

## 論文審査の結果の要旨

氏名 菅野 洋

本論文は、室内実験において記録された振る舞いと自然現象の火山噴火に関連して観測されるデータの振る舞いの類似性に着目し、実験システムの数理モデルと火山噴火システムの数理構造との対比を通じて、実験と火山噴火システムとの関連を捉えた。そして、室内実験の結果から、観測や火山噴火システムの数理モデルでは見逃されている要素を探求することにより、噴火現象への理解を深めることを目指した。

本論文の構成は、第1章で本研究の背景・目的と論文構成の概要を説明し、第2章、第3章では本研究の中核となる室内実験について記述している。本研究の室内実験は、パイプと圧力チャンバーを連結させた系に水あめを使って、パイプ内の“低粘性部と高粘性部の互層スラグ流”から噴出に至る現象を実現したものである。

第2章では主に、チャンバー内圧力変動に着目している。この実験においては、チャンバー内圧力に火山噴火活動に伴う地殻変動で特徴的に見られるノコギリ波状の変動が記録された。そこで、ガス流量やチャンバー体積のパラメータを変化させることにより、このノコギリ波状の圧力変動の変化を網羅的に把握した。また、パイプ内の完全な可視化を実現する装置設計を行い、流動様式の詳細を捉えることに成功した。さらに、実験で見られる物理量を単純なパラメータとして整理した数理モデルを構築し、この数理モデルがこれまで提唱されている火山噴火システム、特に、火道内の結晶化による粘性変動を考慮した火山噴火システムの数理モデルと、共通の数理構造を持つことを示すことにより、実験におけるチャンバー内圧力・パイプ内流れは、その流れのスケールや構造が違うにも関わらず、火山噴火システムにおけるマグマ溜り内圧力・火道流と対応させることが出来る事を明らかにした。一方で、この室内実験では、実験パラメータを一定に保った状態でもチャンバー内圧力変動に乱れが出現することを示した。この結果は既存の火山噴火モデルからでは予測できない現象であり、この周期乱れ現象の物理プロセスを、記録されたパイプ内の流動様式と実験数理モデルを合わせることで、過去のガス噴出によって流路の構造が乱されることによって生じていることを明らかにした。この結果は、噴火の

周期性を考える上で、地下の構造やマグマ供給量だけでなく、噴出物のフールバックによる再堆積や火道の崩壊、マグマヘッドの位置の違いといった過去の噴火履歴の影響を想定する事が重要である事を示している。

第3章では主に、室内実験の空気振動に着目している。実験で計測した空気振動の特徴的周波数が、パイプ・チャンバー系のヘルツホルム共鳴とパイプ内の気柱共鳴によって励起されていることを明らかにし、空気振動からパイプ・チャンバー系の構造を推定できることを示した。一方、実験結果を踏まえて、実際の火山噴火に伴う空振の解析においては、噴火に伴う地殻変動と同程度のタイムスケールを持つ空振シグナルに注目すれば、地下構造や圧力（体積）変化との対応関係が見いだせる可能性を示した。

第4章では、桜島2015年火山活動における空振、地殻変動及び映像記録の解析を、本室内実験と対比するための事例研究として行い、空振の後続波や連続的な灰噴火に伴う微弱な空振エネルギーが地殻変動と比較的良好な相関を示すことを示した。この結果は、空振アレイによる連続的な空振エネルギーのモニタリングが、噴火活動の把握に有効である可能性を示している。

論文提出者は、以上のように、流れ構造が一見全く異なる実験システムと火山噴火システムが同等の数理構造を持つことを示すこと、及び、実験で得られた種々の記録を解析することにより、これまで自然の火山噴火ではあまり観測されていない現象に対応する発生条件やメカニズムを特定することを通じて、火山噴火の観測や火山噴火システムのモデル化に新たな視点を示す成果を上げた。この様なアプローチはこれまで取り組まれてきたことのない独創的な手法であり、火山噴火システム解明への新たな展開を示したもので、固体地球科学分野での寄与は極めて高いものと言える。

なお、本論文の室内実験、数理モデル構築、および観測事例に関する研究は市原美恵との共同研究であるが、論文提出者が中心となって実験・解析を行った。特に、室内実験から新しい現象を発見し、その詳細を明らかにしたところは、論文提出者が独自に生み出した成果であり、研究全体への寄与は十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。