

擬似反射記録法における等価入射波形の評価と火山学への応用

筒井智樹

秋田大学工学資源学部

発表要旨

本発表では擬似反射記録法のバリエーションとして火山性微動観測記録の自己相関関数を用いて微動源の深さを推定する方法を提案し、この手法のロバスト性の検証も含めて火山学における応用の可能性について述べる。

擬似反射記録法(Tsutsui, 1992)は遠方震源に対する観測記録の自己相関関数を計算し地下構造の反射断面を得る方法である。擬似反射記録法は観測点配列の近傍に震源を配置させる必要がないので、急峻な地形で重機のアプローチ確保が難しい火山地帯で応用されて実績を積み重ねている(筒井・他, 2004, 筒井・他, 2007, 筒井・他, 2008)。

擬似反射記録によって得られる反射断面は入射波形の影響を受ける。従来、擬似反射記録法において標的となる地下構造に入射する波形の推定方法が問題であり、様々な方法が考案されて用いられてきた。たとえば自己相関関数による解析をはじめて用いた Scherbaum(1987a, b)では観測波形の初動部分を入射波形に等価なものとして取り扱ったほか、Tsutsui(1990)では調査地域内の基盤岩露頭における観測波形を用いていた。Scherbaum(1987a, b)の方法では初動波形が複雑な場合の切り出し位置の不確定さの問題があり、Tsutsui(1990)の方法では調査地域内に基盤岩の露出が必要であるという問題があった。

比較的単純な震源波形が期待される制御地震観測記録では入射波形の相違の問題がそれほど大きくなかったが、天然に存在する震源を利用するときは入射波形を未知とせざるを得ないので断面の解釈を行う上で深刻な問題となる。とくに本研究で用いた孤立型火山性微動では入射波形は単純ではないことが予想されるとともに、その時々で変化していることが予想される。本研究では同一の震源に対するすべての観測波形から得られた擬似反射記録を重合したものを入射波形と等価なものとして取り扱うことにする。すなわち同じ震源に対する複数の観測点における観測記録の自己相関を全て重合すると、個々の観測点における構造の応答が相殺され、震源及びその周囲の構造の応答の自己相関が卓越した波形を得ることができる。これを等価入射波形と呼ぶことにする。

阿蘇火山で1998年に行われた人工地震構造探査観測では6回の人工地震の合間に104回の孤立型火山性微動が観測された(Fig. 1)。この人工地震探査では299点から構成される臨時観測網が展開され、本研究ではこのうち159点の上下動観測記録を用いて擬似反射記録法解析を行った。振動様式解析と見かけ速度の観察からこれらの火山性微動の主要部ではS波が卓越していると考えられ、火山性微動観測記録から得られた擬似反射記録断面はS波反射断面に相当すると考えられる。

孤立型火山性微動の擬似反射記録法解析によってそれぞれのイベントごとに異なった擬似反

射記録断面が得られた(Fig. 2)．擬似反射記録断面がイベントごとに異なる理由は以下のように考えられた．1)地下構造がイベントごとに変化する可能性，2)入射波形がイベントごとに異なる可能性，3)表面波の混入による汚染の三つである．阿蘇火山で行われた当時の火山活動は平穏であったことから，1)の可能性は低いと判断された．また，擬似反射記録法の処理には見かけ速度の高い波を強調するグルーピング処理を施した記録を用いているので，3)の可能性も低いと判断された．したがって，検討されなければならない可能性は2)の入射波形のイベント毎の変異である．

個々の孤立型微動イベントに対する擬似反射記録を重合した等価入射波形を作成して，イベント毎の共通した特徴を抽出した．その結果，等価入射波形はゼロラグ付近のローブ幅の大きさに注目すると2種類のパターンに大きく分類されることが明らかになった(Fig. 3)．当時の観測記録ではローブ幅が大きなパターンが卓越して出現する．さらに，ローブ幅の大きなパターンは第二ローブの形状もしくはその幅に様々なバリエーションがあることが明らかになった．なかでも第二ローブがなめらかな山形になるパターンと平らになるパターンが目立ち，それ以外はこれらの中間的なパターンのようにみえるものである．

等価入射波形のパターンに大きな影響を与えるのは震源の深さであることがモデル実験で確かめられた(Fig. 4)．モデル実験では筒井・他(2003)で得られたP波速度構造から換算したS波速度構造に，深さが異なる等方力源で近似した微動源を与えて計算を行った．モデル計算の際の等方震源の導入は以下の2点を考慮した．一つ目は反復して発生するそれぞれの孤立型微動イベントは互いにその極性分布はほぼ一致しており，反復発生間でメカニズムの変化は無いものと考えられる．二つ目は，によって火山性微動のメカニズムは節面が垂直であると考えられることである(Mori et al., 2008 など)．モデル計算の結果，第二ローブの2種類のパターンの相違は，直接入射波と自由表面反射波の到来時刻差による影響で説明ができた．この到来時刻差は震源深さに依存する．

本研究でもちいた手法は高密度観測記録ばかりでなく，通常の定常観測記録にも応用が可能である．今日では高密度観測を臨時観測として実施することはたやすいことであるが，そのまま長期間維持することは現実的ではない．また，高密度観測を適時に実施することも同様に現実的ではない．このような観点から先述の高密度観測網をサンプリングして，震源距離偏在の影響，観測点密度の影響，観測方位偏在の影響の検討を行った．その結果，これらの想定観測網で得られた等価入射波形の変異は最悪でも1パーセント程度に収まることが判明した．このことは本手法が観測点配置に対してロバストであることを意味しており，理想的な観測点配置が採れなかった場合でも適用が可能であるということを示している．

本研究は火山性微動の震源深さに関する議論に新たな知見を付け加えるものばかりではなく，明瞭な読み取り値を得にくいことが多い火山性地震の解析にも応用が期待される．

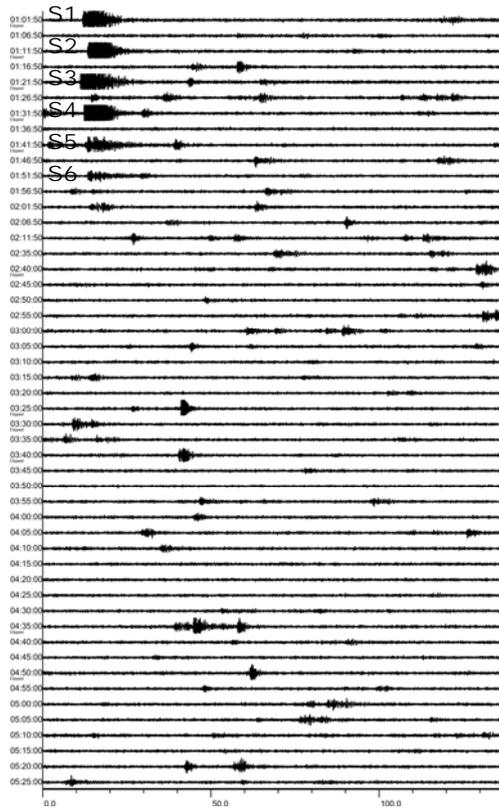


Fig. 1 人工地震(S1-S6)とともに記録された孤立型火山性微動

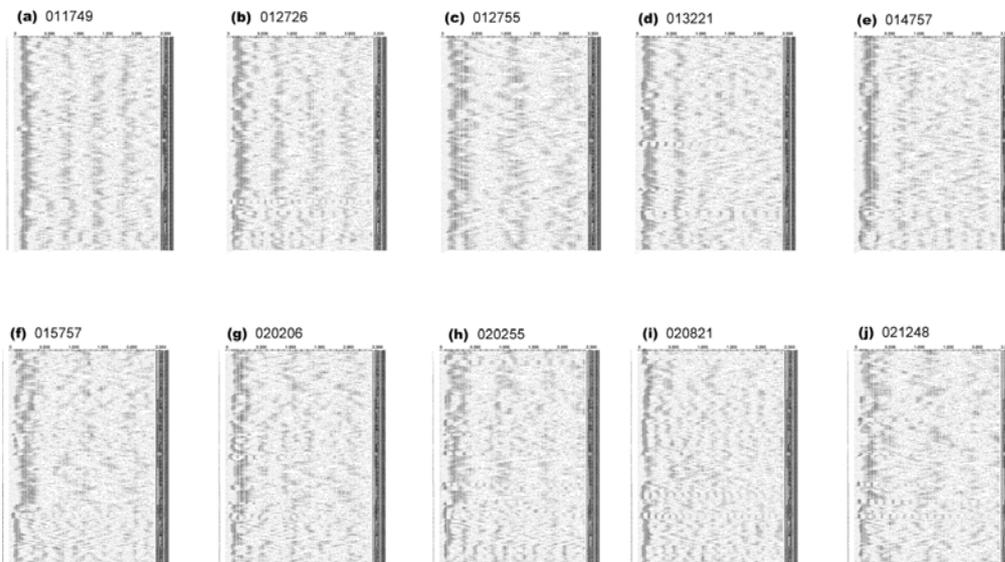


Fig. 2 孤立型火山性微動による擬似反射記録

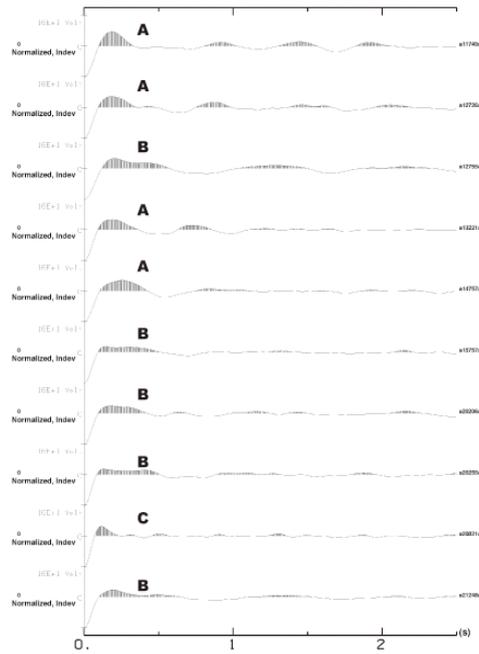


Fig. 3 それぞれのイベントに対する等価入射波形

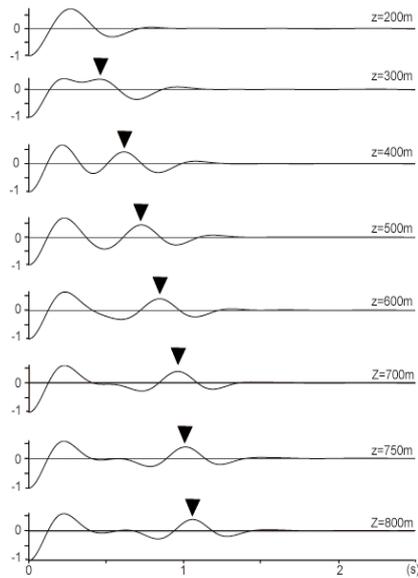


Fig. 4 等価入射波形の震源深さ依存性

参考文献

Mori et al. Bulletin of Volcanology, DOI 10.1007/s00445-007-0185-7
 Scherbaum, 1987a, Bull. Seism. Soc. Am., 77, 1905-1923.
 Scherbaum, 1987b, Bull. Seism. Soc. Am., 77, 1924-1944.
 Tsutsui, 1992, Geophysical Prospecting, 40, 15-30
 Tsutsui, 1990, Jour. Phys. Earth., 38, 403-429.
 筒井・他, 2004, 火山, 49, 143 - 151.
 筒井・他, 2007, 物理探査, 60, 131-144.
 筒井・他, 2008, 火山, 53, 1-14.