

1413 地球物理・地球化学統合多項目観測および比較研究によるマグマ噴火を主体とする火山の定量化とモデル化

担当者 大湊隆雄(takao@eri.u-tokyo.ac.jp)

・実施機関（代表機関）名

東京大学地震研究所

・研究目的

溶岩流出、爆発的噴火、溶岩ドーム形成など多様な噴火様式を示すマグマ噴火は甚大な被害をもたらす可能性があり、その噴火の発生時や噴火様式の推移を理解することが防災上不可欠である。しかし、現状ではマグマ噴火を主体とする火山の理解は不十分であり、予測は経験則に負うところが大きい。火山噴火現象を深く理解するために次の3つのアプローチを互いに密接に連携させて実施することが有効である。(1)多項目観測により火山現象の定量化を行う。(2)定量化された観測量・実験・理論に基づき、噴火の原動力であるマグマプロセスの理解とそのモデル化を進める。(3)様々な火山における火山現象を定量的に比較研究することによりマグマプロセスの共通原理を抽出し普遍的なモデルを構築する。浅間山、伊豆大島、諏訪之瀬島等での地球物理的手法・地球化学的手法による多項目観測と国内外火山の比較によりモデル化を進めることにより、マグマ噴火予測を経験主体から観測・理論(モデル)に基づく科学的なものに近づけることが本研究の目的である。

本研究は噴火事象系統樹(噴火シナリオ)を通じて、直接的に防災へ貢献する。噴火事象系統樹は、火山活動の推移を俯瞰的に理解しやすくまとめたものであり、地域防災計画の参考になるなど、防災・噴火予測に直接的に役立つものである。現状の事象系統樹は、「過去の経験則を束ねたもの」、という側面が強い。観測データの変化と事象分岐の対応が経験上わかっている場合には、物理的な仕組みが必ずしも明らかになっていなくとも、観測データから直接に防災や噴火予測に役立つ情報を発信することができる。本研究課題の「(1)観測による定量化」は、噴火事象系統樹の分岐の判断に直接役立つ観測結果を定量的に得ることにより、防災・噴火予測に貢献することができる。本研究課題が真に役立つのは「(2)、(3)モデル化・普遍化」の段階である。この段階が実現すれば分岐判断に物理的な根拠を与え、噴火事象系統樹が経験則の段階から、科学的理解を基礎に置いた予測手法へ進化し、経験則に近い現状に比べて予測精度が大きく向上する。

この計画の目的は大きく2つに分けられる。ひとつは火山噴火予測のための火山性地震活動の定量的モデルの構築であり、もうひとつは歪の時間変化の極めて大きい火山周辺をテストフィールドとした地震活動予測の実験である。

火山噴火前に火山周辺で地震活動が増加した観測例は多い。そのため、特に休止期が長い火山では、地震の活発化は火山噴火予知に極めて有効な手段となっている。地震活動の高まりは、マグマ上昇による山体周辺の応力場の変化により引き起こされる例が多い。しかしながら、マグマ蓄積が地殻変動で観測される前から、地震活動が高まり、それが噴火に関与していると考えられるケースもある。例えば、霧島山(新燃岳)では山体直下の地震活動が2006年頃から高くなった。一方、地殻変動からマグマ蓄積開始が確認されたのは2010年12月であり、この間2008年8月に水蒸気爆発が発生したことから、深部から揮発性成分がマグマに先行して上昇し、地震発生域の間隙圧の上昇を引き起こし、地震活動が高まったと考えられる。このように火山性地震活動は、マグマ蓄積に先行する火山活動の指標となり、定量的な評価手法が確立できれば、火山噴火の中長期的な予測に役立ち、時間的な余裕や、選択肢の多い防災対策に繋がり、社会的な貢献は大きい。しかしながら、地震活動度の定量的なモデル化は遅れ、現在は定性的な評価、主観的な判断に止まり、経

験的な予測から科学的な予測への高度化が求められている。そのため、地震活動への揮発性成分の関与を科学的に検証すること等が急務となっている。さらに、噴火に先行する地震活動や火山性微動の発現に、深部から上昇してきた揮発性成分と地下水の関与が示唆される観測例も多くあり、地震活動、火山性微動、先行物質としての揮発性成分の上昇の関係を定量的に検証することが極めて重要になってきている。

一方、地震活動予測では、実験室で検証された摩擦構成則（速度・状態依存則）が、自然界で応用できるか、その際のモデルを規定するパラメータが自然界ではどの程度の値かを調べるのが重要な課題となっている。火山周辺では、マグマの蓄積によりプレート境界と同等以上の歪の時間変化が起こっており、それに同期した地震活動の上昇が観測されている。特に、地震と地殻変動の観測網が共に整備された火山では、歪の時間変化と地震活動の変化の相関に規則性が見出されており、この関係をモデル化することにより、地震活動予測の実験が可能である。特に、前述の揮発性成分の関与により、地震活動の歪変化応答の変化が観測されれば、その定量的な解析結果は、地震発生シミュレーション研究に必要なパラメータの提供にもつながる重要な意義を持つ。

上記の2つの目標を設定して、科学的な火山噴火予測の実現、地震活動の予測の試行を目指した研究を行う。

活動的火山においては噴火活動に際して、あるいはその前後でどのような現象が表面や地下で起きているのかを詳細に把握するには、火口のごく近傍における高解像・高密度の観測を行うことが必須である。一方で、火口近傍は非常な危険が伴い、公的に立ち入り禁止規制がかけられるなど人が近づいて観測や測定作業をおこなうことは実際上不可能である。そのため、従来、火口からせいぜい数 km 離れた地点においてしか観測することができず、噴火活動の詳細について精密に調査するすべがなかった。

火山に接近できないことは防災上も重大な問題である。現状では、噴火シナリオが噴火推移を判断し住民の避難計画を発信する拠り所とされているが、火山に接近できなければ、判断に必要な情報が迅速に得られず適切な判断ができない恐れがある。

本研究課題では、そのデメリットを払拭するために、無人ヘリコプターをロボットとして使用することで、安全に火口近傍に接近し精確な観測を行った上で火口やその周辺においてどのようなことが起きているのかを解析・把握することを目標とする。ロボットのような無人走行装置の開発は、例えばキャタピラ車を改造したものなど、これまでにも試行された先行研究例はあったが、いずれもそのような装置の開発のみに終始してしまっている感があり、肝心の観測研究成果まで到達した例はほとんど見られない。また、地上を走行するタイプの装置では地形・地理の状況に大きく左右されるのでふさわしくない場面もありうる。

そこで本研究では、無人走行装置の開発を省いて観測に集中するために、既存の産業用自律型無人ヘリコプターを使用し、それに様々な観測装置を搭載するというプラットフォーム作成を計画している。具体的な観測項目としては、火口内・火口近傍の空撮による表面現象詳細の把握、低高度での高解像空中磁気測量による地下の温度分布およびその時間変化の検出、火山ガス・火山噴出物の火口近傍での遠隔採取・解析による噴火形態の同定、地震計・GPS 受信機の火口近傍への遠隔設置および遠隔回収によるマグマ移動現象の詳細把握、など多岐にわたる観測を行うことを計画している。

これらの多項目観測を統合的に解析することで、噴火前のマグマの動向、マグマの地表噴出までの地下経路や噴火表面現象・マグマの状態・混合度合いなどをより精密に測定・推定することに加え同時に今までにない新たな知見を抽出する。このことにより、次の噴火形態を予測することが容易になる。

噴火のあらゆる局面において、人的危険を冒すことなく火口に接近し、観測機器の設置や画像情報取得、ガスや火山灰などのサンプリングを行う手段を持つことは、研究面で重要であるばかりでなく、防災面においても避難情報を発するための重要な判断材料を提供するという意味で、次期研究計画で重視される「災害軽減」に直接的に寄与できる。