

4-9 伊東市における微動観測について —1989年7月13日の噴火後の観測—

Microtremor Observation at Ito City — after the volcanic eruption of July 13, 1989 —

京都大学防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

1989年7月13日の伊東沖、手石海丘における噴火活動に伴って、大振幅の微動が発生した。この微動は、防災研究所の微小地震観測網でもトリガー記録が得られる程の規模であった。我々は噴火を機に、微動の振動源の詳しい位置や、微動の消長を細かく知る事を目的として、現地で観測を試みた。

観測は、第1図に示した湯川および汐吹崎の2つの地点で、スパン約150mのトリパータイト（湯川は一時期4点観測）によって行なった。地震計は1Hzの上下動で、アンプは湯川では100倍、汐吹崎では400倍と低倍率である。それでも、断続する微動と、頻発する微小地震を多数観測できた。湯川では、噴火1日後の7月14日から、汐吹崎では7月17日から観測を開始した。湯川の観測システムは、トリガー式のデジタル記録（100Hz, 14bit）とペンレコーダの遅送り連続観測（1mm/sec）を併用した。トリガー方式の記録は、7月18日からパソコンによる光ディスクへの連続的収録（122Hz, 12bit。書き込み中に若干の欠測時間あり）に切り替えた。汐吹崎では、これと同じ方式の光ディスクへの収録を観測開始の17日から行った。微動の振幅は日ごとに小さくなったので、7月24日をもって全ての観測を終了した。第2図に観測期間を示す。第3図は、微動波形の一例である。比較的急に微動が始まり、その周期が約1秒から徐々に0.5秒位に短周期化した様子が示されている。湯川のペンレコーダによる連続記録から、微動の振幅と地震の発生回数を読み取り、2時間毎の値を示した（第4図）。微動は約1Hzの波の最大振幅を10分毎に読み取り、それらの2時間にわたる平均値をプロットした。縦軸に明瞭な意味は無いが、14日の大振幅が1~2mm相当である。地震は、S-P時間が5秒以内（ほとんどが1~2秒）で、手石海丘あるいは7月9日のマグニチュード5.5の震源域付近に発生したと思われるものである。両図には、顕著ではないが、正の相関があるように見える。

第5図a)には、7月14日に湯川で観測した周期約1秒の微動波形例と、それについてCaponの方法¹⁾で求めた波の到来方向と見かけ速度を示した。到来方向は東からやや北よりに求まり、見かけ速度は3km/s前後である。また、14日から16日までの他の4例を加えた計5例の到来方向の範囲を同図d)に示した。第6図は、湯川と汐吹崎の両方で同時に観測出来た7月20日の微動の波形例a)と、それらについて求めた到来方向と見かけ速度b)である。湯川での到来方向は、7月14~16日の場合と大差がないが、見かけ速度は1km/s強程度で遅く求まっている。汐吹崎から見た到来方向との交点がc)に示されている。20日と21日の他の6例も含めて、両トリパータイトから推定される微動の振動源を同図d)に砂目を掛けて示した。手石海丘はこの砂目のほぼ中央に位置する。

微動の振動源については、他機関の報告²⁾, ³⁾によると、手石海丘より相当陸側に求まっている。それらは、いずれも7月13日の噴火以後17日までに得られたデータである。我々の場合もその時期の微動は、20日以後のものと比べて、見かけ速度が有意に速く求まっている。このことから、噴火直後には手石海丘より相当陸側の地域からも微動が発生していたが、20日の時点では、振動源は手石海丘の近くだけに限られたと考えられる。

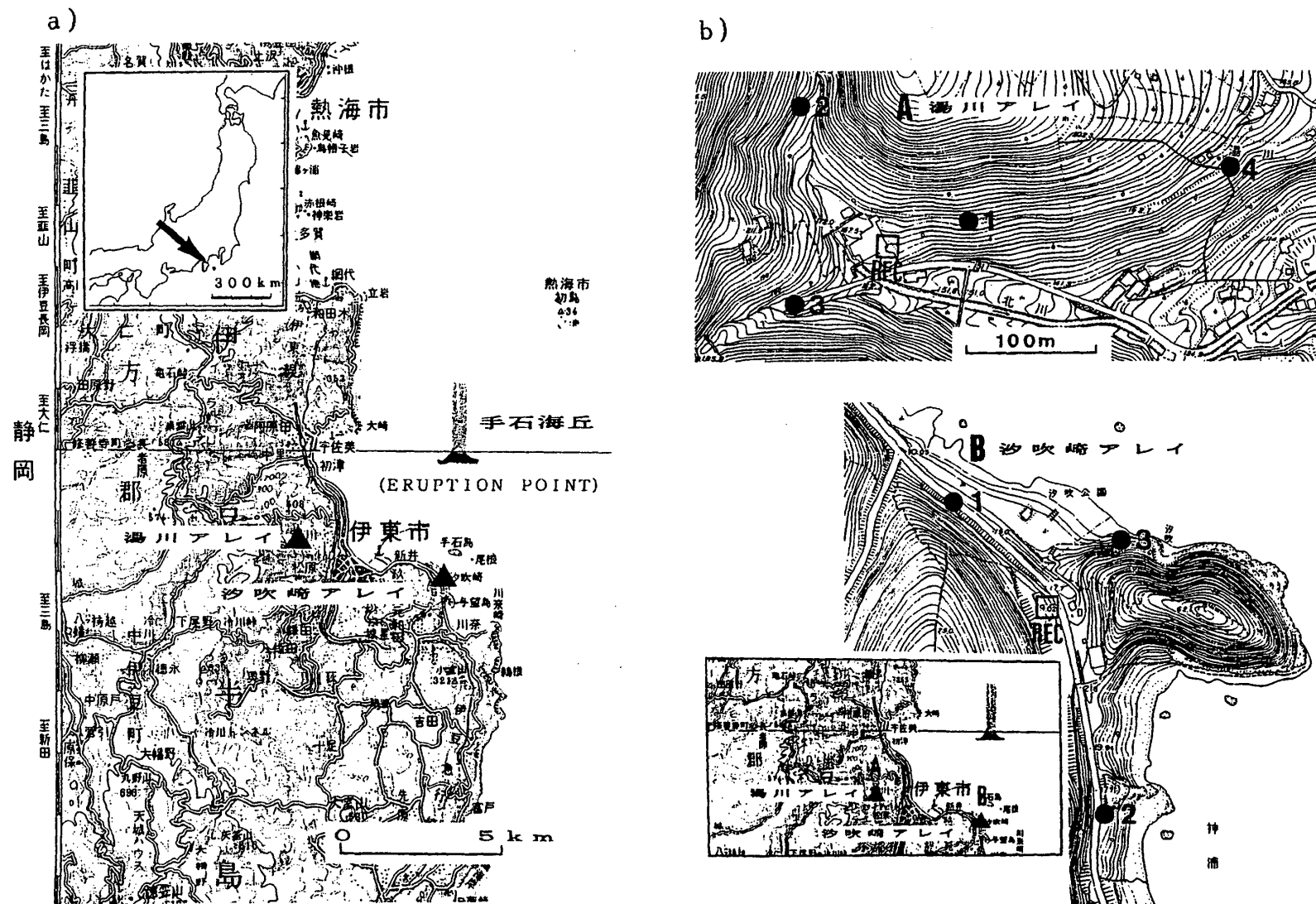
第7図は、7月14, 16, 19日の湯川での微動波形のスペクトルである。1 Hz, 5 Hz, 10 Hz付近にピークを持つが、時期によってそれらの大小関係に変化がある。

第8図は、約20 Hzの単色の振動の例である。この様な振動は、時々発生する。人為的ノイズの可能性も否定できないが、両アレイで同時にとれた事もあり、自然現象かどうか検討中である。

最後に、微動および地震波形を遠距離で観測した例を第9図に示す。a) は7月9日11時9分頃のM=5.5の地震で、上宝地殻変動観測所 ($\Delta=215\text{km}$) のSTS地震計による記録である。上は原記録で最大振幅は17 m μ m程度である。下は5~50秒バンドパス・フィルターを掛けたもので、周期10秒程度のS波が特徴的である。b) は7月13日18時33分の噴火前後約1時間半の微動を同じSTS地震計で記録したものである。下図には、1~2分の卓越周期が見られる。また、振幅は40 μ m μ m程度である。

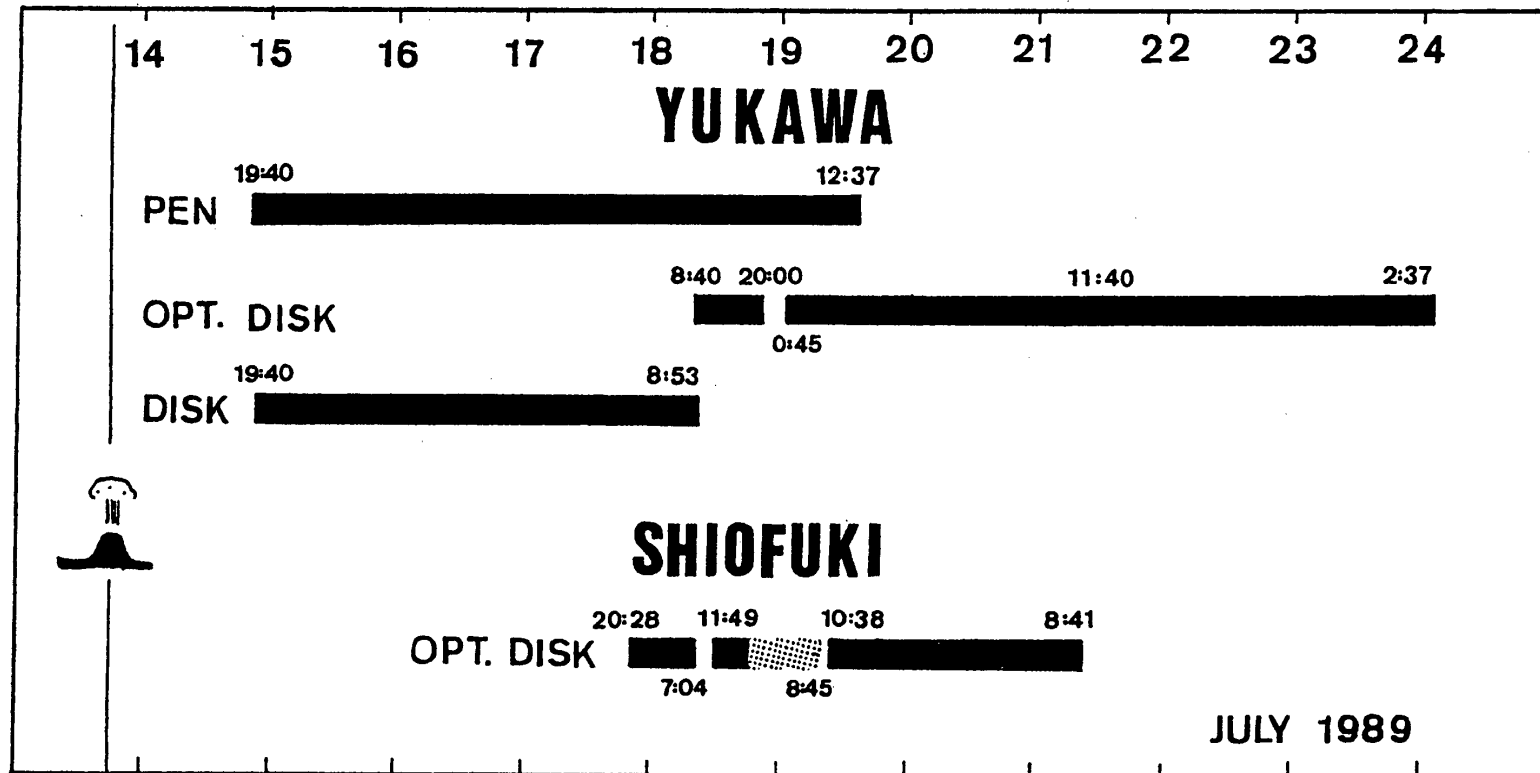
参 考 文 献

- 1) Capon J. : High-resolution frequency-wavenumber spectrum analysis, Proceedings of the Institute of Electrical and Electronic Engineers, 57 (1969), 1408-1418.
- 2) 山岡耕春, 山科健一郎, 長田昇 : 地震計アレイによる伊豆東方沖海底噴火後の火山性微動, 地震学会講演予稿集, No. 2, (1989), 109.
- 3) 名古屋大学伊豆観測団 : 伊豆沖海底噴火に伴う火山性微動, 地震学会講演予稿集, No. 2, (1989), 136.



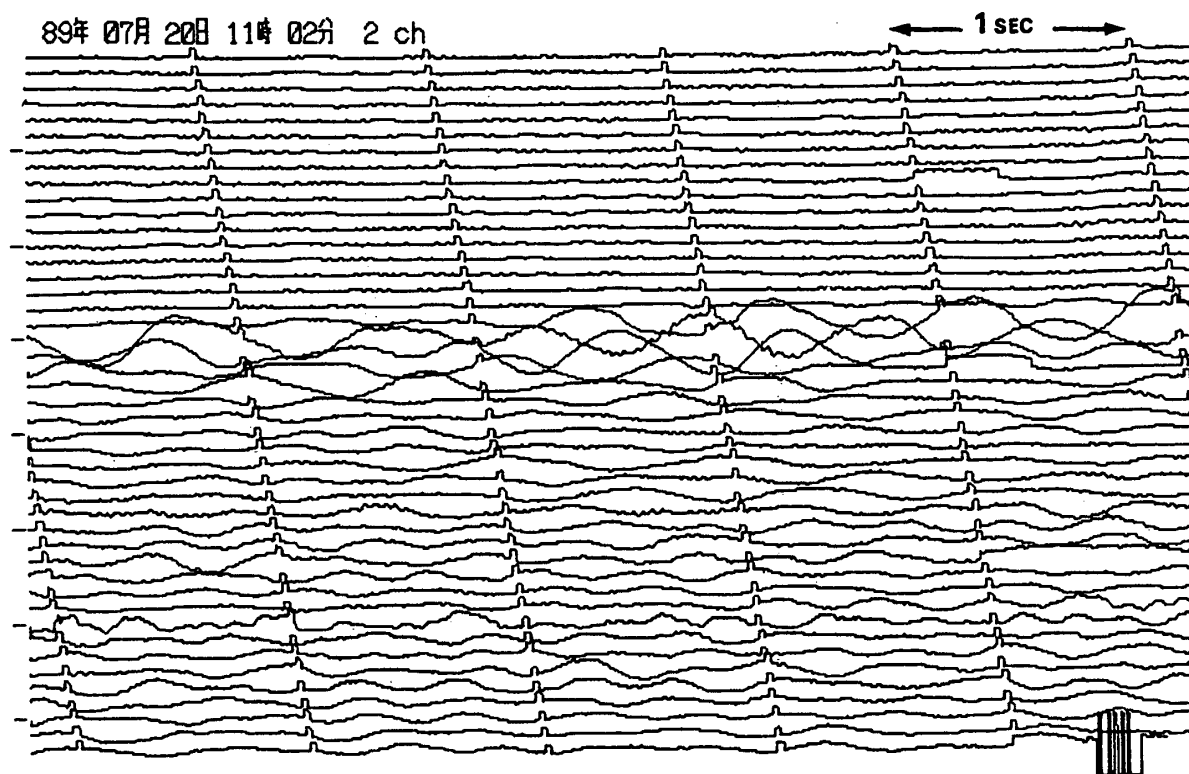
第1図 a) 観測点配置 b) 湯川アレイと汐吹崎アレイの地震計配置

Fig. 1 a) Location of two observation array sites. The location of the volcanic eruption of July 13, 1989 is also shown in the figure.
b) Location of sensors at Yukawa and Shiofuki-misaki array sites.



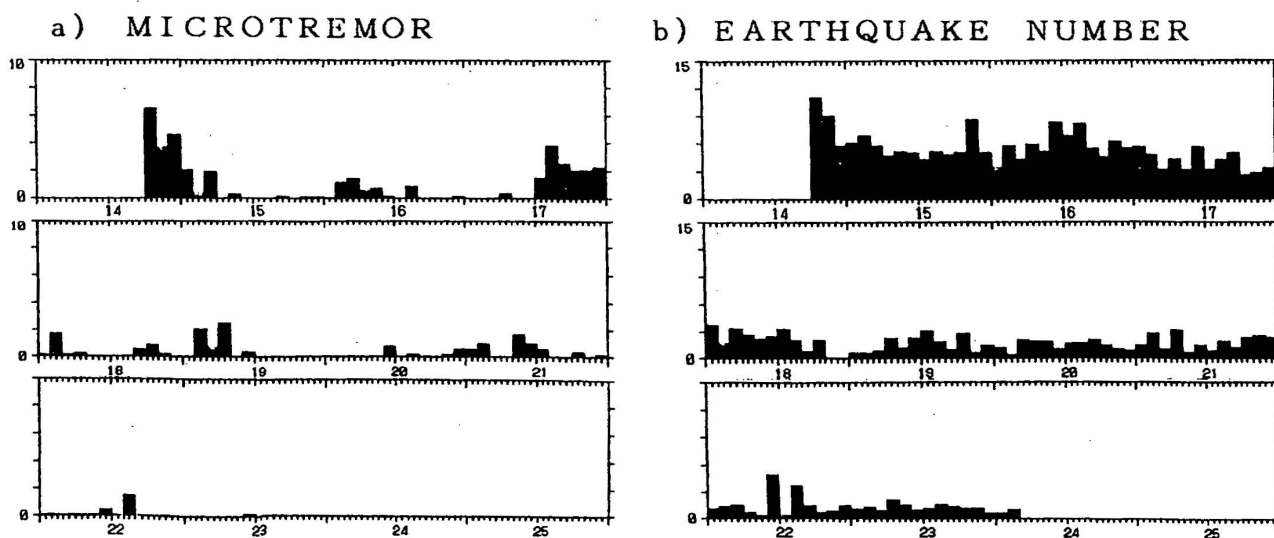
第2図 両アレイでの観測実施状況。湯川のペンレコーダは1mm/secの連続記録。DISKは100Hzサンプリングのデジタル記録。光DISKは122Hzサンプリング。

Fig. 2 Observation periods at both array sites. Pen; visible recording with paper speed of 1 mm/sec. Opt. Disk; almost continuous, 14 bit digital recording with 122 Hz sampling using optical disk. Disk; 12 bit trigger recording system with 100 Hz sampling.



第3図 汐吹崎No.2地点での微動波形例 光DISKから再生。

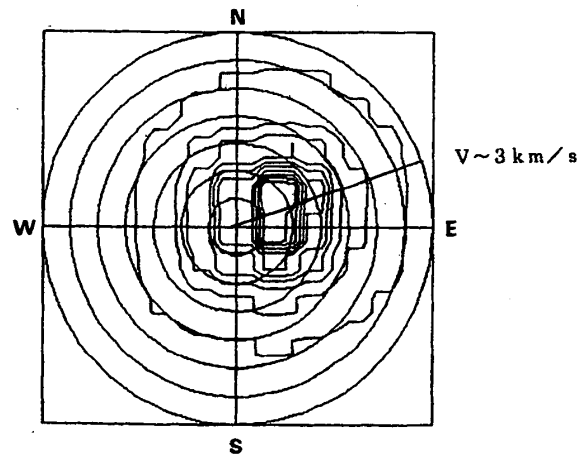
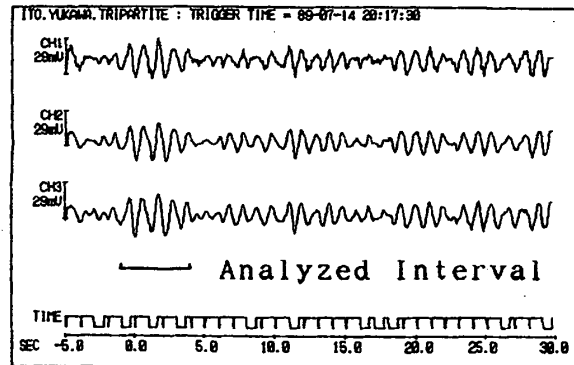
Fig. 3 Example of microtremor waveforms recorded at No. 2 point of the Shiofuki-misaki array site, reproduced from the optical disk.



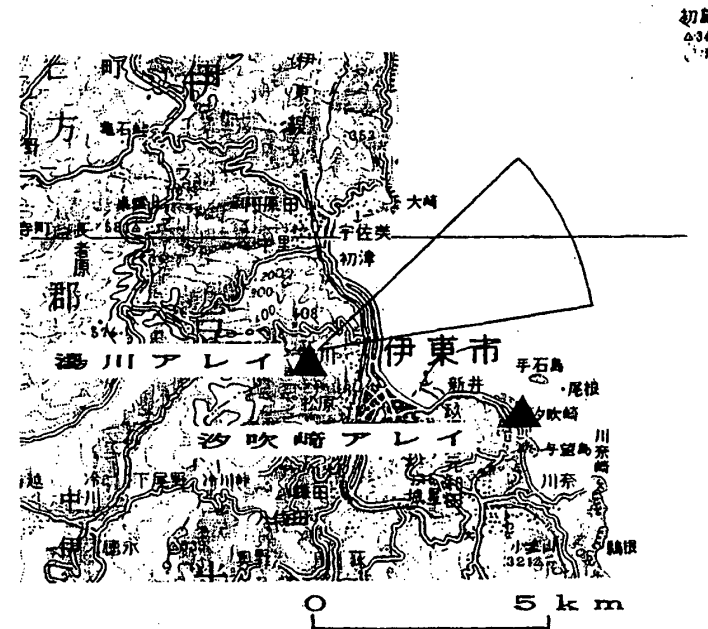
第4図 湯川における微動振幅の消長 a) と地震個数 b) いずれも2時間毎の値。

Fig. 4 Time variations of a) the amplitude of microtremors and b) the number of micro-earthquakes, both measured for every two hours. The amplitude of the microtremors on July 14 is about 1-2 milli-kine.

a)

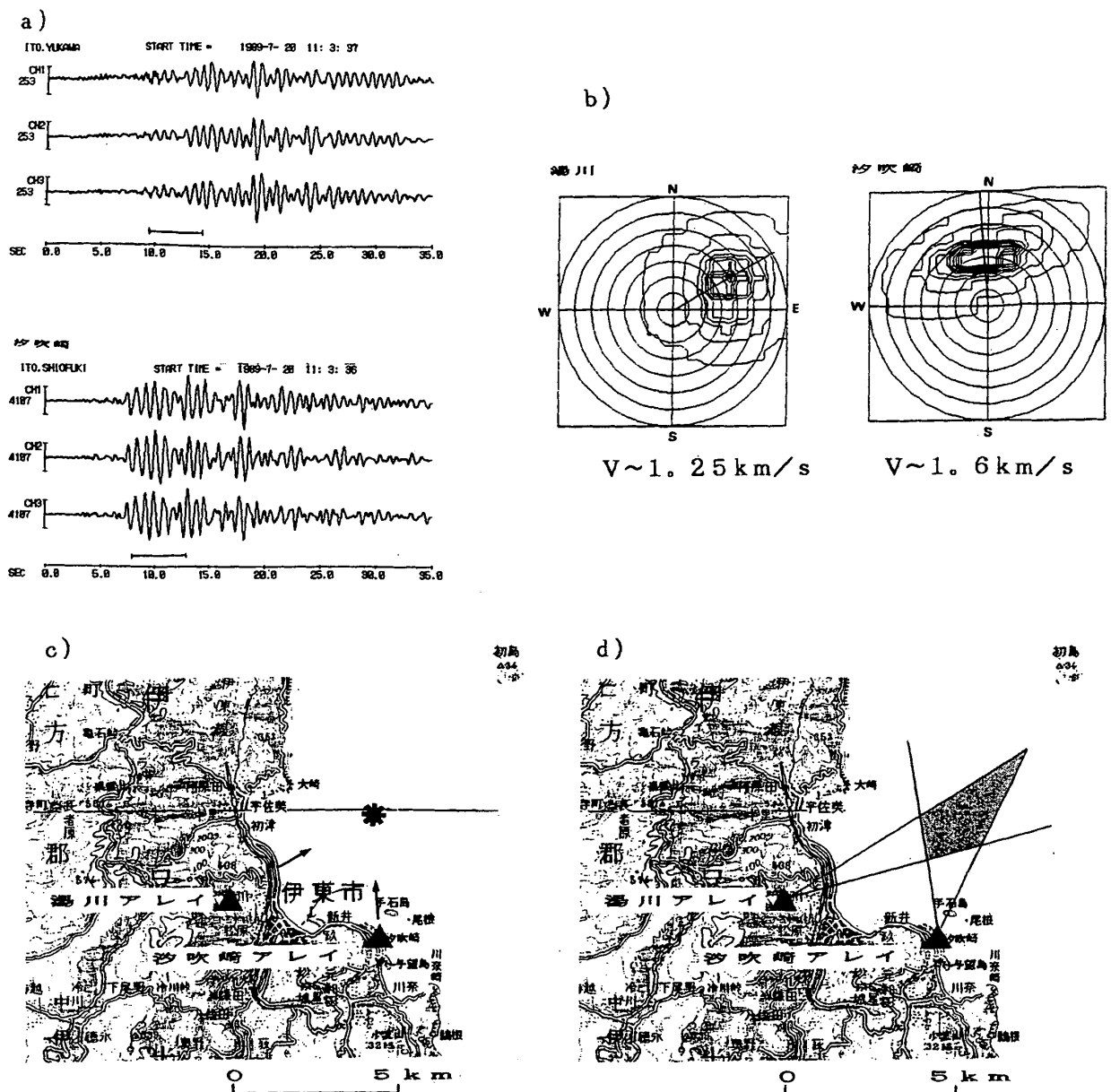


b)



第5図 a) 湯川における微動の波形(上図)と求めた到来方向と見かけ速度(下図)。解析区間は | ——— | で示した5秒間。b) a)と同様の5例の到来方向の範囲。

Fig. 5 a) Upper; Example of microtremor wave-forms recorded at Yukawa array site on July 14. Lower; direction of approach and apparent velocity calculated for the waveforms. Calculation was made on 5 sec data as shown by | ——— | in the upper figure.
b) Range of arrival directions calculated for the wave-form data shown in a) and four other cases during July 14 – 16.



第6図 両アレイで同時に観測された7月20日の微動の到来方向

a) 波形例。上：湯川，下：汐吹崎

b) 到来方向と見かけ速度

c) 求められた振動源

d) 同様の7例から求めた振動源の範囲 噴火地点は砂目を施した範囲のほぼ中央にあたる。

Fig. 6 Approach directions of microtremor simultaneously recorded at both of the array sites on July 20.

a) Example of microtremor waveforms.

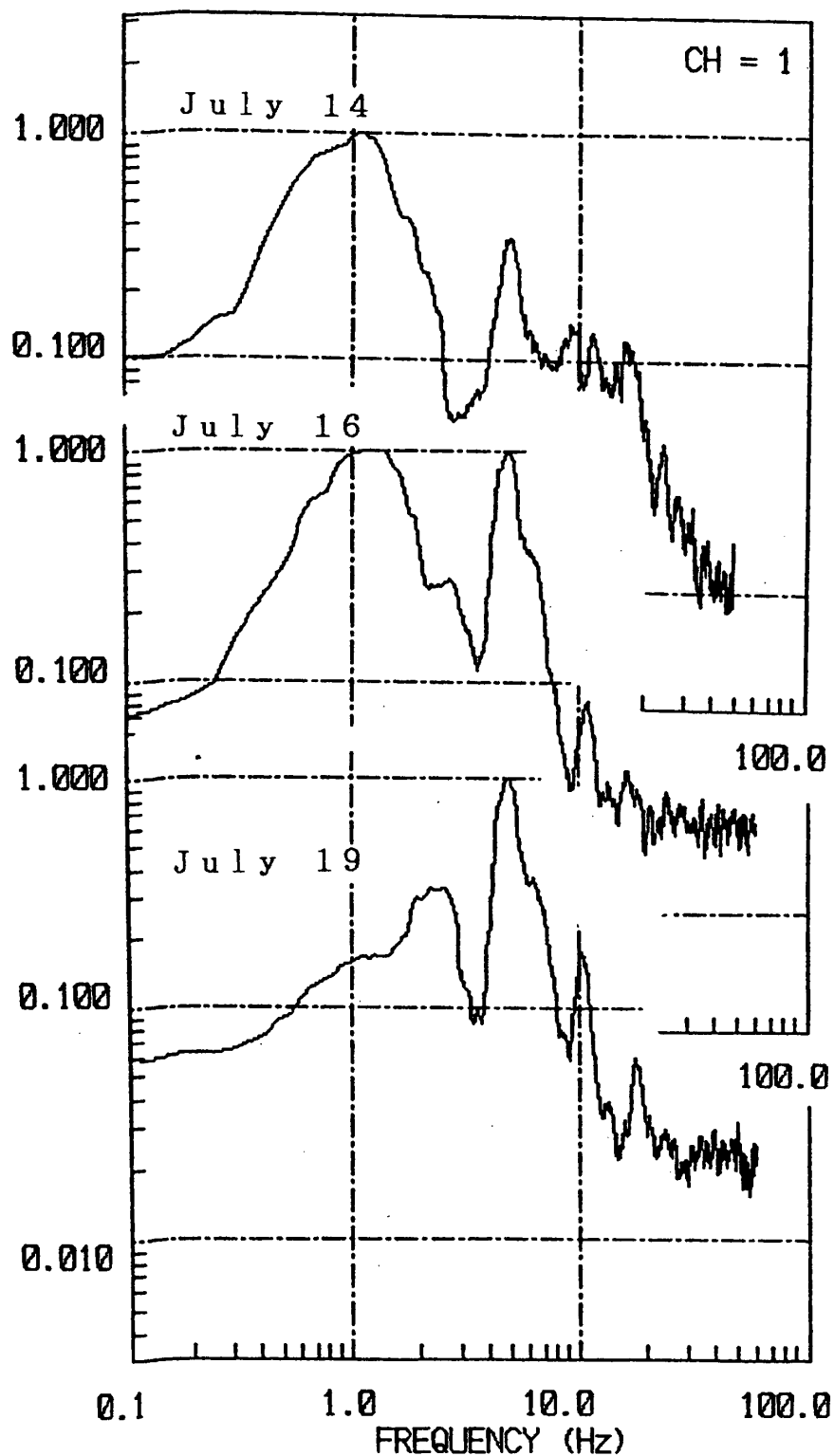
Upper; at Yukawa array site. Lower; at Shiofuki-misaki array site.

b) Approach direction and apparent velocities.

c) Origin of microtremors as derived from the approach directions at two arrays.

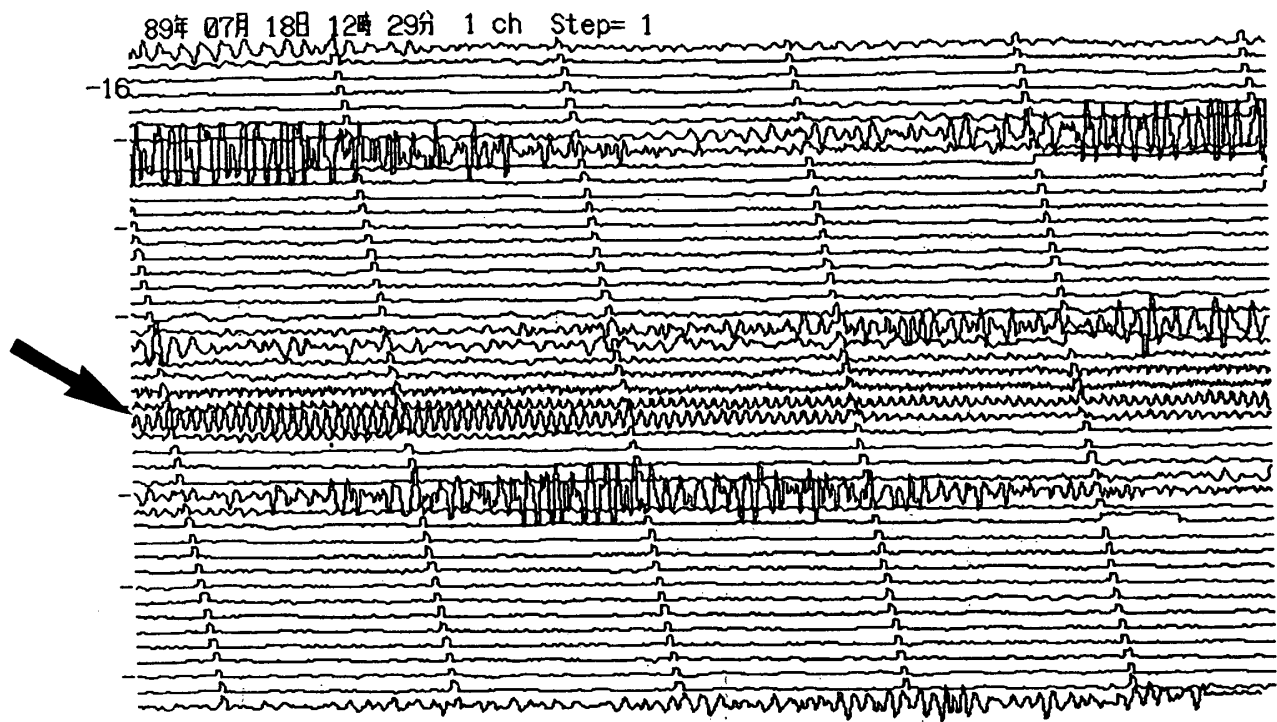
d) Possible area of microtremor origin (shaded) as derived from a) and other six pairs of records obtained during July 20 and 21. The volcanic eruption of July 13, 1989 is located at near the center of the shaded area.

ITO.YUKAWA TRIPARTITE :
 MAX = 0.166D-01 (kine) TIME RANGE = 0.0 - 20.0 (sec)



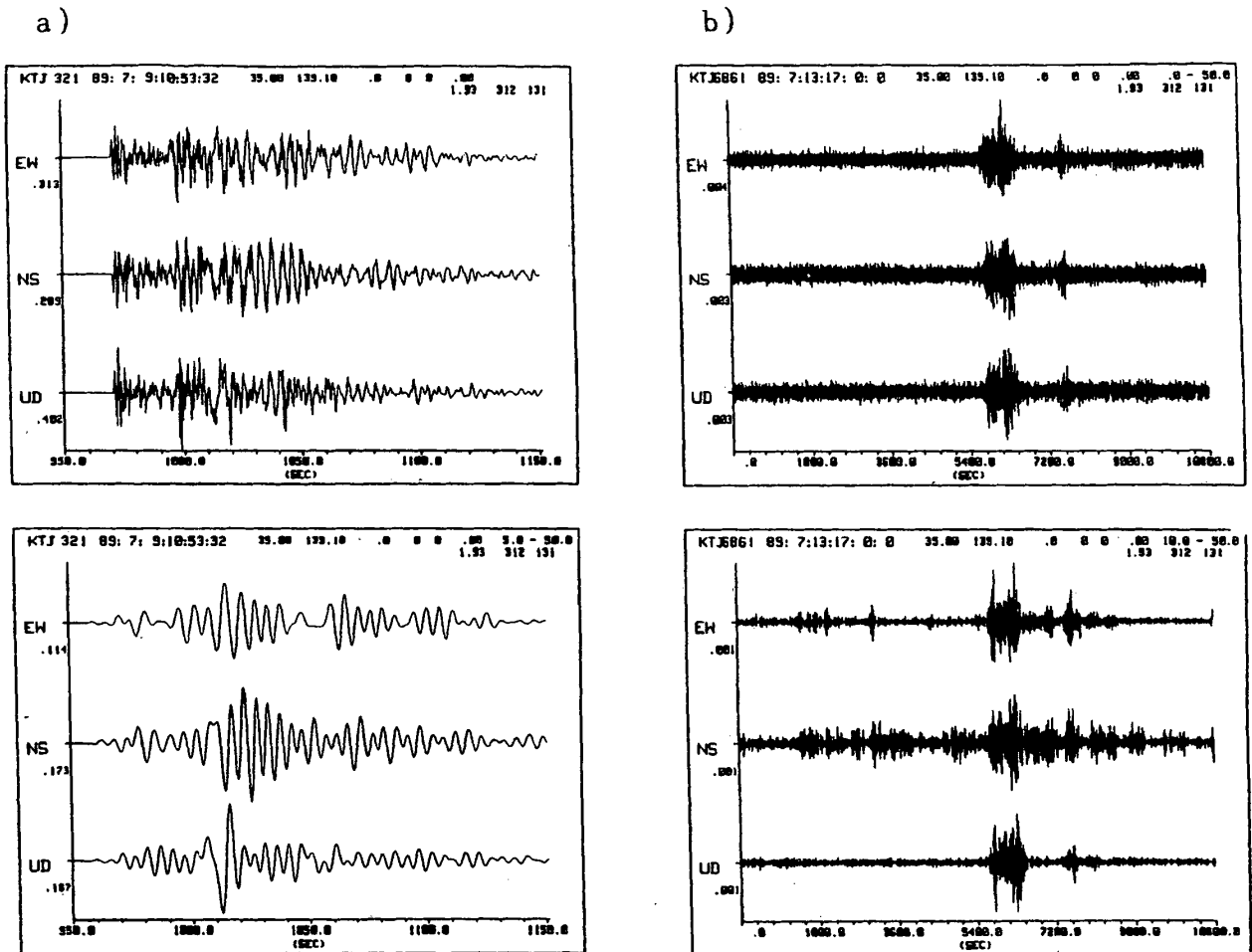
第7図 湯川における微動のスペクトル 上から7月14日, 16日, 19日の例。

Fig. 7 Examples of microtremor spectra recorded at Yukawa array site. Recorded dates are July 14, 16 and 19 from the top.



第 8 図 汐吹崎における，約20Hzの単色的微動波形例

Fig. 8 Example of monochromatic microtremors (nearly 20 Hz) recorded at Shiofuki-misaki array site.



第9図 上宝地殻変動観測所のSTS地震計で記録した波形例

- a) 7月9日の地震 ($M=5.5$)。上図は原記録で下図は5-50秒のバンドパス波形。
- b) 噴火 (7月13日18時33分) 前後の微動波形。上図は50秒のハイパス、下図は10-50秒のバンドパス波形。

Fig. 9 Three component seismograms recorded by the broadband seismographs of STS type at Kamitakara.
a) during the moderate-size earthquake ($M = 5.5$) of July 9, 1989 ($\Delta = 215$ km). Upper; original, Lower; band-pass filtered (5 - 50 sec).
b) during the microtremors accompanied by the volcanic eruption of July 13, 1989. Upper; 50 sec high-pass filtered. Lower; band-pass filtered (10 - 50 sec).