

第 148 回  
火山噴火予知連絡会資料

(その2の6)

阿蘇山

令和 3 年 6 月 30 日

# 火山噴火予知連絡会資料(その2の6)

## 目次

|           |       |
|-----------|-------|
| 阿蘇山 ..... |       |
| 気象庁       | 3-8   |
| 京大阿蘇      | 9-14  |
| 防災科研      | 15-20 |
| 地理院       | 21-27 |

# 阿 蘇 山

(2020 年 12 月～2021 年 6 月 8 日)

中岳第一火口では、2020 年 6 月下旬以降、噴火は観測されていない。

5 月 2 日から 9 日にかけて火山性微動の振幅が一時的に増大したが、10 日以降、次第に小さくなり、18 日以降小さい状態となった。

火山性微動の振幅は概ね小さい状態で経過しており、火山ガス（二酸化硫黄）は少ない状態で、火口内の熱活動には特段の変化はみられない。

また、GNSS 連続観測では深部にマグマだまりがあると考えられている草千里を挟む基線で 2020 年 7 月頃から縮みの傾向がみられている。

火口浅部の活動に一時的な高まりはあるものの、深部のマグマだまりのマグマの蓄積の進行はみられていない。今後も火口内では、土砂や火山灰が噴出する可能性がある。

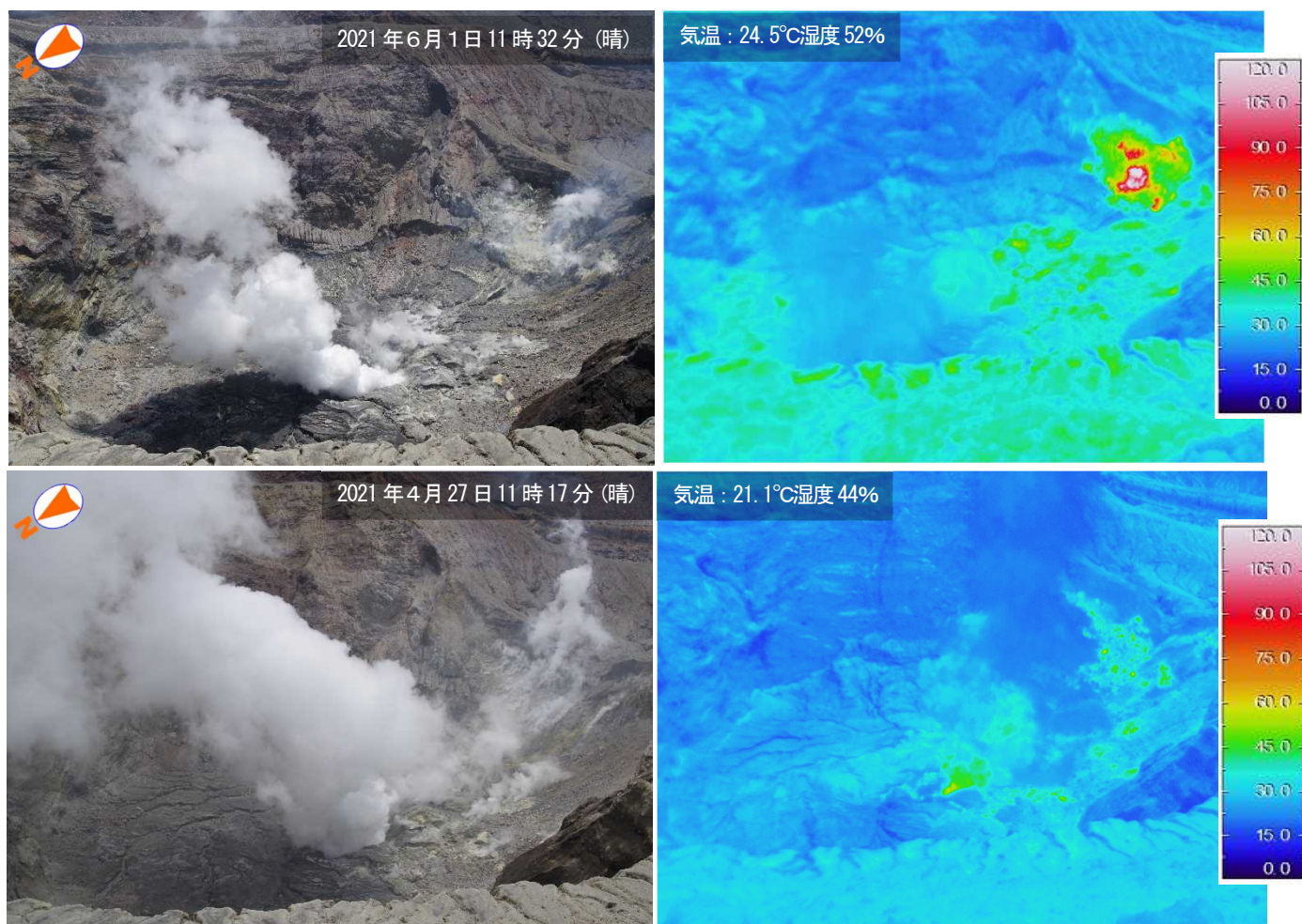


図 1 阿蘇山 中岳第一火口内の状況（中岳第一火口の北西側から観測）

- ・中岳第一火口内に湯だまりはなく、火口の中央部付近から白色の噴煙を確認した。
- ・中岳第一火口底の地熱域の分布や状況に変化はなかった。
- ・5 月 2 日の微動振幅増大の前後で、火口内の状況に特段の変化は認められなかった。



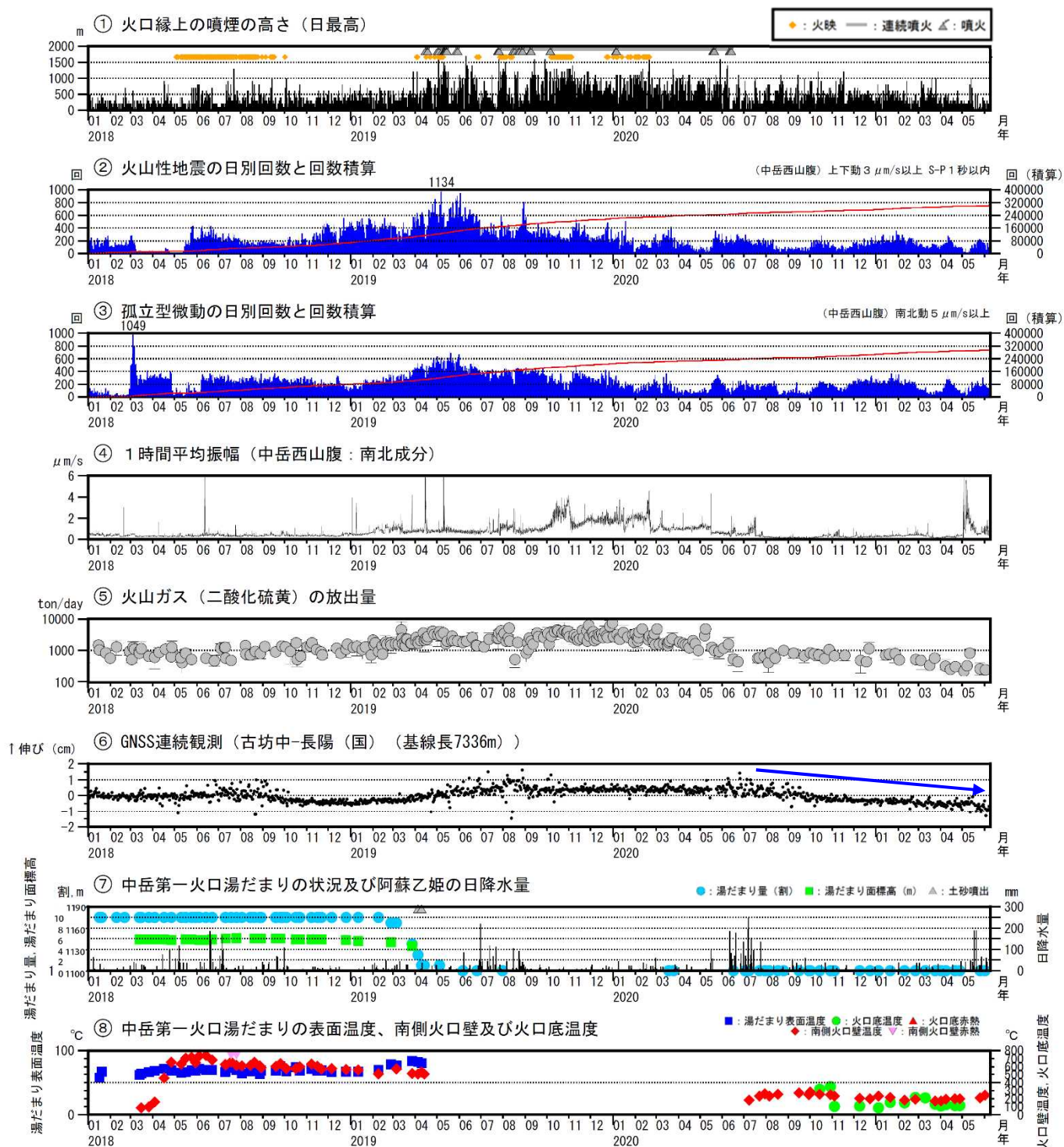


図3 阿蘇山 短期の火山活動経過図 (2018 年 1 月～2021 年 6 月 8 日)

<2020 年 12 月～2021 年 6 月 9 日の状況>

- ・2020 年 6 月下旬以降、噴火は観測されていない。期間中の噴煙の最高は火口縁上 1,000m であった。
- ・火山性地震及び孤立型微動は概ね多い状態で経過した。
- ・火山性微動の振幅は小さな状態で経過した。5 月 2 日から 9 日にかけて火山性微動の振幅が一時的に増大したが、10 日以降、次第に小さくなり、18 日以降小さい状態となった。
- ・火山ガス（二酸化硫黄）の放出量は少ない状態で経過した。微動振幅増大後の観測では一時的な変動がみられた。
- ・GNSS 連続観測では、深部にマグマだまりがあると考えられている草千里を挟む基線において、2020 年 7 月頃から縮みの傾向がみられている。
- ・中岳第一火口内に湯だまりは観測されていない。
- ・中岳第一火口底の最高温度は 108℃～230℃で経過した。2 月から 3 月にかけてやや高まる時期があった。2 月には火口底の一部で硫黄の燃焼と思われる火炎を観測した。
- ・南側火口壁の最高温度は 176℃～229℃と大きな変化はみられなかった。

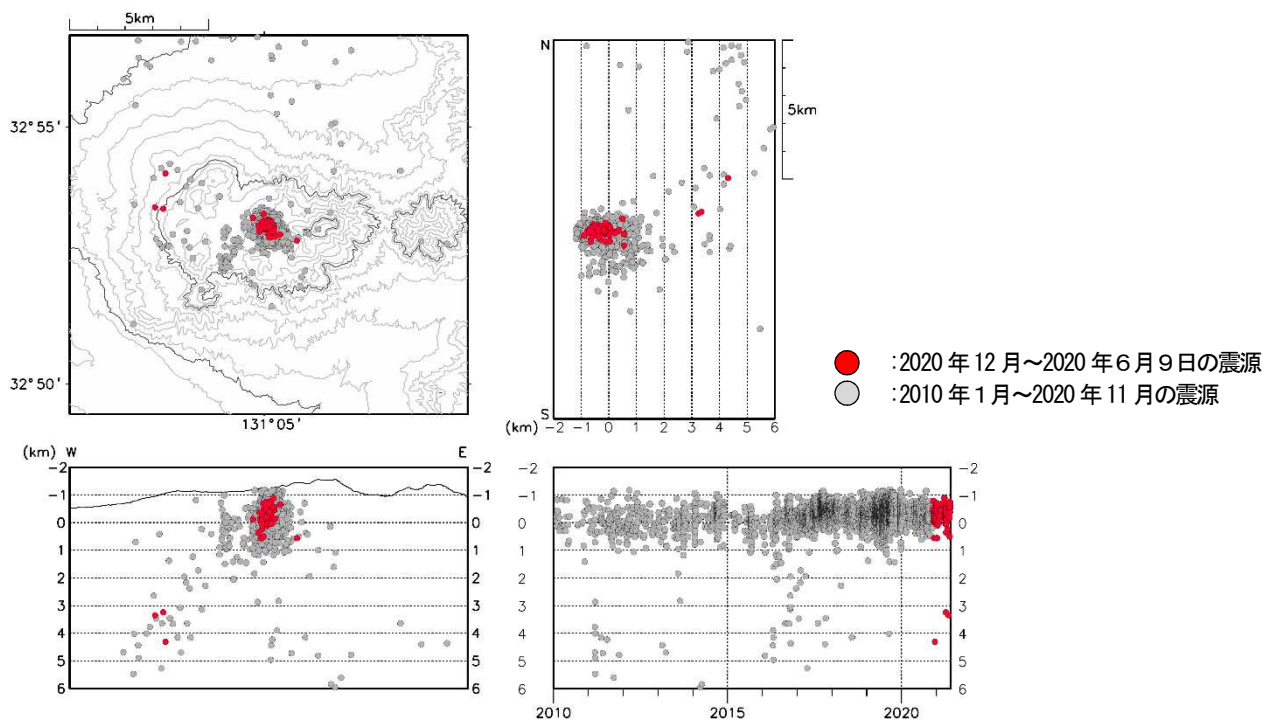


図4 阿蘇山 震源分布図 (2010 年 1 月～2021 年 6 月 8 日)

＜2020 年 12 月～2021 年 6 月 9 日の状況＞

震源が求まった火山性地震は、主に中岳第一火口のごく浅いところから深さ 1 km 付近に分布した。

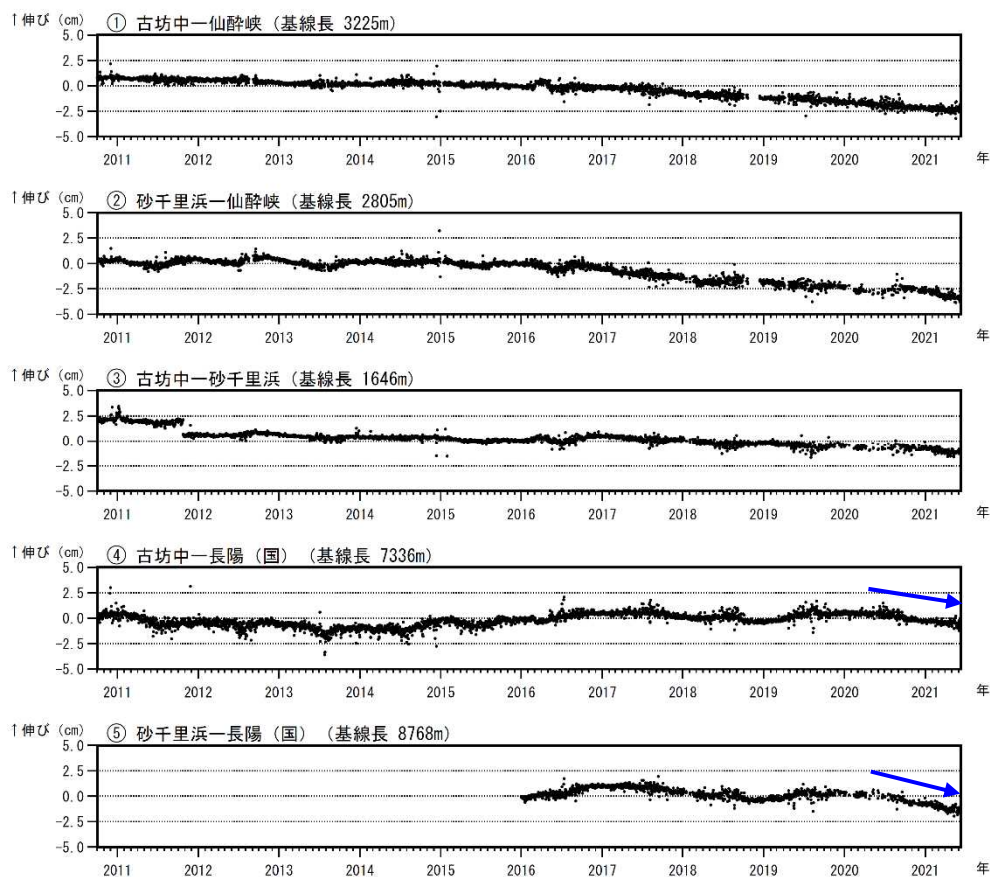


図5 阿蘇山 GNSS 観測による基線長変化 (2010 年 1 月～2021 年 6 月 8 日)

GNSS 連続観測では、深部にマグマだまりがあると考えられている草千里を挟む基線 (④、⑤) において、2020 年 7 月頃から縮みの傾向がみられており、マグマだまりにおいてマグマの蓄積は進行していないものと考えられる。

図の空白部分は欠測を示す。(国)：国土地理院

# ALOS-2/PALSAR-2 データを用いた 阿蘇山における 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 で撮像された阿蘇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. |
|--------------------|-------|---------|------------|----------------|--------------|------------|
| 23-2950 (SM1_U2-7) | 南行    | 右       | 36.1°      | 2020.03.02     | 2021.03.01   | 第 1 図 - A  |
| 130-650 (SM1_U2-7) | 北行    | 右       | 36.2°      | 2020.05.28     | 2021.05.27   | 第 1 図 - B  |

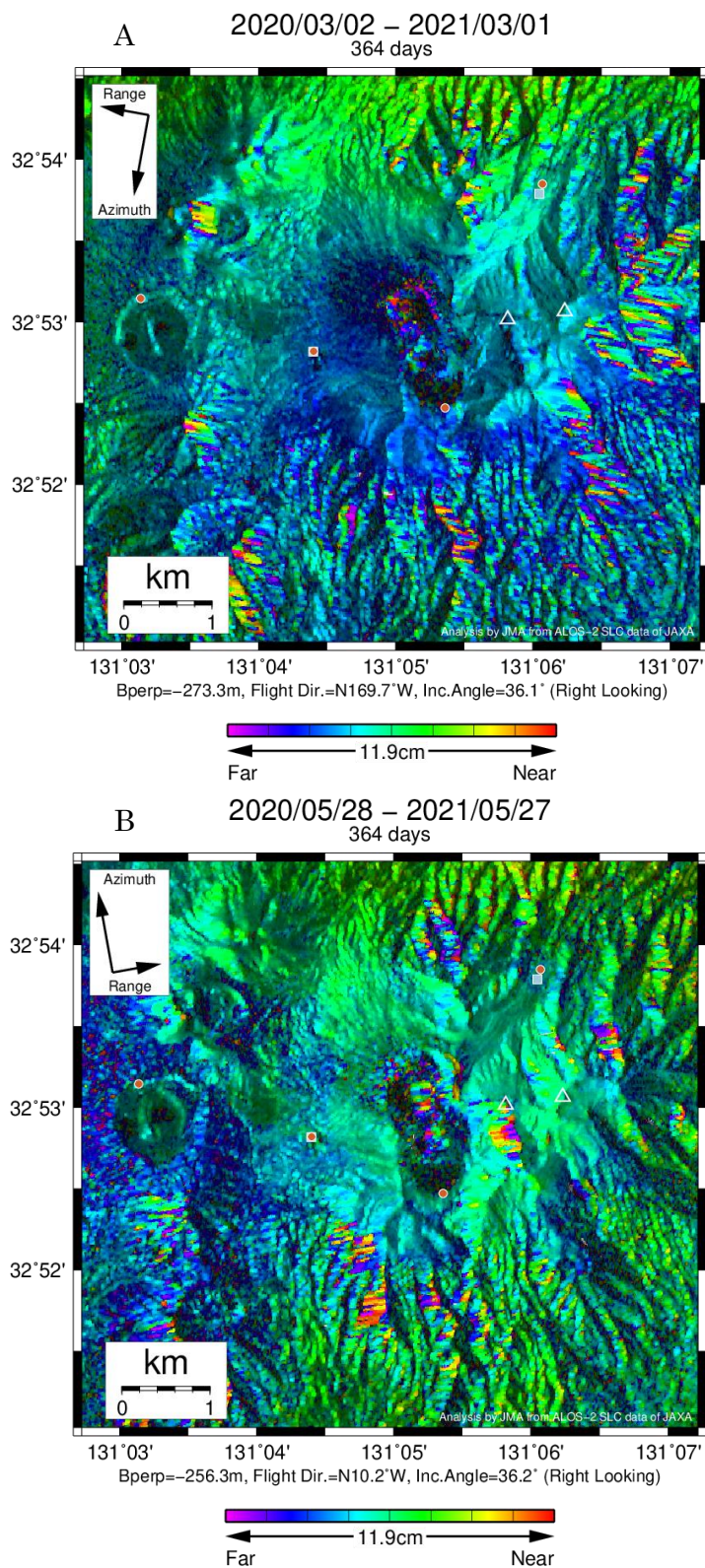
## 3. 解析結果

北行軌道、南行軌道の長期ペアについて解析を行った。いずれにおいても、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 阿蘇山の干渉解析結果

パス 23 (SM1\_U2-7) (A) 及び 130 (SM1\_U2-7) (B) による阿蘇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。

## 阿蘇山・中岳の活動概況

草千里のマグマだまりをはさむ測線の基線長変化（図 1、図 6）は 2018 年 12 月半ば以降に短縮から伸びに転じ、その後ゆるやかな伸張が継続した。この基線長変化は 2019 年 8 月以降停滞や伸張を繰り返していたが、2020 年 6 月以降は短縮しており、2021 年 5 月前後（レベル 1→2）にもこの傾向は変わっていない。

中岳第一火口では 2020 年 6 月上旬に灰放出が停止したが、現在でも火口底中央部に形成された噴出火孔（191 火孔）からは低温ながらガス放出が継続している（図 2）。湯だまりは未だ形成されていない（図 2）が、火口底の見かけ温度は 100℃以下で推移している（図 1、図 3）。

地磁気全磁力連続観測の結果では、2020 年 5 月中旬頃以降地下で冷却が進行する事を示唆する変化が観測されていた。しかし 2021 年 4 月中旬から地下の温度上昇を示すセンスに変化した（図 1、図 5）。現在、磁力変化は横ばいである。

長周期微動（地震）の発生頻度や振幅は、2021 年 4 月上～中旬にやや増加したのち、4 月下旬には減少した。しかし、2021 年 5 月 1 日の宮城県沖地震(M6.6)以降～5 月中旬にふたたび増加した（図 7）。

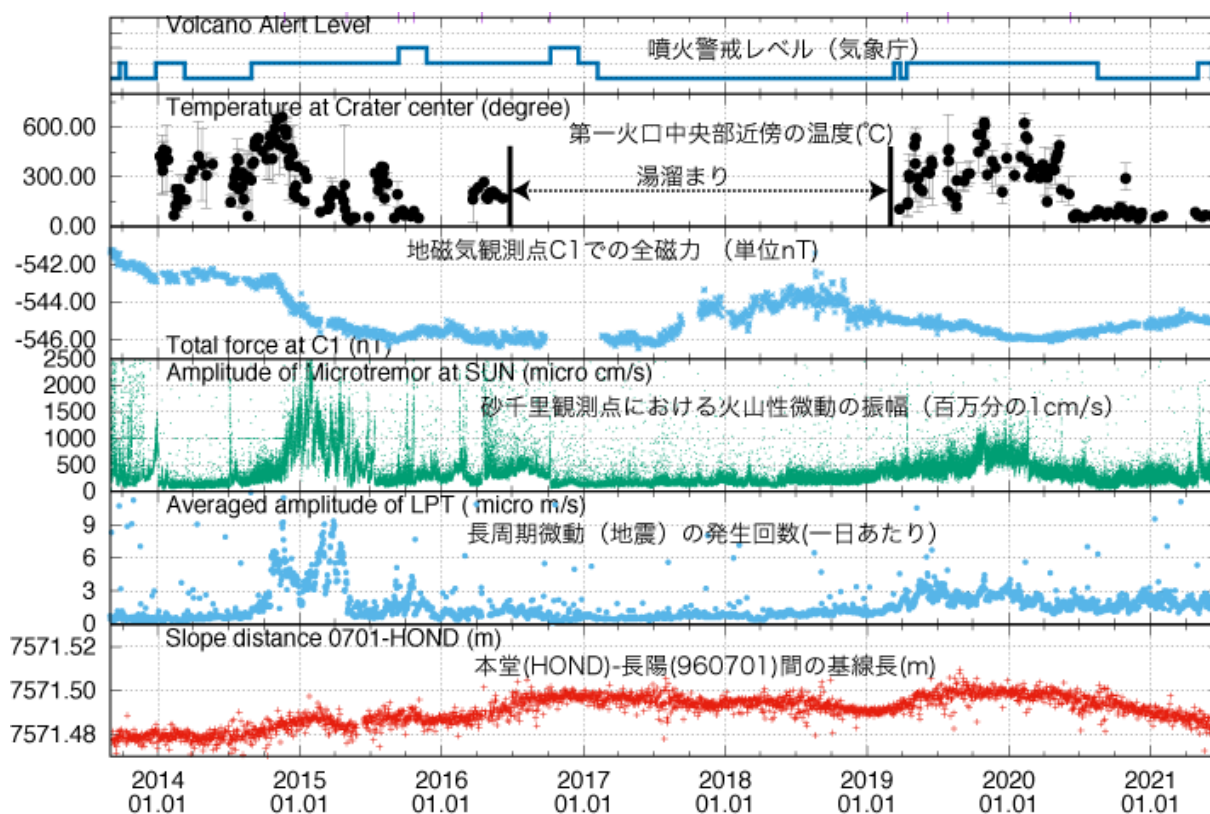


図 1. 阿蘇火山・中岳の活動に関する各種データ

期間は 2013 年 9 月 1 日から 2021 年 6 月 9 日。なお、基線長変化図には国土地理院の GPS データも使用している。

**阿蘇中岳第一火口の変遷(2020 年 11 月～2021 年 6 月)**

この期間の 2021 年 5 月 2 日に噴火警戒レベルが 1 から 2 に引き上げられた。しかし、その前後で火口底の状態に変化は見られない。この期間も、191 火孔からのガス放出が継続しており、火口の湯だまりは復活していない。191 火孔の温度は 50℃前後で推移している。



図 2：中岳第一火口北側の B カメラから撮影した火口底の様子。赤丸は目印の巨石。この期間、湯だまりは回復していない。

また、5 月 2 日のレベル 1→2 以降も大きな変化はない。

なお、観測、撮影は阿蘇火山防災会議協議会の協力のもと実施されている。

## 阿蘇中岳第一火口の熱状態

第一火口の中央部に形成された 191 火孔からのガス放出が継続している。2019 年 10 月～11 月および 2020 年 2 月には 500 度以上の状態にあり、火映や火炎が観測されていた。また、2020 年 5 月にも火孔温度が 400℃を越え、火炎も観測されていた。しかし、2020 年 5 月 15～16 日の降雨（130mm@阿蘇乙姫）の後に火孔温度が約 300℃に低下し、それ以降には火炎は観測されていない。さらに 2020 年 6 月 11 日からの雨（5 日間で 400mm@阿蘇乙姫）の後は、大幅に温度が低下し（約 60℃）、2021 年 6 月現在も 100℃以下で推移している。

一方、南壁の温度は 2019 年 4 月 16 日の噴火以降、約 350℃から約 60℃まで低下の一途をたどっていたが、2020 年 1 月に上昇に転じ 9 月には 200℃を超えた。2021 年 6 月現在も 200℃前後で推移している。

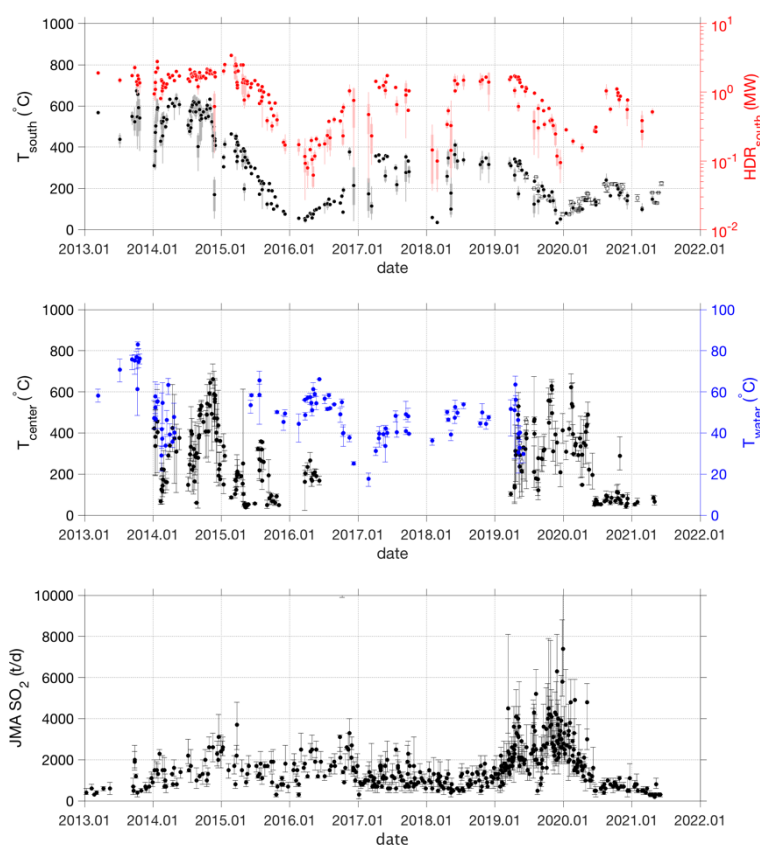


図 3：上段：南壁の温度（黒丸、白四角）と放熱量（赤丸）、中段：火口底の火孔の温度（黒丸）と湯だまりの温度（青丸）、下段：気象庁による二酸化硫黄放出量。上段の黒丸は FLIR 製の熱赤外カメラで測定した値に大気補正などを施した結果の温度。赤丸はその温度分布を用いて指定した放熱量。白四角は日本アビオニクス製の熱赤外カメラでの測定値（補正なし）である。この値は放熱両推定には用いられていない。

## 阿蘇火山における地磁気全磁力連続観測結果（2018/07～2021/6）



図 4 中岳火口周辺の地磁気連続観測点

阿蘇中岳火口周辺のプロトン磁力計を用いた地磁気連続観測点(図 4)で得られた、2018 年 7 月～2021 年 6 月までの地磁気全磁力時間変化を図 5 に示す。2020 年 5 月中旬頃以降 C3 で全磁力減少、C1、W1 で増加の、地下で冷却が進行する事を示唆する時間変化が観測された。しかし 2021 年 4 月中旬から磁場変化のセンスが変わり (C3 で増加、C1、W1 で減少) 地下の温度上昇を示すセンスに変化した。この後 5 月初めに微動振幅の急伸が起こり、噴火警戒レベルが 2 に引き上

げられた (5 月 2 日)。こうしたことから、4 月中旬から熱供給量の増加が生じ、5 月初旬の微動振幅増加が起こったことが考えられる。しかし直近 2 週間程度(5 月末～6 月初旬)では磁場変化はほぼ横ばいであり (6 月 9 日噴火警戒レベル 1 に引き下げ) 熱供給量の変化は一時的なものである可能性が考えられる。

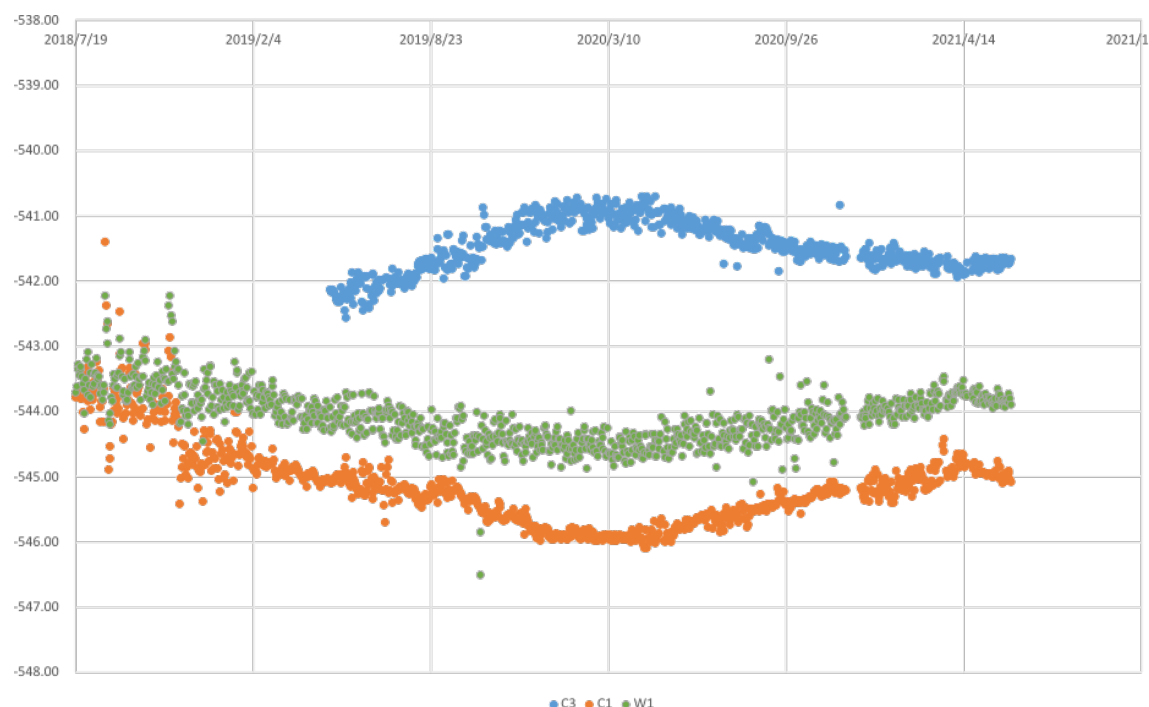


図 5 2018 年 7 月～2021 年 6 月の期間における地磁気全磁力時間変化

## 阿蘇山・中岳における基線長変化と微動の発生状況(2004~2021.6)

草千里のマグマだまりをはさむ測線の基線長変化は 2018 年 12 月半ば以降に短縮から伸びに転じ、その後に停滞とゆるやかな伸張を繰り返していたが、2020 年 6 月以降は 0701-HOND でも明瞭な短縮が観測されている。この基線長変化に対応するように、2020 年 1 月以降に、短周期微動(10Hz)および長周期微動(LPT)の振幅がともに小さくなっている。2021 年 5 月 2 日に噴火警戒レベルが 2 に引き上げられたが、0.5Hz および 10Hz 帯域の微動振幅には変化が表れていない。

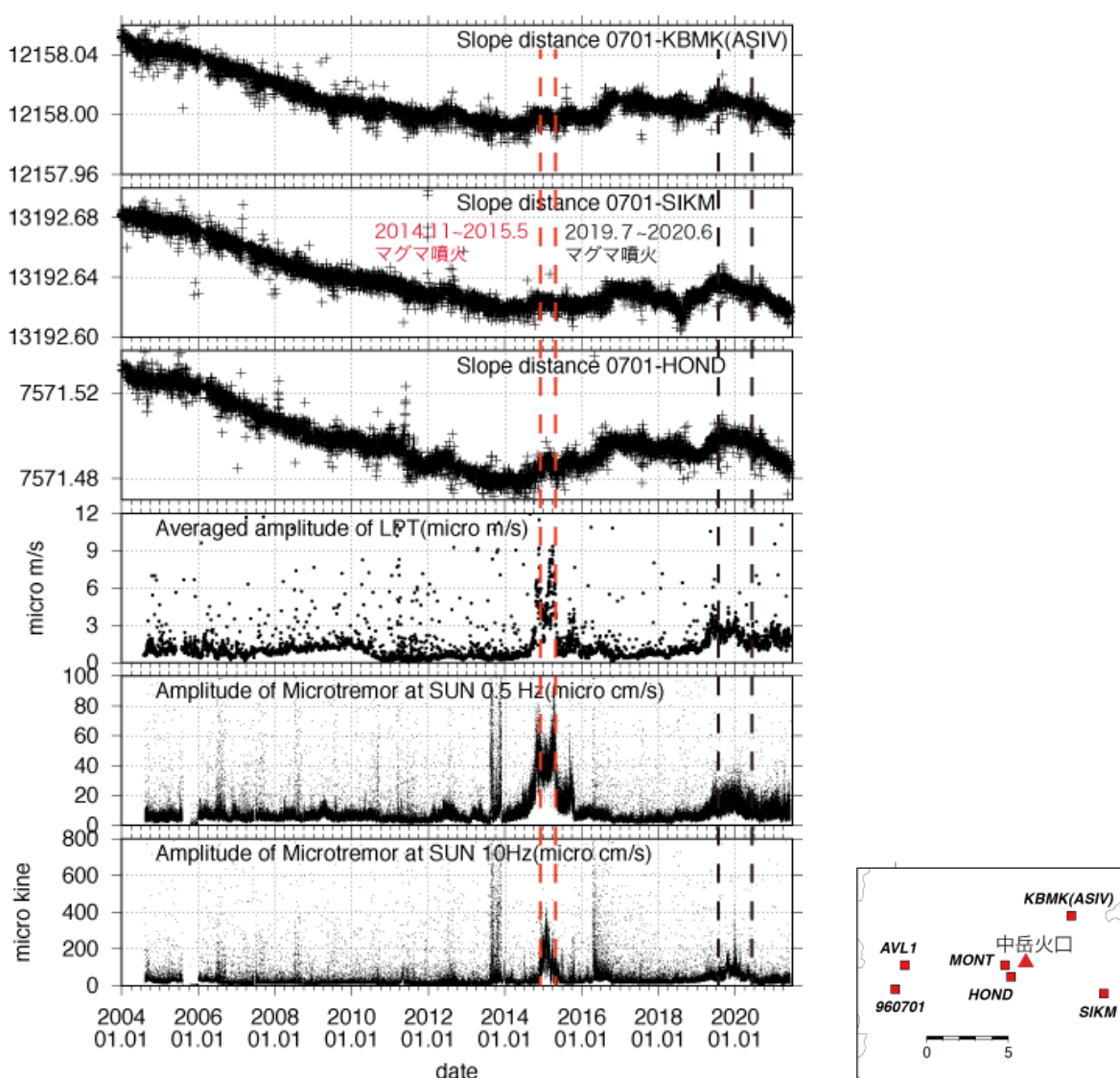


図 6. 阿蘇火山・中岳における基線長変化と微動と長周期地震の振幅

期間は 2004 年 1 月 1 日から 2021 年 6 月 10 日（一部データ欠落）。熊本地震によるステップを補正。なお、基線長変化図には国土地理院および防災科技研の GPS データも使用している。

# 本堂観測坑道で観測された地殻変動と長周期微動（地震）の積算振幅、短周期微動の振幅

2021 年 5 月 2 日に短周期微動の振幅が急増し、噴火警戒レベルが 1 から 2 に引き上げられた。この微動振幅の急増に対応するような地殻変動は観測されていない。

一方、2021 年 4 月上旬から中旬にかけて、長周期微動（地震）の発生頻度や振幅がやや大きくなったのち、4 月下旬には小さくなっていった。短周期微動の振幅も 2021 年 4 月上～中旬にやや大きかった。

その後、2021 年 5 月 1 日の宮城県沖地震(M6.6、赤点線)以降から 5 月中旬にかけて、長周期微動（地震）の発生頻度や振幅が漸増した（図 7）。

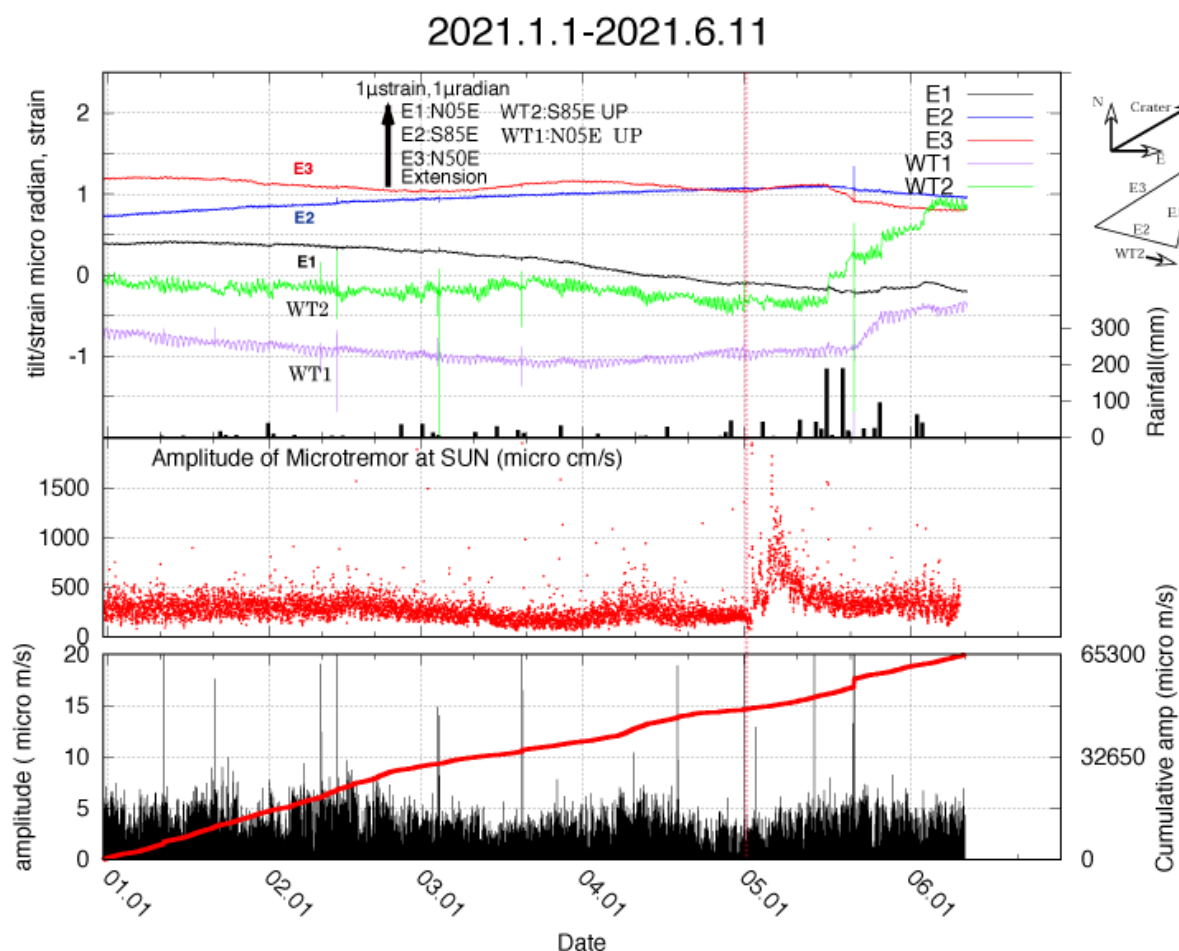
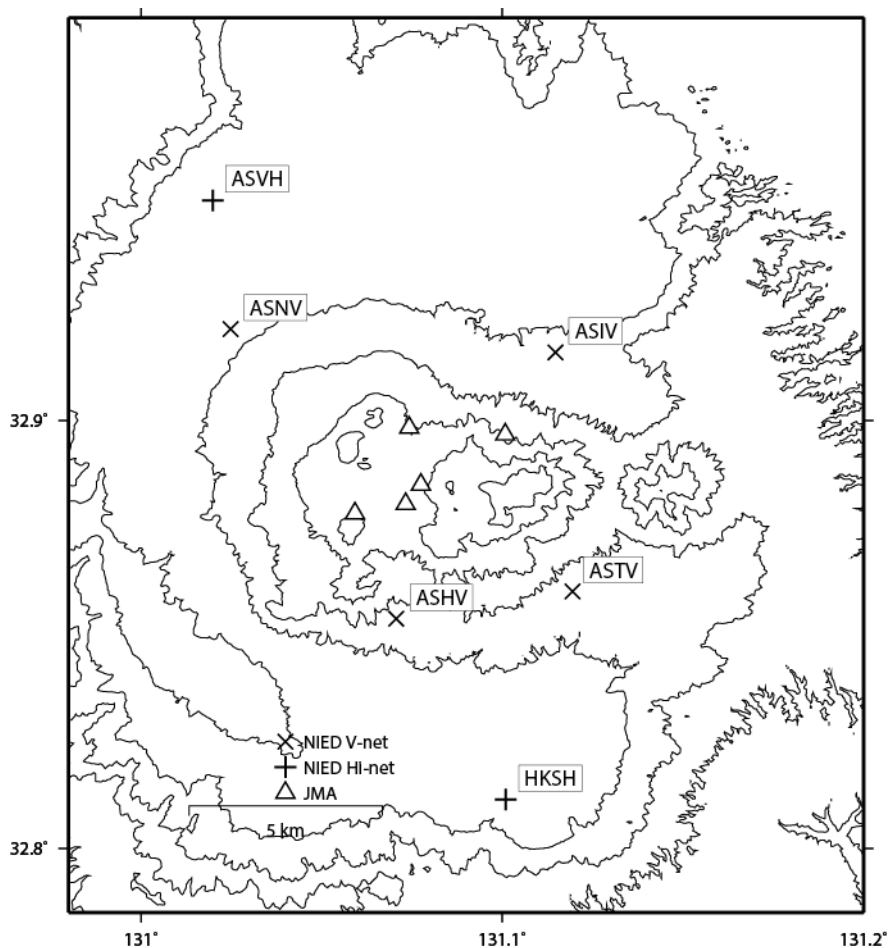


図 7. 中岳の第一火口から南西 800m に位置する本堂観測坑道に設置された、伸縮計、水管傾斜計、広帯域地震計の記録および砂千里観測点での短周期微動振幅。上段：地殻変動とアメダス阿蘇乙姫における降水量。中段：砂千里観測点での短周期微動振幅。下段：長周期微動の振幅(黒線)と積算振幅(赤線)の時系列。

## 阿蘇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。

ASIV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS  
ASHV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS  
ASNV=地震計（短周期・広帯域）、傾斜計、気圧計、温度計、雨量計、GNSS  
ASTV=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

#### ○ 地震活動と地殻変動

2019 年 1 月頃から 12 月頃にかけて阿蘇山中岳を挟む GNSS 観測点間において、基線長の伸びがみられたが、その後停滞し、2020 年 4 月頃から短縮がみられる（図 1）。傾斜計記録（図 3）において、火山活動によると考えられる明瞭な変動は認められない。阿蘇山で発生している超長周期地震の活動は、2020 年 4 月頃から低下傾向にある（図 4）。

## 阿蘇山中岳を挟む GNSS 観測点間の基線長変化

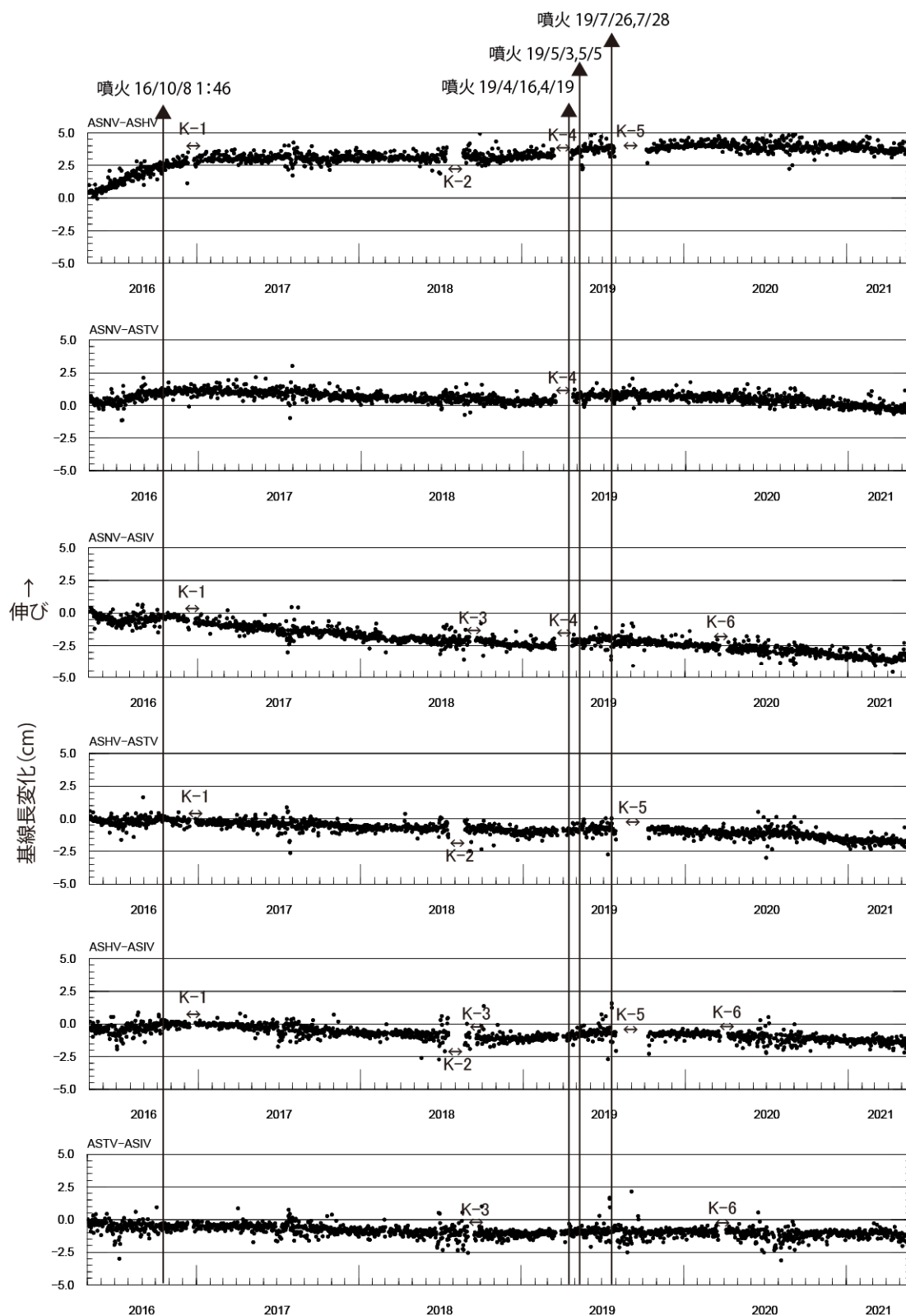


図 1 GNSS 観測点間の基線長変化。  
2016 年 5 月 1 日～2021 年 5 月 31 日

0701、0703 は国土地理院 GEONET 観測点。本解析には国土地理院のデータを使用した。

防災科学技術研究所 GNSS 観測点及び国土地理院 GEONET で得られた、  
2020 年 5 月 1 日-2021 年 4 月 30 日の地殻変動【清和（0466）固定】

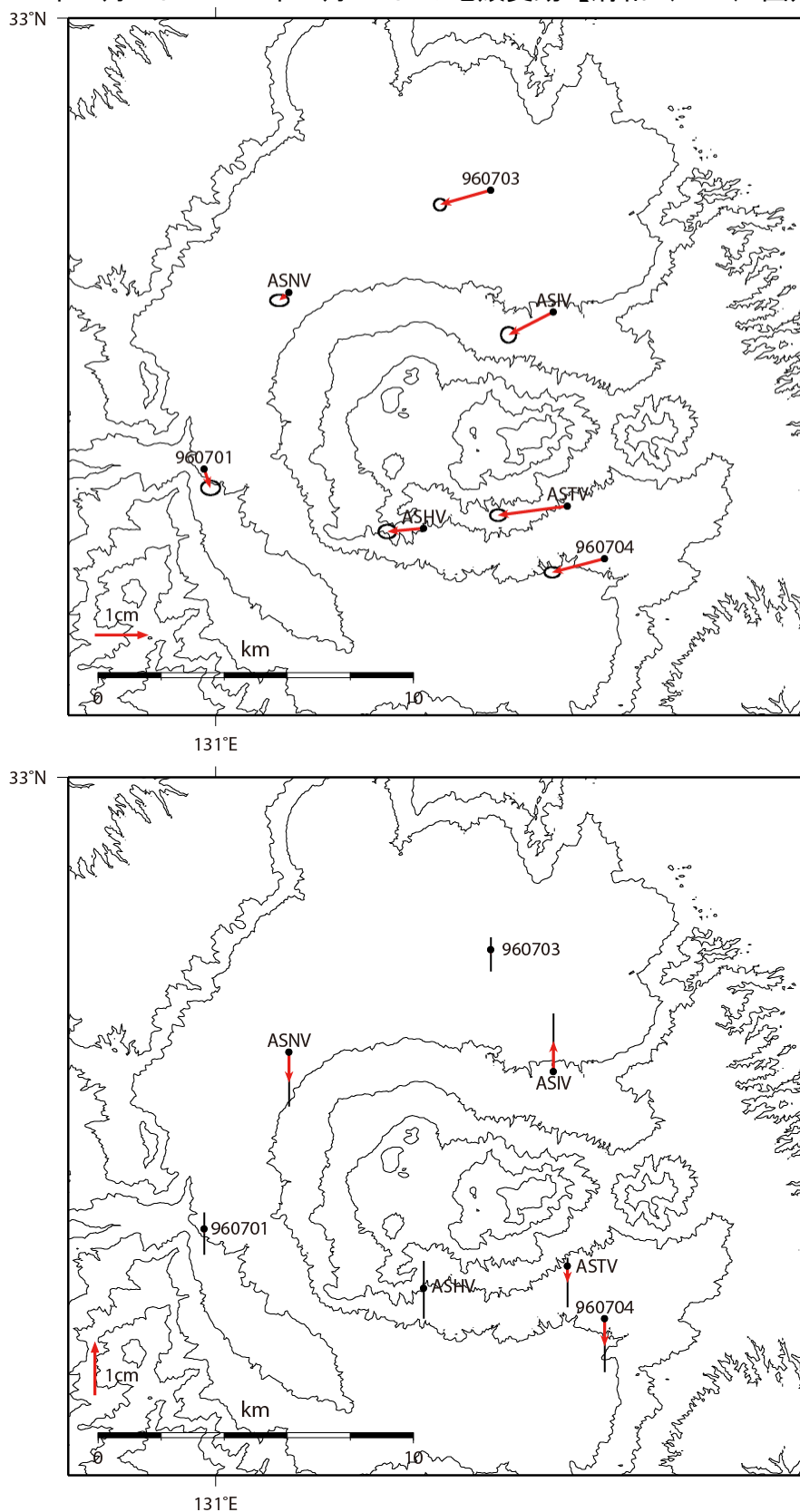
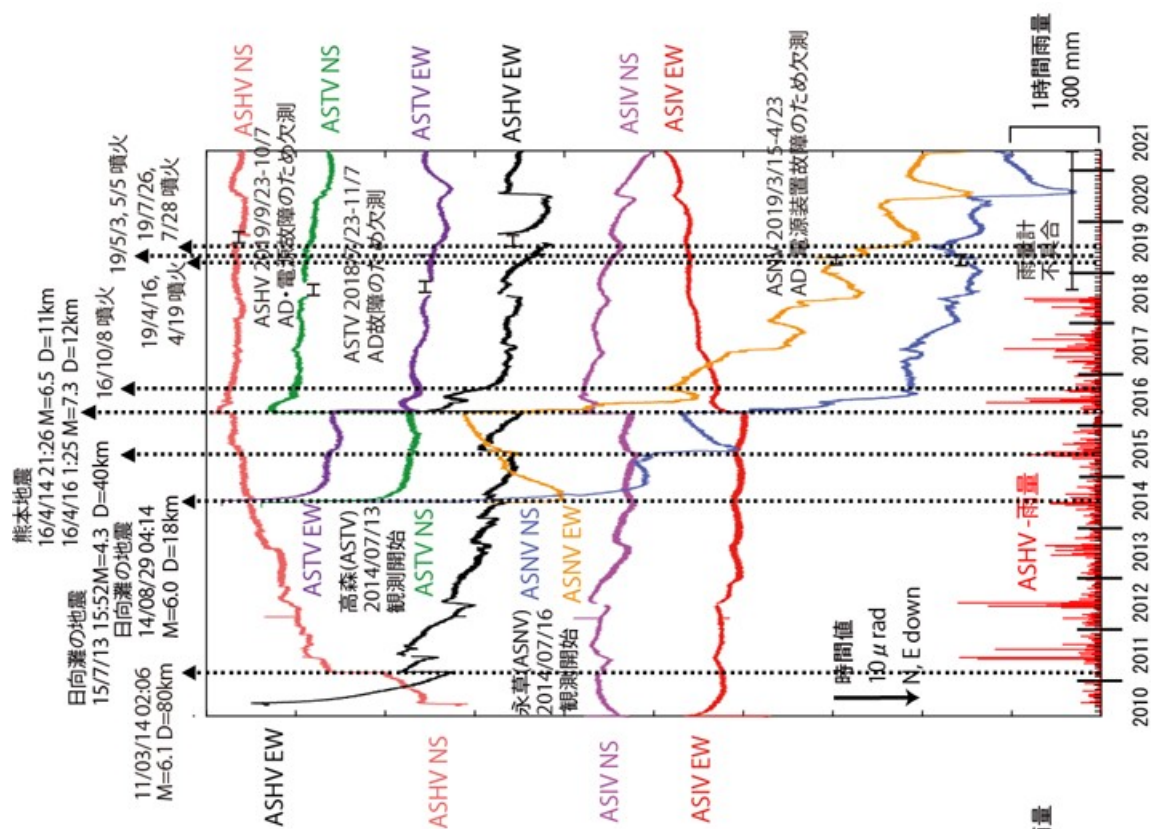


図 2 阿蘇山周辺 V-net 観測点及び国土地理院 GEONET 観測点の GNSS 解析結果。  
本解析には国土地理院のデータを使用した。この地図の作成にあたっては、国土地理院発行  
の数値地図 50mメッシュ（標高）を使用した。  
(上段：水平成分、下段：上下成分)

阿蘇山

## 阿蘇山の傾斜変動 (2010/5/1~2021/5/31)



## 阿蘇山の傾斜変動 (2020/10/1~2021/5/31)

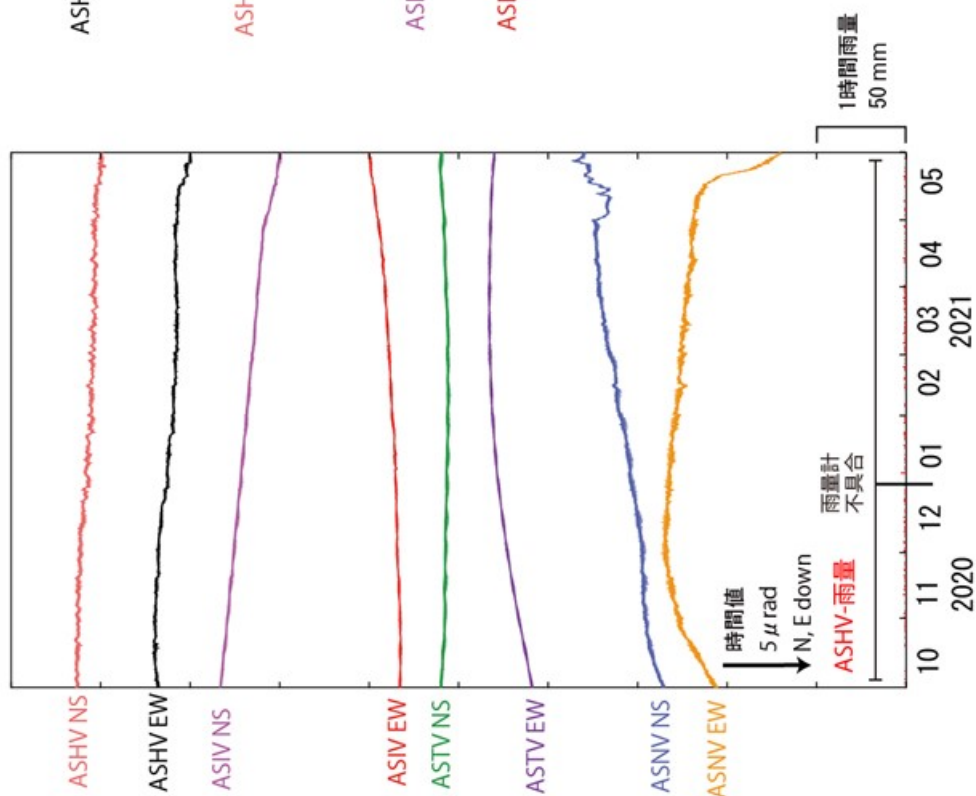


図 3 阿蘇山の傾斜変動

## 阿蘇山における超長周期イベントの活動度変化

## Aso VLP—Event Detection by a Template Event Method

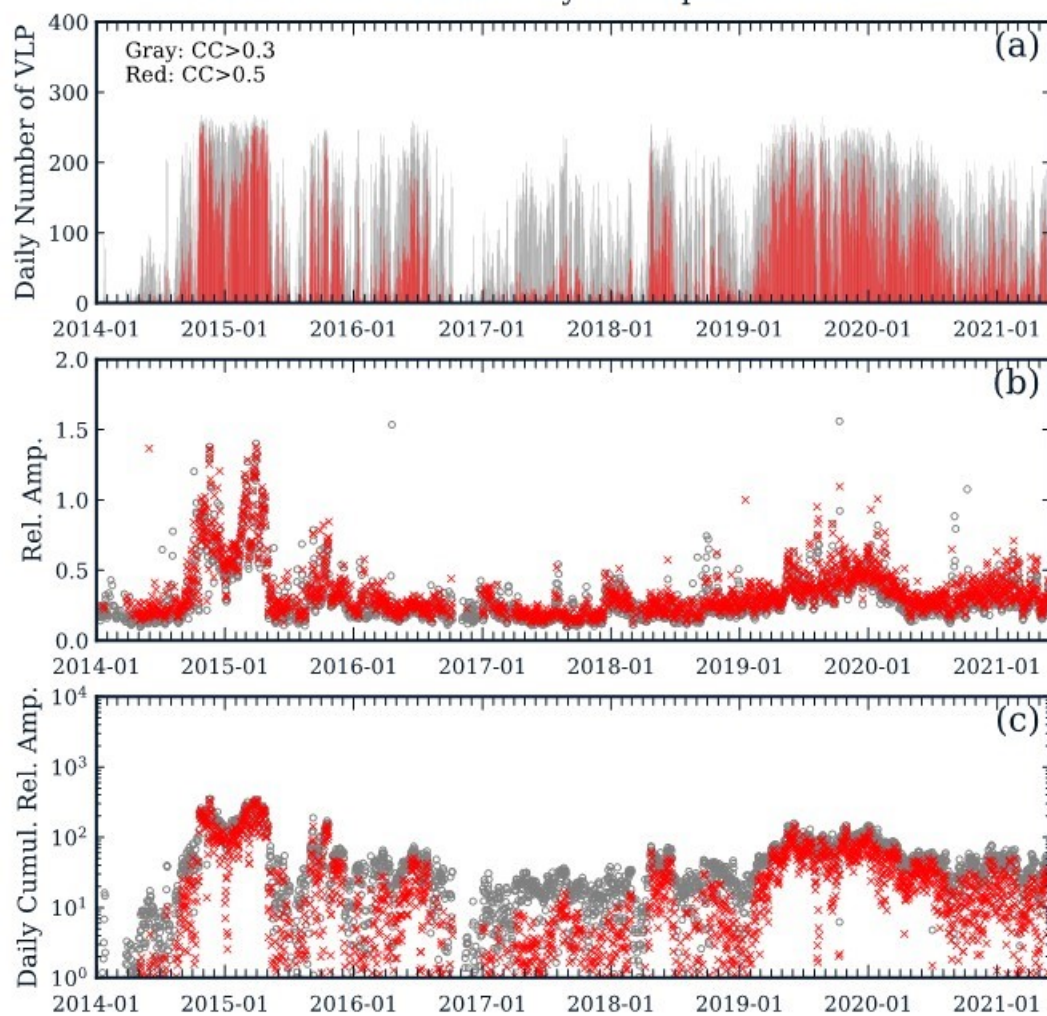


図4 (a) 1日ごとの超長周期イベント数。(b) テンプレートイベントと各イベントの振幅比の時間変化。(c) 1日ごとの相対振幅の積算値。

2014年1月1日～2021年5月31日

超長周期イベントの解析に使用した観測点の配置

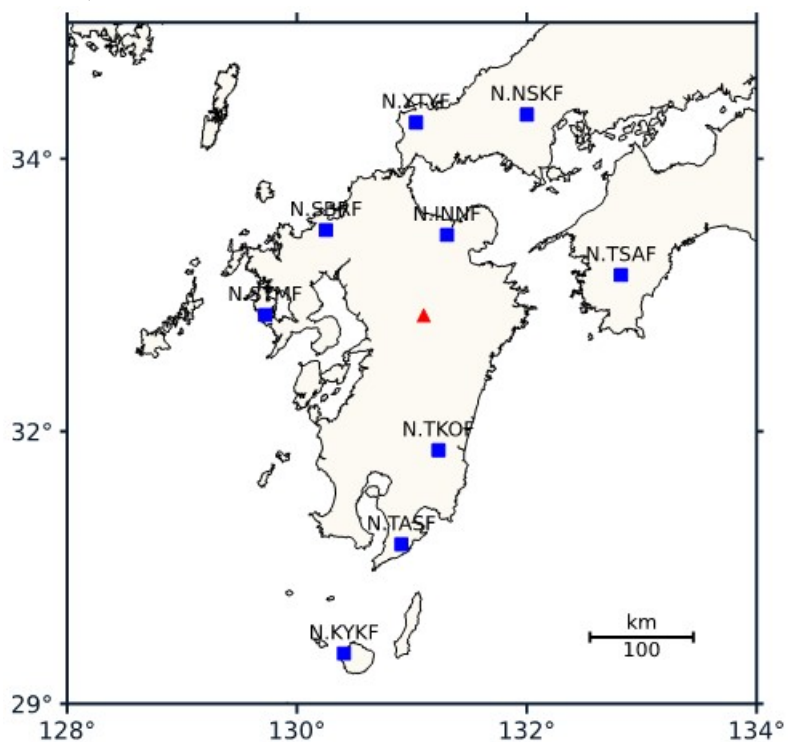


図 5 超長周期イベントの解析に使用した防災科研 F-net の観測点配置

## 阿蘇山の地殻変動

## Crustal Deformations of Asosan Volcano

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

第 1 図から第 4 図は、阿蘇山周辺の GNSS 連続観測結果である。

第 1 図・第 3 図の上段に基線の配置を、第 1 図の下段には各観測局の保守履歴を示した。第 2 図および第 3 図下段はそれぞれ第 1 図・第 3 図の上段に示した基線の基線長変化グラフで、左列は最近約 5 年間（2016 年 5 月～2021 年 5 月）、右列は最近約 1 年間（2020 年 5 月～2021 年 5 月）の時系列である。阿蘇山を取り囲む基線では、顕著な地殻変動は観測されていない。

第 4 図は、電子基準点および気象庁の 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、「北方」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。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」干渉 SAR 時系列解析結果である。第 6 図上段は 2016 年 4 月～2021 年 3 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。中岳第一火口の地点 A 及び草千里の地点 B を含む広い範囲で、衛星から遠ざかる変動が見られる。

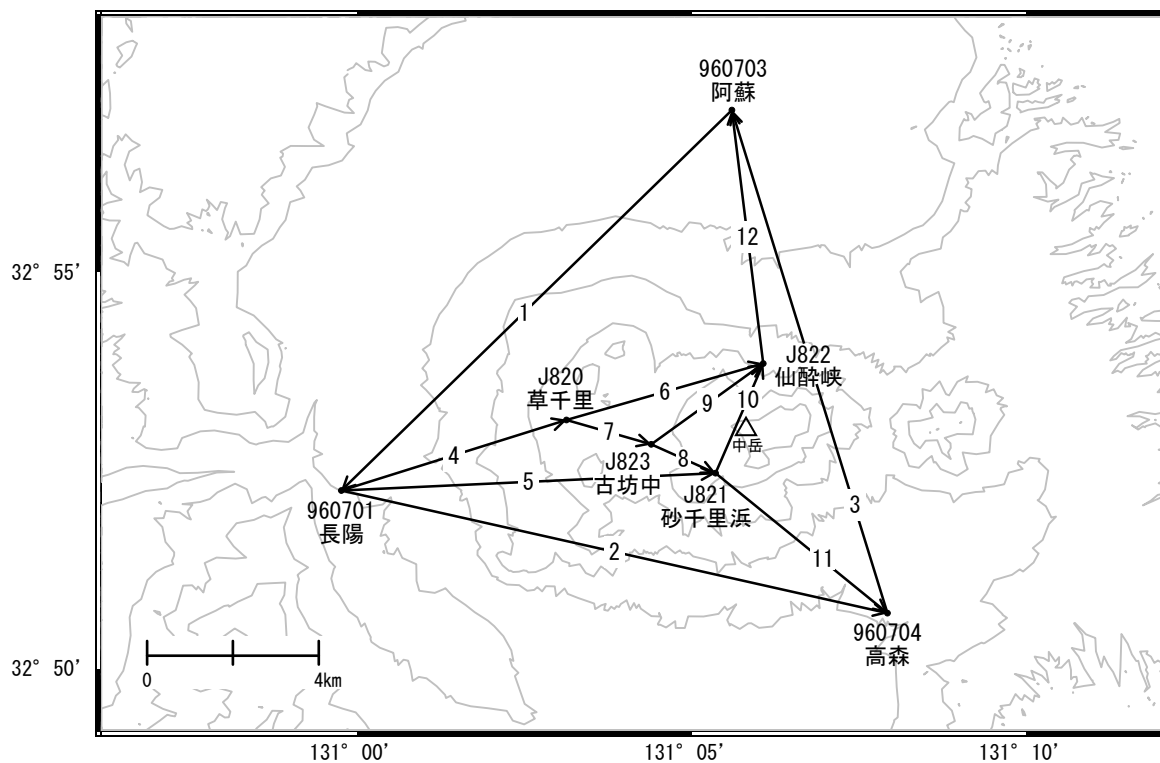
## 謝辞

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。

## 阿蘇山

阿蘇山を取り囲む基線では、顕著な地殻変動は観測されていません。

阿蘇山周辺GEONET(電子基準点等)による連続観測基線図



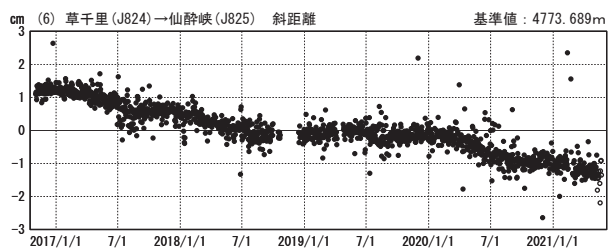
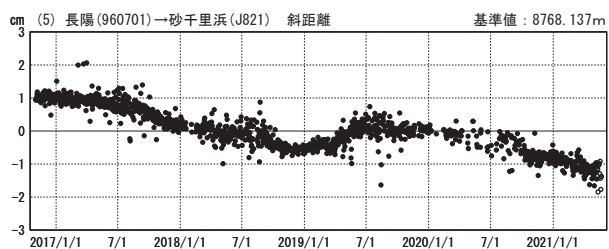
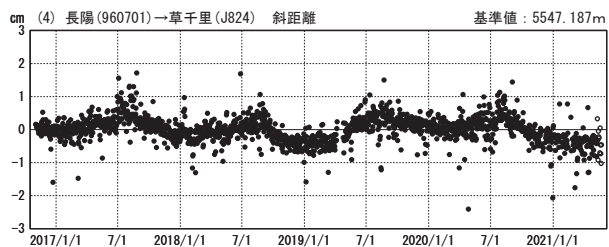
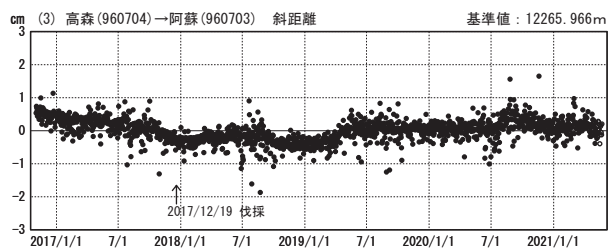
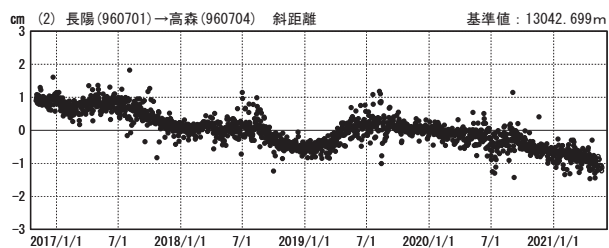
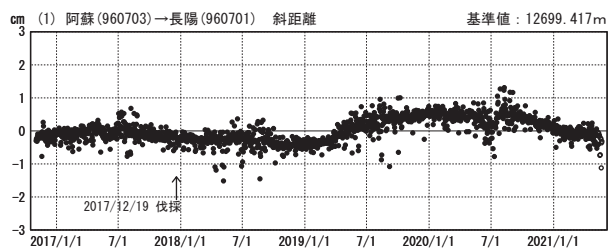
阿蘇山周辺の各観測局情報

| 点番号    | 点名 | 日付       | 保守内容  |
|--------|----|----------|-------|
| 960701 | 長陽 | 20171219 | 伐採    |
| 960703 | 阿蘇 | 20171219 | 伐採    |
|        |    | 20191128 | 受信機交換 |
| 960704 | 高森 | 20170115 | 受信機交換 |

第1図 阿蘇山周辺のGNSS連続観測基線図(上段)と観測局の保守履歴(下段)

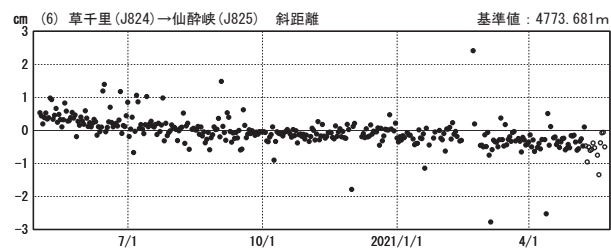
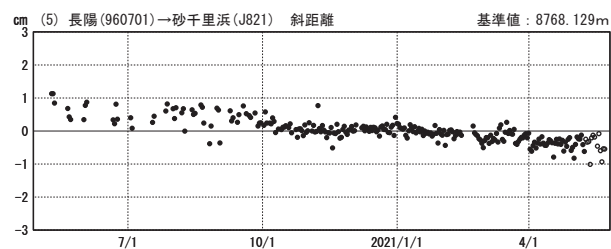
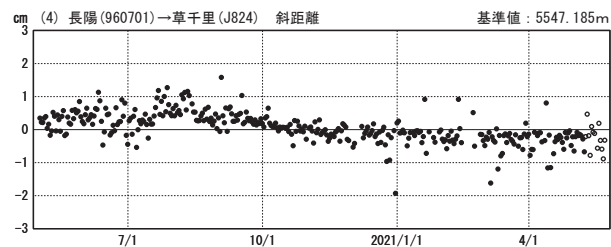
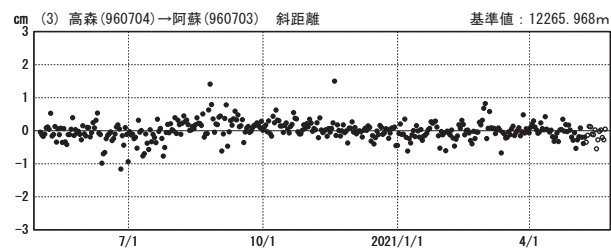
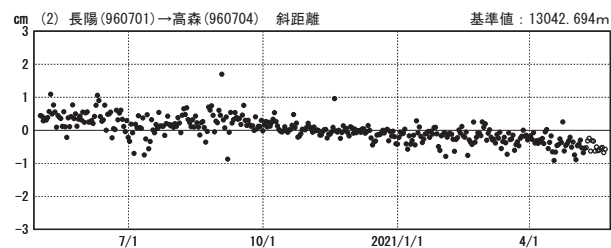
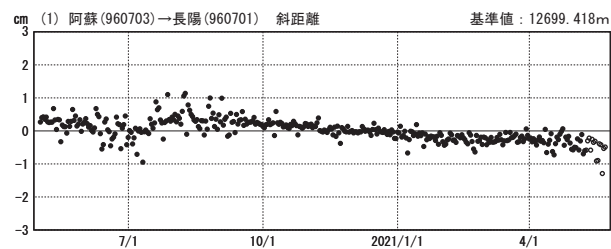
基線変化グラフ（長期）

期間：2016/11/01～2021/05/22 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

(注) 平成28年熊本地震の影響を受けています。

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

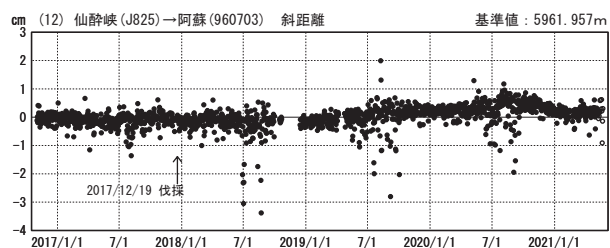
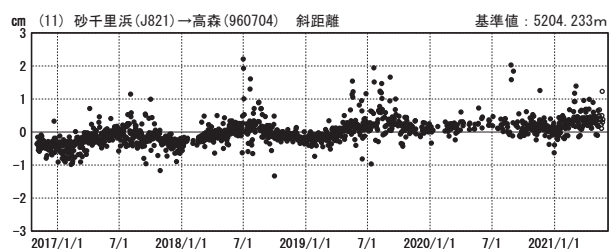
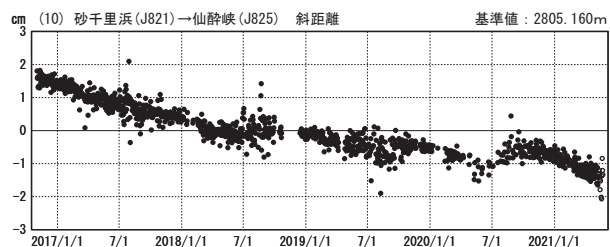
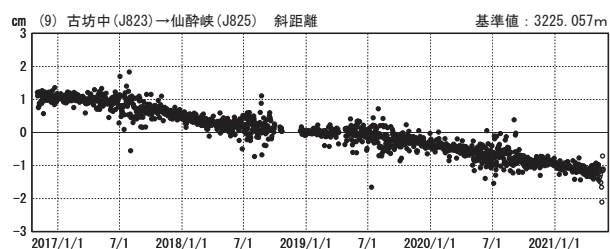
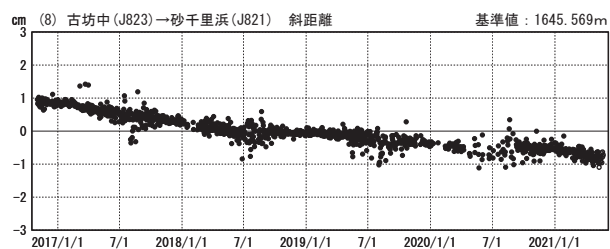
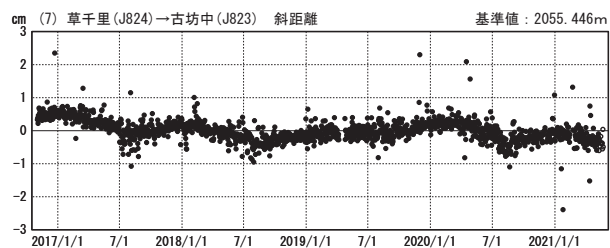
第2図 阿蘇山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

(左列：2016年11月～2021年5月、右列：2020年5月～2021年5月)

阿蘇山

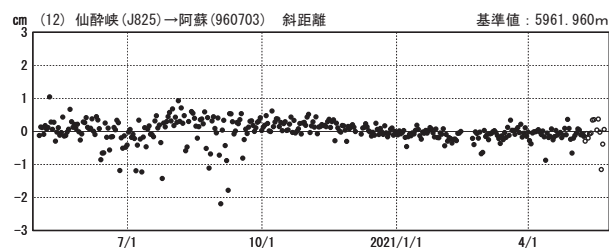
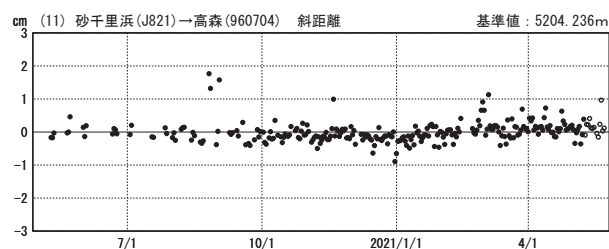
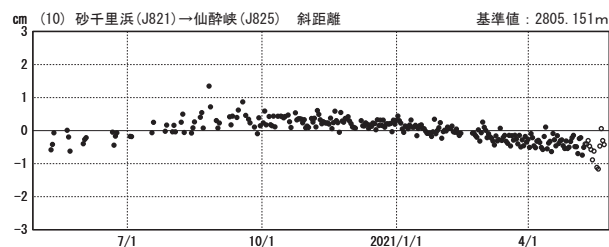
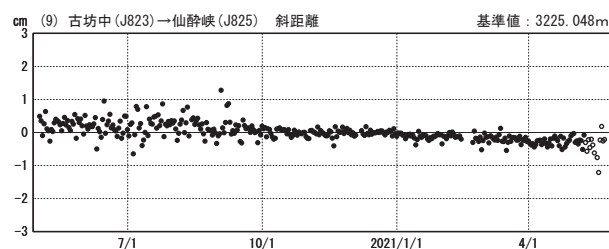
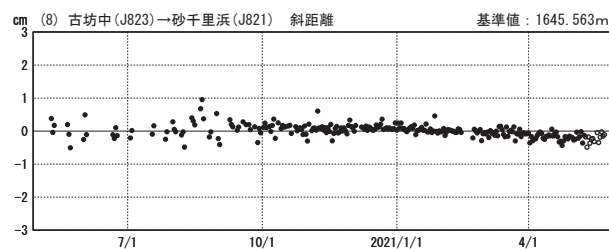
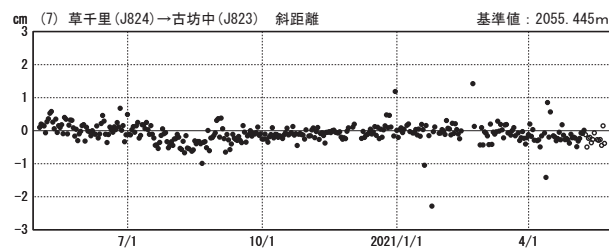
基線変化グラフ（長期）

期間：2016/11/01～2021/05/22 JST



基線変化グラフ（短期）

期間：2020/05/01～2021/05/22 JST



●—[F3:最終解] ○—[R3:速報解]

国土地理院・気象庁

(注) 平成28年熊本地震の影響を受けています。

※[R3:速報解]は暫定値、電子基準点の保守等による変動は補正済み

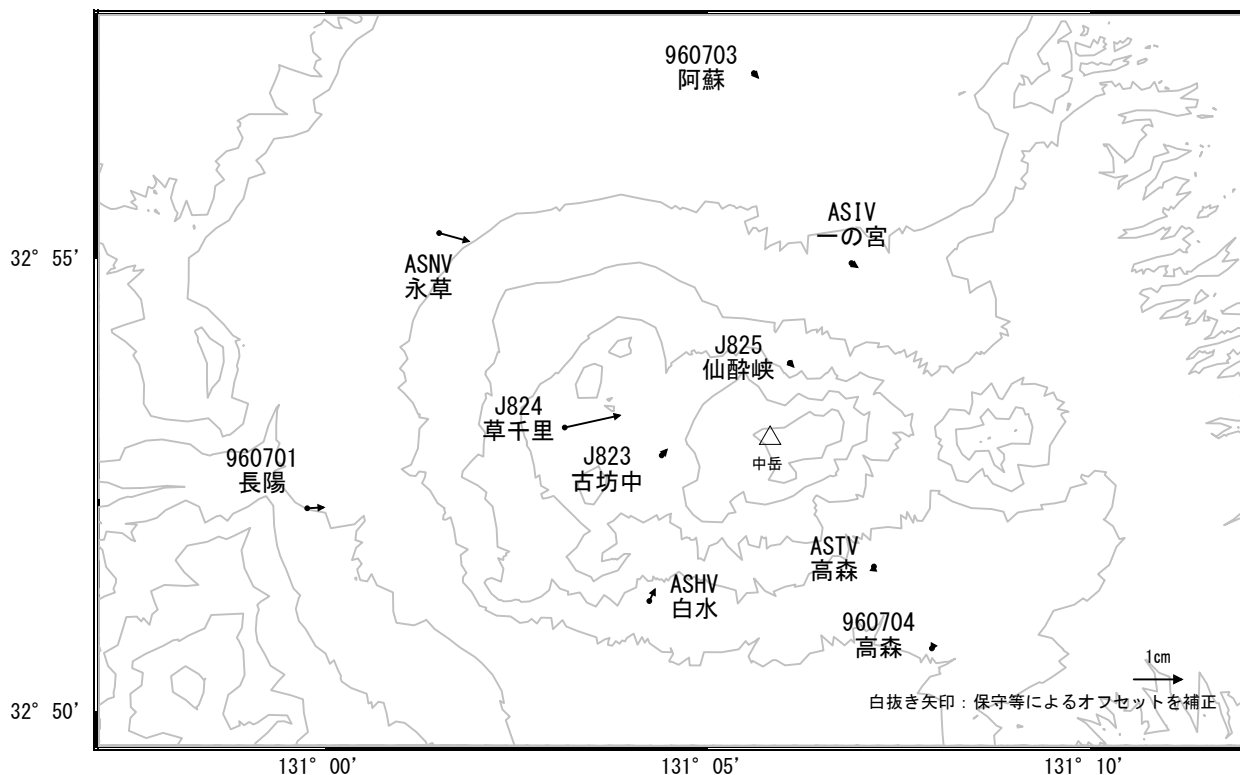
第3図 阿蘇山周辺のGNSS連続観測による基線変化グラフ

(左列：2016年11月～2021年5月、右列：2020年5月～2021年5月)

阿蘇山

## 阿蘇山周辺の地殻変動(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]

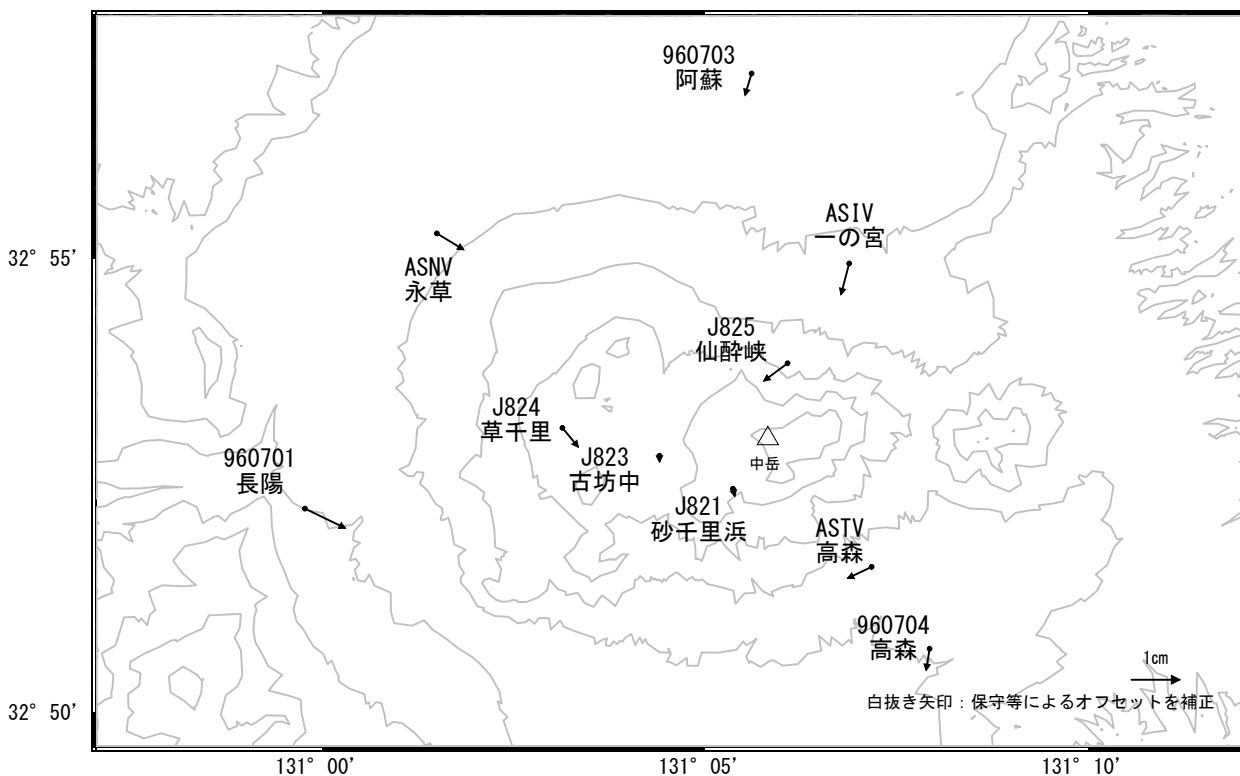


☆ 固定局:北方(960711)

国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

## 阿蘇山周辺の地殻変動(水平:1年)

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:北方(960711)

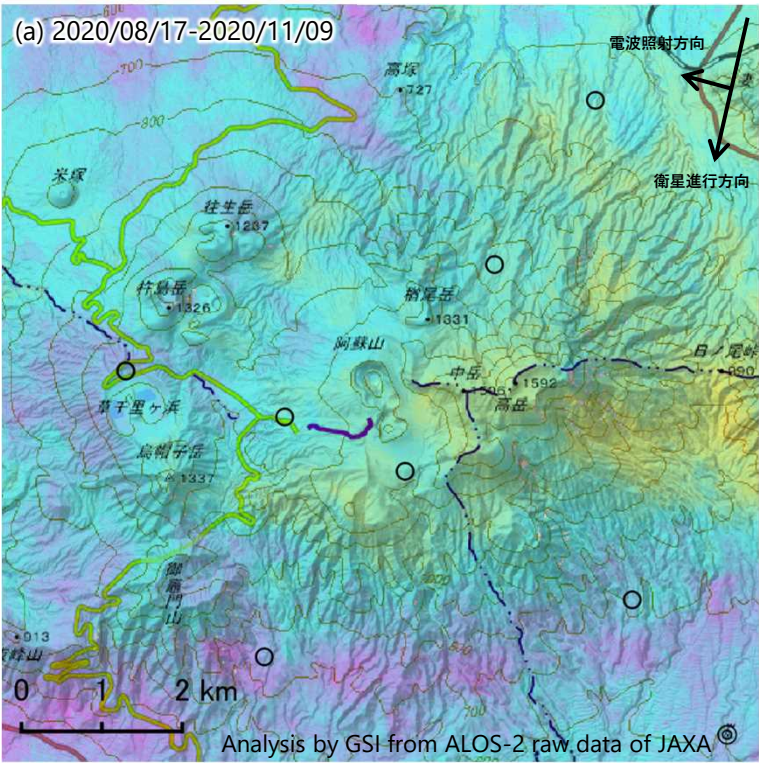
国土地理院・気象庁・防災科学技術研究所

第 4 図 阿蘇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)

阿蘇山

阿蘇山のSAR干渉解析結果について

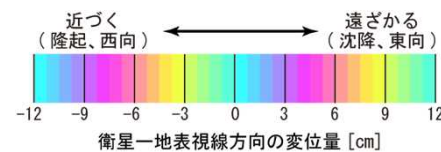
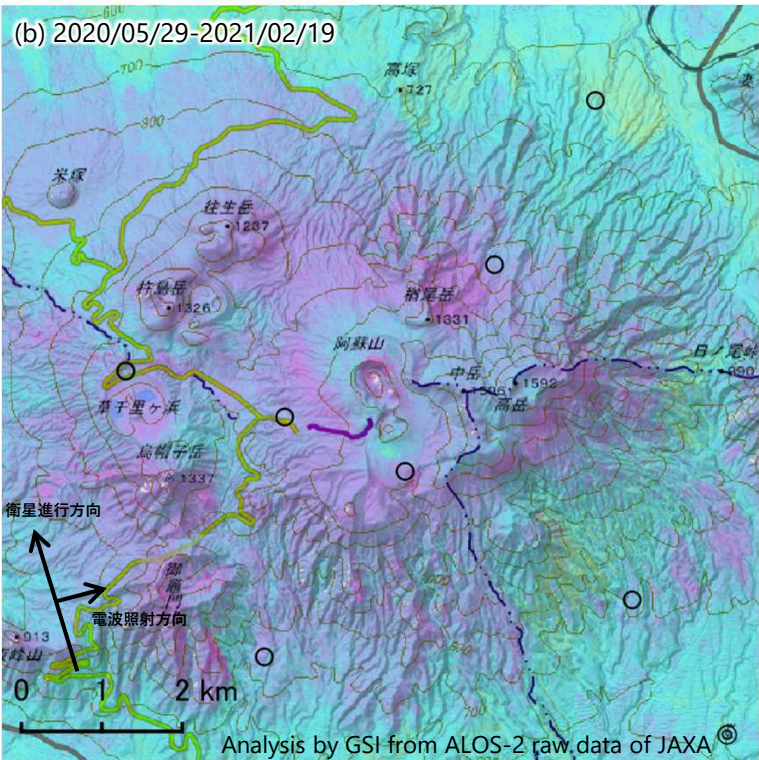
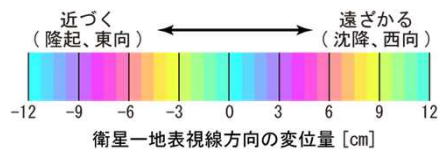
ノイズレベルを超える変動は見られません。



|        | (a)                                          | (b)                                          |
|--------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 衛星名    | ALOS-2                                       | ALOS-2                                       |
| 観測日時   | 2020/08/17<br>2020/11/09<br>12:19頃<br>(84日間) | 2020/05/29<br>2021/02/19<br>0:12頃<br>(266日間) |
| 衛星進行方向 | 南行                                           | 北行                                           |
| 電波照射方向 | 右(西)                                         | 右(東)                                         |
| 観測モード* | U-U                                          | U-U                                          |
| 入射角    | 35.3°                                        | 35.1°                                        |
| 偏波     | HH                                           | HH                                           |
| 垂直基線長  | + 3m                                         | + 73m                                        |

\* 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



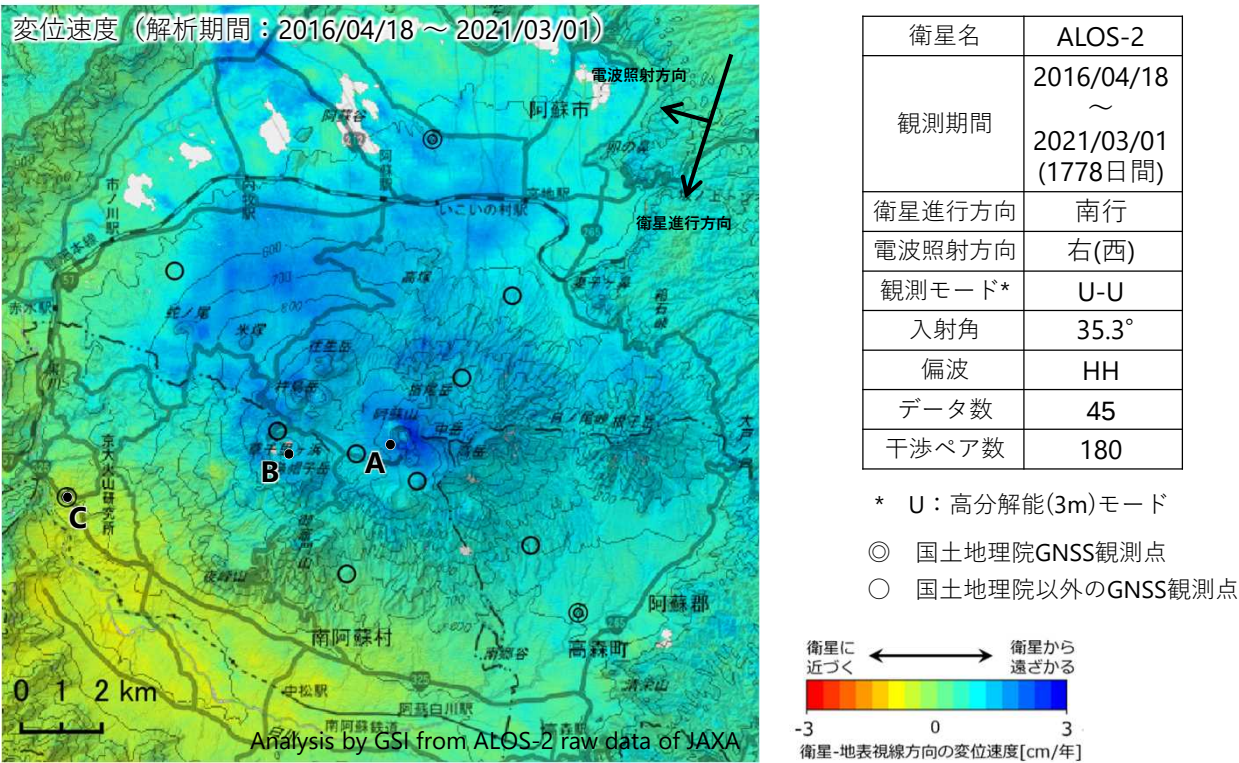
背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図

第 5 図 「だいち 2 号」 PALSAR-2 による阿蘇山周辺地域の解析結果

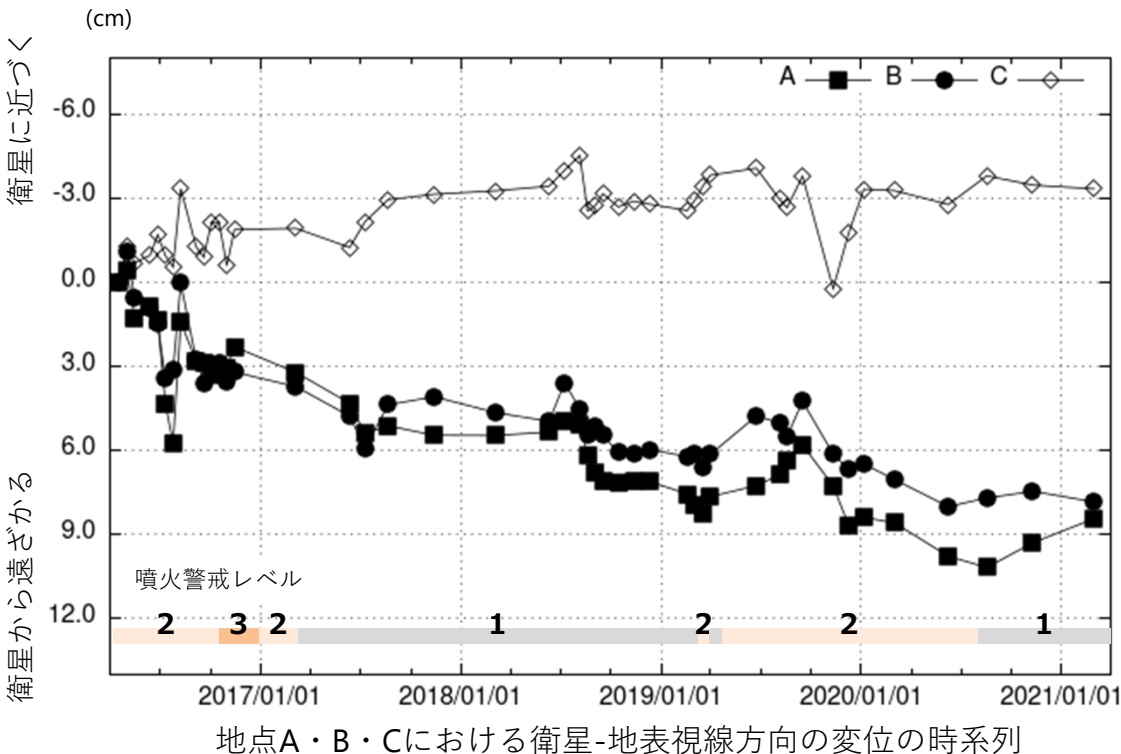
阿蘇山

阿蘇山の干渉SAR時系列解析結果（南行）

中岳第一火口の地点A及び草千里の地点Bを含む広い範囲で、衛星から遠ざかる変動が見られます。



背景：地理院地図 標準地図・陰影起伏図・傾斜量図 ※参照点は電子基準点「清和」付近  
干渉SAR時系列解析手法：SBAS法



阿蘇山

本解析で使用したデータの一部は、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 阿蘇山の干渉SAR時系列解析結果  
(上段) 変位速度の分布 (2016年4月～2021年3月)  
(下段) 変動の時系列データ (2016年4月～2021年3月)