

5 - 1 東海地域とその周辺の地震活動 - ETASモデルによる解析

Analysis of Seismicity in and around the Tokai Region by using the ETAS Model

宇津徳治

Tokuji Utsu

1 . ETAS モデルとは

ETASモデル¹⁻²⁾はある領域, ある期間に発生したマグニチュード M_z 以上の地震の時刻 t における発生率(点過程の強度関数) $\lambda(t)$ を

$$\lambda(t) = \mu + \sum K \exp[\alpha(M_i - M_z)] (t - t_i + c)^{-p}$$

で表すものである。ただし i 番目(時間順)の地震の発生時を t_i , マグニチュードを M_i とし, \sum は $t_i < t$ となるすべての i について行う。ある期間に発生したマグニチュード M_z 以上の地震のデータ t_i, M_i ($i = 1, 2, \dots, N$)を与えれば, モデルの5個のパラメータ μ, K, α, c, p の最尤推定値を求めることができる。横軸に「モデルによる理論累積度数が直線になるように変換した時間」をとり, 理論発生数と実際の発生数との差(変換された時間の h 単位当りの数, 全期間の長さは N 単位)の時間的変動をプロットすると, 相対的な活発化, 静穏化が見える(h は通常5~20程度にとる。 h を大きくとるほど短期的な変動は平滑化される)。データがモデルの実現値であるとき, 残差は近似的に平均0, 標準偏差 σ の正規分布に従う。図では残差を表す縦軸のスケールはこの σ を単位に目盛っている。

この種の図に現れるピークの多くは, 顕著な群発地震が発生した時期, 大きな地震がその大きさに割に著しい余震活動を伴うときなどに対応する(ピークに向かって上り坂の部分が活動期に当たる)。一方, トラフは大きな地震があったがその大きさの割に余震活動が微弱であるときのほか, 対象領域のかなりの部分の常時活動が静穏化したときにも現れる(トラフに向かって下り坂の期間が静穏期に当たる)。この種の静穏化には大きな地震に先行するものもある。

2 . 東海地域周辺の状況

第1図に示す地域全体(A地域)と東海地震の震源域付近(B地域)についてETASモデルをあてはめた。ここでは2例を示す。資料は気象庁カタログによるほか, 1904~1925年については宇津³⁾の関東・中部地方のカタログを用いた。

第2図にA地域: $M = 5.4, d = 100\text{km}$, 1904~1995年の結果を示す。1991年から調査期間末に至る静穏化 K が注目される。その後1996年3月に山梨県東部地震($M5.8$)が起こったが1996年5月末現在静穏状態は続いている。なお, 静穏化A, G, Jはそれぞれ1923年関東地震, 1953年房総沖地震, 1972年八丈島沖地震に先行している。C, Eは1924年丹沢地震, 1944年東南海地震の余震活動の不足, Hは原因不明。1944年東南海地震の前の静穏化はこの地域では見えない。

第3図にB地域: $M = 3.0, d = 45\text{km}$, 1981~1995年の結果を示す。よく知られている1988年後半~1989年前半の静穏化が見えるほか, 1994年夏から1995年初期にかけて静穏化が見える。

第4図に1948年~1995年(9月)の $M = 4.2, d = 100\text{km}$ の地震の震央分布を8年ごとに分けて

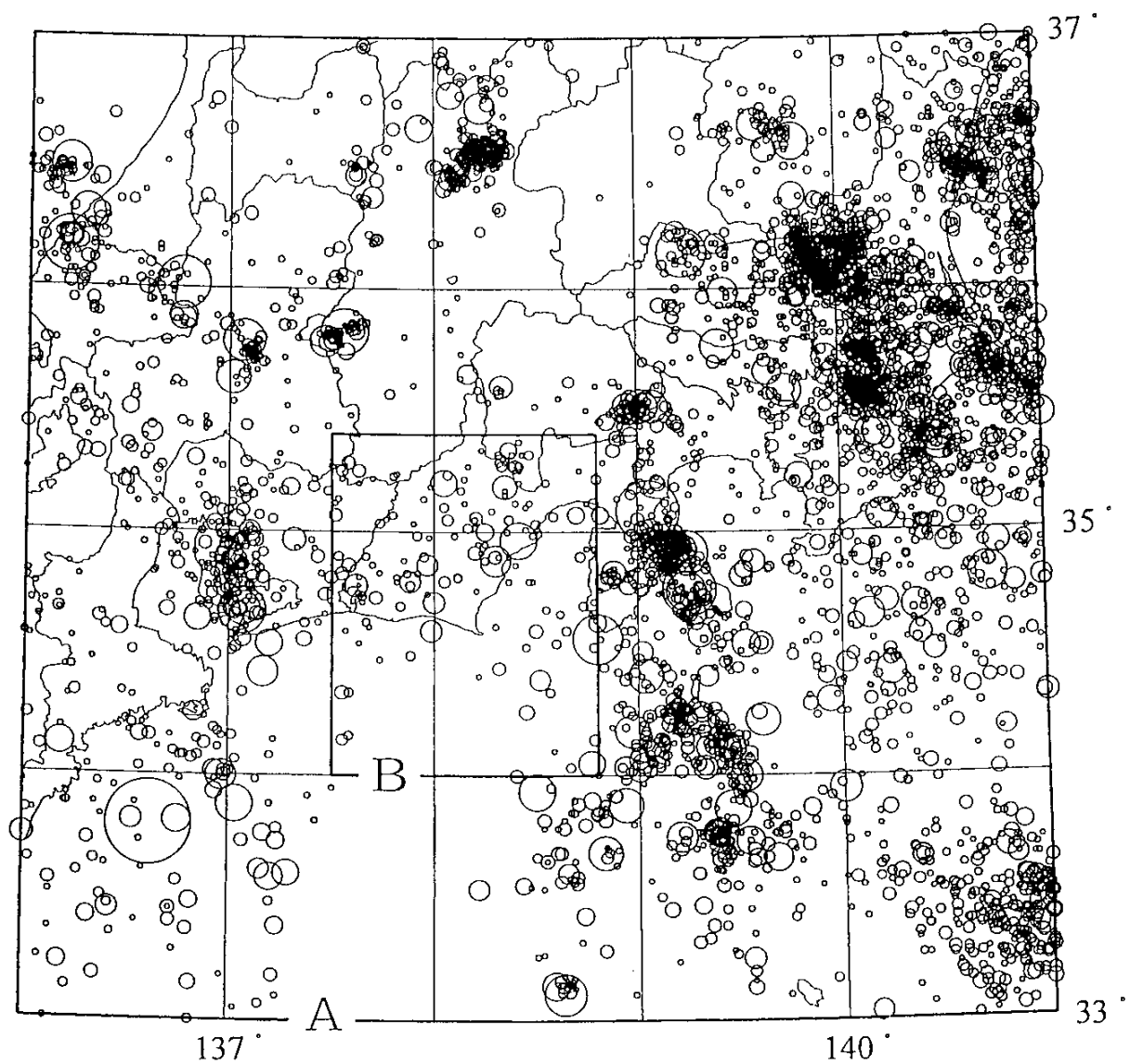
示す。駿河湾・御前崎周辺付近・遠州灘あたりは、このレベルで見ると最近 20 年以上静穏状態が続いている。房総半島沖の空白域は 1988 年以降拡大している。なお、1995 年 12 月 17 日この空白域の中に M4.8 の地震（気象庁週間地震概況による）が起こった。

付記 1923 年関東地震の前に見られる広域静穏化

第 2 図で 1919～1921 年に静穏化 A が見られるが、東京における有感地震回数は 1919 年 39 回、1920 年 33 回、1921 年 26 回と少なかった（1898～1922 年の年平均は 49.6 回）。この 3 年間（特に 1921 年）の有感地震数の減少は福島、水戸、宇都宮、熊谷、横浜、銚子などにも見られる⁴⁾。

参 考 文

- 1) Ogata, Y. : J. Am. Statist. Assoc., **83** (1988), 9-27 .
- 2) Ogata, Y. : J. Geophys. Res., **97** (1992), 19845-19871 .
- 3) 宇津徳治：震研彙報，**56** (1981), 111-137.
- 4) 宇津徳治：日本付近の M6.0 以上の地震および被害地震の震度分布図(1901 年～1926 年)(1989), 278PP ., 東大地震研

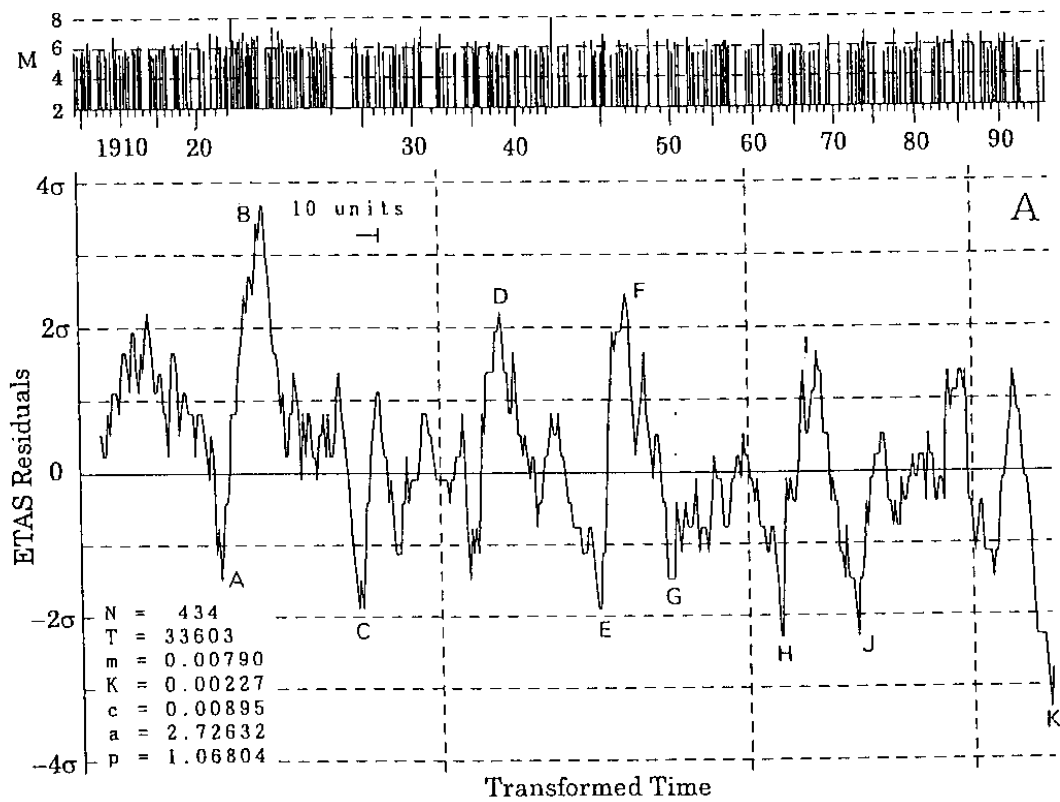


第1図 震央分布。1926年～1995年9月，M 4.0，d 100km。

円の大きさはMに応じて連続的に大きくなっている。

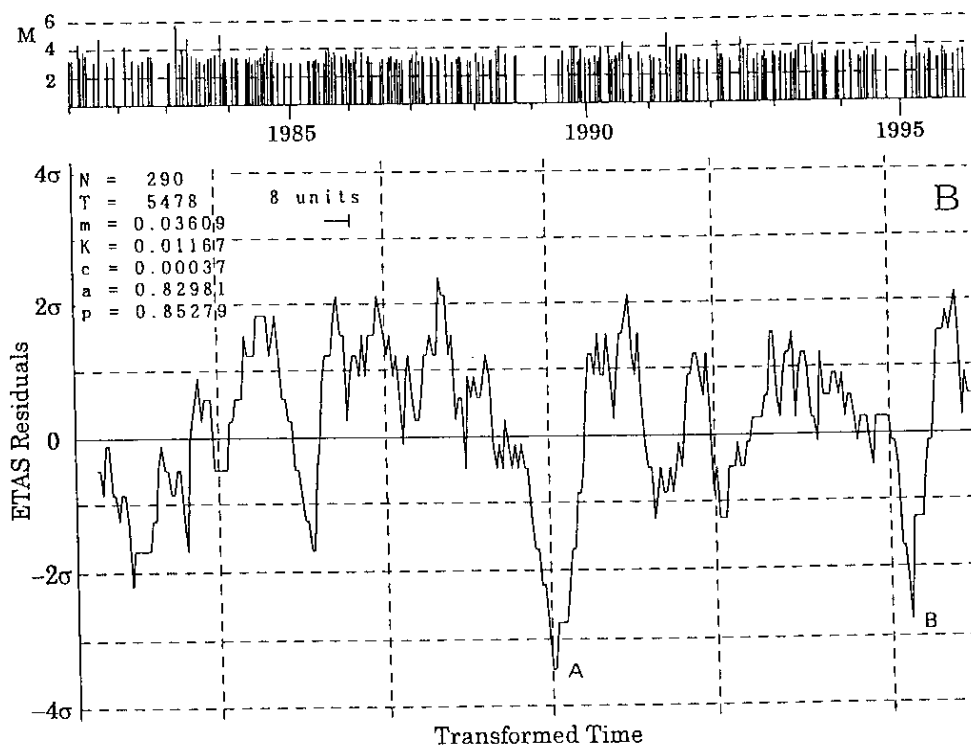
Fig.1 Distribution of epicenters. 1926-1995 Sept., M 4.0, d 100km.

The size of circles varies continuously with the earthquake magnitude.



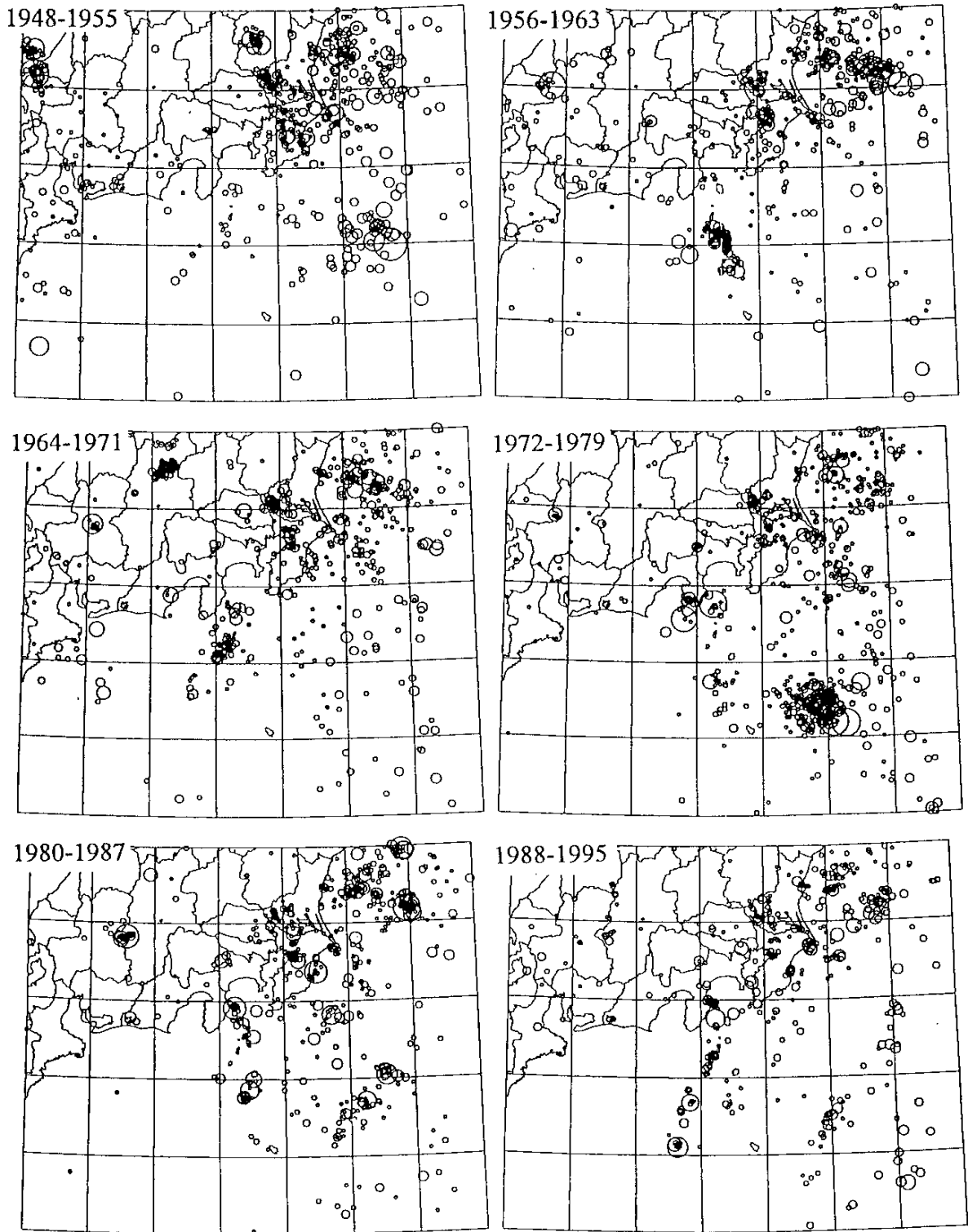
第2図 ETAS モデルによる解析結果。A 地域：1904～1995 年，M 5.4，d 100km。

Fig.2 ETAS residuals vs. transformed time for region A. M 5.4, d 100km, 1904-1995.



第3図 ETAS モデルによる解析結果。B 地域：1981～1995 年，M 3.0，d 45km

Fig.3 ETAS residuals vs. transformed time for region B. M 3.0, d 45km, 1981-1995.



第4図 震央分布。1948年～1995年(9月), M 4.2, d 100km, 8年ごとに分けて示す。

Fig.4 Distribution of epicenters for every 8-year interval.M 4.2,d 100km,1948-1995 Sept.