

総合講演・報告 4 「『断層の活動性と工学的なリスク評価』調査専門委員会活動報告」

熊本地震の概要

Earthquake geology of the April 14 and 16, 2016 Kumamoto Earthquakes

*奥村晃史¹¹広島大学

1. 前震・本震・誘発地震

2016年熊本地震では、4月14日21:26のM6.5地震の約28時間後、4月16日01:25にM7.3地震が発生した。M6.5地震により益城町では震度7の揺れが記録され8名が死亡した。M7.3地震では、益城町と西原村で震度7の揺れが記録されるとともに、広い地域で震度6強の揺れが記録され40名が死亡した。断層の位置関係からみて、14日のM6.5地震が、16日のM7.3地震を誘発した可能性がある。このような誘発は多く見られる現象であるが、トリガー地震と誘発地震の時間間隔は同時から数年までさまざまなケースがある。同時発生では地震の規模が大きくなり地震動も増幅される場合がある。一方、今回のように1日程度の間隔で強い揺れが繰り返される場合、2回の強い揺れを受けたことによる被害を、1回の揺れとは別に検討する必要性も指摘されている。上記2回の地震以外にも、14日の震源域では4月15日00:03のM6.4地震、16日の震源域では同日中にM5.5～5.9の複数の余震が発生した。また、震源域から離れた熊本県東部や大分県湯布院町でもM5.5程度の誘発地震が発生し活発な余震活動を伴った。

2. 予測された布田川断層の活動

4月16日M7.3地震は従来から記載された布田川断層を主たる震源断層として発生し、南方の高野断層・白旗断層、および布田川断層北東延長部、中部の分岐断層に地表変位が見られた。4月14日M6.5地震は高野断層・白旗断層で発生したとされるが、明瞭な地表変位は発生しなかった。地震調査研究推進本部は2002年に布田川・日奈久断層の評価を行い、2013年にそれを改訂して布田川断層帯・日奈久断層帯の評価とした。4月16日M7.3地震の震源は2002年評価の布田川・日奈久断層北東部と、北東延長部・分岐断層を除き一致している。2002年評価による延長27 km、最大変位2m、地震規模M7.2も4月16日M7.3地震とほぼ一致している。2013年評価は布田川断層西方延長上に存在の不確かな宇土断層を想定して連続させ、高野断層・白旗断層を日奈久断層帯に含めたため、4月16日M7.3地震の活動域とはかけはなれた評価となった。なお、宇土断層にそって熊本地震ではその東端の一部、明瞭な断層変位地形のある区間を除き全く活動は認められない。

3. 予測を越えた活動

2014年熊本地震における高野断層・白旗断層の活動は、いずれの評価とも異なっていた。4月14日M6.5地震は布田川断層と日奈久断層の接続領域である高野断層・白旗断層の地下で発生した。モデル計算による地下のすべりは1～2mであるが、地表では明瞭な変位はなかった。4月16日M7.3地震は高野断層・白旗断層に最大30cm程度の右横ずれ変位を与えたことが観察されている。この変位は両断層のトレンチ調査から予測されていた1回の地震による変位量2mを大きく下回るものであった。2回の地震が同じ断層面を破壊したかどうか、厳密には不明である。14日にできた小さな変位が16日に成長したとの報告もあるが、

*Koji Okumura¹¹Hiroshima University

14 日の変位は不連続で cm オーダーであり、地震動によって断層地表部がずれた可能性が高い。4 月 16 日 M7.3 地震による変位が著しく小さかった原因として、4 月 14 日 M6.5 地震で蓄積された歪みの大部分が地下で放出されてその残りが 16 日に放出された、あるいは、高野断層・白旗断層の最新活動が 1,200～1,500 年前と新しいために十分な歪みが蓄積されていなかったことを考えることができる。

4. 予測されていなかった活動

4 月 16 日 M7.3 地震では従来記載されていた布田川断層帯北東端から北東へ約 5km にわたり、従来活断層が記載されていなかった場所に連続する断層変位が現れた。この区間はカルデラ外輪の急斜面を横切って中央火口丘斜面に達し、外輪斜面の大崩壊や断層変位直上の家屋倒壊などで大きな被害が発生した。従来断層が見落とされていた原因として、急傾斜の斜面上に現れた断層変位地形が保存されにくいこと、急斜面下の平坦地には最新活動以降も河川の堆積作用が継続して最新活動の痕跡が保存されなかった可能性が考えられる。カルデラ内部への断層北東端の新たな延伸の可能性も考えられるが、この地域の過去の断層活動の状況を検証する必要がある。さらに北東の阿蘇町の沖積低地にも m オーダーの崖地形をとまなう地盤の陥没が生じた。これらを地下の震源断層が地表に達したものとする意見もあるが、分布状況や過去の掘削、旧河道の分布と合わせると、沖積層内の側方流動や陥没である可能性が高い。

一方、布田川断層中部では、分岐断層として津森小学校付近から益城町役場南方の益城町市街へ延びる延長約 3.7 km、最大 1m 程度の右横ずれ断層が見いだされている。また上陳付近には主断層と分岐断層をつなぐ延長 600m 程度の左横ずれ共役断層も出現した。分岐断層と共役断層はいずれも最新の河川堆積物を切って現れたが、この場所で過去の変位が保存されている可能性は皆無である。分岐断層は益城町市街地の最も激しい被害を受けた地域まで達しており、後述するように家屋被害と地表断層の関連も考えられている。

5. 益城町に集中した被害の原因

2016 年熊本地震の被害のうち、最も注目すべき点のひとつは益城町市街地に著しく集中した家屋被害である。その原因としては、強震動発生域との位置関係、前震・本震の震源破壊プロセス、表層地盤による増幅、分岐断層による市街直下の地表断層変位、斜面崩壊・側方流動等さまざまな原因が考えられ、分析が進められているが、一つの原因で説明することは容易ではないようである。例えば、地表断層の近傍では強い地震動が発生するという信念が 1995 年兵庫県南部地震以来語られているが、4 月 16 日 M7.3 地震による主断層近傍の被害は益城町市街地に較べて遙かに集中の度合いが低い。河川沿いの急斜面の盛土では多くの地すべり、側方流動が見られ被害が集中しているが、益城町市街の最も大きく被害を受けた地域にはそのような斜面は認められない。

従来の地形分類による地盤種別に基づく増幅率の推定では、益城町の南に広がる水田地域の沖積層の方が、益城町の立地する更新世の台地に較べ著しく高い増幅率が設定されている。水田地域には地震計が設置されず、家屋が密集しないため地震動と被害状況の比較は難しいが、必ずしも水田地域の被害が大きいようには見えない。

この水田地帯は有明海から木山川に沿って東西に延びる沈降域の東方延長にあたる。これまでの研究で、この沈降帯は有明湾岸で最近 10 万年間に 90m 程度、熊本市東部で 45m 程度の沈降を続けていることが知られている。益城町南方では、北側低下成分をもつ布田川断層主部によってこの低地帯が沈降していることが考えられる。一方益城町を載せる台地は、9 万 5 千年前の阿蘇 4 火砕流堆積物やそれ以降の河川砂礫層が地表を構成し、地下は阿蘇火山噴出物と河川砂礫層の互層である。従って、台地と低地の間には南側が

低下するような変形が存在する可能性も考えられる．仮にそのような変形が存在しないとしても，台地構成層と低地を埋める地層は複雑な指交関係や浸食・埋積関係が存在する．このような地質構造あるいは堆積構造に基づく地層の累重状況が局地的な強い地震動を生成した可能性も考えることができる．

6. まとめ

2016年熊本地震は，布田川断層帯に想定されていた地震がほぼ予測通りに発生した地震であった．しかし，日奈久断層沿い，北東の阿蘇カルデラ北部から大分県中部に達した顕著な誘発地震・余震域は誘発現象にあらたな知見をもたらした．高野断層・白旗断層の挙動は最大規模地震の繰り返しという単純なモデルでは説明できない．布田川断層帯北東端付近の地表変位は過去の地表変位が保存されない地点での断層存否を検討する上で重要な知見となった．また，分岐断層・共役断層の出現は，沖積層下に伏在する構造をつぶさに調査することの必要性を示している．益城町市街地に集中した家屋被害については様々な要因が考えられるが，明確な答えを得るためには一層の調査や分析が必要である．