

34. 1978年伊豆大島近海地震前後の地震活動

地震研究所
津村 建四朗
唐 鎌 郁夫
荻 野 泉
高 橋 正義

(昭和53年9月1日受理)

1. まえがき

1978年1月14日12時24分頃、伊豆大島西方にマグニチュード7.0の地震（1978年伊豆大島近海地震）が発生し、伊豆半島東部を中心に死者25名を含む大きな被害が生じた。この地震は、前日より著しい前震活動を伴なった。また余震域は伊豆半島中部までのび、その西端部に、翌15日07時31分にマグニチュード5.8の最大余震が発生し、これによっても被害が生じた。伊豆半島は、1975年頃から、異常隆起と群発地震が続き、いわば「要注意状態」にあったので（たとえば、津村、1977），事前に観測網が強化されており、近年充実してきた周辺部の地震テレメータ観測網とともに、大地震前後の地震活動の時空間的微細構造を解明するための重要なデータが得られた。本報告は、地震研究所の微小地震観測データを主として調査した結果を中間的にまとめたものである。さらにくわしい調査研究は、関連諸機関のデータを総合整理して行われる予定である。

2. 観測およびデータ処理

伊豆半島における地震研究所の高感度地震観測点の位置、計器および観測期間を第1表に、臨時観測点および他機関の観測点を含め、その配置図を第1図に示す。地震研究所の伊豆半島における観測網は、1975年夏以来続いている群発地震活動の調査のため、主としてインク・ペン描ドラムによる委託観測方式で行われてきた。1977年5月までの観測の経過と調査結果については、前報（津村他、1977）で報告した。前報以降、篠木山（HOK）、祢宜畑（ねぎのはた）（NGH）および大仁（OHT）の3点が増設された。HOKは、無線テレメータで東京に送信され、インク描ドラムおよび遅延トリガー方式のインク描流しレコーダで記録され、後者は堂平微小地震観測所の各観測点のデータとともに半自動検測システムで処理され、主として伊豆半島付近の地震活動の現況把握に利用されている（神定他、1978参考）。NGHとOHTは、1977年秋、西伊豆および中伊豆にみられた微小地震活動に注目して増設が計画されたものであるが、前者は、今回の地震前に観測が始まられ、丁度余震域の西端に位置することになったので、余震の震源決定等に重要なデータが得られた。後者は、準備の都合で、地震後の2月に設置された（5月で中止）。これらの両点は、インク描長時間連続記録計（三栄測器 WI-832A形）を用いた準無人観測方式と

Table 1. List of the seismographic stations in the Izu Peninsula, maintained by the Earthquake Research Institute.

Name	Code	Latitude (N)	Longitude (E)	Height	Seismograph	Observational period
奥野 (Okuno)	OKN(OK)	34°55'55"	139°04'14.3"	140 m	SP(V, H)	Nov. '71-
市山 (Ichiyama)	ICY(YI)	34°54'12"	138°56'00"	210 m	SP(V)	Nov. 22, '75-
河津 (Kawazu)	KWZ(KZ)	34°45'45"	138°59'24"	65 m	SP(V)	Sep. 7, '75-
奈良本 (Naramoto)	NRM(NR)	34°49'35.7"	139°03'52.1"	200 m	SP(V)	Feb. 7, '76-
称宜畑 (Neginohata)	NGH(NG)	34°48'44.0"	138°49'41.2"	160 m	SP(V)	Dec. '77-
篠木山 (Hokigiyama)	HOK(HO)	34°50'55.5"	139°02'28.8"	900 m	SP(V, H)*	Dec. '77-
大仁 (Ohito)	OHT(OT)	34°58'55.9"	138°56'53.1"	65 m	SP(V)	Feb. 17-May 18, '78

* telemetered to Tokyo

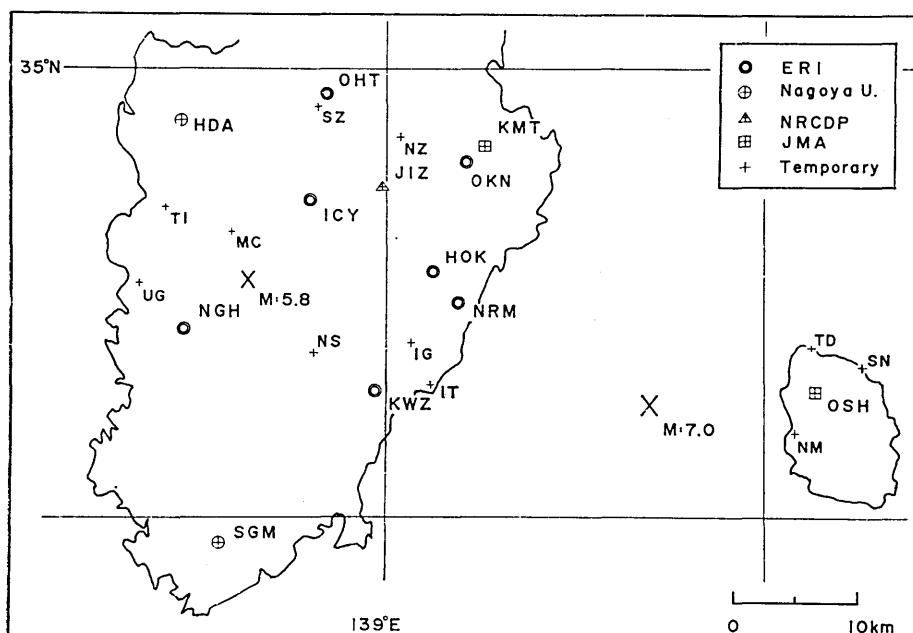


Fig. 1. Routine and temporary stations with highly sensitive seismographs operated in January and February 1978 by the Earthquake Research Institute (ERI, including temporary stations TD, SN, NM, SZ, NZ, MC, NS, IT and IG), Nagoya University, Tohoku University (TI and UG), the National Research Center for Disaster Prevention (NRCDP), and the Japan Meteorological Agency (JMA). A temporary station of Kyoto University is close to KWZ.

した。

本震前後の伊豆半島の定常観測点の観測状況は次のとおりである。本震前は、ケーブル断線事故のため欠測中であった KWZ を除き、観測は正常に続けられていたが、HOK, NGH 以外はピッチ 1 mm のインク描き記録のため、前震活動の最盛期(14日09時—11時)は記録の重なりのため、よみとり困難な部分もある。本震により NRM, HOK が停電のため欠測となり(15日00時30分頃復旧)，また他の観測点も記録の重なりのため、本震後しばらくは、よみとりが不可能である(OKN は14時30分頃まで、ICY と NGH は16時過ぎまで)。14日16時19分より ICY はインク描流し記録(10 mm/s)に切替え、観測が再開された。16日18時18分より、これに東西動を追加、21日まで流し記録を続けた。なお、同点の通常のドラム記録は、17日22時00分より再開した。NGH は、15日07時31分の最大余震による落石のためケーブルが断線し欠測となった。17日13時00分に復旧したが、18日に再び落石があり断線し、19日17時49分にこれを復旧した。KWZ の断線は、18日17時01分に復旧した。なお KWZ, NRM, ICY は、地震数が多く、記録が重なってよみとりが難しくなるため、2月上旬まで、ピッチを 2 mm とした。また KWZ, ICY は、感度を半分に下げて観測した。

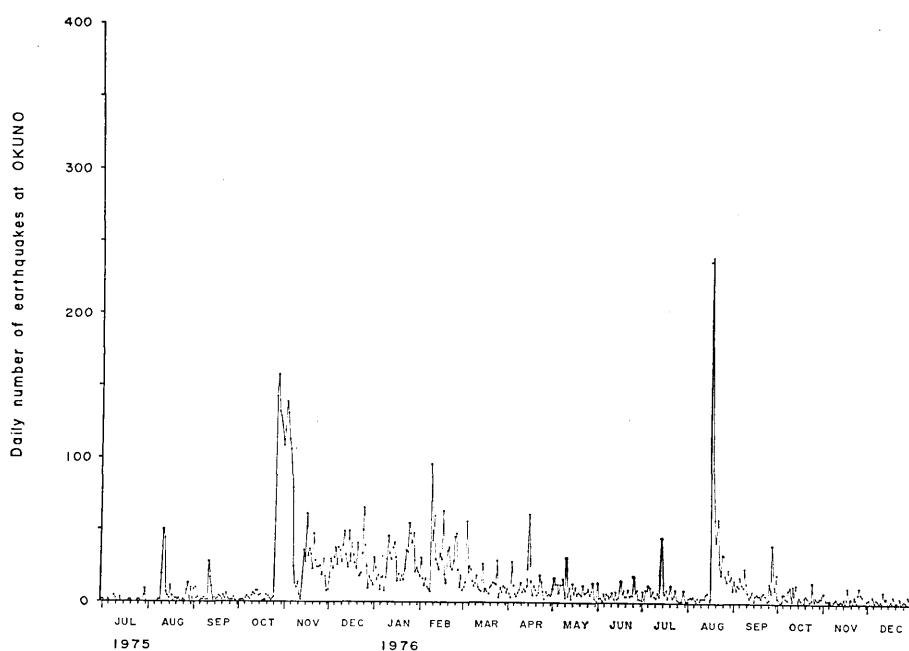
これらの定常観測点の他、ポータブル地震計(Sprengnether MEQ-800)により、1月15日—18日と2月1日—4日の2回、のべ6点(第1図中の SZ, NZ, MC, NS, IT, IG)において1~2日ずつの抜き取り観測を実施した。

本報告では、主として、これらの観測点のデータを用いて決めた震源分布等について述べるが、上記のように欠測等のため、これらの観測点のみでは、震源が求められない期間(1月14日—18日の一部)については、地震研究所の堂平微小地震観測所のテレメータ観測点、富士川地殻変動観測所および常設の委託観測点(武山その他)、名古屋大学理学部(下賀茂、水見色)、気象庁(大島、鎌田、網代その他)および国立防災科学技術センター(中伊豆、岡部)の諸観測点のデータを加えて震源を求めたものもある。また1月中は、地震研究所の伊豆大島臨時観測点(泉津、野増、大島灯台)のデータ(笠原他, 1978, 参照)も加えた。遠距離のデータを加えることによる誤差の増大や系統的ずれの問題については、この報告の段階では、まだ充分吟味されておらず、今回の結果は、予備的なものである。さらに多くのデータを含め、これらの検討も加えた精密な震源決定のための共同整理の作業が目下すすめられており、その結果は、別に報告される予定である。

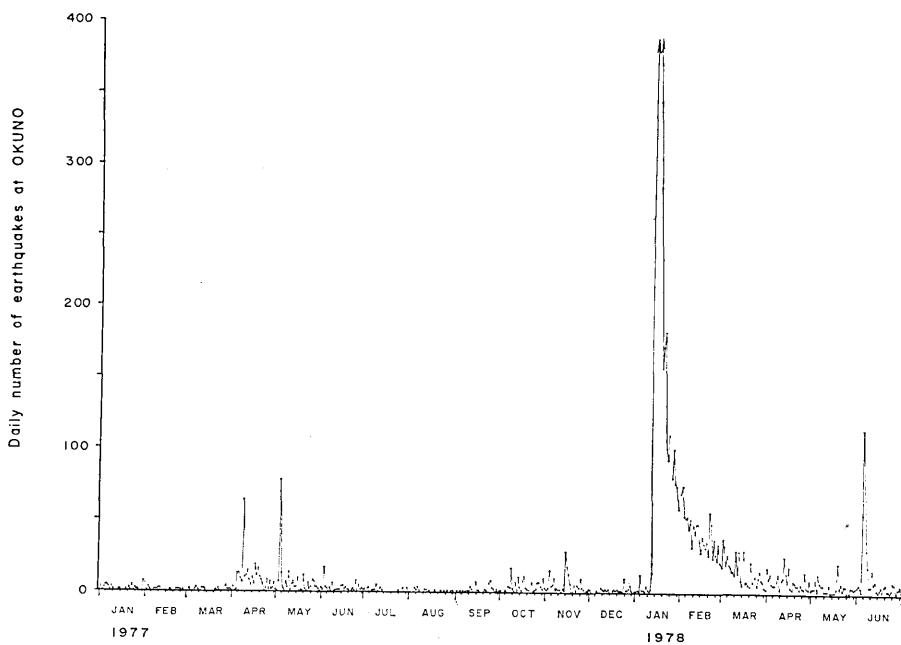
データは、従来と同じ方法(津村他, 1977)で処理された。即ち、震源時を、 $V_p/V_{s-p} = 1.37$ を仮定して各点の P と $S-P$ の値から推定した値の加重平均値($S-P$ の逆数を重みとする)として求め、これを固定し、各点の P 波走時残差の2乗和を最小にするように震源を求めた。走時の計算には P 波速度が次のような水平成層構造を仮定した。

() 内は各層の厚さである。

- 5.45 km/s (5.06 km)
- 6.05 km/s (14.94 km)
- 6.80 km/s (10.0 km)
- 7.80 km/s (∞)



(a)



(b)

Fig. 2. Daily number of earthquakes with S-P times of less than 5 sec recorded at Okuno station (OKN).

これは1974年伊豆半島沖地震の余震共同観測班（1975）が採用したモデルを一部変更したもので、前報（津村他、1977）と同じである。計算途中で深さが負となったものは、5 km に固定される。マグニチュード M は、各点の振動継続時間 $F-P$ 秒から堀（1973）の式、

$$M = -2.57 + 2.96 \log (F-P)$$

により求め、平均した値を仮に採用した。地震が連続して、 $F-P$ のよみとりが難しいものも少くない。しかし、 $M \geq 3.0$ については、気象庁決定の M と比較的よく一致している（約80%が両者の差が±0.4以内）。なお、主要な地震の M は気象庁決定によった。

3. 1977年における伊豆半島周辺の地震活動

第2図は、奥野における $S-P$ 5秒以下の地震の日別回数の変化である。1975年10月～11月のピークは、いわゆる遠笠山付近の群発地震、1976年2月のピークは、北川付近の群発地震、1976年8月のピークは、河津地震（M=5.4）の余震、1977年4月～5月の2つのピークは、大室山付近および天城山付近の群発地震によるものであって、これらの経過については、すでに報告した（津村他、1977）。

第3図～第10図は、1977年6月以降の各月の震央分布図である。6月には、4～5月と同様の北東～南西方向の震央分布が認められるが、7月以降11月頃までは、北東側と南西側に分れ、それぞれ北西～南東方向に震央が配列する傾向がみられる。この震央分布傾向の顕著な変化は、1977年前半と後半各半年分の震央をまとめて示した第11図と第12図を比較してみるとよくわかる。この期間でやや注目された活動としては、9月25日に丹那断層の南部に当る中伊豆町北西部に発生した M 2.9 と 2.7 の地震、9月15日～17日と10月10日に西海岸に発生した M 2 程度の地震を含む数個の地震、10月12日～18日頃、東海岸のNRM 付近に発生したやや顕著な微小地震の群発活動がある。また、伊豆大島近海には、10月7日～9日頃と、11月中旬頃やや顕著な群発活動がみられた。この活動域は、伊豆大島近海地震の前震活動がみられた場所とほぼ一致するもので、前記の震央分布傾向の顕著な変化とともに、今回の地震の中長期的な前兆現象ともみられるが、過去にもしばしば群発地震が発生している場所であるので、事前に特別な活動であるとは判断できなかった。12月から本年1月前半には、第9図、第10図（1月13日は20時38分の地震までプロットしてある）に示すように、比較的静穏な状態が続いていた。

4. 前震活動

今回の伊豆大島近海地震は、極めて顕著な前震活動を伴ったことが、特徴の一つである。しかし、その発生場所が、過去にもくりかえし群発地震が発生している伊豆大島西方であったため、本震発生前にこれを前震であると判断することはできなかった。

伊豆半島の観測網では、12日17時11分と17時36分に伊豆大島西方に震央が求まる微小地震（ $M \doteq 1$ ）が観測されたのが今回の地震と直接関連する活動の始まりである。13日17時39分に $M \doteq 2$ の地震、同20時37分に $M \doteq 1.2$ 、続いて20時38分に $M=3.7$ の地震が発生

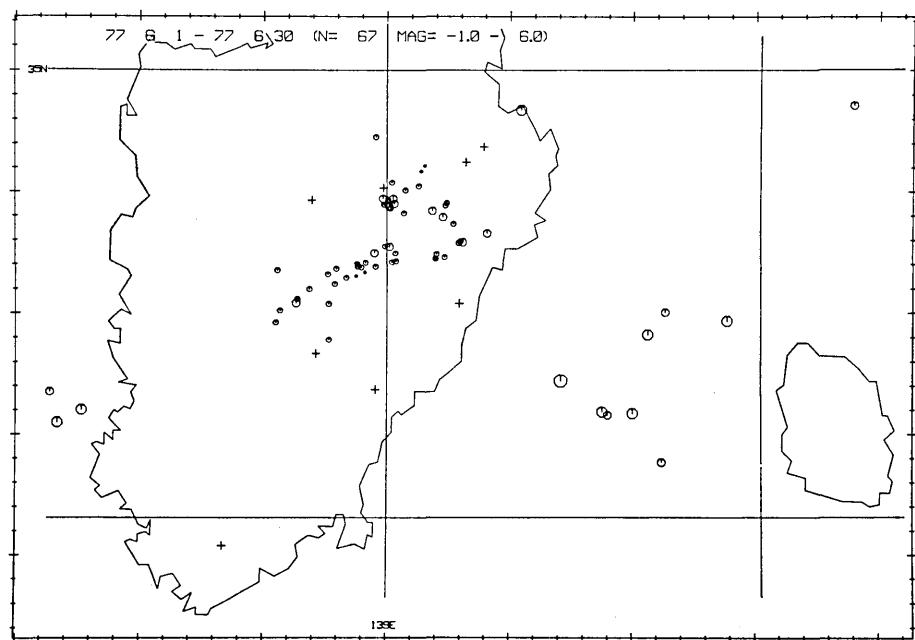


Fig. 3. Epicentral distribution of microearthquakes in June 1977. Epicenters shown in Figures 3-12 and 23-31 were located by the ERI Izu Peninsula network.

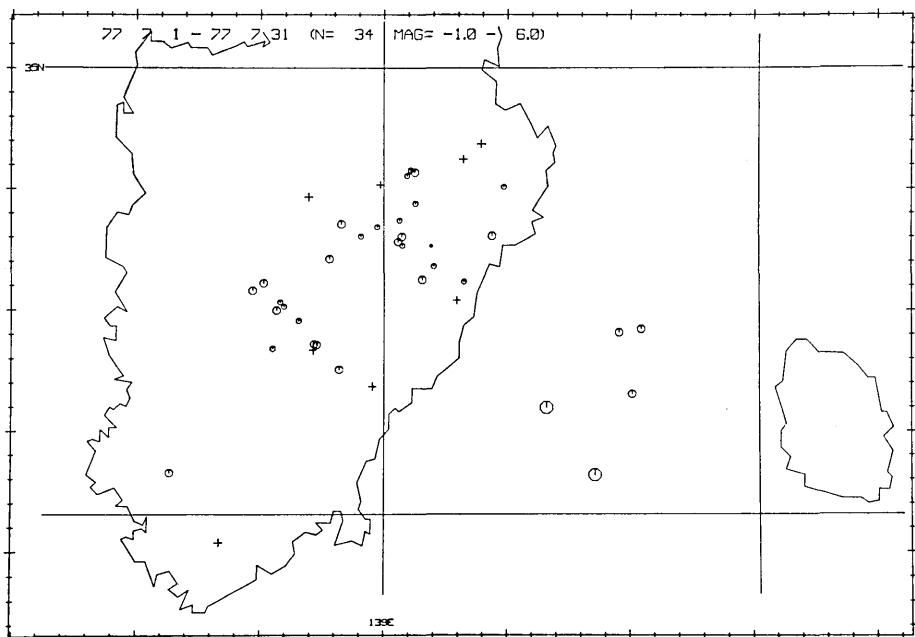


Fig. 4. Epicentral distribution of microearthquakes in July 1977.

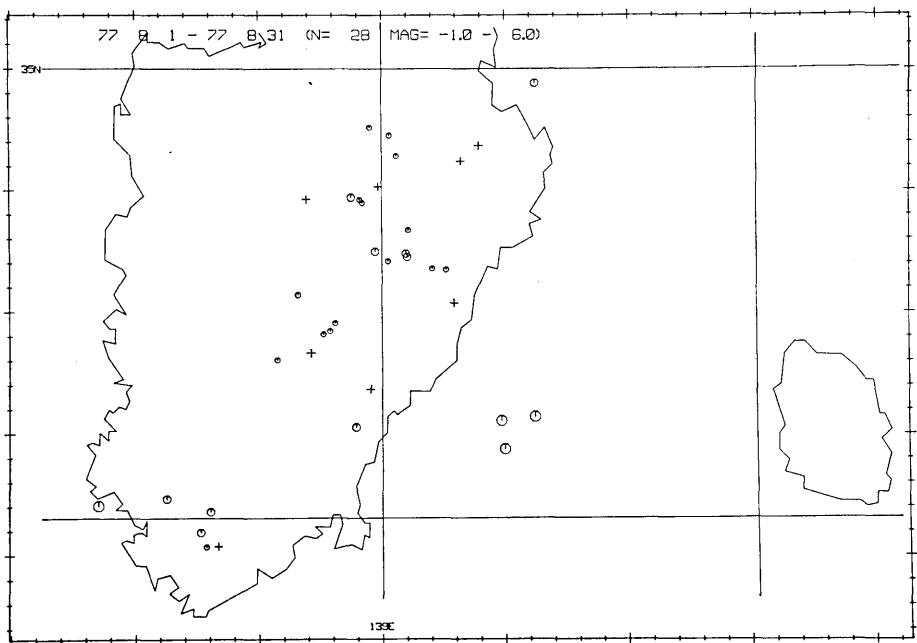


Fig. 5. Epicentral distribution of microearthquakes in August 1977.

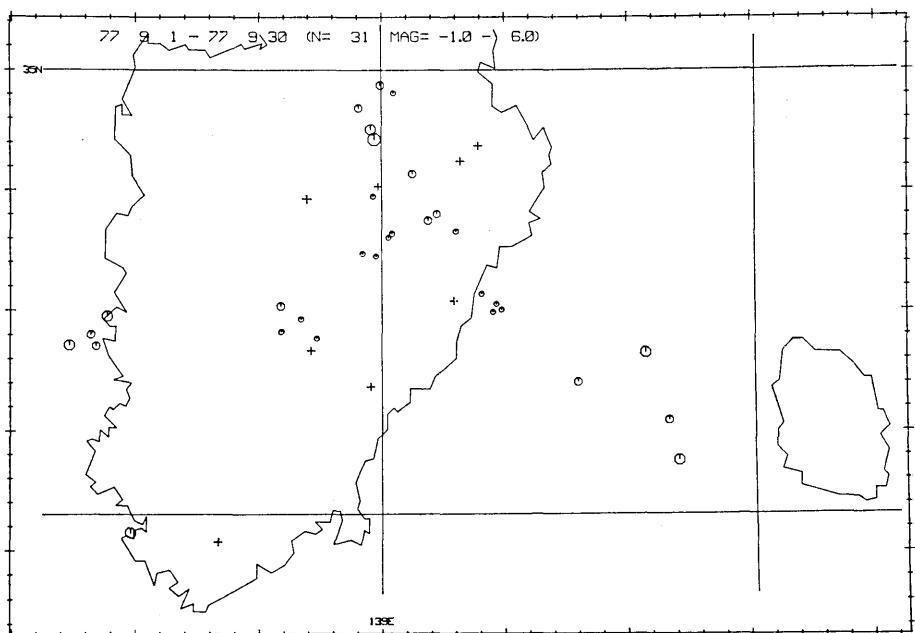


Fig. 6. Epicentral distribution of microearthquakes in September 1977.

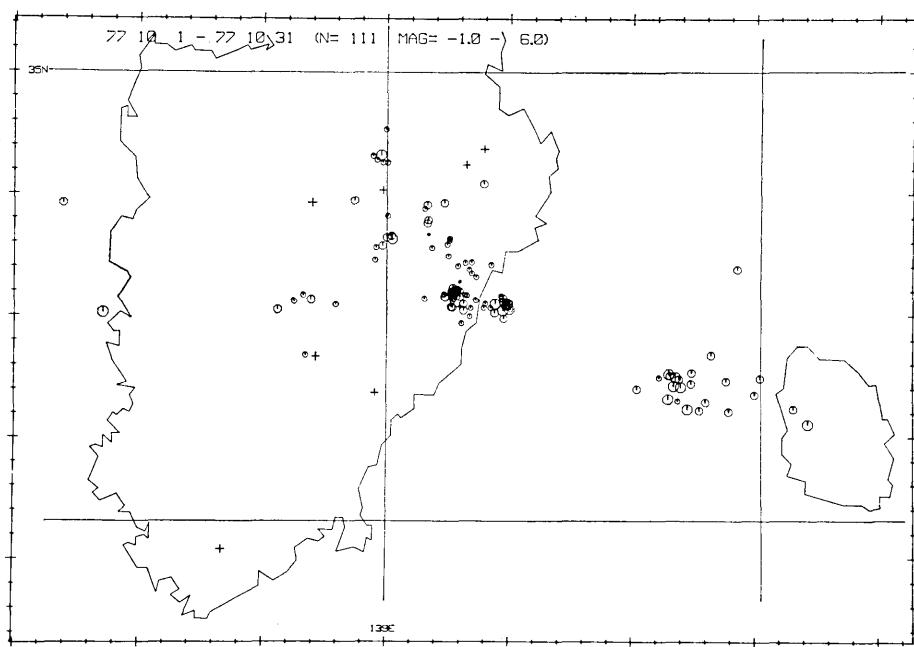


Fig. 7. Epicentral distribution of microearthquakes in October 1977.

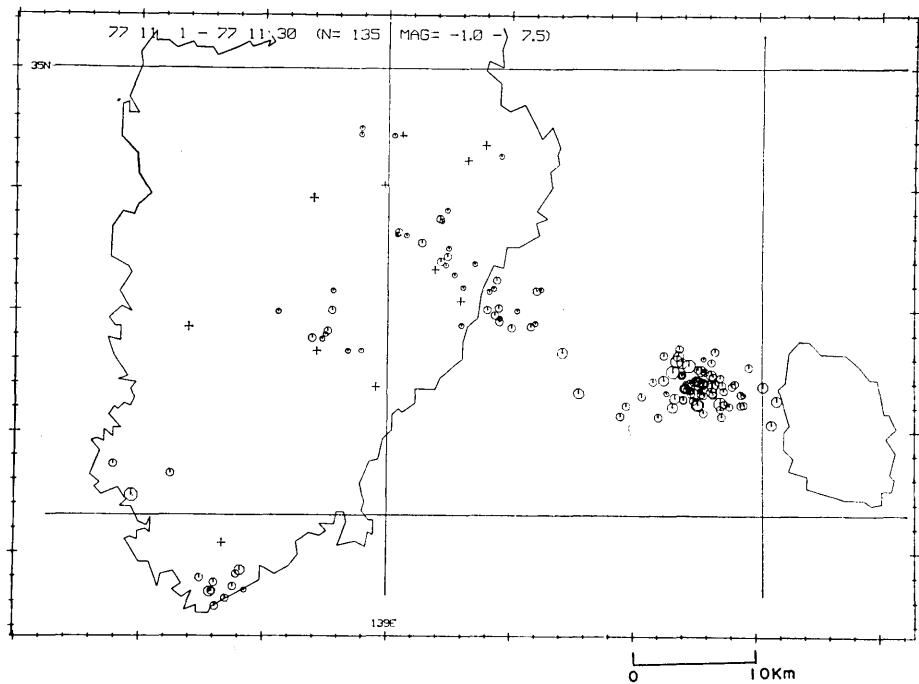


Fig. 8. Epicentral distribution of microearthquakes in November 1977.

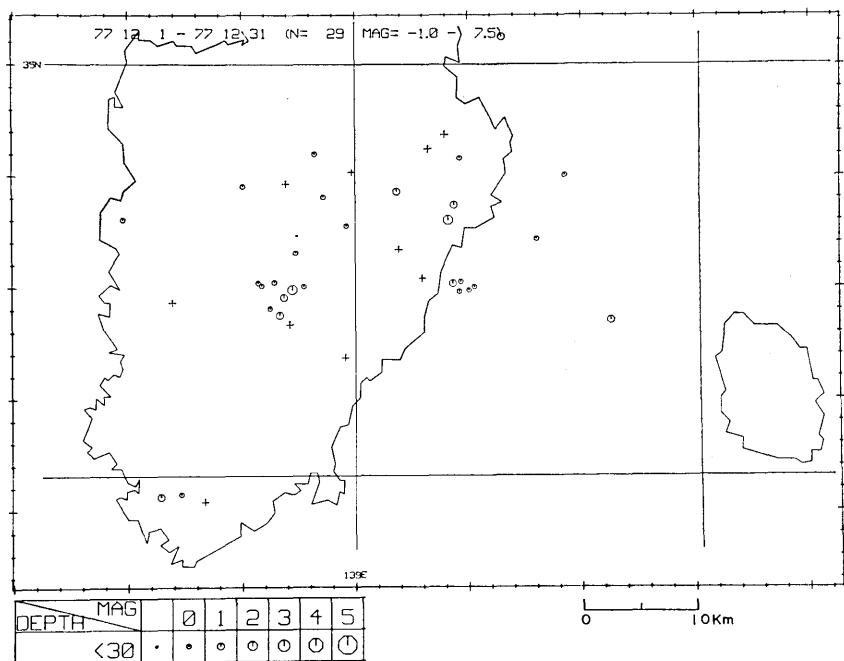


Fig. 9. Epicentral distribution of microearthquakes in December 1977.

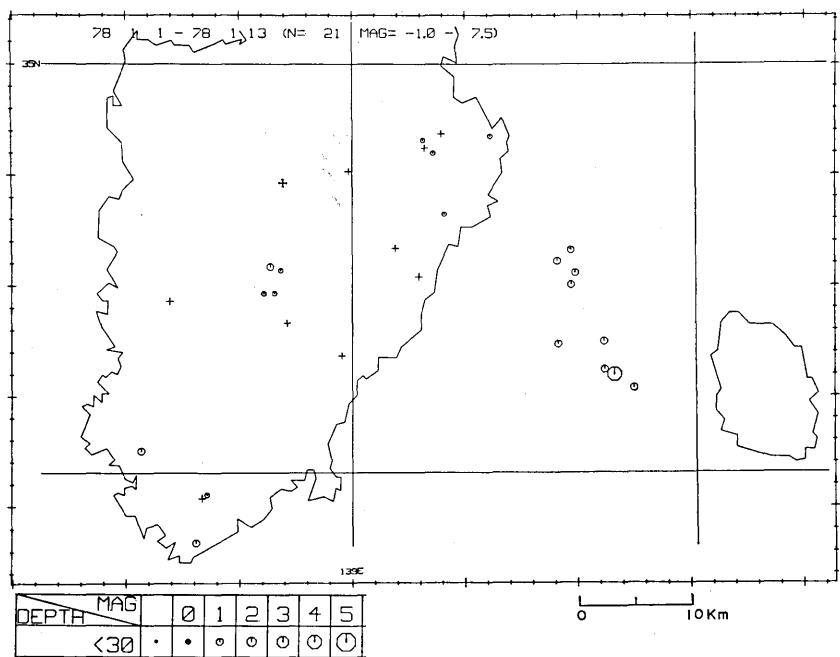


Fig. 10. Epicentral distribution of microearthquakes in the period from January 1 to 13, 1978.

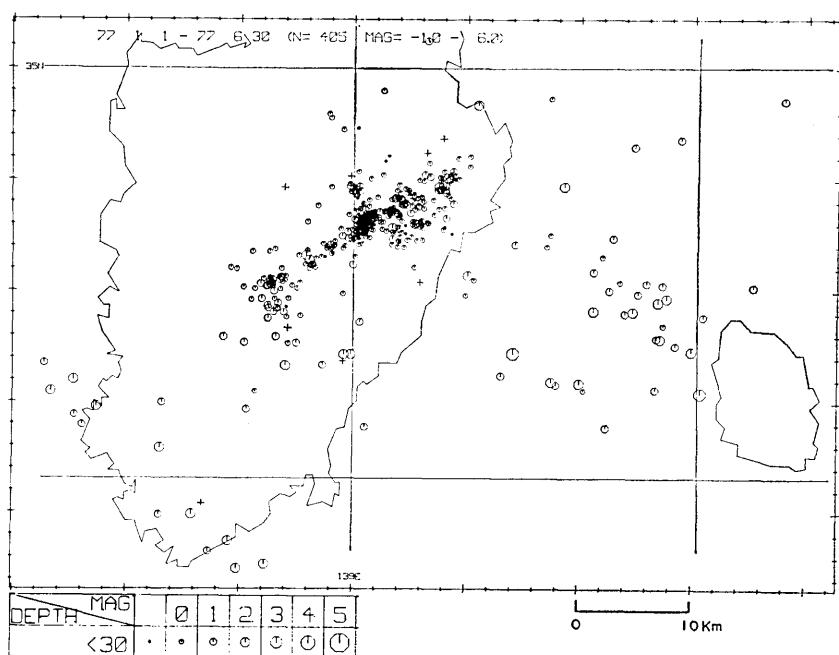


Fig. 11. Epicentral distribution of microearthquakes in the period from January to June 1977.

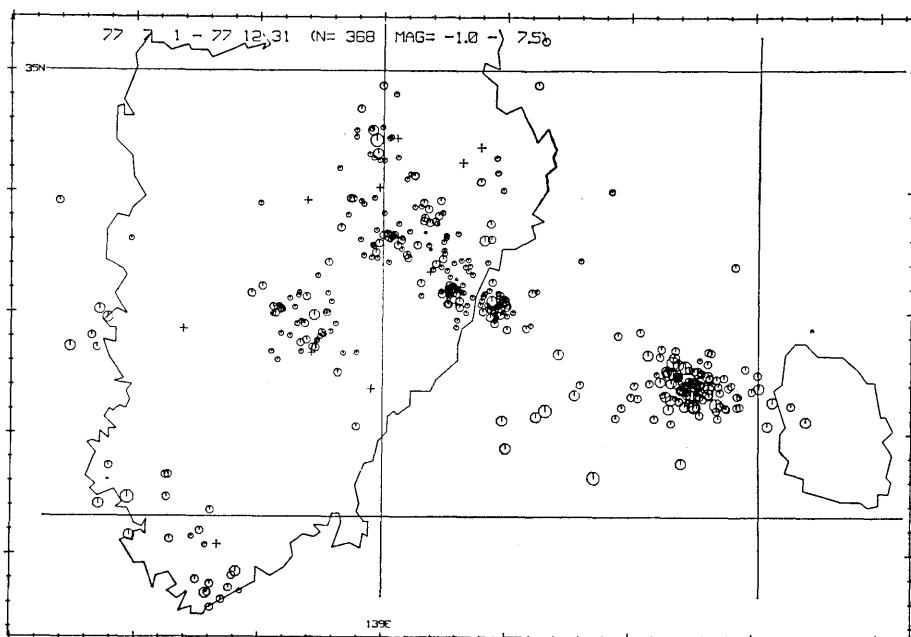


Fig. 12. Epicentral distribution of microearthquakes in the period from July to December 1977. Change in the pattern of epicentral distribution from the previous period shown in Fig. 10 is remarkable.

し、活動が活発となり、以後14日00時21分までに、震源が求まる地震が11個観測された。この後、活動は一時中断していたが、14日08時07分 $M=2$ 、08時12分 $M=3.8$ の地震が発生し、再び活発化し（これ以降の活動経過については、Appendix に記象のコピーを示したので、参照して頂きたい）、特に9時30分頃から10時30分頃までは、09時36分の $M=4.6$ 、09時45分と47分の $M=4.9$ などを含む地震がほとんど連続的に発生した。11時頃より活動はやや下火となり、特に M の大きいものはほとんど発生しなくなった ($M \geq 3.0$ は、12時06分の $M=3.2$ のみ)。前震の震源は、第13図に示すように、伊豆大島西方の直徑約 10 km 位の範囲に集中している（図では、決定誤差のため若干周辺に散在しているように見えるものもある）。本震は、その領域の西端付近に発生したようである。伊豆半島内およびその沿岸部には、本震発生まで、震源が決まるような地震は全く発生していない。従って、この段階で破壊が伊豆半島に及ぶことを予想させる証拠は地震活動状況からは得られない。地震が連続して発生したため継続時間がよめないものもあり、また小さい地震は大きい地震にかくされて数えられないので、精度は高くないが、大山のデータから求めた b 値は、0.75～0.80位（地震数 130）である。これは、青木他（1978）の得た 0.54、国立防災科学技術センター（1978）が得た岡部における m 値 1.55 から推定される b 値 ($=m-1$) にくらべて大きく、通常の値に近い。しかし、この差がどうして出たかについては、さらに検討を要する。

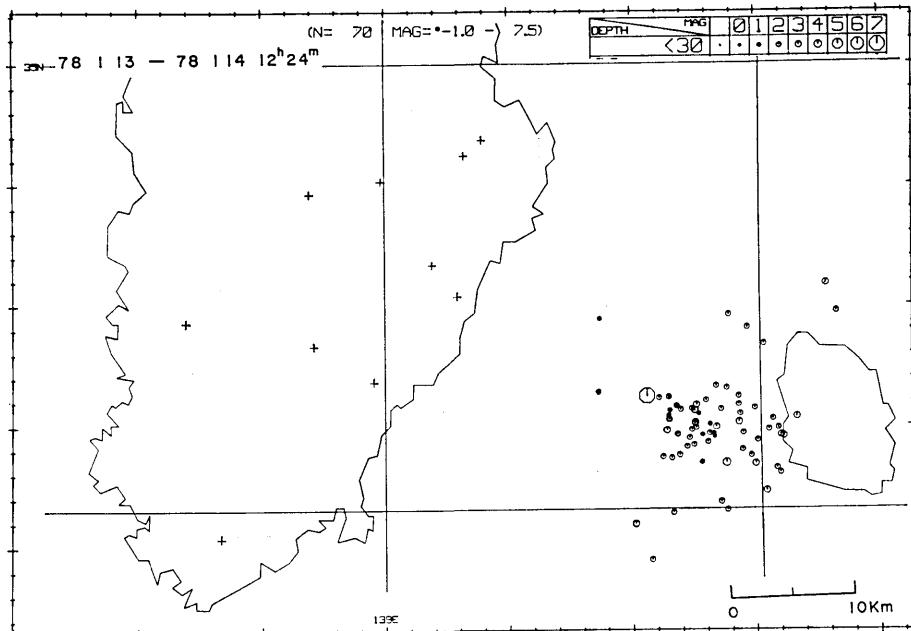


Fig. 13. Epicentral distribution of foreshocks. The largest circle is the main shock. Epicenters shown in Figures 13-22 were located by using data from not only the ERI Izu Peninsula network but also other stations shown in Fig. 1 and in the Kanto and Chubu districts.

5. 本震直後の余震活動の経過

本震の震源は、近距離の観測点の $S-P$ がよみとれず、震源時を固定する方法では精度が悪いので、 P 時刻のみを用いて決定した。用いる観測点の組合せと仮定する構造により数 km の差が生ずる。第2表に、そのいくつかを気象庁および石橋他 (1978) が決定した結果とともに示す。

先に述べたように、地震研究所の伊豆半島の観測網は、本震直後から14時過ぎまでは、停電と記録の重なりのため全点実質的に欠測状態となり、さらに16時頃までは、多くの地震は独自に震源を求めることができない。このような期間については、周辺部の観測データおよび名古屋大学理学部、気象庁および国立防災科学技術センターの観測データを総合して、震源決定を行ない、経過を調べた。主として利用した観測点は、大山、富士川、水見色、下賀茂(13日および14日)、中伊豆、大島(測候所および火山観測 C 点)および鎌田である。また、電力中央研究所梨本観測点の記録も参照した。

第14図は、本震後約1時間の余震分布であって、この期間は、精度よく震源決定できない地震が多いが、本震付近から西にのび伊豆半島中部に達する約 35 km の間に分布している。すくなくとも本震後10分以内にこの範囲の余震活動が一斉に始まったようである。これは第19図の時空間表示に明瞭に示されている。第15図は、次の約3時間半分の震央分

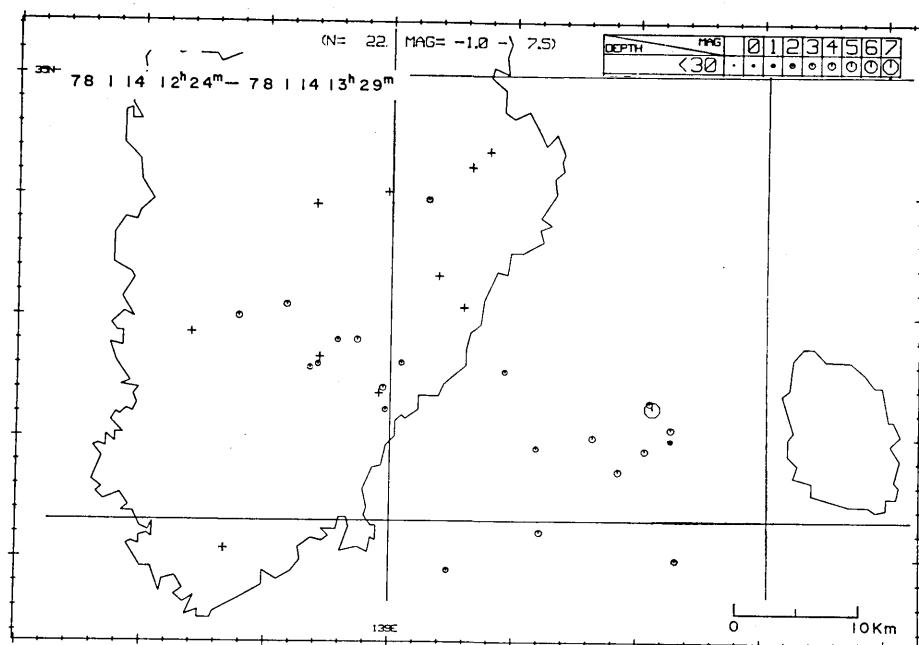


Fig. 14. Epicentral distribution of the main shock (the largest circle) and aftershocks immediately following it (12: 24-13: 29, January 14, 1978).

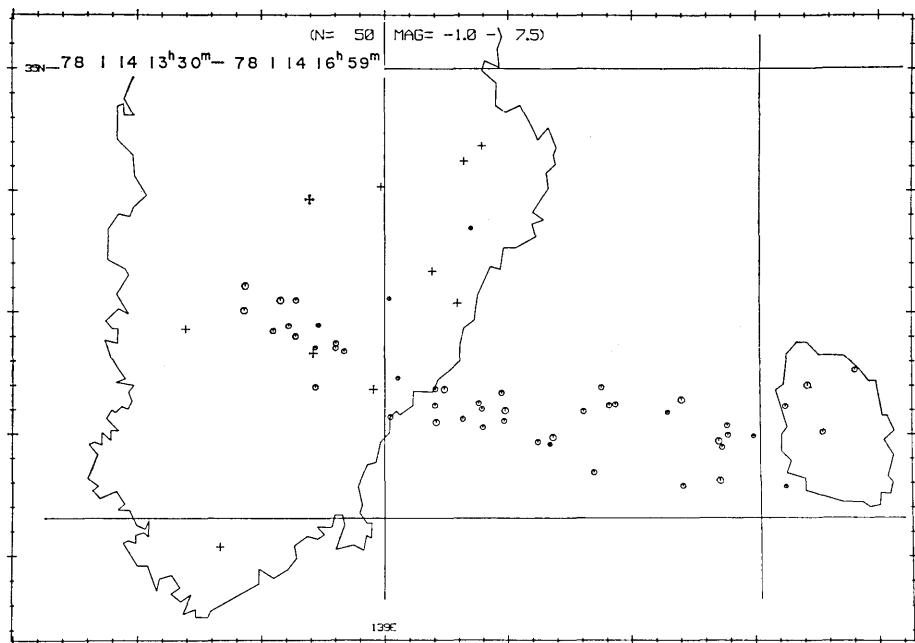


Fig. 15. Epicentral distribution of aftershocks in the period of 13:30-16:59 January 14, 1978.

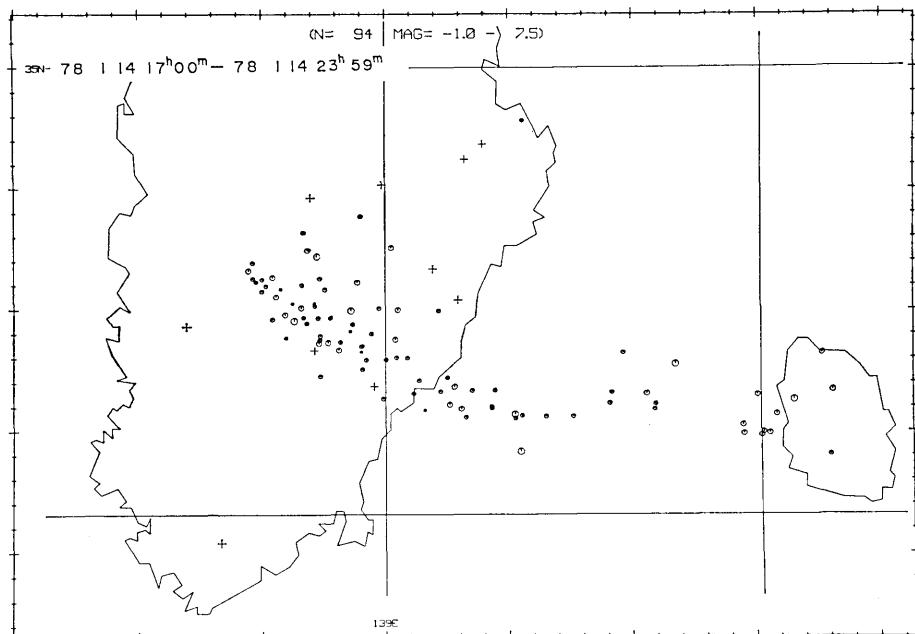


Fig. 16. Epicentral distribution of aftershocks in the period of 17:00-23:59, January 14, 1978.

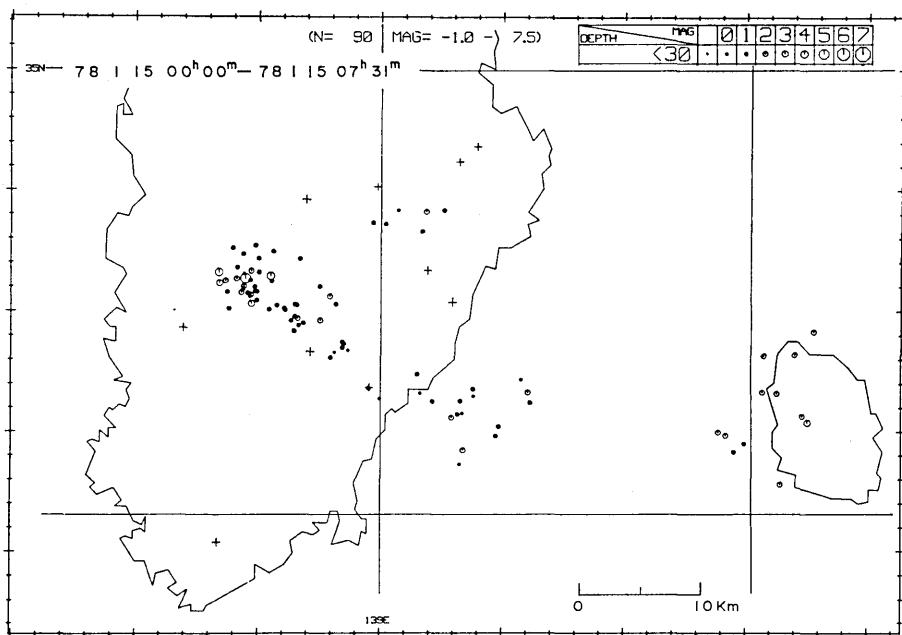


Fig. 17. Epicentral distribution of aftershocks in the period of 00:00-07:31, January 15, 1978, just before the largest aftershock (the largest circle on this map). Concentration of epicenters in the western part of the aftershock area, and very low activity in the area between Oshima Island and the Izu Peninsula, where the main faulting took place, are to be noted.

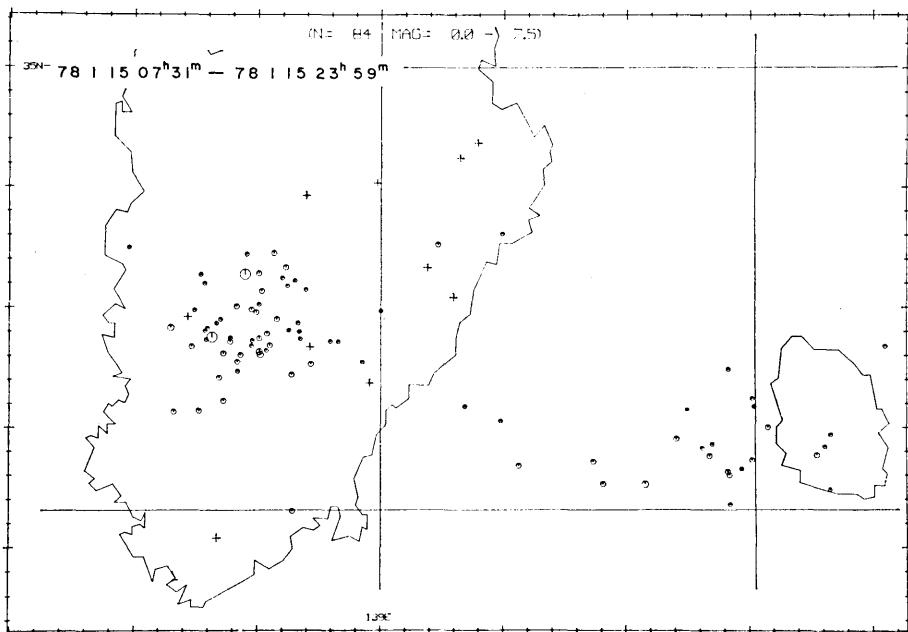


Fig. 18. Epicentral distribution of aftershocks in the period of 07:31-23:59, January 15, 1978. The secondary aftershock area extending southwestwards following the largest aftershock at 07:31 with M 5.8, which caused some property damage in the western part of the Izu Peninsula.

Table 2. List of earthquake origins of the main shock and the largest aftershock determined by various authors.

Origin time (JST)	Latitude (N)	Longitude (E)	Depth	Reference
Main shock (M=7.0)				
Jan. 14d12h24m38. s6±0. s1	34°46' ±1'	139°15' ±1'	0 km	JMA
38. 9±0. 1	45. 1±0. 7 km	14. 0±0. 9 km	1. 6 km±1. 8 km	* (15st. $\Delta < 80$ km) ¹⁾
38. 9±0. 1	45. 7±0. 8 km	15. 0±0. 7 km	6. 5 km±4. 2 km	* (17st. $\Delta < 90$ km)
38. 9±0. 1	45. 5±1. 1 km	14. 4±0. 8 km	9. 8 km±1. 5 km	* (27st. $\Delta < 200$ km) ²⁾
38. 8 (restr.)	45. 2±0. 5 km	15. 4±0. 4 km	7. 9 km±1. 1 km	ISHIBASHI et al. (1978) (21st. $\Delta < 100$ km)
Largest aftershock (M=5.8)				
Jan. 15d07h31m46. s9±0. s1	34°50' ±1'	138°53' ±0'	20 km	JMA
47. 1±0. 1	50. 6±0. 7 km	52. 7±0. 4 km	7. 4 km±1. 9 km	* (12st. $\Delta < 80$ km) ¹⁾
47. 3 (restr.)	51. 3±0. 6 km	53. 1±0. 4 km	6. 1 km±2. 1 km	ISHIBASHI et al. (20st. $\Delta < 100$ km)

* present study 1) Adopted for plotting in this paper. 2) Adopted by SHIMAZAKI and SOMERVILLE (1978) as the precursor.

Number of stations and range of epicentral distance used for hypocenter determination are given in the parentheses.

布図で、伊豆大島から伊豆半島中部に達する約 50 km の帶状の分布が、第14図より明瞭にみられ、稲取付近から折れ曲っている傾向もみられる。13時41分には、その西端付近に M=5.1 の地震が発生した。第16図は、14日17時から夜半までの 7 時間の震央分布図である。この時期になると HOK, NRM, KWZ を除きよみとり可能となり、震源決定精度が高くなっている。従って、伊豆半島内の震央が北東へ向って拡散しているのは、誤差のためではないと考えられる。第17図は、

15日00時から07時31分の最大余震発生までの期間の震央分布図である。この時期は、KWZ を除き、全点復旧し、もっとも精度が高い。03時46分に余震域の西端部に M=4.9 の地震が発生し、その後この付近に集中的な活動がみられた（第19図）。本震の震央付近の活動は著しく低下し、伊豆大島側と伊豆半島側に活動域は分かれている。北東への震央の拡散はさらにすすんでいる。第18図は、07時31分の最大余震（M=5.8）発生後15日中の震央分布図であって、最大余震に伴なう2次余震域の南西への拡大が明瞭に示されている。第20図（a）は、以上の期間の震央を重ねて示したものである。（B）は、東西断面図である。なお（b）図中に、余震の初動分布の重ね合せ結果をも示した（初動分布は、2月分のデータによる）。大島近海と伊豆半島内では、それぞれ余震分布の方向と調和するメカニズムを示していることがわかる。

第21図は、1月16日から18までの震央分布図である。この期間は、伊豆大島における臨時観測データを含めて処理さ

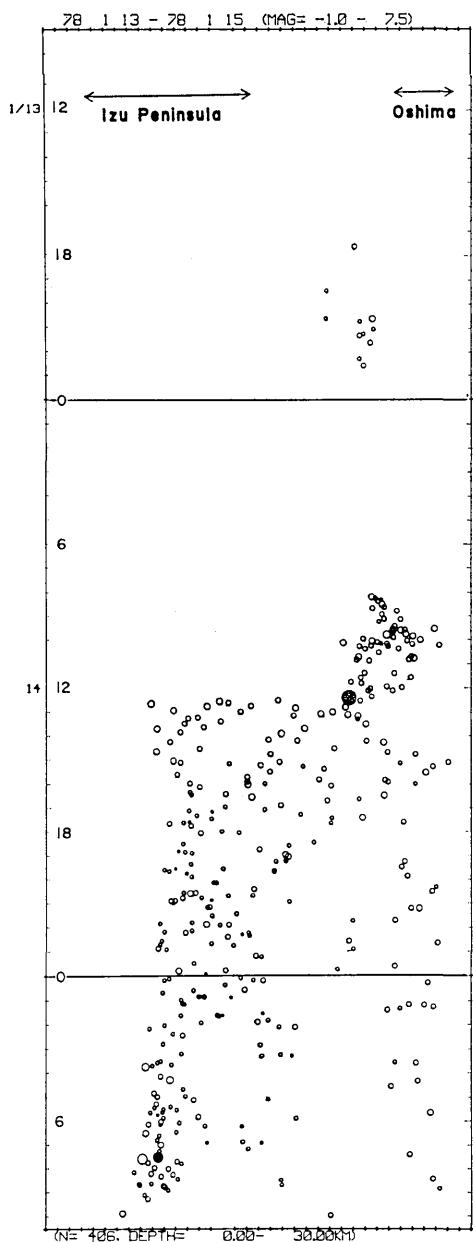


Fig. 19. Space-time plot of the seismic activities before and after the Izu-Oshima-kinkai earthquake until the occurrence of the largest aftershock. Sudden expansion of aftershock area towards the west immediately after the main shock (larger solid circle) and westwards concentration before the largest aftershock (smaller solid circle) are clearly seen.

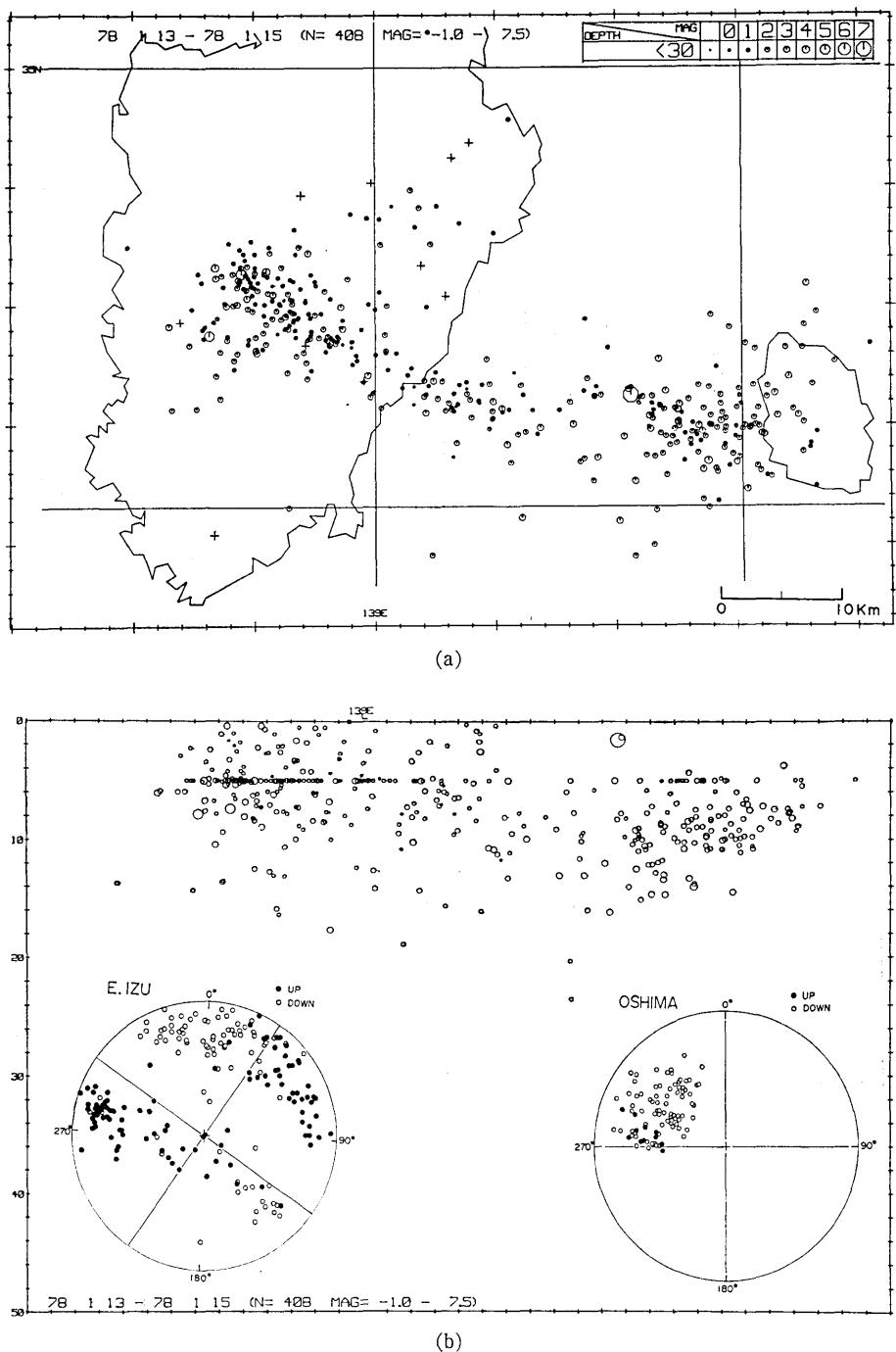


Fig. 20. Epicentral distribution of the foreshocks, main shock and aftershocks in the period from January 13 to 15, 1978 (a), and vertical distribution of the foci projected on the W-E section (b). Composite first-motion data, upper hemisphere Wulff net projection, are also shown.

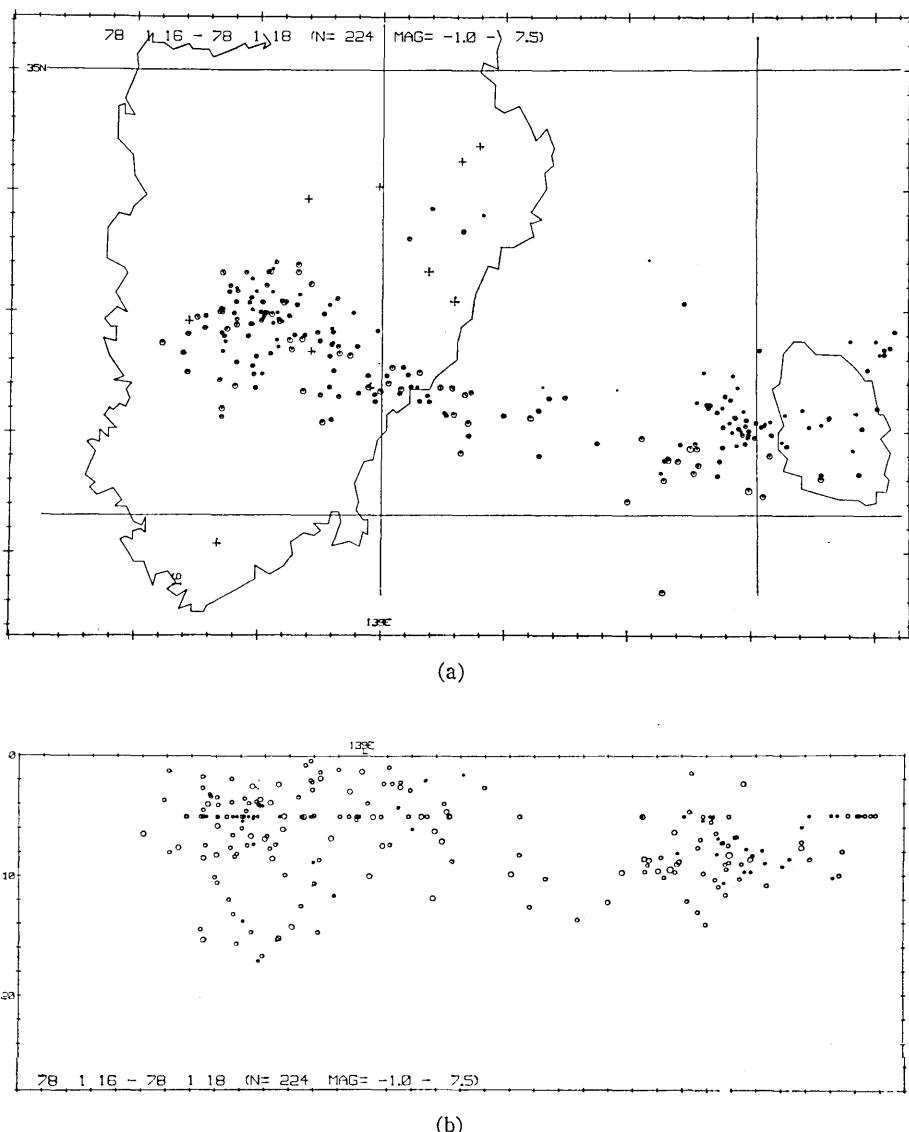


Fig. 21. Epicentral distribution of aftershocks in the period from January 16 to 18, 1978(a), and the vertical section(b). Concentration of epicenters near Oshima Island is partly due to temporary observations on this island carried out in this period.

れており、伊豆大島付近の震央が多く求まっているのは、そのためでもある（笠原他、1978参考）。以上は、かなり抜取り的に処理した結果であって、精度も不均質であり、今後さらに検討を要する点を含んでいる。

6. 本震からやや経過した後の余震活動

1月18日以降は、地震研究所の伊豆半島観測網のデータのみを用いて、精密な震源分布を求めることができるので、以下では、主としてそれにもとづいた調査結果を述べる（但し、伊豆大島側に対しては、やや精度が低い）。

第23図は、地震研究所伊豆半島観測網により求められた1月18日—31日の震央分布図と

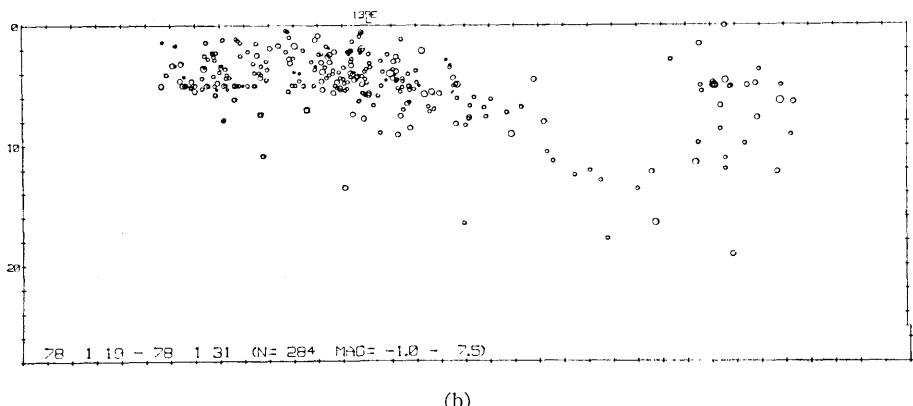
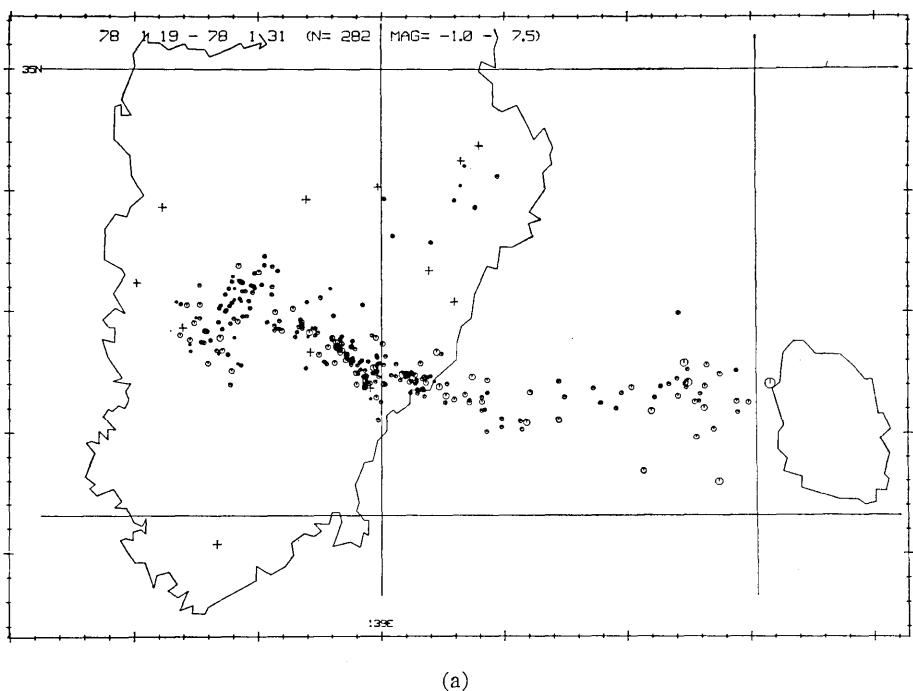


Fig. 22. Epicentral distribution of aftershocks in the period from January 19 to 31, 1978 (a), and the vertical section (b).

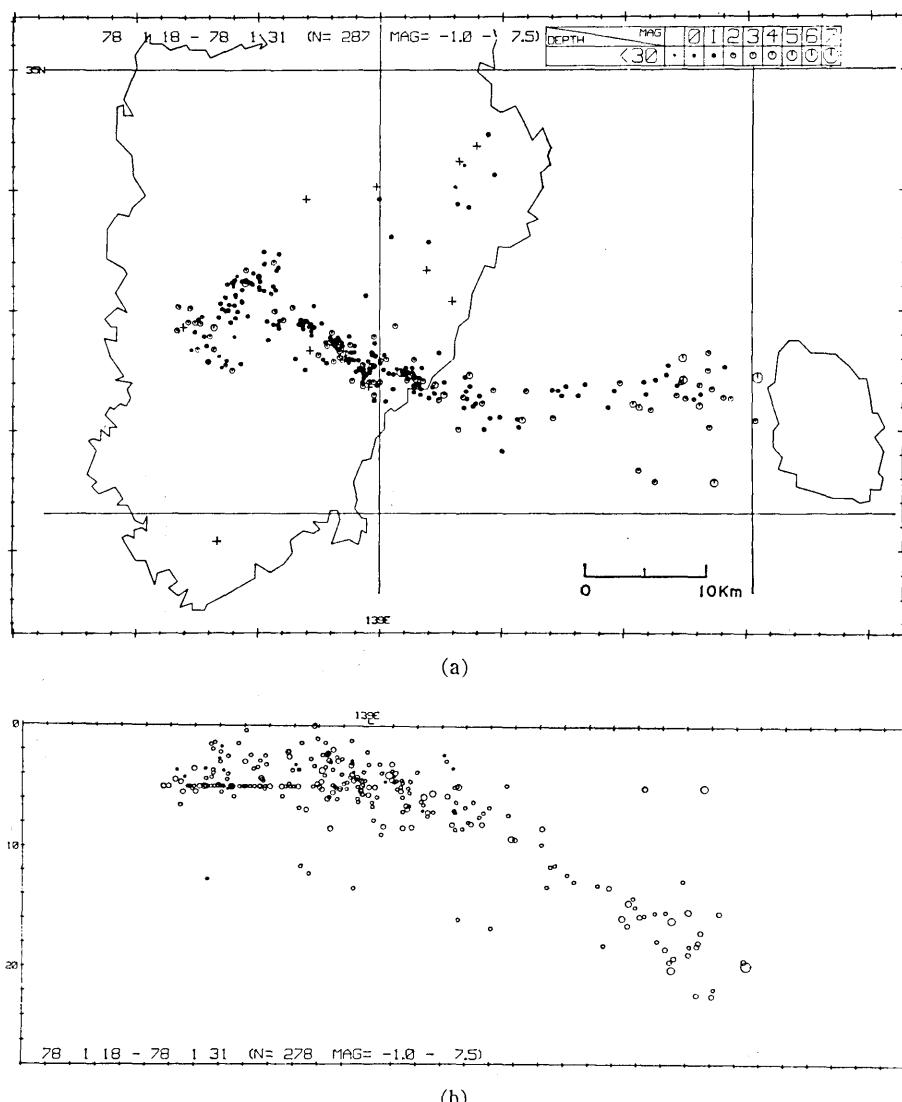


Fig. 23. Epicentral distribution of aftershocks in the period from January 18 to 31, 1978 (a), and the vertical section (b). Comparison of Fig. 23 with Fig. 22 shows that hypocenters near Oshima Island as located by the ERI Izu Peninsula network deviate westwards and downwards compared to those determined from data including stations on Oshima Island.

東西断面図である。これを、伊豆大島および伊豆半島の他機関のデータを含めて求めたほぼ同時期（19日—31日）の震央分布図および東西断面図（第22図）と比較してみると、伊豆半島内の震央分布および深さ分布はよく一致しているが、伊豆大島近海の地震は、伊豆半島のみのデータで（今回仮定している構造で）決めるとやや西方にずれ、10 km 位深く求まってしまうようである。伊豆半島内の震源は、ほとんど 10 km 以浅で、大多数は

8 km より浅い。本震直後の周辺部のデータを多く含む結果では、10 km より深いものもかなり多かった(第20図 (b))。これは主として、仮定した構造の不適正や遠距離のデータの誤差による見掛けのものと考えられるが、すべてがそうであるかどうかは、まだ検討を終っていない。いずれにしても、数日以降では、伊豆半島内の余震はほとんど 10 km 以浅に発生している。

第24図～第28図は、2月～6月の各月毎の震央分布図である。また、第29図は、2月～6月の5カ月分をまとめてプロットしたものである。同図 (b) は、深さの精度の高い伊豆半島内ののみについて、断層に平行な方向と垂直な方向に切った断面図である。極めて薄い面(幅 2～3 km)に震源が集中していることがわかる。

第23図、第29図などによると、今回の地震に伴なう活動域は、大きくみて、3つの部分に分けられる。即ち (i) 伊豆大島より西にのび稲取付近に達する部分(約 30 km), (ii) 稲取付近より西北西～北西にのび猫越(ねっこ)峠付近に達する部分(約 26 km), (iii) 猫越峠付近より南西にのびる部分(約 11 km)である。くわしくみると、さらに数 km ずつの部分に分けられるようであって、稲取沖から猫越峠にかけては、右ずれ性のエシエロン状の分布をする4～5つの活動域から構成されているようにみえる。

第24図～第28図によると、2月頃までは、上記の3つの部分が明瞭であったが、3月以後 (i) の部分は中央部を除いて極めて不活発となり、東西にのびていたとは想像できない位になっている。(iii) の部分の配列も急速に不明瞭になってしまっている。(ii) の部分は一番後まで明瞭に残っており、初期にくらべて、より狭い線状配列を示している。これらの余震域とは別に天城峠付近から北東にのびる活動域があり、各月少しづつ微小地震

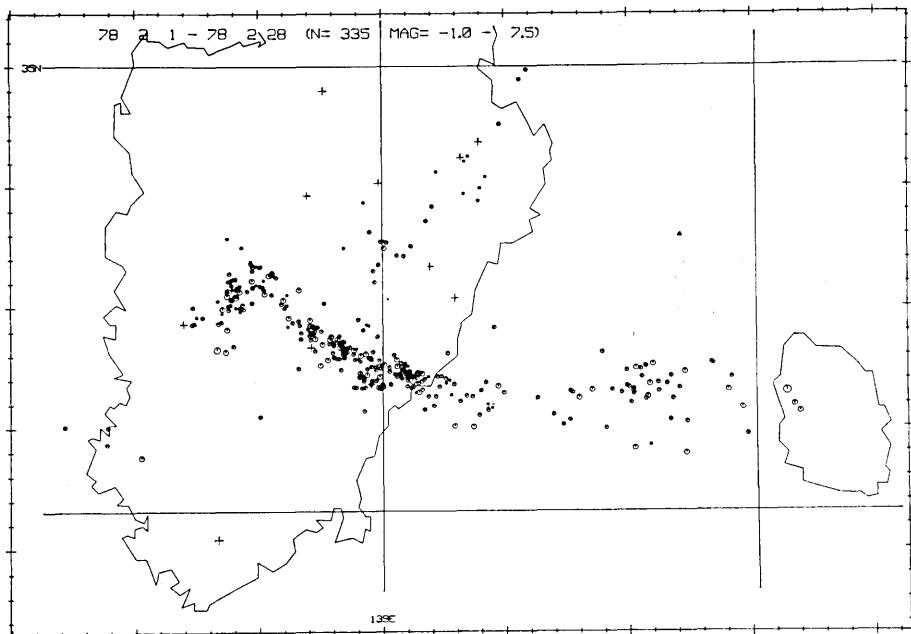


Fig. 24. Epicentral distribution of microearthquakes in February 1978.

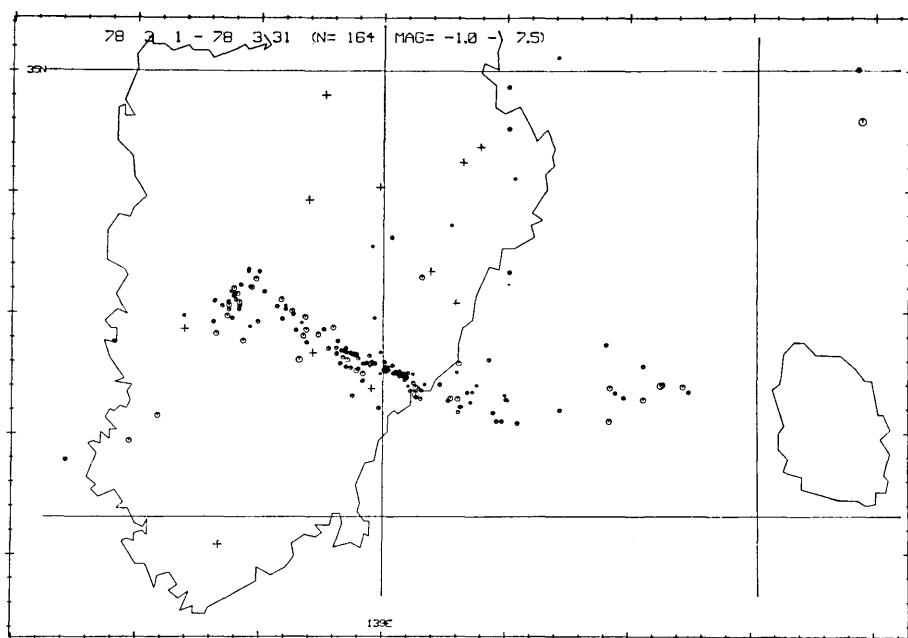


Fig. 25. Epicentral distribution of microearthquakes in March 1978.

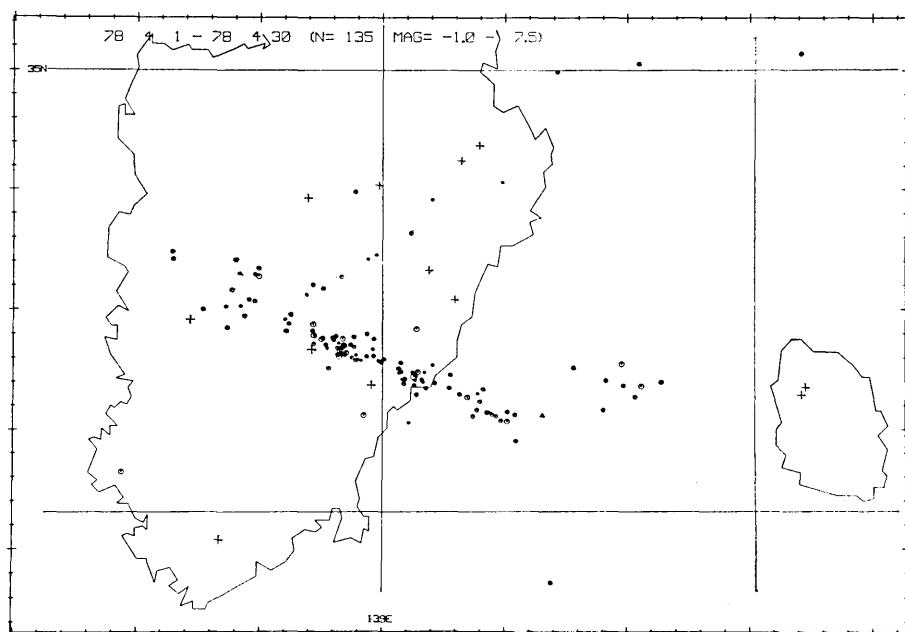


Fig. 26. Epicentral distribution of microearthquakes in April 1978.

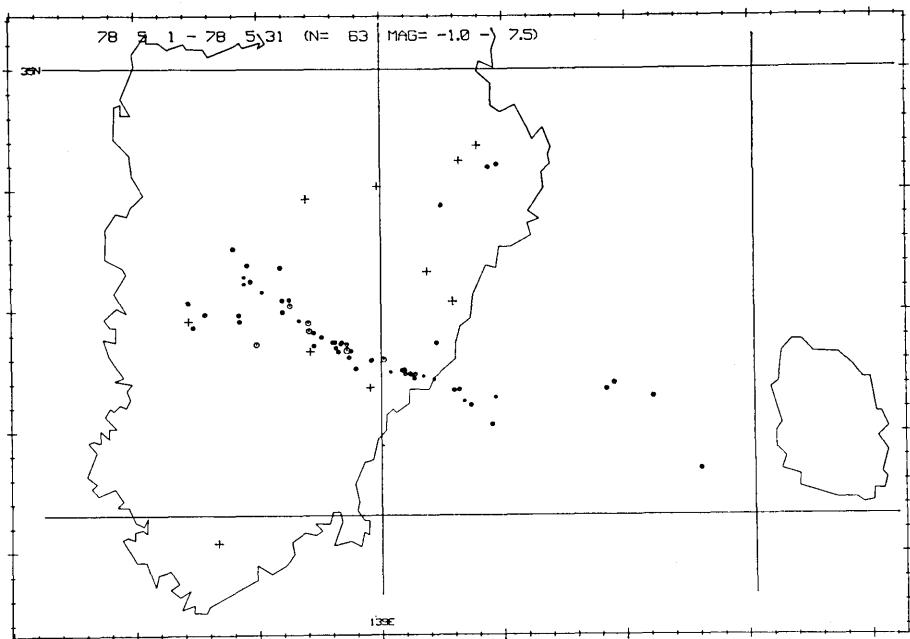


Fig. 27. Epicentral distribution of microearthquakes in May 1978.

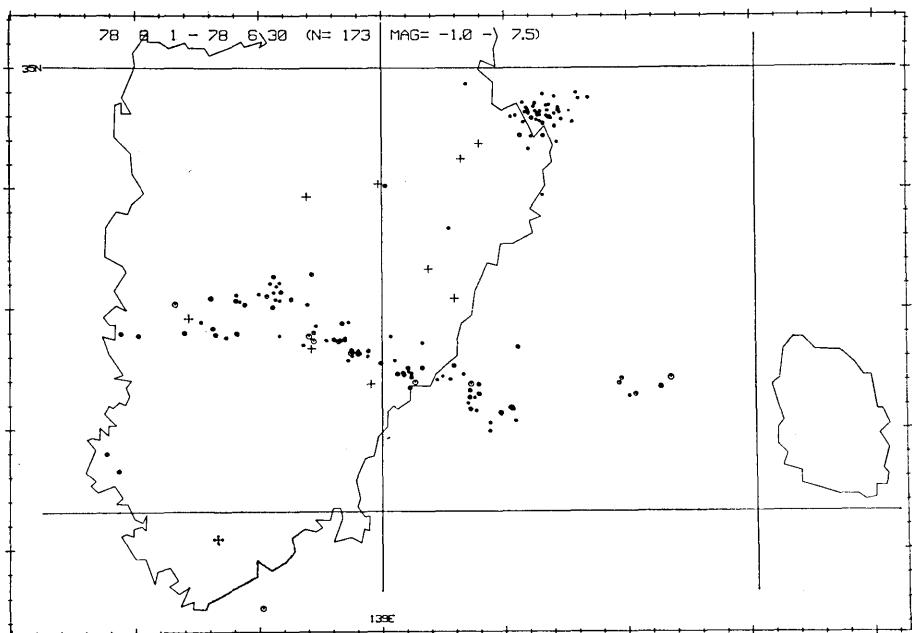
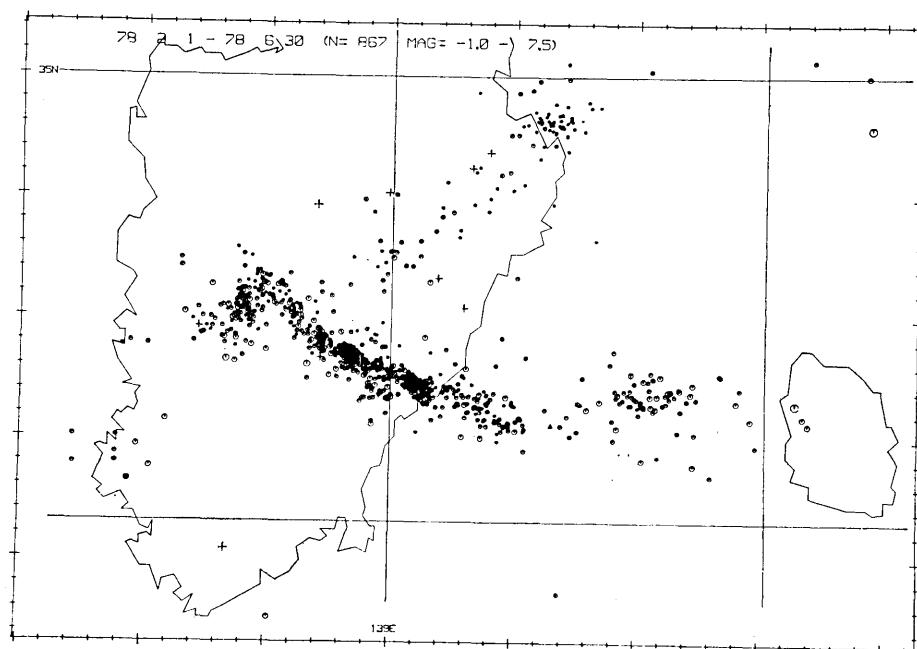
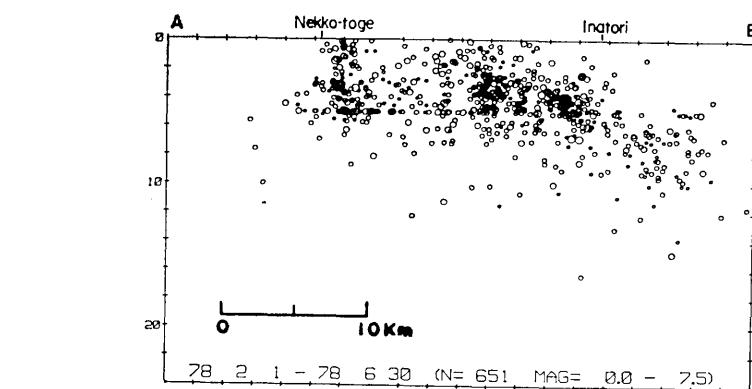


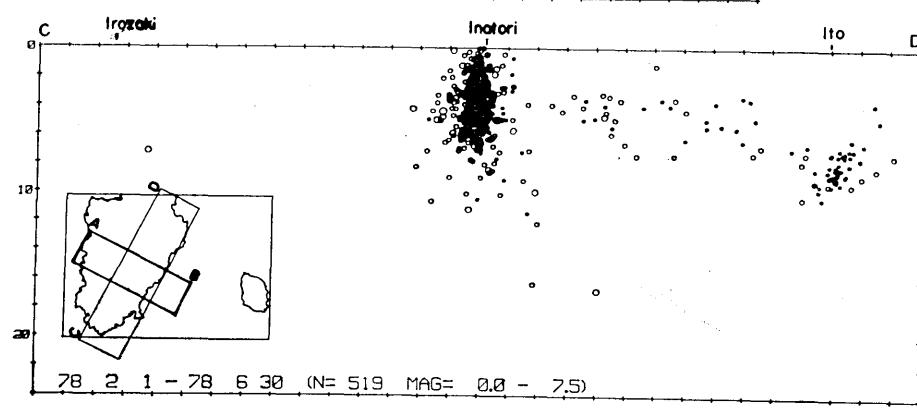
Fig. 28. Epicentral distribution of microearthquakes in June 1978.



(a)



(b)

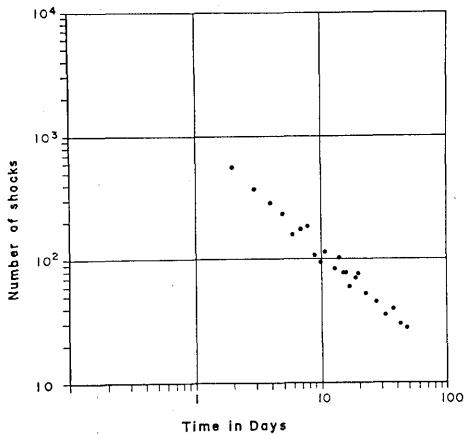


(c)

Fig. 29. Epicentral distribution of microearthquakes in the period from February to June 1978(a), and the vertical sections(b) along the trend of epicentral distribution of aftershocks in the Izu Peninsula (A-B), and perpendicular to the trend (C-D).

が発生している。しかし、6月5日—7日頃その北東端に当る伊東市川奈付近に、微小地震 ($M < 2$) のみよりなる群発地震が発生した以外には、顕著な活動はみられなかった。

第30図は、OKNにおける余震回数の減少状況を両対数グラフで示した。上記のような余震域各部分での著しい違いにもかかわらず全体としてみると $P=0.9$ で順調に減少したことがわかる。



7. 前震・余震活動の微細構造

余震活動は全体としてみれば、その活動区域の大きさや、地震回数の減少が、

統計的法則に従っているようにみえる。しかし、余震域を、さらに適当に分割してみれば、別々の性質をもつ部分から構成されている場合がある。UTSU (1970) は、そのような活動部分を分類し、いくつかの大地震について実例を示している。今回の活動も、本震のマグニチュードにくらべて、活動範囲が広く、いくつかの明瞭な部分から構成されていることがわかった。即ち、第31図に模式的に示すように、

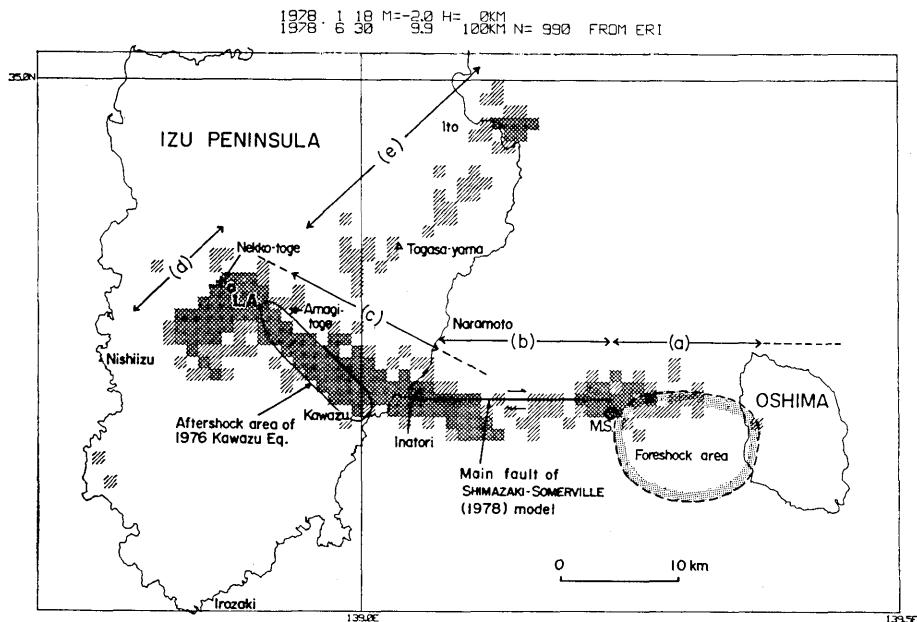


Fig. 31. Constituent regions of the seismic activity related to the Izu-Oshima-kinkai earthquake.

- (a) 前震となった群発地震——伊豆大島西側
- (b) 主破壊域の余震活動——本震—稻取間
- (c) 副次的な破壊域における群発性をもった余震活動——稻取一天城峠—猫越峠間
- (d) 隣接地域における前震一本震—余震活動——猫越峠より南西にのびる部分
- (e) 隣接地域に誘発された群発地震——天城峠—伊東間

前節までに示した期間別の震央分布図と、時空間表示図（第19図）によって、これらの構成部分の活動経過を知ることができるが、前記の震源決定された地震は、観測状態とサンプリングの方法にかなり影響されているおそれがあるので、ここでは、次のようにして、

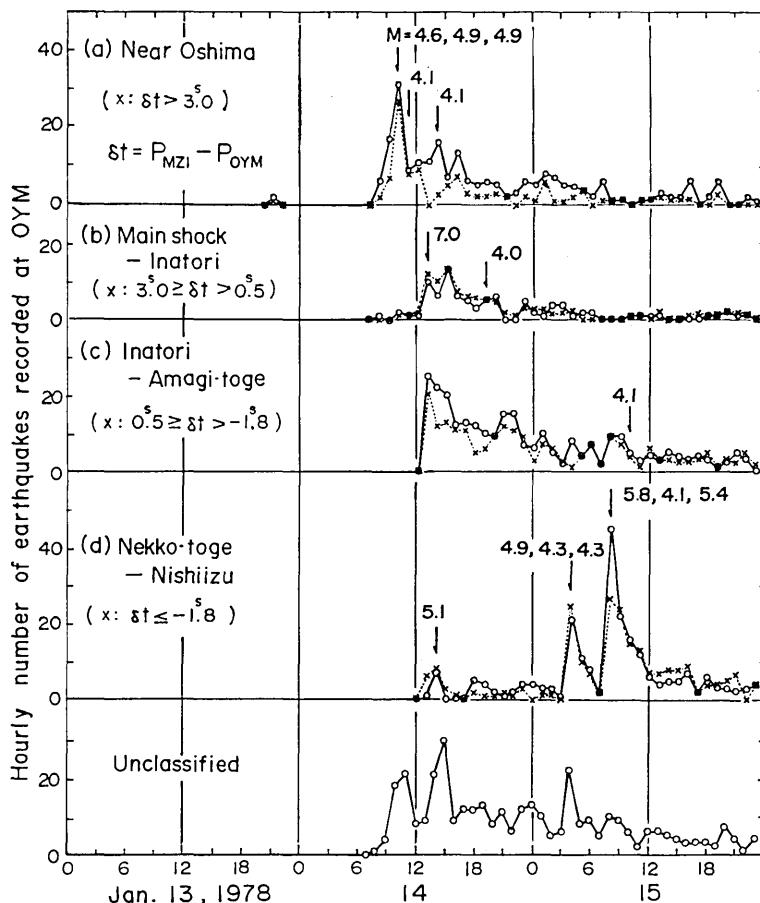


Fig. 32. Number of earthquakes classified with their epicentral locations. From all the earthquakes with S-P time 8-12 sec at Ohyama (OYM), number of events in each constituent region was counted with two kind of criteria; (A) located epicenter falls in each region, and (B) travel time difference (δt) between Ohyama and Mizumiyo (MZI) falls within the range corresponding to each region. As OYM is situated at a point nearly perpendicular to the trend of epicentral distribution and MZI is situated on its western extension, the travel time difference between these stations gives a good measure of epicentral location.

各部分の活動経過を表わしてみた。まず、a)～d) のどの部分からもほぼ等距離 ($\Delta=70\sim80$ km) にある大山 (OYM) において、よみとり可能な地震をすべてリストアップする。これによって、比較的均一なサンプリングが行われたと考えられる。次に、(A) これらのうち震源が求まっているものおよび震央の推定できるものを (a)～(d) のグループごとに数える。また、(B) 余震域の延長上にあって、震源の東西方向の動きの影響が走時に、直接現われる水見色 (MZI) と、上記のように、ほとんど変化しない OYM の走時差をとり、(a)～(d) に相当する走時差をもつものの数をそれぞれ数える、という 2 つの方法で分けてみた。第32図は、このようにして数えた 1 時間ごとの各部分の地震回数の変化を、分類できなかった地震回数とともに示したものである（この図では、たとえば 11 時 30 分～12 時 29 分の回数は 12 時にプロットされている）。(a) の活動は、群発型で、この図からは本震後著しく増加したとはみえない。大島測候所のデータ（第40回地震予知連絡会気象庁資料）によると、13 時～14 時台の S-P 2 秒以下の地震回数は午前中の前震活動のピーク時の回数と同程度である。(a) の部分では、群発地震の回数が本震の影響を受けて若干増加した程度の変化であったようである。SHIMAZAKI・SOMERVILLE (1978) が、長周期地震波形、強震計波形、測地測量データ等から主破壊の生じた部分と考えている (b) の部分の活動は、本震直後数時間は活発で、東西方向の配列が明瞭であったが、東西両側にくらべて急速に衰えた。長期間にみても 4 月以降の分布では、本震のごく近傍に少数発生しているのみで、先に述べたとおり東西に連なる活動があったとは想像もできない。余震域の中央部の活動が両端にくらべ、低くなるという例は時々あり、1974 年伊豆半島沖地震や 1976 年河津地震でも、その傾向がみられたが（余震共同観測班, 1974; 津村他, 1977），今回は特にその傾向が著しかった。(c) の部分は、本震直後すくなくとも 10 分以内に活動を始め、一番長く明瞭な活動が続いている。この部分は、くわしくみると、河津地震の余震域と一部重なっている。即ち、第22図、第23図および第24図によると、天城岬の南側から南東に向う余震の並びは、河津に向うものと、稻取に向うものに分れている。前者は、河津地震の余震域（津村他, 1977）と全く一致し、後者は、今回主として活動がみられた部分である。3 月以降の図では前者 (KWZ 近傍の地震) はほとんどみられなくなっている。両者が合流している天城岬付近は、1977 年前半と後半のいずれにおいても活発な活動がみられた場所であり、それ以前の各月の震央分布図でもほとんどに活動がみられる（津村他, 1977）。また、1974 年伊豆半島沖地震後活動が誘発された場所もある（唐鍊他, 1974）。従って、この部分は、小さい歪変化を受けても、容易に地震を群発させる性質をもっているものと考えられる。なお (c) の部分の余震配列は、村井・金子 (1976) に示された活断層やリニアメントの配列とよく一致している（第33図）。(d) の部分は、1975 年以来の観測では、ほとんど活動がみられなかった、新たな破壊域である。本震後約 20 分の 12 時 46 分には、すでにこの部分にも活動が及んでいる。13 時 41 分には、M=5.1 の地震が発生したが、地震回数はあまり増えなかった。これに対して、翌 15 日 03 時 46 分の M=4.9 の地震後は、地震回数が急増、一見その余震活動とみられる形で減衰した後、07 時 31 分にこの部分の本震である M=5.8 の地震（全体をひとつにみた場合の最大余震）が発生した。これに伴なう 2 次余震が新たな部分に拡大したことは、震源決定結果（第18図）からも、MZI-OYM の走時差の変化からも証明される。後者では、それまで、-2.7 秒以上であ

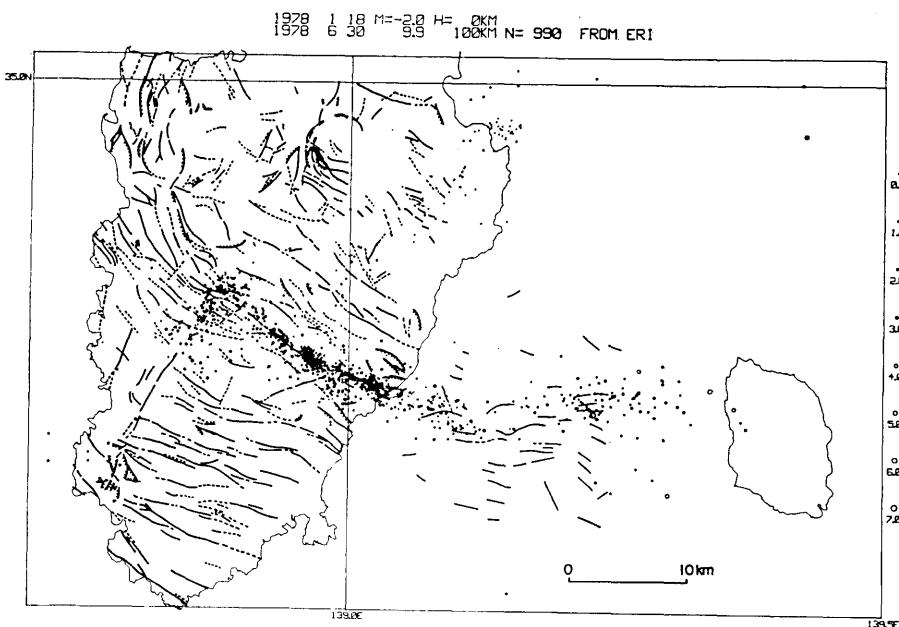


Fig. 33. Active faults and lineaments in the Izu Peninsula and its vicinity (after MURAI and KANEKO, 1976, and Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, 1978, report to the Coordinating Committee for Earthquake Prediction) and distribution of aftershocks.

ったものが、-3.7秒まで範囲が拡がっている。従って (d) は、典型的な前震一本震一余震系列であるが、さらにくわしくみれば、前震・余震を含む北東側の部分と余震のみとなる南西側の部分に分割される。これらは、上記の (a) と (b)，あるいは (a) と (b)+(c) に相当することになるが、(a) が群発的な前震活動であるのに対し、(d) の北東部分は、本震一余震的な前震活動であって、河津地震（津村他, 1977）や1976年6月16日の山梨県東部の地震の前震活動（気象庁地震課, 1977）に似ている。今回の活動では、第19図にみられるように、余震活動が次第に (d) の部分に集中してゆく傾向が顕著であって、MOGI (1968) の岩石破壊実験における AE の主破壊部分への集中の図と類似していることは興味深い。今回の最大余震は、それ自体も被害を伴なったが、このような被害を生ずる大きい余震の発生を予測することは、防災上重要な意義をもっている。今回の豊富な観測資料をさらにくわしく分析することにより、大きい余震の発生過程について研究が進展することが期待される。(d) における2次余震の減衰は (c) の部分よりも急であったようである。

辻浦 (1977) によれば、(a), (c) では、ストレスドロップの低い地震、(b), (d) では、高い地震が発生している。これは、これ迄述べた過去の地震活動の履歴と、今回の活動経過から予想される傾向とよく一致している。

余震域が時間とともに拡大する現象は、多くの実例が知られている（たとえば、MOGI, 1968）ので、震源断層を推定する場合、本震後1日間位の余震分布の範囲を、断層面と仮

定することが一般的に行われている。しかし、今回の結果は、1日間位の短期間をとっても、そのような仮定が必ずしも成り立たないことを明瞭に示したものと言えよう。今回の活動は、前震余震活動の複雑な構造が顕著な例であったと考えられるが、一般的にある程度は、このような性質を含むものと考えられるので、震源断層を正確に推定するためには、長周期地震波の解析等の結果と併せて、本震直後の余震活動過程のくわしい分析も重要であろうと考えられる。

8. む　す　び

1978年伊豆大島近海地震前後の地震活動の経過を、伊豆半島の微小地震観測網および周辺の観測網のデータを用いて調査した結果、次のことがわかった。

- 1) 伊豆半島では、約6ヶ月前に、微小地震の分布パターンに顕著な変化がみられた。
- 2) 本震の2日前から始まった前震活動は本震の約4時間前から極めて活発となつたが本震の1時間余り前からは一時静穏化した。
- 3) 本震は14日12時24分に前震域の西端に発生した。本震直後の余震域は、細長く西方にのび、伊豆半島中部に達した。
- 4) 約50kmにわたる余震域は、震央分布から3つの区域に、活動経過を考慮すると4つの区域に分けられる。
- 5) 主破壊が起ったと考えられる本震震央と稻取の間は余震域全長の1/3にすぎず、この部分の余震活動は、本震直後活発であったが急速に衰えた。
- 6) 15日07時31分に発生した最大余震の前には、その震央付近に活動が集中する傾向がみられた。またこの地震に伴って2次余震域の拡大がみられた。
- 7) 1976年の河津地震の余震域と、今回の地震の余震域とは、梨本付近では、完全に一致しているが、ここから河津に向う部分と稻取に向う部分に分岐し、前回は前者が、今回は後者が主として活動した。
- 8) 伊豆半島内における余震分布は、活断層分布と調和的である。

大地震に伴なう地震活動は、主破壊に直接関係する活動と、これに誘発された活動を含む、複雑な構造をもっていると考えられるが、今回の地震は、そのような例として典型的なものとみられ、主破壊面の大きさを余震分布のみから推定するのは危険であることが示された。

本調査は、膨大な観測データの一部を解析したにすぎない。今後、諸機関のデータを含む共同整理がすすめば、前震活動や大余震の発生に至る過程等地震予知研究上重要な知見が得られるものと期待される。

謝　　辞

終りに当り、伊豆半島において観測に当つて頂いている、小川一雄（奥野）、後藤利雄（河津）、堀井修二（市山）、千葉大学園芸学部附属熱川暖地農場（奈良本）、西伊豆町生活改善センター（祢宜畑）および津田謙（大仁）の皆様ならびに移動観測にも御協力頂いた

地元自治体等の関係者各位に厚く御礼申し上げます。1月分の震源決定に際しては、名古屋大学理学部、京都大学理学部、東北大学理学部、気象庁、国立防災科学技術センター、電力中央研究所土木技術研究所および 地震研究所大島臨時観測班のデータの一部を利用させて頂きました。

移動観測には、溝上恵助教授が参加した。また、データ整理の一部は、酒井要、井本良子、三浦勝美の諸氏が分担した。震源計算等の処理は、地震研究所地震予知観測センターにおいて行われた。

今回の調査研究は、多年にわたり推進されてきた地震予知計画による観測態勢の整備と、関連諸機関の緊密な協力を背景として行われたものである。地震発生後の調査には、昭和52年度文部省科学研究費（代表者大沢胖）からその経費の一部が支出された。また、祢宜畑および大仁における観測は、東京海上各務記念財団よりの研究助成金を得て実施された。以上の関係者各位に感謝致します。

文 献

- 青木治三・大井田徹・山崎文人・山田 守・奥田 隆, 1978年伊豆大島近海地震の前震と余震, 1978年伊豆大島近海の地震による災害の総合的調査研究報告, (1978) 3-5.

堀 実, 堂平微小地震観測所の観測による近地地震のマグニチュードの決定, 地震研究所研究速報, 10(4) (1973), 1-4.

石橋克彦・平田 直・須藤研, 1978年伊豆大島近海地震と主な前震・余震の震源位置とメカニズム, 地震学会講演予稿集, 1978, No. 1, 59.

神定健二・中村 功・津村建四朗, 半自動処理による1978年伊豆大島近海地震の前震・余震分布, 地震研究所彙報, 53 (1978), 707-719.

唐鎌郁夫・津村建四朗・高橋正義・荻野 泉・酒井 要, 1974年伊豆半島沖地震の余震観測—伊豆半島下賀茂, 松崎および奥野における観測速報一, 地震研究所研究速報, 14 (1974), 55-67.

笠原順三・是沢定之・南雲昭三郎・下鶴大輔, 伊豆大島における1978年伊豆大島近海地震 ($M=7.0$) の余震観測, 1978年伊豆大島近海の地震による災害の総合的調査研究報告, (1978), 8-9.

気象庁地震課地震活動検測センター, 1976年6月16日の山梨県東部の地震について, 地震予知連絡会会報, 17 (1977), 29-30.

国立防災科学技術センター, 伊豆大島近海地震 (1978.1.14) の異常に小さい前震のm値, 地震予知連絡会会報, 20 (1978) 53-55.

MOGI, K., Development of aftershock areas of great earthquakes, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46 (1968a), 175-204.

MOGI, K., Source locations of elastic shocks in the fracturing process in rocks (1), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 46 (1968b), 1103-1125.

村井 勇・金子史朗, 南関東の活断層分布図 (関東地区災害資料の解析・総括的研究), (1976), 1-14.

SHIMAZAKI, K. and P. SOMERVILLE, Summary of the static and dynamic parameters of the Izu-Oshima-Kinkai earthquake of January 14, 1978, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 53 (1978), 613-628.

辻浦 賢, 前震本震余震系列における地震波のスペクトル解析 1978年伊豆大島近海地震について, 地震研究所彙報, 53 (1978), 741-759.

津村建四朗, 伊豆半島の異常地殻活動と地震予知, 地震予知研究シンポジウム, 1976 (1977), 46-55.

津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・酒井 要・高橋正義, 伊豆半島における群発地震の観測 (1975~1977), 地震研究所彙報, 52 (1977), 113-140.

UTSU, T., Aftershocks and earthquake statistics (II), Further investigation of aftershocks and other earthquake sequences based on a new classification of earthquake sequences, *Journ. Faculty of Science. Hokkaido Univ.*, Ser. VII, 3 (1970), 197-266.

余震共同観測班, 伊豆半島沖地震とその余震の観測, 1974年伊豆半島沖地震災害調査研究報告(1975),
11-20.

34. *Seismic Activities Before and After the
Izu-Oshima-kinkai Earthquake of 1978.*

By Kenshiro TSUMURA, Ikuo KARAKAMA, Izumi OGINO
and Masayoshi TAKAHASHI,
Earthquake Research Institute.

The Izu-Oshima-kinkai earthquake with M 7.0 occurred on January 14, 1978 beneath the sea between Oshima Island and the Izu Peninsula, where the microearthquake observation network has been operating to monitor the anomalous crustal activity since 1975. The earthquake sequence of the present event was investigated on the basis of seismological data from the Izu Peninsula network and other seismographic stations in the surrounding areas, and its complex structure was elucidated.

The trend of epicentral distribution of microearthquakes in the peninsula turned by about 90°, from NE-SW to SE-NW, about 6 months before the present earthquake. Earthquake swarms occurred in October and November 1977 near Oshima Island, at almost the same place as the present foreshock activity. Those activities might be some mid-term precursory phenomena.

Microearthquake activity near Oshima Island began on January 12, 1978, and became more obvious when a shock with M 3.7, followed by several smaller shocks, occurred. Remarkable foreshock activity began at 08: 07 on the 14th and it was especially active in the 1.5 hour period from 09: 30 to 11: 00 including two M 4.9 shocks. Most epicenters of foreshocks concentrated in a small area of about 10 km in diameter west of Oshima Island. After a relatively calm period of about one hour, the main shock occurred at 12: 24, near the western edge of the foreshock area. Immediately after the main shock, a long and narrow aftershock area, about 50 km long and several km wide, extended from Oshima Island to the central part of the Izu Peninsula. After a shock with M 4.9 at 03: 46 on the 15th, epicenters tended to concentrate in the westernmost part of the aftershock area and the largest aftershock with M 5.8 took place there at 07: 31, then secondary aftershock area extended southwestwards. Focal depths of those shocks were mostly shallower than 10 km.

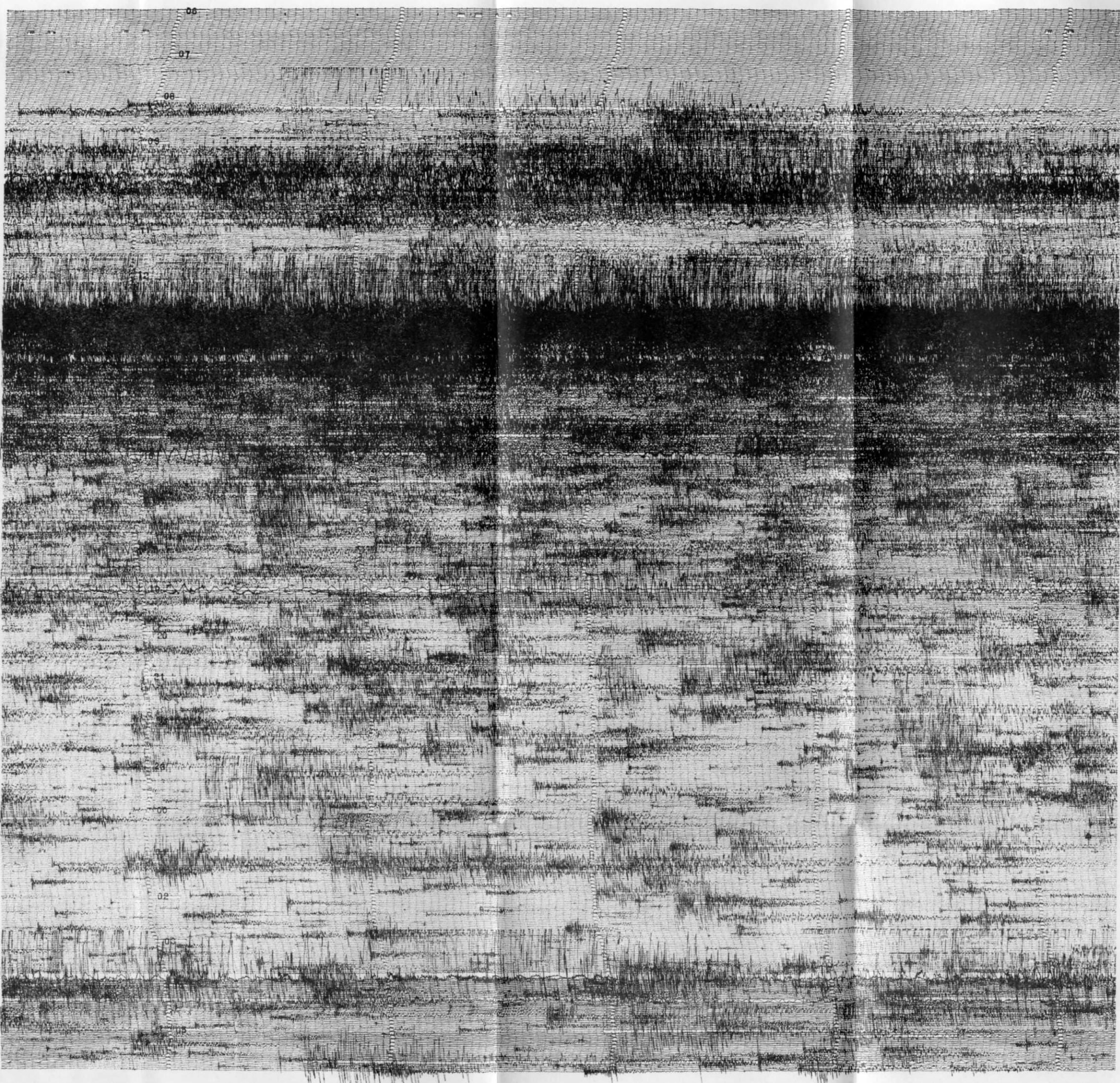
The seismic area related to the present earthquake can be divided into four parts with different characteristics: (a) foreshock area near Oshima Island (swarm type activity), (b) main faulting zone(proposed by SHIMAZAKI and SOMERVILLE, 1978) between the epicenter of the main shock and Inatori on the east coast of the Izu Peninsula, trending E-W (main shock-aftershock type), (c) subsidiary faulting zone from Inatori to Nekko-toge, trending SE-NW (aftershock type activity with swarm-like nature), and (d) secondary aftershock area of the largest aftershock from Nekko-toge to Nishiizu, trending NE-SW (probably independent foreshock-main shock-aftershock type activity triggered by the main shock). Distribution of epicenters in regions (c) and (d) is consistent with the trends of active faults and lineaments in the vicinity.

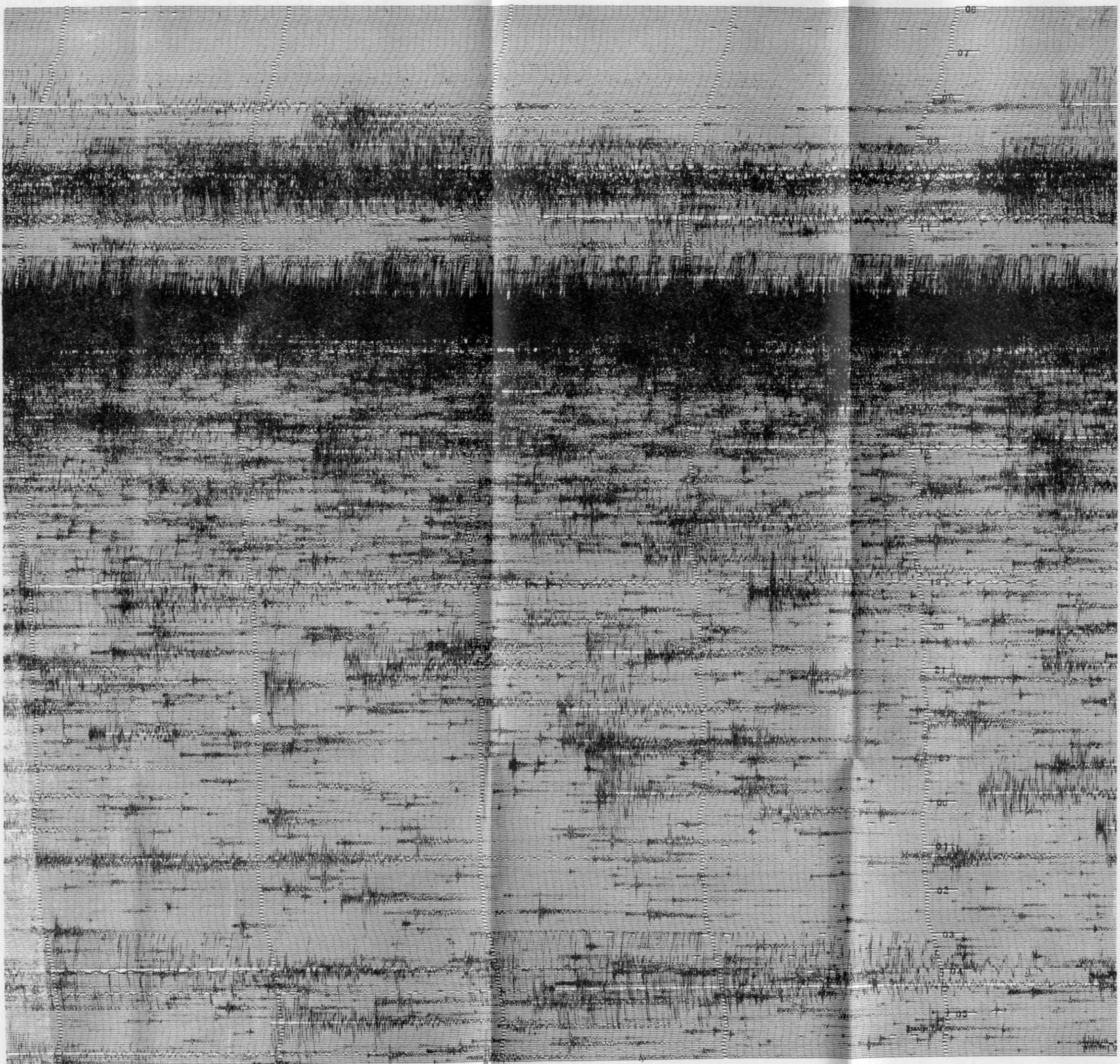
It should be noted that the seismicity in regions (b) and (d) where the main shock

and the largest aftershock occurred was very low in the past, while earthquake swarms occurred frequently in regions (a) and (c). The aftershock area of the 1976 Kawazu earthquake ($M=5.4$) is partly overlapped by the present activity in region (c). The difference of seismic wave frequencies between these regions found by TSUJIURA (1978), higher in regions (b) and (d), and lower in (a) and (c), seems to reflect such difference in the seismic activity.

The aftershock activity in region (b) decayed so rapidly that it becomes difficult to point out the place of main faulting on the epicenter maps after March 1978, while the activity in region (c) is clearly seen.

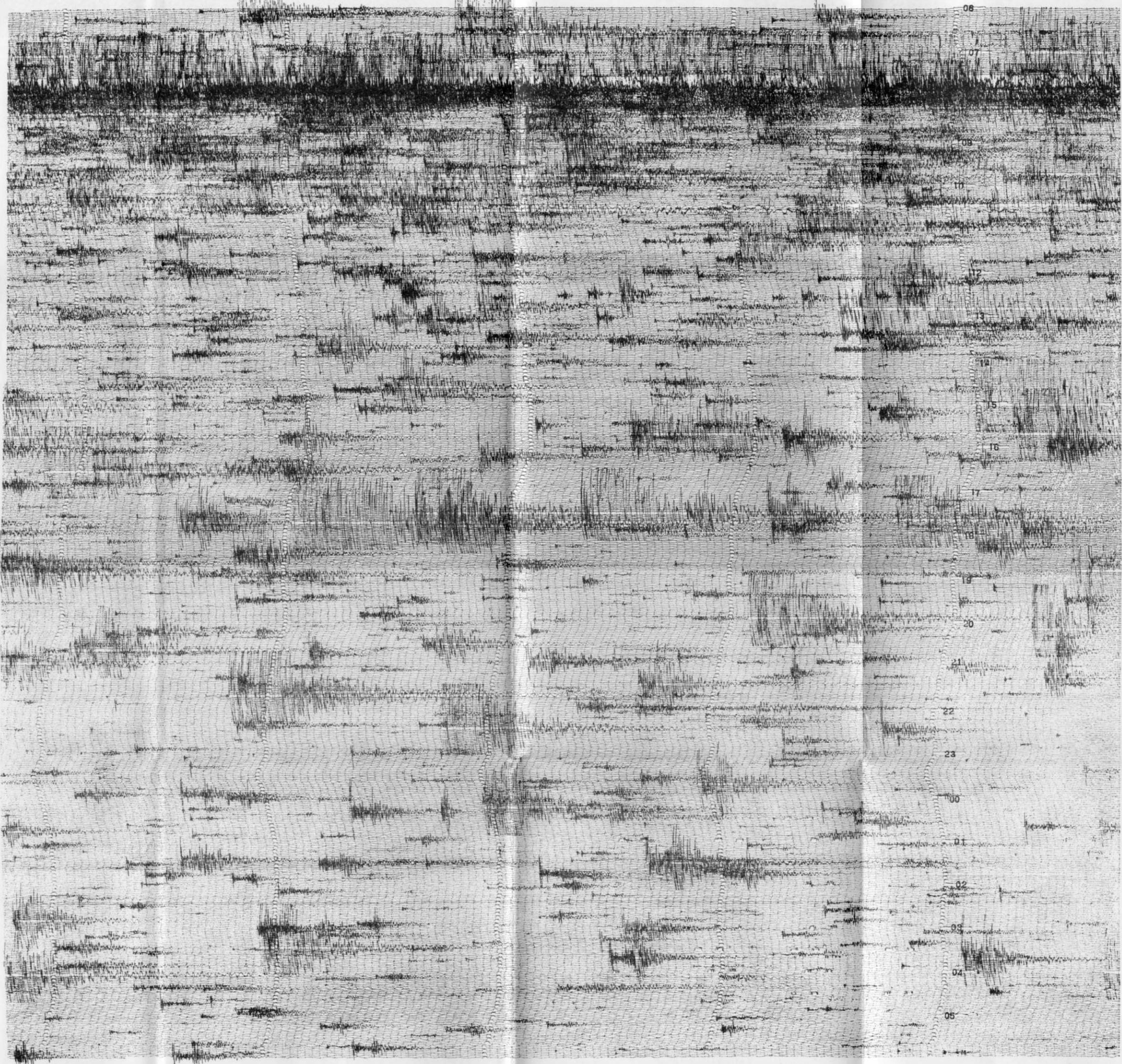
The source parameters are often estimated on the assumption that the aftershock area within a short period, say one day, after the main shock represents approximately the ruptured fault plane. But in the present case, provided the fault model proposed by SHIMAZAKI and SOMERVILLE (1978), the length of the main fault is only one third of the total length of the aftershock area within one day after the main shock. Although the present event seems to have been an extreme case, other larger events may have similar complexity to some extent. Therefore, observation and detailed analysis of earthquake sequence are very important to estimate the source parameters accurately.



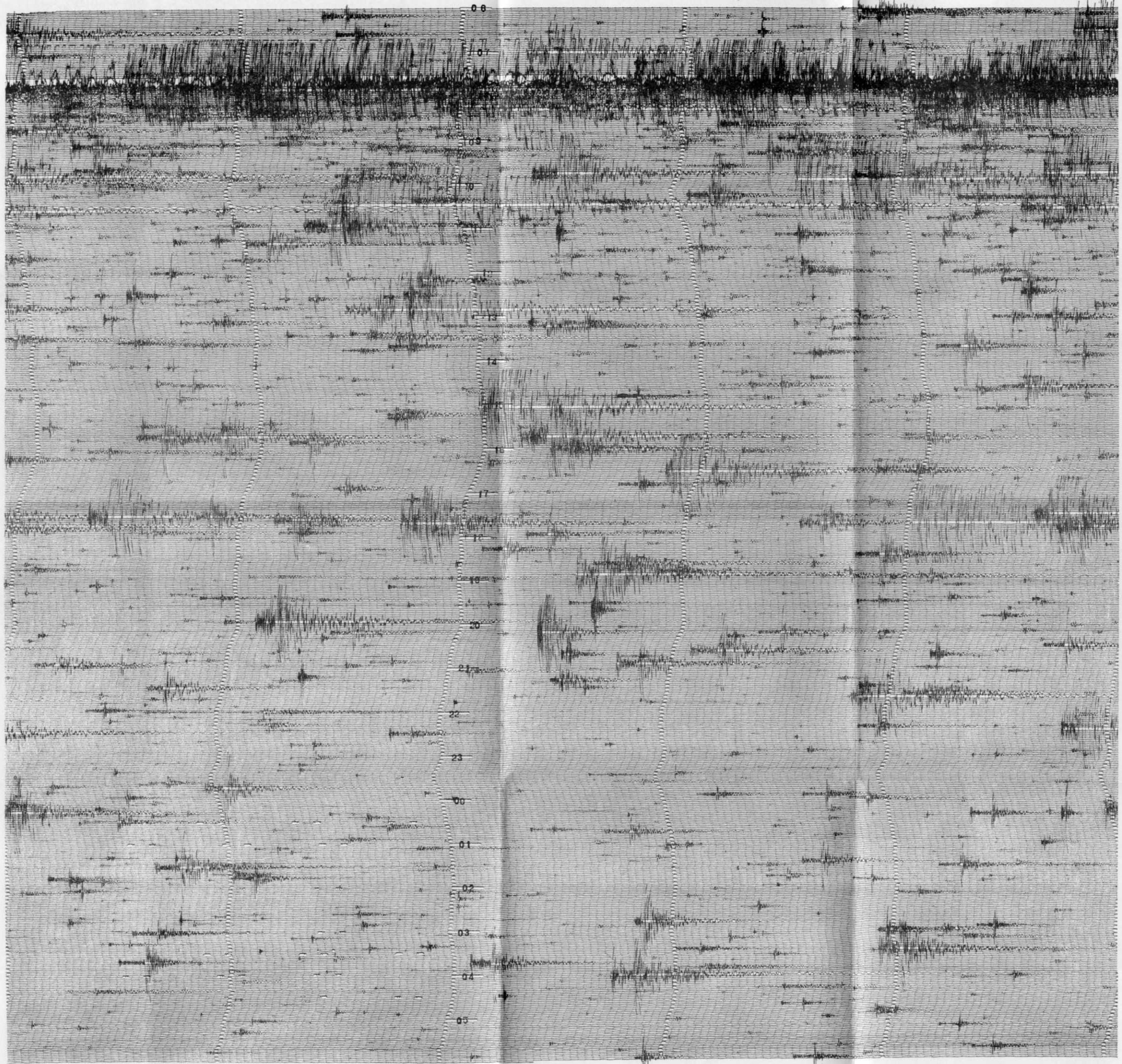


OKUNO JAN. 15, 1978. 05.59. 101

D



OKUNO JAN. 15. 1978. 05.59 162



JAN. 16. 1978. 06.01.