

7. 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——

地震研究所 { 唐 鎌 郁 夫
津 村 建四朗
高 橋 正 義
荻 野 泉
酒 井 要

(昭和49年7月20日受理)

1. ま え が き

1974年5月9日08時33分に発生した伊豆半島沖地震 ($M=6.9$) は、1931年の西埼玉地震以来関東周辺域 (沖合を除く) で起った最大規模の地震であった。この地震と多数の余震は、堂平微小地震観測所を主体とする関東地方の定常観測網でも、ほとんど支障なく観測された [中村他, 1974]。

しかし、震源が観測網の南西の外れに当り、最も近い奥野観測点 (伊東市) からでも約40 km 離れており、定常観測点だけでは、余震の震源を精密に決めるには不充分であったため、伊豆半島南端附近の下賀茂 (加茂郡南伊豆町加納) と西海岸の松崎 (加茂郡松崎町桜田) において、高感度地震計による臨時観測を実施した。観測データは定常観測網のデータとともに処理し、震源決定等をおこないつつあるが、今回は観測の概況と伊豆半島の3観測点のみで求めた5月中の主な余震の震源分布の概要を報告する。

2. 観 測

今回の臨時観測は、主として震源決定用のデータをとることを目的とし、また委託方式に切替えて相当長期間 (数カ月間) の観測をおこなう予定で計画したので、通常の委託観測用インク書ドラム方式の装置を主体としておこなった。第1表に、観測点の位置、観測装置、観測期間を示す。また、第1図は、観測装置のブロック・ダイアグラム、第2図は倍率特性曲線である。

下賀茂は、本震に最も近いと思われたので、上下動・水平動両成分地震計を置き、震源時の推定に必要な S 波の判定を容易にした他、波形についてもある程度議論できるよう早送り流し記録とカセット・テープレコーダによる磁気テープ記録を、毎日それぞれ約12時間ずつ抜取的に実施した。松崎は、上下動だけであるので、主として P 時刻のよみとり用に用いた。刻時精度は、水晶時計を用い、NHK 時報を直接記録上に入れることにより、0.1秒以内に保たれている。

臨時観測班 (唐鎌、高橋、荻野、酒井) は5月17日まで現地に滞在し、以後、下賀茂の観測は、東京大学農学部附属樹芸研究所に、また松崎の観測は、静岡県立松崎高等学校

に委託し、記録を4日毎に本所に郵送して頂いた。

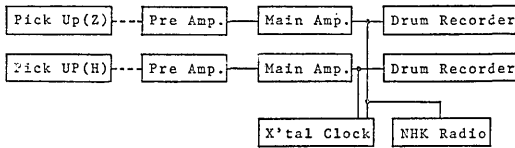
なお臨時観測班が現地に滞在中は、主な地震のデータをよみとり、本所に電話連絡し、

Table 1. Temporary and routine seismographic stations of the Earthquake Research Institute in the Izu Peninsula.

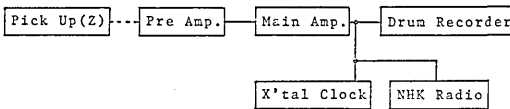
観測点	下 賀 茂 Shimokamo (SM)	松 崎 Matsuzaki (MZ)	奥 野 Okuno (OK, OKN)
緯 度	34°38'45''N	34°45'18''N	34°55'55''N
経 度	138°51'16''E	138°47'24''E	139°04'14''E
高 さ	20 m	30 m	140 m
地震計および記録方式	{ UD, EW-1 Hz 6万倍 (10 Hz) インク書ドラム (4 mm/s) { UD, NS-1 Hz 18万倍 (10 Hz) インク書流し記録 (15 mm/s)	UD-1 Hz 2万倍 (10 Hz) インク書ドラム (4 mm/s)	UD-1 Hz 7万倍 (10 Hz) インク書ドラム (4 mm/s)
観測期間	5月10日—9月上旬 (流し記録は 5月10日—5月16日) (5月17日以降委託観測)	5月12日—9月上旬 (5月17日以降委託観測)	「南関東」定常観測点 (委託観測)

BLOCK DIAGRAM

SHIMOKAMO



MATSUZAKI and OKUNO



SHIMOKAMO (Stripe chart recorder)

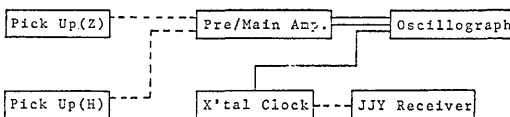


Fig. 1. Block-diagrams of the instruments used at Shimokamo, Matsuzaki and Okuno.

本所のテレメータ観測点のデータとともに、地震予知観測センターがおこなった震源の早期決定に役立てた。また、下賀茂では、S-P 1秒以下の地震も多く観測されることから、余震域が伊豆半島の陸地部にかかっていることを、10日観測開始とともに確認することができた。

奥野観測点は、1971年11月に「南関東地殻活動調査」のため設置されて以来、ほとんど無欠測で観測が継続している委託観測点であって、今回も極めて良好な記録が得られ、余震観測班出勤以前の余震活動を調べる上で貴重なデータとなった。第1日目の原記録のコピーを Appendix として本論文の終りにかける。

第3図は、下賀茂における流し記録からよみとった日別の S-P 頻度分布図である。このよみとりは S-P

5秒以下でS波が明瞭なものを対象とした。これによると下賀茂では、S-Pは0.6~4.0秒に分布し、0.8~2.0秒のものが多く、ピークは1.3秒付近にある。後に述べる震央分布図にみられる天城方面の地震は、距離が遠くなる上、Sの判定の難しいものも多く、これに相当する山は明瞭ではない。第4図に、下賀茂附近の地震と天城方面の地震の記象例を示す。また第5図は、連続して全く同波形の地震が観測された例である。

下賀茂、松崎のドラム記録のよみとりは、現在までに5月中の主な地震約1000個についておこなった。奥野は従来定常作業として、すべての局地地震のよみとりをおこなってきたが、今回の地震により、特に初期には極めて多数の余震が記録されたため、5月分の定常作業は中断し、下賀茂、松崎とほぼ同基準の地震のみをとりあえずよみとった。よみとりは原則として0.1秒の精度でおこなった。

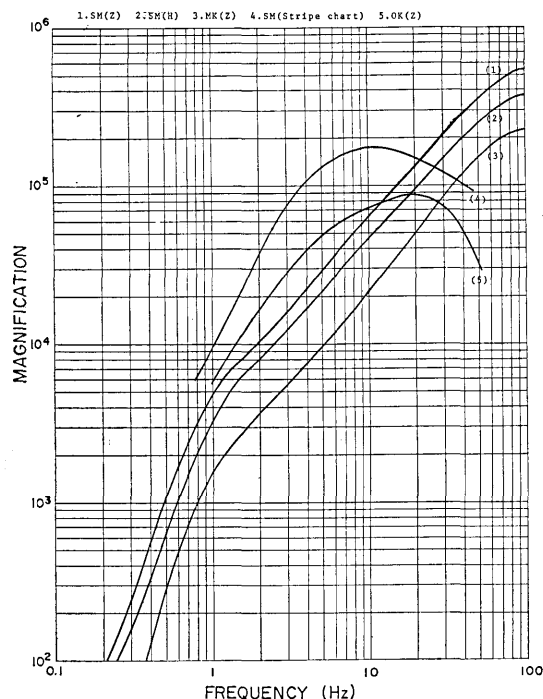


Fig. 2. Magnification curves of the seismographs used at Shimokamo (1), (2), (4), Matsuzaki (3) and Okuno (5).

3. 伊豆半島の観測データから求めた余震の震源分布

震源決定の際に遠い観測点のデータを加えると、よみとり精度の低下と、構造の違いなどにより、特に地震毎に用いる観測点が異なると、結果のばらつきがかえって大きくなることが多い。そこで今回は、伊豆半島の3観測点のデータだけを用いて震源を求めた。

震源決定には、関東地方の震源を求めるために常用しているプログラム [津村, 1973] をそのまま用いた。これは、震源時をすくなくとも1点のS-Pからポアソン比0.25を仮定して求め、これを固定し、3点以上のP波走時を用い、水平成層構造を仮定して震源を決定するものである。

構造は、第2表に示した2つのモデルを仮定して計算してみた。モデルIは、関東地方の震源決定に従来用いてきたもの (MIKUMO [1966] による)、モデルIIは、紫雲寺爆破モデル [HOTTA et al., 1964] の第1層を1.5 kmとしたものである。以下には、モデルIIの結果を示す。モデルIを仮定すると、モデルIIにくらべて南西に約2 km移動し、1~2 km深くなる。また、モデルIIの第1層を0.5 km、第2層を23.5 kmと変

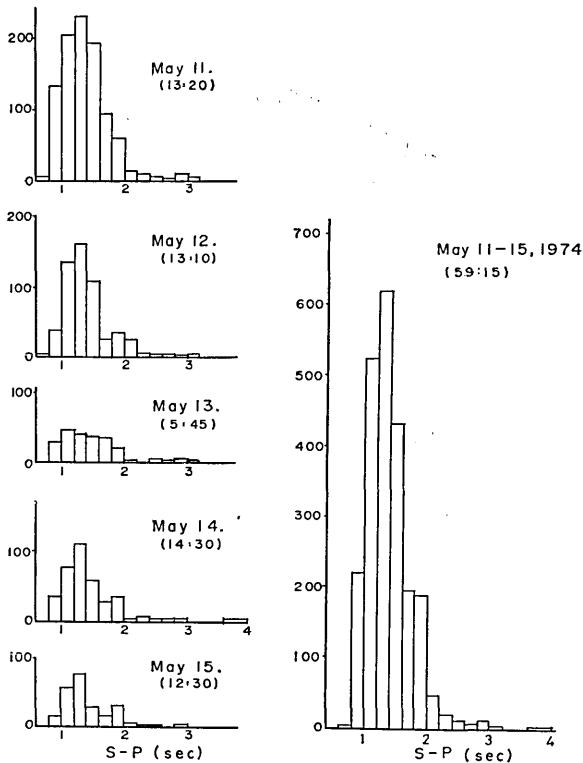


Fig. 3. Frequency distributin of S-P times observed at Shimokamo. Effective observation intervals are given in the parentheses.

分布するグループと、松崎の東から天城山西方にかけて、南西—北東方向に分布するグループに分かれている。前者は、本震の初動節線の1つの方向〔気象庁, 1974; 牧, 1974〕や現地調査で発見された地震断層の走向〔松田・山科, 1974; 村井・金子, 1974, など〕と一致しており、本震による直接の破壊領域を示しているものと考えられ、後者は、むしろ本震によって生じた歪変化によって誘起された間接的な余震活動であろうと推定される。

第8図は、第7図に应ずる震源の垂直分布図で、(a) NW-SE と (b) SW-NE の両断面について示した。(a) 図には、断層沿いの地震 ((b) 図の (F) で示した幅の地震) のみをプロットした。震源の深さは、ほとんどが 2-10 km に分布している、断層沿いの余震域の両端が極めてシャープに切れているように見える点が注目される。天城グループの地震の深さは、負になって 5 km に仮定されたものが半数以上あり、また逆に 10 km を越えるものも若干みられる。これは、仮定した構造がこの方面について適当でないのかも知れないので、データのチェックとともにこの点も再検討したいと考えている。

以上の震源分布は、他の観測班〔石橋他, 1974, 名古屋大学観測班, 私信〕の結果ともよく一致している。今回の活動では、断層の北東側には、天城方面に約 30 km の範囲に余震が分布しているのに反し、南西側(海側)の余震は大変少ないようである。しかし、皆

えると、結果はモデル I とほとんど一致する。以下に述べる震源分布は、構造の仮定によって、この程度の違いを生ずることを考えに入れて、議論の対象としなければならない。

第6図(a)~(d)は、5月13日—31日の主な余震399個の震央分布を数日ごとにまとめて示したものである。ただし、サンプリングは必ずしも均質ではなく、また25日—27日は松崎の刻時精度の不良のため、震源は求められなかった。小円は、深さが求まらず、5 km に仮定された精度の悪いものである。第7図は、全期間についてまとめたもので、深さの求まった295個の震央だけをプロットした。

第6図の震央は、どの期間をとっても、伊豆半島の南西海岸に沿って、雲見の北西から石廊崎の南東にかけて、北西—南東方向に長さ約 25 km の帯状に

無というわけではなく、第7図でもっとも南西側にプロットされている15日10時08分の地震は、3点ともS-Pがよまれ、それぞれから求めた震源時の差が0.2秒以内であるので、データの精度には問題がなく、確実に南西側に約10km離れていると思われる。

奥野の記録をみると、9日中はほとんどS-P5秒前後の地震のみが記録されており、初期には断層沿いの活動のみが活発であったことがわかる(Appendixの図および第9図。13時39分と14時14分には、S-P3.6秒と3.2秒の地震が例外的にみられる。これらは松崎附近の地震である)。松崎東方から天城山方面に余震域が拡大したのは、10日からであって、特に11日夜21時44分にやや大きい地震が発生してから、天城峠附近の活動が著しく活発化し、22時12分にこのグループの主震(M=4.2)が発生した。第10図は、奥野の11日夜から12日にかけての記録の一部であるが、天城グループに相当するS-P2.5秒位の地震が、5秒の地震よりもむしろ多く記録されていることがわかる。このような時間的経過から考えても、天城グループの地震は、間接的余震と考えてよいであろう。UTSU [1970] の分類で言えばSaに近いが、断層沿いの活動とは分離してい

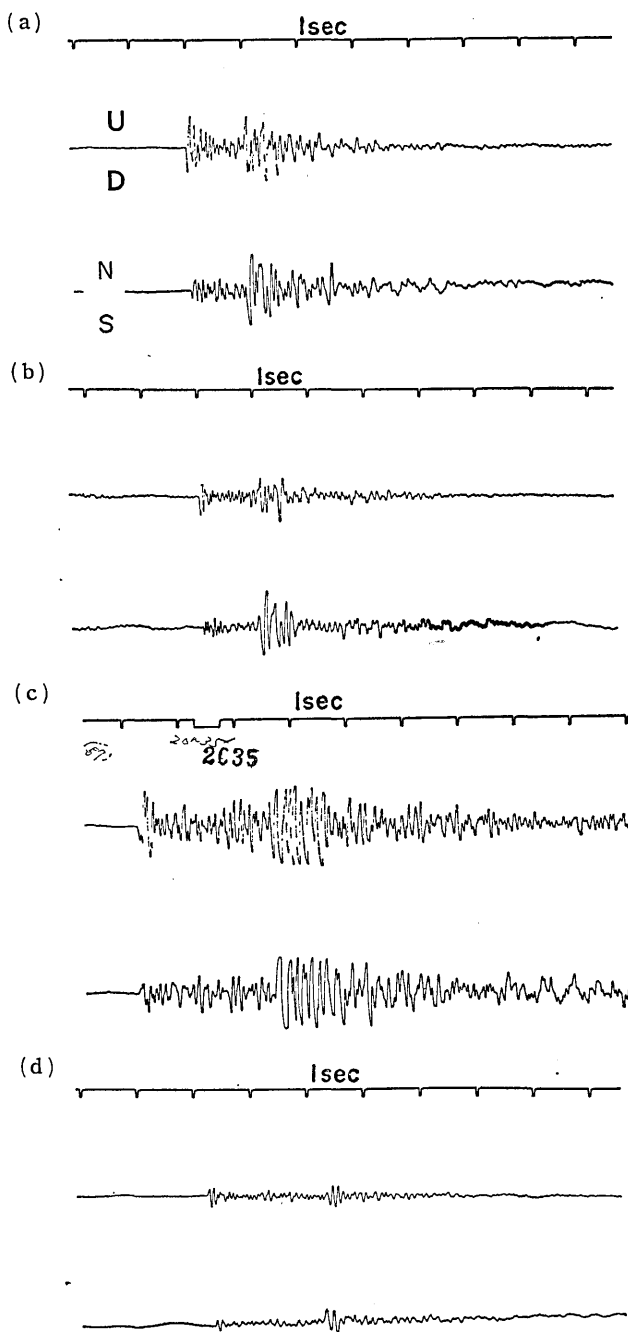


Fig. 4. Examples of the seismograms obtained with the stripe chart recorder at Shimokamo. (a) and (b) are aftershocks of the fault zone, and (c) and (d) are aftershocks of the Amagi region.

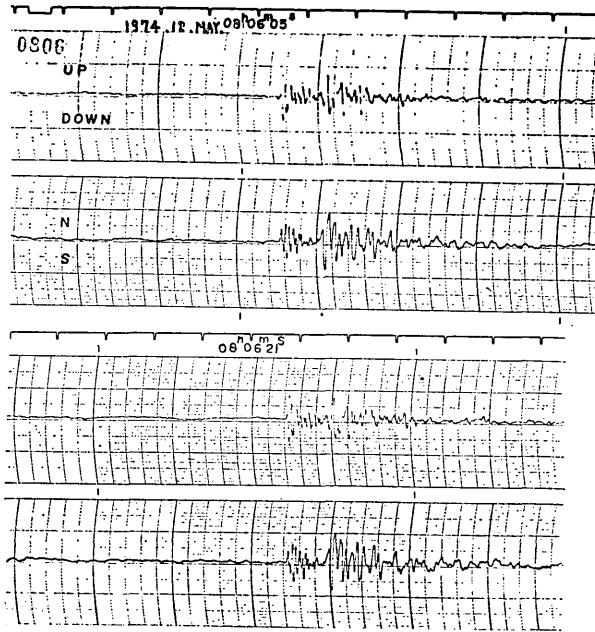


Fig. 5. Aftershocks with almost exactly the same shape recorded at Shimokamo. The latter occurred about 16 seconds later.

Table 2. Structure models used for hypocenter determinations.

Layer	Model I*		Model II**	
	Vp	thickness	Vp	thickness
1	5.50 km/s	4.5 km	2.83 km/s	1.5 km
2	6.15	10.6	6.00	22.5
3	6.70	16.9	6.82	6.0
Mantle	8.00	∞	7.80	∞

* Model E-3A3 of MIKUMO [1966].

** modified from the Shiunji Explosion Model [HOTTA, et al., 1964].

るようである。

20日以降の図（第6図(c), (d)）では、松崎の北西方と石廊崎の南東方にそれ迄の活動域から少し離れて数個の震央が求まり、本震後かなり経過した後の余震域の拡大を示している。前者は23日17時46分、24日10時46分など、後者は20日00時55分、22日13時16分などに発生している。最終的には余震域の拡がりは約40kmとなる。

4. 前 震

気象庁の決定した1961年以降の震源の表によると、今回の余震域には1964年11月3

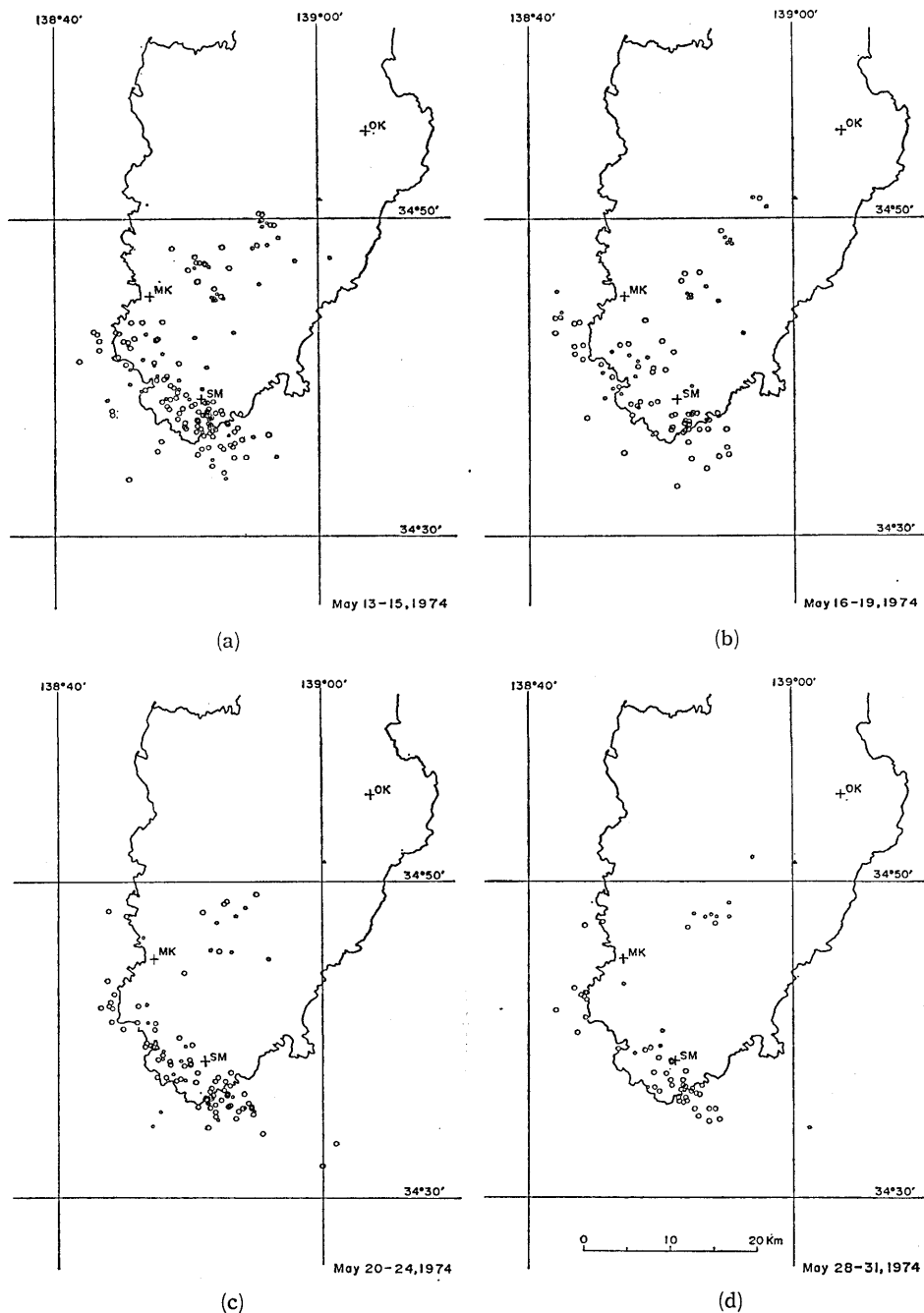


Fig. 6. Distributions of epicenters of aftershocks for different periods, determined by the ERI temporary network in the Izu Peninsula, Shimokamo (SM), Matsuzaki (MK) and Okuno (OK). A small circle indicates a less accurate epicenter, whose focal depth was restrained to 5 km.

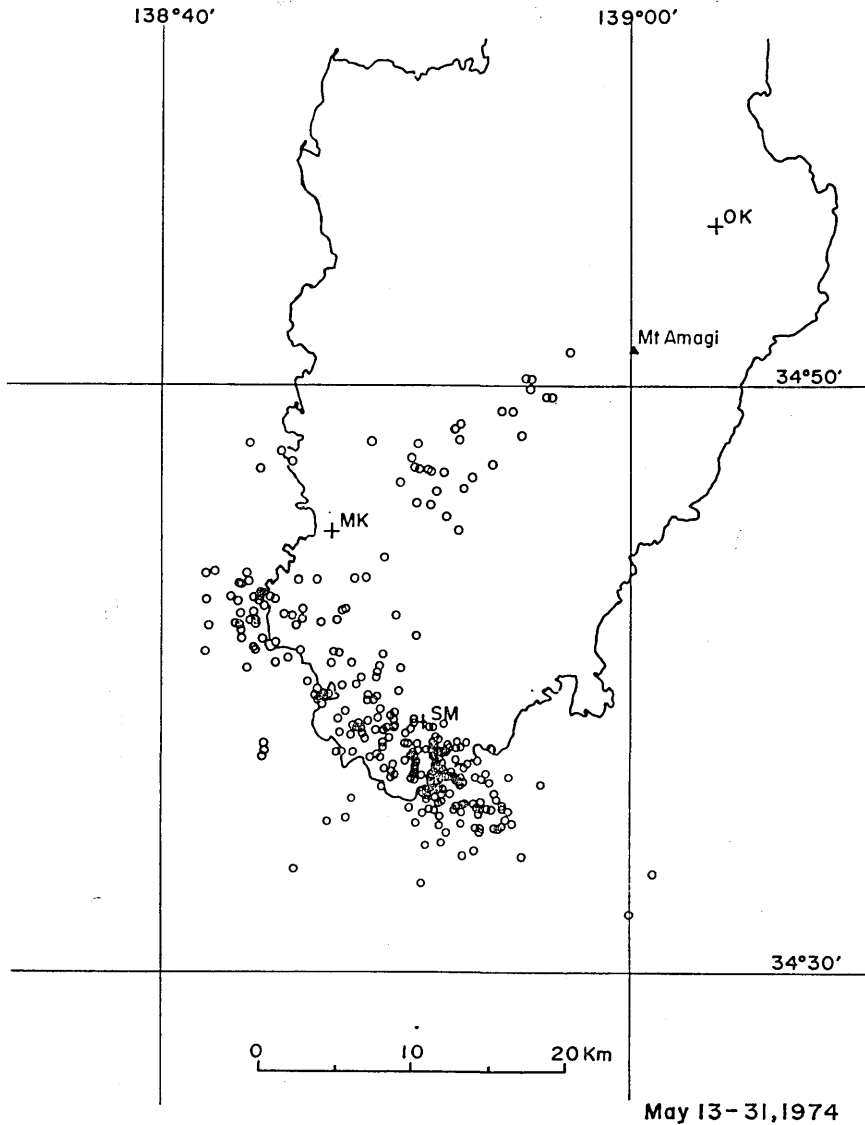


Fig. 7. Distribution of epicenters of aftershocks for the period from May 13 to May 31, 1974, except for May 25 through 27. The less accurate epicenters shown in Fig. 6 are excluded.

日に、 $34^{\circ}38'N$, $138^{\circ}48'E$, 深さ 0 km に $M=5.4$ の地震が起っており、1 個の余震の震源も求まっている。その後、今回の地震までの 10 年間には気象庁により震源が求まった地震は全くなかった。津村 [1973] の震源分布図では、1971-1972 年の 10 ヶ月間に 1 個の微小地震 ($M=2.3$) だけが記入されている。これは、1971 年 8 月 14 日 11 時 56 分に発生している。いずれにしても、この附近の平常の活動度は、すくなくとも最近約 3 年間は著しく低かった。

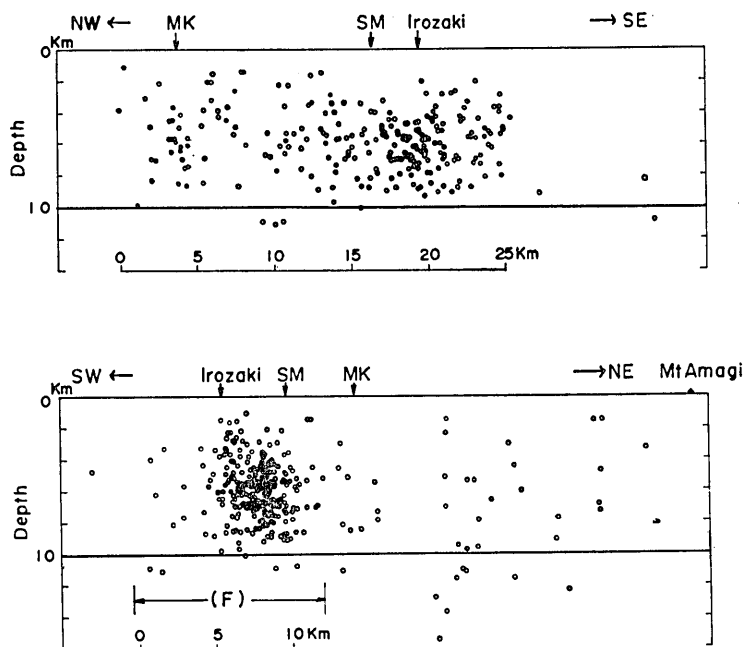


Fig. 8. Vertical distributions of the aftershock foci, projected (a) on a NW-SE plane and (b) on a SW-NE plane. In (a), only the aftershocks along the fault in the range indicated as (F) in (b) are plotted. Data are the same as in Fig. 7.

5月1日22時47分に奥野でS-Pが4.7秒または5.2秒とよめる地震 ($M=2.8$) が1個記録されており (第11図), 関東地方の他の観測点のデータと合せて決めた震源は, $34^{\circ}37'N$, $138^{\circ}50'E$, 深さ10kmとなった (S-P=5.2秒をとり, モデルIIを採用した場合). 一方, 本震の震源は, 関東地方の定常観測網のデータに気象庁の網代, 静岡, 三島, 浜松, 館山のデータを加えた場合は, $34^{\circ}37'N$, $138^{\circ}48'E$, 深さ7kmに, また気象庁のデータを除き, 奥野のS-Pを5.2秒に仮定すると, $34^{\circ}39'N$, $138^{\circ}47'E$, 深さ11kmに求まった. 従って, 上記の地震は, 本震の東~南東数km以内に起ったことになる, また, 4月28日11時10分頃 $M=2.6$ の地震が観測されており, この震源は本震の北西側のようなのである. これらは本震の1週間以上前であるが, 平常の活動度の低さを考えると前震とみなしてもよいのではないと思われる. なお, 下賀茂では, 本年2月27日-3月15日にも臨時観測を実施したが, 3月2日17時49分と17時52分にS-P1.5秒の地震が記録されており, これらは奥野でもかろうじて認められる. M はともに2.2位であった.

5. む す び

今回の伊豆半島下賀茂・松崎における伊豆半島沖地震の余震観測は, 関東地方の定常観測網を補ない, 震源決定能力と精度を上げることを主目的として実施した. しかし, 伊豆

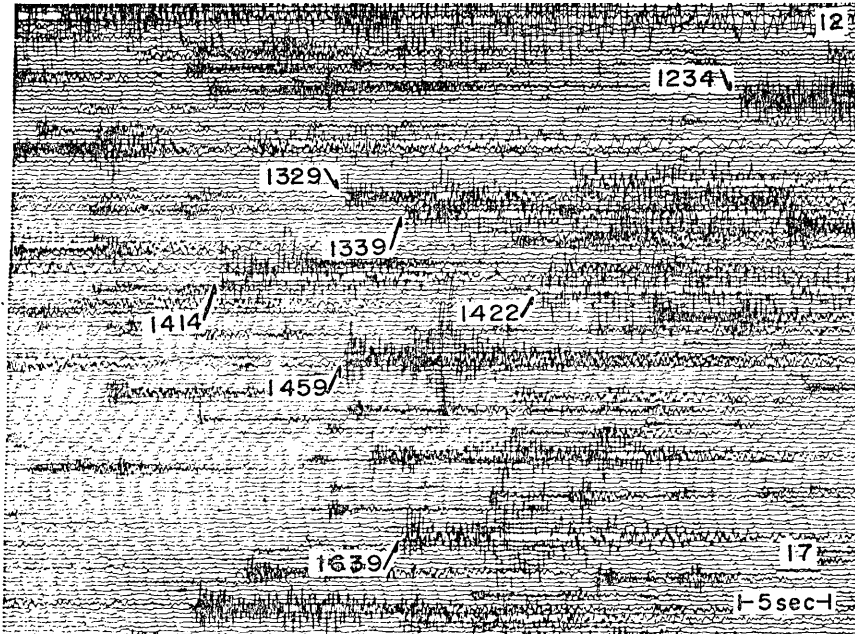


Fig. 9. A part of the seismogram of Okuno, in the afternoon of the first day, May 9, 1974. Almost all the aftershocks have S-P time of about 5 seconds, which means that in the initial stage of the present sequence, the aftershocks occurred only in the fault zone, although a few exceptions, such as 13^h39^m and 14^h14^m, are also visible.

半島には他大学などの観測班も多く出動し、震源の精密決定を目的とした合同のデータ整理（名古屋大学が担当）が近くおこなわれる予定であるので、詳しい解析はその結果を待っておこなうことにし、本報ではごく概況を把握するにとどめた。

下賀茂・松崎および定常観測点奥野のデータから得られた主な結果は、余震活動が、本震直後から始った地震断層沿いのものと、翌日以降活発化した天城方面のものに分かれることであって、それぞれ、主断層による破壊領域における直接的な余震と、主震および余震による歪変化を受けた隣接地域に誘発された間接的な余震であろうと解釈される。深さはほとんど 10 km よりも浅かった。本震後 10 日以上経過して、新たに北西および南東方向に余震域が拡大したことも注目される。

整理はまだ進行中の段階であって、今回の結果は暫定的なものである。今後は、本震直後から天城の群発に至る過程を奥野の記録を中心に解明すること、本震後かなり経過した時期の活動を、5 月中の活動と比較することなどを含め解析をすすめたいと考えている。

最後に、今回の臨時観測に当り、御協力頂いた東京大学農学部樹芸研究所の郷正土所長はじめ職員の方々並びに松崎高等学校の壬生忠臣校長はじめ職員の方々に御礼申し上げます。また、1971 年 11 月以来、奥野観測点の観測に御協力頂いている天野詩郎、小川一雄両氏並びに本年 3 月まで同点を含め「南関東」観測網の設営と維持に多年努力された現気象研究所松本英照氏にも御礼申し上げます。本調査をまとめるに当り、堂平観測所等の

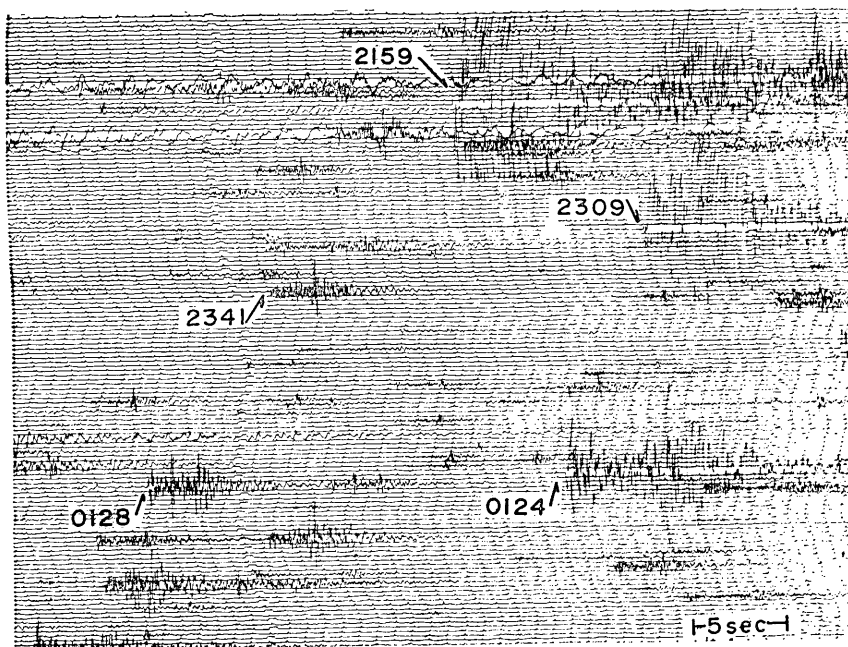


Fig. 10. A part of the seismogram of Okuno, in the period from May 11 to 12, when the secondary activity in the Amagi region became very active. Many shocks with shorter S-P times, about 2.5 seconds, are shown, together with longer S-P time earthquakes in the fault zone.

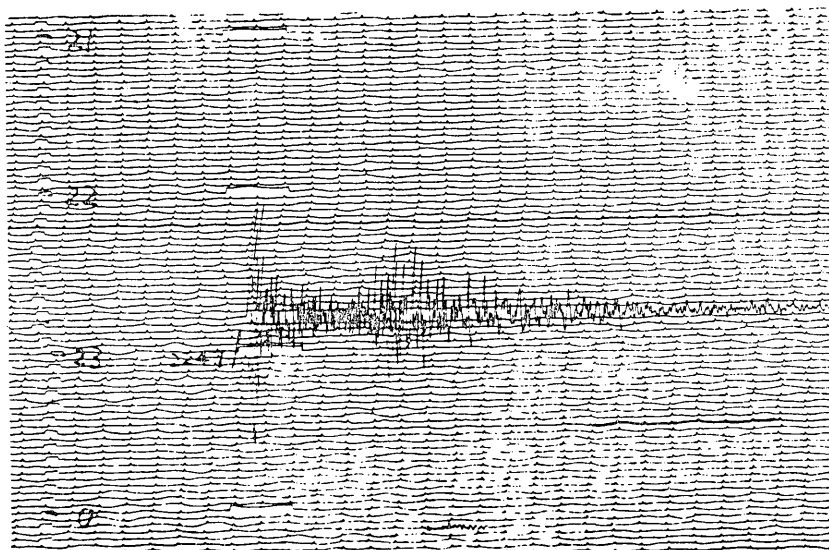


Fig. 11. A seismogram of a probable foreshock recorded at Okuno at 22^h47^m on May 1, 1974, and located very close to the main shock. The magnitude is estimated as 2.8 from the duration.

常時観測点および他の臨時観測点並びに気象庁関係のデータも参考にさせていただきました。またデータ処理には、地震予知観測センター計算機室の協力を得ました。これらの関係者に謝意を表します。なお、観測経費の一部は、49年度文部省科学研究費「1974年伊豆半島沖地震災害の調査研究」から支出された。

文 献

- HOTTA, H., S. MURAUCHI, T. USAMI, E. SHIMA, Y. MOTOYA and T. ASANUMA, Crustal structure in Central Japan along longitudinal line 139°E as derived from explosion-seismic observations, Part 2. crustal structure, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **42** (1964), 533-541.
- 気象庁: 第25回地震予知連絡会資料, (1974).
- 石橋克彦・松崎孝文・稲谷栄己・末広 潔・渋谷和雄, 1974年伊豆半島沖地震超高感度余震観測概報, 第25回地震予知連絡会資料, (1974).
- 牧 正, 1974年伊豆半島沖地震のメカニズムについて, 地震研究所研究速報, **14** (1974), 23-36.
- 松田時彦・山科健一郎, 1974年伊豆半島沖地震の地震断層, 地震研究所研究速報, **14** (1974), 135-158.
- MIKUMO, T., A study on crustal structure in Japan by use of seismic and gravity data, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **44** (1966), 965-1007.
- 村井 勇・金子史朗, 1974年伊豆半島沖地震の地震断層, とくに活断層および小構造との関係, 地震研究所研究速報, **14** (1974), 159-203.
- 中村 功・辻浦 賢・津村建四郎, 堂平微小地震観測網による1974年伊豆半島沖地震の余震観測, 地震研究所研究速報, **14** (1974), 37-43.
- 津村建四郎, 関東地方の微小地震活動, 関東大地震50周年論文集, (1973), 67-87.
- UTSU, T., Aftershocks and earthquake statistics (II) —Further investigation of aftershocks and other earthquake sequences based on a new classification of earthquakes—, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. VII*, **3** (4) (1970), 197-266.

7. Observation of the Aftershocks of the Izu-Hanto-oki Earthquake of 1974.

—Preliminary Report of Observations at Shimokamo, Matsuzaki and Okuno in the Izu Peninsula—

By Ikuo KARAKAMA, Kenshiro TSUMURA, Masayoshi TAKAHASHI,
Izumi OGINO and Kaname SAKAI,

Earthquake Research Institute.

In order to investigate the aftershocks of the Izu-Hanto-oki earthquake of 1974, temporary observations with highly sensitive seismographs have been carried out at Shimokamo and Matsuzaki, both in the southern part of the Izu Peninsula. The observations started on May 10 at Shimokamo and May 12 at Matsuzaki and are continuing until September 1974. By using the data from these stations and a routine station at Okuno, in the northeastern part of the Peninsula, the epicenters of aftershocks during the period of May 13 to May 31 were determined. The epicenters seemed to concentrate in two regions. One is a belt-like zone of about 25 km long, extending NW-SE along the south