

解説

2016年熊本地震の記録

- 益城町の水田に現れた地表地震断層 -

*¹廣田志乃・*¹高田聖也・*²永松允積*¹熊本県博物館ネットワークセンター
*²ミュージアムパートナーズクラブ「くまもとの大地の成り立ち」

キーワード：2016年熊本地震，上益城郡益城町，地表地震断層，右横ずれ断層，雁行配列

1. はじめに

平成28年(2016年)熊本地震は、日奈久断層帯と布田川断層帯の活動によって引き起こされた地震であり、4月14日夜と4月16日未明に発生した最大震度7の地震をはじめとした一連の地震活動(図1)によって、熊本県内に被害をもたらした。この地震により、日奈久断層帯では高野-白旗区間の北部約6kmにわたり、布田川断層帯では布田川区間をやや超える約

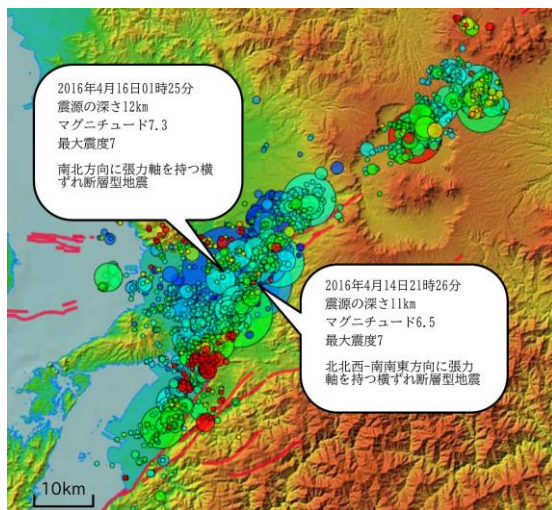


図1 2016年熊本地震の概要(地質図 Navi <https://gbank.gsj.jp/geonavi/> を用いて地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/> の陰影図と色別標高図に活断層データベース <https://gbank.gsj.jp/activefault/> を重ねたもの。前震と本震のデータは気象庁 https://www.data.jma.go.jp/eqcv/data/2016_04_14_kumamoto/index.html による。)

28kmにわたり、地表地震断層が出現した(図2上)。その中で、震度7の非常に大きな揺れが2回起こった上益城郡益城町では、堂園付近で最大2.2mに達する右横ずれ変位量を持つ地表地震断層が現れた(産業技術総合研究所 2016)。

地表地震断層が現れるのは大地震が発生したときである。しかし、大地震によって地下の基盤に断層のずれが生じて、その上位の地層を構成する堆積物の性質や厚さによっては地表に断層のずれが現れにくい。田中ほか(2010, 2016)では、横ずれ断層のずれが地表に直接現れにくい場合の状況について実験結果と合わせて解説している。

著者は、上益城郡益城町上陳周辺において地表地震断層を確認し、その追跡調査を行った。本稿では上記の文献などを参考に2016年熊本地震で生じた地割れや隆起などの地表面の変化について解説する。

2. 調査概要

益城町上陳は益城町の東部に位置し、最大の右横ずれ変位量を記録した堂園地区の西に隣接している。図2下に調査で確認した地表地震断層を示す。赤線は2016年5月11日に写真撮影した場所、赤丸は2017年4月15日写真撮影した場所である。この調査で確認した地表地震断層は益城町立津森小学校から南西に広がる水田に連続的に西南西-東北東方向に延びていた。このうち、図2下の赤線で

2023年11月24日受付 2024年2月28日受理

*¹熊本県宇城市松橋町豊福1695

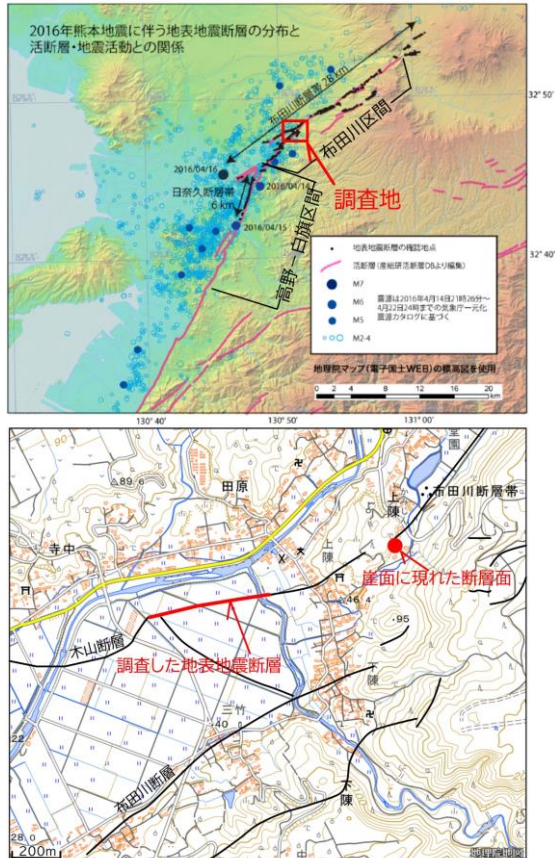


図2 2016年熊本地震の地表地震断層と調査した地表地震断層。

上:2016年熊本地震に伴う地表地震断層の分布. 産業技術総合研究所(2016)に地震本部の断層帯区間 https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f093_futagawa_hinagu/を加筆.

下:上図の赤枠部分の拡大図(地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/>に加筆). 赤線と赤丸は調査した地表地震断層, 黒細線は熊原ほか(2017)による.

示す約500m区間を調査した. また, 赤丸に示す箇所では崖が断層によって切られ, 断層面が現れていることを確認した. 高橋・鳥井(2022)によると, この断層は木山断層と呼ばれるもので, その南方にある布田川断層と同様に数10cmから1m前後の変位量を持つ「右横ずれ断層」である.

3. 調査結果および解説

図3に断層の種類を示す. 断層面が傾いている場合, 断層面より上の地盤を「上盤」, 下の地盤を「下盤」といい, 断層面

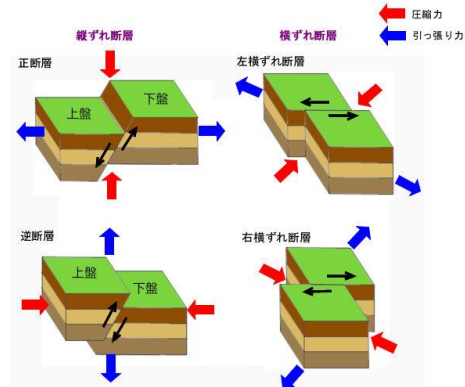


図3 断層の種類.

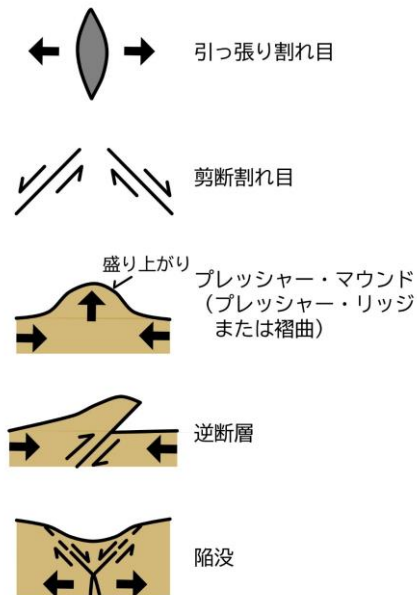


図4 地表地震断層に伴う地表面の変化. 小出ほか(1995)を元に作成.

を境にして両ブロックが上下に動くものは縦ずれ断層, 左右に動くものは横ずれ断層である. そして, 縦ずれ断層で上盤がずり落ちるのが正断層, 押し上がるのが逆断層であり, 横ずれ断層で断層線の向こう側のブロックが右にずれるのが右横ずれ断層, 左にずれるのが左横ずれ断層である.

実際には, 地下の基盤に断層のずれが生じても, その上位の地層の性質や厚さによって地表面にずれが生じなかったり, 図4のような特徴的な地表面の変化が現れたりする. 図4のような変化が見られる場合には, 断層のずれの動き方を反映

するような配列が見られる。

3-1. 断層の動き

図2下で示した上陳西方の地表地震断層は水田の畔を横切り、断層線の向こう側の畔が右にずれている(図5のa, b))。このような動きの断層は右横ずれ断層である。本調査では断層の動きによって右にずれた畔を4箇所を確認した。ずれの幅は70~90cm程度であった。

3-2. 雁行配列

地下の基盤に断層のずれが生じて、必ずしも地表地震断層が現れるとは限らず、現れてもたいていは小さな割れ目が多数集まったひと続きの帯となっている。この時、地表面に生じた多数の割れ目は、編隊を組んで飛ぶ雁の群れのように並んでいる(雁行配列)。これは、軟らかい被覆層では上位になるほど断層による変形の程度がゆるくなり、変形する部分の幅

(剪断帯)が広がってくるためである。図6に雁行配列のでき方を示す。まず、基盤層に水平方向の大きなずれが生じると、地表面では断層の直上に断層面と平行な力(剪断力)がかかり、仮想の円が楕円に変形するような変化が生じる。これは仮想の円が図6の矢印で示す圧縮と引っ張りの力を受けた場合と同じことである。そして、仮想の円の伸びる方向に直交して引っ張り割れ目が形成される。このような割れ目は剪断帯の内部でほぼ等間隔に生じ、雁行状に並ぶ。雁行配列はその並び方から、片仮名の「ミ」に似た「ミ型」と漢字の杉の旁(つくり)「彡」に似た「杉型」の2種類に分けられる。図7に横ずれ断層によってできる雁行配列を示す。



図5 右横ずれ断層。a) 断層線の向こう側の畔が右に動いている。b) 右横ずれ断層によって稲の切り株3列分のずれが生じていた。

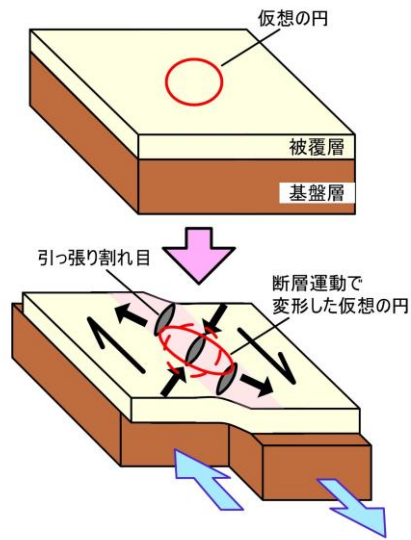


図6 雁行配列のでき方。坂(1993)を元に作成。



図7 横ずれ断層によってできる雁行配列の種類。小出ほか(1995)を元に作成。

割れ目（引っ張り割れ目、剪断割れ目）については、右横ずれ断層では杉型雁行配列（図7のR-A, R-B）、左横ずれ断層ではミ型雁行配列（図7のL-A, L-B）となる。一方、プレッシャー・マウンドなどの圧縮の力のできる地表面の変化については、右横ずれ断層ではミ型雁行配列（図7のR-C）、左横ずれ断層では杉型雁行配列（図7のL-C）となる。

3-3. 割れ目の雁行配列

図8のa), b)は水田に現れた割れ目の状況である。割れ目が開口した引っ張り割れ目が目立つ。割れ目は断層の延びの方向に対して斜めに入り、写真奥へ向かって連なっている。割れ目の向きはほぼ一定で、杉型の雁行配列である。

これらの写真を見てわかるように、調査した地表地震断層の割れ目は杉型の雁行配列を示しており、右横ずれ断層が動

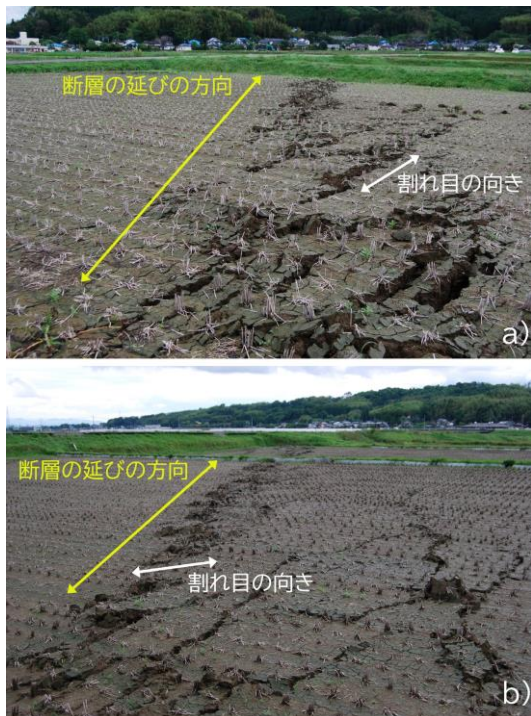


図8 水田に現れた割れ目。多くは割れ目が開口した引っ張り割れ目である。いくつもの斜め方向の割れ目が断層の延びの方向に連なっている。それらの割れ目は杉型雁行配列を示す。a) 東北東方向を撮影。b) 西南西方向を撮影。

いたことを示す証拠である（図7のR-A, R-B参照）。

3-4. プレッシャー・マウンドの雁行配列

水田の地表地震断層を観察していると、図9のように、ところどころで割れ目と割れ目の間で地表面が盛り上がっている。この盛り上がりは圧縮の力によって生じたプレッシャー・マウンドであり、盛り上がりの形は細長く、割れ目と直交するように伸びている。プレッシャー・マウンドは雁行状に並び（図10のa)), 地中から土が押し出されるように盛り上がっている（図10のb))。図10のa)のプレッシャー・マウンドの並び方を見てみると、ミ型の雁行配列を示している。この雁行配列は右横ずれ断層が動いたことを示している（図7のR-C参照）。



図9 杉型雁行配列する引っ張り割れ目とそれらの間に生じた地面の盛り上がり（西南西方向を撮影）。

3-5. その他の水田の変化

地表地震断層の影響によって周辺の地表面はややうねり、地表面の低下や高まりが現れた。図10のa)の手前にある水田では、断層の右手（南側）中央部に畔と並行するような高まりが、畔の近くにはくぼ地ができて水が溜まっていた。図11では断層の手前（南側）の地表面が低くなっており、水が溜まっていた。



図 10 水田に生じた地面の盛り上がり(プレッシャー・マウンド)のようす(東北東方向を撮影). a)プレッシャー・マウンドは割れ目の向きと直交するように伸び、ミ型雁行配列を示す. また、写真右手(断層の南側)の地面が全体的にうねっており、凹んだ地面に水が溜まっていた. b) 中央のプレッシャー・マウンドの近接写真. 地中から土が押し出されるように盛り上がる.



図 11 図 10 の a)と同様に断層の手前(南側)が低くなっており、水が溜まっていた.



図 12 金山川手前の農地でも杉型雁行配列が確認できた.



図 13 a) 金山川では護岸が崩壊した. 崩壊の程度は左岸が大きく、調査当時は工事中であった. 金山川右岸では応急処置として土嚢が積まれていた. また、金山川右岸から東北東方向に約 10m の範囲(破線で囲った箇所)では、断層に沿うように麦の穂が周囲よりも高くなっていた. b) 破線で囲った箇所のように.



図 14 金山川右岸の麦畑に現れた地表地震断層.

3-6. 金山川および対岸の状況

地表地震断層は金山川まで続き、手前の農地では杉型雁行配列が確認できた(図 12). 断層の延長は金山川の流路が大きく曲がる場所を通過している. その曲がりは過去の活断層による累積変位を示しており、その護岸が崩壊していた. 崩壊の程度は左岸が大きく、右岸には応急処置の土嚢が積まれていた(図 13 の a)). 金山川右岸の麦畑にも地表地震断層が入っており(図 14)、川岸から東北東方向に約 10m の範囲の麦の穂は断層に沿うよう



図15 崖に現れた断層面. 表面についた条線はスリッケン・ライン(断層擦痕)で, 断層の動いた方向を示す.

に周囲よりも高くなっていた(図13のa), b)).

3-7. 崖に現れた断層面

図2下の赤丸の箇所は畑に面しておおよそ北西-南東方向に伸びた崖である。この崖は Aso-4 火砕流堆積物の溶結凝灰岩の非溶結部が分布している。断層はこの崖を横切るように伸びており、2016年熊本地震によって図15のように断層面が現れた。断層面の表面にある条線はスリッケン・ライン(断層擦痕)という断層運動によるひっかき傷であり、この線の方向が断層の動いた方向である。スリッケン・ラインは水平に近いので、横ずれ断層であり、断層の向こう側の崖が右に動いていることから、この断層が右横ずれ断層であることがわかる。

4. おわりに



図16 調査地の現在のようす(2023年9月12日撮影). 断層の動きによってできた畔の曲がりは残っている.

益城町の水田に現れた地表地震断層には、断層そのものだけでなく、右横ずれ断層によって引き起こされる地表面の様々な変化が現れていた。それらは、本などで紹介されるような現象であったが、我々は実際にそれらの現象を目の当たりにした。現在はほとんどが残っていないが(図16)、写真として記録したものを紹介することで、断層そのものへの理解を深める一助となれば幸いである。

謝辞

本稿を作成するにあたり、元熊本大学教授田中均博士には貴重な御助言をいただいた。また、関係諸氏には様々な面で便宜をお取り計らいいただいた。あらためて御礼申し上げます。

文献

- 小出仁・山崎晴雄・加藤碩一. 1995. 地震と活断層の本. 123p. 国際地学協会, 東京.
- 熊原康博・岡田真介・楮原京子・金田平太郎・後藤秀昭・堤 浩之. 2017. 1:25,000 活断層図「熊本(改訂版)」。国土地理院, つくば.
- 坂幸恭. 1993. 地質調査と地質図. 109p. 朝倉書店, 東京.
- 産業技術総合研究所. 2016. 2016年熊本地震に伴って出現した地表地震断層. In: 地震調査研究推進本部地震調査委

員会. 平成28年(2016年)熊本地震の評価(2016年5月13日公表). pp.15-21.

高橋直也・鳥井真之. 2022. 古い町並みに残された断層の痕跡 益城町津森地区にみられる4つの活断層. In: 熊本大学くまもと水環境・減災研究教育センター減災型社会システム部門(編). 熊本地震の痕跡からの学び. pp.112-115. 国立大学法人熊本大学, 熊本.

田中均・吉澤憲治・坂口静磨・薬師寺光. 2016. 2016年熊本地震の地震断層調査. 熊本大学教育学部紀要, 65, pp.243-250.

田中均・坂口静磨・薬師寺光・本多栄喜・村本雄一郎. 2010. 横ずれ断層の教材化-理論と実践-. 熊本大学教育実践研究, 27, pp.85-90.

(ホームページ)

活断層データベース

<https://gbank.gsj.jp/activefault/> (最終確認日 2023/11/02)

地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/>
(最終確認日 2023/11/02)

地質図 Navi <https://gbank.gsj.jp/geonavi/>
(最終確認日 2023/11/02)

布田川断層帯・日奈久断層帯. 地震本部.
https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_katsudanso/f093_futagawa_hinagu/
(最終確認日 2023/11/24)

平成28年(2016年)熊本地震 ~The 2016 Kumamoto Earthquake~. 気象庁.
https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/2016_04_14_kumamoto/index.html
(最終確認日 2023/11/02)