

平成 26 年度 地震研究所職員研修会 アブストラクト集



平成 27 年 1 月 28 日(水) ～ 30 日(金)

地震研究所研修運営委員会

室戸地殻変動観測所の台風 11 号による被害とその復旧

渡辺 茂¹、芹澤 正人¹、○増田 正孝¹、三澤 徹²

1. 東京大学地震研究所
2. 東京大学生産技術研究所

1. 室戸地殻変動観測所について

室戸地殻変動観測所は四国の室戸岬の南端に位置する横坑である。この観測所は、再び発生すると思われる南海や東南海地震に関連する現象を観測するため、和歌山県の潮岬観測点とともに 1994 年に設置 (1995 年完成) された。横坑の全長は約 140m、被り長は約 80m あり、坑内には基線長 18m の石英管伸縮計 3 成分、基線長 20m の水管傾斜計 2 成分、広帯域地震計などが設置されている (図 1)。2009 年からは北海道大学の管理する地殻変動データベースに傾斜 2 成分、伸縮 3 成分および気圧のデータが送られ、関係者にデータが公開されている。また室戸基準重力点として、国土地理院による絶対重力観測にも活用されている。

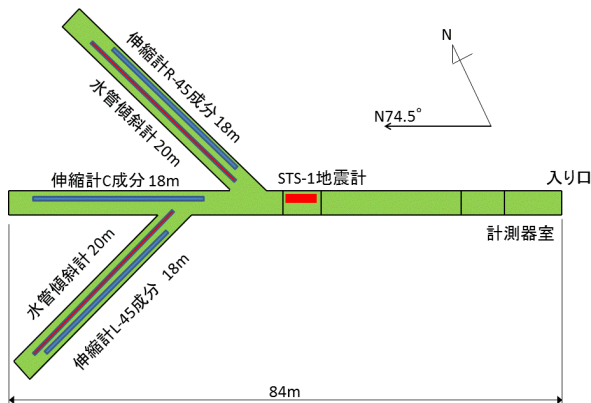


図 1. 室戸地殻変動観測所の坑内図

2. 台風 11 号による被害

平成 26 年 8 月 10 日午前 10 時頃から傾斜と伸縮を含む全てチャンネルの電圧に異常が見られ、その後、電圧が変動しなくなった。台風 11 号により 8 月 9 日から大雨が四国の広範囲に及んでいたため、その影響と思われる。翌日に近所の方に横坑の入り口を確認しに行ってもらったところ、坑内が 20cm ほど水

に浸かっているとのことであった。予備用の機材や回路を準備し、8 月 26 日に被害状況を確認しにいったところ、以下のような被害がみられた。

- ・石英管が 3 成分ともに固定端付近で破損
- ・壁のコンセントが漏電により焼き焦げ
- ・UPS が浸水により故障
- ・電源ユニットが浸水により故障
- ・バッファアンプと基板が、DC 電源からの漏電により損傷



写真 1. 石英管伸縮計の被害状況 断熱用の発泡スチロールが全て台座から浮き上がっていた。

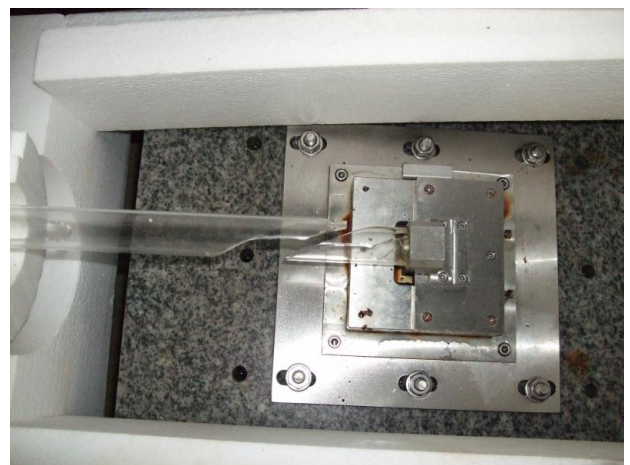


写真 2. 石英管伸縮計の固定端部分の破損箇所

伸縮計に断熱用として使用している発泡スチロールの覆いが、水の浮力によって浮き上がってずれていた(写真 1)。固定端は台石に固定されている為、固定端付近の石英管を破損してしまった。(写真 2)。復旧させるためには、石英管の破損箇所を切断し、新石英管を溶接により繋げることが必要となった。

また全ての部屋の壁で、坑内に浸水した水が乾いたときに出来たと思われる汚れの跡が見られた。その痕跡から水面の達した高さを測定したところ、入り口の部屋が 16cm、第 2 室が 40cm、石英管伸縮計や水管傾斜計のある最奥の部屋では 50cm 以上となった。大量の水は主に坑内奥から湧き出したこと、坑内から外へ水を放出する排水能力が追い付かなかったことが推測できる。

幸いなことに STS-1 の本体がグラスベルで密封されていたため浸水せず、回路を入れていたクリアボックス内にも水が入らなかったことにより、被害はほとんどなかった。

3. 復旧と浸水対策

復旧は 2 回に分けて行われた。最初の復旧作業は 8 月 26 日からの 4 日間で、故障した基板・アンプを交換し、水管傾斜計のデータ転送を行えるようにした。この時点では石英管伸縮計は壊れたままである。その後、石英管の切断や溶接を行える方を探し、東京大学生産技術研究所の三澤さん(本稿共著者)にお願いすることとなった。12 月 15 日からの 5 日間で石英管の溶接を含む、復旧作業を行った。



写真 3 石英管伸縮計の溶接の様子

12 月の復旧作業ではまず、石英管の固定端での位置と各中間ブロックからの高さ調整・切断や溶接時に石英管が動かないように、用意したアルミ L アンクルで支えた。その後、石英管の破損した部分をダイヤモンドカッターで切り落とし、新たに用意した石英管との溶接を行った(写真 3)。溶接のつなぎ目が、バーナーによる圧力で凹まないように、管の中に息を注入しながら溶接が行われた。

その後、浸水時に石英管内に入った水を抜く作業や石英管を吊り下げているワイヤーの張り替えと調整、故障した基板・アンプの交換を行った。また次に浸水しても発泡スチロールが浮き上がらないように、アンカーとワイヤーで固定した。他にも新たな棚を導入して回路や UPS を高い位置に設置したり、壊れた壁コンセントの修理を行って、かさ上げしたりといった浸水対策を行った。

4. 伸縮計の感度検定

伸縮計のセンサーが 3 成分とも水に浸かってしまったため、新たなセンサー(IWRM12U9501 Baumer Electric 社製)に交換を行った。そのため 3 成分ともデジタルマイクロメータを用いて感度検定を行った(図 2 上から R-45 成分、C 成分、L-45 成分)。

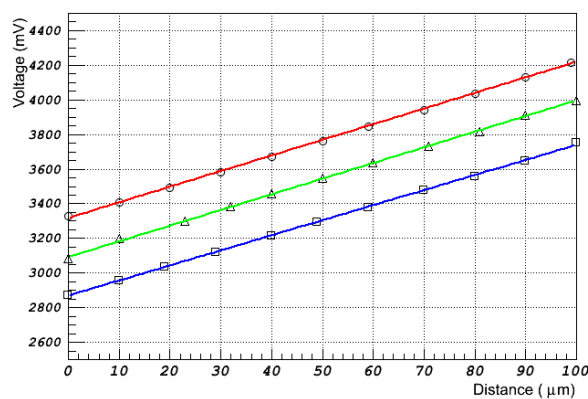


図 2. 伸縮計 3 成分の感度検定データのサンプル

変位量(μm)に対するセンサー出力電圧(V)

また今回の石英管の復旧によって石英管自体の全長が変わってしまったため、レーザー測距器を用いて伸縮の基線長を測定した。基線長さや、センサー感度、回路ゲイン等を用いて感度を求めた。これにより、物理量として信頼できる伸縮データを得られるようになった。

リアルタイム GNSS 時系列可視化ツールの開発

○出町 知嗣¹⁾・太田 雄策¹⁾・三浦 哲¹⁾・立花 憲司¹⁾・佐藤 俊也¹⁾・日野 亮太²⁾

1) 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

2) 東北大学災害科学国際研究所

1. はじめに

リアルタイム GNSS 解析による時系列データを用いて地殻・地盤の変動を連続的に監視し、その解釈を行うためには、解析結果の時系列を容易に可視化できることが重要である。通常、これらの解析結果を表示するためには、解析結果を汎用のグラフ作成ソフトウェアで読み込んで描画し、確認することが多い。こうした方法はある決まった時間幅や変位幅で大量の観測点のデータを図示して、包括的に閲覧する場合には有効である。一方、ユーザが任意の領域の拡大や縮小を行うためには表示範囲を変更して作図をやり直す必要があるなど、地震等によって突発的に発生する地殻変動の様子を目視で監視するという目的には必ずしも合致しない。さらに、利用するソフトウェアによっては描画のためにコマンドライン操作が必要なことも多く、操作性が必ずしも高くない。そこで、ユーザが GUI (Graphical User Interface) による操作によって、リアルタイム GNSS 解析時系列データを容易に確認することを目的とした可視化ツールの開発を行った。本可視化ツールは東北大学にて実施している RTK-GNSS 解析結果の表示に利用しているほか、国土地理院によって開発が進められている地震規模即時推定システム REGARD (Real-time GEONET Analysis for Rapid Deformation Monitoring) (矢萩・他, 地球惑星科学連合大会, 2014) での時系列データ表示にも利用されている。

2. リアルタイム GNSS 解析結果可視化ツール

可視化ツールの開発にあたっては、ユーザの閲覧場所やソフトウェア、オペレーションシステム等に依存せずに時系列データの可視化ができることを前提とし、ネットワーク接続が可能な環境であればどこからでも利用可能なウェブアプリケーションとして開発を行った。図 1 に本可視化ツールを構築するためのシステム全体の構成図を示す。

本可視化ツールでは任意の 1 観測点の解析結果に対して東西・南北・上下各変位成分・解の種類 (FIX 解/FLOAT 解)・使用衛星数の 5 項目について、1・10・60 分間の中から表示時間幅を選択してグラフ描画ができるようにした。そのため、アプリケーションサーバ上では、ファイルサーバに逐次書き出される各観測点の解析データファイルをその都度読み出し、各観測点の各項目について描画のために必要となるデータファイル (描画用データファイル) を作成する。ユーザによる観測点や表示時間幅の選択操作は、CGI (Common Gateway Interface) を介して対話的に行う。アプリケーションサーバは、ユーザ側から表示したい観測点・表示時間幅の情報を受け取ると、グラフ描画のための HTML ソースを返す。それによってユーザ側ウェブブラウザに意図したグラフが表示される (図 2)。また、一定時間が経過するたびに表示データの再読み込みを行い、常に最新の時系列を表示できるようにした。時系列グラフの描画には JavaScript 言語によって記述されたオープンソースライブラリである dygraphs (<http://dygraphs.com/>) を使用した。このグラフ描画ライブラリは、時系列データの表示に特化しており、GUI によって描画範囲を自由に拡大できるなどの利点がある。

3. まとめと今後の課題

リアルタイム GNSS 解析にもとづく地殻・地盤変動のモニタリングのために、時系列データ可視化

ツールの開発を行った。これによって、従来のように手作業で作図作業を行わずとも容易に時系列データを閲覧できるようになった。これは、地震・火山活動等のイベント発生にともなう地殻・地盤変動の把握だけではなく、定常時にも解析された時系列データの品質確認のためにも極めて有用である。今後は変位データの水平面プロット等の描画機能の拡張を図り、より地殻変動モニタリングに適した可視化ツールとして開発を継続していく予定である。

謝辞

本研究では、国土交通省国土地理院と東北大学による共同研究「津波予測支援のための GNSS リアルタイム解析に関する研究」にもとづき、国土地理院 GEONET リアルタイムデータを使用させて頂きました。時系列グラフ描画ライブラリとして dygraphs (<http://dygraphs.com/>)を使用しました。記して感謝致します。

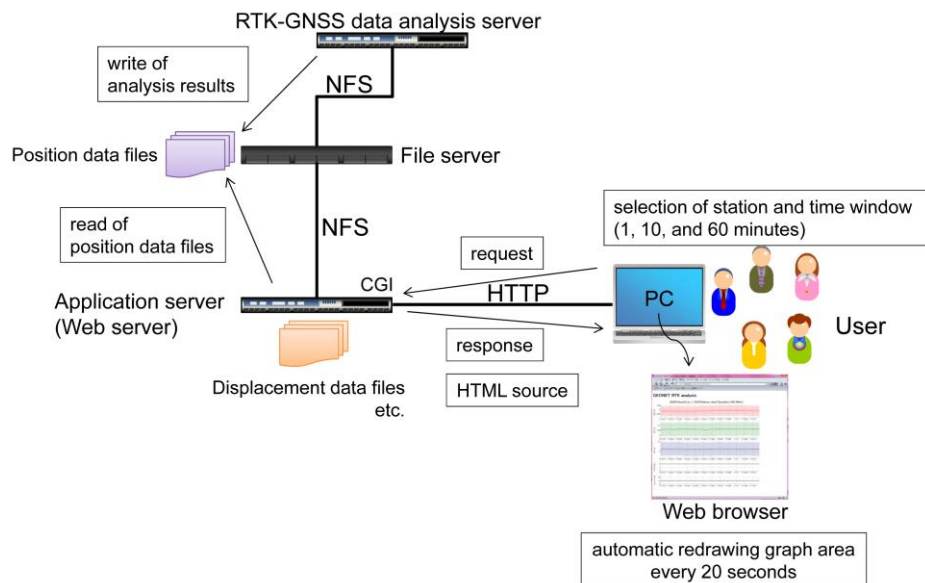


図 1. 可視化ツールの概念図.

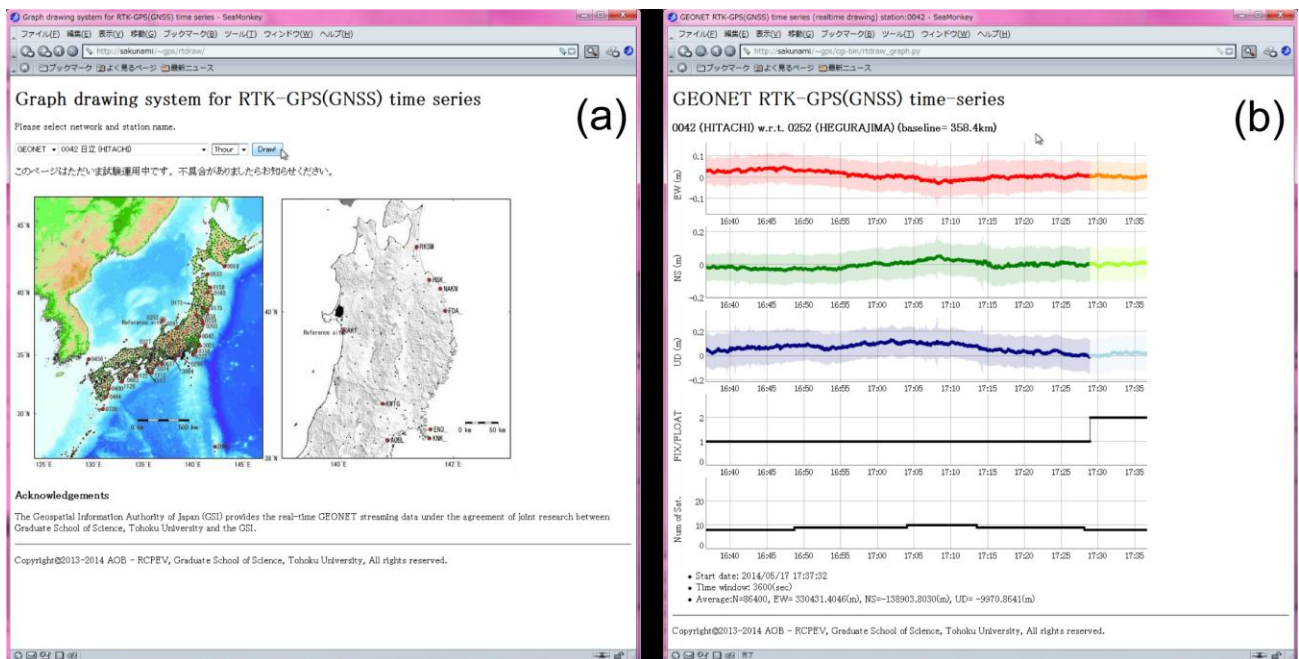


図 2. 可視化ツールの表示例. (a)観測点・表示時間幅選択画面. (b)GEONET 0042 (日立) 観測点の RTK-GPS 解析結果時系列表示例.

気象庁地震火山系システムの設計・構築等に関わる職員の能力開発に向けた取り組みについて

相澤幸治

気象庁地震火山部管理課調査官（人材育成担当）

1. はじめに

気象庁では、地震・津波等の観測データをリアルタイムで収集し、分析・予測処理を行い、種々の情報として組み立て国民や関係機関へ提供している。これら気象庁の発表する一連の情報は、国民や防災関係機関の防災対応・意思決定を支援し、もって防災・減災に寄与することを目的としている。近年、データの収集、分析・予測処理に要する時間は ICT 技術を背景として短縮され、これに伴い、緊急地震速報をはじめ、地震業務処理システムには自動処理技術を大幅に取り入れたリアルタイムの防災情報の運用を行うに至っている。

このような地震火山系システムの設計・構築等に関わる気象庁職員の能力開発に向けた取り組みについて以下に紹介する。

2. 地震火山系システム化の進展と生じた課題

気象庁では、1980 年代以降、地震や津波、火山の監視において職員の手作業を自動化（高速化）するという思想でシステム化を図ってきた。地震津波の分野では 1995 年の阪神・淡路大震災以降、基盤観測網や震度観測点の増加に伴って、大量のデータを処理し、震度情報や津波データベースを用いた津波警報等を迅速に発表するために大規模化し、また、津波警報等の的確な発表に用いる解析（自動 CMT 解等）を組み入れる等、複線化が進んだ。さらに、2000 年代後半に入り、ICT 技術の進展により、波形取得から分析・予測処理、情報の組み立てまでが完全自動処理システムによって行われる緊急地震速報を実用化した。緊急地震速報は、情報発表判断を含めた自動化システムであり、ここに至り、手作業を自動化（高速化）し職員の業務を支援するという思想を超えることとなった。

職員には、システム化の進展に伴って、地震学等の素養に加え、システムの設計・構築等に合目的化した能力が求められるようになった。しかしながら、以下のような課題が生じている。

- ・システムの設計・構築は、以前は、地震学の素養とシステムに対する合目的意識を有する少数の職員で対応が可能であったが、大規模化・複線化により、素養や目的意識の異なる多数の職員が関わるようになった。
- ・システム中の個別要素の開発が重視される一方、全

体最適を図る技術が認識しにくくなった。

- ・分析処理等のライブラリ化、アプリケーション化が進み、誰でも利用しやすくなった反面、データのイン、結果のアウトを含め技術自体がブラックボックス化した。

3. 地震火山業務処理技術研修の実施

気象庁地震火山部では、地震火山系システムを将来にわたって維持・運営していくため、2. で挙げた課題を踏まえ、「木も森も流れも見ることが出来る」「ブラックボックスを開けて中身を見る／書くことが出来る」「人知れず動き続ける仕組みにすることが出来る」ことを目的とした職員の能力開発に組織的に着手した。

人材育成の場として OJT は有効であるが、日々の業務では以下のような課題がある。

- ・30 代以下の職員には、業務に就いた時点から観測ネットワークからの多数のデータが自動的に入電、自動的かつ安定的に処理が実行されるという環境が用意されているため、システム全体がどのように構築されているか、を知る機会が得られない。
- ・40 代以上の職員は、現在もシステム設計・構築の中心であることから、培った暗黙知の文書化等の形式知化や、経験を物語る（共有する）、といったインセンティブが働きにくい。

このため、職員に業務から離れさせた場を与え、受講生には相互学習の刺激による気づきと共有を、講師には資料作りを通じた系統的な形式知化や物語りによる経験の共有の促進を図るため、2010 年から、年間 10 日間（5 日間連続を 2 回）の集合研修として、地震火山業務処理技術研修（2013 年までは地震業務処理技術研修）を実施している。受講生は気象庁内から数年程度の実務経験を有する若手・中堅職員 10 名とし、要請に応じて気象庁外からも研修協力員として参加可能としている。

本研修では、波形データの取得・伝送、波形処理、自動検測、震源解析（震源情報の作成）の一連の流れを題材に、講義と演習により、地震学の基礎、デジタルデータの取り扱い、ネットワーク技術、プロセス管理等の一連の仕組みを習得するカリキュラムとしている。カリキュラムの編成にあたっては、気づきの教育効果をもたらすため、受講生が地震処理技術の全体像

を講義・演習が進むにつれて次第に見えるようにすること、ブラックボックス化している機能（波形の伝送・取得、波形フォーマット、フィルタリング、TCP/IP等）や機器の繋がりを手元で作り上げ「見える化」すること、実際にソースコードを書き、閾値の設定によっては動かないことを体感すること、等を考慮している。5日間の演習は、データ・インから結果のアウトまでを時系列を持つストーリーとして意識化できるよう、個別要素を作り上げつつ自動処理の仕組みが実現するように編成しているほか、実働しているシステムでは実装しにくい試行錯誤的なプログラムも実習のなかで敢えて実施できるようにしている。本研修ではソースコードの作成能力が必要となるが、受講生によっては経験が乏しい場合があることからプログラム作成の基礎的な演習を行うとともに、受講生同士の教え合いとTeaching Assistantによる支援を実施している。

また、研修講師にはシステム構築等に造詣を有する学識経験者や気象庁内の技術者を配置している。気象庁内の技術者には、研修のための資料作成を通じて暗黙知を形式知として共有化するとともに、自らの経験を講義の中で物語ることにより、経験から見出した意味を再確認する機会としている。

4. 地震火山業務処理技術研修の効果と課題

受講生のアンケートでは、基礎事項について理解を深め、演習や自主課題を通じて知識を実践に繋がれた、手元でシステムを組み立てる面白さを感じるとともに出来上がる達成感があった、等の意見が寄せられている。その一方で、プログラミング経験が乏しく授業について行くのが難しかった、地震学の基礎知識が乏しく習熟には至らなかった、等の意見も出されている。受講生アンケートを見ると研修実施者側の意図は概ね達成できているが、集合研修だけではなく、個人の能力に合わせたOJTの実施や、地震学やプログラミング技術の素養が豊富ではない職員のためのe-Learningの整備等の必要性が示唆される。

また、研修講師へのヒアリングでは、経験で得た「仕組みの設計・構築・維持」に関する知見（暗黙知）が研修資料の作成等によって表出化することで知識の体系化（形式知化）が図られた、若手職員と「システム」という用語の概念が共通化した、といった回答があった。その一方で、日々の業務の中では研修での気づきを定着させる環境が得にくいほか、受講生が得た気づきがなかなか組織に浸透しない、といった課題も挙げられた。業務の中で、研修講師であるベテラン職員が意識的に研修と業務の繋がらせること、一度形式知化した内容を組織として暗黙知化する内面化のプロセスが必要と考えられる。さらに、本研修の演習では分析

処理に重点を置いているが、地震計等の測器の電子技術や伝送にも時間を割くべき、といった意見もあった。

5. 今後に向けて

本研修の受講生は、2010年から2014年までの5年間で50名を数え、地震火山系職員の概ね10%程度を占めるに至った。気象庁本庁および管区气象台等では、システム担当に配置された受講生が日々の運用・維持等に携わっているほか、初期の受講生にはシステム設計・構築の主要構成員となっている者もいる。

気象庁に対する、地震・津波・火山噴火に伴う自然災害の防止・軽減のため迅速かつ的確な情報が必要、という社会の要請に応えるためには、大学等で得た地震学、火山学等の学問的素地（概念力）の上に、地震や火山の情報発表に関するシステムの設計・構築等に合目的化した能力（具現力）を有する職員を一定数確保することが必要である。このため、地震火山業務処理技術研修は気象庁地震火山系のシステム管理・運用業務において重要な位置づけとなっている。

気象庁における職員の能力開発では、10年、20年先の業務の方向性を見据えつつ、現在の業務にも繋がる本質的な能力を伸ばすカリキュラムが必要である。ここ数年程度は、データの取得から分析処理、情報組み立て、情報伝達をリアルタイムの時系列の中でストーリーとして、また、個別要素間を繋がりとして、意識的に捉える能力を伸ばすため、これまで実施してきたカリキュラムを改善していくことが重要と考えている。さらに、今後は、海底地震計網などから新たに大量のデータが加わることから、個々の閾値の設定とともに、データの追加による精度低下を抑制する仕組み等のカリキュラム化についても検討が必要であろう。また本研修を通じて、個人の経験を繋ぎ合わせ、組織として物語るアプローチも必要であろう。

本研修を含め、気象庁のシステム（仕組み）は、気象庁というシステムに内在せず、常に外界（社会）との接点を持ち、外界との効果的なコンフリクトの中で発展させていくことが必要と考えている。

地震火山業務処理技術研修では、その立ち上げから今日に至るまで、東京大学地震研究所のト部先生、鶴岡先生に多大なるご協力を頂いている。また、平成26年度には森田先生や岩崎先生、5名の技術職員の方にご協力を頂いた。ここに記して御礼を申し上げます。

参考文献

- 大竹ほか（2010）気象庁における地震業務処理技術研修の報告、日本地震学会秋期大会講演予稿集
- 大竹ほか（2013）気象庁における地震津波監視システム開発のための人材育成の取り組みについて、日本地球惑星科学連合大会予稿集

2014 年長野県北部の地震の直前から行った一連の緊急地震観測 (概要編)

東京大学地震研究所

技術部総合観測室・○宮川幸治

はじめに

2014 年 11 月 22 日 22 時 08 分、長野県北部で $M_{jma}6.7$ ($M_w6.2$) の地震が発生し、最大震度 6 弱を記録した。震源は長野県白馬村の深さ約 5km で、震源域は小谷村から白馬村の南北約 20km に及ぶ (図 1)。震源断層は東傾斜の逆断層であり、神城断層の北側の一部とその北方延長が活動したと考えられている。

地震研究所では本震前日から、本震を取り囲むように 4 点の臨時オフライン地震観測点を設置していた。その後本震が発生したため、その翌日から再度現地入りし、7 点を追加して計 11 点の臨時地震観測網を構築した (図 1)。3 点は携帯電話を用いたオンライン点である。

本発表では、本震の前と後に実施した緊急地震観測の概要について紹介する。

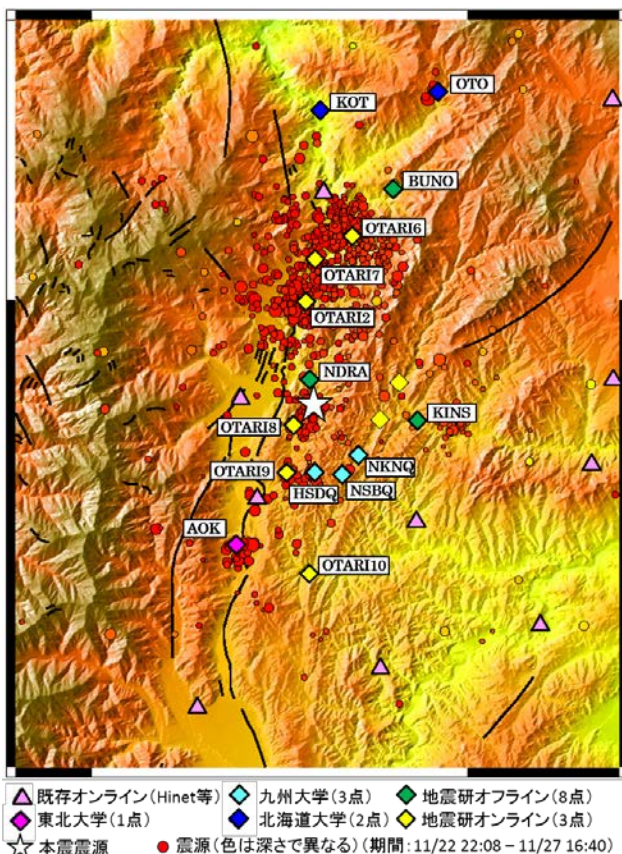


図 1: 震源分布と観測点配置図

本震前に実施した緊急地震観測

本震震源の周辺では、本震 4 日前の 18 時半頃から小規模な群発地震が発生していた (図 2)。その規模は、 $M_{jma}2$ 以上の地震が 18 日に 4 回、19 日に 2 回であり、震度 1 以上を記録したのは 4 回だった。また気象庁一元化震源によると、この 2 日間で検知された地震は約 40 個だった。

群発地震の規模は小さかったが、深さはいずれも 6km 未満と浅く、発震機構解によると普段は横ずれ型が主の地域に対して逆断層のものがあリ、また同じような規模の地震が連続して発生している状況だった。この群発地震活動と周辺の活断層との関係をより詳細に調べるためには、群発地震域の周辺に臨時地震観測点を設置する必要があると判断され、19 日午前に、技術部総合観測室に 4 点の臨時地震観測点の設置要請が来た。

その要請を受けて、他の予定との兼ね合いや現場経験などを加味して 3 名の技術職員が選ばれ、機材準備を半日で行った後、20 日から 21 日かけて現地入りし、4 点の臨時オフライン地震観測点 (バッテリー駆動) を設置した (図 3)。4 点の設置場所は、震源域の広がりや既存観測点配置を考慮して決められたターゲット座標を中心として、その周辺で適切な場所を探して決定

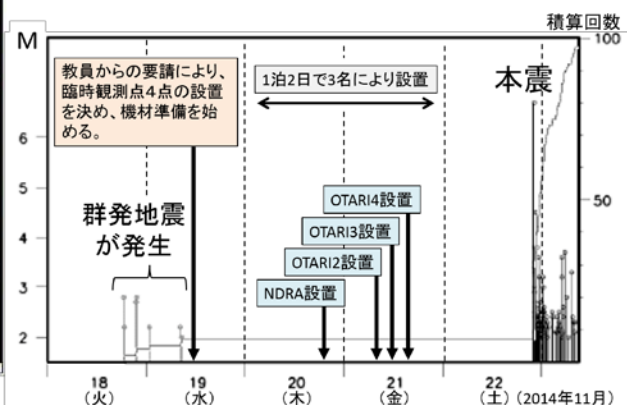


図 2: M-T 図及び回数積算図 ($M \geq 2.0$ の地震のみを表示)。気象庁の図に加筆

した。豪雪地帯であることから、冬季にも道が除雪されて車によるアクセスが可能であり、また雪で深く埋もれたり流されたりすることが無い場所を念頭に場所選定をした。また設置時には、GPS アンテナを高い位置に設置するなどの積雪対策を施した。

本震後に実施した緊急地震観測

4 点の設置を終えた翌 22 日（土）夜に本震が発生し、その日のうちに総合観測室長から「休日ではあるが翌日、勤務可能な者は地震研に来るように」との連絡が各総合観測室技術職員に入った。

23 日（日）11 時に開かれた「観測対応のための検討会」には関係する教員と技術職員が集まり、今後の緊急観測プランが練られた。その結果、3 班体制（技術職員計 9 名）で、臨時地震観測点を更に最大 9 点追加することとなった。

3 班による設置作業は 24 日から 26 日にかけて実施され、5 点のオフライン点と 2 点のオンライン点が追加設置されて、既設オフライン 4 点と合わせて計 11 点の臨時地震観測網が構築された（図 3）。他大学では北海道大学・九州大学・東北大学が、地震研究所も含めて観測点配置について調整した上で、臨時点をそれぞれ 2 点・3 点・1 点設置した。よって共同観測点も含めると 17 点の臨時地震観測網となっている（図 1）。

その後 12 月 15 日～16 日には、バッテリー駆動のオフライン点を翌年 3 月まで無保守で運用するために、バッテリーの交換作業や、より消費電力の小さいロガーへの交換作業が行われた。また本震震源に近い NDRA 観測点では、本震直後から

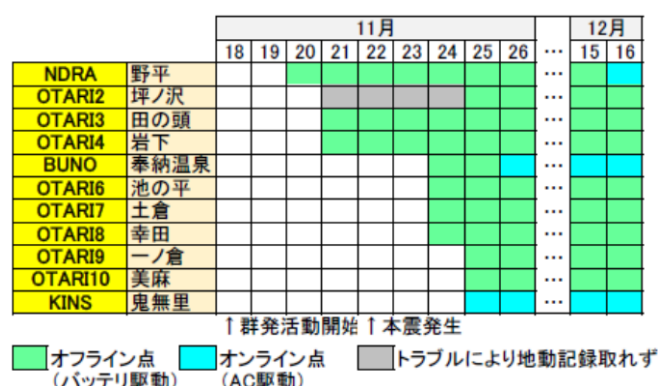


図 3：観測点設置日程

地区が立ち入り禁止となったために保守が出来ずにいたが、規制解除後の 12 月 16 日に訪問し、データの回収を行うと共に、オンライン化した。オンライン点は計 3 点となり、観測網の北側・中央・東側に配置され、地震活動の推移をモニターするのに役立っている。

参考として、NDRA 観測点で観測された本震波形を図 4 に示す。地震計（LE-3Dlite）の特性により、初動到達の約 1 秒後から約 0.019m/s (約 1.9kine) で飽和している。

技術部総合観測室ではこの他に、緊急観測の第 2 弾として、12 月初旬から約 2 週間に渡って実施されたオフライン稠密観測にも携わった。この観測では、今年度購入した Geospace 社製 GSX レコーダー-227 式を 4.5Hz3 成分地震計と組み合わせて、震源域及びその周辺に約 1km 間隔で設置して観測が行われた。

謝辞

今回の緊急地震観測を実施するにあたり、白馬村役場・小谷村役場・大町市役所・長野市役所には多大なご協力を頂きました。観測点の個人地主の方々には、土地借用にご理解を頂きました。白山工業の出川氏・宮崎氏には、携帯電話によるテレメータ装置の設定やオンライン化などにご尽力頂きました。記して深く感謝致します。

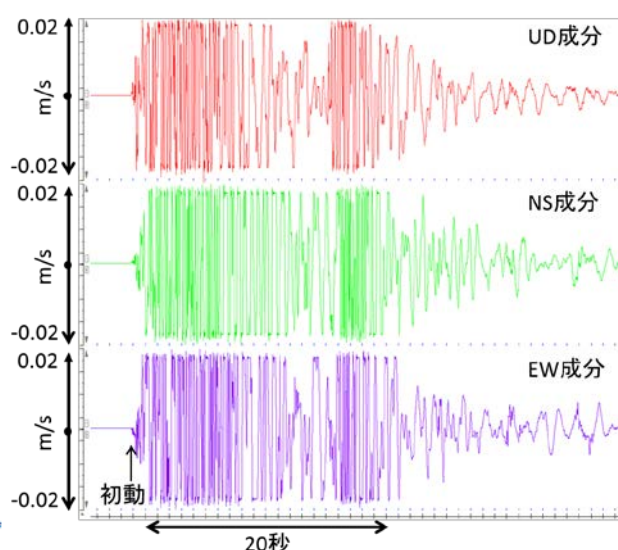


図 4：NDRA 観測点で観測された本震波形

新型オフラインロガーGSX の導入と長野県北部の地震の余震観測への応用

田中伸一・坂守・蔵下英司（東京大学地震研究所）

はじめに

内陸地震発生メカニズムを解明する上で、内陸地震の震源断層を高分解能で明らかにし、精密な震源分布や発震機構解を得ることは重要である。その為には、本震発生直後、速やかに震源域直上に多点の観測点を設置し、高密度な余震観測記録を取得することが求められる。このような観測を実現するためには、設定や設置が簡便な観測機器を多数準備することが必要である。米国 Geospace 社製 GSX（3 チャンネルタイプ）は、センサーとバッテリーを含めても A3 用紙サイズに収まるほどコンパクトであり、防水/防塵に優れ、設置作業も簡便である。しかし、GSX は地下構造調査のために開発されたものであり、自然地震観測にそのまま使用できるかどうかは不明であった。そこで、GSX の性能評価試験を行ったので、紹介する。また、2014 年 11 月 22 日に長野県北部で発生した地震（Mj6.7）の余震観測に GSX227 台を展開した事例についても紹介する。

GSX 性能評価試験

① GPS 時刻補正

GSX 本体には GPS アンテナが内蔵されており、6 分に 1 回の頻度で内部時計の時刻校正を行う。受信感度について、様々な実験を試みたが、後述するように約 2m の雪に埋もれていても電波を受信できるほどの高感度を有し、時刻校正が正しく行われていた。一方で、位置座標をあらかじめ入力することにより 1 基の GPS 衛星のみでも時刻補正できる機能は無く、GPS 衛星を 4 基以上捕捉して測位と時刻補正を同時に行う

機能しかない点に注意が必要である。

② オペアンプ由来の DC オフセット

GSX は増幅回路が内蔵されており、入力値を、最大 36dB まで増幅できる。一方で、増幅回路由来の DC オフセットが観測値にのるため、1Hz でローカットするフィルターが備わっている。このローカットフィルターを OFF にした場合に長周期側の波形特性に及ぼす影響を調べる為、レナーツ社製 LE-3Dlite（1Hz）を用いて実際に地動を観測し、FFT 解析を行なった。その結果、DC オフセットの値は十分に安定しており、観測に問題ないことが確かめられた。

③ 収録地震波形の特性

収録波形の特性チェックは、現行の機動観測機器と並行観測して比較することで確かめた。地震研究所内（バックグラウンドノイズ大）および足尾観測点（バックグラウンドノイズ小、図 1）において、クローバーテック社製 DAT5+LE-3Dlite、白山工業製 LS-8800+LE-3Dlite、GSX+LE-3Dlite、白山工業製 LS-8200SD+Geospace 社製 GS-11D（UD のみ、DF=0.7）、GSX+GS-11D3ch（4.5Hz、GSX の内部抵抗を加味して DF=0.7 に調整）を並行に設置して観測した。得られた地震の波形を比較したところ、振幅・波長共に観測誤差範囲内で一致した。また FFT 解析においても、GSX と現行機はおおよそ同じ値を示した。一方で、現行機と GSX の間において、時刻が最大で約 15msec ずれていた。デシメーションフィルターは、その設計によって時刻に差異が生じるため、現行機の間においても、郡遅延が

確認されている。GSX 個体間に差異は認められなかった。今後、現行機、GSX、定常観測点に使われているロガーも含めた郡遅延の測定を行う予定である。

以上の検討により、GSX は自然地震を観測するために必要な機能を備えていることが確かめられた。



図 1、足尾観測点での性能評価試験
長野県北部の地震の余震観測

2014 年 11 月 22 日に発生した長野県北部の地震の余震観測を行った。本震から余震への震源の遷移と、先行した緊急余震観測班の情報などを基に、地震計設置場所を仮選定した。設置作業は 12 月 2 日～5 日に行い、現場の状況に合わせて設置場所を決定した。展開した 227 ヶ所を図 2 に示す。その後、甲信越地方は連続して寒波が到来し、積雪 2m と想定を大幅に超える事態になった。回収作業は 12 月 17 日から行われたが、積雪 2m 下の GSX と無線通信することができ、ステータスチェックによって GPS を受信している状況であることが確かめられた。多くの点は人力で掘り出したが、除雪作業によって雪壁や雪溜にされた場所が複数箇所あり、人力での回収は困難であった。そこで、小型のバックホウを急遽レンタルし、雪壁や雪溜を切り崩して GSX を掘

り出した（図 3）。発表では展開、回収の様子を紹介する予定である。

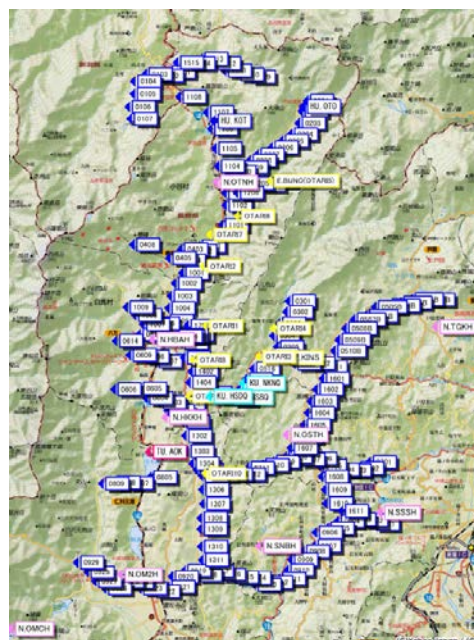


図 2、GSX の設置位置（青）



図 3、重機による GSX 回収風景

名古屋大学における御嶽山噴火前後の観測体制について

○堀川信一郎

名古屋大学 全学技術センター（地震火山研究センター）

【はじめに：本年度当初の観測体制】

2014年9月27日御嶽山（長野県・岐阜県）が水蒸気爆発により噴火した。1976年から始まった御嶽山南東山麓での群発地震、1979年の有史以来初の噴火、1984年の長野県西部地震を経て30年、発生領域を移動しつつ時折活発化する群発地震や稀に発生する山頂直下の地震活動に対応するため、この地域の観測点の強化を進めている中での出来事であった。山頂に比較的近い場所には、名古屋大学、長野県、岐阜県、気象庁設置の定常的な観測点（主に地震観測点）があるが、残念ながら観測環境が悪かったり、稼働率が低かったりと問題を抱える観測点が多い（図1と表1）。観測点の移設や独自の山頂観測点の設置等を計画、稼働率の低くなっている長野県観測点への機材提供などを行ってきていた。群発地震の震源域は当初の南東山麓から現在は北東方向に移動し、さらに北側の活動もあるため、5年前に補強した観測網では不十分となっていた。このため3点の新規地震観測点設置を予定していた（図1の範囲外東側）。

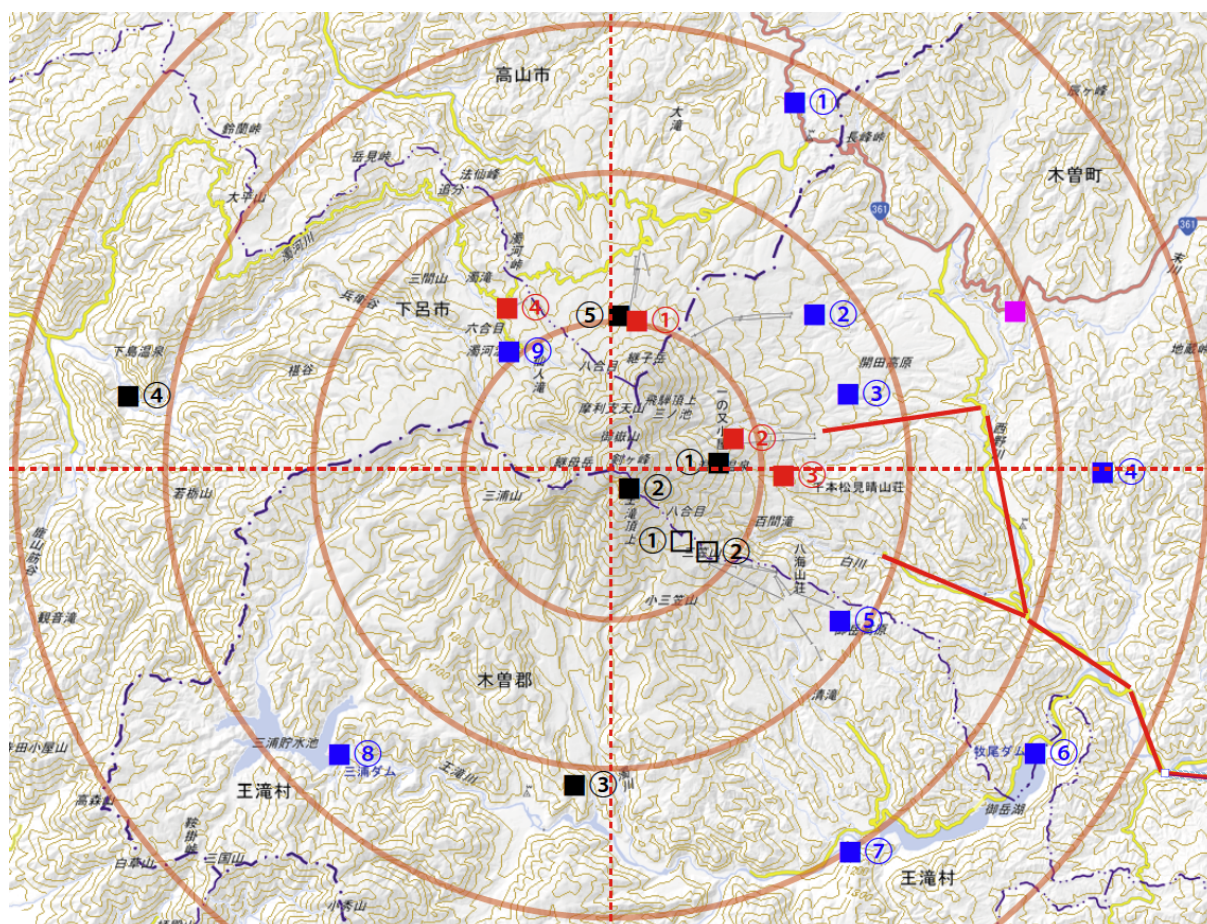


図1. 御嶽山（中心）周辺の観測点。■：名古屋大学，■：長野県・岐阜県，□：気象庁，■：Hi-NET，■：噴火後設置の観測点（—は水準測量路線）。数字は表1に対応。山頂を中心とする4km毎の同心円を表示した。

【噴火1ヶ月前の観測体制】

8月下旬からの山頂直下活動の活発化を受けて、1) 山頂に近い地震観測点を持つ長野県に対して、データ伝送の止まっている滝越およびロープウェイ観測点復旧の依頼、あるいはVSATによる観測点運用の許可取得、2) 過去に使用した臨時観測点のうちアクセスが良いマイアスキー場（山頂から北東方向）でのオフライン地震観測点設置を決めた。

9/19、マイアスキー場のオフライン観測点を設置。滝越、ロープウェイ観測点に入りVSAT設置に向けた現地下見を行った。ロープウェイのデータ断についてはブレーカのトリップが原因であったため、電源を復帰し伝送を再開した。VSAT利用については設置前に噴火に至ってしまった。

【噴火後の観測体制】

9/27噴火の報を受けて、VSAT地震観測2セット、オフライン地震観測3セットを準備して待機。

その後、滝越観測点（長野県）のVSAT化と地震アレイ観測を4km圏に近い山麓の2カ所で行う方針を決める。しかし火山活動がやや高まったため、火口の南側にある滝越観測点へのVSAT設置は見送ることとし、代わりに北側を補強する目的でチャオスキー場内へのVSAT広帯域地震観測点（Trillium120PA）を設置した（10/2）。アレイ観測については観測地の選定を行い、後日設置作業を行った。

以後、他の観測計画も順次決定。名古屋大学が単独・共同で行った観測を表2に示す。各観測地については図1を参照。

【官公庁、大学事務の対応】

今回、木曽町内の観測に限られたため、王滝村現地対策本部の様子や対応についての情報は無い。

当初、現地立ち入りに関しては、4km圏外の通行規制は「観測の旨」を現地で伝えれば通行可能であったが、その後、通行許可申請が必要となるなど対応が変わった。

現地本部は救助活動、被災者親族やマスコミへの対応に集中せざるをえず、緊急観測活動については、その場対応となっていた感があるが、このような場合、簡単な観測計画書と通行許可願（自由書式：目的、場所、期間、人員と連絡先、使用車両等）を持参し、現地本部の理解を得易くすることが大事であった。

諸般の事情から安全や管理上の問題で事務的な書類手続きを求められることが多くなっていることについては理解したいと思うが、地震・火山活動が高まるなどの異変が認められた場合や、イベント発生緊急観測の必要性が生じた場合の観測行為や用地使用許可等において、各官公庁がトップダウン的に観測に対し便宜を図ることを通達するような仕組みができることを期待したい。これは同様に大学においても必要で、事後申請になった際に速やかに申請書が提出される仕組みがなければいけないと思う。

表1. 山頂付近の主な観測点（9/27時点）：

	観測点	機関	観測項目	伝送	備考
■①	高根	名大	地震（広）	ISDN	
■②	マイア	名大	地震（短）	現地	9/19より
■③	開田	名大	地震（短）、GPS	ISDN	ノイズ高
■④	上垂	名大	地震（短）	VSAT	
■⑤	おんたけ 休暇村	名大	地震（広）	FOMA	
■⑥	牧尾	名大	地震（広）	VSAT	
■⑦	松原	名大	地震（短）	VSAT	
■⑧	三浦	名大	地震（短）	VSAT	ノイズ高
■⑨	濁河温泉	名大	地震（短）	ISDN	ノイズ高
■①	ロープ ウェイ	長野	地震（広）、空振 傾斜	WLAN 専用線	伝送不安定
■②	山頂	長野	地震（短）	WLAN 専用線	停止中
■③	滝越	長野	地震（広）、空振	現地	停止中
■④	巖立	岐阜	地震（広）、空振	専用線	停止中
■⑤	チャオ	岐阜	地震（短）、空振	専用線	停止中
□①	田の原上	JMA	地震（短）、空振		
□②	田の原	JMA	地震（短）、空振 傾斜、GPS		

表2. 名古屋大学が単独・共同でおこなった観測

10/1-2	アレイ地震観測地選定（2カ所）、チャオVSAT地震観測点設置（図1：■①）
10/4-5	八海山アレイ設置（図1：■②）
10/9	御岳ロープウェイ飯森駅 GPS設置（立入規制4km圏内）（図1：■③）
10/9-10	濁河アレイ設置（地震研と共同）（図1：■④）
10/14-18	水準測量（東濃、北大、日大、京大、九大と共同）
10/23	（合同観測班による立入規制区域への立入が可能に）
11/5-6	ロープウェイ地震観測点（長野県）VSAT化（併用）
11/6-7	チャオスキー場 GPS設置（図1：■①）
12/19	滝越地震観測点（長野県）の復旧協力（機材提供）

謝辞

本稿で記述している観測は、名古屋大学関係者の他、以下の方（敬称略）の特別なご協力を頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

木股文昭、宮島力雄（東濃地震研）、森済（北大）、村瀬雅之（日大）、大倉敬宏、吉川慎、井上寛之、三島壮智（京大理）、園田忠臣（京大防災研）、松島健、内田和也（九大）、武尾実、大湊隆雄、渡辺茂、芹澤正人（東大地震研）

阿蘇火山における火口カメラ設置経過報告

吉川 慎

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設火山研究センター

1. はじめに

阿蘇火山では、火口から連日数百トンから数千トンの SO_2 が放出されており、観測のために設置する機器には、その対策が絶対条件となる。

2011 年、火山ガス等の影響により、カメラおよびそれを支える基台が腐食し故障したため、新たなハウジングを施したカメラを設置した。それに関しては以前の研修会にて報告したが、約 3 年を経過した現在の状況や新たに出てきた問題点および今後の課題等について報告する。

2. メンテナンス

外観: 塩ビの支柱、TS チーズおよび上部蓋については、多少の色あせがある程度で問題はない。上部の蓋も問題なく空ける事が出来るため内部の除湿剤交換等が可能である。

カメラ窓: 当初アクリル板を TS チーズの径に合うように加工し使用していたが、設置から 6 ヶ月程経過した頃に、表面に曇りが生じてきたため、同じ材質の物と交換した。また、表面の水滴が残らないよう親水式のコーティングを施した。

さらに 6 ヶ月経過するとまた表面の曇りが生じてきたため、より表面の水滴が残りにくくなるよう、ドーム型アクリル板を採用したところ徐々に曇りは生じていったが、フラットな物と比較して長く観測する事が出来た。ただ、アクリルは安価ではあるが、表面に傷がつきやすく酸に弱いと、特に火山ガスの多い阿蘇では長期間の観測に不向きである事がわかった。ここまでで分かった事を元に、耐酸性・対傷性・耐熱・透明・安価という条件を設定して、新たな材質探しを行った結果、ホウケイ

酸ガラス(テンパックスフロート)を使用する事にした。このガラスは、一般的なソーダガラスに比べて熱膨張係数が小さく、上記条件に適合する性質を持っている事から採用した。

内部: ハウジングと除湿により、カメラのトラブルや腐食は認められない。ややレンズ部分を覆うカバーに日焼けが見られる程度であるが画質に全く問題ないレベルである。ハウジングを施さずに設置している麓の遠望カメラは、カバーの曇りが見られ像がぼやけている。



火口カメラが捉えたストロンボリ式噴火

3. まとめ

設置から 3 年を経過した現在でも、阿蘇火山のような高濃度の SO_2 環境下において、内部の機器の腐食が見られないことから、塩ビ管のハウジングは丈夫かつ有効である事が証明された。また、カメラ窓に利用する材質においても、安価で有効な材質を選定する事で、メンテナンスの頻度を下げながら長期間の観測が可能となった。

今後は、このハウジングを利用し、より高画質な画像を記録出来るようにしていきたい。

2014 年電磁気観測について

京都大学大学院理学研究科附属
地球熱学研究施設火山研究センター

○井上寛之 宇津木充

はじめに

京都大学火山研究センターでは、阿蘇山を主とする火山について様々な観測を行っている。今回の発表ではその観測手法の 1 分野である電磁気的な手法を用いた観測について発表を行う。電磁気的な観測とは、電磁探査や電気探査などを用いた地下構造調査やプロトン磁力計を用いた地磁気観測、磁場基準観測、SP(自然電位)探査などである。

今回の発表では 11 月下旬の阿蘇中岳口噴火に伴い、筆者が携わった観測を中心に発表を行う。

観測の紹介 (Active 観測)

観測使用機材は、テラテクニカ社の SRM-112 を使用している(図.1)。観測手法としては、電極(図.2)を地面に打ち、人工的に電流を地面に流すことによって生じる磁場の観測を行うものである。この観測を繰り返し行うことで火山活動の時間変化を調べることが出来る。機材の電源用に 12V のカーバッテリー1 個を使用する。機材の電源用とは別に人工電流用に 8 個のバッテリーを直列に接続し、トランスミッターで変圧を行い地面に電流を流し観測を行う。電流を地面に流すことによって発生した磁場をレシーバ側で観測する(図.3)。機材の設置の際、機材はプラボックスに入れ、ビニールシートで多い設置する。これは防水・防塵対策のために行っている。またコイル(センサー)は鉛直方向に埋設設置する。繰り返し同じ位置で観測を行うために、コイルが納まる塩ビ管を埋設し観測の際はその中に収納し現場での作業時間の短縮を行っている(図.4,5)。機材を現場に設置し続けないのは、落雷による機材の故障や火山ガスによる機材の腐食や故障を避けるためである。時刻校正には GPS を使用している(図.6)。観測機材の設定は、観測スケジュールなどを機材に直接入力して設定を行う。観測はノイズを抑えるため夜間にタイマーを設定し観測を行う。レシーバの位置は現在活発に活動している中岳第一火口を囲むように設置している(図.5)。今後、噴火の状況にもよるが、機材の追加が出来れば東側にもレシーバ観測点を設置予定である。

観測結果については、最近の解析結果は含まれていないが火山活動の時間変化を捕らえることが出来ている(図7)。

まとめ

Active 観測を行った。また本発表では他に行った観測についても発表を行う。解析は先生が行っているため詳しく説明できないが、私の仕事は現場作業が担当であるため、フィールドを担当している方々の参考になれば幸いである。



図.1 SRM-112



図.2 電極



図.3 レシーバ



図.4 センサー (コイル)



図.5 観測点位置



図.6 GPS

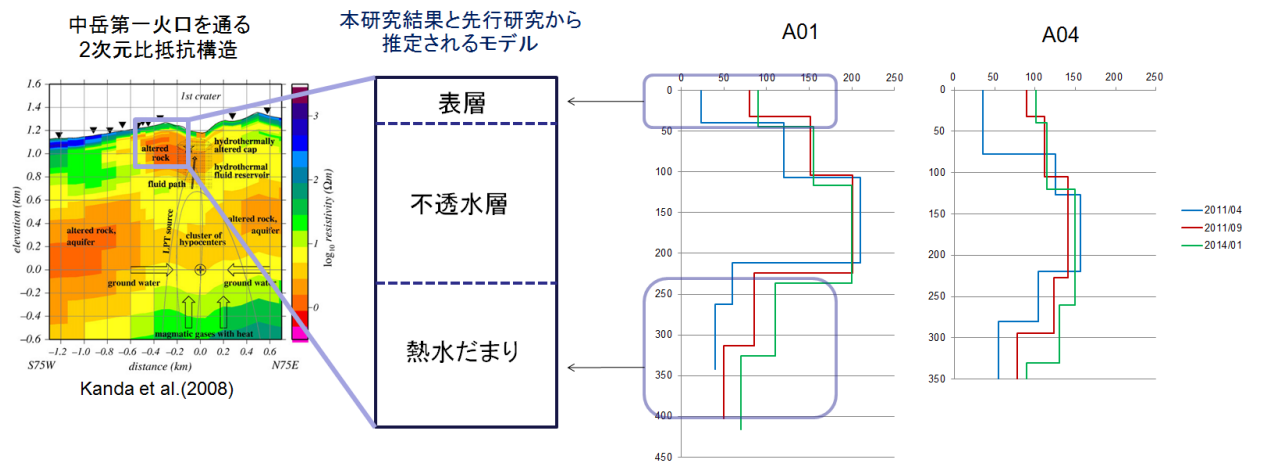


図.7 解析結果

多検体精密粉碎機に関する性能評価および運用条件最適化の検討

地震研究所 技術部 外西奈津美

はじめに

Multi Beads Shocker MB1000シリーズ（安井機器株式会社製）は岩石などの分析用試料の前処理に用いられる多検体精密粉碎機である(Fig.1)。その特徴は、密閉粉碎容器の中で試料と粉碎媒体が高速で立体八の字運動をすることにより、精密粉碎が短時間で出来る点にある。本機の導入により粉碎作業の効率化・簡便化が期待される。

導入に際し、従来の火山岩の化学分析精度に適合するよう、性能評価と運用の最適条件を決定するための実験を行った。



性能評価

岩石粉碎用の媒体はメノウ、アルミナ、タングステンの3種が用意されている。金属媒体はメノウに比べ粉碎時間が短縮できる利点があるが、粉碎時に試料へ媒体物質の混入が懸念される。混入の有無や汚染の程度を評価するため、各媒体で粉碎した石英砂でガラスビードを作成しXRF分析を行った。汚染の判断には既存の粉碎機（遊星ボールミル；フリッチュ社製）で作成したガラスビードの分析値を基準とした。その結果、主成分ではアルミナ媒体から Al_2O_3 が0.08%、微量成分ではタングステン媒体からCoが約600ppm付加されることが分かり、粉碎媒体はメノウ製を採用することに決定した(Fig.2,3)。

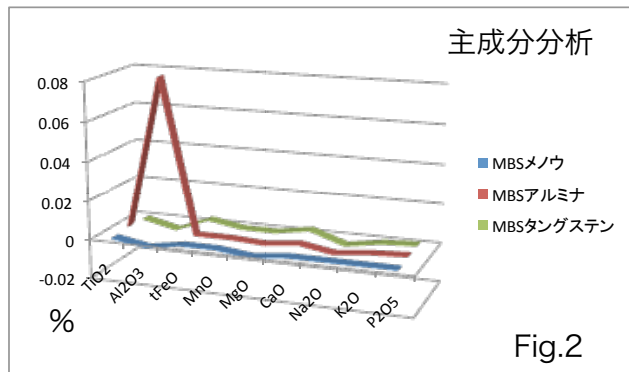


Fig.2

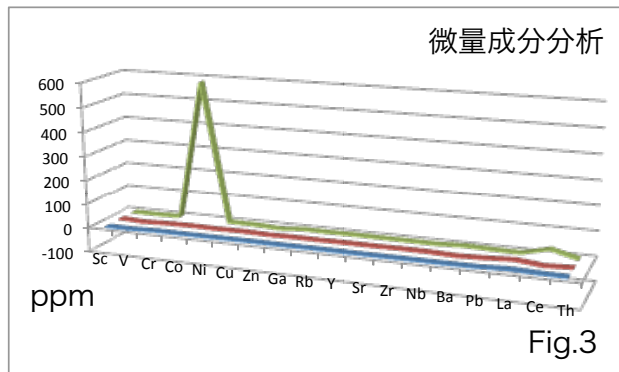


Fig.3

分析条件比較

次に、最適な粉碎条件を求めるため、硬度・密度の異なる溶岩と軽石の2種類の試料を用いて実験を行った。粉碎条件は試料粒径・重量・粉碎時間を考慮し比較した(Table1および2)。

溶岩：細～中粒の場合には遊星ボールミル（細粒5gで600sec.）に比べ、概ね粉碎時間の短縮に成功した。しかし粗粒の場合には、試料と粉碎媒体とが咬んでしまう場合があり、Multi Beads Shockerでも粉碎には適さないことが判明した。

軽石：どの粒径でも粉碎時間は短縮出来る結果となり、時間は重量に依存する傾向が認められた。また軽石の場合、一度に粉碎出来る試料量は5g以下に制限されることが分かった。

多検体精密粉碎機に関する性能評価および運用条件最適化の検討

Tbale 1	Fine : under 2mm			Middle : 2~10mm			Coarse : 1~25mm		
	1g	5g	10g	1g	5g	10g	1g	5g	10g
溶岩									
25 sec.	—	×	—	△	×	—	/	—	/
50 sec.	△	×	—	○	×	—	/	—	/
100 sec.	○	△	—	○	△	—	/	—	/
200 sec.	—	△	—	—	○	△	/	×	/
300 sec.	—	△	—	—	—	—	/	○*	/
400 sec.	—	○	△	—	—	△	/	×	/
500 sec.	—	—	△	—	—	—	/	—	/
600 sec.	—	—	—	—	—	○*	/	—	/
700 sec.	—	—	△	—	—	—	/	—	/
800 sec.	—	—	△	—	—	—	/	—	/

Tbale 2	Fine : under 2mm			Middle : 2~10mm			Coarse : 1~25mm		
	1g	3g	4.5g	1g	3g	5g	1g	3g	5g
軽石									
15 sec.	△	—	—	△	—	/	△	—	/
25 sec.	○	—	—	○	—	/	○	×	/
45 sec.	—	—	—	—	—	/	—	△	/
60 sec.	—	△	—	—	—	/	—	△	/
100 sec.	—	○	—	—	—	/	—	○	/
150 sec.	—	—	○	—	○	/	—	—	/

○：全てが125 μ m以下になったもの

△：125 μ m以上の試料が数%程度存在するもの

×：125 μ m以上の試料が10%程度存在するもの

*：回転数を3000rpmに変更して粉碎

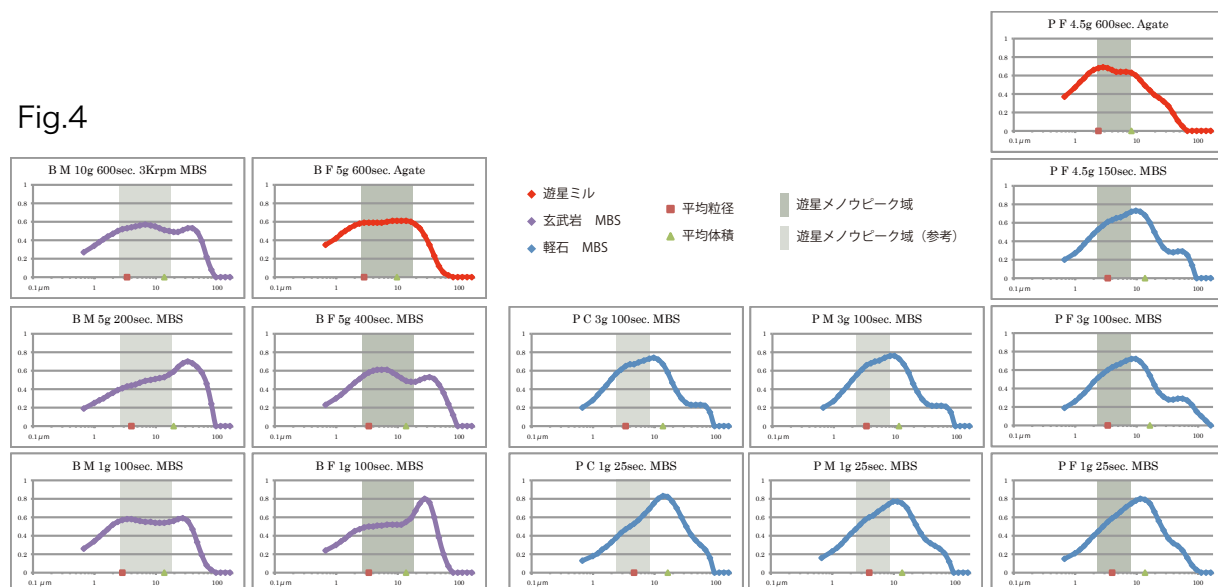
粉体の粒度分析

○印の試料について、Multi Beads Shockerで作製した粉体の頻度分布を求めるため、レーザー回折式粒度分布測定装置（Sympatec社製）を用いて粒度分析を行った(Fig.4)。比較には遊星ボールミルで作製した粉体の分析結果を使用した。

玄武岩：Fine試料について、平均粒径・体積ともに遊星と同等の結果を得た。しかしピーク域は20 μ m程度右にシフトし、より大きな粒子が存在することが分かった。化学分析には問題ないが、粉碎条件を改良すればより細かい粒径のみの粉体の作製が可能である。

軽石：Fine試料について、平均粒径は4 μ mと遊星よりも1 μ m大きくなった。また50 μ m付近にも粉体のピークがあり、粉体の淘汰度が悪いことが分かった。軽石については、従来のガラスビード作成条件に適合するよう、粉碎条件を変更する必要がある。

Fig.4



まとめ

Multi Beads Shockerを導入することで、作業の効率化・簡便化が可能となった。運用条件には若干の改善が必要であるが、化学分析の前処理装置として十分な性能を有している。

3D プリンターを用いた傾斜計ゼロ点調整自動化の為に治具作製

○岡田 和見

北海道大学理学研究院附属地震火山研究観測センター

1、はじめに

近年、3D プリンターというものがモノを作るうえで話題になることが多くある。もともと 3D プリンターは 1980 年代にアメリカで登場し、航空機や自動車の試作品づくりに使用されてきたのだが、近年では機械の性能向上や低価格化が進んだこともあり、工業から医療分野まで市場は拡大し、注目されている技術の一つである。

3D プリンターはコンピューター上で作った設計図を基に、三次元のもを造り出す装置である。以前は、大型な機材を用い金型を作製して材料を鋳込むことによってしか製作できなかったモノの製造がテーブルサイズの装置で作製可能になり、形状の変更もコンピューター上の設計図を変えるだけで可能なので、金型の作製や試作品造りにかかるコストカット、また製品となるものの製作時間の短縮につながる。

2、目的

地震火山研究の観測現場は高湿度や酸性雰囲気など過酷環境であることが多い。そのような過酷環境に耐えるため、ステンレス材料が用いられるが、高価で重量のあるステンレス材料を使用するより耐薬品性が高く軽量のプラスチック材料を使用した方が小物を製作する場合は有利である。しかし、元来、プラスチック製品は金型を作製しなければ、本製品を作製できず、大量製作に向いているものの 1 点ものを数個つくるだけといったようなモノの製作には不向きであった。

今回は、プラスチック製品の利点を活かし欠点を補うため 3D プリンターを用いて、傾斜計のゼロ点調整用の治具の製作を行った。

3D プリンターを用いた理由は、材料の歩留まりがよいこと、プラスチック成型品に向いていることがあげられる。複雑な形状のもの部品も 1 点から簡単に製造できることも利点の一つである。

3、設計、製作

今回は 3D プリンターのデータ作成は機械設計で筆者が使い慣れている AutoCAD (AutoDesk 社製) を用いて行った。(写真 1) 3D モデリングファイルを作成するためには、その他にも SolidWorks や Illustrator などの有償なものから無償のものまでたくさんソフトが存在する。

3D プリンターには扱える材料や工法によって数種類あり、最近メディアで見かけるような低価格 (～50 万円) のものは PLA や ABS といったプラスチック系の材料を扱い、ヘッドから熱して溶かした材料を吹き出し、積層して成形していく方法を用いている(熱溶解積

層)。それ以外にもアクリルやナイロンなどの材料を扱うことのできる機械もあり、アクリルの場合だとアクリル液にレーザーを照射し成形していくというものもある(光造形)が、ナイロンだと粉末にレーザーを照射し、固着剤で固めていくことで積層する方法(粉末造形)がある。しかし、両者ともまだ高価な機材であり、自前で部品を製作するのに使用するの
は難しい。

4、組立

製作された部材は、寸法誤差が **0.1mm** 程度であり、既存傾斜計と組み合わせるうえで不都合なく組立てることができた。(写真 2、3)

5、まとめ

今回は、3D プリンターを用いて観測用部材を製作し、ほぼ設計通りの製品を得ることができた。

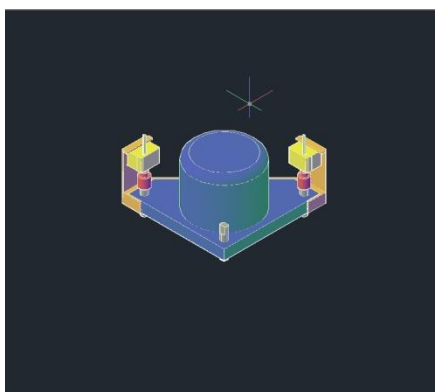


写真 1. 3DCAD で設計図作成

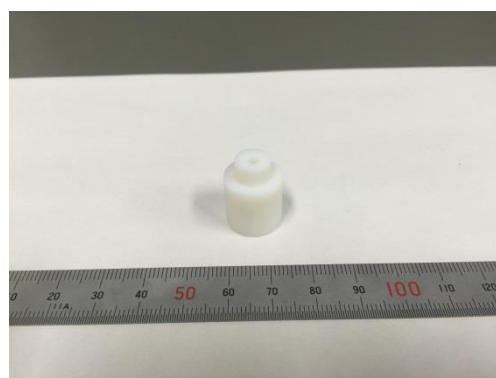


写真 2. 製作された治具



写真 3. 傾斜計に製作した治具を組み付け

海底地震計用バッテリーパック製作の省力化

八木 健夫

東京大学地震研究所 技術部総合観測室

1. はじめに

東京大学地震研究所で運用している自己浮上式海底地震計では、エネルギー密度が高いリチウム一次電池を使用している。この電池の開放電圧は3.9Vであるため、地震計センサーやデータレコーダーの電源電圧に応じて、電池を直列に電気溶接し、そして絶縁処理とバッテリーパックの成形を施して使用している。電池を3直列にしたバッテリーパックの場合、1パックの製作に要する時間は、熟練者でも約20分である。そこで、その作業時間の約4割を占めている絶縁処理と成形について、作業方法を改善した。本発表では、その方法を紹介する。

2. 改善した作業方法

既存の作業方法では、リチウム一次電池周囲の絶縁処理と成形には、ビニールテープを使用していた。しかしこの方法は、貼り付け箇所に応じて3種類のテープを使い分けており、さらにテープに切り込みを入れる作業があるため、作業に時間がかかっていた。

そこで、透明塩化ビニールフィルム製の専用のバッテリーケースを開発した。塩化ビニールは化学的に安定で、絶縁性に優れている。また、端子部に溶接されたタブの鋭利な箇所などでケースが破けないよう、フィルムは引張切断荷重・引裂荷重の値が高い、物理的強度に優れた品種を選定した。ケースの形状は、電池を入れた時に、電池とケースが密着よく収まるように設計した。一方で、フィルムの片面には、表面の滑り性が良い梨地仕上げが施されており、この面をケースの内側となるように立体成形することで、電池をケースに入れやすいようにしてある。開発したケースは、一度に数百個単位で発注し、製造させた。

改善した作業方法では、電気溶接・ケーブルハーネス取り付け済みの電池に、開発したケースの蓋をかぶせた後、ケース本体の開口部のフィルムを引き伸ばしつつ、電池を滑り入れる。電池がケース本体に収まった後は、電池とケースが充分密着した状態となり、摺れることはない。そしてケースの蓋と本体の境目をビニールテープで巻くだけで、絶縁処理と成形が完了する（図1）。



図1. 開発したケース（左）と製作したバッテリーパック（右）

3. 導入結果

改善した作業方法で製作したバッテリーパックを海底地震計に搭載して、実際に1年間の観測を行い、問題がないことを確認した。またこの方法で本所技術職員や業者が製作を行い、以下の結果が得られた。

- 絶縁処理と成形の作業時間を7割以上削減した。
- バッテリーパックを既存の方法より軽量に仕上げることができ、また、完成後も電気溶接箇所や半田付け箇所を目視で確認することが可能である。そして作業者の熟練度に依存する作業がほとんどなくなったことで、品質がこれまでより高い水準で、ほぼ均一に保たれている。
- 作業方法が単純化されたことにより、絶縁処理と成形の作業が、作業指導者は指導しやすく、作業者は習熟しやすい作業になった。
- ケースの価格を上回る作業時間の削減効果があり、業者によるバッテリーパック製作のコストを削減することができた。

バッテリーパックの製作が省力化されたことで、今までと同じ作業期間で、より多くの海底地震計を準備することが可能になった。今後も、品質を維持しつつ、多くの作業が行えるよう、作業方法の改善や治具の開発に取り組むたいと考えている。

日露地震観測併合処理による南千島海溝沿いの地震活動

一柳昌義・高橋浩晃（北海道大学地震火山研究観測センター）

Valentin Mikhaylov, Iurii Levin（ロシア科学アカデミー，サハリン地震観測所）

1. はじめに

北海道東部から千島列島にかけての千島海溝沿いでは 1994 年北海道東方沖地震 (MJMA8.2)をはじめとして M7 から 8 クラスの地震が発生する地震活動が高い地域である。しかしながら、地震観測点が北海道内にしかなく、南千島海溝沿いの地震の震源決定精度は著しく悪い。北海道大学附属地震火山研究観測センターとロシア科学アカデミーサハリン地震観測所は 1995 年北サハリン地震 (M7.6) での共同地震観測を契機として現在まで、地震観測の交流を続けている。その交流の一つとしてそれぞれの機関で作成した検測値のメールでのデータ交換を行っている。今回はこの検測値を用いることによる南千島海溝沿いの地震活動の効果について明らかにする。

2. ロシアの地震観測点

南千島海溝軸には国後島の 3 カ所、択捉島と色丹島にそれぞれ 1 カ所の地震観測点があるが、そのほとんどは光学記録方式の地震観測システムで、テレメータも行われておらず、時刻校正もラジオの時報を手動で行っていたため、刻時精度はあまり良くはなかった。しかしながら、2007 年から順次デジタルテレメータによる GPS を用いた時刻校正を行う地震観測システムが導入されはじめ、2010 年 12 月頃には南千島地域の観測点での整備が完了した。今回はテレメータ導入が完了した 2012 年 12 月 1 日以降のデータを使用する。

3. 数値実験による検証

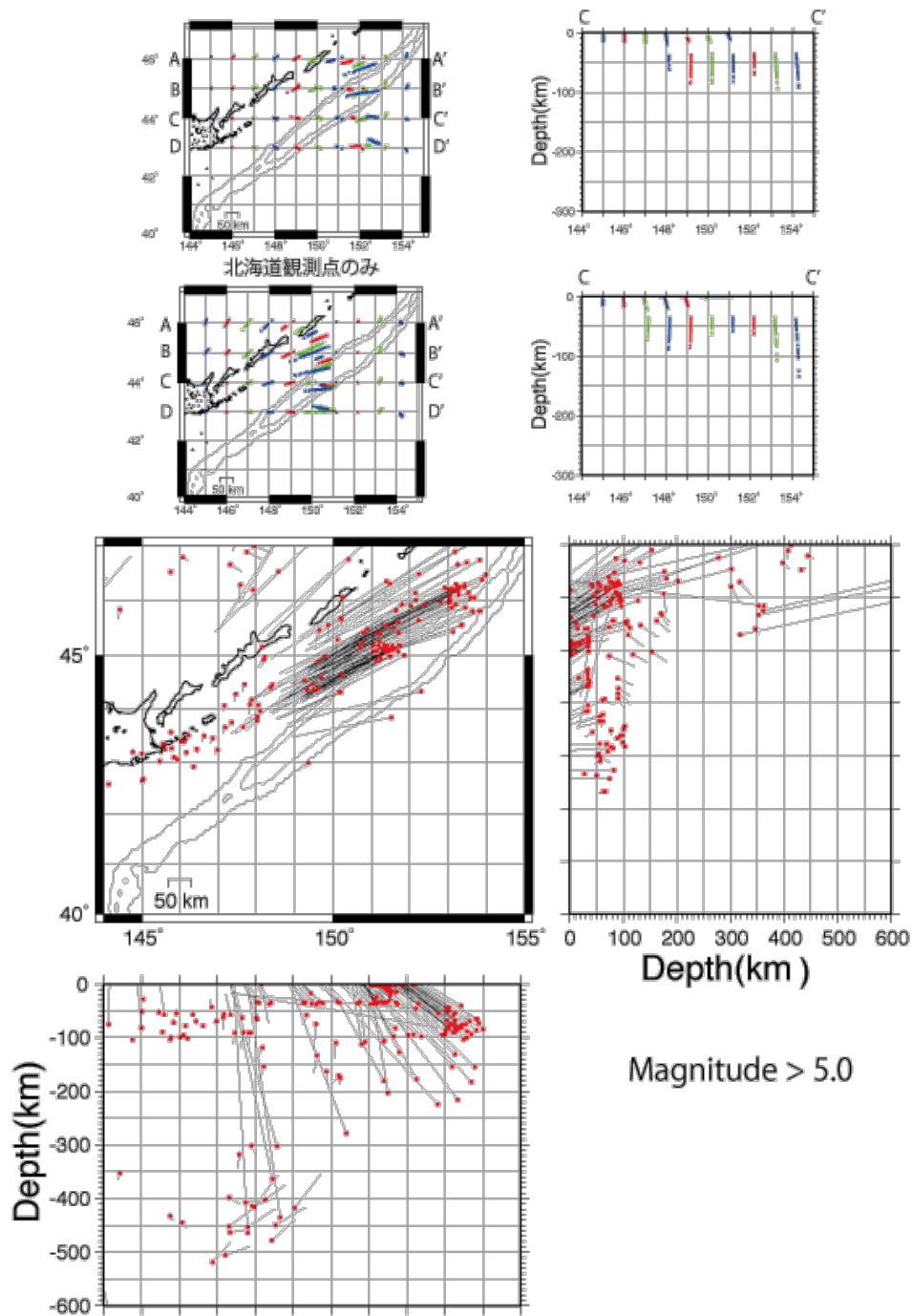
ロシアの観測点を入れることによって、この地域で震源決定精度がどの程度効果があるかの検討を行った。緯度と経度方向に 1° ごとに仮想震源を深さ 10km と 100km に置き、その各観測点の走時を求めた。その走時に以下のような観測点誤差を与えた。

$$(\text{観測誤差}) = (\text{読み取り誤差}) + (\text{速度構造モデルによる誤差})$$

読み取り誤差は P 及び S 相の読み取り誤差を目安に平均 0.0 秒で分散は P 相が 1.0 秒、S 相が 2.0 秒の正規分布の乱数を与える。また速度構造モデルによる誤差は震源距離が遠くなるにつれて、理論走時と観測走時の誤差が大きくなるため、その差を評価するために震源距離に比例する誤差を平均 0.0 秒で距離ごとに分散を変えた 90 通りの乱数を与えて計算させた。その結果、震央位置では 3° 程度、深さ方向で 1° 程度の震源決定精度の向上が見られた。

4. 南千島海溝沿いの地震活動

ロシアの検測値と気象庁一元化震源の検測値をつきあわせて、両者にある地震について検測カタログを作成し、震源決定を行った。その結果、北海道のみでは深さが空中に浮く地震の多くが深くなり、東の方に大きく移動する結果になった。



上段：深さ 10km の場合の震央と C-C' 方向に投影した数値実験結果

下段：マグニチュード5以上の地震の震源の比較、丸印が日露併合処理の震源位置

インドネシア共和国スマトラ断層北部における地震観測

○山品 匡史・田部井 隆雄（高知大学理学部附属高知地震観測所）

伊藤 武男（名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター）

1. はじめに

高知大学は、国内の大学・研究所やシアクラ大学（Universitas Syiah Kuala；インドネシア共和国）と協力してインドネシア共和国のスマトラ断層北部周辺における地震観測を 2011 年 11 月から行っている。本発表では、観測の概要を紹介する。また、経験したトラブルなどを示し、対応策などについて意見交換することにより、より良い観測のための知見を得たいと考えている。

2. 観測の概要

観測点の配置や構成などは、図 1 と表 1 の通りである。観測点は固定ではなく、3～4 点を移転させながら観測を行っている。

各観測点は、地震計（近計システム KVS-300、または Sercel L-4C-3D）とデータロガー（近計システム EDR-X7000 または EDR-7700）、時刻校正用の GPS アンテナ、バッテリーで構成されている。また、地震計に L-4C-3D を用いている観測点では、シャント（ダンピング）抵抗接続のために中継ボックスを使用している。地震計は、コンクリート板やタイルを敷いた穴の上に置き、埋設している。データロガーとバッテリー、中継ボックスは、プラスチックボックスに入れ、プラスチックボックスの半分から 3 分の 2 程度が埋まる穴に置き、上に土を被せている。観測点の一例（MN01：Mane 01 観測点）を写真 1 に示す。

データの回収は、半年毎に現地を訪問して行っている。データ量は、半年間観測されていた場合で 19 GB 程度（4GB のコンパクトフラッシュ（CF）で 5 枚目まで）である。データ回収後、同じ場所で観測を継続する場合はバッテリーと CF の交換を行い、他所へ移転する場合は機材の撤収を行った。

回収された CF からのデータの吸い上げ、

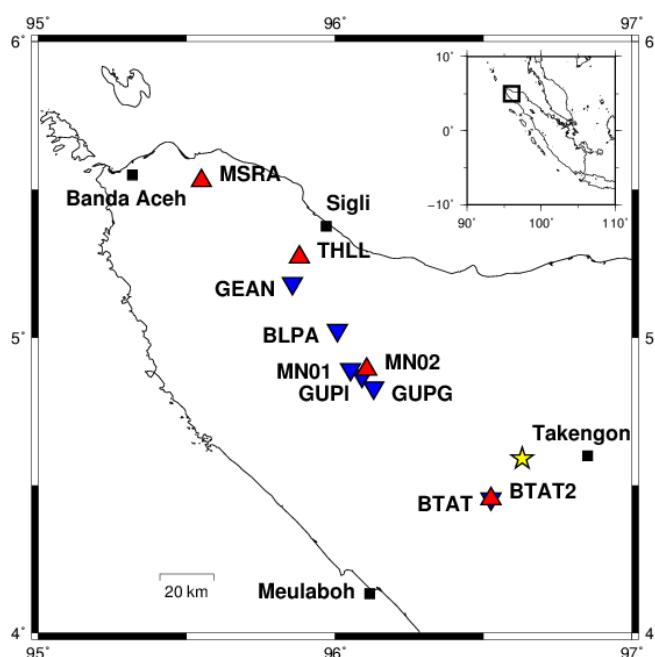


図 1 観測点配置。赤▲：現在観測中、青▼：観測終了。黄★：図 2 で波形を示す地震の震央。



写真 1 MN01 観測点。左上) 地震計（L-4C-3D）の設置状況。右上) 地震計の埋設とデータロガー等収容のプラスチックボックス。左下) 設営終了後の状況。

WIN フォーマットへの変換は、現地で、もしくは日本に持ち帰り行っている。観測された地震の波形例を図 2 に示す。

3. 観測におけるトラブルについて

観測期間中には次のようなトラブルを経験した。① データロガー EDR-7700 内に蟻が巣を作っていた、② データロガー等を入れているプラスチックボックス内への浸水、③ 劣化していたと思われるバッテリーの使用により観測期間が短期間であった。これらに対してはそれぞれ、① 開放部のない

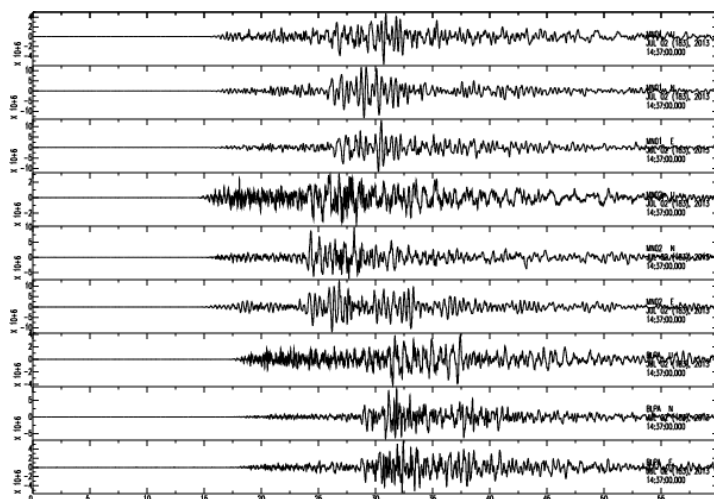


図 2 2013-07-02 14:37 (現地時:UTC+7) に発生した Mw 6.1 (GFZ による) の地震 (図 1 黄★) について観測された地震波形。

EDR-X7000 を用いる、② プラスチックボックスは完全に埋設せず、ケーブル引き込み部を地表面から上に来るようにする、③ バッテリーの再利用を行わず、交換毎に新しく十分な容量のバッテリーを用いる、といった対応をした。しかしながら、十分な容量と評価したバッテリーを用いたにも関わらず、観測が次の回収時より前に終了していた例があった。原因としては、インドネシアという高温地で開放型のバッテリーを用いていることが考えられる。対応策の 1 つとして考えられる密閉型バッテリーの利用については、現地での入手の容易さなどの問題があり、有効な解決策を見いだせていない。

4. さいごに

インドネシア スマトラ島スマトラ断層北部において行っている地震観測についての概要を紹介した。今後は、上記やそれ以外の問題点を解決し、質の良いデータを確実に取得できるようにしていきたいと考えている。

本観測の一部には科研費・基盤研究(B) (No. 24403005 ; 代表 田部井隆雄) を使用しています。

Code	Lat. (° N)	Long. (° E)	Alt. (m)	Sensor	Logger	Start	End
BTAT	4.45460	96.52500	615	KVS-300	EDR-X7000	2011-11-24	2012-02-05
BTAT2	4.45456	96.52502	569	L-4C-3D	EDR-X7000	2013-09-22	
GUPI	4.86965	96.09032	436	KVS-300	EDR-X7000	2011-11-23	2012-03-11
GUPG	4.83033	96.12995	519	L-4C-3D	EDR-X7000	2013-03-13	2013-05-09
GEAN	5.18314	95.85635	181	KVS-300	EDR-7700	2011-11-26	2011-12-19
MN01	4.89250	96.05196	381	L-4C-3D	EDR-X7000	2013-03-12	2013-07-08
MN02	4.89256	96.10678	494	L-4C-3D	EDR-X7000	2013-03-13	
BLPA	5.02407	96.00713	836	KVS-300	EDR-X7000	2013-03-14	2013-09-23
THLL	5.27163	95.87981	50	L-4C-3D	EDR-X7000	2013-09-24	
MSRA	5.53017	95.54963	103	KVS-300	EDR-X7000	2013-09-25	

表 1 地震観測点の座標、地震計などの観測機材、観測期間。

地殻ダイナミクス地震観測点の予備調査

ー秋田県内陸部及び福島・山形県境での内陸地震活動の観測強化ー

○平原聡¹・松澤暢¹・岡田知己¹・中山貴史¹・堀修一郎¹・佐藤俊也¹・千葉幸彦¹
・吉田圭佑²・椎名高裕¹

¹ 東北大学 大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

² 防災科学技術研究所

1. はじめに

新学術領域研究「地殻ダイナミクスー東北沖地震後の内陸変動の統一的理解ー」の A01 応力班では、「内陸地殻の強度と応力の解明」を目指して、秋田県内陸部及び福島・山形県境、鳥取県西部、福島県南東部-茨城県北部の 3 地域において、大地震の前後での小地震のメカニズム解の変化を詳細に調べる計画である。東北大学では、2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 後に内陸地震活動が活発化した、①秋田県南部 (大仙市・横手市周辺) に 60 箇所、②秋田県北部 (森吉山、北秋田市周辺) に 10 箇所、③福島・山形県境付近 (喜多方市・北塩原村周辺) に 10 箇所の臨時地震観測点を設置する予定である。本発表では、平成 26 年度に実施した、地震観測点候補地の現地調査及び地権者調査について報告する。

2. 調査計画

東北大学では、①秋田県南部、②秋田県北部、③福島・山形県境付近の 3 領域に、2Hz 短周期地震計 KVS-300 (近計システム製) と、超低消費電力データロガー EDR-X7000 (近計システム製) を合計 80 セット設置して、オフラインの臨時地震観測を約 4 年間実施する予定である。春と秋の年 2 回で半年毎に保守作業を行い、回収したデータの変換・統合処理を行う。平成 26 年度は予備調査を実施して、平成 27 年度から観測を開始することに決定した。

予備調査の開始前に、候補地の選定基準を定めるため、観測点の設置方法を検討した。新学術領域「地殻流体：その実態と沈み込み変動への役割」(研究期間：平成 21～25 年度) で鳴子火山周辺に 50 箇所設置したオフラインの臨時地震観測点の設置方法を改良して、設置環境の改善と、設置・保守・撤収費用の削減を図ることにした。

3. 現地調査

2014 年 8 月下旬から 9 月下旬までの約 1 ヶ月間に、3 領域で合計約 300 箇所の調査地点を、各領域で最大 2 班 (自動車 2 台) に分かれて現地調査を実施した。対象領域には、東北大学・防災科学技術研究所・気象庁の定常観測点と、2011 年東北地方太平洋沖地震臨時観測で設置した、東北大学・名古屋大学・京都大学・高知大学・千葉大学の臨時地震観測点がある。調査地点は、既存の観測点の配置を考慮して、人工的なノイズが少ないと考えられる山間部や丘陵部の道路沿いの地点を地図上で選定した。

現地調査では、2Hz 短周期地震計 L-22D (上下動) と携帯型オシロスコープを使用して、調査地点のノイズレベルを比較した。設置可能と判断した地点では、ハンディ GPS で測定した座標と、現地の写真を記録した。国有林内の現地調査では、所管する森林管理署に入林届を提出した。各調査地点に辿り着くまでには、道幅が細く、草刈りが行われていない道路が多く、通行不能と判断して引き返すことがあった。候補地を多数確保するために、現地で設置不可能と判断した場合は追加調査を実施した。

4. 候補地の地権者調査

現地調査の結果を元に、3 領域で合計 80 箇所の候補地を選定して、2014 年 10 月中旬から 12 月初旬までの約 2 ヶ月間に、各領域で最大 2 班に分かれて地権者調査を実施した。図 1 は、①秋田県南部の観測点候補地 60 箇所 (A02～A100) の配置図である。①秋田県南部の一部地域は、調査会社 (三航光測) に候補地の地権者調査を委託した。また、③福島・山形県境付近の一部の候補地は、測量会社 (青葉測量設計) に測量作業を委託した。

候補地の地権者調査では、森林管理署、各自治体の支所・支局、森林組合等を訪問して、林班図・公図等による情報を収集した。土地の境界付近、共有地等で地権者の特定が困難な場合は、現地で聞き込み調査を実施した。また、一部の候補地では、個人の地権者、森林官の立会いによる現地確認を実施した。

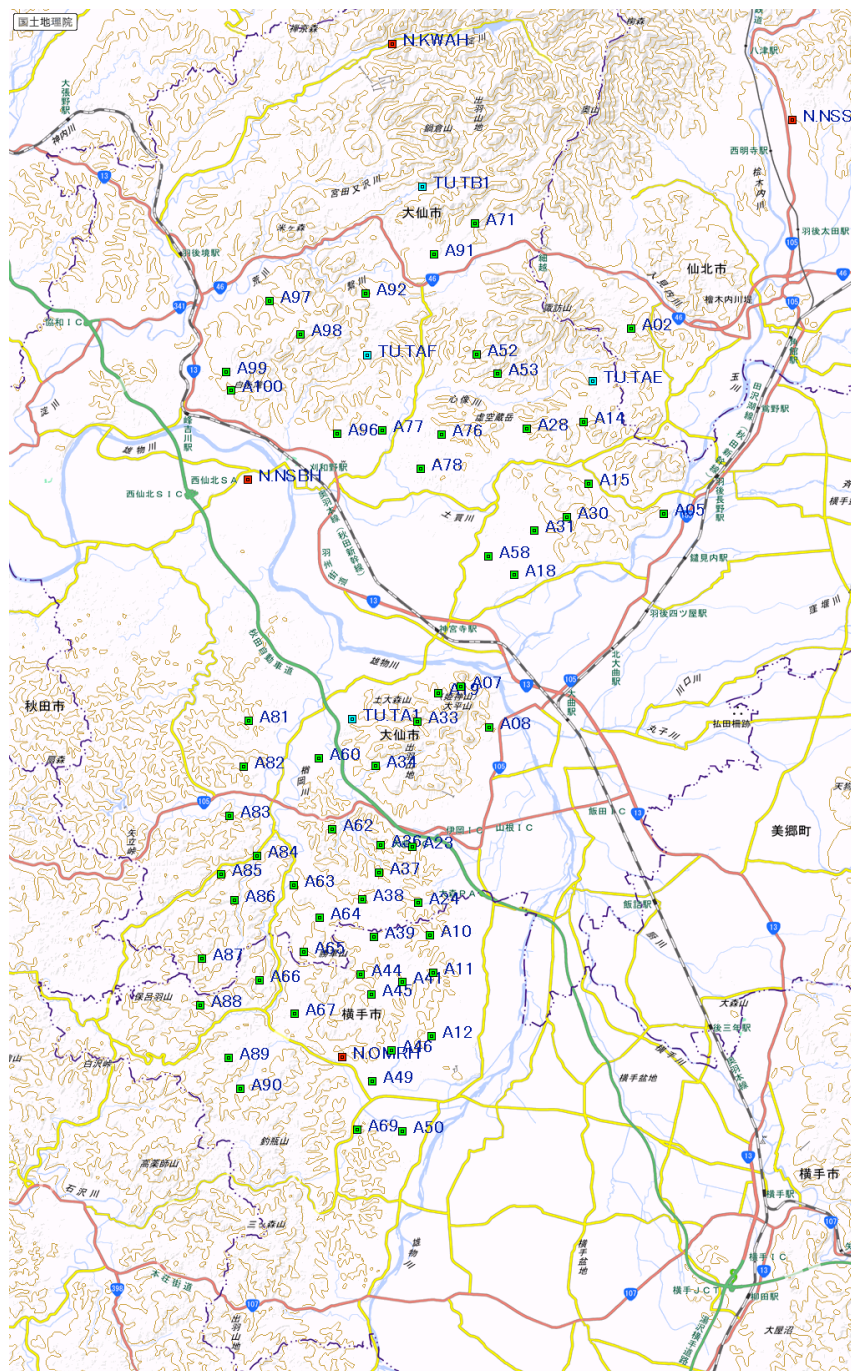


図1. 秋田県南部（大仙市・横手市周辺）の地震観測点候補地（国土地理院 電子国土基本図を使用）

5. 今後の計画

平成26年度は、引き続き、観測点の設置方法の検討、候補地の地権者確認、設置許可申請の資料作成を行う。また、平成27年度の設置工事、保守作業、データ処理に向けて準備作業を行う予定である。

謝辞

地震観測点の予備調査にあたり、下記の方々にお世話になりました。記して感謝いたします。

- 秋田県自然保護課・大仙市役所・横手市役所・北秋田市役所・喜多方市役所・北塩原村役場・林野庁東北森林管理局
- ・林野庁関東森林管理局・国土交通省東北地方整備局森吉山ダム管理支所・仙北西森林組合・泉實・川原田又一郎・田口俊一
- ・佐藤朝之助・佐藤測量有限会社・三菱マテリアル株式会社・三菱マテリアル不動産株式会社（順不同・敬称略）

栃木県日光市川俣湖周辺を震源とする地震の臨時観測

○安藤美和子¹, 森健彦¹, 増田正孝¹, 酒井慎一², 岩崎貴哉²

1: 東京大学地震研究所

技術部総合観測室

2: 東京大学地震研究所

観測開発基盤センター

1. はじめに

2014年9月3日16時24分頃、栃木県日光市川俣湖周辺を震源とするM5.1の地震が発生した。この地域は以前から地震活動が活発な地域であり、2013年2月25日には、今回の震源地の約10 km西の黒岩山周辺でM6.3の地震が発生した。また、20 km南に離れた日光市足尾では、年間1000回以上の地震が発生している^[1,2]。今回の地震は震源の深さが約3 kmと浅く、周辺に定常観測点が少ないことから、地震活動を詳細に調査することを目的とした臨時地震観測を行った。震源域を取り囲むように現地収録型オフライン地震観測点を3点、モバイル通信回線を利用したオンライン地震観測点を1点設置した。本発表では観測点設置とデータ処理の概要について報告する。

2. 臨時地震観測点の設置

設置した臨時地震観測点の配置図を図1に示す。2014年9月8日に、日光市土呂部オッパタ沢沿いの林道脇の岩の上(OPTZ)、日光市野門の市道脇(NOKD)、川俣湖西側の市道擁壁上(MSNZ)にオフライン地震観測点を設置した。9月9日には、日光市川俣公民館の1階ベランダにオンライン地震観測点(E.KWMT)を設置した。OPTZ, NOKD, MSNZの地震計は石膏で固定し、E.KWMTの地震計は集水升で周囲を囲んだ。

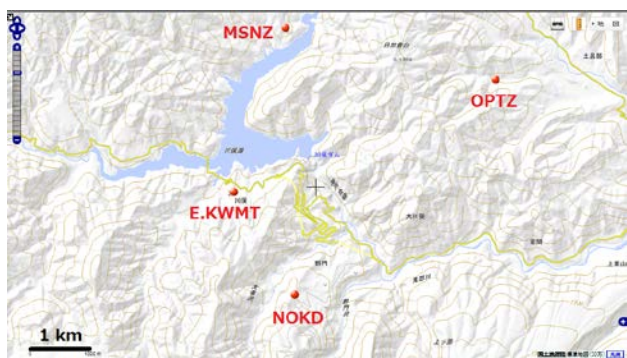


図1. 臨時観測点の配置図(国土地理院地図より)。

3. 観測システム

3.1. オフライン地震観測点

OPTZ, NOKD, MSNZにおいては地震計に固有周期1秒の3成分速度型地震計LE-3Dlite MK-II (Lennartz electronic 社製)を使用した。収録装置にLS-7000XT(白山工業社製)、記録媒体には2 GBのCFカードを使用した。また電源として12 V-105

Ahのカーバッテリーを使用した。収録のサンプリング周波数は100 Hz、A/D分解能は24 bitとし、1時間毎にGPSによる時刻校正を行った。この条件で連続して地震観測を行う場合、CFカードへの記録可能時間は最大で約70日、LS-7000XTおよびLE-3Dlite MK-IIの稼働時間は約27日と見積もられた。3週間に1回の頻度でバッテリー交換が必要となることから、2014年10月1日から10月2日にかけてカーバッテリーを1台から2台に増設した。全てのオフライン観測点は11月18日に撤収した。

3.2. オンライン地震観測点

E. KWMTにおいては地震計に固有周期1秒の3成分速度型地震計L-4C-3D (Sercel 社製)を使用した。収録装置にはLS-7000XT(白山工業社製)を使用した。地震計と収録装置の間には、避雷器ユニットAR200(白山工業社製)を設置した。電源は公民館からお借りし、充電器BP1210(株式会社電菱製)で12 V-64 Ahのカーバッテリーを充電させながら収録装置に電源を供給させた。ルーターはNXR-120/C (FutureNet 社製)を使用し、Docomo携帯を用いてデータを伝送させた。収録のサンプリング周波数は100 Hz、A/D分解能は24 bit、常時GPSによる時刻校正を行った。E.KWMTは積雪対策として、収録装置やバッテリー等を収納した観測ボックスの下にブロックを敷くことによりかさ上げを施し、2015年3月末まで観測を継続する予定である。

4. データ処理の概要

臨時観測点で得られたデータから地震波形を切り出し、近隣の定常観測点のトリガーファイルと統合させた。波形の切り出しは、気象庁地震カタログ <http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/tseis/jma.deck/index-j.html> から作成した川俣湖周辺の地震のリストに対して行った。さらに臨時観測点と近隣の定常観測点とで地震検知を行い、検知された地震の数を気象庁地震カタログと比較した。

参考文献

- [1] 伊東明彦ほか、栃木県西部の日光・足尾地域における微小地震活動、地震大2輯、1994、47、3、287-302.
- [2] 荻原弘子、日光・足尾地域の地震活動—1993年11月～1997年1月—、東京大学地震研究所技術報告書、1998、2、43-72.

2014 年長野県北部の地震の直前から行った一連の緊急地震観測（観測編）

地震研究所技術部総合観測室・○西本太郎¹

1: 東京大学地震研究所 技術部総合観測室

1. はじめに

2014 年 11 月 22 日に長野県北部を震源域とする最大震度 6 弱の強い地震(M6.7)が発生した。地震研究所では、群発地震活動の調査のため、11 月 20 日より 4 点のオフライン観測点（野平、坪ノ沢、田の頭、岩下）を白馬村周辺に設置していた。その後の地震の発生で震源域が広がったため、5 点のオフライン観測点と 2 点のテレメータ観測点を追加設置した。本震直上に設置してあった野平観測点は、周辺の道路の崩落による通行止めが解除された後の 12 月 16 日にテレメータ化した。現在は、オフライン観測点 8 点（坪ノ沢、田の頭、岩下、池の平、土倉、一ノ倉、幸田、美麻）およびオンライン観測点 3 点（野平、奉納温泉、鬼無里）で観測を続けている。本発表では、オフライン観測点及びオンライン観測点で使用した観測機材等の概要について報告する。

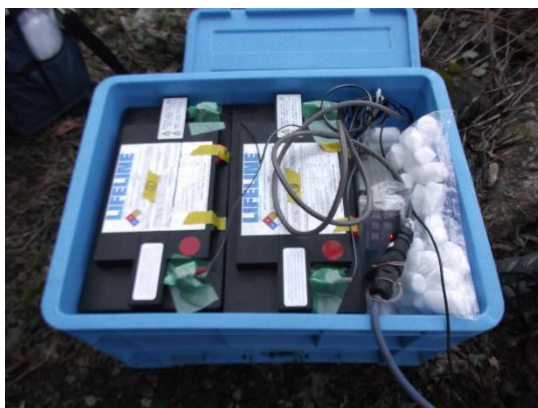


図 1 オフライン観測機材①

2. 観測点概要

・オフライン観測点

観測点の地震計は Le-3Dlite（レナーツ社製）で、石膏止めもしくは埋設した。収録装置は 2 種類あり、1 つ目は、LS-7000XT（白山工業社製）で、100 Ah 相当のバッテリーを 2 個使用し電源供給した（図 1）（この観測機材を①とする）。サンプリング周波数は 100 Hz、A/D 分解能 24 bit、GPS による時刻校正を 1 時間ごととし、連続観測を行っている。今後の積雪を考慮して、GPS アンテナをポールに抱かせて、高い位置に固定した（図 2）。



図 2 観測点外観

もう 1 種類の収録装置は LS-8800（白山工業社製）で、100 Ah 相当のバッテリーを 1~2 個使用し電源供給した（図 3）（この観測機材を②とする）。冬季のメンテナンス頻度を考えて、12 月中旬に、より低消費電力な収録装置に交換した。



図3 オフライン観測機材②



図4 オンライン観測装置③

・オンライン観測点

オンライン観測点も地震計は Le-3Dlite を使用し、石膏止めもしくは埋設を行った。収録装置は LS-7000XT を使用し、地元の方から商用電源をいただいで稼働させている。ただし停電時の対策として、100 Ah 相当のバッテリーにチャージコントローラー BP-1210 (DENRYO 社製)、過放電防止コントローラー IW8990 (東京デバイス社製) を使用した(図 4)。サンプリング周波数 100 Hz、A/D 分解能 24 bit、GPS による時刻校正は 1 時間ごとで、WIN パケットは LS-7000XT のイーサネットポートからモバイルルーターを通り、携帯電話経由で地震研究所まで連

続的に送られているため、地震活動度や現地の状況をリアルタイムで知ることができる。なお、モバイルルーターは NXR-120/C (センチュリーシステムズ製) を、通信モジュールには L-05A (docomo) を使用した(この観測機材を③とする)。

3. 観測点設置過程

オフライン観測点 8 点、オンライン観測点 3 点に関して、使用した観測機材①、②、③の設置過程を表 1 にまとめる。途中でテレメータ化した野平観測点と奉納温泉観測および鬼無里観測点で、震源域直上における臨時テレメータ観測網が形成されている。

	11/20	21	22	23	24	25	26		12/15	16
野平	①	①	①	①	①	①	①	~	①	③
坪ノ沢		①	①	①	①	①	①		①	②
田の頭		①	①	①	①	①	①		②	②
岩下		①	①	①	①	①	①		②	②
奉納温泉					①	①	③		③	③
池の平					①	①	①		①	②
土倉					①	①	①		①	②
一ノ倉					②	②	②		②	②
幸田					②	②	②		②	②
美麻						②	②		②	②
鬼無里						③	③		③	③

表1 観測点設置過程

カラーユニバーサルデザインの図表作成

東京大学地震研究所 技術開発室 浦野幸子

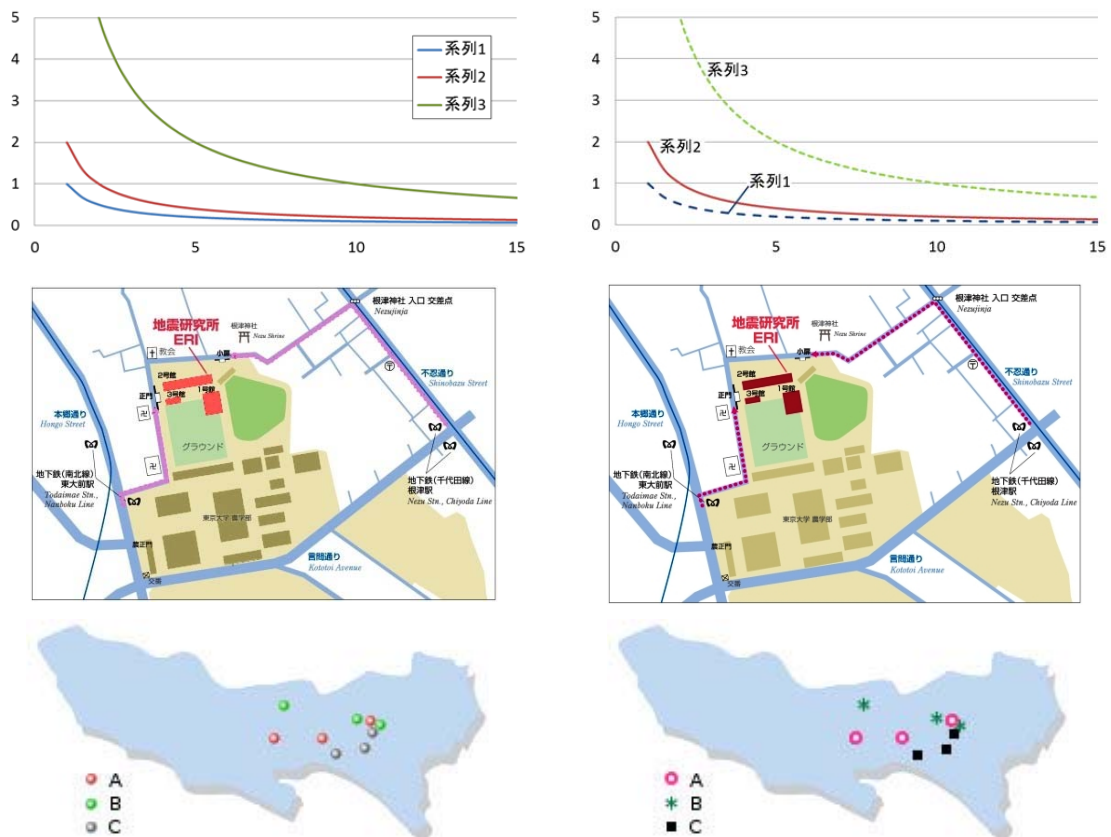
この10～20年、以前に比べカラーの情報を目にする機会が増えた。画像をデジタルデータとして扱えるようになり、カラー化のコストが下がったためと考えられる。また、パソコンの普及により専門知識がなくても画像処理が容易にできるようになったため、我々も画像を作成、編集する機会がある。

カラー画像は白黒画像に比べ多くの情報を持たせることができるため、適切に用いれば分かりやすい情報の伝達に効果的である。しかし、色の見え方は誰にとっても同じではない。特に先天的に赤色と緑色の区別が付きにくい人は多く、日本人男性の20人に1人といわれている。そのため情報を色だけに頼って示した場合、全く情報を伝えられないことが起こりうる。

そのため、最低限伝えたい情報はカラー情報がなくても（白黒化しても）伝わるように心掛けることを推奨する。また、このことは後に文書を白黒化して二次利用する際にも有効である。

参考文献：川崎市総務局「公文書作成におけるカラーユニバーサルデザインガイドライン」

http://www.city.kawasaki.jp/160/cmsfiles/contents/0000024/24002/cud_guide.pdf



白黒化すると情報が伝わりにくい図表（左）とその改善例（右）

経年信号線の CAN 通信化による広帯域地震計のリモートコントロール

○森 健彦・藤田親亮

(東京大学地震研究所 技術部総合観測室)

1. はじめに

東京大学地震研究所では、自然地震観測のためのオンライン地震観測点を 59 観測点(プロジェクト観測点, 臨時観測点を除く)運用している. これら観測点の波形データは地震観測所に於いて常時モニタリングされ, 保守業務は技術職員 5 名(東京 2 名, 観測所 3 名)によってそれぞれの担当地域で実施している (Fig.1).

この 59 観測点の内, 広帯域地震計 (CMG-3T, -3ESPC, -40T, STS-1) は 20 観測点に設置されており, これらの観測点においては短周期地震計のみが設置された観測点と比べて多くのトラブルが発生し, 保守作業に赴く回数が多くなっていた. 例えば, 広帯域地震計にセンタリングポジションの異常が発生した場合, 現地へ赴いての調整作業が必要となっていた. しかしながら, このような保守作業における現地での作業時間は数十分程度で完了するのに対し, 現地への移動時間がその数十倍以上もかかり, 極めて非効率な作業形態となっていた. 2011 年, テレメータ装置に LF シリーズ (白山工業) が導入され, CMG-3T 及び-3ESPC においてはリモートコントロールでのセンタリング調整が可能となった. そこで, 保守作業の軽減を目指し, 広帯域地震計が設置されている観測点への LF シリーズの導入を進め, リモートコントロール化を随時進めている.

本報告では, 現在進行中である, 広帯域地震計設置観測点におけるリモートコントロール化について紹介する共に, その一手法である経年信号線の CAN 通信化によるリモートコントロール化の詳細を述べる.

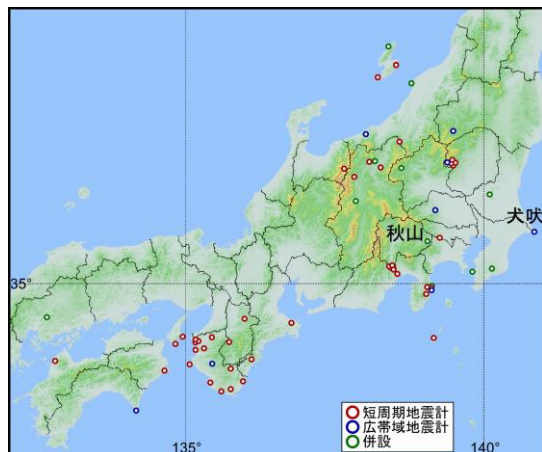


Fig.1 地震研究所のオンライン地震観測点

2. リモートコントロール化への取り組み

リモートコントロール化を実施する観測点は 1980 年代から 90 年代にかけて設置された施設がほとんどであり, テレメータ装置等の更新は進んでいるものの, その他の部材は設置から 20 年を超えたものがほとんどである. 当然ながら, 観測局舎と地震計台を結ぶ信号線は観測点設置時に敷設された線を使用しており, 当時の仕様から, 概ね単線 10ch-20 本分が用意されている. これらの設置から 20 年を超えた信号線には, 経年劣化が進んでいるものもあり, 波形データに外部ノイズが乗る観測点もあった. そのような観測点では, 劣化の進んでいない信号線を見極め, 選択して使用しているのが実情である.

LF シリーズを利用した広帯域地震計のリモートコントロール化にあたっては, 3 成分 (3ch-6 本) の信号に加えて, マスポジション確認, マスのロック・アンロック・センタリング, DC 電源のために 10 本の信号線が必要となり, 計 16 本の信号線を使用する. 短周期地震計を併設する観測点においてはさらに 6 本の信号線が必要となり, 信号線の絶対数が不足している. そのような状況下においては, 多芯信号線の新たな敷設, もしくは局舎-地震計台間の通信方法の見直しを行わなければならない. このうち, 多芯信号線の引き直しは短周期地震計を併設している秋山観測点で実施した. 秋山観測点では既設信号線の経年劣化が進んでいたことから, 短周期地震計用に 6 芯, 広帯域地震計用に 20 芯の信号線を新たに敷設することで, リモートコントロール化を達成した. 但し, 秋山観測点は信号線長が約 15m と短く, 信号線の引き直し区間がトンネル内であり, 引き直しが容易に実施できる環境下であった.

3. 犬吠観測点リモートコントロール化計画

秋山観測点に続き, 我々は CMG-3ESPC が単体で設置されている犬吠観測点 (Fig.2) のリモートコントロール化を進めることとした. 犬吠観測点は観測局舎と地震計台間の距離が約 50m あり, 1991 年設置の信号線は埋設されている. 加えて, 何本かの信号線には経年劣化が見られ, 全てを利用できる状態にはなかった. そのため, 既存線の利用もしくは多芯信号線の引き直しを行うことは難しく, 局舎-地震計台間の通信方法の見直しを実施せざるを得なかった.

局舎-地震計台間の通信方法の変更案として, 無線化や IP 通信化などを検討したが, 既存の信号線

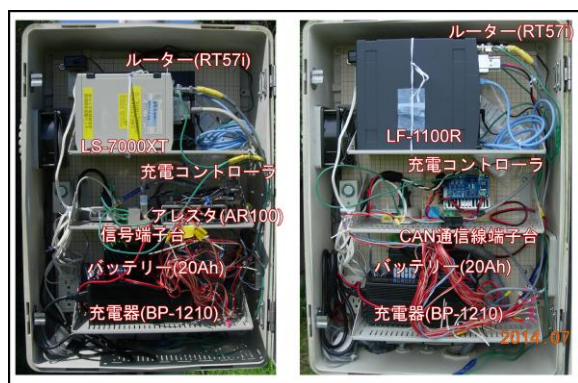


Fig.2 観測局舎の収納ボックス内部
(左：CAN 通信化前，右：通信化後)

を活用できる可能性があり，新たな投資が最小限となる，LF シリーズを用いた CAN 通信化を実施してみることにした．CAN 通信化によって局舎-地震計台間で受け渡しされるのは DC24V とデジタル化されたデータである．よって，少々劣化した信号線であっても，単線がショートしていない限り使用が可能ではないかとの想定からの判断である．

4. 犬吠観測点の CAN 通信化

2014 年 7 月 24 日と 25 日の 2 日間，犬吠観測点においてテレメータ装置の交換，CAN 通信化への切り替え作業を実施した．

初日，既存の単線で使用可能な 2 ペア（4 本）を選び，仮設置した LF-1100R（コントローラ）及び-2100R（デジタイザ）で CAN 通信のテストを実施した．結果として，既存の単線で CAN 通信を行えることが明らかになり，以下のような機器構成で観測点の再構築を実施した．

- ・ 観測局舎に LF-1100R を設置し，単線を CAN 通信線として LF-1100R に接続．
- ・ 地震計台に LF-2100R を設置し，観測局舎からの単線は CAN アレスタ（DeviceNet 用避雷器 MD-DNS）を介し接続，地震計からの信号線は端子台を介して接続．

当初の計画では観測局舎側にも CAN アレスタを設置する予定であり，CAN 通信専用線を利用した所内テストでは問題無かった．しかしながら，現地で両端にアレスタを設置した場合，CAN 通信が確立できず，片側のアレスタを外したところ，CAN 通信を確立することができた．そのため，観測機器の優先度を判断し，地震計台側にのみ CAN アレスタを設置することとした．その他，CAN 通信とは直接関係ないが，用意した LF-2100R のパルスユニット（AC210）を接続した際，DC 供給が行えないトラブルが発生した．結果として，パルスユニットの不良であることが判明し，パルスユニットを外すことで対処した．全ての機器構成を再構築した後，現地で PC を利用した CMG-3ESPC のリモートコントロールをテストし，問題がないこ



Fig.3 地震計台の収納ボックス内部
(上：CAN 通信化前，下：通信化後)

とを確認し，初日の作業を終了した．

2 日目，従来の制御板の撤去及び機器配置の整理を実施し，接地抵抗の計測などを行い，犬吠観測点における全ての作業を完了した (Fig.2, Fig.3)．

5. 今後の展開

現況に於いて，リモートコントロール化が可能な広帯域地震計が設置されている観測点は 14 点である．このうち，6 点はリモートコントロール化が完了し，残る 8 点の作業を進めるべく準備を進めている．これらの観測点は今まで以上に諸条件が厳しくなっているため，CAN 通信化，多芯線の引き直しなど，これまで実施してきた方法以外の可能性も考慮して業務に取り組んでいかねばならないと考えている．

謝辞

犬吠観測点の CAN 通信化を進めるにあたり，東京大学地震研究所の卜部 卓准教授には多大な助言を頂きました．また，CAN アレスタの適合性について，白山工業の吉田 信氏にアドバイスを頂きました．ここに記して感謝致します．

大野原島での地震・GNSS 連続観測点設置

東京大学地震研究所

渡邊篤志

大野原島近海での地震活動

三宅島の西南西約 10km の大野原島 (通称: 三本嶽) の周辺では, しばしば地震活動が発生している. 2013 年 4 月 17 日には Mj6.2 (最大震度 5 強) の地震により三宅島内で小規模な地殻変動や津波も観測され, 群発地震が半月ほど続いた.

このような地震活動は, 三宅島やその周辺のマグマ活動が密接に関係していると考えられ, 精度の高い震源の深さや震源の移動を知ることは非常に重要である. しかし, これまでの観測網では地震観測点が三宅島や神津島などの島内に限られるため, 深さ 10km 付近を中心に分布する気象庁一元化震源と, 九州大学による GEONET および大野原島におけるキャンペーン観測データから推定した海底面直下まで伸びる震源断層との間に食い違いが生じていた.

大野原島での定常観測

三宅島西方海域で発生する地震の震源精度および地殻変動の時間分解能向上のため, 唯一の陸地である大野原島に地震・GNSS 連続観測点を新設することとなった. 2013 年 4 月に準備作業を始めたが, 海況に恵まれず, 大野原島に地震計および GNSS 受信機を設置して連続観測を開始したのは 2014 年 5 月 12 日であった. 機器を設置した大野原島の大根は, 長さ約 200m, 幅約 85m, 高さ 33m の火成岩からなる小さな岩礁である. 設置した主な機器は以下の通りである.

地震計: LE-3Dlite

デジタイザ: LS-8800

テレメータ: TP-8800

GNSS アンテナ: GrAnt-G3T

GNSS 受信機: JAVAD SIGMA

太陽電池: GT133S (56W) × 4 枚

バッテリー: G70EP (70Ah) × 2 台

ルータ: NXR-120/C

通信端末: L-03D (+外部アンテナ)

サンプリングは地震が 100Hz, GNSS が 30 秒である. 地震データは FOMA 通信によりリアルタイムで地震研へ送られている. GNSS データは防災科学技術研究所の GNSS 解析網に加えられ統合解析されている.

本公演では, 観測点の機器構成や観測開始までの過程を報告する.

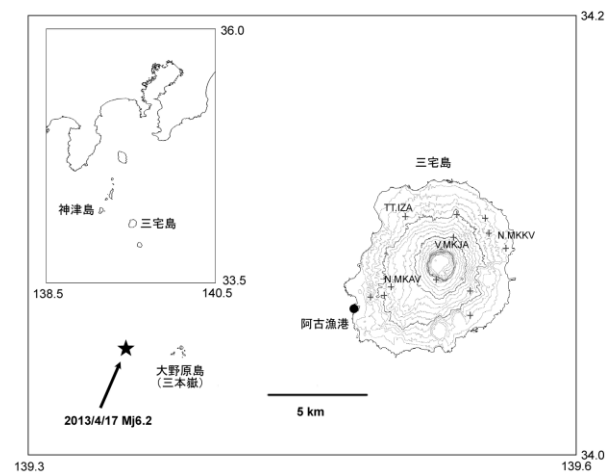


図 1. 大野原島の位置図



図 2. 大野原島観測点

火山観測における水準測量

～水準測量時に覚えておきたいこと～

○園田忠臣¹、山本圭吾¹、吉川慎²

¹ 京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

² 京都大学大学院理学研究科火山研究センター

1. はじめに

京都大学桜島火山観測所では桜島の地盤変動をとらえるため、長年水準測量を繰り返している（図 1）。

また、2014 年は、桜島だけでなく、雲仙島原、口永良部島、御嶽山と 4 火山での水準測量に参加した。

今回は、今まで経験してきた水準測量時に技術職員として感じたこと、また覚えておきたいことをこれから水準測量に関わる可能性のある技術職員の方々へお伝えできればと思い、私なりにまとめてみることにした。



図 1. 桜島での水準測量

2. 水準測量

水準測量は、水準点間の高低差を高精度に測定するものである。火山観測において

は、通常一等水準測量の測量方法に従い、各水準点間の往復測量を行い、その往復差は水準点間の距離を L km としたときの許容誤差である $2.5 \times \sqrt{L}$ mm 以内で測定を行う。

測量班の標準的な構成人数は、測量手 1 名、標尺手 2 名、交通整理員 1～2 名の合計 4～5 名である（図 2）。本来ならば、交通整理員が帯同することが望ましいが、やむをえない場合は、交通整理員を除く、最低 3 人で測量班を構成し測量することも可能である。その場合は、充分に交通事情に注意して測量を行うようにしてもらいたい。



図 2. 水準測量時の標準的な班構成

3. 標尺手について

水準測量を実施するにあたり、ほとんどの方がまず覚えるのが、標尺手である。一等水準測量で使用する標尺は全長が 3m あ

り、標尺とそれを支える指示棒が 2 本、標尺を載せる標尺台で構成され、それらを持ち運び、測量する。

水準点はその空間分布や測量の際の作業効率を考慮し設置されている。例えば桜島では、平坦路では、500～1000m 間隔、高低差のある場所では 1 区間の高低差がおおよそ 40m 以内になるように設置されているので、その区間内で 10 数回の移動と測定を繰り返すことになる。

移動をするたびに、標尺台を路線上に置き、踏み固め、標尺を置き、すばやく垂直を取り、測量手が測定を完了するまで垂直を維持するという作業を繰り返すことになる。

この何気ない作業の中のどれか一つでも怠ってはいけない。どれか一つでも怠ると、後々にそれが往復誤差に大きく影響を及ぼすことになり、精密な水準測量結果を得ることができずに、最悪の場合は再測量になってしまうことになる。

4. 測量手について

測量手は、水準測量を実施するにあたり、一番重要なポジションである。この水準測量全体の舵取り役である。

測量手を務める方は、先に標尺手の経験を積んでから、測量手を覚えることが多い。なぜなら、標尺手は数時間程度のトレーニングで測量に参加できるのに対して、測量手は測量機器の操作を覚え、三脚の水平を取るのにそれなりの経験を積んでからでないとできないからである。また、水準測量の全体像を把握できていないと測量を効率的に進める事ができない上に、正確な測量

を行うことができないからである。

私自身も最近になってようやく測量手を務めるようになったが、まだまだ経験が浅く、測量の時間がかかっている状況である（図 3）。



図 3. 雲仙島原にて測量手担当

5. 水準測量に対する心構えとまとめ

水準測量は、それぞれの役割を十分に果たすことにより、最終的に正確な結果を得られるものである。どれかひとつでも怠慢な行動をし、また、ちょっとしたミスを重ねることにより、結果に大きく響いてくる要因になる。

標尺手の 2 名と測量手 1 名がお互いを感じ、共に同じ目標（正確な値を得る）に向かって呼吸を合わせることがとても重要である。さまざまな気象条件や交通事情がある中で、安全にも留意しながら水準測量に臨みたい。

また、水準測量は 1 回実施しただけで終わるものではなく、測量を繰り返すことで静穏期や活動期の地盤の変動の比較ができることになる。

最後に、水準測量はチームプレイであるということをぜひ覚えてもらいたい。