

14. 岐阜県八幡町における多点配置式地震計 による微小地震の観測

地震研究所 {宮村 撰 三
堀松 本 英 実
辻 浦 照
賢

(昭和 38 年 9 月 17 日発表—昭和 38 年 12 月 28 日受理)

要 旨

1963 年 8 月岐阜県根尾谷をかこんで微小地震の協同観測がおこなわれた。われわれは岐阜県八幡町において無終端磁気テープを利用した磁気記録装置をもちい、多点配置式地震計 (Seismometer Array) による観測を実施した。観測は 1961 年 8 月 19 日の北美濃地震後におこなった余震観測と同一地点で、ほぼおなじ装置とおなじ方法でなされたので、約 2 年をへたふたつの時期における地震活動度の比較をすることができた。北美濃地震の余震域にもなおわずかに活動がみられたが、丁度観測開始の 1 週間前に八幡町の北々東 10 km 附近に小地震があり、その震央附近とおもわれるところに比較的多数の微小地震震央が集中して観測された。観測地を中心とする半径約 100 km 以内がほぼこの 1 ケ所の多点配置式地震計による震源推定可能範囲とみなしうるが、そこには、上記 2 群の極浅発地震のほか、全般的に散在する極浅発地震、観測点の東方および南方象限に分布する比較的ふかい浅発地震、および全域に点在する中深度乃至深発地震を区別することができた。

1. 序 言

1963 年 8 月岐阜県^{モトス}本巣郡^{ネ ラダニ}根尾村根尾谷を中心とし日本ではじめての大規模な微小地震の協同観測がおこなわれた。この計画の全体については別に報告がなされるであろうし、各観測班の独自の成果もそれぞれの担当者から発表されることとおもわれるので、ここにはこの協同観測の一環として筆者らのおこなった岐阜県^{グジヨウ}郡^{ハチマン}上郡八幡町における観測について、結果の一部を報告する。

1961 年 8 月 19 日の北美濃地震の余震観測¹⁾において、われわれはおなじ八幡町で、おなじような多点配置式地震計 (Seismometer Array) による波動相関法観測をおこなったので、約 2 年をへて、同一の場所で、同一の観測をおこない、同一の解析をこころみることは、この地方の地震活動度の推移を評価するためにきわめて有意義であり、すでに北美濃地震余震観測報告¹⁾のおわりでも、特に強調しておいたところであつた。そこで今回

1) S. MIYAMURA, M. HORI, K. AKI, H. MATUMOTO and S. ANDO, "Observation of Aftershocks of the Kita Mino Earthquake, Aug. 19, 1961.—Observation at Hachiman, Gifu Prefecture, Central Japan—," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **39** (1961), 895~908.

の協同観測にあたり、根尾谷をかこむ外側大観測網の一点として八幡町における観測を分担し協同観測の目的に協力するとともに、前回観測との比較をこころみたのである。

2. 観測場所

観測場所つまり地震計台と観測計器室の撰択条件についてはすでに前回の報告¹⁾でものべたが、前回の観測点(地震計台) No. 1 は道路にちかく交通による雑振動がおおきかったので、今回はこれを放棄し、No. 2, No. 3 はそのまま利用、なおあらたに2ヶ所を北方1 km ほどはなれた非常にかたい岩盤上に新設、第1図にしめすような位置にある4ヶ

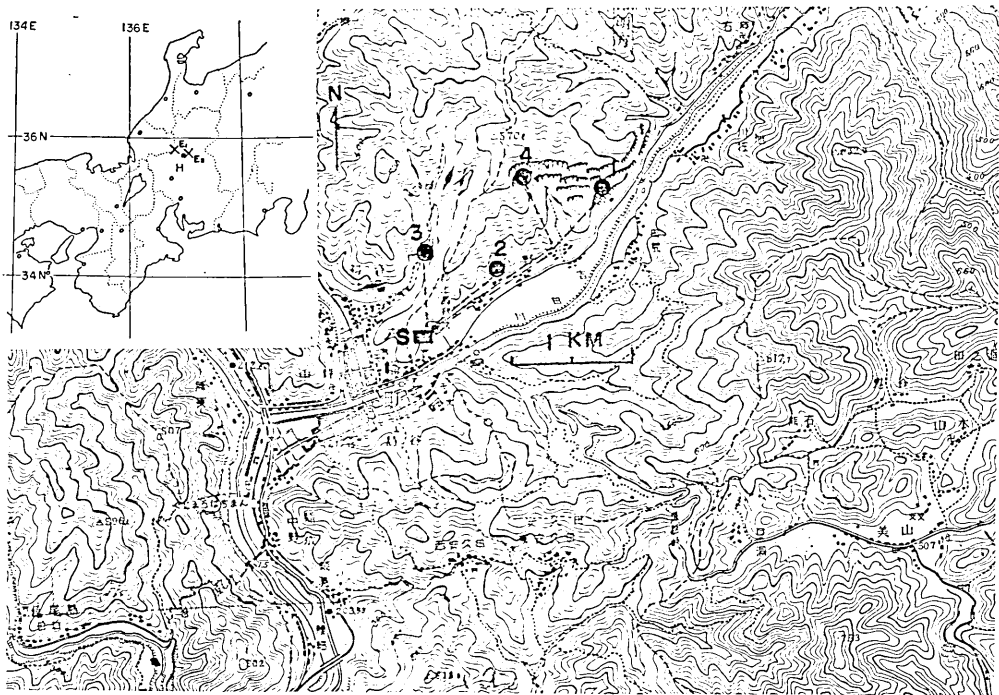


Fig. 1. Location map of the simple seismometer array stations at Hachiman, Gifu Prefecture, Central Japan, occupied during July 30-Aug. 29, 1963. H: Hachiman, S: Recording Room at Gujo High School, E₁: Epicenter of the Kita Mino Earthquake, August 19, 1961. E₂: Epicenter of a small Earthquake July 24, 1963, (M=5). Distances between stations: 1-2=1,155 m, 1-3=1,652 m, 1-4= 683 m, 2-3= 642 m, 2-4= 892 m, 3-4=1,171 m.

所の観測点をもちいることにした。今回の No. 2 は前回の No. 3, 今回の No. 3 は前回の No. 2 である。地震計台の位置と岩盤の地質とは第1表のとおりである。坐標は本所技術部井筒屋貞勝技官の測量によりえられ、その精度は ± 5 m 程度である。

観測室には前回同様県立郡上高等学校の御協力をえて、その養蚕室の一部を借用した。(前回は体育館配電室を利用した)

Table 1. The Seismometer array stations at Hachiman, Gifu Prefecture, occupied during the August 1963 observation.

Station	Coordinates		Elevation <i>h</i>	Foundation Geology	Seismo- meter Component	Remark
	λ (E)	φ (N)				
No. 1	136°58'59"	35°45'43"	274 m	Paleozoic greywacke sandstone	Z	Newly occupied
No. 2	136°58'21"	35°45'22"	264		Z, NS, EW	No. 3 of 1961
No. 3	136°57'56"	35°45'27"	260	Rhyolite dyke	Z	No. 2 of 1961
No. 4	136°58'34"	35°45'49"	418	Paleozoic sandstone	Z	Newly occupied

3. 観測装置

観測装置は、第2図にその系統図をしめしたように、無終端磁気テープを利用しひきがね式の保存記録をおこなうように改装した PWM 変調の Sony Data Recorder 3 軌道磁気録音機 2 組で、6 成分の観測ができるもので、すでに 1962 年 5~6 月に埼玉県秩父の栃本における観測²⁾で実用したものである。装置の詳細については筆者のひとり松本英照³⁾によつて別に報告される予定であるから、ここでは簡単に今回の観測における条件についてのべておく。

地震計は No. 1~4 の各点にそれぞれ上下動換振器 1 台、No. 2 に NS, EW 成分として水平動換振器 2 台が設置された。これらの換振器はいずれもすでにわれわれの観測^{1), 2)}でもちいられてきた本所技術部製の動線輪型電動換振器であつて、自己週期 $T_0=1$ sec, 減衰 $h=2$ に調整してもちいた。出力は上下動 3 volt/kine (1 kine=1 cm/sec), 水平動 1.2 volt/kine であるが、各換振器の出力には $\pm 5\%$ 程度のばらつきはあるとおもわれる。

無終端テープのながさは録音・再生間の遅延時間が約 20 sec になるように調整された。この無終端テープわくは普通の録音機の附加装置としてつくられたもので、テープには特別の粉末加工をしたものをもちいる。

ひきがね装置は前回と同様であるが、今回は今回放棄した道路にちかい地震計台の換振器に連結したのを、今回はそれよりは雑振動水準のひくい No. 2 (前回の No. 3) においた換振器につないだので、保存録音起動水準は入力電圧 15 μ V, 地動速度換算約 5 micro-kine となり、前回の約 50 μ V (30 μ kine) とくらべかなりひくい水準で観測をおこなうことができた。

保存磁気録音機は始動のち保持時間約 90 sec で自動的に停止し、つぎの始動にそな

2) S. MIYAMURA, M. HORI, K. AKI, M. TSUJIURA and H. MATUMOTO, "Simultaneous Operation of Two Seismometer-array Stations in a Study of Micro-earthquakes in the Kanto and Chichibu Region," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40** (1962), 885~897.

3) H. MATUMOTO "Triggered Magnetic Tape Recorder with Endless Reel Device for the Expedition Use," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43** (1964), (in press).

える。磁気テープの速度はすべて 7.5 inches/sec (18.6 cm/sec) であるから、無終端テープのながさは遅延時間 20 sec に対して約 380 cm, 保存テープは保持時間 90 sec に対し

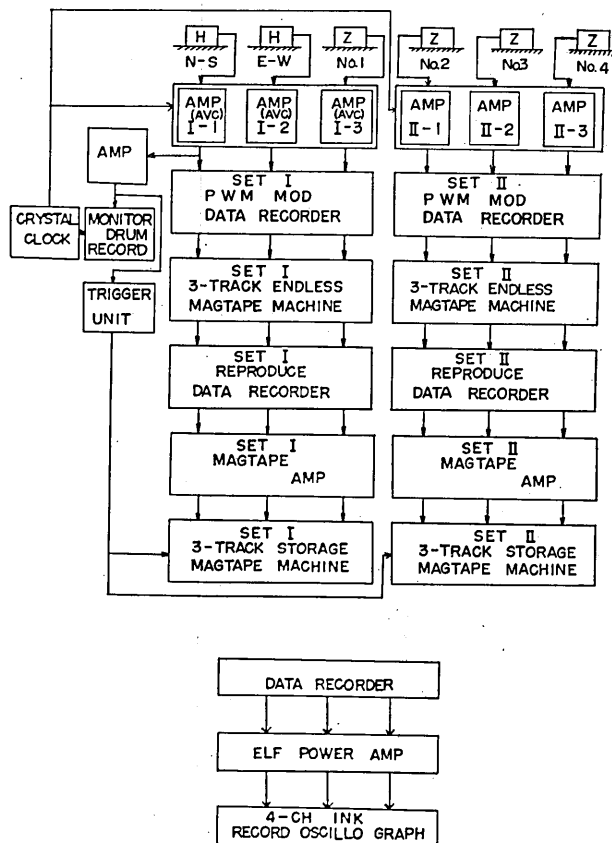


Fig. 2. Schematic diagram of the instrumentation. (AVC: Automatic Gain Control. MOD: Modulator. MAGTAPE: Magnetic tape recorder. ELF: Extremely low frequency, i.e. 1~30 c/s.)

約 1,680 cm で、ひとつのまきわくに 22 画の事象の保存録音ができる。

モニター記録のインクがき電磁オシログラフと換振器をふくめたこの装置の総合倍率特性は第 3 図にしめす曲線 A(昼間)および B(夜間)のような状態であり、前回よりかなり高倍率の観測ができた。モニター記録は今回は No. 2 の NS, EW, Z の 3 成分についておこない、また紀伊半島の常設微小地震観測所で採用している階段的自動倍率調整装置⁴⁾を

4) H. MATUMOTO, "Automatic Step-wise Gain Control of Seismometer Amplifier for the Routine Observation of Small Earthquakes," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **43** (1964), (in press).

つけて、記録がふりきれると自動的に倍率が 1/10 におち、ちいさい振動がつづくとき倍率がもとにもどるようにし、初動部分でふりきれて、S がよめなくなるようなことをふせぎ、最大振幅もかならずよみとれるようにした。

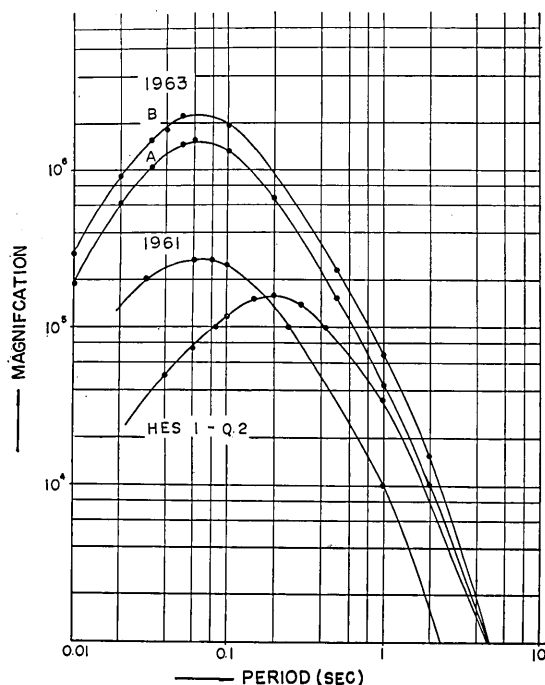


Fig. 3. Magnification curves of the seismograph system used at Hachiman, during the expeditions in 1961 and 1963. (A) (B) correspond to day-time magnification and night-time magnification in 1963. H.E.S. 1-0.2 is also shown for comparison's sake.

刻時装置には精度 10^{-6} の水晶時計 (東洋通信機製) を毎日 1 回 JJY 報時で校正しつつ使用した。水晶時計の分秒刻時は終無端テープをへて保存テープに記録されるが、ひとつの事象 (地震) の録音時間 90 sec 内には 1~2 回の分刻時しかはいらないから、記録の時分を決定するには、大型記録円筒によるインクがきモニター記録にいった時分刻時を利用する。このモニター連続記録の記録紙速度は約 4 mm/sec, 円筒の行おくりの間隔は約 2 mm で、記録紙のとりかえは 1 日に 2 回である。

4. 観測および解析

観測期間は 1963 年 7 月 30 日 8 時より 8 月 29 日 8 時までの 720 時間で、うち停電、落雷その他の事故による中断をのぞく実動観測時間は約 687 時間である。この装置では解析用の再生記録装置を専有しているので、観測はまきわく交換や無終端テープの交換に要す

る数分程度の中断で連続的に観測をつづけることができた。

再生記録の処理は従来より波動相関法⁵⁾と称して初動部分位相の到来方向とみかけの位相速度をもとめてきた方法を踏襲した。第4図に再生記録の代表的実例をしめす。

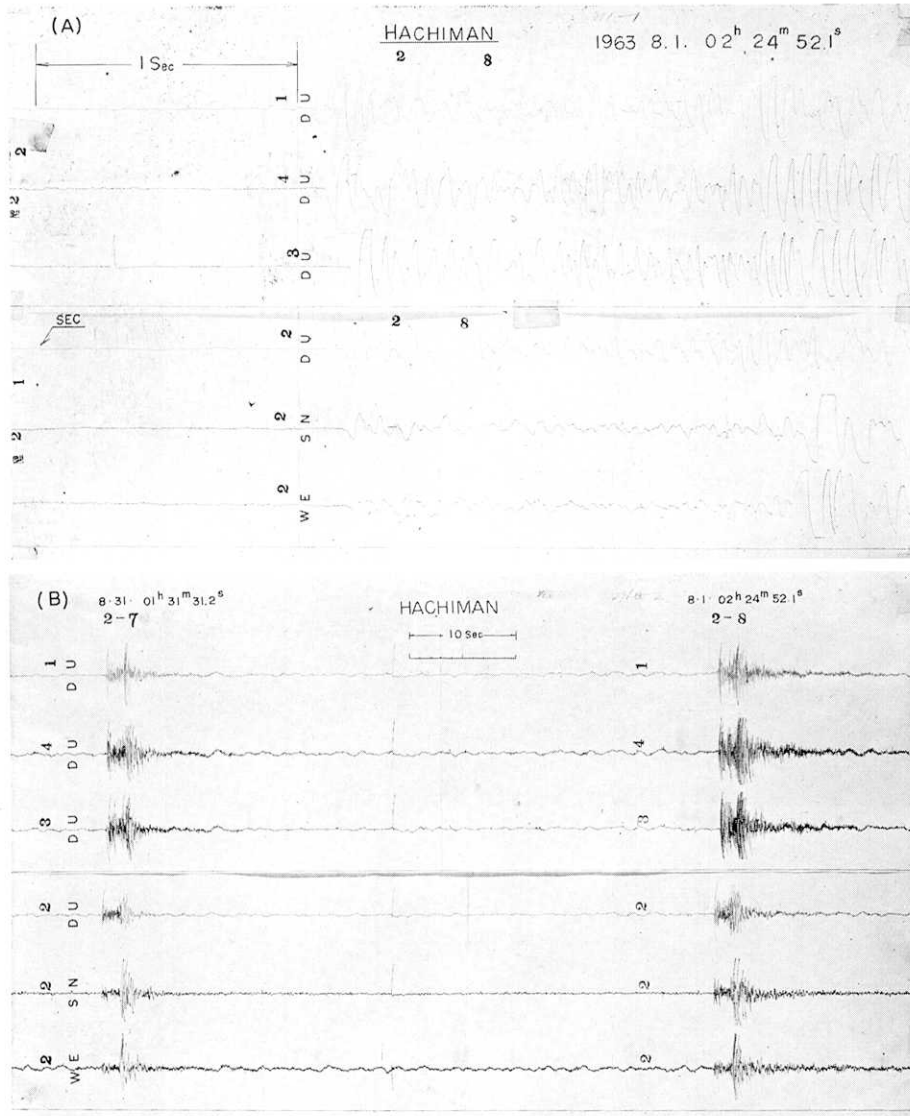


Fig. 4. An example of the magnetic records of an aftershock of the small earthquake of July 24, 1963. (A): High speed reproduction. (B): Low speed reproduction.

5) K. AKI and M. TSUJIURA, "Correlational Study of Near Earthquake Waves," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **37**, (1959), 207~232.

今回の4観測点中 No. 4 はかなり標高がちがうし、4点は同一平面上にないので、ことがらはやや複雑である。Nos. 1, 2, 3 の3点は高度差がすくなくほぼ水平面上にあるので、この3観測点 (Tripartite Stations) からもとめたものを主とし、Nos. 124, Nos. 134 の両3観測点からえた結果には、両三角形の水平面となす傾斜と地下構造を考慮した従来どおりの斜面補正⁶⁾をくわえ、これらが No 123 によるものにくらべ、いちぢるしくくいちがつたばあいには、ふたたびよみとりに検討をくわえ、どうしてもよい一致のえられないときは、その事象の結果はすてることにした。こうしてすてたばあいは、しかし、総数の2%程度にすぎなかつた。別々の3観測点からえた結果の一致はかならずしも非常によいものではなく、今後検討すべき種々の問題をふくんでいるようである。

モニター記録の検測も従来どおり、 P の着震時刻、 $S-P$ 時間、最大記録振幅等についておこなつた。記録紙の例を第5図にしめす。局地地震、近地地震とともに、相当遠方の外国の地震も記録されたことが注目される。この検測結果はすべて協同観測の観測表資料として報告されて利用された。

5. 結果および考察

モニター記録の検測によれば有効観測時間 687 時間に記録された地震は 453 回 (0.66 回/

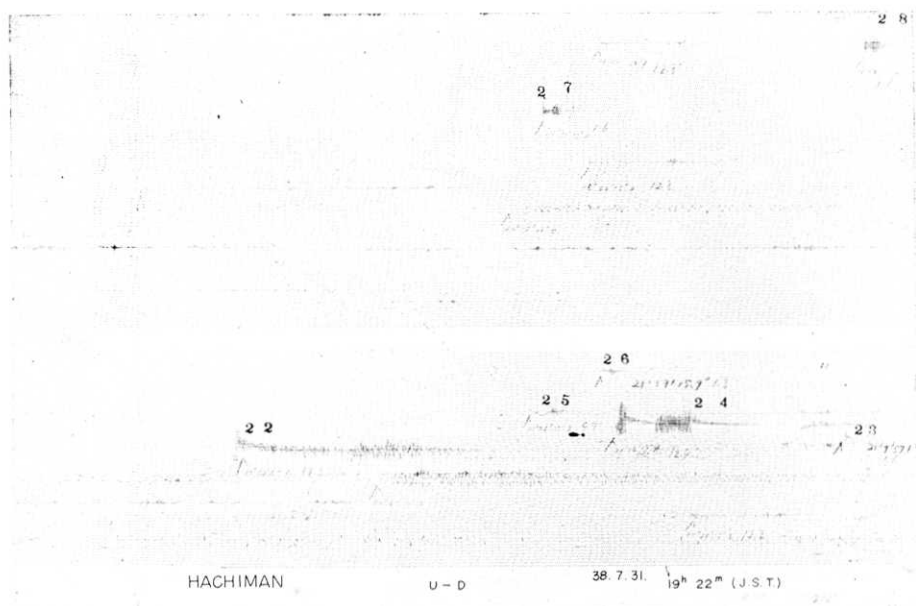


Fig. 5. An example of the monitor drum record for half a day. Numbers 2-2 etc. are given for the earthquakes recorded by the magnetic tape recorder.

6) K. AKI and H. MATUMOTO, "Study of Earthquake Waves by means of a Seismometer Array. Part 2, A Study of the Crustal Structure in the Kanto Region by the Observation of Apparent Velocities of P waves caused by Many Small Earthquakes," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **41** (1963), 279~292.

時)で、保存磁気テープ記録のえられたものはそのうちの126個である。これら保存磁気テープの再生記録から波動相関法解析によつて初動の到来方向と位相速度をもとめ、これに御母衣爆破地震実験⁷⁾からえられた地殻構造をこの附近の一般的構造と仮定し、 $V_p = 5.55$ km/sec, から $\sigma = 0.25$ として $k = V_{s-p} = 8.2$ km/sec をえ、これをもちいて、 $S-P$ 時間で震源距離をもとめ、ひとつひとつの地震について震源を決定した。

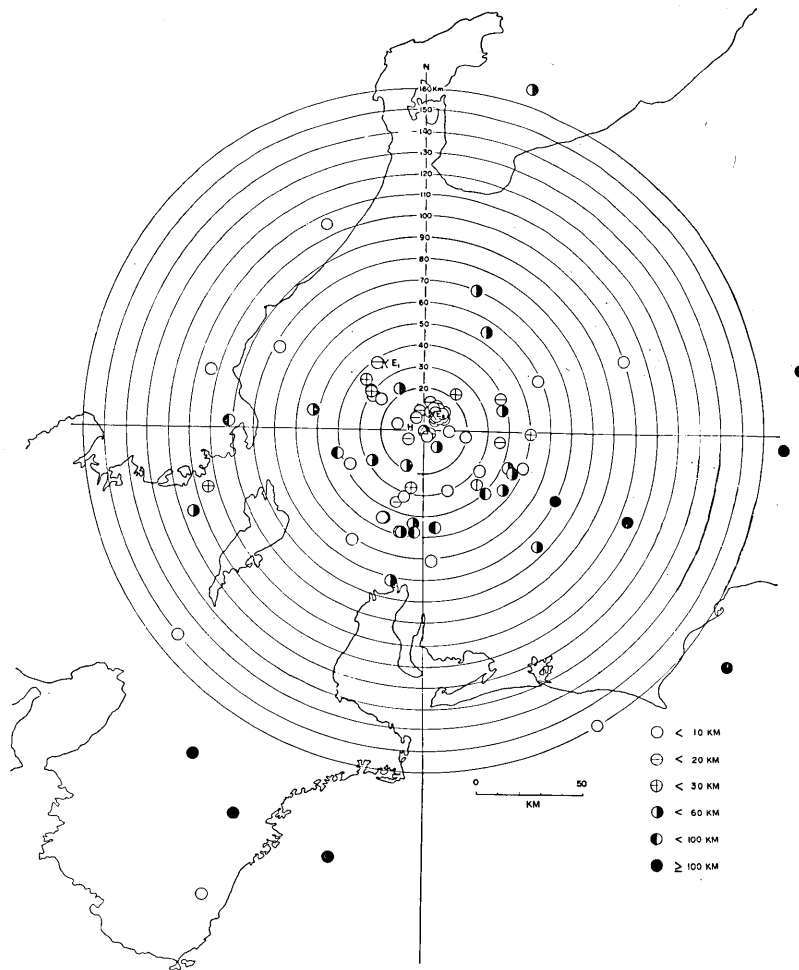


Fig. 6. Epicenters located by the correlational analysis of P waves recorded by the seismometer array stations occupied during August 1963 at Hachiman, Gifu Prefecture. H: Hachiman. E_1 : Epicenter of the Kita Mino Earthquake August 19, 1961. E_2 : Epicenter of a small earthquake of July 24, 1963.

7) T. MIKUMO, M. OTSUKA, T. UTSU, T. TERASHIMA and A. OKADA, "Crustal Structure in Central Japan as Derived from the Miboro Explosion-Seismic Observations. Part 2. On the Crustal Structure," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **39** (1961), 327~349.

安芸敬一⁸⁾によれば八幡町の北西象限の地震の震源は、御母衣実験による地殻構造でもとめるとすこしふかくなりすぎるので、表面ちかい地殻構造に部分的変更をくわえる必要のあることが知られている。このことはさらに今回の協同観測の他の班の資料をくわえて再検討すべきであろうが、ここでは一応周囲に一樣な御母衣実験による地殻構造があるという仮定のままで解析をすすめてみた。

こうしてもとめた震央分布を大体の震源深度別を附してしめたのが第6図である。第7図にはさらに観測点にちかい部分だけを拡大してしめた。これによつて、八幡を中心とする地震活動をみてみると、つぎのようになる。

a) まず北西約 20-40 km の 1961 年 8 月 19 日の北美濃地震 (第 6, 7 図中の E_1) の余震域

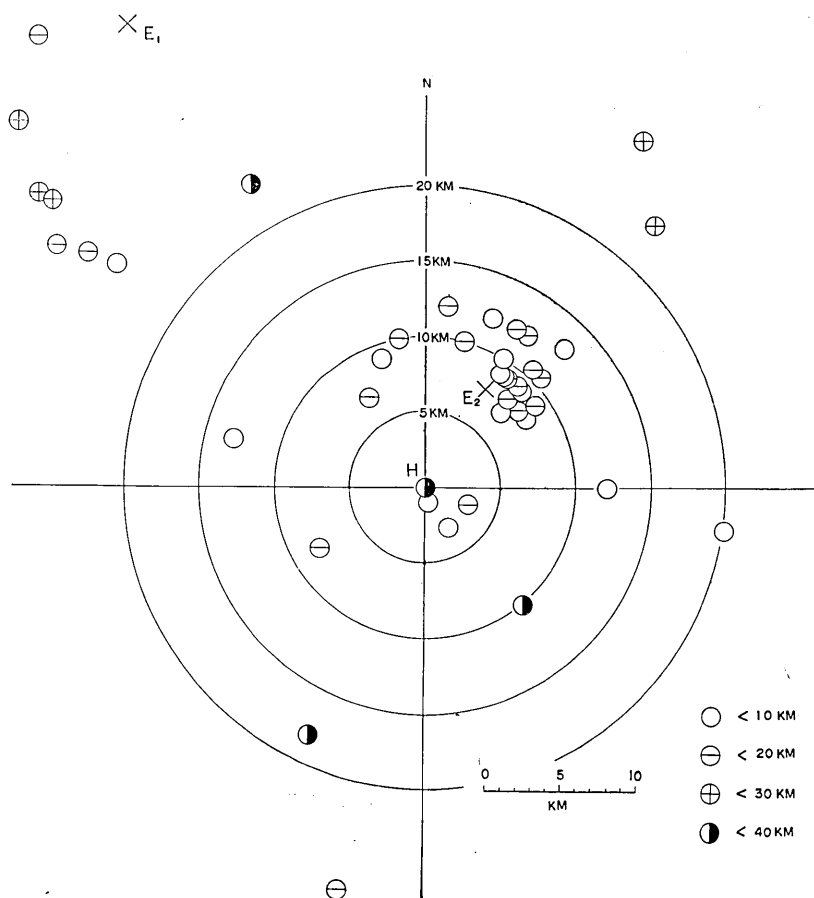


Fig. 7. Details of the epicentral location near Hachiman.

8) K. AKI, "Study of Earthquake Waves by a Seismometer Array. Part 1. After-shocks of the Kitamino Earthquake of Aug. 19, 1961," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40** (1962), 371~389.

附近に若干のごくあさい地震がみられる。これは北美濃地震の余震活動が2年をへてなおわずかながらつづいていることをしめしている。(a-群となづける)

b) つぎに北東約 10 km 附近にかなりおおくの極浅発地震の震央があつまっているのがみられる。本観測の開始の1週間まえ 1963 年 7 月 24 日のよるに2回の局地地震が八幡町で感じられた。そのひとつは気象庁の速報⁹⁾によると震央は $137^{\circ}.0E$, $35^{\circ}.8N$, 深度 33-km, $M=5.0$ で、第7図にしめしたその震央位置第7図中の E_2 からみると、この地震の余震的な活動がわれわれの観測にとらえられたものとみなされる。(b-群)

c) 以上のほかにも全般的に深度 30 km 未満の極浅発地震はあちこちに散在しているが、他に特にいちぢるしい集中地域はない。(c-群)

d) 注目すべき事実は東方および南方象限の $d > 20$ km の領域に深度 30 km 以上のややふかい浅発地震 ($h < 60$ km) が比較的におおく分布していることである。(d-群) 安芸の結果を考慮すれば北方および西方の地震はここでもとめられたものよりもさらにあさくてもよいはずであるから、北方、西方象限の地殻には非常にあさい地震があるが、東方、南方象限の地殻にはややふかい地震があるという対立は、さらにはつきりするわけである。1961 年の結果についても、同様の傾向がみられる。もちろん観測地の東方、南方にも波線をふかくからきたようにみせるいちぢるしい異常構造があれば別であるが、これは八幡だけのこの観測からはわからない。

e) 最後に深度 60 km 以上の中深度あるいは深発地震が全般的に散在しているのがみられる。これは南北に本州をよこぎる伊豆小笠原系地震帯の東方から西方にふかく傾斜してはいる深発地震帯に属するものである。(e-群)

要するに、こうしてえられた、この期間における八幡を中心とする半径約 100 km 範囲内の地震活動は上述の a)~e) 群の5種類に分類される。一方、前回 1961 年の結果でも 1) 北美濃地震の余震群のほかに、2) 余震以外の局地地震ともいべきものが、わずかながら各方位に観測されて注目をひいた。そしてさらに深度を考慮すると、前回にも上述の d), e) にあたるものもあることがわかるので、これらの各種類の地震の保存記録による地震数からふたつの時期の各群の地震活動度を比較することができる。第2表にその結果をしめした。

1961 年の観測と今回の観測とでは、保存テープのばあい、そのひきがね装置の起動水準に差のあることはすでにのべたところであつて、今回の起動水準は前回の水準のほぼ $1/6$ であるからこの水準になおしたときには保存テープにとられる地震数は当然かなりすくなくなる。ここでは再生記録の最大複振幅 17 mm 以下のものをすてた。これらは前回なら 3 mm 以下の記録最大複振幅の地震であつて、保存テープにとられなかつたはずのものだとかんがえられる。このような換算をした毎時あたりの地震数が、各種類について第2表にしめしてあり、これによつて2年をへた両時期の地震活動度をくらべると a) 北美濃地震余震群は当然ながら2年をへて $0.006/0.162=1/27$ 約 $1/30$ にへつている。b) 1963 年 7 月 24 日地震の震央附近には 1961 年にはわずかにひとつの震央だけがみられるが、一

9) 気象庁地震速報 1963 年 7 月号。

応今回の 1/10 程度の活動があつたとみなされる。

Table 2. Number of local shocks, epicenters of which could be determined by the triggered magnetic tape records of the seismometer array stations at Hachiman, Gifu Prefecture, during the expeditions in 1961 and 1963.

Group of epicenter	1961	1963	
	Total (per hour)	Total (per hour)	Reduced to the trigger level of 1961 (per hour)
a. Very shallow shocks in the after-shock area of the Kita Mino Earthquake, Aug. 19, 1961	99 (0.162)	8 (0.012)	4 (0.006)
b. Very shallow shocks near the epicenter of the earthquake of July 24, 1963, $M=5$.	1 (0.002)	21 (0.031)	12 (0.018)
c. Very shallow shocks distributed over the whole area.	12 (0.020)	27 (0.039)	11 (0.016)
d. Rather deep shallow shocks distributed in the S. and E. quadrants of the whole area.	7 (0.011)	8 (0.011)	6 (0.009)
e. Intermediate and deep shocks distributed over the whole area	3 (0.005)	7 (0.010)	7 (0.010)

c-, d-群については両時期の活動状況はほぼ同程度であるといえる。e-群については今回の方がやや活発であつたようにみえる。

a-, b-群と c-, d-, e-群とは分布する面積がまつたくちがうから、各群相互の活動度をこの表の数字で比較することが妥当でないことはいうまでもない。

つぎにモニター記録の検測結果について簡単に考察する。まず $S-P$ 時間別に分類して、記録された地震数 N と毎時あたりの地震数 n (N /有効観測時間) を第3表に示す。この表には 1961 年のモニター検測の結果と、それとくらべるために今回の結果を 1961 年と同一水準になおしたばあいの数値 N', n' をもしめした。この水準変更はつぎのようにした。一般にモニター記録でよみとられる地震はほぼ最大記録複振幅 2 mm 程度以上の地震をよんだとみなされるので、1963 年の感度が 1961 年の数倍になつたことを考慮して、最大記録複振幅 12 mm 以上のものだけをとつて N' としたのである。

局地震 ($S-P < 10$ sec) だけについて、 $S-P$ 時間の頻度分布を第8図に示す。保存テープによる解析からえられた結果から推論すると、モニター記録でえられた地震の $S-P < 3$ sec のものは大部分 b-群 (1963 年 7 月 24 日地震震央域) であり、 $S-P = 3 \sim 6$ sec ものの大部分は a-群 (北美濃地震余震域) であるとかんがえられる。第9図にモニター記録による局地震数の観測期間中の活動の時間的推移をみることができるが、そこにはまた、特に $S-P < 2$ sec (二重斜線) のものの数が観測初期から終期にむかい次第に減

Table 3. Number of shocks recorded by the monitor during the 1963 and 1961 expeditions at Hachiman, Gifu Prefecture.

Classification	S-P	1963				1961	
		N	n	N'	n'	N	n
Local shock	<10 sec	195	.28	53	.077	675	1.10
Near shock	< 2 min	178	.26	34	.049	56	0.09
Distant shock	> 2 min	30	.04	6	.009	0	0.00
Unclassified	?	40	.07	1	.001	22	0.04
Total		453	.66	94	.14	753	1.23

Notes. N =Number of shocks actually identified on the monitor records with the maximum double amplitude larger than about 2 mm. N' =Reduced number of shocks for 1963 identified with the magnification level of 1961, i.e. with the maximum double amplitude on the monitor records larger than 12 mm, as being the monitor magnification in 1963 about 6 fold higher than in 1961. n & n' =Hourly number corresponding to N & N' , i.e. $n=N/687$, $n'=N'/687$ for 1963 and $n=N/611$, for 1961, as 687 hours and 611 hours being actual time of observation in the 1963 and 1961 expeditions respectively.

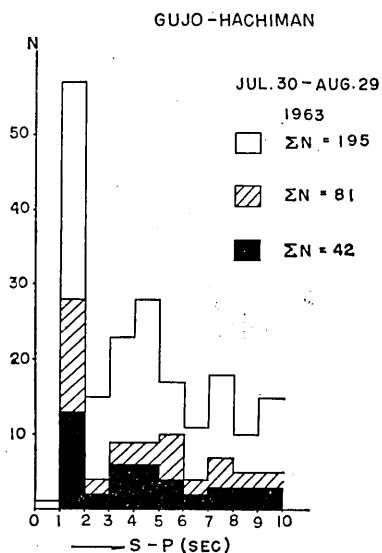


Fig. 8. Frequency distribution of S-P times.

$\Sigma N=195$: number of shocks recorded by the monitor.

$\Sigma N=81$: number of the earthquakes recoded by the magnetic tape recorder.

$\Sigma N=42$: reduced number of shocks identified with the magnification level of 1961.

少していることがしめされており、それらの大部分が7月24日地震の余震的活動であつたことを暗示している。

保存テープで震源決定ができた程度のやや小さい微小地震の活動分布がそのままモニター記録でえられた微小地震の活動にあてはまるとして、モニター記録による $S-P < 3 \text{ sec}$ の地震 $N_1=73$ (1961年水準では $N_1'=19$) および $S-P=3 \sim 6 \text{ sec}$ の地震 $N_2=68$ (1961年水準では $N_2'=23$) のうちどれだけが b および a-群に属するとみなしてよいかを推定してみよう。

保存テープでは $S-P < 3 \text{ sec}$ のもの 31 のうち 21 が7月24日地震の余震域にある b-群であり、1961年水準でかぞえると 16 のうち 12 となる。したがって $73 \times 21/31 = 49.4$ が b-群であり、1961年水準とすれば $19 \times 12/16 = 14.2$ が b-群であろうという風にがんがえられる。

$S-P=3 \sim 6 \text{ sec}$ のものについて a-群を推定するには保存テープで $S-P=3 \sim 6 \text{ sec}$ のもの 23 (1961年水準で 15) のうち、a-群のものが 8 (1961年水準で 4) であることから、 $68 \times 8/23 = 23.7$ (1961年水準で $23 \times 4/15 = 6.1$) が a-群に属すると

いえる。

1961 年の観測では余震はモニターで約 600 回と推定されたから、ほぼおなじ期間の観測で今回では活動が 1/100 にへつていることになる。保存テープの結果の比較ではすでに

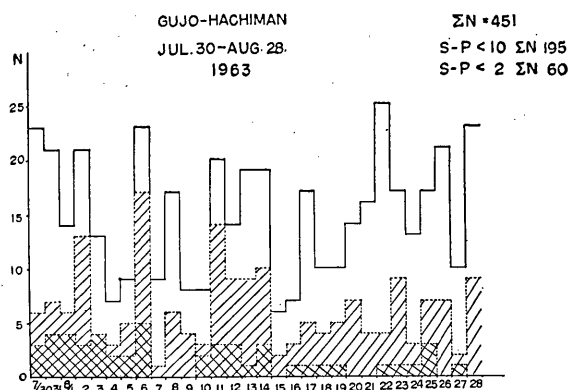


Fig. 9. Daily numbers of local earthquakes observed at Hachiman, Gifu Prefecture, Central Japan, during the expedition in August 1963. Hatched column: $S-P < 10$ s. Doubly hatched column: $S-P < 2$ s. Blank column: Total.

のべたように 1/30 程度のへりかたであつたので、ちいさい地震でのへりかたの方がいちぢるしいようにみえる。これは余震の規模別頻度が初期のころにくらべて変化していることをしめすものかもしれない。規模別頻度の統計をするには観測の倍率特性の精度についてなお吟味を要する点があるので詳論をさしひかえたが、一般に余震活動のはげしい時期にはおなじ地域の常時的活動におけるよりも比較的小地震の頻度がおおく (Gutenberg-Richter 係数 b が大)、余震活動がおさまると常時的活動の状況にちかい、 b のちいさい状況にちかづく傾向があるようなので、うえにのべた事実もこのような一例であるといえるかもしれない。

6. 謝 辞

本観測は序言でのべたように 1963 年 8 月の全国的協同観測の一環としておこなわれたもので、地震研究所、防災研究所および北大・東北大・東大・名大・京大・九大各理学部の協同による「本邦地震活動度の地理的分布調査特別事業」の一部である「極微小地震移動観測調査」と、文部省科学研究費特定研究「防災科学」総合研究としての「極微小地震研究」として実施されたものである。これらの事業および研究の組織を立案しその実現について御支援をえた京大名誉教授佐々憲三、東大名誉教授坪井忠二、京大教授西村英一、東大教授萩原尊礼ら諸先輩の配慮にふかく敬意を表するとともに、今回の協同観測の推進役をつとめられた岐阜大学助教授村松郁栄氏、京都大学教授三木晴男氏の尽力にあつく感

謝する次第である。

観測の実施について、岐阜県当局、特に土木部および八幡土木出張所、県立郡上高等学校、八幡町役場などから、おおくの御援助をうけた。関係者各位にここから謝意を表したい。

観測点の撰定、岩盤ほりだし、地震計台工事、架線工事など困難な野外作業に協力された木越庄之助氏その他のかたがたの御努力にふかく感謝する。

観測には宮村研究室吉原暉雄、高橋正義両氏の熱心な協力をえた。観測点位置の測量は本所技術部井筒屋貞勝技官によりおこなわれ、計器の輸送撤収は同部鈴木喜吉技官大工原保技官の協力をえた。これら同僚諸兄の御助力にあつく感謝する。

なお最後にわれわれの野外出張についてつねに御協力いただいていた、本所小松繁事務長以下事務部の各位と奥川顕技術部長以下技術部の各位にもこの場所を利用して特に謝意を表したい。

14. *Observation of Micro-earthquakes by a Seismometer Array at Hachiman, Gifu Prefecture, Central Japn.*

By S. MIYAMURA, M. HORI, H. MATUMOTO and M. TSUJIURA,
Earthquake Research Institute.

In August 1963 a cooperative observation of micro-earthquakes was carried out by many institutions of Japan in the territory around the Neo-dani, Gifu Prefecture, where the famous earthquake fault was disclosed at the time of the Mino-Owari Earthquake, 1891. As an observation point of the outer large network for the operation, a simple seismometer array consisting of quadripartite stations was occupied by the present authors near the Gujo High School at Hachiman, Gifu Prefecture, some 30 km east of Neo-dani.

The site is just the same as that occupied by us in the after-shock observation of the Kita Mino Earthquake, August 19, 1961¹⁾. In Table 1 and Fig. 1 the location, geology and other items of the stations are given.

The block diagram of the instrumentation used is shown in Fig. 2. It is the same one used in the previous expedition in 1962 at Tochimoto, Saitama Prefecture²⁾, and two sets of the 3 track PWM triggered magnetic tape recorders (Sony Data Recorders) are used to enable us to record 6 channel seismic outputs from the seismometers installed at the 4 array stations as given in Table 1. Details of the instrumentation will be reported by one of the authors^{3), 4)}. The triggered record is effectuated through an endless tape device with a delay time of 20 seconds between the recording and reproducing heads. The trigger-level is selected to correspond to the ground velocity of 5μ kine in Z component at No. 2, instead of 30μ kine at No. 1 in the 1961 expedition. Every magnetic tape recording lasts 90 second and stops automatically to wait for the next trigger.

Overall magnification of the monitor recording is given in Fig. 3, and is about 6 times higher than that used in the 1961 expedition.

In order to secure the readings of the *S* phases for larger shocks, which swing already in the *P* phases beyond the full range on the recorder giving only obscure *S* phases, an automatic step-wise gain control⁴⁾ is applied to the E.L.F. amplifier, changing its gain about 1/10 which recovers when a small input lasts a fair time.

The observation was carried out from July 30 to August 29, 1963, for about 720 hours and the effective observation period was about 687 hours, excepting the interruption of the observation by lightning and other accidents.

Fig. 4 is an example of reproduced seismograms of the triggered magnetic tape records and Fig. 5 is that of the monitor drum records for half a day.

Wave correlational analysis of *P* phases on the array station magnetic tape records allows us to locate the approximate origin of the event, on the basis of the assumption of a crustal model obtained by the explosion seismic experiments near the station⁷⁾. Fig. 6 and Fig. 7 show the distribution of the epicenters with rough depth classification. The pattern of the maps leads us to the following conclusions:

a) Some 20-40 km NW of Hachiman, several epicenters of very shallow shocks are distributed. This area is nothing but the aftershock area of the Kita Mino Earthquake of August 19, 1961, and the activity of aftershocks can be said to have still continued after 2 years. (a-Group)

b) About 10 km NNE of the station another concentration of very shallow shocks is to be noticed. On July 24, 1963, just a week before the beginning of the observation, we had two felt shocks at Hachiman, the epicenter of the stronger one of which was reported at 137.0° E, 35.8° N with depth 33 km and $M=5.0$ by J.M.A. preliminarily⁹⁾. (E_2 in Fig. 7). The location of the epicenter suggests that this group of micro-earthquakes seems to be a kind of aftershock activity of the small earthquake of July 24. (b-Group)

c) Besides the above a- and b-groups there are some very shallow shocks distributed over the whole area without remarkable concentration.

d) One thing next to be noticed is the fact that in the east and south quadrants more than about 20 km from the station can be found many shallow shocks with rather deeper foci of 30-60 km. (d-group)

e) Finally there are several deep and intermediate shocks scattered over the whole territory. The group can be said to belong to the meridional Izu-Bonin Seismic Zone across Honshu, lying on the inclined surface dipping from east to west. (e-group)

In Table 2 the numbers of shocks belonging to each group are summarized in order to facilitate the comparison of the seismicity of each group during the two expeditions in 1961 and 1963, showing in particular the numbers for the reduced trigger level of the latter to the level of the former expedition.

By the monitor record interpretation 453 events (0.66 shock per hour) were identified and the respective numbers for different classes of *S-P* are tabulated in Table 3, which gives us some idea of the comparative results of the two expeditions.

Fig. 8 shows the frequency distribution of *S-P* times of the shocks recorded by the monitor (blank column). The peaks in the ranges of $S-P < 3$ sec and $S-P = 3 \sim 6$ sec may correspond to the b- and a-groups interpreted by the triggered magnetic tape records respectively. As 23 shocks with $S-P = 3 \sim 6$ sec obtained by the trigger records (or 15 in reduced 1961 trigger level) contain 8 shocks of a-group (or 4 in 1961 reduced trigger level), 68 shocks with $S-P = 3 \sim 6$ sec recorded by the monitor (or 23 in 1961 monitor magnification level) may eventually contain $68 \times 8/23 \approx 24$ shocks of a-group (or $23 \times 4/15 \approx 6$ in 1961 level). Consequently the seismic activity of the a-group has decreased $6/600 = 1/100$ for the micro-earthquakes of the order recorded by the monitor, where 600 is the approximate number of shocks obtained by the monitor records in 1961

while the activity for the micro-earthquakes of the order of magnitude over the trigger level has decreased $0.006/0.162=1/27$ as shown in Table 2. It seems to suggest that the magnitude frequency relations of aftershock activities in the initial and final stages differ, i.e. the latter may have a smaller value of Gutenberg-Richter's coefficient b than the former stage, indicating a smaller decrease of activity in larger magnitude shocks.

As for b-group, the daily numbers of local shocks shown in Fig. 9 indicate that the number of shocks with $S-P < 2$ sec (doubly hatched column) decreases with the time during the observation period, suggesting a nature like aftershock activity of the b-group. Similar estimation of the number of b-group shocks to be included in the shocks with $S-P < 3$ sec recorded by the monitor is made as was done for a-group above. Namely, among 73 shocks with $S-P < 3$ sec, $73 \times 21/31 \doteq 49$ (or $19 \times 12/16 \doteq 14$ in 1961 level) shocks are suggested to belong to b-group, as 21(or 12) shocks among 31(or 16) shocks with $S-P < 3$ sec are located for b-group in the triggered records analysis.