

## 地震時の高周波放出と大きな断層すべりとの関係に関する新知見

### 研究成果のポイント

- ・ 独自開発をした解析手法を用いて、巨大地震(2010 年チリ地震)の高周波放出源を今までにない高い精度で推定した。
- ・ 大地震時の大きなアスペリティ(注1)破壊前に強い高周波の放出現象が発生していることと、2つの大きなアスペリティ破壊の間に弱い高周波放出を伴う破壊が存在することを明らかにした。
- ・ これらの結果は、地震のリアルタイム解析を行うことにより、地震の規模が大きくなるかどうかを地震の途中で予測できる可能性を示唆する。
- ・ これらは、巨大地震のメカニズムを理解する上できわめて重要な新知見である。

### 研究概要

国立大学法人筑波大学、生命環境系の八木勇治准教授と大学院生の奥脇亮、システム情報系の平野史朗研究員は、八木准教授の研究室が自主開発した最新の解析手法を用いて、2010年にチリで発生した巨大地震を解析することにより、地震波の高周波放出現象が、地震時の大きなすべりを誘発し、さらに大きなすべり同士を繋げる役割を果たした可能性があることを明らかにしました。

地震波の高周波成分(約 1 Hz)の励起現象は、破壊が伝播する速度やすべりの速度の急激な変化を反映することがわかっており、地震発生メカニズムを深く理解する上で重要な情報です。そこで本研究では、2010年に発生したチリ地震(マグニチュード 8.8)に対して、高周波放出源の時空間分布を高精度にイメージングする最新の手法を適用し、高周波放出源の時空間分布を推定しました。高周波放出源と、震源インバージョン法(注2)による断層すべり(注3)の時空間分布を比較した結果、比較的強い高周波の励起現象が、大きなアスペリティの破壊の直前に発生していることがわかりました。また、2つの大きなアスペリティ間では、すべりの先端に沿って比較的弱い高周波の波源が複数分布していることがわかりました。以上の結果から、強い高周波の励起現象が大きなアスペリティ破壊の引き金となると同時に、弱い高周波を励起するような破壊が複数の大きなアスペリティ破壊を橋渡しする可能性が示唆されました。これは、地震の発生メカニズムを理解する上できわめて重要な新知見です。

本研究の成果は、2014年11月19日(英国時間)付で Nature 出版グループの電子ジャーナル Scientific Reports にて公開される予定です。

\* 本研究は科学研究費補助金(文部科学省)24540450 によって実施されました。研究者が所属する2つの系をまたぐ共同研究は、筑波大学が主導しているプロジェクト「巨大地震による複合災害の統合的リスクマネジメント」によって実現したものです。

### 研究の背景と経緯

地震によって発生する地震波のうち、高周波側(約 1 Hz)の波は、地震時の破壊伝播速度やすべり速度の急変によって励起されることが、理論的な研究やシミュレーションによって知られている。したがって、地震時に高周波がどのように放出されたのかを詳しく知ることは、地震発生のメカニズムを深く理解するための鍵となる。また、1 Hz 前後の高周波による地震動は、地震被害との相関性が高いとされており、地震波の高周波成分は、今後起こりうる巨大地震の地震動を予測する上でも重要な情報である。しかし、実際の観測において、地震波の高周波を用いた解析には技術的な困難が多く、高周波の放出現象と破壊過程との関係を高い解像度で検証することはあまり行われてこなかった。特に、広く普及している Back-projection 法という解析手法では、高周波の放出源の位置と時間を正しく求めることは困難であり、高周波の放出現象と破壊過程の関係を正しく理解することはできない。八木准教授の研究室では 2012 年に Hybrid Back-projection 法を開発し、高周波の放出源の位置と時間を正しく求めることに成功した。本研究では Hybrid Back-projection 法を一部改良し、高周波の放出源をさらに高い解像度で推定できるようにし、2010 年チリで発生した巨大地震(マグニチュード 8.8)を例に、高周波の放出現象と地震時の破壊過程との関係を詳しく解析した。

### 研究の内容

解析には、全世界のデジタル地震観測網で観測された遠地実体波を用いた。比較的強い高周波の放出源が震央付近(図 1、0-15 s)と、震央から北東 180 km(図 1、61-75 s)の 2 カ所で確認された。また、比較的弱い高周波の放出源は、2 回の強い高周波放出イベントの間を埋めるように分布している(図 1、16-60 s)。こうした高周波の放出イベントと地震時の破壊過程との関係をさらに詳しく調査するために、本研究で求められた高周波の時空間分布と震源インバージョン法によって求められた断層すべりの時空間分布とを比較した。その結果、(1)比較的強い高周波の励起現象は、大きなアスペリティ破壊に先立って発生していることがわかった。さらに、(2)比較的弱い高周波の励起源は、2 回の大きなアスペリティの間で、破壊の先端に沿って分布しながら、1 回目の大きなアスペリティ破壊と 2 回目の大きなアスペリティ破壊を繋ぐように北へと伝播していく様子が観測された。(1)の結果は、大きなアスペリティ破壊が、先行する強い高周波励起イベントによって引き起こされたこと、(2)の結果は 2 回の大きなアスペリティ破壊が、弱い高周波を励起するような破壊によって橋渡しされた可能性を示唆している(図 2)。

以上の結果は、(1)大きなアスペリティがどのような条件で破壊されるのか、また、(2)地震の規模を決めるような複数の大きなアスペリティの破壊同士がどのようにして繋がれるのか、といったことを理解する上で重要な観測結果である。

## 今後の展開

高周波の励起要因としては、破壊に要するエネルギーや断層面上にかかる応力(注 4)の不均質な分布、あるいは断層形状や断層表面の凸凹など、複数の可能性が考えられるが、本研究ではそうした要因を一意に決定できない。ただし、例えば断層形状が既知とされている内陸の地震(例えば2008年四川地震、2013年パキスタン地震など)を解析することで、高周波の励起要因を特定できる可能性が期待される。また、本研究で観測された高周波の放出とアスペリティ破壊との関係が、スケールの異なる他の地震(マグニチュードの小さな地震)、あるいは異なる場での地震(内陸で発生する地震)でも同じように観測されるのかについては今後さらに検証する必要がある。

## 参考図

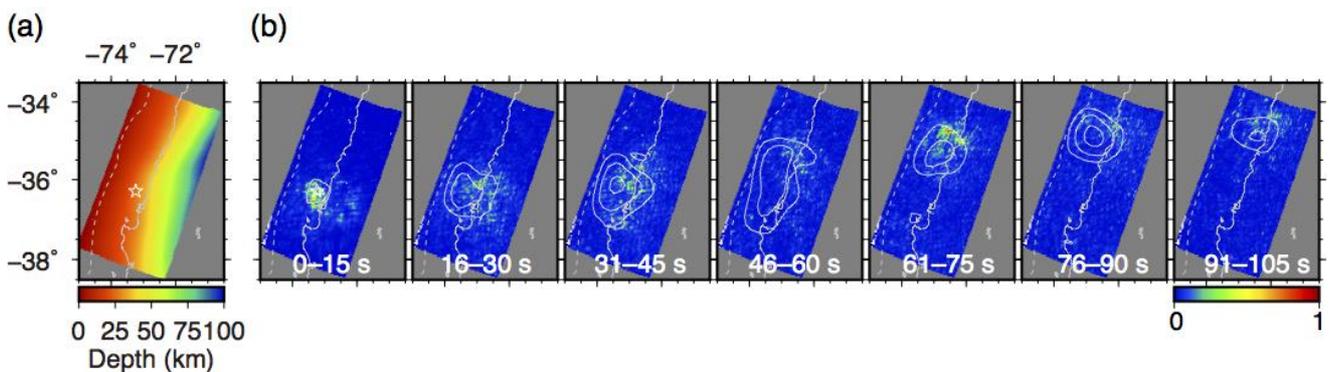


図1:(a)解析には、沈み込むプレート表面の形状を考慮した非平面断層を仮定した。星印は震央を示す。(b)結果のスナップショット。暖色系になればなるほど、比較的高周波の放出を示す。白い等高線は、震源インバージョン法によってもとめられた断層すべり。

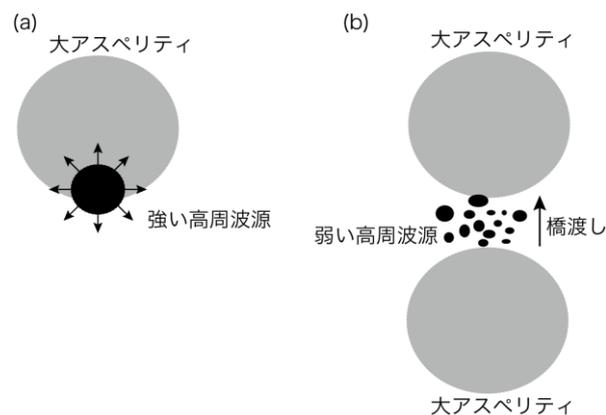


図2:(a)強い高周波の放出が大きなアスペリティ破壊を引き起こすイメージ図。(b)南と北に位置する2つの大きなアスペリティ破壊を、弱い高周波を伴う破壊伝播が橋渡しするイメージ図。

## 用語解説

注 1)アスペリティ:

地震前に固着しており、地震時に大きな断層すべりが発生する領域。

注 2)震源インバージョン法:

観測波形の特徴を説明する断層すべり分布を求める手法。

注 3)応力:

物体の内部にかかる単位面積あたりの力。

## 掲載論文

<題名>

Relationship between High-frequency Radiation and Asperity Ruptures, Revealed by Hybrid Back-projection with a Non-planar Fault Model

(非平面断層ハイブリッドバックプロジェクション法によって明らかになった高周波放出とアスペリティ破壊との関係)

<著者>

Ryo Okuwaki(奥脇 亮)<sup>1</sup>, Yuji Yagi(八木勇治)<sup>2</sup>, Shiro Hirano(平野史朗)<sup>3</sup>

1 筑波大学大学院生命環境科学研究科地球科学専攻博士前期課程 1 年

2 筑波大学生命環境系 准教授

3 筑波大学システム情報系 研究員

<掲載雑誌>

Scientific Reports

<掲載 URL>

<http://www.nature.com/srep/2014/141119/srep07120/full/srep07120.html>

(Scientific Reports はオープンアクセス雑誌であり、本論文は上記 URL から無料で閲覧できる。)

## 問い合わせ先

八木勇治

筑波大学生命環境系 准教授