

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	Nurnaning Aisyah
論文題目	Combination of a pressure source and block movement for ground deformation analysis at Merapi volcano prior to the eruptions in 2006 and 2010		
(論文内容の要旨)			
本論文はインドネシアのメラピ火山の噴火に先行する地盤変動に対して圧力源とブロック移動の複合的モデルを適用することにより、圧力源の体積変化とブロック移動量の時間発展を明らかにしたうえで、マグマの貫入過程を解明し、噴火様式と噴火に先行するマグマ貫入の量と速度との関係を論じたものである。 メラピ火山では溶岩ドームを形成し、それが崩壊することによって火砕流が発生する火山爆発強度指標 2 の噴火とより爆発的な強度指標 4 の大規模噴火が繰り返し発生する。2006 年噴火は前者の、2010 年噴火は後者の典型例である。いずれの場合でも噴火に先行して山頂と山腹の基線長が短縮する山体の膨張を示す地盤変動が光波測量により検出されているが、山頂の南側の地盤変動のみが他の方位に比べて卓越する特徴がみられるので、弾性変形モデルで地盤変動を説明することが困難である。 そこで、南方へ卓越する地盤変動はブロック運動によるものとし、その影響を除いた地盤変動が圧力源の膨張による火山体の弾性変形であるとしたモデルを適用することにより、ブロック移動量と圧力源の体積変化の時間変化を明らかにした。2006 年の噴火に先行する過程では、ブロック移動量と圧力源の体積は一定速度で増加したが、2010 年噴火では10月26日の最初の噴火発生まで加速し続けた。ブロック移動と圧力源の体積変化の対応関係から圧力源の体積増加が山頂南斜面のブロック移動を引き起こしたことが推定される。 山頂付近の急峻な地形を考慮してFEMにより圧力源は山頂火口下の深さ 2 kmに求められた。この位置は火山構造成地震の空白域に相当することから、圧力源はマグマ溜まりに相当すると考えられる。マグマの貫入により圧力が高まった場所において発生すると考えられる地震の積算エネルギーは圧力源の体積増加と類似した増加パターンを示した。特に、2010 年噴火発生直前の急激な増加は両者に共通して見られた。 山頂南側のブロック運動は、山頂浅部の地下構造の不連続性に起因することが推定される。2006 年噴火に前駆するブロック運動は、地熱変質地帯において起こっており、噴火活動期において崩壊を起こした。ブロック運動の方向は崩壊により形成された谷地形の方向と一致している。一方、2010 年噴火の先行過程では過去の噴火により噴出した溶岩流が1つのブロックとして、2006 年噴火で崩壊した谷地形の方向に移動したものと解釈される。 2006 年噴火前には、一定速度の圧力源の体積増加とブロック運動を伴いながらマグマが上昇を続けたが、マグマ頭部が地表に近づくと減速し、ドームが地表に現れるとほぼ停止した。一方、圧力源の体積増加は続き、その結果として溶岩ドームが成長し続けた。2010 年噴火では、2006 年噴火の最終段階で山頂に形成された溶岩ドームがキャップロックとして働き、マグマ溜まりが高圧となった。その結果、その周辺において多数の火山構造成地震が発生した。 爆発的な2010 年噴火では2006 年噴火に比べ、マグマの貫入量が多いだけでなく、貫入速度が10倍程度大きい。急速なマグマの貫入は揮発性成分の脱ガスを伴わずに火口浅部まで上昇するので、爆発的噴火となることが推定できた。			

(論文審査の結果の要旨)

噴火が数年おきに繰り返されるメラピ火山では、溶岩ドームの出現に前駆して、異方性の大きい地盤変動が引き起こされることは、これまで光波測量やGNSSのキャンペーン観測によって検知されてきたが、その地盤変動は、回転楕円体等の非等方的圧力源の体積変化による火山体の弾性変形により近似され、強い異方性は山頂近傍の火山体内部の亀裂等の弾性体内部の不連続によるものとして説明されてきた。

申請者は、メラピ火山の日々の光波測量データを解析することにより2006年と2010年の噴火に先行する山頂付近の地盤の膨張を検知し、地形的な特性に基づいて剛体的なふるまいをするブロックの移動と球状圧力源の圧力の増加に伴う火山体の弾性変形により、観測された地盤変動の解析を試みた。従来、火山性地殻変動は多様な形状の圧力源を用いて解析されてきたが、あくまでも弾性変形によるモデル化であった。申請者は様々な種類の圧力源をメラピ火山の地盤変動に適用して弾性変形モデルにより地盤変動を説明することは困難であることを示したうえで、剛体ブロックの運動を火山性地殻変動に導入したのは新しい視点である。ブロック運動の特性は、重力による地滑りの変動であることを見出したが、圧力源の体積変化の時間変化との類似性から地滑りの変動は常時起きているのではなく、圧力源の体積変化がトリガーとして機能していること、また、ブロック運動の方が、圧力源の体積変化による弾性変形よりも地盤変動への寄与が大きい場合があることをも同時に指摘している。このことは、ブロック運動から逆に圧力源の変化を推定することが可能であることを示唆するものとして評価できる。

申請者は、火山性地震の空白域から浅部マグマ溜まりの存在が示唆されていた場所が、球状圧力源の位置に対応し、この場所がマグマ溜まりであることの根拠を強化したうえで、2006年噴火と2010年噴火発生前における火道最上部の閉塞状態とマグマの動態との関係を論じている。2006年噴火では、マグマが上昇しやすい状態であり、溶岩ドームが山頂に形成された。一方、2010年噴火では2006年噴火の終末期に山頂に形成された溶岩ドームが火道最上部のキャップブロックとなってマグマは上昇しにくい状態であり、マグマ溜まりはより高圧になったとしている。火道最上部の閉塞状態がマグマの上昇過程に影響を及ぼしていることを見出したことは新たな発見として評価できる。

2006年噴火は溶岩が緩やかに長時間にわたって噴出する穏やかな噴火で規模も小さいが、2010年噴火は短時間にマグマが噴出する爆発的な大規模噴火であったが、申請者は様式と規模の違いについて、圧力源の体積増加量及び体積増加率の観点から議論している。山頂付近の地盤変動観測しかないと深部マグマ溜まりの体積増加量は評価できていないが、浅部マグマ溜まりにおける体積増加量が2010年噴火の方が大きいことを示し、さらに体積増加率については2010年噴火の方が1桁大きいことを示した。貫入速度が大きいマグマは爆発的な噴火を引き起こすことは定性的には知られているが、定量的に評価したことは、火山噴火の様式や規模を予測するうえで意義が大きい。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年7月6日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降