

# 鹿児島での地震災害軽減につなげる 2016 年熊本地震関連の調査研究

理学部 准教授・小林励司  
農学部 教授・地頭菌隆  
農学部 助教・平瑞樹

## 1. はじめに

2016 年熊本地震 (M6.5, M7.3) において死者は 183 人 (うち直接死 50 人)、住家全壊は 8408 棟に及んだ (消防庁, 2017)。鹿児島県でも内陸の地震は過去に起こっており、また将来も起こることが予想されている。例えば大正桜島噴火の後に起こった地震 (M7.1) では、熊本地震と同様に、建築物の被害と土砂災害によって 29 人の死者が出た。近い将来、大正規模の噴火が発生し、それに伴う地震が起こってもおかしくない。また 1997 年鹿児島県北西部の地震、1968 年えびの地震のような地震は鹿児島県内のどこでも起こりえる。また、熊本地震の被災地との共通点として、火山噴火によって形成された地形や地盤、が挙げられる。本研究では、熊本地震での被害について調査・研究を進めることで、鹿児島県での将来の地震災害軽減につなげることを目的とする。強震動、土砂災害、農地・農業用施設の被害について調査した。

## 2. 熊本地震による強震動

熊本地震においては強い地震動 (強震動) によって様々な被害を引き起こされた。強震動を決定づける要素は、震源、基盤よりも深い構造、基盤よりも浅い地盤構造の 3 つである。ここではそのうち地盤構造に着目した。

震度は強震動の指標の 1 つで、もっとも被害との関連が強い。熊本地震では、益城町で震度 7 を 2 度記録した。特に 1 度目の地震 (2016 年 4 月 14 日の最大前震) は M6.5 で、これまで震度 7 を記録した地震のうちでもっとも小さいマグニチュードである。一般的に M6.5 の地震は震源断層が地表面に達しないことが多く、地表面に活断層が認められない場所でも起こりうる地震である。そのような地震でどのような条件がそろって震度 7 に達するのかを知ることは防災上重要である。

国土地理院によって推定されている震源断層 (国土地理院, 2016) と震度分布の関係から、震度 7 を記録した益城町宮園、断層に近いが震度 5 強だった御船町御船、断層から少し離れているが他に比べて低い震度 5 弱を記録した甲佐町豊内、の 3 点において調査を行うことにした (図-2.1)。

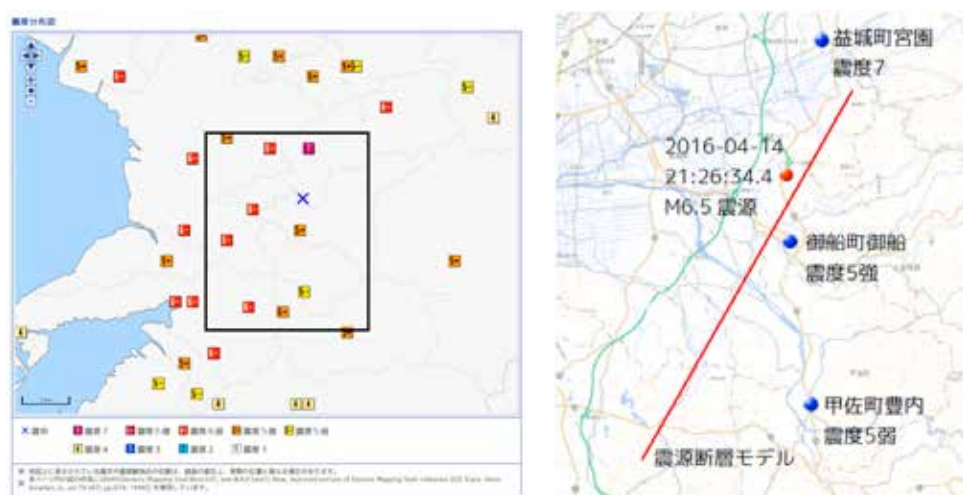


図-2.1 (左) 気象庁による震度分布図。黒枠は右の図の範囲。(右) 今回の調査の観測点分布 (青丸)。赤丸は震央を、赤の実線は国土地理院が推定した震源断層の上端を示す。国土地理院の地理院地図 (淡色地図) に追記したもの。



図-2.2 (左)地震発生時に震度計が設置されていた益城町役場本庁舎。(右)本庁舎1階の窓際におかれていた震度計。現在は移設されている。

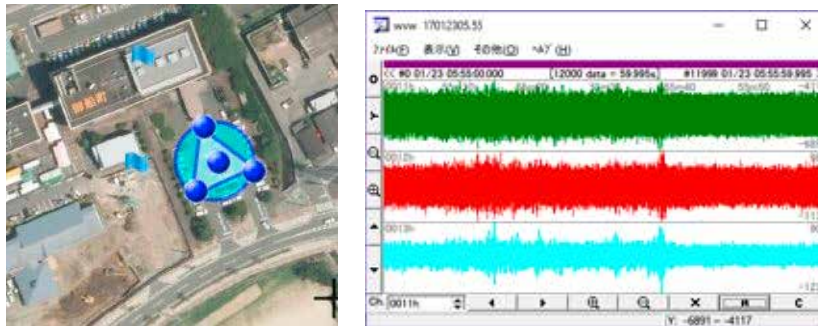


図-2.3 (左)御船町役場での地震計配置(青丸)。国土地理院の地理院地図(空中写真)に追記したもの。(右)御船町役場の地震計1点で観測された微動の波形。上から上下成分、南北成分、東西成分。比較的静かな1分間を選んで示している。

### (1) 震度計の設置状況

3点はいずれも町役場で、敷地内に震度計が設置されている。まず、震度計の設置場所が妥当かどうかを現地で確認した。震度計の設置場所によっては過大な震度を記録することがあるためである(気象庁, 2009)。

益城町役場では、ほぼ垂直な段差の上に建物(本庁舎)があり、その中に震度計が設置されていた(図-2.2)。段差の下端から震度計までの水平距離が段差の高さと同じぐらい(目測)であった。これは気象庁の震度計設置環境基準において調査を要する条件となっている。つまり適切な条件ではない可能性がある。ただし、周りに建物被害の状況から少なくとも震度6強はあったと思われ、震度7でも大きな矛盾はないように思われる。今後詳細な検討が必要である。なお、現在震度計は別の場所に移設されている。

他の2点(御船町役場と甲佐町役場)に関しては近くに段差はなく、その他の震度計環境基準からも適切な設置場所であると判断できる。

### (2) 微動探査

次に、地盤の影響を調べるために地盤の地震波速度構造を求める微動探査を実施した。従来良く用いられているSPAC法を用いた。これは円周上と円の中心に地震計を複数個配置して微動を観測し、表面波(微動を構成する主な波と考えられている波)の位相速度を測定する手法である。位相速度から地下構造を推定することができる。

本調査では、各町役場の駐車場において半径15mの円周上に3点、円の中心の1点の地震計を配置した(図-2.3)。地震計はミットヨ製加速度計JEP-6A3、ロガーは白山工業製LS-8800で増幅率を16倍とした。観測時間は30分とした。自動車の通行や工場などの人工的な振動を避けるため、深夜から未明にかけての時間帯に観測を行った。図-2.3に益城町宮園での観測波形の例を示す。位相速度と地下構造については、現在解析中である。

### 3. 熊本地震による土砂災害

熊本地震により阿蘇火山地域では多様な土砂移動現象が発生し、甚大な土砂災害が引き起こされた。火山性地質の地域で発生した地震による土砂移動現象の特徴を明らかにし、今後の地震時の土砂災害対策の基礎資料を得ることを目的として現地調査を行った。ここではその調査結果を述べる。

#### (1) 地震による土砂移動現象の分布

図-3.1は、地震後に撮影された空中写真の判読に基づく土砂移動現象の分布図である。土砂移動現象は、震源断層の分布域に多く、とくに、カルデラ内壁、中央火口丘群周辺、阿蘇外輪山周辺に集中している。

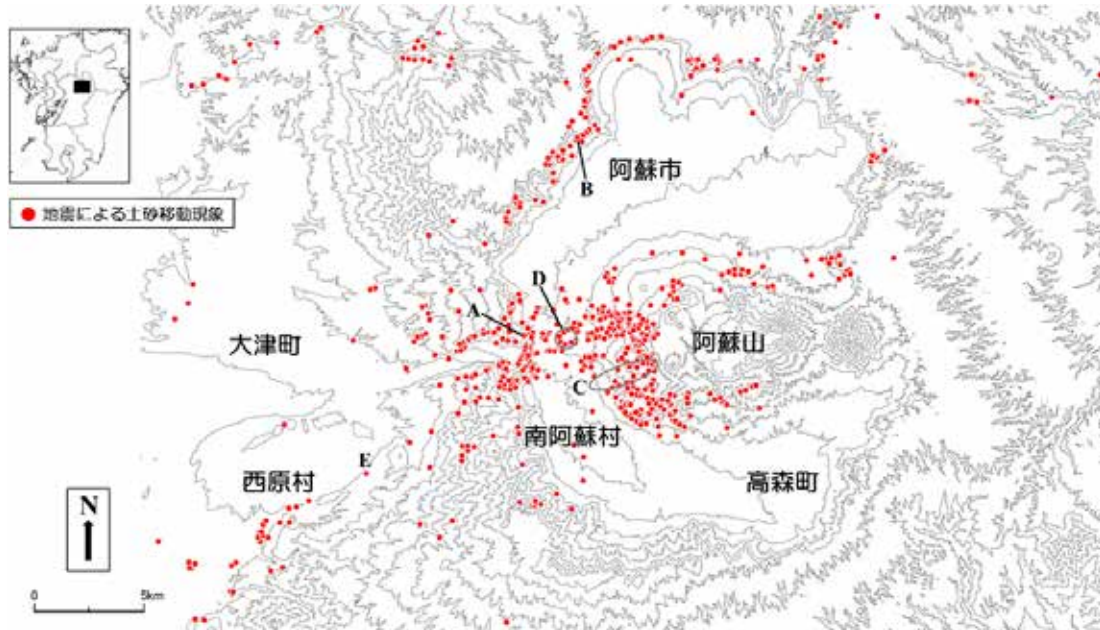


図-3.1 熊本地震による土砂移動現象の分布（国土地理院，2016）

#### (2) 地震による土砂移動現象の特徴

今回の地震に伴って大きな被害を引き起こした主な土砂移動現象の形態および特徴は以下のようまとめられる。

##### 1) カルデラ内壁の崩壊

カルデラ内壁の草地や林地の急斜面において、表層の火山灰などの降下火砕物とその下位の風化した溶岩類の崩落が多数発生した（図-3.2a）。崩壊規模は、土砂量数百  $m^3$  から阿蘇大橋地区で発生した崩壊（図-3.1内 A、図-3.3）のような数十万  $m^3$  という大規模なものまで様々である。同時に斜面脚部に発達した崖錐が崩壊した箇所もみられた（図-3.1内 B の上の小屋川 2 流域など）。また、今回の地震ではカルデラ壁の尾根周辺斜面や崩壊地周囲に多数の亀裂が発生したことも特徴である。さらに、カルデラ内壁の崩壊は凸地形の急斜面でも発生し、尾根近くから崩壊したものが多かった。また、カルデラ内壁の急斜面からは落石も多数発生している。

##### 2) 中央火口丘群周辺の急斜面の崩壊

中央火口丘群周辺の草地や林地の急斜面では火山灰を主体とする表層土が滑り落ちる表層崩壊が多数発生した（図-3.2b）。崩壊規模は土砂量数百  $m^3$  から数千  $m^3$  であるが、多数発生したため、多量の土砂が溪流に堆積している。溪流に入った崩壊土砂が土石流や土砂流となって流下し、農地等に被害をもたらした箇所もあった（図-3.1内 C の山王谷川流域など）。また、ここでも崩壊地周辺には地震で生じた亀裂が多数みられた。

##### 3) 中央火口丘群周辺の緩斜面の崩壊や地すべり

中央火口丘群周辺には、火山灰やスコリアなどの火砕物や溶岩類が厚く堆積した丘陵地が分布している（図-3.2c）。丘陵地の緩斜面において深さ数 m から 10m 程度の崩壊や地すべりが発生した。崩壊深が大きいので、前項で述べた急斜面の表層崩壊より移動土砂量が大きい。京大火山研究センター（図-3.1内 D）が位置する丘陵地では地すべりが発生し、人的被害をもたらしている。また丘陵地の緩斜面でも地震による亀裂が多数生じている。



#### 4) 外輪山周辺の台地周縁の崩壊

阿蘇外輪山周辺域には火砕流堆積物や溶岩からなる台地が広く分布し、台地周縁の急斜面では多数の崩壊が発生した(図-3.1内Eの西原村布田川流域など)。表層の火山灰などの降下火砕物やその下位の火砕流堆積物や溶岩が崩壊した(図-3.2d)。台地に刻まれた溪流には多量の土砂が堆積している箇所もある。

以上のほか、南阿蘇立野地区の白川河岸の急斜面では崩壊や地すべりが発生し、その斜面上部段丘上の農地や道路が被災した。

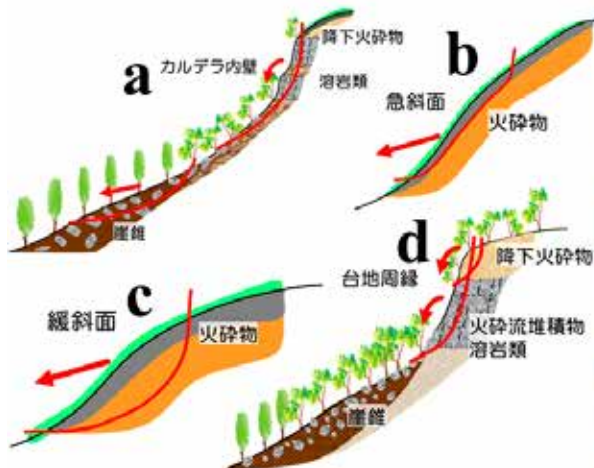


図-3.2 崩壊の模式図



図-3.3 阿蘇大橋地区の大規模崩壊 (2016年5月13日撮影)

#### (3) 地震で生じた亀裂と崩壊危険性の評価

地震によって斜面に多数の亀裂が生じた(図-3.4)。図-3.5は、地震による亀裂とその後の降雨による崩壊の危険性の関係を現地観察に基づいてまとめたものである。尾根や緩斜面の亀裂は、その肩部が侵食や崩落によって丸みをおび、内部に土砂が堆積していた(図-3.4a)。一方、急斜面の遷急線の亀裂付近からは降雨によって表層崩壊が発生していた(図-3.4b)。このタイプの崩壊は大雨によって今後も発生する可能性が高い。



図-3.4 地震で生じた亀裂

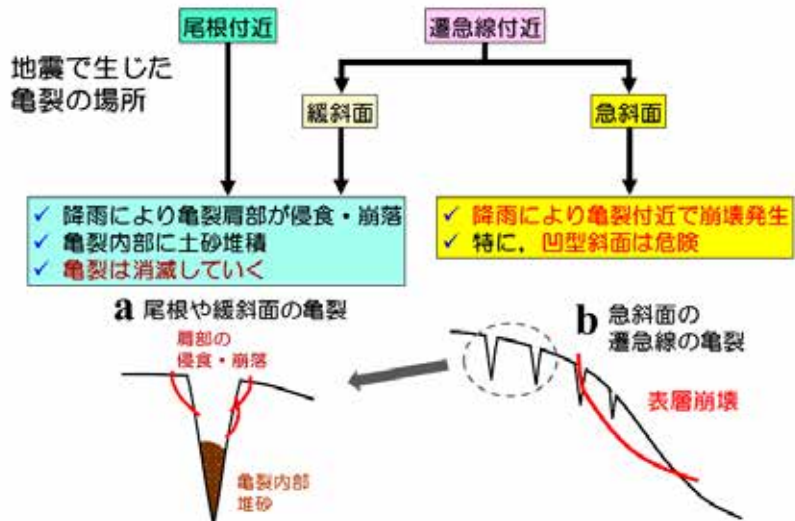


図-3.5 地震で生じた亀裂と崩壊危険性の関係

#### (4) おわりに

熊本地震により阿蘇火山地域で発生した土砂移動現象の形態、特徴、地震で生じた亀裂が崩壊に及ぼす危険性等を調査した。得られた調査成果は火山性地質が広く分布する鹿児島県における地震防災対策に役立つものとする。

#### 4. 熊本地震による農地・農業用施設の被害

##### (1) 地震の概要と農業関係の被害

平成 28 年 4 月 14 日 21 時 26 分熊本地方を震源とする M6.5 (最大震度 7) の地震が発生、同 4 月 16 日 1 時 25 分には前震を上回る M7.3 の大地震が発生した。熊本県、大分県、福岡県、佐賀県、長崎県、宮崎県で震度 5 強以上が観測された。その後も約 2 千回にも及ぶ余震 (震度 1 以上) が続き、住宅の激しい揺れや倒壊による住民の不安が続き、避難期間は長期化した。震源は、布田川断層帯、近接する日奈久断層帯に分布が移動することが懸念された。4 月 25 日には激甚災害に指定され、周辺自治体においても復旧活動が続けられている。

ここでは、熊本地震後の 4 月 23 日と 9 月 2 日の現地調査および熊本県農林水産部の資料に基づく農地、農業用施設の被害状況について報告する。

##### (2) 農地および農業用施設の被害調査

熊本県内の農林水産関係の被害額は 1,487 億円で、平成 11 年台風 18 号 (約 800 億円) 以来、過去最大の被害額である。内訳は、農業被害が 1,048 億円、林務関係が 406 億円、水産関係が 33 億円となっている。表-4.1 には、被害額の大きい農地・農業用施設等の被害個所数と被害額を示す。農地・農業用施設に次いで、阿蘇地域周辺での畜舎・農舎、共同利用施設の倒壊等畜産関係の被害が顕著である。

農地関係では、水田の液状化 (写真-4.1)、法面の崩壊、地盤の亀裂とクラック (写真-4.2, 4.3)、擁壁の崩壊 (写真-4.4)、地盤沈下と隆起、牧場草地が被害を受けている。農業用施設では、ため池の堤体損傷と沈下 (写真-4.5, 4.6)、農道の路面沈下 (熊本市、益城町秋津地区)・亀裂 (宇城市不知火中腹地区)、広域農道 (益城町、御船町、甲佐町) の被害が出ている。熊本県では、新たな被害を防ぐための緊急対策として、ブルーシートによるため池被災部の保護や仮設ポンプによる放流、被害個所監視用ライブカメラを設置して、継続監視を行っており、営農の継続や再開に向けた応急復旧を進めている。さらに農家の方々が自ら取り組む復旧活動に支援している。また、稲作に必要な農業用水施設の応急復旧、代替水源の確保、作物転換支援にも推進している。

農地・農業用施設は平成 30 年までに復旧を完了する予定であり、原形復旧のみならず、将来を見据えた大区化等の農地集積のための基盤整備が必要で、農村地域の方々の合意形成を諮りながら事業計画が進められることが重要である。

西原村、大津町でのため池の被害、熊本市のため池堤体沈下、宇城市鏡ヶ下ため池の堤体損傷など老朽化したため池の地震による被害が大きいため、築堤年の古いため池では老朽化にともなう地震による強度低下が懸念される。今後も豪雨等による被害拡大を防ぐためにも早急の点検調査が急がれる。

表-4.1 農地・農業用施設等の被害個所と被害額 (熊本県農林水産部資料より)

熊本地震 (2016/9/5 現在)		被害個所数	被害額 (億円)	備考
農地	水田	7,674	218	法面崩壊、亀裂、クラック、液状化、牧野等
	畑	3,498	54	
計		11,172	272	
農業用施設等 (個数)	農業用施設	4,970	392	ため池、用排水路、農道等 農業集落排水施設等 海岸堤防、沈下等
	生活関連施設	3	3	
	海岸施設	70	35	
計		5,043	430	
農地・農業用施設被害 合計		16,215	702	推計額



写真-4.1 液状化の痕跡 (南阿蘇村)



写真-4.2 小麦畑の亀裂 (益城町大字上陳)



写真-4.3 農地の亀裂 (キャベツ畑)



写真-4.4 地震による水田擁壁の崩壊



写真-4.5 仮宿ため池の損傷 (大津町)



写真-4.6 下小森ため池の決壊 (西原村)

## 5. おわりに

鹿児島でもこの調査で見られたような強震動や被害が十分に起こりうる。これらの調査研究の成果をもとに、鹿児島で活かせる教訓を伝え、地域防災に貢献していきたい。

## 参考文献

気象庁 (2009) 震度計設置環境基準, <<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/shindo-kansoku/new-kijun-ver091026.pdf>> (参照 2017-01-25) .

国土地理院 (2016) 平成 28 年熊本地震の震源断層モデル (暫定), <<http://www.gsi.go.jp/commo/000139588.pdf>> (参照 2017-01-25) .

消防庁 (2017) 熊本県熊本地方を震源とする地震 (第 94 報), <<http://www.fdma.go.jp/bn/1701261700%E3%80%90%E7%AC%AC94%E5%A0%B1%E3%80%91%E7%86%8A%E6%9C%AC%E7%9C%8C%E7%86%8A%E6%9C%AC%E5%9C%B0%E6%96%B9%E3%82%92%E9%9C%87%E6%BA%90%E3%81%A8%E3%81%99%E3%82%8B%E5%9C%B0%E9%9C%87%20.pdf>> (参照 2017-01-26) .