

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

URL: <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ichihalab/>

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・理論・データ解析

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ません。室内実験から学びつつ、火山の観測データから新たな情報を得ようとしています。

火山噴火模擬実験と圧力変動の理解(菅野・博士研究)

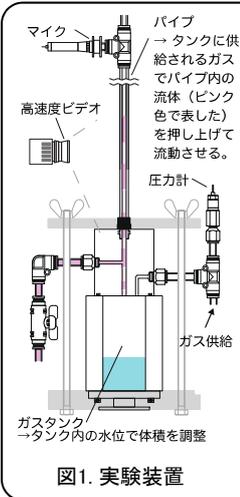


図1. 実験装置

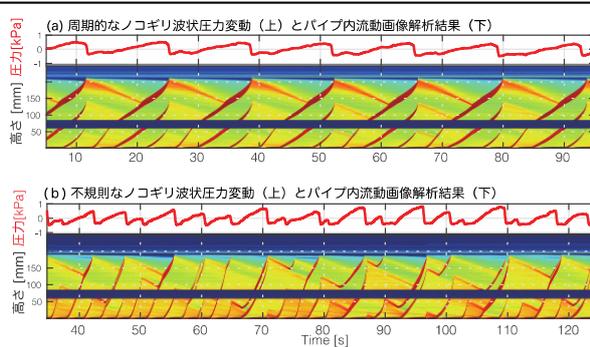


図2. (a,上) 周期的なノコギリ波状の波形が圧力変動として計測された。(b,下) 撮影した実験動画の各フレームから、パイプ中心軸に沿った画像を切り取り、時系列に並べた画像。右上がりの赤い部分が上昇する流体を表している。

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値モデルを構築し、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値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。

火山性微動発生源の理解(Natsume・修士論文)

火山で観測される面白い振動現象の一つに、調和型微動と呼ばれるものがある。等間隔にピークの並ぶパワースペクトルを持つ振動が、数分から数十分、又は、それ以上継続して発生する。今年の3月にも噴火の発生した霧島山新燃岳でも、2011年噴火時の溶岩の流出時に、調和型微動が地震計や空振計で捉えられた。そのデータを詳しく調べると、周期倍化現象が発生していることが分かった。これは、非線形振動系に見られる周期倍分岐である可能性があり、振動メカニズムを明らかにする重要な情報である。

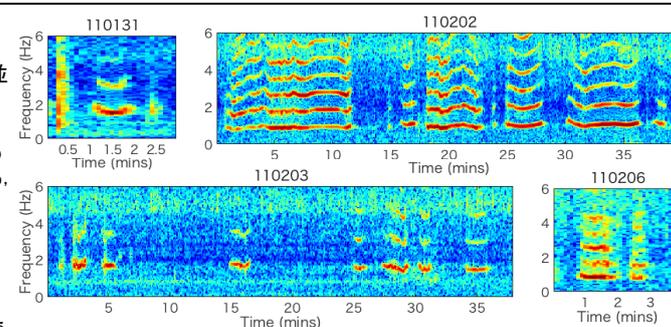


図1. 調和型微動(地震)のスペクトル変化。1月31日→2月2日、2月3日→2月6日にスペクトルピーク間隔が半分になる、周期倍化現象が見られた。

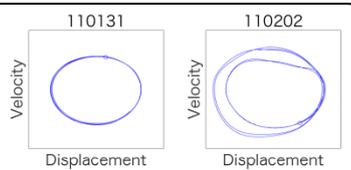


図2. 変位と速度を2変数とした位相図。



図3. 火口に蓄積した溶岩。(a)読売新聞社撮影。(b)アジア航測(株)撮影。

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。観測によって意味のあるシグナルを捉えるためには、工夫が必要です。様々なセンサーの比較試験や観測・解析方法の開発を行っています。浅間山・霧島山・西之島・ネバデルルイス(コロンビア)で定常観測を行う他、常時噴火活動を行っている桜島・ストロンポリ(イタリア)などで、実験的な観測も行います。

ストロンポリ火山における小規模空振アレイによる音源方向推定(山河・修士論文)

音の発生源は、音が火山由来かどうかを知る上で重要である。火山の音の場合、マイクを並べて時間差や位相差から音波の伝播方向を調べるアレイ観測が有効である。この研究では、マイク数、マイク設置間隔が小規模で高性能なアレイ観測を設計し、実施検証を行なった。この研究技術が火山の音の観測技術を発展させることを期待している。

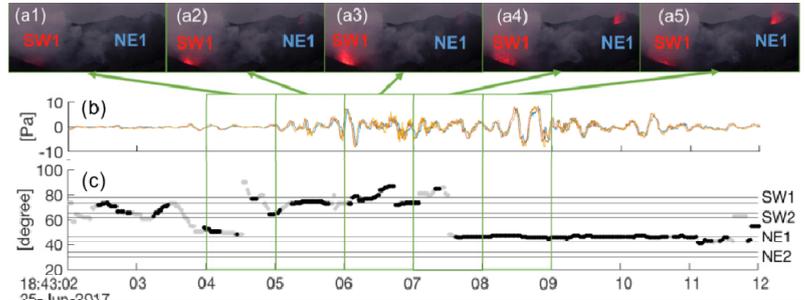
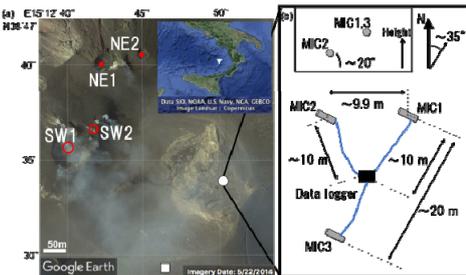


図2. (a)噴火映像, (b)音の波形, (c)推定方向, 横線は火口方向を表している。振幅の大きな空振が、18:43:05頃にSW1方向から、18:43:07過ぎにNE1方向から伝播して来たのが捉えられた。対応する火口の噴火が、映像でも確認された。

←図1. (a)ストロンポリ火山の火口群, (b)空振アレイの模式図。

2.3 爆発的噴火のメカニズムの研究

爆発的な噴火では、火道を通して上昇するマグマが、気泡の膨張によって加速し、どこかでガラスのように粉々に砕ける現象が起っています。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、マグマの流動と破壊について考えています。また、火山噴出物に残された噴火ダイナミクスの情報を読み解くための、理論・実験・地質調査を組み合わせた研究も始めました。

軽石に含まれる気泡の変形過程 (大橋・博士研究+東京農工大学生)

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っている。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。私は、地質調査・室内実験・数値計算の3軸をベースにして、Tube Pumiceの形成過程を調べている。

地質調査

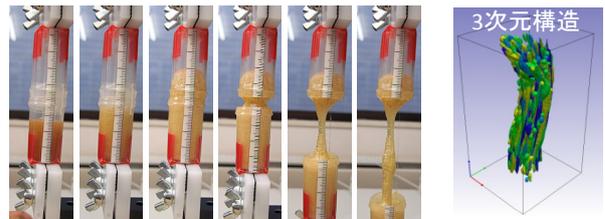
Taupo火山の調査 (New Zealand)



New ZealandにあるTaupo火山は、1800年前に爆発的な噴火を引き起こした。マグマ噴出量は35km³と見積もられており、世界で最も新しいカルデラ噴火として注目されている。Canterbury大学(New Zealand)の研究者と共同して野外調査を行い、X線CTスキャンによる軽石の3次元構造解析を進めている。

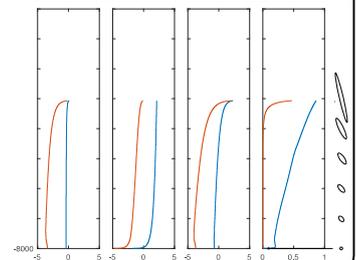
室内実験

ポリウレタンフォームの引張実験。引張によって、気泡がどの程度伸びるのか、実験的に検証した。東京農工大との共同研究である。



数値計算

一次元の火道流モデルと気泡変形モデルを組み合わせることで、噴火時の気泡変形をシミュレーションした。軽石の気泡形状には、噴火最終段階の歪みが記憶されていることが示唆された。



3. 現在の研究室

大学院生: 菅野洋(大学院D3)・大橋正俊(大学院D2)・山河和也(大学院D1)・Yuki Natsume(大学院D1)
 インターンシップ学生(東京農工大・亀田研究室): 武田志緒里(同・M2)・弘田和也(同・B4)
 外来研究員: 常松佳恵(山形大学・准教授)・黒川愛香(防災科学研究所・研究員)