

## 2016年熊本地震の前震と本震

2016年4月14日21時26分、九州の熊本地方で地震が発生。モーメント・マグニチュード(Mw)は6.2、熊本県益城町で震度7を観測した。「その後、Mw6.2より規模の小さい地震が続いたことから、14日21時26分に発生した地震が本震、その後の地震活動が余震であると、多くの人が考えていました」と加藤愛太郎准教授は振り返る。

地震が起きると、ほとんどの場合、余震が引き続いて発生する。そして、余震の規模は本震より小さく、その数は次第に減っていく。ところが、14日21時26分に発生した地震の後の活動は違っていた。「4月16日午前1時25分、Mw7.0の地震が発生したのです。現在では、16日のMw7.0が本震、14日のMw6.2が前震と呼ばれています」

16日未明に発生したMw7.0の本震では、益城町と西原村で震度7を観測。益城

町は14日夜に続いて2度目の震度7となった。気象庁は、4月14日21時26分以降に発生した熊本県を中心とする一連の地震活動を「平成28年(2016年)熊本地震」と命名している。

熊本地震は、内陸にある活断層が破壊されてすべることによって発生した内陸地震である。前震は、熊本県の八代平野から八代海南部に延びる日奈久断層の北部区間(高野-白旗区間)で発生した(図1)。本震は、阿蘇山のカルデラ内の西部から宇土半島に至る布田川断層の東部で発生。布田川断層と接する日奈久断層の北部区間も前震に引き続きすべった。すべった断層面が広いほど、地震の規模は大きくなる。前震はおよそ15km、本震はおよそ45kmの長さにとわたって断層がすべったと推定されている。益城町学園では、布田川断層の活動によって2mほどの横ずれ断層が地表に出現した(表紙上)。

## 前震の後、地震活動域が拡大

「14日夜にMw6.2の地震が起きた段階で『これは前震で、より大きな地震が起きるから注意してください』と言えればいいのですが、地震活動が進行している最中に、それが前震であると判断して本震の発生を確度高く予測することは、現在の地震学の知見では不可能です」と加藤准教授は指摘する。「しかし、より大きな地震がいつ、どこで発生するという予知はできなくても、発生する確率が普段に比べて相対的に高いという評価ができれば、それだけでも被害の軽減につながることを期待されます。そのためには、熊本地震において前震から本震に至るまでにどのようなことが起きていたかを理解する必要があります」

加藤准教授は、熊本地震の前震の発生から本震の発生に至るまでの間に、地震活動が発生する場所が時間とともにどのように変化していたのかを詳細に解析した。すると、前震が発生した後、時間がたつにつれて地震の発生域がじわじわと拡大していく様子が見えてきた(図2)。

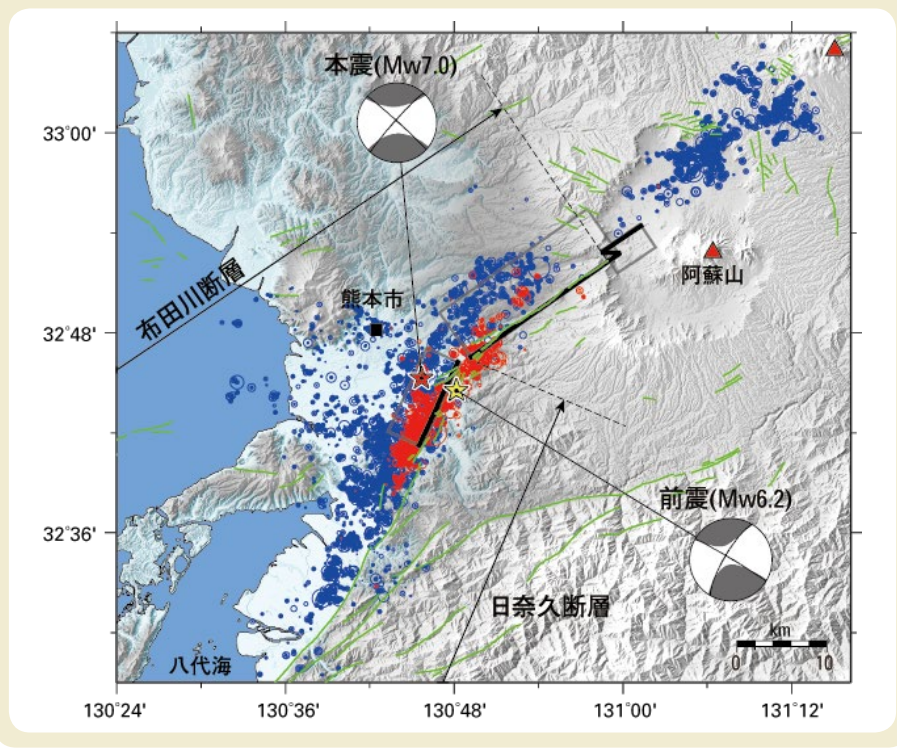
「前震の後、地震活動は北東方向、つまり日奈久断層の走向方向に拡大するとともに、断層の浅い方向と深い方向にも拡大しています。興味深いのは、地震活動の拡大が本震を起こした断層の破壊開始点にも向かっていることです」と加藤准教授。地下で何が起きていたのだろうか。

## ゆっくりすべりが伝播

加藤准教授は、地震活動域の拡大の背景を、こう考えている。「地震が発生すると、その断層の周りがずるずると、ゆっくりすべることがあります。そのゆっくりすべりによって地震活動が引き起こされます。熊本地震でも、前震がきっかけとなってゆっくりすべりが発生し、それに伴って地震活動が拡大していったのでしょう」

その考えを支持する観測データがある。前震の震央の近くに国土地理院が設置した地殻変動観測点があり、前震発生時のステ

図1 熊本地震の前震と本震の震源  
前震は2016年4月14日に日奈久断層で発生しMwは6.2、本震は4月16日に布田川断層で発生しMwは7.0であった。赤丸は前震、青丸は本震に関連した地震を示す。緑色の線は活断層の地表トレース、四角は図3に対応する。Mwとは、地震から放射されたエネルギーに基づく地震の規模を表す指標。



# 2016年熊本地震の本震前に前震域が拡大

図2 熊本地震の前震発生から本震発生直前までの地震活動の時空間発展図(積算図)

断層の走向方向に加えて、断層面の傾斜方向(浅い側と深い側)にも地震活動が拡大していく様子が分かる。

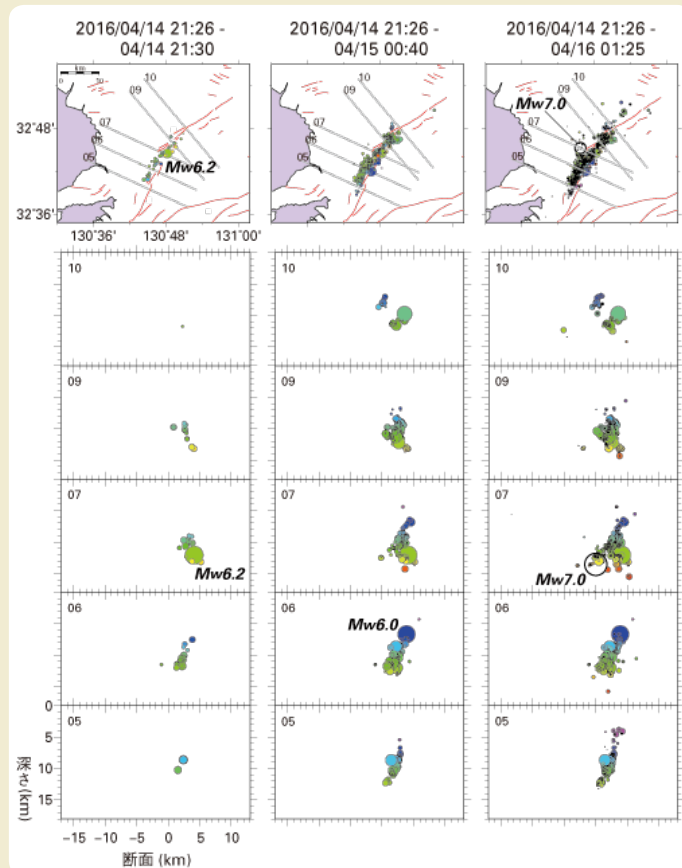
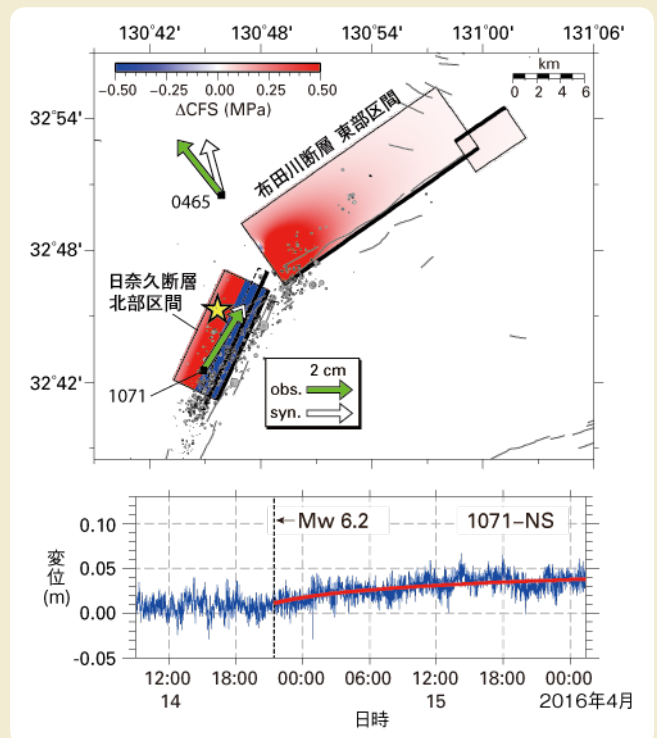


図3 熊本地震の前震によって本震断層面へ加わったクーロン応力の変化とゆっくりすべり

クーロン応力とは、地震に伴う地殻の動きから計算される力の変化量をもとに、断層面のすべりやすさ(赤)、すべりにくさ(青)の変化を表す指標である。黄色の☆印は本震の破壊開始点、灰色の丸は前震から本震発生直前までの地震活動の震央位置を示す。灰色の実線は活断層の地表トレス。緑色の矢印は前震から本震発生前までに地殻変動観測点で観測された非定常な変位(下図)、白色矢印は前震の断層面上に一樣なすべり(約25cm、Mw5.8相当)を仮定して計算された変位を示す。



ップ的な地殻変動が観測されている。そして前震の後、本震が発生するまでの間に、前震のときと同じ方向にじわじわと変動が進んでいく様子が捉えられているのだ(図3下)。加藤准教授たちは、前震の後に日奈久断層でゆっくりすべりが生じたというモデルを用いて、どのような地殻変動が生じるかを計算してみた。このような地殻変動が観測された場所は非常に少ないため、すべりの場所や大きさを正確に推定することは難しいが、日奈久断層面上でMw5.8相当のゆっくりすべりが起きたと仮定すると、観測された地殻変動の変位をうまく説明できることが分かった。

では、ゆっくりすべりの伝播が本震を引き起こしたのだろうか。「地震が発生することで震源断層から力が解放されるため、周辺の断層にかかる力が変化します。熊本地震では、前震の発生によって日奈久断層にかかっていた力が解放され、布田川断層にかかる力が大きく増加しました(図3上)。布田川断層と接する日奈久断層の北部区間の深い所にも応力が増加しています。そうした前震による力の変化にプラスして、ゆっくりすべりによって本震の断層面に力が加わったことで、本震の発生が促されたことが考えられます」

### より大きな地震につながる可能性を評価し、情報発信を目指す

前震の後に地震活動域が拡大し本震が発生した例は、プレート境界型地震ではいくつか報告されている。その一つが、2011年東北地方太平洋沖地震だ。2011年3月9日、日本海溝から沈み込む太平洋プレートと陸側の北アメリカプレートの境界でMw7.3の地震が発生。その後、地震活動域は南へ拡大していき、2日後の3月11日にMw9.0の地震が発生した。熊本地震において前震から本震に至る地震活動は、規模は小さいもののそれと類似している。「内陸の活断層でも、前震の後に地震活動域が拡大し本震が発生するという現象が、地殻変動と同時に観測された点が、今回の成果の特徴です」と加藤准教授。地震活動の推移の複雑さを理解する上で、とても重要な成果である。

しかし、「ある地震が起きたときに、それが前震であり、より大きな地震が発生する可能性があるかどうかを予測するには、私たちの理解はまだ不足しています」と指摘する。「ゆっくりすべりが発生して地震活動域が拡大していても、その後に周辺で大きな地震が発生する場合としない場合があります。その違いを明らかにする必要があります」

加藤准教授は、過去に発生した地震について前後の地震活動のデータをさまざまな視点から解析することで、大きな地震につながる場合とつながらない場合の違いが見えてくるのではないかと考えている。「大きな地震につながるか、つながらないかは、地震活動が起きた領域の周辺の断層にどの程度ひずみがたまっているかに影響されます。地震活動の解析とともに、地殻変動データに基づく変形速度や断層の活動履歴を調べ、ひずみの蓄積状況を把握することが重要です」

4月14日のMw6.2の地震による被害は益城町に集中していた。余震に注意するようという呼び掛けはあったものの、より大きな地震の発生の可能性についてはあまり触れられていなかった。しかし、16日にMw7.0の本震が発生し、広範囲で大きな被害が生じた。14日の地震で傾いた家屋が16日の地震で崩壊した例もある。

「より大きな地震が発生する確率が、普段に比べて相対的に高いことを皆さんに伝えることができれば、周辺の地域でも地震に備え、被害の軽減につながることを期待されます。それを目指して、地震活動データの解析や断層のひずみ蓄積状況の推定、そして地震発生メカニズムの解明を進めていきます」