

# 令和 7 年度 地震研究所職員研修会 アブストラクト集



日 程      令和 8 年 1 月 21 日(水) ～ 23 日(金)

|                    |           |
|--------------------|-----------|
| 口頭発表 3 件 (1 日目)    | p.1～p.6   |
| 口頭発表 5 件 (3 日目)    | p.7～p.15  |
| ポスター発表 15 件 (1 日目) | p.16～p.45 |

地震研究所研修運営委員会

## トカラ列島近海における 2025 年群発地震活動発生前後の臨時地震観測

○平野舟一郎・八木原寛・仲谷幸浩（鹿児島大学大学院理工学研究科）

山口雅弘（九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター）

阿部英二・渡邊篤志・西本太郎・八木健夫（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

### はじめに

2025 年 6 月 21 日、トカラ列島悪石島と小宝島近海において群発地震活動が始まった。7 月 31 日までに M5.0 以上の地震が 20 回発生し、有感地震の回数は 2238 回に達した（気象庁、2025）。このうち、7 月 2 日に最大規模の M5.6、7 月 3 日に悪石島で最大震度 6 弱を観測した M5.5 の地震が発生した（地震調査委員会、2025）。地震活動発生前のトカラ列島中之島～奄美大島の地震観測点配置を図 1 に示す。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、2011 年 3 月に悪石島にオンライン観測点を設置、維持してきた。また、2025 年 6 月 21 日時点で小宝島と平島においてオフライン地震観測点が稼働していた。本地震活動に伴い、鹿児島大学、東京大学、九州大学、東

京海洋大学、京都大学、宮崎公立大学が合同で、小宝島ならびに平島観測点のオンライン化、および地震活動域における海底地震観測を実施した。本発表では、地震活動発生前後の臨時地震観測について報告する。

### 悪石島臨時地震観測点

悪石島臨時地震観測点（図 1, akus）は、固有周波数 2.0 Hz の速度型 3 成分地震計、分解能 24 bit、サンプリング周波数 100Hz のデータを、衛星回線を利用し、テレメータしているオンライン観測点である。今回、群発地震活動発生後の 7 月 1 日に、現地保守作業を実施した。トカラ列島は北北東－南南西方向に点在している為、島嶼観測網は線状配列となり、空間的拡がり確保することが困難である上、空間密度も著しく低い。従って、限られた条件下で震源精度の向上を図るには、akus の重要性が高い。保守作業は地震活動発生以前より予定されていたものであるが、地震活動開始後、離島観測点としては比較的短期間に渡島し、実施できた意義は大きい。加えて、データは 7 月 8 日 15 時より気象庁においても利用が開始されており、一元化処理に利活用されている。

### 平島および小宝島地震観測点

平島臨時地震観測点（TAIR）は 2023 年 3 月、小宝島臨時地震観測点（KDAC）は 2017 年 4 月よりオフライン観測を開始した（図 1）。その後 KDAC は 2018 年 5 月以降休止状態であったが、2024 年 7 月にリプレイスを行い、観測を再開していた。固有周波数 2.0 Hz の速度型 3 成分地震計、分解能 24 bit、サンプリング周波数 100Hz のデータを現地収録しており、

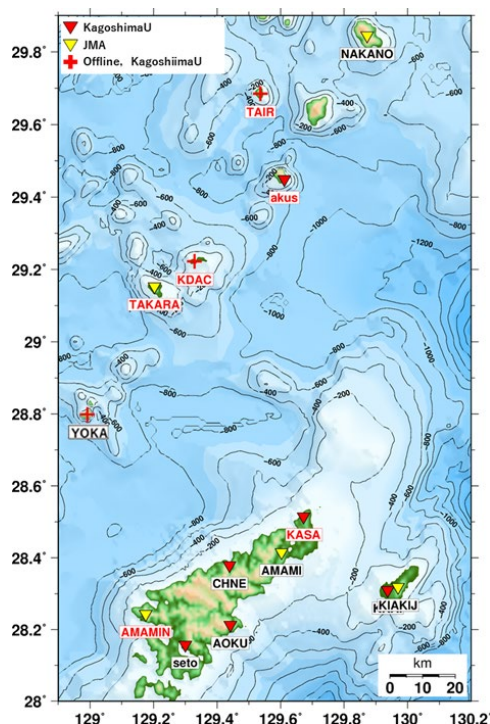


図 1. 観測点配置（陸上観測点）

TAIR・KDAC とともに、地震活動発生後の 2025 年 7 月 12 日と 8 月 26 日に渡島し、2 回のデータ回収を実施した。更に、両観測点は 8 月 26 日より、4G 回線を利用したオンライン化を実現した (KDAC は島内移設)。データロガーは白山工業 LS-7000XT (24bit, 100Hz)、センサーはレナーツ LE-3Dlite (1Hz, 3 成分一体型)、VPN ルータはセンチュリー・システムズ NXR-G110/L Rev2、電源はリン酸鉄リチウムイオンバッテリー (12V, 100Ah)、100W ソーラーパネル 2 枚を使用した。データは長野データセンターに送信後、SINET から JGN へ転送され、11 月 10 日より気象庁においてもデータ利用が開始されている。加えて、小宝島観測点は 2025 年 9 月 18 日、平島観測点は同年 12 月 6 日より、広帯域地震計 (Nanometrics Trillium-Compact 120 sec) による観測を開始した。

#### 海底地震観測

陸域観測は、前述の通り島嶼に観測網が限定される制約がある。そこで、より高精度な震源分布や震源域の地震学的構造などを得ることを目的として、トカラ列島近海 (悪石島～宝島周辺) において海底地震観測を実施した。観測点配置を図 2 に示す。設置は地震活動発生以前より計画されていた長崎大学水産学部附属練習船長崎丸による共同利用航海 (第 156 次航海, 期間: 2025 年 8 月 1 日～8 月 5 日) の観測海域を、急遽、一部変更して実施され、長期収録型海底地震計 (LOBS) 4 台、短期収録型海底

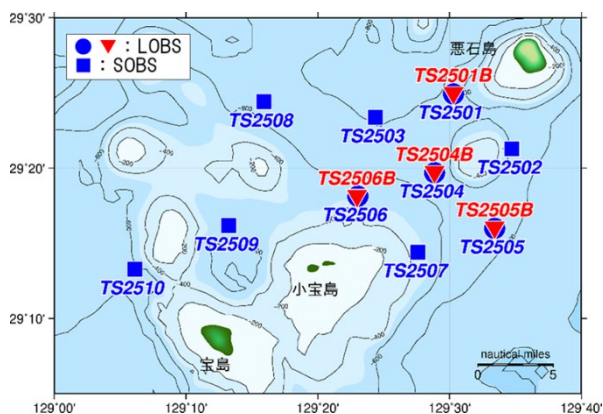


図 2. 観測点配置 (海域観測点)

地震計 (SOBS) 6 台を設置した。LOBS・SOBS とともに 2025 年 8 月 3 日中に観測を開始しており、LOBS は広帯域海底地震計 (20 sec)、SOBS は短周期地震計 (4.5 Hz) である。設置から約 3 ヶ月後、鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸による単独利用航海 (期間: 2025 年 11 月 14 日～11 月 17 日) により 6 台の SOBS を回収、4 台の LOBS は短周期地震計 (1Hz) に置き換えを行い、現在も観測を継続中である (図 2, TS25XXB)。尚、新設した LOBS には海底水圧計 (RBR 製, サンプルング 5 秒) を取り付け、地殻変動観測を新たに開始した。

**謝辞:** 小宝島・平島観測点のオンライン化、鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸の観測航海は、JSPS 科研費 JP25K24462 の助成によるものです。また、東京大学地震研究所共同研究プログラムの援助を受けました。小宝島・平島観測点のオンライン化に伴い、東京大学地震研究所の藏下英司准教授に取り纏めを、同研究所の佐伯綾香氏、藤田親亮氏、東北大学の平原聡氏には、機材調整をご支援頂きました。東京大学地震研究所の出川昭子氏、京都大学防災研究所の長岡愛理氏には、流通データ転送設定等のご協力を頂きました。海底水圧計の取り付けは東北大学の鈴木秀市氏にご尽力頂きました。観測航海では、宮崎公立大学の山下裕亮准教授、九州大学の馬場慧助教、学生諸氏、長崎丸・かごしま丸乗組員の皆様の多大なご協力を頂いております。深く感謝申し上げます。

#### 文献

気象庁, 2025, 令和 7 年 6 月 21 日からのトカラ列島近海の地震活動の関連情報,  
[https://www.jma.go.jp/jma/menu/20250621\\_tokara\\_jishin.html](https://www.jma.go.jp/jma/menu/20250621_tokara_jishin.html) (参照: 2026-01-09).  
 地震調査委員会, 2025, トカラ列島近海の地震活動 (小宝島付近),  
[https://www.static.jishin.go.jp/resource/seismicity\\_annual/major\\_act/2025/20250621\\_tokara\\_01.pdf](https://www.static.jishin.go.jp/resource/seismicity_annual/major_act/2025/20250621_tokara_01.pdf) (参照: 2026-01-09).

## 桜島火山 2025 年 5 月 15 日連続噴火時の降下火山灰サンプリング

○竹中悠亮（京都大学研究推進本部技術部（防災研究所））

### はじめに

桜島の南岳山頂火口では、活発な噴火活動が 1955 年から続いている。2025 年 5 月に桜島南岳山頂火口において連続噴火が発生した。その後も活発な火山活動を続け、月間噴火回数は 146 回に達し、2020 年以来 5 年ぶりに月間 100 回を超える活発な活動期となった。その中でも一連の活動の最初の噴火である 5 月 15 日の連続噴火イベントに際し、実施した降下火山灰サンプリングと収集した試料について報告する。



図 1. サンプリングの様子

### 降灰サンプリングについて

桜島島内の観測坑道においては、5 月 13 日から顕著な山体膨張が観測されており、5 月 15 日の朝の段階では山頂からの微量の火山灰放出が視認できるようになった。大量に火山灰を放出する噴火が発生する可能性が高いと考え、10 時から当日の風下方向に当たる黒神集落へ移動した。11 時頃から本格的な連続火山灰放出が始まり、黒神集落周辺(南岳山頂火口から約 4.3km)において、連続噴火直後の 11 時から 18 時ごろまで、5～30 分間隔で試料を収集した。(以降定点サンプリング)

また、定点観測と並行し、黒神・牛根境および桜島口・輝北方面、黒神・松浦方面(定点サンプリング終了後)の降灰状況を追跡し、火山灰を収集した。

### 降下火山灰量算出

計 22 点で収集した試料から単位面積当たりの降灰量を計算すると、定点で連続サンプリングをした黒神集落周辺(図 2 内では黒神ドライブインと記載)が最も多量の降灰を確認できているため、降灰域の中心あたりで時間分解能の高いサンプリングをすることができていることが分かった。

また、翌 16 日午前中に実施した島内の再調査結果を合わせると、5 月 15 日から 16 日午前にかけての総降灰量は約 15 万トンと推定された。

| 場所       | 採取時刻  | 試料重量    | 採取面積           | 降灰量              | 南岳から | 備考    |
|----------|-------|---------|----------------|------------------|------|-------|
|          | 時     | g       | m <sup>2</sup> | g/m <sup>2</sup> | 距離   | 方位角   |
| 輝元天球館    | 18:25 | 8,740   | 0.400          | 21.9             | 16.0 | 84.2  |
| 輝元市成     | 17:16 | 11,120  | 0.250          | 44.5             | 20.7 | 92.0  |
| 消防団北分署   | 16:45 | 14,090  | 0.420          | 33.5             | 19.8 | 100.3 |
| 塩屋ヶ元BS   | 13:38 | 312,010 | 0.160          | 1,950.1          | 4.5  | 86.8  |
| 黒神ドライブイン | 18:13 | 805,890 | 0.190          | 5,030.5          | 4.3  | 91.5  |
| 同        | 18:20 | 987,000 | 0.190          | 6,168.9          | 4.3  | 91.5  |
| 養魚場入口前   | 14:21 | 202,840 | 0.160          | 1,268.4          | 4.8  | 112.5 |
| GSB60720 | 18:55 | 288,860 | 0.160          | 1,805.4          | 4.9  | 74.8  |
| 宇土温泉     | 17:09 | 125,000 | 0.160          | 781.3            | 5.0  | 67.5  |
| 湯之前港     | 17:19 | 80,510  | 0.160          | 503.2            | 5.6  | 57.5  |
| 徳山温泉     | 17:27 | 52,400  | 0.160          | 327.5            | 5.5  | 47.9  |
| 徳山温泉     | 17:38 | 12,320  | 0.160          | 77.0             | 5.0  | 32.5  |
| 徳山温泉     | 17:47 | 14,710  | 0.160          | 91.9             | 5.6  | 17.5  |
| SRM      | 18:04 | 8,500   | 0.160          | 53.1             | 4.2  | 7.9   |
| 二森港      | 18:16 | 1,160   | 0.160          | 7.3              | 5.1  | 359.3 |
| 松浦神社前    | 18:22 | 3,310   | 0.160          | 20.7             | 4.8  | 349.9 |
| JMA黒神入口  | 14:32 | 167,270 | 0.160          | 1,045.4          | 4.7  | 104.5 |
| 道の駅ふるみず  | 14:49 | 6,930   | 0.160          | 43.3             | 8.6  | 106.2 |
| 牛根支所     | 15:07 | 1,750   | 0.160          | 10.9             | 11.9 | 88.7  |
| 黒島口1.6km | 14:37 | 10,430  | 0.160          | 65.2             | 5.1  | 109.4 |
| 道カーブ     | 14:58 | 22,200  | 0.160          | 138.8            | 10.5 | 97.7  |
| 鉄道の前     | 15:22 | 4,200   | 0.160          | 26.3             | 12.3 | 85.3  |
| びわ湖      | 15:28 | 27,000  | 0.160          | 168.8            | 11.5 | 91.8  |



図 2. サンプルング結果

### 定常降灰観測点との比較

定点サンプルング地点である黒神集落周辺でディストロメータの連続観測を実施している地獄河原観測点(南岳山頂火口から約 3km)のデータとの比較を行った。サンプルングから得られた降灰量の推移は、ディストロメータが捉えた降灰量のピークや、一時的な沈静化の後の再増加といった特徴を有している(図3, 図4)。

一方ディストロメータは径 0.2mm 以下の粒子を感知できないことや風向がやや東向きに変わったことによる影響か 14:00~15:00 間の降灰はあまり見えていない。

定点サンプルングを降灰観測点周辺で実施することで、計測器による観測データを実際の降灰量と比較検証することができ、データの精度を上げることに役立つ。

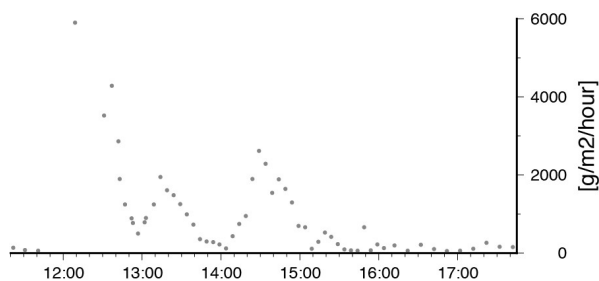


図 3. 黒神集落周辺での降灰量

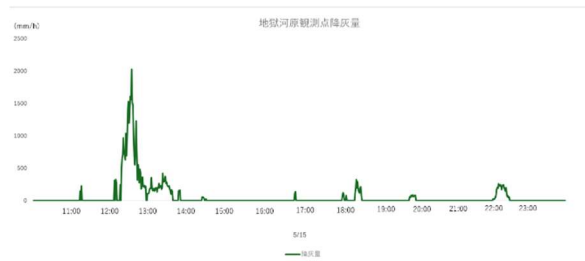


図 4. 地獄河原観測点の降灰量

### 降下火山灰色変化

定点サンプルングの最中には、堆積した火山灰の色が時間帯によって異なる特徴が認められた(図5)。収集した試料を観察すると、時間経過とともに赤→黒→白(黄)と火山灰色の変化を確認することができた。これらの試料を分析することで連続噴火時のマグマの性質、状態を探る手掛かりとして役に立つ可能性がある。



図 5. 堆積した火山灰の色が異なる様子

### 謝辞

山田大志准教授(京都大学防災研究所附属火山防災研究センター)には、本報告書を改善するうえで大変有益なご助言をいただきました。味喜大介特定助教(同)が算出した降灰量を、本報告書に使わせて頂きました。深く感謝申し上げます。

本報告書の図 2 の作成にあたっては、地理院地図(新版)を加工して利用した。

## 2014 年口永良部島火山噴火で被災した観測点の復旧作業報告

園田忠臣（京都大学総合研究推進本部技術部（防災研究所））

### はじめに

口永良部島は、2014 年 8 月 3 日に新岳山頂火口より水蒸気爆発が発生し、火口から概ね 1km の範囲に火砕サージが流下した。翌年の 2015 年 5 月 29 日にも新岳山頂火口で噴煙の高さが 9000m 以上に達する爆発的噴火が発生し、新岳西側斜面を流下した火砕流は前田集落近傍の向浜付近にまで到達した<sup>[1]</sup>（為栗・他 2016）。この時の噴火を受け、噴火警戒レベル導入後初のレベル 5 が気象庁から発表され、口永良部島では全島避難が実施された。その後、6 月 18 日にも島外まで火山礫を飛ばす大きな噴火を起こしている。2019 年 1 月 17 日と 29 日にも火砕流を伴う噴火が発生し、2020 年 2 月 3 日の噴火では火砕流の発生と共に噴煙の高さが 6000m 以上に到達した。

京都大学防災研究所が 1991 年以降に新岳火口周辺に展開してきた連続地震・傾斜観測点は 2014 年噴火によっていずれも被災し、以後の噴火活動の継続と警戒範囲の設定によって、現地確認すら実施できない状況が続いていた。一方、古岳周辺などでは新しい地震観測点の設営と維持管理作業を実施してきた<sup>[2]</sup>（園田 2022）。2020 年の噴火を最後に徐々に火山活動が低下傾向にあることから、2022 年から被災観測点の災害復旧を準備し、2025 年 3 月から 4 月にかけて山頂部での作業を 11 年ぶりに実施することができたので報告する。

### 復旧観測点の位置と資材運搬

復旧観測点の位置は、再び新岳火口で噴火が発生した際の被害を最小限にしつつ、山頂域直下で発生する火山性地震や地盤変動を補足可能なこと、400MHz 帯無線を用いた本村集落な

いし屋久島へのリアルタイムデータ伝送という条件と、2022 年に実施した現地調査の結果を踏まえ、新岳の西側山麓の 2 か所（SDNW：以下 A 点と SDSW：以下 B 点）と、古岳山頂東側の 1 か所（FDKW：以下 C 点）にそれぞれ設定した（図 1）。ソーラーパネルやバッテリー、架台用フレーム、八木アンテナ、同軸ケーブル、セメント、水などの観測点資材は、2025 年 3 月に無人ヘリを使用して山麓から空輸した（図 2）。



図 1. 新規観測点位置図

SDNW (A点)



図 2. 無人ヘリでの運搬状況

広帯域地震計（Nanometric 社製 Trillium Horizon 120）や気泡式傾斜計（Jewell 社製 701-2A）などのセンサー類については、2025 年 4 月に観測点まで登山して運搬した。また、空輸実施時と以下の観測点設置作業時には、福岡管区气象台に火山活動の監視を依頼している。

## 観測点設置作業

2025 年 4 月には、3 か所の復旧観測点の設置作業を実施した。受託業者により、ソーラーパネルとバッテリー等の電源設備とテレメータシステム（白山工業製）の収納ボックス架台の組み立てと設営が行われた。我々の方では、広帯域地震計と気泡式傾斜計を設置収納するためのピットの掘削、セメントによるセンサー設置用基台の製作、センサーケーブルの埋設を進めていった（図 3）。



図 3. 新規観測点設置作業

作業を進めていると、大小さまざまな大きさの岩が多数出てくるので、収納ケースや架台の固定に再利用した。ちなみに今回の収納ケースは市販されている蓋つきの浸透枴アジャスターを採用した。この蓋の裏側に断熱効果と湿気対策を期待して、今回はスプレー式の発泡ウレタンを塗布する対策を施した（図 4）。ただし、観測開始後の傾斜記録には温度日変化の影響が著しく表れており、センサーの埋設震度が不十分であったことが判明している。

## 地震回数と噴火警戒レベルと災害復旧作業

2025 年 3 月の作業開始時点で口永良部島火山の噴火警戒レベルは 1 だった。4 月上旬頃から徐々に地震回数が増え始め、4 月 16 日の 23:50



図 4. 発砲ウレタン塗布状況

に噴火警戒レベルが 2 へ引き上げられた。4 月 16 日の 14 時過ぎには全 3 地点での観測とデータ伝送を開始することができている。400MHz 帯無線の落成検査までは実施できていないため、今年度内に実施する予定である。今回は、まさにギリギリの災害復旧作業となったとともに、2014 年の噴火から復旧完了まで 11 年経過したことを考えると感慨深いものがあった。

## 謝辞

京都大学防災研究所火山防災研究センターの山田大志准教授には、本稿を改善するうえで大変有益な意見を頂き、ご指導いただきました。資材の空輸においては、民宿関口様の駐車場を無人機の離発着場として使用させて頂きました。ここに記して感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 為栗健・井口正人・中道治久・山本圭吾（2016）：2014～2015 年口永良部島噴火の調査報告，京都大学防災研究所年報，第 59 号 A，pp85-90.
- [2] 園田忠臣（2022）：2014 年口永良部島火山噴火以降の観測について，京都大学防災研究所技術室報告第 23 号.

## 光を利用した砂浜高度変動計測装置の開発

○浦野幸子（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

井村春生（東京大学大学院理学系研究科 地球惑星科学専攻）

### はじめに

地震研究所技術開発室（開発系）では研究者等の依頼により機械工作・電子工作を行っている。今回、波打ち際における地形変化を定量できる機器の開発を依頼され、製作したので紹介する。観測対象は干出と水没を繰り返す場所であり、碎波による泡立ちもあることから既製の水深センサーは使えない。図1に製作した装置の概略図を示す。日中、砂浜の波打ち際に、光センサーを線状に取り付けたものを差し込む。地表面を境に上の部分には日光が当たるが、地中となる下の部分には日光が当たらない。この差を用いて、地表面の高さの定量を試みる。

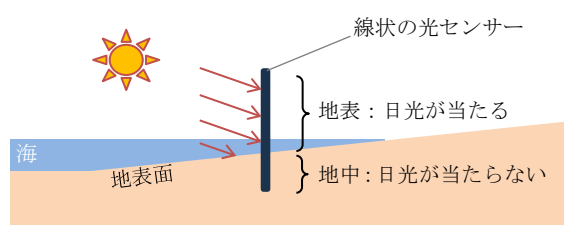


図1. 装置の概略図

### 装置の構成

製作した装置の写真を図2に、装置を構成する素子、機器の詳細を表1に示す。Raspberry Pi PICO 無印、および、2W のプログラミングには Circuit Python を使用した。Raspberry Pi PICO 無印はフォトダイオードアレイ駆動回路

への制御信号を生成し、フォトダイオードの出力（アナログ電圧）のAD変換を行う。フォトダイオードから最後の出力を受信したら、測定値をPCにシリアル送信し、タイムスタンプをつけてSDカードにも保存する。これらを1秒おきに行う。

最初の依頼では上記の機能のみであったが、装置の近くにPCを置けない場合でもリアルタイムでデータの確認ができるよう、出力を無線で送信するようにしてほしいとの要望を受けた。そこでRaspberry Pi PICO 2Wを追加し、Raspberry Pi PICO 無印からは2WへもUART通信で測定値を送るようにした。2WはWi-Fiで接続したPCにMQTTプロトコルを用いて無印から受信した測定値を送信する。

### まとめ

Raspberry Pi PICOを用いてフォトダイオードアレイの出力を読み取る装置を製作した。また、無線で測定値を送信できるようにした。依頼者より、製作した装置を用いて海岸でテストを行い地表面と水面をとらえることはできそう（ただし地表面と水面が同時に検出できるかは検討が必要）との報告を受けている。テストを行ったことでケース等に課題も見つかったとのことで、今はその改良を行っているそうである。

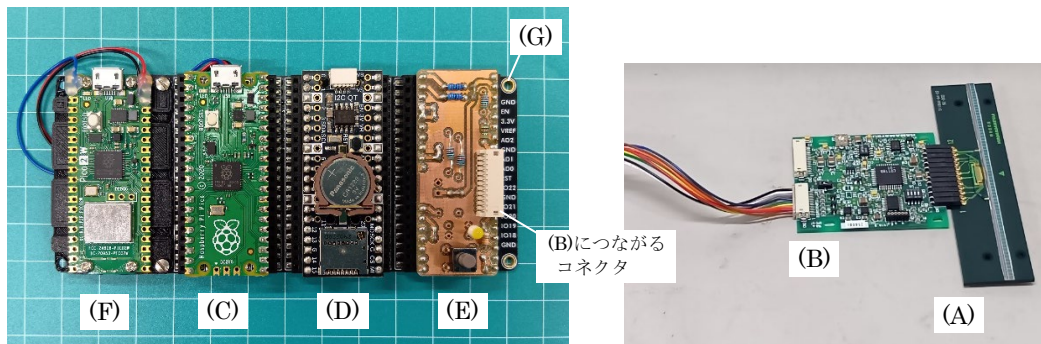


図 2. 製作した装置（図中の記号は表 1 を参照のこと）

表 1. 装置を構成する素子，機器

|     | 素子，機器名                                               | 機器の説明，主な役割                                             |
|-----|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| (A) | アンプ付フォトダイオードアレイ<br>S11866-64-02（浜松ホトニクス）             | ・ フォトダイオードの間隔が 1.6mm で素子数が 64 個（1 つのアレイで 102mm）        |
| (B) | フォトダイオードアレイ用駆動回路<br>C9118-01（浜松ホトニクス）                | ・ アレイ 1 つにつき 1 台必要<br>・ 最大 4 つのアレイをつなげられる              |
| (C) | マイコンボード<br>Raspberry Pi PICO                         | ・ アレイへの制御信号生成<br>・ アレイ出力の AD 変換<br>・ 測定値の保存，および，外部への送信 |
| (D) | Pi Cowbell・Raspberry Pi Pico 用<br>データロガー基板（Adafruit） | ・ SD カードスロットを拡張する<br>・ RTC による時刻の保持                    |
| (E) | 接続基板（自作）                                             | ・ マイコン（3.3V 系）と駆動回路(5V 系)のレベル変換                        |
| (F) | マイコンボード<br>Raspberry Pi PICO 2W                      | ・ 測定値を Wi-Fi（MQTT）で送信する                                |
| (G) | Pi Cowbell・Proto Tripler 基板<br>（Adafruit）            | ・ Raspberry Pi PICO サイズの基板を 3 枚接続する                    |

## S 波速度異方性計測用治具の製作 ～地震研究所一般公開に向けて～

○竹内昭洋・橋本 匡・内田正之（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）

平賀岳彦（東京大学地震研究所 物質科学系研究部門）

### はじめに

東京大学地震研究所では、地震波観測や室内実験を通して、地殻やマントルにおける地震波速度異方性（伝播する方向によって速度が異なる）に関する研究を行っている。この異方性は、地球内部岩石の変形や応力場、マントル対流の方向やパターンなどを反映していると考えられている（例えば、Kawano *et al.*, 2023）。また、東京大学地震研究所平賀研究室では、人工岩石試料を用いた一連の高温変形試験から、拡散クリープにより配列した結晶が異方性の成因ではないかと考えている（例えば、Miyazaki *et al.*, 2013）。

一方で、いわゆる「新型コロナ禍」以降はオンラインでのみ毎年行なってきた地震研究所の一般公開・公開講義を、2025 年度にはオンラインで行なうことになった（東京大学地震研究所, 2025）。これに際して、いくつかの研究活動をポスター発表するコーナーが設けられ、そこで「地球マントルの異方性を作って見る」と題して地震波速度異方性に関する室内実験的研究例を紹介することにした。

紹介にあたり、ただのポスター掲示では面白くないので、参加者自身が剪断波（S 波の模擬）を計測し、その異方性を体感していただくという方針となった。幸い、計測に必要な機器に関しては、東京大学学部 3 年生向け地球惑星物理学実験で行なう「弾性実験」で使用している物品を流用することができそうだった。ただし、今回計測したいと考えた小さな人工岩石試料（10mm 程度）に対して、既存の治具は大き過ぎた。そこで、小さな対象物でも計測でき、かつ、一般来所者でも計測しやすくするための治

具を制作することにした。

### 治具のデザインと工作

3DCAD ソフトウェア（Autodesk 社製 Fusion）を用いて、治具のデザインを行なった（図 1）。中央に試料を収めた板部分を 90 度回すだけで、S 波用圧電素子の取付け/取外しをすることなく S 波の送受信方向を変えることができるようにした。試料を収める板部分の回転を円滑にするため、板部分を丸くし、3 個のボールベアリングで受ける仕様とした。

マシニングセンター（池貝社製 TVU-4）やワイヤー放電加工機（ソデック社製 AQ327L）といった NC 工作機器を用いて、治具の各部分を CAD/CAM により工作した。基本的にはアルミニウム合金製だが、治具中央で回転する試料の視認性が高まることを期待し、板部分に関してはアクリル製も用意した。

マントル岩を模擬した人工岩石（Forsterite 80vol% + Diopside 20vol%）試料を計測対象とした。調合した粉状試料を放電プラズマ焼結装置（シンターランド社製 LABOX-110N）で焼結し（Koizumi *et al.*, 2020）、ダイヤモンドワイヤーソー（Well 社製 3241）で 4mm×4mm×8mm にカットした（竹内ほか, 2025）。それを自作のカーボン製治具に詰め、真空 1200℃ の環境において純粋剪断モードで高さが半分程度になるまで圧縮変形させた（Kim *et al.*, 2022）。

各パーツと人工岩石試料を組み付け、既存の計測機器にセットし（図 2）、思惑通りの計測が簡便にできることを確認した。これに気を良くし、更に他の 2 つの試料も計測できるよう、別

バージョンの治具を追加で 2 通り製作した。2 つ目の試料は竹（竹繊維）、3 つ目の試料は天然マントル岩。それぞれサイズや形状が異なるので、板パーツをそれぞれ専用の形状の物に変更し、S 波用圧電素子も大きめの物を取り付けられるようにした。

## おわりに

一般公開当日、もはや単なるポスター発表ではないプレゼンテーションに準備万端で臨んだ。来所者には概ね興味を持たれていたと思われる。もし機会があれば、これら機器を使ったプレゼンテーションを他でも試してみたい。

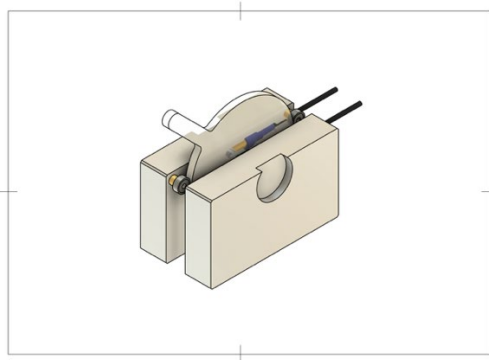


図 1. S 波速度異方性計測用治具の 3DCAD

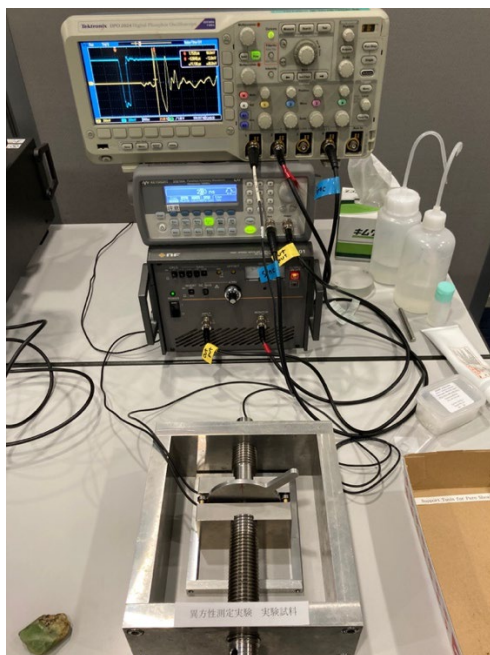


図 2. S 波速度異方性計測用機器

## 文献

- Kawano, Y., T. Isse, A. Takeo, H. Kawakatsu, M. Morishige, H. Shiobara, N. Takeuchi, H. Sugioka, Y.H. Kim, H. Utada and S.M. Lee, 2023, Seismic structure of the Lithosphere-Asthenosphere system beneath the oldest seafloor revealed by Rayleigh-wave dispersion analysis, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol. 128, no. 6, e2023JB026529, <https://doi.org/10.1029/2023JB026529>.
- Kim, N., A. Ando, K. Yabe and T. Hiraga, 2022, Olivine morphology and fabric during diffusion creep: Pure shear experiments, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol. 127, no. 5, e2021JB023613, <https://doi.org/10.1029/2021JB023613>.
- Koizumi, S., T. Hiraga and T.S. Suzuki, 2020, Vickers indentation tests on olivine: size effects, *Physics and Chemistry of Minerals*, vol. 47, 8, <https://doi.org/10.1007/s00269-019-01075-5>.
- Miyazaki, T., K. Sueyoshi and T. Hiraga, 2013, Olivine crystals align during diffusion creep of Earth's upper mantle, *Nature*, vol. 502, no. 7471, p. 321-326, <https://doi.org/10.1038/nature12570>.
- 竹内昭洋・内田正之・平賀岳彦, 2025, ワイヤソーの使用目的に最適化させた治具の開発, 令和 7 年度東京大学地震研究所職員研修会, 3-05, [https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu\\_iinkai/record/r06/pdf/R06\\_program.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/r06/pdf/R06_program.pdf) (参照: 2026-01-09) .
- 東京大学地震研究所, 2025, 東京大学地震研究所一般公開・公開講義, [https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2025/08/一般公開2025プログラム\\_online.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/wp-content/uploads/2025/08/一般公開2025プログラム_online.pdf) (参照: 2026-01-09) .

## Google Gemini 3 flash を活用した分析依頼の事務処理に関する 業務効率化の事例紹介

○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

東京大学地震研究所技術部技術開発室分析系では所内外の依頼者の要望に応じ、岩石試料を中心とした化学分析を行っている。

2025 年 8 月より、分析系で管理する XRF の運用に変更があり、一部の利用者から利用料金の徴収を行うことになった。これに伴い分析系への全分析依頼方法を従来の分析系 ML へのメール申請から Google Forms を利用する方法に変更した。更に、一連の変更を HP にも反映させる改訂を行なった。

上記の変更・修正を生成 AI [Google Gemini 3 flash] を活用して実行した結果、事務処理に関して大幅に業務効率化を行うことができたため、その事例を紹介する。

### 業務効率化の背景と目標

XRF の運用変更に伴い、一部の依頼者からは利用料金の徴収を行うこととなった。その結果、依頼者の属性や研究目的に応じて申請書類は 3 種類、申請先も 3 つ存在する複雑な依頼方法となった（図 1）。所外の依頼者にとって、依頼ごとにこのフローを判断し、申請を行うことは大きな負担になると思われる。また分析系 ML 管理者にとっても、依頼の把握までにタイムラグが発生するようになってしまった。

分析系 ML 管理者と依頼者双方の事務処理の負担軽減につながる「業務効率化」という大きな目標を達成するため、次の 3 つの小目標を設定し実行を試みた。

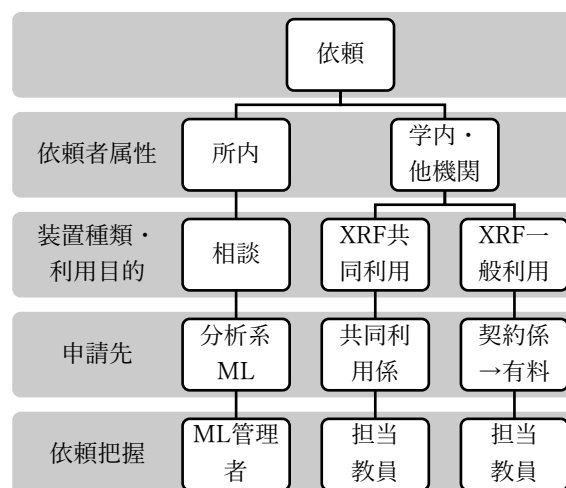


図 1. 分析依頼の手続きフロー

### 業務効率化の小目標と達成手段

- ・小目標 1：XRF やその他の分析系への業務依頼に対応するフォーマットを作成し、依頼内容ごとに申請書類の作成やメール送信など自動処理できるようにする。 → Google Forms と Gemini, Google Apps Script を活用し一元的なフォーマットと自動処理の設定を試みる。
- ・小目標 2：「共同利用稼働率」調査報告のための集計業務の負担軽減。 → Google スプレッドシートを活用し、集計作業の自動化を試みる。
- ・小目標 3：分析系 HP の更新および更新作業の簡便化。 → Google Gemini を活用しシンプルな構成の HTML ファイル作成を試みる。

## 業務効率化の達成状況

- ・小目標 1：Google Forms で一元的な依頼フォーマットを作成した。依頼者の属性や利用目的に応じてフォーマットが分岐し、各々の申請書類の作成に必要な回答データが得られるようになっている。また、このデータを元に Google Apps Script を活用し、以下の自動処理が実行されるように設定した。初めに、申請内容に応じ、適切な申請書類を作成する。次に、依頼者には作成した書類をダウンロードする URL と申請先の事務メールアドレスを含むメールが送信される。最後に、分析系 ML 宛に分析依頼の概要がメールで送信される。仮にこのプログラムに問題が発生した場合には分析系 ML 管理者宛にトラブルの概要を記したメールが送信される。
- ・小目標 2：Google Forms で得られた全ての回答データを Google スプレッドシートで把握できた。Google スプレッドシートをつかった集計作業については年度明けに行う業務のため未だ着手出来ていない。しかしながら、全ての分析依頼を 1 つのファイルに集約することが出来ているため、集計作業に対する効率は良くなっているものと考えられる。
- ・小目標 3：XRF の一部有料化に伴うお知らせや参照資料を含む分析系 HP を作成した。新しい分析依頼フォーマットの URL は所内限定 HP を新たに作成し、そこで公開している。以前の HP は HTML ファイルを Word で作成していたため、Word 特有の冗長な 2084 行

ものコードで構成されており非常に管理がし辛かった。Google Gemini を活用し、シンプルな構成の HTML ファイルに変更した結果、所外アクセス用 HP および所内限定用 HP を合わせ 235 行と 158 行に圧縮することが出来た。この変更により、HP の更新作業の効率が格段に良くなった。

## まとめ

XRF の一部運用変更に伴い、分析系の業務依頼に関する事務処理について業務の効率化を試みた。Google Gemini を活用し Google Forms で全ての分析依頼対応したフォーマットを作成した。同様に Google sheet と Google Apps Script を活用し、回答データから申請書類の作成および申請先のメールアシスト、分析系 ML への依頼通知を行うコードを作成した。また Google Gemini を活用し分析系 HP をシンプルな構成の HTML ファイルで作成した。

いずれの成果物も Google Gemini にコーチングを受けながら作成を行なった。これにより、自力で最初からコードを書くよりも遥かに早く目標とする成果物を作成することができた。筆者のようにプログラミングの専門知識に乏しい者でも、生成 AI を活用することでデジタルな課題を解決し大幅な業務改善ができた。

## 名古屋大学における重力観測に関して

○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

名古屋大学地震火山研究センターでは、SCINTREX CG-5 相対重力計（図 1）を保有しており、近年は主に御嶽山の地下構造探査に利用している。本発表では、名古屋大学における重力観測の概要として、機材、利用状況、観測点、ノウハウ等について報告する。また、来年度に予定されている大学・研究機関合同観測（東京大学地震研究所・特定共同研究(B)）において、御嶽山周辺で重力観測を実施する計画があり、それに向けた観測点整備の状況についても併せて報告する。

### 重力計利用状況

CG-5 は学生実験にも利用されており、鉛直勾配の測定や地下構造探査の演習に用いられている。研究利用としては、名古屋大学の主要な観測対象である御嶽山において、構造探査を目的に重力観測を実施している。また、昨年・一昨年には富士山周辺で行われた大学・研究機関合同の重力観測（検定）に参加し、名古屋大学所有機のスケールファクターがメーカー検定の精度範囲内であることを確認した。



図 1. 相対重力計 CG-5



図 2. 御嶽山山頂域での鉛直観測

### 御嶽山周辺での重力観測

現在の主要な観測フィールドである御嶽山では、山頂域での観測を中心に、鉛直勾配観測を含む重力測定を実施している（図 2）。また、名古屋から御嶽山周辺への運搬直後、測定値が安定するまでに数時間を要する事例があった。調査の結果、原因は運搬時の重力計の傾きであったため、運搬時には図 3 のように機器を固定したうえで、上部にレベルを置き水平を確保する運用とすることで改善を図っている。



図 3. 重力計運搬時の様子

## 「視覚障害者をつくる美術鑑賞ワークショップ」来所見学会の報告

○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

2024 年 4 月に改正障害者差別解消法が施行され、国・公共団体だけでなく民間事業者も「合理的配慮の提供」の法的責任が生じるようになった。対応の必要性に迫られているが、経験値がなさすぎる。状況を改善するべく、近年、博物館等で盛んに取り入れられている視覚障害者との鑑賞法を、地震研究所の見学でも取り入れることが出来たら、ノウハウのみでなく、更に新しい視点を得られるのではないだろうか。それを試みるために、「視覚障害者をつくる美術鑑賞ワークショップ」<sup>1</sup>の方々に来所いただき、9 月 29 日に見学会を実施した。

### 見学会の概要

2025 年 9 月 29 日（月）セミナー室

参加者：視覚障害者 3 名

晴眼者 3 名（内小学生 1 名）

司会：加藤尚之教授

講義：飯高隆室長

前半：地震波形の講義・地震計を触る

後半：2 号館地震計博物館の見学

意見交換座談会

### 内容

前半の地震波形の講義では、飯高室長が東北地方太平洋沖地震の地震計記録をスライドで表示し、晴眼者が、何が見えているのかについて話したり研究者に質問したりした。視覚障害者もそのやりとりを聞きながら質問をしている、地震の観測からわかること（P 波 S 波や

地球内部構造など）について理解を深めてもらうことを目指した。これは「視覚障害者をつくる美術鑑賞ワークショップ」で、絵画等を鑑賞する際に実施している方法を、地震の学習でも応用できないかを試みたものである。

また講義の後半では、実際に使用されていたが観測には使用出来なくなった短周期地震計 MTDV-1C を触ってもらい、その後地震計博物館でも振り子に触れてもらうなどして地震計の原理を理解してもらった。

地震波形など、決まったものについては物であった方が良いのかもしれないとの案も出たため、後日、技術開発室に相談し、既に波形のレリーフ化や立体化の試作が進んでいる。

「(地震は) すごく身近なことなので知りたい」「地震予測は経験則での数字しか出ていないのはなぜ?」「メカニズムの話が聞きたい」など質問も尽きず、全体的に知的探求心が強く対話量が多かった。また、圧電素子を使用した地震計もあるという加藤教授の説明を受け、「点字ディスプレイでも使用されている技術だ」と参加者が教えてくれ、思いがけず地震計との共通項を発見することも出来た。



図 1 藤田親亮技術専門職員が準備してくれた短周期地震計 MTDV-1C を囲んで

<sup>1</sup> 目の見える人・見えない人・見えにくい人、が集まりそれぞれの見方や経験を持ち寄って対話しながら「みる」を考える場を作っている団体 (<https://archive.totsukuru.org/>)



図 2 浦野幸子技術専門職員製作の今村式二倍強震計の  
1/3 模型に触る参加者

### 見学会を終えて

座談会では「地震研の開き方」について、どのように実施できそうかの意見交換をした。視覚に障害のある方々と地震研の間にまだ関係が出来ていない、視覚障害者の来訪経験がなくノウハウがない等、課題が多く見つかった。

「現段階でニーズを聞いてしまうと表面的になる」等具体的な助言も得られた。更に話し合い、より多くの知見を得ながら課題に取り組んでいく必要がある。

また、内容によっては、全てを対話のみで進めるのではなく、ある程度模型などを準備して進めるのが合理的であることが今回の試みからわかった（波形は物であった方がよいなど）。どの部分は物であった方が良く、どの部分からは対話で行けば理解が深

まるのか等を今後も探っていきたい。そこがわかれば、今回の波形模型の試作のように、より多くの方に理解してもらえるように模型を作成するなどの工夫をして行ける。実際に使用してもらい検証を重ね、状況改善につながるコンテンツ作りにも努めたい。

### まとめ

「東京大学 ダイバーシティ&インクルージョン宣言」が制定されて久しいが、実践出来ていない現状を実感した。広報担当者の一人としては広報が出来ていなかったことを重く受け止めている。

地震・噴火・津波という重要な、全ての人に理解を深めて欲しい分野なので、現状を改善していきたい。今回も地震計の準備や模型の提供などでご支援いただいたが、今後も技術職員のご協力を得られれば、改善していけるのではないだろうか。

### 文献

内閣府 障害者施策推進本部，令和 7 年 4 月  
17 日訂正，障害者基本計画(第 5 次)

<https://www8.cao.go.jp/shougai/index.html> (参照：2025-12-18)

## 煤書きドラムのタイムマーク復活

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

地震研究所の地震計博物館には、大森式長周期地震計、石本式加速度計、萩原式変位計が展示されている。2008年にこれら機械式地震計の煤書きドラムの動態展示を再開していたが、長らくタイムマークが入っていない状態のままであった。この度、地震研究所設立100周年に合わせてタイムマークを復活させたので報告する。

### タイムマーク復活の経緯

地震計博物館は地震研究所2号館地下1階にある。ここには、ユーイングの円盤記録式地震計の模型や大森式長周期地震計を筆頭に歴史ある地震計が多数展示・保存されている。その中でも大森式長周期地震計、石本式加速度計、萩原式変位計は稼働可能な状態で保存されており、2008年に橋本信一氏から一連の煤付け・ニス掛け作業の手解きを受けて煤書きドラムによる記録も含めた動態展示を再開していた。しかし、タイムマークの電磁石に電流が入力されておらず、開始と終了の時刻情報しか入れられない状態で展示をしていた。予てよりタイムマークを復活させたいと思っていたが、忙しさにかまけて手付かずだった。

2025年は地震研究所が設立されて100周年にあたる。10月17日には100周年を記念した地震研究所同窓会と談話会が開催され、地震計博物館の見学も行われることとなった。煤書きに馴染みのある同窓会員の来訪が予想され、タイムマークが入っていないままでは面目が立たないと考えて、前月の9月20日に開催される一般公開までにタイムマークを復活させることにした。合わせて、設置当時から使用され

続けていると思われる電源ケーブルもこの機会に更新することにした。

### 主要な構成部品

かつては大森式地震計の奥に置かれている東京通信機工業製50CCP型水晶時計（OCXOを搭載）を用いてタイムマークを入れていたと思われるが、長年埃を被っていて正常に動作する保証は無く、修理も困難であろうことから、現行の製品を組み合わせで新しくタイムマーク装置を製作することにした。

そこで、タイムマーク信号の制御にアットマークテクノ製のArmadillo-220を採用し、内部時計を所内のNTPサーバに同期させて、GPIOを利用してリレーを開閉させることを考えた。このシステムは、2011年霧島山新燃岳噴火に際して臨時観測点を展開する時に、導入し始めたばかりのモバイルルータのハングアップ対策として当時テレメータ室に在籍していた宮崎裕子氏らが製作した電源制御装置を流用するものである。

出典を失念してしまったが、電磁石用の直流電圧は、大森式が6V、石本式と萩原式が12Vである。電磁石の抵抗値は6V系と12V系でそれぞれ14Ωと125Ωなので、十二分な余裕をみて定格出力が15WのAC/DCコンバータを使用した。定格出力電圧は5Vと12Vで、±20%の範囲で調整可能である。出力を開閉するリレーにはソリッドステートリレーを使用した。採用したリレーには5mA程度の漏れ電流があるが、動作時の電流に比べて十分小さいので影響はないと判断した。

装置外観にレトロ感を演出するため、ケースには回路室の奥に売れ残っていた古いアルミ

ケースを使用し、前面のラベルには霧島観測所から持ち帰った打刻式のテープライターを用いた。また、電源ケーブルを更新するにあたって、モータ用の交流を黒色に、電磁石用の直流を白色に色分けし、保守し易いようにテーブルタップとプラグを使用して分岐した。装置の背面に交流出力用のコンセントを、前面に直流出力用のワンタッチターミナルを設け、どちらも前面のスイッチで開閉できるようにした。

本装置の心臓部である Armadillo の基本動作は次のようになっている。

- ・ 所内 LAN に有線接続
- ・ 所内の NTP サーバに時刻同期
- ・ cron を利用して毎分 GPIO を制御

実際には、コマンド入力から GPIO が動作するまでに約 1 秒の遅延が生じるため、制御スクリプトの中に 59 秒の待機を入れて偶数分用と奇数分用の 2 プロセスを走らせている。タイムマークは、分マーク、時マーク、0 時/12 時マークの 3 種類を用意し、1 秒の矩形もしくは空隙がそれぞれ 1 つ、2 つ、3 つずつ入るようにした。

## 改修作業

ケーブルの張り替えや各部位の調整には、3 日間ほどかかると見込まれた。広報アウトリーチ室に 7 月と 8 月の見学予定を照会したが、教員が事前通知なく突然見学者を案内する事例が散見されることから、休業状態日を含む 8 月 12 日～15 日に改修作業を行った。

## おわりに

今回は、何とか 9 月の一般公開や 10 月の地震研究所同窓会に間に合うようにタイムマー

クを復活させることができた。しかし、まだまだ調整や改良が必要な箇所は複数残っている。今後も手を入れ続けて、来訪者に満足してもらえる展示ににして行きたい。



図 1. タイムマーク装置の外観.

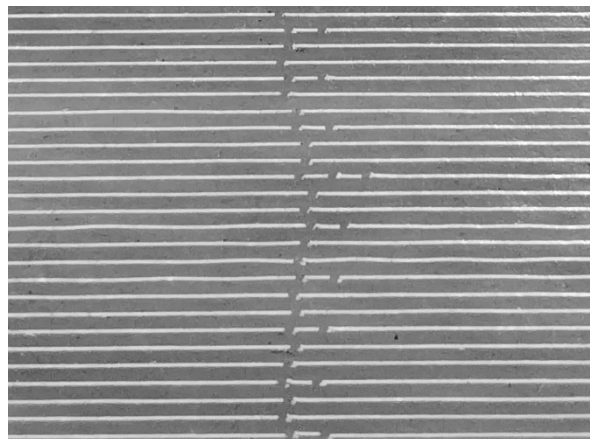


図 2. 大森式地震計のタイムマーク. ドラムは 20 分で 1 回転するので、3 本毎に“時マーク”が入っており、中央やや上には“0 時/12 時マーク”が入っている。

## 地震計博物館拡充に向けた取り組み(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

地震計博物館とは、地震研究所 2 号館 B18 号室にある、古い地震計などを展示している部屋のことである（図 1）。1890 年代～1990 年代に活躍した煤書き記録式地震計に対して実際に煤付けを行い、動態展示なども行っている。

地震研究所は 2025 年に創立 100 年を迎えたが、100 周年事業の一環として「地震計博物館の展示拡充」が企画され、2025 年 1 月までに「バックヤード・展示エリアの拡充（2 号館 B09,10 号室の追加）」や、「展示地震計の拡充（萩原式電磁地震計（HES）と今村式 14 年型簡単微動計の収集）」が行われ、前回の職員研修にてその取り組みを紹介した（宮川，2025）。本発表では、2025 年 1 月以降の取り組みを紹介する。

### バックヤード・展示エリアの拡充

バックヤードと展示エリアを兼ねた 2 号館 B09,10 号室は、2025 年 3 月に壁面塗装・床材張り替えなどが行われると共に、物品棚の据え付けが行われた。その後展示用テーブルの設置なども行われ、少しずつではあるが第 2

展示室として、コンテンツの充実が進められている。この部屋は同時に、希少価値のある機器を引き取って保存する役目も担っているが、より多くの機器保存を可能とするために、同じフロアの 2 号館 B17 号室（設備室）の左半分も、保存用スペースとしての利用が認められることとなった。今後は 2 号館 B18 号室，B09,10 号室，B17 号室の 3 室体制で、機器の展示や保存を行う予定である。

### 展示品の拡充・修復

2024 年に広島地震観測所から回収した今村式 14 年型簡単微動計は、橋本技術職員によりオーバーホールと修復が行われ（橋本，2025）、動態展示まであと一步のところまで来ている。また地震計博物館で動態展示している煤書き記録式地震計は、これまでタイムマークが無い状態で稼働させていたが、2025 年 8 月に渡邊技術職員がタイムマーク装置を導入し、煤書き記録にタイムマークが刻まれるようになった（渡邊，2025）。

数年前からは、340 名超の OB・OG が加入する地震研同窓会とも連携することで、素性が不明な機器の由来を情報提供して頂いた

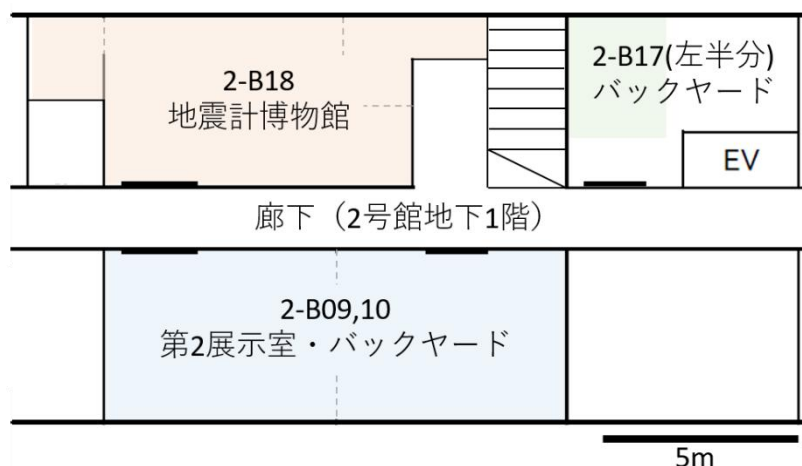
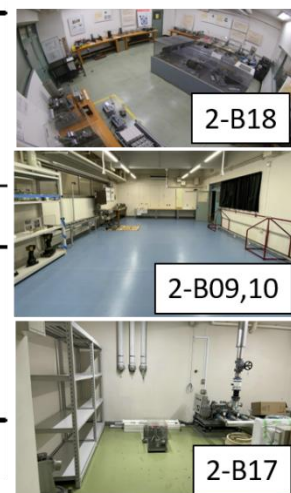


図 1. 地震計博物館・第 2 展示室・バックヤードの部屋配置と写真



り、地震研究所在籍時の資料・写真・機器などを寄贈して頂いたりしている。

### 現代アーティストとの協働による HES の展示

2025 年 5 月に現代アーティスト Marianna Cristofides 氏が来日し、「地震・火山アート展示」の準備が行われた。展示物には西之島火山の噴出物やデータ通信ケーブルなどをモチーフとした現代アート作品の他に、光学記録方式の萩原式電磁地震計（HES）・記録装置を実際に稼働させて、35mm フィルムに地震波形を記録し、そのフィルム記録を映写するという内容も含まれていた。HES による観測は地震計博物館内で実施することから、その観測支援を行った。2 台の記録装置に 35mm フィルムをセットし、さまざまな種類の地震計を接続して観測を繰り返したところ、2025 年 6 月 2 日 3 時 52 分に発生した十勝沖地震（ $M_{jma}6.3$ ；震央距離約 750km）の記録に成功した（図 2）。

「地震・火山アート展示」は、2025 年 10 月から地震研 1 号館内で展示されており、年度内は見学が可能である。

### 謝辞

地震計博物館の拡充に向けた活動は、地震研究所 100 周年事業の助成などを受けて実施しています。また機器の運搬・整備作業などは技術部の皆様のご支援を頂きました。深く感謝いたします。

### 参考文献

橋本匡・宮川幸治・内田正之、2025、今村式 14 年型簡単微動計の起動器の部品製作とオーバーホール、東京大学地震研究所職員研修会。  
宮川幸治、2025、地震計博物館拡充に向けた取り組み、東京大学地震研究所職員研修会。  
渡邊篤志、2026、煤書きドラムのタイムマーク復活、東京大学地震研究所職員研修会。

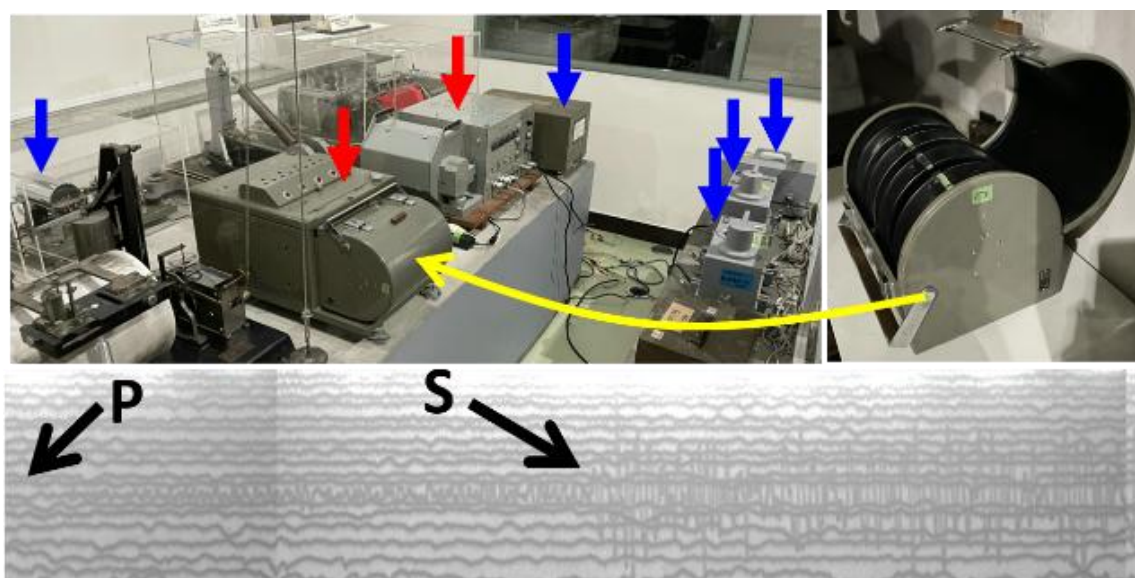


図 2. 萩原式電磁地震計（HES）・記録装置を 2 式用いた観測の様子。赤線は 2 台の記録装置を示し、各記録装置には右上写真のような、35mm フィルムを最大 4 枚セット可能なドラムが付属している。青線は地震計であり、萩原式電磁地震計だけでなく、さまざまな地震計を接続して観測を何度も繰り返した。下写真が、写真奥側の記録装置に、Lennartz 製 LE-3DLite 地震計を接続していた時に記録された、十勝沖地震の波形である。

## 地震研工作室の物品整理に伴う他機関などへの資料・備品譲渡について

○橋本匡・内田正之・外西奈津美・竹内昭洋（東京大学地震研究所 技術部技術開発室）  
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

地震研究所工作室では所内外からの依頼工作或工作機械の維持管理、工作講習会などを行っている。工作室には様々な機械、工具、計測機器がある。これまでも工作機械の更新や拡充など様々な理由で工作室の改善が行われてきた。本発表では工作機械の更新や拡充、作業効率やスペースの有効活用を目指して物品整理をおこない、他機関などへ資料・備品譲渡を計画・実施したことを報告する。

### 工作室の概要

工作室の歴史は古く、1925 年の地震研究所設立まで遡る。地震研究所発足時、職工として 5 名が在籍していた（東京大学地震研究所、1975）。現在も 1926 年納品の万力や 1928 年納品の精密定盤（図 1）が残っており、大切に使用している。

東京帝國大學地震研究所（1933）によると、1932（昭和 7）年当時工作室にあった工作機械はブラウン万能ミリングが 2 台、旋盤が 3 台、ボール盤が 2 台あったものの、東京大学地震研究所（1975）の実川氏によれば、終戦直後は「ブラウンのミーリング 1 つと、あと碌々の旋盤が 1 つ、ボール盤が 1 台」に減っていたようである。

1949（昭和 24）年、戦後の賠償機械の無償保管転換が行われ、米軍が接収していた工作機械を転換してもらうことで、工作室の工作機械が充実した（東京大学地震研究所、1975；宮村、1991）。工作室に残っている工作機械の帳簿を見ると 1960 年代後半にもいくつか機械の更新

が行われており、これは安田講堂裏から現在の弥生キャンパスに地震研究所が移転した時期である。これ以降も時代の要請に伴い工作機械の更新や NC 工作機械の導入などの整備・拡充が図られてきた（例えば、大竹・浅田、1998；浦野・細井、2021）。



図 1. 工作室にある精密定盤の写真

### 天びんの寄贈

物品整理を行うにあたり、工作室の棚にあり近年利用実績のなかった島津製作所 5 形の化学天びん（図 2）の寄贈を検討した。平成 25 年度地震研究所職員研修会で東京大学駒場博物館の安成氏が古い物品の受け入れを行っていることを発表されていた。そこで現在の駒場博物館の担当の方に連絡を取ってみたところ、上記天びんを寄贈させていただけることになった。

公用車で駒場博物館まで輸送してお渡しし所蔵していただくことができた。



図 2. 島津製作所の 5 形化学天びん。分銅や説明書も付属して寄贈。

## 鋳物の木型

工作室の棚に鋳物の木型が 300 点弱保管されていた。これらにどのような機械の木型なのか記載が殆どなかったため、所内の関係者複数名に確認したが、詳しい情報は得られなかった。そこで、地震研究所同窓会メーリングリストに問い合わせたところ、詳しい情報を得ることはできなかったものの、国立科学博物館の方から寄贈していただきたいとの申し出があった。その後、工作室にあった古い図面も発見し、図面と木型を一つずつ見比べてみた。すると、堂平微小地震観測所で使用されていた中周期地震計の土台（図 3）など、素性の分かったものがいくつか見つかった。本ポスター発表ではその他の木型の詳細も報告する。

現在、地震研究所地震計博物館や国立科学博物館で活用していただけるよう木型と図面の整理作業を進めている。

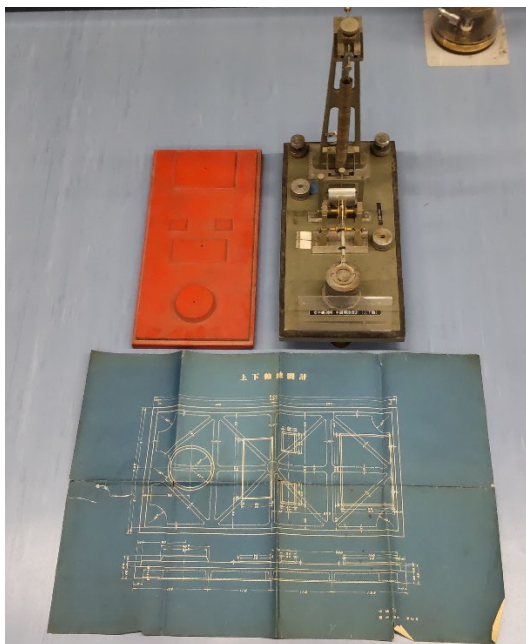


図 3. 堂平微小地震観測所で使用されていた上下動成分の中周期地震計（右上）と、木型（左上）、図面（下）の写真

## まとめ

地震研究所工作室は地震研究所と共に歩ん

できた歴史があり、歴史的な価値がある物品も残っていることが分かった。工作室のよりよい環境づくりを目指しつつ、図面や工作物など貴重な資料を適切に保存・活用していきたい。

**謝辞：**天秤の寄贈では東京大学駒場博物館の折茂克哉助教、坪井久美子さんにご対応いただきました。折茂助教には駒場博物館のバックヤードや展示についてご説明いただき大変勉強になりました。鋳物の木型について、国立科学博物館の室谷智子博士には図面と木型の照合や大変有意義なご助言をいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

## 文献

- 浦野幸子・細井健司, 2021, 技術開発室に導入された 3D プリンターとその活用例の紹介, 東京大学地震研究所技術研究報告, no. 27, p. 20-24, <https://doi.org/10.15083/0002003275>
- 大竹雄次・浅田鉄太郎, 1998, 技術開発室の整備計画と現状, 東京大学地震研究所技術研究報告, no. 3, p. 45-51, <https://doi.org/10.15083/00032270>.
- 東京帝國大學地震研究所編, 1933, 東京帝國大學地震研究所一覽, 東京帝國大學地震研究所, 36p, <https://doi.org/10.11501/1141464>.
- 東京大学地震研究所編, 1975, 地震研究所五十周年の歩み, 東京大学地震研究所, 298p, <https://doi.org/10.11501/9582227>.
- 宮村攝三, 1991, 回想の地震学人生, 新日本出版社, 267p, ISBN4-406-02020-9.
- 安成真理, 2014, 旧制第一高など学校から受け継いだ, 地震研究所由来の実験機器・鋳物・岩石試料と, 明治 18 年工部省鋳山課編の鋳山借区図について, 平成 25 年度東京大学地震研究所職員研修会アブストラクト集, P-10, [https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu\\_iinkai/record/h25/pdf/H25\\_Program3.pdf](https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/kenshu_iinkai/record/h25/pdf/H25_Program3.pdf) (参照 2026-01-07).

## 犬山地殻変動観測所の取り壊しについて

○ 小池遙之・堀川信一郎

(名古屋大学全学技術センター 計測・制御技術系支援室、地震火山研究センター配属)

### 1. はじめに

名古屋大学地震火山研究センター附属施設である犬山地殻変動観測所（1965 年建設）は、1986 年までの約 20 年間、有人による地震・地殻変動観測拠点として運営された。

（図 1）その後、テレメーター技術の発展と共に 1990 年より無人化されたが、約 40 年間にわたり観測機材や記録資料の保管場所として利用されてきた。

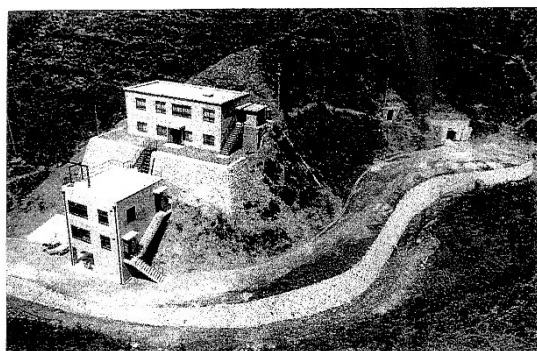


図 1) 犬山観測所完成当時の様子

施設の老朽化に伴い、2025 年度の解体が決定し、建物の解体予算は措置されたものの、内部残置物の撤去・処分に関する予算不足が懸念された。また、1985 年頃までに記録された煤書き等の観測データの保全方法も未定であった。本報告では、2025 年 6 月より実施した犬山観測所の残置物撤去・処分業務において、予算および工期の制約下で行った契約上の工夫、現場作業の効率化、および観測データの保存に係る対応について報告する。

### 2. 現場の課題

犬山観測所は犬山市の国有林内に位置し、敷地内にはガレージに加え、3 階建ての地殻変動観測建屋、および高さ 10m の擁壁上に立つ地震観測建屋の計 3 棟が配置されている（延べ床面積約 360 m<sup>2</sup>）。現地へは大型車両の通行が困難な林道しかなく、特に擁壁上の建物からの搬出は幅 1m 程度の外階段を使用する必要がある、作業の安全性とコスト面で最大の課題となった。さらに、見積もり時点で工期 3 ヶ月を切っており、短期間かつ低予算で、4.5t トラック約 10 台分に及ぶ残置物を撤去するという制約下での作業となった。（図 2）



図 2) 片付け前の部屋の様子

### 3. 実施した対策

上記課題に対し、外部委託範囲の最適化と効率化のため以下の工夫を行った。

#### 3.1 搬出効率の改善（スライダーの敷設）

擁壁上の建物から階段を使用した人力運

搬は、階段が細く身体的負荷が高い。そこで、単管パイプと木材を用いた荷物用スライダーを斜面に仮設した。これにより、重量物の安全かつ迅速な滑降搬出が可能となり、作業時間を大幅に短縮した。(図 3a)

### 3.2 廃棄物種別ごとの業者選定

廃棄物を一括委託せず、種別毎に最適な企業へ委託した。金属・プラスチックの有価物買取、古紙回収、産廃回収サービスを組み合わせ、処理量を最小限に抑制した。また、林道を通行可能な最大車両サイズを早期に特定・伝達することで、スムーズな見積もり取得を実現した(図 3b)。



図 3 a)設置した荷物用スライダー

b) 通行可能な最大サイズのトラック  
(4.5t 車)

### 3.3 学術資料の保全とアーカイブ化

資料を単に移動・廃棄するのではなく、将来的な利活用を見据えた整理を行った。段ボール箱ごとに識別番号を付与し、元の配架位置や内容物を記録することで、貴重なすずがきや紙焼きのひずみ計データの散逸を防止した。また、識別番号の付与から搬出、他施設への輸送までを技術職員自らが行うことで、確実な保全と外部委託費用の削減を両立した。

## 4. 結果および考察

現場主導による上記施策の結果、最終的な処分費用は当初見積もり比で約 76%のコスト圧縮(約 1/4 まで削減)となった。この大幅なコストダウンは、処分方法ごとに最適な専門業者を選定・依頼したこと、スライダー導入による工数削減、および技術職員による資料管理の内製化が主な要因である。特にスライダーの導入は、作業員の疲労軽減と安全確保に大きく寄与し、短期間での大量搬出を完遂する鍵となった。

## 5. まとめ

本プロジェクトでは、予算及び時間の制約がある中で、複数の専門業者と連携することで、コストと工期を圧縮することができた。建物解体に伴う廃棄物は多種多様であり、全てを一括で請け負う業者に依頼すれば安全ではあるものの、費用が高額になり予算超過のリスクが高い。そのため、廃棄物処分に関するノウハウとネットワークを持つ中核的な企業を早期に見つけ、そこを起点に多様な廃棄物の処理について相談・調整を行うことが、このようなプロジェクト遂行において重要であるとの知見を得た。また、データの保存については現状では保管場所への移動に留まっており、今後デジタル化やさらに詳細なインデックスの作成等が必要である。

### 謝辞

本解体撤去プロジェクトにあたり多大なるご協力をいただきました、東海国立大学機構関係者の皆様、関係する業者の方々に深く感謝を申し上げます。

## 阿蘇中岳第1火口に設置した火口湖水位観測カメラの1年間の運用評価と課題・対策

○吉川 慎（京都大学総合研究推進本部技術部（理学研究科））

### 1. はじめに

2024年11月、阿蘇中岳第1火口近傍において、火口湖の水位変動観測を目的とした火口カメラの設置を行った。本報告では、設置後約1年間の運用結果をもとに、システムの運用評価を行うとともに、明らかとなった課題および今後の改善に向けた対策について述べる。

### 2. 運用評価と課題

#### （1）ハウジング

第1火口からは、1日あたり数百トン規模の $\text{SO}_2$ を主成分とする火山ガスが放出されている。このため、ハウジングには耐薬品性に優れた塩ビ管を使用し、カメラ窓には耐薬品性および低い熱膨張係数を有するテンパックス（低膨張ホウケイ酸ガラス）を採用した。

塩ビ管本体については、これまで劣化は確認されていない。一方、ガラス表面については、強風時に砂粒や過去の噴火で堆積した水分を含む火山灰が付着し、その後、微細な点状の傷が確認されたため、1度交換を行った。

外部環境による影響に加え、内部結露はより深刻な課題である。ハウジングは高い密閉性を確保しているものの、ケーブルを通すPF管との接続部や、塩ビ管とチーズ部の接合部などから侵入した湿気と、内外の温度差により、ガラス面に結露が発生する。また、PF管が一度地面方向へ下がった後、PC等を収容するBOXへ立ち上がる構造となっているため、管内に侵入した湿気が排出されにくい点も問題である。

現在はシリカゲルや除湿剤の投入により対応しているが、月1回程度の交換作業が必要となっている。

#### （2）電源環境

電源には100Ahのリン酸鉄リチウムイオンバッテリーを使用し、80Wのソーラーパネルによる充電を行っている。阿蘇山上では気温が $-10^{\circ}\text{C}$ 程度まで低下することもあるが、これまで電力不足によるシステム停止は発生しておらず、安定した運用が継続できている。

#### （3）撮影・記録・通信

撮影は1分間隔で実施し、取得した画像は5分間分をRaspberry PiのRAMに一時保存した後、火山研究センターのサーバーへ伝送している。使用しているUSB WebカメラおよびシングルボードPC（Raspberry Pi 4）は、設置以降、故障なく安定して動作している。

一方、画像データの伝送には2.4GHz帯の無線ルーターを用い、火口近傍のカメラ設置地点からインターネット接続点（阿蘇火山博物館）までの約3km区間を無線通信している。設置当初は大きな問題はなかったが、ある時期を境に日中の通信速度が低下し、データ欠損が発生するようになった。

したがって、ルーターやアンテナの不具合を疑い交換等を行ったが改善は見られなかったため、周辺の通信環境を調査した。その結果、2014年12月より熊本県によって、来訪者の利便性向上や観光・防災情報発信の強化を目的とした公衆無線LAN「くまもとフリーWi-Fi」が阿蘇火山博物館に設置されていたことが判明した。近年、インバウンド観光客の増加にともない、阿蘇地域には年間約1,100万人（2024年熊本県観光統計）の観光客が訪れ、そのうち数百万人が草千里周辺を訪れていると考えられることから、2.4GHz帯の電波干渉が通信障害

の主因である可能性が高い。

応急的な対策として、現在は USB ポートに SD カードを装着し、5 分間隔のリアルタイム伝送とは別に画像をローカルに蓄積し、比較的通信速度が安定する 20 時頃にまとめて伝送する運用を行っている。

### 3. 今後の対策

#### (1) ハウジング

結露対策としては、不要な空間を極力排除し、内部容積を小さくしたコンパクトな構造が望ましいと考えられる。設置作業の簡素化も含め、今後は 3DCAD や 3D プリンタを活用し、本システム専用のハウジングの設計・製作を進めていきたい。

また、昨年度からの課題である凍結対策についても検討を継続しており、今後は試験と改良を重ね、ハウジングの一部として実装していく予定である。

#### (2) 通信環境

観光地を含む区間において 2.4GHz 帯を使用することは、今後さらに困難になると考えられる。そのため、5GHz 帯無線ルーターの導入を検討している。候補として、最長 5km のワイヤレス伝送が可能な「Omada by TP-Link

EAP215-Bridge Kit」が挙げられる。既に本区間(約 3km)での試験運用を行い、従来比で 10～100 倍の通信速度が確認されており、今後の本格導入に向けて検討を進めていく。

### 4. まとめ

本報告では、阿蘇中岳第 1 火口近傍に設置した火口カメラについて、約 1 年間の運用実績をもとに評価を行い、主にハウジングおよび通信環境に関する課題を整理した。

ハウジングについては、火山ガスや風砂による外的影響は概ね想定内であった一方、内部結露が継続的な運用上の大きな課題であることが明らかとなった。また、電源系および撮影・記録系の機器は、低温環境下においても安定して動作しており、長期観測に十分耐えうる事が確認された。

通信面では、観光地における 2.4GHz 帯の電波干渉が顕在化し、データ欠損の要因となっている可能性が高いことが示された。

今後は、結露や凍結を抑制する専用ハウジングの開発および、5GHz 帯無線通信への移行を進めることで、観測システム全体の信頼性向上を図り、火口湖水位変動の継続的かつ高品質な観測の実現を目指していきたいと考えている。

## 観測網の更新について

○井上寛之（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

京都大学火山研究センターでは阿蘇中岳火口を主に阿蘇カルデラ・九重山周辺に観測点を設けて観測を行っている。観測データ送信のための観測網の更新を昨年から行っている。今回はそのことについて発表を行う。

### 2.火山研究センターの観測点について

火山研究センターは熊本県の阿蘇カルデラ内の南阿蘇村の西方に位置し、昭和3年から研究・観測が行われてきた。阿蘇中岳火口は火山研究センターから東側へおよそ7km離れた場所であり、火口周辺に複数の観測点を設けている（図1）。また阿蘇カルデラ・九重山の広域のエリアにも観測点を設けて観測を行っている（図2）。

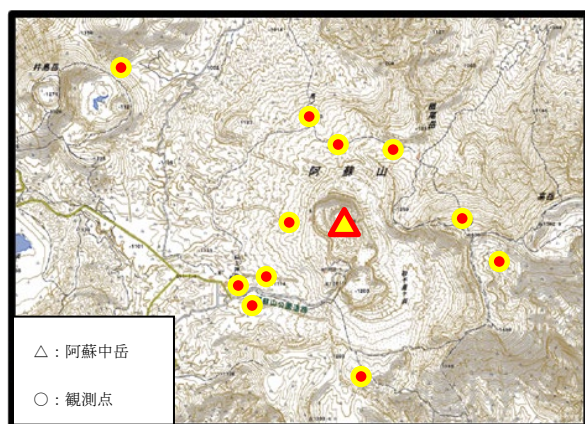


図1 中岳火口周辺観測点

### 3. 観測網について

基本的に常設観測点は365日24時間連続動作して観測を行っている。データ送信にはNTT回線（有線、携帯）やローカル回線、無線LAN等様々なサービス手法で行っている。



図2 阿蘇カルデラ・九重山観測点

今年度内にNTTのISDN・ADSLや3G回線サービスが停止予定のため、新たな回線への移行を随時行っている。

#### 3.1 山上観測点（図1）

各観測点から火山研究センターへの観測データの送信には無線LANや携帯回線・NTT回線等を使用している。このデータ送信に使用している携帯回線が3G回線のためサービス停止予定になっている。そのため5G回線対応のSIMを契約し、また現場用に新しいルータ（図3）を購入し、火山研究センター本館とのデータ通信のため設定を行った。IPの設定も一緒に見直したため、ロガー等の機器の設定も現場で変更を行うか、予備機があるものは事前に準備を行い、現地で機器の入替等を行った。

また噴火被害で観測再開出来ていなかった観測点も同じく5Gの携帯回線を使用して観測を復活することが出来た。

その後、一部観測点では電波が山間地のため安定せず、アンテナを交換したり、位置を変更した

り,ケーブルの交換作業等の対応も行った。



図3 ルーター

### 3.2 外輪観測点 (図2)

山上観測点と異なり,建物がある観測点が多く基本的に NTT の有線回線(光,ADSL,ISDN)でデータ送信を行っている(新規の観測点は異なる)。また所在地が山間地の観測点が多いため光回線のサービス対象外地域が多く,ADSL・ISDN 回線でデータ送信を行っている観測点が

多い。一部は光回線の対象地域であるはずなのだが,山間地で過疎の地域のためサービス対象外となった観測点もあった。今回 NTT の ADSL・ISDN 回線サービス提供停止予定のため山上観測点と同様に、5G 回線対応の SIM を契約し観測網の更新を随時行っている。

### 4.まとめ

順次観測点の通信網の更新を行った。まだ全ての観測点の更新が完了しているわけではないため,引き続き更新を続けて更新を完了させる予定である。

### 5.謝辞

今回の観測網の更新にあたり,東北大学の山本希准教授,平原聡氏に使用機材や設定についてアドバイスをいただき更新をすることが出来た。心から感謝いたします。

## 白山工業社製 VSAT データ変換装置の有効な活用

○内田 和也 ・ 松島 健（九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター）

### 1. はじめに

第3世代の衛星通信テレメタリングシステムである白山工業製 VSAT は、2007～2008 年度に共同利用設備として全国の大学に 140 台配備され、地上通信網が確保できない地域での地震観測に使用されてきた。しかし、東京大学地震研究所に設置された HUB 局装置の老朽化などの理由により、2026 年 3 月をもって運用を停止する予定である。九州大学地震火山観測研究センターでも、日本各地の地震観測に 9 台の VSAT 装置を利用してきた（うち 1 台は 2011 年東北地震観測で故障廃棄）。2025 年 3 月に残り 8 台の廃局手続きを行ったが、データ変換装置自体は動作可能であるため、再利用を検討してきた。



図 1. 外観



図 2. 内部

### 2. VSAT データ変換装置 TS13520 の内部

VSAT 筐体は屋外使用のため厳重な防水設計が施されている（図 1）。内部確認のため、ボルト締めされた蓋を開けたところ、LS7000XT 本体がそのまま使用されており、周囲には GPS アンテナ、LAN（イーサネット）、地震信号入力および電源用の耐雷アレスタが接続されていた（図 2～4）。LS7000XT 等のデータ変換装置は単独では雷サージに非常に弱く、九州大学でも 1～2 割の機器が修理不能となっている。このため、LS7000XT を単に取り出して使うのではなく、耐雷アレスタ部も活用し、屋外観測での使用を検討した。

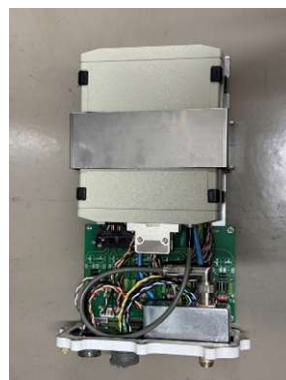


図 3. 内部上面

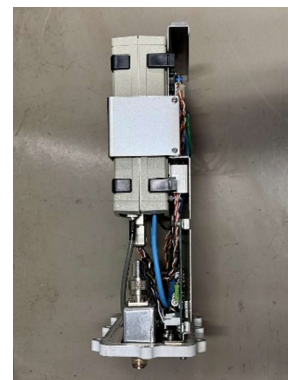


図 4. 内部側面

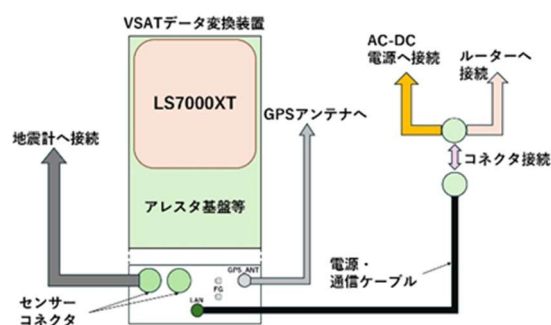


図 5. 接続図

### 3. 観測で使用するための工作

データ変換装置側の筐体をそのまま利用するには、防水丸型コネクタ（アンフェノール 6 極オス）に接続する電源・通信ケーブルの加工が必要となる。メイティングケーブルを切断し、先端に使いやすいコネクタを取り付ける方法もあるが、細かい

半田付け作業が必要になる。そこで、衛星通信装置（TS13530）内部を開封し、接続構造を確認した。なお、筐体にはいじり止め付き T25 トルクスネジが使用されているため、対応ドライバーが必要である。

内部では、データ変換装置との接続ケーブルがイーサネットと電源に分かれていた。イーサネットは RJ45 コネクタで内部のミニ HUB に接続されており、3 本のうち 1 本がデータ変換装置側につながっていた。電源ケーブルは衛星通信機筐体の DC 入力コネクタに直結されていた。

そこで、工作を最小限にするため、衛星通信装置筐体のコネクタ(SANWA 製 14 極パネル取付レセプタクル)ごと取り外して利用することにした。電源部は DC 入力直前でケーブルを切断し、自前の AC-DC 電源装置に接続できるようコネクタを取り付けた。イーサネットケーブルは RJ45 コネクタをそのままルータに差し込むことにした(図 5)。この改造により半田付けは不要となり、ケーブル切断も電源入力部のみで済んだ(図 6)。

#### 4. 再利用機器の運用

改造したデータ変換装置 TS13520 を用いた観測例を示す。九大仁田峠観測点は雲仙ロープウェイ仁田峠駅舎内に設置されているが、標高 1000m の高所にあること、薊谷のセンサーまでの距離が 1000m あること、さらに商用電源や電話メタル線の敷設長が長くサージを拾いやすいことから、多くの機器が雷害で修理不能となってきた。そこで、2025 年 7 月にこの装置を設置した。

設置直後の 9 月 10 日未明、激しい雷雨によりデータが欠測状態となった。現地確認すると、電源耐雷トランス破損、GPS アンテナ不良、地震計ケーブルのサージアレスタ全滅という過去最大級の雷害であった。筐体にも GPS アンテナコネクタ部から放射状に広がる黒い被雷痕が残っていた(図 7)。しかし、電源を復旧すると、データ変換装



図 6. 工作した電源・通信ケーブル

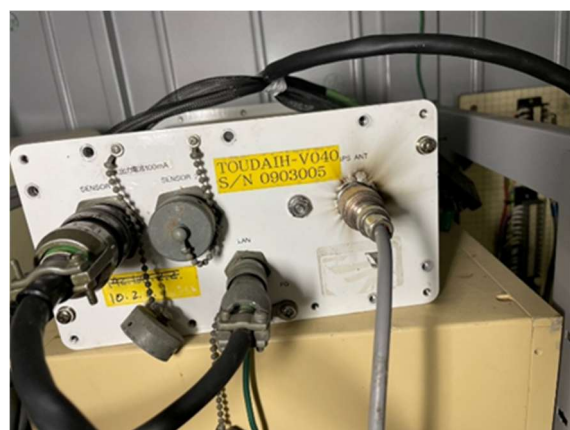


図 7. 被雷痕

置は問題なく動作を再開した。今回の事例で、装置の耐久性を再認識した。

#### 5. まとめ

衛星通信テレメータで運用していた観測点は諸事情により有線通信やモバイル通信に切り替えられたが、余剰となったデータ変換装置はケーブル部の小改造のみで LS7000XT 同様に利用することがわかった。筐体は防水・耐雷対策が厳重に施されており、これを活用する価値は高い。

## LT-7700 を利用した間欠伝送・小電力観測試験について

○堀川信一郎（東海国立大学機構名古屋大学全学技術センター 地震火山研究センター配属）

小野寺数馬（白山工業 株式会社）

### はじめに

昨年の本研修会「御嶽山南麓の地震観測網強化について」の中で標準既成品のロガー（以下、既成ロガー）とモバイルルータ（CenturySystems NXR-G110/L）を使用した間欠伝送による小電力地震観測について発表した。モバイルルータの電力はスリープ機能により 1/10 程度まで落とせるが、ロガーのネットワークボードの電源は仕様上、切断することができない。これが既成ロガーを使用した間欠伝送における小電力化の壁であった。このセットでの観測を始めた頃、白山工業防災営業部の吉田氏に LT-7700 ネットワークボード電源のリモート操作の可能性について相談したところ、検討を進めて頂き、試用版の開発に至った。本発表ではその試験（試用）結果について報告する。

### 目的：地震観測の間欠伝送による小電力化

名古屋大学では御嶽山山頂での通年地震テレメータを実現するため、通信モジュール・充放電コントローラを一体化した小電力・間欠送信ロガーを開発している<sup>1)</sup>。この機材については一定の評価は頂けているものの、観測に備えて既成ロガーを備えている機関では、価格や実績、専用受信サーバの必要性などの問題から導入の検討には入りにくいのではないと思う。一方で、近年の観測では保守効率やコストを重視し、間欠伝送を検討・選択する機会は増えている。既成ロガーである白山工業製 LT-7700 は（本学ではまだ数台の導入であるが）LS-7000XT の後継機として保有す

る機関は多いのではないと思う。この機器に間欠伝送に対応した小電力化の機能が備われば、電力確保が難しい状況においてテレメータ観測を選択できる可能性が大いに高まる。

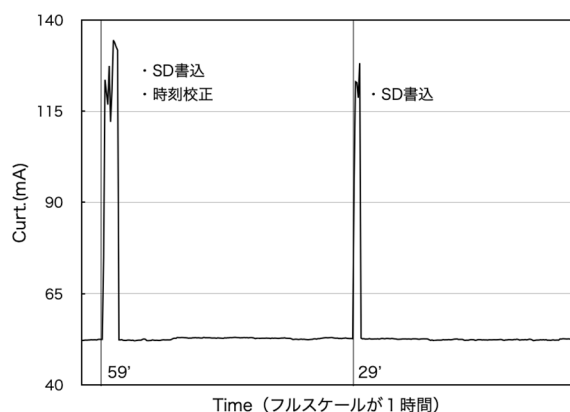


図1. LT-7700 ロガーモードにおける1時間の動作シーケンスと消費電流の変化。59分に復帰するとSD書き込みと時刻校正を、29分にSD書き込みを行う。移行時の消費電流は50-55mA程度。SD書き込み時は120mA程度で約50秒以内に完了する。時刻補正時は130mA程度、約45秒間で完了している。観測条件によりメモリが不足する場合は、さらに書き込みのための復帰が増える（本試験では発生しなかった）

### 手法：LT-7700 と間欠送信の仕組み

LT-7700 には元々ロガーモードと呼ばれる機能があり、AD変換に不要な機能への電力供給を極力遮断することで小電力化を実現している。図1にロガーモードにおける1時間の動作シーケンスと消費電流の変化を示した。

通常、ロガーモードから通常モードに復帰するのは以下の場合であり、このときリモートアクセスが可能となる。（以降、ロガーモードから通常モードになることを「復帰」、その逆を「移行」と呼ぶ）。

1. メモリ上のデータをメディア（SD）に書き

<sup>1)</sup> 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2-3次）課題番号 NGY-08

出す時（毎 59,29 分、加えてメモリ空き領域が不足したとき）

## 2. GNSS による時刻校正を行う時

## 3. パネルボタンが押された時

今回の追加機能では、(1)の 59 分の復帰を利用している。追加機能における設定は「設定時間 A」,「設定時間 B」,「時刻リスト」の 3 項目である。指定した復帰時刻に「設定時間 A」(秒)だけ移行を遅延させ、リモートアクセスに猶予時間を与える。この時間内にリモートからログナーに対して「lock コマンド」が送られると、「設定時間 B」に達するか、「unlock コマンド」が送られるまで移行がロックされ、リモートアクセス (ftp 等によるデータ・ステータス取得) に必要な時間を確保できる。「設定時間 B」(秒)はネットワークトラブル等により「lock コマンド」を送信・受信できなかった時への対応である。リモートアクセス時刻の設定を「時刻リスト」で指定するのが特長で、1 時間毎といった定期起動だけでなく、不定期起動が可能である (例えば、昼間の 9, 10, 11, 13, 16 時のみなど)。ただし、アクセス時刻の設定は仕組み上、正時しか指定できない。

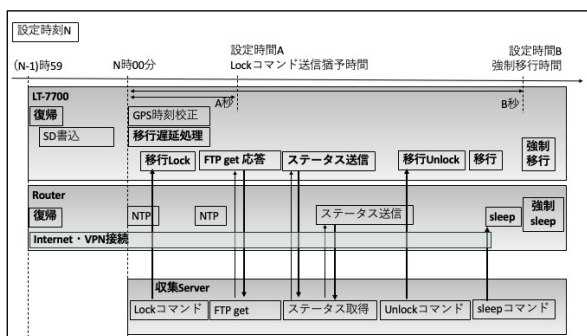


図2. LT-7700 を利用した間欠伝送シーケンス図。

あとはルータの復帰スケジュール、収集サーバの接続時刻を LT-7700 の動作に合わせて設定すれば間欠伝送システムが完成する。図2に間欠伝送のシーケンス図を示す。

## 試験とその結果：消費電力の測定

試験での LT-7700 の観測パラメータには標準的な設定を用い (3ch, 24bit, 100Hz サンプリング, ゲイン×1, 時刻校正間隔 1 時間), 間欠伝送は 1 時間毎で行った。試験環境では地震計からの入力信号は 2 byte/sample (1 分 WIN ファイルのサイズは 38kB) になるため、1 時間分のデータ量は約 2.3 Mbyte で、通常の観測における平均的なデータ量である。電源には安定化電源 (TEXIO 製 PA36-3B) を使用して消費電流をモニタした。

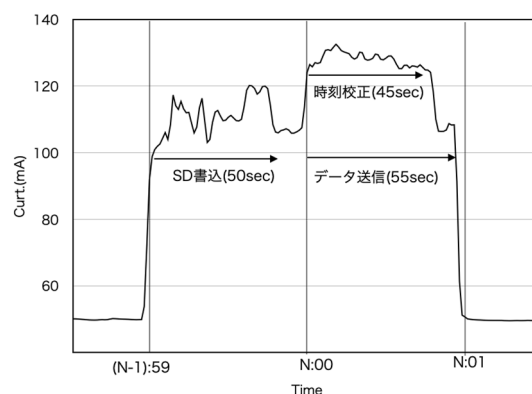


図3. 間欠伝送設定における 59 分復帰の動作シーケンスと消費電流の変化 (N 時復帰動作)。

図3は間欠伝送設定における復帰時の動作シーケンスと消費電流の変化である。59 分から 0 分までは通常のログナーモードの動作と一致する。データ送信は同じく 0 分から開始する時刻校正と重なり、消費電流はログナーモードのみの場合と比べるとおよそ 10mA 程度上乗せされている。グラフではデータの送信に約 55 秒を要しているが、多くの場合 60 秒以内には完了していた (試験期間で最短 40 秒, 最長 90 秒)。

1 時間の平均消費電力は 0.62W と見積もられる。これにルータの平均消費電力 0.45W を加えた約 1W 程度での間欠伝送観測点の立ち上げが可能であることがわかった。

**謝辞：**開発の推進，デモ機材の貸し出しなど，白山工業防災営業部 吉田信氏のご尽力・ご協力に感謝の意を表します。

## MT 観測で使用する電極の分解

○山口雅弘・相澤広記（九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター）

### はじめに

九州大学地震火山観測研究センターでは、自然の電磁場を利用して地下の比抵抗を地上から探る MT（Magneto-Telluric：地磁気地電流）観測を行っている。近年では、他大学と合同で鹿児島県・鳥取県・兵庫県をフィールドとし約 4 カ月間 MT 観測を行った。

### 分解理由

MT 観測（電場 2 成分、磁場 3 成分を測定する場合）で使用する機器は、

- ・磁場測定用センサー 3 本
- ・磁場測定用センサーケーブル 3 本
- ・電位測定用電極 5 本
- ・電位測定用電極ケーブル 5 本
- ・GPS アンテナ 1 本
- ・バッテリー
- ・データロガー 1 台
- ・データロガー保管用 BOX 1 個

である。

その中でも電位測定用電極（以下電極）は 1 個当たり約 3 万円であり、高額でありながらも MT 観測において消耗品として扱われている。昔は、素焼きの瓶に銅板と硫酸銅溶液を入れた電極を使用していたが、中の硫酸銅溶液が素焼きの瓶を通して地中に 1 カ月ほどで拡散してしまい観測不能になっていた。現在我々が使用している電極は鉛－塩化鉛電極であり、上記のような問題は解決したが、最近の電極は鍍などの初期不良が多く、過去に使用していた電極と新たに購入した電極で使えるものをやりくりして観測を行っている。また、電極はハンガリー製であるため、新たに電極を購入すると輸送費等でかなりの資金を使用することにな

る。そのような状況下で、今年行った兵庫県南部を中心とした MT 観測においては獣害によって電極が消失するといった事例も多くあったため、電極の再利用化は急がれている。

そこで電極再利用化の第一歩として、消耗品として処分する予定だった電極を分解し内部構造を理解する。



図 1. MT 観測機器

### 電極の分解

今回電極を分解するために、

- ・万力
- ・makita TM41D
- ・makita カットソー TMA061 HM

を使用した。

万力に電極を固定し、makita TM41D で縦に分解を試みたが、かなり硬く分解まで時間がかかった。

電極を分解してみると、中心から鉛の板がの字を描いており、電極内をほぼ 1 周するように巻かれていた。また、鉛の板と電線の結合部は、はんだ付けされていた。鉛の板の周りには、水と塩化鉛粉末と塩化ナトリウムを混合した石膏（高倉、2009）が敷き詰められており、

この石膏が水を吸収し電極全体を湿らせていた。



図 2. 分解する電極



図 3. Makita TM41D  
(カットソー装着)



図 4. 分解後の電極

## まとめ

電極を分解し内部を見ることで、想像していたより単純な構造をしていることが分かった。しかし、今回の分解だけでは不良品の改善に至るとは考えられない。今後は、様々な実験を通して、電極の再利用化を目指す。

## 文献

高倉伸一， 2009， 非分極性電極の岩盤或いは地盤への設置方法と，それを用いた電気探査方法若しくは電磁探査方法, p. 3

## 安価な電子負荷を用いたバッテリー容量推定の試み

○股村祐希・藤田親亮（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

### はじめに

観測機器の安定運用を確保するためには、電源として使用するバッテリーの健全性評価が重要である。自然地震分野ではこれまで、バッテリーの運用可否を主に利用期間や購入からの経過年数に基づいて判断してきた。これに加えて容量に基づく評価を併用することで、バッテリーの状態をより正確に把握し、運用計画の最適化や資源の有効活用につなげることが期待できる。

自然地震分野で使用しているバッテリーは、主に密閉型鉛蓄電池およびリン酸鉄リチウムイオン電池（LiFePO<sub>4</sub>電池）であり、いずれも野外での観測において、商用電源と組み合わせたバックアップ電源として運用されている。

バッテリー容量試験の先例として火山分野ではすでに電子負荷、過放電防止モジュールおよび電圧ロガーを組み合わせることで、バッテリー容量試験を実施している。この試験では比較的高価な電子負荷が使用されているが、近年では、安価な電子負荷に過放電防止機能や電圧測定機能が統合された製品が流通している。この機器単体で容量試験を完結できるコンパクトな試験構成が可能となっている。

本報告では、火山分野の既存試験を参照モデルとしつつ、安価な電子負荷を用いた容量試験環境を構築した。さらに、既存試験との並行実験による性能比較を行い、自然地震分野への導入に対する妥当性について検討する。

### 使用機材・ソフトウェア

表 1 に本報告の試験器（以下、紹介試験器）と火山分野の試験装置（以下、火山試験器）の主な使用機材とデータ収録方法を示す。

また、試験に使用するバッテリーを次に示す。

・密閉型鉛蓄電池（中古）

GPL-U1T (Concorde Battery Corporation)

定格電圧：12 V

定格容量：33 Ah

・LiFePO<sub>4</sub>電池（中古）

12V 100Ah バッテリー（LiTime）

定格電圧：12.8V

定格容量：100 Ah

### 試験方法

放電容量は 1A で放電を行い、電圧が 11.5V を下回るまでの時間から推定する。

#### (1) 紹介試験器

- ・バッテリーと XY-FZ35 の負荷側端子を接続
- ・XY-FZ35 を収録 PC に繋ぎ収録ソフトで負荷電流 1A とカットオフ電圧 11.5V を設定
- ・収録ソフトから電子負荷を立ち上げ、カットオフされるまで 5 分おきにデータを収録

#### (2) 火山試験器

- ・過放電防止モジュールのカットオフ電圧を 11.0V、電子負荷の負荷電流を 1A に設定
- ・バッテリーと過放電防止モジュールのバッテリー端子を接続

表 1. 主な使用機材と収録方法

|            | 紹介試験器                                                                | 火山試験器                                        |
|------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 電子負荷       | XY-FZ35（Depisuta-JPより購入）                                             | 8540（BK Precision）                           |
| 過放電防止モジュール | XY-FZ35に内蔵                                                           | IW8990-C12（東京デバイsez）                         |
| 収録方法       | FZ35をPCに接続し、ElectronicLoad-Control-XY-FZ35（yellobyte, 2025）で電圧を収録する。 | バッテリーに並列に繋いだVR-71（T&D）で電圧を収録し、試験終了後にPCで吸い出す。 |

- ・過放電防止モジュールの負荷側端子と電子負荷に接続
- ・バッテリーに並列に電圧ロガーを接続
- ・電子負荷の電源を入れ、2分毎に電圧を収録
- ・試験終了後、電圧ロガーを収録用PCに接続し、収録ソフトを用いてデータを取得

## 比較結果

図1に中古のLiFePO<sub>4</sub>電池の試験結果を示す。LiFePO<sub>4</sub>電池の試験は火山試験器と紹介試験器でそれぞれ1回試験を行った。初回の推定放電容量は、紹介試験器では33.97Ah、火山試験器では33.56Ahとなり、両試験器で概ね一致した結果が得られた。

一方、中古の密閉型鉛蓄電池では、火山試験器で2回、紹介試験器で3回試験を行ったが試験を繰り返すごとに推定容量が約2Ahずつ減少する傾向が確認された。これがバッテリーの劣化によるものか、測定方法や試験条件に起因するものかについては、今後調査が必要である。

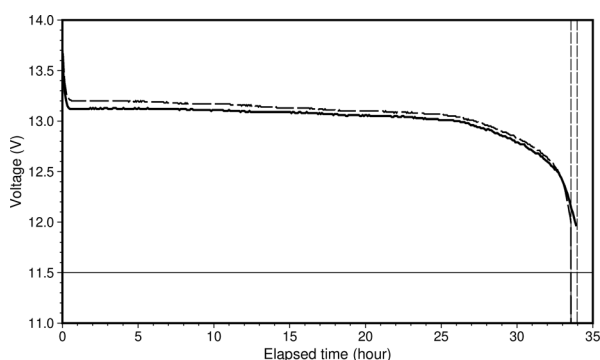


図1. 放電試験結果。太実線は紹介試験器の結果、太破線は火山試験器の結果を示す。細実線はカットオフ電圧、細破線はカットオフ時の経過時間を示す。

## 今後の予定

本試験では中古のバッテリーを用いたため、観測された容量変動の切り分けが困難な事例が確認された。今後は新品バッテリーを用いた試験を実施し、紹介試験器が火山試験器と同等の性能、再現性を有することを確認予定である。

## まとめ

本報告では、自然地震分野におけるバッテリー健全性評価の高度化を目的として、安価な電子負荷を用いた容量試験システムを構築し、火山分野で運用されている既存試験システムとの並行試験による性能比較を行った。

中古のLiFePO<sub>4</sub>電池を用いた試験では、両試験器で推定された放電容量が概ね一致し、安価な電子負荷を用いた試験においても、既存試験器と同等の容量推定が可能であることが確認された。一方、中古の密閉型鉛蓄電池では、試験の繰り返しにより推定容量が減少する傾向が観測された。このことから、バッテリーの種類や個体差、劣化状態や測定条件の影響を受けている可能性が示唆された。

以上の結果から、安価な電子負荷を用いた容量試験は、試験条件を適切に管理することで、バッテリー容量評価に有効な手段となる可能性がある。今後は新品バッテリーを用いた検証を行い、測定値の再現性および信頼性を評価した上で、自然地震分野への導入可否を検討する。

**謝辞：**東京大学地震研究所観測開発研究センターの蔵下英司准教授には、本稿を改善するうえで大変有益なご助言を頂きました。また、同研究所技術部総合観測室の秋山峻寛一般技術職員には、火山分野におけるバッテリー容量試験の方法をご紹介いただき、本報告の着想を得るきっかけを提供していただきました。ここに記して厚く感謝の意を表します。

## 文献

yellobyte, 2025, ElectronicLoad-Control-XY-FZ35: XY-FZ25 & XY-FZ35 Electronic Load Control Program (Version 1.5.1), <https://github.com/yellobyte/ElectronicLoad-Control-XY-FZ35> (参照：2025-12-23)

## 桜島・始良カルデラ周辺での DR-IoT 無線機による地震波形伝送試験の分析と評価

○平原聡（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）

内田直希（東京大学地震研究所 地震火山研究連携センター）

大和田泰伯（情報通信研究機構ネットワーク研究所 レジリエント I C T 研究センター）

中道治久（京都大学防災研究所附属火山防災研究センター 桜島火山観測所）

松島健（九州大学大学院理学研究院 附属地震火山観測研究センター）

### はじめに

2025 年 12 月 8 日～12 月 9 日の期間に桜島・始良カルデラ周辺で DR-IoT 無線機による地震波形データの無線伝送試験を実施した。本試験は「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 3 次）」の研究課題「火山噴出物による災害の軽減のための総合的研究」（課題番号：DPRI11）の一部として、大規模災害時の通信・データ伝送手段確保と迅速な観測網構築に資する手法開発を目的として実施された。以下では、フィールド試験の概要と地震波形データの受信状況の分析結果について報告する。

### DR-IoT について

多用途可変域（Diversified-Range）／災害対応（Disaster-Response）IoT 通信システム DR-IoT は、V-High 帯（200MHz 帯）で動作する狭帯域 IoT 通信システム VHF-IoT として総務省で制度化が検討されている。検討中の技術的条件では送信空中線電力が最大 5W であり、1 ホップで 10km 以上の長距離通信が可能となる見込みである。また、200MHz 帯の電波は、これまで地震波形データの無線伝送で主に用いられてきた 400MHz 帯に比べ波長が長く、障害物の影響を受けにくい、高い回折性が期待される。DR-IoT 無線機の操作には無線従事者免許が必要となる可能性がある。本試験は実験試験局として運用するため、第一級陸上特殊無線技士を選任した。

### 無線通信のフィールド試験

DR-IoT 無線機（帯域幅：200kHz，中心周波数：208.5MHz，ビットレート：150kbps，変調方式：2 値 FSK）による波形のリアルタイム伝送性能をさまざまな距離・周辺環境等の条件下で調べるため、表 1 の機材を用いて以下の 2 つの試験を行った。

試験 1：桜島島内（桜島火山観測所ハルタ山観測室）に地震計と送信局を設置する。車載の 2 台の受信局が島内と島外を移動して電波状況を確認する。令和 6 年度に同様の試験デザインで実施した 920MHz 帯の Wi-Fi

HaLow 無線機による試験結果とも比較する。

試験 2：桜島島外（鹿児島大学南西島弧地震火山観測所）に地震計と送信局を設置する。車載の 2 台の受信局が島内を移動して電波状況を確認する。

表 1. 使用機材

| 機材名称                          | 数量 |
|-------------------------------|----|
| DR-IoT 無線機                    | 3  |
| 車載用アンテナ（水平無指向ノンラジアル型ホイップアンテナ） | 3  |
| 電波調査用装置 Raspberry Pi          | 3  |
| ポータブル電源                       | 3  |
| 地震計 KVS-300                   | 1  |
| テレメータ装置 LS-8800+LT-8800       | 1  |
| データ受信装置 Raspberry Pi          | 2  |
| データ確認用ノート PC                  | 2  |

## 地震波形データの送受信

送信局では、通常の地震観測と同様にテレメータ装置に接続した地震計 3 成分（3 チャンネル）の 100Hz サンプリングデータを 1 秒に 1 回 WIN パケットとして 2 箇所の受信局のデータ受信装置へ送信した。受信局では、データ確認用ノート PC で地震波形データをモニターしながら、スマートフォンの GPS 位置情報機能を使用して、移動経路を保存した。移動中の各地点で正常に受信した場合、1 分間の WIN ファイルに含まれるデータは 1 チャンネルあたり 60 個（60 秒）であり、3 チャンネルでは合計 180 個となる。送信中にパケット欠落が発生した場合は、WIN パケットの再送要求が行われる。

## 地震波形データの受信状況

時刻情報に基づいて、1 分毎の位置情報と、各地点でのデータの受信個数を対応させた CSV ファイルを作成した。CSV ファイルを Google Earth にインポートして、各地点での受信データ個数を地図上に表示して、伝送距離と地形との関係进行分析した。その結果、図 1、2 で示すように、20km 以上の長距離伝送が可能であることを確認できた。島内 3.5km 地点が最長通信距離であった Wi-Fi HaLow 無線機に比べ大幅な通信可能距離の増加が見られた。ただし、見通し外の通信では、植生の影響は小さいが、地形の影響を受けるとデータ伝送が困難な場合が多いことがわかった。

## まとめ

本試験により DR-IoT 無線機により実際の地震波形データのリアルタイム伝送が十分可能であることが実証された。今後の制度化により、地震観測用の手段の 1 つとして活用できる可能性が高いと評価できる。また、今後の実際の観測点において運用する場合は、アンテナ形状の工夫等により電波状況の改善とパ

ケット欠落の減少が期待される。

**謝辞：**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 八木原寛様・平野舟一郎様、株式会社ジーティス、株式会社スペースタイムエンジニアリング、DREAMS Forum にご協力いただきました。記して感謝申し上げます。

## 文献

総務省 報道資料，令和 7 年 12 月 8 日，「V-High 帯域における公共ブロードバンド移動通信システム及び狭帯域 IoT 通信システムに関する技術的条件」のうち「公共ブロードバンド移動通信システムの周波数拡張及び狭帯域 IoT 通信システムの導入に係る技術的条件」，[https://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban13\\_02000131.html](https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban13_02000131.html)

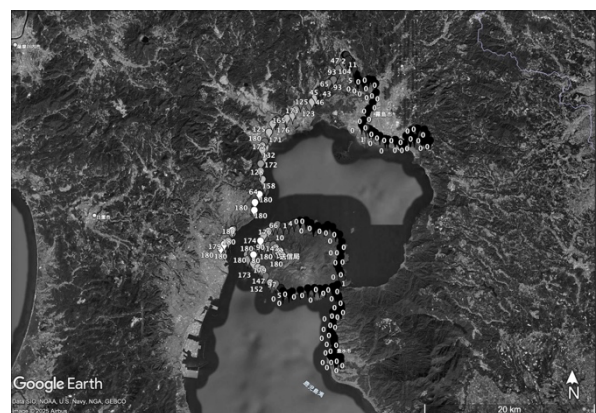


図 1. 島内の送信局からの受信データ個数



図 2. 島外の送信局からの受信データ個数

## データ流通収集処理 WG 活動報告

○西本太郎（東京大学地震研究所 技術部総合観測室）

### データ流通WG

#### はじめに

地震研究所技術部総合観測室では 2016 年から技術職員が中心となって「データ流通収集処理ワーキンググループ (WG)」を作り活動をしている。この WG は、観測データの流通や収集の仕組みを理解することを第一の目的として立ち上がったが、データ流通の監視運用を技術職員が行う上でのさまざまな課題を把握し、新たな技術の動向をうまく取り入れつつそれらの改善を進めることも同時に行っている。現在のメンバーは、技術職員 7 名と教員 5 名から構成されている。

2016 年から 2018 年にかけて、技術職員によるデータ転送用サーバ、監視用サーバ設置のためのサーバ構築を行った（安藤ほか、2018）。その後、データ転送用サーバの安定運用や監視用サーバの増設・機能拡充、更には技術職員間の情報共有のための NAS や Wiki サイト（MediaWiki, DokuWiki）の運用を担うことになった。日常的な監視業務のためのサーバ管理・構築以外にも、観測で使用していたフレッツ ISDN 回線サービス終了に伴う光回線化対応の取りまとめを行った。また、観測点に付随する契約情報（電気、通信、土地契約）の担当者整理をした。本発表では 2018 年以降に行ってきた主な活動について報告する。

#### データ転送・監視・情報共有サーバ

WG では 6 台のサーバや NAS を管理しており（表 1）、各サーバ・NAS に担当者を付け維持管理や開発を進めている。データ転送サーバは 2 台で運用しており冗長性を持たせている。情報共有のための NAS は 2 台で運用しており、1 台はバックアップ機として運用している。2024 年、2025 年に多くの機器の老朽化に伴い、新たなサ

ーバ・NAS を購入し、現在移行作業を行っている。

| サーバ名      | 役割                                   |
|-----------|--------------------------------------|
| akebono1  | 転送用 WIN パケットの送受信                     |
| akebono2  | 転送用 akebono1 のバックアップ                 |
| kawatare  | 監視用 ステータス監視、ポータル Wiki サイト、リアルタイム波形確認 |
| hakumei   | 監視用 波形監視                             |
| shinonome | NAS 技術部ファイル共有                        |
| akatsuki  | NAS shinonome のバックアップ                |

表 1. サーバの役割一覧

#### フレッツ ISDN サービス終了に伴う対応

2026 年 1 月 31 日にフレッツ ISDN サービスが終了する。地震研では 2019 年ごろから対応方法について NTT 東日本/西日本と協議を始めた。データ伝送で使用していた 84 観測点は回線変更が必要になり、できるだけ現場対応の負担を減らす方法を模索しながら準備を進めた。光回線対応エリアでは順調に回線の切り替え作業を行えた一方、未対応エリアは別の通信手段に切り替える必要があり、その多くはモバイルルータを使用した携帯回線へと移行していった。未対応エリア内にある重要な観測拠点で光回線を引けないエリアでは、NTT と協議しながら拠点の光回線化を実現できた。

#### 電気・通信・土地契約担当者整理

観測点を維持していく上で、電気・通信・土地に関する契約情報の管理は重要である。

地震研では、契約手続きや解約、契約更新に関わる手続きなどは事務部が対応している。一方で、現地における地権者との対面での挨拶や電気・通

信障害の復旧作業は技術職員が対応している。事務部は数年で担当者が異動し、総合観測室技術職員も担当分野を経年的に順次変更する運営方針のため、交代時に担当者名の引継ぎが不十分であると、担当者不在や前担当者へ連絡が来てしまうことがある。2017年から2020年にかけてこれら情報の洗い出しと整理作業を行った。

## おわりに

WGでは日々のデータ監視業務の効率化を目指しながら活動を行っている。それぞれの観測分野で行っている作業を統合し、だれでも簡便に監視業務を行えるプラットフォーム作りを目指している。今後も新たな技術の動向をうまく取り入れながら活動を続けていきたい。

## 文献

安藤美和子・大塚宏徳・佐伯綾香・田中伸一・藤田親亮・増田正孝・宮川幸治, 2018, 2017年度データ流通収集処理グループ活動報告, 東京大学地震研究所職員研修会。

## コンテナ技術を利用した収録された波形データを 機械学習モデル解析に繋げるためのワークフロー構築の検証

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）

### はじめに

近年、ソフトウェア開発やデータ解析の分野において、コンテナ技術が広く普及している。コンテナは、アプリケーションとその実行環境をパッケージ化する技術であり、異なる環境間でも同じ動作を保証するために利用される。一方、地震学の分野では、**QuakeFlow** (Zhu ほか, 2023) のような分散処理型地震観測データ解析ワークフローシステムが開発され、大量の地震波形データを効率的に解析するための自動化処理が実現されている。

本発表では、既存の WIN システムのパケットデータ収録系統 (recvt→MQTT→order→wdisk) を 3 つのコンテナにし、それによって収録された波形データを **PhaseNet** 機械学習モデル解析 (Naoi ほか, 2024) に繋げるためのワークフロー構築の検証の報告を行う。

### 方法

#### ・開発環境とコンテナ化

プロセス実行環境の検証には、AI コーディングエージェントの **Cursor** とその拡張機能である **devcontainer** を使用した。**Cursor** は、AI 支援によるコード生成やリファクタリングを効率化する開発ツールであり、**devcontainer** は、開発環境をコンテナとして定義し、一貫した実行環境を提供する機能である。**devcontainer** を使用することで、開発者が異なるマシン環境でも同じ実行環境を再現でき、依存関係の不一致による問題を回避できる。

**devcontainer** で定義したベースイメージを

用いて、各プロセスの動作を検証した後、そのベースイメージを基にマルチステージビルドで各プロセスのコンテナイメージを作成した。マルチステージビルドとは、**Dockerfile** や **Containerfile** 内で複数のビルドステージを定義し、最終的なイメージから不要なビルドツールや中間ファイルを除外する手法である。これにより、最終的なイメージサイズを小さくし、セキュリティリスクを低減できる。

#### ・コンテナ化プロセスとワークフロー

データ収録工程では、WIN システムの最新版である **WIN\_pkg\_3.0.17** に内包されている **recvt**、**raw2mq**、**mq2raw**、**order**、**wdisk** のプロセスを、MQTT パブリッシュ側とサブスクライブ側で分けてコンテナイメージを作成した。また、MQTT ブローカーには **EMQX** を使用した。

**wdisk** で出力されたデータは、ローカルへ保存するとともにオブジェクトストレージ **MinIO** へも保存するようにした。

解析工程では、直井氏が開発している機械学習モデル **PhaseNetWC** を使用し、位相アソシエーションには **pyocto** (Münchmeyer, 2024) を使用して連続波形解析までのワークフローを構築した。本ワークフローでは、直井氏が開発を進めている WIN ファイルの読み込みソフトを使用して、**MinIO** 上に保存された WIN ファイルを解析工程に読み込み、小規模なデータでワークフローの動作検証を行った。

#### ・コンテナ運用テストと本番環境への展開

作成したコンテナイメージは、**Podman** を

用いて実際の運用テストを実施した。Podman は、Docker と互換性のあるコンテナ実行環境であり、root 権限なしで利用可能で、よりセキュアな運用が可能である。運用テストが成功した後、その状態を Kubernetes マニフェストに出力した。Kubernetes マニフェストは、コンテナの実行方法、リソース制限、ネットワーク設定、ストレージ設定などを定義する YAML 形式の設定ファイルである。

本番環境としては、軽量な Kubernetes デイストリビューションである k3s 上にコンテナを展開し、運用検証を行った。k3s は、リソース制約のある環境でも動作するように設計された軽量な Kubernetes 実装であり、小規模から中規模のクラスタ運用に適している。

## 結果

プロセスのコンテナ化により、各プロセスの動作を独立して検証することができ、データ収録工程では WIN ファイルが正しく作成されない時のデバッグやその修正に対応することができた。開発環境では Podman 上で実行し、本番環境では Kubernetes 上で再現することで、高可用性を実現できる構成を構築した。パケットの受信から WIN ファイルの作成、解析工程までの一連の流れをプロセス毎にコンテナ化することで、システムの柔軟性と保守性が向上した。詳細については当日発表する。

## 考察

今回の検証では、データの収録、解析プロセスのコンテナ化とその自動化に焦点を置いており、実際の解析結果の評価をワークフローに組み込む段階までは行っていない。小規模なデータでの検証は完了したが、データが中規模・大規模化した場合や、よりリアルタイム性が必要になった場合は、ファイル出力

ではなく列指向データベースを用いたデータ連携が必要になると考える。今後は、より大規模なデータでの検証や、リアルタイム処理への対応、解析結果の評価をワークフローに組み込むことなどが課題として挙げられる。

## 文献

- Münchmeyer, J., 2024, PyOcto: A high-throughput seismic phase associator, *\*Seismica\**, vol.3, no.1, <https://doi.org/10.26443/seismica.v3i1.1130>.
- Naio, M., Tamaribuchi, K., Shimojo, K., Katoh, S., & Ohyanagi, S., 2024, Neural phase picker trained on the Japan meteorological agency unified earthquake catalog, *\*Earth, Planets and Space\**, vol.76, 150, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-02091-8>.
- Zhu, W., & Beroza, G. C., 2019, PhaseNet: a deep-neural-network-based seismic arrival-time picking method, *\*Geophysical Journal International\**, vol.216, no.1, p.261-277, <https://doi.org/10.1093/gji/ggy423>.
- Zhu, W., et al., 2023, QuakeFlow: A Machine Learning-based Earthquake Detection and Location Workflow, *\*Seismica\**, vol.2, no.1, <https://doi.org/10.26443/seismica.v2i1.113>

## DAS データの構造探査用フォーマットへの変換, 描画プログラムの作成

○中島倫也・中野優・田中聡・伊藤亜妃・吉光淳子

(海洋研究開発機構 海域地震火山部門 火山・地球内部研究センター)

### はじめに

海洋研究開発機構 海域地震火山部門では海域火山活動評価を目的とした観測システムの構築とデータの取得・解析を行っている。2025 年度は伊豆諸島周辺の火山活動に関連した地殻活動のモニタリング能力の向上を目指し、三宅島～神津島間の光海底ケーブルを用いて分布型音響センシング (DAS) による地震観測を行った。また火山調査研究推進本部からの受託業務として、三宅島周辺海域において地下構造の基礎情報調査のための地震波屈折法探査を実施した。その探査期間中に得られた DAS データからチャンネルごとのレシーバーギャザーを作成し、構造探査用フォーマット (SU 形式) に変換するためのプログラムを作成した。探査測線上での OBS データに加えて観測領域を取り囲んだ光海底ケーブルの DAS データを用いることにより、測線上の断面構造だけでなく、三次元的な構造が求まることが期待される。本報告ではそのプログラムの処理内容と結果について紹介する。

### プログラムの仕様

作成したプログラムでは次の処理を行う。

- ① DAS の連続データ (HDF5 形式) からエアガンのショット波形のデータを切り出し、DAS の各チャンネルのレシーバーギャザーを作成する。
- ② レシーバーギャザーの SU 形式のデータを作成する。
- ③ レシーバーギャザーの画像 (トレース波形, カラーマップ) を作成する。

プログラムは入力情報としてショット時刻及び座標, DAS の各チャンネルの座標を必要とする。

SU データのバイトオーダーは所内での利用形式に合わせてリトルエンディアンとした。トレース波形では隣り合う波形が重なり合って振幅が見え難くなることがあるため、振幅値を色で表現したカラーマップの画像も作成できるようにした。

DAS は OBS に比べてチャンネル数が非常に多いため処理に時間を要する。処理時間を短縮するため多数のチャンネルをジョブ並列で処理するようにした。

プログラムは Python3 で記述し, Ubuntu 24.04.3 LTS 上で動作することを確認した。プログラムでは GMT6 (Wessel, P. et al., 2011), Seismic Unix (John W.S., Jr. and Jack K.C., 2015; Seismic Unix Wiki, 2023) を使用した。

### 観測及び使用データ

今回の作業では下記の観測で得られたデータ及び探査時の記録を使用した。

#### 1. DAS 観測

東京都が保有する三宅島～神津島間の光海底ケーブルの回線を使わせて頂き、2025 年 8 月～2026 年 1 月に DAS 観測を行った。測器は AP Sensing 社製 N5226B を三宅島に設置し、ゲージ長 80m, 空間サンプリング間隔 20m, レーザーの繰り返し周波数 500Hz の条件で収録を行った。収録された位相の時間差分値のデータを 100Hz にデシメーションし 1 分ごとにまとめたものを用いた。ケーブルルートについ

ては疎らな座標しか分からないため、各チャンネルに対してケーブル長と空間サンプリング間隔から概算の座標値を求めた（図 1 赤線）。

## 2. 地震波屈折法探査

2025 年 10 月に行われた KM25-10C 航海において三宅島を挟んだ東西方向の測線上に 2km 間隔で 60 台、島の周囲に 5 台の OBS を設置し屈折法探査を実施した。海域を島西側、島近傍、島東側の 3 つの測線に分けて東西に一往復半しながら 9 つの測線上でエアガン発振（容量 10600inch<sup>3</sup>）を 200m 間隔で行った（図 1 青線）。

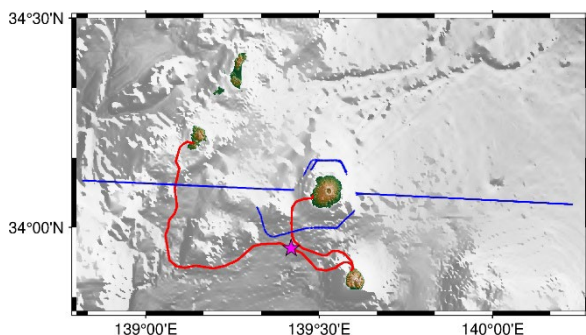


図 1. エアガン発振の測線（青線）と DAS で用いた光海底ケーブルのルート（赤線）。星印は図 2 で用いたチャンネルの位置を示す。

## 結果

9 測線に対し DAS の全 6875 チャンネルの SU データ、トレース波形画像、カラーマップ画像を作成した。ショット波形が見えている例とし

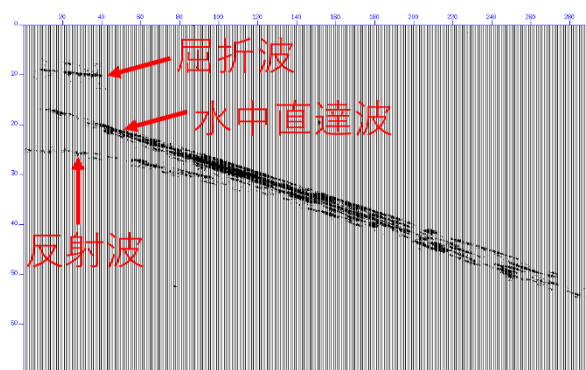


図 2. suxwigb コマンドで描画した波形。縦軸はショット波形の時系列（70 秒間）横軸はショット順の番号を表す（76 ショット。左が西、右が東のショットに対応）。

て、島東側海域の測線に対し図 1 の星印で示すチャンネルに対して作成した SU データを suxwigb コマンドで描画したものを図 2 に示す。トレース波形画像とカラーマップ画像でも同様の波形を描いている。水中直達波が図中央に大きな振幅で直線状に並んでいるのが見え、その前後に屈折波と反射波が確認できる。

図 2 に示したチャンネル以外では、波の伝搬方向に対するケーブルの向きや海底面とのカップリング具合による DAS の感度の低下、ノイズの大きさ、ケーブルから測線までの距離等の影響によりシグナルが見え難いところも多いが、測線に近いチャンネルではシグナルが見えやすい傾向にある。

## まとめ

今回 DAS データから SU 形式のデータを作成するプログラムを開発した。今後の課題として DAS の大量のデータから走時を読み取るための技術開発が必要である。これにより、より詳細な構造が求まることが期待される。

## 謝辞

DAS データのデシメーション処理について荒木英一郎博士のプログラムを使用させて頂きました。深く感謝申し上げます。

## 文献

John W. S, Jr., Jack K.C. 訳：渡辺俊樹，新 SU ユーザーズ・マニュアル，2015, <https://www.seis.nagoya-u.ac.jp/~watanabe/works/su/sumanual-4.0J1.1.pdf>（参照：2025-07）  
Seismic Unix Wiki, 2023-03-23, <https://wiki.seismic-unix.org/start>（参照：2025-07）  
Wessel, P. et al., 2019, The Generic Mapping Tools Version 6, Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20(11), 5556–5564, <https://doi.org/10.1029/2019GC00085>

## WIN システムに対応したリアルタイム Waterfall プロット描画ツールの紹介

○大塚宏徳・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 観測開発研究センター）

### はじめに

地震観測においてデータの可視化は、研究上の新たな知見獲得のみならず、観測施設の維持管理や不具合の早期発見において極めて重要である。従来の WIN システムでは、shmx や shmck などの波形表示ツールが広く利用されてきたが、これらは数十チャンネル程度の個別確認を主眼としており、100 チャンネルを超える多チャンネルデータの同時監視には適していなかった。近年、光ファイバーを用いた分散型音響センシング (DAS) を用いた地震観測が進展しており、超多チャンネルを扱う機会が増えることが予想される。本発表では、WIN システムに対応したリアルタイム Waterfall プロット描画ツール（大塚ほか、2025）について紹介する。

### システムの実装と特徴

本ツールは、汎用性と可搬性を考慮して Python で実装されており、既存の WIN ツール群、特に shmdump との高い親和性を備えている。

- ・リアルタイム性と頑強性：2次元のリングバッファ構造を採用し、時刻情報を別インデックスで管理することで、パケット遅延が生じていても正しい位置にデータを書き込むことが可能である。また、threading による並列処理を導入し、多チャンネル処理時の遅延を抑制している。

- ・表示オプション：振幅と極性を表現し位相の

連続性を追うのに適した Variable Density 表示と、振幅情報を簡潔に確認できるエンベロープ表示（ヒルベルト変換等）を選択できる。

- ・信号処理：チャンネル単位での規格化機能（Z-score および外れ値に強い robust Z-score）や、緯度経度情報に基づく地理的ソート機能（経度順・距離順）を搭載している。

### 適用例と有効性の検証

開発したツールを、三陸沖の DAS 観測データおよび防災科学技術研究所の Hi-net データに適用した。

三陸沖 DAS 観測における地震波検出：

図 1 に三陸沖光ケーブルの位置を示す。図 2 は、岩手県沖で発生した M3.5 の地震を DAS で捉えた例である。Variable Density 表示に Z-score 規格化を適用することで、バックグラウンドノイズが平坦化され、約 100km にわたるケーブル全体で P 波および S 波と思われる波群の伝搬が鮮明に可視化されている。従来の shmck による表示では、チャンネルを間引かなければならず、波群の連続的な伝搬を把握するのは困難であったが、本ツールはデータを選別することなく一目で全体像を把握できる。

広域観測網への応用：

図 3 は、Hi-net の 778 観測点の上下動成分に本ツールを適用した例である。地理的ソート機能を用いることで、伊予灘で発生した地震

(M2.5) に伴う信号が特定のチャンネル群に現れる様子を確認できる。これは、本ツールが DAS のような単一の測線だけでなく、既存の広域観測網の俯瞰的な監視にも有効であることを示している。

## まとめと展望

本ツールは、従来の波形表示ツールでは困難であった多チャンネルデータのリアルタイムな俯瞰的監視を可能にした。リアルタイム表示のみならず、記録済み WIN ファイルからの描画や、`--debug` オプションによる画像保存にも対応しており、活用の幅は広い。ソースコードは GitHub (hotsuka2025/shmfall) にて公開しており、今後の大規模・超稠密観測における標準的なモニタリングツールとなることが期待される。

## 文献

大塚宏徳・田中伸一・篠原雅尚, 2025, WIN システムに対応したリアルタイム Waterfall プロット描画ツール, 東京大学地震研究所技術研究報告, No.31, 印刷中。

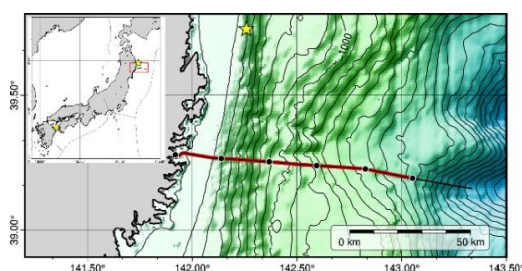


図 1. 三陸沖光ケーブルの位置 (大塚ほか, 2025)。

赤実線で示す範囲が DAS 観測で用いた観測点アレイに相当する。黒丸で示すのは間引き後の 20 チャンネル間隔の観測点位置である。左上図と拡大図中の星印は本文中で述べる地震の震央位置を示す。

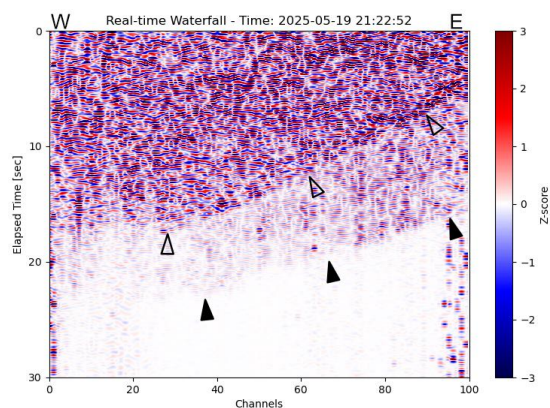


図 2. 岩手沖のマグニチュード 3.5 の地震の

Variable Density 表示 (大塚ほか, 2025)。赤は正極性、青は負極性を表す。横軸は 0 から陸側 (西側) のチャンネル番号, 99 が最も沖合 (東側) のチャンネルに対応する。この図におけるチャンネル間隔は約 1km に相当する。縦軸は最上部の最新時刻を 0 秒としたときの時間を表す。この図の最下部は 30 秒前に相当する。黒矢印は P 波と思われる波群, 白抜き矢印は S 波と思われる波群を示す。

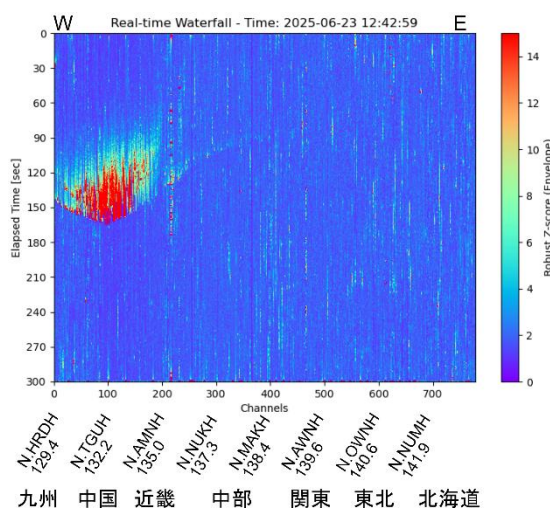


図 3. Hi-net の観測点の Envelope 表示例 (大塚ほか, 2025)。暖色系は高い値を表し、寒色系が低い値を表す。横軸は観測点数, 縦軸の表示は図 2 と共通である。