駿河湾西岸域の地震活動に現れた静穏化現象

気象研究所* 吉田明夫・前田憲二

Seismic Quiescence Appearing in the West Coast Region of Suruga Bay

Akio YOSHIDA and Kenji MAEDA

Meteorological Research Institute 1-1, Nagamine, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

(Received October 31, 1989, Accepted January 23, 1990)

Seismic quiescence which has recently appeared in the west coast region of Suruga Bay is investigated. The quiescence is clearly recognized for earthquakes with $M \geq 2.5$ since the beginning of 1988. Southern boundary of the quiescence region corresponds to the Irozaki-Shizuoka tectonic zone and its extension to the north-west. However, the whole focal region of the expected Tokai earthquake and its surrounding areas show quiescence since the middle of 1988, when earthquakes with $M \geq 3$ are considered. The seismic quiescence seems to have started first in the northern part and extended to the south. The feature that the Irozaki-Shizuoka tectonic zone forms boundary of the quiescence region is very meaningful when it is combined with the fact that a gap exists in the hypocentral depth of earthquakes at the tectonic zone. It suggests that the Philippine Sea slab is split at the Irozaki-Shizuoka tectonic zone and the stress states in the two segments of both sides are more or less independent. It is noted that seismic activity in the regions where the quiescence appeared had been high in the long period of recent several decades.

Key words: Seismic quiescence, Tokai earthquake, Irozaki-Shizuoka tectonic zone, Philippine Sea slab split.

§1 序

想定東海地震の震源域とその縁辺地域の地震活動が最低低下している。気象庁地震予知情報課(1989)によれば、静穏化は $M3$ 以上の地震について1988年後半から生じており、一方、 $M3$ 未満の震源決定された全ての地震についてみた場合は、特に静穏化現象は認められない。プレート沈み込み境界の巨大地震の震源域に現れた本震発生前の地震活動の低下については、すでに多数の研究報告がある[例えば MOGI (1969), KELLEHER and SAVINO (1975), KATSUMATA and YOSHIDA (1980)]. 1973年根室半島沖地震[宇津(1970)]や1978年 Mexico Oaxaca 地震[OHTAKE *et al.* (1977)]の場合には、地震活動の静穏化が事前に指摘されて、そこでの大地震の発生の予測に成功した。

ところで、これまで東海地震クラスの巨大地震の震源

域とその周辺に現れた地震活動の静穏化現象については $M4$ もしくは $M5$ 程度以上の地震に着目した研究が多く、 $M3$ 以下の小地震まで含めた解析例はあまり知られていない。東海地域においては、気象庁の地震観測網は、最近数年間に限るなら、 $M3$ 以下の地震活動についても十分議論できる検知力を持つ。そこで、ここでは特に、静穏化現象がどの程度の地震にまで見られるのかについて調査した。また、マグニチュードの下限を変えることによって、静穏化現象の生じている領域の広がりや、それが始まった時期が変わるのかどうかについても調べた。Hawaii の Kaoiki 地震の場合には、震源域の中で静穏化現象が明瞭に現れたところと、活動がそれほど変化しなかったところがあった[Wyss (1986)]。静穏化現象がどこで現れ、どこで生じないかは、震源域の形成過程と密接に関連しているであろう。

一方、駿河湾西岸域では、フィリピン海プレートが北西方向に沈み込んでいる。静穏化現象は深さ数十 km の

* 〒305 茨城県つくば市長峰 1-1

Fig. 1. Magnitude-cumulative frequency distribution for earthquakes (depth ≤ 60 km) occurring in an area shown in the map during the periods Jan. 1983–June 1989 and Jan. 1985–June 1989.

地震まで含めて観測されており、これはフィリピン海スラブ内の地震活動も合わせて低下していることを示している。今回の静穏化現象の出現は、特定の地震の震源域の形成に関係しているというより、むしろフィリピン海スラブの構造、応力状態の変化と結びついている可能性も考えられる。こうした点を明らかにするために、震源の深さによる静穏化現象の現れ方の差違についても調べ、震源分布の特徴との関連について若干議論した。更に、1926年以降の $M4$ 程度以上の地震活動と今回の静穏化現象の特徴との対応についても簡単にふれた。

§2 データ

主として、1983年以降1989年6月までの気象庁の震源カタログを用いた。1983年に気象庁の震源計算方法が新しくなり、それ以降、震源の深さが1 kmの精度で求められ、発表されるようになった。Fig. 1に示すように、静岡地域においては1983年以降、 $M2.7$ 程度以上の地震について、また1985年以降においては $M2.5$ 程度まではほぼもれなく捕捉しているとみてよいと考えられる。更に長期的な活動の特徴とその変化をみるために、 $M4$ 以上の地震について1926年にさかのぼって震源分布や活動の変化を調べた。1960年以前の地震については、浜田(1987)の方法を用いて、今回、新たに震源を再計算した。なお、地震数の積算変化図の作成には SEIS-PC [石川・他(1985)] を用いた。

§3 静穏化現象がみられるマグニチュードの下限

Fig. 2は静岡市付近の地震活動について、地震の積算数の変化をマグニチュードの下限をいろいろ変えてみたものである。Fig. 2(b) から、マグニチュードの下限が2.5以上の場合、1988年初めからの地震活動の低下は顕著である。更にFig. 2(a)において、 $M2.4$ を下限にした場合にも静穏化が明瞭に認められる。しかし、これから、活動の低下が $M2.4$ 以下の地震にまで及んでいると直ちに判断することはできない。例えば、 $M2.5$ 以上の地震の総数に対して、 $M2.4$ の地震数が一割にも満たなければ、大勢は $M2.5$ 以上の地震活動の変化によって与えられると考えられるからである。どちらが事実であるかをみるために $M1.5-2.2$, $M2.3-2.4$, $M2.5-2.6$ のそれぞれの範囲内の地震について、積算数の変化の様子をFig. 3に示す。これから、 $M2.3-2.4$ の範囲内の地震については、 $M2.5$ 以上の地震においてみられるような明瞭な静穏化は特に認められないことが分かる。なお、1987年に地震数が増加しているのは地震活動等総合監視システム [横田・山本(1989)] の導入による。また、1988年に $M2.2$ 以下の地震数が急増しているのは、これ以後、小さな地震のマグニチュードまで決めるようにしたためである [勝間田, (1989)]。いずれにしろ、駿河湾西岸域の今回の静穏化現象を特徴づけるのはほぼ $M2.5$ 以上の地震であると考えられる。そこで§4では $M2.5$ 以上の地震に関して静穏化した領域の拡がり調べることとする。例えば、 $M2.8$ もしくは $M3$ 以上の地震についてみた場合に静穏化した範囲、時期がどうなるかは§6で検

Fig. 2. (a) Cumulative number of earthquakes (depth ≤ 60 km) for the rectangular region in the map where all earthquakes in the JMA Catalogue are plotted. Magnitude threshold for each curve is indicated in the Figure.

(b) Cumulative number of earthquakes (depth ≤ 60 km) for the rectangular region in the map where earthquakes with $M_{2.5}$ and larger are plotted. Magnitude threshold for each curve is indicated in the Figure.

討する。

§4 静穏化現象が現れた領域

Fig. 4(a), (b) は領域の広さを変えてみたとき、地震数の積算曲線がどのように変わって見えるかを示したものである。Fig. 4(b) の領域は Fig. 4(a) の領域を含み、その2倍の広さをもつ。Fig. 4(b) でも1988年以降の地震活動の静穏化は明らかであるが、しかし、Fig. 4(a) にみら

れるほど顕著ではない。これは、Fig. 4(b) では静穏化現象が生じていない領域まで含まれているためと考えられる。一方、あまりに小さな領域に分けると地震数が少なすぎて、静穏化が生じたのかどうかの判断がむずかしくなる。このように、静穏化現象が現れた範囲を詳しく特定するのは技術的に多少の困難がある。ここではできる限り客観的に、しかも、なるべく詳細にその領域を特定するために、まず、Fig. 5のように緯度、経度各30分毎

Fig. 3. Cumulative number of earthquakes (depth ≤ 60 km) of three magnitude ranges for the rectangular region shown in the map of Fig. 2.

の領域に区切ってそれぞれの部分で地震の積算曲線を求め、静穏化がみられるかどうかを調べた。次に、領域の切り方を15分ずつ東西南北にずらして、同様に、それぞれの区域において静穏化がみられるかどうかを検討した。それらを Figs. 6, 7, 8 に示す。これらの図から、静穏化現象がみられるかどうかの識別は比較的容易であることがみてとれよう。なお、これらの図をつくるにあたって、他と著しく地震活動度が異なる区域については、静穏化が生じたかどうかを見やすくするために縦軸のスケールを変えてプロットした。本論稿では、各区域における地震活動の時間的な変化をのみ問題としており、区域間の地震活動度の違いは考察の対象としていない。そうした点についても調べるにはまた別の取扱いを必要としよう。Figs. 5–8 から、結局、静穏化した範囲は静岡県の中部から静岡、愛知、長野県境にかけての領域であり、静岡県西部から愛知県東部にかけては、最近数年間、地震活動はほぼ定常的であったといえる。Fig. 9 に静穏化が生じた領域の合成図を示す。

Fig. 9 は、静穏化域の南限が北西–南東方向の境界によって区切られている可能性を示唆している。そこで、次に北西–南東方向の線によって領域を分けてみたのが

(a)

(b)

Fig. 4. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for the rectangular areas. A rectangular area in Fig. 4(b) is two times wide of that in Fig. 4(a). An appearance of quiescence for the area of Fig. 4(a) is more distinct, which indicates that the area of Fig. 4(b) may include a part where seismicity has not changed.

Fig. 5. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area of $30' \times 30'$. An appearance of quiescence is clearly seen since the beginning of 1988 for the area 1, and for the area 2 it is also recognized since the middle of 1988. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

Fig. 6. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area shown in the map. An appearance of quiescence is clearly recognized since the beginning of 1988 for the area I. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

Fig. 10 である。Fig. 10 より、予想通り、静穏化は 3 と 4 の間を境界に、その北東側の領域で生じていることがわかる。興味深いのは、この境界線がちょうど石廊崎-静岡構造線〔茂木 (1977) によって提唱された E-F 線〕とその延長にあたっていることである。このことと、フィリピン海スラブの構造との関連については § 5 で更に検

討する。Fig. 11 に北東部と南西部の 2 つの領域に分けてみたときの積算曲線を示す。南西部でも 1989 年から活動が低くなっている傾向が認められるが、これは特に浜名湖周辺の地震活動について顕著である。なお、Fig. 11 及び Fig. 4 から、1988 年に静穏化現象が始まる前、1985 年半ばから 1987 年にかけて、地震活動はむしろ

Fig. 7. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area. An appearance of quiescence is recognized since the end of 1987 for the areas A, B and C. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

Fig. 8. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area. An appearance of quiescence is recognized since the beginning of 1988 for the area a. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

先駆的に活発化した様子がみられる。この期間の地震数の増加は Figs. 5-8 から分かるように静岡県西部から愛知県東部にかけては認められず、静穏化現象が現れた駿河湾西岸域を中心に生じた有意な変化であったと推定される。特に静穏化現象が1988年より明瞭に現れた Fig. 11 の領域 A において、その直前の約1年間、著しく地震活動が活発化していることは注目値する。

§5 静穏化現象と地震の震源分布

駿河湾西岸域には駿河トラフから沈み込んだフィリ

ン海プレートが地殻下に存在する。その形状は震源分布から推定されており、山崎・大井田(1985)や石田(1986)によれば、フィリピン海プレートは駿河湾西岸域で西北西方向に向かって次第に深くなっている、最も深くなる岐阜・愛知・長野県境付近で上面の深さがほぼ60 km となる。§4の結果は深さ60 km までの地震についてであり、このことは静穏化がフィリピン海プレート内の地震活動にまで及んでいることを示している。ここでは、静穏化が生じている領域とフィリピン海プレート内の震源分布との間にどのような関連がみられるかを検

討する。

Figs. 12 (a), (b), (c), (d) はそれぞれ深さ 6–15 km, 16–25 km, 26–35 km, 36–60 km の地震について、図に示した各領域内の地震数の積算曲線を描いたものである。これらの図の特徴は、深さ 35 km の地震活動まで静穏化が認められること、浅い地震活動ほど早く静穏化が始

Fig. 9. An extent of quiescence region. Shadow region shows a superposition of the areas where seismicity of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) exhibited quiescence since the beginning of 1988. See Figs. 5–8.

まっていること、深さ 36 km 以深の地震活動には静穏化がみられないこと等である。Fig. 10 と合わせれば、静穏化現象は北部の浅い地震活動から始まったとみることもできる。また、震源分布で注目されるのは、震源の深さが北東から南西に向かって次第に深くなっていることで、特に深さ 36 km 以深の地震は、ほぼ石廊崎–静岡構造線を境に、その北東側にはほとんど存在していない [吉田 (1983)]。一方、深さ 25 km までの地震は同じ線を境に、その南西側で非常に少ない。Fig. 13 は、石廊崎–静岡構造線と直角な方向の、北東–南西方向に切ってみたときの震源の断面図である [YOSHIDA (1990)]。この図から、石廊崎–静岡構造線とその延長部を境に、震源の深さに明瞭な落差が存在することがわかる。この構造線の北東側でも南西側でも西北西方向に向かって震源は次第に深くなっており、ここにみられる震源分布の gap はプレートの沈み込みの向きとは直角な方向のものである。すでに茂木 (1977) や吉田他 (1984) が議論しているように、これはフィリピン海スラブ内の断裂を示しているとみてよいだろう。Fig. 14 は駿河湾西岸域でのフィリピン海プレートの模式図で、YOSHIDA (1990) は石廊崎–静岡構造線の北側にもう一本断裂の存在を推定している。なお、山崎・大井田 (1979) も、駿河湾における地震活動域の境界を西北西方向に延長したところに構造線の存在を想定している。その位置は石廊崎–静岡線

Fig. 10. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for each area which is cut by lines in the north-west to south-east direction as shown in the map. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves. It is clear that seismic quiescence has appeared in the zones 1, 2, 3 since the beginning of 1988. For the zones 4, 5, 6, seismicity seems to have decreased after 1989. A tendency may be recognized that quiescence was started from the northern region. It is interesting that the southern boundary of the quiescence region corresponds to the Irozaki-Shizuoka tectonic line first proposed by Mogi (1977).

の少し北側であるが、もともと石廊崎-静岡構造線は明瞭な線というよりむしろ幅を持った構造帯とみるべきであり、実質的には同じ構造帯について述べているとみてもよいだろう。

§6 マグニチュードの下限を変えてみたときの静穏化現象の範囲とその開始時期

気象庁地震予知情報課(1989)によれば、 $M3$ 以上の地震についてみたとき、想定東海地震 [ISHIBASHI (1981)]

Fig. 11. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for the two areas shown in the map. Since the beginning of 1988 seismic quiescence is clearly seen for the area A, although it seems that seismicity in the area B also became low after 1989. It should be noted that seismicity in the area A had increased in 1987 just before quiescence was started.

Fig. 12. Cumulative number of earthquakes with $M2.5$ and larger for 4 depth ranges; (a) 6–15 km; (b) 16–25 km; (c) 26–35 km; (d) 36–60 km. Seismic quiescence is recognized for earthquakes shallower than 35 km, but not recognized for deeper earthquakes. The quiescence seems to be started first for shallow earthquakes in the northern part and extended to the south. Earthquakes deeper than 35 km are seldom in the region to the north-eastern side of the Irozaki-Shizuoka tectonic line, while earthquakes shallower than 25 km are very few to the south-western side of the tectonic line.

の震源域全体で1988年後半から静穏化現象が認められる。そこで、ここではマグニチュードの下限を変えた時に、静穏化領域やその開始時期がどの様になるかを調べてみることにする。

Fig. 15 は先の解析と同様に緯度 30 分×経度 30 分の領域に区切って、 $M2.8$ 以上の地震についてそれぞれの区域の地震積算数を示したものである。これから、静穏化は 1, 2, 3 の区域で認められることがわかる。ただし、その開始時期は、1 が 1987 年末であるのに対して、2, 3 では 1988 年なかばである。同様に、Fig. 16 は各区域を緯度 15 分それぞれ南にずらして地震積算数の変化をみたもので、この場合には区域 I, II で 1988 年なかばから静穏化がみられるほか、区域 III でも特に 1989 年になって低下が認められる。Fig. 17 では区域 A, B, C で 1987 年末から、また区域 D では 1988 年後半から静穏化が認められる。そして Fig. 18 では a, b で 1987 年なかばもしくは末から、c, d で 1988 年なかばから静穏化

がみられる。これらをまとめて、1987 年末から静穏化が現れている区域を示したのが Fig. 19 (a) である。この範囲は、 $M2.5$ 以上の地震についてみたとき、1988 年初めから静穏化が現れた領域と一致している (Fig. 9 参照)。また、1988 年後半から静穏化がみられる領域を示した Fig. 19 (b) から、 $M2.8$ 以上に限った場合、ほぼ半年遅れてその周辺に静穏化が拡大していったことがわかる。なお、 $M3$ 以上の地震についてみた場合も、全般的な傾向は $M2.8$ 以上についてみたときと変わらない。

Fig. 20 は、駿河湾西岸のほぼ静岡県内にあたる範囲について、領域を 3 つに分けてそれぞれの区域の $M3$ 以上の地震活動の変化をみたものである。この図から、石廊崎-静岡構造線とその北東側では 1988 年初めから明瞭に静穏化が生じていること、南西側でも東側の区域では 1988 年半ばから静穏化がみられることがわかる。このことは、 $M3$ 以上の地震についてみたとき、御前崎南方海域を含めた想定東海地震の震源域全体で 1988 年な

Fig. 13. Cross sections of earthquakes in two rectangular regions shown in the map. A gap in the hypocentral depth of earthquakes is observed at the Irozaki-Shizuoka tectonic zone [after YOSHIDA (1990)].

Fig. 14. A cartoon of the Philippine Sea slab beneath the west coast region of Suruga Bay. YOSHIDA (1990) proposed that the slab is split into 3 segments in this region. I-S Line represents Irozaki-Shizuoka tectonic line.

かばから静穏化がみられるという気象庁地震予知情報課 (1989) の結果と調和的である。Fig. 21 に、 $M_{2.5}$ 以上の地震についてみた時の、区域 B、C における地震数の積

算曲線を示す (区域 A については Fig. 11 参照)。興味深いのは、区域 B において M_3 以上の地震に関して明瞭にみられた 1988 年なかばからの静穏化が、 $M_{2.5}$ 以上の地震については特に認められないことである。

§7 長期的な地震活動の特徴

Fig. 22 (a) は 1926–1960 年の期間に発生した M_4 以上、深さ 60 km 以浅の地震の震央分布である。これらの地震の震源は今回新たに再決定した。図中南西部の地震の多くは 1944 年東南海地震の後 3 年間に発生しており、震源域縁辺における広義の余震活動と考えられる。この一群の地震を除くと M_4 以上の地震のほとんどが石廊崎–静岡構造帯とその北東側領域で発生しているのが注目される。1961–1988 年の期間 (Fig. 22 (b)) では 1965 年に $M_{6.1}$ の地震が石廊崎–静岡構造帯に発生し、この構造帯に沿う活動が目立つ。Fig. 22 (c) は 1926–1988 年の期間の M_4 以上の地震の震央分布図で、これから、駿河湾西岸域では石廊崎–静岡構造帯沿いとその北東側領域で活動が高く、南西側では低いということがわかる。特に、前述した東南海地震後の天竜川河口付近の地震を除くと、その対照は更に著しいものとなる。想定東南海地震の震源域の北半分が南半分に比べて地震活動が高いことは大竹 (1985) によっても指摘されているが、

Fig. 15. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.8$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area of $30' \times 30'$. It is observed that seismicity has been quiescent since the end of 1987 in the area 1, and in the areas 2 and 3 the quiescence appeared in the middle of 1988. On the other hand in the areas 4, 5 and 6 the quiescence is not recognized. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

Fig. 16. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.8$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area. In the areas I and II quiescence is observed since the beginning or the middle of 1988, and in the area III quiescence is recognized after 1989. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

その境界がちょうど石廊崎-静岡構造線 (§5 で述べたように、幅をもった構造帯とみるのが適当と考えられるが、特にその南の境界をここでは構造線と呼ぶことにする) に対応していることに注意すべきであろう。

Fig. 23 は、1926 年からの $M4$ 以上の地震の積算数の変化を示したものである。これから、駿河湾西岸域では 1930 年代なかばから 1950 年代なかばにかけての期間、それ以後と比べて相対的に活動が高かったことがわか

る。また、領域の南西部で 1940 年代後半に地震が多く発生しているのは先に述べたように東南海地震の影響である (Fig. 23 (b) の B)。近年の活動が低いことは、1926 年から 1988 年までの 63 年間を 21 年ずつに区切って、それぞれの期間の地震をプロットした Fig. 24 でも明瞭に認められる。特に、最近 20 数年間にわたっては $M5$ 以上の地震が一つも発生していない。それ以前の期間では、石廊崎-静岡構造帯とその北東側領域に限っても、

Fig. 17. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.8$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area in the map. Quiescence is observed since the end of 1987 in the areas A, B and C, and is recognized since the end of 1988 in the area D. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

Fig. 18. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.8$, depth ≤ 60 km) for each rectangular area. In the areas a and b quiescence is recognized since the middle or the end of 1987, and in the areas c and d quiescence is recognized since the middle of 1988. Scale of the ordinate is not the same for all of the cumulative curves.

1931 年 ($M5.8$), 1935 年 ($M6.3$), 1936 年 ($M5.4$), 1938 年 ($M5.2, M5.0$), 1947 年 ($M5.8$), 1952 年 ($M5.0$), 1965 年 ($M6.1$) と 8 個発生している。これに 1917 年の $M6.3$ の地震を加えると、ほぼ 15~20 年の間隔で $M5 \sim 6$ クラスの地震を含む活動期が繰り返していることになる。

§8 まとめと議論

駿河湾西岸域では 1988 年以降、 $M2.5$ 程度以上の地震について著しく地震活動が低下している。静穏化域は

石廊崎-静岡構造帯とその北東側領域の広い範囲に及んでおり、必ずしも想定東海地震の震源域とは対応しない。また $M2.8$ 以上の地震に限ると、石廊崎-静岡構造線の南西側も含めて 1988 年後半から静穏化した傾向がみられる。この場合も静穏化域は想定東海地震の震源域よりも広く西に及んでいる。しかし、静岡県西部から愛知県東部にかけての地域では静穏化現象は認められない。

石廊崎-静岡構造帯のところでフィリピン海スラブ内の地震の震源の深さに gap が存在し、そこで、フィリビ

Fig. 19. (a) An extent of quiescence region for earthquakes with $M \geq 2.8$ and larger. Shadow region represents the areas where quiescence appeared in the end of 1987. The region coincides with the quiescence region for earthquakes with $M \geq 2.5$ (See Fig. 9).

(b) Shadow region represents the areas where quiescence is observed since the middle or the end of 1988. From Figures (a) and (b) it is noted that quiescence region extended to the west and to the south.

Fig. 20. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 3.0$, depth ≤ 60 km) for three areas A, B, C shown in the map. In the area A quiescence is clearly seen since the beginning of 1988, and in the area B quiescence is also recognized since the middle of 1988.

ン海プレートの断裂があると推定される (YOSHIDA, 1990). この構造帯が、1988年初めより明瞭に現れた $M2.5$ 以上の地震活動の静穏化領域の境界に対応しているということは、この断裂の両側のフィリピン海スラブ内の応力場は、ある程度独立に変化するということを示しているのかもしれない。ある程度という意味は、 $M2.8$ 以上の地震についてみた場合には、構造線の南西側でも静穏化が半年ほど遅れて生じているからである。なお、静穏化が始まる前の1985年なかばから1987年

にかけて、地震活動はむしろ活発化した傾向があることから、この時期、フィリピン海スラブ内の応力場が高まったということも考えられる。特に、静穏化現象が明瞭に現れた石廊崎-静岡構造線の北東側領域において、直前の約1年間、地震活動が著しく活発化したことは、先駆的な活動という意味で注目される。なお、野口 (1989) は、静岡市西側の震源集中域の地震活動が、1986年10月~1987年末頃の活発化の後に低下したことを指摘するとともに、そこで発生した地震の波形の変化が

Fig. 21. Cumulative number of earthquakes ($M \geq 2.5$, depth ≤ 60 km) for two areas B, C shown in the map. These areas are the same as those in Fig. 20. It is to be noted that quiescence is not so clear in the case of $M \geq 2.5$.

Fig. 22. (a) Epicentral distribution of earthquakes ($M \geq 4.0$, depth ≤ 60 km) during the period 1926 through 1960. Hypocenters of these earthquakes are relocated in this study. It is noted that in this period seismicity of earthquakes with $M \geq 4$ was high in the Irozaki-Shizuoka tectonic zone and to its north-eastern side. Shaded circles represent earthquakes which occurred during three years just after the 1944 Tonankai earthquake. They might be aftershocks in a wide sense.

(b) Epicentral distribution of earthquakes ($M \geq 4.0$, depth ≤ 60 km) during the period 1961 through 1988. A $M 6.1$ earthquake occurred in the Irozaki-Shizuoka tectonic zone in 1965 and the seismic activity along the zone was conspicuous in this period.

(c) Epicentral distribution of earthquakes ($M \geq 4$, depth ≤ 60 km) during the period 1926 through 1988. It should be noted that the recent quiescence region corresponds to the region where seismicity has been high for a long period of several decades.

ら、1987年後半以降、地震発生場の状況が変化した可能性もあると推定している。

長期的な活動をみると、駿河湾西岸域では石廊崎-静岡構造帯沿いとその北東側の領域で多くの地震が発生している。 $M 5$ 以上の地震に着目しても、今世紀になって

9個を数え、15～20年の間隔で活動期が繰り返しているようにも見える。最近では1965年の $M 6.1$ の地震の後、 $M 5$ 以上の地震は一つも発生しておらず、地震活動は比較的長期にわたってそれ以前と比べて低いといえる。Mogi (1987)は、想定東海地震の震源域を含む駿河

Fig. 23. (a) Cumulative number of earthquakes with $M \geq 4.0$ in the area shown in the map. It is clear that seismicity in the period from 1930s through early 1950s was higher than that after middle of 1950s.

(b) Cumulative number of earthquakes with $M \geq 4.0$ in the areas A, B shown in the map. Seismicity in the region A was high in the period 1930s through the middle of 1950s, and in the region B seismic quiescence was observed from 1950s through early 1960s. An activity in the late 1940s in the region B represents an influence of the 1944 Tonankai earthquake.

Fig. 24. Epicentral distribution of earthquakes with $M \geq 4.0$ in the periods; (a) 1926–1946; (b) 1947–1967; (c) 1968–1988, respectively. It is clearly seen that activity in the last 21 years has been quite low compared with the former periods.

トラフ、南海トラフ沿いの地震活動が、1973 年以降著しく低下しているとして、ここに第 2 種地震空白域が出現している可能性もあると述べている。

1965 年の $M_{6.1}$ の地震の前の状況について、YOSHIDA (1987) はその前 10 年間の震源近傍の地震活動が非常に低かったことを指摘した。一方、関谷 (1976)、SEKIYA (1977) は、1965 年の地震の 4 年前に、その震源の近傍に異常な地震活動があったとしている。勝又・浜田 (1985) は M_5 クラスの先駆的な地震が内陸の大地震の前にしばしば見られることを指摘して、1965 年の $M_{6.1}$ の地震もそのような先駆的な地震を伴った例の中にあげている。YOSHIDA (1987) は 1965 年静岡地震の先駆的な活動として、8 ヶ月前に震源近傍で発生した $M_{4.2}$ の地震とともに、1950 年代前半の $M_{5.0}$ の地震を含む活動に注目している。

1988 年初めから始まった駿河湾西岸域の地震活動の静穏化の意味するところとして、東海地震の準備過程を反映しているという見方もありうるが、それよりもむしろ静穏化した範囲と、長期的にみたときの高い地震活動域及びフィリピン海プレートの構造との関連から、石廊崎-静岡構造帯とその北東側領域での M_6 クラスの地震の発生を予測すべきかもしれない。もちろん、静穏化とその直前にみられた活発化は単にこの地域の応力場の変化のゆらぎを現しているにすぎず、特に大きな地震の発生とは関係ないという考え方も可能である。現在のところ、これらのどれかについて確定的な判断を下すことはむずかしい。いずれにしても、今後の活動の推移を注意深く見守っていく必要があるだろう。

文 献

- 浜田信生, 1987, 日本列島の内陸部に発生した被害地震に伴う地震活動の再調査とその地震学的意義, 気象研究所研究報告, **38**, 77-156.
- ISHIBASHI, K., 1981, Specification of a soon-to-occur seismic faulting in the Tokai district, central Japan, based upon seismotectonics, in "Earthquake prediction, An International Review", ed. by D. W. Simpson and P. G. Richards, Maurice Ewing Series, **4**, AGU, Washington, D. C., 297-332.
- 石田瑞穂, 1986, 関東・東海地域の震源分布から推定したフィリピン海及び太平洋プレートの等深線, 国立防災科学技術センター研究報告, 第 36 号, 1-19.
- 石川有三・松村一男・横山博文・松本英照, 1985, SEI-SPC の開発一概要一, 構造地質, **19**, 19-27.
- 勝間田明男, 1989, 私信.
- 勝又 護・浜田信生, 1985, 内陸地震に先行した地震活動 (やや長期的にみた場合), 地震学会講演予稿集, No. 1, 134-135.
- KATSUMATA, M. and A. YOSHIDA, 1980, Change in seismicity and development of the focal region, Pap. Meteorol. Geophys., **31**, 15-32.
- KELLEHER, J. and J. SAVINO, 1975, Distribution of seismicity before large strike slip and thrust-type earthquakes, J. Geophys. Res., **80**, 260-271.
- 気象庁地震予知情報課, 1989, 東海地方における地震活動の変化, 地震予知連絡会会報, **42**, 253-256.
- MOGI, K., 1969, Some features of recent seismic activity in and near Japan (2), Activity before and after great earthquakes, Bull. Earthq. Res. Inst., **47**, 395-417.
- 茂木清夫, 1977, 伊豆・東海地域の最近の地殻活動の一解釈, 地震研究所彙報, **52**, 315-331.
- MOGI, K., 1987, Recent seismic activity in the Tokai (Japan) region where a large earthquake is expected in the near future, Tectonophysics, **138**, 255-268.
- 野口伸一, 1989, 東海地域の微小地震の波形変化, 地震学会講演予稿集, No. 2, 153.
- 大竹政和, 1985, 想定東海地震の震源域にみられる地震活動の低下, 地震学会講演予稿集, No. 2, 11.
- OHTAKE, M., T. MATSUMOTO and G. V. LATHAM, 1977, Seismicity gap near Oaxaca, southern Mexico as a probable precursor to a large earthquake, Pure Appl. Geophys., **115**, 375-385.
- 関谷 博, 1976, 地震発生前の地震活動と地震予知, 地震 **2**, 29, 299-311.
- SEKIYA, H., 1977, Anomalous seismic activity and earthquake prediction, J. Phys. Earth, **25**, Suppl. S85-S93.
- 宇津徳治, 1970, 北海道における最近の地震活動と観測状況, 地震予知連絡会会報, **2**, 1-2.
- Wyss M., 1986, Seismic quiescence precursor to the 1983 Koaiki ($M_s = 6.6$), Hawaii, earthquake, Bull. Seism. Soc. Am., **76**, 785-800.
- 山崎文人・大井田 徹, 1979, 駿河湾及びその周辺の地震活動, 地震 **2**, **32**, 451-462.
- 山崎文人・大井田 徹, 1985, 中部地方におけるフィリピン海プレート沈み込みの形状, 地震 **2**, **38**, 193-201.
- 横田 崇・山本雅博, 1989, 地震活動等総合監視システム (その 1 概要について), 験震時報, **52**, 89-99.
- 吉田明夫, 1983, 駿河トラフ西側域の地震活動, 地震 **2**, **36**, 111-113.
- YOSHIDA, A., 1987, Precursory activity in seismic belts containing the focal region of forthcoming large intraplate earthquakes, Tectonophysics, **140**, 131-143.
- YOSHIDA, A., 1990, Seismotectonics in and around the Izu Peninsula, in preparation.
- 吉田明夫・岩田孝仁・里村幹夫・志知龍一, 1984, 駿河湾西岸における活構造線 (帯) 存在の可能性, 地震 **2**, **37**, 453-464.