



Title	水蒸気噴火前後に発生する火山性地盤変動の多様性 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	成田, 翔平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13913号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78395
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Shohei_NARITA_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士 (理 学) 氏 名 成 田 翔 平

学 位 論 文 題 名

水蒸気噴火前後に発生する火山性地盤変動の多様性
(Variety of pre- and post-eruptive deformation associated with phreatic eruptions)

水蒸気噴火は、マグマを噴出しない噴火様式であり、火山の浅部に発達した熱水系において発生することが多い。この噴火の前後では熱水系の圧力変化が起これと考えられ、地表では地盤変動が観測されると期待される。近年、衛星搭載型の干渉合成開口レーダー (Interferometric Synthetic Aperture Radar: InSAR) に代表される宇宙測地観測により、多くの非噴火期の火山において地盤変動が捉えられているが、実際に噴火に至った例を詳細に調べた例は依然少なく、噴火前後の熱水系の状態に関して未解明な点が多い。本研究では、水蒸気噴火の発生前後における浅部の力学的・熱的状态の詳細な理解をめざし、InSAR により得られた地盤変動データをもとに、噴火に先行する熱水系の増圧過程および噴火後の緩和過程の研究を行った。

水蒸気噴火の前駆的な地盤変動は、増圧の深度が浅いことからその範囲は局所的となるため、火口近傍観測が充実していない限り、噴火前に十分な精度で検知することが困難な場合が多い。そのため、噴火前の浅部の増圧過程の観測事例は極端に少ないが、近年、高空間分解能の SAR データを用いて噴火に至るまでの地盤変動の時空間発展を追跡した研究も出始めている。例えば、箱根火山 2015 年噴火前には、噴火 10 ヶ月前からの膨張の時空間発展が詳細に追跡されており、こうした観測が噴火開始地点の予測に有効である可能性が指摘されている。ただし、依然事例がごく少ないため、先行研究で見られた現象の普遍性や特異性については不明点が多い。本研究では、噴火に至るまでの増圧過程の観測事例を増やし、かつこの間の地下浅部の圧力状態の推移の把握を目的として、2018 年にごく小規模な水蒸気噴火が発生した霧島硫黄山の 2014 年から 2018 年までの 4 年間にわたる SAR データを解析した。この際、衛星 SAR に加えて航空機 SAR データを併用し、異なる 5 つの軌道から得られた干渉画像を用いることで、衛星 SAR だけでは取得が困難な局所変動の 3 次元変位場の推定を試みた。3 次元変位場は、2014 年 8 月から 2016 年 8 月と、2016 年 8 月から 2017 年 9 月の 2 つの期間において推定された。前者では膨張の空間パターンが硫黄山中央の噴気孔群を中心にほぼ軸対称であったが、後者では明らかに非対称なパターンを示しており、変動の空間分布に時間変化が見られた。2016-2017 年では、最大隆起地点が 2014-2016 年時よりも南側に約 70 m 移動しており、さらにその付近は変位の空間勾配が大きく、空間スケールも局所化した。さらに、この移動した最大隆起地点のごく近傍において、新たな火口列が形成され 2018 年噴火が発生しており、こうした現象は箱根火山 2015 年噴火前にも見られている。モデル推定の結果、2014-2016 年の変位は一枚の水平な開口クラックで説明できた。このモデルを 2016-2017 年に対して適用すると、全体の膨張パターンは再現できたが、やはり南側の局所的な膨張のパターンは残った。これは、明らかに 2014-2016 年の変動よりも浅い部分に別の高圧部分が形成されていることを示唆している。また、衛星 SAR のみで 2017

年9月から2018年4月10日までの2.5次元変位を推定すると、16-17年とほぼ同様の膨張パターンがみられ、その中心の位置は16-17年と変わっていない。衛星SARのみを用いて、2014年から2018年まで1-2ヶ月おきの変位時系列に着目すると、この膨張中心の移動は2017年4月末に起こっていることから、この付近で2017年4月26日に発生した土砂噴出とほぼ同期して南側の局所的な膨張が始まったと考えられる。さらに、これらの観測事実と他の地球物理観測や熱、地球化学観測を比較・統合することで、噴火に至るまでの地下の圧力状態の推移について議論した。最後に、このような膨張の空間分布の時間発展や変動速度の時間発展を、他火山と比較し、その共通点や相違点について議論した。

上述したように、噴火前のSARデータ観測事例はごく限られている。一方で、噴火後の減圧過程に関する測地観測事例はいくつか存在し、浅部の減圧を反映した局所的な沈降とそれに関係していると考えられる活発な噴気活動が普遍的に見られる。しかし、両者の関係を定量的に考察した事例はごくわずかであり、筆者の知る限りでは九重山1995年噴火のみである。本研究は噴火後の地盤変動と噴気活動との物理的な関係を明らかにすることを目的とし、噴火後に他項目の観測がなされた御嶽山2014年噴火に着目し、測地および熱観測データを解析し両者の定量的な比較を行った。御嶽山ではSARとGNSSから、2014年の噴火以降、山体の浅部(火口直下500 m)と深部(火口直下3-6 km)でそれぞれ収縮が継続しており、この収縮の原因と考えられる火口からの活発な噴気放出も継続している。先行研究で推定されたこれらの収縮源モデルと新たに加えた噴気データを用いて、浅部と深部の収縮体積と噴気の放水質量の時系列を比較した。その結果、浅部の収縮は、深部の収縮と放水の時間関数と大きく異なり、浅部収縮は指数関数のみで、一方深部収縮と放水は指数関数と一次関数の組み合わせで表されることがわかった。また、指数関数項の緩和時間は、深部の収縮と放水では20-50日程度と同程度であるのに対し、浅部収縮では379-641日であった。このような深部収縮と放水の時間的な特徴の類似性は、噴気として放出されている質量のほとんどが、顕著な地盤変動を引き起こしている浅部収縮源ではなく、GNSS基線にわずかな変動(〜1.5 cm)を引き起こしている深部のソースに由来することを示唆する。そこで、火口から放水量が浅部および深部収縮源からの流体放出量の足し合わせであると仮定し、3者間の質量収支を定量的に推定した。その結果、深部収縮源からの放水量は全放水量の7割以上を占めることが明らかとなった。さらに、推定された質量収支とSARから推定された体積変化量をもとに、浅部収縮源内の流体の熱力学的状態の検討を行った。この検討と電磁気探査や水文学、熱、地球化学的な知見も参照することで、浅部収縮源は液相に卓越する流体溜まりに対応すると解釈した。また、浅部および深部収縮における減衰の時定数の違いを、噴火時の爆発的な流体放出への関与の度合いの観点から説明を試みた。さらに、2014年噴火後3年間の放熱過程が2007年マグマ貫入イベントおよびそれに引き続く熱供給によって駆動されている可能性も議論した。

最後に、御嶽山2014年噴火と霧島硫黄山2018年噴火の前後の地盤変動の時系列と他の火山の事例も併せて比較することで、水蒸気噴火前後における地盤変動の時間推移を2つのタイプに分類した。さらに、これらのタイプごとに、圧力源深さや力学的・電磁気学的に推定される地下構造、噴火前後での噴気活動や地震活動の変化、深部へのマグマやマグマ性流体の貫入頻度などを比較することにより、これらのタイプの違いを生じる物理的な要因について議論した。