

Effect of Source Fault Rupture Propagation on Residual of Spectral Inversion Results

*Kazuhiro Somei^{1,2}, Kimiyuki Asano³, Tomotaka Iwata³

1. Graduate School of Science, Kyoto University, 2. Geo-Research Institute, 3. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

染井・他(2019)は2016年熊本地震系列の強震記録にスペクトルインバージョン(例えば、岩田・入倉, 1986)を適用し、各地震の震源特性や各観測点のサイト特性を求めて、地下構造モデルの増幅特性の検証を行った。ここで得られた各特性に対し、各観測点の観測スペクトルから、あるイベントの伝播経路特性、当該観測点のサイト特性を周波数領域で除したもの(以下、観測点震源スペクトル)の中に、震源方位依存性を示しているイベントがあることを見出したこと(染井・他, 2020)から、本研究では、この方位依存性が震源断層の破壊指向性によると考え、解析を進めた。

ここでは引き続き、観測点カバレッジの良い2016年熊本地震系列の79地震(M_w : 3.4–5.3)について、観測点震源スペクトルを求め、そのばらつきの特徴を調べた。イベントに対して観測点震源スペクトルのコーナー周波数のばらつきは大きい、それよりも高周波数側では、観測点震源スペクトルのばらつきは徐々に小さくなることや、スペクトルのfall-off rateが観測点によって異なることが観察できた。ここでは観測点震源スペクトルを ω^{-n} 震源スペクトル形状によってモデル化し、コーナー周波数とfall-off rate(n)をグリッドサーチによって推定した。対象周波数範囲は変位観測点震源スペクトルの0.2–10 Hzとした。コーナー周波数は、0.1–10.0 Hzの範囲を0.01 Hz間隔で探索し、fall-off rateは、0.5–4.0の範囲を0.1間隔で探索した。低周波数側のフラットレベルは、F-netのMT解の地震モーメントによって固定した。その結果、複数の地震で観測点震源スペクトルのコーナー周波数とfall-off rateに系統的な震源方位依存性がみられた。例えば、2016年4月19日17時52分の地震(M_w 5.3)は、観測点毎に推定されたコーナー周波数とfall-off rateが震央から南南西側の観測点でともに大きく、北北東側の観測点で小さい傾向を示した。一方で、この地震の近くで発生した2016年4月19日20時47分の地震(M_w 4.9)の観測点震源スペクトルには、同様の方位依存性は見られない。従って、この方位依存性は、減衰構造の空間不均質といった地下構造の影響では無いと考えられる。そこで、 M_w 5.3の地震に見られる方位依存性は、断層破壊指向性の影響によるもの、という作業仮説をたて、観測点毎のコーナー周波数のばらつきを、線震源のユニラテラル破壊を仮定したdirectivity function (Ben-Menahem, 1961)によって説明することを試みた。directivity functionの破壊速度とS波速度の比は0.82に仮定し、破壊の水平方向を北から0から359度の範囲で、鉛直方向を真下から上向きに0から180度の範囲で、それぞれ1度間隔で探索し、Boatwright (2007)の残差関数が最小となる方向をグリッドサーチで推定した。なお、Boatwright (2007)は観測最大加速度(速度)を用いて破壊方向を推定したが、ここでは観測点毎の推定コーナー周波数を使用した。その結果、上述した M_w 5.3の地震の水平・鉛直方向の破壊は、それぞれ破壊開始点(震源)からN194°E、真下から上向きに124度の方向と推定された。

観測点震源スペクトルの方位依存性は断層破壊指向性の影響によるもの、という作業仮説を検証するため、経験的グリーン関数法を用いた地震動シミュレーション(0.2–10 Hz)によって、観測地震動を説明する強震動生成域と破壊伝播方向を推定した。その結果、仮定した気象庁CMT解の断層面上で震源から南南西(N214°E)及び浅部に向かって強震動生成域が破壊したことがわかった。観測点毎のコーナー周波数のばらつきから推定した破壊伝播方向は、線震源仮定という違いがあるものの、両者は概ね一致する。従って、ここで得られた観測点震源スペクトルの方位依存性は震源断層の破壊伝播によるものと考えられる。一方、観測点カバレッジがよくない観測データセットによるスペクトルインバージョンによって得られる震源特性もしくはコーナー周波数は、破壊伝播が含まれたみかけのものである可能性がある。系列内の他の地震についても破壊方向推定を行い、複雑な破壊様式を推定できるかどうかや、観測点が地表にのみ分布することによる破壊方向の推定精度について調べる。

謝辞：国立研究開発法人防災科学技術研究所 K-NET，KiK-net，F-net広帯域強震計，気象庁計測震度計，熊本県震度情報ネットワークシステムの強震記録を使用した。本研究は京都大学防災研究所共同研究（令和2年度萌芽的共同研究 2020H-01）によって実施されている。