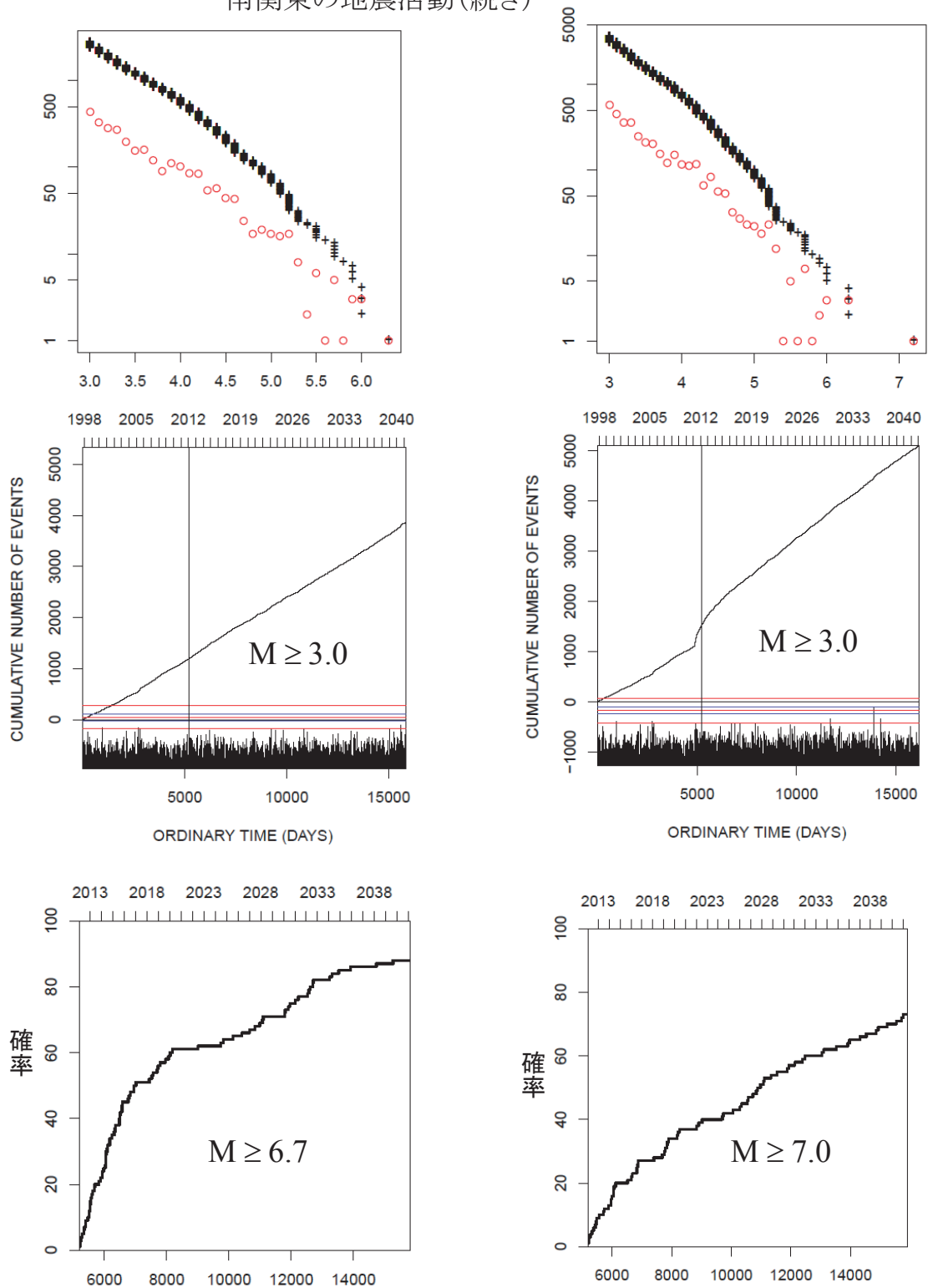
南関東の地震活動(続き)



第2図 (上段) 同地域の宇津カタログ(関東地震と余震は除く), 1997年までの気象庁カタログおよび一元化カタログのデータ。(左下) 上記データのマグニチュード頻度分布。(右下) 各カタログの下限と期間を考慮してリサンプリングしたマグニチュード頻度分布。

Fig. 2 Top left panel represents epicenter locations of M3+ earthquakes since October 1997. Top right panel represents the cumulative number and magnitude against time since 1885, and the bottom left panel represents their magnitude frequency distribution. The bottom right panel represents a frequency distribution of re-sampled magnitude data by taking account of earthquake detection ability during each period.

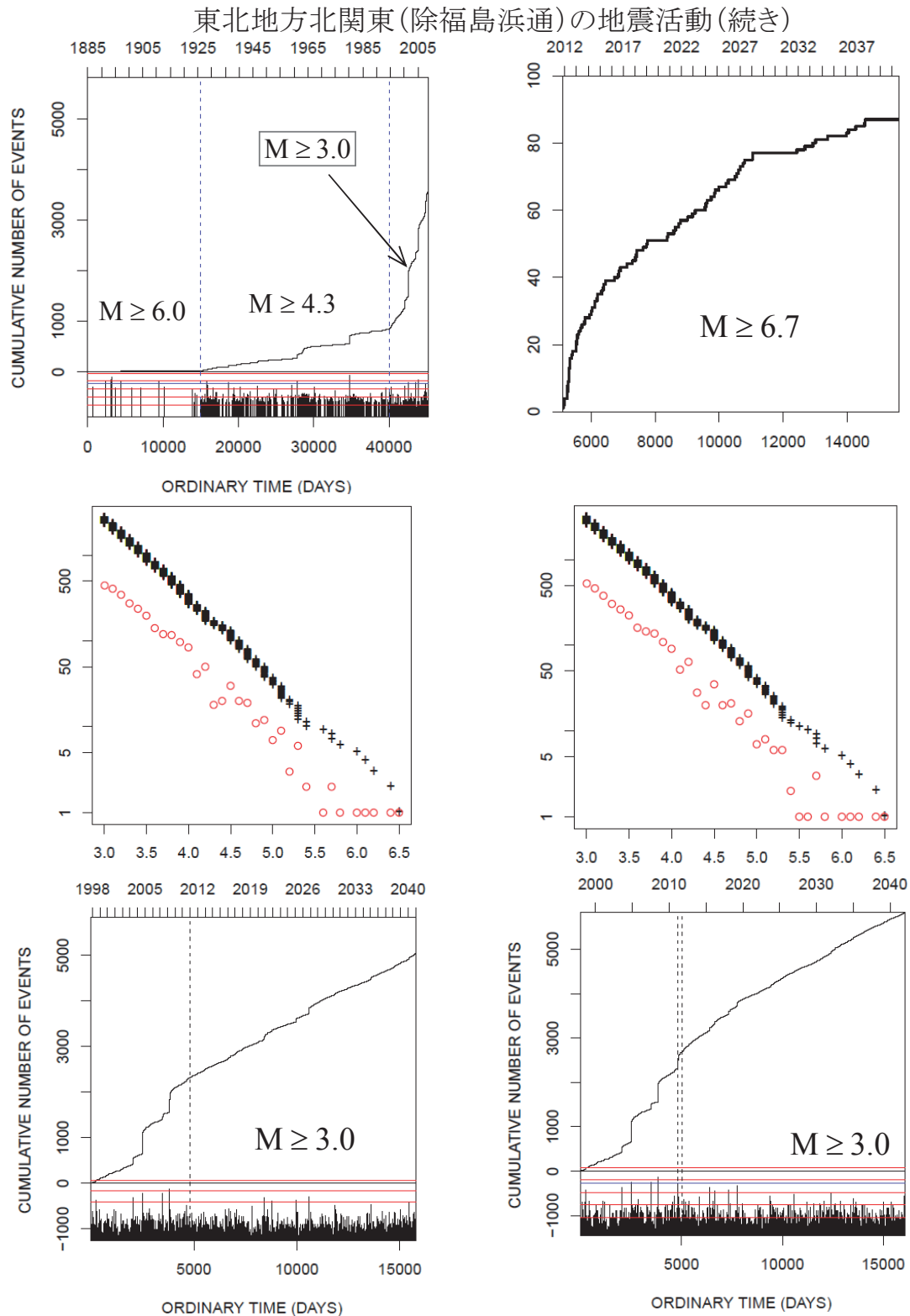
南関東の地震活動(続き)



第3図 リサンプリングされたマグニチュード列で予測した M9 以後の長期地震活動のシミュレーション。(左側) ETASモデルのみ。(右側) ETASと大森宇津式の和のモデル。(下段) 経過時間対最初の M6.7 以上(左)または M7.0 以上(右)の地震の推定発生確率。

Fig. 3 Top left panel represents the cumulative number and magnitude against time since 1885 in the Itoigawa-Shizuoka tectonic zone, and the top left panel represents their magnitude frequency distribution. The middle right panel represents magnitude frequency distribution of a bootstrap re-sampled magnitude data. The middle left panel represents cumulative numbers vs time and MT diagrams of respectively simulated events of M1.5+ by the ETAS superimposed the Omori-Utsu curve. The simulation of the left panels has been repeated 100 times, and the bottom left and right diagram represents the normalized cumulative of the first large earthquake of M6.0+ and M6.6+ against the future time, respectively.

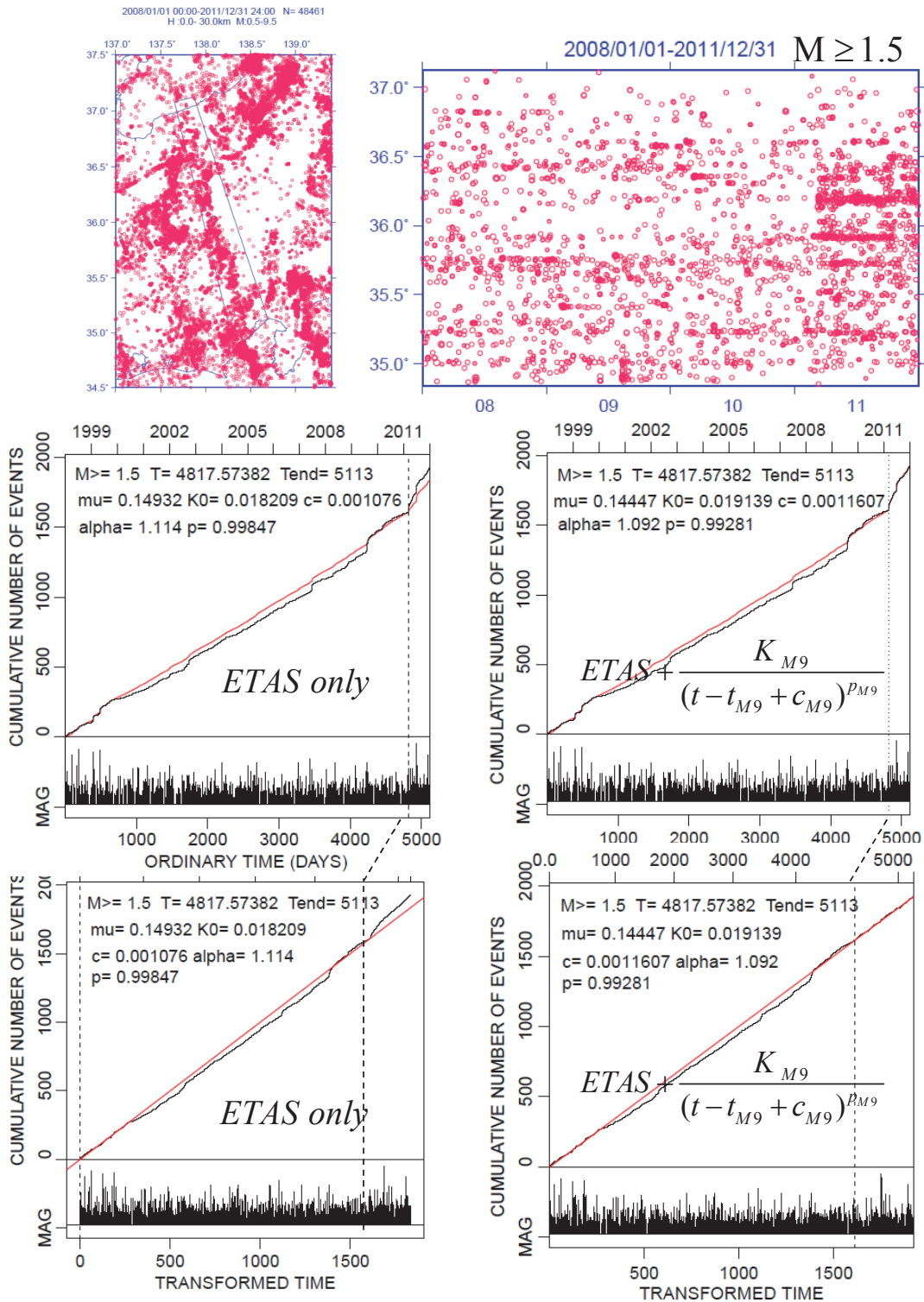




第5図 (上段) 同地域の宇津カタログ 1997年までの気象庁カタログおよび一元化カタログのデータ。  
 (中段) 各カタログの下限と期間を考慮してリサンプリングしたマグニチュード頻度分布。  
 (左下) ETASモデルのみによるM9以後の長期地震活動のシミュレーション。(右下) ETASと大森宇津式の和のモデルによるM9以後の長期地震活動のシミュレーション。

Fig. 5 Simulation of the future earthquakes. Top left panel represents the cumulative number and magnitude against time since 1885, and the middle panels represents magnitude frequency distributions of a bootstrap re-sampled magnitude data with the weight of detection rated during the period. The bottom panels represent the cumulative numbers vs time and MT diagrams of simulated of M3+ events by following models: the left uses the ETAS model only and the right uses the ETAS superimposed the Omori-Utsu curve induced by the M9 event. The simulation of the left panels has been repeated 100 times, and the top right diagram represents the normalized cumulative of the first large earthquake of M6.7+ against the future time.

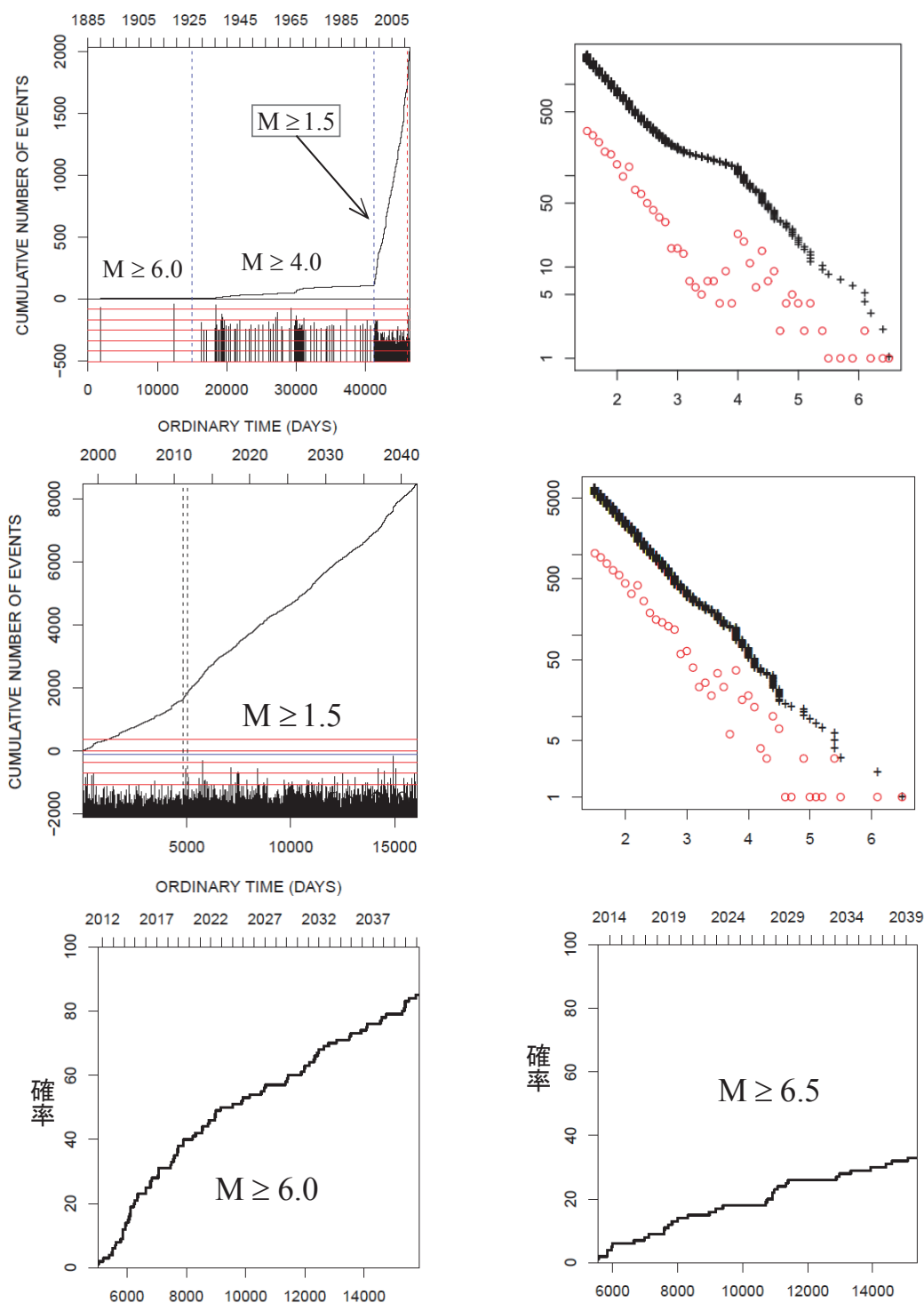
糸魚川静岡構造線地帯の地震活動



第 6 図 (左上) 糸魚川静岡構造線地域の地震活動。(右上) 同地域の M9 地震前後の緯度対時間分布。  
(左側中下段) M9 発生時まで ETAS モデルで当てはめ延長したもの。(右側中下段) ETAS モデルと大森宇津式との和で当てはめたもの。

Fig. 6 Seismic activity in the Itoigawa-Shizuoka tectonic zone. Top left and right panel represents the epicenter locations and the longitude versus time plot of earthquakes of M1.5+ since 1998, respectively. The middle and bottom panels represent the cumulative number curves against the ordinary time and the transformed time, respectively. The red curves middle and bottom panels are estimated cumulative curves against ordinary time (middle panels) and the transformed time (bottom panels). The left panels represent those of the fitted ETAS model till the M9 event, while the right panels represent those of the ETAS superimposed the Omori-Utsu curve for the induced seismicity effect by the M9 event.

糸魚川静岡構造線地帯の地震活動(続き)



第 7 図 (右上) 同地域の宇津カタログ 1997 年までの気象庁カタログおよび一元化カタログのデータ. (右上) 一元化期間のマグニチュード頻度分布. (中段左) ETAS と大森宇津式の和のモデルによる M9 以後の長期地震活動のシミュレーション. (中段右) 各カタログの下限と期間を考慮してリサンプリングしたマグニチュード頻度分布. (左下) ETAS モデルのみによる M9 以後の長期地震活動のシミュレーション. 1997 年までの気象庁カタログおよび一元化カタログのデータ. (下段) 経過時間対最初の M6.0 以上 (左) または M6.5 以上 (右) の地震の推定発生確率.

Fig. 7 Top left panel represents the cumulative number and magnitude against time since 1885 in the Itoigawa-Shizuoka tectonic zone, and the top right panel represents their magnitude frequency distribution. The middle right panel represents magnitude frequency distribution of a bootstrap re-sampled magnitude data with the weight of detection rated during the period. The middle left panel represents cumulative numbers vs time and MT diagrams of respectively simulated events of M1.5+. This simulation has been repeated 100 times, and the bottom left and right diagram represents the normalized cumulative functions of the first large earthquake of M6.0+ and M6.6+ against the future time, respectively.