

2024年
12月号NEWS
LETTERIEVG ニュースレター
Vol.11 No.5

産総研特別公開 2024 開催報告

宝田晋治（大規模噴火研究グループ）・大坪 誠（地質変動研究グループ）

2024年10月5日に産総研つくばセンターにおいて、産総研特別公開2024が開催されました。昨年までは産総研一般公開という名称でしたが、今年から産総研特別公開と名称が変更されました。科学技術に興味のある中高生以上を対象としており、メインは大学生や大学院生、高専生を想定しています。研究現場見学（ラボツアー）と研究内容の体験ブースで、生の研究に触れ、現役研究者と話すことを売りにしています。今年は21件のラボツアー、24件の体験ブースが開催されました。地質調査総合センターからの体験ブースの出展は、「キッチン火山で噴火体験!」、「動きやすい断層って、いったいどんなの?」、「岩石破壊実験で地震発生のメカニズムを探れ!」、「見ればわかる? 割らねばならぬ! 石のこと」、「汚染された水を綺麗にする魔法」、「見える。私にも宇宙線が見えるぞ! 霧箱と検出器で宇宙線ミュオンを捉える」の6件が出展されました。

今年は新しく、人事担当者による採用相談ブースも設けられました。ここでは、「キッチン火山で噴火体験!」および「動きやすい断層って、いったいどんなの?」の内容を紹介します。前日の10月4日の15時から18時には、職員およびその家族を対象とした内覧会が開催され、大変盛況でした。10月5日は、午後からはあいにくの雨模様でしたが、大盛況となり、全体で1,659名の来場がありました。

体験ブース：キッチン火山で噴火体験!

「キッチン火山で噴火体験!」の体験ブースでは、シースルー火山、火山灰の観察、噴火のビデオ、火山関連データベースの紹介の体験を行いました。シースルー火山は、ゼラチン、トマトジュース、コーラを使った内容です。ゼラチンには砂糖を混ぜて比重を高くしておき、プラスチック容器

Contents

- 01 産総研特別公開 2024 開催報告 …… 宝田晋治・大坪 誠
- 05 ワークショップ Slow-to-Fast Earthquake Workshop 2024 のワークショップと巡検参加報告 …… 大坪 誠
- 08 研究現場紹介 地震破壊の新たな理解に向けた回転地震動の観測：広帯域地震計を用いたアレイ観測の試み …… 今西和俊・矢部 優
- 15 視察対応 宮崎県の整備工事現場にて現場見学会を開催ー南海トラフ地震モニタリングのための地下水等総合観測施設整備工事ー …… 落 唯史・木口 努・北川有一
- 16 受賞報告 地質変動研究グループの前田純伶研究員らが2024年度日本地震学会技術開発賞を受賞 …… 前田純伶
- 17 受賞報告 「日本測地学会賞坪井賞（団体賞）」を受賞 …… 田中明子
- 18 外部委員会活動報告 2024年10月～11月

の下から、マグマに見立てたトマトジュースやコーラをチューブから入れることで、どのように火山内部でマグマが上昇するかを再現しました（写真1, 2）。実験の前には、立体的な富士山火山地質図の模型を使って、火山の火口の分布、溶岩流の広がり、プレートの沈み込み方向と火口列との関係、噴火のメカニズムなどを説明しました（写真3）。その後、参加者の皆さんに、筒状、板状、球、星形などの絵を示して、ゼラチン内をどのような形態でトマトジュース、コーラが上昇するかを予想していただきました。ゼラチン内をトマトジュースやコーラが上昇する際には、プラスチック容器を横から押して圧力をかけ、その方向に板状の割れ目の向きが変化すること、噴火直前にはゼラチンの表面が膨らむことなどを見ていただきました。産総研特別公開のXから配信したこのシースルー火山のビデオの映像は、大変人気があり、約50万件のアクセスがありました（https://x.com/AIST_JP/status/1842398795084206554）。約30分毎に開催した実験では、毎回大勢の方に来て頂きました。光学顕微鏡による火山灰の観察では、桜島の火山灰など各地の火山灰を見ていただきました（写真4）。昨年は実体顕微鏡2台で観察できる人が限られていたため、今年はモニタに火山灰を映して、より多くの人が見えるように工夫しました。お土産として、詳しい解説付きの桜島の火山灰を配布しました（写真5）。噴火のビデオのコーナーでは、1986年伊豆大島、1991～95年雲仙普賢岳、2011霧島、2014年の御嶽山、2013年～西之島の噴火の映像を使って、火山噴火の解説を行いました。火山関連のデータベースについては、第四紀火山データベース、活火山データベース、20万分の1日本火山図、大規模噴火データベース、噴火推移データベース、火山灰データベースについて、その概要をモニタで紹介しました。

参加者のアンケート結果によると、満足度の調査では火山ブースは、体験ブース24件中5位と健闘しました。来年も出展予定ですので、是非お越し頂ければ幸いです。



写真1 ゼラチンとトマトジュースによる噴火実験の様子。



写真2 噴火実験の様子。



写真3 富士山火山地質図を使った説明の様子。



写真4 光学顕微鏡による火山灰の説明の様子。



写真5 桜島火山灰のお土産。

(体験ブース担当者：大規模噴火研究グループ 石塚吉浩，宝田晋治，宮城磯治，河野裕希，火山活動研究グループ 古川竜太，山崎誠子，Chris Conway，谷内 元，マグマ活動研究グループ 中谷貴之，Derek Weller)

体験ブース：模型実験で断層の動きを観察してみよう

私たちは、研究体験ブースとして、模型を使って、断層面の姿勢の違いが断層の動きやすさに影響する様子を観察するアナログ実験を企画しました。実際に模型を横から押してみることによって、「どんな姿勢の断層がどのように動くのか」を見学者の方々に体験していただきました。さらに、「実際に断層の動きやすさをPCで見積もってみる」を追加で企画し、見学者の方々に①断層の情報を調べる、②地下の力の状態を調べる、③断層の動きやすさを計算する、を体験していただきました。(写真6,7)

断層面の姿勢、とくに傾斜が変化することで、断層の動きやすさが変化します(この動きやすさのことを「スリップテンデンス」と言います)。そこで、地下の断層面の傾斜の違いが断層の動きやすさに影響を与えることを視覚的に理解しやすいように、色々な角度で二つに切ったキューブ状の発砲スチロールを透明ケースに敷き詰めた模型を作成します。(写真8)そして、この模型をある方向から押した時に傾斜が緩い断層が動きやすく、傾斜が急な断層が動きにくいことを、見学者の皆さんに実感していただきました。また、傾斜が急な断層でも、断層面に「潤滑剤」を塗ることで簡単に断層が活動しやすくなる様子も体験していただきました。

私たちが日常生活をしている日本列島の地下には、多くの断層が存在します。現在活動をしている断層は「活断層」として地表で観察できることもあります。地下に、どんな傾斜の断層が存在すると、活動しやすいのか、もしくは活動しにくいのか、を今回の模型で触れることが出来ます。私たちのグループでは、断層面に働く力(応力)や断層の傾斜を調べて、断層の活動しやすさを研究しています。

見学者の方々からは、「動きやすさを数字で表現できるのは地震に対する備えを進める材料になるかもしれない」、「地下の力の状態は日々変化するか?」、「地面に現れていない断層の動きやすさを評価するにはどうしたらよいのか?」などのご意見やご質問をいただきました。いずれも断層の動きやす

さの研究を進めていく上で大変貴重なものでした。今後開催される一般公開でも、来場者との交流や研究成果の社会への浸透などを念頭に企画していく予定です。

(体験ブース担当者：地質変動研究グループ 大坪 誠，古野由起)



写真6 当日のブースの様子。



写真7 当日の説明の様子。

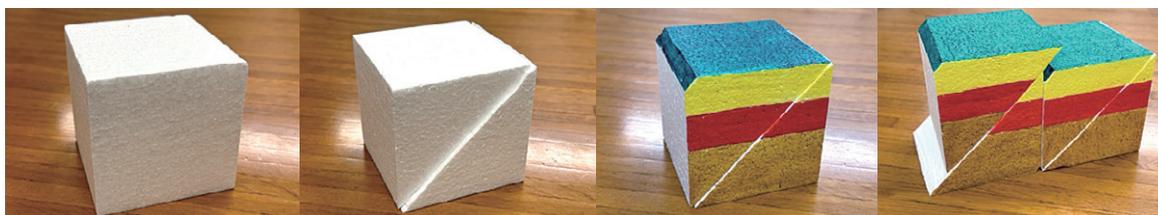


写真8 キューブ状の発砲スチロールで作成した断層模型。

ワークショップ

Slow-to-Fast Earthquake Workshop 2024 の
ワークショップと巡検参加報告

大坪 誠（地質変動研究グループ）

はじめに

2024年9月16日から21日まで大分県別府市で開催された、Slow-to-Fast Earthquake Workshop 2024のワークショップと巡検について紹介します。このワークショップは学術変革領域（A）「Slow-to-Fast地震学」が主催したものです。Slow-to-Fast地震学（略称：SF地震学）は、文部科学省科学研究費補助金の学術変革領域研究（A）として2021年度に採択された、スロー地震（Slow地震）から通常の地震（Fast地震）まで、地震という現象を幅広くとらえて深く理解するための大型研究プロジェクトです（詳しくは、<https://slow-to-fast-eq.org/>を参照）。約100人の研究者と多くの次世代を担う学生たちが、Slow地震とFast地震の理解と、より良い将来予測を目指して、2021年から5年間の研究を進めています。このプロジェクトには、地震学のみならず、GPSなどを使った測地学、地震が発生する場所にあるモノを理解する地質学や地球化学、摩擦や破壊の法則を明らかにする基礎的な物理学などの研究者が参加しており、さらに、新しい観測技術を開発する工学系の研究者や、データサイエンスに強い情報科学や統計学の研究者も新しく参加しています。

ワークショップに参加

9月17日から19日の3日間、別府市の別府国際コンベンションセンター（ビーコンプラザ）において、口頭発表およびポスター発表が開催されました（写真1）。この3日間では、

① The 2024 M7.6 Noto earthquake and seismic swarm

② Fault rheology of plate boundary at laboratory, outcrop, and geophysical exploration scales

③ Induced or controlled earthquakes, –What determines the initiation of slow and fast earthquakes? –

のテーマで活発な議論が行われました（プログラムは、<https://sites.google.com/view/slow2fast-earthquake-workshop/>で見ることができます）。ワークショップでは、海外からの多くの参加もあり、5件の基調講演を含む32件の口頭発表と153件のポスター発表が行われました（写真2）。



写真1 Slow-to-Fast Earthquake Workshop 2024のワークショップの会場となった別府国際コンベンションセンター（ビーコンプラザ）。

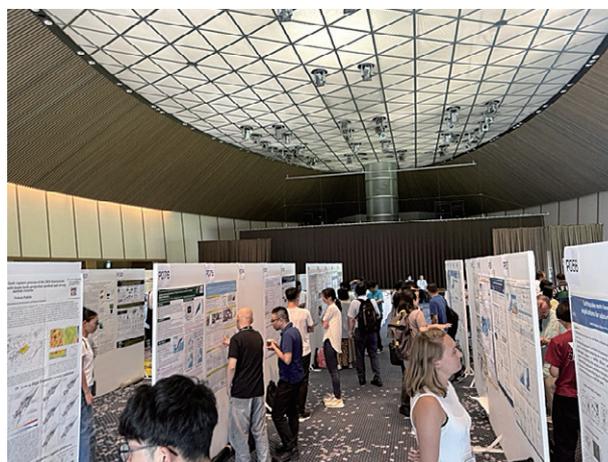


写真2 ワークショップでのポスター発表の様子。

私は、「② Fault rheology of plate boundary at laboratory, outcrop, and geophysical exploration scales」のセッションで、口頭発表にて、浅部沈み込み帯における変形と Slow 地震の関係を構造地質学的な観点から検討した結果を紹介しました（写真3）。特に南海トラフ付近の地震活動が低調とされる地域での付加体内の褶曲の変形が応力蓄積を消費してスロー地震の発生を抑制する可能性を指摘しました。そのほかの発表では、2024年1月1日に発生した2024年能登半島地震（マグニチュード7.6）に関する講演があり、地震や測地での観測に関する研究成果に加えて、亀裂性岩盤の力学・水理モデルに関連性が強い応力-亀裂形成-流体移動の関係について、Slow 地震および Fast 地震の理解の中でどう考えるかの議論が行われました。

巡検に参加

ワークショップ後の9月20日から21日の2日間にかけて、九州の四万十帯付加体を対象とした巡検に参加しました。この巡検では、沈み込み帯の Slow 地震と Fast 地震の痕跡を観察し、プレート境界における地震発生のメカニズムを理解することを目的として行われました。以下では、訪問した3つの観察地点とそれぞれの見どころについて報告します。



写真3 ワークショップでの口頭発表する筆者。

1日目：槇峰メランジュ (Stop 1) と北川層群 (Stop 2)

巡検は、JR 別府駅で集合した後に槇峰メランジュ (Nomi) に向かいました（写真4）。この地層は、後期白亜紀の四万十付加体の一部で、300~350°Cの変成作用を受けた堆積物や玄武岩などから構成されています。特に、クラックシール型の石英脈が集中する領域が観察され、これが Slow 地震の発生を記録していると考えられています。これらの石英脈は、せん断や伸長の応力を繰り返し受けることで形成され、流体圧の変動やプレート境界の動態について重要な手がかりを提供していると説明がありました。

午後には、北川層群 (Shimoaso) に移動しました（写真5）。この地層は、白亜紀の槇峰メランジュと



写真4 巡検の様子、槇峰メランジュ (Stop 1)。



写真5 巡検の様子、北川層群 (Stop 2)。

古第三紀の日向層群の間に位置する三角形の地質体で、砂岩と泥岩が交互に堆積したタービダイト堆積物が特徴です。ここでは、深部における低角度の変成時の形成された *foliation* が堆積岩の傾斜層に重複する様子を観察しました。この観察から沈み込み帯の浅部から深部への変形過程がどのように進行するかに触れることができました。

2日目：延岡衝上断層 (Stop 3)

2日目は、延岡衝上断層 (Tomi) の観察でした。この衝上断層は、沈み込み帯の巨大分岐断層の陸上アナログとして、活動時には最大 320°C の温度環境下で形成されたとされています。断層コアでは、石英脈の変形や圧力溶解による粘性変形とともに、脆性的なカタラスティック変形が観察されました。また、断層壁のひずみ帯では、高角度の葉理面と交差するシュードタキライトや石英脈が見られ、これが Fast 地震時のすべりや地震後の流体放出を示していると考えられます。

さらに、断層周辺の岩石の透水性に関する詳細な研究結果も共有されました。特に、延岡衝上断層周辺で行われた科学掘削プロジェクト (NOBELL) の成果により、沈み込み帯深部の断層活動とそれに伴う流体挙動が明らかになりつつあります。

まとめ

今回の巡検を通じて、沈み込み帯における Slow 地震から Fast 地震への遷移メカニズムに関する多くの知見を得ることができました。特に、クラックシール型石英脈や断層コアの構造解析は、地震発生の時間スケールや流体圧変動の理解に重要な情報を提供しています。現地での観察に加え、地質学から地球物理学にわたる専門の幅広い研究者間での活発な議論を通じて、地震発生の物理の理解を深める貴重な機会となりました。この経験を活かし今後の研究に取り組んでいきたいと考えています。

研究現場紹介

地震破壊の新たな理解に向けた回転地震動の観測：広帯域地震計を用いたアレイ観測の試み

今西和俊（活断層・火山研究部門），矢部 優（地震地下水研究グループ）

1. はじめに

地面の動きを計測することは地震学の基本です。地震学の名著 *Quantitative Seismology* (Aki and Richards, 1980) の第1章は以下の記述から始まります。

“Seismology is a science based on data called seismograms, which are records of mechanical vibrations of the Earth” (p.1)

地面の動きのうち、これまで長年にわたり観測されてきた記録 (seismogram) は、地震計による上下方向と水平方向2成分の並進3成分であり、変位の空間微分量にあたる歪や回転成分の観測は限られています (図1)。しかし、地震波帯域の歪や回転成分 (以後、歪地震動、回転地震動と呼ぶ) は、構造物被害の分析に加え、震源過程や地下構造の詳細解明に非常に重要な観測量であり、並進成分と組み合わせた解析が期待されています (例えば、Takeo and Ito, 1997; Igel *et al.*, 2005; Trifunac, 2009)。例えば、地震の震源像を表すモーメントテンソル解の高精度推定に、歪や回転成分が非常に有効な観測量になることが示されています (Donner *et al.*,

2016; Ichinose *et al.*, 2021; 矢部・今西, 2022)。

地震が断層運動 (せん断破壊) によって説明できることが、理論と観測の両面から認められてから、半世紀以上が過ぎました (図2a)。しかし、露頭に見られる断層破碎帯を詳しく観察すると、地震がせん断破壊だけでは説明しきれない複雑さを持つことが伺えます。最近になり、シェールガスや地熱開発、群発地震のように流体注入により誘発される地震では、微小ながらも断層面の開口や閉口といった非せん断破壊成分 (図2b) が含まれることが報告されるようになってきました (例えば、Pesicek *et al.*, 2016; Martínez-Garzón *et al.*, 2017; Vavryčuk and Hrubcová, 2017)。さらに、前震のみに非せん断破壊成分が含まれる可能性を指摘する研究も報告され始めています (McLaskey and Lockner, 2018)。これらの研究は、「地震=せん断破壊」という既存の概念を見直し、新たな視点から地震現象を再検討する必要性を示唆しています。その中で、これまでほとんど活用されてこなかった歪や回転成分といった、並進成分とは独立した観測データを利用することが、一つの突破口になると考えられます。

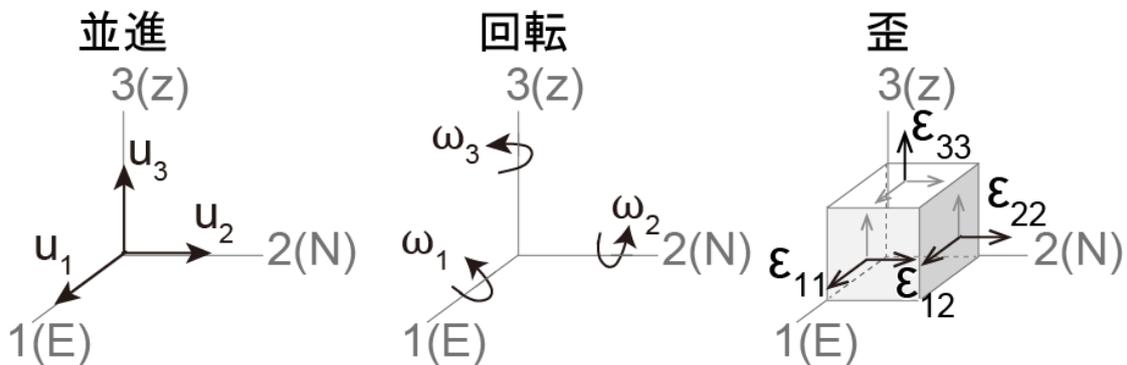


図1 地動の並進, 回転, 歪成分. 地震学で観測されているのは, 並進成分がほとんどである.

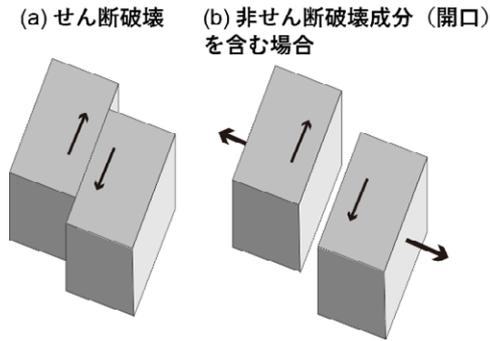


図2 (a) 地震のメカニズムと考えられるせん断破壊。
(b) 非せん断破壊成分（開口の例）を含む地震。

2. 回転地震動の観測

歪地震動は、伸縮計や歪計の高サンプリング観測により観測可能です (Kasahara, 1976; Okubo *et al.*, 2004). 産総研の地下水等総合観測施設 (<https://gbank.gsj.jp/wellweb/GSJ/kaisetsu/gaiyou/gaiyou.html>) では、ボアホール歪計の記録を 20 Hz サンプリングで観測しており、良質な歪地震動が得られています (武田ほか, 2011). 一方、回転地震動の観測については、最近では光ファイバジャイロによる可搬型の広帯域回転地震計が販売され始めていますが (例えば、フランス iXblue 社の blueSeis-3A)、高価な装置でもあり、観測事例はまだ限られています。そこで私たちは、手持ちの地震計を空間的に密に配置した観測 (アレイ観測と呼ばれる) を行い、その記

録の空間微分から歪と回転成分を抽出する観測計画を立てました。同様の試みは海外で報告されています (Donner *et al.*, 2017; Gomberg *et al.*, 1999; Huang, 2003; Spudich *et al.*, 1995), 十分な検証が行われているわけではなく、地震活動が活発な日本において実績を蓄積する意義は大きいと考えています。私たちは幅広い周波数帯域での観測を目指し、広帯域地震計を使用することにしました。使用可能な広帯域地震計は 4 台で、これらを口径約 1 km の範囲に設置することにしました。詳細は割愛しますが、このスペックにより、理論的には約 1 秒から 100 秒の帯域で歪と回転成分を十分な精度で推定することができます。

観測場所の選定にあたっては、比較検証を可能にするため、まず産総研の地下水等総合観測施設の近傍を候補としました。これは前述の通り、同施設でボアホール歪計の観測が行われており、その記録と比較できるためです。次に、地震計の設置場所については、観測条件が可能な限り同一であることが望ましいため、地形の起伏が少なく、地質構造が複雑で無いことを考慮しました。これらの条件を満たす候補地として、下見調査の結果も踏まえて、愛媛県新居浜市の北東沖に位置する離島である新居大島を選定しました (図 3)。新居大島は、直近の地下水等総合観測施設の新居浜黒島観測点から約 1 km

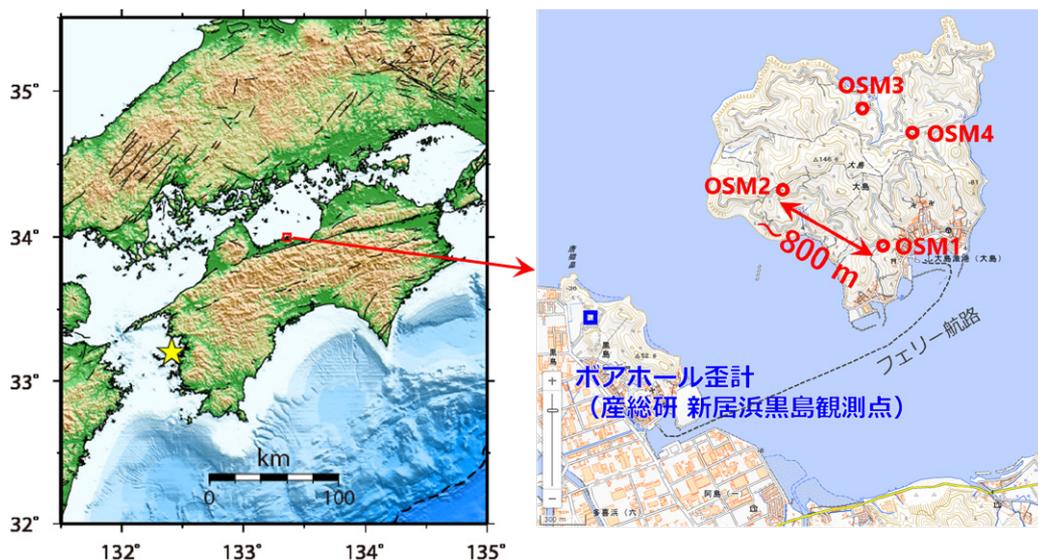


図3 臨時観測の場所 (愛媛県新居浜市 新居大島)。右側に拡大図を示す (基図は地理院地図)。赤丸は臨時観測点の位置、青い四角は産総研の新居浜黒島観測点。左図の黄色の星は、2024年4月17日23時14分に発生した気象庁マグニチュード6.6の豊後水道の地震。

離れていますが、島の地表地質は中生代白亜紀後期の深成岩(大島トータル岩)でほぼ共通しており(青矢ほか, 2013), 地形の起伏も少ないうえ、市街地から離れて人工ノイズの少ない静かな環境でもあり、本研究の観測に最適な場所と判断しました。新居大島へは、市営のフェリーを利用して渡ります。フェリーはほぼ1時間に1往復運航されており、所

要時間は約15分です。天気が良い日には、穏やかな瀬戸内海の景色を楽しみながら快適に移動できます。島内も非常にのどかで、運がよければ飼育されているヤギの群れに出会うこともできます(写真1)。

地震計の設置は2023年2月13日から15日にかけて行いました。設置風景を写真2に示します。今



写真1 観測地である愛媛県新居浜市の新居大島。(a) 新居大島へはフェリーを利用して渡る。(b) フェリーから見た新居大島の景観。(c) 島内でヤギの歓迎を受ける。臨時観測点の1つ(OSM4)は、カーブミラー付近に設置した。

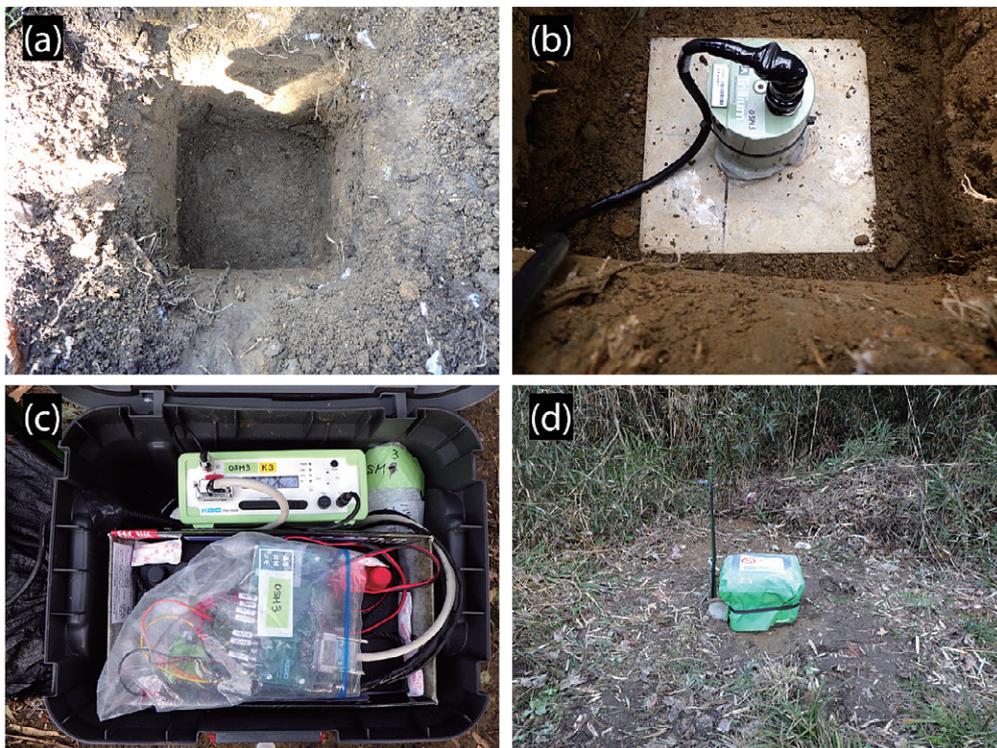


写真2 地震計設置風景。(a) 地震計埋設用に掘った穴。幅、深さともに約50 cm。(b) コンクリート版を敷き、地震計の水平1成分が北を向くように設置。地震計のサイズは、直径9 cm、高さ11 cm強、重さ1.2 kgである。コンクリート版に書かれている黒の線は南北方向を示すガイド線(上側が北)。最後に土で完全に埋める。(c) 観測ケース内の様子。収録装置とバッテリーが入っている。(d) 設置完了後の写真。地震計は観測ケースの奥側に埋設されている。ポールにはGPSアンテナが取り付けられている。

回使用した地震計は、Nanometrics 社製の Trillium Compact です。この地震計は非常にコンパクトで、120 秒から 100 Hz までフラットな高感度特性を持つ広帯域地震計です。世界的に多くの研究者に利用されており、個人的にも非常に気に入っています。広帯域地震計の記録は温度変化の影響を受けるため、深さ約 50 cm の穴を掘り、地中に埋設しました。地震計からの信号は、(株) NF 計測技研社製のデータロガー HKS-9550 で記録し、100 Hz サンプリングで連続収録しています。データロガーは 96 Ah の容量を持つバッテリーで駆動しており、地震計とデータロガーの消費電力を考慮すると、バッテリーの持続時間は約 3~4 か月です。そのため、概ね 3 か月に一度の頻度で、バッテリー交換とデータ回収のために現地を訪れています。この観測は現在も継続中で、今年 11 月上旬のデータ回収時点までに、豊後水道

や日向灘地域で発生したマグニチュード 4 以上の地震記録を 24 イベント取得しています。

3. 取得された観測データと回転地震動の推定例

観測例として、2024 年 4 月 17 日 23 時 14 分に発生した気象庁マグニチュード 6.6 の豊後水道の地震を取り上げます(今西・矢部, 2024)。この地震の震央は図 3 の星印で示されており、深さ約 40 km のフィリピン海プレート内で発生し、東西方向に引張軸を持つ正断層型地震と評価されています(地震調査研究推進本部 地震調査委員会, 2024)。臨時観測で得られた生波形(速度波形)を図 4 に示します。約 130 秒付近で P 波が、約 140 秒付近で S 波が到達していることがわかります。この生波形に 10 秒から 20 秒帯域のバンドパスフィルターを掛けたうえで 1 回時間積分した波形(変位波形)を図 5 に示

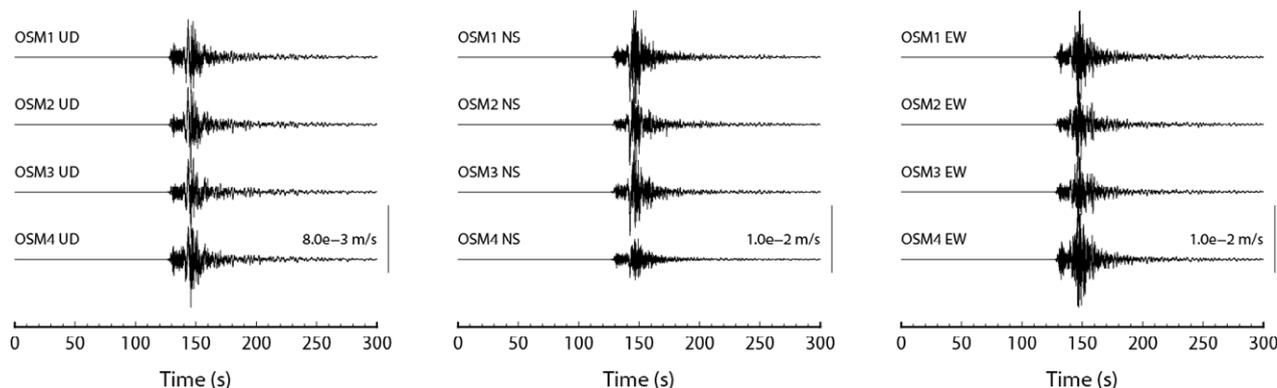


図 4 2024 年 4 月 17 日 23 時 14 分に発生した豊後水道の地震 (M_j6.6) の観測波形。左から順に各観測点の上下動成分、南北動成分、東西成分を示す。観測点の位置は図 3 を参照。横軸の 0 秒は、23 時 13 分 00 秒。

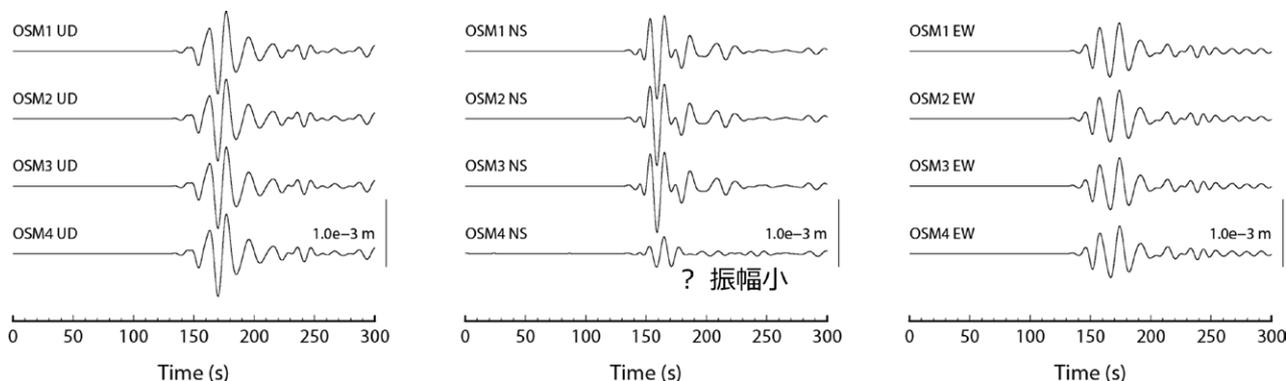


図 5 図 4 の観測波形に 10 秒~20 秒帯域のバンドパスフィルターを掛けたうえで 1 回時間積分した変位波形。波形の並びは図 4 と同じ。

します。観測点の位置が近いこと、各観測点で似た波形を示していることがわかります。ただし、観測点 OSM4 の南北 (NS) 成分においては、他の観測点と比べて振幅値がかなり小さいことが確認できます。他の地震記録も確認したところ、観測途中で地震計が故障した可能性があると考えています。来年早々に他地域で使用している地震計を回収し、交換する予定です。

当初の目的である歪と回転成分の推定は、最低限 3 点のデータがあれば可能です。そこで、図 5 に示す OSM1, OSM2, OSM3 の 3 観測点の変位波形を使い、Spudich *et al.* (1995) に基づいて、アレイデータから変位勾配テンソル (成分は $\delta u_i/\delta x_j$, $i,j=1,2,3$) を最小二乗法で推定しました。その結果から、歪と回転成分を求めることができます。推定された歪地震動は図 6 の赤線で示しており、 $1 \mu\text{strain}$ (1 km の長さの物体が 1 mm 伸び縮みする量) オーダーの歪地震動が観測されています。一方、黒線は産総研新居浜黒島観測点に設置されたボアホール歪計 (設

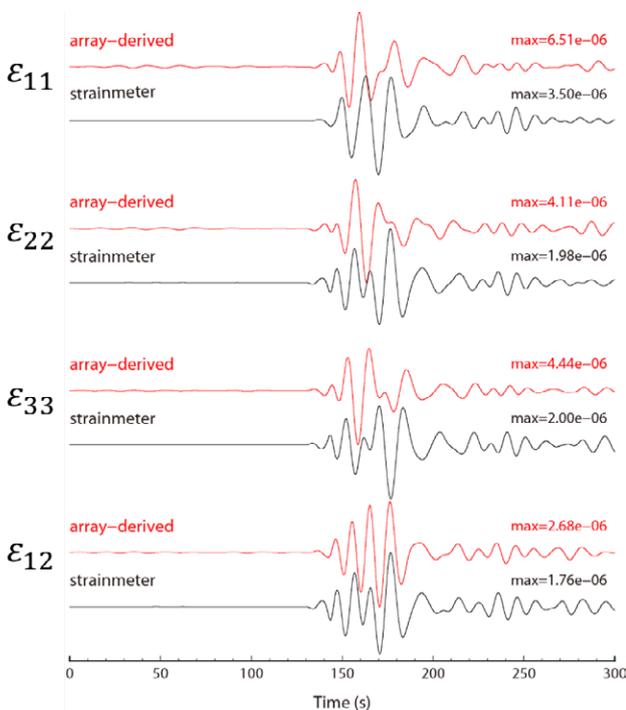


図 6 図 5 に示した 3 観測点 (OSM1 ~ OSM3) のデータを用いて推定された歪地震動 (赤線)。黒線は産総研新居浜黒島観測点のボアホール歪計の記録。 ϵ_{11} , ϵ_{22} , ϵ_{33} は、それぞれ東西方向、南北方向、上下方向の縦歪を表し、 ϵ_{12} はせん断歪を表す (図 1 参照)。

置深度 482 m) の記録です。観測点の位置がやや離れていることや観測深度の違い等により、完全に一致する波形は得られていませんが、両者の波形は概ね同様の特徴を示していることが確認されました。この結果から、回転地震動も適切に推定されたと判断できます。推定された回転地震動は図 7 に示しており、 0.1μ ラジアンオーダーの回転が観測されています。このオーダーの微小な回転量になると、市販の回転地震計では機器ノイズが上回るため、観測することが難しくなります。現在、観測された歪と回転地震動を理論波形と比較することで、非せん断破壊成分の有無を検証する研究を進めています。その成果については、学術論文として公表していく予定です。

4. おわりに

本稿では、地動の回転成分を観測する目的で開始した広帯域地震計を用いたアレイ観測について報告しました。国内には世界でも稀なほど稠密な地震観測網が構築されていますが、回転地震動は自前の観測を行わなければ得ることができない貴重なデータです。観測開始から 2 年弱が経過し、時間と労力は要しましたが、良質のデータが得られるようになり、手応えを感じています。この新たな観測量を活用し、地震破壊におそらく含まれるであろう微小な非せん断破壊成分を十分な精度で推定し、そ

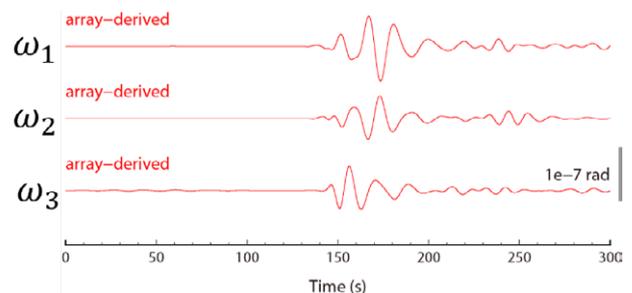


図 7 図 5 に示した 3 観測点 (OSM1 ~ OSM3) のデータを用いて推定された回転地震動。 ω_1 , ω_2 , ω_3 は、それぞれ東西軸、南北軸、上下軸周りの回転を表す (図 1 参照)。

の背後にある物理機構を解明することができれば、これまで踏み込むことができなかった地殻の微視的プロセスの実態に迫ることが可能になってくるでしょう (図 8)。今後の研究を通じて、地震現象の理解に新たな視点を提供していきたいと考えています。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 23H01279, 22H05317, 21H04505, 21K14022, 21H05203 の助成を受けたものです。アレイ解析では, strainz17 (<https://www.usgs.gov/node/279410>) を使用しました。臨時観測では大島自治会長の後藤一誠様にお世話になりました。記して感謝いたします。

参考文献

Aki, K., and P. G. Richards (1980) Quantitative Seismology: Theory and Methods, Vol.1, W.H. Freeman, San Francisco, 557 pp.

青矢陸月・野田 篤・水野清秀・水上知行・宮地良典・松浦浩久・遠藤俊祐・利光誠一・青木正博 (2013) 新居浜地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 181 pp.

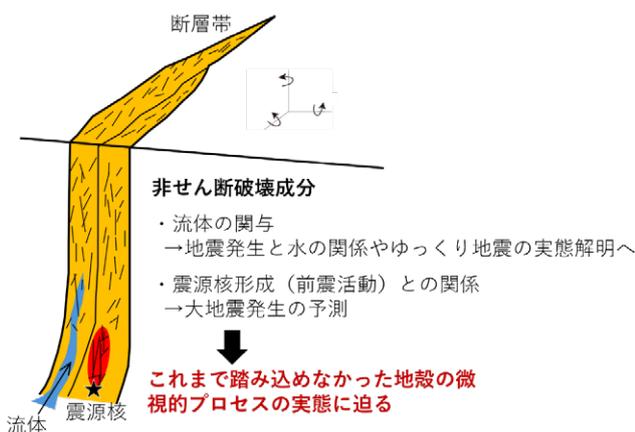


図 8 回転地震動を含めた解析から期待されるフロンティア。回転地震動を含めた解析により、非せん断破壊成分の検出やモーメントテンソル解の精度向上、地殻の微視的プロセスの解明が期待される。また、地震発生モデルの再構築や新たな観測技術・解析手法、計測機器の開発にも寄与する可能性がある。

Donner, S., M. Bernauer, and H. Igel (2016) Inversion for seismic moment tensors combining translational and rotational ground motions. *Geophysical Journal International*, 207, 562-570. <https://doi.org/10.1093/gji/ggw298>

Donner, S., C. Lin, C. Hadziioannou, A. Gebauer, F. Vernon, D. C. Agnew, H. Igel, U. Schreiber, and J. Wassermann (2017) Comparing direct observation of strain, rotation, and displacement with array estimates at Piñon Flat Observatory, California. *Seismological Research Letters*, 88(4), 1107-1116. <https://doi.org/10.1785/0220160216>

Gomberg, J., G. Pavlis, and P. Bodin (1999) The strain in the array is mainly in the plane (waves below ~1 Hz). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89(6), 1428-1438. <https://doi.org/10.1785/BSSA0890061428>

Huang, B. (2003) Ground rotational motions of the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake as inferred from dense array observations. *Geophysical Research Letters*, 30(6), 1307. <https://doi.org/10.1029/2002GL015157>

Ichinose, G. A., S. R. Ford, and R. J. Mellors (2021) Regional moment tensor inversion using rotational observations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB020827. <https://doi.org/10.1029/2020JB020827>

Igel, H., Ulrich Schreiber, A. Flaws, B. Schuberth, A. Velikoseltsev, and A. Cochard (2005) Rotational motions induced by the M8.1 Tokachi-oki earthquake, September 25, 2003. *Geophysical Research Letters*, 32, L08309. <https://doi.org/10.1029/2004GL022336>

今西和俊・矢部 優 (2024) 広帯域地震計アレイによる地動回転成分の観測 (2). 日本地震学会 2024 年度秋季大会, S08-12.

地震調査研究推進本部 地震調査委員会 (2024) 2024 年 4 月 17 日 豊後水道の地震の評価, https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240417_bungosuido.pdf (2024 年 12 月 19 日閲覧)

- Kasahara, M. (1976) Seismic and geodetic observations through the digital PCM telemetering system in Hokkaido, Japan. *Journal of Geodetic Society of Japan*, 22(4), 292-294. <https://doi.org/10.11366/sokuchi1954.22.292>
- Martínez-Garzón, P., G. Kwiatak, M. Bohnhoff, and G. Dresen (2017) Volumetric components in the earthquake source related to fluid injection and stress state. *Geophysical Research Letters*, 44, 800-809. <https://doi.org/10.1002/2016GL071963>
- McLaskey, G. C., and D. A. Lockner (2018) Shear failure of a granite pin traversing a sawcut fault, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 110, 97-110. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2018.07.001>
- Okubo, M., Y. Asai, H. Aoki, and H. Ishii (2004) The seismological and geodetical roles of strain seismogram suggested from the 2004 off the Kii peninsula earthquakes. *Earth, Planets and Space*, 57, 303-308. <https://doi.org/10.1186/BF03352567>
- Pesicek, J., K. Cieřlik, M. Lambert, P. Carrillo, and B. Birkelo (2016) Dense surface seismic data confirm non-double-couple source mechanisms induced by hydraulic fracturing. *Geophysics*, 81(6), KS207-KS217. <https://doi.org/10.1190/geo2016-0192.1>
- Spudich, P., L. K. Steck, M. Hellweg, J. B. Fletcher, and L. M. Baker (1995) Transient stresses at Parkfield, California, produced by the M7.4 Landers earthquake of June 28, 1992: Observations from the UPSAR dense seismograph array. *Journal of Geophysical Research*, 100, 675-690. <https://doi.org/10.1029/94JB02477>
- 武田直人・今西和俊・北川有一 (2011) ボアホール歪計で観測された2011年東北地方太平洋沖地震の歪地震記録. 活断層・古地震研究報告, 第11号, 319-330.
- Takeo, M., and H. M. Ito (1997) What can be learned from rotational motions excited by earthquakes?. *Geophysical Journal International*, 129(2), 319-329. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1997.tb01585.x>
- Trifunac, M. D. (2009) The role of strong motion rotations in the response of structures near earthquake faults. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 29(2), 382-393. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2008.04.001>
- Vavryčuk, V., and P. Hrubcová (2017) Seismological evidence of fault weakening due to erosion by fluids from observations of intraplate earthquake swarms. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122, 3701-3718. <https://doi.org/10.1002/2017JB013958>
- 矢部 優・今西和俊 (2022) 理論テストによる並進・歪ジョイントCMT解析の精度検証. 日本地震学会2022年度秋季大会, S08-13. <https://confit.atlas.jp/guide/event/zisin2022/subject/S08-13/advanced> (2024年12月19日閲覧)

視察対応



宮崎県の整備工事現場にて現場見学会を開催－南海トラフ地震モニタリングのための地下水等総合観測施設整備工事－

落 唯史・木口 努・北川有一（地震地下水研究グループ）

産総研では、南海トラフ沿いで発生する地震の予測精度向上を目的として、現在宮崎県延岡市にて新規の地下水・ひずみ観測点（以下、延岡北方観測点）の整備を進めているところです（落ほか，2024）。延岡北方観測点では深さ 250 m（孔 1）、200 m（孔 2）、30 m（孔 3）の 3 本の観測井戸の掘削、ひずみ計・地震計・水位計などを設置し、観測建屋の建設する予定です。本稿を書いている 12 月中旬現在、孔 3 の掘削と観測建屋の建設はほぼ終了し、孔 1、孔 2 は深さ 200 m 手前まで掘削が進んでいます。

12 月 10 日午後、延岡市職員による現場見学会を実施しました。この見学会は延岡市からのご要望により実現したもので、当日は 30 名程度の職員の皆様が参加されました。冒頭で落より本整備工事の目的を説明したのち、工事を担当している住鉱資源開発株式会社の現場代理人より具体的な工事の内容

を説明しました。当日は孔 1 と孔 2 の掘削を並行して進めているところでしたので、作業中の櫓の近くで工事現場を見学していただきました（写真 1）。本工事特有の難しさなどについて質疑応答が交わされました。

このような機会を通して、地元自治体の皆様とのご理解を得ながら引き続き安全第一で整備工事を進めてまいります。

参考文献

落 唯史・木口 努・北川有一，2024，宮崎県において新規観測点のボーリング孔の掘削を開始－南海トラフ地震モニタリングのための地下水等総合観測施設整備工事－，活断層・火山研究部門ニュースレター，11，No. 4，1-3.

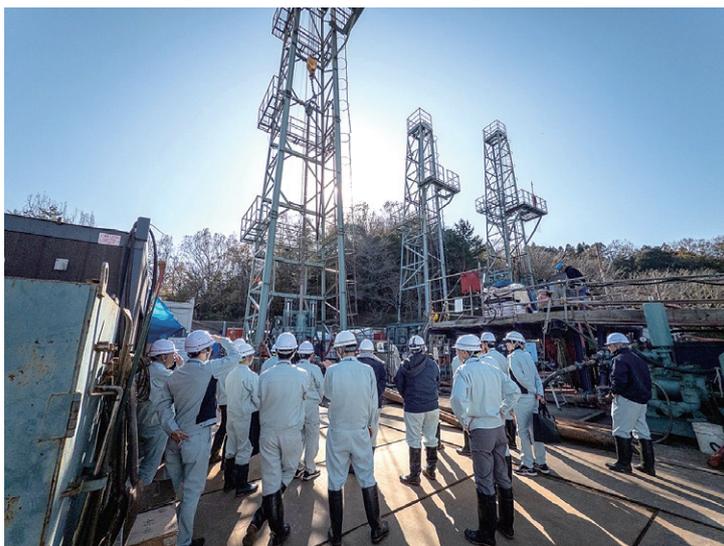


写真 1 見学会の様子。左から孔 1（250 m）、孔 3（30 m）、孔 2（200 m）の掘削用の櫓。

受賞報告 地質変動研究グループの前田純伶研究員らが2024年度 日本地震学会技術開発賞を受賞

前田純伶（地質変動研究グループ）

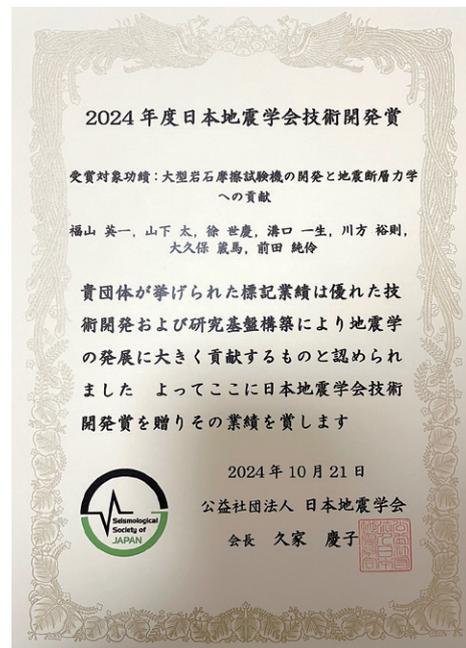
2024年7月30日の2024年度第3回日本地震学会理事会において、2024年度日本地震学会技術開発賞が決定されました。受賞対象功績は「大型岩石摩擦試験機の開発と地震断層力学への貢献」で、受賞者は福山英一（京都大学）、山下太（防災科学技術研究所）、徐世慶（南方科技大学）、溝口一生（電力中央研究所）、川方裕則（立命館大学）、大久保蔵馬（防災科学技術研究所）、前田純伶（産業総合技術研究所）の7名です。受賞理由の詳細は公益社団法人日本地震学会の学会賞（https://www.zisin.jp/awards/zisin_technology03.html）から確認できます。

受賞者のコメント

日本地震学会技術開発賞という大変栄誉ある賞を受賞いたしました。関係者の皆様にはこの場を借りて心よりお礼申し上げます。

本受賞は前職である防災科学技術研究所にて行なった業務が評価されたものです。私は2020年から世界最大の長さ6.0m×幅0.5mの模擬断層面を最大1mせん断することが可能な第三世代の試験機の開発に携わりました。この世界最大の試験機の

開発に関与できたことは研究者として貴重な経験になり、また、このような大変栄誉ある賞をいただけたことを誇りに思います。現職では業務内容が大きく変わりましたが、今後も地震断層力学の理解に貢献できるように日々精進してまいります。



受賞報告 「日本測地学会賞坪井賞（団体賞）」を受賞

田中明子（マグマ活動研究グループ）

2024年10月31日、大和ミュージアム（広島県呉市）において、PIXEL（PALSAR Interferometry Consortium to Study our Evolving Land surface (<https://pixel.eri.u-tokyo.ac.jp/>)) が、日本測地学会賞坪井賞団体賞#（受賞対象者：古屋正人氏、青木陽介氏、小澤拓氏、田中、福島洋氏、安藤忍氏、高田陽一郎氏、奥山哲氏、木下陽平氏）を受賞しました。なお、受賞対象者として、名前が挙げられているのは設立者および歴代代表者ですが、構成員全員が表彰対象です。受賞対象となった業績は「国内のSAR利用研究拡大への貢献」です。PIXELの設立趣意・活動などを、簡単にご紹介したいと思います。

現在では、何か地殻変動を生じるような地震・火山活動などが生じると、即座にSAR干渉画像・干渉SAR時系列解析などの結果が、報道、国土地理院のホームページ、地震予知連絡会・火山噴火予知連絡会・地震調査委員会等の資料などを通じて公表されます。このInSAR（干渉SAR, Interferometric SAR）解析による地殻変動の研究は、1992年Landers地震に伴う地殻変動の検出がNatureの表紙を飾った1993年以降広く行われてきました。日本においても、L-bandのSARを搭載した国産のJERS-1（1992-1998）衛星により、1995年兵庫県南部地震に伴う地殻変動が検出されるなど、地殻変動研究に使用はされていましたが、データ入手の困難さや、ソフトウェアが高価であるなどの問題もあり、国内ユーザー層の拡大は進みませんでした。ALOS（2006-2011）衛星の打ち上げ前に、同様の問題を解決すべく1999年にアメリカで設立されたWInSAR（Western North America InSAR）のメンバーからの問題提起的なe-mailも一つのきっかけとし、2006年に地殻変動研究におけるInSARの利用拡大を狙って、ユーザグループ「PIXEL」を立ち上げました。その経緯からも、データ共有、技術共有（解析ソフトウェア講習会）、情報共有（研究集

会、メイリングリスト）が主な活動内容です。これらを通じて、国内のSAR利用研究拡大に幾許かの貢献ができたと自負しています。

なお、PIXELグループ活動の基盤となっているのは東京大学地震研究所共同特定研究（B）（2006年の創設以来、現在の課題番号：2024-B-02）です。ALOS, ALOS-2（2014-）の無償データ提供は東京大学地震研究所と宇宙航空研究開発機構との間で締結された協定（-2018年度）およびJAXA第2回・第3回地球観測研究公募（EO-RA）に基づいています。PIXELの活動がこれまで続けてきたのは、PIXELの趣旨に賛同し、参加してくださった皆様および関係者の皆様のおかげです。心より感謝申し上げます。

#日本測地学会賞坪井賞団体賞は、測地学の発展に大きな寄与をされた故坪井忠二先生の業績を記念し、組織的研究が要求されるという測地学の特性から団体研究が重要な意義を有することに鑑み、測地学の分野で特に顕著な業績を揚げた団体を顕彰するために設けられた賞です。（日本測地学会 HP <https://geod.jpn.org/tsuboi/>）

参考リンク

<https://geod.jpn.org/tsuboi/2024/dantai/>



外部委員会等 活動報告 (2024年10月～11月)

2024年10月～11月

2024年10月3日

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価部会 (第180回) (吾妻出席 / web 会議)

2024年10月4日

令和6年度火山研究人材育成等支援事業審査委員会 (東宮出席 / web 会議)

2024年10月7日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会 地震防災対策強化地域判定会 (北川・板場出席 / 気象庁 & web 会議)

2024年10月17日

令和6年度第4回東京都環境影響評価審議会第二部会 (宮越出席 / 東京都庁)

2024年10月21日

令和6年度第7回東京都環境影響評価審議会総会 (宮越出席 / 東京都庁)

2024年10月21日

内閣府第18回火山防災会議 (石塚吉浩出席 / web 会議)

2024年10月21日

火山調査研究推進本部政策委員会 第3回総合基本施策・調査観測計画部会 (篠原・石塚吉浩出席 / web 会議)

2024年10月23日

科学技術・学術審議会総会 (第73回) (田中出席 / web 会議)

2024年10月28日

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 (第91回) (田中出席 / web 会議)

2024年11月8日

南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会 地震防災対策強化地域判定会 (北川・板場出席 / web 会議)

2024年11月12日

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (岡村・北川出席 / Web 会議)

2024年11月13日

原子炉安全専門審査会及び核燃料安全専門審査会火山部会 (第13回) (田中出席 / web 会議)

2024年11月18日

第245回地震予知連絡会 (今西・北川・松本出席 / Web 会議)

2024年11月20日

科学技術・学術審議会総会 (第74回) (田中出席 / web 会議)

2024年11月22日

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 宇宙開発利用部会 (第92回) (田中出席 / web 会議)

2024年11月26日

令和6年度第7回東京都環境影響評価審議会総会 (宮越出席 / 東京都庁)

2024年11月27日

第154回火山噴火予知連絡会 (篠原・石塚吉浩出席 / 気象庁)

2024年11月28日

第39回 (R6 第2回) 地震・火山噴火予知研究協議会 (田中出席 / web 会議)

2024年11月29日

火山調査研究推進本部政策委員会 第4回総合基本施策・調査観測計画部会 (篠原・石塚吉浩出席 / 文科省)

IEVG ニュースレター Vol.11 No.5 (通巻 65号)

2024年12月発行

発行・編集 国立研究開発法人 産業技術総合研究所
活断層・火山研究部門

編集担当 今西和俊・大坪 誠・東宮昭彦・黒坂朗子

問い合わせ 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央事業所 7 群
E-mail : ievg-news-ml@aist.go.jp

URL <https://unit.aist.go.jp/ievg/index.html>