内陸大地震発生前後の震源域周辺の地震活動

気象研究所* 吉田明夫・高山博之

Preceding and Succeeding Seismic Activities in the Circumferential Areas of the Focal Regions of Large Intraplate Earthquakes

Akio YOSHIDA and Hiroyuki TAKAYAMA

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

(Received February 3, 1993; Accepted April 13, 1993)

Seismic activities in and around the focal regions are investigated for 13 large intraplate earthquakes with $M \geq 6.5$ which occurred in the Japanese islands during the period 1941 through 1990. It is found that (1) for all of these earthquakes, one or more large earthquakes with $M \geq 6$ occurred at epicentral distances of less than 100 km within 15 years before their occurrence. Further, for 10 earthquakes among the 13, one or two large earthquakes with $M \geq 6$ occurred at epicentral distances of less than 100 km within 10 years after their occurrence. (2) Migrational tendency with a velocity at several km/year is recognized in the occurrence of these large earthquakes. (3) Precursory activities are observed at epicentral distances of 50–100 km in the period 8–10 years before most of the large earthquakes. Sometimes a moderate earthquake with M 4–5 is also seen at the same period close to the focal regions. (4) Quiescence usually appears in and around the focal regions after the precursory activities. In some cases the quiescence continues until the occurrence of the main shock, while in other cases seismicity becomes active 1–3 years before the main shock. (5) There is a noticeable difference in the magnitude of influence on the stress field in the circumferential areas between M 7 class earthquakes and M 6 class earthquakes. (6) For M 6 class earthquakes remarkable quiescence is observed before their occurrence, and (7) it is rather rare that another large earthquake occurs following them in their circumferential areas.

Key words: Intraplate earthquake, Successiveness, Migration, Quiescence, Precursory activity.

§1. はじめに

内陸大地震の発生前に、その震源近傍あるいは周辺地域で何らかの特徴的なサイズシニティパターンが見られるだろうか。海溝沿いのプレート間地震の場合には、震源域とその周辺の地震活動が前兆的に低下することはよく知られていて [例えば MOGI (1969); KELLEHER and SAVINO (1975); 宮岡・吉田 (1993)], それを基に地震が予知された例もある [例えば宇津 (1972); OHTAKE *et al.* (1977)]. MOGI (1969) はまた、震源域で静穏化が生じた時、その周辺では逆に地震活動が活発化する、いわゆるドーナツパターンが見られることを指摘している。

MOGI (1979) のいわゆる第二種空白域という概念は、常時地震活動がある程度高いところで有効であり、もと

もと活動が低いところでは、空白域が認められたとしても、それが前兆現象としての静穏化を現しているのか、単に地震活動が不活発なブロックの存在を示しているだけなのかまず判別する必要がある。また、静穏化であるとしても、それがいつどの範囲で生じたものかを特定するのは容易ではない。このような状況の下では、静穏化現象よりも何らかの異常な先駆的地震活動に注意を向けるほうが实际的といえよう。

関谷 (1976), SEKIYA (1977) は内陸大地震の数年から10 数年前に、震源域周辺で続発的な地震活動がしばしば認められることに注目して、そうした活動から本震発生までの期間と本震の M との関係を論じた。勝又・浜田 (1985) は M 6 以上の浅い内陸大地震に数年から10 年程度先行して、その震源域もしくは断層の延長線上ごく近傍で M 4.5 から M 5.5 の地震が発生している例を

* 〒305 茨城県つくば市長峰 1-1

いくつか見つけ、それらが中期的前兆である可能性に注意している。また、鈴木(1985)は、関谷(1976)が指摘したような、震源域近傍に見られる先駆的活動を内陸、海域を問わず広範に調査し、それから本震発生までの期間と本震のマグニチュードとの間に一見明瞭な相関が見られることを示した。外国の例では、ニュージーランドとカリフォルニアに発生した $M 4.9$ から $M 7.1$ の 11 個の地震について、やはり、先駆の群発地震が存在するとともに、本震のマグニチュードとその先行時間との間に関谷(1976)や鈴木(1985)が示したのと同様な関係の認められることが、Evison(1977)によって指摘されている。これらの研究では、何をもって先駆的活動、あるいは先駆的地震と見なすかについて定義がいま一つ明瞭でないところがあるが、もし指摘されているような活動が実際に大地震の発生と関連するものであり、それらが現れた時点で的確にそれと識別できたなら、それは内陸地震の中期的予知にとって確かに非常に有用であろう。また、たとえその時点で識別は困難であったとしても、そうした現象が一般的に見られるものであれば、地震発生過程を解明するうえで一つの手がかりとなるであろう。

ここでは上のような考えの下に、特に内陸被害地震を念頭において、1941~1990年に発生した $M 6.5$ 以上の 13 個の地震について、その震源域周辺のかなり広い範囲にわたる活動の変化を調べてみた。対象とした地震の

Fig. 1. Epicenters of earthquakes with $M \geq 6.5$, depth ≤ 30 km, which occurred during the period 1941 through 1990 in the Japanese islands. Seismic activities in and around the focal regions of these earthquakes are investigated.

震央を Fig. 1 に示してある。この期間、内陸に発生した $M 6.5$ 以上の浅い地震は、この他に 1945 年三河地震 ($M 6.8$)、1948 年日高川地震 ($M 6.7$) があるが、これらはそれぞれ 1944 年東南海地震 ($M 8.0$)、1946 年南海道地震 ($M 8.1$) の広義の余震と見なされるので調査対象からはずした。なお、用いたデータは気象庁地震月報によっている。

上述の地震について、それらの震源域周辺の活動の変化を、相互に比較対照しながら共通のレベルで論じることができるのは $M 4$ の地震が限度である [例えば高山・吉田(1992)]。そこで本論文では、先駆的活動及び静穏化現象を調べるにあたっては $M 4$ 以上の地震に関して見ることにし、 $M 5$ 以上、 $M 6$ 以上の地震のみを取りだした時の特徴的なパターンについてもそれぞれ別に論じた。§2 ではまず $M 6$ 以上の地震に着目した時の続発性と移動性について述べる。

§2. 続発性と移動性

Figs. 2(a), (b), (c) は 1952 年大聖寺沖地震 ($M 6.5$)、1969 年岐阜県中部地震 ($M 6.6$)、1974 年伊豆半島沖地震 ($M 6.9$) について、その周辺域で、いつどのくらい離れて $M 6$ 以上の地震が発生しているかを示したものである。これら 3 つの場合いずれにおいても、それぞれの地震から前後 10 年以内、80 km 以内に $M 6$ 以上の地震が 1 個ないし 2 個起きていることがわかるが、それらの地震の相対的な震央距離や発生時期は同じではない。しかし、これらの図を重ね合わせてみると、Fig. 2(d) に示すように、震央距離が近いところでは時間的にも近接して、また遠いところではそれに比例するように離れて、 $M 6$ 以上の地震が発生している傾向が見られる。すなわち、これら大きな地震の発生には、見かけ上、震央が約数 km/年の速度で移動していくパターンが認められる。

ここで、特に指摘しておきたいことは、Figs. 2(a), (b), (c) のような図を、§1 で述べた $M 6.5$ 以上の 13 個の地震についてそれぞれつくってみると、Fig. 3(a) に示すように、そのすべてについて、15 年以内、震央距離 100 km 以内に $M 6$ 以上の地震がその前に発生していることである (福井地震と長野県西部地震を除いて 10 年以内)。また、その後 10 年以内には、13 個中 10 個の地震について、震央距離 100 km 以内に $M 6$ 以上の地震が発生している (Fig. 3(b))。起きていないのは 1967 年弟子屈地震と 1984 年長野県西部地震、1990 年伊豆大島近海地震だけで、後の 2 つについては地震後まだ 10 年経過しておらず、その周辺で $M 6$ 以上の地震が近い将来に発生する可能性が残っている。こうした事実、内陸の $M 6.5$ 以上の地震は一個だけ孤立して起きること

Fig. 2. Space-time distribution of earthquakes with $M \geq 6$ which occurred around the epicenters of large earthquakes with $M \geq 6.5$: (a) the 1952 off-Daishoji earthquake; (b) the 1969 central Gifu prefecture earthquake; (c) the 1974 off-Izu Peninsula earthquake. Fig. 2(d) shows the superposition of Figs. 2(a), (b), and (c).

Fig. 3. (a) For all of the 13 earthquakes with $M \geq 6.5$, large earthquakes with $M \geq 6$ were observed at epicentral distances within 100 km and within 10 years (solid circles) or within 15 years (circles with cross) before their occurrence. (b) For 10 of the 13 earthquakes with $M \geq 6.5$, earthquakes with $M \geq 6$ followed at epicentral distances within 100 km and within 10 years after their occurrence (solid circles).

Fig. 4. Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 6$ which occurred around the epicenters of 13 large earthquakes with $M \geq 6.5$. Dotted lines correspond to the migration velocity at 8 km/year.

は非常に稀で、100 km 程度の範囲の中で見た場合、その前後約 10 年以内に $M 6$ 以上の地震を伴う確率が非常に高いことを示している。これはテクトニックな一つの単位、あるいは地域における内陸大地震の一種の統発性を表すものである。

次に、先に触れた震央の移動傾向についてもう少し詳しく検討してみよう。Fig. 4 は、Fig. 1 に示した 13 個の地震それぞれについて Figs. 2(a), (b), (c) のような時空間分布図をつくり、それらすべてを重ね合わせたものである。点線は 8 km/年の見かけ速度に対応している。ばらつきはあるものの、ほぼそれに相当する速度で、震央が中心となる地震に近づいてきて、またそれから遠ざかっていく傾向を認めることができよう。

Fig. 4 はテクトニクスや地質・地殻構造が異なる様々な地域で発生した地震を区別することなく合成したものであるが、例えば中部地方北西域や東北地方だけというように地域を限定すると、更に明瞭な移動傾向が見られる。ただし、見かけの移動速度は、中部地方北西域では約 4 km/年、東北地方では約 10 km/年と、地域によって多少異なる [YOSHIDA (1992)]。また、東北地方の移動系列では、ほぼ火山フロント沿いに北上していったのが 1962 年宮城県北部地震の後北西に向きを変えて、1970 年秋田県南東部の地震が発生しているが、この方向の変化には、茂木 (1985) が指摘しているように、男鹿-牡鹿構造線の存在が影響を与えているものと思われる。そして、中部地方北西域については、長野県西部地震の後その北東側領域で地震活動が活発化しており [小林・他 (1992)]、もし、近い将来、この地域で大きな地震が発生するとしたら、それは福井地震と長野県西部地震を結ぶゾーンの東側延長ではなく、北信・上越地域で起きる可

Fig. 5. Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 6$ around the epicenters of 19 earthquakes with $6.0 \leq M \leq 6.4$, which occurred during the period 1941 through 1990 in the Japanese islands.

能性が高いと推定される。

ここで、内陸における $M 6.5$ 以上の大地震と $M 6$ クラスの地震とでは、その周辺地域の応力場の変化に対する影響力の大きさに差があることを示す一つの事実を指摘しておこう。Fig. 5 は、Fig. 1 と同期間の 1941～1990 年間に内陸に発生した $6.0 \leq M \leq 6.4$ の 19 個の地震について、Fig. 4 と同様に、その周辺の $M 6$ 以上の地震の相対的な時空間分布を重ねて示したものであるが、注目されるのは、Fig. 4 と異なって、これらの地震の後、 $M 6$ 以上の地震が続いて発生する比率は著しく低いということである。これは、内陸における $M 6$ 程度の地震は、多くの場合、更に別の $M 6$ 以上の地震を誘発するほどの影響を周辺に及ぼさないことを示している。

§ 3. 先駆的活動と静穏化

Figs. 6(a), (b) はそれぞれ、1961 年北米濃地震、1974 年伊豆半島沖地震を中心にとって、その前 25 年間、後 25 年間、そして震央距離 100 km 以内に発生した $M \geq 4$, $\text{depth} \leq 30$ km の地震の時空間分布を示したものである。これらの図で共通に見られる特徴として、震源の極近傍で 10 年程前に先駆的地震らしきものが発生していること、それとほぼ同じ頃に震央距離 50～100 km 付近で活発な活動が見られること、本震発生の直前は震源域とそのすぐ周辺の地震活動が非常に低く、いわゆる静穏化現象を呈していること等が挙げられる。同じ様な特徴を持つ岐阜県中部地震や福井地震についての時空間分布も合わせて、4 つの地震に関する合成図をつくると、Fig. 8(a) に示すように、上で述べた特徴がより明瞭に認められる。Fig. 8(a) ではまた、本震発生後、地震活動が次第に周辺に移動・拡散していった傾向も見られる。

Fig. 6. Space-time distribution of earthquakes with $M \geq 4$, depth ≤ 30 km, which occurred around the epicenters of the 1961 northern Mino earthquake (a); and the 1974 off-Izu Peninsula earthquake (b).

Fig. 7. Space-time distribution of earthquakes with $M \geq 4$, depth ≤ 30 km, which occurred around the epicenters of the 1978 near Izu-Oshima earthquake (a); and the 1980 east-off Izu Peninsula earthquake (b).

一方, Figs. 7(a), (b) は, 1978 年伊豆大島近海地震, 1980 年伊豆半島東方沖地震について, それぞれ同様な時空間分布を示したものである。パターンは Figs. 6(a), (b) と似ているが, よく見ると多少異なる。まず, 震源域周辺の先駆的地震活動は 15 年程前に起きており, 静穏化はその活動の直後に顕著で, かつずっと広い範囲に及んでいる。また, 地震活動の移動傾向は, 本震発生後よりもむしろその前に認められ, 上述の静穏化域が次第に狭まってきて本震の発生に至っているように見える。共通する特徴は, 本震の震源近傍で先駆的活動が見られるちょうどその頃に, 周辺においても地震活動が活発化していることであるが, その区域は震央距離が 60~90 km の付近と, Figs. 6(a), (b) の例に比べてやや外側になる。Fig. 8(b) は, Figs. 7(a), (b) に大聖寺沖地震の場合を合わせて 3 つの地震の時空間分布を合成したもので, これから上記の特徴は明らかであろう。

われわれは Fig. 8 の (a) と (b) で多少違いが見られるということより, 地震活動の静穏化や活発化等の特徴が共通して認められるということのほうにむしろ注目したいと思う。これらの特徴は一つ一つの地震について見た

場合には極めて明瞭とはいえず, またすべての地震についての合成図をつくると, 静穏化の範囲や期間が地震によって一定していないためにぼやけてしまうということはあるが, それは, 各地域で地震発生場や背景となるテクトニクスが異なることを考えれば, ある意味で当然と思われる。

ところで, 震源から数 10 km 付近のところに見られる先駆的活動について触れておくと, これは一種のドーナツパターンを表しているとみることができる。しかし, それはこの時の活動が震源域をとりまいて生じているということではない。むしろ特定の方向でのみ活動が見られるというのが普通で, 多くの場合そこでは別の大地震が発生している。この周辺域における先駆的活動と同じ頃に, 震源域近傍でも $M 5$ 程度の“先駆的”地震が起きることがあるが (Figs. 6(a), (b) を参照), これは数 10 km 離れたところで発生した他の大地震に誘発された地震とみることもできよう。時にはこれら二つの震源域を結ぶゾーンに沿って地震活動が一時的に活発化する現象も見られる。ただし, そのような場合, $M 6.5$ 程度以上の大地震が直接誘発されて発生してしまうというこ

Fig. 8. (a) Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 4$, depth ≤ 30 km, which occurred around the 1961 northern Mino earthquake, the 1974 off-Izu Peninsula earthquake, the 1969 central Gifu prefecture earthquake and the 1948 Fukui earthquake.
(b) Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 4$, depth ≤ 30 km, which occurred around the 1978 near Izu-Oshima earthquake, the 1980 east off-Izu Peninsula earthquake and the 1952 off-Daishoji earthquake.

Fig. 9. (a) Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 5$ which occurred around the epicenters of 13 large earthquakes with $M \geq 6.5$.
(b) Superposition of space-time distribution of earthquakes with $M \geq 5$ which occurred around the epicenters of 19 earthquakes with $6.0 \leq M \leq 6.4$.

とは稀で、応力場の擾乱を受けてからそうした地震が起きるまでに、通常何年かの年月を要するようである。(東南海地震のような巨大地震の後では、 $M 6.5$ クラスの地震が短時日に引き続いて起こることもある)これに対して、 $M 6$ 程度の地震では、数10 km離れて起きた $M 7$ クラスの地震の影響がゆっくり及んできた段階で発生したと見られるものもある [例えば小林・他(1992)]。

内陸の $M \geq 6.5$ の地震と、 $6.0 \leq M \leq 6.4$ の地震の前後の、その震源域周辺の地震活動のパターンの違いは、 $M \geq 5$ の地震について見た時にも顕著に認められる。Fig. 9(a)は、 $M \geq 6.5$ の13個の地震について、その前15年間、後10年間に発生した $M \geq 5$ の地震の時空間分布を重ね合わせたものであり、Fig. 9(b)は、 $6.0 \leq M \leq 6.4$ の19個の地震に関する同様な時空間分布の重ね合わせを示したものである。これらの図を比較して気づく違いは、Fig. 9(b)では本震の前数年間、震源域に倍する広い

範囲で顕著な空白域が認められるのに対して、Fig. 9(a)では、そうした空白域は本震の震源域付近で5年前頃を中心に見られるということ、また、Fig. 9(a)では、これまでも述べたように地震活動の移動パターンが認められるのに対して、Fig. 9(b)ではそうした傾向は見られないということであろう。

この他、Fig. 9(b)の特徴としては、直前の空白域に加えて、5~10年前の周辺域における顕著な先駆的活動も挙げられる。これがあるためにその後の空白域がより目だったものとなっているということもできる。また、本震の5~8年後にも、先駆的活動とはほぼ対照的な形で後発的な活動が認められる。これに対して、Fig. 9(a)では、8~13年前の先駆的活動に加えて、直前の1~3年前にも震源域の近くで活動が活発化している様子が見える。しかし、それは $M 6.5$ 以上のすべての地震に共通しているわけではない。むしろ、Fig. 8(a)に示したように、直

前に静穏化が認められるような例のほうが多いことに注意する必要がある。

このような点で、多くの地震について重ね合わせた Figs. 9(a), (b) が、そのまま個々の地震に関する周辺域の活動パターンの特徴を表していると即断するのは正しくない。しかし、例えば、Fig. 8 や Fig. 9 に認められる先駆的活動や静穏化、活動の移動傾向などは、内陸大地震の震源域とその周辺における応力場の変化の平均的なパターンをある程度反映していると見てもよいのではなかろうか。また、勝又・浜田(1985)の指摘したような、震源域における先行的地震は、周辺域における先駆的活動との関連で見ると、内陸ブロック境界に沿う応力場の一時的な高まりを示しているとも考えられる。§2 で述べた大地震の続発性も考慮して、一つの内陸大地震が発生した後 3~4 年の間に、 $M5$ 程度の地震を含む活動がそれから数 10 km 離れたところで見られた場合には、その近傍は次の大地震が発生する可能性のある場所として、一応注意する必要があるということになろう。

繰り返すが、 $M6.5$ 以上の内陸大地震の個々について、その震源域周辺で Fig. 8 や Fig. 9 のような活動パターンが常に見られるというわけではない。本論文で調査対象とした 13 個の地震の中には、互いの共通項を探すのが困難で、むしろ正反対のように見える例もある。例えば、1961 年越前岬沖地震の前には、20 年以上の長期間にわたって $M4$ 以上の地震がその震源域近傍で全く起きていないが、1990 年伊豆大島近海地震の場合には、その前 10 数年間、 $M4$ 以上の地震で見ても、非常に活発な状態であった。しかし、前者については、もっと小さな地震まで含めると、その前数年間や活動が活発化していた形跡も見られる。残念ながら、初めに述べたように、 $M4$ よりも小さな地震に関する活動パターンについては地震検知力の限界のために、最近のいくつかの地震を除いてはその特徴を系統的に論じることは困難である。これについては他日の研究を期したい。

§4. まとめと議論

1941~1990 年間に日本の内陸に発生した $M6.5$ 以上の大地震の震源域周辺の地震活動を調べて、次の特徴を明らかにした。

1. 多くの場合、その前後 10 年以内、震央距離 100 km 以内に $M6$ 以上の地震を伴っている。
2. 地震活動が数 km/年の速度で移動していく傾向が認められる。
3. 8~10 年前に震央距離 50~100 km 付近で先駆的活動が見られる。また、それとほぼ同時期に、震源域近くでも $M4$ ~ 5 の地震が起きている場合がある。

4. 震源域とその近傍では、先駆的活動の後、一般に地震活動が静穏化する。その静穏化は本震の直前まで続くこともあるが、1~3 年前に震源の隣接域で活動が活発化する場合もある。

5. 内陸の $M6.5$ クラスの大地震と $M6$ クラスの地震とでは、周辺の応力場に与える影響の大きさに差が認められる。

6. $M6$ クラスの地震では、 $M5$ 程度以上の地震について見た場合、震源域周辺の広い範囲が、その発生前、顕著に静穏化している。

7. $M6$ クラスの地震の場合、その後、周辺 100 km 程度の範囲で 10 年以内に別の $M6$ クラスの地震が引き続いて発生する比率は低い。

本論文の目的は、内陸大地震の震源域周辺の活動の中に、予知に役立つ共通した性質を見いだすこと、あるいは、たとえ実用的な予知には有効でないとしても、震源域の形成過程を理解するうえで意味のある特徴的なパターンを抽出することであった。前者の目的に関しては、まず上の 1 の特徴を挙げたい。この性質だけを基に、近い将来に内陸で $M6$ 以上の地震が発生する可能性のある場所をすべてピックアップすることはできないが、そうした場所の候補地を探すうえで有力な手がかりにはなろう。また、2 及び 3 は、一つの大地震が発生した後、次にその周辺のどのあたりに注目すべきかについてヒントを与えるものである。

関谷(1976)や勝又・浜田(1985)が指摘している震源域近く先駆的地震は、 $M5$ 以上の地震ということに限っても、13 例中 9 例ある(震央距離 20 km 以内をとった時)。ただしその発生時期は 2 年前から 13 年前にわたっていて、時間的な分布に集中性はない。 $M4$ 以上の地震をとれば、越前岬沖地震を除いてあと 12 例の場合に、震源の近傍で活動が見られる。しかし、それは多くの場合、顕著なものとはいえず、これだけから実用的な意味で発生場所を予測するのは難しいだろう。ここでは、この震源近傍における地震発生が、しばしば震央距離 50~80 km 付近の先駆的活動と関連していることに、特に注意したい。それは、これら二つの震源域を結ぶゾーンに沿う活動として現れることもあり、更に、その活動がゆっくりと伝わっていったと見られる場合もある。内陸における $M6.5$ 以上の大地震は、かなり広い範囲にわたって応力場の再編成を生じさせるようである[たとえば吉田・他(1993); 小林・他(1992)]が、それを詳しく論じるには、個々の地震の周辺のテクトニックなブロック構造や、もっと小さな地震まで含めた活動の変化を注意深く調べる必要があろう。

上の 4 にあげた特徴、本震直前まで静穏化が続く場合

と、1~3年前に隣接域で活発化が見られる場合の二つのタイプがあるのは一見矛盾するようだが、震源域周辺の地殻構造の地域差、特に heterogeneity の違いを考慮に入れば、整合的に理解することもできなくはないと考えられる。静穏化の出現は、大地震を起こしうほどの空間的スケールで応力場が蓄積されていることを示し、直前の活動は、その応力場が十分に高くなってきたことを表しているとも見ることができよう。いずれにしても、 M 4 程度以上の地震活動だけから、内陸大地震の震源域形成過程を解明することはできないが、本論文で明らかにしたいいくつかの特徴は、そのための手がかりになると思われる。

文 献

- EVISON, F. F., 1977, The precursory earthquake swarm, *Phys. Earth Planet. Interiors*, **15**, 19-23.
- 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.
- KELLEHER, J. and J. SAVINO, 1975, Distribution of seismicity before large strike-slip and thrust-type earthquakes, *J. Geophys. Res.*, **80**, 260-271.
- 小林昭夫・吉田明夫・高山博之, 1992, 1984 年長野県西部地震後の北信及び上越地域への地震活動の移動, 地震 **2**, **45**, 353-356.
- 宮岡一樹・吉田明夫, 1993, 日本海溝沿いのプレート間大地震の前の地震活動の静穏化と先駆的活動, 地震 **2**, **45**, 395-405.
- Mogi, K., 1969, Some features of recent seismic activity in and near Japan, 2, Activity before and after great earthquakes, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **46**, 53-74.
- Mogi, K., 1979, Two kinds of seismic gaps, *Pure Appl. Geophys.*, **117**, 1172-1186.
- 茂木清夫, 1985, 1983 年日本海中部地震 (M 7.7) の発生と東北日本のサイスモテクトニクス, 地震研彙報, **60**, 401-428.
- 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 溥, 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.
- 鈴木雄次, 1985, 前震の記録, 発行者 鈴木雄次, 164 p.
- 高山博之・吉田明夫, 1992, 関東・東海・近畿地域における地震活動の相関について, 地震 **2**, **45**, 247-254.
- 宇津徳治, 1972, 北海道周辺における大地震の活動と根室半島沖地震について, 地震予知連絡会会報, **7**, 7-13.
- YOSHIDA, A., 1992, Successiveness and migration of large intraplate earthquakes in the Japanese islands, *Proceedings of the II International Conference on Continental Earthquakes*, Beijing, in press.
- 吉田明夫・森 滋男・前田憲二・高山博之, 1993, 地震発生場の状況変化の指標としての“前兆現象”, 地球惑星科学関連学会 1993 年合同大会予稿集, 241.