

なぜ益城中心市街地は震度7となったのか

原口 強¹⁾

1) 大阪市立大学 大学院理学研究科 e-mail: haraguti@sci.osaka-cu.ac.jp

2度の震度7を観測した益城町中心市街地では被害は活断層沿いの幅数kmの細長い範囲に集中したが，地表地震断層に伴うズレ変位による建築物倒壊は無かった．被害の主因は地震動の増幅によるもので，地盤条件に依存していた．これは益城市街地が，丘陵でありながら，阿蘇カルデラからの豊富な地下水環境のために高含水の火山灰質軟弱地盤となっていたことに素因があった．

Key words : 2016年熊本地震，震度7，地震断層，火山灰質軟弱地盤，地下水環境

1. はじめに

平成28年(2016年)熊本地震¹⁾では，4月14日にM6.5の前震と4月16日にM7.3の本震が発生した．益城町の中心市街地では前震と本震でいずれも「震度7」を観測し，市街地の狭い範囲に帯状の建築物被害が集中した．地震直後，被害が集中した原因として，地震断層の影響が指摘された．しかし詳細にみると，実際に地表に明瞭な地震断層が現れた場所と，被害の集中した益城の中心市街地とは必ずしも一致しない．

明瞭な地震断層が現れなかった益城町中心市街地に被害が集中し，なぜ「震度7」となったのであろうか．本文では，「震度7」となった原因について考える．

2. 地表に出現した地震断層と建築物被害分布

4月16日の本震では益城町堂園地区(図1)で，最大変位を示す地表地震断層(図2)が現れた．



図1 堂園地区で最大変位が確認された地表地震断層の位置

その後，地震断層は明瞭な変位を伴いながら，直線的に連続した．三竹地点（図3）では，古い木造家屋（図4）の真横を通過した．ここでは1m以上のより大きな断層変位によって，道路が断ち切られたが，真横の家屋（図4）は倒壊しなかった．こうした現状は随所で観察された．



図2 麦畑を2mの横ずれさせた地表地震断層（堂園地区）

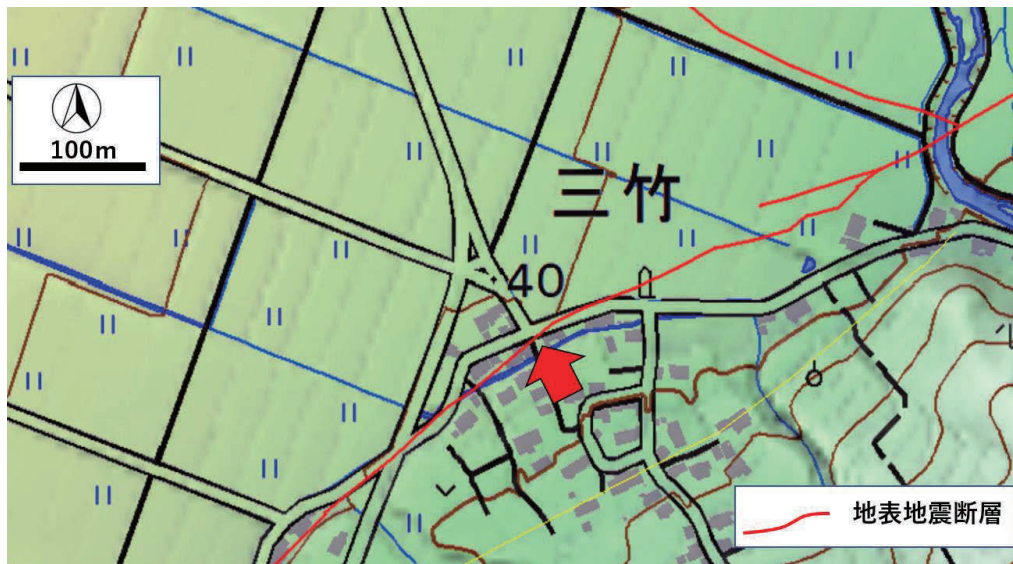


図3 連続する地表地震断層が通過した三竹地区



図4 地表地震断層で右ずれ変位した道路と断層に近接した民家

益城町市街地でも，16 日の本震後に集落内の道路を 40cm 横ずれさせる地表地震断層（図 5）が現れた．ここでも地表地震断層は道路東側（写真右）の建築物の基礎部を変位させたが，建築物は倒壊していない．断層は，道路を横切り，西側（写真左側）の薬局北側の駐車場との間を通過している．北側の駐車証から薬局の建築物をみると，薬局の建築物は無傷である．しかし，本来一直線になっていた北側ドアとのフェンスの隙間が右にずれている（図 6）のである．



図 5 道路を 40cm 右横ずれさせた地表地震断層と周辺の家屋の被災状況（木山地区）



図 6 地表地震断層：断層はドアとフェンスの間を通過し，40cm 右横ずれさせた

改めて，倒壊家屋が集中する益城町市街地を見てみる．被害は，惣領，馬水，安永，宮園，木山にかけて延びる西南西—東北東方向の幅約 600m の帯状の区間（図 7）に集中する．このうち地表地震断層が確認されているのは東半分だけである．この被災分布と地表地震断層の分布をみても，断層変位による建築物倒壊は説明することはできない．

国総研の益城町の通り悉皆調査では、「地盤変状態が建築物被害に影響を及ぼすメカニズムに関して（中略），・・・基礎固定条件で上部構造が崩壊状態となるような部材変形角が1階柱脚の強制変位によって生じさせるには，相当量の変位量が要求される．このような基礎被害は調査の中では殆ど認められなかった。」⁴⁾と述べている．すなわち，地盤変位で崩壊した建築物は確認されなかった，としている．すなわち，益城町の建築物被害は，断層変位によるものではないと判断される．

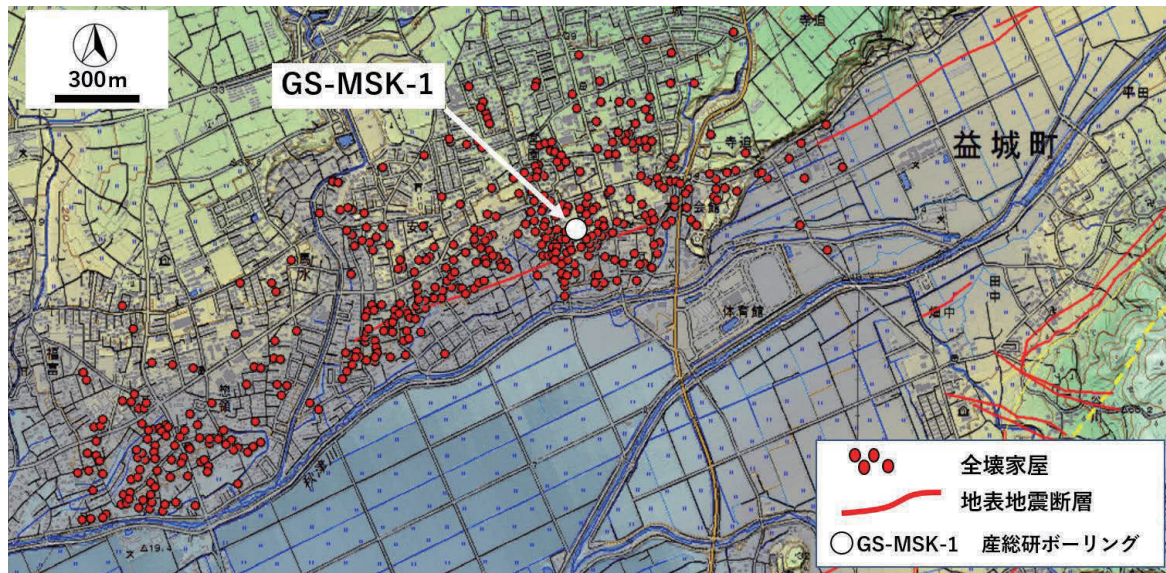


図7 益城町の全壊家屋分布と地表地震断層の位置

3. 益城町中心市街地の地形・地質と地盤

建築物被害が集中した益城の集落は，阿蘇外輪山の西側西麓の白川と木山川に挟まれた緩やかな台地から連なる南向きの緩斜面（図8）に位置する．

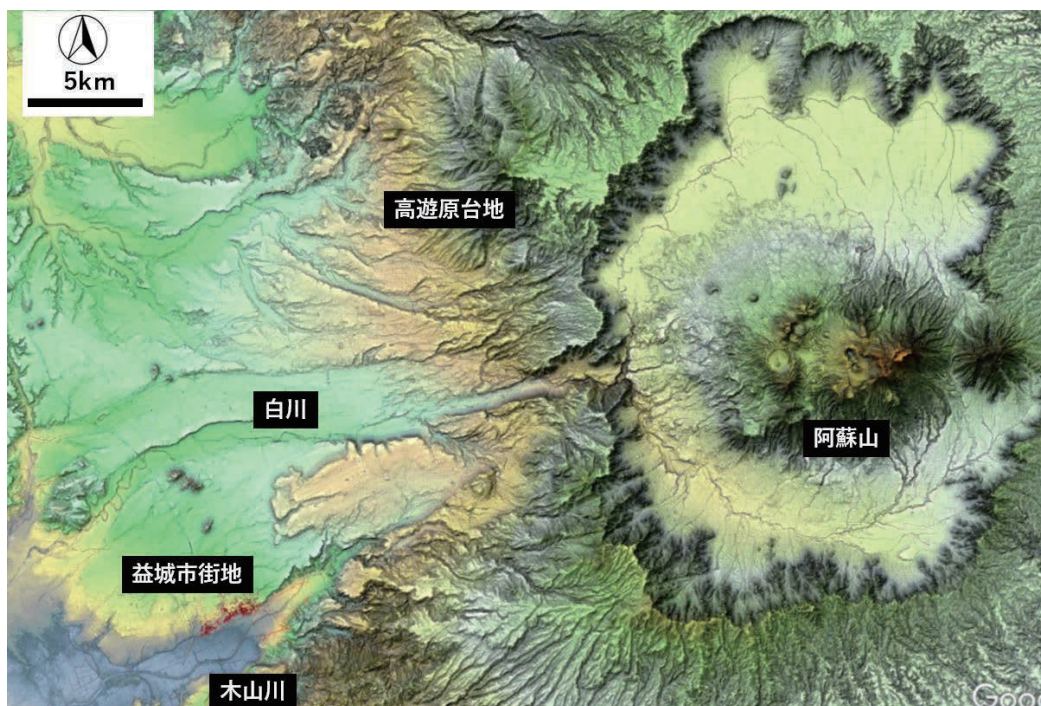


図8 阿蘇外輪山の西側西麓の白川と木山川に挟まれた益城市街地の位置

益城市街地は阿蘇外輪から西に延びる丘陵の南向きの緩やかな傾斜地に立地しているが，細かくみると，3段の地形面（図9）に分類²⁾される．この中で，被害の大きな範囲は，高位面の一部と中位面，低位面に集中している．通常地盤の悪いとされる沖積低地よりも，一段高い地形に位置している．国交省の解析²⁾では，この範囲での強震動が被災の主要因であった．

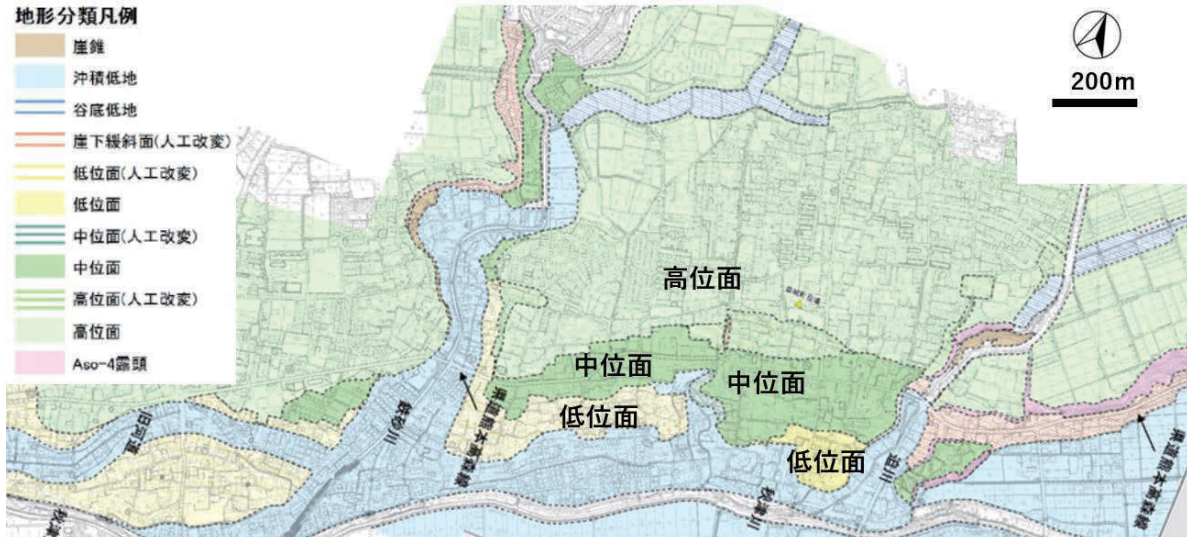


図9 益城町周辺の地形区分図（文献2を統合・編集・加筆）

地質分布を見ると，益城町役場のある付近は阿蘇の火砕流堆積物の分布域である．地質的にみると，台地を構成するのは9万年前の阿蘇山の噴火に伴い形成された阿蘇4火砕流堆積物の非溶結部（火山灰質地盤）からなる．通常，非溶結の火砕流台地では地下水位が低く，軟弱な地盤は存在しない．

地震後に被災の中心地で，産総研によるボーリングGS-MSK-1（図7）が実施された．ボーリングGS-MSK-1（図10）の結果，水位が地表から1.5mの位置にあり，地下水位が高い．地層構成は，表層盛土が2m，ローム層を挟んで凝灰質粘土が地下8mまで，その下位が凝灰質砂と，全て火山灰質となっている．地盤の強度と強く関連するS波速度（Vs）の分布は，Vs100m/s以下の極めて軟弱な地層が地下6mまで，Vs200m/s以下の軟らかい地層がその下11mまで分布している．斜面に，地下水位の高い火山灰質軟弱地盤が分布しているのである．

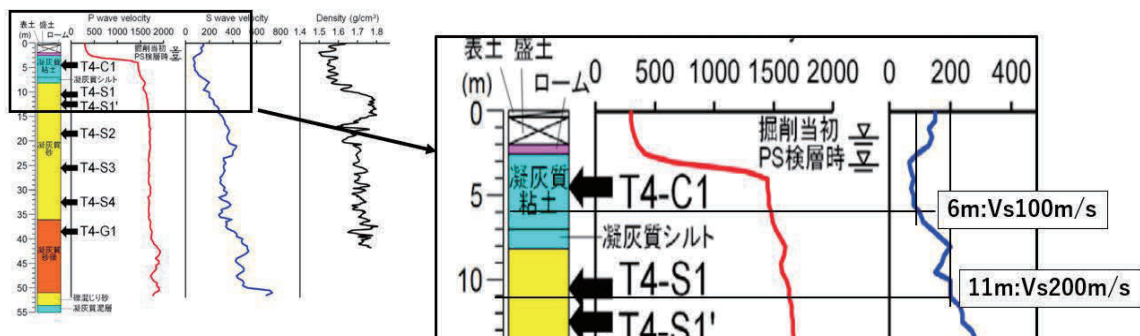


図10 被災中心地で実施されたボーリングGS-MSK-1の結果⁴⁾

ボーリング結果を裏付ける建築研究所のレポート³⁾がある。それによると、「4月14日の前震直後の現地調査の際、益城町役場では、益城町都市計画課長にご対応頂き、情報提供頂いた。建築物の被害は、県道熊本高森線を挟んだ両側の帯状の地帯で、木山地区から惣領地区までに被害が集中しているとのことであった。その地域は（中略）、・・遊水池であり、昭和50年代に住居等を建設するために深さ2～3mの泥土を搬出して土を入れた造成地である。」³⁾とある。なんと、被災中心地は、地下水位が高い火山灰質地盤であったこと、またそのことが地元の役場では認識されていたのである。

阿蘇外輪山の西麓の台地には、溝状の谷地形が見られる。同様の地形が江津湖上流（図11）の台地面で、丸い谷頭地形を持つ谷地形が確認される。すなわち、これらの谷地形は、豊富な地下水が台地斜面に湧出し、谷を浸食することで形成されるのである。

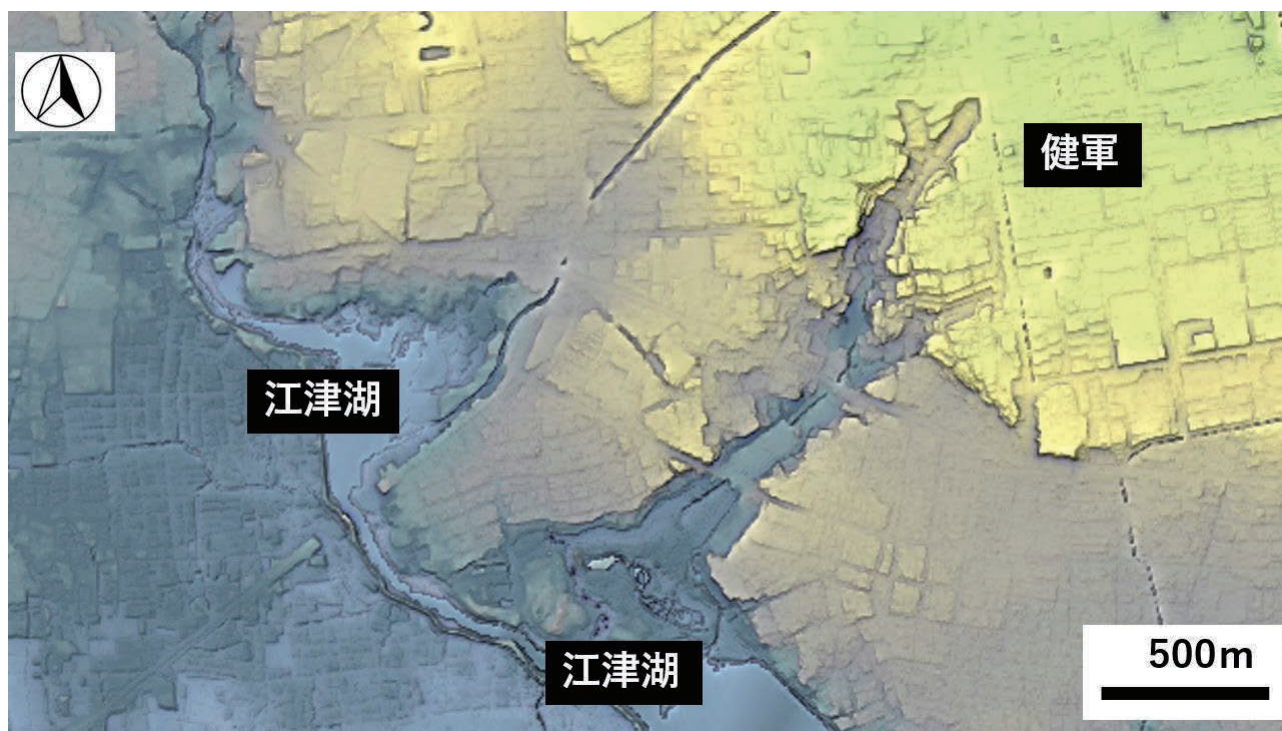


図11 江津湖と健軍付近の湧水源の地形

改めて、益城市街地周辺の地形（図12）をみると、高遊原台地を涵養源とする複数の河川が、益城市街地の背後を取り囲んでいる様子がみてとれる。

高遊原台地から湧出した地下水は河川を形成するが、流水は殆ど無い。伏流して台地に浸透した地下水は火砕流堆積物を風化させ、その後益城市街地となる斜面に湧出して湿地を作った。流れ出した堆積物の一部は軟弱な火山灰質粘土となって堆積する。こうして、地下水位の高い火山灰質軟弱地盤（図14）形成され、地盤環境が一変したのである。

このように長時間堆積した堆積物は、地震動などの機械的な擾乱のために骨格構造が破壊されない限り、勾配のある地形でも自重を支えることができる「構造土」となっている。それが、地震の揺れで骨格構造を失ったのである。

すなわち、震度7の背景となったのは地下水に満たされた軟弱な火山灰質地盤であり、その形成には阿蘇の豊富な地下水環境が大きく影響したのである。

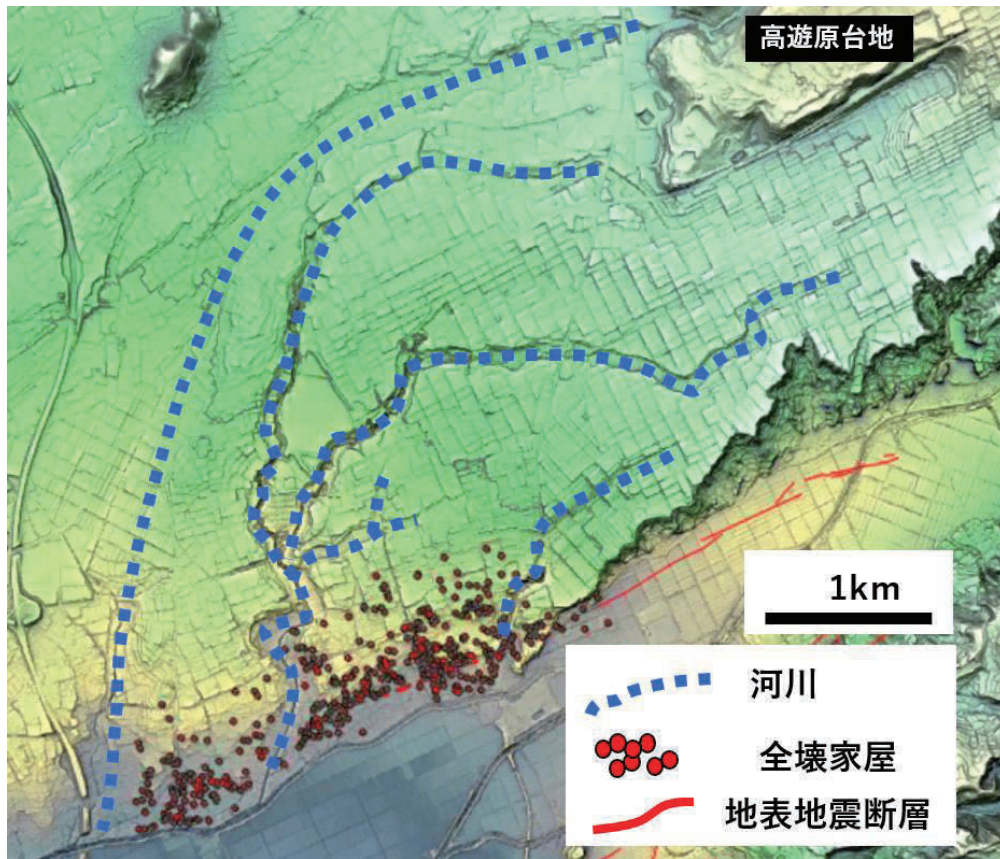


図 12 被災した益城市街地周辺の地形と河川系

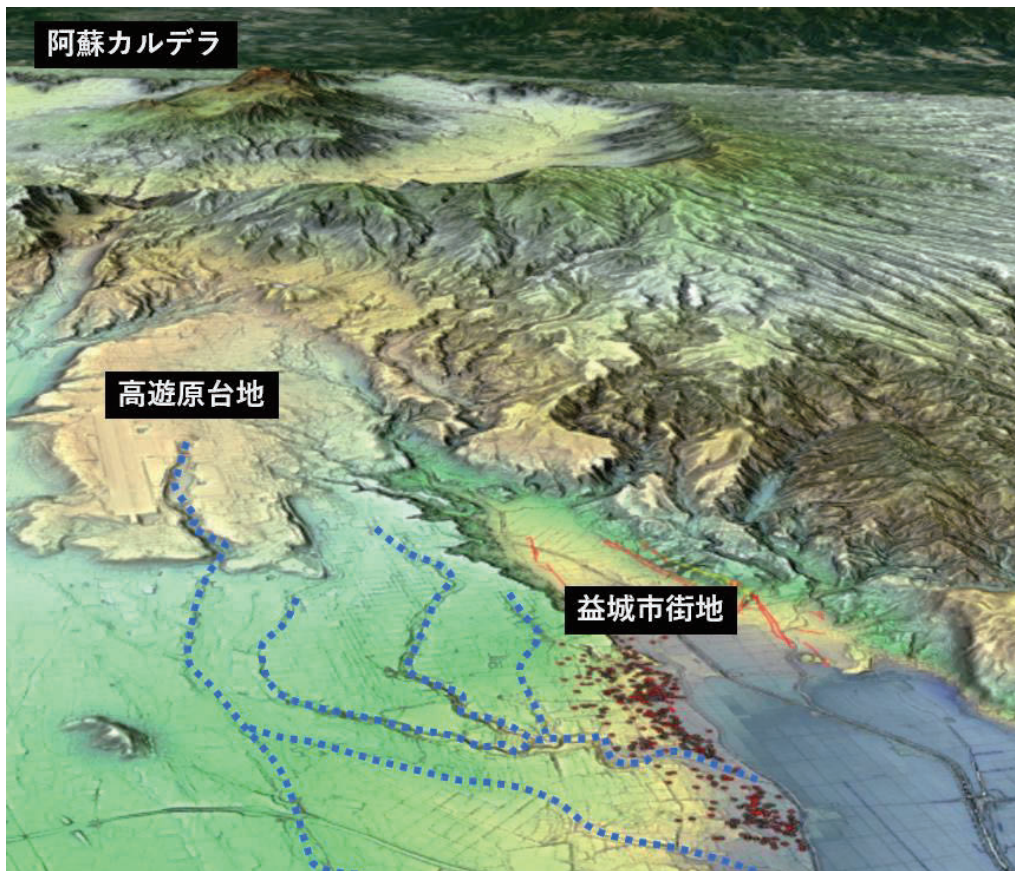


図 13 益城市街地周辺の地形と高遊原台地から湧出する河川系

4. まとめ

活断層地震では，断層沿いの幅数kmの細長い範囲に激しい被害が集中する．ただし被災分布と地表地震断層の位置は必ずしも一致せず，今回の益城町の被害分布調査からは断層変位による建築物倒壊はないことが示された．

では，なぜ益城町中心市街地は「震度 7」となったのか．建築物被害の主要因は，地震動によるものであった．地震動の増幅は地盤条件によって異なる．軟弱地盤では地震動が増幅する．震度 7 を記録した益城集落は，丘陵でありながら火山灰質軟弱地盤がその素因となった．それは豊富な地下水環境に原因があった．

南向きで陽当たりがよく地下水が豊富な土地は，利用価値の高く古来より多くの人々が居住し，発展してきた．地震は自然現象であるが，そこに人が住むことで災害となり，人口が集中することで被害を拡大させたとも言える．益城町と同様に，活断層が伏在する火山灰質丘陵は全国に存在する．多くの犠牲を伴ったこの事例は，こうした地域の地震地盤防災を考える上で貴重な情報となった．

参考文献

- 1) 熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会 報告書，平成 28 年 9 月，
<http://www.nilim.go.jp/lab/hbg/0930/report190416.htm>
- 2) 国土交通省都市局，熊本地震からの益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する報告書（中間報告書），平成 28 年 12 月，
https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi08_hh_000034.html
- 3) 国交省建築研究所，平成 28 年 4 月 19 日，平成 28 年（2016 年）熊本地震による建築物等被害第一次調査報告（その 1：4 月 15 日（本震前）調査結果速報）
- 4) 新垣芳一ほか，2017，益城町の 2016 年熊本地震被害集中域の表層に分布する凝灰質土の物理特性・動的変形特性，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol. 73, No. 3, 552-559