

1-2 b値とETASモデルにもとづく日本列島の標準的地震発生予測 Earthquake forecast in Japanese Islands based on location-dependent b-values and space-time ETAS model

統計数理研究所
Institute of Statistical Mathematics

日本の地震活動を予測する標準モデルを目指し、以下の統計モデルをもって、国際共同プロジェクト CSEP (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability) の予測性能比較実験に参画する。

マグニチュード M_c 以上の各地の地震発生率 $\lambda(t, x, y)$ を予測するために、地域性を考慮した階層的時空間 ETAS モデル (以下の別項および第1図および第2図参照) を使用する。その上で地震の大きさの発生予測には G-R 分布に従い、 b 値は地域性をもつとする (第3図参照)。時空間マグニチュードの微小領域 $[t, t + \Delta_t) \times [x, x + \Delta_x) \times [y, y + \Delta_y) \times [M, M + \Delta)$ での求める発生確率は

$$10^{-b(x,y)(M-M_c)} \left\{ 1 - 10^{-b(x,y)\Delta} \right\} \lambda(t, x, y) \Delta_t \Delta_x \Delta_y \quad (1)$$

となり、これをもって 2009 年 10 月 (暫定) から予測する予定である。予測モデルの作成に使用したデータは気象庁カタログ一元化後 (1997 年 10 月 - 2008 年 12 月) の M4.0 以上のデータであるが、先行する履歴情報として宇津カタログを含む 1885 年から一元化前 (1997 年 9 月) までの M6.0 以上の地震データも使用した。同様に 1926 年 - 2008 年の M5.0 以上のデータについても推定してみた (第2図参照)。 $b(x,y)$ モデルについては第3図参照。

階層的時空間 ETAS モデルおよび b 値の地域性の推定

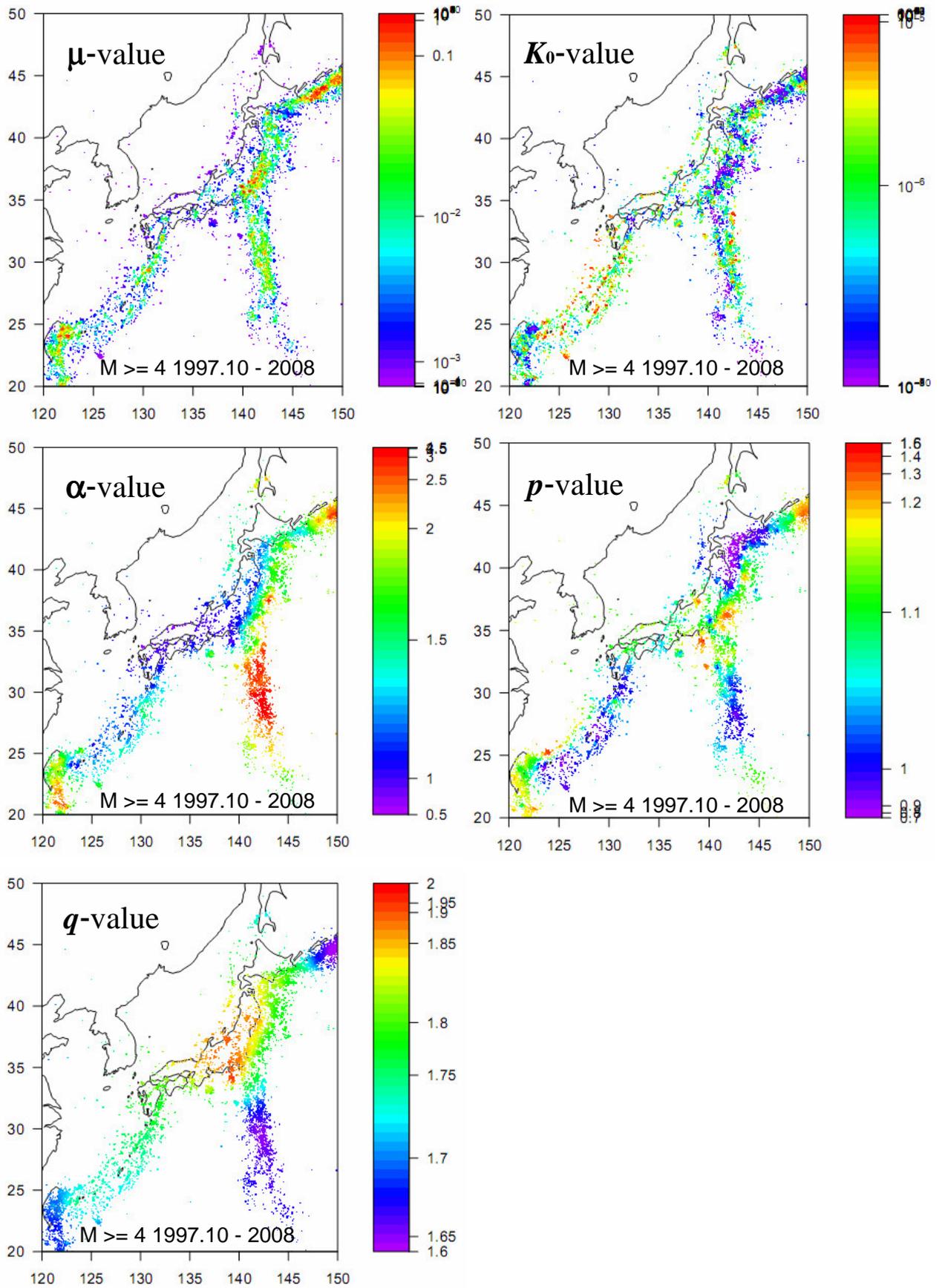
時空間 ETAS モデルは大森・宇津公式と余震域のマグニチュードに関する宇津・関のスケーリング則に依拠して作成されたものである。時刻 t に於いて或る場所 (x, y) での地震発生率が

$$\lambda(t, x, y) = \mu + \sum_{\{j; t_j < t\}} \frac{K_0}{(t - t_j + c)^p} \left[\frac{(x - x_j, y - y_j) S_j(x - x_j, y - y_j)^q}{e^{\alpha(M_j - M_c)}} + d \right]^{-q} \quad (2)$$

で表現されるものである。ここで、 K_0, p, q は常時地震活動度、 M_c, M_j は下限マグニチュードと j 番目の地震のマグニチュードであり、 S_j は余震分布の等高線を楕円で近似するような行列、座標 (x_j, y_j) は必ずしも震央でなく余震分布の重心である。これらは多くの場合、それぞれ単位行列と震央であるが、たとえば 1 時間以内の余震分布から前処理によって平均や共分散を推定してカタログを作成する¹⁾。階層的時空間 ETAS モデルは、時空間 ETAS モデルを一般化して、常時地震活動度 μ が位置 (x, y) 、パラメタ K_0, p, q が位置 (x_j, y_j) に依存すると考え、各地で異なる地震活動様式を定量化する。推定はパラメタ変化の滑らかさを制約条件として入れてベイズ法で最適な解として得られる²⁾。パラメタ $\lambda(x, y), K(x, y), p(x, y), q(x, y)$ の推定図については第1図参照。同様に b 値についてもベイズ法で推定される (第2図参照)。
(尾形良彦)

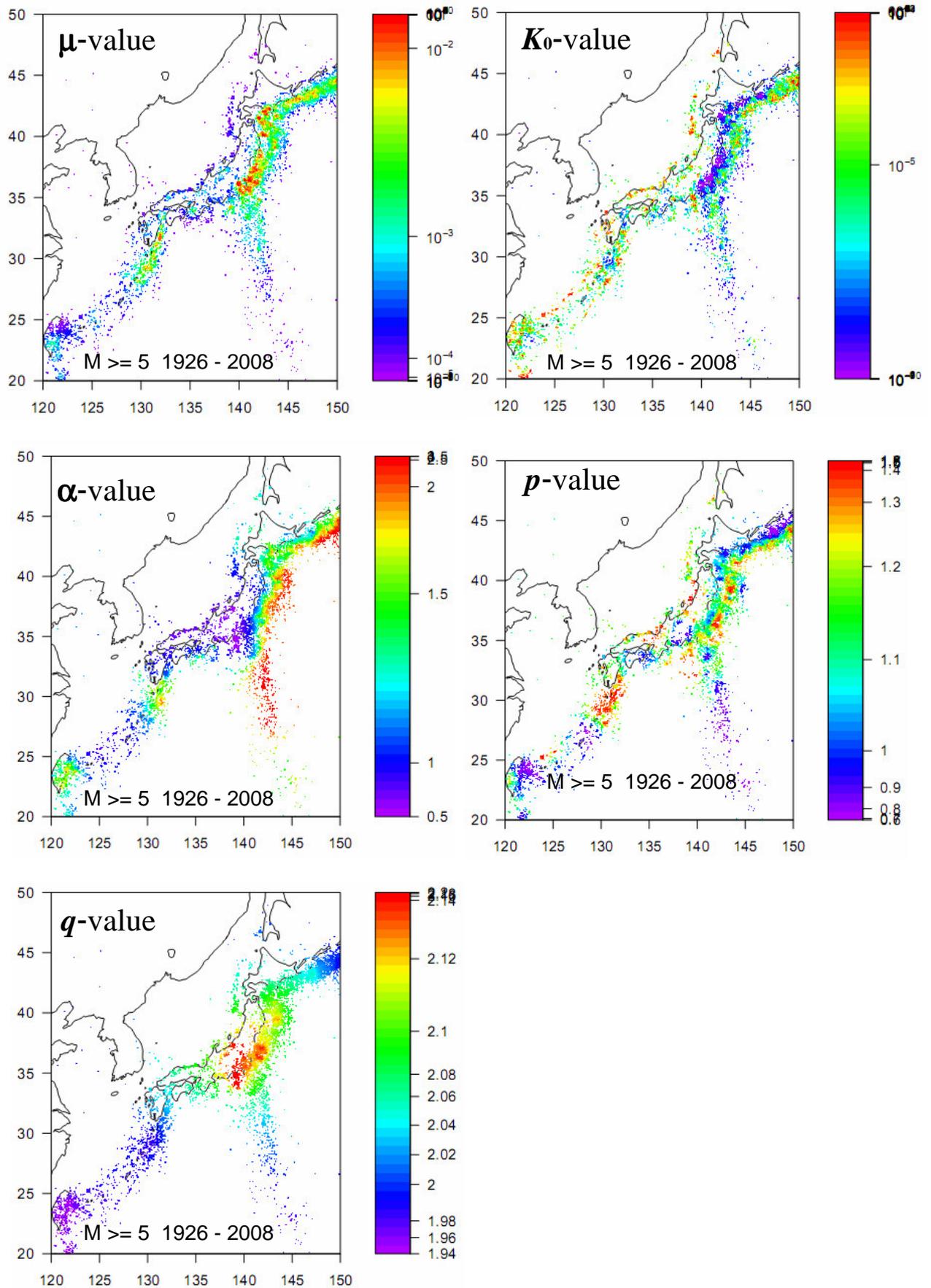
文献

- 1) Ogata, Y.: *Ann. Inst. Statist. Math.*, **50**, 379-402 (1998).
- 2) Ogata, Y.: *J. Geophys. Res.* 109, B3, B03308, doi:10.1029/2003JB002621 (2004).



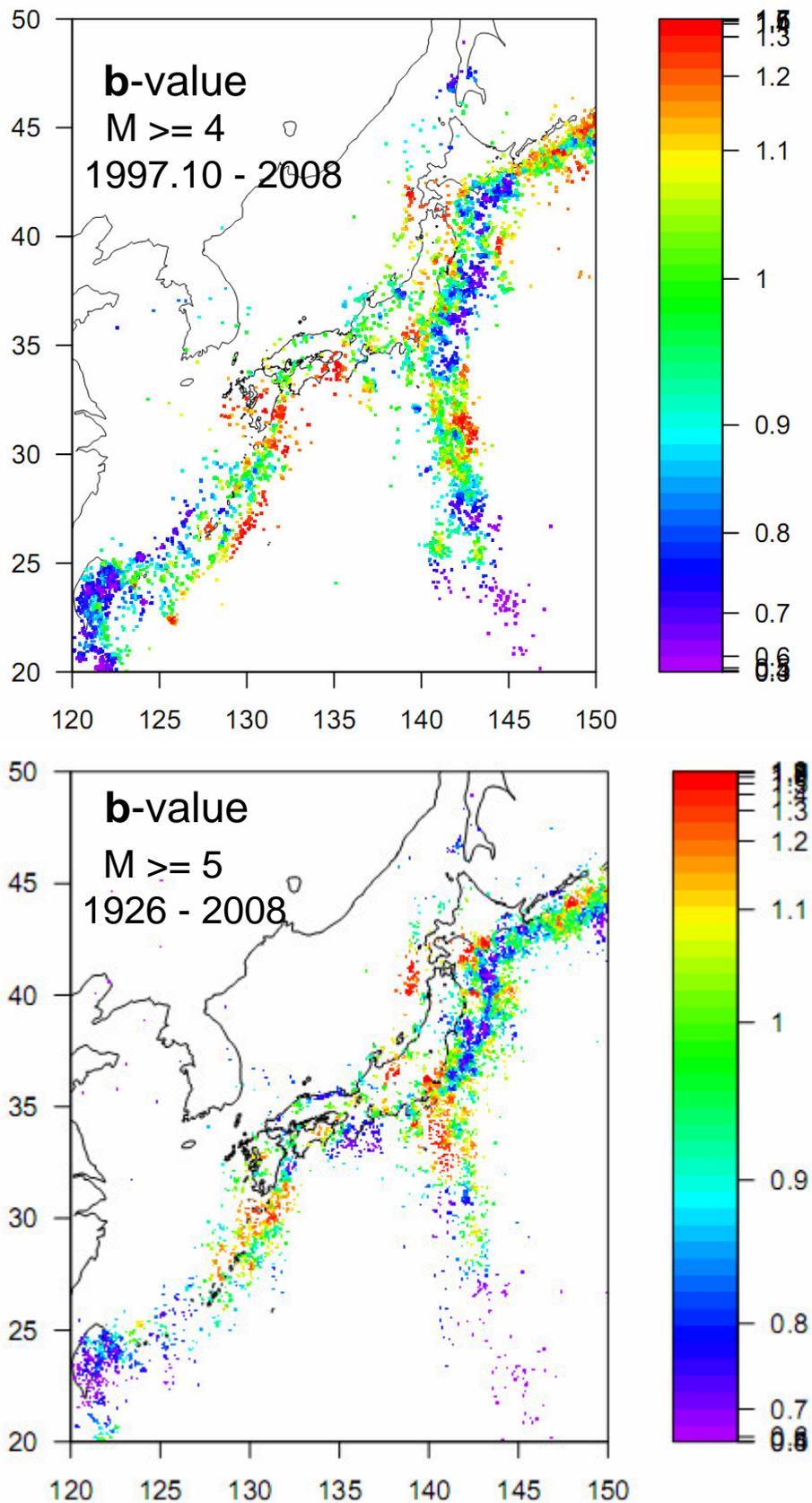
第1図 時空間 ETAS モデル(2)のパラメタ μ , K , α , p , q の地域性. μ と K の単位は1平方度1日あたりの地震数. 震央は1997年10月–2008年12月のM4以上の地震.

Fig. 1 Colors of epicenters indicate values of μ , K , α , p and q in the space-time ETAS model (2) estimated from the JMA data with the earthquakes of M4.0 or larger during the period October 1997 – December 2008; in addition, earthquakes of M6.0 or larger from the precursory period during 1885 – September 1997 are used as the history of the ETAS model.



第2図 時空間 ETAS モデル(2)のパラメタ μ , K , α , p , q の地域性. μ と K の単位は 1 平方度 1 日あたりの地震数. 震央は 1926 年–2008 年の M5 以上の地震.

Fig. 2 Colors of epicenters indicate values of μ , K , α , p and q in the space-time ETAS model (2) estimated from the JMA data with the earthquakes of M5.0 or larger during the period 1926–2008; in addition, earthquakes of M6.0 or larger from the precursory period during 1885 – 1925 are used as the history of the ETAS model.



第3図 b 値の地域性. (a) 震央は1997年10月–2008年12月のM4以上の地震. (b) 震央は1926年–2008年のM5以上の地震.

Fig. 3 Colors indicate b -values of the Gutenberg-Richter magnitude frequency distribution estimated from the JMA data with the earthquakes of (a) M4.0 or larger during the period October 1997–2008, and (b) M5.0 or larger during the period 1926–2008.