

# Required conditions for the formulation of seismic interferometry under simultaneous incidence of P, S and Rayleigh waves

\*Atsushi NOZU<sup>1</sup>, Yosuke Nagasaka<sup>1</sup>

## 1. Port and Airport Research Institute

著者らは、常時微動 H/V スペクトルを実務上多用する者として、常時微動 H/V スペクトルに関する正しい認識を得たいと願っている。常時微動 H/V スペクトルの波動論的な解釈のうち最も興味深いものは Sanchez-Sesma et al. (2011)によるものであり、そこでは、常時微動 H/V スペクトルは載荷点と観測点が等しい場合のグリーン関数の比の平方根であると解釈されている。この解釈は、Wapenaar and Fokkema (2006)による地震波干渉法の定式化から直ちに導かれるので、Wapenaar and Fokkema (2006)による地震波干渉法の定式化が正しい限り、Sanchez-Sesma et al. (2011)による常時微動 H/V スペクトルの解釈も正しいということになる。そこで、Wapenaar and Fokkema (2006)による地震波干渉法の定式化を逐一追ってみると、遠方からP波、S波が入射する場合の定式化となっており、自由表面の存在を考慮する場合でも、Rayleigh波入射は考慮されていないことに気付く。Wapenaar and Fokkema (2006)による定式化では、遠方では媒質は均質であると仮定しているが、この均質媒質は地震基盤であると考え、Sanchez-Sesma et al. (2011)の解釈を適用する上で都合が良い（図）。そのためには、この均質媒質は全無限でなく半無限であることが望ましく、それに伴い、Wapenaar and Fokkema (2006)による定式化を拡張して、Rayleigh波入射も考慮できるようにすることが望ましい。

そこで、本研究では、遠方での媒質は半無限であると考え、Wapenaar and Fokkema (2006)による定式化を拡張し、P波、S波、Rayleigh波の同時入射の下での地震波干渉法の定式化を行った。Wapenaar and Fokkema (2006)による定式化が成立するための条件として、外部から入射するP波とS波の単位体積あたりのエネルギーの比は、 $E_s/E_p = 2(\alpha/\beta)^3$ でなければならないことは広く知られている。同様に、Rayleigh波の入射も考慮する場合は、Rayleigh波の単位面積あたりのエネルギーを $E_R$ とすれば、 $E_R/E_p = (\pi/\omega) \alpha^3/C_R^2$ でなければならないことが本研究の結果として示された。ここに $\omega$ は角周波数、 $C_R$ は半無限媒質におけるRayleigh波速度である。この比は、Weaver(1982; 1985)が拡散波動場におけるRayleigh波とP波のエネルギー比として示した値と同じである。

ただし、Weaverの論文は、ある周波数の近傍にある複数の振動モードのエネルギーがすべて同じになった状態を拡散波動場と定義した上で、その場合のRayleigh波とP波のエネルギー比に言及したものであり、現実の媒質においてそのようなエネルギー比が実現されることをどの程度期待して良いかは、Weaverの論文を読んだだけではわからない。P波とS波のエネルギー比については、これまで、媒質内部における散乱の観点(Ryzhik et al., 1996)や媒質表面における反射の観点(Egle, 1981; Nagasaka and Nozu, 2022)から検討がなされ、上述のエネルギー比が実現することの確からしさについて研究が進められているが、Rayleigh波とP波のエネルギー比については研究が不足していると言える。そこで、本研究では、その端緒として、P波とS波のエネルギー比に関連したAki(1992)の研究を拡張し、Rayleigh波とP波のエネルギー比について検討した。

Aki(1992)の研究は、全無限媒質中に局在する任意形状の散乱体を考え、この散乱体によるP波からS波への変換率とS波からP波への変換率の比が、P波速度とS波速度の比によって簡単に表されることを示したものである。その結果から、このような散乱体によって弾性波が繰り返し散乱されるうちに、S波とP波のエネルギー比は上述の割合に収束していくことが期待される。本研究では、半無限媒質の表面付近に局在する任意形状の散乱体を考え、この散乱体によるP波からRayleigh波への変換率とRayleigh波からP波への変換率の比について検討した。その結果によると、このような散乱体によって弾性波が繰り返し散乱されるうちに、Rayleigh波とP波のエネルギー比は上述の割合に収束していくことが期待される。

