

SVC047-01

会場:301B

時間:5月24日 08:30-08:45

火道・噴煙統合モデルの構築に向けて(その3) 3次元噴煙モデルによる数値シミュレーション

A combined model of conduit flow and eruption cloud dynamics. Part 3. 3-D simulations of eruption column dynamics

小屋口 剛博^{1*}, 鈴木 雄治郎¹

Takehiro Koyaguchi^{1*}, Yujiro Suzuki¹

¹ 東京大学 地震研

¹ ERI University of Tokyo

我々は、噴煙などの火山噴火の地表面象と地殻変動などの火山周辺の地球物理学的観測を統一的に理解することを目標として、「火道・噴煙統合モデル」の構築を進めている。具体的には、ある開き角で上方に広がる火口をもつ火道を想定し、マグマ溜りの深さと圧力を境界条件として与えたときの、火道流と噴煙のダイナミクスを系統的に調べている。本研究では、これまでに、1次元定常火道流モデル(Koyaguchi, 2005)に基づき、火口底部におけるマグマの流量をマグマ溜りの深さ及び圧力の関数として得た(その1)。さらに、様々な形状の火口について、火口底部におけるマグマの流量と火口上端における圧力や噴出速度の関係を明らかにした(その2)。今回の報告では、これらの火口上端の噴出条件を与えて3次元噴煙モデルによる数値シミュレーションを行い、噴煙柱崩壊条件に対する火口形状の影響を論ずる。

爆発的噴火における火砕流発生(噴煙柱崩壊)条件は、マグマの性質(例えば含水量・温度)が与えられた場合、主に噴出率によって決定されると考えられている(例えば, Carazzo et al., 2008)。但し、火口の形状(例えば火口上端の径)が変化した場合、一定の噴出率の下で噴出圧力、噴出速度が変化し、それが火砕流発生条件に影響を与える。ここでは噴出率を与えたときの噴煙柱崩壊条件が、火口上端の径と噴出圧力というパラメータスペースでどのように変化するかを明らかにする。Koyaguchi et al. (2010)によると、上記のパラメータスペース上で、火口から噴出する流れは、(1)火口上端において大気圧以上の噴出圧力を持つ音速流、(2)火口底部で音速に達した後、火口上端で大気圧以上の噴出圧力をもつ不足膨張超音速流、(3)火口底部で音速に達した後、火口上端で大気圧以下の噴出圧力をもつ過膨張超音速流、(4)火口上端において大気圧で噴出する亜音速流、の4領域に分かれる。(2)、(3)の境界においては、火口上端で大気圧になる適合膨張超音速流としてマグマが噴出する。噴出率を固定した場合、火口上端の径の増加、噴出圧力の減少とともに、流れのタイプは(1)から(4)に向けて変化する。

上記のそれぞれの流れについて、噴出後の噴煙のダイナミクスについて3次元噴煙モデルによる数値シミュレーションを行ったところ、(1)(2)の流れにおいては火口直上で膨張波を伴う加速によって上昇速度が増加し、(3)の流れにおいては火口直上で衝撃波を形成し上昇速度が著しく減少することが示された。その結果、同じ噴出率でも、火口径が大きく、あるいは、噴出圧力小さくなると、(3)の流れになり、より火砕流を発生しやすくなることが分かった。今回の結果と(その2)の結果から、噴出率が一定の場合でも、火口の開き角が増加し火口上端の径が増加することによって、火砕流が発生する可能性があることが示唆される。

今回得られた火砕流発生条件は、1次元定常火口減圧モデル(Woods and Bower, 1995; Koyaguchi et al., 2010)と1次元定常噴煙モデル(Bursik and Woods, 1991)の組み合わせから求められる条件と半定量的に一致する。3次元数値シミュレーション結果からは、火砕流発生条件に加えて、流れの多次元性に由来する諸現象に関する知見が得られる。例えば、噴煙柱から火砕流発生への遷移状態の流れの性質は、(1)(2)の流れと(3)の流れで異なる。(1)(2)の流れにおいては、圧力変動を伴う不安定な流れが発生し、その流れが大気と噴煙の効率的な混合を促すことによって、安定な噴煙柱を形成しやすいことが分かった。一方、(3)の流れでは、噴煙柱から火砕流への遷移状態において噴煙が部分的に崩壊して小規模な火砕流を発生する現象が特徴的に観察される。

キーワード: 火山噴火, シミュレーション, 噴煙柱, 火砕流, 火口, 流体力学

Keywords: volcanic eruption, simulation, eruption column, pyroclastic flow, crater, fluid dynamics