

確率的手法によるランダム不均質媒質中の地震波伝播経路の推定 Stochastic Approach for Obtaining Seismic Wave Paths in Random Heterogeneous Media

○ 宮澤理稔
○ Masatoshi Miyazawa

A stochastic approach is proposed for obtaining two-point seismic wave paths in a three-dimensional random heterogeneous media, by deriving and solving analytical equations and showing some numerical examples. For cases where the media include random heterogeneities characterized by statistic functions, we cannot deterministically obtain seismic wave paths, but stochastically we define a stochastic tube around a reference ray. The stochastic tube connects a source point and an observation station, consists of wave paths of the same type as the reference ray, and represents the probabilistic multiple paths. We derive and analytically solve a stochastic differential equation to represent the stochastic tube. The stochastic tube, thus obtained, indicates a probability density function of the seismic wave paths. The stochastic tubes for first arrival P-wave paths in three-dimensional random heterogeneous media are numerically calculated to illustrate a few examples using stochastic calculus.

1. はじめに

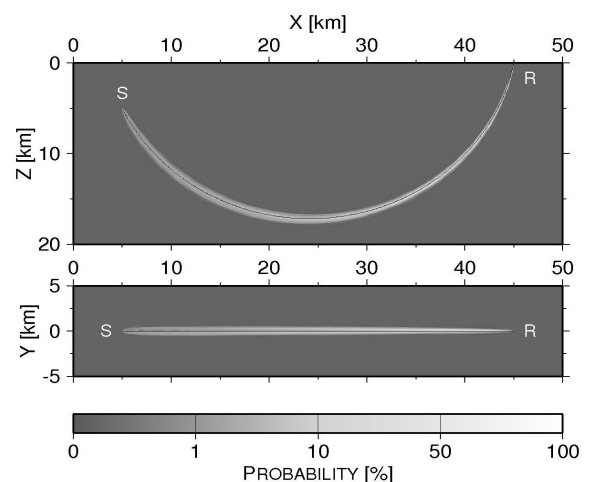
地震波速度構造が均質なモデルに比べ、より現実の地下構造に近いランダム不均質媒質中における地震波の伝播について、様々な研究が存在する。本研究では、波動論的な特徴を考慮しつつ、地震波伝播経路に沿って求められる地震波走時のみを観測値とする場合、決定論的でない不均質構造がどの程度伝播経路に影響を与えるかを考察する。

2. 手法と結果

ランダム不均質を含む地震波速度構造は、バックグラウンドとその擾乱によって表現される。震源から観測点までの地震波伝播経路は、バックグラウンドに対しては波線で表現され、構造の擾乱を考慮するとその経路は変化する。構造の擾乱が統計的パラメータで特徴付けられる時に、経路の波線からの揺らぎは確率的に表現される。この揺らいだ経路のうち、バックグラウンドで決まる波線に沿った走時より早い走時を持った経路群を *stochastic tube* と定義する。これは *ray perturbation theory* 等で表現される波線経路とは定義が異なり、走時のみを考慮した確率的な空間分布を示す。また上記定義の故に、地震波によって伝播されるエネルギーの大きさについては考慮していない。*Stochastic tube* には、統計的なパラメータで特徴付けられる構造を考慮した上で、可能な地震波経路を与えることができる、という意義がある。

Stochastic tube は確率微分方程式を用いて表現

され、これを解くことでユニークな解析解を得た。但し方程式及びその解に含まれる拡散係数は、*stochastic tube* の定義に基づき、伝播距離と不均質性の特徴によって決定されるものである。本研究では、3次元媒質中に *exponential* 型の不均質性を考え、相関距離 a と速度擾乱の振幅 ε に対して、どのような拡散係数を取るのかを、数値計算により求めた。相関距離が小さくなるほど、また速度擾乱が大きくなるほど、拡散係数が大きくなり、確率密度関数で表現される *stochastic tube* の幅が広くなることが分かった。



図：Stochastic tube の例。上図：鉛直投影、
下図：水平投影。S:震源、R:観測点。