

論文審査の結果の要旨

氏名 黒川 愛香

火山性微動や低周波地震などの火山で観測される振動現象はマグマの動きと関連すると考えられており、様々な振動モデルが考案されている。しかしその多くは、弾性体の容器とその中の単純な物性をもつ流体の相互作用を仮定するモデルであり、マグマの複雑な非線形レオロジーは考慮されていない。本研究は、火山の振動現象とマグマの非線形レオロジーの関連付けという新しい試みであり、実験及び地震波形解析という 2 つのアプローチを試みたものである。

本論文は 6 章からなる。

第 1 章のイントロダクションでは、火山性地震・微動に関するレビュー、マグマの非線形レオロジーの説明および振動現象の発生に本質的な役割を果たすと考えられる多価性および多価性を生む粘性の時間変化について説明している。

第 2 章では、p-NIPAM という高分子水溶液を用い、マグマ溜りと火道を模した幾何学的形状をもつ実験系による流動実験を扱っている。実験では一過性の圧力変動の発生が観察された。容器内の異なる初期位置にあった流体は流出するまでに異なる経路を通過して流出口に達し、異なるシア履歴を経る。流体の非線形レオロジーにより、シア履歴の違いから粘性の違いが生じる。流れの中に異なる粘性を持つ流体が混じっていることにより圧力変動が生じたと解釈されている。

第 3 章では、食塩水中に珪素微細粒子を分散させた溶液を用いた実験を扱っている。この実験では、回転二重円筒の隙間に溶液を入れて、一定の回転数で内円筒を回転させたときの軸のトルク、回転速度、円筒間に生じる流れの速度場を測定した。一定速度で内円筒を回転させると流体にかかる応力が徐々に低下しやがて一定値に落ち着くが、溶液を事前に寝かせる時間の長さや回転速度などの実験条件に応じて、応力が滑らかに低下する場合や間欠的に低下する場合など様々な様相を示す。このような現象は本研究で初めて発見されたものである。本研究により、回転中の流体にはシアバンドという流動性の高い部分と低い部分に分かれた構造が生じていることと、応力の増加は低流動性領域が徐々に拡大するためであり、応力の急減は低流動性領域が壊れて高流動性領域が増加することによることが明らかになった。

実際のマグマを用いた実験でシアバンド構造が生じるとの先行研究があることから、シアバンド構造の成長・破壊は実際のマグマにおける振動現象のメカニズムとなり得ることが示唆されたと言える。

第 4 章では、1986 年の伊豆大島噴火時の地震記録を用い、地震波振幅の空間分布から震源位置を推定して火山活動推移と微動の変化の関係を詳細に追った。山頂噴火時には微動

震源が山頂に集中すること、微動位置が割れ目噴火の発生前日に割れ目火口の位置に広がっていたこと、山頂噴火から割れ目噴火への推移に伴い微動発生様式が振幅変化の少ない連続微動から振幅変化が大きい間欠微動に推移したこと、割れ目噴火終了から 1 ヶ月後に山頂付近に集中して低周波地震が発生したことなどを初めて明らかにした。本微動解析は、震源位置や微動発生様式の変化を火山活動の推移と対応付けたものであり、マグマ物性と微動の関連を議論するための基礎的な資料をまとめたことと位置づけられる。

第 5 章では、時間と共に内部粒子の結合が進むことによる粘性の自然増加という概念と、結合の破壊による粘性の急減という概念を導入した。そして、一過性の変動と変動の繰り返しの違いは実験時間との兼ね合いで決まるという解釈に基づいて 2 つの実験結果の違いを考察した。また、変動の発生に影響するその他の要因についても考察を加えるとともに、火山の震動現象への応用に必要な点の考察と、マグマの非線形レオロジーの理解に必要な実験の提案を行っている。

第 6 章は全体のまとめである。

本研究は、マグマの非線形レオロジーに着目し、実験及び地震波解析の両面から火山の震動現象への応用可能性を考察するものであり、新規性は極めて高い。振動現象への直接的な応用に直ちにつながるとは必ずしも言えないが、将来の応用へ向けた考察も行われており、火山の震動現象を新しい視点から解釈できる可能性を秘めた野心的な研究であり、高く評価できる。

なお、本論文の第 2 章の一部は市原美恵氏、栗田敬氏との共同研究であり、第 3 章の一部は Valerie Vidal 氏、栗田敬氏、Thibaut Divouxz 氏、Sebastien Manneville 氏との共同研究であるが、実験内容の立案、実験用アナログ物質の選択、実験の実施、データ解析および結果の解釈は論文提出者が主体となって行っており、論文提出者の寄与が十分に大きいと判断できる。

従って、博士（理学）の学位を授与できるものと認める。