

# Estimating Earthquake Rupture Process Using Second Degree Moments

## ~Application to a swarm-like seismicity in the northern Ibaraki and Iwaki areas~

\*Naoto Yokotani<sup>1</sup>, Aitaro Kato<sup>1</sup>, Kazushige Obara<sup>1</sup>, Shin'ichi Sakai<sup>1</sup>, Takashi Iidaka<sup>1</sup>, Tetsuya Takeda<sup>2</sup>

1. Earthquake Research Institute, The University of Tokyo., 2. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2011年東北沖地震の発生直後から、茨城県-福島県県境周辺の地域で地震活動が活発化した。その地震の多くが正断層のメカニズムを有しており、東北沖地震ののちの伸長場を反映している(Kato et al. 2013)。

本研究では、この地震活動の背景やこの地域の地震テクトニクスを明らかにするために、この地震活動を構成する地震の破壊過程を、second degree moment推定法 (e.g., McGuire 2004) を用いて解析した。震源時間関数の一次モーメントがセントロイド時刻であり、その空間分布の一次モーメントがセントロイドの位置である。それに対して、それぞれの分散と共分散がsecond degree momentである。それらの偏差を特徴的継続時間、破壊域の特徴的長さ・幅、そして破壊中のセントロイドの移動速度として利用することで、破壊の伝播方向や破壊の伝播様式等を推定することができる(McGuire 2004; McGuire and Kaneko 2018; Meng et al. 2020)。

解析対象とした地震はFnetカタログ(NIED, 2019)に掲載されている2011年8月-2017年5月のMw3.5-4.9の176個のイベントである。また、震源時間関数を求めるために経験的グリーン関数(EGF)法を用いた。気象庁カタログに掲載されている同地域・同期間のイベントをEGFとして利用した。またEGFとするイベントは解析対象となるイベントより気象庁マグニチュードで1~2低く、震源間距離が2 km以内であるものを選び、deconvolutionが多くの観測点で安定して求められたものを最終的にEGFとしている。Deconvolutionには、Projected Landweber Method(PLD法)を用いた(e.g. Betero et al., 1997; Lanza et al., 1997; Vallée 2004)。

Hi-net(NIED, 2019)・気象庁・大学の基盤的地震観測網に加えて、この地域に設置されている稠密地震観測網(Kato et al., 2013)で記録された地震波形にバンドパスフィルターをかけ、各観測点での見かけの震源時間関数(ASTF)を求めた。フィルターの周波数帯域は、 $0.5-0.6 \times$  (EGFのコーナー周波数) であり、EGFの震源時間関数がデルタ関数として近似が成り立つ帯域を選択した(Yoshida 2019)。

各観測点で得られたASTFの分散を観測値として、震源時間関数の分散・震源時間関数の空間分布の分散・それらの共分散であるsecond degree momentの各量をinversionで推定する。推定されたsecond degree momentの各量から、特徴的継続時間 $\tau_c$ 、破壊の特徴的長さ $L_c$ ・特徴的幅 $W_c$ 、破壊中のセントロイド移動速度 $v_0$ 、応力降下量 $\Delta\sigma$ 、破壊様式を表す比 $R$ を求めた。

176個の地震のうち安定した結果が得られたものについて、それぞれの $R$ ,  $|v_0|$ ,  $\Delta\sigma$ の空間分布に加えて、directivityの方向の頻度分布について注目すると、地震活動域の外縁部でunilateralな破壊を示した地震が多く、一方、活動域内部では、bilateralな破壊を示した地震が多いという傾向が見られた。また、unilateralに近い破壊様式を示した地震の多くは、directivityが地震活動の内側へ向くように見える。

本地域の地震活動の発生に対して、地殻流体の関与が指摘されており(Kato et al., 2013; Umeda et al. 2014)、今回の結果から、外縁部では地殻流体が存在する内側に向かって破壊が伝播し、一方内側では地殻流体がある程度均質に分布していることで等方に近い破壊伝播を示したと解釈される。