

振幅を用いた 2015 年 8 月桜島マグマ貫入イベントに伴う地震の震源推定
 Estimation of Hypocenters of Earthquakes Associated with Rapid Magma Intrusion into Sakurajima
 Volcano in August 2015 Using Seismic Amplitudes

○中道治久・井口正人・為栗 健

○Haruhisa NAKAMICHI, Masato IGUCHI, Takeshi TAMEGURI

We estimated 250 hypocenters of earthquakes that occurred on August 15, 2015 beneath Sakurajima Volcano, southwest Japan by using the amplitudes source location (ASL) method. A plot of residuals for a hypocenter by the ASL method shows that horizontal locations were well constrained compared with the depths. The epicenters of the earthquakes distribute in and around the dike source which is estimated by geodetic measurements. However, the depths of the earthquakes are poorly constrained and widely distribute at -1 to 6 km below sea level. The temporal change of the hypocentral distribution is weakly seen and should be carefully examined.

1. はじめに

火山噴火に前駆して火山近傍で群発地震が起こることはよく知られているが、噴火未遂となるケースも知られている。群発地震の発生初期には頻度および規模ともに小さいが、時間経過に伴い頻度および規模が大きくなる。このため地震波形が重なることにより、初動到達時刻を用いた震源決定では、肝心の群発地震活動がピークの時に発生数に対する震源決定数は少なくなる。また、火山性地震の S 波初動到達時刻の読み取りは容易ではない。そこで、火山の群発地震について初動到達時刻によらない震源決定を模索する必要がある。そのため、火山において振幅を用いた震源推定（以下 ASL 法とする）が試みられてきた（例えば、Kumagai et al., 2013）。

2015 年 8 月 15 日に桜島において明瞭な地殻変動を伴った群発地震が発生し、マグマ貫入イベントであったと解釈されている（Hotta et al., 2016）。群発地震の初動を用いた震源決定結果は既に為栗・他（2016）にて報告している。そこで、本報告では振幅を用いた震源推定結果を示す。

2. データと震源推定方法

本研究では、防災研究所、気象庁、国土交通省の桜島の地震観測点 14 箇所の短周期上下動地震波形データを用いた。

ASL 法では、放射方向によらず地震の振幅が震源からの距離に反比例するという仮定をしている。この仮定は、火山地形および不均質構造を考慮し

た地震波動計算から、周波数 5Hz 以上の高周波数側で成り立っていることが確認されている（Kumagai et al., 2011）。そこで、本研究では地震波形に 5-9 Hz の帯域通過フィルターを施した。一方、地震計設置場所付近の地形や地盤によって、地震波の増幅特性（サイト特性）が異なるが知られており、ASL 法適用に当たっては、サイト特性の補正が必要である。そこで、コーダ正規化法（Phillips and Aki, 1986）にてサイト補正值を求めた。九州地方周辺（E128.3~133.3°, N29~34°, 深さ 10~600 km）の 2012 年 4 月から 2016 年 3 月に発生した 140 個の M4 以上の地震を用いて補正值を求めた。

ASL 法では震源位置はグリッドサーチにて推定するが、グリッド設定範囲を水平範囲は桜島全体をカバーする範囲（E130.58~130.73°, N31.53~31.63°）の深さ-1~6 km に設定し、水平方向に 0.001°間隔、深さ方向に 0.1 km 間隔にグリッドを配置した。この範囲内に、既往研究の震源とマグマ貫入イベント時の地殻変動ソース（Hotta et al., 2016）が含まれる。

ASL 法の適用にあたって、減衰定数 $Q=50$ 、時間窓長 10 s を用いた。時間窓での RMS 振幅を ASL 法のデータとした。グリッドから観測点の S 波走時を考慮して時間窓の位置をシフトさせるが、走時計算には 2 通りの半無限均質速度構造を用いた。ケース 1 では $V_s = 1.44$ km/s で、ケース 2 では $V_s = 2.13$ km/s とした。ケース 1 は既往研究（例えば、為栗・他 2016）や気象庁の震源で用いられている

構造($V_p = 2.5$ km/s, $V_p/V_s = 1.73$)であり、ケース 2 は Tsutsumi et al. (2013)による 2008 年人工地震探査による結果の深さ地表から深さ 6 km の P 波速度の加重平均値($V_p = 3.7$ km/s)に $V_p/V_s = 1.73$ を仮定した値である。

群発地震発生当日の 1 日分の連続地震波形に対して 1 秒間隔で STA/LTA の RMS 振幅比でトリガーし、4 点以上でトリガーが掛かった場合に 14 点のデータにて ASL 法による計算を行った。

3. 結果と議論

速度構造ケース 1 と 2 について規格化残差分布を Fig. 1 に示す。ケース 1 に比べて 2 の方が残差 0.5 未満の範囲が狭い。ただし、両者ともに鉛直方向に広がっており、震源推定において深さの制約が悪いことを示している。

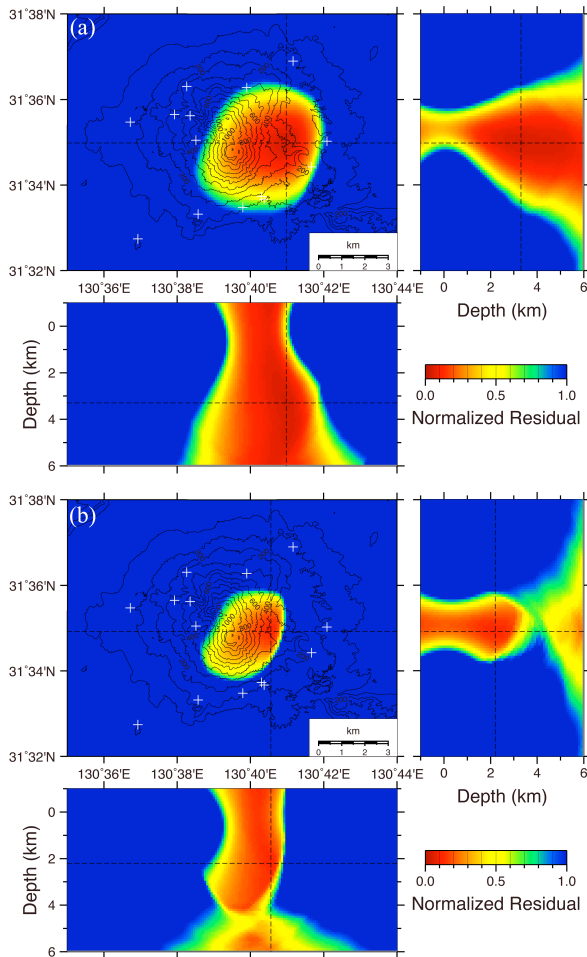


Fig. 1 Spatial distributions of the normalized residuals. (a) Case 1. (b) Case 2. The dashed lines cross the location with the minimum residual and show the locations of the cross-sections.

同じ地震について ASL 法による震源と為栗・他 (2016) の初動による震源の比較を Fig. 2 に示す。なお、速度構造はケース 2 を採用した。初動震源が火口直下の深さ 1.5~4 km に分布しているのに対して、ASL 法では東方向にシフトしており、深さは 1~5 km と広がっている。

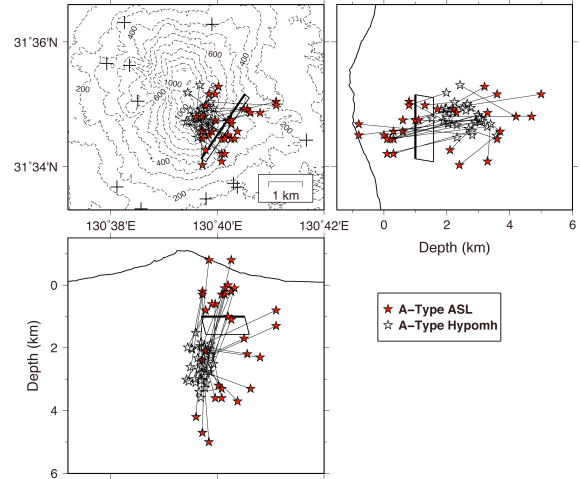


Fig. 2 Comparison between the hypocenters by ASL (red stars) and the ordinal methods (open stars).

ASL 法にて 250 個の地震の震源推定をした。発生時間で色分けした震源を Fig. 3 に示す。午前 10 時半以前の震央は比較的近接して分布しているが、10 時半以降の震央は広がっており、特に東方向への拡大が顕著である。また、震央は矩形の地殻変動源の水平位置を取り囲むように分布している。震央分布の時間変化については今後さらなる検討を行う予定である。

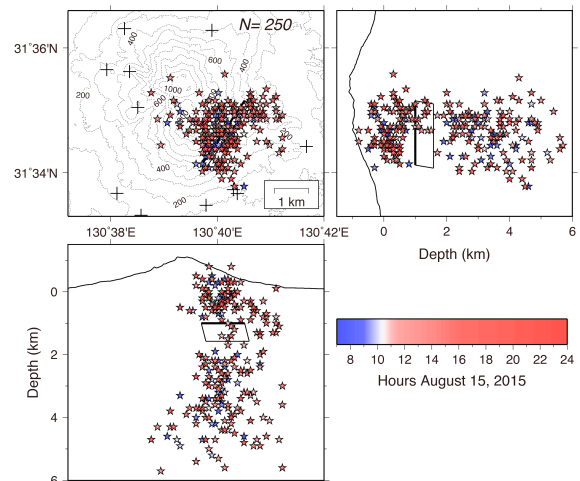


Fig. 3 Hypocenters by the ASL method. The rectangles show the locations of the dike source by Hotta et al. (2016).