



2000年有珠山噴火に伴う火山性地震の観測データについて

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学 公開日: 2007-06-06 キーワード (Ja): キーワード (En): Mt. USu, eruption, volcanic earthquakes, K-Net, spectral analysis 作成者: 矢吹, 信喜, 山城, 洋一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/112

2000年有珠山噴火に伴う火山性地震の観測データについて

矢吹 信喜*¹, 山城 洋一*²

The Observed Date of Volcanic Earthquakes Involved with the Eruption of Mt. Usu in 2000

Nobuyoshi YABUKI and Youichi YAMASHIRO

(論文受理日 平成13年8月31日)

Abstract

In this study, we investigated and analyzed the data of volcanic earthquakes and strong ground motions observed by the Kyoshin Net (K-Net) around the occasion of the eruption of Mt. Usu, Hokkaido in 2000. The first eruption occurred at 13:10 on March 31, and 101 earthquakes were observed by the K-Net from March 29 through April 1. We investigated the magnitudes, epicenters, focal depths and their relations with eruptions. We selected an earthquake that has the largest magnitude (4.6) among the observed data and then executed spectral analyses of the acceleration data of the strong motion observed at the Date seismometer. We obtained the Fourier spectra and response spectra of the acceleration data for each of the three directions (EW, NS, UD). We also compared the velocity response spectrum of the EW direction considering the geo-technical conditions of the seismometer site with the corresponding Osaki's spectrum.

Keywords : Mt. Usu, Eruption, Volcanic earthquakes, K-Net, Spectral analysis

1 はじめに

2000年3月31日13時10分頃、北海道胆振管内の有珠山が23年ぶりに噴火し、その前後にマグニチュード4以上の地震が多数発生した。また、同年7月1日16時02分ごろ新島・神津島近海を震源とするマグニチュード6.1の地震が発生し、さらに7月8日に三宅島雄山が噴火し、その後もマグニチュード6前後の地震が数回発生した。これらの2つの火山に伴う主な被害は、噴火に伴う

噴石や火山灰の噴出、火口近傍の土地の隆起、地割れなどがあった。特に新島および神津島においては火山性地震により、大規模な土砂崩れ、落石、道路の崩壊、陥没、路面クラック等の被害があった。

これまで、土木工学における地震の研究対象は、プレート境界地震およびプレート内部地震が中心であったが、有珠山および三宅島雄山の噴火に伴う火山性地震により災害が発生したことから、火山性地震についてもその発震機構、規模、振動特性などを明らかにしていき、火山性の地震危険度分析や設計震度あるいは設計入力地震動等の策定を行っていく必要があると考えられる。

従来は、観測地震波形記録は一部の研究者しか

*1 建設システム工学科

*2 北海道電力株式会社

入手が困難であったが、兵庫県南部地震後、設置された科学技術庁防災科学研究所の強震網 K-Net⁽¹⁾ (Kyoshin Net) のデータはインターネットにより容易にダウンロード可能であり、有珠・三宅両地方において比較的大きな加速度を有する地震動が観測されていた。

本論文は、有珠山を対象として、噴火の前後に K-Net で観測された全ての地震動記録を調査し、さらにマグニチュードが最も大きな地震で、観測された最大加速度が最も大きかった地震動について基本的なスペクトル解析を実施し、今後の研究の資料にするものである。

2 火山性地震について⁽²⁾

一般に、火成活動、すなわち地球内部で生成されたマグマが地表面に噴出したり、地殻内部に貫入したりすることや、それに伴う諸作用、に起因して発生する火山体および火山体近傍で起きる浅い地震は、火山性地震と呼ばれる。火山性地震のメカニズムは、プレート運動に直接起因する地震とは異なると考えられている。

火山性地震には、①噴火活動やマグマの地殻浅部への貫入に起因すると思われる浅い地震と、②地殻深部や上部マントルでのマグマの活動に関連すると思われる深い地震とがある。一般的に、マグマやガスの通路（火道）ができている場合には火山性地震のマグニチュードは小さい。しかし、マグマが新しく通路を開拓する場合や、火山近傍の既存の断層を励起するような場合には、起こる地震のマグニチュードは大きくなると考えられている。

火山活動で記録される火山地震の波形は様々であり、一般の地震波形とは異なるものが多い。例えば、水上⁽³⁾は浅間山に発生する地震を次の4種類に分けた。

- (1) A型地震:震源距離が火山の下やや深く(1~数 km)、やや広い範囲に発生する地震。この種の地震はP波とS波の相が比較的明瞭に記録される。A型地震は、普通のプレート型地震と同じような波形を持ち、縦波、横波も明瞭に区別できる。A型地震は、噴火しなかった火山でも観測される。A型地震は火山体マグマの状態の変化に伴う地下応力の分布の変化によって起きるものである。

- (2) B型地震:山頂火口底およびその周辺に密集して発生する震源が極めて浅い(1 km以内)地震で、すべて無感。P波とS波の相が明瞭でなく表面波が卓越している。
- (3) 爆発地震:爆発的噴火に伴って生じる地震。火山性地震の中では、比較的周期の長い波形をしており、規模もA型やB型よりも大きいものが多い⁽⁴⁾。
- (4) 火山性微動:小噴火が長時間にわたって発生している場合や、噴火に到らなくても火山底において噴火活動が著しい場合には連続した脈動的な振動が現れることがある。波形の特徴は、きわめて穏やかに減衰する後続波をもつことで、特定の周期が卓越して、単振動的な波形を示すものもしくは観測される。

2000年の有珠山や三宅島の火山活動に関係する地震のほとんどはA型地震と考えられている。火山性地震の発震機構は、未だ明確にされていないが、プレート運動によるものとは異なり、以下のように考えられている。

- (1) マグマの活動に関係がなく、広域応力場の変化(圧縮または伸張)による火山体への応力集中。
- (2) マグマの上昇によるマグマの通路周辺への応力集中。
- (3) 火山ガスや、熱水の流入による火山体の空隙圧の増大。
- (4) マグマや火山ガスの加熱による熱応力。

これらの原因によって地震が起こるとすれば、火山体の微小破壊のほかに既存する多数の空隙のつぶれも考えられる。また、粘性の高いマグマの上昇に際しては、地上に現れた溶岩の表面にスリッケンサイドというこすり傷が観察されている。このような場合、固着すべり型の地震が起きると考えられている。

3 K-Net 強震網

一般にインターネット上で公開されている地震データとして代表的なのはK-Netであろう。兵庫県南部地震以降、防災科学技術研究所は全国に約25kmの間隔で強震観測施設を建設し、広ダイナミック・レンジの加速度型デジタル強震計を設置した。さらに、記録された強震記録を収集・編集して、インターネット上で発信するシステムを

構築し, Kyoshin Net (K-Net) と名付けた. K-Net の各観測施設は, 強震記録の特性を理解するため, 深さ 20m までの土質調査を行っている. 強震計は全て自由地盤上に設置され, 記録の均質化を計ると共に, 最大 2000gal (=20 m/s², gal=cm/s²) までの加速度記録の取得が可能である. 強震観測センターでは, 気象庁発表の速報震源を強震記録ファイルに付加して, 強震記録のファイルを発信している.

全国約 1000 箇所に設置された強震計は 2 つの出力を持っている. 一つは, 強震観測センターと電話回線で強震記録の転送が出来るシステムで, このシステムは, 地震発生時, 気象衛星ひまわりの地震情報を観測センターで受信し, 強震記録の回収動作から発信を行い, この発信情報には最大加速度の分布図なども含まれている. また, 弾性波検層を含む土質調査の結果もインターネットで公開されている. もう一つの出力は, 地方自治体に直結されており, 地震発生時の即時的な対応を目指している.

インターネット上で公開されているデータは, (1) 観測地点および地盤に関するデータ, (2) 各地震について地震計各チャンネルの加速度時刻

歴データ, (3) 各地震の基本的データの 3 種類である. (3) のデータの一例を図 1 に示す.

4 有珠山の噴火および地震活動

有珠山の 2000 年の噴火活動は, 国土庁 (当時) 発表⁽⁵⁾によると, 3 月 27 日午前から火山性地震が次第に増加し, 28 日午後からは山麓で有感となる地震が多発し, 低周波地震も発生し始めた. 29 日から 30 日にかけて, 壮瞥町壮瞥温泉では震度 5 弱の地震を 7 回観測し, 30 日から 31 日にかけて付近で地割れや亀裂が確認された. 3 月 31 日 13:10 頃, 有珠山の西山西麓で噴火が発生した. 噴煙の高さは最高 3,500m に達した. その後 4 月 1 日 11:30 過ぎ, 有珠山北西側にある金比羅山西側山麓に新たな火口群を形成し, 噴火した. 噴煙の高さは最高で 3,000m に達した.

噴火の前後に K-Net に記録されている有珠山周辺を震源とする地震は表 1 に示すように 101 個あった. 噴火位置, K-Net に記録された地震の震央, K-Net の観測地点を図 2 に示す. 発生した地震のマグニチュードの時間的推移を図 3 に示す. 最初の噴火が発生した 3 月 31 日 13:10 頃までに 97 回

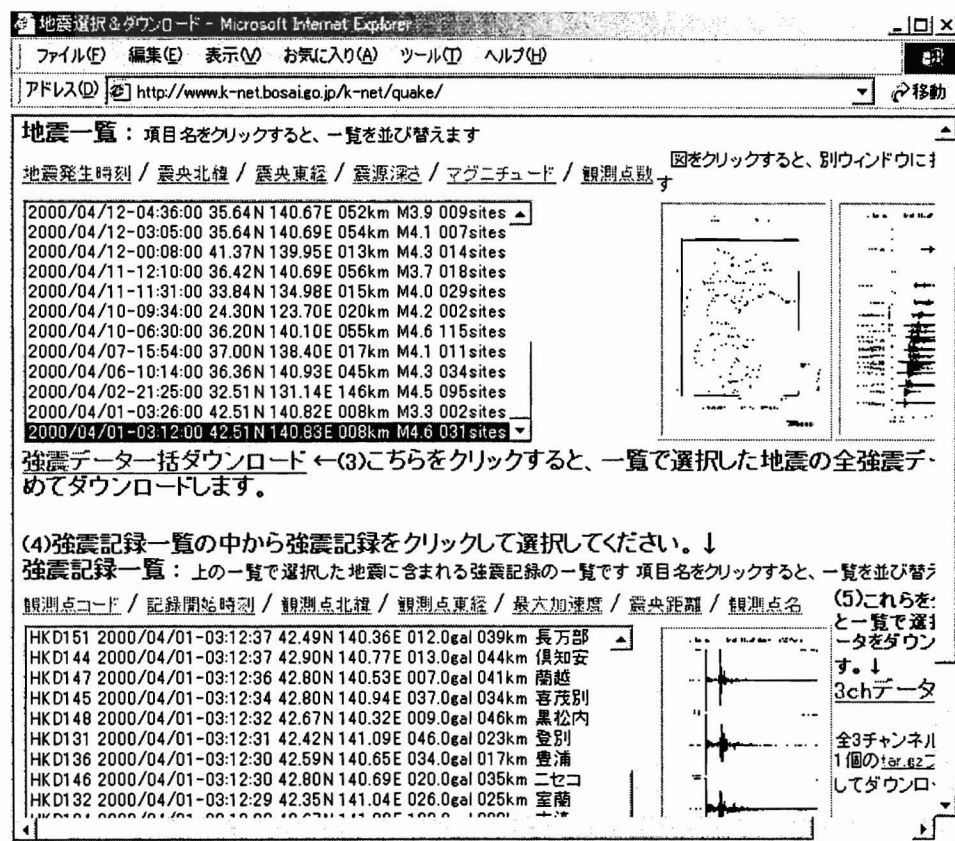


図 1 K-Net のデータの表示事例

の強震が発生し、その後は4回しか観測されていない。噴火時には2回とも強震は記録されておらず、今回の噴火においては、噴火そのものによる地震は規模が小さかったと考えられる。

震源深さの時間的推移を図4に示す。震源深さは、5~11kmに分布し、7~8kmの頻度が高かった。当初は、深い所から浅い所へ震源が移動するかもしれないと考えたが、このデータを見る限り、そのようなことはなかったといえる。

表1 K-Netの有珠山噴火前後の地震データ

番号	日時	北緯 (度)	東経(度)	深さ (km)	マグニ チュード
1	2000/3/29 7:08	42.52	140.82	10	3.3
2	2000/3/29 9:42	42.52	140.85	9	3.4
3	2000/3/29 13:09	42.53	140.82	6	3.4
4	2000/3/29 17:22	42.53	140.82	7	4.1
5	2000/3/29 18:21	42.52	140.84	7	3.5
6	2000/3/29 18:35	42.52	140.84	5	3.4
7	2000/3/29 19:40	42.52	140.82	7	3.5
8	2000/3/29 20:01	42.52	140.83	7	3.6
9	2000/3/29 20:58	42.52	140.83	10	3.3
10	2000/3/29 21:03	42.52	140.84	7	3.4
11	2000/3/29 21:23	42.52	140.84	6	3.5
12	2000/3/29 22:51	42.52	140.84	10	3.3
13	2000/3/29 23:12	42.52	140.84	7	3.7
14	2000/3/29 23:25	42.52	140.83	7	3.1
15	2000/3/29 23:50	42.52	140.83	7	3.3
16	2000/3/30 0:03	42.51	140.84	10	3.3
17	2000/3/30 0:16	42.52	140.83	8	3.2
18	2000/3/30 0:20	42.52	140.82	7	3.6
19	2000/3/30 1:12	42.52	140.82	10	3.6
20	2000/3/30 1:26	42.52	140.84	7	3.5
21	2000/3/30 2:54	42.52	140.82	7	4
22	2000/3/30 3:20	42.52	140.82	8	3.9
23	2000/3/30 5:16	42.52	140.82	7	3.6
24	2000/3/30 5:21	42.52	140.83	8	4
25	2000/3/30 6:09	42.52	140.84	8	3.4
26	2000/3/30 6:23	42.52	140.85	7	3.4
27	2000/3/30 8:34	42.52	140.85	7	3.7
28	2000/3/30 9:12	42.51	140.82	8	4.3
29	2000/3/30 9:20	42.51	140.84	6	3.5
30	2000/3/30 9:26	42.51	140.82	7	3.4
31	2000/3/30 9:32	42.52	140.85	6	3
32	2000/3/30 10:06	42.52	140.84	6	2.8
33	2000/3/30 10:09	42.53	140.85	7	3.8
34	2000/3/30 10:17	42.52	140.82	6	3.4
35	2000/3/30 10:24	42.54	140.81	6	3.3
36	2000/3/30 10:27	42.52	140.83	7	3.5
37	2000/3/30 10:32	42.52	140.83	8	3.5
38	2000/3/30 10:42	42.52	140.83	8	3.2
39	2000/3/30 10:46	42.52	140.85	8	3.3
40	2000/3/30 10:55	42.52	140.84	7	2.8
41	2000/3/30 11:01	42.52	140.84	6	2.8
42	2000/3/30 11:05	42.52	140.83	7	3

43	2000/3/30 11:08	42.52	140.85	8	2.9
44	2000/3/30 11:13	42.53	140.83	7	3.2
45	2000/3/30 11:40	42.52	140.85	7	2.7
46	2000/3/30 11:44	42.52	140.83	8	3.6
47	2000/3/30 11:48	42.52	140.82	6	3.7
48	2000/3/30 11:52	42.52	140.85	8	3.2
49	2000/3/30 11:59	42.52	140.84	7	3
50	2000/3/30 12:28	42.51	140.83	8	3.2
51	2000/3/30 12:37	42.52	140.82	7	3.7
52	2000/3/30 12:43	42.52	140.84	10	3.5
53	2000/3/30 12:53	42.52	140.85	7	3.6
54	2000/3/30 13:01	42.51	140.83	8	3.5
55	2000/3/30 13:22	42.52	140.85	7	3.5
56	2000/3/30 13:35	42.51	140.83	8	3.5
57	2000/3/30 13:53	42.52	140.85	8	3.1
58	2000/3/30 13:57	42.52	140.82	8	3.6
59	2000/3/30 14:02	42.51	140.85	11	3.9
60	2000/3/30 14:30	42.51	140.82	8	3.5
61	2000/3/30 14:36	42.52	140.83	6	3.1
62	2000/3/30 14:45	42.53	140.85	10	3
63	2000/3/30 14:51	42.52	140.82	6	3.1
64	2000/3/30 15:09	42.53	140.85	7	3.5
65	2000/3/30 15:27	42.51	140.82	8	3.3
66	2000/3/30 15:31	42.52	140.82	7	3.3
67	2000/3/30 15:44	42.51	140.82	8	3.4
68	2000/3/30 15:56	42.5	140.83	7	3.4
69	2000/3/30 15:59	42.5	140.9	10	3.1
70	2000/3/30 16:14	42.52	140.83	8	3.4
71	2000/3/30 16:33	42.52	140.82	6	3.3
72	2000/3/30 16:53	42.52	140.85	8	3.2
73	2000/3/30 17:02	42.51	140.83	8	3.3
74	2000/3/30 17:06	42.51	140.84	8	3.3
75	2000/3/30 17:13	42.52	140.82	7	4.3
76	2000/3/30 17:22	42.52	140.85	7	3.2
77	2000/3/30 18:17	42.52	140.83	6	4.1
78	2000/3/30 18:23	42.51	140.82	8	3.7
79	2000/3/30 18:51	42.51	140.83	8	4
80	2000/3/30 19:30	42.52	140.81	7	3.8
81	2000/3/30 21:12	42.52	140.85	6	3.2
82	2000/3/30 21:45	42.51	140.85	7	3.2
83	2000/3/30 22:01	42.52	140.81	6	3.6
84	2000/3/30 22:38	42.51	140.84	7	3.3
85	2000/3/30 23:33	42.51	140.84	8	3.1
86	2000/3/31 0:51	42.53	140.84	6	2.7
87	2000/3/31 2:08	42.51	140.82	8	3.3
88	2000/3/31 2:47	42.52	140.85	8	3.1
89	2000/3/31 3:38	42.52	140.82	8	3.1
90	2000/3/31 3:42	42.51	140.83	8	3.3
91	2000/3/31 4:59	42.52	140.81	8	3.5
92	2000/3/31 5:52	42.52	140.81	6	3.4
93	2000/3/31 6:33	42.52	140.82	7	3.4
94	2000/3/31 7:00	42.52	140.81	8	3.7
95	2000/3/31 9:05	42.51	140.8	8	3.6
96	2000/3/31 9:29	42.5	140.83	9	3.3
97	2000/3/31 11:05	42.53	140.83	6	3.3
98	2000/3/31 15:35	42.52	140.85	8	2.8
99	2000/3/31 19:55	42.52	140.83	8	3.1
100	2000/4/1 3:12	42.51	140.83	8	4.6
101	2000/4/1 3:26	42.51	140.82	8	3.3

5 地震観測データのスペクトル解析

K-Net に記録された今回の有珠山の噴火に伴う地震の中で最も大きな加速度を示したのは、4月1日3:12に発生したマグニチュード4.6の地震を伊達観測地点で記録したものである。最大加速度はNS(南北)方向254 gal, EW(東西)方向260 gal, UD(上下)方向183 galであった。この地震の震源深さは8kmで、震央距離は5kmであった。伊達観測地点の位置は、北緯42.47度、東経140.87度である。この地震動データの基本的な数値解析処理結果を以下に示す。

5.1 加速度時刻歴データ

K-Net で公開されている加速度時刻歴データは、0.01秒間隔で記録されたデジタルデータである。これをダウンロードし、加速度波形の倍率の調整、基線の補正を行った後、初動から20秒間をプロットした加速度時刻歴を図5に示す。

5.2 フーリエスペクトルと応答スペクトル

地震到達時刻から60秒間の加速度時刻歴を取得し、フーリエスペクトル解析を行い、平滑化処理を施し、横軸に振動数を用いたスペクトルを図6に示す。バンド幅は0.6Hzを採用し、スムージ

ングにはParzenのスペクトルウィンドウ⁽⁶⁾を使用した。フーリエスペクトルにおいては、NS, EW方向の卓越振動数は、7Hz程度となり、UD方向は15Hz程度となっている。

次に、EW方向とUD方向の加速度時刻歴から求めた加速度応答スペクトルを図7に示す。EW方向のデータでは、周期0.15秒に対して、加速度応答スペクトルの最大値は、1,518 galとなった。

5.3 設計応答スペクトル

火山性地震による設計入力地震動を今後策定していく目的で、基盤面に換算した減衰定数5%の速度応答スペクトルを求め、大崎スペクトル⁽⁶⁾と比較してみた。大崎スペクトルでは基盤をS波速度 $1.3 \pm 0.4 \text{ km/s}$ としているが、伊達観測地点のK-Net地質情報(表2)によれば、深いボーリングデータがないことから、ここでは基盤をS波速度250m/s以上の地層と仮定した。これにより伊達では地下4mを基盤面とした。次に基盤面から上層を剥ぎ取り、基盤面上の加速度時刻歴を計算により求めた。最大加速度が大きいEW方向の加速度時刻歴波形を対象として、上記の方法により求めた減衰定数5%の速度応答スペクトルを図8に示す。マグニチュードと震央距離より大崎スペク

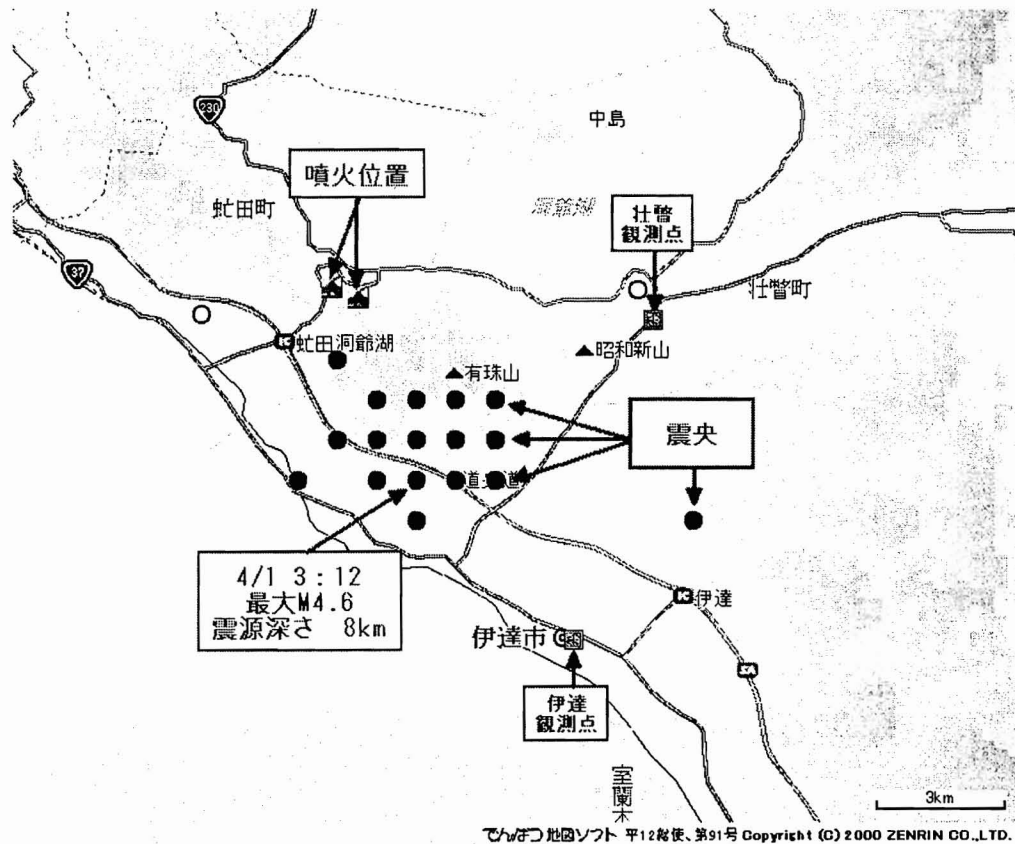


図2 有珠山の噴火、震央および観測位置

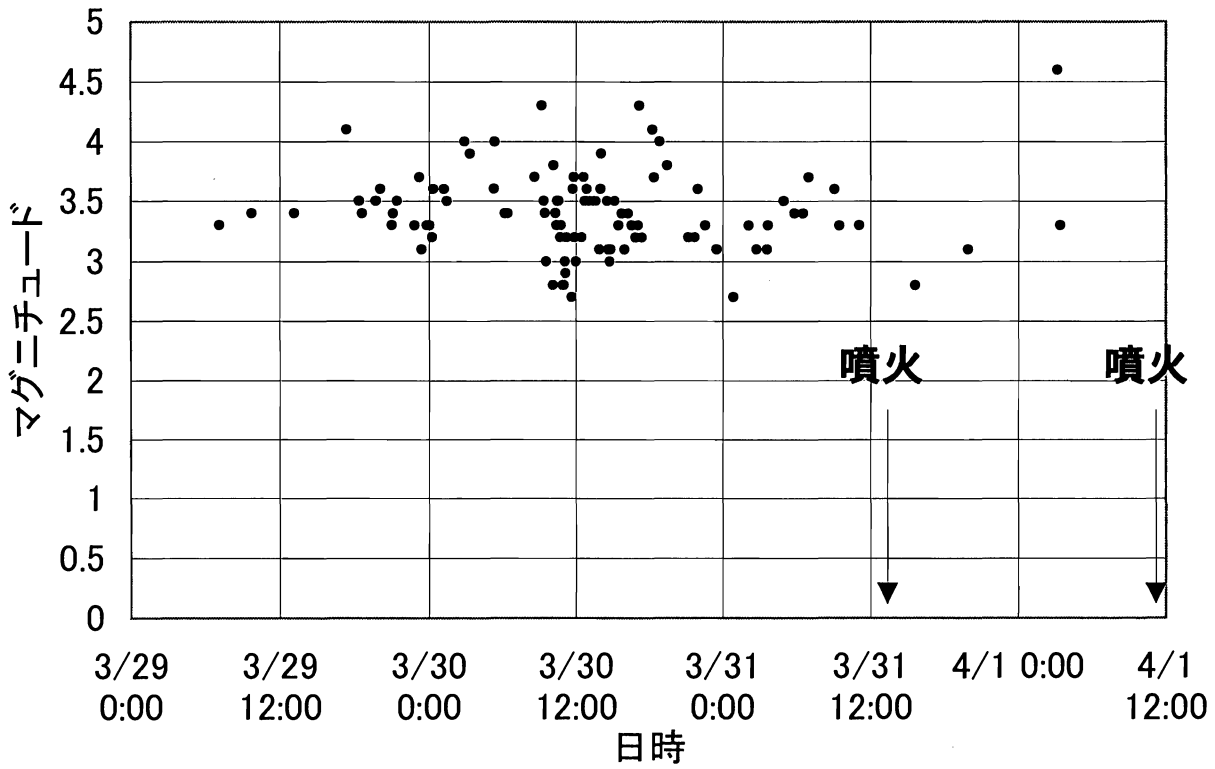


図3 マグニチュードの時間的推移

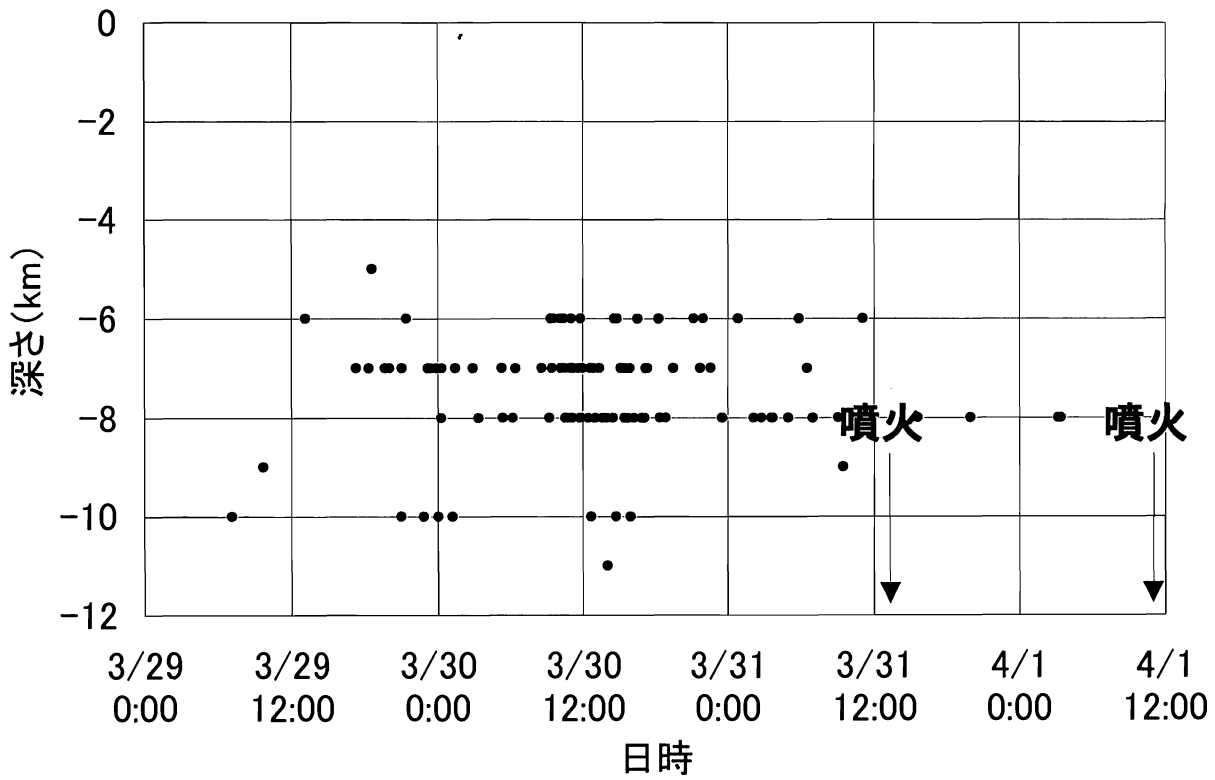


図4 震源深さの時間的推移

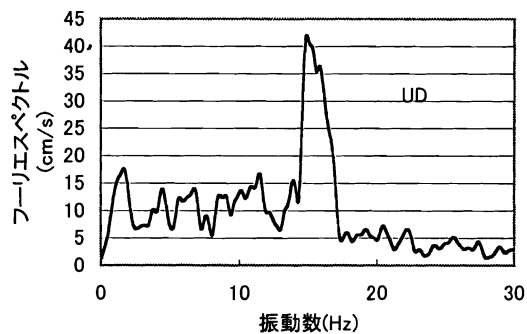
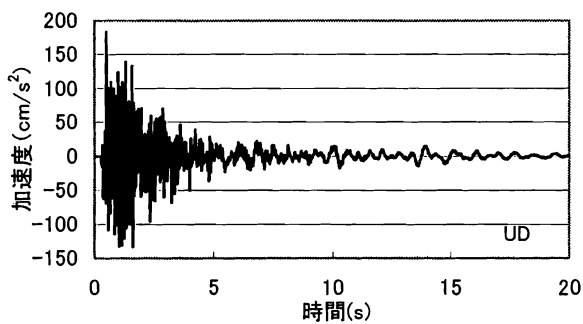
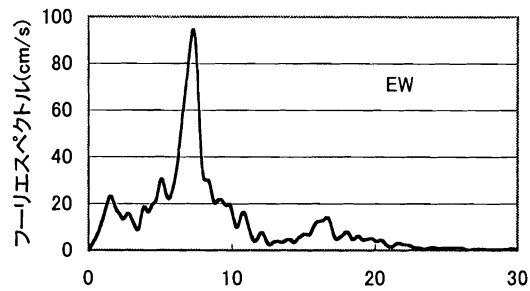
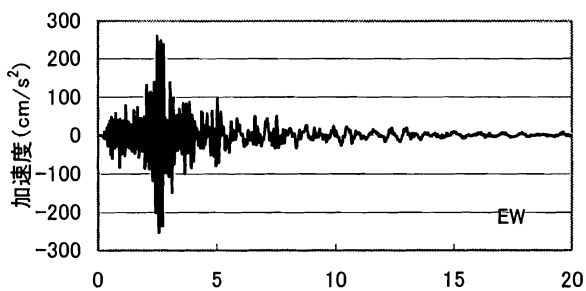
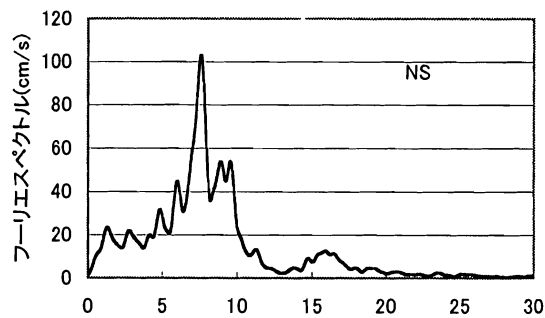
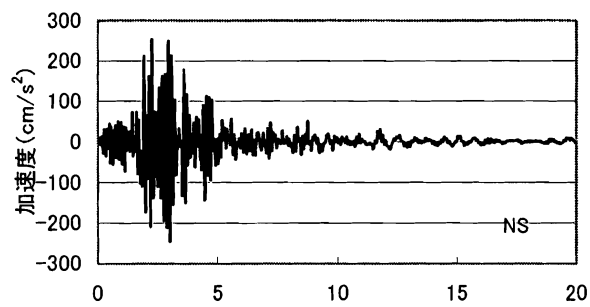


図5 加速度時刻歴 (伊達, 4/1, 3:12, M4.6)

図6 フーリエスペクトル (伊達, 4/1, 3:12, M4.6)

表2 伊達観測地点の地盤データ

層番号	層厚 (m)	単位重量 (tf/m ³)	S波速度 (m/s)	せん断弾性係数 (tf/m ²)
1	2	1.580	90	1306
2	2	1.825	170	5382
3	5	1.868	360	24703
4	11	1.793	460	38708

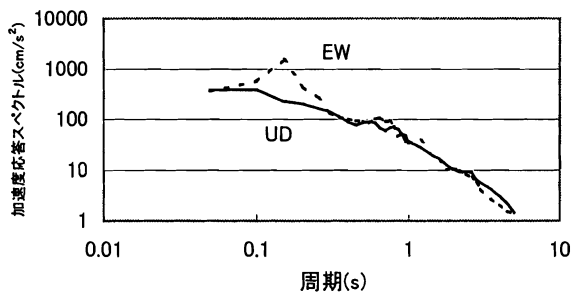


図7 加速度応答スペクトル (伊達, 4/1, 3:12, M4.6)

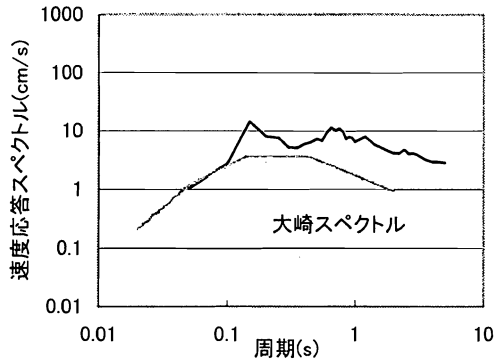


図8 速度応答スペクトル (伊達, 4/1, 3:12, M4.6)

トルを求め同図上に薄い線で示す。

大崎スペクトルと、速度応答スペクトルを比較すると、周期が 0.8 秒より大きくなると、大崎スペクトルよりもかなり大きな速度応答スペクトルになっていることがわかった。これは基盤面の S 波速度が異なることも一因だが、震央距離が数 km という直下型の火山性地震の場合、大崎スペクトルでは必ずしも適切に速度応答スペクトルを予想することが困難であることを示唆していると考えられる。

6 おわりに

本論文では、2000 年に多大な被害をもたらした有珠山の噴火に伴って発生した火山性地震について、K-Net で公開されているデータを元に、基本的なデータ解析を実施した結果を報告した。以下、結果をまとめる。

- (1) 噴火の 2 日前の 3 月 29 日から、K-Net の強震計が設置されている伊達や壮瞥観測地点などにおいて、地震動が記録されはじめ、3 月 31 日の 13:10 頃の最初の噴火までに 97 回の強震が記録された。その後は、4 月 1 日までに 4 回の強震が記録され、それ以降は、今回の噴火に関係すると思われる地震は記録されなかった。4 日間の総地震回数は 101 回であった。
- (2) 震源深さは、5~11km に分布しており、マグニチュードは最大で 4.6 であった。震源深さについては、時間の経過と共に浅くなるような傾向は特に見られなかった。

- (3) 4 月 1 日 3:12 に発生した地震が、マグニチュードの最大値 4.6 を記録しており、観測された付近の K-Net の強震計による地震動の加速度も最大であった。最大加速度を記録したのは伊達観測地点であり、最大加速度は EW 方向の 260gal であった。震央距離は 5km であり、震源深さは 8km であった。
- (4) この地震の伊達において観測された加速度時刻歴データのフーリエスペクトル解析を実施したところ、水平方向は約 7Hz に、鉛直方向は約 15Hz に明確な卓越振動数が認められた。
- (5) この地震動の加速度応答スペクトルを求めたところ、EW 方向のデータでは、周期 0.15 秒に対して、最大値 1,518 gal となった。
- (6) 伊達観測地点の地盤データを元に、S 波速度 250m/s 以下の軟らかい地上から地下 4m までの地層を計算上、剥ぎ取り、剥ぎ取った面を基盤面と仮定して、基盤面上における減衰定数 5% の速度応答スペクトルを求めた。大崎スペクトルと比較すると、基盤面の取り方の違いのせいもあるが、特に 0.8 秒以上の比較的長い周期において、かなり大きな応答スペクトルを示すことがわかった。

本論文で解析の対象とした伊達観測地点で観測された地震動においては、加速度波形や基本的なスペクトル解析では、通常のプレート内部を震源とする直下型の地震動とは、大きな違いは認められなかった。しかし、2000 年の三宅島雄山の噴火に伴う火山性地震により新島では、最大加速度 509 gal が水平方向ではなく、上下方向において観測⁽⁷⁾されていることから、今後は、3 次元的なデータ解析を行い、火山性地震に関するさらなる研究を行いたいと考えている。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、室蘭工業大学工学部建設システム工学科の斎藤勇君 (現、株式会社北野組)、岩崎充乗君、斎藤大輔君に協力いただいた。ここに謝意を表する。

文献

- (1) <http://www.k-net.bosai.go.jp/>
- (2) 下鶴大輔, 火山の辞典, 朝倉書店, (1995), p279-296.
- (3) 宇津徳治, 嶋悦三, 吉井徳尅, 山科健一郎編, 地震の事実[第 2 版], 朝倉書店, (2001), p188.
- (4) 金岡一郎, 井田喜明, 火山とマグマ, 東京大学出

- 版会, (1997).
- (5) <http://www.nla.go.jp/boutsu/usuzan.html>
 - (6) 大崎順彦, 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, (1994), p93-214.
 - (7) 矢吹信喜, 山城洋一, 斎藤勇, 有珠山および新島・神津島における火山性地震の観測データについて, 土木学会北海道支部論文報告集, 第57号(2001), p174-177.

The Observed Data of Volcanic Earthquakes Involved with the Eruption of Mt. Usu in 2000

Nobuyoshi YABUKI*, Youichi YAMASHIRO**

In this study, we investigated and analyzed the data of volcanic earthquakes and strong ground motions observed by the Kyoshin Net (K-Net) around the occasion of the eruption of Mt. Usu, Hokkaido in 2000. The first eruption occurred at 13:10 on March 31, and 101 earthquakes were observed by the K-Net from March 29 through April 1. We investigated the magnitudes, epicenters, focal depths and their relations with eruptions. We selected an earthquake that has the largest magnitude (4.6) among the observed data and then executed spectral analyses of the acceleration data of the strong motion observed at the Date seismometer. We obtained the Fourier spectra and response spectra of the acceleration data for each of the three directions (EW, NS, UD). We also compared the velocity response spectrum of the EW direction considering the geo-technical conditions of the seismometer site with the corresponding Osaki's spectrum.

Keywords : Mt. Usu, Eruption, Volcanic earthquakes, K-Net, Spectral analysis

* Department of Civil Engineering and Architecture

** Hokkaido Electric Power Co.,Ltd.