

桜島火山における火山性地震の震源分布（2011－2012年）

為栗 健*・井口正人*・園田忠臣*・市川信夫*

* 京都大学防災研究所

要 旨

2006年6月に噴火を再開した昭和火口では、2009年以降、噴火活動が活発化し、爆発的噴火回数が増加している。2012年1月から3月にはA型地震の発生回数が増加し、有感地震も発生した。北岳付近と昭和火口北側でM1.5を超えるA型地震が多く発生した。昭和火口の爆発的噴火に伴う爆発地震の震源位置は従来の南岳山頂火口における爆発地震とほぼ同位置であるが、やや昭和火口に近い位置に移動している可能性がある。爆発的噴火の1時間ほど前から発生する微小地震は波形の特徴と周波数からBH型に分類され、その発生位置は昭和火口の海水面下0.5km付近であった。

キーワード：桜島火山、火山性地震、震源分布

1. はじめに

桜島火山の南岳山頂火口では1955年の爆発的噴火の開始後、現在まで噴火活動を続けているが、2000年以降は噴火活動が低減傾向にあった。そのような活動の中、2006年6月に山頂火口の東側斜面にある昭和火口において58年ぶりに噴火が発生した。昭和火口の噴火活動は活動期と休止期を繰り返したが、2009年以降、噴火活動が活発化し、爆発回数が急激に増えた。2010年には1,055回、2011年には1,091回、2012年は10月末までに818回の爆発的噴火が発生している。京都大学防災研究所附属火山活動研究センターでは山頂付近、特に昭和火口下における地震の発生状況を明らかにするために、定常地震観測網より火口近傍に臨時地震観測点を設置し、火山性地震の観測を行ってきた。その臨時地震観測点のデータを含めた震源決定の結果、火口周辺で発生するA型地震の震源位置に大きな変化はなく、昭和火口の爆発的噴火に伴う爆発地震は従来の南岳山頂火口の爆発地震と同じ震源付近で発生していることが明らかになった（為栗・他、2008）。

2009年以降、昭和火口における噴火活動が活発化する中、2012年1月から3月にかけてA型地震の発生回数が増加し、有感地震も発生した。2011-2012年にかけて、気象庁が桜島島内の地震観測網を更新し、震

源決定に使用できる観測点数が増えたこともあり、より小さな火山性地震の震源決定が可能になった。昭和火口における爆発的噴火は南岳山頂火口における爆発と比較すると規模は小さいが、それでも発生回数の増加とともに規模が大きくなってきている。爆発的噴火に伴う爆発地震は初動振幅の大きな地震も発生しており、震源決定可能な爆発地震も発生している。2011年頃から昭和火口の爆発的噴火の発生に関連して、前兆的な地震活動が見られることがある。爆発的噴火の1時間ほど前から微小地震が多発する事例が多く観測されてきている。

本稿では、2011年以降発生したA型地震の発生状況と震源分布、昭和火口の爆発地震の震源分布について報告する。また、爆発的噴火の1時間ほど前から多発する微小地震の特徴とその震源決定を行ったので報告する。

2. 地震観測

Fig. 1に桜島島内で行われている地震観測点を示す。Fig. 1の●および○は火山活動研究センター（SVRC）によって地中および地表設置型の地震計で観測を行っている地震観測点である。山頂火口を囲むように10点の定常観測点が設置されている。また、2007年以降、火山性地震の観測強化のため、山頂火

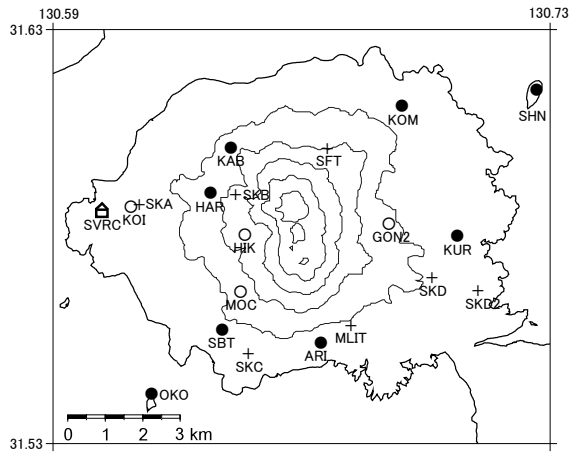


Fig. 1. Location of Seismic stations. Circles denote stations operated by SVRC. Solid and open circles indicate borehole and surface stations, respectively. Crosses stations are operated by JMA and MLIT.

口の東側2.5km (GON2) と南西側2.0km (MOC) の位置に臨時観測点を設置して地震観測を行っている。気象庁 (JMA) と国土交通省大隅河川国道事務所 (MLIT) によって地震観測が行われている点を+で示している。

SVRCの定常観測点では桜島の北岳付近と南東側に観測点がなく、JMAとMLITのデータを使用することで震源決定の信頼性が上がるものと考えられる。そのため、本報告ではSVRCの定常・臨時観測点にJMAとMLITのデータを加えて解析を行うことにした。

3. A型地震の発生状況と震源分布

Fig. 2に2011年1月から2012年9月までのA型地震の日別発生回数を示す。2011年は月に数回の発生頻度であったが、2012年1月から3月にかけてA型地震が多発した。2011年10月から始まった桜島直下へのマグマ供給がピークに達する時期に対応して、A型地震が増加している。Fig. 2の矢印は有感地震の発生を示しており、2012年2月21日、2012年4月28日に発生している。

Fig. 1に示したSVRCの定常観測点のうち、6観測点以上でP波の初動到達時が読み取ることができたA型地震について震源決定を行った。震源決定にはHirata and Matsu'ura (1987) の決定方法を使用した。地震波速度構造は山頂直下浅部の地震については、P波速度2.5km/sの半無限均質構造、 V_p/V_s 比を1.73と仮定した。桜島南西側のやや深い地震についてはHidayati et al. (2007) の速度構造を使用し、桜島外の地震観測点の読み取り値も使用した。

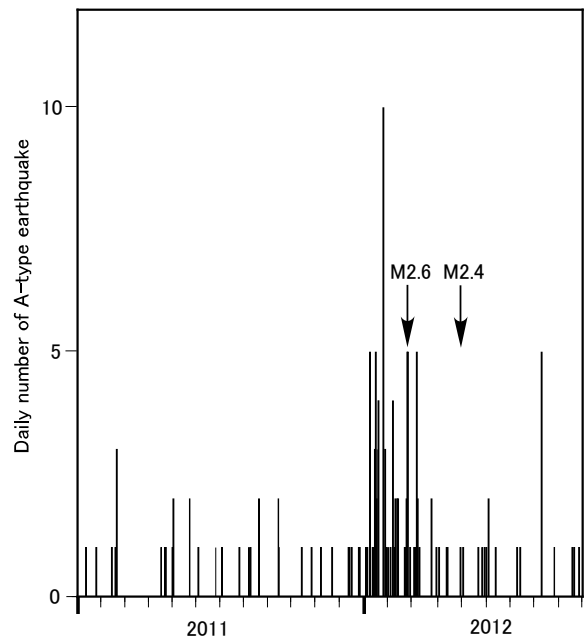


Fig. 2. Daily number of A-type earthquake. Arrows indicate felt earthquakes.

震源決定に使用した観測点は地表設置のものと地中埋設 (85-355m) のものが混在している。震源決定結果を見ると、地表設置の観測点は理論到達時と観測値の残差はほとんど全て正の値であった。逆に、桜島南部に位置するARI, OKO観測点などの地中観測点では全て負となっている (為栗・他, 2008)。これらの残差の特徴は伝播経路の速度異常か観測点直下のサイト特性かは分からない。しかし、震源決定結果に影響を及ぼしている可能性があるため、各観測点の残差を観測点補正值とみなし、初動読み取りの際に平均残差を差し引いた時刻を読み取り値として震源決定を行った。

Fig. 3にA型地震の震源分布を示す。A型地震の多くは南岳および昭和火口直下の深さ3km以浅で発生している。また、中岳から北岳付近の深さ1-2kmと桜島南西部の深さ7km付近でもA型地震が発生している。山頂周辺の震央分布を見ると、南岳山頂火口周辺とその東側にある昭和火口直下にA型地震が集中している。南岳山頂火口直下の地震は深さ1-3kmにおいて多く発生しており、昭和火口直下はやや浅部 (0.5-2.0km) に地震が発生している。中岳から北岳付近で発生している地震は比較的規模が大きく、M2を超える地震もある。最北部で発生した2012年4月28日の地震は桜島藤野町で有感であった。震源分布は南北断面を見ると北ほど深くなっているように見える。2010年6月から2010年11月の収縮源、2010年11月から2011年2月の膨張源の位置は北岳付近の深さ2-4kmである (井口, 2011)。北岳付近のA型地震の

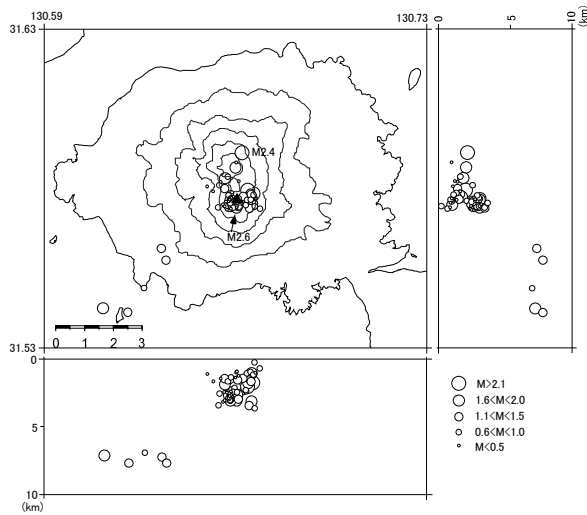


Fig. 3. Hypocenter distribution of A-type earthquakes.

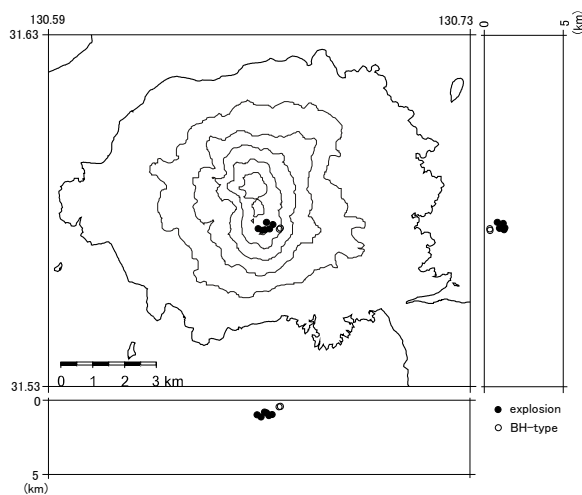


Fig. 4. Hypocenter distributions of explosion earthquakes accompanied with explosive eruptions at Showa crater and BH-type earthquakes before explosive eruption. Solid and open circles denote explosion and BH-type earthquakes, respectively.

発生位置はその圧力源の上端に位置する。

4. 爆発地震の震源と噴火前に群発的に発生する地震について

2006年以降、噴火を続ける昭和火口では、2009年から爆発的噴火の回数が増加してきた。回数のみならず、空気振動振幅や爆発地震の振幅も大きく、爆発的噴火の規模は大きくなっている。P波初動が明瞭な爆発地震も発生しているため、その震源決定を行った (Fig. 4の●)。2012年に発生した爆発地震のう

Oct. 14, 2012 HIK-V

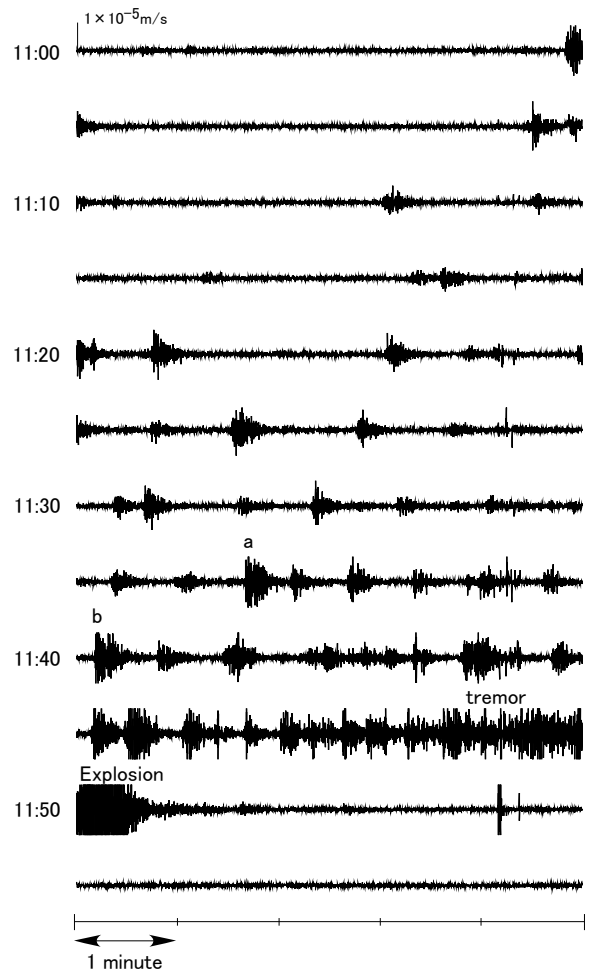


Fig. 5. Record of explosion earthquake at 11:50, Oct. 14, 2012 and BH-type earthquakes before explosive eruption.

ち、初動が明瞭な爆発地震の震源は南岳山頂火口下から昭和火口よりの深さ1km付近に位置している。震源分布はやや東西に広がっているように見え、従来の南岳山頂火口における爆発的噴火の爆発地震の震源位置より東側に移動している。しかしながら、山頂東側のGON2, KUR観測点の初動読み取り精度に左右されている可能性がある。

昭和火口における爆発的噴火や多量の火山灰を放出する噴火の前には、小規模な地震が多発することがある (Fig. 5)。このような噴火前に群発的に地震が発生する現象は2011年以降、たびたび観測されるようになってきた。Fig. 5の例では、爆発的噴火発生前の1時間ほど前から地震が発生し始め、時間とともに発生間隔が短くなっていく。爆発の3分ほど前から連続的に地震が発生し、微動となり、11:50に爆発が発生している。この地震の卓越周波数は5-6Hzで、明瞭なS波は見られない。桜島火山の火山性地震の分類で

はBH型に属する地震である(井口, 1989)。火口近傍の観測点のみであるが4点以上で初動が明瞭なBH型地震の震源決定を行った(Fig. 4の○)。Fig. 5のa, bのBH型地震の震源は昭和火口下の深さ0.5km付近であった。このBH型地震は爆発的噴火や多量の火山灰を放出する噴火の前に発生する傾向があり, 地盤変動で見られる膨張過程が顕著になった際に発生している。このことから, このBH型地震は噴火前の圧力増によって火道もしくは火道内の領域で発生しているものと考えられる。

5. まとめ

桜島火山で2011-2012年に発生した火山性地震の震源分布と噴火前に多発する地震は以下のようにまとめられる。

- 1) A型地震は2012年1月から3月にかけて発生回数が増加した。A型地震の多くは山頂火口および昭和火口の深さ1-3km付近で発生している。
- 2) M1.5を超えるA型地震が北岳付近, 昭和火口北側で発生している。
- 3) 昭和火口の爆発的噴火に伴う爆発地震の震源は山頂火口と昭和火口との間の深さ1km付近で発生している。
- 4) 爆発的噴火や比較的多量の火山灰を放出する噴火の前にBH型地震が多発する。その震源は昭和火口下0.5km付近で発生しており, 噴火前の圧力増によって発生していると考えられる。

謝 辞

Hypocenter distributions of volcanic earthquakes at Sakurajima Volcano (2011-2012)

Takeshi TAMEGURI*, Masato IGUCHI*, Tadaomi SONODA*, Nobuo ICHIKAWA

* Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Synopsis

Explosive eruptions at Showa crater of Sakurajima volcano have become active from 2009. A-type earthquakes increased during January to March, 2012, including felt earthquakes. Hypocenters of the A-type earthquakes located beneath Minamidake and Showa craters at depths of 1-3 km and some larger events ($M > 1.5$) originated beneath Kitadake and north part of Showa crater. Explosion earthquakes accompanied with explosive eruptions at Showa crater are generated between Minamidake and Showa craters at depth of 1km. Small earthquake swarm frequently occur before about 1 hour of explosive eruption and eruption with a

地震観測点の保守およびデータ蓄積は火山活動研究センターの全スタッフの協力のもとに行われている。気象庁および国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所の地震データを使用させていただいた。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 井口正人(1989) : 火山性地震BL・BHの初動の押し引き分布, 京都大学防災研究所年報, 第32号B-1, pp. 13-22.
- 井口正人(2011) : 桜島火山の噴火活動ー2010年6月~2011年7月ー, 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究, 2010年, pp. 1-8.
- 為栗 健・井口正人・山崎友也・高山鉄朗(2008) : 桜島火山における火山性地震観測の強化, 第10回桜島火山の集中総合観測(平成19年6月~平成20年3月), pp. 19-25.
- Hidayati, S., Ishihara, K. and Iguchi, M. (2007): Volcano-tectonic earthquakes during the stage of magma accumulation at the Aira caldera, Southern Kyushu, Japan, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 52, pp. 289-309.
- Hirata, N. and Matsu'ura, M. (1987): Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, Phys. Earth Planet. Inter., Vol. 47, pp. 50-61.

large amount of emission of volcanic ash from 2011. The earthquakes are BH-type, from characteristics of high-frequency (5-6Hz) and no clear S-wave. Hypocenter of the BH-type earthquakes located at depth 0.5km beneath Showa crater.

Keywords: Sakurajima volcano, volcanic earthquake, hypocenter distribution