HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	6. 1964年1月の羅臼群発地震
Author(s)	佐々木, 嘉三; 本谷, 義信
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 12, 69-80
Issue Date	1964-08-25
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.12.69
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13875
Type	departmental bulletin paper
File Information	12_p69-80.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

6. 1964年1月の羅臼群発地震

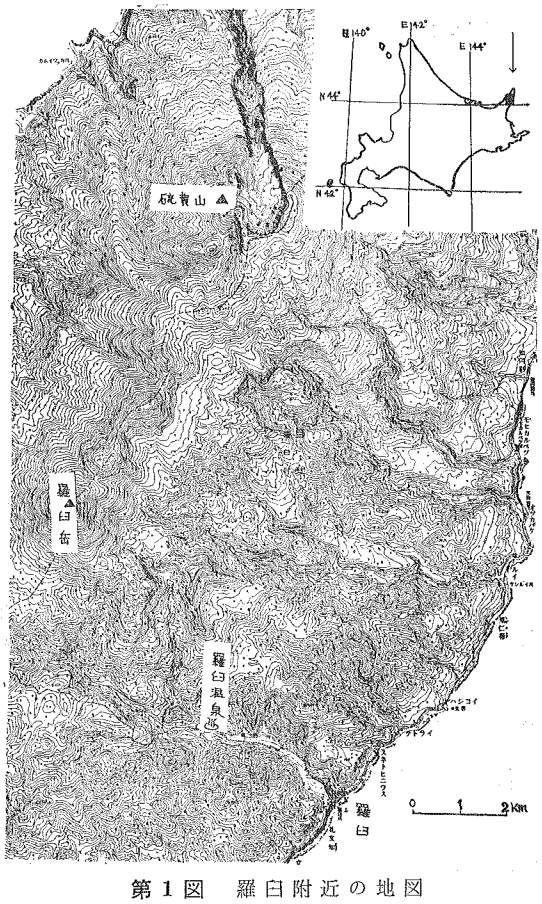
佐々木嘉三・本谷義信
(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和39年4月受理 —

I. まえがき

北海道の東端，知床半島中部の海岸に位置する羅臼では，1964年1月8日頃から地鳴りを伴う継続時間の短い地震が多数発生していた。これらの地震は，特に羅臼温泉附近で有感回数が多く，14日以後震度の大きなものも混え1日に30～40回にもおよんでいた。1月20日には，この地震群の活動が最も盛んになり，同日2時11分羅臼で震度IVのものが発生し，続いて小さな震度の地震が頻発した。

筆者らは，これらの地震群を観測するため，羅臼温泉に臨時観測点を設けて1月21日から観測を開始し，可能な限り長く3月10日まで継続した。連続観測は一点で特性の異なる地震計2台を用いて行ったが，震源位置の決定のために，1月24日から30日まで夜間には，電磁オッシログラフを使用し早送りで三点観測を実施した。ここではこの観測から今迄にまとめた結果を報告する。



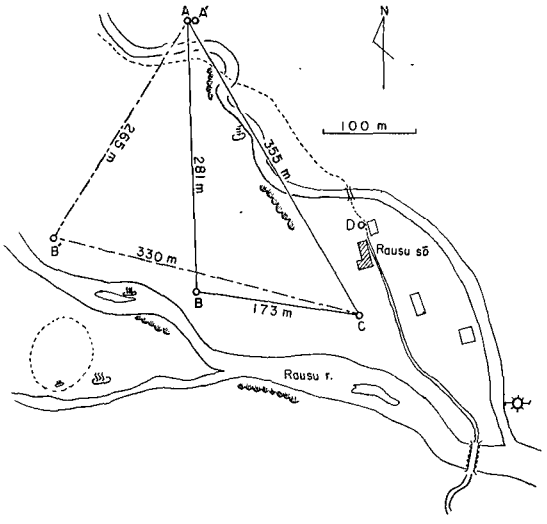
第1図　羅臼附近の地図

Fig. 1. Topographical map of Rausu district.

II. 地震の消長について

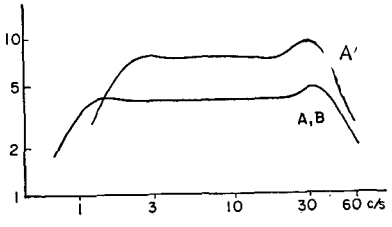
1. 地震計および観測点とそのまわりの地形

1964年1月21日19時から観測を開始した。第2図に換振器の配置と羅臼温泉附近の地形の概略を示す。常時観測には固有周波数3 c/s (第2図A′点) と1 c/s (第2図A点) の上下動速度計2台を使用し，らうす荘で煤煙書きさせた。2台の地震計による記象の対応をよくするた



第 2 図 羅臼温泉附近の地形図と観測点; ○

Fig. 2. Topography near Rausu Spa and observation points; ○



第 3 図 使用した地震計の総合感度曲線
(たて軸は任意目盛り)

Fig. 3. Over-all frequency response curves of the seismometers. Ordinate is arbitrary. A, A' and B correspond to the observation points.

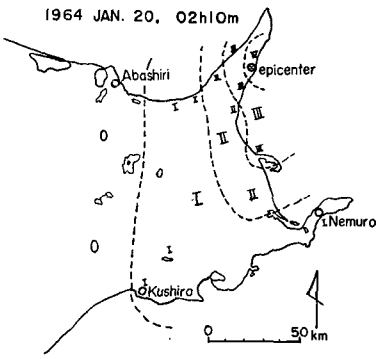
め，1個のドラムにガルバノメーター2台を並べ，回転速度を1分間10 cmとして記録した。換振器および記録装置の総合周波数特性を第3図に示す。

3 c/s 換振器は，出力 2.73 volt/kine で 22 日 11 時以後観測終了まで，感度を 580 cm/kine に保ち，地震の回数の変化を調べる基準とした。出力 4.79 volt/kine の 1 c/s 換振器は，21 日 19 時から 22 日 8 時まで D 点に置き，感度 115 cm/kine として記録した。22 日 11 時 3 c/s 地震計の作動後は，B 点に移して 45 cm/kine に感度を下げて記録させ，3 c/s 地震計との併用によって記録する振幅の範囲を拡げた。さらに 24 日 21 時以後は，A 点の換振器と交換した。A 点の換振器は，周波数特性が B 点のものとほとんど同じであるが，出力は 5.36 volt/kine なので 10% 程感度は高くなり，50 cm/kine である。なお，三点観測実施中はこの換振器をも使用するので欠測している。

羅臼温泉附近の地質は新生代中期の随伴火山拠出物より成る。P 波速度を決める目安として使用したボーリングコアーは凝灰岩である。このボーリングの位置は第2図で観測点 A・C の中央附近で，泉源の記号をつけてある。深さ 15 m のボーリングの後，間歇泉となったものである。又，同図で B 点の西方の破線を附したあたりで，77 年前に爆発があり土砂崩れのため家が押し潰されて数名死亡したと言うことが伝えられているが，これは地形などから考えて，噴気あるいは噴湯によるものと思われる。

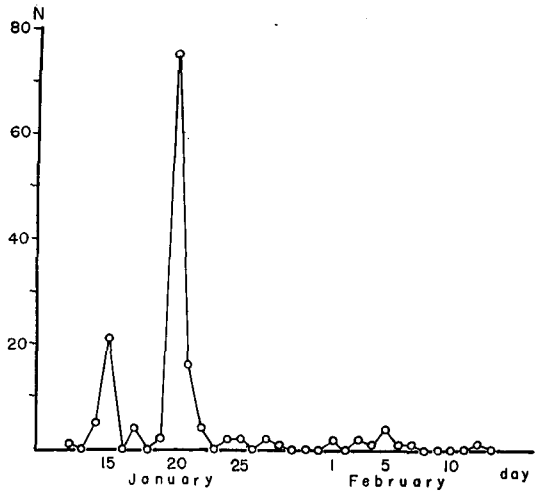
2. 日別地震回数

観測開始前の地震群の様子は不明瞭である。過去に羅臼地方では今回のような経験は無く，地震動が急で普通の地震の感じとはちがっていること，有感の時間が極めて短いこと等のために，地震回数の少ない間はあまり気に留めずに居たようである。特に地震群の始まりについては，地元の人達の意見にかなりの差があり，1963 年 8 月頃から，或いは秋から始まったと云う人等もあって，はっきりしたことは分らない。又，この地震群は極浅発性であるため，羅



第4図　今回の地震群の中では，最大規模の地震の震度分布

Fig. 4. Seismic intensity distribution of the largest one (M=4.6) of the swarm earthquakes.



第5図　根室測候所で観測された地震の日別頻度

Fig. 5. Daily frequency of earthquakes recorded by the routine observation (V_{max} =1,000) of Nemuro Weather Station.

臼温泉附近で有感の場合にも，およそ 100 km 離れた網走気象台あるいは根室測候所の機械観測には記録されないこともある。又，今回の地震群を最もよく記録した根室測候所は，太平洋側の地震活動の大きな地域を控えて，記録個数も多く，この地震群の始まりを識別することは難しいと思われる。1月14日以後この地震群の活動は盛んになり，1月20日2時11分頃，羅臼で震度IV，温泉附近ではそれ以上の震度をもつ地震が起った。この地震の震度分布を第4図に示す。第5図には，根室測候所光学式 (1,000 倍) で記録した地震の日別回数を示し，主な地震を第1表に載せた[1]。この表では，22日以後，温泉地域での有感地震をすべて記載した。第5図と比較して見ると，根室測候所の光学式で記録されたものは，ほとんどが羅臼温泉附近において，有感地震であったと見てよいだろう。

22日以後，3 c/s 地震計で観測された地震の日別回数を第6図に示す。ここでは前日21時から当日21時までの地震数を1日の回数として図示してある。上部の黒丸は有感地震数の変化を示し，下方へ向って時刻の経過を表わす (第1表参照)。この地域において過去に地震観測の例が無く，平静な状態における地震活動度は分らないが，気象庁の常時観測によって，この地域に震源が決定されたものは皆無と云ってもよく，地震頻度は極めて小さいと思われる[2),3)]。1月20日を頂点とするこの地震群の活動は1月中には減少は急であるが，2月以降はゆるやかで，観測終了時においても 1日におよそ 50 個記録され，平静な状態に復するまでには，未だかなりの日数が必要と思われる。

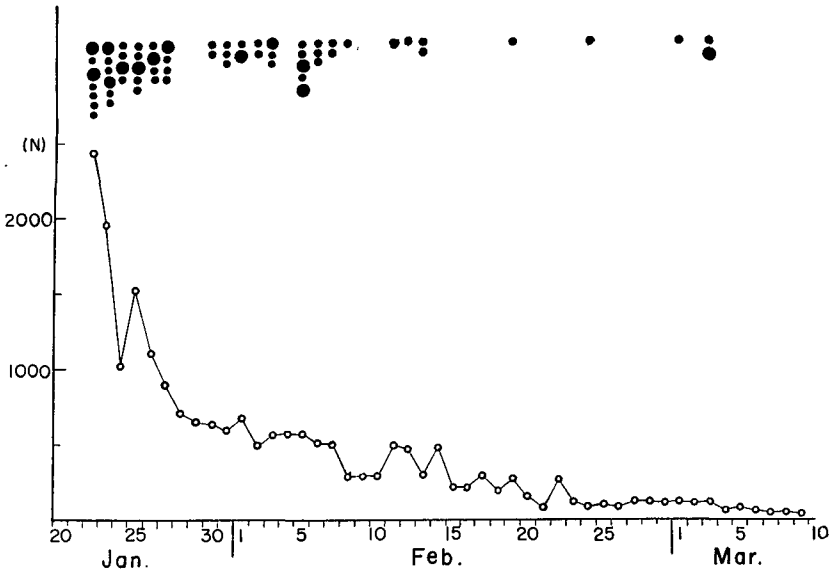
1) 札幌管区気象台；北海道地震火山月報，Jan. 1964.
2) Catalogue of Major Earthquakes which Occurred in and near Japan (1926-1956).
3) 札幌管区気象台；1611～1960年の北海道における地震活動，気象庁技術報告，**20** (1962).

第1表 有感地震の表

Table 1. List of the earthquakes felt at Rausu Spa.

Date	Time of shock	Intensity	Remarks
Jan. 14	10h 54m	III	Hypocenter: N 44° 05′, E 145° 15′, shallow (S. M. O)
15	11 15	II	
17	01 37	II	30~40*
	01 50	I	
	07 30	II	
18			40~50: very slight
19	17 27	II	40~50: very slight
20	01 50	III	
	01 54	I	130~140 $<^{\text{IV}\ 4}_{\text{III}\ 2}$ (00h~9h)
	02 11	IV	Hypocenter: N 44° 04′, E 145° 18′, shallow (S. M. O)
	14 23	III	20~30 (9h~14h)
	15 04	IV	
	16 40	II	
21	06 30	II	40~50 $\begin{cases}\text{II}< \\ \text{I}\end{cases}$: 3~4
	12 13	I	
	12 50	III	
	18 50	I	
	19 46	I	
22	00h 15m	II	
	05 48	I	
	08 40	II	
	09 01	I	
	11 32	I	
	17 20	I	
	17 50	I	
	19 27	I	
23	00 15	II	
	00 24	I	
	01 16	I	
	04 58	II	
	05 06	I	
	20 24	I	
24	10 30	I	
	13 43	I	
	20 41	II	
	20 42	I	
25	00 58	I	
	03 01	I	
	07 51	II	
	17 59	I	
Jan. 25	18h 18m	I	
26	00 43	I	
	09 42	II	
	14 11	I	
	15 18	I	
27	04 04	II	
	04 41	I	
	10 11	I	
	11 39	I	
30	15 28	I	
	20 23	I	
31	03 02	I	
	12 10	I	
	18 07	I	
Feb. 1	00 51	I	
	07 11	II	
2	20 47	I	
	20 48	I	
3	10 43	II	
	13 44	I	
Feb. 3	16h 15m	I	
5	14 42	I	
	14 43	I	
	15 41	II	
	15 41	I	
	23 06	II	
0	06 40	I	
	06 55	I	
	23 05	I	
7	04 01	I	
	16 54	I	
8	13 53	I	
11	14 24	I	
12	11 23	I	
13	01 30	I	
	07 29	I	
19	11 50	I	
Mar. 1	23 13	I	
3	19 28	I	
	19 28	II	

* (note) Figures show the number of felt shocks at Rausu Spa.



第 6 図 羅臼温泉で観測された地震の日別頻度. 黒丸は有感地震を示す。
● 震度 II; • 震度 I.

Fig. 6. Daily frequency of earthquakes by our temporary observation. Big and small dots show felt shocks, corresponding to the seismic intensity II and I respectively.

22日以降の個数の減少のようすは，余震の減少の場合とよく似ている。しかし，20日の地震は，根室測候所，網走・釧路両気象台の振幅からマグニテュードを坪井の式によって計算すると，網走は値が小さく 4.3, 根室および釧路からは 4.6 となる。この規模の地震において余震を伴うことはごく稀れで，宇津[4] によると 20% 以下であることが知られている。また1月20日以前には，第5図および第1表からもわかるように，震度の大きな地震が多数発生しているので，今回の現象は群発地震と解釈した方が良いと思われる。

3. 石本・飯田の式の係数について

地震動の最大振幅の頻度に関して，石本・飯田の関係

$$N_i = kA_i^{-m}$$

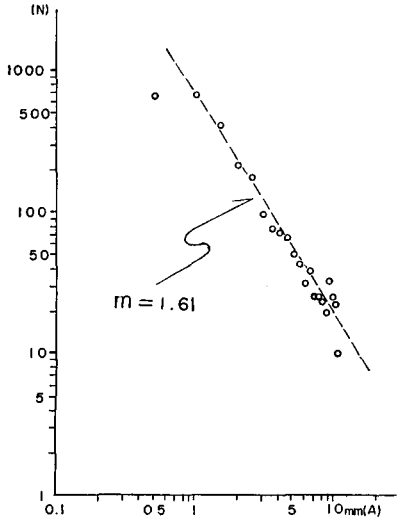
の成立することは，良く知られている。後述の P-S 時間頻度分布と考え合せ，1 sec. 前後が最大頻度を与える1月中と，1.5 sec. の2月5日から15日までの両期間を分けて調べたが，有意な差を認めることは出来なかったので，第7図には，この期間分けをせずに示した。

図の振幅は，3 c/s 地震計の記象上の振幅を 0.5 mm 毎に取り示してある。

III. 震源位置の決定とその移動について

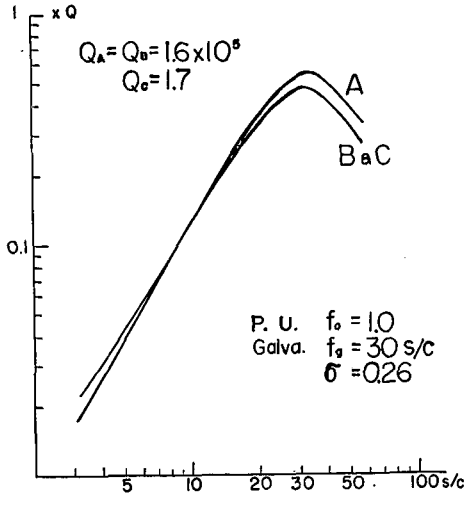
1. 地震計および三点観測網

4) 宇津徳治；地震のマグニチュードと余震の起り方，地震 [ii], **10** (1957) 35.



第 7 図　最大振幅の頻度分布

Fig. 7. Frequency distribution of maximum trace amplitudes.



第 8 図　3 点観測の際の倍率曲線

Fig. 8. Magnification curves of the seismometers used in the tripartite observation.

震源決定のために，夜間のノイズレベルの低い間に，電磁オッシログラフを 1 分間 60 cm の速度で作動させた。観測網は既に示した第 2 図の A, B, C および A B′ C である。

ネット ABC は，24 日から 27 日まで用いたが BC 間の距離が短かかったので，以後は B 点を B′ 点に変更し，30 日まで観測した。使用した換振器は 3 台とも 1 c/s 上下動速度計で，特性はほとんど同じであり，出力は A 点 : 5.36 volt/kine, B·B′ 点 : 4.79 volt/kine, C 点 : 5.40 volt/kine で

第 2 表　3 点 観 測

Table 2. List of the tripartite observation.

Period of observation	N_1	N_2	Remarks
Jan. 24d 23h 24m ~ 23h 29m	4	3	net; ABC
23 45 ~ 25 00 14	23	13	
25 00 50 ~ 01 28	24	14	
01 50 ~ 02 20	16	9	
26 01 20 ~ 02 00	15	9	
27 01 48 ~ 02 28	17	5	
23 00 ~ 23 10	4	0	net; AB′C
28 00 06 ~ 00 36	28	5	
02 00 ~ 02 40	21	11	
29 00 38 ~ 01 18	12	3	
23 50 ~ 30 00 20	11	2	

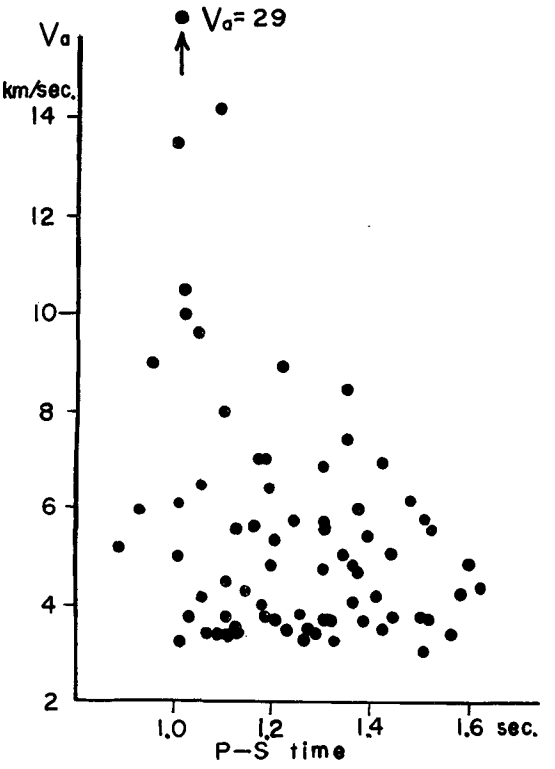
(note) N_1: total number of earthquakes recorded.
N_2: number of hypocenters determined.

ある。ガルバノメーターは周波数 30 c/s のもので，倍率をあまり必要としなかったために直結で使用した。第8図に，換振器とガルバノメーターの変位に直した総合倍率特性曲線を示す。倍率は 5 c/s に対し約 7,000 倍である。三点観測を実施した時間とその間に観測した地震数，および震源の決められた地震の数については，第2表に記載してある。

なお，観測網の大きさをさらに拡げることは，震源決定の精度を高める上で望ましいが，まわりの地形から考えてこれ以上にすることは困難であった。又，位置の測定はハンドレベルによった。

2. P 波速度と大森常数について

三点観測により得られた P 波の見かけの速度 v_a と P-S 時間の関係を，第9図に示した。P 波の見かけの速度の下限は 3.1 km/sec である。この地域の地質については前に述べたが，所々に表われている崖は（第2図参照）高さ 20～30 m ぐらいあり，その状態は黒色がかった火山灰と空孔の多い石との混合で崩れやすい物である。15 m の深さのボーリングコアーを入手できたので，P 波速度をシンクロスコープを使用して計測した。この P 波速度は 3.2 km/sec である。第9図および上記の値を考慮して，P 波速度を 3.0 km/sec とした。S 波の速度決定には，下鶴[5]により得られた Tuff の平均的な速度 2.0 km/sec をもって代えた。以上の値により，大森常数は 6.0 km/sec となる。第9図からわかる様に，P-S 時間による P 波見かけの速度の変化はほとんどないと云ってよく，この結果に関する限り2層以上の層構造を仮定できないが，P 波速度 3 km/sec の層を数 km 以深まで考えることはいささか無理であろう。しかし，他の情報がないのでこのことは止むを得ないことである。



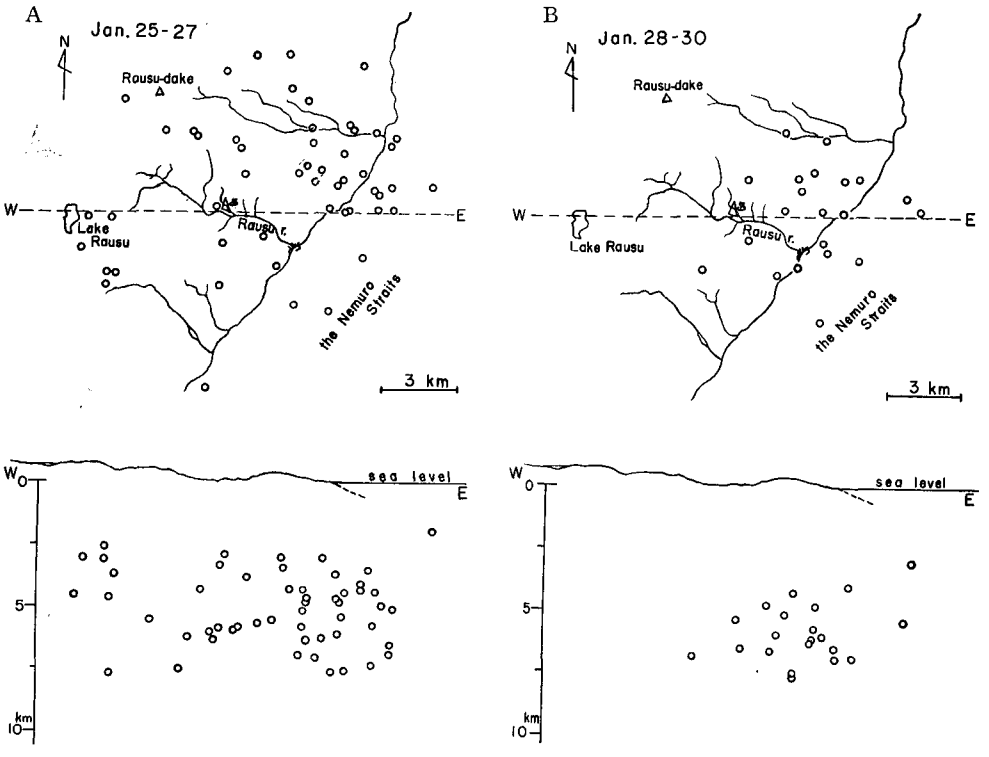
第9図　見かけの P 波速度と P-S 時間の関係

Fig. 9. Relation between apparent P wave velocity and P-S duration.

3. 震源の分布について

P 波速度 3 km/sec，大森常数 6 km/sec の一様な構造を仮定した時の震央および東西断面に投影した震源の深さの分布を第10図に示す。同図で震源の移動があったか否かを知るために，

5) D. SHIMOZURU; Elasticity of Rocks and Some Related Geophysical Problems. Jap. Jour. Geophys., **2**, No. 3 (1960).



第10図 3点観測により求められた震源分布

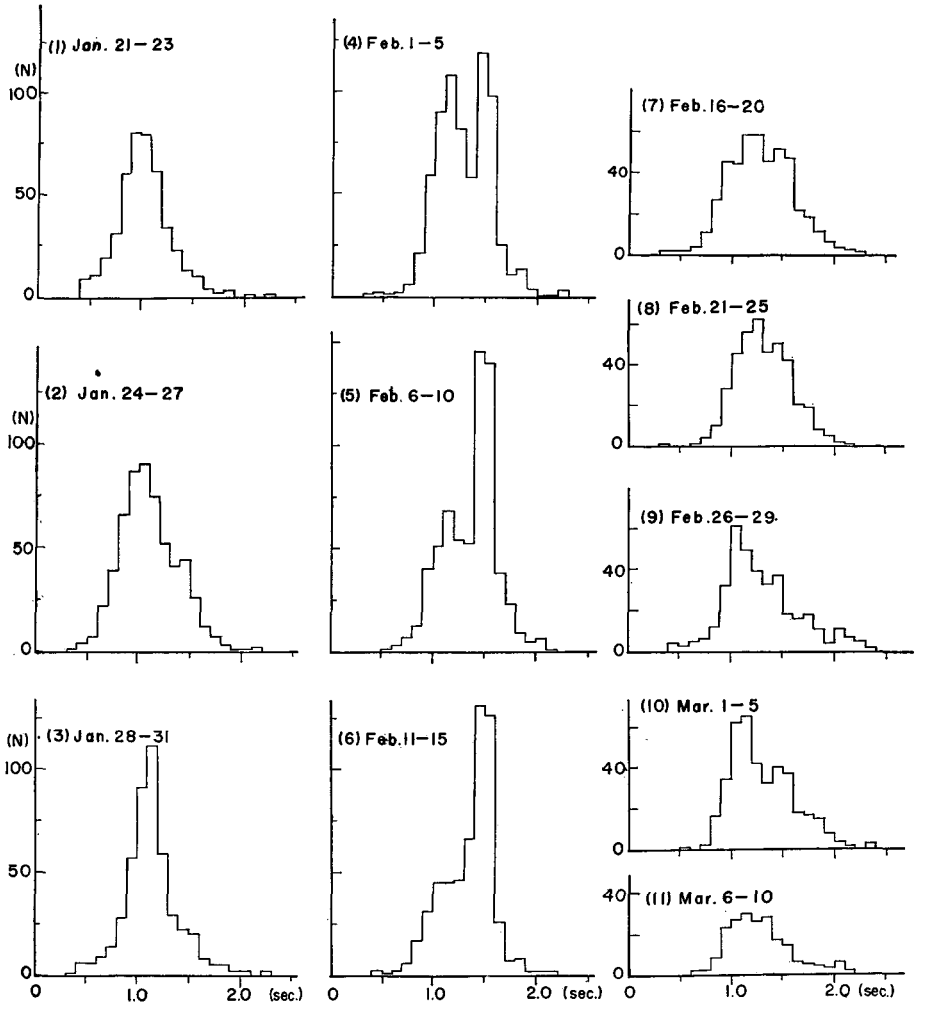
Fig. 10. Hypocenters determined by the tripartite method.

27日以前Aと28日以後Bとに分けて示してある。震央の位置変化として，28日以後には観測点より西側のものは見られなくなり，20日2時の地震が起ったあたりに分布している（第1表参照)。震源の深さは2.5 kmから8 kmまでの間にあり，平均の深さは約5 kmである。深さに関する限り期間による違いはない。

4. P-S時間の変化と震源位置の移動について

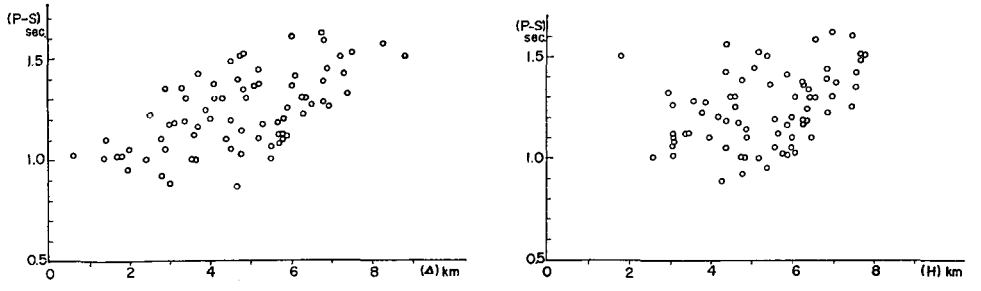
A′点に設置した3 c/s地震計による観測結果について，時間間隔を0.1 sec.毎にとったP-S時間の頻度分布を第11図に示す。この頻度分布図で著しいことは，最大頻度を与えるP-S時間に変化が見られることである。1月21日から23日に，1 sec.前後であったP-S時間頻度の山は徐々に移って，28日から30日には1.2 sec.ぐらいになり，2月になるとこの山の他に1.5 sec.あたりにも別の山が出てきている。2月6日から10日にはさらに1.1～1.2 sec.の山が小さくなって，代りに1.5 sec.の山だけが顕著になった。2月11日から15日までは1.5 sec.の山だけが明瞭であり1.1 sec.あたりの山はほとんど見られない。次の10日間では，1.5 sec.の頻度も小さくなり0.9 sec.から1.6 sec.まで一様に分布し，以後その状態が大きな変化なく続いている。

これら一連の最大頻度を与えるP-S時間の変化は，当然活潑な地震活動をしている場所の



第11図　P-S 時間の頻度分布

Fig. 11. Frequency distributions of P-S duration.



第12図　P-S 時間と震央距離，P-S 時間と震源の深さとの間の関係

Fig. 12. Relations between P-S duration and epicentral distance, and, P-S duration and focal depth.

移動を表わしていると考えられる。

三点観測により得られたP–S時間と震央距離(Δ)および震源の深さ(H)の関係を第12図に示す。同図から考えると，P–S時間の変化は主に震央距離の移動を示しているようである。以上のことを考慮すると，P–S時間が2月5日から15日の間に0.5 sec. 長くなったことは，地震活動度の大きな場所が2～3 km東の方に移動したと考えてよいであろう。

IV. あとがき

この地震群の原因については，温泉の温度，湯量に変化がないことおよび附近にある活火山硫黄山の表面活動に異常が認められないことなどから，直接火山活動とは関係ないと思われる。群発地震の減衰のようすを高倍率の地震計で，完全に終熄するまで観測することは望ましいことではあったが，今回はこれ以上長期にわたる観測は種々の事情で不可能であったのは遺憾であった。

さらに詳しい議論は，稿を改めて行ないたいと思っている。

終りに，御指導を賜わった横山教授，観測に従事されいろいろと議論して下さった地球物理学教室の皆様に感謝します。

また，今回の観測に際しましては，羅臼町当局の絶大なる御援助を戴きました。記して深謝の意を表します。研究に対する深い御理解のもとに，民心の安定に努力された谷内田町長，佐藤助役，佐藤民生課長に敬意を表します。札幌管区気象台からは，貴重な資料を提供していただきました。心より御礼申し上げます。

6. Rausu Swarm Earthquakes in January, 1964

By Yoshimi SASAKI and Yoshinobu MOTOYA
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

In January, 1964, swarm earthquakes shaked Rausu Spa on the Siretoko Peninsular, Hokkaido, where felt shocks had scarcely ever occurred. On Jan. 20, the activities reached a climax and more than 30 shocks were felt a day. In order to observe the rise and fall in the activities and to determine the positions of the hypocenters, the seismometrical observation was commenced on Jan. 21 and continued to March 10 at Rausu Spa. The seismometers were of an electromagnetic type and their overall sensitivities were kept at 580 cm/kine.

The mode of decrease in frequency of the earthquake swarm observed since Jan. 21, is very similar to that of the aftershocks: more than 1,000 microearthquakes a day were registered in the latter part of January while about 50 a day on March 10.

With a view to determine the positions of the hypocenters, the tripartite methods were employed in the early period of the present observation: the epicenters were situated

within a circle measuring 5 km in diameter and having its center near Rausu Spa, and the depths ranged from 2.5 km to 8 km. The frequency distributions of the P-S duration had their peaks usually at 1 sec. and, in a certain period the peaks clearly shifted to 1.5 sec. This fact would indicate that the seismically active region moved about 2 or 3 km in order of magnitude.

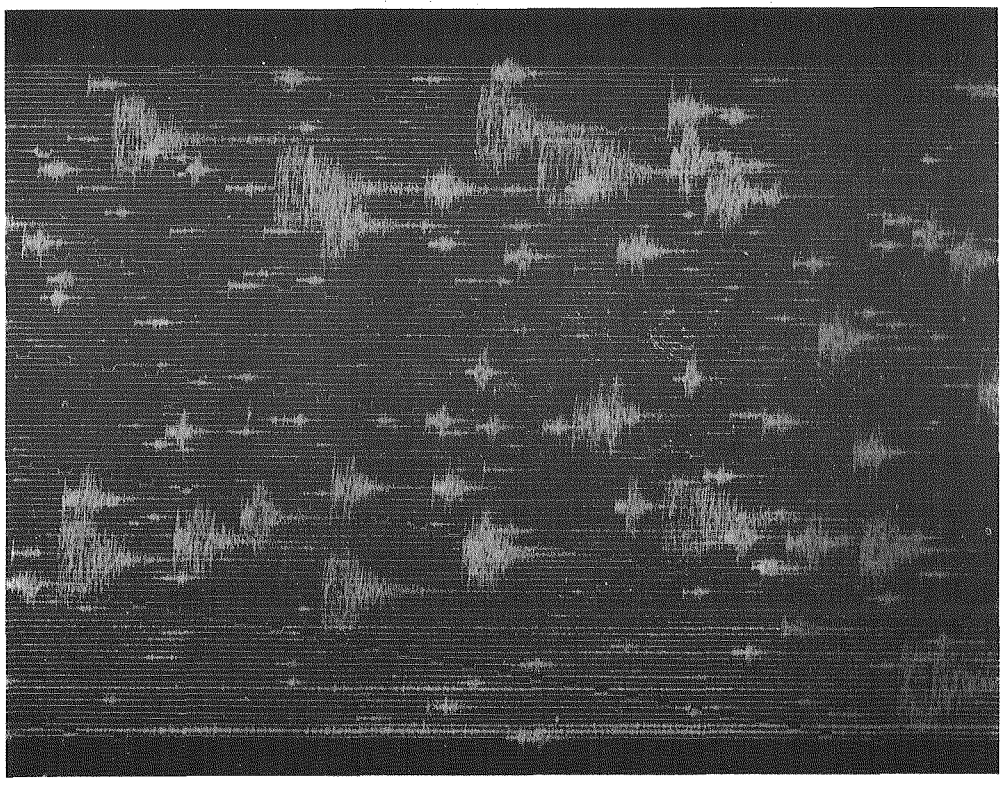


写真 1. 1964年1月23日の気象例 (実物大)
倍率：580 cm/kine 送り：12 cm/min

Photo. 1. An example of seismograms on Jan. 23, 1964.

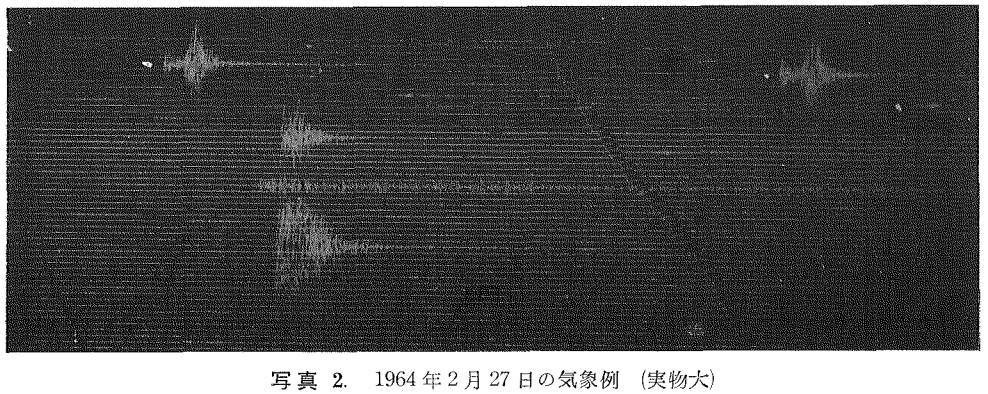


写真 2. 1964年2月27日の気象例 (実物大)
倍率：580 cm/kine 送り：12 cm/min

Photo. 2. An example of seismograms on Feb. 27, 1964.