

## 火山における地震波モード変換とエネルギー分配

山本 希 (東北大・理)

### はじめに

強い短波長不均質をもつ火山浅部では、地震波エネルギーは伝播過程において散乱の影響を強く受けることとなり、通常の地殻においては異なる様相を呈する。特に火山体のような強い不均質場においては変換散乱・多重散乱が地震波エネルギー伝播を大きく支配することとなり、我々はこれまで人工地震観測稠密観測網のデータを用いた散乱パラメータの定量化(浅間山: Yamamoto and Sato, 2010) や小規模アレイ観測による地震波エネルギーのP/S(発散/回転)モード分解を用いた変換散乱の観測的実証などを進めてきた(桜島: 山本ほか, 昨年度本研究集会など; 図 1)。これらの研究は、活火山における平均自由行程は約 1km と通常の地殻に比べ 10~100 倍強い不均質であることを明らかにし、火山における高周波地震波の解析・モデリングにおいて多重散乱・変換散乱が重要なファクターを占めることを示した。本発表では、このような火山周辺における観測記録に見られるいくつかの特徴的な事象の紹介を行う。

### 変換散乱・多重散乱によるエネルギー分配・平衡

桜島人工地震探査における小アレイ観測データを用い波動場のモード分離を行った結果、人工震源からのP波エネルギーが変換散乱により急速にS波エネルギーに変換され、両者のエネルギー比は震央距離 5~7km において初到着信から数秒で平衡に達した(図 2)。この平衡時間は無限空間における変換散乱を含む多重等方散乱モデルによる推定とよい一致を示すが、一方で等方散乱の仮定の妥当性・地表自由表面の影響などは自明ではない。そこで、本研究では差分法により3次元半無限不均質媒質中における波動場を計算し、これらの問題点の検証を行った。差分法によって得られたエネルギー比は、直達波近傍における差異などは見られるものの、大局的には無限空間における輻射伝達解とほぼ同等の平衡時間を示し、半無限空間におけるエネルギー比の理論値に漸近した(図 3)。これは直達波が主に前方散乱に支配されることに対しエネルギー比の時間変化を支配する散乱変換の散乱パターンは前方に振幅を持たないため、不均質性の強い火山帯では散乱変換が急速に等方散乱的に振舞うようになると解釈できる。

### コーダ波および雑微動におけるエネルギー分配

地震波観測記録に含まれる雑微動は、海洋波浪・大気擾乱や人間活動に伴うものであり、主にランダム励起されたballistic waveの重合であると考えられている。一方で、コーダ波は震源からの伝播過程における散乱過程によって生じるものである。したがって、この両波動場におけるエネルギー分配は一致する必然性は必ずしもない。一方、桜島における小アレイ観測に基づくモード分解の結果では、人工震源からの直達P波の着信数秒後からP/Sエネルギー比は一定となり、コーダ波後部と雑微動部分はほぼ同じ値を示した。この結果は、強い変換散乱・多重散乱により雑微動も実効的にエネルギー等分配に達していることを示唆する。そこで本研究では人工地震の稠密観測網の各点における観測点増幅比に着目し検証を行った。個々の人工震源に対しコーダ波後部・雑微動部分を用いて推定した観測点増幅比は図4に示すように強い相関を示し、両時間窓におけるはどう場の構成がほぼ等しいことを示唆する。この結果は、火山における強い不均質性に依る面もあるが、F-P時間を用いた地震マグニチュード決定の妥当性などに関連すると考えられる。

### まとめ

浅間山・桜島人工地震構造探査のデータ解析は、火山の強い不均質性を改めて示した。推定した散乱パラメータは”火山特有”の波動現象を明らかにしたが、時間・空間スケールを用いることにより通常の地殻においてこれまで抽出が困難であった波動現象を今後明らかにすることが可能となることが期待される。

謝辞: 本研究には火山体構造探査計画によるデータを使用させていただきました。関係各位に御礼申し上げます。

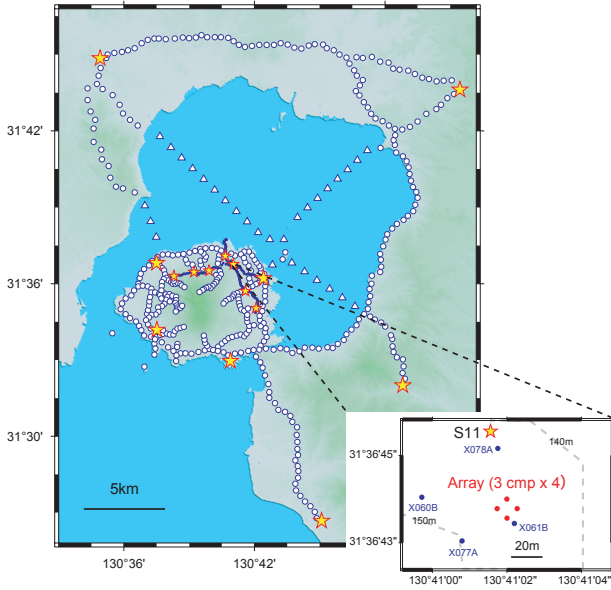


図1: 桜島構造探査の観測網: 発破点(黄星), 2Hz観測点(白丸), 4.5Hz反射法観測点(青丸).

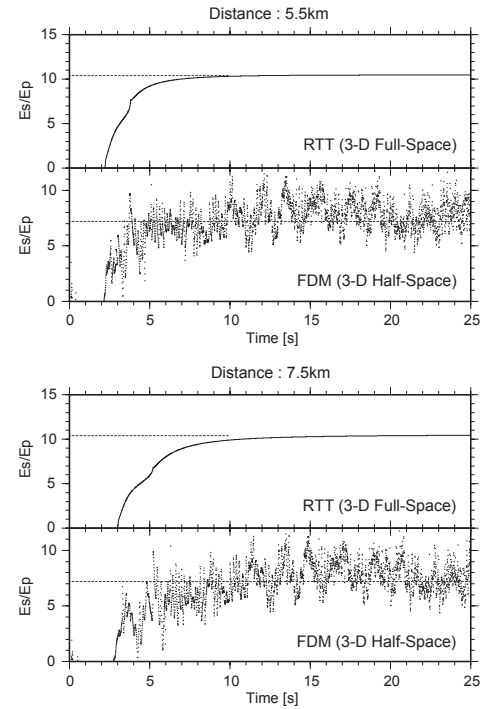


図3: 輻射伝達解および差分計算による震央距離5.5kmと7.5kmにおける $E_s/E_p$ 比. 輻射伝達に基づく3次元無限媒質中の多重等方散乱(各上段)および差分法による3次元半無限媒質の波動(各下段)いずれも等分配における理論値(波線)に直達波着信後数秒で漸近する.

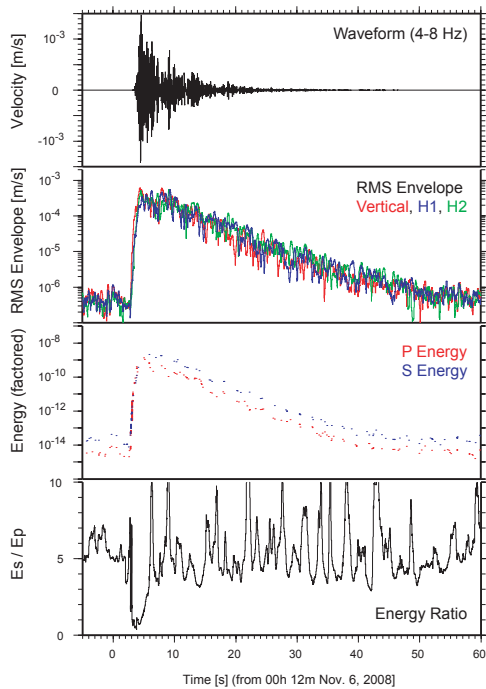


図2: 小アレイによって観測された4-8Hz帯における波形・3成分RMSエンベロープ・P/Sエネルギー・ $E_s/E_p$ 比 (S2発破: 震央距離約5.6km).

4-8Hz帯における常時微動(表面波含む)のエネルギー平衡比は約6となっているが, 発破からの実体波の到達によって平衡比が変化し再び平衡比へと遷移する. この過程に要する時間は5秒程度である.

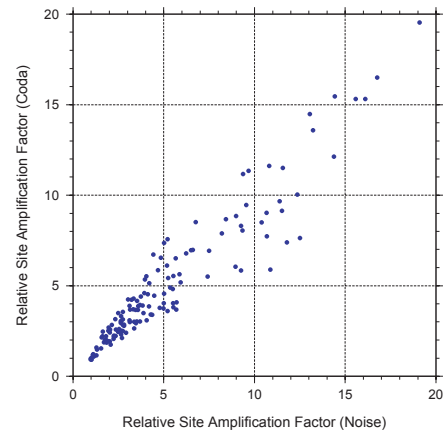


図4: 桜島構造探査反射法測線における雑微動部分とコーダ波後部の相対的観測点増幅特性 (4-8Hz). 両者の一致は雑微動の波動場がコーダ波後部同様にエネルギー等分配状態にあることを示唆する.