

霧島山・新燃岳の2018年3月の火山噴火に伴う地殻変動

愛知工業大学	学生会員	榎本 賢大
愛知工業大学	正会員	倉橋 奨
愛知工業大学	正会員	横田 崇
愛知工業大学	非会員	渡部 豪

1. 目的

日本列島には多くの火山が分布し、概ね過去1万年以内に噴火した火山や現在活発な噴気活動のある火山は活火山と呼ばれ、2017年6月の時点で111の火山が活火山と選定されている。我々は、火山活動によって形成された風景や温泉など火山から恩恵を受けている一方、2014年9月の噴火で58名もの死者を出した御嶽山のように、火山災害とも隣り合わせであることを十分認識しておかなければならない。このような火山災害を軽減するためには、火山噴火のメカニズムを明らかにすることが重要といえる。一般的に、火山噴火は、地下深部から地表付近のマグマだまりに周囲の岩石よりも温度・流動性の高いマグマが蓄積され、それらが火道を上昇して噴火口より放出されることで生じる現象である。そして、マグマだまりにマグマが蓄積される場合には膨張が、マグマが放出される場合には収縮が生じる。これらの現象は火山噴火の規模にもよるが、地殻変動として捉えることが可能である。そこで、本研究では、火山噴火のメカニズムを明らかにすることを目的に、九州地方南部の霧島山中央部に位置する新燃岳を対象として、2018年3月上旬に起こった火山噴火に伴う地殻変動について、国土地理院のGNSSデータを用いて解析を行い、地下の圧力源(マグマソース)の推定を行った。

2. データ

国土地理院は、日本全国にGNSS連続観測網(GEONET: GNSS Earth Observation Network System)を展開しており、それら約1300の観測点で得られたデータは、高密度かつ高精度の測地・測量や地殻変動の監視を目的として使用されている。これらの観測点では、24時間の観測が行われ、日毎の観測点座標値(GEONET F3解)が公開されている。本研究では、2013年1月1日から2018年3月25日の九州地方(主に九州地方で山口県、愛媛県の観測点を含む)に分布するGEONET観測点(150点)のF3解を用いて解析を行った。

3. 解析手法

(1) GNSSデータの前処理：得られたGEONET F3解に対し、GNSS受信機・アンテナ・レドーム交換などによる日毎の観測点座標値のオフセットを除去した後、初日(概ね2013年1月1日)を基準とした、東西・南北・上下方向への座標変換を行い、観測点毎の変位の時系列を作成した。続いて、それらの時系列にWdowski et al. (1997)の方法を適用し、季節変動や1日毎の座標値のばらつきが原因で生じた共通誤差成分を除去した。また、変位から変位速度を推定する際には、年周・半年周成分の推定も同時に行った。

(2) 2016年熊本地震の粘弾性緩和：大地震後には、地震前と異なる地殻変動がしばらく継続する。このような変動は余効変動と呼ばれ、この中でも、震源断層周囲の媒質の応答が原因で生じる粘弾性緩和は、広域かつ長期間に渡って継続する変動である。2016年熊本地震によるそれは、九州全域に及んでいることが指摘されており、2018年3月の新燃岳噴火の際にも、この影響が観測データに含まれていることが予想される。そこで、2016年熊本地震の粘弾性緩和について、国土地理院の3枚の矩形断層モデルによる地震時のすべりを与え、Fukahata and Matsu'ura (2005; 2006)のコードを利用して、九州全域に及ぶ地震後5年間の粘弾性緩和による変動を計算し、観測点変位の補正を行った。解析では、厚さ25 kmの弾性体(地殻)がMaxwell粘弾性体(マントル)の上に横たわる二層の水平成層構造を仮定した。また、粘弾性体の粘性率は 2.0×10^{18} Pasとし、その他の物性パラメータは、Fukahata and Matsu'ura (2005; 2006)で使用された値を用いた。

(3) プレーートの沈み込みによる地殻変動： 西南日本下には、年間 4~6 cm の速度でフィリピン海プレートが沈み込んでおり、同プレートが西南日本を地下深部へ引きずる(固着する)ことで、海域から陸域方向への地殻変動が生じる。本研究では、Hirose et al. (2008) のフィリピン海プレートの上面形状に基づき、九州地方下に沈み込むプレートの境界面を 20 km 四方の 170 枚の矩形断層で近似し、プレート間の固着率を推定した。ここで、矩形断層の固着による地表の変形は、Okada (1985) の定式に基づいて計算をした。観測値は、2013 年 1 月 1 日から 2016 年 3 月 31 日までの GNSS 変位速度データ(水平・上下成分)を用い、解析では、地殻変動の観測値と計算値の残差二乗和が最小になるという条件の他、隣り合う断層間で固着率がなめらかになるように拘束条件をかけた。この結果に従い、新燃岳の膨張期から噴火後の収縮期までの期間、プレート沈み込みに伴う変動が定常的に起きているものと仮定して、観測点変位の補正を行った。

(4) 茂木モデルを用いた圧力源の推定： GEONET の 7 観測点(図-1)の変位データに対し、上記(1)~(3)の処理を行った後、茂木モデルを用いて、膨張期(2017 年 7 月 1 日~2018 年 2 月 28 日)と収縮期(2018 年 2 月 14 日~3 月 25 日)に生じた地殻変動(観測値)をよく説明するための圧力源の位置(緯度・経度・深さ)の推定を行った。解析では、緯度について北緯 31.7~32.1°、経度について東経 130.6~131.1° の範囲をそれぞれ 0.001° 刻み、深さは 4~15 km の範囲を 0.1 km 刻みで設定し、グリッドサーチを行い、観測値と茂木モデルを用いた地殻変動の計算値の残差の RMS が最小となるものを最適解とした。なお、圧力源の体積変化は、気象庁の推定値にしたがい、膨張期に $1.6 \times 10^7 \text{ m}^3$ の体積増加、収縮期に $0.7 \times 10^7 \text{ m}^3$ の体積減少とした。

4. 結果と考察

図-1 に膨張期と収縮期の各期間で推定した圧力源の位置と変位の観測値(黒矢印)・計算値(白矢印)を示した。膨張期には、最大 14 mm の南東方向への変位が 950486 観測点で示され、他の観測点でも新燃岳火口(図-1 の三角：北緯 31.91°、東経 130.88°)から等方的に伸張するセンスの変位が示され、矩形のダイク貫入よりも球状の圧力源を仮定したほうが変動をよく再現できる。一方、収縮期には、最大 8 mm の変位が膨張期と同様に 950486 観測点で示された。これら二つの期間で膨張期の半分程度の変位の差が見られたが、変位パターンは互いに逆センスであった。また、圧力源の位置は新燃岳火口直下ではなく、火口から 6~7 km 北西方向に離れた場所に位置することが明らかとなった。これらの結果は、気象庁の結果と概ね調和的であるが、気象庁の結果と比べて膨張期における圧力源の深さが 4 km ほど深部に推定された。この結果については、今後、詳細な検証が必要となるが、使用した観測点数や圧力源との位置関係、地形の効果などに依存している可能性があると思われる。

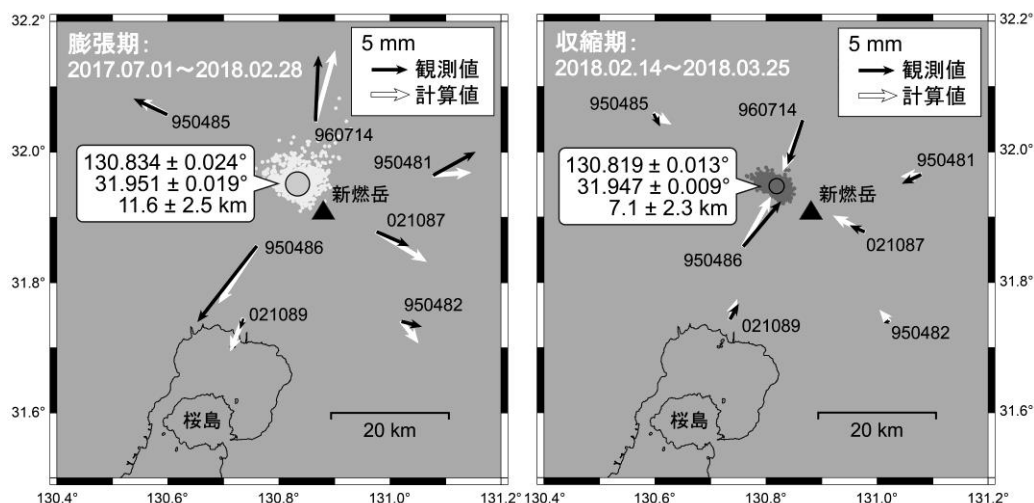


図-1 推定した圧力源の位置と変位の観測値と計算値

5. まとめ

国土地理院の GEONET F3 解を用いて、霧島山・新燃岳の 2018 年 3 月の火山噴火に伴う地殻変動の解析を行った。ここでは、2016 年熊本地震後の粘弾性緩和やフィリピン海プレートの沈み込みによる変形を補正した変位データを用いて圧力源の位置を推定し、概ね気象庁と調和的な結果が得られた。今後、地震活動との対応関係の議論、地形の効果や地下の粘弾性不均質構造を考慮した解析などを行いたい。