

布田川断層での 200 m を超える落差の発見

—火山活動と関係した断層運動の”縦ずれ”から”横ずれ”への変化—

概要

京都大学大学院工学研究科 林為人 教授、澁谷奨 同博士後期課程学生（兼 株式会社地圏総合コンサルタント）、小池克明 同教授、株式会社地圏総合コンサルタント 佐渡耕一郎 事業本部長、相澤明宏 同技師らの共同研究グループは、2016 年熊本地震本震を引き起こした布田川断層に沿って、現在のほぼ水平にずれる断層運動と異なり、縦にずれる断層運動を示す鉛直落差が 200 m にも及んでいることを発見し、その原因に関する考察を行いました。その結果、本研究は最後の阿蘇火山カルデラ噴火（約 9 万年前）後に布田川断層の運動方式が、縦ずれ卓越から横ずれ卓越へ変化したことを破碎帯の地質学的観察と物理特性の解析から明らかにしました。

地震を繰り返し発生させる活断層の運動履歴や破壊メカニズムの解明は、地震被害の減災のために必要とされています。本成果は、深さ約 700 m のボーリング掘削を含む複数の掘削データを基に、断層すべりの形態を特定し、当該断層がある周辺地質体の地質年代学データと統合的に解析することで、過去の断層運動の履歴を解明しました。火山地域で大地震を発生させる活断層の破壊メカニズムの解明や活動様式の評価への貢献が期待されます。

本成果は、2022 年 1 月 13 日、国際科学誌「Geochemistry, Geophysics, Geosystems」にオンライン掲載されました。

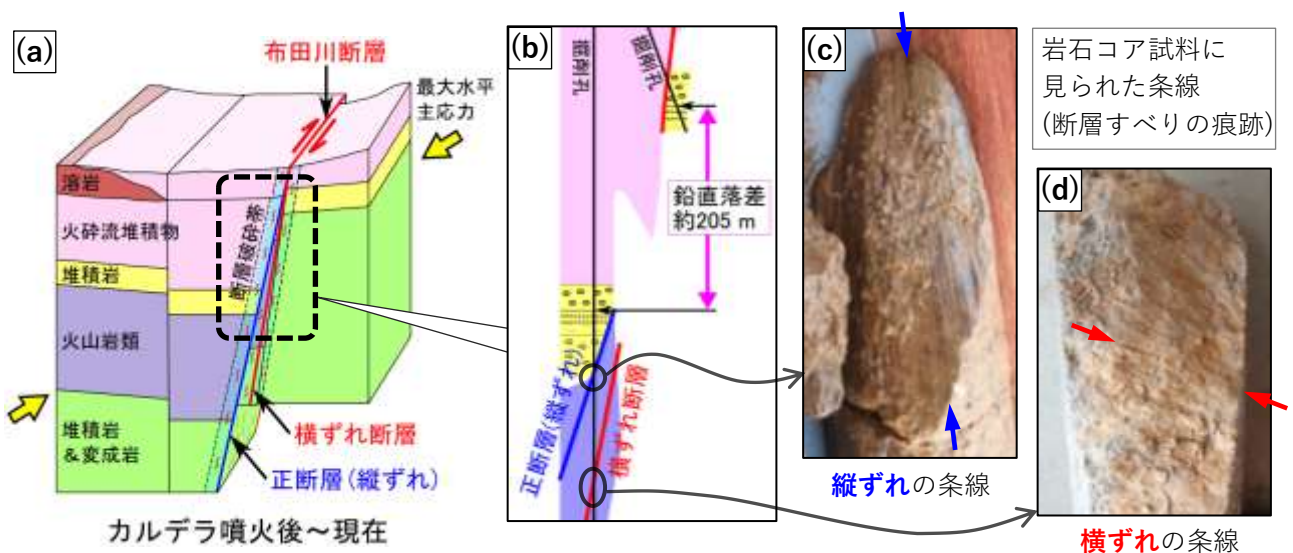


図 本研究で明らかとなった布田川断層の運動履歴と鉛直落差。(a) 地質構造モデル：断層破碎帯内に縦ずれと横ずれの断層面が存在、(b) 断層の鉛直落差を説明する地質断面図、(c)と(d)はそれぞれ縦ずれと横ずれの断層すべりの痕跡を示すコア写真。

1. 背景

日本列島は、地球の表層を覆うプレート¹が沈み込む場所（沈み込み帯）に形成されています。そのため、太平洋側の海溝に沿って海洋プレートが大陸プレートの下に沈み込むことにより、日本列島の大陸プレート内では活断層の運動に伴う内陸地震（2016年熊本地震など）や活火山の噴火が発生します。火山噴火を引き起こす地下のマグマ活動は、断層運動に影響を及ぼし、地震と密接な関係があります。

2016年4月16日、九州中部の阿蘇火山地域から熊本平野まで連続的に存在する布田川断層の活動に伴い、マグニチュード(M) 7.3の熊本地震本震が発生しました。布田川断層の活動は熊本地震時に主に右横ずれの地表変位を発生させ、熊本地域に大きな地震災害を引き起こしました。

近年の日本列島では内陸地震が頻繁に発生していることから、地震防災・減災などの観点で断層破壊のメカニズム解明が求められており、活断層の特徴や運動履歴などの研究が行われています。

2. 研究手法・成果

本研究では、2016年に発生した熊本地震本震の震源断層である布田川断層に対して、複数のボーリング²により断層を異なる場所で貫通させた、布田川断層掘削プロジェクト³によって取得された岩石コア試料や岩盤の物性値などを用いました。布田川断層の過去と現在の断層運動パターンと断層および破壊された周辺岩盤の地質・物理特性を明らかにするため、岩石コア試料⁴の観察結果と物理検層⁵データを再解析し、新たにコア試料と孔壁画像の両方からき裂の分布密度と傾斜を測定しました。その結果、以下の成果が得られました。

- 2016年熊本地震本震時に形成された地表地震断層⁶に対して複数のボーリングから得られたデータを基に、地層境界（下陳礫層と津森層の境界）のずれの量を計算し、布田川断層に沿って200 m以上もの大きな累積鉛直落差⁷が生じていることを定量的に明らかにしました。さらに、地表から深度354 m付近の断層面に縦ずれの条線⁸が見られ、現在は横ずれの断層運動を示す布田川断層の破碎帯内に縦ずれの断層運動を示す正断層⁹の運動履歴を発見しました。
- 既存の地質年代学的研究を考慮して、布田川断層が阿蘇カルデラ¹⁰形成噴火のあった約30～9万年前の間は縦ずれ卓越の正断層として運動し、最後の阿蘇火山カルデラ噴火（約9万年前）に伴い断層の応力場に変化が生じて熊本地震本震と同様の横ずれ卓越の運動方式に変化したと解釈しました。
- 2016年熊本地震本震で活動した断層は、縦ずれの断層運動を示す深度354 mの断層面より深い位置にある深度461 m付近の横ずれの断層運動を示す条線を伴う断層面および破碎帯である可能性が高いことが明らかとなりました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究の成果は、日本列島の活火山がある火山地域から得られた知見であり、沈み込み帯にある類似の火山地域にも広く適用できると考えられます。さらに、我が国で大規模地震を伴う活断層の破壊メカニズムや活動度の評価への貢献が期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(A)「熊本地震時における震源断層の摩擦熱定量評価と特異な温度構造の解明」（課題番号：19H00717、2019～2023年度予定）のもとで、京都大学と株式会社地圏総合コ

ンサルタントの共同研究として実施しました。

<用語解説>

- ¹ **プレート**：地球の全表層を覆う、10 数枚の板状の硬い岩盤のこと。地殻からマンツルの最上部からなり、厚さは約 30~100 km とされています。
- ² **ボーリング**：掘削機械を用いて地中に深い孔を掘ること。学術ボーリングなどの場合、岩石コア試料が連続的に採取されます
- ³ **布田川断層掘削プロジェクト**：布田川断層のボーリング調査として、原子力規制庁の委託事業費で京都大学により 2017~2018 年にかけて実施された断層掘削プロジェクトのこと。掘削・地質構造・物理検層の詳細は、原子力規制委員会のホームページ (<https://www.nsr.go.jp/data/000256426.pdf>) で公開されている技術報告書で報告されています。
- ⁴ **岩石コア試料**：ボーリング掘削により採取された円柱状の岩石試料のこと。
- ⁵ **物理検層**：ボーリング掘削孔に測定器を下し、孔壁付近の地層の物性値（比抵抗、P 波速度、ガンマ線量など）や孔壁画像を深度方向に対して連続的に測定する調査方法のこと。
- ⁶ **地表地震断層**：地震によって地表に出現した断層のこと。
- ⁷ **累積鉛直落差**：断層に沿って繰り返し起こった縦ずれの断層運動により累積した鉛直方向のずれのこと。
- ⁸ **条線**：断層面に強い力が加わることで、断層のすべりに伴い、その面に形成される線構造のこと。この線構造は、断層すべりの痕跡であり、動いた方向を示すと考えられています。
- ⁹ **正断層**：傾斜した断層面に対して、上側の地質体が下側の地質体に対して相対的にずり落ちる変位がある断層のこと。
- ¹⁰ **阿蘇カルデラ**：熊本県にある南北約 25 km、東西約 18 km の世界最大級のカルデラ地形で、Aso-1~Aso-4 と呼ばれる 4 回の火砕流噴火に伴う大規模な火山活動で形成された円形の大きなくぼ地のこと。阿蘇カルデラのような大規模なカルデラを形成する火山噴火は、カルデラ噴火と呼ばれ、地下のマグマを大量に地上に噴出します。

<研究者のコメント>

熊本地震の本震は、世界でも有数の活火山地域にある布田川断層の活動により発生しました。その地域的特性から、布田川断層の運動様式の変化は、他の活断層と活火山が存在する地域でも生じうる現象であると考えられます。我々の研究グループは、活断層の運動履歴や地質学的特性を特定し、火山活動が断層運動に及ぼす影響を理解することで、学術的発展に寄与すると共に地震による被害の低減に繋がることを願っています。今後も活断層やその破砕帯の特性を解明する研究を行うことで、社会に貢献したいと考えています。

<論文タイトルと著者>

タイトル：An ancient >200 m cumulative normal faulting displacement along the Futagawa fault dextrally ruptured during the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake identified by a multiborehole drilling program (2016 年熊本地震時に右横ずれした布田川断層に沿う 200 m を超える過去の累積正断層変位 —複数のボーリング掘削孔による特定—)

著者：Susumu Shibutani, Weiren Lin, Koichiro Sado, Akihiro Aizawa, and Katsuaki Koike

掲載誌：Geochemistry, Geophysics, Geosystems DOI : <https://doi.org/10.1029/2021GC009966>