

## 断層面上における高周波励起現象の解釈を可能にするすべり速度・破壊伝播速度変化の可視化手法

### Development of a method of visualization of abrupt changes in slip-rate and rupture velocity toward better understanding of high-frequency radiation on a fault.

\*鮎貝 崇広<sup>1</sup>、八木 勇治<sup>2</sup>、奥脇 亮<sup>3</sup>、茅野 奎太<sup>3</sup>、清水 宏亮<sup>3</sup>

\*Takahiro ayukai<sup>1</sup>, Yuji Yagi<sup>2</sup>, Ryo Okuwaki<sup>3</sup>, Keita Kayano<sup>3</sup>, Kousuke Shimizu<sup>3</sup>

1. 筑波大学生命環境学群、2. 筑波大学大学院 生命環境系、3. 筑波大学大学院生命環境科学研究科

1. School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 2. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, 3. Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

地震破壊時に断層にて放射される地震波の高周波成分は、断層面上におけるすべり速度と破壊伝播速度の急変によって励起されることが理論的研究 (例えばSpudich and Frazer, 1984, BSSA) によって予想されてきた。波形インバージョン法は、観測波形を説明する震源過程モデルを構築することで、断層面上におけるすべり速度の時空間分布を推定する手法である。波形インバージョン法では、平面断層を仮定した上でそれを格子状に分割し、その分割領域ごとのすべり速度の時間変化が重み付けされた基底関数の重ね合わせによって計算される。一方、Back Projection (BP) 法 (Ishii et al., 2005, Nature) やHybrid BP (HBP) 法 (Yagi et al., 2012, EPSL) は、観測波形を用いて地震波の放射源を推定する手法である。BP/HBP法は、波形インバージョン法では取り扱うことが難しい地震波の高周波成分に適用することができ、高周波励起源の推定に用いられてきた。これまで、BP/HBP法と波形インバージョン法を用いた統合的な解析によって高周波励起現象と破壊過程の関係が議論されてきたが、BP/HBP法によって求まる高周波イメージとすべり速度や破壊伝播速度との物理的な対応は必ずしも確立されておらず、断層面上での高周波励起現象と破壊過程の議論は、間接的かつ定性的な性質に留まっていた。

本研究は、波形インバージョン法によって得られるすべり速度の時空間分布を用いて、断層面上におけるすべり速度の変化と破壊伝播速度の変化を直接計算する手法を開発し、高周波励起に関係する破壊過程を定量的に検証することを目的とする。本手法において、断層面上のある領域におけるすべり速度時間関数のうち最大となる時のすべり速度をその領域での代表的なすべり速度、また、すべり速度時間関数が最大となる時の時刻を代表的な破壊の時刻であるとし、代表的なすべり速度の分布に対して空間勾配を計算することで、すべり速度の変化を求めた。また、代表的な破壊の時刻と破壊が一定の速度で伝播した時の時刻との差の空間勾配を計算することで、破壊伝播速度の変化を求めた。すべり速度・破壊伝播速度変化の抽出には、Yagi and Fukahata (2011, GJI) の手法 (以下、YF11とする) で求めた震源過程モデルを用いた。YF11は、グリーン関数の不確定性を観測誤差の共分散成分として考慮することで、従来手法に比べてすべり速度時間関数に対する基底関数の数を増加させることを可能とし、推定されるすべり速度時間関数の高い分解能を実現したことで、観測波形の高周波成分をより説明できるすべり速度時間関数を得ることに成功している。したがって、YF11により求められたモデルを用いることで、高周波励起に関与するすべり速度・破壊伝播速度の変化を抽出できることが期待される。

本研究で開発した手法を、2015年ネパール・ゴルカ地震 ( $M_w$  7.9) と2010年チリ・マウレ地震 ( $M_w$  8.8) に適用し、すべり速度・破壊伝播速度の急変域を求めた。すべりモデルはそれぞれ、Yagi & Okuwaki (2015, GRL), Pulido et al. (2011, EPS) を用いた。解析の結果、両者の地震において、大すべり域のうち震源に近い方の端においてすべりが急加速し、震源から遠い方の端においてすべりが急減速している様子が推定された。また、破壊が大すべり域に差し掛かる直前と大すべり域から抜けた直後に破壊が急減速しており、すべり

速度の急変よりも破壊伝播速度の急変の方が早いタイミングで生じている様子も推定された。さらに、本解析結果とHBP法により求めた高周波励起源 (Yagi and Okuwaki, 2015, GRL; Okuwaki et al., 2014, Sci. Rep) の比較を行った。2つの地震について、本解析で得られた急変域の空間分布とHBP法による強い高周波励起の空間分布は調和的であった。本研究によって、高周波励起の原因であるすべり速度と破壊伝播速度の急変が時間的に独立して生じていることが明らかとなり、本結果は、大すべりを伴う巨大地震の破壊過程を理解する上で重要となる。

キーワード：高周波励起、波形インバージョン法、すべり速度、破壊伝播速度、2015年ネパール・ゴルカ地震、2010年チリ・マウレ地震

Keywords: High frequency, Waveform inversion, Slip rate, Rupture velocity, 2015 Gorkha, Nepal, earthquake, 2010 Maule, Chile, earthquake