

## 粒子法による火山噴火シミュレーション

### Simulating volcanic eruption by moving particles

# 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

火道中のマグマと火山ガスの気液混相流においては、相が保存せず、また、液相と気相の間の界面が、変形、膨張だけでなく、分離、合体といった過程を経て、系全体の挙動を支配するトポロジックな変化を引き起こす。この界面の動きは数ミクロンの vesicle サイズから数 m の火砕物サイズに及ぶ幅広いスペクトルを持っている。特に圧力・応力の伝達の連続層が入れ替わる Fragmentation front の理解には、この界面の挙動の理解が不可欠である。従来の手法では、二相の特徴を物性パラメータに織り込み、二相流体を一相流体として取り扱う、巨視的平均場としての取り扱いが一般的であった。しかし、このような手法では、その内部構造のダイナミクスに踏み込んだ取り扱いには適していない。本研究では、粒子法に基づいた単純化された気液混相流シミュレーションを報告する。粒子法とは、多数の粒子で流体を表現し、その粒子群の運動で流体をシミュレーションする方法のことである。

本研究では、ナビエ・ストークス方程式から出発せず、空間の離散化もしない、二次元の簡易な手法の開発を試みた。多くの点で簡易化されすぎているが、系の挙動の物理的意味を探るためには重要であると考えた。本研究の粒子法では、流体を物理的に意味ある素片に分け、各素片内では平均化され均質化されていると仮定した。気液混相流としての扱いは、この素片が液体成分に富んだ重い粒子（液体粒子と呼ぶ）と気体成分に富んだ軽い粒子（気体粒子）の2種類からなっているとした。粒子法を使う上での問題点は、以下の2つである。(1) 粒子間相互作用に多相流体をどのように取り入れるか。(2) 粒子サイズはどの程度であれば良いか。粒子間相互作用に関しては、接触面（二次元であるから正確に言うと接触線）の法線方向（圧力項）と接線方向（粘性項）に分けて考えた。液体粒子間での圧力項は、体積弾性率の定義式から出発して、導いた。気体粒子間での圧力項は、理想気体の状態方程式と等温過程を仮定し、導いた。粘性項には、どちらもニュートンの粘性摩擦の法則を用いた。液体気体間の圧力項は、液体粒子と気体粒子の間での局所的な力の釣り合いを考え、導いた。粘性項は、「二つの粒子の間の実効的粘性率は、二つの粒子の粘性率の相乗平均で与えられる」と仮定して、ニュートンの粘性摩擦の法則を用いた。各粒子は衝突時に相対速度に応じて圧縮され、体積弾性率に応じた力をうけ跳ね飛ばされ、粘性力により減速される。火道中のマグマ・ガス混相流のシミュレーションでは以下のような境界条件、初期条件を与えた。境界条件としては、直線的な火道を考え、火道下面からマグマの一定のフラックスを与えた。初期条件は、火道下部に液体粒子が満たされている状態とした。気体粒子は、液体粒子に働く圧力が、ある閾値を下回るとその液体粒子の円周上に発生するとした。但し、圧力とは、粒子に働く法線方向の力の大きさの和を粒子の円周で割った値として定義される。この閾値をいくつか用意して、液体粒子が、圧力低下に伴い、段階的に気体粒子を発生させていくようにした。

今回の発表では、特に Fragmentation front の挙動について議論する。マグマの粘性率、発生する気体の量、気体発生仕方等を変えると、Fragmentation front の挙動（形成のされ方や伝播のされ方）が、どのように変化するかについて示す。