

## 2次元異方性ランダム媒質における地震波の実効平均速度 - Rytov 法を用いた定式化 -

Effective average wave-velocity in 2-D anisotropic random media: Formulation using the Rytov method

# 齊藤 竜彦[1]; 西澤 修[1]

# Tatsuhiko Saito[1]; Osamu Nishizawa[1]

[1] 産総研

[1] AIST

高周波数の極限を考える波線理論は、波の到達時刻が周波数に依らないことを導く。一方で、ランダムな不均質構造中では周波数に応じた波の散乱現象が起こり、初動を含めた波動場を乱す。不均質媒質中における実効平均速度  $V_{\text{eff}}$  を、伝播距離の平均初動到達時間に対する割合として定義すれば、実効平均速度は周波数に依存するであろう。そして、実効平均速度は、速度構造を空間平均した値(以後、空間平均速度とよぶ)とは異なるであろう。Shapiro et al. [1996] らは Rytov 法と呼ばれる前方散乱近似を用いた手法によって、実効平均速度を理論的に導き、周波数や伝播距離の増大に伴って実効平均速度が増加することを予測している。その際、彼らは等方的な不均質構造を仮定しているが、より一般的には、異方性をもつ不均質構造を考える必要がある。本研究では、Rytov 法によって2次元異方性ランダム媒質における実効平均速度を新たに定式化し、実効平均速度の特徴を調べる。

空間平均速度  $V_0$  となる速度不均質構造をもつ媒質中に、平面波(スカラー波)が入射し、ある伝播距離に平面波の波線と直交するように配置された線状アレイ(つまり、各観測点で観測される初動の伝播距離は等しい)で多点観測する場合を想定する。速度不均質構造によって、同一の伝播距離でも波が到達する時刻は観測点毎に異なる。このとき、到達時刻の平均で伝播距離を割ったものを、実効平均速度  $V_{\text{eff}}$  と定義する。本研究では、速度ゆらぎが異方性をもって空間的にランダムに変化する媒質(異方性ランダム媒質)における実効平均速度を理論的に導出する。一般に、2次元異方性ランダム媒質は、速度ゆらぎのRMS値と水平・鉛直方向2つの相関距離によって定義される。相関距離に比べて波長が短い場合、波動場の前方散乱が卓越する。Rytov 法と呼ばれる前方散乱近似を用いる方法によって、実効平均速度を速度ゆらぎのRMS値、相関距離、伝播距離、周波数、および波の伝播方向の関数として表現することができる。特に、ガウス型の自己相関関数で特徴づけられるランダム媒質の場合、解析解が得られる。導出した実効平均速度は、等方媒質の場合と同様、周波数の増大に伴って増加する。さらに、異方性ランダム媒質の実効平均速度は、波の伝播方向ごとに変化し、相関距離が長い方向へ伝播するときほど実効平均速度は速くなる。この定式化を検証するために、有限差分法による数値シミュレーションを行った。到達時刻のばらつきが大きいため実効平均速度の値は不安定であるものの、相関距離が長い方向へ伝播するほど実効平均速度が増加する特徴を確認できる。

本研究の結果は、異方性をもつランダム不均質構造によって、地震波の逆分散と速度異方性が見かけ上引き起こされることを示している。