

## 火道流モデルの逆問題解析：地殻変動および噴出マグマの観測によって決定されるパラメータの考察 Parameterization of conduit flow model based on the inverse analysis of data from ground deformation and magma extrusion

松尾 直弥<sup>1\*</sup>; 小屋口 剛博<sup>1</sup>; 鈴木 雄治郎<sup>1</sup>  
MATSUO, Naoya<sup>1\*</sup>; KOYAGUCHI, Takehiro<sup>1</sup>; SUZUKI, Yujiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Eartquake Research Institute, The University of Tokyo

火道内を上昇するマグマの流れは強い非線形性を持つため、条件のわずかな違いによって溶岩ドームや巨大噴煙などの多様な噴火タイプをもたらす。そのような火道流のダイナミクスを理解するため、マグマ溜りの体積やマグマの物性などをモデルパラメータとして与え、火道内部の圧力や噴出率の時間発展を計算する火道流モデルが複数提案されている(例えば、Melnik and Sparks, 2005)。非線形現象である火山噴火の推移を予測するためには、観測データの逆解析によってモデルパラメータを正しく推定する必要がある。Anderson and Segall (2013) は、ベイズ理論に基づいて地殻変動や噴出マグマの観測が得られたときのモデルパラメータの事後確率密度関数を定式化し、マルコフ連鎖モンテカルロ法(MCMC)によってパラメータの確率密度分布を推定した。しかし、地殻変動と噴出マグマの二種類の観測から、なぜ多数のパラメータ推定が可能となるのか理解が難しい。また、彼らが用いた火道流モデルは、火道流の非線形性に大きな影響を与えるマグマ上昇に伴う脱ガスや結晶化といった素過程(例えば、Kozono and Koyaguchi, 2012)を考慮していない。本研究では、地殻変動や噴出マグマの観測がパラメータ推定に与える影響を理解し、最終的には非線形性の強い火道流モデルのパラメータ推定を目指す。

本研究では、弾性変形する球状のマグマ溜りの圧力が、地下深部からのマグマの供給量と火道へのマグマの噴出量のバランスによって決定されるマグマ供給系を考える。また、火道流は圧力勾配と粘性力のバランスによって決定される流れ(ポワズイユ流)であると仮定する。このシステムのモデルパラメータはマグマ溜りの体積、マグマ溜り周辺の岩石およびマグマ溜り内のマグマの実効弾性率、火道径、火道長、マグマの密度および粘性率などである。観測量は、球状圧力源を仮定したマグマ溜りの膨張あるいは収縮による体積変化量( $\Delta V_G$ )と地表におけるマグマ噴出量( $\Delta V_E$ )の時系列データである。

マグマの密度や粘性率が火道内で一定であると仮定し、マグマ噴出率  $Q$  およびマグマ溜りの圧力  $P$  の初期値として、定常解( $Q_s, P_s$ )とは異なる値を与えた場合、 $Q$  および  $P$  は時定数  $\tau$  で定常解に近づく。時定数  $\tau$  はマグマ溜りの体積、火道長、マグマの粘性率に比例し、火道径の4乗および実効弾性率に反比例する。 $\Delta V_G$  および  $\Delta V_E$  の時系列データの逆解析によって定常状態への緩和過程の時定数  $\tau$  が決定できた場合、 $\tau$  からは火道流の流れやすさとシステムの規模に関する情報を、 $\Delta V_G$  および  $\Delta V_E$  からはマグマの圧縮性やマグマ溜りの形状に関する情報を得ることができる。

本発表ではさらに、マグマの密度や粘性率に様々な関数形を与え、脱ガスや結晶化などの素過程がパラメータ推定に与える影響を考察する。また、確率密度分布の解析解とMCMCによって推定した数値解の比較を行うことで、火道流モデルにおけるベイズ推定の原理について考察する。

キーワード: 火山噴火, 火道流, 溶岩ドーム, 地殻変動, 逆問題解析

Keywords: volcanic eruption, conduit flow, lava dome, ground deformation, inverse analysis