

マグマ供給・噴出系モデルと観測データに基づく噴火推移予測の数理

Mathematical formulation of forecasting volcanic eruption sequence based on physical models and field observations

*小屋口 剛博¹、小園 誠史²

*Takehiro Koyaguchi¹, Tomofumi Kozono²

1.東京大学 地震研究所、2.東北大学大学院理学研究科

1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2.Graduate School of Science, Tohoku University

火山噴火の推移予測を行う手法を開発するため、火道流モデルとマグマ溜り物理過程モデルを考慮したマグマ供給・噴出系の順問題・逆問題モデルの定式化を行った。

火山噴火の性質は、マグマ噴出率 (Q) とマグマ溜りの圧力 (P) が時間の経過とともにどのように推移するかによって特徴付けることができる。火道流モデルによると爆発的噴火におけるマグマ噴出率とマグマ溜りの圧力の関係 (Q-P関係) は、気泡流から噴霧流への流動様式の変化が起こる圧力 (マグマの破碎圧力) に強く依存する。さらに、このマグマの破碎圧力はマグマの破碎メカニズムやマグマからの脱ガス過程に依存する。また、非爆発的噴火におけるQ-P関係は、脱ガス過程による密度変化や上昇途中における結晶化による粘性変化に依存する。一方、マグマ溜りの物理モデルによると、Q-P関係は、マグマ溜りの実効圧縮率やマグマ溜りの体積にも強く依存する。マグマ溜りの実効圧縮率は、マグマ溜り内での気相の量によって著しく変化するため、マグマの揮発成分やマグマ溜りの圧力によって大きくその値が変化する。火山噴火の推移は、これらの火道流ダイナミクスとマグマ溜りの物理過程の組み合わせの結果、著しい多様性を持つ。

噴火推移を予測するためには、これらの多様なQ-P関係を生成する順問題モデルのパラメータ (マグマの破碎圧力、火道中のマグマの密度・粘性、マグマ溜りの実効圧縮率、マグマ溜りの体積) を観測データに基づいて決定する必要がある。ここでは、そのようなパラメータ推定を行うためのモデルを逆問題モデルと呼ぶ。一般に、マグマ供給・噴出系の逆問題モデルは、地殻変動とマグマの噴出量 (または噴出率) の観測データからマグマ溜りの圧力変化と体積変化の積、およびマグマ溜りの実効圧縮率を推定する問題として定式化される。これらの観測データに、マグマの物性や揮発成分に関する岩石学的情報および震源分布などによるマグマ溜りの体積に関する制約条件などを加えることによって、如何に精度良く順問題モデルのパラメータを推定できるかが、噴火推移予測の鍵となる。推定可能なパラメータの種類は、Q-P関係の特徴をはじめとする火道流モデルの数理的性質に強く依存している。例えば、火道流がQ-P関係が比例関係となるポワズイユ流に近似される場合、噴火衰退時の噴出率や地殻変動量の減衰の時定数に関する観測量から、マグマの粘性、マグマ溜りの深さと体積、マグマ溜りの実効圧縮率、火道径を組み合わせた量が推定される。また、噴火の終息に向かって噴出率が急激に減少するタイプの爆発的噴火のQ-P関係の振る舞いからは、火道径やマグマの破碎圧力が推定できる場合がある。本発表では、爆発的および非爆発的噴火のQ-P関係を整理・分類し、それぞれの噴火様式について、どのようなパラメータ推定が可能かを特定することによって、マグマ供給・噴出系モデルに基づく噴火推移予測の可能性を議論する。

キーワード：噴火推移、物理モデル、マグマ供給系

Keywords: volcanic eruption sequence, physical model, magma plumbing system