

桜島火山昭和火口の噴火に伴う前駆地震の特徴

Characteristics of Precursory Earthquakes Associated with Eruptions at Showa Crater of Sakurajima Volcano

為栗健・井口正人

Takeshi TAMEGURI and Masato IGUCHI

Synopsis

Explosive eruptions at Showa crater of Sakurajima volcano have become active from 2009. Small earthquake swarms sometimes occur before about 1-2 hours of explosions and eruptions with a large amount of emission of volcanic ash. The small earthquakes are high-frequency (5-6 Hz) and no clear S-wave. The earthquakes are classified as BH-type. Hypocenters of the earthquakes are located at a depth of 0.5 km beneath the Showa crater. Occurrences of the earthquake swarms begin 30 minutes to 1 hour after start of inflation observed by extensometers before explosions.

キーワード: 桜島火山, 昭和火口, 前駆地震

Keywords: Sakurajima volcano, Showa crater, precursory earthquake

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10月以降、噴火活動が活発化し、爆発回数が急激に増加した。2010年には1,055回、2011年には1,091回、2012年には917回の爆発的噴火が発生している (Fig. 1)。昭和火口における爆発的噴火は回数は多いが、南岳山頂火口における爆発と比較すると地震動や空気振動の振幅は小さい。しかし、年々、爆発回数の増加とともに規模が大きくなっている。昭和火口の噴火活動が活発化する中、2011年頃から昭和火口の爆発的噴火や比較的火山灰放出量の多い噴火に関連して、噴火の前兆的な群発地震活動が見られるようになってきた。前駆地震は噴火の1~2時間前から多発する事例が観測されている。本稿では、前駆地震の波形の特徴や発生様式について報告する。

2. 前駆地震の波形の特徴

Fig. 2に爆発的噴火の前駆地震活動の一例を示す。爆発 (11:50) の約1時間前から微小地震の群発が始まる。この爆発の前駆地震は時間とともに発生間隔が短くなっていき、爆発の3分ほど前から連続的に地

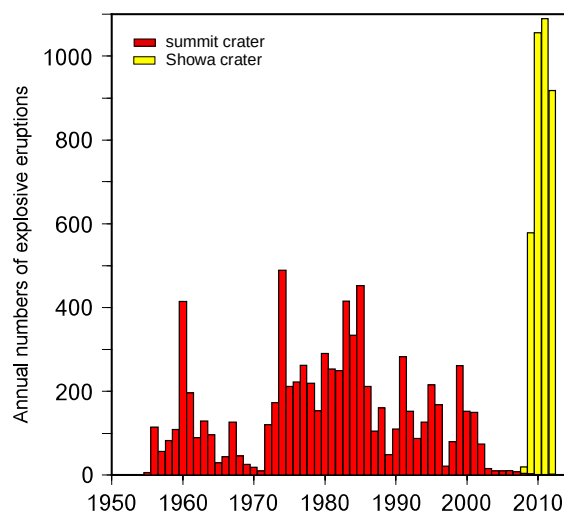


Fig. 1 Annual numbers of explosive eruption.

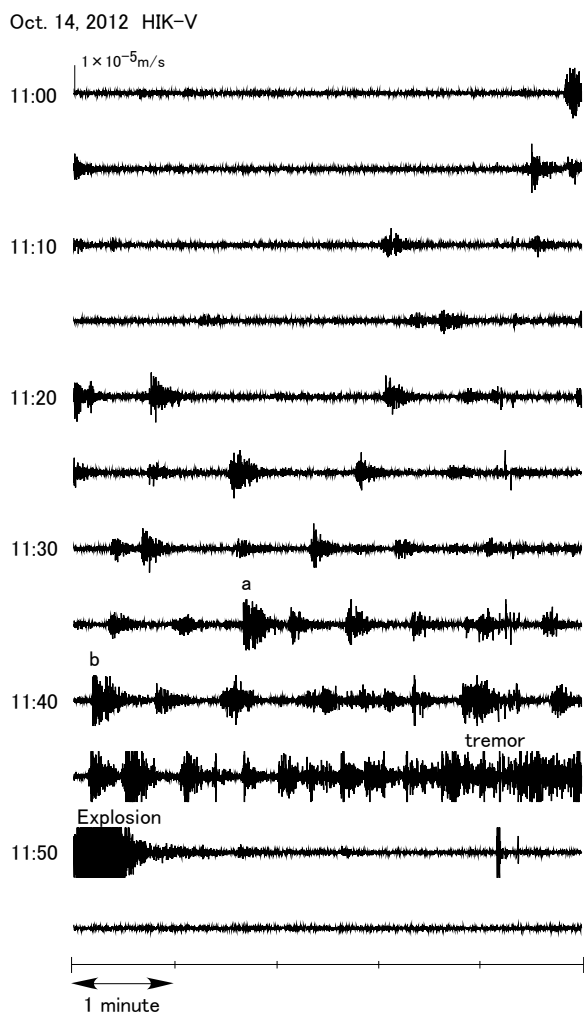


Fig. 2 An example of precursory earthquake swarm before explosive eruption.

震が発生し、微動の様相になり、爆発的噴火が発生している。前駆地震の特徴として、爆発に向けて発生頻度が上がる点が上げられる。

Fig. 3に2012年1月～2013年2月末までの昭和火口における爆発的噴火と前駆地震を伴う爆発的噴火の月別発生回数を示す。昭和火口から約2.5 kmに位置する観測点で 0.5×10^{-5} m/s以上の振幅を持つ地震が噴火前に10回以上発生したものを前駆地震を伴う爆発的噴火とした。前駆地震を伴う爆発的噴火は全体の6%程度しかなく、ほとんどの爆発的噴火では前駆地震を伴わない。前駆地震を伴う爆発的噴火は少数であるが、期間を通して発生している。その中でも2012年5月と10月～12月に比較的多く発生している。昭和火口における爆発的噴火活動は2012年5月から減少し、同年12月まで少ない状態が続いた。前駆地震を伴う爆発的噴火は昭和火口の噴火活動が低下した前後に多く発生する傾向がある。

前駆地震の継続時間は10-20秒であり、明瞭なS波

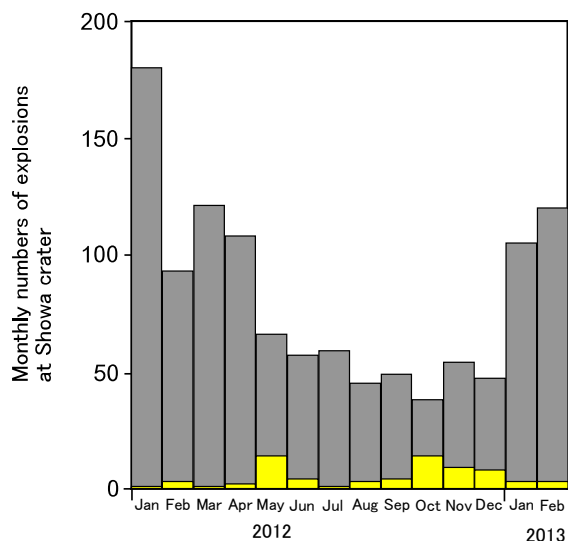


Fig. 3 Monthly numbers of explosive eruption (gray) and explosion accompanied with the precursory earthquakes (yellow).

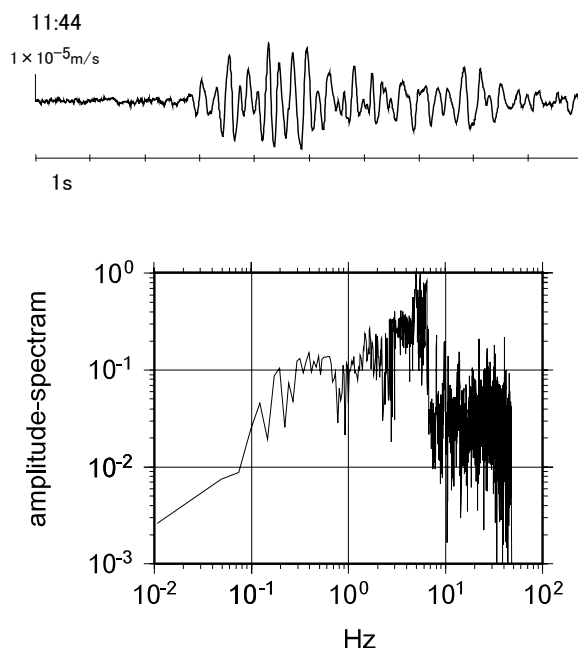


Fig. 4 A close-up waveform of precursory earthquake at 11:44 (top) and spectrum of the earthquake (bottom).

は見られない。卓越周波数は5-6 Hzにピークを持ち (Fig. 4)，前駆地震の始まりから爆発直前まで周波数に変化は見られない。桜島火山の火山性地震の分類ではBH型に属するものである (井口, 1989)。

Fig. 5に前駆地震の最大振幅の時間変化を示す。前駆地震の発生から数十分間は最大振幅は $0.5-1.0 \times 10^{-5}$ m/s程度であったが、爆発前になると徐々に振幅の大きな地震も発生してくる。前駆地震の発生パターンの特徴は時間とともに発生頻度が増加すること

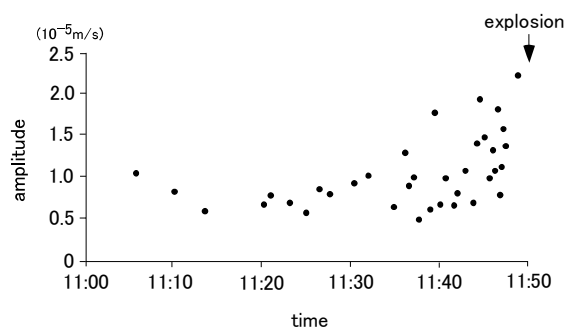


Fig. 5 Temporal change of amplitudes of precursory earthquakes.

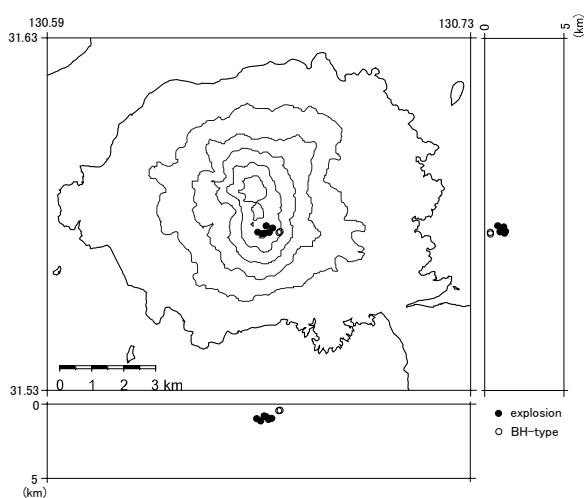


Fig. 6 Hypocenter distributions of explosion earthquakes accompanied with explosive eruptions at Showa crater and precursory earthquakes. Solid and open circles denote explosion and precursory earthquakes, respectively.

に加えて、最大振幅が増大していく点が言える。

Fig. 6に前駆地震と爆発地震の震源分布を示す。前駆地震は微小で、初動振幅が小さいために、ほとんどの地震が震源決定できない。火口近傍の4観測点において初動到達時を読み取ることができた比較的前駆地震2例 (Fig. 2のa, b) について震源決定を行ったところ、昭和火口下の0.5 km付近であった。昭和火口における爆発的噴火に伴う爆発地震のうち、同様に初動到達時を読み取ることができた4例について震源決定を行ったところ、震源は南岳山頂火口から昭和火口寄りの深さ1 km付近であった。前駆地震は爆発地震より浅い位置で発生している。

3. 前駆地震と地盤変動の比較

昭和火口の爆発的噴火や火山灰放出量の多い噴火

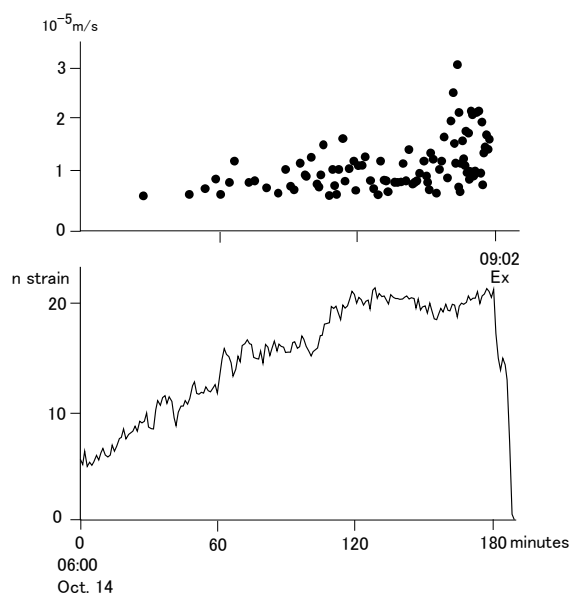


Fig. 7 Temporal change of amplitudes of precursory earthquakes (top) and tangential strain change at Arimura tunnel (bottom).

の前には山体膨張を示す地盤変動が観測され、噴火後には急速に収縮する (Iguchi et al., 2013) . Fig. 7に前駆地震の振幅変化と伸縮計記録を示す。伸縮計は昭和火口から南に約2kmにある有村観測坑道に設置されている。山体膨張による伸縮計の伸びは06:00頃から観測され始め、約3時間後に爆発的噴火が発生した。前駆地震は山体膨張開始の30分から1時間後に発生し始めている。膨張が進むにつれて、前駆地震の最大振幅が増大していく。山体膨張は爆発的噴火の1時間ほど前に停滞に入り、それから前駆地震の発生頻度と振幅増大が加速している。爆発的噴火が発生して火山灰やガスが火口から放出されると地盤変動は山体膨張から収縮に反転する。前駆地震は噴火と同時に発生しなくなる。

4. 議論

桜島火山では爆発的噴火の前後に、しばしば群発地震が観測される (西, 1970; 西, 1974) . 西 (1974) は南岳山頂火口の爆発的噴火に先行する群発地震について、発生頻度や振幅変化から2種類に分類している。昭和火口で見られる前駆地震群発は爆発の1~2時間前から始まり、発生頻度、振幅とも増大しながら1回の爆発が発生する。これらの特徴は西 (1974) で分類された第1種群発地震の発生様式と類似している。

井口 (1989) は桜島火山で発生するB型地震について卓越周波数からBL型とBH型に分類し、BL型地震は爆発地震の震源とほぼ同じ深さの0-2 kmで発生

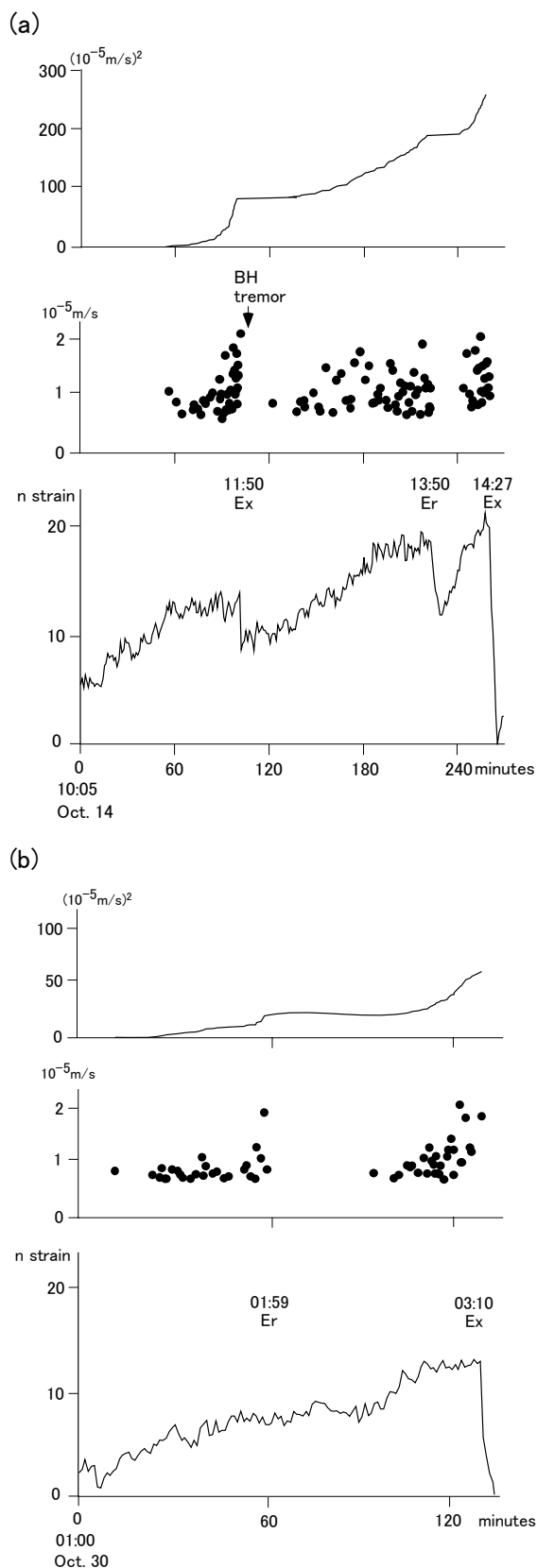


Fig. 8 Tangential strain change at Arimura tunnel (bottom), temporal change of amplitudes (middle) and accumulation of maximum amplitudes of precursory earthquakes (top). (a) Oct. 14 (b) Oct. 30

していることを示した。一方、BH型地震の震源の深さはBL型地震より深く、1-3 km付近で発生していると報告されている。前駆地震は波形の特徴と卓越周波数からBH型地震に分類される。その震源の深さは0.5 kmと浅く、南岳活動期に観測されていたBH型地震とは深さが異なり、BL型地震や爆発地震と同様な深さで発生している。Iguchi et al. (2013) は昭和火口の噴火に伴う地盤変動の圧力源の深さを0-1.5 kmと見積もっており、前駆地震の震源の深さは圧力源の深さと類似している。前駆地震は噴火前の圧力増により、圧力源周辺で発生していると考えられる。

前駆地震活動は爆発や噴火が発生すると止まるが、その後、次の噴火の準備過程として山体膨張が再開すると再び前駆地震が発生し始める。Fig. 8aに約3時間の間に3回の噴火が発生した際の前駆地震活動の発生パターンと伸縮計記録を示す。膨張は10:10頃から始まり、11:50の爆発的噴火、13:50の火山灰放出の噴火を挟んで、14:27の爆発的噴火後に膨張開始時のレベル付近まで収縮した。この3回の噴火に前駆して群発地震が発生している。最初の膨張開始から約1時間後に伸びが停滞し、それとほぼ同時に前駆地震が発生し始めている。前駆地震の発生頻度と振幅が増大し、高周波微動のようになった後に爆発的噴火が発生した。爆発発生後、前駆地震は発生しなくなったが、膨張が再開して11:50の爆発発生時のレベルにまで達した頃から前駆地震が再び発生し始めている。13:50には非爆発的な噴火が発生したが、その際にも前駆地震が止まっている。13:50の噴火で地盤変動は収縮したが、その後急速に膨張に反転し、13:50の噴火前のレベルにまで伸びが回復すると再び前駆地震が発生し始める。このように前駆地震は地盤変動源の膨張があるレベルを超えると発生し始めるという特徴がある。Fig. 8aおよびFig. 8bの上段に前駆地震の最大振幅の二乗積算を示す。どの記録も噴火の直前に積算値が加速していると言える。しかし、Fig. 8aの11:50と14:27の爆発的噴火、Fig. 8bの03:10の爆発的噴火の前に見られる積算値の上昇はより急速に加速しているように見える。一方、Fig. 8aの13:50、Fig. 8bの01:59の非爆発的噴火の場合では積算値の上昇は少ない。爆発的噴火と非爆発的噴火では積算値の大きさにさほど違いはなく、噴火直前に積算値がより加速するかどうかには違いがある。爆発的噴火の場合、非爆発的噴火と比較すると噴火直前に前駆地震によってひずみを急速に開放しているのかもしれない。

5. まとめ

桜島火山の昭和火口で発生する噴火に伴う前駆地

震の特徴は以下のとおりである。

- 1) 前駆地震は波形の特徴と卓越周波数からBH型地震に分類される。しかし、発生深度は浅く、南岳活動期のBH型地震の震源の深さとは異なっている。
- 2) 前駆地震は発生頻度や振幅の時間変化から南岳活動期の第一種群発地震の発生様式と類似している。
- 3) 爆発前に観測される山体膨張開始の30分～1時間後に前駆地震が発生し始める。爆発直前に山体膨張が停滞すると前駆地震の発生頻度、振幅ともに増大する。
- 4) 噴火直前に見られる前駆地震の発生頻度、振幅の増大は爆発的噴火の方が非爆発的噴火より急速に大きくなる傾向がある。

謝 辞

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。国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所のデータを使用させていただいたこと、感謝申し上げます。

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.
- 西 潔(1970)：桜島火山の火山性微小地震と爆発の研究(1)－火山性微小地震の発生様式による爆発の分類及び溶岩上昇時の爆発について－，京都大学防災研究所年報，第13号A, pp. 49-62.
- 西 潔(1974)：桜島に於ける微小地震の群発と爆発地震の関係，第11回災害科学総合シンポジウム講演論文集，pp. 345-346.
- Iguchi, M., Tameguri, T., Ohta, Y., Ueki, S. and Nakao S. (2013): Characteristics of volcanic activity at Sakurajima volcano's Showa crater during the period 2006 to 2011, Bull. Volcanol. Soc. Japan, Vol. 58, pp. 115-135.

(論文受理日：2013年6月11日)