

第 130 回

火山噴火予知連絡会資料

(その1) 御嶽山

平成 26 年 10 月 23 日

火山噴火予知連絡会資料（その1）

目次

御嶽山

気象庁（気象研含む）	3
東大震研	48
名古屋大学	63
防災科研	72
産総研	79
砂防部	91
地理院	124
情報通信研究機構	131

参考資料（2014 年 9 月 28 日拡大幹事会資料抜粋）

御嶽山の過去の火山活動（気象庁）	133
GNSS 連続観測結果（地理院、気象庁）	143

御 嶽 山

(2014 年 10 月 13 日現在)

御嶽山では、9 月 27 日 11 時 52 分頃に噴火が発生した。山頂付近の噴火時の状況は視界不良のため不明だったが、中部地方整備局が設置している滝越カメラにより火砕流が南西方向に流下し、3 km を超えたことを観測した。

27 日 12 時 36 分に火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 1（平常）から 3（入山規制）に引き上げた。また、28 日 19 時 30 分に火口周辺警報（入山規制）を切り替え、火砕流への警戒を追加した。

御嶽山では、今後も噴火する可能性があるため、火口から 4 km 程度の範囲では大きな噴石の飛散や火砕流に警戒が必要である。

風下側では火山灰だけでなく小さな噴石が遠方まで風に流されて降るおそれがあるため注意が必要である。

爆発的噴火に伴う大きな空振によって窓ガラスが割れるなどのおそれがあるため注意が必要である。また、降雨時には土石流の可能性があるので注意が必要である。

○ 概況

・ 9 月 27 日の噴火（第 2 図～第 15 図）

9 月 27 日 11 時 52 分頃に噴火が発生した。噴火発生時は視界不良のため山頂付近の状況は不明だったが、中部地方整備局が王滝村滝越（剣ヶ峰の南南西約 6 km）に設置している滝越カメラによると、火砕流が南西方向に 3 km を超えて流下した。気象レーダーの観測によると、噴煙は東に流れ、その高度は火口縁上約 7,000 m と推定されている。御嶽山で噴火が発生したのは 2007 年以来である。

この噴火の直前の 11 時 41 分頃から連続した火山性微動が発生し、噴火発生以降、振幅の大きい状態が約 30 分間継続した。田の原観測点（剣ヶ峰の南東約 3 km）の傾斜計では、微動の発生直後の 11 時 45 分頃から山側上がりの変化を、11 時 52 分頃から山側下がりの変化を観測した。山側上がりから山側下がりの変化に変わった頃に噴火が始まったものとみられる。

9 月 28 日に中部地方整備局並びに陸上自衛隊の協力で実施した上空からの観測では、剣ヶ峰山頂の南西側で北西から南東に伸びる火口列から活発な噴煙が上がっていることを確認し、赤外熱映像装置による観測によりそれらの火口付近の高温域を確認した。噴火はこの火口列から発生したとみられ、大きな噴石が火口列から 1 km の範囲に飛散していることを確認した。火砕流は発生したが、地獄谷付近で樹木等が焦げたような痕跡は認められなかった。

降灰の有無について自治体等に聞き取り調査を行った結果、御嶽山の西側の岐阜県下呂市萩原町から東側の山梨県笛吹市石和町にかけての範囲で降灰が確認された。

この資料は気象庁のほか、中部地方整備局、国土地理院、東京大学、京都大学、名古屋大学、独立行政法人防災科学技術研究所、長野県及び岐阜県のデータも利用して作成した。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000（行政界・海岸線）』および『数値地図 50m メッシュ（標高）』を使用した。

・噴火に至るまでの活動の経過（第 16 図～第 20 図、第 27 図、第 29 図～第 35 図）

御嶽山では、2007 年 3 月後半にごく小規模な噴火が発生したが、その後静穏な状態が継続していた。9 月 10 日から 11 日にかけて、剣ヶ峰山頂付近で A 型地震が増加したが、その後次第に減少していた。また、9 月 14 日から 24 日にかけて B L 型地震が 5 回発生した。

三岳黒沢（剣ヶ峰の南東約 14km）に設置している遠望カメラによる観測では、山頂付近に噴気は認められなかった。中部地方整備局の滝越カメラによる観測では、地獄谷の噴気孔からの噴気の高さは 100m 以下で経過していた。

なお、2007 年の噴火前には、火山性地震の発生に加えて、低周波地震、火山性微動や山体の膨張を示す地殻変動が認められた。

・噴火後の状況（第 17 図、第 20 図～第 35 図）

噴煙の高さは、遠望カメラによると、9 月 27 日は視界不良で観測できなかったが、9 月 28 日に 800m を観測し、その後、9 月 29 日から 10 月 13 日までは 300m から 500 m で推移した。また、10 月 11 日以降噴煙に火山灰を含むことを示す有色の噴煙は観測していない。

10 月 7 日に航空自衛隊の協力により実施した上空からの観測によると、剣ヶ峰山頂の南西側の火口列からは白色の噴煙が勢いよく火口縁上約 400m まで上がり、時折火山灰混じりの灰白色の噴煙が認められた。10 月 16 日に航空自衛隊の協力により実施した上空からの観測によると、白色の噴煙が火口縁上約 100m まで上がっていた。噴煙中に火山灰は認められなかった。いずれの観測においても、噴煙の風下側では、硫化水素臭が認められた。なお、9 月 28 日以降の上空からの観測で、火山灰を広範囲に噴出、または大きな噴石を飛散させるような噴火が発生した痕跡は認められていない。

現地調査を行っている気象庁機動調査班（JMA-MOT）によると、10 月 2 日や 5 日に山麓でわずかな降灰を確認した。また、10 月 14 日には車体に火山灰とみられる微量な付着物を確認した。

噴火発生の 11 分前の 9 月 27 日 11 時 41 分頃から火山性微動が連続して発生した。火山性微動は振幅の増減を繰り返し、10 月 1 日 19 時頃からは検知できない程度の大きさとなったが、10 月 2 日 19 時 30 分頃から再び観測され始めた。その後振幅は小さいながらも継続していたが、10 月 7 日以降は、検知できない程度の大きさになった。

9 月 28 日以降、上空及び山麓で実施した火山ガス観測では、二酸化硫黄の放出量は噴火直後は 1 日あたりおよそ 500 トンから 1500 トンで推移していたが、10 月に入ってから 1 日あたりおよそ 100 トンから 500 トンとやや少ない状態となっている（観測値はいずれも速報値）。

火山性地震は噴火が発生した 9 月 27 日は 483 回と増加したが、その後次第に減少している。

御嶽山の南東約 3 km に設置している傾斜計では、10 月 4 日 13 時頃からわずかな山側上がりの変化がみられたが、10 月 5 日 08 時頃から横ばいの状態となり、その後 10 月 4 日 13 時以前の状態に戻ったものとみられる。この期間にみられた変動の大きさは、噴火直前の数分前に観測された変動の大きさと比較すると約 50 分の 1 程度であった。このほかにも時々降水によるとみられる変動を観測している。なお、GNSS 連続観測において、10 月中旬までのデータの解析により、御嶽山を挟む一部の基線において 9 月上旬頃以降ごくわずかな変化があることがわかった。このような基線変化は地殻変動の他、気象擾乱等でも生じることがある。



第1図 御嶽山 規制範囲図
 ・赤点線が山頂火口から4kmの範囲



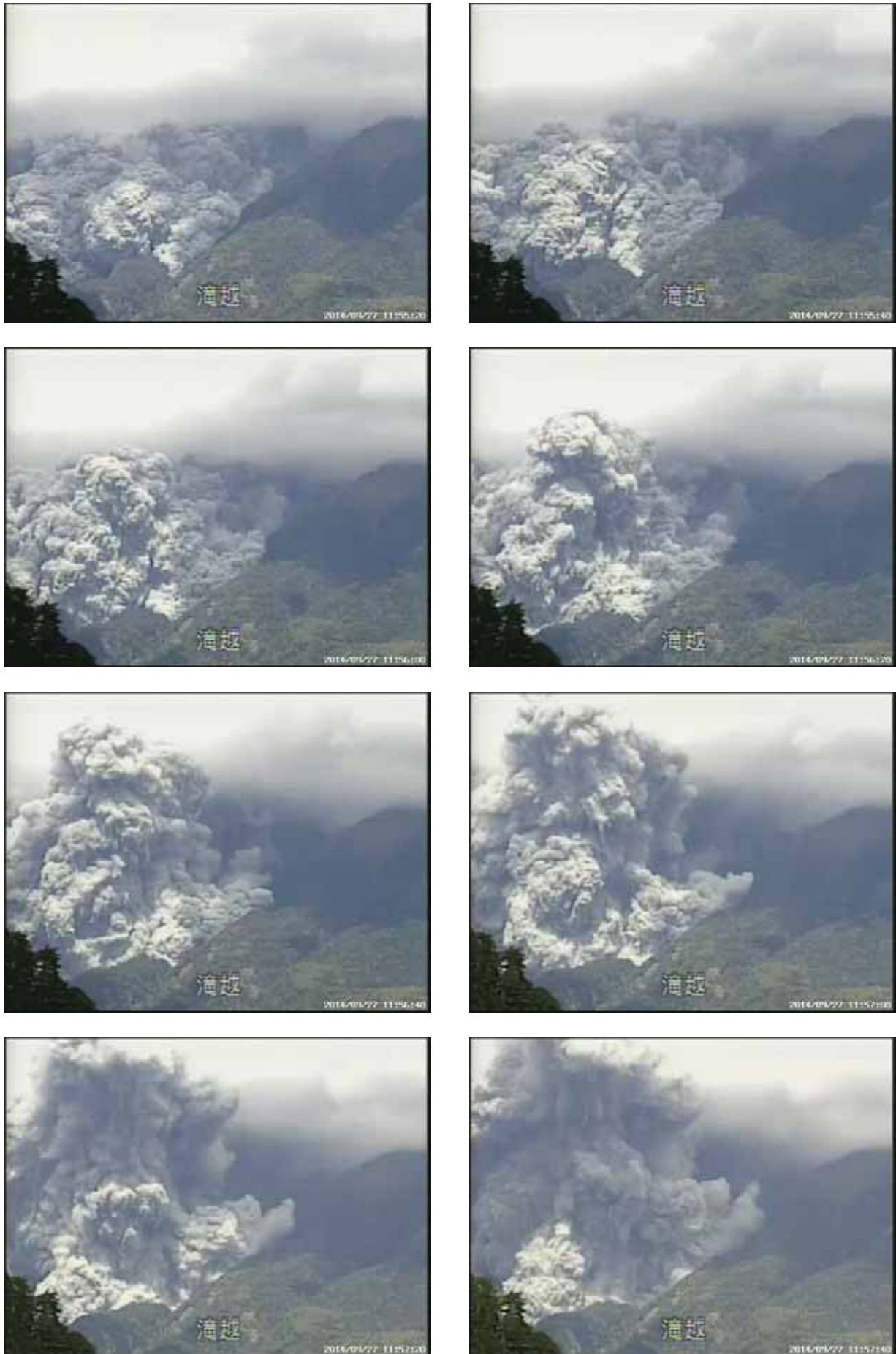
第 2 図 御嶽山 噴煙の状況
 (中部地方整備局の滝越カメラによる。2014 年 9 月 27 日 11 時 56 分)
 ・山の南西方向に火砕流が 3 km 程度流下した。



第 3 図 御嶽山 噴火発生前後の状況 (2014 年 9 月 27 日 11 時 50 分と 12 時 40 分の比較)
 (中部地方整備局設置の滝越カメラによる)
 ・山の南西側斜面を火砕流が 3 km を超えて流下した。右図四角枠内に火砕流が堆積している。



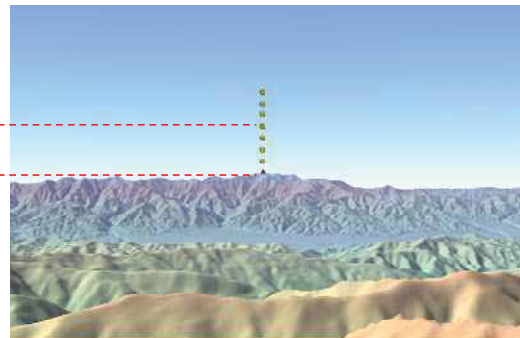
第 4 - 1 図 御嶽山 噴火発生前後の状況 (2014 年 9 月 27 日 11 時 52 分 40 秒～11 時 55 分 00 秒)
中部地方整備局設置の滝越カメラによる



第 4－2 図 御嶽山 噴火発生前後の状況（2014 年 9 月 27 日 11 時 55 分 20 秒～11 時 57 分 40 秒）
中部地方整備局設置の滝越カメラによる

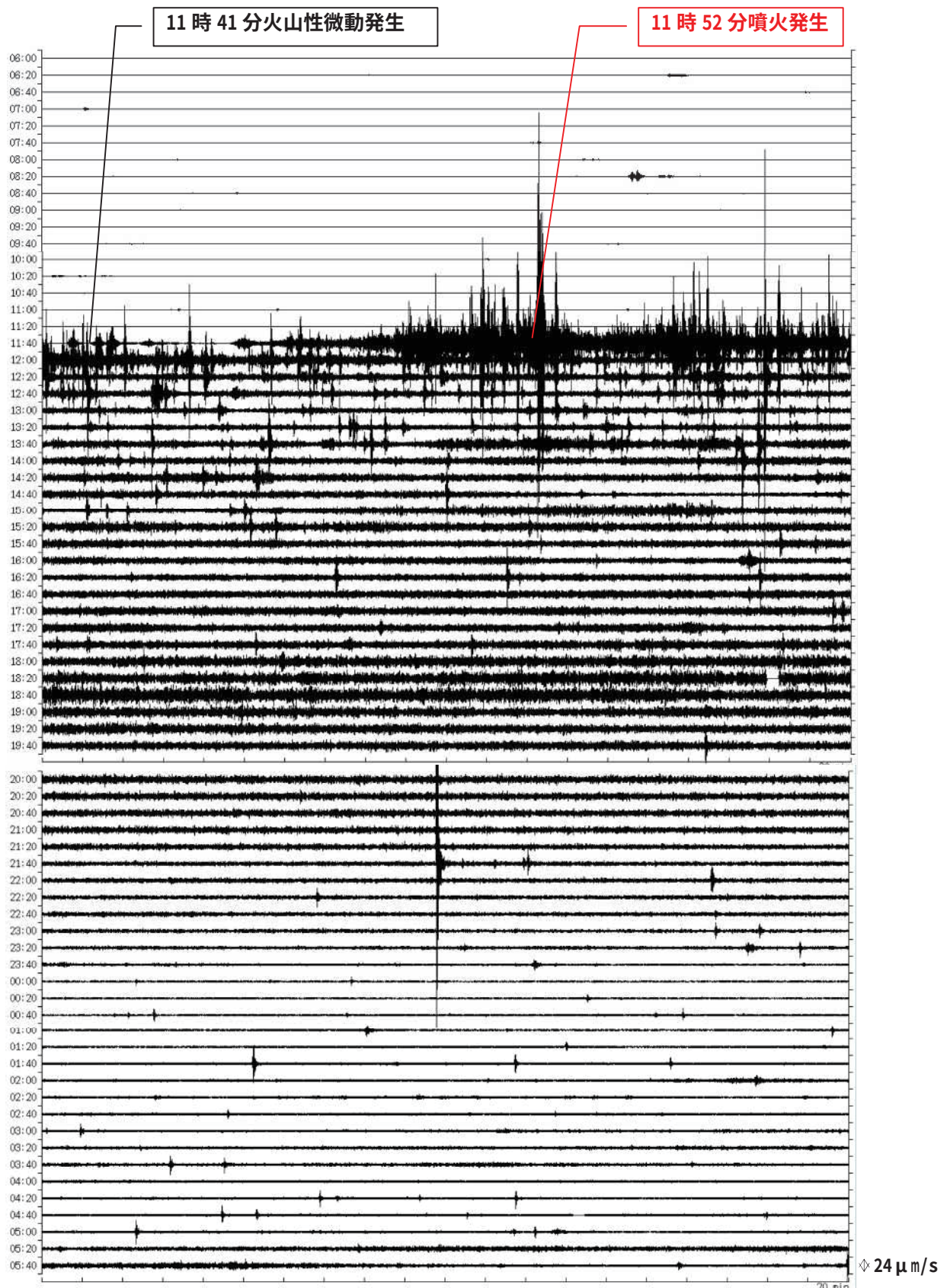


第 4 - 3 図 御嶽山 噴火発生前後の状況 (2014 年 9 月 27 日 11 時 58 分 00 秒～11 時 59 分 00 秒)
中部地方整備局設置の滝越カメラによる



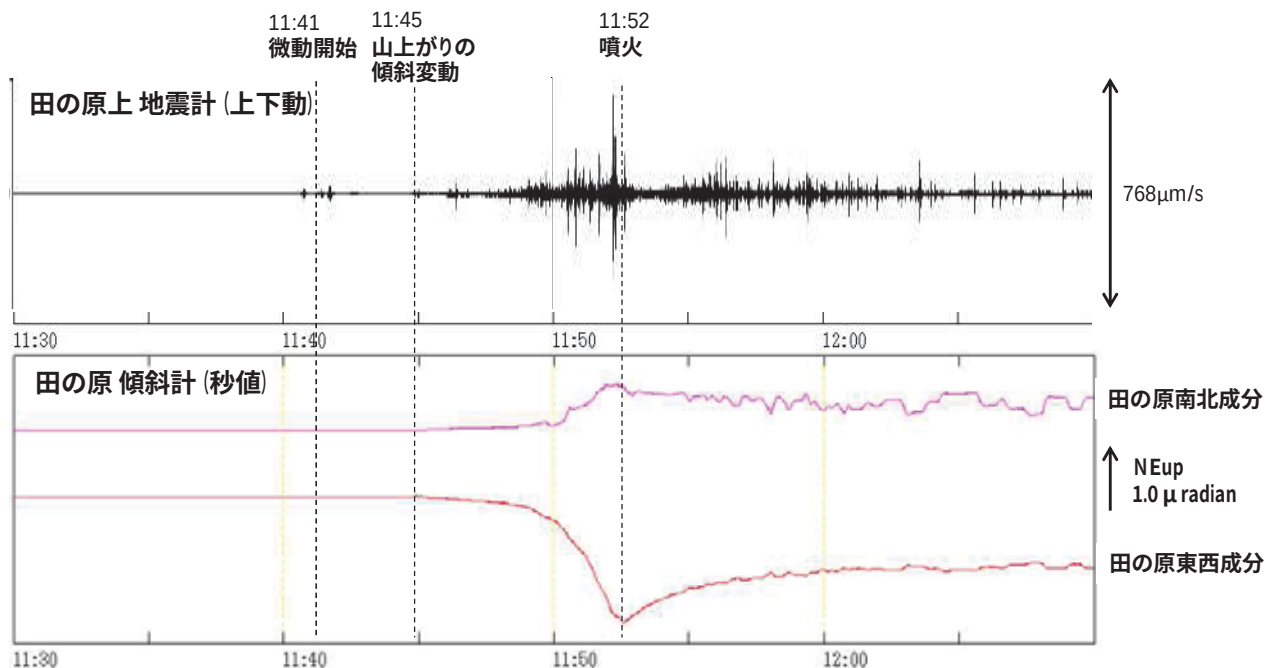
第 5 図 御嶽山 噴火発生後の噴煙の状況 (2014 年 9 月 27 日 15 時 30 分頃)
左図：御嶽山の南東約 70km の間ノ岳（あいのだけ）から気象庁職員撮影
右図：カシミール 3 D^注)を使用し、稜線にあわせて高度を計測。1000m毎に黄色二重丸印を表示
・この時点での噴煙の高さは火口縁上 3000～4000mであった。

注) 図をカシミール 3 Dソフトウェア (<http://www.kashmir3d.com/>) を使用して作成



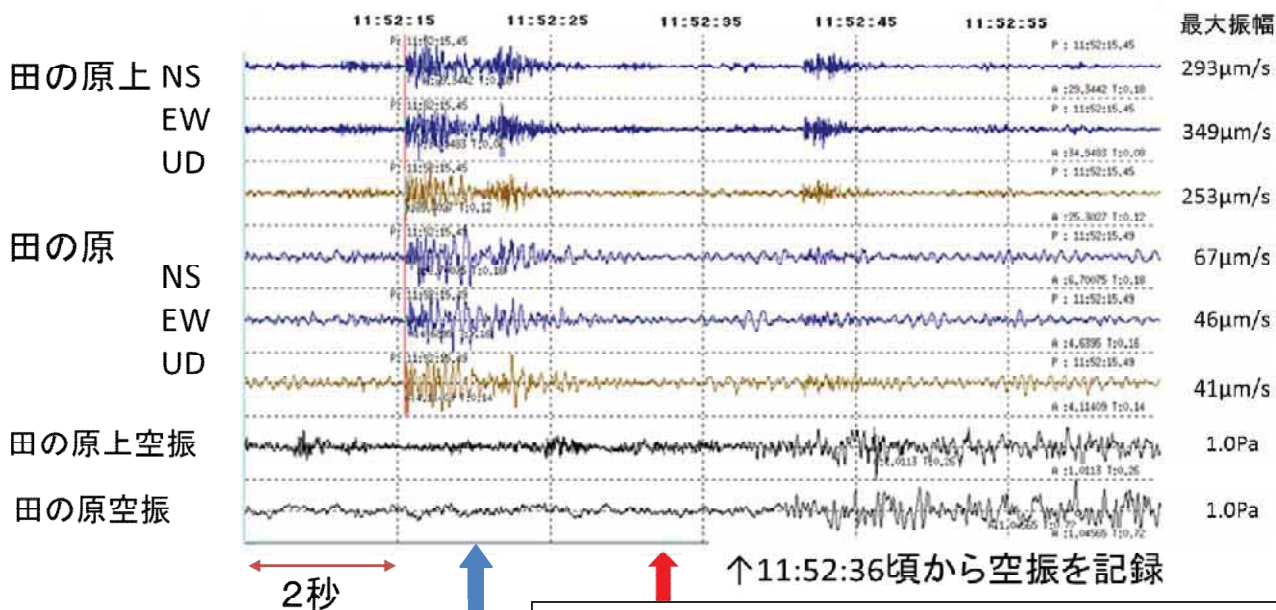
第 6 図 御嶽山 地震及び微動の発生状況（剣ヶ峰の南東約 2 km の田の原上観測点 UD 成分）
(2014 年 9 月 27 日 06 時 00 分～9 月 28 日 06 時 00 分)

- ・火山性微動が 11 時 41 分に発生し、振幅が徐々に小さくなりながら継続した。



第 7 図 御嶽山 噴火発生時の震動データ及び傾斜データの状況

- 火山性微動の発生に伴い、11 時 45 分頃に剣ヶ峰山頂の南東 3 km の田の原観測点で北西上がり（山側上がり）の変化を、その約 7 分後の 11 時 52 分頃に南東上がり（山側下がり）の変化を観測した。なお、南東上がりの変化には火山性微動等による変動も含まれている。

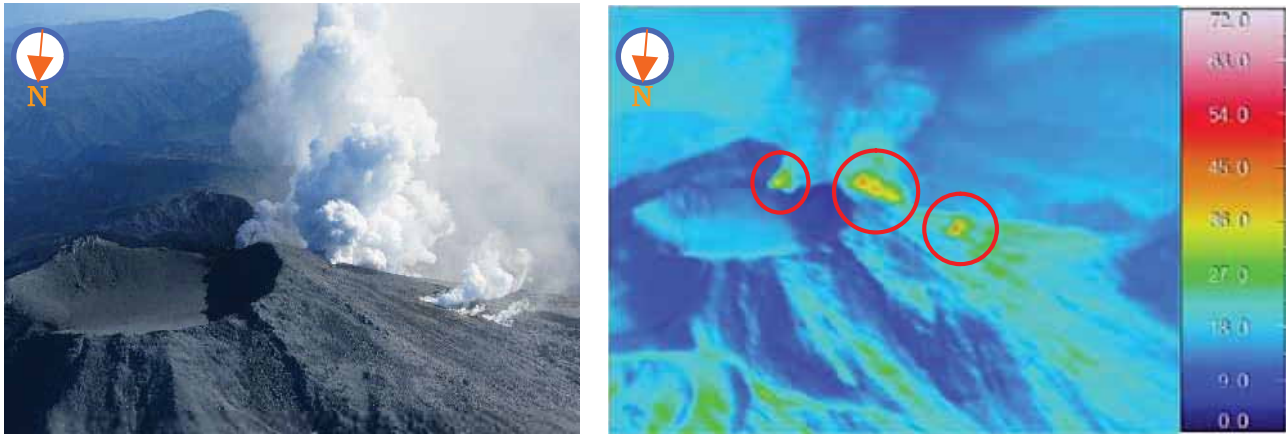


山頂から伝播（約 3 km）したと仮定して空振が記録された時刻から推定した発現時刻

山頂まで（約 3 km）と山頂からの深さ（約 4 km）を伝播したと仮定して空振が記録された時刻から推定した発現時刻

第 8 図 噴火発生時の観測点波形（田の原及び田の原上）

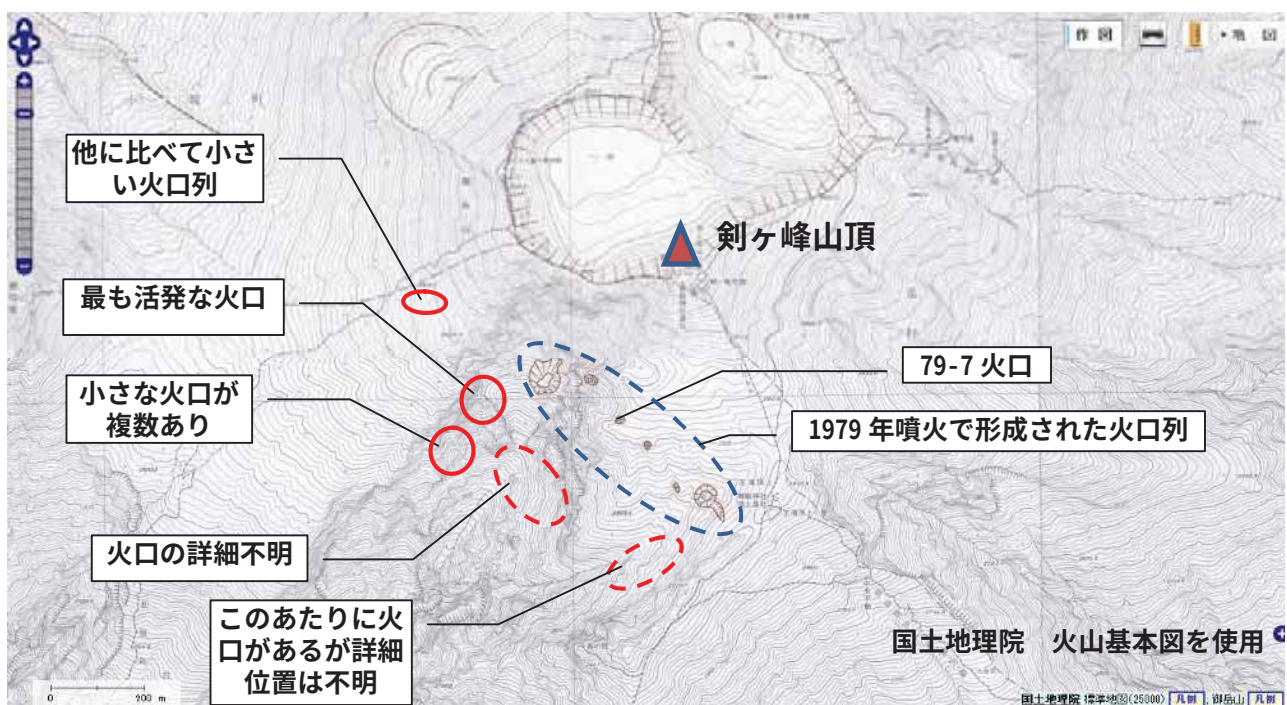
- 11 時 52 分 36 秒頃から先に田の原上で空振の振動が出現し始めている（それ以前はノイズ）。
- 発現推定時刻はいずれも地震波 2.5 km/s、音速 340 m/s で計算



第 9 図 御嶽山 赤外熱映像装置による山頂付近の観測

(2014 年 9 月 28 日 15 時 30 分、陸上自衛隊の協力により山頂北側の上空海拔約 3,600m から撮影)

- ・ 剣ヶ峰の南西側で、活発な噴煙が上がっている主に 3 ヶ所（右図円内）の高温域を観測した。
- ・ 噴火口周辺を除いては、日射の影響があるものの地熱域は特に認められなかった。



第 10 図 御嶽山 火口位置

- ・ 剣ヶ峰山頂の南西側に北西から南東に伸びる火口列が形成されていた。



第 11 図 御嶽山 噴火発生後の状況

(9月28日14時37分 南南西上空から撮影。陸上自衛隊の協力による)

- ・濁川下流部の河床に火砕流堆積物とみられる灰色の変色が認められた(右図赤矢印)。
- 谷の両側の斜面では火砕流による樹木の変色が認められた(右図白矢印)。



第 12 図 御嶽山 噴火発生後の状況
西南西上空から9月28日15時14分撮影



第 13 図 御嶽山 噴火発生後の状況
西上空から9月28日15時14分撮影

(いずれも陸上自衛隊の協力による)

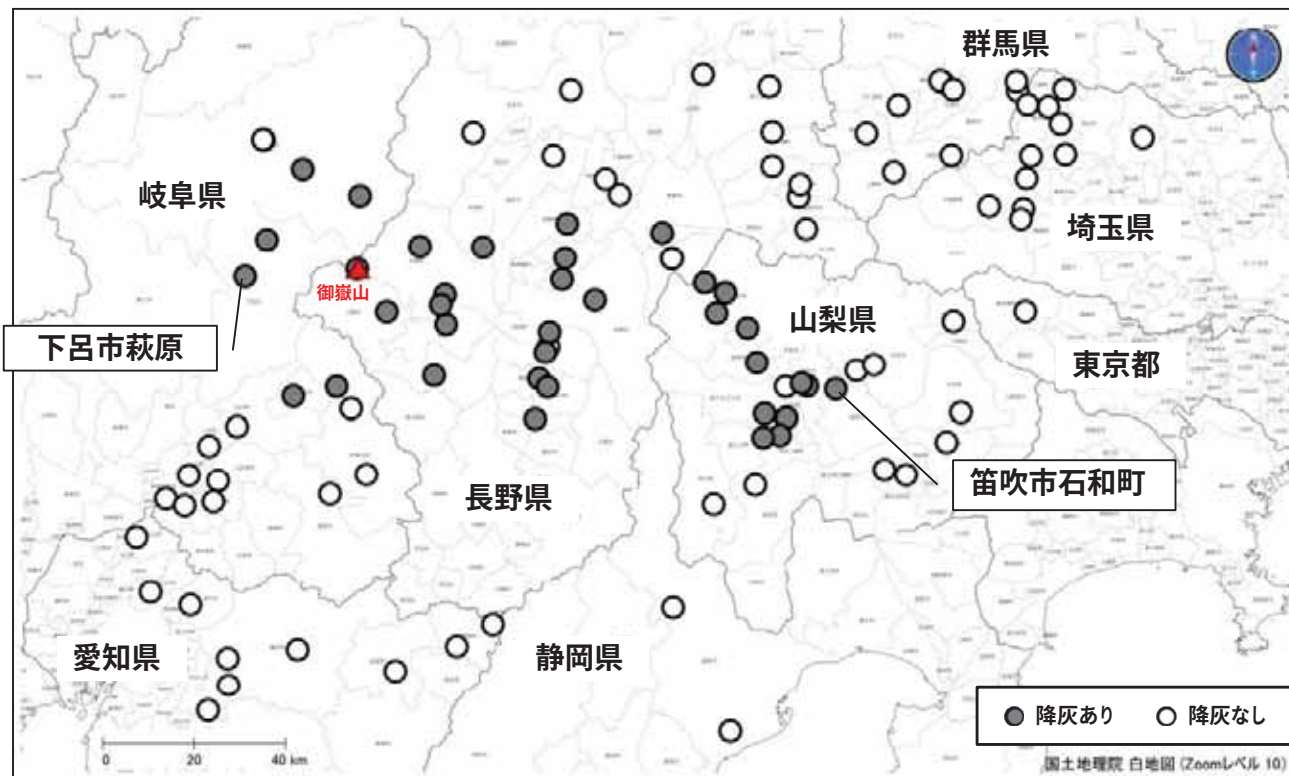
- ・左図の赤矢印は比較的顕著な噴煙を噴出している火口及び火口列。
- ・右図地獄谷から剣ヶ峰方向を中心に黒灰色～灰色をした噴出物が帯状に分布していた。



第 14 図 御嶽山 噴火発生後の状況

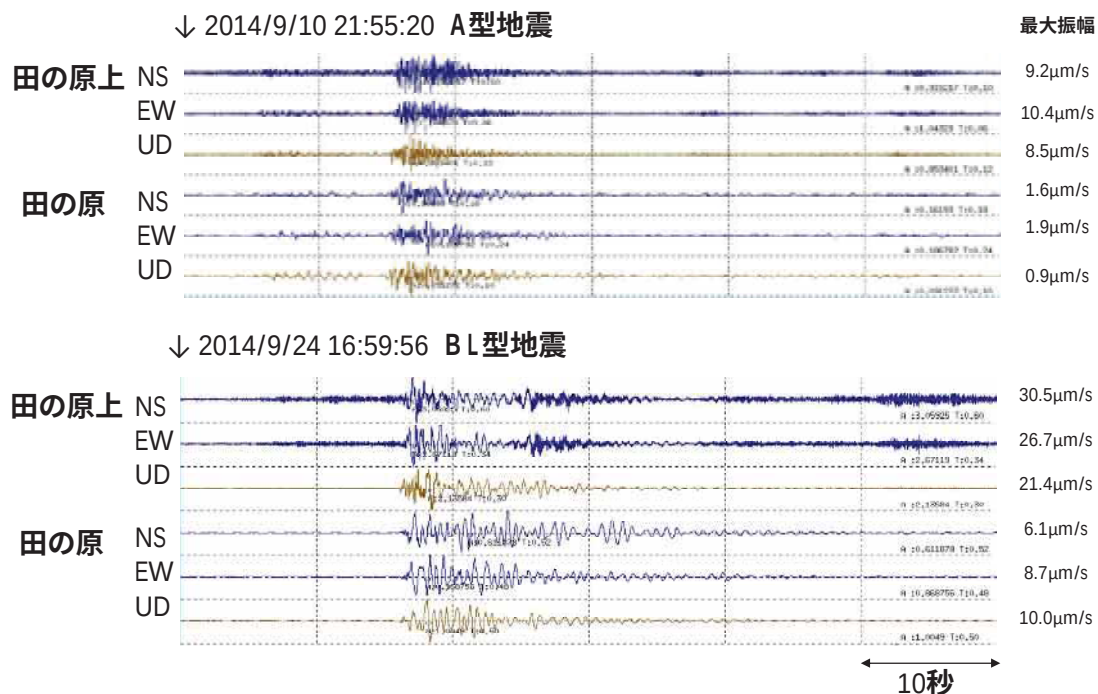
(北西上空から9月28日14時57分撮影。陸上自衛隊の協力による)

- ・濁河方向の樹木に火砕流によると思われる樹木の変色が認められる(右図白矢印)。



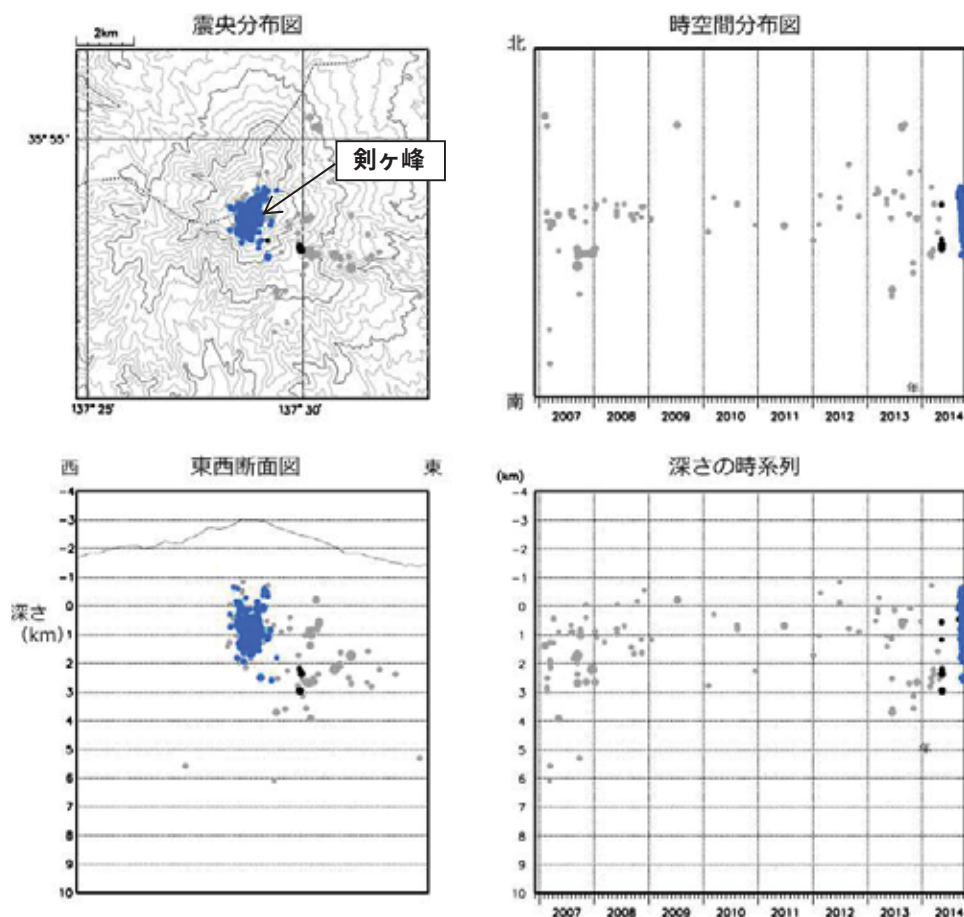
第 15 図 気象庁の聞き取り調査による降灰の状況（9月28日16時現在）

- ・山の西側の岐阜県下呂市萩原町から東側の山梨県笛吹市石和町（ふえふきしいさわちょう）（御嶽山の東南東約110km）にかけての範囲で降灰が確認された。



第 16 図 噴火前に発生した地震の波形例

- ・9月10日から11日にかけてA型地震が増加した。9月14日～24日にBL型地震が5回発生した。



第 17 図 御嶽山 震源分布図 (2006 年 12 月 1 日～2014 年 10 月 13 日)

● : 2006 年 12 月 1 日～2014 年 4 月 30 日

● : 2014 年 5 月 1 日～8 月 31 日

● : 2014 年 9 月 1 日～10 月 13 日

・震源が決まった火山性地震は剣ヶ峰直下に分布した。

・これまでの震源は、剣ヶ峰直下 (深さ 0～2 km 付近) に集中しているほか、剣ヶ峰から南南東約 4 km 付近の深さ 0～4 km にも分布している。

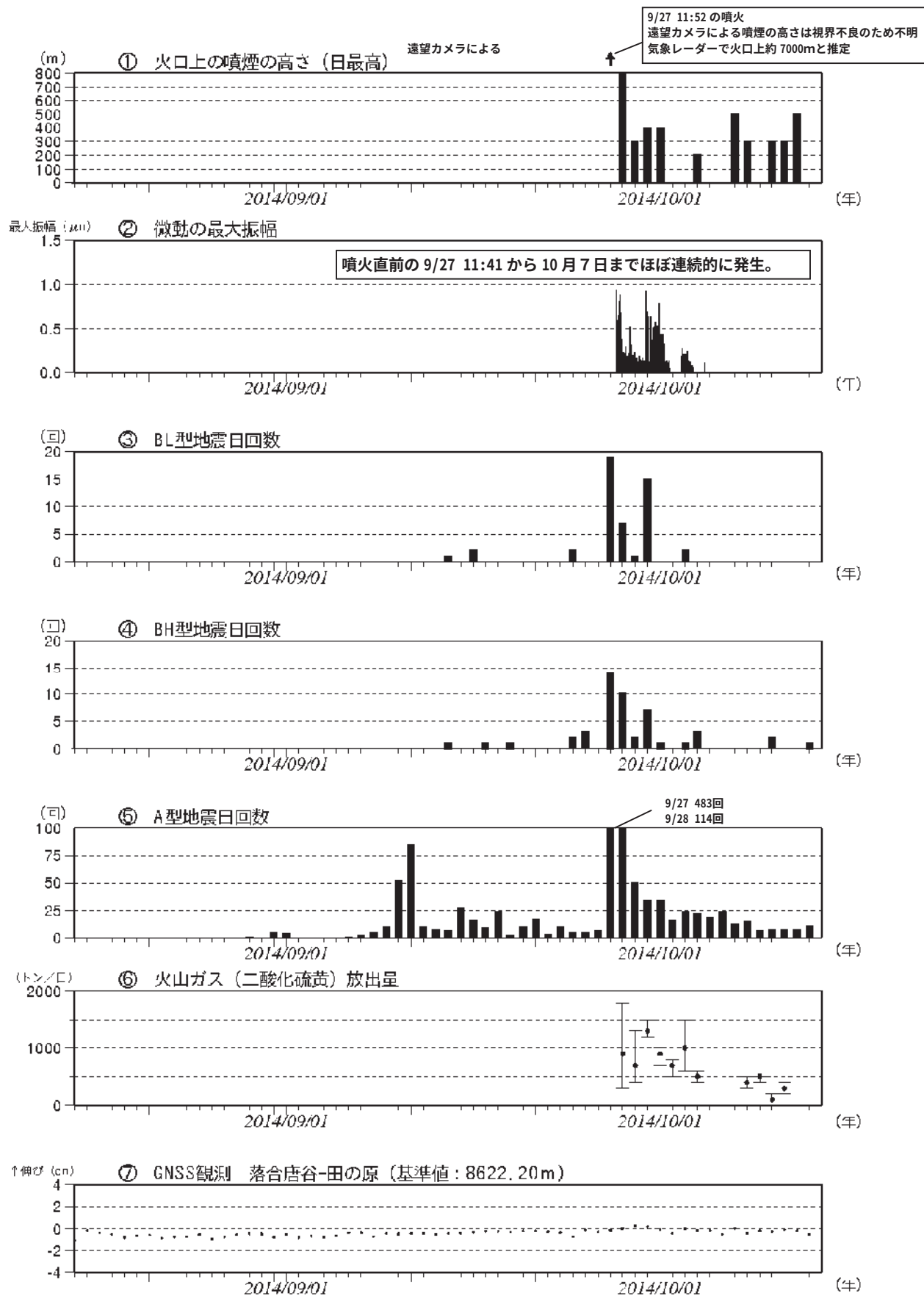


第 18 図 御嶽山 噴火前の山頂部の状況
(9 月 12 日 三岳黒沢遠望カメラによる)

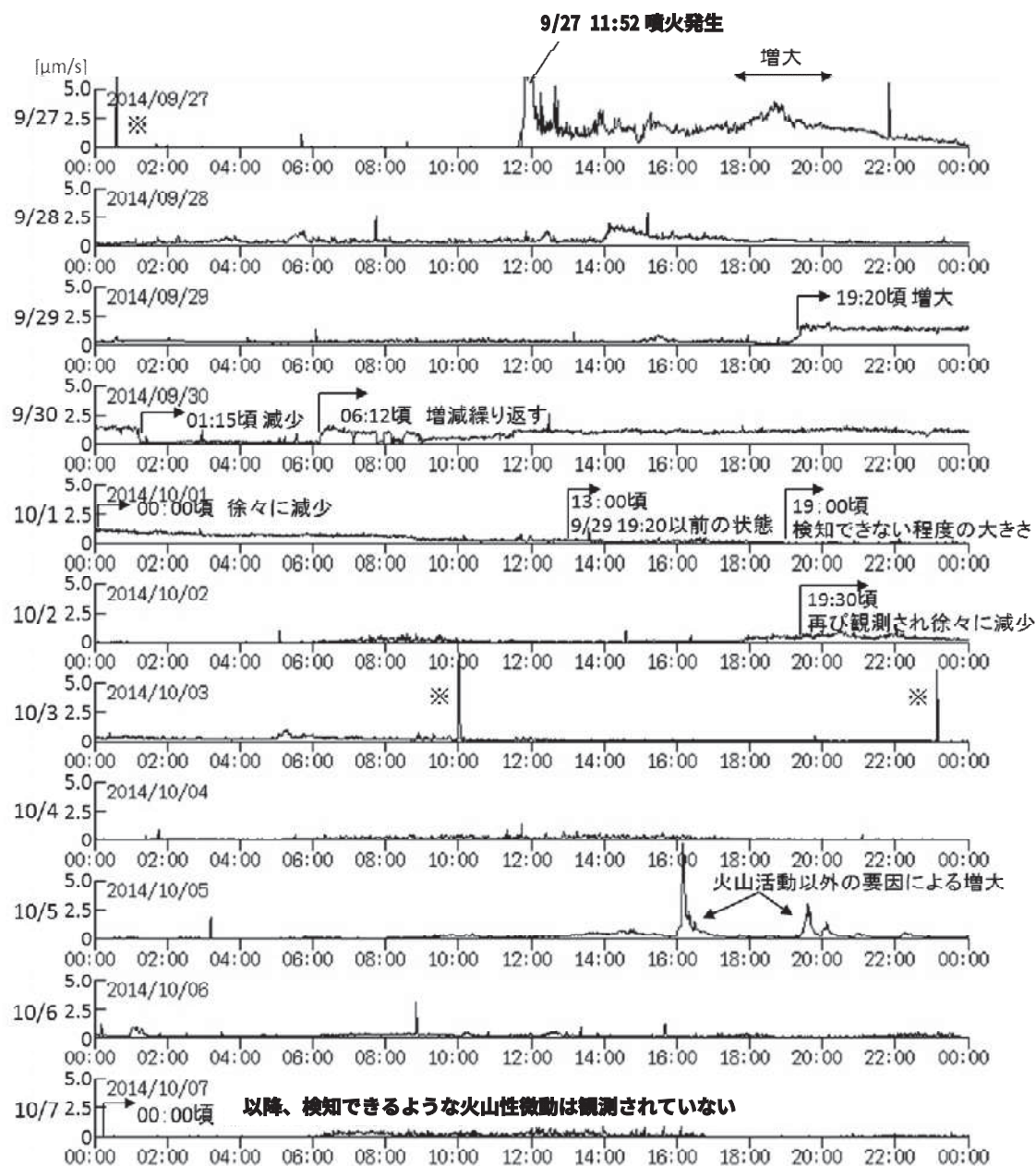


第 19 図 御嶽山 噴火前の噴気孔 (地獄谷) の状況
(9 月 13 日 滝越設置のカメラによる)

・地獄谷下部の噴気孔で弱い噴気が認められる。



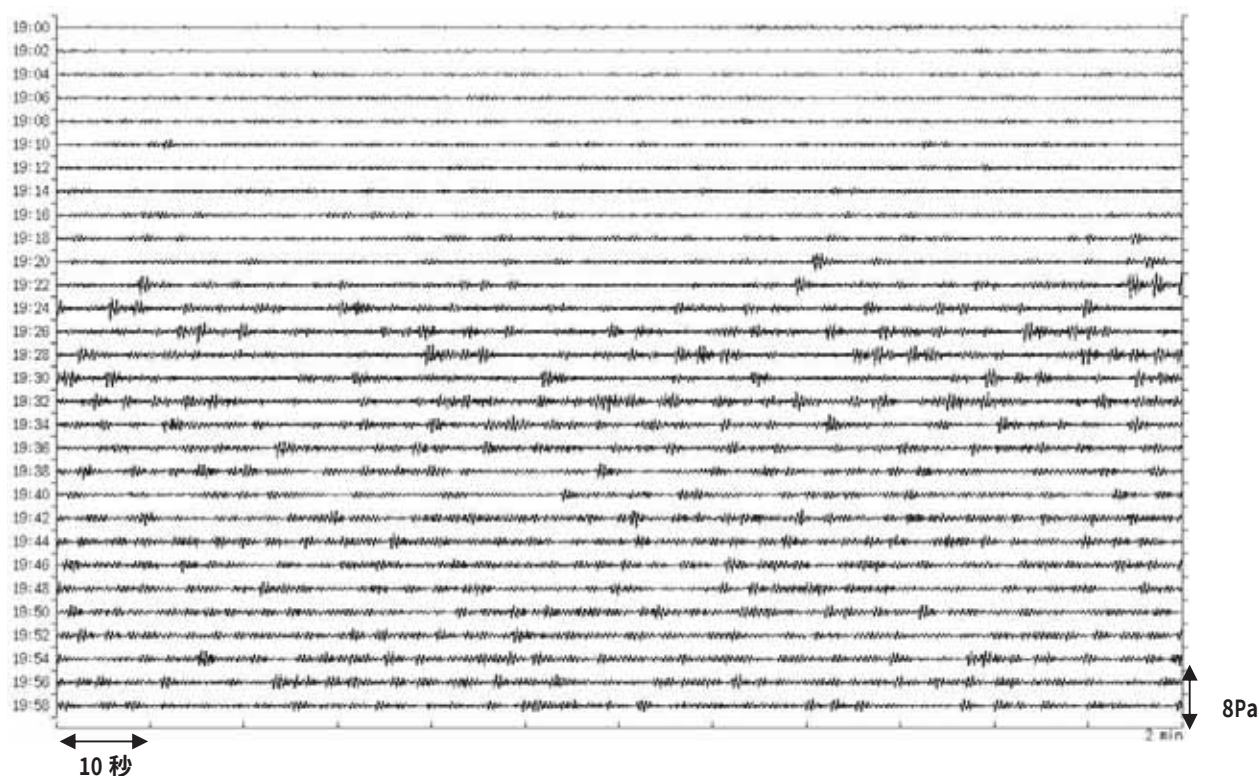
第 20 図 御嶽山 日別地震回数（2014 年 8 月 15 日～10 月 13 日（速報値含む））



第 21 図 御嶽山 田の原上観測点（剣ヶ峰の南東約 2 km）の
上下動地震波形の 1 分間振幅平均値の推移
(2014 年 9 月 27 日 00 時～10 月 7 日 24 時 00 分)

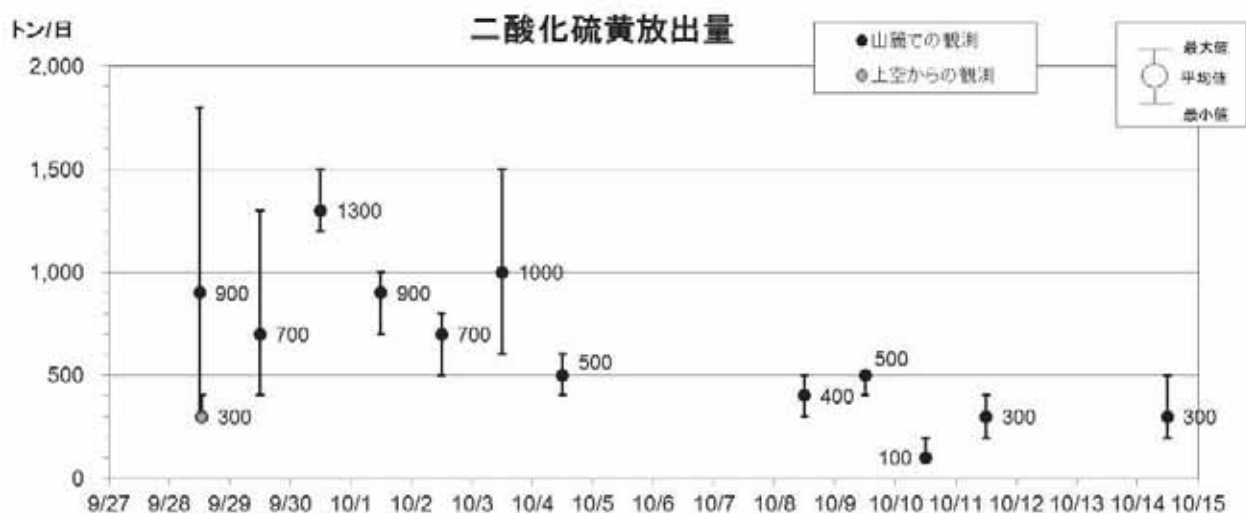
- ・噴火発生の 11 分前の 9 月 27 日 11 時 41 分頃から火山性微動が発生し、振幅の増減を繰り返しながら続いた。10 月 1 日 19 時頃からは検知できない程度の大きさになったが、10 月 2 日 19 時 30 分頃から再び観測され始めた。その後振幅は小さいながらも継続していた。10 月 7 日以降は、検知できるような火山性微動は観測されていない。

※ 火山活動以外の地震による。



第 22 図 連続微動中での空振波形（田の原上 2014/9/29 19:00～20:00）

- ・図のような微動に伴う空振が 9/29 15:24 頃～15:40 頃、16:54 頃～17:30 頃、19:20 頃～9/30 01:15 頃、06:12 頃～08:50 頃に発生した。



第 23 図 御嶽山 火山ガス（二酸化硫黄）観測結果（9月28日～10月14日）

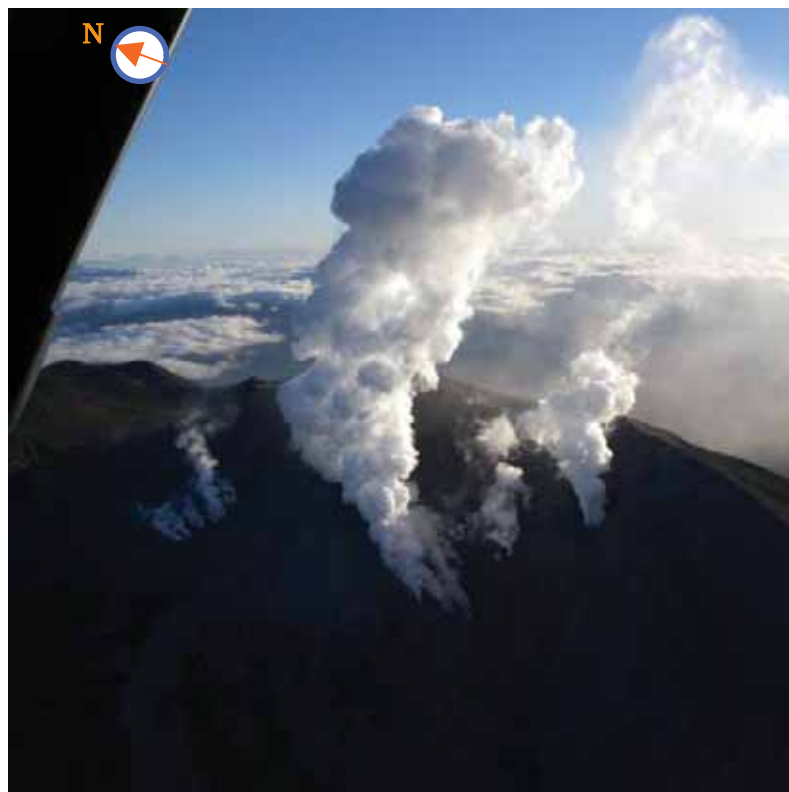
- ・9月28日以降、上空及び山麓で実施した火山ガス観測では、二酸化硫黄の放出量は、噴火直後は1日あたりおよそ500トンから1500トンで推移したが、10月に入ってから1日あたりおよそ100トンから500トンでやや減少して推移した（いずれも速報値）。



第 24 図 御嶽山 10 月 2 日現在の噴煙の状況
(三岳黒沢遠望カメラによる)

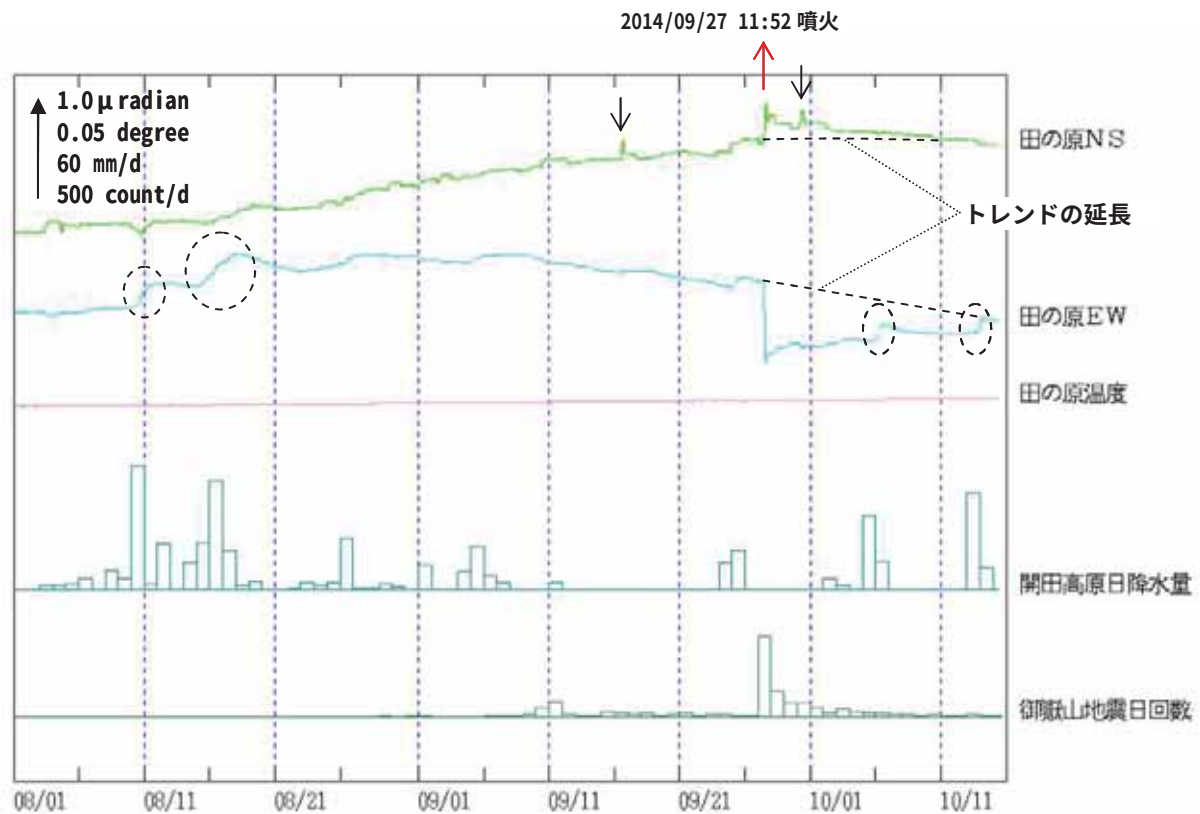


第 25 図 御嶽山 10 月 7 日の噴煙の状況
(中部地方整備局設置の滝越カメラによる)



第 26 図 御嶽山 火口付近の状況
(2014 年 10 月 7 日 06 時 27 分、航空自衛隊の協力により山頂南西側の上空から撮影)

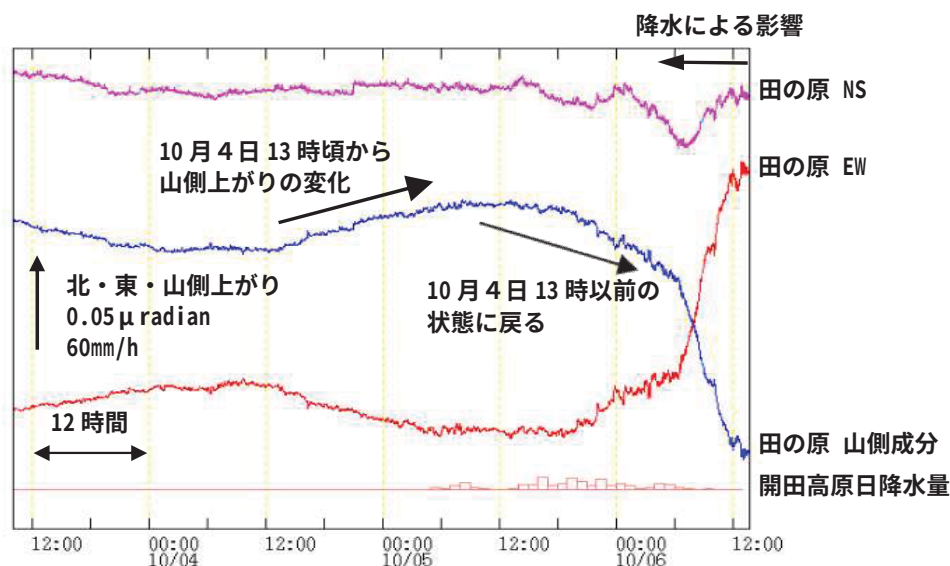
- ・ 剣ヶ峰山頂の南西側の火口列からは白色の噴煙が勢いよく火口縁上約 400m まで上がり、時折火山灰混じりの灰白色の噴煙が認められた。
- ・ 噴煙の風下側で硫化水素臭が認められた。
- ・ 火山灰を広範囲に噴出、または大きな噴石を飛散させるような噴火が発生した痕跡は認められず、噴煙及び火口の状況に変化はなく、地形の変化は特段認められなかった。



第 27 図 御嶽山 田の原観測点（剣ヶ峰南東約 3 km）の傾斜変動

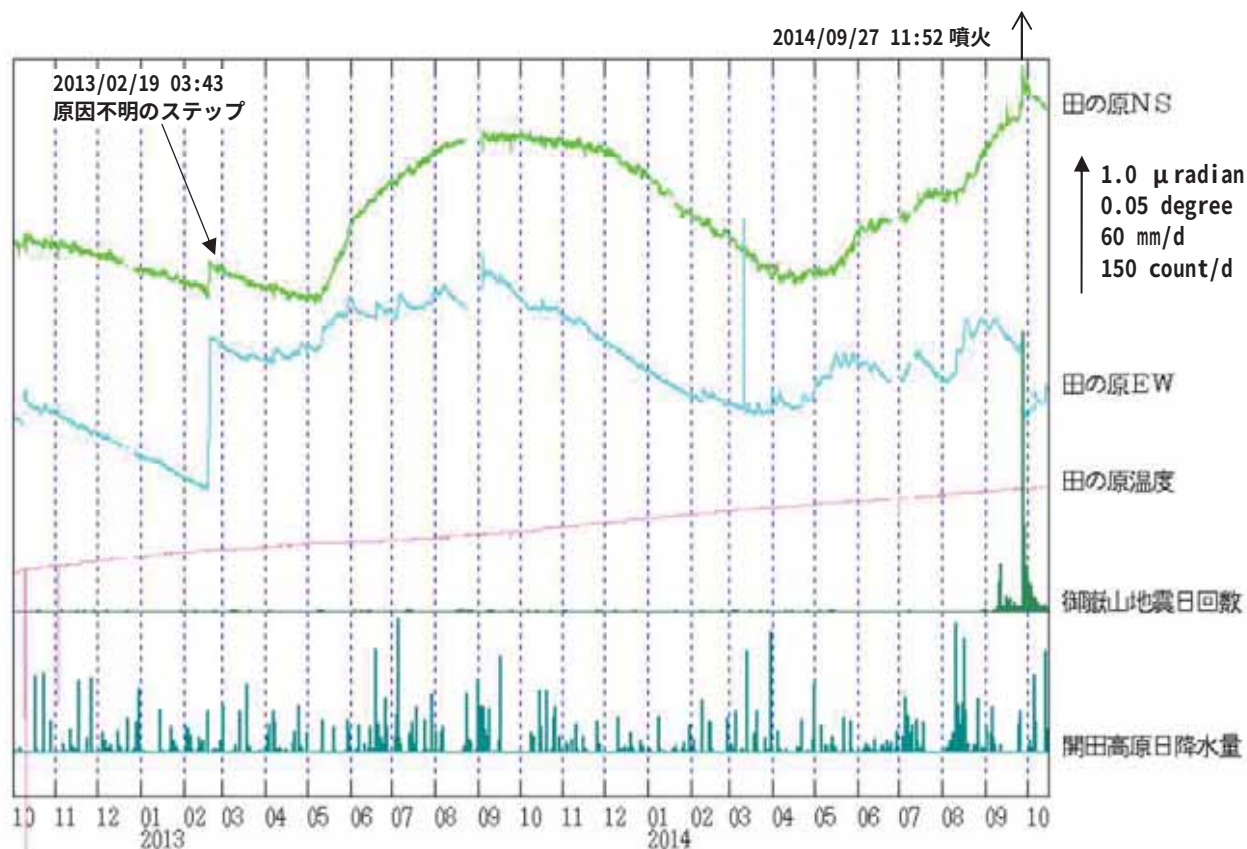
（2014 年 8 月 1 日 00 時～10 月 16 日 00 時、時間値、潮汐補正済み）

- 剣ヶ峰山頂の南東 3 km の田の原観測点で、北西上がり（山側上がり）の変化を、その約 7 分後の 11 時 52 分頃に南東上がり（山側下がり）の変化を観測している。その後変位は戻りつつあるが、噴火前の状態までは戻っていない。
- 田の原観測点では、しばしば原因不明のステップがみられる（図中下向き矢印）。
- 主に東西成分に降水によるとみられる変動が現れている（図中点線丸印）。



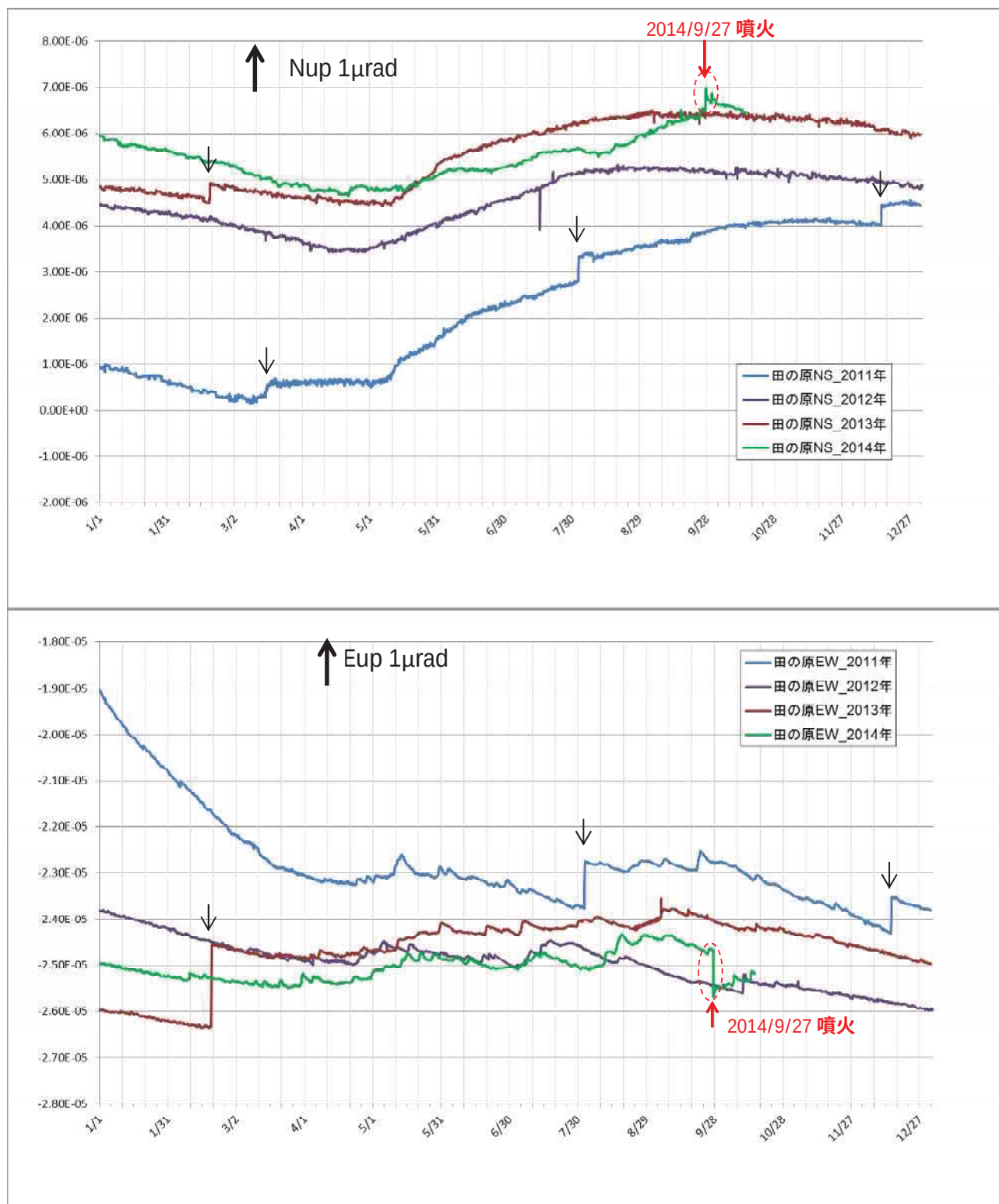
第 28 図 御嶽山 田の原観測点（剣ヶ峰の南東約 3 km）の傾斜変動
(2014 年 10 月 3 日 10 時 00 分～6 日 13 時 30 分、分値、潮汐補正済み)

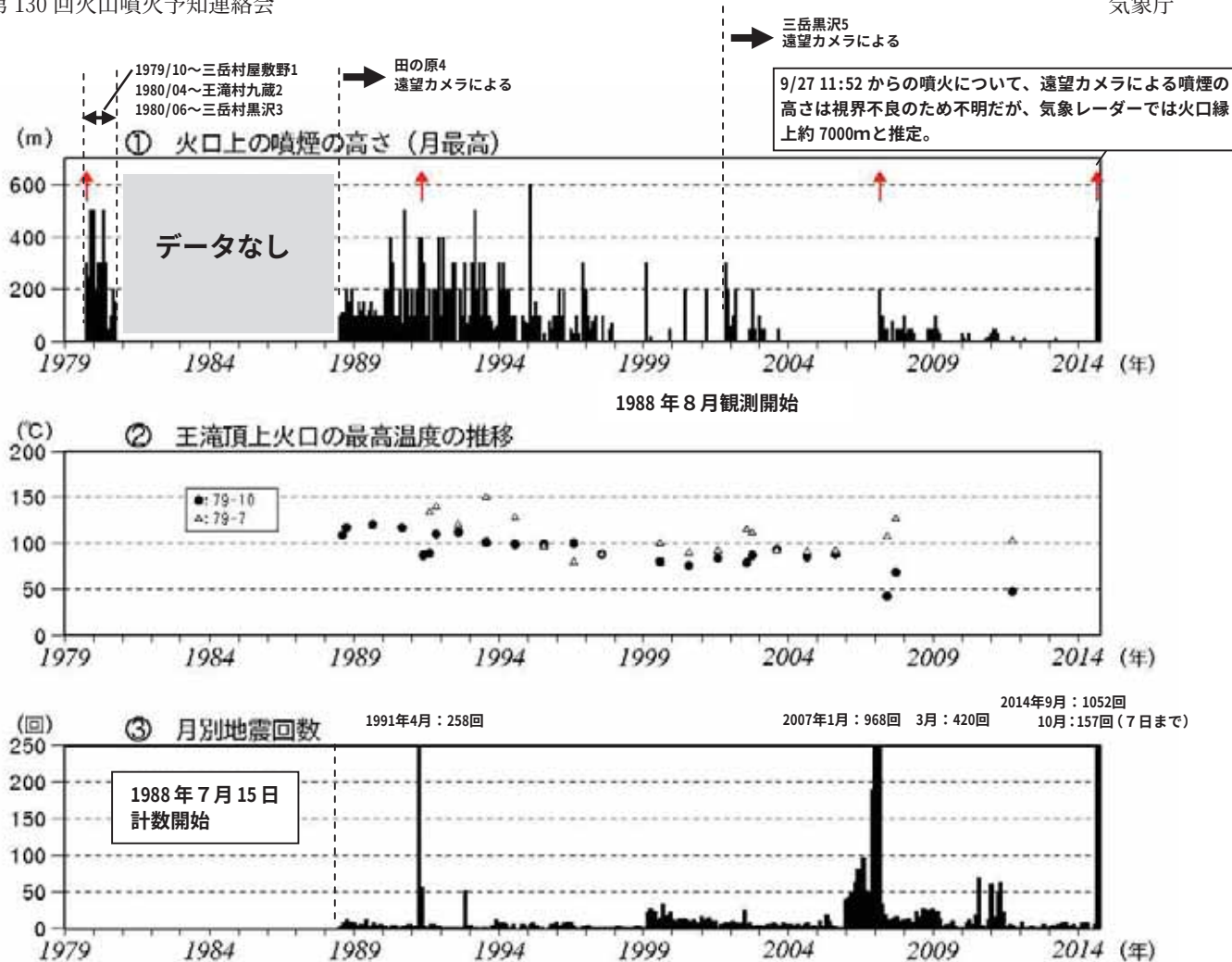
- ・ 10 月 4 日 13 時頃から山側上がりのわずかな変化がみられたが、10 月 5 日 08 時頃から横ばいの状態となり、その後 10 月 4 日 13 時以前の状態に戻ったものとみられる。この期間にみられた変動の大きさは、噴火直前の数分前に観測された変動の大きさと比較すると約 50 分の 1 程度であった。
- ・ 10 月 6 日 06 時頃からみられている変動は降水によるものとみられる。
- ・ 「田の原 山側成分」は、東西・南北の各成分の山側方向の成分を合成したものである。



第 29 図 御嶽山 田の原観測点（剣ヶ峰の南東約 3 km）の傾斜変動
(2012 年 10 月 1 日～2014 年 10 月 7 日、時間値、潮汐補正済み)

- ・ 2014 年 9 月 27 日の噴火開始に伴う傾斜変動が認められる。
空白期間は欠測を示す。





第31図 御嶽山 長期の火山活動経過図（1979年10月～2014年10月13日）

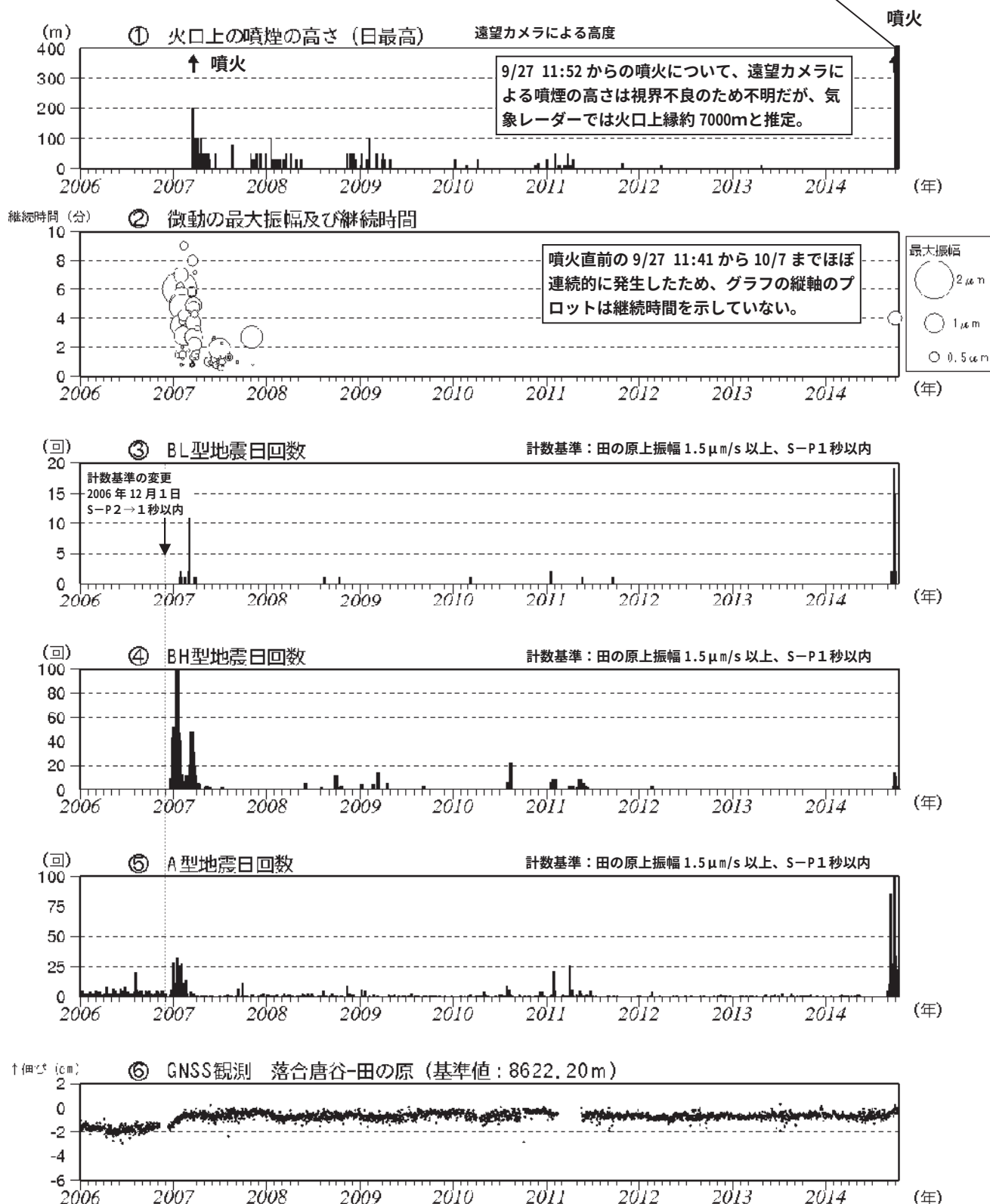
- ①：月最大噴煙高度
- ②：王滝頂上噴気地帯の温度変化（サーミスタ温度計による）
- ③：月別地震回数グラフ



第32図 御嶽山 遠望観測地点の変遷
番号は第31図の観測地点番号に対応。

カメラのよる最高高度
は火口縁上 800m(9/28)

気象庁

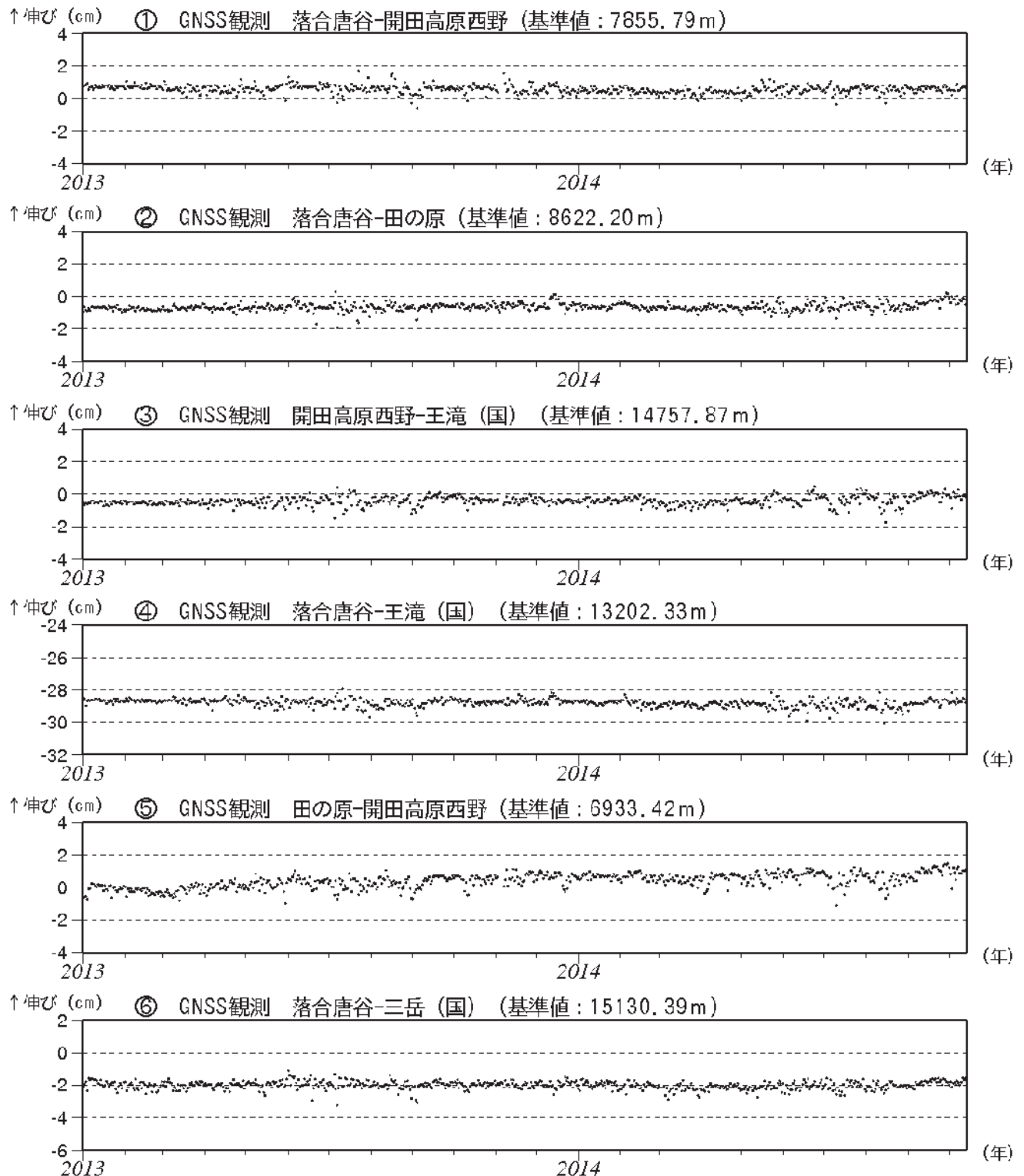


第 33 図 御嶽山 最近の火山活動経過図 (2006 年 1 月 1 日～2014 年 10 月 13 日)

2010 年 10 月以降の GNSS データについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際 GNSS 事業) から提供される超速報暦を用いている。

図中⑥は第 36 図の GNSS 基線②に対応し、空白期間は欠測を示す。

- ・ 2007 年 3 月後半の噴火前に山体膨張の地殻変動がみられ、火山性地震が増加し、微動が観測された。
- ・ ②の基線において、2014 年 10 月中旬までのデータの解析により、2014 年 9 月上旬頃以降ごくわずかな変化があることがわかった。このような基線変化は地殻変動の他、気象擾乱等でも生じることがある。

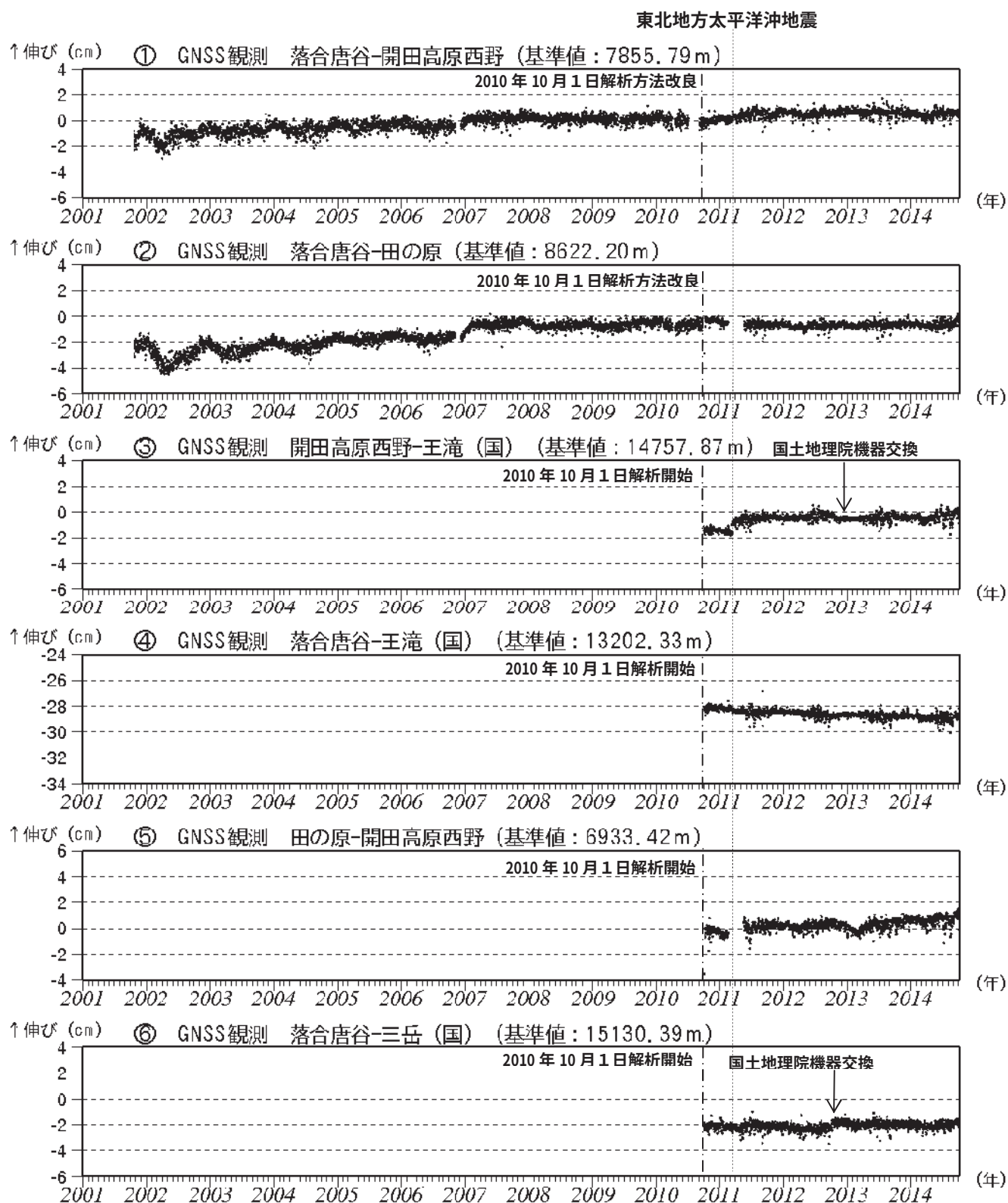


第 34 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2013 年 1 月 1 日～2014 年 10 月 13 日)
(国): 国土地理院

2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際 GNSS 事業) から提供される超速報
暦を用いている。

図中①～⑥は第36図のGNSS基線①～⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

- GNSS 連続観測によると、②の基線において、10 月中旬までのデータの解析により、9 月上旬頃以降ごくわずかな変化があることがわかった。このような基線変化は地殻変動の他、気象擾乱等でも生じることがある。

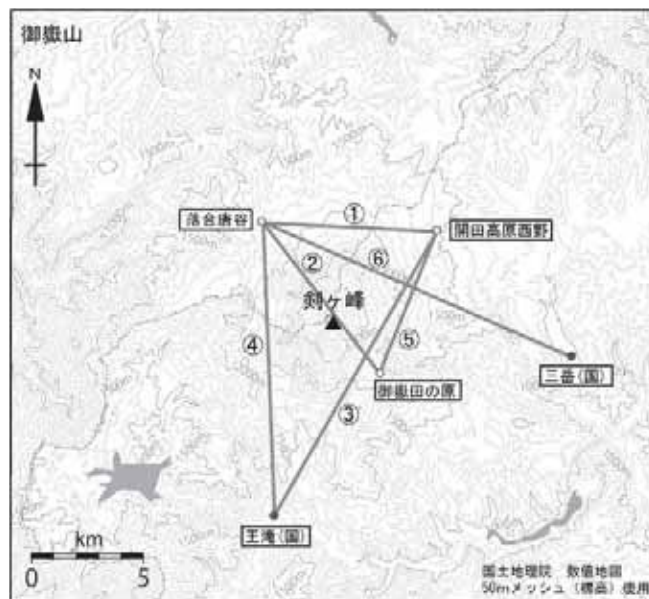


第 35 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長の長期変化 (2001 年 1 月 1 日～2014 年 10 月 13 日)
(国): 国土地理院

2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。
なお、解析には、IGS (International GNSS Service: 国際 GNSS 事業) から提供される超速報
暦を用いている。

図中①～⑥は第36図のGNSS基線①～⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

- ・長期的には火山活動によるとみられる変動は認められなかった。

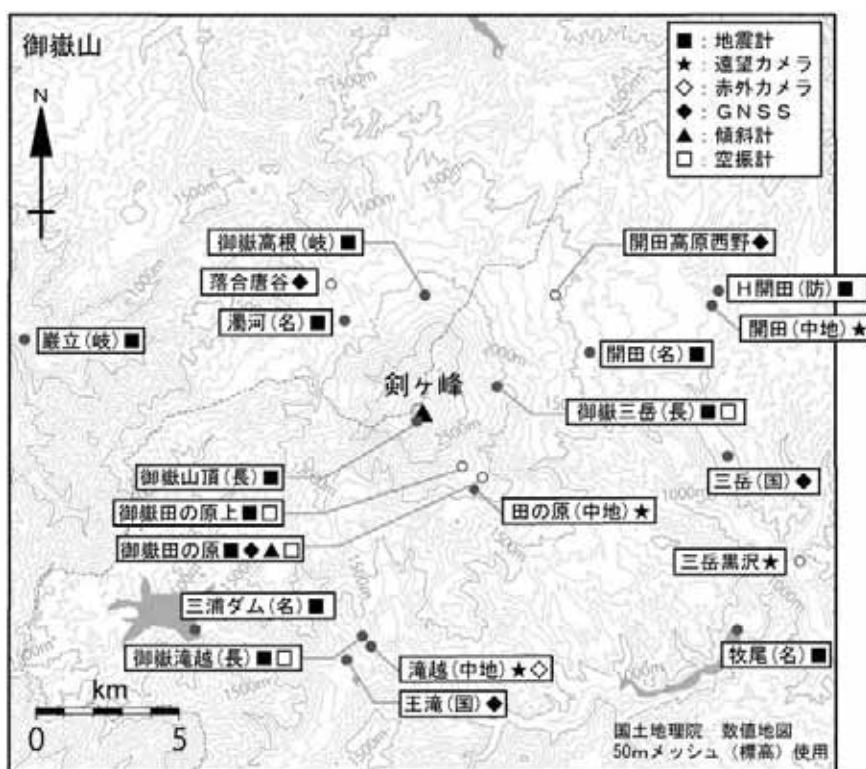


第 36 図 御嶽山 GNSS 連続観測点配置図

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。

(国)：国土地理院

図中の GNSS 基線①～⑥は第 34、35 図の①～⑥に対応する。



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しています。

(国)：国土地理院、(中地)：中部地方整備局、(防)：防災科学技術研究所、(名)：名古屋大学、
(長)：長野県、(岐)：岐阜県

第 37 図 御嶽山 観測点配置図

高周波地震動の振幅分布から推定した御嶽山の火山性微動の噴火前後の震動源

気象研究所・気象庁・名古屋大学

- ・震央は王滝頂上付近であり、火山性地震の震源域と重なる
- ・噴火直前にかけて震源の移動(または、メカニズムの変化)があった可能性

2014 年 9 月 27 日 11 時 52 分頃に発生した御嶽山の噴火に先立ち、11 時 41 分頃から火山性微動が観測された。この火山性微動のうち、11 時 45 分頃から始まった連続微動の噴火時刻(11 時 52 分頃)前後の震動源を推定した結果を報告する。

手法は Kumagai et al., (2010)による Amplitude Source Location (ASL)法を用いた。この手法では、高周波数帯の地震動振幅の空間分布が震源距離に依存することを利用して、サイト特性を補正した振幅の空間分布を満足するような震源をグリッドサーチで探索する。この際、特に高周波数帯で地殻の強い構造不均質により震源の放射特性が見かけ上等方的になる現象(e.g. Takemura et al., 2009)を利用している。

今回の調査では、名古屋大学の開田(NU.KID1)と濁河(NU.NGR1)、気象庁の田の原(V.ONTN)と田の原上(V.ONTA)の 4 観測点の上下動成分を用いた。解析に用いた周波数帯は 5-10Hz、微動の波動は S 実体波($V_s=2.3\text{km/s}$)を仮定し、内部減衰のパラメータ Q は $Q=50$ を用いた。各観測点のサイト特性は 2014 年 8 月から 9 月にかけて周辺で発生した非火山性地震のコーダ波の RMS 振幅比を用いて推定した。4 観測点の位置、及びこれらの観測点で観測された火山性微動の波形を、解析を行った時間帯とともに図 1 に示す。微動の震源推定は、30 秒のタイムウィンドウを 15 秒ずつ移動させて連続的に行った。

ASL 法で推定した震源位置の偏りを調査するため、9 月 10 日から 12 日にかけて多発した火山性地震の震源を ASL 法で推定した。火山性地震は連続波形を目視で確認し、今回使用した 4 観測点のネットワークの中で発生したと推定されるものを切り出した。その結果を図 2 に示す。図 2 には、気象庁が走時を用いて決定した震源分布(9 月 1 日～30 日)も同時に示した。火山性地震の震源域は主に王滝頂上直下である。ASL 法で推定した火山性地震の震央は王滝頂上よりやや東側であり、走時から求めた震源と比較すると 1km 程度系統的に東側に推定される傾向がある。また、震源深さは海拔 0km から海拔上 3km と広く分布しているが、これは観測点が限られているため、観測された地震動振幅の揺らぎが特に震源の深さに影響しているものと考えられる。各観測点間の振幅の大きさの比は、異なるイベント間の相対的な震源の位置が変化しなければある一定の値になることが期待される。そこで、火山性地震の震源の相対的な位置関係を調べるため、イベントごとに田の原上(V.ONTA)観測点に対する他の 3 観測点の振幅比を計算した。その結果を図 3 に示す。イベントごとの変動はあるが、振幅比の大きさはおよそ田の原上(V.ONTA) > 田の原(V.ONTN) > 濁河(NU.NGR1) > 開田(NU.KID1)の順である。

噴火の発生時刻(11 時 52 分)を含む、11 時 45 分から 12 時 10 分の間に推定された火山性微動の震源分布を、図 4 に 3 つの時間帯(11 時 45 分～11 時 47 分、11 時 47 分～11 時 52 分、11 時 52 分～12 時 10 分)に示す。震央は主に山頂の東側に推定されているが、前述の通り、ASL 法による震央は走時による震央よりやや東側に推定される傾向を踏まえると、火山性微動の震央は主に火山性地震の震源域である王滝頂上直下付近と推定される。また、震源深さは海拔 0km 付近から海拔上 3km 程度まで広がっている。得られた震源位置の広がりには残差の小さい領域(図 5)と対応しており、震源の絶対的な位置は観測点配置と地震動振幅の変動の影響を受けていることがわかる。この火山性微動の震源に関しても火山性地震と同様に、震源の相対的な位置関係を調べるために田の原上観測点に対する他の 3 観測点の振幅比を計算した。振幅比の時系列を、火山性微動の震源深さとともに図 5 に示す。震源の深さは、11 時 45 分から 47 分ころにかけては海拔上 2.5km 程度とごく浅いところに推定され、その後の時間帯は海拔下 0.5km から海拔上 1.5km の範囲に決定されている。一方、振幅比の時系列をみると、田の原観測点(V.ONTN)の振幅比が、11 時 45 分から 47 分にかけては 0.5 から 0.6 程度であるが、その後、噴火の発生した 11 時 52 分にかけて系統的に大きくなっていく様子がみてとれる。また、噴火時刻(11 時 52 分)の前後で、濁河(NU.NGR1)と開田(NU.KID1)の大小関係が逆転していることがわかる。振幅比の変化が震源メカニズムではなく震源移動によるものと仮定した場合、図 4 と図 5 から、

- (1)11 時 45 分～11 時 48 分：ごく浅い部分で火山性微動が発生
- (2)11 時 48 分～11 時 52 分：震源がやや深い領域に移動
- (3)11 時 52 分以降：震源は(1)よりやや東側へ移動

という、3 つのステージに分かれていた可能性がある。

謝辞：この解析にあたり、国土地理院の地図画像及び基盤地図情報(数値標高モデル)を使用しました。

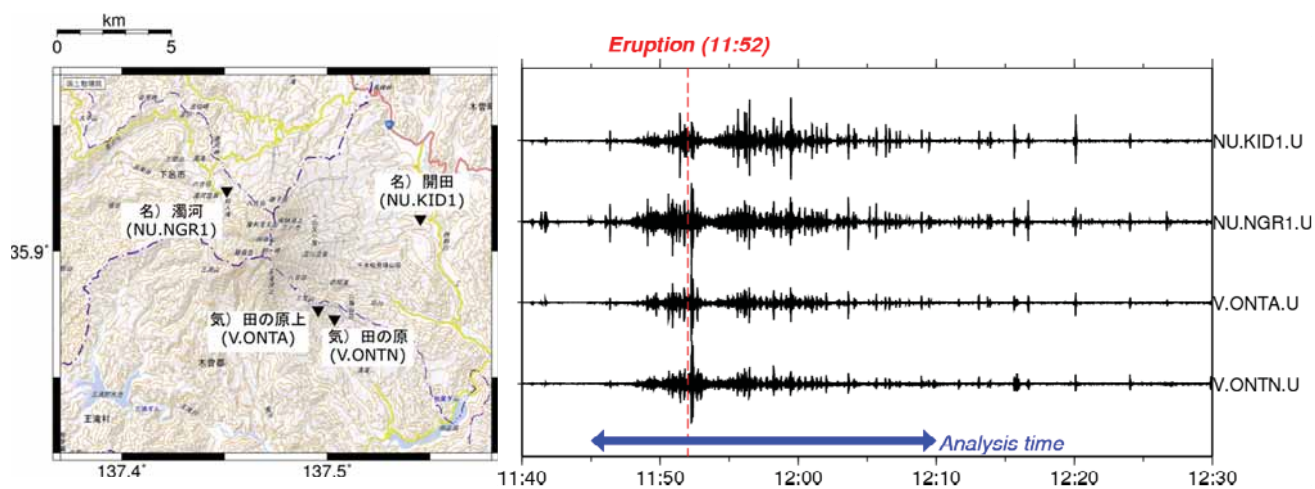


図 1 解析に使用した観測点(左)と各観測点で観測された火山性微動の波形(右)

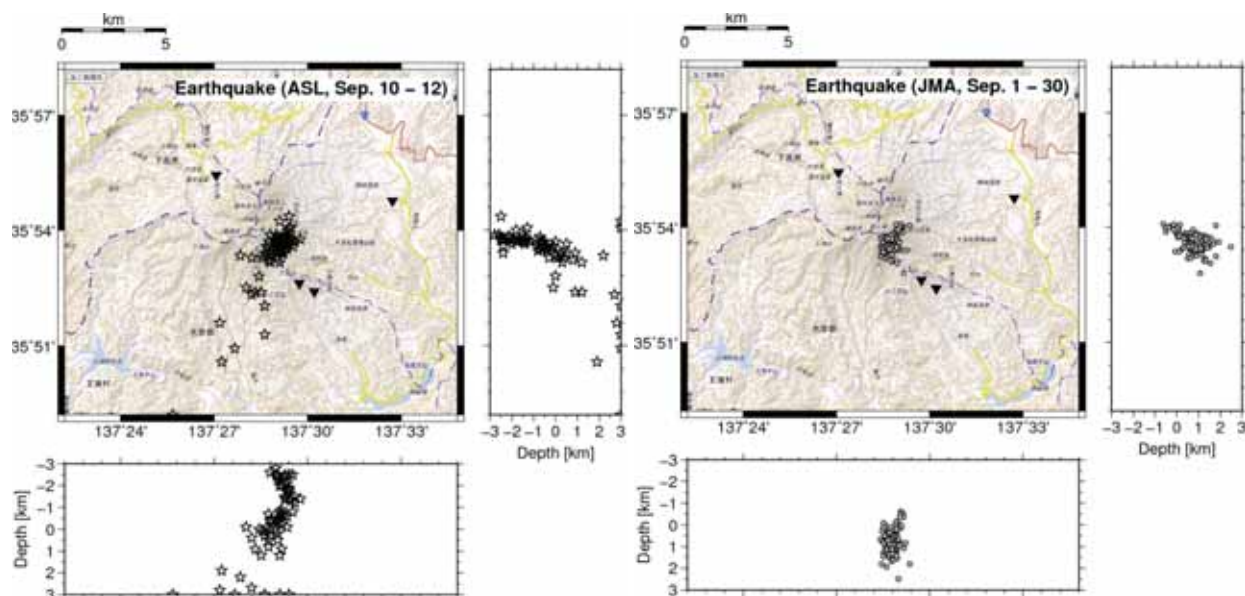


図 2 ASL 法で推定した 9 月 10 日から 12 日にかけての火山性地震の震源分布(左図)と、気象庁が決定した火山性地震の震源分布(9 月 1 日～30 日、右図)

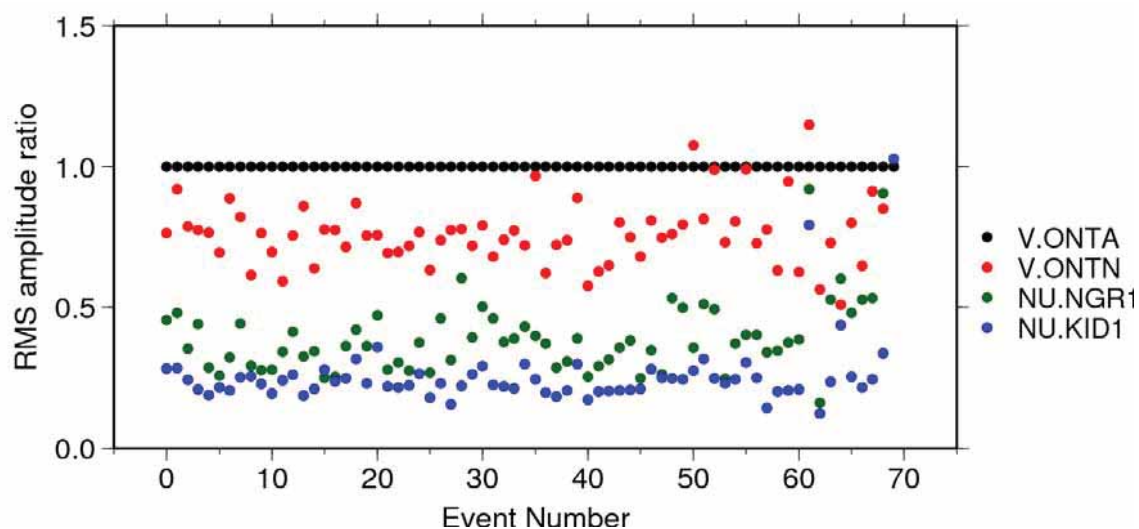


図 3 図 2 に示した火山性地震の各観測点における振幅比(基準点は気田の原上)

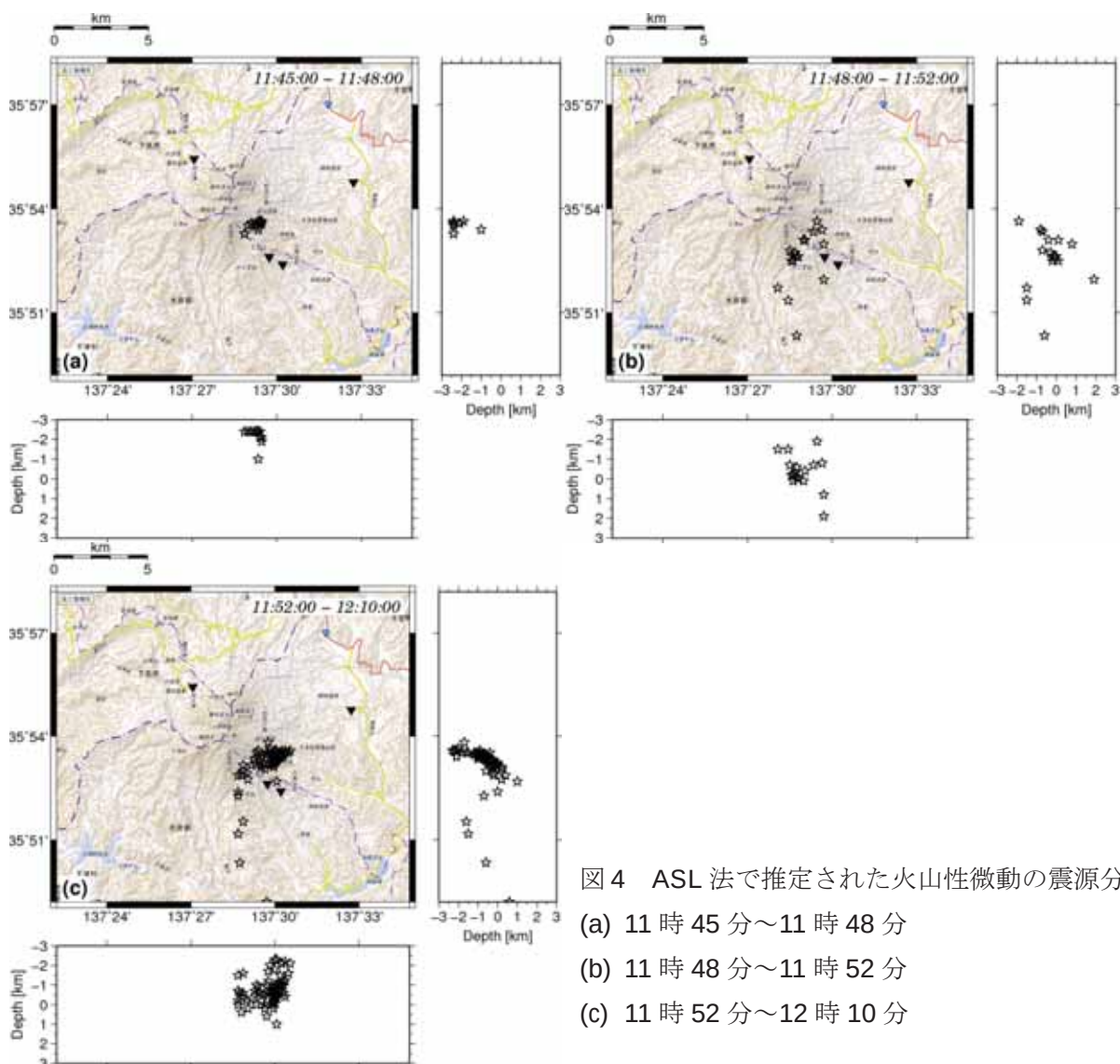


図 4 ASL 法で推定された火山性微動の震源分布

(a) 11 時 45 分～11 時 48 分

(b) 11 時 48 分～11 時 52 分

(c) 11 時 52 分～12 時 10 分

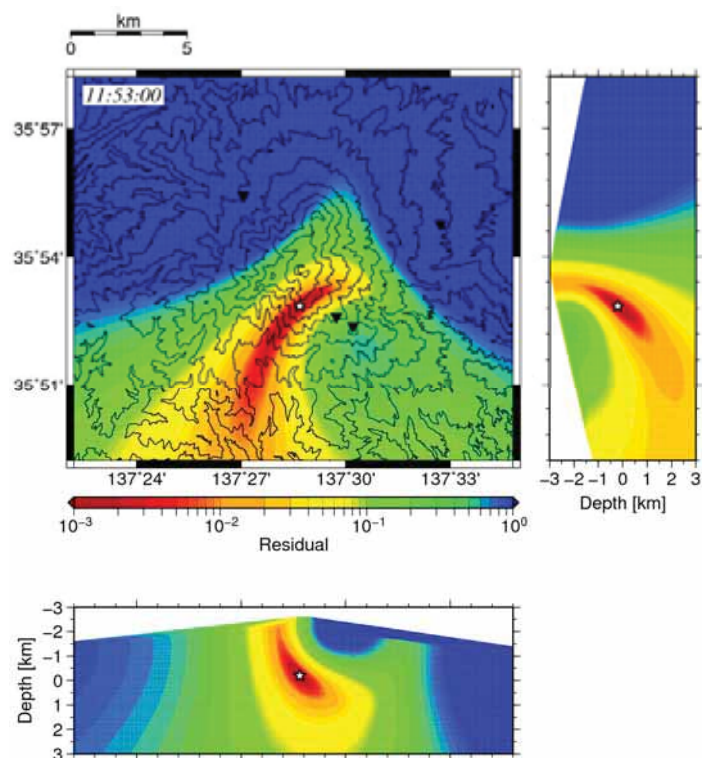


図 5 11 時 53 分 00 秒における震源推定結果の残差分布

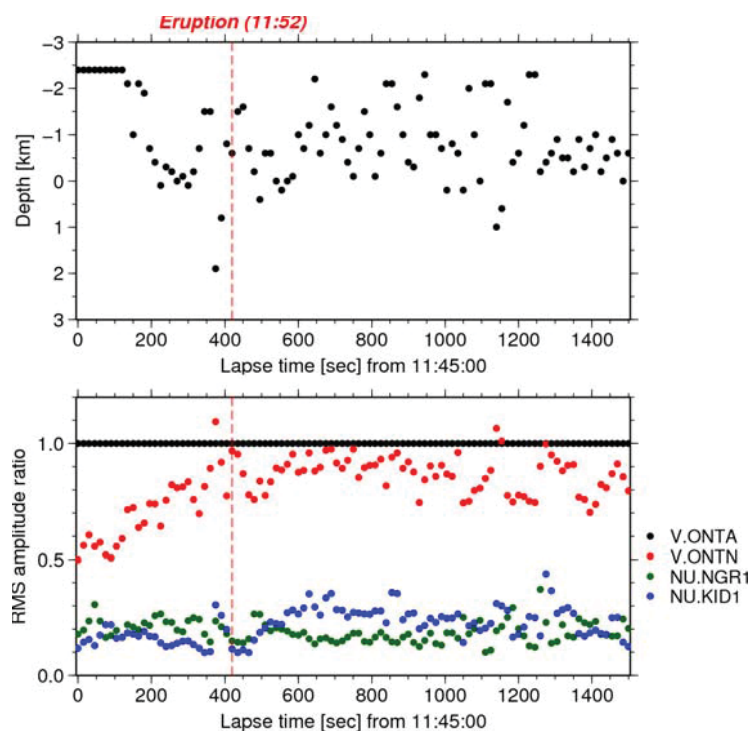


図 6 推定された火山性微動の震源の深さ(上段)と各観測点の振幅比(下段)の時系列

御嶽山の傾斜変化

御嶽山南東 3km の気象庁田の原傾斜計 ($35^{\circ}52.4'$, $137^{\circ}30.2'$, 2098m) による記録を解析した。傾斜計は 1 点のみであるが、解析により噴火に伴う地殻変動を捉えることができた。噴火直前の体積変化量は、 $+0.38 \times 10^6 \text{m}^3$ であった。

気象庁田の原の傾斜計は、御嶽山が噴火した 2014 年 9 月 27 日 11 時 52 分の約 7 分前 (11:45:10 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 ($0.64 \mu\text{radian}$ 北上がり, $1.81 \mu\text{radian}$ 西上がり), 噴火後は山下がりの変動に転じ、緩やかに変動が継続している (図 1)。10 月 5 日現在、噴火までの山上がりの傾斜量のうち半分程度が戻った。

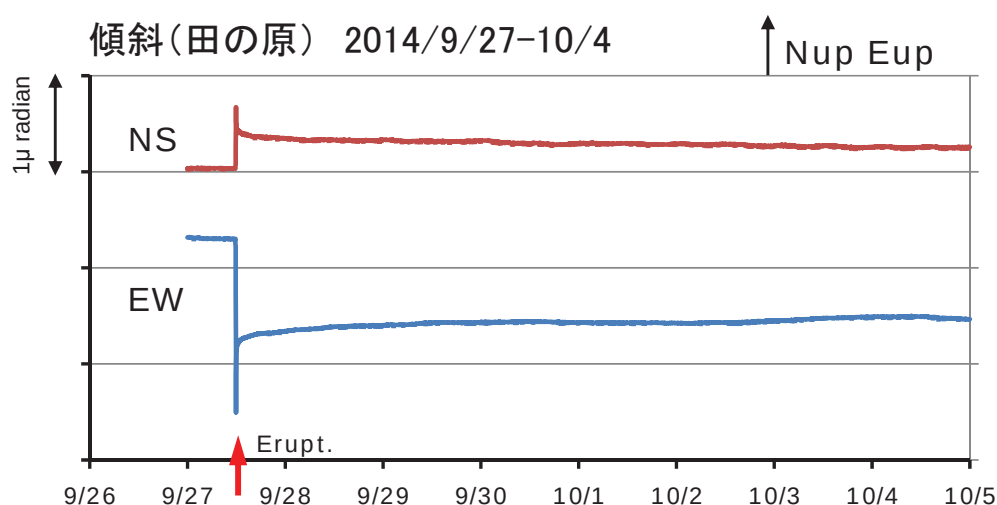


図 1 気象庁田の原における 2014 年 9 月 27 日～10 月 4 日の傾斜変動。潮汐およびステップ補正済み

1. 噴火までの変化

まず、田の原傾斜計の変動量をもとに噴火までの圧力源の推定を行った。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。この位置は田の原から見て、傾斜の山上がり方向とほぼ一致する (図 2 A)。深さは、2007 年噴火時に GNSS の繰返し観測から推定された浅部圧力源の深さに近い値 (標高 1600m, 火口下約 900m) を仮定した。試算したところ、体積変化量は $0.38 \times 10^6 \text{m}^3$ と考えられる (図 2 A)。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 (図 2 B)。

2. 噴火後の変化

また、同様に噴火直後から 10 月 5 日 00 時までの山下がりの変動量から計算したところ、体積変化量は、 $-0.21 \times 10^6 \text{m}^3$ となった (図 3)。噴火前の山上がりの傾斜で計算された量の約半分である。

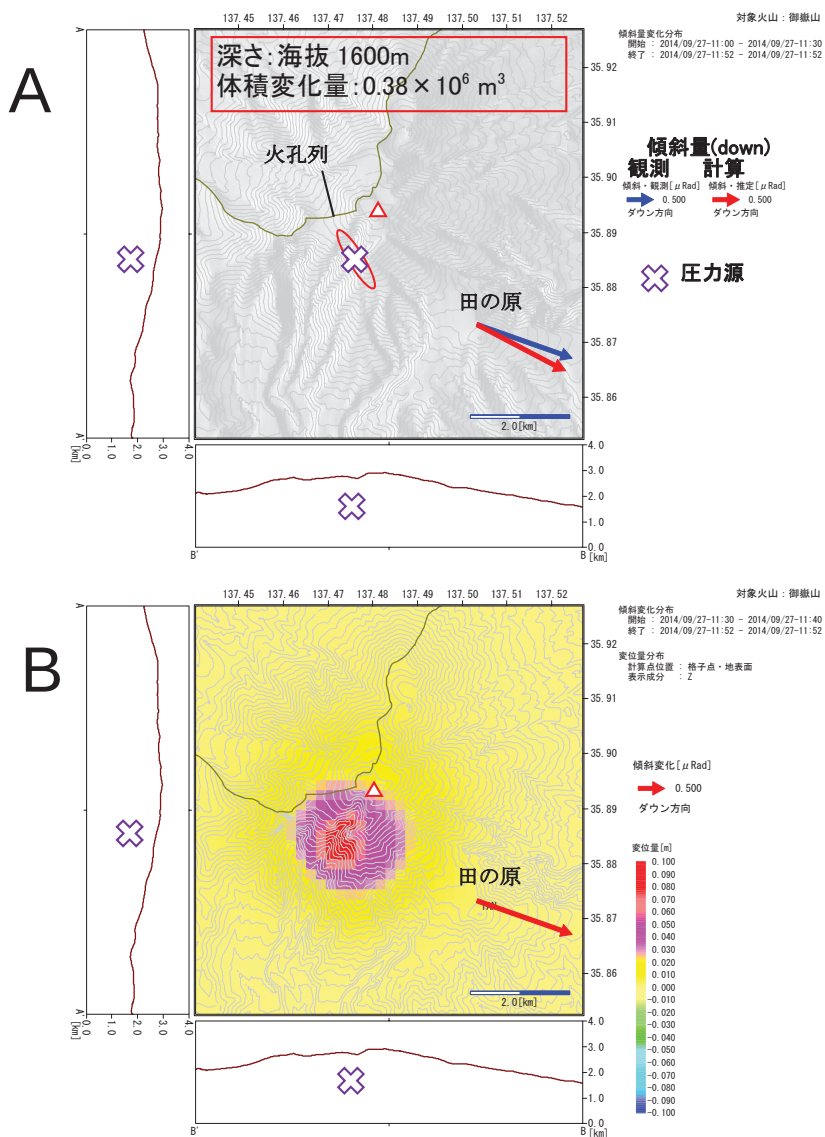
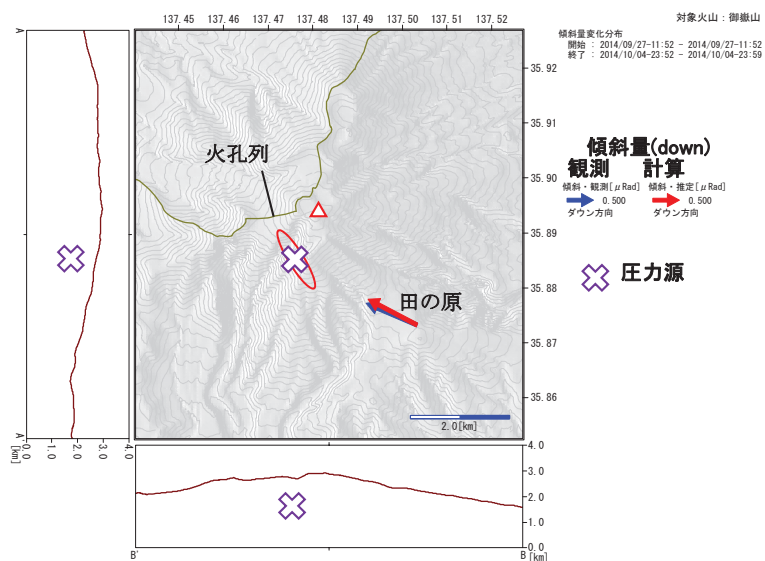


図2 噴火までの傾斜量から推定された体積変化量 (A) と隆起量分布 (B)

図3 噴火後から 10/5 までの傾斜変動 (青) と、深さを 1600m に固定して計算された変動 (赤). 体積変化量は、 $-0.21 \times 10^6 \text{ m}^3$.

3. 体積変化率の推移

噴火時を含む 11 時 30 分から 13 時 00 分の期間について詳細な解析を行った。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(図4A)。圧力源の深さを図2, 3と同じ海拔 1600m で固定し、体積変化速度を求めたところ、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(図4B)。10 月 4 日には $5 \text{ m}^3/\text{分}$ 程度となっている(図 4C)。

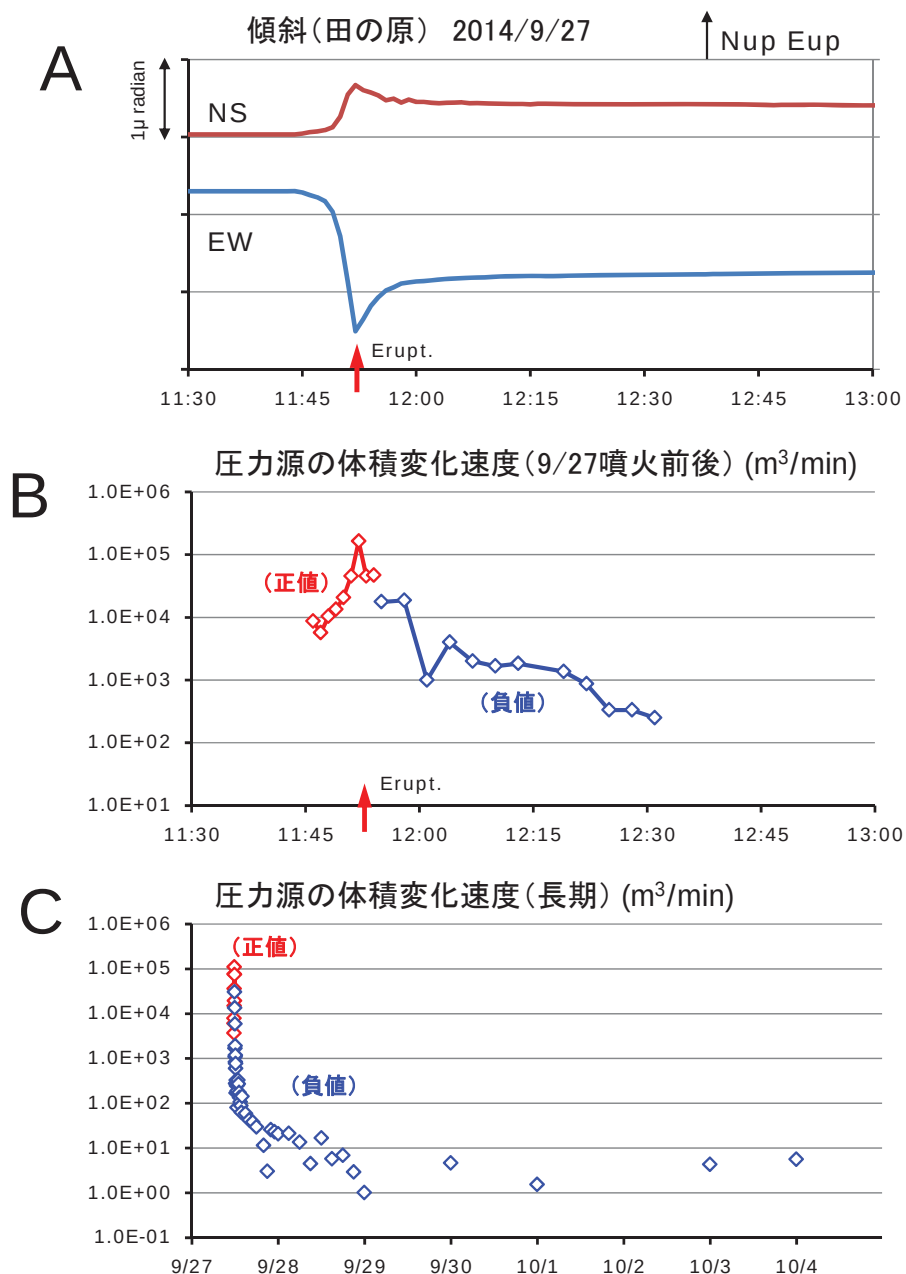


図4 A: 噴火前後(9/27 11:30~13:00)の傾斜変動, B: 9/27 噴火前後の圧力源の体積変化速度, 9/27~10/4の圧力源の体積変化速度. BおよびCの縦軸は対数表示になっており、噴火の負値は正軸上で示していることに注意。

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。

4. 2007 年の圧力源(参考1)

気象庁・気象研究所では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る。その結果、GEONET等で観測された広域の変動の他に、山頂部の局所的な変動も観測された。山頂の南西側約1kmの標高1700mの膨張圧力源(体積変化量は $0.26 \times 10^6 \text{ m}^3$)で観測結果が概ね説明できることが分かっている(図5, 第108回火山噴火予知連絡会資料)。

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る。

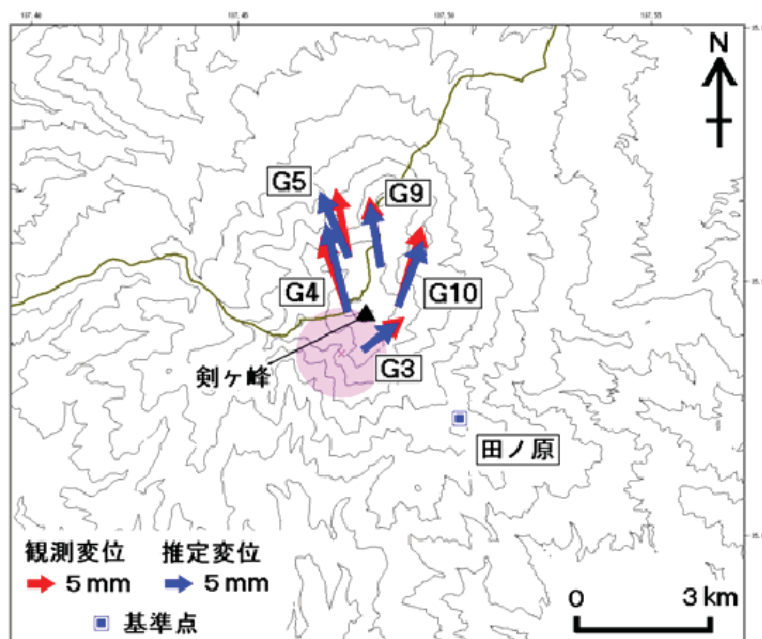


図5 推定された圧力源(桃色円)と変動量(矢印は青色は推定、赤色は観測)

圧力源モデル	
北緯 35.886 度	東経 137.475 度
標高 1700m	体積変化量 $2.6 \times 10^5 \text{ m}^3$

図5 GNSS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)。2005年8月と2007年9月の繰返し観測, 水平成分による。推定された圧力源は、2014年噴火の火孔列の位置と一致する。

(補足)

田の原観測点の傾斜データには、しばしばステップノイズが重畳しており、秒値データでステップを補正する作業を施した上で解析している。

5. 広帯域地震計による傾斜変動(参考2)

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:御嶽三岳(ONT)の記録(図6A)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(図6B). 11 時 30 分から 11 時 52~53 分まで傾斜変動を田の原傾斜計とともに図6C 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.

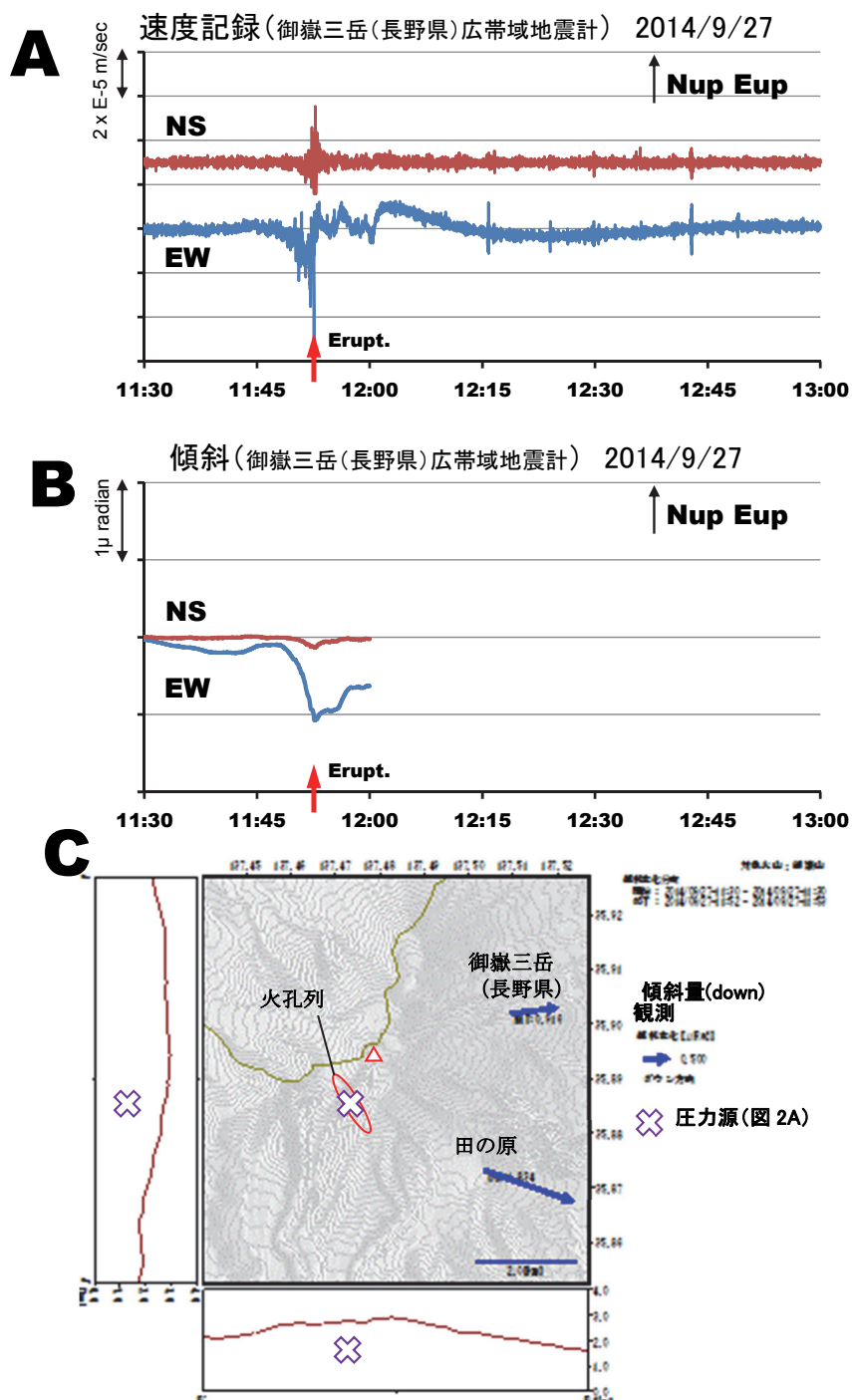
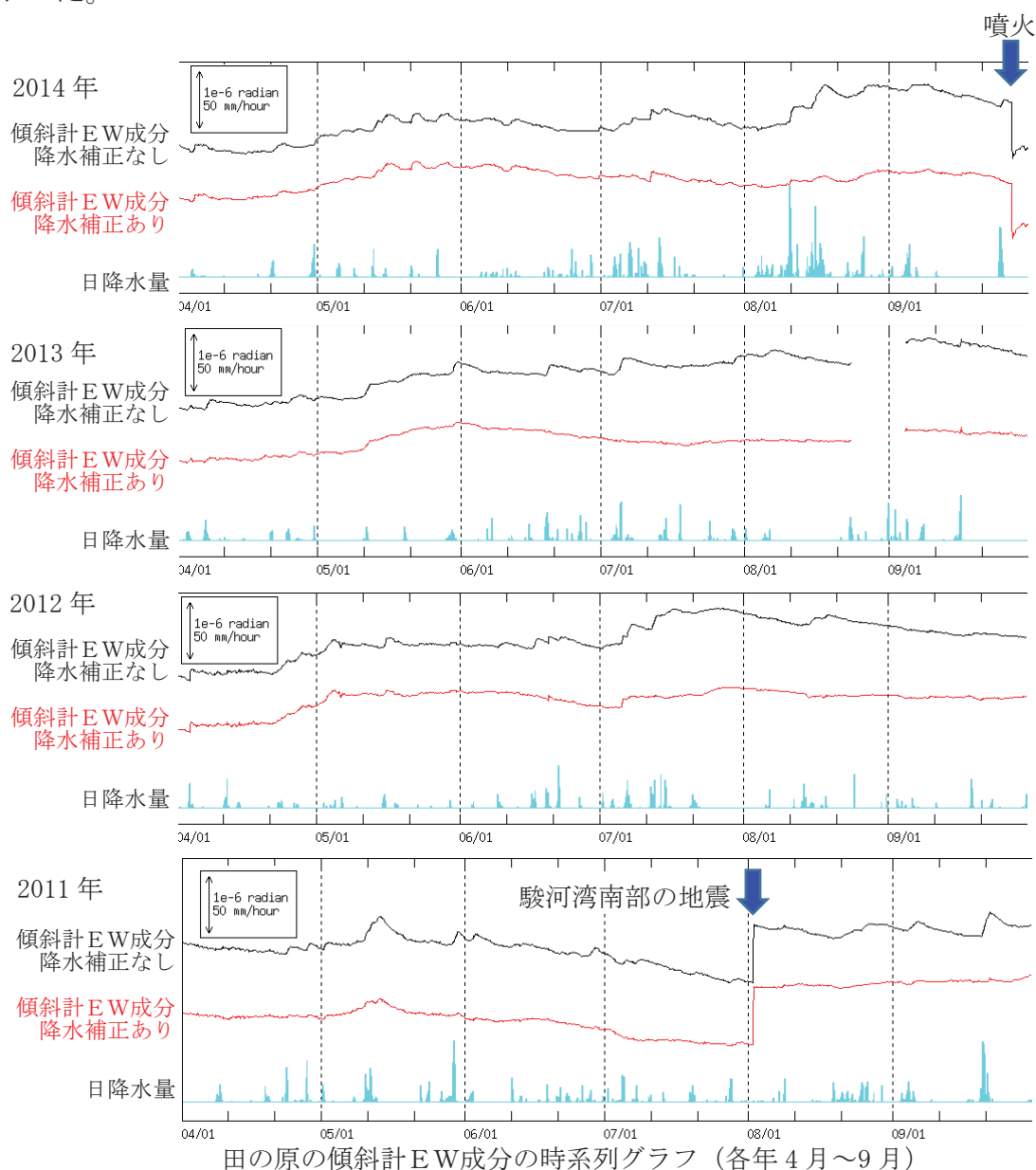


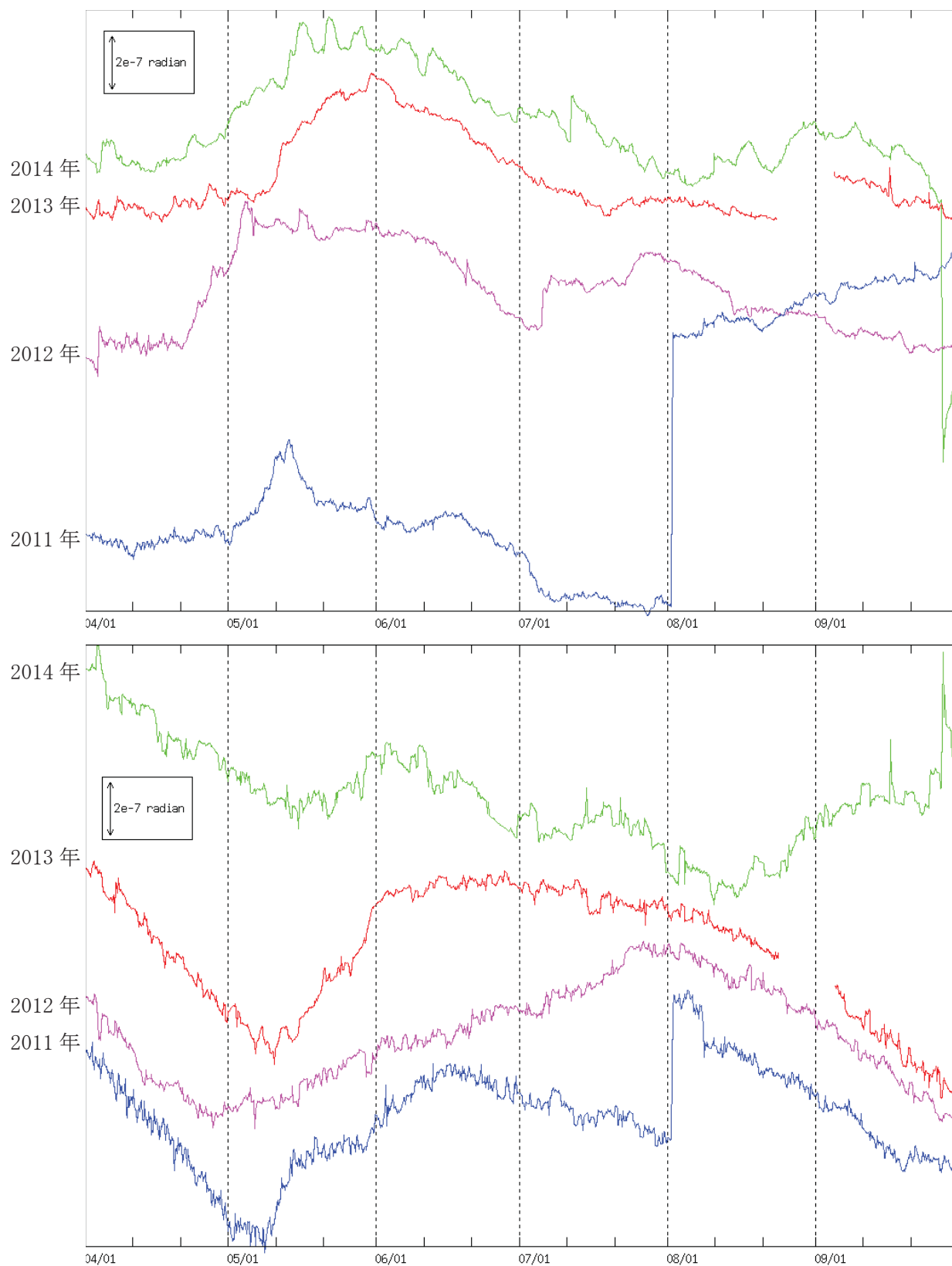
図6 御嶽三岳(長野県)の広帯域地震計記録(A), 2秒以上のローパスフィルタをかけ積分して求めた傾斜変動(B), および傾斜変動分布を田の原傾斜計のベクトルとともに示した図(C).

圧力源は図2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.

降水補正を行った田の原の傾斜計 E W 成分の変化

気象庁が御嶽山の田の原に設置している傾斜計について、3 段のタンクモデルを用いた降水補正を行った。入力データとして田の原の傾斜計から最も近い御嶽山アメダスの時間値データを用い、パラメータの評価期間は 2011 年から 2013 年の 3 年間とした。なお、積雪と降雨では降水応答が異なるため、各年の 4 月から 9 月のみで評価した。この期間で推定したパラメータで積雪期に降水補正を行おうとすると、かえってデータが乱れる。田の原の傾斜計 E W 成分の降水補正の結果は比較的良好であり、4 月から 9 月に関しては融雪によると考えられる 4 月から 5 月頃の変化を除いては各年概ね除去できている。なお、田の原の傾斜計 N S 成分については降水補正の効果がほとんど得られなかった。





田の原の傾斜計の時系列グラフ拡大（各年 4 月～9 月）

上段：E W成分降水補正 下段：N S成分降水補正

2014 年 9 月 27 日御嶽山噴火時における気象レーダーによる噴煙観測結果

御嶽山の噴火に伴う噴煙エコーの観測結果等から、以下のことが分かった。

- ・噴火直後の 12 時前後には、御嶽山南側に火砕流の可能性のあるエコーが見られる。
- ・複数レーダーによる合成エコー頂は 12 時 20 分頃まで海拔約 10,000m(火口上約 7,000m)を超えていた。
- ・合成エコー頂の最大値は、噴煙を捉えたレーダー(7 箇所)の内、2 番目に遠い東京レーダー(御嶽山からの距離約 224km)によって捉えられたもので、レーダー毎の観測結果(表1)、屈折率の推定誤差、ビーム幅の影響及びエコー頂が最大となった頃に遠方から撮影された写真(図4)を考慮すると過大な推定と考えられる。

(エコー頂と噴煙高度の関係については、更なる解析が必要。今後は写真解析も実施。)

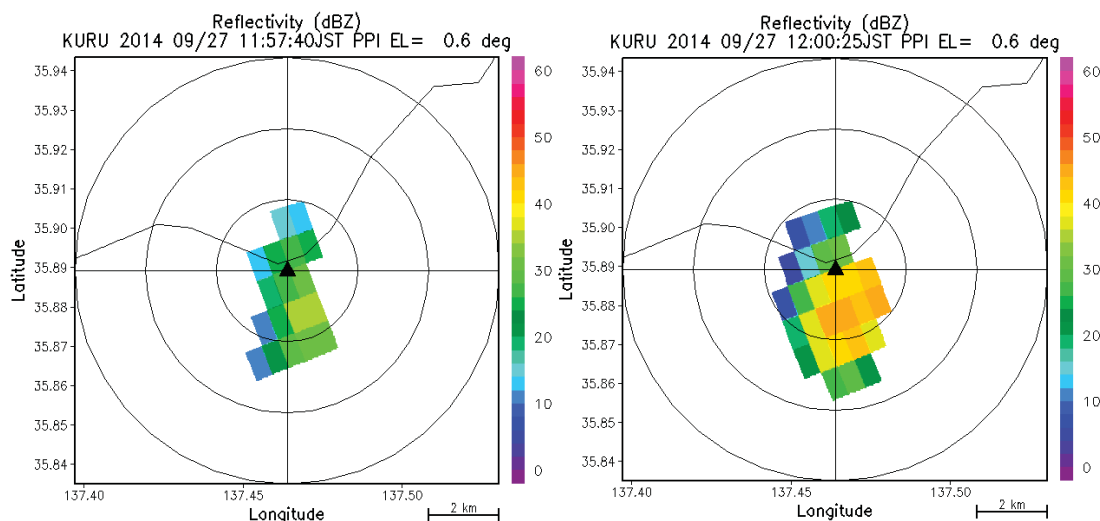


図1 2014 年 9 月 27 日 11 時 57 分及び 12 時 00 分の長野レーダー(仰角 0.6°)による反射強度 PPI
(同心円は内側から、山頂から 2km、4km、6km)

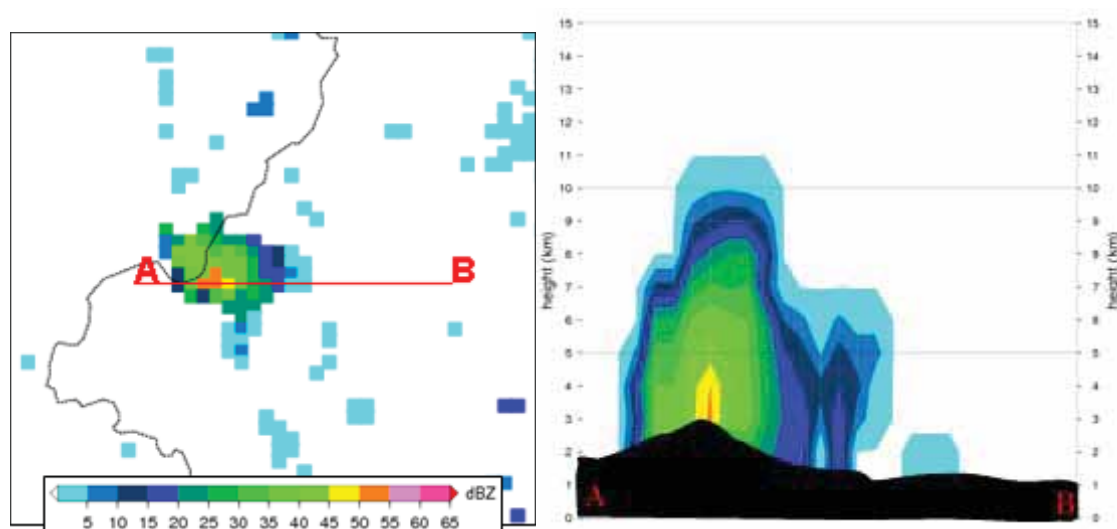


図2 2014 年 9 月 27 日 12 時 20 分における反射強度 CAPPI(3km)と断面図

御嶽山



図3 2014 年 9 月 27 日 9 時から 18 時における御嶽山付近の(合成)エコー頂高度
(点線は剣ヶ峰の高度 3,067m)

表1 2014 年 9 月 27 日 12 時 00 分～20 分に御嶽山の噴火を捉えたレーダーとそのビーム高度

	御嶽山との 水平距離[km]	噴煙を捉えた 最高仰角[°]	ビーム中心 海拔高度[km]	ビーム下端 海拔高度[km]	ビーム上端 海拔高度[km]
長野	69	4.3	7.5	6.8	8.1
名古屋	93	3.8	6.8	5.9	7.6
福井	126	2.9	7.5	6.3	8.7
静岡	141	2.5	7.5	6.2	8.8
大阪	218	1.2	7.9	5.9	9.9
東京	224	1.7	9.7	7.7	11.7
新潟	235	0.9	7.6	5.5	9.7

※等価地球半径を地球半径の 4/3 倍として計算。ビーム幅は 3dB ビーム幅を使用。



図4 2014 年 9 月 27 日 12 時 11 分頃、間ノ岳頂上付近から撮影された写真
(「しぞーかのまりも」さん提供。)

※ PPI: Plan Position Indicator の略。単一のレーダーによる特定仰角の観測結果。
CAPPI: Constant Altitude PPI の略。複数レーダーによる特定高度の合成結果。

参考文献:

宮城・鈴木(2008):「写真に記録されたデジタル情報を用いた海上竜巻の幾何学的分析」, 風工学シンポジウム
論文集, 20, p.28

しぞーかのまりも(2014):e しずおかブログ「しぞーか発全国の山々を目指す」,

< <http://morinonakama2010.eshizuoka.jp/e1372253.html> >, 2014 年 10 月 16 日アクセス

ALOS/PALSAR 及び ALOS-2/PALSAR-2 データを使った SAR 干渉解析による御嶽山周辺の地殻変動

2007 年 6 月から 2010 年 11 月の ALOS/PALSAR データによる時系列解析では、山頂付近で衛星視線方向において、僅かながら短縮方向の位相変化が認められる。また、2014 年噴火前後の差分干渉解析結果では、地獄谷付近に衛星視線方向において、短縮方向の位相変化が認められる。

はじめに

ALOS/PALSAR (2006-2011) 及び ALOS-2/PALSAR-2 (2014-) は、L バンド SAR を有している国産極軌道衛星であり、日本のような険しい山岳地域においても電波が地面まで到達し、異なる時期に撮像されたデータの差分干渉処理を行うことにより、当該地域の微細な地殻変動を面的に検出することが可能である。

気象研究所では、ALOS/PALSAR のアーカイブデータを用いて、各火山周辺における地殻変動時系列解析を行ったので報告する。また、ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 2014 年 9 月の噴火前後における差分干渉解析についても解析を試みたので合わせて報告する。

1. ALOS/PALSAR による解析結果

2007 年 6 月から 2010 年 11 月の御嶽山周辺を撮像された北行軌道データのうち、積雪の影響が懸念される冬期間 (11 月後半から 5 月一杯) を除いた 12 シーンを用いて 2009 年 9 月 24 日を基準として PS 及び SBAS 解析 (37 ペア) を行った (図 1)。

解析ソフトは、*StaMPS/MTI* を使用した。各々の手法で得られた結果を統合した結果を図 2 及び 3 に示す。その結果、剣ヶ峰山頂付近を中心に年間約 1cm 程度の衛星に近づく方向の位相変化が認められた。

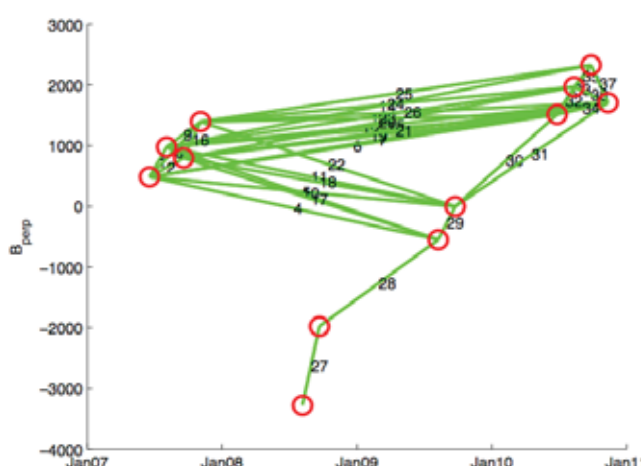


図 1 解析に使用したデータ

赤丸:PS 法に使用した SAR データ、緑線:SBAS 法に使用したペア

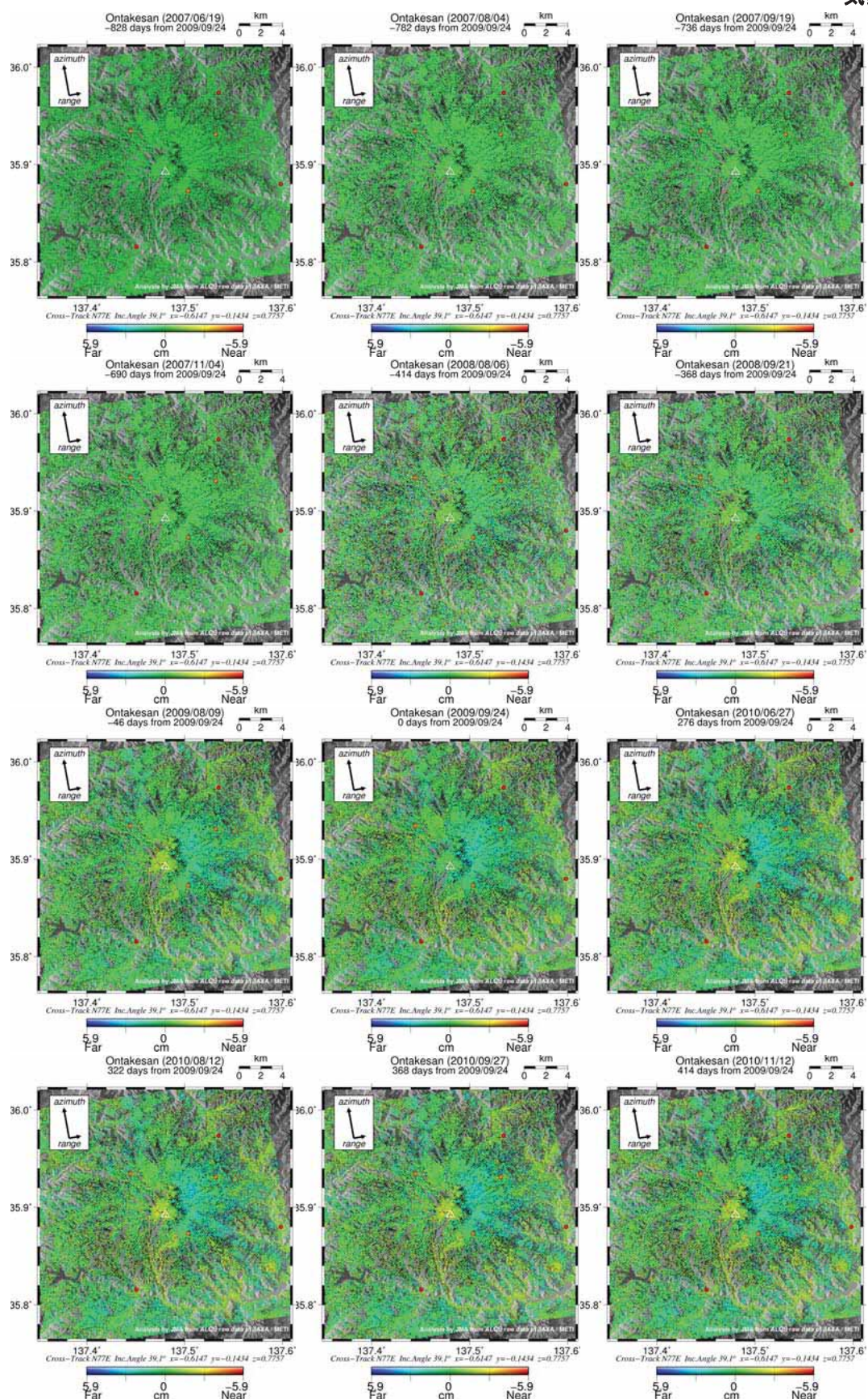


図 2 御嶽山周辺における InSAR 時系列解析結果 (PS 点総数: 106490)

2007 年 6 月 19 日の位相をゼロとした各撮像日における位相変化を示す。図中の丸印は GNSS 観測点 (橙: 気象庁、赤: 国土地理院) を、白三角は剣ヶ峰山頂位置を示す。

御嶽山

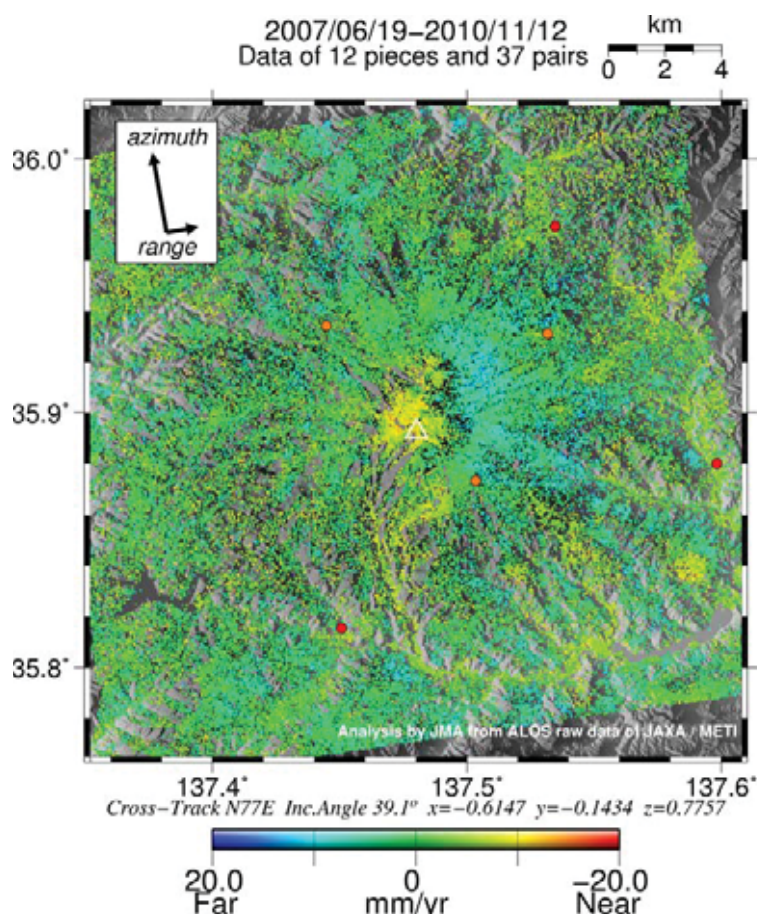


図 3 御嶽山周辺における InSAR 時系列解析結果(平均変動速度)

剣ヶ峰山頂付近を中心に衛星視線方向短縮(年間約 1cm)の位相変化が認められる。

※図中の記号は図1と同じ。

2. ALOS-2/PALSAR-2 の解析結果

2014 年 9 月 27 日噴火前後に ALOS-2/PALSAR-2 で撮像されたデータを用いて、干渉解析を行った(表 1 及び図 4)。解析ソフトは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。その結果、明らかに地殻変動ではないノイズと考えられる位相変化が山体周辺で認められるものの、噴火前後のペアにおいて山頂南西側で 4~6cm 程度の衛星視線方向短縮の顕著な位相変化が認められた。この位相変化が検出された場所は、2014 年 9 月 27 日の噴火により新たに出現した噴気孔のうち、最も活発な噴気孔の位置に非常に近接しており、噴火に伴う地表面変化を捉えた可能性がある。

表 1 干渉処理に使用したデータ

図番号	軌道方向	データ 1	データ 2	追加処理※	判読結果
図 4-①	北行	2014.08.18	2014.09.29	標高一次補正	(噴火前後ペア) 位相変化あり
図 4-②		2014.08.22	2014.10.03		
図 5-①					
図 4-③		2014.08.18	2014.10.13		
図 5-②					
図 4-④		2014.09.29	2014.10.13	標高一次補正	(噴火後ペア) 位相変化なし
図 4-⑤	南行	2014.09.30	2014.10.14	軌道地形再推定	

※差分干渉処理後の明らかに地殻変動と異なる残存縞の除去に用いた追加処理。

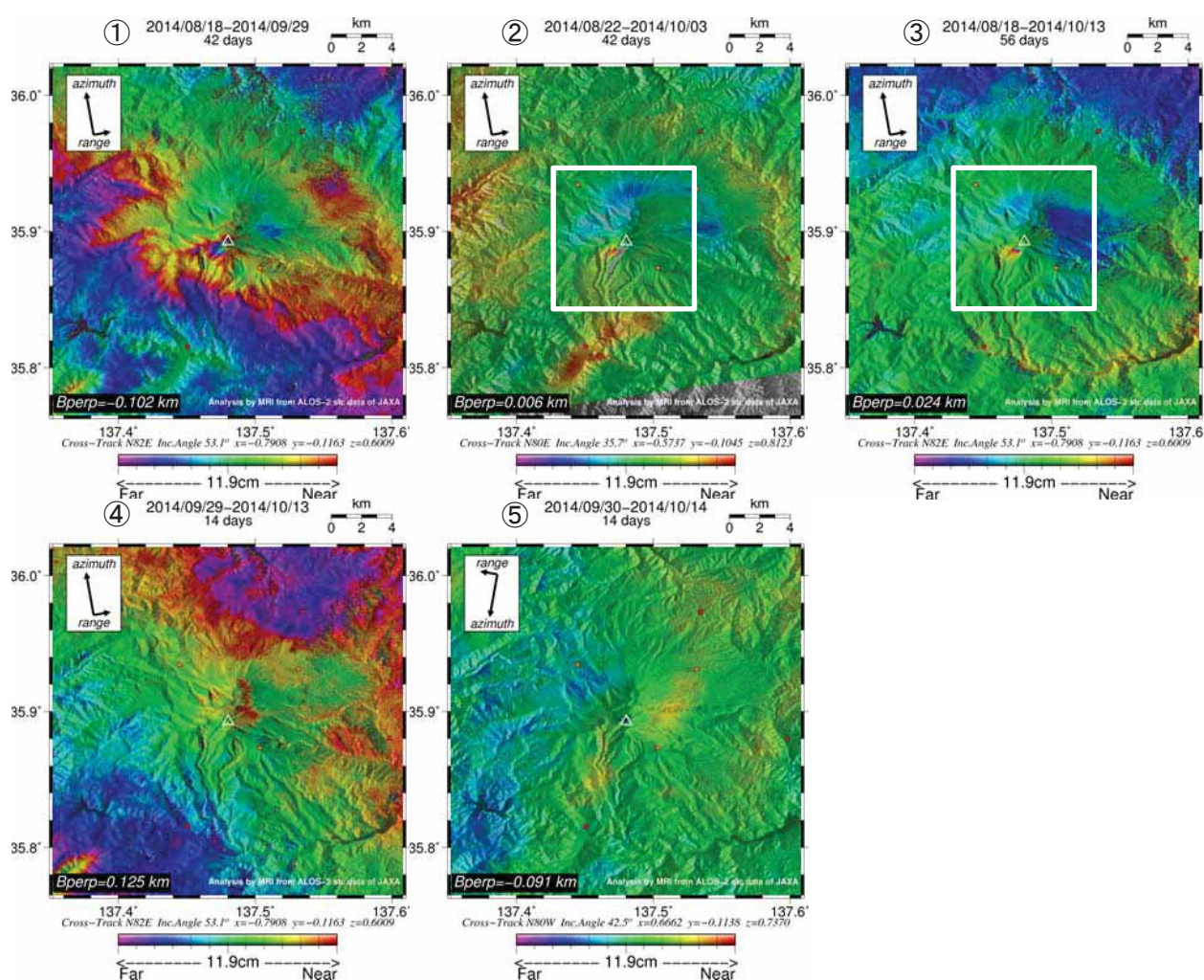


図 4 御嶽山山頂付近における干渉解析結果

(上段: 噴火前後のペア、下段: 噴火後のペア、白枠: 図 5 拡大図の範囲)

噴火を挟むペアにおいて、剣ヶ峰の南西方向(地獄谷)付近で、衛星視線方向短縮(約 4~6cm)の局所的な位相変化が認められる。

※図中の記号は図1と同じ。

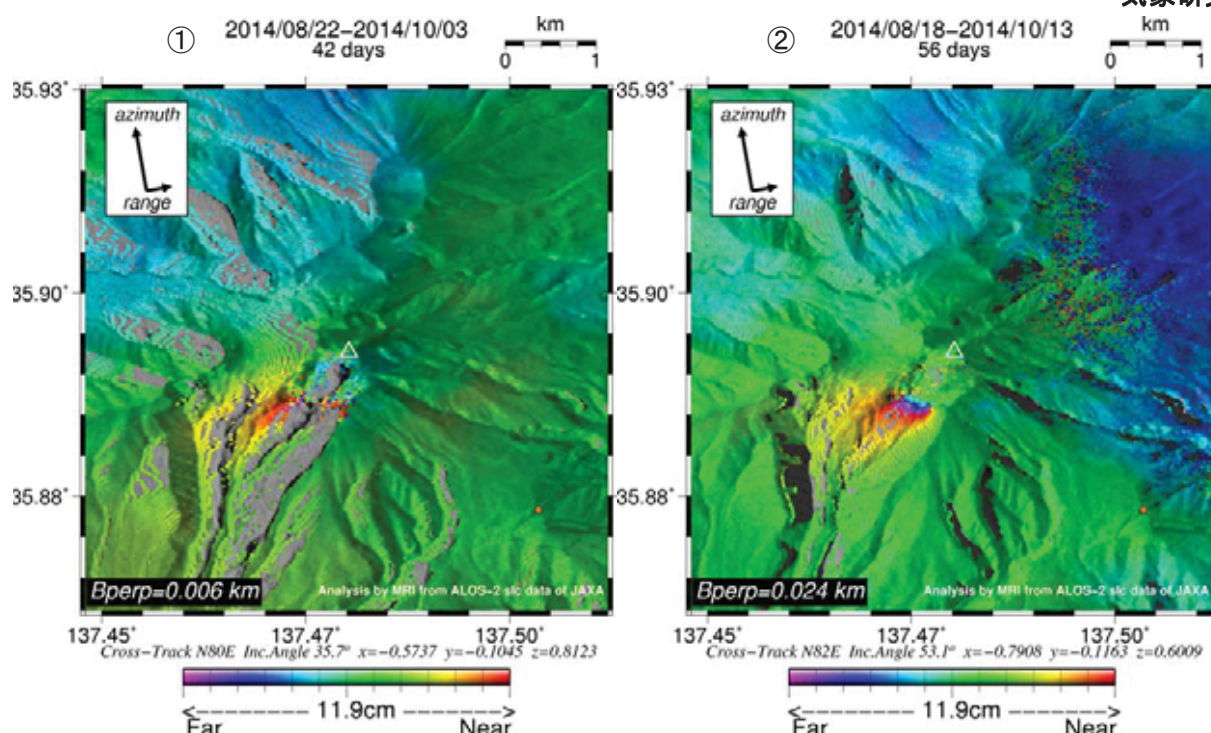


図 5 御嶽山山頂付近における干渉解析結果(図 4 白枠部分の拡大図)

噴火前後の期間の異なるペアにおいて、剣ヶ峰の南西方向(地獄谷)付近で衛星視線方向短縮(約 4~6cm)の局所的な位相変化が認められる。

※図中の記号は図1と同じ。

謝辞

本解析で用いた PALSAR データの一部及び PALSAR-2 データは、火山噴火予知連絡会が中心となって進めている防災利用実証実験(通称火山 WG)に基づいて、宇宙航空開発機構(JAXA)にて観測・提供されたものである。また、一部の PALSAR データは PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所との共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR に関する原初データの所有権は経済産業省及び JAXA に、PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。PALSAR の解析ソフトウェアは、A. Hooper 氏により開発された *StaMPS/MTI* を、PALSAR-2 の解析ソフトウェアは、防災科学技術研究所の小澤拓氏により開発された *RINC* を使用した。また、処理の過程や結果の描画においては、国土地理院の数値地図 10m メッシュ(標高)を使用した。ここに記して御礼申し上げます。特に、2014 年 9 月 27 日の御嶽山噴火については、防災実証実験の枠組みにおいて校正期間であるにも関わらず JAXA に迅速に対応頂き、複数回にわたる緊急観測を実施していただいた。重ねて感謝申し上げます。

ヘリコプターからの噴火状況の観察

新聞社の取材ヘリコプターに同乗し、御岳火山の噴火状況を空中から観察した。その概要を速報として報告する。

(観測日: 2014年9月28日 / 現地観測時間: 13時54分～15時15分 / 観測者: 金子)

1. 火口の分布状況

2014年噴火で形成された火口は、西北西—東南東方向に配列する(図1. 噴煙に覆われ火口の正確な位置・形状が不明な部分もあり、今後修正される可能性もある)。今回の火口列は、1979年の火口列と似た場所であるが、全体としてやや南側に位置している。2014年噴火では、一ノ池の西側(W1付近)、地獄谷の西側斜面(J1,J2)等、1979年噴火で火口がなかった場所にも新たに火口が形成され、全長が約900mと西方に約300m拡大している。



写真 1. 西側の火口. W1から泥流が噴出している。

図1. 火口の分布状況. J3, J4, J5の周囲には放出物が積り、火砕丘のような地形が形成されている。この図の作成には地理院地図(電子国土Web)を使用した。



写真2. 南から見た主火口。



写真3. 地獄谷の底にある二つの火口(J3, J4, J5)が特に大きい。J4からは泥流が流れ出ている。

2. 低温“火砕流”の分布と特徴

低温“火砕流”は、火口から地獄谷に沿って、南南東方向に約3km流下した(図2)。地獄谷周囲の樹木に白色の火山灰が付着し、全体に白っぽくなっている(写真4-6)。なぎ倒されたり、燃えた痕跡を示す樹木は見られない。このようなことから、低温“火砕流”は、温度が低く、破壊力も弱かったことが推定される。山頂の北～西側にかけても同様の噴出物が分布している。



図2.低温“火砕流”の分布状況. この図の作成には地理院地図(電子国土Web)を使用した。



写真 5. 低温“火砕流”の先端部。



写真4. 谷筋に沿って見られる白色の部分が低温“火砕流”。



写真 6. 低温“火砕流”の中流域の拡大. なぎ倒されたり、燃えた痕跡を示す樹木は見られない。枝も折れておらず、堆積量は少ないことが推定される。

3. 投出岩塊(噴石)の分布状況

投出岩塊の分布状況を今回撮影した写真から大まかに推定し、A～Cの3ゾーンに区分した(図3)。基本的には火口からの距離によって分布密度が低下する。火口に近いAゾーンでは、極めて高い密度で投出岩塊が分布している(～10個以上／4mx4m)。写真で識別できない小さいものを含めると、この領域ではきわめて大量の放出岩塊が降下したことが推定される。Cゾーンより外側には写真で識別できるようなサイズのものは存在しない。

インパクトクレーターの大きさは直径10cm～1m程度である。このようなインパクトクレーターをつくっている投出岩塊の大きさはクレーター外に転がり出た岩塊等も参考にすると拳大から人頭大と思われる(最高で50～60cm?)。

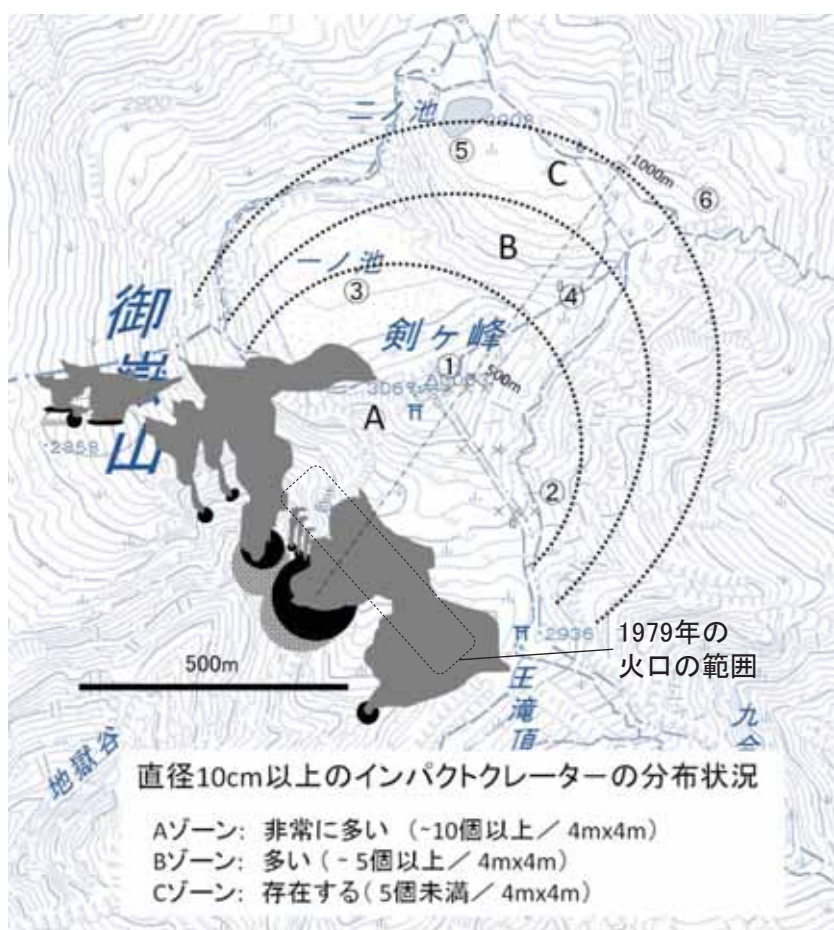


図3 投出岩塊の分布状況。番号は写真の場所を示す。×は確認された被災者の位置。※ 十分な写真データがなく誤差は大きい。この図の作成には地理院地図(電子国土Web)を使用した。

写真7. ① Aゾーン／御嶽山頂山荘。

最大到達距離を1000m(図3)として、空気抵抗なし、打出し各45度として弾道計算をすると、初速度は約100m/S程度と見積もられる。



写真8. ② Aゾーン／御嶽山頂山荘と大滝山頂の間.

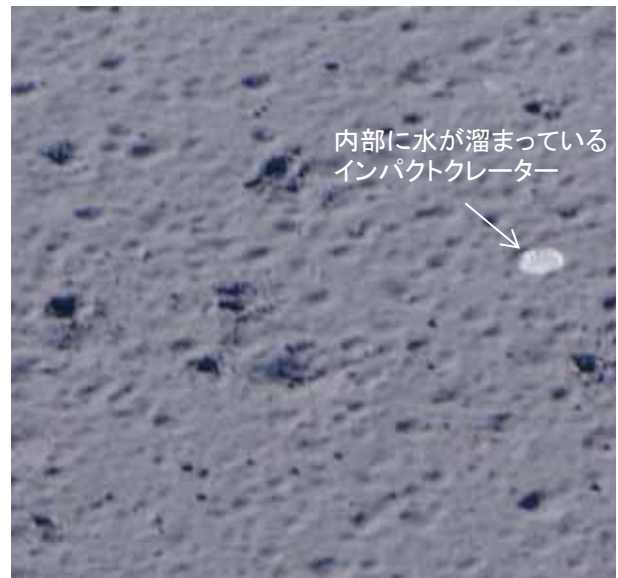


写真9. ③ Aゾーン／一ノ池中央部付近. インパクトクレーターには、内部に水が溜まっているものもある. サンクラックも認められ、非常に水に富む堆積物であったことが推定される.



写真10. ④ Bゾーン／一ノ池と二ノ池の間の登山道.



写真11. ⑤ Cゾーン／二ノ池の湖の南岸付近.



写真12. ⑥ Cゾーンの外側／二ノ池東の石室山荘付近.

4. 火山灰の分布状況

火山灰の主軸と思われる領域が、空中からの観察でも明瞭に識別される(図4)。写真13で、山頂から東北東に向かって、白色の領域が長く伸びているのが認められ、これが火山灰の主軸と推定される。鹿湯駅(山麓側の駅)付近の9月27日の降灰状況を写真14に示す。厚さはこの付近で2~3mm程度である。火山灰は、ゴマ粒大の火山豆石となっているが、粒子自体は極めて細粒である(写真15)。



図4 降下火山灰の主軸の方向。山頂近辺の火山灰が比較的厚く堆積している領域を植物の見かけの色調等を参考に識別した。(点線) この図の作成には地理院地図(電子国土Web)を使用した。

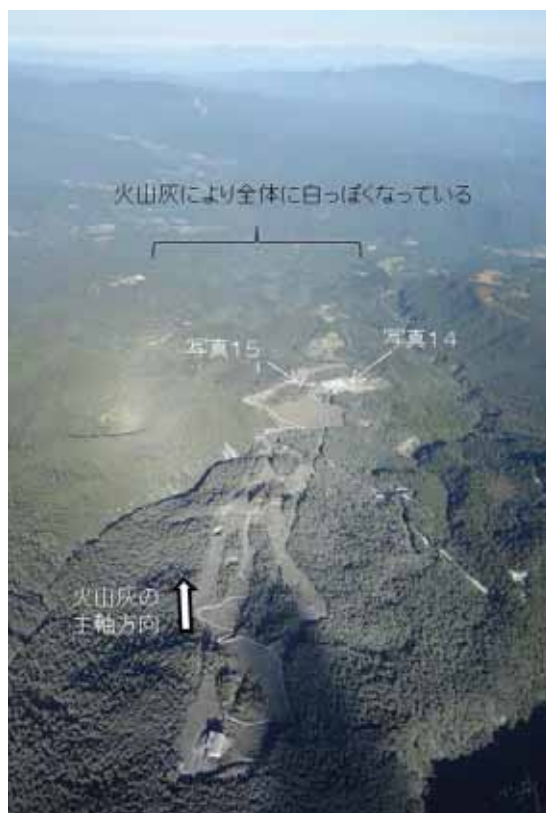


写真13. 火山灰の主軸方向を山頂側から見る。



写真14. ロープウェイ鹿湯付近の降下火山灰の堆積状況。厚さはこの付近で2~3mm程度である。2014年9月27日18時頃。



写真15. 木の葉に堆積した火山灰。ゴマ粒大の火山豆石となっている。火山灰は極めて細粒。2014年9月27日。

御嶽山 2014 年 9 月 27 日噴火の噴出量について

要旨: 2014 年 9 月 27 日御嶽山噴火の噴出量を見積もったところ、降下火山灰については 38 万-90 万トン、火砕流堆積物（地獄谷）については 3-13 万トンと推定された。合計 41-103 万トン（噴石は含まない）となる。また、1979 年噴火の噴出量について再検討を行ったところ、95-123 万トンと推定された。2014 年噴火の噴出量は 1979 年噴火よりやや少ない可能性があるものの、降灰分布域はよく似ており、同程度の規模の噴火であったと推定される。

[2014 年噴火噴出量推定方法]

降下火山灰については、御嶽山降灰合同調査班により作成されたコンター（別資料参照）を山体近傍へ内挿し、さらに山頂付近に 3 つのコンター（遠方から a, b, c）を仮定して推定した（図 1, 2）。コンター a, b は、今回と噴火様式が良く似ている 1979 年噴火の 10 cm, 30 cm の等層厚線にほぼ対応する。公開されている写真や映像をもとに、今回の噴火ではそれらの領域にそれぞれ 5-10 cm, 15-30 cm 堆積したと仮定した。コンター c は火口縁の平均層厚に対応する。合同調査班による降灰データおよびこれらの仮定をもとに、2 種類の手法、(1) 指数関数近似法および (2) 区間積分法を用いて降灰量を見積もったところ、それぞれ 38-72 万トン（図 3）、46-90 万トンと推定された（図 4）（Table 1）。なお、山頂域の堆積物には火砕流ステージの堆積物が含まれるが、層厚の仮定が困難なため、ここでは一括して降下火山灰に含めている。また、火砕流（地獄谷）については、別途、平均層厚（1-5 cm）を仮定して面積との積算により堆積物量（3-13 万トン）を算出した（Table 1）。

[1979 年噴火噴出量推定方法]

降下火山灰については、小林 (1980) の降灰分布図に示されている等層厚線（図 5）をもとに、今回と同様の手法により再計算した。その結果、降灰量は 95-123 万トンと推定された（図 6, 7）。地獄谷における粉体流（火砕流）発生の報告（小林, 1980）があるが、分布域が不明であるため堆積量の推定は行っていない。2014 年の噴出量は 1979 年よりやや少ない可能性があるものの、降灰分布域はよく似ており同程度の規模の噴火であったと推定される。

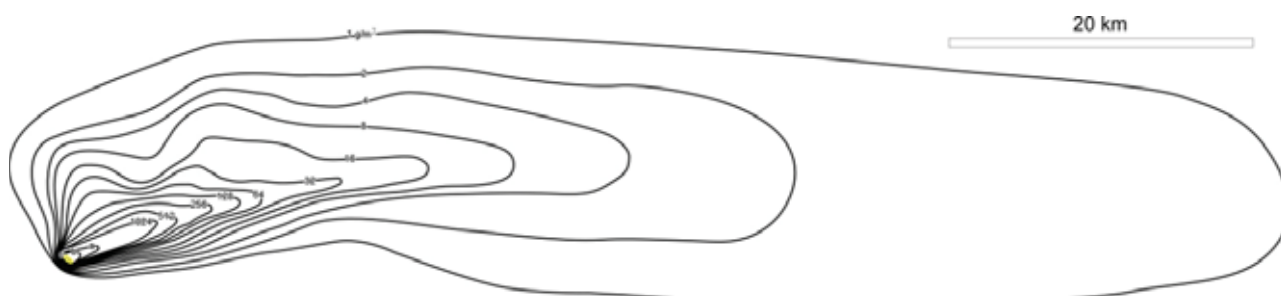


図 1 2014 年 9 月 27 日御嶽山噴火の降灰分布。御嶽山降灰合同調査班による降灰分布図をもとに作成。近傍の拡大は図 2 に示す。

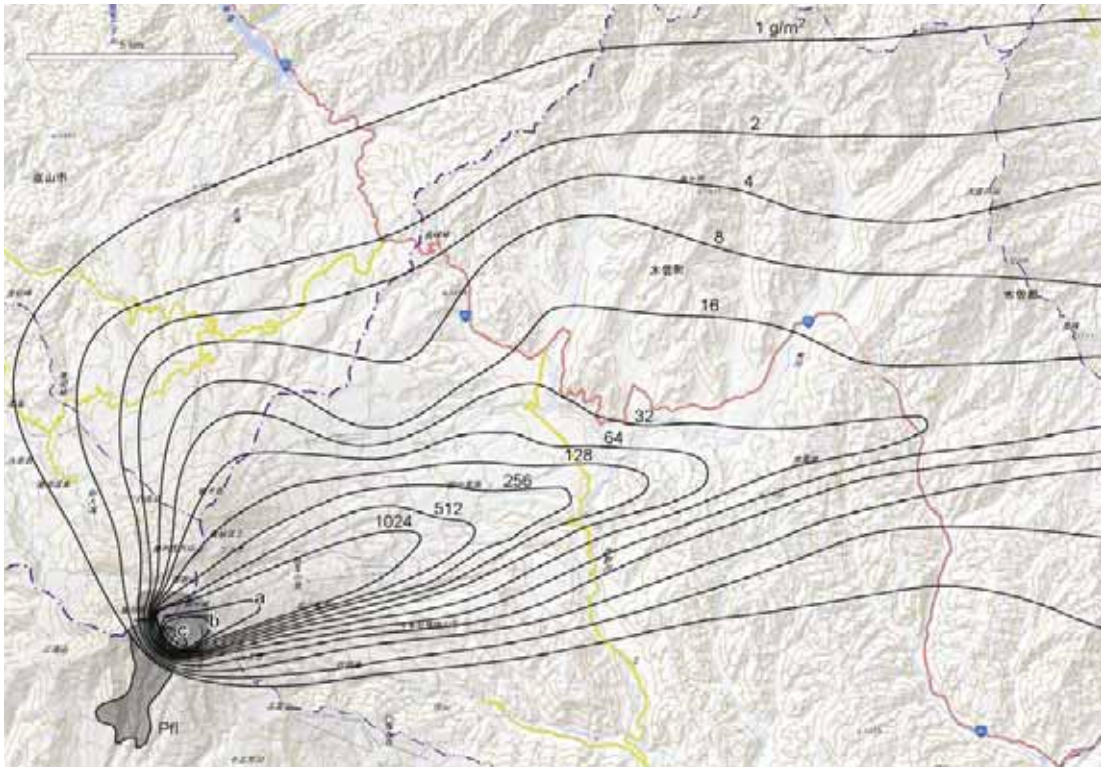


図 2 御嶽山近傍における降下火山灰および火砕流の分布．御嶽山降灰合同調査班による降灰分布図，近傍の仮定をもとに作成．

Table1 2014年9月27日御嶽山噴火の噴出量

降下テフラ					
手法*	仮定した近傍層厚 (a, b, c は近傍の3つのコンター, 図2参照)	遠方限界 (~0.1 g/m ² の領域)	体積** (× 10 ⁵ m ³)	重量 (× 10 ⁸ kg)	
1	最大: a: 10 cm, b: 30 cm, c: a-b の外挿	100 km	7.2 (2.9)	7.2	72 万トン
1	最小: a: 5 cm, b: 15 cm, c: a-b の外挿	100 km	3.8 (1.5)	3.8	38 万トン
2	最大: a: 10 cm, b: 30 cm, c: 6 m	10.5 [log ₁₀ (m ²)]	9.0 (3.6)	9.0	90 万トン
2	最小: a: 5 cm, b: 15 cm, c: 3 m	9.5 [log ₁₀ (m ²)]	4.6 (1.9)	4.6	46 万トン
火砕流堆積物(地獄谷)					
	仮定した層厚(降下テフラ領域外)		体積** (× 10 ⁵ m ³)	重量 (× 10 ⁸ kg)	
a	最大: 平均層厚 5 cm		1.3 (0.5)	1.3	13 万トン
b	最小: 平均層厚 1 cm		0.3 (0.1)	0.3	3 万トン

* 手法: (1) Log [thickness (m)] vs. [area (m²)]^{1/2} の関係をもとに, 指数関数で近似して算出 (Bonadonna and Houghton, 2005 など). 最大層厚 (火口縁) は, a-b の線形近似による外挿から得られる切片値と仮定 (Maeno et al., 2014), (2) Log [mass per unit area (kg/m².)] vs. log [area (m²)] の関係から区間毎に積分して算出 (宝田・他, 2001 など).

** 体積-重量換算では, 堆積物密度 1000 kg/m³ を仮定している. 体積の項目の括弧内は DRE.

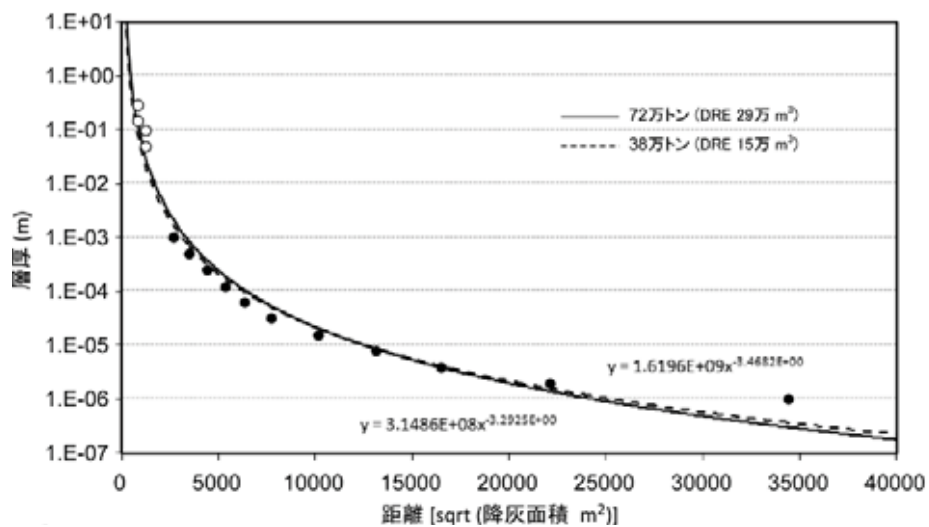


図 3 2014 年噴火による降下テフラの層厚と(面積)^{1/2} の関係および指数関数によるフィッティング．白丸は近傍で仮定した層厚．

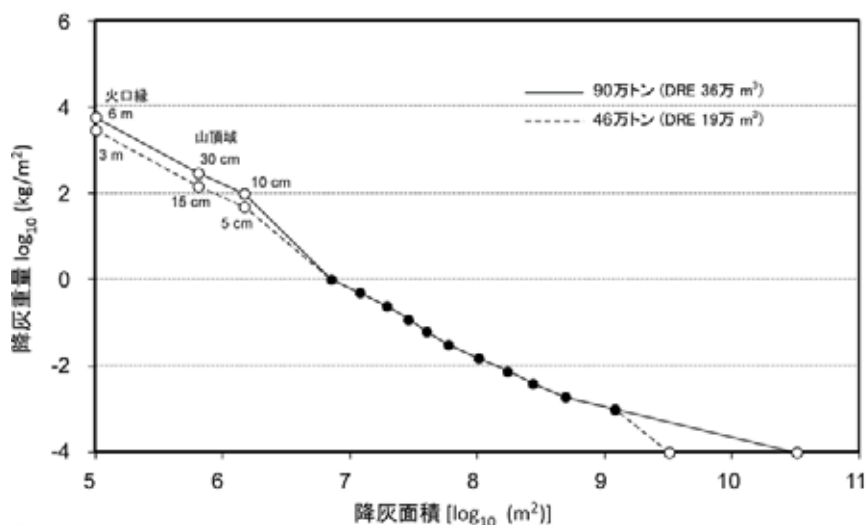


図 4 2014 年噴火による降下テフラ重量(単位面積あたり)と降灰面積の関係および区間積分の仮定．白丸は近傍および遠方で仮定した重量．

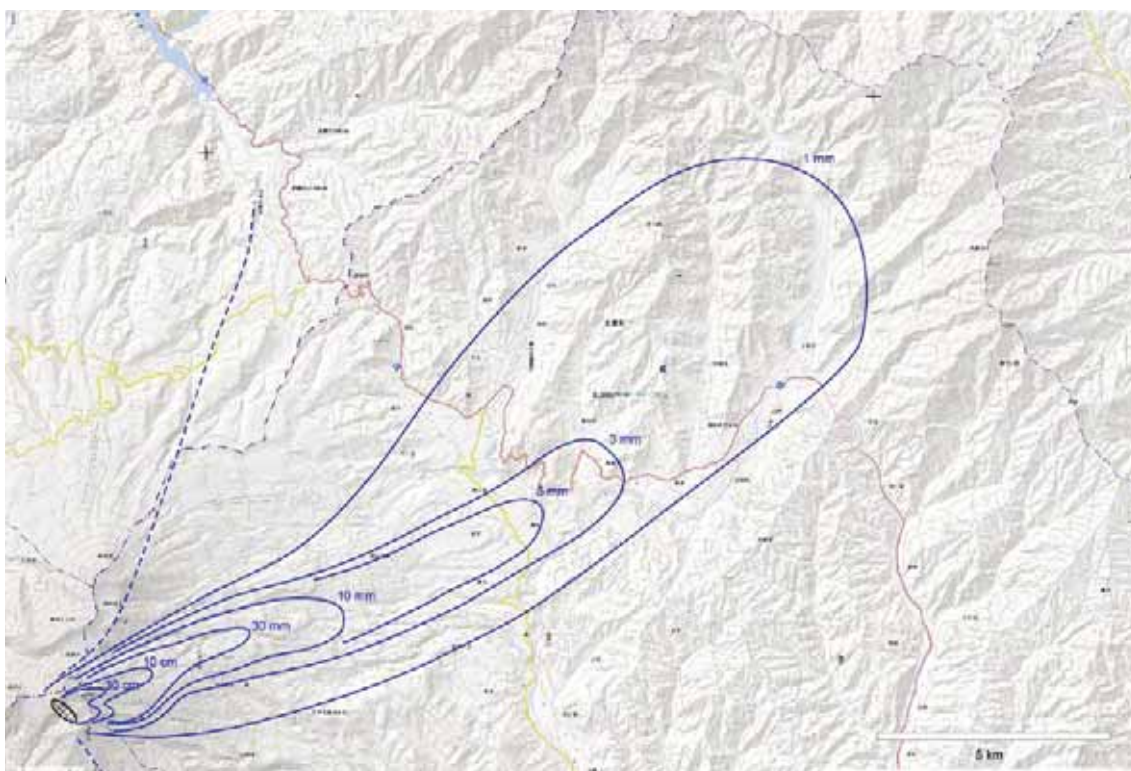


図 5 1979 年噴火の降下堆積物の等層厚線図. 小林 (1980) をもとに作成.

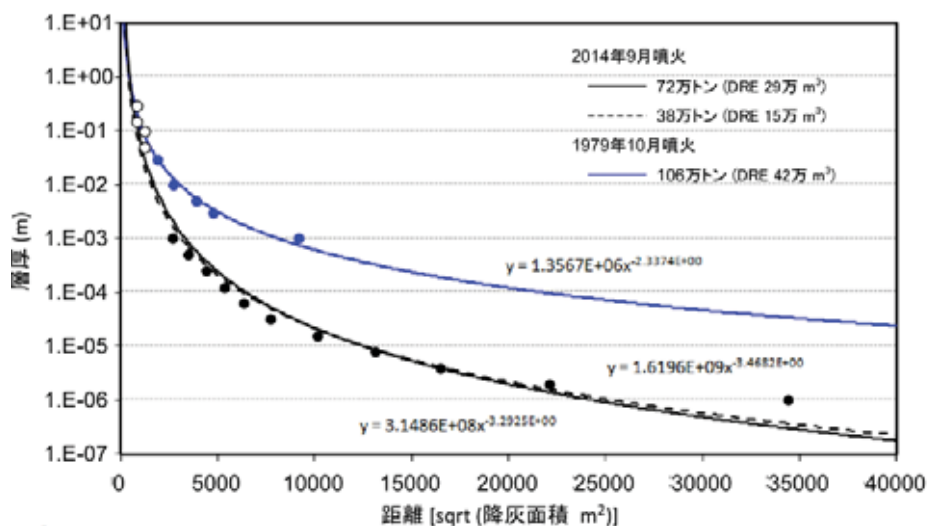


図 6 2014 年と 1979 年噴火の降灰層厚と(面積)^{1/2} の関係, および指数関数によるフィッティング. 白丸は, 仮定した 2014 年の火口近傍層厚.

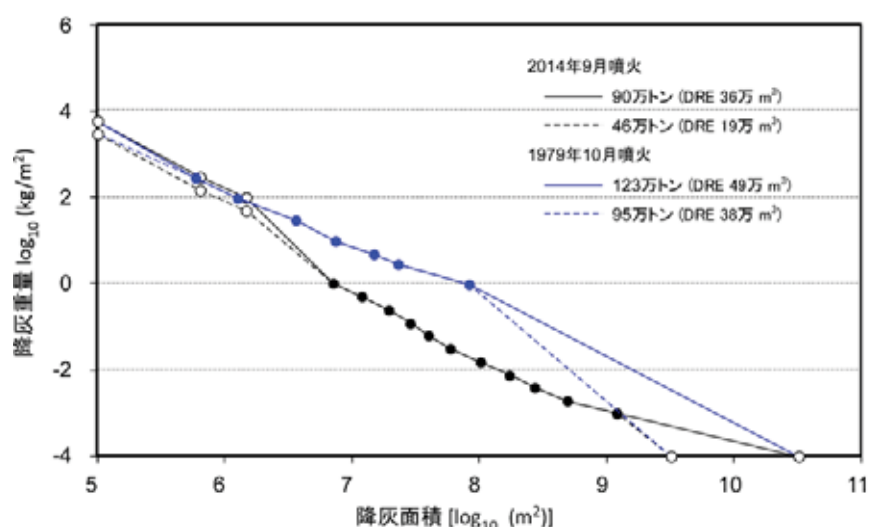


図 7 2014 年と 1979 年噴火の降灰重量と降灰面積の関係および区間積分の際の仮定. 白丸は, 仮定した 2014 年の火口近傍層厚.

参考文献:

- Bonadonna, C. and Houghton, B.F. (2005) Total grain-size distribution and volume of tephra-fall deposit. *Bull. Volcanol.*, 67, 441-456.
- 小林武彦 (1980) 御岳山 1979 年火山活動, 文部省特定研究「御岳山 1979 年火山活動および災害の調査研究報告」, 4-11.
- Maeno, F. et al. (2014) Constraining tephra dispersion and deposition from three subplinian explosions at Shinmoedake volcano, Kyushu, Japan, 2011. *Bull. Volcanol.*, 76, 823.
- 宝田晋治・他 (2001) 有珠火山 2000 年噴火の降灰と火口近傍の状況. 地調研報, 52, 167-179.

御嶽山 2014 年水蒸気噴火の空振解析結果

2014 年 9 月 27 日 11 時 52 分過ぎに、御嶽山で水蒸気噴火が発生した。空振の解析結果と他の観測情報を合わせて、噴火の初期過程について考察した。御嶽山には、気象庁の空振観測点が山頂から南東方向に約 2.5 km の田の原上(ONTA)と約 3.5 km の田の原(ONTN)にある (Fig.1)。V-NET 火山基盤観測網 (防災科学研究所) を通じてこのデータを取得し、解析に用いた。

噴火に伴う空振は非常に小さく、波形そのものとしては風のノイズのレベルを超えない(Fig.2ab)。しかし、両観測点での振幅変化の一致(Fig.1c)や、相互相関係数(Fig.2d)から、11:52 以降空振が来ていることが認識できる。風のノイズの少ない ONTN では、11:52:39 に空振の始まりが確認できる。

ONTA に対する ONTN の時間遅れ(Δt) の最も相関係数の大きい値を調べてみると Fig.3a のように、最初の 30 分で、2.38 秒から 2.42 秒まで増加し、その後は、2.42 秒から 2.44 秒あたりで変動していることが分かった。平面波伝播を考えると、ONTA→ONTN の方向に伝播するときに Δt が最大となり、その方向に対する角度(θ)が大きくなるにつれて小さくなる。噴火後に確認された新しい火口 (国土地理院) のうちの①～⑤(Fig.1)の場所を空振源と仮定して、位置と高度から、 Δt を推定した(Fig.3b)。伝播速度を 340 m/s (14°C相当) とすると○のようになり、333 m/s (2°C相当) とすると●のようになる。もし、これらの火口から直接波が来ているとすると、小さすぎる伝播速度を考えなければならず、もう少し θ の小さい方向から波が来ている可能性がある。空振の伝播が直線的ではなく、谷沿いを回り込んでくるなどの効果が考えられるが、2 点の観測データではこれ以上詳しく空振源を決めることができない。

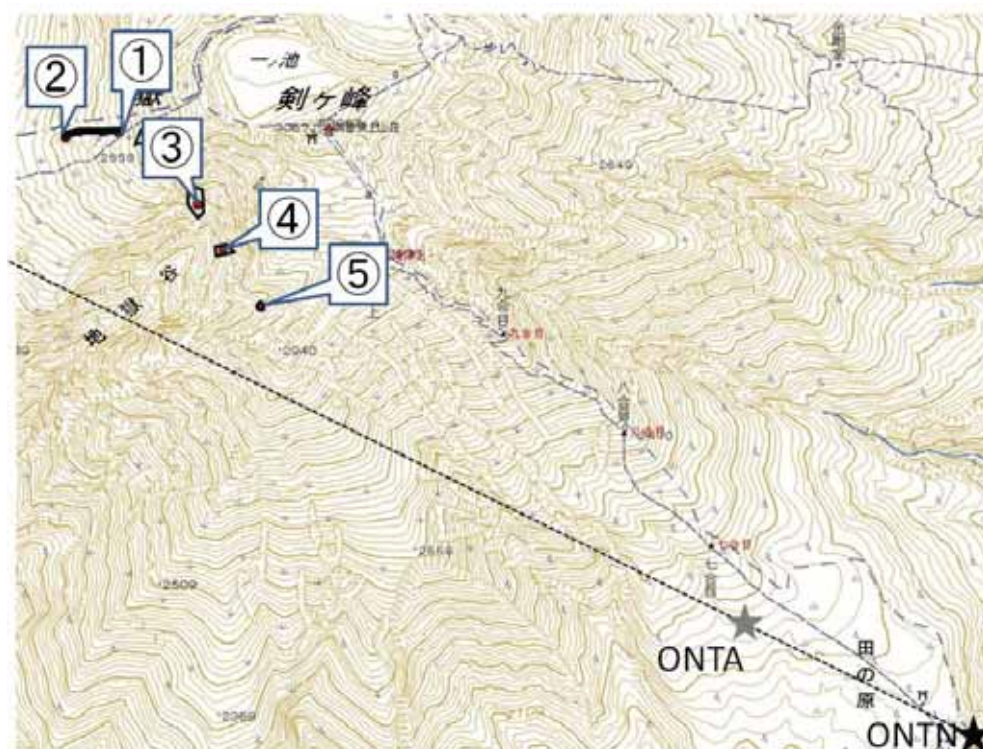


Fig.1 御嶽山の空振観測点 (気象庁) と新火口の位置 (国土地理院・抜粋)。①～⑤の位置について、空振源の可能性を検討した。

①～⑤の相対的な Δt の値を考慮すると、噴火は①から始まり、最初の 30 分で①から②へと火口列が形成されていったと考えられる。①から ONTN の空振伝播時間は、距離と音速から 10.5 程度と推定され、空振の始まりは 11:52:29 頃と、傾斜が山の膨張から収縮に転じる時刻（気象庁）ともよく一致する。噴石が山頂から東の方向に分布していることも、初期の爆発的な噴火が山頂に近い火口から発生したことを示唆している。

空振は、10/26 時頃まで、ほぼ連続的に発生し、その後は 10/7 現在までほとんど検出されていない(fig.4)。

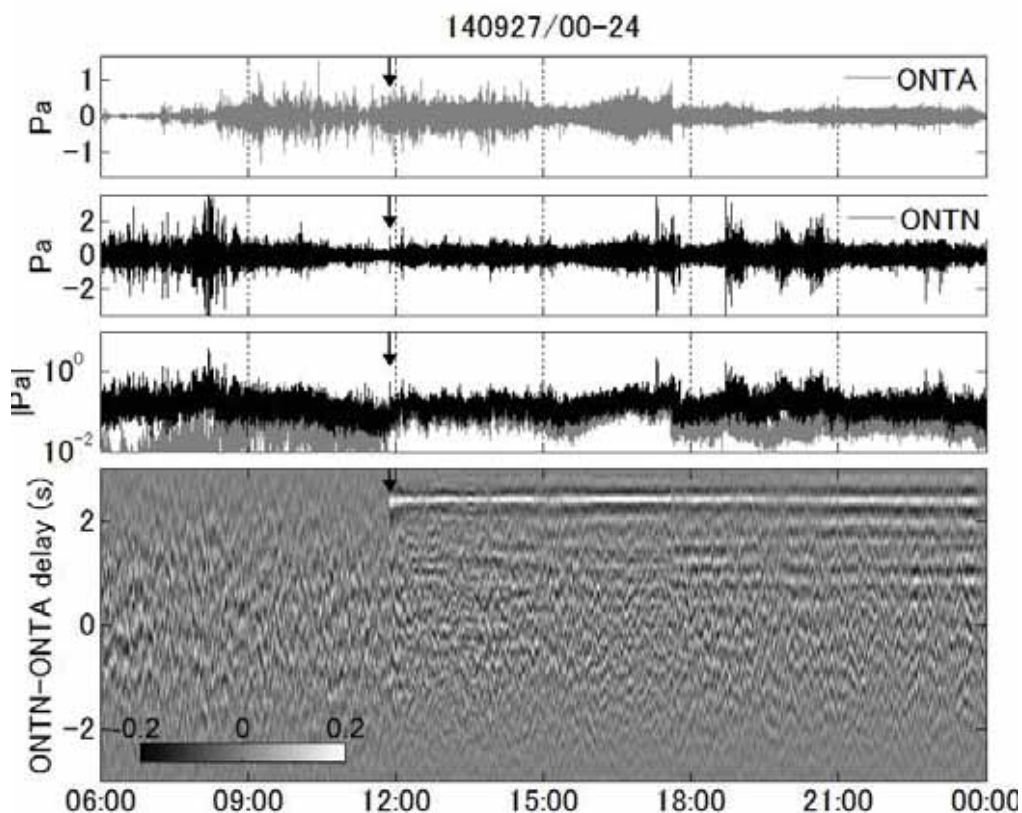


Fig.2 (a,b) 空振の観測波形(1-7 Hz) . (c)100 秒間の RMS 値. (d)ONTA に対する ONTN の相互相関係数.

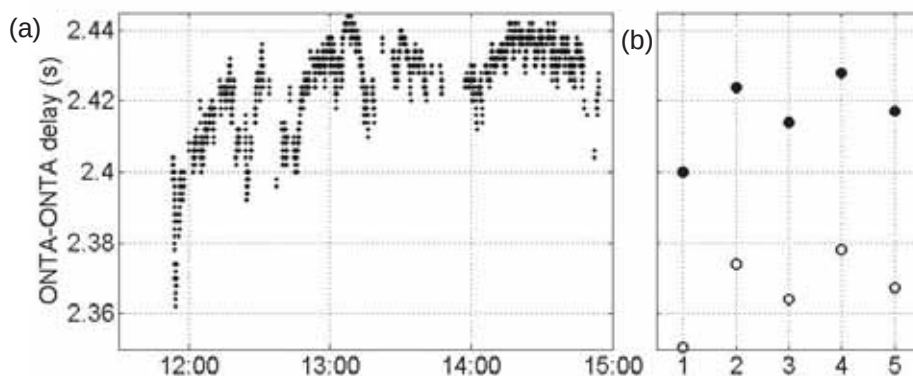
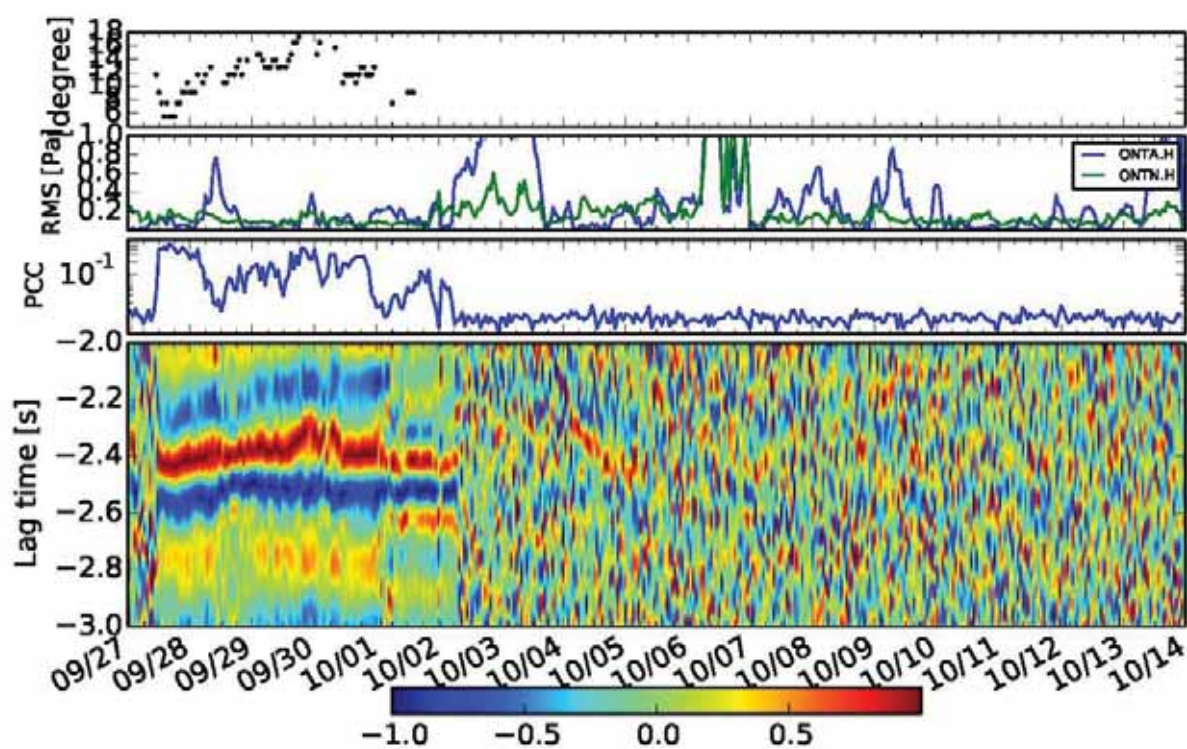


Fig.3 ONTA に対する ONTN の相互相関係数が最大となる時間遅れ(a)と、空振源を Fig.1 の①～⑤と仮定したときの推定値(b).



の方向をゼロとする．山頂新火口は、 10 ± 2 度)．(b)RMS 振幅変化．(c)位相相関係数最大値の変化．(d) 規格化された位相相関関数の時間変化．9/27 12 時前～10/2 6 時頃に、明瞭な空振が検出された．

噴火の推移比較と今後の展開について

1. 1979年噴火との推移比較

1979年噴火と今回の噴火の時系列を比較すると、(1)噴火の規模がほぼ同じであったこと、(2)火砕サージ噴火が最大の水蒸気爆発に先行したこと、(3)本質物質(マグマ物質)が確認できていないことが共通して認められた。両者は、これまでのところ、噴火進行のタイムスケールや噴煙高度は異なるものの類似した展開をした噴火であったことが分かる。

表1 2014年噴火と1979年噴火の推移比較

2014年噴火	1979年噴火
9/27 11:52? 火砕流(サージ)噴火開始。<u>ゴーという音とともに火砕サージが山頂低部に迫った。灰に包まれた人は熱を感じた。サージは11:53~58頃まで南西谷へ流下。直後?に火口から泥流。</u> 11:52? <u>水蒸気爆発が続けて2回発生。火山雷を伴う。多くの噴石が山頂部に落下(20分以上継続)。</u> - 北東では雷音が聞こえてしばらくして泥雨。続いて乾いた火山灰が降下した。 12:10~20 噴煙高度~7000m(気象レーダ)。 15時~18時 噴煙高度~2000m。 - 夕方には降灰が広範囲に。火山性微動は夜半まで続く。 9/28 火山性微動は14~16時頃継続。 - 降灰は29日午前中続く。 29日19時~30日01時、および06時~10/1朝まで弱い火山性微動が継続。	10/28 05:20 爆音を伴わず白煙が上昇し6時頃(?)には有色噴煙に。WNW-ESE火口群が開口。熱水流出? 8時半頃活発化。9時に噴煙高度1000m。山頂小屋は火山灰に覆われる。 10時頃から噴煙柱から<u>粉体流が地獄谷に繰返し流下。</u> 11時 噴煙高度1800m。 14時頃に最盛期。噴煙高度3000m。コックステールジェットを伴う激しい水蒸気爆発。山頂部に噴石(径1m程)が落下し山小屋・神社を破壊。豆石が降下。 15時~17時頃 北東・東側で降灰盛ん。 - 夕刻には噴火活動は衰えだす。 10/29朝 北西の主火口からの噴煙活動は衰え。南西側小火口がやや活発化。火口から繰返し泥水流下。 10/31 白煙。

参考文献

- 小林武彦(1980)御岳山1979年火山活動。文部省特定研究「御岳山979年火山活動および災害の調査研究報告」, 4-11。
- 小林武彦(1980)1979年御岳山火山活動。地球科学, 33巻6号。
- 曾屋龍典・近藤善教・下坂康哉(1980)御岳山1979年噴火。地質ニュース, 306号, 6-12。

2. 火山灰について

9月27日*, 29日**, 10月1日*, 2日***に採取した火山灰を顕微鏡下で調べたが、これまでマグマ物質と思われるものは確認できていない。火山灰中には、噴火当初は強く熱水変質した粒子がほとんどを占めたものが、時間とともに、変質度の低い黒色の溶岩片粒子の量が増加した。10月1日以降に採取した火山灰には、結晶片や岩片を核にした、溶けたイオウ化合物の液滴と思われる粒子が極微量含まれ始めた(写真)。このような推移は、変質度高い地表付近から、次第に変質度の低い深部や周囲の岩石に破壊が進むとともに、熱水溜まりが「鍋の空焚き」状態になった可能性を示している。(* 地震研, ** 国際航業坂上雅之氏, *** 日本工営田島靖久氏がそれぞれ採取)



写真 10月1日の火山灰に含まれるイオウ化合物と思われる液滴

3. 今後の展開について

今後の展開を考える上で、他火山で水蒸気噴火からマグマ噴火に移行した例を表2に示した。水蒸気噴火からマグマ噴火に移行した3つの噴火例では、共通して、再噴火以降にマグマ物質を伴い始め、同時に、山体膨張を示す地殻変動が観測されている。

表2 水蒸気噴火からマグマ噴火に至ったいくつかの過去の噴火例

○マグマ噴火に至った例

- ・ **青賢岳1990-95年噴火**
1990年11月19日水蒸気爆発。
1991年2月12日再噴火。その後断続的水蒸気爆発。
1991年5月20日マグマ噴火(溶岩ドーム出現)
2月12日火山灰にマグマ物質が微量に含まれ、時間とともに、その量とサイズが増加(Watanabe et al., 1999など)。
噴火前の水準測量やGPS測量結果からは、1991年初頭までに山頂部の膨張が続いた(Nishi et al., 1999など)。
- ・ **新燃岳2008～2011年噴火**
2008年8月21日水蒸気爆発。
2010年3月30日再噴火。その後断続的に水蒸気爆発を7月中旬まで繰り返す。
2011年1月29日にマグマ水蒸気噴火(軽石が10%含まれる)。
2011年1月26日準プリニー式噴火。
2010年3月30日噴火火山灰にマグマ物質が微量含まれ始める(Suzuki et al., 2013)。
2009年12月からGPSで山体膨張が加速(Nakao et al., 2013など)。
- ・ **シナブン2010～14年噴火**
2010年8月30日水蒸気爆発。9月中旬まで水蒸気爆発を複数回繰り返す。
2013年9月15日再噴火。断続的に12月初めまで噴火。一部ブルカノ式噴火。
2013年12月22日午後に山頂に溶岩が出現。12月30日から火砕流噴火開始。
2013年11月11日からマグマ物質が微量に含まれ始める(Nakada et al., 2014)。
2013年7月頃からGPSによる山体膨張が確認され、11月以降加速(Iguchi et al., 2014)。

○マグマ噴火に至らなかった例

- ・ **九重山1995-96年噴火**
1995年10月11日水蒸気爆発。
1995年12月18日、1996年1月13日に水蒸気爆発。
12月および1月の火山灰には微量にマグマ物質が含まれた(中田ほか, 1996)。
火口を挟むGPS測線は数年間にわたり収縮が継続した(Nakabou et al., 2003)。

2014 年御嶽山噴火に伴う地震活動および地震波の解析

2014 年 9 月 27 日の御嶽山噴火に先行した地震活動の震源の詳細解析，噴火時に発生した超長周期（VLP）イベントの波形インバージョン解析，および御嶽山周辺の応力解析を行った．その結果，噴火前・噴火時に発生していた震源の方向と，噴火初期に発生した VLP イベントのインバージョンで得られた開口クラックの方向は，噴火時に形成された火口列の方向と一致すると考えてよいことが明らかになった．またこの方向は御嶽山周辺の応力場の最大主応力軸とは斜交している．

震源の詳細決定

2014 年 8 月末から噴火に至る時期に山頂直下で発生した地震活動の震源を，Double Difference 法（Zhang and Thurber, 2003）を適用して震源再決定を行った．震源は火口直下に集中し，N20° W に走行を持つほぼ垂直な長さ 500m の断面上に分布する．また SN 比の良い地震波形をテンプレート（参照波形群）として，matched filter 法（e.t. Shelly et al. 2007）を用いて波形データ中に隠れている地震の検出を試みた．その結果，A 型（VT 型）と B 型（LP 型）地震の活動度の変化を捉えることに成功し，A 型地震の活発化から 4 日程度遅れて B 型地震が活発化したことが明らかになった．（図 1～図 5）

噴火時 VLP イベントの発生機構

御嶽山山頂から東に 3 km 離れた広帯域地震計観測点（御嶽三岳）で VLP イベントが観測された．この記録と周辺の 3 つの短周期地震観測点（御嶽田の原・御嶽田の原上・濁河）の地震記録の 0.1-0.5Hz の信号を用いて波形インバージョン（Nakano and Kumagai, 2005）を行った．メカニズムとしては開口クラック・円筒・等方・シングルフォースの 4 種類を仮定したが，火口直下の深さ 1 km（± 1 km）における南北走向（±30°）の鉛直開口クラックが最も良く観測波形を説明できることが分かった．（図 6～図 9）

御嶽山域の応力場

御嶽山周辺域の応力場を，2012 年 4 月から 2014 年 7 月までに御嶽山周辺で発生した地震の定常処理で得られた発震機構解（約 550 個）を用いて CMT インバージョン（Terakawa and Matsu'ura, 2008）によって推定した．その結果を上記の地震群や開口クラックの走行と比較すると，最大圧縮軸の向きよりは最大剪断面の方向に近いことがわかった．

謝辞

気象庁（田の原・田の原上），長野県（御嶽三岳）のデータを使用しました．

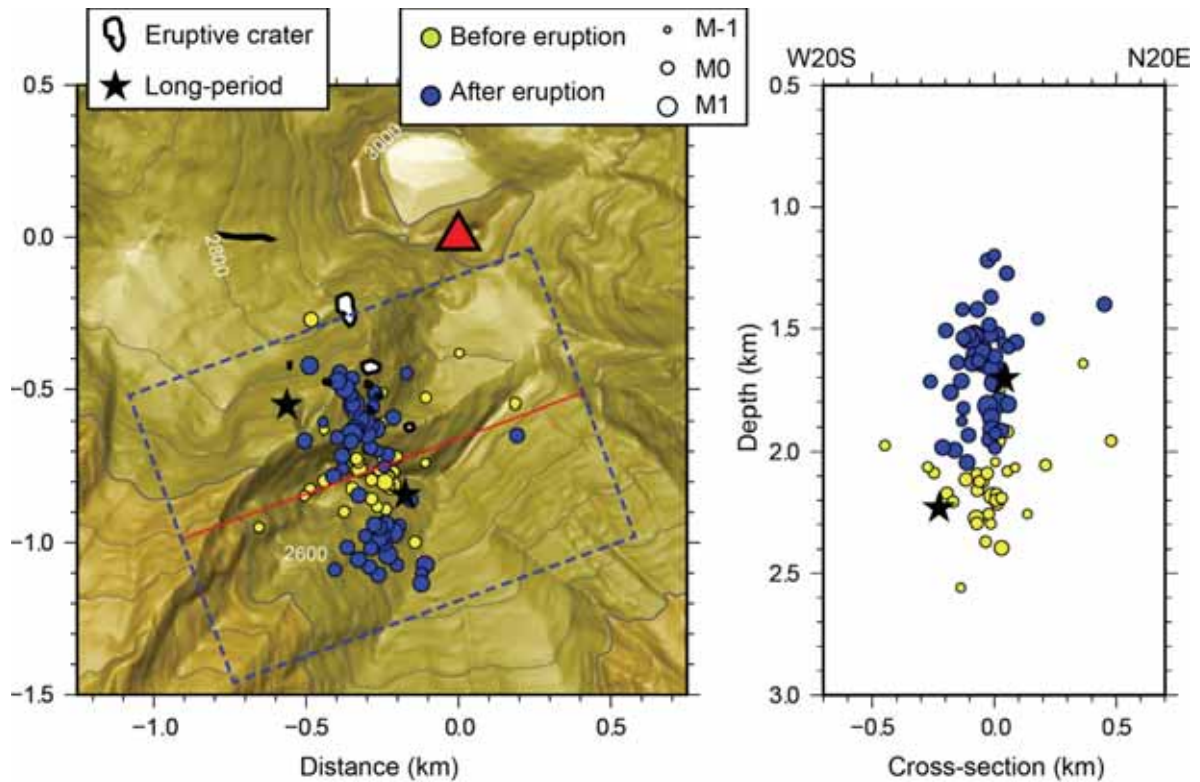


図 1 : Double-Difference 法で決定した震源の分布. 黄色の丸は噴火前に発生した地震の震源. 青丸は噴火開始後に発生した地震の震源.

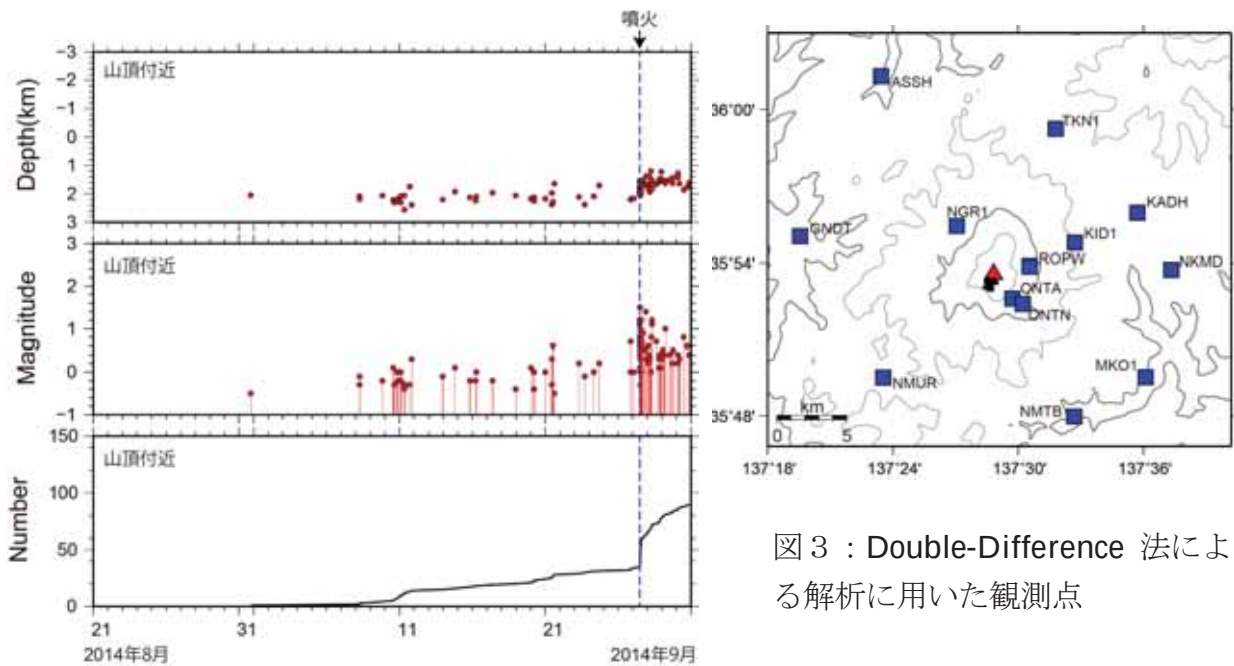


図 3 : Double-Difference 法による解析に用いた観測点

図 2 : の深さ・マグニチュード・累積個数の時間変化.

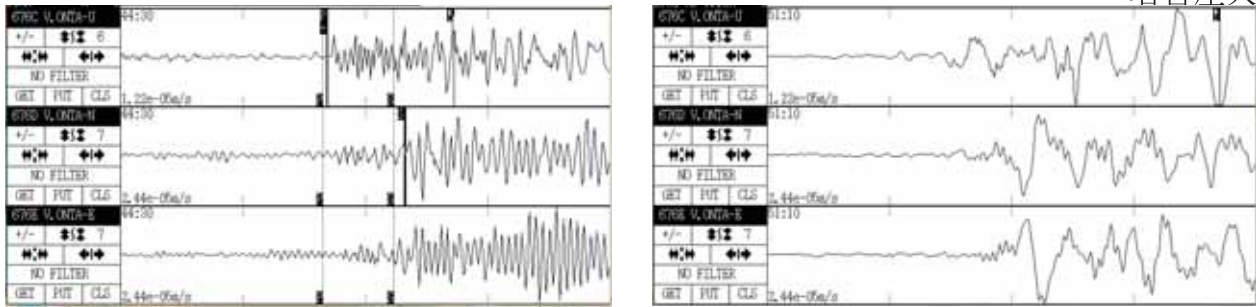


図 4：御嶽山直下で発生した A 型（VT 型）地震と、B 型（LP 型）地震の波形例（気象庁田の原上観測点）。左は 2014 年 8 月 31 日 19:44 頃地震、右は 2014 年 9 月 16 日 5:51 頃地震。

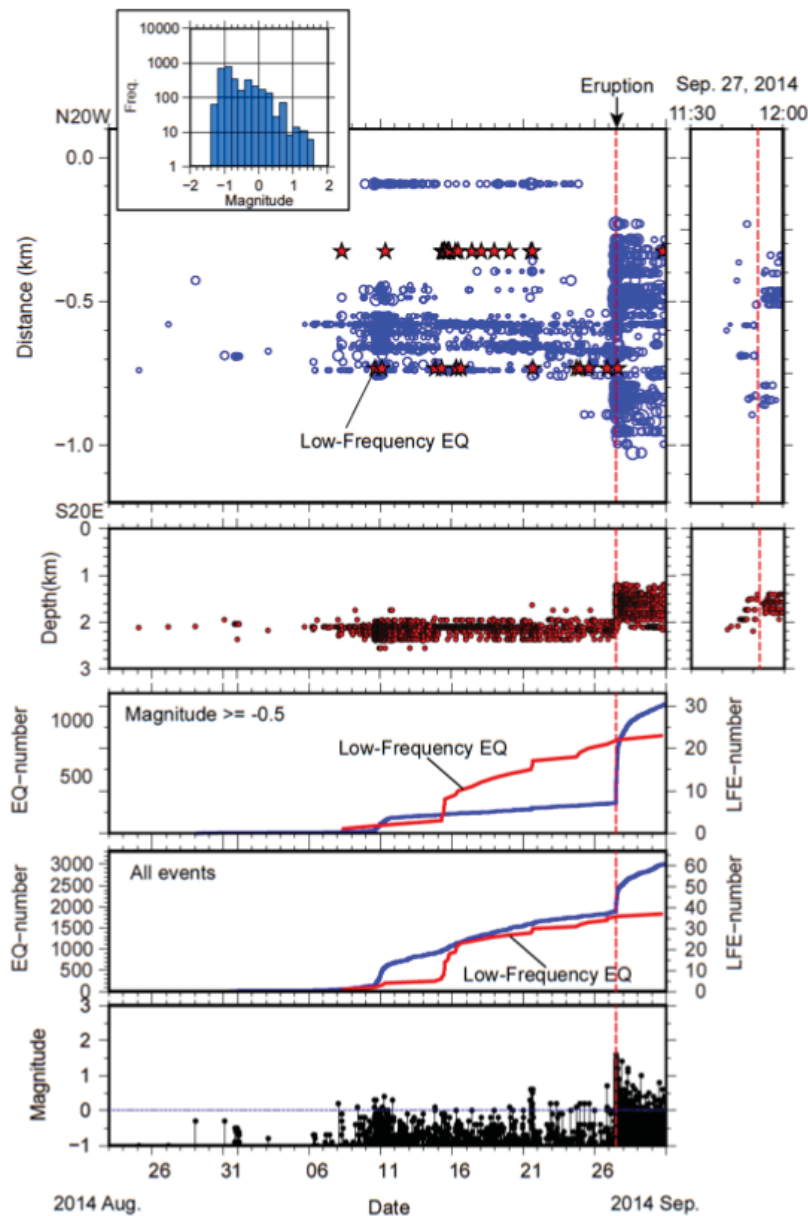


図 5：Matched Filter 法によって解析した地震活動の時間変化。上段は $N20^{\circ}W$ 方向の震源位置の変化。中段は A 型地震（青）と B 型地震（赤）の累積地震回数。下段は発生した地震のマグニチュード。

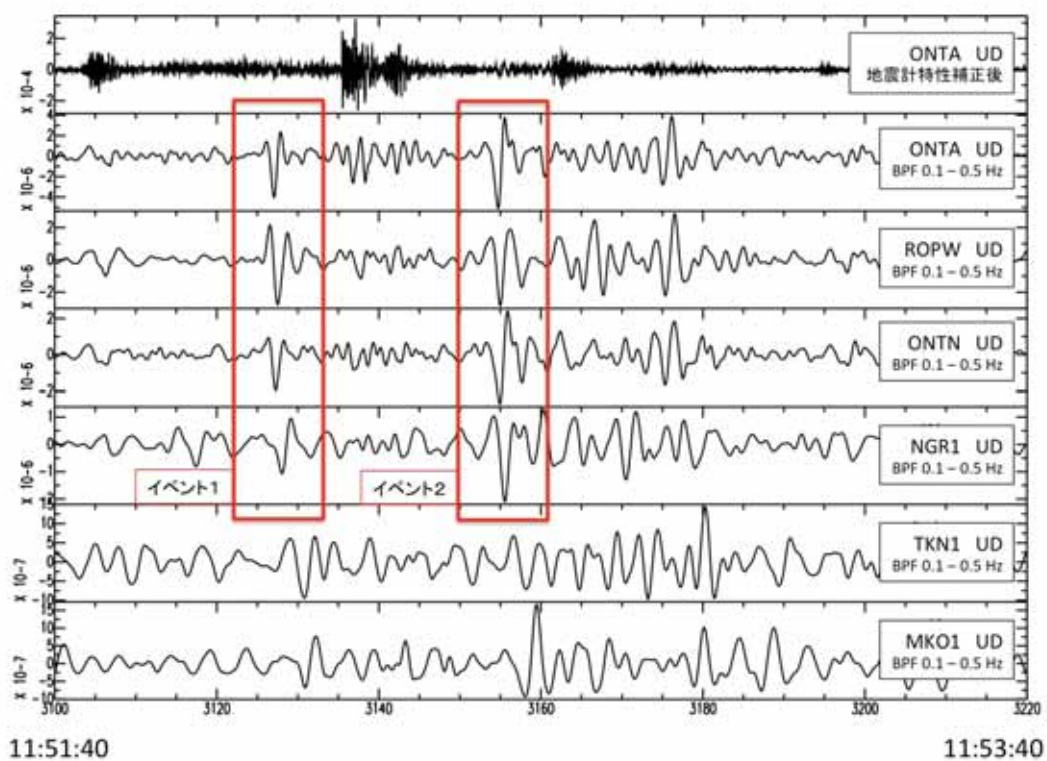


図6 噴火時の微動に含まれる超長周期 (VLP) イベント. イベント1と2を解析した. 観測点コードは図3を参照のこと.

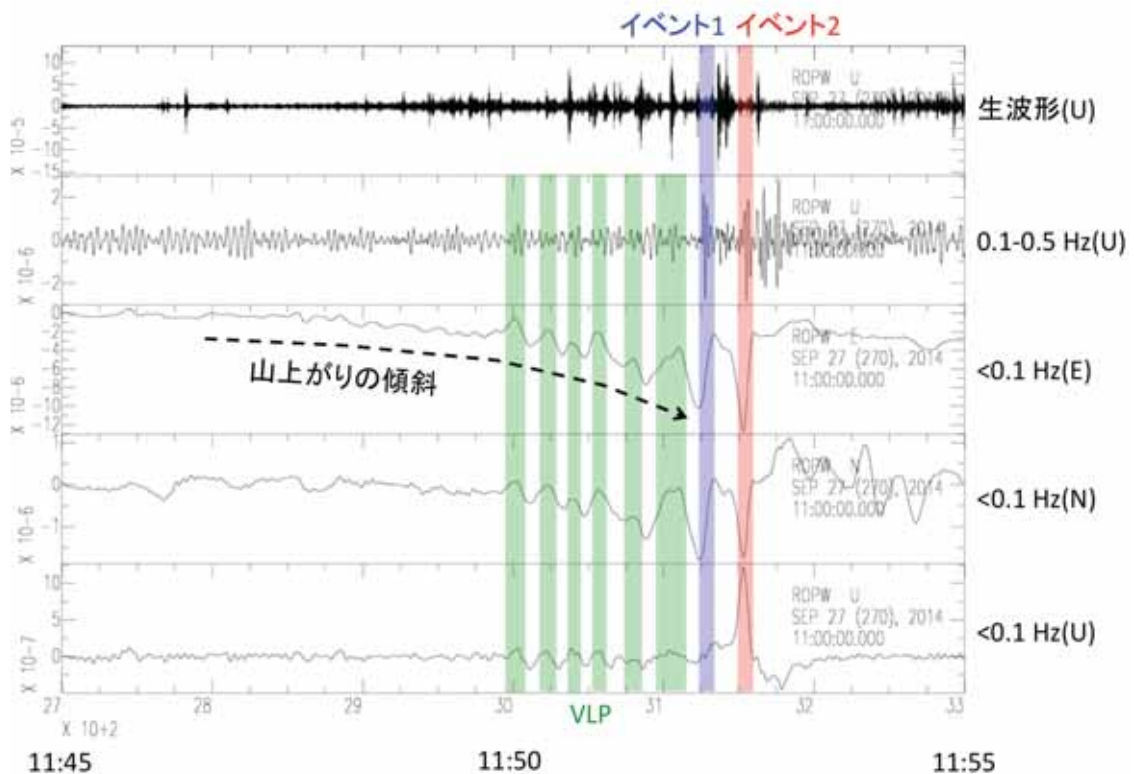


図7 御嶽三岳 (ROPW) の広帯域地震計記録を 0.1Hz でローパスフィルタをかけたもの. 西上がり (山上がり) の傾斜変化を確認できる. 解析した2つの VLP イベントの位置も示した.

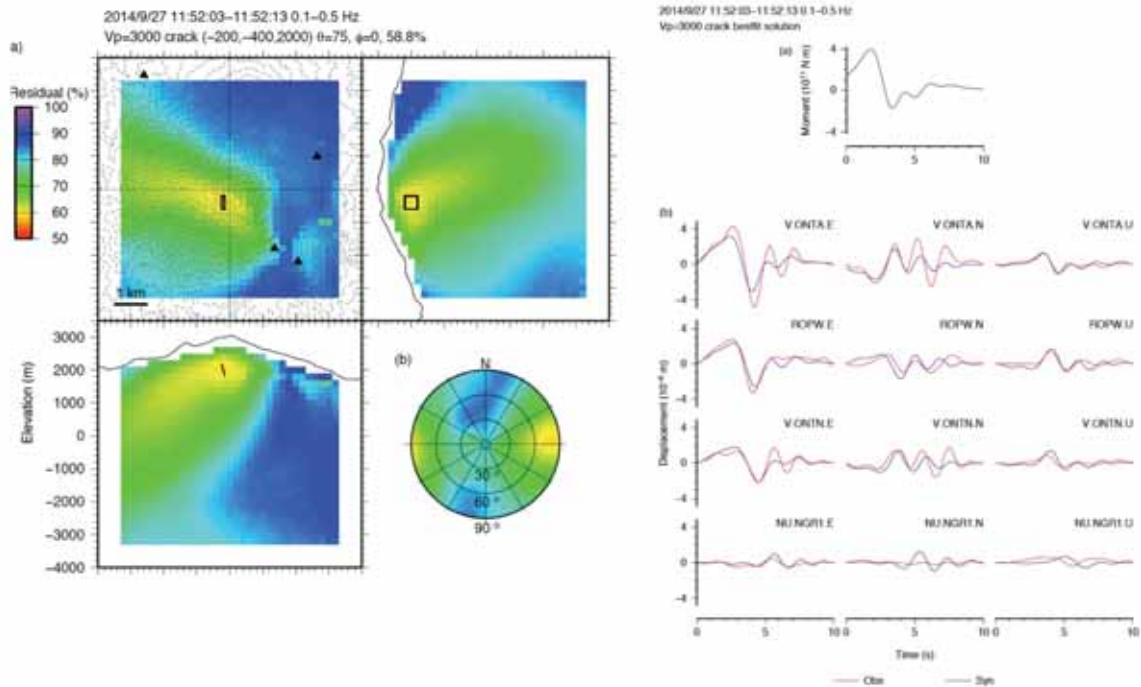


図8 イベント1の波形インバージョン結果（暫定）．左図(a)残差の空間分布および推定された開口クラック．(b)残差のクラック方位依存性（法線ベクトルの上半球投影）．右図：(a) モーメント（開口を正とする）．(b)観測波形と計算波形との比較．

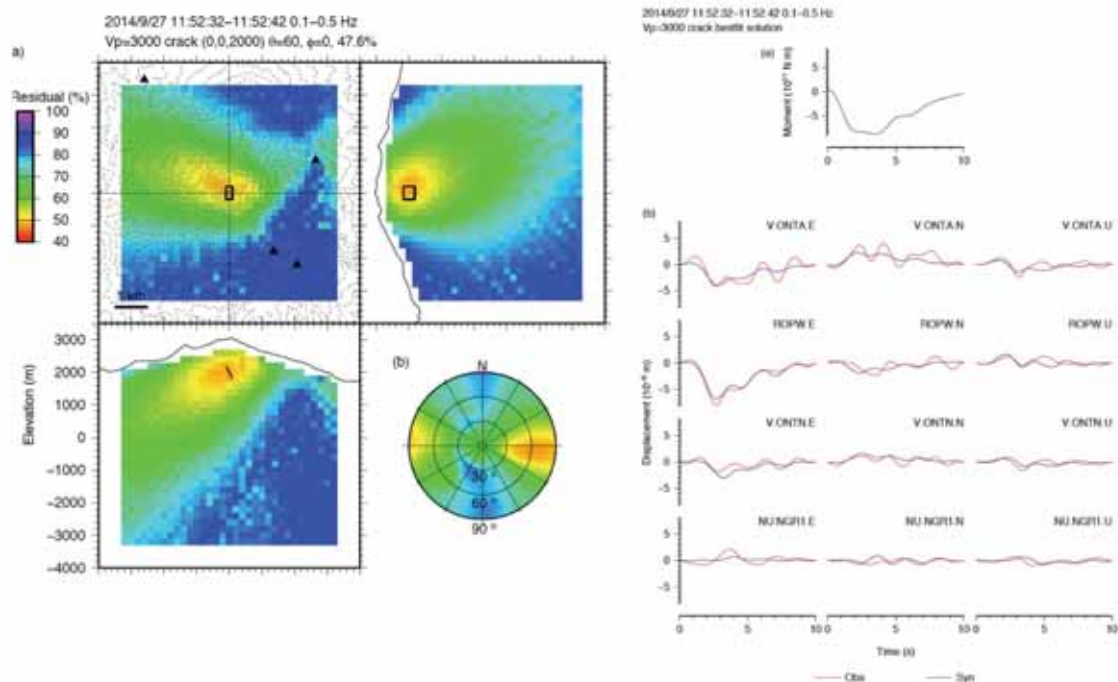


図9 イベント2の波形インバージョン結果（暫定）．左図(a)残差の空間分布および推定された開口クラック．(b)残差のクラック方位依存性（法線ベクトルの上半球投影）．右図：(a) モーメント（開口を正とする）．(b)観測波形と計算波形との比較．

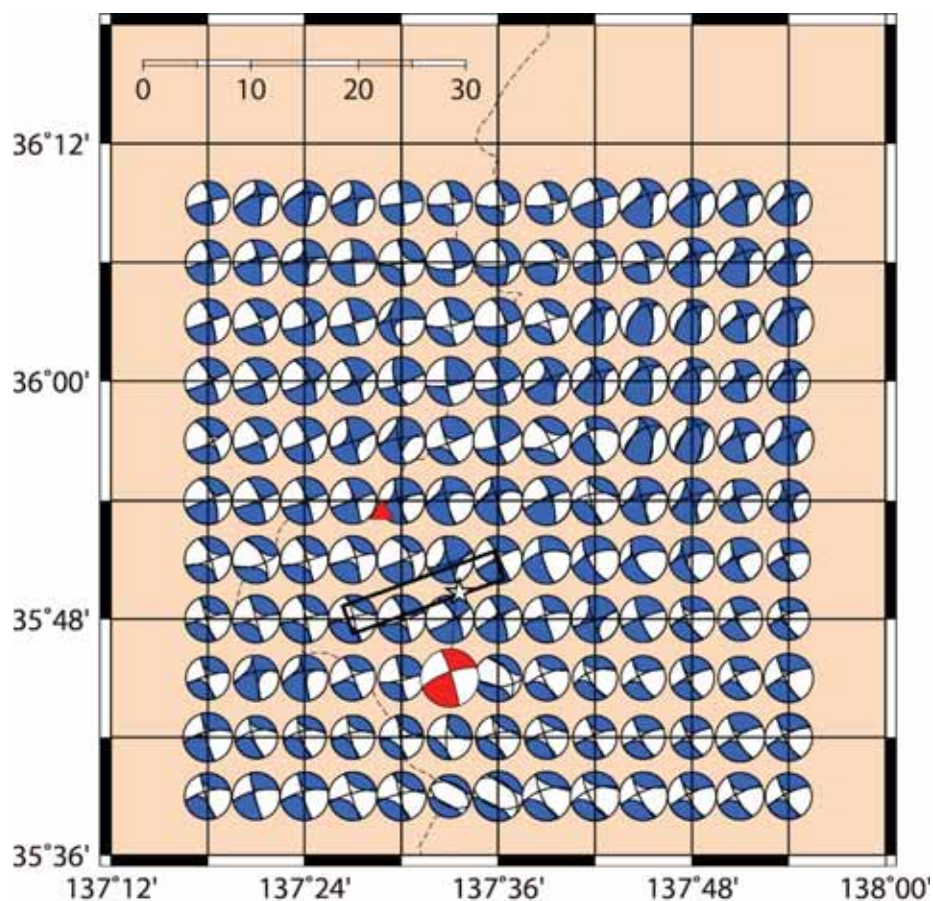


図 10 名古屋大学の定常処理によって得られた 536 個 (2012.5~2014.7) の震源メカニズム解を用い, CMT データインバージョン法によって得た御嶽地域の応力場. 赤▲が御嶽山頂の位置. 矩形と赤く示した震源メカニズムは 1984 年長野県西部地震 (M6.8) の震源断層とメカニズム.

名古屋大学の定常処理による御嶽とその周辺で発生した地震の震源分布

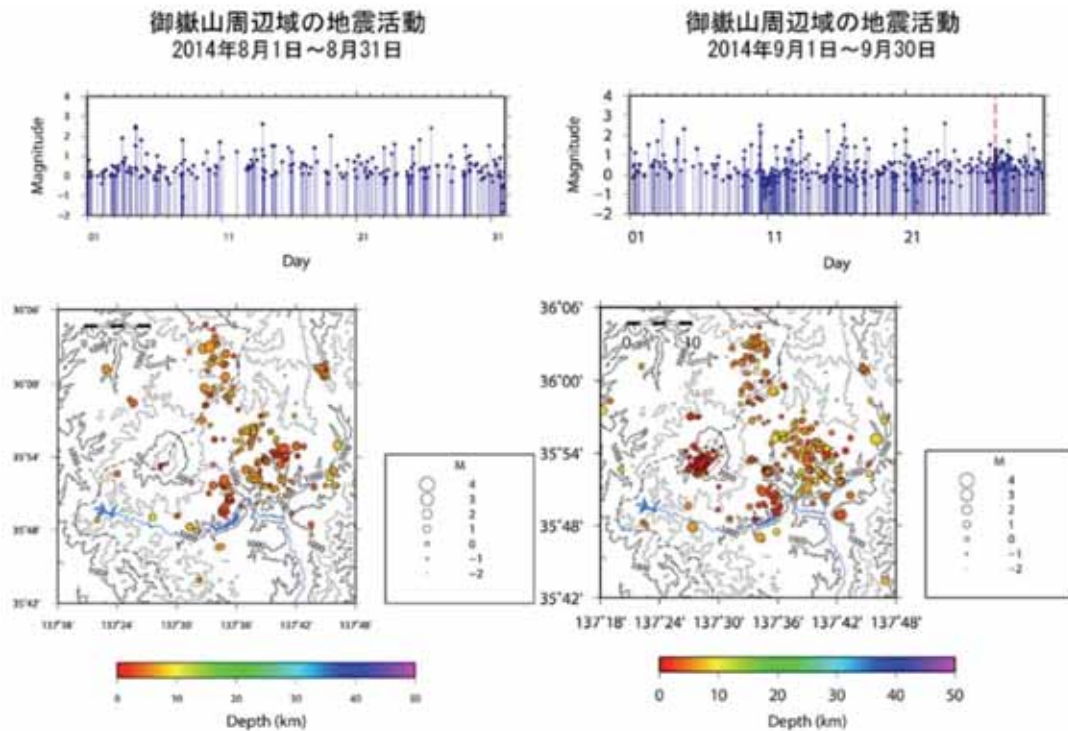


図 11 御嶽周辺域における 2014 年 8 月と 9 月の地震活動（震源と活動と
の変化）

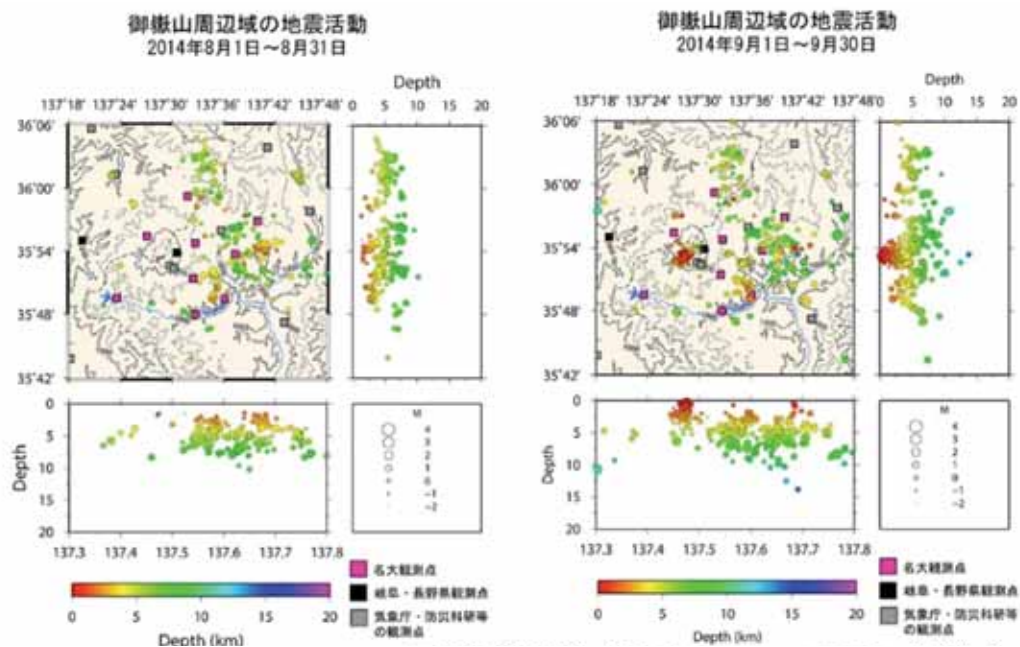
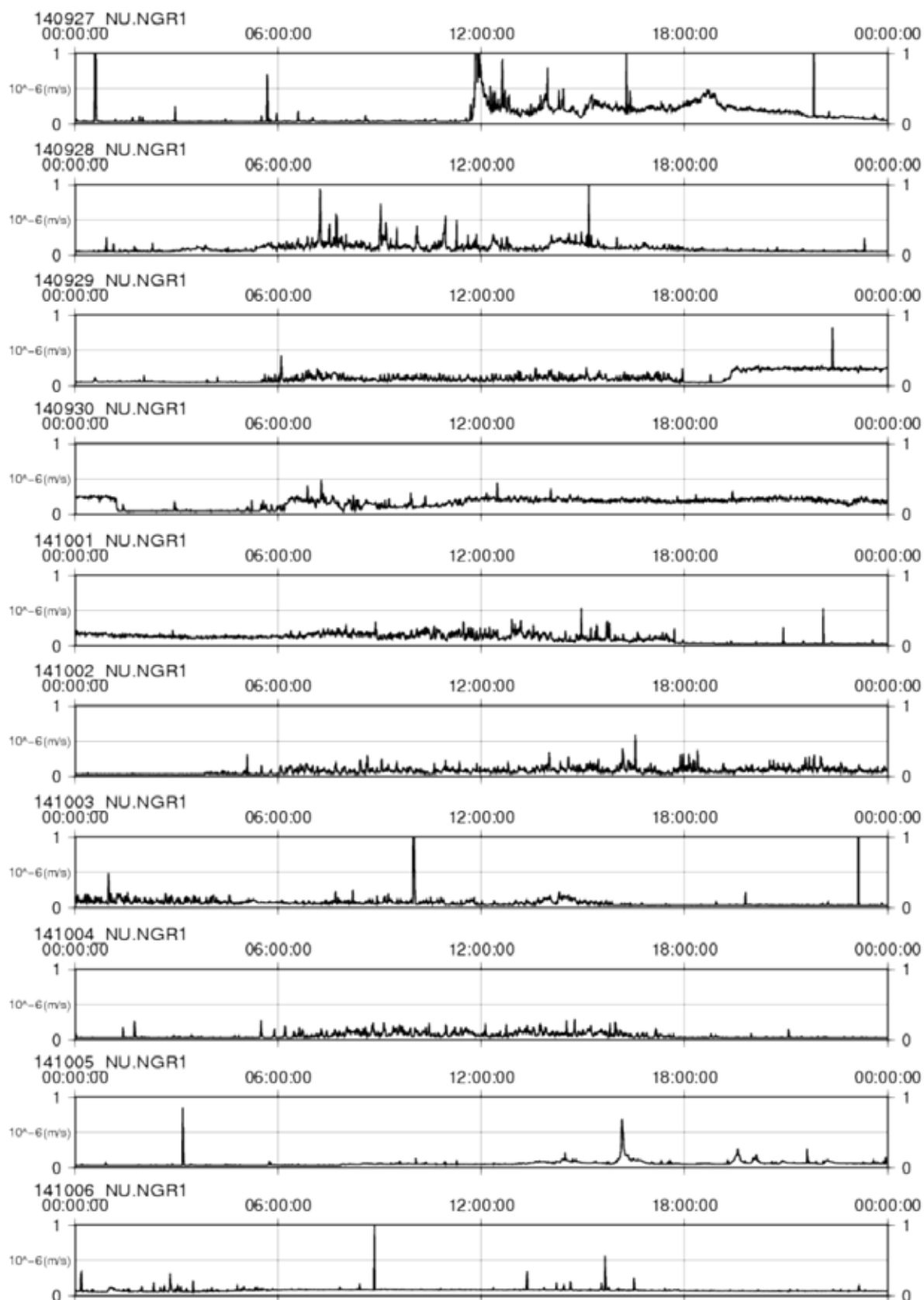


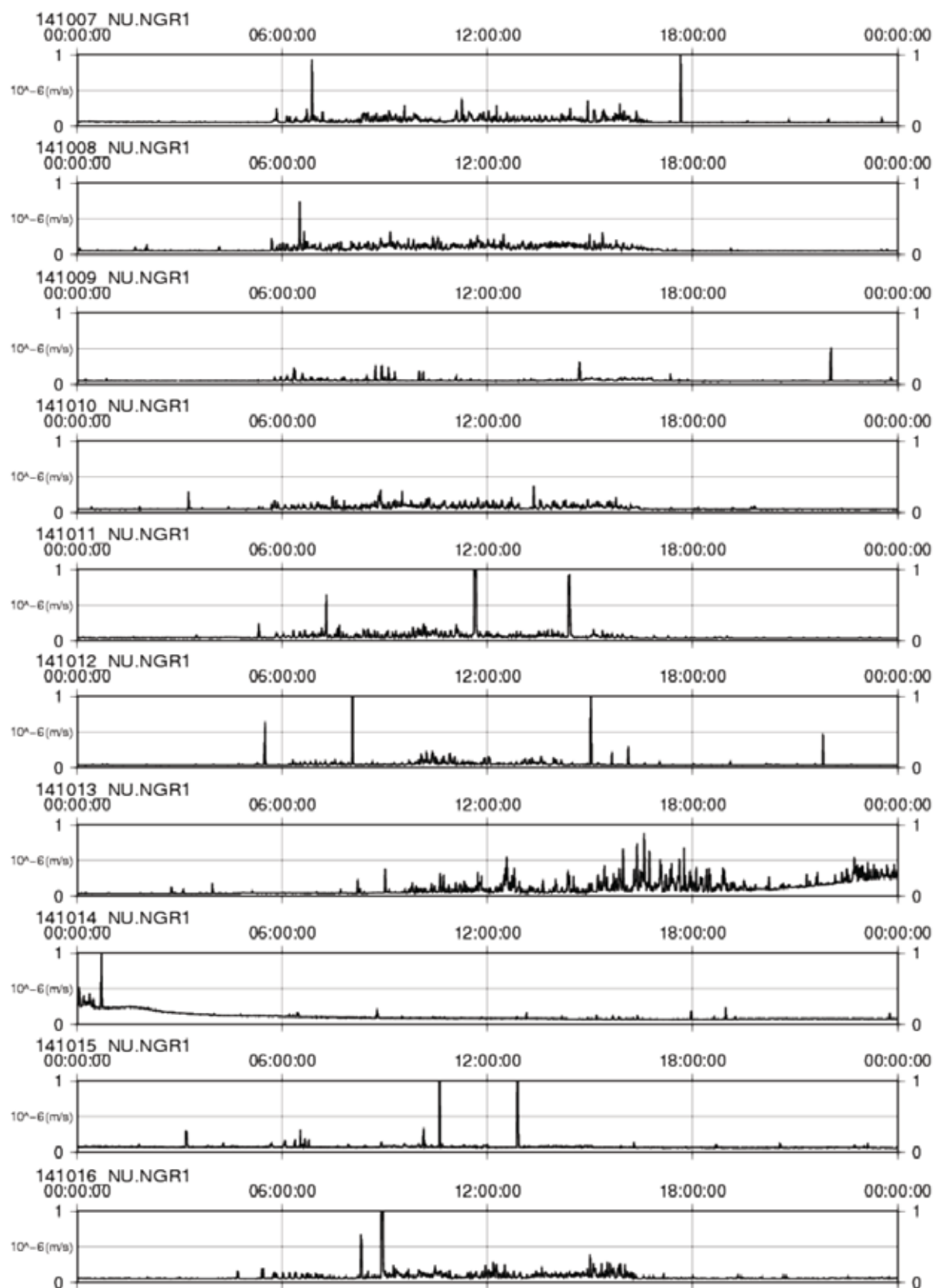
図 12 御嶽周辺域における 2014 年 8 月と 9 月の地震活動（震源と断面図）

名古屋大学濁河（NGR）観測点の地震計震動記録（1 分毎の RMS 震幅）

2014.9.27 – 10.06



2014.10.7 - 10.16



Hi-net/F-netに記録された2014年9月27日 御嶽山噴火の記録

防災科学技術研究所では、日本全国での地震発生状況を俯瞰するため、日本全国を4ブロックに分けて、Hi-net/F-netの記録を画像化している。この画像において、2014年9月27日に発生した御嶽山噴火に伴う震動や火山性微動が捉えられていたので紹介する。

図1には、噴火当日の11～12時のHi-net（短周期地震計上下動成分）の記録を示した。トレースの観測点配置が、御嶽山を中心に描かれていないので分かりづらいが、噴火に伴う震動や火山性微動が複数点で記録されている。

図2には、2014年9月27日～10月2日までのF-net金山観測点で得られた地震波形（上下動成分、帯域10～100秒）のスペクトル図を示した。噴火前(9/25～9/26)には、スペクトル振幅のピークは0.2Hzより高い帯域にあったが、噴火直前からピークが0.1～0.2Hzに延びていることが分かった。但し金山観測点と御嶽山の距離は約33kmと離れているので、必ずしも火山活動に関連しているかどうかは不明である。

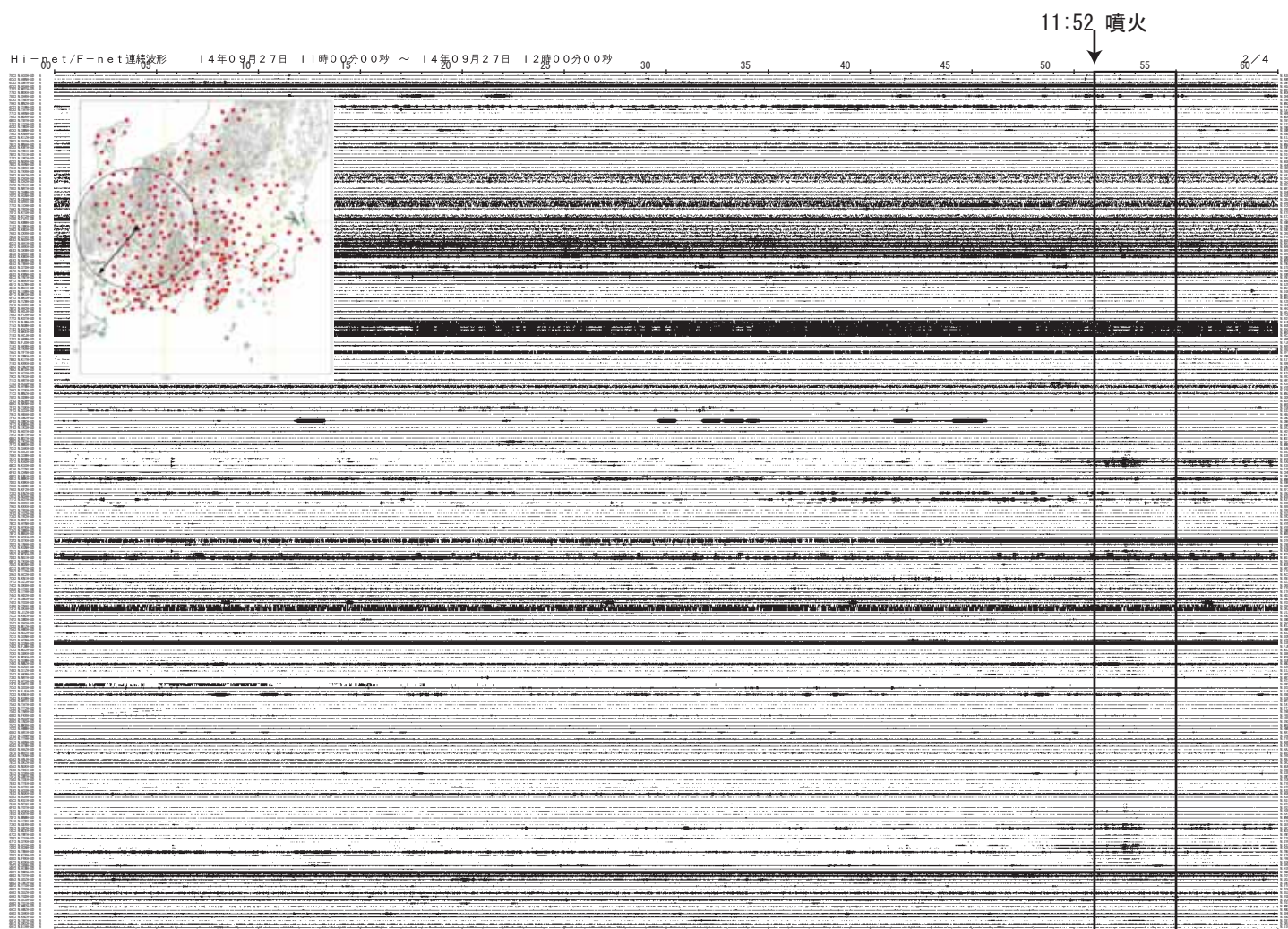
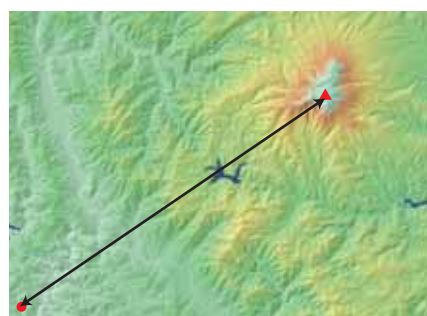


図1 2014年9月27日11～12時のトレース
(左上)トレース記録作成に用いられた観測点(●)、御嶽山(▲)

御嶽山



御嶽山とF-net金山観測点の
距離は約33km

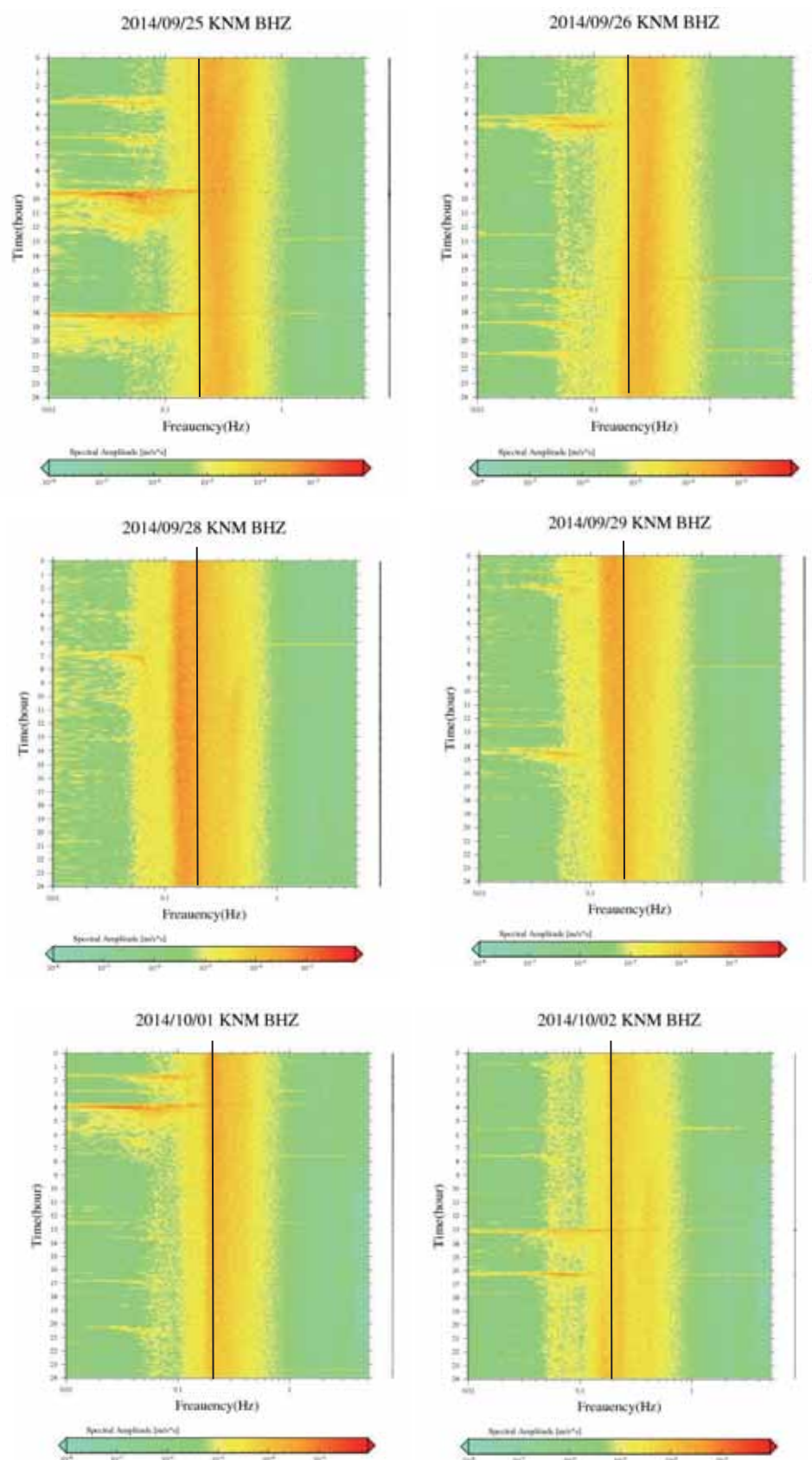


図2 2014年9月25日～10月2日までのF-net金山観測点で得られた地震波形スペクトル図

御嶽山周辺にて 2014 年 9 月 30 日に採取した火山灰試料について

御嶽山 2014 年 9 月 30 日に火山灰堆積物の分布調査及び試料採取を行った。この火山灰堆積物はほとんどが 2014 年 9 月 27 日の噴火によるものである。火山灰分布調査は御嶽山火口の東側について行い、火山灰堆積物は火口から約 6km の木曽町開田高原から約 30km の木祖村まで確認できた。また、開田高原では泥雨に特徴的な堆積物が見られた。試料採取は 8 つの箇所で行い、0.1g から 112g の火山灰試料を得た(図 1)。得られた火山灰試料について、以下の肉眼及び実体顕微鏡観察を行った。

○肉眼的特徴

火山灰は全体的に灰色を呈し(図 2)、細粒である。

○顕微鏡観察

代表的な試料として開田高原(火口から約 6km)にて採取された火山灰を用いた。超音波洗浄を行った後、直径約 250–500 μm の火山灰粒子について、実体顕微鏡を用いて観察した。また、代表的な粒子に関して電子顕微鏡観察を行った。その結果以下のような粒子が識別された。

1. 変質岩片

白色～黒色を呈し、珪化や二次的鉱物が多量に生じた岩石片で、黄鉄鉱と考えられる金色の不透明鉱物を含む場合がある。粒子形態はブロック状～不定形であり、角が丸くなっているものが多い。時折、光沢を示す粒子があるものの、ほぼすべてについて白い二次鉱物や黄鉄鉱が表面に付着している。空隙を埋める白い二次鉱物がしばしば観察される(図 3a)。

2. 半透明ガラス質岩片

くすんだ灰色を呈する半透明なガラス質岩片である。変質岩片に比べると透明感があるが、表面に光沢がなくくすんでいるため、変質したガラスだと考えられる。粒子形態はブロック状であり、角が立っているものも含む。ガラス表面に大量のエッチピットが形成されている(図 3b)。

3. 遊離結晶

少なくとも斜長石、黄鉄鉱を含む。

各粒子の個数を実体顕微鏡下で計数し、その個数割合を調べた結果、変質岩片(約 92%)、半透明ガラス質岩片(約 6%)、遊離結晶(約 2%)であった。

○X 線回折実験

粘土分を構成する鉱物を明らかにするため、粉末 X 線回折実験を行なった(図 4)。不定位試料では黄鉄鉱・ミョウバン石・無水石膏・クリストバライト、トリディマイト、石英、長石(斜長石)等に由来するとみられるピークが検出された。水ひによって分離した細粒粒子による定方位試料の測定の結果では、さらに 7 Å および 14–15 Å の底面間隔をもつ粘土鉱物(おそらくカオリン鉱物とスメクタイト)が少量含まれることが分かった。このような鉱物組み合わせは酸性の熱水変質帯に由来すると考えると説明できる。

以上の特徴から酸性の熱水変質帯を構成していた既存物質が火山灰粒子の大部分を占めていると判断されるため、噴火は山頂下の熱水系で生じた水蒸気爆発であった可能性が高い。従って、御嶽山 2014 年 9 月 27 日噴火は水蒸気爆発であった可能性が高い。

謝辞：日本大学文理学部竹村貴人博士と植村杏太氏には電子顕微鏡と XRD の使用について御協力をいただいた。



図 1 試料採取地点

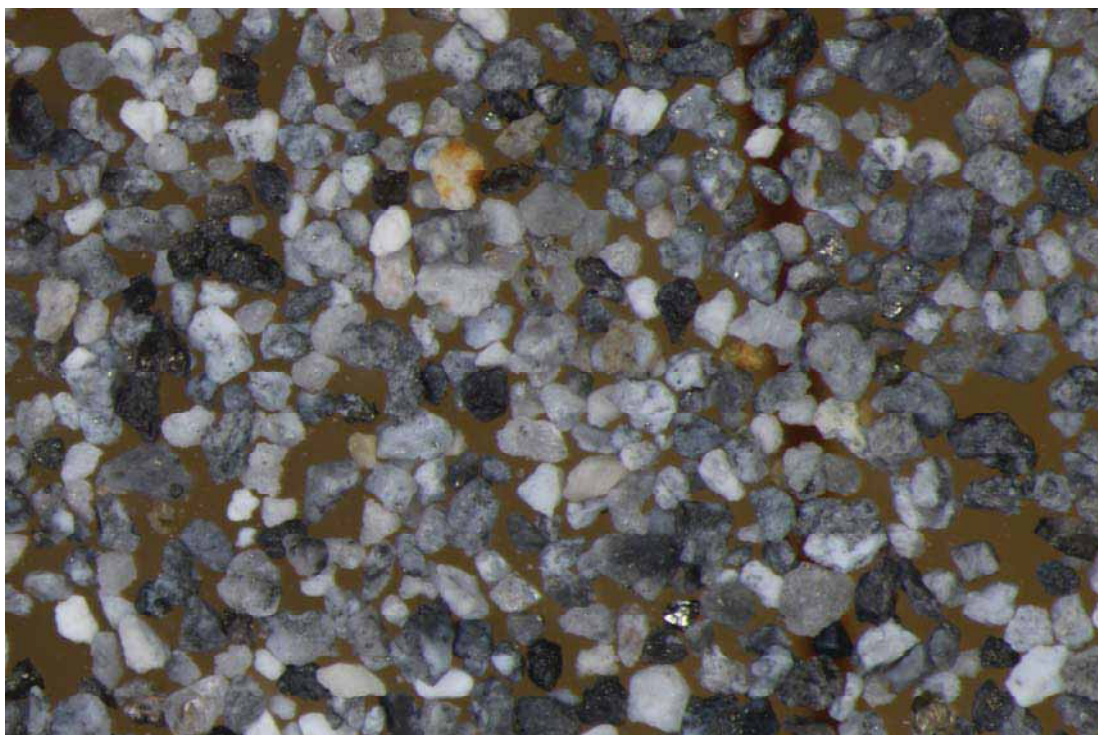


図 2 2014 年 9 月 30 日に採取した火山灰堆積物の顕微鏡写真
写真の横幅は約 7mm

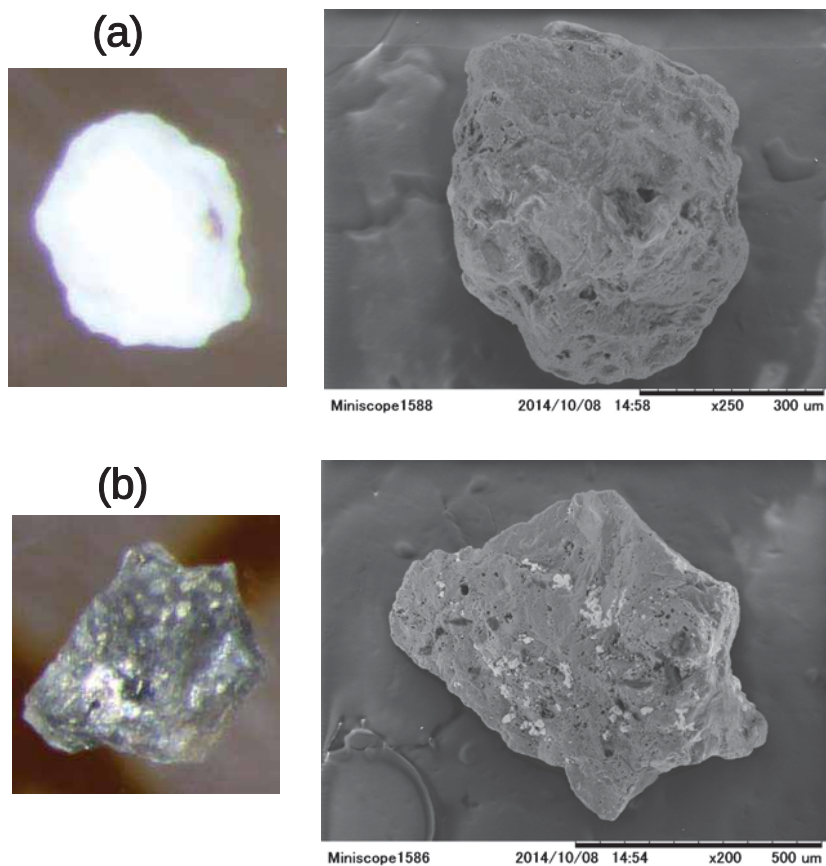


図 3 代表的粒子の写真。(a)変質岩片、(b)半透明ガラス質岩片

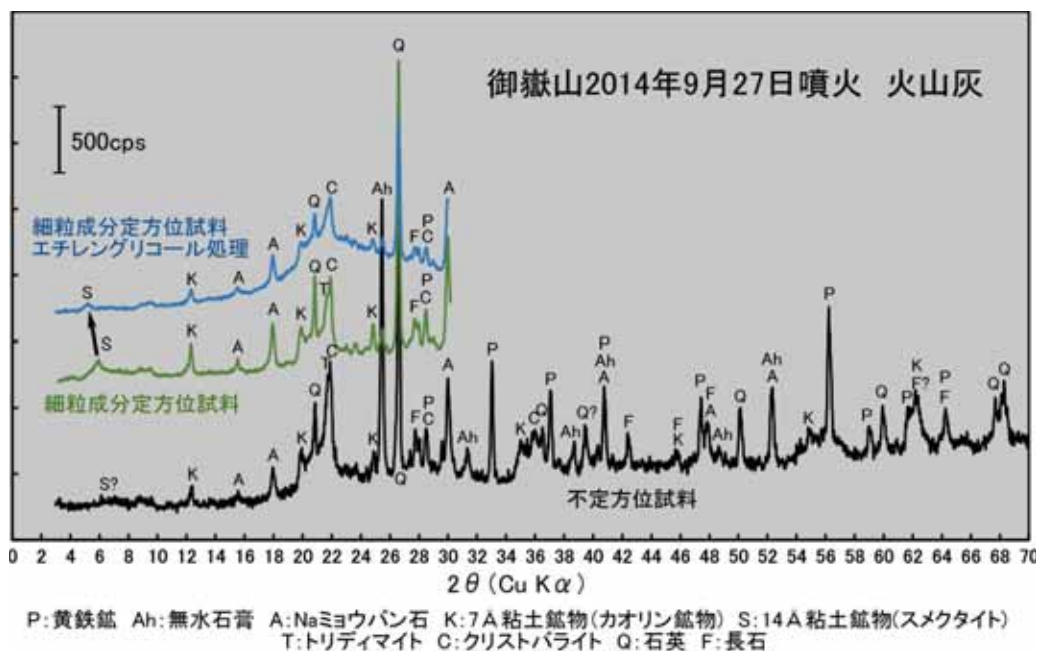


図 4 XRD による分析結果

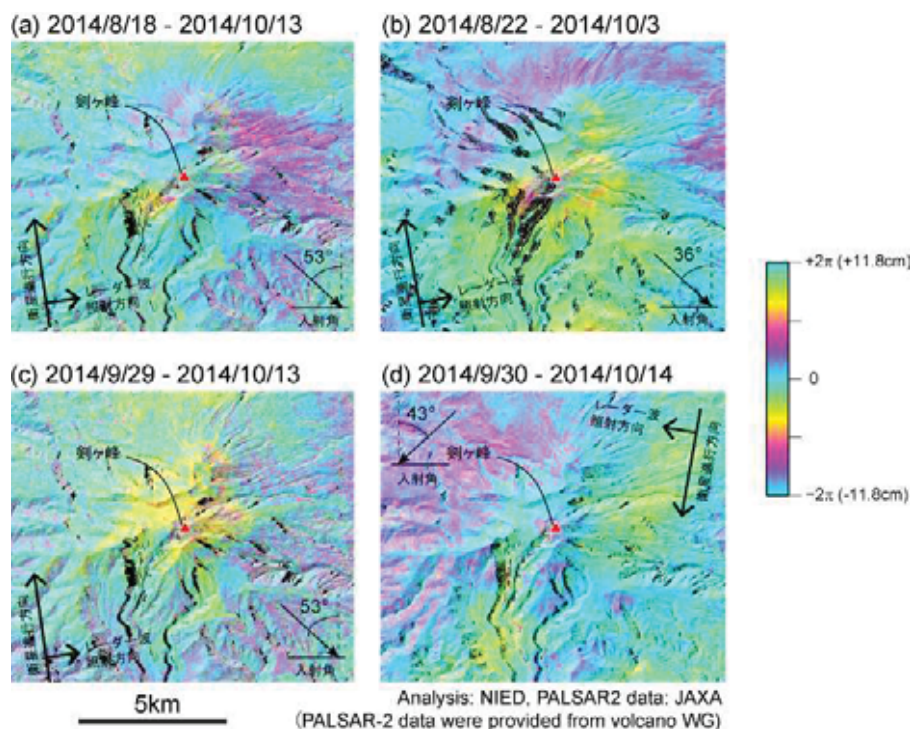
御嶽山に関する PALSAR-2 干渉解析結果

- 大気等に起因するノイズ成分が大きく、火口付近を除いて、噴火を挟む干渉ペアおよび噴火後の干渉ペアにおいて、有意な地殻変動は検出されなかった(第 1 図)。
- 噴火(9/27)を挟む北行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/8/18–2014/10/13)を解析したところ、地獄谷の噴火口の南西において、衛星–地表間距離が 10cm 以上短縮(隆起もしくは西進成分が卓越)したことを示す変化が見られた(第 2 図(a)の赤破線)。
- 噴火後の北行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/9/29–2014/10/13)を解析したところ、地獄谷の噴火口の南西において、衛星–地表間距離が伸長したことを示唆する変化が見られた(第 2 図(c)の赤破線)。ただし、その大きさは周辺のノイズの大きさと同程度であることや、干渉度が低いこと、また、ほぼ同じ期間に取得された南行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/9/30–2014/10/14)において、同領域に変化が見られないこと等から、ノイズ成分である可能性は否定できない。

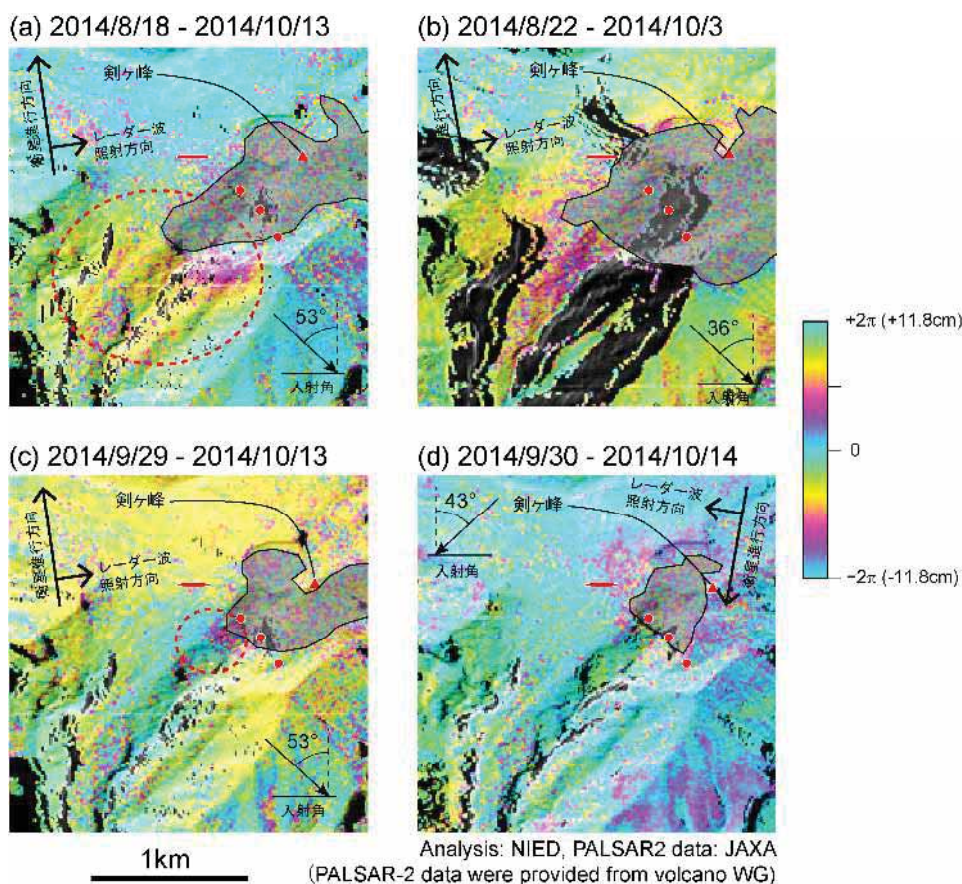
御嶽山の火山活動調査のため、PALSAR-2 による緊急観測が実施された。防災科学技術研究所では、火山活動に伴う地殻変動の調査のため、これらのデータを用いた SAR 干渉解析を実施した。解析に用いたソフトウェアは、防災科学技術研究所が開発した RINC である。今回解析した干渉ペアにおいては、大気等に起因するノイズ成分が大きく、火口付近を除いて、ノイズレベルを超えるような有意な変化は検出されなかった。噴火(9/27)を挟む北行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/8/18–2014/10/13)を解析したところ、地獄谷の噴火口の南西において、衛星–地表間距離が 10cm 以上短縮(隆起もしくは西進成分が卓越)したことを示す変化が見られた(第 2 図(a)の赤破線)。同じく噴火を挟む北行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/8/22–2014/10/3)も解析したが、SAR 特有の画像ひずみのため、同領域の地殻変動を検出することはできなかった(第 2 図(b))。

噴火後の北行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/9/29–2014/10/13)を解析したところ、地獄谷の噴火口の南西において、衛星–地表間距離が伸長したことを示唆する変化が見られた(第 2 図(c)の赤破線)。一方、同じく噴火後の南行軌道・右方向視の干渉ペア(2014/9/30–2014/10/14)の解析結果においては、有意な変化は見られなかった(第 2 図(d))。入射方向ベクトルが異なることや、観測日が異なることから、これらの結果は矛盾するものではないが、その大きさが周辺のノイズの大きさと同程度であることやこの領域の干渉度が低いこと等を考慮すると、得られた変化がノイズによるものである可能性は否定できない。

謝辞. 本解析で使用した PALSAR-2 データは、防災利用実証実験の火山 WG を通じて提供されたものである。PALSAR-2 データの所有権は JAXA が有する。解析および図の作成においては、国土地理院の基盤地図情報 10m メッシュ DEM およびホームページで公開されている火口位置を使用した。



第 1 図. 御嶽山周辺の PALSAR-2 の干渉画像. 観測日は画像の上に示す。(a)および(b)は 9/27 の噴火を挟む干渉ペア、(c)および(d)は噴火後の干渉ペアから得られた結果を示す。



第 2 図. 第 1 図に示す干渉画像の火口周辺の拡大図. 赤丸, 赤長丸は, 国土地理院がホームページで公開している主要な火口の位置を示す. 陰で示す領域は, 低干渉領域を示す. 赤破線は, 本文中において, 地殻変動を示すと考えられる位相変化が見られる領域を示す. 赤三角は, 剣ヶ峰の位置を示す.

御嶽山 2014 年 9 月 27 日噴火による降灰分布

御嶽山 9 月 27 日の降下火山灰に対し、研究者間等で調査データを共有しつつ堆積量調査を行った。長野県・岐阜県・山梨県に及ぶ地域で得られた計 200 点を超える調査データによると、降灰は噴出源から東北東方向に伸びた後、東南東方向に至る分布域を示し、北西および南側にも極わずかな降灰（ $1\text{g}/\text{m}^2$ 程度）が認められる。また、南～南西方向には主に 9 月 28 日の降灰が分布するようである。9 月 27 日噴火の噴出量は約 38～145 万トンと推定される。

1. 調査方法

9 月 27 日～10 月 2 日にかけて、複数の火山研究者・研究機関が定面積法により降下火山灰の堆積量調査を行った。岐阜県や山梨県にも及ぶ降灰の分布を迅速に把握する為に、調査データを互いに共有し、調査地域の調整を計った。

2. 降灰分布図（等重量線図）

共有した調査データに基づく 9 月 27 日噴火による降灰分布は下記の通りである。

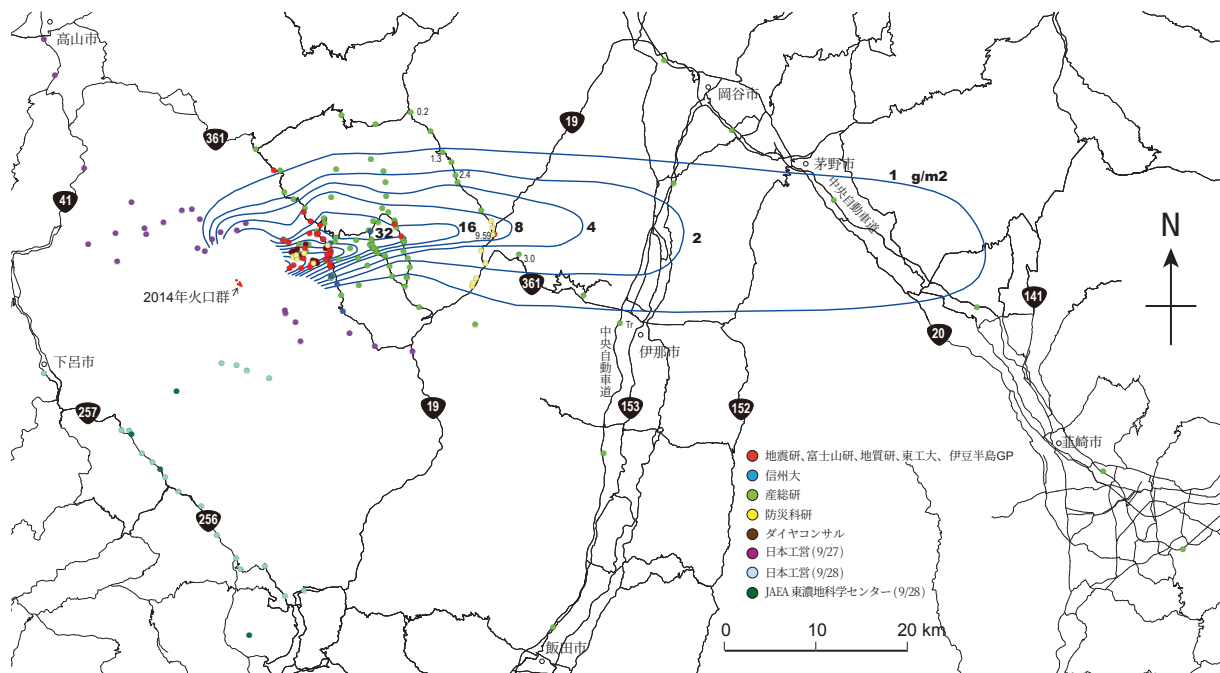


図 1. 御嶽山 2014 年 9 月 27 日火山灰の等重量線図

3. 推定される噴出量

今回の得られた降灰分布を用いて推定された噴出量は下記の通りである。

- ・ 東大地震研：38～90 万トン（指数関数近似法[38-72 万 t]、区間積分法[46-90 万 t]）
- ・ 産総研：62～145 万トン（区間積分法[62-99 万 t]、Pyle 法[145 万 t]）

（参考値：Hayakawa (1985) の簡便法では 1.3～400 万 t）

従って、9 月 27 日の噴出量は速報値として、38～145 万トンと推定される。

* 註 1：今回の噴出物量の算定においては、火口近傍の堆積量の見積りが大きく影響する。各機関による噴出量推定の詳細については、別途報告される予定である*

註2：南～南西方向に降灰した9月28日火山灰の噴出量としては、4～5千トン（EAI法：Tajima et al., 2013）との算定結果が、田島氏（日本工営）により得られている

御嶽山降灰合同調査班（9月27日～10月2日）：

古川竜太 7、下司信夫 7、廣瀬 亘 3、星住英夫 7、伊藤順一 7、三宅康幸 8、三輪学央 1、長井雅史 1、中田節也 9、前野 深 9、宮城磯治 7、及川輝樹 7、鈴木雄介 4、高橋 康 8、宝田晋治 7、竹下欣宏 8、田島靖久 5、寺田暁彦 10、筒井正明 2、安江健一 6、吉本充宏 11

（1：防災科学技術研究所、2：ダイヤコンサルタント、3：北海道立総合研究機構 地質研究所、4：伊豆半島ジオパーク、5：日本工営、6：日本原子力研究開発機構 東濃地球科学研究中心、7：産業技術総合研究所、8：信州大学、9：東京大学地震研究所、10：東京工業大学、11：山梨県富士山科学研究所）

（氏名、機関名共に、アルファベット順）

御嶽火山 2014 年 9 月 27 日噴火の噴出量推定：区間積分法の計算根拠

御嶽山降灰合同調査班*が作成した降灰分布図（別途、予知連に報告）および独自の山頂周辺の分布図を元に行った、区間積分法（宝田ほか，2001）による総噴出量の計算根拠を示す。

ヘリ観測及び各種の映像、写真等から山頂及び山体近傍の層厚 1m, 50cm, 1cm の等重量線を作成（図 1）し、合同調査班による降灰分布図と合わせて、噴出量を見積もった（図 2）。（50cm と見積もった等重量線を，下限値として 20cm と仮定した場合についても算出した。堆積物の密度は 1000kg/m^3 と仮定。）

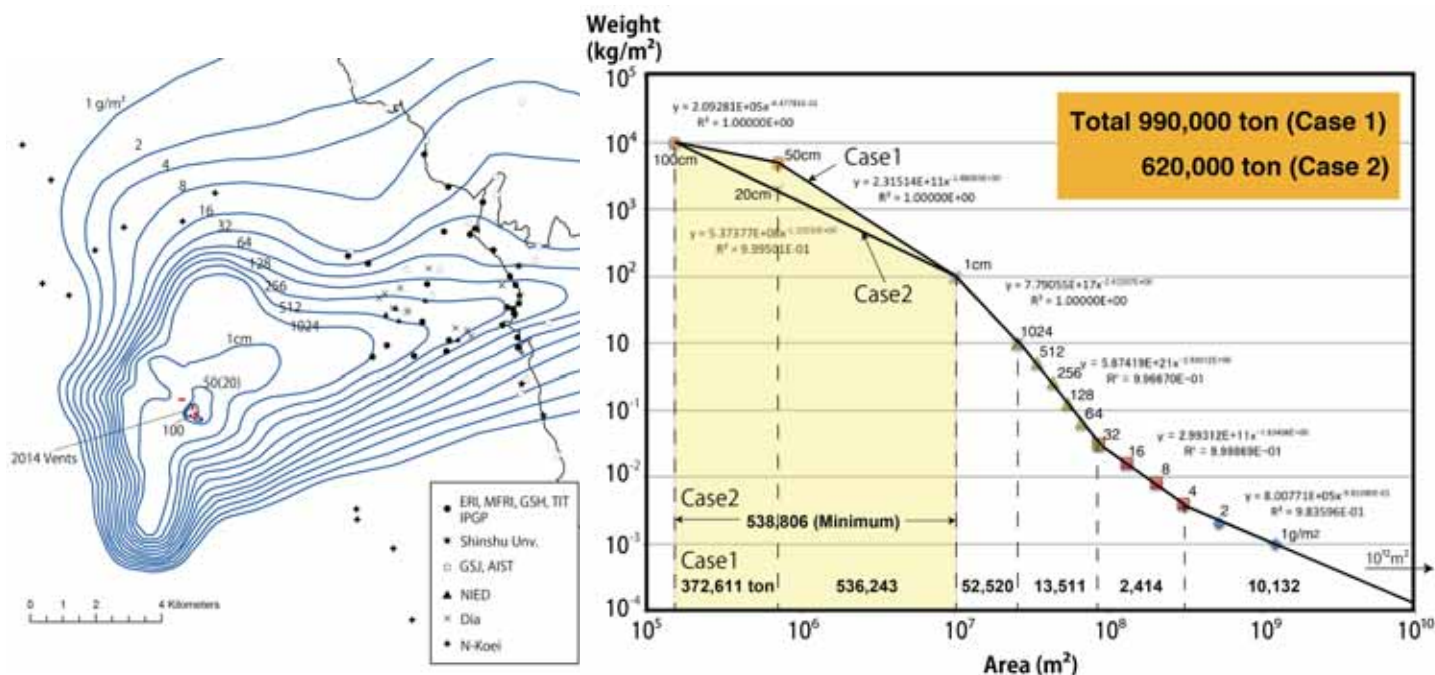


図 1. 山頂及び御嶽山近傍の等重量線図と御嶽山降灰合同調査班による降灰量調査地点。

図 2. 区間積分法による噴出量の推定。各等重量線の面積と重量をプロットし、直線で近似できる区間に分割した上で、各区間の重量を計算した。直線近似した区間毎にマークを変えている。

各区間の積分値を合計した総噴出量は下記の様になった。

- ケース 1. 99 万トン（山頂付近 1m と 50cm 等重量線の場合）
 ケース 2. 62 万トン（山頂付近 1m と 20cm 等重量線の場合，下限値）

山頂近傍の層厚 1cm 以上の範囲の重量が全体の約 9 割を占める。

1979 年の噴火について、当時の降灰分布図（小林，1980）を使って区間積分法で再計算したところ、総噴出量は 115 万トンとなった。今回の噴火と同程度の規模の噴火であったと考えられる。2014 年噴火の降灰厚は 1997 年噴火に比べ山麓部で薄く、より山頂付近に多量の噴出物が堆積している。

参考文献：

小林（1980）文部省特定研究「木曽御岳山噴火活動および災害の総合的調査研究」報告書，4-12。
 宝田ほか（2001）地質調査研究報告，52，167-179。

2014 年 10 月 23 日

御嶽火山 2014 年 9 月噴火の火山灰

御嶽火山 2014 年 9 月 27～28 日火山灰は、構成粒子のほぼ全てが変質岩片であり、200℃程度以上の酸性熱水変質帯に由来すると考えられる。

解析に用いた火山灰は、2014 年 9 月 28 日午前 8 時前後に、御嶽火山東山麓（剣ヶ峰から東北東 6km）の開田高原で採取した。粒径は中粒～細粒砂サイズ（最大径 0.5mm）である。

超音波洗浄した火山灰の実体顕微鏡観察によれば、強変質岩片が全体の 90%以上を占め、そのうち 40～50%が白色を呈し、30～40%が灰色を呈する(図 1a)。強変質岩片以外では、やや円磨された結晶片、赤色～橙色の酸化岩片、灰色岩片、黄鉄鉱があり、新鮮な発泡ガラス片は見当らない。灰色岩片の中にはガラス光沢をもち比較的新鮮に見えるものがある(図 1b)。このガラス光沢をもつ灰色岩片の粒子には、粒子表面に熱水変質作用が認められるものと(図 2a,2b)、熱水変質作用が認められないもの(図 3a, 3b)が存在する。

未処理のバルク火山灰試料の X 線回折分析によれば、この火山灰に含まれる主要な熱水鉱物は、石英・方珪石(クリストバライト)・鱗珪石(トリディマイト)・黄鉄鉱・硬石膏であり、石膏・カオリナイト・イライトなどが伴われる(図 4)。これらの構成鉱物は、酸性熱水による変質作用を示唆する。一般的に地熱地帯などで見られるイライトの生成温度は、200℃程度以上である。

これらの解析結果から、今回解析した噴出物はほぼ全てが火山体浅部の 200℃程度以上の酸性熱水変質帯に由来すると判断する。ごく微量(<0.7wt.%)含まれるガラス光沢をもつ岩片と噴火の関係については、検討中である。



図 1a

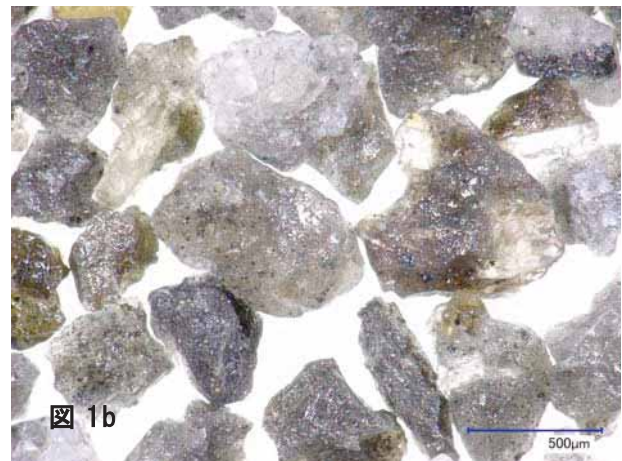


図 1b

図 1a: 火山灰の 9 割以上を占める, 白色～灰色の変質岩片の光学顕微鏡写真(スケールバーは 1mm). 超音波洗浄器と純水による水洗, ふるい分け後, 手作業で集合させたもの.

図 1b: 火山灰にごく微量含まれる(<0.7wt. %), ガラス光沢をもち比較的新鮮な岩片の光学顕微鏡写真(スケールバーは 500 μm). 図 1a 粒子と同様の前処理で集合させた.

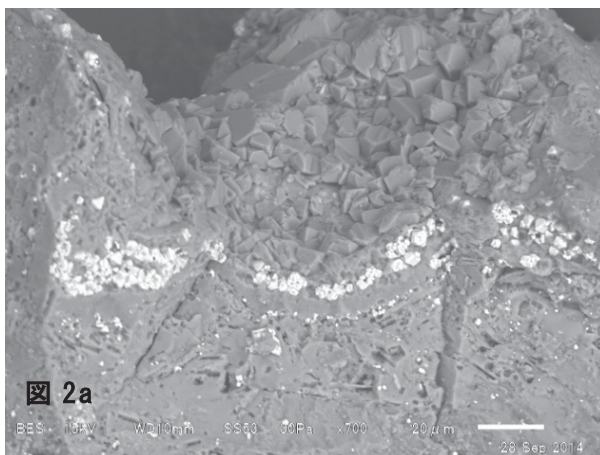


図 2a

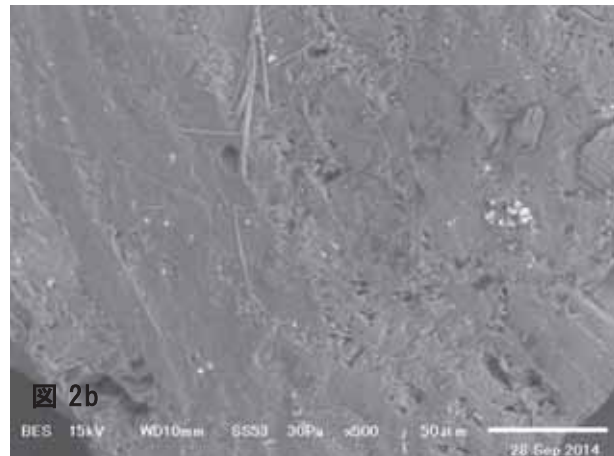


図 2b

図 2a: 火山灰にごく微量含まれる, ガラス光沢をもつ灰色岩片の表面の走査型電子顕微鏡写真(スケールバーは 20 μm). 帯状配列した明るい鉱物は黄鉄鉱であり, この帯より上には晶洞鉱物が, 下には火山岩の石基および石基鉱物が変質作用により溶解脱落した組織を示す原岩が観察される.

図 2b: 図 2a と同様な岩片の走査型電子顕微鏡写真(スケールバーは 50 μm). 火山岩の石基組織および石基鉱物が変質作用により溶解脱落した組織が観察される.

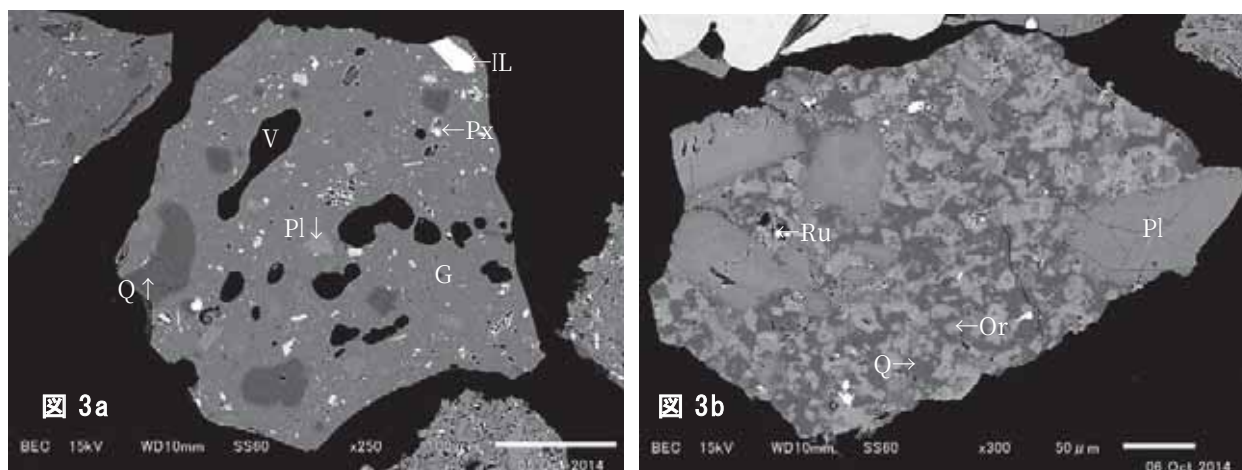


図 3a : 火山灰にごく微量含まれる、ガラス光沢をもつ灰色岩片の断面(片面研磨片)の反射電子像(スケールバーは $100\mu\text{m}$)。G:ガラス, Q:石英, V:気泡, Pl:斜長石, IL:チタン鉄鉱, Px:輝石。石英は融食形を示す。斜長石と輝石も融解あるいは急成長を示唆する組織を示す。石基のガラスは高シリカ流紋岩質であり、微細な気泡を含み、変質が認められない。

図 3b: 図 3a とは別タイプのガラス光沢をもつ灰色岩片の反射電子像(スケールバーは $50\mu\text{m}$)。Pl:斜長石, Q:石英, Or:正長石, Ru:金紅石(ルチル)。斜長石微斑晶の隙間に、石英と正長石が多数、入り組んで晶出している。

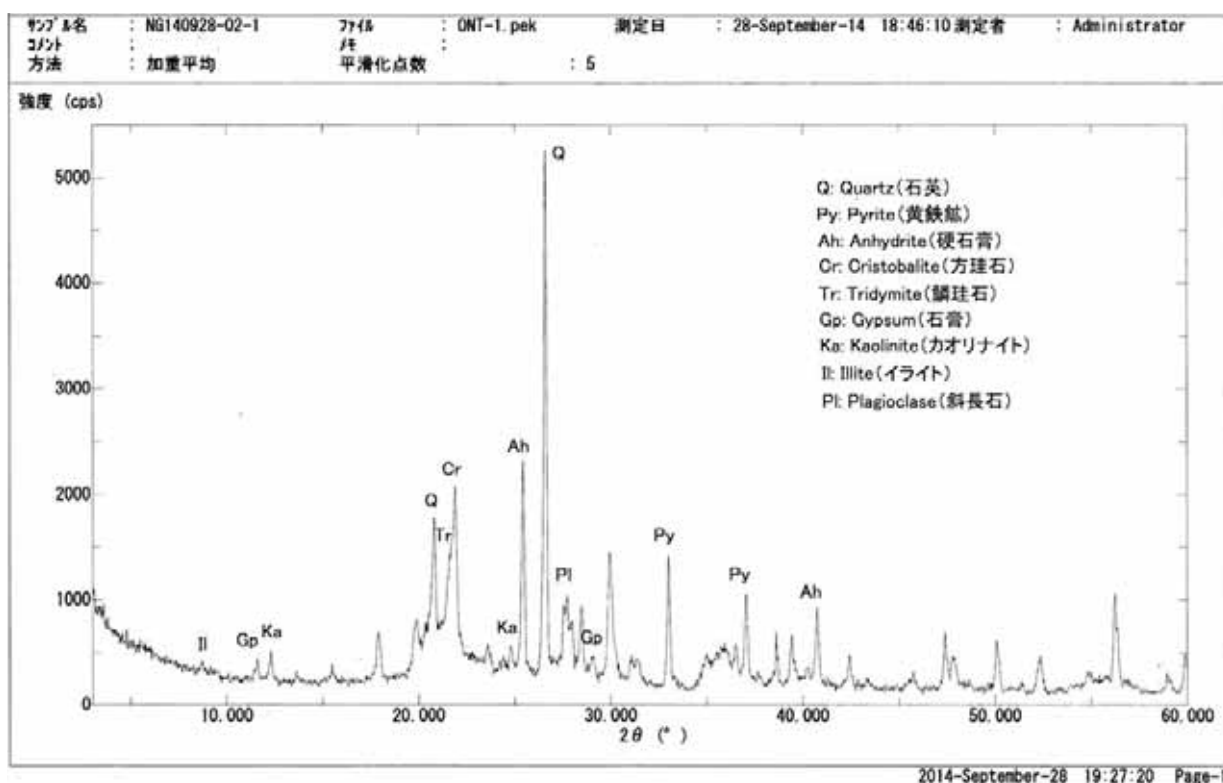


図 4 X線回折プロファイル(未処理のバルク火山灰試料)。

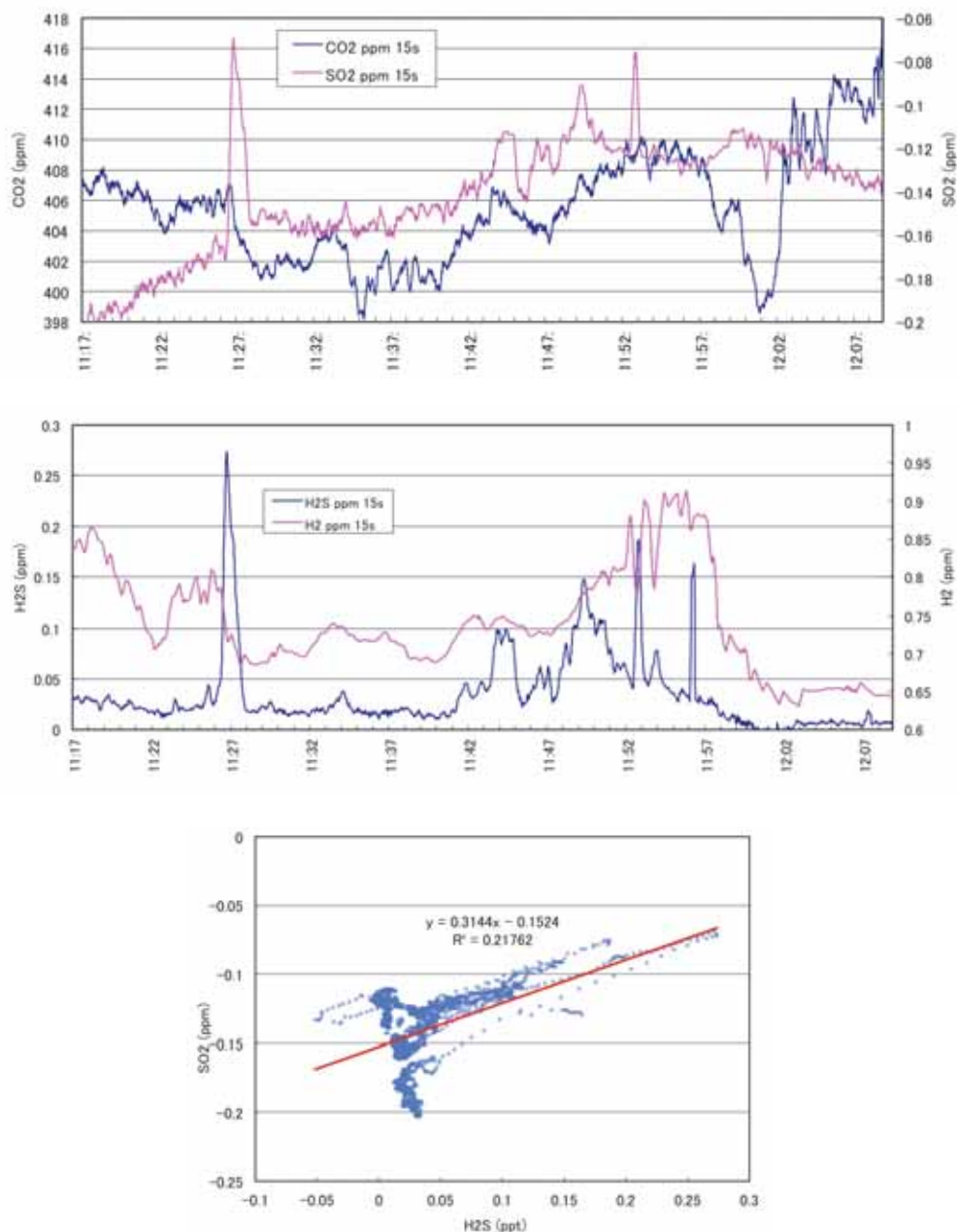
2014 年 10 月 9 日御嶽山火山ガス組成ヘリ観測結果

10 月 9 日陸上自衛隊・気象庁の協力により火山ガス組成観測を実施した。山頂直上に雲海が広がり、噴煙が雲の中に留まっていたため、雲海との境界で観測を実施した。

結果：最大 SO_2 濃度 = 0.1 ppm、 $\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ モル比 = 0.3 （11 : 27 のピーク）

噴煙濃度が低かったため、他の成分との相関を得る事は出来なかった。

$\text{SO}_2/\text{H}_2\text{S}$ モル比 = 0.3 は高温のマグマ性ガスとは考えにくい低い値であり、熱水系に起因する噴気ガスの特徴に一致する。ただし、今回測定された噴煙濃度は極低濃度であるため、今後の検証が必要。



2014 年御嶽山噴火前後の産総研王滝観測点における地下水压変化

産総研王滝地下水観測点（山頂の南東 10km）では、9 月 27 日噴火前後に地下水压変化は認めらず、同観測点での体積ひずみ変化は 2~3nstrain 以下であったと考えられる。なお、2007 年噴火前には、山体の膨張に対応する約 100nstrain の体積ひずみ増に相当する地下水压低下（約 20cm）が観測されている。

御嶽山山頂から南東へ約 10 km の所に、産総研の王滝地下水観測点がある（図 1）。同観測点では、井戸を密閉して地下水压を測定している。王滝観測点の地下水压は地球潮汐に応答した水压変化を示すので体積ひずみ感度を計算したところ 1.5~2mm/nstrain の値をとることがわかった。ここで、水压は水位換算していて 1nstrain は 10 の-9 乗のひずみを意味する。なお、同水压計の分解能は約 2mm なので、検知できる最小の体積ひずみは 1nstrain ということになる。同観測点の標高は 1040m で井戸の深さは約 800m だがストレナ位置は約 640m なので、地表から深さ 640m（標高 400m）程度の体積ひずみを測定していることになる。

同観測点は 2014 年 7 月頃から、時折異常なデータ（スパイク状の水压上昇）を示しており（図 2）、11 月に水压計の交換を予定していた所、9 月 27 日に御嶽山の噴火が発生した。

9 月 25 日 12 時頃から 9 月 27 日 8 時頃までデータの異常があるが、9 月 27 日 9 時以降は正常と思われる変化となっており、潮汐変化もきれいに書いている。したがって、この期間、少なくとも 24 時間未満の短期的な変化については水压観測データは信用できると考えられる。図 3 と図 4 に、気象庁の田の原傾斜観測点の傾斜データと比較した図を示すが、田の原観測点で生じた噴火前後の短期的な傾斜変化に対応する地下水压変化は王滝観測点では認められない。王滝観測点では同時間帯に 1nstrain を大きく越えるような体積ひずみ変化はなかった（2~3nstrain 以下）と考えられる。なお、気象研・気象庁は、田の原観測点の傾斜データを元に、御嶽山山頂下（標高 1600m）の場所に、噴火直後に $0.38 \times 10^6 \text{m}^3$ の加圧モデル、噴火直後に $-0.21 \times 10^6 \text{m}^3$ 減圧モデルを提示したが（気象研・気象庁の前回の噴火予知連絡資料）、均質・半無限弾性体を仮定して同モデルで計算すると、王滝での体積ひずみが噴火直前に数十 nstrain 減少し（圧縮し）、噴火直後に数十 nstrain 増加する（膨張する）ことになって王滝の観測結果を説明出来ない。

なお、2007 年御嶽山噴火の際は、噴火前の基線長（図 1 の HGW-MTK 間の距離：約 36km）の伸び（約 1cm）に対応して王滝観測点の水压は約 20 cm 低下している。ただし、変化している期間は基線長変化のそれより短い。この基線長の増加をひずみに換算すると約 300nstrain であるのに対し、水压変化は約 100nstrain の体積ひずみ増を意味するので量的にもほぼ整合している。また、2007 年 3 月の噴火時にも水压が増加しているようにみえるが、このときは降雨もあるので噴火に対応したものなのかどうかは不明である（図 5）。

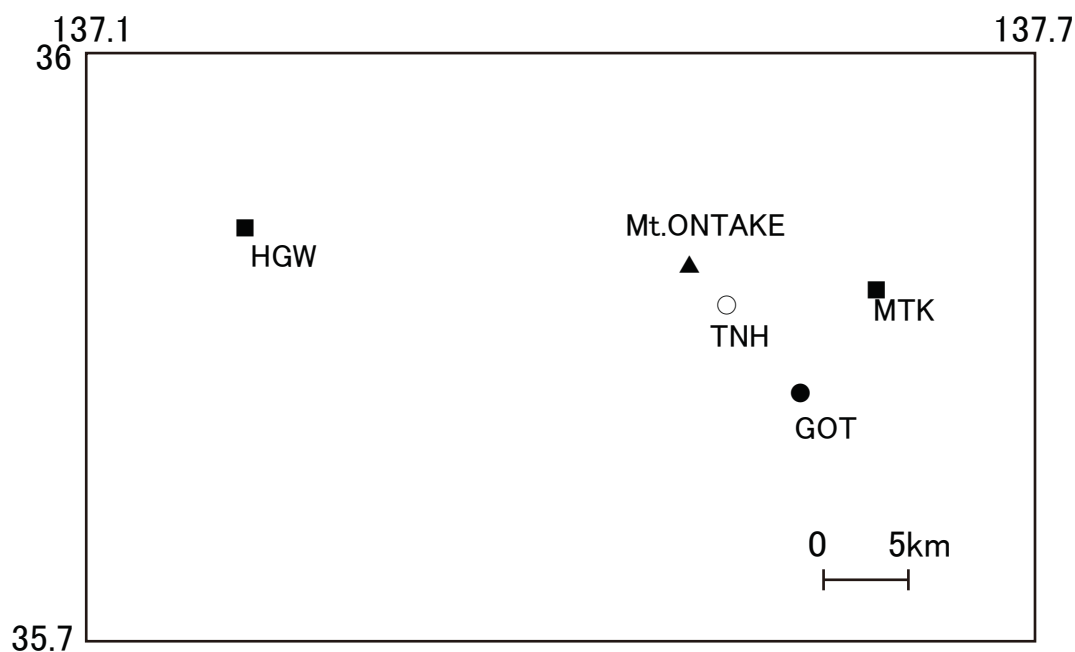


図1 観測点の分布。■が国土地理院のGNSS観測点(HGW:萩原, MTK:三岳)。○が気象庁の傾斜観測点(TNH:田の原)。●が産総研の王滝(GOT)地下水観測点。

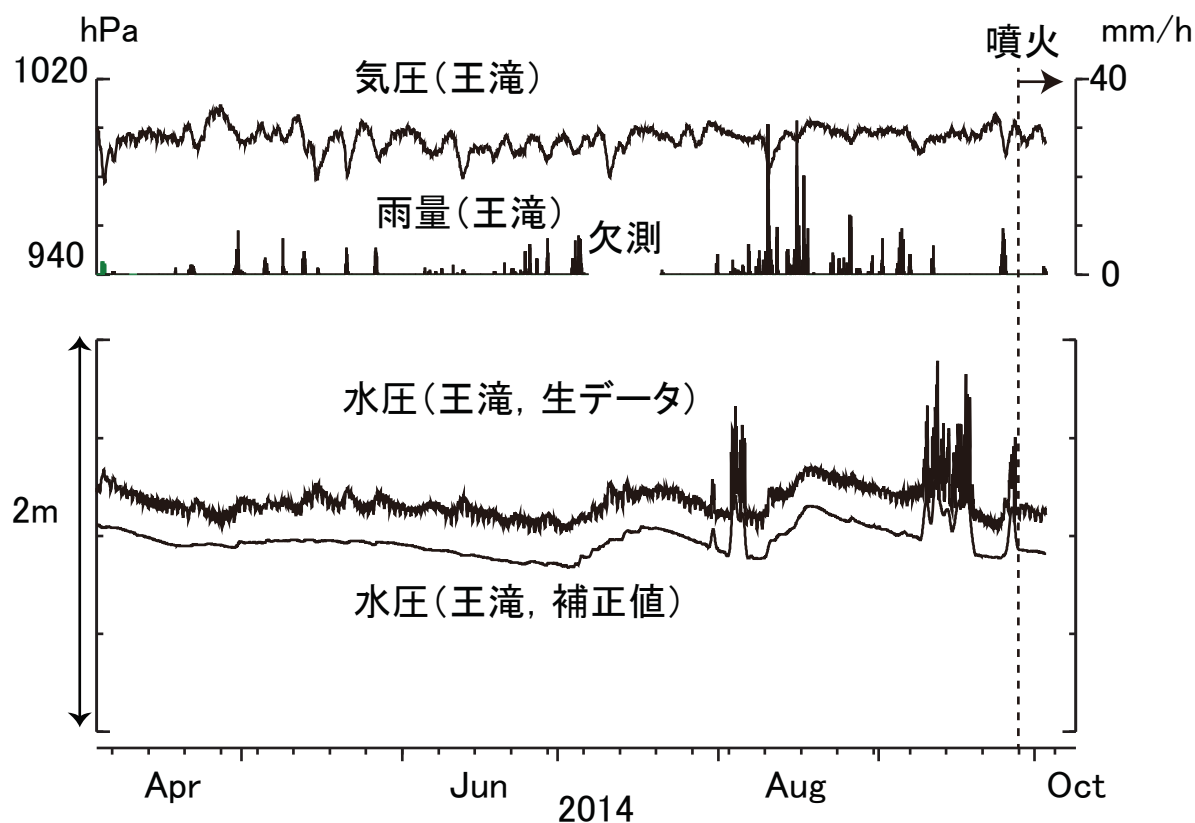


図2 2014年4月3日～10月8日の王滝観測点における気圧・降水量・水圧の変化(1時間値)。水圧の下側のデータは潮汐解析プログラムBAYTAP-Gで潮汐・気圧・不規則ノイズを除去した補正值。2014年7月末から、時折スパイク状の異常なデータが見えるようになっていて、これは、水圧計の不良によると考えられる。

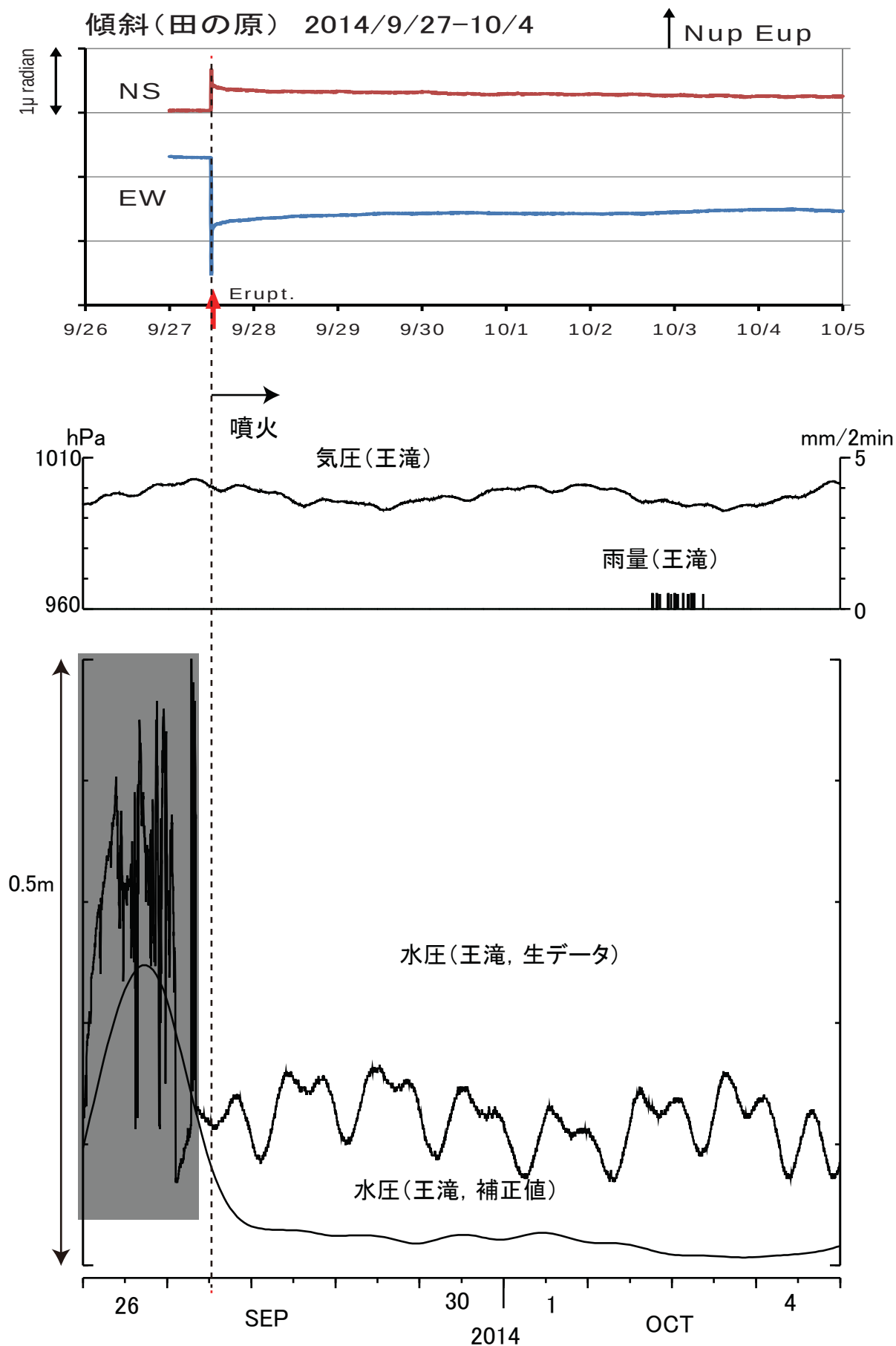


図3 上：2014年9月26日～10月4日の気象庁の田の原観測点における傾斜変化（気象研・気象庁の噴火予知連絡資料）。下：同じ期間の王滝における気圧・降水量・水圧変化。気圧と降水量と水圧変化の生のデータは2分値。水圧の補正值は1時間値。影をつけた部分は、水位計の不良によると考えられるスパイク状の変化が記録されている期間。

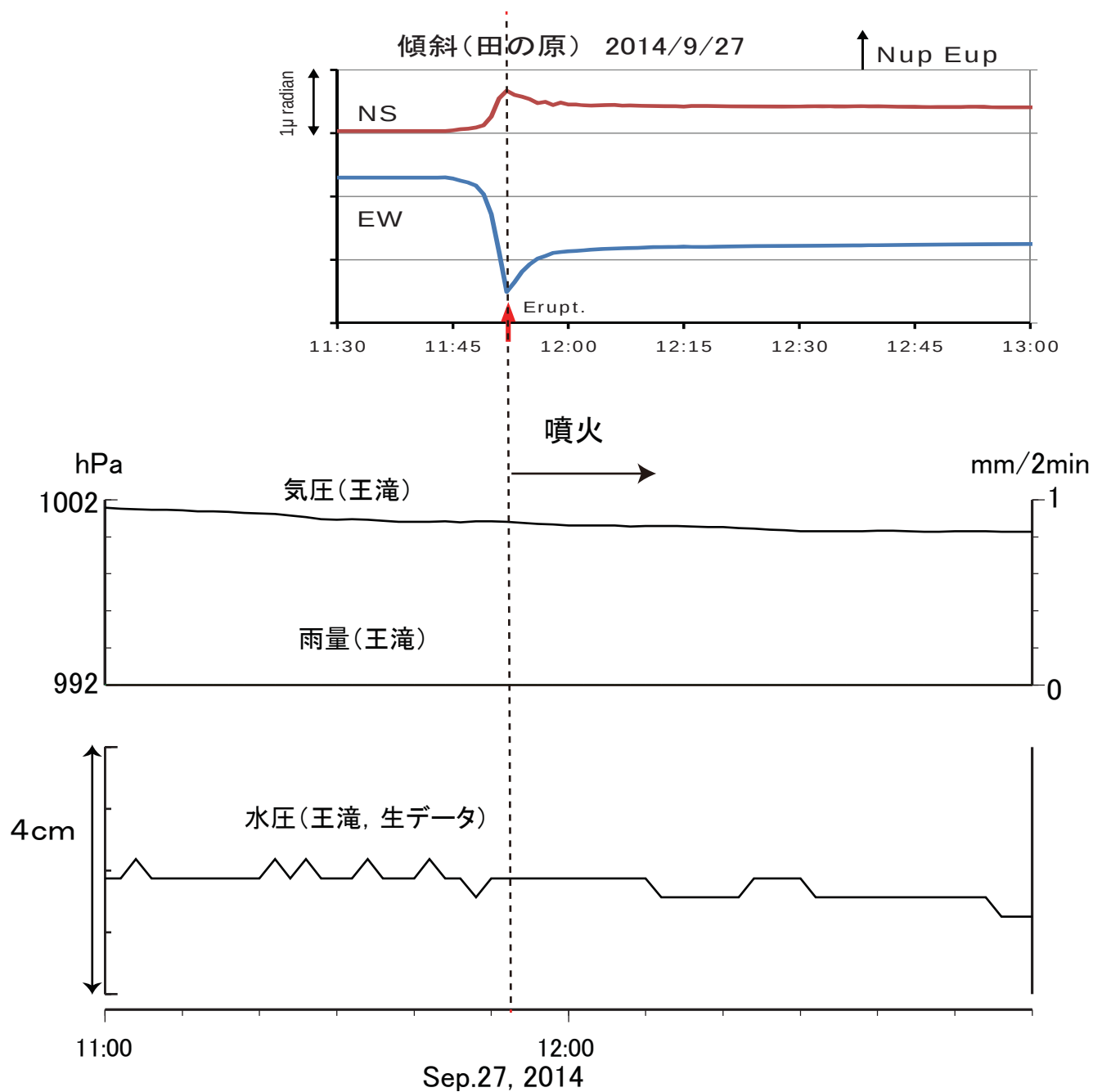


図4 上：2014年9月27日の11時半～13時の気象庁の田の原観測点における傾斜変化（気象研・気象庁の噴火予知連絡資料）。下：2014年9月27日の11時～13時の王滝における気圧・降水量・水圧変化（2分値）。

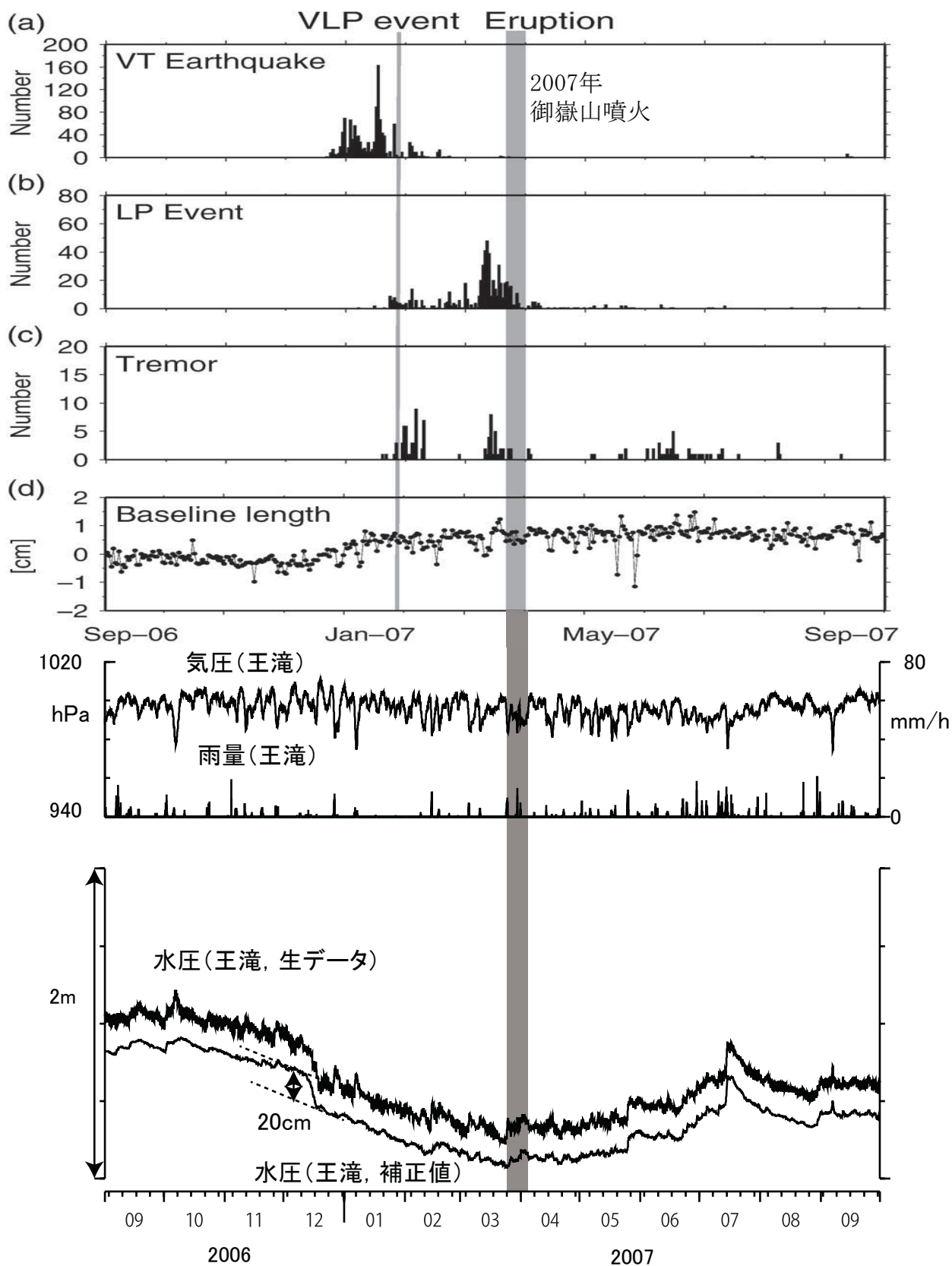


図5 上：2007年御嶽山噴火の際の地震や微動活動と図1のHGW-MTK間の基線長の変化。期間は2006年9月～2007年9月（Nakamichi et al. (2009)）。下：同期間の王滝の水圧変化と気圧・降水量の変化（1時間値）。

御嶽山

中部地方整備局同時発表

平成 26 年 10 月 3 日
水管理・国土保全局
砂防部砂防計画課

御嶽山における降灰後の土石流に関する シミュレーション計算結果について

平成 26 年 9 月 27 日の御嶽山噴火により、山頂付近に火山灰が厚く堆積した湯川、白川、濁沢川において、降灰の影響を考慮した土石流に関するシミュレーションを実施しました。

実施結果を取りまとめた別紙資料については、本日、長野県、木曽町、王滝村に情報提供及び説明を実施しております。

なお、この情報は、土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律第 29 条第 2 項に基づく情報の随時提供です。

本情報を参考にして、降雨時には、河川、溪流沿いの土地の立ち入りは避けるとともに、川沿いの家屋に居住している方はより安全な場所へ避難する等、十分警戒して下さい。

○ 数値氾濫シミュレーションの精度について

数値氾濫シミュレーションにおける計算条件は、上空からの目視調査など限られた調査により得られた情報をもとに一定の条件で実施しており、計算精度には限界があり、実際の現象は計算とはあわない場合があります。また、西野川、王滝川の水位によっては、西野川においては湯川合流点～王滝川合流点の区間において、王滝川においては濁沢川合流点～牧尾ダム流入点の区間において、氾濫計算より広い範囲に影響が及ぶ場合があります。

別紙ー１ 氾濫シミュレーションの計算条件

別冊資料 土石流シミュレーション計算結果

【本記者発表に関するお問い合わせ先】

国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課

砂防計画調整官 三上 幸三 （内線 36-102）

課長補佐 山越 隆雄 （内線 36-152）

代表 03-5253-8111

直通 03-5253-8468

FAX 03-5253-1610

国土交通省中部地方整備局 水災害予報センター

TEL 052-961-3049

別紙ー 1

氾濫シミュレーションの計算条件

この土石流想定氾濫区域図は、平成 26 年 9 月 27 日から 30 日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流により被害が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

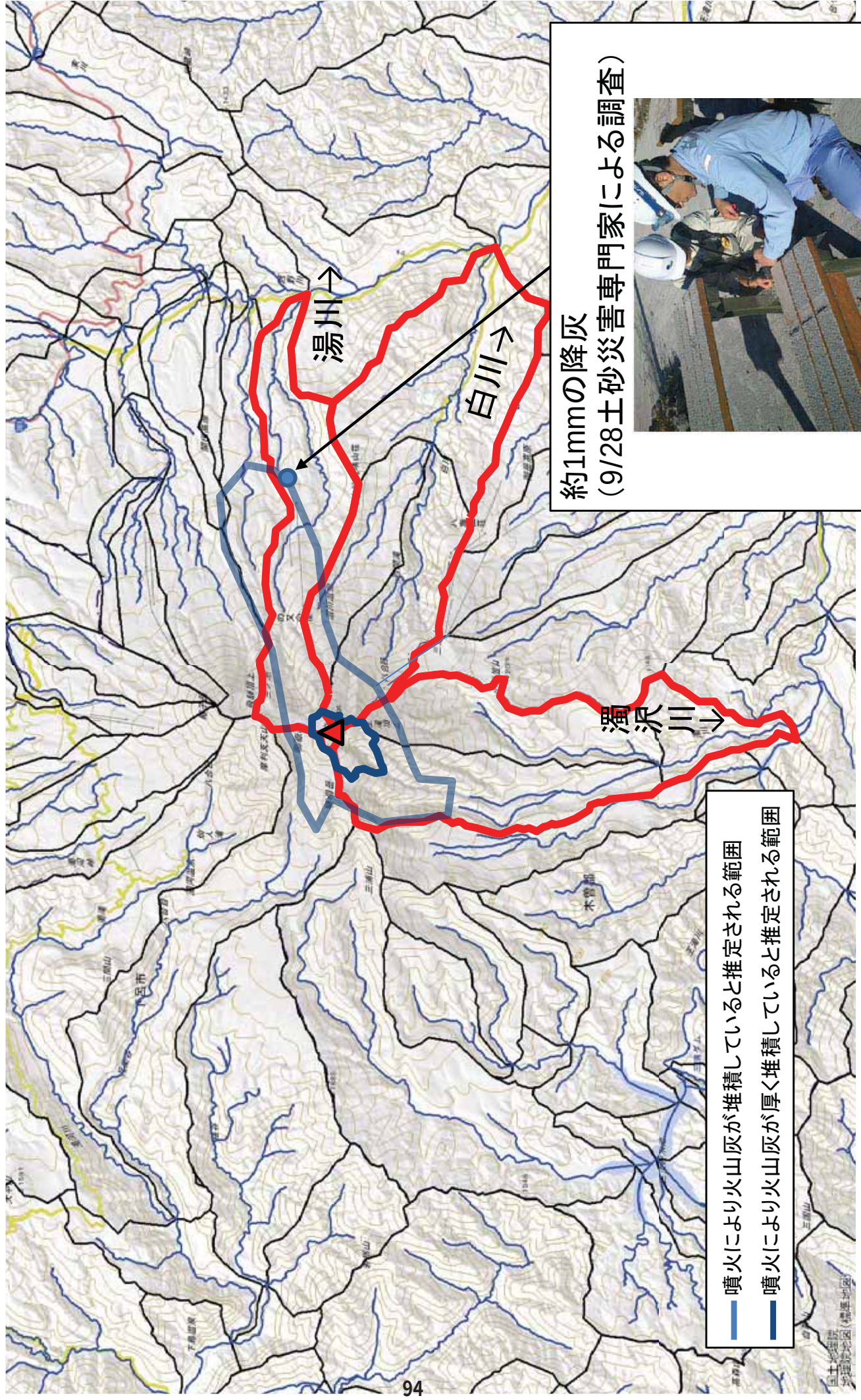
- ・ 降灰条件：平成 26 年 9 月 30 日調査時点における降灰状況
- ・ 想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去 30 年間最大 24 時間雨量の降雨（361 mm、ピーク時間雨量 37mm/hr）
- ・ 地形の条件：国土地理院発行の基盤地図情報数値標高モデルから作成した概ね 20m 間隔の標高データ
- ・ 氾濫範囲設定条件：粒径 10mm 以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲
なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね 20m 間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

別冊資料

土石流シミュレーション計算結果

2014年9月27日御嶽山噴火による降灰範囲と各流域の位置関係

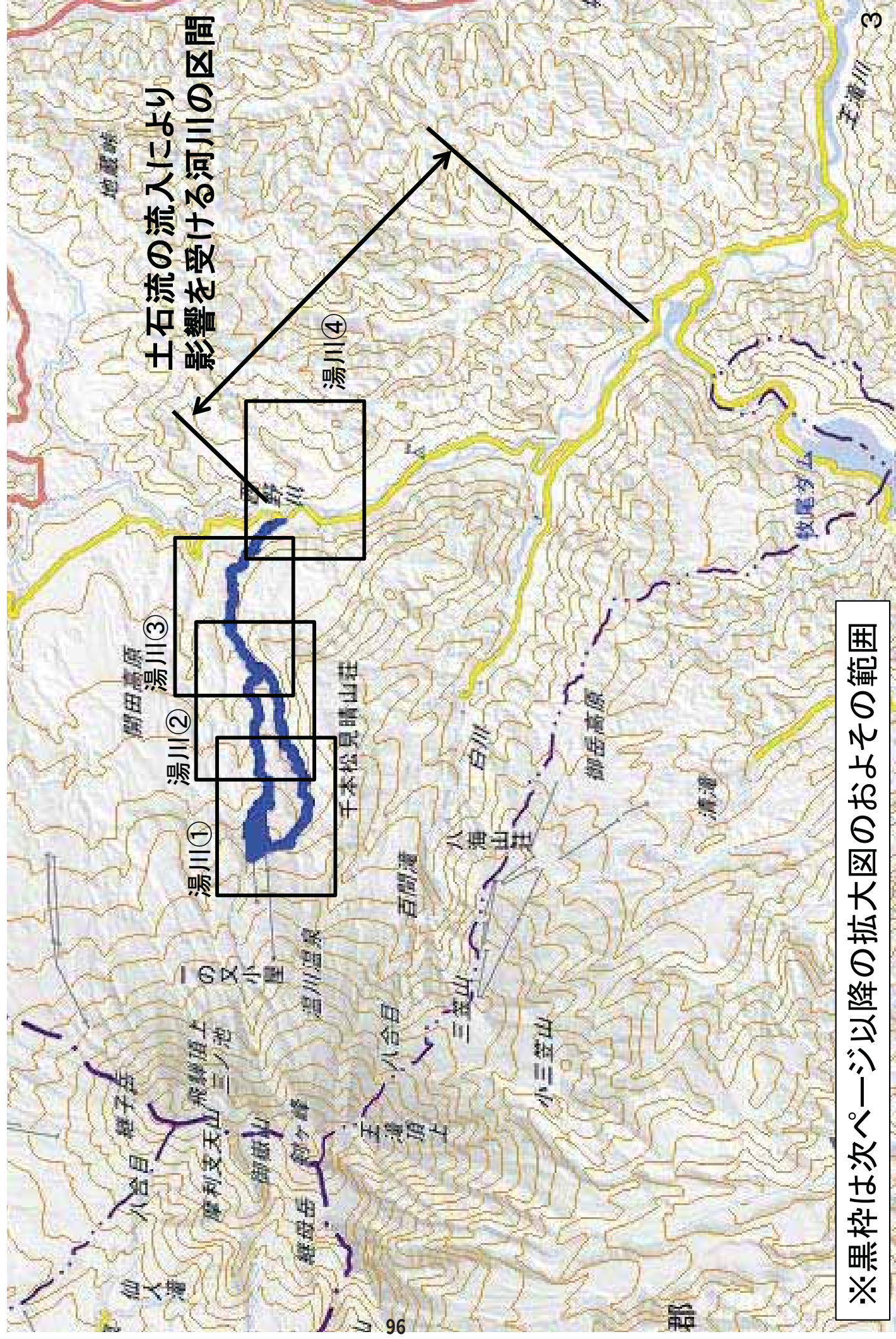


背景図は地理院地図(標準図)を使用
流域界および河川は国土数値情報のデータを基に作成

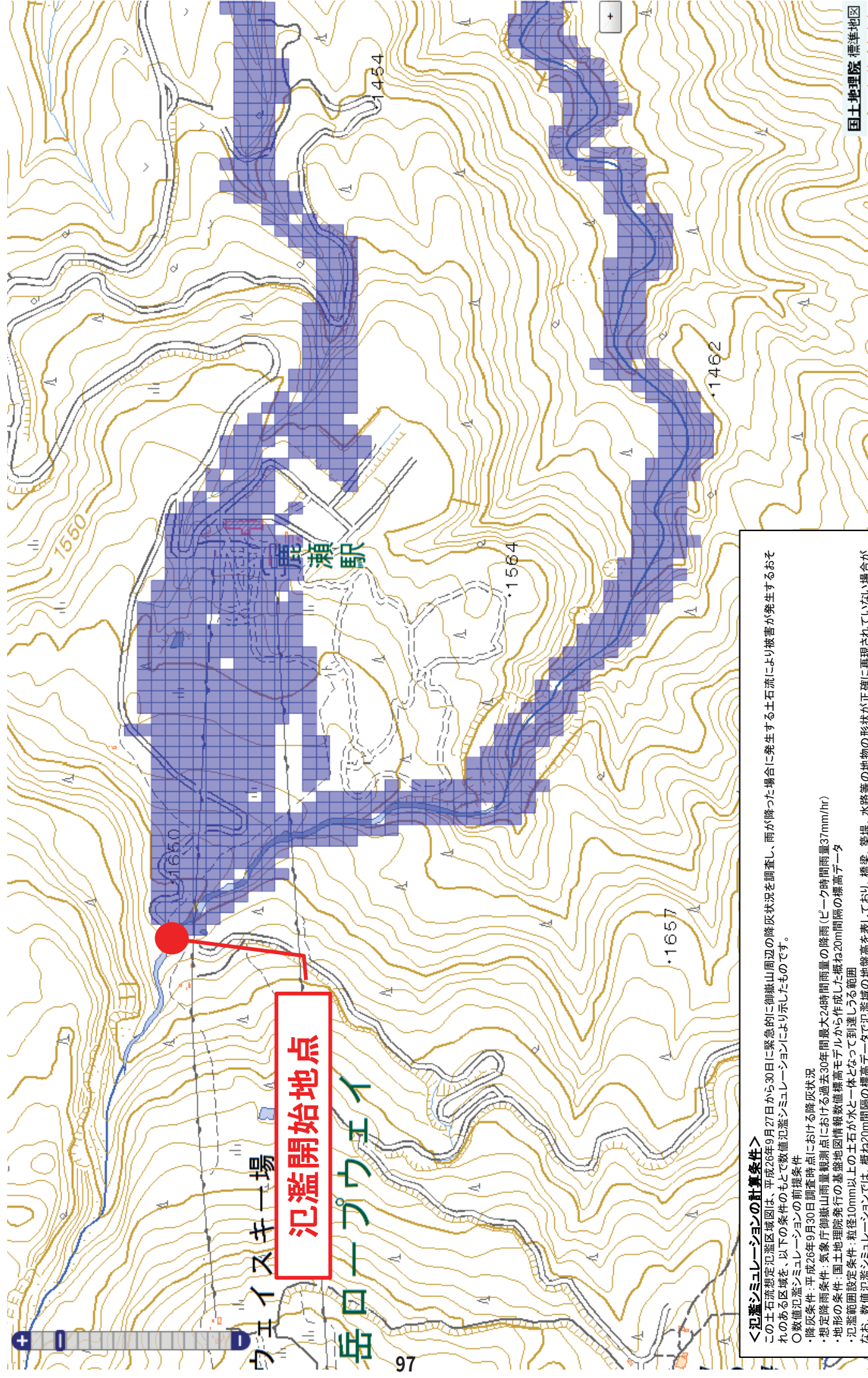
湯川、白川、濁沢川における土石流シミュレーション結果(全体)



シミュレーション計算結果： 湯川



シミュレーション計算結果：湯川①



<氾濫シミュレーションの計算条件>

この土石流想定氾濫区域図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流により被害が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降灰条件：平成26年9月30日調査時点における降灰状況

・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

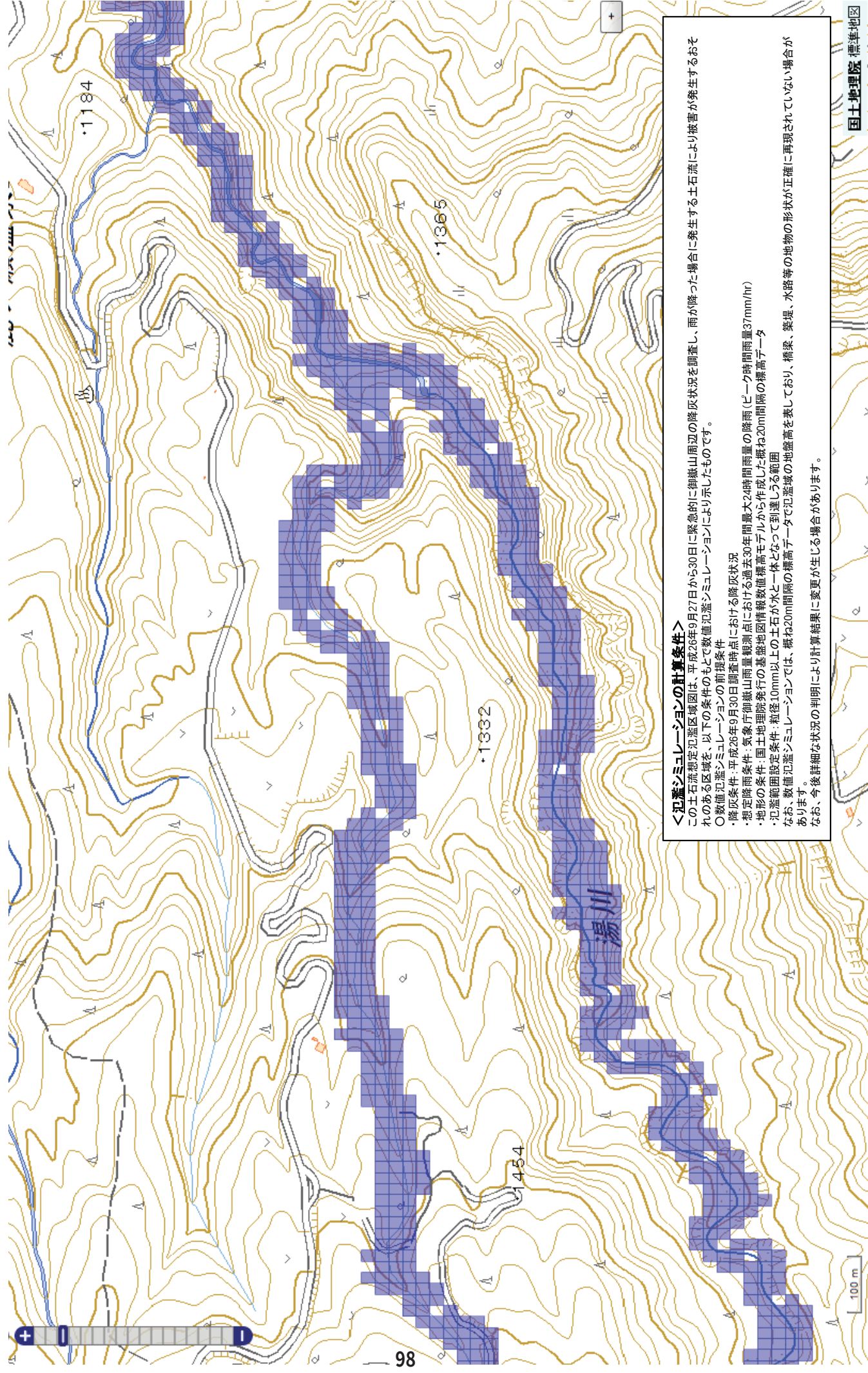
・地形条件：国土地理院発行の基盤地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲

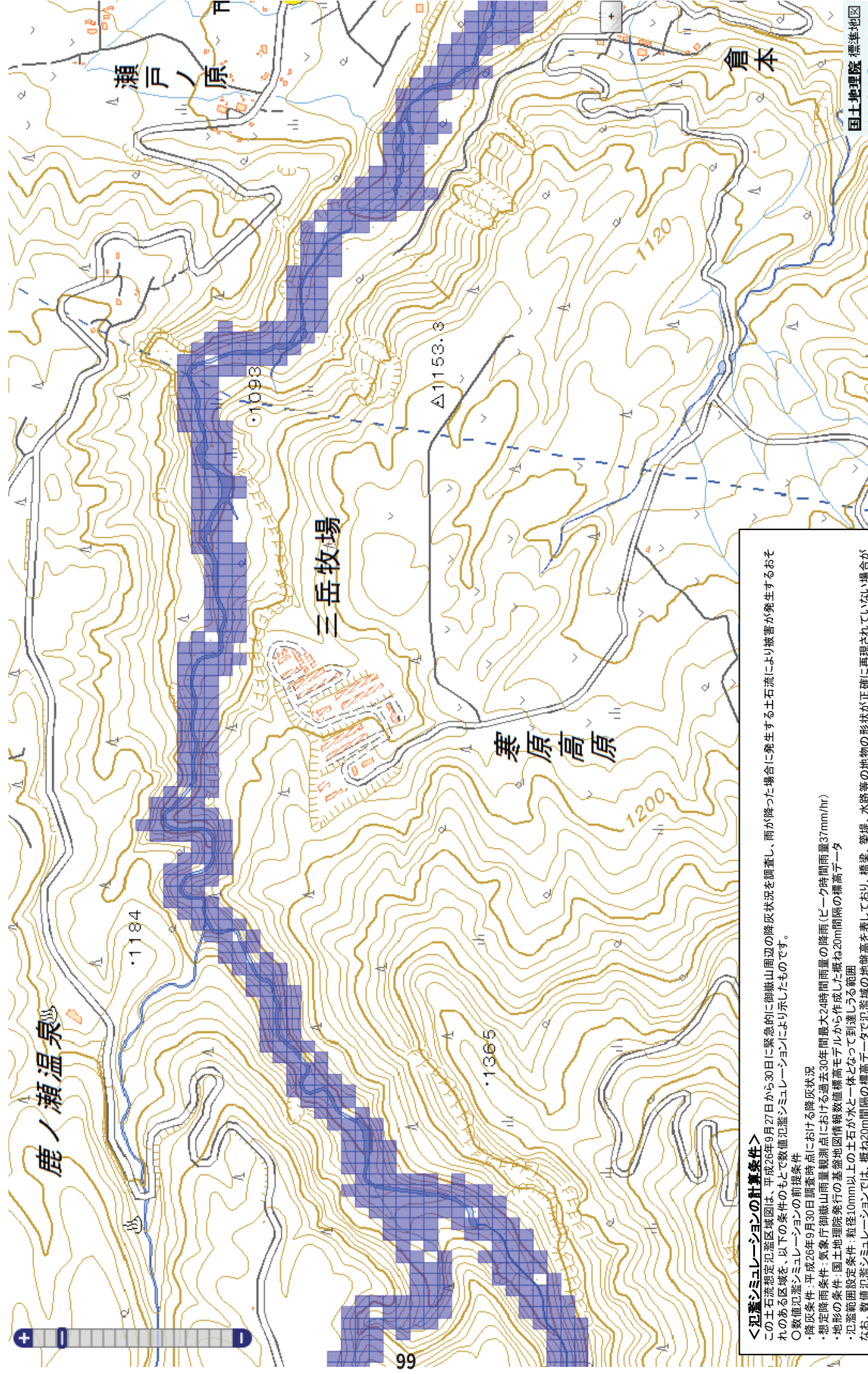
なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

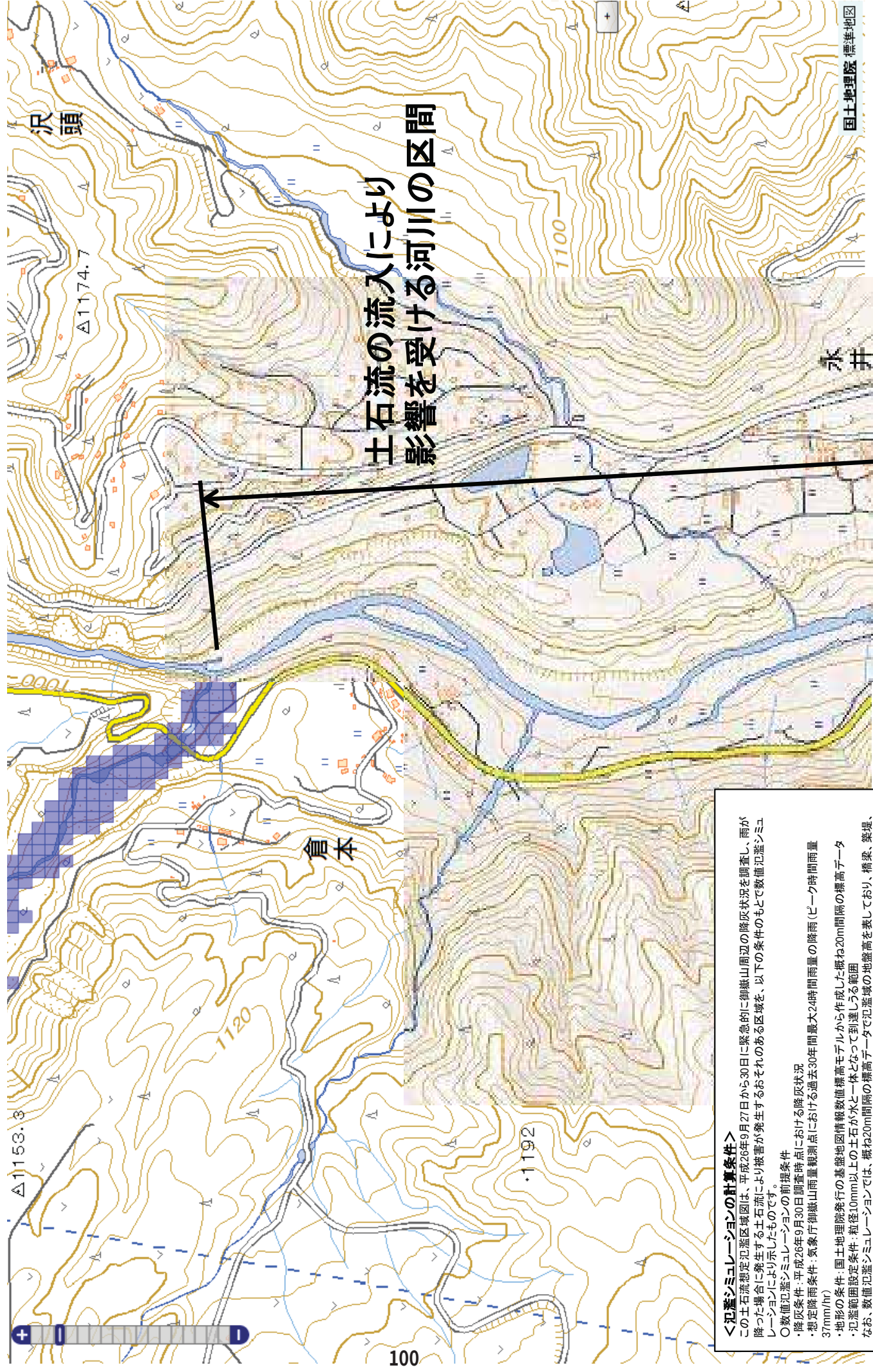
湯川②



シミュレーション計算結果：湯川③



シミュレーション計算結果：湯川④



<氾濫シミュレーションの計算条件>

この土石流想定氾濫区域図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流により被害が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降灰条件：平成26年9月30日調査時点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

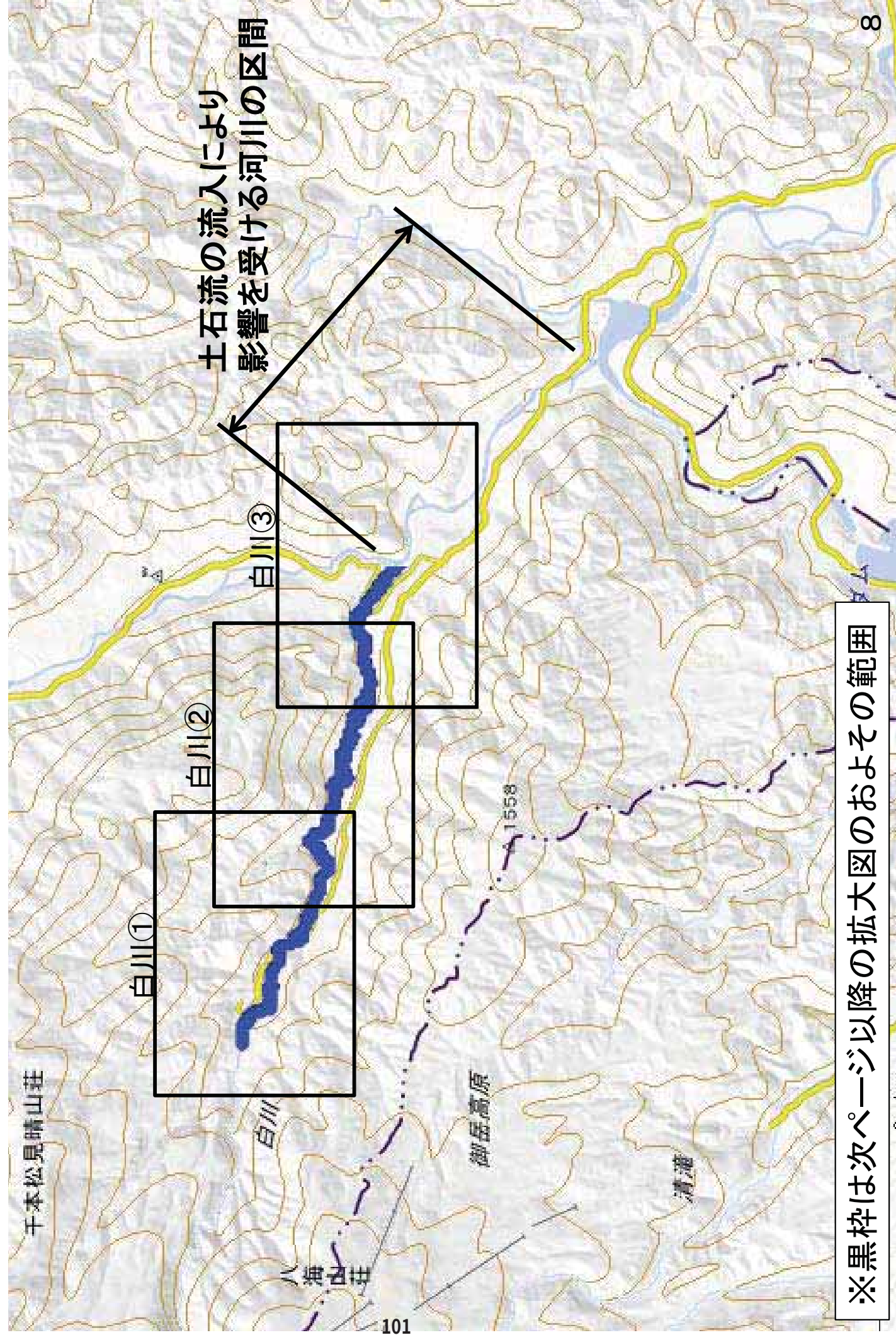
・地形の条件：国土地理院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達する範囲

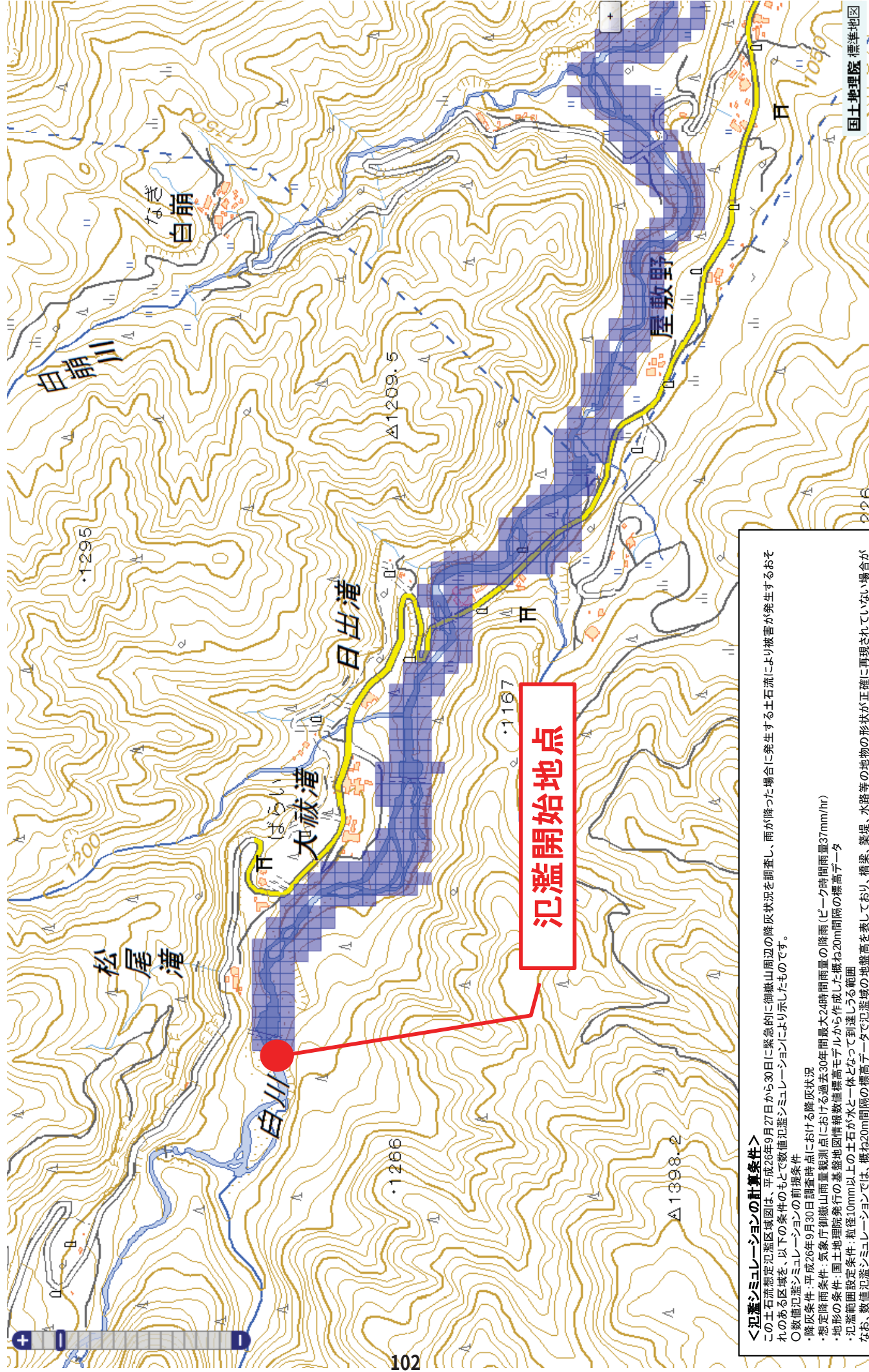
なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果：白川



シミュレーション計算結果：白川①



<氾濫シミュレーションの計算条件>

この土石流想定氾濫区図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降灰条件：平成26年9月30日調査時点における降灰状況

・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

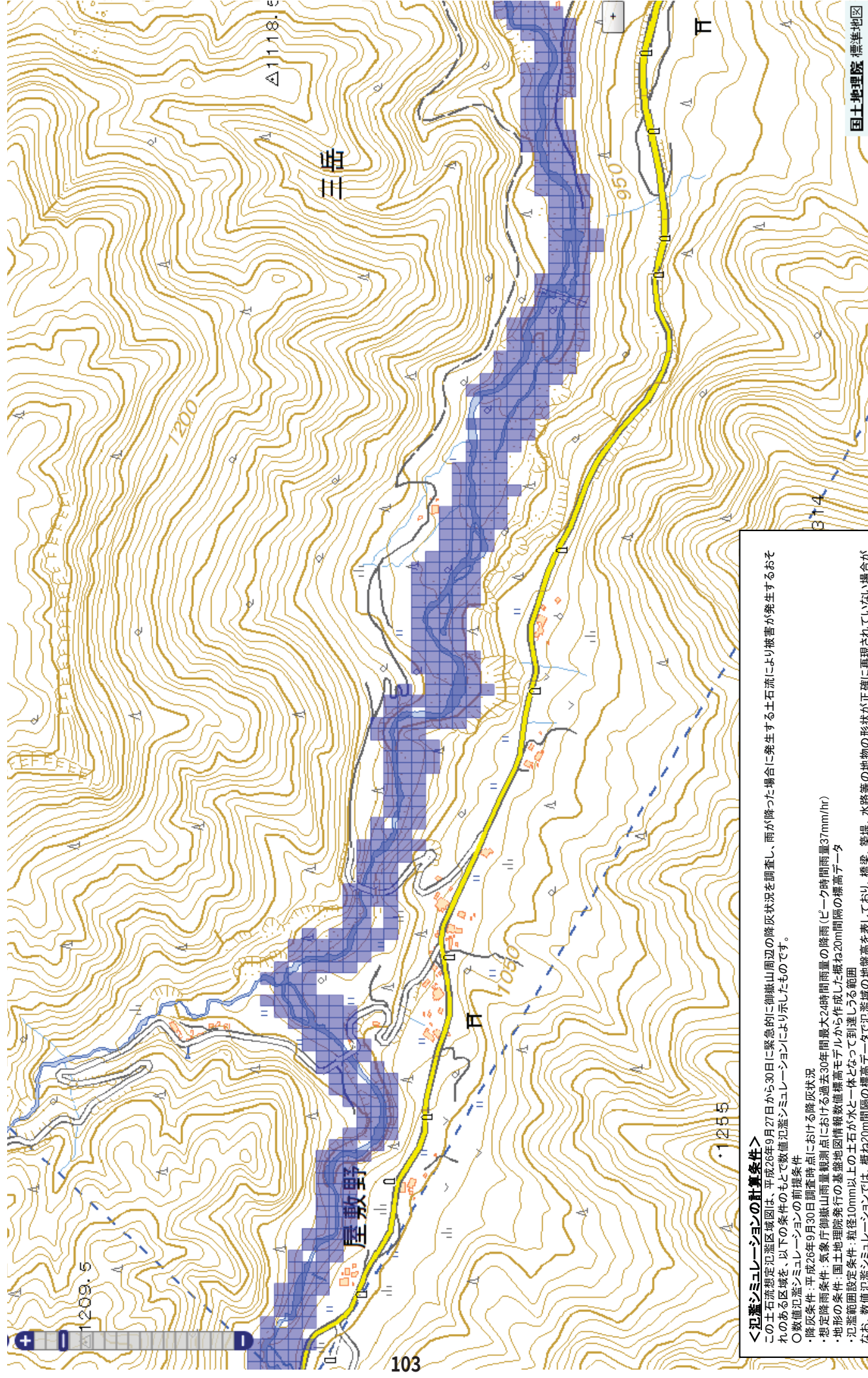
・地形条件：国土院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲

なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果：白川②



<氾濫シミュレーションの計算条件>

この土石流想定氾濫区図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降水状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降水条件：平成26年9月30日調査時点における降水状況

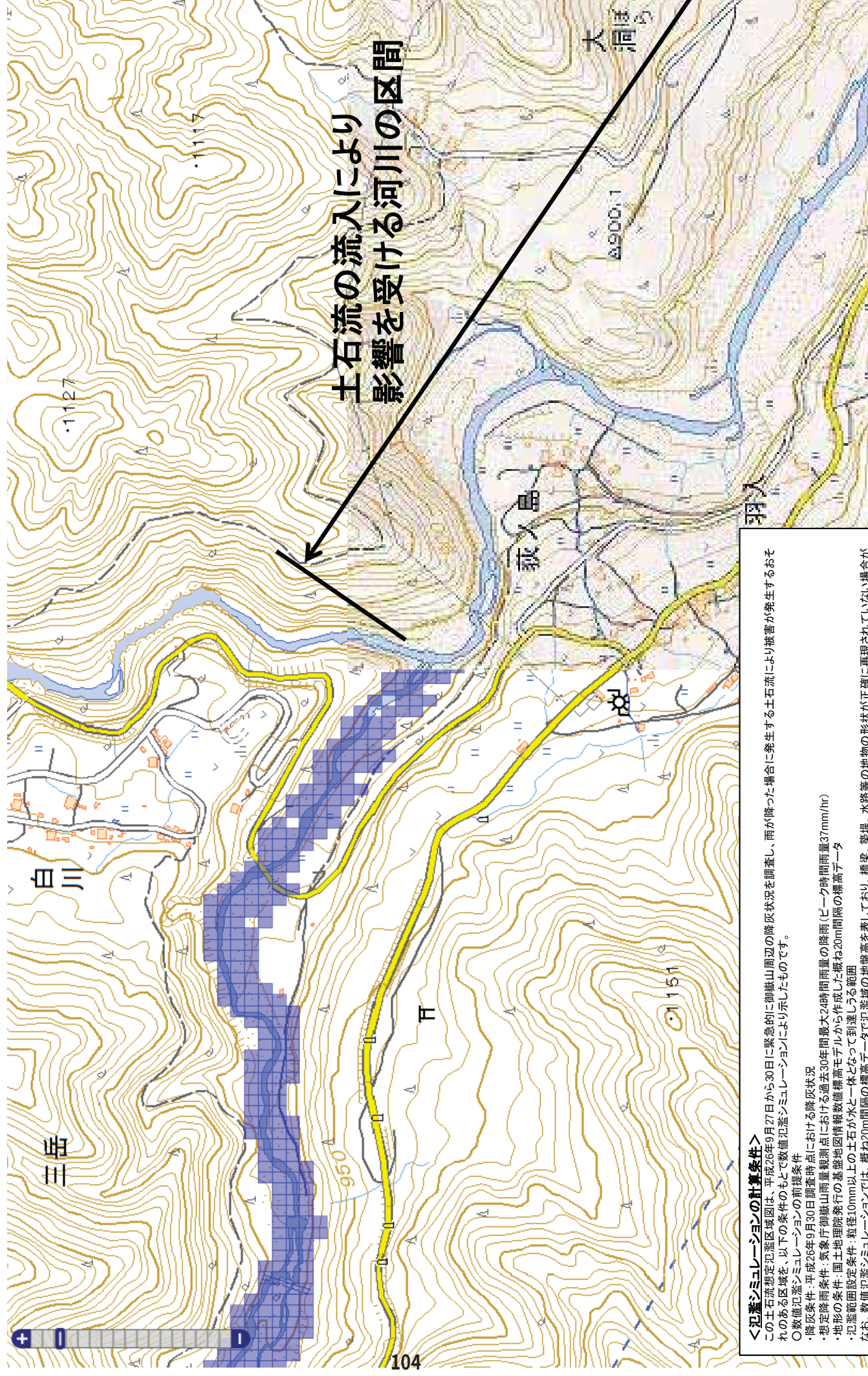
・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

・地形の条件：国土地理院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲

なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果：白川③



< 氾濫シミュレーションの計算条件 >

この土石流想定氾濫区図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降灰条件：平成26年9月30日調査時点における降灰状況

・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

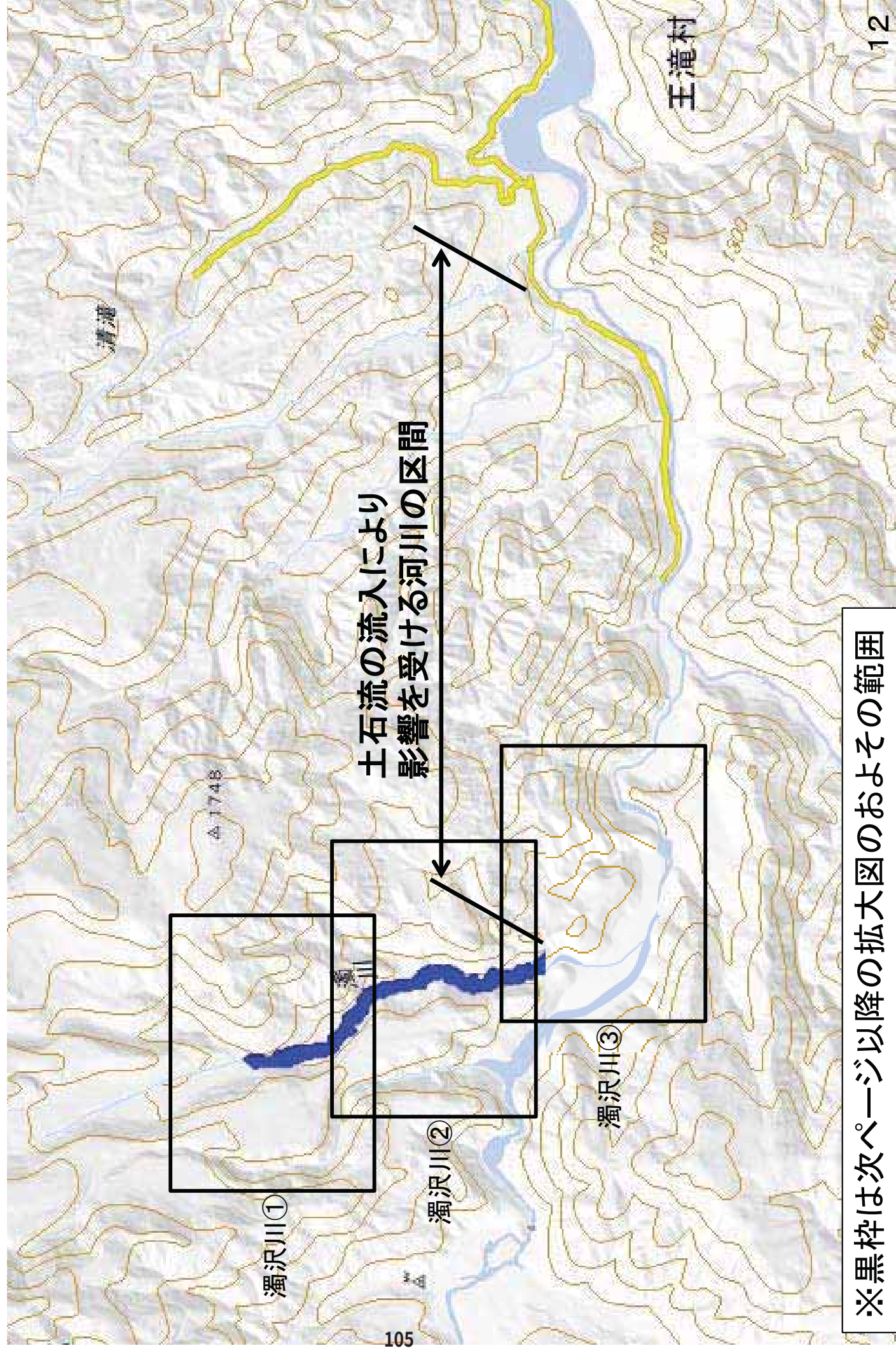
・地形の条件：国土地理院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲

なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

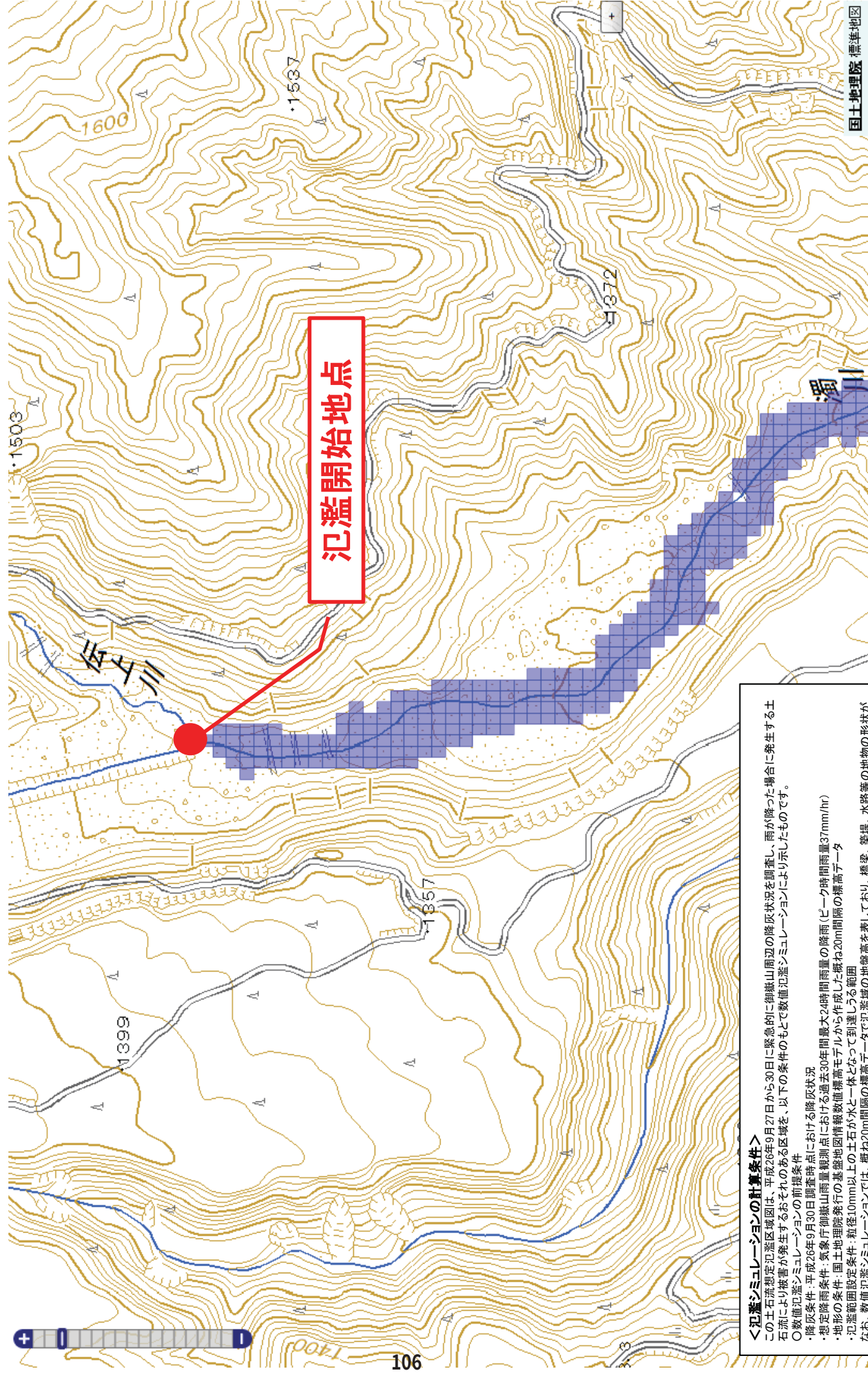
なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果：濁沢川



※黒枠は次ページ以降の拡大図のおよその範囲

シミュレーション計算結果：濁沢川①



<氾濫シミュレーションの計算条件>

この土石流想定氾濫区域図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流により被害が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。

○数値氾濫シミュレーションの前提条件

・降灰条件：平成26年9月30日調査時点における降灰状況

・想定降雨条件：気象庁御嶽山雨量観測点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時間雨量37mm/hr）

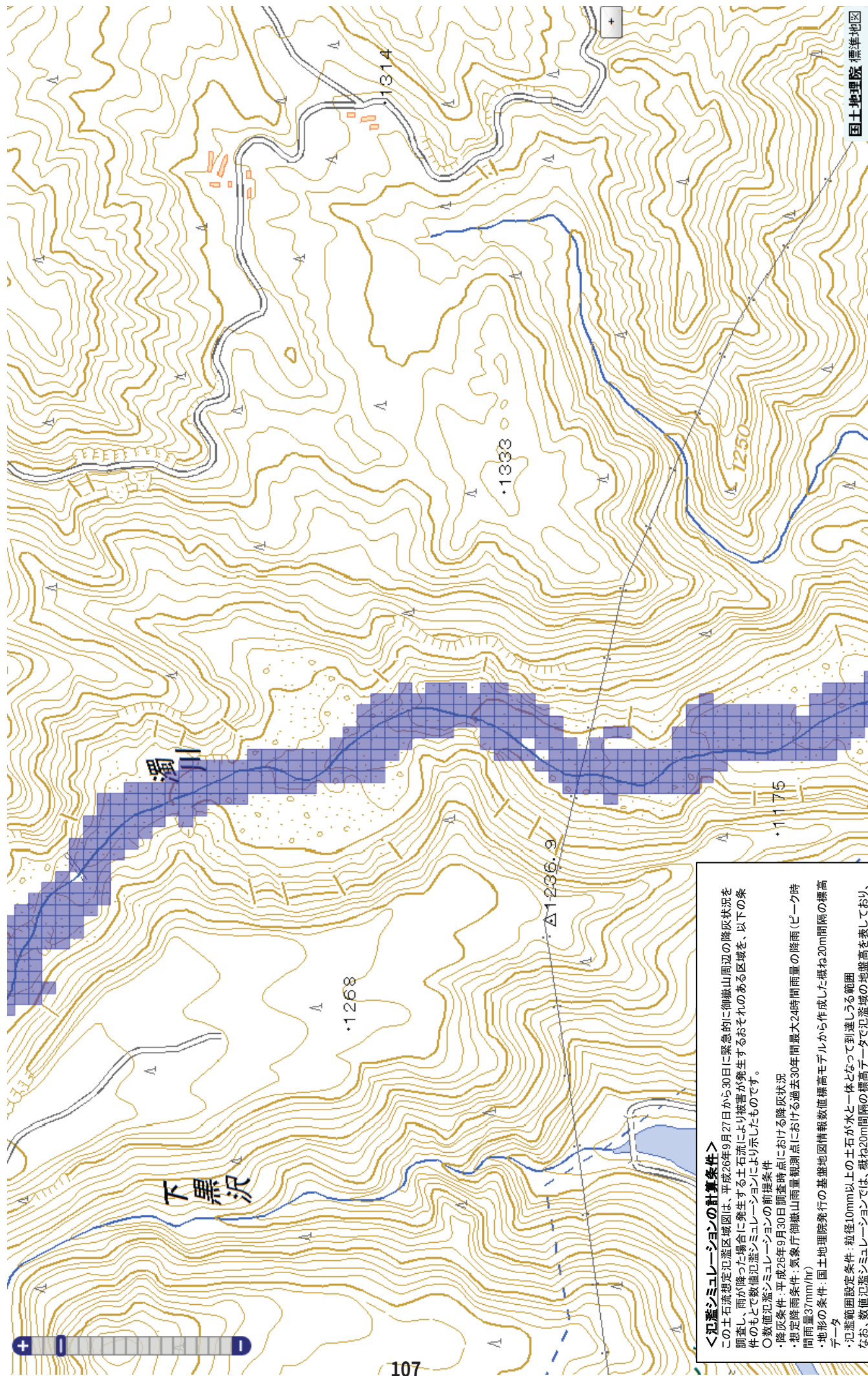
・地形の条件：国土地理院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ

・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲

なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。

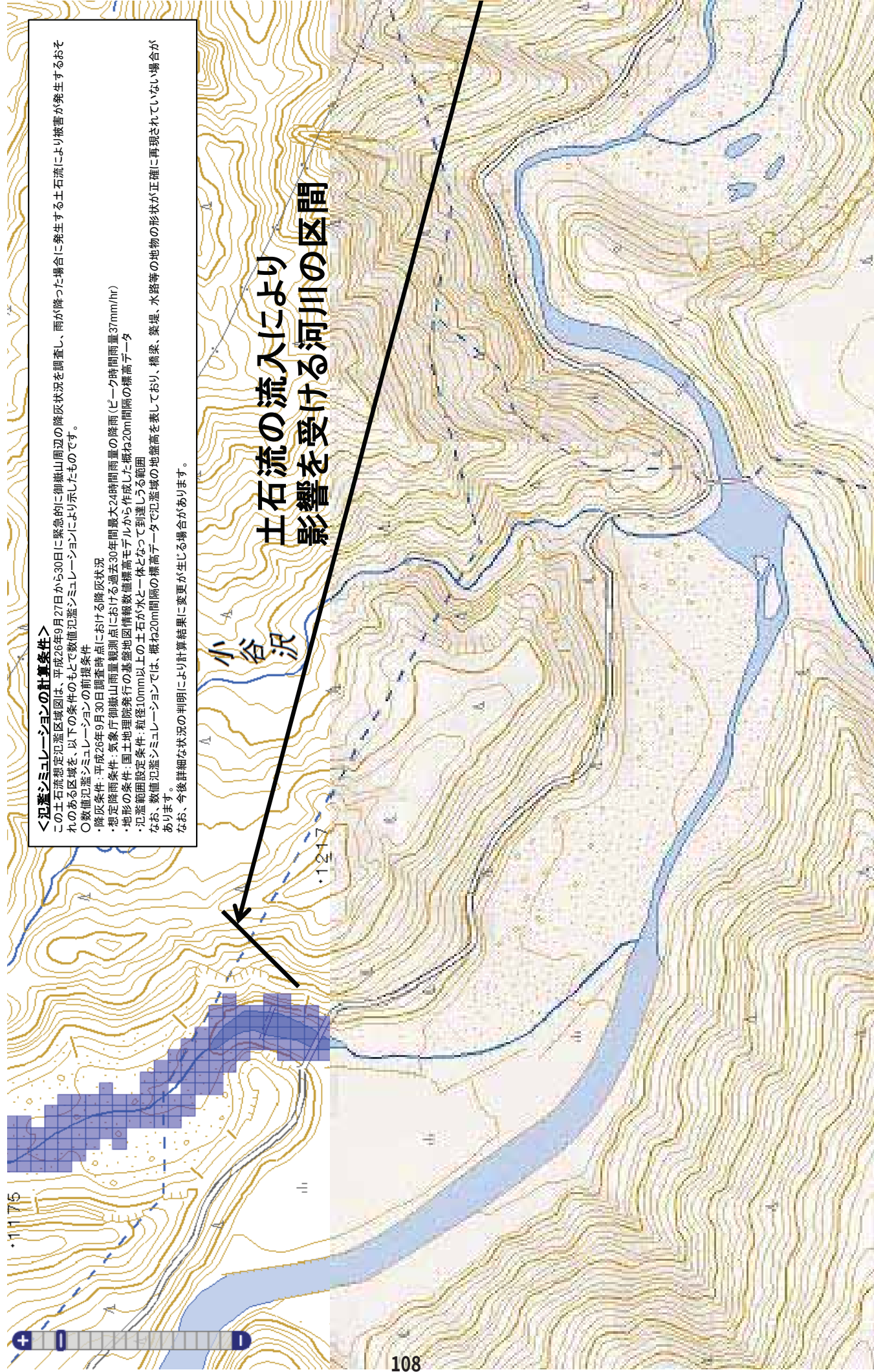
なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果：濁沢川②



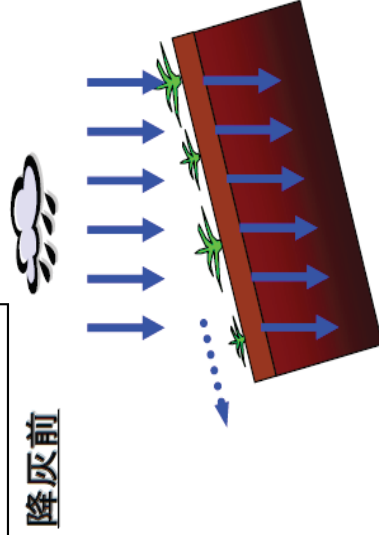
<氾濫シミュレーションの計算条件>
 この土石流想定氾濫区域図は、平成26年9月27日から30日に緊急的に御嶽山周辺の降灰状況を調査し、雨が降った場合に発生する土石流により被害が発生するおそれのある区域を、以下の条件のもとで数値氾濫シミュレーションにより示したものです。
 ・数値氾濫シミュレーションの前提条件
 ・想定降雨条件：平成26年9月30日調査時点における過去30年間最大24時間雨量の降雨（ピーク時雨量37mm/hr）
 ・地形の条件：国土地理院発行の基礎地図情報数値標高モデルから作成した概ね20m間隔の標高データ
 ・氾濫範囲設定条件：粒径10mm以上の土石が水と一体となって到達しうる範囲
 なお、数値氾濫シミュレーションでは、概ね20m間隔の標高データで氾濫域の地盤高を表しており、橋梁、築堤、水路等の地物の形状が正確に再現されていない場合があります。
 なお、今後詳細な状況の判明により計算結果に変更が生じる場合があります。

シミュレーション計算結果： 濁沢川③



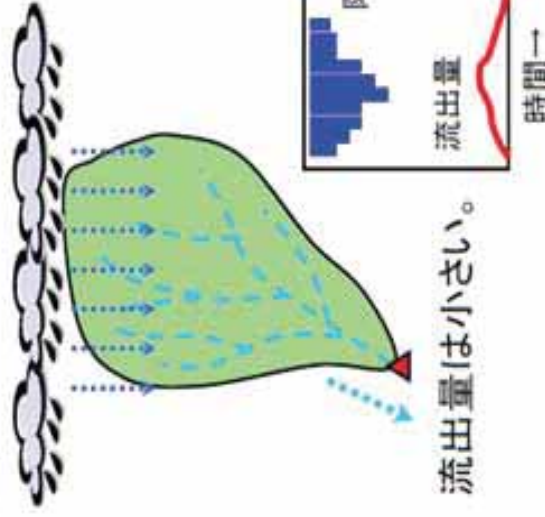
(1) 降灰後の降雨による土石流の発生メカニズム

降灰前



雨水はほとんど浸透し、表面流は発生しにくい。

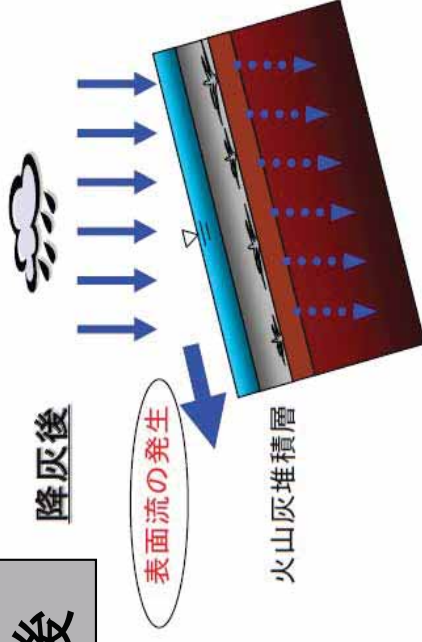
降灰前



流出量は小さい。

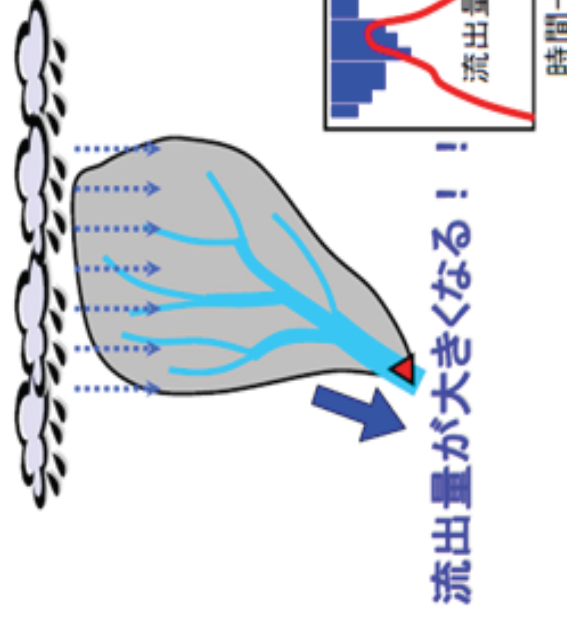


降灰後



浸透能が低下し、表面流が多量に発生するようになる。

降灰後



表面流の増加・流出量の増大により、河床の土砂・流木の土砂・流木を巻き込んで土石流が発生しやすくなる。

御嶽山現地調査結果について

1. 調査者

国土技術政策総合研究所土砂災害研究室：國友室長

（独）土木研究所 火山・土石流チーム：清水研究員

中部地方整備局河川部河川工事課：松村課長補佐（6 日のみ）

中部地方整備局河川部：小野建設専門官（7 日のみ）

2. 調査行程

（10 月 6 日）

- ・ 11:00 冷川、鹿ノ瀬川、白川、湯川
- ・ 13:00 濁沢川
- ・ 16:10 下山

（10 月 7 日）

- ・ 8:00 ヘリ調査開始
- ・ 10:45 終了

3. 所見

（濁沢川）

- ・ 10 月 6 日の現地調査において、濁沢川の林野庁ワイヤー設置箇所（洗い越し付近）で土石の堆積を確認した。
- ・ 本日、ヘリ調査により、大地獄谷火口付近から洗い越し付近まで土砂の流下痕跡が認められたことから、林野庁が設置したワイヤーセンサーの切断時間から 10 月 5 日 16 時 59 分ころに土石流が発生したと推定される。
- ・ 土石流発生直前である 10 月 5 日 15 時 50 分～16 時 50 分の 1 時間には、アメダス御嶽山において、台風 18 号に伴う一連の降雨における最大時間雨量である 13.5mm の降雨が観測されている。

- ・ 林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近における土石の最大堆積深は 2.0～3.0m 程度であると推定され、堆積物は大きなもので 1.0～1.5m 程度であった。
- ・ 土石は濁沢川と伝上川合流点付近までに堆積しており、土石流は王滝川本川まで達するような規模ではなかった。細粒分については治山ダムの除石を実施している箇所付近までに堆積していた。
- ・ それより下流部においては顕著な増水の痕跡、土砂の堆積は認められなかった。
- ・ 大地獄谷周辺に堆積していた火山灰は、ある程度の量が今回の降雨により下流に流出したように見受けられる。
- ・ 今後も、依然として火口周辺には火山灰の堆積は認められることから、時間 10mm 程度の降雨でも同程度の土石流が繰り返し発生する恐れがあると考えられるが、土石流の大部分は伝上川合流点付近で堆積することが想定され、集落に達するような土石流のおそれは小さいと考えられる。
- ・ ただし、濁沢川の流域においては、一定程度の火山灰が流出したと認められるが、火山灰の堆積があった区域内における侵食であったことから、土石流の危険性はシミュレーションを実施した時点と比べ変わらないものと考えられる。
- ・ しかしながら、大雨の際には、土石流に対する注意や警戒が必要であり、また、火山活動の推移により流域に状況変化があった場合には、これらをふまえた追加調査を行う必要がある。

(白川・湯川・鹿ノ瀬川・冷川)

- ・ 御嶽山東麓の河川においては、現地調査により、流域が山頂部に接する、白川、湯川で白濁を確認した。
- ・ 鹿ノ瀬川・冷川については、顕著な濁りは確認できなかった。
- ・ 流下痕跡からも、大きな増水があったとは認められなかった。
- ・ ヘリコプターからの調査においては、火山灰の堆積があった区域においてガリー侵食

2014 年 10 月 7 日

（筋状の侵食）が確認され、これが河川の白濁の主な原因と考えられる。

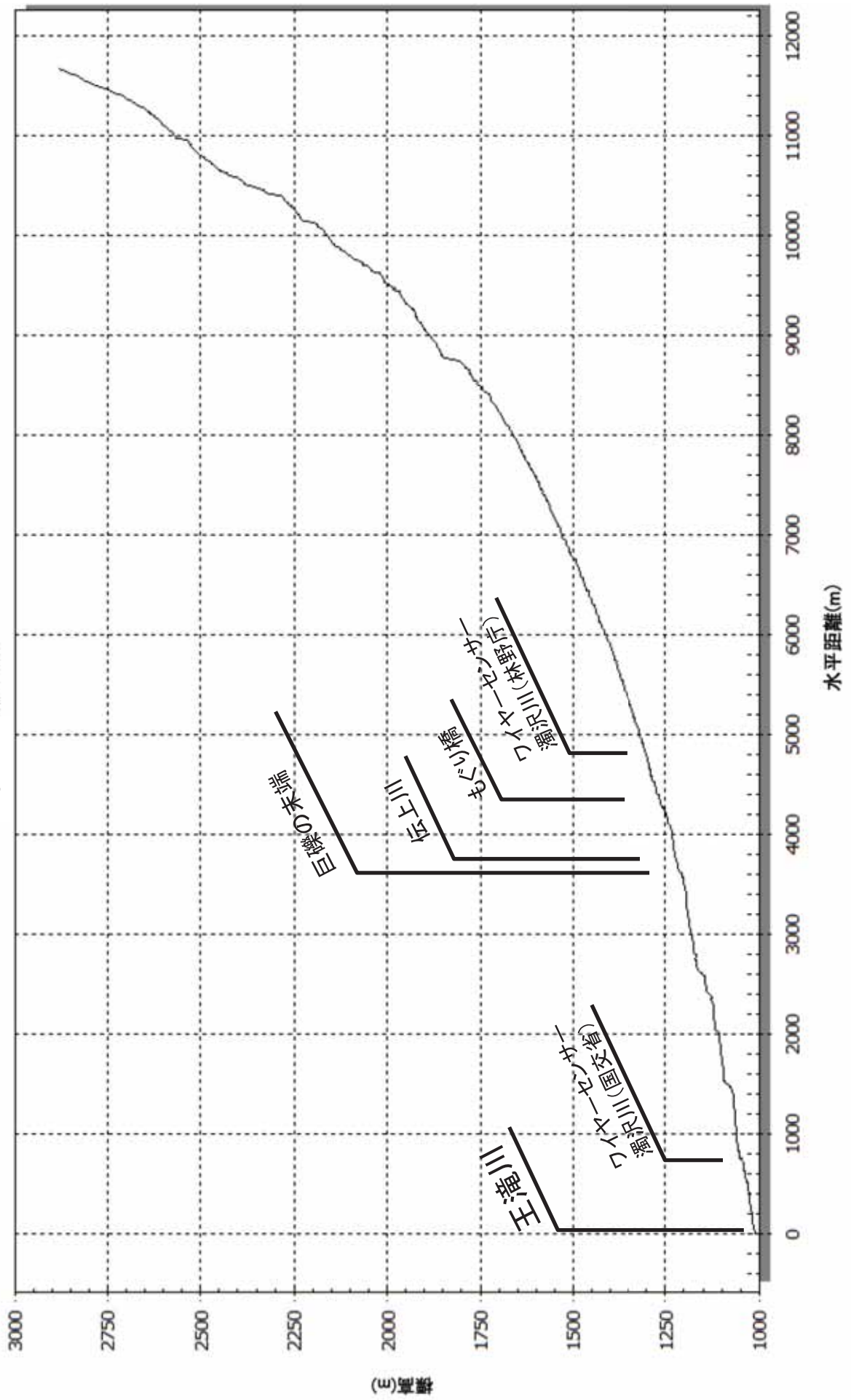
- ・ 白川、湯川の流域においては、一定程度の火山灰が流出したと認められるが、火山灰の堆積があった区域内における侵食であったことから、土石流の危険性はシミュレーションを実施した時点と比べ変わらないものと考えられる。
- ・ しかしながら、大雨の際には、土石流に対する注意や警戒が必要であり、また、火山活動の推移により流域に状況変化があった場合には、これらをふまえた追加調査を行う必要がある。

河川名	濁沢川	湯川	白川	鹿ノ瀬川	冷川
状況	白濁	白濁	白濁	透明	透明

以上



濁沢川 縦断面図



大地獄谷付近の状況(9/29)



H26.9.29

1

大地獄谷の状況(10/7)



H26.10.7

2

大地獄谷の状況(10/7)



H26.10.7

3

濁沢川の土石流堆積状況(10/7、林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近より上流を望む)



H26.10.7

4

濁沢川の土石流発生前の状況(9/29、林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近)



5

濁沢川の土石流発生後の状況(10/7、林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近)



6

濁沢川の土石流発生状況(10/6)、林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近)



H26.10.6

7

濁沢川の土石流堆積状況(10/7、林野庁ワイヤーセンサー設置箇所付近)



H26.10.7

8

濁沢川と伝上川の合流点の状況(10/7)



9

濁沢川中流部の状況(10/7)



10

国土交通省ワイヤーセンサー設置箇所付近の状況(10/7)



11

白川源頭部の状況(9/29)



12
120

白川源頭部の状況(10/7)



13

白川の状況(10/6)



14

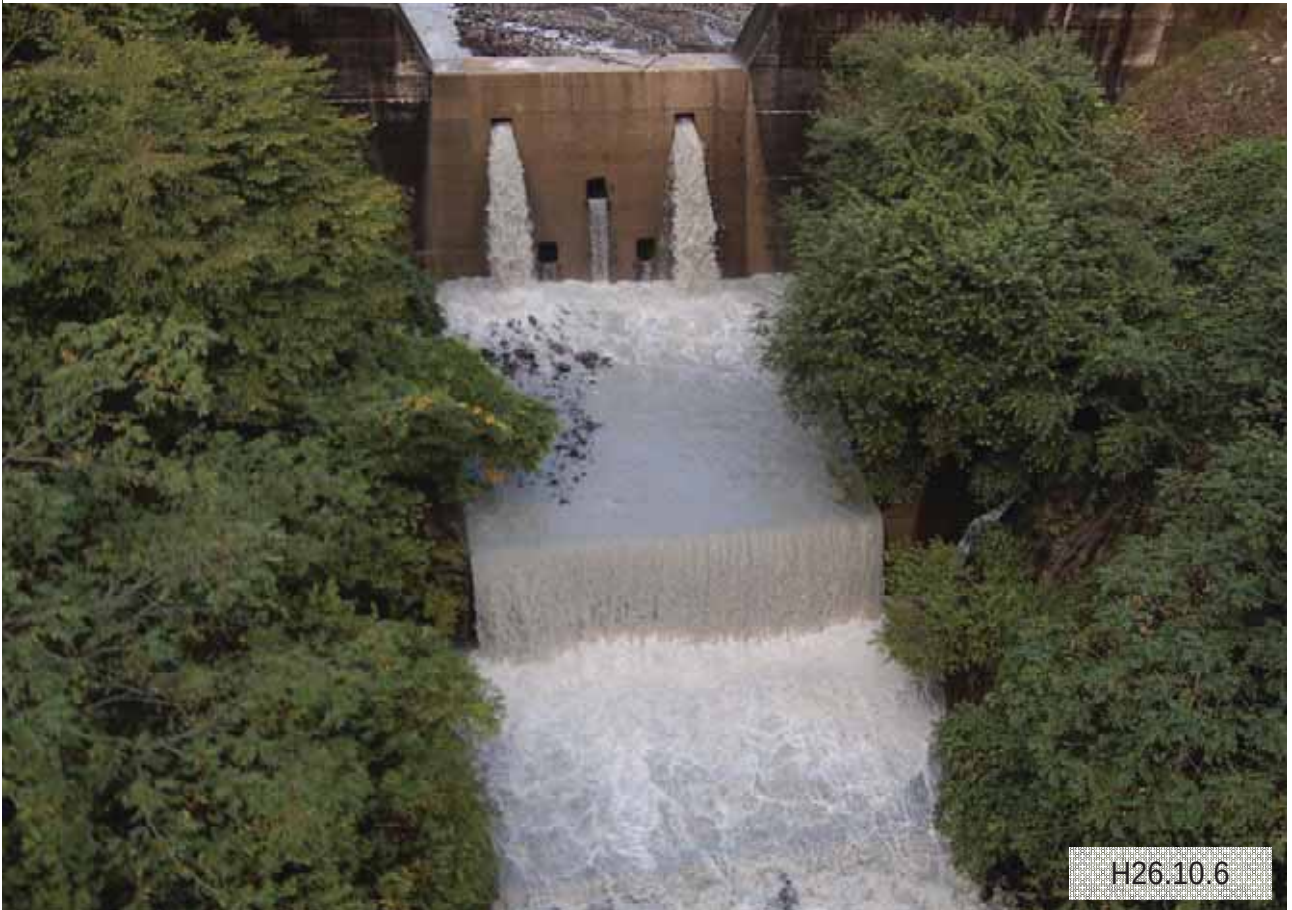
湯川源頭部の状況(10/7)



H26.10.7

15

湯川の状況(10/6)



H26.10.6

16

冷川の状況(10/6)



17

鹿ノ瀬川の状況(10/6)

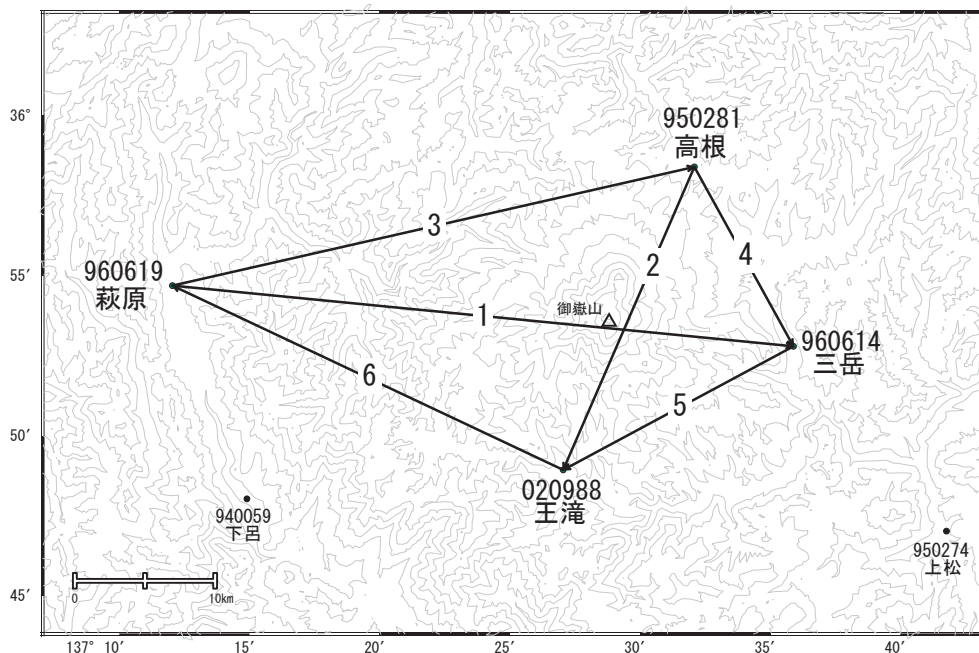


18

御嶽山

御嶽山では、2014年9月27日に噴火が発生しましたが、噴火前後に特段の地殻変動は見られません。

御嶽山周辺GNSS連続観測基線図



御嶽山周辺の各観測局情報

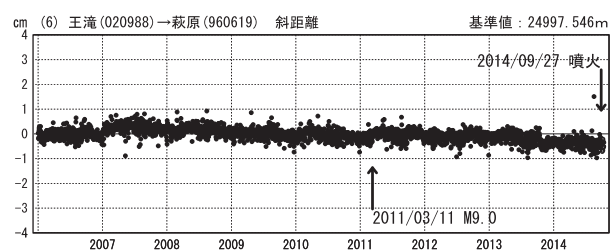
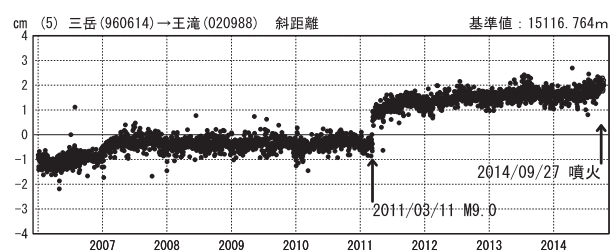
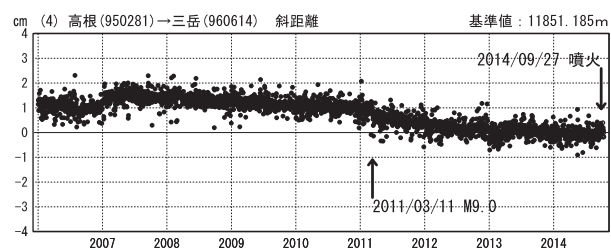
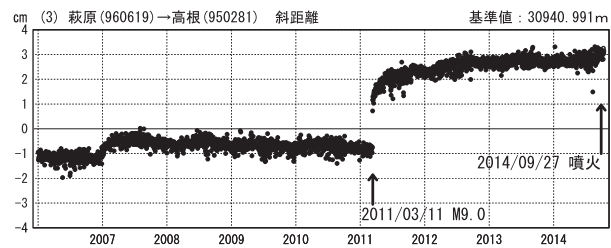
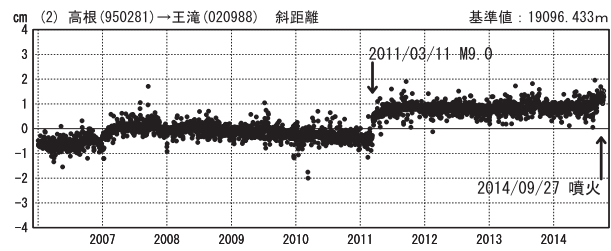
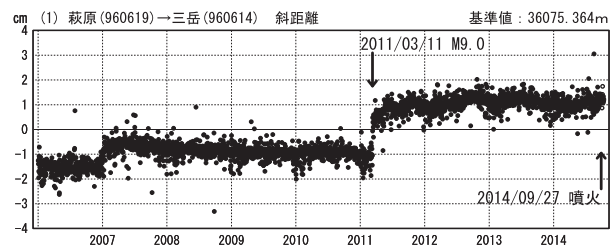
点番号	点名	日付	保守内容
020988	王滝	20040212	ピラー改造
		20121004	アンテナ・受信機交換
950281	高根	20030530	アンテナ・受信機交換
		20121130	アンテナ・受信機交換
960614	三岳	20030220	アンテナ・受信機交換
		20100113	受信機交換
		20121003	アンテナ交換
960619	萩原	20030312	アンテナ交換
		20090528	アンテナ交換
		20100113	受信機交換
		20100220	受信機交換
		20100309	受信機交換
		20100310	レドーム開閉
		20100326	レドーム開閉
		20120821	アンテナ交換

※[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

御嶽山

基線変化グラフ

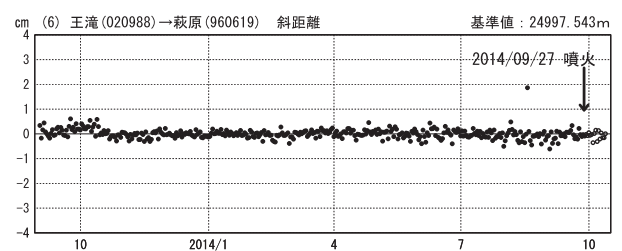
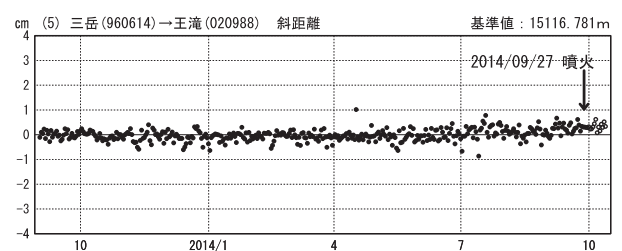
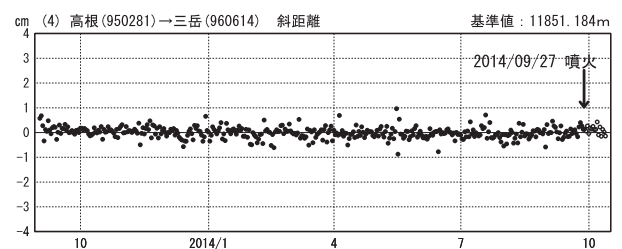
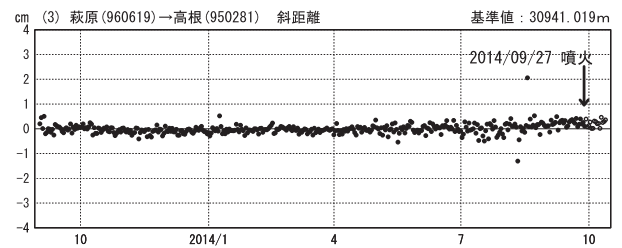
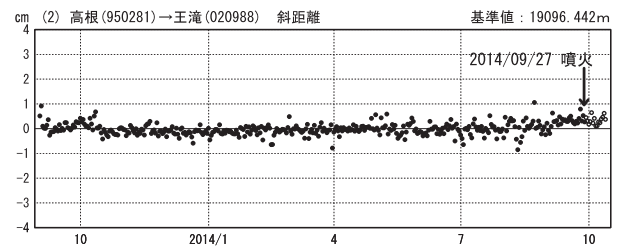
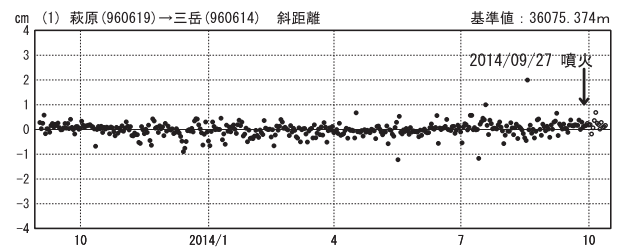
期間：2006/01/01～2014/10/12 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

基線変化グラフ

期間：2013/09/01～2014/10/12 JST



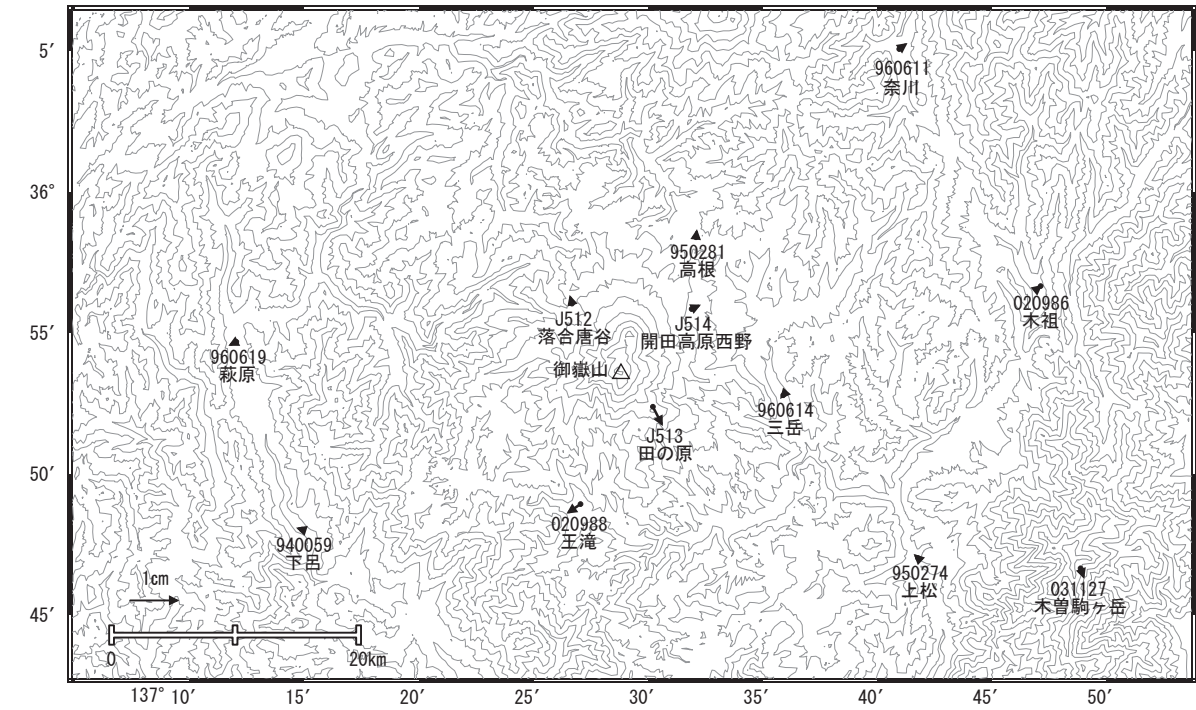
国土地理院

※[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

御嶽山

御嶽山周辺の地殻変動(水平:3ヶ月)

基準期間:2014/07/01~2014/07/10[F3:最終解]
比較期間:2014/10/01~2014/10/10[R3:速報解]

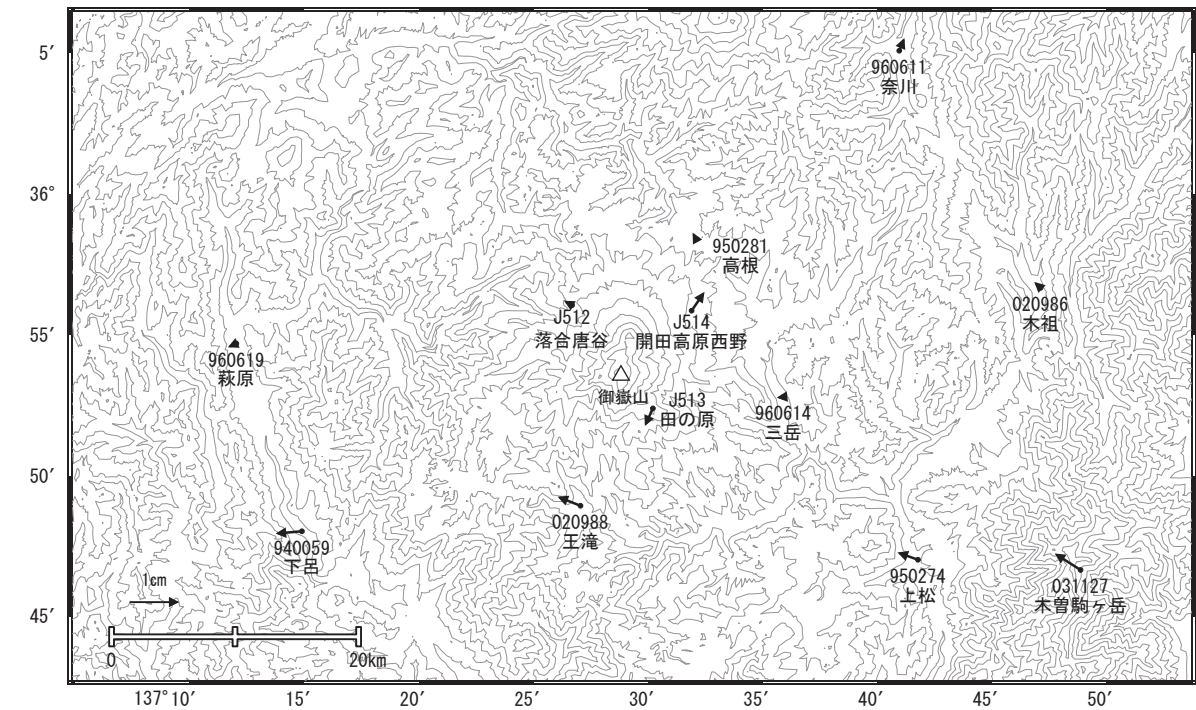


☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

御嶽山周辺の地殻変動(水平:1年)

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



☆ 固定局:白鳥(950282)

国土地理院・気象庁

観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
J512	落合唐谷	20131107	解析方法の変更によるオフセット補正
J513	田の原	20131106	新設(J510田の原より移転)
J514	開田高原西野	20131107	新設(J511開田高原西野より移転)

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守、移転等による変動は補正済み

御嶽山

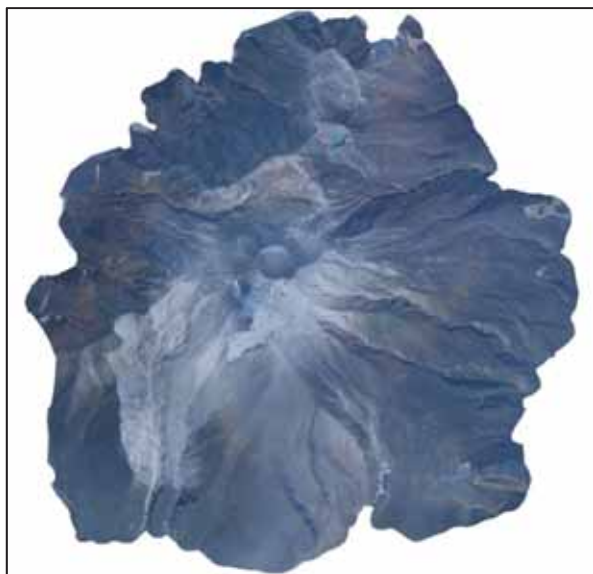
御嶽山における正射画像の作成及び航空機搭載型合成開口レーダ(航空機 SAR) の観測

1. 正射画像の作成

国土地理院では、御嶽山周辺において平成26年9月28日、29日に斜め写真の撮影を実施し、正射画像をホームページで公開した。今回作成した正射画像は、一般的に垂直写真から作成した同じ分解能の正射画像よりも位置精度が悪い。

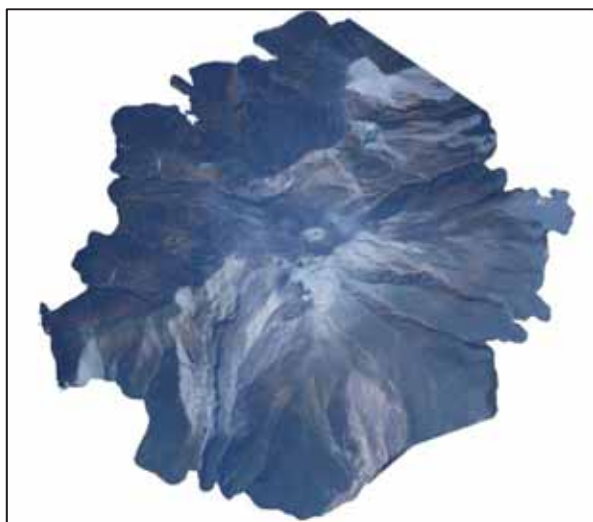
<http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-ontake-index.html>

1) 9月28日正射画像



撮 影 日 平成26年9月28日
公 開 平成26年9月28日
技術資料 C1-No. 443

2) 9月29日正射画像



撮 影 日 平成26年9月29日
公 開 平成26年9月29日
技術資料 C1-No. 443

御嶽山

2. 航空機搭載型合成開口レーダ（航空機 SAR）の観測

Xバンド（送信中心周波数：9.65GHz）の航空機 SAR を用いて、御嶽山火口部周辺の観測を実施し、観測成果として反射強度画像を作成した。

1) 観測諸元

- (1) 観測日 : 2014 年 9 月 29 日（16 時～17 時） コース 1S、2S、3S、4S
9 月 30 日（10 時～11 時） コース 3S、4S、5S
- (2) 観測高度 : 5,200m（全コース進行方向左側を観測）
- (3) オフナディア角 : 75°
- (4) 偏波 : 水平送信/水平受信

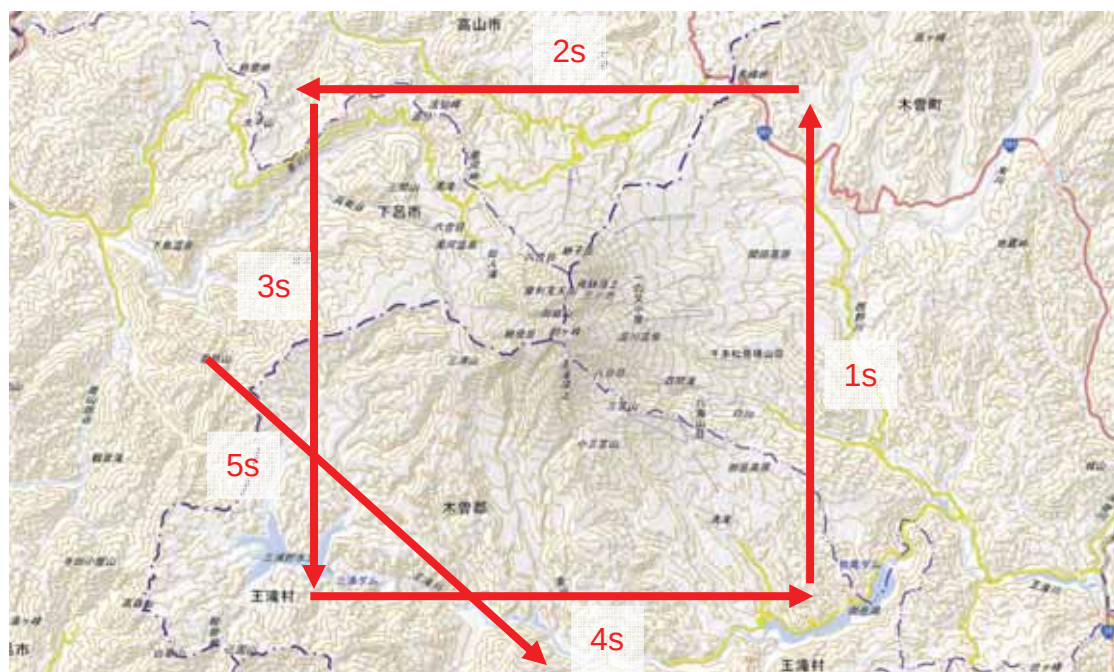


図1 観測コース（5コース）



写真1 観測時の御嶽山山頂付近の斜め写真（左；9月29日、右；9月30日）

御嶽山

2) 観測成果

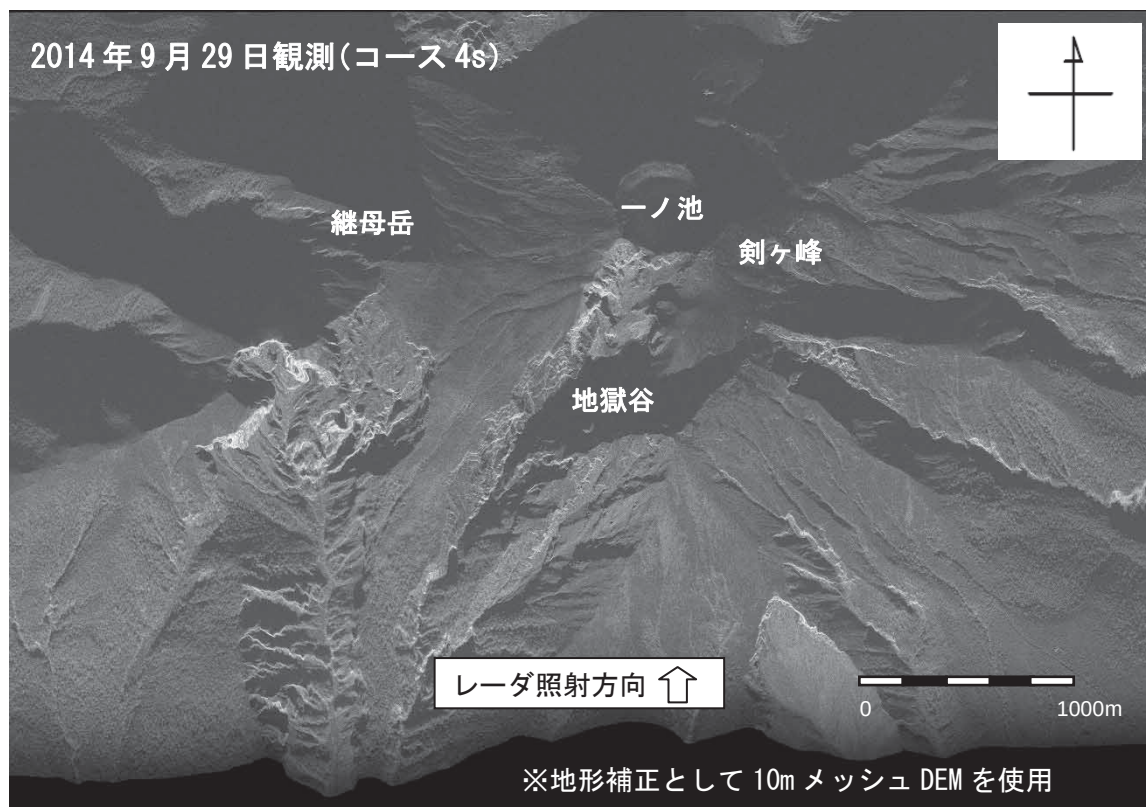


図2 9月29日観測の反射強度画像

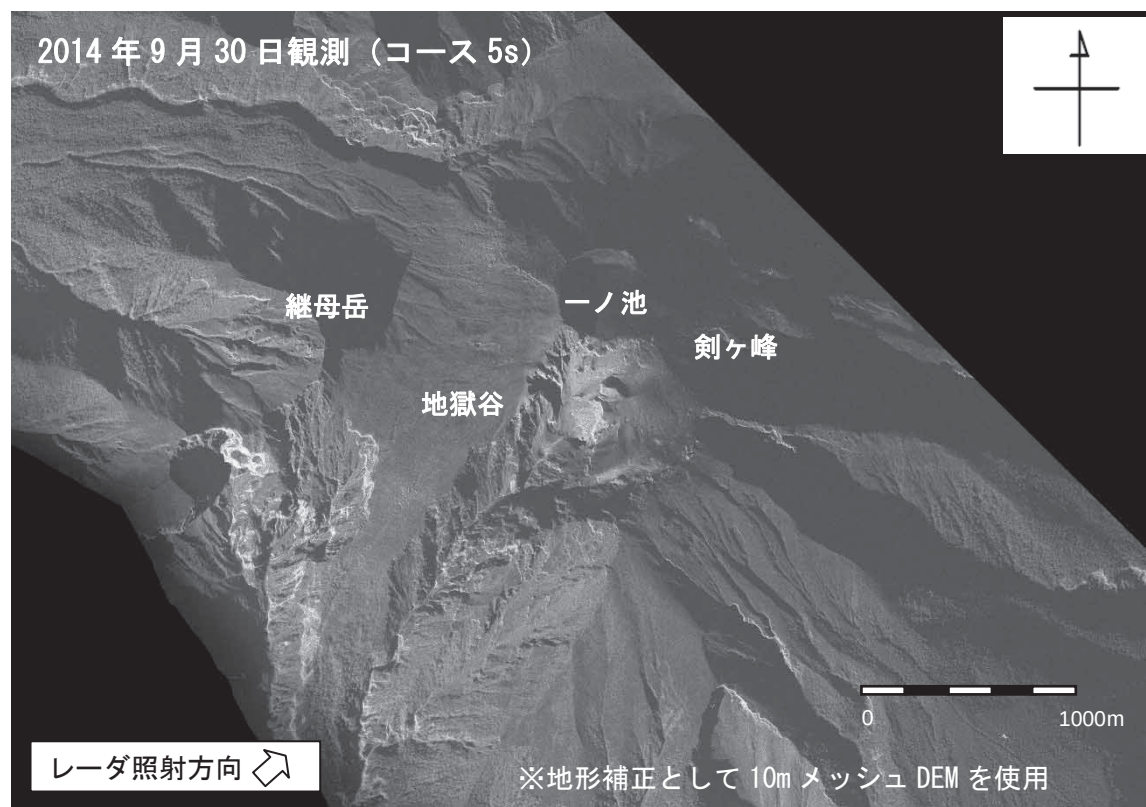


図3 9月30日観測の反射強度画像

御嶽山

3) 噴火口の推定

今回、御嶽山地獄谷周辺の噴煙が上がっている範囲について、航空機 SAR の反射強度画像(9月29日、30日)をもとに噴火口を判読しその位置を特定した。図4の赤色枠で示した箇所は噴火口と推定したもの、また黄色枠で示した箇所は噴火前の地形と比較して窪んでいることが確認できた箇所であるが、噴煙が確認できなかったことから噴火口の可能性があるものとして整理した。判読には航空機 SAR の反射強度画像の他に手持ちカメラによる斜め写真、噴火前の平成25年に作成された5mメッシュDEMなど各種資料を使用した。なお、9月30日の斜め写真では噴火口の可能性があるもののうちAの付近からの噴煙が確認できる。他の推定火口については28日以降の斜め写真では噴煙を確認することはできていない。

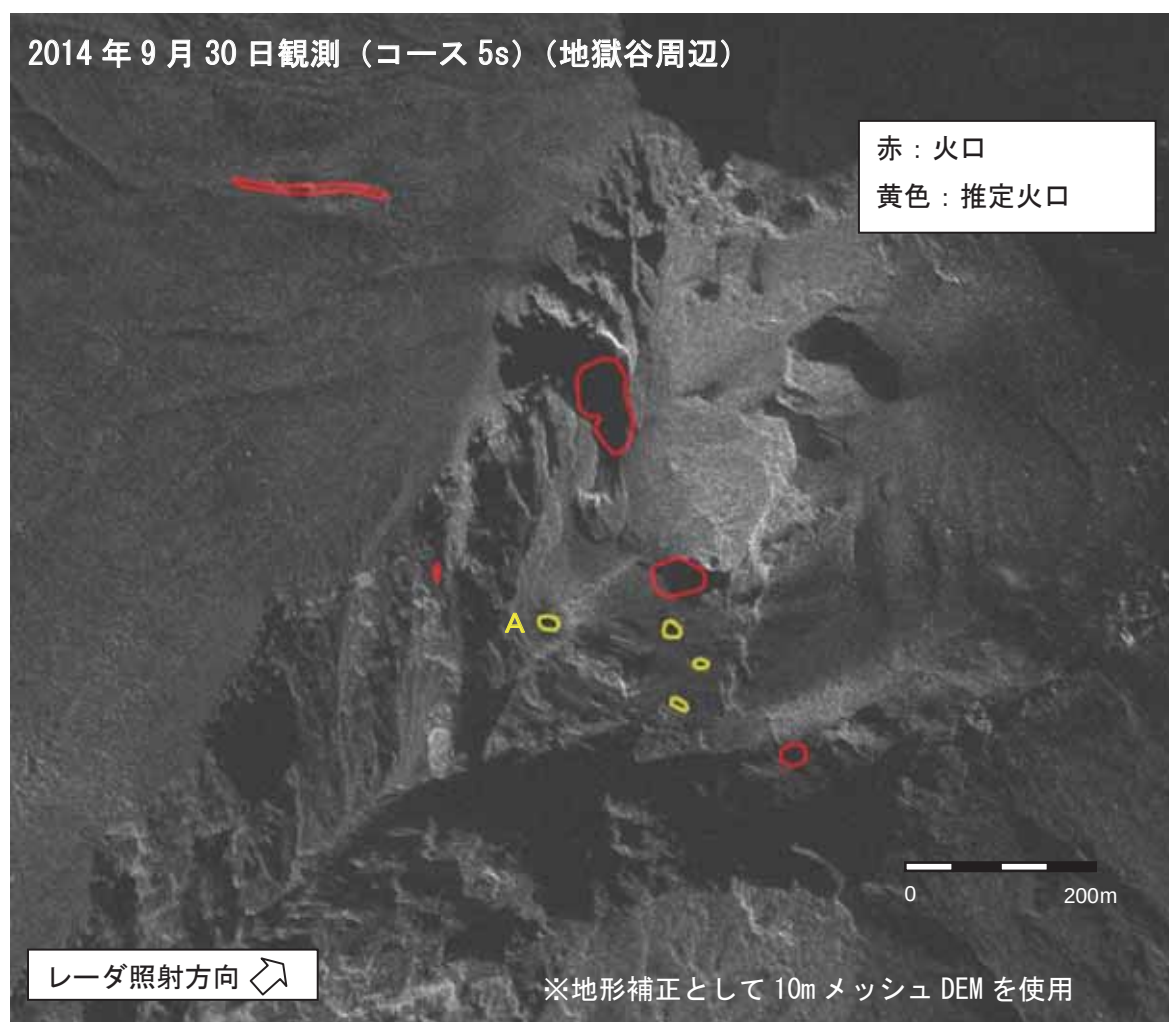


図4 9月30日観測の反射強度画像と判読により推定された噴火口

今後、航空機 SAR より作成した標高データを用いて、既存の標高データと比較等を行い、SAR 観測データの活用の可能性を検討する。

御嶽山

航空機 SAR(Pi-SAR2)による御嶽山観測結果(2014 年 10 月 2 日)

情報通信研究機構は 10 月 2 日 12 時 45 分から 14 時 30 分の間に航空機搭載合成開口レーダ (Pi-SAR2) により御嶽山山頂を中心とする周辺領域を 9 方向から観測した。当日に予知連 ML にて速報した 4 方向のデータを含めフル分解能 (30cm) の KMZ[※]化した全データを、以下の Web サイトに掲載し公開している。

URL: <http://www2.nict.go.jp/aeri/rrs/pisar2-ontake/index.html>



図 1 2014/10/2 13:49 (3km x 3km)

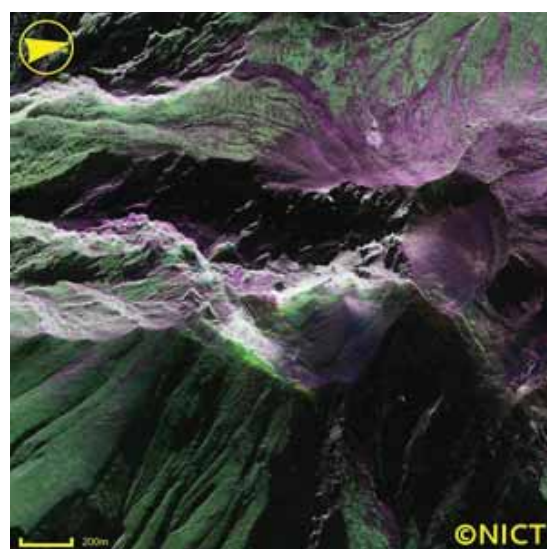


図 2 2014/10/2 12:43 (2km x 2km)



図 3 2014/10/2 12:51 (3km x 3km)

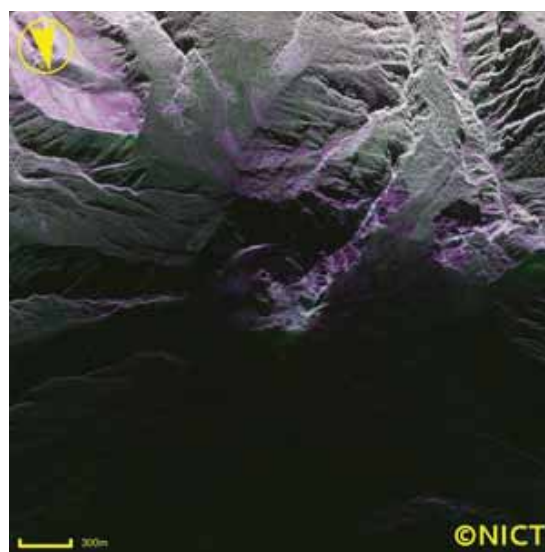


図 4 2014/10/2 13:38 (3km x 3km)

御嶽山

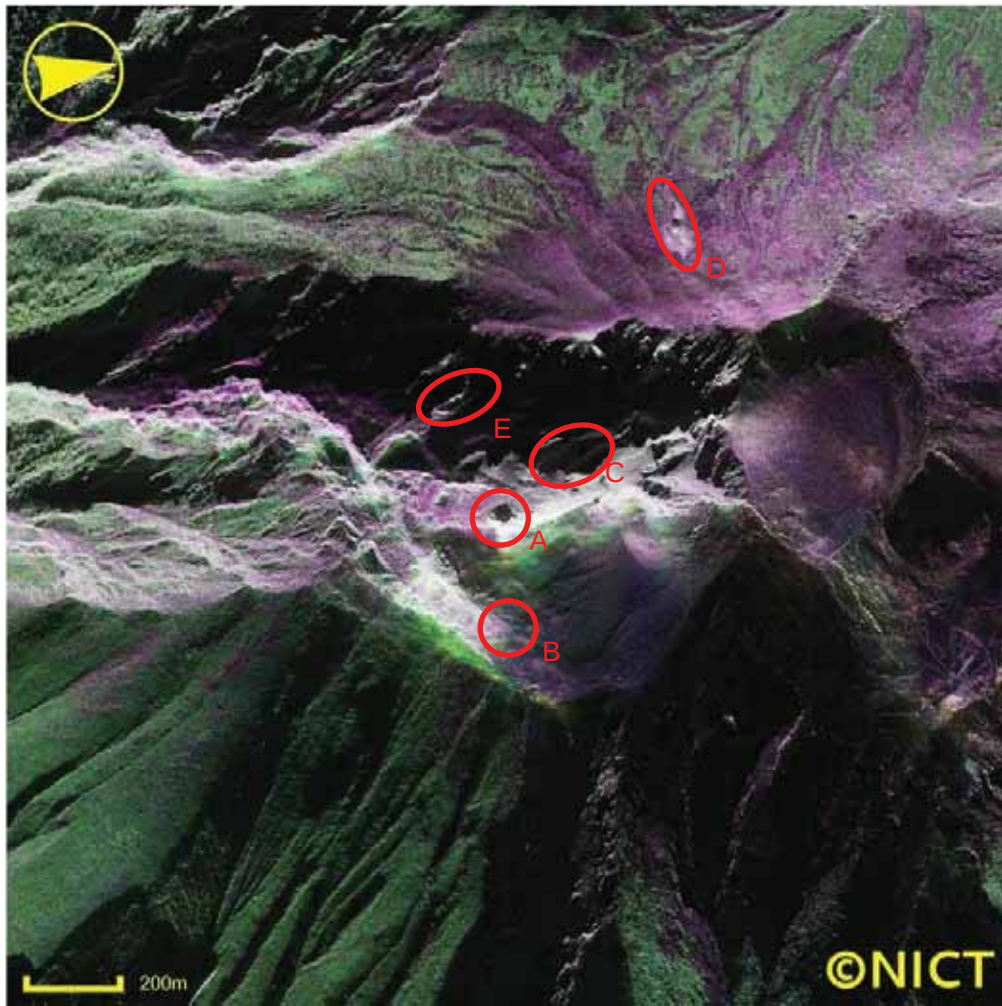


図5 赤丸は図2のデータ上における国土地理院による火口推定位置。



図6 火口Dの拡大画像(図3より)。

注) KMZ :

Google Earth の空間情報記述言語 (KML) が ZIP 形式で圧縮されたファイル(画像を含む)。

Google Earthがインストールされていれば、このファイルを呼び出すことで同地図上に投影できる。

御嶽山

御嶽山の過去の火山活動

・過去 1 万年間の噴火活動（活火山総覧第四版より抜粋）

最近 2 万年間は、水蒸気噴火などの新鮮なマグマを放出しない活動のみだと考えられていた（小林，1993；Kimura and Yoshida，1999 など）が、最近の研究では、過去 1 万年間に複数回のマグマ噴火が発生していることが明らかにされている（鈴木・他，2007；及川・他，2007；鈴木・他，2009；及川・奥野，2009）。それらによると、最近 1 万年間にマグマ噴火は 4 回発生している。また、水蒸気噴火は数百年に 1 回の割合で、堆積物として残る規模のものが発生している。1979 年噴火以前の歴史記録に残る噴火は発見されて無いが、山頂南西の地獄谷における噴気活動は、最近数百年間は継続している（及川，2008）。

・有史以降の火山活動(▲は噴火年を示す)（活火山総覧第四版より抜粋）

年代	現象	活動経過・被害状況等
1978～79(昭和 53～54)年 ²⁰	地震 ²⁰	5 月～。王滝村付近で群発。活動のピークは 1978 年 10 月。最大地震は 10 月 7 日 05：44 M5.3。
▲1979(昭和 54)年 ^{2,4,5,11}	中規模：水蒸気噴火 ^{2,3,4,5,11}	10 月 28 日早朝。火砕物降下。噴火場所は剣ヶ峰(主峰)南斜面小火口群 ^{2,4} 。同夜におさまる。前橋付近まで降灰。山麓で農作物被害。噴出物の総量は約 20 数万トン。(VEI2) ⁴
1984(昭和 59)年 ^{6,7,8,12}	地震、(山体崩壊) ^{6,7,11,12}	9 月 14 日。岩屑なだれ(御嶽崩れ)。場所は御嶽山南南東斜面 ^{6,8,9,10,12} 。「昭和 59(1984)年長野県西部地震(M6.8)」。御嶽山頂のやや南方に生じた山崩れは約 10 km 流下して、王滝川に達するなど所々で大規模な崩壊。死者 29 名、住宅全半壊 87 棟等。地震活動は数年後にほぼ収まった。
1988(昭和 63)年 ²¹	地震 ²¹	10 月 4～10 日。低周波地震多発 ²¹ 。
▲1991(平成 3)年 ¹³	ごく小規模：水蒸気噴火 ^{13,14}	5 月 13～16 日の間。噴火場所は 1979 年第 7 噴火口 ^{13,14} 。4 月 20 日山体直下で地震多発、以後 6 月まで時々地震多発。4 月 27 日～6 月微動多発、特に 5 月 12～16 日微動活発。5 月 20 日の現地調査で、1979 噴火の第 7 火口から火山灰を噴出した跡を確認。第 7 火口はこれまで噴気もなかった。(VEI0) ¹³
1992(平成 4)年 ²²	地震 ²²	11 月 12 日。火山性地震増加(52 回) ²² 。
1993(平成 5)年 ²³	地震 ²³	3 月下旬以降、山頂の南南東約 10 km 付近(長野県西部地震の余震域)で地震活動が活発化した ²³ 。
1995(平成 7)年 ²⁴	微動 ²⁴	8 月下旬に、極微小な火山性微動が合計 7 回発生 ²⁴ 。
2006(平成 18)年 ^{25,26}	地殻変動、地震、火山性微動 ^{25,26}	12 月中旬、わずかな山体膨張が始まる。12 月下旬、山頂部直下で火山性地震増加、火山性微動発生(以降、2007 年 3 月まで消長を繰り返しながら継続) ^{25,26} 。
▲2007(平成 19)年 ^{25,26,27}	水蒸気噴火 ^{25,26}	1～3 月。噴火場所は 79-7 火口。 1 月 16～17 日火山性地震増加(16 日 90 回、17 日 164 回)1 月 25 日一連の活動中で最大の火山性微動発生(15～20 秒の超長周期成分を含む)。 3 月 16 日噴気量増加(三岳黒沢の遠望カメラで山頂部に少量の噴気を確認、以降、ごく少量の噴気が時々認められる)。 3 月後半？ ごく小規模な噴火。 5 月 29 日の現地調査で、79-7 火口北東側約 200m の範囲に 79-7 火口から噴出した火山灰を確認(噴火発生日は不明)。地震波等の研究から、御嶽山直下へのマグマ貫入(深さ 4km まで上昇)に伴って山頂直下の地震が発生 ²⁷ 。

※噴火イベントの年代、噴火場所、噴火様式等については、(独)産業技術総合研究所の活火山データベース(工藤・星住，2006-)を参考に、文献の追記を行った。

・1979 年の噴火活動

（以下の文章は曾屋他（1980）の記述による）

■噴火現象の特徴

1. 10 月 28 日 05 時頃に御嶽山の山頂付近に西北西―東南東に並ぶ火口群が開口した。爆発音はなく、顕著な前駆的現象は不明。
2. 噴火の様式は水蒸気爆発に特徴的な cock ' s tail が認められた。火山灰や岩塊の放出とともに火口中の温泉水の流出があった。
3. 気象庁で収集した情報によると、長い周期で噴煙活動の変化が認められ、最も活発だったのは 14 時頃であった。また数分間の短い周期の変化も認められた。
4. 噴出物中には本質物質は含まれていない。また粘土鉱物が多く検出された。

■噴火の推移

10 月 28 日

- | | |
|------------|--|
| 05 時頃 | 王滝村役場職員が頂上付近に高さ 150m の噴煙が上がるのを見つける |
| 05 時 15 分 | 王滝山頂から剣ヶ峰へ登山中のパーティは硫黄ガスに気づき、午前 5 時 30 分頃降灰に遭遇。 |
| 06 時頃 | 他のパーティは御嶽山の 7 合目 田の原高原で御嶽山頂上付近に黒煙が上昇するのを目撃。 |
| 同時刻頃 | 剣ヶ峰でビバークしていた登山者はジェット機に似た音やかなりの煙に気づいたが噴火とは気づかなかった。 |
| 06 時 50 分頃 | 中津川の坂本 平川村で噴煙を見た。 |
| 09 時頃 | 三岳村からの観察では、白煙が 1 ヶ所より上昇していた。同時刻頃田の原高原からの観察では白煙が茶色に変わった。 |
| 09 時 30 分頃 | 飛行機からの空中観察によると、山頂の山小屋は黒い火山灰に覆われ、噴煙の高さは 1,000m で東北東に流れていた。 |
| 10 時 | 開田村役場、現在白色噴煙、降灰量はほこりをかぶった程度。 |
| 11 時 | 定期航空便からの通報で、高さ 1,800m の噴煙が目撃され、下部は灰色で火山灰を上げている模様。同時刻頃三岳村の観察では、噴煙量が増加し（降灰のため）暗くなった。 |
| 12 時 30 分頃 | きのこ雲状の噴煙が認められた。 |
| 14 時頃 | 7 合目付近 噴火が強くなった。地鳴りとともに 3,000m 上空まで噴煙を上げ、時に径 1 m ほどの岩が飛ぶのが見えた。 |
| 14 時 30 分頃 | 荒牧教授による空中観察によると、黒煙は主火口より上昇し、数分間の長さで噴煙の強さに変化がみられ、また稀に水蒸気爆発の噴煙に特徴的なとがった噴煙柱（cock ' s tail）が射出された。 |
| 15 時頃 | 三岳村で降灰が盛んになった。 |
| 15 時過ぎ | 開田村で降灰のため視程 10-20m となり山は見えなくなった。 |
| 17 時 | 王滝村から黒煙多量。王滝口頂上小屋の裏の方は白い噴煙。王滝村で大量の降灰が続いている。 |
| 夜間 | 目視観測では火映現象は認められなかった。 |
| 10 月 29 日 | 噴煙量は減少し、火山灰の降下も少なくなった。 |

- ・地獄谷を源流とする濁川の川水は、噴火の開始と同時に川の名の通り灰色に濁った。この濁りは噴煙にほとんど火山灰を含まなくなった 10 月 31 日、11 月 1 日にも認められた。小林助教授による 11 月 8—9 日の調査によると、地獄谷谷頭に位置する西端の火口（主火口）と東から 2 番目の火口から白いガスと火山灰で黒色になった温泉水を間欠的に吹き上げ続けており、西端の火口は相当量の温泉水を地獄谷に流下させていた（小林 1979）。濁川の濁りの原因は、この西端の火口からの温泉水の流出によるものであることは明らかとなった。この現象はおそらく 10 月 28 日の噴火の開始と同時に起こっていたに違いない（引用ここまで）



図1 御嶽山の噴火

南西方向から 1979 年 10 月 28 日 14 時 40 分頃 荒牧 重雄 撮影

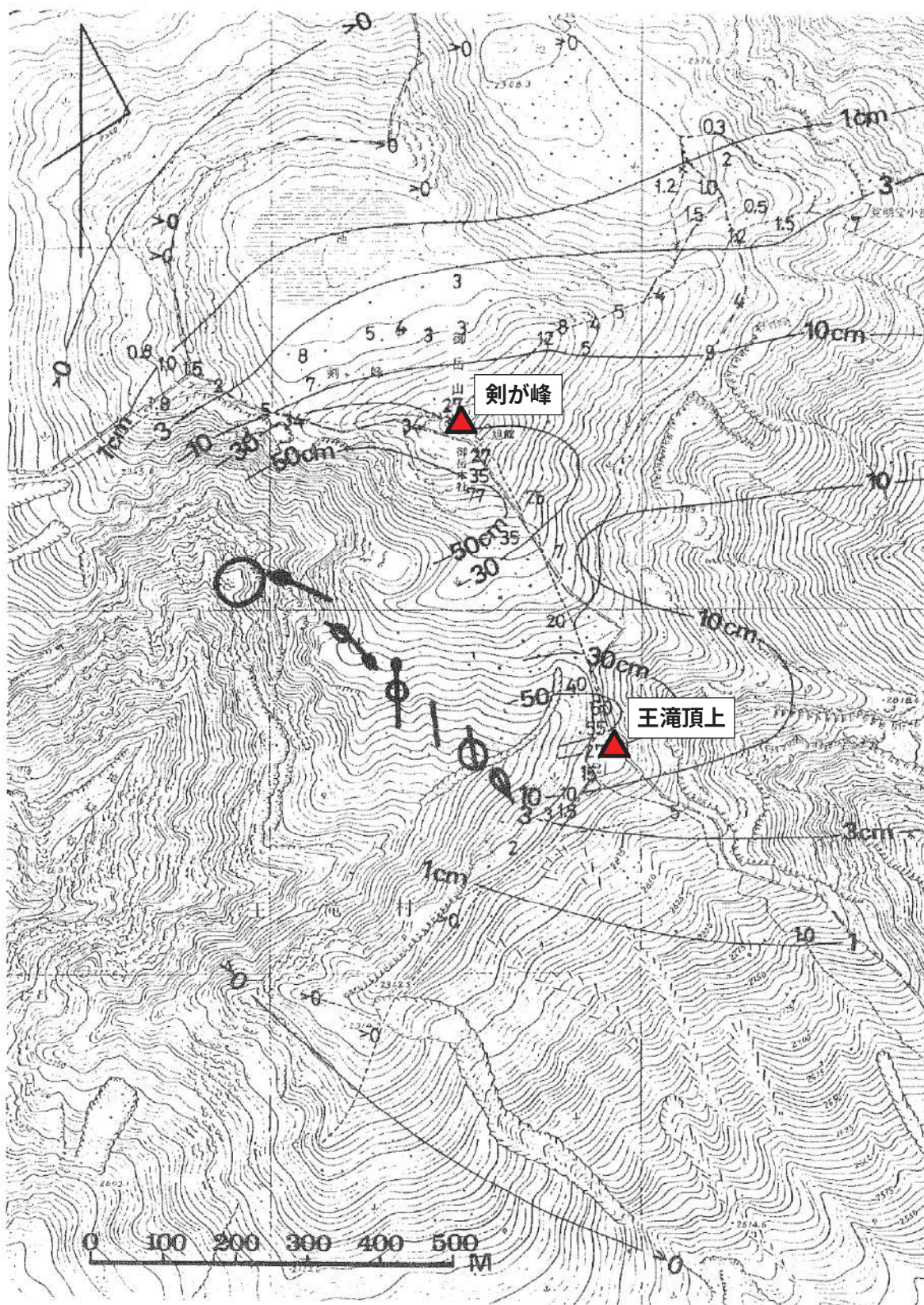


図2 1979 年小火口（割れ目）群と山頂部の火山灰分布（数字は厚さ：cm 単位）
 （御嶽山 1979 年火山活動および災害の総合的調査研究，1980 に加筆）．
 太線は，10 月 28 日に剣ヶ峰の南斜面に生じた小火口（割れ目），
 円印は 1979 年 11 月 9 日現在開口の小火口で，全体として北西－南東の配列を示す．

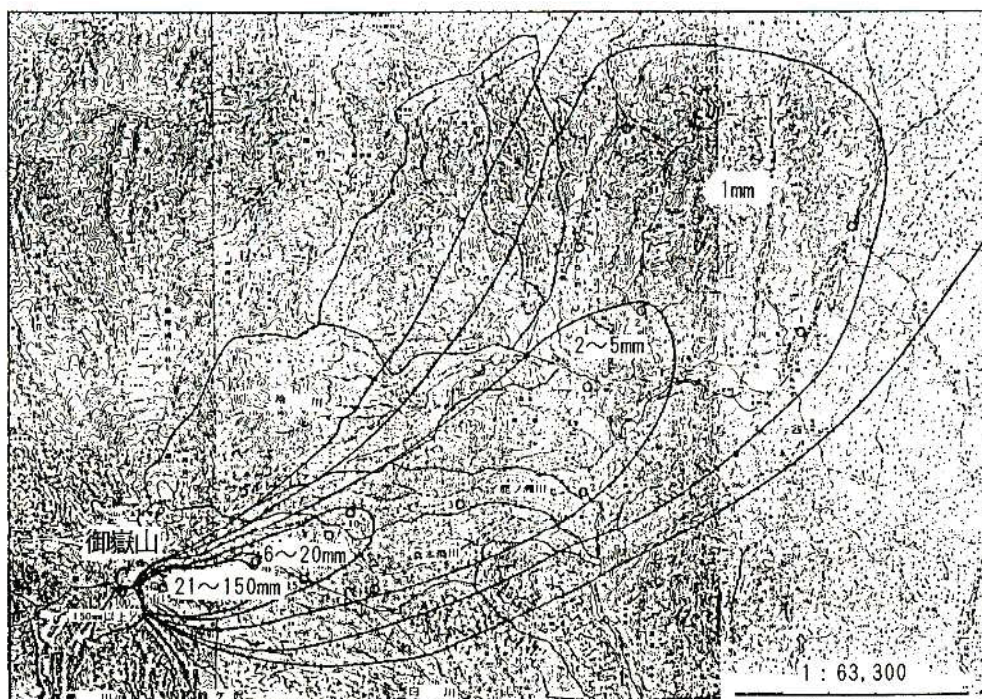


図3 1979年10月28日の噴火に伴う噴出物の堆積分布（林野庁林業試験場，1979）．
火口から東～北東側に向けて火山灰が分布した．

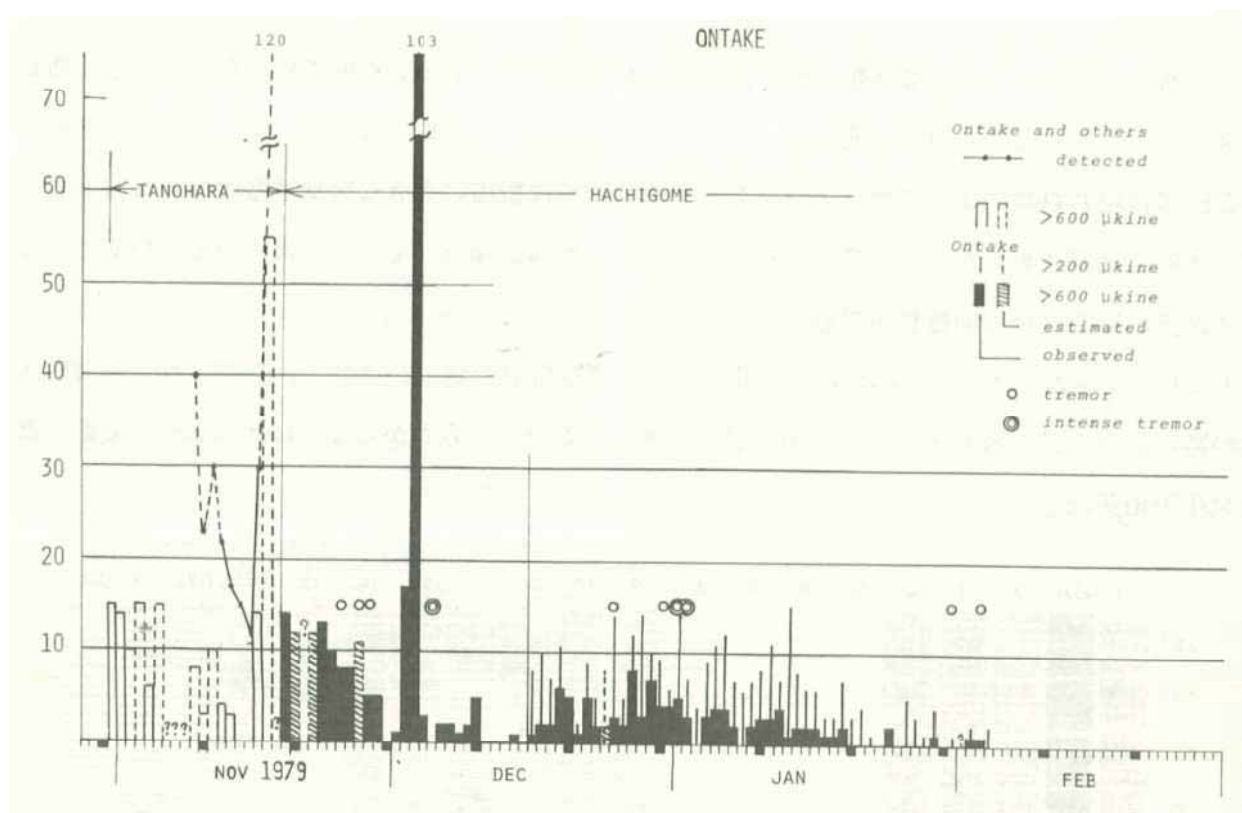


図4 御嶽山における噴火口下の地震日別頻度及び微動の発生（1979年11月～1980年4月）（名古屋大学，1980）．

噴火後しばらく定常的な活動が続いたが，12月に火山性微動の振幅が増大した後，地震活動は一様に減衰した．

• 2007 年の噴火活動

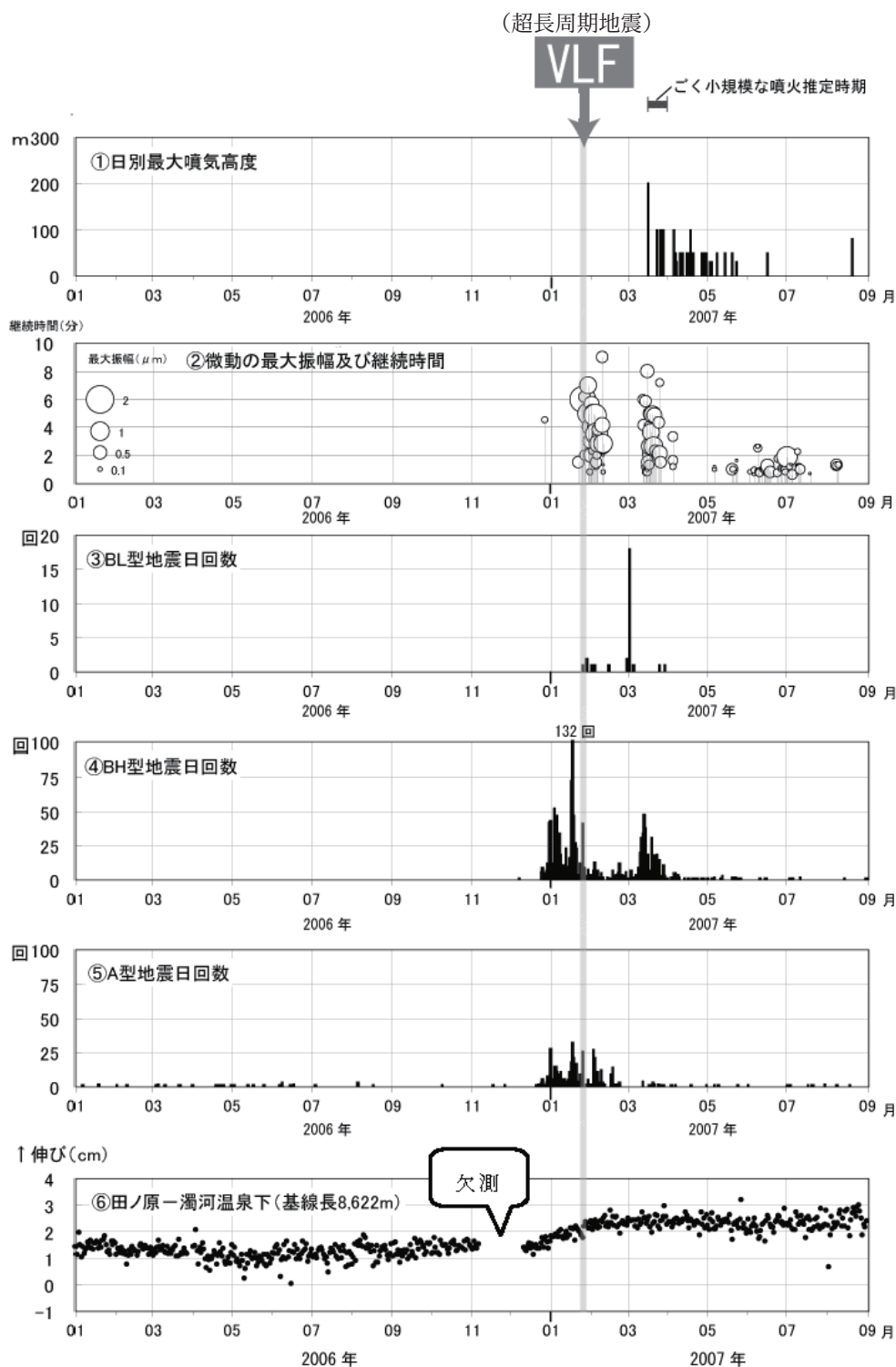


図5 2007年3月のごく小規模な噴火前後の活動経過図（大塚・藤松，2009）。

- 2006年12月下旬から山頂付近の浅いところを震源とする地震が増加し、火山性微動も観測された。
- GPS連続観測では、地震活動にやや先行して御嶽山の山体膨張を示すと考えられるわずかな地殻変動が捉えられた。
- 2007年1月25日には振幅が2006年からの活動中で最大の火山性微動（VLF:超長周期地震）が発生し、その後火山性微動が頻繁に観測され2007年3月16日から山頂部で噴気が観測された。

Mt.Ontake hypoDDH 2006 / 12 / 30 ----> 2007 / 5 / 2 N=1317

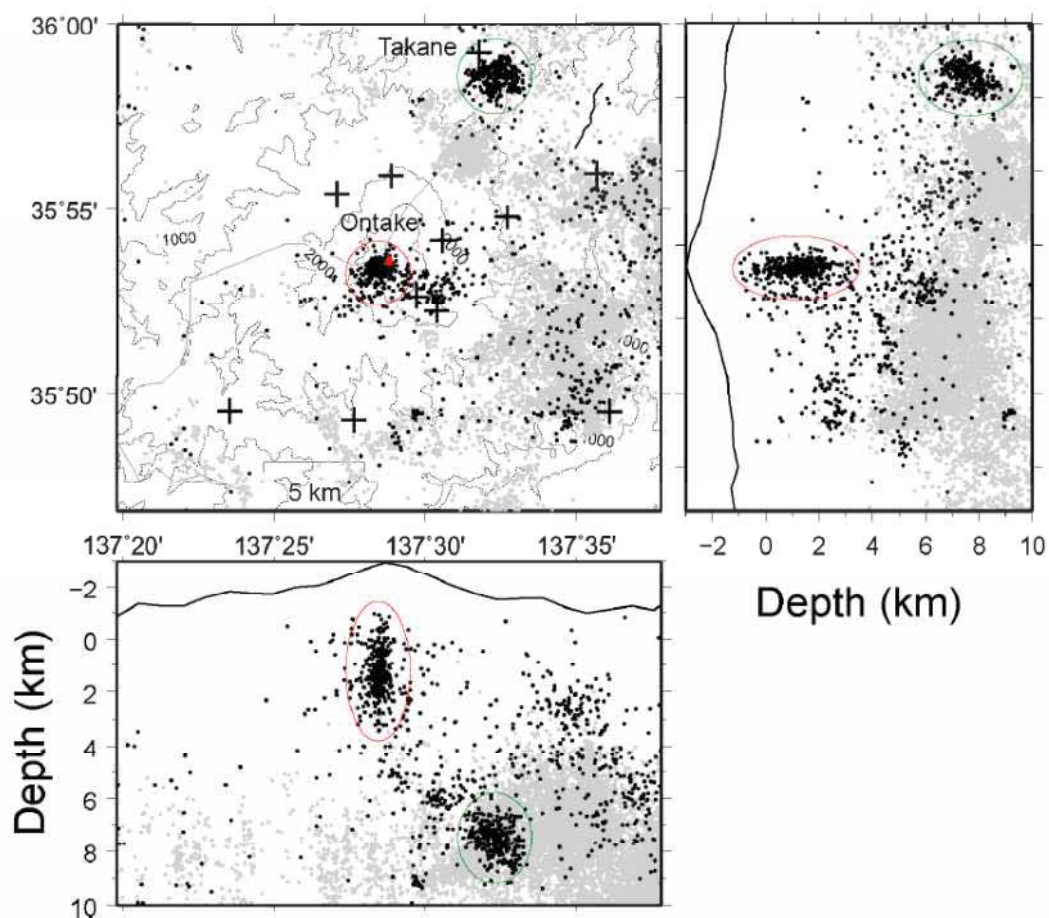


図6 Double Difference 法で決定された御嶽山周辺の地震の震源分布
(2006 年 12 月 30 日～2007 年 5 月 2 日) (名古屋大学, 2007).
観測点標高を考慮して震源決定. 赤で囲った領域が御嶽山山頂直下の震源位置.
山頂直下の地震は海拔-1～3km に鉛直の棒状に分布する.

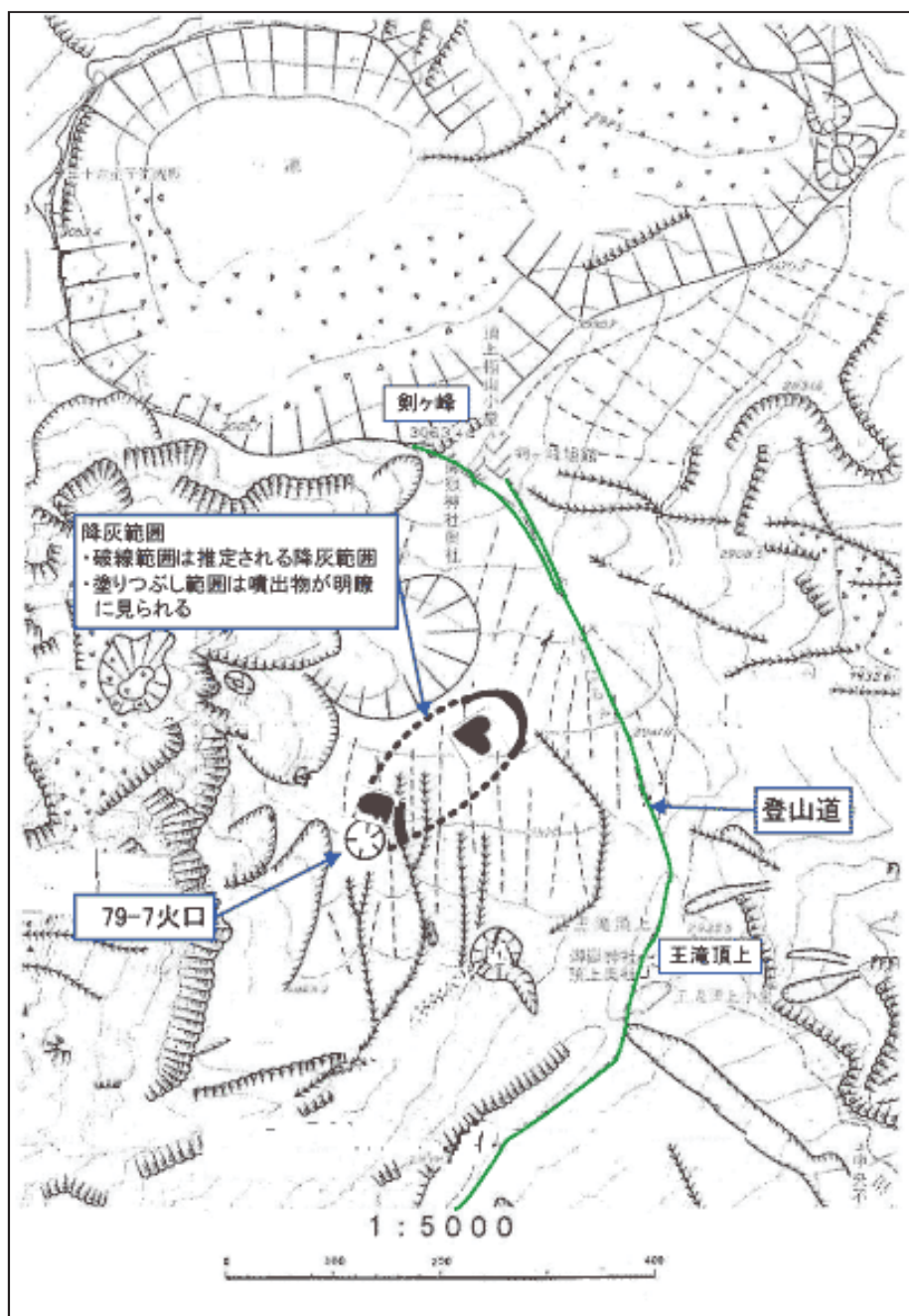


図7 2007年5月29日に確認された火山灰の分布図（気象庁，2008）。
 機上観測や山頂付近の現地観測結果などから，3月下旬にはごく小規模な噴火
 があったことが確認された。



図8 2007年3月のごく小規模な噴火による火山灰の状況
(2007年5月29日撮影) (気象庁, 2008)。

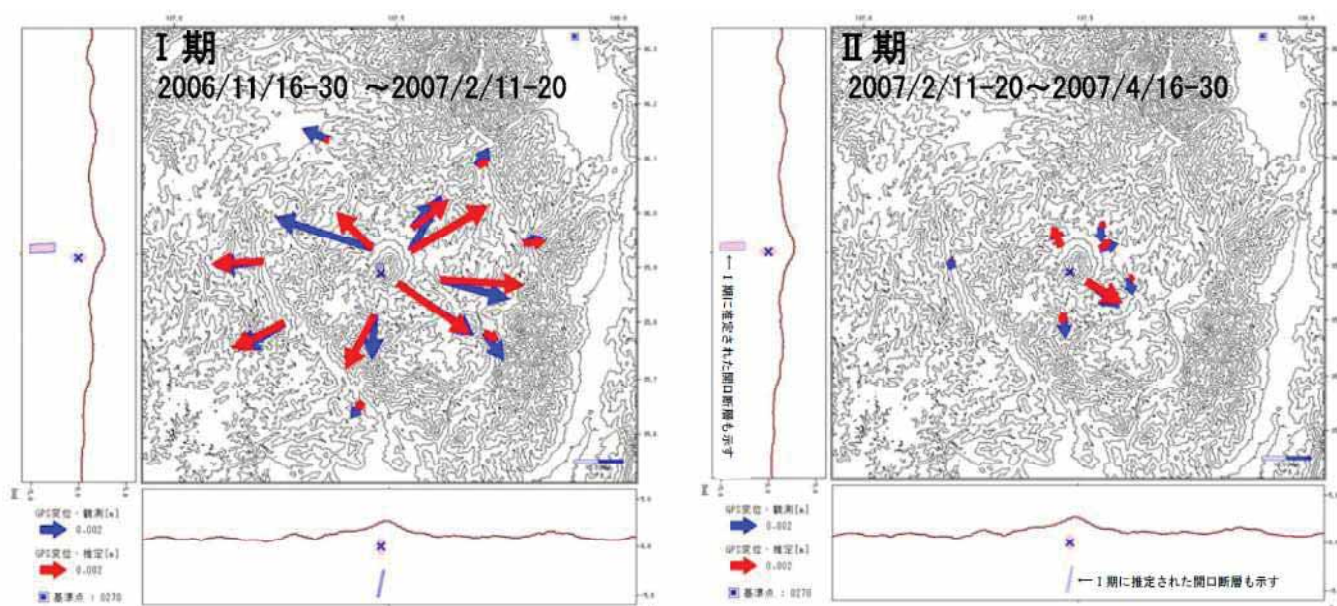


図9 推定された圧力源と変位分布 (気象研究所・気象庁, 2007)。

左: 第Ⅰ期 (2006/11/16-30~2007/2/11-20),

右: 第Ⅱ期 (2007/2/11-20~2007/4/16-30)。

青矢印: 変位の観測値, 赤矢印: 変位分布の計算値. 固定点: GSI0270 (豊科)。

[Ⅰ期] 海拔下 2.5km, 走向北北西-南南東の開口断層, 及び山頂直下の海水面付近の点力源で変動分布を説明できる。深部の開口割れ目の圧力源はマグマ起源のダイク貫入と推定されるが, 浅部の圧力源は熱水だまり等の膨張と考えられる。

[Ⅱ期] Ⅰ期で求めた山頂直下の点力源だけで説明可能。

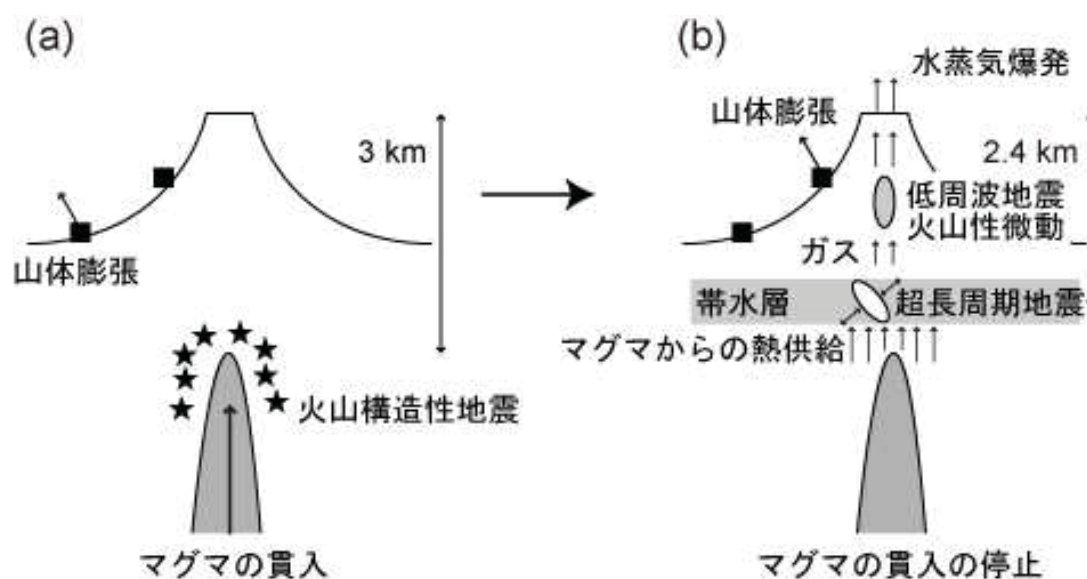


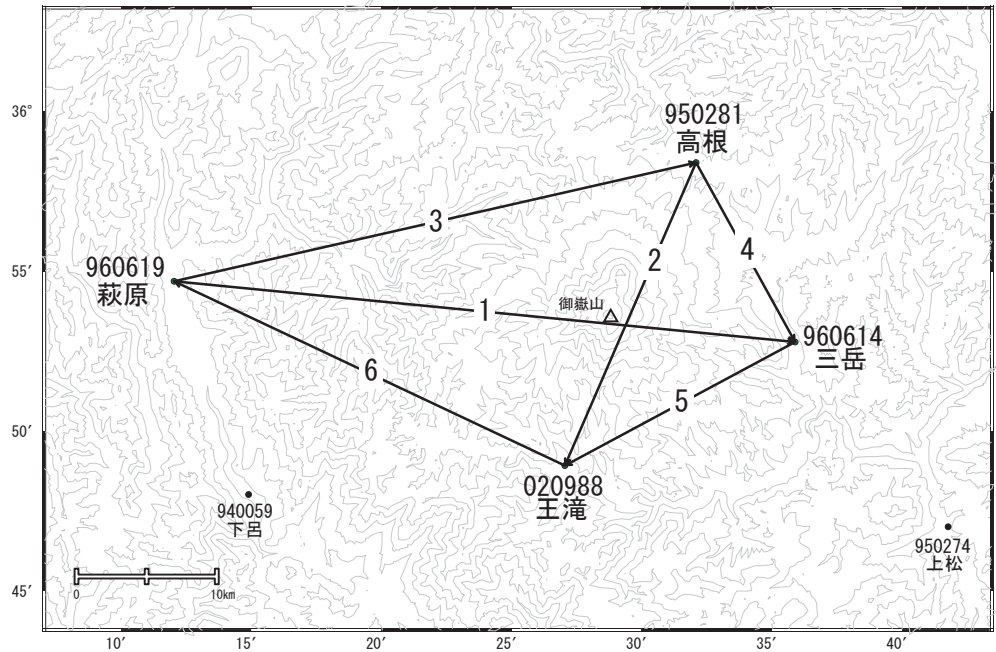
図 10 御嶽山の超長周期地震（VLP）の発生メカニズムと 2007 年水蒸気爆発噴火モデル (Nakamichi et al, 2009 を和訳).

地下深部からマグマが御嶽山直下に貫入して山体が膨張した。さらにマグマにより地下水が急激に熱せられたことによって、超長周期地震が発生した。また、マグマから分離した火山性ガスの移動等により山頂直下で低周波地震や火山性微動が発生し、その後水蒸気噴火が発生した。

御嶽山

G N S S 連続観測結果には特段の変化は見られない。

御嶽山周辺GNSS連続観測基線図



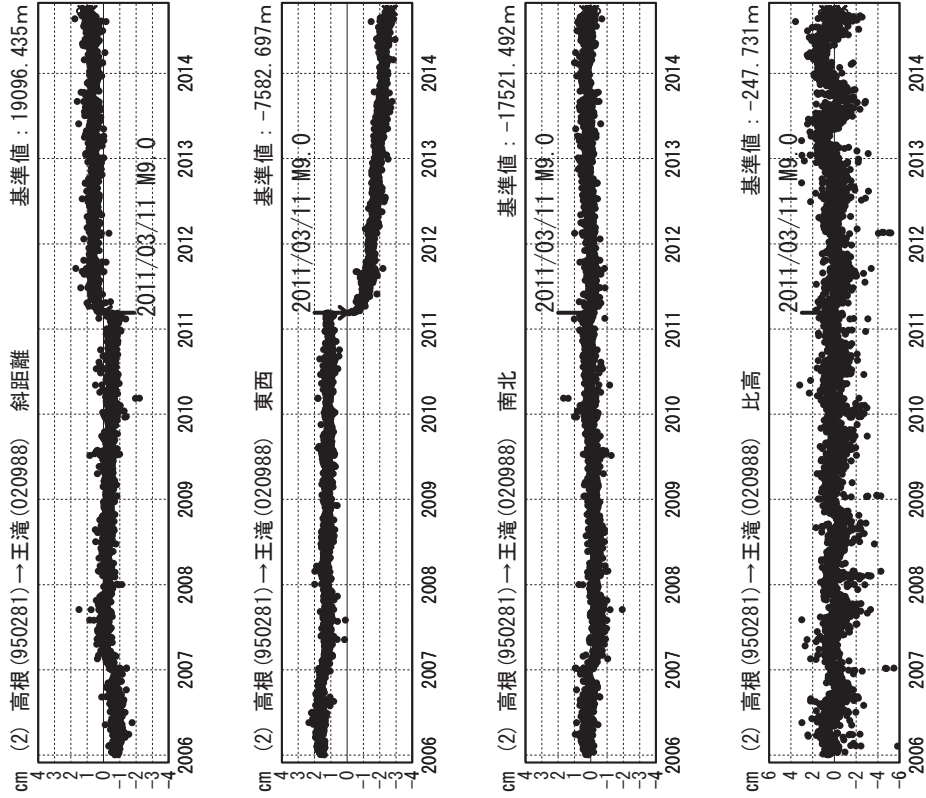
御嶽山の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
20988	三岳	2004/2/12	ピラー改造
		2012/10/4	アンテナ
950281	高根	2003/5/30	アンテナ交換(異機種)
		2012/10/3	アンテナ受信機交換(異機種)
960614	大滝	2003/2/20	アンテナ交換(異機種)
		2010/1/13	受信機交換(異機種)
		2012/10/3	アンテナ交換(異機種)
960619	萩原	2003/3/12	アンテナ交換(異機種)
		2009/5/28	アンテナ交換(同機種)
		2010/1/13	受信機交換(異機種)
		2010/2/20	受信機交換(同機種)
		2010/3/9	受信機交換(同機種)
		2010/3/10	レドーム取り外し・再取り付け
		2010/3/26	レドーム取り外し・再取り付け
		2012/8/21	アンテナ交換(異機種)

火山噴火予知連絡会御嶽山拡大幹事会

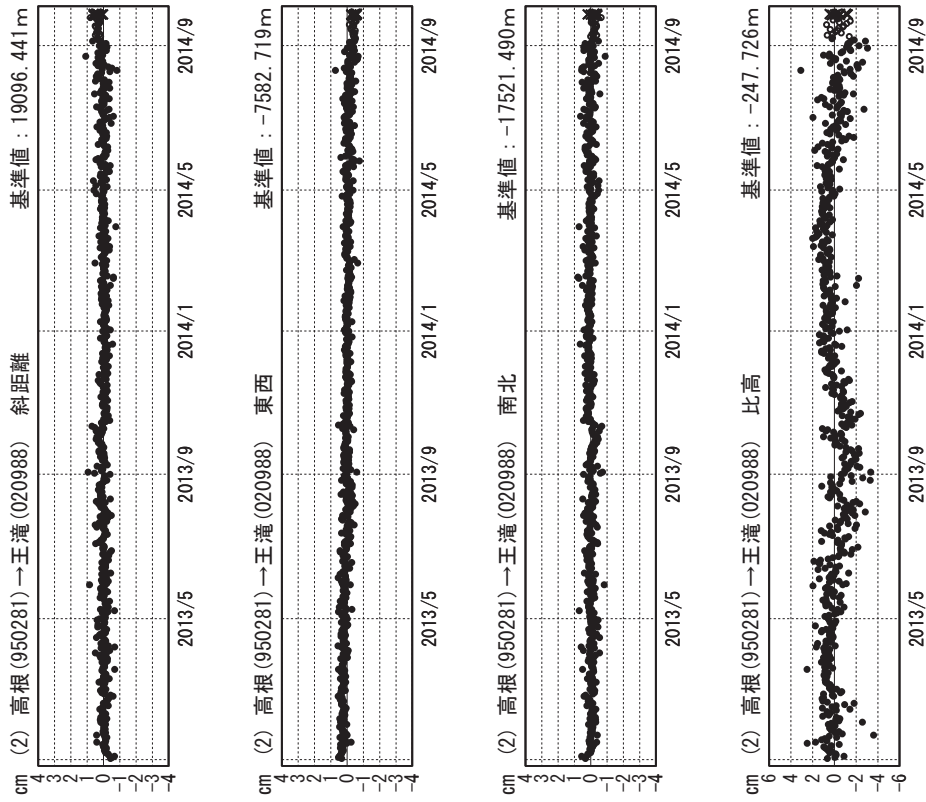
成分変化グラフ

期間：2006/01/01～2014/09/28 JST



成分変化グラフ

期間：2013/01/01～2014/09/28 JST



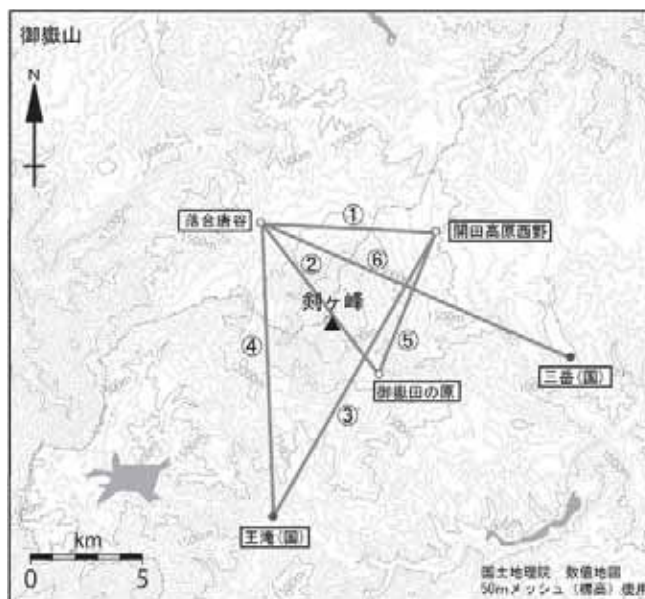
●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解] ×---[Q3:迅速解]

※[R3:速報解]、[Q3:迅速解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み
[F3:最終解]は2014.9.6まで, [R3:迅速解]は2014.9.26まで

【参考資料】

火山噴火予知連絡会拡大幹事会（平成 26 年 9 月 28 日）

気象庁



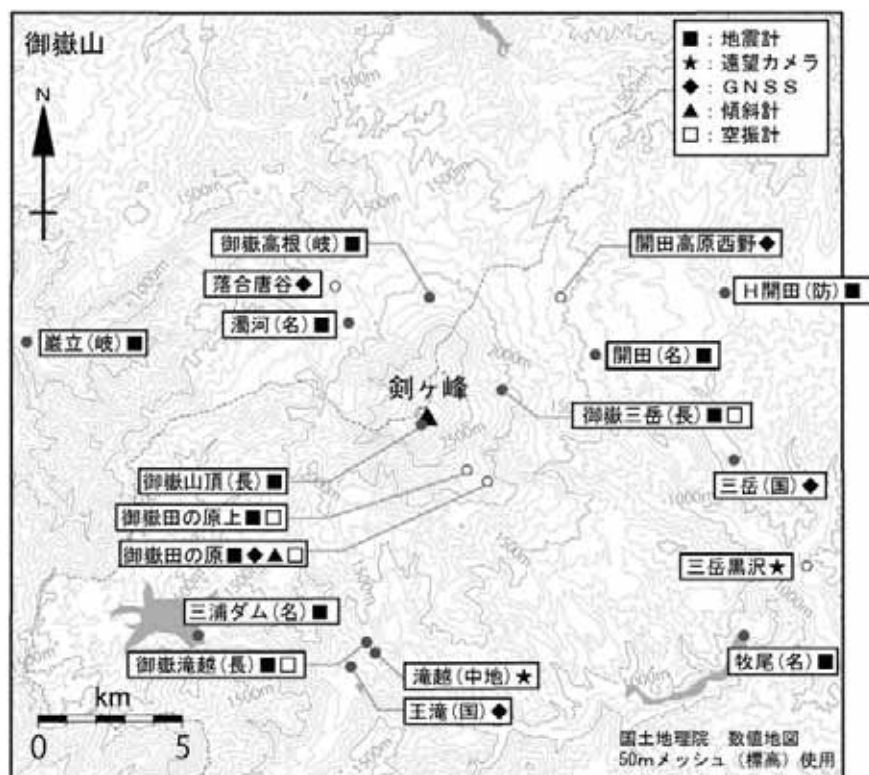
第 14 図 御嶽山 GNSS 連続観測点配置図

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。

(国)：国土地理院

図中の GNSS 基線①～⑥は第 13 図の①～⑥に対応する。

この地図の作成には、国土地理院発行の『数値地図 25000 (行政界・海岸線)』および『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 (●) は気象庁以外の機関の観測点位置を示しています。

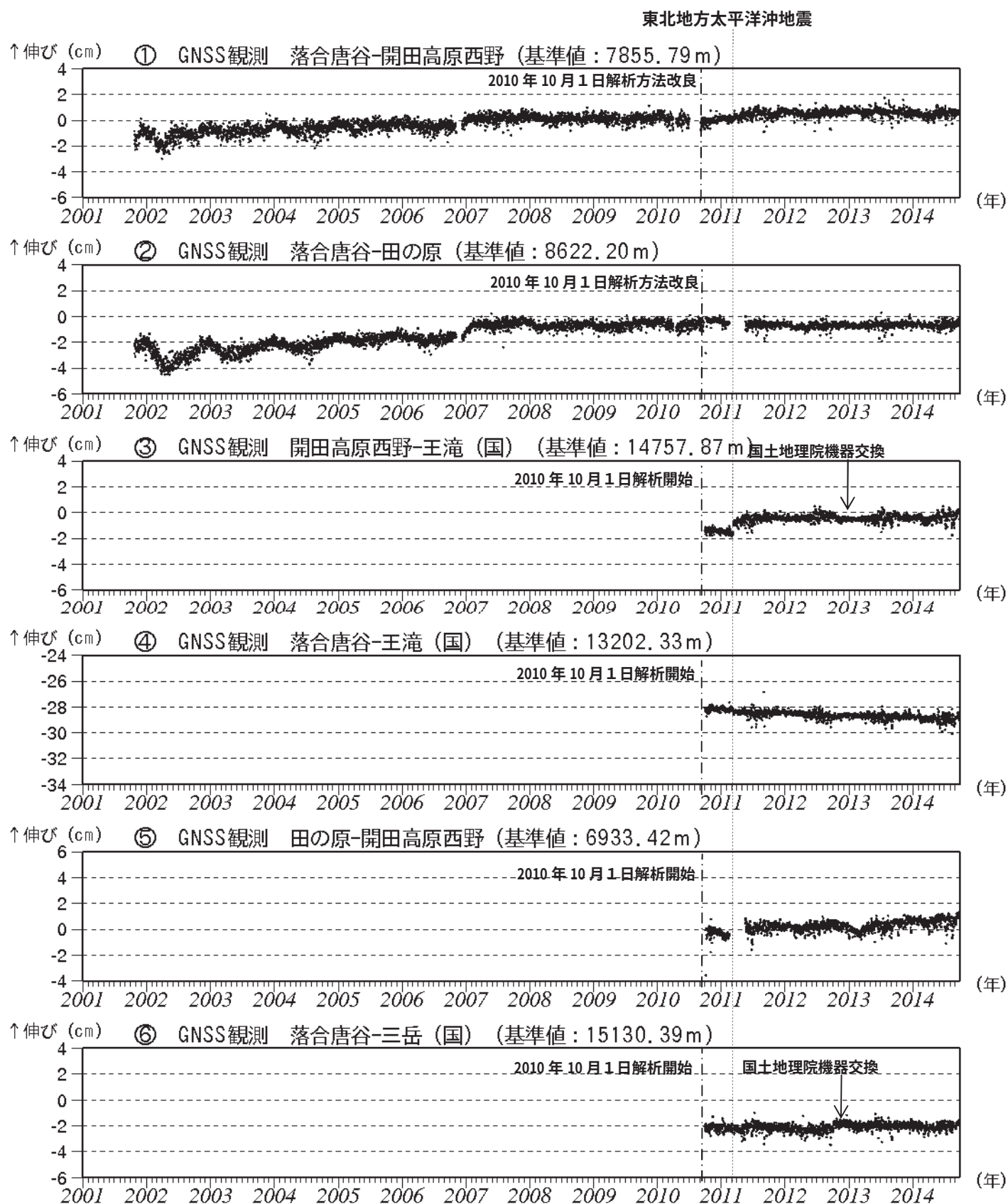
(国)：国土地理院、(中地)：中部地方整備局、(防)：防災科学技術研究所、(名)：名古屋大学、(長)：長野県、(岐)：岐阜県

第 15 図 御嶽山 観測点配置図

【参考資料】

火山噴火予知連絡会拡大幹事会（平成 26 年 9 月 28 日）

気象庁



第 13 図 御嶽山 GNSS 連続観測による基線長変化 (2001 年 1 月 1 日～2014 年 9 月 27 日)

(国): 国土地理院

2010 年 10 月以降のデータについては解析方法を改良し、対流圏補正と電離層補正を行っている。また、掲載する基線を一部変更した。

図中①～⑥は第14図のGNSS基線①～⑥に対応し、空白期間は欠測を示す。

- ・火山活動によるとみられる変動は認められなかった。