

## 5. 上高地付近に発生した地震群について

地震研究所 大竹政和

(昭和44年9月22日発表—昭和44年11月29日受理)

### 1. 序

1969年8月31日20時18分、長野県北西部に小区域有感地震が発生した。気象庁<sup>1)</sup>によれば、震央は $137^{\circ}43'E$ ,  $36^{\circ}12'N$ 、深さ10km、 $M=4.7$ であった。各地の震度は松本でII、飯田・高山・河口湖でI、また上高地では参考震度IIIが記録された。ほぼ48時間後の9月2日21時07分、同じ場所に再び $M=5.0$ <sup>2)</sup>の地震が発生し多くの余震を伴った。震度分布等から、当初これらの震源地は北アルプス焼岳付近と推定されたため、焼岳噴火との関連が懸念され、気象庁・名古屋大学理学部・東京大学地震研究所(火山研究部)等がそれぞれ臨時的野外観測を実施した。北信微小地震・地殻変動観測所とその衛星観測点(以下「北信観測網」と略称する)では9月30日までにこの地震群に属する合計54個の地震を記録し、活動のはじめからおわりまで追跡することができた。本報告は、北信観測網の約1ヶ月間の記録を解析したものである。

### 2. 震源の位置とひろがり

われわれが決定した震央位置及び用いた観測点の配置を Fig. 1 に示す。各観測点にお

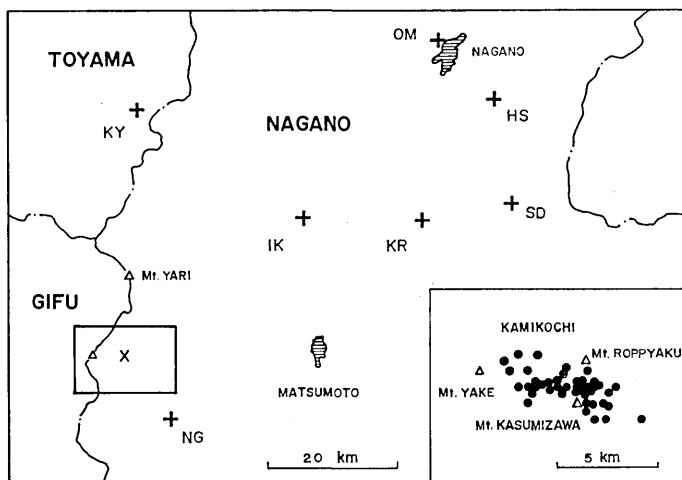


Fig. 1. Location of the epicenters and the observation stations used to determine the foci. OM: Ohmine, HS: Hoshina, SD: Sanada, KR: Kamimuroga, IK: Ikusaka, KY: Kuroyon, NG: Nagawado.

1) JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, *List of Earthquake Origins, August (1969)*.  
2) JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, *List of Earthquake Origins, September (1969)*.

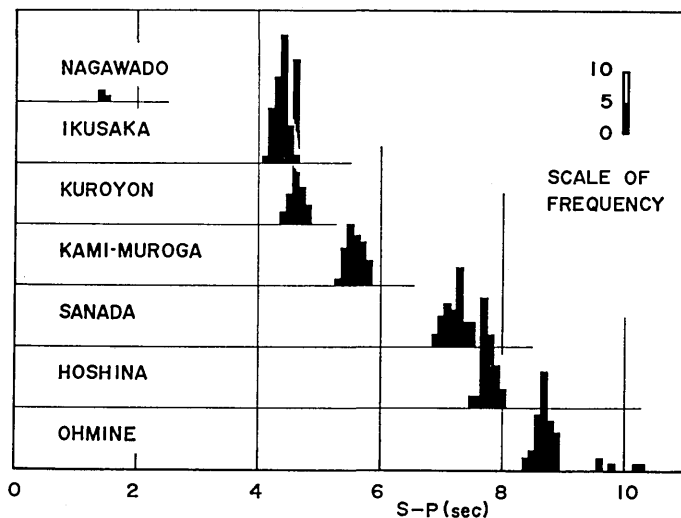


Fig. 2. Frequency distribution of S-P intervals.

ける S-P 頻度分布の最頻値が震源域の中心に対応するものとしてこれを求めると、 $137^{\circ}38.7'E$ ,  $36^{\circ}13.5'N$ , 深さ 5 km となった。焼岳の東方 5 km である。ここで大森係数  $k$  としては、松代地震から OHTAKE *et al.*<sup>3)</sup> が得た式:

$$k=6.47+0.65 \times (S-P),$$

を用いた。但し、 $S-P \geq 2.7$  sec では  $k=8.2$  とした。震央は北信観測網の外にはずれているので、関西電力黒四ダム、東京電力奈川渡ダムの記録を借用してあわせて解析を行ない、精度を高めた。後者の地震計は自動起動型のため、初動から完全に記録されているのは、紙送り中にたまたま後続した地震 3 個のみであった。各点の S-P 頻度分布を Fig. 2 に示す。S 相は概して明瞭であるが大峰点のみは波形がやや複雑で、他の相を S と読み誤っているものが若干あるらしい。

震源域の直径は、S-P 頻度分布の幅から 4~5 km 程度と見積られる。最大の地震のマグニチュードは気象庁によれば 5.0、一方われわれの観測から村松<sup>4)</sup>の方法で求めると 4.4 である。UTSU<sup>5)</sup>の経験式:

$$\log D=0.5M-1.8,$$

から推定される余震域のひろがりは、それぞれ 5.0 km (気象庁)、2.5 km (村松式)となる。いずれにしても、震源域が焼岳の直下まで及んでいるとは考えにくい。

### 3. 活動の経過

Fig. 3 の日別地震回数は、大峰点の上下動成分で最大振幅(片振幅)が  $150 \mu$  kine 以

- 3) M. OHTAKE, H. CHIBA and T. HAGIWARA, "Ultra Micro-earthquake Activity at the Southwestern Border of the Area of Matsushiro Earthquakes. Part 1," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 45 (1967), 861.
- 4) 村松郁栄「Magnitude の式の訂正および注釈」地震 [ii], 19 (1966), 282.
- 5) T. UTSU, "A Statistical Study on the Occurrence of Aftershocks," *Geophys. Mag.*, 30 (1961), 521.

上記録されたものを示している。村松<sup>6)</sup>に従えば、ほぼ  $M=1.0$  以上のものを計数していることになる。合計 54 個のうち 40 個 (74%) は最初の 5 日間に起っている。この地震群の特徴を明らかにする上で、はじめの数日間の観測結果が重要な役割を担っている。

Fig. 3 の放出エネルギー積算を見ると、エネルギーの大部分は、8 月 31 日 20 時 18 分と 9 月 2 日 21 時 07 分の 2 個の地震で放出されていることがわかる。これらをそれぞれ第 1 主震、第 2 主震と呼ぶことにする。観測されたすべての地震の発震時とマグニチュードは Table 1 に与えられている。マグニチュードは村松法で各観測点毎に計算し、最大値と最小値を除いて平均した値を示した。第

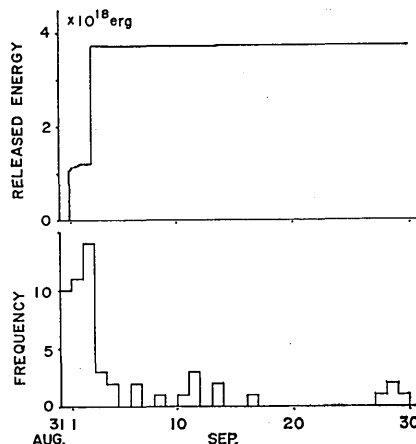


Fig. 3. Accumulation of released energy (above), and daily frequency of shocks (below).

Table 1. List of earthquakes.

No.	Date	Time	M	No.	Date	Time	M	
1	Aug. 31	20 18 <sup>h m</sup>	4.2*	28	Sep. 2	21 09 <sup>h m</sup>	2.3	
2		20 31	1.2	29		21 12	0.7	
3		20 44	1.8	30		21 25	2.8	
4		20 45	1.7	31		21 33	2.4	
5		21 33	1.4	32		21 40	1.4	
6		22 00	1.4	33		21 45	2.4	
7		22 29	2.0	34		21 50	1.5	
8		22 42	2.3	35		23 05	1.1	
9		22 43	1.0	36		3	04 46	0.7
10		23 11	1.4	37		06 56	1.3	
11	Sep. 1	00 12	2.6	38	21 09	2.5		
12		00 35	1.6	39	4	04 18	1.8	
13		02 11	0.8	40	22 50	1.4		
14		04 13	1.9	41	6	08 53	2.4	
15		04 13	3.2	42	12 15	1.6		
16		04 38	1.9	43	8	21 04	1.4	
17		04 40	2.7	44	10	02 23	1.9	
18		07 17	1.8	45	11	10 14	1.5	
19		08 22	2.3	46	16 16	1.5		
20		11 14	2.1	47	16 19	1.5		
21	2	12 12	1.2	48	13	11 57	3.0	
22		03 37	1.2	49	12 14	1.4		
23		04 30	1.7	50	16	16 38	2.2	
24		14 59	0.8	51	27	22 46	1.3	
25		17 44	1.1	52	28	14 39	1.4	
26		21 07	4.4**	53	29	15 24	1.3	
27		21 08	2.7	54	22 12	1.7		

Magnitudes are calculated according to Muramatsu's definition.

\*  $M=4.7$  (JMA).

\*\*  $M=5.0$  (JMA).

6) *ibid.*, 4).

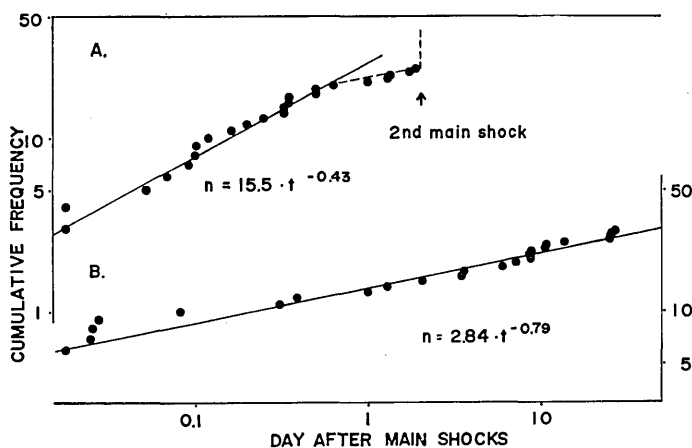


Fig. 4. Cumulative frequency of earthquakes after the first main shock (above) and that after the second one (below).

$t$  日目の 1 日当り余震回数を

$$n(t) = n_1 t^{-h},$$

で近似すれば、第 1 主震の直後については、 $n_1 = 15.5$ ,  $h = 0.43$  を得る。0.6 日を経過したあたりで回数は著しく減衰して近似式をはずれ、2.0 日目に第 2 主震が発生している。第 2 主震後の回数の減り方は余震的で、 $n_1 = 2.84$ ,  $h = 0.79$  として 1 ヶ月後まで式で良く近似される。しかし、MOGI<sup>7)</sup> が解析した典型的な余震活動に比べてこの  $h$  の値は小さく、減衰が緩慢である。第 1 主震は全く突然に発生しており、直前 10 日以内に前震とみなしうる活動は観測されていない。また全期間を通じて火山脈動は見出せなかった。

地震活動の消長は月の位置と関係しているように見える。総じて月の出・南中の前後に活動が活発になり、月の沈んでいる間は静穏に経過する。この傾向は比較的大きい地震についてより著しい。特に、第 1, 第 2 主震の発現時刻は、10 分以内で月の出と一致している。YAMAGUTI<sup>8)</sup> がいくつかの地震群について指摘した、干潮時に活発化するといった規則性は見出せない。

#### 4. マグニチュード・頻度関係

Table 1 をマグニチュード別累積頻度で示したのが Fig. 5 である。 $M \geq 1.3$  の範囲では拾い落しが無いものとして宇津<sup>9)</sup> の方法でマグニチュード・頻度関係の係数を求めると、

$$b = 0.57 \pm 0.09,$$

7) K. MOGI, "On the Time Distribution of Aftershocks Accompanying the Recent Major Earthquakes in and near Japan," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **40**, (1962), 107.

8) S. YAMAGUTI, "Relation between Tidal Phases and the Earthquakes," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **8** (1930), 393.

9) 宇津徳治「地震の規模別度数の統計式  $\log n = a - bM$  の係数  $b$  を求める一方法」北海道大学地球物理学研究報告 **13** (1965), 99.

1, 第 2 主震はそれぞれ  $M = 4.2$ ,  $4.4$ , 54 個の地震すべてを積算すると  $M = 4.9$  の地震 1 個に相当する。これらの値は気象庁マグニチュードに比べて  $0.5 \sim 0.6$  小さい。

両主震後の地震回数の減衰の様子は Fig. 4 から詳しく読み取ることができる。主震後

を得る。許容範囲は標準偏差である。第 1, 第 2 主震を除外すると,

$$b=0.66\pm 0.10,$$

となり, 2 個の最大の地震は余震の系列から多少はずれている。第 2 主震の前と後で 2 つのグループに分けて統計を行っても  $b$  の値に有意な差異は認められない。比較のために, 大峰点での石本・飯田の係数  $m$  を求めると,

$$m=1.60\pm 0.09,$$

となり, 前記  $b$  の値とよく対応する。ここで

求めた  $b$  または  $m$  は, 松代群発地震の微小地震領域について知られている値, 例えば

$$b=0.8\sim 1.0^{10)},$$

$$m=1.8\sim 2.3^{11)},$$

に比べてかなり小さい。MOGI<sup>12)</sup> によれば,  $b$  または  $m$  の値は震源域の媒質の破碎度と密接な関係にあつて, 今回の地震群に見られるような小さな値は破碎度の低い均質な環境を反映しているものと考えられる。一方, 北アルプス山地は一般に群発型の地震が起り易く MOGI<sup>13)</sup> によつても破碎度の高い地域に分類されている。

## 5. 初動の押引分布

比較的大きい 4 個の地震について, 隣接観測点の資料も含めて初動方向を示したのが Fig. 6 である。押引は明瞭な四象限型に分れる。主圧力軸は N125°E 方向と推定される。市川<sup>14)</sup>の最近までの調査では, 北信地域の浅い地震では東-西主圧力が卓越し長野県西部のアルプス山地にはいるに従つて軸が東南東-西北西にうつりかわっている。Fig. 6 に示した押引分布はこのアルプス山地の特徴をよくあらわしている。また各地震間相互の分布の一致は著しい。福井・軽井沢など節線付近の点では押引が必ずしも一定していない。しかし節線のずれはわずかで, 4 例すべてを通じて主圧力方向は N123°~127°E の範囲におさまる。これ以外の小さい地震について, 北信観測網(全点が震央の北東象限にある)で初動方向が判別できたものは例外なく up であつた。隣接点の資料が乏しいため精度の高い議論はできないが,  $M=1$  程度の微小地震まで含めて,  $\pm 15^\circ$  を越える節線の振れが無かつたことは確実である。

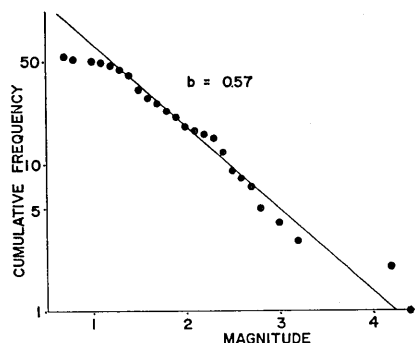


Fig. 5. Frequency distribution of magnitudes.

10) 柴田武男 気象庁技術報告 第 62 号 (1968), 52-57.

11) 島垣 気象庁技術報告 第 62 号 (1968), 65-67.

12) K. MOGI, "Some Discussions on Aftershocks, Foreshocks and Earthquake Swarms," *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 41 (1963), 615.

13) *ibid.*, 12).

14) 市川政治 気象庁技術報告 第 62 号 (1968), 89-90.

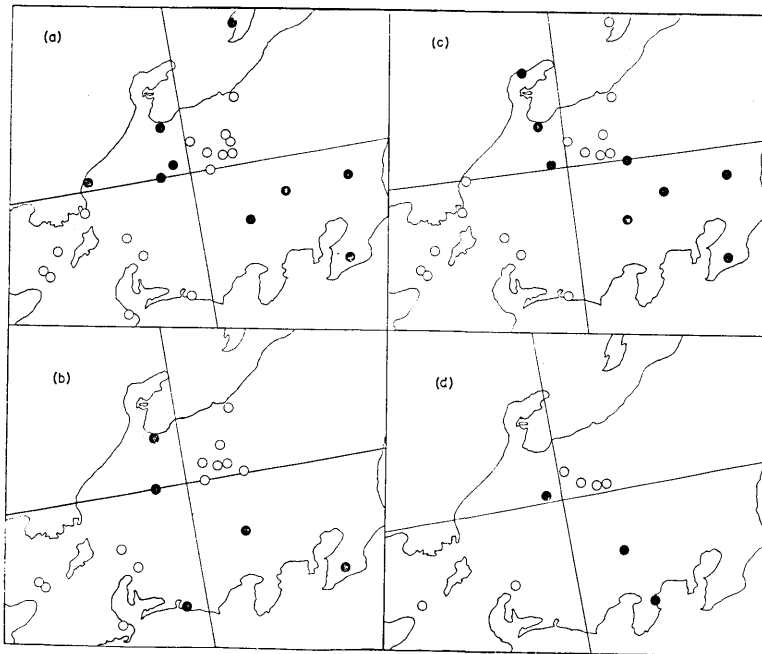


Fig. 6. Polarity of the initial motions at each station. Solid circles and open ones indicate down and up movements of the first motions, respectively. Indexes of the maps correspond with the earthquake numbers on Table 1: (a) No. 1, (b) No. 15, (c) No. 26, (d) No. 30.

## 6. 結 語

1969年8月31日に始まる長野県上高地付近の地震群は、北アルプス焼岳の東方5kmの地点を中心に直径4~5kmの狭い範囲内で活動し9月末にほぼおさまった。北アルプス山地は一般に群発型の地震が頻発する地域として特徴づけられる。しかし、地震回数 of 減衰、マグニチュード・頻度関係から見てこの地震群は典型的な群発地震とは言えず、むしろ双発の主震余震型と呼ぶべきものであつた。初動の押引分布から求めた主圧力方向はN125°Eで、この地域の一般的傾向と調和している。

## 謝 辞

この調査にあつては、関西電力株式会社黒四ダム及び東京大学生産技術研究所岡本舜三教授のご紹介により東京電力株式会社奈川渡ダムの記録を借用させていただいた。また各地の初動方向には、各地方気象台・測候所のほか京都大学阿武山地震観測所、同上宝地殻変動観測所、東京大学和歌山微小地震観測所、同堂平微小地震観測所、同筑波地震観測所の資料を提供していただいた。厚く感謝申上げる。

5. *On an Earthquake Activity that Occurred near Kamikochi.*

By Masakazu OHTAKE,  
Earthquake Research Institute.

On August 31 of 1969, a small earthquake activity occurred near Kamikochi, Nagano Prefecture and almost completely ceased toward the end of September. Magnitude of the largest shock was 5.0 by JMA.

We analysed fifty-four earthquakes of this activity recorded at Hokushin Seismological Observatory and its satellite stations. Results of analysis are as follows. (1) Epicenters are located around the site  $137^{\circ}38.7\text{E}$ ,  $36^{\circ}13.5\text{N}$ , 5 km to the east of Mt. Yake. The dimension of the active region is about 5 km. (2) Daily frequency of the shocks did not show the feature of a swarm, but decayed following the formula,  $n = n_0 t^{-b}$ , as in the case of typical aftershock sequences. (3) The value of "b" is  $0.57 \pm 0.09$ , which is considerably less than that of earthquake swarms. (4) The direction of the compression axis is considered to be  $\text{N}125^{\circ}\text{E}$  from the push-pull distribution of initial motions.