

3-2 火山列島硫黄島の地盤振動特性

熊谷 貞治

国立防災科学技術センター 第2研究部

On the Characteristics of Microtremor in Iwo-jima (Sulphur Island), Volcano Islands

By

Teiji Kumagai

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

The microtremor observation was carried out during the period from February 13 to 18, 1975 in Iwo-jima (Sulphur Island), Volcano Islands. A summary of the results is as follows: A classification based upon geological structure generally agreed with that based on the frequency analysis of microtremors.

1. ま え が き

火山列島硫黄島において地盤の微動を測定し、その特性による地盤の分類と地質構造からみた分類との比較および島内で地震観測を行なう場合に必要となるノイズレベルについて報告する。

2. 測定の概況

この島は地質構造からみて南から摺鉢山地区、千鳥ヶ原地区、元山地区に分けられるのでそれぞれに測定点を選んだ(図1)。

在島中気象じょう乱により測定期間が短くなってしまったために島の北西部分での測定ができなかった。

2.1 測定点

2.1.1 元山地区

栗津壕：全長が約624mの地下壕で凝灰岩の中を掘削している。地震計は測定者の安全とノイズレベル(16mより奥に入るとしばらくの間道路の下となり自動車などの人為的なノイズ



図1 測定点分布 (基図柱1: 25000の地形図, 国土地理院発行「いおうとう」を使用)

●: 微動測定点 ○: 地震観測予定点 ●: 風の観測点

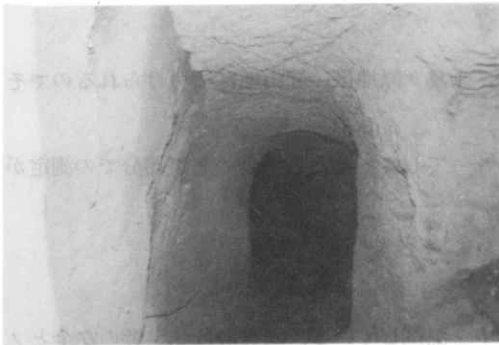


写真1 粟津壕の内部

を受けやすい) を考慮して坑口より約7 m (地表下約2 m) の地点に設置した (写真1)。

南方空炊事場跡: ギンネム, タコ, ガジュマルのジャングル中に残された戦争中に建造されたコンクリート製の炊事場跡で, 長さが約10 mで厚さ30 cm程度の壁でところどころにマドがあるのでここに地震計を設置した (写真2)。



写真2 南方空炊事場跡の壁の銃眼?に地震計を設置した。

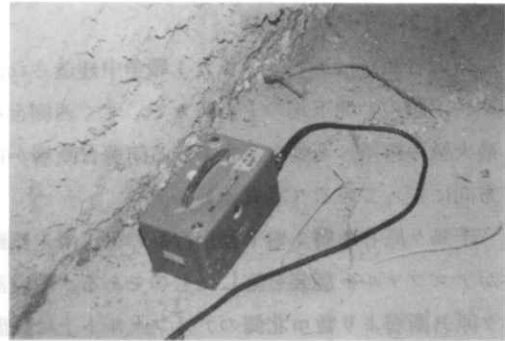


写真3 天山壕内に設置された地震計



写真4 写真の向って左側のトーチカ内に地震計を設置した。トーチカの手前で岩らしきものが露出しているところが阿蘇台断層



写真6 安山岩質溶岩上に建立した観音像，地震計はこの台座を使用，後方は摺鉢山



写真5 旧千鳥飛行場滑走路上に設置された地震計

天山壕：全長が約161 mの地下壕で凝灰岩の中を掘削している。この壕は温度が47°Cにも達することや、壕内ということからやはり測定者の安全を考えて坑口より約6 mの地点に地震計を設置した（写真3）。

2.1.2 千鳥ヶ原地区

阿蘇台断層付近のトーチカ：戦争中建造されたコンクリート製の半地下式のトーチカで、すぐ西側を本島でも最大級の落差と変動を示している阿蘇台断層がほぼ南北方向に走っている（写真4）。

千鳥ヶ原B断層：旧千鳥飛行場の第1滑走路跡で米軍がアスファルト舗装を施したものである。地震計は千鳥ヶ原B断層より数m北側のアスファルト上に設置した。

滑走路跡の東および西側はギンネムの林である（写真5）。

2.1.3 摺鉢山地区：大きな溶岩の上に観音像が建っており、その台座に地震計を設置した。付近一带はギンネムの林でゴムの木が散在している（写真6）。

以上の6地点で今回測定したが、この他元山地区の記念岩、霧島、眼鏡岩、元山、千鳥ヶ原地区の高砂台の5地点で測定することを試みたが前述のような理由で測定できなかった。

2.2 測定系

各測定点の比較を容易にするため測定系および測定時の感度は全く同様にして測定を行なった。移動測定の状態を写真7に示す。使用した地震計は、固有周期が1秒の上下動でその出力は増幅器と結線した場合2.2Volt/kineである（地震計名：IMV製のVp-9212-V）。

増幅器は、10 Hzで検定したところ増幅率が59.6 dbであった。なお、この増幅器（国際電



写真7 移動観測中の測定部分を示す。

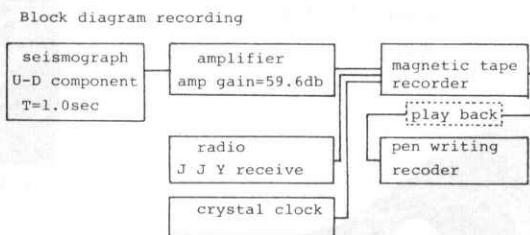


図2 測定のダイヤグラム

表1 観測地点の位置、期間と風向・風速

Table 1. Observation position, period and wind factors

Table 1. Observation position, period and wind factors

OBSERVATION POINT	Lat.	Log.	h	PERIOD	WIND DIRECTION	WIND SPEED kt/h
AWAZUGO	24°46'42.6"N	141°19'16.2"E	74m	1975.2.16.08h15m-10h15m	290°	18kt (09h)
NANPOKU SUIZIBA ATO	24°47'12.6"N	141°20'03.2"E	101m	1975.2.16.12h13m-14h15m	280°	22kt (12h)
TENZANGO	24°48'00.8"N	141°20'00.0"E	110m	1975.2.17.08h10m-10h13m	320°	10kt (09h)
ASODAI-FAULT FUKIN TOHCHIKA	24°46'56.6"N	141°18'07.9"E	40m	1975.2.17.12h35m-14h38m	290°	14kt (12h)
MINAMIKANNON	24°45'24.1"N	141°17'27.0"E	40m	1975.2.18.08h05m-10h08m	270°	08kt (09h)
CHIDORIGAHARA B FAULT	24°46'23.2"N	141°18'40.1"E	68m	1975.2.18.11h30m-13h30m	300°	10kt (12h)

子製のGPA-402)は0.1-100 Hzまではほぼフラットの特性を有している。

記録は、磁気テープ(記録計はTEAC製のR-70)に行ないこの再生はインク書きのレコーダーで行なった。

測定点の位置、測定期間、風の状況を表1に示す。なお、位置は国土地理院発行の5000分の1と25000分の1の地形図より算出した。測定のダイヤグラムを図2に、風の測定点は図1に示す。

3. 測定結果と問題点

3.1 微動のパワースペクトル

各測定点とも測定した2時間についてインク書き記録紙に再生した。目視で、再生した記録のなかに人為的ノイズ等が含まれていないと思われる中から1分間を抽出してパワースペクトルを求めた。

各測定点におけるパワースペクトルと微動の記録(パワースペクトルを求めた部分)をそれぞれ図3から図8に示す。

3.1.1 粟津壕：1.2-1.4 Hzをピークとして0.2 Hz, 2.4 Hzでパワーはピークの約10分の1に減衰する。クラックは多いが凝灰岩上に地震計を設置したことによると考えられるパワーの分布を示している。地下壕であるにもかかわらず600-700 μ kineとノイズレベルが高いのは測定点が坑口付近で地表からの深さが2 m程度のため地表のじょう乱が十分減衰していないと考えられる。すなわち、地震観測の予

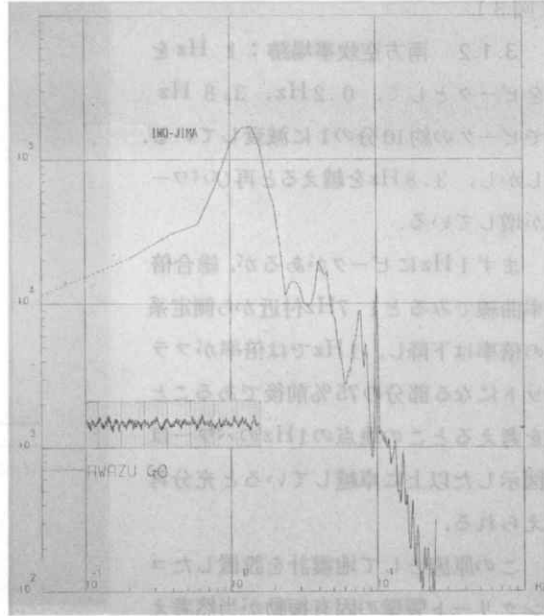


図3 パワースペクトルと微動の記録

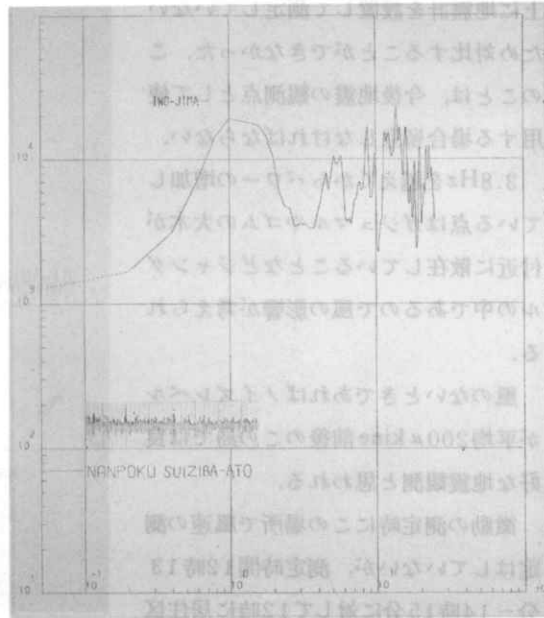


図4 パワースペクトルと微動の記録

備測定として、1974年に坑口より約50m付近（深さは10数m）で測定したところ $180\mu\text{kine}$ 以下という結果が出ている。また、同じく武蔵野壕内のノイズレベルも $180\mu\text{kine}$ であった（図3）。

3.1.2 南方空炊事場跡：1 Hzをピークとして、0.2 Hz、3.8 Hzでピークの約10分の1に減衰している。しかし、3.8 Hzを越えると再びパワーが増している。

まず1 Hzにピークがあるが、総合倍率曲線でみると1.7 Hz付近から測定系の倍率は下降し、1 Hzでは倍率がフラットになる部分の75%前後であることを考えるとこの地点の1 Hzのパワーは図示した以上に卓越していると充分考えられる。

この原因として地震計を設置したコンクリート製壁の固有振動が当然考えられる。しかし、測定時に直接凝灰岩上に地震計を設置して測定していないため対比することができなかった。このことは、今後地震の観測点として使用する場合留意しなければならない。

3.8 Hzを越えてからパワーの増加している点はガジュマルやゴムの大木が付近に散在していることなどジャングルの中であるので風の影響が考えられる。

風のないときであればノイズレベルが平均 $200\mu\text{kine}$ 前後のこの島では良好な地震観測と思われる。

微動の測定時にこの場所で風速の測定はしていないが、測定時間12時13分-14時15分に対して12時に居住区の気象観測点（図1）で測定した平均

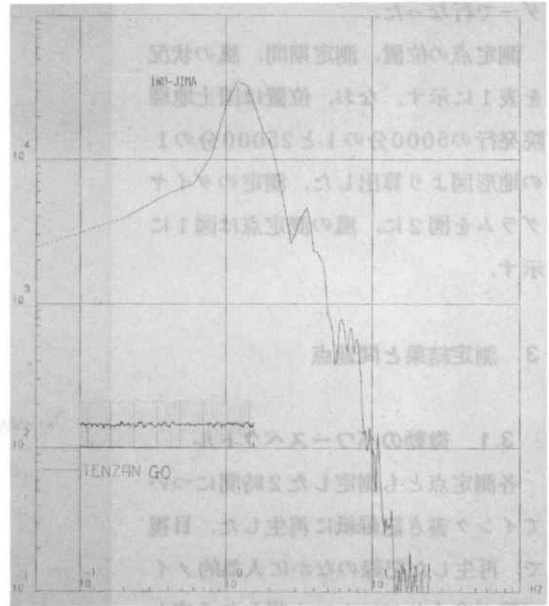


図5 パワースペクトルと微動の記録

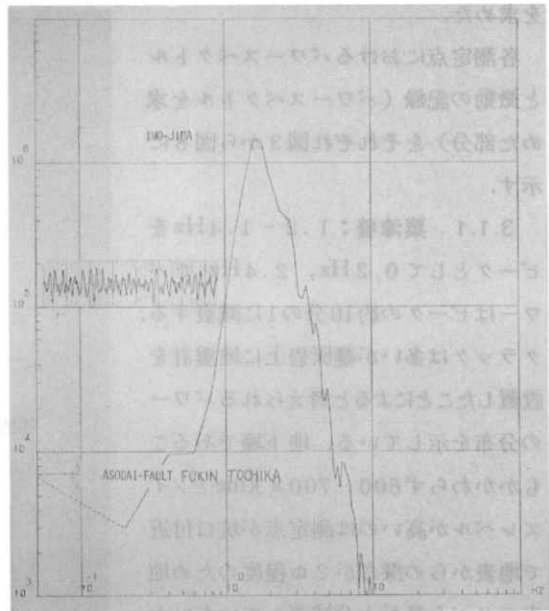


図6 パワースペクトルと微動の記録

風速は 11.3 m/s であった。風の状態の変化が記録紙からは認められなかったので、この測定点はこの程度の風速があると平均的ノイズレベルが $900\ \mu\text{ kine}$ に達すると思われる(図4)。

3.1.3 天山壕：1.2—1.4Hzをピークとして0.2Hz，2.6Hzでピークの約10分の1に

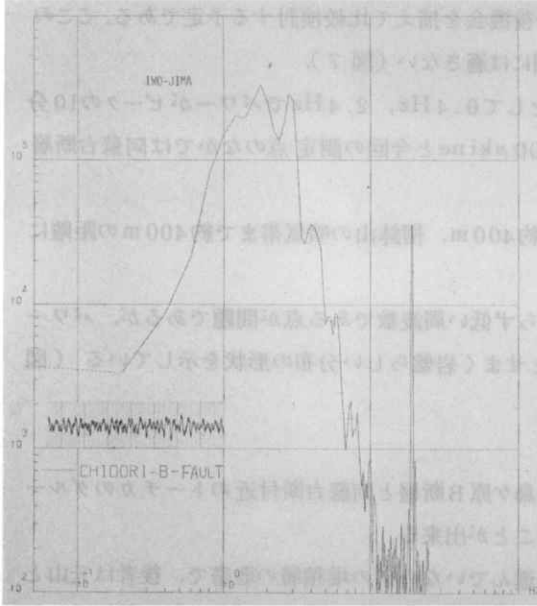


図7 パワースペクトルと微動の記録

パワーが減衰する。測定点が地下壕であり居住区から 2 km 程度離れていることなどでノイズレベルは $200\ \mu\text{ kine}$ 前後と低い。また風の影響を受けにくい環境にあるため 10 Hz 以上のパワーは、ピークのパワーに比較して2桁程度も減衰している。この地点は今回測定した6ヶ所のなかで最も地震観測点として良好な場所である(図5)。

3.1.4 阿蘇台断層付近のトーチカ：

$1.6—1.8\text{ Hz}$ をピークとして、 1.0 Hz ， 3.6 Hz でピークねパワーの10分の1に減衰する。平均的ノイズレベルは $1,600\ \mu\text{ Kine}$ と非常に大きく地震観測には適さない。

この測定点には阿蘇台断層を中心とした広い噴気帯が近くにある。この噴気帯では1971年10月頃 $20—30\text{ m}$ 四方で深さ $10—20\text{ m}$ 程度の陥没が発生した。噴気帯は著しく粘土化しているなど噴気活動の活発なところであるため微動が大きいと考えられる(図6)。

3.1.5 千鳥ヶ原B断層：1.8Hz

と 2.8 Hz をピークとして低い方は 0.6 Hz ，高い方が 3.4 Hz でパワーがピークの10分の1に減衰する。

今回行なわれた測定点のうち同じくらしいのピークを2つ持つのはここだけで何故2つになったかについてはよくわからない。ここは他の測定点と特に異なる条件下にある。すなわち、飛行

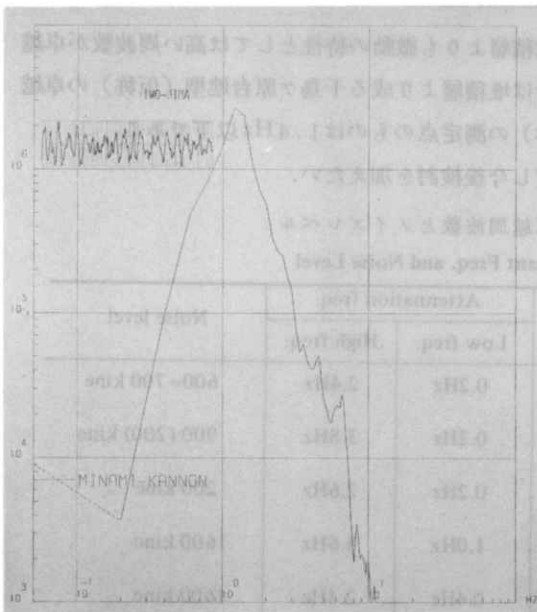


図8 パワースペクトルと微動の記録

機（太平洋戦争末期頃までの機種）の発着に耐え得るだけの厚さをもったアスファルト舗装の滑走路で、その幅は約25m、長さは断層で切られているところまでとすると約150mあり約3,800㎡のいわゆる薄い地震計台である。このような地震計台が砂層の上ののっている場合地盤の振動特性とどのような関係にあるか今後機会を捕えて比較検討する予定である。この平均的ノイズレベルは900 μ kineで地震観測には適さない（図7）。

3.1.6 南観音：1.2-1.4Hzをピークとして0.4Hz、2.4Hzでパワーがピークの10分の1に減衰する。平均的ノイズレベルは1,600 μ kineと今回の測定点のなかでは阿蘇台断層付近のトーチカとともに大きい。

微動の大きい原因として測定点が海岸まで約400m、摺鉢山の噴気帯まで約400mの距離にあることから波浪や噴気活動が考えられる。

しかし、ピークの位置は岩の上にもかかわらず低い周波数である点が問題であるが、パワーが10分の1まで減衰する周波数の幅が2Hzとせまく岩盤らしい分布の形状を示している（図8）。

3.2 地盤の周波数特性と地質構造

パワースペクトルの卓越周波数をみると千鳥ヶ原B断層と阿蘇台断層付近のトーチカのグループとその他の地点の2つのグループに分けることが出来る。

前者のグループは千鳥ヶ原台地など固結の進んでいない砂の堆積層の地帯で、後者は元山と摺鉢山の火山噴出岩による岩盤地帯で、微動の周波数特性からのグループ分けと地質構造からみたわけかたと一致している。

しかし、岩盤の方が固結の進んでいない堆積層よりも微動の特性としては高い周波数が卓越すると一般に言われているのに対し、当地では堆積層より成る千鳥ヶ原台地型（仮称）の卓越周波数が1.8Hz以上あって噴出岩型（仮称）の測定点のものは1.4Hz以下である。

この原因は不明であるので他の地点も測定し今後検討を加えたい。

表2 測定点別の卓越周波数とノイズレベル

Table 2. Predominant Freq. and Noise Level

Observation point	Predominant frequency	Attenuation freq.		Noise level
		Low freq.	High freq.	
AWAZU-GO	1.2-1.4Hz	0.2Hz	2.4Hz	600-700 kine
NANPOKU SUIZIBA ATO	1.0Hz	0.2Hz	3.8Hz	900 (200) kine
TENZAN-GO	1.2-1.4Hz	0.2Hz	2.6Hz	200 kine
ASODAI-FAULT FUKIN TOHCHIKA	1.6-1.8Hz	1.0Hz	3.6Hz	1600 kine
MINAMI-KANNON	1.2-1.4Hz	0.4Hz	2.4Hz	1600 kine
CHIDORIGAHARA B FAULT	1.8, 2.8Hz	0.6Hz	3.4Hz	900 kine

4. ま と め

4.1 今回測定した測定点の中では天山壕および南方空炊事場跡がノイズレベルが低いので地震観測点として使用出来る。ただし、1974年の地震観測の予備測定によれば栗津壕も坑口より50m以上の地点および武蔵野壕ではノイズレベルが低く、地震観測点として適している。

4.2 噴出岩地帯と砂の堆積層地帯で微動の周波数特性がことなる。

4.3 微動の卓越周波数は噴出岩地帯より堆積層地帯の方が高い。

4.4 本島における微動の卓越周波数とノイズレベルを測定ごとにまとめると表2に示すようになる。

4.5 本島で計画されている地震観測は、これら微動測定の結果から武蔵野壕内で行なうのが記録場所との距離や保守作業の容易と安全からみて望ましい所と考えられる。

なお、笠原(1975)によれば「元山凝灰岩層では、5~8 Hzにピークを持ち千鳥原砂礫層では、2~3 Hzにピークを持っている」と報告され、本報告と卓越周波数の位置が千鳥ヶ原粒砂層と凝灰岩層では異なっている。

これは、笠原(1975)の微動測定点は地表であるのにたいして筆者の測定点は地下壕やトーチカなど建造物であるため測定点の差によることも考えられる。この点に関しては今後検討を加えたい。

最後に、観測に御協力いただいた海上自衛隊山本達雄氏、まとめにあたっていろいろと御助言をいただいた気象研究所田中康裕氏、パワースペクトルの計算をしていただいた当センター第3研究部勝山ヨシ子氏に記して感謝いたします。

参 考 文 献

一色直記(1968a): 硫黄(火山)列島硫黄島の地質, 硫黄島総合調査報告, 3-11, 国立防災科学技術センター

津屋弘達(1936b): 火山列島硫黄島に就いて, 火山, 3, 28-52

笠原稔(1975): 小笠原硫黄島の最近の地震活動と微動について, 火山, 第2集, 20, 2,