

## 浅間山集中総合観測における臨時自然地震観測点の設置

辻 浩<sup>†</sup>・小山悦郎<sup>\*</sup>・武尾 実<sup>\*\*</sup>・青木陽介<sup>\*\*</sup>・卜部 卓<sup>\*\*\*</sup>

### Establishing a Temporary Seismic Network in and around Mt. Asama, Japan

Hiroshi TSUJI<sup>†</sup>, Etsuro KOYAMA<sup>\*</sup>, Minoru TAKEO<sup>\*\*</sup>, Yosuke AOKI<sup>\*\*</sup> and Taku URABE<sup>\*\*\*</sup>

#### はじめに

2004 年 9 月から 12 月にかけて起きた浅間山の噴火活動は記憶に新しい。この浅間山において 2005 年 4 月より 2 年間に渡り集中総合観測が実施されているが、その一項目に浅間山臨時自然地震観測がある。これは 2005 年 7 月から東京大学地震研究所火山噴火予知研究推進センターが中心となり、これに北海道大学、東北大学、名古屋大学、京都大学、九州大学、鹿児島大学の 6 大学 5 チーム（九州大学と鹿児島大学で 1 チームとなる）が協力して約 2 年間に渡り実施される研究計画である。

この研究の目的は、浅間山周辺広域における既存の地震観測点の空白域に 17 点の臨時地震観測点を新設することにより、浅間山を中心とした東西・南北 100 km の領域をカバーする数十点の地震観測網を構築し、浅間山を含む長野県東部・群馬県西部地域の地下深さ約 100 km までの地震波速度構造の解明を目指すというものである。今回 17 点の臨時自然地震観測点の内 16 点は、富士山臨時自然地震観測で稼動していた Nanometrics 社製 VSAT 地震観測テレメータ装置（以下 VSAT とする）を移設し使用した。

本稿では、この一連の設置工程について報告し、今後の類似した観測業務の参考になればと思う。

#### 設置工程

表 1 に浅間山臨時自然地震観測設置における全体の工程表を示す。2004 年 10 月、まずは浅間山臨時自然地震観測用の VSAT を確保するため、富士山周辺に展開され稼動

中であった 18 台の VSAT のうち、火山噴火予知研究推進センターが保守していた 8 台の VSAT を保管場所となる小諸火山化学研究施設へ順次撤収し搬送する作業から開始した。この作業は火山噴火予知研究推進センターにより行われた。また各大学 5 チームが富士山周辺で 2 台ずつ保守していた残りの 10 台の VSAT も、それぞれのチームによって順次撤収された。この内、6 台については一旦小諸火山化学研究施設に保管され、他の 4 台については作業工程の短縮化を図るため富士山撤収と浅間山移設を同時期に行った。

VSAT の撤収が続く 2004 年末、我々は 17 点の臨時自然地震観測点候補地を地図上に決めた。これは火山噴火予知研究推進センターや気象庁軽井沢測候所が浅間山山体に設置している既存の地震観測点と地震地殻変動観測センターや防災科学技術研究所が浅間山周辺広域に設置している既存の地震観測点を考慮し、その空白域を埋める位置に配置し、なおかつ各々の臨時自然地震観測点の配置バランスも考慮しながら決定した。こうして地図上において浅間山火口を中心とした半径約 10 km 以上 30 km 以下の範囲に候補地が決まった。

2005 年 3 月、我々は順次、臨時自然地震観測点候補地の現地調査を開始した。表 2 は候補地選定のための項目ごとの要点を列記したものである。この中の選定条件の項目に AC 電源の確保とあるが、これは工事費の節約とテレメータ装置全体の簡素化、及び天候などに左右されない安定した電力供給が可能ということであり、選定要点に適っている場所であれば必ずしもこの限りではない。事実、今回の観測点の中で林道内に決まった NAME は唯一太陽電池を利用した独立電源仕様となった。また同じ項目でトラックが横付けできる場所とあるが、これは工期の短縮化や工事効率を上げるために工事車両が入れるという意味であり、更には我々限られた職員による観測機器の設置や保守等を考慮すると最も現実的な選定条件となる。ただ、今回選定方法の項目にあるノイズ試験（少なくとも 1 日必要）が実

2006 年 8 月 25 日受付, 2006 年 10 月 23 日受理.

<sup>†</sup> htsuji@eri.u-tokyo.ac.jp

<sup>\*</sup> 東京大学地震研究所技術部総合観測室,

<sup>\*\*</sup> 東京大学地震研究所火山噴火予知研究推進センター,

<sup>\*\*\*</sup> 東京大学地震研究所地震地殻変動観測センター.

<sup>\*</sup> Technical Supporting Section for Observational Research,

<sup>\*\*</sup> Volcano Research Center,

<sup>\*\*\*</sup> Earthquake Observation Center, Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

表 1. 浅間山臨時自然地震観測設置に関わる 2005 年の工程表. 富士山からの VSAT 撤収は 2004 年 10 月から開始された.

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
富士山VSAT撤収期間(除く他大学)	(2004年10月より)											
臨時地震観測点候補地の選定期間			—————						—			
土地所有者との交渉・申請・契約期間			—————							—————		
観測点工事日					—		—			·	·	
他大学によるVSATと地震計の設置日					·		·	·				
VSATと地震計の設置日							·	·	·		·	
臨時地震観測点の保守期間						—————						

行できなかったことは最大の反省点であろう。その原因は、配置を優先させ信号の大きい自然地震を目的としていることから目視で判断してしまったということと、選定期間に余裕が無く、選定業務に当たれるスタッフがそれぞれの場所ではほとんどの場合 1 名であったことにある。

順次観測点候補地の選定作業が進むと、次は土地所有者との交渉となる。幸いなことにこの観測点探しにおいて接触したすべての方々が浅間山の火山観測に理解を示し協力的であった。中には内容を考慮して別の適地を案内してくれた例もあった。こうして我々は臨時観測点の選定と土地

所有者との交渉を並行して遂行しながら 17 観測点の候補地確保を進めた。

こうして、ある程度まとまった候補地とその土地所有者から口頭で使用許可を得ると、工事業者をそれらの現地に案内した。これは土地所有者と土地賃貸契約を取り交す前に、あらかじめ工事作業や電源引込工事が可能かどうか、実際に業者の目で現場を確認・調査してもらう必要があるからである。実例として OKUB は小型重機がアクセスできないことにより場所変更を余儀なくされた。

工事業者による確認が終了した時点で、業者は工事日程

表 2. 観測点候補地を選定する際の項目ごとの表

観測点選定要点(データ品質面)	観測点選定条件(設置条件面)	観測点選定方法
<ul style="list-style-type: none"> <li>● できるだけ地図上に落とし候補地内で選定し、配置バランスを保つ</li> <li>● 雑振動源からできるだけ離れ、高い S/N を確保する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● VSAT が設置できる最低限 (3m×3m) の面積が確保できるか</li> <li>● VSAT の使用衛星 N-STARb が ある方角が開いているか</li> <li>● トラックがほぼ横付けできるか</li> <li>● AC 電源が確保できるか</li> <li>● 通年保守が可能であるか</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 岩盤等、見かけ上 S/N が高そうな場所を探す</li> <li>● 公共施設内等、安心して設置でき、土地所有者が明確な場所を探す</li> <li>● 施設や民家に伺い、庭などに設置できるか折衝する、あるいは何らかの手がかりを掴む</li> <li>● 外で作業をしている人に内容を説明し、何らかの手がかりを掴む</li> <li>● 土地所有者が不明な適地が見つかった場合、管轄の市町村に行き手がかりを掴む</li> <li>● 適地を見つけたらノイズ測定をおこなう</li> </ul>

を作成し、我々は再度土地所有者に最終確認をしてもらい、正式な土地貸借契約の手続に入った。表3は今回の臨時自然地震観測点17点に関する書類関係すべてをまとめたものである。この中でIKENは国立公園内であったため、自然保護官より場所変更の指示を受け移動することとなった。勿論、これらの書類の作成や申請中にも並行して残りの候補地の選定作業や土地所有者との交渉は進められた。

業者が行う工事内容はVSATアンテナ用基礎の設置、地震計柙の設置、電源引込柱の設置と電源設備の取り付け、配線用保護管の配管、フェンスの設置が主である。また独立電源を用いた場所では太陽電池の取り付けとその基台設置工事が行なわれた。この他にも電力会社に通電工事を依頼してもらったのだが、今回の臨時観測点中NMOKは架空で一級河川を横断しなくてはならなかったため、通電までの手続に一月あまりの時間を要した。また今回の工事においてVSATアンテナ用基礎、地震計柙、電源引込柱、電源ボックスと設備、それに太陽電池設備一式は富士山で利用したものを流用した。観測点工事は5月に7点、7月に8点、10月と11月にそれぞれ1点ずつ施工された。

観測点工事が終了するとVSATと地震計の設置となる。今回17点の臨時観測点中16点がVSATで、残りの1点はISDNによる地上回線を利用した観測となった。また16点のVSATのうち10点は他大学のチームで設置するため、我々は6点を受け持つことになった。

工事が完了した観測点は、まず各大学によって順次VSATと地震計を設置してもらうことにした。そこで我々は各大学との間で工事の進捗状況やそれぞれの都合といった情報交換を行ないながら日程調整を行い、それに従って担当してもらう観測点の「点の記」を作成して各チームへ配布した。しかしながら実際は設置時に予想外のトラブルが発生したりして、我々が現地に向いて協力することもあった。その後、残りの6点については順次我々が設置した。

### 浅間山臨時自然地震観測点の配置と観測

こうして2005年12月には臨時地震観測点17点全ての地震観測が開始された。

臨時自然地震観測点の配置を図1に示す。ほぼ計画段階で地図に落とした通りの配置となった。これを見ると浅間山火山活動における地下圧力源の近傍となる浅間山火口西側をやや密にし、南東部広範囲に広がる地震観測点の空白域を埋めるかたちで配置されたことが見て取れる。

### 富士山臨時自然地震観測での教訓

浅間山臨時自然地震観測点を設置するにあたっては、この直前に実施された富士山臨時自然地震観測で生じた問題を教訓とし改善を試みた。

富士山臨時自然地震観測では地震計設置時に方位磁石によって方位測定を行なったため、撤収時に再度ジャイロによる精密な方位測定を行なうという二度手間となった。これは波形処理をする段階でも補正值を加味する必要があり面倒である。この反省から、浅間山ではジャイロによる方位測定を地震計設置前に全観測点において実施し、地震計台や柙の縁に記した。

良質なデータを継続して取得するために保守は欠かせないものである。富士山臨時自然地震観測では各観測点の情報整理などが後手に回り、保守の際に不便であった。これを教訓に、浅間山では特に17点中16点がVSATということもあり、VSATを中心に設置とほぼ並行して保守のための準備を進めた。まずVSAT本体であるが、今回の移設を機にLAN側のIPアドレスを変更することにより、HUB局（小諸火山化学研究施設と地震研究所）のトランシーバーからリモートで各VSATのモニターやパラメータの変更が可能となった。これにより、例えばVSATに不具合が生じた場合でも、回線が落ちていない限りHUB局にしながら状況把握ができ、場合によっては復旧することも可

表 3. 浅間山臨時自然地震観測点17点に必要な書類一覧表

土地所有者	観測点数	申請書ほか ※（ ）は自然公園内申請書	許可書・契約書 ※（ ）は自然公園内許可書ほか	契約期間
民間・大学などの施設	6	依頼書、臨時自然地震観測資料	土地貸借契約	2年
民地	5	臨時自然地震観測資料	土地貸借契約	2年
群馬県	2	行政財産使用許可申請・指定添付書類	行政財産使用許可	2年
上田市、佐久市	2	普通財産使用貸付申請・指定添付書類 (国定公園特別地域内行為許可申請・指定添付書類、1件)	普通財産貸付許可 市有財産貸借契約 (国定公園特別地域内行為許可)	2年
中部森林管理局、関東森林管理局	2	国有林野貸付許可申請・指定添付書類 (国立公園普通地域内行為許可口頭申請・指定添付書類、1件)	国有林野貸付許可 国有林野有償貸付契約 (国立公園内普通地域内行為口頭許可)	2年

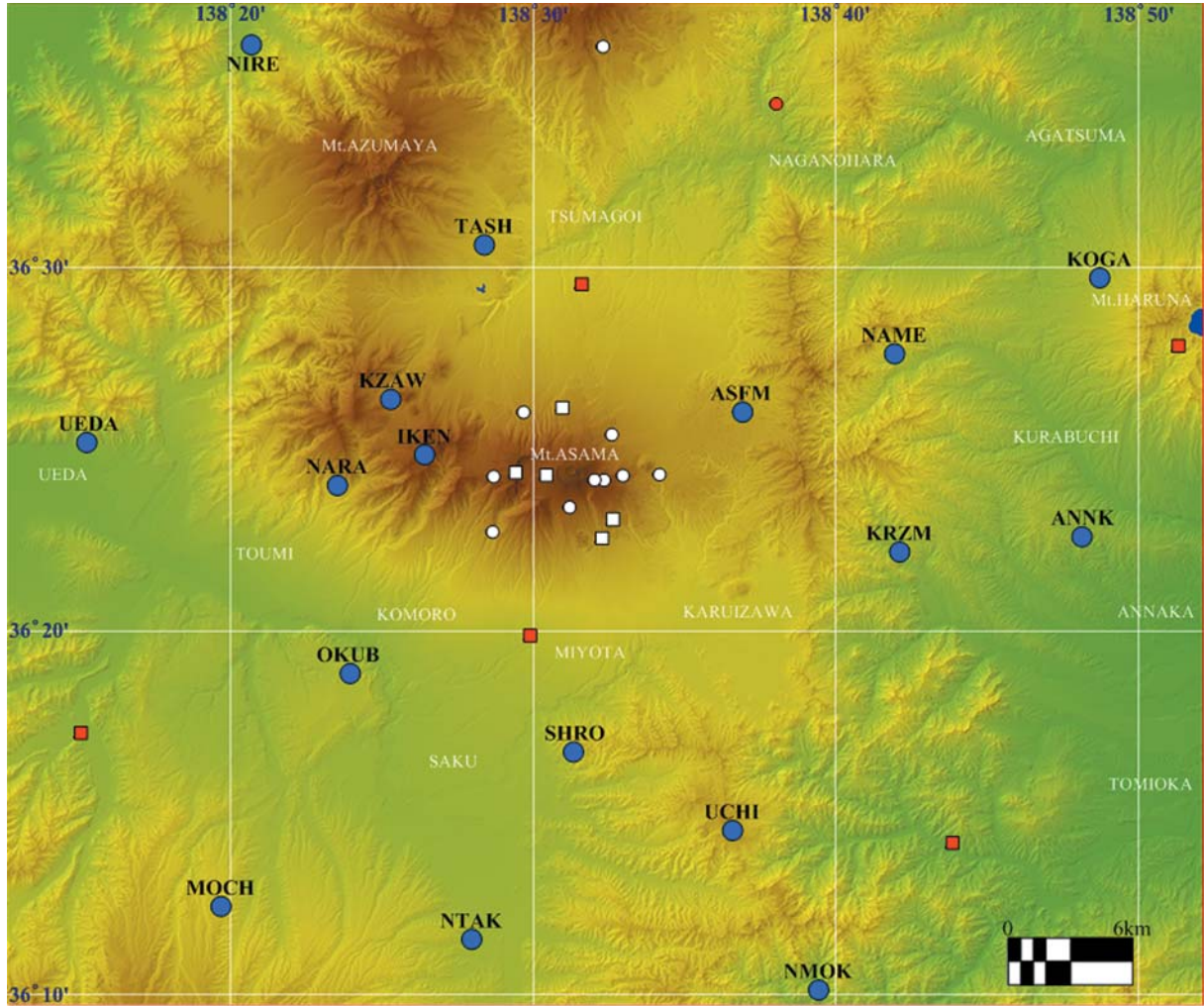


図 1. 地震観測点の分布. 浅間山を中心とした東西約 60 km, 南北約 45 km の範囲を示した. 青丸が新設した臨時観測点であり, 黒文字はその観測点コードである. 白丸は火山噴火予知研究推進センターが保守する常設観測点, 赤丸は地震地殻変動観測センターの観測点, 白四角は気象庁の観測点, 赤四角は防災科学技術研究所の観測点 (Hi-net), 白文字は主な市町村と山である.

能となるため, 保守の効率化が期待される. もう一点は 予め全臨時自然地震観測点の情報を網羅した表を作成し 保守に備えたことである. この表には観測点住所や土地所有 者の連絡先の他, VSAT 番号や設置・稼働開始日, 更には

地震計の種類や設置状況, WIN チャンネル番号といった ものが記載されており, 保守の際には役に立つであろう. この表からいくつかの項目を抜粋したのが表 4 である. また, 地震研究所ホームページ内にある Nanometrics 運用

表 4. 浅間山臨時自然地震観測点の保守に用いる表 (例として項目をいくつか抜粋した)

観測点名	コード	アップリンクID	Lynx	Cygnus	Trident	EIRP (dBW)	電源 (DCV)	分担	座標 (WGS84)			地震計	設置日
									経度	緯度	標高		
上田	UEDA	TOUDAI-V41		319	219	34	AC	北大	36.41931	138.25394	564	L4-3D(1s) VRC12/2548	2005/05/26
望月	MOCH	TOUDAI-V14	143			35	AC	名大	36.20711	138.32747	1042	L4-3D(1s) VRC03/2539	2005/07/15
大久保	OKUB	TOUDAI-V37		314	232	35	AC	北大	36.31453	138.39786	795	L4-3D(1s) VRC14/2575	2005/05/26
中滝	NTAK	TOUDAI-V18	147			38	AC	京大	36.19264	138.46512	758	L4-3D(1s) VRC07/2543	2005/05/26
下平尾	SHRO	TOUDAI-V19	148			39	AC	京大	36.27789	138.52106	931	L4-3D(1s) VRC08/2544	2005/05/26
内山牧場	UCHI	TOUDAI-V33		295	307	32	AC	ERI	36.24197	138.61011	1168	Trillium(40s)	2005/07/12
南牧	NMOK	TOUDAI-V16	145			39	AC	九大・鹿大	36.16786	138.65708	520	L4-3D(1s) VRC06/2542	2005/08/05
安中	ANNK	TOUDAI-V36		309	303	34	AC	九大	36.37653	138.80097	512	L4-3D(1s) VRC13/2549	2005/07/28
霧積ダム	KRZM	TOUDAI-V17	146			37	AC	九大・鹿大	36.36942	138.70181	579	L4-3D(1s) VRC05/2541	2005/08/04
浅間牧場	ASFM	TOUDAI-V42		323	224	32	AC	ERI	36.43389	138.61383	1294	Trillium(40s)	2005/09/09
古賀良山牧場	KOGA	TOUDAI-V11	139			37	AC	東北大	36.49456	138.81075	844	L4-3D(1s) VRC02/2538	2005/08/03
滑川林道	NAME	TOUDAI-V12	141			40	バッテリー (13.5)	東北大	36.45953	138.69822	870	L4-3D(1s) VRC01/2537	2005/08/03
田代	TASH	TOUDAI-V39		316	327	32	AC	ERI	36.50933	138.47364	1182	Trillium(40s) 83	2005/07/20
奈良原	NARA	TOUDAI-V38		315	300	34	AC	ERI	36.39897	138.39008	1155	Trillium(40s)	2005/07/12
仁礼	NIRE	TOUDAI-V13	142			33	AC	名大	36.60200	138.34372	668	L4-3D(1s) VRC04/2540	2005/07/15
池の平	IKEN	TOUDAI-V45		340	249	32	AC	ERI	36.41389	138.43967	2046	Trillium(40s) 78	2005/11/15
鹿沢	KZAW	フレッツISDN					AC	ERI	36.43994	138.41938	1596	Trillium(40s) 82	2005/12/01

状況にも火山噴火予知研究推進センター分の VSAT 情報を追加し整備した。

### おわりに

浅間山臨時地震観測点 17 点の設置は、2004 年 10 月の富士山撤収から始まり、実に 1 年強の期間を要した。これは火山噴火予知研究推進センターと各大学、そして土地を貸していただいた所有者や自治体の協力によって成しえたものである。

今回の設置業務の中で一番印象深いのは、民地を提供してくれた住民や施設の責任者、あるいは自治体が浅間山の火山観測に対し大いなる興味を示し、協力を惜しまない姿勢を肌で感じたことである。これは火山観測に携わる者として、とてもありがたく感謝するものである。

この浅間山臨時自然地震観測点の中の IKEN は、冬季の積雪により VSAT アンテナの反射板に雪が付着し伝送が停止してしまった。そのため 2006 年 1 月に融雪装置を装

着し対策を取ったことを付け加えておく。

謝辞：浅間山臨時自然地震観測点設置に際しては、黒沢孟志氏、吉澤 勝氏、依田収一氏、山岸一勇氏、石井偉夫氏、上田市上下水道局浄水管理センター、望月東急ゴルフクラブ、古賀良山牧場、群馬森林管理署、群馬県安中土木事務所、郁文館夢学園奈良原研修センター、佐久市開発公社山荘あらふね、碓氷上水道企業団、群馬県農業技術センター高冷地野菜研究センター、群馬県浅間家畜育成牧場、東信森林管理署（東御市観光協会、湯の丸観光開発株式会社）、東京工業大学鹿沢合宿研修所の皆様から快く土地を貸していただき、ご協力いただいた。火山噴火予知研究推進センターの皆様には観測点設置における適切なアドバイスとご協力をいただいた。地震検測収録システムのパラメータは小林佳美、出川昭子の両氏に設定していただいた。森田裕一、岩崎貴哉、飯高 隆の各氏には査読をしていただき、本稿の改善に役立ちました。ここに記して感謝いたします。