

共同利用実施報告書(研究実績報告書)
(一般共同研究)

1. 課題番号 2014-G-13

2. 研究課題名 (和文、英文の両方をご記入ください)

和文: 非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移過程に関する火道流の数値的研究英文: A numerical study for conduit flow during the transition from effusive to explosive eruptions3. 研究代表者所属・氏名 東北大学大学院理学研究科 小園誠史
(地震研究所担当教員名) 鈴木雄治郎

4. 参加者の詳細 (研究代表者を含む。必要に応じ行を追加すること)

氏名	所属・職名	参加内容
小園誠史	東北大学・理学研究科・助教	火道流の数値シミュレーション
小屋口剛博	東京大学地震研究所・教授	火道流の数値シミュレーション
鈴木雄治郎	東京大学地震研究所・助教	数値解析手法開発

5. 研究計画の概要 (申請書に記載した「研究計画」を800字以内でご記入ください。変更がある場合、変更内容が分かるように記載してください。)

火山噴火現象において生じる非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移過程のメカニズム解明は、噴火の推移予測の問題に直結する重要な研究課題である。この遷移過程は、火道内における混相流マグマの上昇過程(火道流)のダイナミクスに強く支配されている。これまで申請者は地震研・数理系研究部門と共同で火道流数値モデルを開発し、特に定常火道流に関する詳細な解析によって噴火遷移が生じるメカニズムや条件を明らかにしてきた(Kozono and Koyaguchi, 2012, JGR)。一方で噴火遷移中における火道流の変動を再現する非定常火道流の問題については、定性的な変動パターンを得るに留まっており、そのモデルの開発や解析が未だ十分ではない。本研究では、非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移過程を再現し、且つ広範なパラメータ解析に耐え得る非定常火道流数値モデルを開発し、噴火遷移中における火道流の変動パターンを定量的に評価することを目的とする。火道内のマグマ圧力や発泡度などの変化を伴う火道流の変動は地球物理学的・岩石学的手法やミュオグラフィなどの多項目観測によって捉えられる可能性があるため、本研究の目的の達成によって、観測との比較に基づき実証的に噴火遷移メカニズムを明らかにすることができる。

本研究は、数理系研究部門における「理論モデリングに基づく火山現象理解の研究」に深く関連する。特に、非定常噴煙モデルの開発において実績のある鈴木雄治郎助教(担当教員)、これまで火道流モデルの開発と研究を共同で行ってきた小屋口剛博教授の協力によって、より高度な火道流数値モデルの開発が可能となる。さらに火道流モデル解析の比較対象となる火山観測に関しては、地震研究所で開発されている観測手法(地球物理学的・岩石学的手法、ミュオグラフィ)と関連しており、これらのセンターとの連携によっても研究を進展させることができる。

6. 研究成果の概要 (図を含めて1頁で記入してください。)

キーワード (3~5程度) : 火道流・数値モデル・噴火遷移条件・噴火遷移の時間スケール

本研究ではまず火道流数値モデルに基づき、非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移が生じる臨界条件を調べた。脱ガスや結晶化の効果によって火道流が負性抵抗をもつ場合、定常火道流におけるマグマ溜まり圧力 (p_{ch}) と噴出率 (q) の関係 (定常 p_{ch} - q 曲線) に負の相関 ($dp_{ch}/dq < 0$) が生じ、火道流のシステムが一般的には不安定になる。ここで、 p_{ch} の変化がマグマ溜まりへのマグマ供給率 (q_{in}) と q のバランスによって支配されているとすると、 q_{in} が $dp_{ch}/dq < 0$ の領域にある場合、火道流の不安定化による噴出率の急増、すなわち非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移が生じ得る。これまでの研究では、定常 p_{ch} - q 曲線において dp_{ch}/dq が正から負に変化する条件を噴火遷移の臨界条件として求めていた。しかし、火道流の不安定領域は $dp_{ch}/dq < 0$ の領域と厳密には一致せず、 $dp_{ch}/dq < 0$ の場合でも火道流が安定になり得ることが先行研究で示されている (Nakanishi and Koyaguchi, 2008)。そこで本研究では時間発展火道流モデルによって、 dp_{ch}/dq の正負の条件とは独立に、火道流の不安定化および非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移が生じる臨界条件を調べた。

定常 p_{ch} - q 曲線 (Fig. 1 の黒線) において、 dp_{ch}/dq が正から負に変化する曲線の極大点付近における解析を行った結果、 q_{in} が $dp_{ch}/dq < 0$ の領域にある場合でも、曲線の極大点近傍では火道流が安定のまま噴火遷移が生じることがわかった (Fig. 1)。一方で q_{in} が十分に高い場合には、火道流が不安定化し噴出率の急増 (爆発的噴火への遷移) が生じる。解析の結果、この噴火遷移が生じる臨界供給率は、定常 p_{ch} - q 曲線の極大点における q よりも有意に高く、またマグマ溜まり体積が小さいほど、その差が非常に大きくなることがわかった。このことは、非爆発的噴火から爆発的噴火への遷移条件を議論する際には、このような地質条件等に関連するパラメータ依存性を厳密に評価する必要があることを示している。

火道流が不安定化して噴火遷移が生じる場合、噴出率の急増に前駆してマグマ溜まりの圧力や火道内における過剰圧が増加して最大値をとり、その後減少するという特徴がある。これらの圧力変動の特徴は地殻変動観測によって捉えられる可能性がある。本研究では、噴火遷移開始後にマグマ溜まり圧力や火道内過剰圧が最大値をとるまでの時間スケールがパラメータに依存してどのように変化するかを調べた (Fig. 2)。その結果、噴火遷移中にマグマ溜まりの圧力 (赤)、火道内過剰圧 (緑)、噴出率 (青) の順番で最大値をとるという前後関係が、パラメータに依らず普遍的にみられることが分かった。また、マグマ中における火口方向への脱ガス浸透率の増加に伴い、上述の時間スケールが系統的に短くなる。本研究では、この特徴が脱ガスの時間スケールがマグマ溜まり圧力や噴出率の変動の時間スケールに影響を与える効果によって生じていることを解析的に明らかにした。

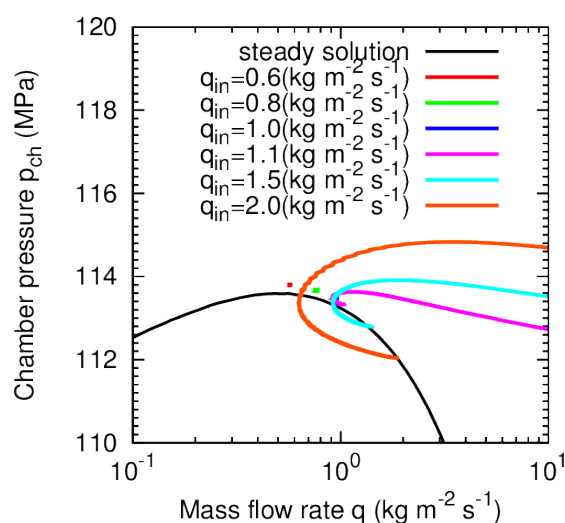


Fig. 1: 定常 p_{ch} - q 曲線と、火道流の時間発展変動に伴う p_{ch} , q の変化

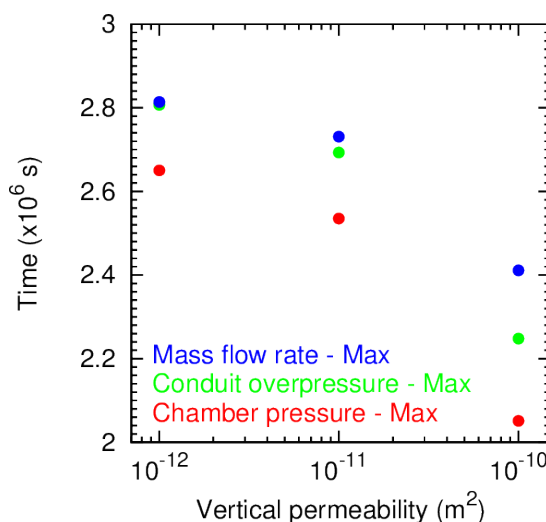


Fig. 2: 噴火遷移中に圧力や噴出率が最大値をとる時間スケールと、火口方向脱ガス浸透率の関係

7. 研究実績（論文タイトル、雑誌・学会・セミナー等の名称、謝辞への記載の有無）

小園誠史, 小屋口剛博, 溶岩ドームから爆発的噴火への遷移条件, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SVC50-07, 2014/5/2. 記載無し

小園誠史, 上田英樹, 新堀敏基, 福井敬一, 新燃岳 2011 年噴火におけるマグマ溜まり収縮と噴煙高度の関係, 地震研共同利用研究集会「火山現象のダイナミクス・素過程研究」, 2014/12/5. 記載無し