

2014年御嶽山噴火前後の傾斜変動と浅部圧力源

Tilt change and shallow presser source associated with the 2014 Ontakesan eruption

気象研究所^{††}・気象庁

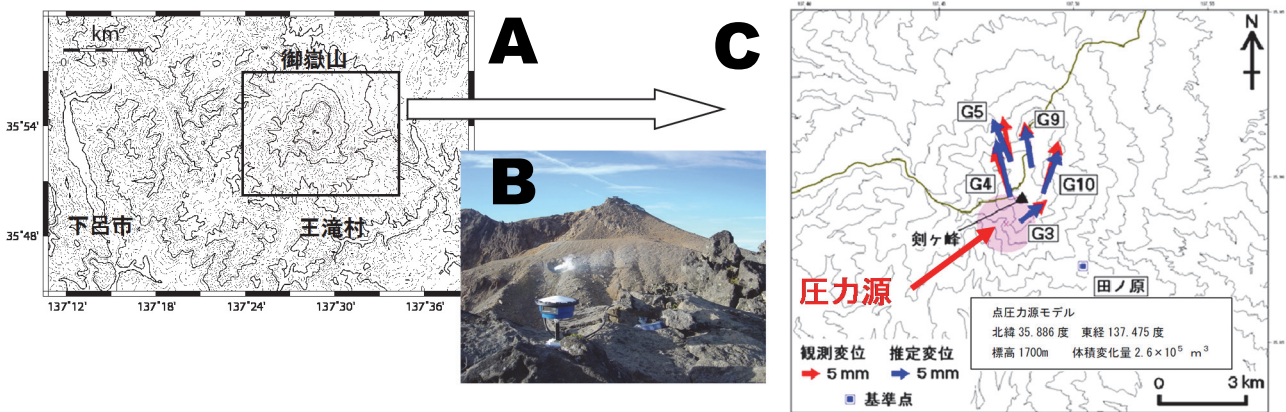
Meteorological Research Institute and Japan Meteorological Agency

1. はじめに

2014年9月27日11時52分、長野・岐阜県境の御嶽山で水蒸気爆発が発生した。御嶽山の山頂から南東3kmの田の原に設置した気象庁の傾斜計では、この噴火の前後で噴火に伴う圧力変化を示す変動を記録した。また、傾斜変動を生じさせた圧力源は、近傍のGNSS観測でとらえられていた2007年小噴火に伴う変動の浅部圧力源付近と考えられる。

2. 2007年小噴火の圧力源

気象庁と気象研究所は2007年のごく小規模の噴火を挟む期間に山頂部のGNSS繰返し観測を行っていた。その結果、GEONET等で観測された広域の変動の他に、山頂部でも局所的な膨張変動が生じていたことがわかった。観測された変動は、山頂の南西側約1kmの地表下約900m(標高1700m)の球状の膨張圧力源において、 $0.26 \times 10^6 \text{ m}^3$ の体積増加で概ね説明できることが分かっている(第1図)。この圧力源の位置は、2014年御嶽山噴火の火孔列の位置とほぼ一致していた。



第1図 2007年小噴火前後のGNSS繰返し観測

A: 周辺地形図 B: 繰返し観測写真 (G03: 奥の院, 2007/9/18)。GNSS受信機の奥に噴気孔と剣ヶ峰。
C: 繰返し観測による2007年噴火前後の山頂部地殻変動(気象庁・気象研究所, 第108回火山噴火予知連絡資料より抜粋・加筆)。2005年8月と2007年9月の観測による水平変位分布より推定。固定点: 田の原。推定した圧力源は2014年噴火の火孔列の位置と一致する。

* 2014年12月12日受付

** 高木朗充, 山本哲也, 横山博文, 木村一洋, 中橋正樹, 加藤幸司

3. 2014年の傾斜変動

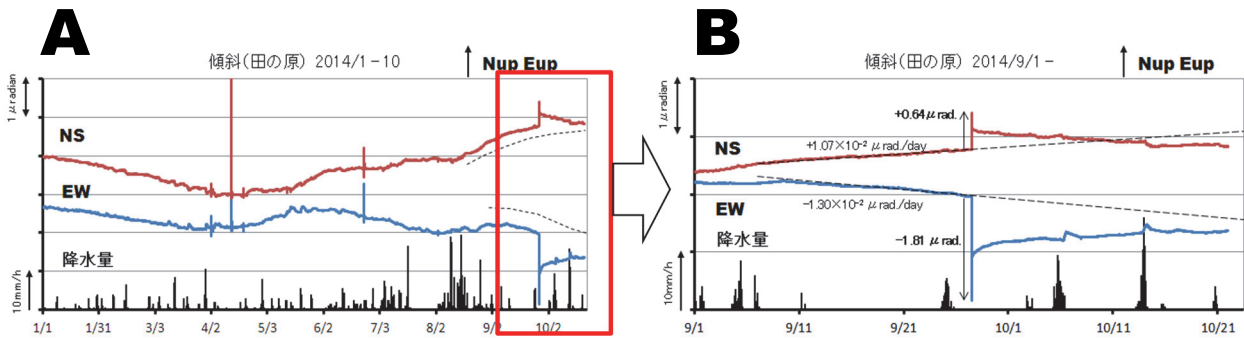
気象庁田の原の傾斜計（2196 m – 100 m 深ボアホール）は、御嶽山が噴火した2014年9月27日11時52分の直前から山上がりの変動を記録し始めた。噴火時刻に傾斜変化量は最大となり、噴火後は山下がりの変動に転じ、緩やかに変動が継続した。

・変化の推移

潮汐補正を施した傾斜計データに対して、1) ステップ状のノイズや地震に伴う変動を除去（9/27は秒値で、それ以外は分値で処理）し、2) 3段のタンクモデルを用いた降水補正を行い、3) 中～長期トレンドを考慮した。

第2A図は2014年1月から10月までの傾斜変動の推移と降水量（御嶽山アメダスの時間値）を、第2B図は、第2A図のうち噴火期間を含む2014年9月1日から10月21日までの期間の傾斜変動を示す。御嶽山が噴火した2014年9月27日11時52分の約7分前（11時45分10秒頃）から山上がりの変動を記録し始めた。噴火時刻に傾斜変化量は最大となり、噴火後は山下がりの変動に転じ、緩やかに変動が継続した。

傾斜計記録には平常時から様々な要因による中～長期的なトレンド変化が含まれるが、噴火直前の9月11日から26日の間はほぼ直線的なトレンド（南北成分： $+1.07 \times 10^{-2} \mu \text{radian / day}$ ，東西成分： $-1.81 \times 10^{-2} \mu \text{radian / day}$ ）であった。9月27日の噴火以降の傾斜変動もこの直線トレンドの上に生じていたと仮定すると、噴火開始以後に山上がりから反転し緩やかに継続していた山下がりの変動は、南北成分については10月10日に噴火直前の状態に戻り、東西成分についても10月21日現在で山上がりの変動のうちの約90%にまで戻ったことがわかった。ただし、噴火活動に伴う観測環境等の変化により、噴火後の傾斜記録のトレンドは変化している可能性はある。



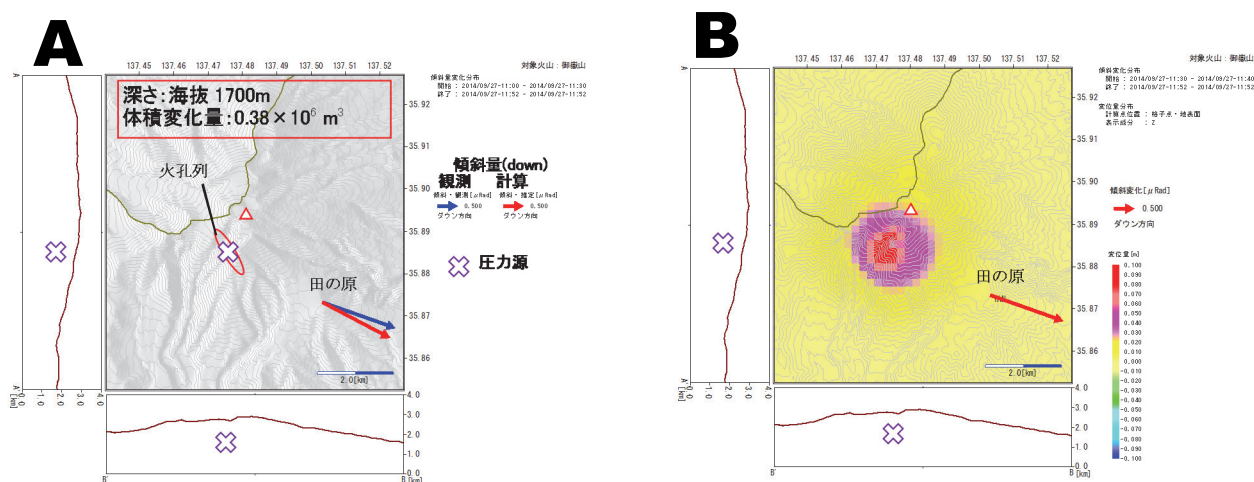
第2図 2007年小噴火前後のGNSS繰返し観測

A：周辺地形図 B：繰返し観測写真（G03：奥の院，2007/9/18）。GNSS受信機の奥に噴気孔と剣が峰。
 C：繰返し観測による2007年噴火前後の山頂部地殻変動（気象庁・気象研究所，第108回火山噴火予知連絡資料より抜粋・加筆）。2005年8月と2007年9月の観測による水平変位分布より推定。固定点：田の原。推定した圧力源は2014年噴火の火孔列の位置とほぼ一致する。

・圧力源

9月27日11時52分の噴火直前には、急激な山上がりの傾斜変動（ $0.64 \mu \text{radian}$ 北上がり， $1.81 \mu \text{radian}$ 西上がり）が観測された（第2B図）。これらの変動方向は、ほぼ2007年の小噴火時の圧力原方向及び、2014年噴火によって生じた火孔列の一部の方向に一致する（第3A図）。圧力源を推定するにあたり、噴火により火孔列が形成されていることから圧力源形状は板状の可能性もあるが、観測

量が少ないことから茂木ソースを仮定した. 水平位置は, 噴火によって生じた火孔列の主火孔付近(緯度 35.8854°, 経度 137.4751°)に固定した. ここは 2007 年の圧力源の水平位置でもある. 深さはその時に求められた標高 1700m(火口下約 900m)として計算したところ, 体積変化量は $0.38 \times 10^6 \text{m}^3$ で説明できることがわかった(第 4 A 図). この量は GNSS 繰返し観測で求められた 2007 年噴火時の体積変化量 ($0.26 \times 10^6 \text{m}^3$) と大差ない. 上下変動分布を計算したところ, 圧力源直上では傾斜変動開始から噴火まで(11:00~11:52)に, 最大 10cm の隆起となっていたと推定される(第 3 B 図).



第 3 図 傾斜変動と圧力源

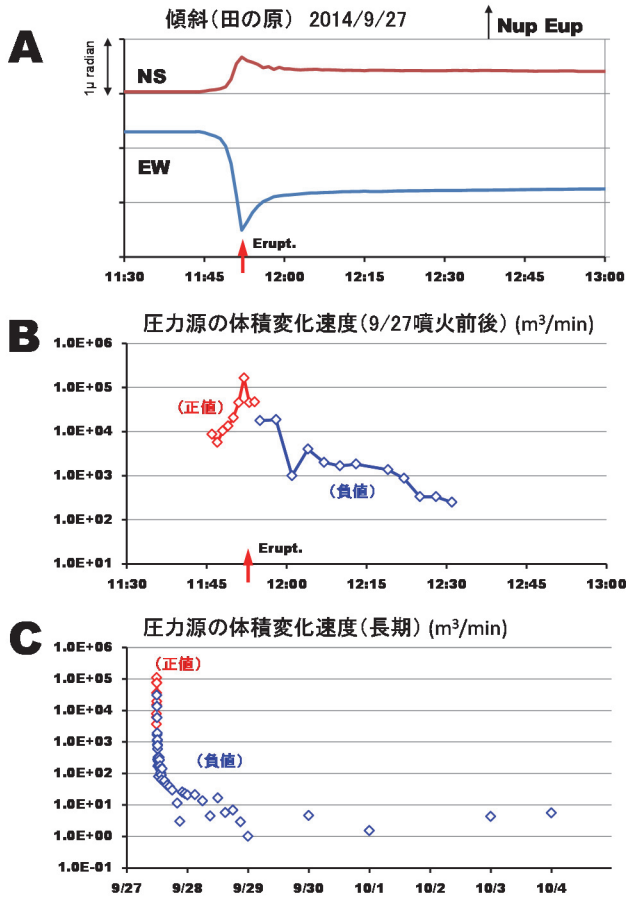
A: 噴火までに観測された傾斜(青矢印)と, 推定される圧力源から計算される傾斜(赤矢印). B: 予想される上下変動分布.

・体積変化速度

噴火時を含む 11 時 30 分から 13 時 00 分の期間について圧力源の体積変化速度の時間変化を求めた. 傾斜変動は 11 時 45 分 10 秒頃から山上がりで変動が始まり, 11 時 52 分 30 秒頃に極大となり, その後山下がりとなった(第 4 A 図). 圧力源の深さを図 3 と同じ海拔 1700m で固定して計算したところ, 噴火にかけて膨張の体積変化速度は次第に増大し, 噴火開始時刻に最大の $0.11 \times 10^6 \text{m}^3/\text{分}$ となった. 噴火後は収縮の体積変化となり, 噴火直後の $3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{分}$ から 9 月 27 日 14 時頃には $2 \times 10^2 \text{m}^3/\text{分}$ と漸減した(第 4 B 図). 10 月 4 日には $5 \text{m}^3/\text{分}$ 程度となっている(第 4 C 図).

・広帯域地震計による傾斜変動

長野県が山頂東北東約 4km に設置した広帯域地震計観測点の御嶽三岳の記録(第 5 A 図)から, 傾斜変動を計算したところ, 噴火前の 11 時 45 分から噴火時の 11 時 52~53 分までに, 山上がりの変動を記録し始めた. 噴火時刻に傾斜変化量は最大となり ($0.11 \mu \text{radian}$ 南上がり, $0.91 \mu \text{radian}$ 西上がり), その後は 12 時 00 分頃まで山下がりとなった(第 5 B 図). 11 時 30 分から 11 時 52 分までの計算された傾斜変動を田の原傾斜計とともに第 5 C 図に示す. 東西成分には, 特に 12 時 00 分以降に特異な信号が含まれており, 今後精査が必要である.

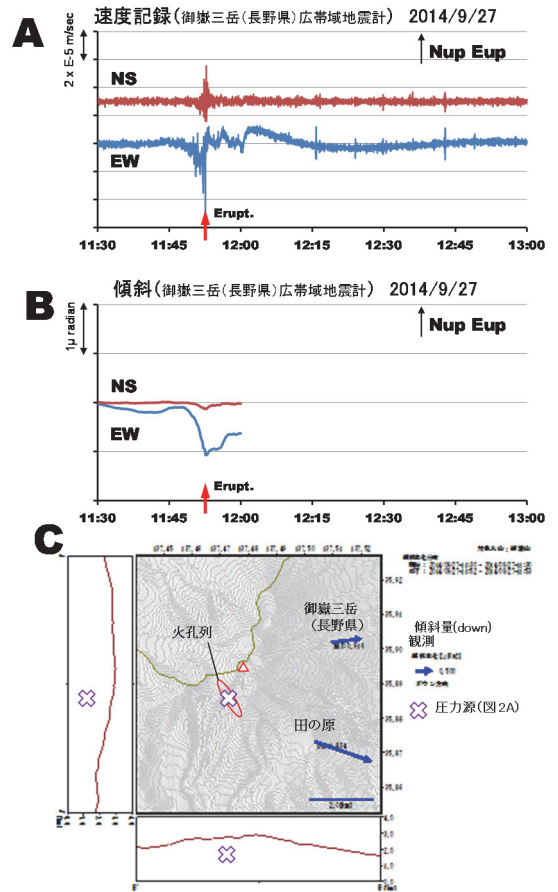


第4図 傾斜変動と体積変化速度

A: 噴火前後 (9/27 11:30~13:00) の傾斜変動, B: 9/27 噴火前後の圧力源の体積変化速度, C: 9/27~10/4 の圧力源の体積変化速度. B および C の縦軸は対数表示になっており, 噴火の負値は正軸上で示していることに注意. B および C は3分間の平均傾斜変化から推定. 傾斜の長期トレンドは未補正.

謝辞

本解析には, 長野県のデータを使用しました. 名古屋大学には協力・助言を頂きました.



第4図 広帯域地震計による傾斜変動

A: 御嶽三岳 (長野県) の広帯域地震計記録, B: 2秒以上のローパスフィルタをかけ積分して求めた傾斜変動, C: 傾斜変動分布を田の原傾斜計のベクトルとともに示した図. 圧力源は第2図の圧力源位置を示した. 傾斜変動への変換は青山 (2008) による.