

# 常時微動の相互相関関数中の実体波の特徴

高木涼太（東京大学）

## はじめに

これまでの地震波干渉法の発展により、常時微動の相互相関関数から抽出した表面波の到達走時や位相情報を用いて行うトモグラフィが世界各地の様々なスケールの構造に適用され、地下構造イメージングの標準的なツールとなっている。一方、ここ数年に盛んに行われている研究としては、実体波の抽出 (e.g., Poli et al., 2012; Nishida, 2013) と異なる成分間の相互相関の利用 (e.g., van Wijk et al., 2011; Haney et al., 2012) が挙げられる。本研究では、ZR 成分 (Z: 鉛直, R: 動径) と RZ 成分に現れる実体波と常時微動波動場の特徴を、観測データ解析と簡単なモデルから考察した。

## 観測データ解析

使用したデータは、東北大学が岩手県遠野に設置した広帯域地震計アレイで観測された 2012 年 1 年分の連続記録である。ここでは、三成分記録を用いて全 9 成分の相互相関関数を計算した。図 1 に、0.5–2.0 Hz の相互相関関数の ZZ, RR, ZR–RZ (ZR と RZ の差), ZR+RZ (ZR と RZ の和) 成分を示す。RR 成分には、3 km/s で伝播するレイリー波に加えて、6 km/s の P 波が確認できる。また、ZR–RZ 成分と ZR+RZ 成分ではレイリー波と P 波がきれいに分離している。これは、ZR 成分と RZ 成分において、P 波は同符号・レイリー波は異符号という関係があることを意味している。また、S 波に相当するようなシグナルは見取することはできない。

## 無相関平面波入射モデル

ZR–RZ 成分にのみ現れる P 波と S 波の不在という相互相関関数の特徴を説明するため、半無限均質媒質に無相関な平面波が入射する場合を考え、自由表面上の 2 点の相互相関を計算する。ここでは、波動成分間の相関は無いと仮定して ZR・RZ 成分の実体波成分のみを扱うため、P 波と SV 波の入射を考える。この仮定により、相互相関関数は P 波・SV 波の寄与の和として考えることができる。図 2a, b に、自由表面での P 波・SV 波の反射を考慮して計算した相互相関関数を示す。ここでは、P 波・SV 波のエネルギー比は 1:0 とし、P 波のみの入射とした。図 2a, b から P 波入射の寄与は ZR+RZ 成分のみに現れることがわかる。図 2c, d に、P 波・SV 波のエネルギー比を 1:1 とした場合の相互相関関数を示す。ZR–RZ 成分にシグナルが現れ、ZR+RZ 成分の振幅が減少しているため、SV 波は ZR–RZ・ZR+RZ 成分の両方に寄与することがわかる。これは、自由表面での変位が P 波入射の場合は常に直線的であるのに対し、SV 波入射の場合には、入射角が臨界角を越えると楕円になるためである。図 2e, f に、P 波・SV 波のエネルギー比を、多重散乱によるエネルギー平衡状態である 1:5.2 にした場合の相互相関関数を示す。この場合には、P 波と SV 波の ZR–RZ 成分への寄与が打ち消し合い、ZR+RZ 成分にのみシグナルが現れる。SV 波入射でも P 波の伝播が見えるのは、自由表面で SV 波が P 波に変換するためである。

## 議論とまとめ

観測された相互相関関数と簡単なモデルから計算した相互相関関数を比較することで、常時微動波動場の構成成分を考える。遠野アレイで観測された相互相関関数は、ZR+RZ 成分にのみ P 波のシグナルが存在し、ZR–RZ 成分には実体波のシグナルを確認することはできない。モデル計算によると、P 波・SV 波がエネルギー平衡状態の場合にはこのような状況は実現できず、入射波動場に P 波が卓越しているときに説明できる。したがって、遠野アレイでの常時微動波動場は、エネルギー平衡状態に達しておらず、P 波が卓越していると考えられる。このように、本研究では、ZR 成分と RZ 成分の相互相関関数の特徴を詳細に見ることで、常時微動波動場の構成成分に言及できることを示した。

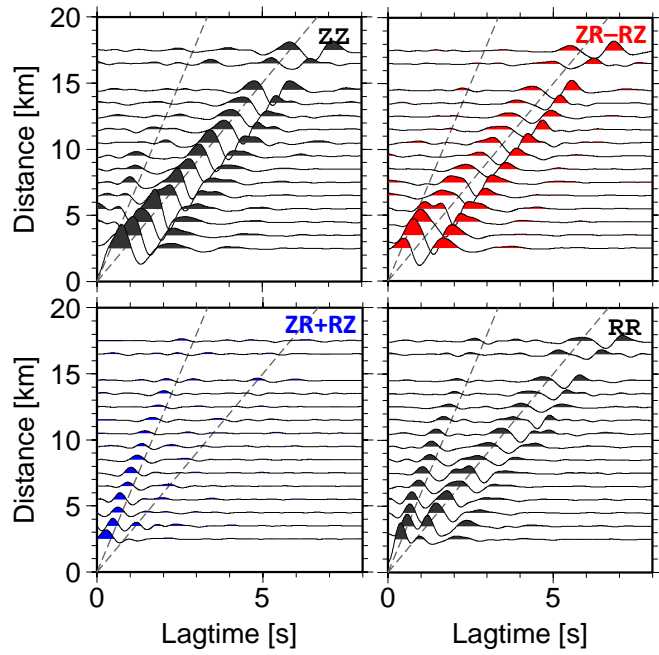


図 1. 0.5–2.0 Hz 帯域の常時微動の相互相関関数. ZZ・RR・ZR–RZ 成分は時間対称成分, ZR+RZ 成分は時間反対称成分を表示.

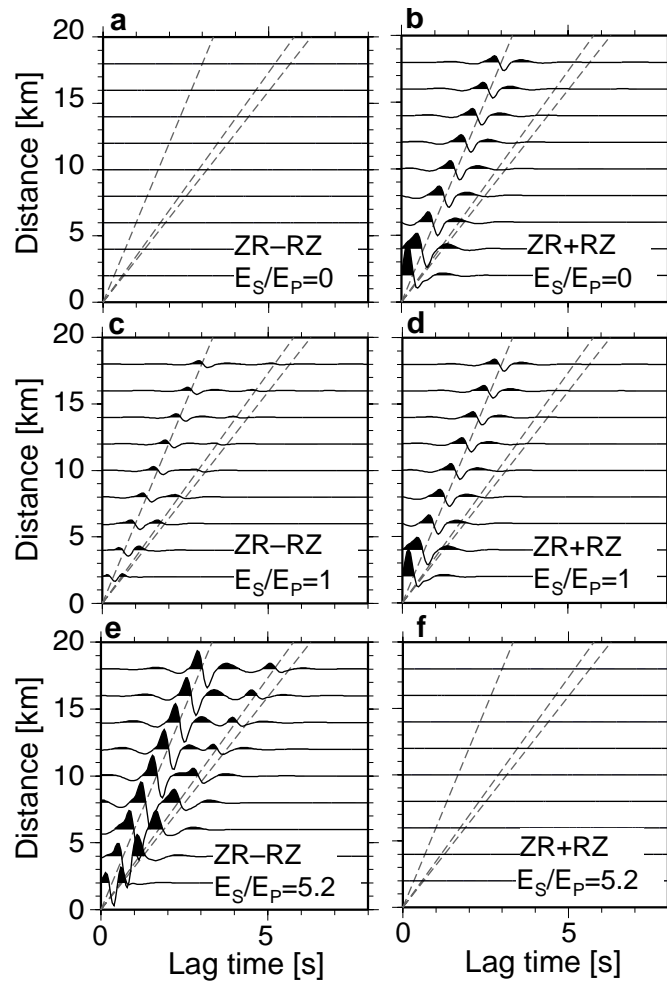


図 2. 無相関平面波の相互相関関数. (a)(b) P 波入射のみを仮定. (c)(d) P 波・S 波エネルギー比 1:1 を仮定. (e)(f) P 波・S 波エネルギー比 1:5.2 とし, エネルギー平衡状態を仮定.