

SAR 干渉解析により明らかになった 非起震性地表変動による地形形成プロセスの解明（第 3 年次）

実施期間 令和 2 年度～令和 4 年度
応用地理部企画課 中埜 貴元
地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室 遠藤 涼

1. はじめに

本研究は、JSPS 科研費 20K01141（研究代表者：お茶の水女子大学・宇根寛研究協力員）の助成を受けて実施しているもので、非起震性地表変動（近傍の地震活動に誘発されて、地震観測で捉えられるような地震動を発生させることなく生じた地表の変位）の累積が活断層地形を形成し得るのかを明らかにし、活断層の活動性の評価方法及びそれに基づく活断層の防災対策のあり方について提案することを目的とする。この目的を達成するため、平成 28 年（2016 年）熊本地震（以下「熊本地震」という。）で発生した非起震性地表変動のうち、地形的に変位地形が認識されていない地点に現れたものを中心に、SAR 干渉画像の再確認や地震前後の航空レーザ計測データの確認及び現地調査等により地震時の変動の詳細を明らかにするとともに、トレンチ調査や簡易ボーリング、地中レーダ探査により、浅部地下構造を把握しつつ、過去の活動履歴と断層変位地形との関係及びその地形形成プロセスを明らかにする。

2. 研究内容

令和 4 年度は、類似事例の収集を目的として、熊本地震の直後に発生した大分県由布市由布院付近を震源とする $M_j5.7$ （参考値）の直下型地震（以下「大分由布院の地震」という。）の地殻変動域において現地調査を実施し、非起震性地表変動の有無を確認した。

大分由布院の地震は熊本地震による誘発地震と考えられており、別府市や由布市では最大震度 6 弱を観測し、家屋等に被害が生じた（大分県、2016 など）。Uchida et al. (2016) によれば、この地震の最大余震のメカニズム解は概ね東西走向の正断層で、本地震も同様のメカニズムが想定される。国土地理院による SAR 干渉画像（国土地理院、2016）においては、由布院盆地から由布岳東方にかけて地殻変動が検出され、大局的には由布院断層に沿うような干渉縞の位相不連続が確認でき（図-1）、地表地震断層のような線状地表変位が生じている可能性があった。本地震に伴って出現した地表地震断層については、木戸ほか（2017）による現地調査で主に由布院盆地内において数条が報告されているが、SAR 干渉画像上の当該箇所には位相不連続は確認されず、地表地震断層出現の真偽は不明である。一方で、由布院断層に沿うように現れた位相不連続は比較的明瞭であり、地震発生から 6 年が経過していたものの、地表地震断層の有無を確認する現地調査を実施することとした。

現地調査は、2022 年 6 月 24 日に実施した。調査地点を図-1 に示す。位相不連続が明瞭な箇所は由布院盆地の南縁に位置する由布院断層から 300m ほど南側の山地斜面内に現れている。この地点へアクセス可能なルートが限られるため、今回は位相不連続の西端部 1 地点しか調査できなかった。調査したルートは未舗装の林道である。調査地点では、確認できた地形に対して、変位の計測や地上での写真撮影のほか、UAV を用いた超低空での垂直写真撮影や iPhone 13 Pro に搭載された LiDAR スキャナ機能を用いた 3 次元計測も実施した。

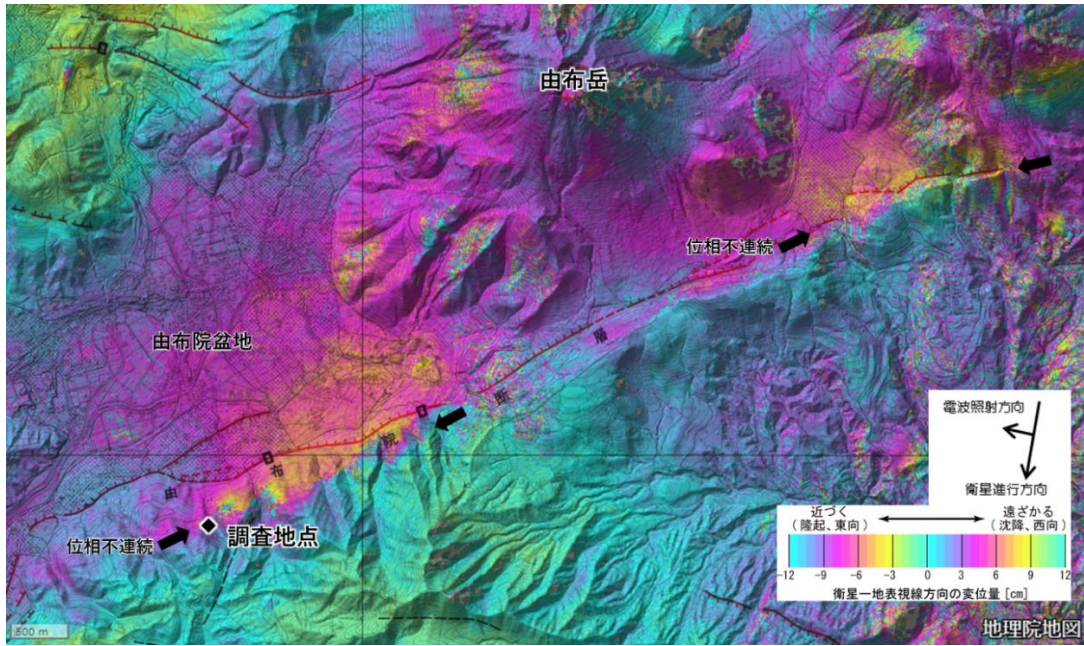


図-1 由布院断層周辺の活断層図（千田ほか，1999）と2016年熊本地震時のSAR干渉画像（1回目観測：2016-03-07，2回目観測：2016-04-18）の重畳（地理院地図を使用）。◆印が調査地点，黒箱矢印で挟まれた区間が干渉縞の位相不連続区間。

3. 得られた成果

現地調査の結果，図-1に示した調査地点において，未舗装の林道を斜めに切るような長さ10m程度で北落ちの上下変位を伴う開口亀裂を確認した．現地写真を図-2に示す．この開口亀裂の走向は概ね $N65^{\circ}\sim 70^{\circ}W$ ，北落ちの上下変位量は5～25cmで，横ずれ成分は確認できなかった．この開口亀裂部をiPhone搭載LiDARスキャナにより計測した結果を図-3に示す．複数箇所で作成すると，上下変位量は5～12cm程度で，現地での計測値よりも若干小さいが，地表変位形態は明瞭に捉えられていることが分かる．

当該地域は北向き斜面であり，北落ちの上下変位は重力性変形でも生じ得るが，亀裂の東側半分は尾根部に位置し，重力性変形では説明しづらいことから，地表地震断層の可能性が高いと考える．ただし，亀裂の西側半分は谷地形となっており，重力性変形でも説明可能である．また，SAR干渉画像における位相不連続の走向は概ねENE-WSWであるのに対し，亀裂の走向は $N65^{\circ}\sim 70^{\circ}W$ で両者は整合しない



図-2 現地で確認した地表地震断層と推定される開口亀裂．杭やペグの位置（薄橙色矢印）や白矢印の位置に開口亀裂が分布する．亀裂の東端から西北西に向かって撮影．写真手前の亀裂の走向が $N65^{\circ}\sim 70^{\circ}W$ ．いずれの亀裂も北落ちの上下変位で現地計測変位量を写真中に記載．

ため、地表地震断層そのものではなく、正断層運動に伴う局所的な変形により生じた亀裂である可能性もある。この開口亀裂がいつ生じたかは定かではないうえ、地震から6年も経過した時点でこれほど明瞭に残されているものか、疑問が残る部分もあるが、干渉 SAR による位相不連続箇所とよく一致していることから、大分由布院の地震に伴って生じたものと推察する。

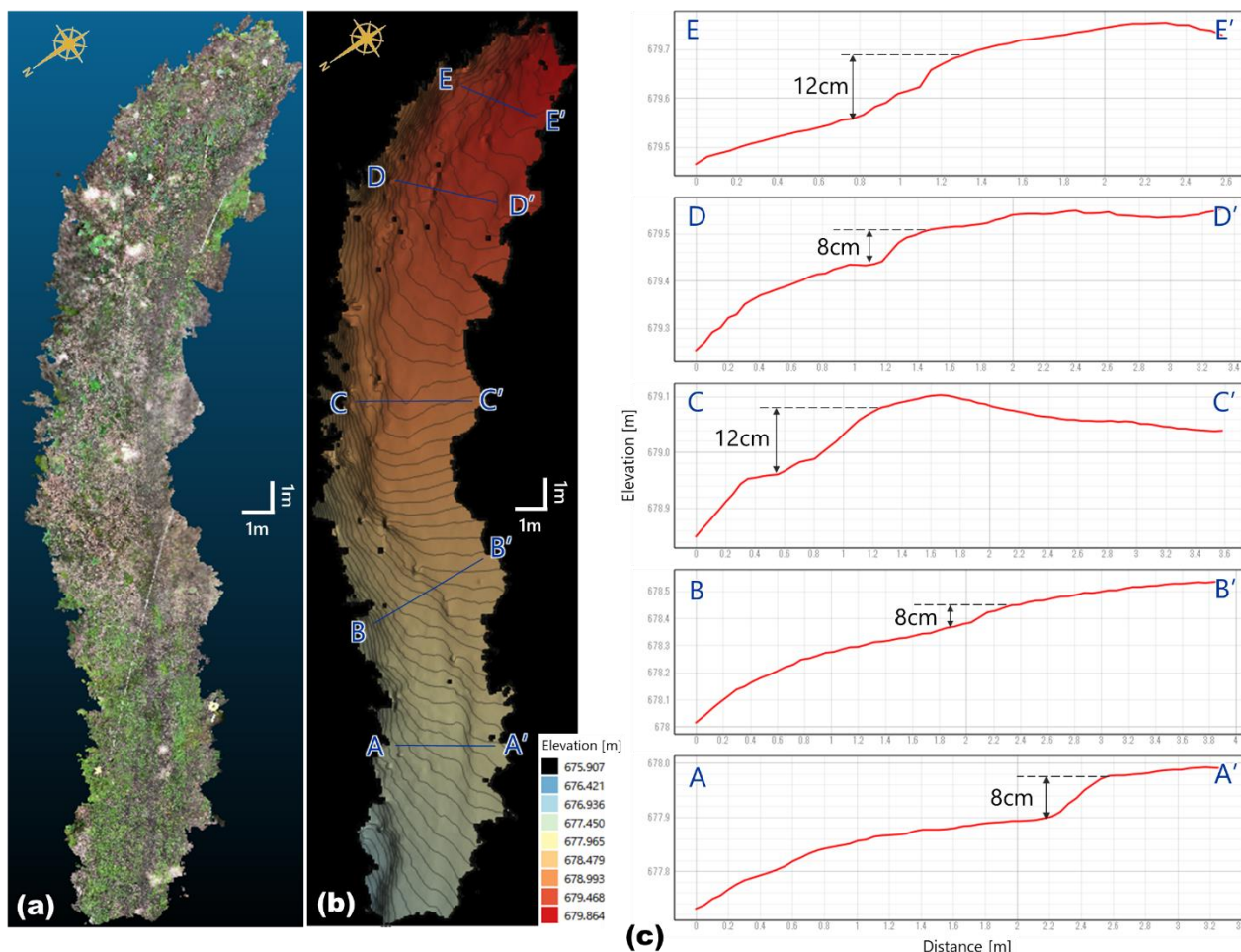


図-3 iPhone 13 Pro 搭載 LiDAR スキャナによる計測結果と断面図。点群処理フリーソフトウェア

「CloudCompare」を用いて処理。(a) カラー点群による正射表示、(b) 点群から生成した DSM によるカラー段階彩多重光源陰影起伏図。5cm 間隔のコンターを表示。凡例の数値は標高[m]を示すが、iPhone による計測値。(c) (b) の各測線における地形断面。

4. 結論

由布院断層の南側の山地斜面において、大分由布院の地震に伴って出現したと推定される地表地震断層を、SAR 干渉画像に基づく現地調査で確認した。今回の調査では1地点のみでの確認であったこと、また、別の要因で生じた可能性も考えられることから、今後は可能であればより東方に調査範囲を広げるとともに、地震後の航空レーザデータが入手できれば、それも用いた面的な分布の確認も試みたい。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20K01141 の助成を受けたものである。ここで使用しただいち 2 号の原初

データの所有権は JAXA にあります。これらのデータは、だいち 2 号に関する国土地理院と JAXA の間の協定及び地震 SAR 解析 WG の活動に基づき提供されました。本研究の現地調査は、研究代表者であるお茶の水女子大学の宇根寛研究協力員、研究分担者である山形大学の八木浩司教授、日本大学の佐藤浩教授と共同で実施した。

参考文献

- 千田昇, 楮原京子, 金田平太郎, 熊原康博, 澤祥 (1999) : 1:25,000 都市圏活断層図「別府」, 国土地理院.
- 木戸道男, 松村秀喜, 熊本智之, 坂本房江, 角縁進, 角縁文絵, 河村博之, 伊勢戸和宏, 小田康則, 澤田武美, 英彦山団体研究グループ (2017) : 2016 熊本・大分地震による大分県由布院地域の被災状況調査報告, 地学教育と科学運動, 78, 71-79.
- 国土地理院 (2016) : だいち 2 号干渉 SAR による変動の検出について, 平成 28 年熊本地震に関する情報, <https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html#3> (accessed 10 Mar. 2023).
- 大分県 (2016) : 平成 28 年熊本地震検証報告書, 87p.
- Uchide, T., Horikawa, H., Nakai, M., Matsushita, R., Shigematsu, N., Ando, R. and Imanishi, K. (2016): The 2016 Kumamoto–Oita earthquake sequence: aftershock seismicity gap and dynamic triggering in volcanic areas, *Earth, Planets and Space*, 68, 180, doi: 10.1186/s40623-016-0556-4.