第130回 火山噴火予知連絡会資料

(その4)霧島山

平成 26 年 10 月 23 日

火山噴火予知連絡会資料(その4)

目次

霧島山

気象庁·····	• 3
東大震研・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	• 50
京大阿蘇	• 65
九大 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	• 67
防災科研	• 69
地理院······	• 77
海保	• 84

<u>新燃岳</u>

新燃岳周辺の火山性地震は少ない状態で経過している。

新燃岳の北西数kmの地下深くのマグマだまりへのマグマの供給に伴う地盤の伸びの 傾向が、2013 年 12 月頃からみられる。

新燃岳火口から概ね1kmの範囲では、噴火に伴う弾道を描いて飛散する大きな噴石に 警戒が必要である。噴火時には、風下側では火山灰だけでなく小さな噴石(火山れき) が風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。降雨時には泥流や土石流に注 意が必要である。平成25年10月22日に噴火警戒レベルを3(入山規制)から2(火口 周辺規制)に引き下げた。その後、警報事項に変更はない。

概況(2014年5月~10月13日)

- ・噴煙など表面現象の状況(第1図、第2図-、第3図-、第14図) 新燃岳では、2011年9月8日以降、噴火の発生はない。噴煙活動は静穏で、火口縁を超える噴煙は観測されていない。
- ・地震、微動活動(第2図、第3図- 、 、第5~7図、第8図-)
 新燃岳周辺では、火山性地震は少ない状態で経過した。火山性微動は2012年3
 月以降観測されていない。
- ・地殻変動の状況(第2図-、第3図-、第4図、第8図-、第9~13図)
 GNSS 連続観測では、新燃岳北西側の一部の基線において、2013 年 12 月頃から新 燃岳の北西地下深くのマグマだまりへのマグマの供給に伴う、地盤の伸びの傾向が みられる。

傾斜計では、火山活動によると考えられる変動はみられない。

・火山ガスの状況(第2図-、第3図-)
 9月29日に実施した現地調査では、二酸化硫黄は検出されなかった。2013年1
 月以降、二酸化硫黄は検出されていない。

この資料は気象庁のほか、国土地理院、東京大学、九州大学、鹿児島大学及び独立行政法人防災科学技術研究所のデータを利用して作成した。



第1図 霧島山(新燃岳) 噴煙の状況(9月29日、韓国岳遠望カメラによる)



第2図 霧島山(新燃岳) 最近の活動経過(2013年10月1日~2014年10月13日)

<2014年5月1日~10月13日の状況>

- ・噴煙活動は静穏で、火口縁を超える噴煙は観測されなかった。
- ・9月29日に実施した現地調査では、二酸化硫黄は検出されなかった。
- ・火山性地震は少ない状態で経過している。
- ・火山性微動は観測されていない。

二酸化硫黄放出量グラフ中の×印は、二酸化硫黄が検出されなかった場合を示す。



2011 年 6 月 16 日から 2012 年 2 月 17 日まで新燃岳南西観測点の障害のため、新燃西 (震)及び霧島南(震)で地震回数を計数。(震):東京大学地震研究所。 二酸化硫黄放出量グラフ中の X 印は、二酸化硫黄が検出されなかった場合を示す。



< 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の状況 > 火山活動によると考えられる変化は認められなかった。

2011年6月上旬~7月上旬、9月中旬及び11月中旬、2012年6月上旬~7月上旬、2013年6月 上旬~9月上旬、10月下旬、2014年7~8月の傾斜変化は、降水等の気象条件の影響も含まれる。





A型地震 ●:2014年5月1日~10月13日の震源 ○:2013年12月1日~2014年4月30日の震源 B型地震

: 2014年5月1日~10月13日の震源
 : 2013年12月1日~2014年4月30日の震源

第6図 霧島山 霧島山全体の震源分布図(2008年1月1日~2014年10月13日)

< 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の状況 > 韓国岳北西(領域)の海抜下約0~3 km で地震が増加した。 国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。



- : 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の震源
- : 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の震源(深部低周波)
- : 2000 年 10 月 1 日 ~ 2014 年 4 月 30 日の震源
- : 2000 年 10 月 1 日 ~ 2014 年 4 月 30 日の震源(深部低周波)
- 第7図 霧島山 一元化震源による震源分布図(2000年10月1日~2014年10月13日) 国土地理院発行の『数値地図50mメッシュ(標高)』を使用した。



灰色部分は機器障害等による欠測を示す。

地震回数については、監視強化のため 2013 年 12 月 1 日から韓国岳周辺と大浪池付近の地 震検測基準を見なおして検測している。



(2012年10月1日~2014年10月13日)

観測点名の後ろの数値は観測深度を示す。 地震回数については、監視強化のため2013年12月1日から韓国岳周辺の地震検測基準 を見なおして検測している。 波形が途切れているところは障害等によりデータなし。



第 9-2 図 霧島山 日別地震回数と傾斜変動(山体の北東側)及びえびの日降水量 (2012 年 10 月 1 日 ~ 2014 年 10 月 13 日)

韓国岳北東観測点の北西上がりの傾向は、7月頃から鈍化している。

観測点名の後ろの数値は観測深度を示す。

地震回数については、監視強化のため 2013 年 12 月 1 日から韓国岳周辺の地震検測基 準を見なおして検測している。 波形が途切れているところは障害等によりデータなし。

霧島山



第10 図 霧島山 傾斜計観測点配置図

国土地理院発行の『基盤地図情報(10mメッシュ(標高)、行政区画界線)』を使用した。 小さな白丸()は気象庁、小さな黒丸()は防災科学技術研究所の観測点位置を示す。



第11図 霧島山 GNSS 連続観測点と基線番号

国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。 小さな白丸()は気象庁、小さな黒丸()は国土地理院の観測点位置を示す。



§ 局山 GNSS 建統観測による奉緑長変化 (2001 年1月1日~2014 年 10 月 13 日)

新燃岳北西側の一部の基線(図の、、、、、)における新燃岳の北西地下深くのマグ マだまりへのマグマの供給に伴う地盤の伸びは、2012 年1月以降ほぼ停滞していたが、 2013 年 12 月頃から伸びの傾向がみられる。

これらの基線は第11図の ~ に対応している。 解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。 灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。 高千穂河原は2010年3月に移設し、移設以前の基線に合うように調整した。

霧島山



新燃岳北西側の一部の基線(24)(27)(28))では、2013年 12月頃から新燃岳の北西地下深くのマグマだまりへのマグマの供給に 伴うと考えられる地盤の伸びの傾向がみられる。

> これらの基線は第11図の ~ に対応している。 解析に際しては対流圏補正と電離層補正を行っている。 灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。



灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。



灰色の部分は機器障害のため欠測を示している。



霧島山



第14図 霧島山 新燃岳の火口内の状況

(上左:2014年1月24日北西側から撮影、上右:2014年5月22日西側から撮影 下左:2014年10月7日西側から撮影、下左:2014年10月7日西側から撮影)

 ・前回(2014年5月22日)および前々回(2014年1月24日)と比較して、C領域の高 温域が認められない。それ以外の地表面温度分布に大きな変化はなく、火口内に蓄積 された溶岩の縁辺部(特に北側(A領域)と南側(B領域))が比較的高温であった。
 ・西側斜面の割れ目付近の一部に地熱域(D領域)が引き続き認められた。

御鉢

火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は見られない。 平成19年12月1日に噴火予報(噴火警戒レベル1、平常)を発表した。その後、予 報事項に変更はない。

概況(2014年5月~10月13日)

- ・噴気の状況(第15図、第16図-) 遠望カメラによる観測では、火口縁を越える噴気は観測されず、噴気活動は静 穏な状況が続いている。
- ・火山性地震、微動活動の状況(第6図、第7図、第8図- 、第16図- ~) 火山性地震は少ない状態で経過した。5~7月に継続時間の短い火山性微動を 3回観測した。火山性微動の継続時間の合計は3分だった。
- ・地殻変動の状況(第9~13図)
 GNSS 連続観測では、火山活動によると考えられる変動はみられない。



第15図 霧島山(御鉢) 噴煙の状況(8月12日、猪子石遠望カメラによる)



(2003年1月1日~2014年10月13日)

< 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の状況 >

- ・火口縁を越える噴気は観測されなかった。
- ・火山性地震は少ない状態で経過した。
- ・5~7月に継続時間の短い火山性微動を3回観測した。火山性微動の継続時間の 合計は3分だった。

<u>えびの高原(硫黄山)周辺</u>

えびの高原(硫黄山)周辺では、火山性地震が時々発生している。 8月20日に硫黄山付近を震源とする継続時間約7分の火山性微動が発生した。 今後の火山活動の推移に注意が必要である。

えびの高原(硫黄山)周辺では、噴気や火山ガスなどが噴出する可能性があるので注 意が必要である。

概況(2014年5月~10月13日)

・噴煙など表面現象の状況(第17図) 硫黄山付近では、噴気は観測されていない。 2014年8月31日に実施した硫黄山付近の現地調査では、噴気や地熱域などの異常は認められなかった。

- ・火山性地震、火山性微動活動(第6図、第7図、第8図-、第18~33図)
 硫黄山付近では、8月20日に継続時間が約7分の火山性微動が発生した。また、
 火山性地震が時々発生し、その震源は、主に韓国岳付近の海抜下約1~3km 及び
 韓国岳北東側の海抜下約0~2km、硫黄山付近の海抜下0~2kmに分布している。
- ・地殻変動の状況(第8図-、第9~13図、第29図、第33~37図)
 GNSS 連続観測では、韓国岳付近の一部の基線で、2013年12月頃から地盤の伸びの傾向がみられる。

傾斜計では、2013年12月頃からみられる韓国岳北東観測点の北西上がりの傾向は、2014年7月頃からやや鈍化している。

・霧島山七折の滝付近の湧水(第39図、第40図)

8月下旬に霧島山のネイチャーガイドから、7月20日頃、七折れの滝(石氷川) の沢登りをしたところ、登り口から中間点にある冷泉が、昨年(2013年)より温 かかくなっている(ぬるま湯よりは低い程度)ようだとの通報があった。これを 受けて鹿児島地方気象台と宮崎地方気象台は合同で現地を案内してもらい、調査 をおこなった。湧出口付近に白い付着物があり、水温は約23度で、弱い硫黄臭を 確認した(沢の本流は17度)。

採取した水を京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設に分析を依頼し、 その結果は以下とおりであった。

- ・pHが3程度の弱い酸性だった。
- ・酸性の原因は硫酸イオン(SO₄)濃度が高いことから ,H₂S から生じた硫酸(H₂SO₄) が酸性の主な原因であると考えられる。白い付着物が単体の硫黄であれば, その確実性が増す。
- ・塩化物イオン(CI)やカルシウムイオン(Ca)の濃度がやや高いことが気に なるが,上流側で採取した小川の水(水温:17.3)の分析データと比較し ないとはっきりはわからない。

・えびの高原足湯の温度

気象庁

えびの高原足湯の駅で、これまで 36~37 だった足湯の温度が、9月11日は 39 だったとの通報があった。聞き取り調査を行ったところ、温度測定の記録を 残していないことから正確にはわからないが、一ヶ月くらい前から温度が上がっ た感じがするとのことであった。この施設が出来たのが約10年前で、36 前後(測 定は不定期)で温度が安定していたとのことだった。

9月17日14時頃に気象台が実施した現地調査による測定では、38.6 (水銀 温度計による)であった。



第 17 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 硫黄山付近の状況(2014 年 10 月 7 日)

第130回火山噴火予知連絡会



第 18 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火山性地震と微動の発生状況 (2013 年 12 月 1 日~2014 年 10 月 13 日)

<2014年5月1日~10月13日の状況>

・火山性地震が時々発生した。

・8月20日01時36分頃に継続時間が約7分の火山性微動を観測した。

監視強化のため、2013 年 12 月 1 日からえびの高原(硫黄山)周辺の基準を見なおして検 測している。



● :2014 年 5 月 1 日~10 月 13 日の震源

〇 :2013 年 12 月 1 日 ~ 2014 年 4 月 30 日の震源

第 19 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 地震の震源分布図 (2013 年 12 月 1 日~2014 年 10 月 13 日)

<2014年5月1日~10月13日の状況>

震源は主に大浪池付近の海抜下約2~5km、韓国岳付近の海抜下約0~3km、 韓国岳北東側の海抜下約0~2km及び硫黄山付近の0~2kmに分布した。

国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。 えびの高原(硫黄山)周辺の震源のみ図示している。



●: 2014年5月1日~10月13日の震源

○: 2013 年 12 月 1 日 ~ 2014 年 4 月 30 日の震源

B型地震

●: 2014年5月1日~10月13日の震源

〇: 2013 年 12 月 1 日 ~ 2014 年 4 月 30 日の震源

第 20 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 領域ごとの地震回数積算図 (2013 年 12 月 1 日~2014 年 10 月 13 日)

< 2014 年 5 月 1 日 ~ 10 月 13 日の状況 >

硫黄山付近(領域))では、6月頃から地震が増加した。

国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。



第21-1 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) A型地震の初動極性分布



第21-2 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) A型地震の初動極性分布



第21-3 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) A型地震の初動極性分布





第 21-1~4 図に

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50m メッシュ (標高)』を 使用した。

初動分布を示した地震の震源分布図







0

2

4

6

8

10

Distance from loyama(km)





2014 年 6 月 28 日 07 時 44 分頃の B 型地震 震:東京大学地震研究所、九:九州大学、防:防災科学技術研究所



第 27-1 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 2013 年 12 月頃から観測され ている B 型地震(第 26 - 1 図)のパーティクルモーション(初動部分、水平面)

2014 年 8 月 20 日 02 時 54 分頃の B 型地震 震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所



第 27-2 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 第 27-1 図の振動方向

振動方向は概ね韓国岳北方の領域で交わっている。 震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所 国土地理院発行の『基盤地図情報 10mメッシュ(標高)』を使用した。



第 27-3 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 2013 年 12 月頃から観測され ている B 型地震のパーティクルモーション(初動部分、水平面)

2014 年 6 月 9 日 06 時 58 分頃の B 型地震 震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所



第 27-4 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 第 27-3 図の振動方向

振動方向は概ね韓国岳の南西側領域で交わっている。 震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所 国土地理院発行の『基盤地図情報 10mメッシュ(標高)』を使用した。


第 28 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火山性地震の震源分布 (2013 年 12 月 1 日 ~ 2014 年 10 月 13 日)

- ・B型地震の震源は韓国岳付近および硫黄山付近に分布する。
- ・b領域のB型地震のほうが震源は浅く、0~1km程度である。
- ・b 領域の B 型地震は初動が比較的シャープであり、震源精度は 比較的良いと考えられる。a 領域の B 型地震は初動はやや不明瞭であり、 震源精度は低い可能性がある。
- この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。



のNSS 連続観測では、韓国岳内近の一部の基線で、2013 年12 月頃から地盤の伸びの傾向か みられる。2013 年 12 月頃からみられる韓国岳北東観測点の北西上がりの傾向は、2014 年 7 月頃からやや鈍化している。



第30図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 2014年8月20日に発生した 火山性微動



火山性微動の継続時間は約7分であった。

火山性微動のランニングスペクトル 2Hz 付近にピークが認められる。

39



- 第 32-1 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) エンベロープ相関法(Obara, 2002) により推定した 8 月 20 日に発生した火山性微動の震源
 - ・微動の震源()は硫黄山付近の深さ約2kmに推定された。

・「+」は観測点を示す。

震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所、九:九州大学、鹿:鹿児島大学 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (地図画像)』を使用した。



第 32-2 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 震源決定に使用した9 観測点の RMS エンベロープ波形(黒色)と、その合成に使用した地震波形3 成分 4 - 8 Hz のバンドパスフィルターをかけた速度波形の3 成分の平方和を 計算し、これに1 秒間の移動平均をかけて平方根を取ることで RMS エンベロープ とした。

震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所



第 32-3 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) エンベロープ相関法による 震源決定結果。

- ・「 」が震源、走時残差から推定される震源位置の誤差をエラーバーで示した。
- ・残差分布を橙色のコンタ マップ示した。
- ・観測点間を結ぶ赤色の線はエンベロープの相互相関を計算した観測点ペア。
- ・矢印の向きと色は観測点間のエンベロープ相互相関で推定された地震波の出現 時刻差の符号と大きさを示す。
- ・地震波速度は1.4km/sを仮定。

震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。



第 33 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 2014 年 8 月 20 日に発生した 火山性微動と傾斜変動(8 月 20 日 01 時 35 分~01 時 55 分)



(8月19日00時00分~21日00時00分)

8月20日01時36分の火山性微動発生時に、わずかな傾斜変動を観測した(赤破線部分)。



第35-1 図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火山性微動に伴う傾斜変動から 推定した圧力源(等方圧力源を仮定)

圧力源は甑岳付近の標高-500mに求まった。

防:防災科学技術研究所

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。



推定した圧力源(開口モデルを仮定)

圧力源は甑岳付近の標高-500mに求まった。

防:防災科学技術研究所 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。

気象庁



第36図 霧島山(えびの高原(硫黄山)周辺) 火山性微動に伴う傾斜変動から 推定した圧力源

火山性微動に伴う変動を記録していた、震)P01及び震)観測所の広帯域地震計 記録を傾斜変動に変換することにより、圧力源推定のための観測データとして 追加した。

震:東京大学地震研究所、防:防災科学技術研究所 この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。



第 37 図 霧島山 基線長変化から推定した圧力源(2013 年 11 月~2014 年 9 月) 圧力源は韓国岳の西約3 kmの深さ約1 kmに推定された。 国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ(標高)』を使用した。



第38図 霧島山 霧島山の震源分布と8月20日に発生した火山性微動の震源、 傾斜変動から推定した圧力源およびGNSS基線長変化から推定した 圧力源の位置。

国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。



第 39 図 霧島山 通報があった冷泉の場所(赤破線円) この地図の作成には、国土地理院発行の『地図画像 25000』を使用した。





第40図 霧島山 冷泉付近の状況(2014年8月31日 気象庁撮影) 8月31日に気象台が実施した現地調査によると、湧出口付近に白い付着物があり、水温 は約23度で弱い硫黄臭を確認した。



第41 図 霧島山 観測点配置図

小さな白丸()は気象庁、小さな黒丸()は気象庁以外の機関の観測点位置を示す。 (鹿):鹿児島県、(震):東京大学地震研究所、(九):九州大学、(鹿大):鹿児島大学 (防):防災科学技術研究所

国土地理院発行の『数値地図 50mメッシュ (標高)』を使用した。

新燃岳北西領域で発生する地震の震源分布

霧島火山群の新燃岳西方及び北方では、マグマ溜まりの変動と関連していると思われる地震が 発生している.本資料では、2008年7月から2014年10月までの発生頻度の推移と震源分布、 及び、最近の活動として2014年6月-10月[15日]の震源分布を示す.

図1が発生頻度の推移で、参考の為に、国土地理院電子基準点のえびの一牧園間の斜距離変動 を図2に示す.マグマ溜まりの体積膨張が始まった2009年12月以降,地震活動は比較的活発で あった.特に、2010年9月、2011年4月、7月、10月~11月に活発な群発活動が起こっていた が、2012年4月28日には176回の地震が観測された.2011年10月~11月の群発活動を境に斜 距離の変動が止まり、2012年4月の群発活動に対応して斜距離が縮み始めたように見える.そ の後、何度か群発活動が起こったが、2013年3月~4月の群発活動を境に斜距離の縮みが加速し たように見える.2013年5月~9月は斜距離の変動は見られず、地震活動も低調であった.2013 年10月16日の群発活動後、2008年7月以降としては最高に地震活動が高まっているが、呼応 するように斜距離が伸びているように見える.



図1. 韓国岳西方で発生する地震の日別頻度.数は、東京大学地震研究所でデータ処理した際にトリガーされた当該イベントの個数.60回を超えたのは、2012年4月28日[176回]、2014年2月16日[83回]、2014年9月9日[68回]、2014年9月10日[82回].



図2. 国土地理院が観測している電子基準点えびの-牧園間の斜距離変動. これは国土地理院 HP よりダウンロードした数値データを用いて作図した. 数値は相対的なものであり,単位はメートル. 霧島山

図3(a)は、振興調整費「平成23年霧島山新燃岳噴火に関する緊急調査研究」などにより韓国 岳北西領域で発生する地震の精度の良い震源決定が可能になった2011年4月以降2014年5月ま での震源分布を示す.主な発生領域は、中尾・他(2011)で推定されているマグマ溜まり直上の やや西よりの領域、大浪池から韓国岳北東側にかけての領域である.同様に最近の震源として 2014年6月-10月[15日]の震源分布を図3(b)に示す.6月以降も、全体として概ね同様の領域 で発生している.



(a) 2011 年 4 月-2014 年 5 月

(b) 2014年6月-2014年10月[15日]



図3.韓国岳北西領域で発生した地震の分布.(a)は2011年4月-2014年5月,(b)は2014年6月-2014年10月[15日].●は韓国岳火口,●は新燃岳火口,●は御鉢火口を示す.●は中尾・他(2011)によって推定されているマグマ溜まりの位置.データ処理には東京大学地震研究所,気象庁,防災科学技術研究所の地震観測網データを用いた. 震源決定にはHirata and Matsu'ura(1987)の震源決定プログラムにより計算した.図の作成には国土地理院発行数値地図50mメッシュ標高を用いた. 霧島山

第130回火山噴火予知連絡会

東京大学地震研究所

以下,最近の震源分布の推移を示すために,2014年2月~3月,4月~5月,6月~7月,8月 ~10月[15日]の震源分布を図4に示す.4月~5月は大浪池直下の海抜下4km付近から韓国岳北 東浅部の領域に集中していた.6月以降は、韓国岳西側の硫黄山を含む領域での浅部地震活動が 高まり,硫黄山周辺で火山性微動が発生した8月を含む現在まで発生頻度が高まっている.また, 8月以降ではマグマ溜まりの西側浅部の激しい群発地震活動が何度か発生しているのが顕著で あった.



(a) 2014 年 2 月-2014 年 3 月

8

図4. 韓国岳北西領域で発生した地震の分布. (a)は2014年2月-2014年3月, (b)は2014年4月-2014年5月, (c)は2014年6月-2014年7月,(d)は2014年8月-2014年10月[15日].●は韓国岳火口,●は新燃岳火口,●は 震研究所,気象庁,防災科学技術研究所の地震観測網データを用いた.震源決定にはHirata and Matsu'ura(1987) の震源決定プログラムにより計算した.図の作成には国土地理院発行数値地図 50m メッシュ標高を用いた.

新燃岳火口周辺の震源分布: 2013年1月~2014年10月

新燃岳では、火口直下において 2013 年 3 月 5 日~6 日、4 月 2 日に一日あたりの地震発生回数 が 50 回を超える群発地震活動が起こるなど、火山性地震活動が活発化した.それ以降低調な状 態が続いていたが、2014 年 2 月下旬に小規模な群発活動があった(22 日 14 回、23 日 9 回、24 日 15 回など).その後は、多くて数回の低調な地震活動が続いている.図1に 2013 年 1 月~2014 年 10 月に新燃岳火口周辺で発生した火山性地震の日別頻度、図2(a)に 2013 年 1 月から 2014 年 5 月の、図2(b)に 2014 年 6 月から 10 月の震源分布を示す.6 月以降は、比較的浅部に集中 しているのが特徴である.



図1. 新燃岳火口周辺で発生した火山性地震の日別頻度.数は,東京大学地震研究所でデータ処理した際にトリガーされた当該イベントの個数.20回を超えたのは,2013年3月5日[65回],2013年3月6日[53回],2014年4月2日[62回].

(a) 2013 年 1 月-2014 年 5 月

(b) 2014年6月-2014年10月



図2. 新燃岳火口周辺で発生した地震の分布.(a):2013年1月-2014年5月,(b):2014年6月-2014年10月. ●は韓国岳火口,●は新燃岳火口,●は御鉢火口を示す.●は中尾・他(2011)によって推定されているマグマ溜 まりの位置.データ処理には東京大学地震研究所,気象庁,防災科学技術研究所の地震観測網データを用いた.震 源決定にはHirata and Matsu'ura(1987)の震源決定プログラムにより計算した.図の作成には国土地理院発行数値 地図 50m メッシュ標高を用いた.

新燃岳における GPS 観測 (無人ヘリコプターによる投入)

地震研究所では,新燃岳に無人へリコプターで GPS 観測機材を投入し,観測を行なっている. 消費電力の都合上1日の駆動時間は8-12時間である.得られたデータは GIPSY-OASIS II を用いて解析を行い,各観測点の1日ごとの座標を求めた.各日の座標の繰り返し誤差 は水平成分で1-2 cm,鉛直成分が2-3 cm であった.この値は,ピラーを立てるなどして 土台を固定し24時間観測を行う場合の繰り返し誤差よりも悪いが,変動が大きいと思われ る火口近傍での変動を計測するには十分な精度であると考えられる.現在観測中の K5-G 観測点は,この半年ほど南東方向に移動しているように見えるが,原因は明らかではない.



図1: GPS 観測点の分布.



図2:現在も観測を継続している GPS 観測点の座標の時系列.それぞれの観測点について 縦軸・横軸のスケールが異なる.各座標は ITRF2008 を基準としている. 2011 年 9 月下旬 に発生したオフセットを補正している.

	緯度 (度)	経度 (度)	標高(m)
K1-G	31.906539	130.873447	1150
K3-G	31.904142	130.880378	1211
K5-G	31.918769	130.882142	1315
K6-G	31.903008	130.887592	1310

表1: GPS 観測点の座標.

	設置	撤収	備考
K1-G	2011年5月27日	2011年10月31日	2011年7月中旬以降欠測
K3-G	2011年5月27日	2011年10月31日	
K5-G	2011年5月27日	観測中	2011年9月下旬に座標のオフセット
K6-G	2011年11月8日	2012年8月10日	

表2:各GPS 観測点の観測期間. 観測期間中も通信不良などの理由で欠測している期間がある.

鹿児島大学理工学研究科 東京大学地震研究所・他①

霧島火山

鹿児島大学理工学研究科と東京大学地震研究所は,2011年1月26日から始まったマグ マ噴火前より霧島山(新燃岳)周辺にGPS観測点を4点設置し,噴火後には東北大学理 学研究科,北海道大学理学研究院,九州大学理学研究院と共同で更に6点を増設した.京 都大学防災研究所の既設観測点,防災科学技術研究所の2観測点,国土地理院のGEONET データを提供いただき,GPSによる地殻変動データの解析を行っている.観測点配置図を 図1に示す.なお,図2から図4において2012年12月5日に見られるステップは 950486観測点のアンテナ交換によるものである.

噴火後のマグマの再蓄積は、2011 年 10 月頃に一旦停止したが、2013 年 11 月頃より蓄 積を再開した.精密暦のある 9 月 27 日まで解析を行ったが、そのデータでは、マグマの 蓄積が今も継続していると見られる.但し、現在の蓄積レートは再蓄積期よりも小さい. 国土地理院および防災科学技術研究所の観測データを利用した.記して感謝します.



図1.霧島山(新燃岳)周辺のGPS観測網.

霧島火山

霧島火山



図2. 霧島山(新燃岳)西側の観測点を基点として,東側観測点までの基線長の時間変化 (2010年9月~2014年5月).

霧島火山

霧島火山

上:基準点950486観測点 (GEONET),下:基準点 YOSG観測点.



図3.霧島山(新燃岳)東側の観測点を基点として,西側観測点までの基線長の時間変化

霧島火山

霧島火山

(2010年9月~2014年5月).

上:基準点 KKCD観測点,下:基準点 021087 (GEONET) 観測点.



meters



図5.2013年10月16日から2014年9月27日までの変位(青矢印)から求めた球状圧 力源(a),(b),開口断層(c),(d)の位置を示す.上下成分はノイズレベルが水平変動に比べて大 きいため重みを0.7とした.求めた球状圧力源,開口断層から推定される各観測点の変位 を赤矢印で示す.GEONET021086(綾)観測点を基準点とした.残差は,球状圧力源と した場合の方が小さく,球状圧力源が最適モデルであると考えられる.求められた球状圧 力源の位置は,2011年1月の噴火の前後の球状圧力源よりもやや東であるが,今回の変動 の変位量が小さいため,推定誤差が大きい.



図6.(a)ブートストラップ法で求めた球状圧力源(青丸).緑星印が求まった球状圧力源 の水平位置.緑四角,赤丸,青ダイアモンドはそれぞれ2011年1月の噴火前,噴火時, 噴火後(Nakao et al., 2013)の球状圧力源の位置を示す.赤三角は新燃え岳の位置を,赤 丸はGPS 観測点の位置を示す.(b)は拡大図.

期 間	日 数	変化した体積(10ºm³)	平均蓄積率(m ³ s-1)		
噴火前の膨張過程					
2009/12/25 から	396	20.6	0.60		
2011/1/25 まで		(15.1-37.7)	(0.44-1.10)		
噴火時の収縮過程					
2011/1/261 から	6	13.4	25.8		
2011/1/31 まで		(10.42-17.69)	(20.1-34.1)		
噴火後の膨張過程					
2011/2/2 から	297	11.2	0.43		
2011/11/25 まで		(8.6-15.0)	(0.33-0.58)		
再膨張過程					
2013/10/16 から	316	4.0	0.15		
2014/9/27 まで		(1.3-36.0)	(0.05-1.32)		

表. 球状圧力源の総体積変化と蓄積率(Nakao et al. (2013)に加筆)



図7.ブートストラップにより計算した球状圧力源のモデルの推定値の分布.圧力源の水 平位置はほぼ安定して推定できるが,深さ方向の分解能,堆積変化の分解能は高くない.



図8. ブートストラップにより計算した球状圧力源の深さ推定分布.

霧島新燃岳全磁力

新燃岳周辺域で全磁力連続観測をおこなっている。新燃岳山頂噴火による噴石や降灰の ため、2011年1月末には新燃岳直近の4観測点(新燃岳北(SMN)、新燃岳北西(SMNW)、 新燃岳西(SMW)、新燃岳南(SMS))での観測は、すべて途絶えていたが、新燃岳西(SMW) 観測点については2011年7月15日より観測を再開した。

2011 年 7 月 15 日の観測復帰時には、新燃岳西(SMW)の全磁力は 2011 年 1 月の噴火 直前に比べ 2010 年 9 月のレベルに減少していたが、その後増加を示し、2010 年 1 年間の 変化の傾向と同じであった。この増加の原因が 2010 年と同じ消磁源によるとして、新燃 岳西側斜面の地下浅部ないしは新燃岳北西縁ごく浅部で引き続き温度上昇による消磁が進 行していたと解釈していた。SMW の全磁力は、上述の増加の後、2011 年 9 月~10 月あた りで鈍化し、2011 年 1 月噴火直前のレベルに達しないうちに全体として減少傾向で現在

(2014年9月末)に至っている。直近では増加傾向となっているが、これは噴火後に顕著になった年周変化である可能性が高い。なお、硫黄山北(IWN)の全磁力は、センサー柱の傾きによって著しい変動を示していたが、2013年7月の補修で正常状態に戻り、その後特段の変動は認められていない。



全磁力観測点配置。2011年1月末に測定が途絶えた新燃岳直近の4観測点のうち、 SMW 観測点については2011年7月15日より観測を再開した。

東大地震研·京大阿蘇



気象庁鹿屋地磁気観測所基準の新燃岳西(SMW:一段目)、硫黄山北(IWN:二段目)観測 点での2009年10月1日から2014年9月30日までの全磁力差毎日値。IWN については、 年周変動の除去補正を行っている。同期間における地磁気永年変化を示すため、あわせて 気象庁鹿屋地磁気観測所での磁場南北成分(三段目)、磁場東西成分(四段目)、磁場鉛直 成分(五段目)の時系列を示す。縦軸の目盛間隔は、1nT(SMW), 5nT(IWN)ならび に40nT(鹿屋磁場成分値)。

霧島山

霧島火山群えびの高原周辺の地中温度・温泉水調査結果

えびの高原周辺の地中温度(約1m)および温泉水の電気伝導度・化学分析を行った。地 中温度、温泉水ともに異常な変化は見られない。





地中温度(硫黄山北東を基準)



海抜高度と地中温度 •. 地中温度 y = -0.0058x + 22.596 R² = 0.6781 海抜高度(m)



えびの高原における温泉温度測定

2011 年 7 月より、えびの高原(標高 1190m) において 10 分間隔で温泉温度の測定を している。測定地点は足湯施設の上流側、およそ 100m東に離れた温泉水の湧出が見ら れる地点である。2013 年末から若干の温度上昇が見られる。





*国土地理院数値地図 50000 (地図画像)および 50m メッシュ (標高) を使用してカシミール 3D で作図した.



霧島山

口測定場所

霧島・硫黄山における MT 連続観測

2011 年 3 月より硫黄山において電場 2 成分,磁場 3 成分の広帯域 MT 連続観測を実施している. 観測された時系列データから,電場-磁場 応答関数を1 日ごとに決定した. 見掛け比抵抗(上段),磁場変換関数(下段)とも顕著な変化は見られない。



一次元構造を仮定すると,160Hz は数 10m, 20Hz は 200m, 1.25Hz は 500m, 0.04Hz は 3000m の深さにおおよそ対応する.最下段には気象庁えびの観測点雨量を示す.

地図の作成には国土地理院数値地図 50000(地図画像)および 50m メッシュ(標高), カシミール 3D を使用した.

*相澤広記

霧島山



霧島山の火山活動について

この地図の作成にあたっては、国土地理院発行の 数値地図50mメッシュ(標高)を使用した。

KRMV=地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS KRHV=地震計(短周期・広帯域)、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS

資料概要

O 地震活動

KRMV付近にて、一時的に地震活動が8~9月に高まった(図1A)。 前回報告した韓国岳周辺においても、活動が引き続き発生している(図1B)。

○ 地殻変動

傾斜計記録(図2)には、火山活動に関連するような地殻変動は認められなかった。 GNSS記録(図3)には、2013年12月から2014年4月初旬にかけて、2点間の距離が 伸びの傾向が続いている。



霧島山の地震活動(2014/3/1 - 2014/9/15)

図1 霧島山の地震活動(2014/3/1 - 2014/9/15)

震源決定には、気象庁の観測点(位置は図中)も使用した。 地図の作成にあたっては、国土地理院発行の数値地図 10mメッシュ(標高)を使用した。



防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET 観測点で得られた,地殻変動



間に基線長の伸びが見られる(上図).
表1 GNSS観測履歴

観測点番号	観測点名	図中記号	日付	保守内容
	霧島山夷守台 (KRHV)		2010/4/10	2周波観測開始
		K-1	2013/2/14	アンテナ台改善作業
	霧島山万膳 (KRMV)		2010/4/9	2周波観測開始
			2010/11/13	受信機故障
			2010/12/17	受信機再設置
		K-1	2013/2/15	アンテナ台改善作業

新燃岳(霧島山)に関する Pi-SAR-L2 干渉解析結果

- Pi-SAR-L2(JAXA の航空機搭載型 SAR)データを用いた SAR 干渉解析により、新燃岳火 口内の変形を調査した。
- 3 次元地殻変動を求めたところ、上下成分が卓越していることが確かめられた。
- 2013 年 9 月 13 日から 2014 年 8 月 7 日までの体積増加量は 10044m³と求まった。
- TerraSAR-X および TanDEM-X データの解析結果を考慮すると、2014 年 4 月 16 日から 2014 年 8 月 7 日までの体積増加量は 2340~2537m³と考えられる。
- 2011年9月から2014年4月までに得られた体積増加率にAexp(Bt)の関数(深部から浅部 マグマだまりへのマグマ供給が無い場合を仮定)を当てはめ、その外挿・積分から同期間の 体積増加量を求めたところ、2339m³と求まり、本解析結果と整合的である。

防災科学技術研究所と宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、新燃岳(霧島山)の火口内部の変形を調査するため、衛星搭載型合成開口レーダー(SAR)を用いた SAR 干渉解析を実施し、火口内への溶岩流出は時間の経過と共に減衰しつつも、2014 年 4 月においても継続していることを示唆する結果が得られ、これまでの火山噴火予知連絡会において報告した(防災科学技術研究所・宇宙航空研究開発機構、第 129 回火山噴火予知連絡会資料)。2013 年 9 月からは、JAXA とドイツ航空宇宙センター(DLR)との間で実施されている「人工衛星による災害監視に係る研究開発協力」に基づいて取得された TerraSAR-X および TanDEM-X(X-band SAR)データのみを用いてきたが、この協定の終了により、協定に基づくデータの取得は 2014 年 4 月 18 日以降に実施されていない。

防災科学技術研究所は、JAXA が所有する航空機搭載型 SAR(Pi-SAR-L2(波長:23.8cm))のデータを、 Pi-SAR-L2研究公募に基づくJAXAとの共同研究を通じて入手し、2パス差分 SAR 干渉解析を実施した。本解 析においては、2011年11月から2012年5月の間に観測された RADARSAT-2 データを用いた SBAS 解析から 求めた、噴火後の地形データを使用した。解析した SAR データは、2013 年 9 月 13 日と 2014 年 8 月 7 日に、3 つの軌道(①西から東に向かう軌道、②北から南に向かう軌道、③南から北に向かう軌道)において観測されたも のである。これらのデータは、防災科学技術研究所が開発した SAR 干渉解析ソフトウェア(RINC)を用いて解析 した。その結果、軌道の不安定に起因する位相差成分が多く見られたが、火口近傍のみに注目して、その周辺 域における非地殻変動成分は平面で近似できるとして補正したところ、これまでの衛星搭載型 SAR の解析から 得られたものと同様の領域において、スラントレンジ短縮変化が検出された(第1図)。さらに、これらの結果から3 次元地殻変動を推定した(第2図)。火口中心の西側に隆起域が求まり、その最大隆起量は20cmを超えている。 一方、その縁辺部に、膨張域の外側に向く水平変動が求まったが、その大きさはほとんどが~3cm 程度である。こ のように、隆起成分が卓越していることが、この変形の特長の1つである。求まった隆起成分から、2013年9月13 日から 2014 年 8 月 7 日までの体積増加量を求めたところ、10044m³と求まった。TerraSAR-X 等の SAR 干渉解 析から求めた 2013 年 9 月 13 日から 2014 年 4 月 16 日までの体積増加量は、7507~7704m³ であることから、2014 年4月16日から2014年8月7日までの体積増加量は、2340~2537m3と考えられる。一方、2011年9月から2014 年4月までに得られた体積増加率にA exp(Bt)の関数(浅部マグマだまりへのマグマ供給が無い場合を仮定)を 当てはめ、その外挿・積分から同期間の体積増加量を求めたところ、2339m³と求まった。これは、本解析結果と 整合的である。

謝辞. Pi-SAR-L2 は宇宙航空研究開発機構が開発した航空機搭載型合成開ロレーダーであり、データは Pi-SAR-L2研究公募に基づくJAXAとの共同研究を通じて提供されたものである。解析においては、国土地理院 の基盤地図情報 10m メッシュ DEM を使用した。



Analysis: NIED, Pi-SAR-L2 data: JAXA 2013, 2014

第1図. (a)-(c) Pi-SAR-L2の SAR 干渉解析から求まったスラントレンジ変化量分布(灰色は低干渉領域).
赤破線は火口縁を示す. コンターは0.01m 毎の等変化量線を示す. (d)2パス差分 SAR 干渉解析に用いた地形データ. 2011 年 11 月から 2012 年 5 月の間に観測された RADARSAT-2 データを用いた SBAS 解析から求めた.







2011/11 2012/2 2012/5 2012/8 2012/11 2013/2 2013/5 2013/8 2013/11 2014/2 2014/5 2014/8 2014/11

第3図. SAR 干渉解析結果から求めた体積増加率の時間変化(防災科学技術研究所・宇宙航空研究開発機構,第129回火山噴火予知連絡会資料).体積増加量の推定においては、火口内の地表変動は上下変位のみと仮定し、隆起域の値のみから求めた.青線は TerraSAR-X (TanDEM-X)/南行軌道のデータ,茶色線は TerraSAR-X (TanDEM-X)/北行軌道のデータ,緑線は RADARSAT-2 のデータから求めた 値を示す.

霧島山

霧島山周辺では、「えびの」-「牧園」、「牧園」-「都城2」の基線で、 2011年12月以降わずかな縮みの傾向が見られていましたが、「えびの」-「牧園」 基線で、2013年12月頃から伸びの傾向が見られます。



霧島山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
950486	牧園	19981211	アンテナ交換
		20080523	周辺伐採
		20100302	レドーム開閉・受信機交換
		20101102	周辺伐採
		20121204	アンテナ交換
		20131017	周辺伐採
960714	えびの	20080910	周辺伐採
		20111107	受信機交換
		20111222	受信機交換
		20120904	アンテナ・受信機交換
950482	都城	20101110	周辺伐採
		20121129	アンテナ・受信機交換
021087	都城2	20120904	アンテナ・受信機交換
950481	野尻	20110921	受信機交換
		20120228	アンテナ・受信機交換
109078	M霧島山	20110203	新設
129082	M霧島山A	20120829	新設(M霧島山より移転)
		20140514	受信機交換

※[R3:速報解]は暫定値、 電子基準点の保守等による変動は補正済み

基線変化グラフ

基線変化グラフ



※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第130回火山噴火予知連絡会

国土地理院

基線変化グラフ

基線変化グラフ



●----[F3:最終解] O----[R3:速報解]

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み



第130回火山噴火予知連絡会



国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

霧島山

81



※R3:速報解は暫定、電子基準点の保守等による変動は補正済み

霧島山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2014/06/25~2014/07/04[F3:最終解] 比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]



☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

霧島山周辺の地殻変動(水平:10ヶ月)



基準期間:2013/12/25~2014/01/03[F3:最終解] 比較期間:2014/09/25~2014/10/04[R3:速報解]

☆ 固定局:樋脇(970836)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

霧島山



この図の作成には国土地理院の地理印地図(電子国土 Web)を使用した。

最近の活動について

年月日	調査機関等	活動状況
2014/ 5 /28		新燃岳火口内に数カ所に噴気を確認した。(図1矢印)。
	海上保安庁	新燃岳西側の割れ目噴気孔及び御鉢火口内は噴気を認め
		ತ್.
2014/7/25	第十管区	新燃岳火口内は、噴気・噴煙等の特異事象は認められず。
	海上保安本部	御鉢火口については、雲のため調査できず。



図1 新燃岳火口 5/28 09:01 撮影