

35. 東北日本西岸沖—フォッサ・マグナ—東海・伊豆の活動帯と近年の伊豆地方における地震活動について

地震研究所 茂木清夫

(昭和 56 年 10 月 27 日発表, 昭和 56 年 10 月 31 日受理)

1. ま え が き

伊豆地方では 1974 年の伊豆半島沖地震 (M 6.9) 以来, 伊豆半島東部の異常隆起, 群発地震群, 1978 年の伊豆大島近海地震 (M 7.0), 1980 年の伊豆半島東方沖地震 (M 6.7) 等が続発し, その異常な活動が注目されている. 特に, M 7 クラスの大きい地震が伊豆半島南端から次第に北に移動しながら起こったことが注目されている. 本論の目的の一つは近年におけるこの地域の大小の地震の時間-空間的分布を検討し, その発生過程に一つの規則性ともいふべきものが認められることを指摘し, この結果に基づいて将来の活動の予測について考察を試みることである.

本論の第二の目的は, このような近來にない伊豆地域の異常に活発な地殻活動がさらに広範囲の長期的地震活動とどのような関係をもっているのかという問題に関連して, 広範囲の地震活動の特徴を検討することである. まず, このような伊豆半島から伊豆大島にかけての近年の活発な活動のさらに前の期間はどのような状態であったのかが問題になる. このことについては伊豆半島沖地震が発生した時点で, 関谷 (1976) が, 1964 年に伊豆半島南端で M 5.4 を含む小活動があったが, その後同地域は一旦極めて静穏な状態になり, 数年を経過して 1974 年の大きい地震に至ったことを指摘し, 1964 年末の伊豆半島南端の小活動を大地震に先行した異常活動として注目した. OHTAKE (1976) は 1966 年から 1974 年の伊豆半島沖地震までの静穏期に着目し, この期間は半島一帯に空白域が認められることを指摘した. これらの議論は伊豆半島沖地震だけを対象としたものであったために, その後大規模な活動が進行した伊豆半島東部から伊豆大島に至るさらに広い地域に注意が払われなかったのはやむを得ない. しかし, その後の活動を考慮して伊豆地方の広域にわたる地震活動をみると, 後で詳しく述べるように, 1964 年から 1965 年にかけての活動およびそれに続く空白域の出現は単に伊豆半島に限られるものではなく, その後異常な活動が続発した伊豆大島西岸に及ぶ広い領域にわたるものであることが分る. 目をさらに北に転ずるならば 1964~1965 年は新潟地震が発生し, また松代群発地震の活動が開始した時期でもある. そこでさらに広域に亘る地震活動の時間-空間分布を検討した所, 東北日本西岸沖から, フォッサ・マグナ, 東海・伊豆地域に亘る帯状地域でいくつかの重要な事変が 1964~1965 年という限られた時期に同時に発生したことが分り, これが単なる偶発的な現象とは考えにくいとの結論に達した.

一方, この帯状地域はほぼ大塚 (1952) の瑞穂-フォッサ・マグナ褶曲帯にあたることに注目したい. 最近, 特に HUZITA (1980) は中央構造線の役割を論じた論文の中で, フォッサ・マグナの重要性を指摘し, それに連なるものとして東北日本西岸沖の褶曲活構造を

第1表 東北日本西岸沖—フォッサ・マグナ—東海・伊豆の活動帯で 1964~1965 年の間に発生した主な事変.

事	変	年 月 日	M
1	男鹿半島沖地震	1964 年 5 月 17 日	6.9
		12 月 11 日	6.3
2	新潟地震	1964 年 6 月 16 日	7.5
3	松代群発地震 (開始)	1965 年 8 月 5 日	~7
4	静岡地震	1965 年 4 月 20 日	6.1
5	伊豆地域		
	伊豆半島—大島群発地震	1964 年 10 月~1965 年 3 月	
	空白域の出現	1965 年 4 月~	
	新島付近群発地震 (開始)	1965 年 6 月頃	

位置づけている。彼の論文では、東北日本西岸沖からフォッサ・マグナ、さらに東海・伊豆に連なる帯状地域が東日本と西日本を分ける重要な境界とされている。HUZITA の所論と上述の重要ないくつかの事変が同時に発生したという事実を総合するならば、この帯状地帯は現在なお重要な活構造帯であるという推論に達する。本論の第二の目的はこのような本州を二分する一大活構造帯の存在および活動特性を論じ、松代地震や新潟地震、さらに近年の伊豆地域の活動の位置づけを行うと共に、日本列島の地殻活動の骨組みについて若干の考察を加えることにある。

2. 東北日本西岸沖—フォッサ・マグナ—東海・伊豆の活動帯

2.1 活動の同時性とその地体構造的背景

第1表に東経 137.5° から 139.5° 、北緯 33.0° から 41.0° の区域内で 1964~1965 年の 2 年間に起こった主な事変を北から南に並べて示した。1964 年 6 月 16 日 M 7.5 の新潟地震が発生したが、これは日本海沿岸沿いの地震としては最大級の大地震である。その 40 日前に秋田県北部沖合 (男鹿半島沖) で M 6.9 の大きい地震が発生し、また同年末 (1964 年 12 月) 同じ地域で M 6.3 を含む再活動があった。新潟地震と男鹿半島沖地震がほぼ同時期に発生したことは、両者がいわゆる裏日本地震帯に沿って起こったことから当然密接な関連が考えられる。翌年 (1965 年) の 8 月に内陸の群発地震としては史上最大規模といわれる松代群発地震が始まったが、これが新潟地震の発生と関連したものであろうということは想像にかたくない。さらに南に下ると 1965 年 4 月 20 日 M 6.1 の静岡地震がこの地域としては 30 年ぶりに発生している。後に述べるように、さらに規模の小さい地震の時間-空間分布によると、1964 年末から 1965 年にかけて伊豆半島およびその東方沖乃至南方沖の地震活動の変化がかなり異常である (表 1 参照)。これらの地震活動が僅か 1 年半の間に集中的に発生していることは単なる偶然であろうか。この問題は、後に地震活動の時間-空間分布に基づいて検討する。その前に、東北日本西岸沖からフォッサ・マグナ、東海・伊豆にかけての帯状地帯は東日本と西日本を分ける重要な活構造帯である

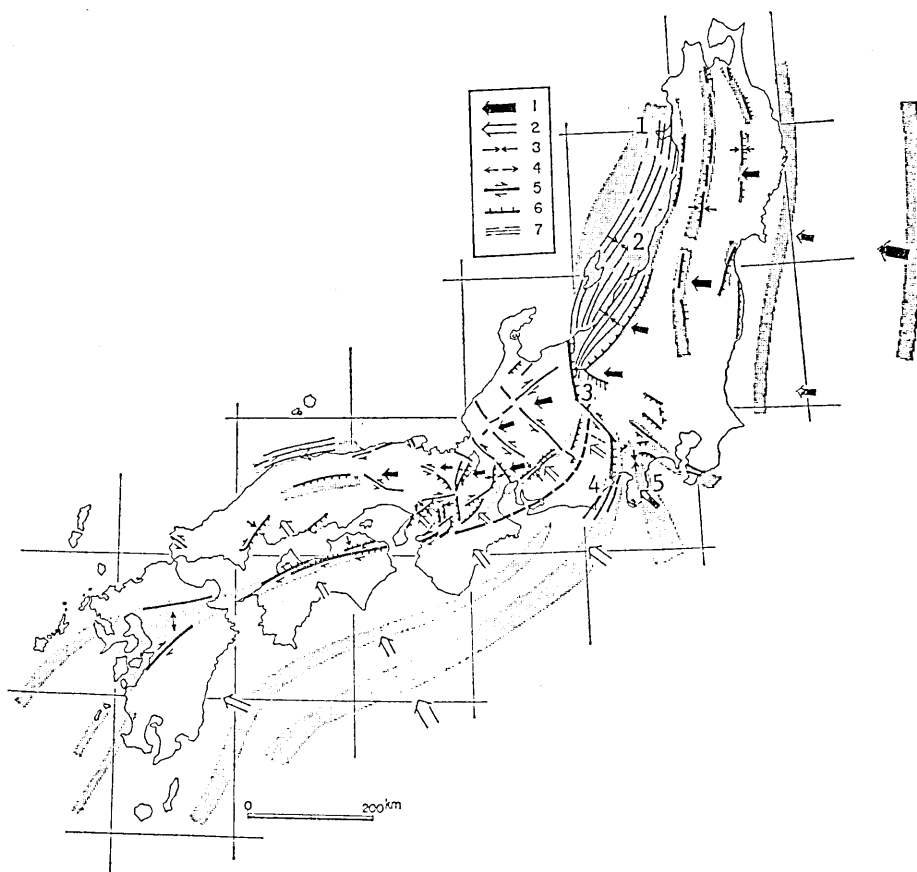


Fig. 1. Tectonic map of the Japanese Islands (HUZITA, 1980). Thick arrows shows Quaternary tectonic movements of the Japanese Islands under the assumption that the Japan Sea Basin is fixed. Numerals from 1 to 5 show remarkable earthquakes which occurred during the period (1964-1965). Explanations of symbols: 1: direction of tectonic force due to the subduction of the Pacific Plate. 2: direction of tectonic force due to the Philippine Sea Plate. 3: horizontal compressive tectonic stress states. 4: extensional tectonic stress state. 5: strike-slip movement. 6: vertical movement. 7: direction of folding axis.

という HUZITA (1980) の指摘があることについて述べておきたい。

第1図は HUZITA (1980) によるものであるが、東北日本の日本海沿岸およびその沖合を南北に走る大規模な活褶曲帯が信濃川沿いに南下し、フォッサ・マグナに連なる。この活構造帯は諏訪から甲府にかけての左横ずれ断層を介して、駿河湾西部から伊豆半島東方沖にまたがる東海・伊豆地域へと連なる。HUZITA は、この活構造帯の東側である東日本はその中にいくつもの活構造線を含みながらも第一近似的には剛体として振舞うこと、この部分の断層はほとんど太平洋プレートの東方からの圧縮による逆断層型で特徴づけられることを述べている。それに対して、西日本は中央構造線によって南北に2分され、その北半分では東西圧縮の横ずれ断層が卓越するという事実を指摘し、東日本と西日本の活構

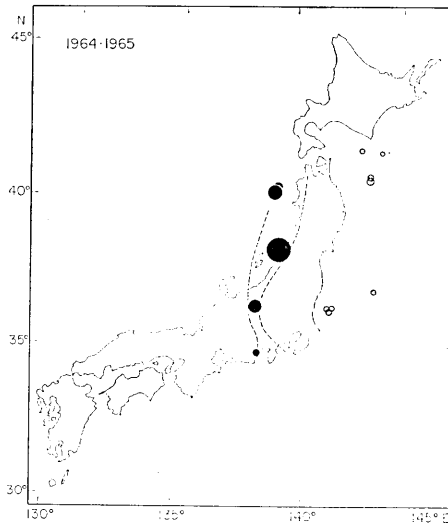


Fig. 2. Locations of major shallow earthquakes of magnitudes 6.0 and above which occurred during the period (1964-1965). Broken-line curves show a tectonic active zone discussed in this paper. Sizes of these circles show magnitudes of earthquakes.

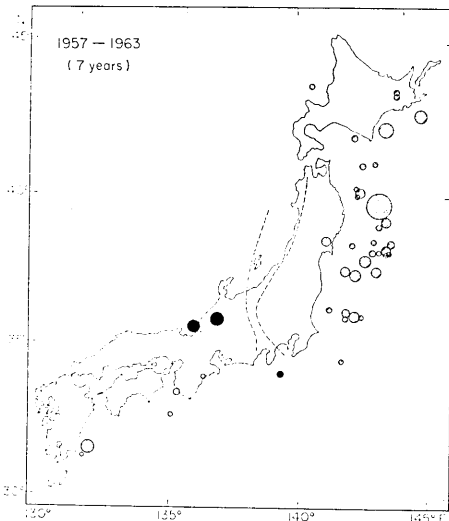


Fig. 3. Locations of major shallow earthquakes of magnitudes 6.0 and above which occurred during the period (1957-1963). Symbols are the same as in Fig. 2.

造的特徴の違いを強調した。

第1表にあげた事変の位置を第1図の HUZITA の活構造図中に示したが、これらの事変が僅か1年半という短期間内にはほぼ同時に発生したということは、東日本が剛体として振舞い、その西側境界地帯内でこれらの事変が連鎖的に発生したと解釈することができる。上述の事変の起こった1964~1965年の前後を含む長期的地震活動経過からみても、これらのいくつかの事変の同時発生は単に偶発的なものとは見なし難いと思われる。

2.2 地震活動の時間-空間分布 (1)

第2図は1964~1965年の2年間に日本列島およびその周辺に発生したM6以上の浅い地震の分布を示したもので、丸印の大きさは地震の規模を表わしている。前節で注目した活構造帯を点線で示し、この構造帯およびそれからある範囲内に起こったものを特に黒丸にした。この2年間にこの活構造帯で規模の大きい地震が集中的に発生したということがこの図でも認められる。次に、この期間の前後の活動がどうであったかを第3図および第4図に示す。第3図には1957年から1963年までの7年間、第4図には1966年から1973年までの8年間の地震の分布を示したが、これらの期間には問題の活構造帯内およびその周辺では目ぼしい地震が発生していないことがわかる。1961年の北美濃地震(M7.0)および1963年の越前沖地震(M6.9)が新潟地震の前に発生しているが、これは日本海沿岸沿いの裏日本地震帯に属する一連の活動として考えるべきものであろう。この地震帯については、後に再び触れる。

第5図はこの活構造帯に発生したM6以上の浅い地震の時間-空間分布図である。これ

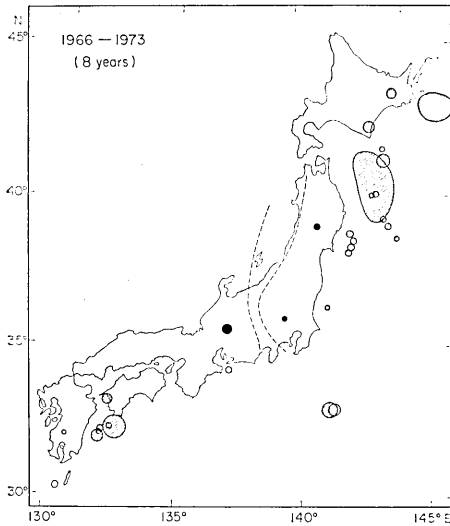


Fig. 4. Locations of major shallow earthquakes of magnitudes 6.0 and above which occurred during the period (1966-1973). Symbols are the same as in Fig. 2.

を見ると、1964~1965年の活動がいかに短期間に集中し、その後30余年にわたって伊豆地方を除いたこの活構造帯が静穏であったかがわかる。1930年頃に始まる約15年間は全域にわたって活動的であったが、これは1923年の関東地震および1933年の三陸沖地震という巨大地震の影響によるものと思われる。しかし、この場合もやはり比較的限られた期間内で全域が活動的になったことに注目したい。

ここで、1964~1965年にこの活構造帯内で連鎖的に発生した地震の特徴について触れておこう。1964年5月7日の男鹿半島沖地震 ($M 6.9$) は直前に前震を伴ない、最大余震は $M 6.5$ と大きく、さらにその約7ヶ

月後の12月11日にも $M 6.3$ およびその余震がほぼ同じ地域で発生した。これらのことから男鹿半島沖の活動はやや群発型に近いものであったと言える。1964年6月16日の新潟地震は著しい前兆的地殻変動が観測された例としてよく知られている。松代地震は1965年8月5日に始まり、その後活発な活動を数年に亘って継続し、現在なお地震活動のレベルは群発地震発生前に較べて有意に高い。松代群発地震が全体としてどの程度の規模の地震に相当するののかについては、その評価の仕方で違って来る。単に地震波として放出されたエネルギーの総をとれば $M 6$ 級に相当することになるが、群発地震の場合に

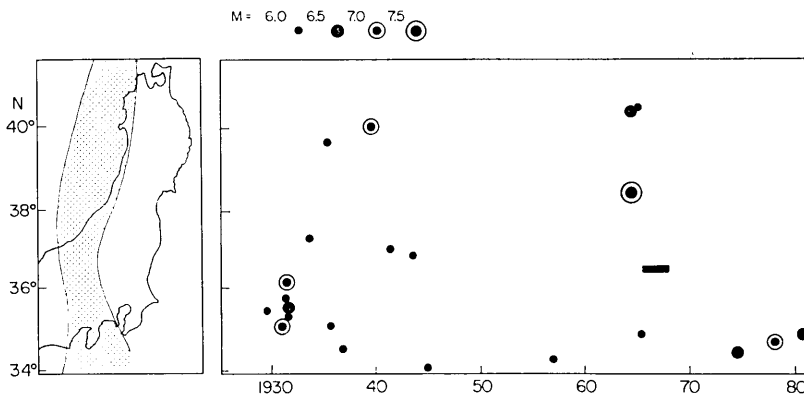


Fig. 5. Space-time distribution of major shallow earthquakes, which occurred in the active tectonic zone shown by the dotted zone in the left figure. Double or single circles show major earthquakes of magnitudes 6.0 and above and the thick solid bar shows the Matsushiro earthquake swarm.

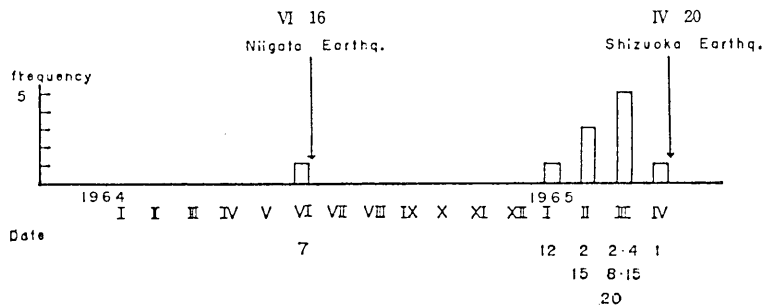


Fig. 6. Frequency distribution of water eruptions of a well in Shimizu in the Tokai region against time (MATSUDA and SHIBANO, 1965). It is noted that the 1965 Shizuoka earthquake and the 1964 Niigata earthquake were preceded by water eruptions in the well.

第2表 清水市押切付近の天然ガス井の11号井が稼動を開始した1948年以降半径500 km以内に発生した大きい地震。

地 震	年 月 日	M	11号井からの距離 (D)
房総沖地震	1953年11月26日	7.5	300 km
北美濃地震	1961年8月19日	7.0	187
越前岬沖地震	1963年3月27日	6.9	240
新潟地震	1964年6月16日	7.5	380
静岡地震	1965年4月20日	6.1	~0

は地殻の全変動エネルギーに対する地震波動エネルギーの比が小さい(地震波動エネルギー発生効率が低い)ことが考えられる。松代群発地震の震源分布範囲の長さは20~30 kmにも達することを考えれば、この地震群は M 7級の地震に相当する大規模な事象であったと考えるべきであろうというのが筆者の意見である。この問題は今後さらに定量的に検討されるべき課題である。

1965年4月20日の静岡地震もまた注目すべき地震であった。第6図は松田・柴野(1965)から転載したものであるが、清水市押切付近の天然ガス井のうち11号井が1965年の1月より自噴を繰り返して地震を迎えたことを示すもので、このガス井の自噴は顕著な前兆現象として注目される。地震発生後は他の井戸と共に以前より多量のガスを産するようになった。さて、この11号井は1948年稼動を開始したものであるが、第6図にも示したように、1964年6月の新潟地震直前に突如はじめて自噴し、数時間継続した。第2表に、11号井が稼動を開始した1948年以降静岡地震までの期間内に半径500 km以内に発生した大きい地震の M と震央距離 D を示したが、上述の活構造帯で発生した新潟地震および静岡地震だけで自噴があったことは興味深い。ちなみに、房総沖地震(1953)は新潟地震と同程度乃至はそれ以上に規模が大きく、しかも D が小さいにも拘らず自噴が起こらなかった。このことは、新潟地震が東日本の剛体的なブロックの西側縁辺にあたる活構造体に起こった地震であるため、前兆的地殻変動の著しい地震であり、また同じ構造

帯にある清水の 11 号井に影響を及ぼしたという解釈も可能であろう。もっとも、新潟地震は静岡地震の約 10 ヶ月前に起こったものであること、静岡地震前の自噴が顕著であったこと等を考えると、新潟地震直前の自噴は静岡地震の長期的な前兆現象であるという見方も否定できない。

以上を要約すると、上述の活構造帯で連鎖的に発生した 4 回の地震（或いは地震群）は突発的に発生するタイプというよりは、何らかの地殻の先行的な変動を伴うタイプであったとすることができる。このことはこの活構造帯について推定される構造的不均一性から期待される力学的挙動と調和的である (MOGI, 1967)。

2.3 地震活動の時間-空間分布 (2)

本節ではさらに小規模のものを含む地震の時間-空間分布について述べる。資料は気象庁による地震月報である。第 7 図 a, b に東経 137.5° から 139.7° 、北緯 33.0° から 41.0° の区域内で、1963 年から 1980 年までの期間に発生した $M 3.0$ 以上の震源分布を、4 つの期間に分けて示した。1963 年から 1967 年の期間は、前節で述べた活構造帯の全域が極めて活発であったことがわかる。1968 年から 1971 年にかけては比較的活動が低かったが、1964 年の男鹿半島沖地震と新潟地震の震源域は全く静穏化したけれども、両者の間の一部

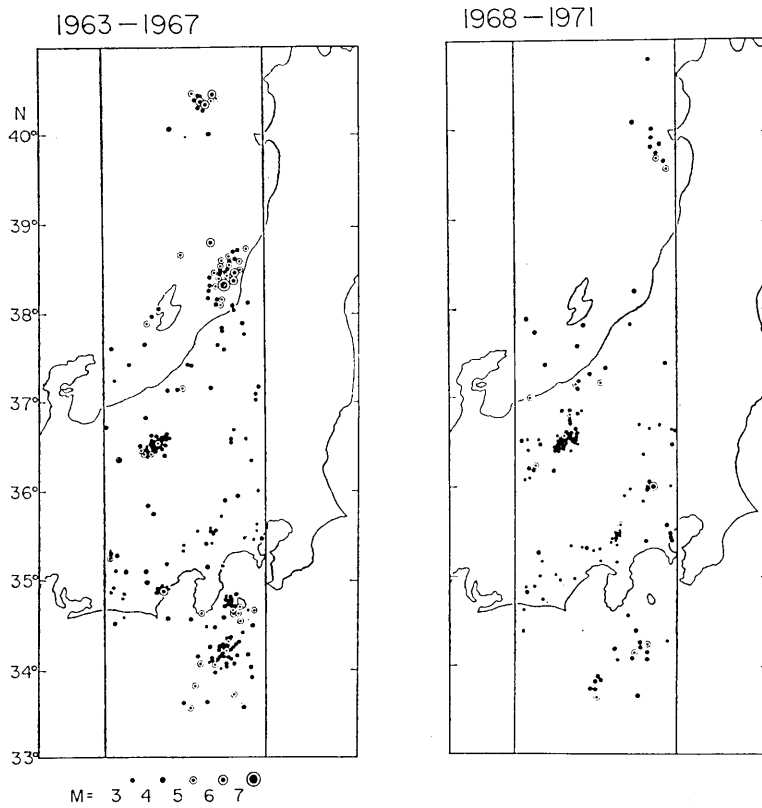


Fig. 7a. Epicentral locations of shallow earthquakes in the region of latitude ($33.0-41.0^{\circ}\text{N}$) and longitude ($137.5-139.5^{\circ}\text{E}$) for the successive periods (1963-1967), (1968-1971), (1972-1977) and (1978-1980).

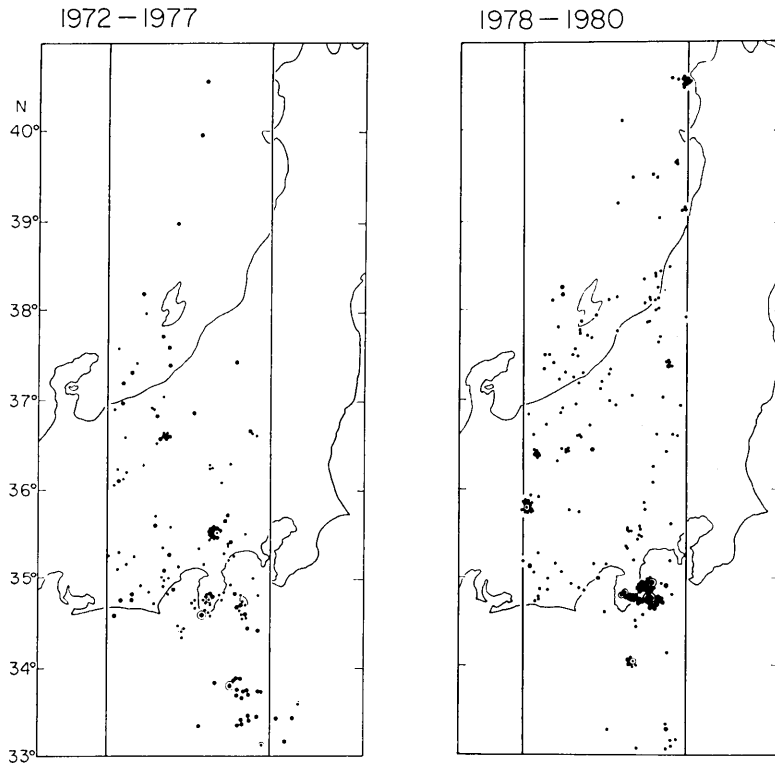


Fig. 7b.

を埋めるように男鹿半島沖で若干の活動があった。松代群発地震はこの期間もひき続き活発であったが、注目されることは、新潟地震および松代地震両者の震源域の間を埋めるように信濃川沿いの活動がかなり活発化したことである。1972年から1977年にかけては、活動はこの活構造帯の南部に限られ、山梨県東部、伊豆半島南部および三宅島南方沖合の活動が目立つ。前の期間に活発であった新島・三宅島周辺が極めて静穏化した。1978年から1980年にかけては伊豆半島中部およびその東方沖が極めて活発である。この期間内に青森県西岸の深浦付近および中部地方の御岳山南麓の群発地震が発生した。第7図には地震月報で報告されている $M 3.0$ 以上、深さ 50 km 未満の地震をすべてプロットしてあるが、 $M 3$ 級の地震については場所および時期によって十分補捉されているとは言えないので、この点に留意する必要がある。

次に縦軸に緯度、横軸に時間をとって地震の時間-空間分布を示す。第8図は東経 137.5° から 138.6° 、北緯 33.0° から 41.0° の範囲内に発生した $M 4.0$ 以上、深さ 50 km 未満の地震を示したものである。主な活動は1965年4月20日の静岡地震 ($M 6.1$) および1965年8月5日より始まり1970年代初頭まで続いた松代群発地震である。松代群発地震活動期間中その北側でやや活動度が高まったこと、1976年前後広範囲で小地震活動がやや活発化したことが認められる。

第9図は第8図の東側に隣接する東経 138.6° から 139.7° の範囲の地震の時間-空間分布図である。大きい2重丸は $M 6.5$ 以上、中の2重丸は $M 6.0$ 以上、小さい2重丸は

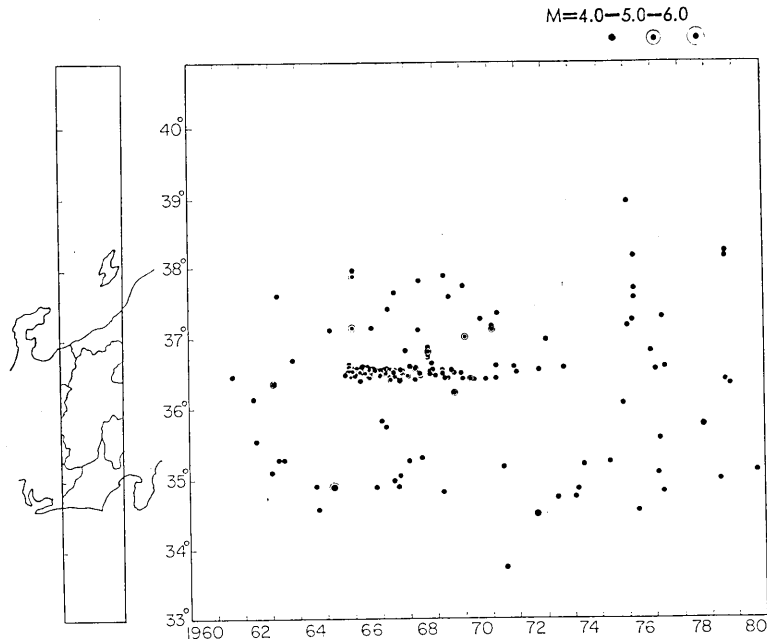


Fig. 8. Space-time distribution of shallow earthquakes of magnitudes 4.0 and above in the region of latitude (33.0° - 41.0° N) and longitude (137.5° - 138.6° E). Large double circle: $M \geq 6.0$; small double circle: $6.0 > M \geq 5.0$; small solid circle: $5.0 > M \geq 4.0$.

M 5.0 以上、小さい黒丸は M 4.0 以上の地震で、このほかに三宅島の噴火 (M) を白丸、西側隣接区域での主要な活動である静岡地震および松代群発地震を網目で記入してある。この図でも男鹿半島沖地震、新潟地震、松代地震の開始、静岡地震および伊豆地域の活動が 1964・1965 年に集中していることがわかる。

第 9 図における伊豆地域およびその周辺の活動には特異なパターンが認められる。まず、1964 年末から 1965 年初頭にかけて伊豆半島南端および伊豆大島近海で数回の M 5.0 以上を含む活発な群発地震が発生したが、このあと伊豆半島から伊豆大島にかけての一带は極めて静穏となり、この空白期間は 1970 年頃まで続いた。これは第 9 図に破線で示してある。この 1965 年の空白域の出現と時を同じくしてその南側隣接地域の新島・三宅島周辺の活動がにわかに活発化し、1968 年頃まで続いた。このような伊豆地域の地震活動の時間-空間分布の顕著な変化に加えて駿河湾西岸の静岡地震が 1964~1965 年の活動期間中に発生したことに注目したい。伊豆半島から伊豆大島にかけての地域では、1971 年頃より徐々に活動を再開し、1974 年に至って伊豆半島沖地震 (M 6.9) が発生した。この地域の近年の地震活動については次章において詳しく述べるが、第 9 図に細い実線で示したように、1971 年頃から活動地域が系統的に北に移動していることが認められる。

この伊豆地方の北側隣接地域、特に山梨県東部などでは中小規模地震の活動がやや活発である。この地域の活動が上に述べた伊豆地域の活動の大規模な変化に対応して何らかの有意な変化を示したかどうかは興味ある問題である。一見して明瞭な対応があるとは言えないが、伊豆の空白期間 (1966~1971) には活動が比較的活発で、その後伊豆で M 7 級の

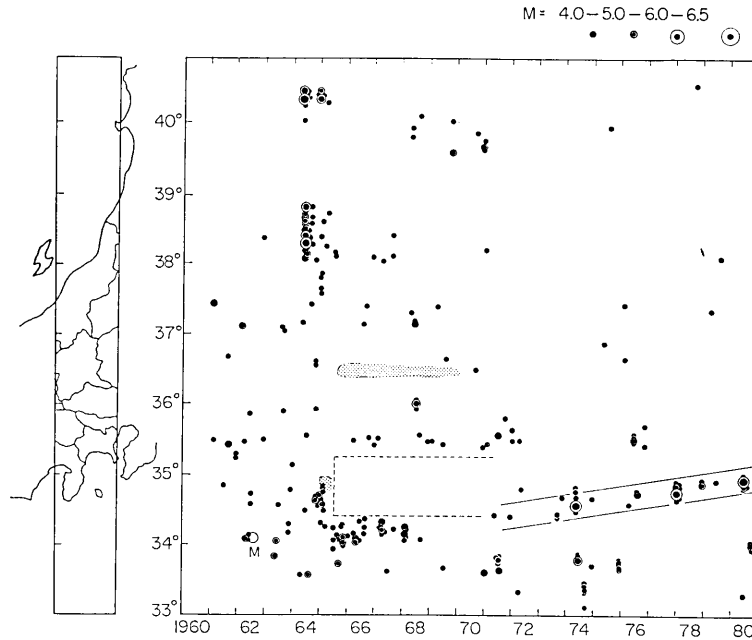


Fig. 9. Space-time distribution of shallow earthquakes of magnitudes 4.0 and above in the region of latitude (33.0° - 41.0° N) and longitude (138.6° - 139.7° E). Large double circle: $M \geq 6.5$; medium-sized double circle: $6.5 > M \geq 6.0$; small double circle: $6.0 > M \geq 5.0$; small solid circle: $5.0 > M \geq 4.0$. The dotted regions show the Matsushiro earthquake swarm and the Shizuoka earthquake in the adjacent region (Fig. 8). The open circle is the eruption of the Miyake-jima volcano.

大きい地震が発生した時期には活動が低下したようにみえる。このような一見相補的にみえる関係が有意なものであるかどうかは今後の課題である。

以上、東北日本西岸沖からフォッサ・マグナ、東海・伊豆にかけて 1964~1965 年の短期間内にいくつかの重要な事変が連鎖的に続発したことについて述べたが、この地震活動帯は HUZITA (1980) が東日本と西日本を 2 分する活構造帯として指摘したものに相当するものである。HUZITA はこの活構造帯の東側は近似的に剛体として振舞うものと考えているが、上述の地震の連鎖的起り方はこの立場から理解できる。

地震活動の時空分布や地体構造を考慮して日本列島の活構造の骨組みを模式的に示したのが第 10 図である。日本列島の現在の地殻活動を論ずる場合に太平洋プレート、フィリピン海プレートおよびユーラシアプレートのプレート境界が最も重要な活構造帯であることは言うまでもない。さらに島弧の内側にあたる日本海沿岸に沿って有史以来 $M7$ 前後の大きい地震がほぼこれを埋めつくすように帯状に発生していることから、これはユーラシアプレート内のかなり活発な活構造帯であると考えられる。これに東日本と西日本を 2 分する上述の活構造帯としてのフォッサ・マグナが位置づけられるであろう。さらに西日本を南北に 2 分する中央構造線があるが、それに沿ってはこれまで必ずしも地震活動の上からの著しい特徴は認められず、現在の活動状態については今後の検討に待たなければならない。さらに日本列島内陸部には多数の地震が発生し、活構造が分布しているが、上述

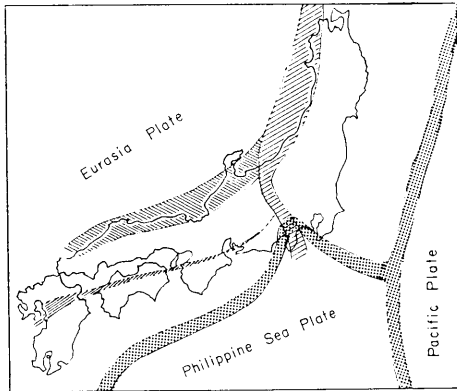


Fig. 10. Main tectonic structures of the Japanese Islands.

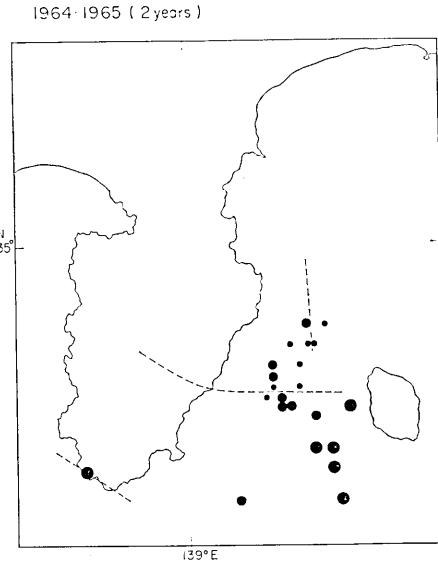


Fig. 11. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu Peninsula and its surrounding area during the period (1964-1965). Large circle: $M \geq 5.0$; medium-sized circle: $5.0 > M \geq 4.0$; small circle: $4.0 > M \geq 3.0$. Broken lines show the faults of future large shallow earthquakes.

のように大きく区分されたブロック内の活動と見てはどうであろうか。また、このような日本列島の骨組みの中で、新潟地震、松代群発地震および東海・伊豆の地震の極めて特徴的な活動が位置づけられよう。

3. 近年の伊豆地方の地震活動

3.1 地震活動の経過

1960年以降現在までの伊豆地方の広域的な地震活動の経過については第9図に基づいて前章でも述べたが、ここではさらに詳細に論ずる。

第11図は1964～1965年の2年間にこの地域に発生した地震の分布図である。地震の資料は地震月報による(以下同じ)。図中の破線は1970年代に起こった $M7$ 級の大きい地震の地震断層である。1964年11月3日伊豆半島南端で $M5.4$ の地震が発生したが、伊豆半島内で $M5.0$ 以上の地震が発生したのは1934年の南伊豆地震($M5.5$)以来30年ぶりのことである。この地震の前後さらに小さい地震が数回発生したが、地震月報に M の記載がないのでこの図には示されていない。冒頭で述べたように、関谷(1976)はこの半島南端の活動およびそれに続く静穏期を重要視し、この活動を1974年の伊豆半島沖地震に先行する異常活動としてとらえ、このような異常群発地震活動が他の大きい地震の前にもしばしば先行することを報告している。この図ではこの地震の震源位置が来たるべき1974年の伊豆半島沖地震断層上にあるが、その後の山川ら(1977)の震源位置の再決定に

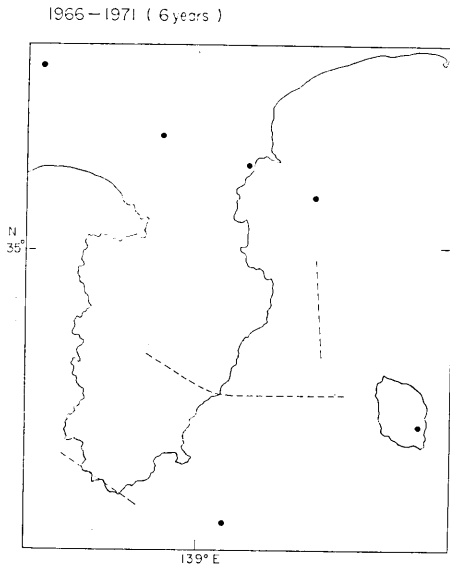


Fig. 12. Locations of shallow earthquakes in the Izu Peninsula and its surrounding area during the period (1966-1971). Circle: $4.0 > M \geq 3.0$.

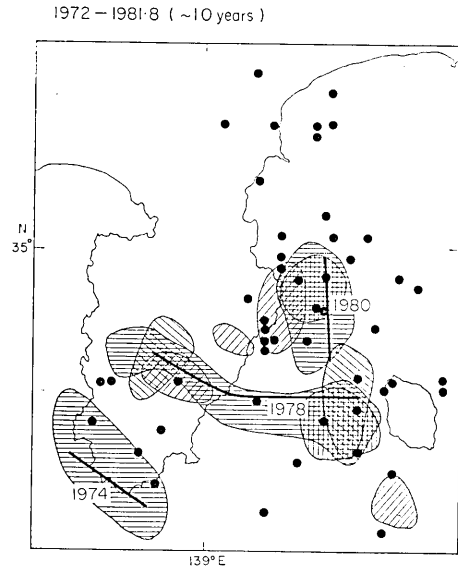


Fig. 13. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu Peninsula and its surrounding area during the period (1972-1981 August). Solid line: fault of a large shallow earthquakes; shaded region: aftershock region of a large earthquake or an earthquake swarm region; solid circle: other earthquake of magnitudes 3.0 and above.

よると若干北に移動し、半島内部で発生したものであることが明らかにされている。しかし、この図で注目すべきことは 1964 年末から 1965 年初頭の同じ時期に伊豆半島と伊豆大島間の海域で $M 5.0$ 以上の地震 5 回を含む遙かに規模の大きい群発地震が発生したことである。さらに、この時期には伊豆大島の三原山で小規模の噴火活動があった(神沼ほか, 1975)。従って、この時期は伊豆半島から伊豆大島にかけてのかなり広い範囲で地殻活動がかなり活発な時期であったと言える。この活動期の前は第 9 図にみられるように定常的な活動状態を続けていた。

第 12 図はそれに続く 6 年間 (1966~1971) の静穏な状態を示す。小さい黒丸で示した $M 3$ 級の小地震が散発しただけで、1970 年代に発生する $M 7$ 級の大きい地震の震源域は極めて静穏であったことがわかる。

第 13 図は 1972 年以降の活動期における震源分布状況を示したものである。太い実線は 1974 年の伊豆半島沖地震 ($M 6.9$)、1978 年の伊豆大島近海地震 ($M 7.0$) および 1980 年の伊豆半島東方沖地震 ($M 6.7$) の地震断層で、同時にその余震域や群発地震の密集した領域を囲って示した。黒丸はそれ以外の空間的にやや孤立して発生した $M 3.0$ 以上の地震である。この図によると地震群が繰り返し発生している所は、① 1978 年と 1980 年の両地震の地震断層またはその延長線が交叉する伊豆大島西岸沖合、② 伊豆半島東部とその沖合、および③ 伊豆半島中央部である。

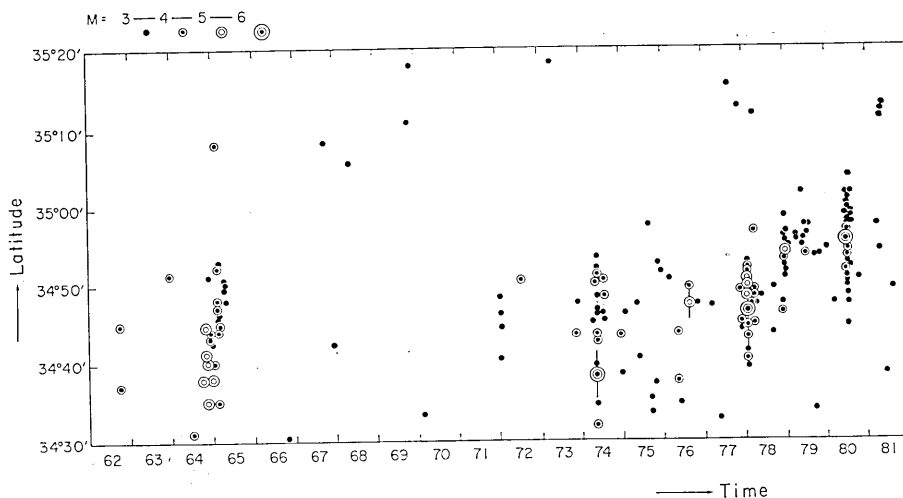


Fig. 14. Space-time distribution of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu Peninsula and its surrounding area, which is shown in Fig. 11. Vertical line: large earthquake fault.

第 14 図は 1962 年以降現在 (1981 年 8 月) までにこの地域で発生した $M 3.0$ 以上の地震の時間-空間分布図である。縦軸に緯度を取り、横軸に時間をとって示したものであるが、3 重丸は $M 6.0$ 以上、2 重の白丸は $M 5.0$ 以上、2 重の黒丸は $M 4.0$ 以上、小さい黒丸は $M 3.0$ 以上である。縦の実線は断層を投影したものである。この図から 1964 年末から 1965 年初頭にかけて非常に活発であったこと、その後約 6 年間静穏な時期が続き、1972 年頃 (さらに南側隣接地域では 1971 年頃) から次第に活発になり、1974 年の大地震の発生となり、それ以後は極めて活発な状態が続いていること、近年活動域が次第に北上していることなど、これまでに指摘したことの精細が読みとられるであろう。

3.2 地震の時間-空間分布の規則性

前節までは 1970 年代初頭からの活発な一連の活動を一つの活動期としてみてきたが、本節ではこの期間内の活動経過の中に何らかの規則性が認められないであろうかという問題について論ずる。この地域については津村ら (1978)・唐鎌ら (1980) の高感度、高密度観測に基づく微小地震の活動経過並びにその特徴についての詳細な報告があり、また、これからもその分析が行われることが期待される。本報告ではやや視点を変えて、広い範囲の比較的大きい地震に着目して、その活動経過を大局的に分析し、その規則性を検討した。本論で用いた地震月報の資料は震源決定精度が高くないことや微小地震を含んでいない等不十分な点はあるが、 $M 3$ 以上の比較的大粒の地震についてはこの地域に関する限りかなり均質であると考えられる。地震のエネルギーは M と共に著しく増大するので、地殻活動を大局的に把握するには大きい地震に注目するのが適当であり、時空分布の規則性もまた大粒の地震についてしばしば見出されている (例えば MOGI, 1968)。従って、大粒の地震に焦点をのぼることは一つの重要な解析法であり、上述の地震資料はこのように目的に適している。

1970 年以降この地域に発生した大規模な地震は 1974 年の伊豆半島沖地震 ($M 6.9$)、

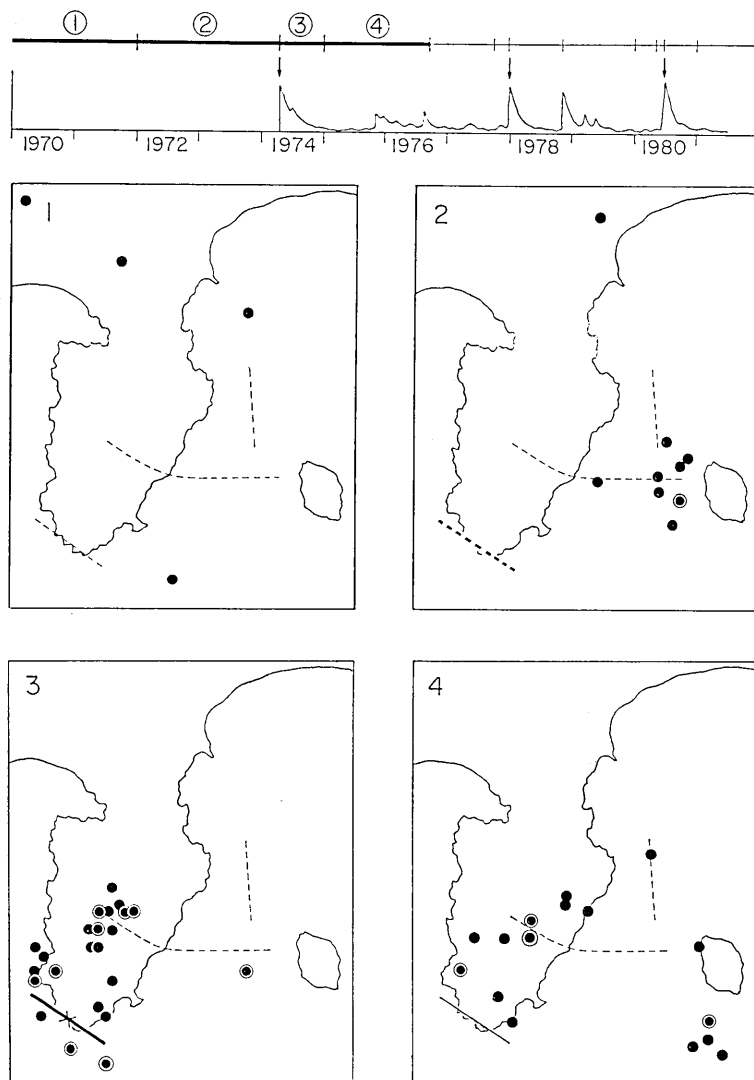


Fig. 15. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu region and its surrounding area during the successive four periods (1) (2) (3) and (4) before and after the 1974 Izu-hanto-oki earthquake. These periods are shown in the top figure together with a frequency curve of earthquakes in this region. Double circle: $M \geq 4.0$; small solid circle: $4.0 > M \geq 3.0$. Thick solid line: fault of a large earthquake during the period; thin solid line: fault of a large earthquake which occurred in the previous period; broken line: fault of a large earthquake which occurred in the following period.

1978年の伊豆大島近海地震 (M 7.0) および 1980年の伊豆半島東方沖地震 (M 6.7) である。いま、これらの3回の大きい地震の前後の地震活動の時間-空間分布を検討してみると、そこに一定の規則的なプロセスを指摘することができるように思う。

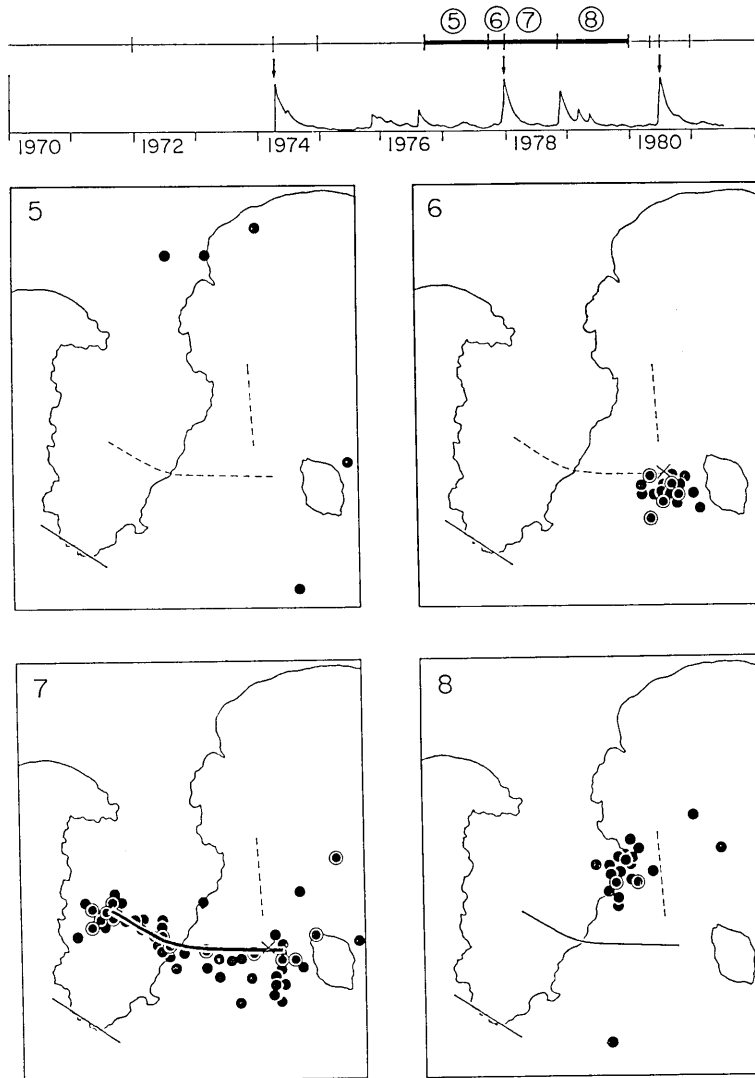


Fig. 16. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu region and its surrounding area in the successive four periods (5) (6) (7) and (8) before and after the 1978 Izu-Oshima-kinkai earthquake. Symbols same as in Fig. 15.

第 15 図、第 16 図および第 17 図は 1974 年、1978 年および 1980 年の大きい地震の前後の期間を 4 分割して、地震の震源分布を示したものである。それぞれの期間は図の最上段に地震の頻度曲線と共に示してある。2 重丸は M 4.0 以上、小さい黒丸は M 3.0 以上の地震である。これらの図で太い実線はその期間内に発生した大きい地震の地震断層、破線および細かい実線はそれぞれの期間後および期間前に発生した大きい地震の地震断層である。

第 15 図は 1974 年の伊豆半島沖地震 (M 6.9) の場合である。①は 1966 年から続いた

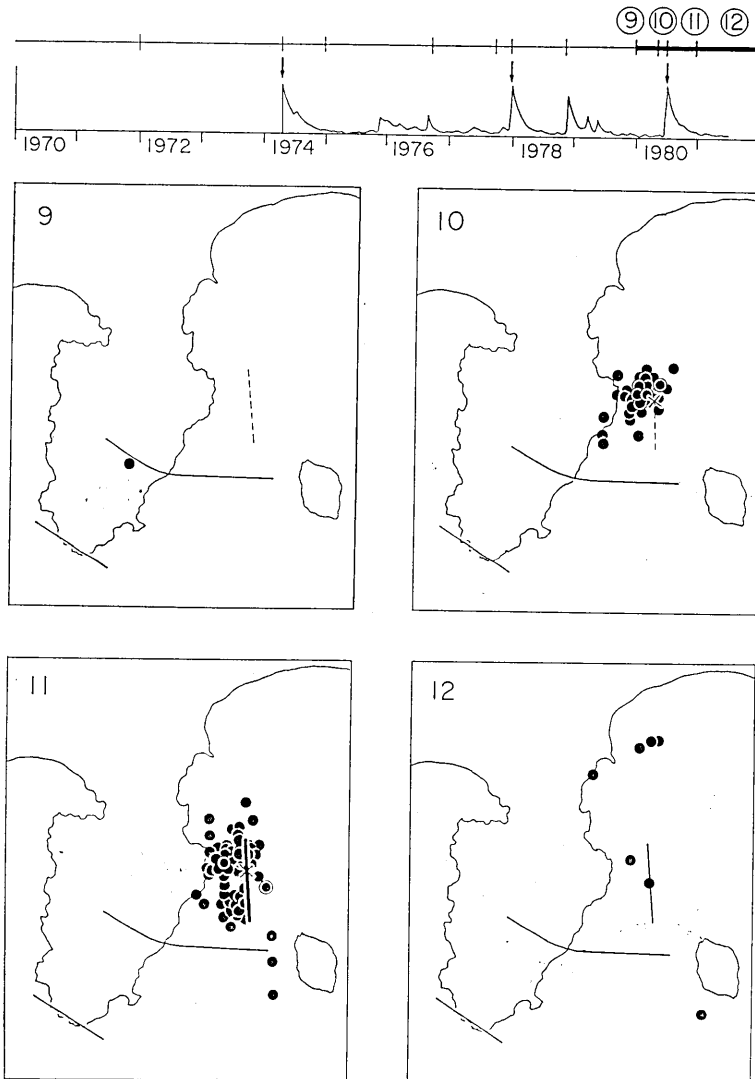


Fig. 17. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the Izu region and its surrounding area in the successive four periods (9) (10) (11) and (12) before and after the 1980 Izu-hanto-toho-oki earthquake. Symbols same as in Fig. 15.

静穏期, ②は大きい地震前の先行的小地震発生の時期, ③は大きい地震およびその余震が続いた時期, ④は顕著な余震活動が終結した後に始まった群発地震活動の時期である。④で注目されることは, 広範囲にわたってかなり活発であるにもかかわらず, その後発生する 1978 年伊豆大島近海地震の主断層領域の活動が低く, 一種のドーナツ状パターンが認められることである。

第 16 図は 1978 年の伊豆大島近海地震 ($M 7.0$) の場合である。⑤は北部を除いて静穏な時期, ⑥は大地震の震央付近で始まった前震活動期, ⑦は大地震およびその余震が継続

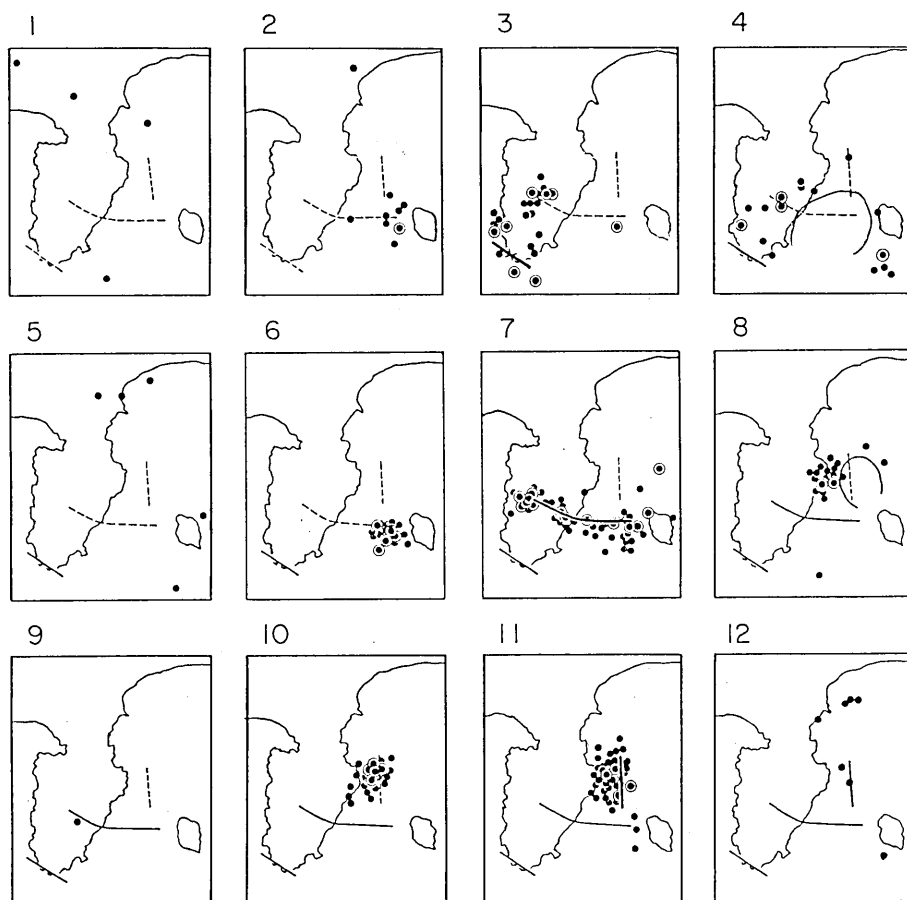


Fig. 18. Summary of spatial distributions of shallow earthquakes of magnitudes 3.0 and above in the successive periods before and after the recent three large shallow earthquakes. Symbols same as in Fig. 15.

した時期，⑧は余震活動が一段落したあとに発生した群発地震の時期である．⑧に来るべき 1980 年の大きい地震の地震断層を破線で示したが，その位置は群発地震領域にごく隣接してはいるがなお空白状態にある．

第 17 図は 1980 年の伊豆半島東方沖地震の場合である．⑨は静穏期，⑩は本震直前に本震の震央付近に続発し始めた群発地震の時期，⑪は大きい地震とその余震および引き続いて発生した群発地震の時期，⑫はその後の期間 (1981 年 1 月から 8 月) である．⑫では 1980 年の地震断層の北側隣接地域の活動空白状態が注目される．

以上の①から⑫までの期間の地震分布図を第 18 図にまとめて示した．分割された期間の長さは違うけれども，これまで述べてきたように，大きい地震前後の活動パターンには次のような共通した変化が指摘できるように思われる．まず静穏期 (①⑤⑨) が続き，次いで大きい地震前の先行的活動の時期 (②⑥⑩) があり，さらに本震および余震活動期 (③⑦⑪) が続き，そして次の大地震の発生位置を示唆するドーナツパターン (④⑧) があら

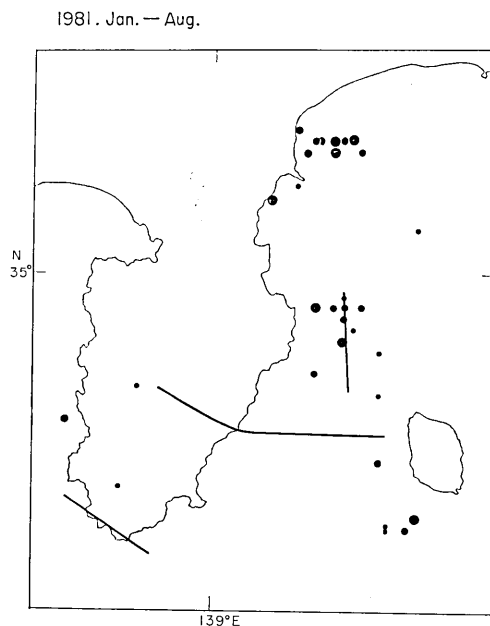


Fig. 19. Locations of shallow earthquakes in the Izu Peninsula and its surrounding area during the period (1981, January-August). The data is taken from the JMA report. Large circle: $M \geq 3.0$; medium-sized circle: $3.0 > M \geq 2.0$; small circle: $M < 2.0$. A donut-shaped pattern can be recognized in the northern region adjacent to the focal region of the 1980 earthquake.

われる。もし、このような規則性が今後も続くとする⑩は次の大きい地震の発生を予測する手掛りを与える可能性があるので次節において更に立入った検討を加える。

3.3 最近の活動状況

これまで述べてきた所を要約すると、1974年、1978年、1980年の大きい地震は南から北に移動する傾向をみせながら続発した。従って、1980年の震源域の北側隣接地域は次の大きい地震の候補地といえる。一方、この大きい地震前後の小地震の起こり方に共通のパターンの変化が認められ、次の大きい地震が発生する前にその震源域に第二種地震空白域乃至ドーナツパターンが認められるようである。第17図乃至第18図の⑩では地震数が少なくあまりはっきりしないが、1980年の伊豆半島東方沖地震の北側隣接地域に空白域乃至ドーナツパターンを示唆する分布が認められる。第19図は気象庁資料による1981年1月から8月までの震源分布図で、大きい黒丸は $M 3.0$ 以上、中黒丸は $M 2.0$ 以上、小さい黒丸は $M 2.0$ 以下乃至不明のものである($M 3.0$ 以下の地震は6月~8月のみ)。この図では1980年の伊豆半島東方沖地震の北側隣接地域のドーナツ状パターンがさらに浮びあがってくる。第20図は津村(1981)によって報告された1980年10月から1981年7月までの $M 0$ 以上の微小地震の分布図であるが、やはり1980年の地震の余震域の北側隣接地域は空白域となっている。また、第21図の海底地形図によると、伊豆半島地塊の東側の海底に南北に走る活断層があり、1980年の地震断層はその南半分に対応している。

以上を総合するならば、少なくとも現時点では、上述の1980年の大きい地震の北側隣接地域は空白状態にあり、これまでの地震活動の北上の傾向と考え合わせるならば、この地

1980・10 — 1981・7

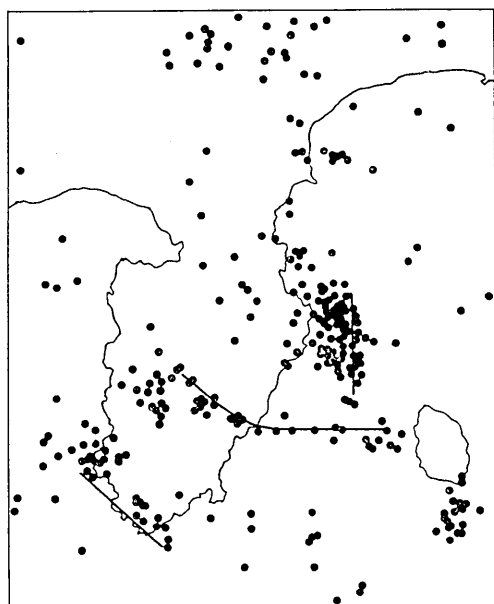


Fig. 20. Locations of shallow earthquakes of magnitudes 0 and above during the period (1980 October-1981 July) (TSUMURA, 1981) and faults of the recent three large shallow earthquakes in the Izu Peninsula and its surrounding area.

域で次の大きい地震が発生する可能性が考えられるかもしれない。但し、この地域は1923年の関東地震の際に地殻のひずみエネルギーが解放されてしまっており、その後のひずみエネルギーの蓄積が十分でない可能性もあるので、さらに検討を要する。しかし、以上のような活動経過をみると、今後の活動の成り行きを注意深く見守る必要があることは間違いない。

4. あとがき

近年の伊豆地域の活発な地震活動をやや大局的な立場から論じ、さらにこの地域に連なる広域の地震活動の特性について報告した。内容は大別して二つの部分から成る。

はじめに、伊豆地域を含めて、フォッサ・マグナから東北日本西岸沖合の活褶曲帯に連なる線が日本列島を東西に二分する活構造帯であることに注目し、その最近の地震活動状況を論じた。この構造帯では1964~1965年の僅か2年間に男鹿半島沖地震、新潟地震、松代地震の開始、静岡地震、伊豆地域の群発地震およびそれに引き続く空白期間の開始などの主要な事変が相次いで発生した。これは HUZITA (1980) が述べているように、その東側の東日本が太平洋プレートからの東西方向の力を受け、近似的に剛体的に振舞ったためとして理解できよう。上述の地震乃至地震群には、この活動帯が構造的に不均一な力学的性質であることを反映すると思われる共通の特徴が認められる。

後半では、近年の伊豆半島およびその周辺の活発な地震活動の時間-空間分布の特徴が

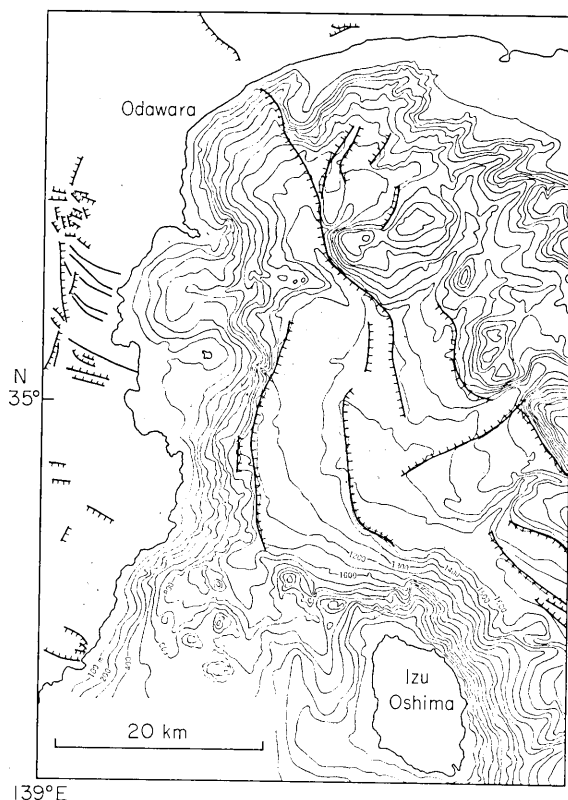


Fig. 21. Submarine topography and locations of active faults in the western Sagami Bay region (KAIZUKA *et al.*, 1977).

検討された。大きい地震の前にその震源域が静穏になるという、第二種地震空白域の出現や前震活動などの規則性が認められる。このような規則的な起こり方を考慮して1980年の大地震以降の大地震の分布をみると、その震源域の北側隣接部でドーナツ状パターンらしいものが認められた。1970年代の初頭以来伊豆地域の地震活動が次第に北上する傾向を示していること等を考慮すると、この地域の今後の活動を見守る必要がある。

文 献

- HUZITA, K., 1980, Role of the Median Tectonic Line in the Quaternary Tectonics of Japanese Islands, *Memoirs Geol. Soc. Japan*, No. 18, 129-153.
- 貝塚爽平・松田時彦・町田洋・松田翁余・菊地隆男・丸田英明・山崎晴雄・村田明美, 1977, 首都圏の活構造と地形区分 (東京直下地震に関する調査研究, その4, 付属資料).
- 神沼克伊・茅野一郎・窪田 将, 1975, 1964年12月~1965年2月の伊豆大島付近の群発地震, 火山, 第2集, 20, 37-47.
- 唐鎌郁夫・荻野泉・津村建四郎・神定健二・高橋正義・瀬川律子, 1980, 1980年伊豆半島東方沖の群発地震活動, 地震研究所彙報, 55, 913-948.
- 松田時彦・柴野陸郎, 1965, 昭和40年4月20日静岡・清水付近地震の被害調査報告—とくに地震学的地塊について, 地震研究所彙報, 43, 625-639.
- MOGI, K., 1967, Earthquakes and fractures, *Tectonophysics*, 5, 35-55.
- MOGI, K., 1968, Migration of seismic activity, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46, 53-74.

- OHTAKE, M., 1976, Search for precursors of the 1974 Izu-Hanto-Oki earthquake, Japan, *Pure and Appl. Geophys.*, **114**, 1083-1093.
- 大塚弥之助, 1952, 地質構造とその研究, 朋文堂, p. 275.
- 関谷 溥, 1976, 地震発生前の地震活動と地震予知, *地震*, **II**, **29**, 299-311.
- 津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野泉・高橋正義, 1978, 1978年伊豆大島近海地震前後の地震活動, *地震研究所彙報*, **53**, 675-706.
- 津村建四朗, 1981, 地震予知連絡会資料.

35. *Active Tectonic Zone along the Japan Sea Coast of Northeastern Honshu, the Fossa Magna and the Tokai-Izu Region, and the Recent Seismic Activity in the Izu Region.*

By Kiyoo MOGI,

Earthquake Research Institute.

The recent anomalous high activity in the Izu region was preceded by a remarkable earthquake swarm during the period (1964-1965) followed by a very calm period. During the period (1964-1965), several important events, such as the Oga-hanto-oki earthquake (M 6.9), the Niigata earthquake (M 7.5), the Matsushiro earthquake swarm and the Shizuoka earthquake (M 6.1) occurred along the active tectonic zone including the active folded zone of Akita-Niigata on the Japan Sea side, the Fossa Magna active belt and the Izu-Tokai region, which was pointed out as an important tectonic boundary between the eastern and the western Japanese islands by HUZITA (1980). Therefore, the simultaneous occurrence of the several remarkable events along the above-mentioned tectonic zone may be not accidental and it suggests that the tectonic zone is still active and plays an important role for the present-day tectonics of the Japanese islands.

The spatio-temporal pattern in the recent seismic activity in the Izu Peninsula and its surrounding area is discussed on the basis of seismic data in the Seismological Bulletin of the Japan Meteorological Agency. Regular patterns before and after three large earthquakes of magnitudes 6.7 to 7.0 are pointed out. Particularly the donut-shaped pattern before the large earthquakes is noticed. After the last large earthquake (M 6.7) in 1980, a donut-shaped pattern was found in the northwestern Sagami Bay region just adjacent to the focal region of the 1980 earthquake. Furthermore the migration of recent large shallow earthquakes in the Izu region from south to north has been observed. Therefore the northwestern Sagami Bay region may be considered a potential region for a future large earthquake. In this case, however, it should be considered that there is a possibility that the strain energy accumulation in this region is not enough for the occurrence of a large earthquake, because the 1923 great Kanto earthquake occurred in the adjacent region.