

2025 年
8 月号NEWS
LETTERIEVG ニュースレター
Vol.12 No.3

[緊急調査報告]

霧島山新燃岳 2025 年噴火に関する緊急調査

1. 噴火の概要と部門の対応

鹿児島県と宮崎県の県境にある霧島山新燃岳では 2025 年 6 月 22 日に、2018 年 6 月 27 日以来となる 7 年ぶりの噴火が発生しました。今のところ本格的なマグマ噴火は起きておらず、火山灰を放出する噴火が断続的に発生しています (8 月 19 日現在)。活断層・火山研究部門では、噴火対応としてまずは気象庁から送付された 6 月 22 日噴火の火山灰試料の観察を迅速に実施するとともに、6 月 26 日から現地調査チームを派遣しました。以来、噴出物の分布調査や構成粒子の特徴解析、ドローンを用いた火山ガス観測や火口周辺観察などを行っています。調査や解析の結果は、気象庁や火山調査研究推進本部等へ随時報告するとともに、GSJ のウェブサイト (<https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kirishima/2025/index.html>, 2025 年 8 月 19 日確認) で紹介しています。

噴火初日の 6 月 22 日は日曜日で、新燃岳が午後 4 時前後に噴火したもようというニュースを受け

て、火山関係者の噴火対応メーリングリストで対応の検討が始まりました。気象庁の噴火警戒レベルは 2 のままで噴火がこれから本格化するか不明であること、現地調査にはすでに現地近くの大学や他機関が入るという情報が入っていたことから、至急現地に向かうより、気象庁が現地で採取した火山灰試料がつくばに到着次第、まず観察をして今後の対応を判断することになりました。6 月 23 日朝には火山関係 3 グループ長による協議が行われ、24 日には所内火山関係者が広く集まり、情報共有と今後の対応について検討しました。地震回数や火山ガスの放出が多い状態で経過していたため、今後の活発化を見据えて継続的に火山ガス観測や火山灰の採取・観察ができるよう体制を整え役割分担をしつつ、噴火対応が初めてのメンバーも経験者と一緒に現地に行きノウハウの引き継ぎもしようということになりました。26 日に最初の派遣を行った後も交代で現地調査を続け、噴火の状況を見て現地調査の頻

Contents

- 01 緊急調査報告 霧島山新燃岳 2025 年噴火に関する緊急調査
- 07 学会参加報告 IAVCEI Scientific Assembly 2025 参加報告 …… 宝田晋治・Chris Conway・新谷直己
- 13 学会参加報告 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 2025 参加報告 …… 今西和俊
- 15 自治体職員研修報告 2025 年度地震・津波・火山・斜面災害に関する自治体職員研修プログラム開催報告 …… 宮下由香里・今西和俊・穴倉正展・大橋聖和・大丸 純・石塚吉浩
- 19 新人研究紹介 地道な地質調査から桜島火山最大の噴火を復元する …… 木尾竜也
- 22 新人研究紹介 玄武岩質マグマによる伊豆大島の爆発的噴火に関する地質・岩石学的研究 …… 池永有弥
- 29 新人研究紹介 近地 S 波後続波を活用した地殻内不均質構造の研究とその加速 …… 雨澤勇太
- 35 受賞報告 篠原崇之研究員 (地震災害予測研究グループ) が GeoSciAI2025 特別賞 (優秀賞 / 特別賞) を受賞
- 36 外部委員会活動報告 2025 年 6 月～7 月

度も見直しながら、気象庁や現地関係者、他研究機関や大学等とも情報共有をしつつ、継続する噴火の対応を続けています。ここでは、これまでの現地調査の様子や火山調査研究推進本部への提出資料の内容の一部を紹介します。

2. 噴出物の構成粒子の特徴解析

噴火の特徴やマグマの関与について検討するためには、噴火の各期間に対応して連続的に採取した噴出物の構成粒子の特徴の変化を追うことが重要です。今回の噴火ではまず6月22日に気象庁により宮崎県西諸県郡高原町にて採取された火山灰試料が産総研に送付され、顕微鏡を用いて構成粒子の種類やその割合を解析しました。

6月22日の噴出物を構成する粒子のほとんどは黒色や灰色の岩片からなり（写真1）、これらは主に新燃岳の火口内を埋めている2011年や2018年の溶岩の破片だと考えられます。また、少量の白色岩片や白色物質で充填された黒色や暗褐色のガラス片も見られ、これらは火山体の地下や近傍の変質部に由来するものだと考えられます。構成粒子をいくつかの特徴をもとに区分し、その後も噴火の動向を注視しながら、変化を追っています。

7月2～4日に現地調査で採取された火山灰の構成粒子は、基本的には6月22日以降の火山灰と同様でしたが、7月2日にはマグマ物質の可能性があ

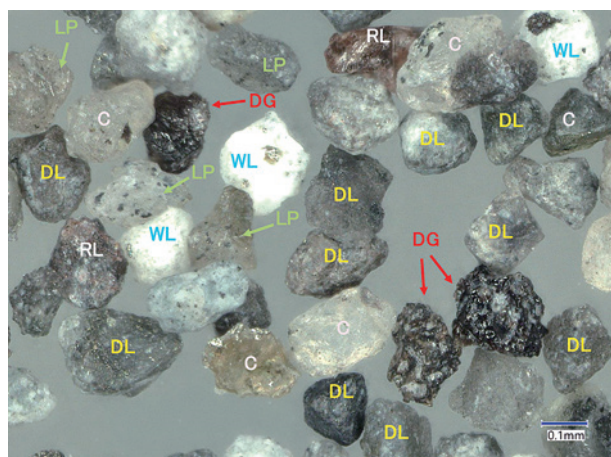


写真1 6月22日に気象庁により宮崎県西諸県郡高原町において採取された火山灰の構成粒子写真。（略称および詳細は資料「新燃岳2025年6月22日噴火の火山灰構成粒子の特徴」を参照）。

る新鮮な黒色～暗褐色ガラス片（DG）が増加しました（写真2）。この黒色～暗褐色ガラス片を電子線プローブマイクロアナライザで観察・分析したところ、光学顕微鏡でガラス質に見える粒子の内部に大量の微結晶が晶出していることがわかりました（写真3）。また、含まれる鉱物・ガラスの化学組成は1716～2018年噴火の噴出物とほぼ同じであることがわかりました。

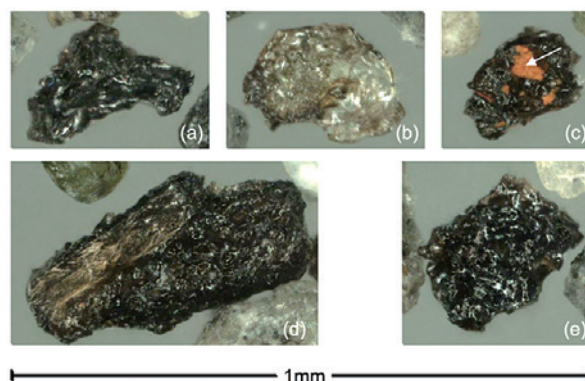


写真2 7月2日に採取された火山灰に含まれる、光沢を有し発泡痕を持つ黒色～暗褐色のガラス片（DG）。(a): 流動的に伸ばされた形状をしている。(b): 斜長石斑晶を包有している。(c): 赤色酸化した岩片（矢印）を包有している。(d): 直方輝石斑晶を包有している。(e): 試料に含まれるDG粒子の典型例。（詳細は資料「新燃岳2025年7月2日～4日の火山灰構成粒子の特徴」を参照）。

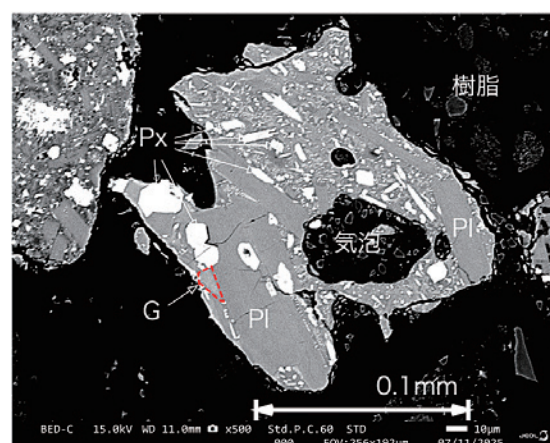


写真3 7月2日の火山灰に含まれるDG粒子の反射電子像。PIは斜長石、Pxは輝石（直方輝石）、Gはガラス（赤い波線で囲んだ部分）。DG粒子は流動的に伸ばされた形状をしており、光学顕微鏡下においてはガラス質に見えるが、断面を走査型電子顕微鏡で観察した結果、内部には微細な結晶が多数晶出しており、ガラスは僅かであることが判明した。（詳細は資料「新燃岳2025年7月2～4日噴火の火山灰構成粒子の鉱物・ガラス化学組成」を参照）。

3. 現地降灰調査

今回の噴火でどれくらいの噴出物が放出されたのか、噴火の規模を知るためには、現地での各地点における降灰量（単位面積あたりの降灰重量）から全噴出量を見積もることが必要です。また、噴出物の構成粒子の変化を捉えるためには、継続する噴火の各期間に対応した連続的な試料採取が重要です。6月26日からの現地調査では、梅雨の時期でもあり天候がよくないことも多かったため、風雨で噴出物が再移動していないような場所で、かつ、それより前の噴出物が混ざっていないような場所を狙って降灰量調査と試料採取を実施しました（写真4, 5, 6）。いくつかの地点には火山灰トラップ（火山灰採取用のバケツ等）を設置して、連続的な試料採取を続けています。

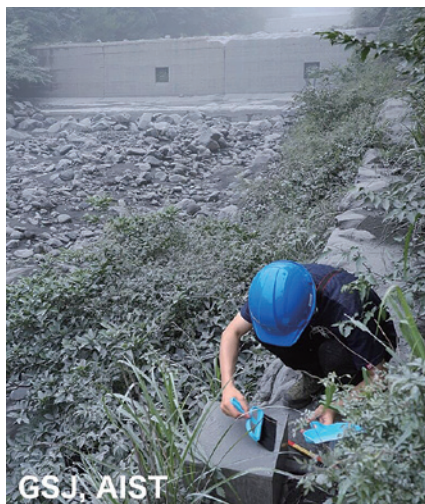


写真4 降灰調査の様子（6月26日、宮崎県西諸県郡高原町）。

4. ドローンによる火山ガス観測と火口周辺観察

7月3～7日には、ドローンを用いた火山ガス観測を名古屋大学と共同で実施しました。その結果、観測時の火山ガスはマグマから脱ガスした後に地下水・熱水系の影響を受けた活動の特徴を持つことがわかりました。また、ドローンによる火口周辺の撮影により、一連の活動の最大噴火の様子（写真7）や、新しく形成された火孔の詳細な位置（写真8）、熱赤外映像による高温領域の分布（写真9）などを明らかにし、7月6日の飛行中には爆発的噴火の詳しい推移を間近から捉えました（写真10）。

（※火口＝直径約800mで火口内容岩が埋めている領域、火孔＝噴煙が出ている局所的な噴出口、として用語を使い分けています。）



写真5 新湯付近（西南西）から撮影した新燃岳の噴煙（6月28日、鹿児島県霧島市）。

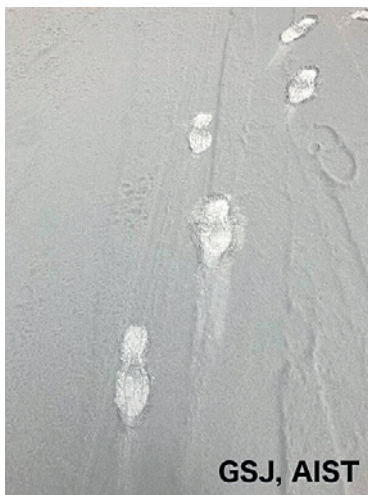


写真6 新湯三叉路での降灰状況（7月3日、鹿児島県霧島市）。



写真7 火山ガス観測のドローンから撮影された7月3日の噴火の様子。噴煙が火口縁上5000 mまで上がった13時49分噴火の直後14時7分。新燃岳東側上空より。

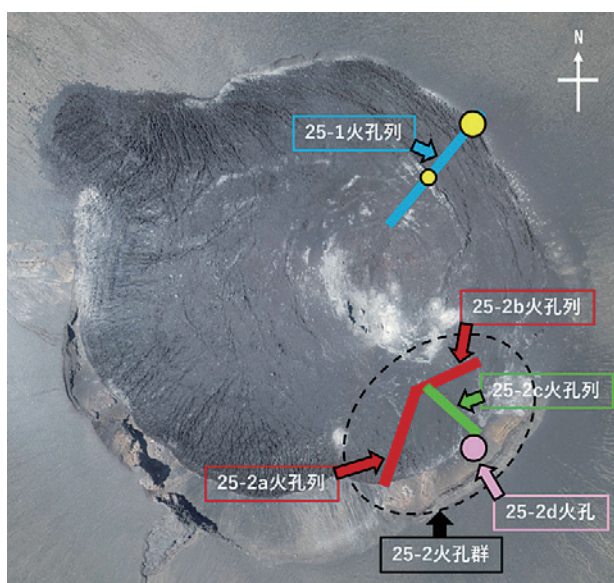


写真8 ドローンで7月7日に撮影された写真の判読により確認した新しい火孔の位置。25-1火孔列：7月3日まで活動していた火孔列，25-2火孔群：7月4日に新たに形成された火孔群。基図に国土地理院撮影の空中写真（2023年撮影）を使用。（詳細は資料「新燃岳2025年7月7日の火口状況」を参照）。

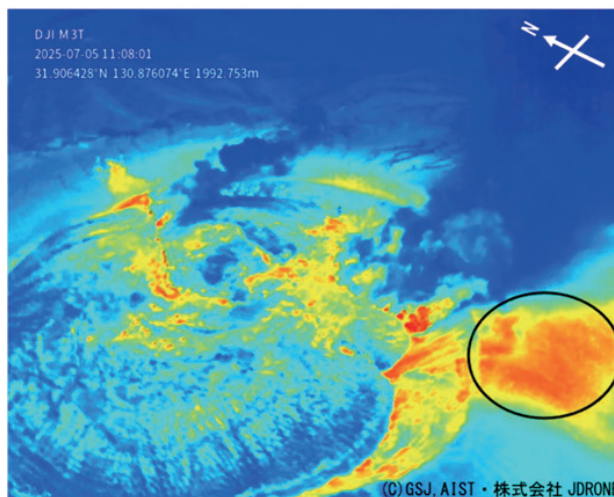


写真9 ドローン観測による7月5日11時頃の火口の様子。火口外の南斜面に周囲よりやや高温の領域（約50℃以上）が認められる（黒丸）。上：可視画像，下：熱赤外画像。

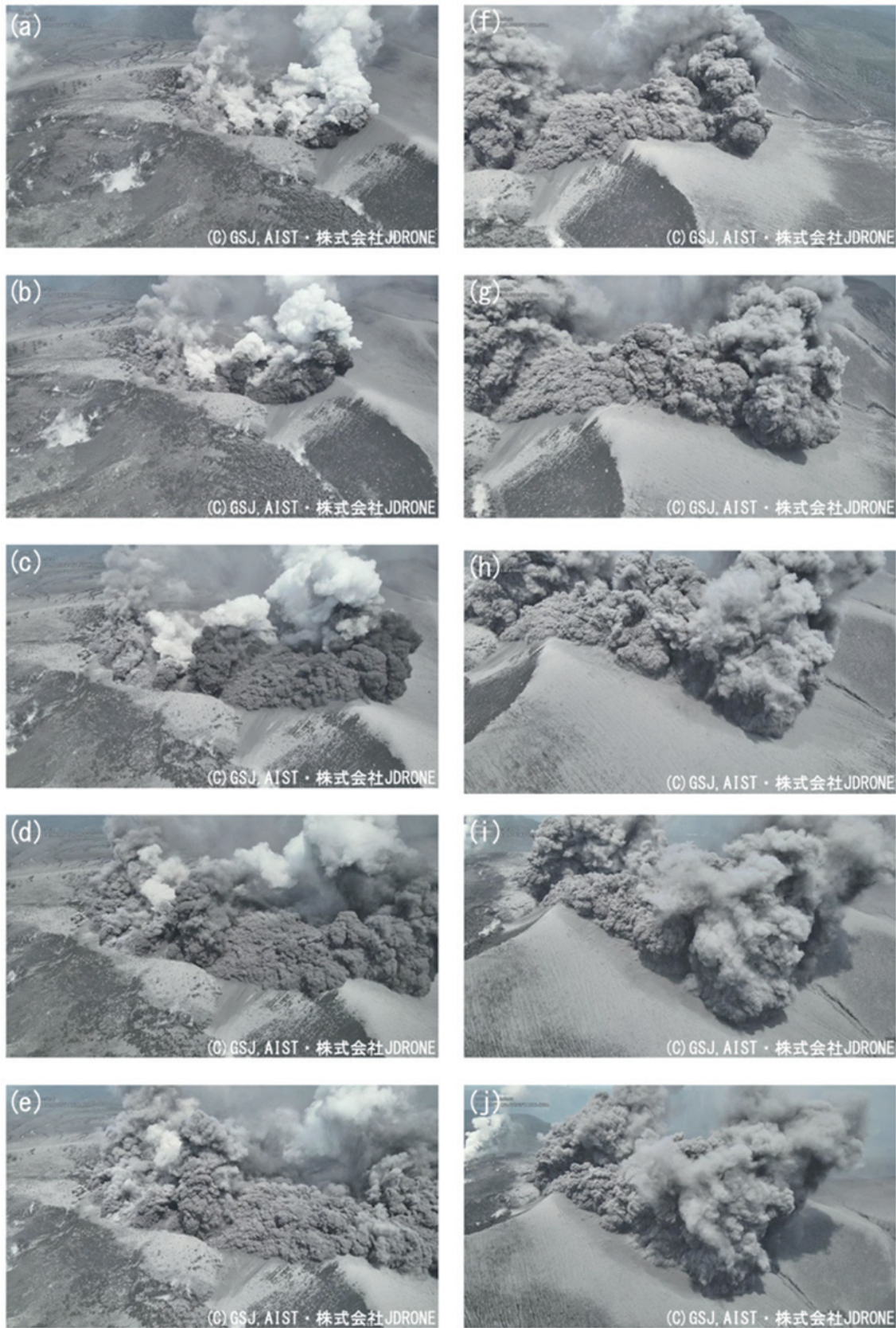


写真 10 ドローンで観察した 7 月 6 日 13 時 57 分頃の爆発的噴火の様子（山頂火口南縁上空より）。（a）～（j）13 時 57 分 00 秒から 13 時 58 分 30 秒にかけての 10 秒ごとのスナップショット。山頂火口南東部の火孔から黒色の噴煙が噴き出し、斜面に沿って横へ流れていったあと上昇していく様子が目前で捉えられた。（詳細は資料「新燃岳ドローン観測報告：7 月 6 日の火口の状況と爆発的噴火発生の瞬間（速報）」を参照）

さいごに

今後も新燃岳の噴火の動向を注視しながら、噴出物や火山ガスの変化を追い、緊急的に火山調査研究推進本部や気象庁に報告すべきことを見極めて随時報告するとともに、わかりやすい言葉でウェブサイト等でも社会に発信することで、火山防災に貢献していきます。

参考資料（産総研から火山調査研究推進本部に提出した資料）

新燃岳 2025 年 6 月 22 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 3.5MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250627_1.pdf

新燃岳 2025 年 6 月 26 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 779KB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250701_1.pdf

新燃岳 2025 年 6 月 26～28 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 6MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250703_1.pdf

新燃岳における新たな火孔列の形成（速報）（PDF, 3.7MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250707_1.pdf

新燃岳における新たな火孔列の形成（続報）（PDF, 1MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250707_2.pdf

新燃岳ドローン観測報告：7 月 6 日の火口の状況と爆発的噴火発生の瞬間（速報）（PDF, 1.2MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250707_3.pdf

新燃岳でのドローンによるマルチガス観測（2025 年 7 月 5 日）速報（PDF, 233KB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250707_4.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 2 日～4 日の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 9MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250708_1.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 4～6 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 6MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250710_1.pdf

新燃岳でのドローン+SelPS による CO₂ 同位体観測速報（PDF, 641KB）：名古屋大学・産業技術総合研究所 https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250714_1.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 5～9 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 8MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250714_2.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 2～4 日噴火の火山灰構成粒子の鉱物・ガラス化学組成（PDF, 3.2MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250715_1.pdf

新燃岳におけるマグマ水混合比および火山性流体温度構造推定結果速報（PDF, 1.6MB）：名古屋大学・産業技術総合研究所 https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250725_1.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 7 日の火口状況（PDF, 7MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250730_1.pdf

新燃岳 2025 年 7 月 22 日に採取された火山灰の構成粒子の特徴（PDF, 2.8MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250801_1.pdf

新燃岳 2025 年 8 月 10 日噴火の火山灰構成粒子の特徴（PDF, 2.5MB）https://www.gsj.jp/hazards/volcano/kazanhonbu/kirishima_250810_1.pdf

学会参加報告 IAVCEI Scientific Assembly 2025 参加報告

宝田晋治（大規模噴火研究グループ）・Chris Conway（火山活動研究グループ）

新谷直己（マグマ活動研究グループ）

2025年6月30日～7月4日の日程で、スイスのジュネーブ大学において、IAVCEI（国際火山学及び地球内部化学協会）の国際研究集会（Scientific Assembly）が開催されました。前回のIAVCEI Scientific Assemblyは2023年1月30日～2月3日にニュージーランドのロトルアで開催されました（谷内ほか，2023）。今回の国際会議には約1,000名が参加し、産総研活断層・火山研究部門からは、Chris Conway、新谷直己、宝田晋治の3名が参加しました。会期前日の6月29日の夕方には、オープニングセレモニーやアイスブレイカーが開催されました（写真1、写真2）。イタリア、フランス、ド

イツにおける3件のプレ火山巡検も開催されましたが、あいにく産総研からの参加者はありませんでした。中日巡検では欧州原子核研究機構（CERN）へ訪れることができました。以下では大会の様子を参加3名で分担してご紹介します。

1. IAVCEI2025 全体の概要（宝田）

1-1. 国際会議

IAVCEI 2025では、大きく分けて「マグマの生成と供給システムの形成」、「噴火前及び噴火中のモニタリング」、「火山プロセス」、「エネルギー転換のための鉱物資源」、「地熱システムと二酸化炭素貯留」、「ハザード、リスク及びその影響」、「火山のコミュニケーション」、「火山学の未来」の8つのセッションが開催されました（写真3）。これらのうち、「火山学の未来」のセッションは、火山若手研究者による提案セッションでした。通常のセッションの他に、基調講演では、ベテランと若手が一組となり、1日目はマグマシステム（Sam Poppe氏及びEleonora Rivalta氏）、2日目はマグマ供給系と鉱物資源（Miriam Reiss氏及びRichard Herrington氏）、3日目は熱水系（Antonina Calahorrano氏及びThomas Driesner氏）、4日目は火山モニタリングと噴火対



写真1 オープニングセレモニーでのCostanza Bonadonna IAVCEI会長の挨拶。



写真2 ジュネーブ大学でのアイスブレイカーの様子。



写真3 学会会場の講演の様子。

応（Sara Klaasen 氏及び Mariton Bornas 氏）のテーマで講演を行いました。フィリピン PHIVOLCS の Mariton Bornas 氏は、タール火山における火山噴火対応について発表を行いました（写真4）。夕方にはポスターセッションが開催されました。ポスターセッションの会場には空調が無く、汗だくの状態になりながら、文字通り熱気の籠もった議論が繰り広げられました（写真5）。ポスター会場では、IAVCEI の各委員会の活動内容を示すポスターが貼られました。私は、Volcanic Hazards and Risk 委員会の副代表として、活動内容を展示しました（写真6）。

1-2. Open Volcanology セッション

私は、最終日5日目の火山のコミュニケーションのセッションのサブセッション“Open Volcanology”において、防災・減災のための高精度デジタル地質情報整備プロジェクトで進めている火山ハザ-



写真4 フィリピン PHIVOLCS の Mariton Bornas 氏による基調講演。



写真5 学会のポスター会場。

ド情報システムと地質ハザード情報システム、WebTephraCalc の内容を発表しました（写真7）。このサブセッションでは、他に Christina Widiwijayanti 氏（シンガポール EOS）による WOVodat という世界の火山観測機関が構築している総合データベースの講演の他、Sylvain Charbonnier 氏（南フロリダ大）によるオンライン火山シミュレーションシステム(VICTOR)、Ricky Júlíusdóttir 氏（アイスランド気象庁）による EPOS データポータル等の講演がありました。

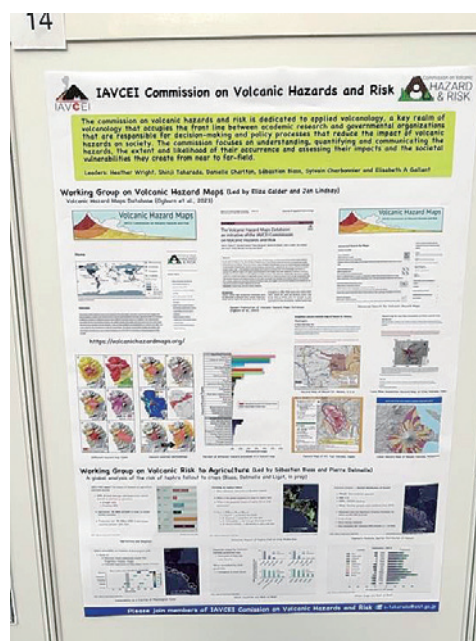


写真6 Volcanic Hazards and Risk 委員会の活動内容を示すポスターを掲示。



写真7 火山ハザード情報システム、地質ハザード情報システムの講演の様子。

1-3. ワークショップ及び委員会

会期中には、いくつかのワークショップが開催されました。私は、7月2日に開催された南フロリダ大学が中心となって開発しているオンライン火山シミュレーションシステム“Volcanology Infrastructure for Computational Tools and Resources (VICTOR)”のワークショップに参加しました。Pythonで動かせる様々な火山のオンラインシミュレーションが利用可能です(写真8)。例えば、溶岩流ではDownflow, 火砕流ではTitan2D, 火山灰ではHAZMAPやFall3D, 火山泥流ではLaharZ, マグマ関連ではalphaMELTS等が使えます(写真9)。V-Hubの稼働が止まってしまった現在は、このシステムがオンライン火山シミュレーションシ

ステムの後継として非常に有望であると感じました。VICTORは、教材なども充実しており、大変使いやすいシステムとなっています。<https://hub.victorproject.org>からアクセスできますので、登録申請の上、利用してみれば幸いです。

会期中は、他に Volcanic Hazards and Risk 委員会の会合を開催し(写真10)、IAVCEIの委員会の全体会合、Cities and Volcanoes (CaV) 委員会、Volcanogenic Sediments (CVS) 委員会の会合にも参加しました。

7月1日の夜には、IAVCEI開催を記念して、レマン湖の大噴水(高さ約140 m)が赤くライトアップされました(写真11)。

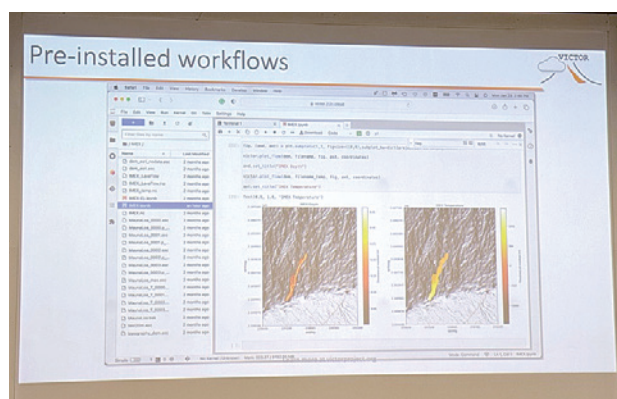


写真8 VICTORで溶岩流シミュレーションを実行。



写真10 Volcanic Hazards and Risk 委員会の会合。

Volcanic Process	Models or Tools currently available
Lava Flows	DOWNFLOW, IMEX-Lava, Lava2d, MOLASSES, MTLavaLoba, pyFLOWGO, Q-LavaHA, VENUSS, VolcFlow
PDCs	TITAN2D, IMEX_SiloW2D_V2
Ash Dispersal	HAZMAP, HySPLIT, Fall3D, PLUME-MoM, Plumeria
Tephra dispersal	Tephra2, Fall3D
Gas dispersal	DISGAS, HySPLIT, TWODEE
Lahars	LaharZ
Slope Stability	Scoops3D
Conduit ascent	CONFORT, MAMMA
Sulfur and Volatile Degassing	Sulfur_X
Magmatic / geochemical tools	alphaMELTS, Perple_X, Thermobar

写真9 VICTORで現在利用可能なオンラインシミュレーションの一覧。



写真11 赤くライトアップされたレマン湖の大噴水。

2. 新人からの参加報告（新谷）

2-1. 発表内容

私は二日目の夕方に「Timing and duration of magmatic process」のセッションでポスター発表を行いました。今回発表した内容は、桜島で歴史時代に発生した大規模噴火に至るマグマプロセスの時間スケールを鉱物内部の元素拡散を用いて制約して、噴火のトリガーについて議論したものです。当日は、私と同様のアプローチで研究をしている方と議論を行い、短い時間スケールの情報を記録している磁鉄鉱を用いてマグマプロセスを調べることの重要性を紹介しました。また、近年の桜島の火山活動を地盤変動観測や空振観測から調べている研究者とも議論を行うことができました。桜島は国外からも関心が高い火山であるとともに、歴史時代の活動だけではなく、観測データが充実している近年の活動についても、時間の情報を含めた岩石学的なモデルを示すことが重要だと改めて認識しました。

2-2. 国際会議

今回の国際会議では、噴火プロセスやマグマの上昇過程に関するセッションに主に参加をしました。近年盛んに行われている元素拡散を用いて噴火に関する種々のプロセスの時間スケールを制約する手法は、噴出物解析のルーチンワークとなっている印象を受けました。その中で、複数種の鉱物から得られる情報を組み合わせて噴火に至るプロセスを理解することが重要で、そのために、様々な鉱物種に対して元素の拡散時間を計算できるソフトウェアを開発した発表などがありました。また、CTを用いて鉱物の形状・内部組織を観察して、鉱物内部に含まれるメルト包有物も含めて3次元での元素拡散を解析した発表もありました。放射光施設でのマイクロCTを用いた4次元での結晶成長・溶解の観察に関する発表など、分析機器やデータ解析性能の向上によって分析が精密化されています。

そのほか、鉱物とメルト間の元素分配を用いた酸素分圧計の開発・改良や、マグマに含まれる微量元素の挙動などに関する興味深い発表がありました。

2-3. 巡検

会期中の中日巡検では、欧州原子核研究機構（CERN）を訪れました（写真12）。本機構は、スイスとフランスの国境にまたがる大型加速器施設であり、素粒子物理学を中心とした研究が行われています。原理や実験内容について紹介している展示施設を見学したのちに、実験装置をモニタリングしているコントロールルームなどを見学しました（写真13）。



写真12 欧州原子核研究機構（CERN）。壁面には検出器が描かれている。



写真13 CERNのコントロールルーム。

3. 中堅研究者からの参加報告(Conway)

3-1. 発表内容

私は、2日目に新谷さんと同じ「Timing and duration of magmatic process」のセッションで口頭発表を行いました。このセッションの口頭発表やポスター発表では、火山年代学における重要な問題である“斑晶の放射年代は、噴火年代を反映しているか”を取り上げました。特に、軽石中のジルコンのU-Pb年代や長石結晶の $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代は、一般的に、受け入れられている噴火年代から数万年～数十万年前まで遡る傾向にあります。これらの年代は、結晶が関連する同位体系の閉鎖温度を通過した時点からの時間を反映すべきですが、実際にはマグマの長期にわたる結晶化履歴に関する情報を記録しているように見えます。このように、地質年代学で直接年代測定可能なイベント（例：鉱物の結晶化や閉鎖）は、地質学的に興味深い火山イベントやプロセス（例：噴火や堆積）と直接対応しないという問題があります。このシナリオとは対照的に、私はデータを示して、細粒のサニディンが火山斜面に定置する溶岩の石基内で結晶化することを示しました。このプロセスは溶岩のゆっくりとした冷却中に発生し、安山岩・デイサイト溶岩のカリウム含有量が、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 地質年代測定の標的となる鉱物相（例えばサニディン）に濃縮します。したがって、厚い溶岩流の内部は、島弧火山における噴出物の定置年代を決定するための最適な試料を提供します。私は、今後の現地調査において、世界中の島弧型成層火山でこの手法を適用したいとする何人かの火山学者と議論しました。

3-2. 国際会議

今回の国際会議のテーマは「マグマのエネルギー：火山噴火と鉱物資源から地熱発電と持続可能性まで」でした。このテーマを反映し、1-1章で述べられているようにセッションのテーマは広範な範囲をカバーし、多くの分野を含んでいました。

基調講演も多様で、火山学者が国際的な科学コミュニティ内で果たす多様な役割について有益な内容でした。最も緊急の呼びかけは、Richard

Herrington 博士による講演で、化石燃料依存のエネルギーシステムからの移行のため、地質資源の採掘と利用が不可欠な課題であると強調していました。必要な金属を供給するため、例えば深海や高温のマグマ塩水など、新たな領域の探査が必要になるとの主張でした。このような環境での採掘は極めて困難であり、火山学者による新たな技術の開発と理解の進展が不可欠です。

若手研究者によって組織された追加セッションでは「火山学の未来」がテーマでした。このセッションで、Ailsa Naismith 博士の講演は、地質学のフィールドワークの「芸術性」を再認識させる貴重な内容でした。Naismith 博士は「ペンと紙：デジタル時代におけるスケッチの持続的な力の祝典」と題した講演を行い、地質学におけるスケッチの歴史の概要を説明しました。中心的なメッセージは、高度なデジタル写真や生成AIの時代であっても、フィールドノートへのスケッチの行為は、科学者が理解しようとしている火山景観とのつながりを維持する上で依然として極めて価値があるということでした。

3-3. IAVCEI と日本

世界中から約1,000人の火山学者が参加したこの会議では、日本からも数多くの研究機関や大学から研究者や学生が参加し、日本の存在感が示されていました。IAVCEIと日本火山学会は、2024年4月に締結されたMOUにより連携を開始しました（写真14）。このMOUは、両者が国際的な科学コミュニ

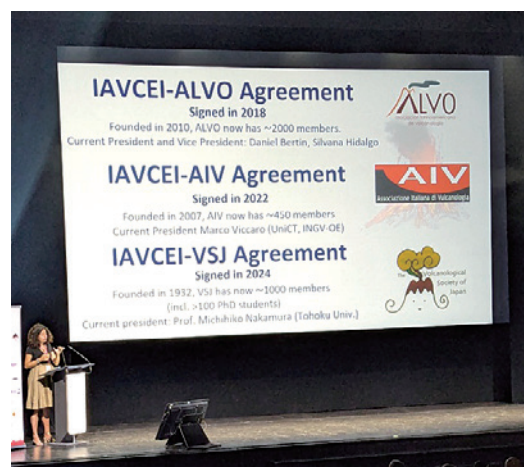


写真 14 IAVCEI と日本火山学会の MOU 締結についての紹介。

ニティにおける火山学の進展を促進することを共通の目的とするものです。MOUでは、両者が互いの活動を促進し、推奨し、貢献することが明記されています。私は、日本火山学会の国際・広報委員会メンバーおよびIAVCEIのソーシャルメディアチームメンバーとして、これらの目標に貢献することを目指しています。2026年のJpGU-AGU合同国際会議と、2027年に日本で開催されるIAVCEI火山地質委員会国際ワークショップは、MOUのミッションに貢献する2つの重要なイベントです。

3-4. 賞

国際会議において、4名の研究者がIAVCEIの各賞を受賞しました。

Claire Harnett 教授：将来的に分野に大きな影響を与える科学的貢献が期待される若手研究者に贈られるGeorge Walker賞を受賞しました（写真15）。Harnett博士は、活動中の火山における溶岩ドームの成長と崩壊を定量化する革新的な技術により、火山プロセスと危険性の理解に向けた継続的な研究努力が評価されました。

Teresa Ubide 准教授：火山学における卓越した業績を称えるWagerメダルを受賞しました。Ubide博士は、マグマの生成と上昇のタイムスケールに関する理解を深めるための先駆的な研究を、火成岩岩石学の分野で行ってきました。

Paraskevi Nomikou 教授：主に野外観測を通じて火山活動の理解に多大な貢献をした研究者に贈られるFisherメダルを受賞しました。Nomikou博士は、ギリシャ近郊の活火山、特にサントリーニ島とコロンボ島の理解を深めるため、数多くの研究遠征を指揮してきました。

Lionel Wilson 教授：IAVCEIの最高荣誉であるThorarinssonメダルを受賞しました。Wilson博士は、地球および他の惑星における火山活動、マグマの動態、噴火メカニズムの理論的理解に画期的な貢献を果たしました。この研究は、火山学に深く永続的な影響を与えています。

次のIAVCEI Scientific Assemblyは、中米のコスタリカにおいて、2029年に開催予定です。若手火山研究者を始め、是非多くの方にご参加頂ければ幸いです。



写真15 George Walkerメダルを受賞したClaire Harnett博士。

引用文献

谷内 元・西原 歩・Chris Conway・山崎誠子・岩橋くるみ・田中明子・松本恵子・宝田晋治 (2023) IAVCEI Scientific Assembly 2023 参加報告。IEVG ニュースレター, 9, 6-15. https://unit.aist.go.jp/ievg/katsudo/ievg_news/vol.09/vol.09.no.06.pdf

学会参加報告

Asia Oceania Geosciences Society (AOGS)
2025 参加報告

今西和俊（副研究部門長）

2025 年 7 月 27 日から 8 月 1 日にかけて、Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) の 2025 年大会が、シンガポールの Sands Expo & Convention Center で開催されました（写真 1）。AOGS は、アジア・オセアニア地域における地球科学の総合的な発展を目的として 2003 年に設立された学会で、今回が第 22 回目の年次総会となりました。対象分野は、大気科学、生物地球科学、水文学、学際研究、海洋科学、惑星科学、太陽地球系科学、固体地球科学の 8 分野であり、このうち大気科学の発表が特に多く占めていました。参加者はアジアが大多数でしたが、欧米からの参加者も一定数いました。今回の大会が私にとっては初めての AOGS 参加であり、シンガポールを訪れるのも今回が初めてでした。現地は出国直前の日本より気温はやや低かったものの、湿度が高く、とても蒸し暑く感じました。しかし、日本との時差が 1 時間しかないため、私が苦手とする時差ボケの心配もなく、滞在中は快適に過ごすことができました。

私の専門分野である固体地球科学のセッションの発表件数は全体の 1 割弱で、必ずしも多くはあ

りませんでした。しかしその分、個々の発表に集中して耳を傾けることができ、むしろ有意義でした。アジアで開催される学会ということもあり、発表はアジアや西太平洋を対象とした研究が比較的多く見られました。日本や欧米諸国に比べると、地震観測網が十分に整備されていない地域も多く、研究者自らが臨時観測を行いながら、テクトニクスや地震発生場に関する興味深い成果を次々と生み出している点が印象的でした。未開拓の地域へ自ら足を運び、データを収集し、未知の現象を探求するという、地球科学本来の姿勢を感じ、研究の勢いと力強さを実感しました。一方で、これは残念ながら日本の観測地震学において次第に失われつつある側面であることを、改めて認識させられました。今後は、日本においても現場での観測やデータ収集の重要性を再確認し、若い研究者が積極的に挑戦できる環境を整えていくことが重要だと感じました。

また、今年 3 月 28 日に発生したミャンマー地震 (M7.7) については、6 名の招待講演者による特別セッションが開催されました（写真 2）。講演では、この地震を引き起こしたサガイン断層や本震の断



写真 1 学会会場となった Sands Expo & Convention Center から望むシンガポールの風景。中央に「マリーライオン」が見えます。会場から徒歩で約 20 分の距離にあり、私は 2 回マリーライオンに会いに行きました。



写真 2 2025 年ミャンマー地震 (M7.7) の特別セッション。セッション座長・佐竹健治さんの挨拶。

層破壊プロセスに関する成果に加え、ミャンマーにおける地震被害状況、初期対応、復旧の課題についても紹介されました。さらに、遠方のタイ・バンコクで観測された長周期地震動による高層建築物被害や、市民の地震に対する認識や対応、警戒システムの課題など社会的影響に関する報告もありました。地震学から防災・減災、リスクマネジメントに至るまで幅広い観点で議論が行われ、非常に示唆に富むセッションでした。

固体地球科学のポスターセッションは水曜日の午後に集中して行われました（写真3）。同時間帯には固体地球科学の口頭発表セッションがなかったため、落ち着いてポスターをじっくりと見て議論することができました。また、企業や研究機関の展示はポスター会場と同じスペースに設けられており、常に賑わっていました。地震計メーカーのブースでは、他の学会のときよりも時間をかけて話を聞くことができ、最新のセンサーに関する情報も得られました。

最終日には「Science of Slow-to-fast Earthquake」セッションにおいて、科研費で進めている研究成果を口頭発表しました（タイトル：Annual-Scale

Variations in Interplate Coupling Revealed by a Method Combining Intraplate Earthquakes and Geodetic Data: Applications to the Tohoku-Oki and Nankai Regions）。

本研究では、地震データと地殻変動データを組み合わせた新しい解析手法を開発し、従来よりも高い時空間解像度でプレート境界の固着変化を推定できるようにしました。さらに、この手法を東北沖および南海トラフに適用した事例も紹介しました。このセッションは午前中にすべての発表が終了しましたが、セッションコンビーナの呼びかけで、発表者を中心に昼食を共にしました（写真4）。食事を囲みながら当日の発表について議論し、親交を深めることができ、実りの多い時間となりました。

最初に述べた通り、AOGS は初めての参加でしたが、多くの知見や情報を得ることができ、意義深い学会となりました。次回のAOGSは来年8月2日から7日まで福岡で開催され、その次は再来年7月25日から30日まで再びシンガポールでの開催が決定しています。今後もぜひ継続的に参加できればと考えています。



写真3 ポスター会場の様子。多くの参加者で賑わい、活気に満ちていました。



写真4 「Science of Slow-to-fast Earthquake」セッション後の昼食会の記念撮影（Slow-to-Fast 地震学 HP より）。シンガポール南洋理工大学の小森純希さんが、お店の予約や案内をしてくださいました。ありがとうございました。

研修報告

2025 年度地震・津波・火山・斜面災害に関する自治体職員研修プログラム開催報告

宮下由香里・今西和俊・宍倉正展・大橋聖和・大丸 純・石塚吉浩

地震、津波、火山、斜面災害など、自然災害に関する研究成果を防災活動に活かすためには、防災情報を受け取り、咀嚼し、一般市民等へ分かりやすく伝える役割を担う方との連携が必要不可欠です。主要な担い手のひとつである自治体の防災担当部署は、地域防災計画やハザードマップの作成のみならず、さまざまな災害に関する一般市民の質問にも答えなければならない重責を負っています。一方、地震・津波・火山等の研究者は、自然現象を理解する立場での研究を行うだけではなく、研究結果がどのように利活用されて世の中の役に立っているのかを常に把握し、研究の方向性にフィードバックしたり、結果の伝え方を工夫したりといった努力を継続する必要があります。

活断層・火山研究部門では、研究者と自治体の防災担当者の双方向での知識・情報の共有を目的として、本研修を前身組織時代の 2009 年度より、産総

研つくば中央事業所にて実施してきました。毎年のアンケート結果や、自治体へのヒアリングに基づいて、研修の内容・開催方法の見直しも行っており、2024 年度からは、講師を自治体へ派遣しての開催としました。今年度は、地域開催の 2 年目となります。

今年度の研修は、新潟大学災害・復興科学研究所（共催）と新潟県（後援）のご協力をいただき、7 月 24 日（木）から 7 月 26 日（土）の 3 日間、新潟市にて実施しました（表 1）。参加者は、32 の自治体等から合計 46 名（うち現地参加は 11 名）でした。1 日目と 2 日目は、新潟市の新潟大学駅南キャンパスときめいとを会場として、対面とオンラインを組み合わせたハイブリッド形式での講義を実施しました（写真 1, 2）。会場は新潟駅直結で、利便性の高い場所でした。

講義は、合計 8 コマで、最近の防災に関する話題

表 1 2025 年度地震・津波・火山・斜面災害に関する自治体職員研修プログラムの内容。

日程	時間	内容	講師
7 月 24 日 (木)	13:00-13:05	あいさつ	石塚 吉浩 (産総研 活断層・火山研究部門長)
	13:05-13:10	あいさつ	ト部 厚志 (新潟大学 災害・復興科学研究所長)
	13:10-14:00	講義 1 地震防災情報のありかと活用法	宮下 由香里
	14:10-15:00	講義 2 海域活断層の調査方法	大上 隆史
	15:10-16:00	講義 3 地震災害予測	吉見 雅行
	16:10-17:00	自治体の取り組み紹介①	
	18:30-17:00	懇親会	
7 月 25 日 (金)	9:00-9:50	講義 4 南海トラフ地震	落 唯史
	10:00-10:50	講義 5 津波堆積物と海岸隆起	宍倉 正展
	11:00-11:50	講義 6 火山と火山災害	山元 孝広
	12:00-13:00	昼食	
	13:00-13:50	自治体の取り組み紹介②	
	14:00-14:50	講義 7 降雨と土砂災害	調子 二郎(気象庁)
	15:00-15:50	講義 8 土砂災害の対策について	阿南 修司 (国研)土木研究所)
	16:00-18:00	現地見学会①:2024 年能登半島地震に伴う新潟市内の液状化跡	案内者:ト部 厚志 (新潟大)
7 月 26 日 (土)	9:00-12:00	現地見学会②:実際に活断層を見てみよう:鳥越断層(長岡市周辺)	案内者:小林 健太 (新潟大)

や、事前および研修申込時に実施したアンケート結果を反映させた内容としました。たとえば、地震や津波に関しては、今年6月に地震本部より公表された「日本海中部の海域活断層の長期評価（第一版）－近畿地域・北陸地域北方沖－」や7月に中央防災会議より公表された「南海トラフ地震防災対策推進基本計画の変更について」をふまえ、新潟県を含む日本海沿岸地域にとって関心が高いと思われる海域活断層や南海トラフ地震発生時のリエゾン派遣をとりあげたり、各講義の事例として地元に近い例をあげて解説したりと、地域に密着した内容としました。火山については、3月に内閣府から「首都圏における広域降灰対策ガイドライン」が公表されたことをうけ、とくに降灰災害にスポットを当てた講義内容としました。斜面災害については、気象庁と土木研究所から外部講師をお招きし、土砂災害に関する防災気象情報と土砂災害の対策

について、それぞれプロフェッショナルの立場からご講義いただきました。

また、参加自治体より、1日目と2日目にそれぞれ一コマずつ「自治体の防災に関する取り組みの紹介」をいただきました。今年度は、発表形式は問わず、紹介時間は1自治体5分程度と、気楽に参加していただけることを重視しました。発表を行った自治体は、合計10自治体でした。「他の自治体の取り組みを知ることができ、大変参考になった」とのご意見を多くいただきました。

講義終了後、2日目の夕方には、現地見学会①として、新潟大学ト部教授の案内により、2024年能登半島地震に伴う新潟市内の液状化跡を見学しました（図1、写真3）。見学地は、信濃川の旧流路や、海岸砂丘末端部にあたる場所で、液状化で傾いた道路や建物がどのような場所に相当しているのかや、当該地域の地形・地質学的な背景などについて、丁



写真1、2 研修会場の様子。講義は会場とTeams オンライン配信によるハイブリッド開催でした。オンライン参加の方は会場の様子をカメラで見ることができたのですが、会場の方はオンライン参加者の様子を知ることができず、参加者双方のコミュニケーションに課題が残りました。次回は改善したいと思います。

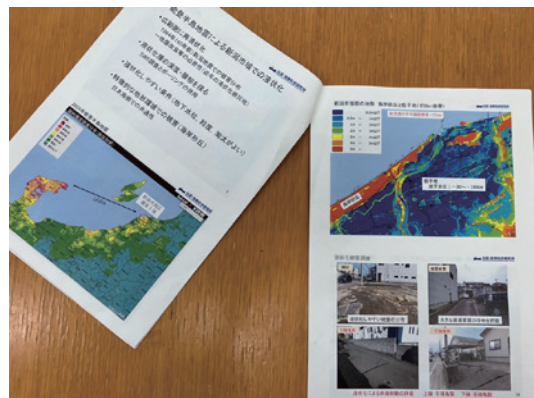


図1 見学会① 2024年能登半島地震に伴う新潟市内の液状化被害の痕跡見学案内書の抜粋。新潟大学ト部教授作成の50ページに及ぶ力作でした。



写真3 海岸砂丘の基部（砂丘斜面の末端部）の液状化で傾いた建物（新潟市西区）。

寧な解説があり、参加者一同、なるほどと感心しました。3日目は現地見学会②として、レンタカーに分乗して長岡市に移動し、新潟大学小林先生の案内

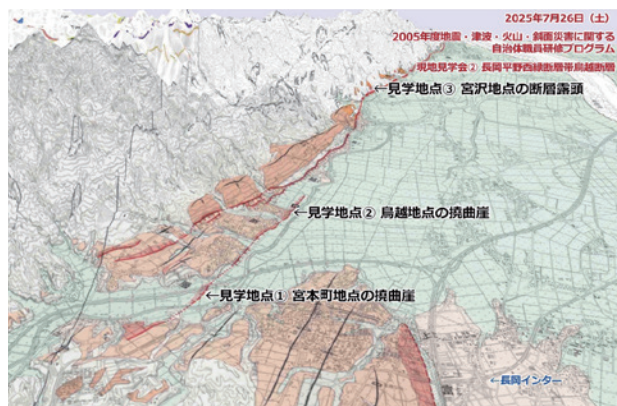


図2 見学会②長岡平野断層帯鳥越断層見学案内の表紙。基図は国土地理院発行の都市圏活断層図「長岡」を使用。現地へはダウンロードした地図アプリで地形と活断層の位置関係を確認しながら移動しました。



写真4, 5 見学地点②付近から北方を望んだところ。丘陵と平野の境界部が鳥越断層。断層が形作るトンネル状（円筒状）の盛り上がった地形の頂部が、北方向（写真右手方向）に傾斜している様子がよく分かります。鳥越断層はひとつではなく、写真手前側の平野の中にも延びています。田んぼの中の微妙な段差が分かりますか？

により、長岡平野西縁断層帯を構成する鳥越断層が形作る地形（図2、写真4、5）と、活断層露頭（写真6）を見学しました。現地に移動する車中では、スマートフォン用の地図アプリ（地形と活断層の位置や地質を重ねて表示することができます）をダウンロードしていただき、地図上の活断層の位置と、目の前に見えている地形とを見比べつつ、活断層を三次元で実感しながら見学できるように工夫しました。参加者は、見学会①が6名（案内者・GSJ参加者を含めると合計14名）、見学会②が7名（同合計12名）でした。

研修後にフォームにて、各講義に対する満足度を5段階で評価するとともに、研修の日程や開催方法等についての意見を伺うアンケートを実施しました。回答は20件でした。各講義に対する満足度は、大半が、「4：やや満足、5：非常に満足」でした。時期・日程については、全員が「適切」との回答でしたが、現地見学会については「もっとじっくり見学したかった」との意見がある一方で「暑かった」との意見もありました。オンライン参加についても「気楽に参加できるので大変良かった」「現地へ行くことが難しかったので良かった」と好評で、継続を希望する意見が複数ありました。一方で、会場・オンライン双方の参加者から、「相手の様子が分からず、質問や発言がしにくかった」との回答がありました。この点については、次年度は解消でき



写真6 見学地点③鳥越断層の活断層露頭。写真3のトンネル状の地形の断面を見ています。活断層が作る地形を立体的に理解することができました。

るように工夫したいと思います。現地参加者の満足度は高く、「他自治体の職員と懇意になることができて良かった」「断層を3Dでイメージすることができ有意義だった」「次年度以降も職員を派遣する」「次年度以降も他の地域で継続してほしい」等のコメントとともに、多くの継続を希望する回答をいただきました。

今回の研修では、昨年度までの反省点をふまえ、研修の周知（宣伝）方法を工夫しました。今年度は、3月と5月の2回、ご案内を郵送にて都道府県、政令指定都市、火山防災協議会構成自治体の防災担当部署に加え、都道府県の原子力関連部署にお送りしました。都道府県には、県庁内の関連部署や基礎自治体への周知をお願いしました。また、5月にGSJウェブサイトでプログラムと参加申し込みを掲載しました。メールでは、これらに加え、日本ジオパークネットワーク、活断層自治体連携会議、日本防災士会新潟県支部等にご案内をお送りしました。その結果、参加自治体数・参加者数は昨年度より大幅に増えました。都道府県から基礎自治体への参加呼びかけと、産総研職員から知り合いへの案内がとくに

効果的でした。一方で、現地参加者数は大幅には増えず、当部門がより効果的と考えている「地域の防災課題を解決するために、地域に直接出向き、地域の特性をふまえた講義とそれを理解するための現地見学会」に、いかにより多くの方に参加していただけるか（出張の可否判断権を持つ方に、いかに職員を派遣しようと思っていただけるか）について、さらなる工夫が必要であることも分かりました。

次年度に向けては、開催方法（開催地）や開催時期、プログラム編成、講義の難易度などについて、さらなるブラッシュアップを加え、よりよい研修となるよう取り組んでいきたいと考えています。今年度の研修に参加してくださったみなさま、この記事を読んでくださったみなさまのご意見・ご要望をお伝えいただけますと幸いです。

最後に、2025年度地震・津波・火山・斜面災害に関する自治体職員研修プログラムを実施するにあたり、貴重なご意見をいただくとともに、全面的に協力してくださった新潟県防災局防災企画課のみなさま、ならびに会場を提供してくださった新潟大学の関係各位に篤くお礼申し上げます。

新人研究紹介

地道な地質調査から桜島火山最大の噴火を復元する

木尾竜也（マグマ活動研究グループ）

1. はじめに

2025年4月より、マグマ活動研究グループに修士型研究員として採用されました木尾竜也です。私は大学では火山学・第四紀学研究室に所属し、これまで野外におけるフィールドワークを主体とした火山研究に取り組んできていました。その中で、特に九州南部に位置する桜島火山の噴火履歴と堆積物層序の解明に力を入れています。本記事では、その研究の一部である桜島火山最大の噴火（薩摩噴火）の層序や分布・推移等についてまとめた木尾・他（2024）の内容をご紹介します。私の研究のベースである火山地質学的な調査や記載は古典的な研究手法ではありますが、ひたすら山を歩いて露頭を探し（または作り）自然を詳細に観察し続けることは、地球科学を扱う上で最も基本的かつ重要だと考えます。

2. 桜島火山の歴史

九州南部の始良カルデラ南縁に位置する桜島火山は、始良カルデラ形成噴火後の約26,000年前以降、軽石を伴うような大規模噴火を少なくとも17回発生させています（図1）。そのうち約12,800年前の薩摩噴火の規模は火山爆発指数（VEI）が6と推定され、本火山の最大の活動となっています。VEI 6は、富士山の宝永噴火より1桁大きく、ピナツボ火山1991年噴火並みの規模です。しかしながら、本噴火の堆積物である桜島薩摩（P14）テフラについては、層序が確立されておらず薩摩半島および大隅半島間の層序対比も不明となっていました。そこで、薩摩噴火堆積物の層相記載とそれらの構成物観察に基づいて対比を行い、本堆積物の分布、層序、噴火推移の解明を目指しました。一般的にVEI 5～6相当の噴火の推移や発生機構は観測事例が少なく十分に理解されていないため、薩摩噴火の推移

の解明はこのクラスの噴火現象の理解において極めて有意義であると考えられます。

3. 地質調査の勘どころ

本研究では鹿児島県の全100地点以上で野外調査を実施しました。地質調査では、いつまでも現地に居れるわけではないので時間の制約はどうしても出てきます。その中でいかにして質のよいデータを多く取得できるかが勝負となります。そこで、調査時期の選定と調査道具の準備には気を遣う必要があります。例えば、私のフィールドは九州ですので夏季の調査は極めて非効率的です。高温多湿であることはもちろんですが、虫が多くとても快適とは言えません。また植生の繁茂も著しく、冬には露

Eruptive stage ^[1]	Tephra name ^{[2][3]}	Age	Volume ^[1] (fallout+PDC)
Stage 3b (AD764-)	Sakurajima Taisho / P1	AD1914	0.28 km ³
	Sakurajima An-ei / P2	AD1779	0.22 km ³
	Sakurajima Bunmei / P3	AD1471	0.53 km ³
	Nakadake Volcanic Ash	0.8 cal ka ^[4]	
Stage 3a (4.5-1.6 ka)	Sakurajima Tenpyohoji / P4	AD764	0.082 km ³
	Minamidake Volcanic Ash	4.5-1.6 cal ka ^[5]	
	Sakurajima P5	4.8 cal ka ^[1]	0.21 km ³
	Sakurajima P6	5.3 cal ka ^[1]	0.022 km ³
Stage 2b (8.0-4.8 ka)	Sakurajima Takatoge 2 / P7	5.8 cal ka ^[1]	0.29 km ³
	Ikedako tephra (Ik)	6.4 cal ka ^[5]	
	Sakurajima P8	6.5 cal ka ^[1]	0.037 km ³
	Kikai-Akahoya tephra (K-Ah)	7.3 cal ka ^[5]	
Stage 2a (12.8-8.0 ka)	Sakurajima P9	7.5 cal ka ^[5]	unknown
	Sakurajima P10	7.7 cal ka ^[5]	unknown
	Sakurajima Sueyoshi / P11	8.0 cal ka ^[5]	0.50 km ³
	Yonemaru tephra (Yn)	8.1 cal ka ^[5]	
Stage 1 (30-24 ka)	Sakurajima Uwaba / P12	9.0 cal ka ^[5]	0.074 km ³
	Sakurajima Takatoge 3 / P13	10.6 cal ka ^[5]	0.45 km ³
	Sakurajima Satsuma / P14	12.8 cal ka^[5]	11.35 km³
	Takano Base Surge (A-Tkn)	19.1 cal ka ^[5]	
Stage 1 (30-24 ka)	Sakurajima Takatoge 4 / P15	24 cal ka ^[5]	0.15 km ³
	Sakurajima Takatoge 5 / P16	25 cal ka ^[5]	0.23 km ³
	Sakurajima Takatoge 6 / P17	26 cal ka ^[5]	0.38 km ³
	AT tephra	30 cal ka ^[6]	

[1] Nishihara et al. (2022), [2] Kobayashi (1986), [3] Moriwaki (1994), [4] Kobayashi et al. (2013), [5] Okuno (2002), [6] Smith et al. (2013)

図1. 桜島火山の噴火活動史。

出していた露頭が夏になると植生で覆われ見つからなくなることもしばしばあります。調査道具の準備も欠かせません。私のようなテフラ(火山砕屑物)を扱う者にとって、ねじり鎌は露頭を整形するために必要不可欠です。これにも柄の長短や刃の形状に違いがあり、私のお気に入り柄は柄が長く、刃が少し湾曲したねじり鎌です。高いところも削ることができ、露頭に削り跡を残すことなく露頭面を綺麗に整形することができます。しかし残念なことに、ねじり鎌は本来草刈りに用いるものを岩石相手に使用しているので、刃がすぐにつぶれてしまって、定期的なメンテナンスが必要になります。

4. 薩摩噴火の堆積物層序の構築

綿密な地質調査と室内における火山灰の顕微鏡観察の結果を総合的に判断した結果、薩摩噴火堆積物は全17のユニット(下位からP14A~P14Q)に識別することができました(図2)。また、それらを分布の特徴からGroup1~3に大きく分類しました。P14A~P14E(Group1:総テフラ噴出量は7.4 km³)は九州南部に広く分布し、P14F~P14K(Group2:0.48 km³)とP14L~P14Q(Group3:0.73 km³)はそれぞれ桜島火山から西側(薩摩半島)と東側(大隅半島)に分布することが明らかになりました。これらは、単発の噴火ではなく、複数回の噴火によって堆積したと考えられますが、その間、風向きが大きく変化していたことを意味しています。Group1では、大規模なプリニー式噴火から火砕物密度流(PDC)を発生させる噴火へと移行し、その後、火山豆石を含む淘汰の悪い細粒火山灰を九州南部の広範囲にもたらし、最後に再びプリニー式噴火が発生しました。P14Bは桜島火山から半径10~18 kmまで分布しており、到達距離や流走方向の異なる複数回のPDCによってもたらされました。Group2は、主に非常に淘汰の良い粗粒火山灰層と比較的小規模な軽石質火山礫層から構成され(図3)、大規模なブルカノ式噴火と(準)プリニー式噴火のフェーズを2回繰り返したと考えられます。また、Group3は、比較的小規模な軽石質火山礫層、非常に淘汰の良い粗粒火山灰層と淘汰の悪い細粒火山

灰層の互層で(図3)、これらは(準)プリニー式噴火、大規模なブルカノ噴火、マグマ水蒸気噴火の発生を示していると考えられます。したがって、薩摩噴火では初期にクライマックスを迎えるとともに、一連の噴火を通じてさまざまな噴火様式をとるなど、複雑な噴火推移を経ていることが明らかになりました。

なお、これらの堆積物には、全体を通じてマグマ物質として明色軽石が含まれていますが、Group2および3の堆積物には、暗色軽石やガラス質岩片が含まれており、これらの化学組成はほとんど同様でした。したがって、噴火後半では火道内マグマプロセスなどに変化があった可能性が考えられます。

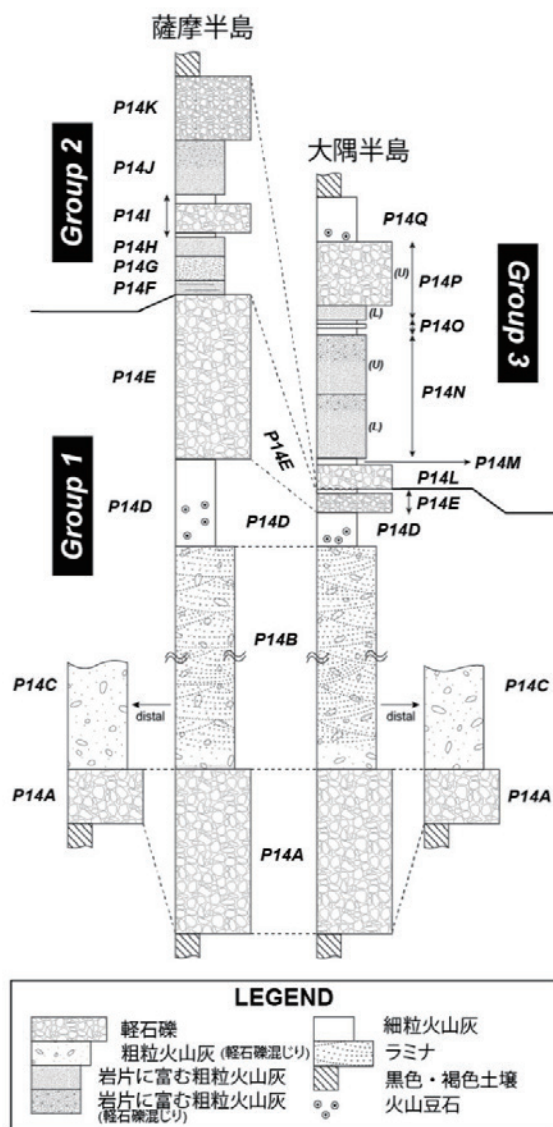


図2 桜島薩摩テフラの模式柱状図。木尾・他(2024)を一部、日本語化。

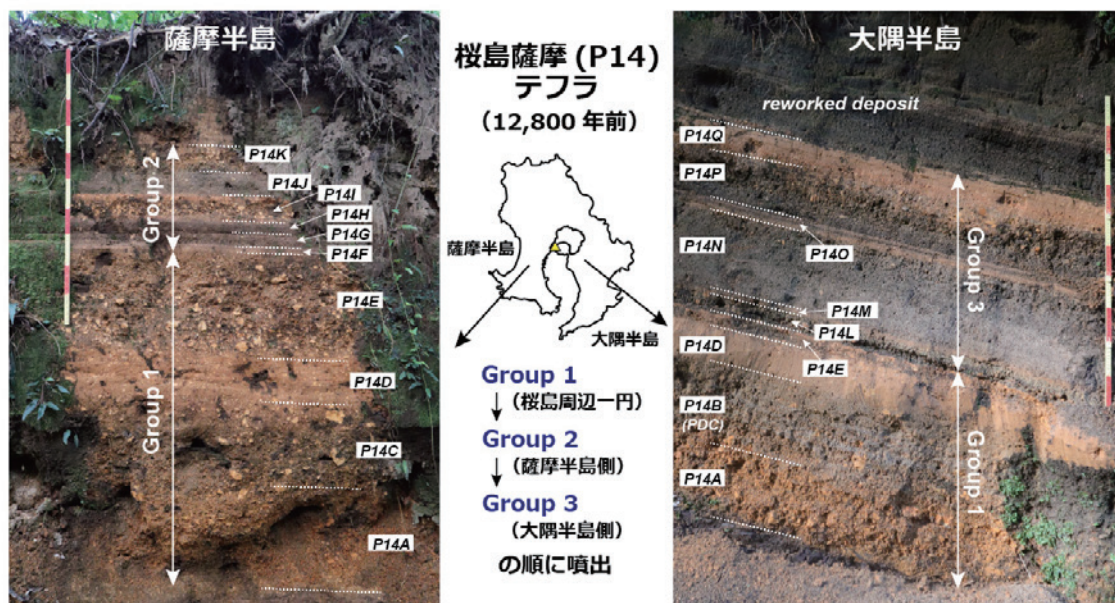


図3 桜島薩摩テフラの層相（左：薩摩半島，右：大隅半島）。
両半島で堆積物の層相が異なることが分かる。

5. おわりに

これまでの調査によって桜島薩摩テフラの層序や分布については非常によく分かってきました。一方で、このような複雑な堆積物をもたらした噴火のメカニズムについてはまだ研究の余地が大いに残されています。今後は産総研での業務として、それぞれのユニットをもたらした噴火様式や噴火遷移機構を物質科学的な視点からも詳細に解析することで、噴火を定量化し大規模噴火の推移の一般的な理解に取り組みたいと考えています。噴火の多様性の理解から、火山災害の軽減に資する成果を得られるよう研究に励んでまいります。

参考文献

- 小林哲夫（1986）桜島火山の形成史と火砕流．文部省科学研究費自然災害特別研究，計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流（火砕流等）の特質と災害」（課題番号 A-61-1，代表者：荒牧重雄）研究成果報告書，137-163。
- 小林哲夫・味喜大介・佐々木 寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三（2013）桜島火山地質図（第2版）1：25000．（独）産業技術総合研究所 地質調査総合センター。
- 木尾竜也・西原 歩・成尾英仁・下司信夫・宮縁育夫（2024）桜島火山における薩摩噴火堆積物

層序の再検討．火山，69，115-141．https://doi.org/10.18940/kazan.69.3_115

森脇 広（1994）桜島テフラ-層序・分布と細粒火山灰の層位．文部省科学研究費（一般研究 C）研究成果報告書「鹿児島湾周辺における第四紀後期の細粒火山灰層に関する古環境学的研究」（課題番号 04680428，代表者：森脇 広），1-20。

Nishihara, A., Geshi, N. and Naruo, H. (2022) Long-term change of the eruption activities of Sakurajima volcano, Japan, inferred from the fallout tephra deposits. *Front. Earth Sci.*, **10**, 988373. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.988373>

奥野 充（2002）南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究．*第四紀研究*，41，225-236. <https://doi.org/10.4116/jaqua.41.225>

Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephra in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific paleoclimatic records across the last 150 ka. *Quat. Sci. Rev.*, **67**, 121-137. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.01.026>

新人研究紹介

玄武岩質マグマによる伊豆大島の爆発的噴火に関する 地質・岩石学的研究

池永有弥（大規模噴火研究グループ）

私がこれまで研究を行ってきた伊豆大島について

伊豆大島は主に玄武岩から玄武岩質安山岩のマグマを噴出してきた活火山です。最近では1986年に噴火が発生しました。この噴火では玄武岩のような低粘性マグマに特徴的な、溶岩噴泉やストロンボリ式噴火のような穏やかな噴火が三原山山頂火口で見られました。また火口から溶岩が溢れ、溶岩流として流れ下りました。当時の溶岩流の痕跡は、三原山の山腹に現在もしっかりと確認することができます（図1）。1950-51年や1912-14年にも1986年と同様の規模の噴火が発生しましたが、いずれも溶岩流などの穏やかな活動が主なものでした。

しかし1986年の噴火では途中から三原山山腹にも火口が開き、そこでは爆発的なサブプリニー式噴火が発生しました。またさらに昔の噴火に目を向けると、最近の噴火では穏やかな様式の活動が多い山頂火口で、1777年や1684年などに大規模な爆発的噴火が発生したことがわかっています。低粘性マグマによる活動であるにも関わらずこれらの爆発的噴火がどのようなメカニズムで起こってきたのか、まだよくわかっていないのが現状です。

さらに地質学的な研究から、山頂火口での大規模な爆発的噴火は150年前後の周期で発生してきたと考えられています。山頂火口における最後の大規模な爆発的噴火は1777年の噴火ですから、この時から既に240年以上が経過しています。次の大規模な爆発的噴火が迫っている可能性があるという意味でも、伊豆大島で研究をする重要性は高いと言えます。

1777年に始まり、1792年に終息した一連の噴火は安永噴火と呼ばれています。私は主にこの安永噴火を対象とし、ほかの噴火も交えながら地質・岩石学的な研究を行ってきました。ここからは、伊豆大島におけるこれまでの自身の研究について紹介します。なお多くの部分はIkenaga *et al.* (2023)の内容となります。

安永噴火（1777-1792年）の推移

安永噴火は伊豆大島における最新の大規模な爆発的噴火であるため、古文書に詳細な噴火推移が記録されていることがわかっています（津久井ほか、2009）。また地質学的な研究も行われてきました



図1 カルデラの外輪山上にある御神火茶屋から望む三原山。1986年山頂噴火の溶岩流の痕跡が黒い筋として確認できる。

(Nakamura, 1964 ; 一色, 1984 ; 小山・早川, 1996 ; 川辺, 1998). このように豊富な先行研究がある安永噴火ですが, 実際に現地で安永噴火の堆積物を観察してみると, 噴火中に噴出物の粒径や島内での分布が変化しており, 複雑な噴火推移が地質記録から読み取れることがわかってきました. しかし複雑な地質記録と古文書に残された噴火推移の記録の対比はまだ十分に行われていなかったため, まずは地質調査を行いこの対比を試みることにしました.

従来, 安永噴火はまず山頂におけるスコリアの噴出から始まり, その後山腹から溶岩を噴出した後, 9年にもおよぶ山頂での火山灰噴出期を経て噴火が終息したと考えられてきました. 詳細に地質調査を行った結果, 最初のスコリア噴出期の堆積物は時系列順に Unit A, B, そして C の 3 つの Unit に区別されることがわかりました. Unit A と C は火口の東側, Unit B は火口の北側に分布しています (図 2). このうち Unit C は噴火強度が最も大きく, 山腹から

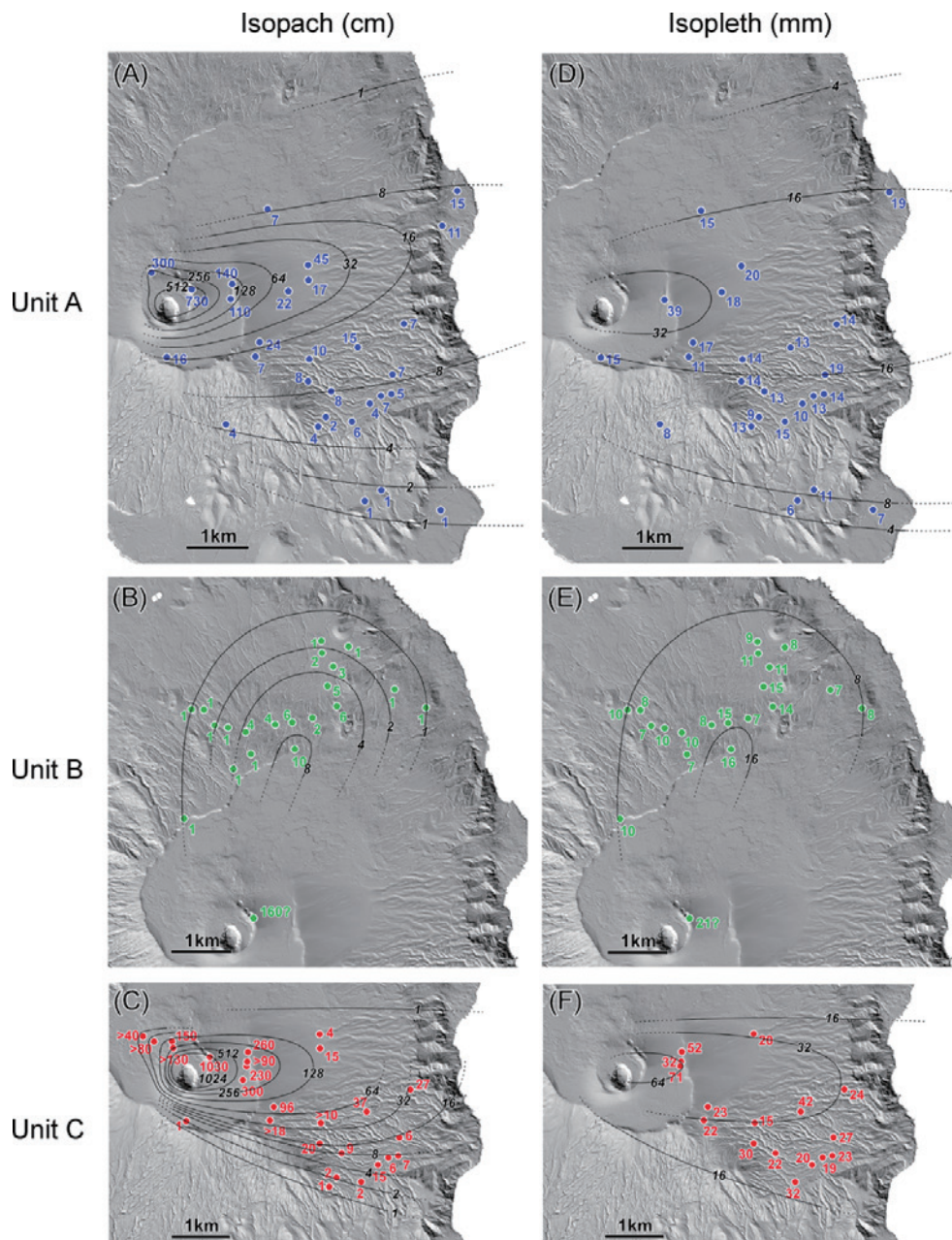


図 2 安永噴火のスコリア噴出期に形成された 3 つの Unit (Unit A, B, C) の島内における分布 (Ikenaga *et al.*, 2023). 左側は層厚 (cm), 右側はスコリアの最大粒径 (mm).

の溶岩噴出の後に起こったこともわかりました（図3）．火山灰噴出期についても、火山灰のみを噴出していたわけではなく、一時的に噴火が強くなり噴火の初期のようにスコリアを噴出していたことがわかりました．

調査を進める中で生じた新たな疑問

このように安永噴火の詳細な推移がわかりましたが、調査をする中でいくつか発見もありました．

まず山頂噴火の堆積物を見てみると、Unit A から C、そして火山灰期に向かって噴出物中の斜長石斑晶量が増えていくことに気づきました．この特徴は地質調査をする中で堆積物を Unit 区分する際にとっても役立ちました．しかし同時に、なぜ噴火中に斜長石が増えていったのかという新たな疑問が生じてきました．一方で山腹から噴出した溶岩はすべて無斑晶質でした．こちらについてもなぜ山頂噴火と斑晶量が異なるのかを調べていく必要がありそうです．

また噴出物の薄片を観察してみると、Unit によって石基に生じている微細な結晶（マイクロライト）の量や気泡組織が異なることがわかりました．噴出物組織の違いは、マグマが火道を上昇する時の条件が異なっていたことを示しています．そこで、なぜ噴出物組織に違いが生じたのかについても調べていくことにしました．

斜長石斑晶量の増加

薄片観察や EPMA 分析の結果、噴火を通じて斜長石以外の斑晶はほとんど見られず、斜長石斑晶や石基ガラスの組成は変わりませんでした．斜長石は Al を多く含むので、全岩の Al_2O_3 量を測ることで斜長石斑晶量を求めることができます．ポイントカウンティングなどで斑晶量を計測すると膨大な時間がかかってしまいましたが、全岩組成であれば比較的短時間で多くの分析を行うことができます．噴出物が厚く堆積している火口近傍であれば噴火の推移を細かく追うことができるため、火口近傍の露頭で細かくサンプリングを行い、全岩組成を測定して斑晶量の推移を調べることにしました．

その結果、噴火中に全岩の Al_2O_3 量や斜長石斑晶量が増加しているに加えて、その増加がステップ状であることがわかりました．露頭では安永噴火を構成する個々の噴火イベントに対応すると思われる層がいくつかありますが、ステップの高さと層の境界の高さがちょうど一致します（図4）．そのため、おそらく1つのイベントが終わって次のイベントが始まるまでのちょっとした休止期間に斜長石斑晶量が増加し、イベントの継続中は斜長石斑晶量があまり変わらなかったのでしょう．

同様の斜長石斑晶量の増加は、他の大規模噴火を分析した際にも見られました．そのため斜長石斑晶量の増加は安永噴火に特有の現象ではなく、伊豆大

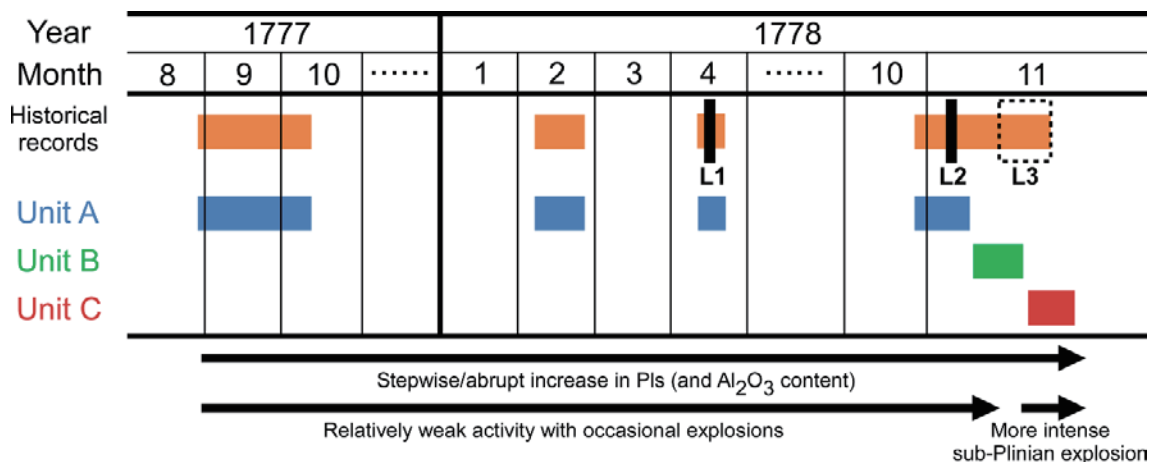


図3 古文書記録 (Historical records; 津久井ほか, 2009) と地質調査結果 (Unit A–C) の比較に基づく、安永噴火のうち最初の約1年間 (スコリア噴出および溶岩噴出期) の推移 (Ikenaga *et al.*, 2023)．縦の黒線 (L1–L3) は溶岩流出の時期を表す．

島では普遍的な現象であると考えられます。近年の小規模から中規模な噴火でも斜長石斑晶量の増加が報告されています (Nakano and Yamamoto, 1991)。

ではなぜ安永噴火では斜長石斑晶だけが増え、その他の斑晶や組成などの特徴は変わらなかったのでしょうか。ここでは

- ①マグマだまり内で斜長石が浮上し、次第にマグマだまり上部の斜長石斑晶量が増加した。
- ②マグマだまり内で斜長石が沈降し、マグマだまりの下部ほど斜長石斑晶に富むようになった。
- ③噴火が強かった時に、勢いよく上昇するマグマがマグマだまり内の斑晶が多い部分を引っかけてきた。
- ④浅部に元々存在していた無斑晶なマグマに、深部から斜長石斑晶に富むマグマが注入された。

という4つの仮説を用意し、それぞれについて検討してみます。

①の説は、1986年の噴火の際に荒牧・藤井 (1988) によって提唱されました。そこでは、マグマの含水量は0.7 wt.%以下でありマグマが高密度であるため、斜長石が浮上できるとされています。しかし後

の研究で、伊豆大島のマグマの含水量は3 wt.%から5 wt.%であることがわかっています (Hamada *et al.*, 2014)。この場合、斜長石は逆にマグマだまり内で沈むことになります。また、安永噴火ではUnit AからCに至るまで (斜長石斑晶が増加するまで) 1か月程度しかありませんでしたが、近年の中規模噴火や小規模噴火では斜長石斑晶の増加に10年から20年ほどかかっています。このような斜長石斑晶の増加速度の大幅な違いについても、斜長石斑晶の浮上で説明するのは少し難しそうです。

では②はどうでしょうか。この場合、マグマだまり内には上部から下部に向かって斜長石斑晶量の連続的な勾配が生じると考えられます。しかし先に述べたように実際はステップ状に斜長石斑晶量が増加しています。

③については、噴火強度が最も大きいUnit Cで斜長石斑晶が増加した安永噴火については当てはまるかもしれません。しかし近年の噴火では、斜長石斑晶が少ないマグマが中規模な噴火を引き起こしているのに対して、斑晶が多いマグマによる噴火は小規模なものにとどまっています。

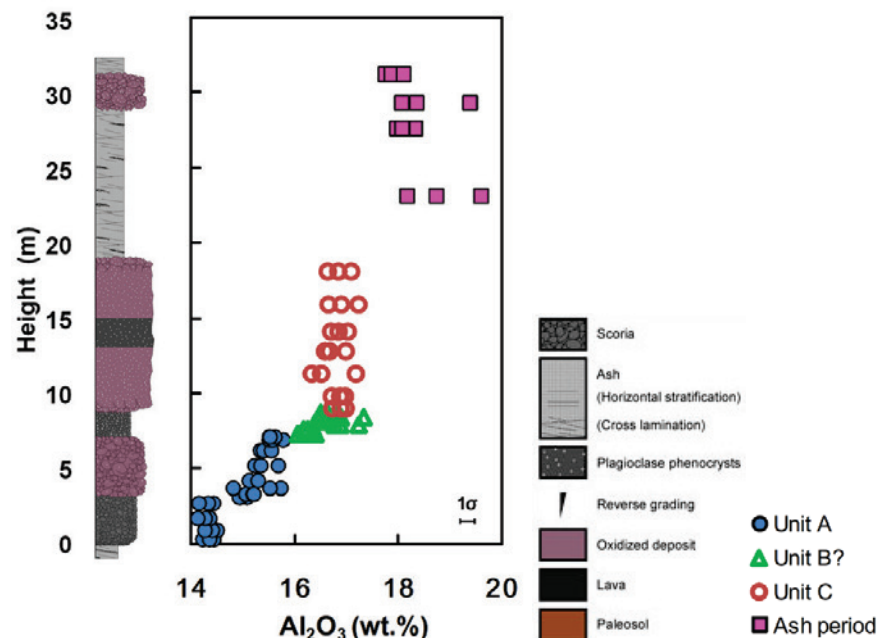


図4 山頂火口近傍の露頭における安永噴火噴出物の全岩 Al_2O_3 量の変化 (Ikenaga *et al.*, 2023). いずれもスコリアの全岩組成。噴火の進行とともに全岩 Al_2O_3 量がステップ状に増加している。

④の説は、今回挙げた仮説の中で最も可能性が高いと考えています。火口近傍の露頭で見られた斜長石斑晶量のステップ状の増加は、無斑晶質マグマだまりに斑晶質マグマが新しく供給されたタイミングを表していると思われます。また噴火の最初は安永噴火では無斑晶なマグマ（Unit A）が噴出していますが、この無斑晶なマグマは水に富んだマグマ中での斜長石の沈降によって形成することができます。すなわち、まず噴火までに斜長石が沈降して無斑晶なマグマが形成された後、1か月程度の短期間で斜長石斑晶量が増加した安永噴火では、斜長石に富んだマグマが深部から勢いよく供給されて噴火が強くなったのに対して、最近の噴火では10年から20年かけて斜長石に富んだマグマがゆっくりと供給され、噴火が大きくならなかったと考えられます。

安永噴火では、山腹から噴出した溶岩は全て無斑晶でした。この溶岩の一部は山頂の斑晶に富んだマグマとほぼ同時期に噴出していることを踏まえると、山腹噴火のマグマだまりは山頂噴火のマグマだまりとは別に存在していると考えられます。1986年の噴火でも、山頂噴火と山腹噴火でマグマだまりが異なると考えられています（荒牧・藤井，1988）。

噴出物組織

噴出物組織については、まず安永噴火のUnit AとCのスコリアに着目して分析をしました。その結果、Unit Aは気泡が大きくマイクロライトが多くみられる一方で、Unit Cは気泡が小さいものばかりでマイクロライトはほとんど見られないことがわかりました（図5）。

小さい気泡が多いことは、マグマの上昇速度が大きく気泡の核形成が盛んであったことを示しています（Toramaru, 2006）。これはUnit Cの噴火強度が最も大きかったという地質調査の結果と整合的です。

一方でマイクロライトについては、従来は玄武岩質マグマでマイクロライトが多く晶出するとマグマの粘性が上昇し、マグマが破碎することで噴火が

爆発的になって噴火強度も大きくなるとされてきました（Sable *et al.*, 2006）。しかし安永噴火では逆の傾向となっています。Unit Cではマグマの破碎は起きていたのでしょうか？

そこでUnit Cの地質的な特徴を振り返ってみると、火口近傍ではあまり破碎していないスパターが多く堆積しており、遠方では1-2 cm程度のスコリアが主な堆積物であるものの、あまり破碎していない20 cmくらいの火山弾も多くみられました。先に述べた斜長石斑晶量の増加に関する考察と合わせると、Unit Cでは深部から斜長石斑晶に富んだマグマが勢いよく上昇し噴火が強かったものの、破碎は十分に起こっていなかったと考えられそうです。

安永噴火よりも昔の大規模噴火についても噴出物組織をいくつか観察しましたが、いずれもマイクロライトに富んでいました。マグマはあまり破碎されないが強い噴火になるという特徴は、安永噴火のUnit Cに特徴的であると言えます。

安永噴火の全体像

これまでの結果を踏まえると、安永噴火の全体像は以下のように推測することができます。

安永噴火開始までは、地下に蓄積されたマグマから斜長石斑晶が除去されて無斑晶質なマグマが形成されました。噴火が始まると、まず山頂から東へこの無斑晶質なマグマがUnit Aスコリアとして噴出しました。Unit Aはマイクロライトが多く、マグマが破碎して爆発的な噴火となりました。噴火が進むにつれて、無斑晶質マグマが蓄積されている場所へさらに深部の斑晶質マグマが供給されるようになり、噴出物の斑晶量が次第に増加しました。一時的に風向きが北に変わりUnit Bスコリアを噴出した後、再び風向きが東に戻り、深部から斑晶質マグマが多く供給され、斜長石斑晶に富むUnit Cスコリアを爆発的に噴出しました。Unit Cのイベントは最も強度が大きく、マグマが高速で上昇してきたため小さい気泡を多く形成しました。マイクロライトを形成できなかったためマグマが十分に破碎することができず、破碎されたスコリアを形成しつつも火口近傍には未破碎のスパターを多く堆積さ

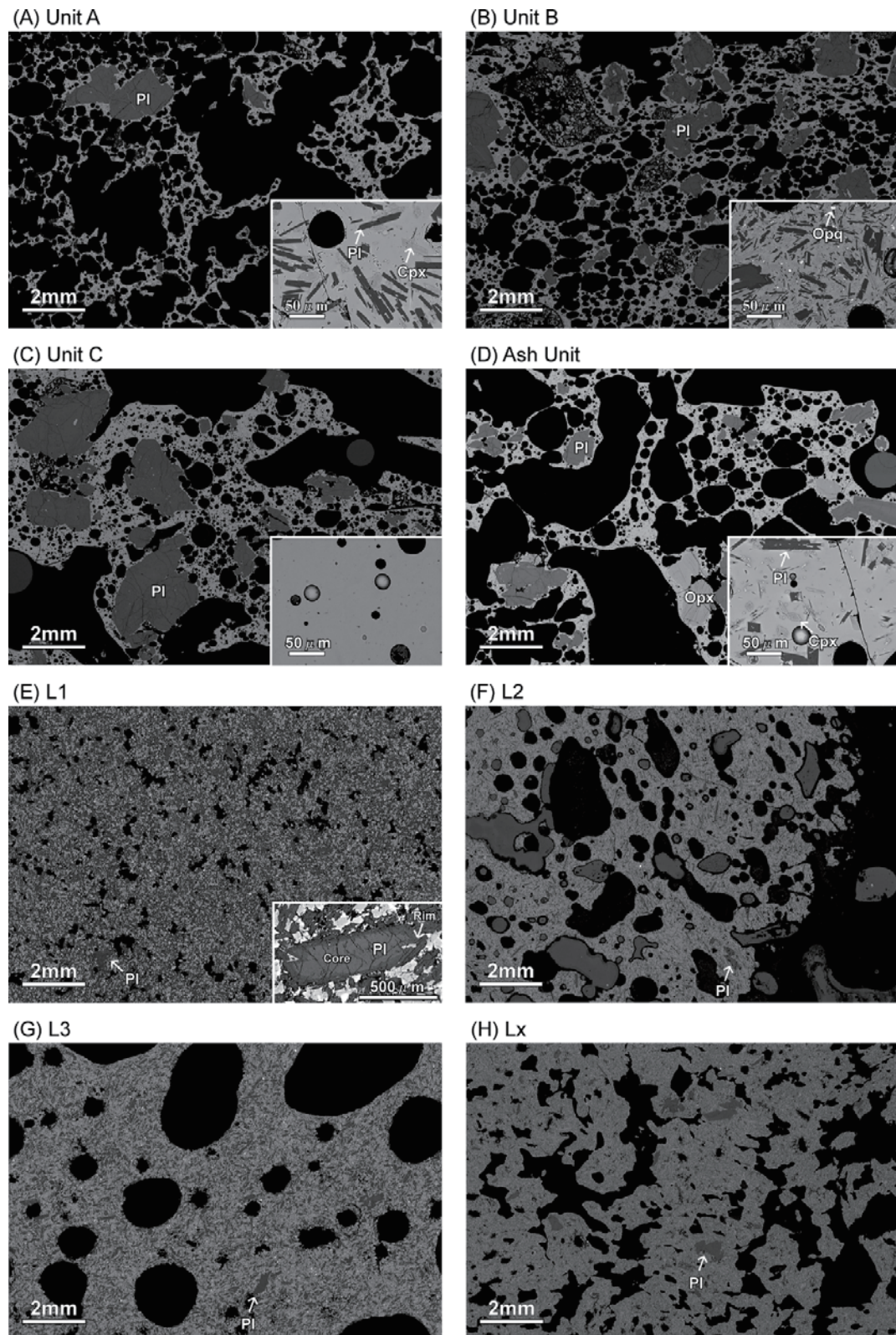


図5 EPMAを用いて撮影した安永噴火のスコリアと溶岩の後方散乱電子像 (Ikenaga *et al.*, 2023). Ash Unit は火山灰噴出期のスコリア, L1-L3 と Lx は溶岩の写真.

せました。また遠方にはスコリアに加えて未破碎の火山弾を堆積させました。深部からの斑晶質マグマの供給はさらに続き、火山灰期には最も斜長石斑晶に富むマグマが噴出しました。山腹から噴出した溶岩は山頂噴火の初期と同様に無斑晶でしたが、マグマだまりは異なり、山頂火口のマグマは深部からの斑晶質マグマの供給が続いた一方で、山腹噴火では斑晶質マグマのみが噴出しました。

おわりに

伊豆大島では安永噴火の全体像はわかってきたものの、Unit ごとのマイクロライト量や気泡組織の違いを生じさせるための、マグマの初期条件や上昇速度といった定量的パラメータはまだわかりません。また安永噴火の前にも多くの大規模噴火が起きており、それぞれの噴火について地質学、物質科学的な研究をする余地はまだ多く残されていると思います。さらに近年は山頂で爆発的噴火は起きていませんが、山頂における近年の噴火と安永噴火を始めとする爆発的噴火では何が違うのでしょうか。

伊豆大島以外の火山を含め、玄武岩質マグマによって引き起こされる爆発的噴火のメカニズムはまだわからないことが多いと言えます。今後も引き続き玄武岩質マグマを噴出する火山の研究に取り組んでいきたいと思います。

引用文献

荒牧重雄・藤井敏嗣 (1988) 伊豆大島火山 1986～1987 年噴火の岩石学的・地質学的モデル, 火山, **33**, S297–S306.

Hamada, M., Okayama, Y., Kaneko, T., Yasuda, A., and Fujii, T. (2014) H₂O-saturated island arc low-K tholeiite magmas: a case study of the Izu-Oshima volcano in the Izu arc, *Earth Planets and Space*, **66**, doi:10.1186/1880-5981-66-15.

Ikenaga, Y., Maeno, F., and Yasuda, A. (2023) Temporal change in eruption style during the basaltic explosive An'ei eruption of the Izu-Oshima volcano, Japan: insights from stratigraphy and chemical composition analyses. *Front. Earth Sci.* **11**:1172615. doi: 10.3389/feart.2023.1172615.

一色直記 (1984) 大島地域の地質, 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅), 地質調査所, 133 p.

川辺禎久 (1998) 伊豆大島火山地質図, 火山地質図, no. 10, 地質調査所.

小山真人・早川由紀夫 (1996) 伊豆大島火山カルデラ形成以降の噴火史, 地学雑誌, **105**, 133–162.

Nakamura, K. (1964) Volcano-stratigraphic study of Oshima volcano, Izu, *Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo*, **42**, 649–728.

Nakano, S. and Yamamoto, T. (1991) Chemical variations of magmas at Izu-Oshima volcano, Japan: Plagioclase-controlled and differentiated magmas, *Bull. Volcanol.*, **53**, 112–120.

Sable, J. E., Houghton, B. F., del Carlo, P., and Coltelli, M. (2006) Changing conditions of magma ascent and fragmentation during the Etna 122 BC basaltic Plinian eruption: Evidence from clast microtextures, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **158**, 333–354.

Toramaru, A. (2006) BND (bubble number density) decompression rate meter for explosive volcanic eruptions, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **154**, 303–316.

津久井雅志・段木一行・佐藤正三郎・林幸一郎 (2009) 伊豆大島火山：史料に基づく最近 3 回の大規模噴火の推移と防災対応, 火山, **54**, 93–112.

新人研究紹介

近地 S 波後続波を活用した地殻内不均質構造の研究とその加速

雨澤勇太（地質変動研究グループ）

1. はじめに

地下で地震が発生すると、断層がずれ動き、そのエネルギーの一部は地震波（P 波と S 波）として放射されます。地震波は地球内部を伝わり、地表付近に到達した地震波は地面の揺れとして地震計で記録することができます。本稿では地震に関連する地面の揺れの記録を地震波形データと呼ぶことにします。地震波形データには、P 波と S 波以外にも様々な地震波による揺れが記録されています。その中でも特に私が興味を持って研究しているのが「後続波」と呼ばれる地震波です。震源から放射された P 波や S 波が地球内部を伝わっていく途中で、強い地殻内不均質構造（流体に富む領域など地震波の伝わる速さが著しく変わるようなところ）が存在すると、そこで P 波や S 波が強く反射・散乱されることがあります。こうして生じた反射波や散乱波は、震源から最短経路で地震計に到達した P 波や S 波に続いて記録されるため後続波と呼ばれています（図 1）。後続波を詳しく調べることで、その発生源である不均質構造について情報を得ることができます。

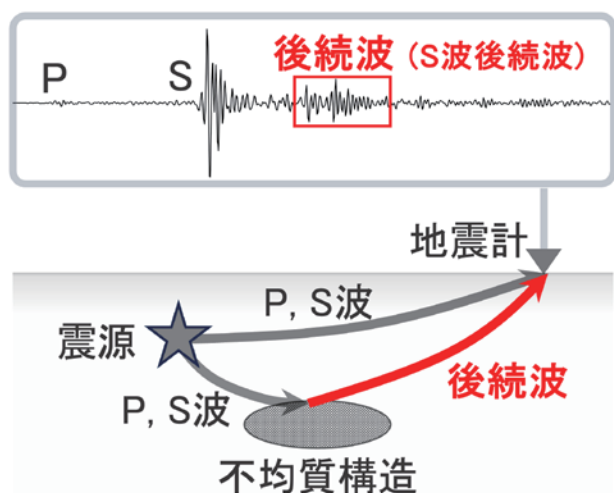


図 1 後続波の発生イメージ。

地震波形データ中に観測される後続波は、震源や不均質構造の位置・距離・空間スケールにより様々なものがあります。その中でも特に、地殻内不均質構造の研究に活用されてきたものが、地殻内で発生した地震について比較的近傍の観測点において S 波の到来後に観測されるような後続波です（多くの場合、S 波が地殻内不均質構造で反射・散乱されたと解釈されたもの）（例えば、*Sanford, et al., 1973*; *Matsumoto & Hasegawa, 1996*; *Doi & Nishigami, 2007*; *Aoki et al. 2016*）。本稿では、このような“近地” S 波後続波（以下では、後続波と略記します）に関する研究をご紹介します。

2. 後続波形状の時間変化から捉える地殻内不均質構造の時間変化

地殻内不均質構造の時間変化を高分解能で捉えることは、固体地球物理学における第一線の研究課題の一つと言えるでしょう。地下の構造を地震学的に調べるための代表的な方法に地震波トモグラフィがあります。この方法で構造を安定して推定するためには、時空間的に満遍なく分布しかつ大量の地震データを必要とするため、時間軸を入れた議論が困難な場合が多いのが現状です。一方、後続波はその発生源に特に高い感度をもつため、多数の地震について後続波形状の時間変化を捉えられれば、その発生源である不均質構造の時間変化を捉えることができます（例えば、*Matsumoto et al., 2001*）。

私の最初の研究テーマは、秋田県の第四紀火山である森吉山周辺で観測される後続波の発生源位置の推定と時間変化の検討でした（*Amezawa et al., 2019*）。森吉山周辺は明瞭な後続波が観測される地域の一つとして知られていました（例えば、堀・長谷川, 1991）。この地域で観測される後続波は、S 波的な振動で、16 Hz 以上の高周波成分に卓越し、

継続時間 1 秒ほどの波群であるため、数百 m 以下の空間スケールの散乱体に入射した S 波が多重散乱されて生じた散乱波群であると考えられています (Kosuga, 2014)。また、森吉山周辺では、2011 年東北地方太平洋沖地震発生後に活発な群発地震活動が発生したため、後続波を含む地震波形データが豊富に記録されています。私たちはまず、この地域における後続波の発生源位置を明らかにするため、弘前大学が設置した臨時地震計アレイ（複数の地震計を一定の間隔・パターンで配置して同時に観測を行う観測網）のデータを解析して、後続波の到来方位と伝わる速さを推定しました。その結果をもとに、後続波の発生源位置を推定したところ、それが群発地震のほぼ直下の深さ約 13 km の中部地殻内にあることが明らかになりました (図 2)。

続いて、後続波形状の時間変化を精査するために、群発地震の中から P 波および S 波の波形形状

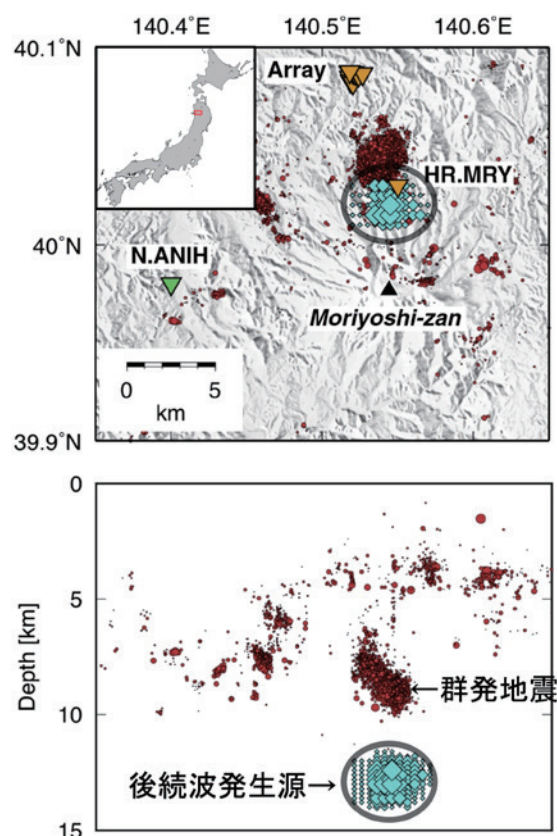


図 2 後続波発生源と群発地震の位置関係。青色の菱形は後続波発生源の推定位置を示す。赤色の丸は地震の震源を示す。橙色と緑色の逆三角形は地震観測点を示す。黒色の三角形は森吉山山頂を示す。本図は Amezawa *et al.* (2019) の Figure 9 を一部改変したものである。

が類似した地震群を抽出しました。一般に、震源・地震波の放射パターン・地震波の伝わる経路・地震計および設置地点の特性が同様な場合、同一観測点で観測される P 波および S 波の形状は類似します。したがって、このような地震群の地震波形データの中で後続波の時間変化を調べれば、後続波の発生源における時間変化を捉えることができます。このようにグルーピングした地震群について、近傍の観測点 (図 2 の緑色の逆三角形) における地震波形データの後続波部分に着目した検討を行ったところ、後続波形状が数時間から十数時間という非常に短い時間スケールで激しく変化していることが明らかになりました (図 3)。

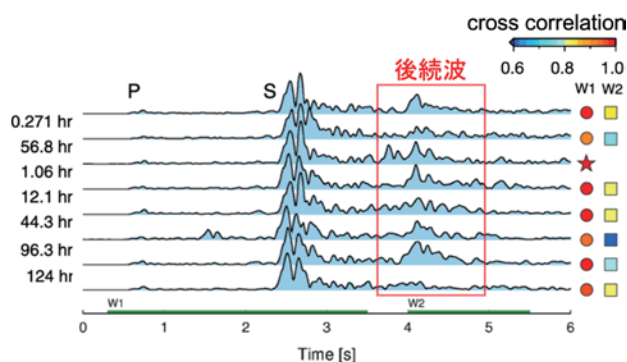


図 3 P 波および S 波が類似する地震グループのエンベロープ波形の例。左側にグループ内で時間的に隣り合う地震の発生間隔 [hr] を示す。右側の色付きの丸および四角は時間軸上の緑色の時間窓 (w1, w2) における reference 波形 (赤色の星) に対する各エンベロープ波形の相互相関係数を示す。本図は Amezawa *et al.* (2019) の Figure 6 を一部改変したものである。

以上の解析結果は、群発地震の直下に短時間で地震波の散乱特性が時間変化するような領域が存在することを示しています。後続波形状が非常に短時間で変化していることから、後続波の発生源は流体に富んだ領域であり、その流体分布が時空間変化することで散乱特性が変化していると考えられます。また、直上の群発地震では、人工注水井周辺の群発地震で観測されるような拡散的な震源分布の時空間発展が観測され、これは間隙流体圧の時空間変化で説明できることから、後続波の発生源から供給された流体が群発地震の発生に関与した可能性があることが分かりました。

3. 深層学習による S 波後続波の自動検出モデルの構築

前章で述べたように、後続波を活用することで、その発生源における時間変化を高い分解能で捉えられます。このような解析を大量データに対して網羅的に行うことができれば、その発生源である地殻内不均質構造の研究が加速すると期待されます。今日では、日本やアメリカをはじめとして国土全域を網羅するような高密度な地震観測網が整備されており、日本列島では 1,000 地点以上の地震計で常時地震観測が行われています。また、日本列島周辺では、人が揺れを感じないような小規模の地震まで含めると、平均的には数分に 1 回地震が発生しており、日々大量の地震波形データが観測・蓄積され、そのデータ総量は 1 ペタバイト (100 万ギガバイト) に迫りつつあります。近年、このような地震波形ビッグデータに対し、人工知能技術の一つである深層学習による P 波・S 波の検出や到達時刻の読み取りを高精度かつ高速に自動処理する技術が急速に発達しました (例えば, Zhu & Beroza, 2019)。これらには、人間が用意した正解付きの学習データを深層ニューラルネットワーク (線形変換と非線形変換を多層に重ねた多変数の関数近似モデル) に学習させてモデルを最適化する「教師あり深層学習」という手法が用いられています。

私たちは、深層学習を用いることで、後続波についても P 波・S 波と同様に高精度かつ高速な自動処理が可能であると考え、後続波を自動検出するための深層学習モデルを構築しました (情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和 4 年度成果報告書)。この際、後続波については P 波・S 波のようにルーチン処理されて公開されているデータが存在しないため、まずは、前節で先述した森吉山周辺の群発地震を利用して、5,000 地震について後続波の有・無を 1・0 でラベリングし、学習データとテストデータを作成しました。深層学習モデルの機構としては、心電図のデータから心不全を検出するような処理 (例えば, Kiranyaz *et al.*, 2015) に使用される 1 次元畳み込み

ニューラルネットワークという機構を採用しました。モデルへの入力には S 波到来時刻の少し前から、約 10 秒間の時間窓で切り出した水平動 2 成分の速度波形データとし、これに対して 0.0–1.0 の範囲の実数が 1 つ出力されます。このモデル出力と正解ラベルの“ずれ”に基づいて、モデル内のパラメータを調整することを繰り返し、最適なモデル (学習済みモデル) を得ました。今回は後続波が有りの場合を 1 としたので、学習済みモデルに新規の地震波形データを入力したときのモデル出力値が高いほど、入力したデータに後続波が含まれる可能性が高いということを意味します。設定した閾値をモデル出力が超えた場合に、後続波検出となります。構築したモデルを様々な閾値を用いてテストした結果、機械学習によらない方法 (振幅情報に基づき後続波を検出) を大きく上回る性能の深層学習モデルの構築に成功しました (図 4)。また、開発したモデルは

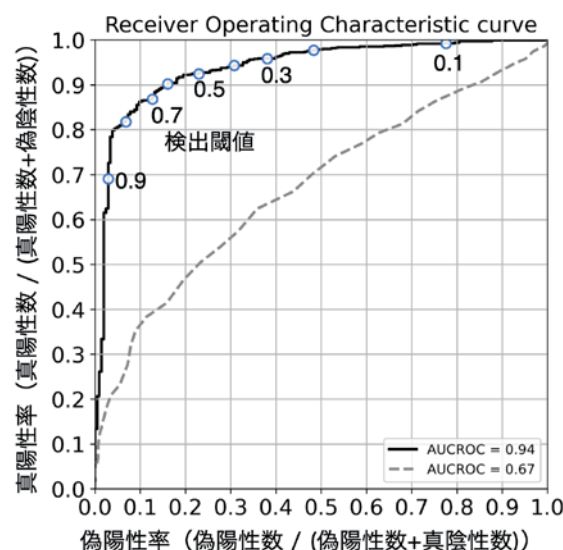


図 4 テスト結果の ROC (Receiver Operation Characteristic curve)。黒色の実線は構築した深層学習モデルのテスト結果の ROC を示す。青枠の丸は 0.1–0.9 の検出閾値における真陽性率と偽陽性率の値を示す。灰色の波線は機械学習に依らない方法のテスト結果の ROC を示す。AUCROC (Area Under the Curve of ROC) は ROC の下側面積を示し、完璧な分類結果に対し 1.0、ランダムな分類結果に対し 0.5 となる。本図は情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト (STAR-E プロジェクト)「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和 4 年度成果報告書の図 6 と同様である。

1 観測点のみのデータで学習を行ったものですが、他の地域の観測点で得られた地震波形データでも、ある程度機能することを確認しています。今後は、このモデルを改良・運用しつつ様々な地域の地震波形データを用いた後続波データセットを作成し、より汎用的なモデルを作成する予定です。

4. 信号源分離技術を活用した S 波後続波の自動抽出

後続波自動処理の次のステップとして、私たちは後続波が検出された地震波形データから後続波のみを抽出する手法を開発しました（情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和 6 年度成果報告書）。後続波が検出された地震波形データは S 波到来時刻の直前以降で切り出した場合、大局的には S 波と後続波という 2 つの信号が混合したものとみなせます。つまり、これらを分離できれば、後続波のみを抽出できます。このような問題設定に対して、多チャンネル音響信号処理分野で発展してきたブラインド信号源分離技術の一つである独立ベクトル分析（IVA: Independent Vector Analysis）（Hiroe, 2006; Kim *et al.*, 2007）を適用しました。IVA は信号の混合過程や信号源に関する情報を必要とせず（この点で

“ブラインド”）、混合信号から混合前の信号をそれぞれの統計的独立性に基づき分離する手法です。例えば、フルートとギターが並んで合奏しているのを複数のマイクで録音し、その録音からフルートのメロディーのみを分離するといったことができます。この状況を、いま解決したい問題に置き換えると、S 波と後続波が混合した揺れが地震計の複数成分で記録されていて、そこから S 波と後続波の揺れをそれぞれ分離するという状況として捉えられます。IVA においては、信号源数を入力信号数以下とする必要があります。今回は、水平動に卓越する後続波（S 波反射波・S 波散乱波）をターゲットとしたため、地震計の水平動 2 成分で記録された地震波形データに独立ベクトル分析を適用して S 波と後続波を分離します。

IVA による後続波の抽出可能性を検討するために、私たちがこれまで後続波の研究に用いてきた、秋田県森吉山周辺で観測される後続波を含む地震波形データに IVA を適用し、後続波の抽出を試みました。図 5 に水平動 2 成分の地震波形データ（図 5a）からの IVA による信号分離の例を示します。分離結果を見ると、到来時刻が異なる 2 つの信号に分離されていることが分かりますが、分離された信号がそれぞれ何なのかを識別するためには、別の情報が必要になります。今回は、S 波到来時刻が既

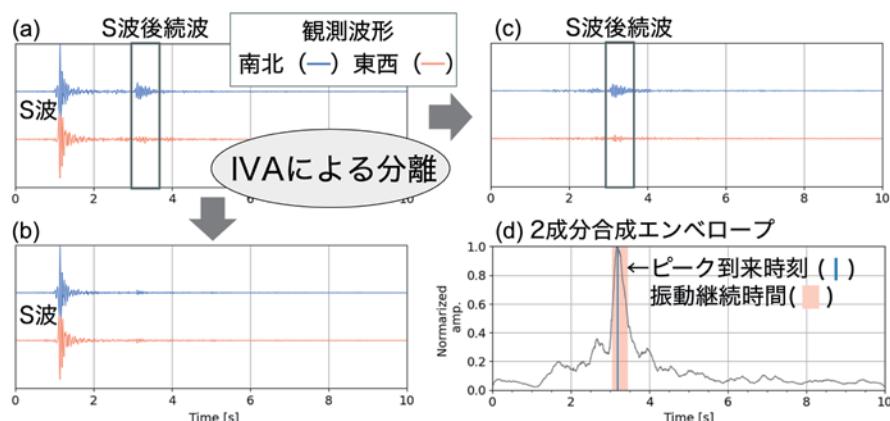


図 5 S 波後続波の抽出例。(a) 観測された地震波形データ（南北成分・東西成分）。振幅は最大値で規格化してある。(b) 分離された S 波。(c) 分離された S 波後続波。(d) 分離された S 波後続波の 2 成分合成エンベロープ。青線はピーク到来時刻、赤色の範囲は後続波の振動継続時間（ピーク振幅の半値幅）を示す。本図は情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト (STAR-E プロジェクト) 「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和 6 年度成果報告書の図 13 と同様である。

知であるため、その時刻周辺の振幅情報に基づき、振幅が大きい方をS波(図5b)、もう一方を後続波(図5c)と判断しました。このように、後続波のみを抽出することが可能になったことで、後続波のピーク振幅の到来時刻などの特徴を機械的に定量化することが可能になりました(図5d)。また、開発した手法は他の観測点・他の地域における地震波形データに対しても有効であることを確認しています。今後、本手法を後続波の自動検出モデルと組み合わせることで、検出された後続波の特徴を定量化し、それに基づいて後続波の発生源位置や分布形態を網羅的に推定することができるようになると考えています。

5. おわりに

本稿では、近地S波後続波を活用した地殻内不均質構造の研究と深層学習・信号処理による後続波を自動処理するための手法開発についてご紹介しました。後続波処理の自動化は、これまで活用が困難であった後続波データへのフルアクセスを可能にし、地殻内不均質構造に関する研究の新たな推進力になると考えています。今後は開発した手法の改良と適用範囲の拡充を続けるとともに、地殻内不均質構造の実態にさらに迫っていくような研究を展開していきたいと考えています。

謝辞

本稿で紹介した研究では、気象庁、防災科学技術研究所 Hi-net、大学による観測波形記録、気象庁一元化震源カタログ、気象庁による手動検出値を使用しました。2章・3章で紹介した研究は文部科学省の情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト(STAR-E プロジェクト) JPJ010217 の助成を受けたものです。記して感謝いたします。

文献

- Amezawa, Y., Kosuga, M., & Maeda, T., 2019. Temporal changes in the distinct scattered wave packets associated with earthquake swarm activity beneath the Moriyoshi-zan volcano, northeastern Japan. *Earth, Planets and Space*, 71, 132. <https://doi.org/10.1186/s40623-019-1115-6>
- Aoki, S., Iio, Y., Katao, H., Miura, T., Yoneda, I., & Sawada, M., 2016. Three-dimensional distribution of S wave reflectors in the northern Kinki district, southwestern Japan. *Earth, Planets and Space* 68, 107. <https://doi.org/10.1186/s40623-016-0468-3>
- Doi, I., & Nishigami, K., 2007. Three-dimensional distributions of S wave reflectors in the source region of the 2000 Western Tottori Earthquake. *Geophysical Research Letters*, 34(20), L20312. <https://doi.org/10.1029/2007GL031169>
- Hiroe, A., 2006. Solution of Permutation Problem in Frequency Domain ICA Using Multivariate Probability Density Functions, *International Conference on Independent Component Analysis and Signal Separation*, 601–608
- 堀修一郎, 長谷川昭, 1991. 微小地震反射波から推測される秋田県森吉山直下の地殻深部溶融体. *地震* 第2輯, 44 (1), 39-48. https://doi.org/10.4294/zisin1948.44.1_39
- Kim, T., Attias, H.T., Lee, S.Y., & Lee, T.W., 2007. Blind Source Separation Exploiting Higher-order Frequency Dependencies, *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing* 15–1: 70–79
- Kiranyaz, S., Ince, T., Hamila, R., & Gabbouj, M., 2015. Convolutional Neural Networks for patient-specific ECG classification. 37th Annual International Conference of the IEEE in Medicine and Biology Society (EMBC), 2608–2611. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7318926>
- Kosuga, M., 2014. Seismic activity near the Moriyoshi-zan volcano in Akita Prefecture, northeastern Japan: implications for geofluid migration and a midcrustal geofluid reservoir. *Earth, Planets and Space*, 66, 77. <https://doi.org/10.1186/1880-5981-66-77>
- Matsumoto, S., & Hasegawa, A., 1996. Distinct S wave reflector in the midcrust beneath Nikko - Shirane volcano in the northeastern Japan arc. *Journal of*

- geophysical Research: Solid Earth, 101(B2), 3067-3083. <https://doi.org/10.1029/95JB02883>
- Matsumoto, S., Obara, K., Yoshimoto, K., Saito, T., Ito, A., & Hasegawa, A., 2001. Temporal change in P-wave scatterer distribution associated with the M 6.1 earthquake near Iwate volcano, northeastern Japan. *Geophysical Journal International*, 145(1), 48-58.
- Sanford, A.R., Alptekin, O., & Topozada, T.R., 1973. Use of reflection phases on microearthquake seismograms to map an unusual discontinuity beneath the Rio Grande Rift, *Bulletin of seismological the Society of America*, 63(6-1), 2021-2034. <https://doi.org/10.1785/BSSA0636-12021>
- 情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト (STAR-E プロジェクト)「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和4年度成果報告書. 16-18
- 情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト (STAR-E プロジェクト)「信号処理と機械学習を活用した地震波形ビッグデータ解析による地下断層の探索」令和6年度成果報告書. 24-25,
- Zhu, W., & Beroza, G.C., 2019. PhaseNet: a deep-neural-network-based seismic arrival-time picking method. *Geophysical Journal International*, 216(1), 261-273. <https://doi.org/10.1093/gji/ggy423>

受賞報告

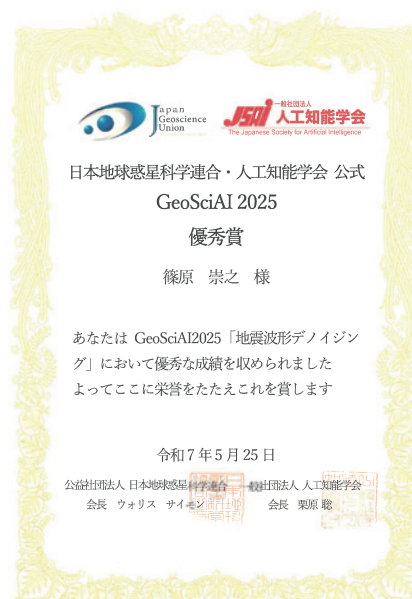
篠原崇之研究員（地震災害予測研究グループ）が GeoSciAI2025 特別賞（優秀賞 / 特別賞）を受賞

GeoSciAI2025 は地球惑星科学分野データに対する AI モデル作成コンペティションであり、篠原氏は地震発生時の地震波形の信号対雑音比（SNR）を向上させることを目的とする課題「地震波形デノイズング深層学習モデルの開発」において、優秀賞ならびに特別賞（人工知能学会賞）を受賞しました。なお、優秀賞は評価スコア、特別賞はアプローチのアイデアの有効性に対して贈られる賞です。

篠原氏は、合成開口レーダや光学衛星画像といった時系列衛星画像の将来予測を行うために、動的システムモデルと深層学習モデルを組み合わせた軽量な時系列予測 AI の開発など、地球科学関連の AI 開発において豊富な経験と実績を積み上げてきました。このような複数分野の知見を有効に組み合わせて高性能な AI を開発するという篠原氏の経験が、今回のコンペティションにも活かされ、特別賞の受賞に繋がったものと考えられます。

受賞者のコメント

この度、GeoSciAI2025 において優秀賞および特別賞という栄誉ある賞を賜り、心より光栄に存じます。今回のコンペティションでは地震波形のデノイズタスクに挑戦いたしました。本課題では教師となるクリーンな地震波形データが存在せず、デノイズ後の波形の信号対雑音比とデノイズ前後の波形間相互相関の最大化が求められるため、従来の教師あり学習によるデノイズ手法では対応困難でした。さらに、利用可能な学習データが限定的であることから、軽量なモデル構築が必要という制約もありました。これらの課題に対し、信号処理における行列分解を用いた前処理デノイズと軽量畳み込みニューラルネットワークによる後処理デノイズを組み合わせた2段階手法を開発・適用いたしました。計算資源が限られた環境下での効率的な AI 手法構築に関する研究経験を活かすことができたと考えております。今後も深層学習をはじめとする AI・情報科学分野と地球科学・地震工学分野の架け橋となるべく、研究に邁進してまいります。



外部委員会等 活動報告 (2025年6月～7月)

6月-7月

2025年6月2日

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部
会（岡村・穴倉出席／Web会議）

2025年6月6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）

2025年6月10日

大分県有識者会議第2回（吉見出席／大分県庁）

2025年6月10日

地震調査研究推進本部地震調査委員会（今西・宮下
出席／Web会議）

2025年6月13日

火山調査研究推進本部政策委員会 調査観測計画検
討分科会（篠原・及川出席／Web会議）

2025年6月13日

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部
会海域活断層評価手法等検討分科会（岡村出席／
Web会議）

2025年6月24日

測地学分科会（第52回）・地震火山観測研究計画
部会（第60回）合同会議（今西出席／Web会議）

2025年7月2日

火山調査研究推進本部 第5回火山調査委員会（石
塚吉・篠原出席／文科省）

2025年7月4日

地震調査研究推進本部地震調査委員会（臨時）（今
西・宮下出席／Web会議）

2025年7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／Web会
議）

2025年7月7日

地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部
会（岡村・穴倉出席／Web会議）

2025年7月8日

火山調査研究推進本部政策委員会 調査観測計画検
討分科会（篠原・及川出席／Web会議）

2025年7月9日

地震調査研究推進本部地震調査委員会（今西・宮下
出席／Web会議）

2025年7月16日

九州地方火山情報アドバイザー会議（臨時会）（石
塚吉・篠原出席／Web会議）

2025年7月18日

火山調査研究推進本部政策委員会 第9回総合基本
施策・調査観測計画部会（篠原出席／文科省）

2025年7月25日

地震調査研究推進本部地震調査委員会強震動評価
部会強震動予測検討分科会（堀川出席／Web会議）

2025年7月30日

大分県有識者会議第3回（吉見出席／大分県庁）

IEVG ニュースレター Vol.12 No.3 (通巻 69 号)

2025年8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・東宮昭彦・伊藤一充・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 : iev-news-ml@aist.go.jp

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