

13. 地震波形の相似性からみた前震と 群発地震の違いについて (序報)

地震研究所 辻 浦 賢

(昭和54年6月26日受理)

1. 序 言

ある地域の地震活動が活発化した場合、それが大地震に先がけての前震であるか、群発地震或はその他の地震であるかを識別することは極めて重要な問題である。これらの識別法の1つとして、地震の大きさ別頻度分布“ b ”の値の違いがある。SUYEHIRO *et al.* (1964) と SUYEHIRO (1966) は前震の b の値が余震に比較して、異常に小さいことを見出し、前震をその他から区別出来る可能性を指摘している。このような b の違いは又、MOGI (1963 a) の岩石破壊実験からの予測とも一致する。一方、地震波動の波形解析から、前震のもつスペクトルの特徴を見出そうとする試みもある (例えば、TSUJIURA, 1977)。ここでは地震波形の立場から、これらの違いを見出そうとするものである。

1978年11月24日より、伊豆半島、川奈崎沖において地震活動が活発化し、約20日間続いた。この地震は、その活動状況からみて典型的な群発地震型である (津村他, 1979)。筆者はこれらの地震の波形について調べた結果、ある限られた時間帯 (例えば、1時間) に発生する地震は、いくつかの例外を除けばすべて同じ地震波形、所謂“相似地震”によって構成されていることを指摘した (TSUJIURA, 1979)。そこで地震波形の相似性に着目し、関東地方に発生した過去11年間の主な群発地震の波形について調べた結果略共通の特徴を得た。更に、これらの結果を先の伊豆大島近海地震の前震群の波形と比較した結果、両者の間で著しい違いのあることを見出した。ここでその結果の概要について報告する。

2. 資 料

群発地震の選定に当っては、主として MOGI (1963 b) の研究に従い、その地震数、震源位置及び発生時間によって決定した。今回の基準は、夫々の地震の震源位置が15 kmの範囲内にあり、その地震数5個以上のものが10時間以内に発生している場合を群発地震とした。堂平微小地震観測所 (DDR) の磁気テープ記録のリスト、及び主として気象庁の地震月報から上記の条件を満足するものとして、1968-1978の間で7個の群発地震を見出した。

第1図はこれらの地震の震源域及びその発生日の概要を示す。発生日については最盛期の日付を、また最盛期のはっきりしないものについては初期のころの日付を採用した。解析は与えられた群発地震についての高速度記録 (10 mm-25 mm/sec) を用い、記録の重ね合せにより相似地震の存在を確かめた。

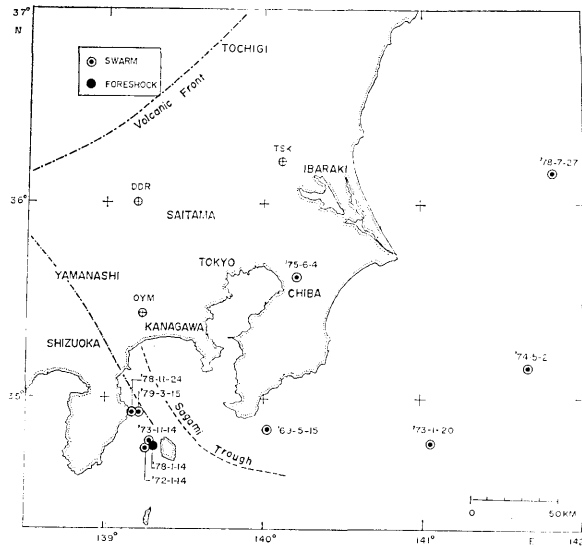


Fig. 1. Distribution of the epicentral areas of the earthquake swarms and the foreshocks concerned in this paper.

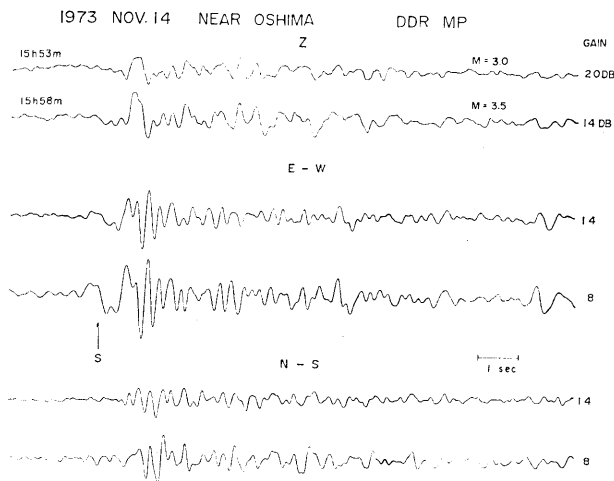


Fig. 2. Comparison of the seismograms observed by the medium-period seismograph (MP) at DDR for the event pair taken from the earthquake swarm which occurred near Oshima. The amplitude is adjusted to have almost the same amplitude by changing the gain of the play-back amplifier. Note similar waveforms for each component of the seismograms.

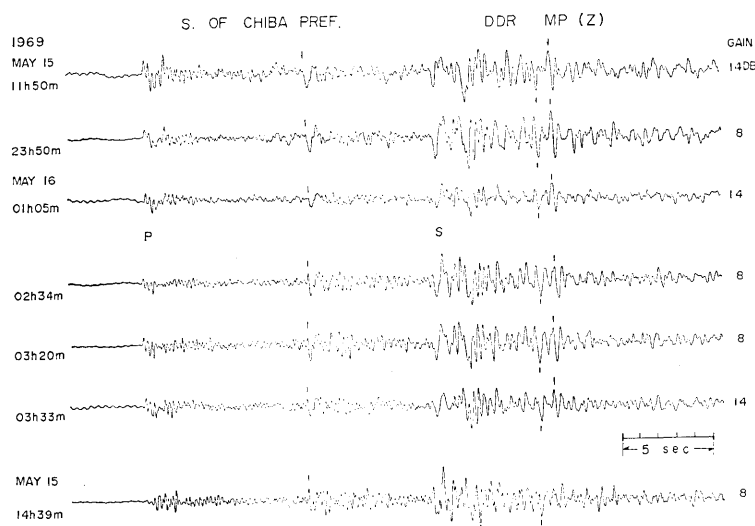


Fig. 3. An example of the seismograms obtained by the vertical component (Z) of MP seismograph at DDR for the earthquake swarm which occurred in the south of Chiba prefecture. Magnitudes of these events fall to a range from 3.2 to 3.8. Note the similarity of waveforms, especially, for the two events with similar size (02h34m and 03h20m).

3. 結 果

第2図は大島付近において発生した群発地震のうち、2つの地震 ($M=3.0, 3.5$) について中周期地震計 ($T_0=5$ sec) の3成分記録を並べたものである。比較を容易にするため、テープの再生増巾器の利得を調節して振巾をそろえてある。図に見られるごとく、各成分ともS波の始まりからCodaにいたるまで非常によく対応しており所謂相似地震であることが解る。更にこのような傾向はP波群についても同じである。

第3図に千葉県南部で発生した群発地震の上下動成分の波形を示す。これらの地震のマグニチュード (M) は3.2から3.8の間で分布する。高周波 ($f>5$ Hz) のリップルを除けば、上側6個の地震波形の対応(相関)は比較的良く、特に中程の同じ大きさを持つ地震(02h34m, 03h20m)の相似性は極めて良好である。一番下の記録(14h39m)の対応は上のものに比べて見かけ上劣るが、それでも低域フィルター ($f_c=3$ Hz) を用いた記録について比べると相似地震が得られる。また、矢印で示した孤立波形のP波から測った到達時刻は、0.1 secの範囲内で一致していることは注目し値する。

第4図は大島付近で発生した群発地震の波形を比べたものである。これらの地震の M は2.6から4.1の間で分布するが、波形の相関は非常に良く、このことは、群発地震のスペクトルは地震規模にも依存しない、少なくとも $M=1.5$ 程度の違いには無関係であることを意味する。このような傾向は、先の川奈崎沖群発地震で得られた結果とも調和する(TSUJII-URA, 1979)。

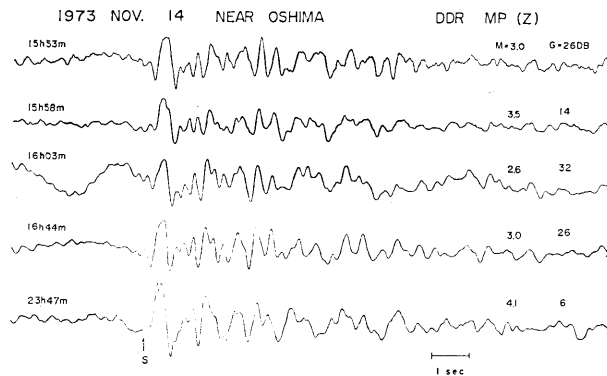


Fig. 4. An example of the seismograms for the earthquake swarm which occurred near Oshima. Note the similarity of waveforms even between the events with different magnitudes ($M=2.6-4.1$).

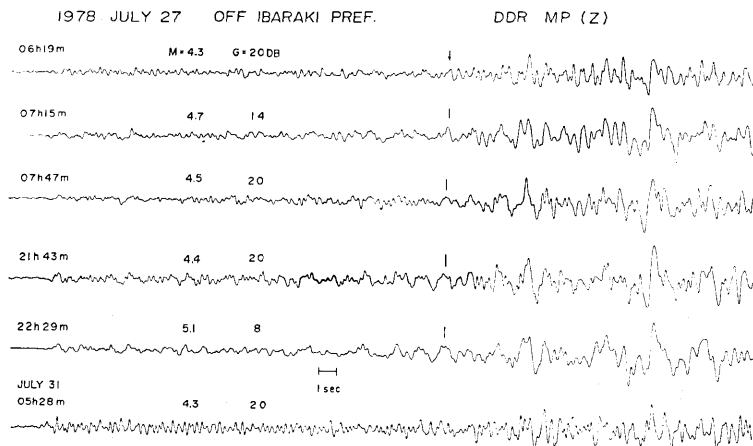


Fig. 5. An example of the seismograms for the earthquake swarm which occurred off Ibaraki prefecture. The magnification of the MP seismograph is decreased by a factor of 1/5 since Dec. 11, 1973. The peaks and troughs for corresponding traces are well coincided for low frequency components ($f < 2$ Hz).

第5図は茨城県沖で発生した群発地震の波形を示す。これらの地震の M は 4.3 から 5.1 の間で分布する。地震が大きくなると、震源での時間関数が増加するため、高周波での相関が悪くなる傾向にある。それにしても比較的似かよった波形をしており、比較のためこれらの地震を、その付近におけるある限られたせまい領域、例えば、5 km の範囲内にある定常活動での地震と比べると、その違いは極めて明瞭である。同じ様な傾向は、図は省略するが、他の地域の群発地震についても見る事が出来る。従って、群発地震の波形は相似性を示すと云う傾向は一般的のようである。

一方、1978年1月14日に発生した伊豆大島近海地震 ($M=7.0$) の前震は、その規模、発

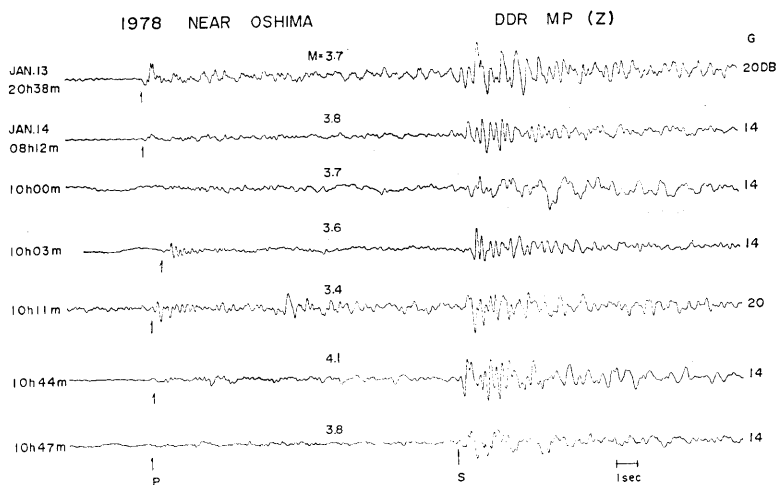


Fig. 6. An example of the seismograms for the foreshocks preceding the Izu-Oshima-kinkai earthquake ($M=7.0$). Note the disagreement of waveforms contrasting with the similarity of waveforms in the earthquake swarm.

生状況からみて、今回調べた群発地震の1部と略同じ活動様式を示す(辻浦, 1978)。第6図は同様に示された記録例を示す。勿論この他にも多くの前震を見ることが出来るが、比較を容易にするため、群発と略同じマグニチュードを持つ地震(3.4-4.1)を選んである。夫々の地震波形は独立した形をしており、一見して群発地震との違いを見出すことが出来る。特に前震と同じ地域で発生した群発地震を並べた次図を見れば尚一層明瞭である。

第7図は夫々の震源域が重なる(地震月報による)群発と前震を比較したものである。両者とも活動の最盛期約50分間のもので、夫々略同じ M を持つ地震を並べてある。大まかに見れば、前震群の中にも似た波形を持つ地震がないでもない(例えば、10h11mと10h47m)。然しながら、群発地震のもつ相似性に比較すれば、その違いは明らかであり、更にこの様な傾向は、1972年1月14日、同じ大島付近で発生した群発地震と対比しても同様である。つまり群発地震は相似地震によって構成されるが、前震は夫々独立した波形を持つ地震によって構成される、そしてこのような違いは、おそらく地震群の震源での地震発生状況の違いに起因するものであろうと推定される。群発地震は局所的な応力集中の場で発生し、そのため極めてせまい範囲、おそらく同じ断層面上で繰返し発生し、一方前震は、群発地震に比べて、広範囲の領域で発生したことを反映したものであろう。従って、若しこのような事実が、他の前震についても共通であるならば、地震波形についての詳細な監視が、地震予知のための1資料として役立つことが期待できる。勿論、ここで示した結果はすべて目視による判定であり、多少のあいまいさはまぬがれないところである。今後、資料の蓄積を重ね、また量的な解析も合せ行なうことにより、前震と群発地震を識別するための1手段として発展させてゆきたい。

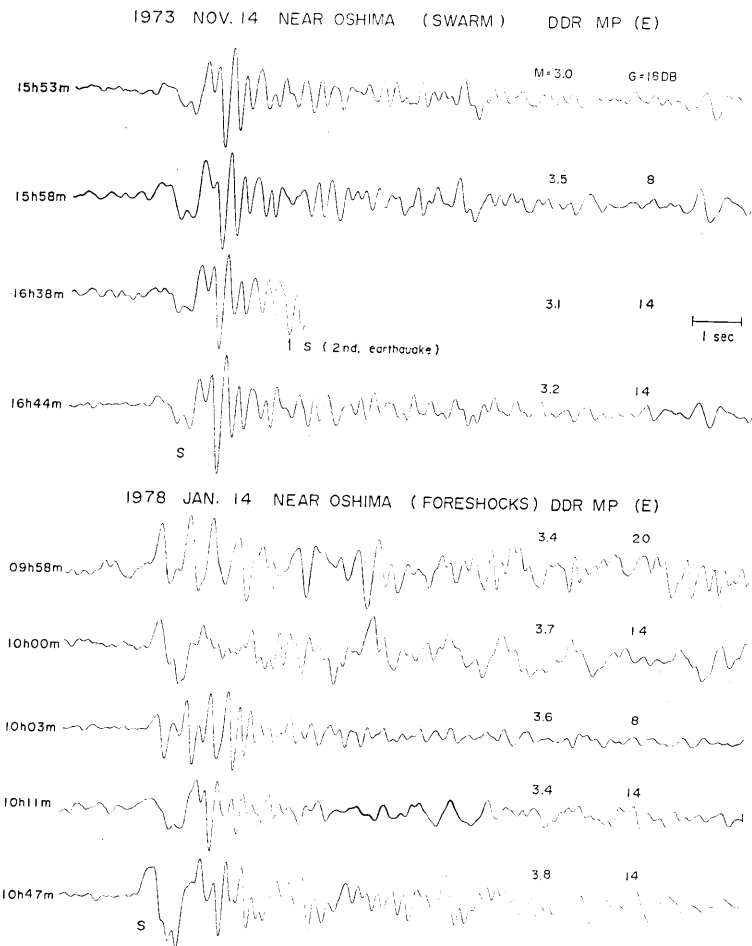


Fig. 7. Comparison of waveforms for the earthquake swarm and the foreshock sequence which occurred in the same area. Note the difference of the similarity of waveforms for the earthquake swarm and the foreshocks.

謝 辞

茂木清夫教授，津村建四朗助教授には原稿を読んでいただき貴重な助言を得た。感謝の意を表する次第である。

文 献

- MOGI, K., 1963 a, The fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the earthquake phenomena (Second paper), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41**, 595-614.
- MOGI, K., 1963 b, Some discussion on aftershocks, foreshocks and earthquake swarms-the fracture of a semi-infinite body caused by an inner stress origin and its relation to the

- earthquake phenomena (Third paper), *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41**, 615-658.
- SUYEHIRO, S., 1966, Difference between aftershocks and foreshocks in the relationship of magnitude to frequency of occurrence for the great Chilean earthquake of 1960, *Bull. Seism. Soc. Amer.*, **56**, 185-200.
- SUYEHIRO, S., T. ASADA, and M. OHTAKE, 1964, Foreshocks and aftershocks accompanying a perceptible earthquake in central Japan, *Pap. Met. Geophys.*, **15**, 71-88.
- TSUJIURA, M., 1977, Spectral features of foreshocks, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **52**, 357-371.
- 辻浦 賢, 1978, 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, 震研彙報, **53**, 741-759.
- TSUJIURA, M., 1979, Activity mechanism of the earthquake swarm in the Kawanazaki-oki, Izu peninsula of 1978, as inferred from the analysis of seismic waveform (preprint).
- 津村建四朗・唐鎌郁夫・荻野 泉・高橋正義・中村 功・神定健二, 1979, 伊豆半島川奈崎沖の群発地震について, 昭和54年度地震学会春季大会講演予稿集.

13. *The Difference between Foreshocks and Earthquake Swarms,
as Inferred from the Similarity of Seismic Waveform
(Preliminary Report).*

By Masaru TSUJIURA,
Earthquake Research Institute.

The earthquake swarms occurred at seven areas distributed in the Kanto district and foreshocks preceding the Izu-Oshima-kinkai earthquake ($M=7.0$) of 1978 are studied through the analysis of waveform. The earthquakes in a given swarm activity usually share a similar waveform, and the arrival times for certain isolated waves measured from the P -wave onset of their events are the same within the deviation of 0.1 sec. Especially when earthquakes of similar size are compared, their waveforms frequently coincide from P -wave onset till coda waves. Similar behavior, but with different waveforms are seen for earthquake swarms occurring in other areas. On the other hand, the waveform of foreshocks differs significantly from event to event even if the events occurred within a short time interval (e.g., 1 hour). If such features are always observed, the present results will be useful for the discrimination of swarm activity from other earthquake activity such as the foreshocks of a major earthquake.