

日本活断層学会 2025 年度秋季学術大会

一般研究発表

講演予稿集

2025 年 11 月 15 日(土) 13:05～17:30

2025 年 11 月 16 日(日) 9:20～10:40

会場: 東京都立大学南大沢キャンパス

主催: 一般社団法人日本活断層学会

11月15日（土）午後

一般研究発表（口頭）

座長：三條竜平

13:05 O-1 横ずれ断層の平均変位速度と流域モビリティ指標 PRR の関係性
○山根悠輝・遠田晋次

13:25 O-2 分岐断層を含んだ東アナトリア断層帯の準動的地震サイクルシミュレーション
○高橋宗茂・安藤亮輔

13:45 O-3 Ulaanbaatar 断層北西部およびその周辺の変動地形学的調査
○岩佐佳哉・中田 高・鈴木康弘・後藤秀昭・
Bayasgalan Amgalan・Narangerel Serdyanjiv

座長：岩佐佳哉

14:05 O-4 宮城県鬼首カルデラ南西縁、鬼首断層の活動メカニズムの予察
○三條竜平・須貝俊彦

14:25 O-5 四国地方中東部の山地部における綱附森断層の断層露頭
○吉田優駿・石村大輔

休憩（14:45-14:55）

14:55-15:30 ポスター発表ショートオーラル

11月15日（土）午後

一般研究発表（ポスター）

15:30-17:30 コアタイム

- P-1 「活断層ハザード評価のための大学連携人材育成プログラム」の創出と意義
後藤秀昭・○松多信尚・熊原康博・楮原京子・岩佐佳哉・鈴木康弘
- P-2 研究機関と学会の協働による若手育成（その7）：「第7回 活断層の学校 in つくば」の開催報告
○中埜貴元・吾妻 崇・藤原広行・宮下由香里・山中 莊
- P-3 折爪断層北部における地下地質構造
○田崎陽平・岡田真介・本多 亮・平松良浩
- P-4 隆起海岸の地形・地質に基づく活構造復元の試み：津軽平野西縁部の例
○近藤梨紗・立石 良・楮原京子・岡田真介・後藤玲奈
- P-5 津軽山地西縁断層帯（南部）を対象とした断層活動性調査
○白濱吉起・レゲット 佳・丸山 正・吾妻 崇・成田憲文・岸山 碧・亀高正男
- P-6 令和6年能登半島地震を引き起こした海域活断層の直接観察
○濱村康介・立石 良・佐野晋一・澤田 渚・ロバート ジェンキンズ・鈴木信雄
- P-7 能登半島黒島～鹿磯地区の隆起海岸で認められた湧水の起源について
○松本なゆた・細矢卓志・石原隆仙・寺田龍矢・後藤 慧
- P-8 能登半島北部沿岸吉浦周辺の低位段丘におけるGPRを用いた地下構造の推定とOSL年代測定
○赤井 東・安藤亮輔・宍倉正展・田村 亨・伊藤一充・安江健一・橋下怜旺
- P-9 能登金剛・巖門における生物遺骸群集の発見とその意義
○後藤玲奈・立石 良・近藤梨紬・安江健一
- P-10 飛騨川河床に現れた阿寺断層露頭の変遷
○細矢卓志・後藤 慧・寺田龍矢・安江健一
- P-11 阿寺断層帶中部のステップ部における断層の変位と活動時期に関する研究
○廣瀬健大朗・安江健一・石山達也・廣内大助
- P-12 クリプトテフラ研究の発展と変動地形学・古地震学的研究への応用
渡辺 樹

P-13 上野盆地に分布する大野木断層の変動地形と活動開始時期

○原西絢太・後藤秀昭

P-14 別府湾周辺から由布院盆地における断層変位地形の詳細な分布と特徴

○岩佐佳哉・熊原康博

P-15 八代海の海底活断層の分布・形状に関する再検討

○楮原京子・後藤秀昭

P-16 台湾東部花東縦谷断層における自然露頭に基づく完新世活動履歴

○太田 麗・顔一勤・顔君毅・陳土豪・松多信尚・
石山達也・廣内大助・杉戸信彦・福永拓真

P-17 衛星画像の解析による 2025 年ミャンマー地震 (Mw 7.8) の地震断層の変位量
分布

堤 浩之

11月16日（日）午前

一般研究発表（口頭）

座長：白濱吉起

9:20 O-6 布田川断層帯宇土半島北岸区間の活動履歴
○大上隆史・多良賢二・一井直宏・細矢卓志・後藤 慧

9:40 O-7 高分解能三次元音波探査（3D-HRS）データを用いた変動地形学的検討
－別府湾に分布する海底活断層の完新世活動履歴－
○高橋恭平・川崎慎治・原 彰男

座長：大上隆史

10:00 O-8 WebGIS を活用した活断層地形の発見とその可能性
○石村大輔・岩佐佳哉・吉田優駿・渡辺 樹・辻 智樹

10:20 O-9 地表地震断層による常時微動特性の変化について
○香川敬生・野口竜也・西本壮汰

10:40-10:50 企業展示紹介

10:50-11:20 表彰式

昼 食
(12:00-13:00 キャリア懇談会)

O-1

横ずれ断層の平均変位速度と流域モビリティ指標 PRR の関係性

◦山根悠輝(東北大・院, 学振 DC)・遠田晋次(東北大)

Relationship between slip rates on strike-slip faults and the profile relief ratio, an index of the mobility of drainage basins

◦Yuki YAMANE (Tohoku Univ. and JSPS-DC) and Shinji TODA (Tohoku Univ.)

長期的な活断層の平均変位速度（以下、変位速度）は通常、変位基準の累積変位量を、その年代で除することで算出される。しかしながら、変位基準の保存状態や年代試料の不足により、活断層の変位速度が推定できない場合も多い。そこで近年、活断層周辺の河川地形解析に基づき、その変位速度を推定することが試みられてきた（例えば、Armstrong et al., 2021; Aránguiz-Rago et al., 2025）。Duvall and Tucker (2015)の数値モデル研究では、断層沿い流域の水平方向への移動性（以下、モビリティ）が活断層の水平変位速度を反映する結果が得られた。水平変位速度が遅い活断層沿いでは、変位・変形に対して侵食力が強くなるため、断層より上流の流域は横ずれ変位に応答し、モビリティを持つとされた。一方、水平変位速度が速い活断層沿いでは、侵食力に対して変位・変形が強く、断層より上流の流域は横ずれ変位に応答できず、モビリティを持たずに固定され易い結果を得た。そのため、侵食力の地域差を無視すれば、実際の地形でも、横ずれ断層の水平変位速度が速いほど断層沿い流域はモビリティを持つことが想定される。しかしながら、実在する横ずれ断層の変位速度と周辺流域のモビリティの関係性について議論した研究はごく数例のケース・スタディ（Medina-Cascales et al., 2021; Aránguiz-Rago et al., 2025）に留まっており、モデル研究の結果が実際の地形でも成立するかはほぼ未検証である。

そこで本研究では、実在の横ずれ断層を対象に、その水平変位速度と断層沿い流域のモビリティの関係性を探るため、ニュージーランドと日本で水平変位速度が既知の横ずれ活断層内の計 19 区間を解析した。流域のモビリティを表す値として、PRR (Profile relief ratio; Duvall and Tucker, 2015) を用いた。PRR は、断層から主要分水界までの距離をとった際に、断層側から 50% と 10% に位置する地形縦断形の最大起伏の比である。Duval and Tucker (2015)によるモデル研究では、PRR は水平変位速度が 1.0 mm/yr 未満程度の活断層沿いで約 1 となり、水平変位速度が 5.0 mm/yr 程度以上の活断層沿いでは約 0.5 となることが示唆された。ただし、厳密には PRR と相關するのは侵食力や隆起速度に対する相対的な水平変位速度であるため、PRR と、侵食速度や隆起速度の指標とされる河川の正規化急勾配度 (k_{sn}) との関係性も調べた。地形データには、LINZ 発行の 8 m メッシュ DEM 及び国土地理院発行の 10 m メッシュ DEM を用い、MATLAB と QGIS で解析した。水文解析では MATLAB の TopoToolbox2 (Schwanghart and Scherler, 2014) を使用した。活断層の位

置は、New Zealand Active Fault Database (Morgenstern et al., 2025) と都市圏活断層図によった。以下に結果を記す。

水平変位速度が 1.0 mm/yr 未満の活断層沿いでは、PRR は 0.9–1.1 であった（図 1）。水平変位速度が 1.5 mm/yr 以上の活断層沿いでは、PRR は 0.9 未満であるが、断層によって値のばらつきが大きい。そのため、PRR は、活断層の水平変位速度が 1.0–1.5 mm/yr より大きいかどうかの大まかな基準とはなるが、水平変位速度を詳細には反映しないと考えられる。図 2 では横軸に水平変位速度を断層より上流側の河川の平均 k_{sn} で割った値（以下、水平変位速度/ k_{sn} ）をとっている。PRR と水平変位速度/ k_{sn} を直線近似した際の R^2 値は約 0.06 で、PRR と水平変位速度を直線近似した時の約 0.03 よりも大きい。そのため、PRR から横ずれ断層の変位速度を推定する際には、河川の k_{sn} も用いることで、その推定精度が良くなると考えられる。また、ニュージーランドと日本の解析結果を合わせても、水平変位速度/ k_{sn} の上昇と共に、PRR が減少する大まかな傾向が読み取れるため、それらの関係性は、ある程度広い地形・気候条件下で成立すると考えられる。ただし、阿寺断層は全体的な傾向から大きく外れており（図 2），今後その要因を解明する必要がある。また、同じ水平変位速度/ k_{sn} 帯でも PRR がばらついている。そのため、PRR から横ずれ断層の変位速度を推定する際には、流域の非対称度（例えば、Medina-Cascales et al., 2021）や尾根を挟んだ斜面形状差（ギルバート・メトリクス; Gilbert, 1877; Forte and Whipple, 2018），屈曲河川の変位量と上流の長さの比（松田, 1975）など、活断層の水平変位速度を反映する別の地形解析結果と併せて議論することが望ましいと考えられる。

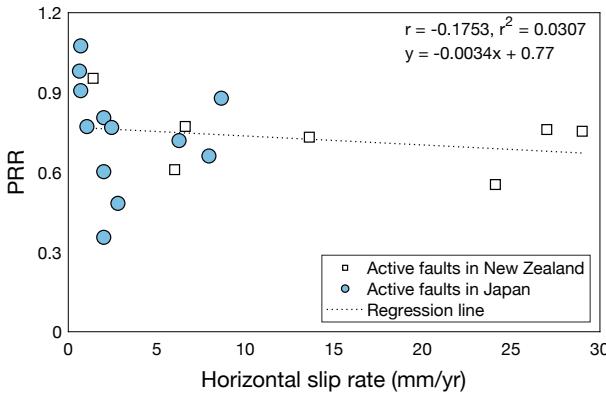


図 1. 水平変位速度と PRR の関係性

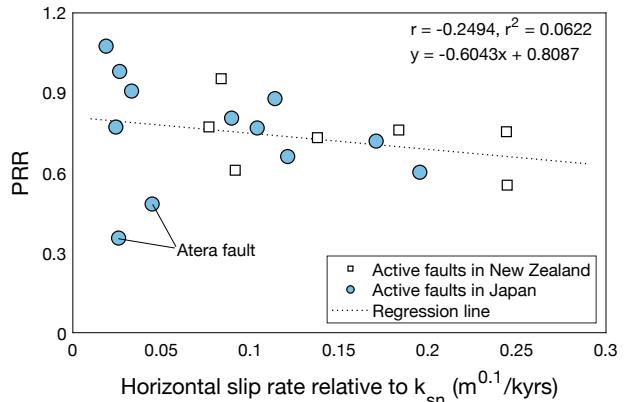


図 2. 水平変位速度/ k_{sn} と PRR の関係性

文献 : Aránguiz-Rago et al. (2025), *J. Geophys. Res.: Earth Surf.*, 130:3, e2024JF008018; Armstrong et al. (2021), *Lithosphere*, 2021(1), 7866219; Duvall and Tucker (2015), *J. Geophys. Res.: Earth Surf.*, 120:10, 2016–2026; Forte and Whipple (2018), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 493, 102–117; Gilbert (1877), *USGS Report*; 松田 (1975), 1974 年伊豆半島沖地震災害調査研究報告, 121–125; Medina-Cascales et al. (2021), *Geomorphology*, 393, 107941; Morgenstern et al. (2025), *N. Z. J. Geol. Geophys.*, 68:5, 955–970; Schwanghart and Scherler (2014), *Earth Surf. Dyn.*, 2, 1–7.

O-2

分岐断層を含んだ東アナトリア断層帯の準動的地震サイクルシミュレーション

°高橋 宗茂、安藤 亮輔（東京大学）

Quasi-dynamic earthquake cycle simulation on the east Anatolian Fault Zone(EAFZ) with branching fault

°Muneshige Takahashi, Ryosuke Ando (Univ. of Tokyo)

1.はじめに 数値シミュレーションで地震シナリオを構築するためには、十分に長い時間が経過した状態における断層挙動を評価し、過去に発生した地震の履歴を再現できるかどうか検証することが重要である。この課題に対し、速度・状態依存摩擦(RSF)則に基づき、断層挙動を単一の枠組みでモデル化する地震発生サイクルシミュレーションが用いられてきた。

Wang and Barbot(2023)では、この手法を用いて東アナトリア断層帯(EAFZ)の活動履歴の再現が試みられた。しかし、同研究では EAFZ の主断層のみを対象にモデル化したため、2023 年の地震で破壊が開始した分岐断層である Narlı 断層が考慮されておらず、また Amanos セグメントでは再来間隔が地質学的推計値と整合しない課題も残された。

そこで、本研究では EAFZ の主断層に加えて分岐断層である Narlı・Yesemek 断層をモデルに組み込み、地質学・測地学的に推定される平均変位速度を与え、準動的地震サイクルシミュレーションを実行した。本稿では、現時点での結果を報告する。

本研究は、Narlı・Yesemek 断層を加えることによって EAFZ の活動履歴が説明できるかどうか検証し、また、分岐断層の存在が EAFZ の地震シナリオにどう影響を与えるか調査する。

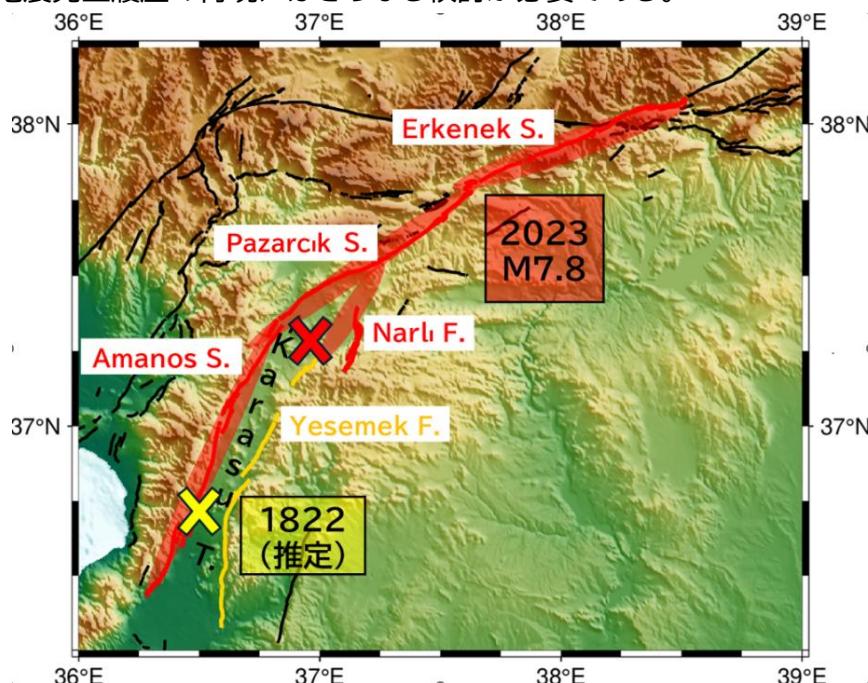
2.対象地域の概要 EAFZ はアラビアプレートとアナトリアマイクロプレートの境界に位置し、トルコ南部を東西に縦断する全長約 600km の断層帯である。2023 年 2 月 6 日(現地時間)に発生したトルコ・シリア地震($M_w7.8$)は分岐断層である Narlı 断層から破壊が開始し、その後、主断層に沿ってバイラテラルに伝播、最終的に Amanos～Erkenek セグメントまで約 300km を破壊した(Liu et al. 2023)。

EAFZ 南西端の Karasu トラフでは、主断層の Amanos セグメントと分岐断層の Narlı・Yesemek 断層が約 150km にわたって並走し、プレート間の運動を分担していると考えられる(Duman and Emre, 2013)。当地域では 1822 年にも大地震が発生した記録が残されている。しかし、Amanos セグメントの再来間隔は地質学的に 1000 年以上であると推定されている(Duman and Emre, 2013)。従って、1822 年のイベントが Amanos セグメントを破壊したと仮定した場合、活動間隔は推定される再来間隔より明らかに短くなってしまう。

3.方法 HBI コード(Ozawa et al., 2023)を用いて準動的地震サイクルシミュレーションを実行する。本手法は、プレート運動速度に応じて応力を加え、弾性体中に配置した断層面上に、摩擦則を考慮して地震がどのような時空間パターンで繰り返すのか、数値計算で求めるものである。

4.現時点の結果・考察 Amanos セグメントと Yesemek 断層は互いにストレスシャドウの関係にあるが、約 200 年の間隔をあけてそれが破壊するシナリオが確認された。複数セグメントを破壊するイベントに注目すると、Amanos～Erkenek セグメントに及ぶ破壊は、平均して約 4000 年に 1 回発生しており、2023 年のような大規模連動イベントはセグメント全体の約 1～4 割発生している傾向が確認された。しかし、2023 年の地震を再現するシナリオはパラメータの考慮が不十分であるためか、現時点では得られていない。計算結果をトレンド調査結果(近藤, 私信, 2025)と比較したところ、Pazarcık セグメントでは、計算結果とトレンド調査の傾向が概ね一致していた。一方で、Amanos セグメントでは計算結果の方が短い再来間隔を示す傾向が見られた。この違いは、計算に用いたパラメータ設定の不十分さや、トレンド調査で得られた情報が限られていることなど、データの制約による影響を受けている可能性があり、現状では直接比較すべきではない。

Karasu トラフで観測されるイベントの間隔から、1822 年の地震が Yesemek 断層の破壊によるものであった可能性が示唆される。しかし、2023 年の地震を再現するイベントは得られなかった。このことから、平行する分岐断層の存在が歴史地震を説明するための鍵の一つとなりうる一方、地震発生履歴の再現にはさらなる検討が必要である。



(図: EAFZ の位置関係 トレースは MTA(トルコ鉱物資源調査開発総局)のデータを使用)

参考文献:

- Duman and Emre. *Geological Society of London Special Publications* 372.1 (2013): 495-529.
- Ozawa, So, et al. *Geophysical Journal International* 232.3 (2023): 1471-1481.
- Liu, Chengli, et al. *Nature Communications* 14.1 (2023): 5564.
- Wang, Biniao, and Sylvain Barbot. *Geology* 52.10 (2024): 779-783.

O-3

Ulaanbaatar 断層北西部およびその周辺の変動地形学的調査

° 岩佐佳哉（福岡教育大）・中田 高（広島大）・鈴木康弘（名古屋大）・
後藤秀昭（広島大）・Bayasgalan Amgalan (Institute of Astronomy and Geophysics,
MAS)・Narangerel Serdyanjiv (Institute of Geography and Geoecology, MAS)
**Tectonic geomorphological survey of the northwestern part of the
Ulaanbaatar Fault and its surrounding areas**
° Yoshiya Iwasa (Univ. of Teacher Education Fukuoka), Takashi Nakata (Hiroshima Univ.),
Yasuhiro Suzuki (Nagoya Univ.), Hideaki Goto (Hiroshima Univ.), Bayasgalan Amgalan
(Institute of Astronomy and Geophysics, MAS) and Narangerel Serdyanjiv (Institute of
Geography and Geoecology, MAS)

1. はじめに モンゴルの首都 Ulaanbaatar は、国の人団の約半数が集中し、モンゴルにとって極めて重要な都市である。その周辺には多くの活断層が分布することが指摘され、それらの存否の確認、および地震ハザードを明らかにすることはモンゴルの国土計画や地震防災を考える上で重要な課題である。そのうち、Ulaanbaatar 断層（UBF）は Ulaanbaatar を横切って北西－南東走向に延びる注目すべき活断層である (Suzuki et al., 2020)。市街地の南東部では後期更新世の活動が 2ヶ所で確認されているが (Suzuki et al., 2020; 後藤ほか, 2024)，北西部ではその中央付近で後期更新世の活動は示されているものの (渡辺ほか, 2022)，さらに北西では古地震履歴が不明な状態にあった。

UBF 以外に、Ulaanbaatar 周辺には Songino 断層や Emeelt 断層、Sharkhai 断層、Khustai 断層、Gunjin 断層などが分布するとされ、一部では古地震学的調査が行われている (Bano et al., 2021; Dujardin et al., 2014; Al-Ashkar et al., 2022; Smekalin et al., 2013)。しかし、これらの活断層沿いには明瞭な変動地形が確認できないものが多く、活断層の存否に議論の余地がある。

本発表では、UBF 北西部の北西端付近においてトレント掘削調査を行い、古地震履歴の解説を試みた。また、Ulaanbaatar 周辺で報告されているほかの活断層を対象に、詳細な地形図を作成することで、変動地形について予察的な検討を行った。

2. UBF 北西部のトレント掘削調査 UBF 北西部では、南～南東に傾斜する斜面を変位させる逆向き低断層崖が認められ (Suzuki et al., 2020)，トレント掘削調査により後期更新世以降の活動が示されている (渡辺ほか, 2022)。

本研究では断層北西端付近において、断層を横切る 2 本のトレントを掘削した。北西の A トレント、南東の B トレントとともに山麓緩斜面に生じた逆向き低断層崖を横切る。

A トレント壁面には、これまで UBF のトレント掘削調査で見られたものと同様に、壁面下部の基盤岩上面が山側（北）向かって大きく撓み下がる構造が認められた。その上位の堆積層は緩やかに北へ傾斜しており、傾斜不整合が認められた。しかし、堆積層を変位させる断層は壁面に認められなかった。

B トレンチ壁面には、基盤岩と礫層が接する高角な正断層が認められた。壁面下部では基盤岩中に断層粘土が見られた。壁面上部では分岐する断層によって固結度の弱い角礫層中に挟在する腐植層が北落ちの断層変位を受けるとともに、断層近傍で引きずり込まれる構造が認められた。現在、腐植層から得られた試料の放射性炭素同位体年代測定を進めているが、上記の特徴からは第四紀後期に活動したと考えられる。本調査とこれまでの調査結果に基づくと、UBF は Suzuki et al. (2020) の指摘のとおり、連続する長さ 50 km 超の活断層である可能性が高いと考えられる。地震ハザードの観点からは、南東部と北西部の中間に位置する Ulaanbaatar 市街地での断層の調査が必要であると考えられる。

3. Ulaanbaatar 周辺の変動地形学的調査（予察） 既往研究において Ulaanbaatar 周辺で活断層と認定され、トレンチ調査が実施されている地点周辺において、ドローンによる空撮と PPK-GNSS 測量を行い、SfM-MVS によって DEM を生成した。これを用いて、詳細な地形図やアナグラフ画像を作成し、地形を判読することで、変動地形の検討を行った。

Songino 断層は Ulaanbaatar 中心部から約 35 km 西に位置する東南東－西北西走向の断層である。南部では南に傾斜する斜面を 2.4 m 変位させる逆向き低断層崖が認められる。この低断層崖を横切る河谷は左横ずれ変位を受けているように見える。これを横切って GPR 調査が行われており、変動地形と調和的な変位を伴う正断層の存在が示唆されている (Bano et al., 2021)。より具体的な地震ハザードの評価のためには、断層全体の変動地形の詳細な記載と、古地震履歴の解明が必要である。

Emeelt 断層は Ulaanbaatar 中心部から約 20 km 西に位置する北北西－南南東走向の断層とされる (Dujardin et al., 2014)。この付近では 2005 年中頃から北北西－南南東走向に延びる群発地震が発生しており、トレンチ掘削調査や GPR 調査が行われている (Dujardin et al., 2014)。トレンチは長さ 30 m 以上に達するもので、壁面全体にわたって谷底堆積物を切断する複数の断層が記載されている。しかし、この付近には鞍部列が認められるものの、トレンチが掘削された谷底面に変動地形は認められなかった。

Sharkhai 断層は Ulaanbaatar 中心部から約 40 km 南に位置する北東－南西走向の断層とされ、東部ではトレンチ掘削調査が行われている (Al-Ashkar et al., 2022)。Al-Ashkar et al. (2022) によれば、調査地点には約 30 cm の北落ちの崖が存在するとされるが、トレンチ壁面には南落ちの変形が記載されている上、壁面における上下変位量は上位の地層より下位の地層で小さいなど、調査結果には問題が少なくない。衛星画像からは調査地点周辺に直線的なリニアメントを認めることができるが、新期の地形には変位は認められなかった。

ただし、いずれも 1 地点のみの予察的な検討である。今後、それぞれの断層全体の変動地形に基づいて詳細に調査、検討する予定である。

文献 : Suzuki et al. (2020) *Seismological research Letters* ; 後藤ほか (2024) 活断層学会 2024 年秋季学術大会講演予稿集；渡辺ほか (2022) 活断層学会 2022 年秋季学術大会講演予稿集；Bano et al. (2021) *Applied Sciences* ; Dujardin et al. (2014) *Geophysical Journal International* ; Al-Ashkar et al. (2022) *Solid Earth* ; Smekalin et al. (2013) *Russian Geology and Geophysics*

謝辞 : 本研究は JSPS 科学研究費補助金 24H00120 (研究代表者: 鈴木康弘) を使用した。

O-4

宮城県鬼首カルデラ南西縁、鬼首断層の活動メカニズムの予察

◦ 三條竜平（電力中央研究所）・須貝俊彦（東京大学）

A Preliminary Study on the Activation Mechanism of the Onikobe Fault at the Southwestern Margin of the Onikobe Caldera, Miyagi Prefecture

◦ Ryuhei SANJO, Toshihiko SUGAI

1. 緒言

カルデラはマグマ溜まりの天井をなす地塊が、マグマ溜まりへ沈降して形成される火山性の陥没構造である。地塊の沈降量が増大するにつれ、カルデラの中心から見て外側に傾斜する環状逆断層と、その上盤からカルデラ中心側に傾斜する環状正断層が順に発達する。以後、こうしたカルデラ辺縁の断層系をカルデラ境界断層と呼称する。

カルデラ形成が終息して以降の時代（後カルデラ期）においても、カルデラ境界断層は地殻中の弱面であり続けるため、再び活動して地震や断層変位地形を生じる場合がある。こうした再活動は繰り返し生じる例もあるため、その長期的活動性を評価することは地震防災の観点から重要である。既知の再活動事例の営力として、(1) 後カルデラ期火山活動で生じる局所的応力^[1]と、(2) プレート運動で生じる広域的応力^[2]の 2 つがある。(1) では断層活動の間隔と変位量は火山活動の時期と規模に依存し、(2) ではテクトニックな成因の活断層と同様に断層活動の間隔と変位量はある程度規則性があると予想される。よって、カルデラ境界断層の再活動メカニズムを検討することは、長期的活動性評価において不可欠である。本発表では、カルデラ境界断層の一部が再活動して形成されたと考えられる、宮城県鬼首カルデラ南西縁の鬼首断層を検討対象とする。

2. 地域概要

鬼首カルデラは東北日本弧脊梁の奥羽山脈のほぼ中央に位置し、0.2–0.3 Ma に誕生した^[3]。当カルデラの沈降量は最大 1 km 程度^[4]であり、カルデラ辺縁に環状正断層が発達するのに十分な沈降量^[5]を満たしている。

カルデラの南西縁には北東に開いた二重の弧状にトレースされる鬼首断層が分布する（図 1A）^[6]。内側トレースを北東セグメント、外側トレースを南西セグメントと呼ぶ。北東セグメントは NS～EW 走向で西あるいは南側低下の逆向き断層崖から成る。南西セグメントは主として NS～EW 走向で東あるいは北側低下の低断層崖から成る。南西セグメント東端付近では、EW 走向で南側低下の逆向き低断層崖が並走して小規模な地溝が生じているため、当セグメントは東～北傾斜の正断層と推定される。また、南西セグメントは最終氷期末期から完新世にかけて形成された外輪山麓の合成扇状地を累積変位させている^[6]。

3. 活動メカニズムの予察

鬼首断層南西セグメントの位置と推定傾斜方向は、鬼首カルデラ境界断層を構成する環状正断層と整合する。よって、当セグメントは環状正断層の一部が、後カルデラ期に再び正断層センスで活動することで形成されたと解釈できる（図 1B）。こうしたセンスの断層活動を生じるには、南西セグメントの走向に直交する NS～EW 方向の引張応力が作用する必要がある。前述の（1）、

(2) によってこうした引張応力場が発生しうるか検討する。

(1) について：火山活動で鬼首カルデラ地下のマグマ溜まりが収縮または減圧すれば、カルデラ盆地が沈降し、沈降中心から放射方向に引張応力が発生する。こうした引張応力は南西セグメントの正断層変位を引き起こしやすい。しかし、鬼首カルデラでは最終氷期末期以降に火山活動が繰り返したという報告は無いため、合成扇状地を累積変位させている点を説明できない。

(2) について：東北日本弧は南西セグメントを活動させにくいEW方向の圧縮応力場である。一方で、東北地方太平洋沖地震に伴って σ_3 がEW方向となる静的応力変化が発生した^[7]。南西セグメントのうちNS走向の部分はこの静的応力変化で活動しうるが、EW走向の部分は活動しにくいと考えられる。

以上の通り、既知のメカニズムでは南西セグメントの断層活動を説明し難いため、別のメカニズムを考える必要がある。Takada and Fukushima (2014)^[8]は海溝型巨大地震時に近傍の火山が沈降することを示した。実際に東北地方太平洋沖地震時に鬼首カルデラは約8 cm沈降した^[8]。このような沈降は(1)と同様の引張応力を生じるため、南西セグメントを活動させやすい。海溝型巨大地震とカルデラの沈降が繰り返すことでひずみが蓄積し、ある閾値に達した時点で南西セグメントが活動すると考えれば、前述の累積変位も説明できる。

この仮説が正しいとすれば、南西セグメントの活動と日本海溝の巨大地震は同時期に起こるはずである。したがって、南西セグメントの古地震履歴を解明し、日本海溝における履歴と比較することで仮説の是非を検証できるだろう。

- [1] Acocella et al. (2015): *Rev. Geophys.*, **53**, 896–955. [2] Sanjo and Sugai (2023): *Geomorphology*, **440**, 108866. [3] 土谷ほか (1997) : 5万分の1地質図幅「岩ヶ崎」説明書. [4] Yamada (1988): *Geol. Surv. Jpn. Rep.* No. 268, 61–162. [5] Acocella (2007): *Earth Sci. Rev.*, **85**, 125–160. [6] 三條・須貝 (2025) : 日本地球惑星科学連合 2025年大会講演予稿集, SSS14-04. [7] Yoshida et al. (2012): *Geophys. Res. Lett.*, **39**, 03302. [8] Takada and Fukushima (2014): *J. Disaster Res.*, **9**, 373–380.

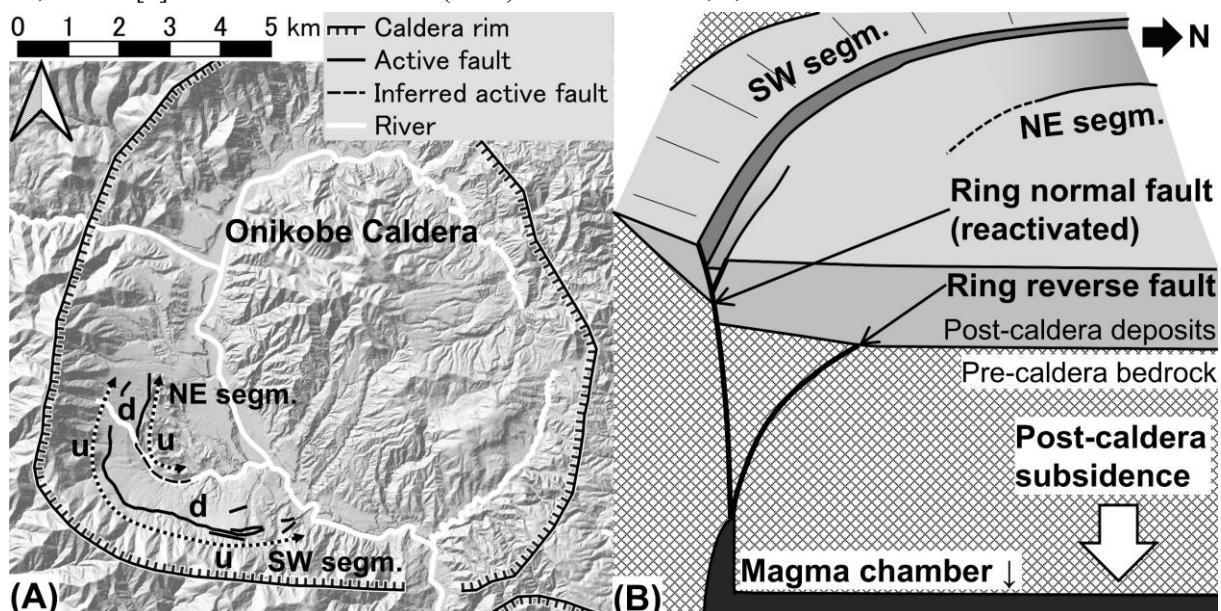


図1. 鬼首断層の分布図(A)および鬼首カルデラ南西部の模式断面図(B)。

O-5

四国地方中東部の山地部における綱附森断層の断層露頭

◦ 吉田優駿（東京都立大学）・石村大輔（千葉大学）

Fault outcrops of the Tsunatsukemori fault

in mountainous areas of middle-eastern Shikoku

◦ Yuma Yoshida (Tokyo Metropolitan University), Daisuke Ishimura (Chiba

University)

1. はじめに

綱附森断層は、高知県・徳島県境付近を東北東－西南西に伸びる右横ずれ断層であり、全長は約 14 km とされている（地震調査研究推進本部, 2017）。現在までに、地形図や空中写真判読を用いた研究が行われているが（例えば、活断層研究会, 1991；中田・今泉, 2002；地震調査研究推進本部, 2017），現地踏査の記載はなく、地質学的に活断層と認められる証拠は示されていない。また、本断層について高精度 DEM に基づく地形判読を実施した結果、先行研究に記載のない区間で明瞭な断層変位地形を確認した。本研究は、綱附森断層の位置・活動履歴の高度化を目的として研究を進めており、現在までに合計 4 回の現地踏査を実施した。本大会では、2025 年 8 月と 9 月に実施した断層破碎帯と活断層露頭の調査結果を中心に報告する。

2. 手法

地形判読について、Kaneda and Chiba (2019) に従い MPI 赤色立体地図を作成し、実体視による地形判読を行った。図の作成には、高知県・徳島県の 1.0 m メッシュ DEM を使用した。判読は四国地方中東部の約 15 × 60 km の範囲で実施し、断層変位地形、山体重力変形地形、段丘地形を認定した。2025 年には 8 月に綱附森北部区間、9 月に三嶺南部区間の現地踏査を実施した。地形判読で確認した断層変位地形周辺において、断層破碎帯と完新世の堆積物に変位が見られる活断層露頭の記載を行った。活断層露頭については、露頭面の凹凸を平らにし、水糸を格子状に張り、1/20 スケールでスケッチを実施した。また、テフラ対比に基づく活動履歴推定のために、露頭中の堆積物の連続サンプリングを実施した。さらに、放射性炭素年代測定用の試料の採取を行った。

3. 結果

地形判読の結果、従来の綱附森断層約 14 km に加えて、東側延長部でも新たに断層変位地形を確認した。判読範囲の大部分は起伏の大きい山地に位置し、侵食作用が激しいため、認定した区間の多くはやや不明瞭で確実度が低い。ただし、綱附森北部区間と三嶺南部区間では明瞭な断層変位地形が確認された。綱附森北部区間にについて、北向き斜面に最大比高約 9 m の断層崖が現地でも確認できた。この付近の谷では断層通過位置で最大約 22 m の右横ずれが確認された。また、断層通過位置付近の 3 地点で断層破碎帯を確認した。このうち図 A の断層破碎帯では、ガリーの右岸側に露出した基盤岩に約 7 m の破碎が確認でき、周辺の地形から断層通過位置と推定される地点では幅約 10 cm の断層粘土が確認された。

次に三嶺南部区間について、2024年9月調査で発見した活断層露頭（図B）の詳細な記載を実施した。基盤岩と未固結の堆積物が高角度で接する断層関係が確認され、堆積物中の礫の長軸が立って配列している様子も確認された。堆積物は角礫混じりの砂泥質層を中心に構成されており、基質の色調、礫の粒径、礫の密度の違いなどからユニット区分を行った。断層は複数確認でき、花弁状構造も確認された。今後は採取したテフラ試料と¹⁴C試料を分析し、格ユニットの堆積年代を推定することで、断層の活動年代を絞り込む予定である。

4.まとめと今後の課題

高精度DEMを用いた地形判読により、四国地方中東部の山地部において右横ずれ断層を認定した。また、現地踏査により、活断層露頭、断層破碎帯を確認

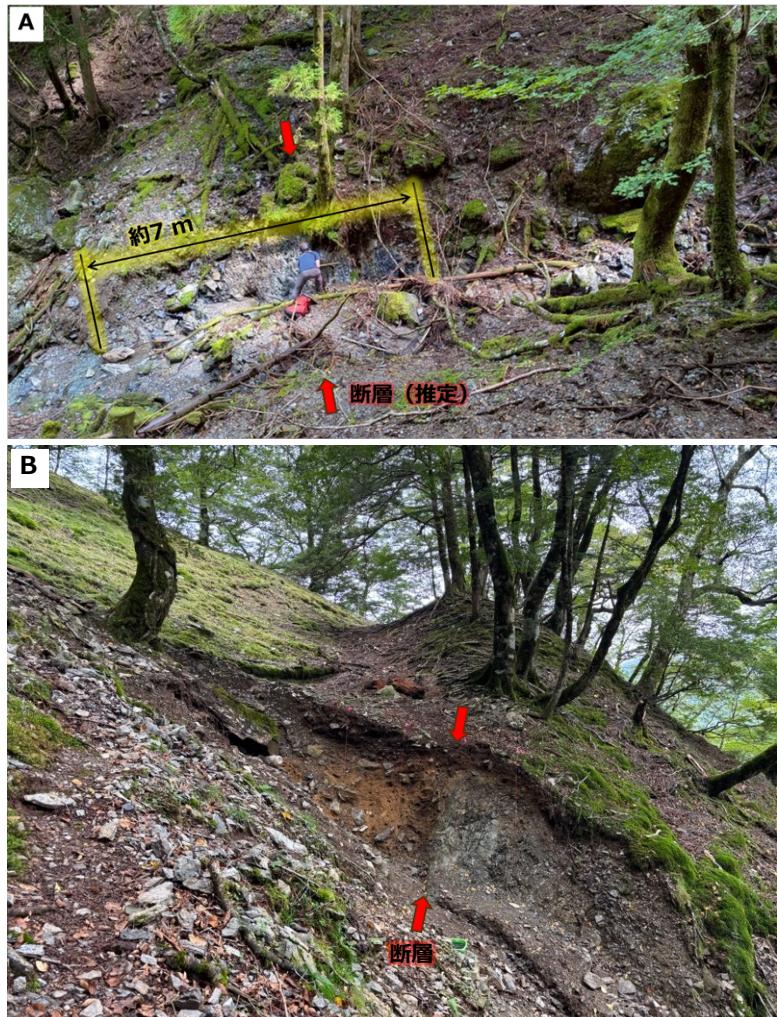
し、綱附森断層が活断層であることが地質学的に認められた。今後の課題として、中央構造線断層帯の地震や南海トラフ地震と綱附森断層が連動する可能性について、活動履歴の比較や静的応力変化から議論する必要がある。

5.謝辞

本研究を行うにあたり、東京都立大学地形・地質学研究室の渡辺樹氏をはじめとする同研究室の方々にご指導やご助言をいただいた。現地踏査では、東京都立大学山岳部の五島和輝氏、田中幹人氏、黒田葉琉氏、小峰優弥氏、鈴木大晟氏にご協力いただいた。関係各位に御礼申し上げます。

参考文献

Kaneda and Chiba, 2019, BSSA, 109, 99–109; 活断層研究会, 1991, 東京大学出版会; 中田・今泉, 2002, 東京大学出版会; 地震調査研究推進本部, 2017, 綱附森断層の長期評価。



図A：綱附森北部の断層破碎帶。断層通過位置は周辺の地形より推定。
図B：三嶺南部の活断層露頭。

O-6

布田川断層帯宇土半島北岸区間の活動履歴

°大上隆史(産総研 地質調査総合センター)

多良賢二・一井直宏(川崎地質株式会社)

細矢卓志・後藤 慧(中央開発株式会社)

Paleoseismicity of offshore part of Futagawa Fault Zone

°OGAMI Takashi (Geological Survey of Japan/AIST),

TARA Kenji, KAZUI Naohiro Kawasaki Geological Engineering Co., Ltd),

HOSOYA Takashi and GOTO Satoshi (Chuo Kaihatsu Corp.)

布田川断層帯は全長 67 km 以上の長さを持つ北東—南西方向に断層帯であり、その南西端部分の宇土半島北岸区間は海域に分布する（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013）。宇土半島北岸区間は主として重力異常の急変帯の分布にもとづいて推定された断層帯であり、この断層帯を構成する海底活断層の正確な位置・形状、過去の断層活動に関する資料がほとんど存在していなかった。そのため、宇土半島北岸区間で生じる大地震の発生確率の算出に必要な過去の活動時期・平均活動間隔は「不明」と評価されている（地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013）。こうした経緯を踏まえて、産総研では文科省委託事業「活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証」の一環として、宇土半島北岸区間の正確な位置や過去の活動を明らかにするための海底活断層調査を 2022 年度から 2024 年度にかけて実施した。2022 年度および 2023 年度には、断層の詳細な位置・形状を明らかにするとともに、断層帯の南西端位置を絞り込むため、宇土半島北岸区間が推定される海域において高分解能マルチチャンネル反射法音波探査（高分解能 MCS）を実施した（文科省・産総研, 2023, 2024）。2024 年度には、断層近傍の層序を明らかにして過去の断層活動を検討するため、宇土半島北岸沖合の 1 地点において海上ボーリング調査を実施した（大上ほか, 2025）。本発表では、海上ボーリング調査にもとづく断層近傍の層序を中心に本研究の結果概要を報告し、宇土半島北岸区間の過去の活動について議論する。

海上ボーリング調査は、島原湾の南縁を限る宇土半島に位置する、熊本県宇城市三角町中村小田良（おだら）の沖合の 1 地点（GS-ODR-1 地点。水深：約 32.6 m）において実施した（現地調査の実施期間：2024 年 11 月 18 日～12 月 18 日）。掘削地点の選定にあたって、2022 年度および 2023 年度に調査対象海域で実施した高分解能 MCS の結果にもとづくサイトサーヴェイを実施した。宇土半島北岸区間を構成する海底活断層は複数条からなり、見かけ上、北側が低下する正断層を主体としている。最も南側に確認された断層は、基盤岩（古第三系～新第三系）と第四紀層の地質境界断層となっている。海底面に崖地形を発達させたり、第四紀層を累積的に引きずり变形を与えたりしていることから、この地質境界断層は活断層であると推察されるが、断層の隆起側における第四紀層の分布に乏しいため、この断層の調査によって過去の活動の履歴を検討することは困難と判断した。他方で、断層帯を構成する海底活断層には、第四紀層を累積的に変位させる正断層が含まれている。この海底活断層は完新統（オンラップ構造を示す後氷期の堆積物）を変位させていることなどから、この断層を調査対象として、最新活動時期を含む、宇土半島北岸区間の過去の活動を検討することとした。

GS-ODR-1 地点における海上ボーリング調査では、海底面下 33.41 m までの柱状地質試料を採取した。岩相および各種分析結果にもとづいて、海底面下の地層を上位から大きく 4 ユニット (A~D) に区分した。ユニット A (深度 0.00-5.85 m)：沖積層に相当する海成の砂質堆積物。上部は貝殻片を多量に含む。海底面下 3.28-3.49 m から採取した貝化石の放射性炭素年代は 5.34-5.66 cal kBP である。ユニット B (深度 5.85-7.32 m)：沖積層下部に相当する最終氷期～後氷期の堆積物。基底付近 (深度 7.20 m) のシルト層の放射性炭素年代は 17.75 cal kBP である。ユニット C (深度 7.32-14.12 m)：阿蘇 4 噴火に伴う火碎物 (Aso-4) およびその再移動で形成された堆積物。下部 (深度 9.60-14.12 m) の約 4.5 m は Aso-4 (約 9 万年前) である。ユニット D (深度 14.15-33.41 m)：最終間氷期前後 (海洋酸素同位体ステージ 6～5c) に形成された内湾～河口低地堆積物。深度 19.40～32.65m の区間内の 5 層準には、阿蘇 3 噴火 (約 13 万年前) あるいは阿蘇 2 噴火 (約 14 万年前) 起源の火山灰が挟在している。

高分解能 MCS 探査の結果によれば、ユニット A の下部 (断層低下側の GS-ODR-1 地点における海底面下 3.5 m 以深) は一様に上下方向に約 0.8 m の変位を受けている。それより上位の地層中の内部面の高度差は減少し、海底面下 3.0 m までにほぼ埋め戻されている。前述のように、GS-ODR-1 地点の深度 3.28-3.49 m から採取した貝化石が 5.34-5.66 cal kBP の放射性炭素年代を示すことから、最新活動時期が 5.3-5.7 cal kBP であったと考えられる。また、ユニット B の基底面 (約 18 cal kBP の放射性炭素年代を示す) に 1.8 m の上下変位があることから、18 cal kBP 以降、5.3-5.7 cal kBP 以前に、1 つ前の活動を含む少なくとも 1 回の活動があったことになる。さらに、ユニット D に認められる連続性の良い反射面には、10.5～11.4 m の上下変位が、ユニット C/D 境界 (Aso-4 基底面) には 10.5 m の上下変位が認められる。これらのことから、対象の断層 (複数条の海底活断層のうち 1 条) の平均上下変位速度は、0.12 m/ky 程度と算出できる。ただし、宇土半島北岸断層帯を構成する海底活断層は引きずり変形を示すところから横ずれ成分を有すると考えられること、断層帯は複数の海底活断層によって構成されているため、断層帯全体の変位量・変位速度は上述の推定値よりも大きくなることに注意が必要である。

参考文献：

- 地震調査研究推進本部地震調査委員会、「布田川断層帶・日奈久断層帶の評価（一部改定）」, 66p, 2013.
- 文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所、「活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証」令和 4 年度 成果報告書, 2023.
- 文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所、「活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証」令和 5 年度 成果報告書, 2024.
- 大上ほか、海底活断層調査にもとづく布田川断層帶宇土半島北岸区間における第四紀後期の活動性。日本地震学会 2025 年度秋季大会。

O-7

高分解能三次元音波探査（3D-HRS）データを用いた変動地形学的検討 —別府湾に分布する海底活断層の完新世活動履歴—

° 高橋恭平・川崎慎治・原彰男（株式会社 地球科学総合研究所）

Tectonic geomorphological study using high-resolution
3D seismic survey (3D-HRS) data

°Kyohei TAKAHASHI, Shinji KAWASAKI, Akio HARA

海底活断層の認定や活動履歴等の把握には、陸域と同様に変動地形学的なアプローチが不可欠である。しかしながら海域では地層の直接的な観察が困難であるため、主に音波を用いた探査が用いられる。

音波探査は、調査船から発振した音波が海底面や地層境界面で反射し海面付近まで戻ってくるまでの往復時間から深度を測定する手法である。音源には、海底地形を捉えるための数10kHz—数100kHz程度のものから海底下深部を捉えるための数Hz—数10Hz程度のものまで様々な種類があり、周波数と可探深度・分解能の関係を踏まえ、調査対象・調査目的に応じて適切なものが選択される（図1）。とくに断層の活動履歴を把握するためには、海底面から海底下浅部における断層変位の累積関係を詳細に捉えることが重要であり、高分解能な探査が求められる。

中央構造線断層帯と別府一万年山断層帯とが会合する別府湾の南東部海域では、高分解能三次元音波探査（3D-HRS）データを用いて断層分布が詳細に把握されており、E-W走向とNW-SE走向の断層が交差して分布していることが報告されている（川崎ほか, 2023）。海底面下約20mに埋没した古地形（図2中段：ホライゾンA）には、海底地形には見られないNW-

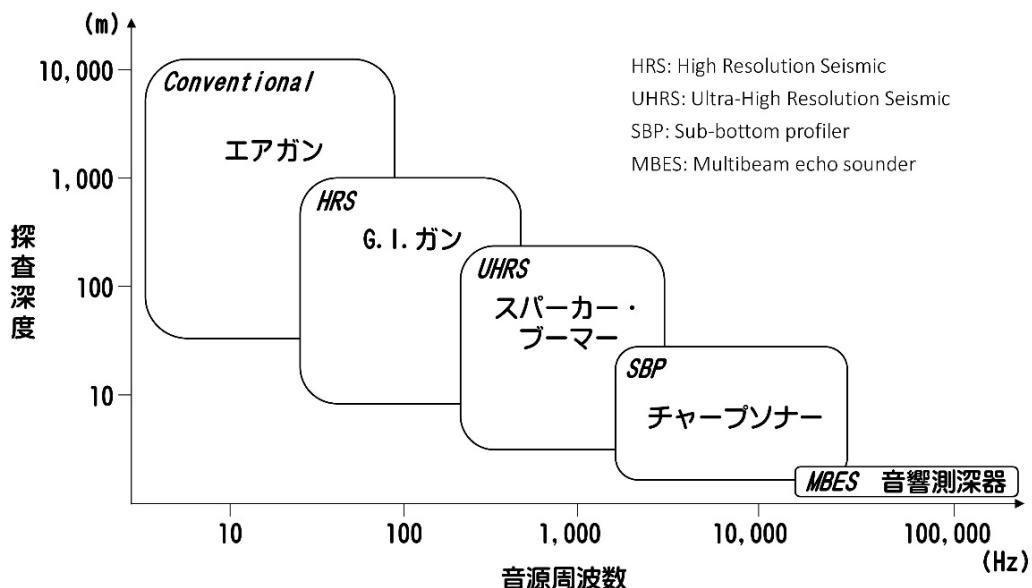


図1 音源周波数と探査深度との関係

SE 走向の断層による高さ約 3m の断層崖が認められる。さらに、海底面下約 40m に埋没した古地形（図 2：ホライゾン B）には、E-W 走向の断層による高さ約 15m の断層崖が認められ、ホライゾン B 形成以降と、ホライゾン A 形成以降で複数回の断層活動による変位の累積が認められる。また、これらの累積関係から、両断層は必ずしも同時に活動しているわけではなく、片方の断層のみが変位する活動があったことが読み取れる。今後、ボーリングコア等による地層の年代特定が進めば、正確な活動年代の把握が期待される。

このように、海底活断層の検討においては、海底地形だけでなく海底下の埋没地形も含めた三次元的な変動地形学的検討が極めて有効である。とくに断層が複雑に分岐・交差・会合するような場所においては、断層間の異なる活動履歴を把握することが重要である。また近年、このような三次元的なデータに対する AI による自動断層解釈技術の適用も進んでおり、客観的で信頼性の高い解釈結果を得ることも可能となっている。

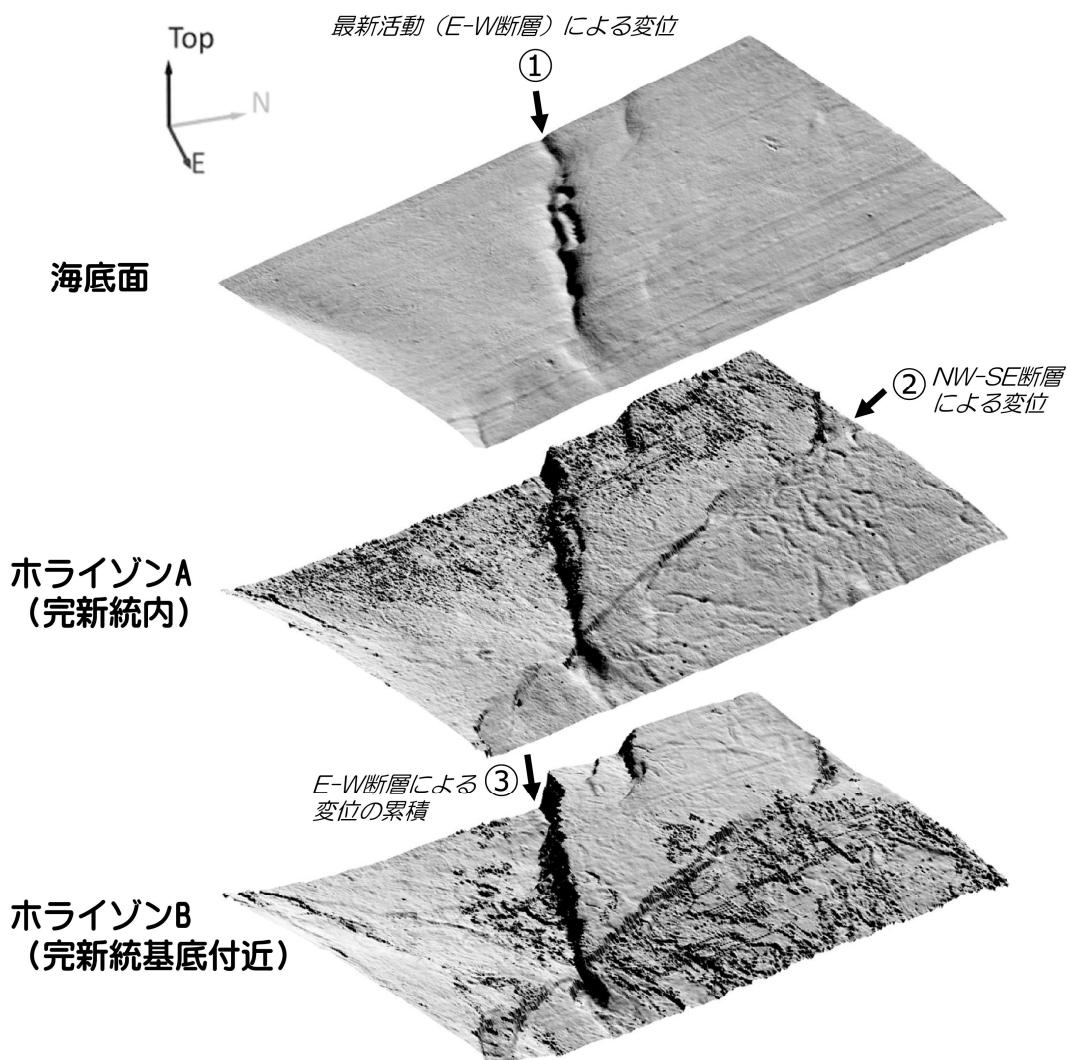


図 2 海底地形および埋没した古地形に記録された断層変位地形

O-8

WebGIS を活用した活断層地形の発見とその可能性

°石村大輔（千葉大学）・岩佐佳哉（福岡教育大学）・吉田優駿（東京都立大学）・渡辺 樹（東京都立大学）・辻 智樹（全国 Q 地図）

Identification of active fault using WebGIS and its potential

°Daisuke ISHIMURA (Chiba University), Yoshiya IWASA (University of Teacher Education Fukuoka), Yuma YOSHIDA (Tokyo Metropolitan University), Tatsuki WATANABE (Tokyo Metropolitan University), Tomoki TSUJI (Q-chizu)

1. はじめに

近年、国土地理院の 1m DEM や地方行政による計測データの公開をはじめ、急速な航空レーザー測量データの公開が続いている。活断層研究を含む地形学的な研究を行う上では、高解像度の地形データは極めて重要であり、空中写真や低解像度の地形データでは確認できなかった地形や遺構などが発見されつつある。一方で、地形データは解像度を増すにつれてデータ容量が増加し、さらにその可視化を行うためにはコンピュータの高いスペックや大きなストレージも求められる。このような環境の中、地形表現図のタイルの公開や WebGIS 上での閲覧により、地形データをダウンロードし加工せざとも誰でも気軽に地形を見ることが可能となっている。全国 Q 地図 (<https://info.qchizu.xyz/>) はその代表例であり、標高値を RGB 値として記録した標高タイルを読み込み、利用者のブラウザ上で演算を行って地形表現図を生成する手法を採用している。これにより、国土地理院の 1m DEM や地方行政による計測データなど、ソースとなる標高タイルを選択して、MPI 赤色立体地図を含む多様な地形表現を即座に生成・表示することが可能となっている。

MPI 赤色立体地図は、Kaneda and Chiba (2019)により開発されたもので、通常の赤色立体地図で生じていた、平坦な地形であるにもかからず見かけの異なる地形が生成されるという問題を解決している。近年の国土地理院活断層図（以下、活断層図）の作成の際にも使用されており、活断層判読に適した地形表現図の 1 つであると言える。一方、高精度 DEM の活断層図への活用は 2020 年度公開分からであり、それ以前の活断層図作成では従来の空中写真をもとにしていた。そのため、植生下の地形は十分に判読されていない可能性が高い。そこで本研究では、MPI 赤色立体地図を閲覧可能な全国 Q 地図を活用し、高精度 DEM が使用されていない活断層図の領域を中心に断層変位地形の確認を行った。その結果、「活断層（位置不明瞭）」や「推定活断層」とされていた場所に明瞭な断層変位地形を認めた。また、一部では活断層であるかどうかに加えて、周辺の活断層との連動性や地域のテクトニクスを考える上で重要な知見が得られた。そこで本発表では、新たに活断層であることが認められた場所を紹介する。ただし、これらの地形は立体視をまだ実施していない場所を多く含むため、今後の精査が必要である。

2. 近畿地方北部

近畿三角帯 (Huzita, 1962) の北部では、南北性の逆断層と北東—南西、北西—南東走向の共役横ずれ断層が密に分布する。北東—南西走向の三方・花折断層帯は、北西—南東走向の熊川断層帯により北部の三方断層帯と南部の花折断層帯に分かれている（地震研究推進本部 HP）。しかし、今回、湖北山地断層帯の北東—南西走向の右横ずれ断層帯へ延びる新たな活断層地形が花折断層北端延長部に認められた。もしこの地形が両者を結ぶものであった場合は、花折断層帯と琵琶湖西岸断層帯が琵琶湖の北西部で収斂した分布を示す。一方、三方断層帯の主たる断層である三方断層は近年の活動に乏しく、三方断層帯北部ではより西側の断層（日向断層）とその海域延長部（A 断層系）が活動的であることから、断層活動が活動的な場所の遷移が湖北地方で起きていることも想定される。このように、高精度 DEM により植生下の地形が明瞭に

なったことから、湖北地域における詳細な活断層分布の把握が可能となり、その分布や活動時期は本地域のテクニクスやその発達過程を考える上で重要になると思われる。

3. 中部地方

中部地方には山岳地域が多く、高精度 DEM の活用が期待される。特に空中写真では十分に確認できなかつた山間部の植生下で明瞭な断層変位地形が主要な活断層帯で多く確認された。中でも、森茂断層の北端部、跡津川断層の西端部では活断層図で認定されているよりも延長する可能性がある。また、活断層図では推定活断層とされている清内路峠断層沿いや口有働断層の南西延長部では、新期の地形を変位させる断層変位地形が確認できたことから活断層である可能性が高い。また、中央構造線沿いの一部に活断層が疑われる地形が存在する。ここでは山体重力変形地形も多く分布しているため、それらとの識別が重要であると考えられる。

4. 四国地方

中央構造線断層帯では、過去に多くの研究が実施されているため新たな断層変位地形というものは認められなかつたが、一部不明瞭とされている区間で明瞭な断層変位地形が認められた。他では、外帶にて本大会で報告されている綱附森断層で明瞭な右横ずれ断層が認められ、新期の活動も確認された（吉田・石村, 2025, 本大会発表）。他にも活断層が疑われる地形が四国南東部でいくつか認められた。これらに関しては、明瞭さは綱附森断層に劣るため、今後立体視や現地調査を含めて明らかにする必要がある。

5. 九州中部地方

由布院盆地周辺では、正断層である日出生断層帯が山向きの明瞭な断層変位地形を形成している。トレースがステップするような位置において、ホルストグラーベン状の断層変位地形が認められた。ここでは北東-南西走向のトレースをなし、河谷の右横ずれ変位を伴う。他にも、既存のトレースの延長部を中心に新たな断層変位地形が認められた。詳細は岩佐・熊原（2025, 本大会発表）において議論する。

6. 今後の展開と課題

全国 Q 地図を用いることで高精度 DEM による MPI 赤色立体地図に基づき断層変位地形を確認することができた。このような WebGIS を用いることで、大量のデータの DL や可視化にかける時間を大幅に減少させることができる。また、さまざまな既存のデータ（例えば、国土地理院活断層図）を重ねることができ、Web 上で作画した線分の出力や共有も簡単に実施可能である。今後は該当地域の高精度 DEM を DL し、立体視することでより確実なものとすることが可能である。また、今回のような細かい活断層トレース探しは単なる落穂拾いではなく、変位ハザードや他の断層との関連性を考える上でも重要である。一方、山地部であるため山体重力変形地形も多く認められ、一部の高起伏地域ではその区別が難しかった。今後はそのような重力変形地形との区別も大きな課題であると考えられる。

また、活動的な活断層とされながらも明瞭な断層変位地形を確認できない活断層も多くあった。これに関しては、断層活動後の地形形成作用により失われているものや人工改変によるものがあると思われる。一方、今回主に山地部で認められた断層変位地形は非常に明瞭であり、崖の高さよりも地形の明瞭さ（新鮮さ）が認識に影響している可能性がある。これは最新活動時期の新しさを示唆しており、このような場所の断層活動履歴を明らかにすることで、地形表現から活動の年代を大まかに知ることができるのでないかとも考えられる。いずれにしても、このような高精度 DEM データと地形表現図にアクセスしやすくなつた環境は活断層研究のさらなる発展に寄与すると考えられる。

O-9

地表地震断層による常時微動特性の変化について

◦ 香川敬生・野口竜也（鳥取大学工学部）・

西本壮汰（鳥取大学大学院持続性社会創成科学研究科工学専攻）

Changes in microtremor characteristics across surface rupture faults

◦ Takao Kagawa, Tatsuya Noguchi, Sota Nishimoto

1. はじめに

地表地震断層や既往の活断層をはさんだ領域では、断層運動による堆積層厚の変化に起因して微動水平/上下比（MHVSR）のピーク周期が変化する現象が古くから知られており、断層位置の推定にも活用されている。また、断層直上付近で MHVSR のピークが不明瞭になることが報告され（辻・大町, 2001 や香川・他, 2017 など）、加えてピーク周期付近で MHSVR が異方性を示す現象が指摘されている（野口・他, 2025）。本論では、岡山県美作市でトレンチ調査がおこなわれた山崎断層帶大原断層、地震断層観察館が建設されている断層岐阜県本巣市を通る根尾谷断層水鳥地区を中心に、各地で実施した観測結果について報告する。

2. 観測の概要

山崎断層帶大原断層の観測は、令和 6 年 10 月 18 日に白山工業製微動計 JU410 を 8 台用いて実施した。近傍でトレンチ調査（遠田・他, 1995）が行われた西町地区では、最短 10m 間隔の直線上にそれぞれ 8 点ずつの 3 展開で計 24 点での 3 成分観測を実施した。また、市街地近くで同様のトレンチ調査が行われた中町地区でも 2 展開の観測を実施した。

根尾谷断層水鳥地区では、令和 6 年 10 月 27 日に同じ微動計 6 台を用いた稠密微動測定を実施した。地表地震断層直上をはさんで 5m 間隔に 6 点、その両端から 10m 間隔に南北それぞれ 6 点ずつの計 18 点を 3 回に分けて実施した。

いずれの観測もサンプリング周波数を 200Hz とし、各点で概ね 10 分以上の記録をおこなった。あわせて、測線両端部において微動系を L 字型に配置したアレイ観測を実施した。

3. 解析結果

観測記録から水平/上下スペクトル比（MHVSR）を算出し、ヒートマップとして測線上に並べた。**図-1** に山崎断層帶大原断層の結果を示す。都市圏活断層図（岡田・他, 2002）で実施位置を示している。西町地区では推定断層の南側では周期約 0.15 秒の明瞭なピークが見られるが、北側ではピークが不明瞭で周期も 0.1 秒を下回る。さらに測線の北側で周期 0.1 秒を上回るやや明瞭なピークが見られるようになっている。中町地区では、推定断層の南側では周期 0.1 秒を下回る明瞭なピークが見られるが、推定断層に近づくにつれて 0.1 秒を超えて周期が長くなり、ピークも不明瞭になっている。

根尾谷断層水鳥地区（**図-1**）では、地表地震断層を挟んで北側には周期約 0.1 秒のピークが連続し、南側では周期 0.1 秒よりもやや短くなるとともに。断層直上部でピークが不明瞭にな

っていることが分かる。さらに地表地震断層近傍の MHVSR には、野口・他(2025)が指摘するように、ピーク周期周辺で特定方向に震動が卓越する方位依存がみられている。

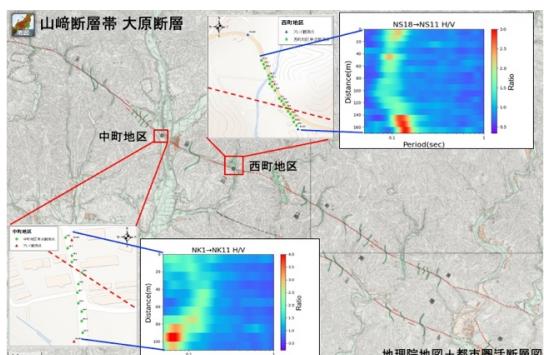


図-1 山崎断層帯大原断層での結果

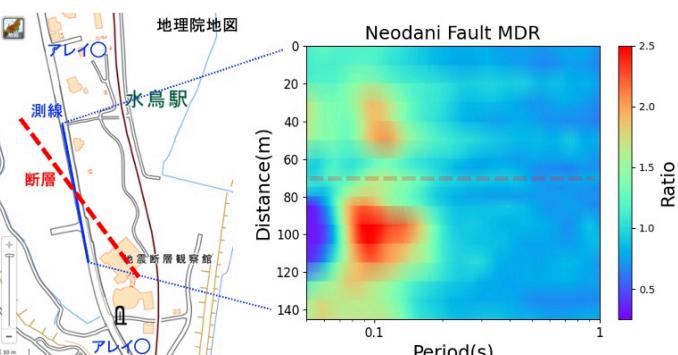


図-2 根尾谷断層水鳥地区での結果

4. おわりに

過去に地表地震断層を生じた活断層部において、MHVSR のピークが不明瞭になる現象を追認した。地表地震断層のごく近傍では、被害の様相から地震動が周辺部よりも小さいことが示唆されることもあり（久田・他, 2017 や香川・他, 2017），事例を増やすことで地表地震断層ごく近傍の揺れと MHVSR のピークが不明瞭になることの関連性について考察を深めたい。

謝辞

現地観測では鳥取大学工学部社会システム土木系学科学生の補助を受けた。また本研究の実施には日本学術振興会科研費（課題番号 24K071562）の助成を受けた。記して感謝したい。

参考文献

- 岡田篤正・千田昇・中田高・石山達也, 都市圏活断層図 92「佐用」, 国土地理院, D1-No.396, 2002.
- 遠田晋次・宮腰勝義・井上大栄・楠建一郎・鈴木浩一, 山崎断層系大原断層のトレンチ調査, 地震 2, 48, pp.57-70, 1995.
- 辻直子・大町達夫, 断層極近傍における地震被害と地盤振動特性の関係性, 土木学会第 26 回 地震工学研究発表会, 541, 2001.
- 香川敬生・吉田昌平・上野太士, 2016 年熊本地震で生じた地表地震断層ごく近傍の強震動について, 土木学会論文集 A1, 73(4), I_841-I_846, 2017.
- 野口竜也・西村武・香川敬生, 1943 年鳥取地震における吉岡断層近傍の地盤震動特性と地盤構造, 日本地震工学会論文集, 25(4), 4_254-4_264, 2025.
- 久田嘉章・久保智弘・松澤佳・松本俊明・田邊朗仁・森川淳, 2011 年福島県浜通り地震の地表地震断層の近傍における建物被害調査, 日本地震工学会論文集, 12(4), 4_104-4_126, 2012.

P-1

「活断層ハザード評価のための大学連携人材育成プログラム」の創出と意義

後藤秀昭（広島大学）・[○]松多信尚（岡山大学）・熊原康博（広島大学）・
楮原京子（山口大学）・岩佐佳哉（福岡教育大学）・鈴木康弘（名古屋大学）

University Consortium Program for Human Resource Development in Active Fault Hazard Assessment

Hideaki GOTO (Hiroshima University),[○]Nobuhisa MATTA (Okayama University),
Yasuhiro KUMAHARA (Hiroshima University), Kyoko KAGOHARA (Yamaguchi
University), Yoshiya IWASA (University of Teacher Education Fukuoka), Yasuhiro
SUZUKI (Nagoya University)

1. はじめに

大学間で連携して沿岸域の活断層調査の技能と知識を備えた人材を育成する教育プログラムを創出した。本発表では内容を紹介するとともに、その背景や意義を報告する。

本プログラムの目的は沿岸陸域および沿岸海域の活断層に起因する地震ハザードについて、最新技術を用いて正確に捉え、評価できる人材の育成を行うことである。従来は陸域と海域で調査手法が異なるため相互理解に乏しく、総合的把握を困難にしていた。しかし近年、急速に取得や整備の進む高精細なデジタル地形データを適切に扱うことで沿岸の陸域および海域の地形を一元的に扱い、沿岸域の活断層の位置形状を網羅的に明らかにできる状況が整いつつある。このような背景を受け、本教育プログラムでは変動地形学的な活断層把握に加え、音波探査や地震波を用いた地下浅部の調査、地表踏査やトレンチ調査等による地表付近の地下地質調査など、活断層地質調査の標準的な方法を系統的に修得できる内容とした。対象地域の特性を理解して、いかに効果的で説明性の高い調査計画を設計できるかが重要であることを多くの地域での実習に基づいて体験させ、陸と海をまたいで沿岸域における総合的な地震ハザードを適切に評価できる人材の育成を目指している。このプログラムは「原子力規制人材育成事業」に採択されたものである。

2. プログラム創出の背景と意義

陸上の活断層調査では地形判読と地質調査、浅部の探査調査が行われ、地震リスクの基礎的情報が収集される。それらを系統的に学ぶ学問分野は存在せず、個人的な努力によって培われてきた。また、国立大学は法人化以降、教員を減少させており、各分野で規模の縮小が続いている。なかでも、日本の活断層研究、変動地形研究の中核を担ってきた自然地理学の分野は、文系学部に置かれていることを背景に法人化後約20年で教員数は半減し、高年齢化が進み、我が国の教育体制そのものが危機的状況にある。全世界で発生するマグニチュード6以上の地震の約2割が発生するとされる地震大国、日本にありながら、適切な地震リスクの把握のための人材供給は極めて困難な状況となりつつある。自然地理研究の中核を担う大学教員が、各人の得意を活かしながら連携して共通の目標に向かって残された資産を有効に

活用しながら教育を行うことを構想した。沿岸域は我が国の人団の多くが集中し、経済活動の活発な場所であるにも関わらず、調査の困難な状況から活断層の実態把握が大きく遅れた場所として残されている。近年、調査技術が急激に向上し、沿岸海域の活断層が少しづつ明らかにされつつある。調査できる人材を継続的に育成し、技術の理解を普及させ、沿岸海域の活断層に対する安全担保と、国民の安心に繋げることができると考える。

3. カリキュラム

本プログラムの授業は学部3年時から大学院の修士課程を標準的な受講対象者とし、2~3年で修了できるように構築されている。基礎技能講座（1項目）、初級技能講座（2項目）、調査技能講座（4項目）と評価技能講座（1項目）から構成される。基礎技能講座（1項目）、初級技能講座（2項目）は必修とし、調査技能講座（4項目）は選択必修として2項目以上を修めた後に評価技能講座（必修）を受講できるものとする。講座の内容は以下の通りである。

1. 基礎技能講座

【活断層と原子力安全規制に関する基礎知識】（講義）必修
(活断層と地震、変動地形学、安全規制、活動性評価の原理と強震動など)

2. 初級技能講座1

【陸上および海底の地形判読資料の作成と判読方法】（講義と実習）必修
(地形判読資料の取得と解析、活断層の地形判読実習、海底活断層の地形判読実習など)

3. 初級技能講座2

【陸上の活断層の地形調査法】（講義と実習）必修
(陸上活断層の地形地質調査の基礎、陸上活断層の地形計測と地表踏査法など)

4. 調査技能講座1（海底1）

【海底地形データの取得と処理】（講義と実習）選択必修
(測深調査技術の発展と原理、海底地形調査法、海底地形点群データの処理方法など)

5. 調査技能講座2（海底2）

【海底下の地層探査調査】（講義と実習）選択必修
(海底下の探査技術の発展と原理、取得データの処理方法など)

6. 調査技能講座3（陸上1）

【陸上活断層の古地震調査】（講義と実習）選択必修
(活断層調査の発展と基礎、古地震調査の発展と原理など)

7. 調査技能講座4（陸上2）

【陸上の地層探査調査】（講義と実習）選択必修
(陸上活断層の地下探査調査の発展と原理、地下探査調査の技法など)

8. 評価技能講座

【活断層の活断層認定と評価】（講義と演習）必修
(地震・津波に関する規制、地形地質構造の発達と評価の限界など)

P-2

研究機関と学会の協働による若手育成（その7）： 「第7回 活断層の学校 in つくば」の開催報告

° 中埜貴元（国土地理院）・吾妻 崇（産総研）・藤原広行（防災科研）・
宮下由香里（産総研）・山中 蛍（千葉県立中央博物館）

Human resource development through collaboration between research institutions and academic society (part 7):
Report on “the 7th School of Active Fault Studies in Tsukuba”

° NAKANO Takayuki (GSI), AZUMA Takashi (GSJ/AIST), FUJIWARA Hiroyuki (NIED), MIYASHITA Yukari (GSJ/AIST), YAMANAKA Tomoru (NHMI, Chiba)

1. はじめに

日本活断層学会では、普及教育委員会が中心となり、つくば市に所在する国土地理院、産業技術総合研究所地質調査総合センター、防災科学技術研究所との共催により、大学生・大学院生を対象に「『活断層の学校』 in つくば “国土地理院、産総研、防災科研で学ぶ活断層研究”」を2018年度から継続して開催してきた（山口ほか, 2018; 吾妻ほか, 2024など）。2025年度の第7回は、活断層や地震防災に関連する業務に携わっている社会人も対象に加え、2025年9月10~12日に各機関にて現地開催した。本発表では、今回の開催状況を紹介とともに、アンケートの結果を報告する。

2. 行事のねらい

本行事の主な目的は、活断層調査・研究の現状と魅力を、幅広い分野の大学生・大学院生に知ってもらうとともに、この分野に関連したキャリアパスに関する情報を提供することである。つくばの3機関では、国（地震調査研究推進本部）が進める活断層調査のうち、地形判読等による活断層の位置特定、地質調査による活断層の活動履歴解明、それらの成果に基づく強震動評価や地震の発生確率の算出に関わる事業・研究が行われており、本行事ではこれらの活断層調査の全過程を最新の研究成果とともに3日間で学ぶことができる点が魅力である。また、活断層に興味を持った学生同士の交流や情報交換の場としても意義がある。

本行事は、施設見学や実習が多く、参加者同士の交流も期待しているため、現地開催を基本としている。コロナ禍においてはオンライン開催やハイブリッド開催としたが、新型コロナウイルス感染症が5類感染症に移行後、前回第6回から現地開催に戻した。一

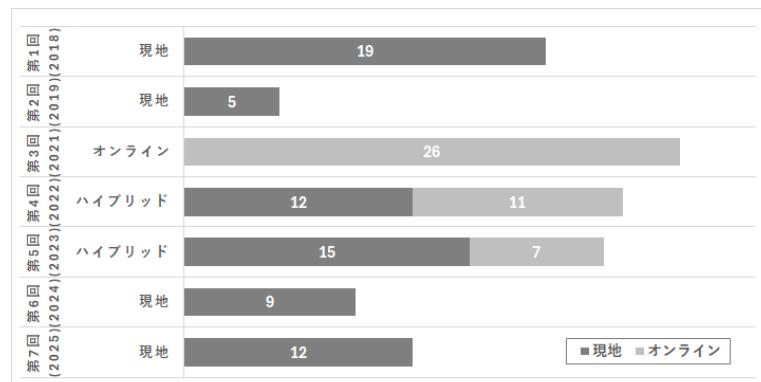


図1 「活断層の学校」 参加者数の推移

方で、ハイブリッド開催におけるオンライン参加が無くなつたことで、全体の参加者数は目減りし（図1），参加者の増加策が望まれた。また、学会事業として学生だけでなく社会人も対象とした行事の必要性が高まってきたことを受け、今回初めて社会人も募集対象とした。ただし、本来の目的から大きく逸れないように、活断層や地震防災に関する業務に携わる方を対象とし、CPD（継続的専門能力開発）受講証明書を発行できるようにした。

3. 令和7年度（第7回）の開催状況

第7回の参加者は12名で、うち1名が社会人であった。1日目の国土地理院の部では、日本活断層学会長及び国土地理院長の挨拶から始まり、宇宙測地技術を使った地震研究や活断層図などについて学ぶとともに、学会からの講師（山中螢学会員）による活断層判読実習を体験した。2日目の産総研の部では、産総研における活断層調査や古地震調査、年代測定などに関する講義が行われた。夕方から夜にかけては、自己紹介を含む交流の場が設けられた。3日日の防災科研の部では、地震観測網の見学や全国地震動予測地図の概要説明、地震リスク評価手法などの講義が行われた。講義終了後には、参加者に受講修了証を授与した。

4. アンケートの結果

参加者に対して従前とほぼ同じ内容のウェブアンケートを実施し、12名全員から回答を得た。この行事の情報源は、教員や先輩からが半数近くを占めたが、SNSやメーリングリストも3割程度を占めた。各機関での講義に関する質問では、参加者の満足度や理解度は高く、活断層調査・研究への興味・関心は全員高まったとの回答だった。自由記述への感想では、「活断層のことを体系的に学ぶことができ、非常に勉強になった」や「学校ではなかなか学べない内容を専門の方々から直接学ぶことで、自分の経験値が上がったと感じた」のように、活断層に関する知識の向上が覗えるものや、「大学でより詳しく学びたいという意欲が湧いた」や「自分の研究に活かしていきたい」「活断層、防災について更に知見を深めたい」といった、大学等での学習や研究のモチベーション向上に寄与したと思われるものが見られた。一方で、講義内容の重複や質問時間の短さに対する指摘もあり、今後の運営の課題と言える。

5. まとめと今後の課題

「第7回活断層の学校」を開催し、滞りなく終えることができた。今回は初めて社会人も対象に加え、1名ではあったものの参加があり、わずかだが参加者増につながった。社会人は業務との関係で比較的早期に予定を確保する必要があるため、開催案内をより早期に発信し、より多くの社会人に参加いただける機会としたい。また、今回の開催日程は、（公社）日本地震学会主催の「地震学夏の学校2025」の日程と完全に重複してしまったため、今後は日本地震学会とも調整し、開催日程を検討していきたい。

謝辞：本行事の運営にあたっては、各共催機関のスタッフの方々、学会事務局の多大な協力を賜った。

この場を借りて感謝申し上げる。

引用文献：吾妻ほか（2024）：研究機関と学会の協働による若手育成（その6）。日本活断層学会 2024 年度秋季学術大会講演予稿集, P-1, 25-26. 山口ほか（2018）：研究機関と学会の協働による若手育成：第一回「活断層の学校 in つくば 国土地理院、産総研、防災科研で学ぶ“活断層研究”」の報告。日本活断層学会 2018 年度秋季学術大会講演予稿集, O-9, 34-35.

P-3

折爪断層北部における地下地質構造

田崎陽平（岩手大学・院）・岡田真介（岩手大学）・本多 亮（富士山科学研究所）
・平松良浩（金沢大学）

Subsurface geological structure in the Northern part of the Oritsume Fault

Yohei Tasaki (Graduate student of Iwate University), Shinsuke Okada (Iwate University),
Ryo Honda (Mount Fuji research Institute), Yoshihiro Hiramatsu (Kanazawa University)

1. はじめに

折爪断層は、青森県三戸郡倉石村から岩手県岩手郡葛巻町北部に至る最大長さ 47 km で、北北西-南南東の走向を持つ西側隆起の逆断層である（図 1）。断層の北部は辰ノ口撓曲と呼ばれ、鮮新統の層序が変形を受けていることが知られているが、第四紀後期の折爪断層の活動については明確にされていない（例えば、鎮西, 1958 など）。また、折爪断層は、断層周辺の地質の分布からも、テクトニックインバージョンによる影響を受けていることが考えられる。

田崎ほか (2025) では、折爪断層中部において、反射法地震探査と重力探査を実施した（図 1、折爪測線）。その結果、折爪断層中部では、3 条の断層が明らかになり、それらに挟まれた区間では、中新統が厚く堆積していることが分かった。さらに、これらの断層の浅部付近には、逆断層による地層の変形も確認されたことから、テクトニックインバージョンによって形成されたことが推測される。

辰ノ口撓曲は、折爪断層の北部延長として知られているが、その地下地質構造や変位量については明らかではない。本研究では、辰ノ口撓曲および折爪断層北部における地下構造を明らかにするために、青森県三戸郡南部町から田子町において重力探査を実施した。

2. 探査の仕様

重力探査は、馬淵川から熊原川に沿って、折爪断層に直交する北東-南西方向に測線（図 1、馬淵川測線）を設定した。測定点数は 122 点で、測定点間隔は標準 200 m とした。重力計には Scintrex 社製 CG-5 を使用した。毎日の測定は、測定開始と終了時に同じ点（臨時基準点）において測定を行う閉環測定を行った。各測定点では VRS-GNSS 測量を用いて位置座標を取得した。

3. 解析手法

重力探査の解析については、まず、得られた読み取り値に器械高補正・潮汐補正・ドリフト補正を行った。次に、日本重力基準網 2016 の三沢と臨時基準点における測定との差を用いて、臨時基準

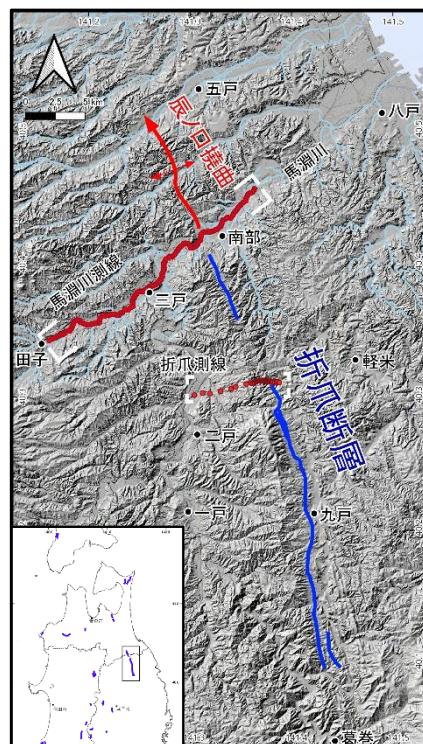


図 1：折爪断層周辺地図
(背景は、国土地理院陰影起伏図)

点の絶対重力値を決定した。その後、臨時基準点の絶対重力値とともに各測定点の絶対重力値を算出した。絶対重力値からブーゲー重力異常を求める解析では、標準的な重力解析手法を用いた。また、本研究では、深部の密度変化による重力異常を取り除くために、地質調査総合センター編（2013）の500 m 重力グリッドデータを使用し、対象地域周辺を含む範囲の重力異常を緩やかな曲線で近似し、広域的なトレンドとして、求めたブーゲー重力異常から差し引いた。地形補正は、地質調査所重力探査グループ（1989）の手法に従って計算をした。重力解析の仮定密度には、地質調査総合センター編（2013）の重力測定データを用いて、G-H 相関から推定した 2.60 g/cm^3 を用いて計算した。得られたブーゲー重力異常およびタルワニ法（Talwani *et al.*, 1959）を用いて、折爪断層北部における地下密度構造解析を行った。

4. 結果

ブーゲー重力異常（図 2）は、西端から 6~15 km の地点で、上に凸の変化を示す。また、折爪断層の北部延長位置では、周辺よりも負の重力異常を示す。地下密度構造解析では、西端から 10~15 km の地点で、中新統の末ノ松山層が背斜状に変形していることがわかった。背斜軸部周辺では、末ノ松山層よりも上位の地層は削剥されているが、両翼には中新統から鮮新統の地層が存在すること、折爪断層の上盤側の末ノ松山層の層厚が下盤側に比べて厚いことから、折爪断層北部においても、テクトニックインバージョンを受けていることが推測される。

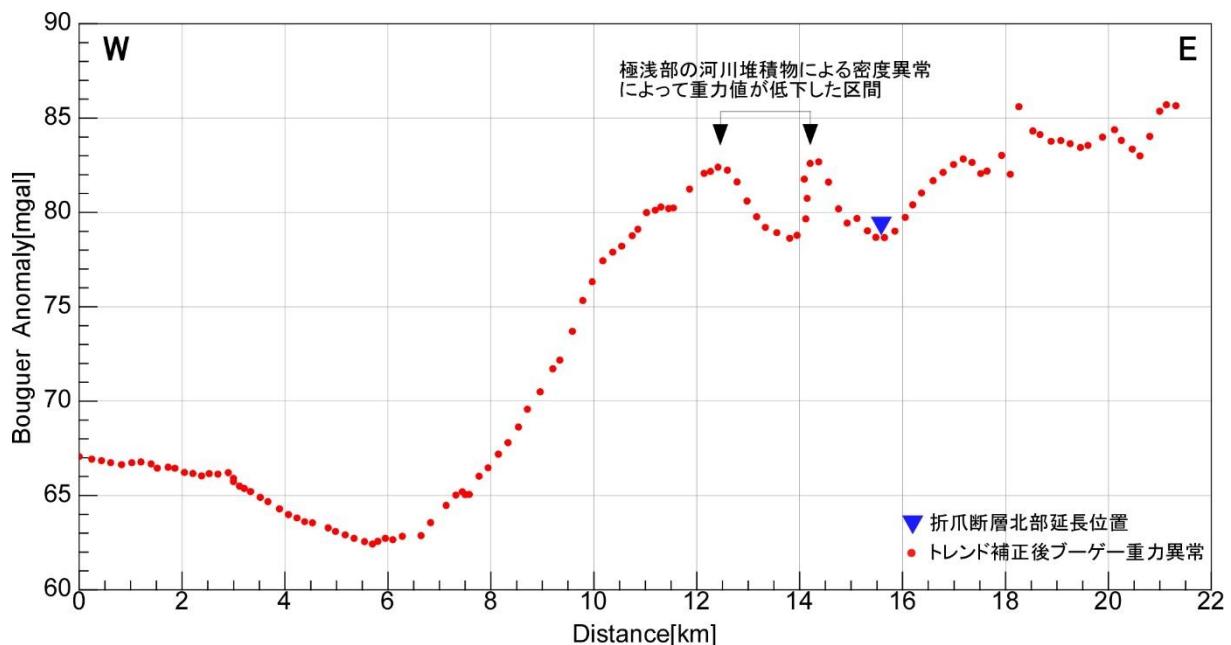


図 2：馬淵川測線におけるブーゲー重力異常

引用文献：鎮西清高, 1958, 北上山地北端部鮮新統の層序, 地質学雑誌, **64**, 526-531; 地質調査所重力グループ, 1989, 地質調査所重力補正標準手順 SPECG1988 について, 地質調査所月報, **40**, 601-611; 地質調査総合センター(編), 2013, 日本重力データベース DVD 版, 数値地質図 P-2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター; 中田 高・今泉俊文(編), 2002, 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会, 60 p; Talwani M, *et al.*, 1959, Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, J Geophys Res, **64**, 49–59; 田崎陽平ほか, 2025, 折爪断層における浅層反射法地震探査および重力探査, 日本地球惑星科学連合 2025 年大会予稿, SSS14-P09.

P-4

隆起海岸の地形・地質に基づく活構造復元の試み：津軽平野西縁部の例

- 近藤梨紗（富山大学），立石 良（富山大学），楮原京子（山口大学），
岡田真介（岩手大学），後藤玲奈（富山大学）

Reconstructing Active Tectonics from the Geomorphology and Geology of Uplifted Coasts: A Case Study from the Western Tsugaru Plain

- Risa Kondo, Ryo Tateishi, Kyoko Kagohara, Shinsuke Okada, Rena Goto

1. はじめに 青森県西部に位置する津軽平野の東西両縁には広い範囲に MIS5e（約 125ka）の海成段丘が分布する（小池・町田編, 2001 など）。このうち、津軽平野西縁の屏風山地域では、MIS5e の波食棚を更新統および完新統が覆うとされているが（島口・川村, 2020），これらの隆起の履歴は示されておらず，その成因についても，反射法地震探査で西側隆起の津軽平野西縁断層の存在が指摘されているのみである（東京大学地震研究所, 2021）。本研究では、屏風山地域において、MIS5e の波食棚とこれを覆う地層の年代や堆積環境から、後期更新世以降の海水準変動や地殻変動との関係を議論する。

2. 地質概説 調査地域は青森県西津軽郡鰺ヶ沢町から同つがる市牛潟町にかけての南北約 20km の海岸沿いである。この地域の地質は、鮮新統の舞戸層、鮮新-更新統の鳴沢層、更新統の山田野層、上部更新統～完新統の館岡層・出来島層、およびそれらを覆う完新統の砂丘砂層からなる。舞戸層と鳴沢層は波食棚で侵食され、山田野層に不整合で覆われる。山田野層の最上部は黒色土壌からなり、これを砂丘砂が覆う。

3. 手法 調査地域の沿岸部において、GNSS とレーザー距離計を組み合わせて、山田野層の基底と上端をなす波食棚と黒色土壌など、環境・年代の示標となる層準の高度を計測する。また、山田野層の観察・記載、堆積相解析とテフラの主成分化学組成分析を行う。

4. 結果 図 1 に主な調査地点を示す。鳴戸では、波食棚は概ね標高 25m で水平方向に連続し、山田野層は確認できない。越水では、波食棚・黒色土壌とも北に向かって緩やかに低下し、その標高は波食棚が概ね 2~12m、黒色土壌が概ね 17~20m である。越水に分布する山田野層の下部は、生痕化石 *Macaronichnus segrigatis* や *Ophiomorpha isp.*などを多産する砂層からなる（図 2）。その上位には、砂鉄の濃集層（図 3）、根痕を産する塊状の砂層が重なり、最上部を洞爺テフラ（Toya ; 112-115ka）と黒色土壌が覆う。牛潟では、波食棚は認められず、黒色土壌が標高 4~7m の間で連続して分布する。この地域に露出する山田野層は砂層を主体とし、下部ではウェーブリップルや砂泥互層が、中～上部では上に凸の外形を持つ

大型の斜交層理が認められ、最上部の黒色土壤の直下で阿蘇4テフラ（Aso-4；85-90ka）が検出された。

5. 考察 越水・牛潟における山田野層の層相変化は、両地域ともに、浅海環境から海浜環境に変化し、陸化したことを見ている。両地域における離水層準は、越水では砂鉄の濃集層、牛潟では砂泥互層の上端と考えられ、その標高はそれぞれ約13m、約3.5mである。離水年代は、越水では125～110ka、牛潟では125～90kaであり、この期間で最大の海水準（現在より+6m程度；Hearty et al., 2007など）を考慮すると、越水では、離水してから現在までに少なくとも約7m隆起したことになる。さらに、各地点でほぼ同じ時代に形成されたとみなせる波食棚と黒色土壤の高度が北に向かって大きく低下することを踏まえると、屏風山地域のMIS5e以降の隆起速度は北部に向かって極小化すると考えられる。

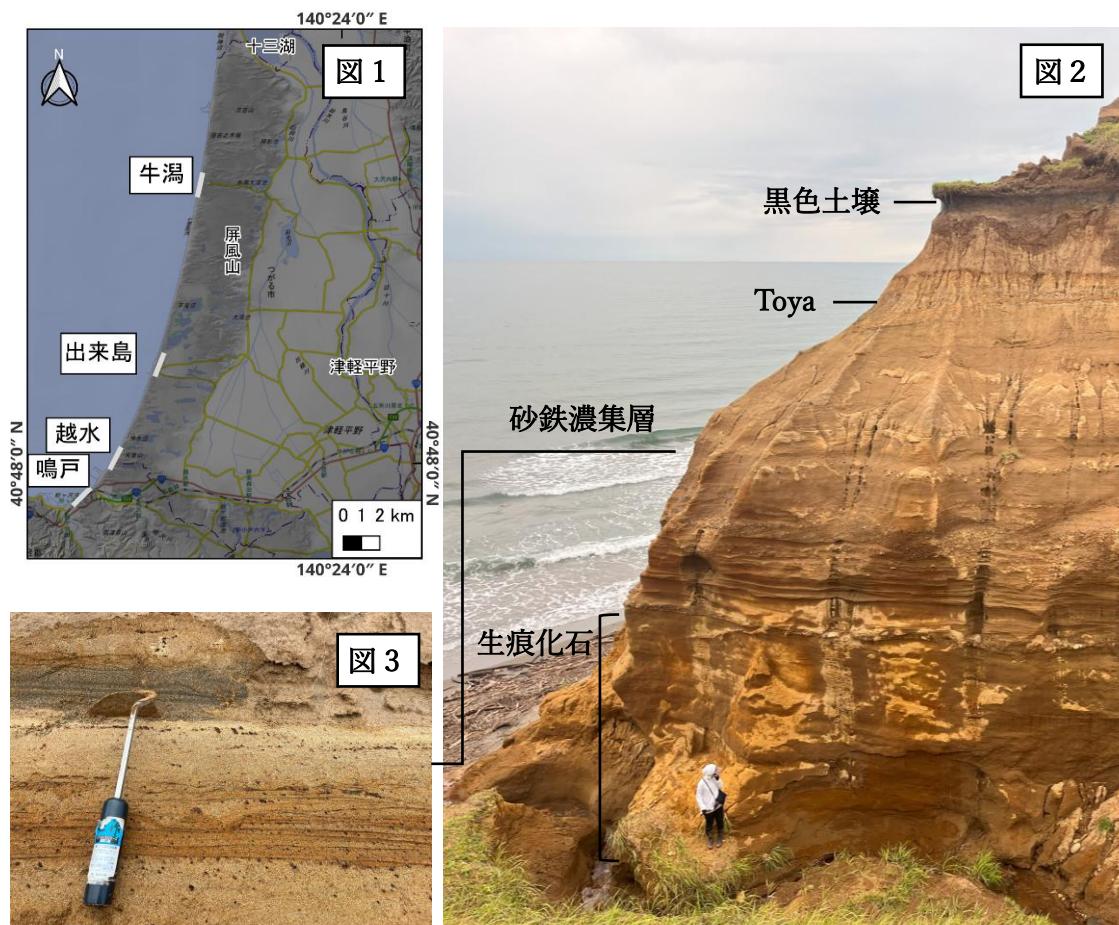


図1) 調査地点. 図2) 山田野層の露頭（越水）. 図3) 砂鉄濃集層.

引用文献

- Hearty et al., 2007, Quaternary Science Reviews, 26, pp.2090-2112.
 小池・町田編, 2001, 日本の海成段丘アトラス, 東京大学出版会, 105p.
 島口・川村, 2020, 青森県地学教育研究会, 65, pp.2-5.
 東京大学地震研究所, 2021, 令和2年度日本海地震・津波調査プロジェクト成果報告書, 606p.

P-5

津軽山地西縁断層帯（南部）を対象とした断層活動性調査

◦ 白濱吉起（東京大学地震研究所、産業技術総合研究所）・レゲット 佳（産業技術総合研究所）・丸山 正（産業技術総合研究所）・吾妻 崇（産業技術総合研究所）・成田憲文（大日本ダイヤコンサルタント株式会社）・岸山 碧（大日本ダイヤコンサルタント株式会社）・亀高正男（大日本ダイヤコンサルタント株式会社）

Active fault research for the southern part of the Tsugaru-sanchi-seien fault zone (fault zone along the western margin of the Tsugaru Mountains)

◦ Yoshiki Shirahama, Kai Leggett, Tadashi Maruyama, Takashi Azuma, Norifumi Narita, Midori Kishiyama, Masao Kametaka

津軽山地西縁断層帯は、津軽山地の西縁に位置する断層であり、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)（以下、地震調査委員会、2004）は、同断層帯を北部と南部の2つの起震断層に区分している。そのうち、津軽山地西縁断層帯（南部）は、青森市西部から平川市北西部にかけて延びる、南北走向の東上がりの逆断層である。地震調査委員会(2004)は、同断層南部については、断層の活動性の解明に資する具体的な地形・地質調査や地下構造調査が行われていないため、平均変位速度や最新活動時期が不明であることから、本断層帯南部の最新活動後の経過率及び将来の大地震が発生する長期確率は不明と評価した。

長期確率の算出へ向けて、産業技術総合研究所は、文部科学省からの委託事業である 2019～2021 年度「活断層評価の高度化・効率化のための調査」事業及び 2022～2024 年度「活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証」事業において、同断層帯の断層活動性調査を実施した。これらの事業において同断層帯の調査は 2021 年度及び 2022～2023 年度に実施された。

2021 年度の調査では、低位段丘面に変形が認められる断層中部の黒石市高館地区、同市竹鼻地区および青森市本郷地区を対象として、P 波および S 波を震源とする反射法地震探査、掘削深度 80 m のボーリング 1 孔の掘削を実施した。加えて、断層の隆起側および低下側でボーリング・ピット・露頭調査を実施し、地層の分布および変形を確認した。その結果、同断層帯南部の主断層は東に 60°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であることがわかった。また、十和田大不動火砕流堆積物(36 ka: 工藤ほか, 2019)の示す落差と噴出時期から、主断層の平均変位速度(上下成分)として約 0.3～0.4 m/千年(0.6 m/千年以下)の値が見積もられた(産業技術総合研究所, 2022)。

2021 年度調査において得られた平均変位速度の信頼性の検討や断層に沿った平均変位速度分布の把握を目的として、2022～2023 年度には、青森県平川市新屋地区に広がる低位段丘面に認められる撓曲変形を対象として、新屋地区に位置する遠手沢沿いに群列ボーリング調査(10 m × 5 孔)、P 波及び S 波による反射法地震探査(図 1A)、隆起側及び低下側でのボーリング調査(総掘削深度 60 m)を実施した。群列ボーリング調査の結果、十和田八戸火砕流堆積物(15.5 ka:Horiuchi et al.,

2007)の基底面に約 1.9 m の上下変位が認められた。また、P波及びS波を震源とする反射法地震探査及びボーリング調査の結果、同断層が東に 60–65°程度で傾斜する東側隆起の逆断層であり、幅広い撓曲変形を呈することが分かった。反射断面の示す地層の変形と推定される堆積年代から、約 0.4~0.6 m/千年の平均変位速度(上下成分)が見積もられた(図1B)。

本発表では、主に 2022~2023 年度に実施した断層活動性調査の結果について報告する。

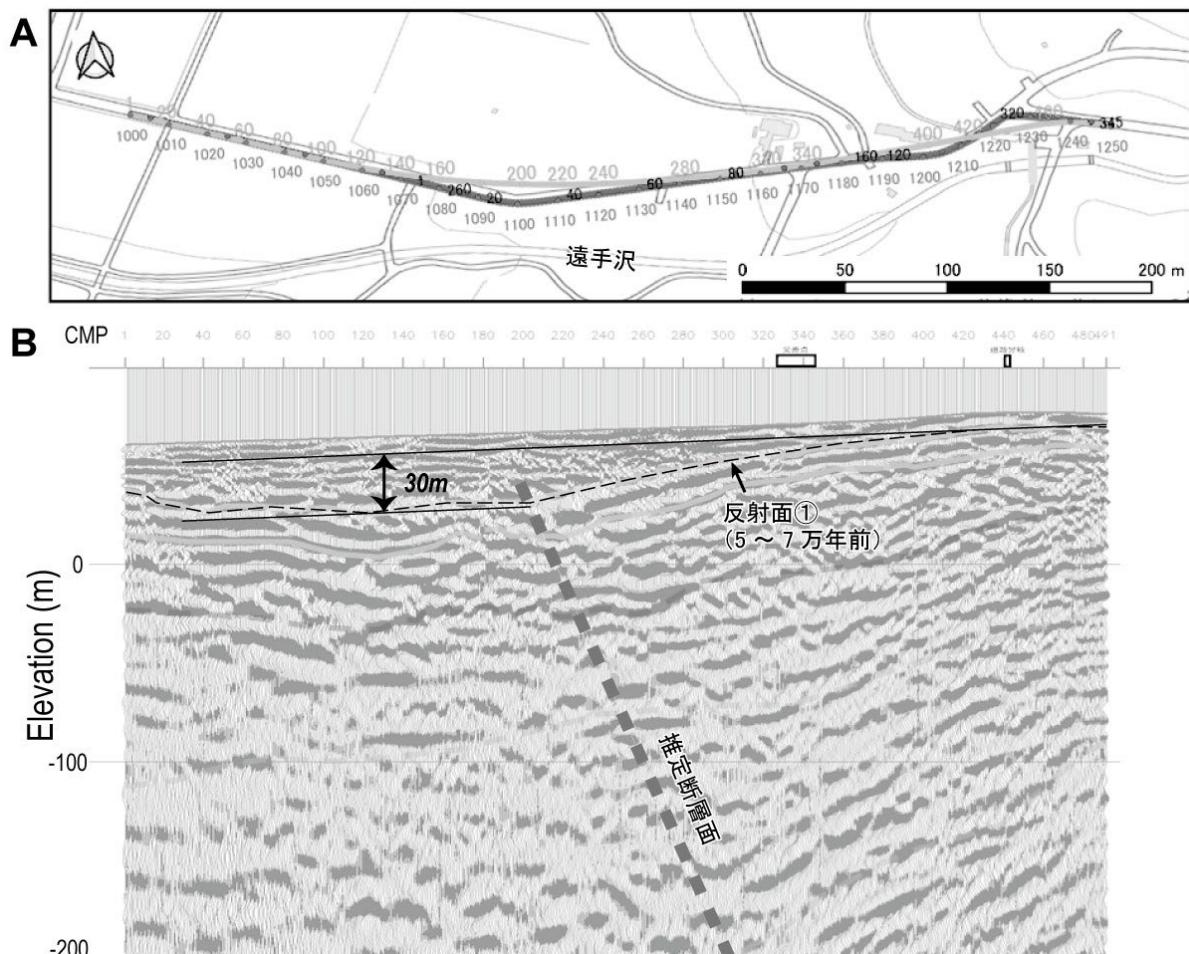


図1(A) S波による反射法地震探査測線。背景は地理院地図(電子国土 Web)を使用。(B) S波深度断面を基にした解釈図。幅の広い点線は推定される断層面を示す。細破線は 5~7 万年前に堆積したと推定される反射面。

参考文献

- 工藤 崇・内野隆之・濱崎聰志, 2019, 十和田湖地域の地質. 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, 192p.
 Horiuchi, K., Sonoda, S., Matsuzaka, H. and Ohyama, M., 2007, Radiocarbon analysis of tree rings from a 15.5-cal. Kyr BP pyroclastically buried forest: a pilot study. Radiocarbon, 49, 1123–1132.
 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004, 津軽山地西縁断層帯の長期評価について. 18p.
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/katsudansou_pdf/10_tsugaru-sanchi.pdf(2025/09/26 参照)
 産業技術総合研究所, 2022, 活断層評価の高度化・効率化のための調査 令和元～3年度 成果報告書.
https://www.jishin.go.jp/database/project_report/koudoka/koudoka-r03/(2025/10/01 参照)

P-6

令和6年能登半島地震を引き起こした海域活断層の直接観察

° 濱村康介, 立石 良, 佐野晋一, 澤田 渚 (富山大学),
ロバート・ジェンキンズ, 鈴木信雄 (金沢大学)

Direct observation of the offshore active fault that caused the 2024 Noto Peninsula Earthquake

° Kosuke Hamamura, Ryo Tateishi, Shin-ichi Sano, Nagisa Sawada (Univ. of Toyama), Robert Jenkins, Nobuo Suzuki (Kanazawa Univ.)

令和6年能登半島地震は、能登半島沖に分布する海域活断層の南側隆起の逆断層運動によって発生し、陸域・海域で大規模な地殻変動をもたらした。海上保安庁による地震前後の海底地形の差分解析では、能登半島北部～西部沖の海底において、最大4 mを超える上下方向の変動が確認された(海上保安庁, 2024など)。その分布は既知の海域活断層の位置と概ね一致し、過去に繰り返し活動した断層が、令和6年能登半島地震を引き起こしたことが示唆される。山口ほか(2024)は、地震発生後に珠洲岬北西沖および輪島北西沖の海底で水中ドローン探査を行い、断層崖および撓曲崖を確認したが、その変位量は比高1 m未満と、海上保安庁の報告よりも小さく、震源断層の主部ではより大きな変位や複雑な変状が見られる可能性がある。筆者らは、令和6年能登半島地震を起こした海域活断層の詳細な性状を明らかにすることを目的として、輪島市曾々木沖で水中ドローン探査による断層変位地形の直接観察を行った。

水中ドローン探査は、輪島市町野町曾々木沖約5 kmの2地点で行った(図1)。この地域では、海上保安庁(2024)などにより、4 mを超える南側隆起の海底変動が確認されている。探査の結果、概ね既知の活断層に沿った断層崖と撓曲崖が認められた。本稿ではこのうち地点Aの断層崖について記述する。水中ドローンに搭載されたセンサによると、水深はおよそ60～72 mで、南側が北側に比べて相対的に高い落差約12 mの崖が東西方向に連続する様子が確認された。この崖は、3つの段差を有する急斜面からなり、低下側(北側)はほぼ平坦で、ウミトサカ類やカイメン類などの付着生物が繁茂している。下位の段差は落差約2.5 mで、比較的急な斜面が東西方向に連続している。斜面は付着物に乏しく、一部に割れ目が見られる。斜面の基部にはブロック状の岩石が散在し、その断面は新鮮なものからウミトサカ類などが付着したものまで様々である。その南側に位置する中位の段差は、落差約2.5 mで、東西方向に連続している。この段差は、オーバーハングした付着物に乏しい新鮮な壁面を持ち、基部には下位の段差と同様のブロック状の岩石が散在する(図2a)。この壁面の上部にも、壁面と平行な割れ目が複数あり、南側上がりの変位が認められる。上位の段差は中位の段差のすぐ南に位置し、落差約2.5 mで、谷状の窪みが見られる。段差の表面は、大部分が付着物に覆われるが、基部にわずかに新鮮な壁面が露出する(図2b)。この段差の南側は、北側と同様にほぼ平坦で、ウミトサカ類やカイメン類などの付着生物が繁茂している。また、東西方向に連続する約3 cm幅の割れ目が確認された。

下位の段差と中位の段差は、新鮮な断面を持つブロック状の岩石や新鮮な壁面が確認され、南上がりの変位を示すことから、令和6年能登半島地震に伴い生じた断層変位とみなせる。これに対して上位の段差の大部分は過去の地震活動により形成されたものと考えられる。以上の通り、今回の探査により、令和6年能登半島地震を引き起こした断層の累積変位が識別可能な形で記録された。

謝辞 本調査は、2025年度金沢大学環日本海域環境研究センター共同研究の支援を受け実施されました。また、調査実現にあたり、平松良浩氏、河村 愛氏、海野 奏氏、金沢大学環日本海域環境研究センターのスタッフの方々に大変お世話になりました。

引用文献 海上保安庁 (2024) <https://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r6/k241210/k241210.pdf> (2025年9月19日閲覧) / 山口ほか (2024) 日本地質学会第131年学術大会講演要旨, T18-0-2, p.408.

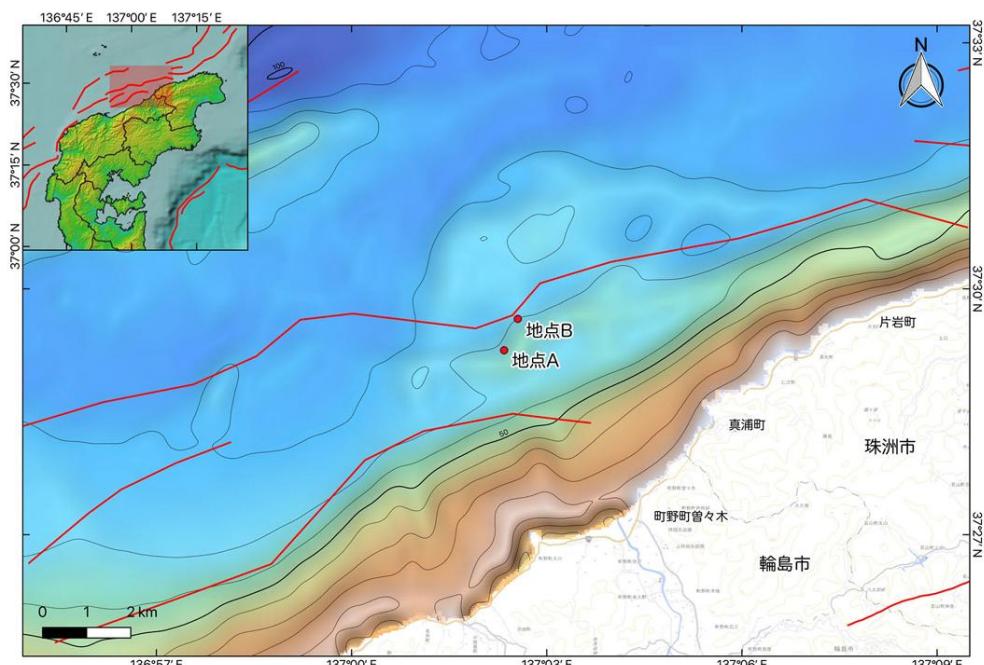


図1. 水中ドローン探査位置。地点Aで断層崖、地点Bで撓曲崖が認められた。

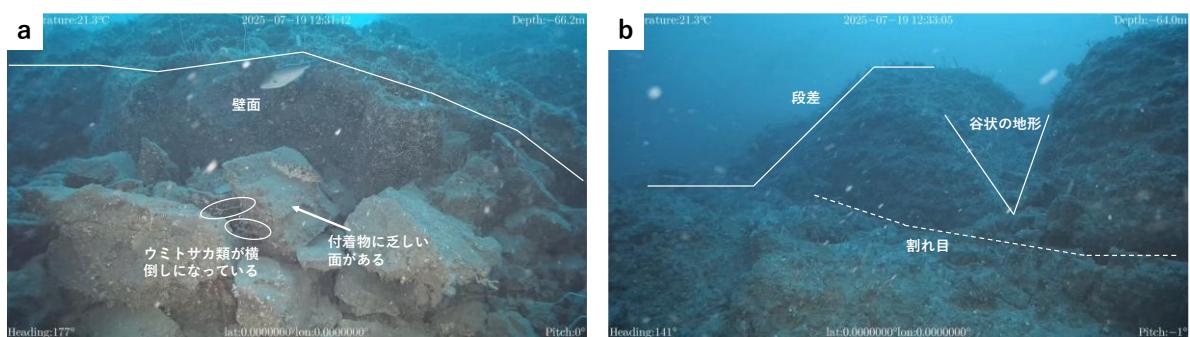


図2. a) 中位の段差の壁面と、基部に散在するブロック状の岩石。b) 上位の段差。谷状の地形を持つ。基部にわずかに新鮮な壁面が露出しているが、大部分は付着物に覆われている。

能登半島黒島～鹿磯地区の隆起海岸で認められた湧水の起源について
° 松本なゆた・細矢卓志・石原隆仙・寺田龍矢・後藤慧（中央開発）

The Origin of Spring Water Recognized at the Uplifted Coast of
Kuroshima - Kaiso Area in the Noto Peninsula.

° Nayuta Matumoto, Takashi Hosoya, Takanori Ishihara,
Tatsuya Terada, Satoshi Goto (Chuo Kaihatsu Corporation)

1. はじめに

2024年1月1日に発生した令和6年能登半島地震は、能登半島を中心に各地で甚大な被害を発生させ、能登半島の日本海側では最大4mの隆起が観測された。この隆起により海岸線が後退し、現在でも漁業などに大きな影響を及ぼしている。

石川県門前町黒島地区、同鹿磯地区は能登半島の北西部に位置し、それぞれ3.2m、3.6m(石山ほか, 2004)の隆起が確認されている。門前町黒島地区～鹿磯地区は湾状の地形となっており、隆起量の大きい奥能登地区の北西側の海岸では数少ない砂浜が発達している。能登半島地震により最大240m程度海岸線が後退し、広大な砂浜が形成された(図1参照)。筆者らは、2025年8月末にこの場所を訪れ、後退した海岸線の確認を行った。その結果、能登半島地震によって生じた砂浜に連続的に植生が自生していたことから、淡水の湧水の存在が示唆された(写真参照)。本ポスターでは、湧水をしていた淡水の分布と淡水の起源について考察を行う。

2. 調査方法

湧水の調査として、隆起海岸部における湧水のエリアのプロット、湧水の水質の測定を行った。併せて、地形調査として、UAV測量結果、既存のDEMデータを利用した地形解析を行った。

3. 調査結果

現地調査および地形解析の結果、湧水は標高3m程度の旧汀線付近で、帶状に分布することがわかった(図2参照)。既存ボーリング調査結果からこの湧水は砂層と基盤の風化礫岩層の境界から湧出していると推定される。地震前の黒島漁港周辺は山からのミネラル豊富な湧水により、10種類以上の海藻が生える豊かな藻場が形成されていたが、海岸隆起に伴いこの豊かな藻場は干上がっている。地震の隆起で新たに形成された地形や環境が、今後どのように変わっていくのか断層活動後の変遷にも今後注目していきたい。

【引用文献】

林野庁・数値標高モデル DEM0.5m(能登地域 2024), <https://test.geospatial.jp/ckan/dataset/rinya-dem-noto2024> (2025年9月5日閲覧)

上原大二郎, 西村修一, 田中風羽, 竹田和弘: 収束度 (Convergence、 Index) を利用する微地形表現図「CI マップ」の考案, 第 59 回地盤工学研究発表会, 23-13-1-06

石山達也・廣内大助・松多信尚・立石 良・安江健一, 2024, 令和 6 年能登半島地震 (M7.6) で生じた海岸隆起 (速報その 3), <https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/eq/20465/> (2025 年 9 月 5 日閲覧)



図 1. 黒島-鹿磯地区の令和 6 年能登半島地震前後の航空写真(左:2020 年, 右:2024 年撮影)
基図に国土地理院タイル(年度別空中写真 2007 年以降)を使用



写真 隆起した砂浜に生育する植生

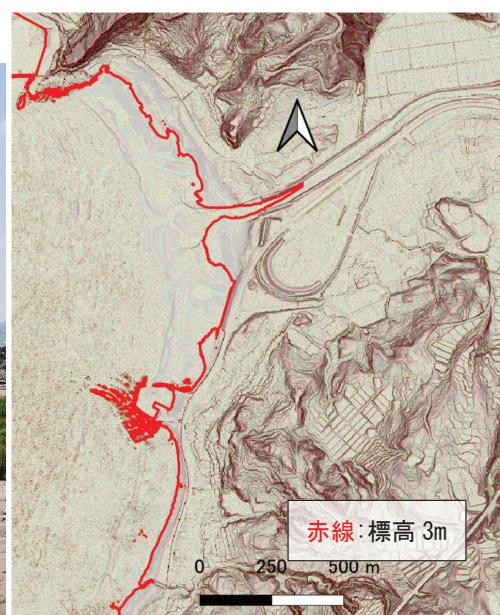


図 2. 黒島-鹿磯地区の微地形図(CIマップ)

能登半島北部沿岸吉浦周辺の低位段丘における GPR を用いた地下構造の推定と OSL 年代測定

○赤井東・安藤亮輔（東京大学）

宍倉正展・田村亨・伊藤一充（産業技術総合研究所）

安江健一・橋下怜旺（富山大学）

Estimation of subsurface structure using GPR and OSL dating
of the low marine terraces around Yoshiura, the northern
coast of the Noto Peninsula

○Azuma Akai, Ryosuke Ando (Univ. Tokyo)

Masanobu Shishikura, Toru Tamura, Kazumi Ito (AIST)

Ken-ichi Yasue, Reo Hashishita (Univ. Toyama)

1. はじめに

2024 年能登半島地震(M7.6)は、能登半島北部の沖合に位置する活断層で発生した。沿岸海域活断層の調査は主に海上での音波探査やピストンコアリングによる地層採取によって実施されているが（井上・岡村, 2010），海岸にごく近い海域では海底が浅く航行が困難であるなどの理由でこれらの調査はなされていない。一方で、この海域活断層は沿岸陸域まで地殻変動を及ぼすことから、海岸の隆起や沈降の痕跡を調べることで、活断層評価に資する情報を提供することができる。宍倉ほか(2020)では、航空写真判読により完新世の海成段丘の分布を能登半島北岸の広範囲にわたって 2 から 3 段の段丘面を認定し、各地点において VRS-RTK を用いた GNSS 測量などにより 2024 年地震前における段丘面高度を求めた。しかし段丘面高度に対する人工改変等の二次的作用の定量評価が必ずしも十分でないという課題があった。そのため宍倉ほか(2020)で段丘面が認定された最西端の地点であり、合成開口レーダー解析により 2024 年地震時地殻変動分布のピークも観測されている（国土地理院, 2024），輪島市門前町吉浦地区周辺を対象として、ドローン LiDAR による測量とハンドオーガーを用いた簡易掘削を実施し、詳細地形と表層構造を調べた（日本地球惑星科学連合 2025, 千葉, 2025 年 5 月 26 日）。その結果、砂層上面の分布パターンは現地形とは一致せず、過去(1970 年代)の地形と調和的であり、少なくとも 3 回の間欠的な離水イベントを示唆する砂層の分布が確認された。本研究では、さらに詳細な地下構造解明のため、地中レーダー(GPR)を用いた地下構造探査を行い、ハンドオーガーでは掘進できない砂層よりも下位の地質分布を調べた。また段丘構成層の年代を調べるために光ルミネッセンス年代測定を実施した。

2. 地中レーダー探査

ハンドオーガーによる簡易掘削では、砂層が地下水水面下にある場合や、礫層・基盤岩に達した場合は掘進が困難であった。地下に埋没している可能性がある段丘地形から間欠的な離水イベントの回数を詳細に調べるために、侵食堆積作用の影響を受けやすい砂層ではなく、砂層より下位の礫層・基盤岩の分布を調べる必要がある。そこで宍倉ほか(2020)で認定された低位段丘面にて地中レーダー探査を行った。

海岸線に直交する測線を5本設定して探査を実施した。測線の間隔は1.3m程であり、それぞれの測線で、100MHzの周波数を用いて探査し、5測線分のデータから3次元的な地質分布の把握を試みた。

地表から深さ1~1.5m程までは、連続性のよい水平な反射面が見られた。この反射面は、ハンドオーガーを用いた簡易掘削の結果を踏まえると、人工的な盛り土と考えられる。さらに深い部分では、傾いた反射面、凹凸を示す反射面などが見られた。今後、3次元的な地質分布を検討する予定である。

3. 光ルミネッセンス年代測定

宍倉ほか(2020)にて認定された低位段丘面のうち上位面において、ハンドオーガーを用いて2種類の深さから年代測定試料を採取し、長石粒子の残存ルミネッセンス信号による砂層の埋没年代の推定を試みた。薬品処理、篩い分け、重液分離により採取した試料から $180\text{--}250\mu\text{m}$ の長石粒子を抽出し、MET-pIRIR法により $\text{pIRIR}_{150,225}$ の残存線量を測定した。現時点では10,000yr程の年代値が得られる見込みである。これは吉浦地区と隣接している五十洲地区の段丘構成層である砂層において、同様の手法で測定したOSL年代 $4,500\pm860\text{yr}$ と比べ古い結果となっている。

P-9

能登金剛・巖門における生物遺骸群集の発見とその意義

°後藤玲奈・立石良・近藤梨紗・安江健一（富山大学）

Discovery and Significance of Sessile Assemblages at Ganmon, Noto Kongo

°Rena Goto · Ryo Tateishi · Risa Kondo · Ken-ichi Yasue (Univ.Toyama)

1. はじめに

令和6年能登半島地震では、能登半島北部の広い範囲で海岸隆起が発生し、北西部の吉浦付近では約5.5mの隆起が計測されている（立石ほか, 2024）。一方、この地震ではほとんど隆起しなかった能登半島中西部においても、海食地形の一種であるノッチや隆起ベンチ、海成段丘等の隆起地形が広い範囲で認められ、過去に隆起を伴う地震が繰り返し発生していたと推定されている（Shishikura et al. 2009等）。実際に、2007年に発生した能登半島地震では、能登半島西部の関野鼻や赤神崎周辺で、InSAR解析や生物遺骸の高度計測により最大約0.5mの隆起が観測されている（Awata et al., 2008；Ozawa et al., 2008等）。Shishikura et al. (2009)は、2007年より前に離水したヤッコカンザシ *Spirobranchus akitsushima* の遺骸群集を調査し、その年代・標高から地震活動履歴の推定を行った。その結果、1892年に発生した地震や、800-1000年前に発生したと思われる、2007年の地震と類似した地震等、隆起を伴う地震が複数回発生した可能性が示されている。著者らは先日、石川県羽咋郡志賀町富来の巖門において、未報告の生物遺骸群集を発見したため、その特徴と意義について報告する。

2. 巖門で発見された生物遺骸群集

巖門は、能登金剛を代表する観光地であり、アーチと海食洞が南北方向に並んでいる（図1）。生物遺骸群集は、海食洞の東西壁面の複数箇所で発見され、このうち西側の壁面では、上下に独立した3つのヤッコカンザシ群集が認められた（図2）。RTK-GNSSおよびトータルステーションを用いてこれらの群集の標高計測を行った結果、それぞれの群集の標高は、上位（NGM-01；図3）が1.974～2.104m、中位（NGM-02）が1.637～1.677m、下位（NGM-03；図4）が1.334～1.384mであった。現在、NGM-01～NGM-03の放射性炭素年代測定を実施中である。なお、東壁面でもNGM-02とほぼ同じ高さにヤッコカンザシ群集が認められ、その他に東西両壁面でフジツボ類の群集も見つかっている。

3. 現状の考察

巖門は、Shishikura et al. (2009)におけるKa地点（兜岩）とHa地点（機具岩）の間に位置する。今回発見したヤッコカンザシ群集の標高は、2007年能登半島地震時の巖門付近の隆起量（Awata et al. 2008等）を差し引いても、Shishikura et al. (2009)で示された巖門近傍の古いヤッコカンザシ群集より0.5m以上高い。このことから、本研究により、Shishikura et al. (2009)で推定されたものよりも古い年代の離水イベントについて議論できる可能性がある。なお、今回巖門で発見したヤッコカンザシ群集の分布高度の差は約0.3mであり、この地域の潮間帯中上位の幅を越えていることから、これらの離水イベントの成因は、海水準変動で

はなく地震性隆起である可能性が高い。本発表時には、NGM-01～NGM-03 の放射性炭素年代を踏まえ、過去の離水イベントについて議論する予定である。



図 1

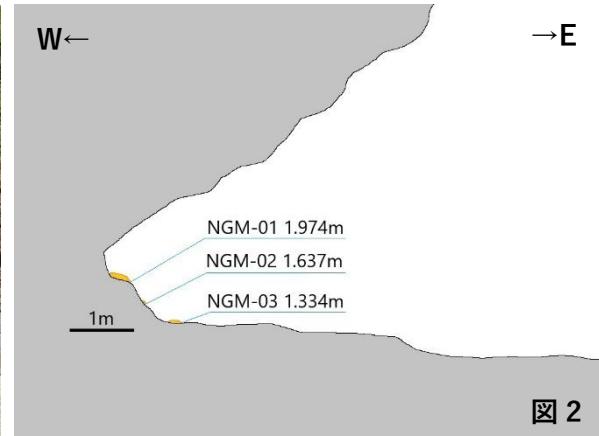


図 2



図 3



図 4

図 1：巖門、図 2：生物遺骸群集の分布を示した模式断面図、図 3：NGM-01、図 4：NGM-03

引用文献

- Awata et al. (2008) Coastal deformation associated with the 2007 Noto Hanto earthquake, central Japan, estimated from uplifted and subsided intertidal organisms, *Earth Planets Space*, 60, 1059-1062.
- Ozawa et al. (2008) Crustal deformation associated with the Noto Hanto Earthquake in 2007 in Japan, *Earth Planets Space*, 60, 95-98
- Shishikura et al. (2009) Evidence for coseismic and aseismic uplift in the last 1000 years in the focal area of a shallow thrust earthquake on the Noto Peninsula, west-central Japan, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 36, L02307
- 立石ほか (2024) 生物遺骸の分布高度に基づく 2023 年・2024 年能登半島地震に伴う海岸隆起調査、日本地球惑星科学連合 2024 年大会, U15-P83.

P-10

飛騨川河床に現れた阿寺断層露頭の変遷

◦ 細矢卓志・後藤慧・寺田龍矢（中央開発株）・安江健一（富山大学）

The changes in the Adera Fault exposure that appeared on the riverbed of the Hida River

◦ Takashi Hosoya · Satoshi Goto · Tatsuya Terada (Chuo Kaihatsu Corporation) · Ken-ichi Yasue (Univ. Toyama)

1. はじめに

阿寺断層帶は岐阜県中津川～下呂に連続する活断層で、全長 66km、左横ずれが卓越する断層帶（地震調査推進本部、2004）であり、変動地形が明瞭なことで知られている。

筆者らは、2024年5月21日に阿寺断層北部、飛騨川の河床（下呂市萩原町）に露出する大規模な断層露頭を正確に記載するため、UAVを用いた撮影を試みた。本論では、一定時間を置いて再度同地点を撮影することで、2時期のデータを取得・対比し、大規模断層露頭の見え方がどのように変遷しているのかを明らかにした結果を報告する。2回目の撮影はおおよそ1年後の2025年5月19日であった。また、一部の露頭ではUAVのサーモカメラを使用し、温度の違いにより断層部がどのように識別されるのかについても試行した。

なお、本調査は科研費JP23K04326の助成を受けたものである。

2. 撮影場所と調査方法

撮影の対象場所は、岐阜県下呂市萩原町の飛騨川の河床である。この河床には断層が10m以上露出する大規模な露頭が少なくとも4地点あり、UAVを用いた撮影はこれらの露頭を全て含む100m×1000m程度の範囲で実施した。

使用したUAVは、RGBカメラとサーマルカメラを搭載し連続写真撮影が可能な、DJI社製小型ドローンのMavic 3 Thermalである。取得した写真は、Agisoft社のMetashape Professionalを使用して写真合成を行い、撮影領域全体のオルソ画像（正射投影画像）を作成した。サーモカメラ画像についても同様に合成を行い、温度分布が一目でわかるオルソ画像を取得した。

3. 撮影結果

代表的な1露頭について結果を述べる。図1に2024年と2025年の断層部のオルソ画像を示す。2つを比較すると、本露頭では、全体的に岩場が侵食されて露頭が縮小している様子が写真上で確認できる。さらに、2024年撮影のオルソ画像に、作成した2時期のDEMデータの標高差分情報を重ね合わせたものが図2であり、2025年撮影時に高度が下がった箇所を青系、上がった箇所を赤系の色で示している。標高差分からは、この露頭では青色の箇所（侵食された箇所）が多く、主断層周辺から角を取るように侵食が進んでいる様子が伺える。

一方、図3に示すサーモ撮影結果からは、主断層部の明瞭な温度の違いは見られなかった。この理由としては、本露頭の主断層部は固結しよく乾燥したカタクレーサイトであったため、周りの露頭との温度差は大きくなかったためと考えられる。一方、湧水の影響で温度が低い箇所は明瞭に表されたが、断層延長部にある湧水は断層の分布と関係している可能性がある。

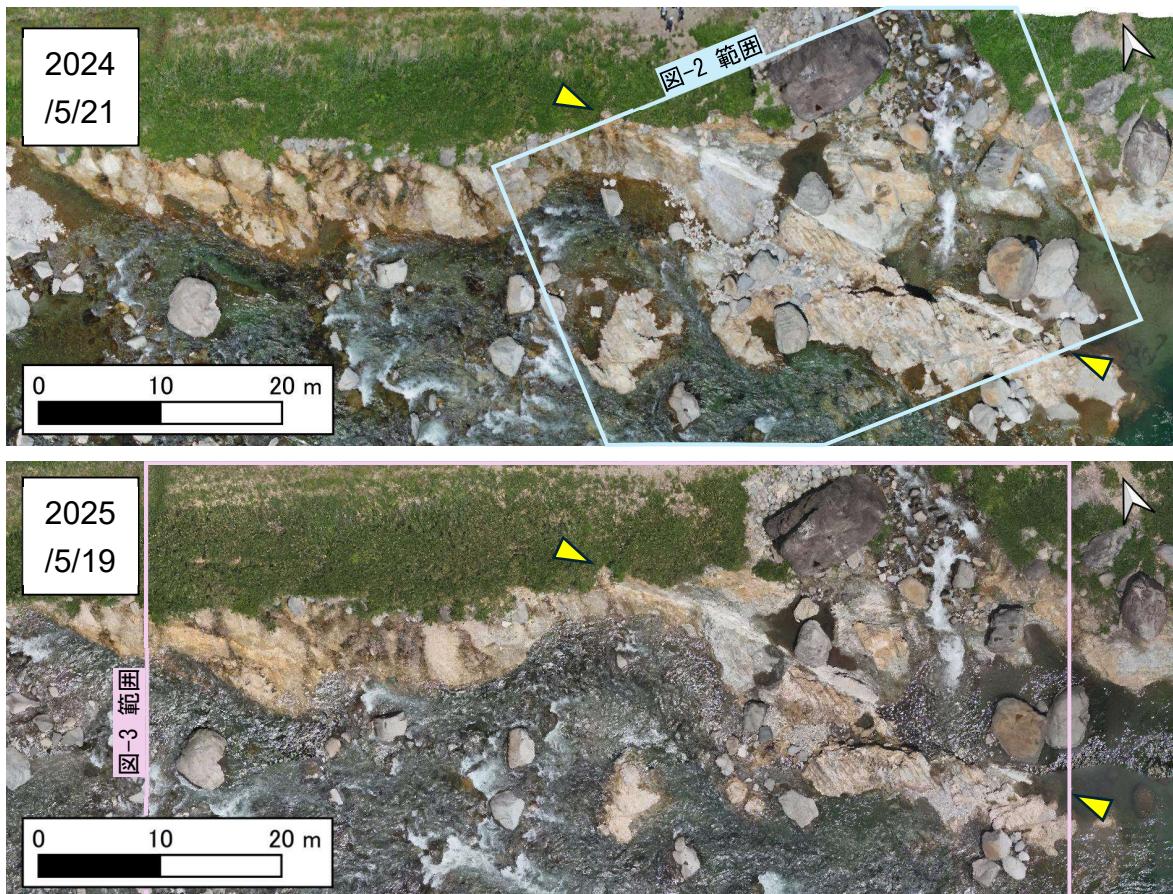


図1 断層露頭のオルソ画像（矢印は主断層位置。上：2024年撮影 下：2025年撮影）

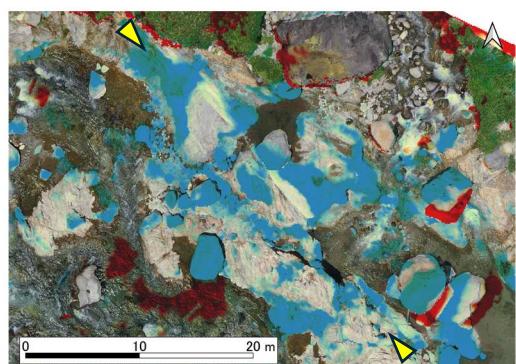


図2 断層露頭のDEMデータ比較結果

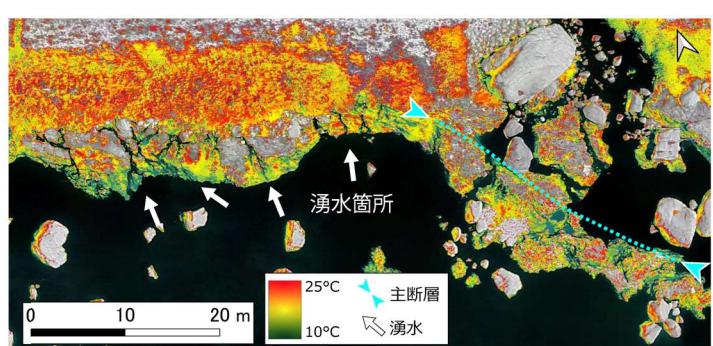


図3 断層露頭のサーモ観測結果

4. まとめ

異なる年の写真、DEMデータの比較、さらにサーモ撮影を実施し、断層露頭の性状と変遷の把握を試みた。本論で取り上げた露頭は1年間で大きく様相が変化しており、データ解析によりその変遷を明確に把握できた。今回実施したDEMデータの標高差分解析は、細かな地形変化を捉えることが可能であり、また今回の調査では効果は少なかったものの、サーモ撮影については肉眼では見えない温度の差から対象の変質を捉えることが期待される。これらの手法は、露頭調査における新たな視点をもたらす手法として活用が期待できる。

P-11

阿寺断層帯中部のステップ部における 断層の変位と活動時期に関する研究

° 廣瀬健大朗・安江健一（富山大学）・

石山達也（東京大学地震研究所）・廣内大助（信州大学）

A study on fault displacement and activity period
in the step zone around central part of the Atera fault zone

° Kentaro Hirose, Ken-ichi Yasue (Univ. Toyama),

Tatsuya Ishiyama (ERI, Univ. Tokyo), and Daisuke Hirouchi (Shinshu Univ.)

1. はじめに

複数の横ずれ断層からなる断層帯では、断層のステップ部が存在する場合がある。この部分では、応力変化が著しく、それに起因する岩盤の膨張や圧縮により、小断層や割れ目が発達する^[1]。このようなステップ部の副次的な断層の分布、変位量、活動時期などの把握は、断層の連結過程を理解する上で重要である。しかし、樹木などの植物が分布する地域では、空中写真から微地形の把握が難しく、ステップ部周辺の変位地形が見落とされることもある。近年は、航空レーザ測量データから微地形の判読と効率的な現地調査が可能となり、断層の分布を精緻に把握できるようになってきた。本研究では、岐阜県東部に分布する阿寺断層帯の中を対象として、活断層のステップ部における副次的な断層の分布、変位量、活動時期を明らかにするための地形・地質調査を実施した。

2. 結果

阿寺断層帯中部において、谷底低地の北東側山地内に、左横ずれを示す北西-南東走向の活断層が複数分布する。このうち、150～500 m ほどの間隔で並走する 2 条の活断層は左ステップの位置関係にある。ステップ内には、右雁行配列のリニアメントが少なくとも 3 条分布する。このうち最も明瞭なリニアメントには、逆向き低断層崖が分布しており、南西向きの山地斜面において北東側が約 4.7 m 低下する。

断層露頭の観察は、逆向き低断層崖に斜交する作業道の法面と底面で実施した。その結果、破碎した濃飛流紋岩、シルト・砂・礫層(C1, C2, C3 層)、角礫混じりの黒色～暗褐色土(B1, B1', B2, B3, B4, B5 層)、黒色土壌(A 層)および半固結状態の断層ガウジを確認した。断層は、濃飛流紋岩と主に黄褐色砂礫層(C2 層)との境界をなす f1 断層が北東へ約 40° 傾斜する。また、f1 断層から黒色～暗褐色土の中へ分岐する f2 断層が分布し、その南側に落ち込むように B1' 層が分布する。

堆積物中に含まれる火山ガラスの特徴は、B1 層最下部から採取した試料から鬼界アカホヤテフラ(K-Ah : 7,300 年前^[2]) 起源と考えられるバブルウォール型の火山ガラスが周囲より優位に多く見られた。さらに、f2 断層南側に分布する B1' 層から採取した試料からも、微量ながら K-Ah テフラ起源の火山ガラスが検出された。また、B1 層中部から採取した試料から天城カワゴ平テフラ(Kg:3,060～3,190 yrs BP^[3]) 起源の火山ガラスが検出された。

放射性炭素年代測定では、C2 層上部から採取した炭化材が 9,893-9,558 cal BP、B1 層中部から採取した黒色土が 2,876-2,773 cal BP、B1' 層から採取した黒色土が 5,992-5,768 cal BP を示した。

3. 考察

阿寺断層帯中部の活断層のステップ部において 2 条の活断層をつなぐような副次的な断層が分布していると考えられる。この断層の一部は、北東側が低下する逆向き低断層崖であり、断層面が北東傾斜であることから、正断層センスであると考えられる。その上下変位量は、約 4.7 m である。

断層露頭において、黒色土の最下部の直下に分布する淡黄色土の堆積は、9,893-9,558 cal BP であったと考えられる。この頃に黒色土を堆積させるような凹地が形成されたと考えられ、断層運動で逆向き低断層崖が形成された可能性がある。また、K-Ah テフラ起源の火山ガラスの分布の特徴から、B1 層最下部が約 7,300 年前頃と考えられ、B2 層はそれ以前の堆積物と考えられる。f2 断層は、B2 層を変位させることに加え、断層の南側に落ち込むように堆積した黒色土に K-Ah テフラ起源の火山ガラスを含むことから、約 7,300 年前以降に断層変位があったと考えられる。落ち込むように堆積した黒色土から 5,992-5,768 cal BP の年代が得られていることと矛盾しない。

これらのことから、2 条の活断層をつなぐような副次的な断層は、第四紀後期に繰り返し活動してきた活断層であると考えられ、断層の連結過程や運動などを議論する上で重要な構造である。

謝辞:本研究は、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)および JSPS 科研費 JP23K04326, JP25K00556 の助成を受けたものである。現地調査では、富山大学の山崎伶士氏、天児幹治氏、宇治拓海氏、牧野美月氏、岡山大学の白銀美里氏、太田麗氏、信州大学の小林雅広氏、高橋綾仁氏にご協力いただいた。テフラ分析は、(株)古澤地質において実施いただいた。

文献:[1]Okubo and Schultz, 2006, Geol. Soc. Amer. Bull., **118**, 343-348. [2]町田・新井, 2003, 新編火山灰アトラス, 東京大学出版会. [3]嶋田, 2000, 第四紀研究, **39**, 151-164.

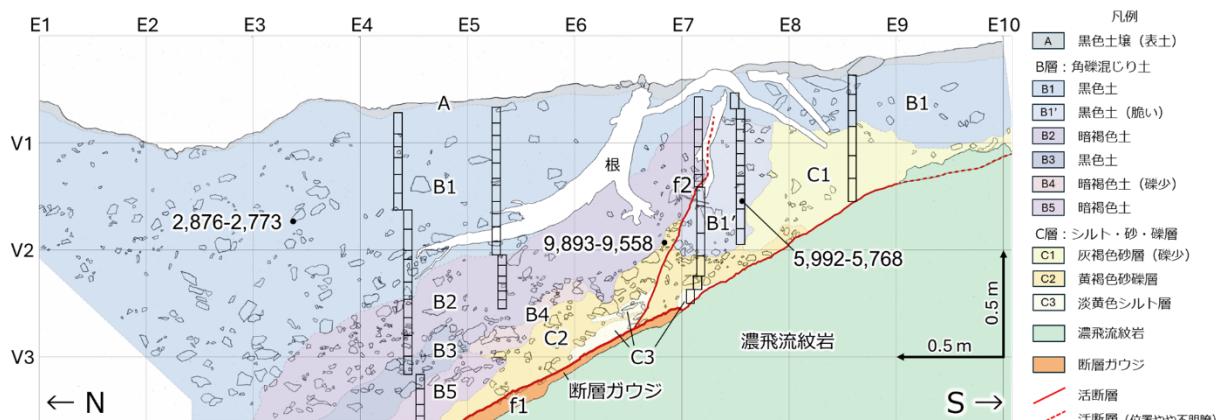


図 1 作業道法面のスケッチ。

(黒四角はテフラ分析の試料採取地点、黒丸は放射性炭素年代測定の試料採取地点を示す)

P-12

クリプトテフラ研究の発展と変動地形学・古地震学的研究への応用

渡辺 樹（東京都立大学/学振 DC）

Advances in crypto-tephrochronology and its application to tectonic geomorphological and paleoseismological research

Tatsuki Watanabe (Tokyo Metropolitan University/JSPS DC)

1. はじめに

爆発的な火山噴火で噴出したテフラを用いた編年法であるテフロクロノロジーは、テフラが持つ同時性・広域性から、第四紀地質学において広く用いられる年代推定手法である。とくに近年はクリプトテフラを対象とした研究が国内外で進展している。しかし、クリプトテフラには堆積・保存に関する問題が指摘されており（例えば長橋・片岡, 2015），その編年学的利用には注意が必要である。本発表ではクリプトテフラの定義や注意点を整理したうえで、変動地形学・古地震学的研究における年代基準としての利用に加え、編年学的利用を超えた目的での応用可能性について議論する。

2. クリプトテフラの定義とテフロクロノロジーにおける進展

クリプトテフラは、「肉眼では層として識別できないが、火山ガラスや鉱物などのテフラ構成粒子が集中したテフラ」として定義される（Alloway et al., 2024）。複数の文献で定義が示されているが、必ず含まれるキーワードとして“concentration”がある。したがって、テフラ構成粒子が数粒子含まれていて火山ガラスの化学組成が一致するだけでは、クリプトテフラを認定することはできない。また、単純に堆積物を水洗して検出されたテフラ起源粒子のことをクリプトテフラとは呼べない。クリプトテフラを用いて年代制約を行うのであれば、対象となる堆積物を連続的に分析し、火山ガラス等のテフラ起源粒子が集中している層準を示す必要がある。類似した指摘は長橋・片岡（2015）でも示されている。

クリプトテフラの利点は、既知の分布域よりも遠地でテフラを検出できる点である（McLean et al., 2018）。日本では、水月湖で検出されたテフラは高精度な年代が推定されているほか、白頭山苦小牧テフラやカワゴ平テフラなどはウイグルマッチング法により高精度な年代が推定されている。年代推定が十分にされていないローカルなテフラであっても、湿原など堆積環境の良い地点でのクリプトテフラ分析により、高精度な年代が知られる広域テフラとの層序関係を明らかにすれば、ローカルなテフラの年代を高精度に制約することが可能である。この考え方に基づき Watanabe et al. (2026) は、6–7 ka と推定されていた妙高赤倉テフラの年代を、水月湖で見出された十和田中振テフラとの層序関係と湿原堆積物中の葉の¹⁴C 年代から、5.9–5.7 ka と推定した。このように年代が高精度に制約されたテフラは、その地域で普遍的かつ高精度な年代基準として用いることができるようになる。

3. 変動地形学・古地震学的研究での応用

海成段丘や河成段丘は、変動地形学において長期の隆起速度推定に用いられてきた。とくに visible tephra が少なく、他の年代基準も乏しい地域では、クリプトテフラが段丘編年の年代基準に用いられてきた（片岡・吉川, 1997; 石村, 2010 など）。ただし、先述した通りクリ

プトテフラを認定するにはテフラ構成粒子の集中を示す必要があるが、段丘被覆層中ではテフラ構成粒子の集中層準を見出すことは難しく、ブロードなピークを示すことも多い。このことから、長橋・片岡（2015）は段丘被覆層中のクリプトテフラの利用が難しいことを指摘した。しかし、バックグラウンドよりも高い火山ガラス含有率があれば、そこに地質学的意味はあると考えられるので、火山ガラスの化学組成などを用いた識別を組み合わせることで、その情報の精度・確度が visible tephra に比べて劣ることに留意しつつ利用可能である。いずれにしても、テフラ構成粒子が集中することを示すことが重要である。

古地震履歴復元においても、テフロクロノロジーは年代制約に重要な役割を果たしてきた。トレーナー調査では、クリプトテフラの検出によって、ある地層がテフラの年代より新しい、などの条件として地層の堆積年代の制約が試みられてきた（宍倉ほか、2002 など）。一方、off-fault 古地震研究でもクリプトテフラによる年代制約は行われている。近年 off-fault 古地震履歴復元の対象として着目される山体重力変形では、線状凹地などに湿原や湖沼堆積物が認められることがある。このような集水域の狭い堆積物は侵食・二次堆積とともに比較的小さいため、クリプトテフラの検出に適した環境であると考えられる（Watanabe et al., 2026）。このような環境では、クリプトテフラが年代モデルの制約条件として重要な役割を果たすことができる（Komura et al., 2020）。また、津波堆積物を挟在する沿岸低地の堆積物中からもクリプトテフラが検出されており、年代制約に用いられている（Ishimura et al. 2022 など）。

4. off-fault 古地震研究における火山ガラス含有量変動の利用

赤石山脈北部、釜無山付近の稜線上には、複数の湿原が形成されている。山麓には糸魚川静岡構造線断層系が認められることから、稜線部の湿原はこの活動によって何らかの影響を受けることが想定される。このうち、最も広い大阿原湿原で OAH-P1 コアを採取した。堆積物は泥炭層を主体とし、水平方向に追跡可能な礫層を複数枚挟在する。クリプトテフラ分析を実施したところ、深度 360 cm 付近に始良 Tn (AT) テフラの火山ガラスピーカーが認められ、それより下位に 34 ka の放射性炭素年代が得られたため、AT の降灰層準に準ずると解釈できる。その上位には、AT が再堆積したことによる火山ガラスの擬似的なピークが繰り返し認められる。一部の火山ガラスのピークは、礫層に伴って、礫層の上位を覆う様子が認められた。このことから、この繰り返し流入する AT の火山ガラスは、流域内で発生した崩壊イベントを反映していると考えられる。その崩壊が活断層地震により発生したかの判断は難しいが、火山ガラスの含有量変動が流域内の土壌・土砂生産イベントを反映しているのであれば、将来的に off-Fault 古地震履歴復元に向けたシグナルとして用いることができる可能性がある。

5. まとめ

テフロクロノロジーは、堆積物の数値年代を直接求めることはできない。しかし、高精度な年代の推定されているテフラを用いることで、間接的に、ときに高精度に堆積物の年代を制約することが可能である。特にクリプトテフラの検出により、高精度な年代が得られたテフラをより広域に認めることができる。ただし、クリプトテフラは堆積・保存過程が visible tephra と比べて理解しづらいため、十分に注意して用いる必要がある。クリプトテフラの認定には、火山ガラス等テフラ構成粒子の集中を示すことが重要である一方、流域の土壌流出のシグナルなど、編年学的利用以外にも火山ガラス含有量変動を使用できる可能性もある。

P-13

上野盆地に分布する大野木断層の変動地形と活動開始時期

°原西絢太（広島大学・院）・後藤秀昭（広島大学）

Tectonic Landform and Initiation Timing of the Ohnogi Fault in the Ueno Basin

°Kenta HARANISHI and Hideaki GOTO (Hiroshima University)

1. はじめに

近畿地方内帶では活断層が山地と盆地の地形分化に重要な役割を果たしてきた（藤田, 1976）。その南東縁に位置する上野盆地は、その北の近江盆地とともに、鮮新世から更新世の湖成・河川成層の古琵琶湖層群が堆積した地域であり、その後の地形分化の過程が地形と地質から検討できる地域である。上野盆地は信楽高原や布引山地に囲まれた東西約5km、南北約8kmの盆地である。周辺山地との境界には盆地側を低下させる活断層が分布する。その一方で、盆地内には古琵琶湖層群の最下層からなる丘陵が広がり、河成段丘が分布する。

上野盆地の西部には花ノ木丘陵が分布し、木津川の沖積低地を挟んでその東にも丘陵が広がる。いずれの丘陵も古琵琶湖層群からなり、丘陵部の背面の高さに顕著な違いはない。一方、沖積低地西縁には大野木断層が延びており、後期更新世の地形面に変位が認められている（堤ほか, 2021）。また、大野木断層周辺には丘陵の開析谷に多数の争奪地形が確認でき、古琵琶湖層群を開析する河川網が発達した後に大野木断層の活動によって丘陵の分断が生じたと考えられる。そこで、本研究では、上野盆地の変動地形を再検討し、大野木断層の活動開始時期を検討した。

2. 変動地形判読と変動地形の復元方法

本研究では、空中写真と数値標高モデル（DEM）のステレオ画像を判読するとともに、現地調査を行った。空中写真是米軍撮影と1960年代の国土地理院撮影のものを用いた。また、国土地理院公開の5mメッシュのDEMを用いてアナグリフ方式のステレオ画像を作成し、変動地形を検討した。

本研究により、大野木断層の南延長には段丘面を変位させる変動地形が新たに認められた。しかし、この地域の多くが圃場整備による人工改変を受け、詳細な地形の検討が困難であった。そこで、大規模な圃場整備前の1974年に撮影されたカラー空中写真を用いて当時の地形を復元した。地形モデル生成に必要な地表基準点（GCP）には、RTK-GNSS搭載のドローンで得た空中写真から作成した地形モデルを利用し、1974年当時と大きな変化がないと考えられる地点の座標値を適用した。

3. 大野木断層の変動地形

大野木断層は木津川の沖積低地の西縁に分布する東落ちの逆断層とされる（堤ほか, 2021）。大野木断層最北部の長田から南の大野木には、複数の断層が雁行して分布し、上野盆地の西

の標高 250m 程度の山地から盆地へ流下する小河川の沖積錐に、東落ちの 3m 程度の断層崖や 1m 以下の撓曲崖が認められる（堤ほか, 2021）。本研究では、大野木より南の大内～山出の約 3 km の部分で新たに変動地形を認めた。この南延長は、堤ほか（2021）で指摘された部分と同様に木津川の沖積低地の西縁に分布し、花ノ木丘陵から盆地へ流下する小河川の沖積錐に東落ちの 2m 程度の断層崖が認められる。最南部の山出付近にある段丘（以下、山出面）では、撓曲崖や旧河道の逆傾斜がみられる。

大野木断層の南延長では、2 条の活断層が雁行して分布する。大内から上之庄では花ノ木丘陵と木津川の沖積低地の境界付近に断層が分布し、上之庄から山出では東にステップして山出面と沖積低地の境界に分布する。山出面は南北約 1 km、東西約 300m の細長い段丘で、山出面北部では約 4m の撓曲崖が認められる。山出面の東側の低崖は滑らかな曲線であるが、西側の低崖は複雑に入り組む。山出面上には東に開く東西方向の侵食崖があり、東流する河川の旧河道とみられる。これらの旧河道は西へ逆傾斜しており、離水後に変形を受けた可能性がある。これらの特徴は逆断層の活動による変動地形と考えられ、山出面は大野木断層の活動によって形成されたと考えられる。

4. 大野木断層の変位速度と活動開始時期の推定

撓曲崖の認められる山出面は古琵琶湖層群の再堆積とみられる砂・シルト層で構成され、直径 3 cm 程度の堆積岩がわずかに含まれる。形成時期を示す試料は得られなかったが、面の保存状態や構成層の特徴から、この北に位置する近江盆地南部の L1 面（石村, 2014）に対比できると考えられる。L1 面は約 3 万年前に離水したとされる（石村, 2014）。山出面の 4 m の変位量をもとにすると、大野木断層の上下変位速度は 0.13 mm/yr となる。

上野盆地には、木津川の沖積低地を挟んで東西の丘陵に、連続する火山灰（上之庄 II 火山灰）が堆積する（川辺ほか、1996）。上之庄 II 火山灰層の分布域で東西に断面を取ると、断層を挟んで数十 m の比高を認識できる。上之庄 II 火山灰層の堆積年代は約 340 万年とされており（里口, 2015），これらを単純に除すると上下変位速度は 0.01 mm/yr 程度かそれ以下となり、第四紀後期の変位速度より一桁かそれ以上小さい。変位量と変位基準の年代をグラフにプロットすると、大野木断層は数十万年前から活動したと考えるのが適当と思われる。近畿地方は約 100 万年前以降に東西方向の圧縮応力下に入ったとされており（藤田, 1968），その影響を受けて大野木断層が活動を開始した可能性があると考える。

謝辞：「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 次）」の一部を使用した。国土地理院所有の 1mDEM を使用した。

文献：石村大輔（2014）地学雑誌；川辺孝幸ほか（1996）地域地質研究報告；里口保文（2015）地質学雑誌；堤浩之ほか（2021）1:25,000 活断層図「上野」；藤田和夫（1968）第四紀研究；藤田和夫（1976）地質ニュース

P-14

別府湾周辺から由布院盆地における断層変位地形の詳細な分布と特徴

°岩佐佳哉（福岡教育大）・熊原康博（広島大）

Detailed distribution and characteristics of fault-related landforms around

Beppu Bay and Yufuin Basin, Northern Kyushu

°Yoshiya Iwasa (Univ. of Teacher Education Fukuoka) and

Yasuhiro Kumahara (Hiroshima Univ.)

1. はじめに 近年、高解像度地形データの利用が容易になり、空中写真では把握することが難しかった植生下の微小な断層変位地形が見出されている (Kaneda and Chiba, 2019; 山中・後藤, 2023 など). このような微小な断層変位地形は、新期の活動の解明やテクトニクスの議論への貢献だけでなく、変位ハザードを想定するうえでも重要である。

九州中部の別府湾から由布院盆地にかけての地域は、横ずれ引張テクトニクスの場としての中部九州剪断帯 (大橋ほか, 2020) の一部を構成し、多数の正断層が活断層として分布する (千田, 1979; 千田ほか, 2017 など). 日本における他の地域とは異なり正断層が発達する特異な地域であり、正断層に伴う明瞭な逆 (山地) 向きの断層崖が認められる (千田ほか, 2017). また、四国から延長する中央構造線断層帯と日出生断層帯および万年山-崩平山断層帯が隣接する地域もある。本地域において微小な断層変位地形を含めて活断層の分布について検討することで、そのテクトニクスの議論に貢献できると考えられる。

本発表では、高解像度地形データを用いた地形判読に基づいて、別府湾周辺から由布院盆地にかけての陸域活断層の詳細な分布を明らかにし、分布に基づいて若干の考察を加える。

2. 方法 地形判読には高解像度地形データを用いた。使用した地形データは、国土地理院が基盤地図情報数値標高モデルとして提供する 1 m DEM、大分大学減災・復興デザイン教育研究センターが大分県から提供を受け、情報活用プラットフォーム EDiSON により管理する航空レーザ測量データ、林野庁から提供を受けた航空レーザ測量データである。航空レーザ測量データから 1 m DEM を生成し、国土地理院の 1 m DEM と統合したうえでアナグリフ画像を作成した。画像の作成にあたっては後藤 (2014) を参照し、SimpleDEMViewer を用いた。作成した画像はフリーソフトウェアの QGIS に取り込んで、アナグリフ画像の上から活断層のトレースをマッピングした。なお、判読にあたって国土地理院が撮影した地形改変前の空中写真を併用した。現地調査では、判読した断層変位地形や断層露頭を確認した。

3. 結果 対象地域において、活断層は大局的には東北東-西南西の走向である (図 1)。別府扇状地から由布院盆地に至る地域を境に、北側では南落ち、南側では北落ちの垂直変位を示し、大局的にはグーラーベンを形成している。活断層トレースは千田ほか (2017) や今泉ほか (2018) が示すものとおおむね同じであるが、既存のトレースの延長部やステップ部を中心に新たなトレースが認められた。

国東半島では、安岐川の右岸から左岸において北東-南西走向のトレースが認められた。

これまで未記載であるが、トレースに沿って複数の河谷が系統的に右横ずれ変位を受けているほか、鞍部列も認められることから確実な活断層と考えられる。陸上部では長さ約6kmと短いトレースであるが、分布形状や変位様式に基づくと、海底活断層として存在が指摘されている国東半島沖のトレース（原子力発電安全審査課、2010）に連続する可能性がある。

伽藍岳の北麓では、猫ヶ岩山断層とその南のトレースとのステップ部に、ホルストグラーベン状を呈する複数列の断層変位地形が認められた。周囲のトレースは東北東－西南西走向であるのに対し、このトレースは北東－南西走向であり、河谷や尾根には右横ずれ変位が認められた。

鶴見岳の南麓では、湯布院断層の東延長部において、10.5–7.3 cal ka BPに噴出した鶴見岳山頂溶岩（小林、1984；藤沢ほか、2002）に逆向き（北落ち）の変位を与えるトレースが認められた。さらに東延長部では、断層変位地形が明瞭ではないため確実性は劣るもの、複数の鞍部や溶岩の変位が認められ、堀田断層及び朝見川断層に接続する可能性がある。

4. 考察 対象地域のうち、別府湾から湯布院盆地にかけての地域では、ほぼ東西走向のトレースが大小複数のグラーベンをつくりながら、北東から南西にステップするような分布をなす。ステップ部では、北東－南西走向の複数のトレースが並行しながら分布し、右横ずれ変位が認められる。一方で、トレースが北西－南東走向をなす部分では左横ずれ変位が認められる。本研究成果を含めたこの地域における活断層のトレースの分布や変位様式は、大橋ほか（2020）が主張した「横ずれ引張テクトニクスの一部として正断層性変位が卓越する地域」という見解を支持するものと解釈できる。

文献：Kaneda and Chiba (2019) BSSA；山中・後藤（2023）地理学評論；大橋ほか（2020）地学雑誌；千田（1979）岩手大学教育学部研究年報；千田ほか（2017）1:25,000都市圏活断層図「豊岡」；後藤（2014）広島大学大学院文学研究科論集特輯号；原子力発電安全審査課（2010）中国電力株式会社上関原子力発電所敷地周辺海域の地質・地質構造（その2）；小林（1984）地質学論集；藤沢ほか（2002）地質学雑誌
謝辞：林野庁には航空レーザ測量データを提供いただいた。

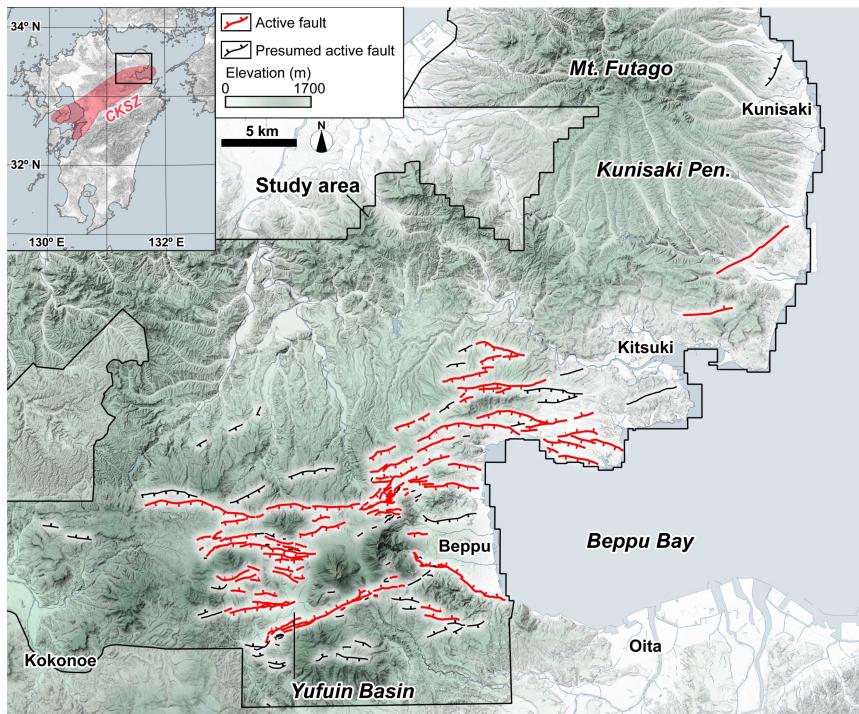


図1 対象地域における活断層の分布

P-15

八代海の海底活断層の分布・形状に関する再検討

◦楮原京子（山口大学）・後藤秀昭（広島大学）

Reinterpretation of active fault distribution in the Yatsushiro Sea

◦Kyoko Kagohara (Yamaguchi University), Hideaki Goto (Hiroshima University)

1. はじめに

八代海南部は日奈久断層の延長にあたり、国土地理院による沿岸海域基礎調査（1982, 1984）や千田ほか（1991）、九州電力株式会社（2008）、楮原ほか（2011）など、これまでに数多くの音波探査記録が取得されている。高分解能マルチチャンネル音波探査や中深度の音波探査が行われた2000年代以降の調査結果（九州電力株式会社, 2008; 楚原ほか, 2011）では、八代海南部に数多くの海底活断層が見出されたが、その分布・形状は走向や変位センスが多様に変化する複雑なものであった。さらに、猪野ほか（2018）は、楮原ほか（2011）の測線（GSY-5）と同一測線を含む3D音波探査を行った結果、楮原ほか（2011）とは走向・形状が異なる断層像を示した。このように、八代海南部における海底活断層は、多くの音波探査記録が取得されているものの、音波探査断面で認識された断層を平面的に繋ぐ過程において、未だ不確実な部分がある。断層線の幾何学的特徴は今後の活断層の運動像を推定する有益な情報であり、詳細な位置形状の把握とともに、構造的な主従の関係性が示されることが望ましい。本研究では、既存海底地形データの再処理、再判読を行い、改めて、海底活断層の分布・形状について検討した。

2. 手法およびデータ

本調査では、まず、海底地形データを用いてリニアメントおよび断層変位地形を判読してマッピングした。続いて、リニアメントおよび断層変位地形と調和的な地下構造が発達しているのかに関して、既往の音波探査記録および解析結果と比較・検討した。使用した海底地形データは海上保安庁が実施した「平成14年度八代海北部その2沿岸測量、平成15年度八代海南部その1沿岸測量及び平成16年度八代海南部その2沿岸測量」で、判読に際しては30mグリッドのステレオペア画像（アナグリフ）を作成した。既存の音波探査断面については、再処理は行わず、報告書・論文に掲載の音波探査断面図等を基に検討した。

3. 海底地形判読結果

芦北町御立岬から殿島、白神岩、沖の島と点在する島の周辺には北北東-南南西方向にのびる細長い海釜が発達し、直線状のリニアメント（L1）が認められる。断層変位地形としては、白神岩の北西約0.7km付近から北東-南西方向にのびる地溝（F1）が明瞭である。地溝の幅は約150～200m、延長は約5kmであり、一部のやや崩れた溝状の地形も含めると約9kmにおよぶ。南端は御所浦島・獅子島間（元ノ尻瀬戸）に発達する砂堆や海釜など潮流による地形で存在が不明となる。F1の南東側（約1kmの間）にはF1断層と並走する断層が一部に認められる。元ノ尻瀬戸以南では、F1の地溝状の地形は認められず、変わって北北東-南南西方

向の北西落ちの低断層崖 (F1') が出現する。

L1 と F1 との間では、数多くのリニアメントが確認される。北部の芦北沖では、堆積性緩斜面の端部で撓みを伴った崖が 2 条認められ (F2)，トレースは北西側にわずかに張りだす形状をなす。その南では、東北東-西南西方向の鞍部列や高度不連続からなるリニアメント群 (F3) が認められ、リニアメント沿いの開析谷や尾根の一部には横ずれ変位が確認される。津奈木沖約 4km 付近には、北東-南西方向にのびる、明瞭な北西下がりの崖が認められる (F4)。この崖と並走する断層 (F4') との間には両者を繋ぐような直線的なリニアメントと凹地が認められる。一方、水俣から獅子島の間は、北半部の様相と異なり、断層・リニアメントの密度は著しく小さくなり、直線的な低崖で特徴づけられる複数条の断層が確認される。

4. 既存音波探査記録との比較と考察

地形判読で得られたリニアメントおよび断層変位地形は、楮原ほか (2011) の活断層線の一部に一致したが、特に津奈木沖を中心に分布形状（平面）が異なる結果となった。元ノ尻瀬戸以北に発達していた地溝 (F1) は、複数枚の断层面からなる負のフラー構造を反映した地形で、フラー構造の最も外側の断層は地溝の崖基部に延長されるのではなく、崖上端に位置する。F2 では南東側の地層が背斜状に隆起する特徴がみられる。F3 および同系統のリニアメントに沿っては、音波探査断面で累積的なずれははつきりせず、わずかに反射面の不連続が認められる程度である。F4 と F4' の間には負のフラー構造が発達し、上下変位が明瞭な断層が数多く認められた。L1 は、測線外や音波散乱層の影響により地下構造を確認できた箇所が少ないものの、津奈木沖(沖の島南方)のリニアメントについては、猪野ほか (2018) の 3D 音波探査で捉えられた活断層と概ね一致することが分かった。一方、元ノ尻瀬戸以南では、断層・リニアメントを横断する断面において、その地下に地層のずれや断層が確認されたが、海底地形と地層の上下変位は必ずしも一致していない。この点に関しては上下変位が顕著ではないため、横ずれに伴う見かけの上下変位をみている可能性がある。また、この地域では、多くの断層において海底面に変位がおよんでいないため、海底地形判読のみでは、既存海底活断層図に示されたような全体像の把握は難しい。

海底下の探査調査に加え、海底地形の変動地形学的な判読を行うことにより、海底下の断層と海底地形との対応や断層の分布形状が整理された。地溝を伴う F1 断層は変位量も大きく本地域の主断層であることは疑いがないが、F2 や F4 の特徴は、F1 および L1 と関連した右横ずれ断層のステップや屈曲による構造であると推察される。また、これらによる地域的な隆起・沈降のパターンは、文部科学省研究開発局・九州大学 (2019) による Aso-4 基底深度分布とも調和的であり、累積的な変位が生じていると判断される。本発表では、海域活断層図を基に地質構造的解釈について、活動履歴も含めながら議論する。

謝辞：海底地形データを提供いただいた海上保安庁に御礼申し上げる。

文献：国土地理院 (1982,1984) 沿岸海域基礎調査；千田ほか (1991) 活断層研究 9, 93-97；九州電力株式会社 (2008)；楮原ほか (2011) 活断層・古地震報告 11, 273-294；猪野ほか (2018) 物理探査 71, 33-42；文部科学省研究開発局・九州大学 (2019) 平成 28 年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査。

P-16

台湾東部花東縱谷断層における自然露頭に基づく完新世活動履歴

◦ 太田 麗（岡山大・院）・顔一勤（顔一勤應用地質技師事務所）・顔君毅（東華大）・陳土豪（顔一勤應用地質技師事務所）・松多信尚（岡山大）・石山達也（東大地震研）・廣内大助（信州大）・杉戸信彦（法政大）・福永拓真（東大地震研・院）

Holocene Paleoseismology and Tectonic Geomorphology of the Longitudinal Valley Fault, Eastern Taiwan

◦ Urara Ota (Okayama Univ.) I-Chin Yen (I-Chin Geological Office) Jiun-Yee Yen (NDHU) Chih-Hao Chen (I-Chin Geological Office) Nobuhisa Matta (Okayama Univ.) Tatsuya Ishiyama (ERI, U. Tokyo) Daisuke Hirouchi (Shinshu Univ.) Nobuhiko Sugito (Hosei Univ.) Takuma Fukunaga (ERI, U. Tokyo)

台湾東部の花東縱谷断層（以下 LVF）は、台湾東部のプレート収束帯に発達する主要な活断層であり、東傾斜を有する（Shyu et al., 2005）。1951年の地震では、約 54 km にわたって地表地震断層が出現した(Shyu et al.,2007)。LVF は瑞穂地域以南で断層クリープが観測されるが、以北ではクリープ変位はないと考えられている(e.g., Murase et al., 2013; Lee et al., 2003, Yu et al., 1997)。クリープ運動の末端である瑞穂地域では、1951年の地震時に最大で 2.1 m の鉛直方向の断層変位が確認されている(Shyu et al.,2007)。瑞穂地域北部のトレンチ調査により、同地域では過去約 700 年間に 4 回の大規模地震があったことが示唆されている(Chen et al., 2007)。同地域の別地点のトレンチ調査では、1951 年、1736 年~1898 年、1564~1680 年を含む少なくとも 3 回の地震による断層変位があったことが確認されている(Yen et al., 2008)。瑞穂地域の LVF の活動履歴はひずみ集中と地震発生の関係を知るうえで重要であり、より長期間の古地震データおよび変位速度の情報が求められている。

本研究は、Yen et al.(2008)のトレンチより約 4.6 km 南の富源溪左岸において、台風に伴う洪水により河川が侵食されて出現した活断層露頭(図 1)を対象とし、露頭スケッチ、露頭の堆積物と周辺の地形発達史を編むことで、過去の地震イベントと断層の平均変位速度を考察したものである。富源溪は秀姑巒溪の支流で、その侵食基準面は秀姑巒溪に支配される。露頭は一部抉れる形で侵食されているため、堆積物を三次元的に観察することができた。また、ドローン LiDAR による瑞穂地域の点群データをもとに 1 m の等高線図を作成し、露頭周辺の地形分類図を作成した。図 2 に示した東西方向の露頭 A の東側では、礫層や砂層などの地層が傾いたり、褶曲したりしており、西側には水平に堆積した円礫層が確認され、その境界の J 層は無秩序な砂礫で充填されており、断層破碎帶部に相当すると考えられる。J 層上部境界は走向 N16° W 傾斜 36° E、下部境界は走向 N33° E 傾斜 30° E の断層である。この断層の変位量は上盤側と下盤側で対応する堆積物がないため不明である。さらに、東側の G~I 層には主断層に並走する小断層があり、約 25 cm の変位が認められた。図 2 に示した南北方向の露頭 B では、全体的に北傾斜の断層上盤側の地層とそれらを切る 2 本の小断層が確認された。

南側の小断層は N~P 層を約 25 cm、Q, R 層を約 50 cm 変位させており、変位が累積している。北側の小断層は O~V 層を約 30 cm 変位させている。露頭 B における 2 つの小断層の走向は主断層の走向と斜交しており、主断層の運動に伴って二次的に変位したものと考えられる。B, G, K, L, O 層では年代測定試料を採取し、放射性炭素年代測定を行った。年代測定結果と地層の変形から、露頭位置における LVF では、過去に 1951 年の地震イベントを含む少なくとも 3 回の地震イベントがあったこと、平均上下変位速度が最低でも 6 mm/yr であることがわかった。

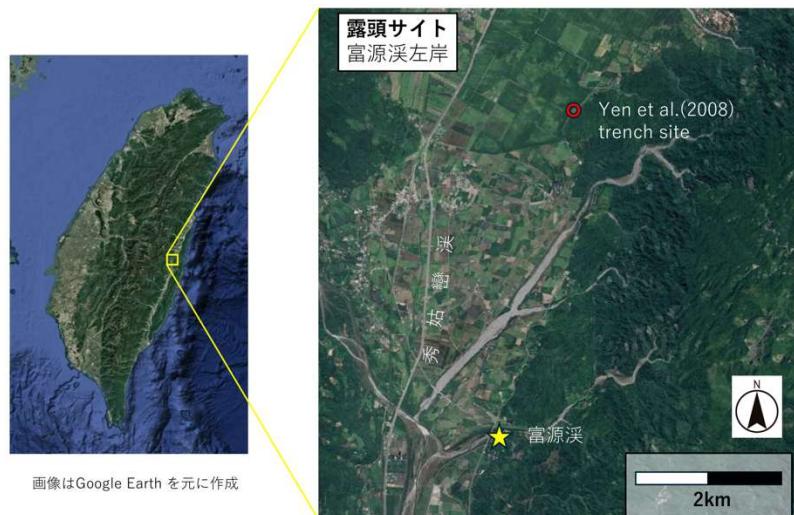


図 2 本研究の露頭位置。
星印は本研究の露頭位置
($23^{\circ}33'03.8''N$,
 $121^{\circ}23'33.4''E$)、丸印は Yen
et al. (2008) のトレント位置
を示す。

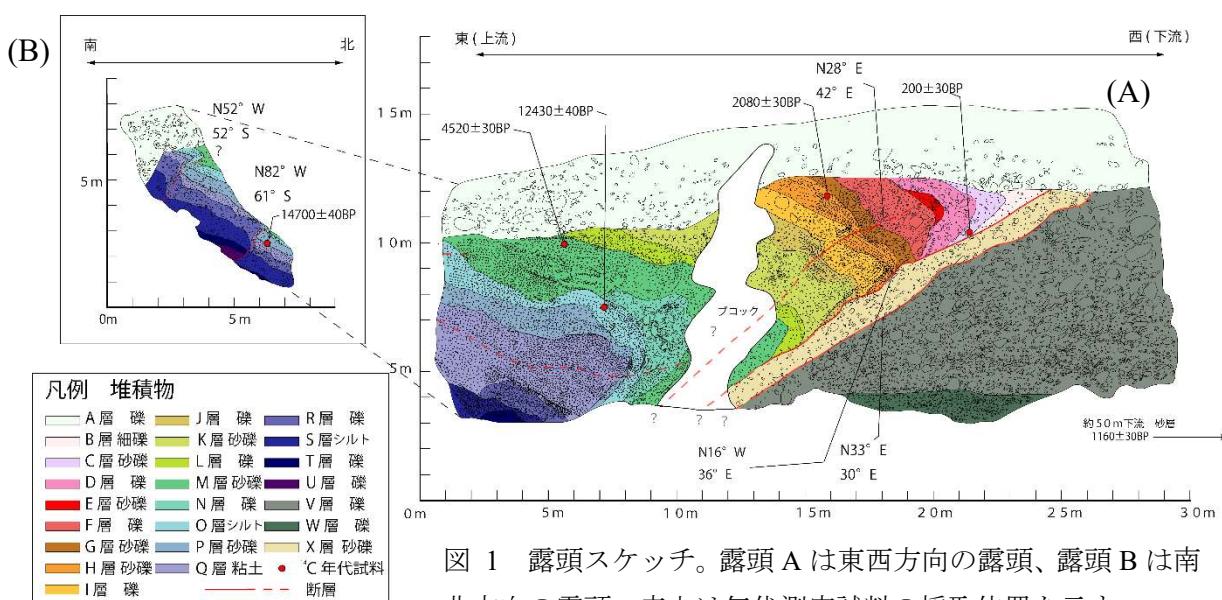


図 1 露頭スケッチ。露頭 A は東西方向の露頭、露頭 B は南北方向の露頭。赤丸は年代測定試料の採取位置を示す。

引用文献 : Chen, W. S. et al. (2007) EPSL, 264, 420-437; Lee, J.C. et al. (2003) Jour. Geophys. Res., 108, 2528; Murase, M. et al. (2013) Tectonophysics, 608, 904–913; Shyu, J. B. H. et al. (2005) Jour. Geophys. Res. Solid Earth, 110, B08402; Shyu, J. B.H. et al. (2007) Jour. Asian Earth Sciences, 31, 317–331; Yen, I. C. et al.(2008), BSSA, 98, 1737–1749; Yu, M. S. et al. (1997) Transactions, Japanese Geomorphological Union 18, 152–153.

P-17

衛星画像の解析による 2025 年ミャンマー地震 (Mw 7.8) の 地震断層の変位量分布

堤 浩之 (同志社大学)

Slip distribution of the 2025 Mw 7.8 Myanmar earthquake
based on analysis of satellite imagery

Hiroyuki Tsutsumi (Doshisha University)

はじめに

2025 年 3 月に発生したミャンマー地震 (Mw 7.8) では、ミャンマーを南北に縦断するザガイン (Sagaing) 断層の一部の区間（長さ約 450 km）が破壊し、死者約 4000 名という大きな被害をもたらした (Melgar et al., 2025). しかしほミャンマーは軍事政権下で内戦が続いており、国内外の研究者が自由に調査ができる環境にはない。そのため、被害や地震断層に関する情報も断片的である。

筆者は 2000 年代の初頭より、空中写真判読・現地の地形調査・トレンチ掘削調査によるザガイン断層の調査を行ってきた (Tsutsumi and Sato, 2009). 空中写真判読による活断層図の作成と共に、2025 年地震で破壊した領域の一部（ネピドー (Naypyidaw) 周辺など）では現地調査を行っていた。さらに 2025 年地震の破壊領域の南で発生した 1930 年 12 月のピュー (Pyu) 地震断層で 3 次にわたりトレンチ掘削調査を行い、ザガイン断層で発生する大地震の再来間隔に関する予察的なデータを得ていた。

2025 年地震に伴って 5 m を超える右ずれ変位が発生し、長さ 400~500 km におよぶ地震断層が出現したことが、衛星データを使った SAR 干渉解析やピクセルオフセット法によって明らかにされている (国土地理院, 2025 ; Reitman et al., 2025 など)。しかし出現した地震断層に関する情報は SNS などに投稿された画像など断片的であった。その後 Google Earth の地震断層沿いの画像の一部が地震後に撮影された画像に更新され (マンダレー (Mandalay) の西の地震断層沿い)，地震断層のマッピングや変位量の計測が十分に可能であることを確認した。それを受け、他地域についても地震後に撮影された高解像度の衛星画像を購入し判読した。これらの画像は地震断層の出現した領域の約半分をカバーする (図 1)。本発表では、地震断層の出現位置や変位量に関する予察的な解析結果を報告する。

資料と解析方法

Google Earth で公開された画像は Airbus 社の Pleiades Neo (解像度 30 cm) の画像であった。それ以外の地域についても 2025 年 5 月末までに撮影された画像の所在を調べ、Airbus 社の Pleiades Neo と Pleiades (解像度 50 cm) の画像を地震断層沿いに購入した (図 1)。なお同社で撮影された SPOT (解像度 1.5 m) では地震断層のマッピングや変位量の計測には解像度が不十分であることが判ったので購入しなかった。

購入した GeoTIFF 画像を Google Earth Pro に読み込み判読を行った。地震断層の横ずれ変

位量の計測は以下の手順で行った。

1. 地震断層で変位した人工構造物（道路、水田や畑の畦、水路など）を認定し、緯度と経度を計測する。地震以前に撮影された画像も参照し、変位した構造物が地震前は直線状に伸びていたことを確認しながら進めた。
2. Google Earth の「パス」描画機能を使って、地震断層の両側の変位基準の投影線を描く。
3. 投影線の隔離量を、「計測」機能を使って断層の一般走向に沿って計測する。

市街地や農地など、道路や畦などの人工構造物が連続する区域では、地震断層の認定は容易であった。一方、山地や丘陵など植生が密で変位基準となる構造物に乏しい区域では、地震断層を連続的に追跡することは困難であった。Pleiades Neo は解像度が十分なために、地震断層のマッピングや変位量の計測を高精度で行うことができたが、Pleiades は解像度が落ちるために、変位基準の投影線を描く際の誤差が大きいと考えられる。

地震断層は既存の断層変位地形にほぼ沿って左雁行配列して出現しており、ザガイン断層が活動度の高い右横ずれ断層であることを反映している。計測された最大変位量は 5.7 m であり、測地学的に得られた最大変位量約 6 m（例えば国土地理院、2025）と調和的である。震央付近のザガイン丘陵の西麓で変位量が最も大きく 3 m 以上である。そこから南へは変位量が小さくなるが、ネピドーの東で変位量が 4 m を超える区間がある。

衛星画像を使った地震断層の解析では、植生が密で人工構造物に乏しい地域でマッピングや変位量の計測が難しいという問題点がある。一方、人工構造物の変位は破断と共に広範囲（数 10～100 m）にわたる撓みを伴っていることが多く、衛星画像ではそのような撓みも考慮した変位基準の投影線を描くことが可能であり、これは変位量の現地計測よりも有利な点である。

謝辞：衛星画像の検索や購入に当たっては、株式会社バスコにお世話になった。

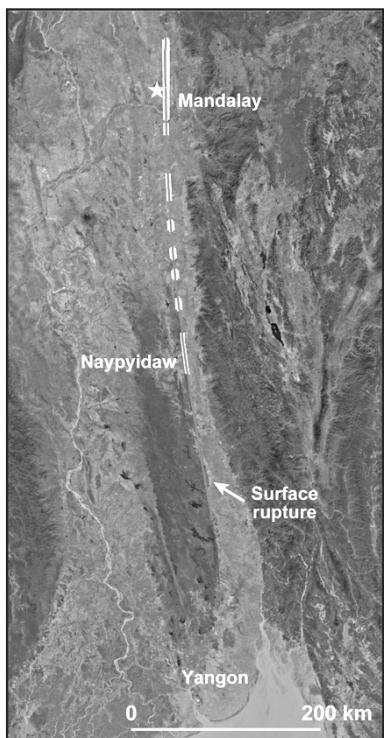


図 1 濬地学的に明らかにされた 2025 年ミャンマー地震の地震断層 (Reitman et al., 2025)。長方形の枠は高解像度衛星画像の判読範囲を示す。星印は震央を示す。

文献

国土地理院, 2025, https://www.gsi.go.jp/cais/topic20250328_Myanmar.html

Melgar, D., et al., 2025, Seismica, doi:10.26443/seismica.v4i2.1771

Reitman, N. G., et al., 2025, <https://doi.org/10.5066/P1RYMWCK>

Tsutsumi, H. and Sato, T., 2009, BSSA, 99, 2155–2168.

シンポジウム

「地形・地質の編年・年代学の最前線
－大地が動いた“その時”に迫る－」

講演予稿集

2025 年 11 月 16 日(日) 13:20～16:45

会場: 東京都立大学南大沢キャンパス

主催: 一般社団法人日本活断層学会

11月16日（日）午後

**シンポジウム
「地形・地質の編年・年代学の最前線
-大地が動いた“その時”に迫る-」**

【趣旨】

活断層研究において、地形・地質の編年・年代決定は重要な課題です。本会場である東京都立大学は古くから日本の火山灰編年をリードし、その情報は活断層研究にとっても有用です。近年では放射性炭素年代に加えて、様々な編年・年代手法が発展を遂げ、その精度や確度が向上しています。一方で、分野の細分化とともに、編年・年代学と地形・地質学の研究者のコミュニケーションがとれる場は限られており、各手法の長短所や適応例を知る機会は少ないです。そこで、本シンポジウムでは、近年の編年・年代学をリードする研究者が一堂に会し、最新の情報を提供するとともに活断層研究への適用・応用について議論します。

13:20 趣旨説明

石村大輔（千葉大学）

13:30 S-1 地質学的な時間解像度はどこまで高められるか？

-放射性炭素年代研究の現状と限界性能への挑戦-

大森貴之（東京大学）

13:55 S-2 宇宙線增加イベントとスペイクマッチング

三宅美沙（名古屋大学）

14:20 S-3 火山灰編年学に関する最近の動向

-層序・年代から検出・分析手法に関して-

鈴木毅彦（東京都立大学）

(休憩 15 分)

15:00 S-4 変動地形と古地震研究への光ルミネセンス年代測定の活用

田村 亨（産業技術総合研究所）

15:25 S-5 宇宙線生成核種 Be-10 による断層変位段丘面の編年

金田平太郎（中央大学）・松四雄騎（京都大学）

15:50 S-6 熱年代法を用いた断層運動と山地形成の関係に関する研究

末岡 茂（日本原子力研究開発機構）

16:15-16:45 総合討論

(終了 16:45)

S-1

地質学的な時間解像度はどこまで高められるか? —放射性炭素年代研究の現状と限界性能への挑戦—

大森 貴之（東京大学 総合研究博物館）

How Far Can Geological Temporal Resolution Be Improved?

— Radiocarbon Dating: Current Status and Fundamental Limits —

Takayuki Omori (The university museum, the university of Tokyo)

1. はじめに

放射性炭素（以下、¹⁴C）年代測定は、その高い汎用性と精確さから、過去5万年の時間尺度を支える基盤技術のひとつに位置付けられている。手法の確立から半世紀以上を経て、化学処理や測定の技術、統計解析の革新とともに、応用範囲や分析の精確さは着実に進歩してきた。本講演では、サンプリングから¹⁴C測定に至る、年代測定の工程を順に追いながら最新の動向を紹介し、時間解像度向上にむけた方向性と今後の展望について述べる。

2. ¹⁴C 年代測定の概要と進展

2.1 サンプリング

¹⁴C 年代測定は、炭素を含むあらゆる素材を対象とする。炭化物や植物遺存体、貝殻、泥炭、有孔虫などは、利用可能であれば積極的に選択される試料である。短年性の植物片は層準の形成時期を反映しやすく、海成炭酸塩は古めに偏り、土壌は堆積過程に応じて年代幅を持ちやすいなど、試料ごとの年代特性についても蓄積がすすみ、目的に応じた試料の選択肢も拡大した。一方、サンプリングの自由度が低い場合には、土壌に広く分布する花粉に着目することで、層準や場所に依存しない¹⁴C 年代測定が可能となった。分子生物学で用いられるセルソーターを応用した花粉の迅速選別により、現在では水月湖年縞堆積物に基づく¹⁴C データの精緻化が進んでいる。

2.2 化学処理

応用範囲の拡大にともない多様な化学処理法の開発も展開されている。古典的な酸・塩基による土壌の二次的な炭酸塩・有機分画の除去処理に加え、従来法では除去しきれない有機物を酸化反応で分解する手法や、炭酸塩試料ではわずかに再結晶した外来炭酸塩を選択的に取り除く手法など、既存法にも改良がみられる。これら手法により、従来では難しかった2万年を超える古い試料でも再現性の高い¹⁴C 年代が示せるようになった。他にも、ガスクロマトグラフィーの応用では、特定の化学分画を分離し、土壌成分ごとに形成・滞留過程を捉える試みも進められている。

2.3 AMS ターゲット調製

高精度なAMS測定は、測定標的物質（主にグラファイト）の質が鍵を握る。今日では、元

素分析装置を組み込んだ試料調製の自動化がすすみ、処理可能な試料数が大幅に増加している。さらに自動化によって処理条件や工程の管理が容易になり、化学的に均質な標的物質の調製が可能となった。その結果、¹⁴C ブランク値の低減や繰り返し再現性が向上している。調製技術の安定化は、AMS に必要となる試料量の縮減に直結し、標準的な 1 mg 炭素量から 1/10 規模までの対応する微量試料のルーチンが確立された。砂糖の結晶 1 粒以下の炭素量で ¹⁴C 年代測定可能な技術は、測定困難な場面を大幅に減らし、時間解像度の向上に貢献している。

2.4 ¹⁴C 測定

2000 年代に入り、ビーム光学、電源安定化、¹⁴C 専用装置の小型化などにより、AMS は長時間の安定計測が定着した。その結果、¹⁴C カウントの確保と装置バックグラウンドの低下が進み、測定精度は普及初期と比べて約 1/2～1/10 まで向上している。測定試料は固体から気体の CO₂ガスを活用する取り組みが実用化され、微量試料に対して積極的に応用されている。なかでも、陽イオン質量分析 (PIMS) は、イオン源に電子エレクトロン共鳴 (ECR) 装置を活用し、効率的な気体測定によって 1 日あたり約 50 試料の分析が実用段階に入っている（図 1）。



図 1 陽イオン質量分析 (PIMS) 装置。

2.5 ベイズ推定

多様な素材から大量の ¹⁴C 年代が得られるようになり、複雑なデータを整合的に解析する枠組みが整備されている。¹⁴C 年代のベイズ推定は、層序情報やイベント層、環境要因など、測定試料の背景とそれにともなうデータの不確かさを統合し、蓋然性の高い推定年代を確率分布として表現する手法である。地層の形成時期や堆積過程をモデル化するには、解析プログラム OxCal や Bacon などが提供され、年代の可視化や不確かさの定量化、年代の解釈における透明性が進んだ。

3. まとめ

技術の進歩により、単なる測定精度の向上にとどまらず、試料・工程・解析を多角的に検証できるようになって正確さも高まった。さらに、豊富なデータに基づく不確かさの定量評価が可能となり、時間解像度は質的な深化を遂げた。近い将来、扱う ¹⁴C データ数は 1 術規模で増加することが見込まれ、年代の精確さの向上に加え、調査設計・現場運用・解釈の作法そのものが大きく変わっていくことが想定される。

S-2

宇宙線増加イベントとスパイクマッチング

三宅美沙（名古屋大学宇宙地球環境研究所）

Cosmic-ray increase events and Spike matching

Fusa Miyake

宇宙線は宇宙空間を飛び交う放射線であり、太陽系外に起源をもつ銀河宇宙線と突発的な太陽面爆発（太陽フレア、コロナ質量放出）により放出される太陽高エネルギー粒子（Solar Energetic Particle: SEP）に分類される。これらの宇宙線は、大気原子核との核反応から炭素¹⁴（¹⁴C）を含む様々な同位体を生成する。¹⁴Cは大気で生成後、二酸化炭素として大気中を循環し、生物圏や海洋へと拡散する。その一部は、光合成を通じて樹木の年輪に取り込まれる。したがって樹木年輪の¹⁴Cは、過去の宇宙線変動や、極端に規模の大きなSEPイベントを含む太陽活動の指標として利用されている。特に、SEPイベント起源の¹⁴C変動は、1~2年の大きな¹⁴C増加と、それに続く時定数10年程度の¹⁴C減少を示し、その特徴的な変化から¹⁴Cスパイクと呼ばれている。

最初の炭素¹⁴スパイク（774~775年）が2012年に報告されて以降、この約10年間で¹⁴Cスパイクの探索が世界中で進められてきた。その背景には、2つの重要な研究動機がある。第一に、¹⁴Cスパイクの原因と考えられる極端なSEPイベントは、現代の観測機器によって記録された最大級のSEPイベントと比べて、数十倍以上の規模に達している。このような極端な太陽イベントは、技術の発展した現代社会に甚大な影響を及ぼす可能性があるため、その発生頻度や規模の理解は、太陽活動によるリスク評価において極めて重要である。第二に、¹⁴Cスパイクはタイムマーカーとして超高精度な年代測定（=¹⁴Cスパイクマッチング）に応用できる点にある。これまでに、¹⁴Cスパイクは火山噴火などの自然災害や歴史イベントの年代決定に利用されており、¹⁴Cスパイクマッチング法は世界的に注目されている新しい年代測定技術である。さらに、¹⁴Cスパイクは氷床コア中の¹⁰Beなど、他の宇宙線生成核種にもスパイクとして記録されていることから、年輪と氷床といった異なる天然アーカイブ間で高精度な同期が可能である。

これまでの調査から、SEPイベント起源を持つと考えられる¹⁴Cスパイクとしては、774年、993年、紀元前664年、紀元前7176年、紀元前12350年頃の事例が知られており、それ以外にも比較的小規模なものを含めると、約10例が報告されている。本講演では、これまでに確認されている¹⁴Cスパイクの概要と、それを用いたスパイクマッチングの応用事例について紹介する。また、小規模な¹⁴Cスパイクの検出に向けた取り組みと、その課題についても議論する。

S-3

火山灰編年学に関する最近の動向 —層序・年代から検出・分析手法について— 鈴木毅彦（東京都立大学）

Recent progress in tephra studies in Japan focusing on tephro-stratigraphy, ages, detection, and analytical method
Takehiko Suzuki

日本列島には爆発的噴火を繰り返した第四紀火山が数多く分布し、無数のテフラがもたらされた。このうち主要なものは過去70年間以上にわたり認定・記載され、膨大なデータが蓄積され続けた。活断層の研究分野では、これらテフラを用いてイベントの年代決定や、長期的な活動史の復元が試みられている。したがって時間面を提供できるテフラ数の増加、精緻な噴出年代の決定、検出・同定技術の向上、さらにはカバーする年代幅の拡大が進めば活断層研究へのさらなる貢献が期待される。ここでは2025年時点において、最近の火山灰編年学の動向、とくに後期更新世・完新世テフラの層序・年代を中心に検出・分析手法をレビューする。

活断層研究においてテフラが用いられる事例として、トレンチ断面におけるテフラ認定や断層変位を受けた地形面の年代決定が挙げられる。前者の場合、対象テフラは後期更新世・完新世に噴出したテフラである。これらテフラの大まかな層序は広域テフラを含めて2000年代頃までに確立されており、噴出年代についても多数の年代値が報告されていた。一方で最近、この年代のテフラ層序と噴出年代が大きく更新された。そのきっかけは年縞を特徴とする福井県水月湖における¹⁴C年代とテフラの研究である。

水月湖の¹⁴C年代は、2013年版の世界標準¹⁴C年代較正モデル「IntCal13」として採用された。その後、再検討された水月湖の年縞年代と中国のHulu洞窟のデータを反映した較正モデル「IntCal20」が2020年に公開された。このように水月湖は年代に関する「世界標準ものさし」として位置づけられている（中川、2015）。すなわち水月湖においてテフラが検出されれば最も信頼性の高いテフラ年代決定につながる。ところで、これまでの国内の多くのテフラ研究では野外やコアで視認できるテフラが対象であった。しかし噴火規模や給源火山からの距離によるテフラ物質の少なさから、本来、時間面の提供ができながらも視認できないため見おとされていたテフラ（クリプトテフラ）の数も多い。2010年代以降、水月湖ではクリプトテフラも含めたテフラ研究が進められた（Smith et al., 2013; McLean et al., 2016, 201; Albert et al., 2018, 2024; Vineberg et al. 2024, 2025など）。これにより西南日本起源の多くのVEI>6噴火によるテフラと、東北日本のVEI=7噴火によるテフラとの層位関係が多く解明され、同時に新たな噴出年代が示された。その概要を図に示す。

引用文献：中川(2015)時を刻む湖、岩波書店. Smith et al. (2013) Quat. Sci. Rev. 67, 121–137. McLean et al. (2016) Quat. Sci. Rev. 150, 301–307., McLean et al. (2018) Quat. Sci. Rev. 183, 36–58. Albert et al. (2018) Earth Sci. Rev. 185, 1004–1028.

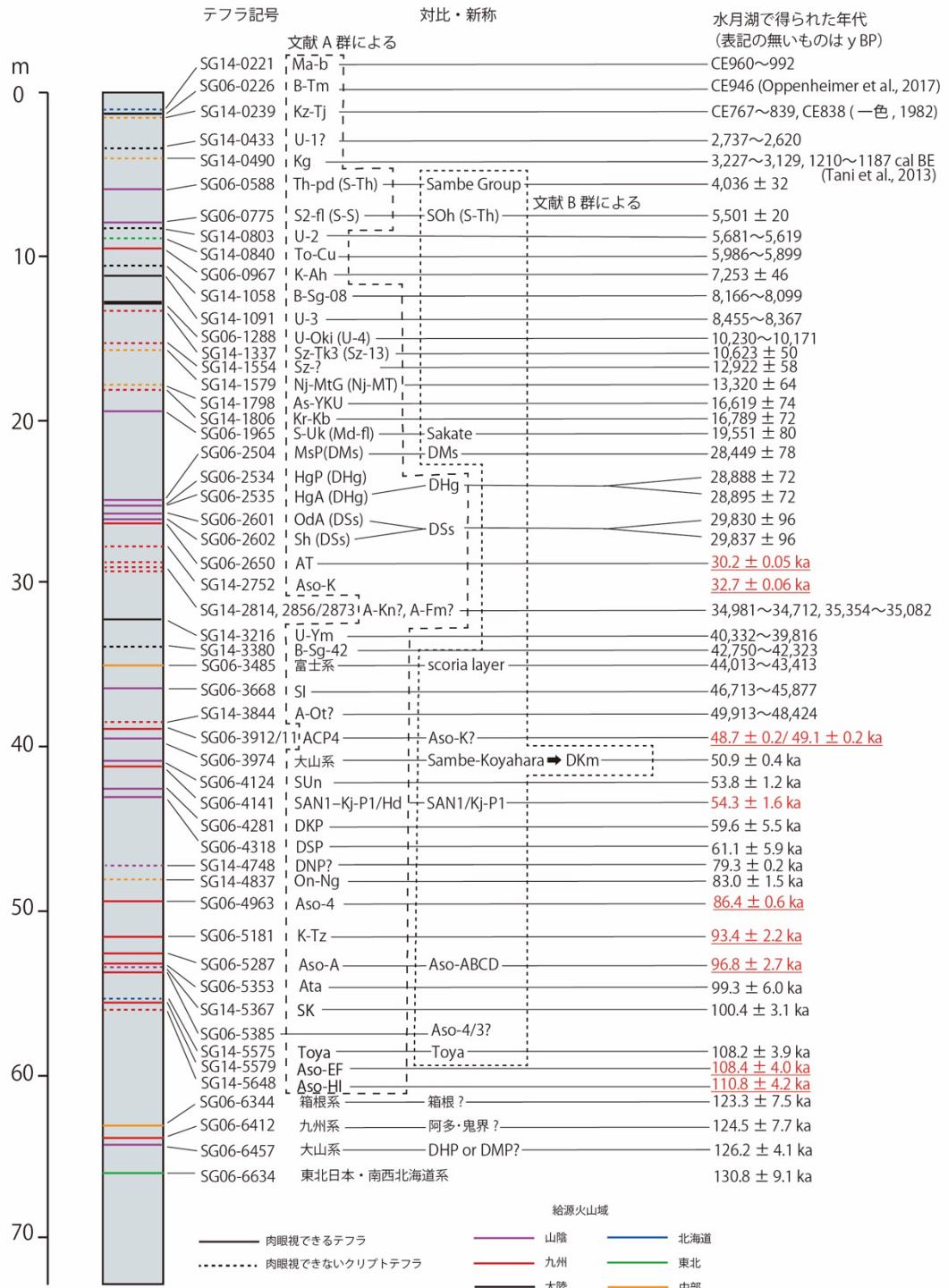


図 水月湖で検出されたテフラとその年代. 文献 A 群: Smith et al. (2013), McLean et al. (2016, 2018, 2020a, b), Albert et al. (2018, 2019, 2024), Vineberg et al. (2024, 2025), 文献 B 群: Maruyama et al. (2019, 2020, 2021). 年代値は IntCal13 と IntCal20 (Vineberg et al., 2025 にはアンダーライン)に基づくものが混在する.

S-4

変動地形と古地震研究への光ルミネッセンス年代測定の活用

田村 亨(産業技術総合研究所地質調査総合センター)

OSL dating application to tectonic geomorphology and paleoseismology

Toru Tamura (Geological Survey of Japan, AIST)

光ルミネッセンス年代測定は、鉱物粒子が持つ光ルミネッセンス特性を利用した地質年代測定法の一つである。2000 年代以降、地質学・地理学・考古学の分野で広く普及し、変動地形や古地震研究への応用も進められてきた。本発表では、光ルミネッセンス年代測定の基本的な仕組みを紹介した上で、応用例として 3 つのアプローチを取り上げる。光ルミネッセンス (OSL: Optically Stimulated Luminescence) は、鉱物中に蓄積された不対電子が光刺激によって再結合する際に発する微弱な光である。不対電子は鉱物が地層中に埋没している間に自然放射線を受けることで蓄積されるため、OSL の強度も埋没時間に比例して増加する。OSL 年代（埋没または堆積年代）は、次の a)～c) の手順で求める。a) 鉱物の OSL 強度から蓄積線量を定量。b) 地層中の放射性核種濃度や宇宙線強度から年間線量を定量。c) 蓄積線量を年間線量で割ることで OSL 年代が得られる。変動地形および古地震研究への応用として第一のアプローチは、変動地形などの堆積年代を利用するもので、放射性炭素年代を用いる場合と考え方は同じである。ただし OSL 年代測定は炭質物や炭酸塩が含まれない地層にも適用可能で、数十年～数十万年の広い年代範囲に対応できる。一方で、堆積前に太陽光に十分さらされなかった場合、余剰の OSL が残り年代が過大評価される可能性がある。また、年間線量の不確定性などにより、放射性炭素年代に比べて精度がやや劣るが、近年の技術的進展により向上している。第二のアプローチは、断層破碎帯の OSL 年代から断層運動の年代やその他の情報を得るものである。OSL 信号は断層運動に伴う摩擦や熱によって消失しうるため、破碎帯の OSL 年代を測定することで、最後に断層運動が起こってからの時間を見積もることができる可能性がある。一方で OSL 信号を消失させる物理条件や、断層活動以外の要因（例えば、熱水の影響）も考慮する必要があり、未解決の課題が多く、現在も検討が続けられている。第三のアプローチは、断層活動により露出した岩盤の露出年代を求めるものである。断層活動により地表に露出した岩盤では、太陽光によって OSL 信号が時間とともに消失していく。断層面から鉛直方向に試料を採取し、OSL 信号の深度変化を測定することで、露出時間を推定し、断層活動の年代を求めることが可能である。このアプローチは事例研究が少ないものの、いくつか成功例も報告されている。このように OSL 年代は、変動地形や古地震の研究において実用レベルに達しており、さらなる技術開発によって精度や適用範囲の拡大が期待される。産総研の OSL 年代測定実験室では、こうした研究への積極的な関与を進めており、本発表が新しい発想の一助になることを期待している。

S-5

宇宙線生成核種 Be-10 による断層変位段丘面の編年

°金田平太郎（中央大学理工学部）・松四雄騎（京都大学防災研究所）

Dating faulted terrace surfaces with cosmogenic nuclide Be-10

°Heitaro Kaneda (Chuo Univ.), Yuki Matsushi (Kyoto Univ.)

平均変位速度は、活断層の平均的な活動間隔および地震時変位量（ないし地震規模）を拘束する最も基本的な活断層パラメータのひとつであるが、その値を正確に求めることは必ずしも容易ではない。近年の地形データの高精度化・高解像度化により、活断層によって変位を受けた段丘面を検出し、その累積的な変位量を見積もることが容易になった一方で、段丘面の離水年代を正確に決定することは依然として困難な場合が多いためである。とくに、航空レーザー測量がその威力を発揮する植生に覆われた山地においては、段丘面は礫層で構成されることが多く、その中に放射性炭素年代測定が可能な有機物が保存されていることはまれである。関東地方など対象地が火山帯の風下側に位置する場合は、風成被覆層中に挟在する多種類のテフラから確度の高い段丘面編年が可能なことも多いが、K-Ah, AT といった広域テフラ以外の年代指標を風成被覆層中から得ることが難しい地域も少なくない。すなわち、高精度・高解像度地形データの恩恵によって段丘面を切断する明瞭な活断層地形が検出され、その累積変位量が分かっても、年代がどうしても決められないという事態がしばしば発生する。

こうした場合においても、宇宙線生成核種 ^{10}Be を用いた深度断面法により、段丘面の離水年代および活断層の平均変位速度を正確に見積もることができる場合がある。 ^{10}Be をはじめとする宇宙線生成核種とは、地表に注ぐ二次宇宙線によって石英などの鉱物中に生成される核種のことであり、原理的には、その濃度と生成率からその鉱物を含む岩石や堆積物が地表に露出していた時間（表面露出年代）を求めることが可能である。ただし、その際に問題となるのが、対象となる岩石や堆積物がその場所に定置する以前にすでに獲得していた核種（継承核種 inheritance）の濃度であり、その分を差し引いたうえで表面露出年代を求める必要がある。この問題の解決法のひとつが、核種生成率が深度とともに指数関数的に減衰する性質を利用して継承核種濃度と地形面の年代を同時に決定する深度断面（depth profile）法（Anderson et al., 1996）であり、活断層を対象としたものも含めてこれまで世界各地で数多くの適用例がある。しかし、これまでの研究では、離水後に地形面が全く変化しない、あるいは一定速度で侵食・削剥を受ける条件を仮定しており、日本列島の段丘面のように、地形面が風成層によってゆっくりと被覆されてゆく場合については、その方法論が確立されていなかった。

本発表では、濃尾断層帶の温見断層および根尾谷断層で近年確認された活断層地形（断層変位を受けた段丘面）を対象に、松四（2023）の定式化による深度断面法を適用した結果を紹介する。温見断層における予察的結果については金田ほか（2022）で、根尾谷断層における予察的結果については小倉ほか（2023）で報告済みであるが、本発表ではこれらを併せ、その後の調査結果および検討も加えて、風成層に被覆される段丘面を対象とした深度断面法の方法論および課題について整理する。

引用文献

- Anderson, R.S. et al. (1996), Geology, 24, 47–51 ; 金田ほか（2022），活断層評価の高度化・効率化のための調査 令和元～3 年度成果報告書, 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 232–279; 松四雄騎（2023），RADIOISOTOPES, 72-1, 11–19 ; 小倉祐弥ほか（2023），日本活断層学会 2023 年度秋季大会講演予稿集, 47–48.

S-6

熱年代法を用いた断層運動と山地形成の関係に関する研究

末岡 茂（日本原子力研究開発機構）

Relationships between fault movements and mountain formations
revealed by thermochronology

Shigeru Sueoka (Japan Atomic Energy Agency)

本文熱年代学は地球年代学の一分野で、放射年代の「減少」を元に、岩石・鉱物が経験した過去の温度履歴を復元する学問分野である。放射年代測定法では、不安定核種である親核種と、親核種の壊変反応で生じた娘核種との量比から試料の年代を求めるが、温度が上昇すると娘核種の拡散速度が増加し、娘核種が試料内に安定に保持されなくなる。そのため、試料が経験した温度条件によっては、年代値が実際より若くなるという現象が起こる。娘核種が安定に保持される温度の上限（閉鎖温度）は、鉱物と娘核種の組み合せに固有のため（例えば、黒雲母を対象とした K-Ar 法や Ar-Ar 法では約 350～400°C），ある年代測定法と鉱物の組み合せで得られた年代値を基に、試料がいつ、どの程度の温度を経験したかを復元することができる（熱年代法の原理）。一般に用いられる熱年代法は、閉鎖温度が数 10～数 100°C に及び、地殻中で生じた様々な地質現象に伴う温度履歴の復元に用いられている。主要な応用研究例としては、マグマや熱水の活動に伴う壁岩への熱影響の評価、熱水鉱床の形成温度や炭化水素の熟成温度の推定、断層運動に伴う摩擦発熱を利用した断層の活動性評価、長期的な岩石の冷却・削剥履歴に基づいた山地形成史の推定などが挙げられる。

本講演では、著者らのグループが進めてきた、日本列島の山地における熱年代研究の概要と最前線を紹介する。日本列島は、太平洋プレートとフィリピン海プレートの沈み込み帯に形成された島弧群で、主に鮮新世後期～第四紀の東西圧縮応力によって、山地が隆起してきたと考えられている。プレートの定常沈み込みによる変形を直接被る前弧域を除くと、日本列島の山地の多くは活断層で形成された断層地塊山地とみなされてきた。しかし、近年の熱年代法による検討に基づくと、火山弧のような地温が高い地域を中心に、地形的に明瞭な長大活断層を伴わず、山地全体がドーム状に盛り上がるよう隆起している山地が存在することが明らかになってきた。すなわち、断層でポップアップ隆起している山地では、山頂側から山麓側（断層側）に向かって年代が減少する（削剥速度が増加する）のに対し、いくつかの山地では山麓側から山頂側に向かって年代の減少がみられる。具体的には、奥羽山脈南部、関東山地、飯豊山地、飛騨山脈などが、このようなドーム状の隆起をしている可能性がある。このような特異な隆起パターンが生じる原因としては、火成活動に伴う熱や流体による作用で地殻強度が弱化することで、広域応力に起因する変形が地温の高い地域に局在化していることが考えられる。この時、脆性地殻中の変形は、明瞭な地表地震断層を伴わない、一回り小さな断層活動（地震活動）で解消されている可能性がある。このような作業仮説を検証するため、著者らは、熱年代法を中心として、地質温度圧力計、地形解析、地下構造探査、小断層の方位解析（応力解析）などを用いた複合的なアプローチを展開中である。