

令和2年度 地震研究所職員研修会 アブストラクト集



日 程 令和3年2月4日(木) ~ 5日(金)

地震研究所研修運営委員会

首都圏強震動総合ネットワーク SK-net の紹介

○上原 美貴[†], 三宅 弘恵[†], 鶴岡 弘[†]

[†]東京大学地震研究所

首都圏強震動総合ネットワーク(Seismic Kanto strong motion network in metropolitan area : SK-net)ⁱでは、首都圏の地方公共団体等に協力を仰いで、首都圏の震度計や強震計の強震波形データを広域・高密度に収集し利用者に提供している。本発表では、SK-net の概要を紹介する。

はじめに

平成7年の兵庫県南部地震を機に、地方公共団体等の震度情報ネットワークが整備された。これらの当初の目的は、震度情報の即時把握による災害時の初動対応の迅速化・広域応援体制確立の迅速化¹⁾であり、数の上では高密度(数km間隔程度)の観測網が確立されたものの、これらを有機的に結合してデータを活用するシステムを構築するまでには至っていなかった。

これら震度情報ネットワークから地震波形データを広域・高密度に収集・蓄積し、首都圏の地下構造モデルや強震動シミュレーションの高精度化などの研究、強震動予測研究や地震防災研究に役立てることを目的として、大都市圏強震動総合観測ネットワークのひとつとして展開されたのが、首都圏強震動総合ネットワーク(Seismic Kanto strong motion network in metropolitan area:SK-net)である^{2),3)}。

SK-net の概要

平成11年度に7観測網、約470の観測点でスタートしたSK-netは、その後拡大を続け、現在は東京都・東京消防庁・神奈川県・横浜市・埼玉県・千葉県・山梨県・群馬県・栃木県・茨城県・長野県・静岡県に加えて東京大学地震研究所から構成される10都県13観測網、合

計約1,000弱の観測点のデータを収集・公開している(図1)。さらに防災科学技術研究所のK-NET/KiK-netと気象庁の震度計を加えると約1400点の震度計・強震計の強震波形データが利用可能となっている。

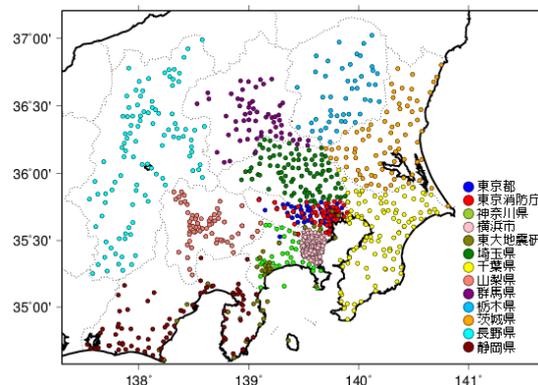
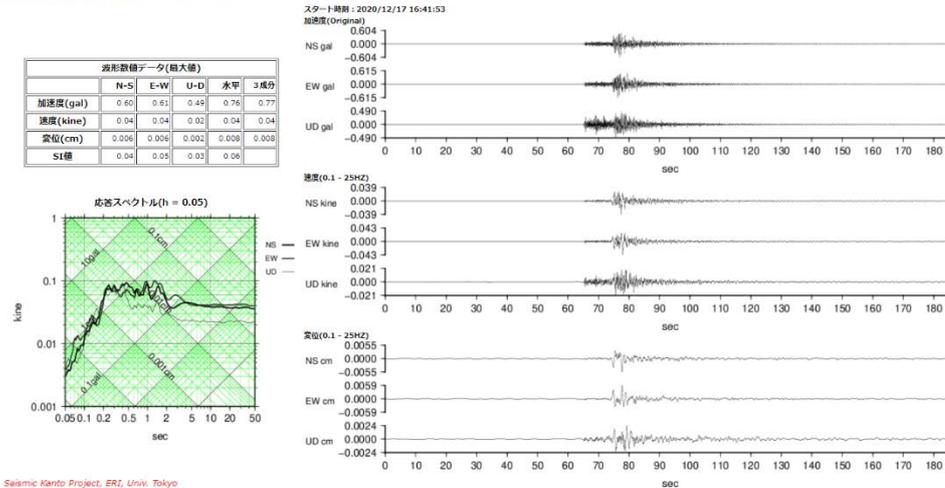


図1 首都圏強震動総合ネットワーク観測点

これらのデータは観測網ごとに異なる方法・フォーマットで収集され、SK-net 波形収集サーバにより防災科学技術研究所のK-NET ASCII フォーマットに変換されたのち、データ提供サーバに格納されている。ユーザ登録された研究者には数値データが公開され、自動作図された加速度、速度、変位の波形や最大値、SI値や応答スペクトル図などは未登録でも閲覧することができる(図2)。

地震名：2020/12/17 16:42:44 SW IBARAKI PREF (36.057N 139.937E 45.1km) Mj 4.6D
観測点：EST.HCJ(茨城県 八王子市) データ提供：東京地震研



Seismic Kanto Project, ERI, Univ. Tokyo

図 2 SK-net に収録された記録例

(2020年12月17日茨城県南部の地震・地震研八王子観測点)

まとめ

SK-net の概要について紹介した。今後も引き続きデータの充実に努め、首都圏の防災に役立っていきたくと考えている。多くの方々にSK-net の地震波形データをご使用いただければ幸いです。

謝辞:SK-net の趣旨にご賛同いただき、データ提供にご協力いただいている、東京都・東京消防庁・神奈川県・横浜市・埼玉県・千葉県・山梨県・群馬県・栃木県・茨城県・長野県・静岡県
の地方公共団体ならびにご担当者のみなさまに深く感謝します。

文献

- 1) 国土交通省気象庁・総務省消防庁, 2009, 震度に関する検討会報告書, 2009.3
- 2) 瀬藤一起, 2000, 大都市圏強震動総合観測ネットワークシステム, 日本地震学会ニュースレター 12(2), 27-28
- 3) 三宅弘恵・上原美貴・鶴岡 弘・鷹野 澄・瀬藤

一起, 2020, 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net, 地震(ニュースレター部), 73(NL3), 13-15

- 4) 東京大学地震研究所 Seismic Kanto 研究グループ, 2002, 首都圏強震計ネットワーク報告書, 2002.04
- 5) 東京大学地震研究所 Seismic Kanto 研究グループ, 2003, 首都圏強震計ネットワーク報告書, 2003年度版, 2003.07
- 6) 東京大学地震研究所 Seismic Kanto 研究グループ, 2005, 首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)報告書, Vol. 3, 2005.07
- 7) 東京大学地震研究所 Seismic Kanto 研究グループ, 2008, 首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)報告書, Vol. 4, 2008.03
- 8) 鷹野 澄・上原美貴, 2014, 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net におけるデータ収集の現状, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 20, pp1-10

技術開発室に導入された 3D プリンターの紹介

○浦野幸子 細井健司（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

はじめに

技術開発室（開発系）では機械工作（金工・木工）・電気回路製作などの業務で、地震研究所の研究活動をサポートしている。製作業務の幅を広げるため、2020年3月に3Dプリンターを導入したので、製作事例の紹介をする。

3D プリンターの仕様と素材について

機種は Raise3D 社の E2, FFF（熱溶解フィラメント製法）方式で、造形サイズは 330×240×240 mm である。このプリンター自体は PP, PC, PET 等様々な種類の樹脂フィラメントを扱える。しかし、技術開発室で保有し、造形経験があるのは PLA と ABS のみである。PLA, ABS とともに価格は 1kg 当たり約 5000 円である。PLA は低温で造形ができるため、造形の失敗が起きにくいことと、植物由来の樹脂であり環境負荷が少ないことが特長である。欠点は 60°C 程度でも変形してしまうこと、耐環境性に乏しいこと（生分解性がある）である。また、硬く割れやすいため、後加工が施しにくい材料である。ABS は PLA と比較して使用温度が高く、靱性があるといわれている。今のところは使用温度の条件等により PLA で不十分な場合に ABS を選択している。とはいえ、ABS も造形が極端に難しい訳ではなかったもので、部品としては ABS の方が汎用性が高いと思われる。今後、耐薬品性や耐候性が求められることがあれば、他の材料や、コーティング剤の使用を検討したい。

製作例 1：アジャスタボルトの試作

野外観測で装置（重力計）を露岩上などに設置するための基台の脚の部分の試作を行った。

凹凸のある場所でも安定を保てるよう、角度の調節ができ、底面には溝加工が施されている。数点の試作を行い、安定な構造を検討した。この試作をもとに、実際に使用する部品はインバー鋼を切削加工して製作された。



写真 1. アジャスタボルトの試作

製作例 2：電子回路のケース

回路製作依頼では完成した回路基板をケースに組み込む場合が多い。今までは市販のケースを使用していたが、これを 3D プリントで製作した。市販のケースと異なりサイズや形状の自由度が高いのが利点である。また、スペーサーを一体化したり、造形中に一時停止しナットを埋め込んだりすることで、組立を簡略化することもできる。コネクタやスイッチは、角穴や特殊形状の穴が必要な場合も多いが、その作成も容易である。ただし、ノイズ対策として金属製ケースが求められる場合には不適である。



写真 2. 電子回路のケース

製作例 3 : 回路基板の固定具

半導体素子の動作に必要な周辺回路や端子などが搭載された評価ボードと呼ばれる基板がある。これは本来、素子の試用に用いるもので、最終製品に組み込むことを想定したものである。しかし、開発室の依頼工作では、扱いの容易さから評価ボードを装置に組み込むことがある。紹介する例では、加速度センサーの評価ボードを使用している。最初は市販の基板固定具を用いていたが、それだけではケースの振動に追従するように固定することができないため接着剤を併用していた。しかし、センサーが故障した際に現場で基板のみを交換することができないため、取り外しが可能な固定方法に変更してほしいとの要望をうけ、基板に合わせた固定具を製作した。



写真 3. 評価ボードの固定具

製作例 4 : 段ボールキャップ (開発中)

細長い段ボール箱を運搬する際、箱の端に緩衝材シートを巻き付けているのだが、この作業を簡素化するため、箱の形状にあったキャップの製作ができないか、との相談があった。試作を行い、抜け落ち防止の機構を検討中である。



写真 4 段ボールキャップ

製作例 5 : 山体模型

以前、依頼を受け外注した山体模型の製作を試みた。外注時は石膏(粉末造形)でインクジェットによる造形物へのフルカラー印刷が可能であったため、山体表面に航空写真を印刷した。一方 FFF 方式の 3D プリンターでは形状の再現しかできない。だが、樹脂を染み込ませた薄い紙を曲面に貼るデコパージュという技法を使えば、造形物表面への画像の貼り付けができるのではないかと考えた。手順は以下のとおりである。①モデリングソフトでデータ点の削減処理を行う。②ペーパークラフトとして出力し、コピー用紙に印刷する。③印刷した用紙にデコパージュ用の樹脂液を塗り、乾燥させる。これを 4~5 回繰り返す。④用紙を水に浸し、紙の組織をはぎ取る。⑤航空写真が印刷された樹脂被膜を切り取り、デコパージュ用の樹脂液を塗布した造形物に貼り付ける。

今回貼り付けたパーツは 9 枚であった。インクジェットのような画像位置の正確性は保証できないものの、見た目に遜色ないものが製作できた。ただし、手作業での貼り付けは気を張る作業であった。



写真 5. 山体模型

まとめ

技術開発室に導入された 3D プリンターの製作事例を紹介した。紹介した以外にもいろいろなものが作れると思うので、所内の方に活用していただきたい。

地震研技術部における新型コロナ対応と対策例の紹介

○宮川幸治（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大による勤務環境の変化は、全国で発生している問題である。このような環境下において、どのような対応と対策を取っているかを、さまざまな職場の人と情報交換する事は有意義と考える。

本発表では、東京大学及び地震研技術部での主な対応と対策例を紹介する。それをたたき台として、他の職場における実情や工夫を議論したい。

東京大学及び地震研技術部における対応

東京大学は、感染拡大状況に応じた行動指針をレベル別に示した「活動制限指針」を策定している。図1に、東京大学の活動制限指針の概要と、2020年度の大まかな推移を示す。

新型コロナウイルス感染症による業務への影響は2020年2月頃から出始め、3月12日～13日に予定されていた第3回東京大学技術発表会（東京大学の技術系職員を対象とした技術発表会）は、2月26日に中止が決定した。また

3月末には、2020年度の授業を全面オンラインとする方針が示された。3月末の時点で、東京大学の活動制限レベルは1（制限小）であると示された。

その後、都内での感染の急速な広がりを受けて、「政府の緊急事態宣言発令（4月7日）」の前日にレベルを2（制限中）に引き上げ、発令の翌日にはレベルを3（制限大）に上げて、教職員は原則在宅勤務の体制となった。地震研の技術職員も、サーバーやネットワークの管理などを除く人以外は全員、原則在宅勤務となった。

その後、5月25日の「政府の緊急事態宣言の解除」に伴い、段階的にレベルが下げられ、7月13日の週からは0.5に引き下げられた。

この東京大学の活動制限レベルに対して教職員にどの程度の勤務制限をかけるかは、ある程度の方針は示されているが、実質部局に任されている。地震研の技術職員は、レベルが2に下げられた6月1日以降、徐々に出勤比率が上げられ、レベルが0.5になった7月13日から、居室が密集した環境ではないこともあり、

東京大学の活動制限指針の概要 <https://www.u-tokyo.ac.jp/content/400137691.pdf>

レベル	総合	研究活動	授業	会議	入構(学内者)	入構(学外者)
0.5	一部制限	研究活動続行可	対面も可だが、オンライン中心	対面も可だが、オンライン推奨	要身分証提示	原則入構不可
1	制限-小	研究活動続行可(滞在時間を減らす)	オンラインのみ	対面は必要最小限	〃	〃
2	制限-中	現在進行中の実験・研究の維持	〃	オンラインのみ	〃	〃
3	制限-大	長期間継続している実験の遂行 進行中の実験の中断	〃	〃	〃 (開門数減)	〃
4	構内活動 原則停止	大学機能の最低限の維持のみ	〃	〃	〃 (高緊急のみ)	〃

活動制限の推移（2020年度）

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
緊急事態宣言	(東京都他)									
活動制限レベル(東大)	4									
	3	制限大(原則在宅勤務)								
	2	制限中								
	1	制限小								
	0.5	一部制限								

図1：東京大学の活動制限指針の概要と、2020年度の活動制限の推移

時差出勤などの対応を取りつつ、原則毎日出勤する方針となった。但し、必要・要望に応じて在宅勤務を取得することは可能である。

その後1月7日に再度政府の緊急事態宣言が宣言されたことを受けて、1月11日にレベルが1に上げられ、それに伴い技術職員の出勤比率は再び下げられている。

出張に関しては、地震研にて基準を設けている。おおまかには活動制限レベルに連動しており、公共交通機関の利用、宿泊の可否、首都圏外への移動、出張期間などの制約が設けられている。

感染予防に向けた対策例

感染予防を目的とした対策例を紹介する。まず働き方として、時差出勤（地震研技術職員の場合、朝7時半出勤の人から10時出勤の人まで存在）、在宅勤務の活用が挙げられる。特に感染リスクを職場に持ち込まないことが重要なので、本人やその周囲でのちょっとした体調不良など、感染リスクの疑いが出た場合にはすぐに在宅勤務が取れるような体制になっている。

出勤する場合は、事前に健康管理報告フォーム Web に体温・体調等を記入し、出勤中は、学内での行動履歴の記録と管理が求められている。

職場では、マスク着用・3密回避・消毒手洗い・部屋の換気を基本として、冷蔵庫・電子レンジ・コピー機といった共用部分の定期的な消毒、室内のCO₂モニタ（換気を目安とする）などが、（完全ではないが）実践されている。

車による出張では、各公用車への消毒用アルコールの配備、マスクの常時着用、窓を開けての移動を基本として、エアコンを外気取り込みで最大風量にして強制換気、同乗者との距離をとるために後部座席に座る、会話を極力控える、食事は別々に取る、といった対応を取る人もいる。

会議・打合せなどはほぼオンラインとなった。職場ではZoomが基本となっている。地震研技術部ではコロナ禍前は、毎朝9時に集まって朝礼を開催していたが、時差出勤の人もいることから、現在は13時からのZoom昼礼となった。

オンライン会議ツールの活用は、画面の共有や録画ができることから、新たな情報共有の取り組みが期待される。例えば、地震観測に携わる技術職員は、WINによる地震波形の読み取り・震源決定に習熟していた方が良いが、これまでは個別に教員などと相談しつつ、独学で学ぶ部分が大きかった。緊急事態宣言下で原則在宅勤務となっていた期間中、WINの読み取りに関する情報交換をZoomで行い、WINの操作画面を画面共有しながら操作方法や読み取る位置について、多くの人に参加した状態で情報交換した結果、効率的に読み取りの理解を深めることができたと思う。

さいごに

コロナ禍での業務遂行にはさまざまなハードルがあるが、新たな働き方を見出すチャンスでもあると思う。本職員研修を通じてさまざまな情報交換ができればと思う。

参考

新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言（内閣官房新型コロナウイルス感染症対策推進室）、<https://corona.go.jp/emergency/>、（参照2021-1-15）

東京大学、新型コロナウイルス感染症に関連する対応について、

<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/general/COVID-19.html>、（参照2021-1-15）

コロナ禍における広報アウトリーチ活動の一事例

○福井萌（東京大学地震研究所 広報アウトリーチ室）

はじめに

2020年は新型コロナ感染拡大の影響により、広報アウトリーチ活動のうち、対面できているあらゆるものをオンライン化させることが喫緊の課題となった。そのうちの1つである、オンラインコンテンツ作りにおいて、技術職員の協力を得て作成したものがいくつかある。それらの事例を技術職員研修会で紹介することで、その成果と課題を示し、今後の更なる展開を一緒に模索したい。

課題

現在の広報アウトリーチ活動において、オンラインコンテンツが重要であることは、既に大きな流れとしてあったが、新型コロナの感染拡大に伴い、更にその必然性が加速した。

「懇談の場」や「サイエンスカフェ」など、所内で開催していた対面のイベントはzoomを使用したオンラインでの開催に切り替え、来所見学や一般公開の対応のために、「バーチャル地震研」を製作した。直接来所してもらうことが出来なくなった中でも、地震研究所の活動を知ってもらい、地震研と社会とのつながりを絶やさないうるには、ホームページをフルに活用する必要がある。

中でも、ネットさえあれば見ることが出来るYouTube上での動画配信は、オンラインコンテンツの中でも、地震研と社会の繋がりを深めることや、ニーズに応えることが出来る重要な手段である。特に、地震研に直接足を運んでもらえる機会がなくなってしまった現在においては、動画配信はこちらから情報を発信できる限られた手段の一つである。

方法

2020年3月に緊急事態宣言が出され、学校が休校になっていく中、私が参加している科学広報研究会では、特設サイト：「休校中の子供たちにぜひ見て欲しい！科学技術の面白デジタルコンテンツ」

(<https://sites.google.com/view/jacst-for-kids/>) を立ち上げた。このサイトは多数のメディアに取り上げられ、経済産業省の「新型コロナ感染症による学校休業対策#学びを止めない未来の教室」にも掲載された。地震研はこれに「Messages from Volcanoes -火山噴火の解明を目指して-」および「100均で出来ちゃう地震波実験装置」の、2本の動画で参加することが出来た。

結論

上述したような企画に、地震研が参加出来たことは、地震研の存在を広くアピールすることにもつながったし、教育・研究活動への納税者からの理解を深めるという目的にも沿うものであった。また、所長の年頭のお話しにあった「社会の中の地震研」の実現への第一歩にもなったのではないだろうか。

先ず動画コンテンツがないことには、土俵に立つことさえも出来ない。そのため、これまでの制作物に加えて、更に新型コロナ禍によりコンテンツの充実を目指して、去年の4月以降、12月までの間で6本制作・配信してきた。職員研修会では、それらのうち、技術職員の協力を得て制作した3本を紹介し、これからの動画制作に向けての可能性を、一緒に探っていけるようにしたい。

在宅勤務における業務紹介

○浦野幸子（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

背景

東京大学では、2020年4月から、主に育児・介護の要件のある職員の在宅勤務が認められるようになった。しかし、新型コロナウイルス感染拡大防止のため、制度の運用方針が示されないまま、4月初頭に突然、多くの職員が在宅勤務を命じられることとなり、一部混乱が生じた。大学への入構制限は、緊急事態宣言が解除された6月から段階的に緩和され、7月半ばからは「レベル0.5（一部制限）」という状態となった。（2021年1月11日からは再度の緊急事態宣言を受け、「レベル1（制限-小）」となっている。）この2020年7月後半～年末までの「一部制限」の状態において、技術職員の出勤率の制限は設けられなかった。つまり、（体調不良時やCOVID-19陽性者との接触が疑われる場合を除き）在宅勤務を命じられることはなかった。大学としては「新しい働き方」の業務環境改善策として、社会的にはコロナウイルスの感染拡大を防ぐ手段として、在宅勤務が推奨されているものの、2020年12月時点では筆者を除く技術職員の出勤率はほぼ100%であった。おそらく、仕事の内容や、グループとしての作業の必要性などから判断された結果と思われるが、もしも、在宅勤務が浸透しない原因が、2020年4月に準備もないまま在宅勤務をせざるを得なかった際の混乱や、在宅では仕事ができないという思い込みにあるとしたら残念である。

筆者の担当業務は電子工作を中心とした試作、開発である。単独、かつ、机上での作業が多いため、また、コロナ禍がなくても育児要件で在宅勤務制度の活用を検討していたこともあり、現状でも週3日程度の在宅勤務を

継続している。そこで、在宅勤務で行える作業の紹介を行いたい。

在宅勤務における業務

技術開発室（開発系）では主に研究者からの依頼に応じて、観測・実験で使用する機器を製作している。在宅勤務で行う業務として最初は、CADを利用する回路基板や3Dプリント部品の設計、機器の制御のためのプログラミング等、パソコンだけで完結できるものだけを考えていた。

ところで、地震研における在宅勤務に関する申し合わせでは、概ねノートパソコンよりも小さく、運搬時の破損のリスクが低く、情報漏洩のおそれのない機器を、上長の承諾のもと持ち帰ることが許されている。また、幸いなことに、筆者の自宅にははんだ付けを行うための道具類が揃っていた。筆者が製作を担当するものは小型のものが多い。そこで、基板への素子実装や、コネクタの組立なども在宅勤務で行うようにした。これにより筆者の担当業務の多くが在宅で行えることとなった。また、委員会等の会合もオンラインに移行したため、在宅でも参加できる。

特殊な事例であるが、アウトリーチ室より、緊急事態宣言で休校中の子ども達に向けた動画の製作依頼があった。「家にあるものでできる工作」がテーマであったため、自宅の方が材料を揃えやすく、依頼の趣旨に沿った撮影ができたと思う。

参考

東京大学,新型コロナウイルス感染症に関連する対応について,

<https://www.u-tokyo.ac.jp/ja/general/COVID-19.html>, (参照 2021-1-14)

現場設置の容易な GNSS アンテナ基台, 太陽電池架台の紹介

○山品匡史・田部井隆雄・大久保慎人（高知大学）

はじめに

地震, 火山を対象とするフィールド観測においては, 観測地点への車両横付けが困難で人力による機材運搬が必要な場合が多い。したがって, 使用機材は軽量で可搬性に富むものが望ましい。また, 作業の中心が屋外であることから, 機材設置を短時間でを行うことが望まれる。

本発表では, 高知大学が主に臨時観測で用いている現場設置の容易な GNSS アンテナ基台, 太陽電池架台について紹介する。

測地用 GNSS アンテナ基台 (穿孔可能)

屋根の側壁や床面に穴を開けてボルト埋設が可能な場合に用いている GNSS アンテナ基台を図 1(a) に示す。本体はステンレス製で重さ約 2 kg, 大きさは 14×14×40 cm, アンテナを固定するアダプタは真鍮製である。

設置場所にドリルで穴をあけ, 8.5 mm φ ボルトを埋め込んで固定する。鉛直調整には後述の 40 Minute Level を用い, ナットの固定位置を調整し鉛直性を担保する。ボルト埋め込みには 5 分硬化のエポキシ樹脂系接着剤を使用している。

測地用 GNSS アンテナ基台 (穿孔不可)

シート防水などで穴あけが不可能な場合には図 1(b) の基台を用いている。基礎となる金属板に重量がある (6.5 kg×2 枚) ため, 本基台は車両によるアクセス可能な場所での設置に限定される。逆に, 重量があることで防水シートへの密着度が高くなり, 安定した設置が可能となっている。重量があることと風が抜ける構造のため, 風による移動はこれまでに確認さ

れていない。

基台全体の重量は約 14 kg, 大きさは 40×40×50 cm である。基台およびアダプタの材質は前者と同じでそれぞれステンレス, 真鍮である。設置時にはターンバックルと前者と同じく 40 Minute Level で鉛直調整を行う。

測地用 GNSS アンテナ設置時に用いているツール

測地用途では GNSS アンテナを水平に固定する必要があり, アンテナ基台や埋込ボルトを鉛直に設けなければならない。前者に対しては, SECO 社製 40 Minute Level を利用している。この製品には GNSS アンテナに標準の 5/8"-11 ネジが切っており, 実際のアンテナ取付部の水平が調整可能である。

ボルトは極力鉛直になるように埋め込み, 最終的に整準台を用いて対応することが多い。しかしながら, 整準台の調整ねじや機構部は剥き出しとなっており, 材質的にも耐腐食性が低いことから, 長期間の使用には適さない。そこで, 恒久的もしくは長期間の臨時観測においては, 機構部が内部にあり, 防水性と耐腐食性に優れた SECO 社製 Adjustable Tilt Monument Mounts for 1.5-inch pipe with MPT 1-1/2 x 11-1/2 TPI を使用し, 上記 40 minute Level で調整している。

時刻同期用 GNSS アンテナ基台

時刻同期用の GNSS アンテナ基台については測地用途ほどの厳密な管理を要しないことから, ホームセンターなどの通常陳列品であり, 持ち運び, 組み立てが容易であることを重視し

た。図 1(c) は白山工業社製 GP200 と取付け用接続ロッドを用いた例を示す。基台本体は 1 m 四方程度の面積で設置でき、重量は約 2 kg である。軽量ではあるが、底面が三角形となっており自立し、風が抜け、転倒し辛いことから、特に固定も必要とせず、20 分程度で組立、設置が可能である。

太陽電池架台

太陽光発電はフィールド観測において主要な電源である。観測関連機器の省電力化や太陽電池の性能向上により、専用の架台を設けることなく小型の太陽電池パネルや折り畳み式太陽電池を観測点近傍の岩塊や収納箱に直接据え付け、観測を行うことができるようになってきている (例えば、松廣, 2018)。しかしながら、通常は架台を設ける場合が多い。

フィールドや建屋屋上などに架台を設置する場合、軽量で組み立てが容易であることが望ましい。そこで、DIY 素材として棚などの製作に用いられている矢崎化工製イレクターを使って太陽電池架台を製作した (図 1 (d))。中空のスチールパイプにプラスチックがコーティングされており、軽量で強度もあり、錆びにくい特長をもっている。エレベータなし建屋での設置時も、苦労なく持ち上げができた (95 W パネル用で約 5 kg)。海岸近くの観測点での 2 年半経過後も錆などの劣化は見られなかった。また、任意の長さのパイプ切断が容易で、パイプ接続用の各種ジョイントも用意されていることから、パネル形状や設置環境に応じての設

計・製作、現地での組み立ても容易に行うことができる。

文献

白山工業株式会社, 全天候型 GPS アンテナ GP200.

<https://www.hakusan.co.jp/products/timesync/gp200.html> (参照 2021-01-15)

松廣健二郎, 2018, 名古屋大学における GNSS 観測およびそのテレメータについて, 平成 29 年度地震研究所職員研修会アブストラクト集, 10. http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/h29/pdf/H29_Abst.pdf (参照 2021-01-13)

SECO Manufacturing Co., 40 Minute Level. <https://www.surveying.com/product/40-minute-level/> (参照 2021-01-13)

SECO Manufacturing Co., Adjustable Tilt Monument Mounts for 1.5-inch pipe with MPT 1-1/2 x 11-1/2 TPI. <https://www.surveying.com/product/adjustable-tilt-monument-mounts-for-1-5-inch-pipe-with-mpt-1-1-2-x-11-1-2-tpi/> (参照 2021-01-13)

矢崎化工株式会社, イレクター.

<https://www.diy-life.net/> (参照 2021-01-13)

謝辞: 本研究の成果の一部は、JSPS 科学研究費補助金 (課題番号: 16H06472) の助成を受けたものです。

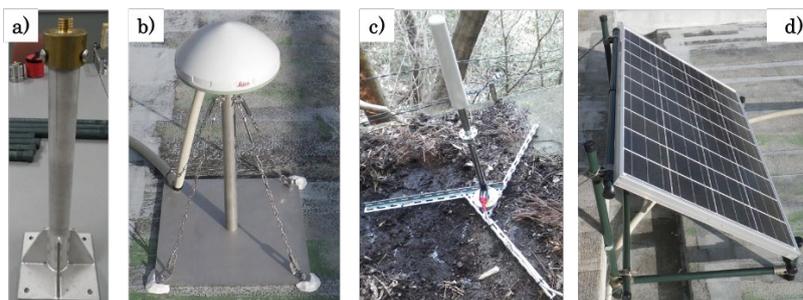


図 1. (a) 測地用 GNSS アンテナ基台 (穿孔可), (b) 測地用 GNSS アンテナ基台 (穿孔不可), (c) 時刻同期用 GNSS アンテナ基台, (d) 太陽電池架台

降灰環境における火山観測の強靱化

○園田忠臣（京都大学防災研究所 技術室 勤務地：火山活動研究センター）

はじめに

現在、火山活動研究センターは桜島付近の14地点で地震観測を実施しており、そのうちの12地点からリアルタイムでデータを伝送している。2観測点は、桜島の北東方向に位置する新島（有人島）と南西方向に位置する沖小島（無人島）に設置されている。

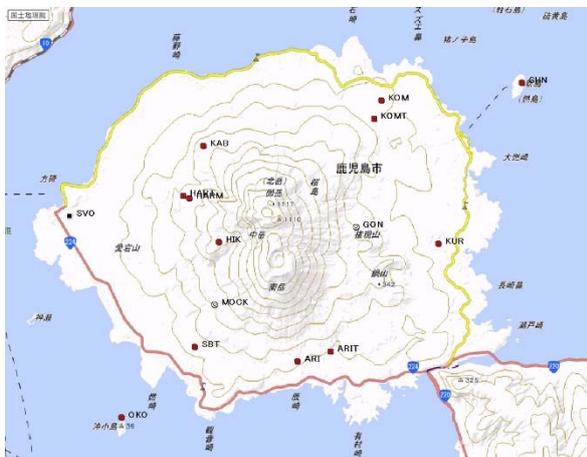


図1. 桜島内地震観測点図. 赤で示された観測点は常時テレメータ観測点. 白で示された観測点は現地収録観測点.

整備の経緯

火山活動研究センターの前身である桜島火山観測所が設置設立された1960年から現在までに、高品位、多項目化によって火山観測網は発達してきた。今後予想される大正噴火級の大規模噴火発生時には、桜島からの全島避難や観測所の被災も想定され、火山観測の継続性を確保するための対策が必要である。火山活動研究センターでは、データ集約サーバーを、観測所本館とは別に鹿児島県庁に追加設置することにより、データ収録の冗長化を整備している。しかし、大規模噴火の発生時には、大量の噴出物によって観測網が依存

する電気や通信などの社会インフラの断絶も予想される。よって依存のデータ伝送経路、観測システムだけでは、観測の継続が困難になる恐れがある。しかし、大規模噴火発生時の観測データは研究面においても、火山活動評価においても、極めて重要な価値を有することから、大規模噴火を念頭に置いた降灰環境における観測とデータ伝送継続のため、桜島島内の主要観測点におけるデータ伝送網および電力系の強靱化を実施した。

今回は、普段から桜島の噴火による、火山灰や火山礫など噴出物の影響を受けやすく、そのたびに、発電力低下に陥り、データ伝送断が発生していた引ノ平観測点を例に強靱化の取り組みを紹介する。

引ノ平観測点のこれまでの状況

引ノ平観測点は、火山活動研究センターの観測点の中で南岳山頂火口にもっとも近い位置にあり、短周期地震、広帯域地震、GNSS、デイスロメーター（降灰観測）からなる多項目の観測を実施している。短周期地震記録は火山活動研究センター内での爆発判定に用いられ、非常に重要な観測点の1つである。電力は、ソーラーパネルとバッテリーを用いて供給されており、観測所との間を無線LANで結びデータ伝送をしている。引ノ平観測点は、これまでも日常的な桜島の噴火活動に伴う降下火山灰や火山礫等の影響を受け、ソーラーパネルの発電力低下によるデータ伝送断などが頻繁に発生していた。障害が発生するたびに修繕を繰り返してきており、発電力の違うソーラーパネルが混在している状況であった。



図 2. 強靱化前の引ノ平観測点ソーラーパネル配置図. 右側にある横長の筒がデータ伝送用無線 LAN アンテナ.

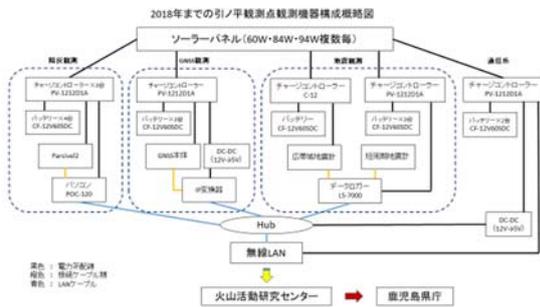


図 3. 強靱化前の引ノ平観測点観測機器構成概略図.

引ノ平観測点の強靱化

今回の強靱化にあたり、地震、GNSS、無線に使用する電源システムを更新した。種類の違うソーラーパネルをすべて撤去し、より発電容量の大きいソーラーパネル 6 枚 (各 135W) を設置した。またこれに伴い、バッテリー (4 台直列×3 セットの計 12 台、各 108Ah) およびチャージコントローラーを更新し、電源システムの整理および再配線等を実施した。またデータ伝送の強靱化として、既存の無線 LAN のバックアップとなる伝送経路を新設した。新経路は、400MHz 帯域の無線により桜島の対岸の鹿児島島潮位観測室へデータを送信し、潮位観測室から商用回線で鹿児島県庁のサーバーへ伝送する。この経路では容量の関係から地震 3 成分のデータしか伝送していないものの、大規模噴火に対して脆弱であると予想される桜島島内のインフラには依存していない。



図 4. 強靱化後の引ノ平観測点ソーラーパネル配置図. 手前にある横長の筒が既設の無線 LAN アンテナ. 右側にある八木アンテナが新設の 400MHz 帯域無線アンテナ.



図 5. 強靱化後の引ノ平観測点観測機器構成概略図.

引ノ平観測点強靱化後の状況

強靱化前は、データ断などにより 1 年間のうち数十回メンテナンスを実施していたが、今回の強靱化後は、一度もデータ伝送断等の観測に影響を及ぼす障害は発生していない。電源の強靱化が、現在の桜島の噴火活動に伴う降灰環境に対して効果を発揮しており、安定的に観測を継続できている。

謝辞

京都大学防災研究所附属火山活動研究センターの山田大志助教から本稿を改善するうえで、大変有益なご助言を頂きました。ここに厚く感謝の意を表します。

谷中・根津・千駄木(谷根千)の寺社で行う臨時地震観測について

○橋本匡・佐伯綾香・秋山峻寛（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

石瀬素子（東京大学地震研究所 地震予知研究センター）

中村亮一（東京大学地震研究所 地震火山情報センター）

酒井慎一（東京大学地震研究所 観測開発基盤センター・東京大学大学院 情報学環・学際情報学
府）

はじめに

平成 19 年から平成 23 年にかけて実施された「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」にて首都圏地震観測網（MeSO-net）が設置された。この MeSO-net 観測網や K-NET・Hi-net といった基盤的地震観測網などにより得られた首都圏の稠密な観測データの解析によって、詳細な地下の地震波減衰構造が明らかとなり、地表での震度分布に偏りがあることが示唆された(防災科研, 2020)。その震度分布の偏りは、地震被害に違いを生じさせることが推定される。将来の大地震発生の際の震度分布のばらつきを再検討するため、新たに稠密な臨時地震観測を行うこととなった。

首都圏では、大地震時の地震波形記録がほとんど無い。大地震は、まれにしか発生しないため、歴史上の地震被害が書かれた文書を調査するしかない。首都圏には歴史のある寺社が多く、貴重な史料があり、過去の地震による被害の記述が残っている。そして、当時の建物や灯籠などがそのまま変わらず現存しているものもある。そこで、安政江戸地震による谷根千地域の被災場所を古文書から特定し、被災時には現在の場所に立地していた寺社を中心に、観測点を選定した。被害の記述と現代の地震計による記録とを結びつけるのが狙いである。石瀬ほか（2020）では北総地域で行われた臨時地震観測と安政江戸地震の震度値の相対的な関係性が示唆されており、歴史地震の震度をより定量的に評価すること

ができるのではと期待される。

選定された場所をもとに、下見・用地交渉を行い、19 地点に地震計を設置させていただくことができた。本発表では設置したいいくつかの観測点について報告する。

機材概要

機材は地震研究所特定共同利用機器である短周期地震計（LE-3Dlite MkIII）と、単 1 乾電池の電池ボックス 1 セット（8 本）とデータロガー（LS-8800）が入ったペリカンケース、電池ボックスが 3 セット入った外部バッテリー用ペリカンケースを使用した。オフラインで約 2 か月を想定した。ロガーの主な設定はサンプリング周波数：100 Hz、形式分解能：24 bit、ゲイン：3 成分とも x1 とした。

観測点概要

設置した観測点の位置図を図 1 に示す。地震研究所の東側の上野の山に 14 地点設置し、地震研究所のすぐ北にある根津神社境内に 3 点設置した。観測点の設置状況を図 2 に示す。地震計はコンクリートに直接石膏で固定するか、コンクリート板を埋めて石膏で固定または石膏は使用せず埋設した。また、地震研究所 1 号館脇にある MeSO-net 観測点（E.YYIM）近傍に 2 点設置（埋設とコンクリート板に石膏止め）しており、これは異なる設置方法による波形の違いを調べるためである。

まとめ

古くからある寺社の近傍に 19 地点稠密に地震計を設置することができた。ケーブルを動物にかじられたり、地震計を倒されたりした点もあったが、すべての観測点で現在も観測中であるため、観測点撤収まで支援を行う。

謝辞

本研究は、文部科学省受託研究「首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクト」の一環として実施しました。円珠院、寛永寺、元光院、光明閣、清水観音堂、正慶寺、浄名院、大黒天堂、天眼寺、天王寺、根津神社、辯天堂などのすべての寺社と国立科学博物館、都立上野高校の方々に観測点設置等多くのご協力をいただきました。記して感謝いたします。

文献

国立研究開発法人防災科学技術研究所、2020、首都圏を中心としたレジリエンス総合力向上プロジェクトサブプロジェクト (b) 「官民連携による超高密度地震観測データの収集・整備」(2019 年度) 成果報告書 https://forr.bosai.go.jp/sub_b/reports/pdf/r1_rpt_b_3225.pdf (参照 2021-01-16)
石瀬素子・中村亮一・原田智也・飯高隆・中川茂樹・佐伯綾香・引間和人・酒井慎一、2020、現代の地震観測の歴史地震研究への活用(その1) 1855 年安政江戸地震の江戸郊外における震度の地域性検証のためのパイロット観測、地球惑星連合大会 2020 年大会、ポスター発表

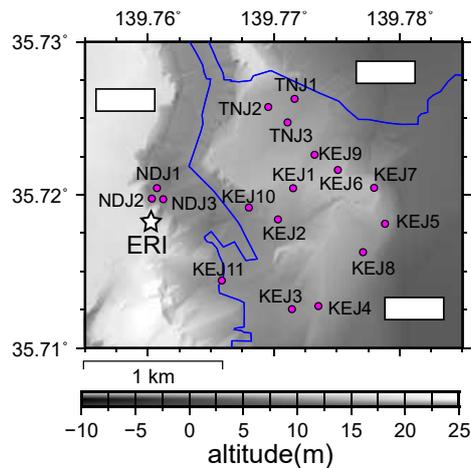


図 1. 観測点位置図・○が臨時観測点位置 (17 か所)．☆が地震研究所の位置．線は行政境界線。



図 2. 観測点設営風景。左写真はレナーツ地震計をコンクリートに直接石膏止めした様子。石膏が固まった後、真ん中の写真同様ビニール袋を被せ保護している。真ん中は厚さ 3 ~ 5 cm 程のコンクリート板を、掘った地面に埋設し地震計を石膏で固定した様子。右写真は設置状況の様子。根津神社本殿の脇に設置させていただいた。

横坑内における広帯域地震計の移設に向けた比較観測

○秋山峻寛・佐伯綾香・藤田親亮・橋本匡（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

はじめに

長野県中部にある朝日観測点は東京大学地震研究所が1982年4月に観測を開始した信越地域の微小地震観測点の一つである（橋本ほか、1996）。糸魚川静岡構造線及び中央構造線や、長野・岐阜県境付近の群発地震地域に近い。朝日観測点では横坑内で広帯域地震計と短周期地震計による微小地震観測を行っている（図1）。横坑内は地表に比べて周囲の温度変化や雑微動が小さく、特に広帯域地震計を用いた観測に向いている。しかし、横坑の入り口から設置場所までの道のりに高低差があり、梯子を登るような危険な箇所があることや動物の糞害が保守作業を困難にしている。そのため、これらの地震計を横坑の入口付近へ移設することが計画された。まずは広帯域地震計を移設するべく、2020年12月中旬に横坑入口に広帯域地震計を新設し既設地震計との比較観測を開始した。本発表では地震計の新設と現時点での比較観測の結果について報告する。

地震計の新設

新しく地震計を設置するため、横坑入口脇にコンクリート製の地震計台を新設した（図2）。台座の位置は横坑入口の扉から1.3 m程度、既設場所から体感で30 m程度である。台座の作成の際には、台座を岩盤と密着させるため地盤にアンカーを打ち、台座の上面にはひび割れ防止のため鉄筋メッシュを入れた。

広帯域地震計は外的要因によって記録波形が乱されるが、温度変化はその要因の一つである。その影響を小さくするために断熱材でできた覆いを作成し地震計に被せた（図2）。今回は

新手法での断熱材の設置を試みた。具体的には、より強固な固定と取り外しやすさのために台座と断熱材との設置面に対するマジックテープをそれぞれ貼り、空気の流れを塞ぐためにすきまテープを同じく設置面に貼った。

設置した地震計はGüralp Systems社製のCMG-3T（周期100秒）である（以下、新点）。なお、既設の広帯域地震計はCMG-3T（周期120秒）である（以下、旧点）。ロガー及びコントローラーは白山工業社製のLFシリーズである。

比較観測の結果

ここでは本稿執筆時点の手元での計算結果を報告する。2021年1月12日6:32（JST）にモンゴルで発生した地震（M6.7、深さ33 km）の観測波形を用いて旧点に対する新点のFFTスペクトル比を見ると、1秒から90秒の帯域でスペクトル比がほとんど1であった（図3）。90秒より長い帯域では値が小さくなっているが、これは地震計の固有周期の違いを反映したものである。1秒から~0.1秒の帯域では水平2成分の値が1.1倍程度大きくなっている。これはこの帯域で新点は旧点より、振幅が少し大きくなる傾向であることを示している。したがって、広帯域地震計による地震観測において重要な長周期帯は、地震時においては旧点と同様に観測できており、新点は移設点として十分適していること示唆している。

今後の予定

新設場所は既設場所に比べて周囲の温度変化が大きいと思われるため、夏頃まで観測を続

け季節変化の影響を監視する。新設場所でも従来通り観測が可能であることが確認されれば従来の観測点を廃止し正式に移設する。また、短周期地震計も移設する予定である。

謝辞

東京大学地震研究所観測開発基盤センター、東京大学大学院情報学環・学際情報学府の酒井

慎一教授には、本稿を改善するうえで大変有益なご助言をいただきました。記して深く感謝申し上げます。

文献

橋本信一・酒井要・小林勝・羽田敏夫，
1996，信越地震観測所の歩み，震研技報，
1，87-91.



図1 横坑入口の写真。この奥かつ梯子で登った先に地震計が設置されている。藤田さん撮影。



図2 新設の地震計台と地震計。縦長の箱は断熱材で中に広帯域地震計がある。

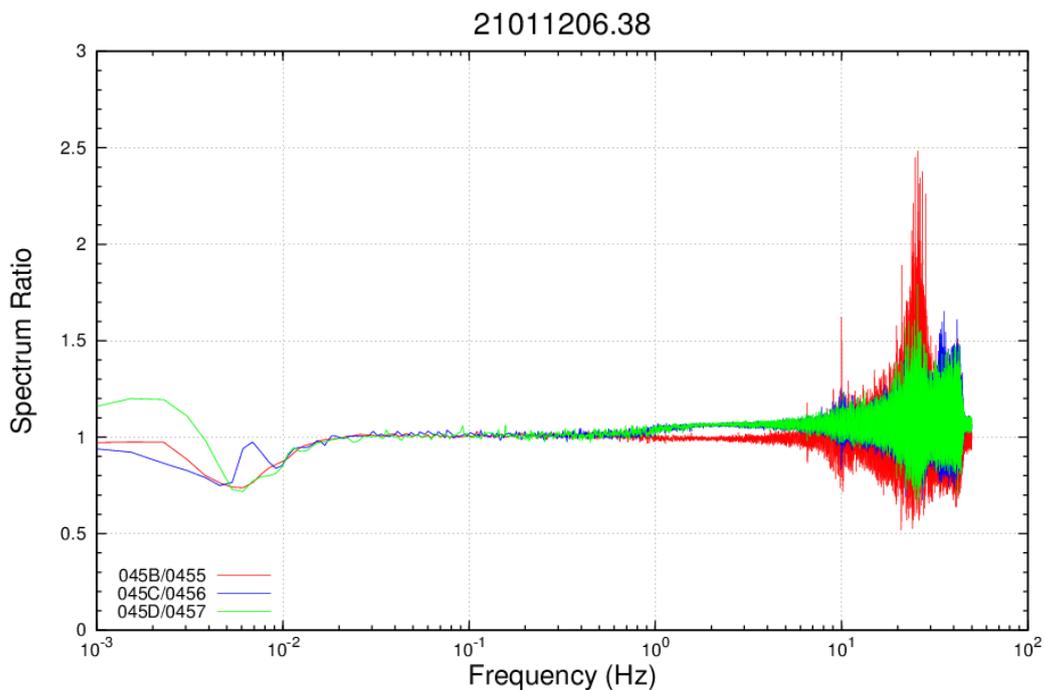


図3 初動到着直前から15分間の旧点に対する新点のFFTスペクトル比。赤、青、緑はそれぞれ上下、南北、東西成分を示す。

マルチコプタを用いた空中磁気測量

○渡邊篤志（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

小山崇夫（東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター）

はじめに

空中磁気測量は、地下の磁化構造を調査するのに非常に有効な観測手法である。航空機を利用するため、地上踏査では障害となる植生や急傾斜などの影響を受けることがなく、短時間で広範囲の観測をすることが可能である。従来は有人ヘリコプタを用いて実施されてきたが、地震研究所では15年ほど前から自律型産業用ヘリコプタ（以下、無人ヘリ）の利用を進めてきた。近年は電動マルチコプタの発展が目覚ましく、数kgのペイロードを載せて20分ほど飛行できるような空中磁気測量に利用できる機種が一般市場に登場してきた。そこで、DJIのMATRICE 600 PROを導入して霧島山硫黄山での空中磁気測量を実施したので紹介する。

無人ヘリとの違い

無人ヘリを利用した空中磁気測量は既に実用レベルに達しており、北海道から鹿児島まで様々な火山で繰り返し実施されている。それでもマルチコプタを導入するのは、幾つかのメリットがあるからである。一つは機動性の向上である。無人ヘリでの観測は外部に依頼するしかないため日程調整が難しく、噴火等に即応することはほぼ不可能である。自前のマルチコプタであれば、所内関係者の日程調整とバッテリーの充電のみでよく、数日で観測に出発することも可能である。二つ目は、費用の低減である。無人ヘリでの観測には、機材を積んだ専用観測車の移送とオペレータなど4人程度の技術者の派遣が必要で、多額の費用がかかる。マルチコプタの場合、最少編成だと地震研からの2人だけ

でよく、機材もヤマト便で輸送できるよう大きさと重量を工夫しているのので、大幅に費用を抑えることができる。

一方、マルチコプタにもデメリットがある。それは飛行時間（距離）、風に対する耐性、上昇高度制限である。無人ヘリは1回の給油で100分以上の飛行が可能であり、風速10 m/sの中でも比較的安定して飛行することができる。一方、マルチコプタは、磁力計を搭載した状態では17分程度しか飛行させられない。風の影響も大きく、仕様では風速8 m/sが上限となっている。離陸後500 mまでの上昇高度制限はメーカーに解除を依頼できるが、解除したままにはできず観測の度に解除と再設定が必要になっているため、現時点では大高低差での運用は考えていない。

主な機材紹介

MATRICE 600 PRO（マルチコプタ）

- ・重量*：10.0 kg
- ・全幅：1,668 mm（プロペラ展開時）
- ・全高：727 mm（GPSアンテナ展開時）
- ・最大飛行速度：18.0 m/s（無風かつ無積載時）
- ・最大積載重量*：5.5 kg
- ・最大飛行時間*：38分（無積載時）
18分（5.5 kg積載時）
- ・最大伝送距離：3.5 km（日本仕様）

G-858（セシウム磁力計）

- ・重量：2.0 kg（本体）
1.2 kg（センサー、ケーブル）
- ・ケーブル長：5.5 m

* 大容量バッテリー TB48S（22.8 V，5700 mAh）装着時

・電源：18650 (3.7 V, 3400 mAh) 8 本直列

飛行経路設計

空中磁気測量を効率的に実施するには、事前の飛行経路設計が不可欠である。設計には、カシミール 3D と国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル(10m メッシュ DEM) (以下, DEM) を利用した。幾度も試行錯誤を重ねて、最終的に次のような設計手順に落ち着いた。

- I. 測線上に 25 m 間隔でポイントを設ける。
- II. DEM を用いてポイントの標高を測定する対地高度に変更する。
- III. 離発着地点の対地高度 2 m (操縦者の目線) から各ポイントへの見通しを、DEM を使ってカシバード (カシミール 3D の 3D 描画機能) で確認する。
- IV. 見通しのないポイントは、稜線に出るよう標高を上げる。
- V. 往復を含めたフライト時間 (測定中の飛行速度は 5 m/s) が 15 分以内になるように、測線を分割する。
- VI. 滑らかに曲がるように、角のポイントを削除する。
- VII. カーブ区間の手前で減速し、直線区間に戻ると速度回復する。
- VIII. 各フライトでポイント数が 99 以下になるように、3 次元的にはほぼ直線飛行する区間のポイントを間引く。
- IX. 飛行時間短縮のため、測線までの往復区間の飛行速度を測定時より速く設定する。
- X. 自動飛行終了時に急停止しないよう、着陸地点の少し手前にポイントを数個設けて減速させる。
- XI. 自動飛行終了後はその場でホバリングするように設定する。

指定ポイント数を 99 以下に抑えているのは、機体が 99 までしか受け付けられないためである。また、着陸まで自動化しないのは、センサーを吊り下げているためである。

自動飛行に使用するアプリは GS ACS ((株) NSi 真岡) である。このアプリは DJI GS Pro と開発ベッドを同じくしており、当然、DJI の機体との相性が良い。同様のアプリには Litchi もあるが、こちらはまだ試していない。

霧島山硫黄山での測定

2019 年 12 月に霧島山硫黄山で測定飛行を行った。測定範囲は 1,000 x 600 m、測線の間隔は 100 m、飛行高度は対地 50 m と 100 m の 2 面である。設計した飛行経路は 6 本、総飛行距離は 23.62 km、総飛行時間は 1 時間 23 分である。ただし、これは自動飛行部分のみであって、実際には空荷でのテスト飛行や、離陸から自動飛行へ移るまでと自動飛行完了から着陸するまでの手動飛行も存在する。

テスト飛行を含めて全 9 フライトをおこなったが、機材の準備から ad 撤収まで約 4 時間で完了した。地磁気参照点の設置・撤収を含めても、1 泊 2 日で観測が実施可能であることがわかった。

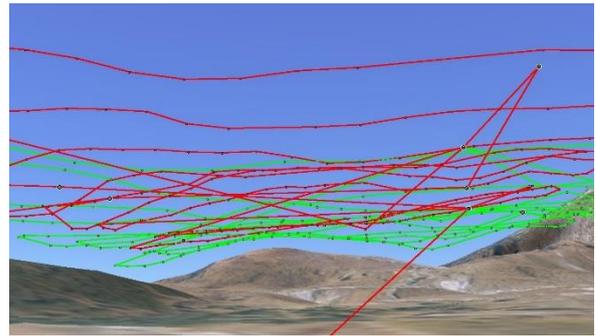


図 1. カシバードでの見通し確認



図 2. GS ACS の画面

桜島火山におけるディストロメータを用いた降下火山灰観測について 2020

竹中悠亮（京都大学防災研究所 技術室）

はじめに

1955年以降、鹿児島地方気象台では同気象台における桜島の降灰量を測定してきており、また、鹿児島県においても1978年以降、桜島周辺58か所（現在は63か所）において桜島の降灰量調査を実施している。その調査方法は、各観測点においてドラム缶等により火山灰を採取し、月毎、10日毎、日毎に手作業により集計するものである。このような手作業による降灰量の観測では即時的に火山灰量を把握できない。一方、国土交通省は桜島島内に自動降灰量計を設置し、オンラインで降灰量を把握できるシステムを構築している。しかし、この自動降灰量計は感度が低く、現在、桜島において発生する小規模噴火では、個々の噴火に対して降灰量を測定することは困難である。京都大学防災研究所火山活動研究センターでは、文部科学省が委託する次世代火山研究・人材育成プロジェクトのサブテーマ「リアルタイムの火山灰ハザード評価手法の開発」において降灰予測技術の確立に向けて研究を進めている。本研究は、地震計、傾斜計、伸縮計などの観測機器のデータから火山灰噴出速度を噴火直後に定量化する、あるいは事前に評価したうえで、複雑な火山地形を考慮した火山周辺の風向風速等の気象場を再現して、火山周辺の降灰量を即時的に予測するものである。予測量は地上における観測降灰量によってはじめてその妥当性を確認できるので、降灰量観測システムを構築することは極めて重要である。このプロジェクト研究では、個々の小規模噴火であっても降灰量を把握できるように、降雨等の気象観測に

用いられていたディストロメータ

（Parsivel2）を使用して火山灰連続観測を2017年より開始した。（園田・他2019）その後観測状況について報告する。

観測点の展開

ディストロメータを用いた降灰観測点は、2017年に7か所から開始し、2018年に6か所、2019年に4か所、2020年に4か所設置し、ディストロメータ観測網を展開している。（図1）



図1. 観測点の設置位置

観測点の機器構成

地震観測等を目的とした定常観測点では、商用電源を利用し、観測を行っている。新設観測点では、バッテリーとソーラーパネルを使った電源供給システムを組み、観測を行っている。

データ伝送に関しては、定常観測点では、既設のテレメータを利用し、データ伝送を行っている。新設の観測点では、モバイルルーターを利用し、データ伝送を行っている。構成機材は、図2の通りである。

製品名	製品名	役割
ディストロメータ	ドイツOTT社製 parsiveI2	降灰観測
PC	neousys-tech POC-120	データ収録
モバイルルーター	CENTURYSYSTEMS FuterNet AS-M250/NL	テレメータ
モバイルアンテナ	FMSP800W-H2.5M-WPMMIMO	テレメータ
ソーラーパネル	SHARP製 NT-94TC(93.5W)	発電
バッテリー	ニスコ製 CF-12V60SDC(60Ah)	電源(充電)
チャージコントローラー	未来舎 PV-1212D1A	電源制御

図2. 観測点の機器構成

桜島火山におけるモバイル通信について

NTT DOCOMO の 4G 回線を利用している。観測点設置位置図上に、4G 回線の通信エリアを示す。(図.3)

モバイル通信によるデータ収録を行っている観測点ごとの通信速度は、以下の通りである。(図.4)

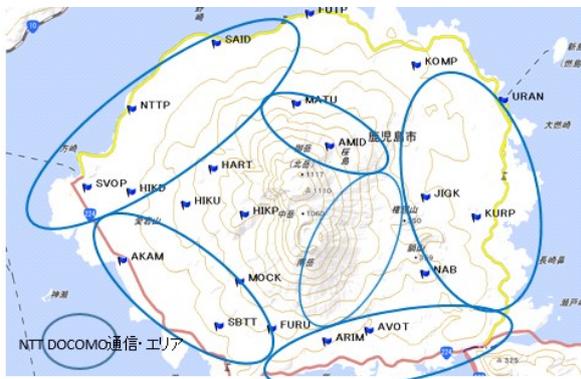


図.3 4G 通信エリア

AKAM	3.7Mbps	NAB	1.3Mbps
URAN	45Kbps	SAID	3.7Mbps
MOCK	通信不可	MATU	3.7Mbps
AMID	1.8Mbps	AVOT	880Kbps
JIGK	2.4Mbps	NTTP	3.3Mbps
SVOP	11.0Mbps		

図.4 観測点ごとの通信速度

観測点で発生した問題点と対応について

- ・観測点付近一帯のモバイル通信状況が不安定な問題
 - ・モバイルルーターの動作が不安定になり、通信不可になる問題
 - ・観測点 PC と画面共有する為のソフトウェアがハングアップすることにより発生する通信問題
- いずれの問題も、モバイル通信が不安定である為、通信を確立することができずに発生する問題であることが判明した。

モバイル通信が不安定なため発生する問題の対応として、モバイルアンテナの設置位置や設置方法、向きの変更を試し、探っている中である。

メンテナンスについて

オンラインでのデータ収録ができていない観測点では、観測状況をモニタリングすることで、電源電圧監視や観測状況を確認し、データ収録に異常がある場合や、電源電圧の低下を確認することが可能。モニタリングすることにより、問題点の把握が可能のため、メンテナンス作業の効率上昇にも期待できる。

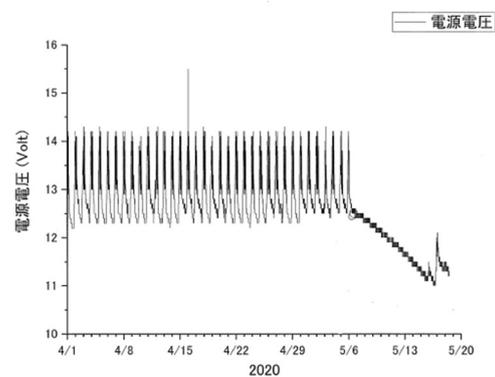


図.5 電源電圧モニタリング

今後について

オンラインデータ収録環境の整備を進め、観測所から管理できる環境作りを目指す。そのためにも、モバイルアンテナの指向性や設置環境と設置高度の関係についての調査を進め、より良い通信環境整備に努めたい。

参考文献

園田忠臣・井口正人・竹中悠亮・瀧下恒星(2018) 平成 30 年度地震研究所職員研修アブストラクト集 1-03

謝辞

京都大学防災研究所火山活動研究センターの井口正人教授には、本稿を改善するうえで大変有益な査読意見を頂き、ご指導いただきました。ここに記して感謝申し上げます。

LPWA ネットワーク Sigfox 利用の試み:観測状況把握ツールとして

○堀川信一郎 (名古屋大学全学技術センター 計測・制御技術支援室, 地震火山研究センター)

【はじめに】

LPWA(Low Power Wide Area)は、低消費電力かつ広域・長距離通信を目的とした通信技術の総称もしくはそのネットワークを示す。その LPWA 代表格の規格・サービスに Sigfox や LoRaWAN などがある。Sigfox は Sigfox 社 (仏) が開発提供している技術とサービスで、国内のサービスは KCCS¹が行なっている。基本は上りの通信サービスで、920MHz 帯を使用、速度は 100bps, 最大 12byte/回, 140 回/日という制限があり、伝送できる情報は決して多くない。Sigfox を選んだ理由は、すでに国内に広いサービスエリアを持つこと (御嶽山の一部も)、そのため利用例や技術的情報が豊富であるからである。

今回は、Sigfox を実際に使用することで導入の手軽さや使い勝手を評価し、観測状況把握するツールとしての利用価値を検討することを目的とした。

【使用機材と利用想定】

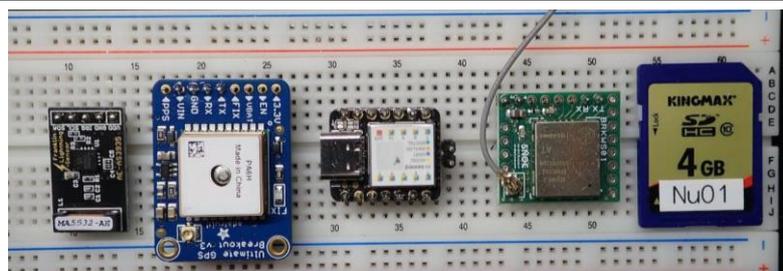
Sigfox 通信モジュールには KCCS から試作・開発用に提供されているものを使用した。1 年間の利用料込みで販売されている。その後の利用延長は年間 700 円程度である。センサー類には、GPS モジュール (御嶽山火口域での通信エリア確認, 行程トラッキング), 雷センサー (御嶽山における発雷頻度の把握), 電力計 (観測点の電源モニタ) を想定し用意した。各モジュールの制御にはマイコンボードの一種である Arduino (互換機) を使用した (表 1)。Arduino は開発・研究・教育等で広く利用されていて、各 IF の制御ライブラリやサンプルコードが用意されているため、プログラミングは容易に行える。

【データ伝送・処理】

Arduino では、センサーから取得したデータ

表 1. 主に用いた機材とおおよその価格

使用機材		価格
Sigfox 通信	Sigfox breakout bord (1 年の利用料含む)	5,000
制御	Seeeduno XIAO (Arduino 互換機)	600
センサー類	Ultimate GPS Breakout モジュール Version 3 (Adafruit)	6,000
	AS3935 使用雷センサーモジュール (秋月電子)	1,500
	INA260 電流・電圧・電力計モジュール (Strawberry Linux)	1,000



左から、雷センサ, GPS, Arduino 互換機, Sigfox モジュール (一番右は比較用の SD カード)

を必要に応じて統計処理して Sigfox のペイロード に載せる。ペイロード 12byte(96bit)の使い方はユーザーが任意で設定できる。今回は先頭 4bit をデータ (センサー) 種を示す ID として利用し、残りの 92bit をセンサーから得られるデータに利用した。送信されたデータは、Sigfox が提供する backend と呼ばれるクラウドサーバ上に蓄積される。サーバに web ブラウザでアクセスすることにより着信データの確認ができるが、ここで表示されるデータは 12byte のバイナリデータを 16 進数文字列でアスキー表示したものである。人が理解できる形にする必要がある。backend では直接その様な処理はできないため、callbacks と呼ばれるデータ転送サービスを利用して外部サーバで処理する。処理サーバには Heroku²を利用した。Heroku でデータ種ごとのフォーマットに従ってデータ加工を行い、見やすい形にした文字列データを LINE Notify³に POST させることで、手元のスマートフォンで確認できるようにした。

評価と課題

以前、この研修会で IEEE802.15.4 規格 (ZigBee など) の通信機器を観測状況ツールとして検討した内容の発表をした (堀川,2014)。Sigfox との違いには、通信速度や扱えるデータ量が挙げられるが、著者にとっての大きな違いは「手軽さ」である。Sigfox はそれなりの制限の中での利用になるが、基地局・伝送データ受

信・処理用の環境が整備されており、端末さえ設計・開発すればデータ取得が容易に行える。

IoT 技術の進歩と衰退はめざましく、その旬でモノにできないとその価値が薄れてしまう可能性が高い。事実、先の発表で用いた機器は姿を消してしまった。それゆえ、電子回路工作を専門・得意としない者が IoT 技術に手を出す際には「手軽さ」は重要だと強く感じている。

今年度、雷センサーは実地試験レベルと判断し、御嶽山に設置運用するまでを計画としていたが、様々な事情で達成できなかった。しかし、IoT 素人でも比較的短時間で送信からデータ表示までを行うことができたことには満足している。

環境状況把握ツールとしての Sigfox の実用には、自力ではどうにもならないサービスエリアの拡大を除くと、制御の省電力化が課題として挙げなければならない。Arduino を省電力で運用する方法を考えるか、代替するマイコンを利用するか等の対応が必要である。手軽さ重視ゆえ、これまで無視してきた部分であるが、Sigfox の最大の利点を活かすためにやはり無視はできない。

文献

堀川信一郎, 2014, IEEE802.15.4 準拠の省電力無線デバイスとその利用方法について (地震研究所職員研修会)。

¹ KCCS: 京セラコミュニケーションシステム。

² Heroku: web アプリの開発・運用環境を提供するクラウドサービス (無料利用も可)

³ LINE notify: web サービスからの通知を LINE で受信するサービス

新型コロナ禍における第一種圧力容器の検査証更新“騒動”

○竹内昭洋（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

中谷正生（東京大学地震研究所 地球計測系研究部門）

はじめに

東京大学地震研究所には、高温高压岩石破壊実験装置という試験機がある。これは、球形圧力容器内に岩石試料を設置し、高温高压な状況下における破壊特性等を室内実験するものである。この圧力容器は「昭和47年労働省令第33号：ボイラー及び圧力容器安全規則」で規定される第一種圧力容器に該当するため、公的な性能検査を受け、検査証の有効期間（1年）を更新することが義務付けられている。

この圧力容器の有効期間が満了するのは5月9日であるため、毎年4-5月の大型連休前に性能検査を受けることが慣例となっている。しかし、2020年は新型コロナウイルス感染症が世界中に蔓延（以下、新型コロナ禍）し、検査証の有効期間を更新するのに大きな“騒動”となった。本発表では、その概要を報告する。

検査証の更新“騒動”

性能検査を受けるに当たり、圧力容器と関連装置の点検が必須となっている。この実験装置を製造した専門業者（以下、業者）に点検を毎回委託しているため、今年も委託することにした。点検を4月20-22日の3日間、性能検査を4月21日に設定した。3月31日には専門業者への点検業務の正式な委託を地震研の契約担当から発注し、4月2日には日本ボイラ協会の関東検査事務所（以下、協会）へ性能検査の予約を入れた。この頃には、国が非常事態の宣言をする噂や、東京都が独自に同様の宣言をする噂がニュースを賑わせ、東京オリンピック2020の延期も正式決定されていた。

東大は独自に「新型コロナウイルス感染拡大

防止のための東京大学の活動制限指針（以下、活動制限指針）」を策定・公表し、4月3日から施行した。施行開始時のレベルは1に設定されたが、4月6日にはレベル2に引き上げられた。これに伴い、東大教職員の多くが在宅勤務となった。業者から、検査証の有効期間を延長するような特例措置などが国から公布されないかどうか確認の依頼がきた。協会と東京労働局に問い合わせたが、現時点では厚労省から何の通達も来ていないとのことであった。以上の旨を業者に伝え、予定通りに点検作業を行っていただくよう要望した。

4月7日には、国から緊急事態宣言が発令された。この発令に合わせて、活動制限指針もレベル3に引き上げられた。4月10日には、都が緊急事態措置を実施した。これらを受けて、業者より改めて確認依頼がきた。再度協会に問い合わせたが、まだ通達は無いとのことであった。そこで業者には、引き続き予定通りに作業を行っていただくことを要望するとともに、以下のような対案を提示することとした：

まず、東京労働局に休止届を提出し、新型コロナ禍が落ち着くまで圧力容器の使用を休止する。次に、新型コロナ禍が落ち着いた頃に使用再開検査を受け、改めて圧力容器を使用できるようにする。

ただし、使用再開検査がどのようなものであるか不明であった。そこで、東京労働局に問い合わせたところ、恐らく性能検査と大きくは変わらないだろうとの印象を得た。

この問い合わせの際に、検査証の有効期間を延長するような特例措置が公布されるという話が出てきているとの情報も得た。そこで、4

月 14 日に研究室メンバーで協議し、以下の方針を決めた：

特例措置が公布されるのを期待し、検査証の有効期間が満了する直前(5月6日頃)まで待つ。それまでに特例措置が公布・施行されれば、検査証の有効期間延長を申請し、施行されなければ、休止届を提出する。上記の旨を業者に伝え、契約担当を通じて正式に点検作業の委託をキャンセルした。また、協会にも現状を伝え、性能検査をキャンセルした。

在宅勤務を強いられてはいたが、まずは休止届の準備を進めることとした。この時になって初めて、休止届は全学・部局の安全衛生管理室より提出することになっていると知った。休止届には、検査証に明記されている東京大学本郷事業場長の公印が必要であり、公印を受けるには学内決裁が必要となっていた。設定した期限(5月6日)までは、4-5月の大型連休を挟むため実質的に約2週間しかなかった。そこで4月20日に、地震研の環境安全管理室(以下、管理室)に上記方針を伝えた上で、休止届の提出依頼をした。

同日午後、「令和2年厚生労働省令第87号:ボイラー及び圧力容器安全規則等の一部を改正する省令」が公布・施行された。この特例措置に則って申請が認められれば、有効期間を臨時に最大4ヶ月(9月9日まで)延長することができる。その間に性能検査を受ければ、例年通り5月9日まで検査証の有効期間を更新することができる。すぐに申請書の準備をし、管理室に提出を依頼した。ちなみに、この書類にも事業場長の公印が必要であった。

4月22日に、東大の環境安全本部に地震研の環境安全管理室から現状を伝えた上で、公印や書類提出に関する相談がなされた。期間延長申請をするのが良いだろうとの判断だったが、活動制限指針がレベル2に下がらないと公印を受けることができないとのことであった。しかし、その間に環境安全本部は東京労働局と折

衝し、公印を省略した申請を認めてもらった。4月30日から5月1日には学内決裁を完了し、環境安全本部から東京労働局へ申請書を提出する予定だとの連絡を受けた。結果、申請は無事に通り、検査証の有効期間が4ヶ月(9月9日まで)延長されることとなった。

5月25日には国の緊急事態宣言と都の緊急事態措置が解除され、6月1日には活動制限指針がレベル2に下げられた。再び業者と実施日を相談し、点検を8月19-21日の3日間、性能検査を8月20日に設定した。業者の点検作業員と協会から派遣された検査員の方々には、入構に際して原則必要となった入構届を提出していただき、構内ではマスクを着用していただいた。検査は無事に合格し、検査証の有効期間更新に関する一連の作業が完了した。

おわりに

今回の更新時期(2021年春)には新型コロナ禍の情勢がどのようになっているのか、まだ予断を許さない。もし国の緊急事態宣言や都の緊急事態措置が再び発令されるようなことになれば、性能検査の受検が困難になることは十分に予測できる。今回のような特例措置が発布・施行されるかどうかで対応は大きく変わるだろうが、少なくとも今回の経験から学内の申請ルートや学外の問い合わせ先は把握できているので、今回ほどの“騒動”にはならず済むだろう。

謝辞:地震研の契約担当の方々には、業者との契約に際して、日程変更やキャンセル手続きなどのご面倒をお掛けしました。地震研の環境安全管理室及び東大の環境安全本部の方々には、特例措置への申請に際して、活動制限指針により業務に制限を受けながらも迅速に申請手続きをしていただきました。検査員や業者の方々には、新型コロナ禍の異常な情勢においても通常通りに業務を遂行していただきました。

IPGP-ERI Workshop 参加報告(その 1)

○外西奈津美 (東京大学地震研究所 技術部技術開発室)

はじめに

2019 年 10 月に開催された第 6 回の IPGP-ERI Workshop に参加した。

本ワークショップでは、初めての試みとなるワーキンググループ(WG), WG-T: Technical discussion が設けられた。地震研からは技術職員 2 名の参加枠が設けられ、宮川技術職員と筆者が応募し、参加の運びとなった。

ワークショップでは IPGP の施設見学や様々な分野の実験室見学など、技術職員同士の交流を行なった。

IPGP について

IPGP (Institute de physique du globe de Paris: パリ地球物理研究所)は、その前身をパリ天文台の気象観測部門に持つ、パリ大学の附置研究所である。現在は固体・地球惑星科学全般を研究対象としており、2009 年からは地震研究所と学術綱領協定を締結している。IPGP には研究者・技術者・学生を含む 500 名以上が在籍し、フランス本国および領国において様々な研究および観測を行っている。

IPGP-ERI Workshop について

2009 年の協定締結以降、両研究所合同のワークショップを 2 年おきに開催している。毎回テーマは異なるものの、主な議題は地震・津波、火山、自然観測・測地、構造・地球ダイナミクスなどである。

第 6 回ワークショップは 10 月 2 から 4 日にかけて IPGP@Jussieu, Paris で開催され、以下の 4 つの WG による議論が行われた。

- WG1: Earthquake and environmental seismology

- WG2: Volcanoes
- WG3: Global Geophysics
- WG4: Innovative Observations

WG-T (Technical visit)の概要

当初、WG-T は施設見学と技術職員同士の技術発表の場が設けられていたが、最終的なプログラムでは WG-T は WG-4 に統合され、実験室の見学を中心としたものに変更された。

見学に際し、IPGP のリサーチエンジニアである Jean-Marie Saurel 氏の計らいにより、宮川氏および筆者それぞれの担当業務に合わせた研究分野や関連技術について、個別の見学プログラムを用意して頂けることとなった。

地球化学や試料分析などの関連業務に従事する筆者のプログラムは以下の通りであった。

- 10 月 2 日

午前: IPGP の一般的な施設見学

午後 1: Micro-drill system の見学・実習

午後 2: FEG-FIB-SEM(電界放出型集束

イオンビーム走査電子顕微鏡) の見学

午後 3: PARI(高解像度分析プラットフォーム・共用施設)の一般的な施設見学

- 10 月 3 日

午前: WG-4 に参加 (技術部の活動全般について木下正高教授に発表して頂いた)

午後: 岩石の前処理および包有物分析施設の実習・見学

- 10 月 4 日

午前: WG-4 および全体会議に参加

WG-T (Technical visit)について

• IPGP の一般的な施設見学では、Jean-Marie Saurel 氏の担当業務を中心に、地震研のラボッ

ア一同様、施設の様々な場所を見学させて頂いた。中でも IPGP の敷地内にキュリー夫人の実験建屋が保存されており、思いがけずそれを見ることが出来たのが印象に残った。また、IPGP に所属している技術者の組織構造や社会的な枠組みに関してもお話を伺うことが出来た。単純な比較は出来ないものの、自分の技術力を頼みに様々な研究機関を渡り歩く技術者が多いという点が、日本の大学の技術者と違い非常に興味深かった。

- PARI をはじめとする、実験施設の見学と実習では、主に岩石の前処理施設や各種分析施設まで、数多くの技術者に時間を割いて説明していただくことが出来た。

どの技術者も、筆者に対し装置の使い方や作業のポイントなど親身になって説明していただいた。中には筆者の語学力の問題で、マニアックな内容が理解出来ない部分もあったが、予定時間をオーバーしているにも関わらず、筆者が理解できるよう、何度も説明を繰り返してくれた技術者もいたのも有難かった。技術者自身の興味があることを一所懸命に語る姿勢は万国共通なのだと思います、非常に面白かった。

筆者が見学した岩石処理や化学分析に関連するだけでも、技術者は数十人は在籍していた。組織の大きさに比例して扱う分析機器にも多様性があり、大変な刺激を受けた。また、技術者の国籍、年齢、バックグラウンドも様々であり、この点でも国として技術者育成と獲得のための基盤が確立していることが感じられた。

- 地震研の技術部の紹介は、木下正高教授によって WG-4 の中で行われた。国内外で展開されているフィールドワークや各種実験、機器開発のみならず、各種研修やアウトリーチ活動についても丁寧に紹介して下さり、地震研における技術部の活動（貢献）を評価して頂いている

ことに感銘を受けた。

その他、WG-4 内の総括の場で、今後も両研究所の技術職員同士の交流を行うことは大切であるとの認識が共有された。

IPGP-ERI Workshop の参加を終えて

初めての国際ワークショップへの参加ということで、多少なりとも緊張して臨んだが、結果的には杞憂であった。日常の業務を離れ、様々なバックグラウンドを持つ技術者と直接交流することが出来たのは非常に良い経験になった。

今後、地震研主催で技術職員同士の交流事業が行われる時には出来る限り尽力したい。

IPGP-ERI Workshop 参加報告(その2)

○宮川幸治 (東京大学地震研究所 技術部総合観測室)

はじめに

2019年10月2日(水)～4日(金)に、フランスのパリにあるIPGP (Institute de Physique du Globe de Paris: パリ地球物理研究所)で開催された、第6回「IPGP-ERI Workshop」に参加したので、その報告をする。概要は、外西氏の「IPGP-ERI Workshop 参加報告(その1)」を参照されたい。

IPGP-ERI Workshop への技術職員の参画

本Workshopは、研究者や学生による研究発表とディスカッションが主体となっているが、今回初めて技術系職員の交流枠(WG-T: Technical discussion)が作られ、地震研から外西氏と宮川が参加することとなった。

技術系職員の交流内容については、先方との協議の結果、WG-TはWG4に統合され、WG4の発表時間帯の中で、木下教授が、地震研技術部の紹介を「Introduction to ERI technical support」というタイトルで発表することとなった。また、技術系職員同士の交流を目的として「Technical Visit」が企画され、IPGPのさまざまな施設や実験室の見学をすると共に、議論する時間が設けられた。

3日間のタイムテーブルの概要を表1に示す。外西氏と宮川では専門分野が異なることが考

慮され、外西氏は「Geochemical analysis and petrology」、宮川は「Geophysical instrumentation」を中心とした見学・議論をすることとなった。

Technical Visit (Geophysical)

Technical Visitはまず、「general visit of IPGP」から始まり、リサーチエンジニアのJean-Marie Saurel氏と共に研究所の地下1階から5階まで歩いて、どのような研究室や設備があるか、説明頂いた。実験室・作業室の多くは廊下とガラスで仕切られているので、廊下から中の様子を伺うことができ、開放的な印象を覚えた。

その後外西氏と別れ、自分はGeophysicalに関連する以下の分野の部屋などに、Jean-Marie Saurel氏と訪問し、各分野の担当者から説明を受けると共に、疑問点について議論した。

1. GEOSCOPE (広帯域地震計による世界的な地震観測網)
2. Volcano Observatories (3ヶ所の火山観測所やその観測システム)
3. Mars Seismometer (火星に設置された広帯域地震計)

またJean-Marie Saurel氏とは空き時間を使って、お互いの技術系職員の組織や業務内容

	10月2日(水)			10月3日(木)			10月4日(金)		
	研究者/学生	外西	宮川	研究者/学生	外西	宮川	研究者/学生	外西	宮川
AM1	WG1	Technical Visit		WG4 (木下教授による地震研技術部紹介含む)			General Discussion		
AM2	WG1	(general visit of IPGP)		WG3			Final Discussion, Conclusion, Perspectives		
PM1	WG2	Technical Visit (Geochemical)	Technical Visit (Geophysical)	WG3	Technical Visit (Geochemical)	Technical Visit (Geophysical)			
PM2	WG2			WG3					
Evening	Poster			Poster					

※ WG1-4は、それぞれの分野の研究発表時間帯であることを意味する

表1: タイムテーブル

について説明し合い、理解を深めた。

参加を終えて

まず、Jean-Marie Saurel 氏の大変な尽力に深く感謝したい。自分と外西氏の施設見学の調整などを一手に担い、研究所のさまざまな分野の人を紹介して下さい。

彼の専門が地震火山観測分野だったこともあり、広帯域地震計による観測方法や観測網の運用に関する話題で議論することができ、大変参考になった。また実験室・作業室を見せて頂

けたことは、研究発表からだけでは分からない、装置の裏側やさまざまな工夫を見たり、実際に手に取って実感したりすることができ、得難い経験ができたと思う。

本 Workshop はこれまで 2 年に 1 度、日本とフランス交互で開催されてきた。今後、日本で開催される時に **Technical Session** が催される場合には、できる限り協力し、技術交流をより深めたいと思う。