

## 伊豆半島川奈崎沖における群発地震活動について

——1978年11月23日～12月31日——

井元政二郎\*、大竹政和\*、松村正三\*、笠原敬司\*\*、山水史生\*、  
大久保正\*、立川真理子\*、浜田和郎\*\*\*

国立防災科学技術センター

### Earthquake Swarm off Kawana-zaki, Izu Peninsula November 23-December 31, 1978

By

M. Imoto, M. Ohtake, S. Matsumura, K. Kasahara, F. Yamamizu,  
T. Ohkubo, M. Tatsukawa, and K. Hamada.

*National Research Center for Disaster Prevention, Japan*

#### Abstract

An earthquake with magnitude 5.0 occurred near Inatori, the east coast of Izu Peninsula, on November 23, 1978, and was followed by many felt shocks occurring in a small area off Kawana Point. The earthquake swarm lasted until the end of 1978. This swarm activity was monitored regarding to the number of shocks, the S-P times and the Ishimoto-Iida's coefficient based on the data obtained at the Nakaizu station of the National Research Center for Disaster Prevention (NRCDP). The hypocentral parameters of the larger shocks are determined by using the seismographic network of the NRCDP.

Size of the present swarm was found to be only 1/50-1/100 in total number of shocks, and 1/2-1/10 in the swarm area compared with the Ito swarm which took place nearly at the same place in February-May, 1930. The Ishimoto-Iida's coefficient gradually decreased until December 3, but it recovered the initial value in the later stage of the activity. Although we did not find any indication that the swarm activity is a precursor to a large earthquake, intensified monitoring of the crustal activity is still necessary in this area judging from the recent trend of seismic activity in the Izu Peninsula region.

#### 1. はじめに

1978年11月23日10時43分に、伊豆半島東岸の稲取付近で $M=5.0$ の地震が発生し、それに続いて24日から川奈崎沖合で多数の有感地震が群発し始めた。この群発域の中で発生した最大の地震は、 $M=5.4$ （12月3日22時16分）である。われわれは、こ

\* 第2研究部地震活動研究室      \*\* 同地震防災研究室  
\*\*\* 同主任研究官

れら一連の活動の推移を監視するため、時々刻々記される膨大な記録を速やかに処理し、予知の判断を下すに役立つと思われる資料作りを可能な範囲で行なった。

国立防災科学技術センター（防災センター）では、中伊豆町に中伊豆地殻活動観測施設（JIZ）を設け、1976年12月から観測を続けている。関東・東海地域全体では図1に示される地点に、地震、傾斜観測点があり、房総半島の4観測点を除いて電話回線によるテレメータがなされ、筑波研究学園都市内の防災センターで記録されている。筑波での記録方式はイベント・トリガー方式でペンレコーダに全観測点の地震計信号が記録される他、中伊豆、岩槻、下総、大平の上下動成分については、4mm/secの連続記録（尾池他、1976）が行なわれている。

防災センターの観測点のうちJIZが震源から約20kmの距離にあり記録も豊富であるが、他の観測点では震源からかなり離れるために、検知される地震はJIZ程ではなかった。従って、活動の監視もJIZの記録を中心にした。個々の地震の発生場所・時刻と大きさを知ることが、地震活動を把握するための基礎になるが、一つの観測点からは、これらを完全に求めることはできない。そこで、われわれはJIZにおいて検知された地震のうち、今回の群発活動と思われるものについて、S-P傾度分布とm値の変化を即時調査していた。さらに、比較的に大きい地震については、防災センターの観測網から震源を決定することができた。1978年末には群発活動がほぼ終息したので、11月23日～12月31日の39日間の調査結果を報告する。

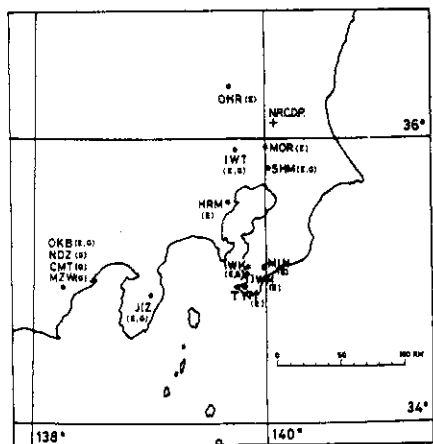


図1. 観測点配置図

黒丸は筑波研究学園都市の国立防災科学技術センターで記録されている観測点、白丸は現地で記録されている観測点である。EおよびGは観測計器として地震計、傾斜計が設置されていることを示す。

Fig. 1 Distribution of the observation stations.

Closed and open circles show those stations of which data are recorded at the National Research Center for Disaster Prevention and at the individual stations, respectively. Operational instruments are also shown by E (seismometer) and G (tiltmeter)

## 2. 伊豆半島付近の最近の地震活動

1974年5月9日に発生した伊豆半島沖地震 ( $M=6.9$ ) 以後、伊豆半島においては地震活動が活発になっている。1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震 ( $M=7.0$ ) では、伊豆大島に被害を生じた他、伊豆大島付近から東西に走る右横ずれ断層が現われ、その西端および西部延長部にあたる伊豆半島中部東岸から中央部にかけても大きな被害が生じた。伊豆半島には、過去に何度も被害地震が発生しており、そのなかでも最近では伊東群発地震 (1930年2月~5月) から北伊豆地震 (1930年,  $M=7.1$ ), 東伊豆地震 (1932年,  $M=4.7$ ), 南伊豆地震 (1934年,  $M=5.5$ ) に至る活動があり、北伊豆地震により伊豆半島北部で大きな被害が生じた。その後、伊豆半島においては伊豆半島沖地震までこれといった地震は発生しなかった。1970年1月から1978年10月までの期間に伊豆半島に発生した地震の震央を図2(a)に示す。震源要素は気象庁で決定された値を用いている。これらの地震の発生時刻と緯度についての時空分布を図2(b)に示す。図2(b)からも、1974年の伊豆半島沖地震以降、地震活動が活発になっているのがよくわかる。

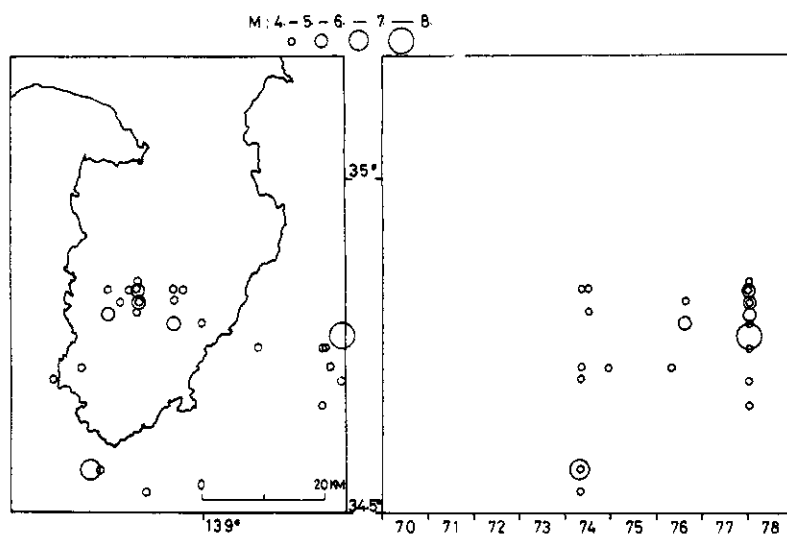


図2. 伊豆半島周辺における地震の震源

1970年1月から1978年10月までに発生したマグニチュード4以上の地震。震源要素は気象庁の資料による。(a): 震央分布図, (b): 時空分布図よこ軸, たて軸は発生時刻と緯度。

Fig. 2 Epicenters of the earthquakes with magnitude 4 or larger which occurred in and near Izu Peninsula during the period from Jan.1970 to Oct.1978. Coordinates of the foci are after the Japan Meteorological Agency.

(a) : Epicenter map.

(b) : Space-time plot. Abscissa and ordinate indicate the origin time and latitude, respectively.

### 3. 地震発生数の時間変化

検知される地震の数によって観測点付近のおおまかな地震活動度を把握することができるので、防災センターでは従来、連続記録上で最大振幅が一定値以上の地震について、各観測点別の発生数を数えている。また、試験的にではあるが、計算機によっても地震信号が監視計数されており、計算機が地震と判定した信号の時刻が出力されている(松村他, 1979)。

図3に、11月23日から12月31日の期間にJIZにおいて検知された、最大地動速度  $107\mu\text{kine}$ (片振幅)以上の地震の2時間毎の発生数を棒グラフで示す。また、計算機によって判定された地震の回数が折れ線グラフで示されている。地震発生の少ない時期には、これら二つのグラフはよい一致を示しているが、発生数の多いときには、計算機の方が大きな値を示している。これはおもに連続記録計による可視記録の読取りでは、地震波形の重複により、かなりの読み落しが生ずるためである。従って、地震が多数頻発している時期には計算機による計数の方が地震回数変化をより忠実に表現しているものと考えられる。JIZにおける7月から10月の1日当たり地震頻度は5~10個であり、11月23日の地震発生直前の頻度も、それと大差なかった。

図3には、伊豆半島内で震度Ⅱ以上を記録した地震が矢印で示されている。なかでも、12月3日22時16分に発生した地震は、網代で震度Ⅳをはじめ東京・横浜・三島他で震度Ⅲ、飯田・甲府・秩父他で震度Ⅱ等各地で感じられたものであり、今回の活動で最大規模( $M=5.4$ )の地震であった。これ以後、群発活動も低下して、今日に至っている。

図3からもわかるように、地震発生が2~3時間内に集中する傾向がみられた。11月においてとくにその傾向が強いが、12月になるとそれほどではない。11月末から12月初めにかけて、発生機構にかかわる変化が生じたのかも知れない。

今回の群発域は、JIZからおおよそ20 km 離れており、最大片振幅  $107\mu\text{kine}$  以上であるから、渡辺(1971)の式によると、おおよそ  $M \geq 1$  の地震を計数していることになる。1930年の伊東群発地震の際に観測された  $M$  別度数分布から、グーテンベルグ・リヒターの式を用いて、 $M \geq 1$  の地震がおおよそ300,000回発生したと推定されている(気象庁, 1977)。今回の活動については、可視記録上で  $M \geq 1$  の地震をおおよそ3,000回(計算機によるトリガー回数からは、4,500回程度と推定)検知しており、伊東群発地震に比べて1~2桁程度規模の小さい活動だと考えられる。

### 4. S-P 頻度分布とP波の初動方向

震源の位置を正確に決めるためには一般に数観測点以上のデータが必要とされる。しかし、

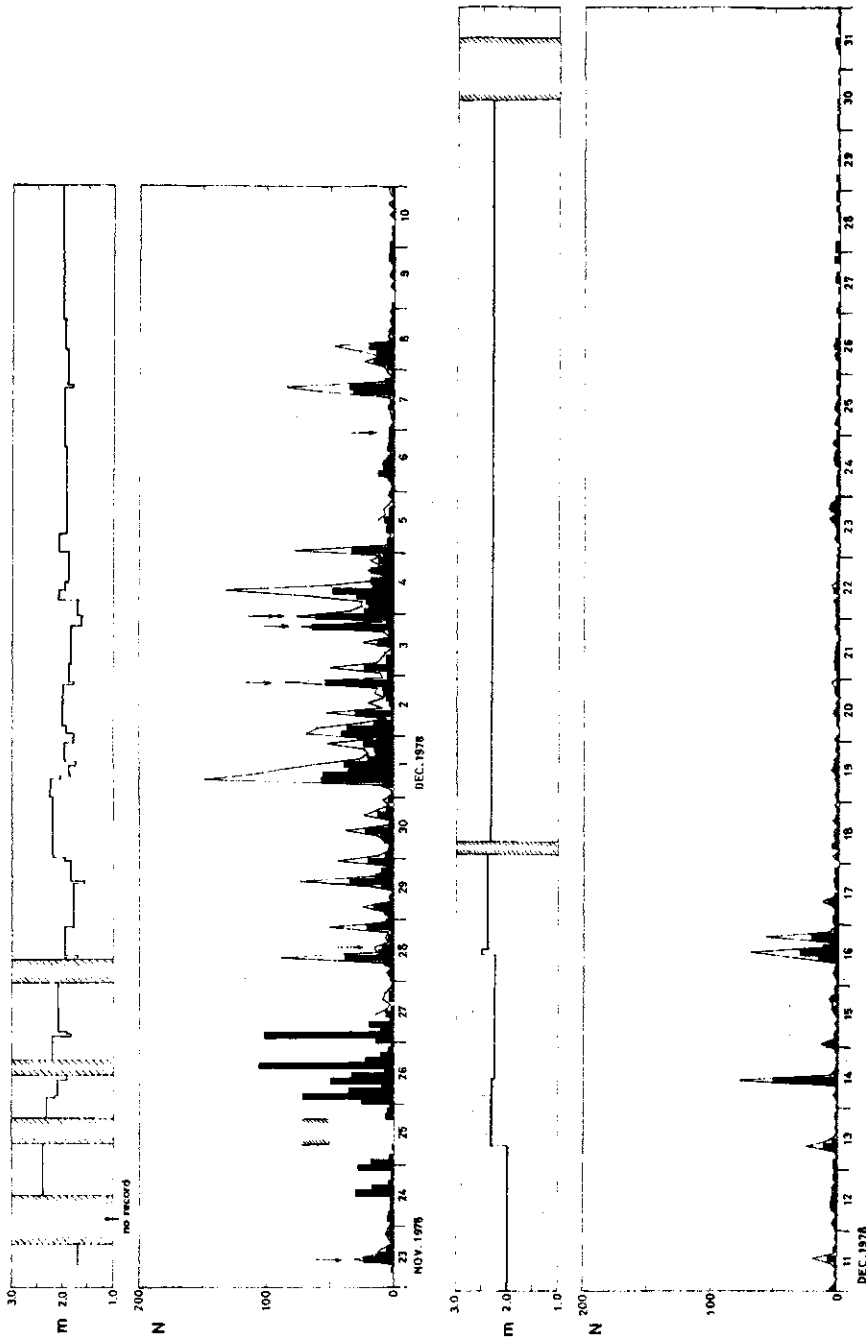


図 3. 地震回数および石本-飯田の係数  $m$  値の変化

地震回数の柱状図は連続可視記録による計数、折れ線は計算機による計数（共に2時間毎）である。

Fig. 3 Variations of the earthquake frequency and the Ishimoto-Iida's coefficient,  $m$ . The histogram and the folded line show the earthquake frequency for every two hours based on the visible record and that by the computer, respectively.

1 観測点のデータしかない場合でも、 $S-P$ 時間と3成分の $P$ 波初動振幅とから震源のおよその位値を推定することができる。今回の群発地震においては、 $JIZ$ で $S-P$ が2.7 sec前後、また $P$ 波初動がDown, EastまたはUp, West の方向で $N-S$ 成分の振幅がきわめて小さいことから、 $JIZ$ 東方約20 kmのあたりに密集して地震が発生したことがわかる。われわれは、地震群発域の拡大・縮小・移動を遅滞なく検知することを目的として、 $JIZ$ で $S-P$  5.0秒以内の地震の $S-P$ 時間を刻々計測し、あわせて $P$ 波初動方向に変化が現われないかどうかを注意深く監視してきた。計測に用いたのはイベント・トリガー方式の可視記録(1.参照)である。震源域の動きとくに注意を払ったのは、1974年伊豆半島沖地震以来伊豆半島地域で地震活動域の北方への移動が認められ、本群発地震によって活動域がさらに北進する結果となったためである。

$JIZ$ における $S-P$ 時間の頻度分布を日別に示したのが表1である。数字は各 $S-P$ 時間ごとの日別地震回数で、もっとも頻度の高いところに下線を付してある。ただし、地震が小さかったり重なったりして $S-P$ が正確に読みとれないものはこの中に含まれていない。また、記録器のトラブルで長時間欠測した時期もあるので、ここに示した地震回数は前節で示した地震回数とは一致しない。 $P$ 相、 $S$ 相の初動立ち上がりはともにきわめて明瞭であった。各地震の $S-P$ 時間は概ね $\pm 0.1$  sec以内の精度で計測されていると考えてよい。

$S-P$ 時間から見た群発活動の推移の特徴を以下に記す。まず、11月23日の揺取付近の地震に続いて、その余震とみなされるものが $S-P=2.0\sim 2.5$  secの区間に多発した。11月24日以後は地震活動の中心が $S-P=2.7$  sec付近に移り、同時に群発域は徐々に拡

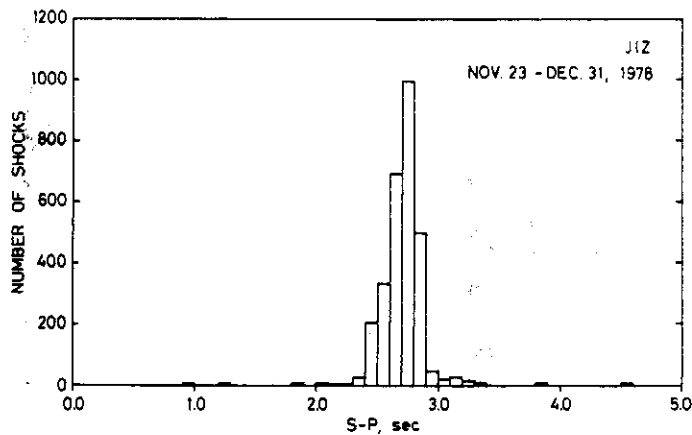


図4. 累計 $S-P$ 頻度分布

Fig. 4  $S-P$  distribution of shocks during the period Nov. 23-Dec. 31, 1978.

伊豆半島川奈崎沖における群発地震活動について - 井本ほか

表1. 日別S-P頻度分布. 下線付きの数字は各日の最頻値を示す.

Table 1 S-P distribution of shocks for each day. The highest frequency for each day is underlined.

| S-P<br>(sec) | Nov.      |           |           |            |           |            |            |           |            |            | Dec.      |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
|--------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|--|--|
|              | 23        | 24        | 25        | 26         | 27        | 28         | 29         | 30        | 1          | 2          | 3         | 4          | 5         | 6         | 7         | 8         | 9        | 10        |  |  |
| 0.1          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.2          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.3          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.4          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.5          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.6          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.7          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.8          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 0.9          |           |           |           |            |           |            | 2          |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          | 1         |  |  |
| 1.0          |           |           |           |            |           |            |            | 1         |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.1          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.2          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.3          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.4          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.5          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.6          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.7          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.8          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 1.9          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 2.0          | 1         |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           | 1         |           | 1         |          |           |  |  |
| 2.1          | 2         |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 2.2          | 2         | 1         |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 2.3          | 4         |           | 2         |            | 1         |            | 3          |           |            |            | 4         | 2          |           | 1         |           |           |          |           |  |  |
| 2.4          | <u>10</u> |           |           | 1          | 7         | 3          | 1          | 7         | 2          |            | 9         | 18         |           | 2         | 1         |           |          | 2         |  |  |
| 2.5          | 9         | 3         | 3         | 14         | 17        | 12         | 28         | <u>53</u> | 2          |            | 21        | 25         | 12        | 4         | 3         |           | 1        | <u>11</u> |  |  |
| 2.6          |           | 15        | <u>11</u> | 85         | <u>77</u> | 55         | 128        | 40        | 12         | 1          | 23        | <u>122</u> | <u>36</u> | 11        | 9         | 9         | 3        | 7         |  |  |
| 2.7          |           | <u>19</u> | 8         | <u>110</u> | <u>52</u> | <u>108</u> | <u>136</u> | 6         | 143        | 66         | <u>96</u> | <u>53</u>  | <u>22</u> | <u>12</u> | <u>54</u> | 37        | <u>6</u> | 3         |  |  |
| 2.8          |           |           | 1         | 20         | 1         | <u>31</u>  | 16         | 1         | <u>148</u> | <u>103</u> | <u>43</u> | 19         | 4         | <u>6</u>  | <u>37</u> | <u>45</u> | <u>2</u> |           |  |  |
| 2.9          |           |           |           |            |           | 1          | 1          |           | <u>2</u>   | <u>12</u>  | 1         | 3          | 3         | 3         | 2         | <u>2</u>  |          | 1         |  |  |
| 3.0          | 1         |           |           |            |           |            |            |           |            | 1          |           | 8          | 2         | 1         |           |           |          |           |  |  |
| 3.1          |           |           |           |            |           |            |            |           |            | 1          |           | 12         |           | 4         |           |           |          |           |  |  |
| 3.2          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           | 3          |           | 2         |           |           |          |           |  |  |
| 3.3          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           | 2         |           |           |          |           |  |  |
| 3.4          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 3.5          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 3.6          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 3.7          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 3.8          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 3.9          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.0          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.1          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.2          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.3          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.4          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.5          | 1         |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.6          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.7          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.8          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 4.9          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| 5.0          |           |           |           |            |           |            |            |           |            |            |           |            |           |           |           |           |          |           |  |  |
| Total        | 30        | 38        | 25        | 230        | 155       | 212        | 313        | 108       | 309        | 184        | 193       | 267        | 81        | 48        | 107       | 94        | 12       | 25        |  |  |

| S-P<br>(sec) | Dec. |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Total |
|--------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------|
|              | 11   | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.1          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.2          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.3          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.4          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.5          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.6          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.7          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.8          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 0.9          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3     |
| 1.0          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1     |
| 1.1          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.2          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.3          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.4          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.5          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.6          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.7          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.8          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 1.9          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 2.0          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 2.1          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 2.2          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 2.3          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 2.4          | 5    | 3  | 1  | 9  | 14 | 15 | 11 | 6  | 18 | 9  | 13 | 6  | 13 | 5  | 2  | 4  | 3  |    | 1  | 1  | 1  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 203   |
| 2.5          | 6    | 9  |    |    | 5  | 52 | 4  | 1  | 2  | 4  | 5  | 6  | 7  | 3  | 1  | 3  | 3  |    | 1  |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 330   |
| 2.6          | 1    | 2  | 4  | 3  | 3  | 10 | 11 | 2  | 3  | 2  | 1  | 2  | 1  |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 691   |
| 2.7          | 2    | 2  | 18 | 29 | 6  |    | 1  |    | 1  | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 993   |
| 2.8          |      | 2  | 3  | 1  | 2  | 2  |    |    | 1  |    | 2  | 1  |    |    |    | 2  | 2  | 1  |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 496   |
| 2.9          | 1    | 2  |    |    |    |    | 2  |    | 3  | 1  |    |    |    |    | 1  |    | 2  |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 43    |
| 3.0          |      |    | 1  |    |    |    | 1  |    | 2  |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 18    |
| 3.1          |      |    |    |    | 2  | 4  |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 25    |
| 3.2          |      |    |    |    |    | 2  | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 2  |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 11    |
| 3.3          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2     |
| 3.4          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 3.5          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 3.6          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 3.7          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 3.8          |      |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2     |
| 3.9          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.0          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.1          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.2          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.3          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.4          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.5          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2     |
| 4.6          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.7          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.8          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| 4.9          |      |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1     |
| 5.0          |      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |       |
| Total        | 15   | 22 | 27 | 42 | 35 | 86 | 32 | 10 | 30 | 20 | 23 | 17 | 23 | 5  | 6  | 14 | 13 | 2  | 2  | 2  | 1  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2861  |



大する傾向を示した。この拡大傾向は本群発地震中の最大地震が発生した12月3日以後も続行し、6日頃に最大に達した。これ以後の時期には群発域の新たな拡大は見られない。地震は群発域の中で常に一様に発生していたわけではない。表1中の下線部の推移を見ると、とくに顕著な活動区域が時間の経過とともに群発域の中をあちこち移動したことがわかる。

図4は全観測期間分を合計した累計 $S-P$ 頻度分布である。群発域はおよそ $S-P=2.3\sim 3.3$  secの範囲内にあり、そのうち $S-P=2.4\sim 2.8$  secの区間で、96%の地震が発生している。群発域が球状であるとすれば、大森係数を $k=8$ と仮定して、その直径は約8 km、最頻発域の直径は3 kmとなる。

群発域以外にも微小地震が散発しているが、発生頻度は群発地震開始以前と同程度である。また、発生場所はJIZの南東・南西象限に限られている。したがって、JIZから約40 km以内( $S-P\leq 5.0$  secに相当)の地域では、限定された群発域以外には有意な地震活動の変化はなかったこと、とくにJIZより北側には微小地震活動の発生がなかったことが結論される。

## 5. $m$ 値の変化

石本-飯田の係数 $m$ 値、又はグーテンベルグ・リヒターの $b$ 値が前震活動では異常に小さいという報告が、Suyehiro *et al.* (1964) 以来いくつか提出されており、岩石破壊実験によってもこの説を支持する結果が得られている (Mogi, 1962; Scholz, 1968)。たとえば最近では浜田 (1978) が、伊豆大島近海地震 (1978年1月14日,  $M=7.0$ ) について、防災センターのJIZ、及びOKB (岡部地殻活動観測所) の地震データに基づいて、主震当日の前震に対して異常に低い $m$ 値が得られたと報告している。ただし、同報告の結論では、前震から余震にかけて震源の移動がみられるため、 $m$ 値の変化が、地域的な特性を反映しているだけかもしれないことを注意している。

今回観測された群発地震は、伊豆大島近海地震と近い震源域を持ち、JIZに於いて多数のデータを得ることができたため、同地域の $m$ 値の変化を再び追究する意味でも興味もたれるものであった。

結論から述べると、浜田 (1978) の報告に述べられているような主震直前の $m$ 値の大幅な低下に相当する程の急だった変化は見られなかったが、群発地震の始めから終りにかけての緩慢な $m$ 値の変動が観察された。

データの採択及び $m$ 値の算出方法は次の通りである。イベント・トリガー方式により記録されたJIZの地震記録から $m$ 値算出のために、 $S-P$ 時間が2.7 sec前後の地震を抜き出し、その上下動成分について、最大振幅 (peak to peak) が4mm (107  $\mu$  kine) 以上のものを1mm刻みで全て計測した。飽和振幅は11月30日以前は21mm (562  $\mu$

kine)。12月1日以降は同じデータの低感度記録(利得は前記のもの1/8)による21mm(高感度換算168mm=4.5m kine)である。m値の計算には浜田(1978)と同様、宇津(1965)の式を用いた。すなわち、

$$\mu - 1 = \frac{0.4343 (m - l)}{\sum_{i=l+1}^m \log a_i - m \log a_m + l \log a_l}$$

( $\mu$ は石本-飯田の係数)

$$a_m = 3.5 \text{ mm}$$

$$a_l = \begin{array}{ll} 20.5 \text{ mm} & 11月30日以前 \\ 164 \text{ mm} & 12月1日以降} \end{array}$$

$l, m$  : 振幅が  $a_l, a_m$  以上の地震数

である。

期間は11月23日9時から12月30日12時までで、この間に上記の計算に使用した地震の総数は数次の欠測区間を除いて6,114個である。この期間について求めたm値は、地震の頻度分布とともに、図3に示されている。m値を求めるためのデータのまとめ方は、1時間を単位として、1区間の個数が最低50、平均で100程度になるようにした。各区分間毎の個数がほぼ一定になるよう留意はしたが、時間毎の個数がばらついているため、結局、最低57、最高230、区分幅では最短1時間、最長12日という結果になった。群発期間内の区分数(求めたm値の個数)は47であり、これからm値の平均及び標準偏差を計算すると、平均 $\bar{m}=1.98$ 、標準偏差 $\sigma=0.22$ であった。ところでAki(1965)によれば、50~100個のデータを使って宇津(1965)の式から求められるm値の標準偏差は統計的には(mの平均を2.0とすれば)0.1程度の値となる。逆に言えば、ここで得られた程度のバラツキは統計的には有意な変化であると言えるだろう。ただし、個々の変化を見る場合は、データの採択が常に厳密に行なわれているかどうかを注意する必要がある。たとえば、11月27日2~4時、28日9時、29日14時、12月2日21時、7日16時に、いずれも異常な低下がみられるが、この時刻は地震頻度も高い値を示していることに気がつく。すなわち、m値の低下は地震が重なって記録されるため、振幅の下限付近の小さい地震を見落したことによる見かけ上のものであるだろうということが推測される。そこで、このような見かけ上の変化があることを考慮に入れた上で同図を見直した時、短期の異常変化を越えてm値が緩慢に変化していることが解る。それは、11月24日(m=2.4)から徐々に下降、29日に最低(m=1.7)に達し、一旦復帰(m=2.2)の後、再び下降して12月3日に極小(m=1.6)を示し、以後は逆に徐々に上昇して12月30日(m=2.3)に至るといった傾向である。このような傾向が何を示しているか即断はできないが、地震頻度分布との間に相関が見られないことから、少なくとも前記のようなデータ採択による見かけ上の変化ではなさそうである。もっとも考え易いのは震源の移動による地域的な特性の反映である。

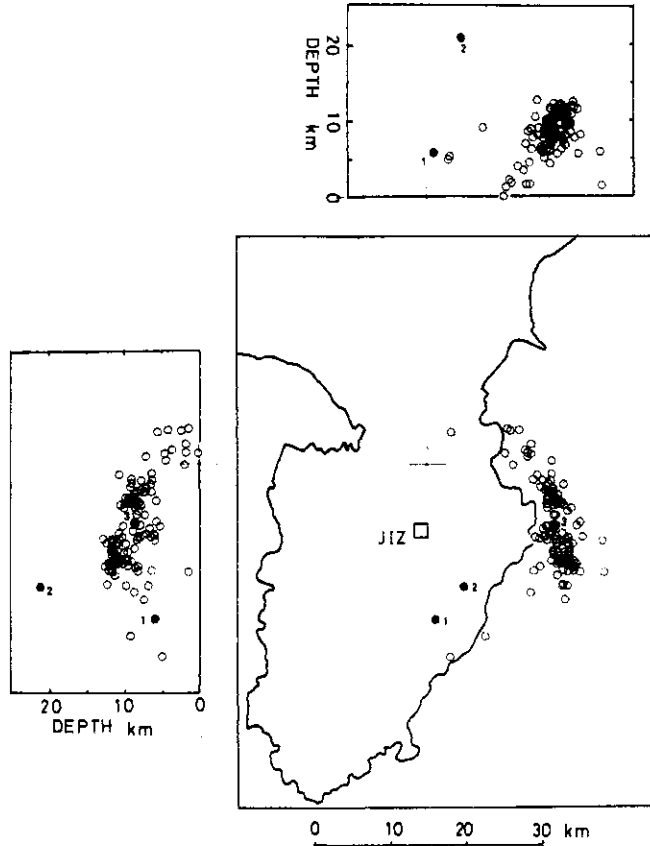


図 5. 震源分布図

黒丸 1 : 11 月 23 日  $M$  5.0, 黒丸 2・3 : 12 月

3 日  $M$  5.4 の震源 (3 は再決定したもの)

Fig. 5 Spatial distribution of the earthquake hypocenters.

JIZ shows the Nakaizu station of the NRCDP. Solid circles are hypocenters of the largest earthquakes of Nov.23 (No. 1) and Dec. 3 (No. 2 and 3). No. 2 hypocenter represents the preliminary determination.

震源の計算結果と照らしあわせてみることは興味深い。もしも、これが一領域の時間的な推移であるとし、説明づけは簡単ではない。

過去の経験に照らして、 $m$  値の減少は主震の前触れである可能性が強いわけであるが、今回の地震活動では主震というべき際立った地震はみられない。あえて言えば 12 月 3 日 2 時 16 分の地震 ( $M = 5.4$ ) が、前述の 2 度目の極小に対応していると言える。しかし、11 月 29 日の極小に対応する顕著な地震はみられない。

## 6. 震源の分布

現在、防災センターでは関東・東海地域地震観測のルーチン用震源決定プログラムが確立されていない。ここでは、とりあえず笠原他（1978）の電源決定プログラムで、テレメータ観測（図1参照）から得られるデータを使用し、震源決定を行なったので、その概要について報告する。

震源決定された地震は、4観測点以上で観測データの得られたものであり、11月23～25日と12月1～31日の期間に発生したものである。震源決定の結果を図5に示す。決定された地震には、11月23日10時43分（ $M=5.0$ ）の地震や12月3日22時16分（ $M=5.4$ ）の地震も含まれており、これらの地震は図中黒丸で示され、それぞれ1、2と数字が付けられている。四角のJIZは中伊豆観測点の位置を示す。また、上には東西断面図、左には南北断面図が示されている。

この図から一見して、群発地震は二つの地震群に分れていることがわかる。しかし、これらの地震はテレメータ観測網の外で発生したものであり、また観測網の形が直線状に配置されているため、この地域の震源決定は、不安定でとくに、南北方向の精度が劣る性質を有している。従って、各地震に対する観測データの内容（観測点数、P相、S相の読み取り時刻の有無および精度等）の影響を受け易く、これらの相違についても検討する必要がある。しかし、JIZから見て北東～南東方向にかけて震源が存在することは、震源決定するまでもなく、初動到来方向から推定されていた。

12月3日22時16分の地震（黒丸2）は決定精度が悪い。この地震の直前に比較的大きな地震が発生しており、各観測点の初動部分が大きく乱されたため、データの読み取り精度が良好でない。そこで、JIZのS-Pを2.7秒と仮定し震源の再決定を行なうと、図の黒丸3となる。この震源の方が地震群から孤立した黒丸2より適当と思われる。再決定した震源が正しいとすれば、この地震は2つの地震群の間を埋めるように発生した、いいかえれば空白域に発生したとも考えられる。しかし、これまでに指摘したように、今の震源決定の精度を考えると、これら詳細な議論は、震央に対し南北に配置された観測点のデータを加え総合して行なうべきであろう。

## 7. おわりに

今回の群発地震は、1930年の伊東群発地震の震源域とほぼ同じと推定される場所に発生した。伊東群発地震の数カ月後に北伊豆地震が発生するという前例があり、今回の活動もそのような大地震の前震活動ではないかと心配された。また、最近の伊豆半島の地震活動をみても、図2の如く北部地域では $M=4$ 以上の地震は発生していない。このように注意すべ

き活動ではあったが、現在までの調査結果をまとめると次のようになる。

1) 11月23日から12月31日までの地震発生数と1930年伊東群発地震の活動を比べると、今回の活動は $M \geq 1$ の地震発生数から見て、 $1/50 \sim 1/100$ 程度の規模であった。

2)  $S-P$ 頻度分布あるいは震源決定の結果から、活動域は $50 \sim 70 \text{ km}^2$ である。最大地震(12月3日,  $M=5.4$ )の余震域は宇津・関(1955)の關係,  $\log A(\text{km}^2) = 1.02M - 4.01$ から $30 \text{ km}^2$ 程度と推定される。これに対して、伊東群発地震においては、 $120 \text{ km}^2$  (Nasu *et al.*, 1931)  $\sim 400 \text{ km}^2$  (気象庁, 1958)と推定され、今回の活動域の約2~10倍の範囲で活動したものと思われる。

3) 石本・飯田の係数 $m$ 値の調査結果では、 $m$ 値は11月24日から徐々に下降していたが、11月30日頃一時回復し再び下降して12月3日に極小に達した後、徐々に回復した。

以上のように、今回の活動は1930年の活動に比べて、有意に小さい。また $m$ 値も12月3日前後に小さな値となったが、その後回復している。このように、1930年の前例のように直接大地震発生につながる活動ではなさそうである。しかしながら、伊豆半島の地震活動の北進傾向から、地震活動の新たな局面も予想され、今後さらに注意して行く必要があらう。

Takahashi *et al.* (1979)は、伊豆半島~東京湾地域の顕著な地震に先立って東京湾に小規模な群発地震が発生した例が7つあることを報告し、東京湾の群発地震がこの地域の地震予知に有力な情報を与えると述べている。今回の伊豆半島東岸の地震活動に際しても、およそ1週間前の11月16~17日に東京湾群発地震が観測され、今までの経験にもとづいて来るべき地震は11月21~26日頃で $M=4.2 \sim 4.5$ ぐらいと予測されていた。伊豆半島東岸の今回の地震活動の出発点となった稲取付近の地震(11月23日,  $M=5.0$ )は、この予測から大きくはずれない範囲内で発生した。

#### 参考文献

- 1) Aki, K. (1965) : Maximum likelihood estimate of  $b$  in the formula  $\log N = a - bM$  and its confidence limits, Bull. Earthq. Res. Inst., **43**, 237-239.
- 2) 浜田和郎 (1978) : 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, 第20巻, 53-57.
- 3) 笠原敬司・鈴木宏芳・高橋末雄・伊藤健治・山本英二・大久保正・高橋博 (1978) : 下総地殻活動観測施設による地震観測結果について, 地震学会講演予稿集, 1978, №2, 10.
- 4) 気象庁 (1958) : 地震月報別冊1, 日本付近の主要地震の表 (1926年-1956年)

- 5) 気象庁地震課 (1977) : 伊豆半島東部の地震活動について, 地震予知連絡会会報, 第17巻, 54-58.
- 6) 松村正三・大久保正・勝山ヨシ子・浜田和郎 (1979) : 計算機による地殻活動観測データ処理システム—オンラインリアルタイムシステム—, 国立防災科学技術センター研究速報, 第35, pp 16.
- 7) Mogi, K. (1962) : Study of elastic shocks caused by the fracture of heterogeneous materials and its relation to earthquake phenomena (first paper), Bull. Earthq. Res. Inst., 40, 125-173.
- 8) Nasu, N., Kishinouye, F. and T. Kodaira (1931) : Recent seismic activities in the Izu Peninsula (Part 1.), Bull. Earthq. Res. Inst., 9, 22-35.
- 9) 尾池和夫・松村一男・竹内文朗・松尾成光・清水昇 (1976) : 地震観測用長時間連続インク書き記録装置の開発, 地震II, 29, 127-135.
- 10) Scholz, C. H. (1968) : The frequency-magnitude relation of microfracturing in rock and its relation to earthquakes, Bull. Seism. Soc. Am., 58, 399-415.
- 11) Suyehiro, S., Asada, T., and M. Ohtake (1964) : Foreshocks and aftershocks accompanying a perceptible earthquake in central Japan, Paper Met. Geophys., 15, 71-88.
- 12) Takahashi, H., Takahashi, M., Suzuki, H. and M. Ohtake (1979) : Deep borehole observation of crustal activity in the metropolitan area of Japan, Proc. International Symposium on Earthquake Prediction, UNESCO, Paris, April 2-6 (in press).
- 13) 宇津徳治, 関彰 (1955) : 余震区域の面積と本震のエネルギーとの関係, 地震II, 7, 233-240.
- 14) 宇津徳治 (1965) : 地震の規模別度数の統計式  $\log n = a - bM$  の係数  $b$  を求める方法, 北海道大学地球物理学研究報告, 第13号, 99-103.
- 15) 渡辺晃 (1971) : 近地震のマグニチュード, 地震II, 24, 189-200.

(1979年2月7日 原稿受理)