HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	無線遠隔方式による火山性地震の観測(序報)
Author(s)	江原, 幸雄; 横山, 泉
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 37, 31-41
Issue Date	1978-03-30
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.37.31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14075
Type	departmental bulletin paper
File Information	37_p31-41.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学地球物理学研究報告
Geophysical Bulletin of Hokkaido University, Sapporo, Japan
Vol. 37. March, 1978, p. 31−41.

無線遠隔方式による火山性地震の観測
（序　報）

江　原　幸　雄*
北海道大学理学部有珠火山観測所

横　山　　泉
北海道大学理学部地球物理学教室
（昭和52年7月30日受理）

Observation of Volcanic Earthquakes by Radio-telemetric System
−Preliminary Report−

By Sachio EHARA
Usu Volcano Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University
and
Izumi YOKOYAMA
Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received July 30, 1977)

Radio-telemetric system for temporary observation of volcanic earthquakes was introduced in our volcano observation. The principal components of the system are transducers, preamplifiers, modulators, transmitters, antennas, receivers, filters, demodulators, main amplifiers and recorders. Power for preamplifiers and transmitters is provided by a 12 V lead battery. Main carrier frequency is 400 MH_z band and subcarrier frequency is 730 H_z and 2300 H_z. Frequency band width of seismic signals is 0.3 to 30 H_z.

Tentative observations by this system were made at Volcanos Tarumai and Usu in Hokkaido. Seismic signals sensed by transducers installed at the flank of volcanoes were transmitted to the recording site, which were several to ten kilometers apart from transmitters. As a result, we obtained not only good records but also more seismic signals than ever observed. It would be very useful, especially in the areas where topographies make a ground-to-ground transmission difficult, to apply a radio-telemetric system from the monitoring sites to the recording site.

* 現在九州大学工学部

I. はじめに

火山噴火予知計画の発足に伴なって，昭和49年4月，北海道大学理学部に火山活動移動観測班（助手1名，技官1名）が設置された．この「火山活動移動観測班」はわが国の火山観測について，その機動性を確保する為に必要に応じて出動することを目的として設置されたものであり，気象庁の機動観測班が火山活動度の監視を主たる目的として設置されたものに対して，大学の移動観測班は各地区（北海道地区，東北地区，関東伊豆七島地区，九州薩南諸島地区）における研究観測を担当するものとして新設されたものである（永田武，1974）．北大理学部に設置された火山活動移動観測班は火山現象の多面的研究観測を実施することを目的として，地震観測をはじめとして，辺長，水準測量，重力測定，磁気測定，熱測定などに関する観測体制を整備してきた．地震観測に関しては無線テレメータリング方式を採用し，多点集中記録方式による移動観測システムを構成した．以下ではシステムの概要及び実際の観測例などについて報告することを主要な目的とし，過去の観測結果との比較検討やその地学的意味の検討などについては，ふれなかった．樽前山に発生する地震については，1976年8－10月に再び観測を実施し，震源決定などを行ない議論を行なっているのでそちらを参照されたい（日本火山学会誌〝火山〟に投稿予定）．

II. 観測システムの概要

比較的容易に携帯移動が可能でかつ数ヵ月の連続観測にたえ得る機能をもつ，中距離用テレメータを採用した．当面4波で6点の記録を送信することを考え，かつ火山地域の地形的複雑さにも対応できるように，中継が可能となるようにした．観測対象とする周波数帯域は0.3－30 H_zとした．送信機，前置増幅器，受信機，復調器，送受空中線の性能は以下のようなものである．

送信機

周波数　400 M H_z帯
出力　0.5 Wまたは1 W
電波の型式　F 2 周波数変調
最大偏移周波数　± 5 kH_z
副搬送波　730 H_z及び2300 H_z，周波数変調±20%
電源　DC 12 V
消費電流　出力1 Wのとき約0.75 A，0.5 Wのとき約0.5 A．

前置増幅器

増幅度　42－66 dB，6 dB ステップ
周波数範囲　0.3－30 H_z，± 3 dB
入力インピーダンス　20 KΩ．

なお，送信機は前置増幅器とともに防水箱に格納されている．各送信機はともに２つの副搬送波に応じて２成分づつの送信が可能であるが，中継使用のため，４つの送信機のうち２台は副搬送波の２つのうち，いずれかしか使用できないため，４波で６点の送信となっている．

受信機・復調器

回路方式　水晶制御ダブルスーパーヘテロダイン

局発周波数　（Fr－10.7）×1/12 MH_z及び　10.245 MH_z

周波数偏差　10×10^{-6}以下

中間周波数　10.7 MH_z及び 455 KH_z

受信感度　20 dB 雑音抑圧入力 2.5 μV 以下

復調出力（地震波信号）１：１，前置増幅出力と同じ，～８Vpp.

なお受信機は防水箱に格納されている．復調器は他の記録装置とともに記録室内におかれる．

送受空中線

八木アンテナ　８素子

インピーダンス　50Ω

マスト　38ϕ　グラスファイバー６m.

この場合，送信局に対向するアンテナの真方向が±15°違っても，アンテナ入力電圧は１dB しかちがわない．

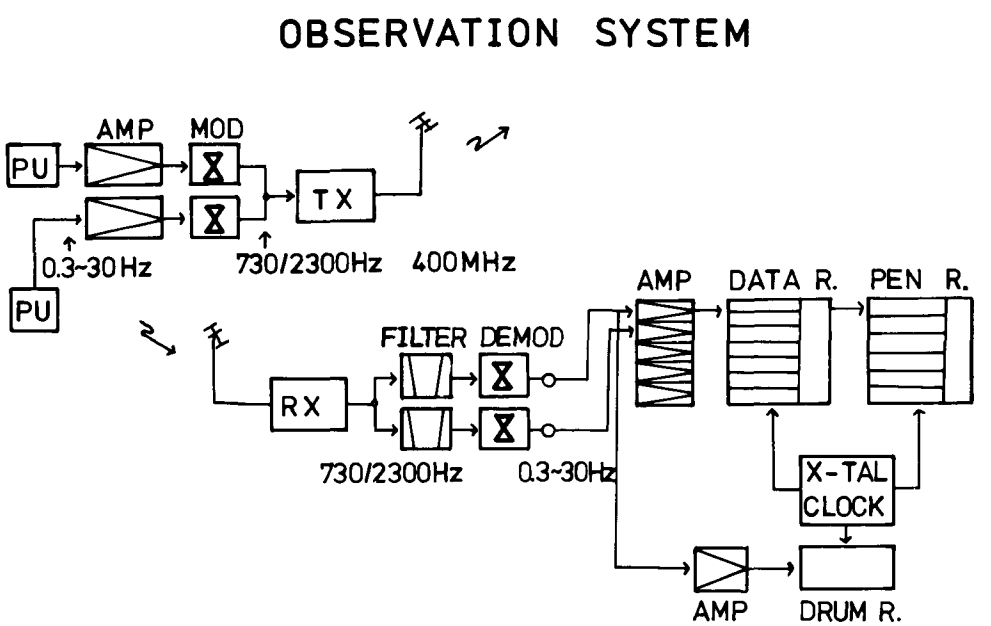


Fig. 1. Block diagram of the observation system.
PU : pick up, AMP : amplifier, MOD : modulater, TX : transmitter, RX : receiver.

次に動作の概要であるが，増幅された地震波信号はまず 730 H_z または 2300 H_z の副搬送波に周波数変調される．この副搬送波を 400 MH_z 帯の搬送波に更に周波数変調し，空中線にのせて送信する．受信側ではこれを復調し，まず副搬送波を取り出し，これをフィルターで選り分け，復調器に入れてもとの地震波信号に戻すのである．記録系では多点ペンレコーダで可視記録を得るが，必要に応じてデータレコーダに記録する方法をとっている．更にまた記録系では起動制御・信号遅延装置を導入し，一定以上の地震波信号が入力したときだけ磁気テープが作動するようにしている。送信機の電源は鉛蓄電池からとることにしたが約 10 日間に 1 度の交換が必要である。以上の構成の概要を Fig. 1 に示した．

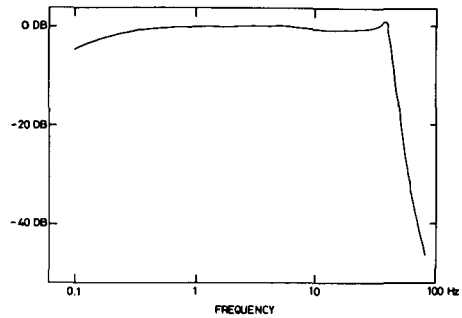


Fig. 2. Relative frequency response of the observation system except a pickup and a recorder.

また，換振器及び記録系を除いた送受信系の周波数特性を Fig. 2 に示す．

なお搬送波として，極超短波を使用している為，送受空中線が電波障害物のない可視範囲にある必要があり，また到達実用範囲としては約 20 km を想定している．

III. 観 測 例

1）樽前山 1975 年 11 月－12 月

上で述べたシステムを用い樽前山で試験的観測を約 1 カ月間実施した．同火山の地震活動度が道内の他の火山より高いこと（北海道地震火山月報）及び札幌より比較的近く（車で 1 時間半程度）場合によっては予想される初期故障等に対処するには都合がよい事から新しい試みである無線方式による地震観測網整備の最初の対象として樽前山を選んだ．

観測網

地震計（従って送信部）は Fig. 3 に示すように 4 点（N，D，S 及び F）に設置した．これは石川他（1972）によれば，「今後の活動は特別の事情でもないかぎり山頂部で行なわれる」ことが予想されており，なるべく山頂に近い（かつ車で行くことのできる）地震観測網を展開しておくことが今後重要になるであろうとの考えに基づいたものである．使用した地震計はいずれも上下動成分で固有周期 1 秒，電圧感度 3 Volt/kine であった．各点で得られる地震波信号は 400 MH_z 帯の極超短波により，受信点 R（北大支笏寮）に送られた．送受信点間が最も離れたところで約 8.5 km であった．受信点で得られる地震波信号はペンレコーダでモニターされる一方，夜間の 8 時間は磁気テープに記録された（後に，起動制御・信号遅延装置の導入によって，一定のレベルを越える地震波信号が入力したときのみ磁気テープに集録されるようなシステムに改良さ

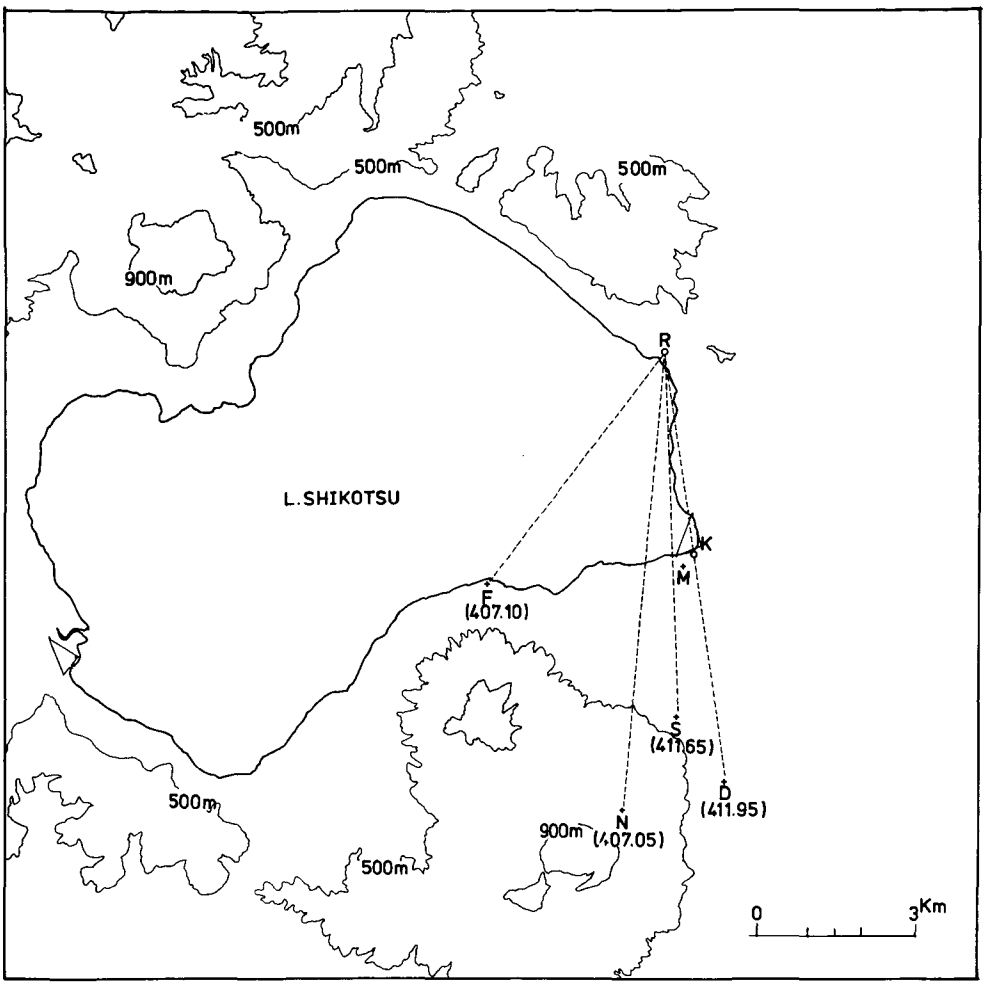


Fig. 3. Locations of seismometer stations and the recording site at Volcano Tarumai. N, S, D, F : seismometer stations. Figures in parentheses show carrier frequencies in MN_z. R : recording site. Two triangles show the tripartite nets formed in the previous observations.

れた）．時刻は水晶時計によりシリアルコードで記録されている．全観測系の総合感度は 3000 cm/kine で，変位倍率にして5 H_zで約 10 万倍であった．ちなみに気象庁では変位倍率 3000 倍で観測が行なわれており（地震計設置点は今回の観測点Nの南約 300 mである），無線送信で約 17 km 離れた苫小牧測候所で記録されている（石川他，1972）．

観測結果

観測が行なわれた時期の地震活動度を気象庁の連続観測の結果（北海道地震・火山月報，1974～1975）から見るとFig. 4に見られるように樽前山の地震活動状態としてはかなり低調なときであった．Fig. 4には 1974 年 9 月より 1975 年 12 月まで気象庁のA点で観測された地震のS－P時間頻度分布（図中左）及び総発生数（図中右）が示されている．なおS－P時間が読取れた地震

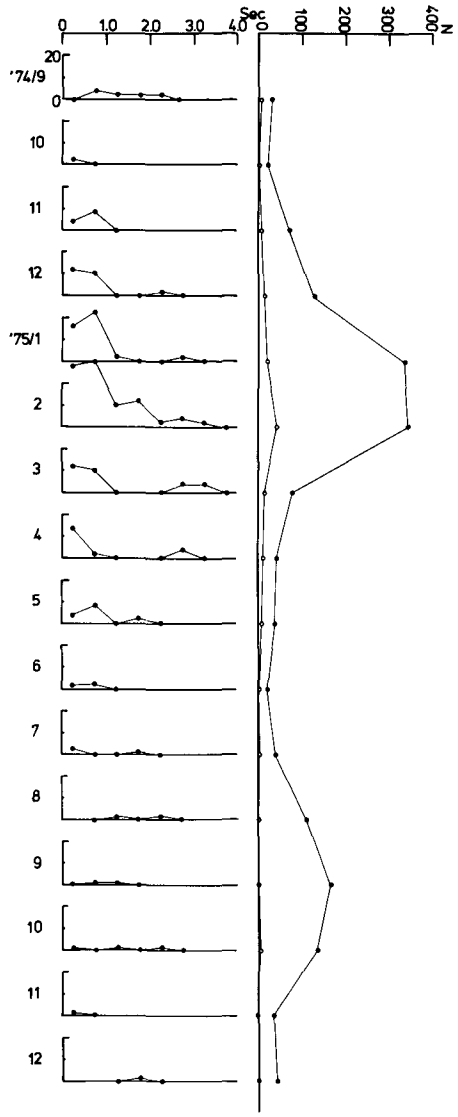


Fig. 4. Seismic activity of Volcano Tarumai observed by JMA before and in the period of our observation. Right : Solid circles show the monthly frequencies of volcanic earthquakes. Open circles show the frequencies of (S−P) time reported in the above. Left : Frequency distribution of (S−P) time.

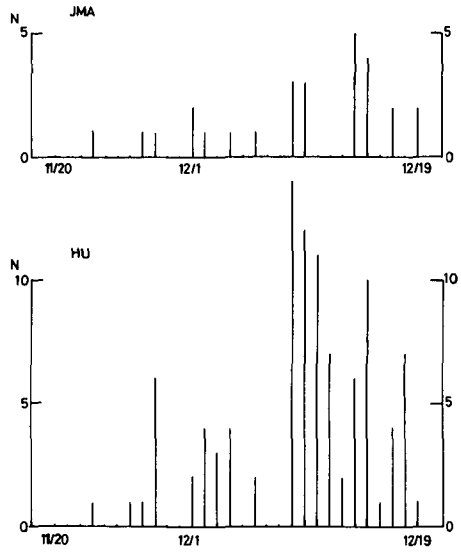


Fig. 5. Daily frequencies of volcanic earthquakes in the period of our observation (from Nov.20 to Dec.19, 1975). The upper shows the result obtained by JMA and the lower by us.

の数を図中○で示してあるが平均約 10%のS－P時間が読取られている．今回の観測でS－P時間が3秒以内（S相を読取るのはほとんどの場合困難であった）と思われる，山体及びその周辺部で発生している地震の日別頻度を気象庁の記録と対応させて示したのがFig. 5 である．地震活動の消長は全体としてよく対応していると考えられる．ここでは震源を決定する為の十分なデータがとれなかったので震源決定は行なわなかったが記録された地震記象の分類と大よその震央の推定を行なった．記録された地震は Table 1 に示されるように，記象の特徴，発現順序，卓越周期等から4つに分類され，Fig. 6 に斜線で示されるような地域にそれぞれのタイプの地震の震央は推定された．また深さはいずれも数 km 以内と考えられる．代表的な記象例を Fig. 7 に示す．自然地震の記象例も合わせて示した．北東－南東方向に震央がならんでいることが注目されるが，その検討は今後の観測にまちたい．

Table. 1. Classification of the volcanic earthquakes observed at Volcano Tarumai.

Type	predominant period	order of arrival time	initial motion	epicentral areas preliminarily deduced
I	0.1～0.2^{sec} at stalionn N	1 N　2 D S	relatively sharp at station N. The senses are almost push.	near dome
II	0.04～0.2^{sec} at stations D and S	1 D S　2 N	sharp st stations D and S. The senses are not systematic.	the northeastern flank
III	0.1～0.2^{sec} at station F	1 F　2 3 S D N	relatively sharp at station F. The senses are all pull.	near the deepst part of Lake Shikotsu.
IV	0.1～0.4^{sec} at stations N, D and S	1 S D　2 N	relatively sharp at stations S and D. The senses are systematic.	the northeastern flank

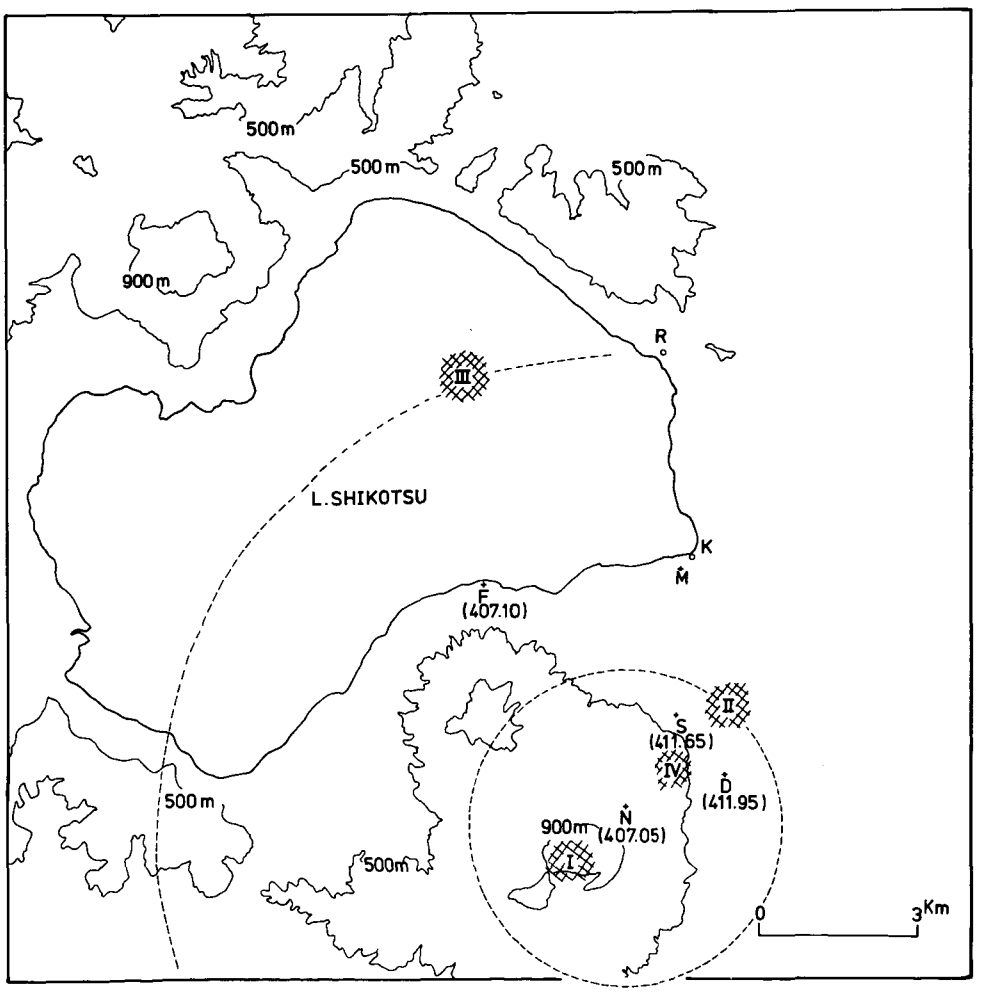


Fig. 6. Shaded areas show the epicentral areas preliminarily deduced. I, II, III and IV are the types of volcanic earthquakes shown in Table 1.

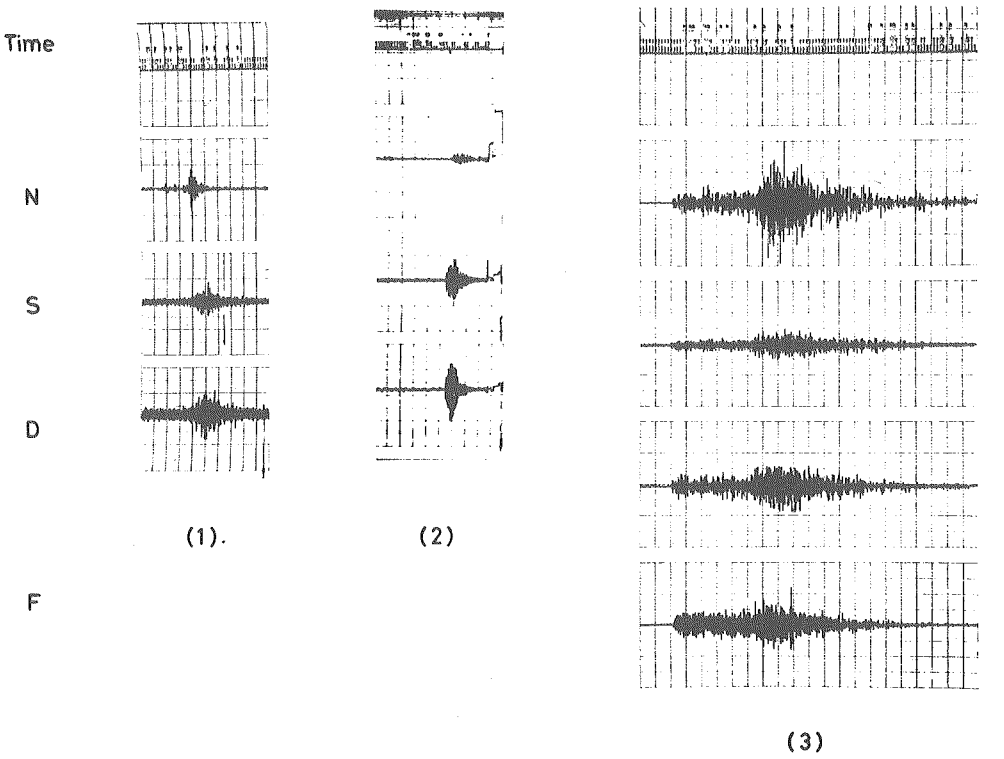


Fig. 7. Examples of volcanic and tectonic earthquakes observed on Volcano Tarumai. (1) volcanic earthquake, (2) volcanic earthquake, (3) tectonic earthquake.

2）有珠山 1976 年 7 月

北海道内にある５つの主要な活火山の異常時に備えた地震観測網の整備の為，樽前山に続き，有珠山で約２週間の試験的観測を実施した．主要な目的は予想される今後の活動域を取り囲む無線観測網を形成すること及びここで得られる多点観測記録と気象庁で行なわれている連続観測記録（１点３成分）との対応を検討することであった．

観測網

横山他（1973）によれば「近い将来有珠山で噴火が起る可能性の高い地点を推測すれば，有珠山西麓－北麓－東麓部と頂上火口内ならびに東南斜面となる．これに比べ南麓地方は噴火の起る可能性は極めて少ないであろう」とされている．このような観点から無線搬送を考慮した地震観測網を Fig.8 に示されるようなものとした．地形の複雑さから有珠山からやゝ離れた地域にＳ点を設け，ここでＴ点からの信号を中継し，受信点に送ることにした．Ｕ点は有珠山外輪上であるが車で外輪山上まで登ることができる為可能となった点である．この点は地震計の空間的配置からみて有効な点であるが，今回の試験観測中は送信機の故障の為，生かすことができなかった．従って今回の観測ではＴ，Ｓ，Ｙ（上下，水平の２成分）の３点４成分であった．観測系は前述の樽前山の場合と同じであり，総合感度はＴ及びＹ点で 750 cm/kine，Ｓ点で 3000 cm/kime で

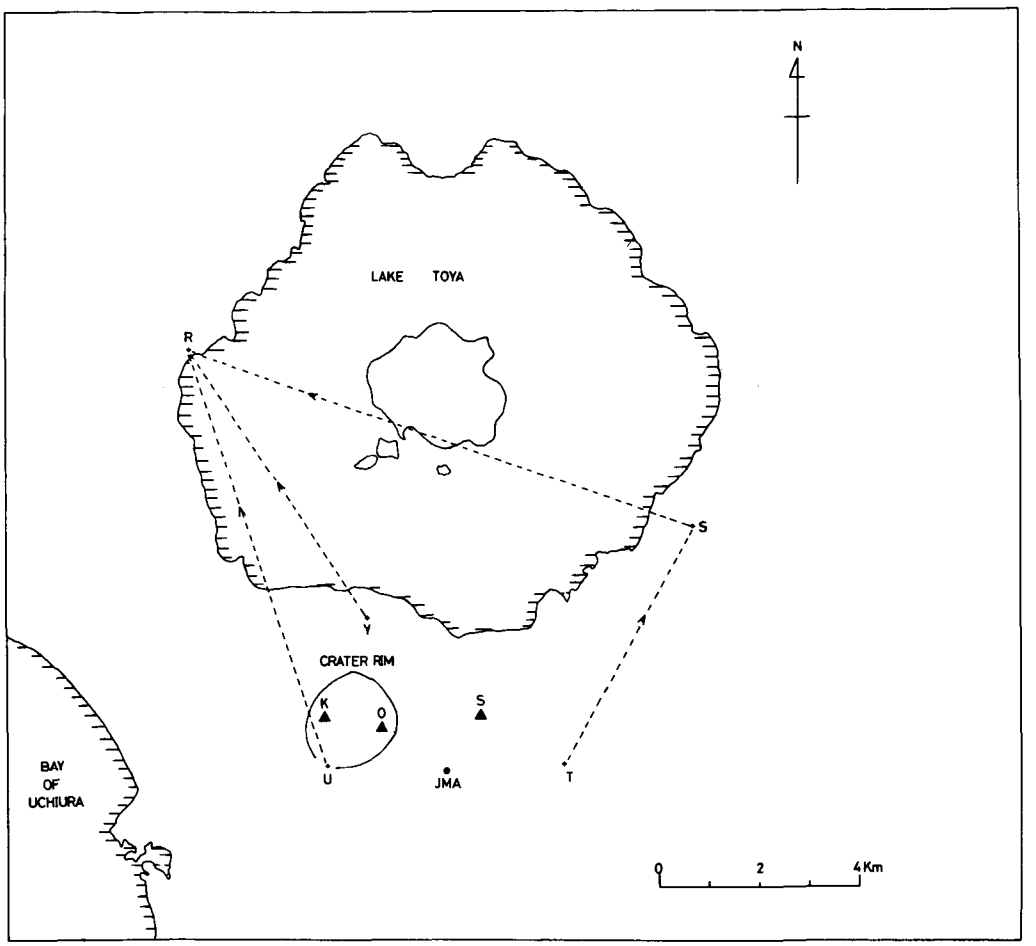


Fig. 8. Location of seismometer stations and the recording site at Volcano Usu. U, T, S, Y: seismometer stations. R : recording site. JMA : seismometer station of JMA. O : O-Usu, K : Ko-Usu, S : Showa-shinzan.

あった．受信点はFig. 8でRと示した北大臨湖実験所に設置した．受信部ではアンテナの展張，観測装置の設置等である程度広い空間があり，長期観測をするのに適当であり，また火山体を望むことができるというようないくつかの条件が求められ，同時にまた各送信部が見通すことができることが必要となる．従って，一般には理想的な送受信系の配置の選択はかなり難かしいものである．

観測結果

観測期間中（7月7日－23日）記録された地震の総数は96個，このうち有珠山周辺で発生したと見られるものは約1/3の34個であり，おおよその推定震央別に示したものがFig. 9である．図の一番下測に，この期間中有珠山に発生する地震として気象庁から報告されたものを示した（北海道地震火山月報）．気象庁の地震計は有珠山山腹にあり，昭和新山ドームの南西約1.4 kmであ

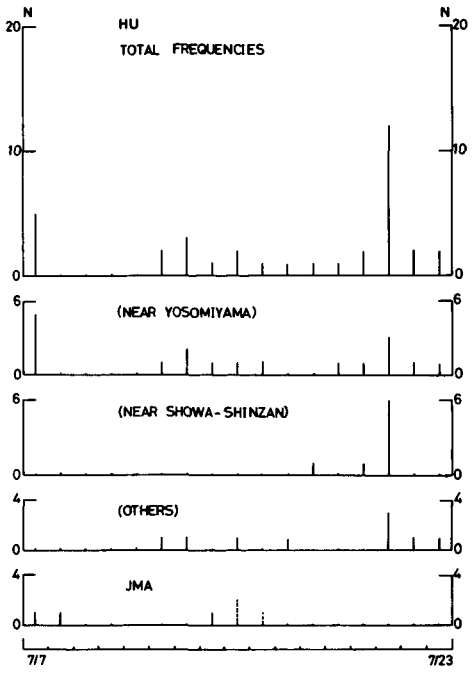


Fig. 9. Daily frequencies of volcanic earthquakes in the period of our observation (from July 7 to 23, 1976). The uppermost (first) figure shows the total frequencies of volcanic earthquakes observed by us. The second to forth figures show the items of the above total frequencies. The lowest shows the result by JMA in the same period.

る．倍率は2000倍で無線送信によって室蘭地方気象台で記録されている．

なお，気象庁記録中破線で示したものは今回の観測記録からみて，地震でない可能性が強い．その理由は今回の3点観測からみると，地震火山月報で火山性地震として報告されている時刻に，一見地震の記録と思われるものがあるがY及びT点に比し，S点は約10秒も早く現われている．またこのような時間差をもつ記録が観測中しばしば見られた．更に，出現時刻が午後の一定時刻内に限られている．これらを空振波によるものとし，平面波近似として入射方向を求めると，S点のN 30°Eとなる．従って，空振波の発生源は今のところ明らかではないが（有珠山の存在する方向とは明らかに違う），この種の記象は火山性地震の報告から除かれるのが適当と考えられる．なお空振によると見られる記録の発現時刻は

7/15 13^h57^m, 13^h59^m（2回），$\underline{14^h01^m}$, $\underline{16^h17^m}$

7/16 $\underline{12^h58^m}$

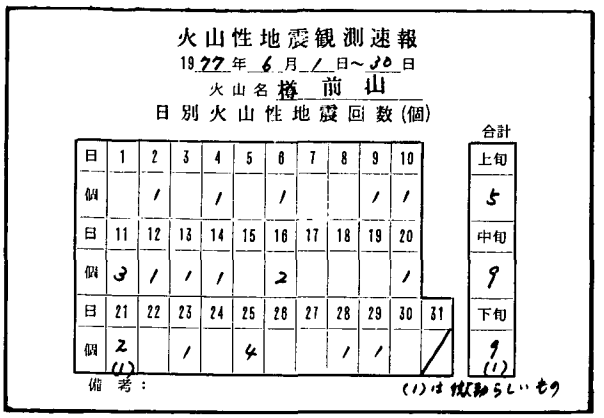
7/19 16^h56^m

7/12 16^h44^m, 16^h45^m（2回）

である．下線を施したものが北海道地震火山月報で火山性地震として報告されているものである．

Ⅳ．あ と が き

以上において，北海道大学理学部火山活動移動観測班の無線テレメータリング方式の地震観測システムに関する紹介及び若干の観測例を報告した．従来の有線方式に比べ思い切った地震計の配置をとることができ，かつ集中記録される為に地震活動に関する情報が質的量的に増大し，今後の火山活動の調査研究に重要な貢献をすると期待される．当観測班は異常時の活動はもちろんであるが，静穏時においても年に1或いは2つの火山の臨時観測を毎年実施していく予定である．火山活動の連続的把握に関しては，札幌管区気象台と密接な連絡をとっている（現在，Fig. 10に示すようなハガキで主要5火山の地震発生数を10日ごとに札幌管区気象台から連絡を受けており，又適宜当移動観測班の臨時観測記録と気象庁の記録との対比検討などを行なっている）．現在のところ，当移動観測班は各火山で連続観測する体制にないが，地震活動の消長という点だけから


火山性地震観測速報
19 77 年 6 月 1 日～ 10 日
火山名 樽 前 山
日別火山性地震回数(個)

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	合計
個		1		1		1			1	1	上旬 5
日	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
個	3	1	1	1		2				1	中旬 9
日	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
個	2 (1)		1		4			1	1		下旬 9 (1)

備考：　(1)は地震らしいもの

Fig. 10. An example of reports of volcanic earthquake of the volcanoes in Hokkaido sent from Sapporo Meteorological Observatory every ten days to our Department.

言えば現在の気象庁の観測がほぼ満たしていると考えており，当面異常時の観測と年1，2火山の静穏時臨時観測を実施することを主要な任務の1つと考えている．臨時観測で決定される震源と発震機構とを気象庁による連続観測の記象と対比検討し，現在気象庁で報告されている地震の数だけのデータを地震の発生個所，発生機構ごとの活動の消長として見られるようにするのも臨時観測の1つの目的と考えている．

本観測システム一式はほぼ現在の観測車（三菱のジープ，J 34 型）に積むことができ，比較的移動は容易なのであるが，送信部の電源としてのバッテリーが大きな容積・重量であり（現在使用しているのは鉛蓄電池 12 V，150 AH），又1週間から 10 日間程度で交換しなければならず，これらの点が問題点になっている．

謝辞：本無線観測装置の設計・製作は岩井電気株式会社によるものである．同社の方々，とりわけ川本正二氏には多大な援助を受けたことを厚く御礼申し上げます．

札幌管区気象台の清野政明氏には気象庁の観測結果について，度々御教示を受け，当移動観測班の臨時観測に有益な資料を提供頂いていることに厚く御礼申し上げます．

長期にわたる記録装置を許され，また種々便宜を計って頂いた北大支笏寮の大西甲太郎氏夫妻ならびに北大臨湖実験所の黒萩所長，春各寛氏をはじめ同所の皆様に厚くお礼申し上げます．

また，野外の観測において，種々援助を戴いた地球物理学教室地震学及び火山学講座の皆様に合わせて御礼申し上げます．

文　献

石川俊夫・横山　泉・勝井義雄，1972．樽前山，火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策．北海道における火山に関する研究報告書第2編，北海道防災会議，1－124．

永田　武，1974．火山噴火予知計画の推進について，火山噴火予知連絡会会報，第**1**号，1－4．

横山　泉・勝井義雄・大場与志男・江原幸雄，1973．有珠山，火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策・北海道における火山に関する研究報告第3編，北海道防災会議，1－254．