

令和4年度 地震研究所職員研修会 アブストラクト集



日 程 令和5年2月2日(木) ～ 3日(金)

地震研究所研修運営委員会

1日目：2月2日（木）

15:30～17:00

ポスター発表

(P-01)	LFシリーズによるバックアップ電源電圧の監視 秋山 峻寛 東京大学地震研究所技術部総合観測室
(P-02)	ドローン搭載用3軸磁気センサーに付属させる物理センサーのデータロガーの構築（その3 高度推定について） ○浦野 幸子 ¹ 、小河 勉 ² 1：東京大学地震研究所技術部技術開発室（開発系） 2：東京大学地震研究所観測開発基盤センター
(P-03)	海底ケーブル釜石局舎地下ピットでの広帯域地震計比較観測 ○橋本 匡 ¹ 、田中 伸一 ¹ 、篠原 雅尚 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
(P-04)	「実験室の清掃・片付けテクニック研修」参加報告 外西 奈津美 東京大学地震研究所技術部技術開発室
(P-05)	NTP サーバに同期したデータロガーの時刻精度 渡邊 篤志 東京大学地震研究所技術部総合観測室
(P-06)	石川県珠洲市における GSX を用いた稠密アレイ地震観測 ○安藤 美和子 ¹ 、蔵下 英司 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

2日目：2月3日（金）

10:00～10:40

口頭発表（午前の部）

（座長：秋山）

10:00～10:20	(1-01)	回転式断層摩擦物性解析装置の試料アセンブリ取付け・取外し用治具の開発 竹内 昭洋 東京大学地震研究所技術部技術開発室（実験系）
10:20～10:40	(1-02)	地震観測用ロガーと金属皮膜抵抗器を用いたリチウム電池残容量測定 田中 伸一 東京大学地震研究所技術部総合観測室

13:00～14:50

口頭発表（午後の部）

（座長：渡邊、橋本）

13:00～13:15	(2-01)	地震災害研究センターでの支援における業務改善や取り組み事例の紹介 長岡 愛理 京都大学防災研究所技術室
13:15～13:35	(2-02)	南西島弧地震火山観測所に於ける研究支援業務（令和4年度経過報告） ○平野 舟一郎 ¹ 、仲谷 幸浩 ² 、八木原 寛 ² 1：鹿児島大学大学院理工学研究科技術部 2：鹿児島大学大学院理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所
13:35～13:50	(2-03)	地震計台に関する資料調査 山品 匡史 高知大学

13:50～14:05 休憩

14:05～14:20	(2-04)	御嶽山山頂域 GNSS 観測の定常化に関して 松廣 健二郎 ^{1,2} 1：名古屋大学全学技術センター計測・制御技術支援室 2：名古屋大学地震火山研究センター
14:20～14:35	(2-05)	海域における流体湧出の探知調査 ○三島 壮智 ¹ 、大沢 信二 ¹ 、網田 和宏 ² 1：京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 2：秋田大学大学院理工学研究科
14:35～14:50	(2-06)	関東大震災から100年に向けて 福井 萌 東京大学地震研究所広報アウトリーチ室

LF シリーズによるバックアップ電源電圧の監視

秋山峻寛(東京大学地震研究所 技術部総合観測室)

はじめに

白山工業社製の LF シリーズは地震火山観測などで用いられるデータロガーである。特にテレメータが可能な環境で用いられ、ACT プロトコル(森田ほか, 2010)によるデータ伝送やログステータスなどの遠隔監視の機能をもつ。ステータスにはロガーの起動時刻や捕捉している GPS 衛星の番号、GPS 受信機のバックアップ電源電圧などがあり、これらは win パケットで送信される。また、SNMP を利用することでより多くの項目を遠隔監視することができる。しかし、ロガーの電源電圧を監視する仕組みはない。

地震研究所の定常観測点では LF シリーズロガーを図 1 のような構成で使用している。もし、停電などで外部からの電力供給が断たれバッテリーによって駆動し続けると、バッテリーの電圧が下がり、やがてロガーの電源が落ちる。ロガーへ供給するバッテリー電圧の変化が分かればロガーの電源が落ちた原因の切り分けをする材料になる。具体的にはロガーの電源が切れたときに、バッテリー電圧は落ちていたのか、または通常状態だったのかによって商用電源が断たれたかどうか分かる。これは観測点の電源にトラブルが発生したとき、保守の準備をするにあたり有用な情報である。そこで保守性を高めるため LF シリーズのバックアップ電源電圧の監視をする仕組みを構築した。本研修会ではその仕組みについて紹介する。

構成

必要なものは $10k\Omega$ 程度の抵抗器 2 つと電源ケーブルである。回路図を図 2 に示す。抵抗器はロガー端子台の AI1-AIGND 間と AI2-AIGND 間に取り付け、電源ケーブルで監視したい電源の正極と AI1、負極と AI2 をそれぞれつなぐ。ここで、AI1 と AI2 は AI2 と AI3 や他の組み合わせでも良い。

こうすることで電源電圧が AI1-AIGND 間と AI2-AIGND 間で半分ずつ分圧される。これらの端子間の電圧値を得ることで電源電圧が分かる。ここで、AI 端子はシングルエンドでありレンジは $\pm 10V$ 、AIGND はフレームグラウンドであるので分圧された片方の値は負になる。

電圧値の取得

電圧値を取得するにはロガーに対してコマンドを送るなどする必要がある。一例として、SNMP を用いた方法を紹介する。ロガーに対して送るコマンドは以下の様なものである。

```
$ snmpwalk -c hakusan -v2c -Oq
```

```
192.168.xxx.xxx .1.3.6.1.4.1.3693.20.5.1.40.1
```

これで得られるのは片方の端子間電圧であるので、もう片方についても値を取得しそれぞれの絶対値を足し算すると電源電圧が得られる。

謝辞

本仕組みの構築に際して、藤田親亮技術専門職員に助言を賜りました。テレメータ室の出川昭子氏には電圧を表示させるためステータ

ページを編集していただきました。記して感謝いたします。

文献

森田裕一・酒井慎一・中川茂樹・笠原敬司・平田直・鏡弘道・加藤拓弥・佐藤峰司, 2010, 首都圏地震観測網 (MeSO-net) のデータ伝送方式についてー自律協調型データ送信手順 (ACT protocol) の開発ー, 東京大学地震研究所彙報, 84, 89-105.

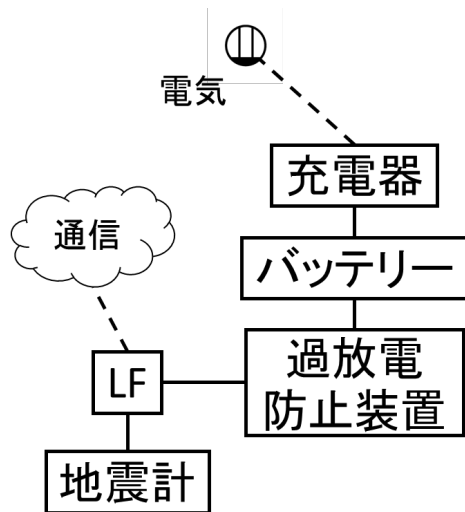


図 1 LF シリーズを使用している定常観測点の構成一例。電源関係以外の機器や経路を省略している。

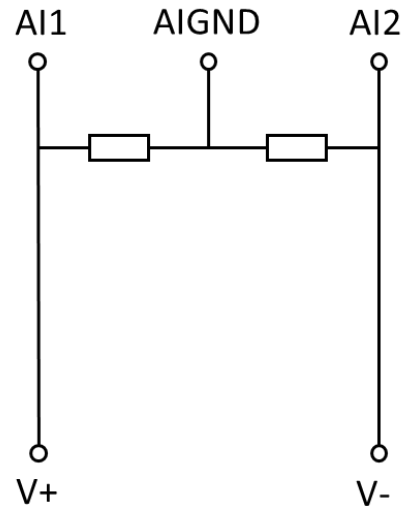


図 2 電源電圧を監視する回路の回路図。AI1 や AIGND, AI2 はログターの端子台上の端子であり, V+と V-はバッテリーの正極と負極である。

ドローン搭載用 3 軸磁気センサーに付属させる
物理センサーのデータロガーの構築(その 3 高度推定について)

○浦野幸子（東京大学地震研究所 技術部技術開発室（開発系））
小河勉（東京大学地震研究所 観測開発基盤センター）

はじめに

ドローンに 3 軸フラックスゲート磁気センサーを搭載し、空中磁気測量を行う計画がある。ドローンの移動によってセンサー自体の姿勢が刻々と変化するため、地磁気の向きを算出するにはセンサーの姿勢も記録する必要がある。そこで 3 軸磁気センサーとともに、物理センサー（IMU）も搭載する。ドローンの水平位置については GPS のデータを使用するほかないが、高度については GPS の他に IMU に搭載されている気圧計のデータからも推定することができる。今回の研修会では GPS と気圧から求めた高度差の推定値を比較する。

収録と高度差推定結果

昨年度の研修会（浦野・小河,2021）で報告した装置と同じ構成のものをもう 1 台製作した。地震研 2 号館の屋上に GPS アンテナ（装置 1 台につき 1 つ、計 2 つ）を配置し、IMU、および、収録装置は屋内に 2 台並べて、2022 年 10 月 12 日～19 日の約 7 日間にわたって収録を行った。

GPS 出力は 1 秒おきにデータが更新されるのに対し、気圧計の出力データレートは 7Hz である。今回は比較のため、気圧計のデータも 1 秒 1 データになるよう間引いて集計した。収録できたデータの集計結果を表 1 に示す。

(1) GPS 出力

GPSD から出力される高度、および、高度の推定誤差を確認したところ、2 台のデータの誤差に矛盾はなさそうだった。高度の瞬間値の差

表 1 GPS 出力と気圧による高度差の集計値

	GPS	気圧
サンプル数	670609	617574
平均	-0.1	0.66
標準偏差	3.4	0.79
最小値	-16	-2.6
25%	-2.0	0.0
50%	0.0	0.84
75%	1.9	0.86
最大値	17	4.3

単位:m

の平均値と標準偏差はそれぞれ-0.1m, 3.4m であった。

(2)IMU センサー（気圧と温度）から推定した高度差

2 台の内、片方を高度の基準とし、もう一方の高度を求める式は Portland State Aerospace Society(2004)を参照し、下記を用いた。

$$z = - \frac{\left\{ \left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{5.257}} - 1 \right\} \times (T_0 + 273.15)}{0.0065} \quad \dots(1)$$

- z : 基準点からの高度[m]
- T₀ : 基準点の温度[℃]
- P₀ : 基準点の気圧[hPa]
- P : 高度を求める地点の気圧[hPa]

計測期間中の推定高度差の平均値は 0.66m, 標準偏差は 0.79m であった。

まとめ

正規分布を仮定すればそれぞれの 95%信頼区間は GPS による場合は $\pm 6.7\text{m}$ 、気圧計による場合は $\pm 1.6\text{m}$ となった。

高度差に関しては気圧計の出力を使用することで、GPS 出力の推定値よりも約 4 倍精度のよい値が得られそうだった。

文献

Portland State Aerospace Society, 2004, A Quick Derivation relating altitude to air pressure

浦野幸子・小河勉, 2021, ドローン搭載用 3 軸磁気センサーに付属させる物理センサーのデータロガーの構築 (その 2), 令和 2 年度東京大学地震研究所職員研修会アブストラクト集, https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/r03/pdf/R03_Abst.pdf
(参照 2023-1-10)

海底ケーブル釜石局舎地下ピットでの広帯域地震計比較観測

○橋本 匡・田中伸一（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

篠原雅尚（東京大学地震研究所 観測開発基盤センター）

はじめに

岩手県釜石市に三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの陸上局舎があり、局舎の地下ピットに光ファイバ分散型音響センシング計測 (DAS) のリファレンスとして広帯域地震観測点を構築し運用している。

今回機材運用上の理由から、設置していた固有周期 120 秒の Nanometrics 社製 Trillium Compact (以下, TC120s) を撤収し、固有周期 20 秒の同社製 Trillium Compact (以下, TC20s) と固有周期 360 秒の Guralp Systems 社製 CMG-3T (以下, CMG) を代替設置・増設するにあたり、それら 3 種類を用いた比較観測を局舎地下ピットで実施したので報告する。

観測環境と長周期ノイズ

局舎の外壁はコンクリート厚 500mm で津波に耐えられるよう耐圧扉が用いられるなど外環境からほとんど遮断されているが、地下ピットとコンピュータ室は床下点検口や地下ピットに引き込まれた光ケーブルやビーチアースケーブルなどをコンピュータ室に配線するための貫通孔で通じている。(田中ほか, 2014) また、コンピュータ室は温度を一定にするため、常時エアコンを稼働させており、簡易小型気象計測装置である Nielsen-Kellerman 社製ケストレル DROP (以下, ケストレル) を用いて地下ピットも温度が一定に保たれていることを確認した。

橋本ほか (2021) では、地下ピットの広帯域地震計で確認された長周期ノイズはエアコン起源の気圧変動が影響していることを示唆しており、本発表においても 3 種類の広帯域地震計で長周期ノイズを観測した。

比較観測概要

比較観測は 2022 年 10 月 3 日から 7 日まで実施した。既存の観測点構成であったデータロガー (白山工業製 LT-7700) に CMG を増設し、隣に白山工業製 LS-9100 と TC120s の組み合わせを臨時設置した。(写真 1) また、比較観測期間の中盤に LT-7700 に接続していた既存の TC120s を TC20s と交換し、簡易耐圧容器を同じように被せた。10 月 7 日以降は LS-9100 と TC120s の組み合わせを撤収し、LT-7700 に接続されている簡易耐圧容器を被せた TC20s とスタyroフォームの箱を被せた CMG を残置し、観測を行っている。

LS-9100 は ENABLER 社製の時刻校正器 OSD-clock を用いて 10^{-5} 秒の精度まで時刻をフィッティングし、観測終了後同様に時刻校正を実施し、ドリフトによる時刻ずれが 0.13s 程度で大きくずれていないことを確認した。

気圧変動を測定するためにケストレルを簡易耐圧容器の内側と外側、コンピュータ室の 3 か所に設置した。

結果・議論

比較観測の結果、いずれのセンサーでも近地地震のイベントをほとんど同様にとらえており、問題なく設置していることを確かめた。図 1 - 3 は試験期間中である 2022 年 10 月 6 日 4 時頃宮城県沖で発生した M4.5 の地震を 3 種類の広帯域地震計それぞれの成分ごとにプロットした。

一方で、長周期ノイズは CMG で振幅が最も大きく、TC20s で最も小さいことが分かった。本発表では、センサーの種類や簡易耐圧容器の有無などによる長周期ノイズの応答の違いに

についても議論する。

文献

橋本匡・田中伸一・篠原雅尚, 2021, 海底ケーブル釜石局舎地下ピットにおける広帯域地震観測点の構築 ～簡易耐圧容器を用いた長周期ノイズの軽減～, 令和3年度地震研究所職員研修会アブストラクト集, 13-14 頁, [https://www.eri.u-](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/r03/pdf/R03_Abst.pdf)

[tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/r03/pdf/R03_Abst.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/r03/pdf/R03_Abst.pdf) (参照 2022-12-27)

田中伸一・宮川幸治・八木健夫・荻野 泉・山田知朗・酒井慎一・ト部 卓・篠原雅尚, 2014, 三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システム 釜石陸上局舎の再建, 東京大学地震研究所技術研究報告, No. 20, 25-33 頁, doi:10.15083/00032144.

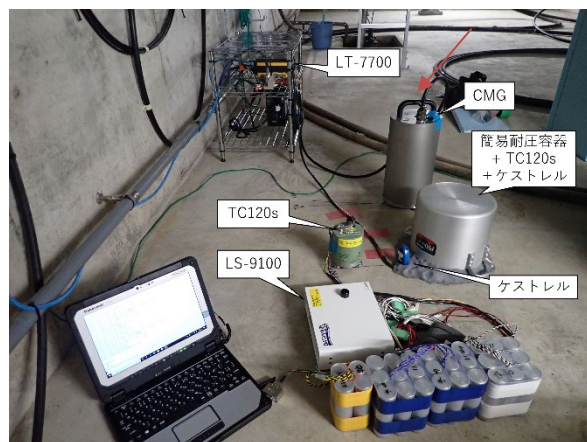


写真1. 地下ピットでの比較観測風景。中央の緑色の円筒が TC120s。右手の灰色の円筒が簡易耐圧容器で、中に TC120s とケストレルを設置している。奥の背の高い灰色の円筒が CMG。

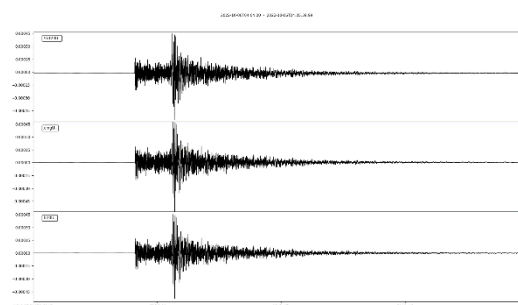


図1. 上から LT-7700 に接続した TC20s・CMG・LS-9100 に接続した TC120s の UD 成分。

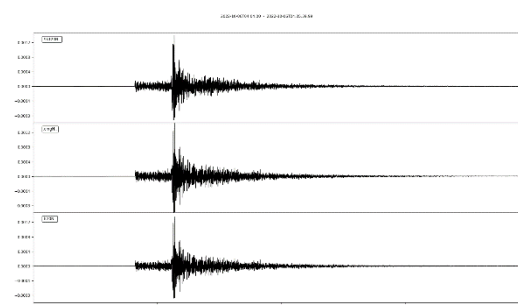


図2. 上から LT-7700 に接続した TC20s・CMG・LS-9100 に接続した TC120s の NS 成分。

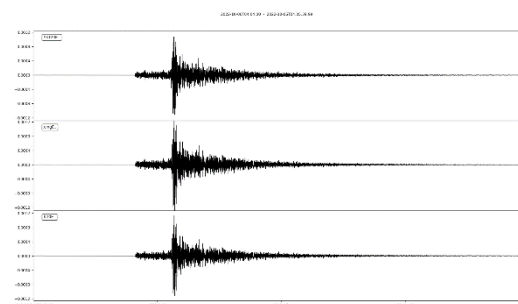


図3. 上から LT-7700 に接続した TC20s・CMG・LS-9100 に接続した TC120s の EW 成分。

「実験室の清掃・片付けテクニック研修」参加報告

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

令和 3 年度東京大学技術職員研修として開催された「実験室の清掃・片付けテクニック研修」に参加した。本研修は、実験室の清掃や片付けに関する講義や発表、ディスカッションを通して、日常の実験室管理業務に活かすことを目的とした初の試みのものである。

研修期間や方法については、通常の研修とは異なり、期間は 1 日に短縮され、参加方法もオンライン（Zoom Meeting）となっており、参加者の通常業務への負担軽減に対する配慮が図られている。

・研修の概要

まず初めに、実験室の清掃や片付け方法に関する記述のある成書や資料を元に、研修実施者による講義が行われた。

次に、予め与えられた発表テーマのうち、業務を行う場所での清掃・片付けに関して、1 工夫していること・2 困っていること・3 清掃手順の 3 つの中から参加者が選んだ項目について発表を行った。

続いて、オリジナルの清掃道具を製作した事例に関して、外部講師による講演を聴講した。

最後に、参加者の発表内容を元に全員でディスカッションを行った。

・参加者の所属・専攻について

研修参加者 8 名（内 1 名が企画・実施者）の内訳は、工学系研究科システム創成学専攻が 2 名、農学生命科学研究科が 2 名（附属水文学研究所、附属技術基盤センター）、理学系研究科が 3 名（化学専攻 2 名、附属三崎臨海実験所 1 名）、地震研究所技術部が 1 名であった。

各々の勤務先は演習林から臨海地域、専攻実験室や分析センターなど多岐にわたり、実験室の清掃・片付けと一口で言っても、様々な場所・環境を対象としている事がわかった。

・研修を終えて

筆者は共通実験室の維持管理について、テーマ 2 の観点から発表を行った。

ディスカッションを通じて、部局によって実験室管理の思想が異なる事が分かり、大いに驚く結果となった。一方で、実験室の管理体制の違いはあるものの、各参加者の抱える困りごとや悩み事は共通しており、お互いの経験やノウハウを共有したことで、いくつかの問題に解決の見通しがついたことは大きな成果であると考える。未解決の課題としては、組織構造的な問題に起因する諸事象や清掃や片付けにかかる費用の問題など、技術職員だけでは解決が難しいものも多くあり、関係する研究者や学生を巻き込んで議論をしていくことが大切だと理解できた。

NTP サーバに同期したデータロガーの時刻精度

渡邊篤志（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

はじめに

地震の観測では、記録の時間に関して高い精度が要求される。初期には振り子時計や航海用のクロノメーターが用いられ、後に水晶時計を別の基準時刻情報を利用して校正する方法が採られるようになった。かつては、基準となる時刻情報に NHK ラジオの時報や標準電波が使われていたが、1990 年代からは内蔵した GPS モジュールに同期させるロガーが主流となっている。GPS を利用すると、通常の地震観測で要求される数ミリ秒を遙かに超える数マイクロ秒の絶対時刻精度を実現できる。しかし、GPS 衛星からの電波を受信する必要からアンテナと同軸ケーブルを敷設せねばならず、ロガーの設置場所には制約がある。

近年、GPS を利用するのではなく、NTP サーバに時刻同期して動作する地震計測用のロガーが登場した。この方式だと Ethernet で NTP サーバに接続できさえすれば、地下室でも建造物の中でも正確な時刻で動作でき、設置場所の自由度が高くなる。そこで、NTP を利用したロガーの時刻精度を、GPS を利用したロガーと比較してみた。

NTP とは

NTP (Network Time Protocol) とは、パケットを交換してネットワークに接続されたコンピュータの時刻を同期させるための通信プロトコルである。原子時計や GPS 時計などの非常に高精度な時計を基準とし、それに接続されたサーバに対してネットワークを介してパケットを交換する。サーバの時刻情報とパケットの往復時間を計算して、ミリ秒単位での時刻同期を可能としている。時刻同期した機器は他の機器のためのサーバとして機能することも

でき、基準時計を stratum 0、それに接続する最上位のサーバを stratum 1 として、stratum 16 までの階層構造をなすことができる。クライアント側の時刻精度はネットワークの安定性にも左右されるので、必ずしも上層のサーバに同期すれば良いという訳でもない。サーバ自身の時刻精度、ポーリング間隔、通信の安定性などを勘案して、必要な時刻精度が得られるようにサーバを選択しなければならない。

検証試験

本発表では、NTP サーバに時刻同期するロガーとして、白山工業（株）製の LT-7700 を取り上げる。このロガーは、時刻同期に GPS と NTP のいずれかを選択することができる。

データの時刻ずれは、信号発信器で発生させた 20 Hz、1.0 V_{pp} の正弦波を分岐して、GPS に同期した LT-7700 と NTP サーバに同期した LT-7700 へ入力し、500 Hz サンプリングで収録して波形を比較して求めた。また、NTP サーバに同期した LT-7700 は、時刻校正のログを毎分記録するよう設定した。温度変化による TCXO への影響を避けるため、地震研究所 2 号館地下の地震計室で試験を行った。

所内や国内で公開されている様々な NTP サーバを同期先としてデータの時刻ずれを求めたところ、同期先を選べば通常地震観測に必要な時刻精度を保つことができることが分かった（図 1～3）。ただし、ロガーが認識している時刻ずれとデータの時刻ずれにオフセットが生じる NTP サーバもあり、同期先は慎重に選択する必要があるようだ。

実際にオンライン観測点で運用する場合、大多数の観測点では長野／松江データセンターや地震研テレメータ室との間で閉域網が構築

されているので、一般に公開されている NTP サーバではなく各データセンターやテレメータ室の NTP サーバに同期させることになる。

小型 NTP サーバ

NTP はサーバとパケットを交換して時刻同期を行う仕組みのため、回線障害で通信が遮断されたり、大地震の発生時などにデータ量が増大して回線負荷が急変したりすると、データの時刻精度を保証できなくなるおそれがある。そこで、観測点の中で時刻同期を閉じることができるよう、小型で比較的安価な NTP サーバが利用できないか試してみた。

今回使用する小型 NTP サーバは、(株) オーグの FC-NTP-100 である。時刻精度はカタログ値で 2 ms 以下で、外寸が 80 x 24 x 90 mm と狭小なキャビネットにも設置し易く、電源も DC 12 V – 80 mA と低消費電力である。また、GNSS アンテナへの供給電圧が 5 V であることから、既存の GPS アンテナを流用することもできる。

公開 NTP サーバと同様の検証試験をした結果、この小型 NTP サーバでも地震観測に必要な時刻精度を保てることが分かった (図 4)。

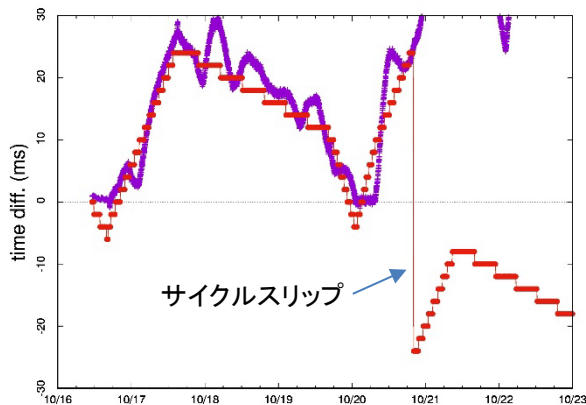


図 1 ntp.eri.u-okyo.ac に同期させた時の時刻ずれ。赤：10 分毎に波形データから求めた時刻ずれ。紫：時刻較正ログの時刻ずれ。

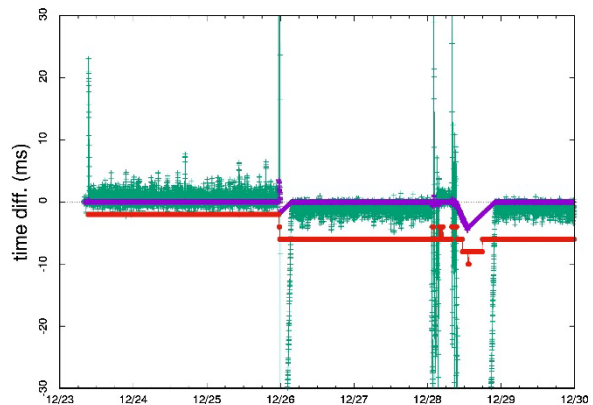


図 3 pool.ntp.org に同期させた時の時刻ずれ。印しは図 2 に同じ。

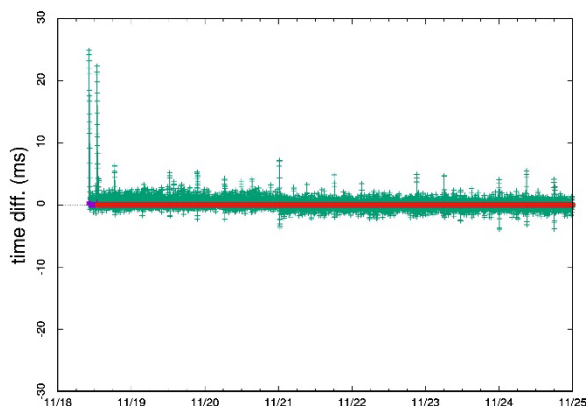


図 2 ntp.nict.jp に同期させた時の時刻ずれ。赤と紫の印しは図 1 に同じ。緑：ログを 50 倍に拡大したもの。

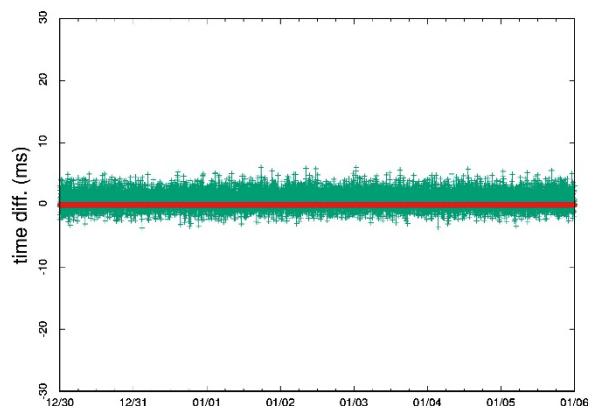


図 4 同じハブに接続された FC-NTP-100 に同期させた時の時刻ずれ。印しは図 2 に同じ。

石川県珠洲市における GSX を用いた稠密アレイ地震観測

○安藤美和子（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

蔵下英司（東京大学地震研究所 観測開発基盤センター）

1. はじめに

2022 年 6 月 19 日 15 時 08 分頃、石川県能登半島北東部を震源とする M5.4 の地震が発生した。この地域で近年頻発する群発地震や地殻変動の原因として推定される流体だまりの位置を把握するために、群発地震活動域やその近傍に簡便なオフライン地震観測装置を多数展開させる稠密アレイ観測を行った。石川県珠洲市内を通る県道や国道に沿って南北方向の約 8 km の測線（南北測線）上に約 200 m 間隔で 43 カ所（図 1）、東西方向の約 10 km の測線（東西測線）上に 200 m ～600 m の間隔で 40 カ所に観測装置を設置した。本発表では主に、2022 年 7 月から 10 月にかけて行った南北測線での観測点設置の事前準備（設置場所の下見や道路占有許可申請の手続き）や設置・回収・データ吸い上げ作業の概要について報告する。

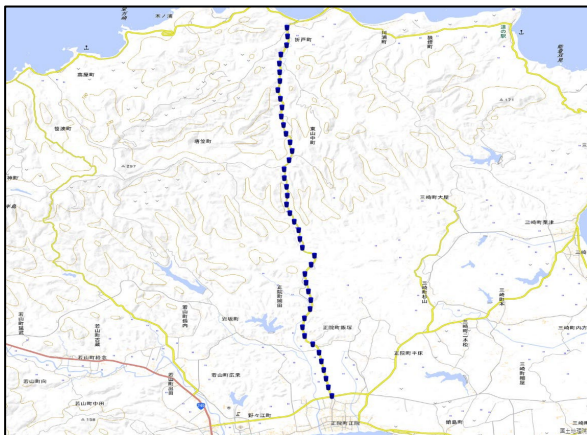


図 1. 南北測線の地震観測点配置図。

2. 観測点の機器構成

防水性の高い米国 Geospace 社製のオフラインロガーGSX-3と固有周期 4.5 Hz の 3 成分地震計GS-11Dを使用した。これらに専用のリチウムバッテリーBX-10（16 V, 10 Ah）を 2 本繋げ、約 1

か月間連続観測を行える仕様とした（図 2）。また、夏季の除草作業や野生動物による機材の破損を避けるため、地震計は地中に埋設し、ケーブル類も埋設するか土嚢袋に収納するなどして外部から見えないようにした。本来であれば全ての機材を埋設することが望ましいが、設置や回収作業に時間がかかるためGS-11Dのみ埋設し、その他の機材（BX-10とGSX-3）は埋設したGS-11D直上の地表面に置くことにした。BX-10とGSX-3はポリプロピレンバンドと結束バンドで縛って一体化させ、なるべくコンパクトにした状態で土嚢袋に収納した。また、土嚢袋の表面には、観測点番号や所属・連絡先を記した A4 サイズの看板を取り付けることとした（図 3）。

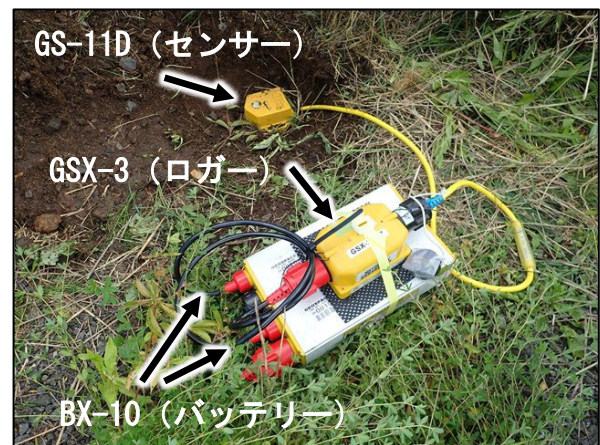


図 2. 観測点の機器構成。

3. 観測点設置場所の下見

2022 年 7 月 12 日から 14 日にかけて南北測線とする予定の県道 52 号線を下見し、43 観測点の設置場所の位置決めを行った。位置決めの際に重視した点は、GS-11D が埋設できる縦横 20 cm 四方で深さ 20 cm 程度の穴が掘れる地面上であることと、道路管理区域内であることの 2 点である。後者については、ガードレールや道路標識、電柱

などの公共物に隣接した場所を選択するよう留意した。

4. 道路占有許可申請の手続き

観測点設置場所候補の下見と並行して珠洲市役所総務課危機管理課と、県道を管理する珠洲土木事務所維持管理課を訪問した。珠洲市役所では観測の概要と設置予定の機器について実機を用いて説明し、県道 52 号線の近隣地区住民への周知をお願いした。珠洲土木事務所では道路占有許可申請と道路占有料減免申請に必要な書類や、手続きの流れについて確認した。所定の申請書のほかに必要な添付書類は、全ての観測点候補地の①現場写真帳、②位置図、③観測点の平面図、④道路占有の目的を記した資料の 4 点である。②は珠洲土木事務所から様式が指定され、道路台帳平面図に観測点の位置を直接記入する必要があるが、台帳には電柱番号が記載されているので、建物などの目印がなく地図上で位置を落とし込みづらい場所であっても、候補地付近の電柱番号の控えがあると位置を道路台帳平面図に落とし込みやすかった。観測点の設置候補地が道路区域内に収まっているかと申請書類の書き方については、珠洲土木事務所の担当者にチェックして頂いた。担当者から申請書類の内容に OK を頂いたのち、申請書類を所内で決裁に回付し、事務長印を押印した書類を用意して石川県の電子申請システムから本申請手続きの申し込みを行った。

5. 観測点の設置と回収

2022 年 9 月 12 日から 14 日にかけて 2 班 4 名体制で設置作業を行った（図 3）。設置に要した時間は 1 点あたり平均約 30 分であった。回収作業は 10 月 17 日から 19 日かけて 2 班 3 名体制で行った。先行班（1 名）が無線アンテナを取り付けた専用のミニ PC から GSX のステータス情報の確認を行い、後発班（2 名）が機材の回収と地中から掘り起こした GS-11D の清掃を行った。この体制で 1 点あたりの回収に要した時間は平均 16

分程度であった。



図 3. 設置した観測点。

6. 観測点の廃止手続き

観測点回収後、観測点の道路工事完了届と道路占有廃止届を作成し、電子申請システム上から申請手続きの申し込みを行った。添付資料として、全観測点の①位置図、②設置前・設置後・原状回復後の現場写真帳、③平面図を提出した。

7. 観測データの吸い上げ

地震研にある専用ラップトップ PC とデータ吸い上げ用モジュールを用いて、回収した 43 台の GSX から観測データの吸い上げを行った。データ吸い上げ用モジュールには最大 12 台の GSX が接続可能であるため、吸い上げ作業は 4 回行う必要があった。吸い上げた raw データはまず GeoMerge というソフトウェアを用いて SEG-D 1 分ファイルに変換し、その後別のソフトウェアで WIN 1 分ファイルに変換する。今回の観測では、raw データから SEG-D 1 分ファイルへの変換に要した時間は約 17 時間半、SEG-D 1 分ファイルから WIN 1 分ファイルの変換に要した時間は約 11 時間であった。

回転式断層摩擦物性解析装置の試料アセンブリ取付け・取外し用治具の開発

竹内昭洋（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

はじめに

東京大学地震研究所が現有する回転式断層摩擦物性解析装置は、断層すべり素過程における圧力溶解・沈殿作用および塑性変形の効果を解明する目的で室内実験するための試験機である（図 1）。本試験機設置のために、電源増設や床補強の営繕工事も行なっているため、竹内ほか（2018）による報告も参照されたし。実際の実験所作に関しては、比較的に新しく導入された試験機ということもあり、まだ手探りで行なっている部分が多い。実験を行う毎に、新しく問題点が見つかれば技術的にどう解決できるのかを考える場面がしばしばある。また、解決策を試した結果、それが不十分であることが判明し、更なる改善を試みることもある。本発表では、その 1 例として、試料アセンブリの取付け・取外しを補助する治具を開発したので報告する。

試料アセンブリの取付け・取外し

本試験機で用いる試料は、粉状にした石英等の鉱物または外径 30mm・内径 24mm・厚み 4mm のリング状に整形した鉱物・岩石等である。試料アセンブリは、上部ピストン・下部ピストン・外壁用リング・内壁用リング・止めネジの 5 部品から成る。下部ピストンに外壁用リングと内壁用リングを嵌め、試料を下部ピストンの所定の溝（図 2a）に入れ、上部ピストンと合体させ（図 2b）、圧力容器内にセットする。しかし、粉試料を所定の溝に入れる際、どうしても他の場所に溢れてしまう。また、粉の層厚や凝縮度を一定にするのが困難である。

実験中、圧力容器内は空気または水（熱水）

で満たされ、上部ピストンは回転し、下部ピストンは押し上げられる。これにより、試料は圧縮応力と剪断応力の両方を受けて塑性変形する。

実験後には、圧力容器から試料アセンブリを取り出し、そのアセンブリを分割し、試料を回収する。しかし、粉試料が部品の隙間に詰まって摩擦抵抗となり、アセンブリを分解することが困難になる。特に内壁用リング部品は上下ピストンとの隙間がごく僅かで、粉試料の詰まりに関わらず、手で外すことはかなり厳しい。

治具の開発

まず、取付け・取外しの作業中に誤って試料アセンブリまたは下部ピストンを倒さないよう、下部ピストンの自立を補助する台座治具を開発した（図 3a）。

粉試料を所定の溝に入れる際に他所へ溢れないようにするため、他の溝を覆う治具を開発した（図 3a）。これら治具にはテーパ面があり、そこに落ちた粉も所定の溝に入るように工夫してある。粉試料を入れた後に、試料を均す治具も開発した（図 3b）。

実験後のアセンブリ分割を容易にするため、内壁用リング部品に M2 ネジ 2 本を使って取り付ける治具と取外し専用の台座治具を開発した。この分割には上記の台座治具（図 3a）と既存の手動油圧プレスも使用する。

おわりに

本試験機の運用には、補助治具の必要とする場面が他にもある。これからも一つ一つを改善し、快適な実験設備と環境を目指したい。

文献

竹内昭洋・中谷正生・壁谷澤寿海, 2018, 回転式断層摩擦物性解析装置を地下実験室に導入するための営繕工事（平成 29 年度地震研究所職員研修会）.

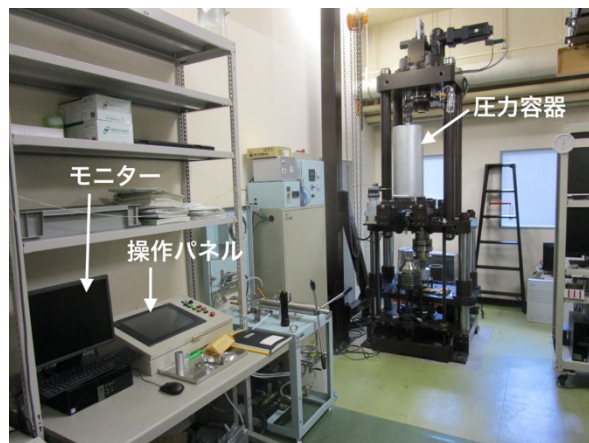


図 1. 回転式断層摩擦物性解析装置全体

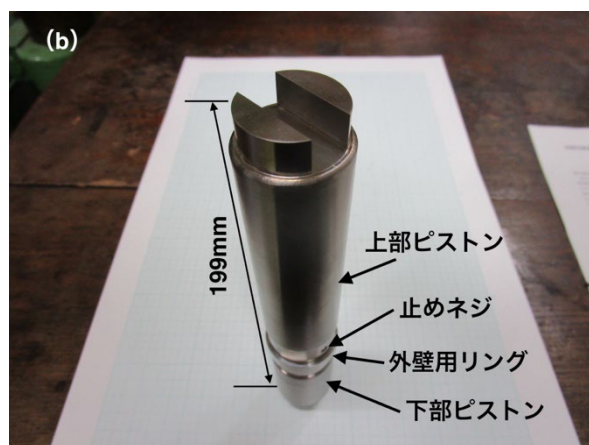


図 2. (a) 下部ピストンにある試料用溝.
(b) 試料アセンブリ.

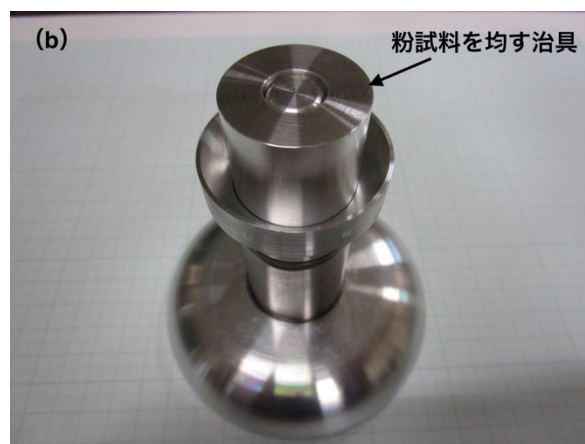
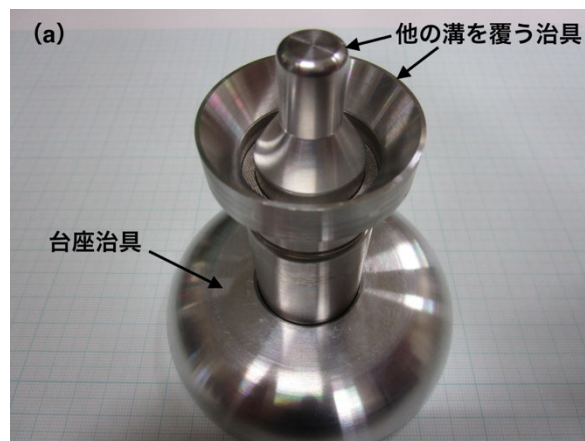


図 3. (a) 下部ピストンの自立を補助する台座治具と所定の溝以外を覆う治具. (b) 粉試料を均す治具

地震観測用ロガーと金属皮膜抵抗器を用いたリチウム電池残容量測定

田中伸一（東京大学地震研究所 総合観測室）

はじめに

自己浮上型の海底地震計 (OBS) は、チタン製（またはガラス製）の耐圧容器内に、地震計・ロガー・音響通信装置とそれらを駆動させるリチウム電池を組み込んでいる。OBS の観測期間は、それぞれの機器の消費電力とリチウム電池の容量、観測データの記録容量によって決まる。特に、OBS の音響通信装置は、OBS 回収時において、船上からの浮上命令を受信して OBS とアンカーを切り離すという非常に重要な役割を担っており、それが停止すると OBS の自己浮上による回収ができなくなってしまう。音響通信装置は、OBS にとって正に心臓のような役割を持つ。そこで、音響通信装置については、実質的に 3 年程度稼働できるリチウム電池を用いていた。

2019 年 5 月に 9 台の OBS を宮城沖に展開した。その後、新型コロナウイルスの蔓延に伴い、計画されていた回収航海が延期になったが、2020 年 10 月に回収航海が決まり、回収を試みたところ、6 台の OBS の応答がなく、回収できなかった。回収できた 3 台の OBS を解体して徹底的に調査したところ、音響通信装置用のリチウム電池の電圧が異常に低いものが 1 台見つかった。リチウム電池の電圧は、残容量がほとんどなくなるまで高い電圧が維持されるため、該当の電池はほぼ容量を使い切っている状態と判断された。残りの 2 台のリチウム電池については、電圧が十分に高い状態であったが、電圧だけでは残容量が判断できない。何故、多くの OBS が未回収となってしまったのかの原因を探る第一段階として、回収できた OBS の音響通信装置用のリチウム電池の残容量を測定することにした。

リチウム電池の残容量測定方法

OBS は深海底に設置するため、観測中は低温の環境にある。音響通信装置の給電には、Panasonic 社製 BR-C（フッ化黒鉛リチウム電池、定格容量 5000mAh, 3 直 6 並列の組電池を作成）を用いているが、その起電力は温度依存性があるので、放電測定中は低温環境下であることが望ましい。そこで、生物の培養などに用いられる低温インキュベーター（フクシマガリレイ製 FMU-204I）を採用し、およそ 3°C の環境下で計測することにした。また、BR-C の容量が温度によって変化するかどうかを調べるために、室温での測定も行った。

リチウム電池に既知の抵抗器を直列で繋いで放電させることにした。音響通信装置の Wakeup 時の消費電流が 60~80mA, Sleep 時のそれが約 1mA である。今回の残容量調査では、Wakeup 時の消費電流に合うように抵抗器の抵抗値を選定することにした。

なるべく精密に測定したいので、一般的な炭素皮膜抵抗器に比べて温度特性や抵抗値精度がよい金属皮膜抵抗器を選択した。今回は、ソリスト（現イーグロバレッジ）製の RLC80SFY 33Ω（定格電力 2W / 抵抗値許容差 ±1% / 温度係数 50ppm/°C）を採用した。

放電中の BR-C の電圧を測定するために、白山工業製の LS-7000XT を用いた。LS-7000XT は、入力レンジが ±10V, 入力インピーダンスが 1MΩ であり、同時に 6 チャンネル測定できる。今回の測定条件は、データビット長を 24bit とし、サンプリングレートを 1Hz、フィルターを直線位相とした。

図 1 に測定のデザインを示す。オームの法則に、抵抗値 33Ω と、測定値した電圧値を代入して積算し、BR-C の残容量を mAh で表現した。

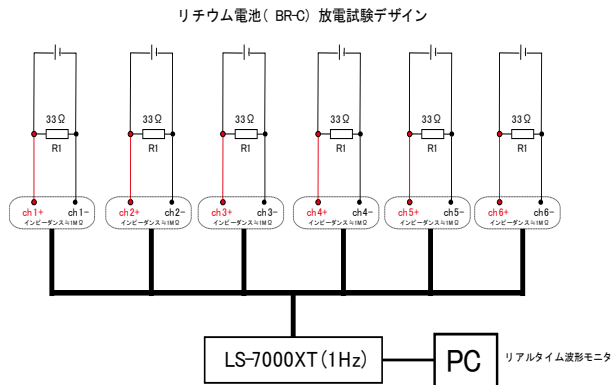


図 1, リチウム電池放電試験デザイン

結果と議論

残容量測定値に誤差を付けて評価するため、それぞれ 3 本ずつ同時に測定することとし、以降は得られた容量の平均値と標準偏差を示す。

まず、測定の確からしさを評価するために、新品の BR-C を測定したところ、室温で 5150 ± 10 mAh, 低温で 4898 ± 51 mAh であり、ほぼスペック通りの値であったため、十分な精度をもって容量を測定できていると判断した。また、低温環境下の方が室温に比べて 1 割弱ほど容量が小さいので、この点は電池の容量計算時に留意する必要がある。

次に、2020 年に宮城沖から回収した OBS3 台分、同じく 2019 年 5 月に投入予定であった OBS (機材トラブルのため投入中止) した 1 台分、ほぼ同時期に設置・回収した OBS (えりも沖で観測) 2 台分の BR-C の残容量を測定した (図 2)。電圧の低かった OBS の BR-C に関しては、残容量がほぼ 0 であったが、他の OBS の BR-C については、稼働日数を加味しても十分に残量があった。これらの結果により、OBS の音響通信装置は、特異的に電力を消耗する場合があることが示唆された。

音響通信装置は、Sleep 時では約 1mA と低消費であるが、特定の狭い周波数帯 (10.417kHz 前後) の音を聞かせると Wakeup し、消費電流が 60mA~80mA にまで跳ね上がる。

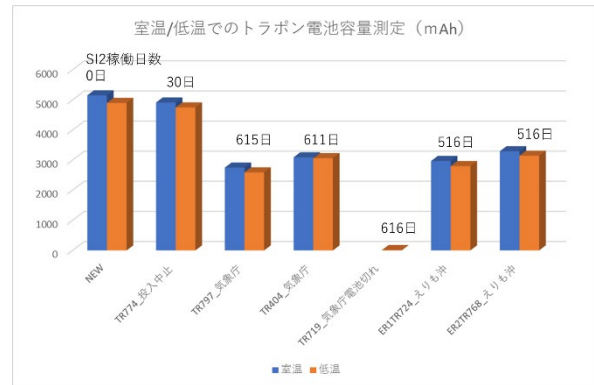


図 2, BR-C の残容量測定結果。

10kHz 帯の音は、海中にて遠くまでよく伝わる帯域の 1 つであり、船舶に搭載された色々な機器の発信周波数とかぶる可能性がある。1 つの可能性として、海底観測中に、何らかの音を頻繁に聞かされて想定以上に Wakeup したのかもしれない。

また、なんらかのノイズ音で音響通信装置が起きる可能性もあるため、音響通信装置の Wakeup 検出器を作成して、OBS を組み立てる作業場や、トラックでの OBS 輸送時、OBS を観測船に載せて対象海域に運ぶ間の状態を確かめたが、音響通信装置が Wakeup することはなかった。

これらの結果により、宮城沖で多くの OBS が未応答であった原因は、音響通信装置の電池切れである可能性が高まったため、2022 年 3 月に、未応答であった OBS のうち 2 台を水中ロボットで探索した。その結果、両方とも発見され回収に成功した。OBS を解体調査したところ、音響通信装置の BR-C の残容量はゼロであったが、その他の問題は見つからなかった。

現在では、BR-C の搭載量を 1.5 倍にすることと、OBS の回収時期をなるべく早めることで対応しているが、さらなる対策案としては、OBS のペイロードとの兼ね合いもあるが、音響通信装置の電池の容量を大幅に増やすことができれば、OBS の回収率をさらに上げられると期待される。

地震災害研究センターでの支援における業務改善や取り組み事例の紹介

長岡愛理（京都大学防災研究所 技術室）

はじめに

これまでの手法を見直したり、新たなツールを取り入れたりすることは、業務を円滑に進める上で重要だと考える。地震観測点の保守や収集された地震データの処理、保管などの業務に携わる中で、効率性、利便性を向上させる業務改善、取り組みを進めてきた。その事例をいくつか紹介する。

1. ストレージ容量の自動通知

半年から1年に1回オフラインデータ処理に使用しているサーバーがある。オフラインデータとオンラインデータのマージ、イベント波形の切り出しを実施しており、蓄積されたデータが年々ストレージを圧迫している。日々のオンラインデータを蓄積するため、不要なデータは削除することを心がけているが、利用頻度の低いサーバーであるため、ストレージを飽和させてしまうことが度々あった。その際は別のサーバーなどから必要なオンラインデータを取得しデータを補完する手間が増える。

上記の対策として、簡単なシェルスクリプトを作成した。データ保存領域のストレージ容量が90%を超えたら通知メールが送信されるように設定した。

通知メールを受け取るようになってから、ストレージ容量の確保を徹底できるようになり、ストレージを飽和させることなくサーバーを運用できている。

2. ロガーのロールオーバー対策

① データロガーの内部バッテリー電圧監視

地震災害研究センターの各観測点ではデータロガーとして、主に白山工業製のLS-7000XT、LFシリーズ（LF-2000R、LF-1100R）を使用

している。多くのロガーでGPSモジュールがロールオーバー発生時期（2022/9/18）を迎えた。ロールオーバー発生以前に、内蔵電池電圧が0V以外あれば、ロールオーバー発生後も遠隔操作で日時を設定することで観測可能であることが分かった。

そこで各種ロガーの内部電圧を定期的に監視するスクリプトを作成し、電圧の低下したロガーを優先的に交換するようにした。

② ロールオーバーした異常ロガーと正常ロガーから得たwinデータのマージ

メーカーサポート対象外のロガー（または今後サポート切れとなったロガー）がロールオーバーを起こした場合、修理ができない可能性がある。特に遠方の観測点や、①の対応ができないロガーでの応急的な対策が必要と考える。

WINシステムのコマンドを用いてロールオーバーロガーから得られた異常データのタイムスタンプを書き換えて、正常データとマージすることが可能か検証した。

ロールオーバーした異常ロガー、正常ロガーの2台、サーバーを接続した。それぞれのロガーから3CHのデータを取得した。それぞれのデータは別のポートで受信し、異常データはsend_rawのhオプションでタイムスタンプ修正後、正常データとマージした。上記2台のロガーで取得したCHIDをすべて含む6CHデータが正常に保存されていることを確認した。

今後、有事の際には本方法を活用できると考えられる。

3. Mac, WindowsでFreeBSD-UFSを読む

地震災害研究センターでは地震データを取り扱う多くのサーバーでFreeBSDを利用している。全国流通しているデータや京大観測点のデ

ータを受信し、外付け HDD に保存、保管している。HDD は 5 年ほどでデータの劣化や破損が起こるため、定期的なデータの移し替え作業が必要であるが、膨大な時間を要することが問題となっている。また、この HDD のデータは教職員が利用することが可能であるが FreeBSD-UFS の HDD は他 OS 搭載マシンで直接読み書きできない扱い辛さがある。これらの問題は解消するべく、今後、長期的にデータを保存できると言われている SONY 製のオプティカルディスク・アーカイブ (ODA) を導入する事となった。しかし、ODA の関連アプリケーションのほとんどは Mac, Windows にしか対応しておらず、FreeBSD-UFS の HDD から Mac または Windows マシン上にデータを移す必要がある。FreeBSD マシンに HDD をマウントし、データを Mac または Windows マシンに scp することもできるがサーバー負荷率の上昇や時間的コストの観点から現実的ではない。

そこで、FreeBSD-UFS の HDD を Mac, Windows 上で直接読み書きする手法を調査、検証した。

① Mac で FreeBSD-UFS を読む

MacFUSE というソフトウェアを使用する。ウェブサイト (<https://obsigna.com/articles/1626982950.html>) に従って、ターミナル上からインストールし、FreeBSD-UFS を読み込む環境を構築した。インストール終了後、ターミナルから FreeBSD-UFS の HDD をマウントした。デスクトップにマウントされたボリュームシンボルが表示されてないため、ターミナルから操作した。マウントされた FreeBSD-UFS の HDD へアクセスできた。

② Windows で FreeBSD-UFS を読む

Hyper-V (Windows Pro 以上に搭載)、Samba を使用する。

まず、Hyper-V を有効化し、Hyper-V で仮想マシンを作成後、仮想マシン上に FreeBSD をインストールした。FreeBSD 上に Samba をインストールし、Windows と共有するためのディレクト

リ (共有ディレクトリ) を作成し、Samba の設定ファイル (初期にはおそらく存在しない。) を作成、Samba の実行を許可した。FreeBSD のシステムユーザーを Samba ユーザーとして登録し、Samba サーバーを起動した。

次に、Windows 上で Hyper-V 仮想マシンの物理ディスクをパスツールディスクとして使用できるように設定を変更した。

最後に、仮想マシン上の FreeBSD で FreeBSD-UFS の HDD を先述の共有ディレクトリにマウントした。Windows 上でエクスプローラーを開き、アドレスバーに <Samba サーバーの IP アドレス>/<共有ディレクトリ名>を入力し (この際 Samba ユーザーとして登録したユーザー名とパスワードを問われる)、FreeBSD-UFS の HDD へアクセスできた。

①Mac, ②Windows のそれぞれで FreeBSD-UFS の HDD にアクセス後、それぞれ、HDD とローカル間でのデータの読み書きが可能となった。

②Windows での手法は初回の環境整備に少々手間がかかるが、ODA が導入された際には有効活用できると期待される。

まとめ

今回は日常業務の中での業務改善を中心に事例を紹介した。定期的に手作業で実施していた業務の自動化は効率化に非常に有効だと感じている。一つ一つの取り組みは小規模なものだが、積み重ねると大幅な効率化に繋がると考えられる。取り組む中で新たな知識や技術を得ることもあり、別の業務で活用できる機会もある。

今後も定期的に業務やシステムの見直し、改善を続けていきたい。

謝辞

本稿作成にあたり、ご助言、情報提供いただいた地震災害研究センターの教員、技術職員の皆様に深く感謝いたします。

南西島弧地震火山観測所に於ける研究支援業務(令和4年度経過報告)

○平野舟一郎（鹿児島大学大学院理工学研究科 技術部）

仲谷幸浩・八木原寛（鹿児島大学大学院理工学研究科 附属南西島弧地震火山観測所）

はじめに

当観測所は、教員2・技術職員1の体制で、九州・南西諸島北部域の定常地震観測点（テレメータ地震観測点）の維持管理及び陸域・海域に於ける地震観測等の研究業務に取り組んでいる。年次的・計画的に実施している臨時観測に関する業務がある一方で、定常観測点では通信回線や電源等に改善すべき点がある。本年度はこれらの定常観測点で最近、問題となっていた項目について取り組むとともに、臨時観測の業務を実施した。その概要について報告する。

1. GPS ロールオーバー問題（4～9月）

2022年9月18日、午前9時00分（JST）に、GPS モジュール（古野電気 GT-80）のロールオーバーが発生するとの情報が、同年4月、データロガーのメーカーより通知された。当観測所の該当機種は、LF-1100R 及び LS-7000XT（白山工業）、EDR-7700（近計システム）である。通知を受けた時点で、LS-7000XT は13箇所、LF-1100R は14箇所のテレメータ観測点で、EDR-7700 は10箇所のオフライン観測点に於いて動作中であった。そこで、LS-7000XT 及び LF-1100R の GPS バックアップ電池電圧について遠隔調査を行った。結果、7箇所のテレメータ観測点で交換推奨電圧を下回っていた。このうち3箇所は、気象海況等の条件により渡島の可否が左右される離島である。センドバックによる電池交換を少しずつ進め、最後の観測点の機体交換を終えたのは9月10日と、非常にタイトな日程であった。尚、EDR-7700 は、年月日データの補正機能を追加したデータ変換ソフトを導入することで対応した。

2. 長崎丸海底地震観測航海（4, 5, 8月）

長崎大学水産学部附属練習船長崎丸共同利用により、海底地震観測を実施した。観測海域は喜界島北東海域及び日向灘（長期観測型海底地震計：LOBS）、トカラ列島悪石島近海及び甕島周辺海域（短期観測型海底地震計：SOBS）である。尚、悪石島近海は、2021年12月4日に群発的地震活動が始まり、約10日後の12月15日にSOBSを投入した。今回はその回収であった。長崎丸による観測航海は、2002年以降、毎年実施している。例年は4月と8月の2航海であるが、今年度は4月航海で荒天待機が生じ、1台のLOBS回収を断念した。その為、5月に予定されていた、他大学の海洋実習航海の余席を利用させていただき回収を行った。

3. 悪石島観測点リプレイス（6～9月）

本観測点は2011年、衛星回線によりテレメータ観測を開始した（TODAI-H-V010）。弧状に点在する数少ない島嶼に位置する重要な地震観測点である。しかしながら、2020年頃より塩害による腐食が目立ちはじめ、取り分けパラボラアンテナ部は、支柱欠損ならびに方位調整ボルト等の腐食（調整不可）が顕著となり、回線障害が頻発した為、早急なリプレイスが必要であった。リプレイスに先立ち、本設（V042）及び予備機体（V043）の試験を観測所屋上に於いて実施した。スペクトラムアナライザの操作を含むアンテナ方向調整等、UATは約10年振りの作業であった為、感覚を取り戻すまで時間を要した。現地作業はGPS ロールオーバーの期限が迫る9月初旬、台風12号と14号の合間を縫い渡島し、紙一重のタイミングで完了した。

4. アナログ専用回線 (3.4kHz, 4W) 用 モデム置き換え (5月～ 進行中)

観測所では1990年代より、アナログ専用回線による多数のテレメータ観測点(明星45型等)を運用していたが、時代の流れとともに殆どがISDNや衛星回線に移行された。一方で、地理的条件によってISDN回線が敷設出来ない、または他回線との冗長化による観測点維持等の理由から、5観測点(5回線)で専用回線を継続していた。その後、明星テレメータ機器の老朽化に伴い、2011年～2015年にかけて、モデムの置き換えを試みた(明星→近計システムART-1000)。5回線中3回線は成功したが、2回線(観測所⇔屋久島、甕島)の置き換えは失敗した(疎通不可)。以来、当該回線の置き換えを保留していたが、将来的なISDN回線サービス終了の懸念及び光回線敷設不可、尚且つ携帯電話地上波圏外という制限を考慮し、モデムの機種選定を再開した。結果、ハイテクインター製M304Eth-NAに候補を絞り準備を進めた。長期間放置していた回線につき、まずは回線の健全性を確認する為、両観測点(終点側)に渡島し、既設明星モデムによる疎通を確保した。その後、11月にM304Eth-NAデモ機による疎通試験を行い(成功)、12月に製品を調達した。設置作業は1～2月頃を予定している。

5. 地震計カバーの製作 (4月～ 進行中)

本学技術職員は、科学研究費補助金(奨励研究)の申請を毎年義務付けられている。今年度申請を行った、研究課題名「十分な強度と防水性能を備え、尚且つ軽量で容易に携行可能な地震計用保護カバーの開発」が採択された。本発表では製作内容及び実際の設置例を紹介する。

6. 蓄電・給電システム改修 (6月～ 進行中)

商用電源喪失時に、10日間程度の電源バックアップが可能な蓄電・給電システムを2020年、高岡及び串間観測点に導入した(令和元年度の

本研修会に於いて報告済)。しかし、当時は導入日程に余裕がなく、電源ラインの雷サージ対策を十分に行えなかった。その為、観測点に既設の耐雷変圧器二次側に、本システムの電源を接続するよう配線改修を行った。進捗状況であるが、6月に高岡観測点の改修を終え、12月より串間観測点の改修を開始した。尚、耐雷変圧器(長野日本無線TI-11-3)は1999年に運用を開始(現在は運用終了)したNEC VSAT機器導入時に設置されたものを利用した。

7. その他支援 (4月～ 進行中)

上記、1～6で紹介した業務以外に、今年度、主に以下の支援が進行中である。本研修発表では、時間の許す限り報告を行う予定である。

- 7-1. 鹿児島湾奥部海域に於けるSOBSによる繰り返し海底地震観測。
- 7-2. テレメータ観測点の維持管理(離島8観測点を含む全24観測点)。
- 7-3. 無人島(男女群島女島・宇治群島宇治島・トカラ列島臥蛇島及び横当島)に於ける、オフライン観測点(GNSSまたは地震観測点)の上陸保守業務。
- 7-4. トカラ列島小宝島に於ける、テレメータ地震観測点の新設(現在、準備段階)。
- 7-5. 鹿児島湾南部周辺領域に展開しているオフライン陸上地震観測点の保守業務。

謝辞：長崎丸海底地震観測航海では、地震計の組立ならびに解体等、例年、東京大学地震研究所技術職員の皆様方に多大なご協力をいただいています。悪石島観測点リプレイスに伴うUAT作業では、同研究所観測開発基盤センター出川様に多くのご指導ご協力を賜りました。また、辻浩技術専門員が作成されたUAT作業手順書を重宝させていただきました。心より御礼申し上げます。地震計カバーの製作は、JSPS科学研究費補助金(課題番号：22H04199)の助成を受けたものです。

地震計台に関する資料調査

山品匡史（高知大学）

はじめに

地震計の設置について望ましい方法や環境に関する報告は多く見られるが、地震計台に関するものを見かけることは少ない。また、地震計台の製作経験者からも形状などについては、経験則による、既存のものを参考、との話を聞くことが多い。そこで、地震計台の材質や形状、その影響などに関する資料を探してみることにした。方法は、CiNii Research、国立国会図書館オンラインや Google などの検索サイトにおいて、「地震計」、「台」、「seismometer」、「pier」といった用語による検索で行った。本発表では、資料調査で得られた内容について紹介する。

材質など

現在はコンクリート造が大半であるが、かつては天然石や煉瓦造の場合もあった。使用するコンクリート（セメント）についての規格や仕様を記載しているものは管見の限りでは少なかったが、無収縮コンクリートを指定している例がある（私信）。なお、地震計台とは異なるが、McMillan (2002) は観測点設営において Type II ポルトランドセメント（「中庸熱ポルトランドセメント」相当と思われる）を勧めている。

気 象 庁 （ 2019 ） や Consortium of Organizations for Strong-Motion Observation Systems (2001) は強震計（震度計）台に関して鉄筋コンクリート造を推奨している。Uhrhammer *et al.* (1998) は、広帯域地震観測点について、セメントとの熱膨張率の違いから地震計台に鉄筋、金網、石を使用すべきでないとしている。

形状や材質の違いによる観測記録への影響

地震計台の主な形状は、直方体・立方体、板状、凸型、円柱であるが、地震計を嵌め込むための凹型や台座内に空洞を設ける例もある（例えば、坂上・高橋 (1998)、一井ほか (1999)）。

形状や材質の違いによる影響は観測やシミュレーション解析で、Crouse *et al.* (1984)、三浦ほか (1999)、安達ほか (2001)、三神ほか (2007)、河本ほか (2008)、Castellaro *et al.* (2022) などにより報告されている。その多くは強震観測に関連する地震工学分野によるものであり、自由地盤（地表面）付近に埋設されている場合の検討例となっている。それらによると、地盤条件や着目する帯域などにもよるが、形状による差や増幅効果が生じることが示されている。

強震観測用の地震計台について（まとめに変えて）

前項の強震観測に関する解析・検討や坂上・渡辺 (2002)、気象庁 (2019) などによると、強震観測用の地震計台として、縦長の形状は避ける、地表の露出部を低くする、底面は広くすることが望ましいとしている。また、地震計台と地面の密着度の向上や回転防止から杭を配することが望ましいとしている。以上は、概ね共通する推奨事項であるが、地震計台の重量の軽重や空洞の有無については異なる意見がある。しかしながら、それらには地震計台の回転や不等沈下、破損の防止、観測において着目している帯域や設置場所の条件などの理由があり、良し悪しを判断することは難しい。

今回の調査では、岩盤上に設ける地震計台の形状などを検討した資料を見つけることがで

きなかった。今後も地震計台に関する資料に着目して資料探しを継続していきたい。

文献

安達直人ほか, 2001, 地震動記録における地震計基礎の影響, 日本建築学会構造系論文集, **544**, 61-67, doi:10.3130/aijs.66.61_3

Castellaro, S., *et al.*, 2022, Seismic Station Installations and Their Impact on the Recorded Signals and Derived Quantities, *Seism. Res. Lett.*, **93**, 3348-3362, doi:10.1785/0220220029

Consortium of Organizations for Strong-Motion Observation Systems, 2001, Guidelines for Installation of Advanced National Seismic System Strong-Motion Reference Stations, vi, 40 pp. https://www.strongmotion.org/archive/publications/guidelines/Guidelines_ANSS.pdf (参照 2023-01-13)

Crouse, C. B., *et al.*, 1984, Experimental study of soil-structure interaction at an accelerograph station, *Bull. Seism. Soc. Am.*, **74**, 1995-2013, doi:10.1785/BSSA0740051995

一井康二ほか, 1999, 港湾地域強震観測地点資料 (その6), 港湾空港技術研究所資料, **935**, 696 pp. https://www.pari.go.jp/report_search/detail.php?id=199906093501 (参照 2023-01-13)

河本悠歩ほか, 2008, 地表地震計の基礎形状が地震観測記録に与える影響, 日本建築学会東

海支部研究報告集, **46**, 145-148.

気象庁, 2019, 正確な震度観測を行うために, 22 pp. <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/shindo-kansoku/> (参照 2023-01-13)

McMillan, J. R., 2002, Methods of installing United States National Seismographic Network (USNSN) stations - a construction manual, *U. S. Geol. Surv. Open-File Rep.*, 2002-0144, 23 pp., doi:10.3133/ofr02144

三神厚ほか, 2007, 自由地盤の強震観測に及ぼす地震計設置台座の影響, 構造工学論文集, **53A**, 321-328, doi:10.11532/structcivil.53A.321

三浦勝美ほか, 1999, 地震計の設置に関する比較実験, 東京大学地震研究所技術報告, **5**, 163-169.

坂上実・高橋正義, 1998, 強震観測室の変遷と現状 - 観測点選定・観測点建設・強震計設置について -, 東京大学地震研究所技術研究報告, **2**, 102-119, doi:10.15083/00032282

坂上実・渡辺茂, 2002, 強震動観測における地震計台の設営, 東京大学総合技術研究会, P8-05.

中央气象台編, 1915, 地震観測法, 中央气象台, 86 pp. 国立国会図書館デジタルコレクション: <https://dl.ndl.go.jp/pid/952305> (参照 2023-01-13)

Uhrhammer, R. A., *et al.*, 1998, Broadband Seismic Station Installation Guidelines, *Seism. Res. Lett.*, **69**, 15-26, doi:10.1785/gssrl.69.1.15

御嶽山山頂域 GNSS 観測の定常化に関して

松廣健二郎（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

2014 年の御嶽山の噴火以降名古屋大学地震火山研究センターでは御嶽山での観測を強化しており 2015 年より山頂域において毎年夏季にキャンペーン GNSS 観測を行い火山活動による地殻変動の観測を行ってきた。観測精度の向上や労力削減のために3年前より観測点の定常化を進めてきた。昨年度までに図 1 に示す御嶽山山頂域南側の火口周辺に8点の定常観測点の設置を完了した。今年度さらに山頂域の北側に定常観測点の増設を進めた。また設置した定常観測点は機材を出来る限りコンパクトにするために省電力に特化しオフライン観測であったが今後火山活動が起きた際にすぐに評価に寄与できるようオンライン化に着手した。

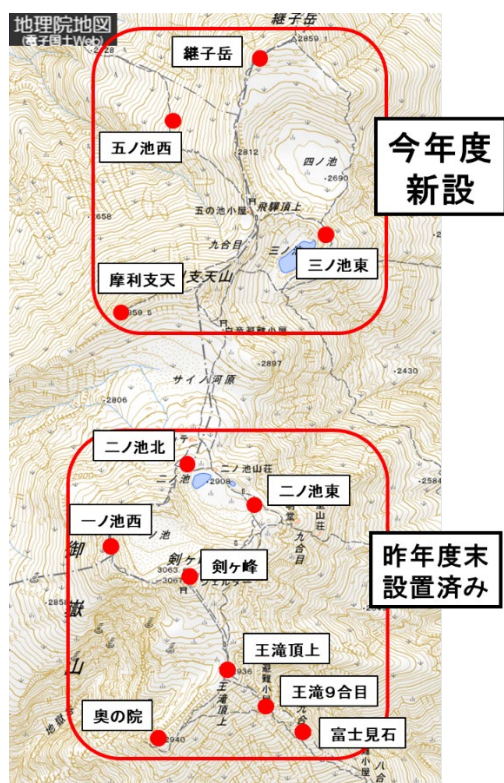


図 1. 山頂定常 GNSS 観測点

御嶽山山頂域での GNSS 定常観測点増設

御嶽山は独立峰ながら南北に 3km 以上と長い山頂域を有しており昨年度までの南側火口周辺だけでなく山頂域北側でもキャンペーン観測を行っており完全な定常観測への移行のため図 1 に示す北側 4 点の増設を今年度行った。観測に用いた GNSS 受信機を図 2 に示す。GNSS 受信機には u-blox 社製 ZED-F9P (SparkFun Electronics 社製ボード (GPS-16481)) を用いた。ボードからのデータ受信には消費電力を低く抑えることを第一としオフライン観測に特化してシリアル入力をマイクロ SD カードに保存するだけの機能を持った SparkFun Electronics 社製 OPENLOG を使用した。図 3 に今年度新設観測点の一つの三の池東観測点である。アンテナには Harxon 社製アンテナ (HX-CSX601A) を用いた。ソーラーパネル 6W×3 枚を使用した。パネルを小分けにしたのは岩への張り付けやすさと冗長性を高めるためである。バッテリーにはリン酸鉄リチウムバッテリー (12V20Ah) を用い電菱社製 SolarAmp Mini で充放電制御を行った。バッテリーや受信機等はペリカンケースに収納し土嚢袋を被せて設置した。

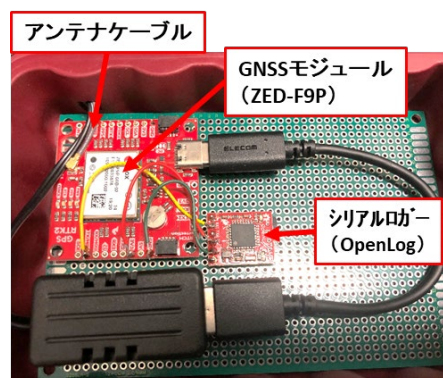


図 2. 定常観測点 GNSS 受信機

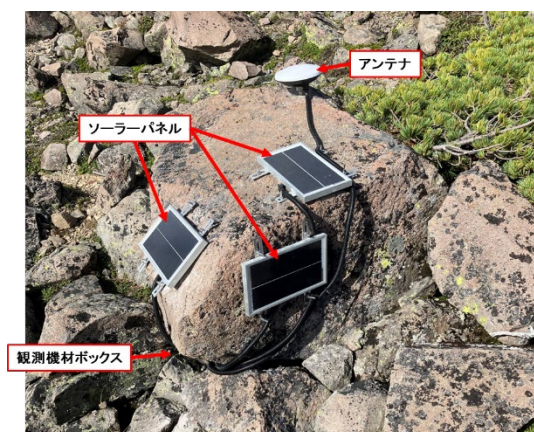


図 3. 三ノ池東 GNSS 観測点

オンライン化

定常化に用いた ZED-F9P でオンライン観測するためにはネットワーク機能を備えたロガーが必要となり消費電力が全体で約 2W 以上となることが予想されることからオンライン観測は難しかった。しかしながら約 2 年前に低価格低消費電力ながらロギングおよびネットワーク機能を備えた受信機が登場したことから

今回オンライン化に着手することにした。

図 4 はオンライン化した観測点の観測機材ボックス内写真および機器構成図である。GNSS 受信機にはコア社製 Cohac[∞] Ten (GNSS ボードは Septentrio 社 mosaic-x5 に、有線 LAN ポート付にカスタム) を用いた。通信 (携帯ルータ) には MI 社製 AirREAL GEMINI を使用し消費電力を抑えるためにタイムスイッチを用いて 1 日 1 時間のみ稼働するようにした。消費電力はオフライン観測時約 0.8W であったのがオンライン観測機材になったことで約 1.7W と約 2 倍に増加したが比較的発電状況が良い観測点 (王滝町城 GNSS 観測点) を選んでオンライン化させたこともあり設置した 9 月から 12 月初めまでほぼ観測が途切れることはなかった。その期間で途切れたのは 10 月の初めで 5 日間日照が悪い日が続いた時でバッテリーを使い切って電源が落ちたものの日照が戻ると復帰しその後観測は無事継続された。

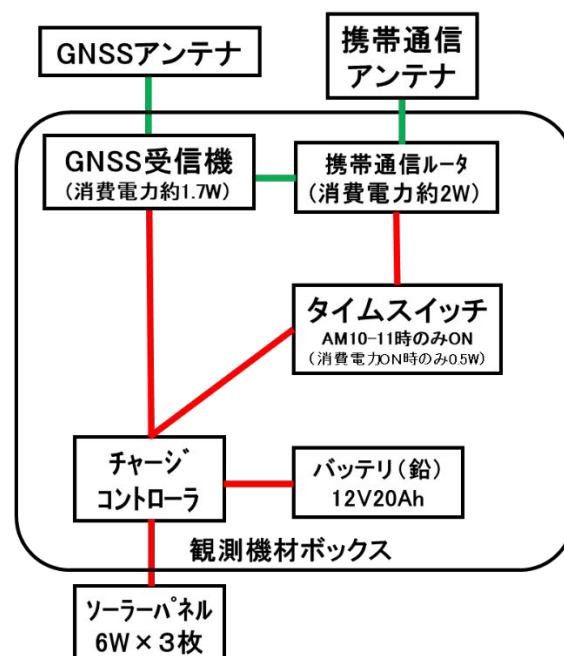
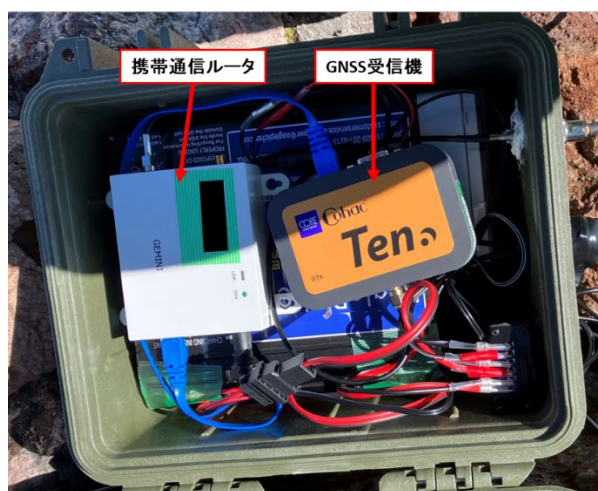


図 4. 観測機材ボックス内写真 (左) と機器構成図 (右)。

海域における流体湧出の探知調査

○三島壮智・大沢信二（京都大学大学院理学研究科 附属地球熱学研究施設）

網田和宏（秋田大学大学院理工学研究科）

はじめに

海洋沿岸域では、海底の地下水湧出（SGD）や二酸化炭素ガス噴出（CO₂ シープ）の存在が知られている。これらは局所的なものだが、含まれる栄養塩やガス成分が、河川以外の生物の一次生産や物質循環に関わる要素として、周辺海域に影響を与えている。CO₂ シープについては、始良カルデラのたぎり（木田川・他、2007）や式根島の御釜湾の様な火山周辺において認められることが多い現象である。

SGD や CO₂ シープのような、沿岸海底に不規則に点在する現象の研究では、湧出・噴出地点を把握することが重要である。最近ではSGD に関して ²²²Rn（ラドン）を連続測定するラドン曳航観測システムが確立され、国内でも利用されている（杉本・他、2017）。今回はこのラドン曳航観測システムをベースに、CO₂ シープの探知が可能となる全溶存炭酸（DIC）や、地下水や CO₂ ガスが海水に混入すると変化する電気伝導度（E.C.）、pH、酸化還元電位（ORP）、溶存 H₂、水温についても連続観測を行える地球化学的曳航観測システムを試作した。

本発表では、試作した地球化学的曳航観測システムの動作確認を、図 1 の様に CO₂ シープ

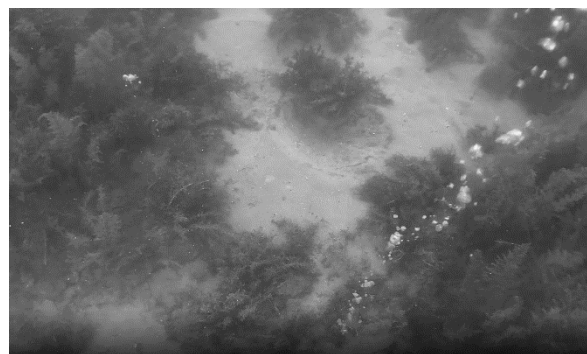


図 1. 姫島の西浦沖 CO₂ シープ

が確認されている大分県姫島（大沢・三島、2017）において曳航調査を実施したので紹介する。

観測方法

試作された地球化学的曳航観測システムは独立した2つの測定ユニットで構築されている（図 2）。ユニット 1 では DURRIDGE 社製静電捕集型ラドンモニターRAD7 とオプションの気液平衡装置 RAD AQUA によって溶存ラドン濃度を 2 分毎に測定し、VAISALA 社製の CO₂ センサーGMP343 と MI70 指示計によって DIC 濃度を 1 分毎に測定している。ユニット 2 では Sheffield 大学と Waterra 社が現場水質測定用に開発した「フロースルーセル」（テクノインターナショナル社）に、東亜ディーケー

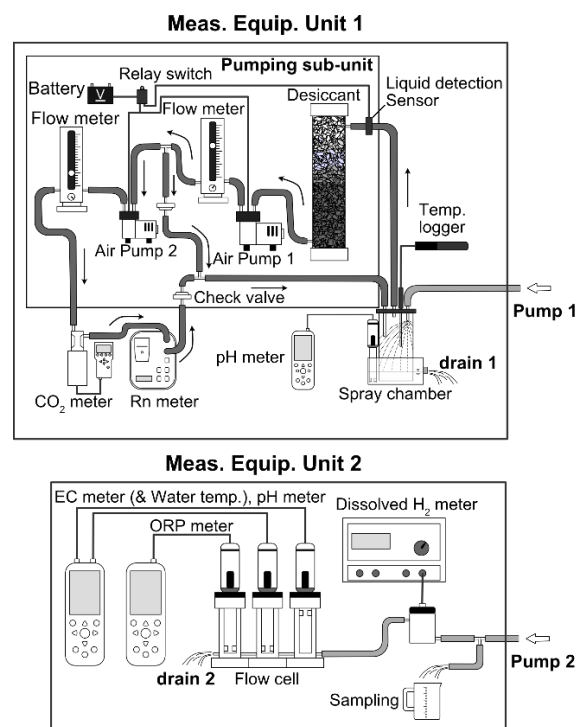


図 2. 地球化学的曳航観測システム概要

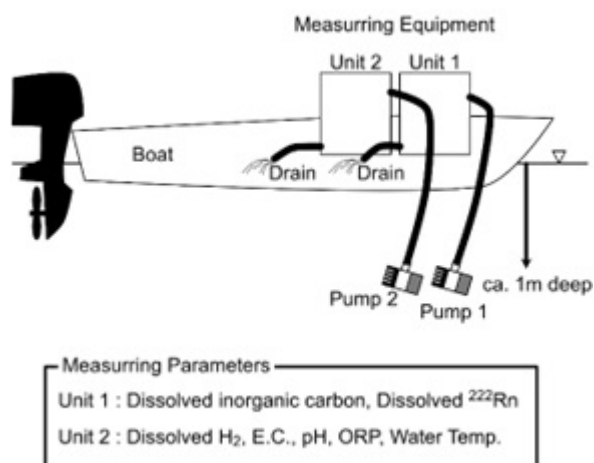


図 3. 曳航観測システムの運用

ケー株式会社製のポータブル水質計 WM-32EP シリーズの各種電極 (E.C., pH, ORP, 水温) を組み合わせて 1 分毎に各々を測定し、東亜ディーケーケー株式会社製のポータブル溶存水素計 DH-35A による溶存 H_2 濃度を 1 分毎に測定した。曳航時の位置情報は GARMIN 社製の GPSmap 62SCJ により取得した。利用した船舶は、水深 2m 以浅まで観測を行うため、全長 5m ほどの船外機付小型船舶を利用し、航行速度 3 ノット未満で曳航した。測定ユニットは船舶の前方に設置され、各ユニットに接続される水中ポンプ (rule 社製ビルジポンプ) によって、およそ水深 1m の海水が汲み上げられて、各種測定ユニットに送られ、測定後に排出されるような仕組みになっている (図 3)。

観測結果

まず、試作したシステムは安定して動作する確認が取れたと同時に、最大 4 時間程度の連続運転でユニット 1 に内蔵している乾燥剤の交換が必要になることが分かった。また、DIC 測定については、外洋海水の DIC 濃度が 2 mM 程度と言われており、 CO_2 シープから離れた場所でのデータが概ね外洋海水の値に近く、大気 CO_2 と溶解平衡状態の海水として考えられる値に得られ、期待通り DIC の測定ができている手応えが得られた。また、ORP と pH にガス

湧昇の影響が見られ、ORP はガス湧昇域辺りで DIC 濃度と逆相関の関係が確認された。pH は海水に CO_2 が溶けると低下することが容易に想像され、確かにガス湧昇域付近では小さな変動が見られたが、DIC の変化に対応する ORP のような変化は確認できなかった。DIC, ORP, pH は CO_2 シープに関係した変化が見られた一方で、今回の調査地では溶存ラドン濃度や溶存 H_2 濃度、EC、水温には変動が確認できなかった。

今後の課題

試作した地球化学的曳航観測システムはラドン曳航観測システムを DIC 測定に流用したため、測定装置の仕組みや DIC の算出過程が煩雑になった。そこで、今後の課題の 1 つ目として、DIC 濃度については最も望ましいフローセルによる溶存状態での直接測定を検討したい。

また、将来性を持たすために、今後の課題 2 つ目として、火山性の指標となる複数の化学物質を検出できるような曳航観測システムにアップグレードすることを検討したい。

文献

- 木川田喜一・小坂丈予・大井隆夫・橋本惇, 2007, 鹿児島湾北部若尊カルデラ海底熱水活動に伴う噴気ガスの化学組成. 温泉科学, **57**, 30-41.
- 大沢信二・三島壮智, 2017, 姫島火山の沿岸海底から放出されている遊離ガスの化学・同位体組成. 火山, **62 (1)**, 31-36.
- 杉本亮・大河内允基・山崎大, 2017, 沿岸海域に湧き出す地下水を可視化する方法. 「日本水産学会監修 小路淳・杉本亮・富永修編 水産学シリーズ 185 地下水・湧水を介した陸—海のつながりと人間社会 3 章」, 38-53, 恒星社厚生閣, 東京.

関東大震災から 100 年に向けて

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

2023 年 9 月 1 日は関東大震災から 100 年という節目の日である。関東大震災を契機に 1925 年に設立された地震研究所にとっては、その存在を語る上で欠かせない出来事でもあり、また、関東大震災からの節目の年による社会の地震への関心の高まりは、地震の研究をしている機関である弊所にとっては広く認識してもらえる絶好のチャンスでもある。

この機会を活かして弊所や地震学の認知度を上げると同時に、地震に関連する知見についての社会からの「知りたい」というニーズにも応えていく必要もある。人々の関心が向くため、それを上手く所内の皆さんに繋げていき、その疑問に答えてもらうことで弊所の存在価値を広く知ってもらいたい。そのお手伝いをするのが広報であり、また、人々が何を弊所に期待しているかの橋渡しができればと思う。

大学の「ステークホルダーの多様化」の課題提起がされて久しいが、各ステークホルダーとのコミュニケーションを広報アウトリーチ室で全てを担うのは当然ながら無理な話である。それぞれのステークホルダーとコミュニケーションをとる際に、より良いものになるようなお手伝いをするのが広報担当者の役割であると思っている。技術職員の方々が一番身近に接するステークホルダーの一人は、観測の際に接する役所の方や地主の方々ではないかと推測する。そのため、活動中の観測についての理解を得るコミュニケーションの一助となるような、過去にも紹介した観測ビデオを DVD にしたものや、プレート火山地図、波形手ぬぐいといったグッズを広報アウトリーチ室では提供し続けてきている。その延長として、更に今回、関東大震災の

波形記録をあしらった非常食や、東北の被災農地で栽培された綿を使用したハンカチにユーイング円盤記録式地震計でとれた波形記録をあしらったものも作成中なので、それらもそういった方々とコミュニケーションをとる際の一助に役立てていただければと願っている。

シンポジウム、歴史地震アプリの公開、鯨スイッチの設置、サイエンスカフェでの地震関係テーマの取り上げ、関東地震波形を使用したグッズの製作、他機関への資料提供協力など、様々な企画が予定され進行しているが、その中でも技術開発室との取組について一件紹介する。

技術開発室との取り組み事例

技術開発室の浦野技術専門職員が考案し、新谷技術開発室長が監修した「貸し出し用地震計」が進行中である。中学校などから以前「生徒に見せる用に地震計は借りられますか？」というような問い合わせを頂いたこともあり、貸し出せる地震計があればとかねがね思っていたところ、技術開発室より使用しなくなった地震計が提供可能であるお話をいただいた。実際に使われていた地震計を、またそれを自ら改造して学習用に提供できるのは地震研ならではの価値である。



写真:中のコイル部が見えるよう内田特任専門職員が筒を窓状にしてくれ、周辺装置を浦野技術専門職員が製作中。次年度貸し出し開始予定。