

35. 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 { 神 定 健 二
 { 中 村 功
 { 津 村 建 四 朗

(昭和58年8月17日受理)

1. はじめに

堂平微小地震観測所のテレメーター方式による高感度地震観測網と委託観測点の観測データを用いて、1971年6月から1972年6月までの1年間について、津村(1973)は関東地方の微小地震活動の空間的分布を調査し、いくつかの微細構造を提示した。以来、臨時観測[唐鎌・他(1974)、地震研究所地震移動観測室・地震活動研究部門(1976a)、(1976b)、津村・他(1977)]を含め、定常的に関東地方における微小地震の震源決定が行なわれている。

一方、1976年にデジタル・メモリーを用いた多成分同時遅延装置(DU-1600)、多成分インク描き記録器が設置され、従来の堂平観測網の堂平(DDR)、筑波(TSK)、清澄(KYS)、城山(SRY)、大山(OYM)、の5点の観測点に加え、伊豆の箒木山(HOK)[1977年から]がテレメーター化され、6点の多成分遅延トリガー記録が行なわれ始めた[地震活動研究グループ(1976)]。

1977年には地震予知観測センターの電子計算機(IBM, S/370)にX-Yリーダー(SOLIDSTATE DIGITIZER)が接続された。この装置を用いて、多成分インク描き記録から、関東地方の微小地震の震源要素を半自動的に検出する試みが同年末から始められていた。

1978年1月14日、12時24分、伊豆大島近海にM7.0の地震が発生し、多くの前震・余震と共に観測された。記録は半自動検出で処理され、験震データ・震源要素が求められた。決定された震源要素は、震源域が大山を除いて観測網から60km以上離れて位置するため、後日、伊豆半島の臨時観測網のデータを加えて、津村ら(1978)によって求められたものに比べ精度はやや悪いが、前震・本震・余震の活動の推移を即刻把握することが可能であった。

2. 多成分同時遅延記録方式

第1図に多成分同時記録方式のブロックダイヤグラムを示した。鎖線内がデジタルメモリーを使用した遅延装置(DU-1600)を示す。その主な仕様は、①入出力は analog,

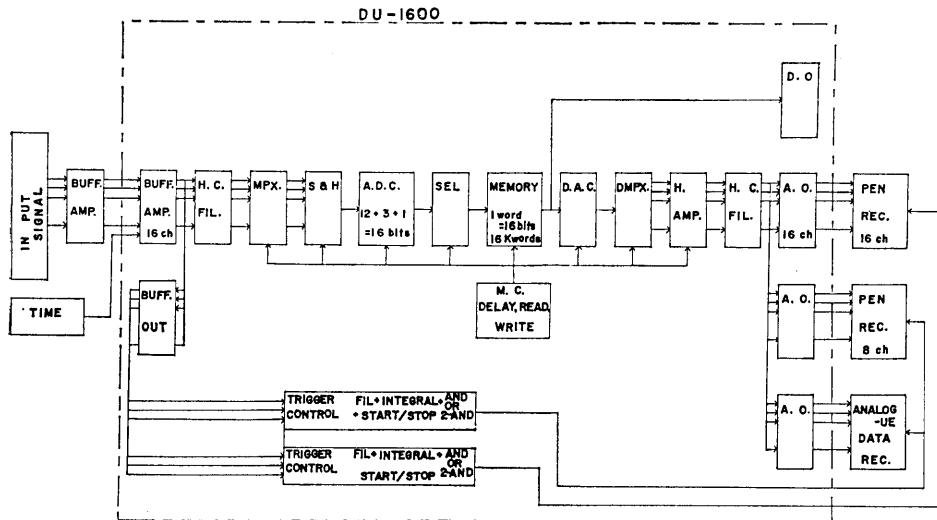


Fig. 1. Block diagram of the multi-channel simultaneous recording system. Chain line shows delay unit using digital memory.

digital のいずれかを選択できる。② memory は 16 bit を 1 word とし て 16 k words の容量をもち、DELAY, READ, WRITE の 3 つのモードで operation できる。③ A-D 変換の sampling rate を $4 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 32$ msec. の 4 段階に設定できる。④ 入出力チャンネル数は $1 \cdot 4 \cdot 8 \cdot 16$ ch. の 4 つのいずれかに設定できる。⑤ TRIGGER CONTROL unit を内蔵する。⑥ 脈動、その他のノイズを除去するため、1 Hz の low-cut filter, 30 Hz の high-cut filter を持つ。⑦ パルス状ノイズを除去するため、1 sec. の積分回路を通過させている。⑧ 3 点のレベルの AND, OR 回路、また 3 点のうちのいずれか 2 点の AND 回路で START/STOP の control をすることが出来る。レベルは 3 点共、夫々 0 ~ 10 V に設定可能である。trigger 時間は数秒から 120 秒まで設定できる。

現在、関東地方のテレメーター観測は全てアナログ伝送方式で行なわれているので、遅延装置の入力は必然的にアナログに限定される。観測点数は堂平、筑波、清澄、城山、大山、箆木山の 6 点、各点共に、上下動と水平東西動成分を夫々記録し、タイムコードに 1 チャンネルを必要とする。したがって全部で 13 チャンネルが要求され、チャンネル数は 16 ch. に設定しなければならない。delay time は観測網の拡がりから、少なくとも 10 数秒要求される。従って、16 k words のメモリー容量で、16 チャンネルで、10 数秒の delay time をとるためには、sampling rate は 16 msec. に限定される（実際の delay time は 16 sec. となる）。trigger は 3 点 OR の状態で、ノイズでスタートするところまでレベルを下げ、堂平、筑波、清澄のいずれか 2 点の AND に設定した。トリガー時間は 90 秒に設定した。なお 1 月 14 日の伊豆大島近海地震の本震以降ほぼ 1 日間は 10 mm/sec 送りの連続記録を行なった。

記録計は各チャンネルの記録幅が 40 mm の 16 チャンネル・インク描きを使用し、通常は signal off の状態で 1 mm/min の紙送りとし、トリガーされると同時に signal on

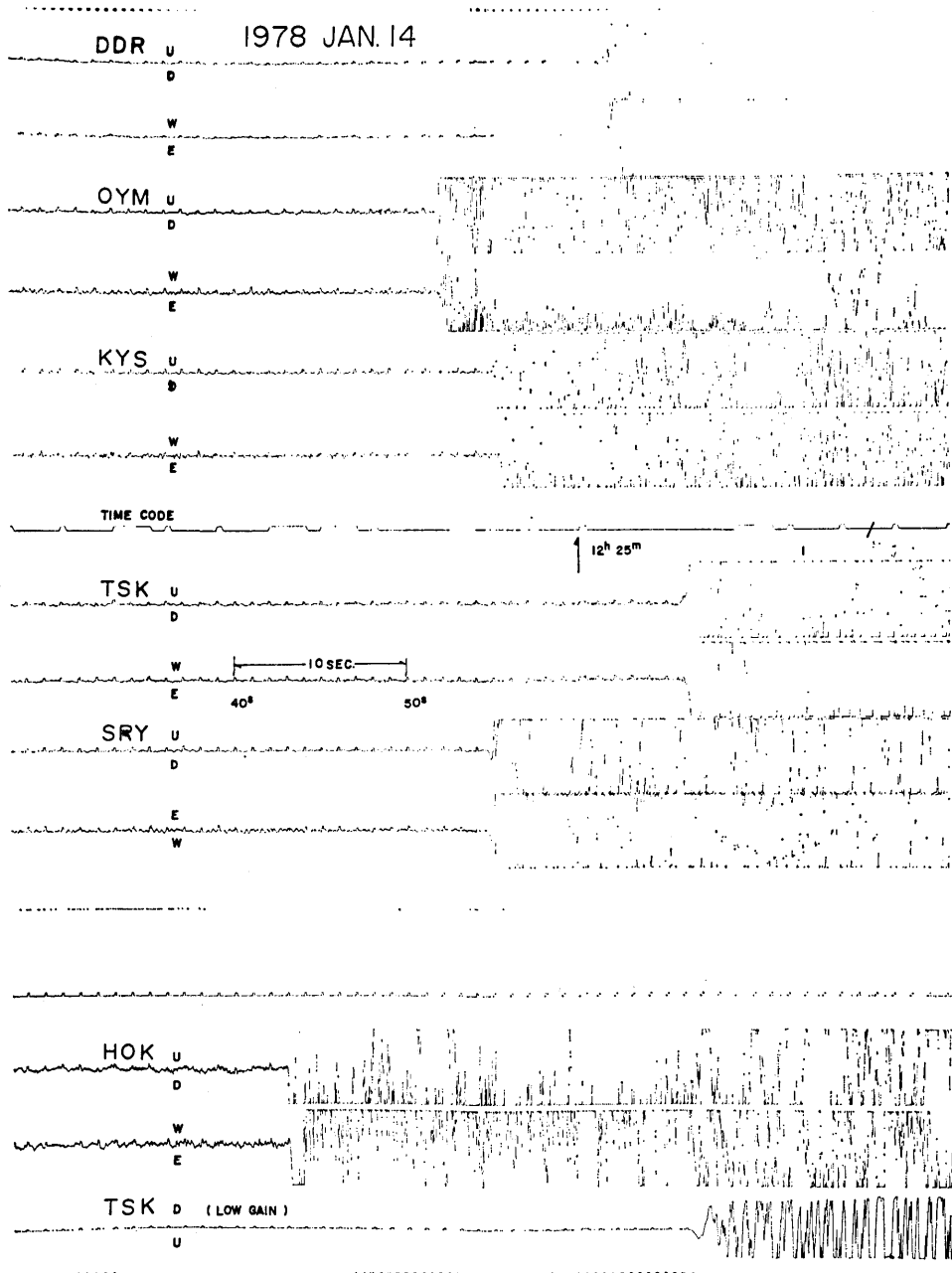


Fig. 2. An example of the seismograms of the Izu-Oshima-kinkai Earthquake of 1978 by the multi-channel simultaneous recording system. (A) Seismograms for the main shock of January 14, 1978.

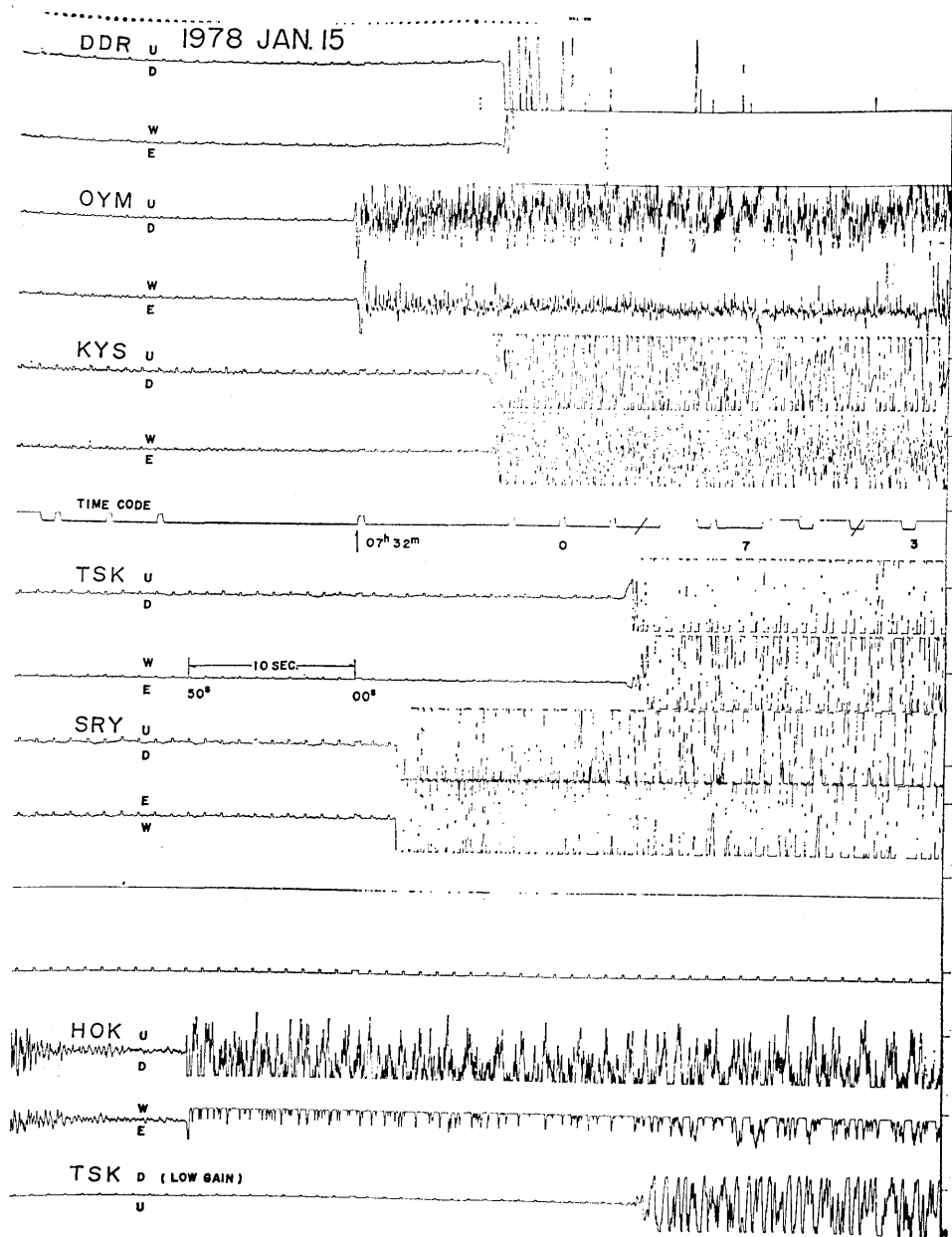


Fig. 2(B). Seismograms for the largest aftershock of January 15, 1978.

の状態になり 10 mm/sec の紙送り速度で記録するように設定されている。

第2図, (A), (B) に1月14日12時24分の伊豆大島近海地震の本震及び翌15日7時31分に伊豆半島中部に発生した最大余震の記録を夫々示した。参考までに第1表に, 観測点の位置と, 本震及び最大余震の夫々の観測点へのP波到達時刻を示した。(+)、(-)は夫々

Table 1. List of geographical position and arrival time of P-wave for the mainshock and largest aftershock of the sensitive telemetering stations in the Kanto district.

Station	Lat. (N)	Long. (E)	Alt.	Arrival Time (J. S. T.)		
				Main Shock	Largest Aftershock	
Dodaira	DDR	35°59'54"0	139°11'36"2	800 m	JAN. 14 (1978) 12 ^h 25 ^m 00.90	JAN. 15 (1978) 07 ^h 32 ^m 08.21 (-)
Ohyama	OYM	35 25 12.3	139 14 34.9	600	24 51.64 (-)	31 59.52 (+)
Kiyosumi	KYS	35 11 51.6	140 08 53.6	180	24 55.02	32 07.68 (-)
Tsukuba	TSK	36 12 39.0	140 06 35.0	280	25 05.69 (+)	32 15.70 (+)
Shiroyama	SRY	35 36 30.0	139 16 27.0	254	24 54.68 (-)	32 02.46 (-)
Hobkigiyama	HOK	34 50 55.5	139 02 28.8	900	24 43.08 (-)	31 49.18 (+)

(+), (-) show direction of P-wave first motion, compression and dilatation respectively.

初動の押し、引きの方向を示している。

3. 半自動検測

第3図は、インク描きペンレコーダーによる多成分記録を半自動的に検測するためのシステム構成図である。実際の作業の流れは、SOLIDSTATE DIGITIZER (X-Y リーダー) の作業板上に第2図(A), (B) に示したような記録をセットし、read switch を押すことにより、基準タイムマーク、P、S 及び F 時刻、振幅を検測する。年・月・日・時・分等の定数的入力、及び、初動の押し引き等を示す文字型の情報は、X-Y リーダーの作動域内の一角に、数字、文字、記号を記入したメニュー板を置き、全てここから入力するようにしている。もちろん、DIGITIZER の key board から、S/7 の CONSOLE TYPEWRITER からでも入力することは可能であるが時間的、作業能率的にメニュー板からの入力が優れている。検測されたデータは S/7 を経て S/370 に転送され、あらかじめ S/370 にロードされた震源処理プログラムにより計算される。計算結果は検測データと共に S/370 の LINE PRINTER に印字されると同時に磁気テープに書き込まれる。又、origin time, 震央, 震源の深さ, mag-

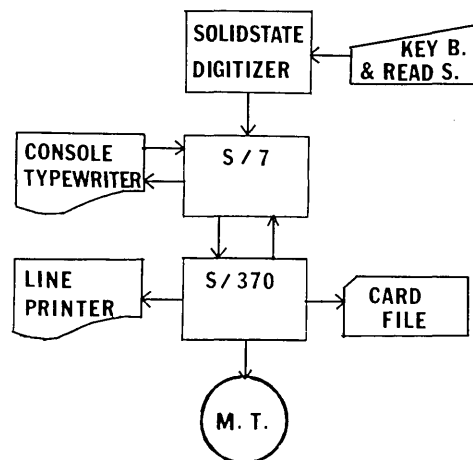


Fig. 3. Constitution and flow of the semi-automatic processing system.

nitude 等の震源情報がカードで出力される。計算結果を正しく求めるため一つの地震の検測・計算が終わる都度、S/7 の CONSOLE TYPEWRITER に計算結果が偏差値と共に中間的にモニター出力される。このモニター出力を見て、検測ミスに気付いた場合あるいは計算結果の精度が悪い場合は再度の検測を行なっている。

震源計算に使用した計算機プログラムは金森・津村のプログラム [津村 (1973)] に渋谷 (1974) が手を加え、さらに石橋 (1975) が簡潔に書き改めたプログラムを用いた。ただし、入力ステートメントは全面的に、出力ステートメントは一部を書き改めて使用した。計算は S-P 時間から発震時を近似し、各観測点への P 波走時から求めている。

計算に用いた速度構造は、P 波速度、層厚がそれぞれ 2.83 km/sec. (0.60 km), 5.45 km/sec. (4.46 km), 6.05 km/sec. (14.94 km), 6.80 km/sec. (10 km), 7.70 km/sec. (∞) の水平構造 [余震共同観測班 (1975)] である。

SOLIDSTATE DIGITIZER を用いた計測は、従来行なわれてきた定規、ルーペ等による読み取り方法に比較し、所要時間が数倍速く、人為的な誤差の入る可能性も少ない。我々は前述の震源の半自動処理プログラムの他に、各種ドラム記録、各種インク描きチャート記録の読み取り用プログラムも開発した。

4. 前震・余震活動の推移

第4図 (A), (B) は、1月13日20時38分から2月3日15時30分まで約20日間に、半自動検測により求められた伊豆大島近海地震に伴う地震活動の水平・垂直分布を夫々示す。以下、前震、余震の活動の推移を調べた。

第5図は、前震が最初に観測された13日20時38分から、本震直前の14日12時24分までの前震の分布図である。前震は大島西側近海に集中して発生している。

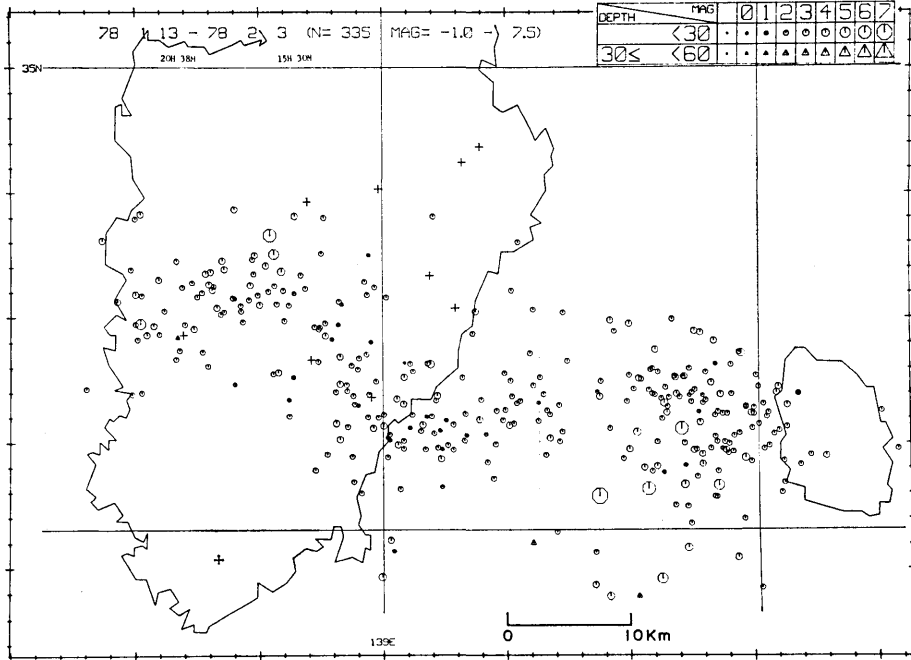
第6図は、本震発生後3時間 (14日12時24分から15時24分まで) の余震分布を示している。前震域の南西側端で本震が発生すると同時に、余震はすでに伊豆半島西部まで広がっている。

第7図は、本震が発生してから、翌15日の03時46分に伊豆半島中部に M4.6 の地震が発生し、伊豆半島中部から南西部へかけての活動が活発化するまでの余震分布を示している。余震は前震域の東端である大島西岸から伊豆半島西部まではほぼ一様に広がっている。

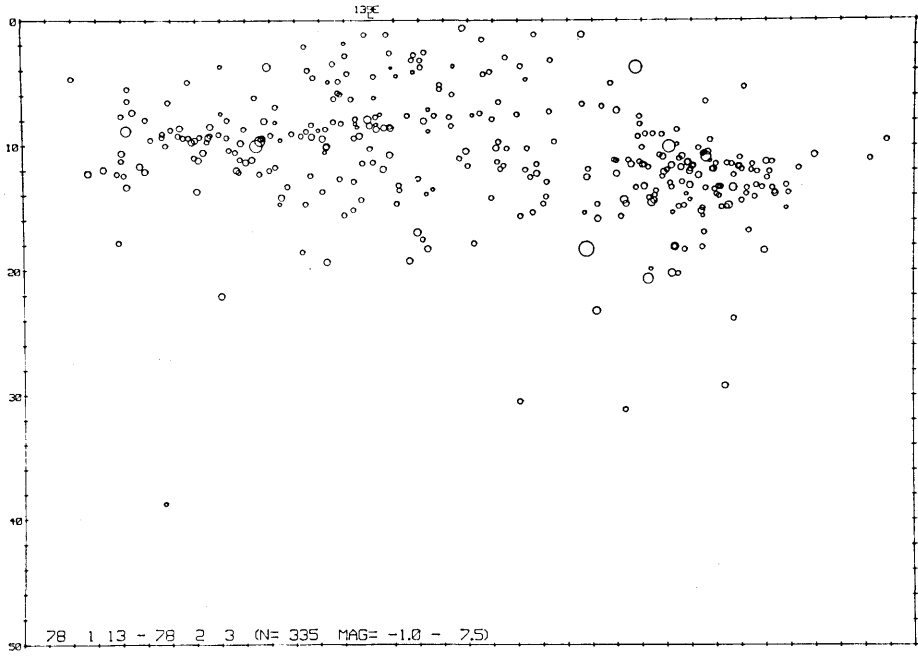
第8図は、15日03時46分から16時00分までの余震分布である。07時31分に伊豆半島中部を中心に、被害を与えた最大余震が発生し、半島中部から南西に延びる2次余震域が形成された。

第9図は、15日16時から、余震活動が比較的活発であった1月23日までの8日間の余震分布である。本震後、大島西端から伊豆半島西部にかけてほぼ一様に広がっていた余震域が、この期間に至って、本震の発生した地域の活動が不活発なのは特徴的である。

第10図は、大島で観測された30分毎の地震数とその積算値を示している。最初の活動は13日の20時38分に始まり、一時静穏化した。そこで、翌14日の8時12分から活動が活発化し、第5図にみられる震源域を形成した。然しながら、本震発生前の約2時間前から地震の数が減少した。そして、14日の12時24分に本震が発生した。その後、多数の余震が観測



(A)



(B)

Fig. 4. Epicentral distribution of foreshocks and aftershocks of the Izu-Oshima-kinkai Earthquake located by the sensitive telemetering network in the Kanto district for the period from January 13 to the February 3, 1978 (A). Vertical distribution of the foci in the W-E section is also shown. (B)

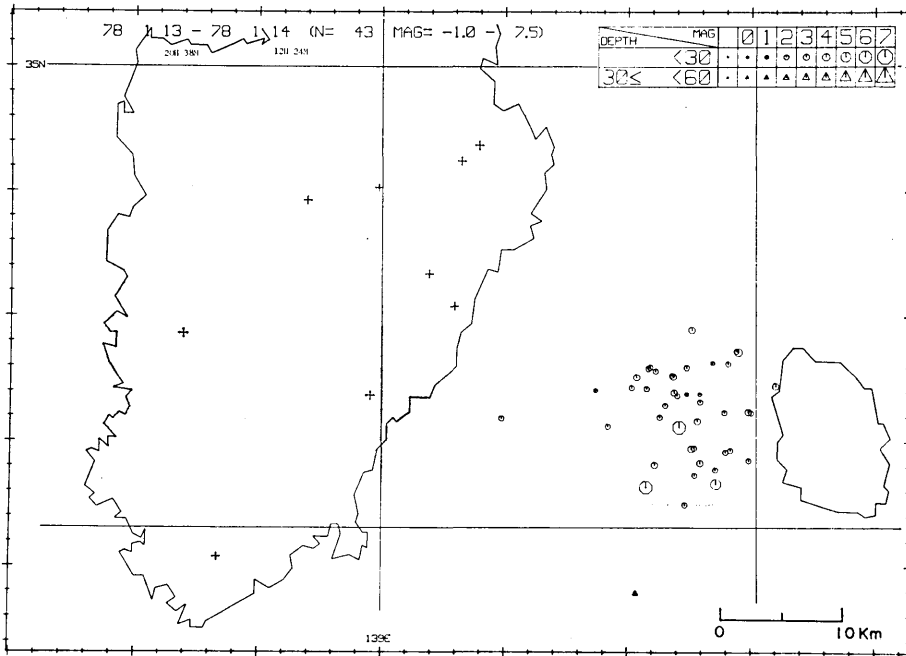


Fig. 5. Epicentral distribution of foreshocks in the period from first foreshock to main shock.

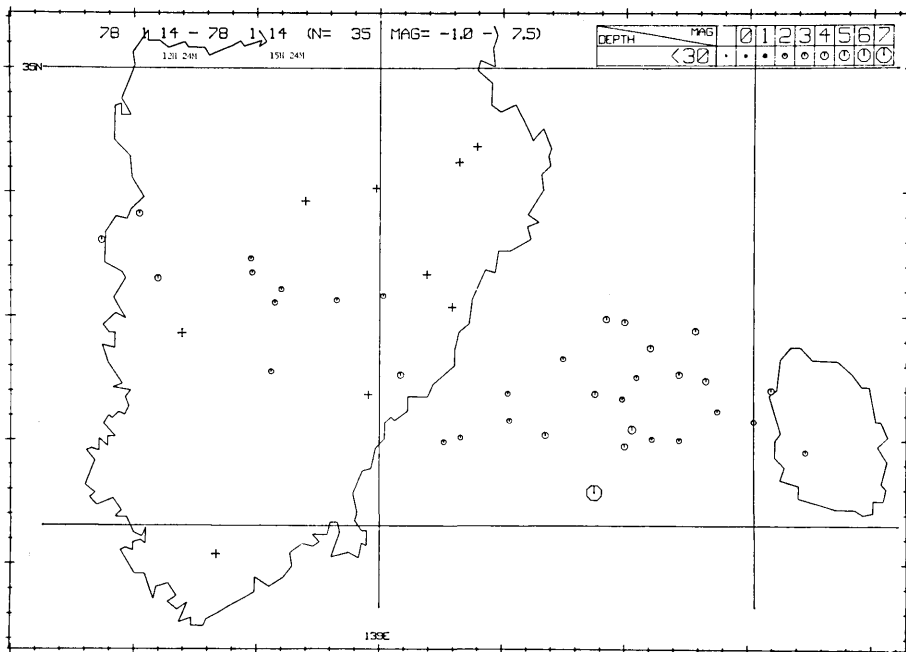


Fig. 6. Epicentral distribution of mainshock and aftershocks for 3 hours.

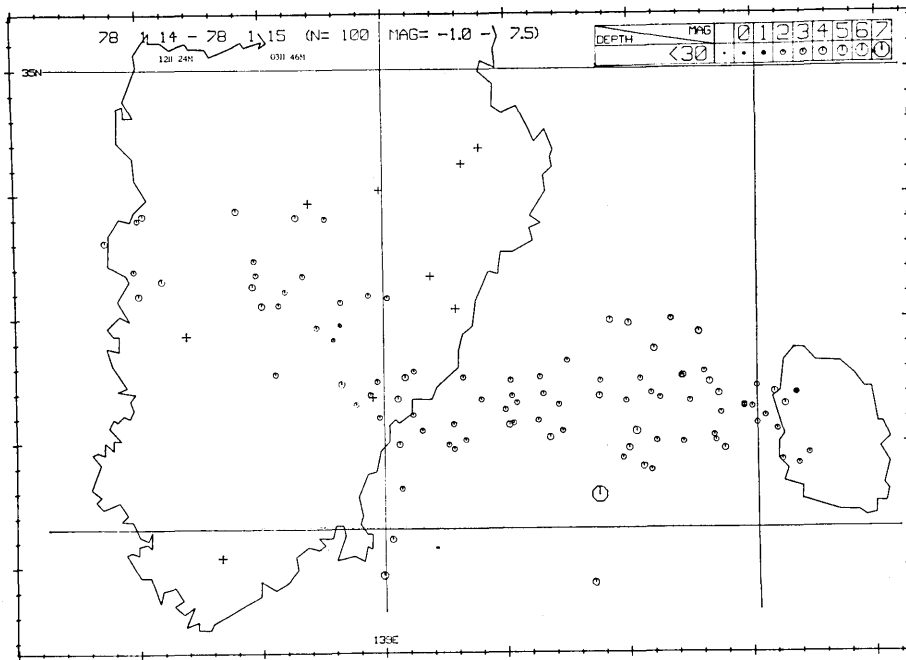


Fig. 7. Epicentral distribution of mainshock and aftershocks for about 15 hours.

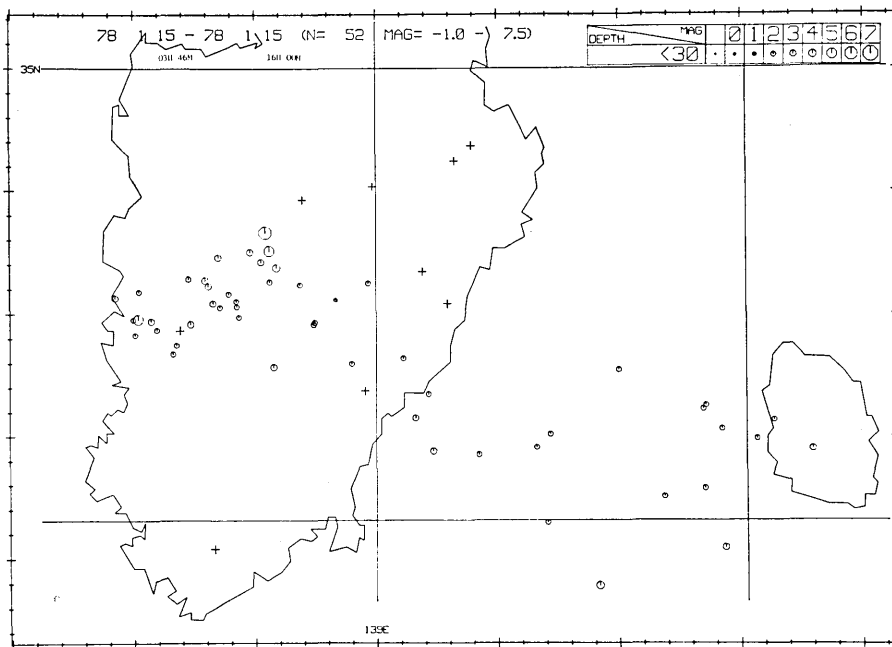


Fig. 8. Epicentral distribution of aftershocks in the period from 03h 46m to 16h 00m, January 15, 1978.

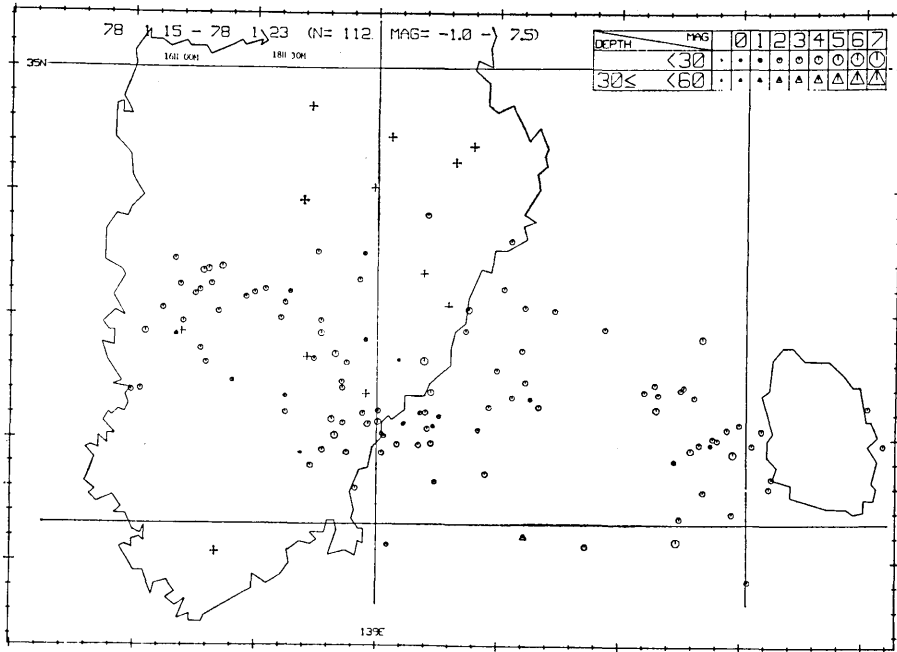


Fig. 9. Epicentral distribution of aftershocks in the period from January 15 to January 23, 1978.

され、時間とともにその数は減少するかに見えたが、15日03時46分に M4.6 の地震が伊豆半島中部に発生するとともに、半島中部から南部に至る地域の地震の数が増加した。そしてその活動も減少した約1時間30分後の07時31分と07時36分に夫々、M5.8, 5.4 の地震が同地域に発生した。

今回、報告した活動経過は、地震後に即日処理された結果をあえて修正しないで用いた。後日、津村ら(1978)が伊豆半島の臨時観測点のデータを含めて、震源決定を行なった結果より多少精度は悪い。第11図は、津村らによる結果と即日処理の結果を比較した水平分布図である。○印は津村らによる結果を、×印は即日処理の結果を示している。前震が最初に観測された1月13日20時38分から、余震活動が比較のおだやかになった2月3日15時30分までに、半自動処理により決められた地震は335個を数えた。これは同期間に、津村らによって求められた $M \geq 2.2$ の地震数334に相当する。

震源の水平、垂直分布ともに、最大10km前後ずれているものがある。これは観測網が箒木山を除いて、最も近い観測点大山でも60km以上離れているためと、今回用いた速度構造が適当ではなかった(津村ら(1977)も同じ速度構造を仮定して伊豆半島における群発地震の震源計算をしたが、深さの決まりがあまりよくなかった。表層の2.83 km/sec. をとりのぞいて再計算した方がよく決まった。)ためと考えられる。また、マグニチュードも多少大きめに求められた。これはマグニチュードの計算を堂平観測点1点の $F-P$ から、 $M_{F-P} = -2.56 + 2.94 \log(F-P)$ [堀(1973)]の式を用いて、行なったため

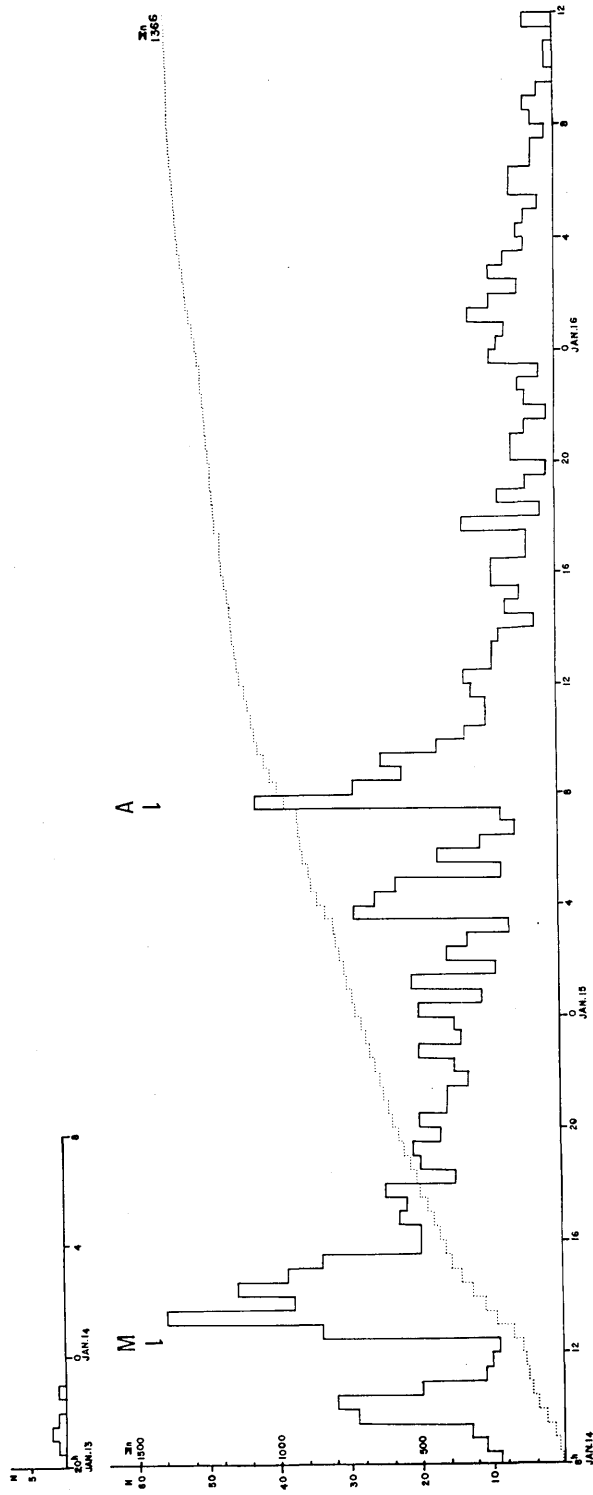


Fig. 10. Frequency and cumulative number of foreshocks and aftershocks of Izu-Oshima-Kinkai Earthquake of 1978 for every half-hour at Ohyama station. M: Mainshock, A: Largest aftershock.

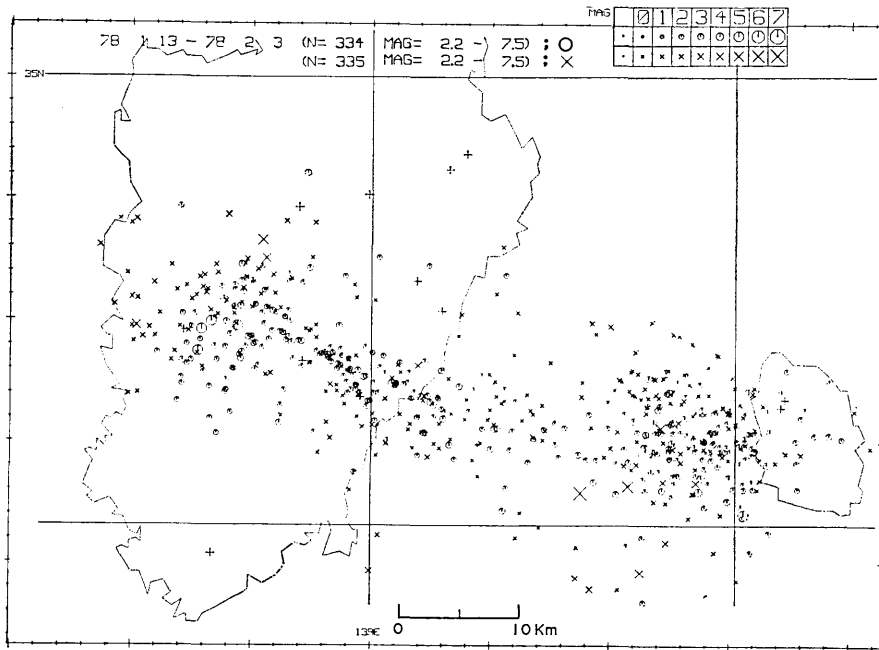


Fig. 11. Comparison of epicentral locations by Tsumura et al. (1978) with the present study in the period from January 13 to February 3, 1978. O: By Tsumura et al. X: By present study.

であり、全観測点の M_{F-P} を求めその平均を求めたならばよりばらつきの少ない値を得ることが出来たと思われる。

5. ま と め

1978年1月の伊豆大島近海の前震—本震—余震活動の震源決定を、SOLIDSTATE DIGITIZER (X-Y リーダー) を用いた半自動検測法を採用して行うことにより、即日処理することが可能になり、活動の推移のモニターリングに大いに役立った。

現在、稼動している関東の6点の高感度 Telemeter 観測網で、伊豆大島から伊豆半島中部にかけての地域に発生する地震は、M2.2 以上についてその震源を決定できることが分かった。

現在進められている、関東地方の Telemeter 観測網の整備・拡充が完成すれば、より小さな地震についても、この半自動検測方式で、さらに精度よく震源要素を求めることができる。現在行なわれている委託観測・検測方式に代って、関東地方の微小地震活動を迅速に、かつ人為的誤差を少なく決定することが可能である。

文 献

- 堀 実, 1973, 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), 1-4.
- 石橋克彦, 1975, 山梨県東部の地震計測学的研究, 東京大学博士論文, 1-67.
- 地震活動研究グループ, 1976, 遅延装置を用いた多成分同時記録システム (序報), 地震研究所談話会, 511回.
- 唐鎌郁夫・津村建四朗・高橋正義・荻野 泉・酒井 要, 1974, 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—, 地震研究所研究速報, 14, 55-67.
- 東京大学地震研究所地震移動観測室・地震活動研究部門, 1976 b, 伊豆半島北部の群発地震 (2), 地震予知連絡会会報, 16, 77-81.
- 東京大学地震研究所地震移動観測室・地震活動研究部門, 1976 a, 伊豆半島北部の群発地震, 地震予知連絡会会報, 15, 91-93.
- 津村建四朗, 1973, 関東地方の微小地震活動, 関東大地震50周年論文集, 67-87.
- 津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・酒井 要・高橋正義, 1977, 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, 113-140.
- 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.
- 余震共同観測班, 1975, 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, 11-20.

35. *Distribution of Foreshocks and Aftershocks of the Izu-Oshima-kinkai Earthquake of 1978 by Semi-Automatic Processing.*

By Kenji KANJO, Isao NAKAMURA and Kenshiro TSUMURA,

Earthquake Research Institute.

A semi-automatic processing system of multi-channel simultaneous records has been operated for the sensitive telemetering seismic observation network in the Kanto district since end of 1977.

An earthquake of the magnitude 7.0 occurred in the sea near Izu-Oshima with many foreshocks and aftershocks on January, 1978. The transition of the epicentral distribution for the foreshocks and aftershocks was monitored without delay by the present process.

The foreshocks were located in the western region of the sea near Izu-Oshima. The mainshock occurred at the end of the west side. The aftershocks spread to the central part of the Izu Peninsula soon after the mainshock. The largest aftershock of magnitude 5.8 occurred in the central part of the Izu Peninsula and started the 2-nd spreading of aftershocks from this region towards the SW.