

半無限不均質媒質における地震波モード変換・エネルギー分配 — 数値計算に基づく桜島アレイ観測記録の考察 —

Mode conversion and energy partitioning of elastic waves in a heterogeneous half-space

山本 希^{1*}

Mare Yamamoto^{1*}

¹東北大・理・地球物理

¹Geophysics, Science, Tohoku University

火山における短波長不均質構造は火山体内部における流体・破碎の分布などを強く反映し、その不均質性の定量化は流体移動など各種プロセスの解明の一つの手がかりになると考えられる。筆者らは、これまで浅間山、阿蘇山における構造探査稠密観測によってとらえられたエネルギー伝播の時空間分布をもとに活火山における地震波のモード変換・多重散乱の様相を明らかにし、散乱パラメータの定量化を進めてきた(Yamamoto and Sato, 2010ほか)。しかしながら、これらの解析においては輻射伝達理論に基づく無限空間内の多重等方散乱・変換散乱の解析解を用いており、自由表面および非等方散乱の影響の評価が課題として残されていた。

そこで本研究では、有限差分法およびモンテカルロ法を用いて半無限不均質媒質における多重散乱・変換散乱のモデリングを行い、地表面および非等方散乱の影響を検討した。また、その結果をもとに2008年桜島構造探査に並行して実施した3成分小アレイ観測(山本ほか, 2009年連合大会)で得られた人工震源エネルギーのモード変換・P/Sエネルギー比の時間変化について考察を行った。半無限不均質媒質中のベクトル弾性波のエネルギー伝播の計算にあたっては、ガウス型自己相関関数で統計的に特徴づけられる2次元および3次元の不均質構造を用い、等方的Pエネルギー震源を仮定した。不均質構造は活火山浅部を念頭に比較的強い不均質性を考える。差分計算においては、統計量は等しいが異なる実現値の不均質構造に対して空間8次、時間2次の並列差分コード(山本, 2008年火山学会)を用いて波動場計算を行い、構造に関するアンサンブル平均をとることで平均2乗エンベロープの合成を行った。一方、非等方散乱のモンテカルロ計算にあたっては、個々の散乱過程はBorn近似に基づく散乱パターンに従うとしMargerin et al. (2000)に倣い変換散乱を含む散乱過程・エネルギー伝播をモデリングした。また、モンテカルロ計算における地表面の影響は平面入射エネルギーの反射係数を用いて表現した。

これら二通りの数値計算によって得られたP/Sエネルギー比の時間変化は、いずれも無限空間における多重等方散乱モデル同様に平均自由時間の数倍~十数倍の時間で平衡エネルギー分配比へ収束を示すものの、平衡エネルギー分配比に達するまでの時間やその遷移過程には差異が見られた。これは、平衡エネルギー分配比に達するまでの時間が震源近傍におけるSエネルギーの滞留によるものであるが、そのエネルギー滞留が非等方散乱における前方散乱の強度に大きく左右されるためであると考えられる。この結果は、桜島アレイ観測によるモード分離の解析結果においてエネルギー比の遷移初期の変化率が多重等方散乱モデルに比べ急峻であったことと合致しており、桜島浅部不均質構造による散乱の非等方性を示唆する。一方で、非等方散乱を考慮した差分法とモンテカルロ法の間においてもエネルギー比の平衡過程に差異が見られた。これは仮定した強い不均質場において、自由表面において入射波と反射波の干渉が生じることに一因があると考えられる。

これらの結果は、エネルギー伝播の時空間変動とあわせ、P/Sエネルギー分配比の観測・定量

化が火山性流体や破砕の存在といった火山浅部における短波長不均質・散乱特性の解明に有力な手段であることを示唆する。

キーワード:地震波伝播,地震波散乱,火山構造

Keywords: Seismic wave propagation, Seismic wave scattering, Volcano structure