

## 12-1 第218回地震予知連絡会重点検討課題「熊本地震で見えてきた課題」概要 Summary of the intensive discussion subject of the issues raised by the 2016 Kumamoto, Japan, earthquake

遠田晋次（東北大学災害科学国際研究所）  
Shinji Toda, International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS),  
Tohoku University

### 1. はじめに

2016年4月16日熊本地震(M7.3)では、日奈久断層北端と布田川断層が活動し、長さ約30kmの区間にわたって地表地震断層が現れた。地震調査研究推進本部が長期評価を行っている約100の主要活断層の中で、長期評価の公表後に顕著な断層変位を伴ったのは神城断層以来2例目であった。ただし、熊本地震発生前の評価では、布田川断層の平均活動間隔は8,100~26,000年、最後の活動が約6,900年前~2,200年前で、30年確率が「ほぼ0~0.9%」とされていたことから、特に大地震発生が切迫していると評価されていたわけではなかった。

しかし、地震発生後の1年半の間に各種機関が実施した調査結果をみると、布田川・日奈久断層帯の活動間隔は2,000~4,000年程度で、地震前の評価よりも頻繁に活動してきたことが見えてきた。また、日奈久断層帯日奈久区間など、熊本地震時に動かなかった区間の調査も進んでいる。確率の信頼性を担保するデータ量や質など、長期予測の向上へつながる要点や、長期評価の限界も見えつつある。

一方で、震源決定精度向上や干渉SARなどの観測技術の進展により、地表断層と震源断層との関係も詳しく把握されつつある。特に、地表断層変位の詳細な分布・変動量の可視化は著しい。熊本地震では、布田川・日奈久断層帯以外にも200個以上で小変位が誘発されたことが確認された。そのなかには、活断層とされていたものも多数含まれ、すべての活断層が必ずしも個別に大地震を起こさず、受動的に変位することも示唆される。大地震の「結果としての活断層」なのか、「原因としての活断層」なのか、活断層の再定義・再評価につながる研究成果が得られている。

また、地形・地質調査による長期評価を活かすためにも、中短期の変動を加味することが重要と思われる。熊本地震では、日奈久断層帯北端付近で本震の28時間前にM6.5、25時間前にM6.4の地震活動があり、活動域の拡大やプレスリップを示唆する地殻変動が指摘されている。さらに遡ると、2000年には同地域でM5も発生している。これらの活動域は、布田川断層と日奈久断層の屈曲部にあたり、1980年代に議論された破壊開始・停止に関わる断層幾何形状モデルの再考を促すとともに、内陸地震発生予測への手掛かりとなることも期待される。さらに、「遅れ破壊」という観点からは、現在も余効変動が継続中であり、地表地震断層での変位の成長も確認されている。震源断層沿いの経時的な変形や、周辺活断層への影響評価が急がれる。

これらを踏まえ、当検討課題では、熊本地震の最新の知見により活断層と内陸地震発生機構への理解を深め、内陸地震予測への調査研究の方向性などについて議論した。

### 2. 研究紹介と議論の概要

#### 2-1. 2016年熊本地震と日奈久断層帯の古地震履歴

産業技術総合研究所の宮下由香里氏に、地震調査研究推進本部の「平成 28 年熊本地震を踏まえた総合的な活断層調査」の一環として実施されてきた古地震調査について紹介いただいた。地震後の 2 年間で陸域 5 地点、海域 1 地点で調査が実施された。特に、未破壊域の日奈久断層帯の重点的な調査から、既往評価の 2 倍近い地震活動履歴を検出し、活動間隔が平均で 2～3 千年程度になることが示された。また、熊本地震破壊域（主として布田川断層帯布田川区間）の他機関の調査結果についても同様に 2～3 千年の活動間隔が得られており、当初の想定よりも、布田川—日奈久断層帯は活動的であるという認識が共有された。

#### 2-2. ALOS-2 の SAR で見つかった平成 28 年熊本地震による地表断層群

国土地理院の藤原 智氏からは、熊本地震に伴う SAR の詳細解析により、強震動を引き起こした布田川断層および日奈久断層北部以外にも約 230 箇所の小断層変位が周辺で生じたことが示された。遠いところでは、主断層帯から 15km も遠方に位置する。特に、熊本市街地と阿蘇外輪山北西で小変位が多数生じ、いくつかは現地で小規模な地震断層崖や道路のひび割れなどとして確認された。また、既知の活断層線とも一致するものも多数あり、受動的な「お付き合い断層」と解釈されるようである。活断層の定義の見直しや、地震動や余震との関連性についても検討が必要との指摘がなされた。

#### 2-3. 2016 年熊本地震 —地震観測から得られた地震像—

九州大学の松本 聡氏には、2016 年熊本地震合同地震観測グループの成果として、本震前後の稠密観測による詳細な震源分布が示された。その結果、地下の震源断層は地表よりもむしろ複雑で、断層帯に関連して複数の断層面が想定されるとのこと。特に、4 月 14 日、15 日の 2 つの M6 級の前震は、地表から単純に地下に延長される日奈久断層帯ではなく傾斜や位置が異なることなど、地表と地下の断層との連続性に関する重要な報告がなされた。また、本震前後の応力場についても詳細解析が示され、応力場から予測されるすべり方向と地震時のすべり方向が概ね一致することが示された。活断層周辺の応力場を予め把握することで、本震時の地震すべりを予測できる可能性がある。

#### 2-4. 2019 年熊本地震の本震前に見られた前震域の拡大

東京大学地震研究所の加藤愛太郎氏には、本震 28 時間前の 4 月 14 日の Mw6.2 の前震以降、地震発生域が徐々に拡大して本震に至る過程が紹介された。特に、前震によって生じた余効すべりが国土地理院の電子基準点で捉えられており、Mw5.8 程度のモーメントを放出するゆっくりすべりが生じていたことが示された。これにより、本震震源域に応力载荷が起こり、本震が誘発されたことが指摘された。同様の前震活動の拡大や本震直前のゆっくりすべり現象は国内外の他の地震でも、加藤氏によって報告されている。短期予知や地震連鎖の評価に今後適用できる可能性がある。

#### 2-5. 点過程モデルによる熊本地震前後の地震活動の解析

統計数理研究所の熊澤貴雄氏からは、地震活動の時空間推移を統計的に説明できる ETAS モデルを使った熊本地震の本震前後の地震の特徴が紹介された。長期的には布田川断層帯の一部で群発地震活動が検出され、2016 年の活動に関連した可能性もあるという。また、4 月 14 日の M6.5 地震による余震活動は 15 日の M6.4 で通常よりも静穏化しており、何らかの地殻活動を示唆するようである。その結果 16 日の本震に至ったと考えられる。さらに、本震の余震活動は順調に減衰しているものの、一部流体起源と考えられる通常の余震活動からの逸脱を示唆する指摘もあった。

## 2-6. 2016年熊本地震の余効変動

国土地理院の小林知勝氏からは、SAR観測が捉えた広域と局所変動に関する詳細な解析結果を視覚的に理解しやすい形で示していただいた。特に、本震から2年経過した現在でも九州全域で余効変動が継続中であり、布田川断層東部周辺では隆起傾向と西向きの変動、西部から熊本平野側では沈降傾向と東向きの変動が続いている。これらの余効変動に関しては、断層沿いの余効すべりと広域の下部地殻による粘性緩和が主な原因であり、九州中部では特に下部地殻の粘性係数が小さいことが重要とのこと。また、日奈久断層沿いの余効変動では、余効すべりが顕著に認められ、実際肉眼でも地震断層変位がその後成長している状況が紹介された。日奈久断層未破壊区間の長期評価に重要な地殻変動が示された。

## 3. まとめ

今回の重点検討課題では、熊本地震後の精査で明らかになった最新の知見と問題点について、各研究分野で紹介していただいた。予測という意味では、長期と直前短期を含め依然として困難であることが再認識されたが、前震活動の推移などから本震発生に至るプロセスの理解が進んだ。また、長期予測に資する新たな古地震・地震地質データも蓄積されつつあり、日本列島の他の主要活断層帯の評価への反映が期待される。さらに、余震や余効変動の解析も進んでおり、未破壊区間の日奈久断層帯などの活動履歴も明らかになりつつあり、周辺域での長期予測に適切に反映されるものと思われる。