

第 148 回 火山噴火予知連絡会資料

(その2の3)

浅間山

令和 3 年 6 月 30 日

火山噴火予知連絡会資料(その2の3)

目次

浅間山	
気象庁	3-9
地震研	10-12
防災科研	13-17
地理院	18-27

浅間山

(2020 年 12 月～2021 年 6 月 3 日)

2020 年 6 月以降、火山活動に高まりが見られていたが、1 月頃には火山ガス放出量（二酸化硫黄）や火口直下を震源とする地震は減少し、火山活動は低下した。3 月中旬頃から火山ガス（二酸化硫黄）や火口直下を震源とする火山性地震が増加し、浅間山西側での膨張を示すと考えられる地殻変動がみられ、再び火山活動が高まった。その後、火山性地震や火山ガス（二酸化硫黄）放出量は減少傾向、地殻変動は概ね鈍化傾向にあるが、火山活動が高まる前の 3 月上旬以前の状態には戻っていない。

このように、短期的には火山活動が低下傾向だが、中長期的には浅間山はこれまでも活動の盛衰を繰り返しており、再び火山活動が高まる可能性がある。

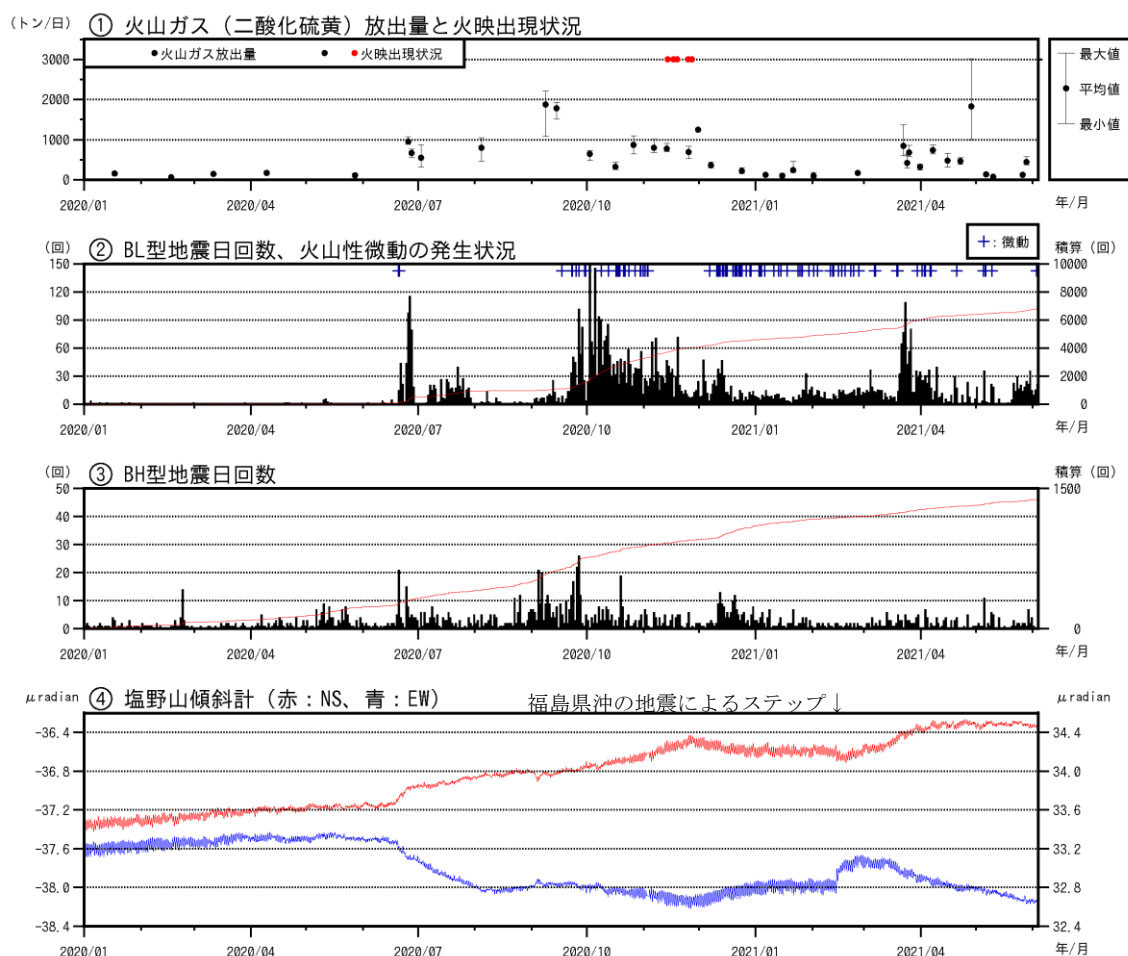


図 1 浅間山 火山活動経過図 (2020 年 1 月 1 日～2021 年 6 月 3 日)

②③赤色線は積算回数を表し、右縦軸で示す。

- ・ 2020 年 6 月以降、火山活動に高まりが見られていたが、1 月には火山ガス放出量や地震活動は低下し、地殻変動も認められなくなり、火山活動は低下した。
- ・ 3 月中旬頃から山頂の南側に設置した傾斜計で、浅間山の西側での膨張を示すと考えられるわずかな傾斜変動が認められ (④)、山体浅部を震源とする火山性地震は 3 月 20 日以降増加した (②)。火山性地震は 3 月 23 日に 114 回とピークを迎えた後は、4 月中旬にかけて減少し、その後は増減を繰り返しながら、引き続き発生した (②)。
- ・ 二酸化硫黄放出量 (①) は、火山性地震増加後の 3 月 22 日には、1 日あたり 800 トンと、1～2 月 (1 日あたり 90～200 トン) と比べ増加し、4 月下旬まで 500 トン以上で推移した。5 月に入ってから、500 トン未満で推移した。
- ・ 傾斜変動 (④) は 3 月下旬より鈍化し、4 月下旬にはほぼ停滞したものの、塩野山観測点で 5 月中旬頃から再びわずかな西上がりの変動が見られている。

この資料は気象庁のほか、関東地方整備局、東京大学、国立研究開発法人防災科学技術研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、長野県のデータを利用して作成した。

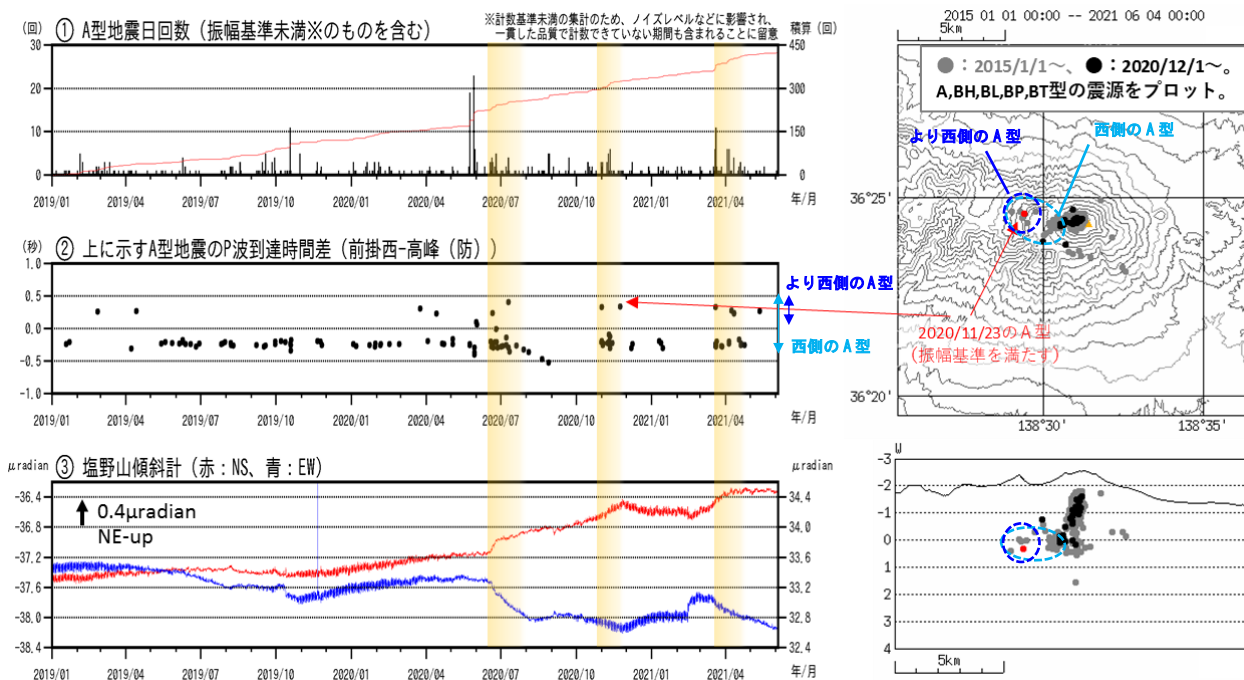


図 2 浅間山 A 型地震の発生状況（基準未滿含む）（2020 年 1 月 1 日～2021 年 6 月 3 日）

左上段：基準未滿も含めた A 型地震の発生状況、左中段：同地震の P 着差（前掛西－高峰（防））、左下段：塩野山観測点における傾斜変動

黄色ハッチは、地殻変動に伴って、A 型地震が増えたおよその期間を示す。

※振幅が計測基準未滿のイベントも含めて表示しているため、ノイズレベルなどに影響され、一貫した品質で計数できていない期間が含まれる。

- ・2020 年 6 月や 11 月にも観測された浅間山の西側が震源（水色破線）と推定される地震が、地殻変動が認められた 3 月以降、計数基準未滿の振幅の小さなイベントまで含めると、その発生頻度に高まりがみられた。5 月に入り減少傾向にある。
- ・それらの地震の中には、前掛西観測点よりも高峰（防）観測点で地震到達時刻が早い地震が含まれ、より西側が震源（青破線）と推定されるイベントが含まれると考えられる。

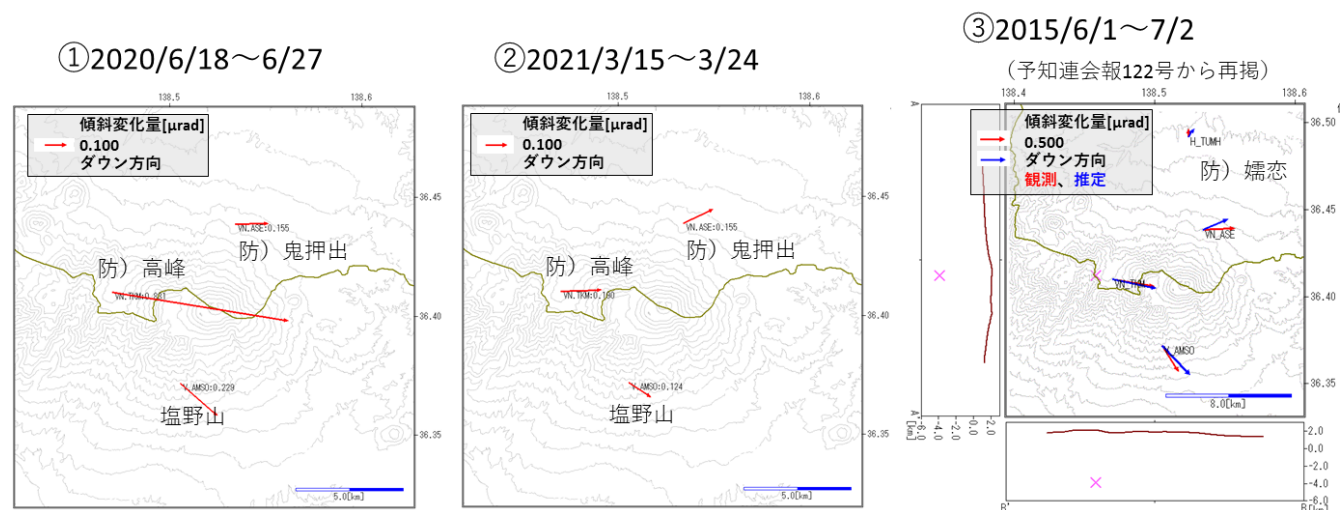


図 3 浅間山 傾斜観測データ（2020 年、2021 年と、2015 年の変動の比較）

※①②と③では、矢印が示す単位量が異なることに注意。

- ・2015 年に見られた傾斜変動（③）と比較すると、2020 年 6 月に見られた傾斜変動（①）、2021 年 3 月中旬頃より見られた傾斜変動（②）ともに、傾斜方向は概ね同じ傾向にあり、その変動源の位置は 2015 年の変動源と大きく異ならないと推定されるが、その変動量は小さい。
- ・2020 年 6 月に見られた傾斜変動（①）と、3 月中旬頃より見られた傾斜変動（②）を比較すると、各観測点における傾斜変動の方向は概ね一致しているが、高峰（防）の傾斜計での変動量が塩野山観測点、および鬼押出（防）観測点での観測点と同程度である点が、多少異なる。

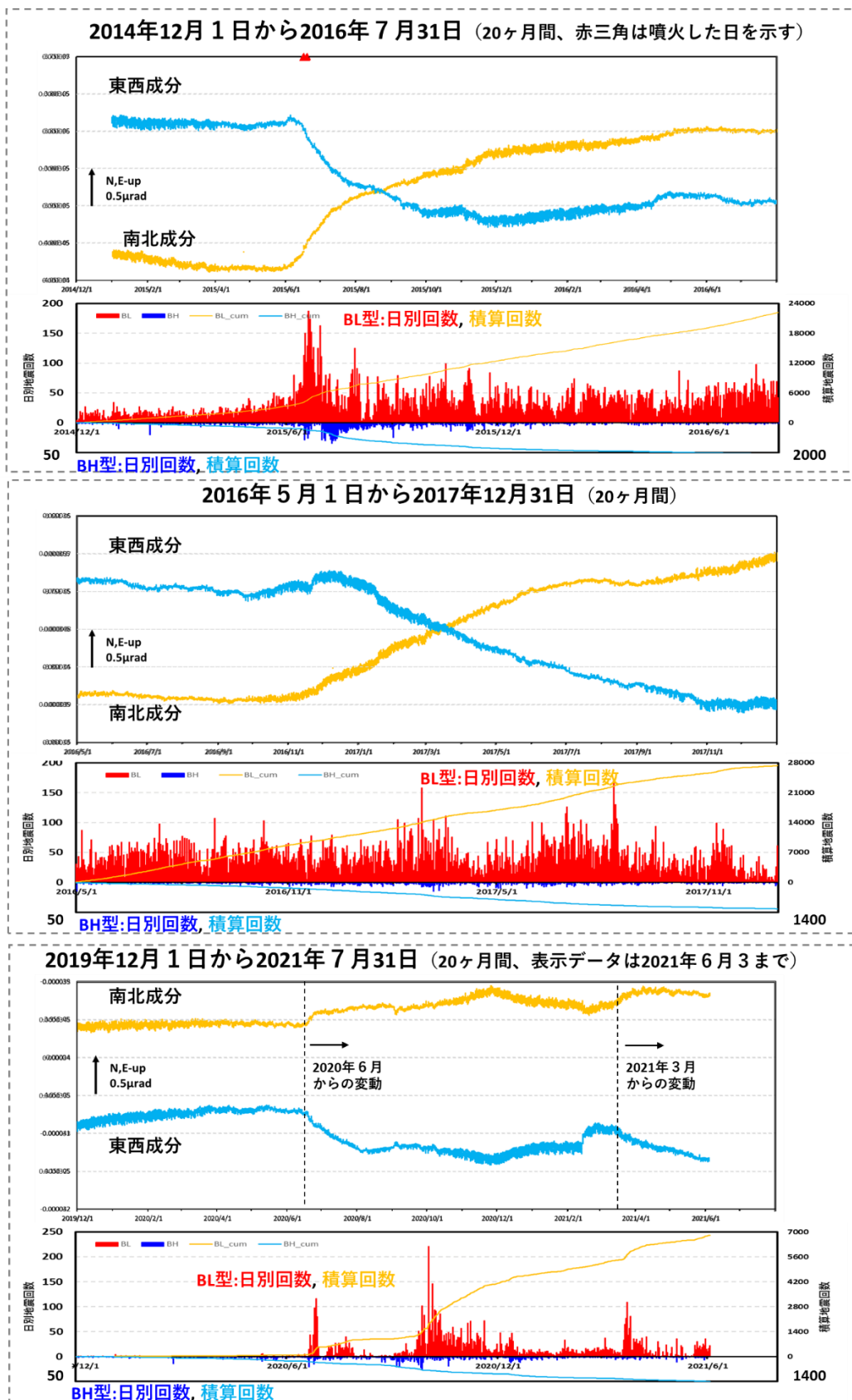


図4 浅間山 傾斜計データ（2015年、2017年、2020年・2021年の塩野山観測点における変化量の比較）
 上段、中段、下段で、縦軸（積算除く）および横軸のスケールはそろえてある。傾斜計データは、各期間それぞれ、変化前5カ月程度のトレンドを用いて、補正している。地震回数データは、暖色系がBL型、寒色系がBH型を示す。
 ・塩野山の傾斜計で観測された3月からの傾斜変化量は、2015年の噴火前後や、2017年に観測された変化量と比べると小さい。

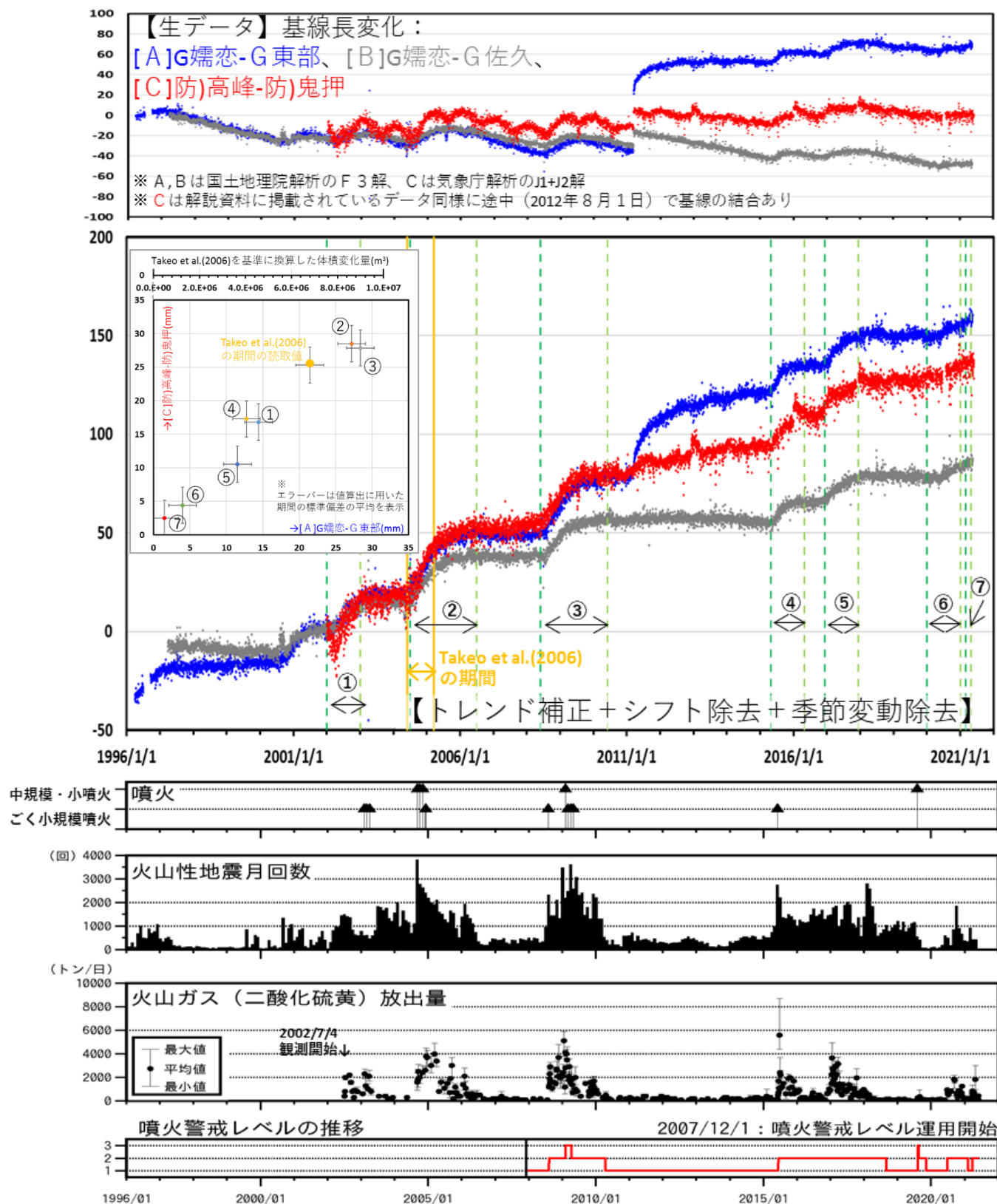


図 5 浅間山 中長期的に見た浅間山の火山活動（地殻変動、地震活動、火山ガス放出量）

図は、2021 年 6 月 3 日までのデータを表示。

- ・ GNSS 連続観測で、浅間山西側の一部の基線で 2020 年 7 月頃から 8 月にかけてわずかな伸びの変化が見られた。
- ・ その変化量は、噴火が発生した 2004 年、2009 年の変化量に比べて小さい。
- ・ 2004 年の噴火前も、2000 年頃から地殻変動、地震活動の活発化などが繰り返し観測された。それ以降も、活動の盛衰を繰り返している。

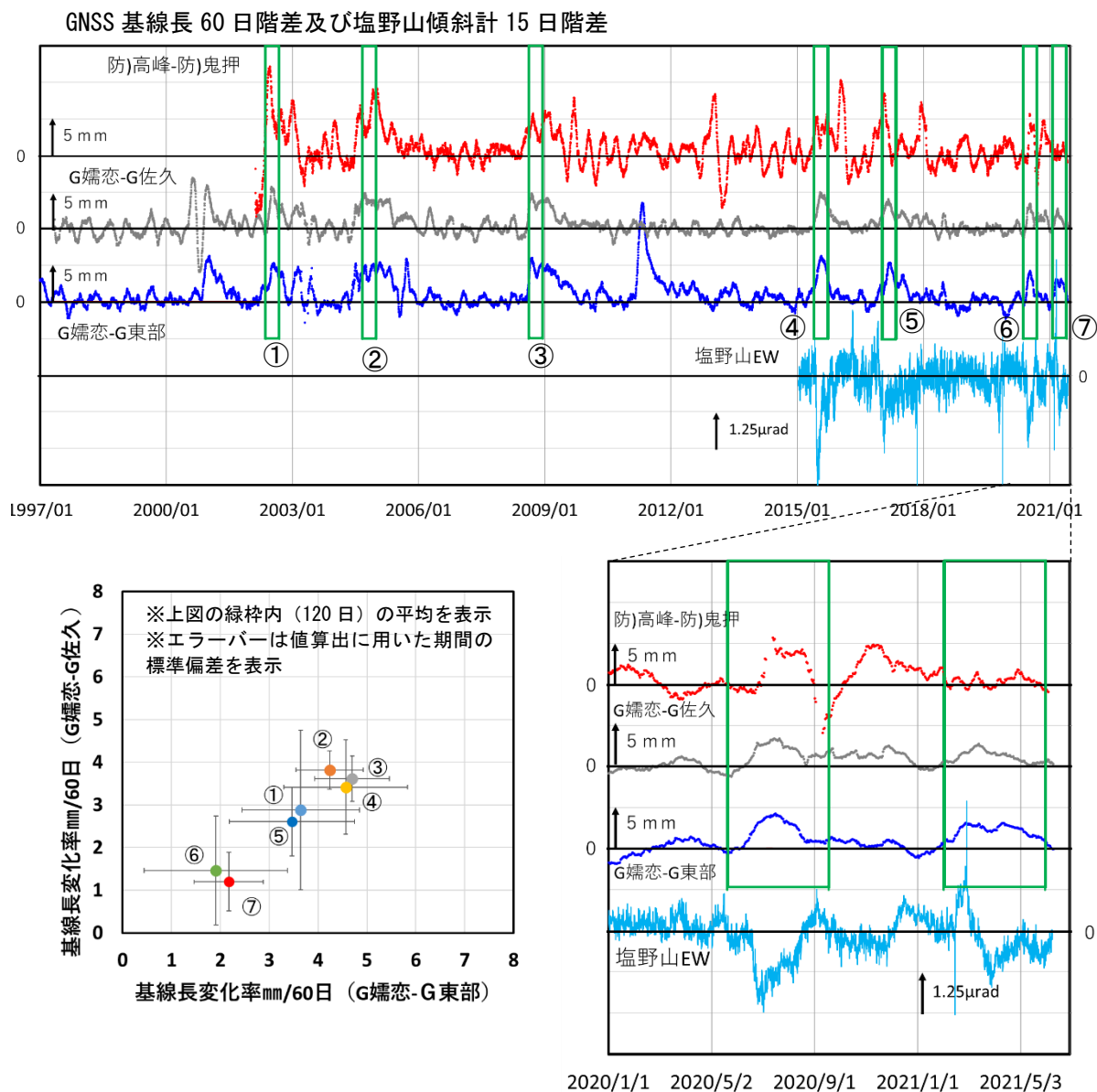


図 6 浅間山 中長期的に見た浅間山の地殻変動レート

図は、2021 年 6 月 3 日までのデータを表示。

図 5 の 2 段目の GNSS 基線長データを前後 15 日移動平均処理したのち、前 60 日階差を算出した (上図及び右図の赤、灰、青色点)。

塩野山傾斜計東西成分 (時間値) の前 15 日階差を算出した (上図及び右図の水色線)。

・ 2020 年 7 月から 8 月にかけての GNSS 基線長変化率は噴火が発生した 2004 年、2009 年の変化量に比べて小さい。

ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 浅間山における SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

1. はじめに

ALOS-2/PALSAR-2 で撮像された浅間山周辺のデータについて干渉処理を行ったので報告する。

2. 解析データ

解析に使用したデータを第 1 表に示す。

第 1 表 干渉解析に使用したデータ

Path-Frame	Orbit	Looking	Inc. angle	Earliest Scene	Latest Scene	Figure No.
125-720(SM1_U2_6)	北行	右	32.4°	2020.05.17	2021.05.16	第 1 図 - A
126-710(SM1_U2_9)	北行	右	42.9°	2020.03.13	2021.03.12	第 1 図 - B

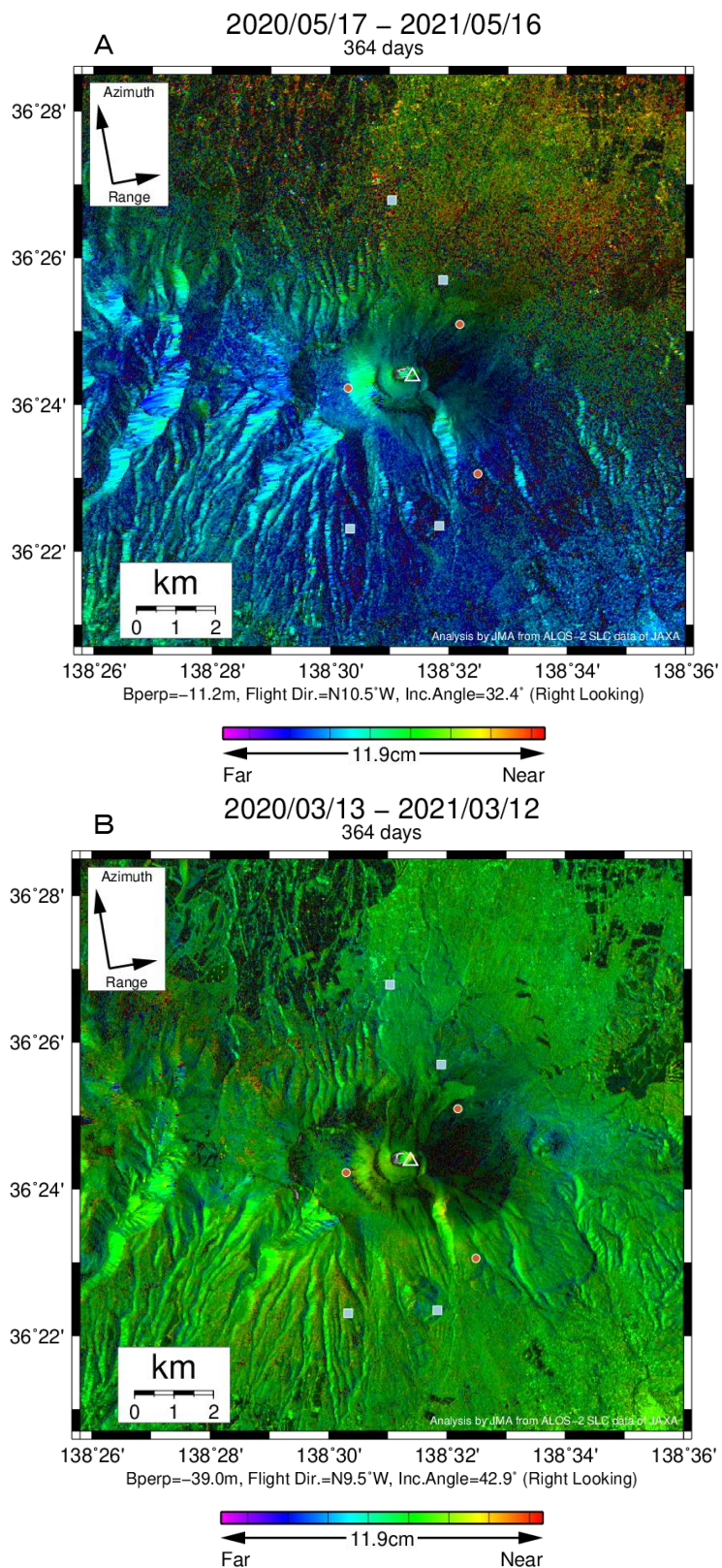
3. 解析結果

北行軌道の長期ペアについて解析を行った。ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

なお、各干渉解析結果について、電離圏遅延補正を行っていないため、ノイズが重畳している可能性がある。

謝辞

本解析で用いた 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（衛星解析グループ）に基づいて、宇宙航空研究開発機構（JAXA）にて観測・提供されたものである。また、一部のデータは、PIXEL で共有しているものであり、JAXA と東京大学地震研究所の共同研究契約により JAXA から提供されたものである。PALSAR-2 に関する原初データの所有権は JAXA にある。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）を元にした DEHM を、地形の描画には数値地図 25000（行政界・海岸線）のデータを使用した。ここに記して御礼申し上げます。

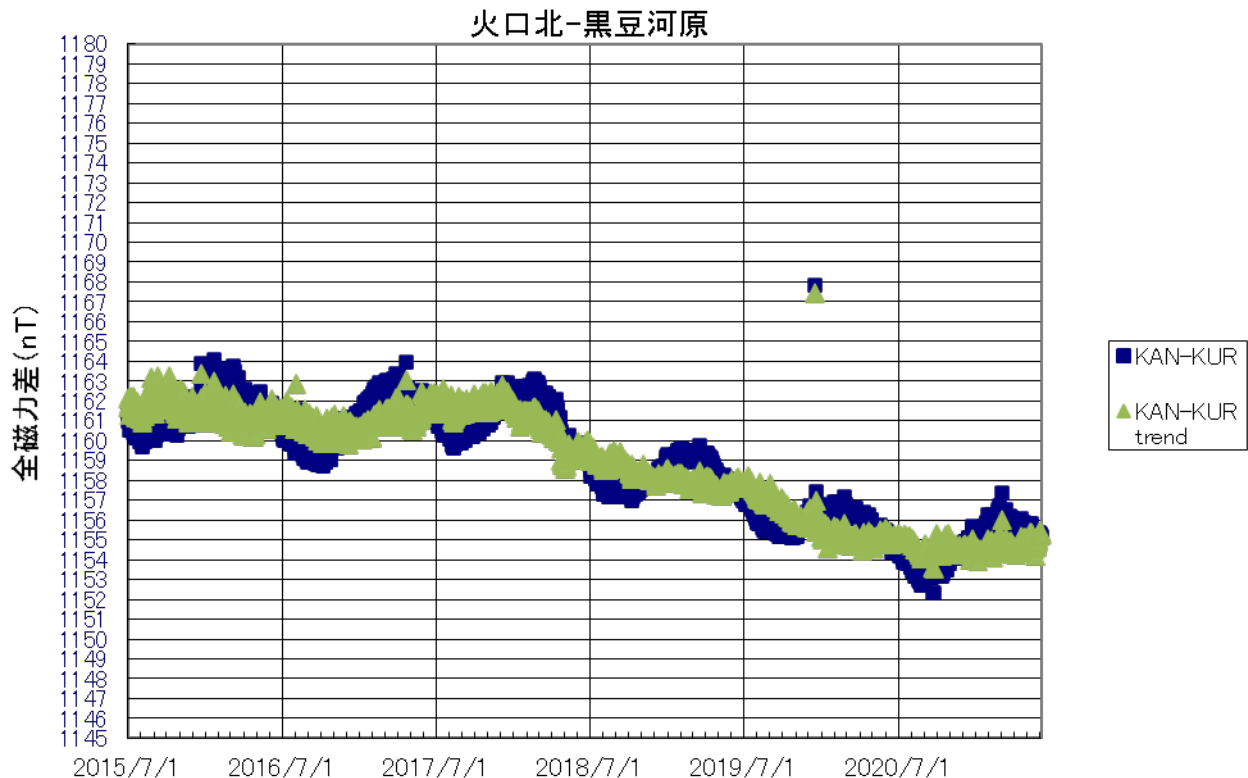


第 1 図 浅間山の干渉解析結果

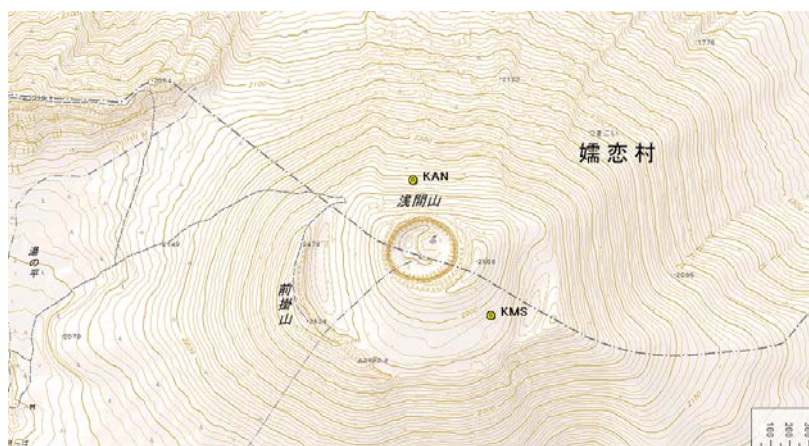
パス 125 (SM1_U2-6) (A) 及び 126 (SM1_U2-9) (B) による浅間山及び周辺の干渉解析結果
 図中の白三角印は山頂位置を示す。丸印は GNSS 観測点、四角印は傾斜観測点を示す。
 ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない。

浅間山全磁力

浅間火口北 KAN と黒豆河原 KUR の全磁力単純差日中央値を見ると、昨年 9 月あたりから、ここ数年の減少傾向のトレンドから外れて、全磁力差が停滞または微増していることが認められる。原因は不明だが、仮に熱磁気効果を考えると、火口下が熱消磁することに相当することになり、今後の推移に注視する必要がある。



火口北と黒豆河原の全磁力単純差■。▲は年周変化 (sin カーブ仮定) を差し引いたもの。



浅間山釜山周辺の地図、図中黄丸が釜山南全磁力観測点 (KMS※故障中) および火口北全磁力観測点 (KAN)。なお、黒豆河原観測点(KUR)は火口から 4km ほど離れた磁場参照点。
※ 地図は国土地理院発行数値地図をもとにカシミール 3D で作成しました。

浅間山

浅間山地震観測網で観測された地震回数の時間変化
月別回数(1995年1月—2021年5月)

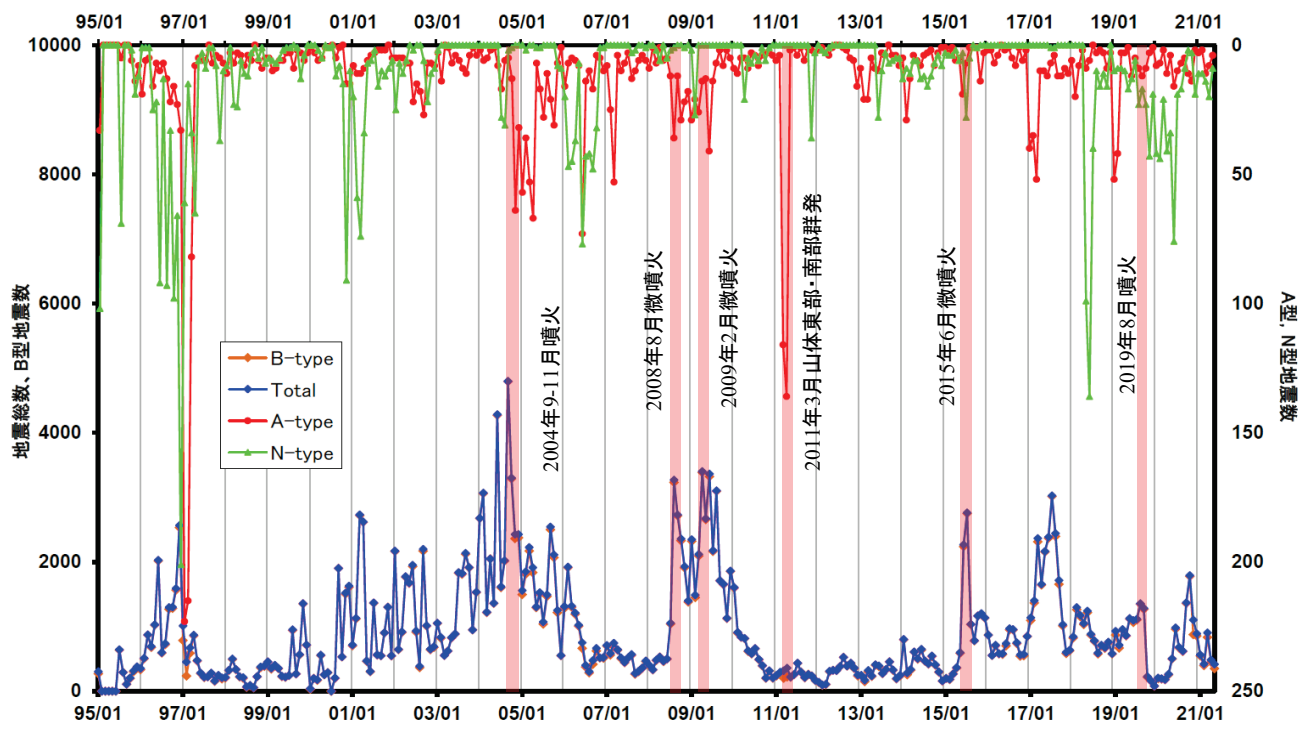


図1 1995年1月以降の月別回数。

総数に隠れてB型の数が見えにくい、地震総数の大半はB型である。

図2の範囲

日別回数(過去5年間 2016年6月1日—2021年5月31日)

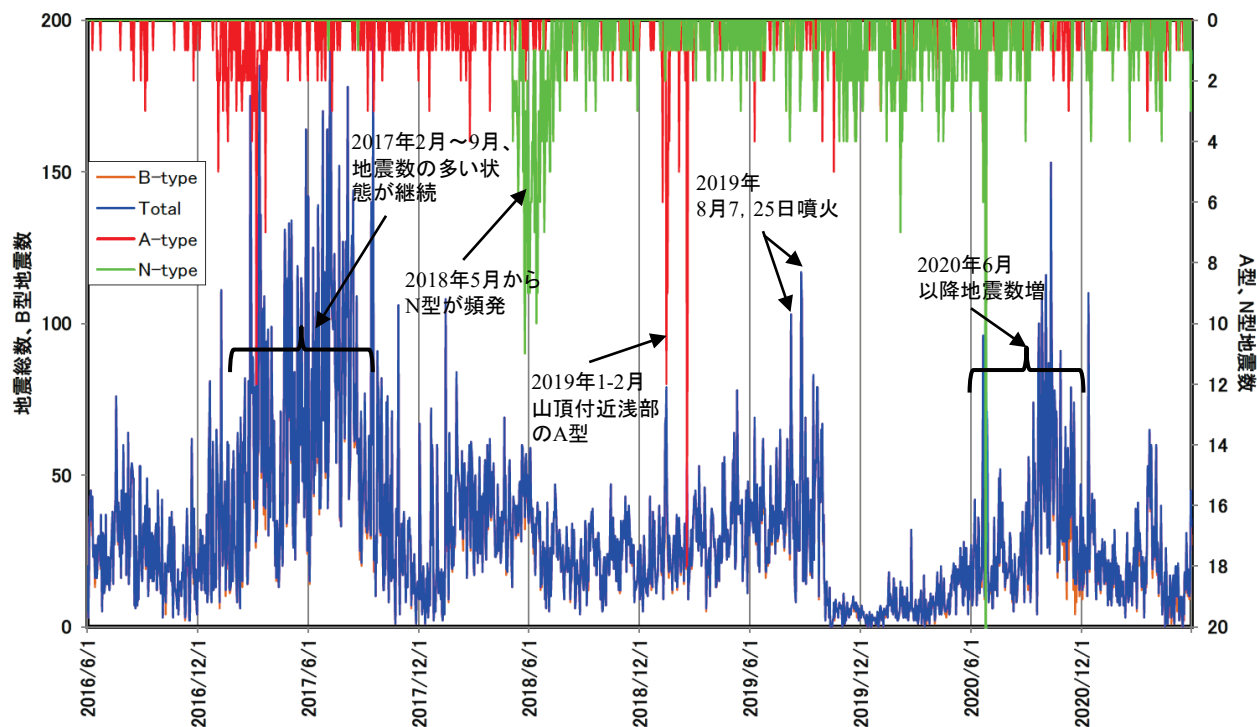


図2 2016年6月1日以降5年間の日別回数。

総数に隠れてB型の数が見えにくい、地震総数の大半はB型である。

図3の範囲

浅間山

浅間山地震観測網で観測された地震回数の時間変化(つづき)

日別回数(過去1年、2020年6月1日—2021年5月31日)

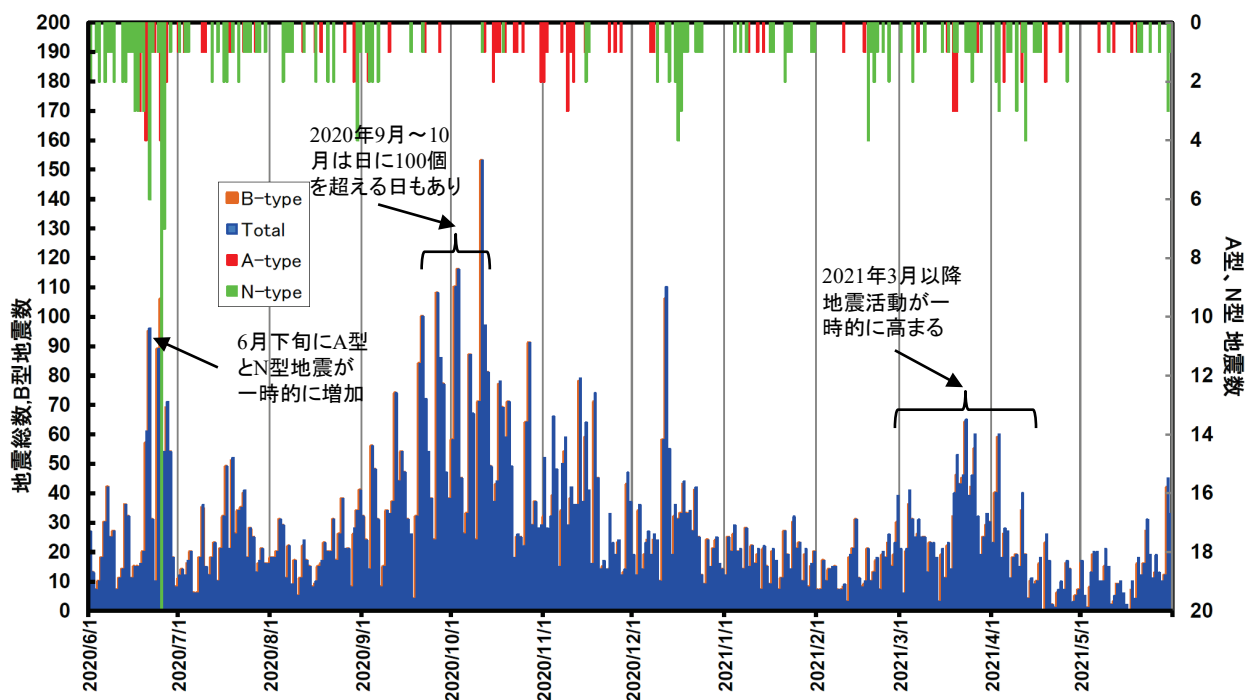


図3 2020年6月1日以降、1年間の日別地震回数。
総数に隠れてB型の回数が見えにくい、地震総数の大半はB型である。

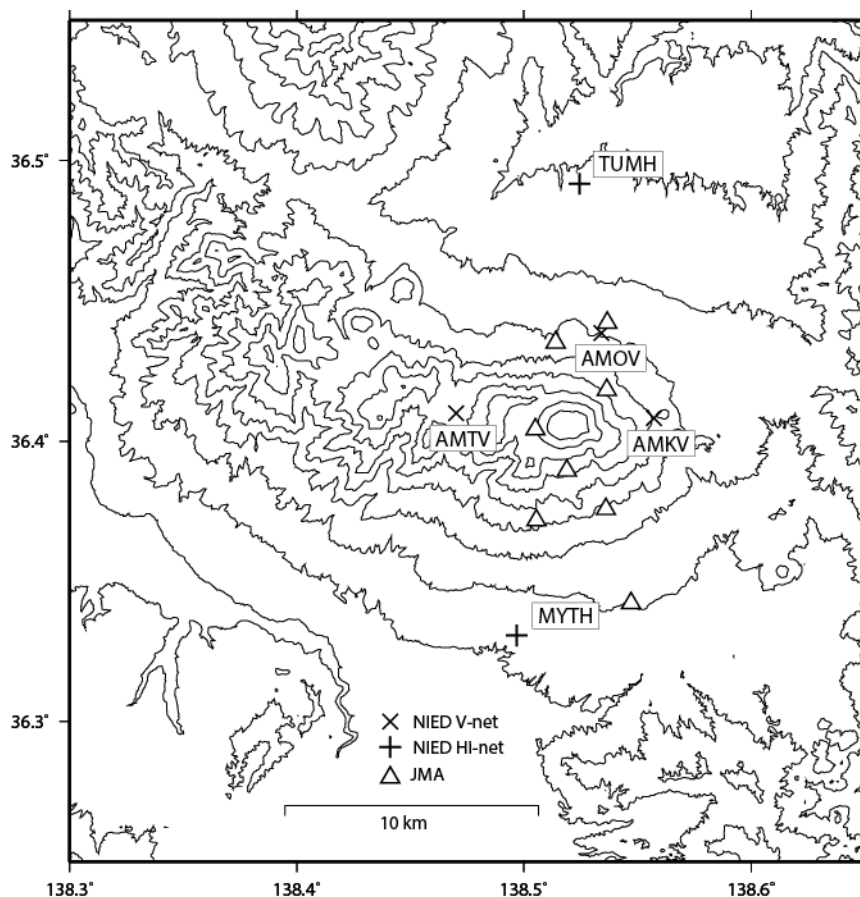
長期(1995年～現在)：1995年以降は5～7年程度の間隔で活動が活発化する傾向が見える。2015年6月以降は活発期に入り、現在も継続中であると考えられる。

中期(5年程度)：2015年6月以降、地震数が多い状態が続いており、2017年7月頃の地震活動はこの5年間で最も活発であった。その後地震活動は低下傾向を示したが2019年8月には小規模な噴火が発生した。2020年5月以降は地震数の増減を繰り返しており、活動度がやや高い状態が続いている。

短期(1年程度)：2020年5月から徐々に増加し、2020年9月から10月には日に100個を超える日もあった。その後はやや減少傾向を示したが、2021年3月以降一時的に増加した。地震発生数は数か月単位の消長を繰り返しながら徐々に低下する傾向が見えるが、過去の静穏期に比べると地震数が多い状態にあることに注意する必要がある。

A型とN型地震は時々発生しており、BL型とM型(脈動)の区別が難しい振動も継続して見受けられるが、典型的なM型が頻発している印象はない。引き続き山頂域観測点が欠測しているため、震源値の精度は低いと思われるが、A型とB型の区別が難しかったり、火口北西側に震源を持つ地震が見受けられた。

浅間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。

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

○ 地殻変動

2020 年 10 月～2021 年 5 月期間中、火山活動に関連する明瞭な地殻変動は観測されなかった。

浅間山の傾斜変動 (2010/4/26~2021/5/31)

浅間山の傾斜変動 (2020/10/1~2021/5/31)

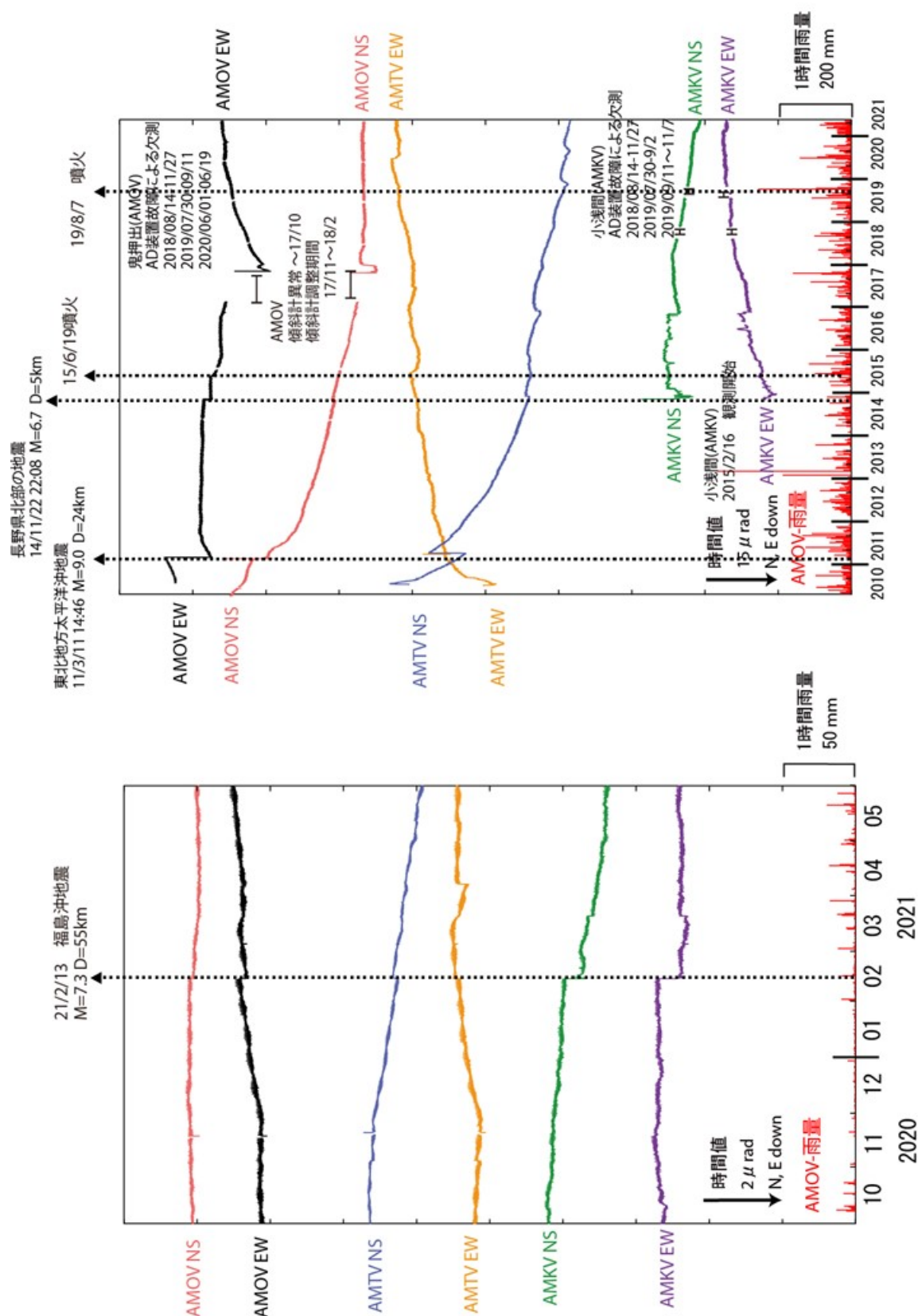


図 1 浅間山の傾斜変動

浅間山

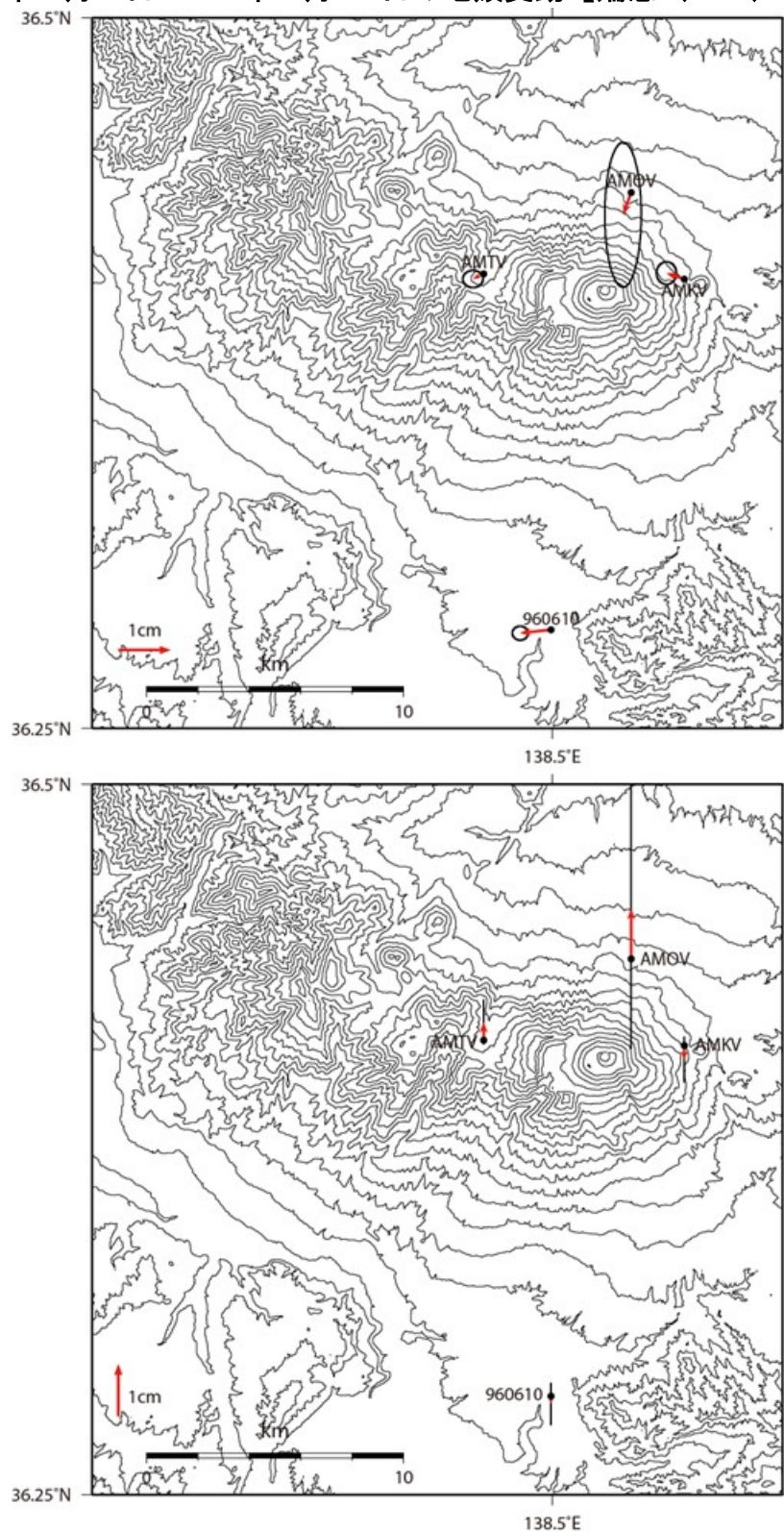
防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、
2020 年 5 月 1 日-2021 年 4 月 30 日の地殻変動【嬬恋 (0221) 固定】

図 2 浅間山周辺の GNSS 解析結果。
(上段：水平成分、下段：上下成分)

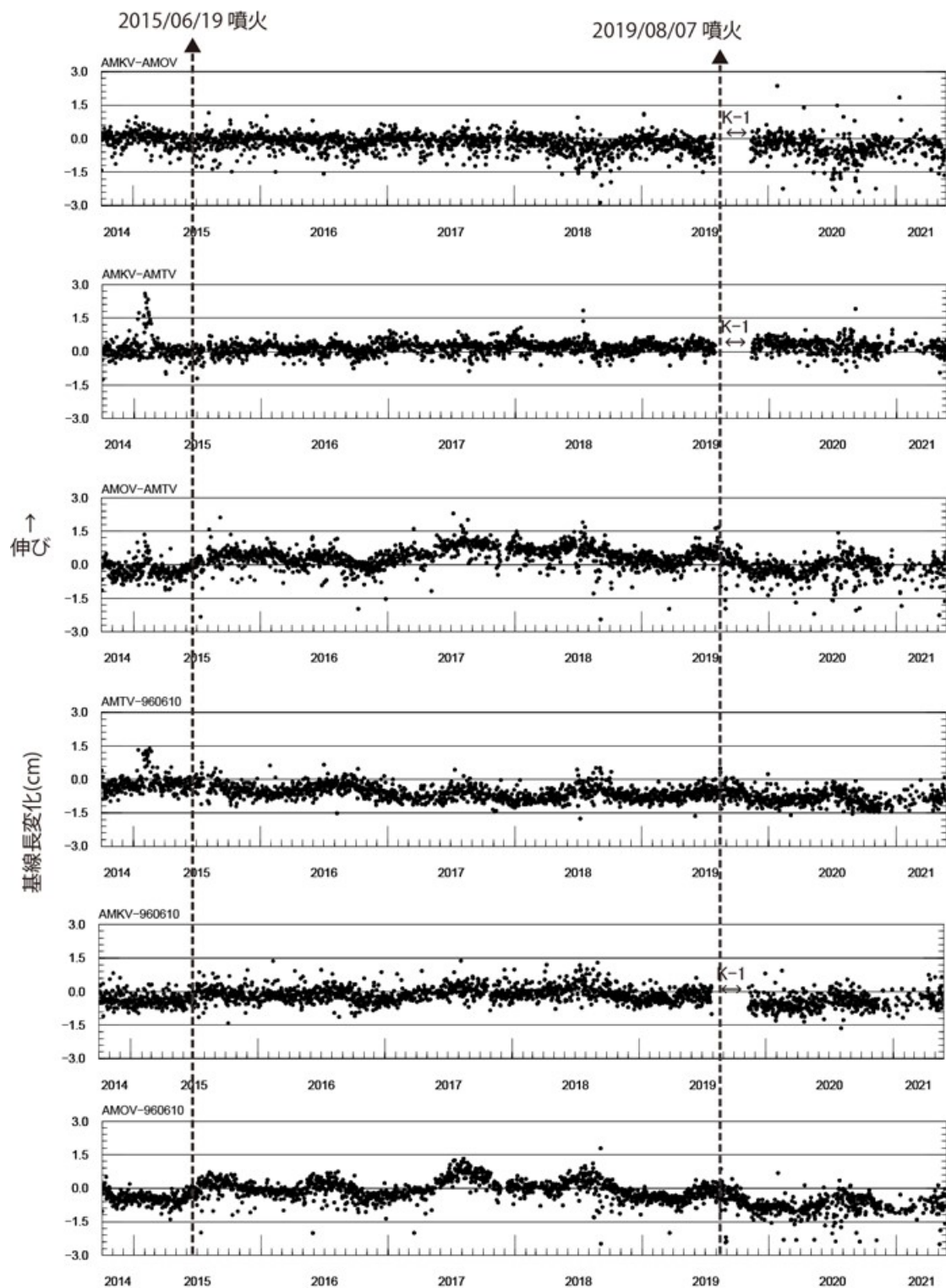


図3 防災科研観測点3点（鬼押出，高峰，小浅間）および GEONET 草津 (0610) 間の基線長変化。2014/10/1～2021/5/31

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
	浅間山鬼押出 (AMOV)		2010/2/23	2周波観測開始
			2020/10/6	GNSS観測装置更新
	浅間山高峰 (AMTV)		2010/5/22	2周波観測開始
			2015/7/22 ～2015/8/27	通信断発生、復帰後補完実施も7/22～一部のデータの補完できず
			2020/10/7	GNSS観測装置更新
	浅間山小浅間 (AMKV)	K-1	2014/10/2	2周波観測開始
			2019/7/30 ～2019/11/18	アンテナ故障により欠測
			2019/12/12- 12/18	受信機不具合により欠測

浅間山周辺の地殻変動 Crustal Deformations around Asamayama Volcano

国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

第 1 図から第 4 図は、浅間山周辺のGNSS観測結果である。

第 1 図上段に基線の配置を、下段に各観測点の保守履歴を示した。

第 2 図は、第 1 図に示した基線の基線長変化グラフであり、左列は最近約 5 年間（2016 年 5 月～2021 年 5 月）の時系列、右列は最近約 1 年間（2020 年 5 月～2021 年 5 月）の時系列である。第 3 図は、第 2 図と同じ基線、期間の比高変化グラフである。

第 4 図は、草津白根山周辺の電子基準点、気象庁のGNSS観測点の統合解析から得られた水平変動ベクトル図であり、「中之条」を固定局としている。第 4 図上段に最近 3 か月間（2021 年 2 月～2021 年 5 月）を、下段に最近 1 年間（2020 年 5 月～2021 年 5 月）を示した。GNSS連続観測結果では、顕著な地殻変動は観測されていない。

第 5 図は、「だいち 2 号」のSAR干渉解析結果である。ノイズレベルを超える変動は見られない。

第 6 図は「だいち 2 号」の干渉SAR時系列解析結果である。第 6 図上段は2014年10月～2020年11月の変位速度である。第 6 図下段は、各地点における変動の時系列データである。ノイズレベルを超える変動は見られない。

第 7 図および第 8 図は、浅間山の地殻変動力源の位置と体積変化である。解析に使用するGNSS観測点の一部は、草津白根山の活動の影響を受けるため、今回の解析では草津白根山地域との同時解析を行った。

第 7 図では、浅間山の浅部に傾斜角 101° のダイク（力源 1）を仮定した。深部に回転楕円体の力源（力源 2）が推定されている。力源 1 は2020 年冬頃から収縮しているが、力源 2 の体積変化は2020 年夏頃から停滞している。

第 8 図は浅間山周辺のGNSS観測点の座標時系列と計算値である。計算値は座標時系列を概ね説明している。

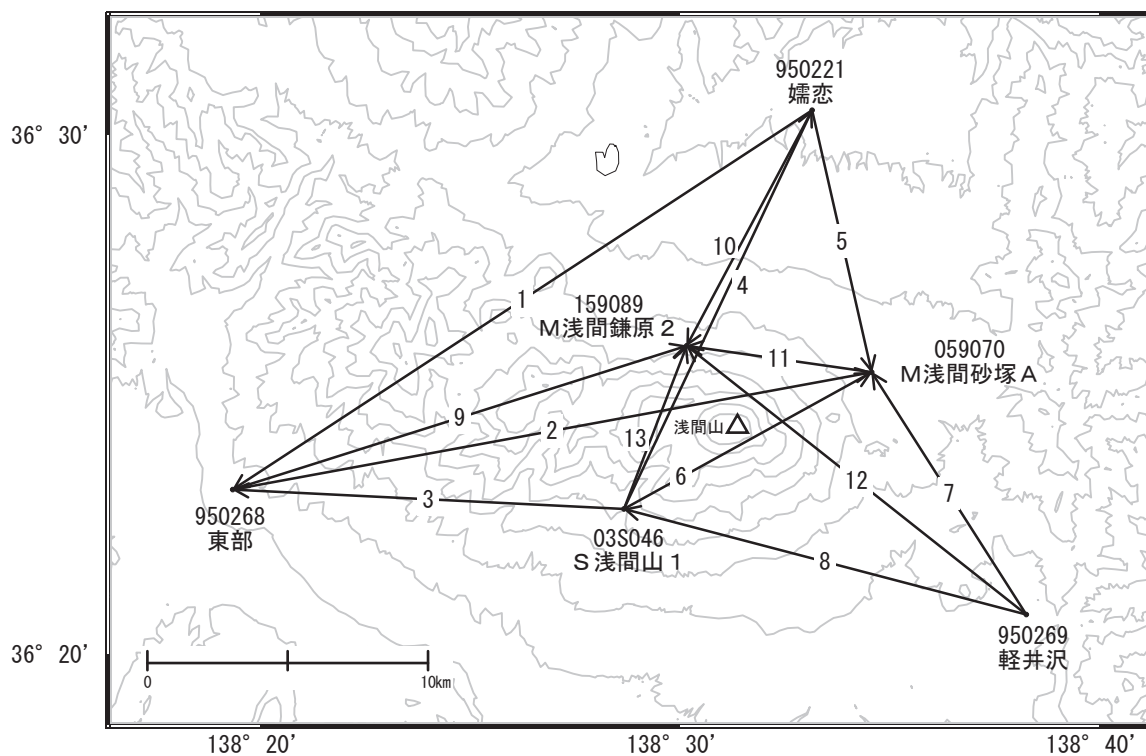
謝辞

ここで使用した「だいち 2 号」の原初データの所有権は、JAXAにあります。これらのデータは、「だいち 2 号」に関する国土地理院とJAXAの間の協定に基づき提供されました。

浅間山

G N S S連続観測結果では、顕著な地殻変動は観測されていません。

浅間山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



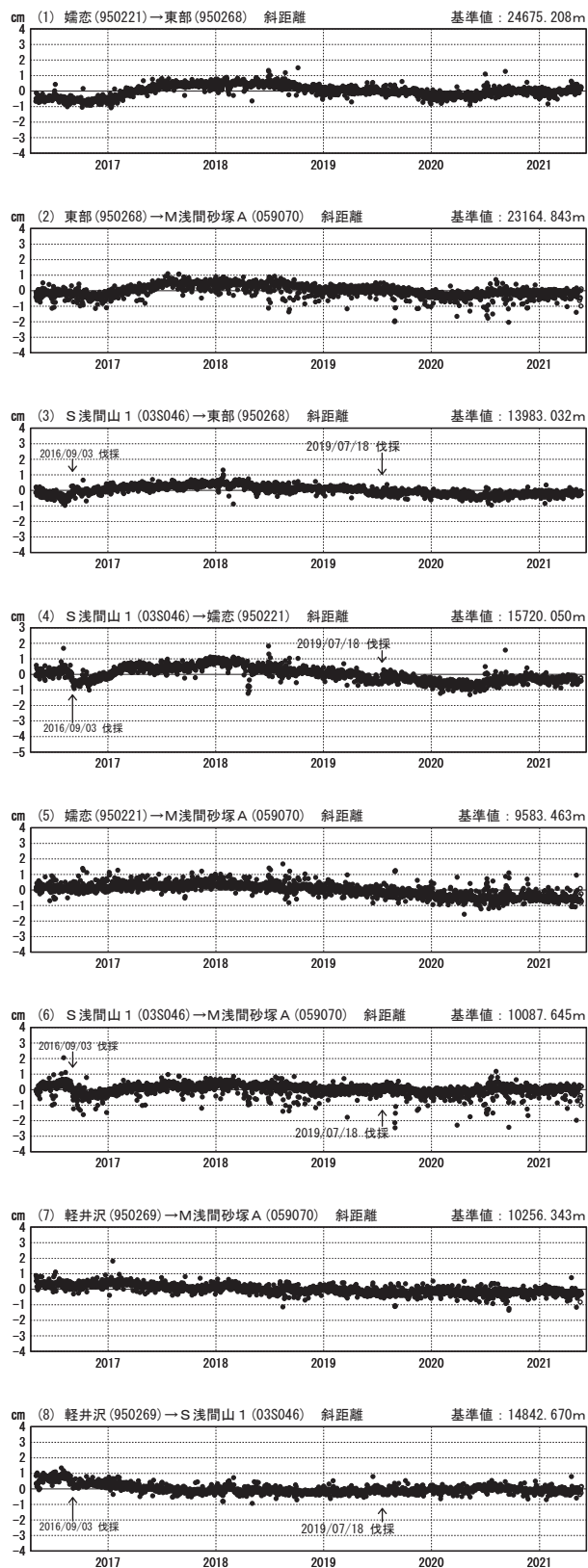
浅間山周辺の各観測局情報

点番号	点名	日付	保守内容
03S046	S浅間山1	20160625	伐採
		20160903	伐採
		20190718	伐採
059070	M浅間砂塚A	20161129	受信機交換
159089	M浅間鎌原2	20150722	新設
950269	軽井沢	20191024	受信機交換
950221	嬬恋	20191025	受信機交換
950268	東部	20210114	受信機交換

第1図 浅間山のGNSS連続解析基線図(上段)、観測局の保守履歴(下段)

基線変化グラフ（長期）

期間：2016/05/01～2021/05/22 JST

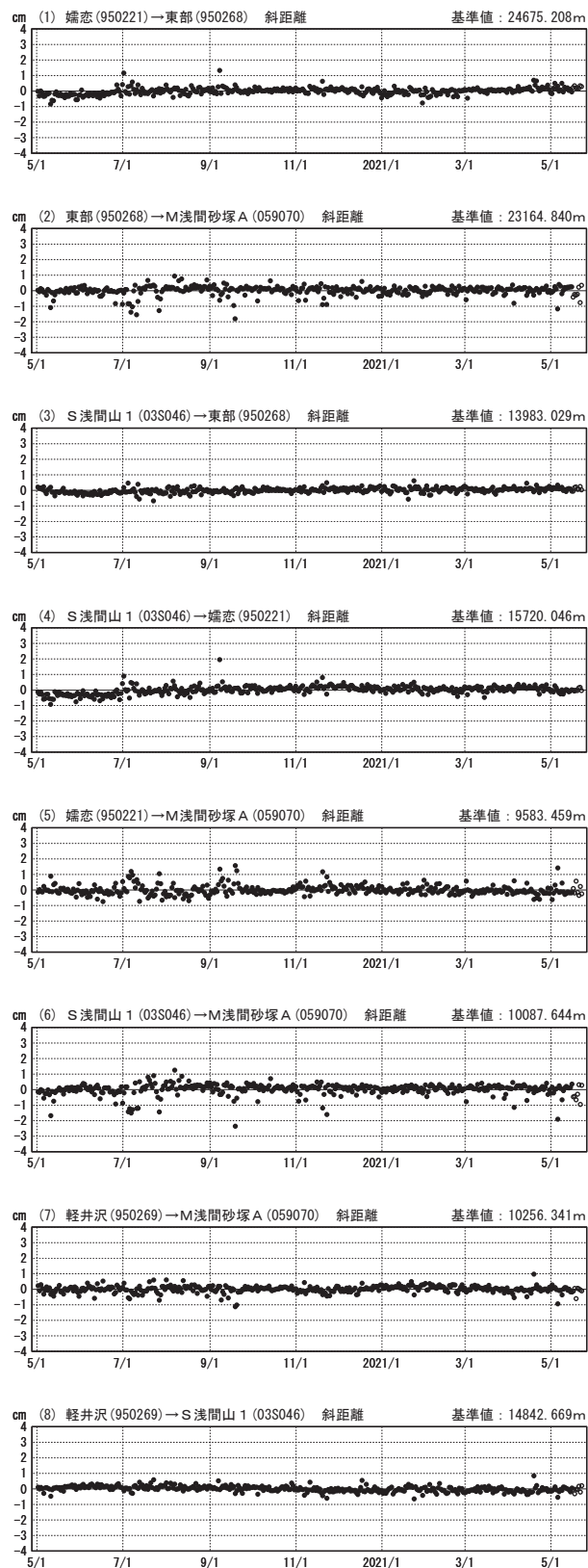


●---[F5:最終解] ○---[R5:速報解]

※[R5: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（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST



国土地理院

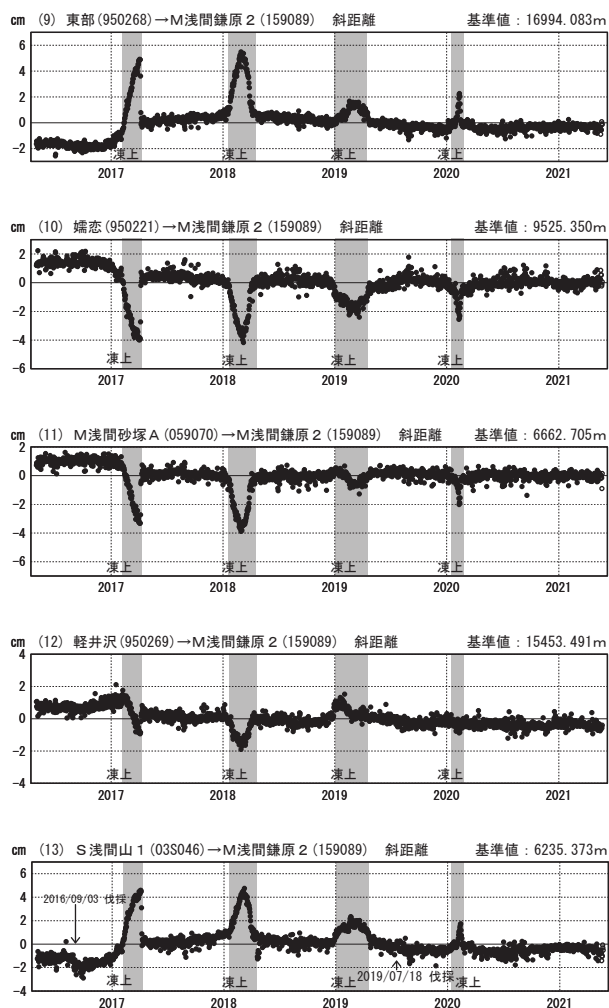
第2図 浅間山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

(左列:2016年5月～2021年5月、右列:2020年5月～2021年5月)

浅間山

基線変化グラフ（長期）

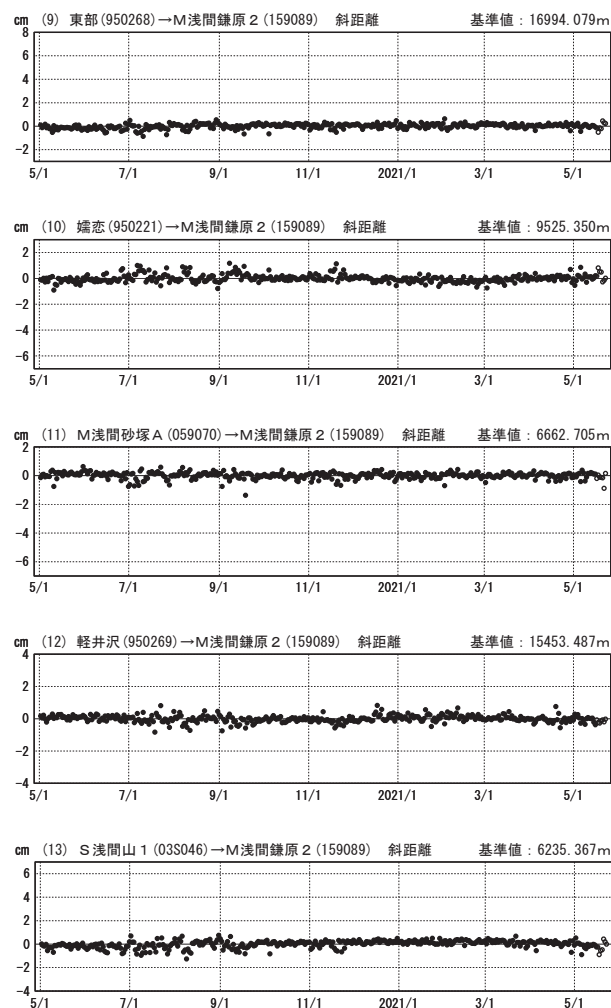
期間：2016/05/01～2021/05/22 JST



●—[F5:最終解] ○—[R5:速報解]

基線変化グラフ（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST



国土地理院

(注) 「M浅間鎌原 2」について

- ・2017年2月4日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2018年1月22日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2019年1月1日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。
- ・2020年2月1日頃から見られる急激な変動は、凍上（土壌の凍結による地面の隆起）による装置の傾斜が原因です。

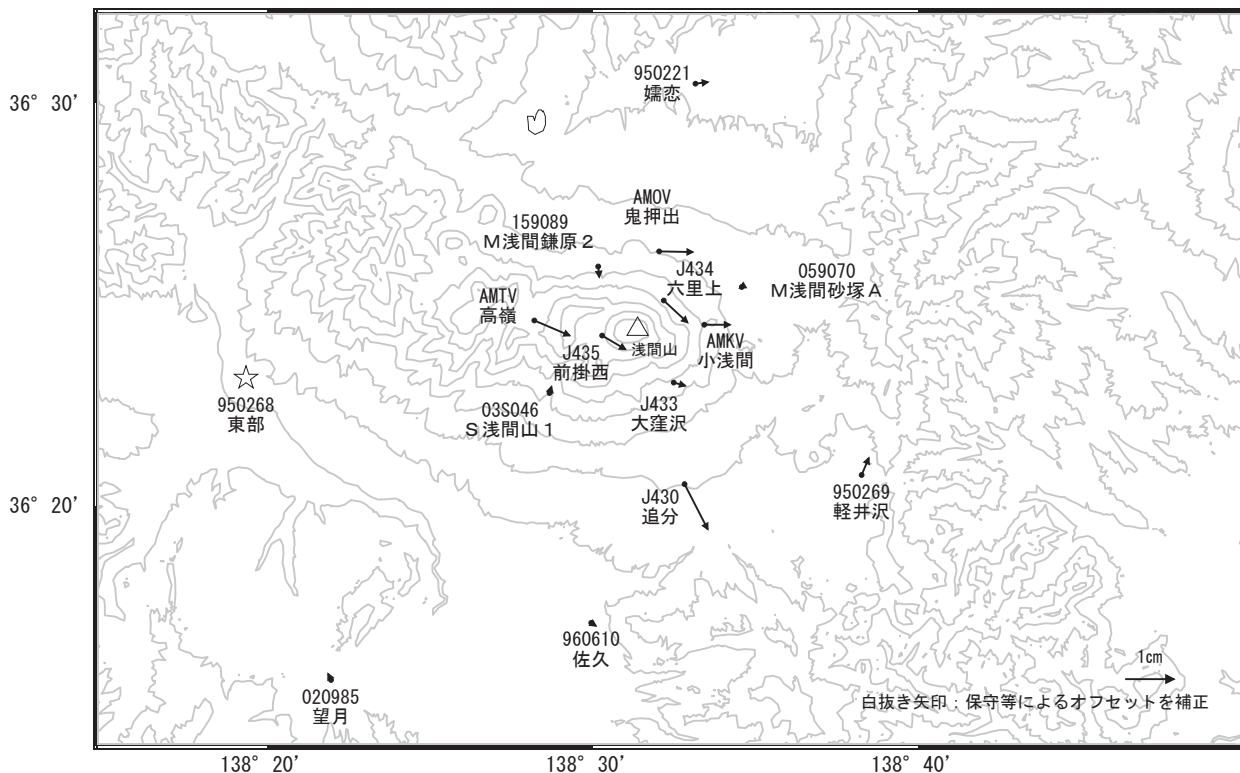
※[R5:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

第3図 浅間山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

(左列：2016年5月～2021年5月、右列：2020年5月～2021年5月)

浅間山周辺の地殻変動(水平:3か月)

基準期間:2021/02/13~2021/02/22[F5:最終解]
 比較期間:2021/05/13~2021/05/22[F5:最終解]

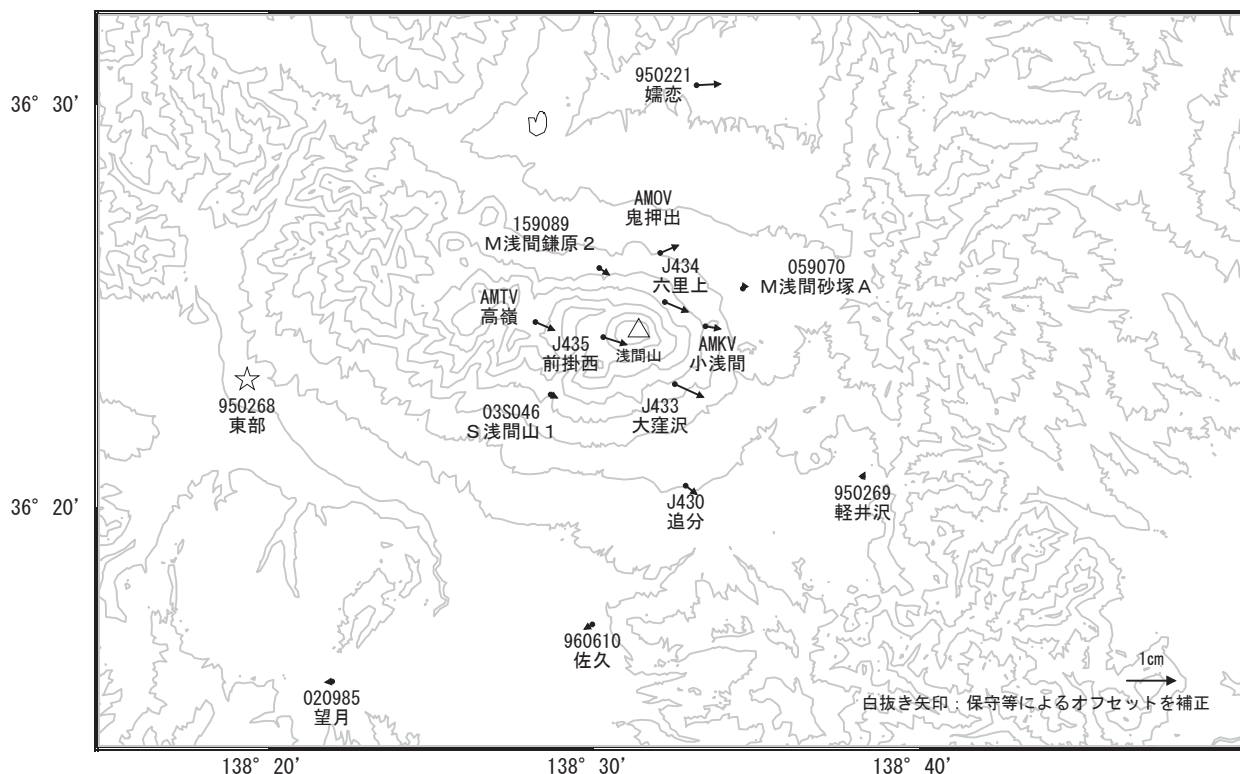


☆ 固定局:東部(950268)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

浅間山周辺の地殻変動(水平:1年間)

基準期間:2020/05/13~2020/05/22[F5:最終解]
 比較期間:2021/05/13~2021/05/22[F5:最終解]



☆ 固定局:東部(950268)

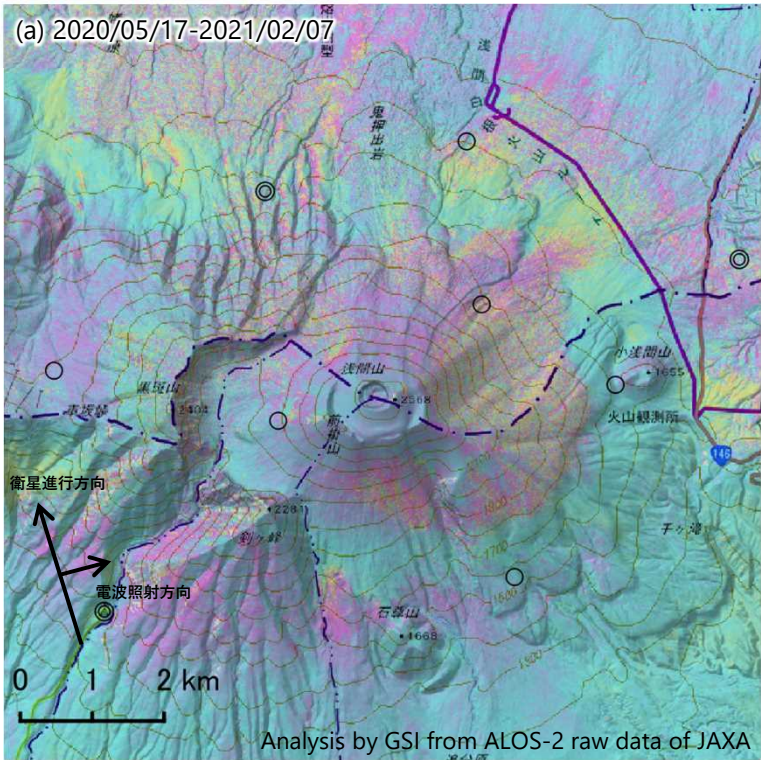
国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第4図 浅間山周辺の電子基準点・気象庁・防災科学技術研究所GNSS観測点の統合解析による
 水平変動ベクトル図(上段:2021年2月~2021年5月、下段:2020年5月~2021年5月)

浅間山

浅間山のSAR干渉解析結果について

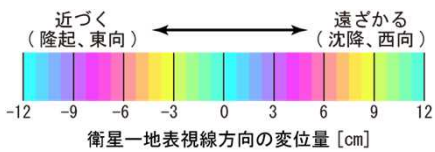
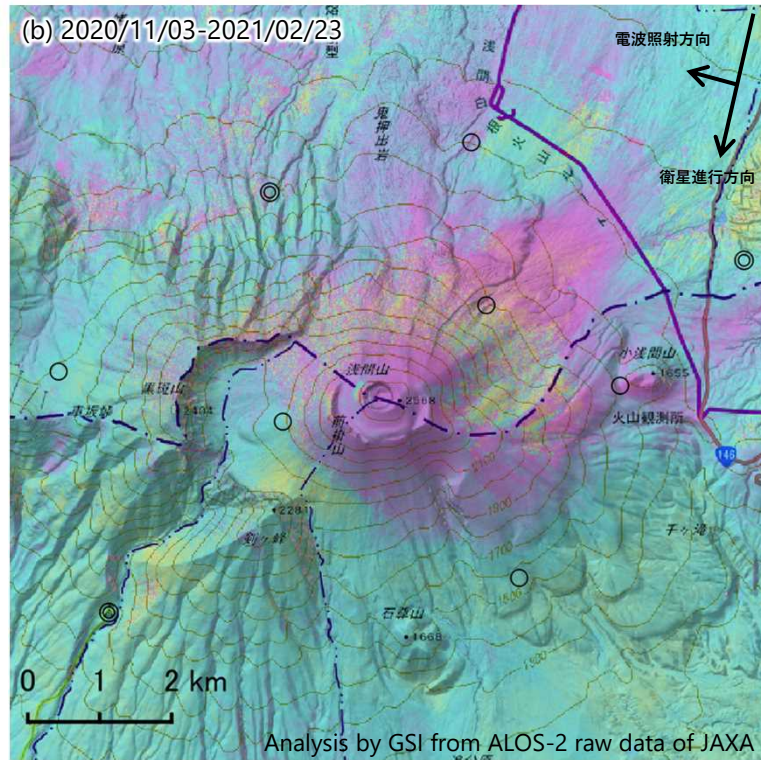
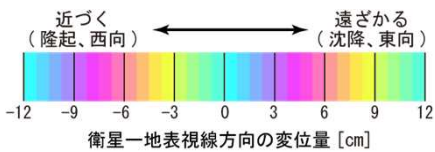
ノイズレベルを超える変動は見られません。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/05/17 2021/02/07 23:38頃 (266日間)	2020/11/03 2021/02/23 11:50頃 (112日間)
衛星進行方向	北行	南行
電波照射方向	右(東)	右(西)
観測モード*	U-U	U-U
入射角	31.9°	37.2°
偏波	HH	HH
垂直基線長	- 98m	+ 291m

* U：高分解能(3m)モード

- ◎ 国土地理院GNSS観測点
- 国土地理院以外のGNSS観測点



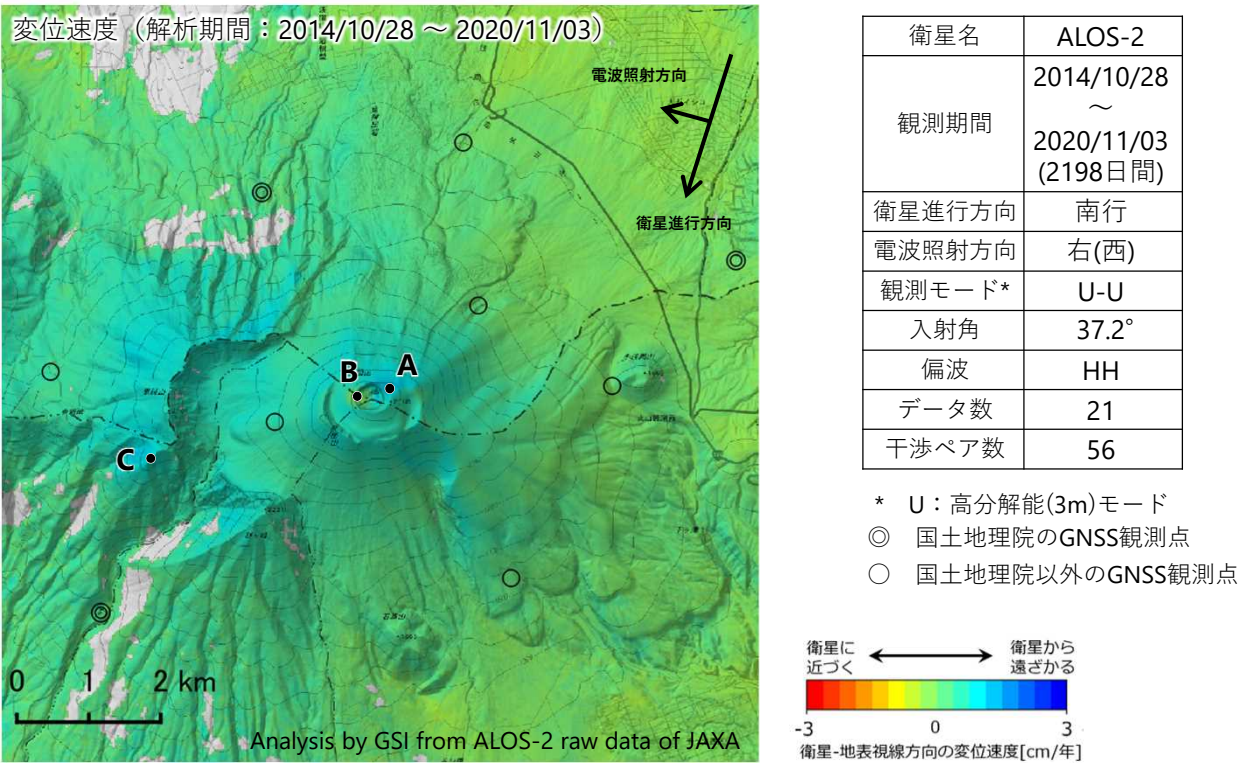
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第5図 「だいち2号」 PALSAR-2による浅間山周辺地域の解析結果

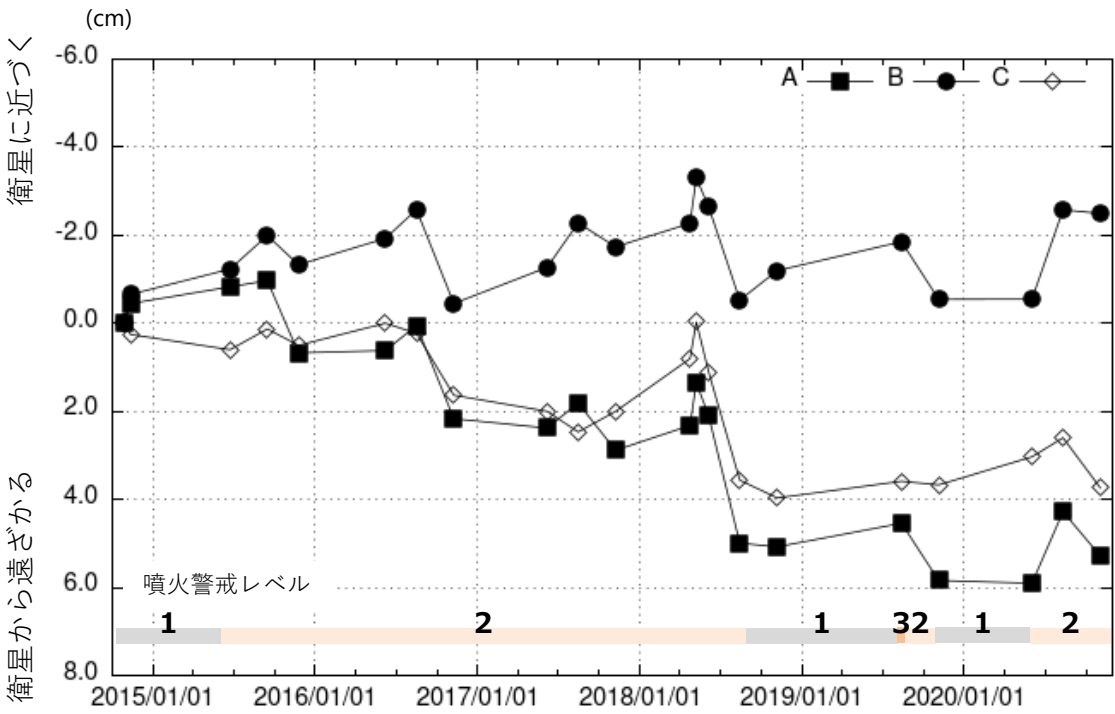
浅間山

浅間山の干渉SAR時系列解析結果（南行）

ノイズレベルを超える変動は見られません。



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は国土地理院GNSS観測点「M浅間砂塚A」付近
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



地点A・B・Cにおける衛星-地表視線方向の変位の時系列

浅間山

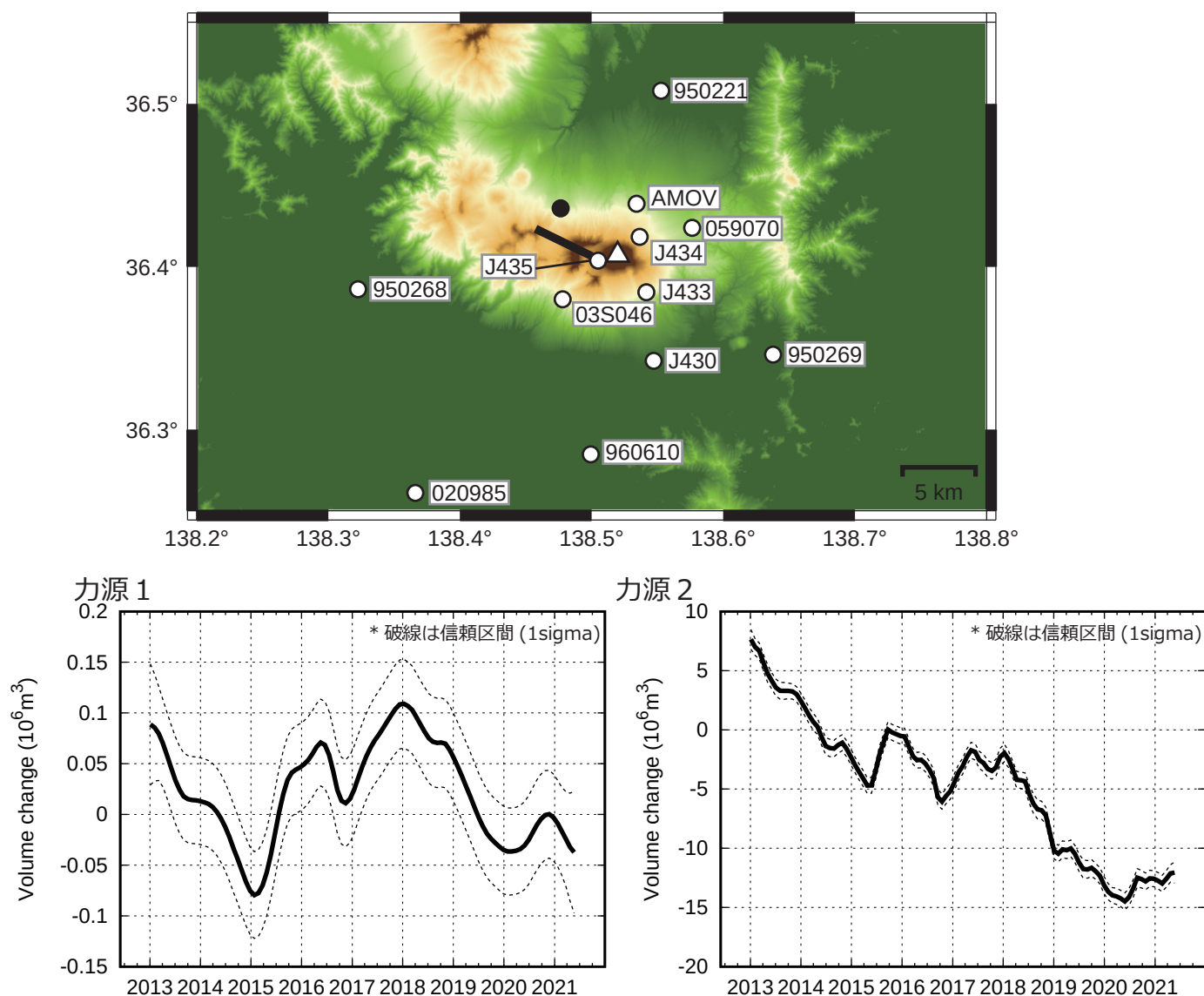
本解析で使用了データの一部分は、火山噴火予知連絡会衛星解析グループの活動を通して得られたものです。

第6図 浅間山の干渉SAR時系列解析結果
(上段) 変位速度の分布 (2014年10月～2020年11月)
(下段) 変動の時系列データ (2014年10月～2020年11月)

浅間山の地殻変動力源の位置と体積変化

力源 1 は 2020 年冬頃から収縮している

力源 2 の体積変化は 2020 年夏頃から停滞している



力源 1 : ダイク : 緯度 36.408°、経度 138.500°、深さ 0.5km、長さ 12.6km

幅 2.1km、走向 296°、傾斜角 101° (断層上左端) (Takeo et al., 2006)

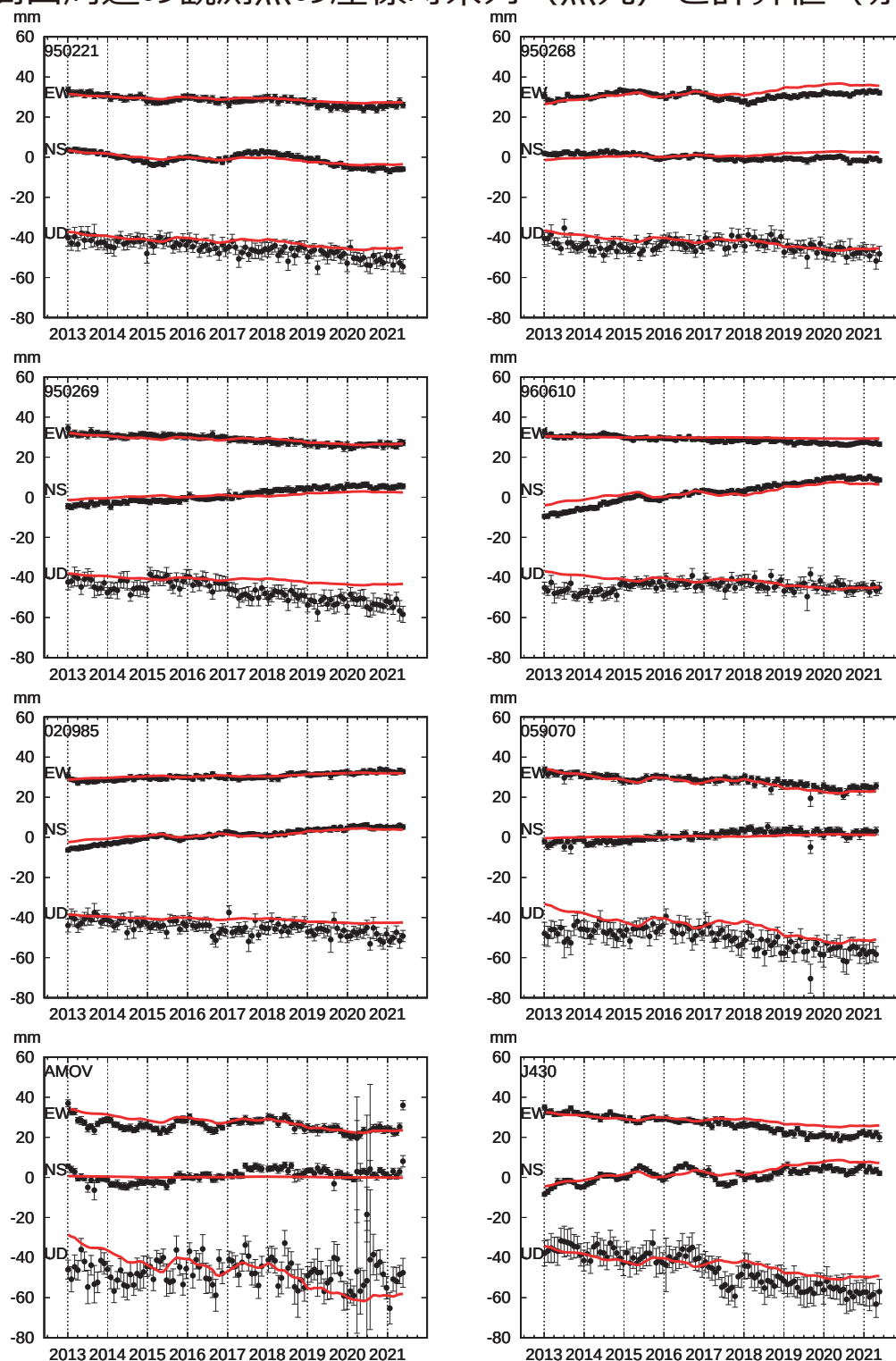
力源 2 : 回転楕円体 : 緯度 36.440°、経度 138.478°、深さ 4.8km

第7図 線形インバージョンによる浅間山の地殻変動力源の体積変化推定

上段 : 推定に用いた観測点 (赤点) と地殻変動力源の位置 (黒丸)

下段 : 推定された地殻変動力源の体積の時間変化

浅間山周辺の観測点の座標時系列（黒丸）と計算値（赤線）



* 固定局 020954（中之条）

* EW, NS, UD は東西、南北、上下成分を表す

* 電子基準点の保守等による変動、周期成分、テクトニックな成分は補正済

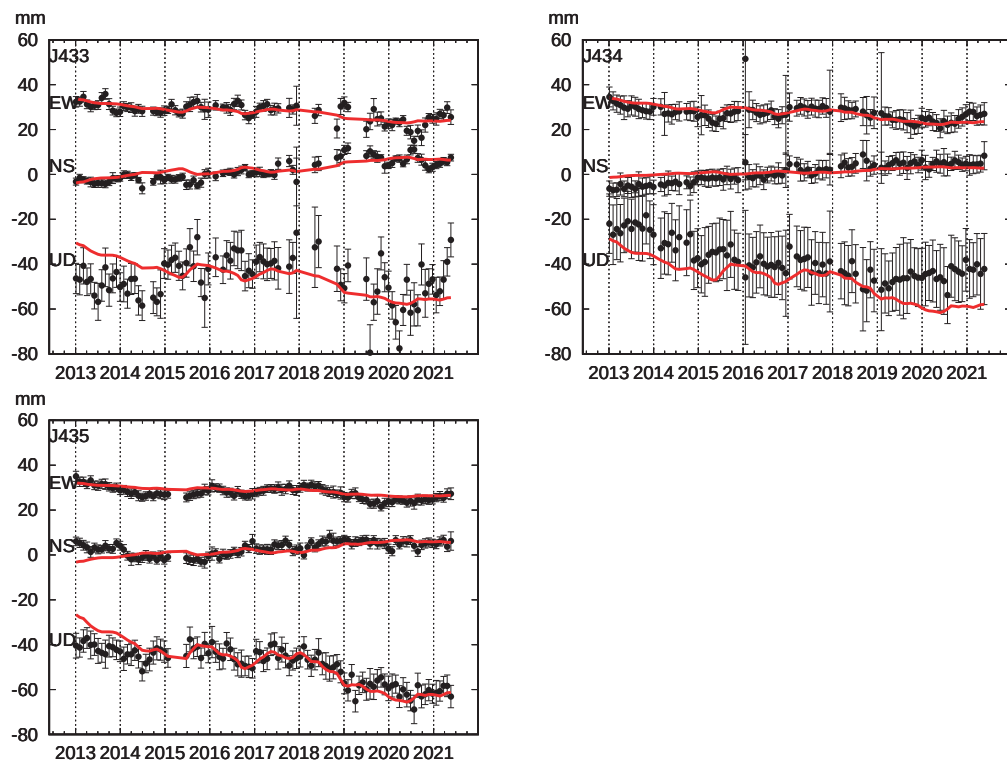
* 時系列は 30 日平均、誤差は 1sigma

* 使用データ：2013/01/01-2021/5/29 (MADOCA PPP 解)

第 8 図 推定された力源による地殻変動計算値（赤実線）と観測値（黒点）の比較

浅間山

浅間山周辺の観測点の座標時系列（黒丸）と計算値（赤線）



- * 固定局 020954（中之条）
- * EW, NS, UD は東西、南北、上下成分を表す
- * 電子基準点の保守等による変動、周期成分、テクトニックな成分は補正済
- * 時系列は 30 日平均、誤差は 1sigma
- * 使用データ：2013/01/01-2021/5/29 (MADOCA PPP 解)

第 8 図つづき 推定された力源による地殻変動計算値（赤実線）と観測値（黒点）の比較