

1 2 - 2 東海地域の地震活動からみたスロースリップとアスペリティの推定 Slow Slip and Asperities Presumably Assigned for the Anticipated Tokai Earthquake

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

浜名湖付近の長期的スロースリップが進行していた時期、この部分が担っていた固着沈み込みによる応力蓄積は、静岡県中部の固着域に肩代わりされたと考えられる。第1図は、下盤（スラブ内）の地震活動について、スロースリップ期間中（1999年8月－2005年4月）の活動変化を、1986年6月－1996年5月の10年間を基準としたときの地震数の増減比の分布として描いたものである。インデックスの数値は%を表し、赤系統が活性化、青系統が静穏化に相当する。同図左は、M1.5以上の地震を対象とし、デクラスタリングやスムージングのデータ処理を施している（手法の詳細については別報¹⁾を参照されたい）。同図右は、統計的な意味でのrobustnessを見るため、同様の手法でM2.0以上の地震に対して作図したものである。データ個数は約1/2となるが、得られたパターンはほぼ同一と言える。左図では、島状に存在する3個の活性化域（A，B，C）を取り上げた。第2図は、同様の作図を上盤（地殻内）の地震活動（M1.5以上）に対して求めたものである。第3図は、第1図、第2図から、上下盤の活性化域（131%以上）のみを抽出して重ねた結果である。A，B，C，の3領域には上下盤の活性化域がペアで現れる。これらの地域ではスロースリップとともに応力集中が進行したと見られ、この部分が固着域内のアスペリティに相当すると推察される。

これら3領域に実際に応力集中が進行していることを確認するため、これまでの報告の中から傍証となりそうな事例を集めてみた。第4図は、Matsumura²⁾によるb値変化の調査結果である。図には、静穏化開始前後のマグニチュード分布を、上下盤それぞれの活動について活性化域、非活性化域に分けて描いている（a：上盤活性化域，b：上盤非活性化域，c：下盤活性化域，d：下盤非活性化域）。前後の違いは、白抜き記号から塗りつぶし記号への変化として示される。この結果、上下盤ともに、活性化域（a，c）ではb値が有意に低下した一方、非活性化域（b，d）ではほとんど変化しないか、むしろ増加気味であったことが分かる。第5図は、Tanaka et al.³⁾による潮汐依存性の調査結果である。下盤側の活動を活性化域（左図）と静穏化域（右図）に分け、それぞれの潮汐に対する位相分布を求めた結果、Schusterの検定による有意水準p値が、活性化域に対しては2%程度と有意な依存性、静穏化域に対しては20%弱と非依存性を示した。また、活性化域における発生頻度のピークは、下盤側地震の発震機構解に対して潮汐による有効応力が最大となる時刻にほぼ一致している。第6図は、高橋⁴⁾による地震時のストレスドロップの解析結果である。スラブ内における高ストレスドロップ地震（赤丸）は、浜名湖付近と静岡県中部に集中するが、後者の位置は、A，B，とほぼ重なる。第7図は、神田ほか⁵⁾による過去の南海トラフ大地震の被害状況から推定された短周期地震波の発生域を示す。図の は、宝永（1707）および安政（1854）の東海地震で出現した短周期地震波発生域であるが、右側の添付図に示された3個の推定アスペリティをほぼ囲い込んでいる。第8図は、Kobayashi et al.⁶⁾による2000年三宅イベントにトリガーされたと見られるスロースリップの移動図である。左図から右図にかけて、スロースリップ域が時計回りに回転するように移動する

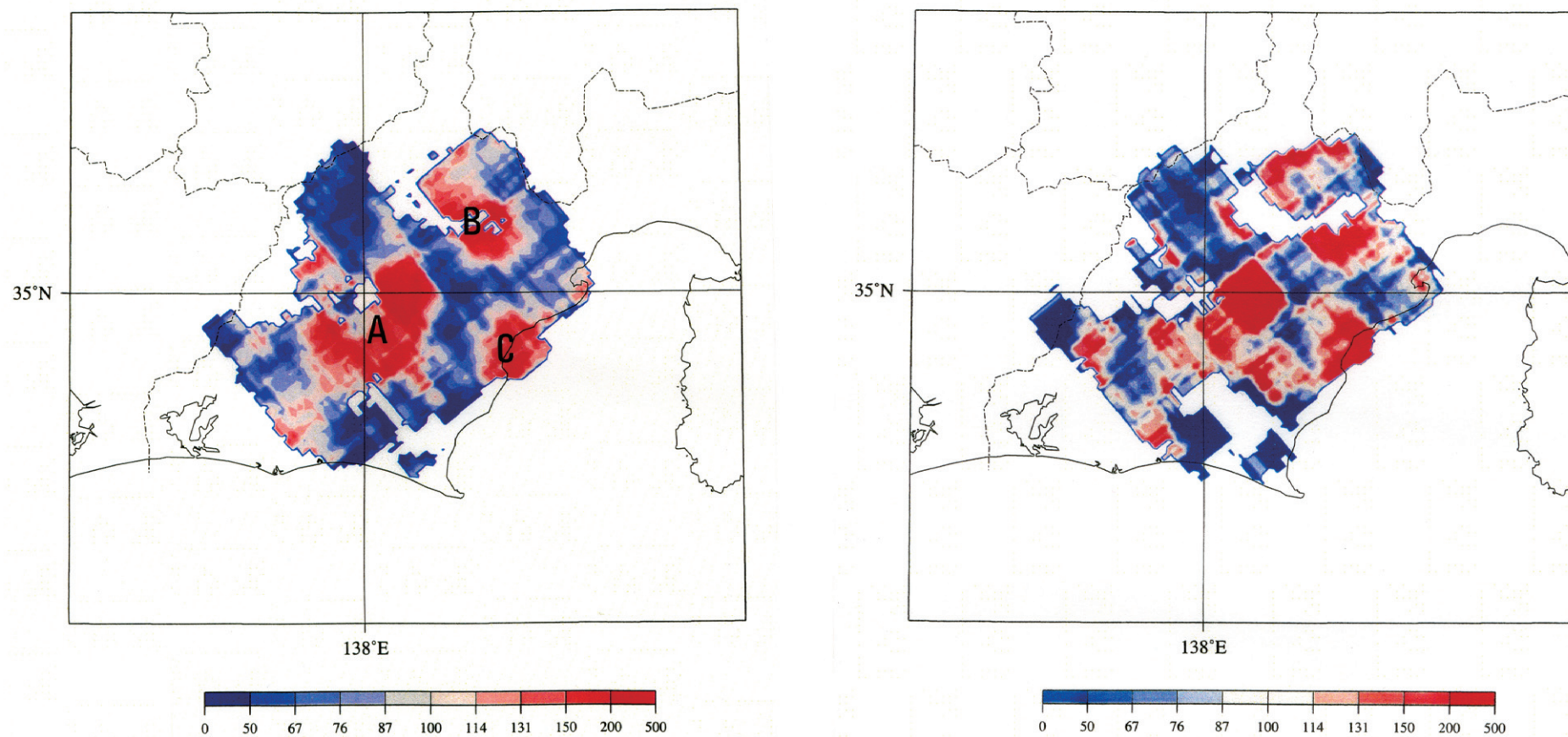
が、いずれの時期でも静岡県中部はスリップから取り残されており、この部分が硬く固着したアスペリティであることをうかがわせる。第9図は、松村⁷⁾により提唱されたメカニズムの流線を曲げる東経139度付近の転換ラインの存在を示す。同報告では、上下盤のストレス分布を説明するためには、このラインの東側にアスペリティが散在することが必要としているが、静岡県中部の推定アスペリティはいずれもこのラインの東側に存在する。

以上、6例の報告は、いずれも第3図に集約した活性化域が応力の集中域であることを示し、ここに本質的な固着部分、すなわちアスペリティが存在することを強く示唆する傍証と言える。

(松村正三)

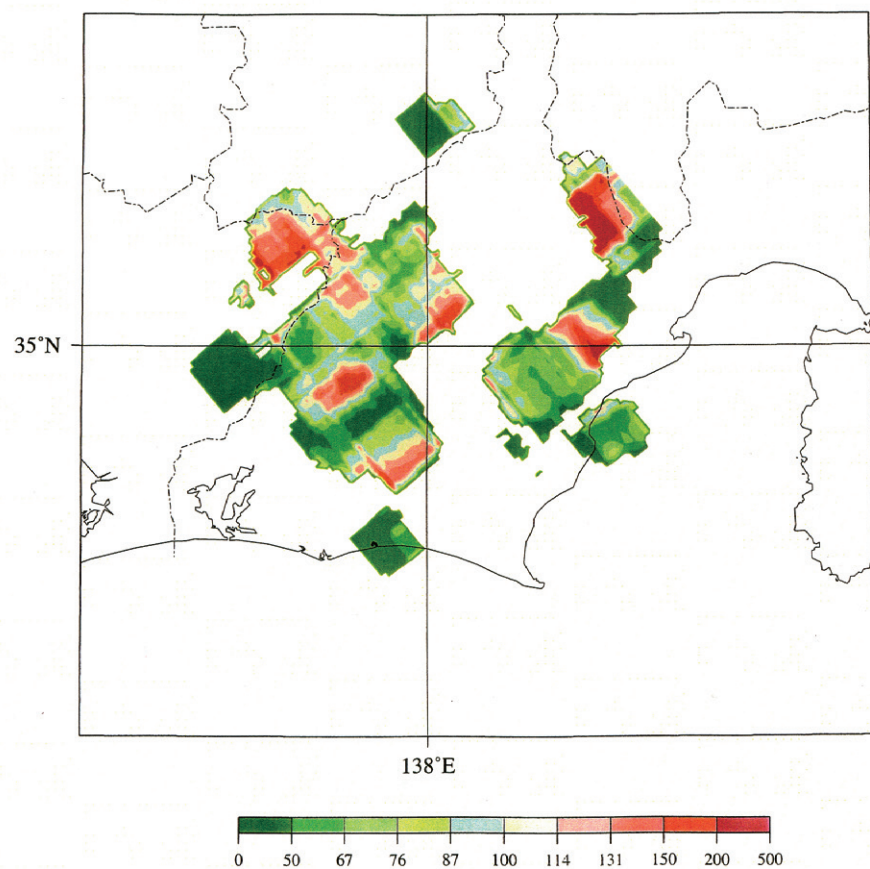
参 考 文 献

- 1) 松村正三, 地震 2, 54, 449-463, 2002.
- 2) Matsumura, S., Tectonophys., 417, 5-15, 2006.
- 3) Tanaka, S., H. Sato, S. Matsumura, and M. Ohtake, Tectonophys., 417, 69-80, 2006.
- 4) 高橋雪江, 金沢大学大学院自然科学研究科生命・地球学専攻修士論文, 44pp, 2005.
- 5) 神田克久・武村雅之・宇佐美龍夫, 地震 2, 57, 153-170, 2004.
- 6) Kobayashi, A., A. Yoshida, T. Yamamoto, and H. Takayama, Earth Planets Space, 57, 507-531, 2005.
- 7) 松村正三, 連絡会報, 77, 本誌, 2007.
- 8) 国土地理院, 第169回地震予知連絡会資料, 16-115, 2006.

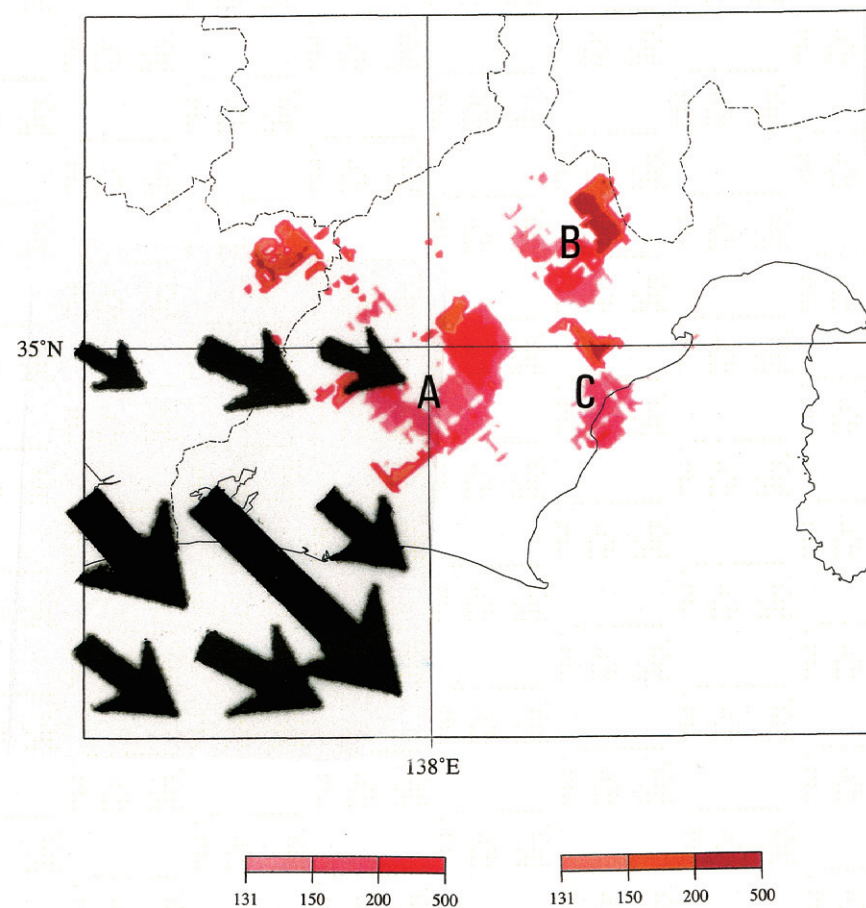


第1図 基準期間（1986/6-1996/5）と較べたスロースリップ時の下盤（スラブ内）地震活動度比。赤は活性化、青は静穏化。数値は%。
左図はM 1.5 以上，右図はM 2.0 以上を対象とする。

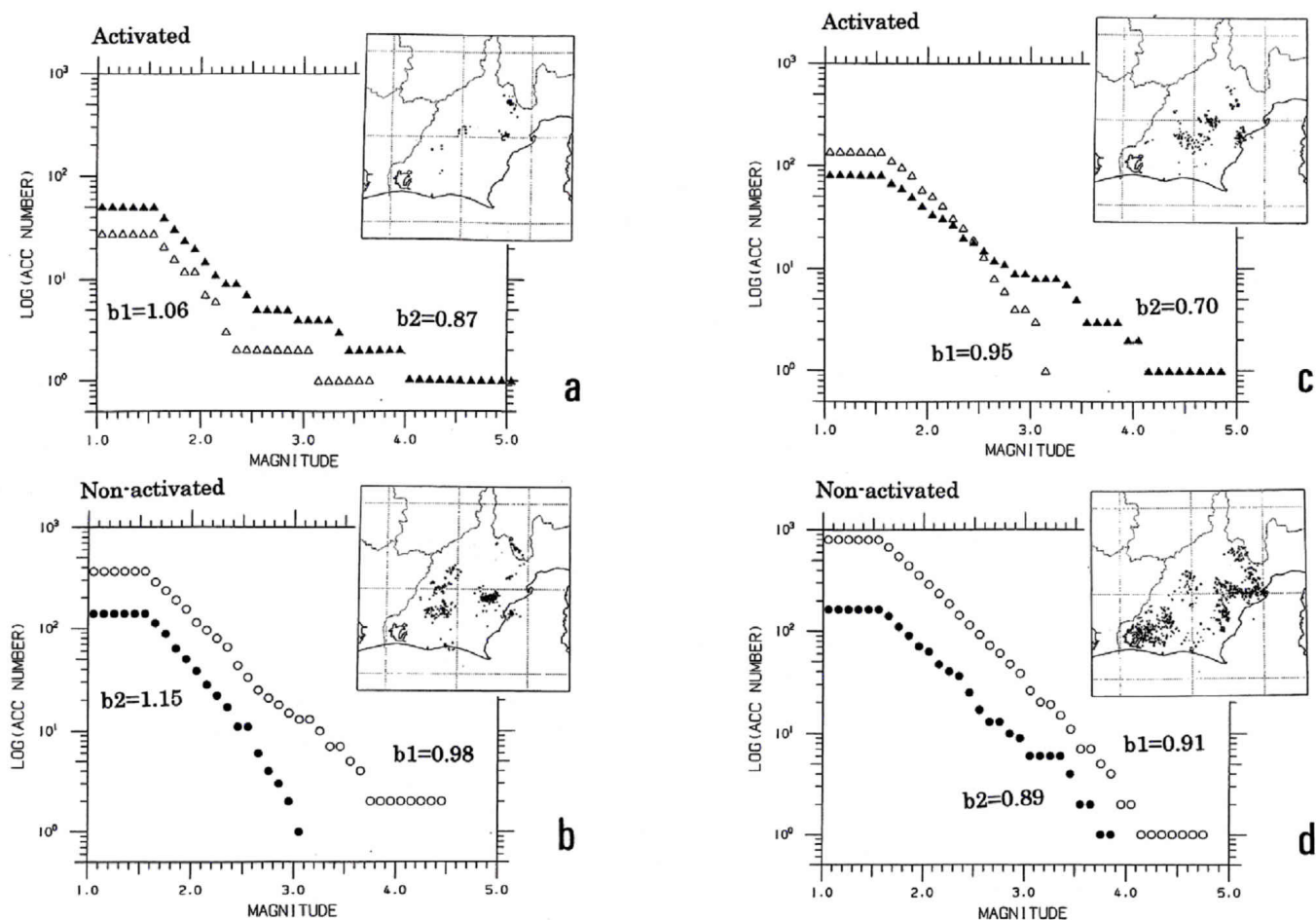
Fig.1 Map of the seismic activity change for the lower layer inside the slab for the whole examined period from Aug., 1999 till Apr., 2005. Red (blue) corresponds to activation (quiescence) of the seismicity. Numerals are percentages. Three activated zones, A, B, and C are definitely recognized. Left: M1.5 and greater, Right: M2.0 and greater.



第2図 同，上盤（地殻内）地震活動度比. M 1.5 以上.
Fig.2 The similar map for the seismic activity change for the upper layer inside the crust. Brown (green) corresponds to activation (quiescence) of the seismicity. Numerals are percentages.

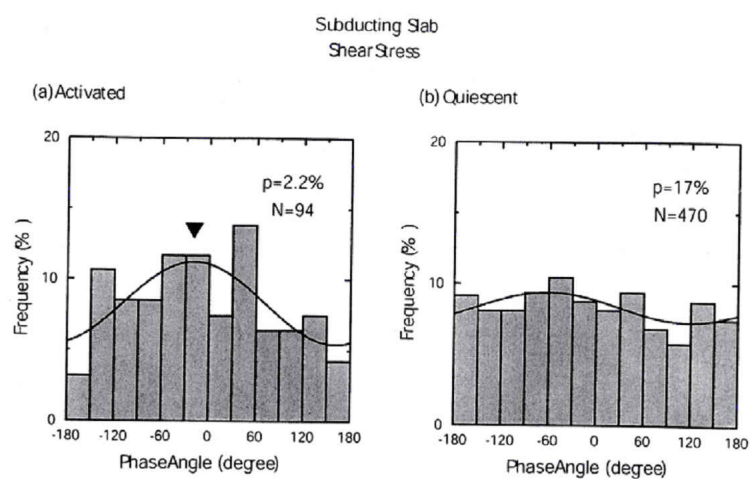


第3図 上下盤の活性化域（131%以上）を重ねたもの. 2001 年中のスロースリップベクトルを重ねている（国土地理院⁸⁾).
Fig.3 Superposition of Fig.1 and Fig.2, where only activated zones of 131% and greater are extracted. Thick solid arrows indicate the slow-slip beneath Lake Hamana during 2001. Three marked zones, A, B, and C are recognized to be pairing with both activated zones of the upper and lower seismic layers, and are assumed to correspond to asperities.



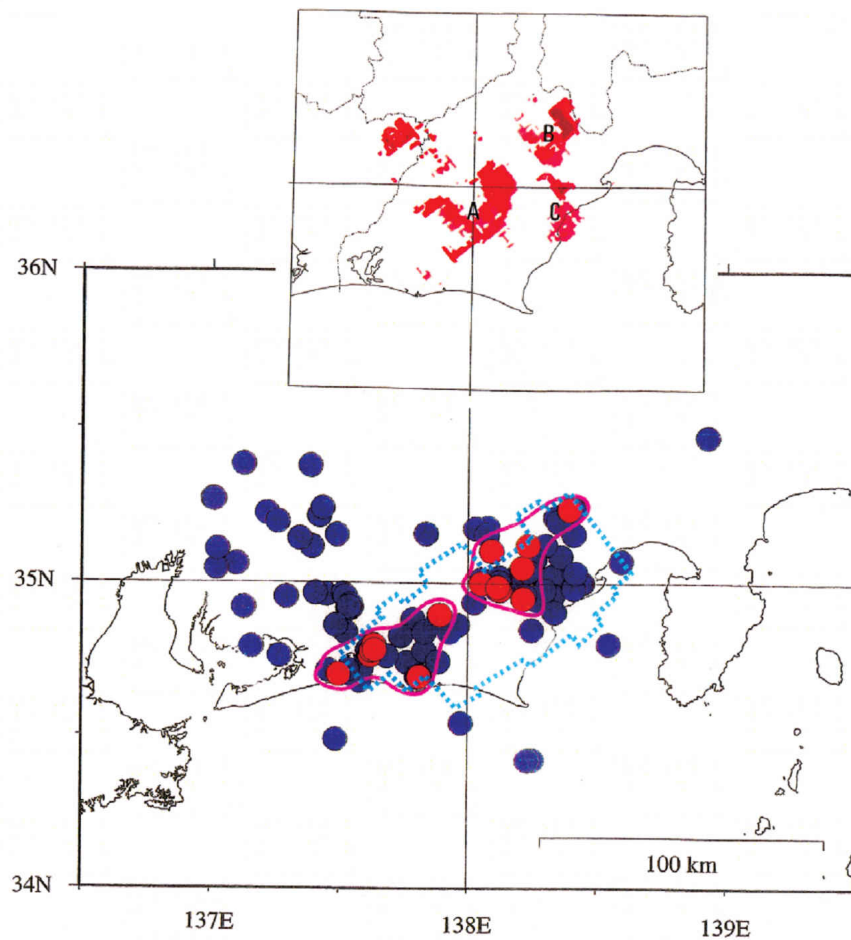
第4図 静穏化開始前後で比較したマグニチュード分布図 (a:上盤活性化域, b:上盤非活性化域, c:下盤活性化域, d:下盤非活性化域. 白抜き記号が前, 塗りつぶし記号が後, (Matsumura²⁾より引用).

Fig.4 Magnitude distributions before (open marks) and after (solid marks) the seismicity changes. a(b): distribution for the activated (non-activated) zones of the upper layer inside the crust, c(d): distribution for the activated (non-activated) zones of the lower layer inside the slab. Cited from Matsumura(2006).



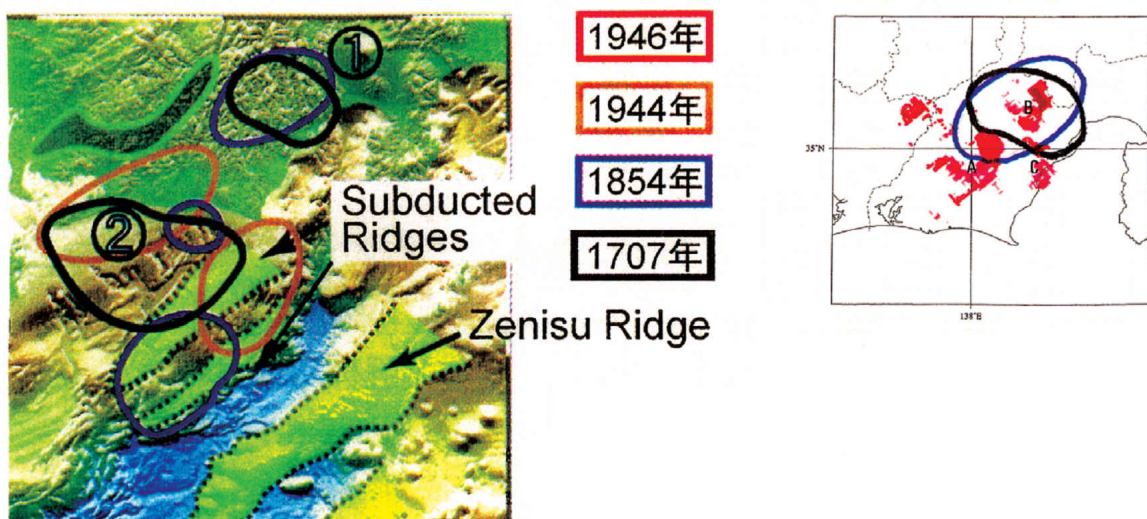
第5図 潮汐依存性調査による位相分布図 (左図は活性化域, 右図は静穏化域). pはSchusterの検定による有意水準 (Tanaka et al.³⁾より引用).

Fig.5 Tidal dependences of the seismic activities in the slab for the activated (left), and for the quiescent zones (right). Cited from Tanaka et al.(2006). P-values are the significant level for the null hypothesis derived from the Schuster's test.



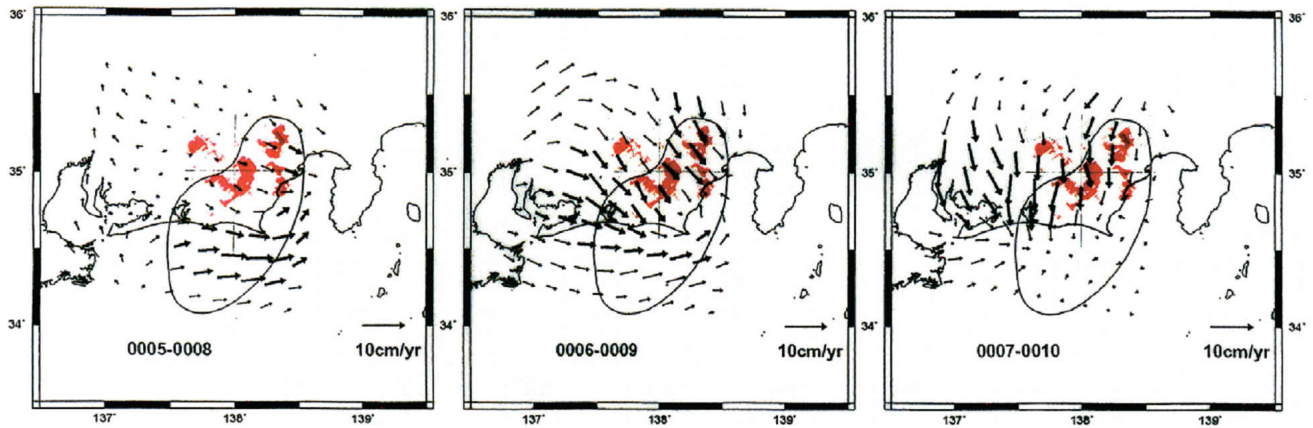
第6図 下盤内地震のストレスドロップ分布図. 赤丸は相対的に高ストレスドロップ (高橋⁴⁾より引用).

Fig.6 Stress drop distribution of microearthquakes. Cited from Takahashi(2005). Red symbols correspond to earthquakes with relatively high stress drop. The dotted area indicates the inferred focal zone for the anticipated Tokai earthquake.



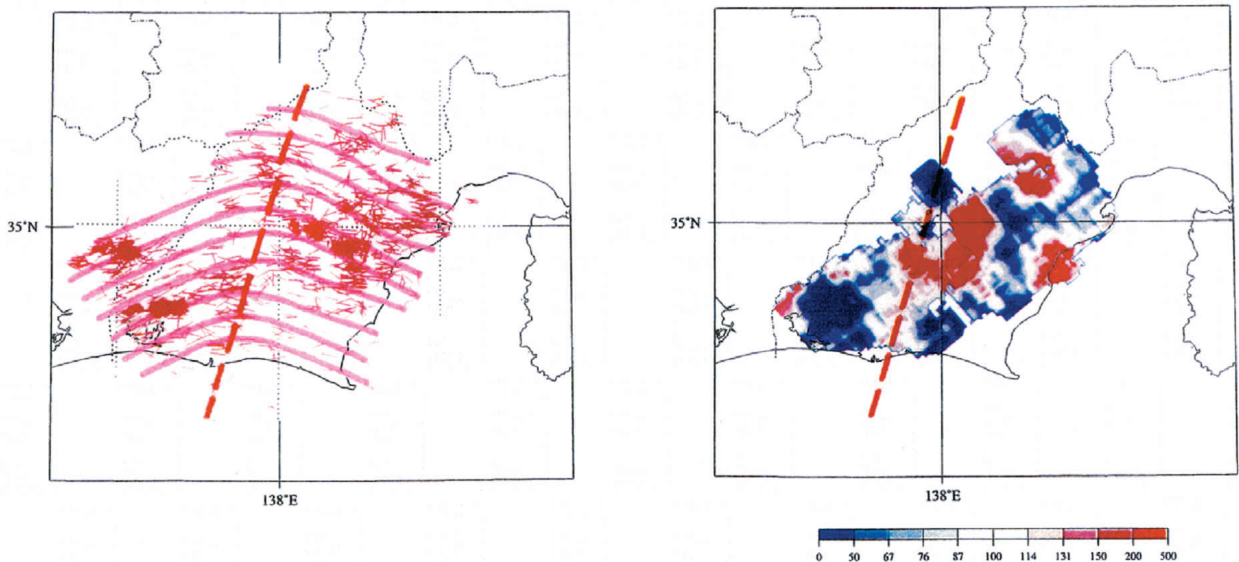
第7図 短周期地震波発生域の推定結果 (神田ほか⁵⁾より引用).

Fig.7 Radiation source areas of short-period seismic waves. Cited from Kanda et al.(2004). The area of No.1 was identified from an inversion analysis of historical damages due to the 1707 Hiei Tokai earthquake, and the 1854 Ansei Tokai earthquake.



第 8 図 2000 年三宅イベントによりトリガーされたスロースリップの移動 (Kobayashi et al.⁶⁾ より引用).

Fig. 8 Triggered slow-slip at the 2000 Miyake event. Cited from Kobayashi et al. (2005). From the left to the right picture, the examined period of three months is shifted every one month. The thick arrows represent major slow-slips, the main part of which moves clockwise from the south-east to the north-west of the seismogenic zone assumed for the next Tokai earthquake. It is recognized that the trajectory of the slow-slip movement has kept off the assumed asperities.



第 9 図 スラブ内地震の応力流線の転換ライン (赤破線) と推定アスペリティ分布の関係 (松村⁷⁾ より引用).

Fig. 9 A tectonic line (red broken line) where the trend of the stress trajectories turns. The assumed asperities are distributed in the eastern side of the red line. Cited from Matsumura (2007).