

令和 2 年 7 月 5 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01234

研究課題名(和文) 干渉SARにより検出した地震に伴うノンテクトニック変動のメカニズム解明

研究課題名(英文) Comprehending InSAR-detected non-tectonic deformation triggered by earthquakes

研究代表者

佐藤 浩 (SATO, Hiroshi, P.)

日本大学・文理学部・准教授

研究者番号：60360468

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：熊本地震で亀裂が生じた石牧場 断層周辺の地形・地質調査の結果、InSAR解析では、断層崖沿いに10-15cmの上下変位が生じたことが分かった。トレンチ調査では、断層崖の基部と中腹では地表下3m付近と0.5 m付近でそれぞれAso-4火砕流堆積物上面(Aso-4上面)が確認できた。地中レーダー探査では、断層南側の低地部では地表下4 mまでにAso-4上面を示す反応は認められずそれよりも深い場所に存在する可能性が、また、断層北側の斜面上部では地表下4～5 mにAso-4上面が存在する可能性が指摘できた。これらにより、Aso-4上面の過去からの累積的な断層変位による比高差は13m以上と推定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、断層変位地形から計測される比高は、地震動を放出する断層運動のみによって生じ、その変位量や地層から得られる年代等、断層の平面的な長さから、地震の発生周期や発生規模が見積もられてきた。しかし、対象とした石牧場I断層は2016年熊本地震によって受動的に変位が生じた可能性があり、それが約3,300年以降にも生じていたことを示した。このことから、断層変位地形の計測から地震動を放出するような規模の地震の発生周期を見積もる従来の方法に限界があることを指摘した。

研究成果の概要(英文)：Geological and geomorphological researches around the Matoishi Bokujo I fault, where cracks were yielded by the 2016 Kumamoto earthquake, Japan, gave the following results.

By displacement analysis using synthetic aperture radar interferometry (InSAR) of Advanced Land Observing Satellite-2 data, up-down displacement was 10-15 cm along the fault scarp. By trenching survey, upper surface of the Aso-4 (Aso-4 surface) pyroclastic flow deposits that is the key bed was observed ca.3 m and 0.5 m below the ground surface, at the foot and at the middle slope along the north side of the fault, respectively. By ground penetrating radar survey, though Aso-4 surface were not observed 4 m below the ground surface at the lowland along the south side of the fault, they were observed 4-5 m below the ground surface at the upper slope along the north side. These suggest that the elevation difference of the Aso-4 surface was estimated as 13 m and more, caused by the past cumulative faulting displacements.

研究分野：地形学 リモートセンシング

キーワード：活断層 トレンチ 活断層 変位地形 リモートセンシング SAR 干渉SAR 14C年代

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

布田川断層などの活動によって生じた2016年熊本地震(以下、本地震)は、既知の横ずれ断層系以外にも、阿蘇カルデラの外輪山北西部地域(以下、本地域)に「お付き合い地震断層」が再活動したことを示した。

しかし、その活動の様態や特徴はまだ明らかにされておらず、例えば、本地震による斜面崩壊の分布は、お付き合い地震断層の周辺で特有の分布を呈する可能性がある。研究開始当初、お付き合い地震断層の特徴を整理する必要が学術上あった。

2. 研究の目的

お付き合い地震断層の特徴を調べるため、現地調査に加え、リモートセンシングの手法を用いて、本地震で亀裂が生じた的石牧場I断層(鈴木ほか, 2017; 以下、本断層)を詳しく調べた。また、お付き合い地震断層による変動のメカニズムを明らかにしようとした。本地域以外にも、断層運動や断層周辺に分布するさまざまな地表変動を文献や現地調査しようとした。

3. 研究の方法

現地調査として、本断層の断層崖基部におけるトレンチ調査、また本断層周辺の地質露頭を調査した。露頭観察の結果から得た知識をトレンチ壁面における地層とその断層変位の解釈に役立てた。地層に明瞭な断層変位を認めた際には、地層から年代を決定するための試料を採取するとともに¹⁴C年代値を得た。また、本地震による本断層の広域的な断層変位の分布と、層序と地層の局地的な断層変位を調べるために、人工衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar) 干渉画像と地上計測の地中レーダー (GPR: Ground Penetrating Radar) 探査によるリモートセンシングの手法を適用した。

4. 研究成果

SAR干渉画像によれば、本断層の断層崖の北側と南側で最大15cmの断層変位が認められた(図1・2)。

トレンチ調査(図3)においては、本地震による断層変位の明瞭な痕跡はトレンチ壁面には見られなかった。しかし、本地震に先行したイベントが、3,560~3,270 cal BPには確実に1回、信頼度は低いながら3,300 cal BP以降本地震より前にもう1回生じて、トレンチにそれぞれ最大30cmの断層変位を残した可能性がある。3,300 cal BP以降本地震より前のイベントは、先行研究で認められている布田川断層の過去の活動時期とオーバーラップしているため、本地震による本断層の活動同様、過去の布田川断層の活動に引き起こされて、本断層がお付き合い地震断層として挙動した可能性を示した。3,560~3,270 cal BPのイベントについては、布田川断層の過去の活動とは関係なく単独で活動した可能性、または、先行研究が見逃している過去の布田川断層の活動があり、それによって引き起こされて、本断層がお付き合い地震断層として挙動した可能性もあり、今回の調査ではどちらなのか明らかにできなかった。

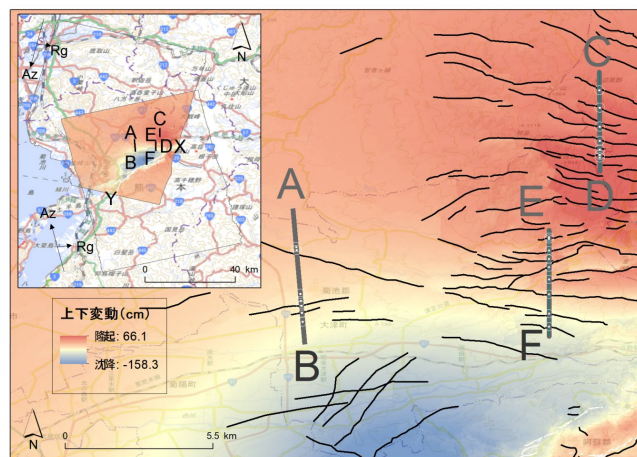


図1 2016年熊本地震の SAR 干渉画像による地表変動
C-D 測線が図2の位置であり、Cから1.3 km付近が的
石牧場 I 断層 (佐藤ほか, 2018)

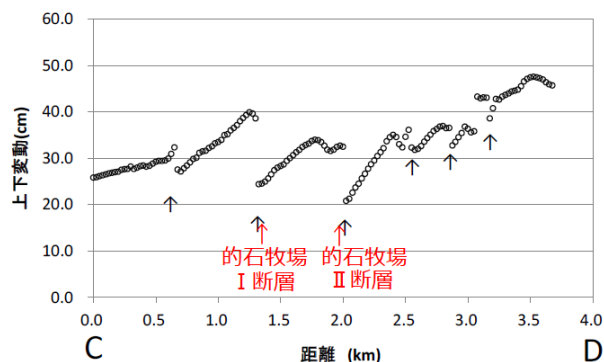


図2 C-D 測線における上下変動 (佐藤ほか, 2018)

本断層周辺の露頭の地形・地質調査の結果、局所的な差異はあるものの、本地域でキーとなる Aso-4 火砕流堆積物上面は地表下 5~6m 程度に存在することが分かった。一方、トレンチ調査により、同断層崖基部では地表下 3m 付近で、断層崖斜面では地表下 0.5 m 付近で Aso-4 火砕流堆積物上面が確認できた。

断層南側の低地からトレンチ調査地点及び同断層崖を横断する GPR 探査では、断層南側の低地部では地表下 4m までに Aso-4 火砕流堆積物上面を示す反応は認められず、それよりも深い場所に存在する可能性が、また、断層北側の断層崖上部では地表下 4~5m 付近に Aso-4 火砕流堆積物上面が存在する可能性が指摘できた。これらより、Aso-4 火砕流堆積物上面の断層変位による比高差は約 13m 以上と推定された。

今回の調査によって、断層変位地形に残された断層変位が全て、地震動を放出するような周期の決まった地震（固有地震）によるものではないことを指摘した。このことは、断層変位地形に相当する活断層のうちお付き合い地震断層の断層変位の累積で形成されるものが紛れているとすれば、既存の活断層帯の長期評価の中にも、確率的強震動予測を過大評価するような活断層も紛れている可能性を示唆した。

なお、トレンチ調査にあたっては、土地所有者の菊池市農林整備課及び土地利用者の村上氏にお世話になるとともに、環境省阿蘇くじゅう国立公園管理事務所、熊本県森林整備課、県北広域本部林務課から関連法規に基づく許可を事前に得た。利用した ALOS-2 データは宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 土砂 WG と東京大学地震研究所共同研究の枠組みで JAXA から提供されたものである。

< 引用文献 >

- ① 佐藤 浩・宇根 寛・中埜貴元、SAR 干渉画像から捉えた 2016 年熊本地震によるリニアメント変動、日本地理学会 2018 年春季学術大会予稿集、2018
- ② 佐藤 浩・小村慶太郎・宇根 寛、中埜貴元、八木浩司、トレンチ調査による阿蘇外輪山北西域の的石牧場 I 断層の変位の累積性の検討、地理学評論、査読中
- ③ 鈴木康弘・石村大輔・熊木洋太・熊原康博・千田 昇・中田 高・中埜貴元、2 万 5 千分の 1 活断層図 布田川・日奈久断層帯とその周辺「阿蘇」、2017、国土地理院

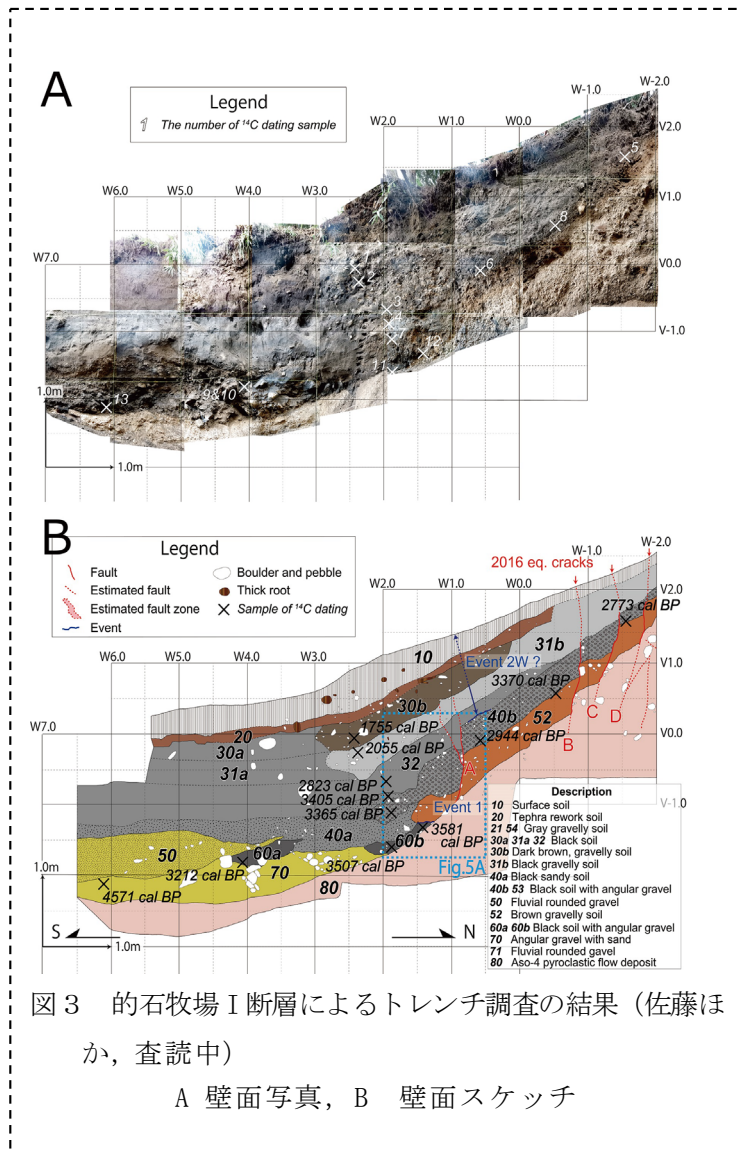


図3 的石牧場 I 断層によるトレンチ調査の結果 (佐藤ほか, 査読中)

A 壁面写真, B 壁面スケッチ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 中埜貴元・宇根 寛・佐藤 浩
2. 発表標題 Comparison of GPR survey results and trench survey results at the Matoishibokujo I Fault
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇根 寛・中埜貴元・佐藤 浩・八木浩司
2. 発表標題 Cumulativeness of “triggered” surface rupture in north-western area of outer rim of Aso caldera and its impact for active fault evaluation
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中埜貴元・宇根 寛・佐藤 浩・藤原 智
2. 発表標題 Crustal deformation of the 2016 Kumamoto earthquake sequence (4) - Geomorphological and geological settings of triggered surface ruptures -
3. 学会等名 天然資源の開発利用に関する日米会議（UJNR）地震調査専門部会第12回合同部会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宇根 寛・中埜貴元・佐藤 浩・八木浩司・小村慶太郎
2. 発表標題 阿蘇外輪山北西部・的石牧場 断層の活動履歴
3. 学会等名 日本活断層学会2018年度秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中埜貴元・宇根 寛・藤原 智・遠藤 涼・出戸雅敏・佐藤 浩
2. 発表標題 SAR干渉画像に基づき阿蘇外輪山で確認した新たな地表地震断層
3. 学会等名 日本活断層学会2018年度秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nakano T, Une H, Sato HP, Komura K, Yagi H
2. 発表標題 Geomorphological and geological characteristics of incidental displacement fault associated with 2016 Kumamoto Earthquake sequence around the northwest of the outer rim of the Aso caldera, southwestern Japan
3. 学会等名 2018 AGU Fall Meeting (Washington D.C., USA) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 浩・坂口雄太
2. 発表標題 阿蘇カルデラ北西部・的石牧場 断層上の表層火山灰再堆積物の分析
3. 学会等名 2019年日本地理学会春季学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宇根 寛・中埜貴元・藤原 智
2. 発表標題 平成28年熊本地震の「お付き合い断層」が提起した「地震断層」の多様性
3. 学会等名 日本活断層学会2017年度秋季学術大会(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中埜貴元・宇根 寛・佐藤 浩
2. 発表標題 阿蘇外輪山北西部の活断層における GPR 探査（速報）
3. 学会等名 日本活断層学会2017年度秋季学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇根 寛・中埜貴元・佐藤 浩・八木浩司
2. 発表標題 阿蘇外輪山北西部断層群の「お付き合い地殻変動」は累積してきたか？（速報）
3. 学会等名 日本地理学会2018年春季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 浩・宇根 寛・中埜貴元
2. 発表標題 SAR干渉画像から捉えた2016年熊本地震によるリニアメント変動
3. 学会等名 日本地理学会2018年春季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤 浩・宇根 寛
2. 発表標題 熊本地震による三角点水平変動の向きと斜面の崩壊面積率の関係
3. 学会等名 第56回日本地すべり学会研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤 浩・宇根 寛
2. 発表標題 改測で明らかになった熊本地震の三角点水平変動の向きと崩壊面積率の関わり
3. 学会等名 2017年度土砂災害予測に関する研究集会（防災科研）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sato HP and Une H
2. 発表標題 Relation between 2016 Kumamoto Earthquake-induced landslide surface deformation and 3-D surface deformation detected by Pixel Offset method using InSAR image
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2017大会（国際学会）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 岡田篤正・八木浩司	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 216
3. 書名 図説日本の活断層	

1. 著者名 鈴木康弘・石村大輔・熊木洋太・熊原康博・千田 昇・中田 高・中埜貴元	4. 発行年 2017年
2. 出版社 国土地理院技術資料D1-No.868	5. 総ページ数 1
3. 書名 活断層図『阿蘇』	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	八木 浩司 (YAGI Hiroshi) (40292403)	山形大学・地域教育文化学部・教授 (11501)	
研究分担者	中埜 貴元 (NAKANO Takayuki) (60511962)	国土地理院(地理地殻活動研究センター)・その他部局等・研究官 (82116)	
研究分担者	宇根 寛 (UNE Hiroshi) (20415037)	国土地理院(地理地殻活動研究センター)・その他部局等・地理地殻活動研究センター長 (82116)	