

Seismic Gradiometry による地震波動伝播特性の抽出

前田 拓人⁽¹⁾・西田究⁽¹⁾・高木涼太⁽²⁾・小原一成⁽¹⁾

(1) 東京大学地震研究所 (2) 東北大学大学院理学研究科

1. はじめに

近年の Hi-net に代表されるような稠密地震観測網の発達により、周期 20 秒以上の長周期地震波については、波長よりも短い観測点間隔で地震波伝播を面的に解析することが可能になってきた。一方、周期約 1 秒以下の短周期の地震波は、リソスフェア内の短波長不均質や地形のゆらぎによって複雑に散乱されるため、その位相を基盤的な観測網で追跡することは依然として困難にみえる。しかし、地震波エネルギーに対応するエンベロープ形状は近傍観測点間でよく似ていることが知られており、その相関により求めた相対走時がスロー地震深部低周波微動等の震源決定に用いられている (e.g., Obara, 2002)。本研究では、振幅の空間勾配の推定を礎とする Seismic Gradiometry 法 (以下 SG 法) によって、長周期地震波の位相ならびに短周期地震波のエンベロープの面的伝播特性を統一的に推定することを提案する。

2. Seismic Gradiometry 法と長周期地震波への適用

SG 法は、多数の観測点における長周期観測記録の時系列を空間方向に Taylor 展開し、任意地点の地震波動場の時空間分布を求める方法である (after Langston, 2007)。今、ある場所 (x_{S1}, y_{S1}) の観測点における波動場 $u(x_G, y_G, t)$ は、周辺の任意の場所 (x_G, y_G) からの展開として表現できる。周辺の 3 点より多い観測点の情報を用いれば、これは波動場振幅とその空間微分について最小自乗法を用いて推定することができる。この方法は、波動場の振幅が面的に把握できるのみならず、その空間微分が推定されることが特徴である。これら空間微分量から、波の到来方向や幾何減衰に関わる項長周期地震波の発散・回転成分など、さまざまな波動この伝播の特徴量を推定できる。

本手法の有効性を確かめるため、全国一次地下構造モデルを用いた差分法による数値シミュレーションに基づく数値実験を行った。まず、不均質構造中の Hi-net 観測点位置における長周期地震波形 (周期 20-50 秒) を数値的に合成し、それらを疑似観測記録として SG 法により解析したところ、日本列島各地点における波動場の到来方向ならびに位相速度や、発散・回転が正しく推定されることが確認された。波動場の空間推定に必要な逆問題の係数は観測点の位置だけで一意に求まるため、逆行列を事前計算しておくことで、計算を大幅に簡略化できる。その点で、SG 法は稠密観測網の大量記録解析に適していると言えるだろう。

3. 短周期エンベロープ解析への適用可能性

SG 法は、センブランス法等の観測点間波形相関に基づく方法とは異なり、位相の山谷をあわせることを要求しない。そのため、この方法は短周期の地震波エンベロープに対してもそのまま適用できる可能性がある。

短周期地震波エンベロープの SG 法では、長周期成分で用いた速度と変位のかわりに、地震波エンベロープ形状とその時間積分量 (エンベロープ変位) を用いることとした。数値実験の結果、エンベロープ変位の空間微分の SG 法による推定を通じて、地震波エンベロープの到来方向や相対幾何減衰量といった伝播特性を抽出できることが確認できた。地震波エンベロープは散乱により拡大するため、観測点間隔が波長より相応に長く、位相がインコヒーレントな場合にも SG 法が適用できる。これは位相を用いるアレイ解析等と比べた SG 法の大きな利点であり、今後の実記録への適用を通じて短周期地震波動エネルギーの統計的な伝播特性を抽出する手がかりになると期待される。

謝辞 本研究のために東京大学地震研究所地震火山情報センターの EIC 計算機システムを利用しました。