

火山噴火のダイナミクスと空振の研究

市原美恵

火山噴火予知研究センター・准教授

Email: ichihara@eri.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

火山の噴火機構や、それに伴う波動現象について、研究をしています。火山噴火は、基本的には熱流体力学現象と捉えることができますが、マグマには流体と固体の間を遷移する性質があります。「固体の流動」は、マントル対流など固体地球科学の重要課題のひとつですが、火山では、「流体の破壊」が問題となります。その実体について、理論、実験をもとに研究を行って来ました。また、活動的な火山では、多様な振動現象が地震・地殻変動や空振（音波）として観測されます。私たちは、日常生活において、音に含まれる様々な情報を聞きとっていますが、火山の音に対するヒヤリング能力はまだ高くありません。フィールドで火山の音を観測しつつ、モデル実験を行い、火山の音の意味を理解しようと試みています。

2. 研究概要

2.1 火山の振動を理解するための実験

火山活動に伴う地震・地殻変動や空振には、流体の移動や気泡の運動が原因と考えられているものがあります。実験室で、そのような振動現象を作ってみますと、いろいろと驚く現象やからくりが発見されます。自然はもっと複雑なのかもしれません。或いは、複雑に見えて意外と単純なメカニズムが支配しているのかもしれない。室内実験から学ぶことはたくさんあります。

火山噴火模擬実験と圧力変動の理解（菅野・修士研究）

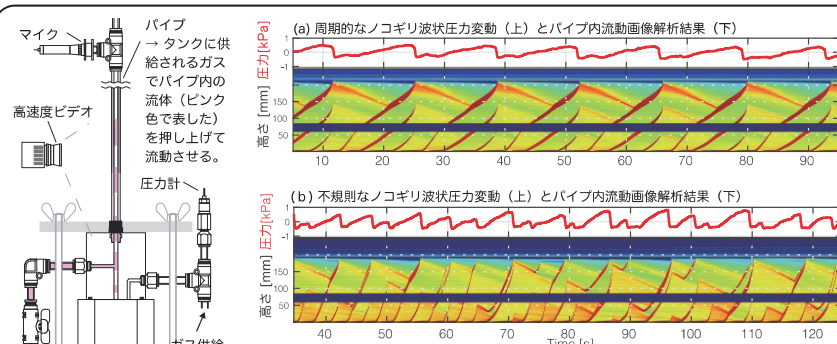


図1. 実験装置

図2. (a,上) 周期的なノコギリ波状の波形が圧力変動として計測された。(b,下) 撮影した実験動画の各フレームから、パイプ中心軸に沿った画像を切り取り、時系列に並べた画像。右上がりの赤い部分が上昇する流体を表している。

活動的な火山では、膨張-収縮サイクルが、則地学・地震学的手法で観測され、しばしばノコギリ波状の波形を持つことが知られている。そこで、パイプとガスタンクからなる自作の単純な実験装置(図1)を用いた気液混相流実験において、火山活動にともなう周期的変動とよく似たノコギリ波状の圧力振動(図2)を作り出した。

この振動現象に対して、実験装置内の圧力・空振、パイプ内流動の撮影(図2)といった”多項目観測”を行った。これらの計測結果をもとに、圧力変化に対して数理モデルを構築し、本実験系におけるノコギリ波状圧力変動の発生メカニズムと発生条件を説明した。この実験システムは、既存の火山振動系モデルとよく似た数理構造を含んでいることがわかった。

また、実験のパラメータ設定においては、予測していなかった不規則な振る舞いが見られた(図2b)。こういった発見がモデル実験の醍醐味である。この複雑な振る舞いの物理を理解し、実際の火山観測データと照らし合わせることで、火山の挙動を支配する新たな物理機構が見つかることを期待している。

気泡振動による音の発生機構（山河・学部4年演習）

イタリアのストロンボリ火山では、10分に1回くらいの頻度で小爆発が発生し、赤いマグマのしぶきが噴き上がる(図2a)。このような噴火に伴う音波(空振)の発生機構として提案されているモデルの一つに、大気泡が溶岩表面で破裂前に振動する(図2b)というものがある。これを模擬する実験を行った。計測された音波は、紡錘状の振幅変化をし、周波数が時間とともに高くなるという特徴がある(図2c)。音の高くなる効果は、気泡の形の変化(図2c)を考えると、一部説明できるが、その他にも要因がありそうである。

実験を通して、音の発生機構の理解を深めることで、火山の振動からより多くの情報を読み取ることができるようになると期待している。

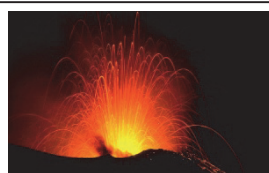


図2a: ストロンボリ火山噴火

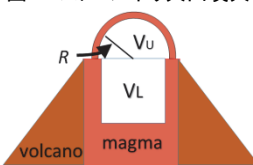


図2b: 大気泡モデル

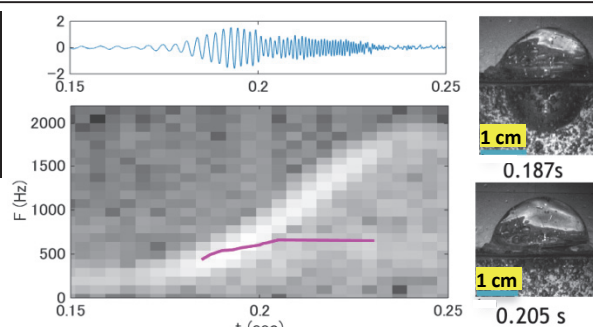
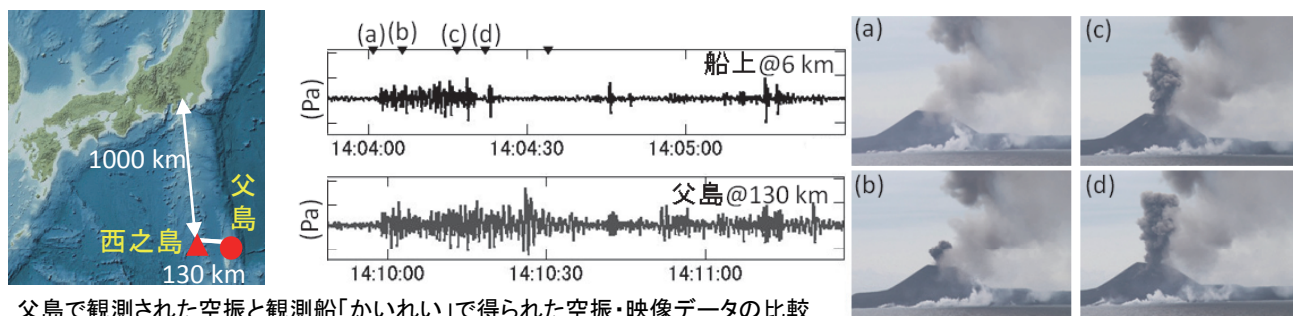


図2c: 実験で計測された音波と、そのスペクトルの時間変化、および、気泡形状の変化。ピンクは気泡形状による周波数変化。

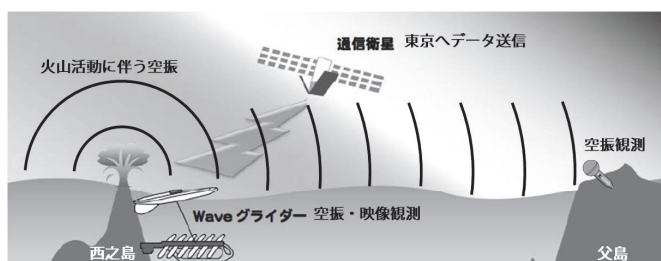
2.2 火山の空振観測と解析方法の開発

空振は、噴火やガス噴出など、火山の表面現象を捉えるのに有効な観測情報です。東京都の離島、西之島火山の活動を把握するため、父島で空振観測を続けています。130 kmも離れていますが、驚くほど明瞭に西之島の空振が捉えられています。今後、自走型無人ボートを利用して、西之島の近くで空振計測を行う予定です。その他、浅間山・霧島山・桜島で空振観測を行っています。

西之島火山の活動把握を目指した空振観測



父島で観測された空振と観測船「かいいい」で得られた空振・映像データの比較



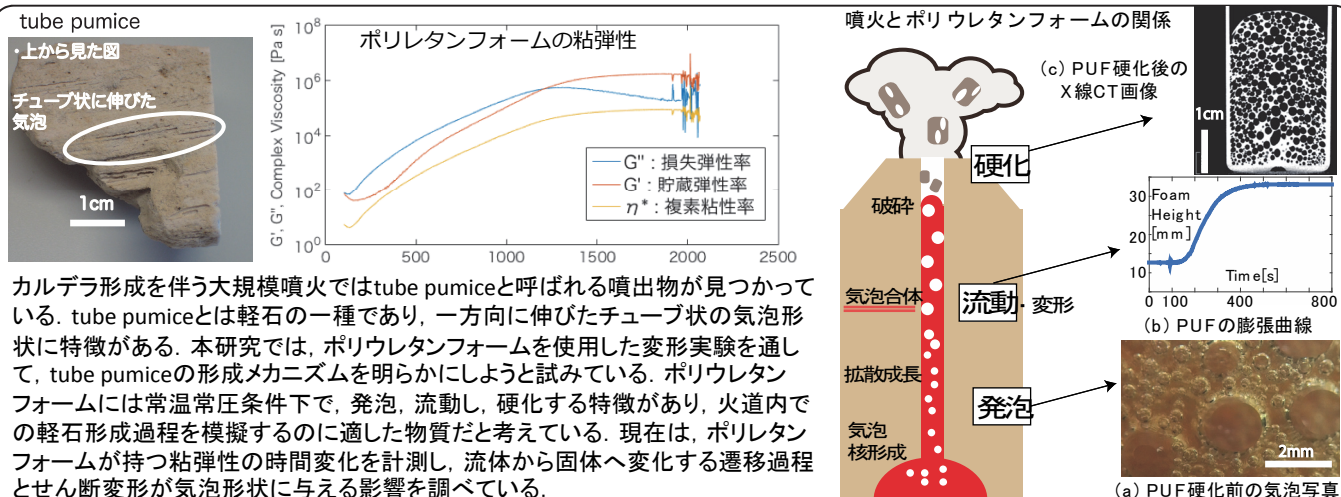
自走型無人ボート「Wave グライダー」を用いた観測計画

西之島火山では、2013年11月に海底から噴火が始まって以来、新しい島が形成され急速に成長した。このような希少な地球科学現象を前にしながら、観測情報は限られている。私たちは、2014年4月から、小笠原村父島で空振観測を行い、西之島の噴火活動の盛衰に伴う空振の変化を捉えた。また、2015年2月には、JAMSTECと京都大学の協力を得て、観測船「かいいい」で西之島へ6km まで近づき、海底地震計を設置するとともに、噴火の様子を観測した。近傍での常時観測の実現を目指し、自走型無人ボートを用いた観測システムの開発をJAMSTECと共同で進めている。

2.3 爆発的噴火のメカニズムの研究

マグマは、流体と考えられていますが、固体的な性質も持っています。爆発的な噴火では、火道を通して上昇するマグマが、どこかでガラスのように粉々に砕ける現象が起こっています。東京農工大学工学部の亀田研究室と協力し、理学と工学の両方の視点から、流体の破壊について考えています。

軽石生成過程の理解を目指した、ポリウレタンフォームの変形実験（大橋・修士研究）



カルデラ形成を伴う大規模噴火ではtube pumiceと呼ばれる噴出物が見つかる。tube pumiceとは軽石の一種であり、一方向に伸びたチューブ状の気泡形状に特徴がある。本研究では、ポリウレタンフォームを使用した変形実験を通して、tube pumiceの形成メカニズムを明らかにしようと試みている。ポリウレタンフォームには常温常圧条件下で、発泡、流動し、硬化する特徴があり、火道内での軽石形成過程を模擬するのに適した物質だと考えている。現在は、ポリウレタンフォームが持つ粘弾性の時間変化を計測し、流体から固体へ変化する遷移過程とせん断変形が気泡形状に与える影響を調べている。

3. 現在の研究体制

研究室：市原美恵(准教授)・菅野洋(大学院D1)・大橋正俊(大学院M2)・山河和也(大学院M1)

外来研究員：常松佳恵(外来研究員・山梨県富士山科学研究所研究員)

所外共同研究者：亀田正治(東京農工大・教授)・武田志緒里(同・B4)・上屋恭範(同・B4)