

有珠山および新島・神津島近海における火山性地震の観測データについて

The Data of Volcanic Earthquake Ground Motions Observed near Mt. Usu and Nijima / Kohzushima

室蘭工業大学工学部建設システム工学科
室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻
室蘭工業大学工学部建設システム工学科

正会員 矢吹 信喜 (Nobuyoshi Yabuki)
〇学生員 山城 洋一 (Youichi Yamashiro)
斎藤 勇 (Takeshi Saito)

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以上の地震が発生した。また、同年7月1日16時2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、火山性地震などによるものである。特に新島・神津島近海では火山性地震により、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、土木工学においては地震動の研究対象は、プレート境界地震、及びプレート内部型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、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。

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⁾。(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、マグマの上昇によるマグマの通路周辺への応力集中。(2)火山ガスや、熱水の流入による火山体の空隙圧の増大。(3)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既存の多数存在する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、固着すべり型の地震が起きると考えられている。

従来は、観測地震波形記録は一部の研究者しか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K-Net²⁾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。本研究では、K-Netで観測されたいくつかの地震動記録に対して基本的なデータ解析を実施し、両地方で発生した火山性地震についての特性をまとめ、今後の研究の資料にするものである。

2. 噴火活動、地震活動経緯

噴火の経緯を気象庁発表³⁾による有珠山及び、三宅島の噴火活動開始日時、噴火の様子、噴火場所を表-1、表-2にまとめて示す。活発な噴火活動は、有珠山では3月31日から4月1

日に起こり、三宅島雄山では7月、8月にかけて大きな噴火が起きた。

表-1 有珠山噴火経緯

日時	噴火の様子	場所
2000/03/31 13:10	噴煙の高さ3500m	西山西麓
2000/04/01 11:40	噴煙の高さ3000m	金比羅山

表-2 三宅島噴火経緯

日時	噴火の様子	場所
2000/07/08 18:43	山頂陥没(800m)	三宅島雄山山頂
2000/07/14 04:14	断続的に噴火(1500m)	三宅島雄山山頂
2000/07/14 15:50		三宅島雄山山頂
2000/08/10 06:30	活発な噴火(3000m以上)	三宅島雄山山頂
2000/08/13 17:30	小噴火	三宅島雄山山頂
2000/08/14 13:20	小規模噴火	三宅島雄山山頂
2000/08/18 17:02	断続的に噴火(8000m以上)	三宅島雄山山頂
2000/08/29 04:35	(5000m以上)	三宅島雄山山頂

2000年に有珠山周辺、三宅島・神津島周辺海域で噴火の起きた場所、マグニチュードの大きな地震の震源位置、K-Net強震網で最大加速度の大きい加速度波形が得られた観測地点を図-1、図-2に示す。また、著者らは2000年に発生した火山性地震の震源特性、観測地点、観測地点の最大加速度、震央距離のデータベースを作成しているが、その中でも特にマグニチュードが大

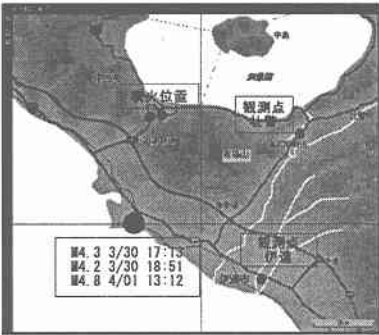


図-1 有珠 噴火 震源 観測位置

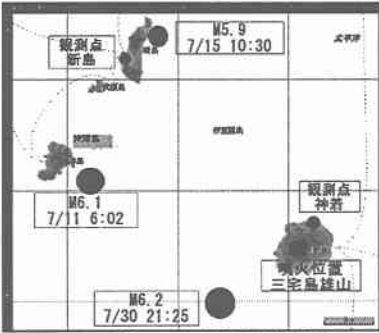


図-2 三宅島 噴火 震源 観測位置

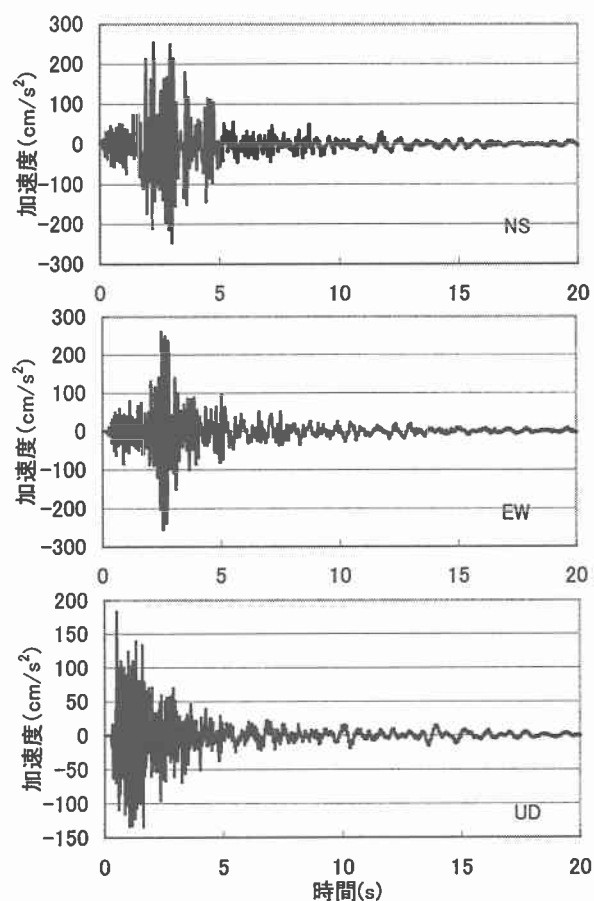
きく、震源距離が近い観測点におけるデータをデータベースより選別し、表-3、表-4に示す。

表－３ 有珠山周辺で起きた地震のデータベース

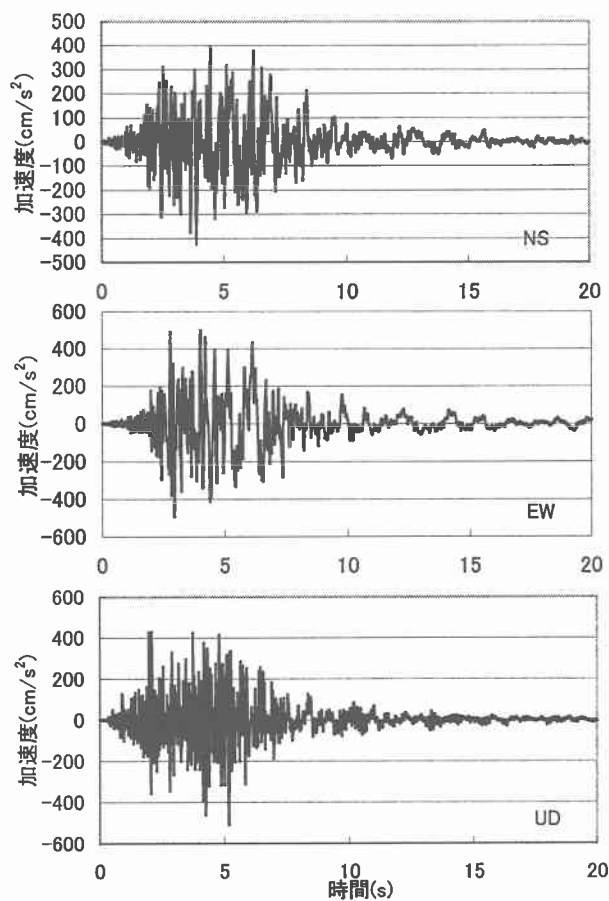
年月日	時間	震央緯度	経度	深さ (km)	マグニチュード	観測地	最大加速度 NS(cm/s ²)	最大加速度 EW(cm/s ²)	最大加速度 UD(cm/s ²)	震央距離 (km)
2000/3/30	17:13	42°30'	140°48'	10	4.3	伊達	224	160	52	6.6
2000/3/30	18:51	42°30'	140°48'	0	4.2	伊達	247	184	85	6.6
2000/4/1	03:12	42°30'	140°48'	0	4.8	伊達	254	260	183	6.6
2000/4/1	03:12	42°30'	140°48'	0	4.8	壮瞥	255	218	131	9.3

表－４ 三宅島周辺で起きた地震のデータベース

年月日	時間	震央緯度	経度	深さ (km)	マグニチュード	観測地	最大加速度 NS(cm/s ²)	最大加速度 EW(cm/s ²)	最大加速度 UD(cm/s ²)	震央距離 (km)
2000/7/1	16:02	34°12'	139°12'	10	6.1	新島	171	197	126	20.1
2000/7/15	10:30	34°24'	139°18'	10	5.9	新島	422	500	509	4.8
2000/7/30	21:25	34°00'	139°24'	10	6.2	神着	195	127	111	18.2



図－３ 加速度時刻歴 伊達 4/1 3:12 M4.8



図－４ 加速度時刻歴 新島 7/15 10:30 M5.9

３．加速度時刻歴 フーリエスペクトルについて

有珠・三宅周辺で最大加速度の大きい地震の NS, EW, UD 方向の加速度時刻歴を図－３，図－４に示す。加速度時刻歴は K-Net 強震計により、0.01s 間隔で観測されたデータをダウンロードし、加速度波形の倍率の調整、基線の補正を行った後、観測開始時間から 20 秒間をプロットし

た。伊達では、4 月 1 日に最大加速度、NS 方向 254 cm/s²、EW 方向 260 cm/s²、UD 方向 183 cm/s² の地震が観測された。また、新島では、7 月 15 日に最大加速度、NS 方向 422 cm/s² EW 方向 500 cm/s²、UD 方向 509 cm/s² の地震が観測され、非常に大きな最大加速度が得られている。地震の主要動の継続時間は、伊達よりも新島の方がマグニ

チュードが大きいことから長くなっている。

加速度時刻歴を地震到達時間から 60 秒を取得し、フーリエスペクトル解析し、平滑化をさせたスペクトルを図-5、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を使用している。

伊達では、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。また、新島では、NS、EW 方向の卓越振動数は、1~7 Hz に分布し、明確な卓越振動数は見られない。UD 方向は 2 つの山が見られ 7Hz と 18Hz 程度となっている。

4. 加速度応答スペクトル

伊達及び新島での地表面の水平方向と鉛直方向の加速度時刻歴から加速度応答スペクトルを求め、図-7、図-8に示す。応答加速度は伊達では、水平方向が最も大きく周期が 0.15s に対して 1518cm/s^2 となった。新島では鉛直方向が最も大きく、周期 0.15s に対し、 2117cm/s^2 と驚くほど大きな応答加速度となった。

5. 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する目的で、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、伊達も新島も K-Net 地質情報 (表-5、表-6) 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、新島では 11m 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⁴⁾。有珠、三宅島の地震で観測された水平方向成分のうち最も大きい最大加速度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-9、図-10に示す。マグニチュードと震央距離より大崎スペク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 0.1s 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。

また減衰定数 5% のスペクトル強度を求めた。新島では 215.4cm となり相当に強い地震動であることが伺える。

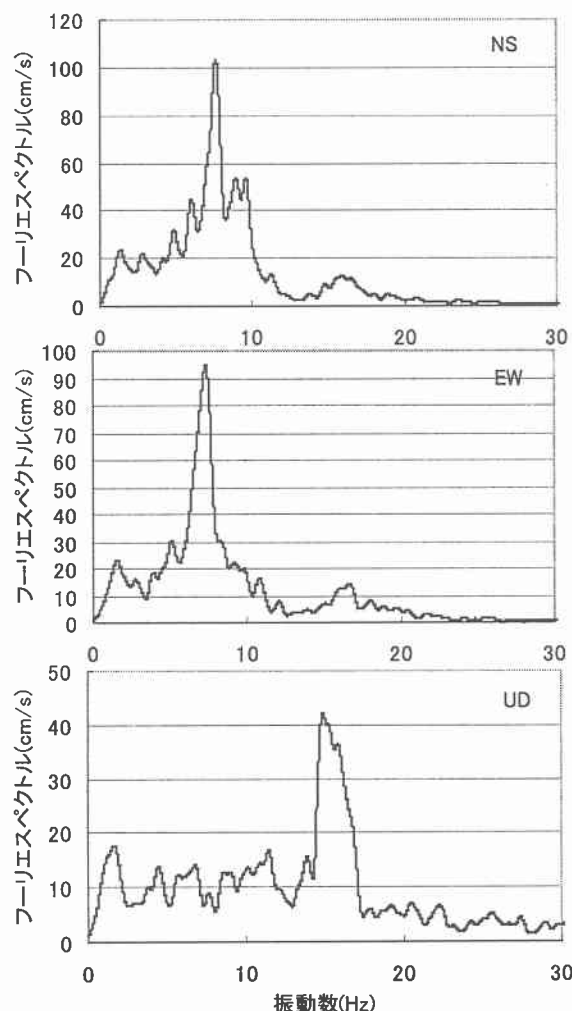


図-5 フーリエスペクトル 伊達 4/1 3:12 M4.8

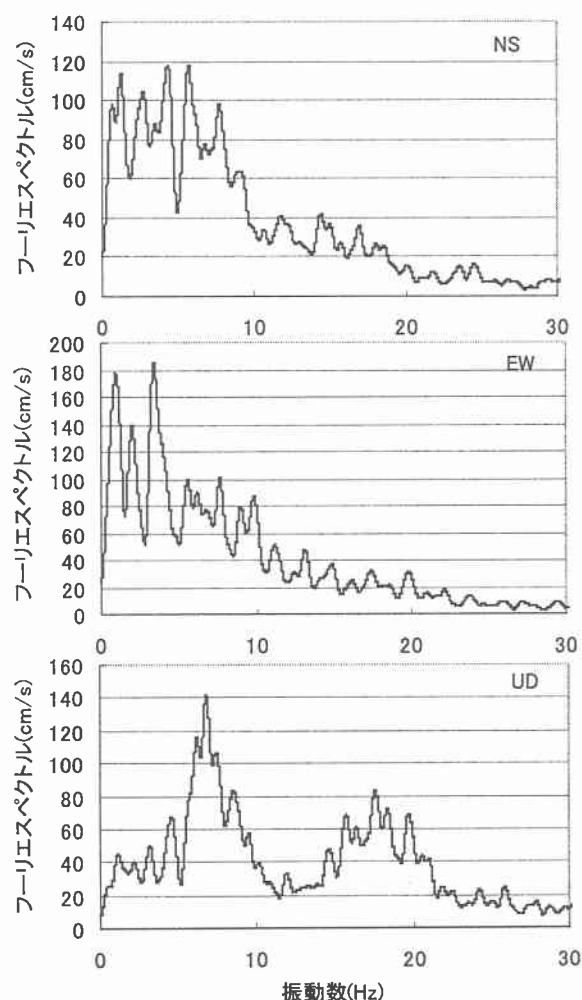


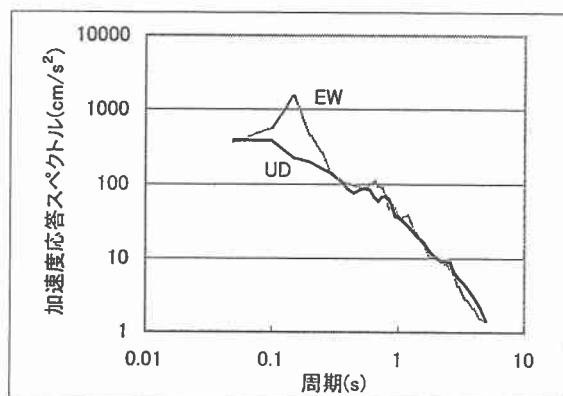
図-6 フーリエスペクトル 新島 7/15 10:30 M5.9

表一5 伊達地盤データ

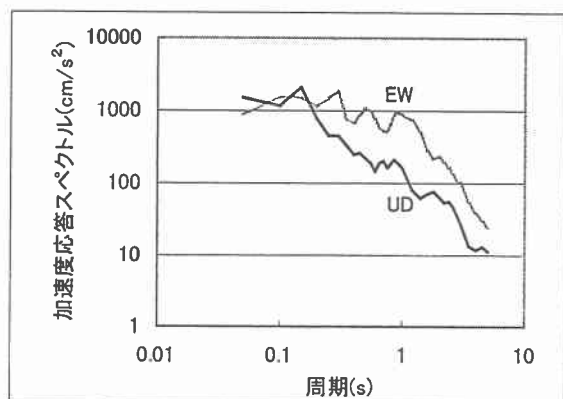
層番号	層厚 (m)	単位重量 (tf/m ³)	S波速度 (m/s)	せん断弾性係数 (tf/m ²)
1	2	1.580	90	1306
2	2	1.825	170	5382
3	5	1.868	360	24703
4	11	1.793	460	38708

表一6 新島地盤データ

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	1.505	110	1858
2	3	1.710	240	10051
3	6	1.617	180	5345
4	9	1.699	270	12638



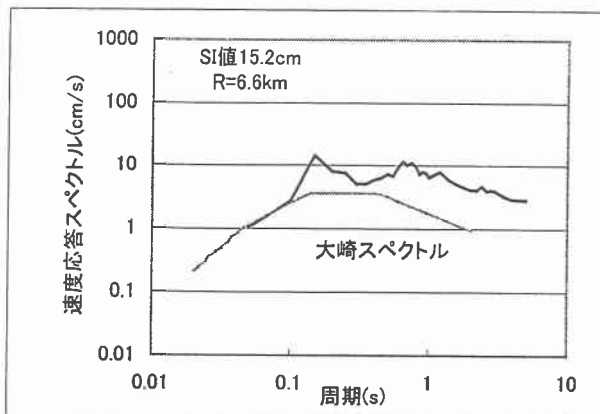
図一7 加速度応答スペクトル 伊達 4/1 3:12 M4.8



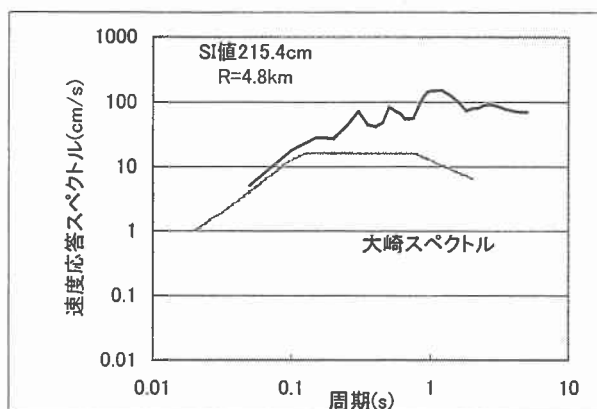
図一8 加速度応答スペクトル 新島 7/15 10:30 M5.9

6. まとめ

本研究では、2000年に多大な被害をもたらした有珠山周辺及び新島・神津島周辺海域の火山性地震動についてK-Netで公開されているデータを元に、基本的なデータ処理を実施した。有珠山周辺の伊達観測点では4月1日に最大加速度、水平方向260 cm/s²、上下方向183 cm/s²の



図一9 速度応答スペクトル伊達 EW 4/1 3:12 M4.8



図一10 速度応答スペクトル新島 EW 7/15 10:30 M5.9

地震動が観測された。また、三宅島・神津島周辺では、新島観測点において、7月15日に最大加速度、水平方向500 cm/s²、上下方向509 cm/s²の地震動が観測された。

応答加速度は、新島では、周期0.15sのとき、鉛直方向が2117 cm/s²と最も大きくなり、火山体周辺での火山性地震の特性が伺われた。

大崎スペクトルと減衰定数5%の速度応答スペクトルを比較した結果、基盤面のとり方の影響があるものの、周期が0.1sより大きい場合、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となることが解った。

これまでは土木分野の地震の研究はプレート境界地震とプレート内部型地震が中心であったが、今後は本研究によるデータなどをベースとして、火山性地震についても発震機構、規模、震源特性などを明らかにし、設計震度や設計入力地震動に関する研究を行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 下鶴大輔:火山の辞典, 朝倉書店, pp279-296, 1995.
- 2) <http://www.k-net.bosai.go.jp/>
- 3) <http://www.nla.go.jp/boutsu/index.html>
- 4) 大崎順彦:新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.