

# 地震の破壊はなぜ止まるのか？

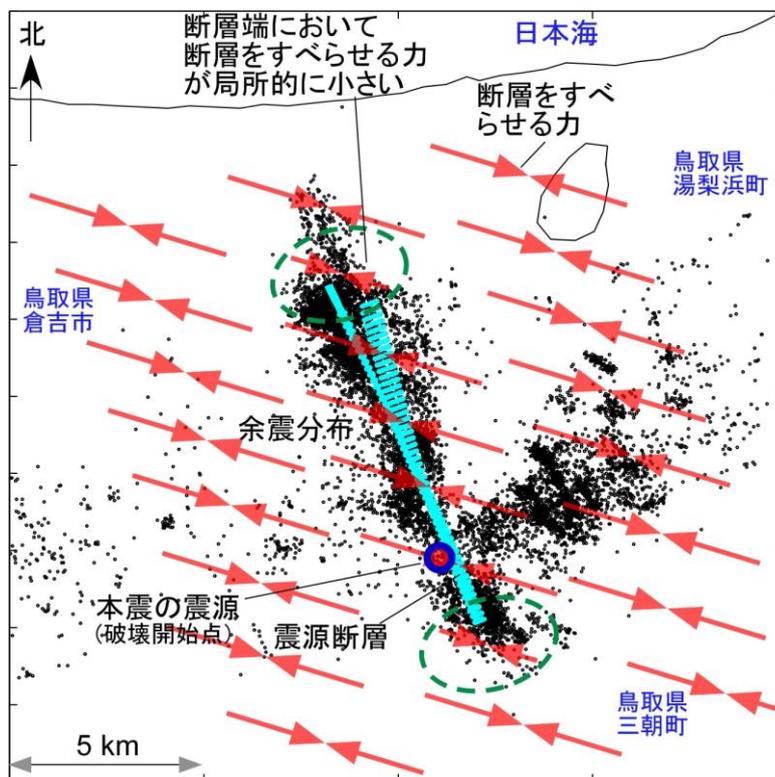
## —2016年鳥取県中部地震の断層サイズを決めたもの—

### 概要

飯尾能久 京都大学防災研究所教授、松本聡 九州大学大学院理学研究院教授、酒井慎一 東京大学地震研究所准教授(研究当時、現大学院情報学環・学際情報学府教授)らのグループは、満点および0.1満点地震計<sup>注1)</sup>等による2016年鳥取県中部地震の余震観測データの解析を行いました。その結果、本震の断層の両端付近において、地震前に、断層をすべらせる力が局所的に小さくなっていたことが分かりました。

ある場所で起こりうる地震の最大サイズはどれくらいか？、それは事前に予測可能か？という問題は、地震被害の予測のために重要です。しかしながら、窓ガラスの破壊が途中で止まらないのに、地震の破壊はどうして止まるのかという問題はほとんどわかっていませんでした。余震の初動分布<sup>注2)</sup>の詳細な解析により、初めて震源断層の正確な位置、特にその両端の位置を把握することが出来ました。その結果、両端付近において、断層をすべらせる力が局所的に小さかったために、本震の破壊がそこで止まったことが分かりました。このことは、本震の後に、そこで大地震が再発する可能性が極めて低いことも示唆しており、大地震後の地震活動の予測においても重要な知見です。2000年鳥取県西部地震でも同様なことが起こっていた可能性があり、今後は、この現象が普遍的なものかどうかを明らかにして、地震の発生予測に役立てたいと考えています。

本成果は、2021年8月6日にイギリスの国際学術誌「Communications Earth & Environment」にオンライン掲載されました。



## 1. 背景

ある場所で起こりうる地震の最大サイズはどれくらいか？、それは事前に予測可能か？という問題は、地震被害の予測のために非常に重要です。例えば、窓ガラスが割れるとき、その破壊は中途半端には止まらず、必ず窓枠まで達して、全体が割れてしまいます。それは、既に割れた部分の端に「応力集中<sup>注3)</sup>」と呼ばれる大きなひずみが生じて、まだ割れていない部分を次々と割ってゆくからです。このように(普通の)ガラスの破壊は途中では止まりません。地震は岩石中で起こる破壊現象ですが、岩石とガラスは似たようなものです。そのため、地震に関しても、一旦始まった破壊は簡単には止まらないことが従来から大きな問題となっていました。破壊を止めるために、(1)断層端付近が非常に固くて割れない、(2)地震前に、本震で破壊したところだけ断層をすべらせる力が大きかった、(3)本震後に断層端付近は地震を起こさずにゆっくりと変形した、(4)地震前に断層端付近において既に断層をすべらせる力が小さくなっていったという異なった考え方がありましたが、決着をつけることが出来るような決定的な観測データはありませんでした。また、地表の活断層の形状から断層端の秘密を探ろうとする研究も行われていますが、約半数の活断層はなぜそこで破壊が止まったのかが不明でした。

このように、地震の大きさを予測するために様々な問題があったので、余震観測とそのデータの詳細な解析を行いました。

## 2. 研究手法・成果

余震の初動分布から地震メカニズム解<sup>注4)</sup>を約1万個決定しました。本震の断層を境に地震メカニズム解に違いがあることに着目して、震源断層の正確な位置を3次元的に推定することに成功しました。また、断層端で正断層型の余震が集中することから、震源断層の両端の位置を正確に決定することが出来ました。これらにより、本震の破壊が止まった場所を正確に把握することが出来たので、その付近において、岩盤に働く力の空間分布を詳細に調べました。その結果、上記の(4)に対応する、地震前に断層端付近において断層をすべらせる力が局所的に小さかったことが分かりました。

地震の破壊が止まる仕組みを、観測データに基づいて明らかにできたことは、地震という複雑な現象に関する未知の部分の解明が一歩進んだと評価出来ます。加えて、ある場所で発生する地震の最大のサイズを事前に予測するための確かな基盤を作ることが出来たという意義も持っています。

## 3. 波及効果、今後の予定

大地震の後に引き続き同程度以上の大きな地震が発生するかどうかを精度よく予測することは、最初の大地震により家屋がダメージを受けている場合があるので、非常に重要です。上記のように、地震が起こる岩石がガラスと似たようなものならば、本震の断層の端には大きなひずみが生じているはずであり、断層端付近は、地震前よりさらに地震が起こりやすい状態になっているはずですが、ところが、これまで、大地震の後に同程度以上の地震が起こることはまれでした。ところが、まれに大地震が発生して、大きな被害が起こることがあります。両者を分けるものは何なのかという問題は地震災害の軽減のために非常に重要です。また、この問題は、地震が発生する可能性のある場所が特定されているため、ある場所で大地震が起こる可能性が高いのかがどうかという、一般的なケースよりは難易度は低いはずですが、今回得られた知見は、本震の後に、断層端で大地震が継続する可能性が極めて低いことも示唆しており、大地震後の地震活動の予測においても重要な知見となります。

この結果は、2016年鳥取県中部地震に関して得られたものであり、今後は、この現象が他の地震でも起こ

っているのか、さらに、どの程度の普遍性を持つのかを解明することが重要となります。隣接する地域で発生した2000年鳥取県西部地震も同様であった可能性を示唆する既存の研究成果があります。また、2018年には島根県西部でM6.1の地震が起きました。これらの地域では、2009年より「満点計画」による高密度の地震観測が行われており、2017年度には「0.1満点計画」により、観測点がさらに増強されていました。これらの質量ともに豊富なデータを駆使して課題の解決を図りたいです。

#### 4. 研究プロジェクトについて

文部科学省「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」、新学術領域研究(平成26-30年度)「地殻ダイナミクス -東北沖地震後の内陸変動の統一的理解-」のサポートをいただきました。

##### <用語解説>

**注1) 満点地震計:** 商用電源の無いところでも半年以上連続して地震データを記録するために2006年頃に開発された地震観測システムです。

**0.1 満点地震計:** 満点地震計をさらに改良した、1年以上連続して地震データを記録可能なシステムです。携帯電話でデータを伝送する機能も持っています。2017年度には鳥取県西部に1000カ所設置されました。

**注2) 初動分布:** 観測点における地震波のゆれ始めが上向きか下向きかを、地図上に示したものです。これから、地震メカニズム解を推定します。

**注3) 応力集中:** 応力は岩石中などに働く力のことを指します。局所的に力が大きくなることを応力集中と呼びます。例えば、トンネルを掘削するとその側壁に大きな応力集中が発生します。一方、論文の和文タイトルにある「応力緩和」という現象は、これと正反対のもので、応力が小さくなる(緩和する)現象です。

**注4) 地震メカニズム解:** その地震がどのような断層の破壊で発生したかを推定するために基本となる図です。4象限型の初動分布を反映して、4分割して白黒に色付けされた「ビーチボール」となります。

##### <研究者のコメント>

本研究に限らず、地震の観測においては、地元の方々の暖かい支援をいつもいただいています。特に余震観測では、地震被害に遭われているにも関わらず、無理をお願いして地震計を設置させていただくことが多いです。今回も、鳥取県三朝町・倉吉市・湯梨浜町を始め地元の皆さまには大変お世話になりました(一部では現在も引き続きお世話になっています)。そのご厚意に少しでも報いることが出来るようにと、頑張っ

##### <論文タイトルと著者>

タイトル: Stress relaxation arrested the mainshock rupture of the 2016 Central Tottori earthquake (2016年鳥取県中部地震の本震の破壊を止めた応力緩和)

著者: Yoshihisa Iio, Satoshi Matsumoto, Yusuke Yamashita, Shin'ichi Sakai, Kazuhide Tomisaka, Masayo Sawada, Takashi Iidaka, Takaya Iwasaki, Megumi Kamizono, Hiroshi Katao, Aitaro Kato, Eiji Kurashimo, Yoshiko Teguri, Hiroo Tsuda, Takashi Ueno

掲載誌: Communications Earth & Environment DOI: 10.1038/s43247-021-00231-6

< 参考図表 >



### 満点地震計

地震計 3成分  
データロガー(記録装置)  
単一電池8本で約2か月間  
CFカードに連続記録



### 0.1満点地震計

地震計 1成分  
データロガー(記録装置)  
単一電池8本で約3か月間  
SDカードに連続記録