

12-11 2004年M9.1スマトラ地震に先行した地震発生率の変化について Seismicity anomaly that preceded the 2004 Sumatra earthquake M9.1

統計数理研究所

The Institute of Statistical Mathematics

2004年12月26日のM9.1スマトラ地震の前にスマトラ・アンダマン諸島地域における広域地震活動の時間的な変化を1973年からの期間で調べた。全期間を通じて同じパラメータの定常なETASモデルより、ある変化時点を境に異なるパラメータのETASモデルを当てはめた場合がデータに良く適合した。

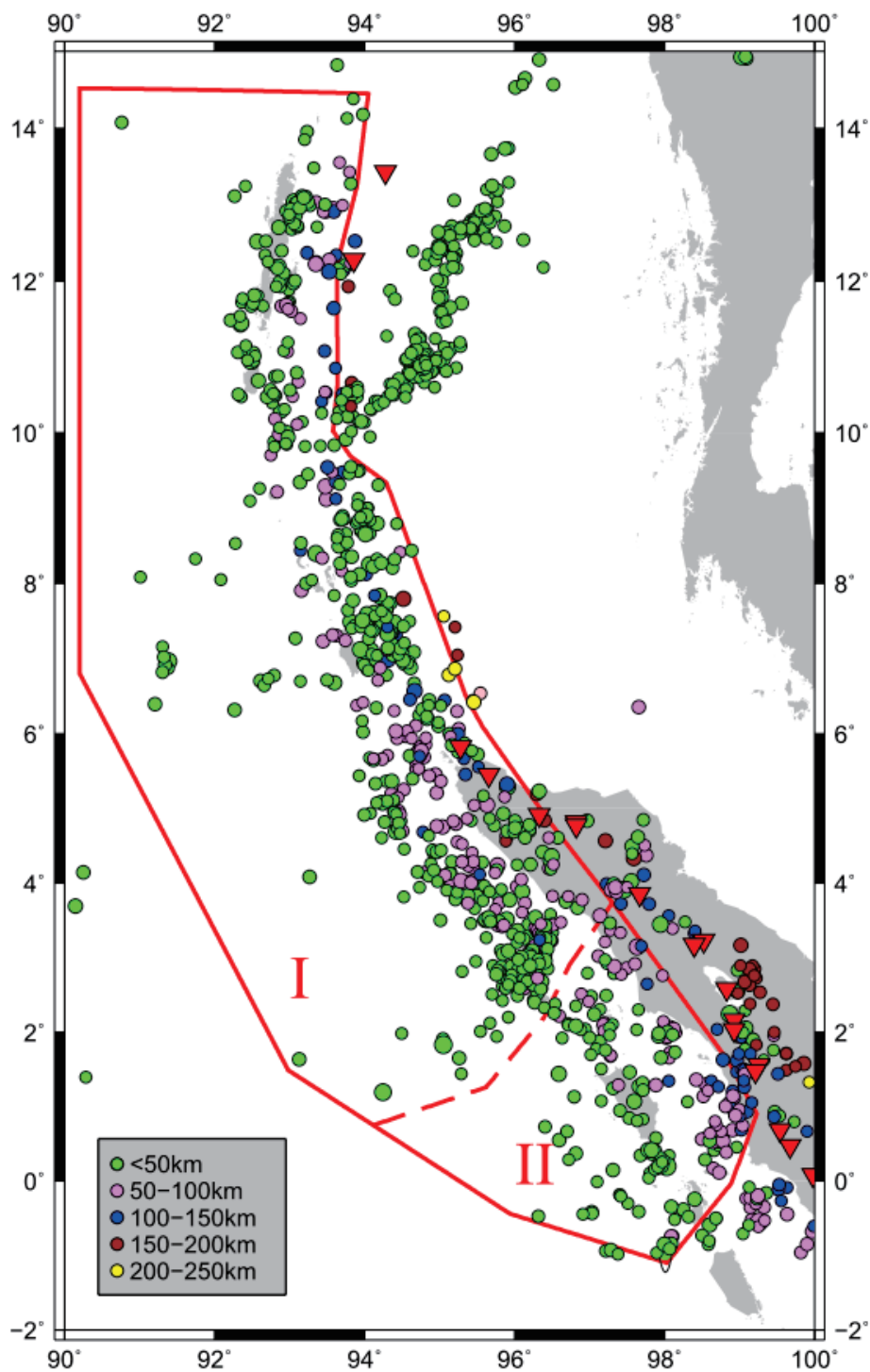
しかしUSGSのNEICの震源カタログとISCのカタログでは、導かれる地震活動度の変化のパターン自体が違った。前者のデータでは相対的に活発化し、後者では相対的に静穏化したため、これは矛盾した地震活動の異常を示唆している。その原因を調べるためにスマトラ・アンダマン諸島地域における同一地震のISCとNEICのマグニチュード差の分布のプロットを見たところ、1996年4月頃を境に非定常な変化がみられた。どちらのマグニチュードの評価が一貫していないのかは、これだけでは分からない。そこで気象庁(JMA)カタログも含めた日本列島地域に於ける地震を選び、マグニチュードを比較した結果、JMAとNEICのマグニチュード差には定常性があったが、ISCのカタログについてはマグニチュードのシフトによる不均質性が1996年4月頃から続いていることが判明した。原因と考えられることは包括的核実験禁止条約(CTBT)に基づく国際データセンター(IDC)のデータの扱いにあると考えられるISCカタログはIDCデータを含めたのに対してNEICは非採用であった。ゆえに本報告はNEICのカタログによって解析を進めたものに基づく。

地震活動の活発化は主に常時地震活動率の増加に起因しており2000年7月の半ば(M9.1地震前約4.5年)に始まった。位置に依存する時空間ETASモデルも適用し確率的除群法で得た結果から、常時地震活動がスマトラ・アンダマン諸島地域全体を通して活性化したことも示される。これまでETASモデルに基づいた巨大地震発生前の広域の地震活動異常は相対的静穏化の例¹⁾が見られているが、この事例では活発化となった。この地球物理学の根拠は不明である。

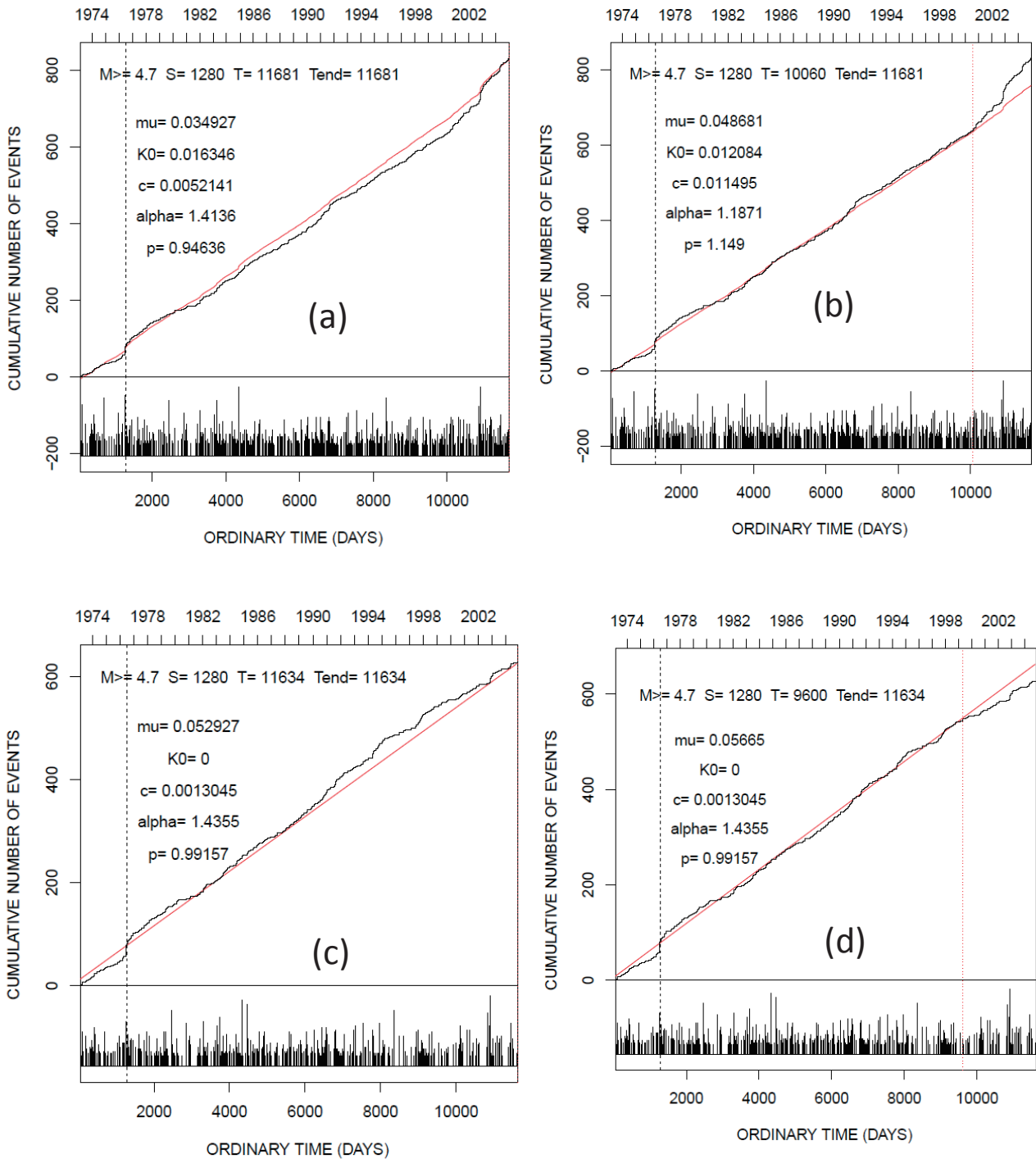
(尾形良彦, Abhey Bansal)

文献

1) Ogata, Y. (1992). *J. Geophys. Res.*, **97**, 19845-19871.

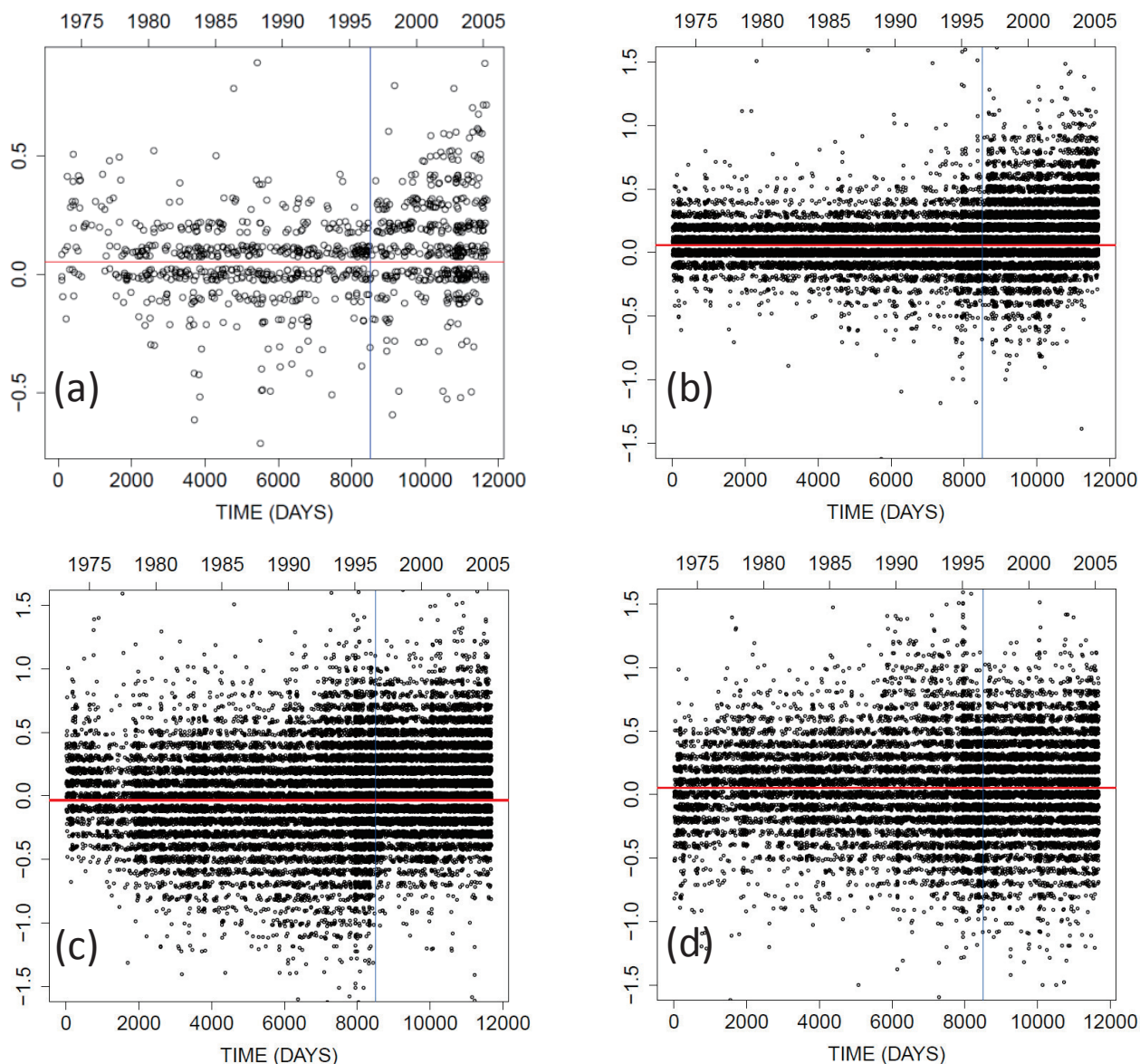


第1図. スマトラ地域における地震の震央分布 ($m_b \geq 4.7$). 赤色のポリゴンはデータ選択領域.
 Fig. 1. The epicentral distribution of the earthquakes ($m_b \geq 4.7$) in the Sumatran region. The red polygon denotes selection of the region for the ETAS modelling.



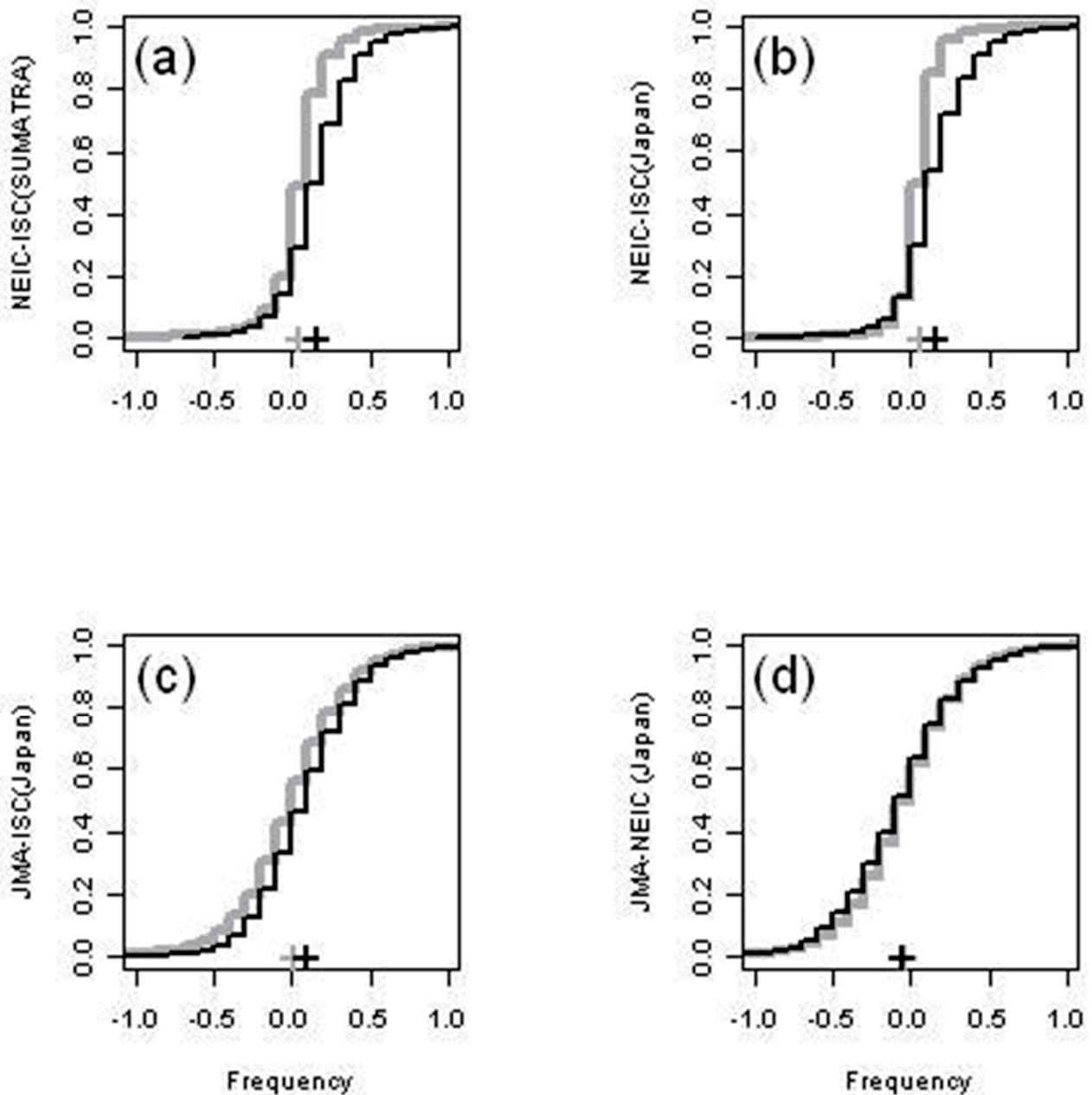
第2図. (a) 多角形領域に対する NEIC カタログから採録したデータの累積数の時間変化と MT 図. 赤い曲線は全体の区間に当てはめた ETAS モデルによって計算された理論的累積関数を表す. (b) NEIC カタログから採録したデータの同様のプロット. ただし, 赤線は変化点 (赤い縦の破線) までの区間に当てはめた ETAS モデルの理論的累積. (c) と (d) は (a) および (b) にそれぞれ対応するがデータは ISC のカタログから採録した.

Fig. 2. (a) Cumulative number of events and a plot of earthquake magnitude of NEIC catalogue versus ordinary time with fitted ETAS model pre-main shock period for the whole polygonal region. The red curve represents the theoretical cumulative function calculated by the best fitted stationary ETAS model. (b) The same plots show the estimated cumulative curves of the ETAS model to the data from the whole region for the period up to the MLE for change-point (red vertical dashed line) and the extrapolated ones to the rest of the period, against ordinary time. (c) and (d) corresponds (a) and (b), respectively, for the data of the same region from ISC catalog.



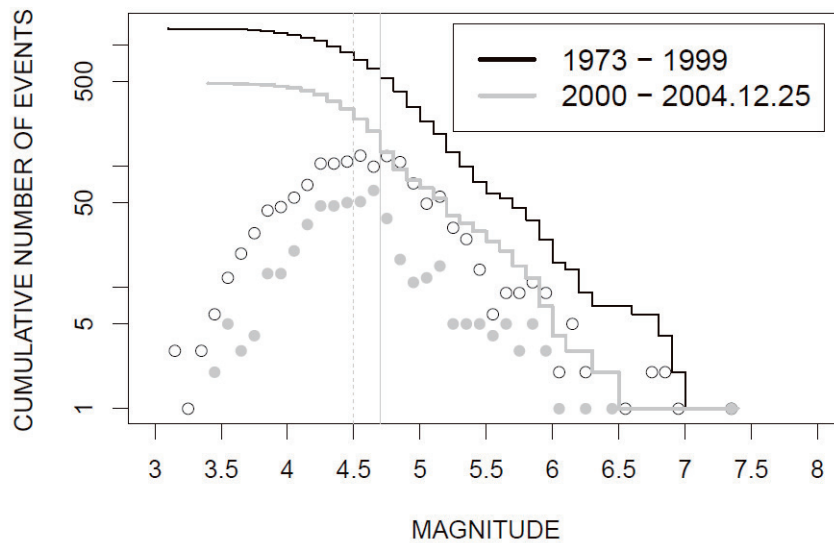
第3図. 同じ地震のNEIC (m_b), ISC (M_b) と気象庁 (M_j) のカタログの間の大きさの差の時系列. 青い縦線は1996年4月1日. (a) スマトラ・アンダマン諸島地域におけるマグニチュード差 $m_b - M_b$ 時系列. (b) 過日本列島地域における $m_b - M_b$ 時系列. (c) 日本列島地域における $M_j - M_b$ 時系列. (d) 日本列島地域における $M_j - m_b$ 時系列.

Fig. 3. Time series of magnitude differences between NEIC (m_b), ISC (M_b) and JMA (M_j) catalogues for the same earthquakes: (a) $m_b - M_b$ for the Sumatra region, (b) $m_b - M_b$ for the Japan region, (c) $M_j - M_b$ for Japan region and (d) $M_j - m_b$ for the Japan region. The horizontal red lines are mean differences during the earlier period till 8500days, which is April 1, 1996.



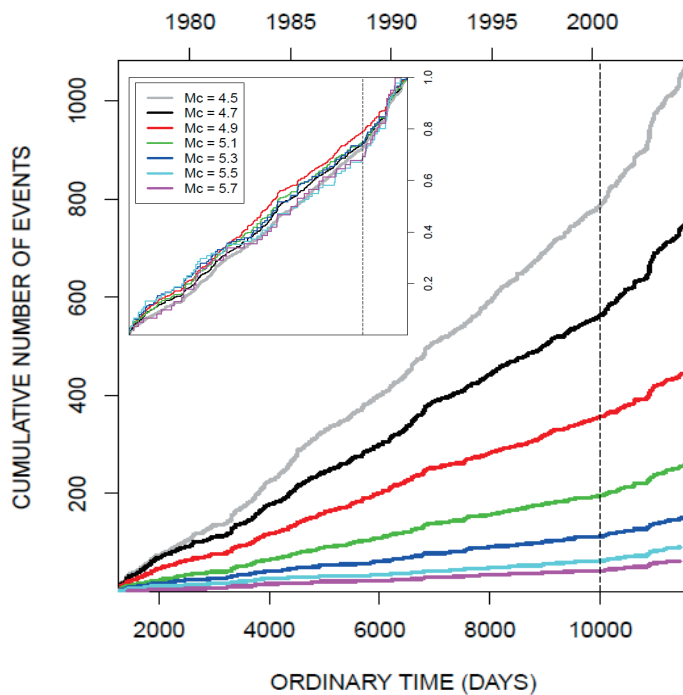
第4図. 1996年4月1日を境にしたNEIC (m_b), ISC (M_b) およびJMA (M_J) カタログのマグニチュード差を大きさ順に並べた場合の累積の分布を標準化したもの. +印はそれぞれの場合のマグニチュード差の平均. 前の期間が灰色で後の期間が黒色. (a) スマトラ・アンダマン諸島地域におけるマグニチュード差 $m_b - M_b$ 時系列. (b) 過日本列島地域における $m_b - M_b$ 時系列. (c) 日本列島地域における $M_J - M_b$ 時系列. (d) 日本列島地域における $M_J - m_b$ 時系列.

Fig. 4. Normalized cumulative functions of the magnitude differences (in order from the smallest to the largest) between NEIC (m_b), ISC (M_b) and JMA (M_J) catalogues for the same earthquakes : (a) $m_b - M_b$ for the Sumatra region, (b) $m_b - M_b$ for the Japan region, (c) $M_J - M_b$ for Japan region and (d) $M_J - m_b$ for the Japan region. Grey and black cumulative function indicates those for the earthquakes before and after 8500 days, which is April 1, 1996. Black and grey stars indicate the corresponding averages of the magnitude differences.



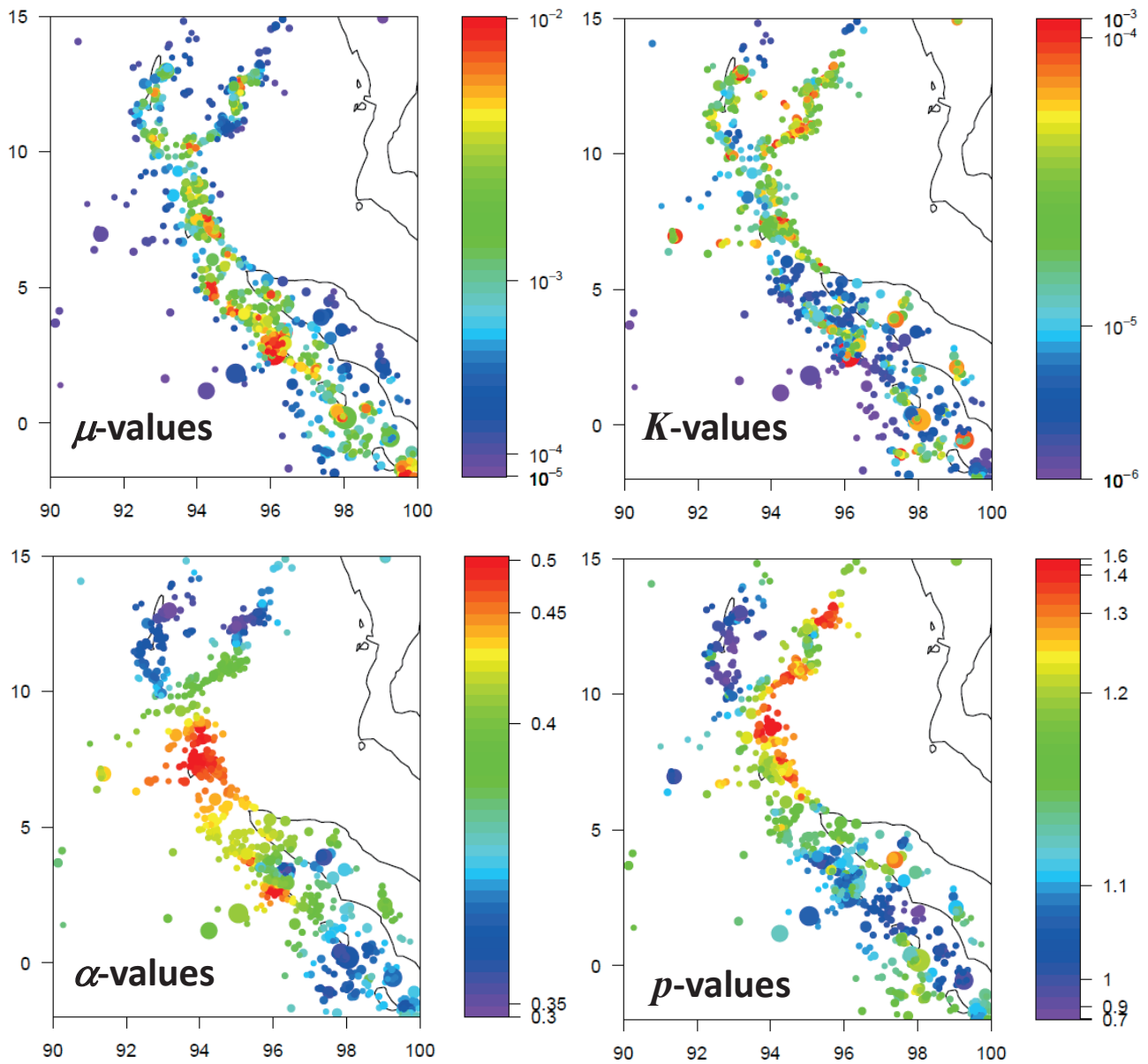
第5図. 黒丸は、期間1973年から1999年の地震の頻度を示し、灰色のディスクは、2004年12月25日までの2000年からの期間の地震の頻度を示す。黒と灰色の階段関数は対応する期間の地震の累積数。

Fig. 5. Black circles indicate the earthquake frequencies for period 1973-1999, and gray disks indicate the earthquake frequencies for period from 2000 till December 25, 2004. The black and gray step functions are the cumulative numbers of the earthquakes in the corresponding period.



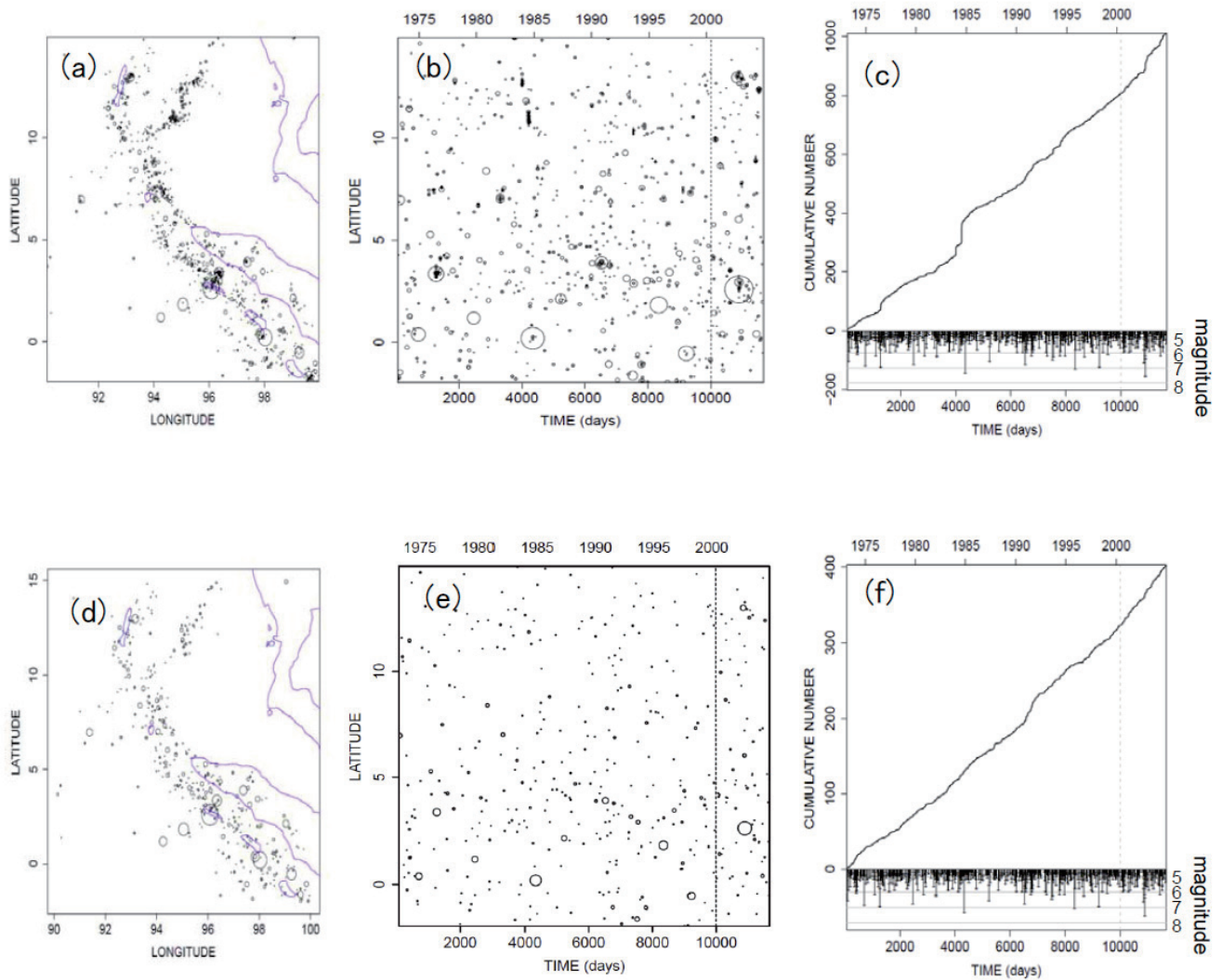
第6図. 異なる下限マグニチュードの地震の累積数を経過時間に対してプロット。累積関数の色は凡例に示されている。嵌め込み図はメインパネルの同じ色の累積関数の正規化累積曲線を示す。

Fig. 6. Cumulative numbers of the earthquakes with the different cut-off magnitudes are plotted against the time. The colours of the cumulative curves are indicated in the legend. The inset diagram shows the normalized cumulative curves corresponding to those of the same colours in the main panel.



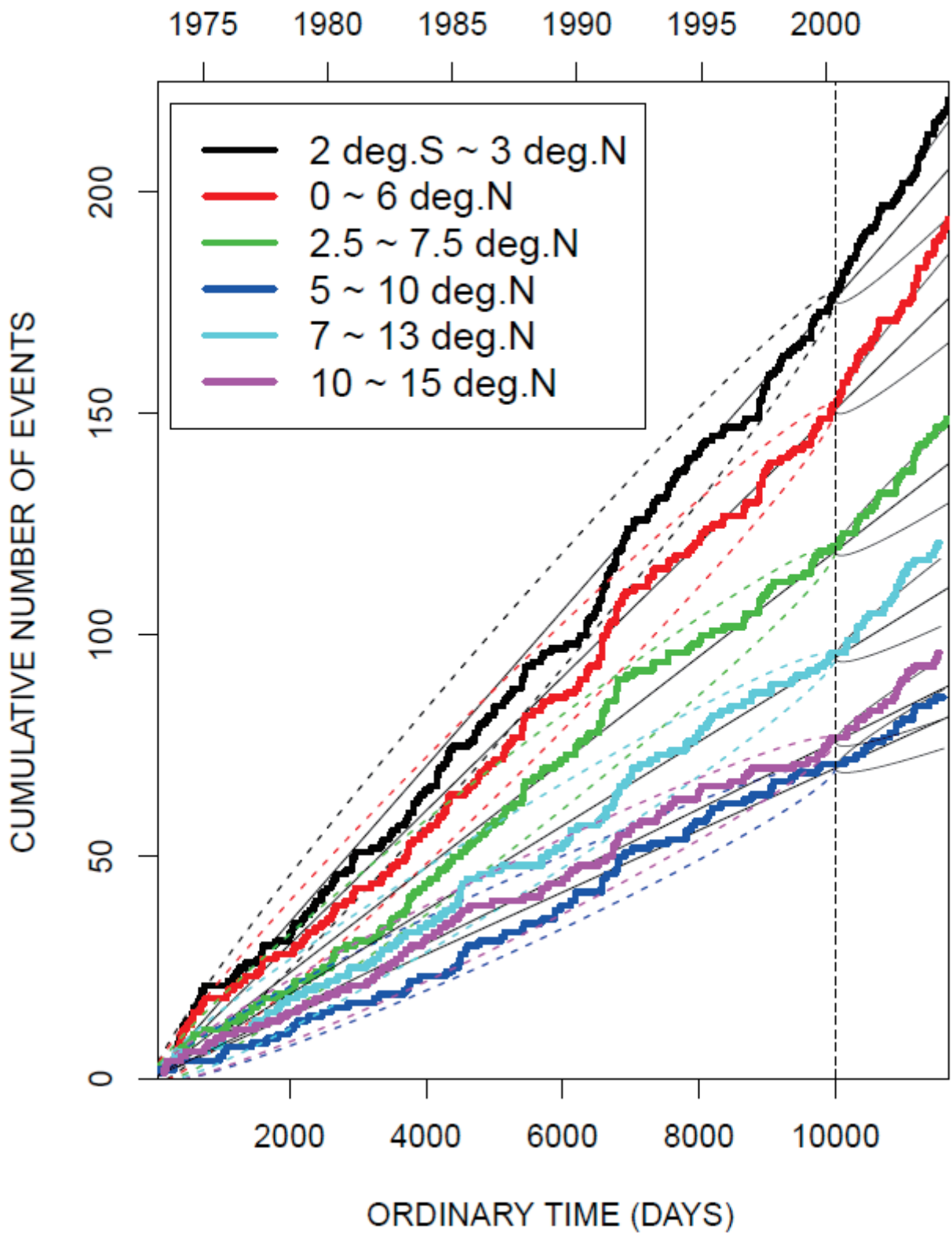
第7図. 矩形領域のスマトラ地震までの全時間区間の $m_b 4.7$ 以上のデータにあてはめた最適な階層的時空間 ETAS モデルの事後分布を最大にするパラメータ μ, K, α, p の推定. q 値は殆ど定数 (2.37) なので, 図には記さない.

Fig. 7. The optimal maximum posterior estimates of respective parameter functions of the hierarchical space-time ETAS model (see text) that are applied to the earthquakes of $M 4.7$ or larger during the period from 1974 to December 25, 2004. The colors represent the estimated coefficient values of the parameter functions μ, K, α and p . Here q was almost constant 2.37.



第 8 図. スマトラ・アンダマン諸島地域で $m_b 4.7$ 以上のマグニチュードのすべての地震 (a - c) と階層的時空間 ETAS モデルを使用して確率的除群法によって得られた常時地震 (d - f). 震央 (a, d), 緯度対時間 (b, e), 地震の累積関数とマグニチュード (下向き) 対経過時間 (c, f).

Fig. 8. All earthquakes of magnitudes of 4.7 and larger in Sumatra-Andaman Island region (a - c). The background earthquakes (d - f) were obtained by stochastic declustering method from the above data using the HIST-ETAS model. Epicenters (a, d), latitude versus time (b, e), and the cumulative functions and magnitudes versus the time (c, f).



第9図. 凡例に示す緯度の範囲内の領域からの常時地震の累積関数. 破線のソーセージ状の曲線と放物実線は, 定常ポアソン過程を仮定した場合の標準誤差の2倍限界を示している.

Fig. 9. Cumulative functions of the background earthquakes from the regions within the indicated latitude-ranges in the legend. The dashed sausage-shaped curves and solid parabola-curves show two-fold bounds of the standard errors assuming the stationary Poisson process.