

5 - 3 東海地域推定固着域における地震活動の変化(1)

Recent Temporal Change of Seismicity, Focal Mechanism, and Dominant Frequency of Seismic Waves in the Assumed Locked Zone for the Tokai Earthquake (1)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

東海地震の推定固着域直下のスラブ内に発生する微小地震活動は、10年以上の長期間にわたってその活動度がきわめて安定していた。また、以下で示すように、これらの地震は基本的にポアソン過程に従って発生している。ポアソン過程が成り立つということは、地震間に相互作用がなく、個々の地震が単純に場の発生ポテンシャルに応じて起きているということを意味する。従って、この活動は、フィリピン海プレートの固着すべりによるストレス変化を検出するためのよい指標であると考えられる。このような考えを前提として活動の異常減少を検出するための基準を設定していたところ¹⁾、このほど、この基準に達する状況が出現した。

第1図はモニター領域でスラブ内に発生する地震個数の変化を示す(カウントは30日単位でM1.5以上)。下図は積算個数であり、矢印の位置(1999年8月下旬)から発生率が顕著に減少した。

第2図上図は、変化が現われる以前の期間(1986年~1998年:以下、正常期間と言う)の個数分布であり、平均6.32(個/30days)のポアソン分布とよく一致している。ただし、これは一定のロジックで declustering した後のデータを使っており、総数は第1図の場合よりも若干少ない。中図は、発生時の時間間隔分布である。これも指数分布によく適合しており、発生が基本的にポアソン過程であることを示している。下表は、異常減少を検出するための基準を示す。点線よりも右下の状況、例えば(n=)3個以下が、連続(k=)3区間にわたって出現するという状況が単なる偶然である確率は0.19%以下であるため、これを異常状況と判定する。今回、1999年8月22日以降(以下、異常期間と言う)の9区間では、2,2,3,3,3,5,2,7,4,個と続き、これは、表の実線部分までが出現したことになり、統計的にも有意な減少である、と判定される。

第3図は、正常期間と異常期間で、マグニチュード分布を対比したものである。この図では、期間長の比に従って後者をかさあげして描いており、これから、どのマグニチュードでも減少率はほぼ同じであることが示される。

第4図は、矩形領域の2本の軸に沿って、10km巾で数えた個数分布を双方の期間で比較したものである。点線が正常期間、実線が異常期間であり、それぞれ1年間あたりの個数に換算してある。これから、トラフ軸方向に見れば減少率はほぼ一定、沈み込み方向に見れば、海側でより大きく減少していることが分る。

第5図は、他の地域との比較である(全て declustering 後の結果)。(a)は、固着域を境にした下盤側(スラブ内)、(b)は同上盤側(地殻内)、(c)はスラブ内で浜名湖直下の特異な活動、(d)もスラブ内の活動であるが、ここは固着していないと判断される地域である。1996年以前では、(a)で6.32個/30days、(b)でも6.38個/30days、と空間分布パタンの違いにもかかわらず双方の発生率はほぼ等し

い(ただし, (b)での値は declustering のやり方によって多少変る)。その後, (b)では 1996 年頃から発生率が 19%減少, (a)では 1999 年半ばから 47%減少した。(c)においても(b)とほぼ同期する減少が見られる。一方, (d)には変化がみられない。まとめると, 固着にかかわると推定される活動には全て減少がみられるが, 非固着域である(d)では減少しない。これから, プレートの沈み込みそのものは現在もなお安定して進行している中で, 固着状況に何らかの変化が生じていると想像される。

Dieterich(1994)²⁾のモデルによれば, 地震発生率の変化は, stressing rate の変化と stress step によって規定され, 双方が 1 個の式に組み込まれた形で記述される。後者の効果は一定の緩和時間を経て消失する。このモデルに基づいて推測すると, 上盤での発生率の減少は, stressing rate の減少によるとする方が考えやすい。その場合, 1996 年 10 月の静岡県中部の地震 (M4.3)³⁾との時期の符合が注目される。下盤の減少に対しては, stressing rate の減少, あるいは, 現時点で減少率に若干の緩和が見られることから 1999 年 8 月の時点で episodic な stress decrease があった, という双方の考えが可能である。

第 6 図は, 下盤の地震の卓越周波数変化を表示したものである(計算手法は松村⁴⁾を参照。ばらつきを抑えるため, 1 年間のウインドウで平均し, 結果を区間の右端にプロットしている)。正常期間で直線をフィットさせると, P, S 波ともやや右上がりの傾向が見えていたが, 1996 年 10 月以降, 周波数の低下, すなわちストレスドロップの低下があったことが伺える。これは概ね前記の地震の余震のせいであるが, 余震を除去した場合でも若干の低下が残る。

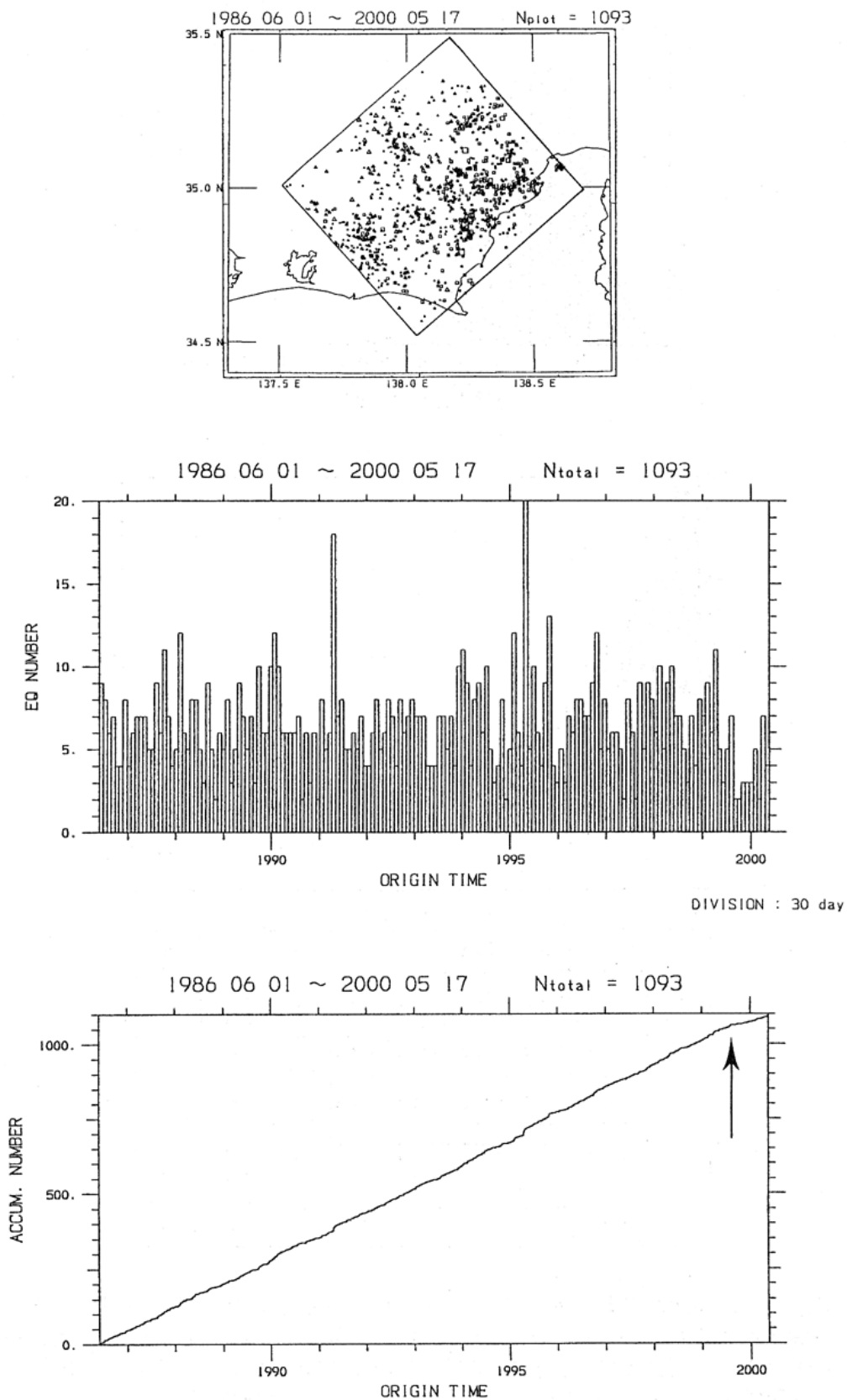
第 7 図は, 同じく下盤の地震 (M1.5 以上) について, 発震機構解を 3 タイプに分けた場合, 正断層タイプの占める割合を調べたものである。棒グラフは年間の決定解数(左目盛), 折れ線グラフはその内の正断層タイプの割合である(右目盛)。1999 年になって正断層タイプの地震が激減したことが分る。

以上のとおり, 最近になって想定固着域における地震個数, 発震機構解, 卓越周波数に変化が見られ, なんらかの異常事態の進行していることが伺える。これらの解釈については今後の課題である。

(松村正三)

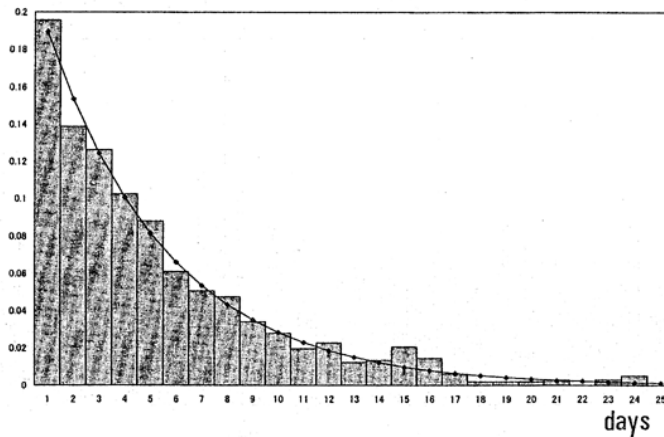
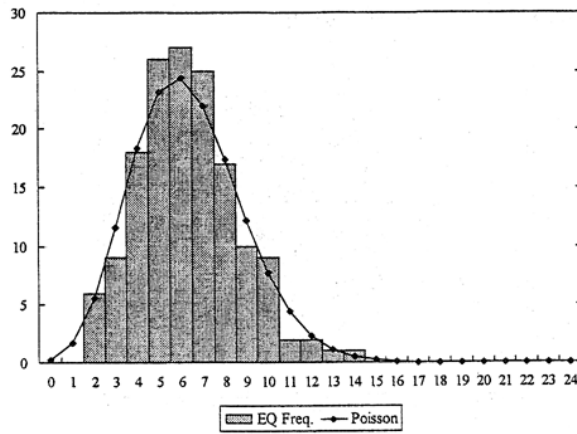
参 考 文 献

- 1) 防災科学技術研究所: 東海地震推定固着域における地震活動度変化の検出, 連絡会報, 61(1999), 363-368 .
- 2) Dieterich, J.: A constitutive law for rate of earthquake production and its application to earthquake clustering, J. Geophys. Res., 99(1994), B2, 2601-2618.
- 3) 防災科学技術研究所: 1996 年 10 月 5 日静岡県中部地震が示す固着状況変化の可能性, 連絡会報, 57(1997), 415-420 .
- 4) 防災科学技術研究所: 微小地震波の卓越周波数変化に示される応力の蓄積, 連絡会報, 59(1998), 317-322 .



第 1 図 想定固着域直下フィリピン海スラブ内の 30 日毎の地震回数 (M1.5 以上, 以後の全ての図についても同様)。1999/8/22 から始まる 9 区間の個数は, 2, 2, 3, 3, 3, 5, 2, 7, 4, と続く。積算個数図 (下) の矢印の位置から発生率減少がみられる。

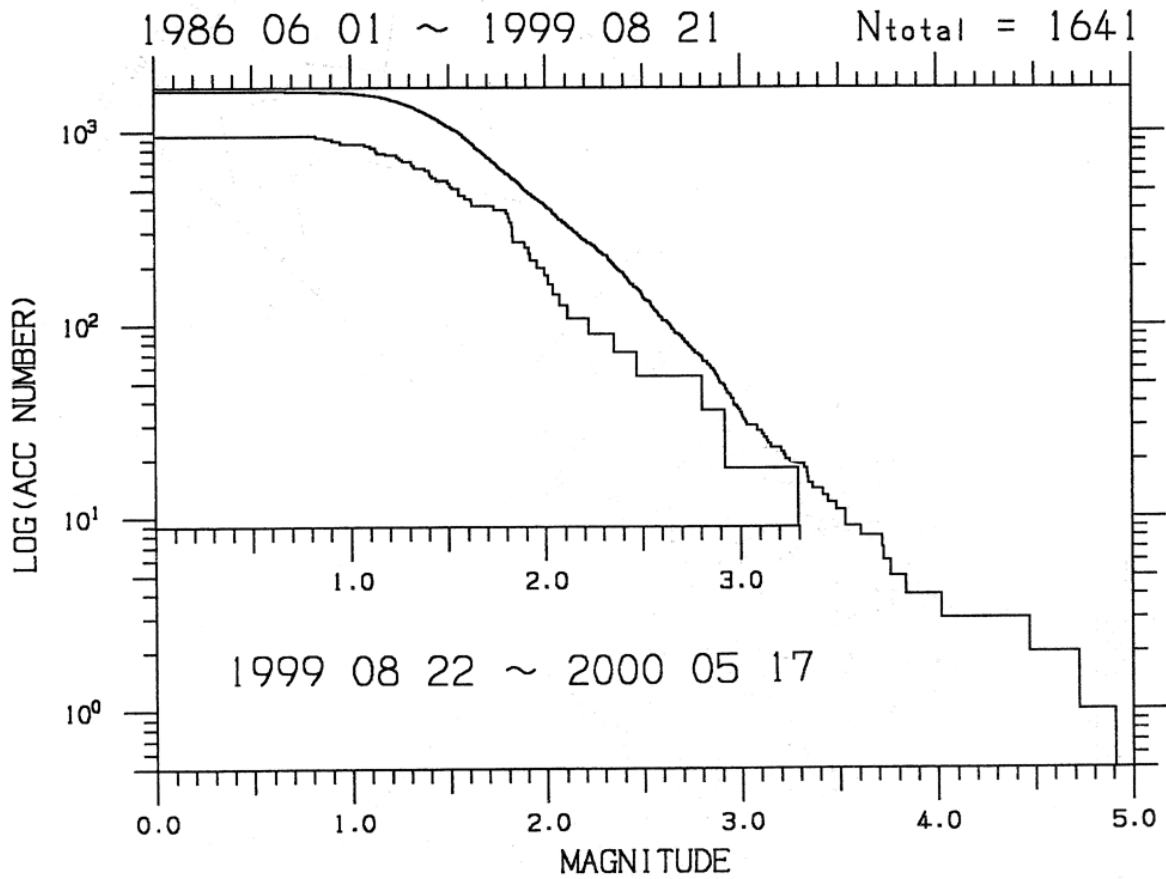
Fig.1 Occurrence rate of microearthquakes in the subducted slab just beneath the locked zone (M>1.5). Earthquake frequencies are counted every 30days, which have decreased since August of 1999 (arrow position), such as 2, 2, 3, 3, 3, 5, 2, 7, and 4.



n	k	1	2	3	4	5	6	7	8
6		55.50 % (54.4)	30.81 % (27.9)	17.10 % (11.6)	9.49 % (5.4)	5.27 % (1.4)	2.92 % (0.0)	1.62 % (0.0)	0.90 % (0.0)
5		39.57 % (36.1)	15.66 % (11.6)	6.20 % (2.7)	2.45 % (1.4)	0.97 % (0.0)	0.38 % (0.0)	0.15 % (0.0)	0.06 % (0.0)
4		24.45 % (19.7)	5.98 % (4.1)	1.46 % (1.4)	0.36 % (0.0)	0.09 % (0.0)	0.02 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)
3		12.49 % (8.8)	1.56 % (0.0)	0.19 % (0.0)	0.02 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)
2		4.91 % (4.1)	0.24 % (0.0)	0.01 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)
1		1.32 % (0.0)	0.02 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)	0.00 % (0.0)

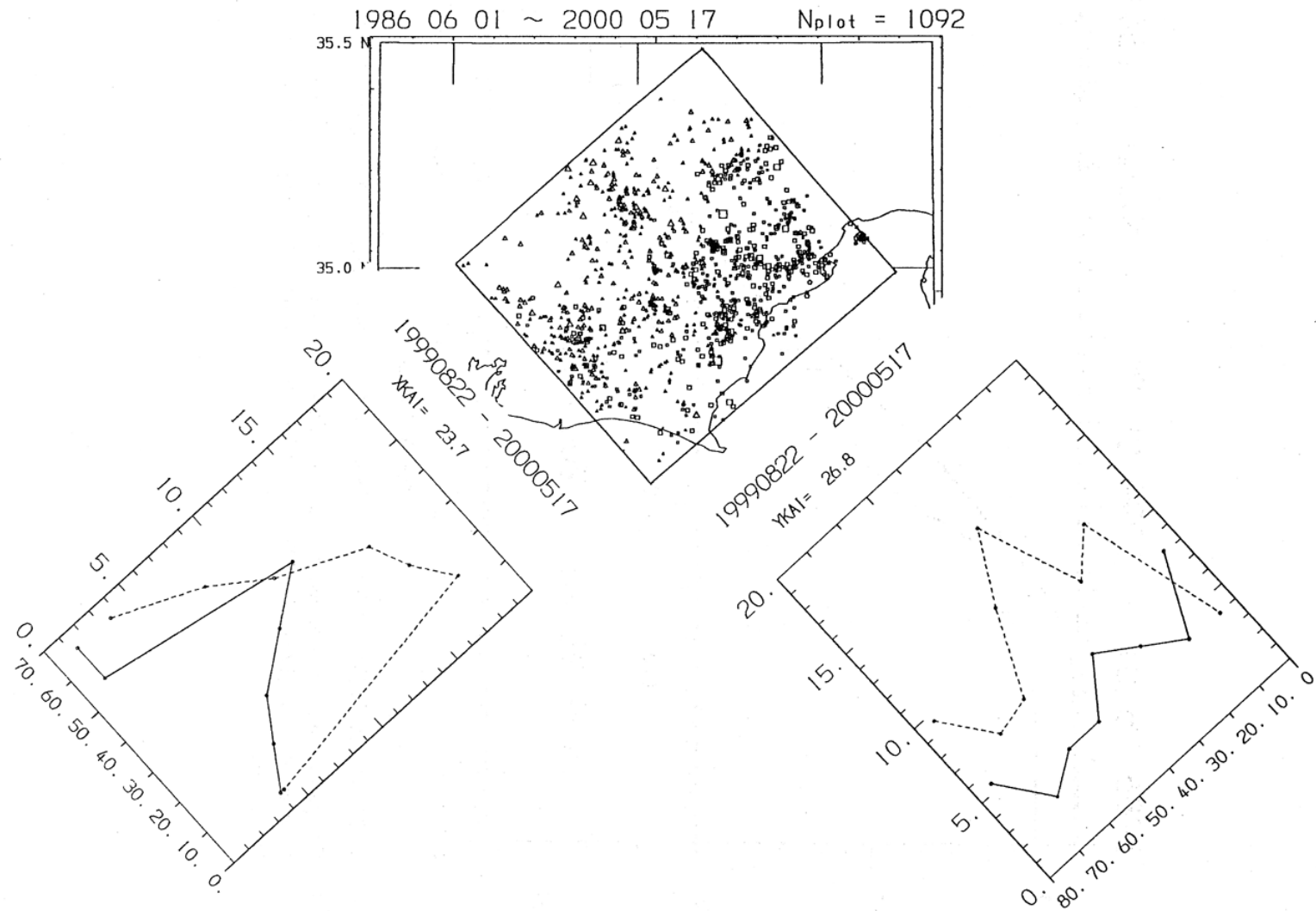
第 2 図 上図は、正常期間の個数分布にポアソン分布をあてはめたもの。中図は、発生時の時間間隔分布と指数分布との対比。下表は正常状態を仮定した時、n 個以下の状態が k 区間連続する確率を示す（括弧内は、正常期間において実際に出現した割合）。破線よりも右下の状況を異常減少検知の基準とした。今回は、実線の状態が出現した。

Fig.2 Comparison of monthly earthquake frequency distribution with the theoretical Poisson distribution of 6.32 in mean, and comparison of time interval distribution of successive earthquakes with the exponential distribution. The seismicity data are declustered through a simple logical filtering. The table gives probabilities that the states of earthquake frequency less than or equal to n succeeds at least k times by chance. The parentheses present the rates of actual occurrences. Those states in the lower right part bounded by the broken line are judged to be unusual. The solid line indicates the actual cases appeared since August of 1999.



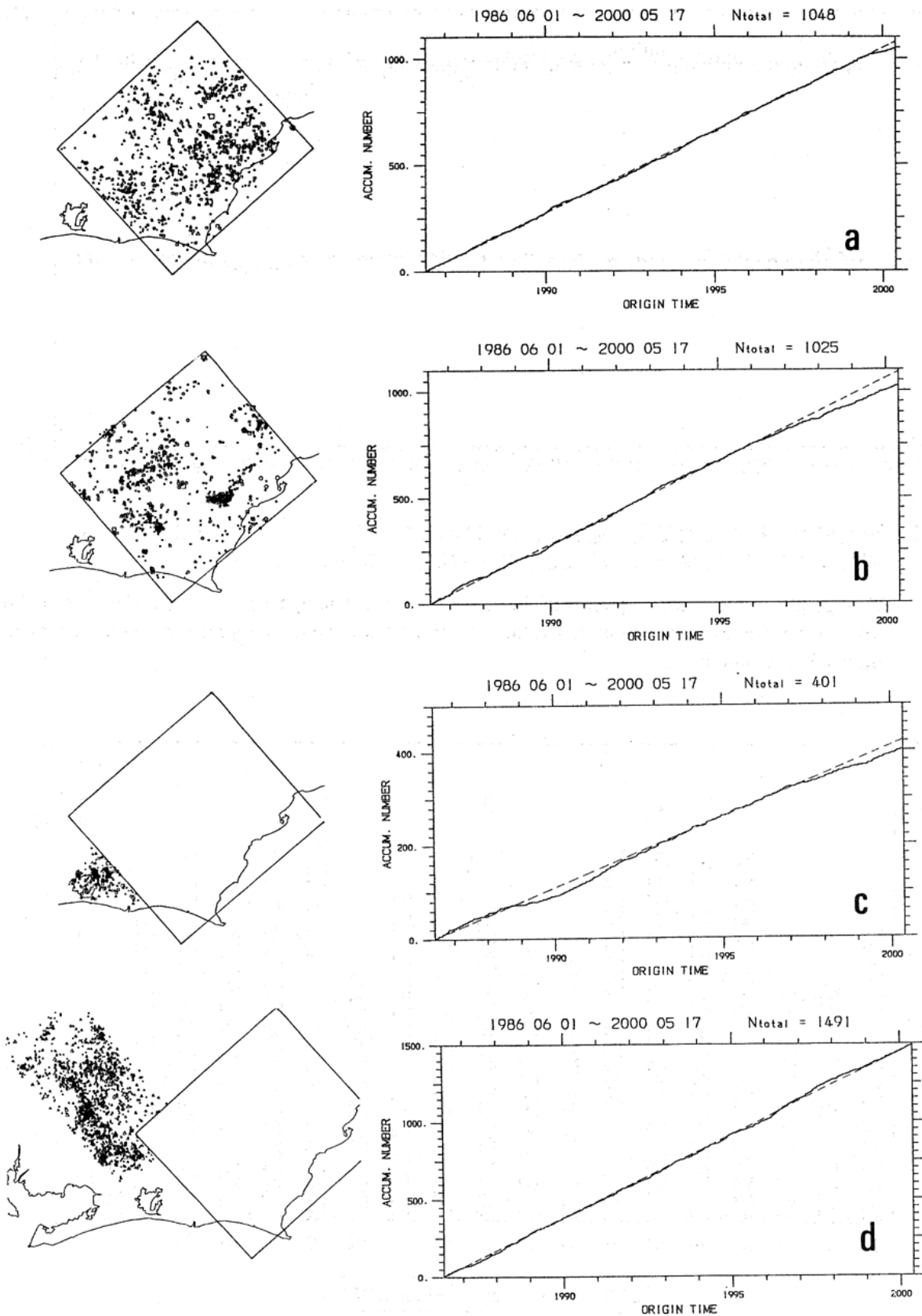
第3図 正常期間，異常期間のマグニチュード分布比較。期間長の比で縦軸を較正している。

Fig.3 Comparison of magnitude frequency distribution for the usual period (1986.6.1.-1999.8.21.), with the unusual period (1999.8.22.-2000.5.17.). The ordinate is normalized in proportion to the rate of both periods.



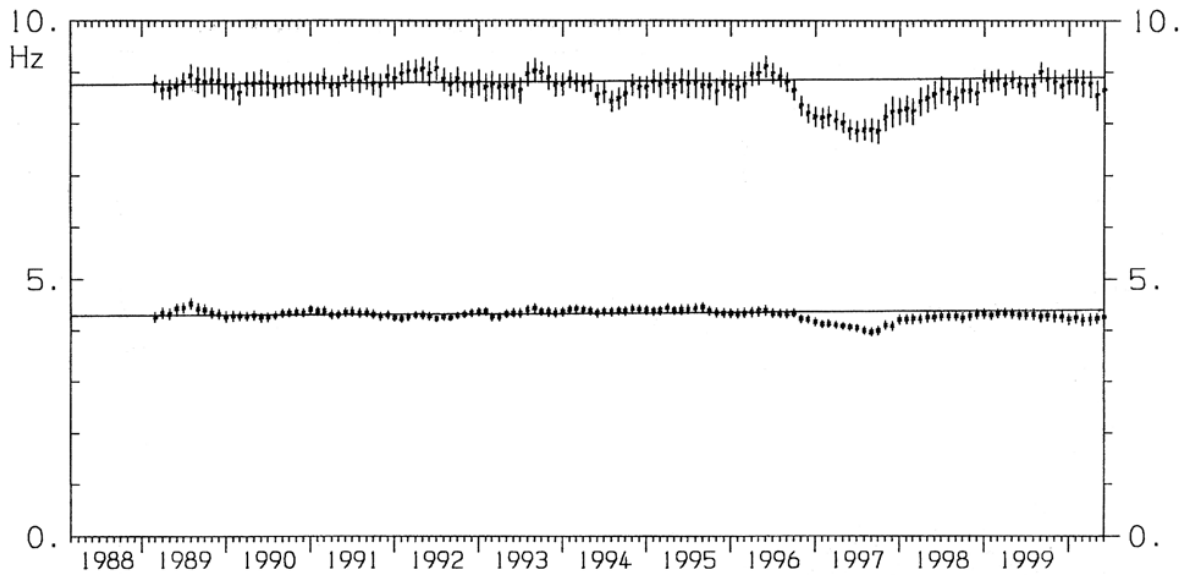
第 4 図 X , Y 方向に集計した年換算地震個数分布。破線は正常期間，実線は異常期間。

Fig.4 Earthquake distributions along X and Y directions normalized in annual frequency for every 10km band. The broken, and the solid lines are for the usual period (1986.6.1.-1998.12.31.), and for the unusual period (1999.8.22.-2000.5.17.), respectively.



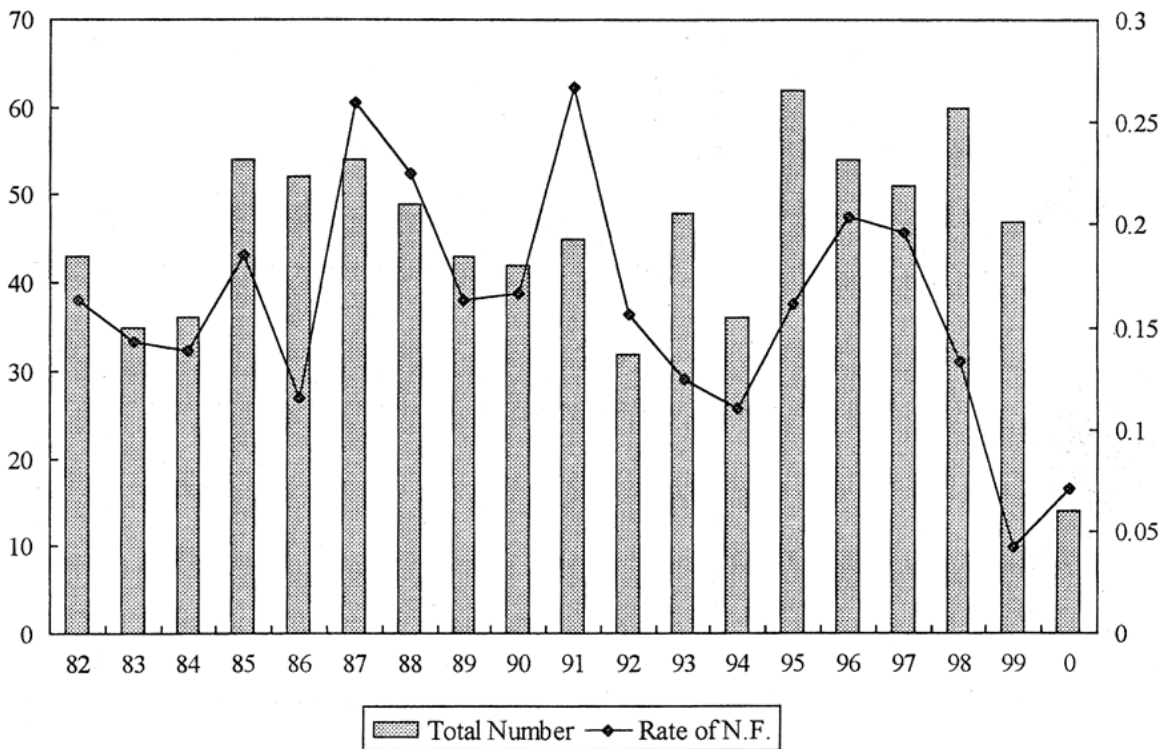
第 5 図 4 個の地域に対しての地震個数積算図。(a)固着域の下盤, (b)同上盤, (c)スラブ内, 浜名湖直下の特異な活動, (d)スラブ内の延長域 (全て declustering 後の結果)

Fig.5 Cumulative earthquake frequencies in four regions. (a) is for the activities under the locked zone, (b) over the locked zone, (c) beneath Lake Hamana, and (d) in the subducted but unlocked slab. In all cases, the declustered seismicity data were used.



第 6 図 地震波の卓越周波数変化。地震は、固着域下盤の M1.0~2.0。上は P 波，下は S 波。1 年間のウィンドウで平均し，結果を区間の右端にプロットしている。

Fig.6 Change of the dominant frequency of the seismic waves. The upper plots are for P waves, and the lower for S waves. The calculated values are plotted at the end of 1 year time window which is moved every month.



第 7 図 発震機構解の決定個数（棒グラフ：左目盛）と，その中に占める正断層タイプの割合（折れ線：右目盛）。2000 年は 5 月末まで。

Fig.7 Number of the focal mechanism solutions (bars on the left ordinate scale), and rates of normal-type faultings (folded line on the right ordinate scale).