

## 霧島新燃岳噴火に伴う臨時地震・空振観測点の設置

辻 浩<sup>\*†</sup>・森 健彦<sup>\*</sup>・渡邊篤志<sup>\*</sup>・阿部英二<sup>\*</sup>

### Deployment of Temporary Seismic and Infrasonic Stations for the Eruption of Shinmoe-dake, Kirishima Volcanoes

Hiroshi TSUJI<sup>\*†</sup>, Takehiko MORI<sup>\*</sup>, Atsushi WATANABE<sup>\*</sup> and Hideji ABE<sup>\*</sup>

#### はじめに

霧島火山は南九州の宮崎・鹿児島県境に位置し、北西—南東方向に約 30 km, 北東—南西方向に約 20 km の範囲に少なくとも 20 数個の火山が配列する火山群の総称である(井村, 1995; 井村・小林, 1991). 新燃岳はこの中でも最も活動的な火山であり、近年では 2008 年 8 月と 2010 年 3 月, 4 月, 5 月に小規模な噴火が発生している. 2011 年に入って火山性地震がやや多くなり, 1 月 19 日と 26 日に小規模噴火が発生した後, 27 日 15 時 41 分, 1959 年以来 52 年ぶりとなる爆発的噴火が起こった. この噴火に伴う噴煙柱は火口上空 2500 m を超え, 新燃岳火口から南東約 3 km に位置する霧島市高千穂河原で直径 7~8 cm の噴石が確認された(福岡管区気象台火山監視・情報センター・鹿児島地方気象台, 2011). 以降, 新燃岳は断続的な噴火を数日間隔で繰り返したが, 2011 年 8 月現在, 噴火の頻度は低くなり活動は小康状態となっている(写真 1).

地震研究所は 1961 年の加久藤カルデラ群発地震を契機として, 2 年後の 1963 年に, 宮崎県えびの高原に霧島火山観測所を設立した. 霧島火山観測所は霧島火山周辺における地震観測を主な観測項目として, この地域における広域応力場の特徴, 火山と熱水活動の関係など, 多岐にわたる研究を進めてきた. 2007 年 4 月に無人となって以降, 霧島火山における観測及び保守は主に地震研究所からの往訪で継続してきた. しかしながら, 遠隔地における維持の困難さ, 加えて技術職員の削減等の影響から, 観測体制は縮小の一途を辿っており, 噴火前の霧島火山周辺における地震観測点は, 火山噴火予知において必要とされる稠密な観測網とはいえない状態であった(図 1).



写真 1. 2011 年 3 月 13 日 17 時 45 分に発生した新燃岳の噴火. 噴煙は火口縁より上空 4000 m に達した.

今回の新燃岳の噴火を受けて, 火山噴火予知研究センター(以後, 火山センターとする)は既存の地震観測網で手薄となっていた霧島火山群西部を中心に, 図 1 に示す様に広帯域地震計による臨時地震観測点 10 点(このうち空振計併設点が 2 点)と空振観測点 2 点を新設することを決めた. これは, 地殻変動観測より韓国岳の北西に今回の噴火のマグマ供給源が推定されたことから, この地域の地震活動の詳細を明らかにするとともに, 今後の火山活動の推

2011 年 10 月 3 日受付, 2011 年 11 月 28 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> Technical Supporting Section for Observational Research, Earthquake Research Institute, the University of Tokyo.

移を明確にすることが必要となったからである。

本報告では、2011年新燃岳噴火に対する臨時地震・空振観測点設置における業務内容を紹介し、その後の観測点の現況などを記す。

### 観測点の概要

今回の臨時地震・空振観測点の設置に関わる全ての業務は、宮崎県えびの市にある霧島火山観測所ではなく、鹿児島県霧島市の霧島総合支所(旧霧島町役場)3階会議室に開設された霧島臨時観測室にて実施した。これは、2月1日の爆発的噴火で大きな噴石が火口より3kmを超えて飛散したことを受けて立入規制区域が火口4km以内に拡大されたことに対応して、宮崎県道・鹿児島県道1号(小林えび

の高原牧園線)の一部区間が通行止めとなり、霧島火山観測所を拠点とする上での弊害が生じたためである。加えて、同観測所の通信回線速度が極めて遅く、リアルタイムの情報収集・発信に適していなかったことも理由の一つである。

新設する臨時観測点の配置については、まず始めに火山センターより5万分の1地形図上に落とされた観測点配置図が示され、それに基づいて我々がその近傍を現地調査し、適地を選定するという手順で行われた。

今回の大まかな業務内容は観測点選定、借地交渉、契約締結、許認可関係書類の作成と申請、設置業者との調整や工事立ち合い及び観測機器の設置であった。これらの作業は、現地に駐在する1~2人の技術職員が担当し、10日前後で交代するという方式により、年度末日までの約1ヵ月

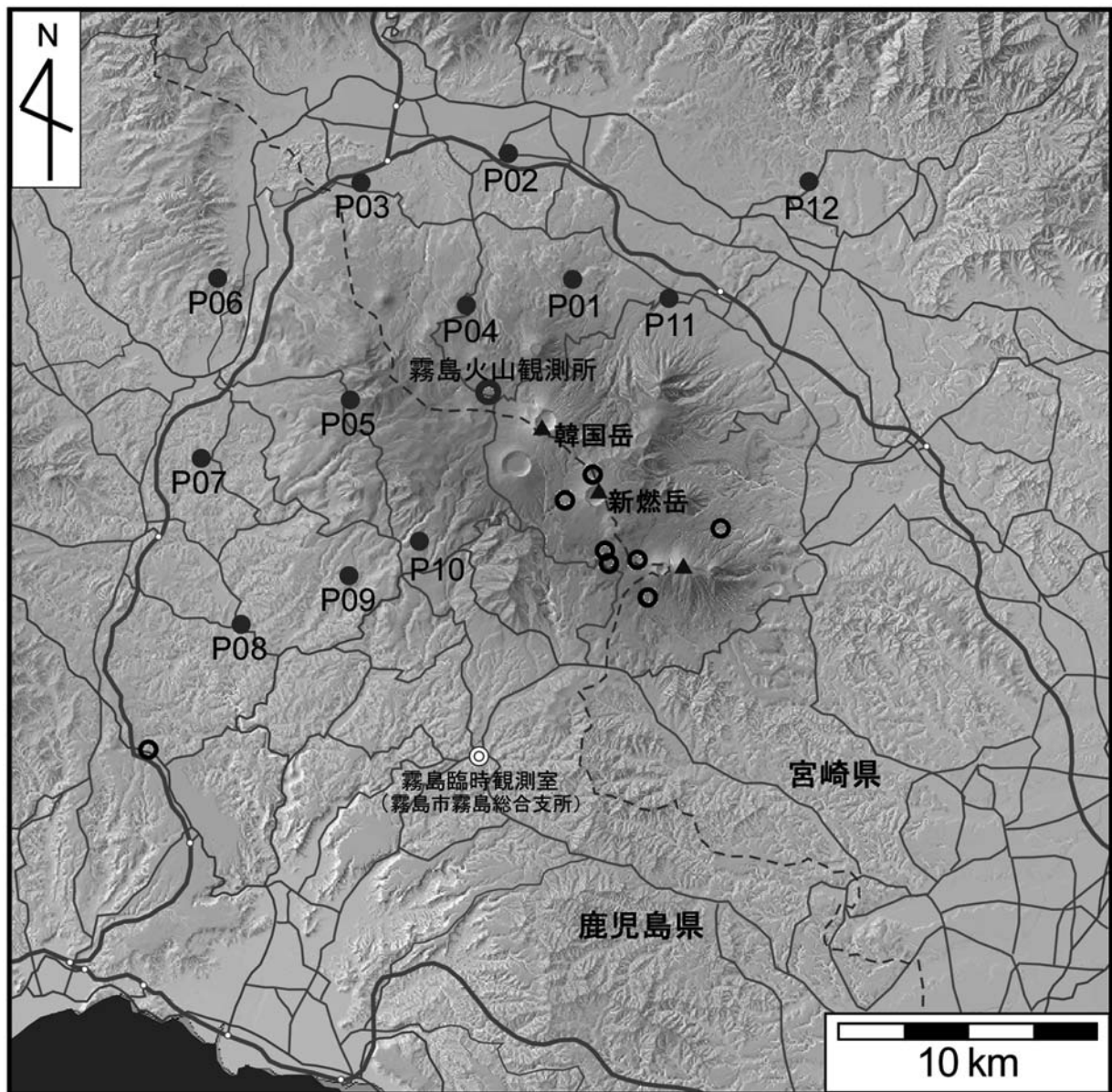


図 1. 霧島の観測点配置図。●が霧島の北西域に展開された今回の臨時観測点、○が既存の定常地震観測点。



半の間で行われた。従って交代時の技術職員間の業務引き継ぎは最も重要な業務であった。また、教員等も現場に同行し、適宜指示を出したり作業に協力したりすることもあった。

2011年2月16日、臨時観測室をベースに臨時観測点設置に向けての現地調査が開始された。地震観測点は、基本的にノイズレベルが低い人里離れた場所やS/Nが高い地盤などを第一条件として選定する。更にテレメータ化を目指す場合、商用電源や回線の確保、あるいは独立電源にするとしても無線LANや通信端末が使用可能であることを考慮せねばならない。しかしながら、今回の業務では、①観測点の選定は火山センターからの配置予定図にできるだけ準拠すること、②予算執行の都合から年度内に観測点工事を完了すること、③限られた人的資源の中で業務を完遂することが求められたため、指示されたポイントの周辺にある学校などの公共施設を狙って作業を進めることが多くなった。この理由は、公有地は所有者が明確であり、用地の使用にあたり権利関係でトラブルの危険性が少なく、しかも貸借手続きが比較的画一化されているために一定の期間をおけば確実に工事の着手ができるからである。

このような経緯の下で、2月21日頃には観測点の設置場所を選定し、設置の仮承諾を得ることができた(図1、表1)。現地の事情等で必ずしも当初火山センターが提示した通りとはいかなかったが、全体的にはそれに近い配置となった。またP08やP09のように他の観測点位置によって少し偏ってしまった全体の配置を考慮した結果、火山セン

ター長の指示により途中で位置を変更した観測点もあった。

次に設置へ向けた具体的な作業行程(図2)について、P03(白鳥温泉下湯地震・空振観測点)を例にして紹介する。P03の場合、白鳥温泉周辺が設置候補点として指示されて

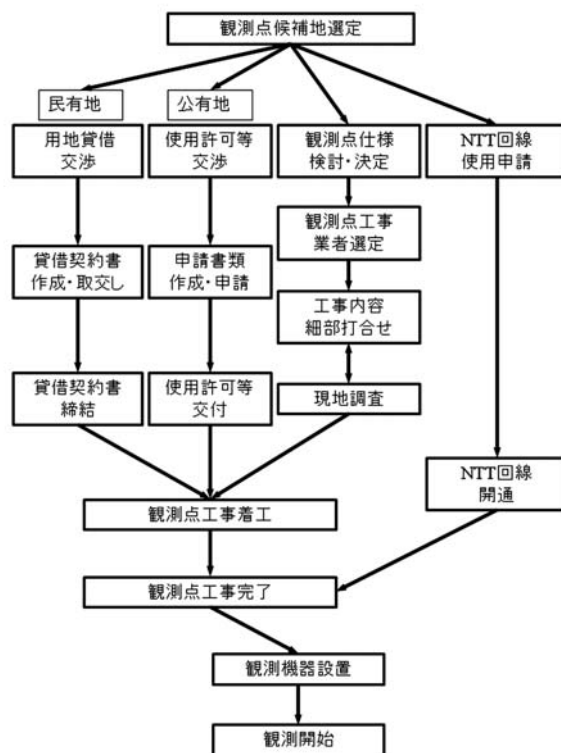


図2. 臨時観測点設置までのフローチャート。

表1. 臨時観測点一覧表。

	観測項目	観測点所在地	借地種別	電源種別	通信方法
P01	地震	N31.98778, E130.87368, 605m (小野田農場)	民有地	商用電源	モバイル通信
P02	地震	N32.03215, E130.84750, 259m (えびの市立上江小学校)	公有地 (えびの市)	独立電源	モバイル通信
P03	地震 空振	N31.97801, E130.83138, 696m (白鳥温泉下湯)	公有地 (宮崎県)	商用電源	ISDN回線
P04	地震 空振	N32.02143, E130.78592, 274m (えびの市立岡元小学校)	公有地 (えびの市)	独立電源	モバイル通信
P05	地震	N31.94497, E130.78170, 763m (栗野岳レクリエーション村)	公有地 (湧水町)	独立電源	モバイル通信
P06	地震	N31.98863, E130.72827, 493m (リンデンパークゴルフ場)	民有地	独立電源	モバイル通信
P07	地震	N31.92488, E130.72100, 238m (グリーン光芳)	民有地	独立電源	モバイル通信
P08	地震	N31.88329, E130.78238, 317m (霧島市立三休小学校)	公有地 (霧島市)	商用電源	ISDN回線
P09	地震	N31.86677, E130.73773, 201m (鹿児島県立霧島高等学校)	公有地 (鹿児島県)	独立電源	モバイル通信
P10	地震	N31.89535, E130.81134, 594m (霧島開発)	民有地	商用電源	ISDN回線
P11	空振	N31.98142, E130.91401, 385m (小林市立幸ヶ丘小学校)	公有地 (小林市)	商用電源	ISDN回線
P12	空振	N32.02323, E130.97194, 246m (小林市立永久津小学校)	公有地 (小林市)	商用電源	ISDN回線

いた。そこで、最初の作業として、指示された地点に赴き、周囲の状況を探査した。次に、白鳥温泉下湯や上湯の経営者（現地管理者）に許可を得て、それぞれの敷地内の調査を行った。結果として、今回は下湯の敷地内を観測点の適地として選定した。続いて、下湯の管理者であるえびの市観光協会に連絡を取り、えびの市役所を往訪し、担当者に観測点設置の目的と理由を説明して使用許可の内諾を得た。P03は国有林野内に位置することから、宮崎森林管理署都城支署に使用許可申請書を、宮崎県には保安林内作業許可申請書をそれぞれ作成し申請した。加えて現地は霧島屋久国立公園内第3種特別地域であるため、宮崎県自然環境課やえびの自然保護官事務所と連絡を取り、新築許可申請書の作成・申請も同時進行で行った。通常これらの許認可が全て下りるのは早くても1ヶ月は要するが、今回は新燃岳の観測という緊急性や重要性を理解して頂き、半月ほどで全ての許認可を頂いた。なお今回の観測点設置に関わる借地面積はP03を除き観測点によって1m<sup>2</sup>から2.25m<sup>2</sup>であった。

これら許認可関係の作業を進める一方で、観測点設備の仕様を決定する必要がある。今回の臨時点はすべてNTT回線（フレッツISDNとVoIPルータRT58iの組み合わせ）

あるいはモバイルデータ通信（センチュリー・システムズ製VPNルータFutureNetNXR-120/CとLG Electronics製データ通信端末L-05Aの組み合わせ）によるテレメータ化が前提である。基本的な仕様は、引込柱として一般的な鋼管柱を立てて電力線やNTT回線を引き込み、電源設備や観測機器を入れるボックスを抱かせる（図3）。独立電源の場合、電力線等の引き込みがない代わりに太陽電池モジュールが柱上に設置され、地表にはバッテリー用のボックスが追加される。今回使用した太陽電池モジュールはケー・アイ・エス製GT133S（公称最大出力50W）、バッテリーはConcorde Battery製SUN-XTENDER PVX-690T（69Ah）、電源コントローラーはMorningstar Corporation製SS-20L（システム電圧12V、太陽電池入力電流・負荷電流20A）である。地震計は、ハンドホールを埋設してその中に設置した（図4）。これは、今回使用する広帯域地震計（Nanometrics製Trillium 120 PA）用に地震計台のサイズを決め、地盤とモルタル製の地震計台を鉄筋で結合させた設計である。また、図3には示されていないが土地所有者から要請があった観測点、特に小学校の多くにはフェンスを設けた。

臨時観測点の仕様が決まった後、施工可能な業者と連絡

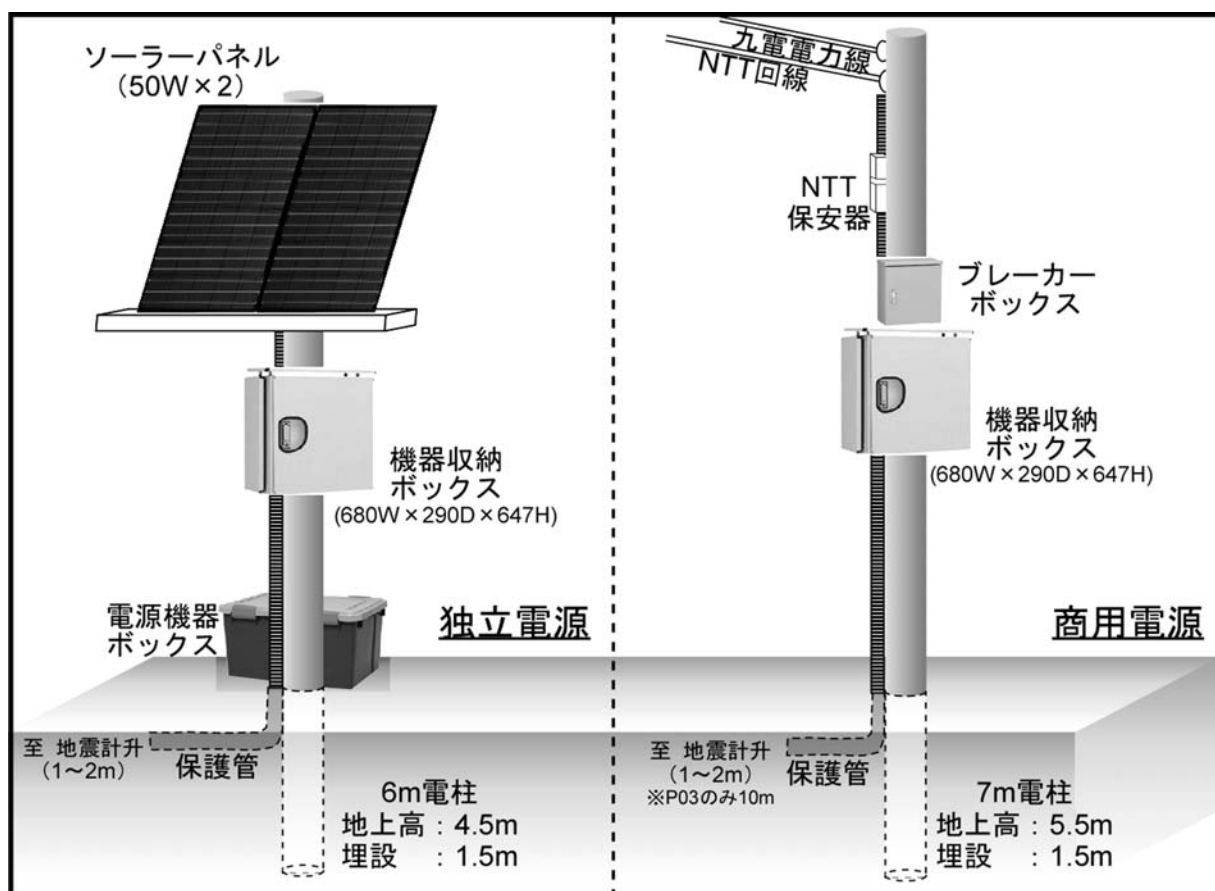


図3. 臨時地震観測点の仕様。左は独立電源、右は商用電源の仕様。機器収納ボックスの寸法単位はmmである。

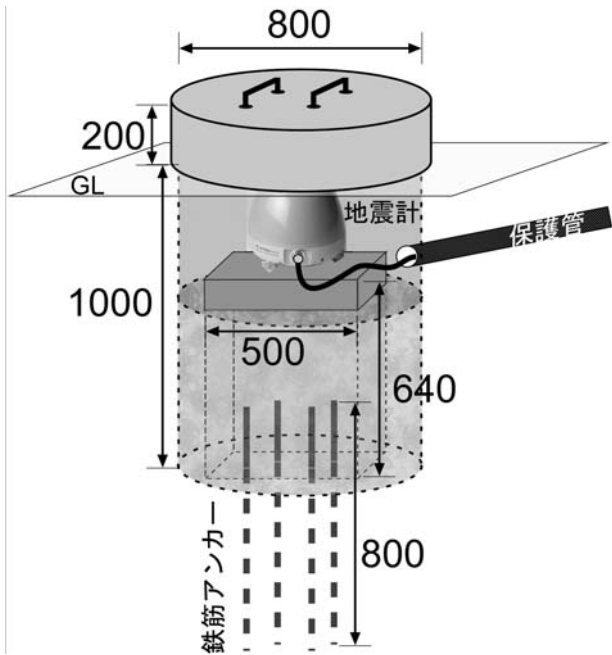


図4. 地震計用ハンドホルルの詳細。実際には地震計専用の断熱カバーとマットを施した。寸法線の単位はmmである。

を取り、業者を伴った現地調査の上、見積を依頼する。この現地調査は、見積を依頼する上で必要不可欠な項目であるが、工事業者の専門的な知見から指摘される工事に関する問題点を発見できる場でもある。具体的には、土地所有者の許可を得て設置場所を仮決定したとしても、電力線や回線の架空工事における観測点との距離や障害物の問題、あるいは工事現場までの重機の搬入路が確保できるかなど、施工する上での不具合が見いだされた場合、土地所有者との再協議の上、同じ敷地内での場所移動を行うこととなる。業者からの見積が提示された後、教員を交えて見積内容を精査し、問題が無い場合には発注へ進む。

観測点工事は、貸借契約の締結、もしくは諸処の許認可が下りた観測点から適宜着工した。今回、我々ができる限り現地での工事立ち会いを行っている。これは、土地所有者である地方自治体等から工事立ち会いを求められたケースもあるが、工事の状況に応じて作業変更が求められる事態が生じた際、直ちに判断を下す必要があったからである。

今回の工事は1観測点ごとに完成させるのではなく、1つの工程を何点かまとめて施工するという形で行われた。これは使用する部材や重機をある程度まとめて効率良く進めるためである。今回の工事業者は宮崎県小林市の椎原通信建設で、霧島火山観測所が行ってきた観測点設置等の工事に古くから関わってきた業者である。そのため、地震観測点の工事に精通しており、工事内容に関する我々との意見交換や意思疎通がスムーズに進み、加えて、観測点周辺

の地域事情に明るいことから、想定よりも設置工事は順調に進めることができた。唯一の問題点は、地震研側の担当者が週単位で交代を繰り返したことであり、業者側の担当者との細かなやり取りが我々の間で上手く引き継げず、その内容を理解するために余計な時間を費やしたことである。

観測点における地震計の設置作業を、施設工事が完了した観測点から適宜実施した。各観測点では地震計の設置に先行して日本航空電子工業製のFOG（Fiber Optic Gyro）コンパスを用いて方位（真北）測定を実施している。また、観測点によっては同時に地震観測共通のデータロガー（計測技研製 HKS-9530）を設置した（P04のみ白山工業製 LS-7000XT）。こうして3月末までには全地震観測点で現地収録を開始し、4月上旬にはモバイルデータ通信によるテレメータ化が、同月下旬にはNTT回線によるテレメータ化がそれぞれ完了し、空振観測点2点を含めた全観測点で本格的な観測体制に入った。

## 観測点の現況

今回の各臨時観測点における2011年7月18日8時41分の鹿児島県霧島市牧園町万膳を震源とするM1.9（暫定）のイベント波形を示す（図5）。観測点が広域にわたるため気象等によるノイズレベルを評価することはできないが、大まかな様子は把握できる。この中でノイズレベルが高いのはP02である。ここは地震観測点となった場所が盛土であり、更に背の高い樹木が近くに生えていることから、ノイズ源と軟弱地盤の相乗効果によってノイズレベルが高くなったと考えられる。

次に、テレメータ観測開始から4ヶ月経ったこれまでに発生している不具合について、具体的な症例とその対策について記す。

1. 症状：複数の独立電源観測点において欠測が生じた。  
 ロガーのログによると、低電圧と判断して記録を自動停止したようである。初期は電圧が回復しても再起動しない配線だった。  
 対策：自動停止設定電圧とコネクタ結線を変更した。また、電源の取り方を変更し、停電時にも地震計とHKS-9530へはバッテリーから直接給電しオフライン観測を継続させることとした（図6）。この変更は全観測点に適用した。
2. 症状：再起動時にHKS-9505（HKS-9530のテレメータユニット）とHKS-9530間の通信に失敗して収録を開始できない。あるいは再起動を繰り返す。  
 対策：HKS-9505とHKS-9530のファームウェアを改修した。
3. 症状：時刻精度が劣化して再起動した後、測位できずにタイムアウトして再起動を繰り返す。



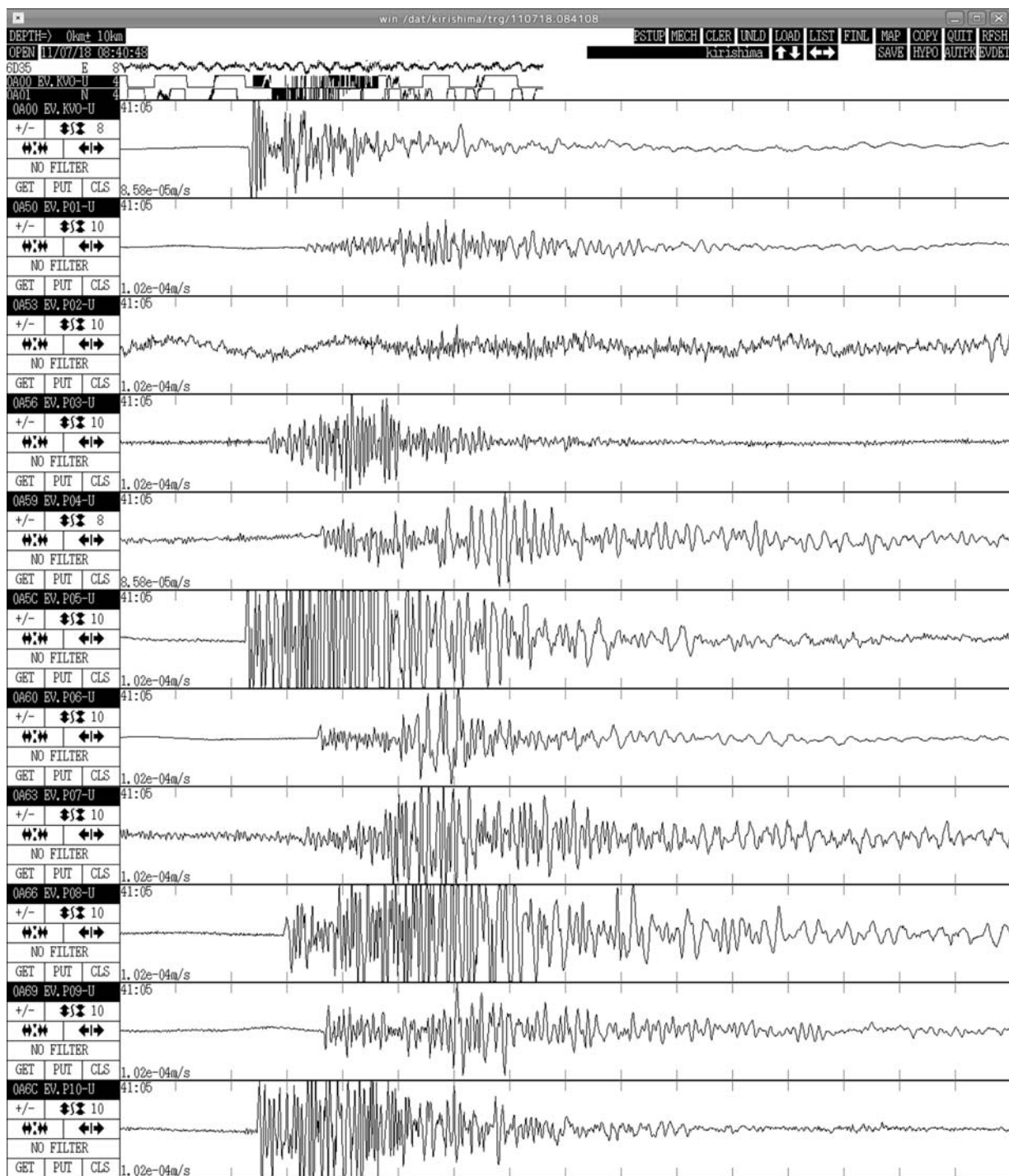


図 5. WIN 検測画面による波形のサンプル。横軸の 1 目盛りが 1 秒。比較用の KVO（霧島火山観測所）と P04 は LS-7000XT を使用しているため、他の観測点とは振幅スケールが揃わない。P02 の S/N が極端に低いことが見て取れる。

対策：GPS アンテナの位置を変更した。

4. 症状：P09（独立電源）の日照不足による停止。

対策：太陽電池モジュールを増設した。

## ま と め

新燃岳噴火による今回の臨時地震・空振観測点の新設

は、3 月末日までには観測を開始するという火山センターからの要求が至上命令であった。しかしながら、作業にあたる者は技術職員 1～2 名、あるいはそこに火山センター系教員 1～2 名を加えた構成でローテーションするという態勢を取っており、しかも遠隔地という事情もあったことから、事前ノイズ調査が実施できず、より良い観測点を選

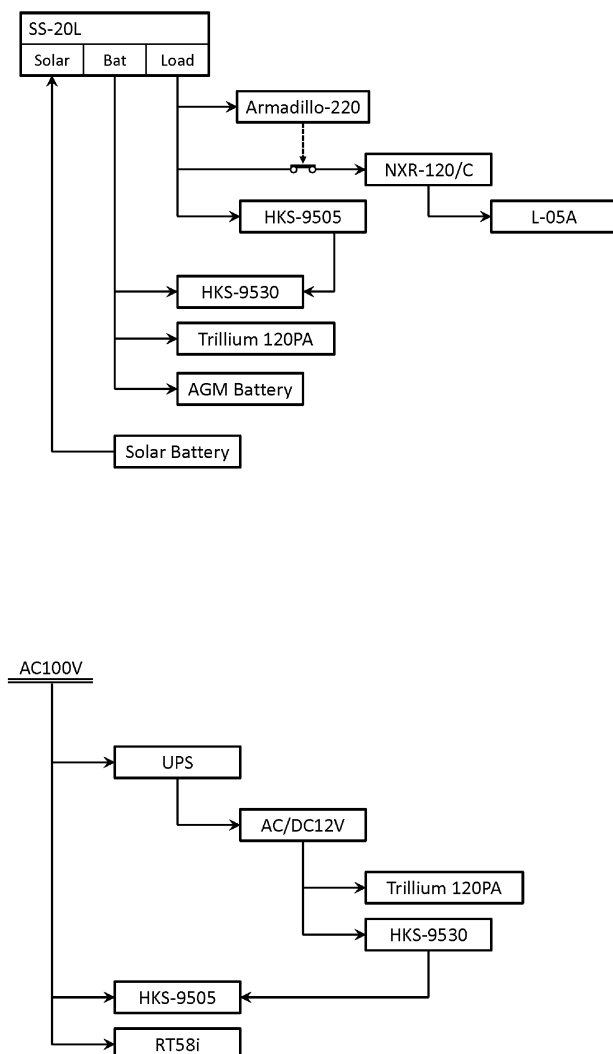


図 6. 上は独立電源、下は商用電源の配線図。独立電源観測点にあるアットマークテクノ製 Armadillo-220 は、一定時間外部との通信が途絶するとリレー回路により NXR-120/C への電源回路を Off-On する。

定できなかったのは残念である。また、臨時観測点の配置が広域であるのに加え、観測点間の移動経路も地形によって深く回り込んでいるため、車での移動に多くの時間を要した。加えて、当初は火口 4 km 以内の立入規制（3 月 22 日に 3 km 以内に縮小）が引かれており、規制区域内にある霧島温泉から霧島火山観測所間の短絡ルートが不通となっていたこともあり、全体の作業効率はすこぶる悪いものとなった。更に、工事の工程で気になったのは、NTT 回線が申請から開通までに 1 ヶ月程度の時間を要したことである。これは今後同じような新設作業を行う場合には十分留意しておく必要があり、工事の際には優先して進めるべ

きものと感じた。

今回、この業務で最も考えさせられたことは、普段無人である遠隔地において観測点を展開する場合、地元の地権者や自治体などの関係者との間で信頼関係を築くことがなかなか難しいという点である。これは普段浅間山の地元で観測を遂行している者として、あらゆる場面において業務上の多少の障害となることは否めないと感じた。その一方で、短期間ではあったが、現地駐在中に接触した担当者や関係者は総じてこちらの事情を良く理解し好意的であった。ただ、これも我々の姿勢を一つ間違えれば先方の対応もまた違ってくるということを肝に銘じて業務にあたるべきである。

前述したとおり、今回の臨時観測点設置では大変多くの機関や人々と接触しながら業務を遂行することとなった。火山という自然を相手にする観測とはいえ、まずは人を相手にすることがいかに重要かということを改めて思い知らされた業務であった。

謝 辞：霧島臨時地震・空振観測点設置に際して、小野田幹人氏、宮崎県えびの市、鹿児島県姶良郡湧水町、湧水開発株式会社、社会福祉法人智光会、鹿児島県霧島市、鹿児島県、霧島開発株式会社、宮崎県小林市の皆様に、快く土地の提供にご協力頂いた。臨時観測室が設置された霧島総合支所では、地域振興課の栗野正人氏を始め支所の皆様には多方面において多大なるご協力を頂いた。期間中の事務補佐として、美坂百代子氏にお世話頂いた。気象庁開設の霧島山（新燃岳）総合観測班現地事務所には現地作業における連絡や調整をして頂いた。武尾実教授、大湊隆雄准教授、市原美恵助教、及川純助教、長岡優氏、前原祐樹氏の皆様には観測点設置における適切なアドバイスや多大なるご協力を頂いた。テレメータ開設時や保守作業時には卜部卓准教授、田上貴代子技術専門員、宮崎裕子氏にご協力頂いた。事務部契約チームと研究支援チームには鋭意協力して頂いた。本稿を査読して頂いた岩崎貴哉教授と新谷昌人准教授には有益なご指摘を頂いた。

ここに記して感謝いたします。

## 文 献

- 井村隆介, 1995, 霧島火山の地質, 地震研究所彙報, **69**, 189-209.
- 井村隆介・小林哲夫, 1991, 霧島火山群新燃岳の最近 300 年間の噴火活動, 火山, **36**, 135-148.
- 福岡管区気象台火山監視・情報センター・鹿児島地方気象, 2011, 霧島山の火山活動解説資料（平成 23 年 1 月）, 気象庁, 25 頁.