

氏名	ため ぐり たけし 為 栗 健
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第2455号
学位授与の日付	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Mechanism of explosive eruptions from source mechanism analyses of explosion earthquakes at Sakurajima volcano, Japan (桜島火山における爆発地震の震源過程と爆発的噴火の発生メカニズム)
論文調査委員	(主査) 助教授 井口正人 教授 田中良和 教授 梅田康弘

論文内容の要旨

安山岩質火山においてはブルカノ式と呼ばれる爆発的噴火が発生し、それに伴い爆発地震と呼ばれる地震動と空気振動が観測される。典型的なブルカノ式噴火の発生する桜島火山ではこれまでに地震、地盤変動および表面現象の観測から、火道内の深さ2km付近において膨張が始まり、その後火道が収縮することが知られている。また、爆発地震の発生から1~1.5秒後に火道上端に形成されたガス溜りが破裂することにより、火口から衝撃波が発生し、引き続き噴石、噴煙の放出が始まる。その結果、歪ステップから推定されているようなガス溜りの急激な収縮が発生するとされている。一方、爆発地震動は主として初動付近を中心として解析されており、後続波に関する研究はあまり行われていない。

申請者は火山爆発が頻繁に発生する桜島火山の爆発的噴火に着目し、波形インバージョン法を用いて爆発地震の震源過程を調べ、噴火現象と対応させることにより爆発機構の研究を行った。波形インバージョン法を適用する上で火山地域において観測される地震波形は、小振幅の初動付近でのSN比がよくないこと、水平動の初動が遅れるなどいくつかの問題があり、初動付近のSN比を改善するために地中地震計による観測が行われてきた。一方、地中地震計は短周期の地震計であるため爆発地震の長周期成分を計測するには帯域が不十分であった。申請者はこの問題を解決するために地中地震計と広帯域地震計を併用して解析を行った。

爆発地震はすべて、初動は押しで始まり、振幅の大きい引き波が続き、更にその後最大振幅をもつ長周期振動が現れる。申請者は、これらの位相をそれぞれP相、D相、LP相と呼称した上で、まず、その伝播速度、振動軌跡、振幅の距離減衰を調べることで、P、D相はP波、LP相はレーリー波からなることを示した。

次に、申請者はこれらの3つの位相に対して順次、波形インバージョンを行い、それぞれの位相に対して震源のモーメントテンソル解とその位置を求めた。それによると、爆発地震は火道内の深さ2km付近の等方膨張により始まり、その0.2~0.5秒後にモーメント量の大きい円筒形の収縮が起こる。続いて、その0.5~0.8秒後には深さ0.3kmと浅い場所において等方膨張が発生し、更にその1秒後には水平収縮が発生することが明らかとなった。

爆発的噴火には火口底での衝撃波発生による空気振動を伴う。申請者は空気振動の発生時刻とその振幅を調べて、それぞれ、地震動から推定される震源の発震時およびモーメント量を比較することにより、空気振動の発生には、火道浅部0.3kmにおける等方膨張が関与していることを見出した。歪ステップから推定されている火道上端のガス溜りの収縮に対しては、LP相の解析から推定される変位と歪および傾斜ステップから求められる変位がほぼ一致することから、地震波の解析から明らかになった浅部での水平方向の収縮は火道上端のガス溜りの収縮を反映したものであると推定した。

以上の解析および考察から、申請者は爆発の力学的な過程を次のように結論付けた。爆発は、火道内の深さ2km付近に形成されたガス溜りの破裂により始まり、その結果、火道内のガスの上方への経路が確保され、ガスが上部へ移動することにより円筒形の火道が収縮する。深さ2km付近のガス溜りの破裂により火道内を圧力波が上方へ伝播し、トリガーとして作用することにより火道上端に形成されていた浅部ガス溜りを破裂させる。ガス溜りの破裂により衝撃波が発生し、引き続

きガスが放出されることにより火道上部での収縮が発生する。

論文審査の結果の要旨

本論文は爆発的噴火に伴う爆発地震の震源過程を明らかにすることにより爆発的噴火の力学的過程を論じたものであり、火山性地震の研究および火山噴火機構の解明という2つの側面から評価できる。また、この論文は安山岩質火山である桜島火山の山頂火口において1955年以来7000回以上も繰り返されてきた爆発的噴火を研究対象とすることにより解析事例の豊富さと爆発に伴う表面現象との対比を特色としている。

これまで、桜島火山における爆発地震の研究では初動付近の解析を中心としたものであった。申請者は、多点の地中地震計と広帯域地震計によって得られた爆発地震の初動から最大振幅をもつ長周期振動までの地震波形の主要な部分について波形インバージョン法によりメカニズム解を求めた。

申請者は、波形インバージョン法を適用する前に、丹念に波動の特性を調べ、位相の同定を行い、初動付近のP、D相はP波、最大振幅を含む低周波振動のLP相はレーリー波からなることを示した。LP相の波動特性についてはこれまでにわかっておらず、その特性を明らかにした点で、まず評価できる。その上で、波形インバージョンを行い、爆発地震の波形は、火道内の深さ2km付近の等方膨張とそれに続く円筒形の収縮、更に深さ0.3kmにおける等方膨張と水平収縮で説明できるとした。火山爆発のモデルとしてこれまでしばしば等方膨張力源が使われてきたが、これはあくまでもモデルであり、観測により確認されたものではなかった。観測事実として火山爆発が等方的な膨張で始まることを示した例は他にない。その上で、申請者は従来得られている鉛直膨張モデルとの比較を行い、高SN比観測の重要性だけでなく周波数帯域によるメカニズムの相違の可能性を指摘している。このことはより複雑なメカニズムを解明するための今後の手がかりになるものである。

また、P波初動の着震時から計算される震源の位置が火口直下の2km付近に求められるため、これまでの解析では、地震波はすべて2kmの深さから放射されると仮定されてきたが、申請者は、この位相の波を励起する力源は火道内の上部深さ0.3kmの浅い場所になければならないことを見出した。噴火の進行と同時に観測された地震動を複数の震源によって表されることを示した例は他になく、火山性地震の研究として進展があったと判断される。

これまでの研究では、爆発地震の初動が爆発に伴う空気振動に関連しているものとされてきた。申請者は、空気振動の発生時刻および振幅を調べることにより、初動を励起する深さ2kmの膨張震源よりも浅い部分にある深さ0.3kmの膨張震源が空気振動の発生と密接に関連していることを見出し、火道上部に形成されたガス溜りの膨張・破裂が深さ0.3kmの膨張と空気振動を励起しているとした。深い震源よりも浅い震源が大気中に射出される空気振動と関連することは自明のことと思われるが、観測結果からその事実を導き出した点は評価できる。

桜島火山では爆発に伴う火山性地震、表面現象、傾斜および歪の観測から基本的な力学的機構はかなりよく知られている、すなわち、火道内の深さ2km付近において膨張が始まり、その後火道が収縮する。爆発地震の発生から1~1.5秒後に火口から衝撃波が発生し、引き続き噴石、噴煙の放出が始まり、その結果、火道上部に形成されたガスたまりの急激な収縮が発生する。本論文では、これら一連の力学的プロセスを地震学的手法により確認しただけでなく、その個々のプロセスの発現時間と継続時間を導き出している。火道上部のガス溜りの破裂に伴う膨張過程および収縮過程について、申請者は、膨張のプロセスは等方的であり衝撃波の発生とほぼ同時刻、収縮は水平方向の力が卓越し、その1~2秒後に発生することを見出した。これまでに知られていた力学的プロセスに精度の高い時間の情報を与えたことは火山噴火機構の研究の上で高く評価できる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。なお、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心としてこれに関連した研究分野について試問を行った結果、合格と認めた。