

粒子法による火道中の流れのシミュレーション

Simulation of flow in a volcanic conduit using a particle method

久富 進作[1], 栗田 敬[2]

Shinsaku Kudomi[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地震研

[1] Earth and Planetary Sci, Tokyo Univ, [2] ERI, Univ. of Tokyo

爆発的な噴火においては、火道中で減圧されたマグマから気体が発生し、マグマが破碎されるという現象が重要な役割を果たす。よって、爆発的な噴火のメカニズムを考えるためには、火道中の気液混相流を理解する事が必須である。火道中の流れに対しては、界面構造を無視し、気液の混相状態を単一相の流体として考える平均場的取り扱いが従来一般的であった。しかし、平均場的な取り扱いではその流動特性が既知であるという前提に立っている。火道中の流れに関しては、実験や直接的観測がほとんど不可能であるので、その特性はよく理解されていない。そこで、本研究では粒子法と呼ばれる手法に基づいた新しい数値流体計算手法を開発し、界面構造を無視しない計算（界面追跡型計算）を行って、火道中のマグマの流れをシミュレーションした。

[粒子法の概要] 本研究の手法は粉体工学でよく用いられている DEM (Discrete element method) を元に行っている。DEM とは、すべての粒子に対し、粒子間に働く力を計算し、運動方程式を解いて、その運動を追跡してゆくという手法である。本研究の手法では、弾性率、摩擦係数、質量にコントラストをつけた2種類の粒子、液体粒子と気体粒子を考え、その相互作用が液体、気体の物性に基づいてすべて定義されている。そして、この2種類の粒子群の運動で気液混相流をシミュレーションする。

[シミュレーションの概要] 本研究では計算時間短縮のために計算を2次元で行った。まず、長方形の境界条件が与えられた領域に液体粒子を詰め込み、その後上部の壁を取り去って、そこから外へ出た粒子は系から取り除いた。粒子が外へ出て行ってしまふことで、長方形領域内部の圧力は下がる。ある液体粒子の圧力がある圧力（核形成圧力）よりも低くなると、その粒子の周りに、気体粒子が生じ始めるとした。

[シミュレーション結果] 発泡面が上方から徐々に下方に液体の音速より遅い一定速度で伝播するという現象が見られた。また、発泡に伴って急激な圧力の低下が起こり、その圧力低下領域の中で、発泡と破碎がほぼ同時に起こるという現象が見られた。この圧力低下域はほぼ同じ形を保ちつつ発泡面の低下に伴い定速度で下方へ伝播していく。本研究では、圧力 profile の時間変化やパラメーターを変えたときの伝播速度の変化などを解析した。その解析結果から、本研究のシミュレーションで生じた現象は、Evaporation wave の実験 (Simoes-Moreira et al. 1999) で見られるような「発泡に伴う希薄衝撃波」に似た現象であると結論した。

本講演では、実際の火道中でも同様に発泡に伴う希薄衝撃波現象が起こるとして、発泡から破碎までの過程が衝撃波的に起こるとした噴火モデルを提案する。衝撃波に対する保存式には、重力や摩擦の項が無い。重力や摩擦の影響の少ない系においては、発泡から破碎までの複雑な過程に立ち入ることなく、保存式の満たす衝撃波的挙動により噴火現象の本質的部分を議論することができる。講演では、この保存式を解いた結果と実際の噴火において得られているデータの比較も行う予定である。